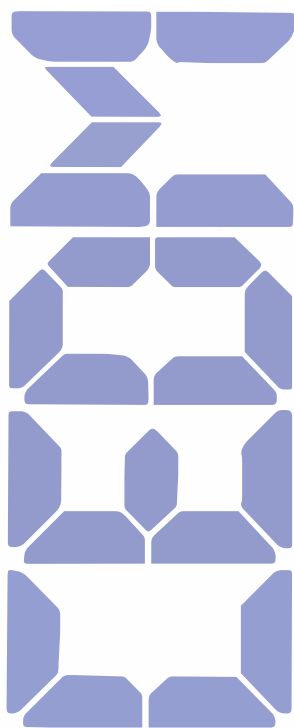

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CEOM-CURSO DE ELETRONICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 — CEP 86100 — LONDRINA-PR.



LIÇÃO MP-1

MANUAL DE PRÁTICAS

MP-1

O objetivo destes manuais de práticas é mostrar ao aluno as peças ou componentes empregados em dispositivos lógicos, tornando-os familiares durante as execuções ou reparações de projetos ao longo de sua profissão.

Nestes manuais, trataremos das partes práticas, fornecendo dados de cada componente e suas aplicações, com circuitos práticos, para que o aluno associe a aprendizagem teórica à prática. Porém, nestes dois primeiros, iremos recordar alguns conceitos de resistores e capacitores, além dos diversos tipos de ligações com pilhas e baterias.

RESISTÊNCIA

Na lição E-1, vimos que os bons condutores ou a condutibilidade elétrica dos materiais dependem do desprendimento fácil dos elétrons da última camada ou órbita externa dos condutores. Estes elétrons desprendidos formarão um fluxo de cargas negativas, chamadas: corrente elétrica. Estes materiais (metais), considerados bons condutores, ainda assim, oferecem uma certa oposição (resistência) à passagem da cor-

rente elétrica. Esta oposição é provocada pela fricção dos elétrons em movimento com os elétrons dos outros átomos de metal.

Desta forma, fica claro que a resistência destes materiais depende de sua estrutura eletrônica, portanto a resistência varia de material para material, isto é, de acordo com a estrutura peculiar de cada uma, a fricção dos elétrons pode ser maior ou menor.

Se tomarmos por exemplo, dois fios do mesmo tamanho e espessura, mas de constituições diferentes como o cobre e o ferro, notaremos que o ferro oferece muito mais resistência à passagem da corrente do que o cobre, devido às suas estruturas eletrônicas.

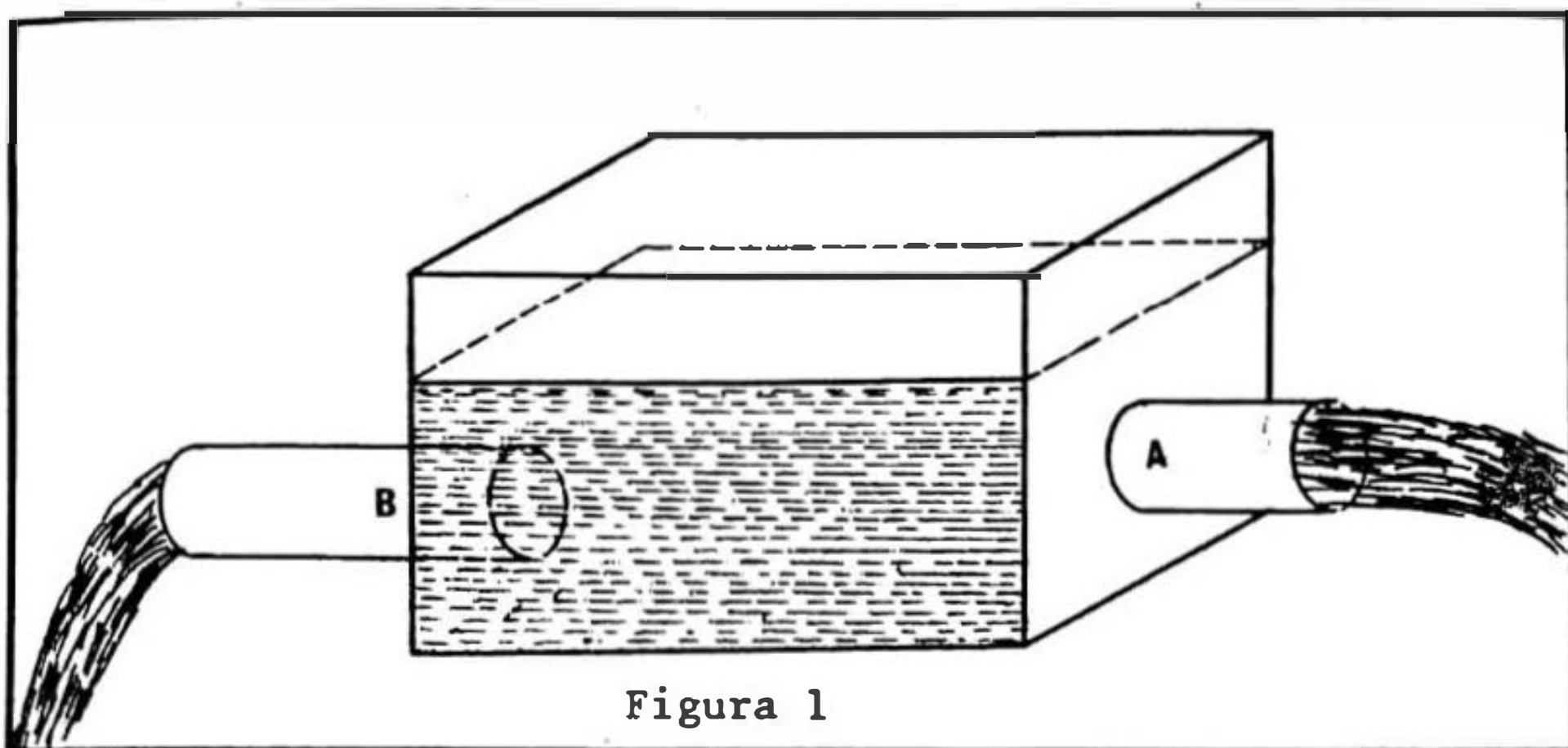
A tabela abaixo mostra a resistividade verificada experimentalmente de vários materiais, sob uma temperatura de 20°C.

MATERIAL	RESISTIVIDADE ($\Omega \cdot m$)
Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,4 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,7 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,5 \times 10^{-8}$
Bronze	$7,0 \times 10^{-8}$
Ferro	$10,0 \times 10^{-8}$
Chumbo	$22,0 \times 10^{-8}$
Mercúrio	$95,7 \times 10^{-8}$
Níquel-cromo	150×10^{-8}
Carbono	3500×10^{-8}
Vidro	$10^{17} \times 10^{-8}$

Por outro lado, a resistência destes materiais depende de outros fatores como: comprimento, área da secção reta, temperatura e natureza dos materiais.

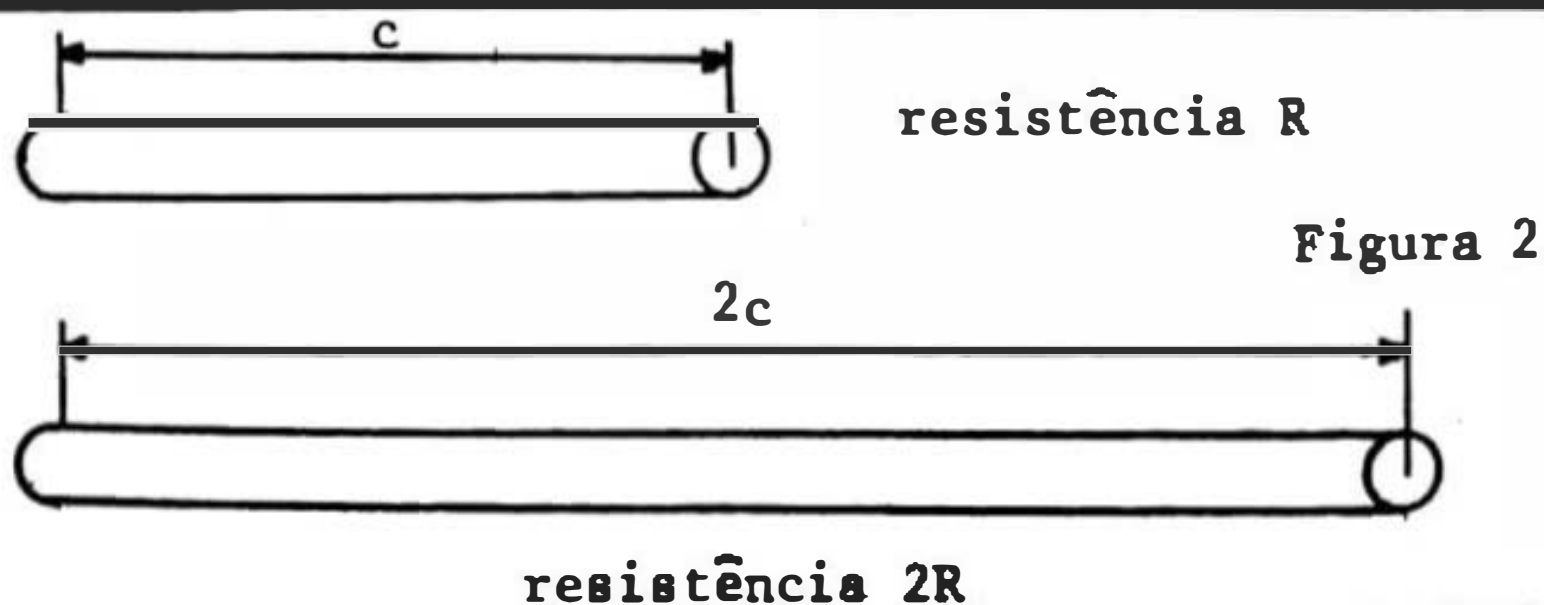
A relação entre o comprimento do resistor e sua resis-

tência à passagem da corrente elétrica pode ser comparada analogamente à passagem da água por um cano, onde a água sofre uma oposição (resistência) ao passar por ele.



Se tomarmos dois pedaços de cano "A" e "B" com, respectivamente, 3 e 6m de comprimento cada um, ambos com mesmo diâmetro, ao serem ligados a uma caixa cheia de água, veremos que, pelo cano "A", sairá maior quantidade de água do que pelo cano "B", pois este tem comprimento maior, isto é, um percurso mais longo para a água percorrer, oferecendo, conseqüentemente, maior resistência à passagem da água por ele.

Fenômeno semelhante sucede com a corrente elétrica, onde, quanto maior for o comprimento do fio (em relação a um mesmo diâmetro), maior será a resistência que ele oferece à passagem da corrente elétrica. Se tomarmos, por exemplo, dois fios do mesmo material e da mesma espessura, sendo um o dobro do comprimento do outro, a corrente vai encontrar o dobro de dificuldades ao atravessar o fio de maior extensão, como mostra a ilustração:



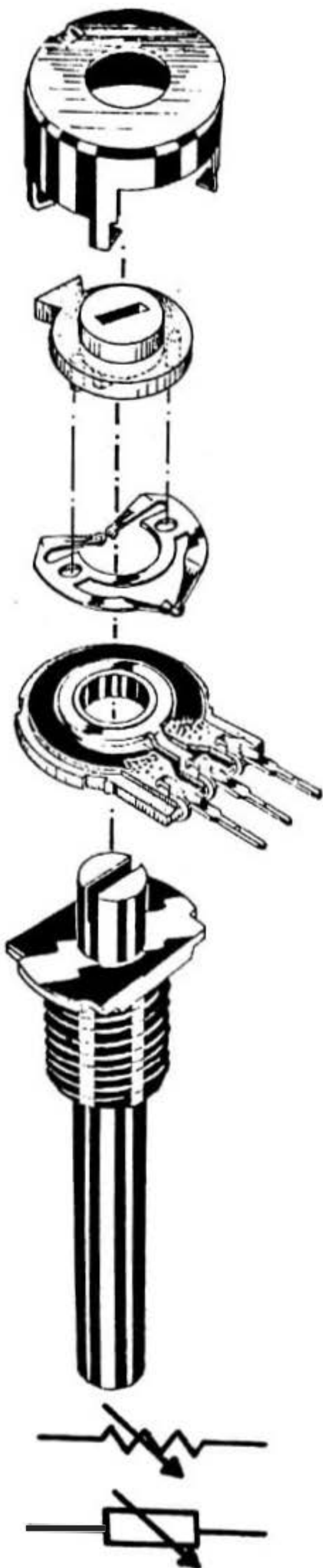


Figura 3

Desta forma, podemos afirmar que a resistência de um resistor ôhmico é diretamente proporcional ao seu comprimento.

Como exemplo prático desta lei, podemos citar a construção dos reostatos ou potenciômetros, que são resistores de resistência variáveis, utilizados para aumentar ou diminuir a corrente elétrica em circuitos. O potenciômetro é constituído de uma película especial, à base de grafite, carvão ou fio em forma circular, suportado por uma base isolada, sobre a qual desliza um braço móvel que faz contato com qualquer posição do círculo resistivo, permitindo, desta forma, diminuir ou aumentar o comprimento do resistor e, conseqüentemente, obter uma resistência variável. A figura 3 mostra um potenciômetro desmontado e o seu símbolo.

A relação entre a área da secção reta do resistor e a resistência à passagem da corrente elétrica, pode ser novamente comparada analogamente ao fluxo de água por um cano.

Se tomarmos agora dois pedaços de cano de mesmo comprimento, sendo um com 3cm de diâmetro e outro com 6cm, obviamente, o cano "A" de maior diâmetro ofe-

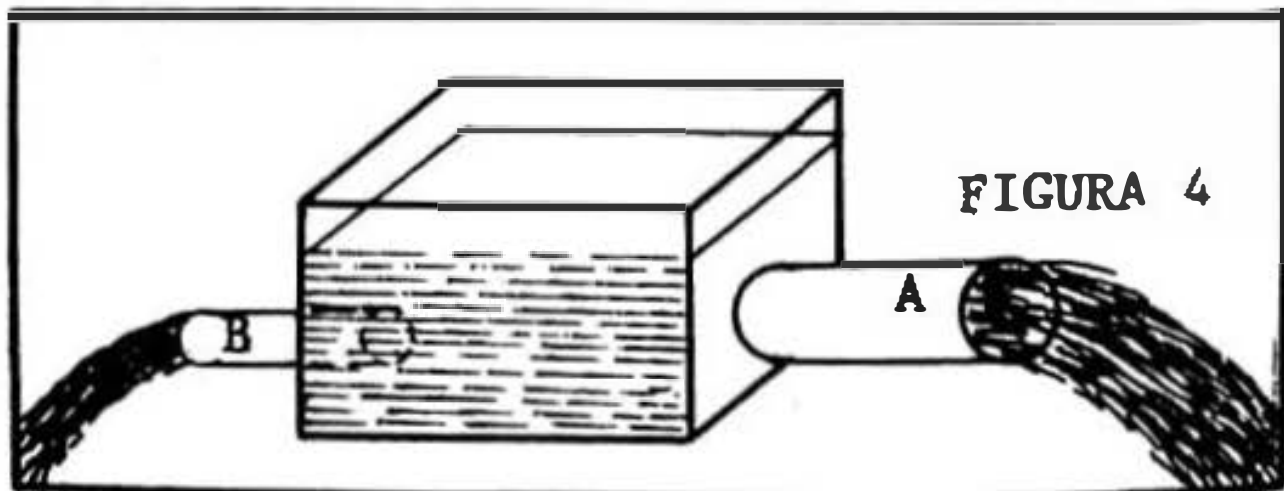
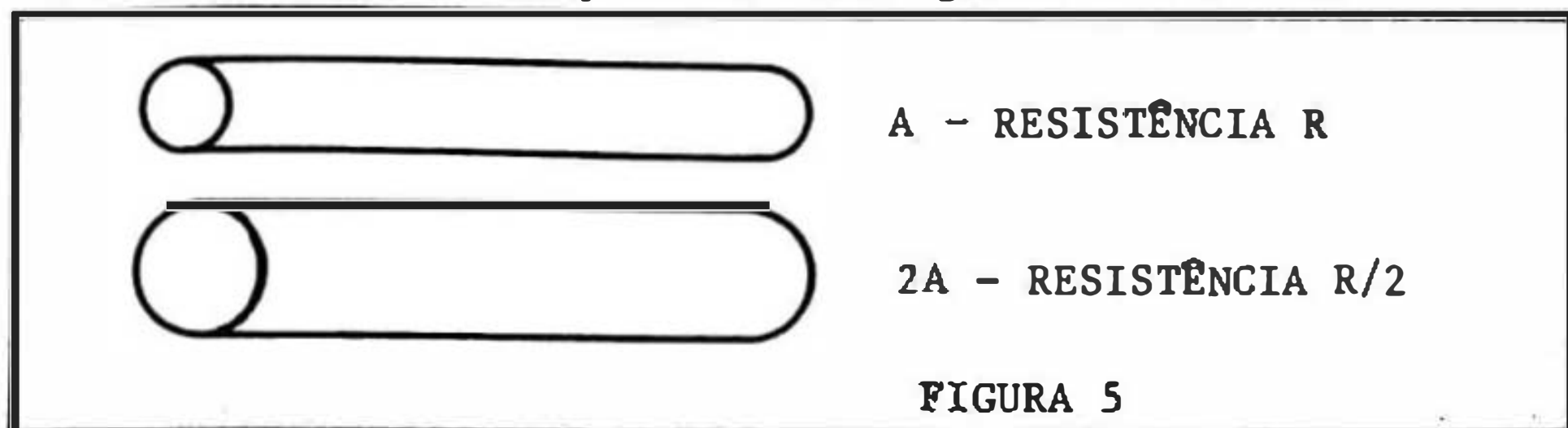


FIGURA 4

recerá uma menor resistência ou menor oposição à passagem da água do que no cano "B" de menor diâmetro, como mostra a fig. 4. Desta forma, também ocorre com os fios, onde o fio grosso oferece menor resistência ou menor oposição à pas-

sagem dos elétrons (corrente elétrica) do que o fio fino, mesmo que o comprimento dos dois seja igual.

Assim sendo, podemos concluir que dois fios do mesmo material e do mesmo comprimento, porém um com área da secção reta ou diâmetro duas vezes maior do que a do outro, apresentarão resistências respectivamente iguais a R e $R/2$.



A resistência de um resistor ôhmico é, portanto, inversamente proporcional ao seu diâmetro. Por isso, em instalações de edificações são especificados fios de diferentes grossuras, logicamente, onde se exigir um maior consumo de corrente, também será exigida uma instalação com fios de bitola maior.

RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DO RESISTOR E A RESISTÊNCIA À PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA.

Observa-se que, quando um resistor é submetido a um aumento de temperatura, aumenta-se a agitação dos elétrons livres e das moléculas em seu interior, provocando um aumento de choques entre elétrons e moléculas, dificultando, desta forma, o fluxo das cargas livres. Concluimos, portanto, que o aumento da temperatura do resistor provocará o aumento de sua resistência. O inverso, entretanto, ocorre com alguns isolantes, onde o aumento da temperatura provoca uma diminuição de sua resistência.

LEI DE OHM PARA RESISTORES

O cientista alemão Georg Simon Ohm determinou, experimentalmente, a relação existente entre a diferença de potencial, e a intensidade da corrente em resistores. Por este motivo, adotou-se como unidade o ohm, cujo símbolo é a letra grega ômega maiúscula (Ω).

Georg observou que, aumentando a diferença de potencial ou tensão (V), aumentava também a intensidade da corrente que fluía pelo resistor. Concluiu, então, tratar-se de grandezas diretamente proporcionais V/i inerentes à resistência do resistor. Logo:

$$R = \frac{V}{i}$$

Portanto, a intensidade da corrente, que circula por um resistor, é diretamente proporcional à diferença de potencial ou tensão entre os terminais do resistor. A constante de proporcionalidade é a resistência do resistor. Daí a expressão matemática da lei de ohm:

$$R = \frac{V}{i}$$

E, desta expressão, podemos tirar as seguintes relações:

$$V = R.i \quad \text{e} \quad i = \frac{V}{R}$$

Sendo que

i é a intensidade da corrente elétrica, que passa pelo resistor, tendo como unidade o ampère (A).
 V é a diferença de potencial ou tensão entre os terminais do resistor, tendo como unidade o volt (V).
 R é a resistência do resistor, tendo como unidade o ohm (Ω).

Tomando a expressão $R = V/i$ e aplicando valores unitários $1\Omega = 1V/1A$, podemos afirmar que 1Ω é a resistência de um resistor sob o efeito de uma corrente de 1A (um ampère) e uma tensão de 1V (um volt).

RESISTORES DE CARVÃO

Os resistores, mais comumente empregados na eletrônica, são os de carvão ou de carbono, encontrados, basicamente, no formato cilíndrico de cerâmica, sobre este é depositada uma camada de carbono, cuja largura, espessura, comprimento e composição determinam a sua resistência. Nas extremidades dessa película resistiva, fixam-se os terminais e, posteriormente, recobertos por uma camada de tinta isolante, protetora e, ainda, sobre esta camada protetora, são impressos número ou, mais comumente, anéis coloridos que correspondem ao valor do resistor, como mostra a figura 6.

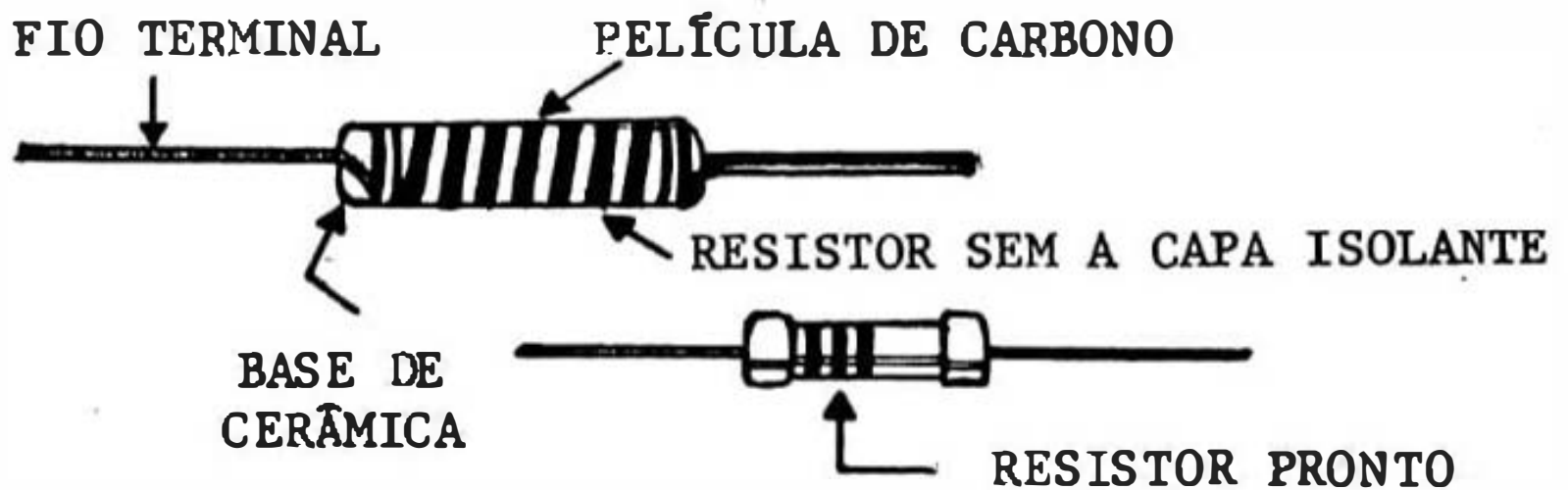


FIGURA 6 A

Estes anéis coloridos podem ser identificados por meio de uma tabela conhecida como tabela de código de cores para resistores, tendo validade universal. Essas tabelas fornecem, além do valor do resistor, a sua porcentagem de tolerância, especificada para um valor acima e abaixo do valor deste resistor. Se formos, por exemplo, um resistor de 1.000Ω 10%, isto significa que o resistor poderá ser utilizado em lugares onde se necessita de uma resistência desde 900Ω até 1.100Ω .

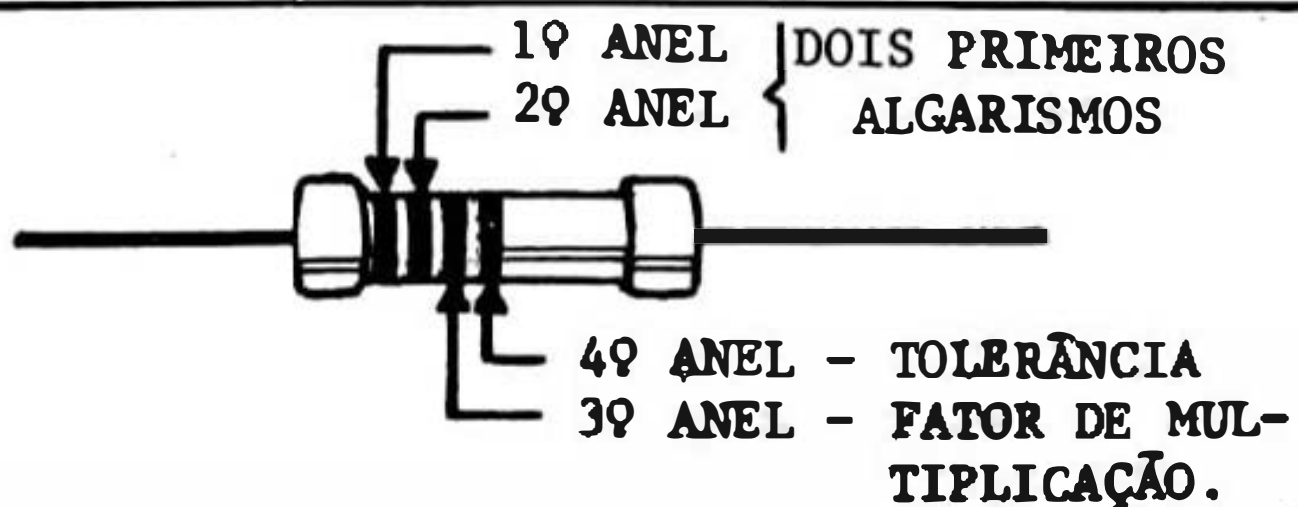
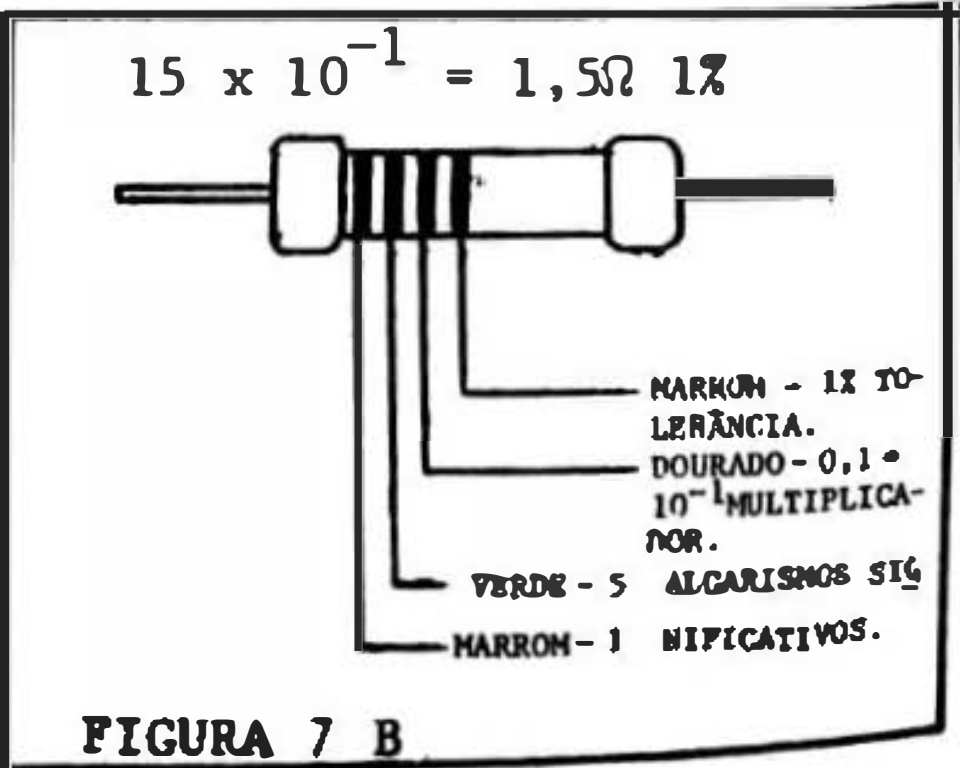
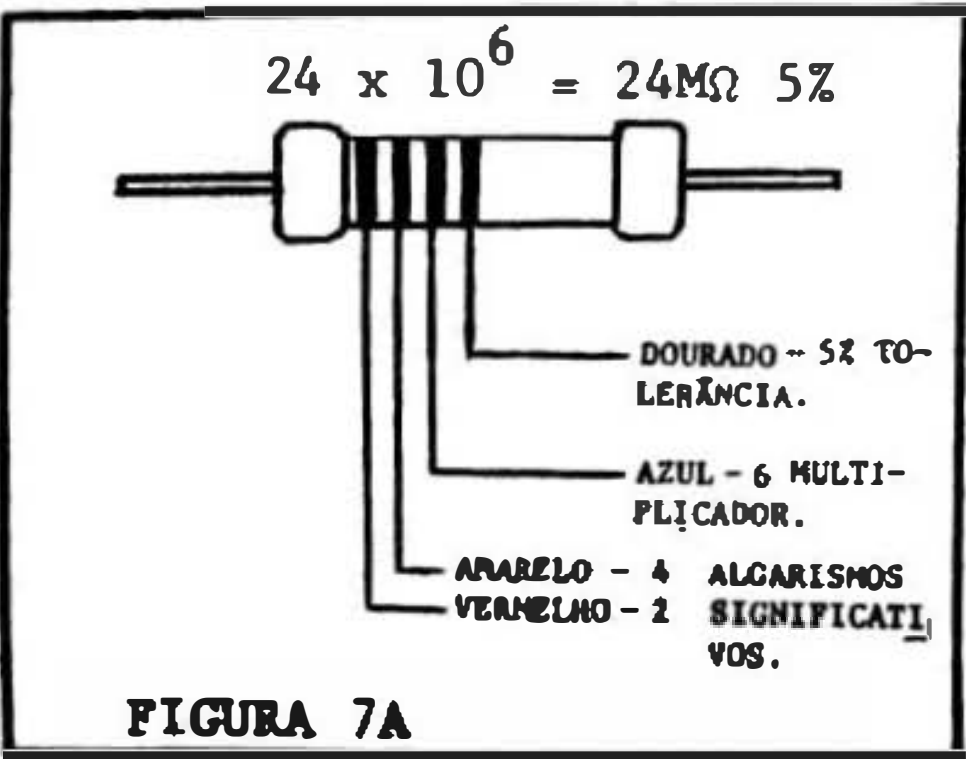


FIGURA 6 B

CORES	MULTIPLICADORES		TOLERÂNCIA %	ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS
Prata	x 0,01	= 10 ⁻²	10%	
Ouro	x 0,1	= 10 ⁻¹	5%	
Preto	x 1	= 10 ⁰		0
Marrom	x 10	= 10 ¹	1%	1
Vermelho	x 100	= 10 ²	2%	2
Laranja	x 1.000	= 10 ³ *		3
Amarelo	x 10.000	= 10 ⁴	20% **	4
Verde	x 100.000	= 10 ⁵	0,5%	5
Azul	x 1.000.000	= 10 ⁶ ***	0,25%	6
Violeta	x 10.000.000	= 10 ⁷	0,1%	7
Cinza	x 100.000.000	= 10 ⁸		8
Branco	x 1.000.000.000	= 10 ⁹		9

- * Sendo a 3a. cor um multiplicador acima de 10³ até 10⁶, usa-se o prefixo K (Kilo) para eliminar os três zeros.
- ** Sendo a última cor o amarelo, isto significa que o resistor é do tipo não indutivo.
- ***Sendo a 3a. cor um multiplicador acima de 10⁶, usa-se o prefixo M (Mega) para eliminar os seis zeros. Veja figura 7.



Estes resistores são fabricados em diversos tamanhos conforme sua dissipação, isto é, a quantidade de calor que elas podem suportar em funcionamento. Encontrados desde 1/8 W até 2W, como mostra a fig. 8. Para potências maiores, são empregados resistores de fio.

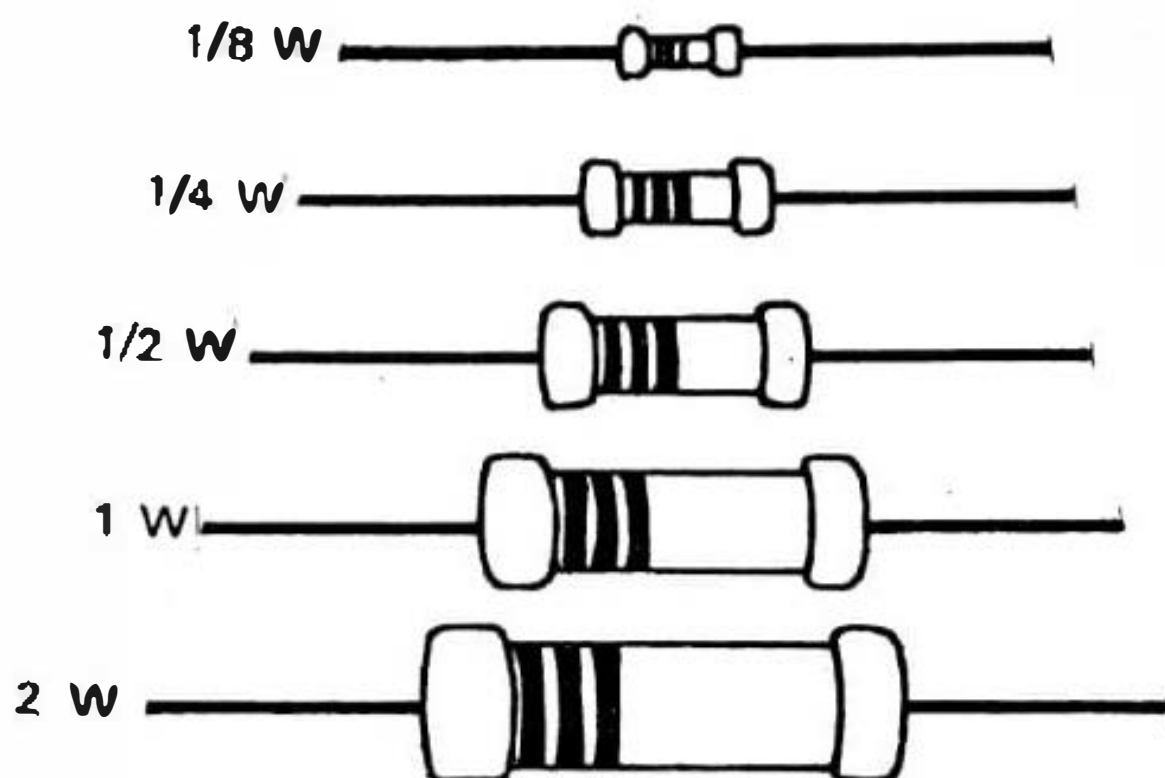


FIGURA 8

SÉRIE COMERCIAL DE RESISTORES

Estes resistores são fabricados de acordo com a porcentagem de tolerância, de tal modo que seus valores cubram todos os valores previstos pela porcentagem, sem necessidade de se fazerem valores individuais.

Existem comercialmente cinco séries de resistores: E6, E12, E24, E48 e E96, onde a série E6 corresponde aos resistores com 20% de tolerância, resistores sem o quarto anel. A série E12, aos resistores de 10% de tolerância. A série E24, aos resistores de 5% de tolerância. A série E48, aos resistores de 2% de tolerância e finalmente a série E96, aos resistores de 1% de tolerância.

Nas tabelas a seguir, mostramos os valores existentes - nas séries E6, E12, E24 e omitimos as séries E48 e E96 por conterem uma grande quantidade de valores e também por serem menos usadas em montagens simples, só utilizadas em projetos de equipamentos de precisão, como em instrumentos de medidas e em instrumentos médicos, etc.

Estes resistores e potenciômetros são representados graficamente por símbolos, para maior facilidade de identificação, conforme mostra a figura 9.

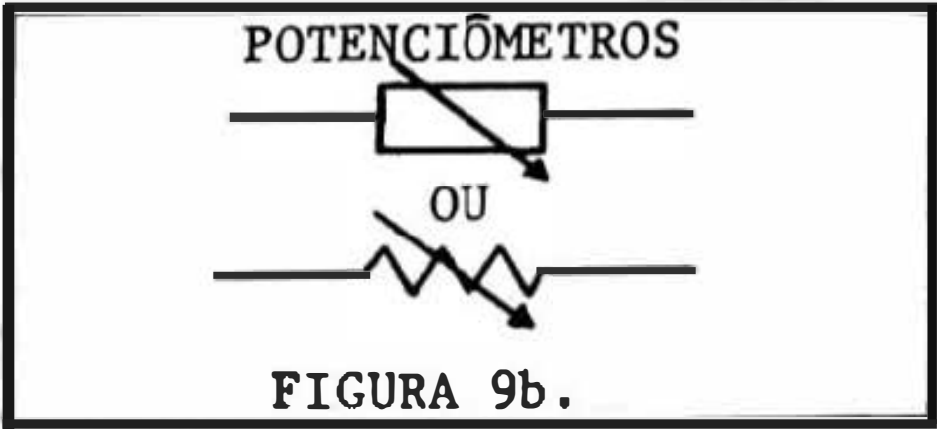
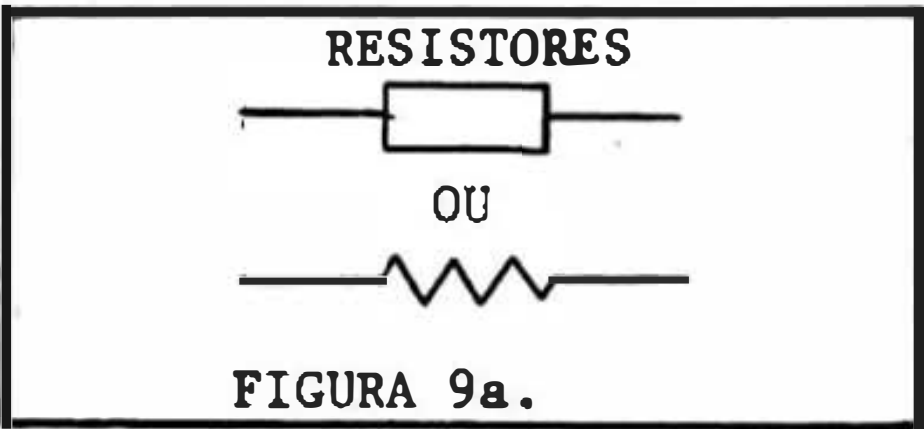


TABELA I - SÉRIE E6 - 20% - UNIDADE EM OHMS							
1	10	100	1K	10K	100K	1M	10M
1,5	15	150	1,5K	15K	150K	1,5M	15M
2,2	22	220	2,2K	22K	220K	2,2M	22M
3,3	33	330	3,3K	33K	330K	3,3M	
4,7	47	470	4,7K	47K	470K	4,7M	
6,8	68	680	6,8K	68K	680K	6,8M	

TABELA II - SÉRIE E12 - 10% - UNIDADE EM OHMS							
1	10	100	1K	10K	100K	1M	10M
1,2	12	120	1,2K	12K	120K	1,2M	12M
1,5	15	150	1,5K	15K	150K	1,5M	15M
1,8	18	180	1,8K	18K	180K	1,8M	18M
2,2	22	220	2,2K	22K	220K	2,2M	22M
2,7	27	270	2,7K	27K	270K	2,7M	
3,3	33	330	3,3K	33K	330K	3,3M	
3,9	39	390	3,9K	39K	390K	3,9M	
4,7	47	470	4,7K	47K	470K	4,7M	
5,6	56	560	5,6K	56K	560K	5,6M	
6,8	68	680	6,8K	68K	680K	6,8M	
8,2	82	820	8,2K	82K	820K	8,2M	

TABELA III - SÉRIE E24 - 5% - UNIDADE EM OHMS

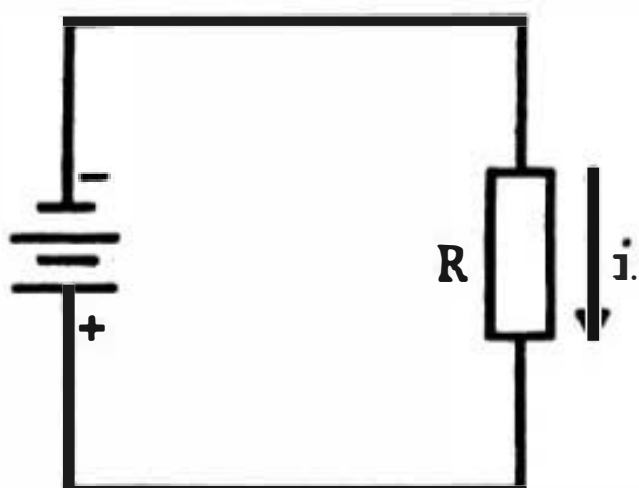
1,0	10	100	1,0K	10K	100K	1,0M	10M
1,1	11	110	1,1K	11K	110K	1,1M	11M
1,2	12	120	1,2K	12K	120K	1,2M	12M
1,3	13	130	1,3K	13K	130K	1,3M	13M
1,5	15	150	1,5K	15K	150K	1,5M	15M
1,6	16	160	1,6K	16K	160K	1,6M	16M
1,8	18	180	1,8K	18K	180K	1,8M	18M
2,0	20	200	2,0K	20K	200K	2,0M	20M
2,2	22	220	2,2K	22K	220K	2,2M	22M
2,4	24	240	2,4K	24K	240K	2,4M	
2,7	27	270	2,7K	27K	270K	2,7M	
3,0	30	300	3,0K	30K	300K	3,0M	
3,3	33	330	3,3K	33K	330K	3,3M	
3,6	36	360	3,6K	36K	360K	3,6M	
3,9	39	390	3,9K	39K	390K	3,9M	
4,3	43	430	4,3K	43K	430K	4,3M	
4,7	47	470	4,7K	47K	470K	4,7M	
5,1	51	510	5,1K	51K	510K	5,1M	
5,6	56	560	5,6K	56K	560K	5,6M	
6,2	62	620	6,2K	62K	620K	6,2M	
6,8	68	680	6,8K	68K	680K	6,8M	
7,5	75	750	7,5K	75K	750K	7,5M	
8,2	82	820	8,2K	82K	820K	8,2M	
9,1	91	910	9,1K	91K	910K	9,1M	

RELAÇÃO ENTRE A TENSÃO, A RESISTÊNCIA E A CORRENTE

Conforme vimos, a Lei de ohm permite que calculemos uma terceira incognita, desde que conheçamos duas delas.

Podemos, por exemplo, calcular a tensão de um circui - to, quando conhecemos a corrente e sua resistência. Da mesma forma, podemos calcular a corrente, quando conhecemos a ten - são e sua resistência. E ainda podemos calcular a resistên - cia, quando conhecemos a tensão e a corrente. A título demons - trativo, damos um exemplo para cada caso, como segue:

1) Cálculo da tensão: possuímos um circuito, conforme ilustra a figura abaixo, onde $R = 10K\Omega$, $i = 20mA$



$$V = i \times R$$

$$i = 20mA = 20 \times 10^{-3} A \text{ ou } 0,020A^*$$

$$R = 10K\Omega = 10 \times 10^3 \Omega \text{ ou } 10000\Omega^{**}$$

$$V = 20 \times 10^{-3} A \times 10 \times 10^3 \Omega = 200 \times 10^{-3} \times 10^3 V = 200V$$

* Observamos que não podemos calcular com unidades de μA e mA . Temos então que converter para o ampère e, para isto, basta que multipliquemos:

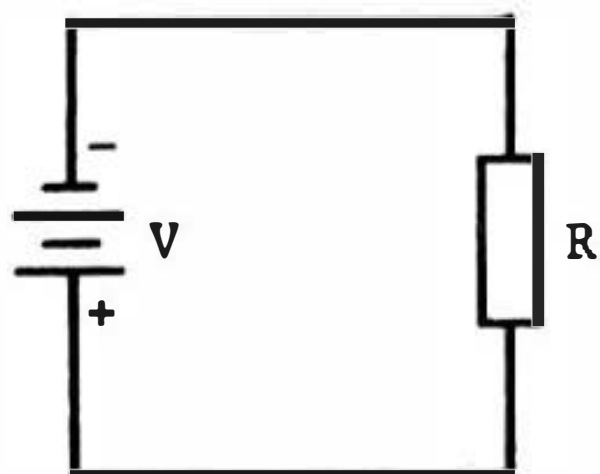
$$\mu A = 10^{-6} A \text{ ou } 0,000001A$$

$$\mu A = \text{Microampère}$$

$$mA = 10^{-3} A \text{ ou } 0,001A$$

$$mA = \text{Miliampère}$$

2) Cálculo da corrente: possuímos um circuito, conforme mostra a figura abaixo, onde $R = 1M\Omega$, $V = 20V$



$$i = \frac{V}{R}$$

$$V = 20V$$

$$R = 1M\Omega = 1 \times 10^6 \Omega \text{ ou } 1.000.000\Omega^{**}$$

$$i = \frac{20}{1 \times 10^6} = \frac{20 \times 10^{-6}}{1} = 20 \times 10^{-6} A$$

$$\text{ou } 20\mu A$$

** Observamos que precisamos transformar os múltiplos para o ohm, bastando, para isto, multiplicar:

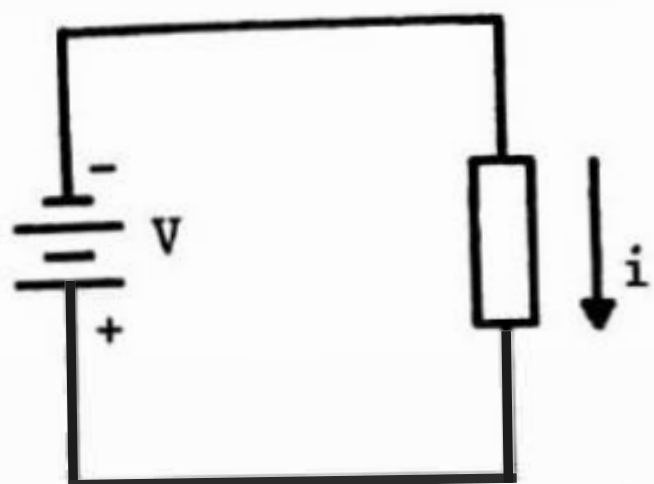
$$K\Omega = 10^3 \text{ ou } 1000\Omega$$

$$M\Omega = 10^6 \text{ ou } 1.000.000\Omega$$

$$K\Omega = \text{Kilo ohm}$$

$$M\Omega = \text{Mega ohm}$$

3) Cálculo da resistência: possuímos um circuito conforme a figura ilustrativa abaixo, onde $i = 10A$, $V = 20V$.



$$R = \frac{V}{i}$$

$$V = 20V$$

$$i = 10A$$

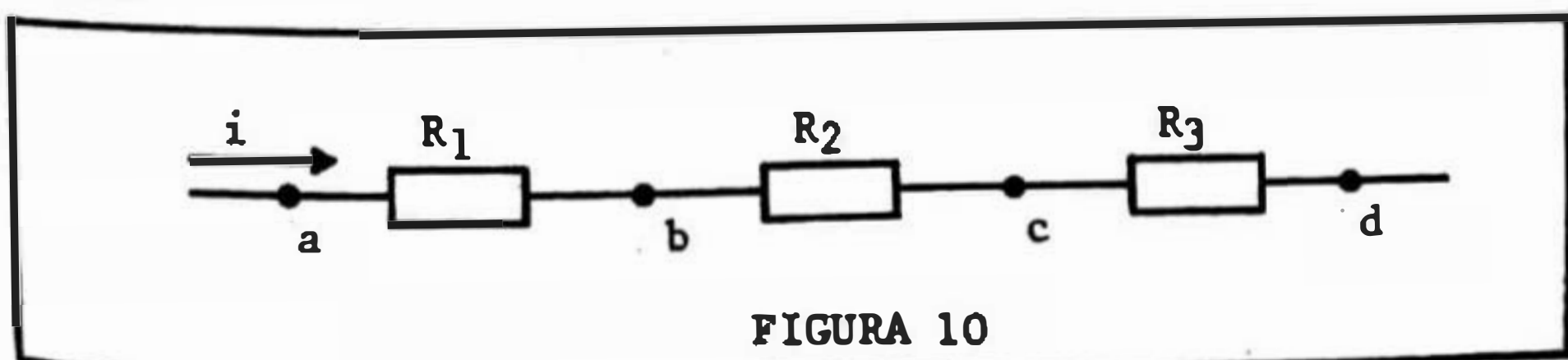
$$R = \frac{20V}{10A} = 2\Omega$$

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Geralmente, em eletrônica, encontramos circuitos com resistores ligados em série ou em paralelo ou, às vezes, precisamos substituir um resistor e não dispomos dele no momento. Então a solução é fazer uma ligação em série ou paralela, para conseguirmos um valor de resistência aproximada.

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Quando os resistores estão interligados como na figura 10, abaixo, dizemos que estes resistores estão associados em série.



Neste tipo de associação, a intensidade da corrente que circula por um dos resistores é a mesma em todos os resistores da série.

Como, neste tipo de associação, a corrente não varia, então, é lógico que, quanto maior for o resistor da série, maior

será a tensão sobre este, pois:

$$V_{abcd} = R_1 \times i + R_2 \times i + R_3 \times i$$

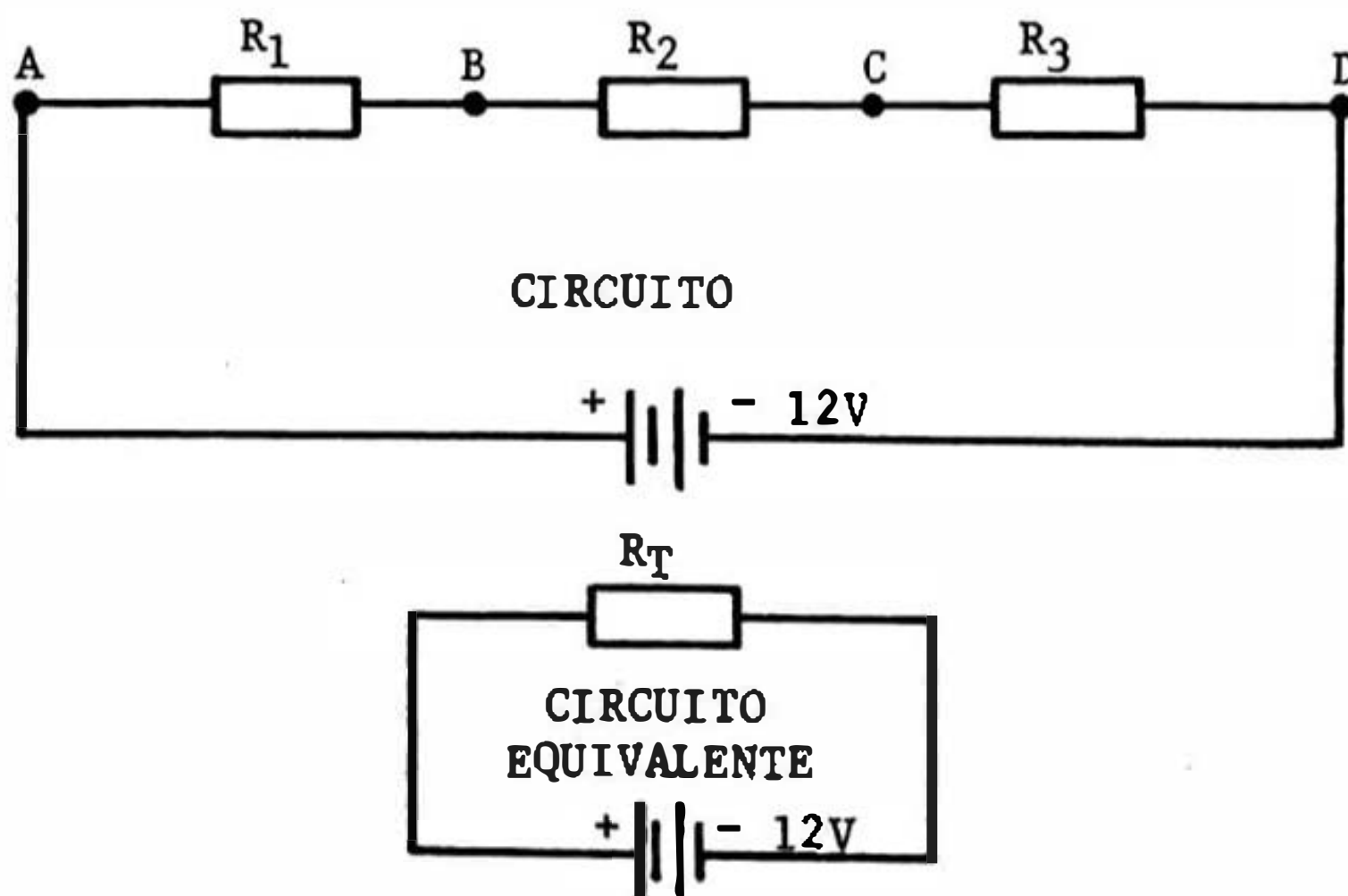
Os resistores que constituem a série, podem ser substituídos por um único resistor, chamado comumente de equivalente, proporcionando os mesmos resultados que aqueles em série. E para calcularmos o valor do resistor equivalente de uma ligação em série, utilizamos a seguinte fórmula:

$$\rightarrow R = R_1 + R_2 + \dots R_n$$

onde: $n = n^\circ$ de resistores.

Desta forma, a resistência equivalente de uma associação de resistores em série é equivalente à soma das resistências dos resistores da série.

Sejam, por exemplo, três resistores de resistências $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 7\Omega$, ligados em série e alimentados por uma fonte de corrente contínua V_{cc} de 12V. Calcular a corrente do circuito.



Solução:

a) Inicialmente, calculamos o valor da resistência equivalente:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + R_3 \\ R &= 3 + 6 + 7 \\ R &= 16\Omega \end{aligned}$$

- b) Posteriormente, aplicamos a lei de ohm para o circuito equivalente:

$$i = \frac{V}{R} = i = \frac{12}{16} = 0,75A$$

Desta forma, todos os resistores são percorridos por uma corrente de 0,75A.

- c) Como é sabido, cada resistor da série terá uma queda de tensão de conformidade com seu valor. Então, para sabermos as tensões entre "A" e "B", "B" e "C" e "C" e "D", aplicamos a lei de ohm em cada resistor:

$$V_{AB} = R_1 i \quad \therefore \quad V_{AB} = 3 \times 0,75 \quad \therefore \quad V_{AB} = 2,25V$$

$$V_{BC} = R_2 i \quad \therefore \quad V_{BC} = 6 \times 0,75 \quad \therefore \quad V_{BC} = 4,50V$$

$$V_{CD} = R_3 i \quad \therefore \quad V_{CD} = 7 \times 0,75 \quad \therefore \quad V_{CD} = 5,25V$$

A soma das tensões, em cada resistor, dará como resultado a tensão da bateria do circuito, que é 12V.

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Quando os resistores estão interligados um ao lado do outro ou aos mesmos pontos, portanto, submetidos à mesma d.d.p. dizemos que estão, desta forma, associados em paralelo, como mostra a figura 11.

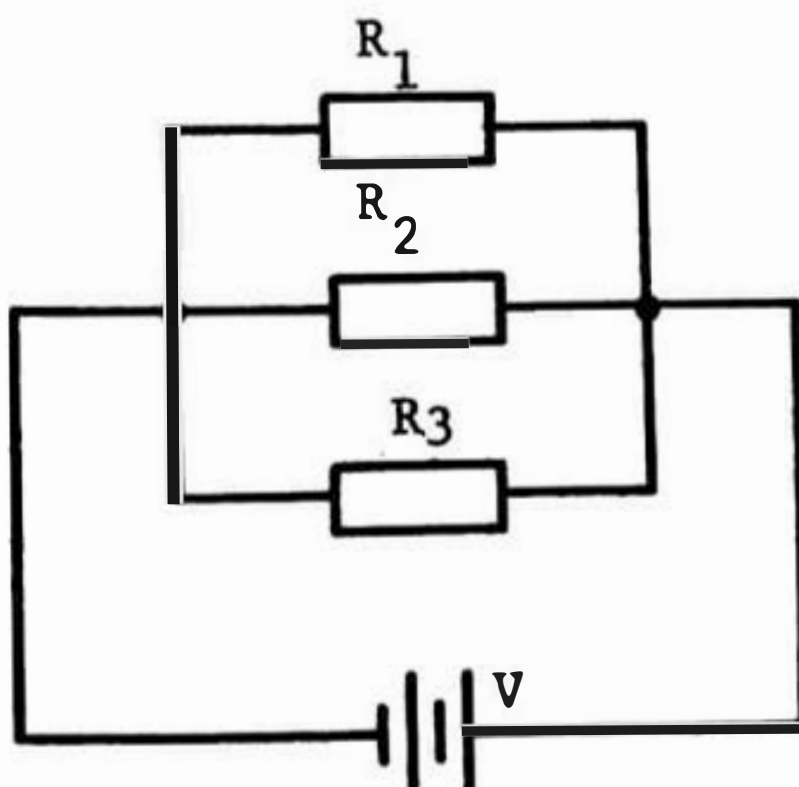


FIGURA 11

Como a tensão é igual em todos os resistores, a corrente é que se subdivide entre os resistores da associação. Esta corrente será tanto maior, quanto menor for o valor da resistência.

Assim, aplicando a lei de ohm, teremos:

$$V = R_1 i_1$$

$$V = R_2 i_2$$

$$V = R_3 i_3$$

Desta forma, concluímos que a soma das correntes será a corrente total do circuito:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

Os resistores ligados em paralelo podem também ser substituídos por um único resistor equivalente da associação. E para calcularmos o valor do resistor equivalente de uma ligação paralela, utilizamos a seguinte fórmula:

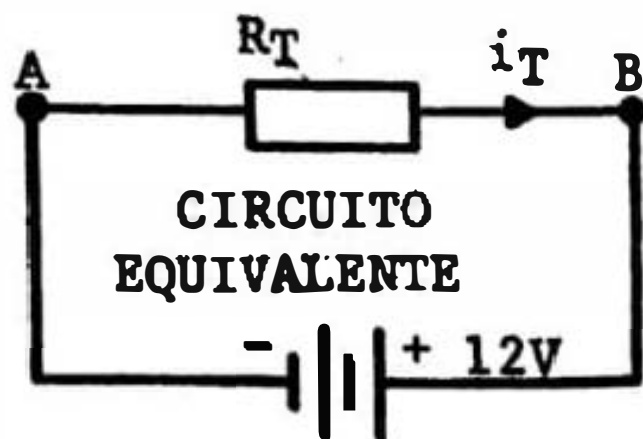
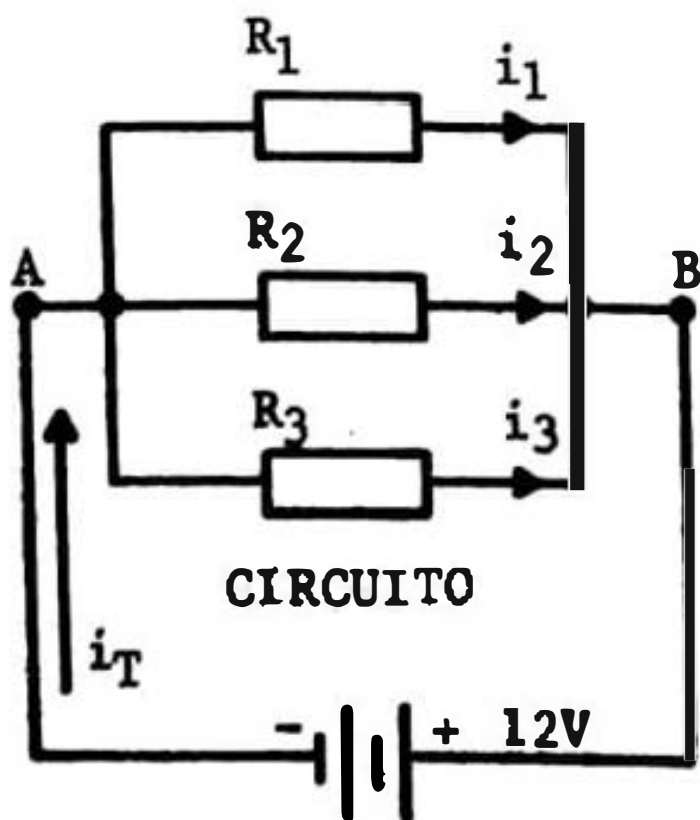
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

onde:

n = número de resistores

Concluimos, então, que o inverso da resistência equivalente de uma associação em paralelo é igual à soma dos inversos das resistências da associação.

Sejam, por exemplo, três resistores de resistências $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, ligados em paralelo e alimentados por uma tensão de 12V. Calcular a corrente total e as correntes em cada resistor.



Solução:

a) Calculamos primeiramente a resistência equivalente da as socição:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{10} \therefore \frac{1}{R} = \frac{5 + 5 + 2}{20} \therefore$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{12}{20} \therefore \frac{R}{1} = \frac{20}{12} \therefore R = 1,67\Omega$$

b) Em seguida, calculamos a corrente total do circuito, pois já sabemos o valor da resistência equivalente, desta forma, teremos:

$$V = R \cdot i \therefore i = \frac{V}{R} \therefore i = \frac{12}{1,67} = 7,19A \text{ ou aproximando } 7,2A$$

c) Agora, calculamos a queda de tensão nos resistores:

$$V = R \cdot i \therefore V = 1,67 \cdot 7,19 \therefore V = 12,0V$$

d) Como a corrente se subdivide em cada resistor em i_1 , i_2 e i_3 e é inversamente proporcional às resistências R_1 , R_2 e R_3 , aplicando a lei de ohm em cada resistor, temos:

Resistor R_1

$$i_1 = \frac{V}{R_1} \therefore i_1 = \frac{12}{4} \therefore i_1 = 3A$$

Resistor R_2

$$i_2 = \frac{V}{R_2} \therefore i_2 = \frac{12}{4} \therefore i_2 = 3A$$

Resistor R_3

$$i_3 = \frac{V}{R_3} \therefore i_3 = \frac{12}{10} \therefore i_3 = 1,2A$$

CÁLCULO DE POTÊNCIA (EFEITO JOULE)

Quando analisamos um circuito constituído de um gerador ideal de f.e.m. (força eletro-motriz), isto é, um gerador que não apresenta resistência interna, ligado aos terminais de um resistor, verificamos que se estabelece uma d.d.p. (diferença de potencial), ao mesmo tempo, gera uma corrente, como foi visto nos tópicos anteriores. Podendo ser calculada através da lei de ohm. Porém a passagem dessa corrente através do resistor provoca um elevado número de choques entre os átomos que constituem o resistor, provocando, conseqüentemente, um aumento da temperatura. A este fenômeno damos o nome de efeito Joule ou "energia térmica".

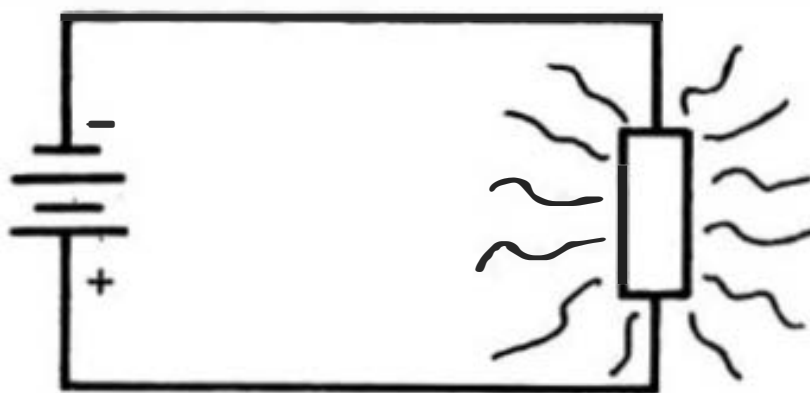


FIGURA 12

A experiência mostra que esta energia convertida em calor, por unidade de tempo, em um resistor, pode ser determinada pelas fórmulas:

$$P = V \times i = V \times \frac{V}{R} \rightarrow$$

$$\rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = R \times i^2$$

onde $\left\{ \begin{array}{l} P \text{ é a potência (watts)} \\ V \text{ é a tensão (volts)} \\ i \text{ é a corrente (ampères)} \\ R \text{ é a resistência (ohm)} \end{array} \right.$

CIRCUITOS EM REDE

A completa distribuição de tensões e corrente ao longo

de um circuito pode ser calculada com o auxílio dos princípios de Kirchhoff. Estas leis, quando aplicadas, mesmo a circuitos relativamente simples, conduzem a sistemas de equações lineares muito grandes, envolvendo centenas de equações e incógnitas. Sendo mesmo uma tarefa própria para computadores.

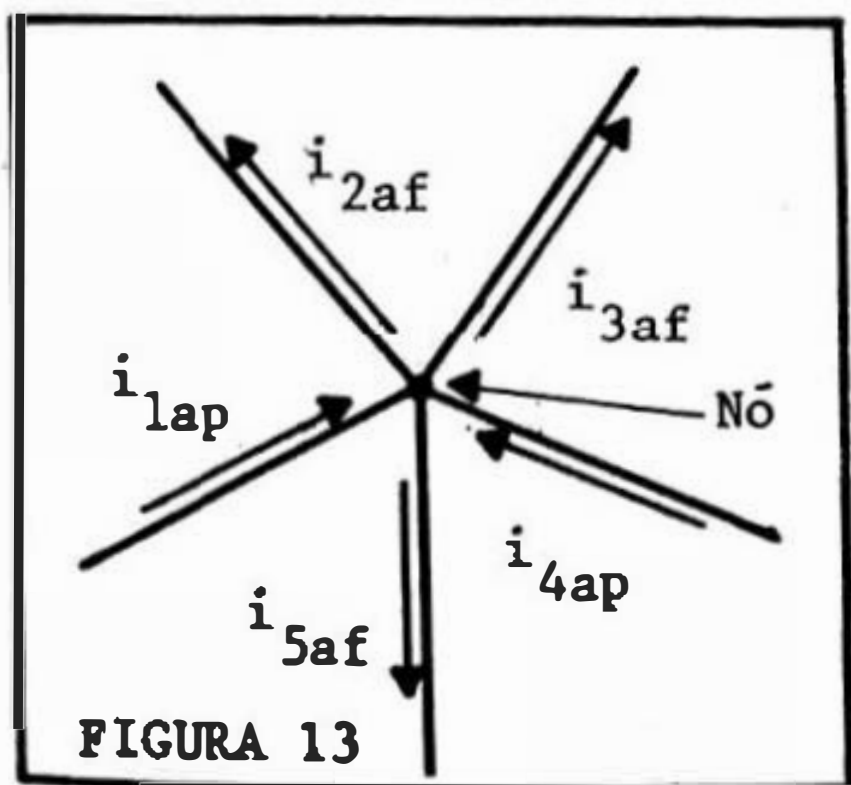
As leis de Kirchhoff estabelecem condições que incidem sobre os nós e malhas de um circuito. "Nós" são os pontos de um circuito, onde ocorre a interligação de dois ou mais condutores. "Malhas" são os percursos fechados que se podem traçar em um circuito.

Primeiro princípio ou lei de Kirchhoff: - a soma aritmética das intensidades de corrente que se aproxima de um nó, é igual à soma aritmética das intensidades de corrente que se afasta dele.

$$\sum i_{ap} = \sum i_{af}$$

i_{ap} = correntes que se aproximam do nó.
 i_{af} = correntes que se afastam do nó.

Desta forma, a soma algébrica das intensidades de corrente em qualquer nó é nula:



$$\sum i = 0$$

Aplicando a equação ao nó da figura 13, teremos:

$$\sum i_{ap} = \sum i_{af}$$

$$i_1 + i_4 = i_2 + i_3 + i_5$$

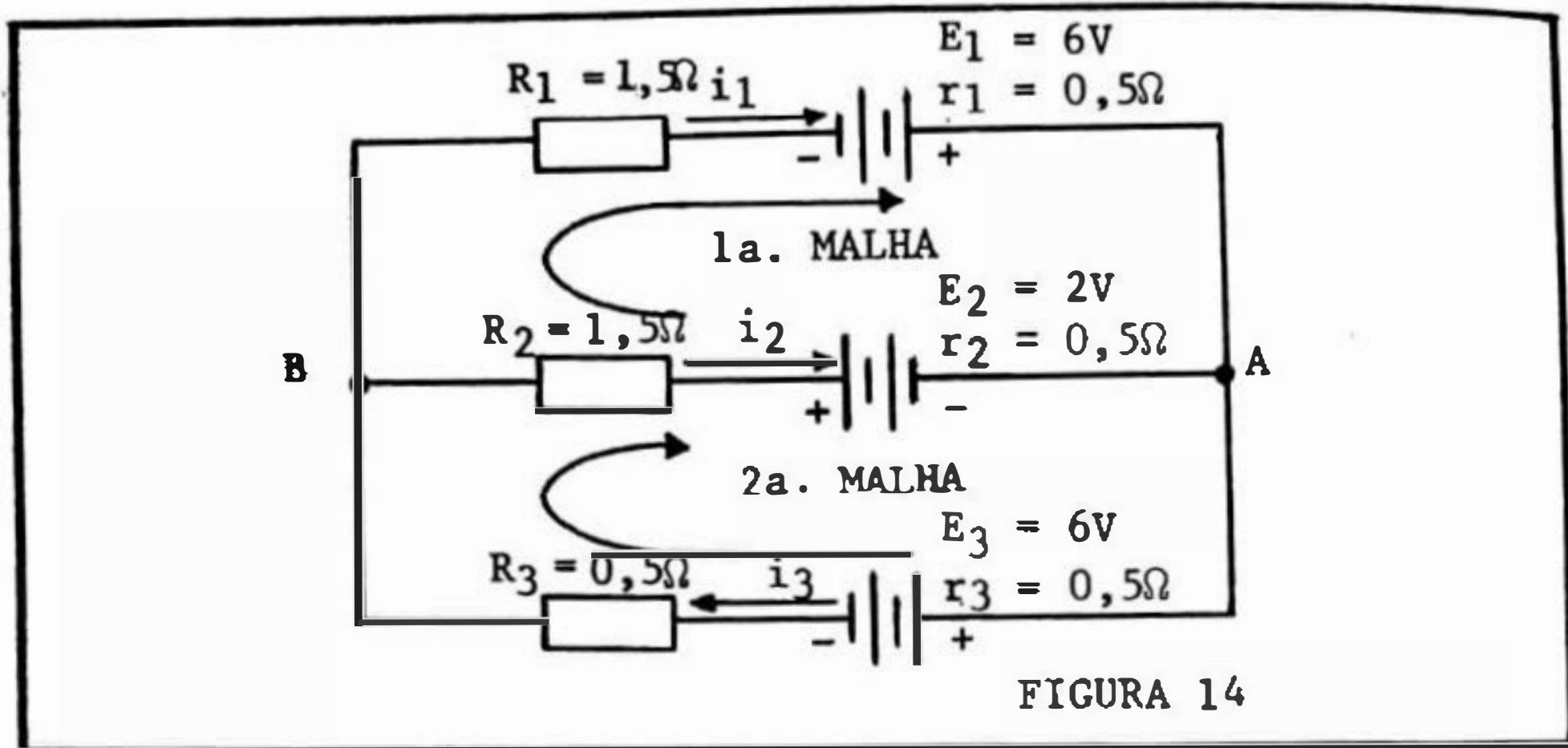
$$i_1 + i_4 - i_2 - i_3 - i_5 = 0$$

Segundo princípio ou Lei de Kirchhoff: em qualquer malha de um circuito em rede a soma algébrica das forças eletromotrizes é igual à soma algébrica das quedas de tensão.

$$\sum E = \sum Ri$$

Vamos demonstrar o segundo princípio ou Lei de Kirchhoff, através do exemplo a seguir:

Dado o circuito da figura 14, composto de duas malhas e dois nós, queremos calcular i_1 , i_2 , i_3 , $V_A - V_B$.



Inicialmente, escolhemos arbitrariamente os sentidos para as correntes i_1 , i_2 , i_3 (normalmente toma-se o sentido horário). As flechas, no centro das malhas, indicam o sentido escolhido, arbitrariamente, para a corrente percorrê-la.

Levando em considerações as seguintes convenções:

- Serão positivas as forças eletromotrizes (E) dos geradores atravessados do pólo negativo para o positivo, quando percorre-se a malha no sentido escolhido arbitrariamente.
- Serão positivas as quedas de tensão nos elementos atravessados pela corrente no mesmo sentido escolhido para percorrer a malha.

Aplicando o segundo princípio ou Lei de Kirchhoff à primeira malha, teremos:

$$E_1 + E_2 = R_1 i_1 + r_1 i_1 - r_2 i_2 - R_2 i_2$$

$$6 + 2 = 1,5i_1 + 0,5i_1 - 0,5i_2 - 1,5i_2$$

$$8 = 2i_1 - 2i_2$$

$$8 = 2(i_1 - i_2)$$

$$4 = i_1 - i_2$$

Aplicando o segundo princípio ou Lei de Kirchhoff à segunda malha, teremos:

$$- E_2 - E_3 = R_2 i_2 + r_2 i_2 + r_3 i_3 + R_3 i_3$$

$$- 2 - 6 = 1,5 i_2 + 0,5 i_2 + 0,5 i_3 + 0,5 i_3$$

$$- 8 = 2 i_2 + i_3$$

Aplicando o primeiro princípio ou Lei de Kirchhoff ao nó "A":

$$i_1 + i_2 - i_3 = 0$$

Agrupando as três equações encontradas, obteremos o sistema abaixo:

$$\begin{cases} 4 = i_1 - i_2 \\ -8 = 2i_2 + i_3 \\ 0 = i_1 + i_2 - i_3 \end{cases}$$

Eliminando a incógnita i_3 , obteremos um novo sistema:

$$\begin{array}{l} -8 = 0i_1 + 2i_2 + \cancel{i_3} \\ 0 = i_1 + i_2 - \cancel{i_3} \\ \hline -8 = i_1 + 3i_2 + 0i_3 \end{array} \quad \therefore \begin{cases} 4 = i_1 - i_2 \\ -8 = i_1 + 3i_2 \end{cases}$$

Resolvendo este sistema, teremos:

$$\begin{cases} i_1 - i_2 = 4 & \times(3) \text{ (I)} \\ i_1 + 3i_2 = -8 & \times(1) \text{ (II)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3i_1 - 3\cancel{i_2} = 12 \\ i_1 + 3\cancel{i_2} = -8 \\ \hline 4i_1 \quad \quad / = 4 \end{cases}$$

$$\boxed{i_1 = \frac{4}{4} = 1A}$$

Cálculo de i_2

$$\text{(II)} \quad i_1 + 3i_2 = -8 \quad \therefore 1 \times 1 + 3i_2 = -8 \quad \therefore$$

$$\therefore 1 + 3i_2 = -8 \quad \therefore 3i_2 = -8 - 1 \quad \therefore$$

$$i_2 = \frac{-9}{3} \quad \therefore \boxed{i_2 = -3A}$$

Finalmente calculando: i_3

$$\begin{aligned} -8 &= 2i_2 + i_3 \quad \therefore -8 = 2(-3) + i_3 \quad \therefore -8 = -6 + i_3 \quad \therefore \\ \therefore i_3 &= -8 + 6 \quad \therefore i_3 = -2A \end{aligned}$$

Os valores negativos, indicam que as correntes i_2 e i_3 têm sentidos contrários aos que foram tomados aleatoriamente.

DETERMINAÇÃO DA DIFERENÇA DE POTENCIAL (d.d.p.)

Para este caso, usaremos a equação $VA - VB = \sum Ri - \sum E$. Devemos observar que há três caminhos para se chegar à determinação da d.d.p. $VA - VB$. Qualquer destes caminhos conduz a uma mesma resposta. Tomamos o ramo central do circuito.

$$\begin{aligned} VA - VB &= -r_2 i_2 - R_2 i_2 - E_2 \\ VA - VB &= -0,5(-3) - 1,5(-3) - 2 \\ VA - VB &= +1,5 + 4,5 - 2 \\ VA - VB &= 4V \end{aligned}$$

OBS.: Pode-se calcular ainda i_1 , i_2 , i_3 , usando determinantes e a regra de Cramer:

$$\begin{cases} 4 = i_1 - i_2 \\ -8 = 2i_2 + i_3 \\ 0 = i_1 + i_2 - i_3 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -2 - 1 + 0 - (0 + 0 + 1) = -4$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 4 & -1 & 0 \\ -8 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -8 + 0 + 0 - (0 - 8 + 4) = -4$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 4 & 0 \\ 0 & -8 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} = 8 + 4 + 0 - (0 + 0 + 0) = 12$$

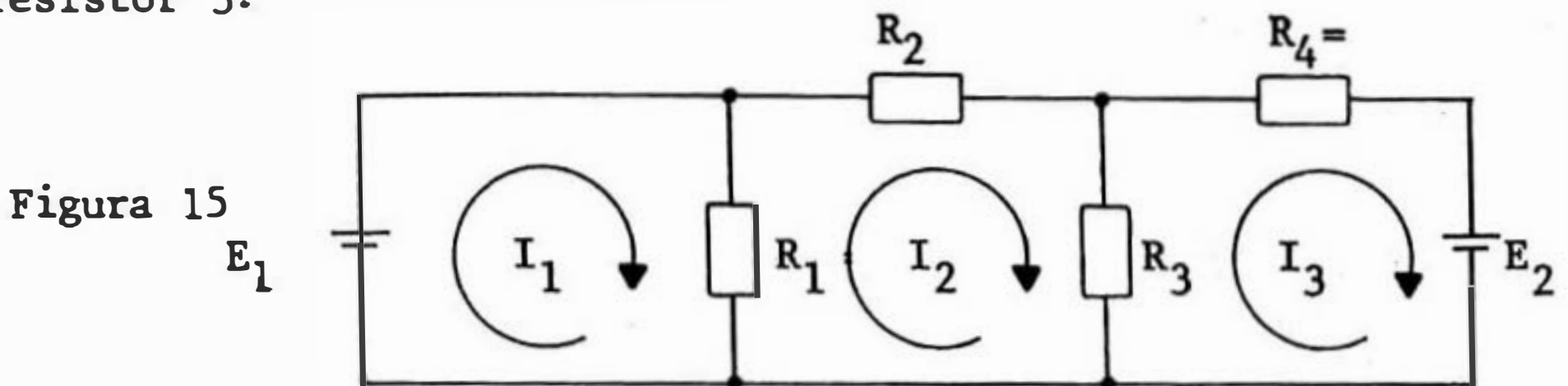
$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -4 \\ 0 & 2 & -8 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = 0 + 8 + 0 - (8 + 0 - 8) = 8$$

$$i_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-4}{-4} = 1A \quad i_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{12}{-4} = -3A$$

$$i_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{8}{-4} = -2A$$

EXEMPLO RESOLVIDO

1) Dado o circuito da figura 15, composto de três malhas, calcular a corrente nos resistores 1, 3 e a tensão no resistor 3.

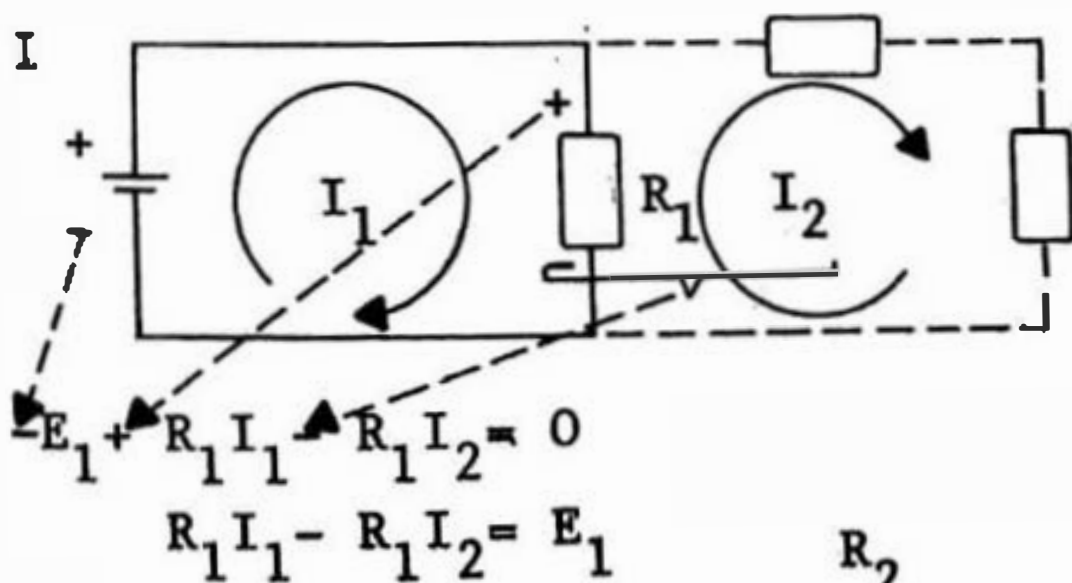


A cada malha, associa-se uma corrente. Deste modo, temos I_1 , I_2 , I_3 , colocadas no interior da malha, com sentido horário.

Vamos convencionar que, na entrada da corrente no resistor, teremos pólo (+) e na saída (-).

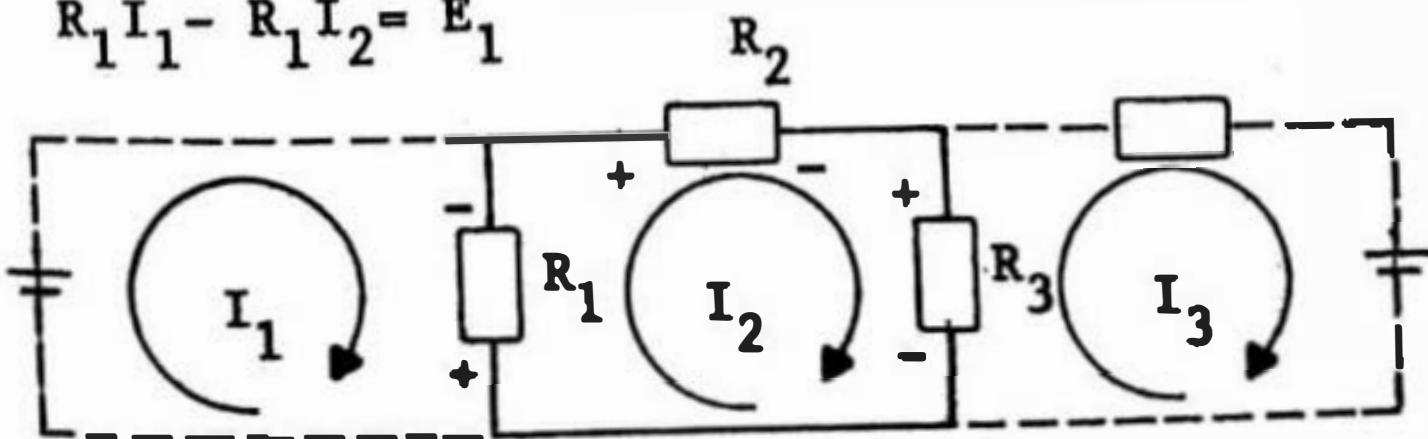
Deste modo, equacionando, temos:

Malha I



* note a disposição dos sinais

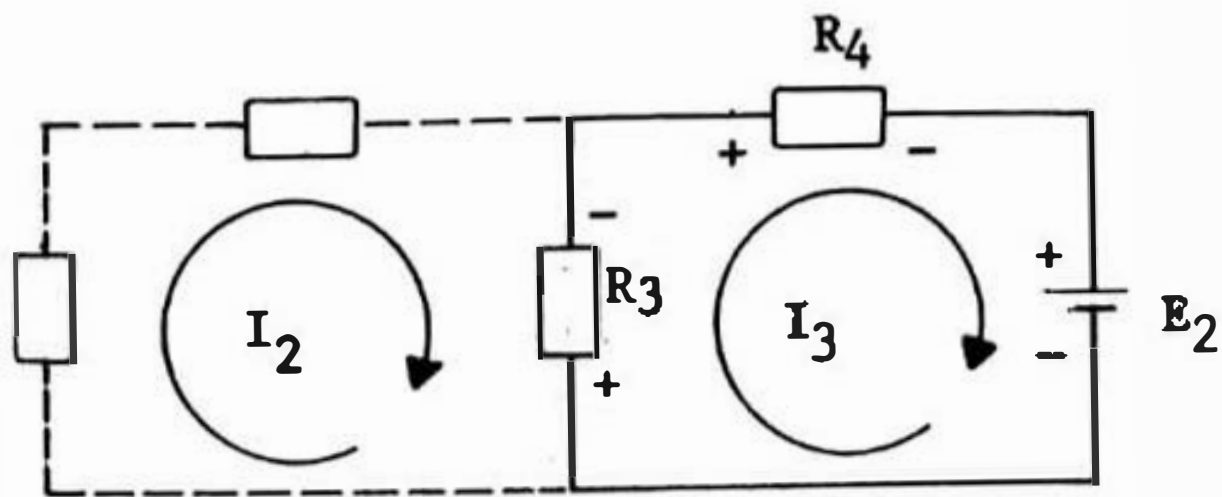
Malha II



$$R_1 I_2 + R_2 I_2 + R_3 I_2 - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0$$

$$(R_1 + R_2 + R_3) I_2 - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0$$

Malha III



$$R_3 I_3 + R_4 I_3 + E_2 - R_3 I_2 = 0$$

$$(R_3 + R_4) I_3 - R_3 I_2 = -E_2$$

Dados:

$$E_1 = 10V; E_2 = 20V; R_1 = 2\Omega; R_2 = 3\Omega; R_3 = 4\Omega; R_4 = 5\Omega.$$

Solução:

$$1) \quad 2I_1 - 2I_2 = 10 \quad (\text{Malha I})$$

$$2) \quad (2 + 3 + 4) I_2 - 2I_1 - 4I_3 = 0 \quad (\text{Malha II})$$

$$3) \quad (4 + 5) I_3 - 4I_2 = -20 \quad (\text{Malha III})$$

Resolvendo o sistema:

$$1) \quad I_1 = I_2 + 5$$

$$2) \quad 9I_2 - 2I_1 - 4I_3 = 0 \text{ substituindo a primeira}$$

$$9I_2 - 2(I_2 + 5) - 4I_3 = 0$$

$$9I_2 - 2I_2 - 10 - 4I_3 = 0$$

$$7I_2 - 10 - 4I_3 = 0 \quad \therefore I_2 = \frac{10 + 4I_3}{7}$$

$$3) \quad 9I_3 - 4I_2 = -20$$

$$9I_3 - 4\left(\frac{10 + 4I_3}{7}\right) = -20$$

$$63I_3 - 40 - 16I_3 = -140 \quad \therefore 47I_3 = -100 \quad \therefore I_3 = -2,13A$$

O sinal negativo ocorre pelo fato de que a corrente I_3 deverá percorrer a malha III no sentido anti-horário e não no horário, como foi colocado inicialmente.

$$I_2 = \frac{10 - 8,52}{7} \quad \therefore I_2 = 0,21A$$

$$I_1 = 0,21 + 5 \quad \therefore I_1 = 5,21A$$

A corrente no resistor 1 é:

$$I(R_1) = I_1 - I_2 = 5,21 - 0,21 = 5A$$

$$I(R_1) = 5A$$

A corrente no resistor 2 é:

$$I(R_2) = I_2 = 0,21A$$

$$I(R_2) = 0,21A$$

A tensão no resistor 3 é:

$$E_3 = (I_2 - I_3) \cdot R_3$$

$$E_3 = (0,21 - (-2,13)) \cdot 4$$

$$E_3 = 2,34 \cdot 4 \cdot \cdot \cdot E_3 = 9,36V$$

ALGUMAS RESTRIÇÕES

Os princípios ou leis de Kirchhoff valem para qualquer circuito; porém, à medida que se consideram circuitos percorridos por corrente alternada de frequência muito alta, surgem outros fenômenos que impedem seu uso.

Sobre a lei de ohm também existem algumas restrições, para que seja aplicada com sucesso. É preciso que o circuito esteja em regime estacionário, isto é, livre dos fenômenos transitórios, desencadeados nos instantes imediatamente posteriores ao ato de ligar o circuito. É preciso lembrar ainda que a lei de ohm pode ser utilizada na forma exposta, quando se tratar de resistores. Porém, indutores e capacitores apresentam comportamento diferente dos resistores: a resistência que oferecem à passagem da corrente (chamada impedância) varia com a frequência dessa corrente. Assim as leis ou princípios de Kirchhoff só podem ser aplicados em circuitos que contêm indutores e capacitores quando a frequência da corrente for baixa.

TIPOS DE LIGAÇÕES QUE PODEM SER EFETUADAS COM AS PILHAS OU BATERIAS

Como já mencionamos, podemos ter vários tipos de associações, vamos detalhar cada uma delas, explicando as características principais.

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE:

Vamos considerar a associação de 3 pilhas em série, como indica a figura 16.

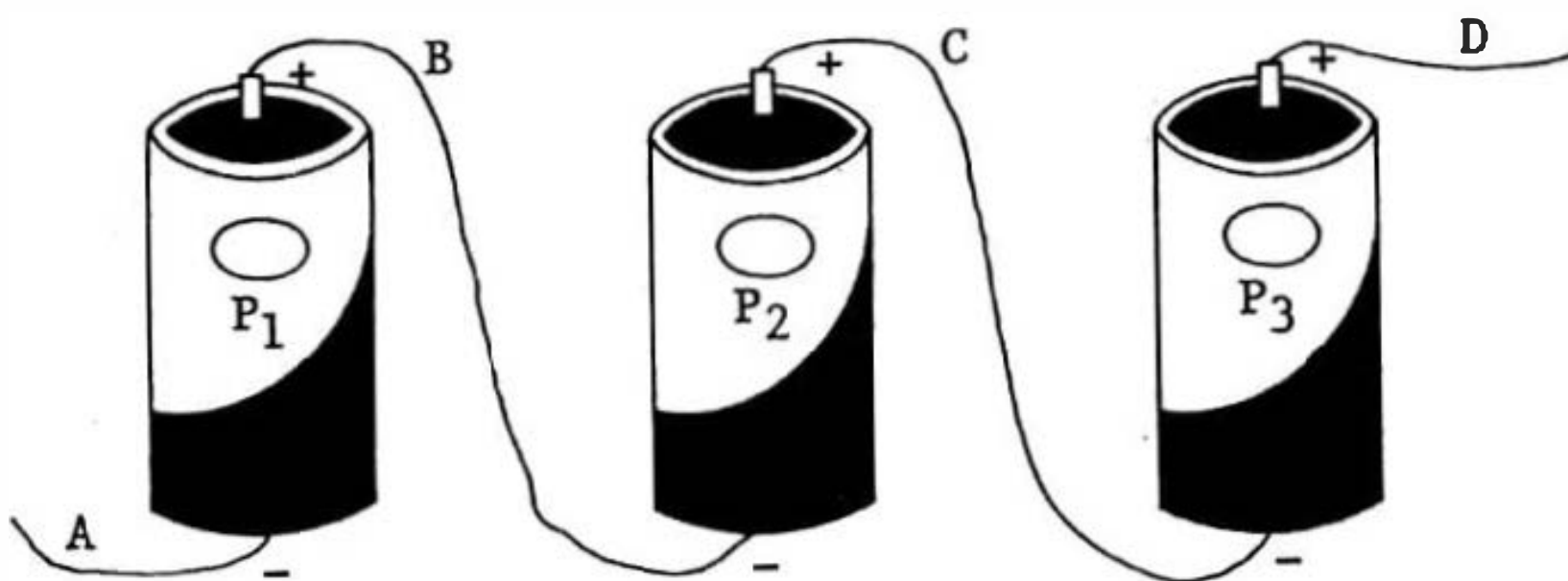


FIGURA 16

As pilhas são associadas de modo que o pólo positivo de uma seja ligado ao pólo negativo da outra e assim sucessivamente.

A corrente que atravessa todas as pilhas se mantém constante.

Vamos considerar um circuito equivalente a nossa associação, dada pela figura 17.

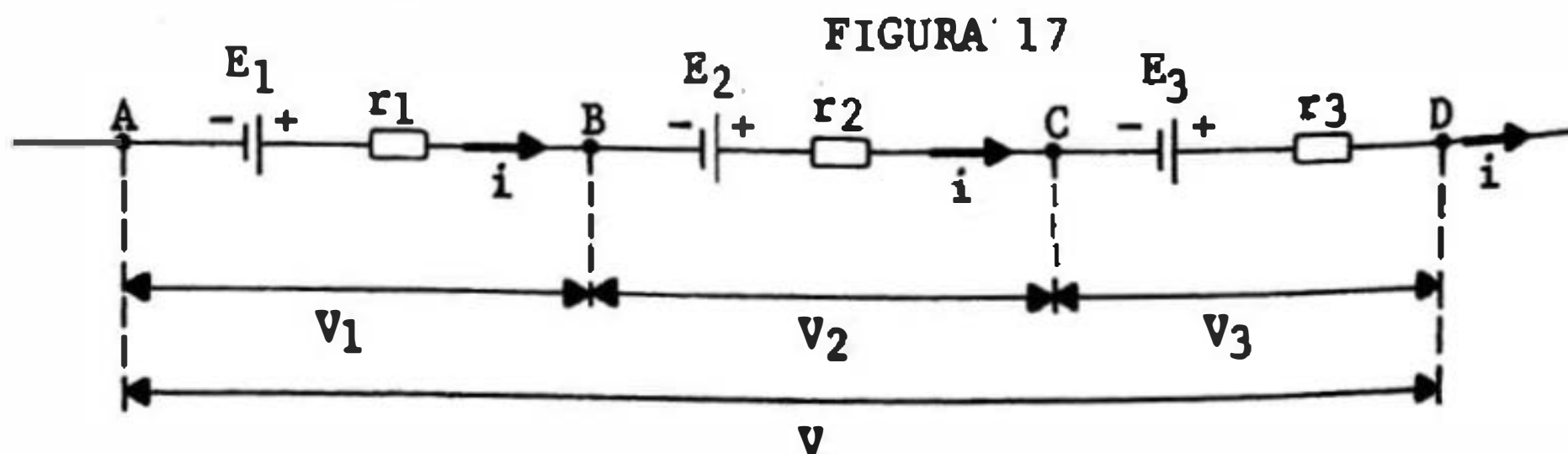


FIGURA 17

Quando a corrente que passa através da associação for i , a tensão entre os terminais A e D será:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

onde:

$E_1 = E_2 = E_3 =$ tensão de cada pilha.

$r_1 = r_2 = r_3 =$ resistência interna de cada pilha.

Logo:

$$V_1 = E_1 - r_1 i$$

$$V_2 = E_2 - r_2 i$$

$$V_3 = E_3 - r_3 i$$

Podemos considerar a nossa associação como sendo uma única pilha de f.e.m. (força eletromotriz) $= E_1 + E_2 + E_3$ e resistência interna $r = r_1 + r_2 + r_3$.

Assim teremos:

$$V = E - r i.$$

A f.e.m. da associação é a soma das f.e.m. de cada pilha ligada em série. E a resistência interna total é a soma das resistências individuais da associação.

Vamos supor, em termos numéricos, que cada pilha tenha 1,5V e resistência interna de 0,25Ω.

Somando a f.e.m. de cada uma delas, vem:

$$E = 1,5 + 1,5 + 1,5 = 4,5V \quad E = 4,5V$$

Para a resistência interna total, temos:

$$r = 0,25 + 0,25 + 0,25 = 0,75\Omega.$$

Como pudemos ver tanto a resistência interna como a f.e.m. aumentaram de valor.

Podemos generalizar o exemplo para n pilhas ligadas em série, onde a f.e.m. e a resistência interna da pilha equivalente serão:

$$E = \sum_{k=1}^n E_k \quad (\text{f.e.m.}) \quad r = \sum_{k=1}^n r_k \quad (\text{resistência interna})$$

$\Sigma =$ somatória

Aplicação:

1) Associam-se em série 10 pilhas iguais de f.e.m. 1,5 volts e resistência interna $r = 0,2$ ohms. Pedem-se f.e.m., a resistência interna e a corrente da pilha equivalente à associação.

$$\text{f.e.m.} \rightarrow E = \sum_{k=1}^n E_k, \text{ em nosso caso } n = 10.$$

$$E = \sum_{k=1}^{10} E_k = 10 \times 1,5 = 15 \text{ volts}$$

$$\text{resistência interna} \rightarrow r = \sum_{k=1}^{10} r_j = 10 \times 0,2 = 2 \text{ ohms.}$$

$$\text{corrente} \rightarrow i = \frac{E}{r} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ ampères}$$

Na associação série de pilhas iguais, a corrente da pilha equivalente é igual à corrente de cada uma das pilhas associadas.

No exemplo cada pilha tem $\begin{cases} \text{f.e.m.} = 1,5 \text{ volts} \\ r = 0,2 \text{ ohms} \end{cases}$

$$\text{Logo: } i = \frac{E}{r} = \frac{1,5}{0,2} = 7,5 \text{ ampères}$$

Que equivale à corrente da associação das pilhas.

As baterias de ácido chumbo, que o aluno viu com detalhes na apostila E3, possuem basicamente f.e.m. de aproximadamente 2 volts. Porém, no caso dos automóveis, geralmente, as baterias são de 6 volts, 12 volts e, às vezes, de 24 volts. Para se obter uma bateria de automóvel de 12 volts, podemos, então fazer uso da ligação em série, associando 6 células de 2 volts cada uma.

Na fig. 18, temos o aspecto desse tipo de bateria com as ligações em série.

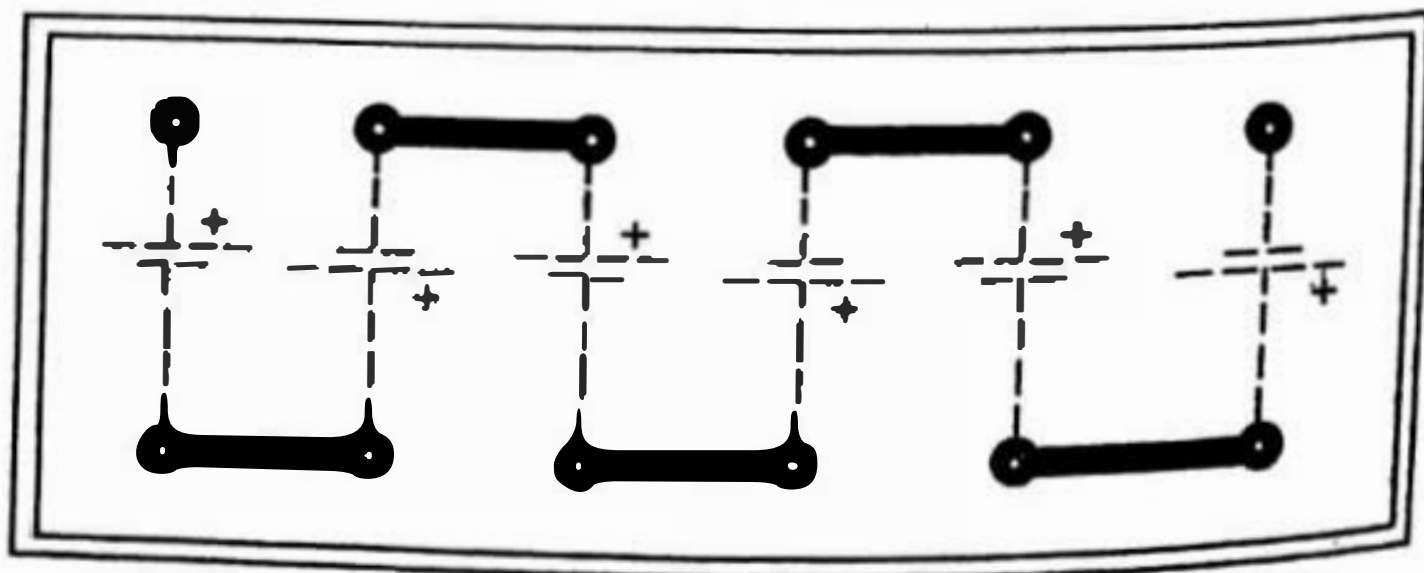


FIGURA 18

Associação em paralelo

Podemos realizar também associações de pilhas em paralelo. A figura 19 mostra uma montagem típica de 3 pilhas iguais de f.e.m. E_1 e resistência interna r_1 .

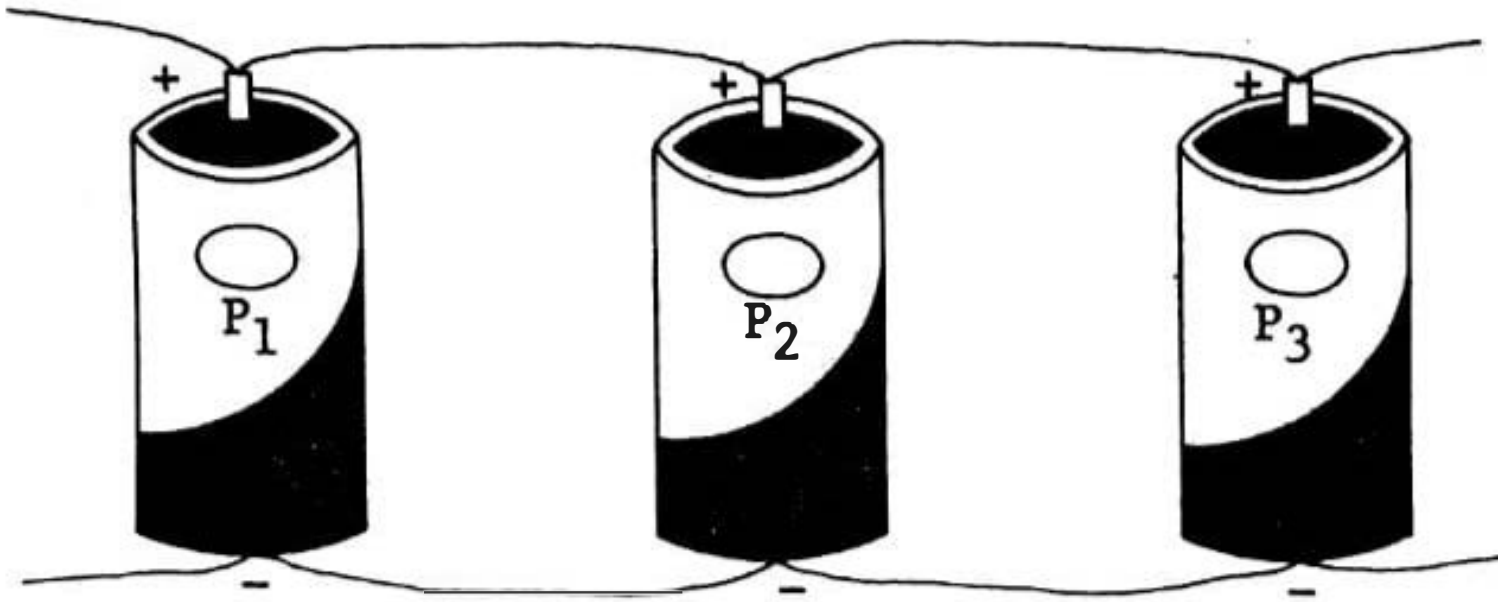


FIGURA 19

Na associação em paralelo a corrente se subdivide entre os ramos. Este aspecto pode ser melhor visualizado pelo esquema da figura 20.

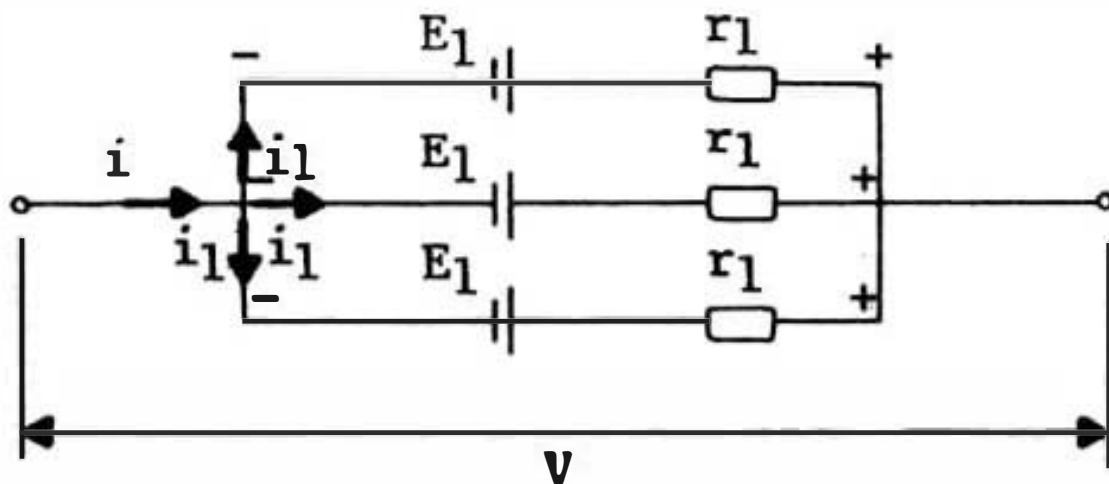


FIGURA 20

A f.e.m. equivalente à associação dada é a f.e.m. de um dos elementos da associação. E o inverso da resistência interna da associação é a soma dos inversos das resistências internas de cada pilha.

Generalizando o exemplo para n pilhas iguais podemos ter:

f.e.m.

$$E = E_1$$

Σ = somatória.

Resistência interna

$$\frac{1}{r} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{r_k}$$

n = número de pilhas

Para o nosso exemplo $n = 3$

$$\frac{1}{r} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{r_k} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1}$$

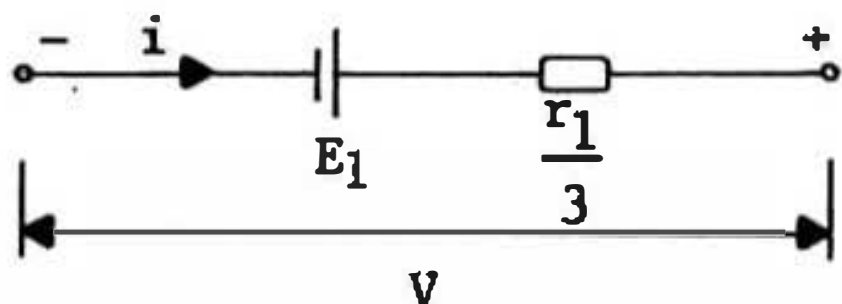
$$\frac{1}{r} = \frac{3}{r_1} \rightarrow r = \frac{r_1}{3}$$

Podemos simplificar a expressão do cálculo de resistência interna para n pilhas iguais em paralelo, assim:

$$r = \frac{r_1}{n} \quad \text{onde: } n = \text{número de pilhas}$$

Analizando as fórmulas para ligação em paralelo, vemos que a f.e.m. não se altera e a resistência interna equivalente se reduz, em outras palavras: a corrente aumenta.

Para o nosso exemplo, o circuito equivalente será:



$$V = E_1 - \frac{r_1}{3} \cdot i$$

Aplicação:

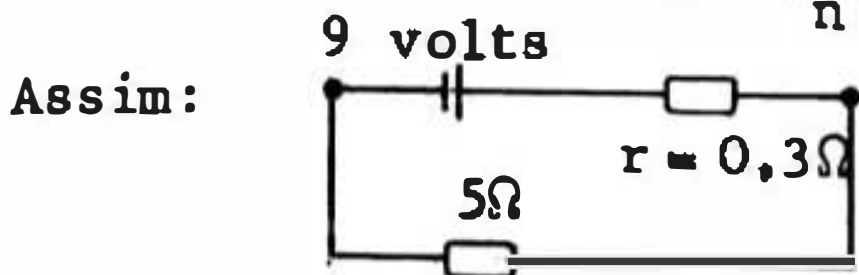
1) Considere uma associação de dez pilhas de 9 volts em paralelo com resistência interna de 3Ω , alimentando uma lâmpada de resistência de 5Ω . Pedem-se a tensão e a corrente nesta lâmpada.

Solução:

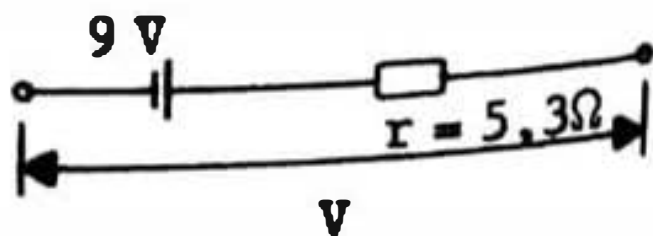
A pilha equivalente a esta associação deve ter:

f.e.m. = 9 volts

resistência interna $r = \frac{r_1}{n} = \frac{3}{10} = 0,3\Omega$



Se o aluno verificar a figura acima, verá que as resistências estão em série, logo podemos simplificar mais o circuito, como mostramos a seguir.



A pilha fornecerá uma corrente de:

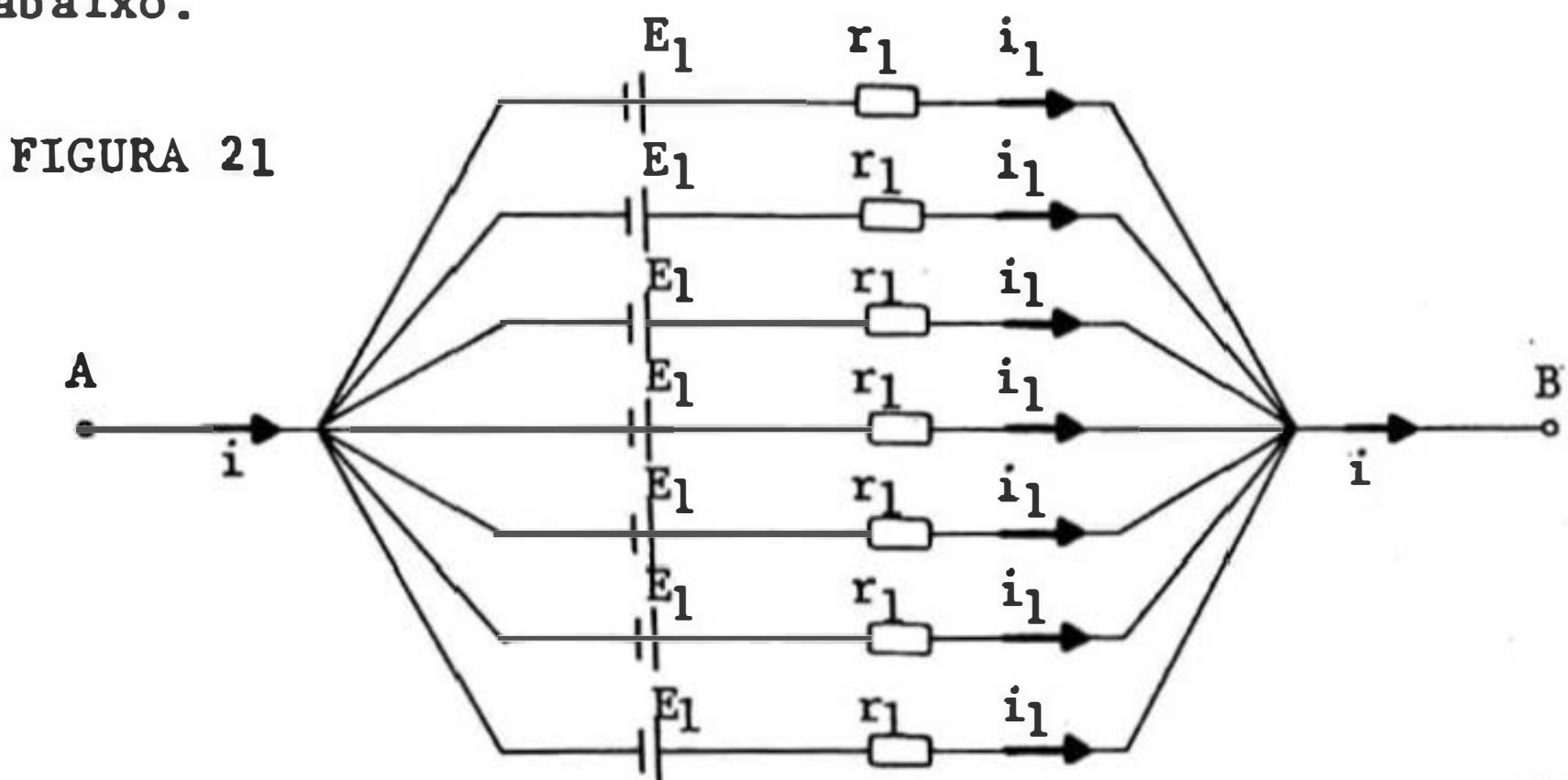
$$i = \frac{9}{5,3} \approx 1,7 \text{ ampères}$$

A tensão na lâmpada será:

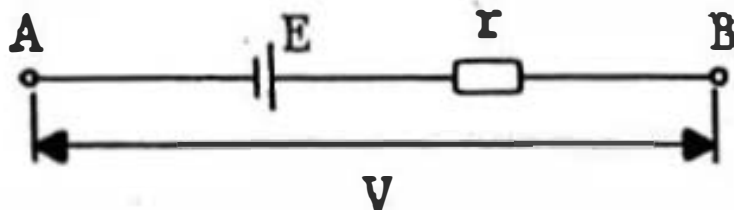
$$V = r \cdot i = 5 \times 1,7 = 8,5 \text{ volts}$$

2) Sete pilhas de 1,5 volts e corrente de 0,5A são ligadas em paralelo. Pede-se calcular a f.e.m. e a resistência da pilha equivalente à associação.

O circuito que representa as 7 pilhas é dado pela figura 21 abaixo.



O circuito equivalente à nossa associação pode ser representado por uma única fonte de f.e.m. = E e resistência interna r , assim:



A resistência interna de cada pilha é:

$$r_1 = \frac{E_1}{i_1} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ ohms} \quad r_1 = 3 \text{ ohms}$$

Logo, a resistência interna r da pilha equivalente será:

$$r = \frac{r_1}{n} = \frac{3}{7} \approx 0,43 \text{ ohms}$$

e a f.e.m.

$$E = E_1 = 1,5 \text{ volts.}$$

Associação Mista

Podemos ter associações série-paralelas, como mencionamos na apostila E₂. Para ilustrar este tipo de associação, onde cada pilha possui resistência interna r e f.e.m. E , apresentamos um diagrama. Ver fig. 22, abaixo.

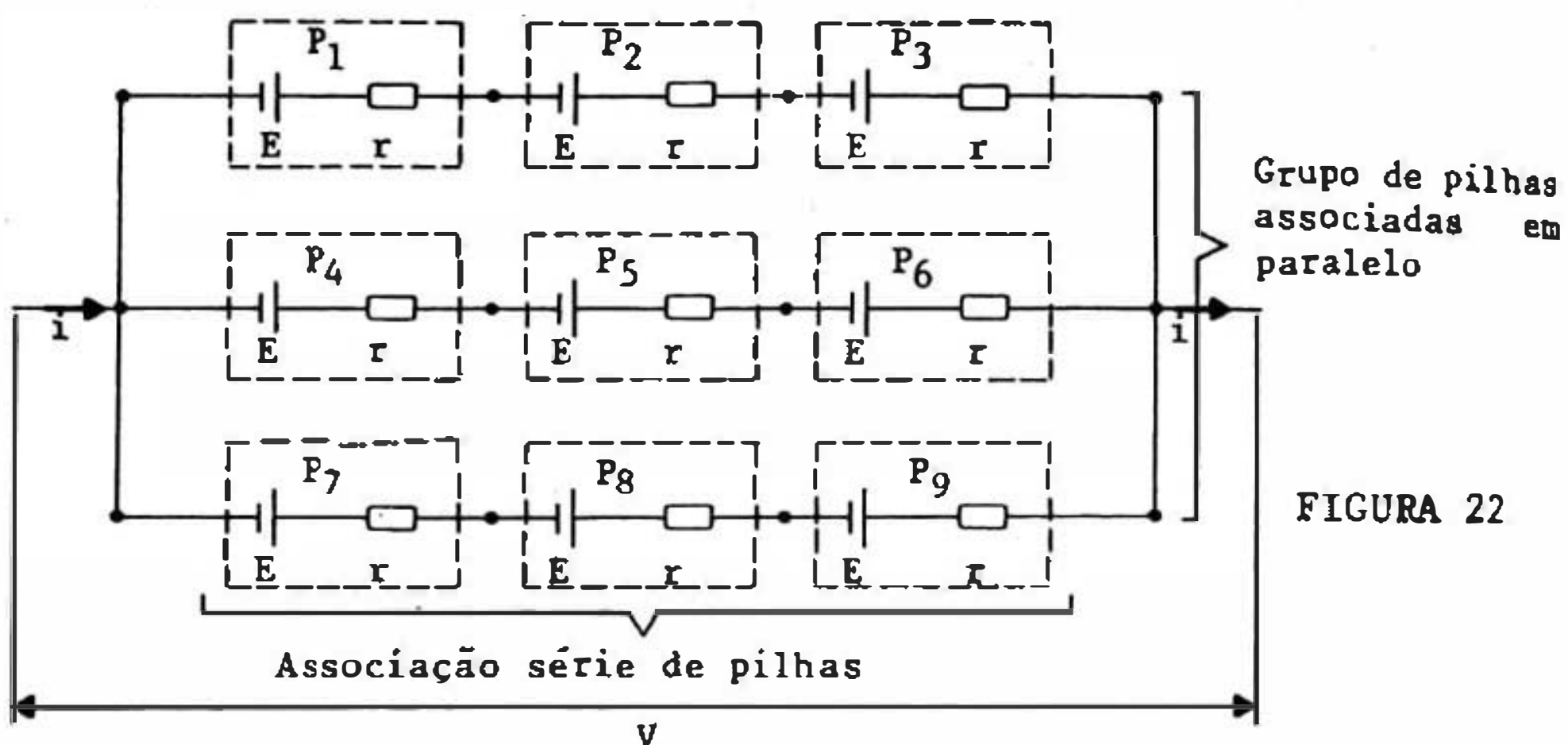


FIGURA 22

Observando a fig. 22, podemos chamar de P o grupo: P_1, P_2 e P_3 . E P' o grupo: P_4, P_5 e P_6 . E P'' o grupo: P_7, P_8 e P_9 . Todos ligados em série. E, ao mesmo tempo, conectados entre si, em paralelo. Logo, temos uma associação série paralela.

É possível efetuarmos outra ligação com os grupos associados em série um com outro, a figura 23 ilustra essa disposição.

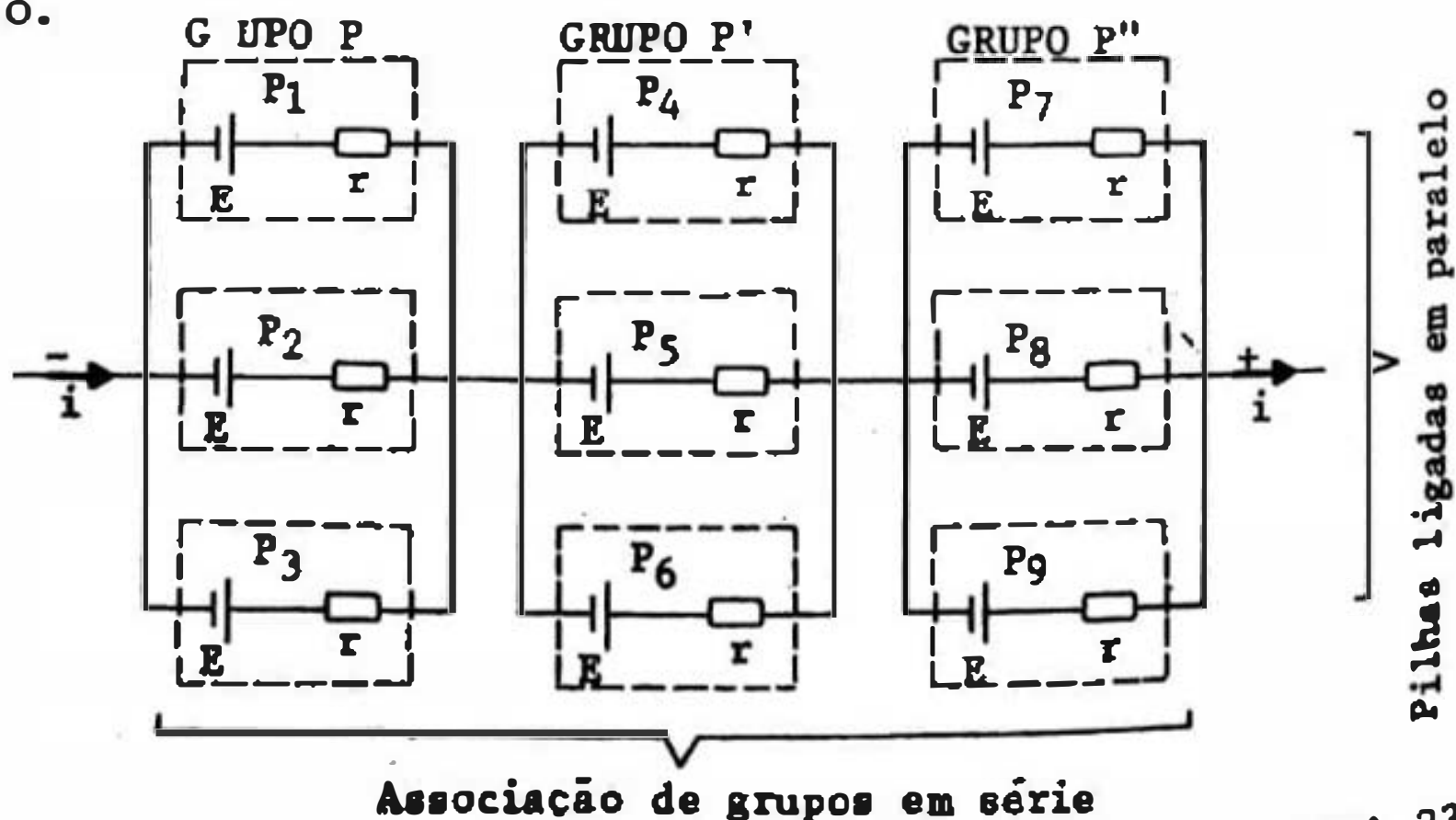
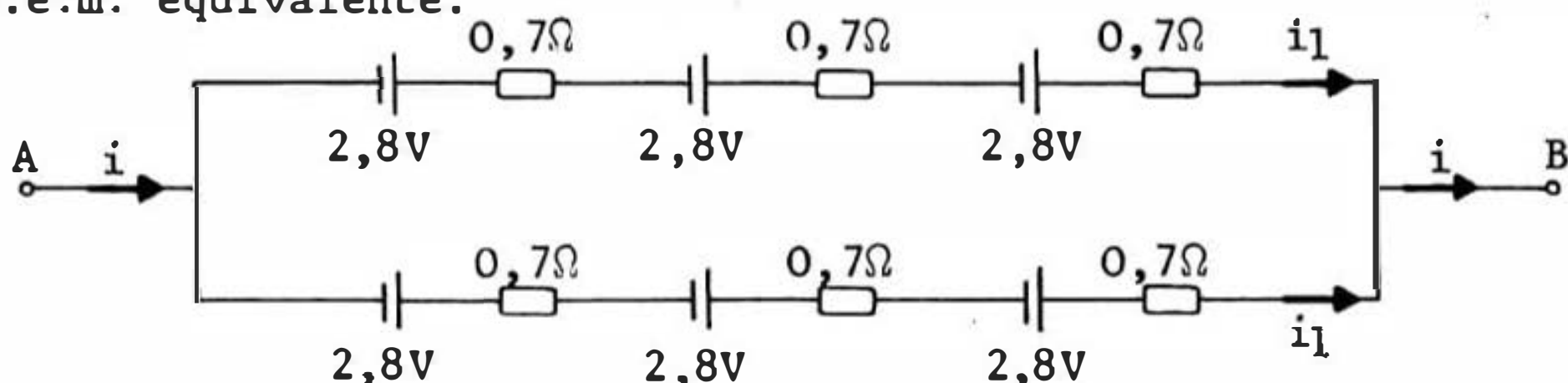


FIGURA 23

Em ambos os casos ficam válidas as mesmas considerações, isto é, na associação série a corrente que atravessa as pilhas é constante e a f.e.m. da associação é a soma da f.e.m. de cada pilha, enquanto que a resistência interna da associação é a soma das resistências internas de cada pilha. Para a associação em paralelo vale também as considerações já vistas.

Aplicação:

1) Associa-se em paralelo 2 grupos de 3 pilhas ligadas - em série como indica a figura 24. Sabe-se que cada pilha tem f.e.m. $E = 2,8V$ e resistência interna $r = 0,7$ ohms. Pedem-se a resistência interna equivalente ao circuito, e assim como a f.e.m. equivalente.



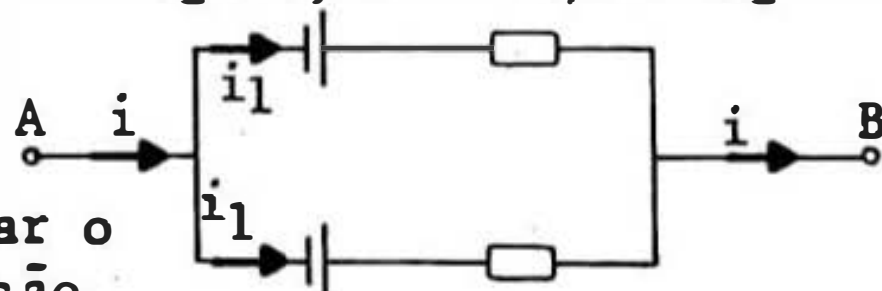
A corrente i subdivide-se entre os dois ramos e precisamos da f.e.m. e da resistência interna equivalente à associação.

Vamos analisar os grupos de pilhas. Vemos que estão associados em série. Podemos, então, fazer a primeira simplificação do nosso circuito, como mostra a figura abaixo.

$$E_1 = 2,8V + 2,8V + 2,8V = 8,4V$$

$$r_1 = 0,7 + 0,7 + 0,7 = 2,1\Omega$$

$$E_1 = 8,4V \quad 2,1\Omega = r_1$$



A partir daí, podemos achar o circuito equivalente à associação.

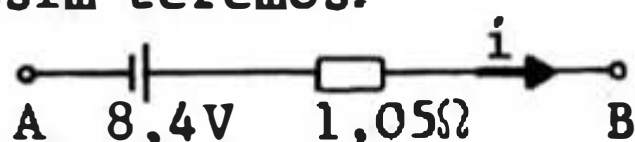
$$\text{f.e.m.} \quad E = 8,4V$$

$$E_1 = 8,4V \quad 2,1\Omega = r_1$$

resistência interna

$$r = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ ohms}$$

Assim teremos:



se quisermos calcular a corrente i , esta será:

$$i = \frac{8,4}{1,05} = 8,0 \text{ ampères}$$

Como pudemos ver, as equações, que usamos, são equivalentes às aquelas vistas para associação série ou paralela.

CEOM-CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

EXAME DA LIÇÃO MP-1

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) A resistência de um resistor é:

- a) inversamente proporcional ao seu comprimento e à sua área da secção reta;
- ☒ b) diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua área da secção reta;
- c) diretamente proporcional ao seu comprimento e à sua área da secção reta;
- d) as respostas a e c estão corretas.

2) Qual é o valor da resistência do resistor abaixo?

- ☒ a) $7,4\text{K}\Omega$ 5%;
- b) 7.400Ω 10%;
- c) $6,3\text{K}\Omega$ 5%;
- d) 6.400Ω 5%.

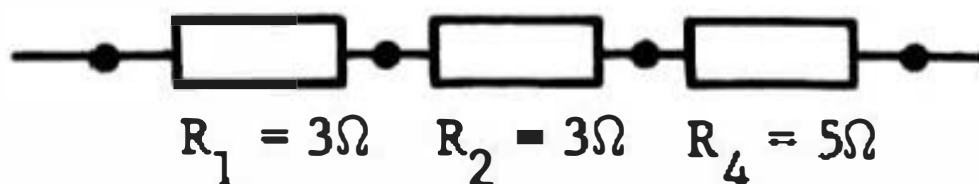
1- violeta 3- vermelho
2- amarelo 4- ouro



3) Considerando o circuito abaixo, podemos dizer que a resistência equivalente tem um valor de:

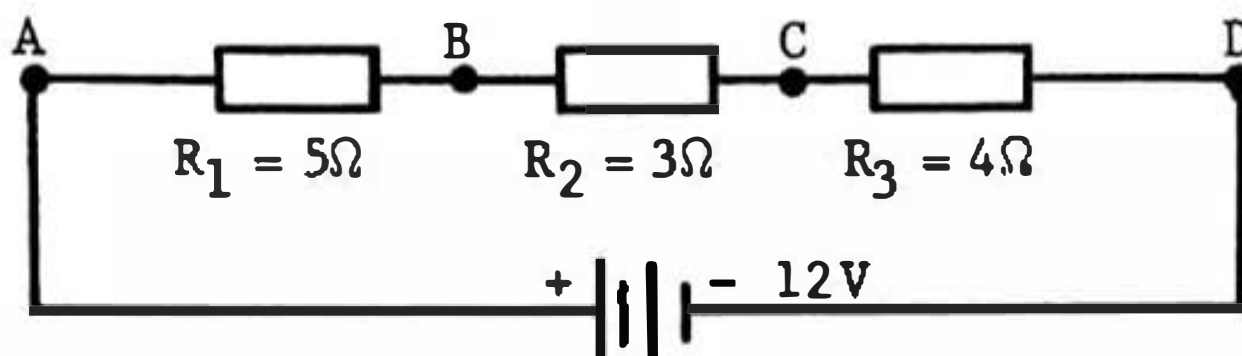
- a) 8Ω ;
☒ b) 11Ω ;

- c) $1,3\Omega$;
 d) $1,1\Omega$.

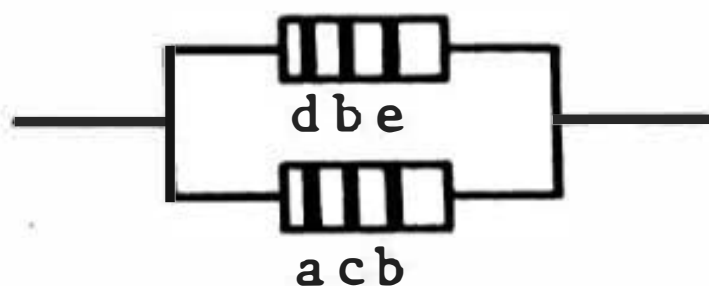


4) Considerando o circuito abaixo, calcule a tensão entre os pontos "B" e "C":

- a) $12,0V$;
 b) $7,0V$;
 c) $5,2V$;
☒ d) $3,0V$.



5) Considerando o circuito abaixo, encontre os valores dos resistores e calcule as resistências equivalentes:

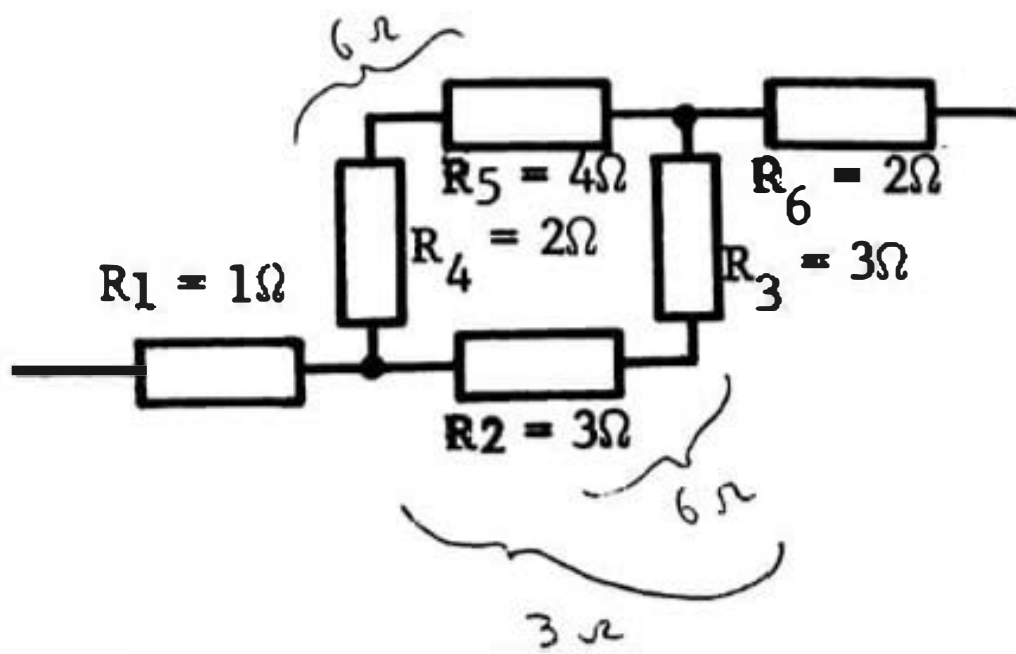


- a- marrom
 b- preto
 c- vermelho
 d- azul
 e- ouro

- a) preto, preto e amarelo;
 b) amarelo, preto e preto;
☒ c) amarelo, preto e ouro;
 d) ouro, amarelo e preto.

6) Considerando o circuito abaixo, encontrar o resistor equivalente:

- ☒ a) 6Ω ;
 b) 8Ω ;
 c) 15Ω ;
 d) todas estão erradas.

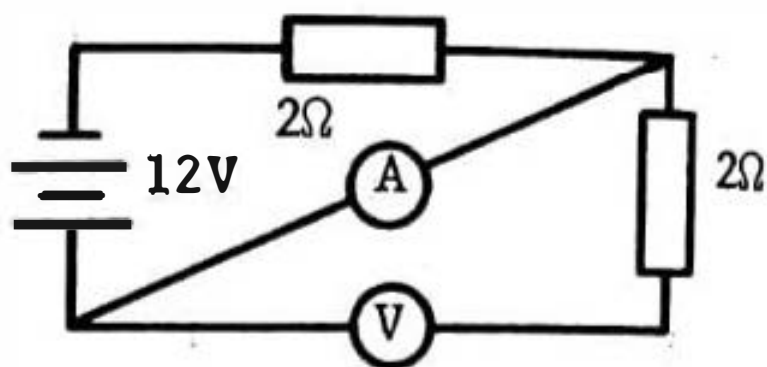


7) (UnB-74)* Dispõe-se de três resistores: $R_1 = 1,0\Omega$, $R_2 = 2,0\Omega$ e $R_3 = 3,0\Omega$, para ligar nos bornes de uma bateria de 12V, a que conduz maior corrente é:

- a) R_1 em paralelo com R_3 e estas em série com R_2 ; $2,75\Omega$
- b) R_1 em paralelo com R_2 e estas em série com R_3 ; $3,66\Omega$
- ☒ c) R_2 em paralelo com R_3 e estas em série com R_1 ; $2,2\Omega$
- d) Todas as resistências associadas em série.

8) (UBEC-77)* No circuito abaixo, o amperímetro e o voltímetro marcam respectivamente:

- a) 6A e 12V;
- b) 3A e 6V; A = Amperímetro
- ☒ c) 6A e 0V; V = Voltímetro
- d) 12A e 0V.



9) Numa associação de resistores em paralelo a resistência equivalente é sempre:

- a) maior que a menor das resistências;
- b) maior que a maior das resistências;
- c) igual a maior das resistências;
- ☒ d) menor que a menor das resistências.

10) Um conjunto de lâmpadas para iluminar uma árvore de natal, composto de lâmpadas de 10V cada uma, serão ligadas em uma tomada de 110V. Quantas lâmpadas deverão ser ligadas? Que tipo de ligação deve ser usado? E o que ocorrerá se colocarmos um número menor de lâmpadas?

- a) dez lâmpadas, em série, nada acontecerá;
- b) dez lâmpadas, em paralelo, algumas se queimarão;
- ☒ c) onze lâmpadas, em série, algumas se queimarão;
- d) onze lâmpadas, em série, nada acontecerá.

* UnB-74 - Questão extraída do vestibular da Universidade de Brasília do ano de 1974.

* UBEC-77 - Questão extraída do vestibular da União Brasileira de Educação e Cultura (Brasília) do ano de 1977.

CEOM-CURSO DE ELETRONICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 — CEP 86100 — LONDRINA-PR.

LIÇÃO MP- 2

MANUAL DE PRÁTICAS MP-2

CAPACITORES

Nesta lição, iremos estudar o funcionamento e a constituição dos capacitores.

A função de um capacitor é armazenar a energia ou carga elétrica, razão pela qual dizemos que um capacitor tem a capacidade de reter, guardar a energia elétrica.

A capacitância é determinada pela geometria do componente e pelo isolante utilizado.

A área das placas, o espaçamento entre elas e a constante dielétrica do isolante são os parâmetros que definem a capacitância de um capacitor plano.

Na figura 1, temos a construção de um capacitor elementar que consiste essencialmente de duas superfícies ou placas condutoras, separadas por um material isolante que é o dielétrico, podendo ser o ar, papel, mica, vidro ou óleo.

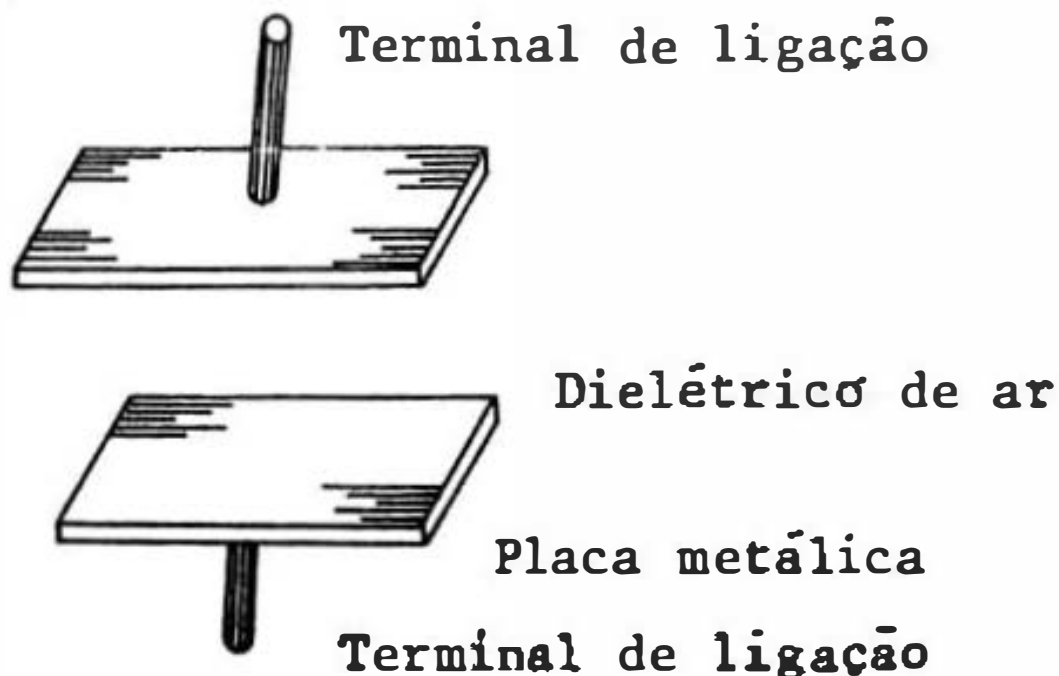
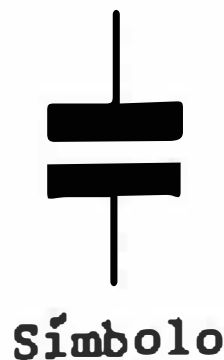


FIGURA 1



Cada uma das placas está provida de um terminal para fazer a ligação ao circuito.

A constante dielétrica do isolante é simbolizada pela letra K. O fator K é uma medida direta da permissividade dielétrica à armazenagem de cargas elétricas nas placas do capacitor.

A equação que define a capacitância é a seguinte:

$$C = (K \times A) / d$$

Onde: $\left\{ \begin{array}{l} K = \text{Permissividade} \\ A = \text{Área} \\ d = \text{Espessura do dielétrico} \end{array} \right.$

Esta equação só é válida para capacitores planos de placas paralelas. Caso mude a geometria do componente, é preciso adequar a equação à nova geometria do dispositivo.

Abaixo, indicamos uma lista de dielétricos com suas constantes dielétricas.

Dielétrico	K(Vácuo = 1,0000) .
Ar (referência)	1,0001
Teflon	2,0
Polipropileno	2,1
Polistireno	2,5
Policarbonato	2,65
Poliéster	3,2
Vidro	4,0 - 8,5
Mica	6,5 - 8,7
Cerâmica C	6 - alguns milhares
Óxido de alumínio	7
Óxido de Tântalo	11

Pela tabela, do teflon até o poliéster, todos os materiais são conhecidos como filmes plásticos. Essa tabela resume todos os tipos de dielétricos usados nos capacitores para usos gerais.

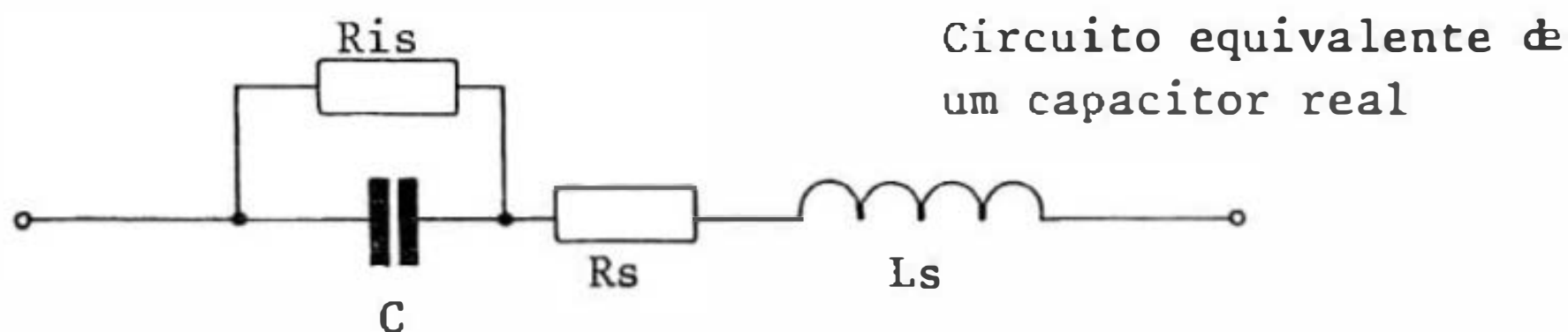
Podemos observar que a capacitância é diretamente proporcional à área das superfícies em confronto. E inversamente proporcional à espessura do dielétrico. Para valores fixos de área e distância entre as placas, a capacitância é direta-

mente proporcional à constante dielétrica.

O capacitor não é um elemento ideal, isto é, que atua apenas como tal. Temos alguns elementos parasitários que aparecem devido ao tipo de construção (armaduras enroladas), às limitações introduzidas no processo de fabricação quanto ao dielétrico e quanto ao tipo de material empregado, etc.

Na figura 2, temos o modelo real de um capacitor. Além do capacitor ideal C , temos outros 3 elementos: a resistência de isolamento (R_{is}), a resistência série equivalente (R_s) e a indutância série.

FIGURA 2



A resistência série equivalente é formada pelas resistências das folhas das armaduras, pelas resistências de contactação do terminal à folha e pela resistência dos próprios terminais dos capacitores.

Teoricamente, uma vez carregadas, o capacitor deveria conservar indefinidamente sua carga. Na prática, porém, essa carga se escoa lentamente pelo dielétrico, evidenciando uma resistência finita desse elemento.

Logo, a resistência de isolamento pode ser determinada pelo tempo de descarga e pelo valor do capacitor, segundo a equação:

$$R_{is} = \frac{1}{C}$$

A indutância série é outro elemento parasitário e tem, como principal causa, o fato das armaduras serem enroladas.

O fenômeno indutivo que passa a ser relevante, depende da frequência em que o capacitor estiver sendo usado.

CÁLCULO DA CAPACITÂNCIA

Matematicamente, a capacitância de um capacitor é calculada pela fórmula:

$$C = [0,0885 \times K \times A \times (N-1)]/d$$

Onde:

C = capacitância em micromicrofarads;
 0,0885 = constante fornecida pela engenharia eletrônica;
 K = constante dielétrica, fornecida pela tabela;
 A = superfície das placas em centímetros quadrados;
 N-1 = número total de placas do capacitor, menos 1 (uma);
 d = espessura do dielétrico em centímetros.

Exemplo:

Calcular a capacitância de um capacitor de 2 placas, tendo cada uma 2,7 centímetros de largura por 300 centímetros de comprimento.

A separação entre estas placas é de 0,030cm e o dielétrico é de papel (constante dielétrica igual a 2). Temos então:

$$\begin{aligned} C &= ? \\ K &= 2,5 \\ A &= 2,7 \times 300 = 810 \text{ cm}^2 \\ N-1 &= 2-1 = 1 \\ d &= 0,30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Substituindo estes valores na fórmula, teremos:

$$\begin{aligned} C &= (0,0885 \times 2,5 \times 810) / 0,30 \\ C &= 597,37 \mu\mu\text{F} \end{aligned}$$

Logo a capacitância do capacitor é de 597,37 micromicrofarads, ou seja, 0,00059737 microfarad.

UM BREVE HISTÓRICO SOBRE OS CAPACITORES

O primeiro capacitor construído comercialmente foi o de papel, muito utilizado em telefonia no começo deste século (1915 mais ou menos).

Na figura 3, mostramos em detalhes como ele é constituído.

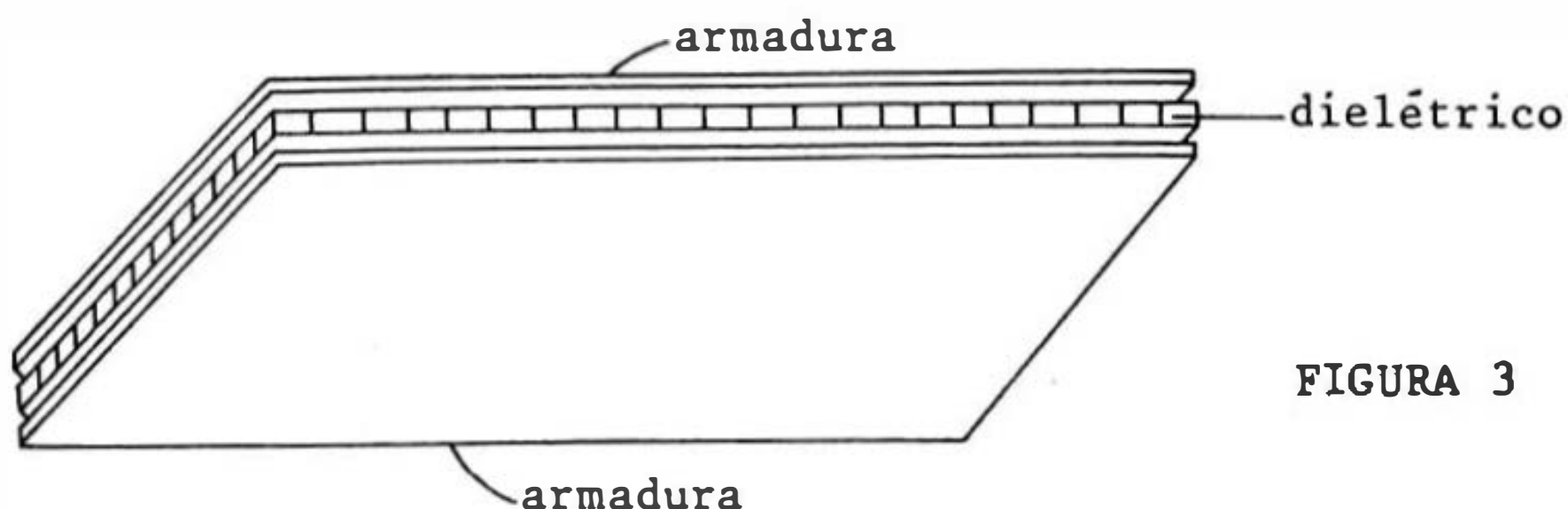


FIGURA 3

Recebeu o nome de capacitor de papel porque seu dielétrico está formado por uma lâmina de papel encerado ou papel de linho, que atua como dielétrico e isolador entre as placas. Estas tiras de papel são normalmente impregnadas em um óleo (clofeno) com grande constante dielétrica. (por volta de 4,2).

Com a evolução da eletrônica, estes capacitores foram se tornando obsoletos e inadequados pelos seguintes motivos:

O papel é um material poroso, e, ainda que impregnado com óleo, contém pequenas bolhas de ar.

Essas bolhas de ar, além de alterarem a constante dielétrica, modificam sensivelmente a tensão de ruptura do capacitor, depois de certas horas de funcionamento. Nas bolsas de ar que se formam no dielétrico, ocorre um processo de ionização das próprias moléculas de ar. E, quando a tensão varia rapidamente, essas moléculas são aceleradas, forçando o choque com o dielétrico que lentamente vai corroendo-o.

Na década de 50, os capacitores de papel já começavam a ser substituídos pelos de poliéster e de policarbonato.

Estes são materiais altamente homogêneos (sem as indesejáveis bolhas de ar) com uma tensão de ruptura de 200Kv./mm, porém, em altas frequências, revelaram ter um baixo rendimento. Um novo filme plástico foi desenvolvido para minimizar estas perdas nas altas frequências, o poliestereo, porém mais caro que o poliéster.

CAPACITORES ELETROLÍTICO

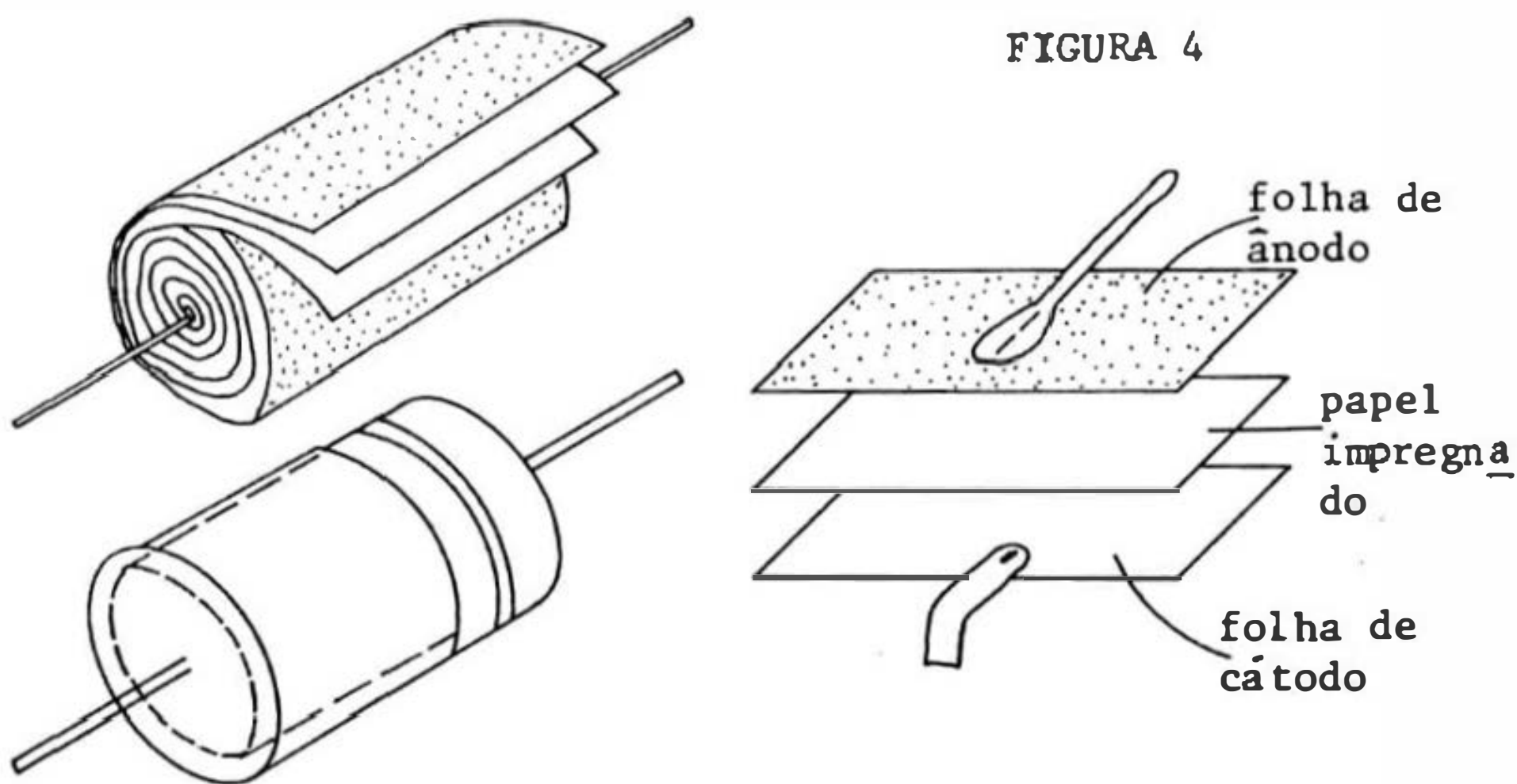
Paralelamente aos capacitores de papel e de filmes plás-

ticos, um outro tipo de capacitor, o eletrolítico, estava sendo desenvolvido para trabalhar em condições diferentes de tensão e de frequência.

O capacitor eletrolítico trabalha baseado no fato de que o óxido de alumínio é um bom isolante com uma grande constante dielétrica.

Basicamente, todo o capacitor se compõe de duas armaduras e de um dielétrico interposto às armaduras. Os eletrolíticos contêm um eletrodo que é o cátodo, constituído de fluido condutor, o eletrólito, e não de uma armadura metálica.

Na figura 4, indicamos o capacitor eletrolítico de alumínio.



O outro eletrodo o ânodo é constituído de uma folha de alumínio em cuja superfície é formada, por processo eletrolítico, uma camada de óxido de alumínio que serve como dielétrico.

A preferência por estes capacitores deve-se à sua alta capacitância específica, isto é, grandes valores de capacitâncias em volume de até 1 farad e seu preço é razoável em comparação ao valor de sua capacitância.

Como em outros capacitores, a sua capacitância é diretamente proporcional à área das armaduras em confronto e inver-

samente proporcional à distância entre ambas.

Nos capacitores eletrolíticos, essa distância é determinada pela espessura da camada de óxido, formada sobre a folha de ânodo.

O óxido de alumínio apresenta, sobre os outros dielétricos, não somente a vantagem de poder ser obtido em filmes de muito menor espessura, mas também a propriedade de suportar altas tensões elétricas. Sua espessura pode ser exatamente adaptada às tensões de operação do capacitor.

A espessura da camada é praticamente proporcional à tensão de formação (ou oxidação) aplicada. Por motivo de segurança, a tensão de formação utilizada é maior que os valores das tensões de pico nominal, especificadas para o capacitor.

CAPACITORES DE TÂNTALO

Temos ainda os capacitores eletrolíticos de tântalo, onde o ânodo desse tipo de capacitor é uma peça porosa de tântalo, coberta com uma fina camada de óxido de manganês. Graças ao alto valor da constante dielétrica do tântalo, esses capacitores são bem menores e mais precisos que os eletrolíticos de alumínio, por ter uma menor fuga, apresentando, porém, o inconveniente de custar mais caro.

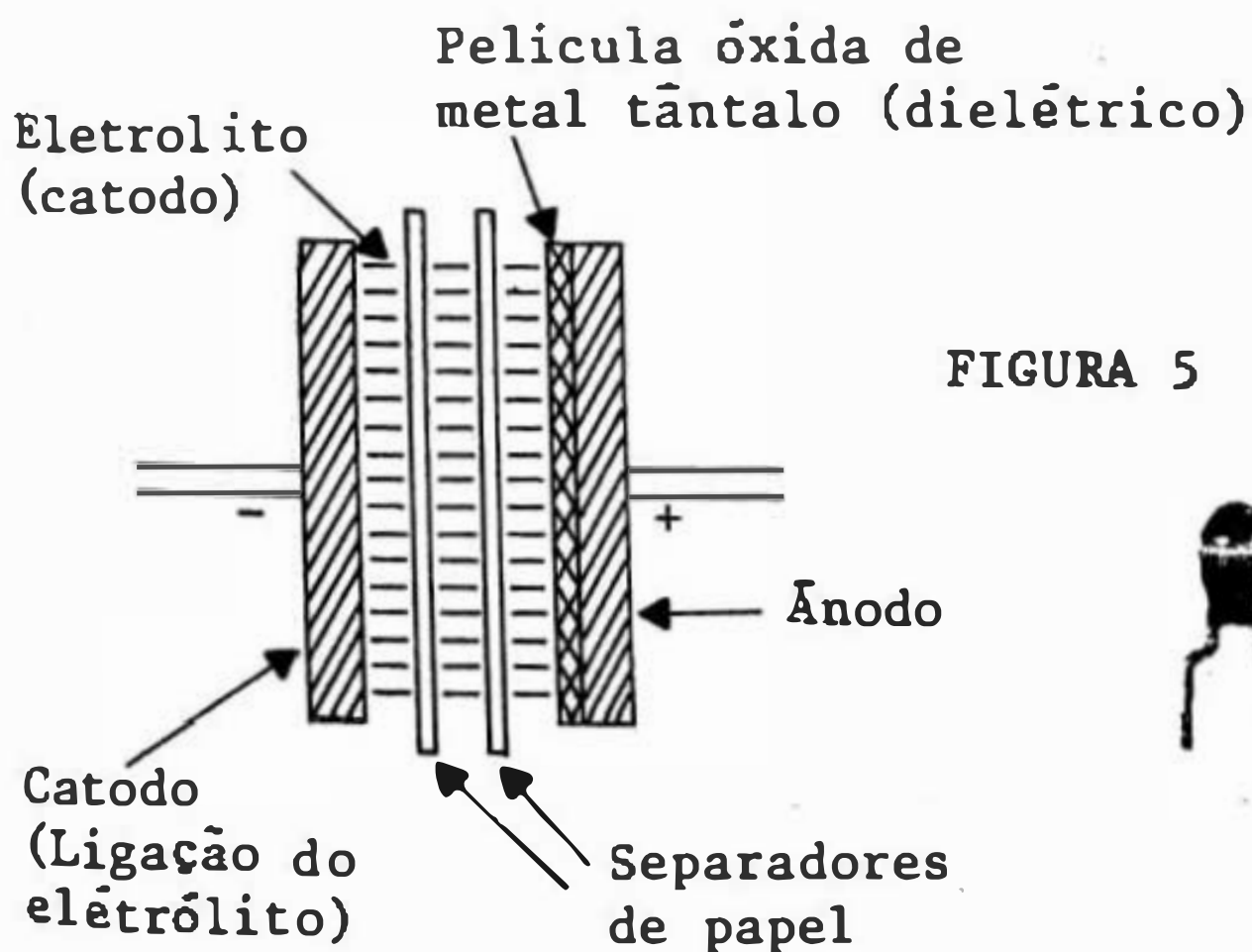
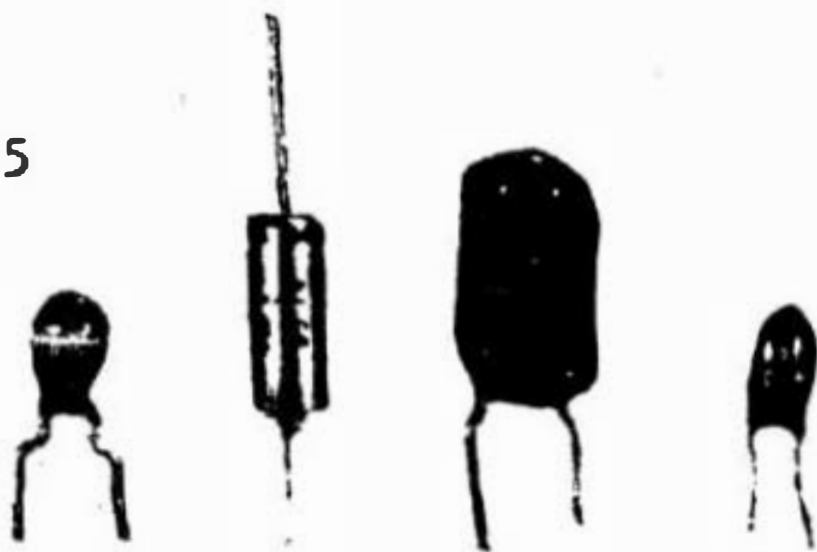


FIGURA 5



A figura 5A ilustra como é constituído o capacitor de tântalo e a figura 5B ilustra o aspecto típico de um capacitor de tântalo.

CAPACITORES DE MICA E CERÂMICA

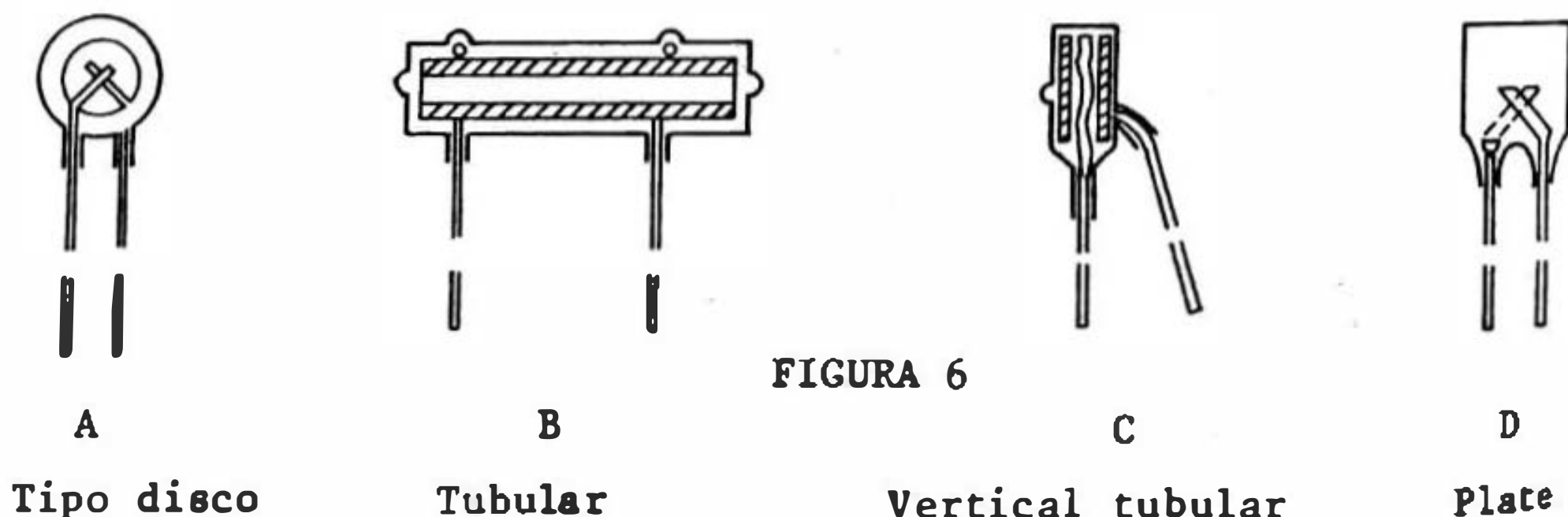
A mica é um excelente isolador de eletricidade, podendo, por isso, serem aplicadas nela tensões de até 10.000 Volts, sem haver curto-circuito entre suas placas.

Além disso, a mica tem a vantagem de não absorver a umidade ambiente, como sucede com os capacitores de papel, o que constitui sério problema em climas tropicais. A umidade ocasiona escape de corrente através do dielétrico e, com frequência, curto-circuito entre suas placas.

No entanto, a mica é um isolante muito caro e as fontes naturais desse material não são suficientes para satisfazer as necessidades de mercado dos dispositivos eletrônicos.

Então, os capacitores de mica foram substituídos pelos capacitores de poliestireno (já apresentados) para altos valores de capacitância e pelos capacitores cerâmicos para baixos valores de capacitância.

Na figura 6, mostramos os tipos mais comuns de capacitores cerâmicos com seus vários encapsulamentos.



Os capacitores de cerâmica, como o próprio nome já diz, são aqueles cujo material dielétrico é de cerâmica e cuja composição pode ser controlada para dar uma grande variedade de coeficiente de temperatura, tanto positivo como negativo.

O tipo tubular consiste de dois cilindros co-axiais de prata, separados pelo dielétrico de cerâmica. O tipo disco cerâmico consiste de disco isolante de cerâmica, no qual as ligações são feitas pelas faces opostas do disco. Em ambos os

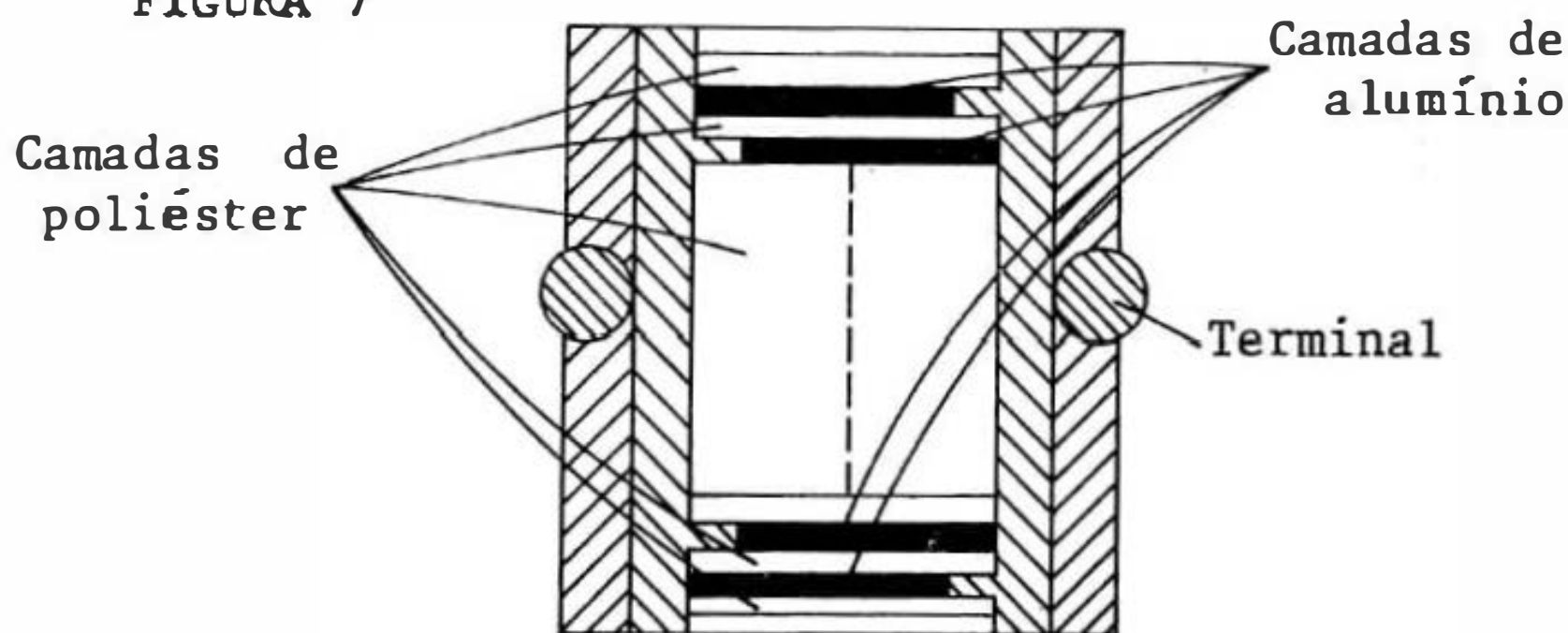
tipos, a prata é aplicada como uma película na cerâmica cozida.

Atualmente, outros tipos de capacitores têm sido desenvolvidos conforme as necessidades da indústria eletrônica.

Entre os produtos mais recentes, lançados destacamos o capacitor poliéster, tipo schiko, e o capacitor eletrolítico bipolar.

Os capacitores schiko são construídos com dielétrico de poliéster. Mas não se trata de um bloco maciço de material dielétrico, inserido entre duas placas metálicas. Finíssimas fitas de poliéster são recobertas por camadas metálicas de alumínio. E o dielétrico é formado de várias camadas de poliéster, permutadas com camadas de alumínio, como mostra a figura 7.

FIGURA 7



Construídos os capacitores com esse processo, o dispositivo adquire a propriedade de auto-regeneração.

A auto-regeneração ocorre, quando uma sobretensão provoca alguma falha no dielétrico (poliéster no caso). Imediatamente, a camada de alumínio, que existe ao redor do furo, é submetida a uma elevada temperatura, transformando-se em óxido de alumínio (material isolante), desfazendo então o curto-circuito.

Assim os capacitores schiko podem trabalhar bem perto da tensão de ruptura, sem o perigo de danificação do dielétrico. Devido a esta técnica, este tipo de capacitor pode

também ser usado em aplicações de alta frequência.

Outros tipos de capacitores têm surgido para aplicações especiais, como os capacitores "Giga Elco" (capacitores eletrolíticos de alumínio) para uso em fontes de potência e equipamentos de processamento de dados, em especial. E os capacitores unilaterais, construídos especialmente para serem colocados em circuitos impressos são de alta capacitância e de altos valores de tensão de isolação.

CAPACITORES VARIÁVEIS

Estes capacitores utilizam como dielétrico: o poliéster, o ar ou a mica, sua característica principal é que sua capacitância pode ser variada por meio de um eixo, no qual está montado um grupo de placas, unidas entre si e isoladas do resto da armação do capacitor por uma barra de baquelite quando este for de ar, e isoladas por plástico quando estes forem de mica ou poliéster. A este grupo de placas, montadas sobre o isolador, foi dado o nome de placas fixas (stator em inglês), pois sua posição nunca varia.

Temos um outro grupo de placas unidas a um eixo central de movimento rotativo (rotor em inglês) que permite variar a posição das placas móveis em relação às placas fixas. E, quanto mais introduzirmos as placas móveis nos espaços vazios das placas fixas, maior será a capacitância.

Este tipo de capacitor é muito utilizado em circuitos de sintonização de rádios-receptores. Por esta razão, é conhecido como capacitor de sintonização.

A figura 8A ilustra dois aspectos típicos de um capacitor variável, a 8B ilustra o aspecto típico de um trimer e a 8C ilustra o aspecto típico de um padder.

Os capacitores trimer pertencem aos do tipo variável ou mais precisamente um capacitor ajustável. É constituído de duas placas metálicas separadas por um isolante de mica fixos em uma base de porcelana e ajustável por meio de um parafuso (veja figura 8B). São utilizados para calibrar (ajuste fino) o capacitor de sintonia, em alta frequência.

Os capacitores padder são idênticos ao trimer possuindo porém uma maior capacitância variando de 150 pF a 500 pF ou

de 300 pF a 600 pF (veja figura 8C).

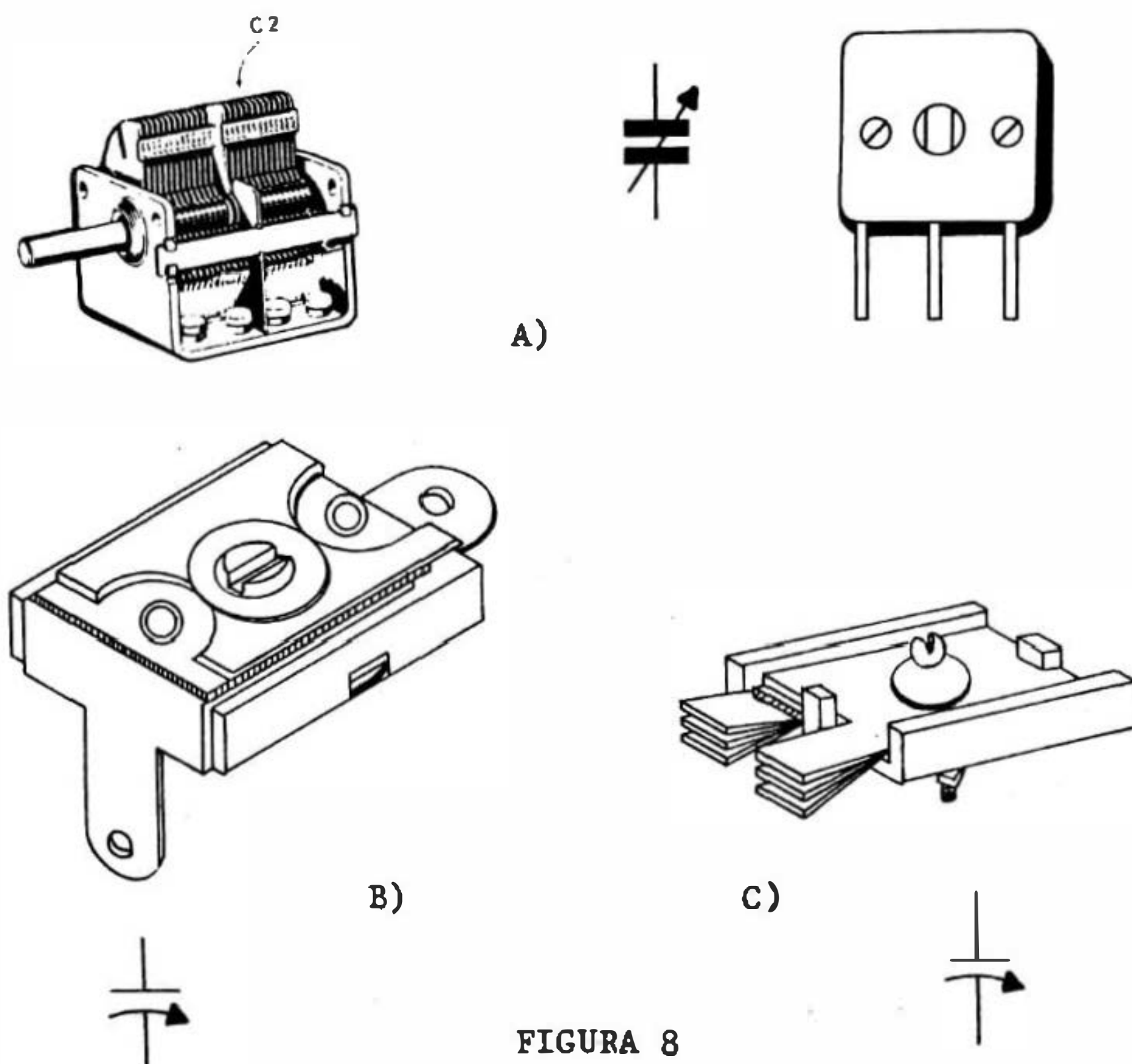


FIGURA 8

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Em muitos casos, o projetista necessita utilizar capacitores com características específicas, que não são encontrados no mercado. Desta forma, para solucionar este impasse, usam-se capacitores associados. Esta associação pode ser executada de duas formas: em paralelo e em série.

Observamos também que a unidade de capacitância é o farad porém esta é muito grande em relação aos valores utilizados em circuitos práticos. Assim adotou-se os sub-múltiplos do farad ou seja: microfarad (μF), nanofarad (nF) e o picofarad (pF).

Onde:

$$1\text{F} = 1.000.000 \mu\text{F}$$

$$1\text{F} = 1.000.000.000 \text{ nF}$$

$$1\text{F} = 1.000.000.000.000 \text{ pF}$$

$$1\mu\text{F} = 0,000.001\text{F} = 1.10^{-6}\text{F}$$

$$1\text{nF} = 0,000.000.001\text{F} = 1.10^{-9}\text{F}$$

$$1\text{pF} = 0,000.000.000.001\text{F} = 1.10^{-12}\text{F}$$

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Em uma associação em série, a placa positiva de cada capacitor está ligada à placa negativa do outro e as placas dos extremos estão ligadas à fonte de alimentação, como mostra a figura 9.

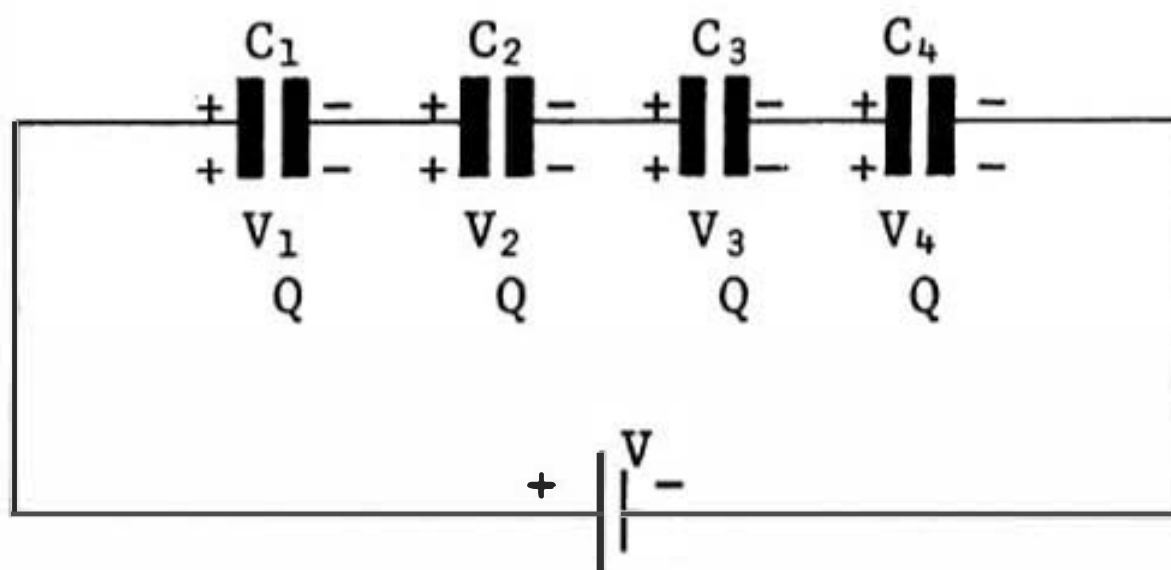


FIGURA 9

A carga Q de cada capacitor será igual, pois todos se carregam por indução.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$$

Quando substituirmos a associação por um único capacitor, com as mesmas especificações (capacitor equivalente), ele terá uma carga Q igual à dos capacitores da ligação série e a d.d.p. entre suas placas será a soma das tensões dos capacitores da ligação série.

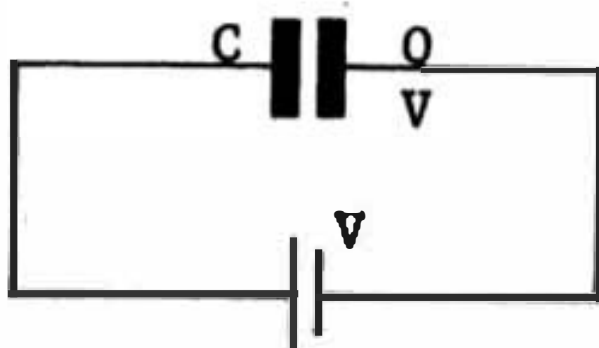


FIGURA 10

Para determinar o valor do capacitor equivalente, devemos utilizar a seguinte relação:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + 1/C_4$$

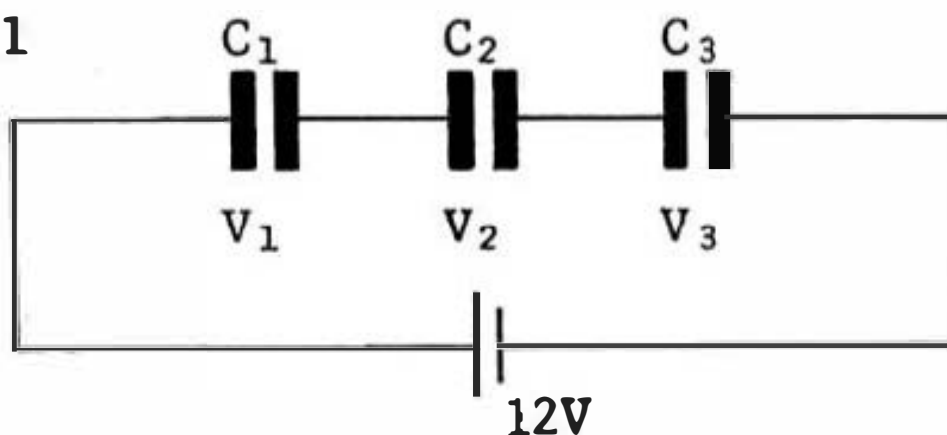
Desta forma, o inverso da capacitância equivalente de uma associação de capacitores em série é igual à soma dos inversos das capacitâncias dos capacitores da associação.

Exemplo:

Em uma associação em série são ligados três capacitores de $6\mu\text{F}$ aos terminais de uma bateria de 12V . Calcule:

- 1) A capacitância equivalente da associação;
- 2) A carga de cada capacitor;
- 3) A d.d.p. entre as placas de cada capacitor.

FIGURA 11



- 1) A capacitância equivalente será:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \quad \therefore \quad 1/C = 1/6 + 1/6 + 1/6 \quad \therefore$$

$$1/C = (1+1+1)/6 \quad \therefore \quad 1/C = 3/6 \quad \therefore \quad C/1 = 6/3 \quad \therefore \quad C = 2\mu\text{F}$$

- 2) A carga do capacitor equivalente é a carga de cada capacitor da associação:

$$Q = C \times V \quad \therefore \quad Q = 2 \times 12 \quad \therefore \quad Q = 24\mu\text{C}$$

$$\text{então: } Q_1 = 24\mu\text{C}; Q_2 = 24\mu\text{C} \text{ e } Q_3 = 24\mu\text{C}$$

- 3) A d.d.p. (tensão) entre as placas de cada capacitor será:

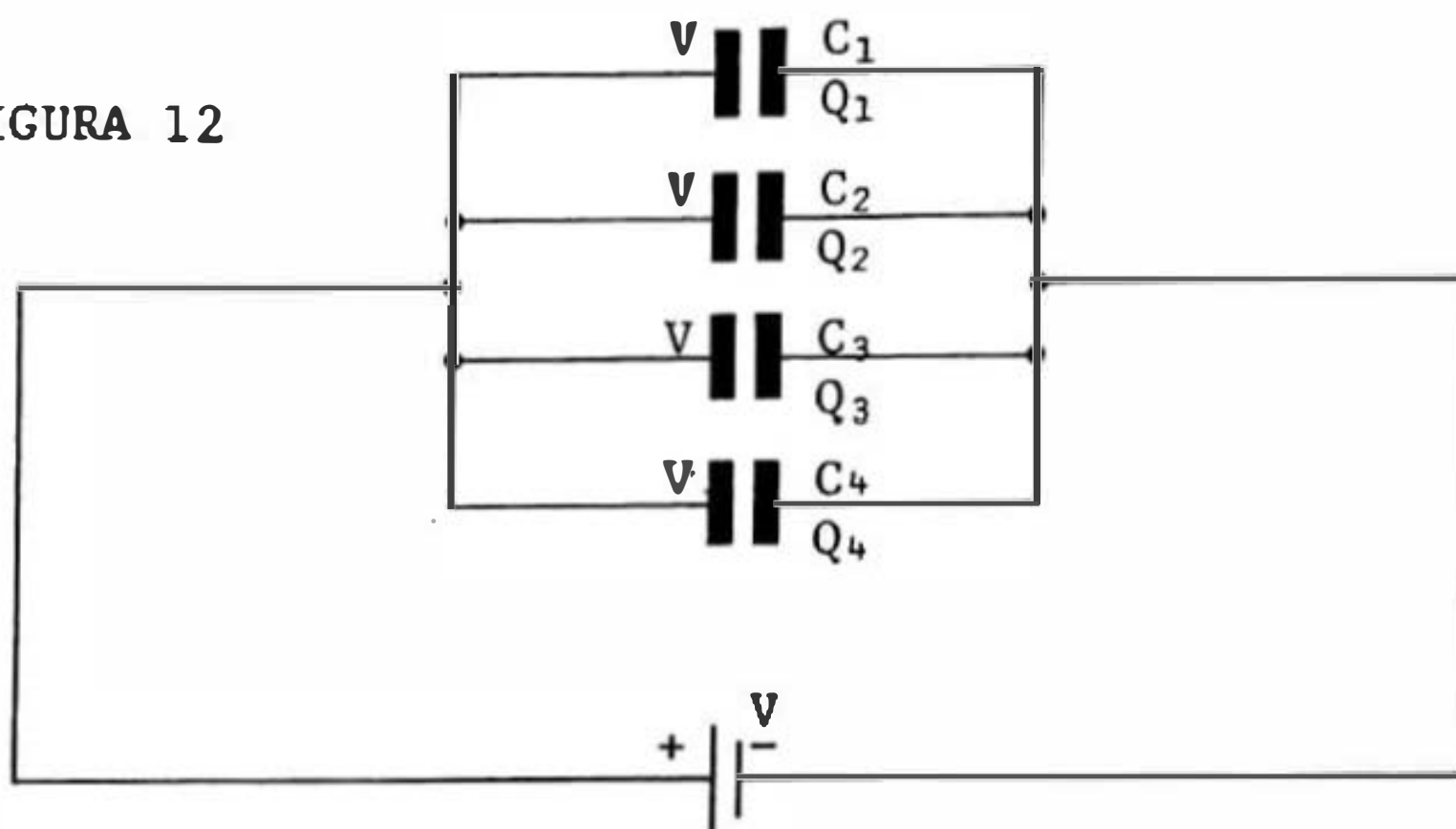
$$Q_1 = C_1 \times V_1 \quad \therefore \quad V_1 = Q_1/C_1 \quad \therefore \quad V_1 = 24/6 = 4\text{V};$$

$$V_2 = 24/6 = 4\text{V} \text{ e } V_3 = 24/6 = 4\text{V}$$

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Em uma associação em paralelo, todas as placas positivas dos capacitores da associação estão ligadas a um mesmo ponto, assim como todas as negativas estão ligadas a um outro.

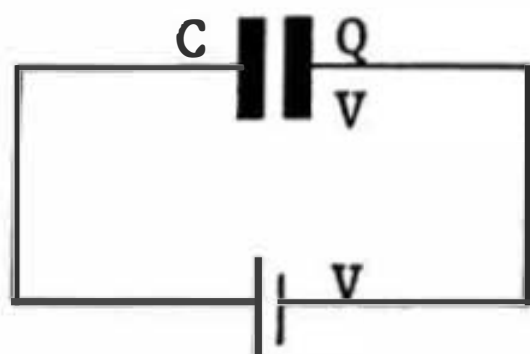
FIGURA 12



A d.d.p. (tensão) entre as placas de todos os capacitores é a mesma, pois todos estão ligados aos mesmos pontos, desta forma:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

Quando substituirmos a associação por um capacitor equivalente, este terá uma tensão V igual a todos os capacitores da associação. Porém a sua carga será igual à soma das cargas da associação.



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

FIGURA 13

Para determinar o valor do capacitor equivalente, devemos utilizar a seguinte relação:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

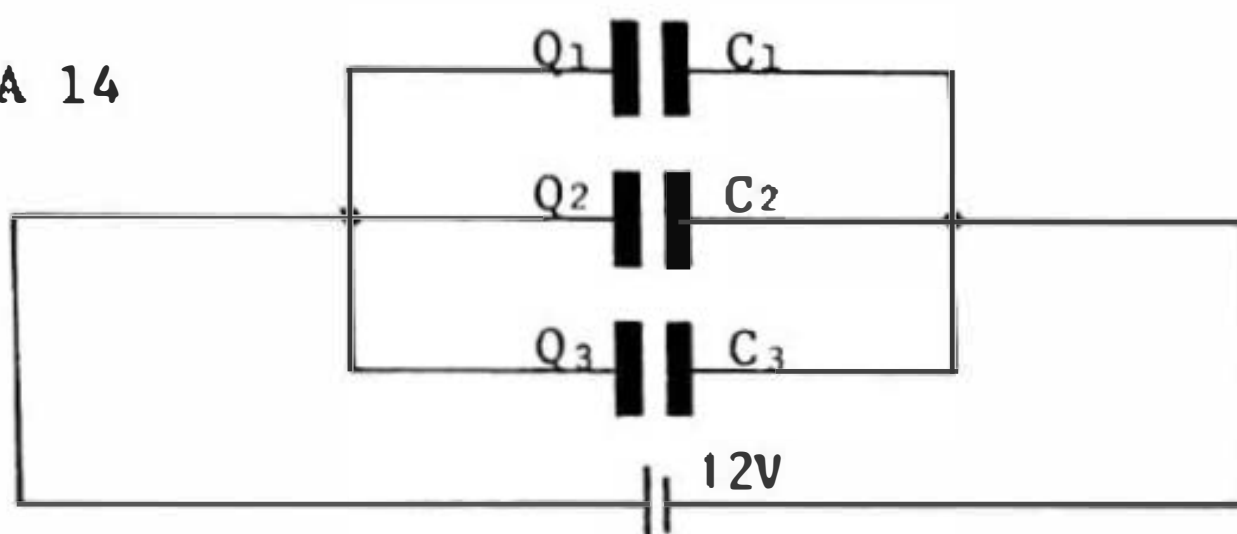
Desta forma, a capacitância equivalente de uma associação de capacitores em paralelo é igual à soma das capacitâncias dos capacitores da associação.

Exemplo:

Em uma associação em paralelo são ligados três capacitores de $4\mu\text{F}$ aos terminais de uma bateria de 12V ., calcule:

- 1) A capacitância equivalente da associação;
- 2) A carga de cada capacitor;
- 3) A carga total da associação.

FIGURA 14



- 1) A capacitância equivalente da associação será:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad \therefore C = 4 + 4 + 4 \quad \therefore C = 12\mu\text{F}$$

- 2) A carga de cada capacitor será: (obs.: todos estão submetidos à mesma tensão).

$$Q_1 = C_1 \cdot V_1 \quad \therefore Q_1 = 4 \cdot 12 \quad \therefore Q_1 = 48\mu\text{C}; Q_2 = 48\mu\text{C} \text{ e} \\ Q_3 = 48\mu\text{C}$$

- 3) A carga total da associação será:

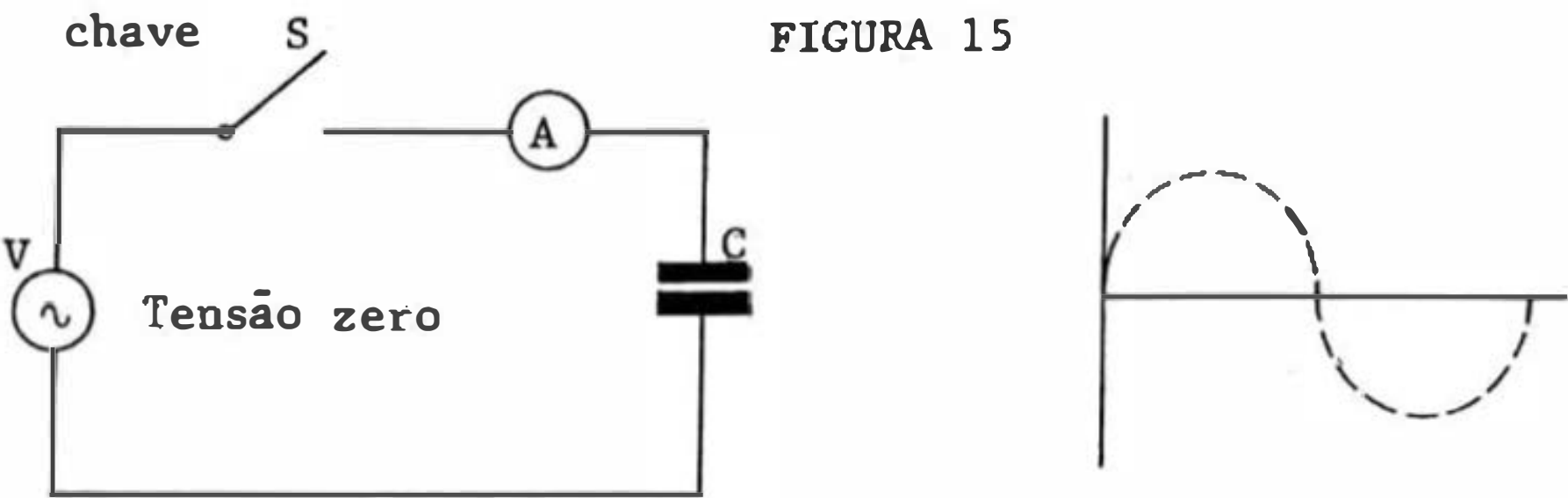
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \therefore Q = 48 + 48 + 48 \quad \therefore Q = 144\mu\text{C}$$

Observamos que, na associação em série, podemos obter alta tensão com pouca carga e, na associação em paralelo, podemos obter grande carga com baixa tensão.

FUNCIONAMENTO DE UM CAPACITOR NUM CIRCUITO DE C.A.

Temos, na figura 15, o esquema de um capacitor alimentado por uma fonte de tensão alternada.

Após o fechamento da chave S, o amperímetro acusará a presença de corrente elétrica. A intensidade dessa corrente elétrica depende da tensão da fonte alternada, da frequência e da capacitância do capacitor.



Devemos ter em mente que a corrente, que o medidor acusa (amperímetro), não atravessa as placas do capacitor.

Vamos analisar o processo de carga e descarga do capacitor.

Na figura 16, a fonte positiva representa o ciclo positivo da senóide, nele a corrente flui no sentido indicado, carregando a placa A positivamente e a placa B negativamente.

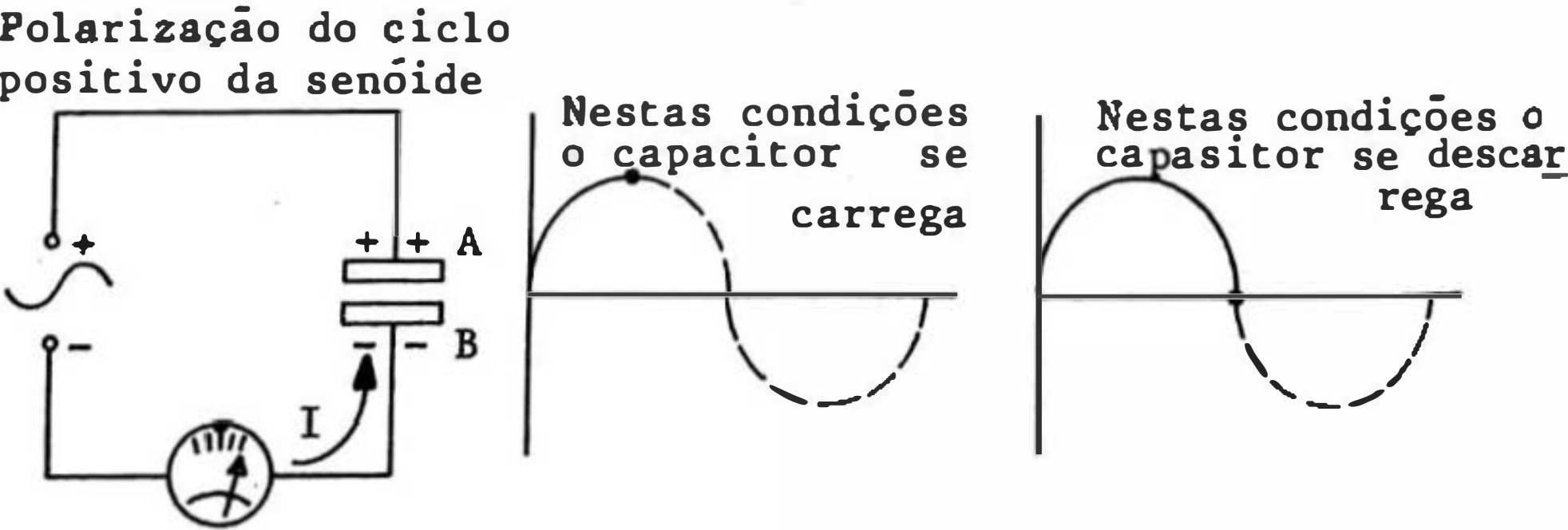
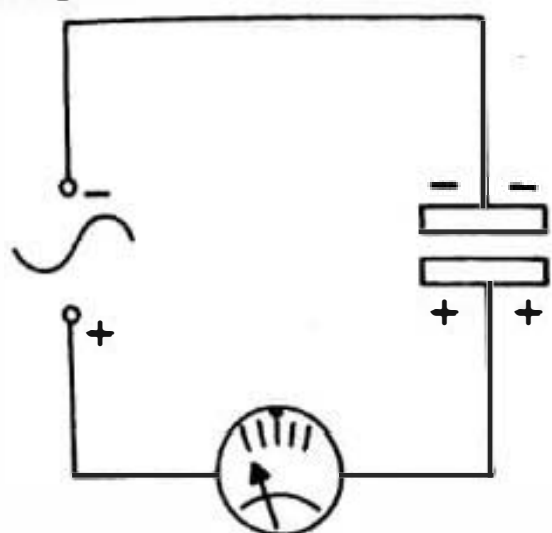


FIGURA 16

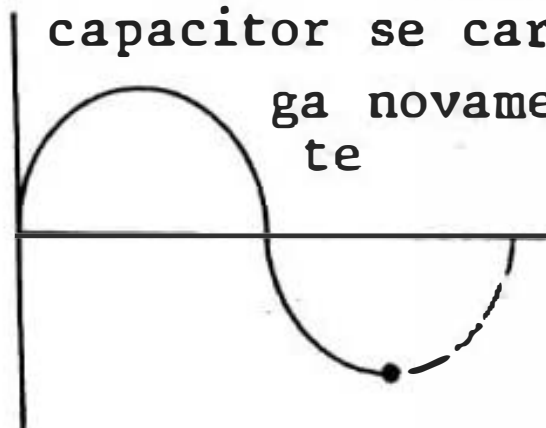
Na figura 17, a fonte negativa indica o ciclo negativo

da senóide e nele o capacitor se descarrega e se carrega em sentido contrário, fazendo com que a corrente flua no sentido contrário do da figura 16.

Polarização do ciclo negativo da senóide



Nestas condições o capacitor se carrega novamente



Nestas condições o capacitor se descarrega novamente

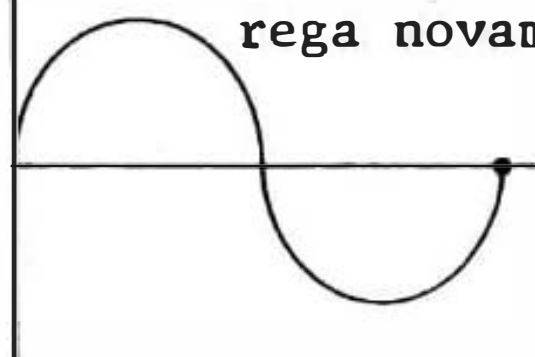


FIGURA 17

Conclui-se então que a corrente que o amperímetro acusa é devido exatamente ao processo de carga e descarga do capacitor. Assim acontece com todos os circuitos em que um capacitor esteja sendo usado.

Na realidade, ocorre que, em capacitores, sempre alguns elétrons fluem através do dielétrico, pois este não possui uma resistividade infinita, porém esta corrente é bem pequena em comparação à corrente de carga e descarga do capacitor.

A esta pequena corrente, que flui através do dielétrico do capacitor, chamamos de corrente de fuga do capacitor.

REATÂNCIA CAPACITIVA

Definição: A intensidade de corrente elétrica, que flui em um circuito puramente capacitivo, depende da tensão, da frequência desse circuito e da capacitância total do circuito.

A razão entre a tensão e a corrente é chamada de reatância do circuito (se for constituída só de um capacitor é chamada de reatância capacitiva).

X_c + símbolo de reatância capacitiva, calculada pela fórmula:

$$X_c = 1/(2\pi \times f \times c) = 1/(6,28 \times f \times c)$$

X_c → reatância capacitiva em ôhms;
 $6,28$ → constante é igual a 2π (2 pi);
 f → frequência em hertz;
 c → capacitância do capacitor em farads.

Exemplo:

Qual é a reatância que um capacitor de $1,8\mu\text{F}$ apresenta à passagem de uma C.A. de 60 hertz? Para resolver este problema, vamos aplicar diretamente a fórmula vista:

$$X_c = ?$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$C = 1,8\mu\text{F} (0,0000018 \text{ farad}) = 1,8 \times 10^{-6}$$

$$X_c = 1/(2\pi \times f \times c) \therefore X_c = 1/(6,28 \times 60 \times 1,8 \times 10^{-6})$$

$$\therefore X_c = 1474,4\Omega$$

Isto nos informa que a reatância capacitiva, que um capacitor de $1,8\mu\text{F}$ apresenta à passagem de uma corrente alternada de 60Hz, é de $1474,4\Omega$. Isto é, ligar um capacitor de $1,8\mu\text{F}$ em série com uma C.A. de 60Hz equivale a intercalar um resistor de $1474,4\Omega$ no circuito.

O capacitor, além de ter sua reatância dependente da frequência do sinal aplicado em seus terminais, apresenta outra característica muito importante: "A defasagem entre as formas de onda de tensão e corrente".

Com relação ao circuito da figura 15, a forma de onda de corrente está 90° adiantada em relação à forma de onda da tensão. Matematicamente, expressamos esse fenômeno com o número imaginário "j". Dizer, por exemplo, que uma tensão vale $8j\text{V}$, significa que a forma de onda está adiantada 90° com relação a uma certa referência.

Para o caso dos capacitores, a forma de onda da corrente e de tensão está defasada de 90° e o número imaginário j é usado juntamente com a reatância, indicando assim a defasagem.

A impedância de um capacitor é a reatância associada à defasagem e é representada pelo símbolo Z_c , onde Z_c equivale a $-jX_c$, isto é, a tensão está atrasada de 90° com relação à corrente.

DEFINIÇÃO DE IMPEDÂNCIA

Impedância capacitiva é a reatância capacitiva associada à defasagem entre tensão e corrente no dispositivo.

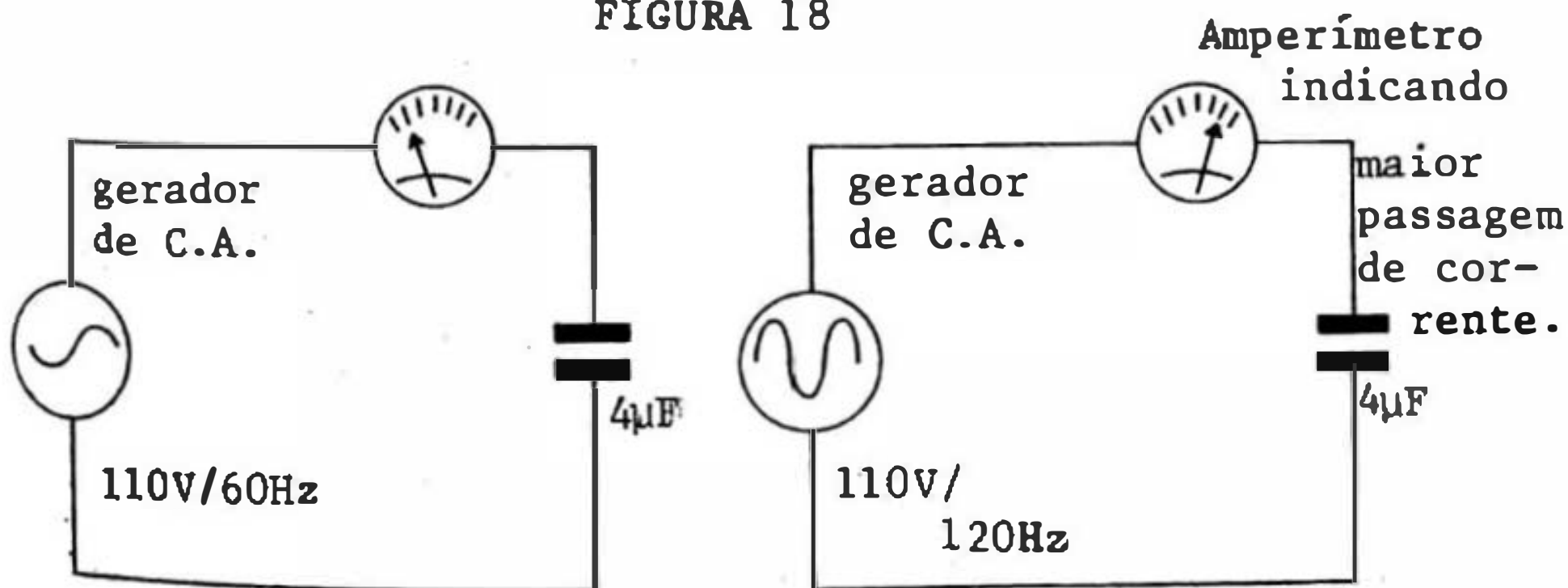
Quando a defasagem do sinal não afeta a análise do circuito, como num filtro, por exemplo, o termo mais utilizado é a reatância. Porém, quando a defasagem entra na análise, devemos então usar a impedância. Onde a reatância e a impedância de um circuito são dados em ôhms.

EFEITO DE FREQUÊNCIA EM UM CIRCUITO CAPACITIVO

Com um gerador de C.A. de tensão constante, mas de frequência variável, alterando a velocidade de rotação da armadura, é possível realizar a experiência indicada na figura 18. Onde temos um capacitor ligado em série com um amperímetro e um gerador de C.A..

Ao fazermos a experiência, verificamos que, ao aumentarmos a frequência da C.A. de 60 para 120Hz, o amperímetro indica um aumento considerável de corrente. Figura 18B

FIGURA 18



Em termos técnicos, podemos dizer que a reatância capacitiva de um capacitor diminui com o aumento de frequência da C.A.

Podemos verificar isto pela própria fórmula de reatância capacitiva:

$$X_c = 1/(2\pi \times f \times c)$$

Onde X_c é inversamente proporcional à frequência.

Comparando os efeitos da capacitância com os da indutância em relação ao aumento de frequência, concluímos que são opostos.

CAPACITORES EM PARALELO

A figura 19 ilustra um caso de necessidade prática em que dois capacitores são usados em paralelo.

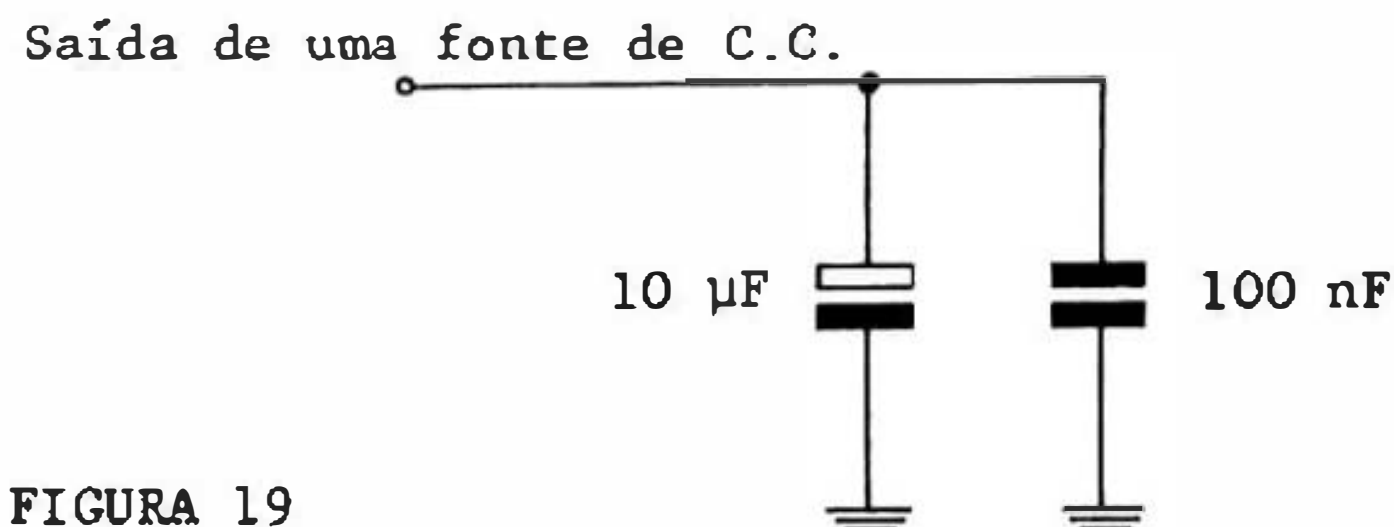


FIGURA 19

Temos a saída de uma fonte de C.C. com dois capacitores: um eletrolítico e outro não eletrolítico.

O capacitor eletrolítico tem um valor 100 vezes maior que o não eletrolítico. Poderíamos pensar em colocar um equivalente aos dois, o que seria a soma das duas capacitâncias. Porém existe uma razão prática, justificando o uso dos dois capacitores ligados em paralelo.

O capacitor eletrolítico tem a função de reter o nível de C.C. de fonte, todavia, associada a esse nível C.C., existe uma tensão alternada de pequeno valor chamada ripple (tensão de ripple).

Para filtrar essa componente de tensão, coloca-se em paralelo ao eletrolítico um capacitor não eletrolítico e a componente alternada é efetivamente filtrada.

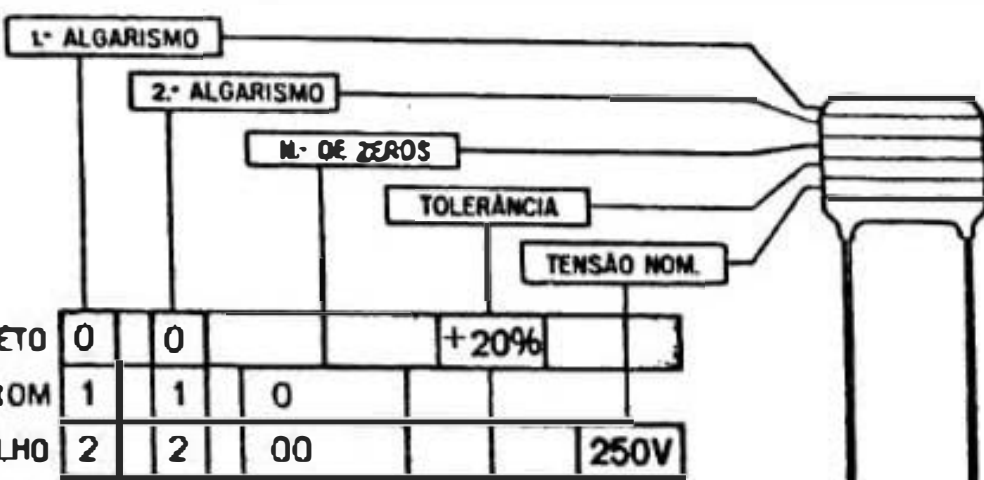
Essa é a razão de se colocarem em um circuito dois capacitores em paralelo, em vez de substituí-los por um equivalente o que poderia ser mais econômico, porém menos prático e menos eficiente.

CÓDIGO DE CORES PARA CAPACITORES

O código de cores para resistores também são utilizados para alguns tipos de capacitores como os de tântalo e poliéster metalizado. Este código além de dar o valor e a tolerância, também fornecem algumas vezes o valor da tensão ou da temperatura de operação. Normalmente é adotado como unidade de capacitância nos códigos de cores o picofarad (pF).

CAPACITORES DE POLIESTER METALIZADO

Os capacitores deste tipo poderão ser identificados com facilidades por meio da figura 20.



	1º ALGARISMO	2º ALGARISMO	N.º DE ZEROS	TOLERÂNCIA	TENSÃO NOM.
PRETO	0	0		+20%	
MARROM	1	1	0		
VERMELHO	2	2	00		250V
LAGARINJA	3	3	000		
AMARELO	4	4	0000		400V
VERDE	5	5	00000		
AZUL	6	6			630V
VIOLETA	7	7			
CINZA	8	8			
BRANCO	9	9		±10%	

CAPACITÂNCIA EM PF

FIGURA 20

Exemplo:

1º algarismo 6 (azul)
 2º algarismo 8 (cinza)
 3º algarismo 000 (laranja)
 tolerância $\pm 10\%$ (branco)
 tensão nominal 630V (azul)

capacitância: 68.000 pF $\pm 10\%$ 630V
 ou 68nF $\pm 10\%$ 630V
 ou ainda 0,068 μ F $\pm 10\%$ 630V

CAPACITORES DE TÂNTALO

Para este tipo de capacitores são utilizados três tipos básico de codificação como ilustram as duas tabelas a seguir.

TABELA I
CAPACITORES COM TRÊS OU QUATRO FAIXAS
COLORIDAS E PONTO CENTRAL

COR	TENSÃO DE TRABALHO (v)	1a. e 2a. CÍFRAS DE CAPACITÂNCIA	MULTIPLICADOR
Preta	10	—	X1
Marrom	—	1	X10
Vermelha	35	2	X100
Laranja	—	3	—
Amarela	6	4	—
Verde	15	5	—
Azul	20	6	—
Violeta	—	7	—
Cinza	25	8	X 0,01
Branca	3	9	X 0,1

Obs.: Os valores deverão ser lidos em microfarads.



TABELA II
CAPACITORES COM PONTO LATERAL

COR	TENSÃO DE TRABALHO (V)	1a. e 2a- CÍFRAS DE CAPACITÂNCIA	MULTIPLICADOR
Preta	3 - 4	0	-
Marrom	3 - 6	1	X10
Vermelha	3 - 10	2	X10 ²
Laranja	3 - 15	3	X10 ³
Amarela	3 - 20	4	X10 ⁴
Verde	3 - 25	5	X10 ⁵
Azul	3 - 35	6	X10 ⁶
Violeta	3 - 30	7	X10 ⁷
Cinza	-	8	X10 ⁸
Branca	3	9	X10 ⁹

Obs.: Os valores deverão ser lidos em picofarads



EXEMPLO RESOLVIDO:

Calcular a capacitância equivalente entre os pontos A e B:

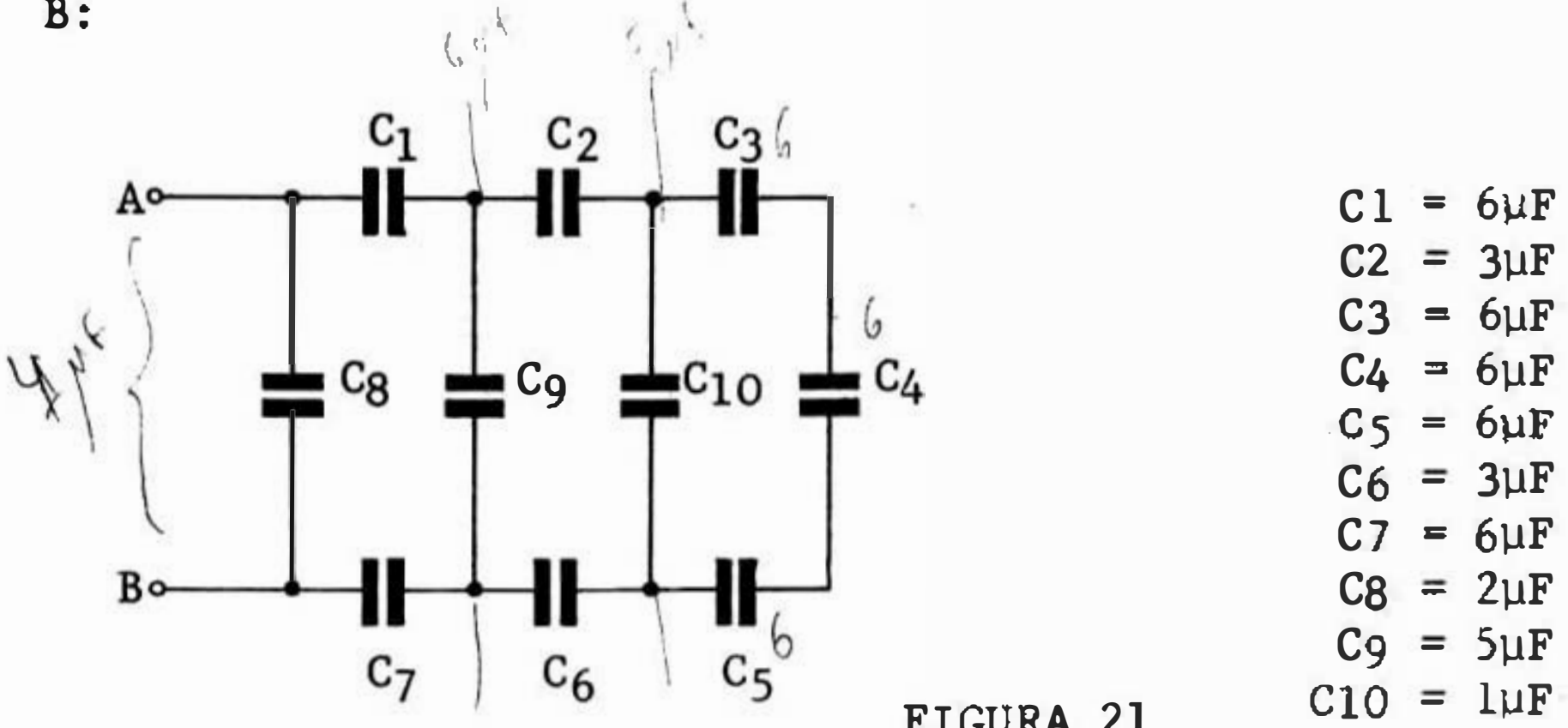


FIGURA 21

Resolução:

Para facilitar a resolução, devemos montar um sistema com os capacitores em uma disposição mais prática, como ilustra a figura 22.

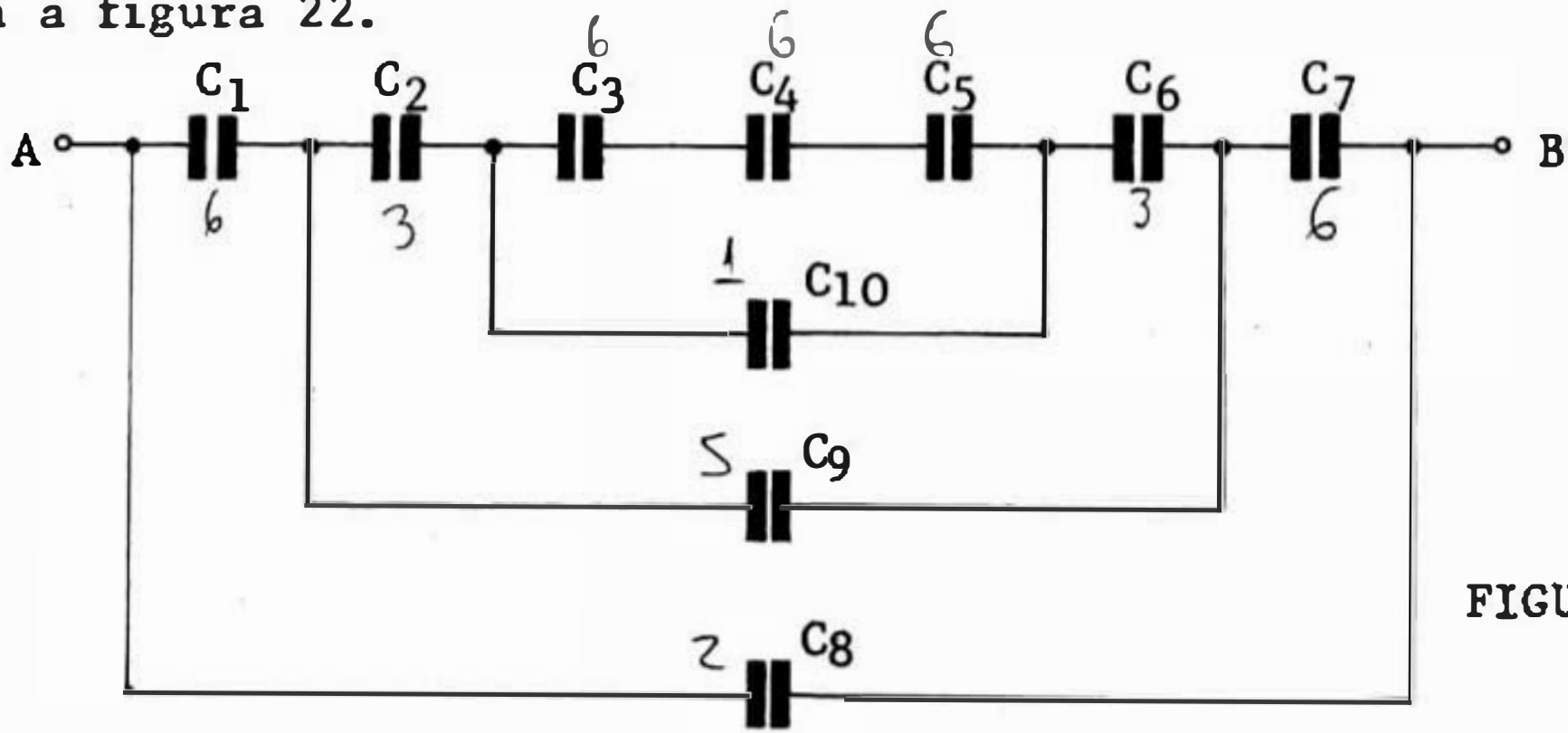


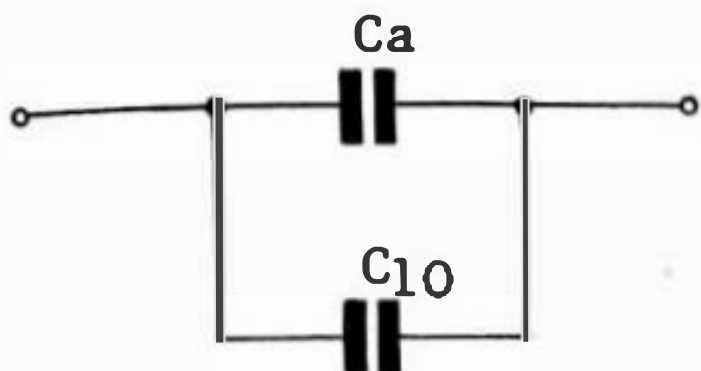
FIGURA 22

Inicialmente, calculamos os capacitores em série C3, C4 e C5

$$\frac{1}{C_a} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = 2 \qquad C_a = 2\mu F$$

Depois, calculamos o equivalente de C_a em paralelo com

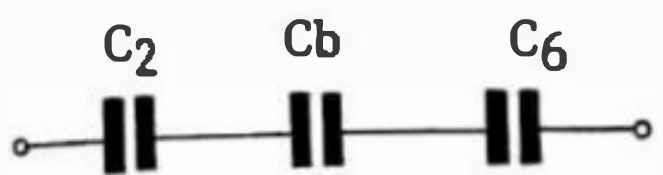
C_{10} .



$$C_b = C_a + C_{10} = 2 + 1 = 3$$

$$C_b = 3\mu F$$

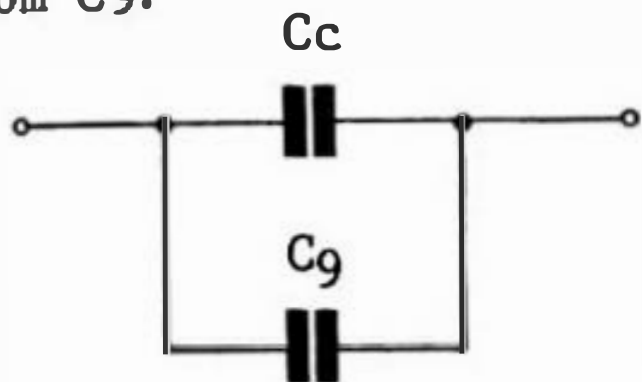
A seguir, calculamos o equivalente de C_2 , C_b e C_6 em série.



$$C_c = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{C_6} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{3}{3} = 1$$

$$C_c = 1\mu F$$

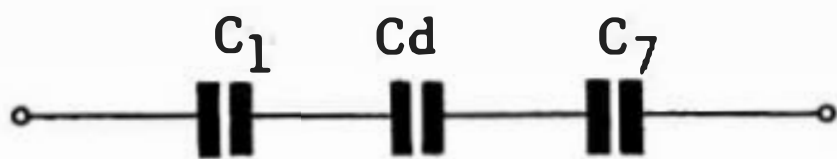
Novamente, calculamos o equivalente de C_c em paralelo com C_9 .



$$C_d = C_c + C_9 = 1 + 5 = 6$$

$$C_d = 6\mu F$$

Posteriormente, calculamos o equivalente de C_1 , C_d e C_7 em série:



$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_d} + \frac{1}{C_7} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = 2$$

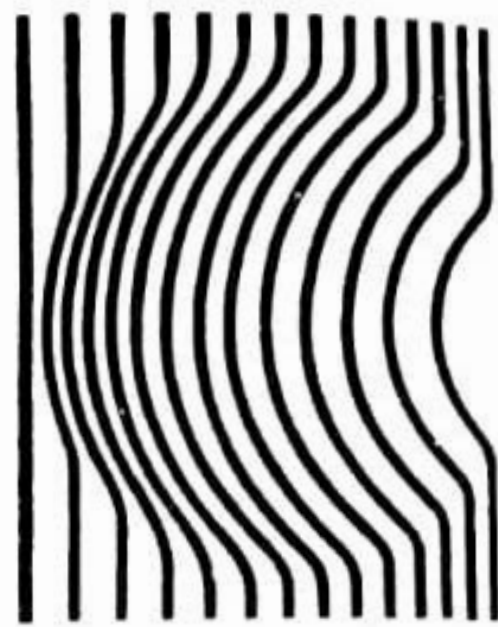
$$C_e = 2\mu F$$

Finalmente, calculamos o capacitor equivalente entre os pontos A e B.

$$C_f = C_e + C_b = 2 + 2 = 4$$

$$C_f = 4\mu F$$

CEOM-CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES



EXAME DA LIÇÃO MP - 2

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Dentre vários capacitores com placas de iguais dimensões, terá a menor capacitância, o que apresentar as seguintes condições:
- maior número de placas, dielétrico de mica e igual separação entre as placas;
 - menor número de placas, dielétrico de ar e igual separação entre as placas;
 - ☒ menor número de placas, dielétrico de ar e maior separação entre as placas.
- 2) Qual é a reatância capacitiva de um capacitor de $10\mu\text{F}$ com uma C.A de 60Hz?
- 628,2 Ω
 - ☒ 265,39 Ω
 - 290,30 Ω

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{376,8 \times 10^{-6} \text{ F}}$$

$$X_c = 265,39 \Omega$$

3) Dentre as alternativas abaixo, assinale a correta:

- a) diminuindo-se a reatância capacitiva de um capacitor, diminui-se a frequência da C.A.;
- b) a reatância capacitiva de um capacitor aumenta à medida que se diminui a frequência da C.A.;
- c) a reatância capacitiva é inversamente proporcional à frequência da C.A.;
- ☒ d) as alternativas b e c estão corretas.

4) Quais os fatores que determinam a reatância capacitiva de um capacitor?

- a) o dielétrico e a frequência da C.A.;
- ☒ b) a capacitância do capacitor e a frequência da C.A.;
- c) a capacitância do capacitor e a espessura do dielétrico.

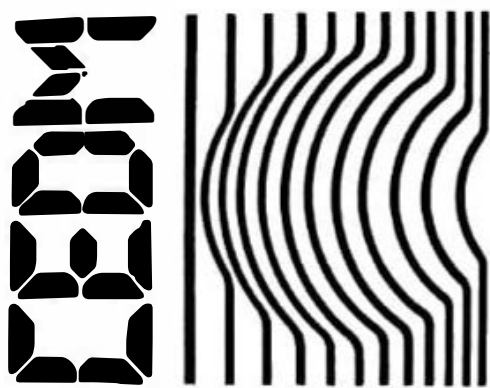
5) A capacitância é determinada:

- ☒ a) pela geometria do componente e pelo isolante utilizado;
- b) pelo número de espiras e pela constante dielétrica do isolante;
- c) pelo espaçamento das placas e pelo circuito onde vai ser utilizado o capacitor.

6) O modelo real de um capacitor, além do próprio capacitor C, é formado por:

- a) uma resistência de isolamento, uma resistência paralela e uma indutância série;
- b) uma resistência de isolamento, uma resistência série e uma indutância paralela;
- ☒ c) uma resistência de isolamento, uma resistência série equivalente e uma indutância série.

- 7) O capacitor é um componente dos aparelhos eletrônicos com propriedade de:
- a) condensar indutância;
 - g) gerar eletricidade;
 - ☒ c) armazenar eletricidade.
- 8) O primeiro capacitor a ser construído comercialmente foi de papel, recebeu este nome porque:
- a) seu dielétrico era formado por uma fina película de mica impregnada em óleo, de grande constante dielétrica;
 - ☒ b) seu dielétrico era formado por uma lâmina de papel encerado ou papel de linho, que atuava como dielétrico e isolador entre as placas;
 - c) seu dielétrico era o ar, tendo uma grande constante dielétrica.
- 9) O capacitor eletrolítico possui um ótimo desempenho, devido ao fato de que:
- a) o óxido de cobalto sendo um ótimo isolante, possui grande constante dielétrica;
 - ☒ b) o óxido de alumínio é um bom isolante com uma grande constante dielétrica;
 - c) o capacitor se compõe de duas armaduras, sendo uma delas metálica.
- 10) As identidades básicas de um capacitor variável são:
- ☒ a) o seu dielétrico é o ar, mica ou poliéster, sua capacitância pode ser variada através de um eixo, é muito utilizado em circuitos de rádios-receptores, sendo conhecido como capacitor de sintonização;
 - b) não possui dielétrico, a sua capacitância aumenta quando introduzimos mais placas móveis nos espaços vazios das placas fixas;
 - c) sua capacitância pode ser variada através de um eixo no qual está montado um grupo de placas, não possui dielétrico, sua utilização se restringe somente a circuitos ressonantes.



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP - 3

MANUAL DE PRÁTICAS MP-3

INSTRUMENTAÇÃO DE MEDIDAS

Nesta lição estudaremos o funcionamento e a utilização - do multímetro analógico. Este instrumento é indispensável à realização prática de qualquer circuito eletrônico. Os multímetros digitais serão abordados na lição Ed-33, deste curso.

INTRODUÇÃO:

O multímetro, como seu próprio nome expressa, é um instrumento de múltiplas provas, pois podemos com ele efetuar medidas de resistências, tensões C.C., C.A., correntes C.C., C.A., etc. Este instrumento é sem dúvida o mais utilizado em medidas de circuitos eletrônicos por ser versátil e ter custo relativamente baixo em relação a outros instrumentos.

O multímetro é um instrumento utilizado também para pesquisar defeitos em equipamentos de áudio, TV, computadores, etc. Resulta basicamente da reunião do ohmímetro, do voltímetro e do amperímetro num único instrumento.

A figura 1 ilustra o painel frontal de um multímetro.



FIGURA 01

- 1- mostrador de leituras de um multímetro típico
- 2- chave liga/desliga (POWER)
- 3- zero mecânico
- 4- soquete + (positivo)
- 5- soquete - (comum)
- 6- soquete output
- 7- soquete 12KV CA
- 8- chave seletora
- 9- ajuste da escala de Ω (OHMS)
- 10-chave de polaridade (+/-)

1- MOSTRADOR DE LEITURAS:

O mostrador de leituras típico de um multímetro consiste basicamente de um instrumento de bobina móvel e as escalas.

A bobina móvel é um dispositivo magnetoeletrônico que funciona em função da corrente que circula por ela e do campo magnético de um ímã permanente. Em conjunto é denominado de galvanômetro. A figura 2 ilustra o sistema de ímã permanente e bobina móvel.

Como podemos observar pela figura 2, o ímã permanente tem a forma de ferradura, sendo usado para produzir o campo magnético estacionário. No centro temos a bobina móvel constituída de um núcleo de ferro doce, sobre o qual é enrolada a bobina. As peças polares são utilizadas para concentrar o campo

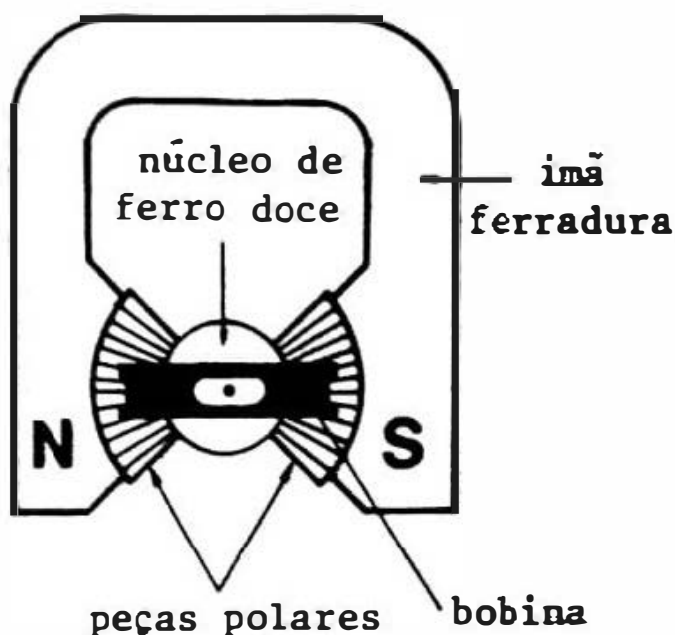


FIGURA 02

po magnético sobre a bobina. A figura 3 ilustra como é constituído o mostrador do multímetro.

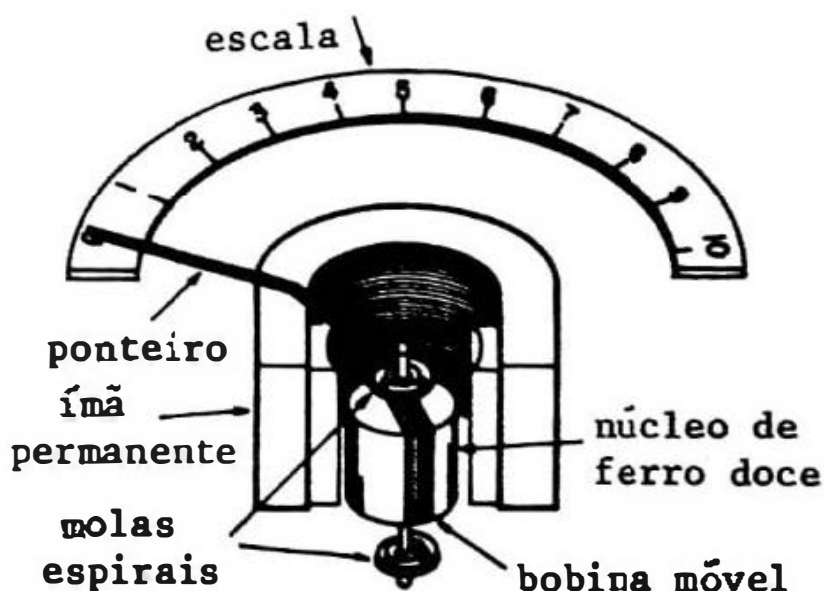


FIGURA 03

Podemos observar pela figura 3 que a bobina móvel é adaptada no centro do ímã permanente, sobre a qual estão presas as molas em espiral e o ponteiro. Este último desloca-se sobre a escala, permitindo a leitura da medida em questão. As molas em espiral são utilizadas para forçar o retorno do ponteiro à posição zero, quando não houver corrente circulando pela bobina.

A figura 4 ilustra o aspecto funcional da mola espiral e do ponteiro. O terminal da espiral dianteira é conectado a um parafuso de ajuste de zero. O ponteiro é acrescido de contrapeso para que haja um perfeito balanceamento.

A bobina móvel é o ponteiro que juntamente com o contrapeso são fixos a um eixo que gira ao redor de um ponto pivot.

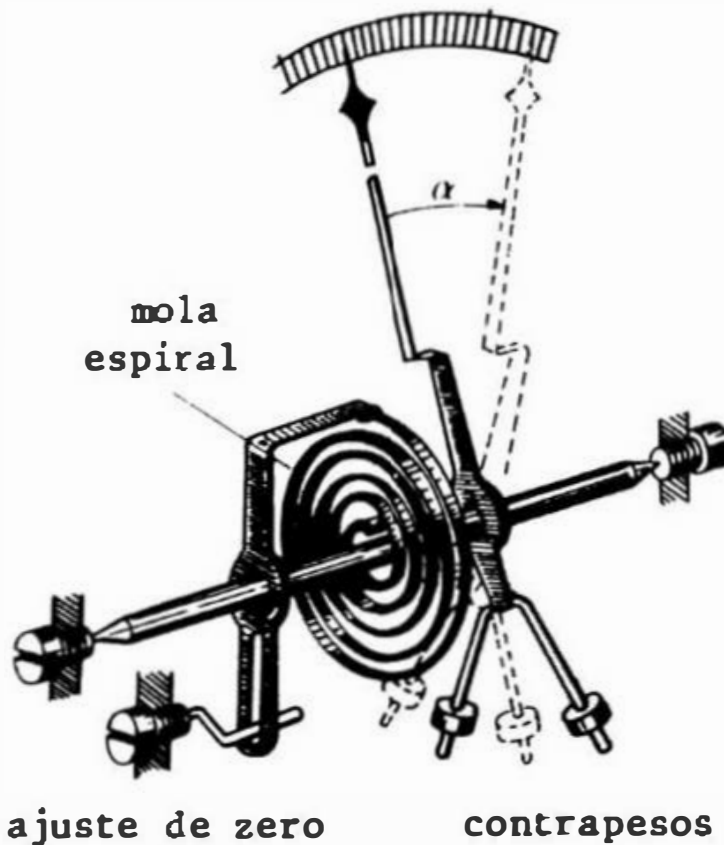


FIGURA 04

Para possibilitar um atrito mínimo, são utilizadas jóias de sustentação: rubi, safira, ágata, da mesma forma que em um relógio mecânico.

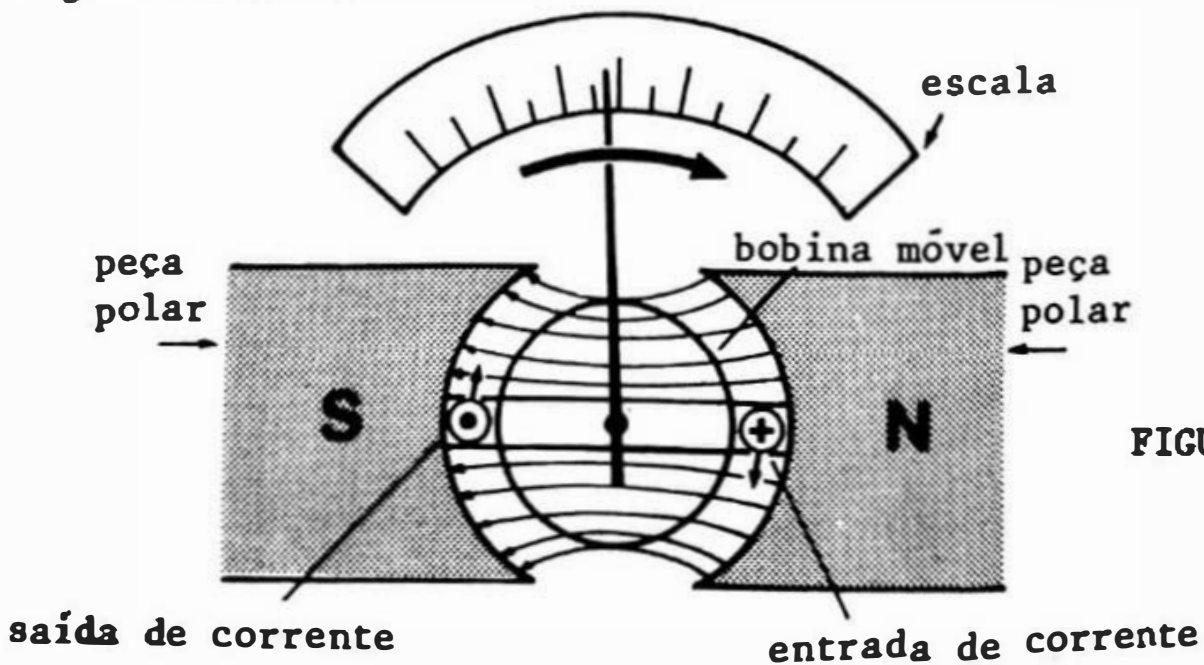


FIGURA 05

A figura 5 ilustra o princípio de operação do galvanômetro, regido pela lei fundamental do campo magnético que esteja agindo sobre um condutor percorrido por uma corrente. Este condutor, nestas condições, tende a deslocar-se em ângulo reto, tanto no sentido do campo, como no da corrente. Esta condição pode ser verificada pela regra da mão direita que con-

siste em apontar o dedo indicador no sentido do campo magnético, o dedo médio no sentido da corrente no condutor e o polegar indicará o sentido em que o condutor se deslocará. A figura 6 ilustra a regra da mão direita.

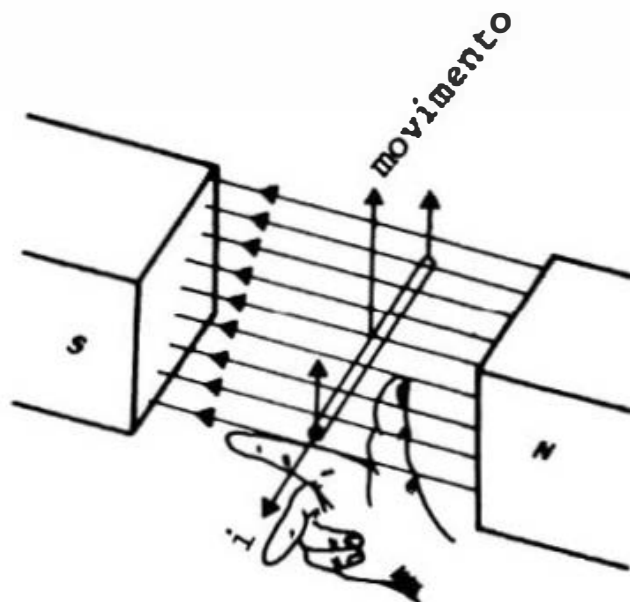


FIGURA 06

Observamos que a regra da mão direita é válida para o sentido real da corrente.

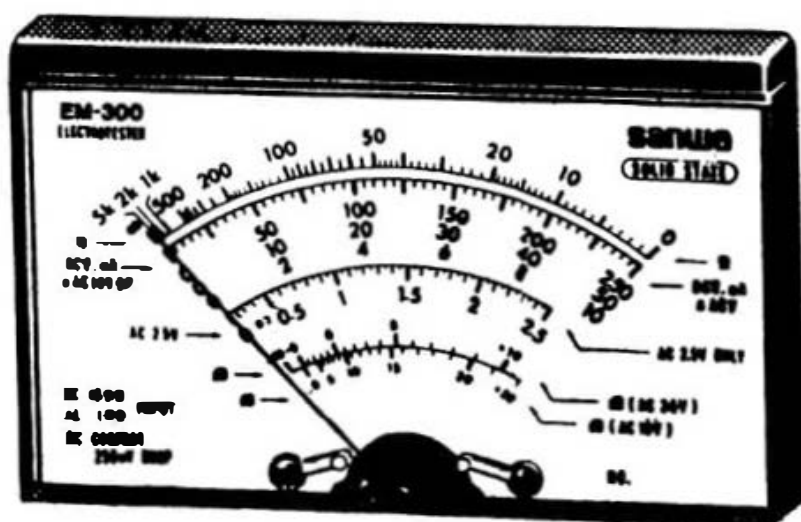


FIGURA 07

A figura 7 ilustra as escalas de um multímetro. A primeira escala, na parte superior, é para medidas de resistências ôhmicas (Ω). A segunda escala é para medidas de tensão e corrente contínua C.C. (direct-current D.C.). A terceira escala é para medidas de tensão e corrente alternada C.A. (alternating-current A.C.). A quarta escala também é para medidas de tensão alternada, só que para valores menores. A quinta escala é para medidas de decibéis dB.

2 - CHAVE LIGA/DESLIGA (POWER)

Esta chave é utilizada para ligar e desligar o multímetro.

3 - ZERO MECÂNICO

O zero mecânico é um parafuso que permite o ajuste do ponteiro do medidor sobre a marca "0", com o aparelho desligado.

4 - SOQUETE + (POSITIVO):

Este soquete é destinado à conexão de entrada para todas as funções e faixas, exceto para 12KV.

5 - SOQUETE - (COMUM):

Este soquete se destina à conexão de terra ou comum para as várias entradas do medidor.

6 - SOQUETE OUTPUT:

Este soquete se destina à ligação para medições de correntes e tensões alternadas.

7 - SOQUETE 12KV A.C.

Este soquete se destina à medição de tensões alternadas de 12KV.

8 - CHAVE SELETORA:

Esta chave de múltiplas posições pode ser girada em qual¹ que direção, permitindo que seja selecionada a escala e a faixa desejada para medidas de corrente, tensão ou resistência.

9 - AJUSTE DA ESCALA DE Ω (OHMS):

O ajuste da escala de Ω é utilizado para ajustar o ponteiro na posição zero da escala de ohms.

10- CHAVE DE POLARIDADE (+/-):

Esta chave de duas posições é utilizada para reverter as conexões do medidor em relação ao circuito sob teste, eliminando portanto, a necessidade de mudar as pontas de prova em medições de C.C.

O OHMÍMETRO:

O multímetro é um instrumento de múltiplas escalas que possibilita efetuarmos medidas de resistências (ohmímetro), - correntes (amperímetro) e tensões (voltímetro).

Inicialmente, iremos estudar o ohmímetro, suas escalas, - como efetuar medidas, calibração, etc.

O ohmímetro é basicamente um circuito constituído de duas pontas de prova, uma bateria, um galvanômetro, uma resistência fixa R_1 e uma resistência variável R_2 . A figura 8 ilustra este circuito.

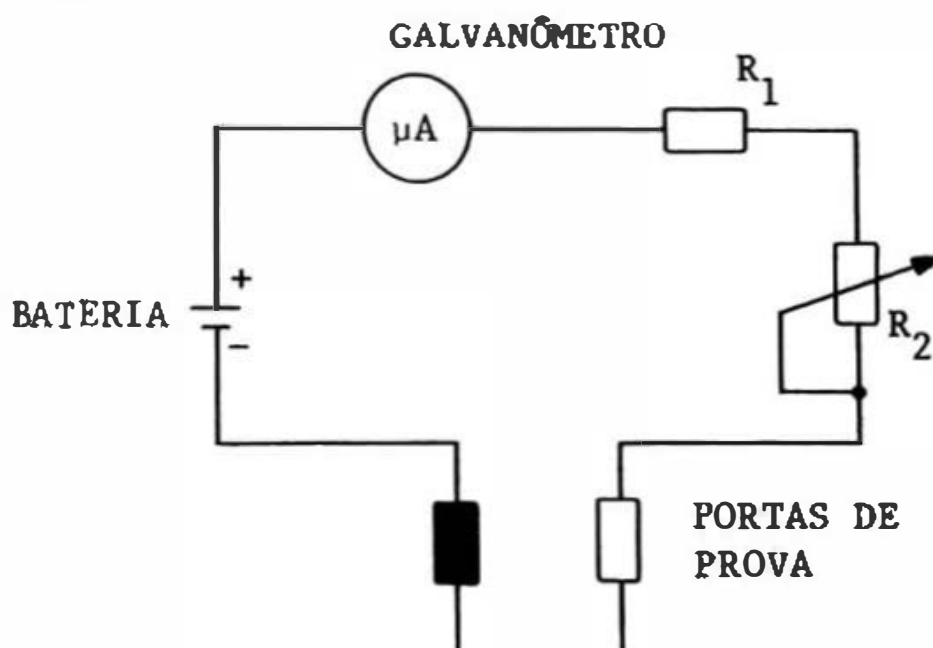


FIGURA 08

Observando o circuito da figura 8, concluímos que o ohmímetro funciona do seguinte modo: quando não temos nenhum resistor ligado nas pontas de prova, o galvanômetro estará zero, pois o circuito está aberto. Quando tivermos um resistor ligado nas pontas de prova, o galvanômetro deverá deslocar o ponteiro, indicando a passagem de uma corrente, pois o circuito está fechado. Assim, concluímos que, devido à tensão ser fixa e as resistências estarem em série, o ponteiro do

galvanômetro irá deslocar em função da corrente que circula por ele e conseqüentemente esta corrente dependerá do valor do resistor conectado nas pontas de prova. Desta forma, a escala do medidor poderá ser marcada em ohms, conforme ilustra a figura 9.

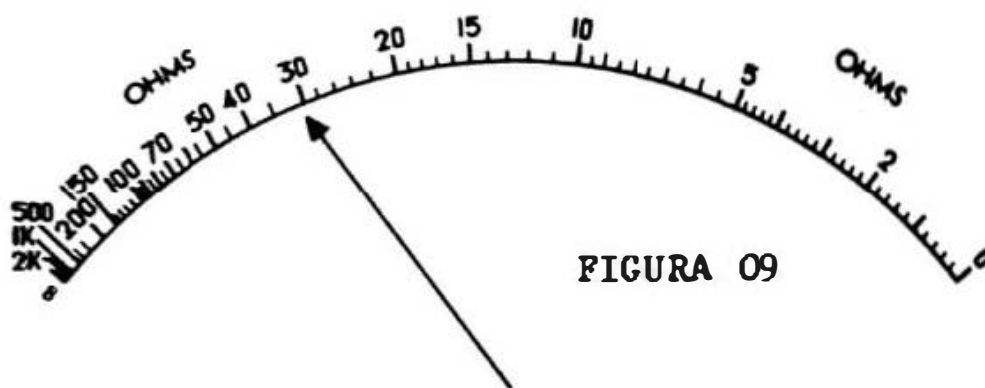


FIGURA 09

O resistor variável R_2 é denominado de ajuste de zero ohm e tem como finalidade compensar a ação da bateria sobre a resistência do circuito.

CALIBRAÇÃO DA ESCALA:

Na escala do ohmímetro, o zero ohms está à direita, conforme se pode observar na figura 9. Assim toda vez que formos efetuar medidas de resistência devemos curtocircuitar as pontas de prova e girar o ajuste de escala para zero ohms (na deflexão de fim de escala). Quando estiverem as pontas de prova em aberto, não existirá corrente fluindo pelo galvanômetro e o ponteiro estará em repouso na extremidade esquerda da escala. Este ponto é identificado com o símbolo de infinito (∞), pois corresponde a uma resistência infinita.

Um ohmímetro é um instrumento de várias faixas que possibilita uma ampla gama de medidas. Um ohmímetro típico possui faixas de $\times 1$, $\times 10$, $\times 1K$, $\times 10K$ que possibilitam a leitura de resistências desde 0 (zero) até 50 M Ω .

A figura 10 ilustra o circuito básico de um ohmímetro de quatro faixas.

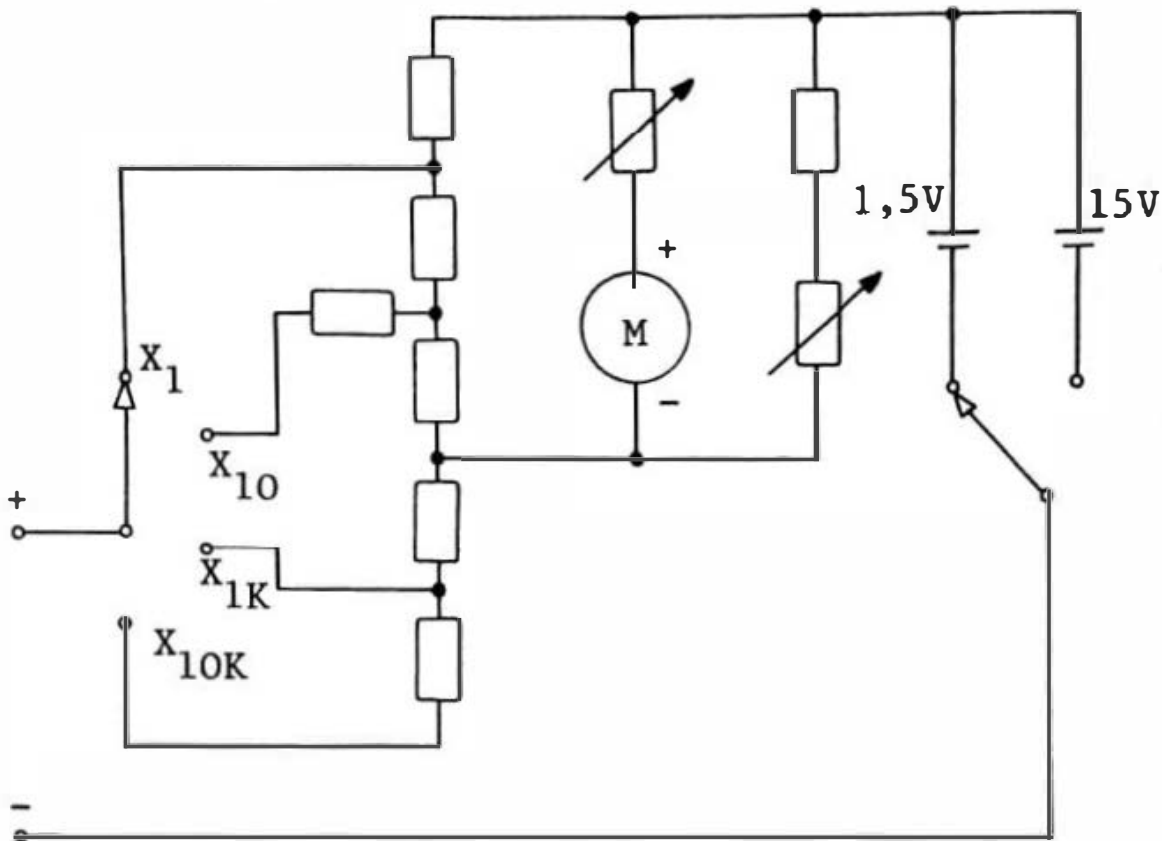


FIGURA 10

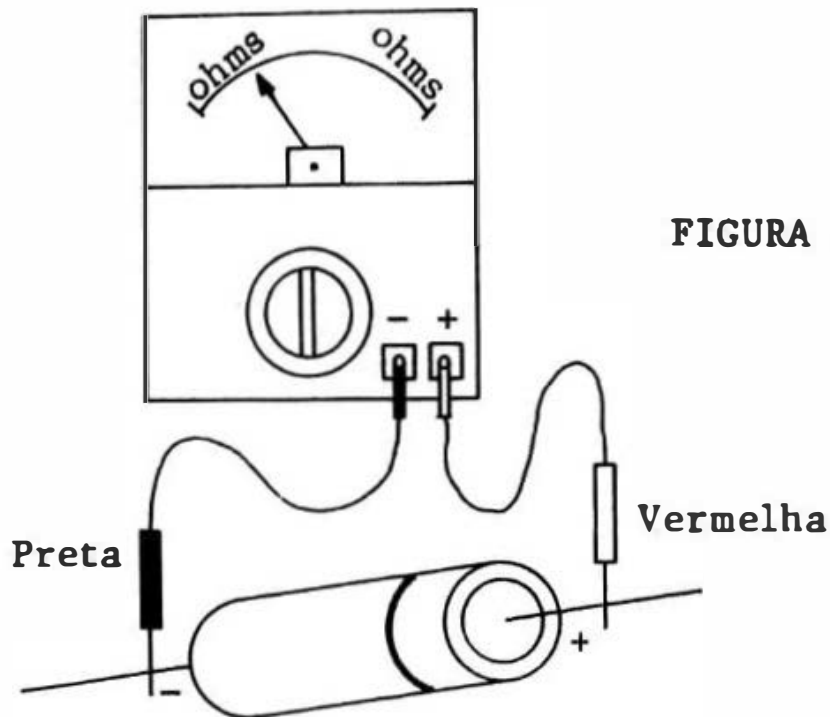
MEDIÇÕES: COMO FAZÊ-LAS:

O ohmímetro é sem dúvida um dos instrumentos mais simples de operar, porém dependendo das condições, pode ser dos mais difíceis. A leitura de uma resistência em um ohmímetro é muito fácil, se o resistor está fora do circuito. Ligando as pontas de prova nos terminais do resistor sob teste, selecionamos a faixa apropriada e efetuamos a leitura da resistência na escala. Multiplicamos a leitura efetuada pelo fator da faixa escolhida. Por exemplo: se a leitura da escala foi 30 e a faixa utilizada foi X1K, devemos multiplicar 30×1000 , resultando um valor de 30.000 ohms (30K Ω).

MEDIDAS DE FUGA DE CAPACITORES:

Os capacitores podem ser testados com o ohmímetro para verificar se estão em curto ou com fuga. Para este teste devemos usar a faixa mais alta de resistência. Um capacitor em bom estado deverá ter uma resistência de algumas centenas de megohms. Ao efetuarmos o teste, inicialmente, o medidor indicará uma resistência baixa e irá aproximando da marca de infi

nito à medida que o capacitor se carrega. Com capacitores de valores baixos, a carga poderá ser tão rápida que a leitura já indicará ser infinito.



Para testar capacitores eletrolíticos devemos tomar algumas precauções, pois este componente possui polaridade e tensão de trabalho. Inicialmente devemos conectar as pontas de prova no multímetro em seus correspondentes lugares, ou seja, a ponta de prova vermelha no soquete + e, ao mesmo tempo, no terminal mais do capacitor. Da mesma forma, a ponta de prova preta no soquete - (comum) e também no terminal comum do capacitor. Devemos também saber o valor da tensão nos soquetes do ohmímetro, de modo que esta não exceda à isolamento especificada do capacitor em teste. Quando efetuarmos teste em capacitores de valores elevados, será mais conveniente começar o teste pela faixa de X1, para manter a resistência baixa e reduzir o tempo de carga. Posteriormente aumentar a faixa conforme o capacitor se carrega.

TESTE EM DIODOS:

Os diodos são bem simples de serem testados com um ohmímetro. O teste é efetuado em relação à resistência direta e reversa do diodo. Os diodos em teste devem ser removidos do circuito. Para uma medida mais eficiente, devemos medir a resistência, e depois inverter os terminais, e medir novamente.

te. Se a medida do diodo for no sentido de polarização direta, a resistência deverá ser baixa; se a medida for no sentido de polarização reversa, a resistência deverá ser alta.

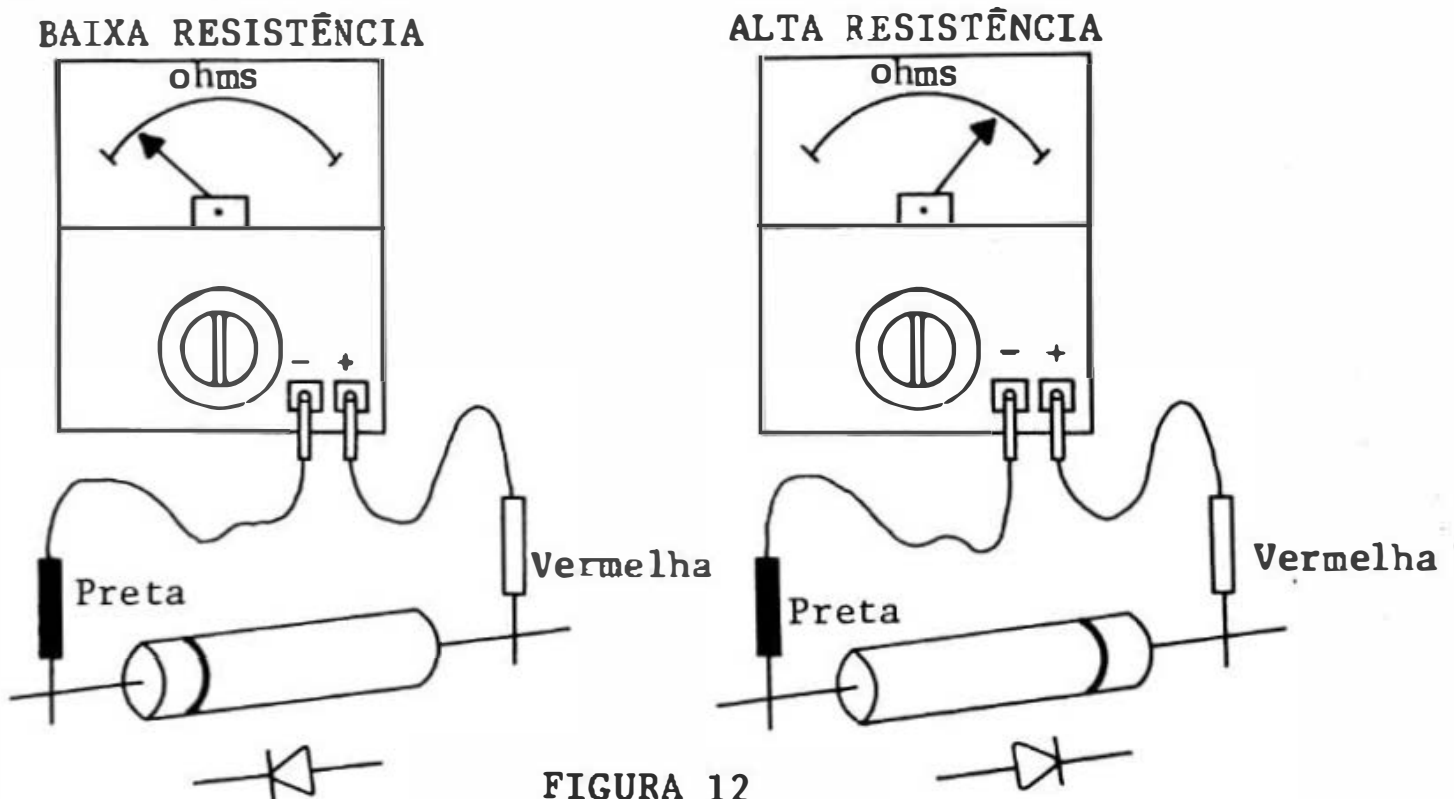


FIGURA 12

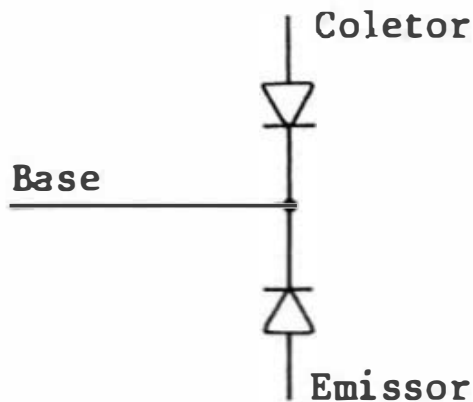
A figura 12 ilustra como devemos proceder para testarmos diodo.

TESTE EM TRANSISTORES:

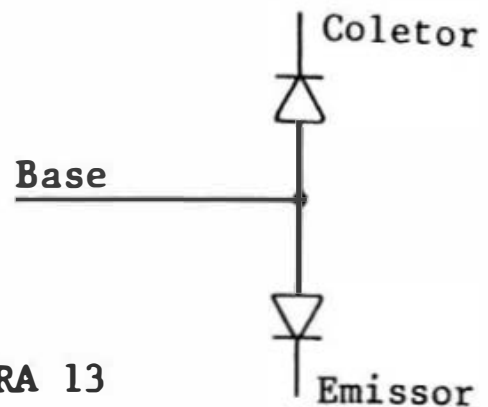
Os transistores também podem ser testados com um ohmímetro, porém alguns cuidados devem ser tomados, pois na escala de $X1$, um ohmímetro típico apresenta um fluxo de corrente de 75 mA, o que já é suficiente para danificar alguns diodos e transistores. Na faixa de $X10K$, em alguns multímetros, a bateria utilizada de alimentação é de 15V. Esta tensão já é o suficiente também para causar ruptura da junção em muitos diodos e transistores, portanto devemos escolher uma faixa que não venha destruir o componente sob teste.

Quando tivermos que testar um transistor que esteja em um circuito, devemos isolá-lo ou desconectá-lo do circuito, para maior segurança. Pois, ao testarmos um transistor ou um diodo, enfim um componente no circuito, às vezes podemos obter leituras erradas ou até mesmo danificar outros componentes.

No típico anterior vimos como testar diodo. O teste de transistores é bem semelhante, porém mais trabalhoso, pois um transistor é basicamente constituído de dois diodos.



Transistor PNP



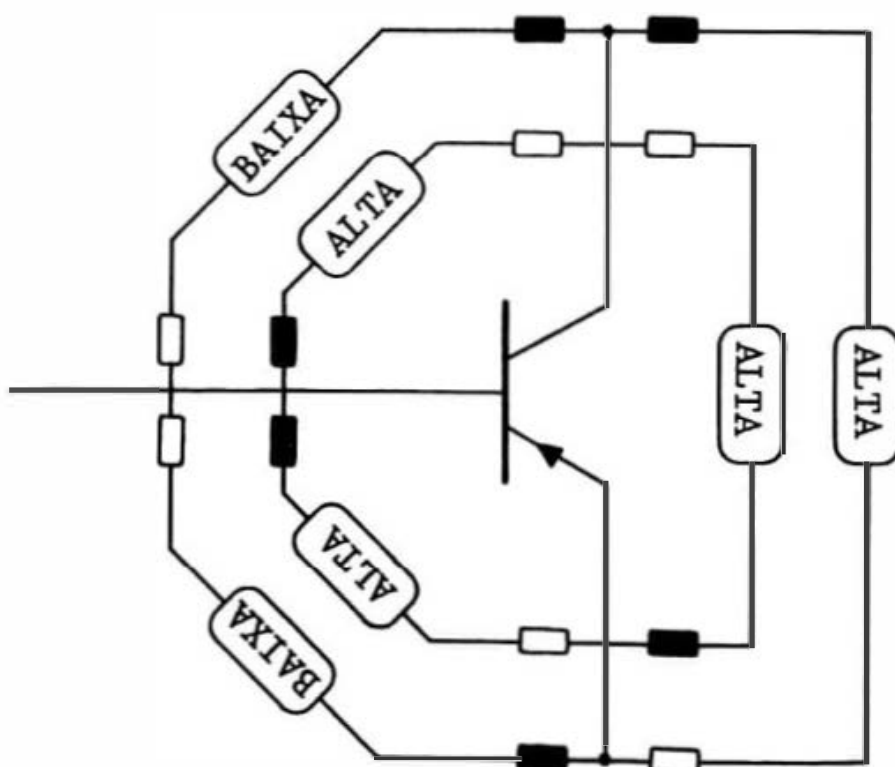
Transistor NPN

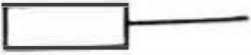
FIGURA 13

A figura 13 ilustra como   constituído basicamente um transistor NPN e PNP.

O teste de transistores, bem como de diodos com ohmímetro, normalmente utiliza a faixa de X10 ou X100. Como testar um transistor sob todas as condições é bastante trabalhoso. Vamos mostr -lo sob forma de tabelas e ilustração.

TESTE DE UM TRANSISTOR PNP



 Ponta de prova Vermelha

 Ponta de prova Preta

FIGURA 14

TRANSISTOR PNP		
PONTA DE PROVA		RESISTÊNCIA
Vermelha	Preta	
Base	Emissor	Baixa
Emissor	Base	Alta
Base	Coletor	Baixa
Coletor	Base	Alta
Emissor	Coletor	Alta
Coletor	Emissor	Alta

TESTE DE UM TRANSISTOR NPN

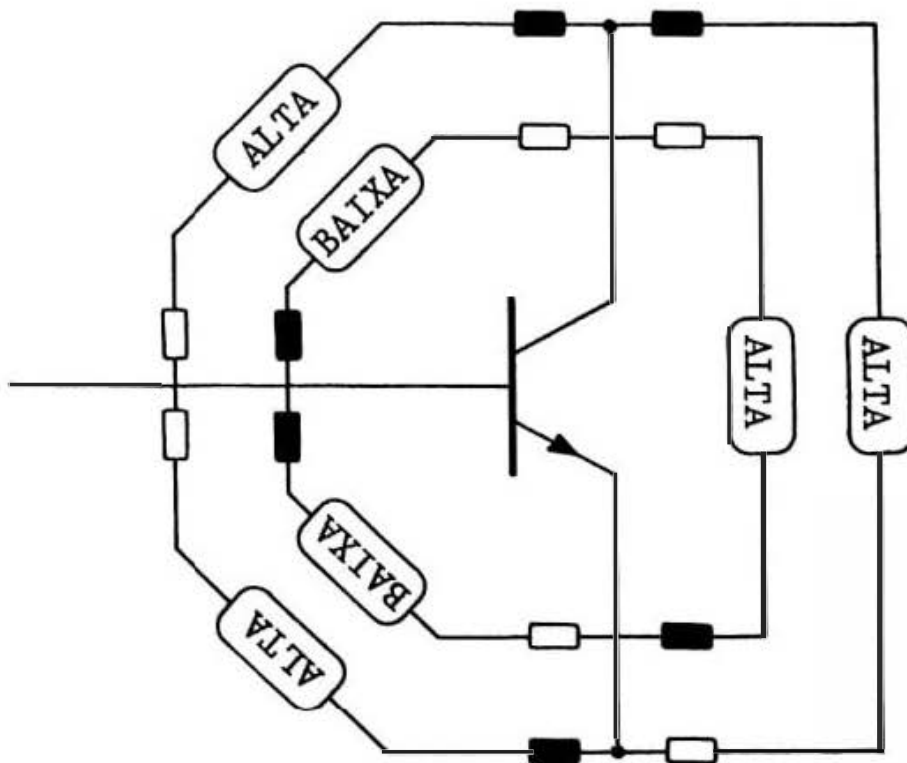


FIGURA 15

TRANSISTOR NPN		
PONTA DE PROVA		RESISTÊNCIA
Vermelha	Preta	
Base	Emissor	Alta
Emissor	Base	Baixa
Base	Coletor	Alta
Coletor	Base	Baixa
Emissor	Coletor	Alta
Coletor	Emissor	Alta

Se, durante os testes de um transistor, houver indicações diferentes das tabelas, teremos um transistor defeituoso. A leitura de resistência baixa onde deveria ser alta, indica um transistor em curto e se a leitura de resistência for alta onde deveria ser baixa indica um transistor em aberto.

O VOLTÍMETRO:

O multímetro, já mencionado anteriormente, além de medir resistência, serve também para medir tensão C.C. (corrente contínua) e C.A. (corrente alternada). O voltímetro utiliza, para medidas, o galvanômetro. Este possui uma escala que pode ser calibrada de 0 a 0,1V. Portanto, para efetuarmos medidas de tensão maiores, devemos ampliar a faixa de tensão, ligando um resistor multiplicador em série com o galvanômetro, como ilustra a figura 16.

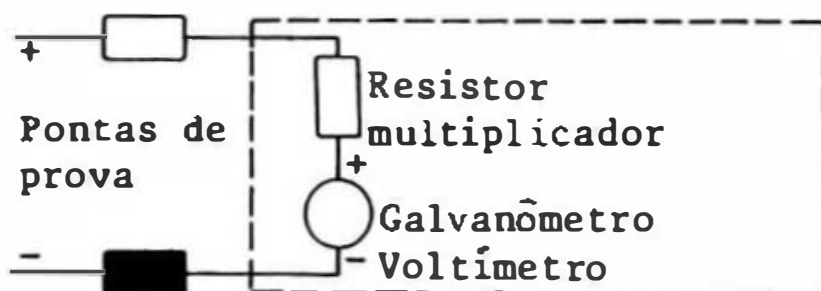


FIGURA 16

O resistor multiplicador é utilizado para limitar a corrente que flui através do galvanômetro, ou seja, o resistor multiplicador retém toda a tensão aplicada ao galvanômetro, com exceção de 0,1 volts. Por exemplo, se a faixa for de 10V, a queda de tensão sobre o resistor multiplicador será $10 - 0,1 = 9,9$ volts. Assim poderemos ampliar a faixa para medidas de tensões maiores.

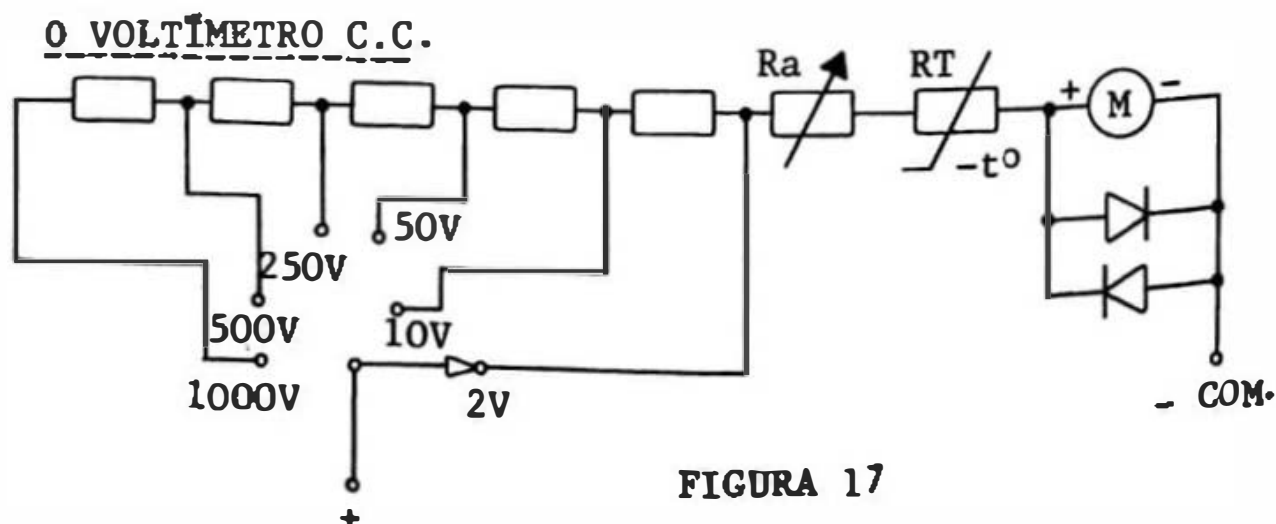


FIGURA 17

A figura 17 ilustra o circuito de um voltímetro típico C.C. Os cinco resistores formam as faixas de 2V, 10V, 50V, 250V, 500V e 1000V. O resistor R_a é utilizado para calibração C.C., sendo ajustado para compensar tolerâncias acumuladas no circuito medidor. Este ajuste deverá ser efetuado periodicamente para compensar envelhecimento, etc.

O termistor R_t é utilizado para compensar as variações na resistência do medidor, provocada pela mudança de temperatura ambiente. Como R_t possui um coeficiente negativo de temperatura e o medidor um coeficiente positivo, qualquer variação de temperatura será corrigida por R_t , pois a resistência total deverá permanecer sempre a mesma.

Os diodos ligados em paralelo ao galvanômetro têm a finalidade de protegê-lo contra danos, pela limitação de 0,2 volts.

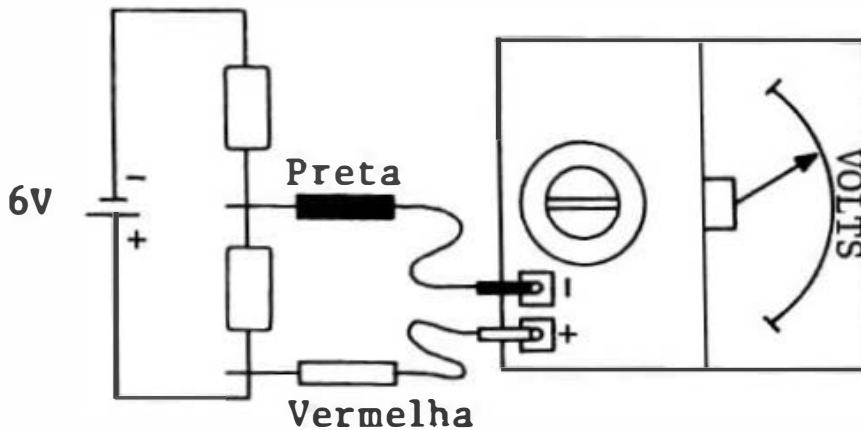


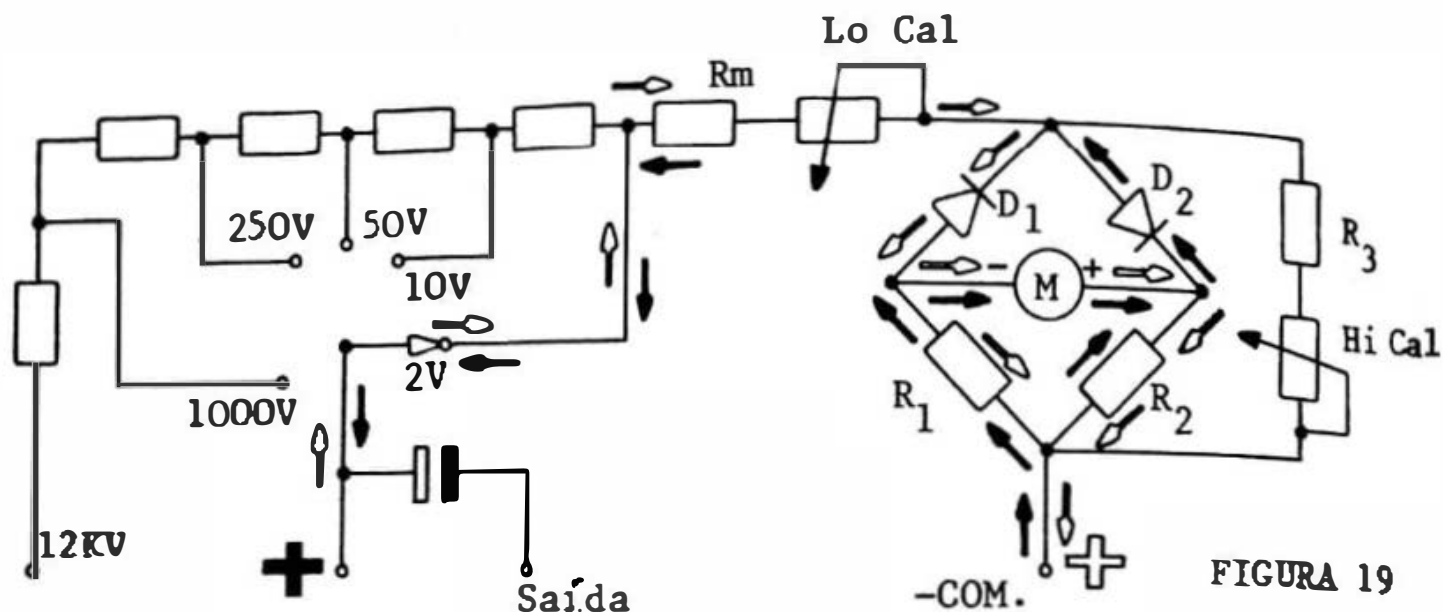
FIGURA 18

A figura 18 ilustra como devem ser efetuadas medidas de tensão em um circuito. Observe que sempre que for medir tensão C.C., o multímetro deverá ser conectado em paralelo com o componente em teste e deverá ser levado em conta também a polaridade do multímetro em relação à polaridade do circuito.

O VOLTÍMETRO C.A.

O voltímetro C.A. funciona basicamente igual ao de C.C., tendo um circuito especial para converter a tensão alternada em contínua para poder ser medida pelo galvanômetro.

A figura 19 ilustra o circuito básico do conversor de corrente alternada para corrente contínua. Os diodos D_1 e D_2 convertem a tensão alternada para contínua, permitindo assim que esta tensão seja medida pelo galvanômetro.



Quando a porção positiva da tensão de entrada estiver representada pelo sinal $\oplus$, D_2 conduz e a corrente flui por R_1 e R_2 , pois estes dois resistores têm o mesmo valor. A corrente que flui por R_1 passa pelo medidor e depois se une com a corrente de R_2 e passa por D_2 . Esta corrente é representada pelas setas pretas. Quando a porção positiva da tensão de entrada estiver representada pelo sinal $\ominus$, D_1 conduz e a corrente flui por D_1 , pelo medidor, R_1 e R_2 . Esta corrente é representada pelas setas brancas.

Os potenciômetros "Lo Cal" e "Hi Cal" são utilizados para a calibração baixa e alta, para compensar a tolerância dos resistores multiplicadores. Os resistores restantes são os divisores das faixas. A saída é incluída para permitir a medição de C.A. com presença de C.C.

MEDIÇÕES: COMO FAZÊ-LAS:

Em medidas de tensões devemos sempre conectar o voltímetro em paralelo com o componente em teste, pois caso isto não seja efetuado, o voltímetro poderá ser danificado. Em caso de medidas de tensões C.C. deverá ser observada a polaridade.

A figura 20 ilustra a escala C.C. típica de um voltímetro analógico.

Quando efetuarmos uma medida de tensão C.C. na faixa de 50V e obtivermos uma leitura de 25 na escala de 50, isto significa que o valor é direto, portanto a tensão medida é

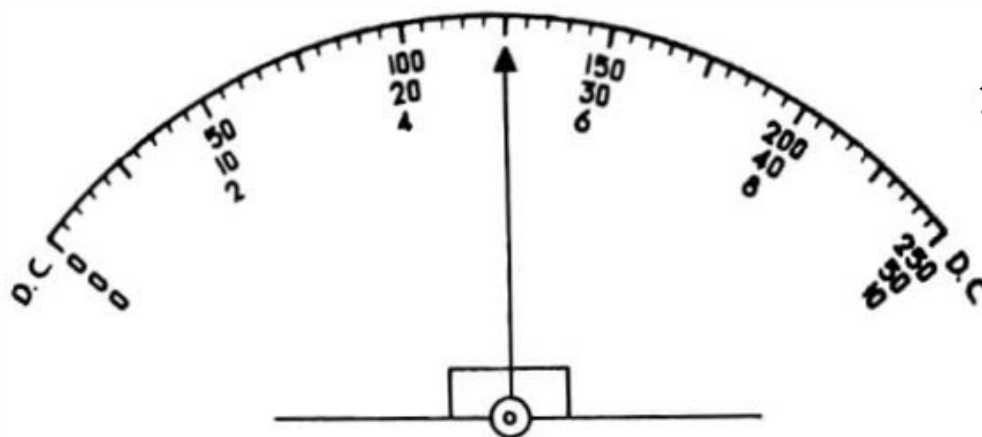


FIGURA 20

25V. Porém, se utilizarmos a faixa de 2V, como ilustra a figura 17, e obtivermos uma leitura de 5 na escala de 10, devemos ter em mente agora que a leitura não é direta, pois o valor 10 da escala terá o valor 2 da faixa escolhida. Assim, o valor 5 da escala terá o valor 1 em relação à faixa escolhida. Desta forma a tensão medida será de 1V.

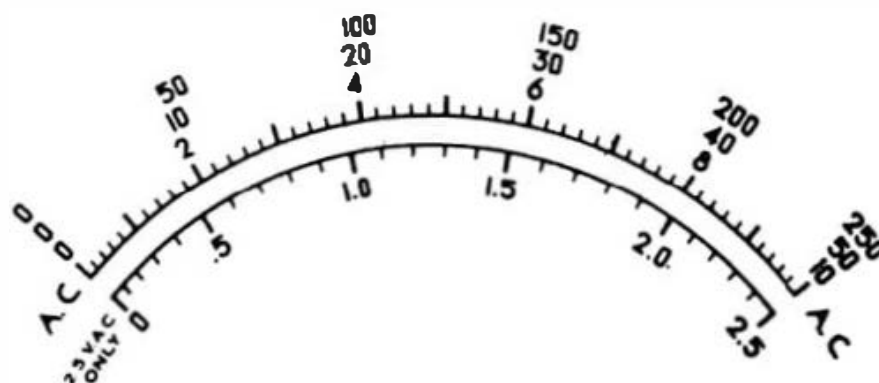


FIGURA 21

A figura 21 ilustra a escala C.A. típica de um voltímetro analógico. Observamos que a escala de 2,5V C.A. é separada das demais.

As medidas de tensão alternada são efetuadas da mesma forma que em C.C., observando, porém, que a leitura é efetuada em relação às divisões que se encontram na parte inferior das escalas de 10, 50 e 250 e mais a escala de 2,5 que se encontra separada.

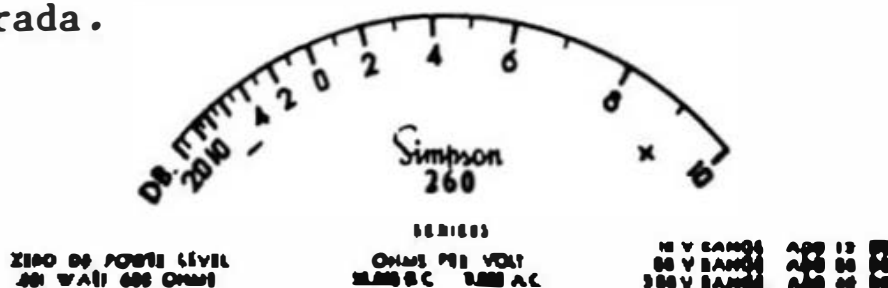


FIGURA 22

A figura 22 ilustra a escala de decibéis. Esta escala é encontrada na maioria dos voltímetros.

As medidas de decibéis (dB) deverão ser efetuadas utili-

zando as faixas de tensão C.A. Por exemplo, o dB está calibrado para 2,5V C.A. zero dB é um ponto onde um miliwatt de potência é produzido por 0,775 volts RMS sobre uma carga de 600 ohms. Portanto, com a chave na faixa de 2,5V C.A., podemos medir de -10 a +10dB. Podemos medir valores maiores que 10dB. Se tomarmos a faixa de 10 C.A., teremos que adicionar 12dB à indicação do aparelho. Assim o ponto 0dB será 12dB, o +10dB será +22dB e o -10dB será +2dB.

FAIXA	CORREÇÃO
10V CA	0 dB = +12 dB
50V CA	0 dB = +26 dB
250V CA	0 dB = +46 dB

A tabela acima mostra a correção para as faixas de 10V C.A., 50V C.A. e 250V C.A.

Observamos que, dependendo do instrumento, esta escala não será válida. Neste caso recomendamos que consulte o manual do fabricante ou a escala encontrada no próprio painel de instrumento.

O AMPERÍMETRO

O amperímetro também faz uso do galvanômetro para efetuar medidas. Como o galvanômetro tem uma faixa de corrente útil de 0 a 1mA, devemos ampliar a sua faixa para possibilitar a medida de correntes maiores.

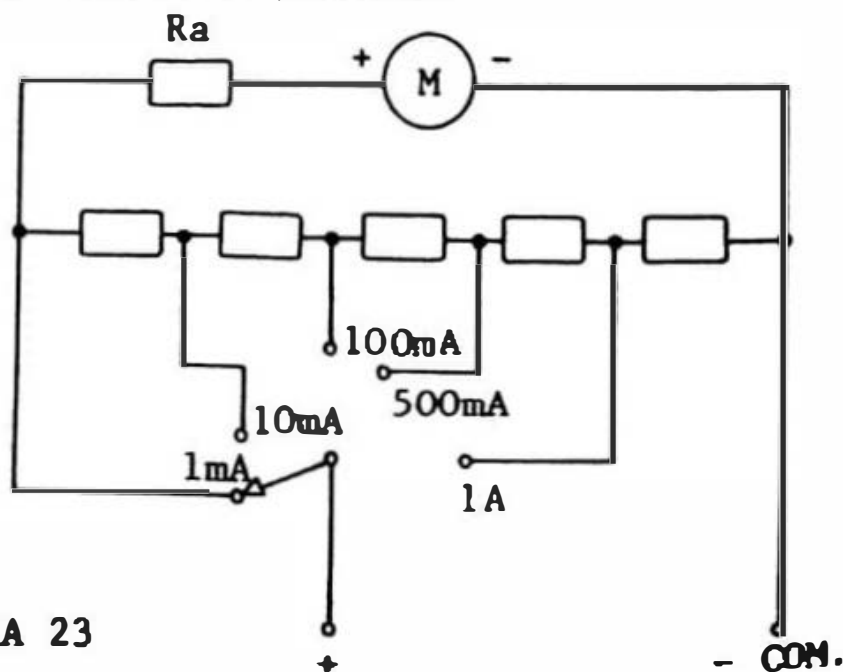


FIGURA 23

A figura 23 ilustra o circuito básico de um amperímetro com várias faixas.

Quando o amperímetro for colocado em circuitos para medidas, deverá ser respeitada a polaridade e ao mesmo tempo ele deverá ser ligado em série para que a corrente a ser medida passe pelo medidor.

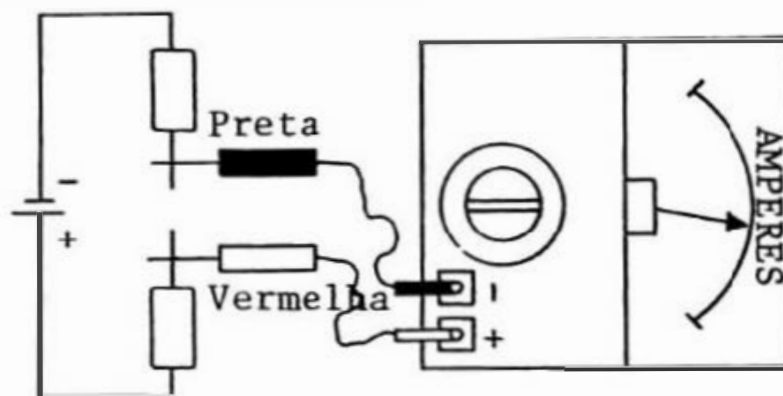


FIGURA 24

A figura 24 mostra como devemos efetuar medidas de correntes.

MEDIDAS DE CORRENTE ALTERNADA

A medida de corrente alternada em alguns multímetros é direta, porém a maioria dos multímetros não possui esta condição. Mas podemos usar um "macete" utilizando o voltímetro, um resistor e a lei de ohm.

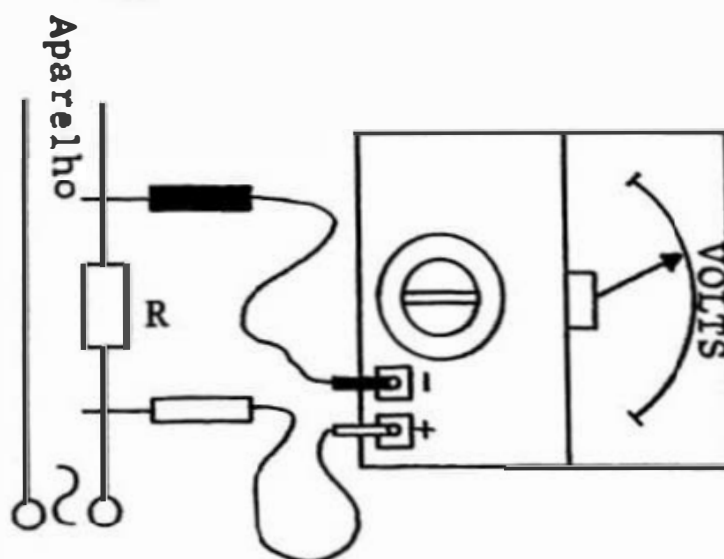


FIGURA 25

A figura 25 ilustra como devemos medir corrente alternada, utilizando o voltímetro e um resistor.

Por exemplo: se utilizarmos um resistor de 8 ohms e o voltímetro efetuar uma leitura de 12V, a corrente será

$$I = \frac{12}{8} = 1,5A$$

Observamos que o resistor deverá ter um valor de 1 a 10 ohms, pois valores maiores aumentam o erro da medida. Este resistor deverá ter uma grande dissipação, sendo recomendado o resistor de fio.

O MULTÍMETRO ELETRÔNICO

O multímetro eletrônico apresenta algumas vantagens sobre o multímetro passivo, visto em tópicos anteriores. Como por exemplo, uma maior sensibilidade e menor carga sobre o circuito em teste.

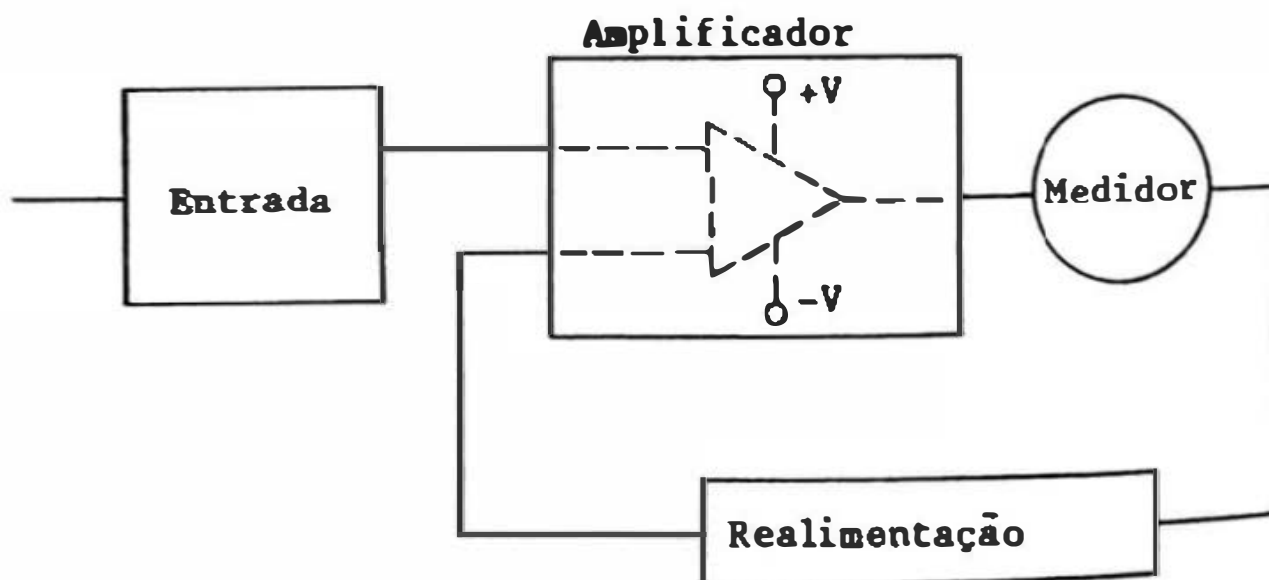


FIGURA 26

A figura 26 ilustra um diagrama de blocos simplificados de um multímetro eletrônico. Normalmente são utilizados amplificadores operacionais por estes possuírem um elevado ganho.

As medidas são efetuadas da mesma forma que em um multímetro convencional analógico, como vistas em tópicos anteriores desta apostila.

A figura 27 ilustra o painel de um multímetro eletrônico com seus respectivos controles.

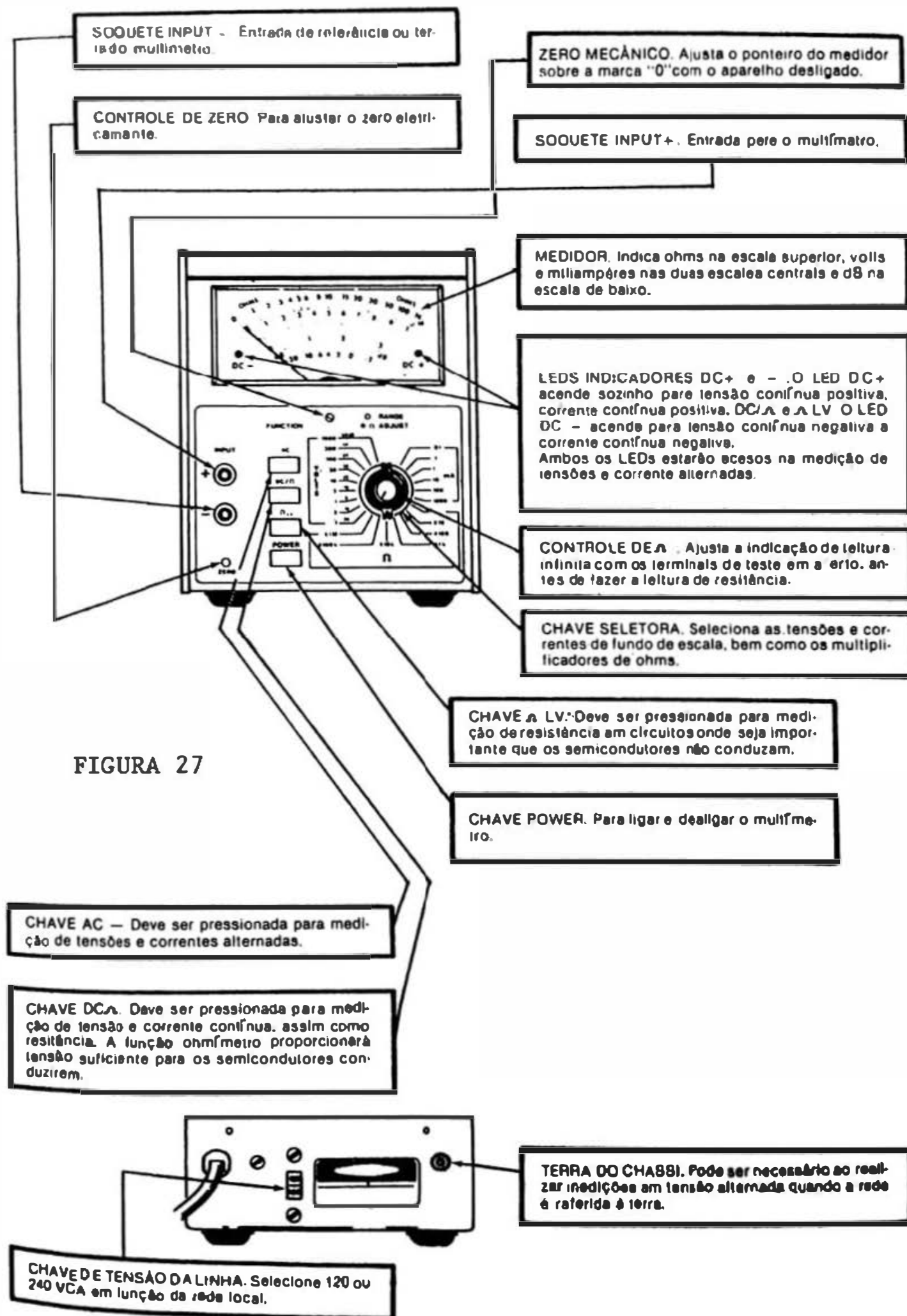


FIGURA 27



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-3

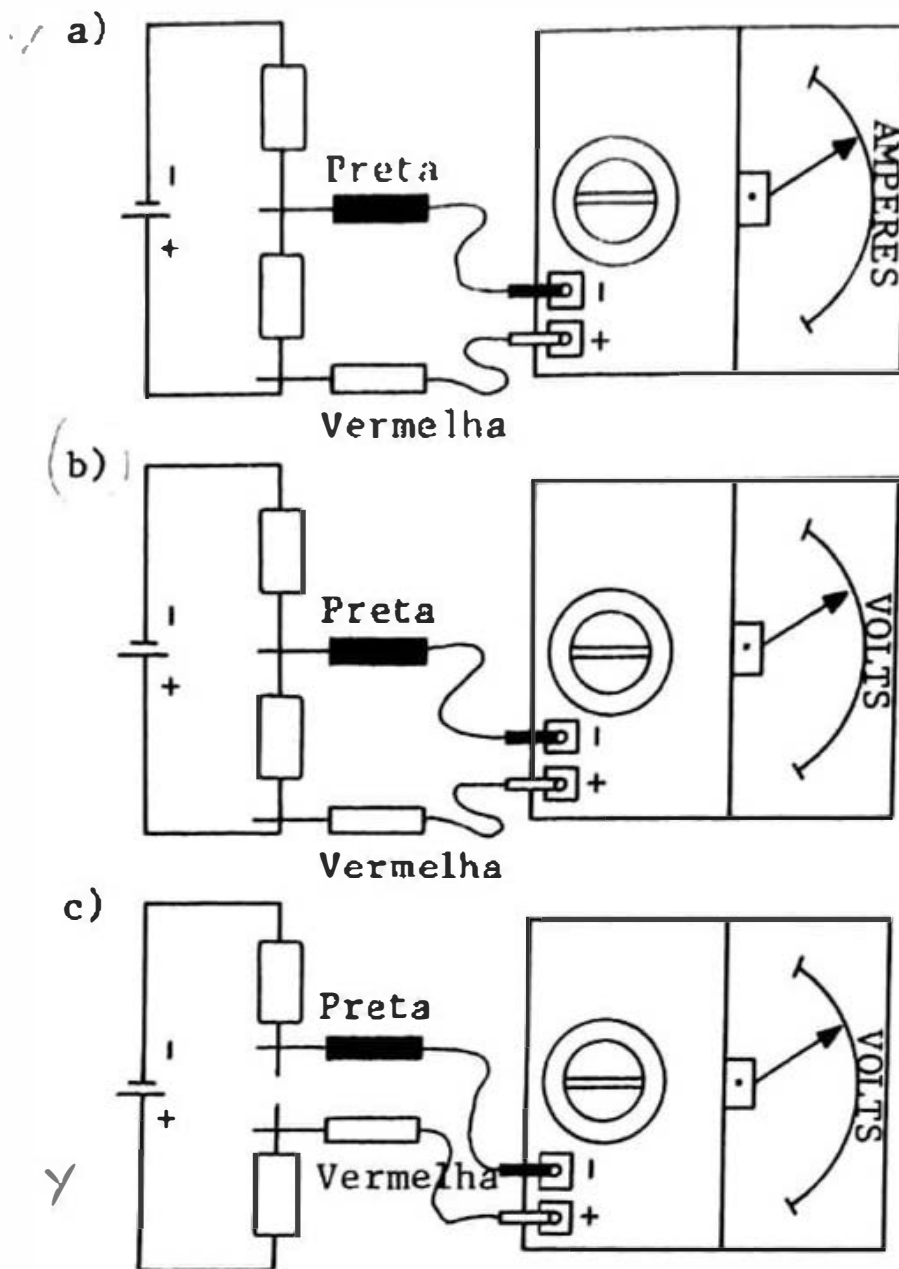
OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) O galvanômetro é um dispositivo que funciona em decorrência:
 - a) da corrente;
 - b) da corrente e do campo magnético;
 - c) do campo magnético;
 - d) as alternativas "a" e "b" estão corretas.
- 2) Quando a chave seletora estiver na faixa de ohms e as pontas de prova, em aberto, o ponteiro do medidor deverá repousar sobre a escala no ponto de:
 - a) zero ohm;
 - b) infinito;
 - c) 50 ohms;
 - d) n.r.a.

- 3) Qual o valor de uma resistência que apresenta na escala de um ohmímetro a leitura de um valor igual a 100, usando a faixa de X10?
- a) $1k\Omega$;
 - b) 100Ω ;
 - c) 10000Ω ;
 - d) 10Ω .
- 4) Quando efetuarmos teste em capacitores de bom estado, encontraremos uma:
- a) resistência baixa;
 - b) tensão alta;
 - c) tensão baixa;
 - d) resistência alta.
- 5) Quando efetuamos medidas de resistência em um diodo no sentido direto e inverso, obtemos respectivamente um valor:
- a) baixo e alto;
 - b) alto e baixo;
 - c) baixo e baixo;
 - d) alto e alto.
- 6) Quando testamos um transistor NPN, em bom estado, com um ohmímetro, encontramos as seguintes informações:
- a) resistência alta, quando a ^{prova} ponta de prova vermelha estiver no emissor e a preta na base;
 - b) resistência alta, quando a ponta de prova vermelha estiver na base e a preta no coletor;
 - c) resistência ^{baixa} alta, quando a ponta de prova vermelha estiver no coletor e a preta na base;
 - d) n.r.a.
- 7) Quando testamos um transistor PNP, em bom estado, com um ohmímetro, encontramos as seguintes informações:
- a) resistência baixa, quando a ponta de prova preta estiver no emissor e a vermelha na base;
 - b) resistência baixa, quando a ponta de prova vermelha estiver no emissor e a preta na base;
 - c) resistência baixa, quando a ponta de prova preta estiver no emissor e a vermelha no coletor;
 - d) n.r.a.

8) Qual alternativa é a correta?



d) n.r.a.

9) Quando efetuamos uma medida de tensão C.C. na faixa de 2V, obtemos uma leitura de 7,5 na escale de 10V. Isso indica uma tensão de:

a) 15V; b) 0,15V; (c) 1,5V; d) 150V.

10) Um multímetro típico é constituído de:

a) voltímetro;

b) amperímetro;

c) ohmímetro;

d) as alternativas "a", "b" e "c" estão corretas.

LIÇÃO MP-4

MANUAL DE PRÁTICAS MP-4
INSTRUMENTAÇÃO DE MEDIDAS

Nesta lição, iremos estudar o osciloscópio, que, sem dúvida, é o instrumento de medida, de análise e aferiação mais versátil que se pode adotar em laboratórios e oficinas de eletrônica. Este mesmo instrumento pode ser utilizado nas mais diversas áreas da ciência; tais como: engenharia mecânica, física, medicina, química, acústica, etc. Enfim este instrumento possibilita o estudo visível de todos os fenômenos físicos, que possam ser convertidos em impulsos elétricos.



FIGURA 1

A figura 1 ilustra um painel típico de um osciloscópio - (BK Precision 1530).

Um osciloscópio de duplo traço é constituído, basicamente, dos seguintes circuitos:

Atenuador A
 Amplificador A
 Multivibrador
 Chave eletrônica
 Amplificador vertical
 Atenuador B
 Amplificador B
 Circuito de disparo
 Circuito de varredura
 Amplificador horizontal

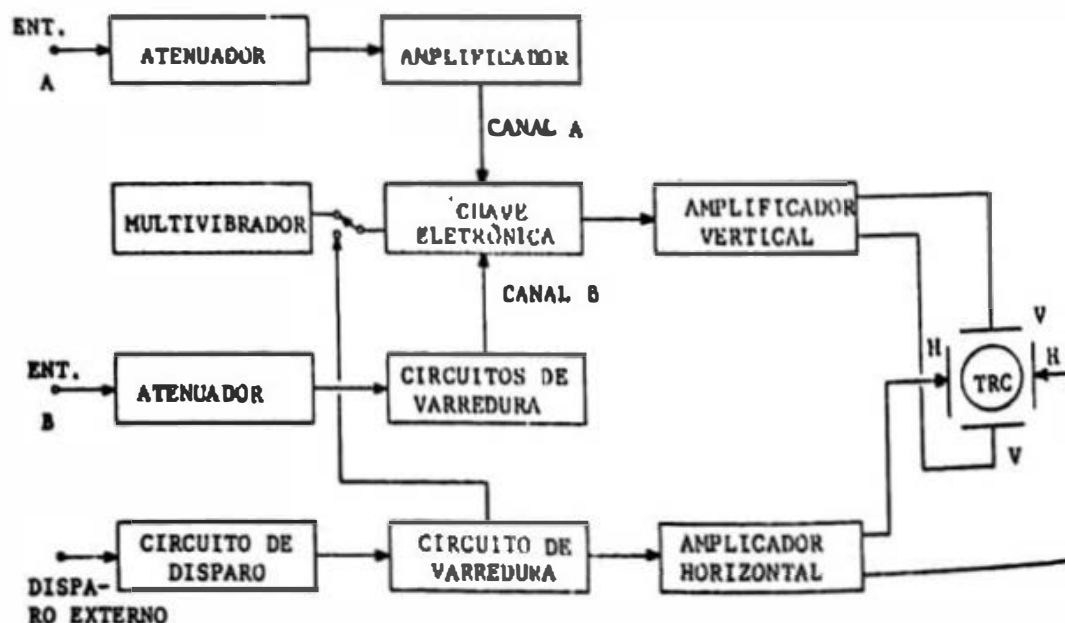


FIGURA 2

A figura 2 ilustra um diagrama de blocos de um osciloscópio típico de dois canais.

COMANDOS DE UM OSCILOSCÓPIO

Existem vários modelos de osciloscópios; uns mais simples com um menor número de comandos, outros mais complexos - com um maior número de comandos, descrevê-los seria uma tarefa fastidiosa. Portanto, iremos expor apenas os comandos básicos, que são comuns a todos os modelos, tais como:

- 1- Interruptor
- 2- Controle de brilho
- 3- Controle de foco
- 4- Controle de ganho vertical
- 5- Atenuador vertical
- 6- Entrada vertical
- 7- Controle de ganho horizontal
- 8- Sincronismo
- 9- Ajuste de varredura
- 10- Seletor de sincronismo
- 11- Centralização vertical
- 12- Centralização horizontal

1- Interruptor: - O interruptor liga ou desliga a alimentação do osciloscópio. Esta operação pode ser normalmente observada pela lâmpada piloto. Na maioria dos osciloscópios o interruptor se encontra no mesmo potenciômetro de controle de brilho.

2- Controle de brilho: - Este comando é utilizado para regular o brilho da imagem formada na tela do tubo. O controle de brilho é constituído de um potenciômetro, que controla a corrente de polarização da grade do TRC, ver figura 25.

3- Controle de foco: - Este comando permite que seja focalizado o ponto luminoso ou o traço sobre a tela do TRC. O controle de foco é constituído de um potenciômetro, que controla a corrente do eletrodo de enfoque, ver figura 25).

4- Controle de ganho vertical: - Este comando controla o ganho vertical, ou seja, regula a amplificação do sinal aplicado no circuito amplificador vertical (altura da imagem), ver figura 24.

5- Atenuador vertical: - Este comando é constituído de

um comutador, mediante o qual se escolhe a atenuação adequada, quando o sinal a ser analisado for de um valor excessivo, para uma aplicação direta ao amplificador vertical, ver figura 27.

6- Entrada vertical: - São os dois terminais de entrada do amplificador vertical, nos quais se aplicam os sinais a serem analisados.

7- Controle de ganho horizontal: - Este comando controla o ganho do amplificador horizontal, ou seja, a largura da imagem. É constituído de um potenciômetro que regula a corrente da base do transistor de amplificação horizontal, ver figura 23.

8- Sincronismo: - Este comando proporciona um sincronismo fino, assegurando a imobilidade da imagem que deve se ajustar em conjunto com o "ajuste de varredura". É constituído de um potenciômetro que está situado no circuito de base de tempo, ver figura 22.

9- Ajuste de varredura: - Este comando deve ser ajustado em conjunto com o sincronismo e possibilita o ajuste suave da frequência da base de tempo, ver figura 22.

10- Seletor de sincronismo: - Este comando é constituído de um comutador, que seleciona o sinal de sincronismo do osciloscópio. Este comutador seleciona três sinais: Int, 60Hz e Ext., veja figura 22.

11- Centralização vertical: - Este comando controla a posição da imagem na vertical sobre a tela.

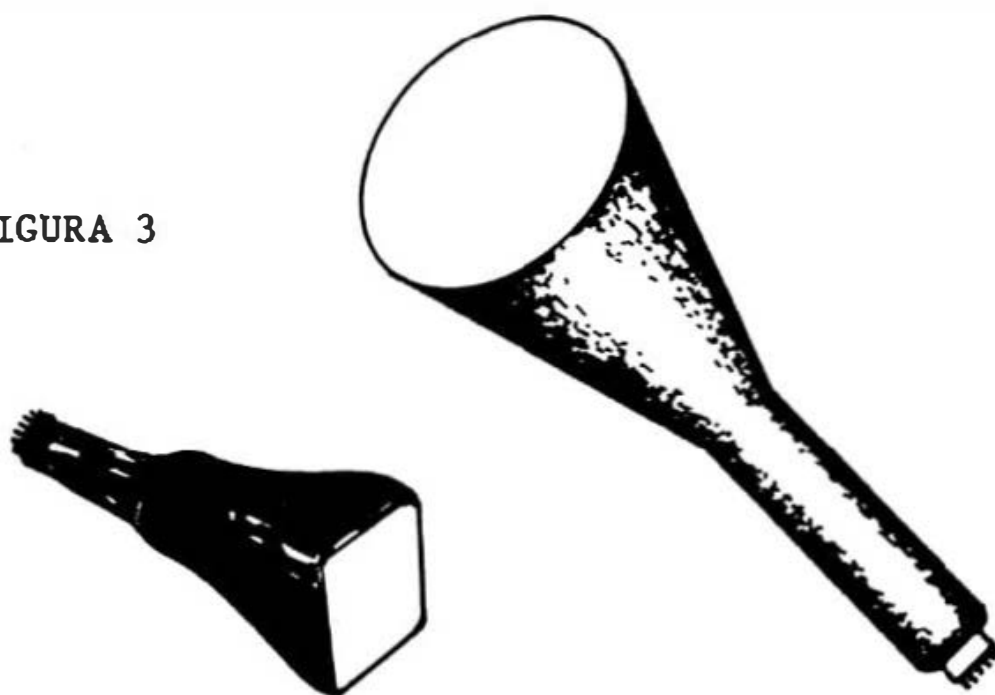
12- Centralização horizontal: - Este comando centraliza horizontalmente a imagem sobre a tela.

TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS

O tubo de raios catódicos (TRC) é uma válvula eletrônica em forma de uma ampola de vidro ou um funil de vidro de pescoço alongado. Em seu interior estão alojados: filamento, cátodo, grade, ânodos e placas de deflexão, que permitem desviar, controlar, enfocar e acelerar um feixe de elétrons. Desta forma, a parte frontal do tubo (tela) é um anteparo, onde ocorre uma constante descarga de elétrons, que formam os tra-

ços ou a forma de onda do sinal que se deseja analisar visivelmente.

FIGURA 3



A figura 3 ilustra o aspecto típico dos tubos de raios - catódicos.

O TRC é basicamente constituído de duas partes distintas: canhão eletrônico e a tela.

O canhão eletrônico está alojado no pescoço do tubo e é constituído de filamento, cátodo, grade, ânodo de focalização, ânodo de aceleração, placas de deflexão vertical e placas de deflexão horizontal.

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1 Filamento. | 6 Tela fluorescente. |
| 2 Catodo. | 7 Grade de controle. |
| 3 Anodo de alta tensão (nº2). | 8 Eletrodo de focal (anodo nº1). |
| 4 Placas defletora vertical. | 9 Placas defletora horizontal. |
| 5 Feixe eletrônico. | 10 Tubo de vidro. |

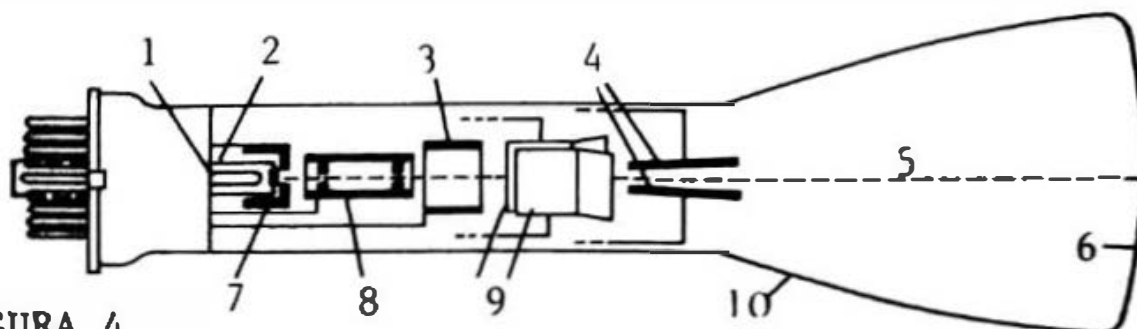


FIGURA 4

A figura 4 ilustra a constituição interna, básica de um

tubo de raios catódicos.

O FILAMENTO

O filamento é um elemento que aquece o catodo, transferindo-lhe energia calorífica, para que este possa emitir elétrons. O filamento é constituído de um fio trançado, de resistência especial e localizado no interior do catodo. As extremidades deste fio saem pela parte posterior do tubo, permitindo, desta forma, que seja aplicada uma tensão normalmente de 6,3V que incandesce, aquecendo também o catodo que o recobre.

O CATODO

O catodo é um eletrodo que emite os elétrons. É constituído de um cilindro metálico, recoberto de substâncias especiais, "óxidos", que emitem elétrons, quando se aquece o filamento.

A GRADE

A grade é constituída de um cilindro metálico com um furo no centro, que envolve o catodo. A grade é utilizada para regular a passagem dos elétrons emitidos pelo catodo na direção do ânodo. O potencial da grade é negativo em relação ao catodo. Regulando este potencial é possível controlar o brilho da imagem.

ÂNODO DE FOCALIZAÇÃO E ACELERAÇÃO

Os ânodos de focalização e de aceleração têm um formato cilíndrico com orifícios para a passagem do feixe de elétrons. Estes ânodos possuem um alto potencial positivo em relação ao catodo, com a finalidade de atrair fortemente os elétrons procedentes do catodo.

A figura 5 ilustra a formação do campo eletrostático, criado entre o ânodo de focalização e o de aceleração, que permite a moldagem do feixe e sua incidência sobre a tela em um ponto bem diminuto. Este campo eletrostático, entre os

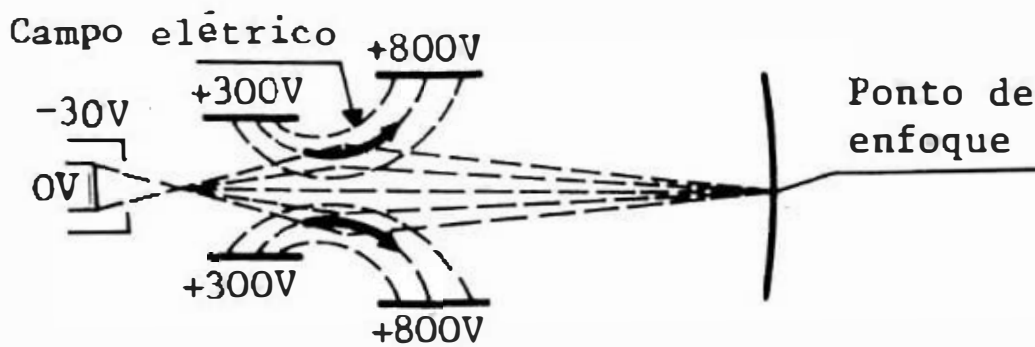


FIGURA 5

dois ânodos, sofre uma ação análoga à de uma lente biconvexa sobre um raio de luz, por este motivo é denominado também de lente eletrônica.

PLACAS DE DEFLEXÃO VERTICAL E HORIZONTAL

As placas de deflexão vertical e horizontal produzem a deflexão eletrostática do feixe de elétrons. Para que o feixe se desloque para qualquer direção, é necessário que se aplique uma tensão nas placas defletoras verticais e horizontais.

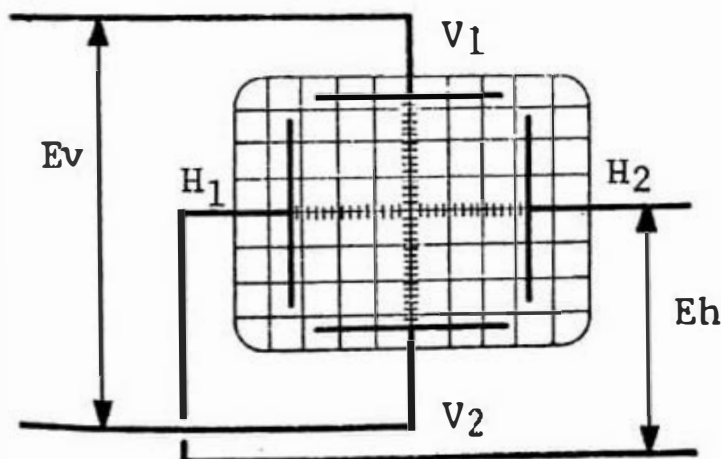


FIGURA 6

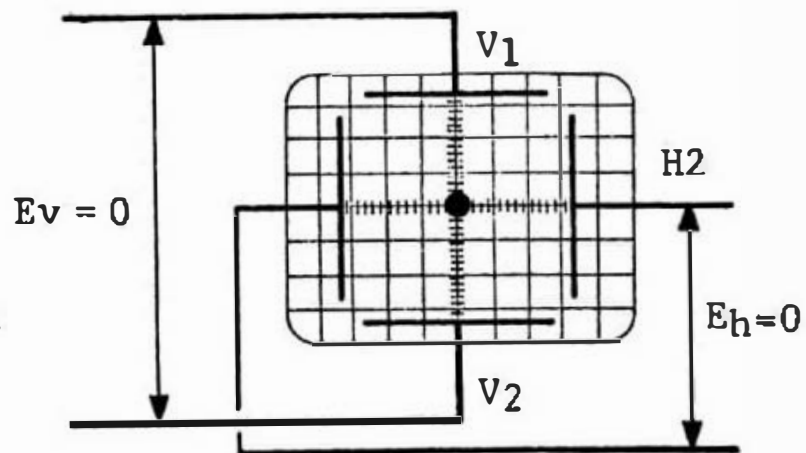


FIGURA 7

A figura 6 ilustra um tubo de raios catódicos, visto de frente, onde o retângulo quadriculado representa a tela. Os quatro traços mais grossos representam as quatro placas. A tensão vertical é representada por E_v e a tensão horizontal - por E_h .

A figura 7 ilustra uma situação, onde a tensão vertical é nula ($E_v = 0$) e a tensão horizontal também, nula ($E_h = 0$). Nestas condições o feixe de elétrons ou o ponto luminoso permanece no centro da tela.

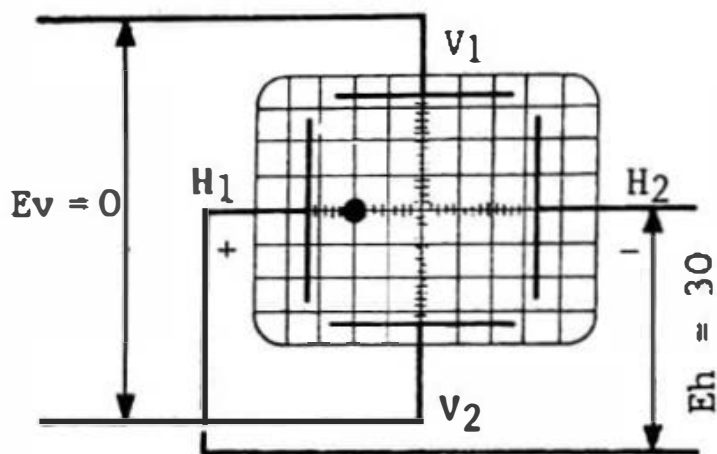


FIGURA 8

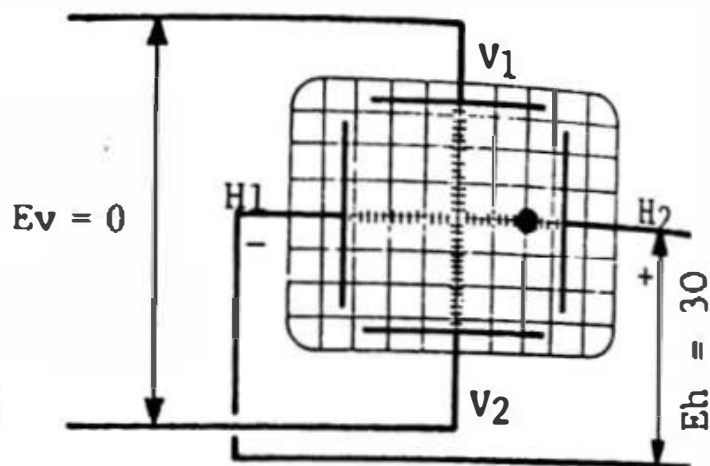


FIGURA 9

A figura 8 ilustra a situação, onde o feixe ou o ponto se deslocou na direção da placa positiva H1 devido à tensão $E_h = 30V$.

A figura 9 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção da placa positiva H2, devido à tensão $E_h = 30V$.

O desvio na vertical será conseguido de conformidade com a tensão aplicada nas placas verticais e horizontais.

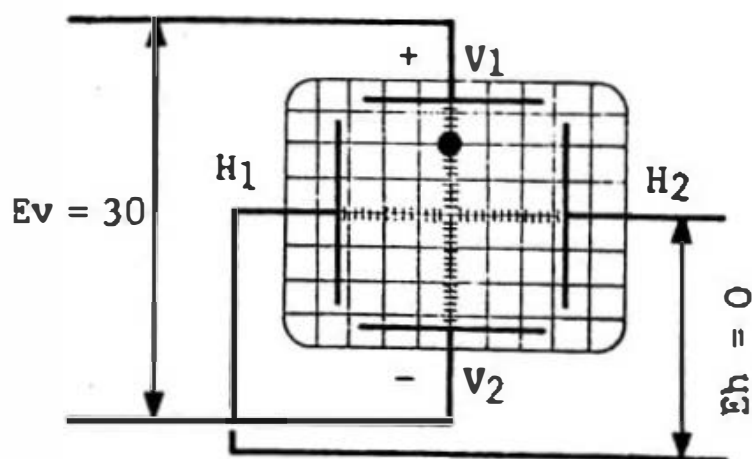


FIGURA 10

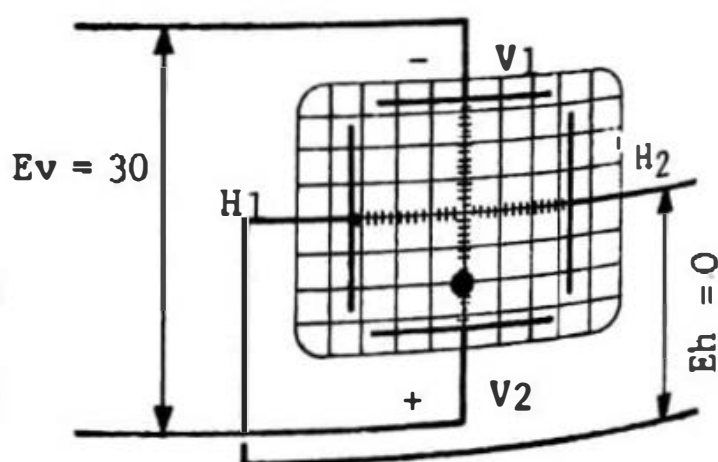


FIGURA 11

A figura 10 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção da placa positiva V_1 , devido à tensão $E_v = 30V$.

A figura 11 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção da placa positiva V_2 , devido à tensão $E_v = 30V$.

Como pudemos observar, pelos exemplos dados, o movimento do feixe depende da tensão aplicada nas placas defletoras horizontais e verticais. Da mesma forma, para que o feixe se desloque para qualquer ponto da tela, devemos aplicar uma diferença de potencial nos terminais das placas E_v e E_h , de forma que esta tensão das placas crie um campo elétrico vetorial.

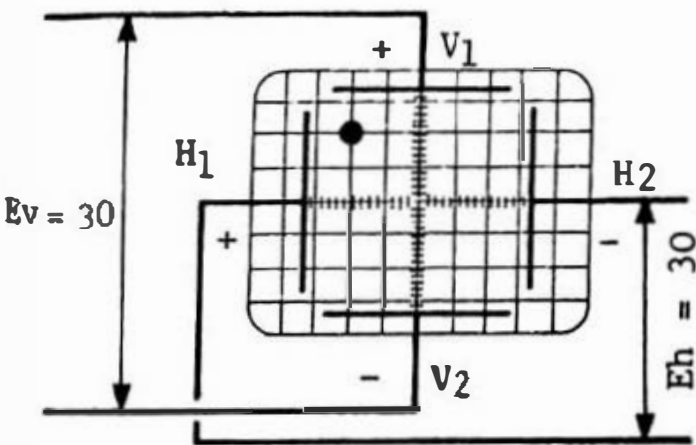


FIGURA 12

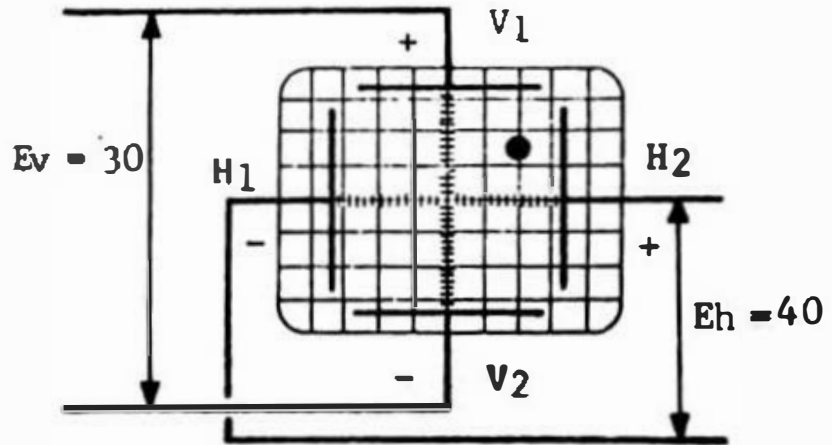


FIGURA 13

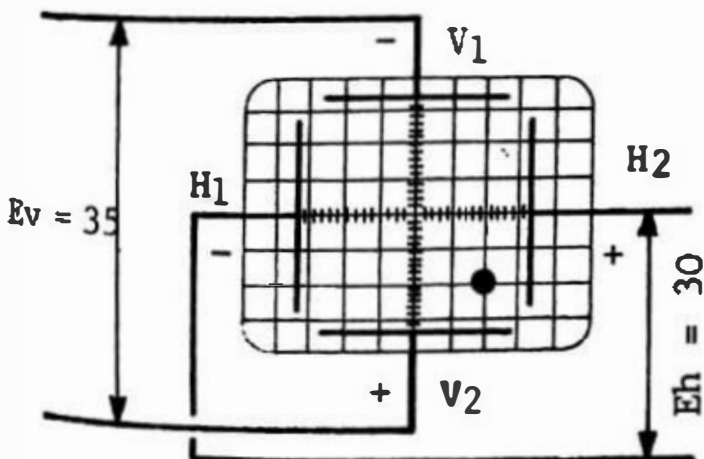


FIGURA 14

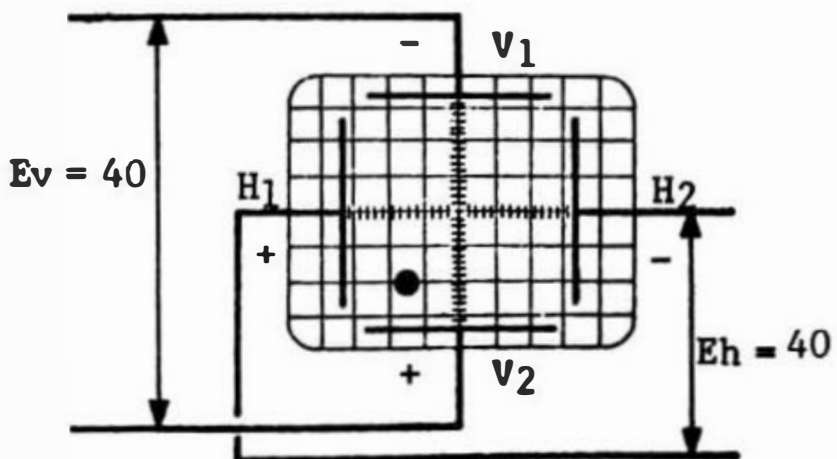


FIGURA 15

A figura 12 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção vetorial das placas V_1 e H_1 , devido à aplicação em E_v e em E_h de tensões iguais a 30V.

A figura 13 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção vetorial das placas V_1 e H_2 , ocorrendo, porém, mais proximamente da H_2 , devido à maior tensão desta: ($E_v = 30V$ e $E_h = 40V$).

A figura 14 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção vetorial das placas V_2 e H_2 , ocorrendo, porém, mais proximamente da V_2 , devido à maior tensão desta: ($E_v = 35V$ e $E_h = 30V$).

A figura 15 ilustra a situação, onde o feixe ou ponto se deslocou na direção vetorial das placas H_1 e V_2 , ocorrendo, porém, mais proximamente da V_2 , devido a maior tensão desta: ($E_v = 40V$ e $E_h = 30V$).

Até agora vimos como movimentar o feixe em forma de um ponto, mas é possível também movimentar sinais diferentes como, por exemplo, um traço horizontal ou vertical.

Para conseguirmos um traço horizontal ou vertical precisamos aplicar uma corrente alternada em um dos pares de placas, para que possamos obter, sobre os eixos de simetria da tela, este referido sinal.

A figura 16 mostra a situação, onde o feixe ou traço vertical está situado no centro da tela devido à tensão alternada $E_v = 40V$.

A figura 17 ilustra a situação, onde o feixe ou traço vertical, produzido pela tensão alternada $E_v = 40V$ se deslocou na direção da placa H_1 , devido à tensão contínua $E_h = 30V$.

A figura 18 ilustra a situação, onde o feixe ou traço horizontal, produzido pela tensão alternada $E_h = 40V$ se deslocou na direção da placa V_1 , devido à tensão contínua $E_v = 30V$.

A figura 19 ilustra a situação, onde o feixe ou traço horizontal, produzido pela tensão alternada $E_h = 40V$ se deslocou na direção da placa V_2 devido à tensão contínua $E_v = 30V$.

Quando aplicamos uma tensão alternada nos dois pares de placas, obtemos, na tela, figuras de formas diversas, quais dependem fundamentalmente da frequência das tensões alternadas, aplicada nas placas. São, desta forma, geradas as figuras de Lissajous.

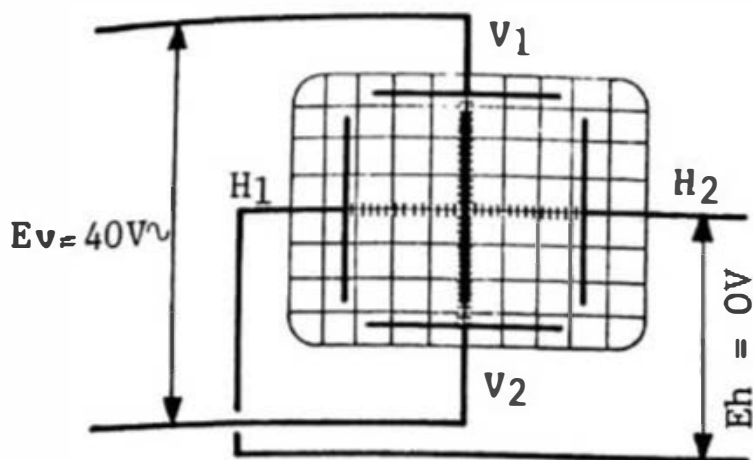


FIGURA 16

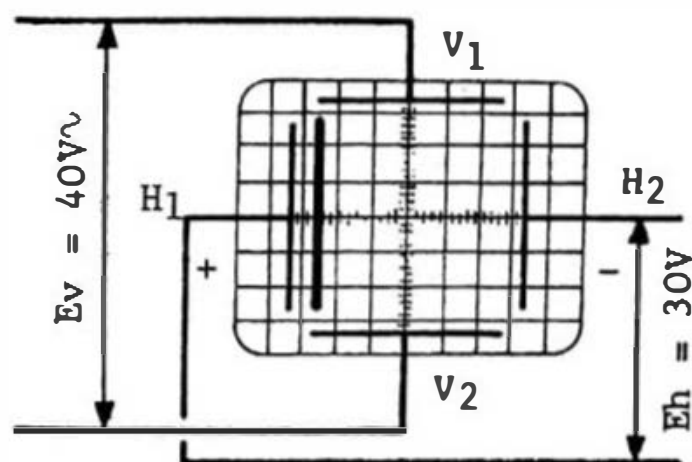


FIGURA 17

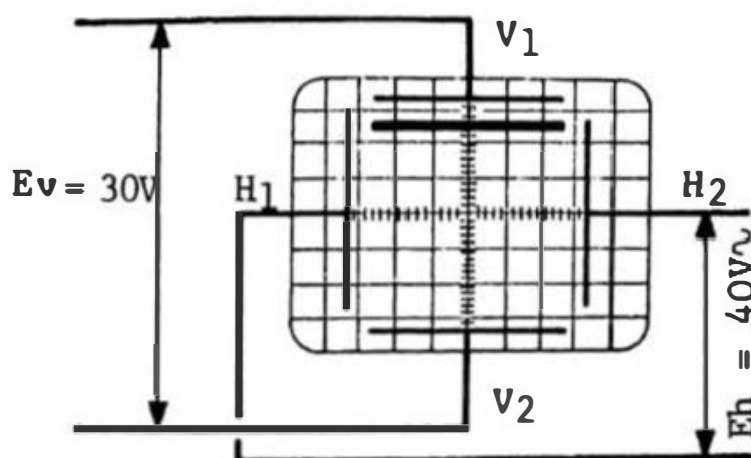


FIGURA 18

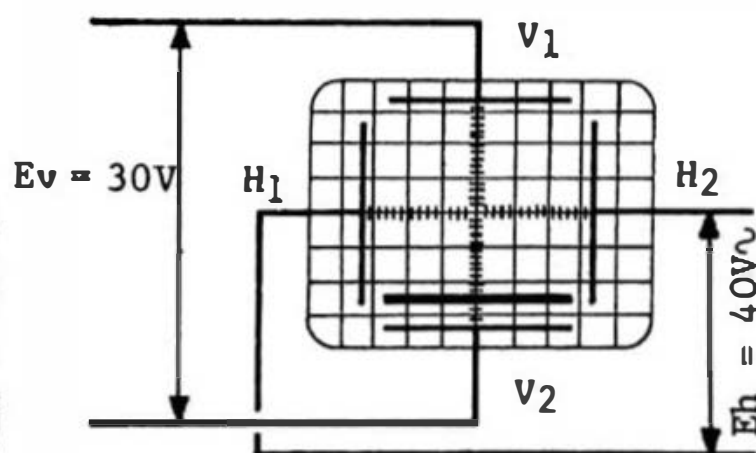


FIGURA 19

A TELA

As telas dos osciloscópios são normalmente retangulares ou redondas, possuindo uma identificação reticulada (quadriculado). Esta retícula é colocada no interior do tubo, no mesmo plano da camada de fósforo, isto em aparelhos de maior precisão, pois, se a retícula estiver do lado de fora da tela, provoca erro de paralaxe na leitura.

As telas, atualmente, são disponíveis em vários tamanhos, tais como: 7 X 10 cm, 10 X 12,5 cm, etc. Porém, todos os tubos são revestidos internamente de uma fina camada de fósforo. A maioria das telas dos osciloscópios proporcio

na uma luz azul ou verde, para uma maior comodidade da visualização do traço e, ao mesmo tempo, facilitar ou melhorar as fotografias das imagens dos sinais obtidos.

BASE DE TEMPO

Os osciloscópios necessitam de um circuito de base de tempo, para que as placas defletoras verticais produza, por meio da tensão nelas aplicadas, uma imagem na tela do tubo de raios catódicos (TRC) como uma função do tempo.

O circuito de base de tempo age sobre as placas defletoras horizontais, as quais governam o feixe eletrônico sobre o eixo de simetria horizontal da tela, fazendo deslocar o ponto luminoso em períodos determinados e com velocidade constante, na direção horizontal da tela, da esquerda para a direita e com retorno imediato à posição de origem. E assim se repetindo sucessivamente.

Para que isso seja conseguido, o circuito de base de tempo deve fornecer para as placas horizontais uma forma de onda denominada: triangular ou dente de serra.

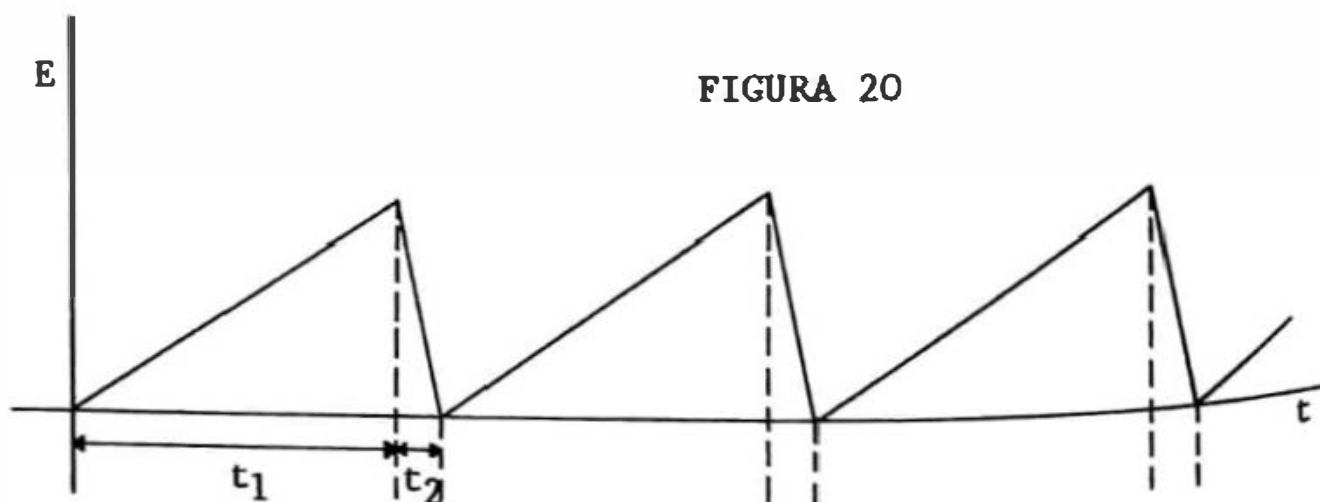


FIGURA 20

A figura 20 ilustra a forma de uma onda triangular, onde, durante o tempo t_1 , a tensão aumenta linearmente e tem a ação sobre as placas defletoras horizontais que, conseqüentemente, deslocam o feixe na horizontal e, durante o tempo t_2 , a tensão cai a zero, tendo, como resultado, o retorno do feixe ao ponto de origem.

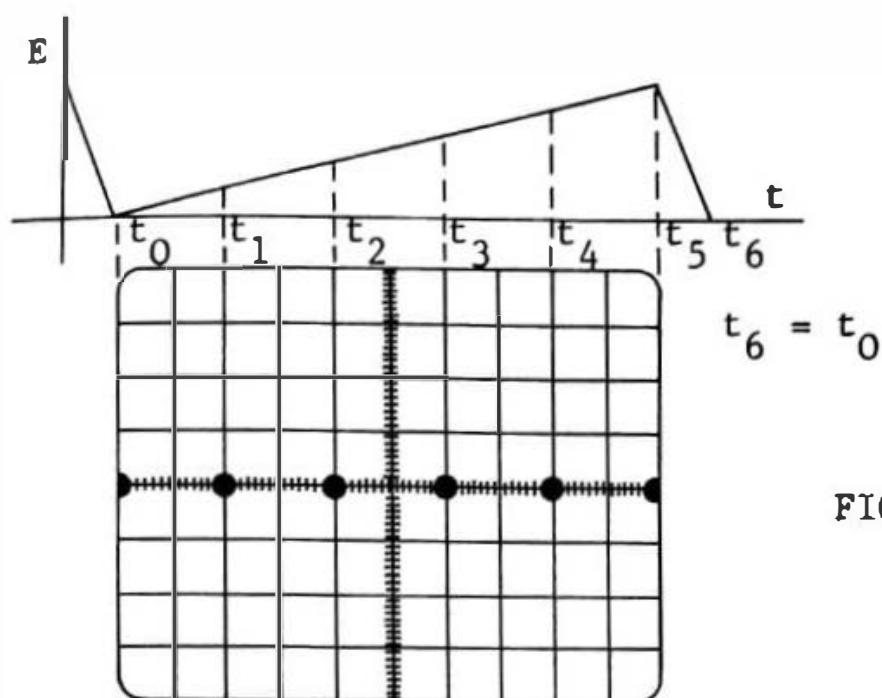


FIGURA 21

A figura 21 ilustra o deslocamento do ponto luminoso (feixe) na tela, durante a subida da tensão da onda triangular e do retorno do feixe durante a descida da tensão da onda triangular.

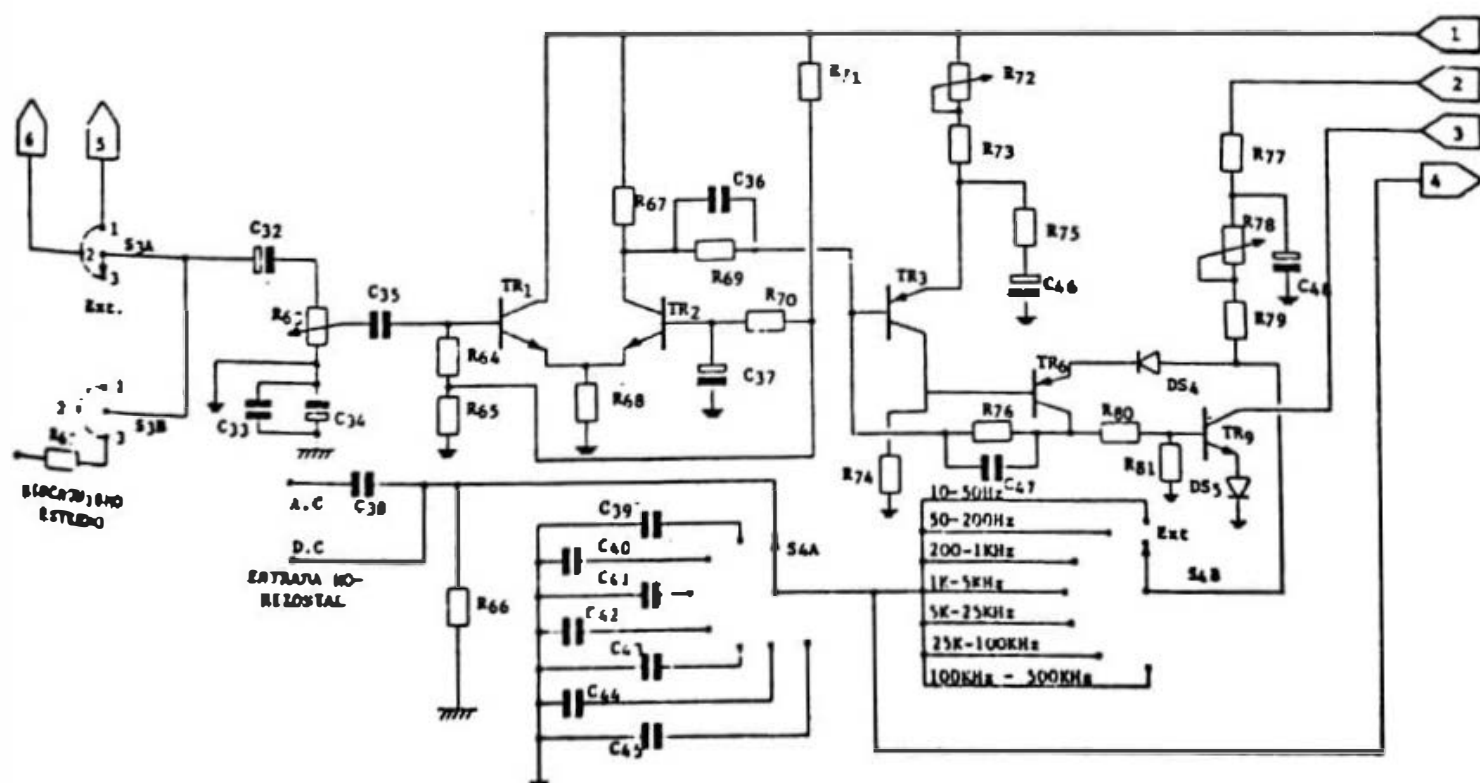


FIGURA 22

A figura 22 ilustra o circuito de sincronismo externo, entrada horizontal, oscilador triangular, etc.

A chave S3, estando na posição 3, selecciona entrada de sincronismo externo. O potenciômetro R63 atua como ajuste fino do sincronismo. Este potenciômetro é um atenuador do sinal de sincronismo, de modo a não saturar o amplificador horizontal. Os transistores TR3 e TR6, em conjunto com a chave S4 e C39 a C45, funcionam como um multivibrador estável que gera a forma de onda triangular de 10Hz a 500 KHz. O potenciômetro R78 é o ajuste fino da frequência do sinal triangular e o R72 se destina a centralizar horizontalmente o traço na tela (simetria horizontal). O transistor TR9 recebe na base o sinal triangular e, através do coletor, é ligado ao pino 2 do TRC, tendo a finalidade de apagar o traço de retorno do TRC.

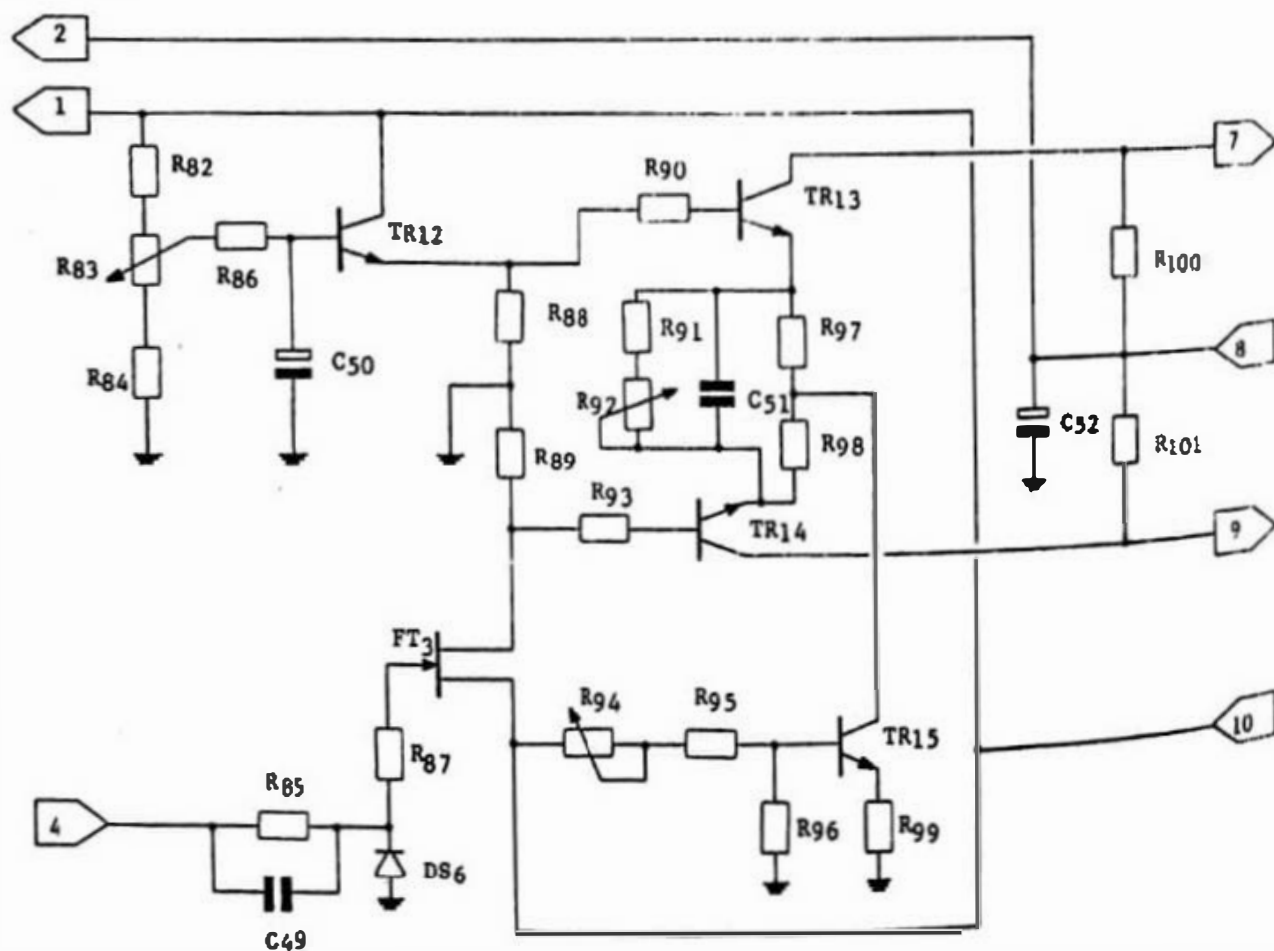


FIGURA 23

A figura 23 ilustra o circuito amplificador horizontal.

O sinal triangular e o sinal de entrada horizontal são aplicados no FT3 para serem amplificados. Os transistores TR13 e TR14 formam um amplificador diferencial. O potenciômetro R92 calibra a amplificação horizontal e o potenciômetro R94 calibra o ponto de trabalho do amplificador horizontal. Este age sobre o transistor TR15 que alimenta, com corrente constante, os dois emissores do amplificador diferencial. O potenciômetro R83 ajusta a posição horizontal do traço na tela do osciloscópio.

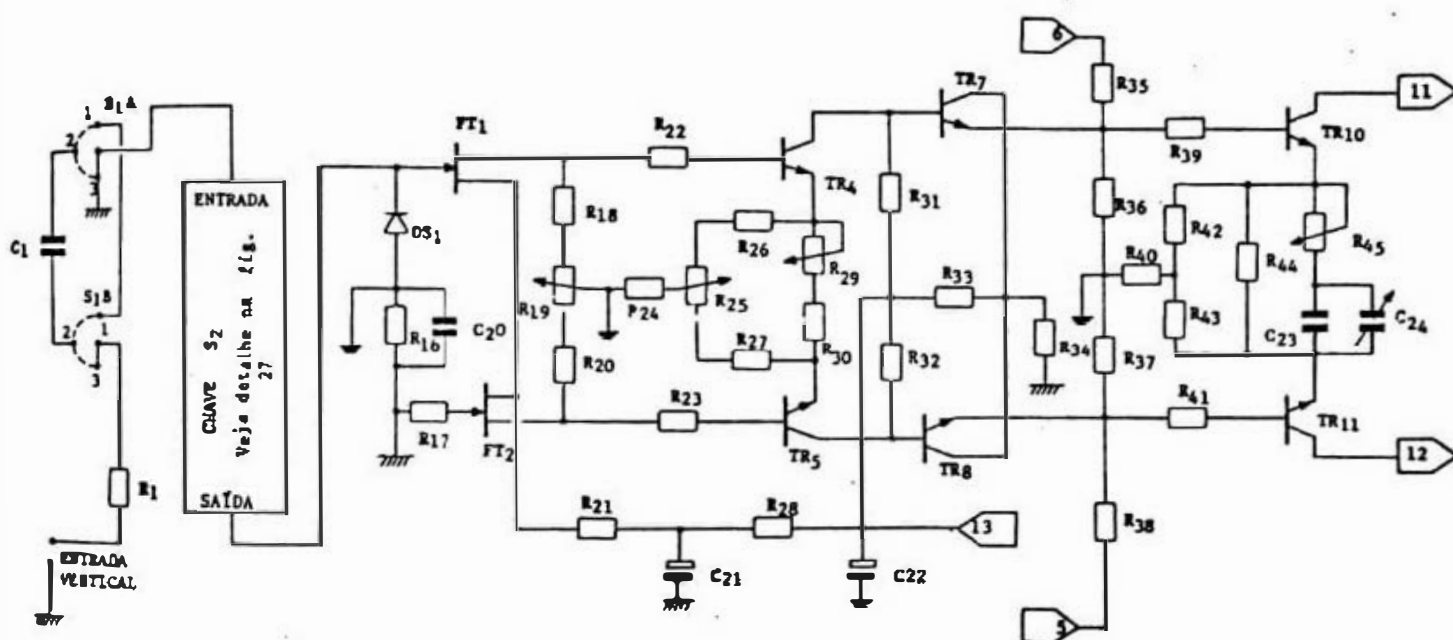


FIGURA 24

A figura 24 ilustra o circuito de entrada vertical e do amplificador vertical. Os FETS FT1 e FT2 formam o primeiro estágio do amplificador diferencial. Entre as fontes, temos dois sinais defasados de 180° que são aplicados em três estágios diferentes. Sendo o primeiro, formado pelos transistores TR4 e TR5, amplificador vertical. O segundo, formado pelos transistores TR7 e TR8 e o terceiro, pelos TR10 e TR11.

O Trimpote R19 e o potenciômetro R25 ajustam respectivamente a simetria vertical e a posição vertical no TRC. O potenciômetro R29 calibra a amplificação vertical de forma que cada cm do reticulado da tela corresponda a 1 volt.

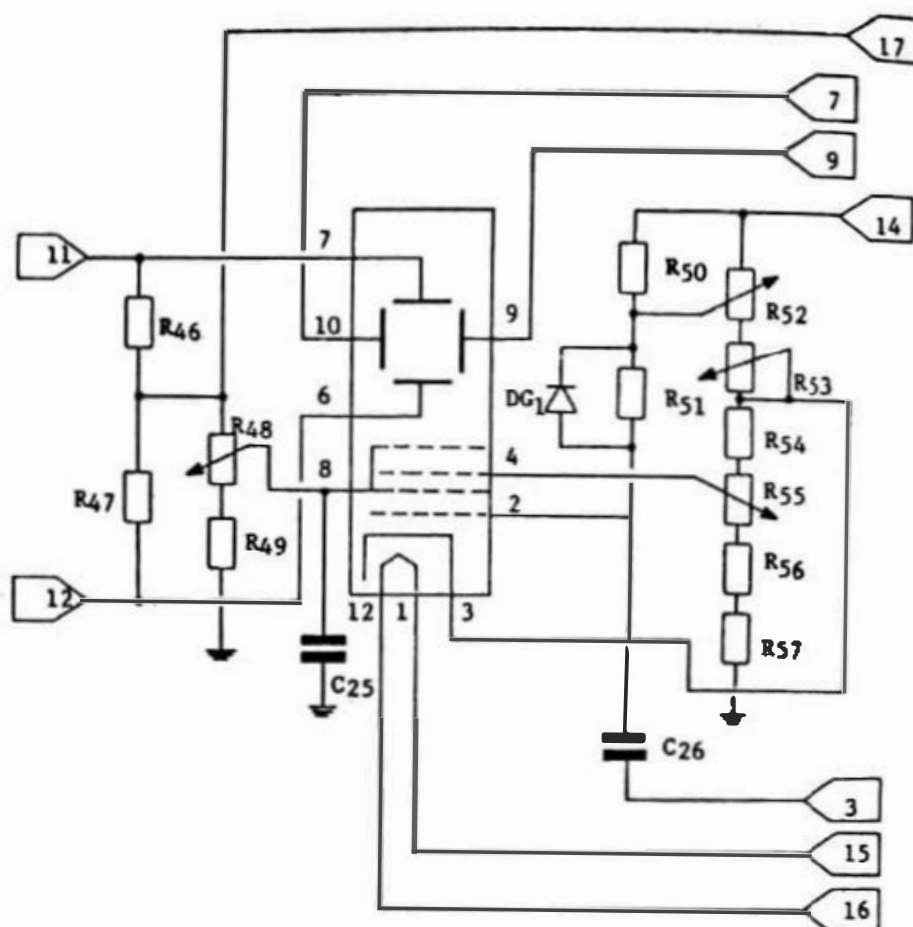


FIGURA 25

A figura 25 ilustra o circuito de controle do tubo de raios catódicos: o potenciômetro R48 é o ajuste do astigmatismo, R52 e R53 são o ajuste de intensidade e o R55 o de foco.

A figura 26 ilustra o circuito da fonte de alimentação do osciloscópio.

O transformador T1 dispõe de quatro secundários. O primeiro dispõe de uma tensão de 360 volts, que alimenta o estágio de alta tensão do TRC, pinos 2,3 e 4. O segundo dispõe de uma tensão de 6 volts utilizada para alimentar o filamento do TRC. O terceiro dispõe de uma tensão de 38 volts, que alimenta os FETS e transistores exceto os do estágio de deflexão. O

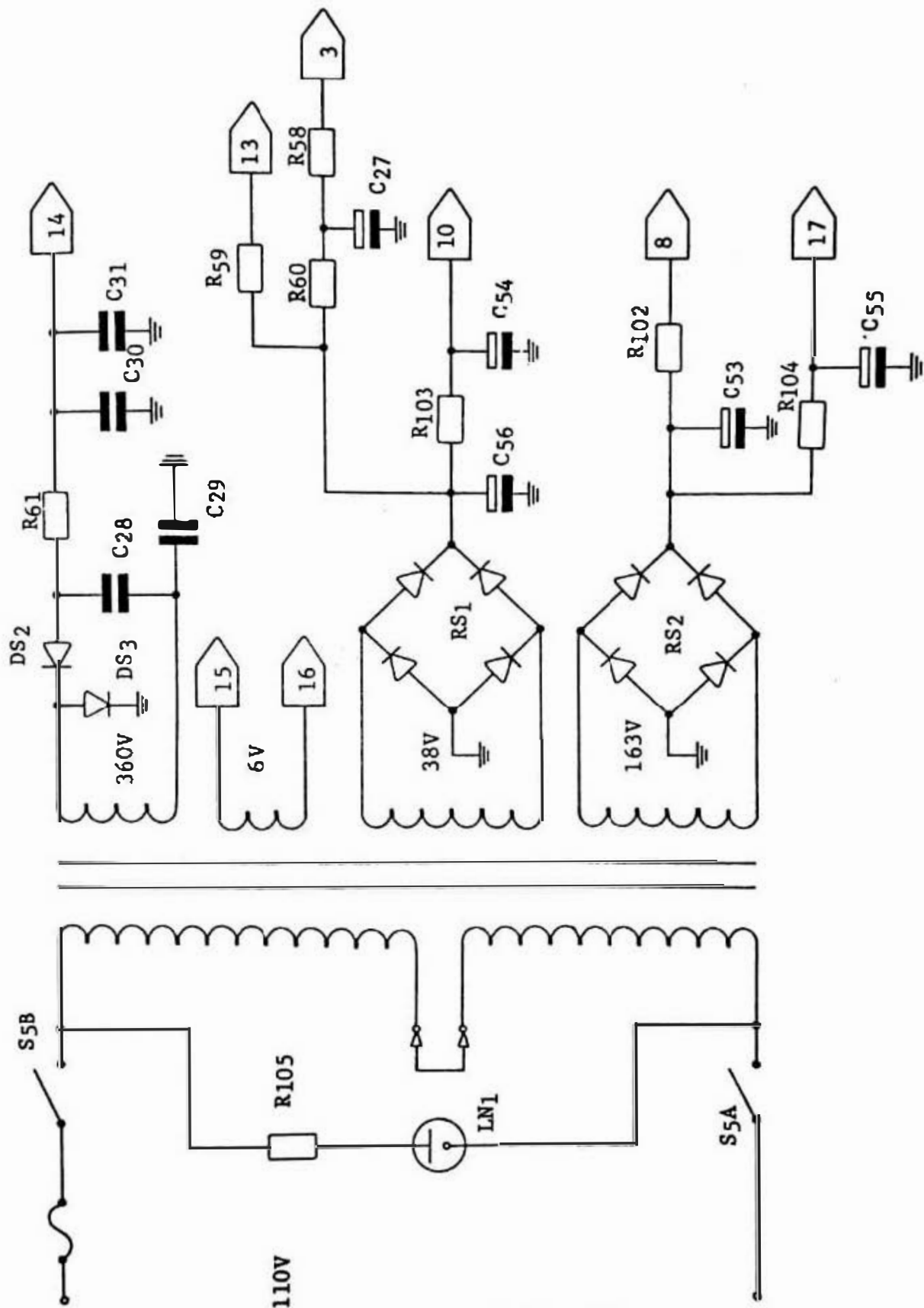
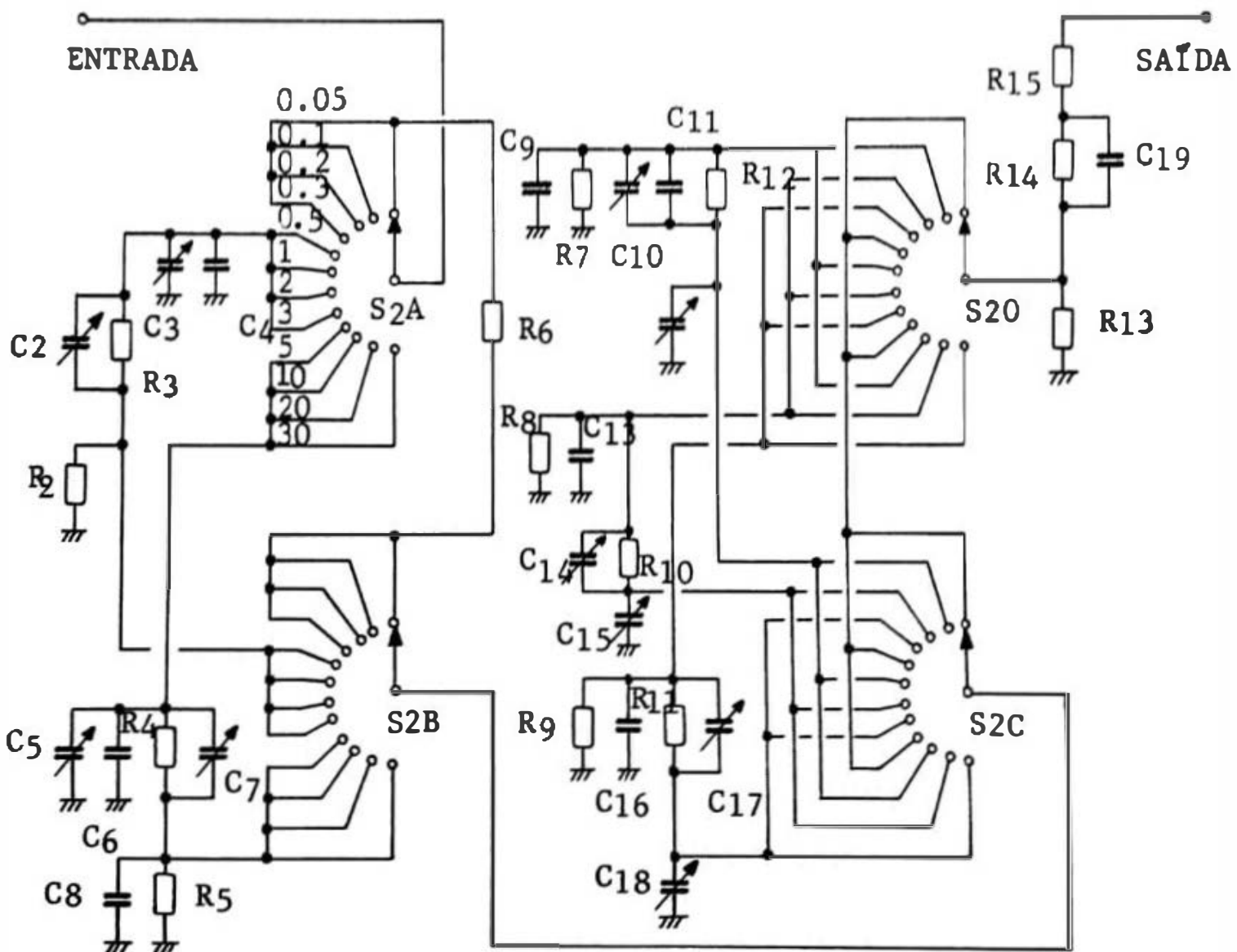


FIGURA 26

quarto dispõe de 160 volts, que alimenta o coletor dos transistores TR6, TR13, TR14, TR10, TR11 e o pino 8 do TRC.

A figura 27 ilustra o circuito atenuador.

FIGURA 27





CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-4

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) O controle de brilho de um osciloscópio é constituído de:
 - a) um pontenciômetro que controla a corrente de polarização do filamento do TRC;
 - ☒ b) um potenciômetro que controla a corrente de polarização da grade do TRC;
 - c) um potenciômetro que controla a corrente de eletrodo do TRC.
- 2) No interior de um tubo de raios catódicos (TRC) se encontram alojados:
 - ☒ a) filamento, catodo, grades, ânodos e placas de deflexão;
 - b) filamento, ânodos, placas de deflexão, grades e amplificador;
 - c) catodo, ânodos, interruptores, grades e placas de deflexão.

3) O catodo é um eletrodo constituído de:

- a) um cilindro metálico, recoberto de óxidos;
- b) um cilindro metálico, recoberto de dióxidos;
- c) um cilindro metálico, com um furo no centro, envolvendo o ânodo.

4) Se aplicarmos uma tensão em $E_v = 40V$ e $E_h = 0$, considerando $V_1 = +$ e $V_2 = -$ (fig. 7) o ponto luminoso:

- a) desloca-se na direção da placa H_1 ;
- b) desloca-se na direção da placa V_2 ;
- c) desloca-se na direção da placa V_1 .

5) Se aplicarmos uma tensão em $E_v = 40V$ e $E_h = 40V$, considerando $V_1 = +$, $V_2 = -$, $H_1 = -$ e $H_2 = +$ (fig. 7), o ponto luminoso:

- a) desloca-se na direção da placa V_1 ;
- b) desloca-se na direção das placas V_1 e V_2 ;
- c) desloca-se na direção das placas V_1 e H_2 .

6) Se aplicarmos uma tensão alternada em $E_h = 40V$ e uma tensão contínua em $E_v = 30V$, considerando $V_1 = +$ e $V_2 = -$, teremos:

- a) um ponto luminoso deslocado na direção da placa V_1 ;
- b) um traço luminoso deslocado na direção da placa V_1 ;
- c) um traço luminoso deslocado na direção da placa V_2 .

7) Os tubos são revestidos internamente de uma fina camada de:

- a) óxidos que normalmente emitem uma luz azul ou verde;
- b) fósforos que normalmente emitem uma luz azul ou branca;
- c) fósforos que normalmente emitem uma luz azul ou verde.

8) O circuito de base tempo é utilizado nos osciloscópios para fornecer às placas uma forma de onda:

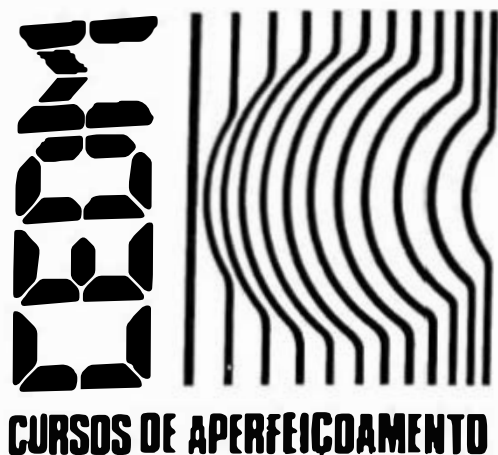
- a) senoidal;
- b) triangular;
- c) quadrada.

9) As figuras 22, 23, 24, 25, 26 e 27 ilustram:

- a) o circuito de um osciloscópio de duplo-traço;
- b) o circuito de um osciloscópio de um traço;
- c) o circuito de um osciloscópio de duplo-feixe.

10) O termo "Lente eletrônica" é uma denominação dada ao:

- a) ânodo de focalização e aceleração;
- b) ânodo de deflexão e aceleração;
- c) ânodo de focalização e amplificação.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-5

MANUAL DE PRÁTICAS MP-5

INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

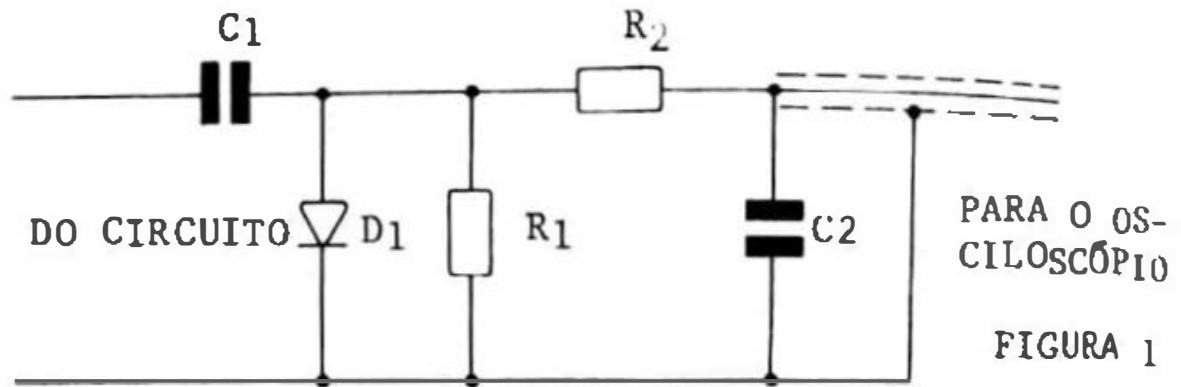
Nesta lição, iremos estudar as aplicações do osciloscópio, tais como: medidas de tensões alternadas e contínuas, medidas de correntes alternadas e contínuas, medida de resistência, medidas de frequência, etc.

Inicialmente, iremos descrever alguns acessórios importantes, tais como: sonda demoduladora, sonda de baixa capacitância e como manejar os comandos.

SONDA DEMODULADORA

Esta sonda é empregada quando se deseja analisar sinais modulados em amplitude, tais como os que se encontram nos circuitos receptores de rádio AM.

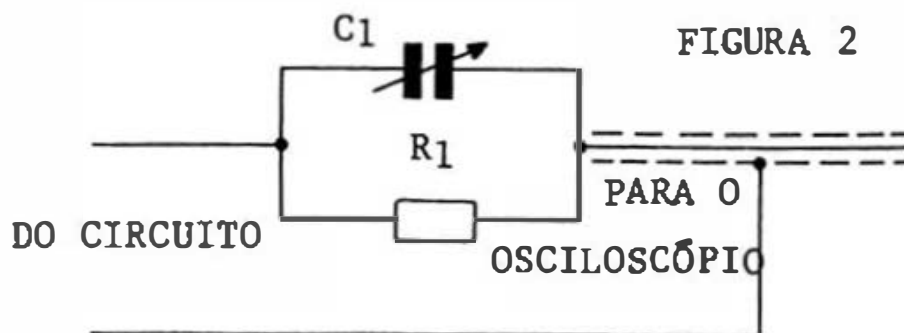
A figura 1 ilustra o circuito típico de uma sonda demoduladora. O capacitor C1 é utilizado para bloquear qualquer com



ponente de corrente contínua que possa ser detectada durante a análise. Os sinais de alta frequência, detectados pelo diodo D1 não encontram oposição ao passarem pelo capacitor C1. Este sinal é aplicado ao osciloscópio por meio de um cabo coaxial, depois de ter sido filtrado pelo resistor R2 e C2.

SONDA DE BAIXA CAPACITÂNCIA

Esta sonda é utilizada em análise de circuitos de rádio frequência, contendo impedância elevada e banda larga, como os que se encontram em receptores de FM e TV.

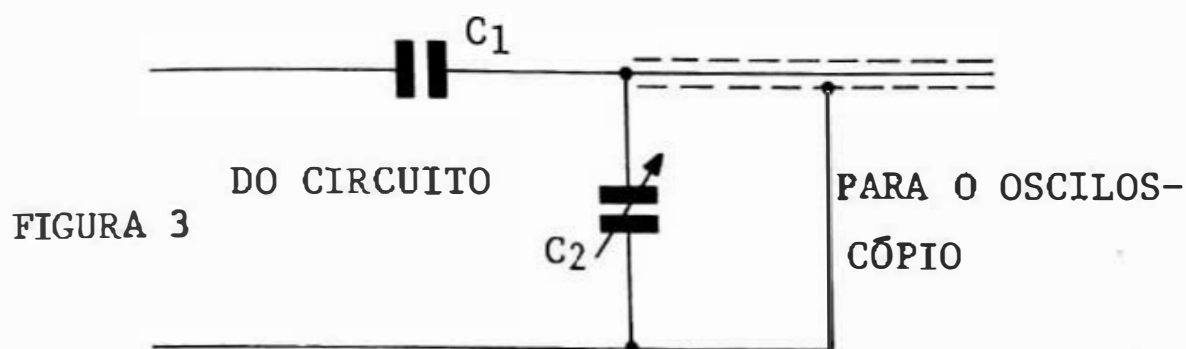


Como ilustra a figura 2, a sonda de baixa capacitância consiste de uma resistência em paralelo com um capacitor variável. Deve-se observar que as constantes de tempo da sonda e da entrada do osciloscópio devem ser iguais para não alterar a banda passante do osciloscópio.

PONTA DE PROVA DE ALTA TENSÃO

Esta ponta de prova é utilizada para medidas de alta ten

são em circuitos de TV.



A figura 3 ilustra uma ponta de prova para alta tensão com divisor capacitivo. Normalmente estas pontas de prova são especificadas para medidas de tensões de até 27.000 volts, como as que são encontradas em saídas horizontais de TV colorida, etc.

CONTROLES E COMANDOS

Ao ligar um osciloscópio a uma rede alimentadora, deve-se observar se as tensões estão adequadas, ou seja: se a rede for de 110V, o osciloscópio deverá estar comutado também para 110V, se a rede for de 220V, o osciloscópio deverá estar comutado também para 220V.

Inicialmente, liga-se o osciloscópio e ajustam-se o brilho e o foco a um valor médio, o seletor de sincronismo para "interno" e o seletor de varredura e o ajuste fino de frequência a um valor baixo. Nestas condições, a tela do osciloscópio apresenta um ponto que se desloca da esquerda para a direita, como ilustra a figura 4A.

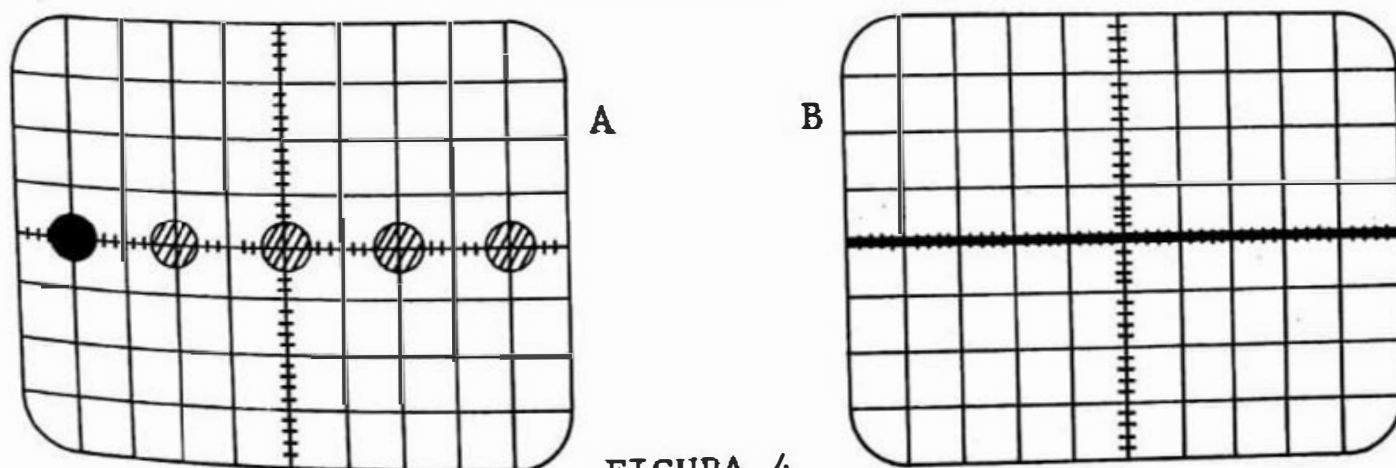


FIGURA 4

Observamos que o brilho deve ser ajustado a uma intensidade que não seja excessiva ou muito fraca, pois se esta for excessiva poderá esgotar prematuramente a camada fosforescente do tubo, e se for muito fraca poderá danificar a visão do operador. Portanto o brilho deve ser reduzido a uma intensidade mínima visível.

Em seguida, devemos ajustar o seletor de varredura a um valor médio. Nestas condições, aparecerá um traço horizontal na tela, como ilustra a figura 4B. Observamos que, se o traço estiver descentralizado, devemos centralizá-lo mediante os comandos de centralização horizontal e vertical. Em seguida deve-se ajustar o enfoque do traço, de forma a obter-se um traço nítido e bem definido na tela.

Com estes procedimentos anteriores, podemos dizer que o osciloscópio está preparado para efetuar análises em circuitos, exceto alguns ajustes, para adequar as condições do referido circuito.

Assim, podemos aplicar um sinal que devemos analisar na entrada vertical do osciloscópio. Supondo que este sinal seja senoidal, e a tela do osciloscópio apresentar uma imagem como ilustra a figura 5A, concluiremos que o ganho vertical é insuficiente, sendo necessário portanto, ajustá-lo para que a imagem tenha uma dimensão correta. Se, por outro lado, a imagem

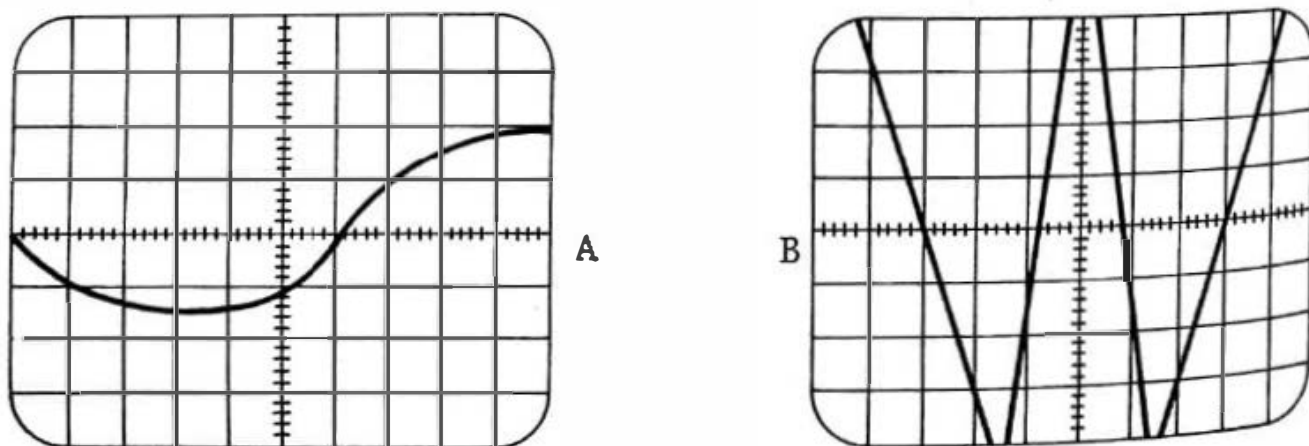
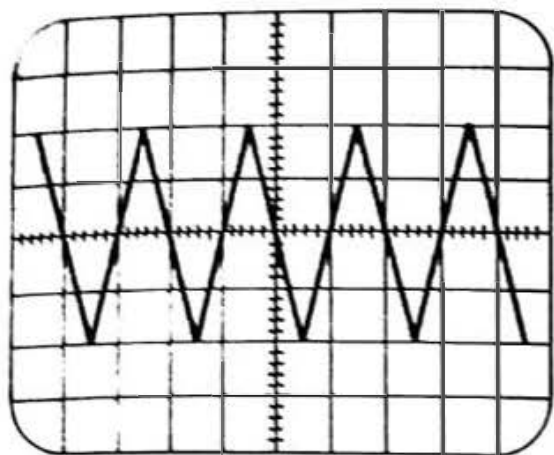


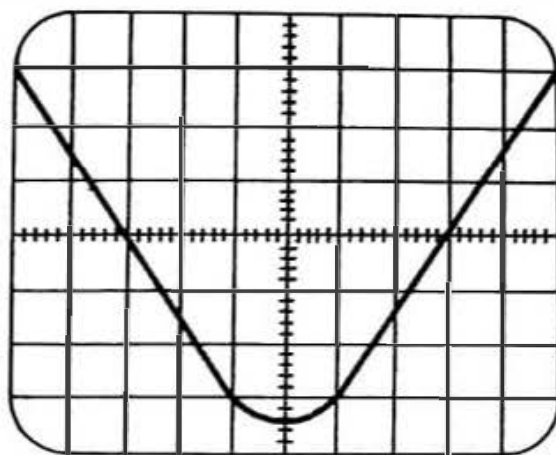
FIGURA 5

for a ilustrada na figura 5B, isto identifica que o ganho vertical está em excesso, sendo necessário portanto, ajustá-lo para que a imagem tenha uma dimensão correta.

Da mesma forma, se o ganho horizontal for insuficiente, a imagem apresentada será semelhante à ilustrada na figura



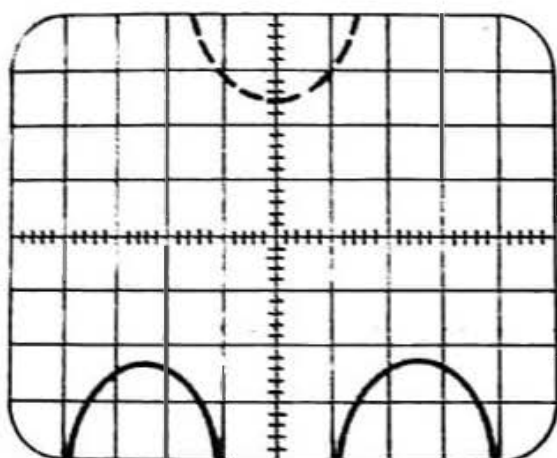
A



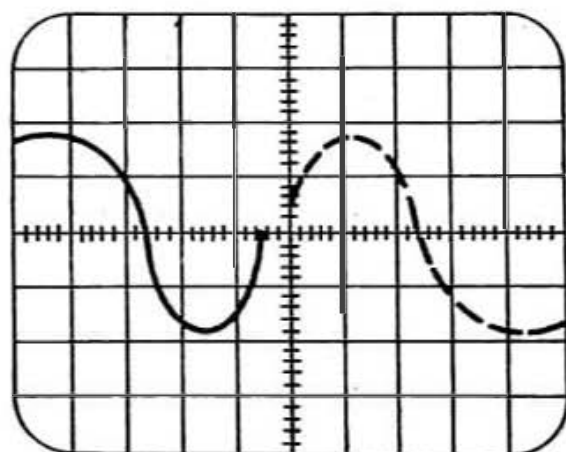
B

FIGURA 6

6A e se for excessivo será semelhante à ilustrada na figura 6B, devendo-se ajustar a imagem a um tamanho adequado.



A

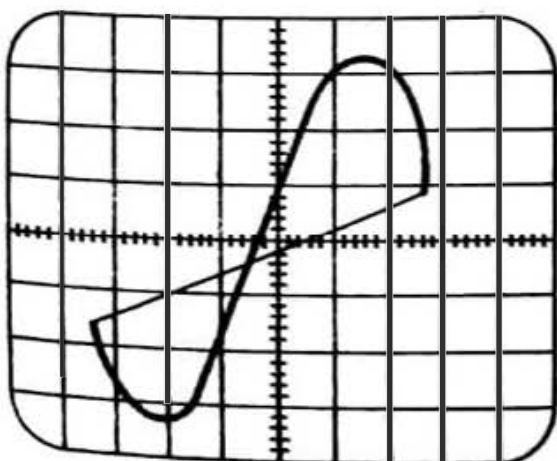


B

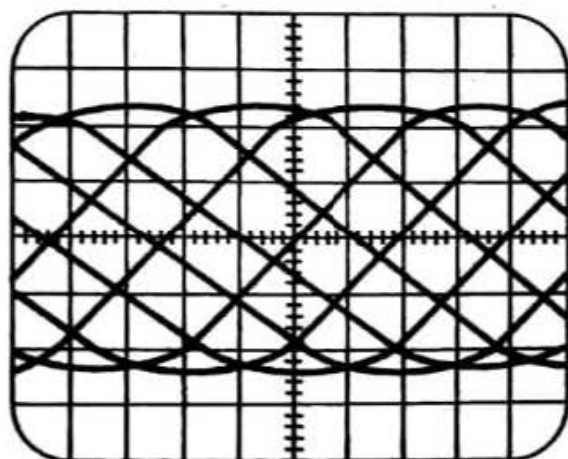
FIGURA 7

OBS.: O traço interrompido é ~~uma~~ outra condição de deslocamento.

Se a imagem se apresentar, como ilustra a figura 7A, devemos centralizá-la por meio do controle de centralização vertical. Por outro lado, se a imagem for idêntica à ilustrada na figura 7B, devemos centralizá-la por meio do controle de centralização horizontal.



A



B

FIGURA 8

Se a imagem se apresentar, como ilustra a figura 8A, indica que a frequência de varredura é excessiva, em comparação com a do sinal analisado. Por outro lado, se a frequência de varredura for altamente excessiva, haverá um disparo múltiplo do oscilador dente-de-serra e a imagem se apresentará com múltiplos sinais, como ilustra a figura 8B.

MEDIDA DE TENSÕES CONTÍNUAS

Para efetuarmos medida de tensões contínuas devemos proceder da seguinte forma:

1º - Devemos inicialmente calibrar o osciloscópio. Liga-se a ponta de prova na tensão de referência (painel do osciloscópio) de 1V, onda quadrada, ou 0,5V e seleciona-se a escala de 1 Volts/DIV., ou 0,5 Volts/DIV. e, por meio do ajuste fino, faz-se com que o sinal preencha a graduação de um volts ou meio volts por centímetro do retículo da tela, como ilustra a figura 9B.

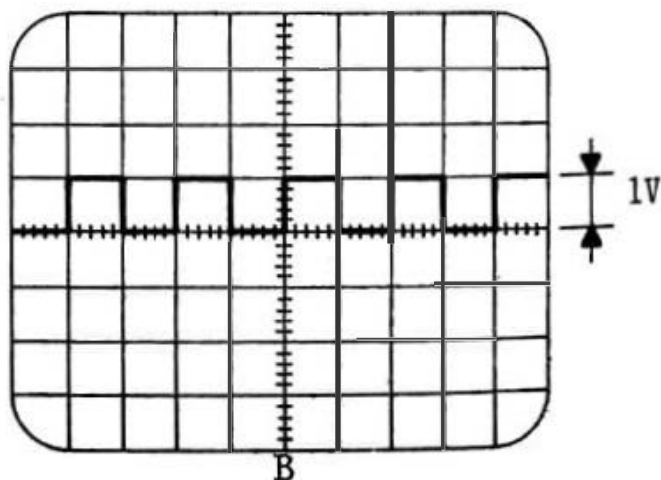
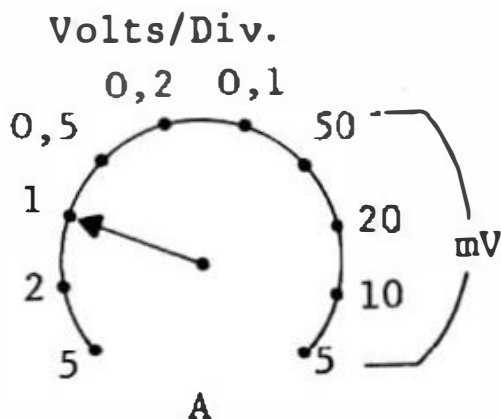


FIGURA 9

2º - Posicionando o comando de varredura para 1KHz, observamos que esta frequência poderá ser diferente, dependendo do osciloscópio. Deve-se consultar o manual do fabricante.

3º - Posicionar o controle de sincronismo para (INT.).

4º - Aplicar a tensão a ser medida na entrada vertical, escolher a escala de Volts/DIV., que possibilite um desvio satisfatório na tela. Caso este desvio não seja satisfatório, deve-se utilizar um divisor de tensão resistivo calibrado.

5º - A leitura da tensão deverá ser efetuada na tela do

osciloscópio, levando-se em consideração a escala de Volts/DIV., e o grau de deflexão ou desvio do sinal em medida. Por exemplo, considerando uma escala de 5 Volts/Divisão, como ilustra a figura 10A, e a imagem na tela do osciloscópio apre-

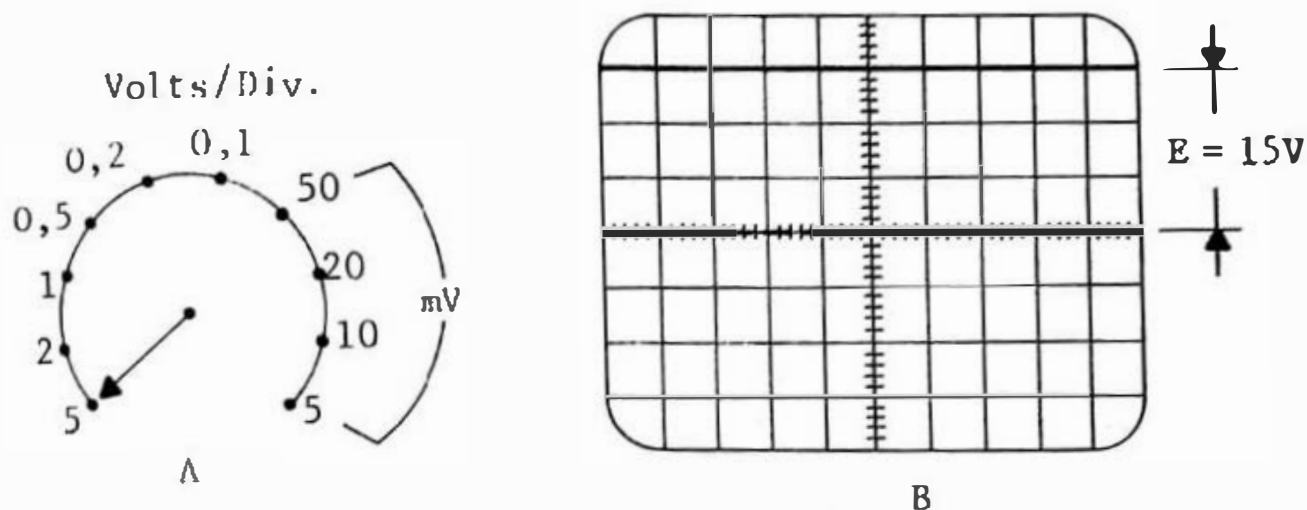


FIGURA 10

sentar uma deflexão do traço de 3 cm na vertical, como ilustra a figura 10B, verificaremos que a tensão é de 15V positiva.

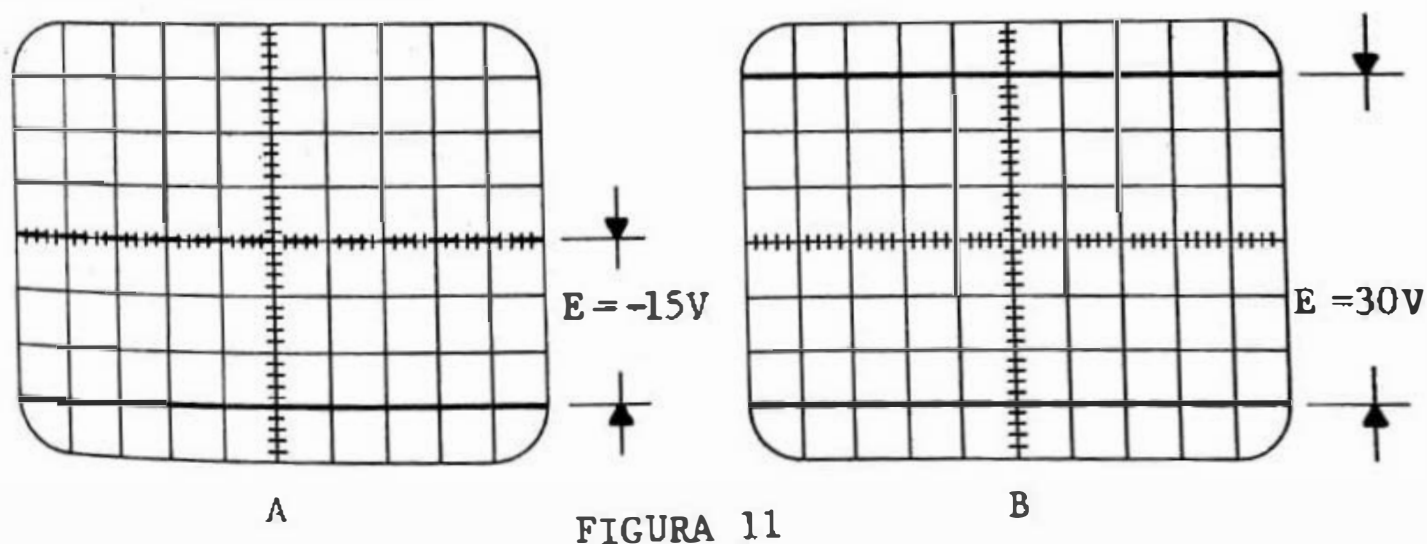


FIGURA 11

Por outro lado, se considerarmos o referencial como sendo o centro da tela, conforme ilustra a figura 11A, e a deflexão for na vertical, mas na direção descendente, isto indica uma tensão negativa de -15V. Se a tensão a ser medida ultrapassar a graduação da tela, usando o centro como referencial, devemos tomar o referencial na parte inferior da tela, como ilustra a figura 11B. Nestas condições, teremos uma tensão de 30 volts positiva. Caso a tensão seja negativa, devemos tomar o referencial inverso.

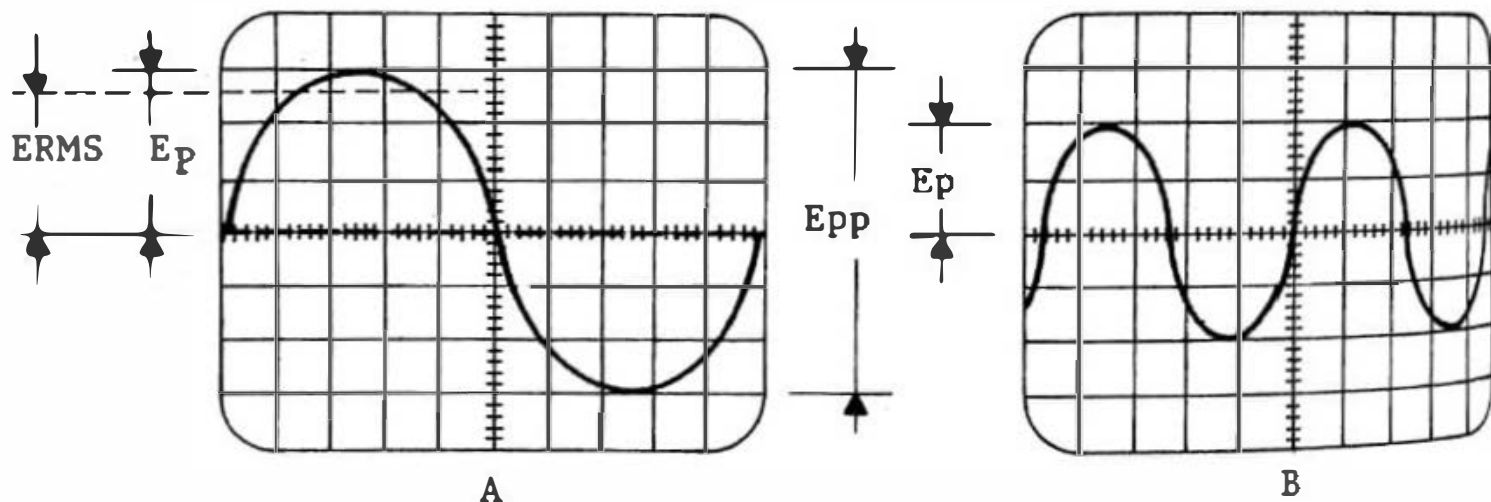
MEDIDA DE TENSÕES ALTERNADAS

Para efetuarmos medida de tensões alternadas, devemos proceder da seguinte forma:

1º - Aplicar a tensão a ser medida na entrada vertical do osciloscópio.

2º - Posicionar o comando de varredura para uma frequência igual ou submúltipla da tensão em teste. Se usar uma frequência de varredura igual à frequência da tensão em teste, a imagem apresentada será igual a um ciclo, como ilustra a figura 12A. Por outro lado, se a frequência de varredura for inferior à frequência em teste, a imagem será tantos ciclos quantas vezes a frequência de varredura for inferior em relação à da tensão em teste, como ilustra a figura 12B.

FIGURA 12



3º - A leitura da tensão deverá ser efetuada na tela do osciloscópio, levando-se em consideração a escala de Volts/Div. e o grau de deflexão ou desvio do sinal na tela. Observando que a leitura direta da tela é dada em tensão de pico-a-pico (E_{pp}), para transformarmos em tensão eficaz ($ERMS$), basta tomarmos metade do ciclo positivo, tensão do pico (E_p) e aplicarmos na equação $ERMS = E_p / \sqrt{2}$ ou 70,7% da tensão de pico (E_p).

$$ERMS = \frac{E_p}{\sqrt{2}} = \frac{E_p}{1,41}$$

Tomando como exemplo a imagem ilustrada na figura 12A e a escala de 5 Volts/Div., temos $E_p = 15$ volts.

Assim 70,7% de 15 volts será = 10.6 volts

Ou

$$E_{RMS} = \frac{E_p}{1,41} = \frac{15}{1,41} = 10,6 \text{ volts}$$

MEDIDA DE CORRENTES CONTÍNUAS

Para efetuarmos medida de correntes contínuas, necessita-
mos utilizar um resistor em série com o dispositivo em teste.

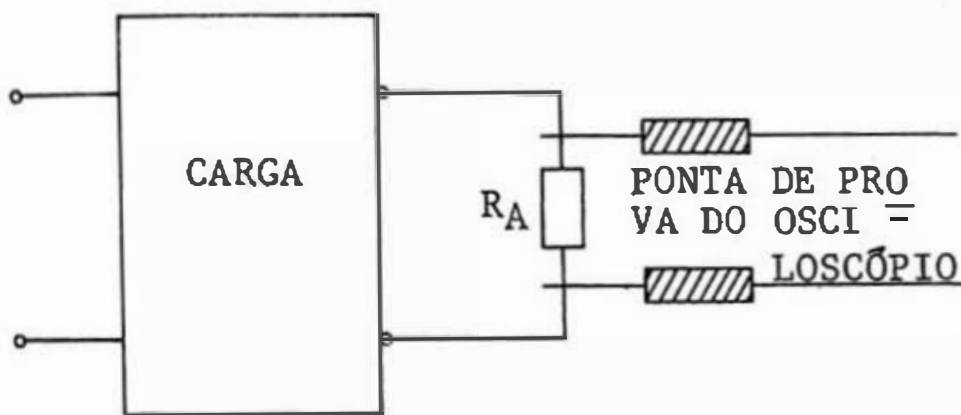
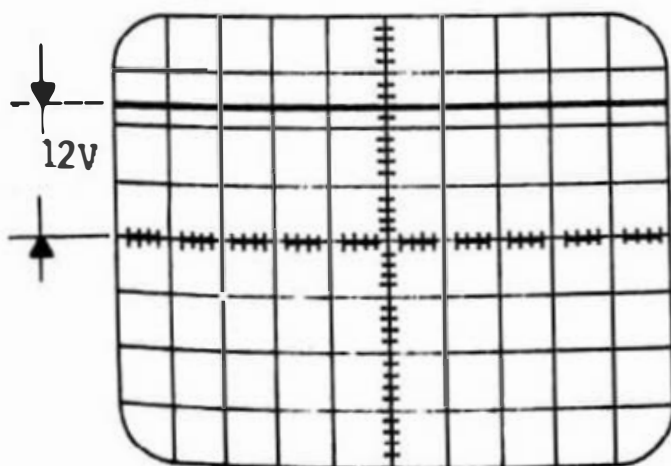


FIGURA 13

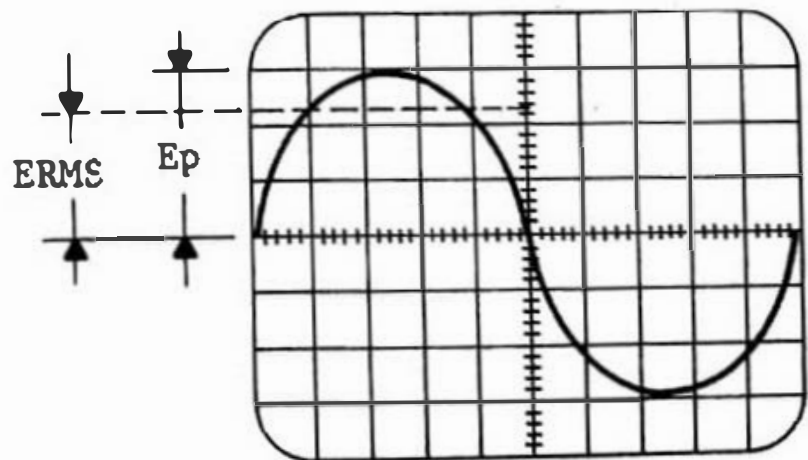
O osciloscópio mede na realidade a queda de tensão sobre o resistor R_A . De posse do valor da tensão, aplicamos na equação da lei de ohm:

$$I = \frac{E}{R_A}$$

FIGURA 14



A



B

Tomando como exemplo a imagem ilustrada na figura 14A e a escala de 5 volts/Div., temos $E = 12V$ e, supondo $R_A = 20\Omega$,

teremos:

$$I = \frac{E}{R_A} = \frac{12}{20} = 0,6A$$

MEDIDA DE CORRENTES ALTERNADAS

A medida de correntes alternadas é efetuada da mesma forma que a corrente contínua, tendo, porém, o cuidado de lembrar que a tensão nestes casos é alternada.

Tomando como exemplo a imagem ilustrada na figura 14B e a escala de 2 Volts/Div., temos $E_p = 6V$. Aplicando na equação $ERMS = E_p/1,41 = 4,3V$ e, supondo $R_A = 8\Omega$,

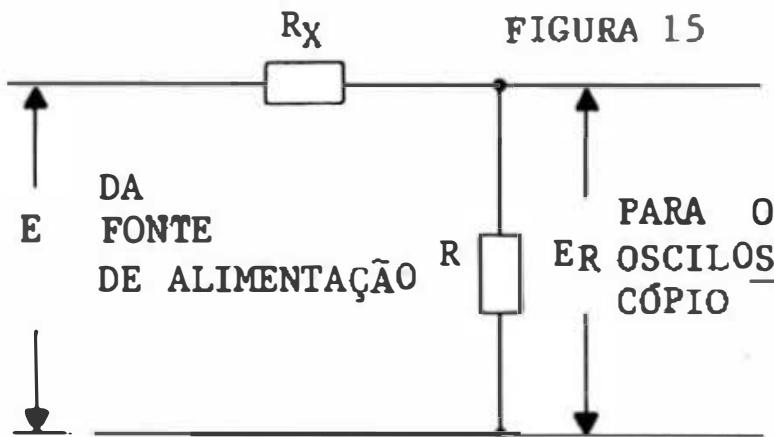
teremos:

$$I = \frac{ERMS}{R_A} = \frac{4,3}{8} = 0,54 A$$

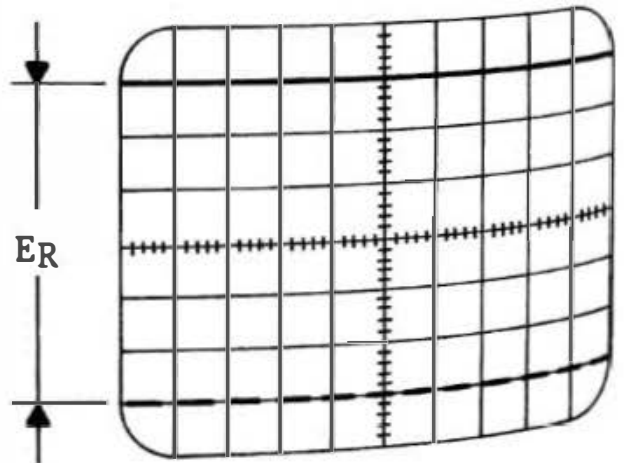
MEDIDA DE RESISTÊNCIA

A medida de resistência pode ser efetuada de duas formas: pelo método direto ou pelo método da ponte de Wheatstone.

A medida de resistência pelo método direto é efetuada, utilizando um divisor de tensão resistivo, como ilustra a figura 15A, onde R é uma resistência de valor conhecido, R_x a resistência desconhecida, E é uma tensão conhecida e E_R , queda de tensão no resistor R .



A



B

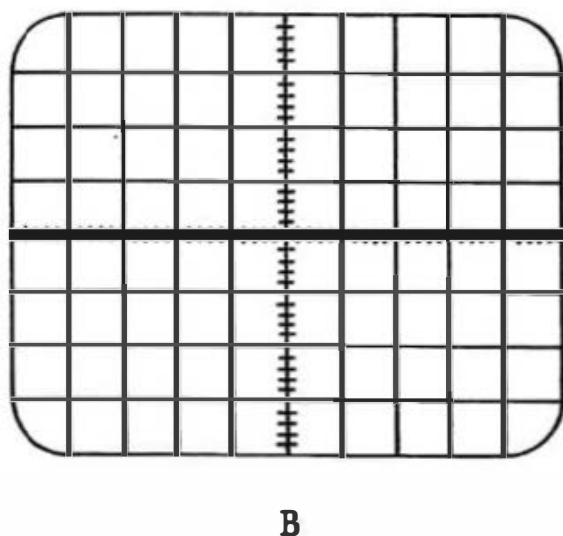
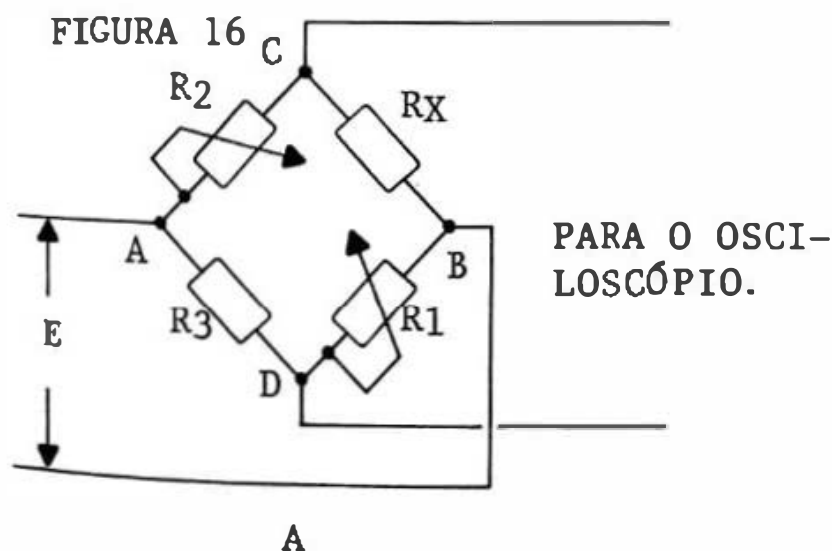
Efetua-se a medida de tensão nos terminais do resistor R e calcula-se o valor de R_X por meio da expressão:

$$R_X = R(E - E_R) / E_R$$

Tomando como exemplo a imagem ilustrada na figura 15B e a escala de 5 Volts/Div., temos $E_R = 30V$ e considerando $E = 90V$ e $R = 20\Omega$.

$$R = \frac{20(90 - 30)}{30} = 40\Omega$$

A medida de resistência pelo método da ponte de Wheatstone consiste em utilizar duas resistências variáveis (potenciômetros) de valores conhecidos R_1 e R_2 e uma resistência fixa R_3 , também de valor conhecido, e uma resistência R_X de valor desconhecido, como ilustra a figura 16A.



Tomando-se como exemplo a ilustração da figura 16, devemos proceder do seguinte modo: ajustar o traço do osciloscópio para que, na ausência de sinal, fique sobre o eixo horizontal da tela. Aplicar uma tensão (E) contínua. Ligar os pontos C e

D na entrada vertical do osciloscópio. Ajustar as resistências variáveis (potenciômetros) R_1 e R_2 de modo que o traço seja novamente situado sobre o eixo horizontal da tela, se houver deslocamento. Assim, se após estas seqüências de procedimentos, tivermos $R_1 = 500\Omega$, $R_2 = 2K\Omega$ e $R_3 = 200\Omega$, poderemos calcular R_X :

$$R_X = R_1.R_2/R_3 = 500 \times 2000/200 = 5000\Omega$$

$$R_X = 5K\Omega$$

MEDIDA DE FREQUÊNCIAS

A medida de frequências com o osciloscópio é obtida utilizando as figuras de Lissajours, que consistem em introduzir o sinal de frequência desconhecida na entrada vertical do osciloscópio. Em seguida aplica-se um sinal de frequência conhecida na entrada horizontal do osciloscópio, e a varredura, no modo externo. Efetuadas estas operações, deve-se ajustar a frequência conhecida (gerador) até que seja conseguida uma figura de uma circunferência ou elipse na tela. Assim a frequência desconhecida é igual à frequência conhecida, porém observamos que isto só é possível se os dois sinais forem senoidais.

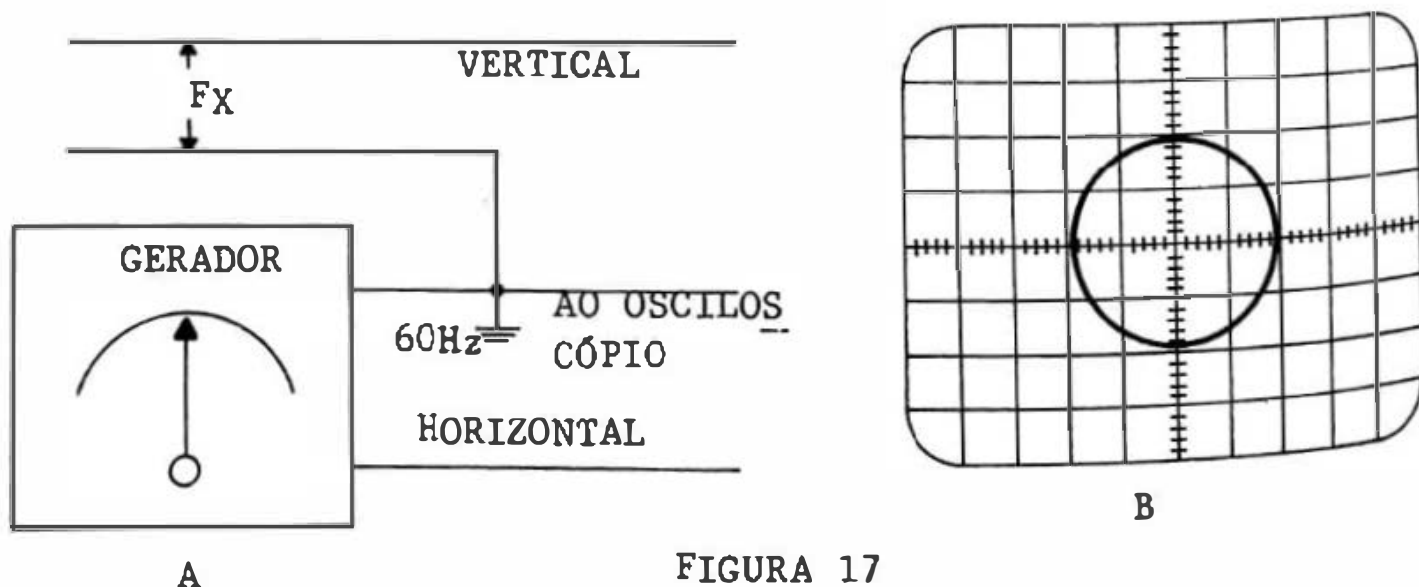


FIGURA 17

Observamos que Hz(Hertz) é a unidade de frequência.

Por exemplo, se considerarmos o gerador em uma frequência de 60Hz e a tela do osciloscópio apresentar a figura de uma

circunferência, isto indica que a frequência desconhecida F_X é idêntica à frequência conhecida que é portanto 60Hz, como ilustra a figura 17.

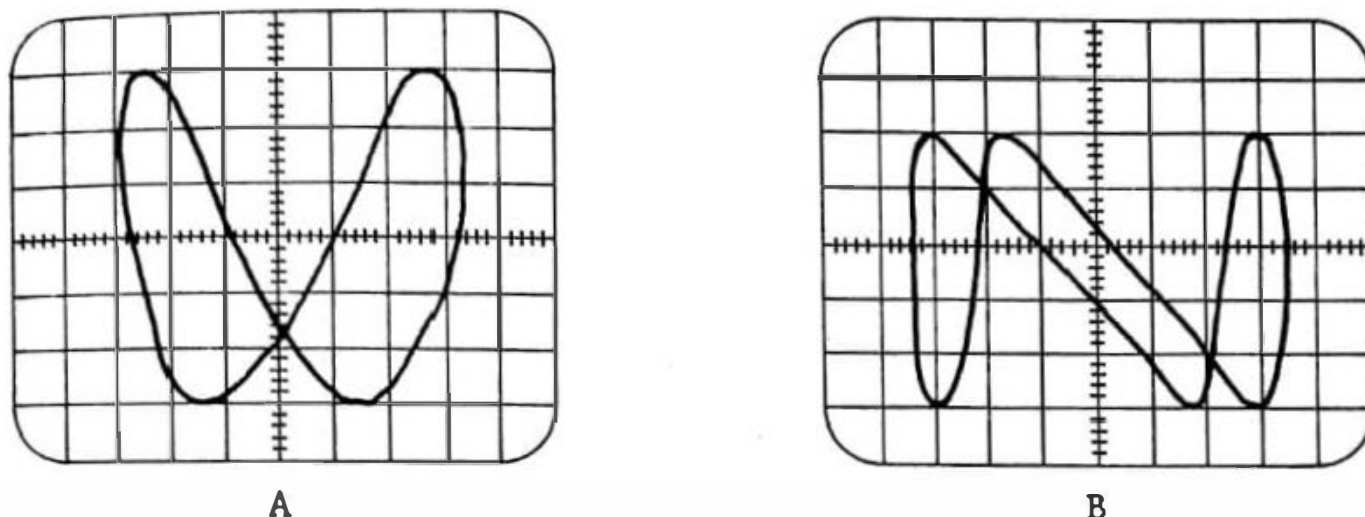


FIGURA 18

Observamos que, às vezes, a frequência do gerador, mesmo após o ajuste, não é suficiente para se conseguir na tela uma circunferência. Assim devemos ajustar a frequência do gerador para obtermos uma figura estável e nítida. As figuras 18 e 19 ilustram alguns casos que podem ser conseguidos. Desta forma, devemos contar o número de vezes que a figura cruza o eixo de simetria horizontal da tela, e dividir pelo número de vezes que a figura cruza o eixo de simetria vertical da tela. O resultado desta divisão deve ser multiplicado pelo valor da frequência conhecida, no caso, frequência do gerador, para obtermos o valor da frequência desconhecida.

$$F_X = (F_C \cdot N_H) / N_V$$

Onde:

F_X é a frequência desconhecida

F_C é a frequência conhecida

N_H é o número de vezes que a figura cruza o eixo de simetria horizontal

N_V é o número de vezes que a figura cruza o eixo de simetria vertical.

Tomando como exemplo a ilustração da figura 18A, temos $N_H = 4$ e $N_V = 2$ e uma frequência $F_C = 100\text{Hz}$.

Assim:

$$F_X = (F_C \cdot N_H) / N_V = (100 \cdot 4) / 2 = 200\text{Hz}$$

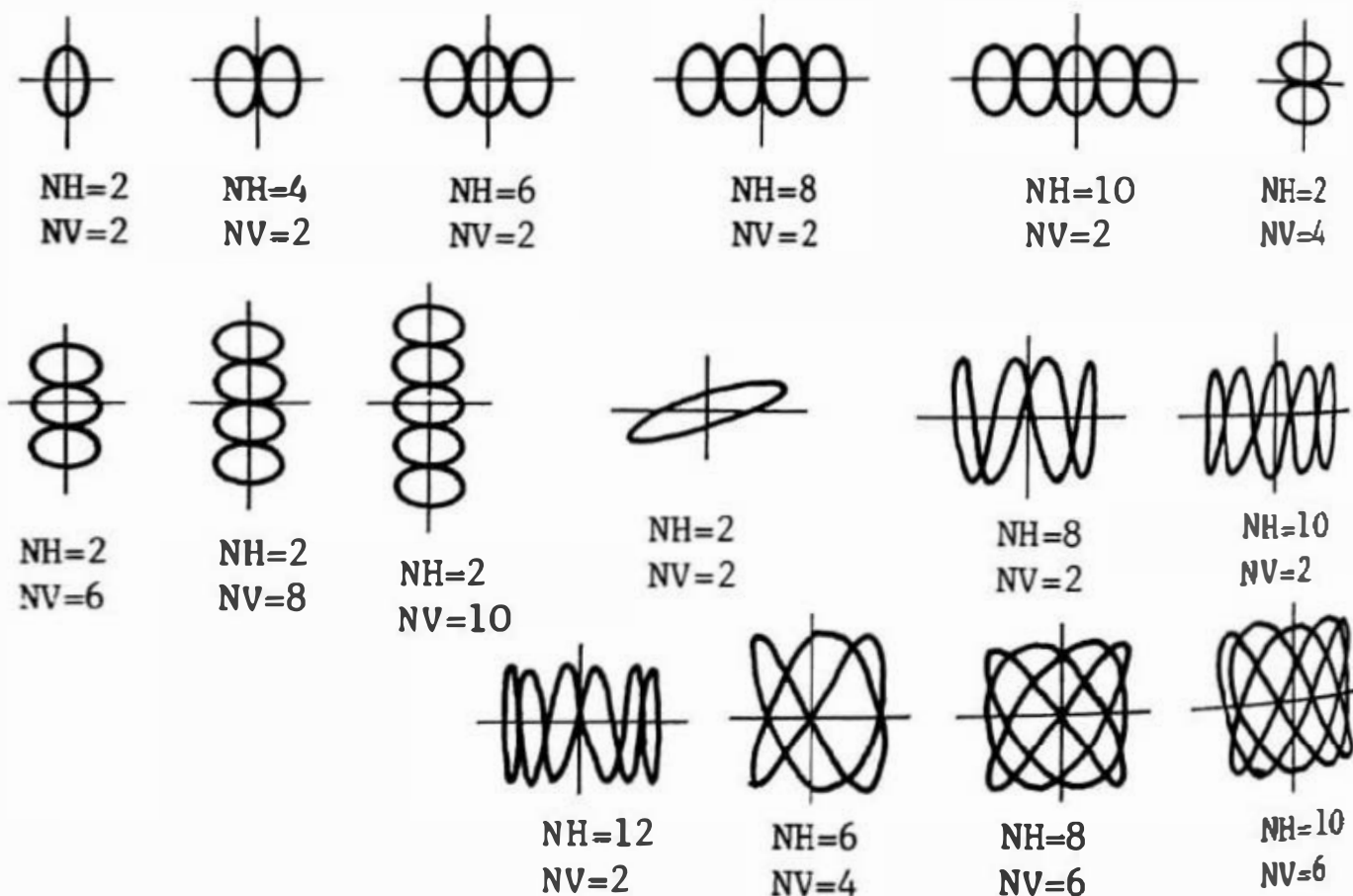
$$F_X = 200\text{Hz}$$

Na figura 18B temos $N_H = 6$ e $N_V = 2$ e supondo ainda que a frequência seja $F_C = 100\text{Hz}$, temos:

$$F_X = (F_C \cdot N_H) / N_V = (100 \cdot 6) / 2 = 300\text{Hz}$$

$$F_X = 300\text{Hz}$$

A figura 19 ilustra alguns casos das muitas figuras que se podem obter.

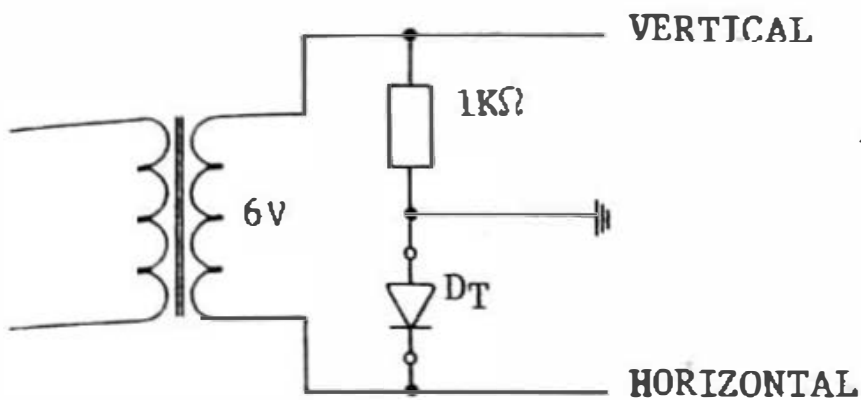


TESTE DE DIODOS

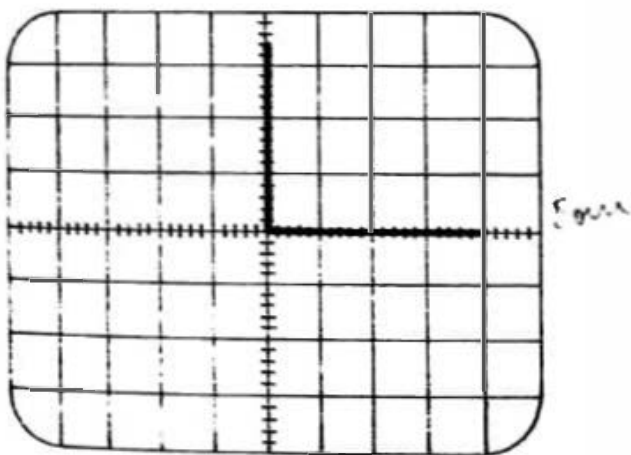
Para testarmos diodos semicondutores, devemos utilizar um circuito resistivo divisor de tensão, alimentado por corrente alternada. A figura 20 ilustra o referido circuito.

Para efetuarmos o teste, devemos aplicar a queda de tensão dos terminais do resistor na entrada vertical e a queda de tensão dos terminais do diodo em teste, na entrada horizontal do osciloscópio. Selecionar a varredura para o modo "externo".

FIGURA 20

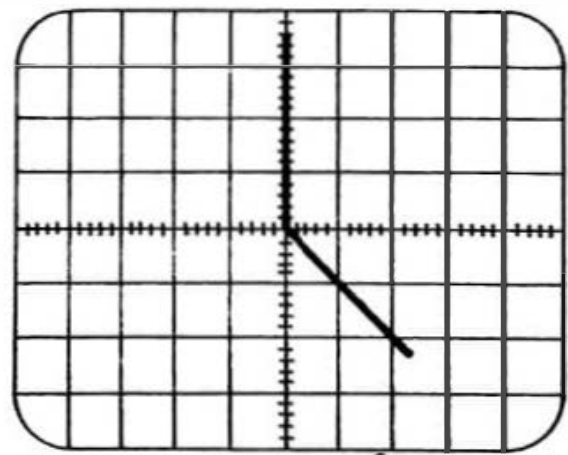


A figura 21A ilustra a imagem que se obtém na tela do osciloscópio quando testarmos um diodo de bom estado. A figura 21B ilustra a imagem que se obtém na tela do osciloscópio, quando testarmos um diodo com fugas.



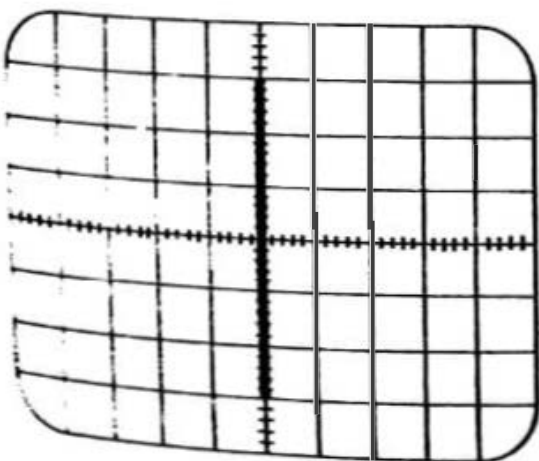
A

FIGURA 21



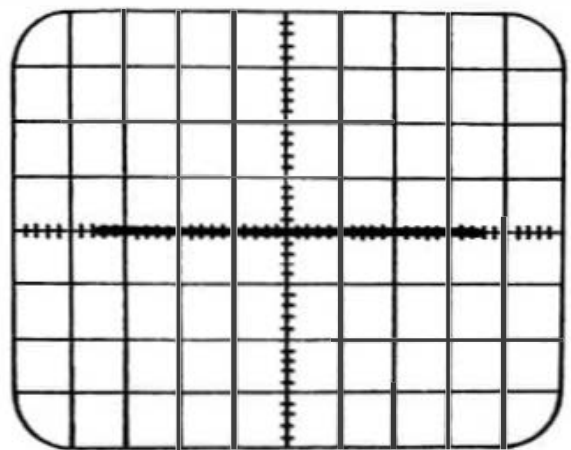
B

A figura 22A ilustra a imagem que se obtém na tela do



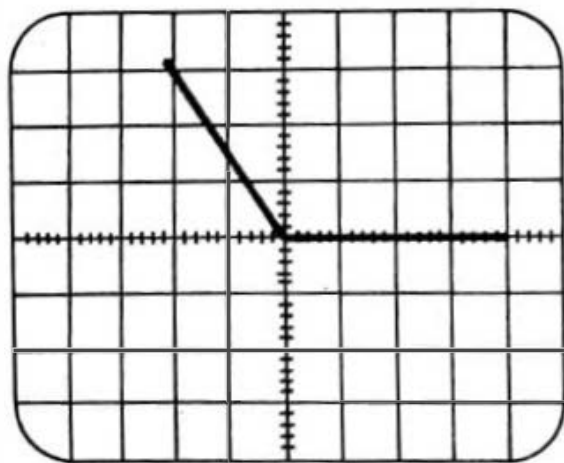
A

FIGURA 22

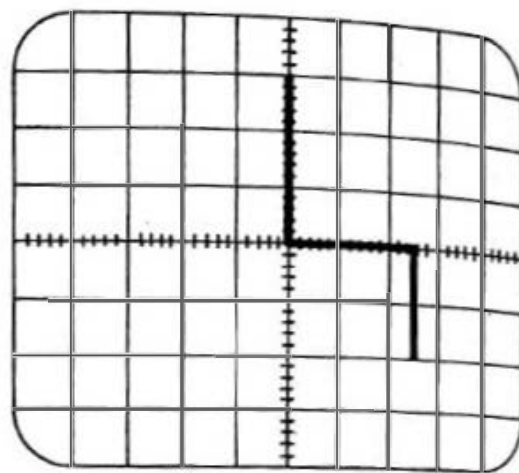


B

osciloscópio, quando testarmos um diodo em curto. A figura 22B ilustra a imagem que se obtém na tela do osciloscópio, quando testarmos um diodo aberto.



Resistência direta excessiva



Zener bom

FIGURA 23

A figura 23A ilustra a imagem que se obtém na tela do osciloscópio, quando testarmos um diodo com resistência direta excessiva. A figura 23B ilustra a imagem que se obtém na tela do osciloscópio, quando testarmos um diodo zener em bom estado.

USANDO O OSCILOSCÓPIO COMO TRAÇADOR DE CURVAS

A figura 24 ilustra um circuito que transforma um osciloscópio em um traçador de curvas de componentes semicondutores.

Para utilizarmos o traçador de curvas, devemos proceder da seguinte forma:

- 1) Posicionar o seletor de varredura em modo externo.
- 2) Posicionar a escala de Volt/Div., em 0,1 volt.
- 3) Aplicar os sinais do circuito eixo X no canal horizontal do osciloscópio e o eixo Y no canal vertical do osciloscópio.

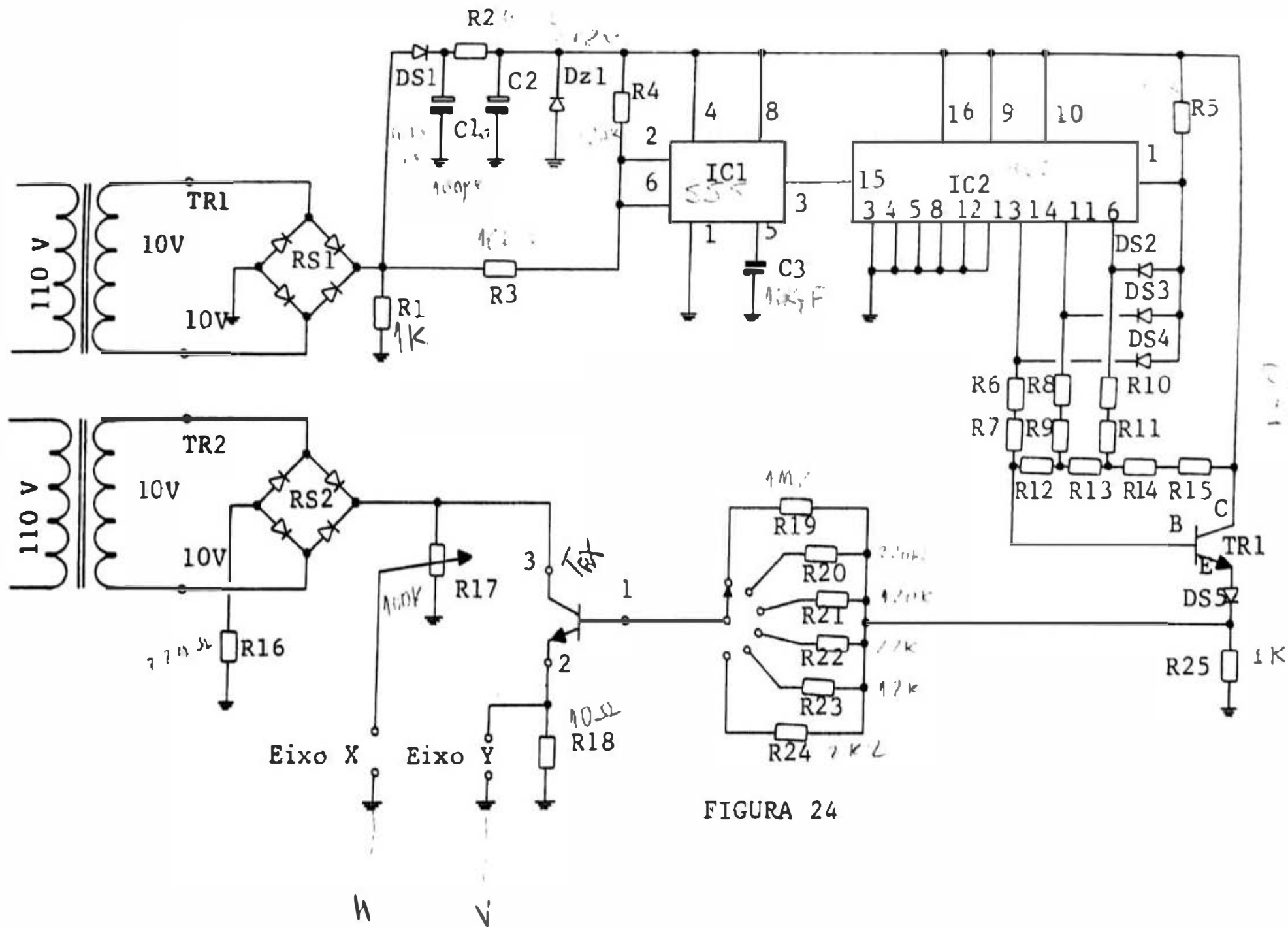
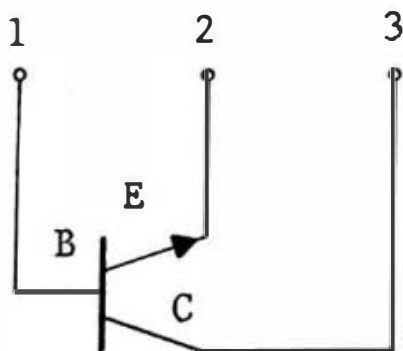


FIGURA 24

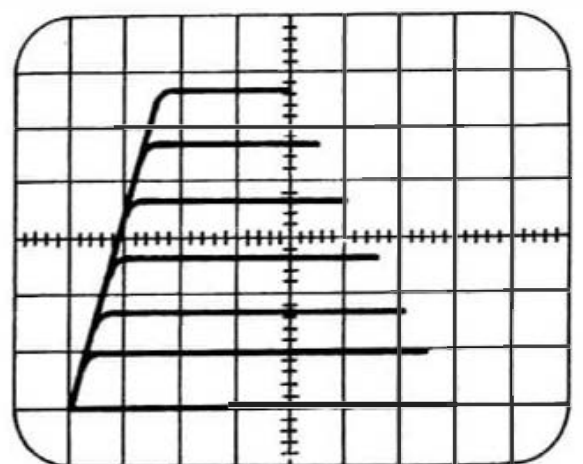
R1 = 1K Ω	R15 = 10K Ω	DS1 = 1N4007
R2 = 47 Ω	R16 = 220 Ω	DS2 = 1N4148
R3 = 10K Ω	R17 = 100K	DS3 = 1N4148
R4 = 27K Ω	R18 = 10 Ω	DS4 = 1N4148
R5 = 47K Ω	R19 = 1,2M Ω	DS5 = 1N4148
R6 = 10K Ω	R20 = 220K Ω	DZ1 = 12V/1W
R7 = 10K Ω	R21 = 120K Ω	TR1 = BC209
R8 = 10K Ω	R22 = 22K Ω	RS1 = PONTE RET. 100V/1A.
R9 = 10K Ω	R23 = 12K Ω	RS2 = PONTE RET. 100V/1A.
R10 = 10K Ω	R24 = 2,2K Ω	IC1 = NE 555
R11 = 10K Ω	R25 = 1K Ω	IC2 = CD 4029
R12 = 10K Ω	C1 = 470 mF/25V	S1 = CHAVE ROT. 6 POSIÇÕES
R13 = 10K Ω	C2 = 100mF/25V	TR1 = TRANSFORMADOR 110V/10V -
R14 = 10K Ω	C3 = 10KPF disco	TR2 = TRANSF. 110V/10V - 0,5A.

Assim procedendo, poderemos visualizar na tela do osciloscópio as seguintes figuras:

FIGURA 25

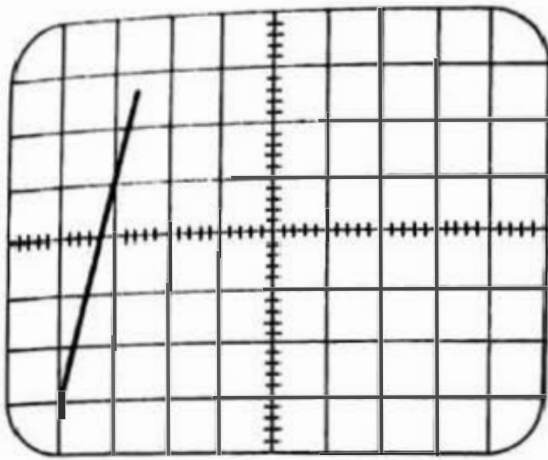


A

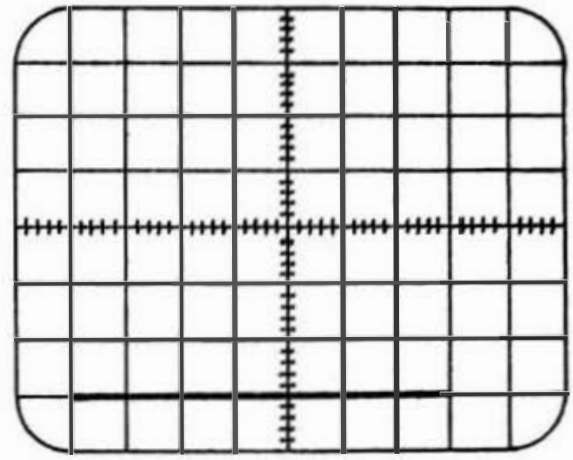


B

A figura 25A ilustra o símbolo de um transistor NPN e a figura 25B ilustra as curvas características de um transistor NPN em bom estado.



A

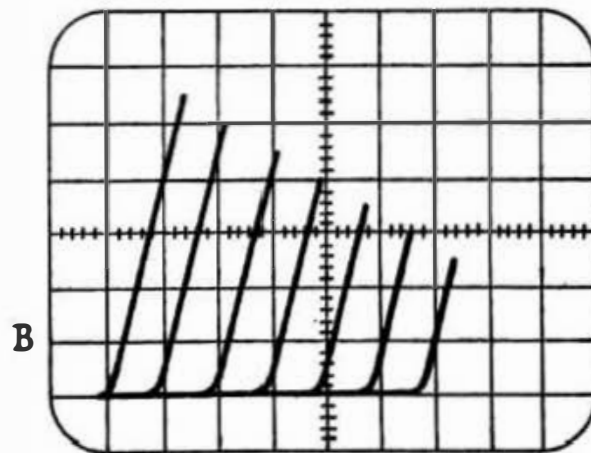
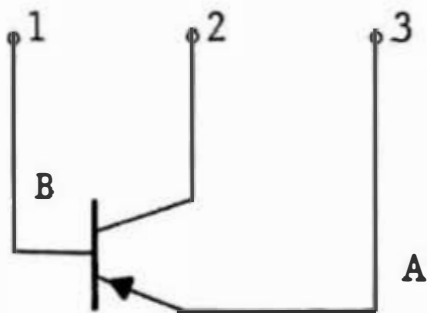


B

FIGURA 26

A figura 26A ilustra a imagem que obtemos se o transistor estiver em curto (coletor com emissor). A figura 26B ilustra a imagem que obtemos se o transistor estiver em curto (base com coletor ou base com emissor).

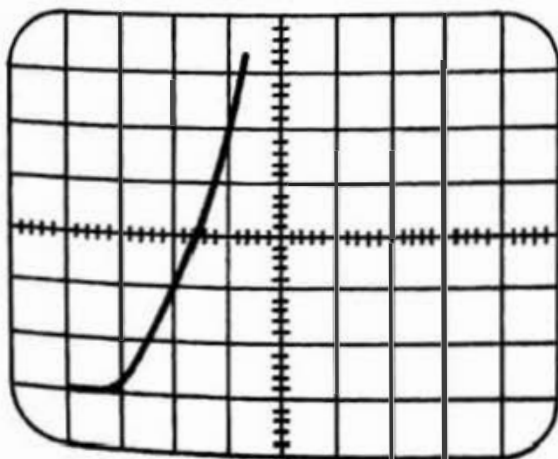
FIGURA 27



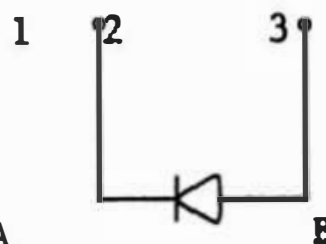
B

A figura 27A ilustra o símbolo de um transistor PNP e a figura 27B ilustra as curvas características de um transistor PNP em bom estado.

FIGURA 28



A



A figura 28A ilustra o símbolo de um diodo e a figura 28B ilustra a curva característica de um diodo.

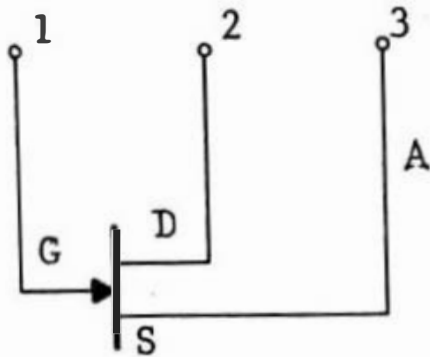
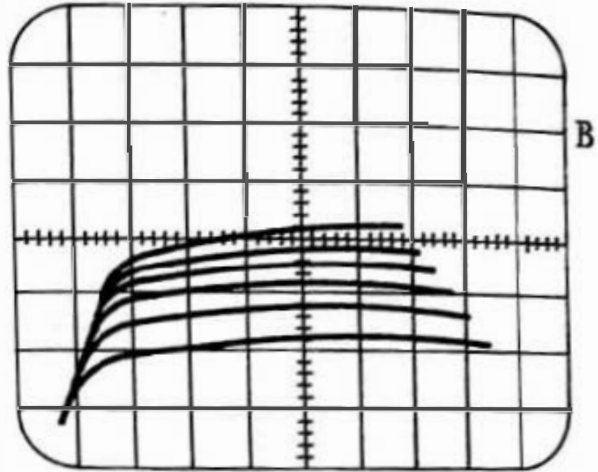


FIGURA 29



A figura 29A ilustra o símbolo de um transistor de uni-junção e a figura 29B ilustra as curvas características de um transistor unijunção em bom estado.

FET



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-5



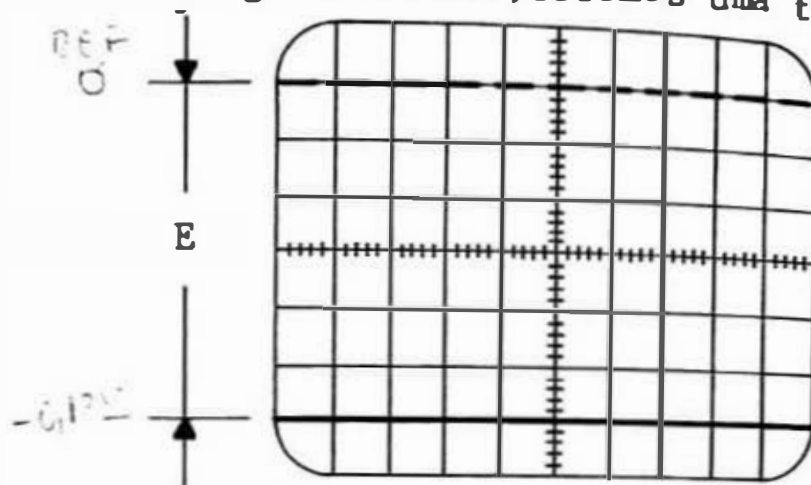
OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Ao manusear um osciloscópio devemos inicialmente:
- a) verificar a tensão de alimentação do aparelho, ligá-lo, posicionar o comando de brilho e o de foco até a metade, posicionar o seletor de sincronismo no modo interno e ajustar a varredura em uma frequência baixa;
 - ☒ b) verificar a tensão de alimentação do aparelho, posicionar o comando de brilho e o de foco até a metade, posicionar o seletor de sincronismo no modo interno, ajustar a varredura em uma frequência baixa e observar na tela um traço horizontal;
 - c) verificar a tensão de alimentação do aparelho e aplicar o sinal que se deseja analisar na entrada vertical do aparelho.

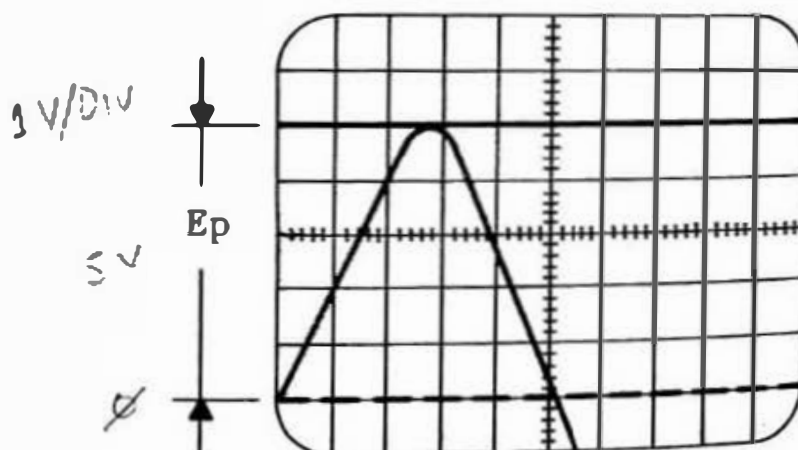
- 2) Quando efetuarmos uma medida de tensão C.C. utilizando uma escala de 0.2 Volts/Div., e obtivermos um desvio do traço na tela, como ilustra a figura abaixo, teremos uma tensão de:

- a) 1,2V;
b) 120mV;
c) -0,12V;
d) N.R.A



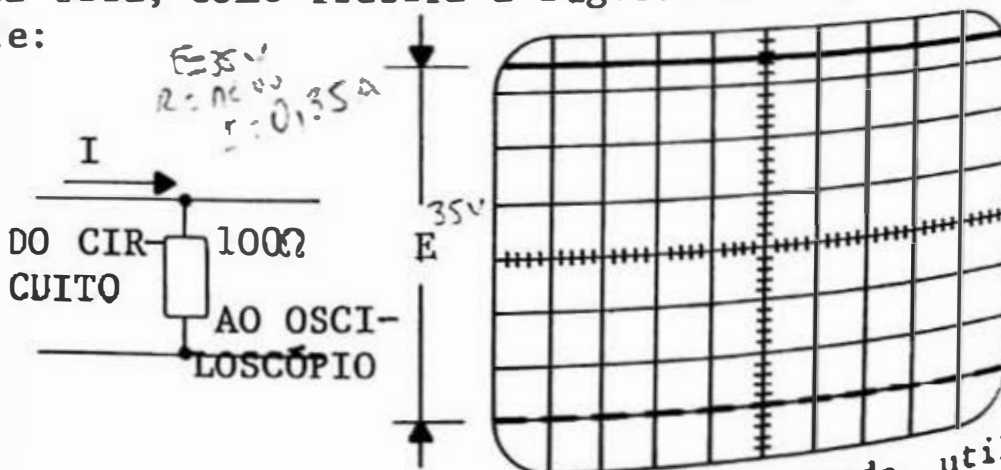
- 3) Quando efetuarmos uma medida de tensão C.A. utilizando uma escala de 1 Volt/Div., e obtivermos um desvio do traço na tela, como ilustra a figura abaixo, obteremos uma tensão de:

- a) 3,5V;
b) 5V;
c) -5V;
d) N.R.A

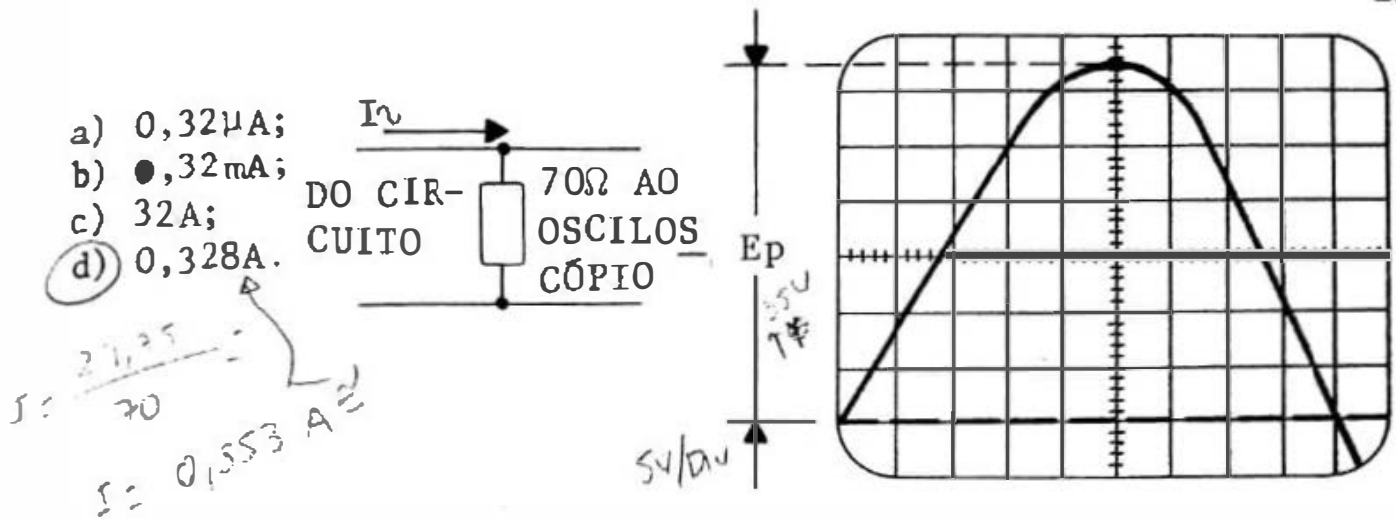


- 4) Quando efetuarmos uma medida de corrente contínua, utilizando uma escala de 5 Volts/Div., e obtivermos um desvio do traço na tela, como ilustra a figura abaixo, teremos uma corrente de:

- a) 0,35A;
b) -0,35A;
c) 0,35mA;
d) 0,325A.



- 5) Quando efetuarmos uma medida de corrente alternada, utilizando uma escala de 5 Volts/Div., e obtivermos um desvio do traço na tela, como ilustra a figura abaixo, obteremos uma corrente de:



6) Quando efetuarmos uma medida de resistência pelo método da ponte de Wheatstone, utilizando um osciloscópio e obtivermos $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 2,2\text{K}\Omega$, e $R_3 = 220\Omega$, isto indica que a resistência do resistor R_x é:

- a) $10\text{K}\Omega$;
 b) $1\text{K}\Omega$;
 c) 100Ω ;
 d) N.R.A

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3} = \frac{100 \times 2200}{220}$$

$R_x = 1000\Omega$ (1K Ω)

7) Quando efetuarmos uma medida de frequência, utilizando um osciloscópio, inicialmente devemos:

- a) aplicar o sinal desconhecido na entrada vertical, aplicar um sinal de frequência conhecida na entrada horizontal, posicionar o seletor de varredura no modo externo;
- b) aplicar o sinal desconhecido na entrada vertical, aplicar um sinal de frequência conhecida na entrada vertical, posicionar o seletor de varredura no modo externo;
- c) aplicar um sinal de frequência conhecida na entrada vertical, aplicar o sinal desconhecido na entrada horizontal, posicionar o seletor de varredura no modo interno;
- d) N.R.A.

8) Quando efetuarmos uma medida de frequência, utilizando um osciloscópio e um gerador de sinal de frequência conhecida $F_C = 100\text{Hz}$, e obtivermos uma figura como a que se encontra ilustrada abaixo, a frequência desconhecida F_x será de:

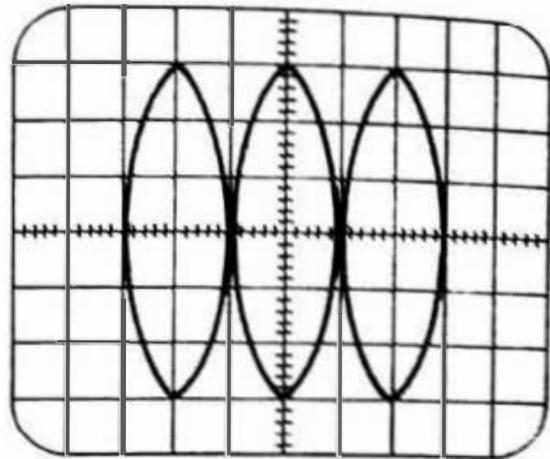
$$NH = 6$$

$$NV = 1$$

$$F_x = (F_C \cdot N_H) / N_V =$$

$$F_x = 100 \times 6 / 1$$

$$F_x = 600 \text{ Hz}$$



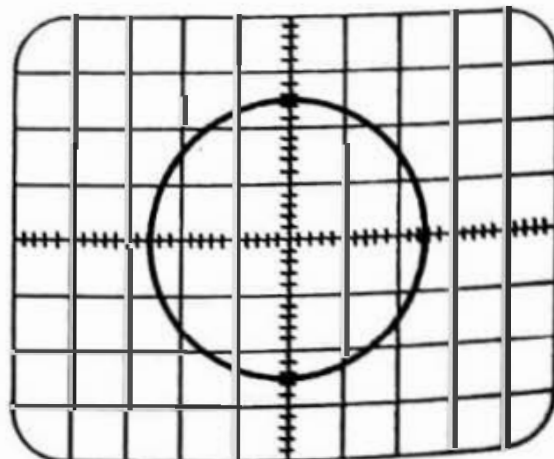
- a) 0,300Hz;
- b) 30Hz;
- ☒ c) 300Hz;
- d) N.R.A

9) Quando efetuarmos uma medida de frequência, utilizando um osciloscópio e um gerador de sinal de frequência conhecida $F_C = 60\text{Hz}$ e obtivermos uma figura circular na tela, isto indica que:

- a) os sinais e as frequências são diferentes;
- b) os sinais e as frequências são múltiplos;
- ☒ c) os sinais e as frequências são iguais;
- d) N.R.A.

10) Quando efetuarmos testes em diodos e obtivermos uma figura como a ilustrada abaixo, teremos:

- a) uma curva característica de um diodo de silício;
- b) uma curva característica de um diodo zener;
- ☒ c) uma curva característica de um diodo de germânio;
- d) N.R.A.





CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-6

MANUAL DE PRÁTICAS MP-6

FERRAMENTAS E CIRCUITO IMPRESSO

As ferramentas, tais como: soldador, alicate de ponta e de corte, chave de fenda, garras, etc. são indispensáveis a um técnico.

Para a montagem de um circuito qualquer, em eletrônica, o emprego das placas de circuitos impressos tornou-se o meio mais comumente usado, devido a algumas vantagens que este método oferece, como, por exemplo, a eliminação da fiação do circuito, melhor acabamento, tamanho reduzido e maior confiabilidade do mesmo.

O projeto e execução de uma placa de circuito impresso é de fácil entendimento. O aluno só terá o trabalho de adquirir certas ferramentas, caso queira confeccionar placas de circuito impresso. Ou ainda adquirir um laboratório completo para a confecção, encontrado em qualquer casa especializada em materiais eletrônicos.

Geralmente, para maioria dos circuitos expostos em revistas do gênero, o autor já fornece o desenho da placa, o que facilita, em muito, o trabalho a ser executado, restan-

do somente uma cópia fiel do esboço e seguir certos princípios para se obter o resultado desejado.

MATERIAL NECESSÁRIO

É indispensável que o aluno obtenha ferramentas, porém não é necessário que se disponha de um grande número delas.

Descreveremos, a seguir, algumas ferramentas, a fim de que o aluno possa ir familiarizando-se com cada uma delas.

Na eletrônica, a ferramenta mais útil e importante, sem dúvida alguma, é o ferro de soldar. Deve-se utilizar, de preferência, um tipo que varie de 25 a 50W de potência, no máximo, para evitar que se danifique um componente na hora da soldagem.

Mesmo que se disponha de um ferro mais potente, convém adquirir um modelo menor, com pontas que possam ser substituídas. A ponta do ferro de soldar deve estar sempre limpa, isto se faz com uma lixa fina, uma lima pequena ou ainda com uma escova dura. Devemos também estanhá-la e utilizar soldas de boa qualidade, para não enfrentarmos problemas futuros com o uso de soldas inferiores.

Na figura 1, temos um desenho simples de um ferro de soldar comum.

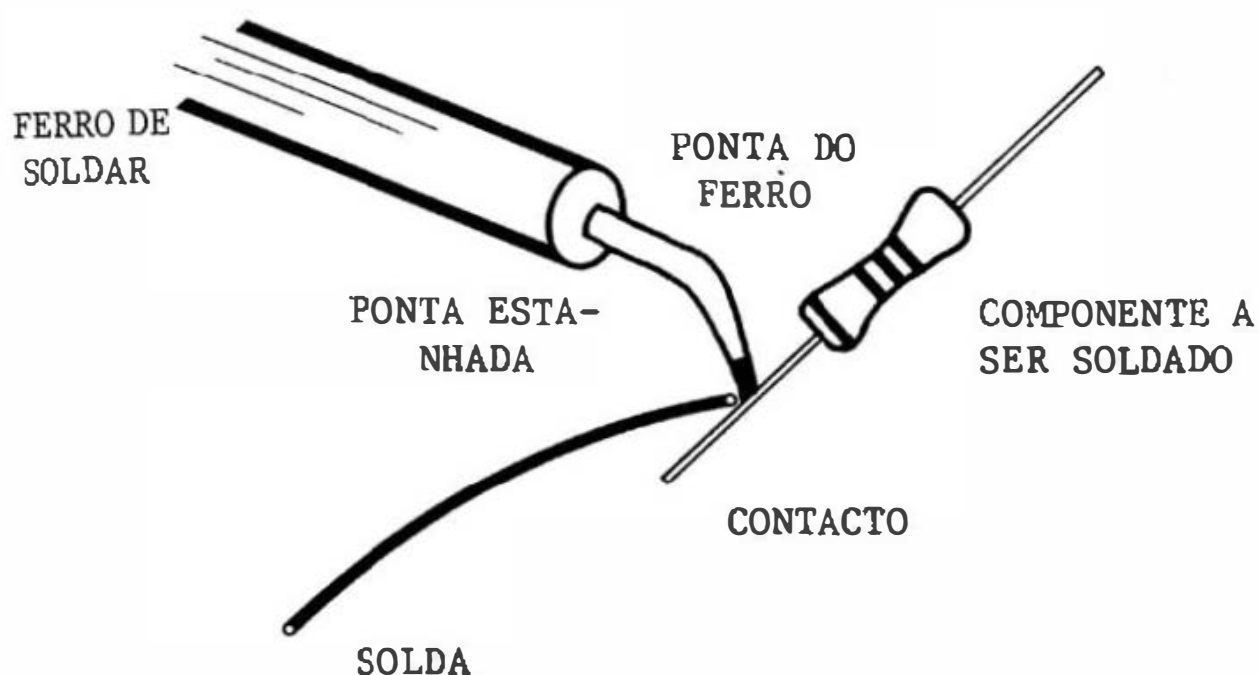
FIGURA 1



Deve-se estanhar a ponta, aplicando solda na extremidade. O excedente deve ser tirado, sacudindo-se vigorosamente o ferro de soldar, tomando-se o máximo cuidado para que este não venha atingir os olhos. Quanto aos elementos a serem soldados, necessitam de uma prévia preparação. A estanhagem é feita, aplicando nos terminais do componente a ser soldado a pon-

ta do ferro de soldar, durante um tempo não superior a 10 segundos. A solda aplicada no componente deve fundir-se por completo, estanhando totalmente a parte desejada. Não se deve deixar a solda fundir-se sobre a ponta do ferro. A figura 2 exemplifica, com detalhes, este processo.

FIGURA 2



Uma soldagem bem executada apresenta um aspecto homogêneo e uma superfície lisa e brilhante. Enquanto que uma soldagem mal executada apresentará um aspecto rugoso e pouco homogêneo. A soldagem deve ser executada numa única operação, pois, em várias etapas, haverá uma quantidade excessiva de solda e ocorrerá o perigo de destruir o componente. Com a prática, o aluno verá como é fácil realizar uma perfeita conexão entre o elemento que se deseja soldar e a placa, ou a um terminal.

Para a soldadura com circuitos integrados ou pastilhas é necessário um pouco mais de cuidado. Deve-se, de preferência, utilizar um mínimo de solda fina e um soldador de baixa potência. Geralmente, soldam-se soquetes ao invés do circuito integrado.

A conexão de fios a terminais de vários tipos, deve ser feita conforme ilustram as várias figuras dadas a seguir.

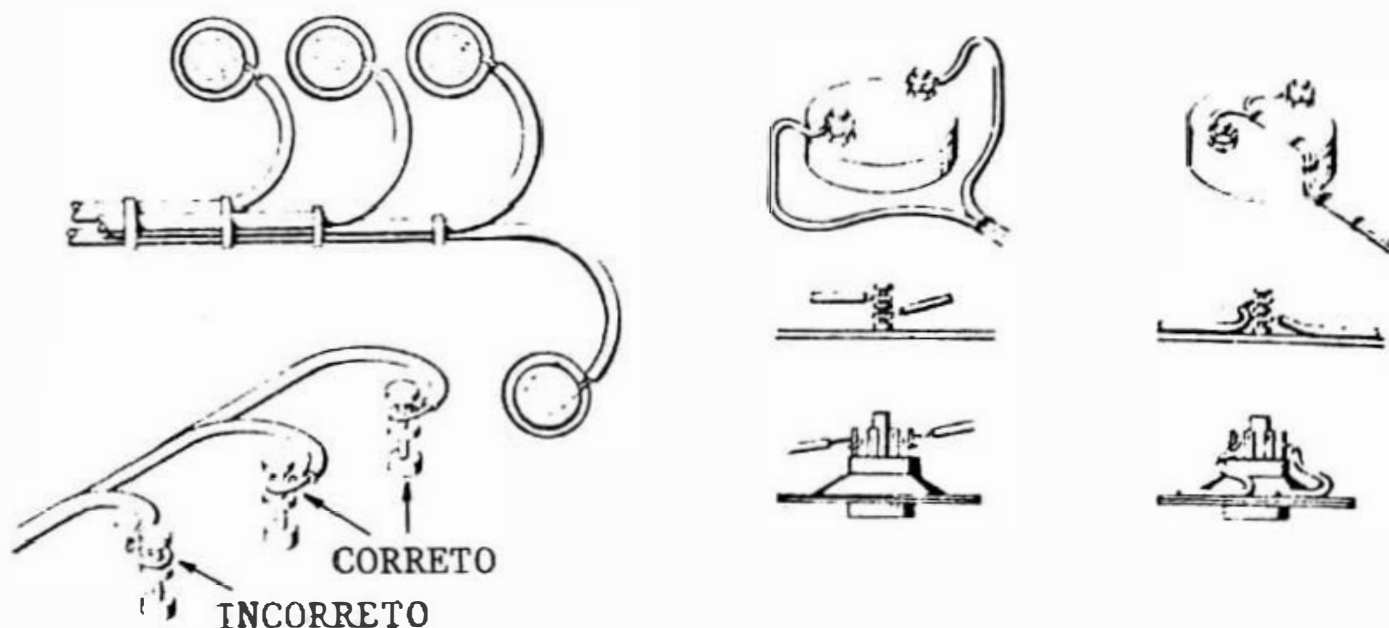
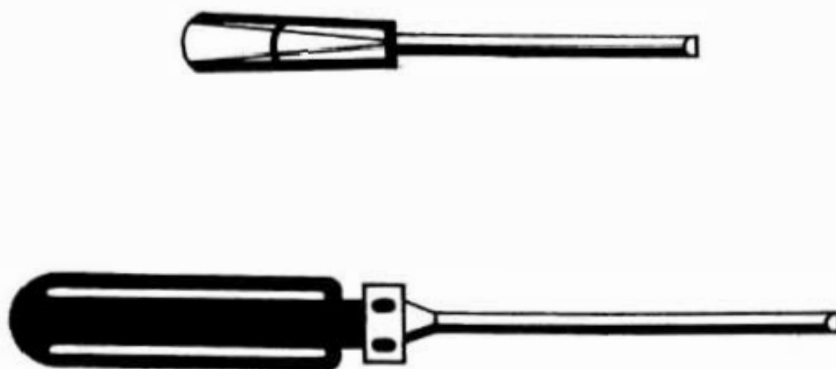


FIGURA 3

Uma ou duas chaves de fenda de ponta comprida são úteis e necessárias. Deverão ser, de preferência, cromadas para a solda não aderir às suas pontas.

A figura 4 ilustra o aspecto destas chaves.

FIGURA 4



Os alicates de corte e de ponta também são úteis. São usados na preparação dos componentes para a montagem final. Podem-se também utilizar ferramentas apropriadas para desnudar os fios, porém o seu uso requer um pouco de experiência. Na

figura 5 é mostrado o aspecto destas últimas 3 peças.

FIGURA 5



ALICATE DE CORTE



ALICATE DE PONTA



DECASCADOR DE FIO

Para não danificar componentes muito sensíveis, tais como: diodos, capacitores e, principalmente, transistores, costumam-se usar garras ou alicate de pinça em seus respectivos terminais, para se efetuar a solda, com o objetivo de dissipar o calor oriundo do ferro de soldar. A figura 6 ilustra uma garra e uma pinça.

FIGURA 6



garra tipo "jacaré"



alicate de pinça

Para se efetuar montagens ou reparos de circuitos eletrônicos com rapidez e qualidade, é necessário uma bancada com alimentação de tensão acessível e ferramentas de uso geral.

Vários tipos de ligações:

Antes da evolução dos circuitos impressos, surgiram, no mercado, diversos tipos de montagens destinadas a receber os componentes eletrônicos. Para o iniciante, podemos citar uma ligação bastante convencional, chamada de ponte de terminais. Esta é constituída de várias perfurações, onde são soldados os componentes e possuindo ainda perfurações na parte inferior para fixação. Este tipo de ponte de terminais é ainda hoje encontrado à venda no comércio de materiais eletrônicos. Com um pouco de habilidade, o aluno poderá fazer uso dela, o que constituirá numa boa economia.

É possível a colocação de duas pontes, frente a frente, uma da outra, a fim de facilitar a montagem. Placas com perfurações equidistantes, ao longo de uma ponte metálica, feitas de baquelite, são encontradas facilmente no mercado, bem como placas de diversos tamanhos que permitam montagens rápidas e de fácil execução.

As figuras 7 e 8 apresentam o aspecto de tais pontes e placas, bem como exemplo de utilização.

FIGURA 7

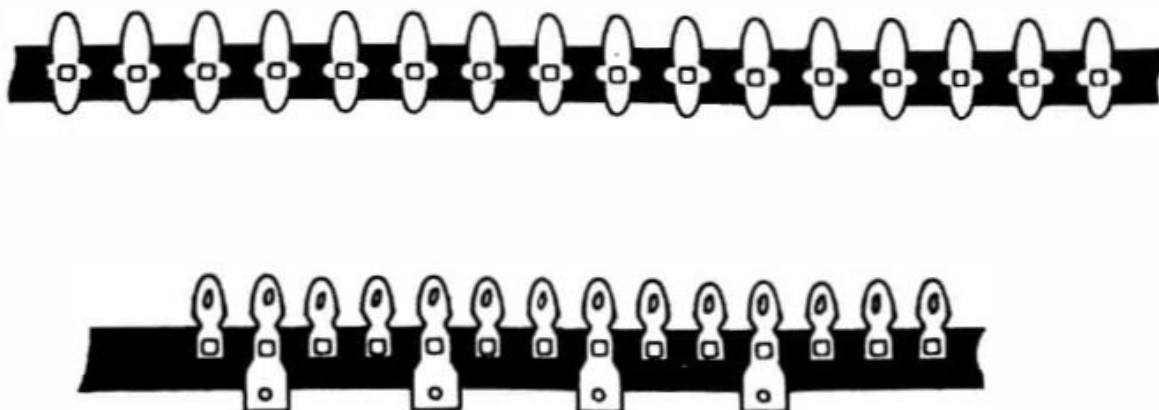
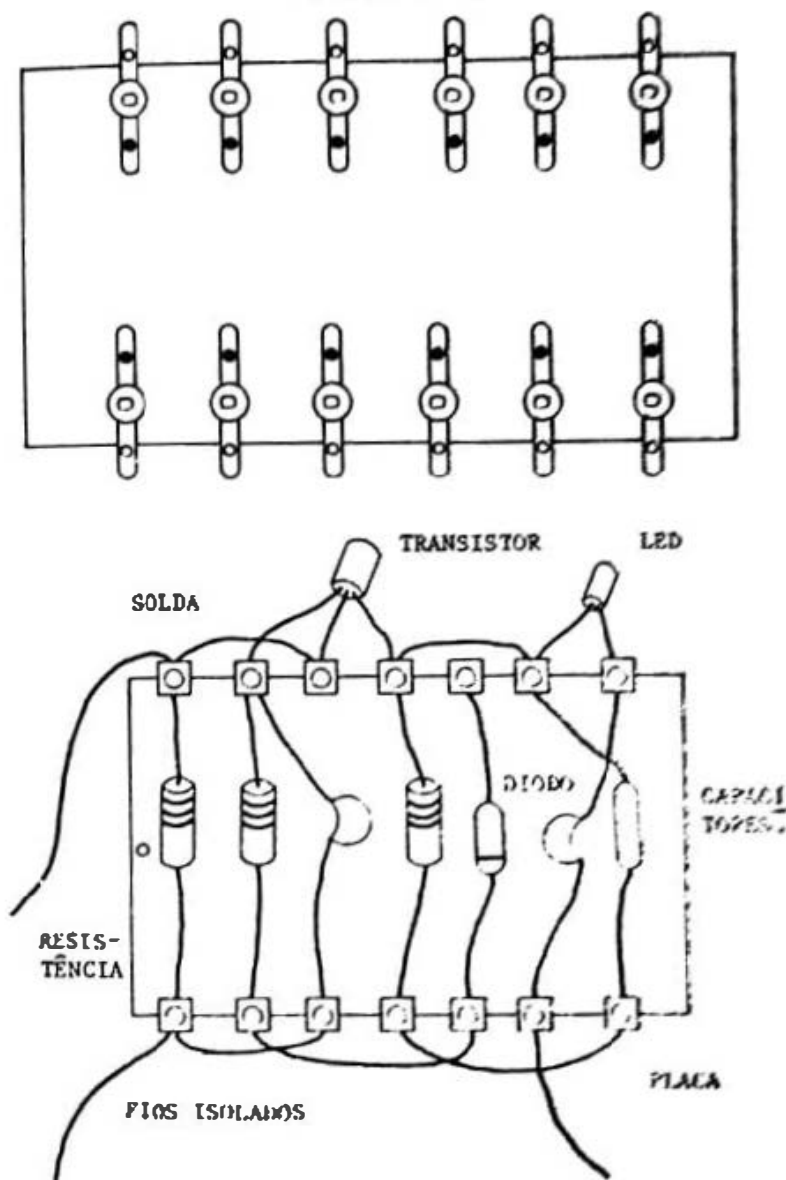


FIGURA 8



É possível ainda efetuar montagens com o uso de placas isolantes de baquelite ou de outro material, cobertas totalmente de perfurações. Porém não possuem contactos metálicos. Os próprios terminais dos elementos permitirão a sua fixação. Estas placas apresentam perfurações a distância regular de 5mm, com um diâmetro de 1,2mm, permitindo assim a colocação de todos componentes eletrônicos existentes no mercado. Em um dos lados da placa, realizamos as ligações entre os componentes, conectando os terminais que devem ser ligados entre si. Estas placas permitem a miniaturização da montagem, como se fosse uma placa de circuito impresso. A figura 9 ilustra um tipo desta placa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z
1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

FIGURA 9

Existem no mercado outros tipos de placas comumente chamadas de "M. Board". Estas se apresentam sob a forma de chapas de plástico estratificado. São providas de bandas de cobre, igualmente espaçadas entre si, constituindo verdadeiros condutores paralelos perfurados. As bandas em cobre são largas e estão espaçadas de 2,54mm. Estas placas possuem várias referências, conforme a dimensão. Citaremos algumas, como exemplo:

M2: dim: 95 x 150,mm 34 bandas, lado: 2,54 x 2,54.mm.

M3: dim: 88 x 112,mm 34 bandas, lado: 2,54 x 2,54.mm.

M7: dim: 90 x 130,mm 36 bandas, lado: 2,5 x 2,5.mm.

M6: dim: 65 x 90,mm 26 bandas, lado: 2,5 x 2,5.mm.

Quando desejarmos que uma determinada banda não conduza, basta que se apare a película de cobre com uma lima ou com uma chave de fenda ou ainda com um canivete bem afiado.

As perfurações das placas são feitas no diâmetro de 1mm, o que facilita a implantação de quaisquer componentes.

Na figura 10, indicamos o esquema de um pisca-pisca transistorizado, o qual permite verificarmos a simplicidade do uso dessas placas. Pontos em negrito (Figura 11) indicam os cortes que devem ser efetuados na placa. É possível também executar pontes (straps) do lado isolante da placa, onde se localizam os componentes. As bandas, em cobre, encontram-se -

na parte inferior da mesma, apesar de aparecerem junto aos componentes.

FIGURA 10

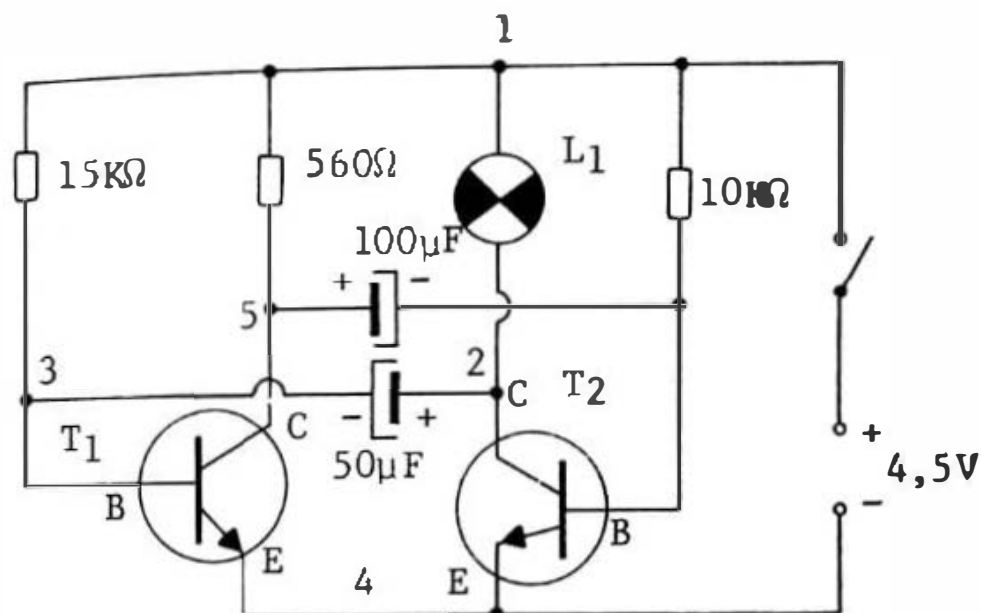
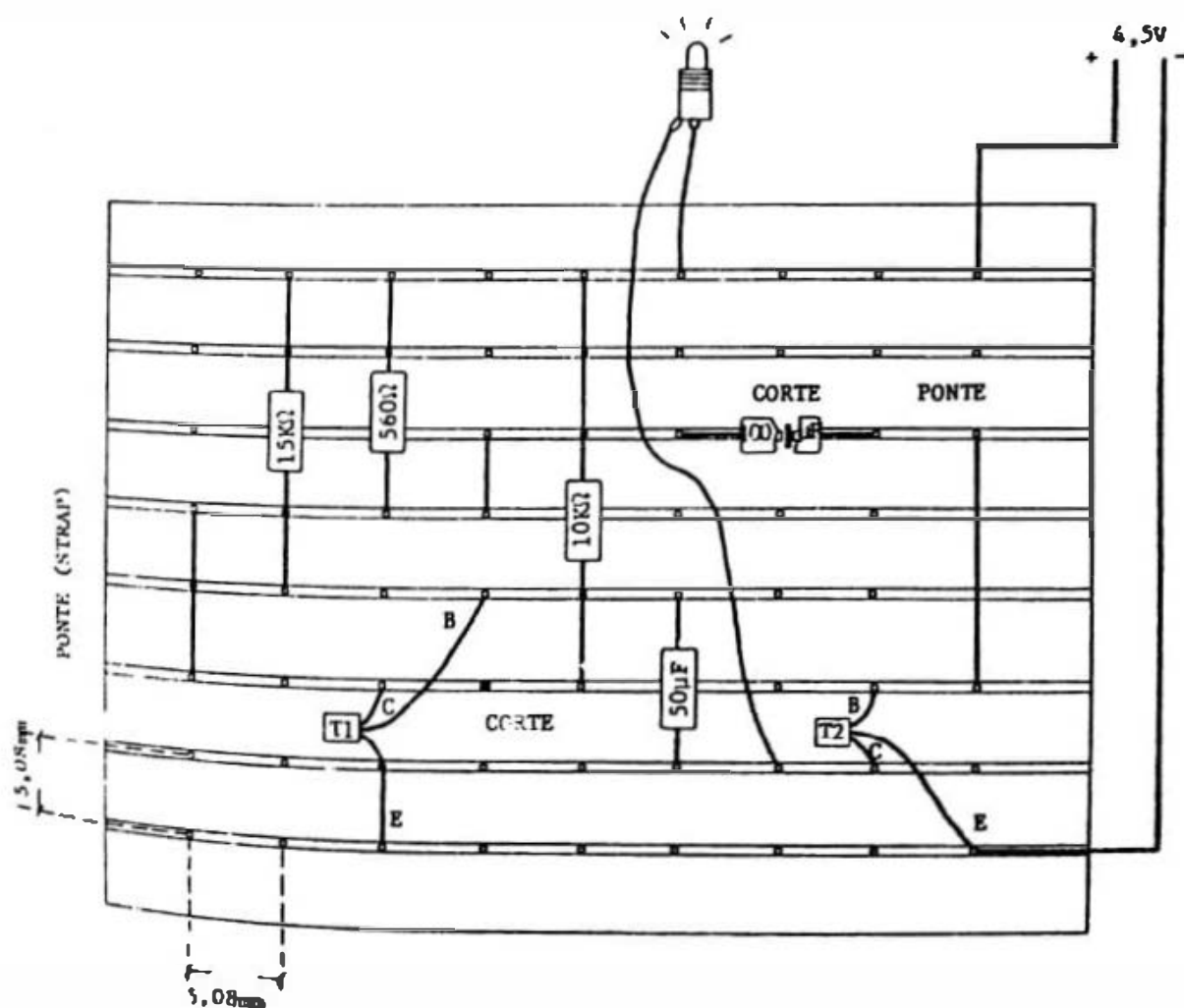


FIGURA 11



O aluno pode verificar que esta disposição que acabamos de ver, poderá ser modificada, bastando, para isso, a imaginação de cada um para a implementação dos elementos na placa.

Além de ser um método útil, a utilização deste sistema é extremamente simples.

Execução de um circuito impresso

Mostramos, até aqui, várias técnicas de montagem, caberá ao aluno selecionar aquela que melhor lhe convier.

Vamos agora ensiná-lo a projetar e gravar um esquema eletrônico sob a forma de circuito impresso. Com a prática, o aluno terá mais facilidades e mais perfeitos serão os seus circuitos impressos.

Os circuitos impressos foram introduzidos na década de 50. Poucas pessoas conhecem a maneira exata de manuseá-los e, diga-se de passagem, são bem simples.

O processo tem semelhança com impressos comuns em papel, só que no lugar da tinta, utiliza-se uma película bem fina de cobre. A denominação inglesa para o mesmo é conhecida como "printed circuit".

Com o advento desse tipo de placa, é possível uma miniaturização do circuito, dependendo somente da prática daquele que o executa. Este sistema elimina, por completo, a fiação e também a necessidade de se usar outros materiais auxiliares, como: presilhas, parafusos, terminais, etc.

Em casos onde é impossível evitar cruzamentos, costuma-se usar um pequeno pedaço de fio, fazendo a conexão entre os terminais desejados. Este tipo de ligação é conhecido como "jumper", devendo-se usar fios maleáveis e finos, a fim de conservar a estética da placa ou circuito. A figura 12 exemplifica um caso.

Basicamente, as placas mais simples são constituídas de um material isolante, por exemplo, fenolite ou fibra de vidro e revestidas, em uma das faces, por uma finíssima camada de cobre (superfície condutora) de aproximadamente 0,05mm. Nesta face cobreada é que traçamos o circuito com as ligações necessárias entre os componentes.

Após um processo de corrosão, o cobre excedente é absorvido, restando apenas as partes cobertas pelo desenho que são as respectivas vias de ligações entre os componentes.

FIGURA 12



A placa deverá ser furada em locais, onde os componentes serão soldados, devendo-se prever a melhor disposição possível, para que não haja cruzamento de ligações e que se obtenha o melhor formato estético.

Vez ou outra, pode o aluno deparar com alguns termos que poderão ser desconhecidos, pensando minimizar tais ocorrências, citaremos algumas definições de importância fundamental.

Circuito impresso - É a própria placa, pronta para a montagem final.

Cobre básico - É a película fina, de material condutor, de aproximadamente 0,05mm, revestindo um dos lados da placa, que mais tarde sofrerá o processo de corrosão química, formando então as ilhas e pistas que constituirão o circuito impresso.

Conectores - Área em metal com a forma de um pente, utilizada para manter contacto entre um circuito e outro, sem uso de soldagem. Os conectores, em geral, são dourados, para melhor contacto.

Ilha ou auréola - É a parte cobreada que circunda um furo na placa, do circuito impresso.

Metализação - É um revestimento metálico, produzido na parte interna dos furos, geralmente em placas de duas faces.

Pistas - São interligações de um ponto a outro, com a finalidade de conectar, isto é, ligar componentes ou circuitos entre si.

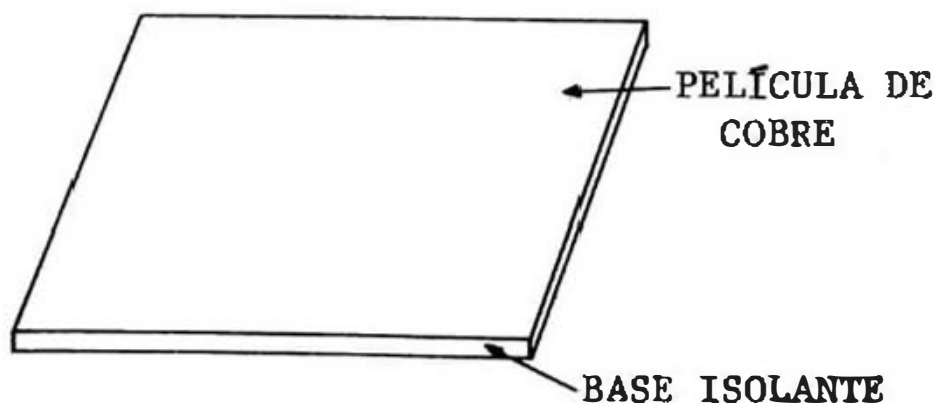
Suporte - É o material isolante, onde é fixada a película de cobre.

Trilhas - Veja pistas.

Verniz anti-solda - (solder-resist) - Verniz de proteção (anti-solda), que deixa descoberta as partes destinadas às soldagens e conexões. Geralmente, é de cor verde e é aplicada pelo processo de "silk-screen".

A figura 13 ilustra o aspecto de uma placa virgem de circuito impresso.

FIGURA 13

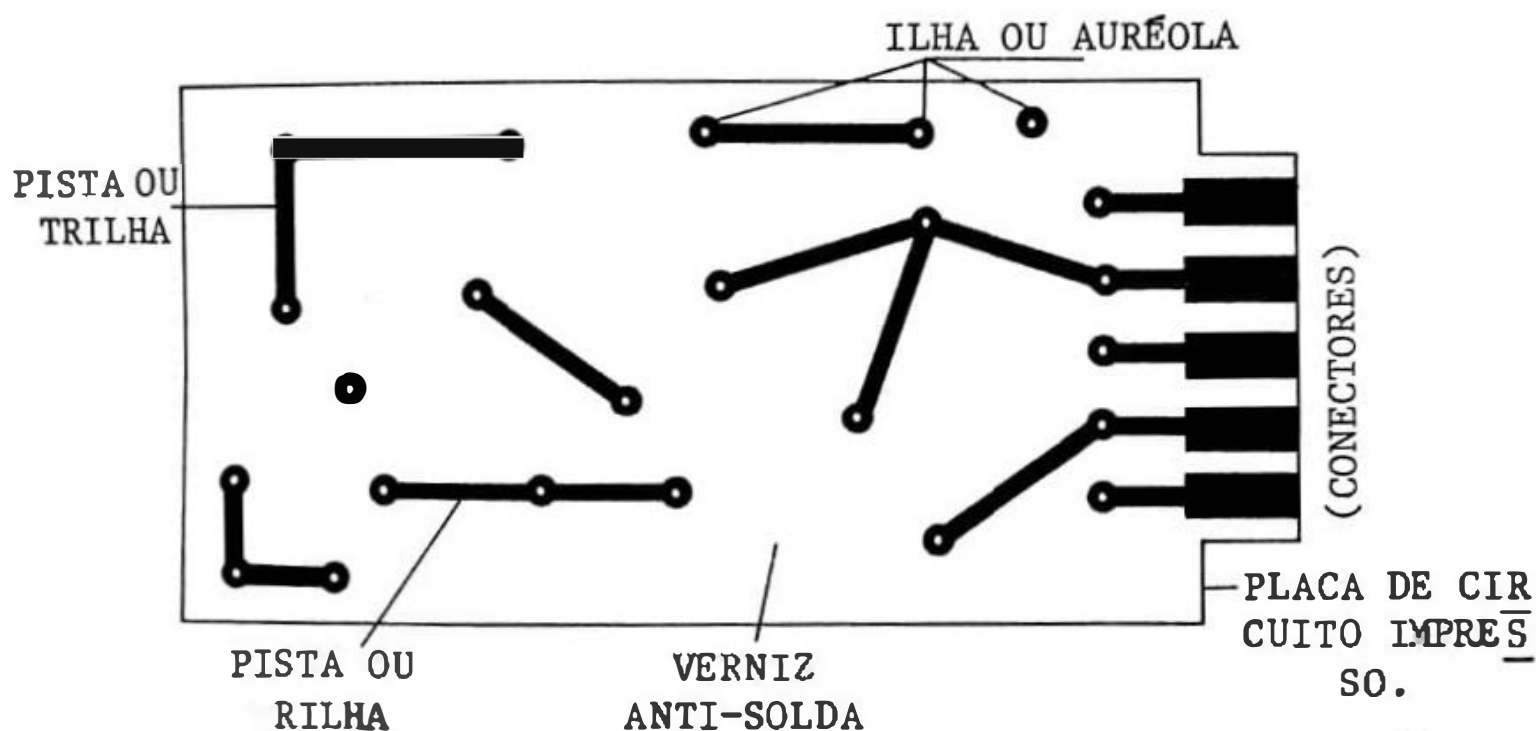


As placas de circuito impresso, encontradas no mercado, em seu tamanho original, variam de fabricante para fabricante. Elas podem ser encontradas, em geral, nas seguintes medidas: 900 x 1200mm ou ainda 1000 x 1200mm. De espessura variam de 0,8 a 2mm. A mais utilizada é a de 1,6mm, ou ainda, as de 1mm e 2mm.

As figuras 14, 15 e 16 ilustram o aspecto detalhado de placas de circuito impresso, com a nomenclatura que acabamos de expor.

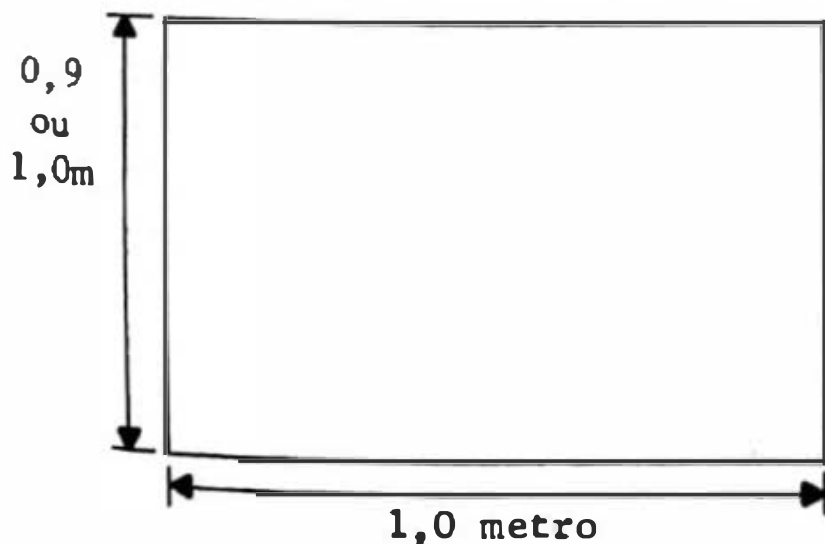
A largura da pista ou trilha não obedece a um padrão pré-determinado, depende da corrente que irá passar por ela. Na prática, usa-se 1mm de pista para cada 0,2 A (200 mA). Para aumentar a capacidade de largura da pista, coloca-se um filete de solda sobre ela.

FIGURA 14



As placas de fenolite de simples face com espessura de 1,6mm pensam, em média, aproximadamente 2,2Kg/m², e 3,3Kg/m²,

ASPECTO DE UMA PLACA VIRGEM



ESPESSURA

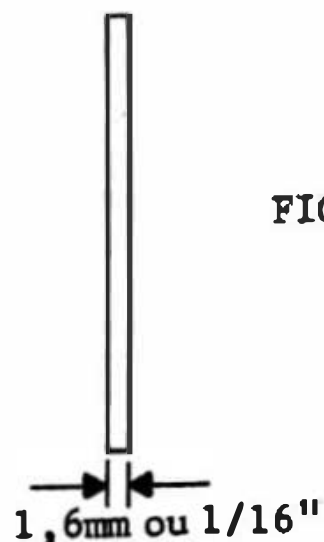


FIGURA 15

quando for de epóxi (Figura 16)

Se desejarmos saber o peso de uma placa de Fibra de Vidro, medindo 500 x 200mm, basta calcularmos a área em m² e multiplicarmos por 3,3Kg/m². Desta forma,teremos:

$$0,5 \times 0,2 = 0,1 \text{ m}^2$$

$$0,1 \times 3,3 = 0,33 \text{ Kg (peso da placa)}$$

FIGURA 16

Fibra de vidro 3,3Kg/m²	Fenolite 2,2Kg/m²
--	--

Matéria prima usada na confecção das placas

Existem 3 tipos básicos de materiais usados na confecção das placas. O de custo mais baixo é o fenolite, possui algumas desvantagens: absorve umidade e empena com o calor, possui uma coloração que vai do amarelo ao marrom-escuro.

Podemos ainda destacar a resina de papel que é quase similar ao fenolite cuja cor é creme.

E, por último, destacamos a matéria prima mais empregada na fabricação de placas, a epóxi, fibra de vidro. Este nome provém do fato de ser um produto final da mistura de fibra de vidro com a resina epóxi, tornando a placa altamente resistente e quase imune a deformações, além da vantagem de não absorver umidade. Possui algumas desvantagens como: alto custo, cerca de duas vezes o preço de uma placa de fenolite, além de

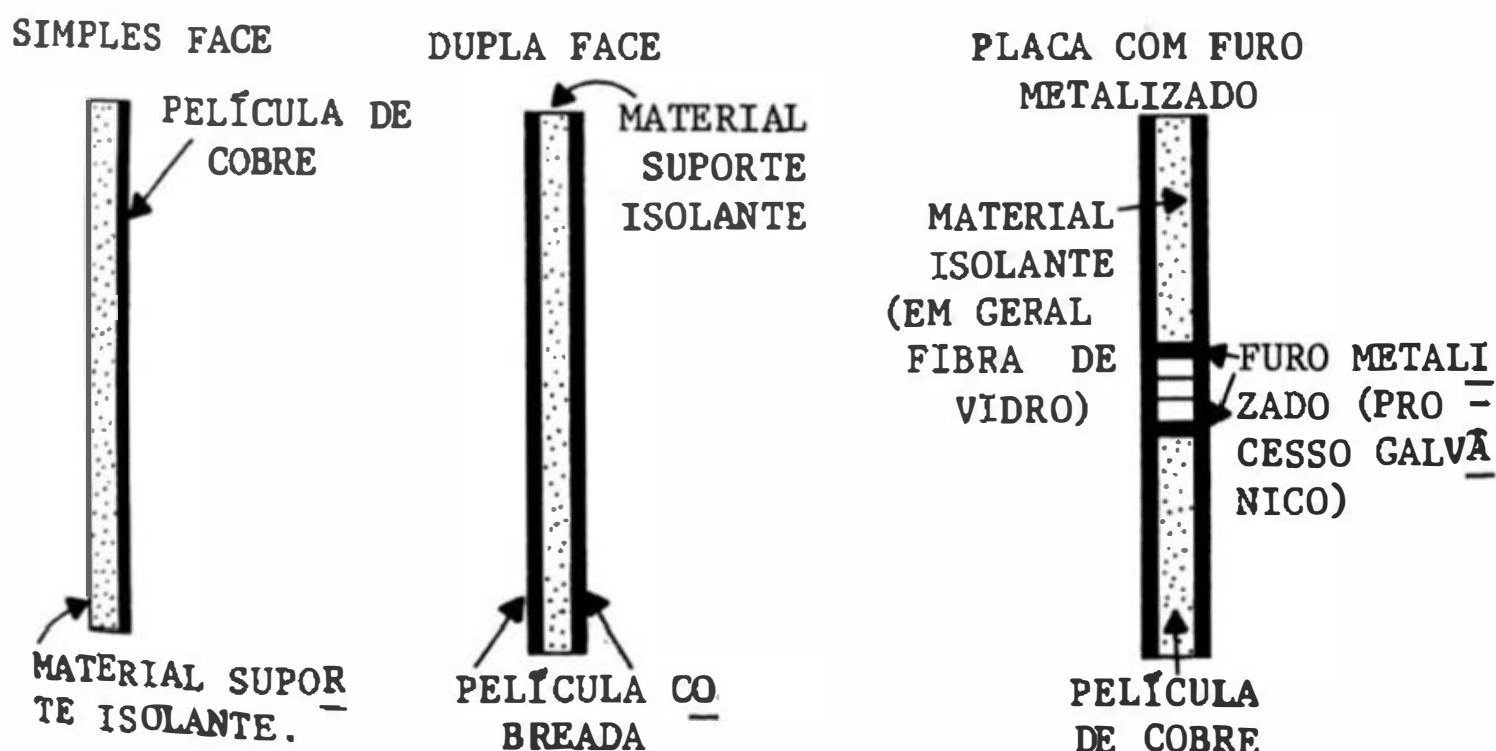
ser difícil de trabalhar, principalmente, no corte e na furação.

Com relação ao cobreado, podemos encontrar 3 tipos de placas de circuito impresso. A primeira delas, a mais simples, o aluno já deve ter visto, ou pelo menos, já tenha alguma idéia sobre ela. É a chamada, simples face, que consiste do revestimento de uma só face da placa com a película de cobre, às vezes, exigindo fios para interligar os componentes, como os jumpers já mencionados anteriormente.

Encontramos também placas, tanto de fenolite, como de epóxi, de dupla face, com ambos os lados revestidos por uma película de cobre. Com este tipo, eliminamos, quase por completo, o uso de jumpers. Nas placas de epóxi, é aplicado um processo galvânico, onde os furos são metalizados, garantindo uma perfeita ligação em ambas as faces.

Várias placas justapostas, entre si, formando um verdadeiro sanduíche, constituem outro tipo de cobreado, chamado de múltipla face (multilayer). Porém só são usadas para montagens especiais, devido a seu alto custo. A figura 17 ilustra algumas placas, para melhor visualização.

FIGURA 17



Corte da placa

A primeira dificuldade que poderá ocorrer para aquele que vai montar determinado circuito, será quanto ao tamanho da placa que é vendida, medindo, geralmente, 1000 x 1200mm.

Existem casas especializadas que vendem em pedaços bem menores, mas nem sempre satisfazem a exigência do comprador, sendo necessário efetuar alguns cortes na placa.

Diversos métodos podem ser utilizados para tal evento, cada um deve usar aquele que melhor se adaptar.

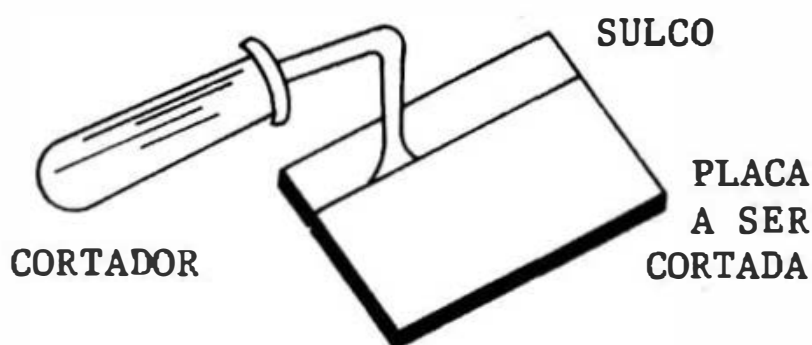
A primeira idéia que surge é o uso de serras. Podemos destacar dois tipos: as manuais e as motorizadas. No caso de uma manual, tico-tico, por exemplo, esta deve possuir dentes bem miúdos, porém deixa um acabamento imperfeito nas bordas, sendo necessário, após o corte, um lixamento.

Podemos utilizar as serras motorizadas, entretanto são de custo elevado e não é aconselhável adquiri-las só para este fim.

Cortador - É o método mais simples e econômico. É usado em conjunto com uma régua de metal, para a marcação do local de corte. Inicialmente riscamos a placa na face cobreada com o cortador. A seguir passamos vigorosamente a ferramenta de corte em todo o contorno, onde desejamos cortar. Daí é só forçar a placa no lugar certo que ela partirá com facilidade. O acabamento final pode ser feito com uma lixa fina.

A figura 18 mostra o aspecto de um cortador do tipo que acabamos de mencionar.

FIGURA 18

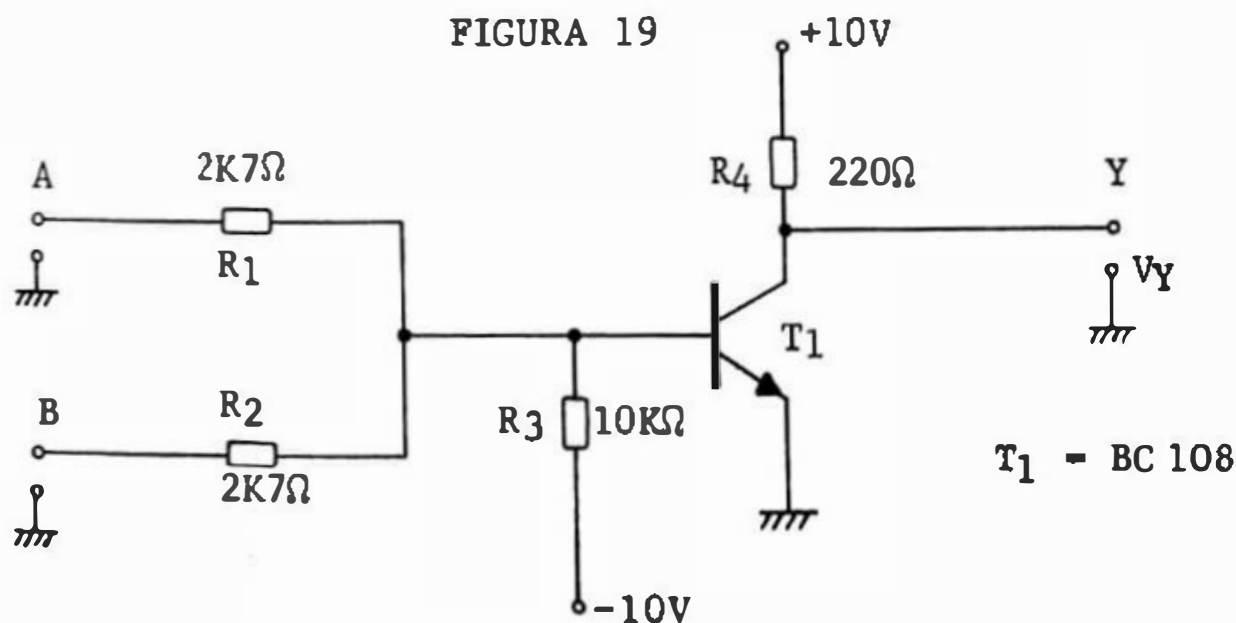


Existem ainda outras ferramentas para o corte de placas como: prensas, tesoura, guilhotina, etc. Porém, em sua maioria, são utilizadas por indústrias, para a fabricação em larga escala.

CONFECCÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Até agora, mostramos tipos de placas, a maneira de se cortar, especificações de cada uma, etc. Veremos, a seguir, o processo de confecção de uma placa. Daremos um método simples e de fácil execução, destinado àqueles que irão realizar montagens uma vez ou outra.

Suponhamos um circuito bem simples, um diagrama esquemático, de uma porta lógica, que executa a função "NÃO OU" (NOR), como indica a figura 19.

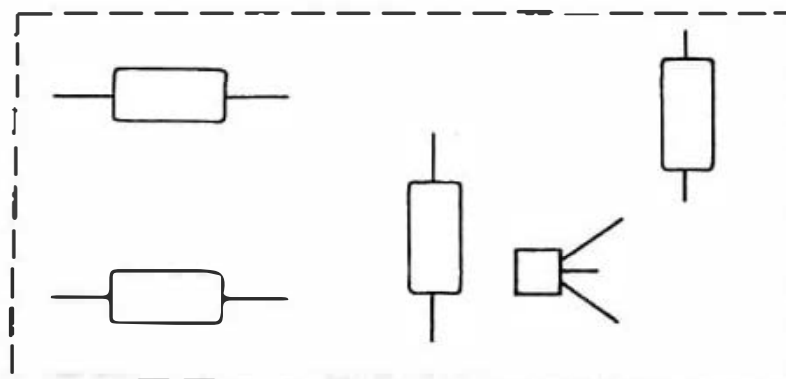


Inicialmente, devemos estudar e conhecer o diagrama esquemático, antes de começarmos a desenhar o circuito impresso.

Devemos ter todos os componentes à mão, para determinarmos a posição de cada um deles e o espaço que cada um irá ocupar. A partir daí, passemos à segunda etapa, ou seja, à elaboração do "lay-out". Este termo designa o esboço ou distribuição dos componentes sobre a placa de circuito impresso.

Daí comece distribuindo os componentes um a um, de acordo com as ligações. Esta distribuição é mostrada pela figura 20. Você dimensionará o tamanho da placa necessária para a montagem. Deve-se tomar cuidado quanto à exata dimensão e localização dos furos, onde os componentes serão soldados mais tarde.

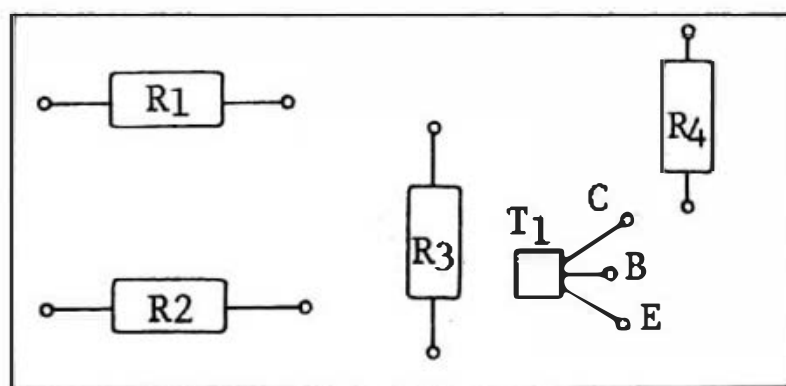
FIGURA 20



DISPOSIÇÃO
DOS COM-
PONENTES

O desenho final com os respectivos furos é indicado na figura 21.

FIGURA 21



Devemos, a seguir, marcar os furos a serem executados na placa. Com um pedaço de papel do tamanho da placa e do "lay-out" e utilizando um carbono, transferimos os furos marcados no "lau-out" para o papel e o fixamos sobre a placa. Ver figura 22.

Com o papel apoiado sobre a placa, é possível executar a furação com o uso de furadeiras elétricas manuais ou tipo mini, que funcionam em geral com 12V (DC). No caso de se utilizar uma furadeira manual, poder-se-á executar o trabalho di-

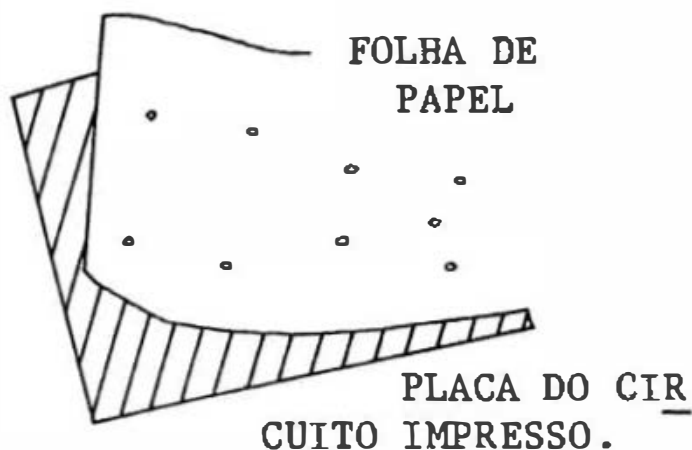


FIGURA 22

retamente sobre a placa. (figura 23)

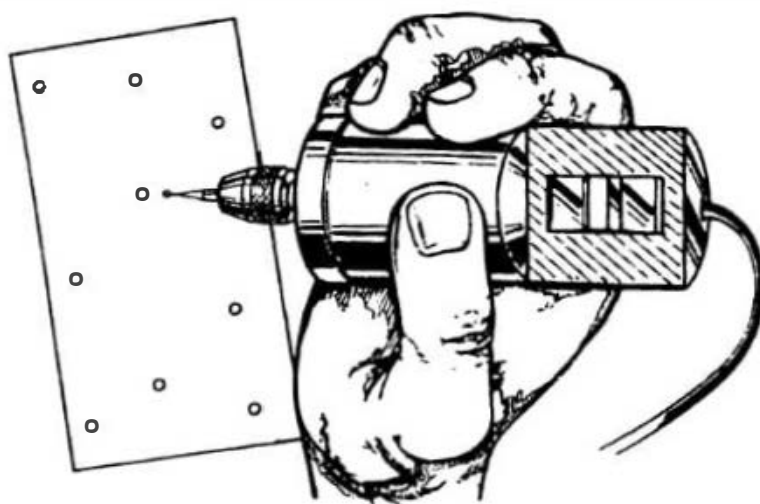


FIGURA 23

Se o aluno dispuser de uma furadeira elétrica, puncione os locais dos furos, a fim de que a broca se oriente e não escape da placa.

Para montagens esporádicas, o ideal é o perfurador manual. Porém as placas de fibra de vidro sô podem ser furadas com brocas.

Após a perfuração, retire o papel e limpe a placa com bom-bril, tomando o cuidado para não tocar a parte cobreada com as mãos, para não depositar nela substâncias gordurosas dos dedos.

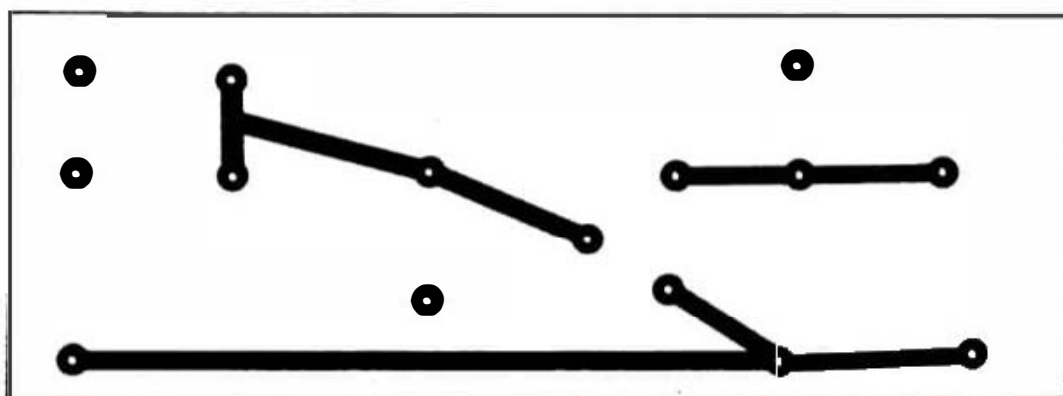
A seguir, devemos efetuar o traçado na placa, com o auxílio de caneta e tinta apropriadas. É o método mais econômico e pode ser feito à mão livre ou com auxílio de réguas e esquadros. Este é um trabalho delicado e requer um pouco de paciência, para evitar curtos-circuitos. A tinta utilizada na traçagem deve ser resistente ao processo de corrosão e de secagem rápida. Em caso de enganos, ao executar a traçagem, retire bem a tinta com solventes do tipo (thiner ou acetona).

A tinta geralmente é vendida mais grossa, devemos dissolvê-la, pingando algumas gotas de thinner ou acetona e ir misturando com um palito ou cotonete, até se obter a textura ideal.

Não deixe a tinta muito fina, para que não escorra, nem muito grossa, para evitar que entupa a caneta. Mas se isto ocorrer, basta desobstruir, com um araminho bem fino, o interior da pena.

A figura 24 indica o traçado feito para o nosso circuito, as pistas, ilhas e detalhes necessários.

FIGURA 24



Concluída a traçagem, devemos fazer a corrosão do cobre, conhecida, do inglês como (etching), ou seja, a parte cobreada que não recebem tinta, deve ser corroída pela ação química, da solução corrosiva.

Os locais cobertos pela tinta não sofrerão corrosão, pois formam uma capa protetora e serão as futuras pistas condutoras do circuito. Utiliza-se uma solução de percloroeto de ferro, dissolvida em água, numa proporção de 300 a 400 gramas de percloroeto para cada litro de água. O percloroeto não deve ser exposto à umidade, devido ao seu alto teor de absorção.

O tempo de corrosão varia de acordo com a temperatura ambiente, em temperatura por volta de 20°C, o tempo pode variar de 20 a 30 minutos. Se optar por um tempo menor, deve-se usar uma solução aquecida entre 50°C e 60°C, levando, neste caso, mais ou menos 5 minutos para a corrosão total. É preciso ter

cautela, primeiramente, quanto ao percloreto, este deve ser dissolvido em água fria e, aos poucos, ir adicionando nela água quente. Deve haver precaução ao executar esta etapa, pois dissolvendo-se diretamente o percloreto em água quente, haverá uma reação violenta, ocorrendo respingos para fora do recipiente utilizado.

Todo esse processo deve ser feito em recipientes de plástico ou de vidro, no caso de utilizarmos água quente, o recipiente de vidro deverá ser de pirex, a fim de evitar que o mesmo se trinque (figura 25).

A solução, após o uso, poderá ser guardada em um recipiente de vidro ou de plástico.

Quando for utilizada novamente, deixe os resíduos permanecerem no fundo do frasco, pois eles dificultam a corrosão.

OBS.: Coloque sempre o percloreto na água e não o inverso.

FIGURA 25



Feita a corrosão, lave bem a placa com água, eliminando todos os resíduos de percloreto de ferro e secando-a logo em seguida. Depois de seca, faz-se a remoção da tinta usada na traçagem. Este processo é conhecido por "stripping". Utiliza-se, para isto, um pedaço de algodão embebido em acetona ou thinner.

Para se evitar impregnação de sujeiras e oxidação do cobre, que podem ocasionar maus contactos, é necessário efetuar uma proteção para a placa.

Um verniz feito em casa, na proporção de: 100 a 150 gramas de breu por litro de álcool, pode ser aplicado à placa.

Pode-se ainda utilizar uma prateação química, bastando imergir a placa na solução já pronta. Todavia é uma proteção bem mais cara, uma vez que o preparado utilizado é à base de nitrato de prata.

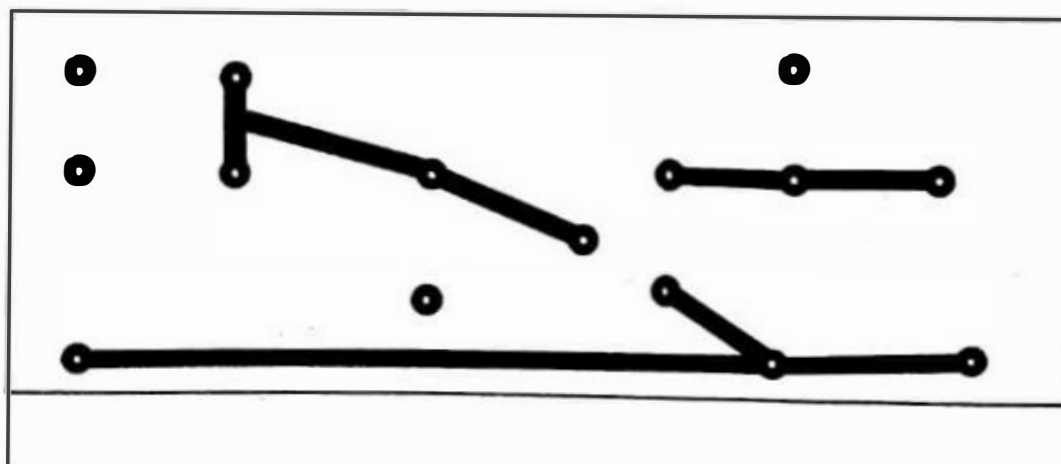
Em ambos os casos: com o verniz protetor ou com a prateação, temos um ótimo acabamento para a placa, protegendo-a contra sujeira e oxidação, além de tornar mais fácil a aderência da solda.

Terminado este acabamento, a placa já estará pronta para a montagem e colocação dos componentes.

Coloque os componentes sem cortar os terminais. Efetue a soldagem e corte os terminais, em excesso, com um alicate de corte.

Nas figuras 26 e 27, ilustramos o circuito impresso do lado cobreado e do lado dos componentes.

LADO COBREADO DA PLACA



VERNIZ

FIGURA 26

LADO DOS COMPONENTES

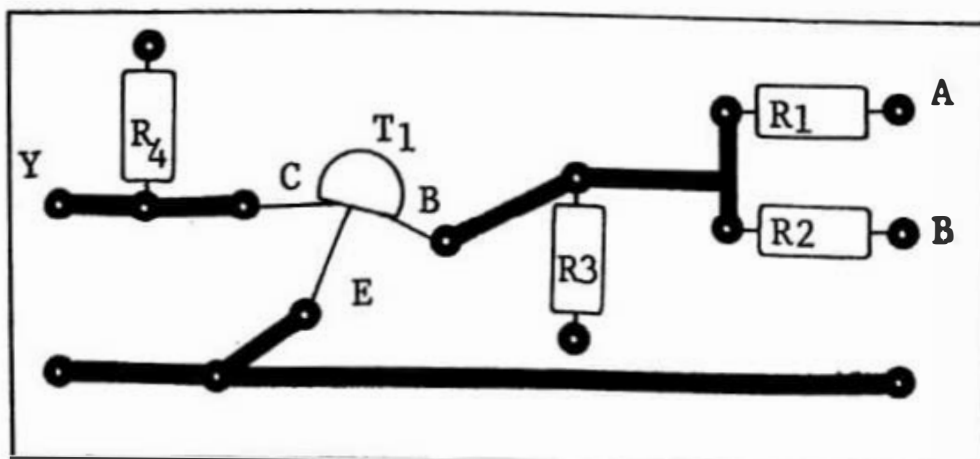


FIGURA 27

Ainda é possível reduzir um pouco mais o tamanho da placa de circuito impresso, para isto, basta montar os componentes em pã (resistores e capacitores). Porém é preciso desenhar novamente a placa.

Vamos considerar outro diagrama, para o aluno obter mais um esquema prático. Trata-se de um multivibrador estável. A figura 28 o ilustra.

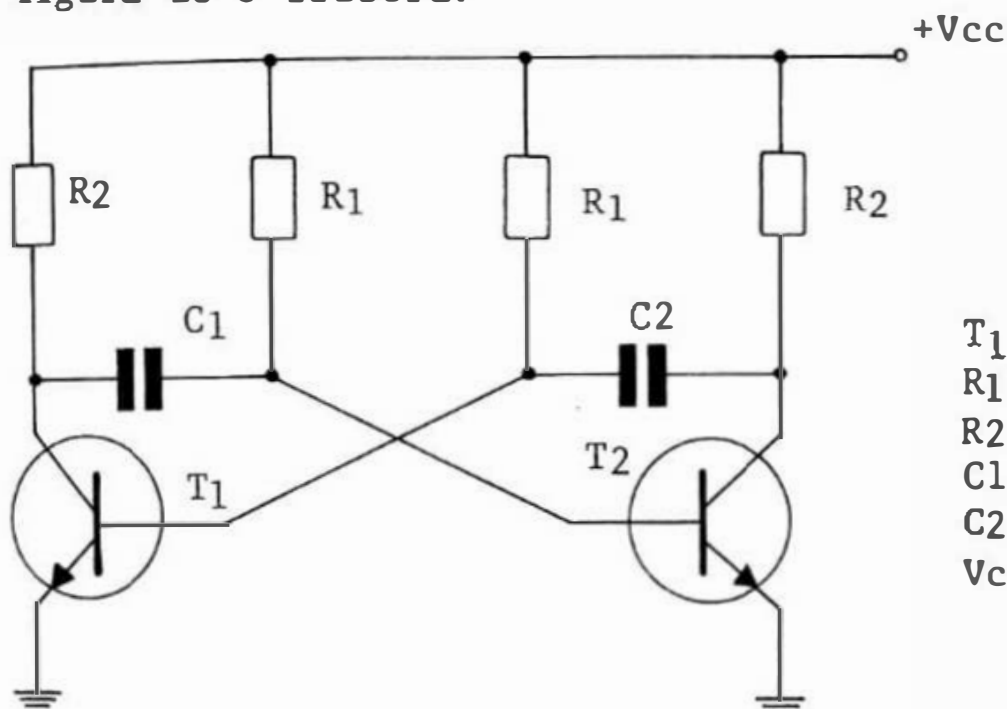
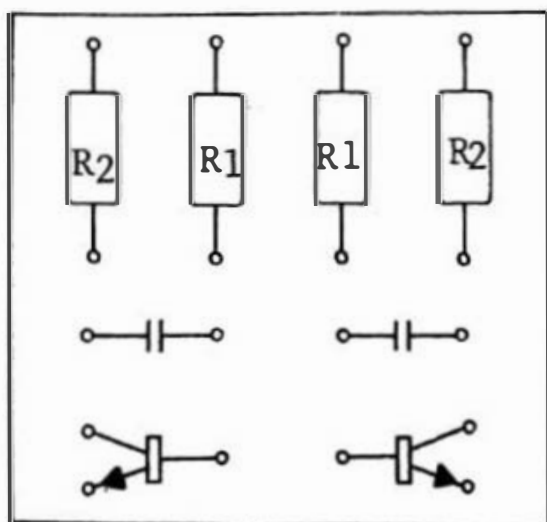


FIGURA 28

$T_1 = T_2 = \text{BC108}$
 $R_1 = 500\text{K}\Omega$
 $R_2 = 1\text{K}\Omega$
 $C_1 = 10\text{nF}$
 $C_2 = 47\text{nF}$ { Poliéster
 $V_{cc} = 15 \text{ volts}$

Inicialmente, com os componentes à mão, disponha-os sobre um papel da melhor maneira possível, de modo corresponder aos respectivos furos, como indica a figura 29.

FIGURA 29



A seguir, deve-se alinhar o papel com a placa, já cortada no tamanho ideal e marcar os furos dos terminais dos componentes. Como o circuito é simples, pela disposição dos furos, o aluno poderá completar as ligações. Se for um circuito mais complexo, devemos utilizar uma folha de papel carbono entre o desenho (lay-out) e a placa, em seguida você deverá executar as ligações entre os pontos de furação na placa (lado cobreado). Devendo estar a face cobreada sempre limpa, conforme mencionamos anteriormente.

Utilizando a caneta (cuja tinta já sabemos, não deve ser atacada pelo perclorreto) copia-se, sobre a placa, o desenho do circuito impresso. Se tiver utilizando carbono, basta seguir as impressões na placa.

A figura 30 indica a placa pronta para receber o banho corrosivo.

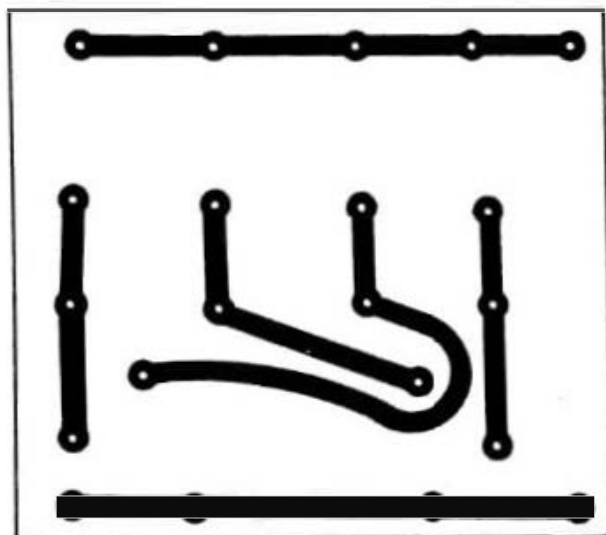


FIGURA 30

Feito o banho corrosivo e limpa a placa, tem-se a seguinte disposição para os componentes: (Figura 31)

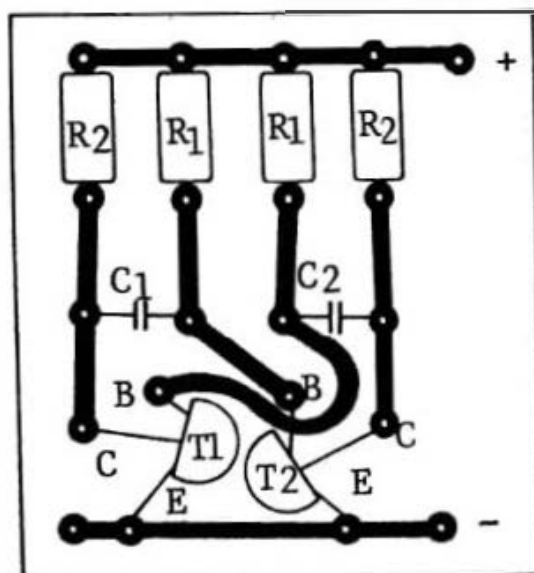


FIGURA 31

Acreditamos haver proporcionado ao aluno as informações necessárias para a fabricação de circuitos impressos.

Como acabamos de ver, a confecção dos circuitos impressos não apresenta nada de extraordinário, porém daremos, a seguir, alguns conselhos àquele que vai executar uma montagem.

Utilize um ferro de soldar de pequena potência, a fim de evitar o aquecimento excessivo dos componentes, o que poderá danificá-los. A ponta do ferro, a placa e os componentes devem estar sempre limpos. Procure executar uma soldagem, sem formar excesso de solda, pois isto tira toda a estética do circuito, podendo até ocasionar curto-circuito entre duas trilhas adjacentes.

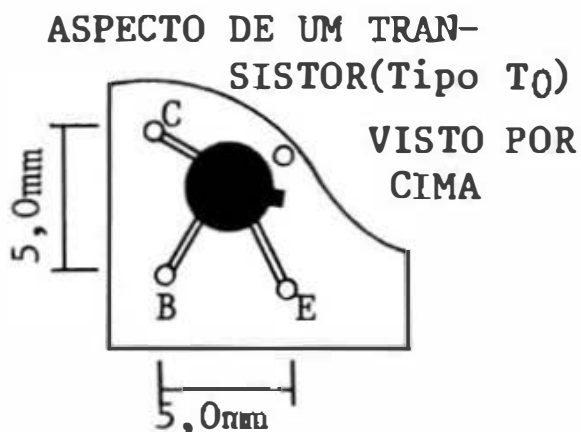
Procure utilizar, para circuitos impressos, solda especial, com teor de fusão mais baixo (solda com maior porcentagem de estanho). Comumente, é utilizada a solda tipo 60/40, com 60% de estanho para 40% de chumbo. Faça uma boa conexão de fios aos terminais e não deposite solda em excesso na junção do fio ao terminal, pois, além do mau aspecto que isto causará, poderá haver excesso de calor, devido ao acúmulo de solda e, conseqüentemente, a fusão do isolamento do fio.

A distribuição dos componentes sobre a placa varia de circuito para circuito. Deve-se ter o cuidado de fazer um perfeito alinhamento dos furos da placa com os terminais dos componentes, evitando o inconveniente de alargar os furos. Um cuidado especial deve ser levado em conta para componentes de três terminais, como: transistores, em geral, TRIAC, SCR e outros. Num transistor, por exemplo, qualquer variação em dois de seus terminais acarretará a impossibilidade da conexão do terceiro. Se o problema for espaço, a posição vertical resulta também num bom acabamento, válido para capacitores e resistências em geral.

As figuras 32 e 33 ilustram esses aspectos de montagem. A ilustração 34 mostra uma ligação com uma resistência e um capacitor cerâmico juntos.

Os transistores, tipo TO, como ilustra a figura 32, apresentam certa flexibilidade para com os seus terminais, pois eles são relativamente longos, permitindo certos deslocamentos entre si.

FIGURA 32



visto de lado

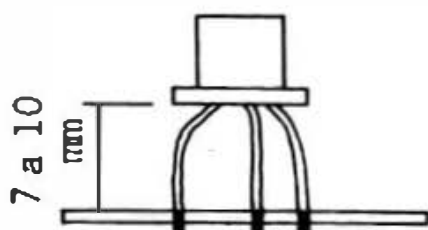
LADO COBRE
DO DA PLACA

FIGURA 33

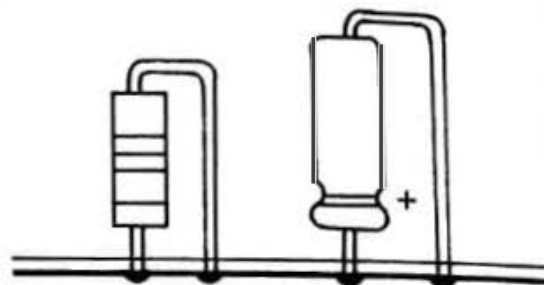
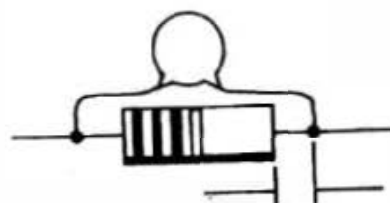


FIGURA 34

DISTÂNCIA MÍNIMA
1mm.

Temos ainda transistores, tipo T₀ e SOT, que oferecem me
nor mobilidade (Figura 35). Os seus terminais são mais rígi-
dos e o cuidado deve ser maior. Outros tipos de encapsulamen
tos como os transistores de potência(Figura 35A), não oferecem
flexibilidade, devido à rigidez dos terminais.

FIGURA 35

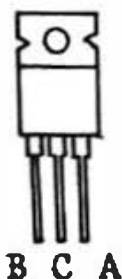
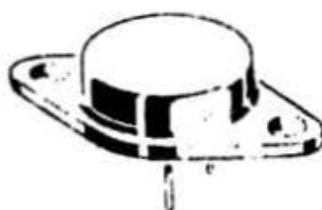
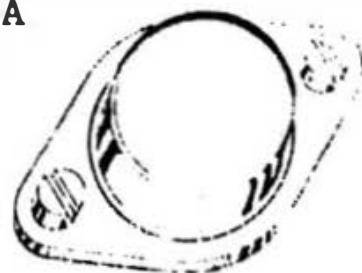
SOT 32-2
T₀ 3PT₀-220

FIGURA 35A



SOT-9

T₀-3

De todos os componentes, os mais críticos, os que requerem um cuidado todo especial, sem dúvida alguma, são os circuitos integrados, devido à quantidade de terminais de que são dotados. Qualquer variação que ocorra nesses circuitos, por mínima que seja, impossibilitará a conexão dos mesmos às placas. É aconselhável utilizar soquetes para circuitos integrados, pois, no caso de querer substituí-los, será fácil a remoção deles.

Certos componentes de tamanho maior em montagens compactas exigem uma instalação correta e precisa. Vez ou outra, surgem dúvidas quanto à perfeita colocação destes, como, por exemplos, de lâmpadas tipo neon, de potenciômetros em geral, de chaves de onda, de transistores de potência com dissipadores, etc. As figuras 36, 37, 38 e 39 ilustram vários componentes e a maneira correta de se efetuarem perfeitas conexões, evitando o perigo de um deslize ou escorregamento por parte do mesmo.

Ligação de um porta-fusíveis

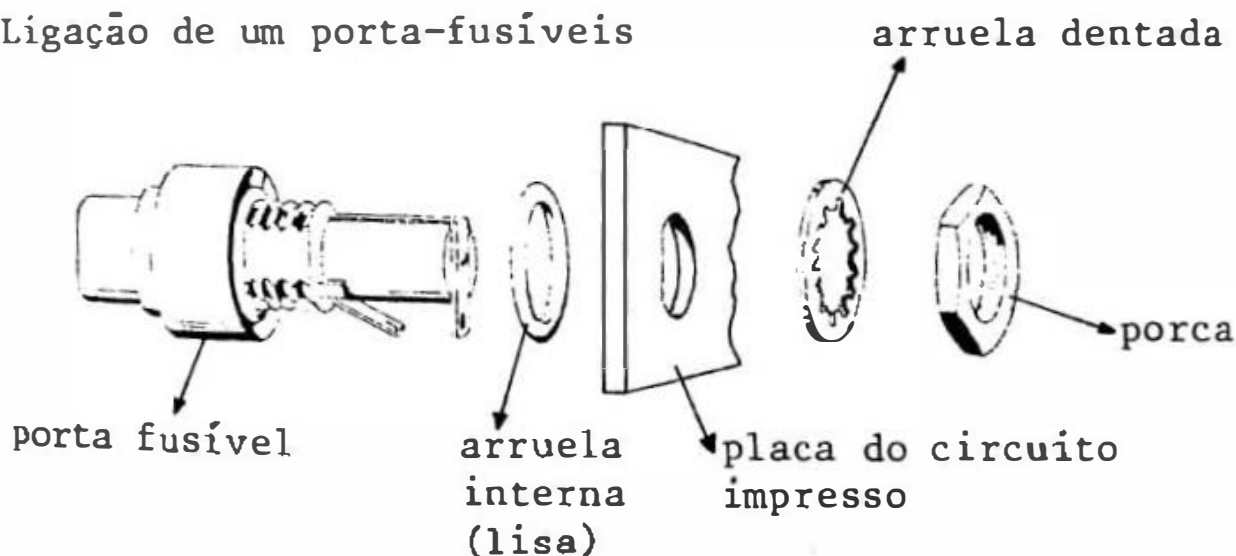


FIGURA 36

Instalação típica de um potenciômetro

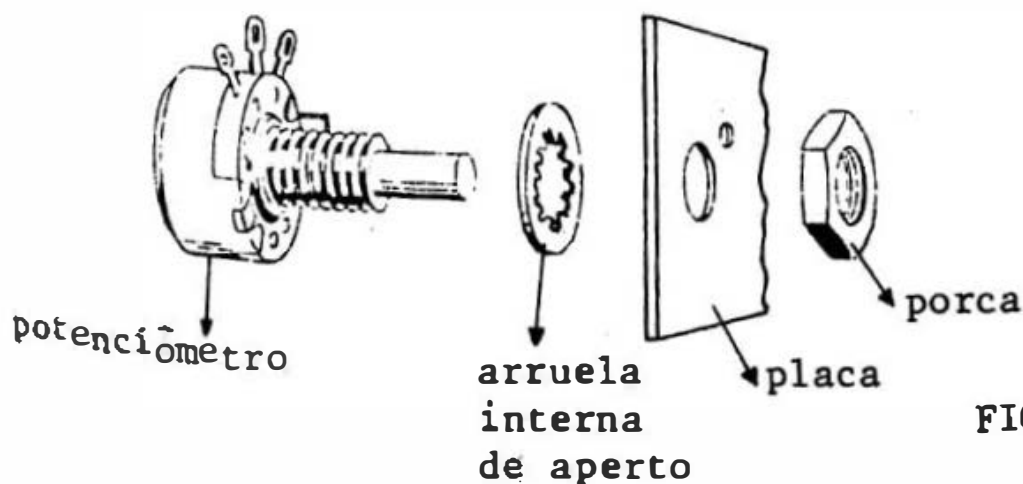


FIGURA 37

Montagem não isolada de transistor de potência.

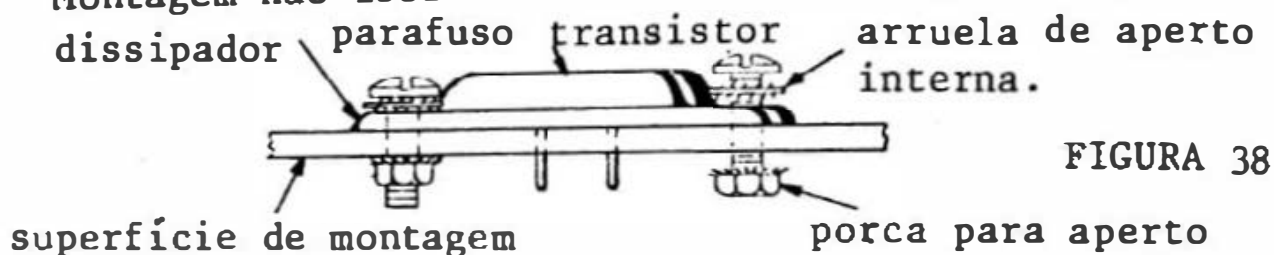


FIGURA 38

Montagem típica de uma lâmpada.

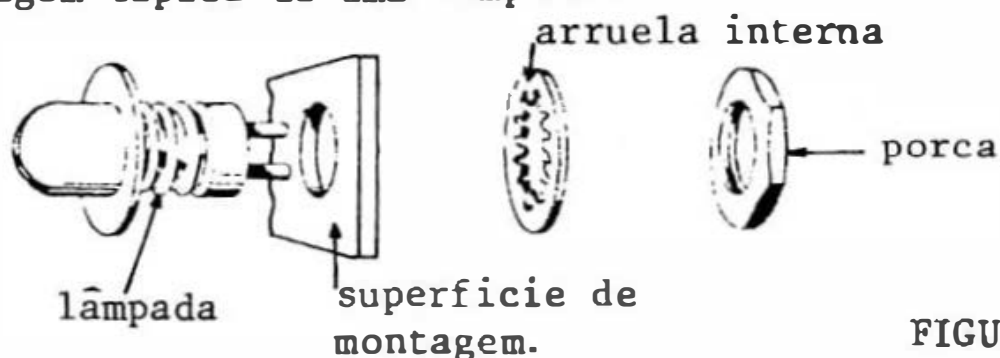
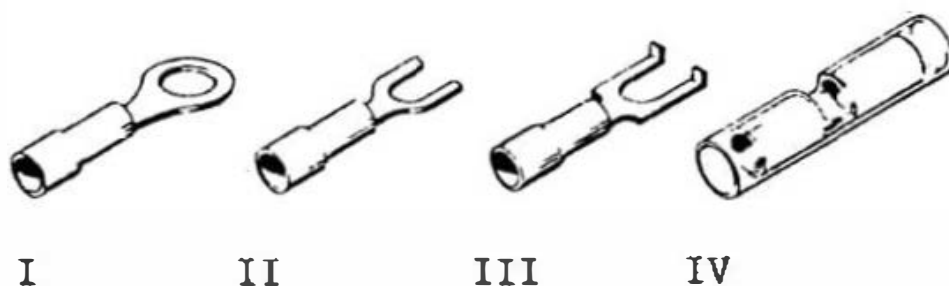


FIGURA 39

Outra maneira de se fazer ligação de fios a vários terminais distintos é através de conectores. Geralmente, são de pequenas dimensões, embora existam em tamanhos e tipos variados, podendo até serem isolados. A figura 40 mostra alguns conectores que são usados com maior frequência.

FIGURA 40



Estes conectores foram feitos para fios de bitolas $\neq 22$ AWG até $\neq 10$ AWG. Existem outros tipos desprovidos de isolamento e são utilizados para fios de bitola $\neq 8$ até $\neq 2$ AWG e cabos 1/0 a 4/0.

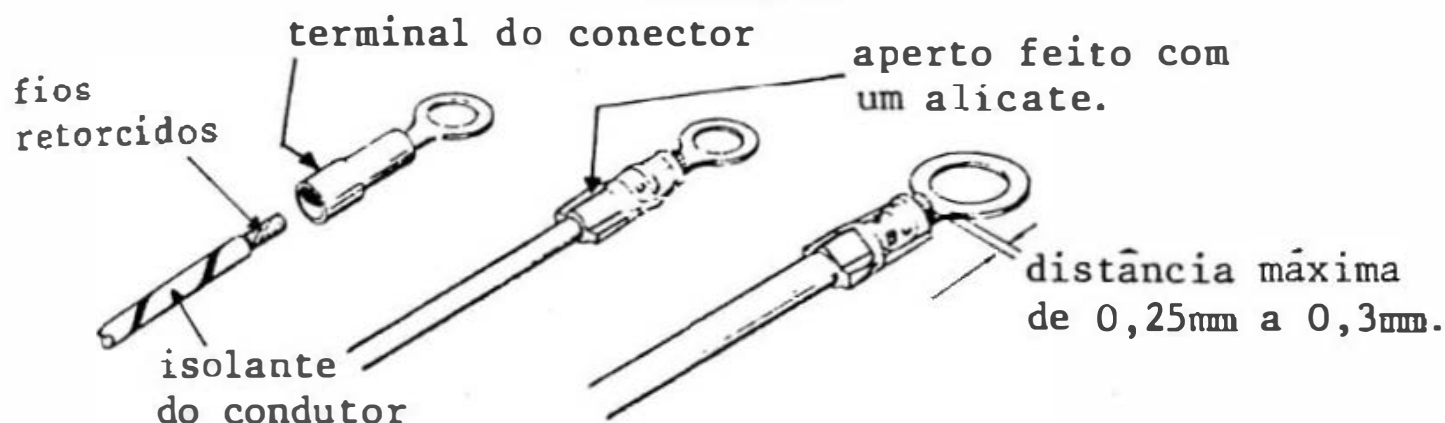
O conector tipo II, também conhecido como tipo enxada, devido à sua forma, é normalmente usado em terminais de relés, para conexão de caixas acústicas e amplificadores e/ou outro aparelho qualquer. O tipo I, conhecido por conector em anel, é utilizado junto com aplicações que envolvam parafusos

em geral e que devam ser conectados a fios. O quarto tipo, chamado de união, faz a ligação de dois fios que provêm de circuitos diferentes.

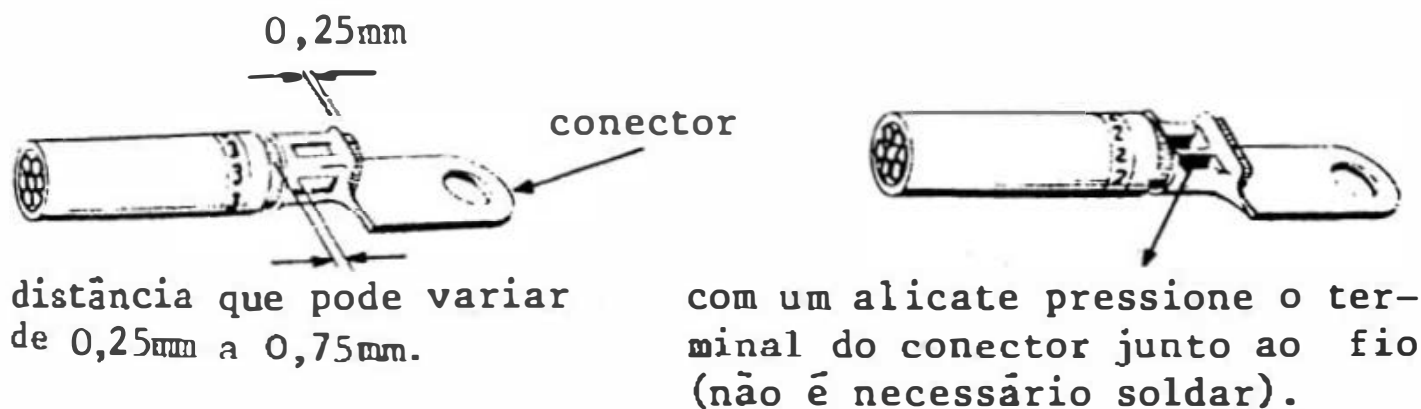
Outros tipos devem ser usados em componentes que aceitem ou sirvam para se efetuar a respectiva conexão.

A maneira correta de se fazer a ligação fio/conector é mostrada, em detalhes, na figura 41.

FIGURA 41



Abaixo temos outro tipo de ligação, mostrando agora um cabo.



A experiência mostra que muitos técnicos profissionais executam montagens de circuitos, sem se preocuparem com o aspecto prático do mesmo. Isto se deve talvez ao fato de que as revistas especializadas no gênero apresentarem o esquema de ligação, sem levar em conta um estudo mais aprofundado do circuito.

Esperamos que nossos alunos, ao defrontarem com circuitos bem complexos, tirem o máximo proveito possível, para a construção futura da placa. Quando determinado circuito não funcionar a contento, examine cada um dos componentes, a fim de encontrar a falha e, assim, com toda a certeza, você se sentirá gratificado de ter realizado a sua montagem.



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 CEP 86100 LONDRINA - PARANA

EXAME DA LIÇÃO MP-6

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) A necessidade de se utilizar uma placa de duas faces, ao invés de uma de face única, deve-se ao fato de que:
 - a) a placa de circuito impresso fica com um aspecto melhor;
 - ☒ b) com a placa de duas faces se evita um número excessivo de "jumpers";
 - c) com a placa de duas faces há uma economia de verniz;
 - d) nenhuma das respostas anteriores.

- 2) Uma fábrica de placas de circuitos impressos efetuou a confecção de 10.000 placas de fenolite, medindo 450mm x 150mm. Um aluno do curso C.E.D.M. foi contratado para calcular o peso de todas elas. Pergunta-se: Qual o peso aproximado que o aluno encontrou?
 - a) 0,1485 Kg;
 - b) 148,5 Kg;
 - ☒ c) 1485 Kg;
 - d) 2227,5 Kg.

Handwritten calculations and notes:

$$0,45 \times 0,15 = 0,0675$$

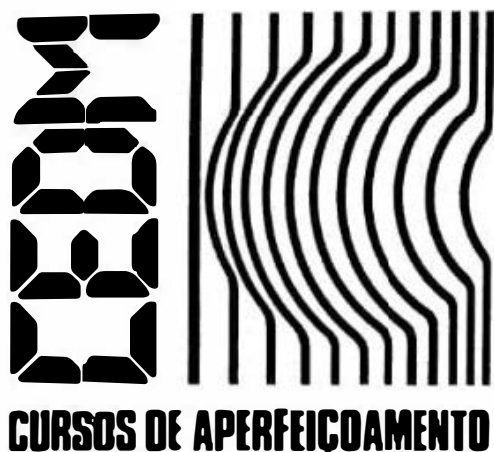
$$0,0675 \times 10000 = 675$$

$$675 \times 2,14 = 1452,5$$

1485

- 3) Quais os componentes que requerem uma atenção especial ao se executar a furação em uma placa de circuito impresso?
- a) resistores e capacitores;
 - b) transistores e resistências;
 - ☒ c) circuitos integrados e transistores;
 - d) só os potenciômetros.
- 4) Para não danificar componentes muito sensíveis à soldagem, devemos utilizar:
- ☒ a) garras ou alicate de pinça para dissipar o calor;
 - b) solda fria;
 - c) soldadores de potência alta;
 - d) N.R.A.
- 5) O que pode ser feito para diminuir o tempo de corrosão?
- a) colocar gelo na solução;
 - b) agitar a solução de percloreto com água;
 - ☒ c) aquecer a solução e aumentar o concentrado de percloreto;
 - d) ferver duas vezes a solução e adicionar acetona.
- 6) Uma boa proteção para a superfície cobreada de uma placa de circuito impresso pode ser feita com:
- a) 400 gramas de breu, para cada litro de éter ou prateação química;
 - b) 100 a 150 gramas de breu, para cada litro de água, ou uma solução concentrada de sulfato de cobre;
 - c) prateação química, ou uma solução bem fraca de perclor_{to} de ferro;
 - ☒ d) 100 a 150 gramas de breu para cada litro de álcool ou prateação química.
- 7) Os termos usados para designar a remoção de tinta usada na traçagem e a corrosão do cobre provêm do inglês e são respectivamente:
- a) etching e jumpers;
 - b) stripping e nitriding;
 - ☒ c) stripping e etching;
 - d) etching e stripping.

- 8) Para se efetuar uma boa soldagem, são necessários os seguintes requisitos:
- a) adquirir um ferro de soldar de 500 watts e solda com 80% de estanho;
 - ☒ b) estanhar a ponta do ferro de soldar e executar a soldagem com solda de boa qualidade;
 - c) nunca estanhar o ferro de soldar e utilizar sempre o máximo de solda;
 - d) utilizar um ferrão de soldar o mais potente possível, com uma mistura de solda e mais resina apropriada.
- 9) Em uma placa de circuito impresso, qual é o parâmetro que determina a largura de uma pista?
- a) a tensão entre seus terminais;
 - ☒ b) a corrente que irá passar por ela;
 - c) o número de componentes que vão ser utilizados;
 - d) depende da finalidade do circuito.
- 10) Quais as vantagens que apresentam as placas de circuito impresso de fibra de vidro, com relação as de fenolite?
- a) São mais resistentes e possuem um custo bem baixo;
 - b) São fáceis para se trabalhar, e mais maleáveis;
 - ☒ c) Não absorvem umidade, são altamente resistentes e praticamente imunes a deformações;
 - d) Não apresentam vantagens com relação a placa de fenolite.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-7

FONTES DE ALIMENTAÇÃO

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos circuitos eletrônicos, se não a totalidade deles, necessita de corrente contínua para trabalhar. Na lição E-14, fizemos uma breve introdução e explanamos conceitos como: retificação, filtragem, etc. Na presente apostila trataremos do assunto com mais detalhes, fornecendo aos alunos dados imprescindíveis para a execução e projeto de fontes, sejam elas reguladas ou não.

Em princípio, o aluno já deve ter em mente que as fontes de alimentação apresentam duas operações que consideramos fundamentais. São elas: a retificação e a filtragem. Porém um dado importante, mas não necessário, é a estabilização da referida fonte.

Sabemos que os retificadores são usados para mudar a corrente ou tensão alternada para contínua, com alguma ondulação (ripple), que pode ser eliminada com a ajuda dos filtros. Podem também as fontes dispor ou não de transformadores. Porém, quase sempre, requeremos uma tensão de trabalho relativamente baixa, não compatível com a tensão usual de nossas residências e, neste caso, na maioria das vezes, são usados também

os transformadores. Discutiremos aqui o sistema completo, que recebe a energia alternada da rede e que transforma em contínua, pronta para ser utilizada. A este sistema chamaremos de fontes de alimentação.

Na lição E-14, descrevemos os retificadores juntamente com os filtros, que são considerados fontes de alimentação não reguladas ou não estabilizadas. É interessante que o aluno retorne à referida apostila, a fim de revisar os conceitos básicos, pois trataremos de um assunto importante que é a estabilização.

FONTES DE ALIMENTAÇÃO REGULADAS

As fontes estão sempre sujeitas a variações de tensão na saída, devido a uma flutuação da rede local, a uma filtragem deficiente ou ainda a um aquecimento excessivo dos semicondutores. Para evitarmos esses inconvenientes e trabalharmos com tensões contínuas que não se alterem, aplicamos, à saída dos filtros, sistemas de regulação. Estas fontes são de custo mais elevado, porém possuem uma margem de segurança bem maior do que aquelas sem estabilização.

CONCEITOS BÁSICOS

Vamos apresentar algumas definições que passaremos a usar com frequência daqui por diante. São parâmetros básicos e indispensáveis para o acompanhamento e projeto de qualquer fonte de alimentação.

TENSÃO NOMINAL DA REDE - Consideramos como sendo o ponto médio entre duas variações extremas. Se, por exemplo, a tensão variar entre 150 e 70V, a tensão nominal será:

$$V_n = \frac{150 + 70}{2} = \frac{220}{2} = 110V$$

Geralmente a tensão da rede não sofre acréscimos ou quebras de tensão tão elevadas, como no exemplo acima. Dependendo do local, a tensão nominal poderá ser 127V ou 220V com variações bem pequenas.

Regulação da rede - É definida como sendo a diferença entre a tensão de saída mais alta (V_{sh}) e a tensão de saída mais baixa (V_{sl}), dividida pela tensão nominal da rede (V_n).

Assim temos:

$$\text{Regulação da rede} = \frac{V_{sh} - V_{sl}}{V_n}$$

Onde:

V_{sh} - representa a tensão de saída mais alta.

V_{sl} - representa a tensão de saída mais baixa.

V_n - representa a tensão nominal da rede.

Regulação porcentual - É um parâmetro importante de uma fonte de alimentação e é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Reg. \% carga} = \frac{V_{so} - V_{sp}}{V_{so}} \times 100 \quad \text{Regulação porcentual} = \text{Regulação da carga}$$

Onde:

V_{so} = tensão em vazio - É a tensão da fonte quando esta não está fornecendo corrente ao circuito.

V_{sp} = tensão a plena carga - É a tensão da fonte, quando esta fornece a sua corrente nominal máxima ao circuito.

Quanto menor a regulação porcentual, mais estável é a fonte. Para uma fonte ideal, consideramos a sua regulação como sendo nula.

Ondulação - É o mesmo que ripple. É um fator indesejável em qualquer fonte de alimentação, causado pela flutuação da corrente alternada, superposta ao nível de corrente contínua.

Respostas a transientes - Outro parâmetro que necessita de um cuidado especial, pois é ele que determina o tempo que a fonte leva para retornar ao seu valor nominal, após uma

brusca mudança na corrente de carga. O seu valor deve levado em conta, para a máxima variação que possa ocorrer, isto é, entre os valores mínimos e máximos admissíveis. ^{ser} ^{is-}

Regulação térmica - É a variação da corrente ou tensão na saída da fonte, quando varia a temperatura ambiente, mantidos constantes todos os outros parâmetros que estejam envolvidos. É o mesmo que coeficiente de temperatura.

Fator de estabilização (S) - Podemos definir como sendo a junção dos elementos da regulação porcentual e da rede. Matematicamente é dado por:

$$S = \frac{V_S}{V_L} \times \frac{\Delta V_L}{\Delta V_S}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_S = 12V \\ V_L = 110V \\ \Delta V_L = 30V \\ \Delta V_S = 1V \end{array} \right\} S = \frac{12}{110} \times \frac{130}{11}$$

V_S - tensão de saída da fonte quando a corrente de carga se situa na metade do seu valor máximo e mínimo.

V_L - valor eficaz da tensão alternada da rede.

ΔV_L - variação pequena na tensão da rede.

ΔV_S - variação na tensão contínua de saída.

Fator de estabilidade - Depende da corrente de carga e da temperatura, sendo ambos constantes. É dado por:

$$S_E = \frac{\Delta V_S}{\Delta V_I}$$

Onde:

ΔV_S - variação na tensão contínua de saída.

ΔV_I - pequena variação na tensão contínua na entrada do regulador.

FONTES REGULADAS COM CIRCUITOS INTEGRADOS

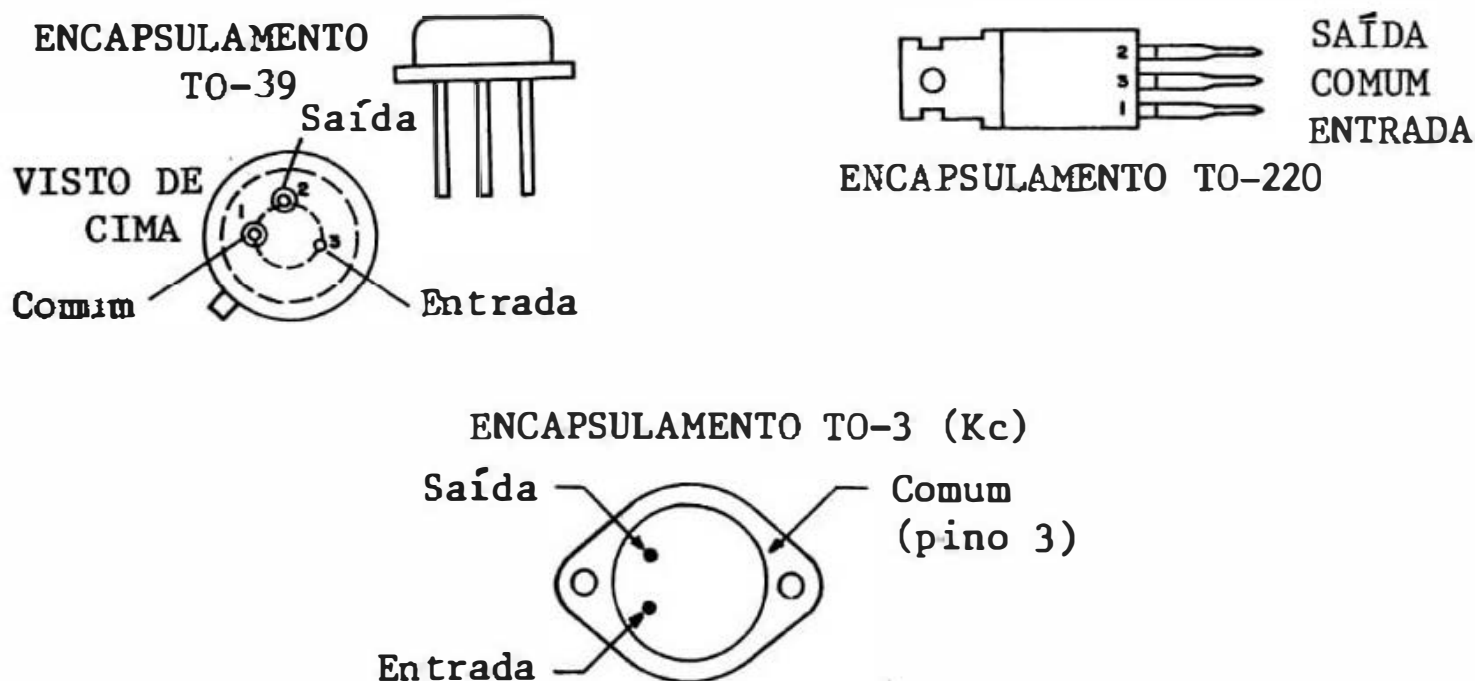
Com a atual demanda e versatilidade dos circuitos integrados, é possível construirmos fontes de alimentação de baixa tensão, reguladas e com excelente qualidade.

Vamos explanar as principais séries de circuitos integrados reguladores, todos encontrados facilmente no mercado. Existem vários tipos e o aspecto teórico, que passaremos a apresentar, servirá de modelo a outros. Basta, para tanto, o aluno ter em mãos as características técnicas.

Os circuitos da série 78XX são reguladores de tensão de três terminais, projetados para uma ampla variedade de aplicações e com tensões de saída fixas. Possuem área segura de compensação para a temperatura, além de limitação interna de corrente, o que os tornam seguros e praticamente indestrutíveis.

A série 78XX possui encapsulamento TO-39, TO-3 ou ainda encapsulamento moldado TO-220. A figura 1 ilustra esses aspectos.

FIGURA 1



Vamos descrever a série 78XX, pois temos ainda a série 78MXX que possui características elétricas idênticas.

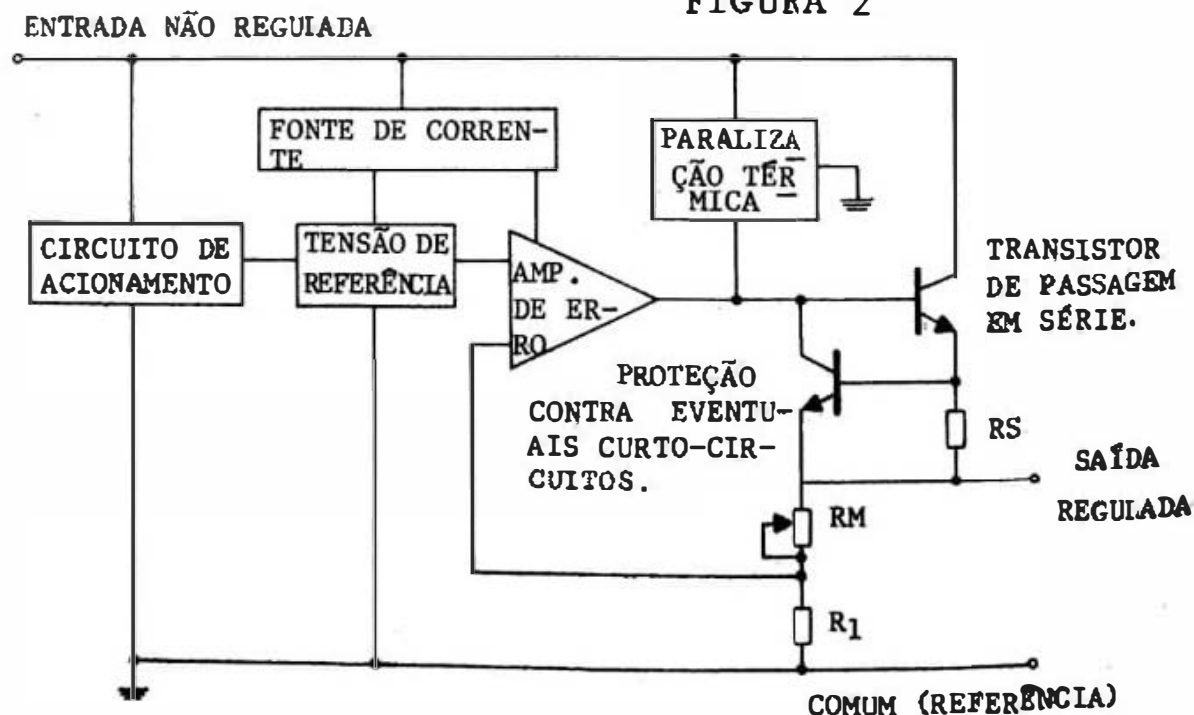
A tabela a seguir indica alguns reguladores da série 78XX, de alguns fabricantes.

FABRICAN- TES	CIRCUITO IN- TEGRADO	ENCAPSULA- MENTO	MÁXIMA CORREN- TE	TENSÃO DE SAÍDA	EQUIVALEN- TE NACIO- NAL
Motorola	MC 7805 CK	TO-3	1,5A	5V	LM340K-5,0
	MC 7806 CK	TO-3	1,5A	6V	LM340K-6,0
	MC 7808 CK	TO-3	1,5A	8V	LM340K-8,0
Fairchild	7806 KC	TO-3 A1.	1,5A	6V	LM7806 KC
	7808 KC	TO-3 A1.	1,5A	8V	LM7808 KC
	7812 KC	TO-3 A1.	1,5A	12V	LM7812 KC

Acabamos de mostrar uma tabela bem resumida, apenas para o aluno se familiarizar com a notação empregada. É óbvio que existem centenas de integrados de vários fabricantes, mas o importante agora é tratarmos da descrição e funcionamento deles.

Os reguladores são oferecidos em versões que variam de 5,0 a 24V (tensão de saída). São determinados de acordo com uma resistência interna matriz, a que chamaremos R_M (Figura - 2), e também pela faixa de operação da temperatura de junção, que varia de -55 a $+150^{\circ}\text{C}$ para o 78XX e de 0° a 150°C para o 78XXC. Estes estabilizadores de tensão positiva diferem apenas no valor máximo da corrente de saída.

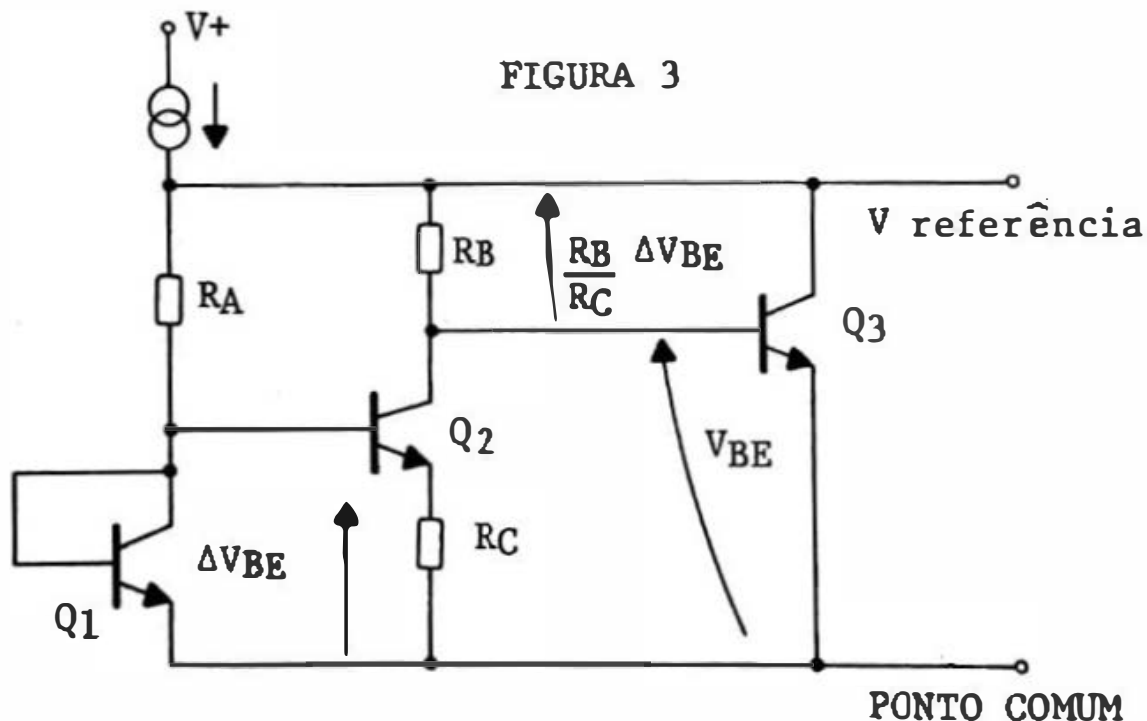
FIGURA 2



Em aplicações onde necessitamos de uma tensão de saída menor, é possível adicionarmos componentes externos a fim de auxiliarem em um ajuste correto e preciso da tensão.

Normalmente, diodos zener são usados para se obter a tensão de referência em reguladores de tensão integrados. Porém, exigem uma tensão menor na entrada do regulador, pois os diodos zener possuem tensões de ruptura superiores a 6 volts, além de exigirem um controle para manterem uma tolerância adequada, em uma aplicação não ajustável. Devido a esses fatos, desenvolveram uma tensão de referência baseada na função base/emissor de transistores. Para isso o coeficiente de temperatura positivo da junção base/emissor, entre dois transistores que funcionam com diferentes densidades de corrente, é somado ao coeficiente de temperatura negativo da junção emissor/base. A figura 3 ilustra a tensão de referência baseada na tensão base/emissor.

OBS.: Coeficiente de temperatura negativo significa que a resistência da junção emissor-base de um transistor diminui drasticamente quando a temperatura se eleva.



O transistor Q1 opera com um nível de corrente maior que o transistor Q2 e, pelo ganho de tensão de Q2, a tensão diferencial base/emissor é aumentada. Obtemos uma baixa tensão de referência, compensando os efeitos da temperatura, pelas relações entre os resistores $\frac{R_B}{R_C}$ e $\frac{R_B}{R_A}$.

Um esquema real, porém simplificado, do regulador é mostrado na figura 4. Temos a adição de mais três transistores - Q4, Q5 e Q6 com a finalidade de elevar o nível de referência a 5V.

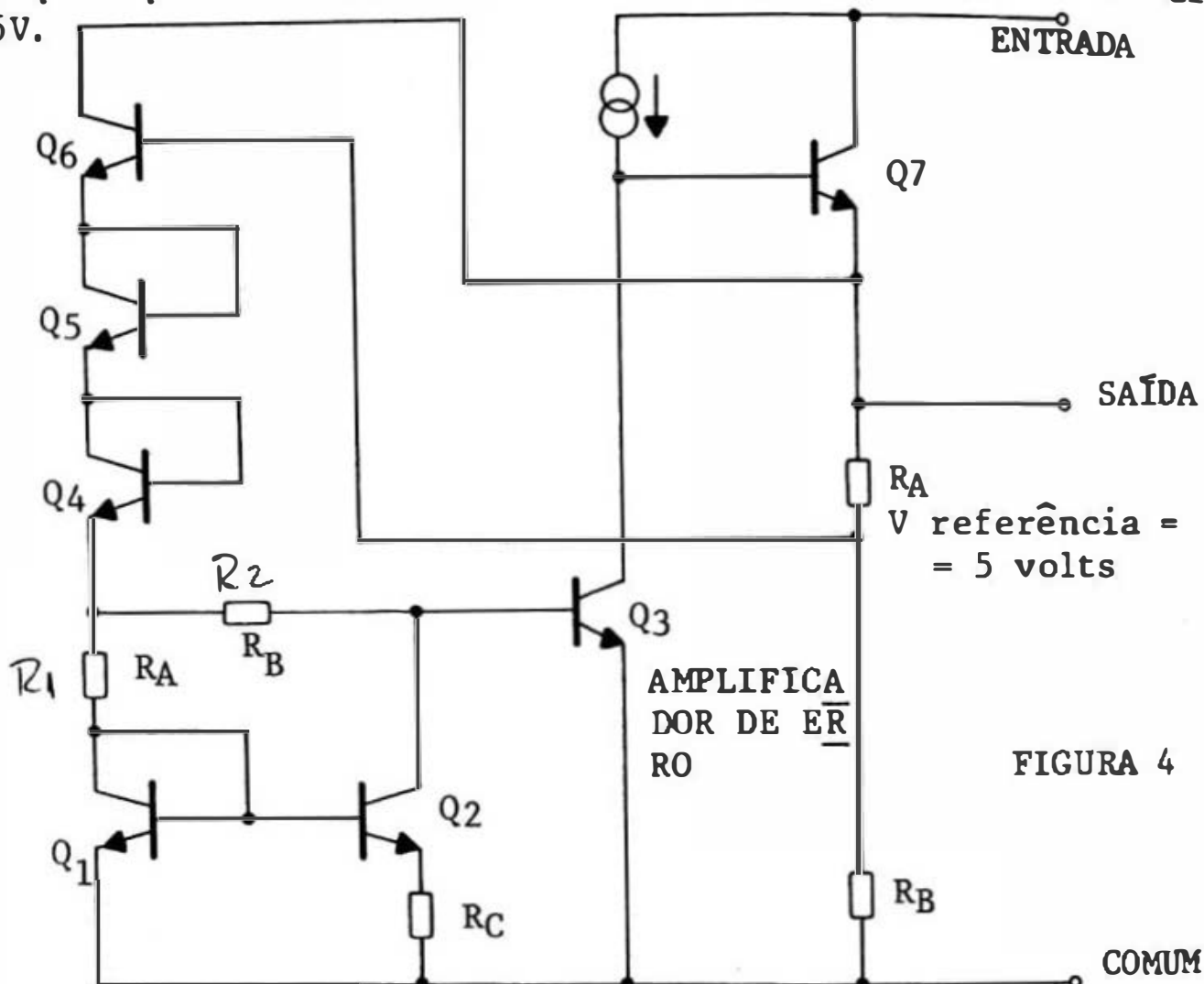


FIGURA 4

Os resistores RA, RB e RC são selecionados de tal forma que a tensão de referência permaneça constante para toda a faixa de temperatura e permaneça em 5 volts na temperatura ambiente. Um ajuste externo na tensão de saída não é necessário. As características da referência da junção base/emissor são bem mais eficientes que as referências zener que já citamos. Temos um baixo ruído na saída, não sendo necessário o uso de um capacitor para filtragem.

Se voltarmos à figura 2, notaremos que o diagrama de blocos possui um amplificador de erro, que tem a finalidade de comparar o sinal realimentado da saída com a tensão de referência e, desta forma, reparar ou corrigir a tensão de saída.

Na figura 4, que mostra o esquema real, o transistor Q3 faz o papel do amplificador de erro, a tensão V_{BE} (base/emissor) é usada como parte na referência e o ruído na saída do

regulador é bem minimizado.

No mesmo esquema (figura 4), temos uma fonte de corrente, usada ativamente para o amplificador de erro (transistor Q3). Os resistores R_A e R_B fornecem uma realimentação negativa, isto é, uma redução na corrente de carga produz uma elevação na tensão de saída. Esta variação de tensão será transmitida à base do transistor Q3, fazendo-o conduzir mais. O resultado disso será um decréscimo na tensão de saída, corrigindo automaticamente a variação da corrente de carga.

Com este efeito de realimentação negativa, dada pelos resistores R_A e R_B , podemos tirar a seguinte fórmula:

$$V_S = \text{tensão de saída} = V_{\text{ref}} \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \quad (\text{ver fig. 05})$$

Desta forma, podemos obter vários valores de tensão de saída, variando a relação $(R_1 + R_2)/R_2$

→ O transistor de passagem em série da figura 2 protege o regulador contra as sobrecargas.

Um circuito de proteção para sobrecargas térmicas em um regulador monolítico (veja apostila E-18), que contém um transistor de passagem, limita a temperatura máxima da junção do transistor. Porém o aquecimento excessivo do transistor de passagem constitui um inconveniente apresentado por estes reguladores. A limitação da temperatura da junção independe da tensão de entrada.

O limitador da temperatura é a junção base/emissor do transistor Q14 que é polarizado antes do seu limite de ativação. Assim não afeta o funcionamento correto do circuito. Desta forma, o limitador é acionado quando a temperatura da pastilha atinge um valor máximo, paralisando o regulador pela base dos transistores de saída que ficam sem operação.

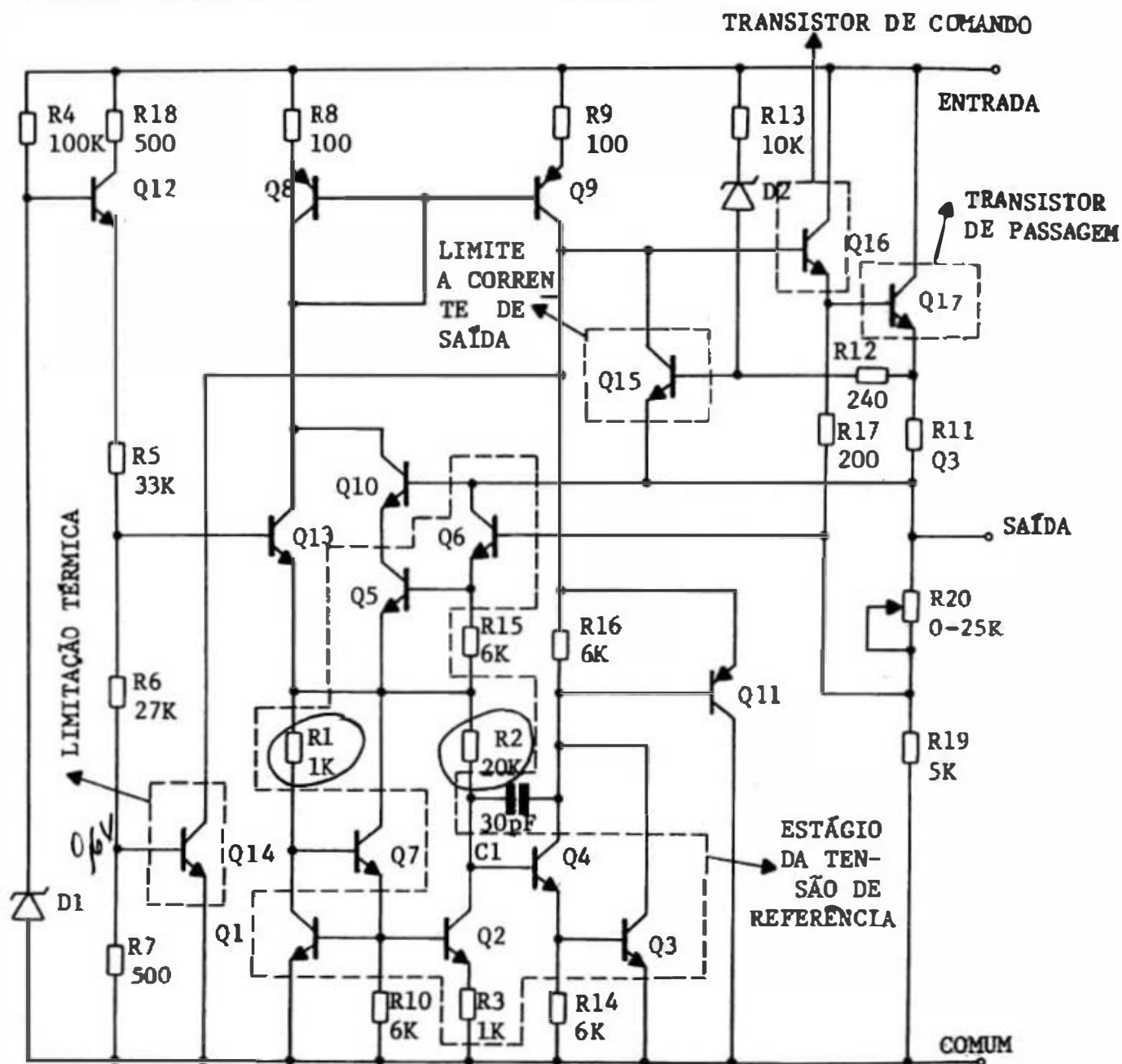
O diagrama completo do circuito integrado do regulador é mostrado na figura 5.

Os transistores Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6, assim como os resistores R_1 , R_2 e R_3 constituem a tensão de referência de 5V para o regulador. As funções dos transistores Q3, Q4, Q5 e Q6 são as responsáveis pelo coeficiente de temperatura negativa da tensão de saída. A queda de tensão em R_2 fornece o coe-

ficiente positivo de temperatura, retirada das junções base/emissor de Q1 e Q2.

ESQUEMA COMPLETO DO REGULADOR DE TRÊS PINOS.

FIGURA 5



Por um resistor matriz que multiplica a tensão de referência, tiramos a tensão de saída do regulador.

A corrente exigida pela carga é retirada pelo transistor de passagem Q17, que por sua vez é comandado pelo transistor Q16. O transistor Q3 fornece a regulação, onde o seu ganho é incrementado pelo transistor Q11.

Estando o regulador ligado, temos uma corrente que irá fluir pelo transistor Q13, o qual faz parte de um circuito de acionamento que contém o diodo zener D1, os resistores R5, R6

e R7 e os transistores Q12 e Q13. Com o dispositivo em regulação, o transistor Q13 é cortado e o regulador ajusta a corrente de R1 que agora flui pelos transistores Q5 e Q10. A limitação térmica é executada pelo transistor Q14, sendo que sua base é grampeada em aproximadamente 0,4V pelo divisor resistivo, formado por R5, R6 e R7. Quando temos um aumento da temperatura de junção, a condução do transistor Q14 diminui. Com aproximadamente 175°C, a corrente de base deste transistor é bloqueada, inibindo, desta forma, o transistor de passagem Q17 e, conseqüentemente, evitando que a temperatura aumente ainda mais. Para sobrecargas instantâneas, não temos esta proteção, podendo danificar o transistor de passagem ou ainda as interconexões do metal, devido à alta densidade de corrente. Para limitar a corrente de saída no caso de sobrecargas instantâneas, a corrente em R1 aciona o transistor Q15 que, por sua vez, desvia a corrente de base do transistor de comando e evita acréscimos na corrente de saída.

O gráfico da figura 6 nos mostra que, quanto maior a tensão no transistor de passagem Q17, menor será a corrente de saída. Logo, quando a tensão deste transistor exceder 7,5 volts, o resistor R13 e o diodo zener D2 reduzirão a corrente de saída. Temos ainda incorporado ao nosso dispositivo um capacitor de 30 pF, evitando assim o uso de um capacitor para filtragem na saída.

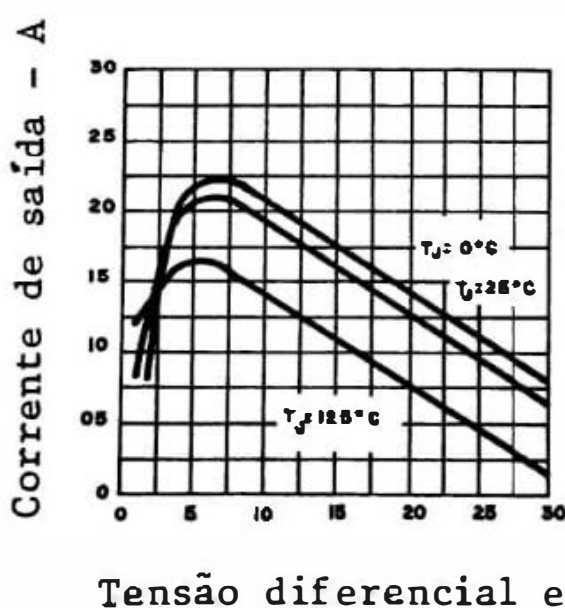


FIGURA 6

Na tabela a seguir indicamos as características do regulador (7805 e 78M05) para as seguintes condições:

Tensão de entrada (V_E) = 10 volts

Tensão de saída (V_S) = 5 volts

Temperatura de junção (T_J) = 25°C

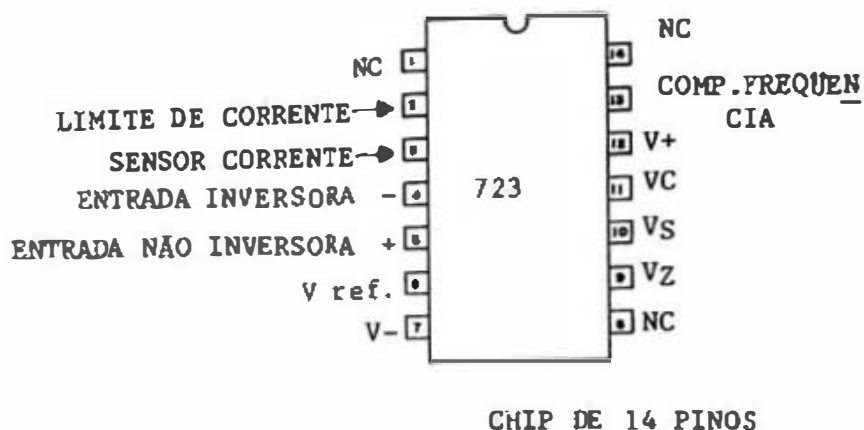
Corrente de saída (I_S) = 0,5A (exceto onde está especificado).

PARÂMETRO	PARA AS SEGUINTESS CONDIÇÕES	REGULADOR 7805	REGULADOR 78M05
CORRENTE QUIES CENTE.		4,2mA	4,5mA
DESVIO COM A TEMPERATURA.	$-20^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$	0,022%/V	0,02%/V
REGULAÇÃO DA LINHA.	$7\text{V} < V_E < 25\text{V}$	0,005%/V	0,0033%/V
REJEIÇÃO DE OS CILAÇÃO.	$f = 120\text{hz}$	78 dB	80 dB
RESISTÊNCIA TÉRMICA.	encapsulamento TO-3 encapsulamento TO-220 encapsulamento TO-39	4°C/W 4°C/W	5°C/W 20°C/W
RUÍDO DA TEN- SÃO NA SAÍDA.	$10\text{hz} < f < 100\text{khz}$	40 μV	40 μV
TENSÃO MÍNIMA DE ENTRADA.	$I_S = 1\text{A}(7805),$ $I_S = 0,5\text{A}(78M05)$	7,0V	7,0 V

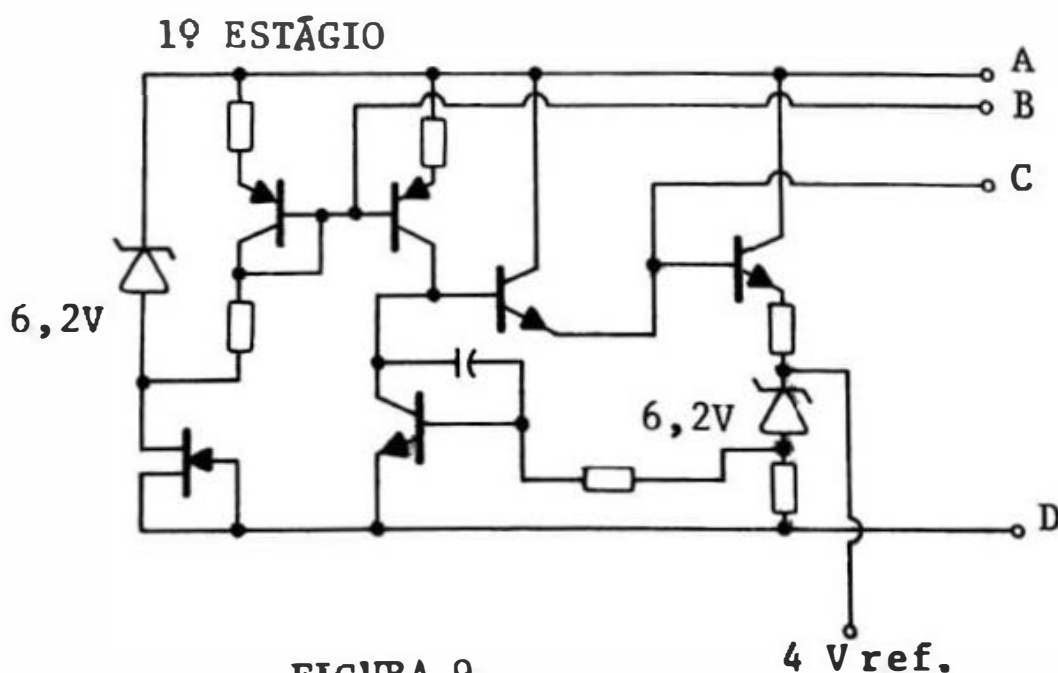
Para aplicações mais exigentes que incluam tensões positivas e negativas, de valores ajustáveis, podemos sugerir o regulador de tensão 723, que se constitui de dois amplificadores: um de erro e outro de referência, compensado em temperatura, além de um transistor de passagem série de potência e do circuito limitador de corrente.

É possível o ajuste de limitação de corrente e desligamento remoto. Este regulador possui ótimas características: baixa dissipação térmica, baixo fator de ondulação (ripple) - boa estabilidade da tensão de saída, larga faixa para tensões de entrada, etc.

O 723 pode ser encontrado sob duas formas: no encapsulamento metálico composto por 10 pinos e no encapsulamento tipo DIP com 14 pinos. Veja figuras 7 e 8, respectivamente.



O diagrama interno do nosso regulador pode ser separado em cinco estágios distintos. O primeiro estágio, indicado pela figura 9, engloba cinco transistores bipolares, um transistor de efeito de campo, dois diodos zener de baixo coeficiente de temperatura, seis resistores que limitam a corrente e um capacitor. É o estágio responsável pela *tensão de referência*.



Podemos obter tensões de referência compreendidas entre 2 e 37 volts (para um regulador tipo C). O primeiro estágio é alimentado por uma fonte de corrente para manter constantes os componentes para a tensão de referência.

O segundo estágio, indicado pela figura 10, mostra o circuito do amplificador de erro, formado por três transistores bipolares e três resistências.

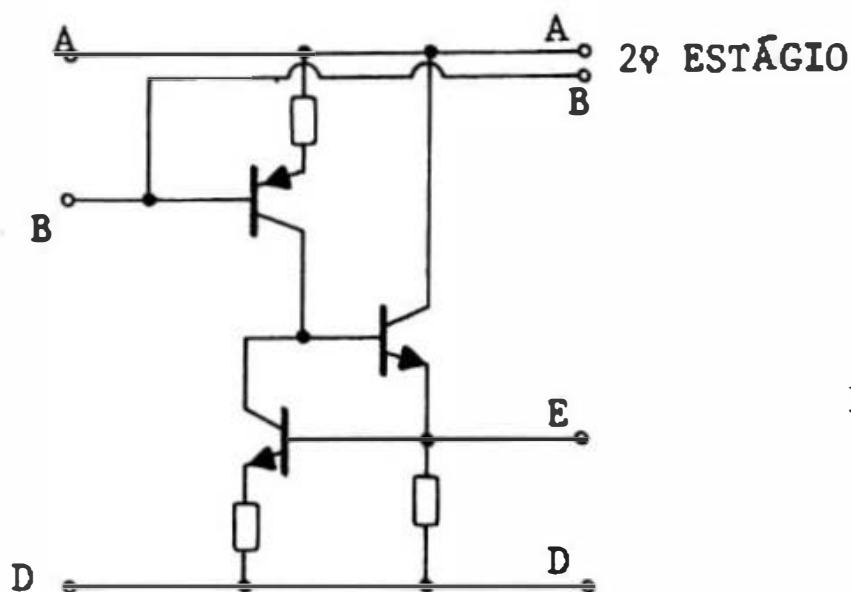


FIGURA 10

O estágio que compara a tensão de referência com aquela tirada externamente do circuito, integrado diretamente nos terminais de saída de fonte (amplificador de erro), é mostrado na figura 11.

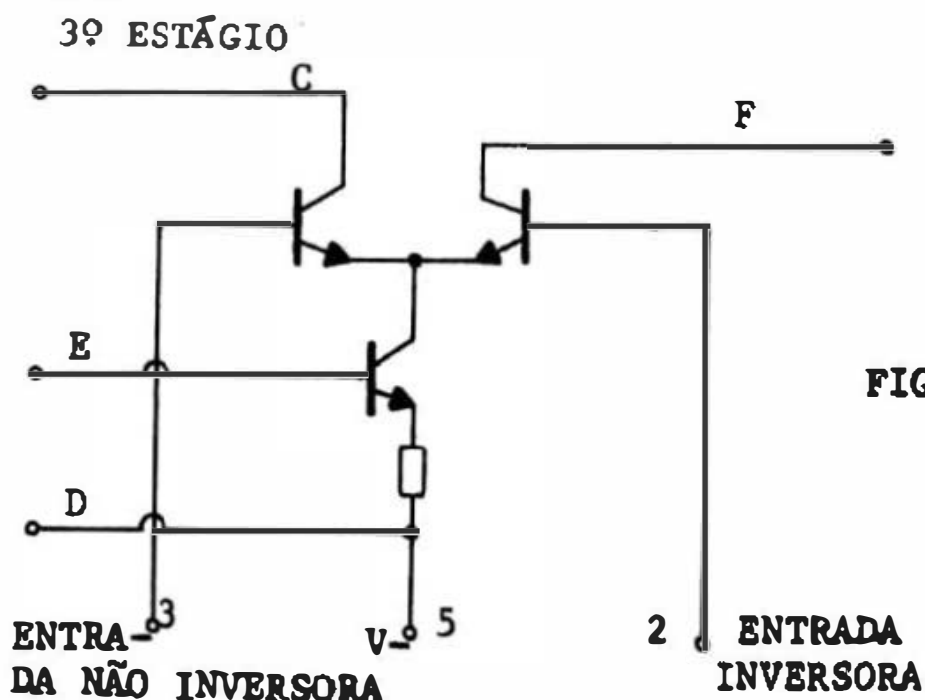


FIGURA 11

O quarto estágio é um regulador série, o qual mostramos na figura 12.

4º ESTÁGIO

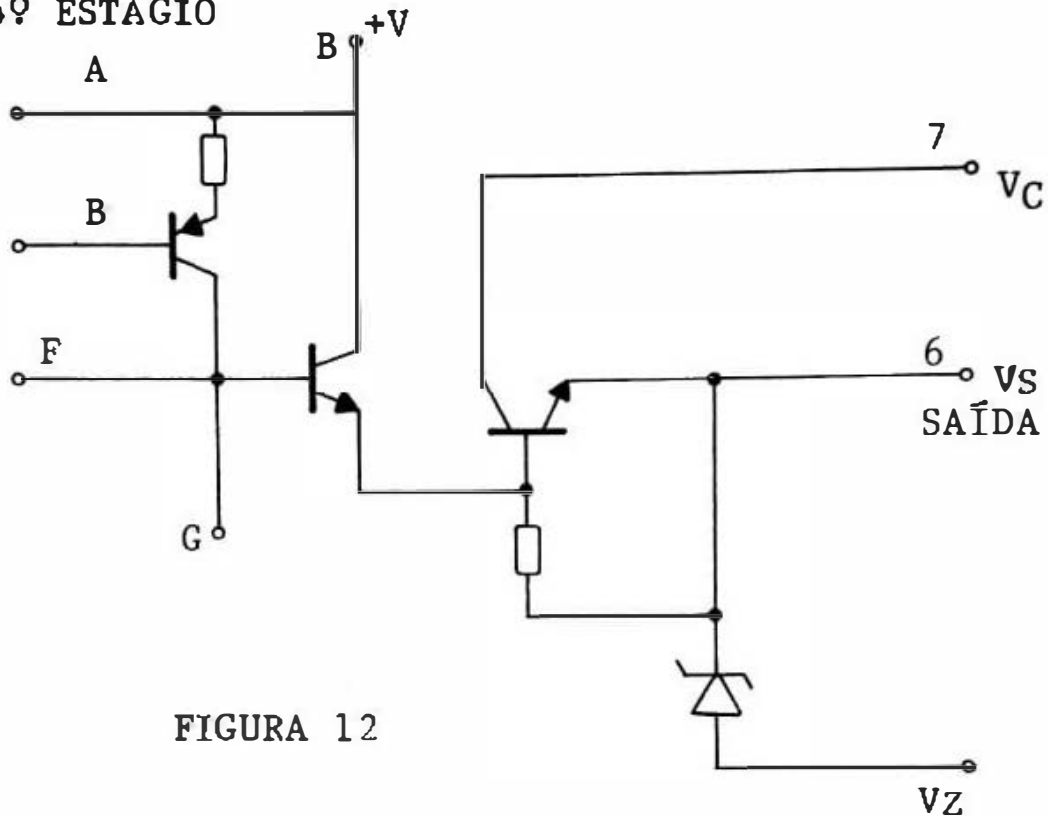


FIGURA 12

E finalmente o último estágio que é uma proteção contra curtos-circuitos na saída da fonte, figura 13.

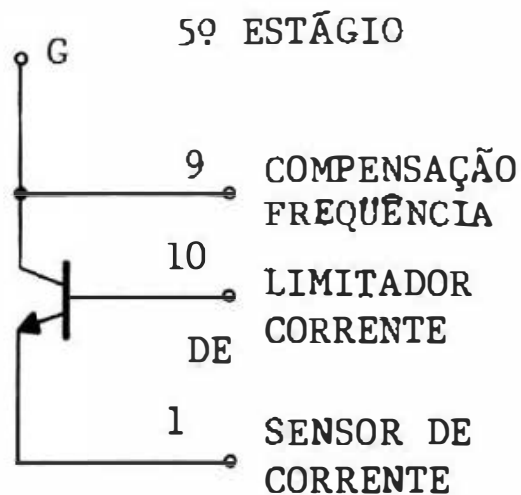


FIGURA 13

O esquema completo com os cinco estágios é apresentado - na figura 14, assim como uma tabela com as principais características para um regulador tipo 723C.

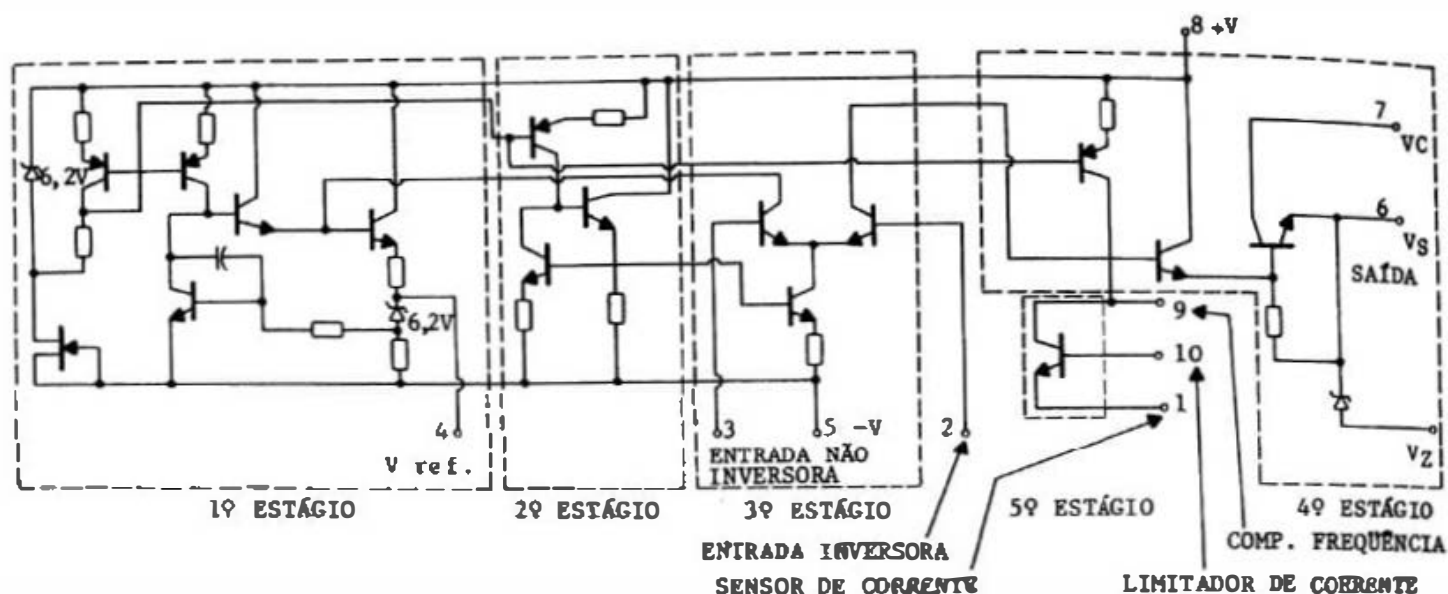


FIGURA 14

CARACTERÍSTICAS DE UM REGULADOR 723C

PARÂMETRO	REGULADOR 723C
ESTABILIDADE A LONGO PRAZO	0,1% com 1000 h.
ESTABILIDADE DA TENSÃO DE SAÍDA FRENTE ÀS FLUTUAÇÕES DA TENSÃO DE ENTRADA	0,01% (valor típico)
ESTABILIDADE DA TENSÃO DE SAÍDA EM RELAÇÃO ÀS VARIAÇÕES DA CORRENTE DE CARGA.	0,03% (valor típico)
COEFICIENTE MÉDIO DE TEMPERATURA DA TENSÃO DE SAÍDA (TEMPERATURA AMBIENTE DE 0 a 70°C).	0,003%/C°
FAIXA DE TENSÕES DE ENTRADA.	9,5 a 40V.
FAIXA DE TENSÕES DE SAÍDA.	2 a 37V.
DIFERENCIAL DE TENSÃO ENTRADA/SAÍDA.	3 a 38V.
REJEIÇÃO DE ZUMBIDO.	86 dB.
TENSÃO DE RUÍDO À SAÍDA.	$2,5 \times 10^{-6} V_{ref}$.

A seguir, indicamos algumas curvas que fazem parte das características do regulador 723. Ver figuras 15 a 20.

FIGURA 15

Resposta a transientes da linha

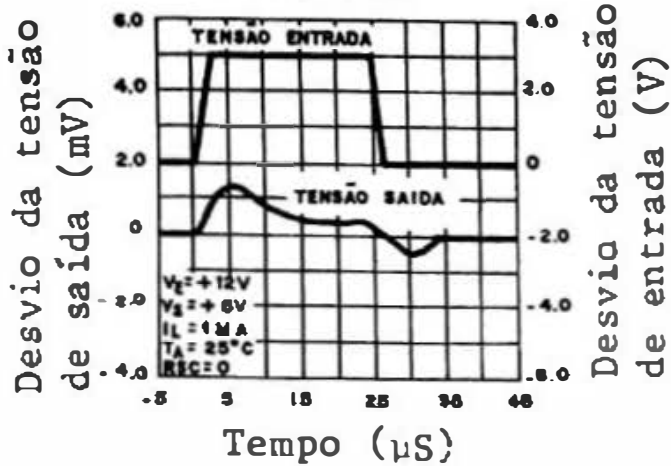


FIGURA 16

Resposta a transientes da carga

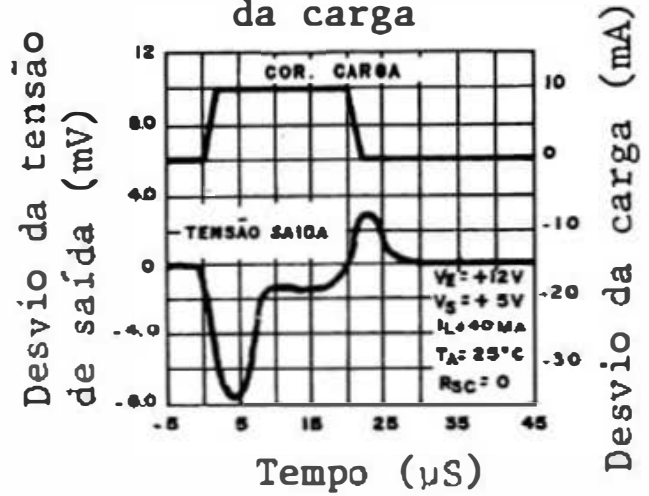


FIGURA 17

Características de regulação sem limitação da corrente

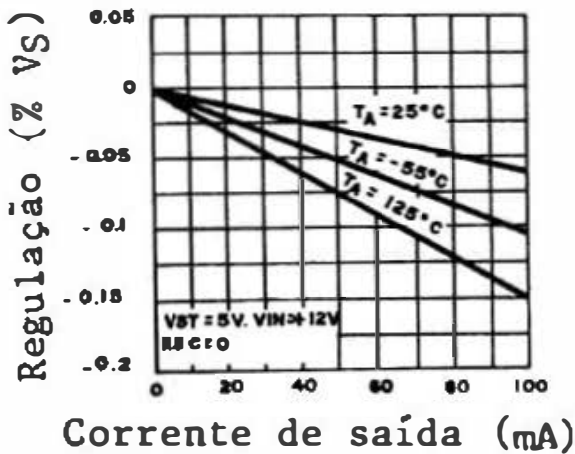


FIGURA 18

Características de regulação com limite da corrente

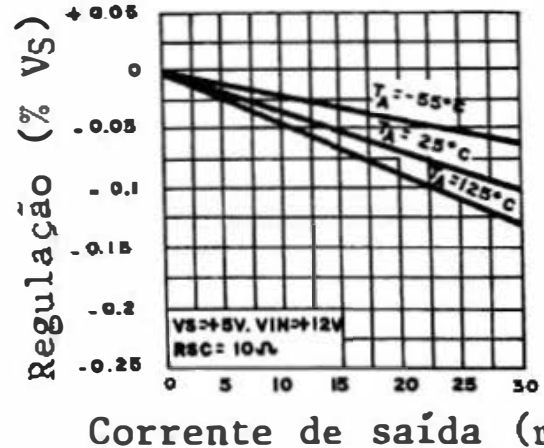


FIGURA 19

Impedância de saída em função de corrente

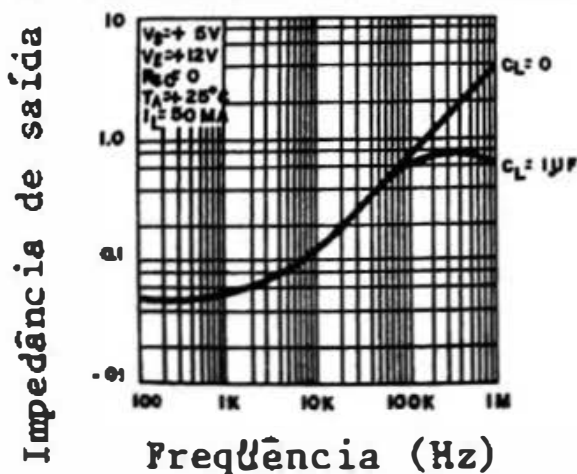
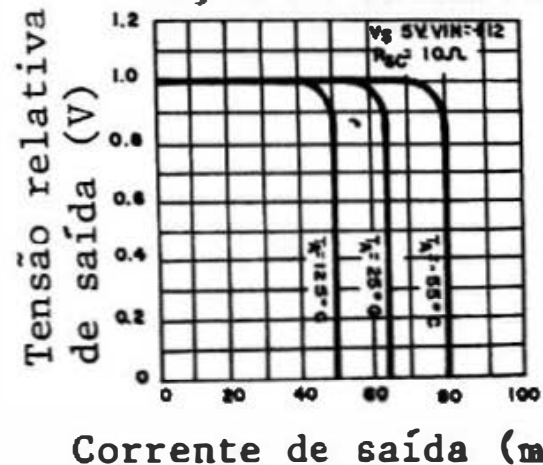


FIGURA 20

Características de limitação de corrente

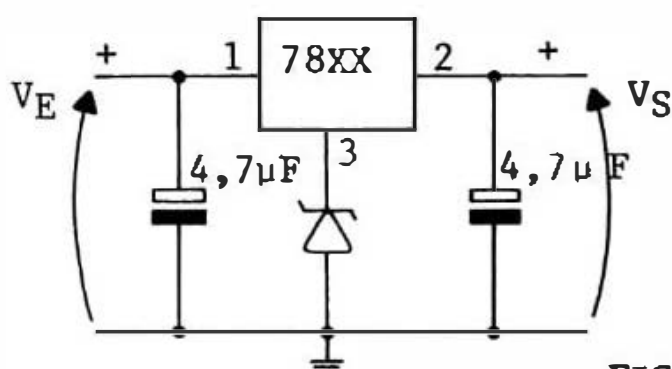


APLICAÇÕES TÍPICAS COM O REGULADOR 78XX

AUMENTANDO A TENSÃO DE SAÍDA

Adicionando um diodo zener no terminal terra (1) referência, a tensão de saída aumenta de acordo com a tensão do diodo zener. A tensão de entrada tolerada aumenta na mesma proporção.

O circuito não é à prova de curtos-circuitos, uma vez que a tensão de entrada excede o limite tolerado. Veja figura 21.



V_E = tensão de entrada.

V_S = tensão de saída.

FIGURA 21

AUMENTANDO A CORRENTE DE SAÍDA

No circuito da figura 22, a corrente de saída depende somente da capacidade de carga do transistor. Desta forma, correntes acima de 10A podem ser alcançadas com uma mínima diferença de potencial de entrada/saída.

OBS.: O circuito não é à prova de curtos-circuitos.

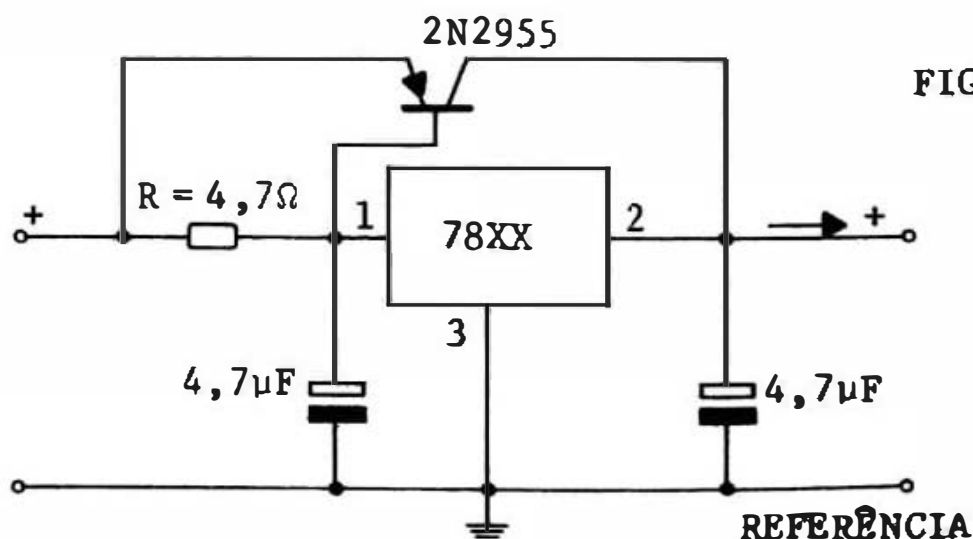


FIGURA 22

AUMENTANDO A CORRENTE DE SAÍDA COM PROTEÇÃO A CURTO-CIRCUITO

A figura 23 ilustra um circuito que aumenta a corrente de saída e inclui proteção contra curto-circuito. A corrente de curto-circuito é calculada pela seguinte expressão:

$$I = \frac{0,6V}{R_1}$$

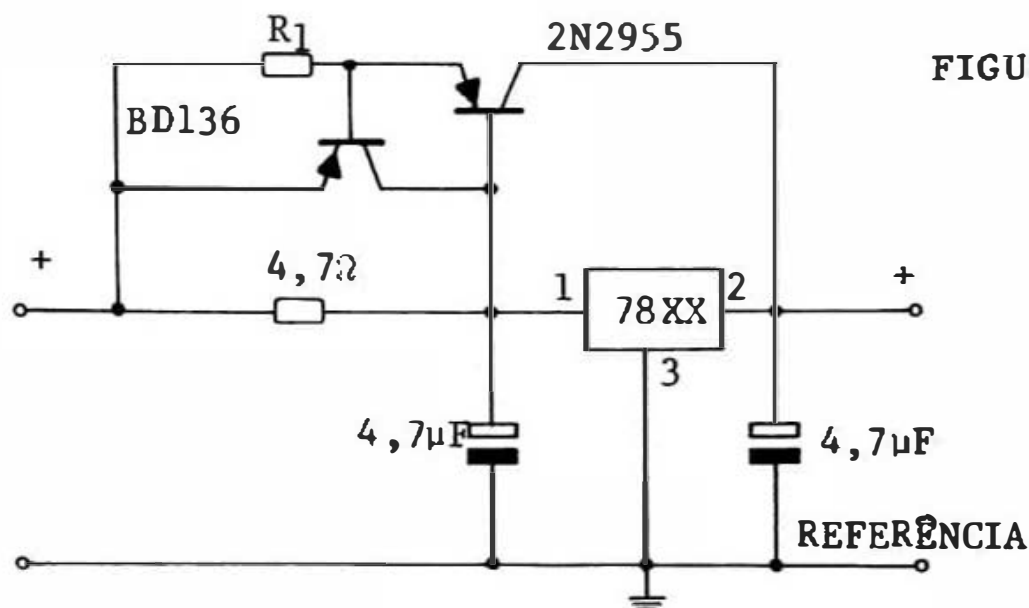


FIGURA 23

OBS.: A dissipação de potência do transistor 2N2955 tem que ser considerada.

NOTA: Capacitores de tântalo devem ser usados a fim de suprimir oscilações. Quando utilizarmos o regulador da série 79XX, a polaridade dos componentes deve ser invertida e os transistores PNP trocados pelos correspondentes NPN.

FUNCIONAMENTO COMO FONTE DE CORRENTE

O regulador 7805 pode ainda ser usado como uma fonte de corrente. A corrente constante pode ser calculada da seguinte forma:

$$I = \frac{5V}{R_1} + I_1$$

Onde:

I_1 é a corrente que flui pelo terminal comum do regulador (ver figura 24).

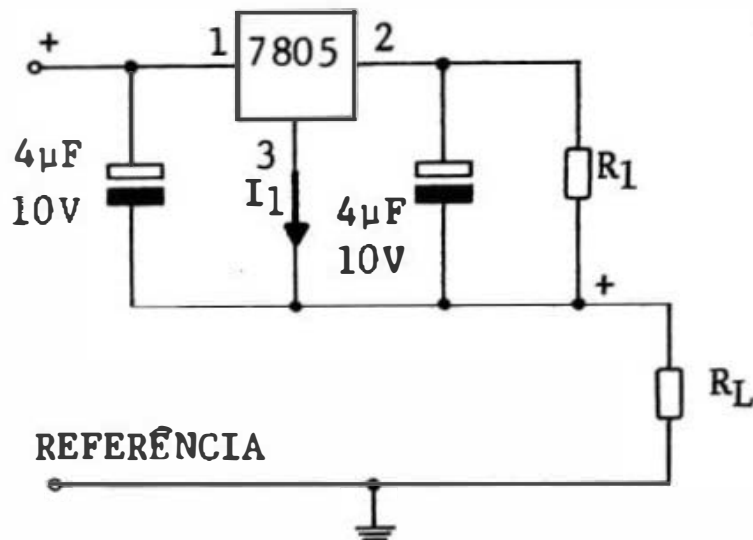


FIGURA 24

FUNCIONAMENTO COMO FONTE DE TENSÃO SIMÉTRICA

Apesar do regulador de tensão da série 78XX funcionar com tensões positivas, é possível obtermos tensões simétricas com o uso de dois deles e com a ajuda de um amplificador operacional (figura 25). A diferença entre a tensão de saída positiva e negativa depende da tensão offset (veja lição E-18, em amplificadores operacionais) do amplificador operacional (opamp), com valores típicos de 1mV a 5mV. Qualquer regulador pode ser usado para tal circuito, exceto o 7824 e o 7924.

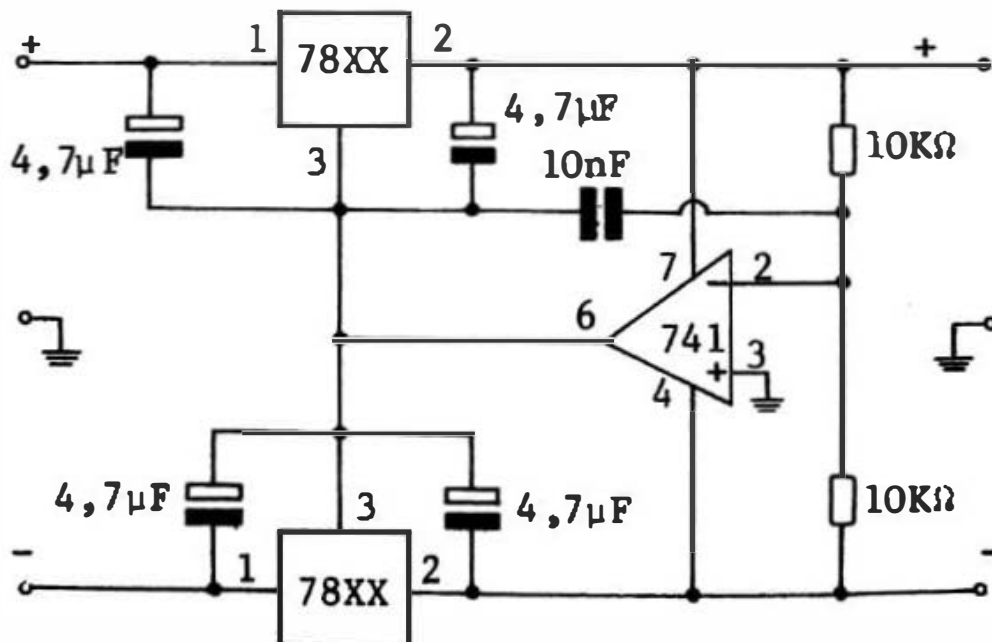
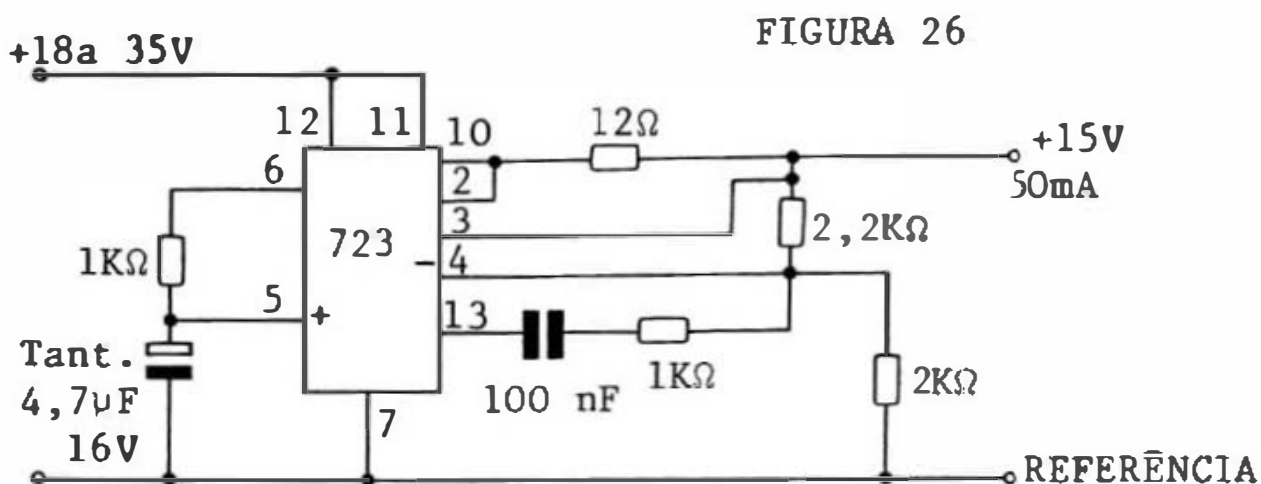


FIGURA 25

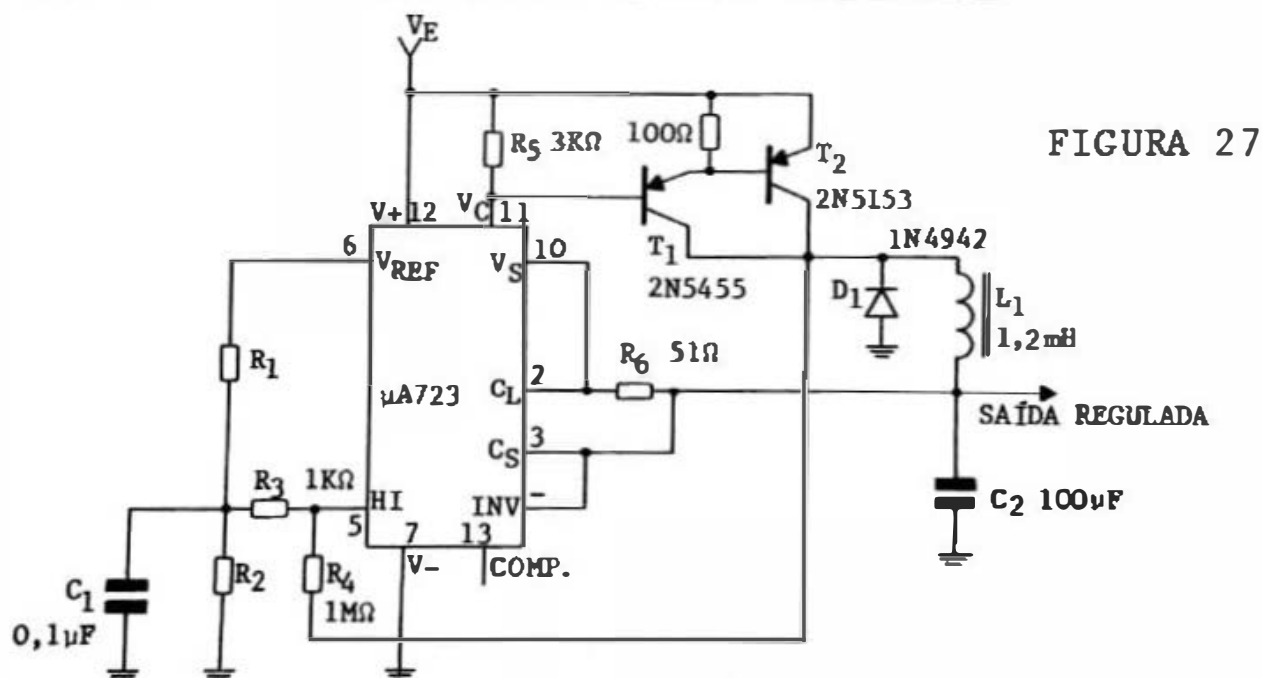
APLICAÇÕES TÍPICAS COM O REGULADOR 723

REGULADOR 15V, 50mA

O circuito é dado na figura 26.



REGULADOR DE COMUTAÇÃO POSITIVA (figura 27)



Desempenho:

Tensão de saída regulada $\rightarrow +5V$

Regulação da linha ($\Delta V_E = 30V$) $\rightarrow 10mV$

Regulação de carga ($\Delta I_L = 2A$) $\rightarrow 80mV$.

REGULADOR DE COMUTAÇÃO NEGATIVA (figura 28)

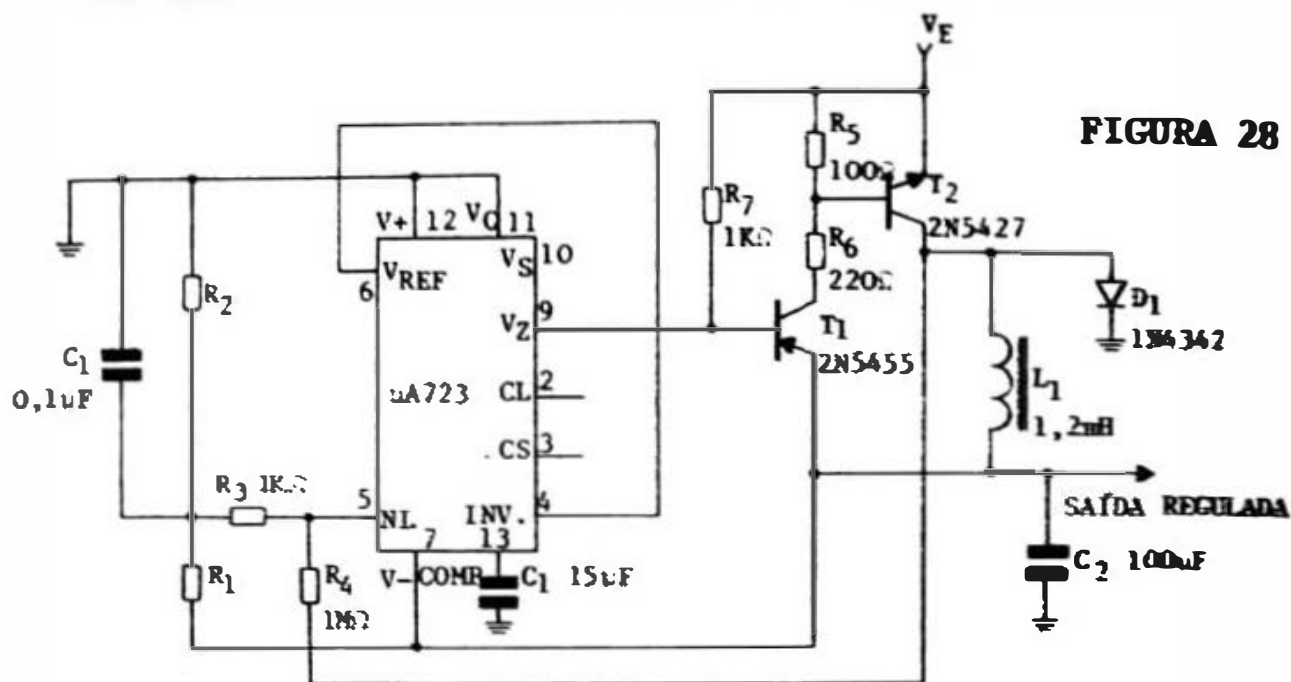


FIGURA 28

Desempenho:

Tensão de saída regulada $\rightarrow -15V$

Regulação da linha ($\Delta V_E = 30V$) $\rightarrow 8mV$

Regulação da carga ($I_L = 2A$) $\rightarrow 6mV$

REGULADOR DE TENSÃO AJUSTÁVEL

Um outro regulador de que agora iremos tratar é o LM309, fabricado sobre uma simples pastilha de silício. Foi o primeiro regulador monolítico a aparecer no mercado, data de 1969. É encontrado sob vários encapsulamentos, como: TO-3, TO-5, TO-39, etc. Estes reguladores possuem proteção térmica e se desligam automaticamente quando o calor se torna excessivo. Foram em geral projetados como reguladores de tensão fixa, porém a tensão de saída pode ser ajustada para valores acima de 5 volts.

Tivemos também o aparecimento de um outro regulador, o LM317, que foi o primeiro de tensão ajustável a três terminais, possuindo um encapsulamento que lhe proporciona um rendimento melhor do que aquele conseguido com reguladores fixos.

Os reguladores ajustáveis proporcionam uma melhora de desempenho e confiabilidade devido as suas características e-

lêtricas. A regulação da carga, por exemplo, foi melhorada em muito. A faixa de tensão de saída vai a valores mais altos do que aqueles especificados para os reguladores fixos. O LM317, por exemplo, projetado para 12V de saída, aceita até 52V na entrada, sem exceder às especificações fornecidas pelo fabricante.

Permite também maiores correntes de saída para tensões diferenciais elevadas. Desta forma, a corrente não cai a zero para valores altos de tensão diferencial e evita problemas no início do funcionamento. A figura 29 ilustra bem este aspecto do regulador.

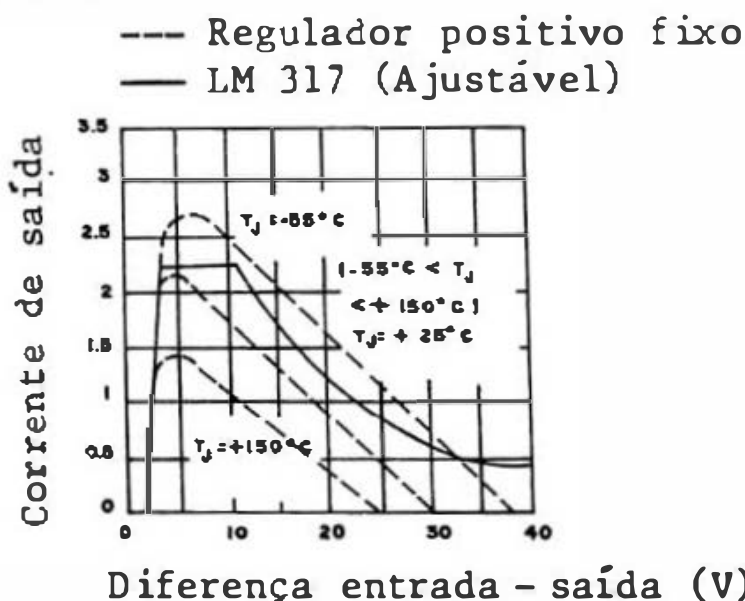


FIGURA 29

Uma proteção térmica evita a destruição do componente por aquecimento. Para temperaturas bem elevadas, os reguladores ajustáveis abrem o circuito, mesmo que o pino de ajuste esteja inadvertidamente desconectado.

O LM338, por exemplo, permite ainda que correntes maiores fluam em pequenos espaços de tempo. Isto é muito útil, onde a corrente de partida assume valores elevados, como por exemplo, no acionamento de motores. Este regulador fornece 5A continuamente e pode fornecer até 7A por um tempo de 500µs. Suponhamos uma carga qualquer que trabalhe com 5A em regime permanente, mas que em um dado instante, devido a um aumento de carga, requeira 7A. Este regulador LM338 deixa passar um aumento da corrente por 500µs, sem limitá-la, barateando desta forma o projeto.

Os outros reguladores, em um caso como este, limitariam a corrente. Para solucionar o problema temos dois métodos: projetamos um regulador para suportar correntes até 7A, ou co

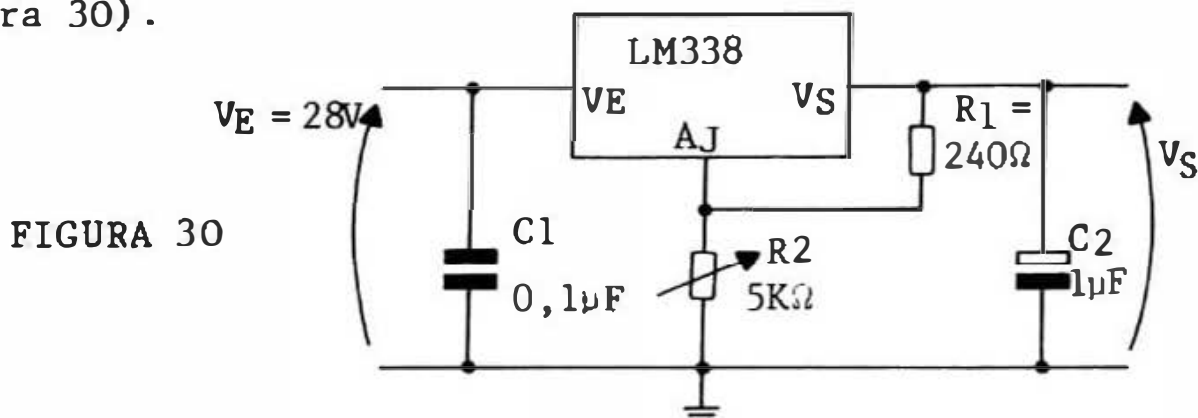
locamos um capacitor de alto valor na saída. Em ambos os casos o custo é elevado. Logo, devemos usar um regulador de tensão ajustável, como o LM338.

A economia que estes reguladores proporcionam deve-se, principalmente, à extensa faixa da tensão de saída de que são dotados.

A vantagem deles é que, com um único circuito integrado, podem-se fazer variadas aplicações, evitando a necessidade de se ter estoque de reguladores para atender à vasta gama de valores exigidos de tensão.

APLICAÇÕES TÍPICAS COM OS REGULADORES AJUSTÁVEIS

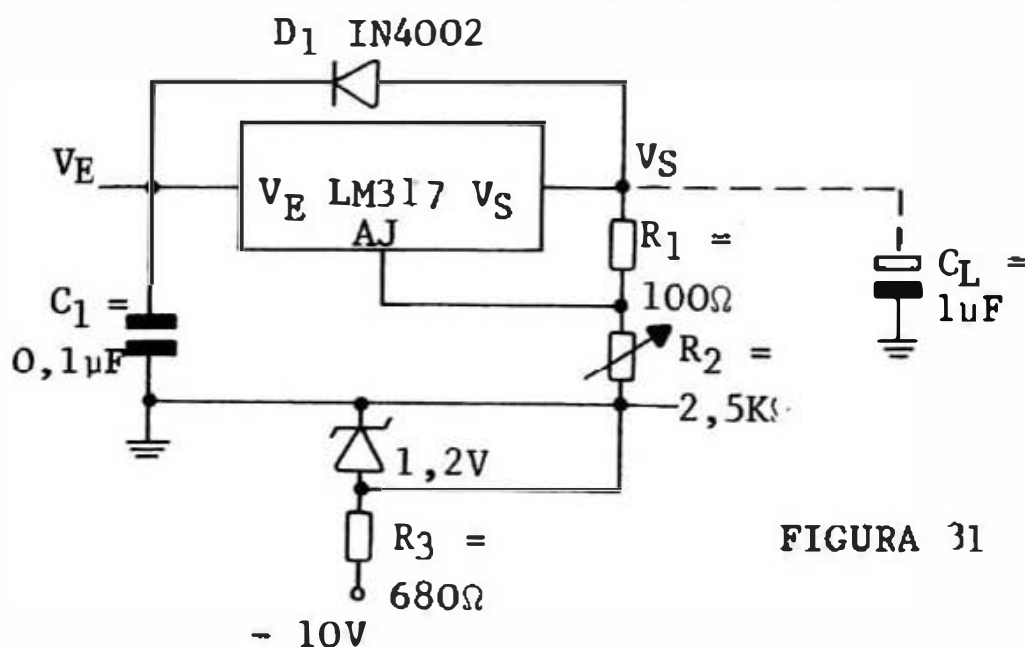
Regulador ajustável para tensões de saída de 1,2 a 25V. (figura 30).



O capacitor C_1 é necessário, caso o regulador esteja longe dos capacitores de filtro.

Para melhorar ainda mais os sinais transientes, utilizamos um capacitor de $1\mu\text{F}$ (C_2), conectado à saída.

REGULADOR DE 0 a 30V (figura 31)



Quando a entrada é ligada à terra, o diodo D_1 descarrega o capacitor C_1 .

FIGURA 31

COMO PROJETAR SUA FONTE DE TENSÃO

Neste manual, explicamos teoricamente os detalhes técnicos acerca dos principais reguladores de tensão a serem utilizados em fontes. Existem outros, mas os métodos que iremos expor servem também para eles, desde que o projetista estude as suas folhas de características técnicas.

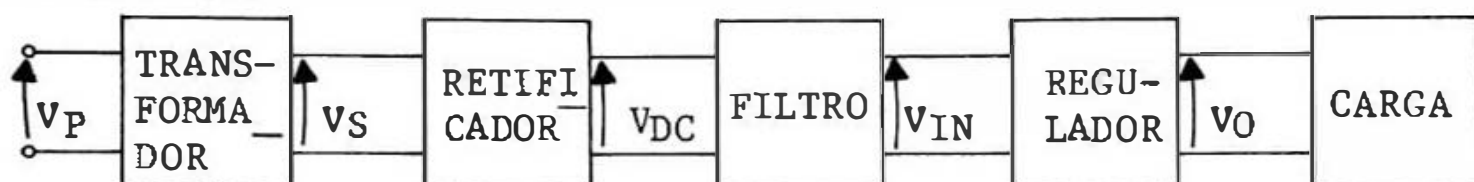
Um diagrama de blocos completo de uma fonte de tensão regulada é mostrado na figura 32.

SINAL

FIGURA 32

~

ALTERNADO



Onde:

V_p = tensão no primário do transformador.

V_s = tensão no secundário do transformador.

V_{DC} = tensão retificada.

V_{IN} = tensão retificada e filtrada.

V_O = tensão filtrada e estabilizada, pronta para conectar à carga.

O transformador de entrada pode ser do tipo redutor ou elevador de tensão da rede, conforme a tensão que se deseja na saída. Geralmente na eletrônica os transformadores são redutores, isto é, a tensão é abaixada de 127V ou 220V, dependendo do local, para algumas dezenas de volts.

A tensão de saída do transformador (secundário) é enviada a um estágio retificador, onde temos a conversão para um sinal contínuo pulsante. O circuito retificador pode ser de

três tipos: de meia-onda, de onda completa e de onda completa em ponte. Cada um deles possui características próprias. O retificador de meia onda apresenta um sinal de saída contínuo e pulsante, de difícil filtragem, devendo ser usado em projetos onde não se deseja um baixo fator de ondulação na saída. Os retificadores de onda completa e de onda completa em ponte apresentam também um sinal contínuo e pulsante na saída, porém não apresentam dificuldades na filtragem, pois não existem vazios entre um ciclo e outro, como nos retificadores de meia-onda. São usados em projetos onde se deseja um fator de ondulação pequeno.

Recordando as formas de onda, temos:

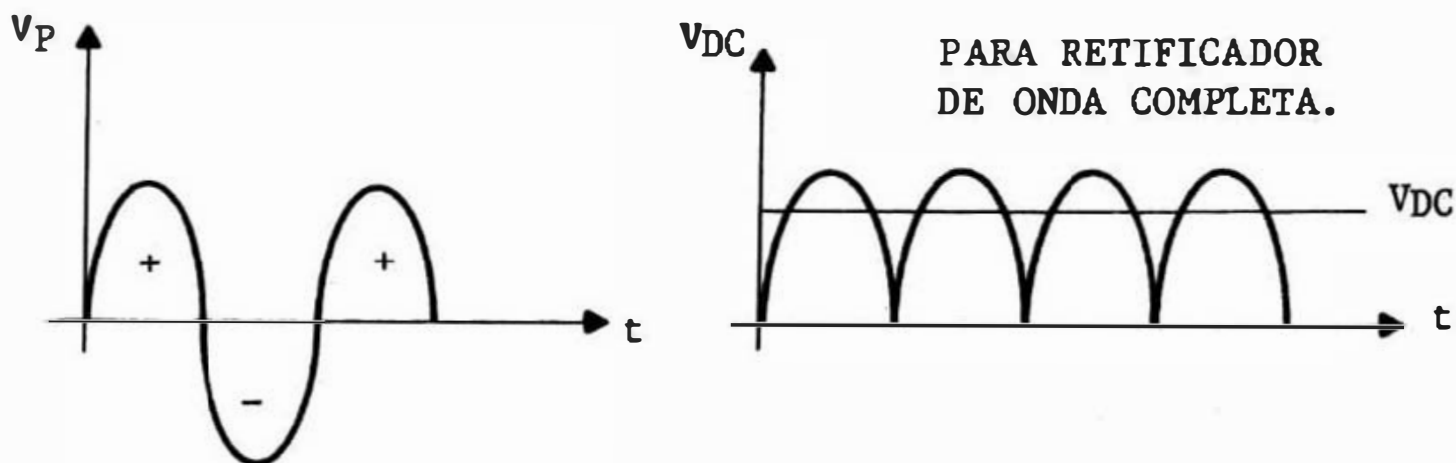
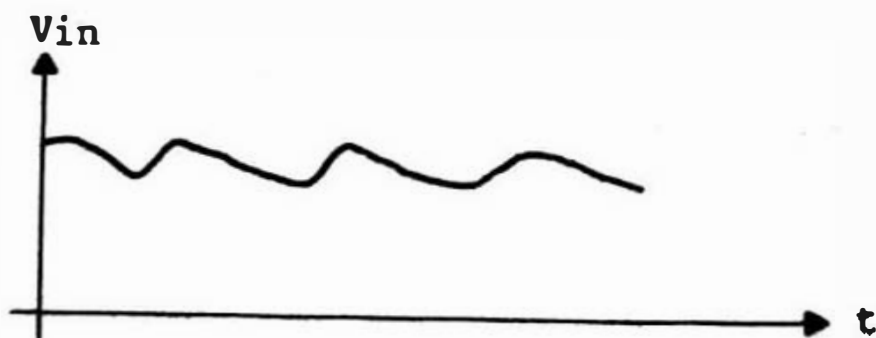


FIGURA 33

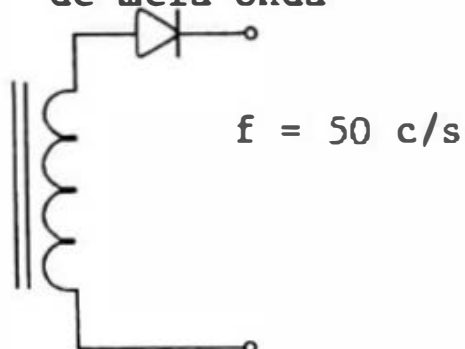


O retificador de onda completa necessita ainda de um terminal de referência central, do inglês "center tap". Para o retificador em ponte, este terminal não é necessário. A fi-

gura 34 indica os circuitos retificadores básicos que acabamos de mencionar.

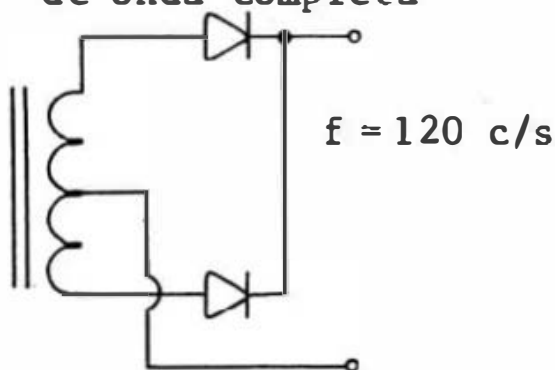
FIGURA 34

Retificador
de meia onda

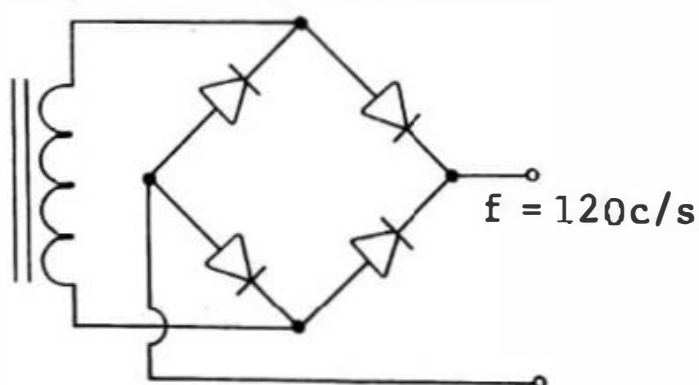


c/s = ciclos/segundo.

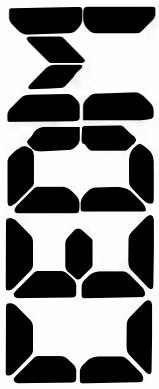
Retificador
de onda completa



Retificador de onda
completa em ponte.



A seguir, temos um estágio de filtragem, conforme o aluno pode verificar pela figura 32. Para calcularmos o valor do capacitor de filtro, é necessário sabermos a mínima resistência de saída, assim como o sinal pulsado de saída do retificador; ou então através de curvas normalizadas que incluem o valor da capacitância em função da tensão eficaz do secundário do transformador para vários tipos de reguladores. Todos esses dados que acabamos de expor serão colocados, com detalhes, no nosso próximo manual de práticas que versará sobre a parte prática das fontes de alimentação.



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-7

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) As fontes de alimentação apresentam duas operações fundamentais que são:

- a) retificação e estabilização;
- b) estabilização e filtragem;
- ☒ c) retificação e filtragem;
- d) retificação e fator de ondulação.

2) A regulação porcentual é um parâmetro importante em uma fonte de alimentação. Indique qual das seguintes proposições é a equação correta da regulação da carga:

- a)
$$\text{Reg\%} = \frac{\text{tensão em vazio} - \text{tensão a plena carga}}{\text{tensão a plena carga}} \times 100$$

$$\textcircled{b)} \text{ Reg\%} = \frac{\text{tensão em vazio} - \text{tensão a plena carga}}{\text{tensão em vazio}} \times 100;$$

$$c) \text{ Reg\%} = \frac{\text{tensão a plena carga} - \text{tensão em vazio}}{\text{tensão a plena carga}} \times 100;$$

d) as alternativas a e c estão corretas.

3) A tensão de referência em fontes reguladas pode ser obtida da seguinte forma:

a) através de diodos zener ou filtros capacitivos acoplados entre si;

b) através da junção coletor/emissor de transistores e da queda de tensão sobre um diodo zener;

$\textcircled{c)}$ através de diodos zener ou na junção base/emissor de transistores;

d) através de um filtro RL ou da junção base/emissor de transistores.

4) De acordo com o circuito da figura 4, se não tivéssemos os transistores Q4, Q5 e Q6, teríamos:

a) um aumento da tensão de referência para 6 volts;

b) que fazer um ajuste externo na tensão de saída, com o uso de capacitores de tântalo;

$\textcircled{c)}$ uma tensão ou nível de referência inferior a 5 volts;

d) todas as alternativas estão incorretas.

5) A finalidade de um transistor de passagem em série na pastilha do circuito integrado da figura 2 é de proteger o circuito contra:

a) sinais espúrios oriundos do transformador;

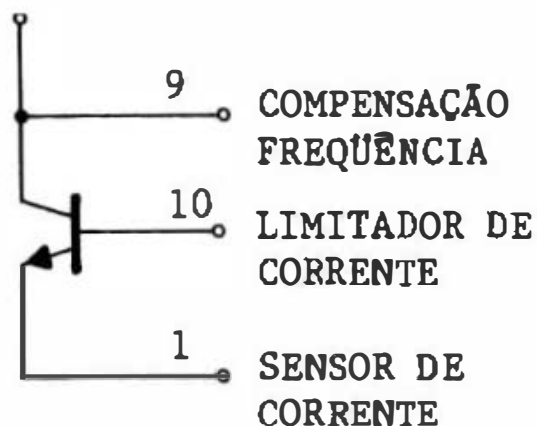
b) harmônicos da rede;

- c) sobrecarga térmica e sobrecorrentes;
- d) sobretensões e ondulações frequentes.

6) O regulador LM309 possui as seguintes características:

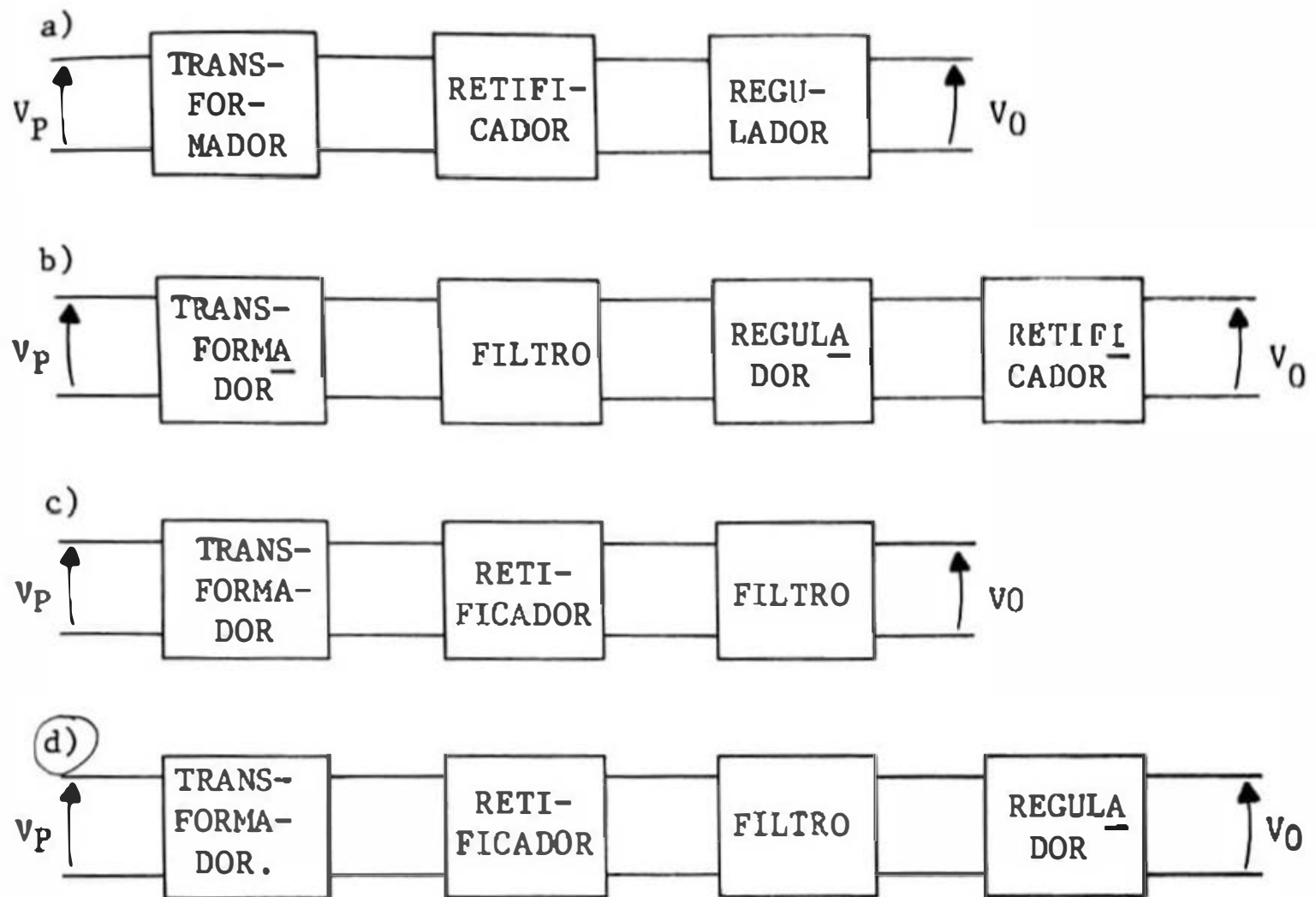
- a) proteção térmica, tensão de saída ajustável para valores acima de 5 volts;
- b) proteção térmica, tensão de entrada fixa e tensão de saída ajustável para valores inferiores a 4 volts;
- c) não possuem proteção térmica, são reguladores que trabalham com tensões de saída acima de 10 volts.
- d) todas as alternativas estão incorretas.

7) O circuito da figura abaixo indica um dos estágios internos do regulador de tensão 723. A finalidade deste circuito é:



- a) proteger o circuito devido ao calor, dissipado pelo regulador;
- b) comparar a tensão de referência com aquela tirada diretamente dos terminais de saída da fonte;
- c) proteger o circuito contra sobrecorrentes;
- d) proteger contra curtos-circuitos na saída da fonte.

8) Um diagrama de blocos de uma fonte de tensão estabilizada corresponde à seguinte alternativa:



9) Assinale a alternativa incorreta:

- ☐ a) o retificador de onda completa em ponte não necessita de um terminal central de referência;
- ☐ b) reguladores de tensão são usados em fontes de alimentação com a finalidade de: evitar flutuações, corrigir uma filtragem deficiente, etc.;
- ☐ c) regulação térmica em uma fonte de alimentação é o mesmo que coeficiente de temperatura;
- ☒ d) todas as alternativas anteriores estão incorretas.

10) Assinale a alternativa correta:

- a) coeficiente de temperatura negativo significa dizer que a resistência da junção emissor-base diminui drasticamente quando a temperatura diminui bruscamente;
- b) amplificadores de erro têm a finalidade de diminuir o nível de referência a um valor que não exceda os limites do mínimo valor estipulado para a fonte de alimentação;
- c) coeficiente de temperatura negativo significa dizer que a resistência da junção emissor-base de um transistor diminui drasticamente quando há um aumento da temperatura.
- d) níveis de referência retirados da junção base/emissor em um regulador são menos eficientes que as referências zener, pois necessitam de capacitores para filtragem.

CEDM-CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA-PR.



LIÇÃO MP-8

MANUAL DE PRÁTICAS MP-8

FONTE DE ALIMENTAÇÃO REGULADA CEDM-78

O aluno está recebendo, juntamente com este grupo de lições, o seu primeiro Kit. Trata-se de uma fonte de alimentação de 5V/1A. A montagem do Kit CEDM-78 vai proporcionar-lhe muitas horas de agradável aprendizado e, concluída a montagem, você irá dispor de uma fonte de alimentação com excelente qualidade técnica.

Vamos enumerar algumas observações muito importantes, - principalmente para os alunos que nunca fizeram montagens em circuito impresso. Leiam atentamente os itens relacionados abaixo:

- a) Siga as instruções com cautela, a fim de evitar possíveis erros.
- b) A sequência de cada operação deve ser seguida a rigor. Não efetue montagens ou ligações, antes de ler integralmente cada item, ou antes de receber instruções - para fazê-lo.
- c) Não se apresse para efetuar a montagem da fonte. O seu bom desempenho depende da qualidade de execução - da mesma.
- d) Os detalhes da montagem de cada componente estão ilustrados separadamente, com o objetivo de facilitar a

compreensão do aluno.

- e) Ao colocar cada componente na placa de circuito impresso, tome muito cuidado para não danificá-lo. Dobre-o de acordo com as instruções deste manual, de forma a coincidir com os furos onde será colocado. Nunca force nenhum componente contra a placa e só execute soldagens, quando receber instruções para tal.
- f) Um dos detalhes de maior importância para a montagem do Kit é o que diz respeito às soldagens. O bom desempenho da fonte depende, em muito, da realização de uma boa soldagem. É conveniente que o aluno releia o manual de práticas MP-6. E siga com rigor as instruções deste manual, referentes à soldagem.

Aqui vai a relação de todos os componentes e ferramentas que você está recebendo. Confira um a um, fazendo um X nos parênteses à direita. Se por acaso faltar algum componente, comunique-nos de imediato. Todavia ressaltamos que todo o material enviado, foi cuidadosamente verificado, conferido e embalado. Portanto se você notar falta de algum componente, é bom que se faça uma nova verificação.

Eis a relação:

- 01 ferro de soldar de 20W/110V ou 220V. ()
- 01 alicate de bico ()
- 01 alicate de corte ()
- 01 chave de fenda ()
- 01 rolinho de solda ()

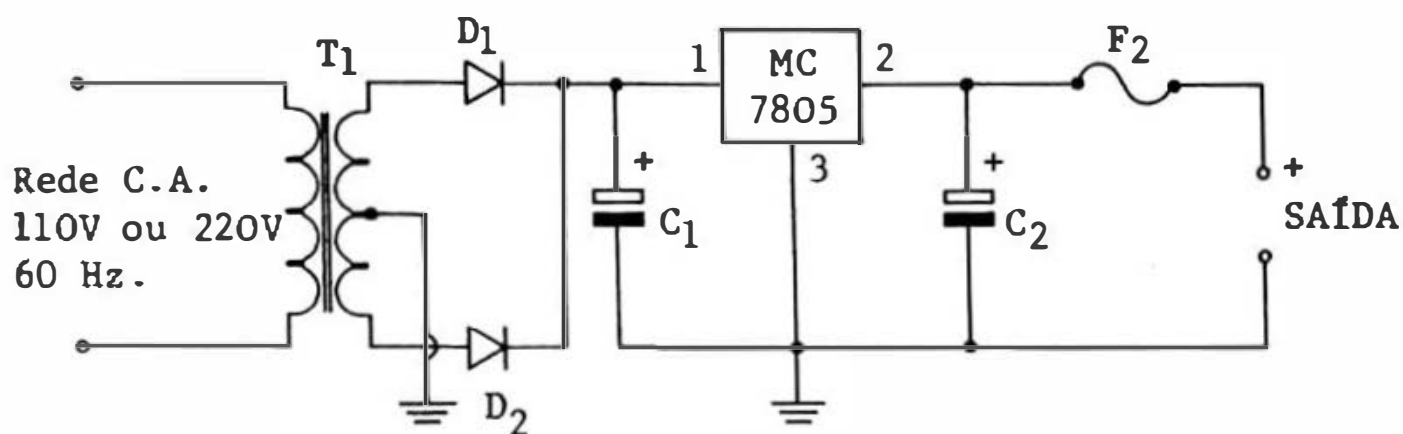
KIT CEDM 78 - Fonte de alimentação 5V/1A com os seguintes componentes:

- 01 regulador de tensão MC 7805 ()
- 02 diodos 1N4003 ()
- 01 capacitor de 1000 μ F, 16V eletrolítico ()
- 01 capacitor de 2200 μ F, 16V eletrolítico ()
- 01 transformador de alimentação: primário 110V ou 220V, secundário 9V-0-9V, 1A ()
- 01 porta-fusível ()
- 01 fusível de 1A ()
- 01 dissipador ()
- 02 bornes, um vermelho e outro preto ()
- 04 parafusos ()

04 porcas ()
 02 arruelas de plástico ()
 01 cabo de força ().

Apresentamos a seguir o circuito e o projeto da fonte KIT CEDM-78 de 5V/1A. Na figura 1 temos o circuito da fonte CEDM-78. Procuramos projetá-la de forma mais econômica, levando em conta os requisitos necessários para um perfeito funcionamento.

FIGURA 1



A fonte de alimentação CEDM-78 consiste: de um retificador de onda completa, que utiliza dois diodos 1N4003; de um capacitor C1 de filtragem, cuja função é amortecer as ondulações; de um capacitor C2 para melhorar a resposta a transientes e do regulador de tensão MC7805, já estudado no manual de práticas MP-7.

CÁLCULOS DA FONTE CEDM-78

CAPACITOR C1

Um dos métodos usados para calcular o capacitor C1 é através da mínima resistência de saída e do período do sinal pulsante na saída do retificador. A resistência mínima é calculada pela relação entre a tensão de saída e a máxima corrente de trabalho da nossa fonte, portanto:

$$R_{\text{mín.}} = \frac{V_s}{I_{\text{máx}}} = \frac{5}{1} = 5\Omega$$

A seguir calculamos o período (T) que é o inverso da frequência para retificadores de onda completa, $f = 120\text{Hz}$, como

já mencionamos anteriormente na lição MP-7, logo:

$$T = \frac{1}{120} = 8,3 \text{ ms.}$$

Deve-se calcular o valor de C_1 de tal modo que a constante de tempo de carga e descarga seja três vezes maior que o período do sinal pulsado de saída do retificador, assim:

$$R_{\text{mín.}} C_1 = 3T \rightarrow C_1 = \frac{3T}{R_{\text{mín.}}} = \frac{3 \times 8,3 \times 10^{-3}}{5} = 4,98 \text{ }\mu\text{F.}$$

$$C_1 = 4980 \text{ }\mu\text{F} \approx 5000 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C_1 = 5000 \text{ }\mu\text{F.}$$

Este é o valor ideal para o capacitor de entrada C_1 . Adotamos, porém, por medida de economia, o valor de $C_1 = 2200\mu\text{F}$, o que não irá acarretar mau funcionamento da fonte, visto que o fator de ondulação é bem pequeno.

Tensão de isolação do capacitor - A tensão no secundário do transformador da fonte é de 9 volts, logo a tensão de pico será:

$$V_{\text{pico}} = 9 \times \sqrt{2} = 12,7 \text{ volts.}$$

A tensão de isolação de C_1 deve ser maior que V_{pico} (tensão de pico). Adotamos para ele o valor de 16 volts.

O capacitor C_2 tem a função de melhorar a resposta a transientes, seu valor prático pode ser de $1000 \text{ }\mu\text{F}$.

Os diodos D_1 e D_2 não são componentes críticos, por isso escolhemos a série 1N4003, onde a máxima tensão de pico inversa para os diodos é de 220V

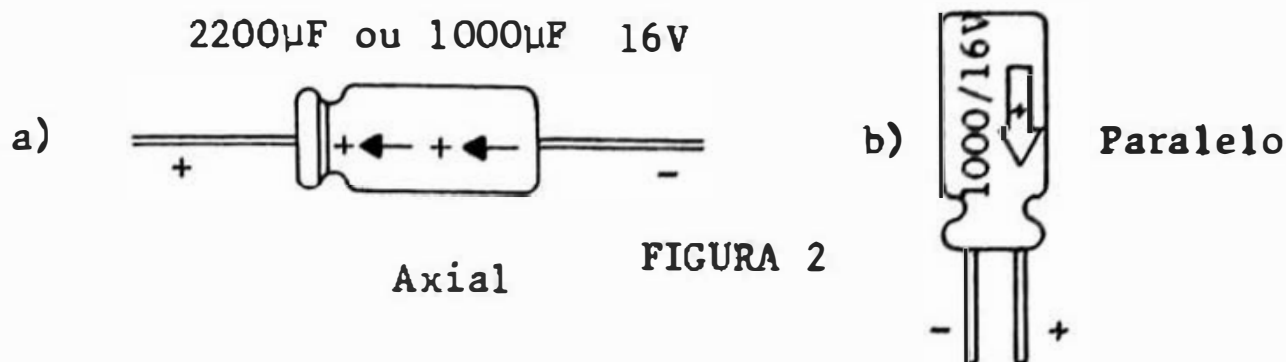
O fusível F_2 está de acordo com a corrente de saída, sendo igual a 1 ampère.

Identificação dos componentes para efetuar a montagem da fonte.

Capacitores:

Os capacitores eletrolíticos possuem "polaridade", a qual deve ser respeitada durante a montagem. Na figura 2, temos os aspectos destes capacitores. A figura 2A ilustra um capacitor eletrolítico axial, a identificação de sua polaridade é impressa no invólucro. O terminal positivo é geralmente indicado por setas intercaladas pelo sinal + ou pelo estreitamento do corpo do capacitor. A polaridade positiva pode ser identificada ainda como sendo o terminal isolado por borracha do invólucro. O terminal negativo será evidentemente o outro. A

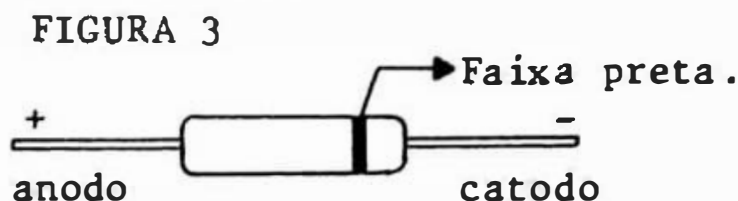
figura 2B ilustra um outro tipo, capacitor paralelo. A identificação é feita através de uma seta com um sinal + quando o terminal é positivo ou um sinal - quando negativo.



Os capacitores eletrolíticos têm os seus valores especificados em μF e a tensão de trabalho em volts, impressos no próprio corpo. Ao colocá-los no circuito, verifique sempre os seus valores e a polaridade.

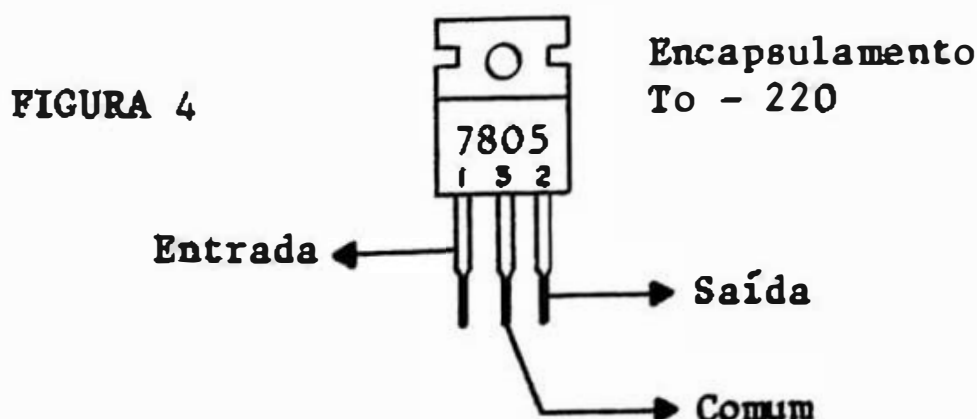
DIODOS:

A figura 3, abaixo, ilustra o aspecto de ambos os diodos. Nota-se que, em uma de suas extremidades, há uma faixa preta, indicando o terminal negativo.



REGULADOR DE TENSÃO MC7805

Este regulador possui três terminais, como indica a figura 4, O terminal 1 é a entrada, o 2 a saída e o 3 é o terminal do terra. Observe que há um furo central em sua extremidade superior. Nele será fixado o dissipador.



INSTRUÇÕES PRELIMINARES PARA A MONTAGEM DOS COMPONENTES

- a) Antes de efetuar qualquer montagem, leia com atenção - as seguintes instruções:
- b) Não substitua nenhuma peça do KIT CEDM-78, a fim de evitar danos ou mal funcionamento do circuito. Confira sempre o valor de cada componente e a polaridade do mesmo, verificando a sua posição pelo lado isolante da placa de circuito impresso.
- c) Todos os componentes são colocados pelo lado isolante do circuito impresso e soldados pelo lado cobreado da placa.
- d) Antes da colocação dos capacitores e dos diodos na placa de circuito impresso, seus terminais devem ser dobrados junto ao corpo do componente. A figura 5 ilustra um capacitor axial para montagem horizontal.

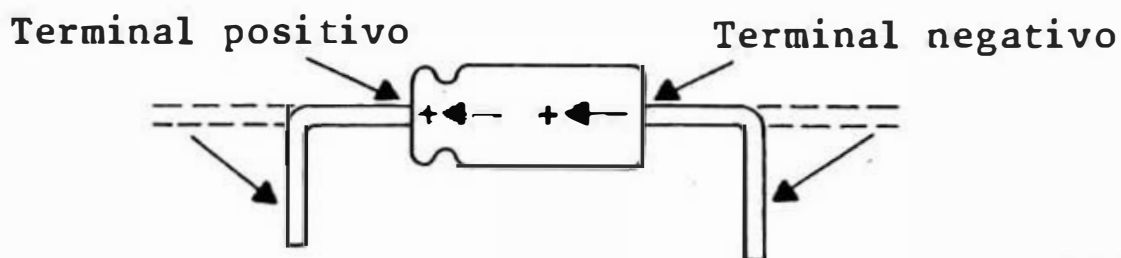
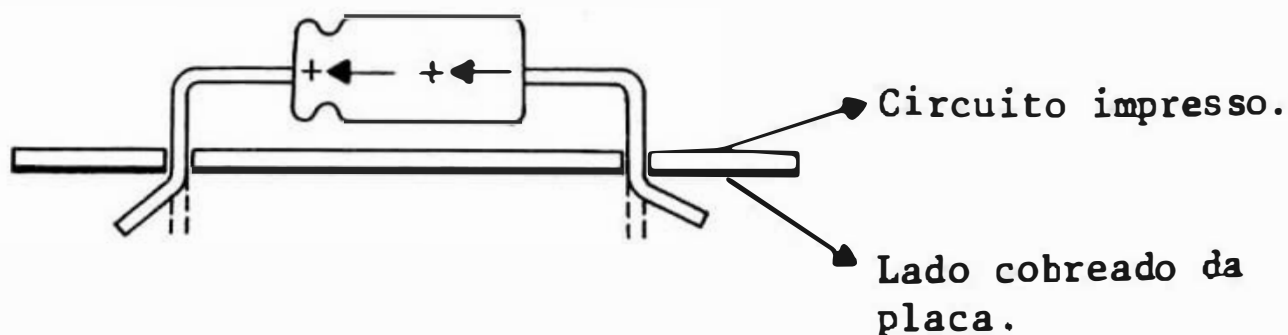


FIGURA 5



- e) Soldagem - A montagem de qualquer circuito eletrônico depende, em muito, da maneira como são feitas as conexões e soldagem. Utilize sempre a solda que estamos enviando junto com o KIT. Evite o uso das "pastas para soldar". Estas possuem substâncias ácidas que podem danificar os componentes.

TÉCNICAS DE SOLDAGEM

Antes de iniciarmos a montagem da fonte propriamente dita, devemos preparar os componentes que irão ser soldados, bem como o ferro de soldar.

Para efetuar qualquer soldagem, a ponta do soldador deve estar sempre limpa e estanhada, para proporcionar uma perfeita transferência de calor. Antes de ligar o ferro para a soldagem, passe uma lixa fina em sua ponta, a fim de retirar a sujeira e a oxidação. Se estiver utilizando o ferro pela primeira vez, ele já deverá estar limpo. Todavia, se o trabalho de soldagem for interrompido por algum tempo, ao reiniciá-lo, deve-se limar a ponta do ferro de soldar, de modo a deixá-la limpa e faça-o sempre com o ferro de soldar desligado.

A seguir, ligue o soldador em 110V ou 220V, conforme a rede local e deixe-o aquecer durante uns 5 minutos para atingir a sua temperatura normal de trabalho. Para estanhar a ponta do ferro de soldar, faça o seguinte: aplique uma pequena quantidade de solda na extremidade do ferro. Esta irá derreter imediatamente, recobrando a ponta. O excedente de solda deve ser retirado com um pano úmido, ou sacudindo-se vigorosamente o ferro de soldar, porém tome cuidado com a vista que poderá ser atingida por um respingo de solda.

Os terminais de componentes (diodos, capacitores, etc.) devem ser endireitados com um alicate de ponta e, em seguida, lixados levemente, utilizando-se uma lixa bem fina ou bombrill, a fim de remover óxido e gordura para deixá-los perfeitamente limpos.

A colocação dos componentes deverá ser feita sobre a face não cobreada da placa de fenolite, onde estão desenhados os componentes. A face cobreada está recoberta por uma camada de verniz. Para facilitar a soldagem e evitar a oxidação, não retire esta camada protetora.

Para realizar uma soldagem, coloque uma pequena quantidade de solda no ferro de soldar, para facilitar a transferência de calor. Em seguida, encoste a ponta do soldador na junção a ser soldada e aplique a solda (figura 6). Mantenha o ferro nesta posição, até que a solda se derreta por completo. Use apenas a quantidade necessária, evitando aquecer demasiadamente a placa de circuito impresso e o componente.

Retire primeiro a solda, depois o ferro. Não mova os terminais do componente, até que a solda se esfrie por completo, (5 segundos são suficientes). Puxe o terminal para certificar-se de que a soldagem está firme e corte o excesso do mesmo com o alicate de corte, (ver figuras 7 e 8).

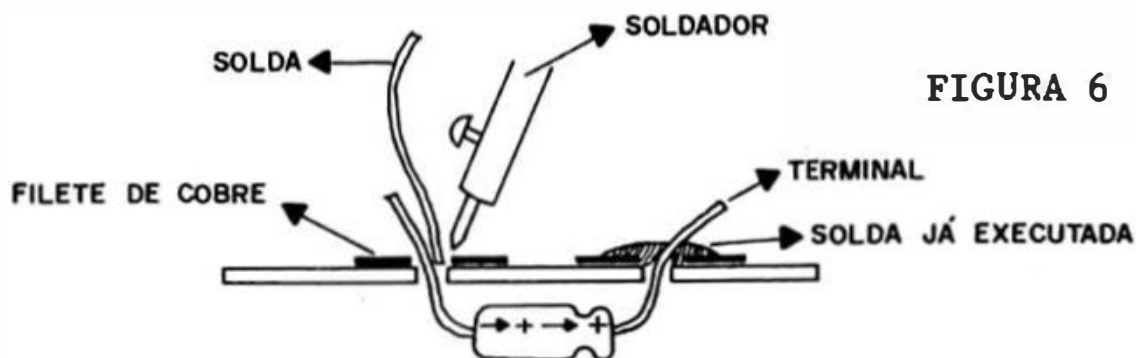


FIGURA 6



FIGURA 7

FIGURA 8

Seguindo as instruções que acabamos de fornecer, cada soldagem levará um tempo máximo de 8 segundos, propiciando conexões corretas e um contato perfeito entre o terminal do componente e a placa de circuito impresso. Lembre-se de que uma soldagem bem executada apresenta um aspecto homogêneo e uma superfície lisa e brilhante, enquanto que uma soldagem mal executada apresentará um aspecto rugoso e pouco homogêneo.

MONTAGEM DA FONTE

Iniciamos agora a montagem dos componentes da fonte. Além dos componentes já citados, o aluno recebeu também a placa de circuito impresso, já pronta, com a disposição dos componentes no lado isolante. A sua vista do lado cobreado é mostrada na figura 9.

A posição de cada componente é indicada mediante o símbolo correspondente na face isolante da placa. Nesta face deverão ser colocados todos os componentes, de acordo com o símbolo de cada um.

Os terminais deverão atravessar os respectivos orifícios e fazer contato com a parte cobreada na face oposta da placa.

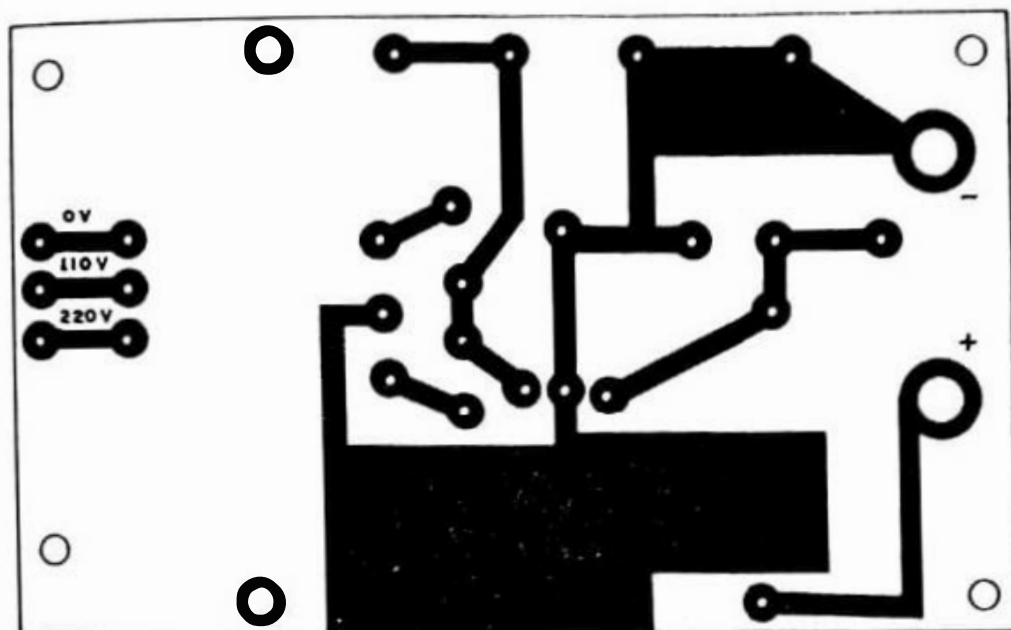


FIGURA 9

Para maior dissipação de calor, a placa possui uma grande área cobreada.

Siga cada item que descrevemos a seguir, em sua ordem. Terminado cada passo, coloque um "X" nos parênteses à direita. Isto permitirá ao aluno interromper a montagem em qualquer momento e ao retorná-la, saberá qual foi o último item executado.

Item 1 - Começaremos a montagem da fonte CEDM-78, com o regulador 7805, cujo aspecto foi mostrado na figura 4. Primeiramente identifique seus terminais, observando a placa pelo lado isolante. Note que a disposição dos terminais para a fixação do regulador já está determinada pelos três orifícios ali existentes. Neles o aluno deverá fixar os respectivos terminais e, com o ferro de soldar, já estanhado, efetuar a soldagem. Solde, pelo lado cobreado, cada um dos terminais do regulador, utilizando o mínimo necessário de solda, evitando, com isso, a ocorrência de curto entre os terminais. Devido ao espaço que ocupa, deixe, para o final, a fixação do dissipador, pois, se fixado antes, dificultará a colocação de outros componentes ().

Item 2 - Tome o transformador que lhe é enviado, (você irá aproveitar a isolação que cobre os terminais do secundário).

rio 9V + 9V/1A) e corte aproximadamente 11 cm dos fios azuis e amarelo. Em seguida, retire a isolação plástica do fio (espaguete), pois este ser-lhe-á útil para a isolação dos outros componentes. A fixação do transformador ficará por último().

Item 3 - Próximo passo, a fixação dos capacitores. Já frisamos que se deve tomar cuidado com a polaridade deles, cuja indicação encontra-se no lado isolante da placa de circuito impresso (onde são montados os componentes). No capacitor, há uma seta indicando o terminal positivo (ver figura 2).

De acordo com o tipo do capacitor, será montado em pé ou deitado. Para facilitar essa dupla possibilidade de montagem, as placas já possuem quatro furos nos lugares apropriados para sua fixação. Se o aluno recebeu os capacitores para serem montados em pé, utilize os dois orifícios centrais, conforme ilustra a figura 10 ().

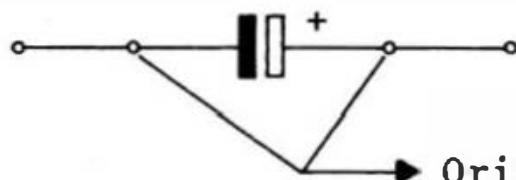


FIGURA 10

Item 4 - Introduza o componente por estes dois orifícios (respeitando sempre a polaridade), deixe uma distância mínima de 5mm entre a placa e a base do capacitor (observar a figura 11) ().

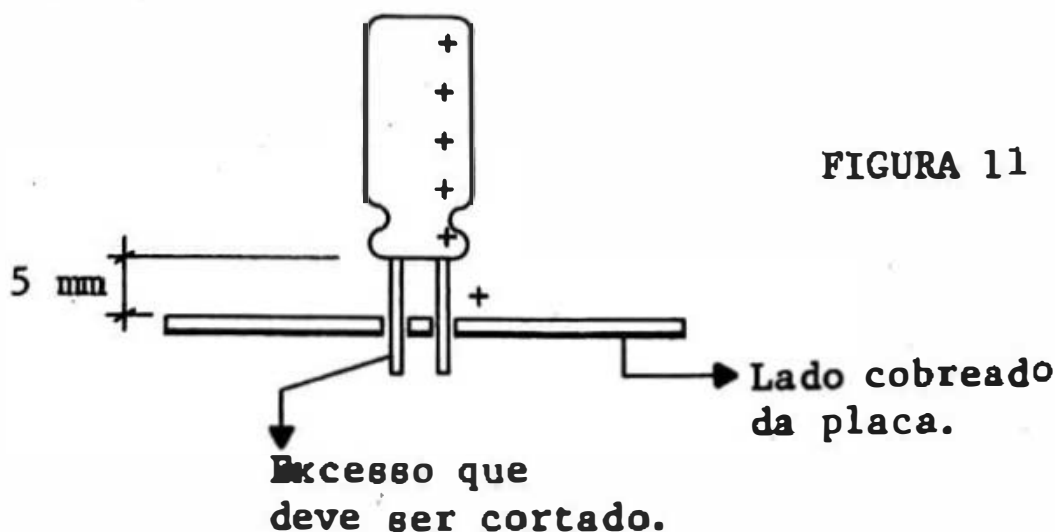


FIGURA 11

Item 5 - Após cortado o excesso dos terminais, efetue a solda, evitando o aquecimento excessivo. ()

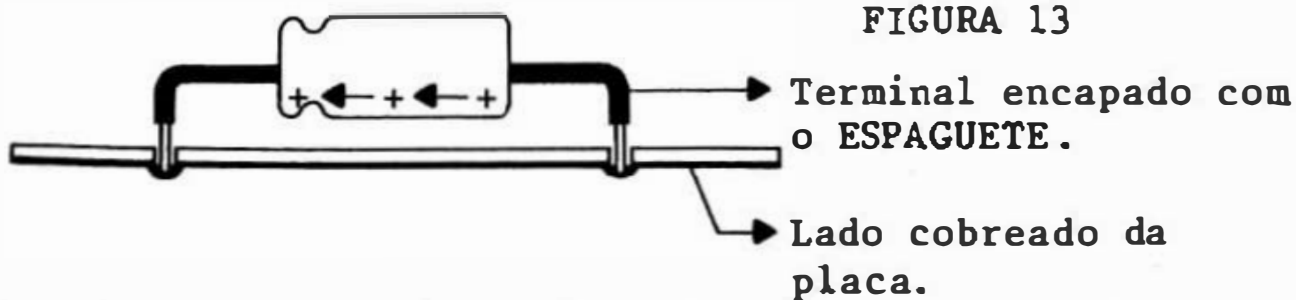
Item 6 - Se o aluno recebeu os capacitores para serem montados horizontalmente (deitados), utilize os dois orifícios existentes nas extremidades da placa, conforme ilustra a figura 12 ().

FIGURA 12



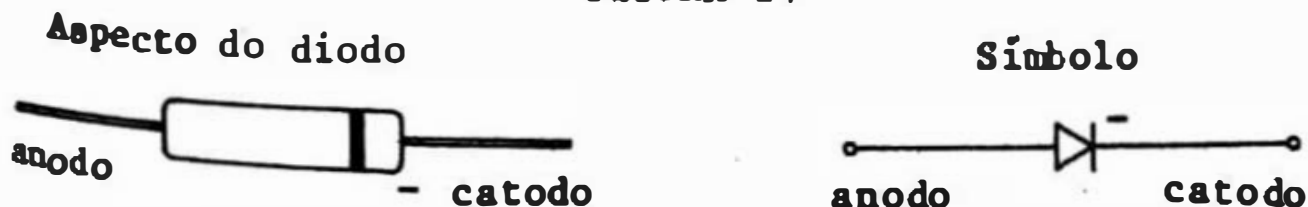
Item 7 - Após cortado o excesso dos terminais, estes devem ser encapados e, para isso, o capacitor deve ser retirado da placa. Os espaguete isolantes, enviados com o transformador (seguir as instruções do item 2), devem ser usados para isolar os terminais do capacitor axial. A seguir, recoloca o capacitor na placa pelo lado isolante e solde os terminais evitando o aquecimento excessivo. A figura 13 ilustra a montagem do capacitor sobre a placa. ()

FIGURA 13

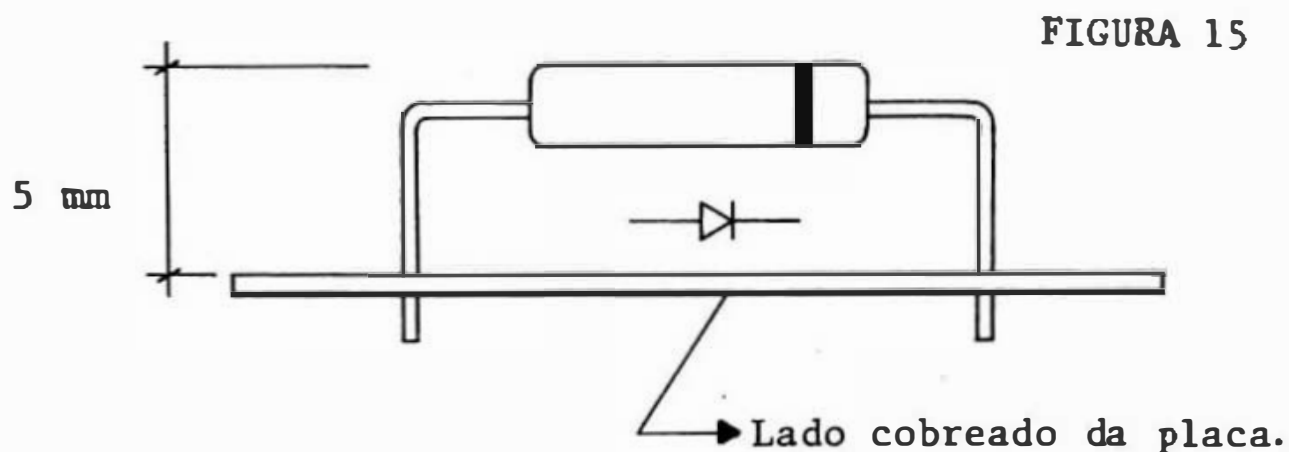


Item 8 - Dando seqüência à soldagem dos componentes, passamos agora aos diodos 1N4003. A figura 14 mostra o aspecto de um deles, bem como os terminais, com indicações do catodo e do anodo.

FIGURA 14



Dobre ligeiramente seus terminais e os introduza nos orifícios da placa de circuito impresso, fazendo coincidir terminal negativo com o catodo no desenho da placa de circuito impresso. Deixe um espaço de 5mm entre a placa e o diodo. (Observar a figura 15, abaixo) ()



Item 9 - Seguindo as instruções do item 5, corte o excesso dos terminais, isole-os e execute a soldagem, tomando o devido cuidado para não aquecê-los excessivamente, pois sob temperatura excessiva o componente pode ser danificado. Proceda da mesma forma para a soldagem do segundo diodo ().

Item 10 - Passamos agora ao porta fusível, cujo aspecto é apresentado abaixo pela figura 16.

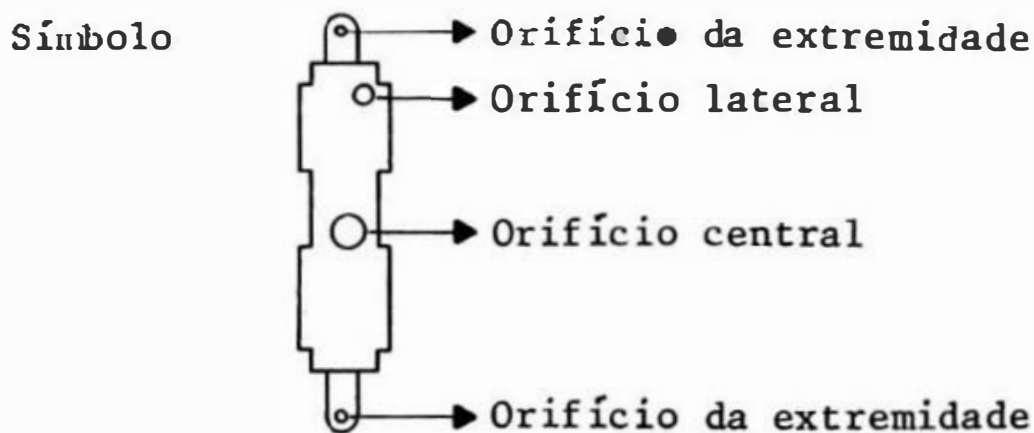


FIGURA 16

Verificando o porta-fusível, o aluno notará que este possui uma pequena saliência de plástico que deverá ser conectada ao orifício lateral. Nas extremidades do porta fusível ,

solde um pequeno pedaço de fio nu de alumínio que poderá ser a sobra do terminal do capacitor ou de outro componente. A figura 17 ilustra esta montagem ().

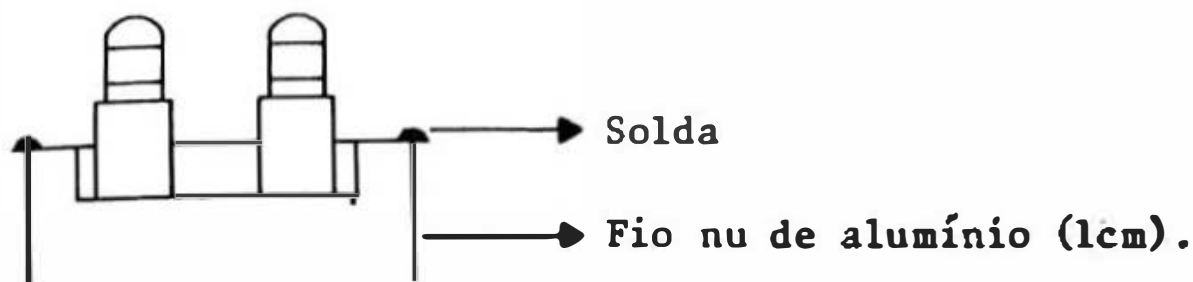


FIGURA 17

Item 11 - Seguindo as instruções dadas no item 10, introduza os terminais de alumínio nos orifícios extremos e solde-os na placa. No orifício central, coloque um parafuso pelo lado isolante e, com uma porca, atarraxe o suficiente para apertar o porta-fusível. Feito isso, o suporte estará pronto para receber o fusível ().

Item 12 - Colocação dos bornes na placa. O borne vermelho deverá ser conectado ao terminal positivo; o preto, ao terminal negativo. Tome um dos bornes, coloque uma arruela de plástico; a seguir, uma porca. Introduza-o no orifício da placa pelo lado isolante e conclua, atarraxando firmemente a outra porca. A figura 18 mostra com detalhes esta montagem().

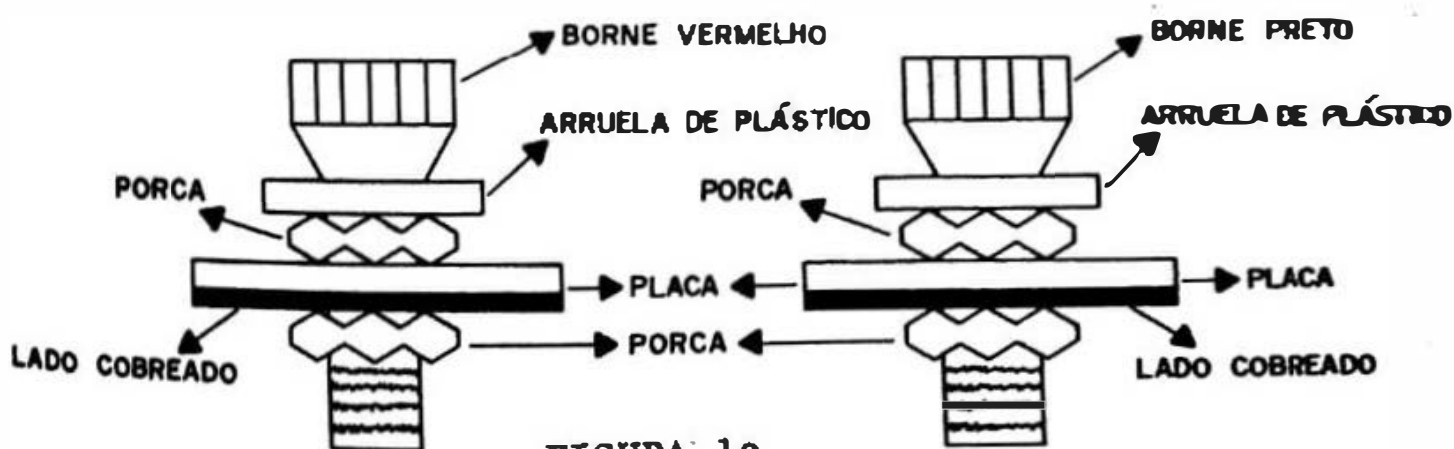


FIGURA 18

Item 13 - Fixação do dissipador de calor ao regulador. Inicialmente, dobre um pouco os terminais do circuito integrado (7805) e coloque o dissipador entre ele e a placa, pelo lado isolante da mesma. Introduza um parafuso no orifício do

regulador e, no lado cobreado da placa, atarraxe uma porca, - sem forçar muito ().

Item 14 - Finalmente, para concluir a montagem, restam apenas a colocação e soldagem do transformador, cujo aspecto é mostrado na figura 19, bem como todas as instruções das ligações do secundário e do primário do transformador.

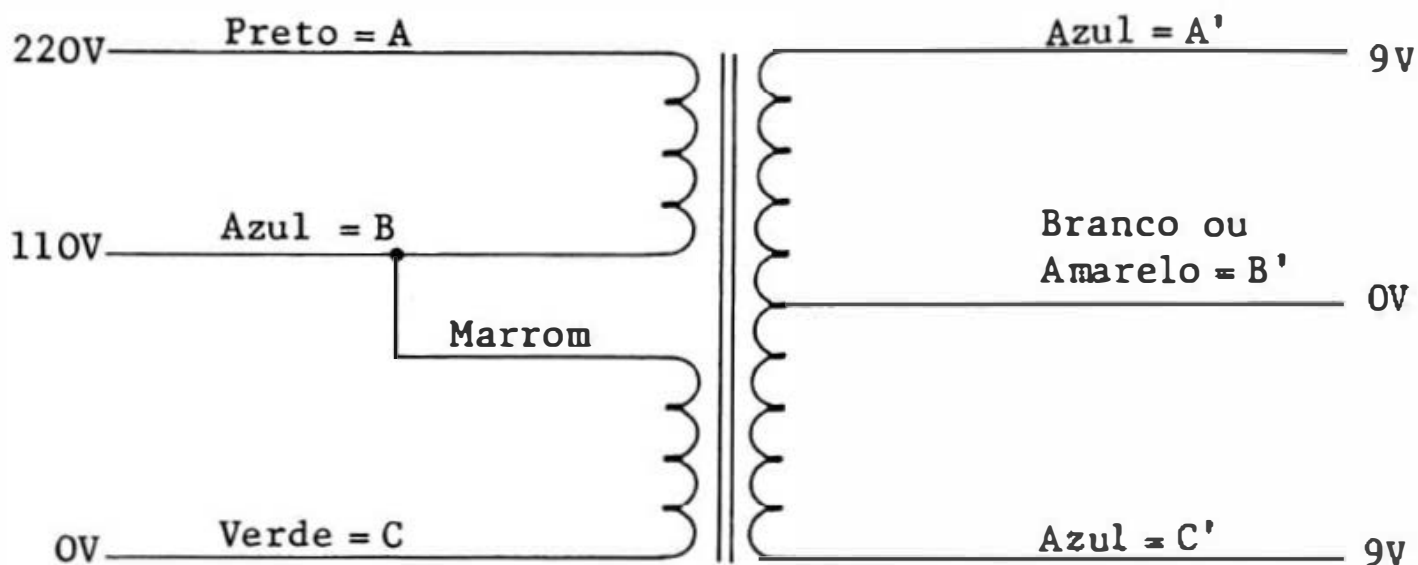


FIGURA 19

Observando a placa pelo lado onde estão desenhados os componentes, temos a seguinte ilustração para o nosso transformador. (ver figura 20.)

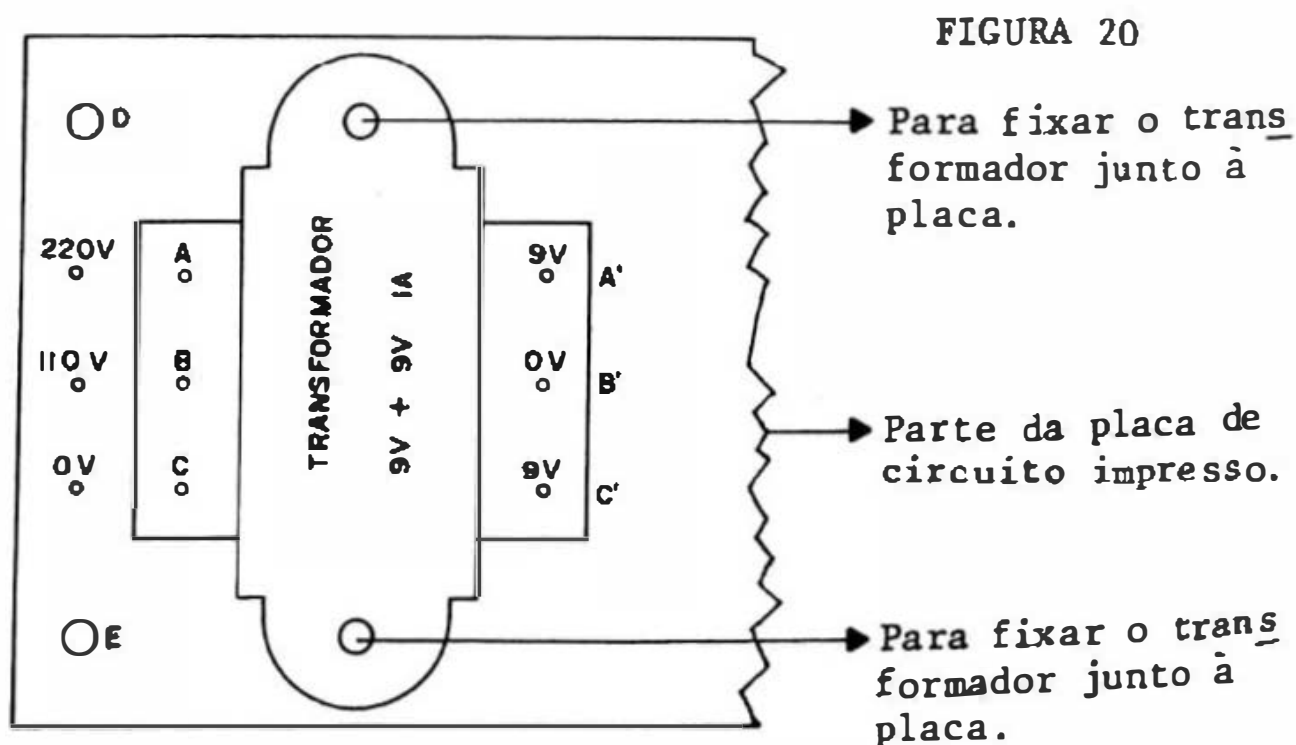


FIGURA 20

Inicialmente, deixe dois centímetros dos fios que vêm do primário e do secundário do transformador e corte o restante. Observando o lado do primário (110V), temos 4 fios: preto, azul, marrom e verde. Os fios azul e marrom devem ser colocados juntos no orifício B. (ver figura 20). O fio preto, no orifício A e o verde, no orifício C. Do lado secundário, temos 3 fios, sendo 2 azuis (um em cada extremo) e um amarelo (central). O primeiro fio azul deverá ser conectado ao orifício A' (9 volts). O amarelo e o outro azul conectados aos orifícios B' (0 volts) e C' (9 volts), respectivamente. Após a colocação dos fios e a fixação do transformador junto à placa, com dois parafusos e duas porcas, solde todos os terminais ou fios do transformador ().

Observação: O fio central do secundário, pode ser também de cor branca. Esta derivação central apresenta ainda dois fios os quais deverão ser soldados no orifício B' (0 volts).

Item 15 - A montagem da fonte propriamente dita já está concluída, restando apenas a soldagem do cabo de força que será ligado à rede local.

Se a tensão local for de 110 volts, execute a soldagem do cabo de força, conforme ilustra a figura 21.

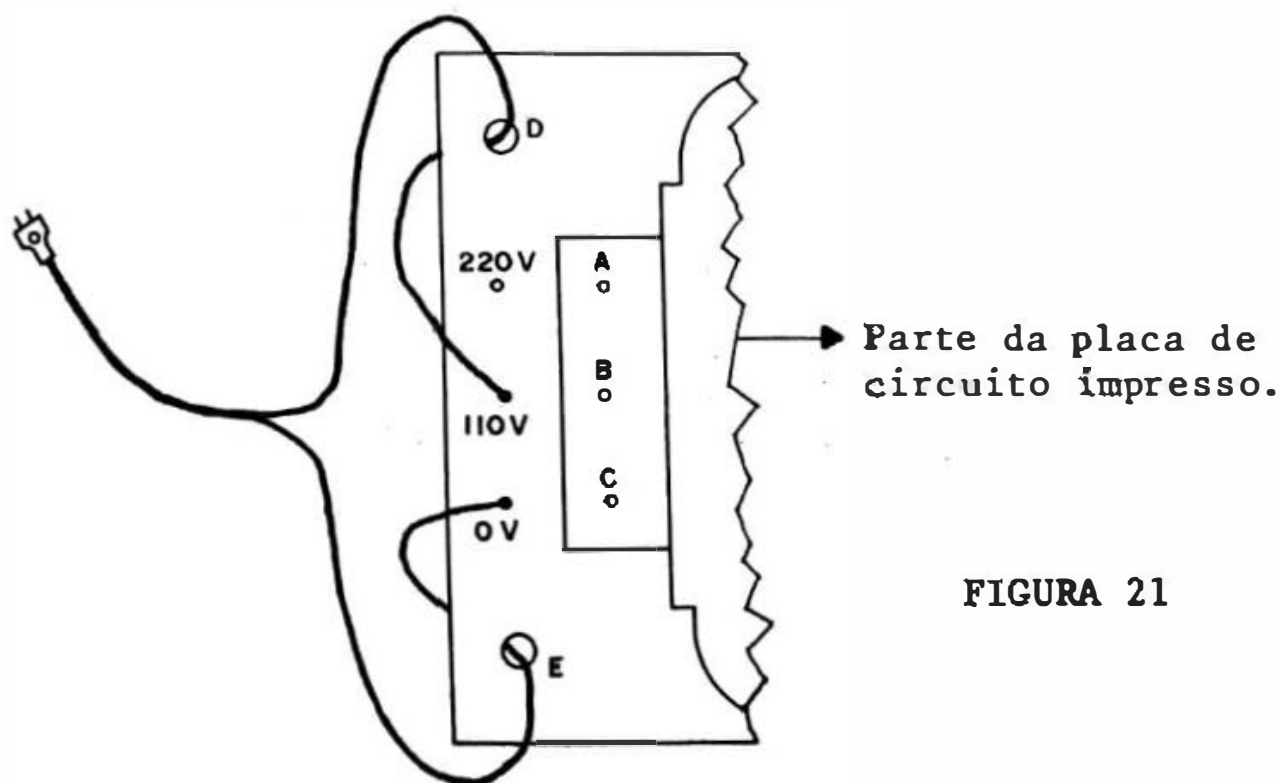


FIGURA 21

Passe os fios do cabo pelos orifícios D e E e os introduza nos furos relativos a 0V e 110V, pelo lado isolante da placa. A seguir, solde-os firmemente e corte o excesso com o alicate de corte (figura 22) ().

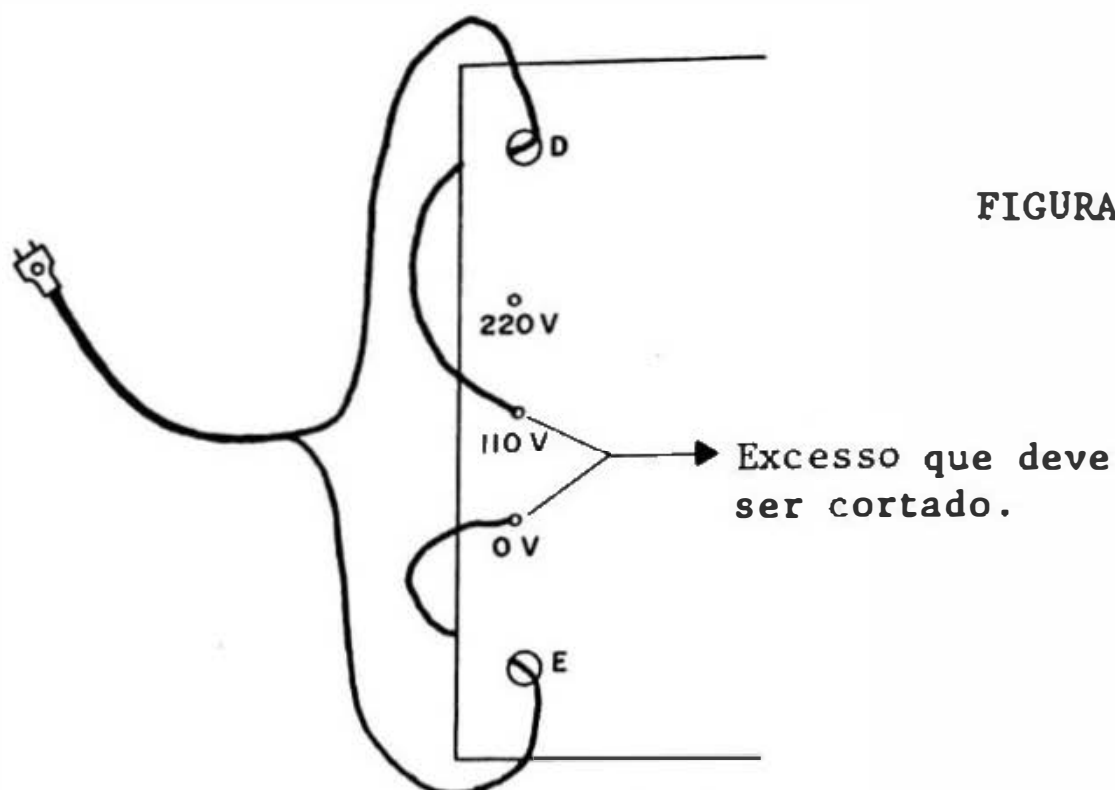


FIGURA 22

Item 16 - Se a tensão local for de 220 volts, passe os fios do cabo pelos orifícios D e E e os introduza nos furos relativos a 0V e 220V, pelo lado isolante da placa. A seguir, solde-os. Veja figura 23 ().

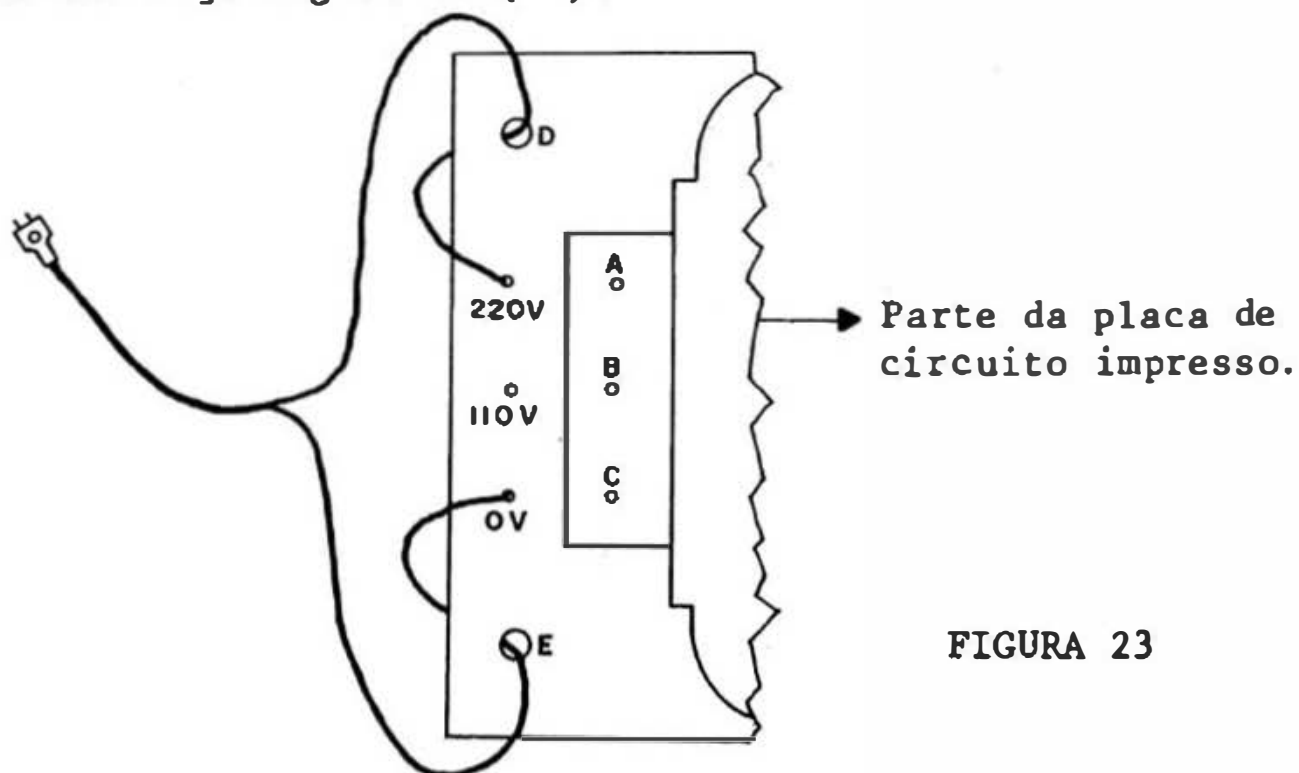


FIGURA 23

Item 17 - Está concluída a montagem da fonte de alimentação CÉDM-78. Por questão de segurança, verifique se todas as ligações foram feitas corretamente. Na figura 24, ilustraremos a placa com todos os componentes. Lembre-se de que 90% dos defeitos verificados, após a montagem de qualquer circui

to, são causados por ligações erradas ou soldas mal feitas ().

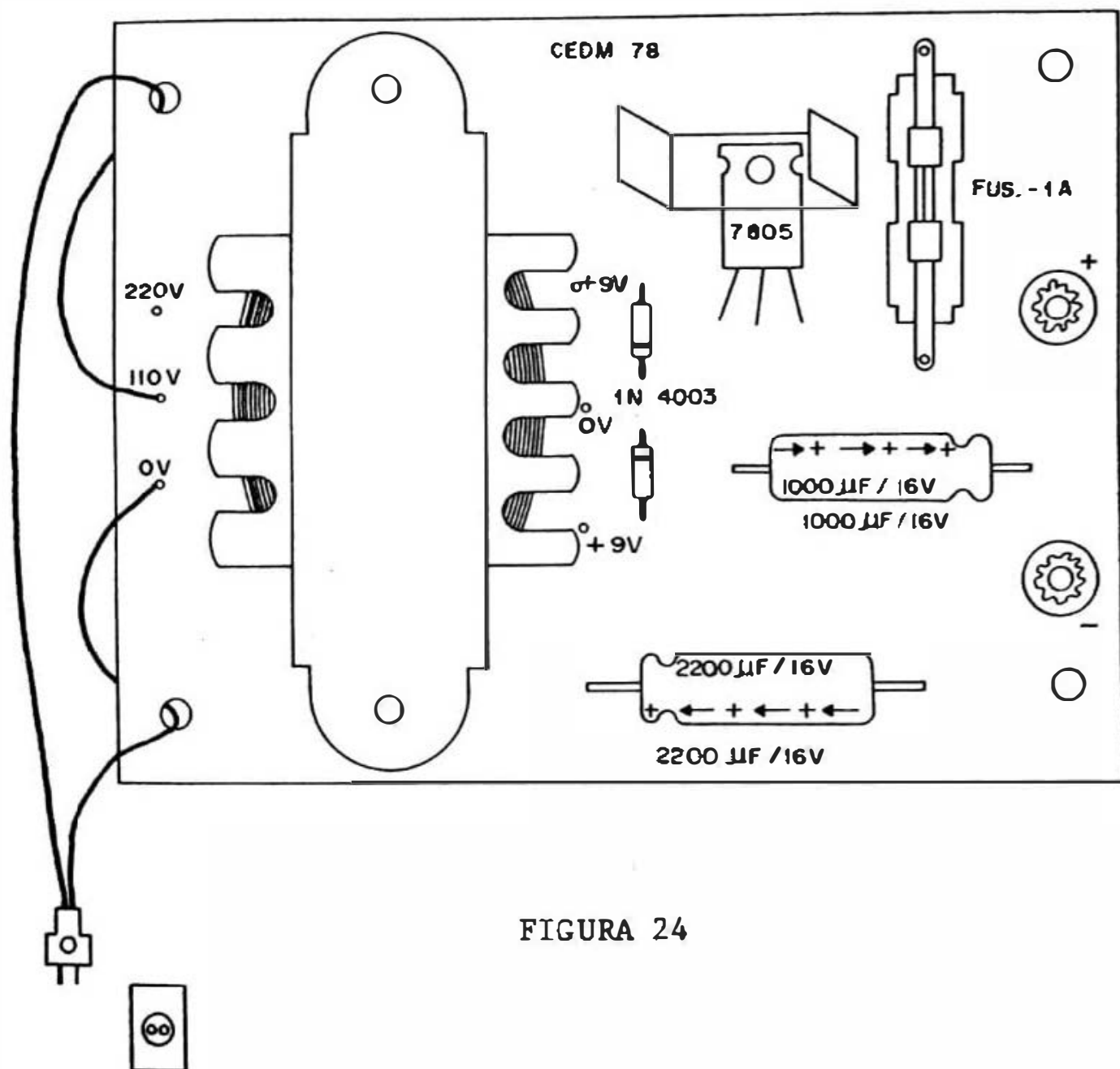


FIGURA 24

Item 18 - Repare se não há pingos de solda ocasionando curtos-circuitos entre trilhas, adjacentes na placa de circuito impresso. Faça uma verificação geral, examinando, com cuidado, a posição de cada componente e as soldas. Se tudo estiver correto, sua fonte de alimentação estará pronta para ser utilizada.

CEOM-CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES



EXAME DA LIÇÃO MP-8

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Considere uma fonte de alimentação que vai trabalhar com uma tensão nominal de 9 volts e uma corrente de saída de 0,5 ampères. O valor do fusível de saída F2, deverá ser de:

- a) 200 mA; c) 200 mA, caso a rede de C.A local seja de 220 volts;
- b) 500 mA; d) 100 mA, caso a rede de C.A local seja de 110 volts.

2) Para a mesma fonte anterior, o capacitor C_1 de entrada - mais próxima será de: - Obs.: O circuito retificador da fonte é de onda completa.

- a) $C_1 = 200 \text{ mF}$ c) $C_1 = 1400 \text{ } \mu\text{F}$;
- b) $C_1 = 1000 \text{ mF}$; d) $C_1 = 2550 \text{ mF}$.

$$R_{\min} = \frac{9}{0,5} = 18 \Omega$$

$$C_1 = \frac{3 \times 8,3 \times 10^{-3}}{18} \approx 1,400$$

3) Suponha que você construiu a fonte da questão 1. Caso trocássemos o valor do capacitor C_1 por um outro de $200 \mu\text{F}$, o que ocorreria com a flutuação da fonte?

- a) A flutuação permaneceria constante;
 b) A flutuação deixaria de existir;
 c) Teríamos um aumento na flutuação;
 d) Todas as alternativas anteriores estão incorretas.
- 4) Tem-se uma fonte de alimentação com as seguintes características: Tensão de pico do transformador da fonte $V_p = 16,9 \text{ V}$ e resistência mínima de 6 ohms . Pede-se o valor do capacitor C_1 de entrada, sabendo-se que o circuito retificador é de meia onda. 60 Hz
- a) $C_1 = 8,33 \text{ mF}$;
 b) $C_1 = 8,33 \text{ } \mu\text{F}$;
 c) $C_1 = 8333 \text{ pF}$;
 d) $C_1 = 1000 \text{ } \mu\text{F}$.
- 5) Ao utilizarmos um transformador de derivação central (center tape), o circuito retificador deverá conter:
- a) dois diodos;
 b) cinco diodos;
 c) oito diodos;
 d) as alternativas a e b estão corretas.
- 6) Assinale a alternativa correta:
- a) Para a fonte de $5\text{V}/1\text{A}$, enviada como KIT aos alunos, é possível se utilizar o regulador de tensão LM 309 H que fornece 5V e corrente de saída de $0,2\text{A}$, no lugar do 7805;
- b) O diodo da série 1N4003 foi utilizado devido à especificação de sua máxima tensão de pico inversa que é de 20 volts ;
- c) A tensão de isolação dos capacitores C_1 e C_2 deverá ser menor ou igual à tensão de pico do secundário do transformador utilizado pela fonte;
- d) As alternativas anteriores estão incorretas.

$$P_{\text{min}} = 6 \text{ W}$$

$$V_{p \sim} = 16,9 \text{ V}$$

$$V_{\text{rms}} = 23,9 \text{ V}$$

$$C_1 = 8,33 \text{ mF}$$

$$= 8333 \text{ } \mu\text{F}$$

7) Ao projetar uma fonte de tensão estabilizada, um aluno do curso C.E.D.M. chegou a um valor de $5000\mu\text{F}$, 25V para o capacitor C_1 de entrada. Porém tal aluno só tinha um capacitor de $10.000\mu\text{F}$, 25V em mãos. Qual seria a opção mais correta e mais econômica para resolver o problema?

- a) Ligar em paralelo ao capacitor de $10.000\mu\text{F}$ um outro do mesmo valor;
- ☒ b) Utilizar o capacitor de $10.000\mu\text{F}$, 25V, pois, possuindo maior valor que o anterior, conseqüentemente trará melhorias na filtragem;
- c) Não utilizar tal capacitor, pois poderá causar danos à fonte;
- d) Ligar em série com o capacitor um filtro RL.

8) Uma fonte de alimentação fornece 16 volts através de um circuito retificador de onda completa. Sabe-se que a carga de saída consome uma corrente de 1,0 ampère. Pede-se o valor da tensão de isolação do capacitor, assim como a mínima resistência de saída.

- a) Isolação = 25 volts, $R_{\text{mín}} = 12$ ohms;
- b) Isolação = 16 volts, $R_{\text{mín}} = 20$ ohms;
- c) Isolação = 15 volts, $R_{\text{mín}} = 160$ ohms;
- ☒ d) Isolação = 25 volts, $R_{\text{mín}} = 16$ ohms.

$$P_{\text{mín}} = \frac{16\text{V}}{1\text{A}} = 16\text{W}$$

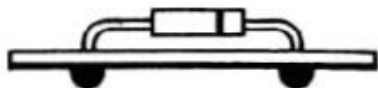
$$V_{C1} = 16\text{V}, \text{ logo } C1 \text{ deve ter } V \geq 25\text{V}$$

9) Para a fonte de alimentação de 5V/1A (enviada ao aluno) foi escolhido o regulador de tensão 7805, devido ao fato de:

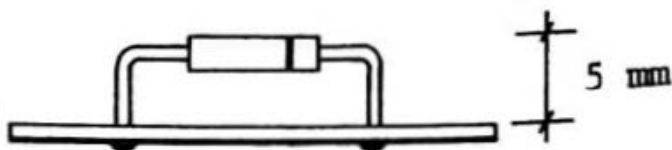
- a) possuir encapsulamento To-220;
- b) fornecer tensão de 5V e corrente de 10 ampères;
- c) possuir três terminais;
- ☒ d) fornecer 5 volts e corrente de saída de 1,0 ampère.

10) Qual das seguintes ilustrações corresponde a uma perfeita soldagem de um diodo a uma placa de circuito impresso?

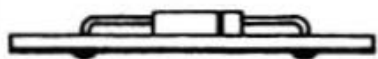
a)



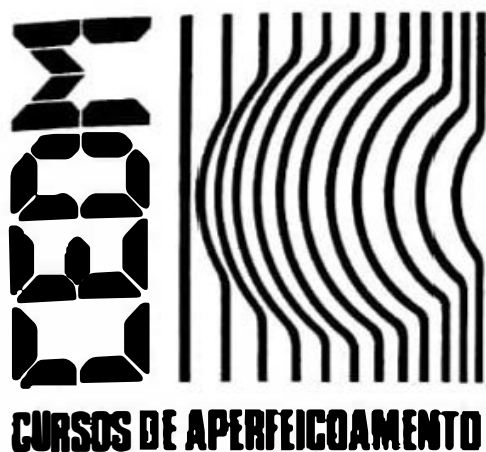
c)



b)



d) As alternativas a e b estão corretas.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP - 9

MANUAL DE PRÁTICA - MP - 9

PLACA UNIVERSAL (PLACA EXPERIMENTAL CEDM 35)

Para a montagem de um circuito qualquer, em eletrônica, a utilização de placas de circuitos impressos tornou-se bastante comum. Hoje, já dispomos de placas universais conhecidas por "protoboard", nas quais podemos montar qualquer circuito eletrônico sem o uso de solda, o que vem simplificar bastante a montagem de circuitos, principalmente em se tratando de montagens experimentais desenvolvidas em laboratórios. Para a indústria, onde se tem a produção de circuitos em larga escala, as placas de circuito impresso ainda constituem uma solução economicamente viável, muito embora muitas indústrias do ramo eletrônico já estejam substituindo as placas de circuito impresso comuns por placas de circuito impresso flexíveis, pois estas últimas apresentam uma série de vantagens sobre as primeiras.

Pretendemos, inicialmente, mostrar alguns aspectos físicos da placa experimental CEDM 35 e em seguida passaremos à montagem de algumas portas lógicas, utilizando diodos e transistores.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA PLACA EXPERIMENTAL CEDM 35

A "placa experimental" é uma placa universal na qual podemos montar qualquer circuito eletrônico sem o uso de solda.

A placa experimental possui dois conjuntos de soquetes SQ 35. Cada soquete contém 70 tiras de 5 pontos dispostas em dois grupos no sentido transversal e mais duas tiras de 30 pontos dispostas no sentido longitudinal, perfazendo um total de 410 pontos. O contato dos terminais de um dispositivo com o barramento é feito sob pressão. Para tanto, basta colocar o terminal do dispositivo no "furo" escolhido e pressioná-lo levemente que o contato se estabelecerá.

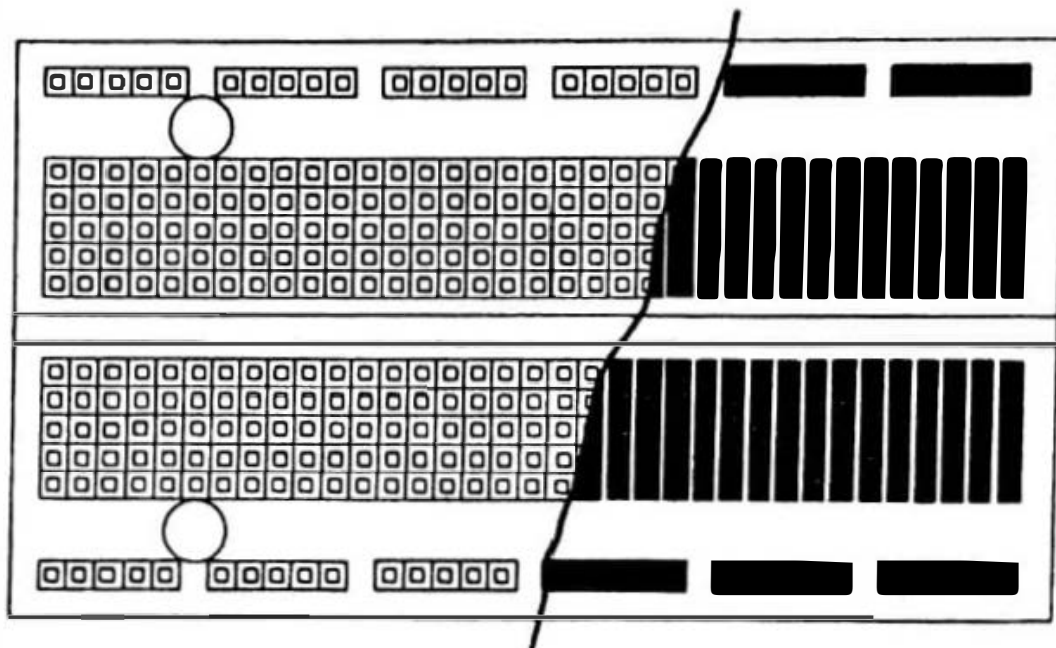


FIGURA 1

O Kit da placa experimental CEDM 35 possui o seguinte material:

<u>Quantidade</u>	<u>Discriminação</u>
1	Placa base
1	Borne preto
1	Borne vermelho
8	Parafusos tipo fenda com rosca própria
4	Pés de borracha adesiva
2	Soquetes SQ-35

MONTAGEM DA PLACA EXPERIMENTAL CEDM 35

A montagem da placa experimental CEDM 35 é muito simples, porém, faz-se necessário tomar alguns cuidados para não danificar nenhum material. Para a montagem, sugerimos ao aluno que siga os seguintes passos:

1 - Encaixar o soquete SQ-35 no outro soquete SQ-35, de modo que o elemento saliente do SQ-35 se encaixe no rasgo da chaveta do outro SQ-35, travando assim as placas. Obteremos, desta forma, a placa experimental CEDM 35, conforme nos mostra a figura 2.

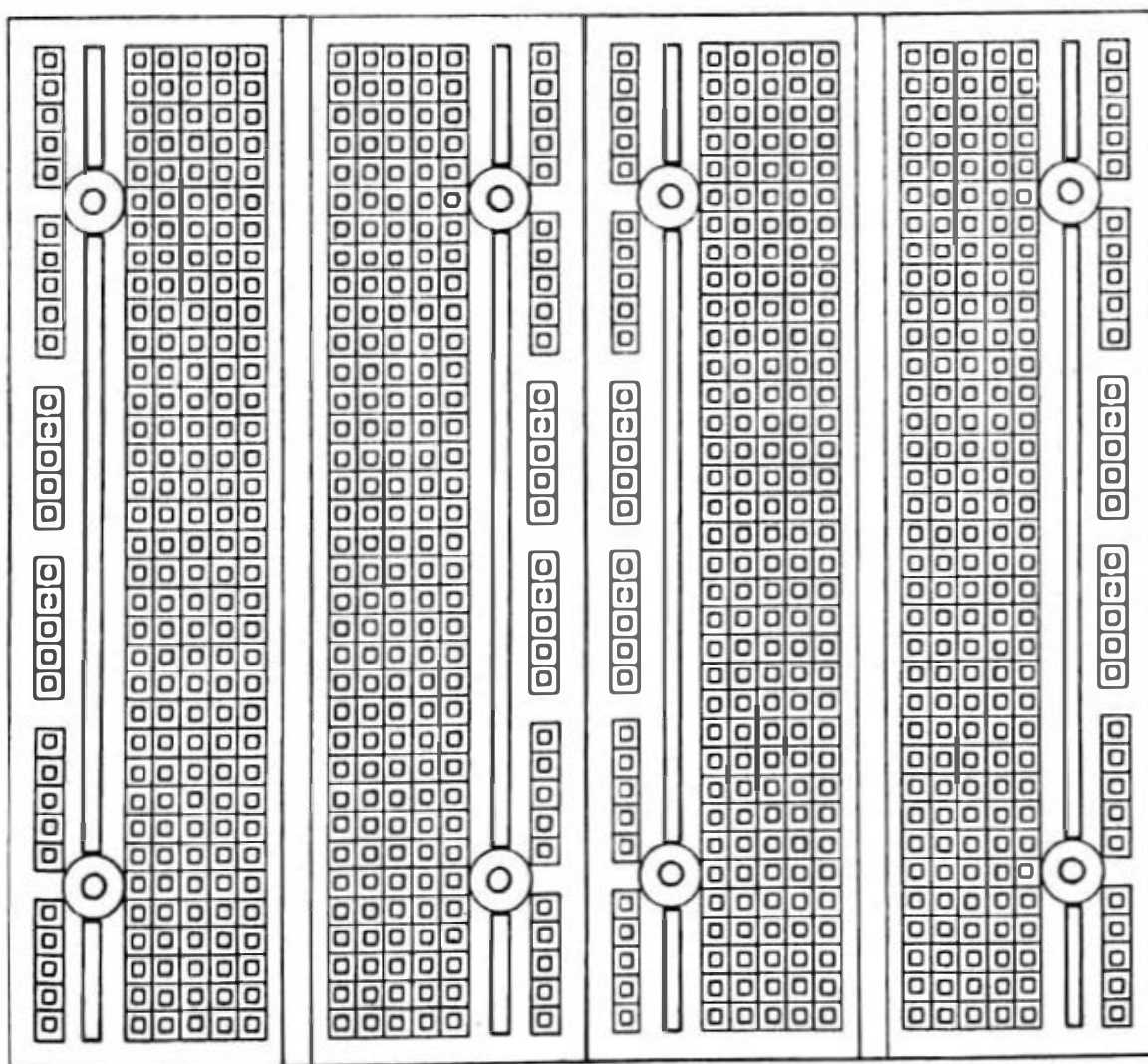


FIGURA 2

2 - Utilizando-se de 4 parafusos de cabeça tipo fenda, de rosca própria 6-32 x 5/16", prenda a placa obtida no item anterior (figura 2) à base de acrílico. Para tanto, basta rosquear os parafusos para dentro do soquete, de modo que a cabeça dos parafusos fiquem na parte inferior da base de acrílico (figura 3).

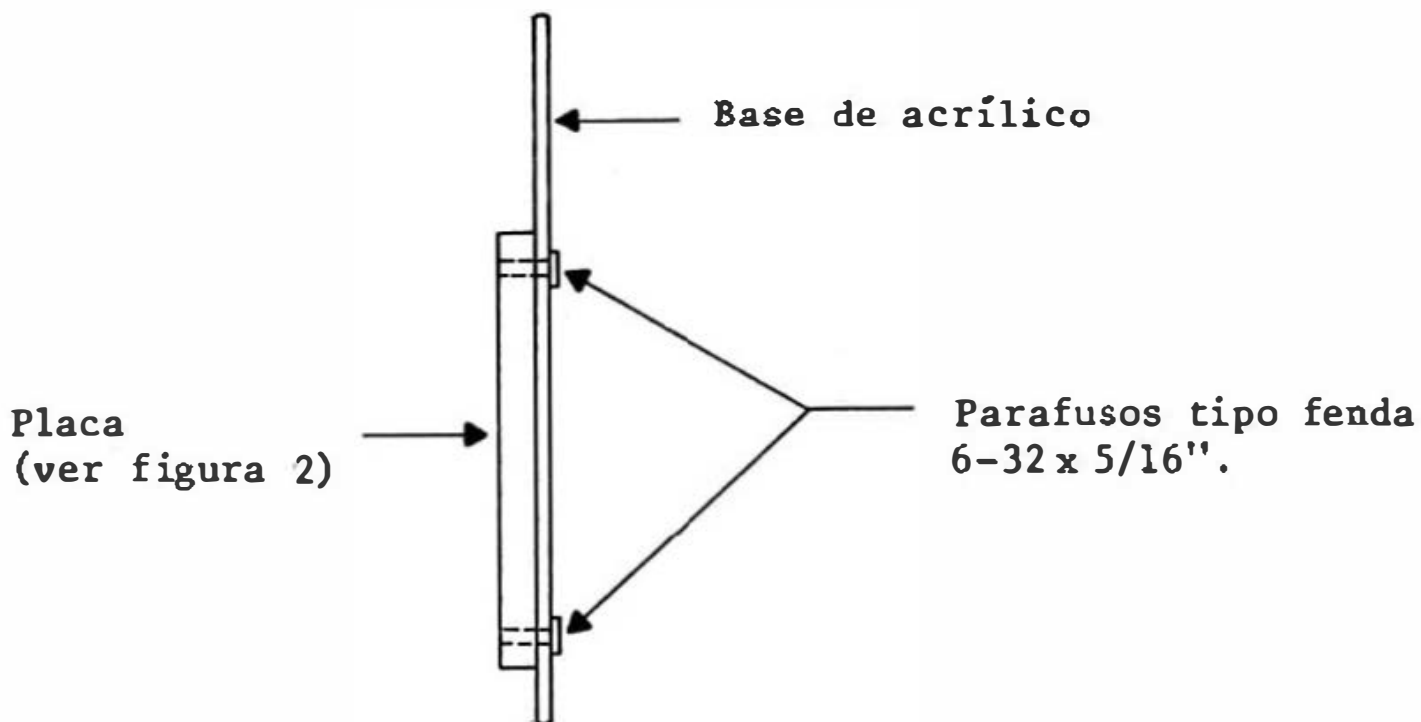


FIGURA 3

3 - Os 4 parafusos 6-32 x 5/16", restantes, colocá-los - nos buracos restantes e rosqueá-los para dentro do soquete, da mesma maneira que foi feito no item anterior. Rosquear os parafusos até você perceber que estão firmes.

Obs.: Não tente apertar demais os parafusos para não danificar o corpo de plástico dos soquetes.

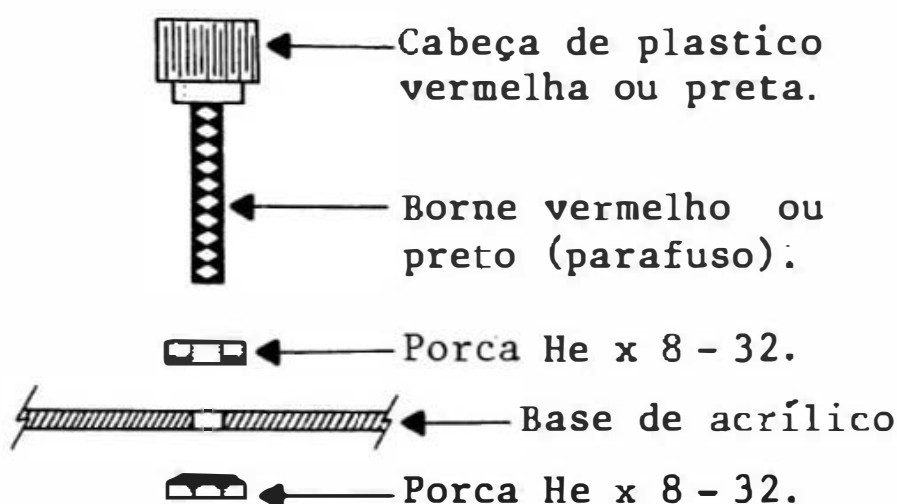
4 - O buraco superior esquerdo é destinado ao borne preto enquanto que o buraco superior direito é destinado ao borne vermelho.

5 - Parafuse o borne preto e coloque na parte de trás da base metálica uma arruela tipo estrela sob a porca 8-32 que irá prender o borne preto à base de acrílico. trás
HEX

6 - Proceda da mesma forma com relação ao borne vermelho, veja figura 4.

Obs.: Ao montar os bornes (tanto o preto como o vermelho), atente para que o pino do borne fique perpendicular à borda superior da placa experimental. Ao apertar a porca HEX 8-32, não fazê-lo de modo excessivo, evitando-se, portanto, que o borne seja danificado.

FIGURA 4

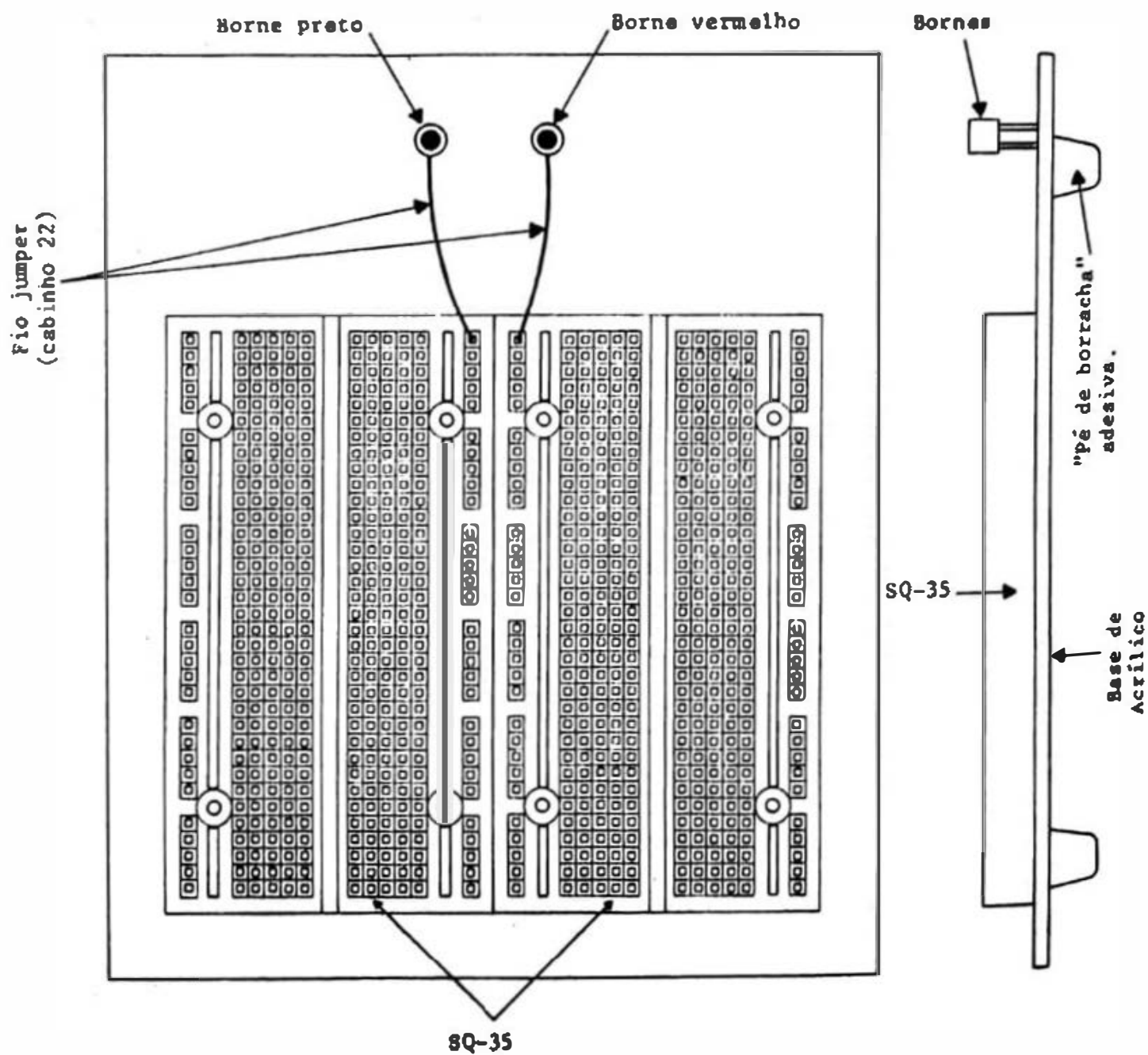


7 - Na parte inferior (parte de trás) da base de acrílico vamos colar, em cada canto da base, os quatro "pés de borracha" adesiva 1/2". Para tanto, vire a placa experimental CEDM 35 sobre uma superfície plana, de modo que a parte de trás fique para cima. Remova um dos quatro "pés de borracha" do material protetor. Coloque o lado adesivo do pé de borracha em um dos cantos da placa experimental CEDM 35. Verifique se o "pé de borracha" está perfeitamente dentro da base de acrílico. Uma vez posicionado, pressione o "pé de borracha" firmemente para assegurar um bom contato da parte adesiva com a base de acrílico.

8 - Repita o item 7 para fixar os demais "pés de borracha".

Na figura 5, temos alguns aspectos da placa experimental CEDM 35 após sua montagem.

FIGURA 5



Os dois bornes podem aceitar plugs tipo banana e jacks de pinos. Observe que o borne vermelho é eletricamente isolado da base, por ser de acrílico.

Em lógica digital, normalmente, necessita-se de duas linhas (níveis) de potência, terra e +5 volts. A linha terra de sua fonte de alimentação deve então ser conectada ao borne preto e, em seguida, a linha "viva" (+5V) é então conectada ao borne vermelho. As ligações dos bornes ao barramento de potência deve ser feita com fios (cabinhos) rígidos, bitola 22 AWG. A isolação desses fios (também conhecidos por fios jumpers) deve ser de 1/4 a 3/8 de polegada para assegurar uma fácil inserção para os soquetes e para os barramentos.

INSERÇÃO DO COMPONENTE

Em se tratando de circuitos integrados (CIs), sua fixação na placa experimental é bem simples, uma vez que possuem os seus terminais alinhados. Para tanto, basta colocar os terminais do CI nos furos escolhidos e pressioná-los levemente até que se encaixem na placa experimental. Para se retirar o CI da placa experimental também é muito fácil. Basta escorregar a ponta de uma chave de fenda de lâmina bem fina ou de um outro objeto semelhante, sob um lado do CI e erguer levemente. Fazer o mesmo no outro lado do CI. Então remova o CI do soquete. Agindo desta forma, evita-se dobrar os terminais do CI.

Os diodos, resistores e capacitores podem ser inseridos da mesma maneira que os fios jumpers. Já os transistores podem ser inseridos, fazendo-se ponte (tripé) no centro do soquete SQ-35, ou com os terminais alinhados, geralmente na lateral do soquete SQ-35.

Os componentes especiais, tais como "botões de pressão" (teclado), chaves, potenciômetros, etc... podem ser usados ou conectados ao soquete SQ-35, soldando-se um fio rígido (cabinho), bitola 22 AWG, aos terminais destes dispositivos e então inserindo-os na placa experimental.

FIOS QUEBRADOS - PROCEDIMENTO

Às vezes, pode acontecer de um fio quebrar-se no interior

de um dos buracos do soquete ou do barramento. Para resolver este tipo de problema há duas maneiras de se proceder:

- 1a. - Apertar o fio quebrado para dentro do soquete, uma vez que este não afetará a operação de contato;
- 2a. - Desmontar o soquete. Neste caso sugerimos que o aluno siga os seguintes passos:
 - remova os parafusos que prendem os soquetes na base de acrílico;
 - desencaixe os soquetes;
 - utilizando-se de um pino de 0,25", remova o terminal que contém o fio quebrado. Para tanto basta inserir o pino de 0,25" nos buracos não bloqueados. Retirado o terminal do soquete, forçá-lo completamente até remover o fio quebrado. Então recoloque o terminal no soquete, pressionando-o firmemente para baixo;
 - reencaixe os soquetes e monte-os novamente sobre a base de acrílico.

TERMINAIS DE CONTATO

Os terminais de contato geralmente são feitos de níquel-prata e em forma de grampo. Na figura 6 temos um grampo, o qual possui um par de garras onde se dá o contato.

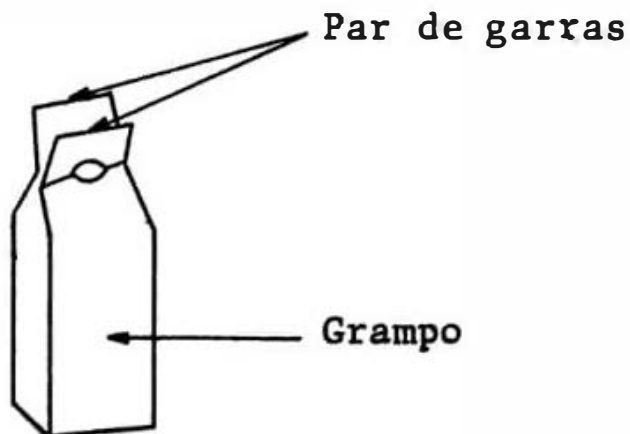


FIGURA 6

O contato se faz entre as duas garras. A função das garras é prender o fio ou terminal do dispositivo que se pretende inserir no circuito. Fios(cabos) cuja bitola está entre 22 e 30 AWG são facilmente conectados ou desconectados do circuito (placa experimental).

Na figura 7 temos um terminal do soquete SQ-35, o qual possui 5 pares de garras, correspondentes aos 5 buracos que o soquete possui em seu lado de menor dimensão (segundo a figura 1, no sentido transversal).

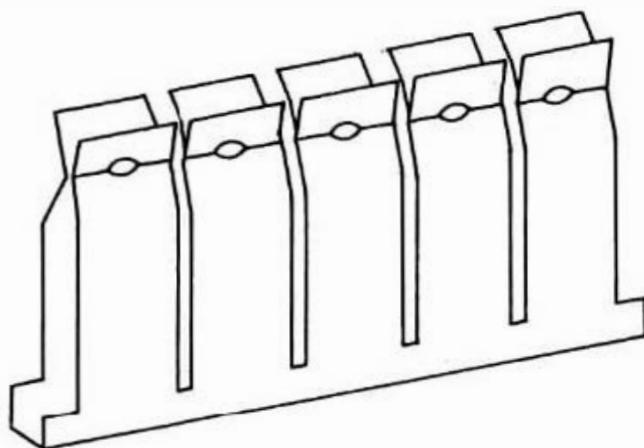


FIGURA 7

MONTAGEM DE CIRCUITOS

Para a montagem de circuitos, utilizando-se da placa experimental CEDM 35, vamos adotar um sistema de ordenadas alfa-numérica, como mostra a figura 8.

Utilizando este processo, poderemos localizar qualquer um dos 820 pontos de conexão (furos) da placa experimental. Isto irá facilitar a montagem de circuitos como veremos a seguir.

Suponha que precisamos localizar um ponto pertencente ao soquete (SQ-35) esquerdo, por exemplo, o ponto 19A. Para tanto, basta localizarmos a linha 19 e a coluna A e na interseção da linha com a coluna teremos o ponto (19A).

Para identificar qualquer um dos 820 pontos de conexão, iremos adotar a seguinte convenção: primeiro será fornecido um número que irá identificar a linha onde se encontra o referido ponto; em seguida será fornecida uma letra do alfabeto,

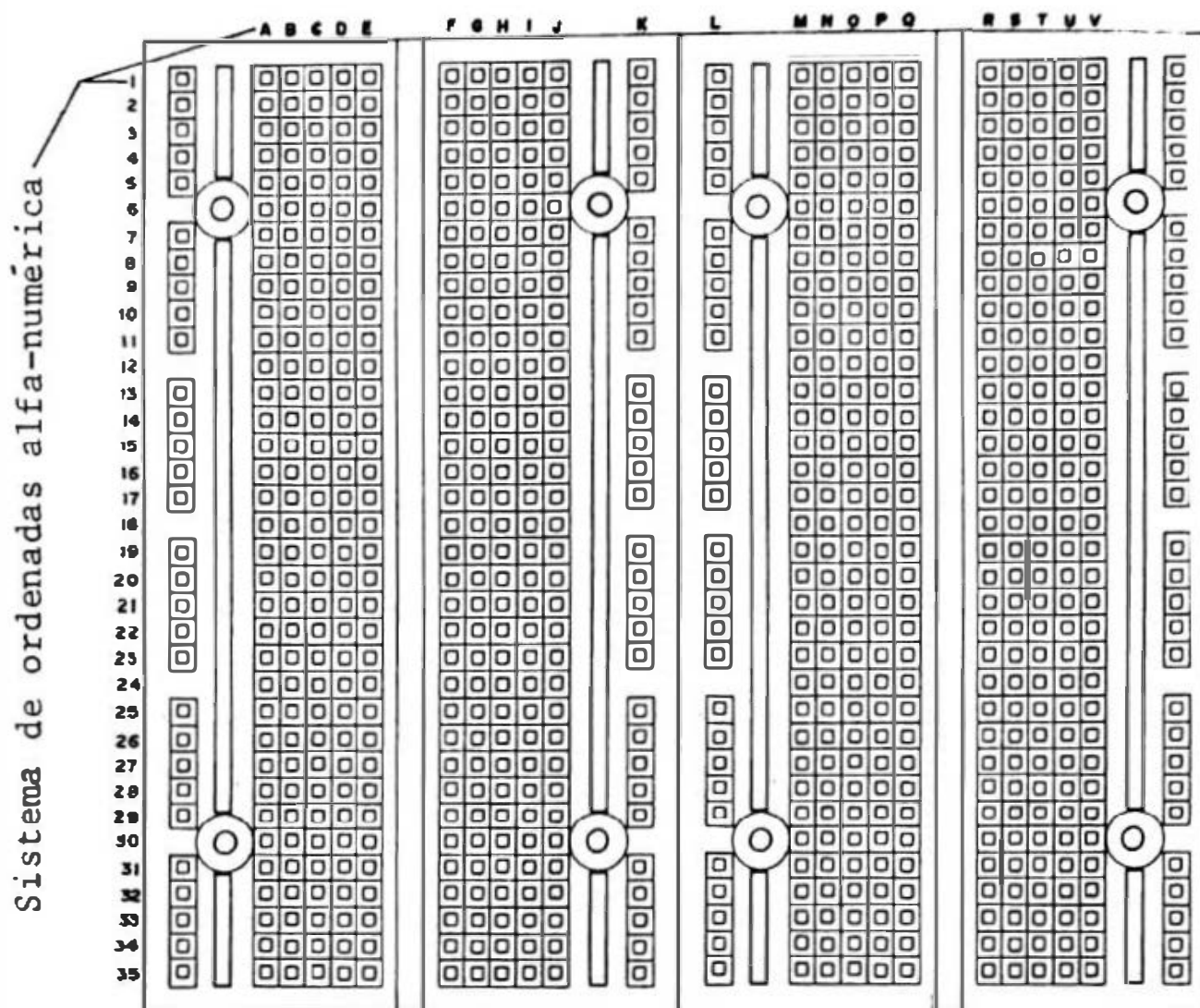


FIGURA 8

a qual irá identificar uma das 22 colunas da placa experimental. A interseção da coluna com a linha nos fornecerá o ponto de conexão que procuramos.

Antes de iniciarmos as montagens de porta lógica, vamos apresentar algumas informações a respeito da chave tipo DIP SWITCH que utilizaremos em nossas montagens.

CHAVE TIPO DIP SWITCH

Trata-se de um conjunto de chaves de dois pólos, independentes uma das outras, porém colocadas num mesmo invólucro. 0

DIP SWITCH mais comum possui oito (8) chaves, podendo ser encontrados no mercado alguns DIPs SWITCHs com mais de oito chaves e alguns com menos de oito chaves.

Na figura 9, temos alguns aspectos físicos de um DIP SWITCH com oito (8) chaves e seu respectivo esquema elétrico.

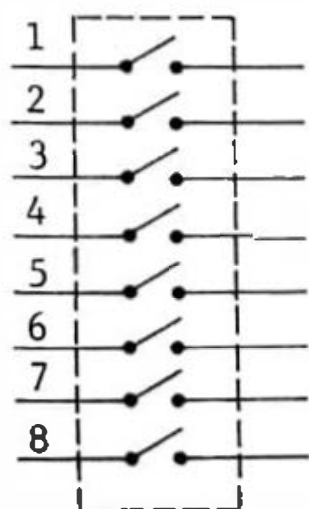
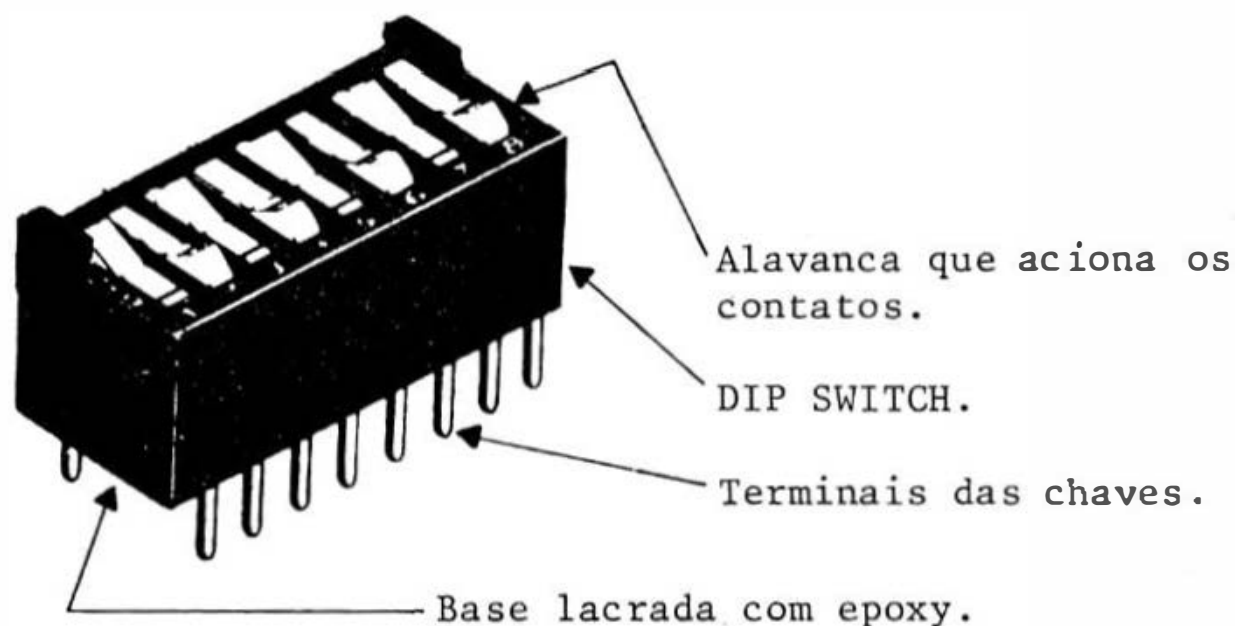


FIGURA 9

Esquema elétrico

Esse tipo de chave foi projetado para ser soldado em placas de circuito impresso, podendo também ser usado opcionalmente com soquetes DIP padrão.

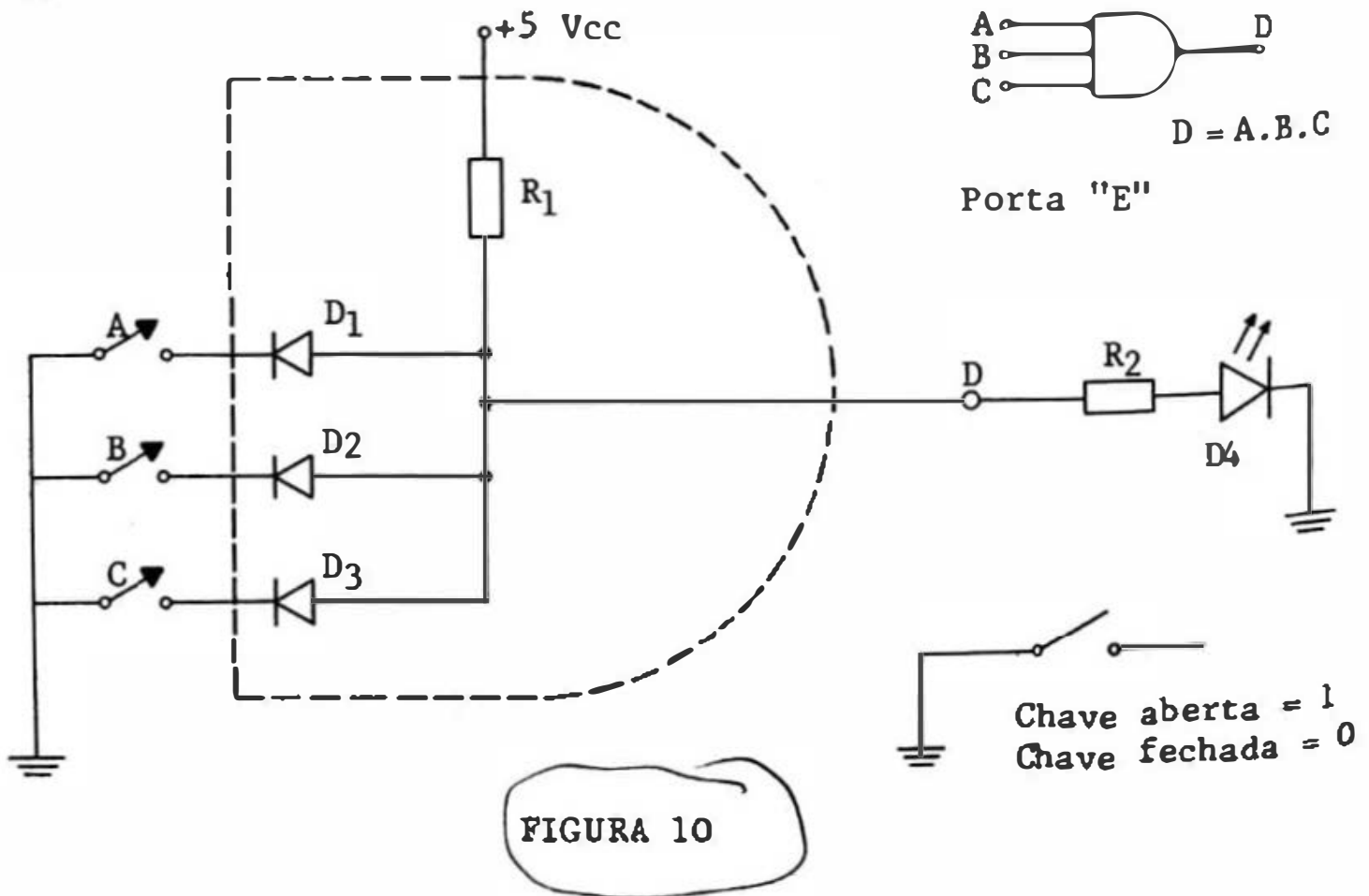
MONTAGEM DE PORTAS LÓGICAS

Para que um circuito possa realizar, eletricamente, as funções e as operações referentes à álgebra de Boole, foram idealizadas algumas técnicas de projeto de circuitos lógicos. A essas técnicas de projeto (famílias) têm-se atribuído nomenclaturas específicas, as quais descrevem aproximadamente a configuração particular do circuito. Convém ao aluno rever a lição ED-5, na qual discorreremos sobre a construção interna dos circuitos digitais.

Desenvolveremos nesta lição a montagem de alguns circuitos de portas lógicas tais como portas E, ou NÃO-E e NÃO-OU - com base na lição ED-5. Para essas montagens iremos utilizar a lógica positiva ($V_H = 1$ e $V_L = 0$), onde V_H será um nível lógico alto e V_L um nível lógico baixo. Vejamos agora algumas montagens de portas lógicas, usando as técnicas LD, LTR e LTD.

PORTA E (AND) USANDO A TÉCNICA LD

O esquema abaixo (figura 10) nos mostra uma porta "E", de três entradas (A, B e C), com diodo, e seu respectivo símbolo.



Material utilizado para a montagem:

- 3 diodos 1N914 (D₁, D₂ e D₃);
- 2 resistores de 220Ω 1/4W (R₁ e R₂);
- 1 LED (D₄);
- 1 DIP SWITCH.

Este circuito deverá ser montado na placa experimental CEDM 35.

Instruções para montagem:

Ao se conectar os diodos 1N914 (D₁, D₂ e D₃) deve-se levar em consideração a polaridade dos mesmos. Observe que este dispositivo apresenta uma faixa preta em uma de suas extremi-

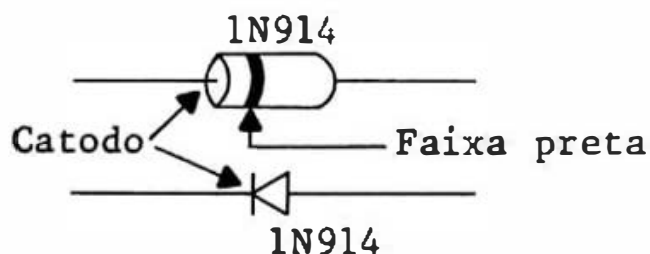


FIGURA 11A

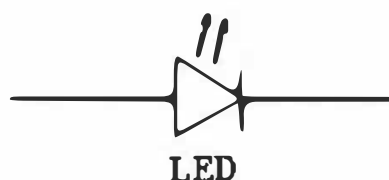
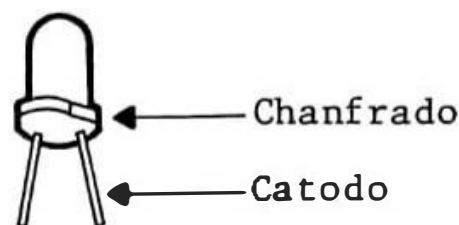


FIGURA 11B

dades. Esta faixa identifica o terminal de catodo do dispositivo (veja figura 11-A);

- Os resistores R₁ e R₂ possuem resistência em torno de 220Ω (vermelho, vermelho, marrom e ouro), com tolerância de $\pm 5\%$ e potência de 1/4 watts. Estes resistores podem ser substituídos por outros resistores, porém, de mesma ordem de grandeza. Por exemplo, R₁ = 210Ω ou R₂ = 190Ω ou ainda R₁ = 180Ω R₂ = 250Ω.

- Com relação ao diodo emissor de luz (LED), também devemos levar em consideração a sua polaridade. Observe que o invólucro do LED, possui um "chanfro". O terminal que se avizinha (mais próximo) do "chanfro" é o terminal de catodo deste dispositivo (veja figura 11B). Após identificado o terminal de catodo do LED, conecte o mesmo no circuito, de acordo com o esquema da figura 10;

- Para conectar a fonte ao circuito, primeiro ligue o fio terra (borne preto) ao barramento e depois ligue a linha "viva" +5 Vcc (borne vermelho) ao barramento SQ-35.

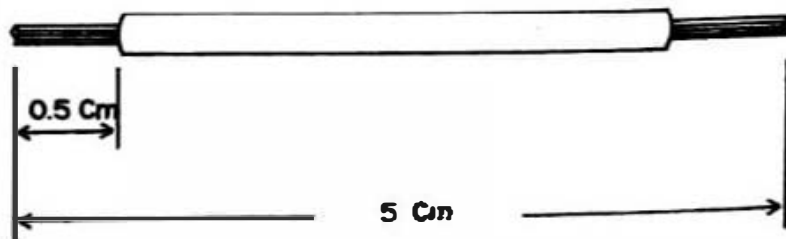
MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

O catodo do diodo D1 deverá ser conectado ao ponto 13-J e o anodo ao ponto 13-M. Analogamente, o catodo do diodo D2 será conectado ao ponto 16-J e o anodo ao ponto 16-M. Para conectar o diodo D3 utilizaremos os pontos 19J e 19M que correspondem à conexão do catodo e do anodo respectivamente.

Em seguida, ligaremos os dois resistores R1 e R2. O resistor R1 será ligado entre os pontos 5-N e 10-N e o resistor R2 será ligado entre os pontos 16-Q e 21-Q. O LED (D4) terá o seu anodo conectado ao ponto 24-Q e o seu catodo conectado ao ponto 24-R. Fixaremos agora a chave tipo "DIP SWITCH". Esta deverá ser conectada entre as colunas E e F a partir da linha 13, de modo que o pino 1 da chave fique conectado à linha 13, o pino 2, à linha 14 e assim por diante.

Prepare 5 (cinco) jumpers da seguinte forma: corte 5 pedaços de fio (cabo 22 AWG) com aproximadamente cinco centímetros (5cm) cada um. Em seguida desemcape as extremidades desses pedaços de cabo em aproximadamente meio centímetro (0,5 cm) de cada lado. Obteremos assim os jumpers, conforme nos mostra a figura 12.

FIGURA 12



Com esses jumpers faremos as seguintes ligações: primeiro interligaremos os pontos 10-0 e 13-0; depois, com um outro jumpers, interligaremos o ponto 13-P com o ponto 16-P. Da mesma forma, serão interligados os seguintes pares de pontos: 16-N com 19-N, 21-P com 24-P e 5-M com 5-L, veja figura 14.

Agora prepare 4 (quatro) jumpers de aproximadamente 10cm cada um. Em seguida, conecte os seguintes pares de pontos: 29-K com 24-S; 13-D com 2-K; 16-D com 3-K e 19-D com 4-K. Essas ligações correspondem à ligação terra do esquema do circuito mostrado na figura 9.

Para finalizar, confeccione mais 2 (dois) jumpers de aproximadamente cinco centímetros (5cm) para interligar o ponto 1-K ao borne preto e o ponto 1-L ao borne vermelho.

Depois de tudo montado, certifique-se de que não há nenhum erro. Verifique se os diodos foram ligados corretamente; veja se as ligações feitas com os jumpers estão corretas. Feito isto, conecte a fonte (5V/1A) ao circuito. A figura 13 nos mostra o diagrama do circuito com os respectivos pontos de conexão, conforme foi descrito acima.

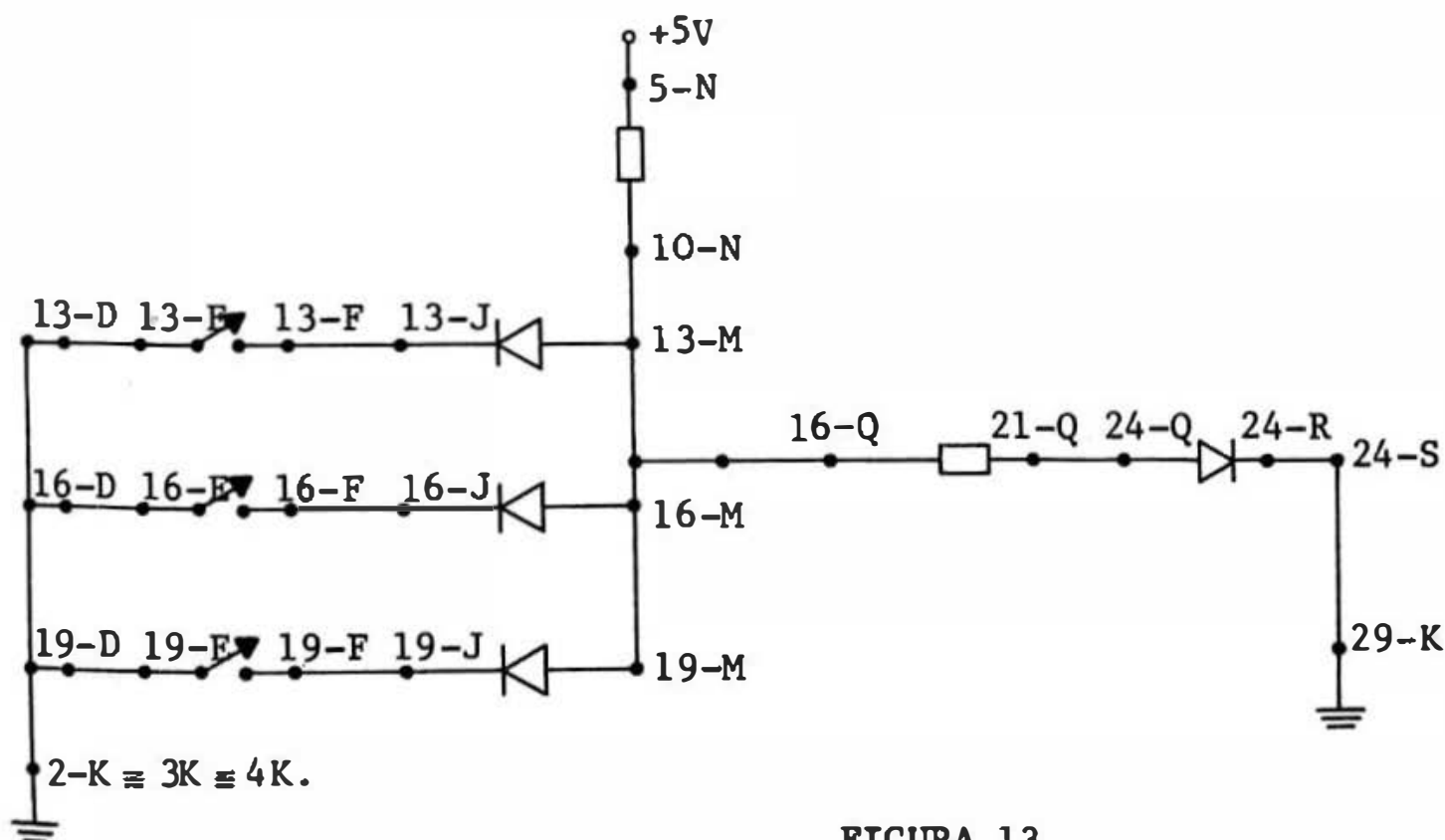
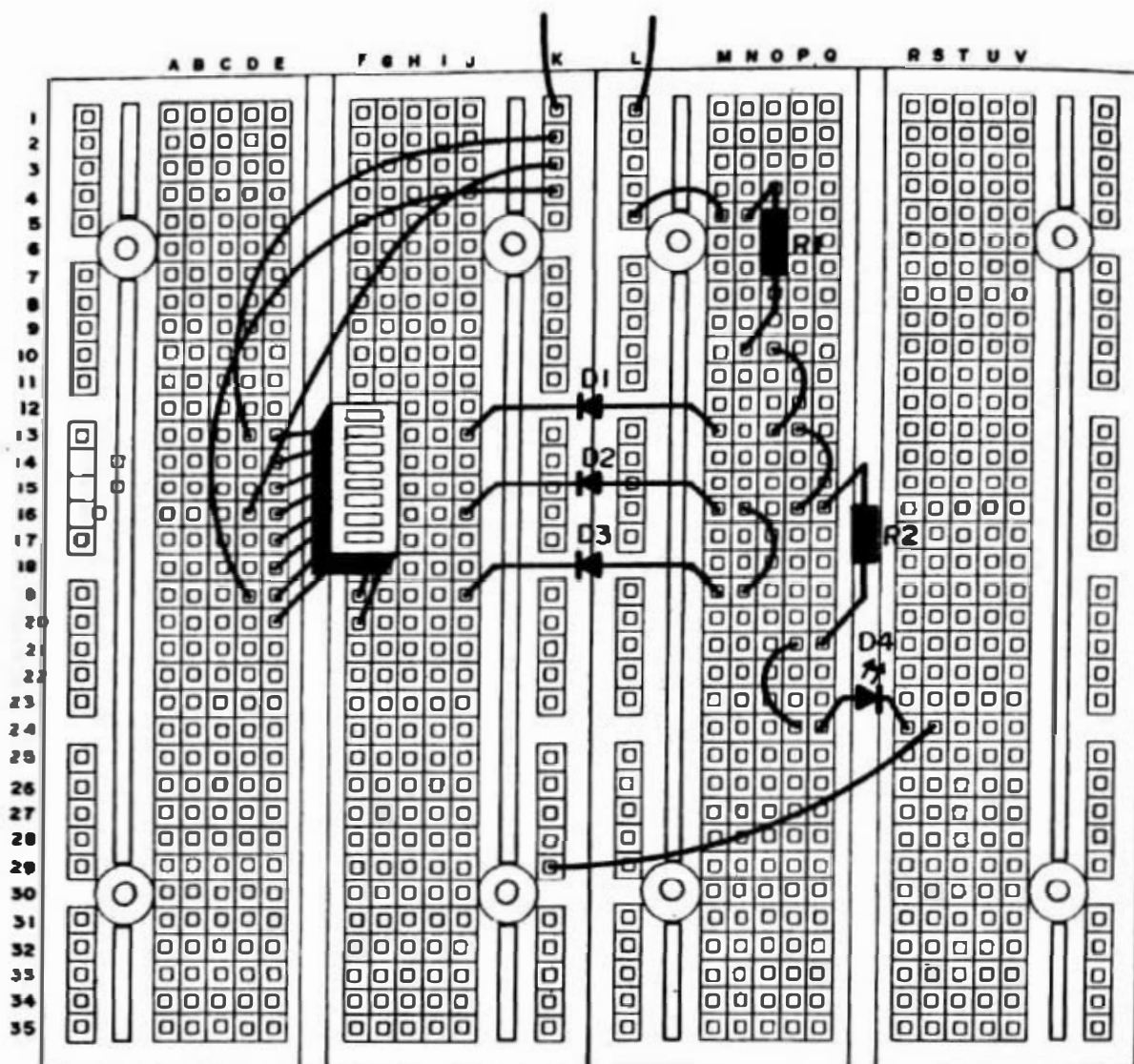


FIGURA 13

Na figura 14, temos alguns aspectos do circuito, após a montagem do mesmo.

FIGURA 14



Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá preencher a tabela verdade (tabela 1) linha por linha, de acordo com as condições de entrada (A, B, C).

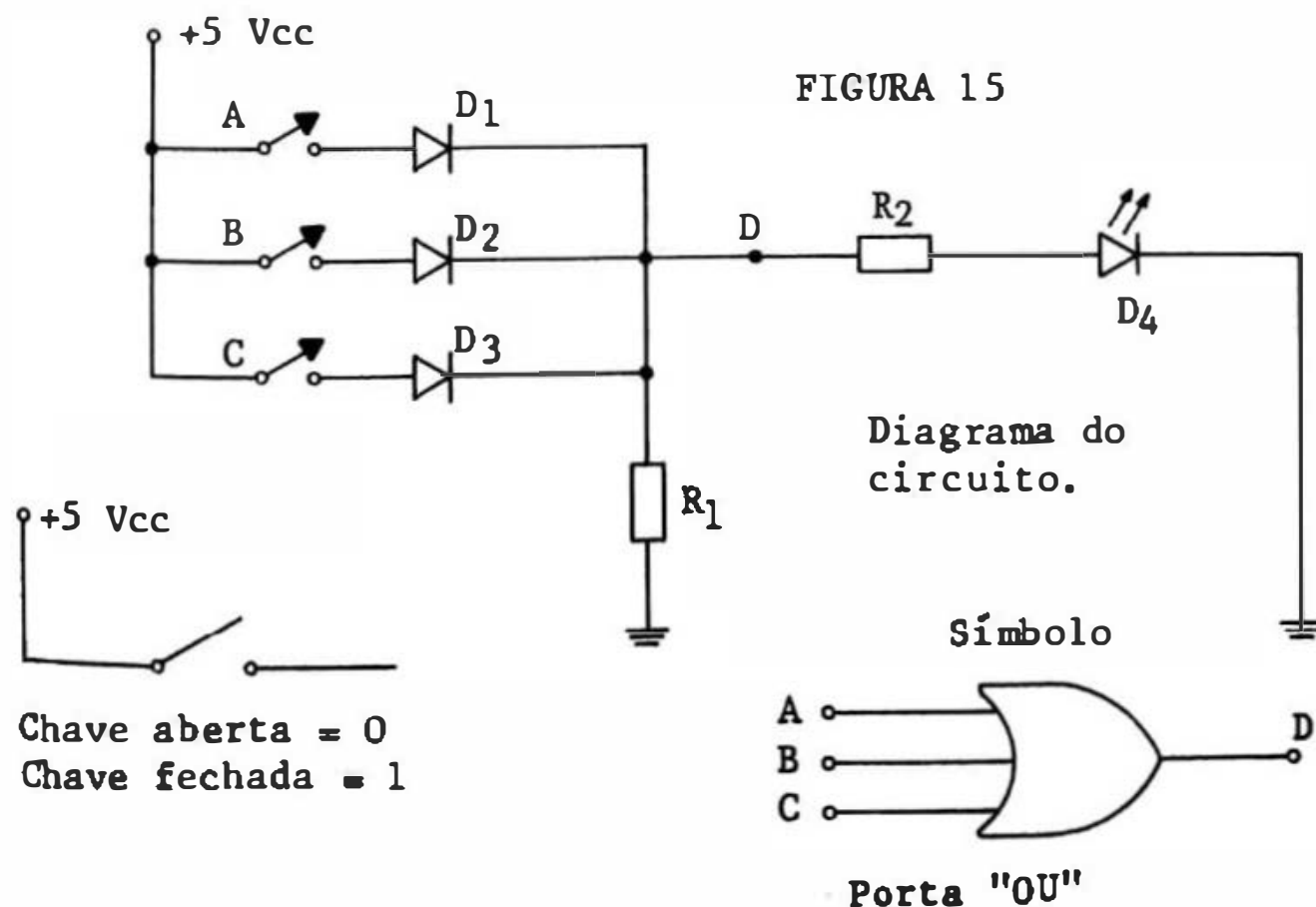
TABELA 1

ENTRADA			SAÍDA
C	B	A	D
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

O funcionamento do circuito é muito fácil de se entender. Veja: quando todas as entradas (A, B e C) estiverem no nível lógico baixo ("0" binário), ou seja, as chaves que estão ligadas nos pinos 13-E - 13-F, 16-E - 16-F e 19-E - 19-F estiverem na posição ligada (ON), o LED (D4) permanecerá apagado, - pois as chaves estão conectando os terminais de catodo dos - três diodos (D1, D2 e D3) à massa. Esta situação corresponde à primeira linha da tabela verdade. Se levarmos uma ou duas dessas 3 chaves para a posição desligada (off), o LED também permanecerá apagado, pois ainda teremos uma ou duas das chaves ligando o catodo dos diodos à massa. Este fato corresponde, na tabela verdade, às combinações da segunda à sétima linha. Finalmente ao levarmos as três chaves para a posição desligada (off), ou seja, ao nível lógico alto (1 binário), o LED se acenderá, pois não há outro caminho para a corrente passar a não ser através de R2 e D4 (LED), uma vez que as chaves que permitiam a passagem de corrente através dos diodos D1, D2 e D3 estão todas abertas. Esta situação corresponde à oitava linha da tabela verdade, ou seja $A = 1$, $B = 1$ e $C = 1$, obtendo-se na saída $D = 1$.

PORTA OU (OR) USANDO A TÉCNICA LD

Na figura 15, temos o diagrama do circuito de uma porta



lógica "OU", de três entradas (A, B e C), usando a técnica LD (DL). Nesta mesma figura, temos o símbolo utilizado para identificar uma porta "OU".

O material a ser utilizado para a montagem deste circuito é o mesmo que foi utilizado para a montagem anterior, ou seja:

- 3 diodos 1N914 (D₁, D₂ e D₃);
- 2 resistores de 220Ω 1/4W (R₁ e R₂);
- 1 LED (D₄);
- 1 DIP SWITCH

INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM

As instruções para a montagem deste circuito são as mesmas descritas para a montagem do circuito anterior (porta E), isto é, antes de conectar os diodos D₁, D₂, D₃ e D₄ ao circuito, verifique sua polaridade, identificando o seu terminal de catodo. Com relação aos resistores R₁ e R₂, verifique se os seus valores estão corretos, utilizando-se do código de cores (Lição MP-1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Para a montagem deste circuito na placa experimental CEDM 35, iremos proceder da mesma forma que no caso anterior.

Vamos manter a chave tipo DIP SWITCH na mesma posição - que estava na montagem anterior, ou seja, esta deve ser conectada entre as colunas E e F, a partir da linha 13, de modo que o pino 1-off seja conectado no ponto 13-E e o pino 1-ON, no ponto 13-F. Os demais pinos são colocados na posição de conexão ou contato em função do pino 1-off e 1-ON. Uma vez a chave DIP SWITCH conectada corretamente, vamos então conectar os diodos D₁, D₂, D₃ e D₄ (LED) nos seguintes pontos:

- D₁ - deve ser conectado entre os pontos 13-J e 13-M;
- D₂ - entre os pontos 16-J e 16-M;
- D₃ - entre os pontos 19-J e 19-M;
- D₄ - entre os pontos 25-Q e 25-R.

Os resistores R1 e R2 serão conectados entre os pontos:

R1 - entre 19-N e 27-N;

R2 - entre 16-Q e 21-Q.

Da mesma forma que na montagem anterior, vamos agora interligar diversos pontos com jumpers para fechar o circuito. Os pontos que deverão ser jumpeados são os seguintes:

pontos: 13-N e 16-N;

pontos: 16-0 e 19-0;

pontos: 21-P e 25-P;

pontos: 27-M e 32-K;

pontos: 25-S e 35-K.

No lado esquerdo do DIP SWITCH vamos jumpear os seguintes pontos:

pontos: 13-C e 2-L;

pontos: 16-C e 3-L;

pontos: 19-C e 4-L.

Finalizando, vamos ligar o ponto 1-K com o borne preto e o ponto 1-L com o borne vermelho.

Terminada a montagem do circuito, verifique se todas as ligações feitas estão corretas. Na figura 16, temos alguns aspectos físicos da montagem acima descrita.

Mais uma vez, cabe ao aluno preencher a tabela verdade (tabela 2), de acordo com as condições de entrada.

ENTRADA			SAÍDA
C	B	A	D
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

TABELA 2

rio), a saída D também será alta (1 binário). Observaremos então, que o LED (D4) se acenderá. Esta situação corresponde à chave 1 do DIP SWITCH fechada (chave 1 na posição "ON"). Ao fecharmos a chave 1, estaremos levando a entrada A ao nível lógico "1" binário, estabelecendo-se, assim, um caminho para a passagem de corrente através do circuito.

A partir da segunda linha da tabela verdade até a oitava o LED permanecerá aceso, uma vez que, sempre teremos uma ou mais chaves (entradas A, B e C) na posição "ON" (fechada), ou seja, teremos uma ou mais entradas em nível lógico alto (1 binário).

Desta forma, ficam demonstradas as funções lógicas de uma porta "OU" (OR). Concluindo, podemos dizer que: "Para uma porta "OU", sempre que tivermos aplicado, em qualquer uma das entradas, um nível lógico alto (1 binário), a saída irá também assumir um nível lógico alto (1 binário)".

INVERSOR USANDO A TÉCNICA LTR

Uma porta inversora possui uma única entrada e uma única saída. Sua função, como o seu próprio nome diz, é inverter o sinal aplicado em sua entrada. Na figura 17, temos o diagrama do circuito de uma porta inversora e seu respectivo símbolo.

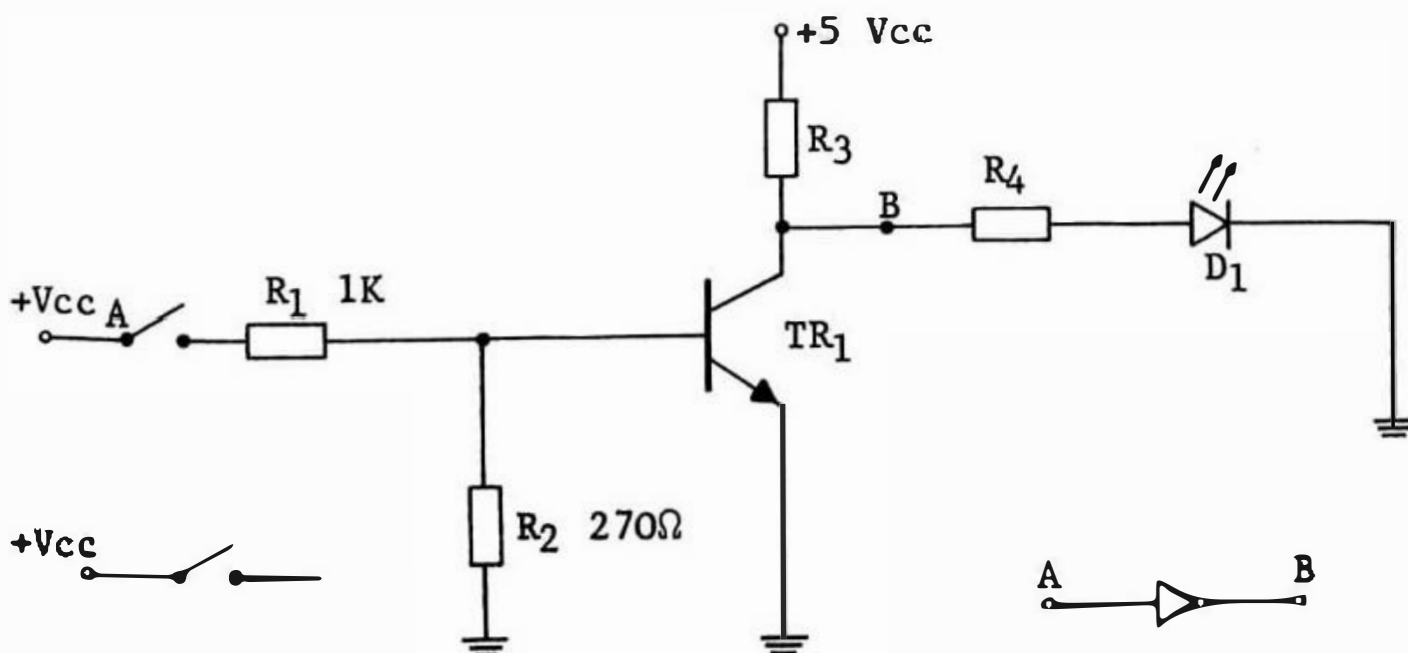


FIGURA 17

O material a ser utilizado para a montagem deste circuito é o seguinte:

- 1 resistor de $1K\Omega$ (R_1), 1/4W;
- 1 resistor de 270Ω (R_2), 1/4W;
- 2 resistores de 220Ω (R_3 e R_4), 1/4W;
- 1 diodo emissor de luz (LED) D_1 ;
- 1 transistor BC 548 (TR_1);
- 1 DIP SWITCH.

INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM

Identifique os resistores R_1 , R_2 , R_3 e R_4 utilizando, para tanto, o código de cores (veja MP-1). Em seguida, identifique o terminal de catodo do diodo emissor de luz (veja a figura 11-B).

Por fim identifique os terminais do transistor BC548 (TR_1), conforme a figura 18.

IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DO TRANSISTOR

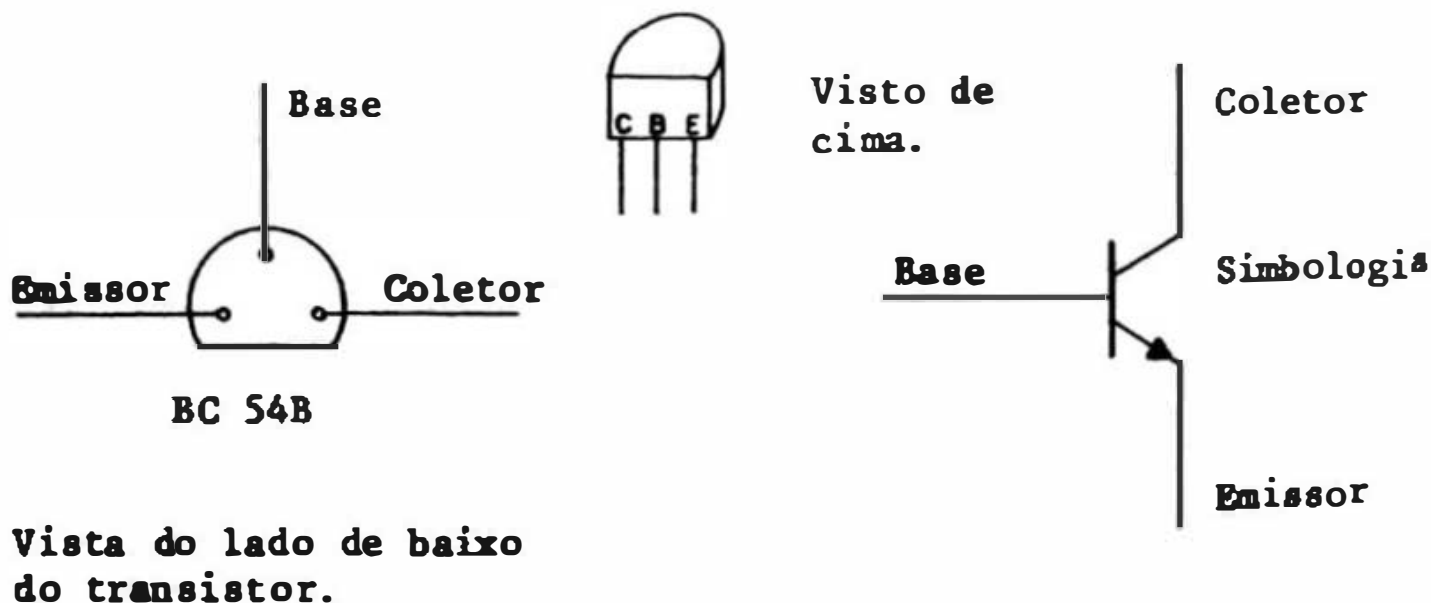


FIGURA 18

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

A montagem deste circuito é semelhante às montagens anteriores. Para esta montagem, sugerimos ao aluno que proceda da seguinte forma: primeiro conecte a chave DIP SWITCH, de modo que o pino 1 do "DIP SWITCH" fique ligado entre os pontos 16E e 16F. Note que para este caso podemos usar qualquer uma das chaves do DIP SWITCH. A montagem que apresentamos é apenas - uma sugestão. Em seguida conecte os resistores R₁, R₂, R₃ e R₄ entre os pontos:

R₁ entre os pontos 16-J e 15-M;

R₂ entre os pontos 15-O e 21-O;

R₃ entre os pontos 6-S e 11-S;

R₄ entre os pontos 11-V e 23-V.

Após identificados corretamente os terminais do transistor BC 548 (TR₁) e do LED (D₁), fixe-os na placa experimental da seguinte forma:

TR₁ { - O terminal de base será conectado no ponto 15-Q;
 - O terminal de coletor será conectado no ponto 14-P;
 - O terminal de emissor será conectado no ponto 14-R.

LED { - O terminal de catodo será conectado no ponto 33-Q;
 - O terminal de anodo será conectado no ponto 33-R.

Uma vez conectados todos os dispositivos, vamos jumpear (interligar) os seguintes pontos:

- ponto 16-C com 7-L;
- ponto 4-L com 6-R;
- ponto 13-K com 14-S;
- ponto 11-T com 14-O;
- ponto 23-U com 33-S;
- ponto 33-K com 33-M;
- ponto 21-M com 26-K.

Finalmente, conecte o ponto 1-K ao borne preto e o ponto 1-L ao borne vermelho.

Terminada a montagem do circuito, verifique se todas as ligações realizadas estão corretas. A figura 19 nos mostra alguns aspectos do circuito, após ter-se concluída a sua montagem na placa experimental.

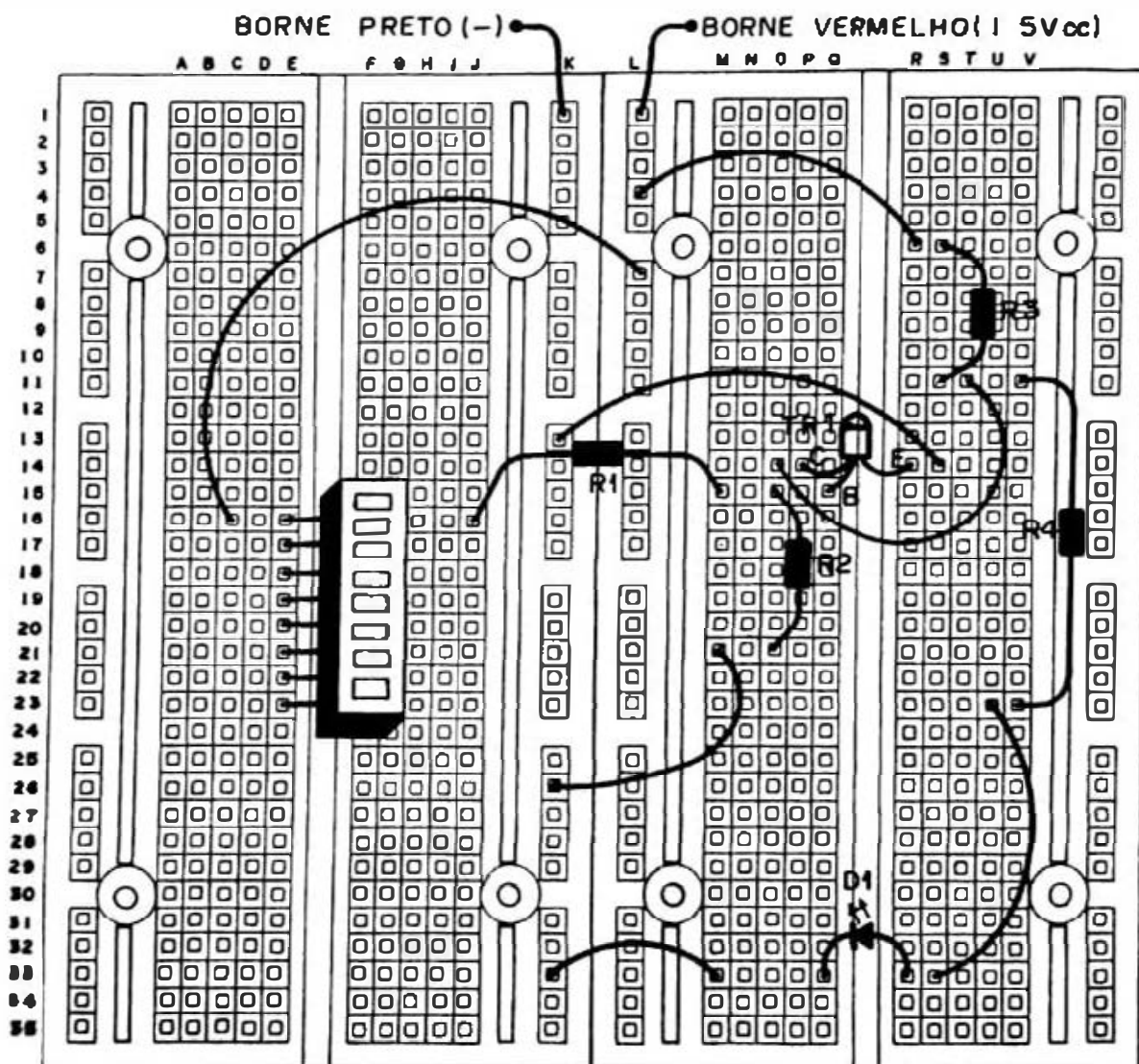


FIGURA 19

Agora preencha a tabela verdade (tabela 3) de acordo com o funcionamento do circuito.

ENTRADA	SAÍDA
(A)	(B)
0	1
1	0

TABELA 3

O funcionamento do inversor é muito simples, uma vez que qualquer pulso aplicado em "A" (entrada) sairá invertido em "B" (saída). Portanto, se aplicarmos na entrada A um nível lógico baixo ("0" binário), o que corresponde a termos a chave 1 do DIP SWITCH na posição desligada (off), o LED (D1) se acenderá, o que nos leva a concluir que a saída está em um nível lógico alto. Esta situação corresponde à primeira linha da tabela verdade.

Caso levarmos a entrada A a um nível lógico alto (1 binário), o que é conseguido, levando a chave 1 do DIP SWITCH para a posição fechada (ON), observaremos que o LED irá se apagar, o que vem nos confirmar o que diz a segunda linha da tabela verdade, ou seja, ao aplicarmos um nível lógico alto na entrada, obteremos na saída um nível lógico baixo.

PORTA LÓGICA NÃO-E (NAND) USANDO A TÉCNICA LTR

Uma porta NÃO-E consiste em uma porta lógica E, cuja saída está conectada à entrada de uma porta inversora. A figura 20 nos mostra o diagrama do circuito de uma porta NÃO-E e seu respectivo símbolo.

Para esta montagem, iremos utilizar o seguinte material:

5 resistores de 220Ω 1/4W (R1, R2, R3, R6 e R7);

1 resistor de $1K\Omega$ 1/4W (R4);

1 resistor de 270Ω 1/4W (R5);

1 transistor BC548 (TR1);

1 diodo emissor de luz - LED - (D1);

1 DIP SWITCH.

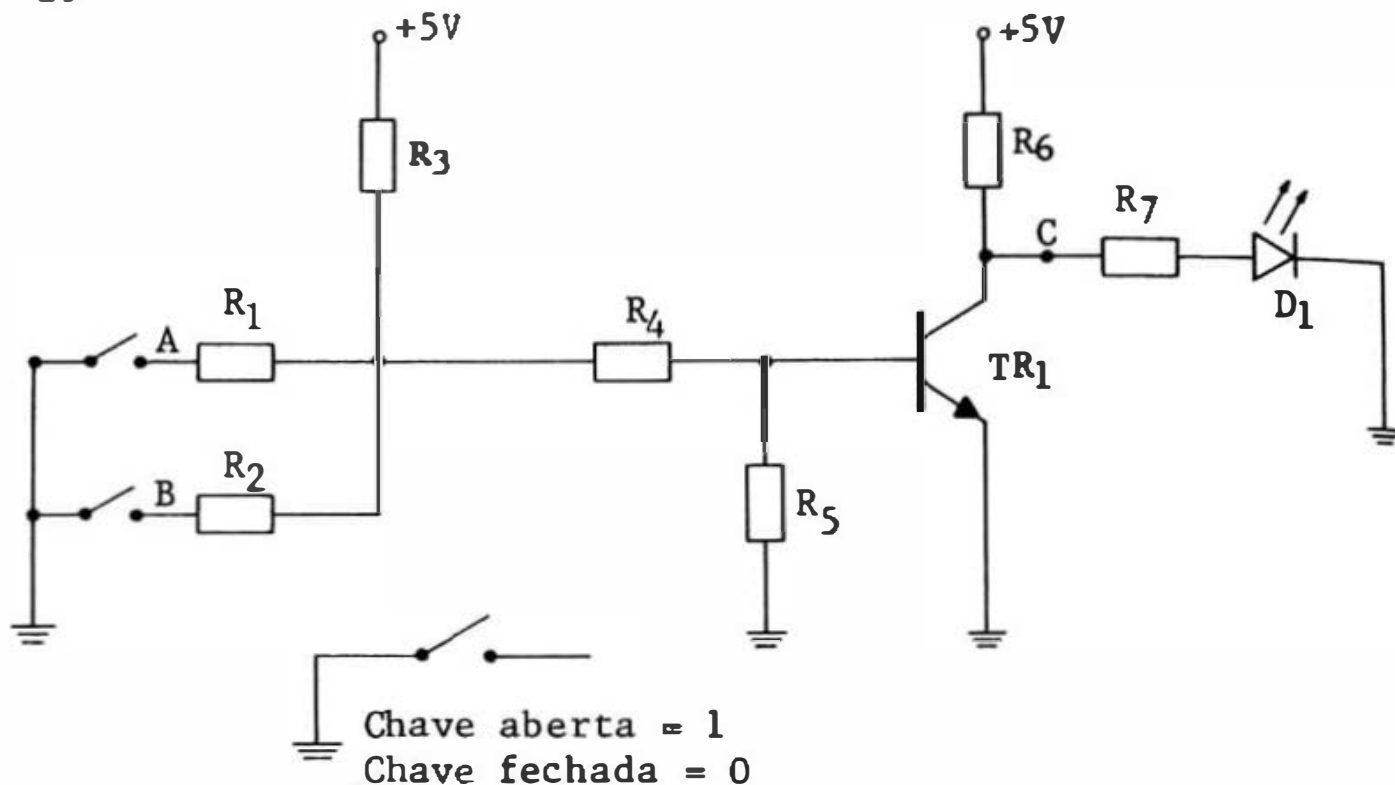
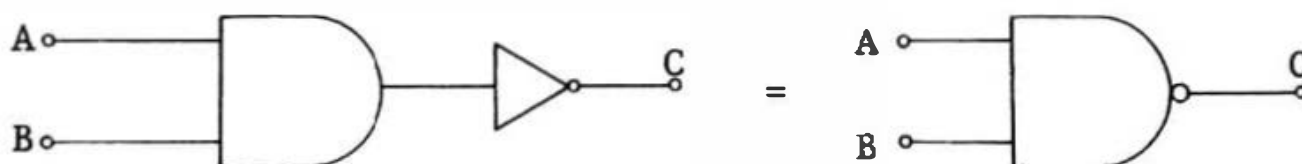


FIGURA 20



INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM

Siga as mesmas instruções aplicadas para a montagem anterior. Ao identificar os terminais do transistor BC 548 e do diodo D₁, para que não haja erro, olhe novamente as figuras 18 e 11-B.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Procedendo da mesma forma que nas montagens anteriores, sugerimos ao aluno que a execute como segue. Primeiro conecte a chave DIP SWITCH, de modo que o pino "1" fique ligado entre os pontos 12-E e 12-F. Em seguida, conecte os resisto-

res (R1, R2, R3, R4, R5, R6 e R7) entre os pontos:

R1 entre 12-H e 16-G;
 R2 entre 20-I e 26-I;
 R3 entre 16-I e 8-L;
 R4 entre 16-J e 16-M;
 R5 entre 16-O e 22-K;
 R6 entre 11-S e 4-L;
 R7 entre 11-V e 21-V.

Para conectar o transistor BC 548 (TR1) e o LED (D1) no protoboard, proceda da seguinte forma:

TR1 { - o terminal de base deverá ser conectado no ponto 16-Q;
 - o terminal de coletor deverá ser conectado no ponto 14-Q;
 - o terminal de emissor deverá ser conectado no ponto 14-R.

LED { - o terminal de catodo deverá ser conectado no ponto 29-P;
 - o terminal de anodo deverá ser conectado no ponto 29-R.

Agora, interligue através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 12-B com 4-K;
 - ponto 17-B com 5-K;
 - ponto 16-H com 20-J;
 - ponto 17-G com 26-G;
 - ponto 11-K com 14-S;
 - ponto 11-T com 14-P;
 - ponto 21-U com 29-U;
 - ponto 29-K com 29-M.

Finalmente, conecte a fonte ao circuito. Para tal, ligue o ponto 1-K com o borne preto e ponto 1-L com o borne vermelho. Em seguida ligue os terminais da fonte aos respectivos bornes.

Na figura 21 temos alguns aspectos da montagem, sugerida por nós.

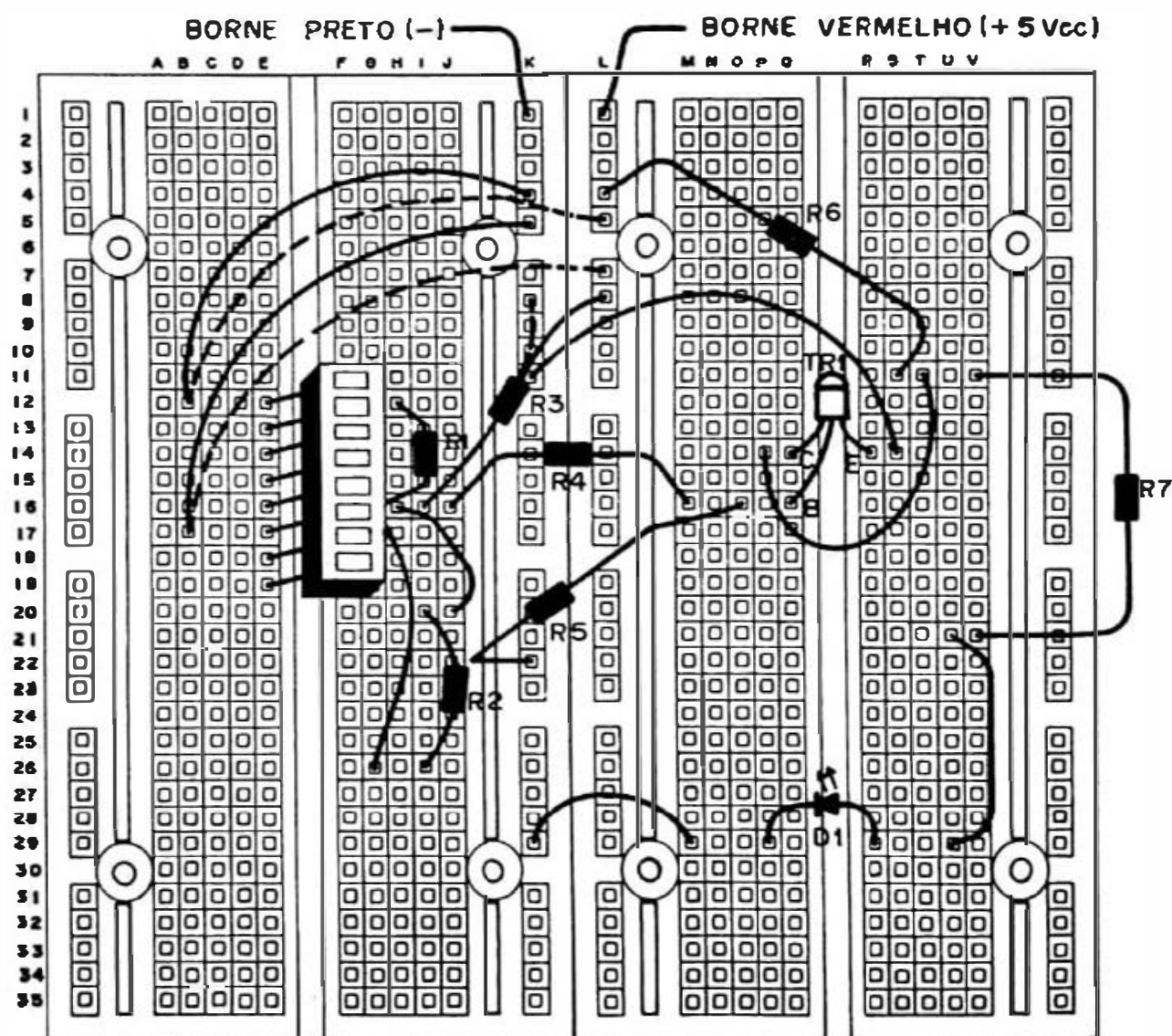


FIGURA 21

Para verificar o funcionamento do circuito preencha a tabela verdade (tabela 4) de acordo com as condições de entrada.

ENTRADA		SAÍDA
B	A	C
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

TABELA 4

Baseando-se na tabela verdade (tabela 4), devidamente preenchida pela aluno, vamos agora verificar o funcionamento do circuito que acabamos de montar.

Para a primeira linha da tabela verdade, temos as entradas A e B no nível lógico zero, o que corresponde a termos as chaves 1 e 6, do DIP SWITCH, fechadas (posição ON). Desta forma, teremos a saída (C) num nível lógico alto; conseqüentemente o LED deverá se acender, se levarmos a chave 1 do DIP SWITCH para a posição aberta (off) e mantivermos a chave 6 na posição fechada (ON). Estaremos, assim, aplicando um nível lógico alto (1 binário) na entrada A (segunda linha da tabela verdade). O aluno verificará que o LED permanecerá aceso o que significa que obtemos na saída um nível lógico alto (1 binário). Para a terceira linha da tabela, o LED também permanecerá aceso, uma vez que estaremos aplicando um nível lógico alto na entrada B e um nível lógico baixo na entrada A, o que levará a saída também a um nível lógico alto. Finalmente, se levarmos as duas entradas a um nível lógico alto (chaves 1 e 6 na posição aberta), obteremos na saída um nível lógico baixo e o LED se apagará. Isto porque a porta lógica NÃO-E apresentará um nível lógico baixo na saída, somente quando todas as entradas estiverem a um nível lógico alto. Fica, assim, verificada a tabela verdade (tabela 4), correspondente à porta lógica NÃO-E.

PORTA LÓGICA NÃO-OU (NOR), USANDO A TÉCNICA RTL

Trata-se de uma porta lógica OU cuja saída está conectada à entrada de uma porta inversora. Na figura 22, temos o diagrama do circuito de uma porta lógica NÃO-OU e seu respectivo símbolo.

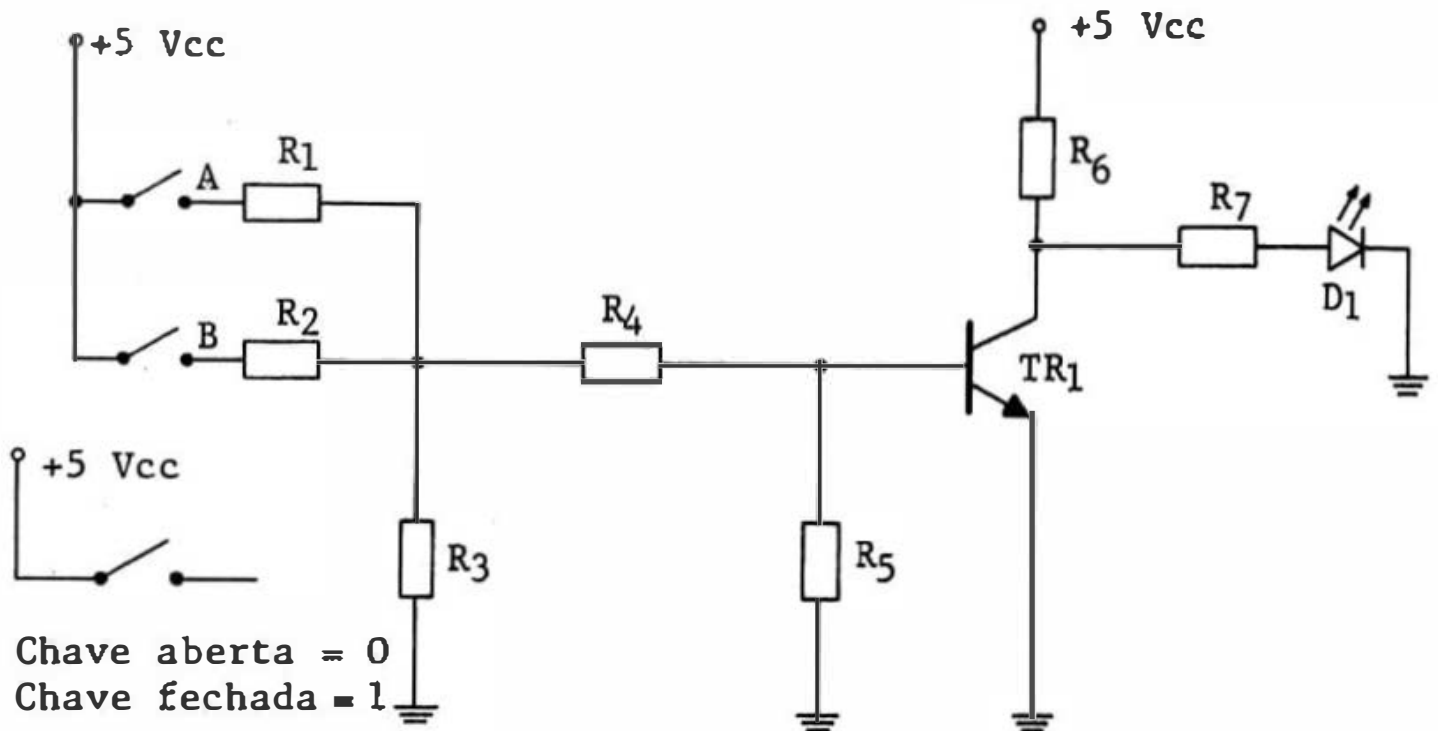
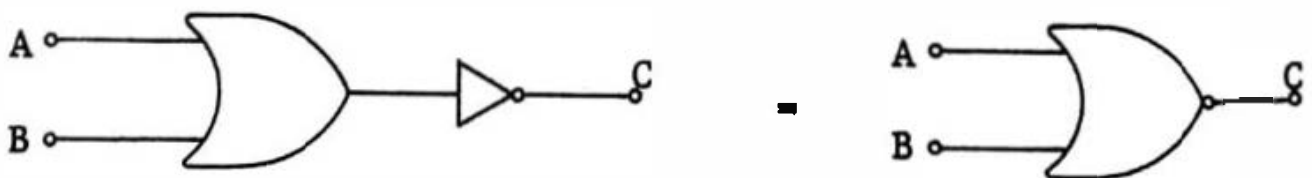


FIGURA 22



Materiais utilizados para esta montagem:

5 resistores de 220Ω 1/4W (R_1 , R_2 , R_3 , R_6 e R_7);
 1 resistor de $1K\Omega$ 1/4W (R_4);
 1 resistor de 270Ω 1/4W (R_5);
 1 transistor BC 548 (TR_1);
 1 diodo emissor de luz - LED - (D_1).

INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM:

Vamos considerar, ou melhor, revalidar as mesmas instruções fornecidas para a montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Se compararmos os diagramas dos circuitos apresentados nas figuras 20 e 22, verificaremos que estes são praticamente iguais, diferindo apenas quanto ao modo de se ligar a fonte (verifique as ligações dos resistores R_1 , R_2 e R_3). Com base neste fato, realizando apenas três modificações na montagem anterior, podemos obter a porta lógica NÃO-OU. Para tanto, vejamos: Primeiramente localize o resistor R_3 ; em seguida, retire o terminal conectado ao ponto 8-L e conecte-o no ponto 8-K (fazendo isto estaremos conectando o resistor R_3 à massa). Agora desconecte a extremidade do jumper conectado ao ponto 4-K e conecte-o ao ponto 5-L. Em seguida, desconecte o terminal do jumper conectado ao ponto 5-K e conecte-o ao ponto 7-L. Estas duas últimas modificações correspondem à ligação das entradas A e B (chaves 1 e 6 do DIP SWITCH) do circuito ao pólo positivo da fonte (+ 5 Vcc).

Realizadas estas modificações, o restante do circuito se mantém. Na figura 21, estas modificações se encontram indicadas com linhas tracejadas.

Para melhor compreensão do funcionamento do circuito, preencha a tabela verdade (tabela 5), de acordo com os resultados obtidos durante a verificação do funcionamento do mesmo.

ENTRADA		SAÍDA
B	A	C
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

TABELA 5

Vamos, inicialmente, supor as chaves 1 e 6 do DIP SWITCH (entradas A e B) na posição aberta (off). Neste caso, teremos então ambas as entradas (A e B) em um nível lógico baixo (zero binário). Nestas condições, obteremos na saída um nível lógico alto. Conseqüentemente o LED se acenderá (esta situação corresponde à primeira linha da tabela verdade). Porém, se aplicarmos um nível lógico alto na entrada A, o que corresponde a levarmos a chave 1 do DIP SWITCH para a posição fechada (ON), obteremos, na saída, um nível lógico baixo. Conseqüentemente, observaremos que o LED se apagará (segunda linha da tabela 5).

Se voltarmos a chave 1 do DIP SWITCH para a posição aberta (off) e levarmos a chave 6 para a posição fechada (ON) obteremos novamente um nível lógico baixo na saída, pois o LED permanecerá apagado (esta situação corresponde à terceira linha da tabela 5). Para a última linha da tabela verdade (tabela 5), teremos as duas chaves (1 e 6 do DIP SWITCH) na posição fechada (ON), o que corresponde a levarmos as entradas A e B a um nível lógico alto. Verificaremos que para este último caso, o LED também permanecerá apagado, o que nos leva a concluir que a saída está num nível lógico baixo (zero binário). Fica assim demonstrado o funcionamento do circuito, apresentado na figura 22.

PORTA LÓGICA NÃO-E (NAND) USANDO A TÉCNICA LTD

Trata-se de uma porta E, construída com base na técnica LD, cuja saída está conectada à entrada de uma porta inversora construída com base na técnica LTR.

Na figura 23, temos o diagrama do circuito de uma porta lógica NÃO-E e seu respectivo símbolo. Observe que o ponto C deste circuito, corresponde à saída de uma porta E, do tipo que montamos anteriormente. Já para o ponto D, temos o sinal de saída da porta E invertido, o que corresponde à saída da porta NÃO-E.

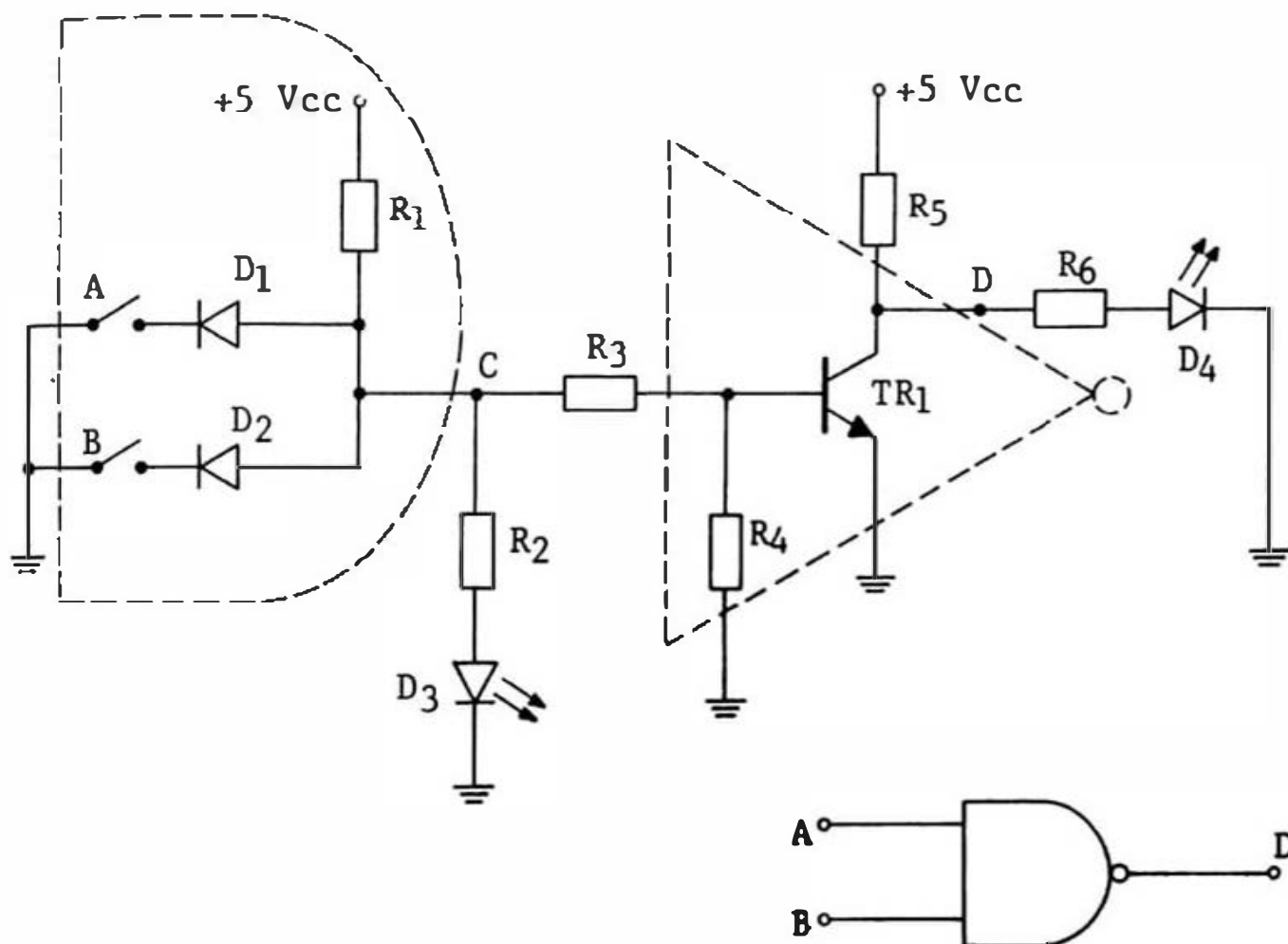


FIGURA 23

Materiais utilizados para esta montagem:

- 1 resistor de $1\text{ K}\Omega$ 1/4W (R_4);
- 5 resistores de 220Ω 1/4W (R_1 , R_2 , R_5 e R_6);
- 1 resistor de 270Ω 1/4W (R_3);
- 2 diodos do tipo 1N914 (D_1 e D_2);
- 2 diodos emissores de luz - LED - (D_3 e D_4);
- 1 transistor BC 548 (TR_1);
- 1 dip switch

INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM

Utilizando-se do código de cores, identifique todos os resistores, antes de conectá-los no protoboard. Com relação aos diodos D₁, D₂, D₃ e D₄ proceda de acordo com a figura 11A e 11B e, com relação ao transistor TR₁, identifique os seus terminais conforme nos mostra a figura 18.

Considerando o aluno já familiarizado com a maneira de se montar circuitos, utilizando a placa experimental CEDM 35, não iremos mais apresentar os aspectos físicos da montagem, nos restringindo apenas em sugerir ao aluno como aprender a montagem do circuito, apresentando para tal, os pontos que de verão ser interligados.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Primeiramente conecte a chave tipo DIP SWITCH na placa experimental de modo que o pino 1 da mesma fique conectado entre os pontos 12-E e 12-F. Feito isto, conecte os diodos D₁, D₂, D₃ e D₄ da seguinte forma: O catodo do diodo D₁ deve ser conectado no ponto 12-J e o anodo no ponto 12-M. Já o diodo D₂ deverá ter o seu catodo conectado no ponto 16-J e o anodo no ponto 12-N. D₃ deverá ter o catodo fixado no ponto 21-K e o anodo no ponto 19-M, enquanto que D₄ terá o catodo conectado no ponto 29-K e o anodo no ponto 29-N.

Em seguida conecte o transistor TR₁ de modo que os seus terminais fiquem conectados nos seguintes pontos:

Terminal de base - conectado no ponto 16-Q;

Terminal de emissor - conectado no ponto 14-R;

Terminal de coletor - conectado no ponto 17-R.

Vamos agora conectar os resistores (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅ e R₆) entre os pontos:

R₁ entre os pontos 7-L e 12-O;

R₂ entre os pontos 12-P e 19-N;

R3 entre os pontos 12-Q e 16-0;
 R4 entre os pontos 16-P e 26-K;
 R5 entre os pontos 4-L e 11-S;
 R6 entre os pontos 17-V e 21-V.

A seguir, interligue com jumpers os seguintes pontos:

12-C com 3-K;
 17-C com 8-K;
 5-K com 14-S;
 11-T com 17-S;
 21-R com 29-Q.

Para finalizar a montagem do circuito, conecte o ponto 1-K com o borne preto e o ponto 1-L com o borne vermelho. Antes de conectar a fonte (5V/1A) ao circuito, verifique se todas as ligações estão corretas, se as polaridades dos diodos foram respeitadas e se o transistor foi conectado corretamente.

Terminada a montagem do circuito, vamos agora verificar o funcionamento do mesmo, de acordo com as condições de entrada (A, B), da tabela verdade (tabela 6). As colunas C e D da tabela 6, deverão ser preenchidas pelo aluno, linha por linha.

ENTRADA		SAÍDA	
B	A	C	D
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

TABELA 6

Com base na tabela verdade (tabela 6), vamos agora verificar o funcionamento do circuito. Na primeira linha temos as entradas A e B em um nível lógico baixo (zero binário). Portanto, obteremos na saída C um nível lógico baixo ("0" binário). Com isto, o diodo emissor de luz D3 ficará apagado. Entretanto, obteremos na saída D um nível lógico alto (1 binário) e, conseqüentemente, teremos o diodo emissor de luz D4 conduzindo (aceso).

Se agora levarmos a entrada A a um nível alto, o que corresponde a termos a chave 1 do DIP SWITCH na posição aberta ou desligada (off), iremos obter na saída C um nível lógico baixo, o que leva o diodo emissor de luz D3 ao corte, ou seja, D3 permanecerá apagado. Na saída D obteremos um nível lógico alto (1 binário) e, conseqüentemente, o LED D4 permanecerá aceso. Esta situação corresponde à segunda linha da tabela verdade.

Com relação à terceira linha da tabela verdade, teremos a entrada A a um nível lógico baixo e a entrada B a um nível lógico alto, o que corresponde a levarmos a chave 1 do DIP SWITCH para a posição fechada ou ligada (ON) e a chave 5 para a posição aberta ou desligada (off). Para esta situação, iremos observar que o LED D3 está apagado e o LED D4 está aceso. Isto significa que teremos na saída C um nível lógico baixo (zero binário) e na saída D teremos um nível lógico alto (1 binário).

Para a última linha da tabela verdade teremos tanto a entrada A como a entrada B, a um nível lógico alto (1 binário), o que corresponde a termos as chaves 1 e 5 do DIP SWITCH na posição aberta ou desligada (off). Observaremos então, que o LED D3 se acenderá, enquanto que o LED D4 se apagará, isto é, teremos na saída C um nível lógico alto e na saída D um nível lógico baixo.

Fica desta forma demonstrada a tabela verdade referente a este circuito (figura 23).

PORTA LÓGICA NÃO-OU(NOR), USANDO A TÉCNICA LTD:

Apresentamos na figura 24 o diagrama do circuito

de

uma porta lógica NÃO-OU e seu respectivo símbolo.

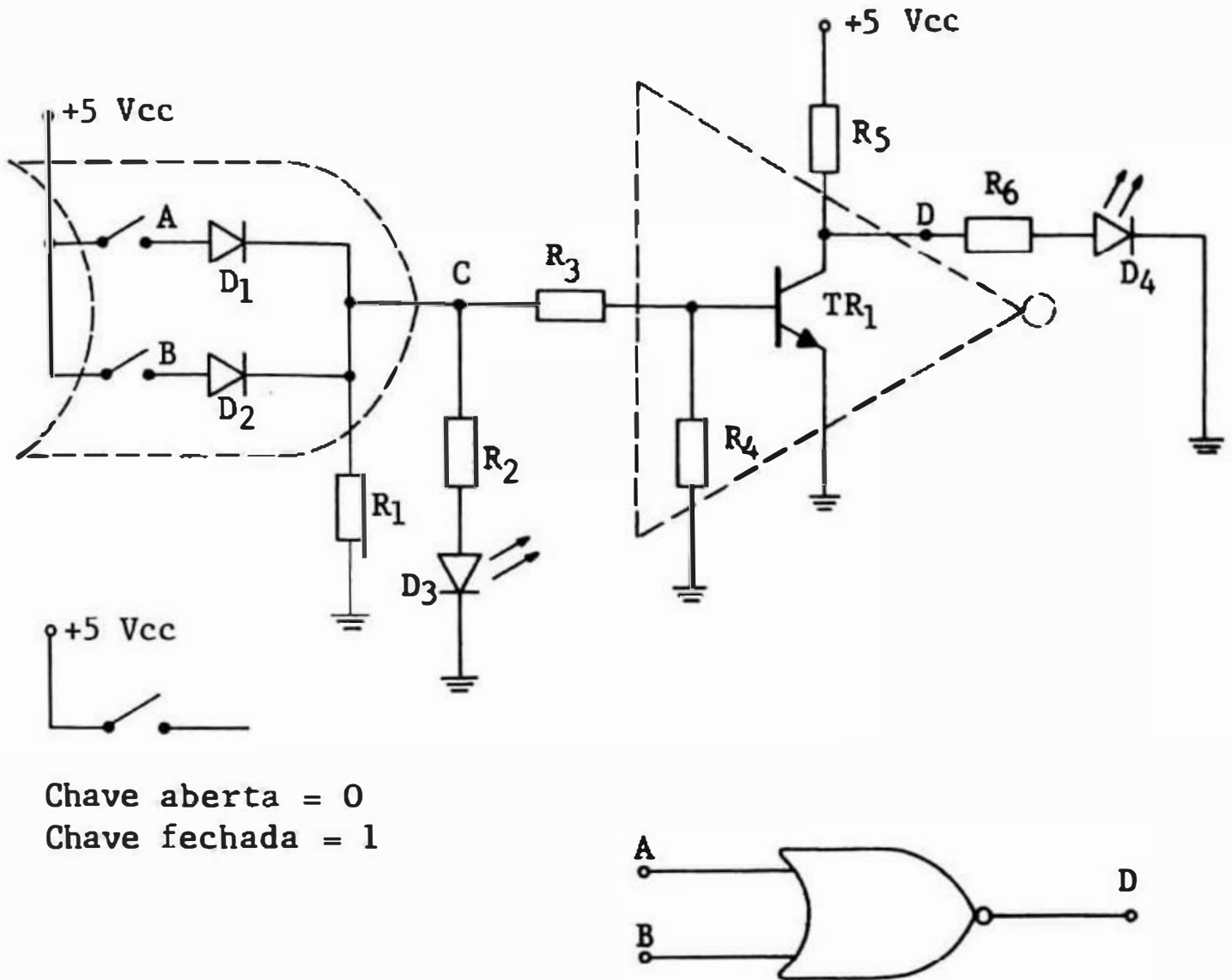


FIGURA 24

Para esta montagem serão utilizados os mesmos materiais aplicados na montagem da porta NÃO-E, usando a técnica LTD, inclusive com as mesmas especificações.

INSTRUÇÕES PARA A MONTAGEM

Serão as mesmas instruções citadas para a montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Se compararmos os diagramas dos circuitos apresentados nas figuras 23 e 24, verificaremos que estes são praticamente iguais, diferindo apenas quanto ao modo de se ligar a fonte (veja a ligação do resistor R_1 e dos diodos D_1 e D_2). Portanto, se realizarmos algumas pequenas modificações no circuito anterior, poderemos obter a porta lógica NÃO-OU (NOR). Veja mos quais são estas modificações.

Primeiramente, localize o resistor R_1 (220Ω). Então desconecte o terminal do ponto 7-L e conecte-o no ponto 7-K, o que corresponde ligarmos o resistor R_1 à terra. Em seguida localize o diodo D_1 e inverta a polarização do mesmo, ou seja, conecte o terminal de catodo no ponto 12-M e o terminal de anodo no ponto 12-J. Faça o mesmo para o diodo D_2 , isto é, conecte o catodo de D_2 no ponto 12-N e o anodo de D_2 no ponto 16-J.

Agora desconecte a extremidade do jumper que estava fixa da no ponto 3-K e conecte-a no ponto 3-L. Faça o mesmo para a extremidade do jumper, fixada no ponto 7-K, fixando-a no ponto 7-L. Esses dois jumpers irão conectar, desta forma, as chaves 1 e 5 do DIP SWITCH ao barramento + 5Vcc da placa experimental.

Para verificar o funcionamento deste circuito, o aluno deverá preencher a tabela verdade (tabela 7) de acordo com as condições de entrada. A tabela deverá ser verificada linha por linha.

NOR
OR NOR

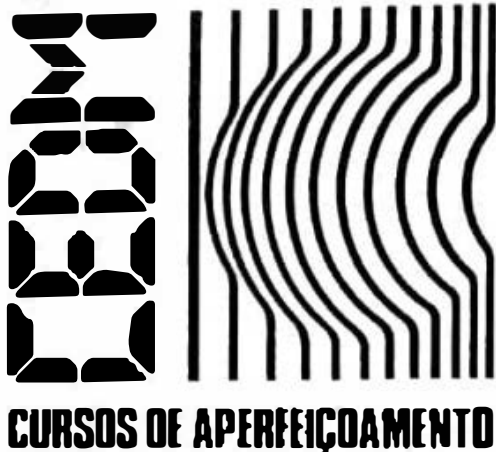
TABELA 7

ENTRADA		SAÍDA	
B	A	C	D
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Vamos supor, inicialmente, que as chaves 1 e 5 do DIP SWITCH estejam abertas (posição off), o que corresponde a termos as duas entradas A e B a um nível lógico baixo (zero binário). Nestas condições obteremos na saída C um nível lógico baixo, o que leva o LED D3 a permanecer apagado. Porém, na saída D obteremos um nível lógico alto, fazendo com que o LED D4 se acenda. Esta situação se encontra na primeira linha da tabela verdade.

Para as três últimas linhas da tabela verdade, iremos - sempre obter na saída C um nível lógico alto (1 binário), por quanto obteremos na saída D um nível lógico baixo (zero binário). Fica assim demonstrado o funcionamento do circuito em questão.

Obs.: Esta lição foi desenvolvida de tal modo a fazer com que o aluno se familiarize com as técnicas de montagem. Os próximos Manuais de Práticas "MPs", serão desenvolvidos de forma diferente, ou seja, deverão conter apenas as informações básicas com relação à montagem em si e mais informações técnicas relacionadas com o circuito em questão.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-9

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, teremos na coluna referente à saída D os seguintes níveis lógicos:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0

2) Com relação à tabela 2, teremos na coluna referente à saída D os seguintes níveis lógicos:

a)	(b))	c)	d)
0	0	1	0
0	1	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	0
0	1	0	0

3) Com relação à tabela 3, a coluna B referente à saída será:

a)	b)	(c)	d)
0	0	1	1
0	1	0	1

4) Com relação à tabela 4, teremos na coluna referente à saída C os seguintes níveis lógicos:

(a)	b)	c)	d)
1	0	0	1
1	1	0	1
1	1	0	0
0	1	1	0

5) Com relação à tabela 5, teremos na coluna referente à saída C os seguintes níveis lógicos:

a) 0 1 0 1;	c) 0 0 0 1;
b) 1 1 0 0;	(d) 1 0 0 0.

6) Com relação à tabela 6, a coluna referente à saída C ficaria assim preenchida:

a)	b)	(c)	d)
0	1	0	1
0	1	0	0
1	1	0	1
1	0	1	0

7) Ainda com relação à tabela 6, a coluna referente à saída D ficaria assim preenchida:

(a)	b)	c)	d)
1	0	1	0
1	0	1	0
1	0	0	1
0	1	1	1

8) Com relação à tabela 7, teremos na coluna referente à saída C os seguintes níveis lógicos:

a)	b)	(c)	d)
0	1	0	0
0	1	1	0
0	1	1	0
1	0	1	0

9) Ainda com relação à tabela 7, a coluna referente à saída D ficaria assim preenchida:

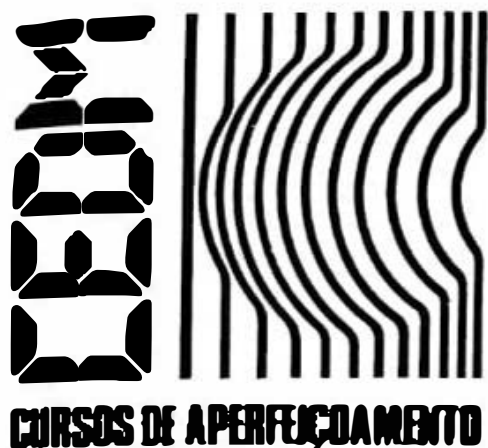
a)	1	0	1	0;	c)	1	1	1	0;
b)	0	1	1	1;	(d)	1	0	0	0.

10) Com relação à figura 10, para aplicarmos um nível lógico baixo nas três entradas (A, B e C) é necessário:

a) que as chaves 1, 4 e 7 do DIP SWITCH estejam na posição aberta (off);

b) que as chaves 1, 4 e 7 do DIP SWITCH estejam na posição fechada (ON);

c) que apenas uma das três chaves estejam na posição fechada (ON).



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-10

MANUAL DE PRÁTICAS

MP-10

INTRODUÇÃO:

Na lição anterior (MP-9) verificamos o funcionamento de algumas portas lógicas, construídas a partir de componentes discretos. Pretendemos nesta lição verificar o funcionamento de algumas portas lógicas, básicas, pertencentes à família LTT (lógica transistor-transistor), construídas sob a forma de circuitos integrados (C.Is.).

A utilização da placa experimental simplificará em muito as montagens, porém, em se tratando de C.Is., devem-se tomar alguns cuidados, como:

a) evitar que o C.I. sofra choques mecânicos (pancadas, quedas, etc.);

b) ao conectar o C.I. na placa experimental, deve-se colocá-lo sobre os pontos (furos) desejados e então pressioná-lo levemente e de maneira uniforme, até que se estabeleça o contato entre os seus terminais e as garras internas da placa experimental.

c) ao se desconectar um C.I. da placa experimental, cuide para que não dobre nenhum de seus terminais. Para isso, introduza a ponta de uma pequena chave de fenda em uma das extremidades do C.I., forçando-a levemente para cima. Em seguida, retire a chave de fenda e proceda da mesma forma com relação à extremidade oposta do C.I.;

d) identifique corretamente os pinos do C.I.

Passemos então para a montagem prática dos circuitos.

PORTA LÓGICA "E" (AND):

Pretendemos inicialmente verificar o funcionamento de uma porta lógica E, utilizando, para isto, o C.I. SN7408. A representação da pinagem e o diagrama lógico deste C.I. encontra-se na lição MCI-2, página 27. O SN7408 possui 4 (quatro) portas lógicas do tipo E com duas entradas cada uma. De início, iremos utilizar apenas uma das quatro portas lógicas existentes.

A figura 1 nos mostra o circuito a ser montado.

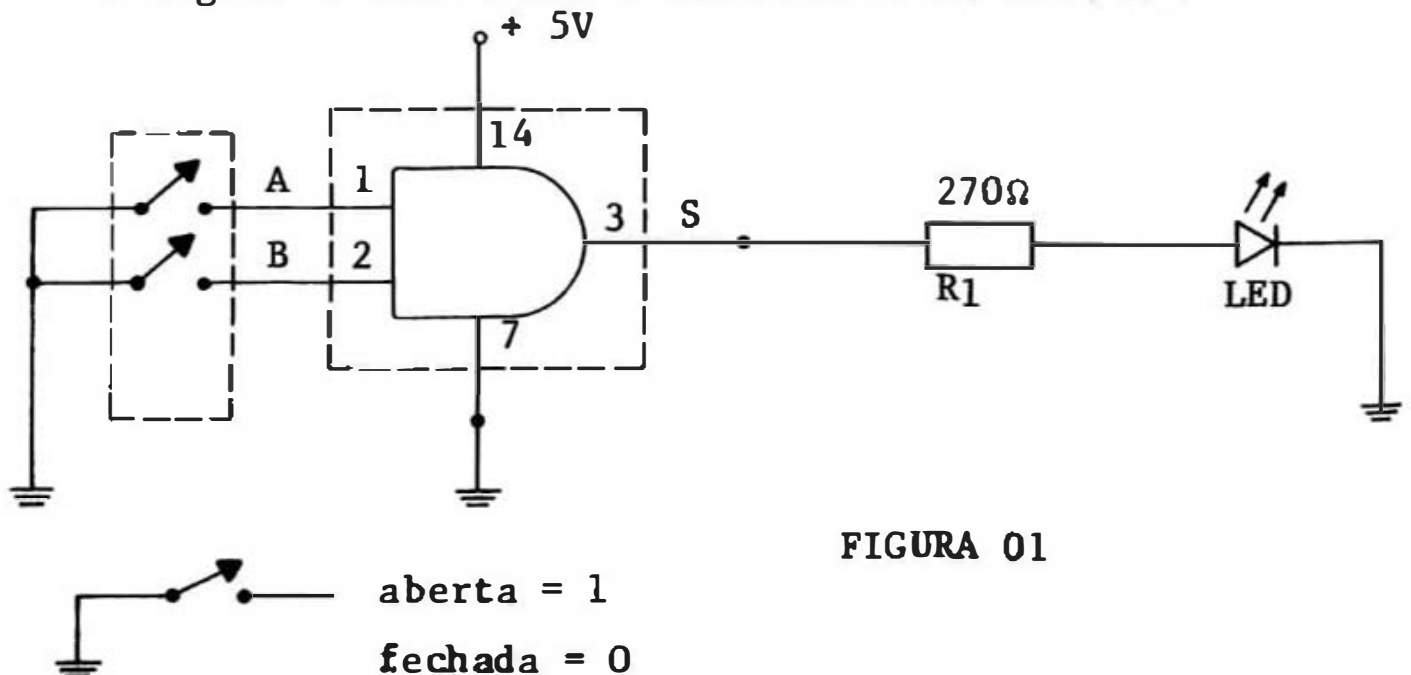


FIGURA 01

Lista de Material:

- Um resistor (R1) de 270Ω;
- Um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7408;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Tendo em vista as montagens realizadas na lição MP-9, na qual o aluno teve oportunidade de familiarizar-se com o uso da placa experimental, por isso não iremos apresentar a figura contendo os aspectos físicos da montagem.

Para a execução da montagem do circuito apresentado na figura 1, sugerimos o seguinte procedimento: primeiramente, identifique os pinos do C.I. Em seguida, conecte o SN7408 na placa experimental, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 18-E e 18-F respectivamente. Agora conecte o "dip switch", de modo que a chave nº 1 fique conectada entre os pontos 2E e 2F. Feito isso, ligue, através de jumper, o pino 1 do 7408 (ponto 18-G) com a chave nº 1 do dip switch (ponto 2-E). Faça o mesmo com relação ao pino nº 2 do 7408 (ponto 19-E) e a chave nº 2 do dip switch (ponto 3-E). Agora ligue - os pinos 14 do 7408 (ponto 18-G) com o ponto 17-L e o 7 (ponto 24-D) com o ponto 23-K. Na saída da porta lógica E, a qual corresponde ao pino 3 (ponto 20-E), conecte o resistor R1 de modo que um de seus terminais fique conectado no ponto 20-D e o outro, ao ponto 28-D. Para finalizar a montagem, conecte o anodo do LED no ponto 28-E e o catodo (observe o chanfro) no ponto 28-H. Interligue o ponto 28-I com o ponto 28-K, por intermédio de um jumper.

Antes de ligar a fonte na placa experimental, verifique se todas as ligações estão corretas. Feito isso, ligue o terminal terra da fonte ao ponto 1-K e o terminal positivo (+5V) ao ponto 1-L.

Verifique o funcionamento do circuito e preencha a tabela verdade (tabela 1).

B	A	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABELA 1

Obs.: Para as montagens que seguem, iremos manter o dip switch sempre na mesma posição.

PORTA LÓGICA "OU" (OR):

Para verificarmos o funcionamento da porta lógica "OU", vamos lançar mão do C.I. SN7432, o qual possui 4(quatro) portas lógicas do tipo "OU". A pinagem e o diagrama lógico deste C.I. se encontram na lição MCI-4, página 90. A pinagem do SN7408 equivale à pinagem do SN7432. Vamos então, utilizar apenas uma dessas portas, cujas entradas equivalem aos pinos 1 e 2 do C.I. a saída ao pino 3.

Na figura 2, temos o diagrama do circuito a ser montado.

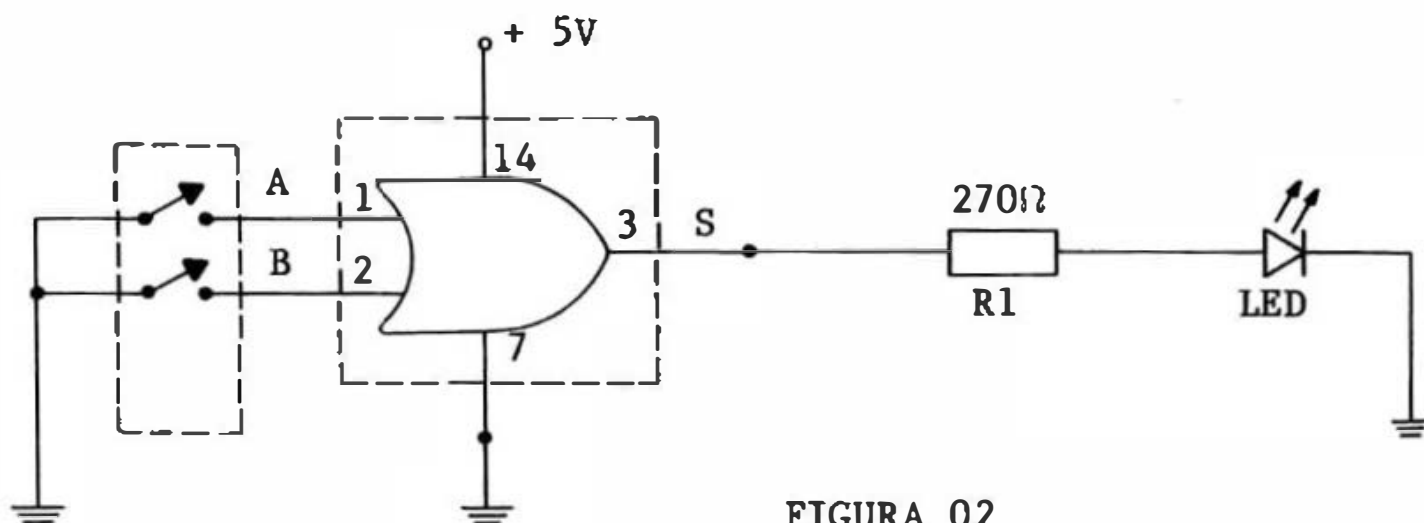


FIGURA 02

Lista de Material:

- um resistor de 270Ω (R1);
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7432;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Uma vez que a pinagem do SN7408 se equivale à do SN7432, poderemos então utilizar a montagem anterior, substituindo apenas o C.I. SN7408 pelo SN7432. Tome muito cuidado ao fazer esta substituição, identificando cuidadosamente os pinos dos C.Is. O SN7432 deverá ter os seus pinos 1 e 14 conectados nos pontos 18-E e 18-F respectivamente. Uma vez feita a substituição, verifique se todas as ligações estão corretas e então conecte a fonte ao circuito. A fonte deverá ser conectada

ao circuito, da mesma forma que na montagem anterior.

Ao verificar o funcionamento do circuito, preencha a tabela verdade do mesmo (tabela 2), testando linha por linha.

B	A	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

TABELA 2

IMPLEMENTAÇÃO DE PORTAS TIPO "OU" E TIPO "E":

Retornando à lição ED-4, página 18, veremos que existem dois modos básicos de se implementar portas lógicas, ou seja, implementação paralela e implementação em cascata. A implementação de portas lógicas, às vezes, se faz necessária para resolver alguns casos práticos com lógica. Dispomos, por exemplo, de duas portas tipo "OU" com duas entradas cada uma, porém necessitamos de uma porta "OU" com três entradas, como resolver este problema? Uma das maneiras será através da implementação em cascata.

A figura 3 nos mostra a implementação de portas lógicas "OU", ligadas em cascata.

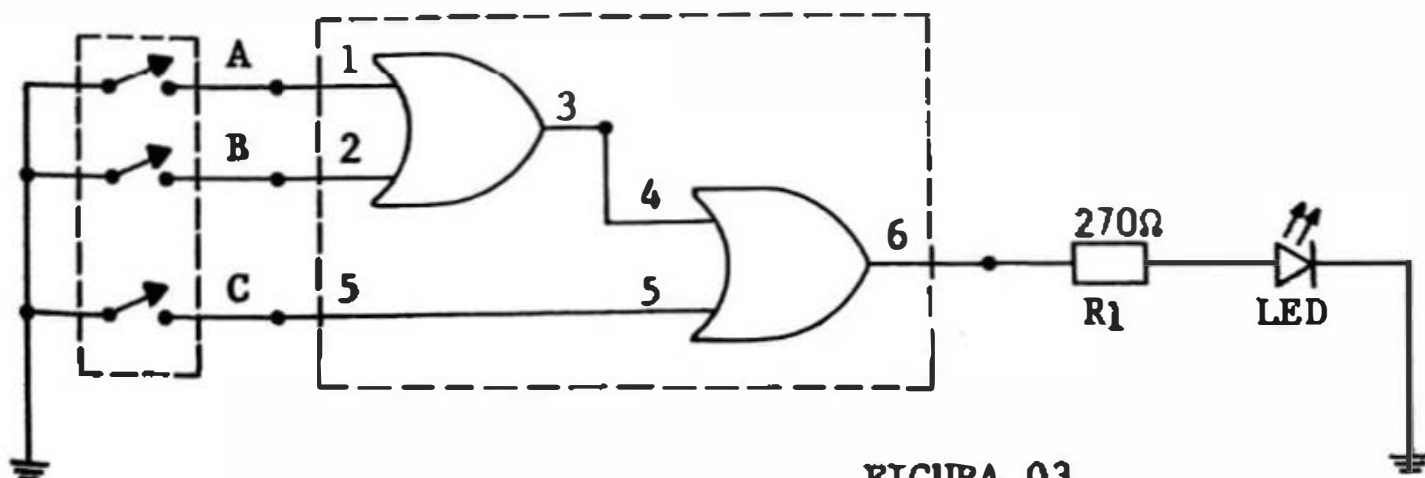


FIGURA 03

MONTAGEM DO CIRCUITO:

Sabemos que o C.I. 7432 possui quatro portas "OU", porém para a montagem do circuito apresentado na figura 3, utiliza

remos apenas duas dessas portas. Se realizarmos algumas modificações no circuito anterior, obteremos o circuito da figura 3. Então vejamos: desconecte o resistor R1 e conecte-o entre os pontos 23-D (pino 6 do C.I. que corresponde à saída da 2a. porta) e 28-A. Agora vamos "jumpear" os pontos 20-D e 21-D, o que corresponde à interligação da saída da 1a. porta (pino 3) à entrada A da 2a. porta (pino 4). O pino 5 do C.I., que corresponde à entrada B da 2a. porta, deverá ser ligado à terceira chave do dip switch, isto é, os pontos 22-D e o 4-D deverão ser jumpeados. Para finalizar, ligue o ponto 4-I ao ponto 4-K e estaremos, assim, ligando a terceira chave do dip switch ao terminal terra. Uma vez realizadas essas modificações, o aluno poderá então verificar o funcionamento do circuito. Para isso, deverá o aluno testar todas as oito condições impostas pela tabela verdade (tabela 3), uma a uma, e, através do resultado obtido, preencher a tabela verdade.

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

TABELA 3

Aproveitando a montagem do circuito da figura 3, vamos montar o circuito da figura 4, para isso, basta uma única modificação, ou seja, a substituição do C.I. SN7432 pelo C.I.

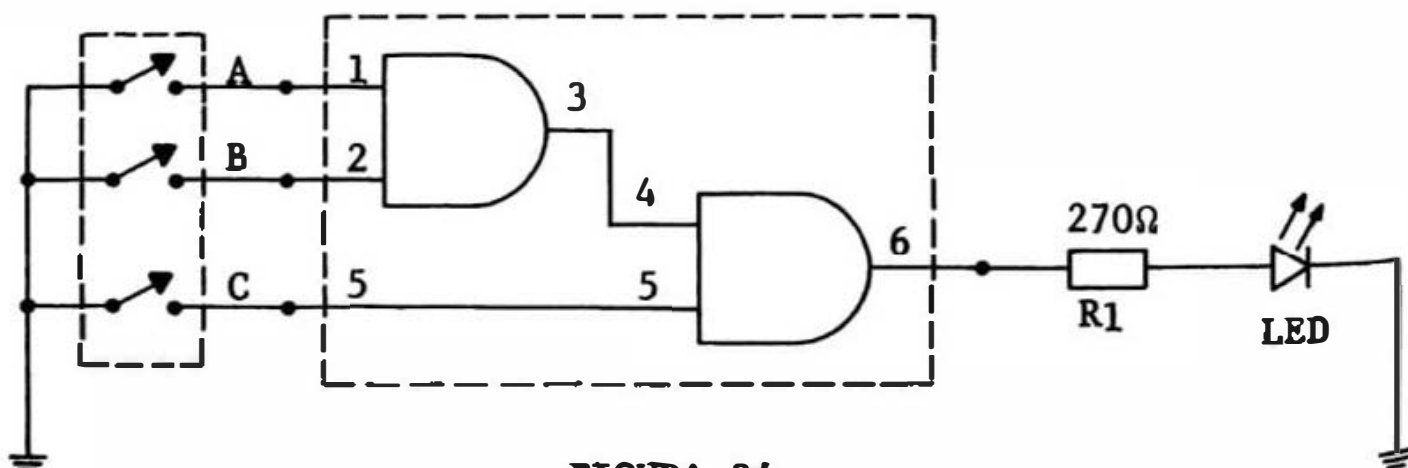


FIGURA 04

SN7408 (porta "E"). Essa substituição só é possível, devido ao fato desses C.I.s. terem a mesma equivalência de pinos, o que pode ser constatado através do Manual de C.I., página 90 (SN7432) e página 27 (SN7408).

Uma vez feita a substituição, iremos obter uma porta "E" implementada com três entradas, a partir de duas portas "E" de duas entradas cada uma. Após ligar a fonte ao circuito, o aluno deverá verificar seu funcionamento com base na tabela verdade (tabela 4) e, em seguida, preencher a coluna S da tabela, referente à saída do circuito.

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

TABELA 4

Ainda utilizando a implementação em cascata, podemos obter circuito como o mostrado na figura 5.

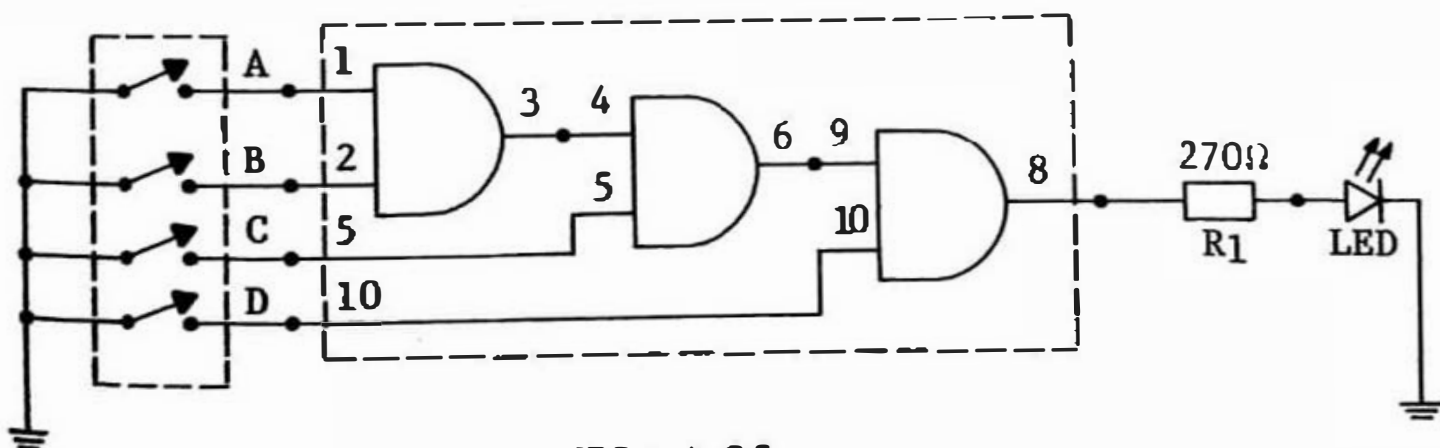


FIGURA 05

Trata-se, pois, de uma porta lógica do tipo "E" implementada, a partir de três portas, também do tipo "E", porém com duas entradas cada uma.

A montagem deste circuito é muito simples e poderá ser

efetuada, a partir da montagem anterior, através de algumas modificações. Primeiro, desconecte o resistor R1 e o LED de suas posições para em seguida conectá-las da seguinte forma: R1 entre o ponto 24-G (pino 8 do C.I.) e o ponto 28-F; o LED entre os pontos 28-G e 28-K (observe a polaridade do mesmo). Agora ligue, através de jumpers, os seguintes pontos: 5-D ao 22-G (pino 10 do 7408) e 23-D (pino 6 do 7408) ao ponto 23-G (pino 9 do 7408). Uma vez finalizada a montagem, verifique o funcionamento do circuito, de acordo com as condições impostas pelas variáveis de entrada (A, B, C e D) e preencha a coluna S da tabela verdade (tabela 5).

D	C	B	A	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

TABELA 5

Se substituirmos o C.I. SN7408 pelo C.I. SN7432, mantendo a montagem anterior, iremos obter o circuito apresentado na figura 6. Obteremos, assim, a implementação de três portas lógicas do tipo "OU", ligadas em cascata.

Uma vez realizada a substituição do C.I., ligue a fonte de alimentação ao circuito e verifique o funcionamento do mesmo. Para isso, basta aplicar na entrada as condições impostas

pela tabela verdade (tabela 6). Preencha a coluna "S" (saída) da tabela 6, aplicando na entrada (chaves do dip switch) os valores lógicos das variáveis A, B, C e D para cada uma das linhas respectivamente.

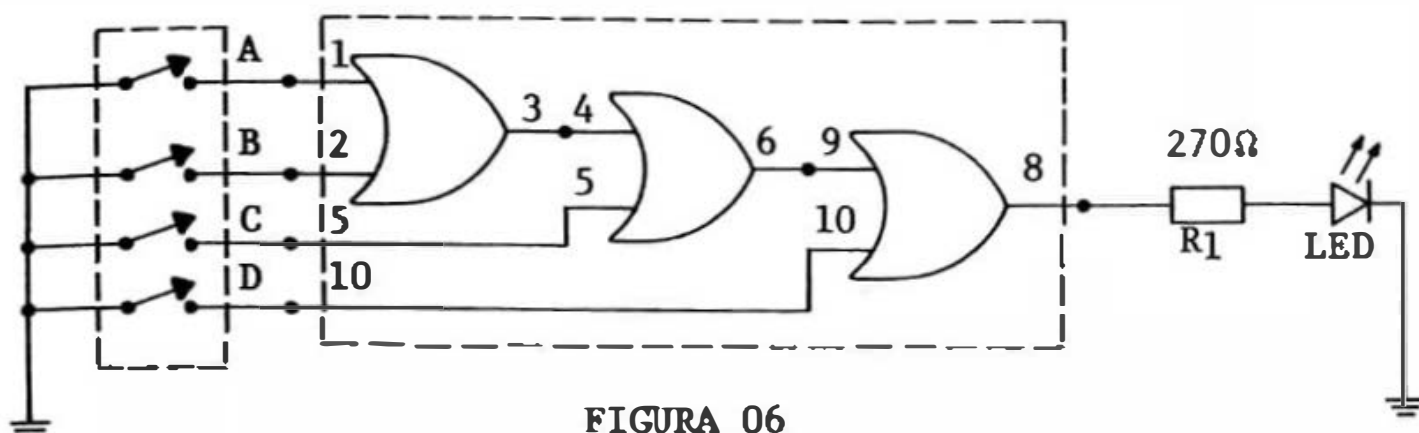


FIGURA 06

Através da montagem dos circuitos apresentados nas figuras 3, 4, 5 e 6, torna-se notório o processo de se implementar portas lógicas, através da ligação em cascata. Note que para esse tipo de ligação, a saída da primeira porta é conectada a uma das entradas da segunda porta e na outra entrada da segunda porta é aplicado o sinal da terceira variável e assim sucessivamente.

D	C	B	A	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

TABELA 6

Com relação ao C.I. 7432, poderíamos fazer mais uma implementação, utilizando a quarta porta "OU", obtendo, desta forma, uma porta "OU" que opera com cinco (5) variáveis (A, B, C, D e E). Este circuito é mostrado na figura 7.

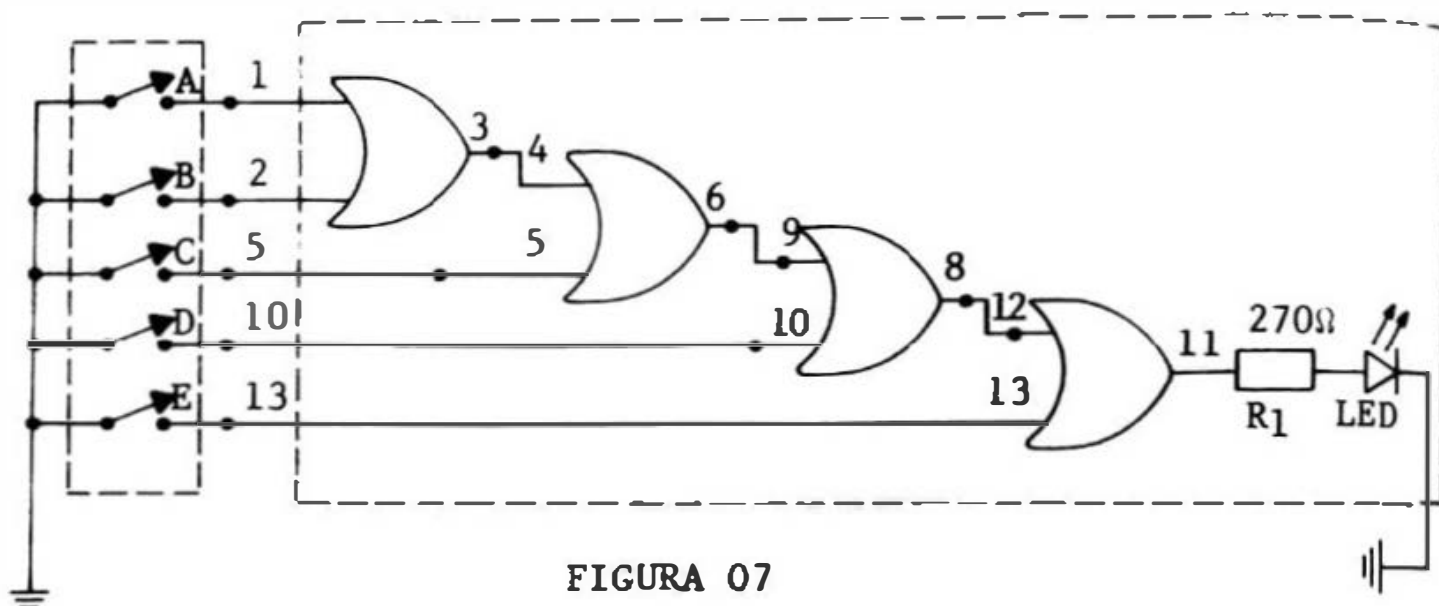


FIGURA 07

Com relação ao circuito da figura 7, se substituirmos o C.I. 7432 pelo C.I. 7408, obteremos o circuito da figura 8, ou seja, obteremos uma porta lógica do tipo "E" com cinco entradas implementadas, a partir de quatro portas, também do tipo "E", com duas entradas cada uma.

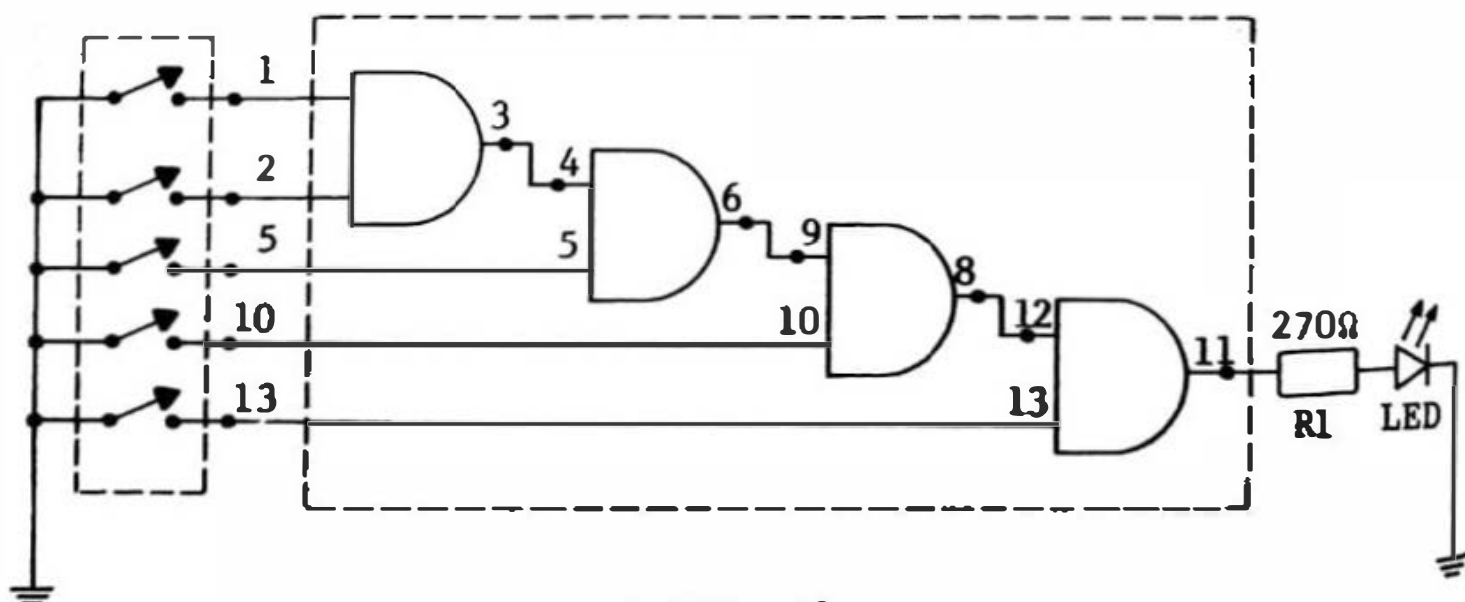
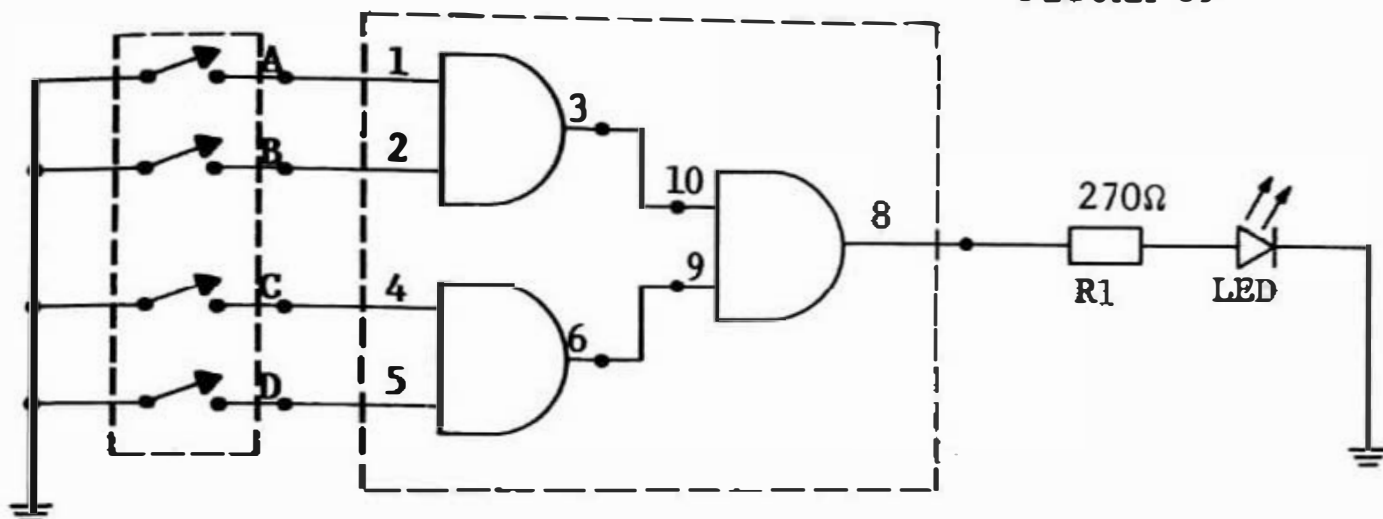


FIGURA 08

Vamos agora implementar portas do tipo "E" e "OU", utilizando para isso, o processo de implementação em paralelo.

O circuito apresentado na figura 9 nos mostra a implementação de uma porta tipo E, a partir de três outras portas, também do tipo E, porém com duas entradas cada uma.

FIGURA 09



O material a ser utilizado para esta montagem será o mesmo utilizado nas montagens anteriores. O dip switch e o C.I. serão mantidos na mesma posição em que estavam, nas montagens anteriores. Ainda com relação ao dip switch, este deverá ser devidamente aterrado, ou seja, os pontos 2-H, 3-H, 4-H e 5-H deverão ser conectados através de jumpers aos pontos 2-K, 3-K, 4-K e 5-K respectivamente. As chaves 1 (ponto 2-D), 2 (ponto 3-D), 3 (ponto 4-D) e 4 (ponto 5-D) do dip switch deverão ser conectadas aos pontos 18-D (pino 1), 19-D (pino 2), 21-D (pino 4) e 22-D (pino 5) respectivamente, estes pinos correspondem às entradas A, B, C e D do C.I. SN7408. O pino 7 (ponto 24-D) deverá ser ligado à terra (ponto 23-K) e o pino 14 (ponto 18-G) deverá ser ligado ao barramento +Vcc (ponto 17-L).

De acordo com o diagrama da figura 9, o pino 3 (ponto 20-D) deverá ser conectado ao pino 10 (ponto 22-G) e o pino 6 (ponto 23-D) ao pino 9 (ponto 23-G). A resistência R1 deverá ser conectada entre os pontos 24-G e 29-F), enquanto que o LED deverá ser conectado entre os pontos 29-G e 29-K. Não se esqueça de observar a polaridade do LED. Este deverá ter o seu terminal de catodo ligado ao barramento de terra (29-K).

Verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte ao circuito.

Para verificar o funcionamento do circuito é muito importante que o aluno teste todas as linhas da tabela verdade (tabela 7), preenchendo a coluna "S" da mesma.

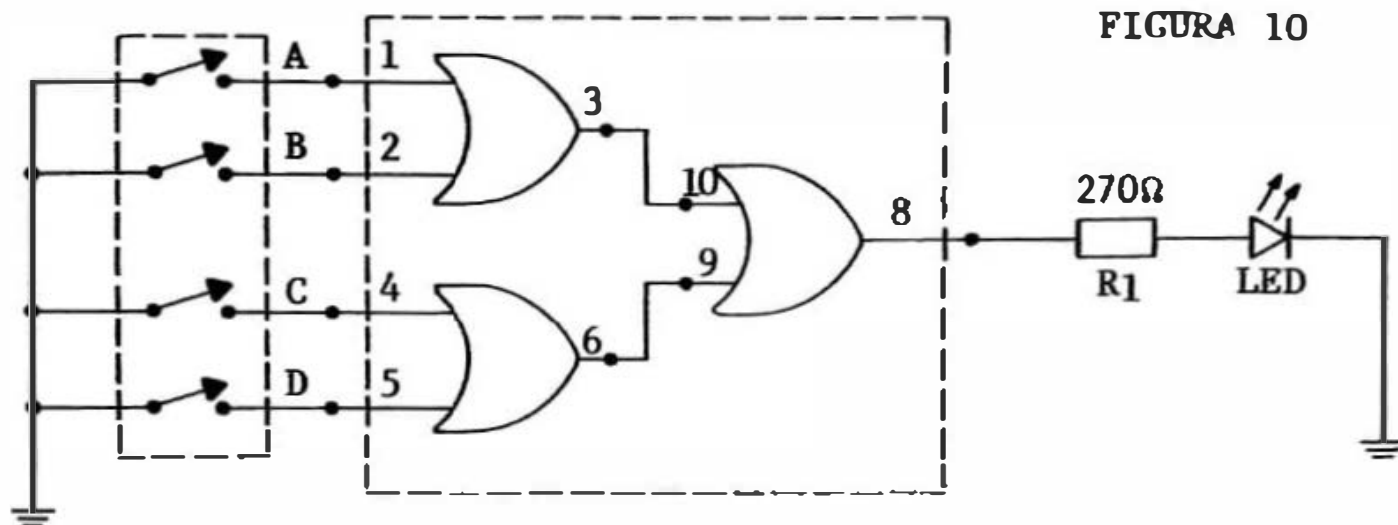
Devido ao fato da pinagem do C.I. SN7408 ser equivalente à pinagem do SN7432, ou seja, os pinos de entrada e de saída das portas lógicas, bem como os pinos de alimentação - possuírem a mesma enumeração, permite-se, com isso, a substituição do primeiro pelo segundo. E é o que faremos com relação à montagem do circuito da figura 9. Substituído o C.I. SN7408 (portas tipo "E") pelo C.I. SN7432 (portas tipo "OU"), obteremos a implementação de uma porta do tipo "OU" com 4 (quatro) entradas, através da ligação em paralelo de 3 (três) outras portas, também do tipo "OU", porém com duas entradas cada uma. Com esta substituição o circuito da figura 9 se transforma no circuito apresentado na figura 10.

D	C	B	A	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

AND

TABELA 7

Também para este caso, o aluno deverá verificar o funcionamento do circuito (figura 10) para todas as linhas da tabela verdade (tabela 8), uma por vez e preencher a coluna "S".



D	C	B	A	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

OR

TABELA 8

PORTA LÓGICA INVERSORA

O seu princípio de funcionamento já conhecemos (veja a lição MP-9), o que pretendemos agora é verificar o funcionamento da porta lógica, inversora, construída sob a forma de circuito integrado (C.I.). Para isso, iremos utilizar o C.I. SN7404, cuja pinagem e diagrama lógico se encontram na lição MCI-1, página 17. O SN7404 possui 6 (seis) portas inversoras, todas independentes uma da outra. Inicialmente, utilizaremos apenas uma dessas seis portas. A figura 11 nos mostra o circuito a ser montado.

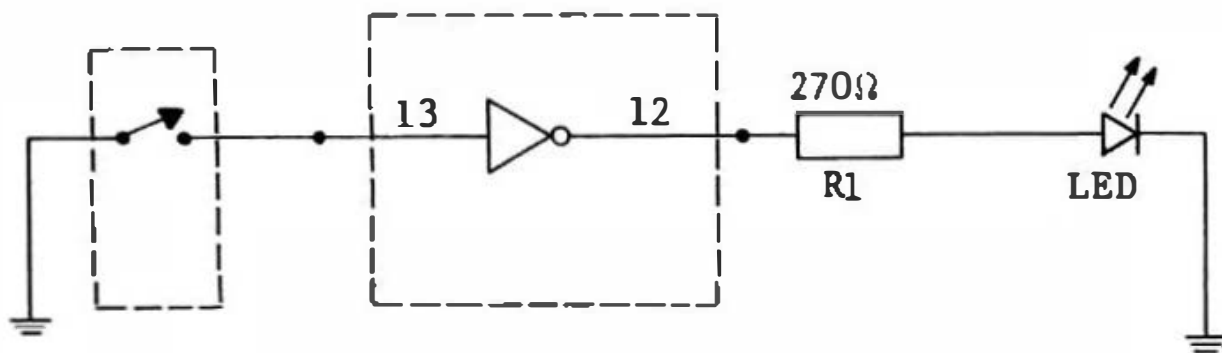


FIGURA 11

Lista de Material:

- um resistor (R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7404J;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Da mesma forma que nas montagens anteriores, vamos manter o dip switch na posição indicada para a primeira montagem desta lição. O SN7404J deverá ser conectado, de tal modo que os pinos 1 e 14, do mesmo fiquem ligados aos pontos 18-E e 18-F. Feito isso, conecte a chave "1" do dip switch à terra, para tanto, conecte os pontos 2-J com 2-K. Agora conecte o ponto 2-D com o ponto 19-G (pino 13 do C.I.). Ligue a resistência R1 entre os pontos 20-G (pino 12 do C.I.) e 26-G. Em seguida, conecte o LED entre os pontos 26-I e 26-K (barramen-

to terra). Finalmente, conecte o pino 7 do C.I. (ponto 24-D) ao barramento de terra (ponto 29-K) e o pino 14 do C.I. (ponto 18-G) ao barramento positivo "+Vcc" (ponto 19-L). Verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida conecte a fonte de alimentação ao circuito.

O funcionamento do circuito é bem simples de ser verificado, uma vez que para o inversor, teremos apenas duas possibilidades, conforme poderemos constatar, através de tabela verdade (tabela 9).

A	S
0	1
1	0

TABELA 9

A coluna referente à saída da porta inversora (coluna S) deverá ser preenchida com base nos resultados obtidos durante a verificação do funcionamento do circuito.

PORTA "NÃO-E" (NAND):

Iremos agora verificar o funcionamento de uma porta lógica do tipo "NÃO-E", construída segundo a tecnologia TTL. Para isso, utilizaremos o C.I. SN7400N, o qual possui 4 (quatro) portas lógicas "NÃO-E". A representação da pinagem e o diagrama lógico deste C.I. se encontram na lição MCI-1, página 06. Todas as portas deste C.I. possuem duas entradas cada uma.

A figura 12 nos mostra o circuito a ser montado.

Lista de Material:

- um resistor (R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7400N;
- dip switch.

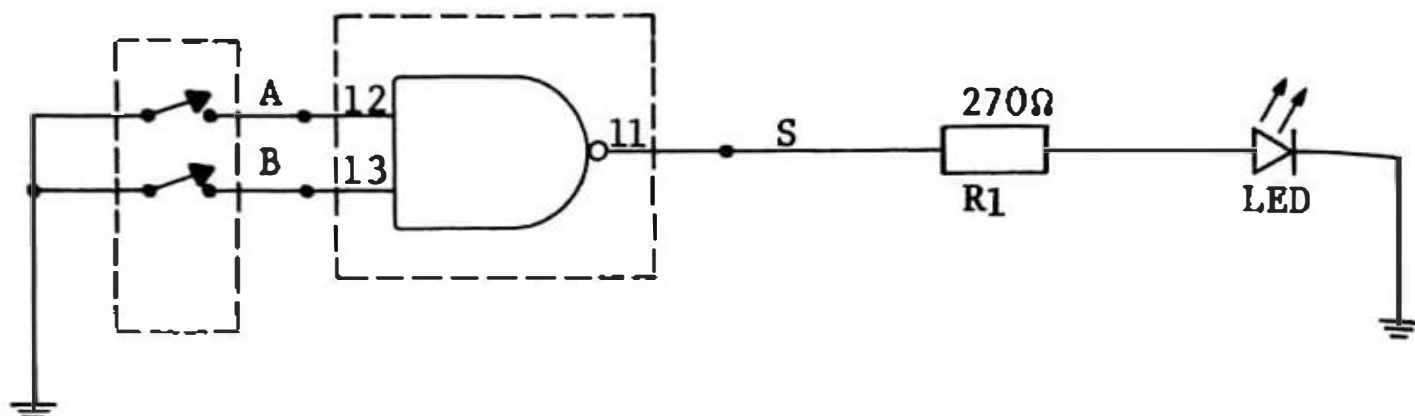


FIGURA 12

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Manteremos o dip switch e o C.I. na mesma posição da montagem anterior. O pino 7 do C.I. deve ser conectado ao barramento terra, enquanto que o pino 14 deve ser conectado ao barramento positivo (+Vcc) da fonte. Os pinos 12 e 13 (pontos 20-G e 19-G) deverão ser conectados aos pontos 3-D e 2-D (chaves 2 e 1 do dip switch) respectivamente. As chaves 1 e 2 do dip switch deverão ser aterradas (ligadas ao barramento terra), para isso, conecte os pontos 2-J e 3-J aos pontos 2-K e 3-K respectivamente. Agora, conecte o resistor R₁ entre os pontos 21-G (pino 11) e 26-G; o LED deverá ser conectado entre os pontos 26-I e 26-K.

Verifique se todas as ligações estão corretas e então conecte a fonte ao circuito.

O princípio de funcionamento de uma porta do tipo NÃO-E já foi visto pelo aluno em lições anteriores. O que pretendemos agora é apenas verificar o funcionamento desta porta, para tanto, basta o aluno aplicar nas entradas A e B (chaves 1

e 2 do dip switch) os níveis lógicos impostos pela tabela verdade (tabela 10).

B	A	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

TABELA 10

À medida em que for sendo verificada cada uma das condições da tabela verdade, o aluno deverá preencher o "quadro" da coluna S correspondente.

PORTA "NÃO-OU" (NOR):

Para verificarmos o funcionamento de uma porta "NÃO-OU", vamos utilizar o C.I. SN7402N, o qual possui 4 (quatro) portas "NÃO-OU" com duas entradas cada uma delas. A figura 13 nos mostra o circuito a ser montado.

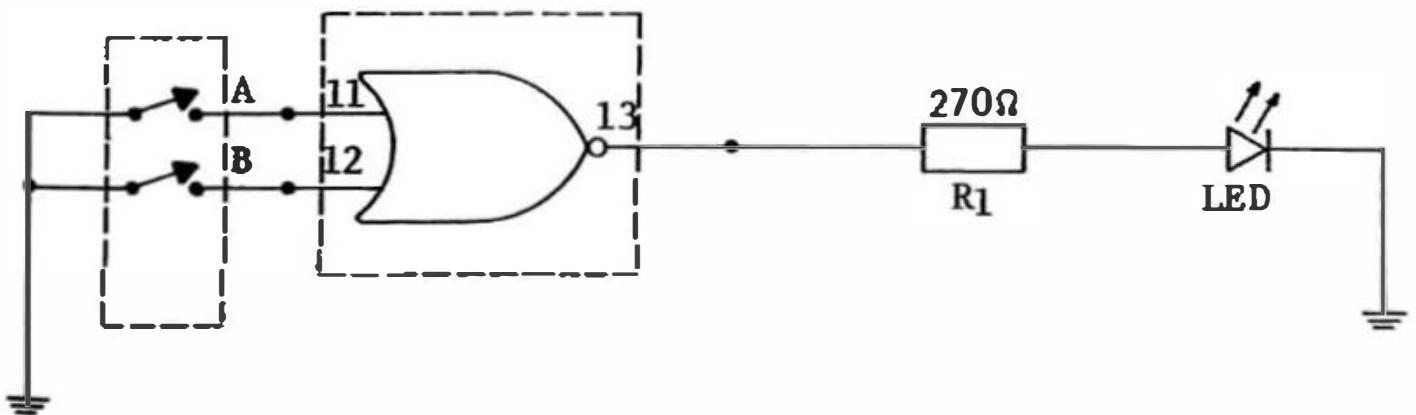


FIGURA 13

Lista de Material:

- um resistor (R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7402N;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Conecte a chave 1 e 2 do dip switch (ponto 2-D e 3-D) com os pinos 11 e 12 do C.I. (pontos 20-G e 21-G). Ligue os pontos 2-J e 3-J com os pontos 2-K e 3-K respectivamente. Em seguida, conecte o resistor R1 entre os pontos 19-G (pino 13 do C.I.) e 26-G. O LED deverá ser conectado entre os pontos 26-I e 26-K. Os pinos 7 e 14 (pontos 24-D e 18-G) devem ser conectados aos pontos 28-J e 19-L respectivamente. Uma vez realizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, então, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito, preencha a tabela verdade (tabela 11), testando todas as condições uma a uma.

B	A	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

TABELA 11

IMPLEMENTAÇÃO DE PORTAS TIPO "NÃO-E" E TIPO "NÃO-OU":

As mesmas considerações feitas com relação a implementação de portas lógicas do tipo "E" e tipo "OU" são válidas para a implementação de portas tipo "NÃO-E" e "NÃO-OU", ou seja, podemos implementar portas "NÃO-E" e "NÃO-OU" em cascata ou em paralelo. Porém, para que essas portas possam executar corretamente a função, é necessário intercalar algumas portas inversoras. Este fato se tornará mais evidente, ao realizarmos algumas montagens.

A figura 14 nos mostra uma porta "NÃO-OU" com 4 (quatro) entradas implementadas, a partir da ligação em paralelo de 3 (três) outras portas do mesmo tipo, porém com duas entradas cada uma.

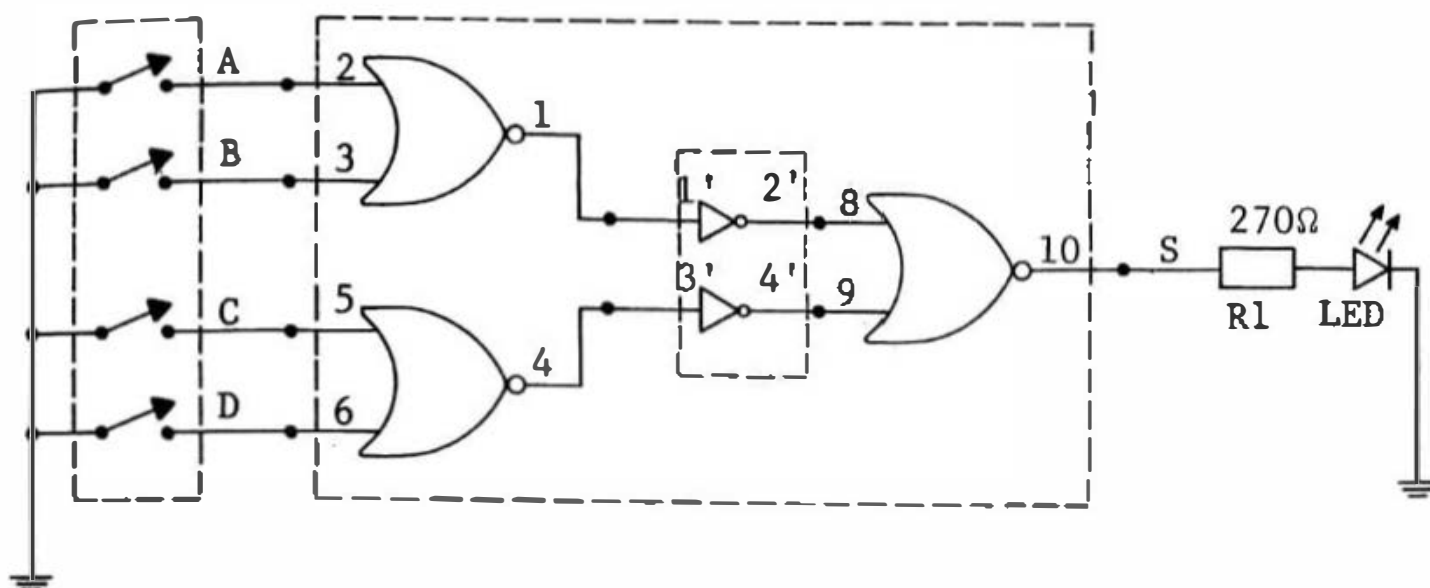


FIGURA 14

Para essa montagem utilizaremos dois C.Is., o SN7402 N (portas NÃO-OU) e o SN7404 J (portas inversoras). Com relação à figura 14, os números 1', 2', 3' e 4' correspondem respectivamente aos pinos 1, 2, 3 e 4 do SN7404J. O fato desses pinos estarem indicados como 1', 2', 3' e 4' é apenas para diferenciar dos pinos 1, 2, 3 e 4 do C.I. SN7402N.

Lista de Material:

- um resistor (R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz (LED);
- um dip switch;
- um C.I. SN7402N;
- um C.I. SN7404J.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Mantenha o dip switch na mesma posição das montagens anteriores e aterre as quatro primeiras chaves do mesmo. Para isso, basta "juntar" os seguintes pontos: 2-J com 2-K, 3-J com 3-K, 4-J com 4-K e 5-J com 5-K. Em seguida, fixe o C.I. SN7402N, de modo que os pinos 1 e 14 do mesmo seja conectado nos pontos 18-E e 18-F respectivamente. O C.I. SN7404J de

verã ser fixado, de modo que os pinos 1 e 14 do mesmo sejam conectados aos pontos 27-E e 27-F respectivamente.

As chaves 1 e 2 do dip switch deverão ser ligadas na entrada da primeira porta "NÃO-OU" do SN7402N, para tal, devemos conectar os pontos 2-D e 3-D aos pontos 20-D e 19-D (pinos 3 e 2 do 7402N) respectivamente. A saída desta porta (pino 1 do 7402N) deverá ser ligada à entrada da primeira porta inversora do SN7404J, para tanto, basta "jumpear" o ponto 18-D (pino 1 do 7402N) com o ponto 27-D (pino 1' do 7404J). A saída da porta inversora 2' (7404J) será conectada à entrada (pino 8 do 7402N) da terceira porta NÃO-OU, para isso, basta jumpear os pontos 28-D (2') com o ponto 24-G (8).

As chaves 3 e 4 do dip switch deverão ser conectadas à entrada da segunda porta "NÃO-OU" do SN7402N. Para tanto, basta "jumpear" os seguintes pontos: 4-D com 23-D (pino 6 do 7402N) e 5-D com 22-D (pino 5 do 7402N). A saída (pino 4 do 7402N) desta segunda porta deverá ser conectada à entrada da segunda porta inversora (pino 3 do 7404J), para tanto, basta "jumpear" os pontos 21-D (pino 4 do 7402N) com 29-D (pino 3 do 7404J). Agora, ligue a saída da segunda porta inversora, ponto 30-D (pino 4 do 7404J) à entrada da terceira porta "NÃO-OU", ponto 23-G (pino 9 do 7402N). Feito isso, conecte à saída da terceira porta "NÃO-OU" a resistência R1, ou seja, conecte a resistência R1 entre os pontos 22-G (pino 10 do 7402N) e 16-G; agora ligue o LED entre os pontos 16-I e 16-K.

Para finalizar a montagem, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos: 24-D (pino 7 do 7402N) com 25-R; ponto 18-G (pino 14 do 7402N) com 19-L (+Vcc); ponto 33-D (pino do 7404J) com o ponto 33-K e 27-G (pino 14 do 7404J) com o ponto 27-L (+Vcc).

Antes de ligar a fonte de alimentação ao circuito, verifique se todas as ligações estão corretas.

Ao conferir o funcionamento do circuito, teste todas as condições (linhas) impostas pela tabela verdade (tabela 12) e preencha a coluna S referente ao sinal de saída.

Utilizando o processo de implementação em cascata, vamos agora implementar uma porta lógica tipo "NÃO-E", com 3 (três) entradas, a partir de duas outras portas do mesmo tipo, com duas entradas cada uma. A figura 15 nos mostra o ci-

cuito a ser montado.

D	C	B	A	S
0	0	0	0	<u>1</u>
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

TABELA 12

Lista de Material:

- um resistor (R_1) de 270Ω ;
- um diodo emissor de luz;
- um dip switch;
- um C.I. SN7400N;
- um C.I. SN7404J.

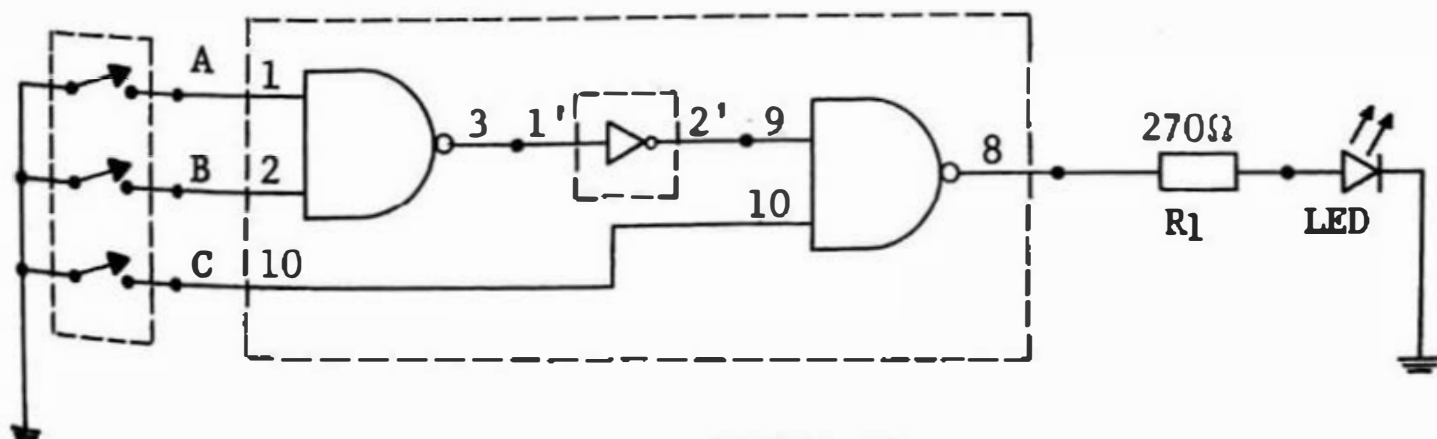


FIGURA 15

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Manteremos o dip switch e os dois C.I.s. na mesma posição da montagem anterior, porém o C.I. SN7402N deverá ser substituído pelo C.I. SN7400N, o qual possui quatro portas do tipo "NÃO-E".

Iniciaremos então a montagem, ligando as três primeiras chaves do dip switch ao barramento de terra, para isso, basta "jumper" os seguintes pontos: 2-J com 2-K, 3-J com 3-K e 4-J com 4-K. Em seguida, conecte o ponto 2-D (chave 1 do dip switch) ao ponto 18-D (pino 1 do 7400N) e o ponto 3-D (chave 2 do dip switch) ao ponto 19-D (pino 2 do 7400N). Agora conecte a saída da primeira porta "NÃO-E" do SN7400N (pino 3) ao pino 1 do SN7404J (entrada da porta inversora), para tanto, basta interligar com um "jumper" os pontos 20-D e 27-D. A saída desta porta inversora (pino 2 do 7404J) deve ser ligada a uma das duas entradas da segunda porta "NÃO-E" do circuito, para isso, basta ligarmos o ponto 28-D (pino 2 do 7404J) ao ponto 23-G (pino 9 do SN7400N). A outra entrada desta segunda porta "NÃO-E" (pino 10 do SN7400N) deve ser ligada à terceira chave do dip switch, para tal, basta "jumper" o ponto 4-D (chave 3 do dip switch) com o ponto 22-G (pino 10 do 7400N). O resistor R1 deve ser ligado entre os pontos 24-H (que corresponde a saída da segunda porta "NÃO-E" - pino 8 do 7400N) e 14-H, e o LED deverá ser conectado entre os pontos 14-I e 14-K.

Para concluir a montagem, conecte os pontos 18-G (pino 14 do SN7400N) e 27-G (pino 14 do SN7404J) aos pontos 19-L e 27-L respectivamente, isso é o mesmo que ligarmos os dois C.I.s. ao barramento +Vcc. Em seguida, conecte os pontos 24-D (pino 7 do SN7400N) e 33-D (pino 7 do SN7404J) aos pontos 25-K e 33-K respectivamente.

Antes de ligar a fonte de alimentação ao circuito, observe se todas as ligações estão corretas.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 13) e preencher, através da observação dos resultados obtidos, a coluna S correspondente à saída do circuito.

Obs.: Os pinos 1' e 2' indicados na figura 14 correspondem aos pinos 1 e 2 do C.I. SN7404J.

C	B	A	S
0	0	0	<u>1</u>
0	0	1	<u>1</u>
0	1	0	<u>1</u>
0	1	1	<u>1</u>
1	0	0	<u>1</u>
1	0	1	<u>1</u>
1	1	0	<u>1</u>
1	1	1	<u>0</u>

TABELA 13

O fato de apresentarmos portas do tipo "NÃO-OU" implementadas em paralelo (figura 14) e portas do tipo "NÃO-E" implementadas em cascata (figura 15), não quer dizer que essas portas possam ser implementadas apenas dessa maneira, muito pelo contrário, pois qualquer tipo de porta lógica pode ser implementada tanto em paralelo como em cascata. Na figura 16, temos uma porta "NÃO-E" de quatro entradas, obtida através da implementação em paralelo de 3 (três) outras portas "NÃO-E", porém, com duas entradas cada uma.

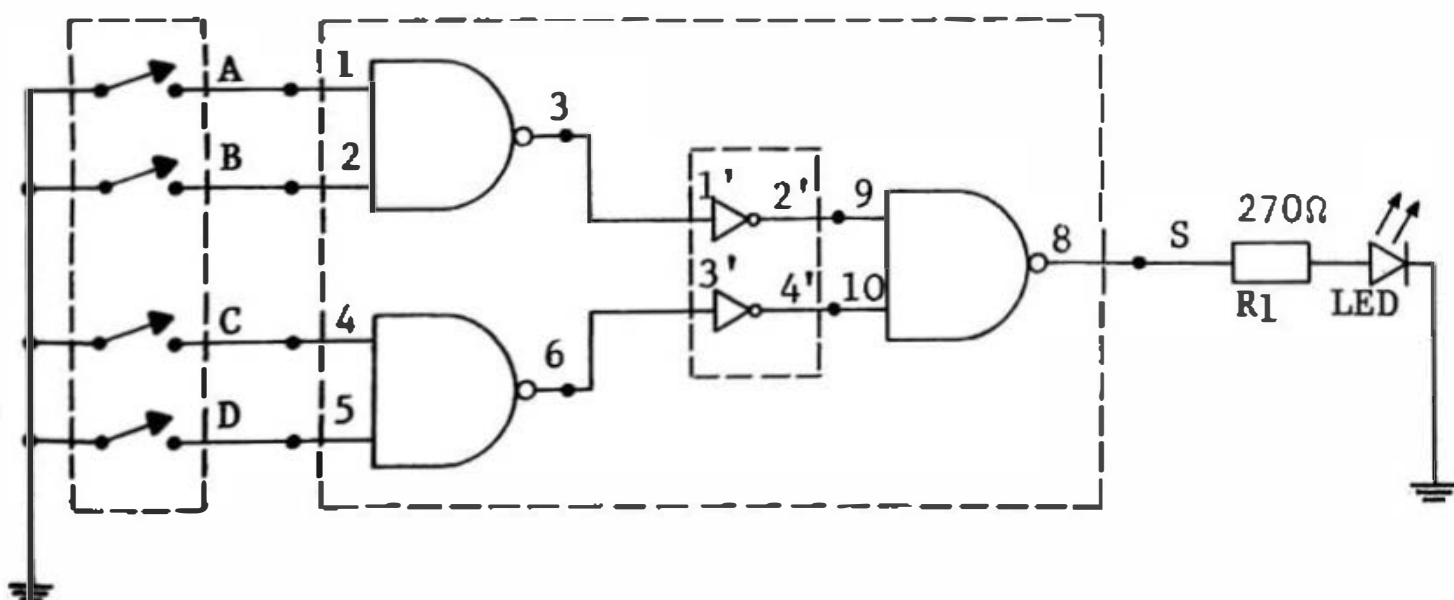


FIGURA 16

A figura 17 nos mostra uma porta "NÃO-OU" com quatro entradas, obtida através da implementação em cascata de 3 (três)

outras portas "NÃO OU", porém, com duas entradas cada uma.

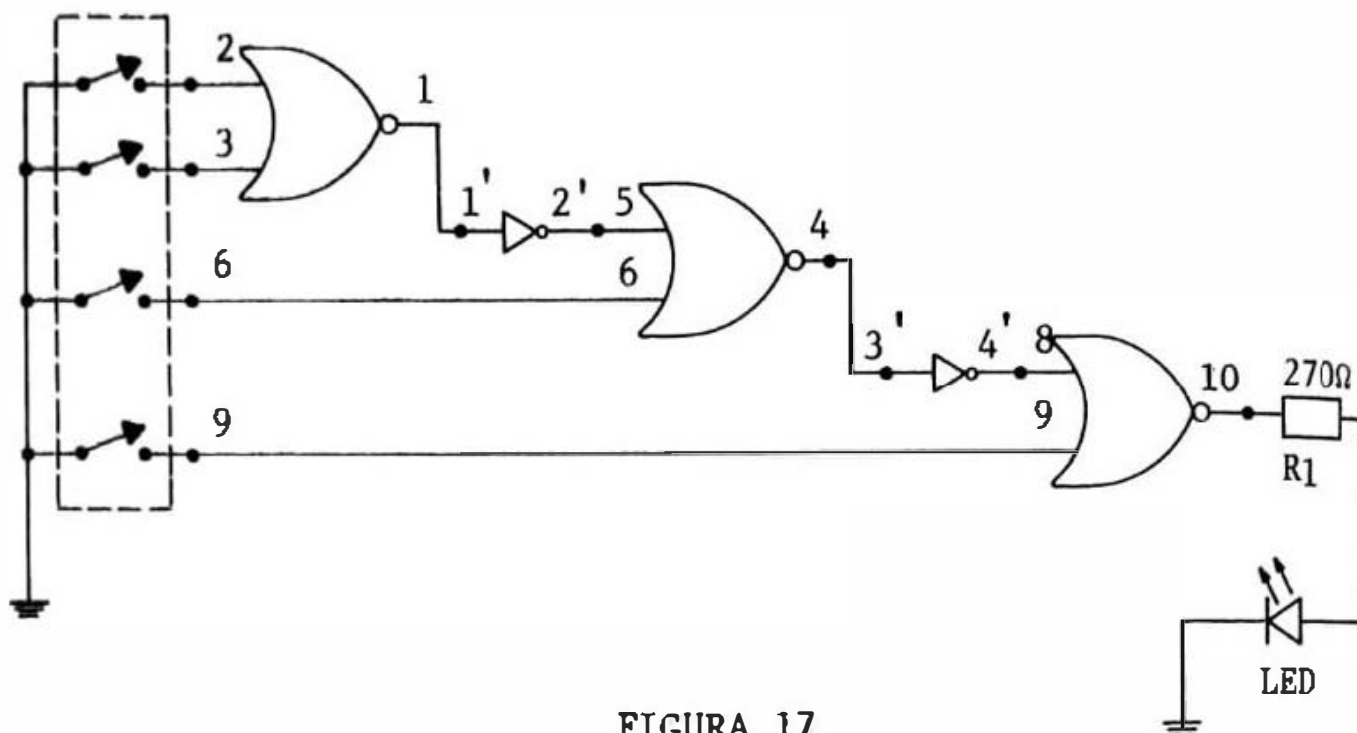


FIGURA 17

A montagem dos circuitos apresentados nas figuras 16 e 17 fica como sugestão, uma vez que estas montagens obedecem os mesmos critérios das anteriores.

PORTA "OU-EXCLUSIVA"

Para verificarmos o funcionamento de uma porta tipo "OU-EXCLUSIVA", utilizaremos o C.I. SN7486N, o qual possui 4 (quatro) portas "OU-EXCLUSIVA". Na figura 18, apresentamos a pinagem referente ao SN7486N.

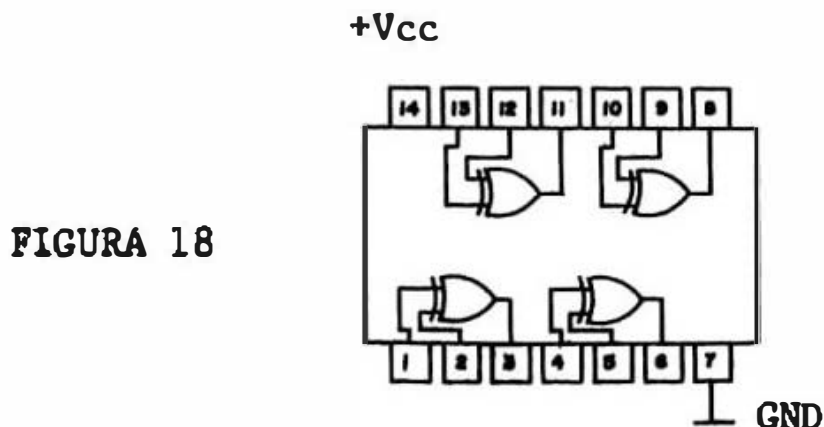


FIGURA 18

A figura 19 nos mostra o circuito a ser montado. Este circuito é básico, montado apenas com o objetivo de se verificar o funcionamento da porta "OU-EXCLUSIVA".

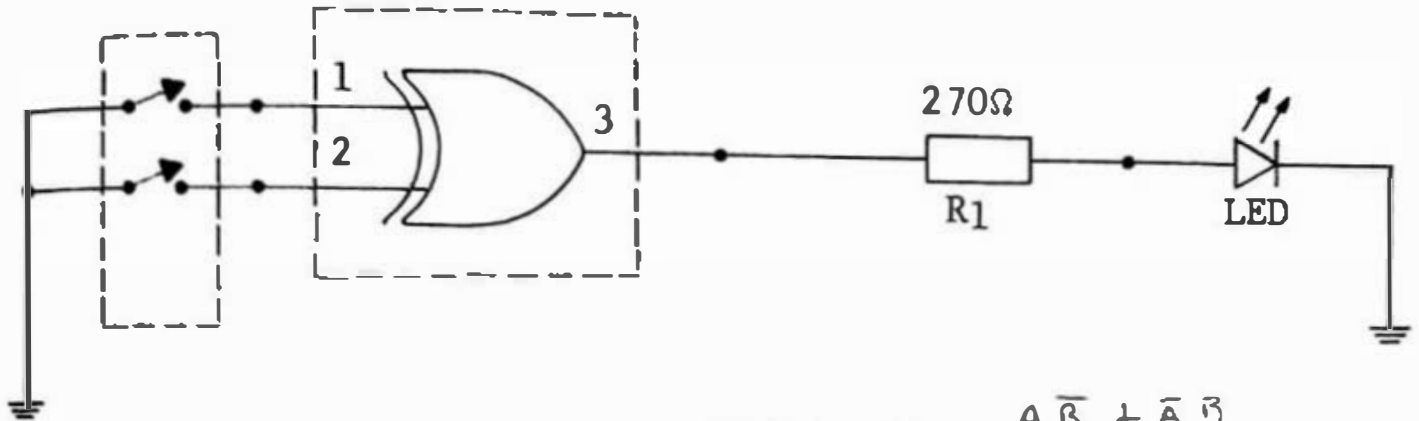
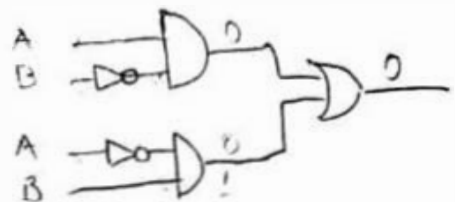


FIGURA 19

$$A\bar{B} + \bar{A}B$$



Lista de Material:

- um resistor(R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz LED;
- C.I. SN7486N;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Trata-se de uma montagem muito simples. Começaremos por manter o dip switch na mesma posição das montagens anteriores. O SN7486N deverá ser fixado na placa experimental, de tal forma que os pinos 1 e 14 sejam conectados aos pontos 18-E e 18-F respectivamente.

Agora, conecte as chaves 1 e 2 (pontos 2-D e 3-D) do dip switch aos pinos 1 e 2 (pontos 18-D e 19-D) do SN7486N respectivamente. Em seguida, conecte o ponto 2-J com 2-K e o ponto 3-J com o ponto 3-K; isso é o mesmo que ligarmos as chaves 1 e 2 do dip switch ao barramento de terra. O resistor R1 deverá ser conectado entre os pontos 20-D (que corresponde à saída da porta-pino 3) e 27-D. Por sua vez, o LED deverá ser conectado entre os pontos 27-E e 27-G. Tome cuidado quanto à

polarização do LED, qualquer dúvida, veja a página 13 da lição MP-9. De acordo com o circuito da figura 19, o catodo do LED deverá ser aterrado, para isso basta "juntar" os pontos 27-H e 27-K.

Para finalizar a montagem, ligue o pino 7 do SN7486N (ponto 24-D) ao barramento de terra (ponto 23-K) e o pino 14 (ponto 18-G) ao barramento + Vcc (ponto 19-L).

Terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Em seguida, conecte, então, a fonte de alimentação ao circuito.

Ao conferir o funcionamento do circuito, teste todas as condições de entrada constantes da tabela verdade (tabela 14). Ao testar as condições impostas por uma das linhas da tabela verdade, observe o resultado obtido e preencha a coluna "S", referente ao nível lógico de saída do circuito.

B	A	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

TABELA 14

PORTA "NÃO-OU-EXCLUSIVA"

A porta "NÃO-OU-EXCLUSIVA" que iremos estudar é mostrada na figura 20. Para a montagem desta porta, utilizaremos uma porta inversora (SN7404J), conectada na saída de uma porta "OU-EXCLUSIVA" (SN7486N).

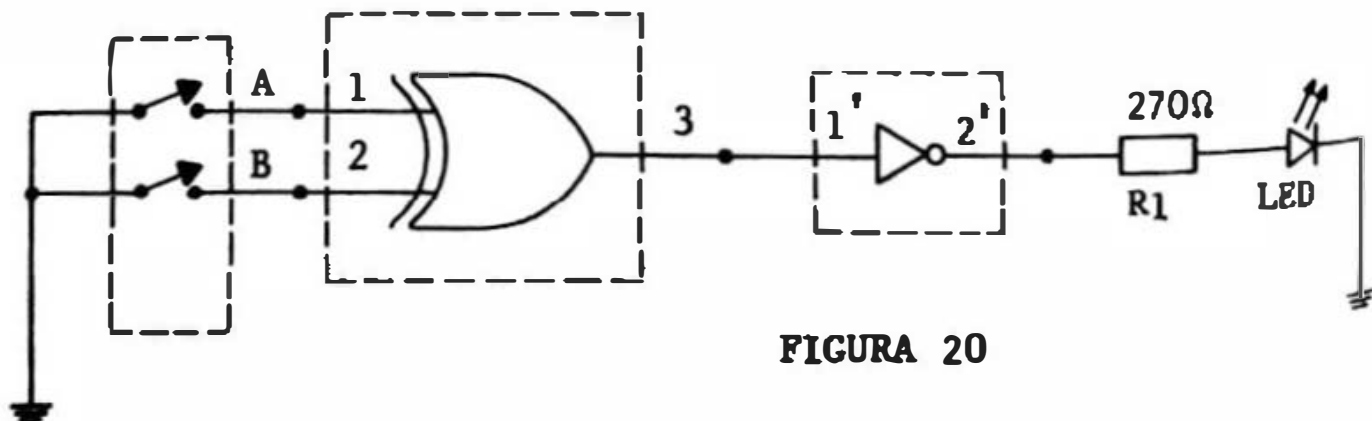


FIGURA 20

Lista de Material:

- um resistor (R1) de 270Ω ;
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7486N;
- C.I. SN7404J;
- dip switch.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Vamos aproveitar a última montagem. Para tanto, desconecte o resistor R1, o LED e o "jumper" que conecta o catodo do LED ao barramento de terra. Feito isso, conecte o SN7404J (porta inversora) na placa experimental, de tal modo que os pinos 1 e 14 sejam conectados aos pontos 27-E e 27-F respectivamente.

Em seguida, conecte a saída da porta "OU-EXCLUSIVA" (pino 3 do SN7486N) à entrada da porta inversora (pino 1 do SN7404J). Para isso, basta conectar o ponto 20-D ao ponto 27-D. Agora, conecte o resistor R1 entre os pontos 28-D (saída da porta inversora-pino 2) e 28-H. O LED deverá ser conectado entre os pontos 28-I e 28-K. Para finalizar, conecte o pino 7 do SN7404J (ponto 33-D) ao barramento de terra (ponto 33-K) e o pino 14 do SN7404J (27-G) ao barramento + Vcc (ponto 27-L).

Antes de conectar a fonte de alimentação ao circuito, verifique se todas as ligações estão corretas.

Ao conferir o funcionamento do circuito, teste todas as condições de entrada, constantes da tabela verdade (tabela 15) e preencha a coluna "S" referente ao nível lógico de saída do circuito.

B	A	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABELA 15

IMPLEMENTAÇÃO DE PORTAS TIPO "OU-EXCLUSIVA" e "NÃO-OU-EXCLUSIVA".

Para a implementação de portas "OU-EXCLUSIVA" e "NÃO-OU-EXCLUSIVA" são válidas todas as considerações feitas até o momento a respeito de implementação de outros tipos de portas lógicas. Apenas, a título de exemplo e também como sugestão para o aluno, apresentamos o circuito da figura 21 com implementação em cascata de uma porta lógica do tipo "OU-EXCLUSIVA". Para a montagem deste circuito, deve-se usar o C.I. SN 7486N.

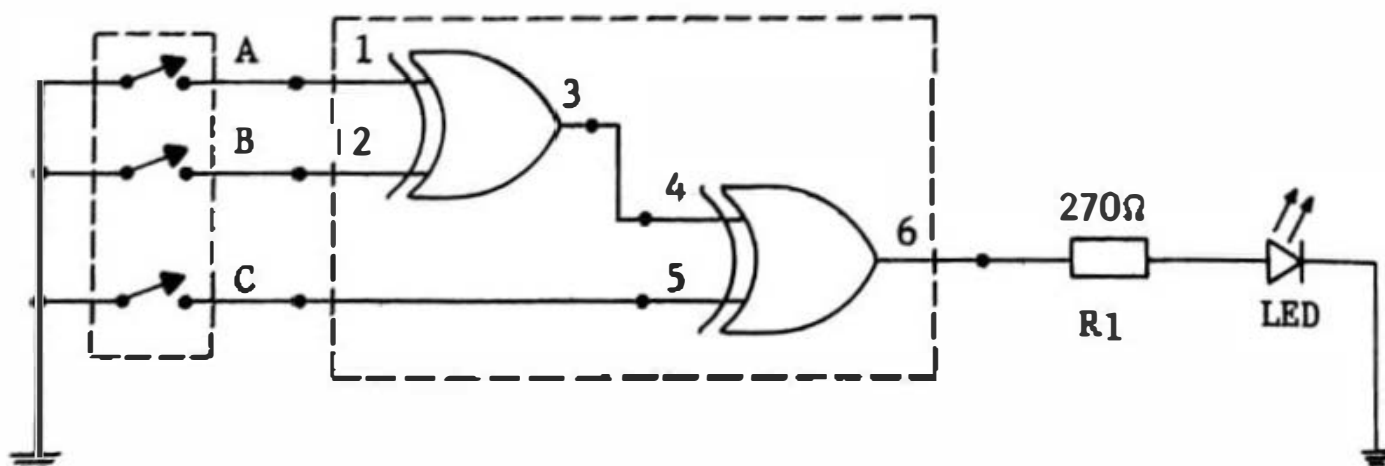
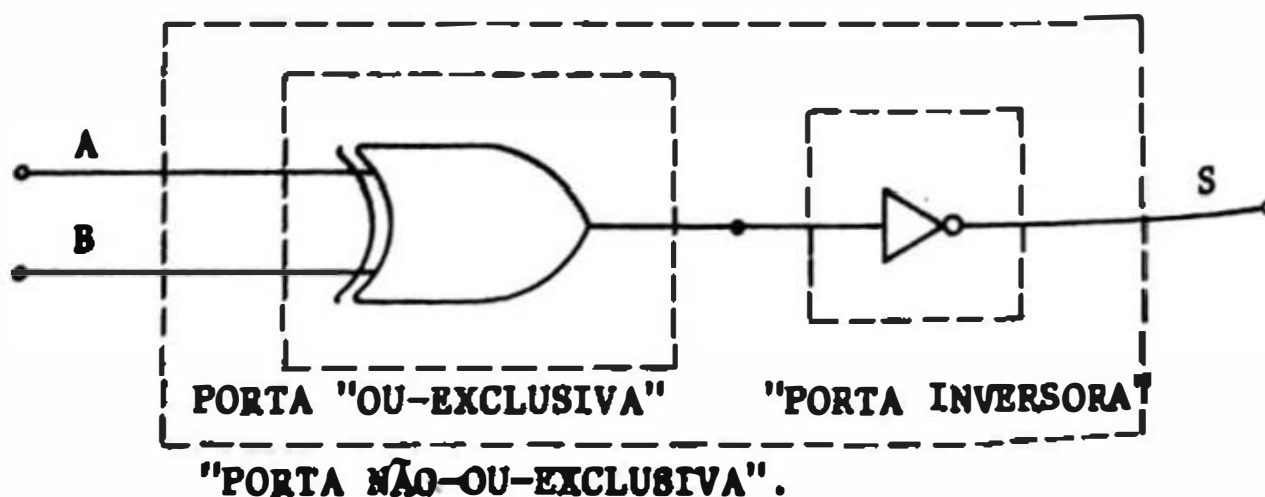


FIGURA 21

Com relação a implementação de uma porta lógica do tipo "NÃO-OU-EXCLUSIVA" deve-se tomar muito cuidado com relação a intercalação da porta inversora.

FIGURA 22



A porta "NÃO-OU-EXCLUSIVA" apresentada anteriormente é composta de uma porta "OU-EXCLUSIVA" e de uma porta inversora, independentes uma das outras (veja figura 22).

Ao se fazer a implementação em cascata de duas portas do tipo "NÃO-OU-EXCLUSIVA" (figura 22), deve-se conectar entre elas uma outra porta inversora como nos mostra a figura 23.

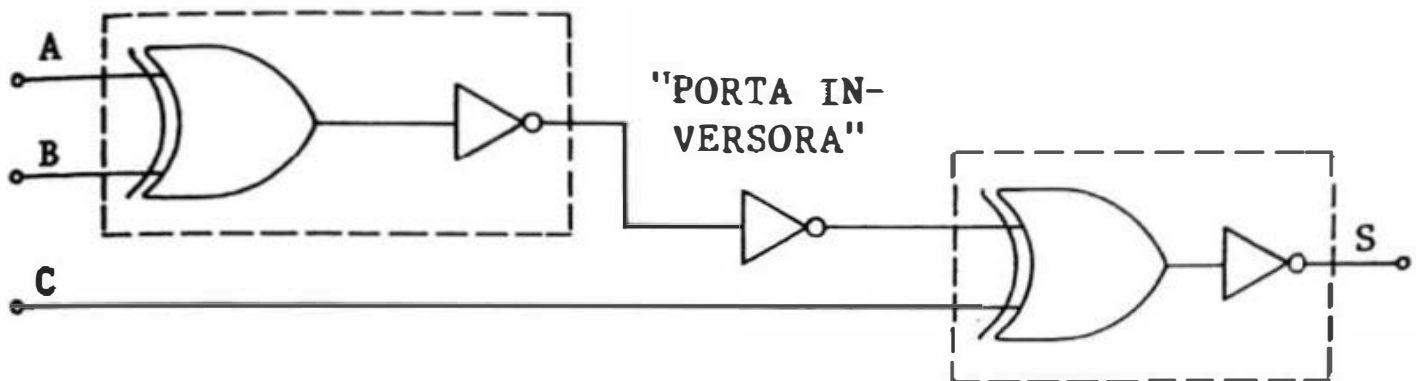


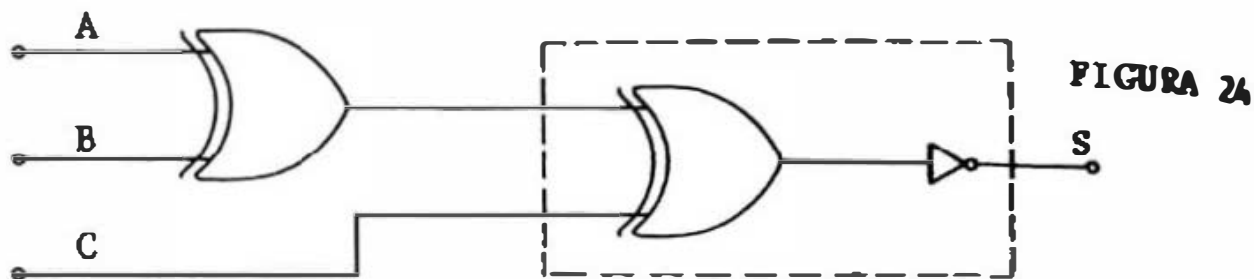
FIGURA 23

A tabela verdade (tabela 16) para o circuito apresenta do na figura 23 é a seguinte:

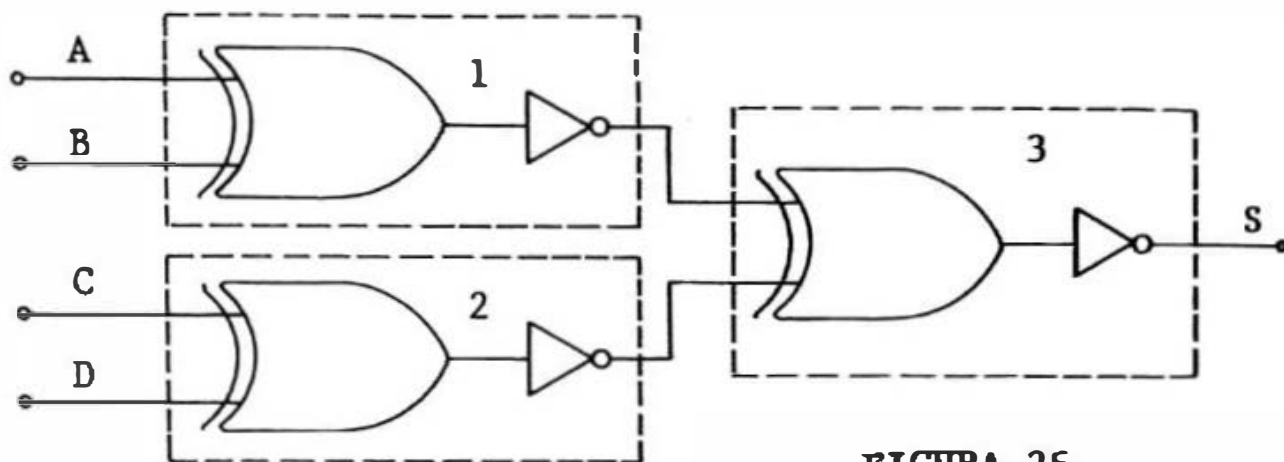
C	B	A	S
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

TABELA 16

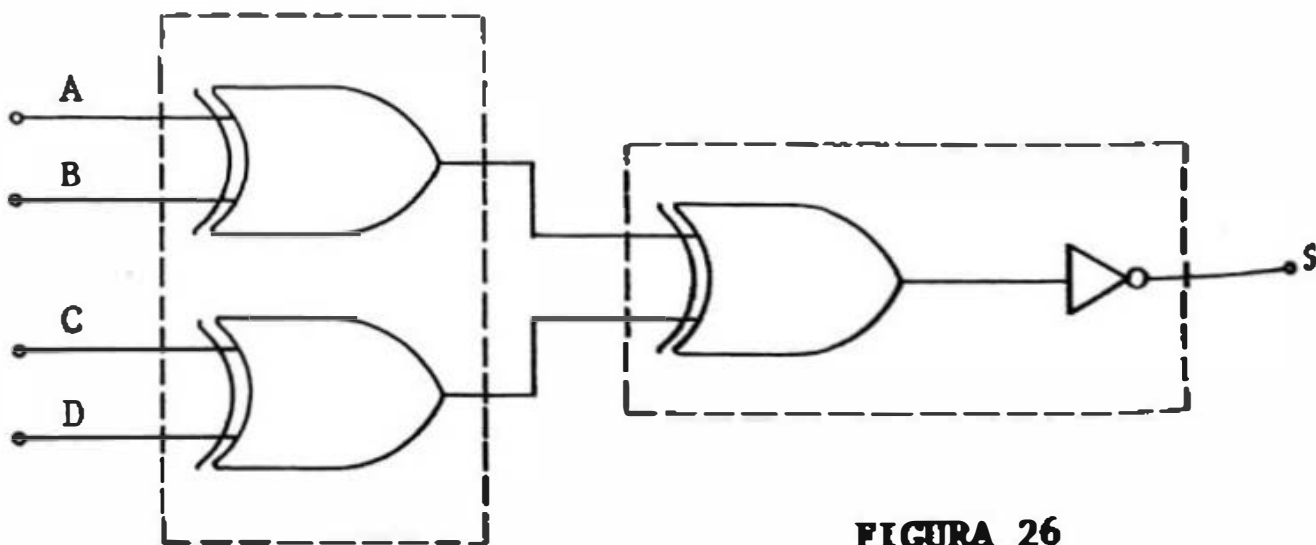
Devido ao fato de estarmos utilizando portas inversoras independentes (em um outro C.I.) e, também devido ao fato de $\bar{\bar{A}} = A$, podemos eliminar duas das três portas inversoras do circuito da figura 23. Desta forma, obteremos um circuito - mais simples e que executa a mesma função (veja figura 24).



Em se tratando de implementação em paralelo de portas do tipo "NÃO-OU-EXCLUSIVA", dispensa-se a intercalação de portas inversoras entre duas portas "NÃO-OU-EXCLUSIVA", conforme nos mostra o circuito apresentado na figura 25.



Uma outra forma de se obter a função S do circuito figura 25 é apresentada na figura 26.



O circuito da figura 26 nos possibilita obter uma porta "NÃO-OU-EXCLUSIVA" com quatro entradas, a partir da implementação de duas portas "OU-EXCLUSIVAS" com uma terceira porta do tipo "NÃO-OU-EXCLUSIVA", todas com duas entradas cada uma.

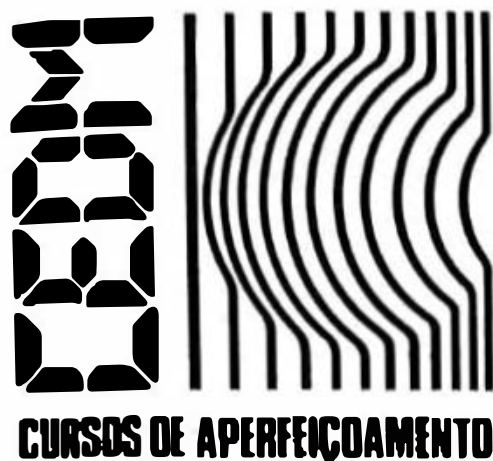
CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRIINA - PARANÁ

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Com relação à tabela 1, teremos na coluna referente à saída "S" os seguintes níveis lógicos:
a) 0 1 0 1; c) 0 0 0 1;
b) 1 1 1 0; d) 1 1 0 0.
- 2) Com relação à tabela 2, teremos na coluna referente à saída "S" os seguintes níveis lógicos:
a) 0 1 1 1; c) 1 0 0 1;
b) 1 1 1 0; d) 0 0 0 1.
- 3) Para a tabela 3, a coluna "S" referente à saída será:
a) 0 0 0 0 0 1 1 1; c) 1 1 1 1 1 1 1 0;
b) 0 1 1 1 1 1 1 1; d) 1 0 0 0 0 0 0 0.
- 4) Com relação à tabela 5, teremos na coluna referente à saída "S" os seguintes níveis lógicos:
a) 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1;
b) 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1;
c) 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0;
d) 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1.

- 5) Para a tabela 8, a coluna "S" referente à saída será:
- (a)) 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1;
 - b) 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 1;
 - c) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
 - d) 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0;
- 6) A coluna "S" da tabela 10 será preenchida com os seguintes níveis lógicos:
- (a)) 1 1 1 0; c) 0 1 1 1;
 - b) 0 1 1 0; d) 1 1 0 0.
- 7) Com relação à tabela 11, teremos na coluna referente à saída "S" os seguintes níveis lógicos:
- a) 1 0 1 0; (c)) 1 0 0 0;
 - b) 1 1 1 0; d) 0 0 1 0.
- 8) Com relação à tabela 12, teremos na coluna referente à saída "S" os seguintes níveis lógicos:
- a) 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1;
 - b) 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 1;
 - c) 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1;
 - (d)) 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0.
- 9) Para a tabela 13, a coluna "S" referente à saída será:
- (a)) 1 1 1 1 0 0 0 0;
 - b)) 1 1 1 1 1 1 1 0;
 - c) 0 0 0 0 0 0 0 1;
 - d) 1 0 1 0 1 0 1 0;
- 10) Para a tabela 15, a coluna "S" referente à saída será:
- (a)) 1 0 0 1;
 - b) 0 1 1 0;
 - c) 0 1 0 1;
 - d) 1 1 1 0.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1842 - CEP 80100 - LONDREINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-11

MANUAL DE PRÁTICA - MP-11

INTRODUÇÃO

Como sabemos, as operações lógicas baseiam-se na álgebra Booleana, de modo que todo circuito lógico executa uma expressão booleana e, independentemente de sua complexidade, é formada pela interligação das portas lógicas básicas. Na lição - MP-10, vimos alguns circuitos construídos com o objetivo de se verificar o funcionamento de algumas portas lógicas básicas. Vimos também como se dá a implementação dessas portas lógicas.

Nesta lição, daremos prosseguimento a montagens de circuitos que utilizam portas lógicas básicas, sob a forma de circuitos integrados (C.I.). Os circuitos que serão objeto de nossos estudos são do tipo misto, isto é, trata-se de circuitos que possuem dois ou mais tipos de portas lógicas. Passemos então às montagens dos circuitos.

PRIMEIRA MONTAGEM:

A figura 1 nos mostra o circuito a ser montado.

Esse circuito encontra-se na lição ED-6, página 15, sob a forma de exercício resolvido.

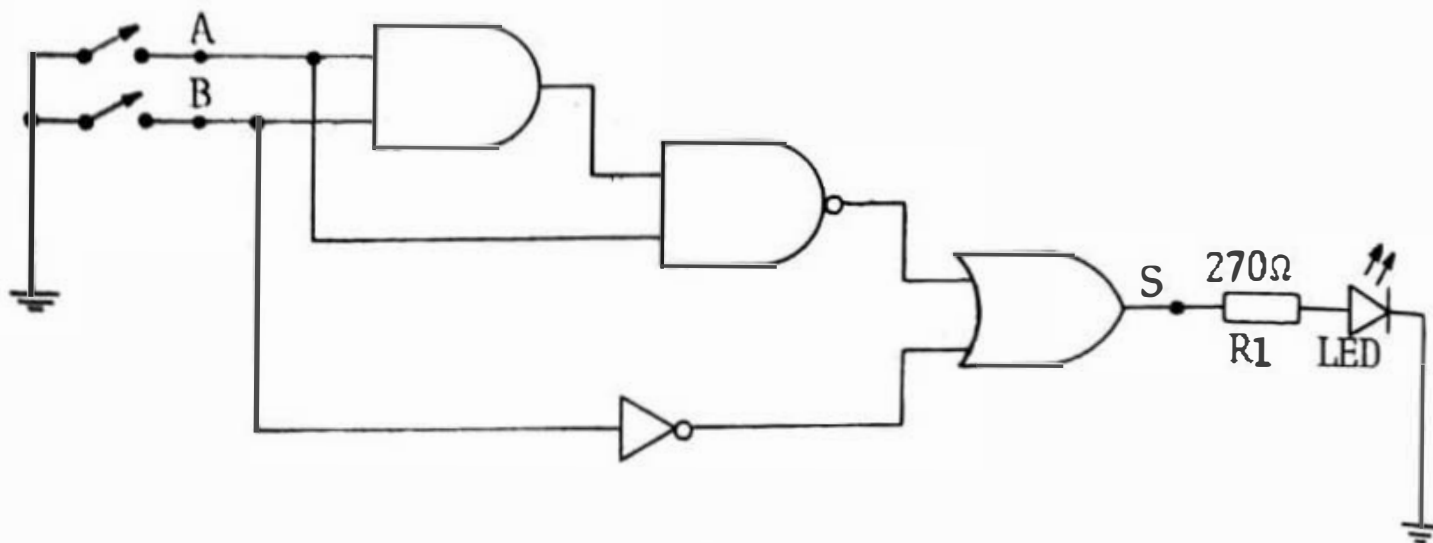


FIGURA 01

Lista de Material:

- dip switch;
- um resistor (R1) de 270Ω;
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7400N
- C.I. SN7404J
- C.I. SN7408N
- C.I. SN7432N

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

A pinagem dos C.I.s utilizados para essa montagem se encontra no manual de circuito integrado (MCI).

Começamos por conectar o dip switch, de modo que os terminais da chave 1 fiquem conectados nos pontos 1-E e 1-F. Em seguida, aterre as duas primeiras chaves do dip switch.

Os circuitos integrados deverão ser conectados na placa experimental da seguinte forma:

SN7408N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 12-E e 12-F respectivamente;

SN7400N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 20-E e 20-F respectivamente;

SN7404J - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 28-E e 28-F respectivamente;

SN7432N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 20-Q e 28-R respectivamente.

Todos os C.I.s utilizados para essa montagem deverão ter o pino 14 conectado ao barramento +5V e o pino 7, ao barramento de terra. Para tanto, basta conectar o ponto que corresponde ao pino com o respectivo barramento.

Agora ligue os seguintes pontos:

- ponto 1-D com 12-D (pino 1 do 7408N);
- ponto 2-D com 13-D (pino 2 do 7408N);
- ponto 3-D (pino 3 do 7408N) com 20-D (pino 1 do 7400N);
- ponto 1-C com 21-D (pino 2 do 7400N);
- ponto 22-D (pino 3 do 7400N) com 28-P (pino 1 do 7432N);
- ponto 2-C com 28-D (pino 1 do 7404J);
- ponto 29-D (pino 2 do 7404J) com 29-P (pino 2 do 7432N).

Em seguida, conecte o resistor R1 (270 Ω) entre os pontos 30-P (pino 3 do 7432N) e 35-P. Para finalizar, conecte o LED entre os pontos 35-M e 35-K.

Verifique se todas as ligações estão corretas. Se os pinos 7 e 14 dos C.I.s estão conectados nos barramentos de terra e +5Vcc respectivamente. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito, teste todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencha a coluna referente à saída "S" do circuito.

B	A	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

TABELA 1

SEGUNDA MONTAGEM

Para essa segunda montagem, utilizaremos o circuito apresentado na lição ED-7 página 09. Trata-se de um circuito (veja figura 2) que possui três (3) diferentes tipos de portas lógicas. Esse circuito foi desenvolvido sob a forma de projeto (veja página 02 da lição ED-7). Para a montagem deste circuito, iremos substituir as lâmpadas L1 e L2 (vermelha e amarela respectivamente) por diodos emissores de luz. Assim, onde estiver L1 lê-se "LED D1" e onde estiver L2 lê-se "LED D2".

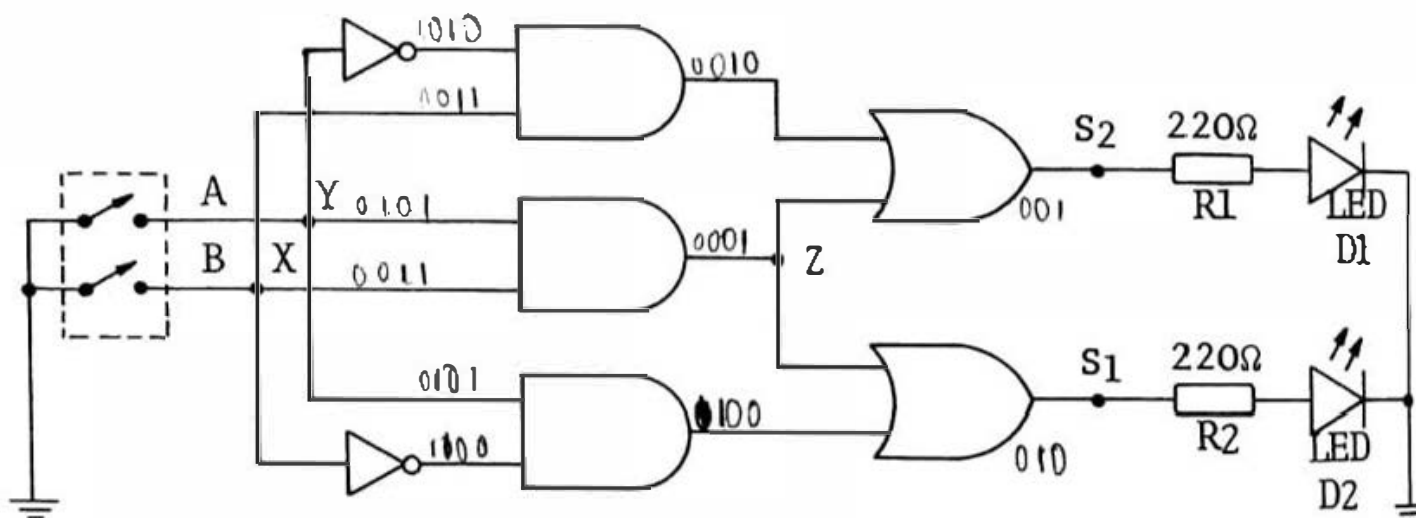


FIGURA 02

Lista de Material:

- dip switch;
- 2 resistores (R1 e R2) de 220Ω;
- 2 diodos emissores de luz (D1 e D2);
- C.I. SN7404J;
- C.I. SN7408N;
- C.I. SN7432N.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Primeiramente fixe a chave, tipo dip switch, de modo que os terminais da "chave 1" fiquem conectados entre os pon-

cos 2-E e 2-F. Em seguida conecte os C.I.s da seguinte forma:
 SN7404J - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 13-E e 13-F respectivamente;

SN7408N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 21-E e 21-F respectivamente;

SN7432N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 29-E e 29-F respectivamente.

Em seguida, ligue os seguintes pontos:

2-D com 13-D (pino 1 do 7404J);
 1-D (pino 2 do 7404J) com 21-D (pino 1 do 7408N);
 3-D com 15-D (pino 3 do 7404J);
 15-C com 22-D (pino 2 do 7408N);
 15-B com 25-D (pino 5 do 7408N);
 13-C com 24-D (pino 4 do 7408N);
 13-B com 25-G (pino 10 do 7408N);
 16-D com 26-G (pino 9 do 7408N);
 23-D (pino 3 do 7408N) com 29-D (pino 1 do 7432N);
 26-D (pino 6 do 7408N) com 30-D (pino 2 do 7432N);
 30-C com 32-C (pino 4 do 7432N);
 27-G (pino 8 do 7408N) com 33-D (pino 5 do 7432N).

Agora, conecte o resistor R_1 entre os pontos 31-D (pino 3 do 7432N) e 31-H, conseqüentemente, o LED D_1 deverá ser conectado entre os pontos 31-J e 31-K. O resistor R_2 , por sua vez, deverá ser conectado entre os pontos 34-D (pino 6 do 7432N) e 34-H. Logo o LED D_2 deverá ser conectado entre os pontos 34-I e 34-K.

Para finalizar, conecte todos os pinos 14 dos C.I.s ao barramento +5Vcc e todos os pinos 7 dos C.I.s ao barramento - de terra. Em seguida, "aterre" as chaves 1 e 2 do dip switch. Para tanto, basta conectar os pontos 2-J com 2-K e 3-J com 3-K.

Antes de conectar a fonte ao circuito verifique se todas as ligações estão corretas.

Como o circuito apresenta apenas duas variáveis de entrada, a tabela verdade (tabela 2) será a seguinte:

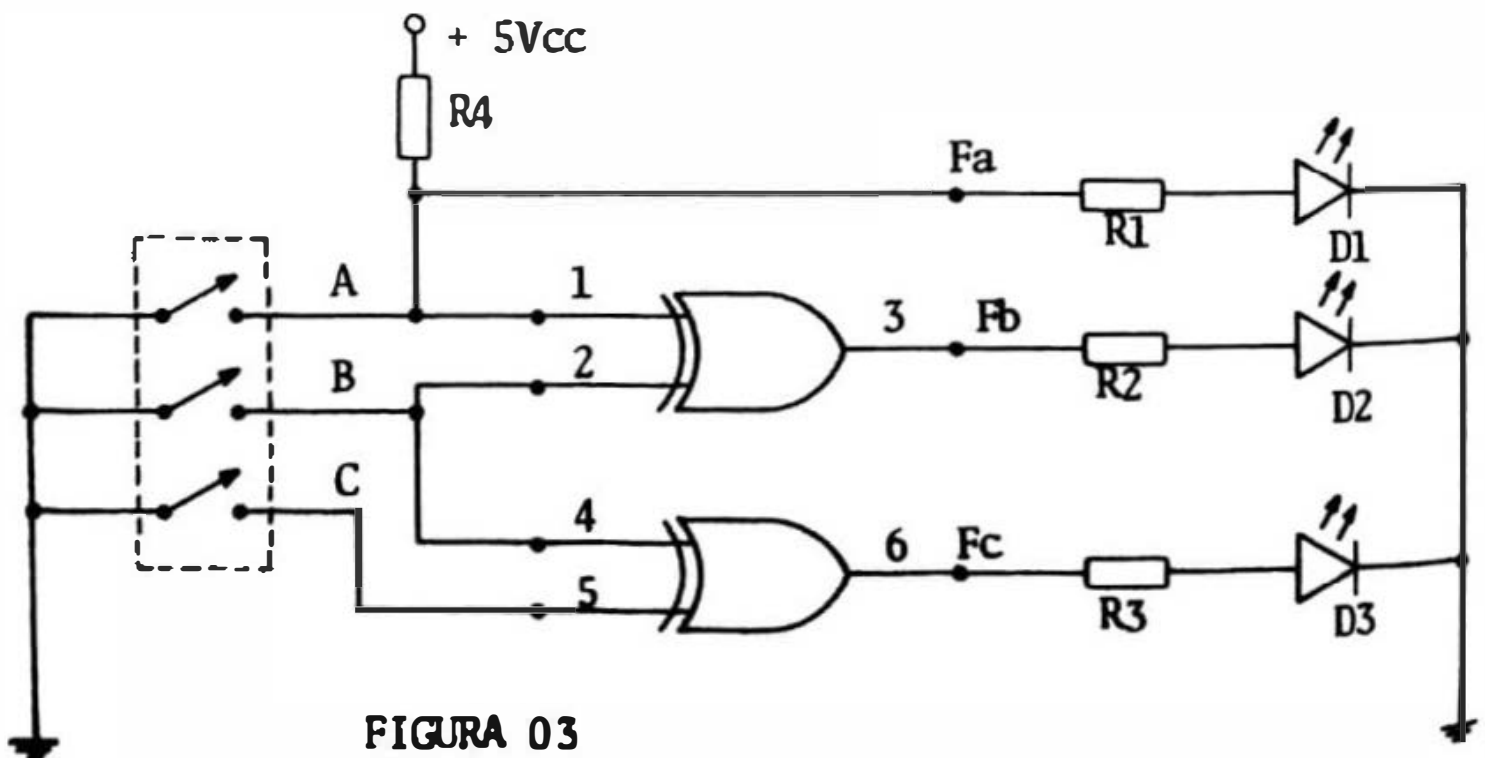
B	A	S1	S2
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	1

TABELA 2

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá preencher as colunas referentes às saídas S1 (LED D2) e S2 (LED D1).

TERCEIRA MONTAGEM:

O circuito a ser montado se encontra na lição ED-12, página 04. A figura 3 nos mostra o circuito com algumas alterações quanto às entradas, pois, para as nossas montagens, utilizaremos chaves tipo dip switch. Esse circuito (figura 3) foi projetado para converter uma tabela do sistema binário para o sistema Gray.



A tabela a seguir (tabela 3) nos mostra as variáveis de entrada (sistema binário) e as variáveis de saída (sistema Gray).

VARIÁVEIS DE ENTRADA			VARIÁVEIS DE SAÍDA		
BINÁRIO			GRAY		
A	B	C	Fa	Fb	Fc
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

TABELA 3

O projeto do circuito já foi desenvolvido na lição ED-12 (página 04), de modo que iremos nos ater apenas na montagem - do mesmo.

Se observarmos o circuito apresentado na figura 1 da lição ED-12, veremos que a saída Fa está ligada diretamente com a entrada A do sistema. Para que pudéssemos, então, obter a função Fa, tornou-se necessário inserir a resistência R4 no circuito (veja a figura 3). Note que esta resistência está conectada no barramento +5Vcc. Com isso, toda vez que a chave 1 (conectada na entrada A) do dip switch estiver aberta(off), teremos um nível lógico alto na saída Fa e na entrada (pino 1) da porta OU-EXCLUSIVA. Uma vez que a saída Fa está a um nível lógico alto, teremos o LED D1 diretamente polarizado e, conseqüentemente, teremos uma corrente circulando através de R1 e D1. E, ainda, garantimos a condição de nível lógico alto na entrada da porta OU-EXCLUSIVA (pino 1). Porém, se a chave 1 do dip switch estiver fechada (ON), a corrente elétrica deixará de passar através da resistência R1 e do LED D1, passando a circular através da chave 1. Isso equivale a termos um

nível lógico baixo (zero binário) na saída Fa e, ainda, estaremos aplicando um nível lógico baixo na entrada da porta OU-EXCLUSIVA (pino 1).

Lista de Material:

- 3 resistores (R₁, R₂, R₃) de 220Ω;
- 1 resistor (R₄) de 270Ω;
- 3 diodos emissores de luz (LEDs D₁, D₂ e D₃);
- dip switch;
- C.I. SN7486N.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Começamos por conectar o dip switch na placa experimental, de modo que a chave 1, do mesmo, tenha os seus terminais fixados entre os pontos 2-E e 2-F. Em seguida, conecte o C.I. 7486N de modo que o pino 1 e 14 sejam fixados nos pontos 16-E e 16-F.

Ao barramento de terra, conecte as chaves 1, 2 e 3 do dip switch, as quais correspondem às entradas A, B e C do circuito. Para tanto, basta "jumpear" os pontos 2-J com 2-K, 3-J com 3-K e 4-J com 4-K.

Em seguida, vamos ligar os seguintes pontos;

2-D com 16-D (pino 1 do 7486N);
 3-D com 17-D (pino 2 do 7486N);
 3-C com 19-D (pino 4 do 7486N);
 4-D com 20-D (pino 5 do 7486N);
 14-A com 33-A;
 18-D (pino 3 do 7408N) com 31-D;
 21-D (pino 5 do 7408N) com 29-D;
 14-C com 16-C;
 14-H com 14-L (barramento +5Vcc);
 16-G (pino 14 do 7486N) com 16-L (barramento +5Vcc);
 22-D (pino 7 do 7486N) com 22-K (barramento de terra).

Agora, conecte os resistores da seguinte forma:

R₁ - entre os pontos 33-E e 33-G;
 R₂ - entre os pontos 31-E e 31-G;

R3 - entre os pontos 29-E e 29-G;

R4 - entre os pontos 14-D e 14-G.

Para finalizar a montagem, vamos conectar os LEDs, D1, D2 e D3, conforme segue:

D1 - entre os pontos 33-H (anodo) e 33-L (catodo);

D2 - entre os pontos 31-H (anodo) e 31-L (catodo);

D3 - entre os pontos 29-H (anodo) e 29-L (catodo):

Concluída a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +5Vcc.

Para verificar o funcionamento do circuito, basta aplicar nas entradas A, B e C (chaves 1, 2 e 3 do dip switch) as condições impostas pela tabela verdade. Essas condições deverão ser verificadas uma de cada vez. E o resultado obtido deverá ser comparado com o resultado previsto (colunas Fa, Fb e Fc da tabela 3) em projeto.

QUARTA MONTAGEM:

Essa montagem se refere ao "terceiro projeto" desenvolvido na lição ED-12. O circuito a ser montado se encontra na página 12 daquela lição. Da mesma forma que na montagem anterior, o circuito inicial necessita de algumas pequenas modificações, para então podermos efetuar a sua montagem.

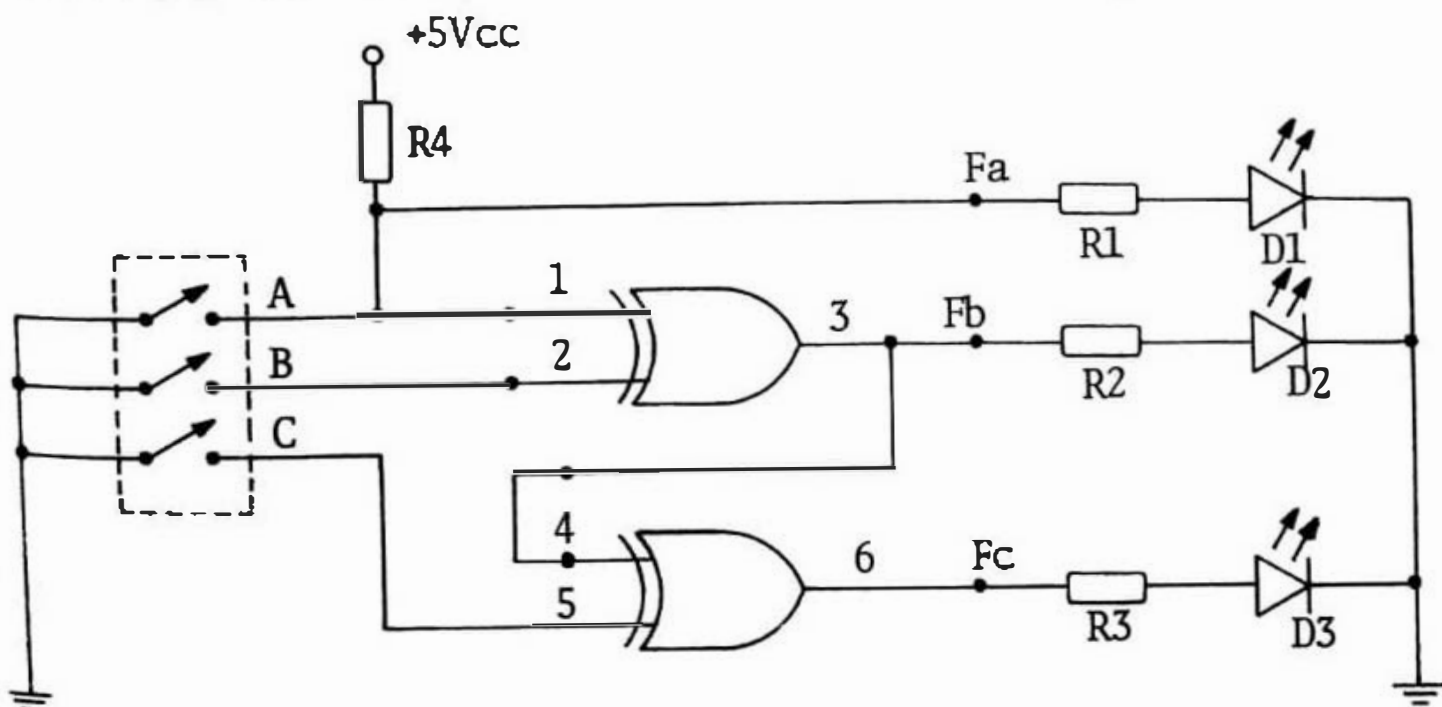


FIGURA 04

A figura 4 nos mostra o circuito já melhorado e pronto - para ser montado.

Esse circuito (figura 4) foi desenvolvido para converter uma tabela do sistema Gray para o sistema binário, ou seja, ele irá executar exatamente o inverso da função executada pelo circuito utilizado em nossa terceira montagem (veja a figura 3).

A tabela a seguir (tabela 4) nos mostra as variáveis de entrada (sistema Gray) e as variáveis de saída (sistema binário).

VARIÁVEIS DE ENTRADA			VARIÁVEIS DE SAÍDA		
GRAY			BINÁRIO		
A	B	C	Fa	Fb	Fc
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1

TABELA 4

Lista de Material:

- 3 resistores (R1, R2, R3) de 220Ω;
- 1 resistor (R4) de 270Ω;
- 3 diodos emissores de luz (LEDs D1, D2 e D3);
- dip switch;
- C.I. SN7486N.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Utilizaremos as mesmas instruções citadas para a terceira montagem, porém com as seguintes modificações:

- 19 - Desconecte o jumper que interliga os pontos 3-C e 19-D - (pino 4 do 7486N);
- 20 - Em seguida, conecte o ponto 18-C (pino 3 do 7486N - saída da primeira porta OU-EXCLUSIVA) com o ponto 19-D (pino 4 do 7486N - entrada da segunda porta OU-EXCLUSIVA).

Uma vez realizadas estas modificações, o circuito já está apto a executar a função proposta no "terceiro projeto" (veja lição ED-12).

Para verificar o funcionamento deste circuito, basta aplicar, uma por vez, as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4).

QUINTA MONTAGEM:

Desenvolver o projeto de um circuito combinacional que recebe em sua entrada dois números binários A e B de um bit cada um. Este circuito deverá comparar esses números, indicando em suas saídas S0 e S1 as condições abaixo:

Quando $A = B \rightarrow S0 = 1$ e $S1 = 1$

Quando $A < B \rightarrow S0 = 1$ e $S1 = 0$

Quando $A > B \rightarrow S0 = 0$ e $S1 = 1$

Para solucionarmos esse problema, devemos seguir as seguintes orientações:

- 1 - Montagem da tabela verdade;
- 2 - Aplicação do processo de Vetch-Karnaugh;
- 3 - Montagem do circuito.

1 - MONTAGEM DA TABELA VERDADE:

Para a montagem da tabela verdade, inicialmente, devemos verificar quais são as variáveis de entrada e quais as de saída. Em nosso projeto, temos duas variáveis de entrada (A e B) e duas variáveis de saída (S0 e S1). Dessa forma, obtemos a seguinte tabela verdade (tabela 5):

VARIÁVEIS DE ENTRADA		VARIÁVEIS DE SAÍDA	
A	B	S0	S1
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

TABELA 5

	S ₀	S ₁
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	1	0

número de linhas = 2^n

n = número de variáveis de entrada.

Logo:

número de linhas = $2^2 = 4$.

Para a primeira linha da tabela verdade, temos $A = 0$ e $B = 0$, logo: $A = B$, portanto devemos obter na saída $S_0 = 1$ e $S_1 = 1$.

Na segunda linha da tabela, temos $A = 0$ e $B = 1$ o que implica em $A < B$ portanto $S_0 = 1$ e $S_1 = 0$. Com relação à terceira linha, temos $A = 1$ e $B = 0$ de onde concluímos que $A > B$, logo: $S_0 = 0$ e $S_1 = 1$. Finalmente, na quarta linha, temos $A = 1$ e $B = 1$, logo: podemos concluir que $S_0 = 1$ e $S_1 = 1$.

Com base nos fatos expostos, o aluno deverá preencher a tabela verdade (tabela 6) referente ao circuito em questão.

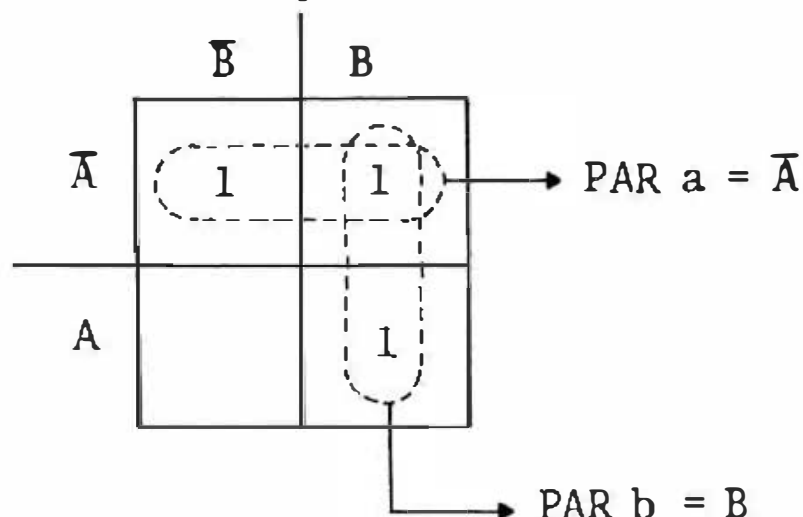
TABELA 6

ENTRADA		SAÍDA	
A	B	S ₀	S ₁
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	1

2 - APLICANDO O PROCESSO DE VEITCH-KARNAUGH:

Devido ao fato de termos duas saídas (S_0 e S_1), devemos aplicar o processo de Veitch-Karnaugh duas vezes, uma vez para cada saída. Sendo assim, vamos reconstituir a tabela somente com a saída S_0 e aplicá-la no mapa.

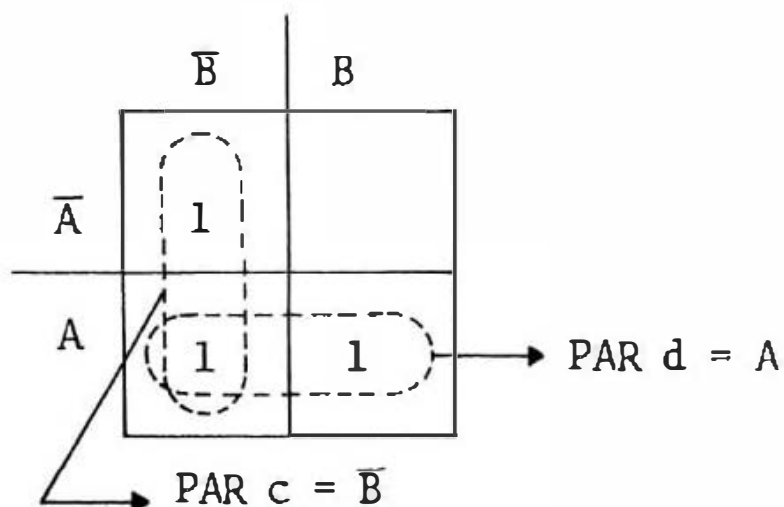
A	B	S_0
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1



Logo: $S_0 = \bar{A} + B$

Reconstituindo a tabela com a saída S_1 e aplicando-a no mapa, teremos:

A	B	S_1
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1



Logo: $S_1 = A + \bar{B}$

3 - MONTAGEM DO CIRCUITO:

A montagem do circuito depende das expressões obtidas no item 2, ou seja, das expressões lógicas que nos permitem obter as funções de saída S_0 e S_1 .

A figura 5 nos mostra um esboço do circuito que pretendemos montar.

Uma vez que conhecemos as expressões de S_0 e S_1 , vem:

$$S_0 = \bar{A} + B$$

$$S_1 = A + \bar{B}$$

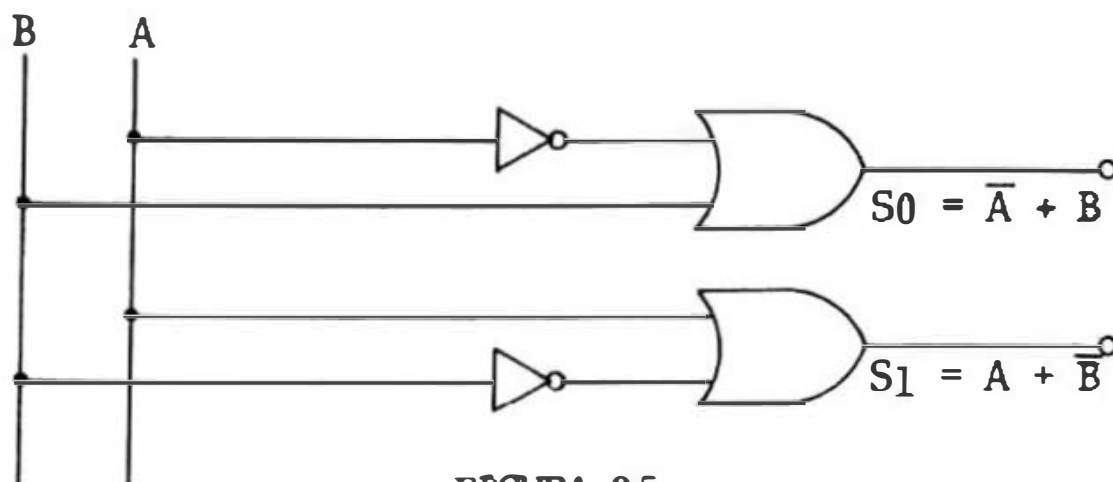
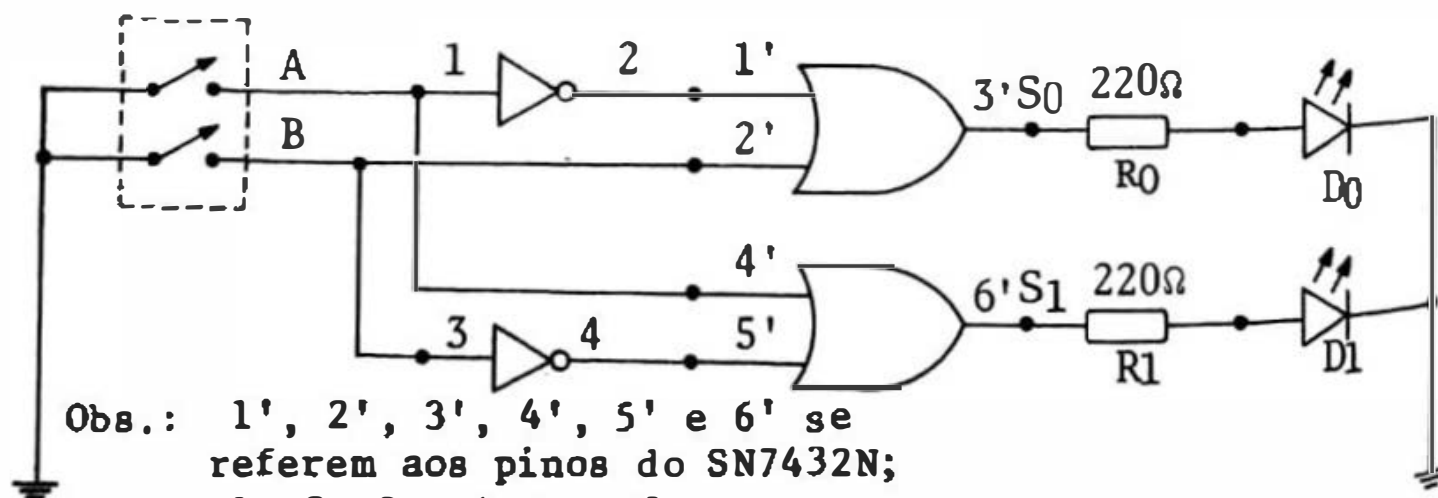


FIGURA 05

Para que possamos montar esse circuito, fazem-se necessárias algumas modificações do tipo adaptação, porém o circuito básico continuará sendo o mesmo. A figura 6 nos mostra o circuito já adaptado e pronto para ser montado.



Obs.: 1', 2', 3', 4', 5' e 6' se referem aos pinos do SN7432N;
1, 2, 3 e 4 se referem aos pinos do SN7404J.

FIGURA 06

Lista de Material:

- 2 resistores (R_0 e R_1) de 220Ω ;
- 2 diodos emissores de luz (LEDs D_0 e D_1);
- dip switch;
- C.I. SN7404J;
- C.I. SN7432N.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Comecemos por fixar o conjunto de chaves tipo dip switch de modo que os terminais da chave 1 fiquem conectados entre os pontos 2-E e 2-F. Em seguida, fixe o C.I. SN7404J, de modo que os seus pinos 1 e 14 sejam conectados nos pontos 15-E e 15-F respectivamente. O C.I. SN7432N, por sua vez, deverá ter os pinos 1 e 14 conectados nos pontos 25-E e 25-F respectivamente.

Agora conecte, através de "jumpers", os seguintes pontos:

2-D com 15-D (pino 1 do 7404J);
 16-D (pino 2 do 7404J) com 25-D (pino 1 do 7432N);
 3-D com 17-D (pino 3 do 7404J);
 18-D (pino 4 do 7404J) com 29-D (pino 5 do 7432N);
 3-C com 26-D (pino 2 do 7432N);
 15-C (pino 1 do 7404J) com 28-D (pino 4 do 7432);
 15-G (pino 14 do 7404J) com 15-L (barramento +5Vcc);
 21-D (pino 7 do 7404J) com 21-K (barramento de terra);
 25-G (pino 14 do 7432N) com 25-L (barramento +5Vcc);
 31-D (pino 7 do 7432N) com 31-K (barramento de terra);
 2-J com 2-K (aterramento da chave 1);
 3-J com 3-K (aterramento da chave 2).

Os resistores deverão ser conectados da seguinte forma:

R_0 entre os pontos 27-D (pino 3 do 7432N) e 27-H;
 R_1 entre os pontos 30-D (pino 6 do 7432N) e 30-H.

Para finalizar, conecte o anodo do LED D_0 no ponto 27-I e o catodo no ponto 27-K. O LED D_1 , por sua vez, deverá ter o seu terminal de anodo conectado no ponto 30-I e o terminal de catodo, no ponto 30-K.

Finalizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos da placa experimental.

O funcionamento do circuito é fácil de ser verificado. Para tanto, basta aplicar as condições que as variáveis de entrada (A e B) assumem, observar o resultado obtido através dos LEDs D0 e D1 e comparar esses resultados com os valores das saídas S0 e S1 da tabela verdade (tabela 6).

SEXTA MONTAGEM:

Desenvolver o projeto de um circuito lógico combinacional, alimentado por 4 entradas, correspondendo a 2 números binários com dois bits cada um, sendo que a única saída desse circuito deverá indicar um nível lógico alto ($S = 1$), sempre que a soma desses dois números for múltiplo de 2 ou 3.

A figura 7 nos mostra um esquema simplificado do circuito a ser projetado.

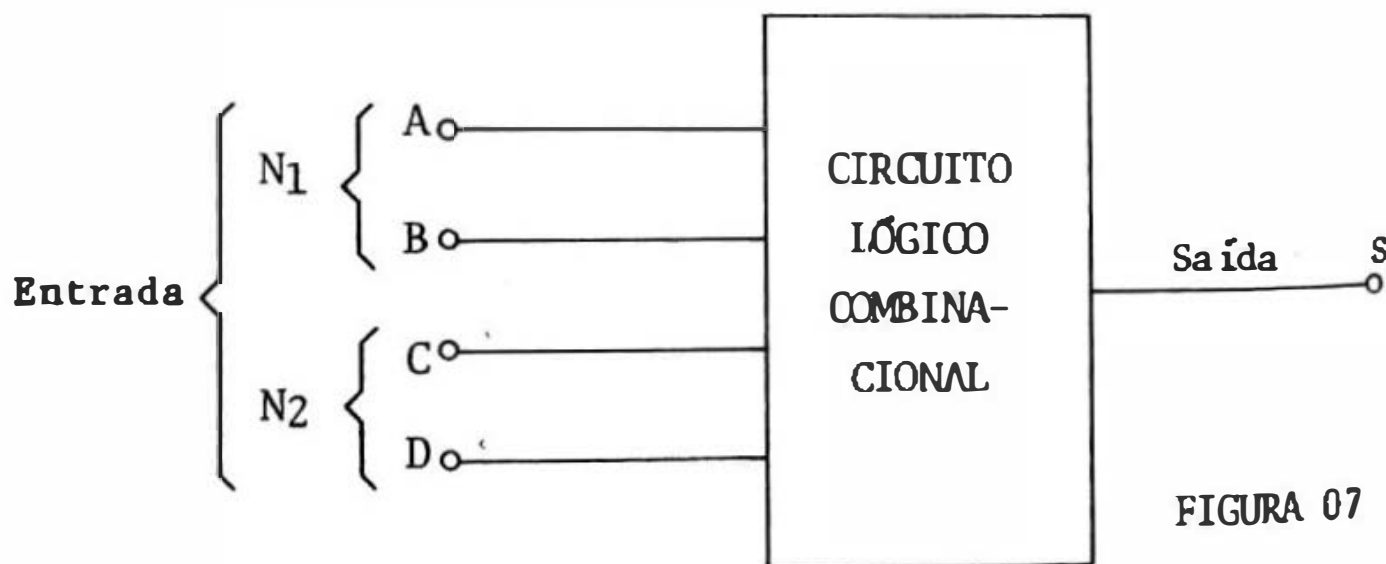


FIGURA 07

Para o desenvolvimento desse projeto, devemos seguir as seguintes orientações:

- 1 - Montagem da tabela verdade;
- 2 - Aplicação do processo de Vetch-Karnaugh;
- 3 - Montagem do circuito.

1 - MONTAGEM DA TABELA VERDADE:

O primeiro passo para a montagem da tabela verdade é a determinação do número de linhas da mesma. Para tanto, faz-se necessário a identificação de todas as variáveis de entrada. Em nosso projeto temos quatro (4) variáveis de entrada (A, B, C, D), o que implica em um número de linhas igual a 2^4 , ou seja, a tabela verdade em questão deverá possuir 16 linhas (veja a tabela 7).

Esse mesmo circuito, como já foi dito anteriormente, possui uma única saída, conseqüentemente, na tabela, haverá uma única coluna referente à saída S. Devemos ter, além da coluna "S", mais quatro outras colunas referentes às variáveis de entrada A, B, C e D.

VARIÁVEIS DE ENTRADA				SAÍDA
N1		N2		
A	B	C	D	S
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

TABELA 7

Como já foi dito, a saída S deverá ser igual a "1" binário, toda vez que a soma de N1 com N2 for múltiplo de 2 ou de 3. Para tanto, precisamos conhecer o resultado da soma de N1 com N2. A seguir, apresentamos uma maneira bem simples para se conhecer o resultado dessa soma (veja a tabela 8).

TABELA 8

N1 BINÁRIO	N2 BINÁRIO	N1 + N2		MÚLTIPLO DE 2	MÚLTIPLO DE 3	SAÍDA S
		BINÁRIO	DECIMAL			
00	00	00	0			0
00	01	01	1			0
00	10	10	2	X		1
00	11	11	3		X	1
01	00	01	1			0
01	01	10	2	X		1
01	10	11	3		X	1
01	11	100	4	X		1
10	00	10	2	X		1
10	01	11	3		X	1
10	10	100	4	X		1
10	11	101	5			0
11	00	11	3		X	1
11	01	100	4	X		1
11	10	101	5			0
11	11	110	6	X	X	1

Obs.: - A letra X está indicando se a soma é múltipla de 2 ou de 3.

- A coluna S da tabela 8 corresponde à coluna S da tabela 7.

2 - APLICAÇÃO DO PROCESSO DE VETCH-KARNAUGH:

Transpondo a tabela verdade para o mapa, teremos (figura 8):

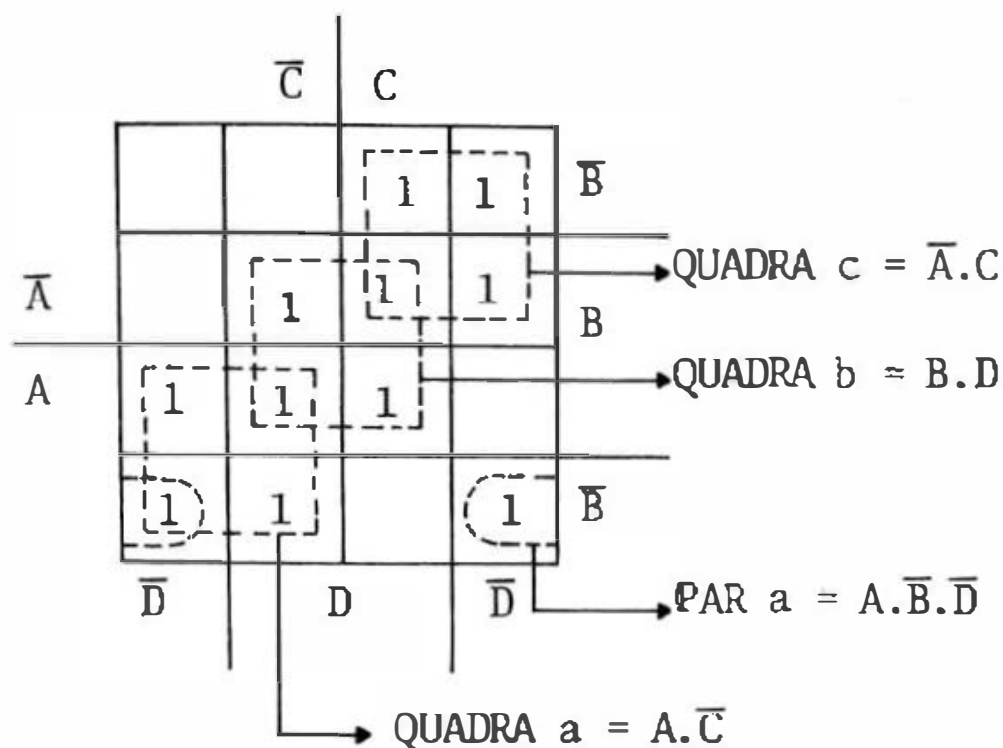


FIGURA 08

Uma vez identificadas as quadras e os pares (veja a figura 8), podemos então determinar a expressão (I) da função que o circuito deverá executar:

$$F = A.\bar{C} + \bar{A}.C + B.D + A.\bar{B}.\bar{D} \quad (I)$$

Os termos $A.\bar{C} + \bar{A}.C$ podem ser substituídos por $A \oplus C$, dessa forma, teremos:

$$F = A \oplus C + B.D + A.\bar{B}.\bar{D} \quad (II)$$

3 - MONTAGEM DO CIRCUITO:

Com base na expressão II, obtemos o circuito que pretendemos montar (figura 9).

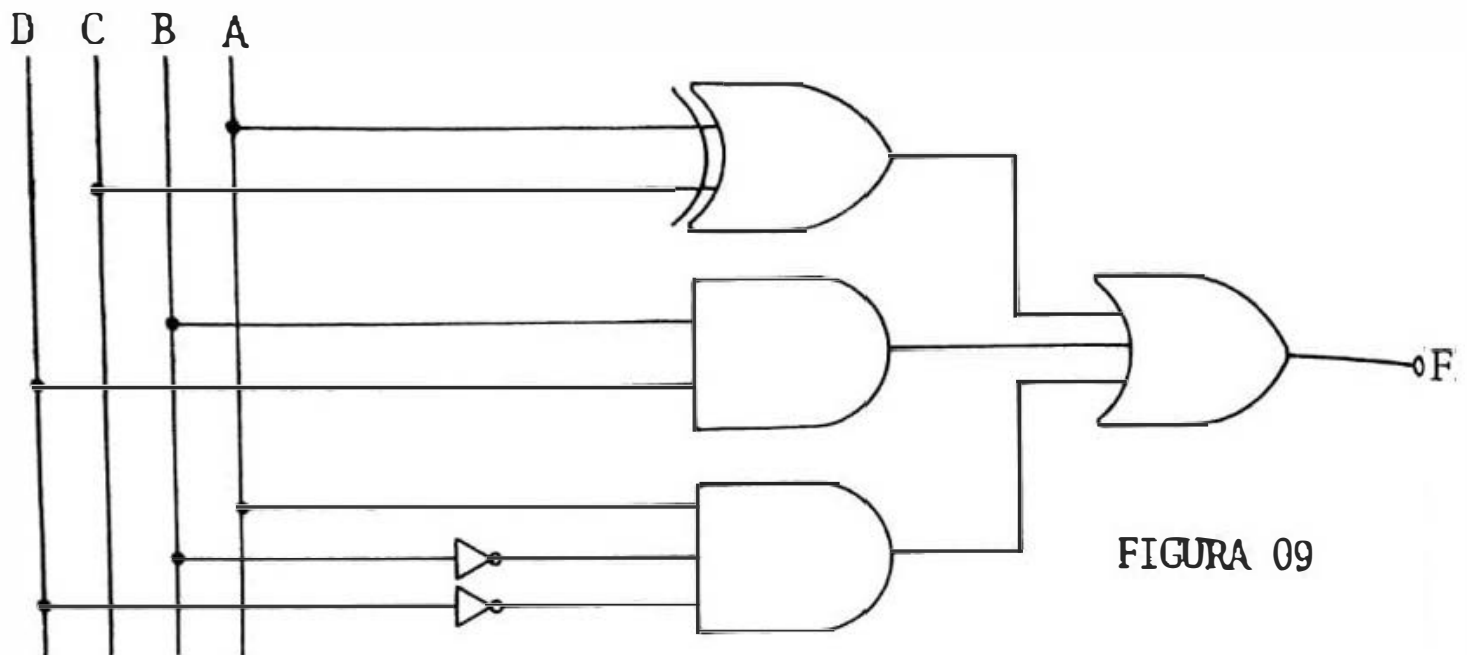
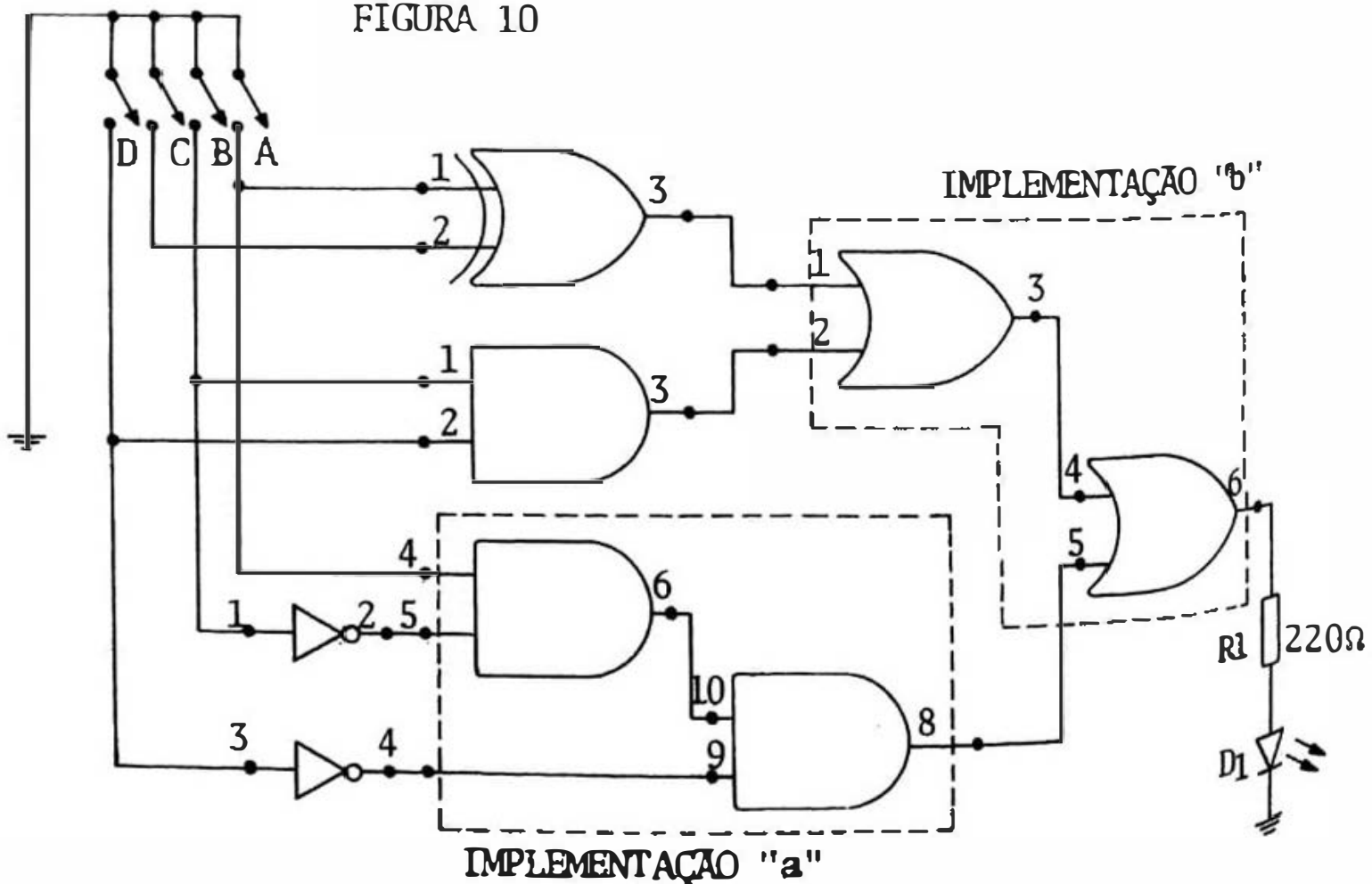


FIGURA 09

Para que possamos montar esse circuito, fazem-se necessárias algumas modificações, porém o circuito básico continuará sendo o mesmo. Devido ao fato de não dispormos de portas lógicas, tipo "E" e "OU", com três (3) entradas, teremos que realizar algumas implementações para então obtermos o circuito a ser montado. A figura 10 nos mostra o circuito já adaptado, e pronto para ser montado.

FIGURA 10



Lista de Material:

- 1 resistor (R1) de 220Ω;
- 1 diodo emissor de luz (LED D1);
- dip switch;
- C.I. SN7404J (porta inversora);
- C.I. SN7408N (porta "E");
- C.I. SN7432N (porta "OU");
- C.I. SN7486N (porta OU-EXCLUSIVA).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Primeiramente, fixe o dip switch, de modo que os terminais da chave 1 sejam conectados nos pontos 2-E e 2-F. Em seguida, conecte os C.I.s da seguinte forma:

- SN7486N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 13-E e 13-F respectivamente;
- SN7404J - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 21-E e 21-F respectivamente;
- SN7408N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 29-E e 29-F respectivamente;
- SN7432N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 20-Q e 20-R respectivamente.

Agora ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- 2-D (chave 1) com 13-D (pino 1 do 7486N);
- 4-D (chave 3) com 14-D (pino 2 do 7486N);
- 15-D (pinos 3 do 7486N) com 20-P (pino 1 do 7432N);
- 3-D (chave 2) com 29-D (pino 1 do 7408N);
- 5-D (chave 4) com 30-D (pino 2 do 7408N);
- 31-D (pino 3 do 7408N) com 21-P (pino 2 do 7432N);
- 2-C com 32-D (pino 4 do 7408N);
- 3-C com 21-D (pino 1 do 7404J);
- 22-D (pino 2 do 7404J) com 33-D (pino 5 do 7408N);
- 34-D (pino 6 do 7408N) com 33-G (pino 10 do 7408N);
- 5-C com 23-D (pino 3 do 7404J);
- 24-D (pino 4 do 7404J) com 34-G (pino 9 do 7408N);
- 35-G (pino 8 do 7408) com 24-P (pino 5 do 7432N);
- 22-P (pino 3 do 7432N) com 23-P (pino 4 do 7432N);
- 2-J com 2-K;
- 3-J com 3-K;

4-J com 4-K;

5-J com 5-K.

Feito isso, conecte o resistor R1 (220Ω) entre os pontos 25-P (pino 6 do 7432N) e 31-P. O LED, por sua vez, deverá ter o seu terminal de anodo conectado no ponto 31-M, enquanto que o seu terminal de catodo deverá ser conectado no ponto 31-K (barramento de terra).

Para finalizar, conecte todos os pinos 7 e 14 dos C.I.s aos barramentos de terra e +5Vcc respectivamente.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos (de terra e +5 Vcc) da placa experimental.

Para verificar o funcionamento do circuito, basta aplicar nas entradas A, B, C e D os respectivos valores de N1 e N2 de cada uma das linhas da tabela verdade.

Obs.: - Com relação à figura 10, os números que se encontram ao lado de cada uma das portas lógicas, indicam os pinos de entrada e saída dos respectivos C.I.s.

- As chaves 1, 2, 3 e 4 do dip switch correspondem às entradas A, B, C e D respectivamente.

SÉTIMA MONTAGEM:

Montar o circuito que executa a seguinte função: $F = A.B + A.C$ (III). A figura 11 nos mostra o circuito a ser montado.

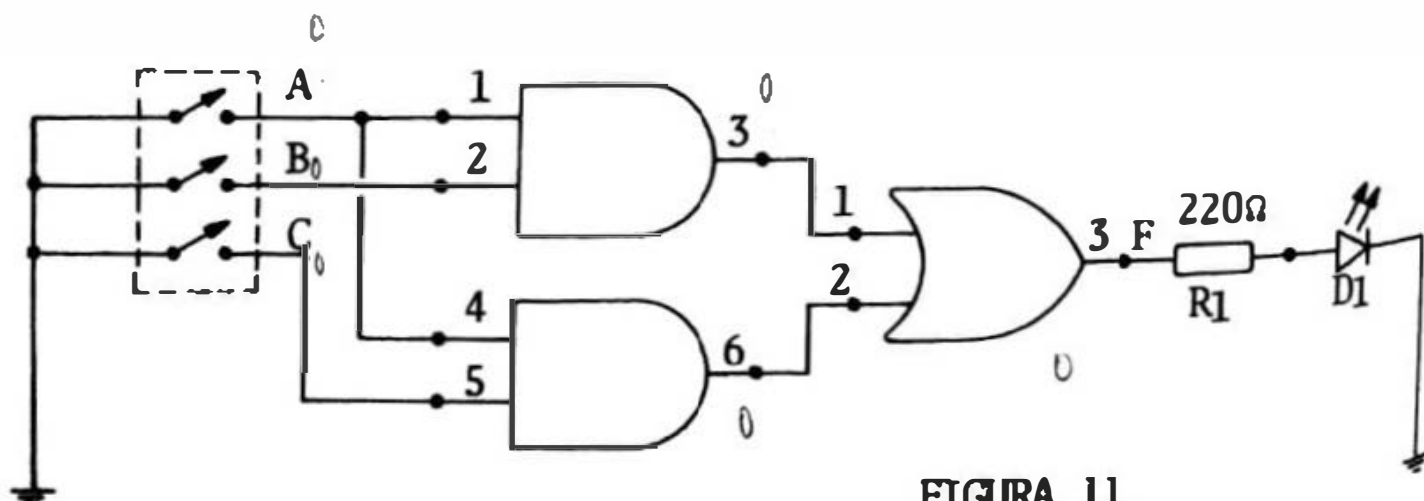


FIGURA 11

Lista de Material:

- 1 resistência (R1) de 220 Ω ;
- 1 diodo emissor de luz (LED D1);
- dip switch;
- C.I. SN7408N;
- C.I. SN7432N.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Mantenha a chave, tipo dip switch, na mesma posição da montagem anterior. Conecte os C.I.s da seguinte forma:

- SN7408N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 17-E e 17-F respectivamente.
- SN7432N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 26-E e 26-F respectivamente.

Em seguida, ligue (através de jumpers) os seguintes pontos:

- 2-D (chave 1) com 17-D (pino 1 do 7408N);
- 3-D (chave 2) com 18-D (pino 2 do 7408N);
- 19-D (pino 3 do 7408N) com 26-D (pino 1 do 7432N);
- 2-C (chave 1) com 20-D (pino 4 do 7408N);
- 4-D (chave 3) com 21-D (pino 5 do 7408N);
- 22-D (pino 6 do 7408N) com 27-D (pino 2 do 7432N);
- 2-J com 2-K;
- 3-J com 3-K;
- 4-J com 4-K.

O resistor R₁ (220 Ω) deverá ser conectado entre os pontos 28-D (pino 3 do 7432N) e 28-H. O LED (D1), por sua vez, deverá ter o seu terminal de anodo conectado no ponto 28-I, enquanto que o seu terminal de catodo deverá ser conectado no ponto 28-K (barramento de terra).

Para finalizar a montagem, conecte os terminais 7 e 14 dos C.I.s nos barramentos de terra e +5Vcc respectivamente.

Uma vez concluída a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos (de terra e +5Vcc) da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, teste todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 9) e preencha a coluna F referente à saída do circuito.

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

TABELA 9

OITAVA MONTAGEM:

Montar o circuito apresentado na figura 12 e provar, através do Teorema de Morgan, que a função $F' = (\overline{A.B}) . (\overline{A.C})$ executada por esse circuito é igual a função executada pelo circuito da montagem anterior (ver figura 11).

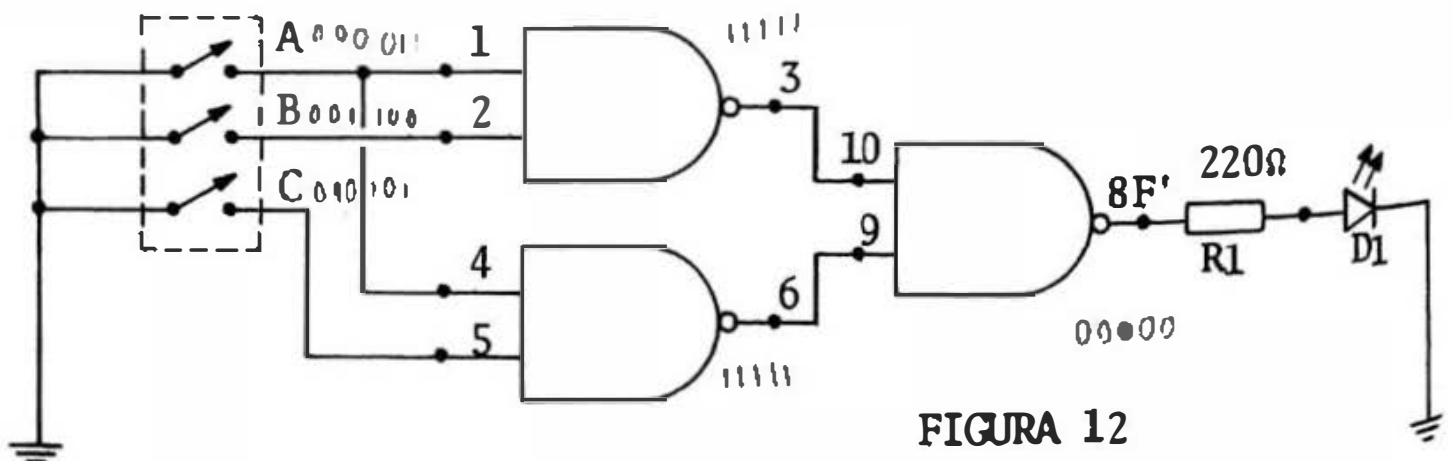


FIGURA 12

Primeiramente, vamos mostrar que a expressão F' e F são iguais. (Recomendamos ao aluno que veja novamente a lição 8 - Álgebra de Boole).

$$F = \overline{A.B} + \overline{A.C} \quad \text{(III) (montagem anterior)}$$

$$F' = (\overline{A.B}) . (\overline{A.C}) \quad \text{(IV)}$$

$$F' = \overline{\overline{(A.B)} \cdot \overline{(A.C)}} = \overline{X.Y}$$

$\downarrow$
 $\overline{X}$

$\downarrow$
 $\overline{Y}$

Do Teorema de Morgan, temos:

$$\overline{X.Y} = \overline{X} + \overline{Y}$$

$$\rightarrow \overline{X.Y} = \overline{X} + \overline{Y}$$

Logo:

$$F' = \overline{\overline{(A.B)}} + \overline{\overline{(A.C)}}$$

Como $\overline{\overline{A}} = A$, por analogia, teremos:

$$F' = A.B + A.C \quad \text{c.q.d. (como queríamos demonstrar)}$$

Lista de Material:

- 1 resistor (R1) de 220Ω;
- 1 diodo emissor de luz (LED D1);
- dip switch;
- C.I. SN7400N (porta "NÃO-E")

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Mantenha a chave, tipo dip switch, na mesma posição da montagem anterior. Começemos, então, fixando o C.I. SN7400N de modo que o pino 1 seja conectado no ponto 20-E e o pino 14, do mesmo, seja conectado no ponto 20-F. Em seguida, ligue os seguintes pontos:

- 2-D (chave 1) com 20-D (pino 1 do 7400N);
- 3-D (chave 2) com 21-D (pino 2 do 7400N);
- 22-D (pino 3 do 7400N) com 24-G (pino 10 do 7400N);
- 2-C (chave 1) com 23-D (pino 4 do 7400N);
- 4-D (chave 3) com 24-D (pino 5 do 7400N);
- 25-D (pino 6 do 7400N) com 25-G (pino 9 do 7400N);
- 2-J com 2-K;
- 3-J com 3-K;
- 4-J com 4-K;
- 26-D (pino 7 do 7400N) com 26-K (barramento de terra);
- 20-G (pino 14 do 7400N) com 20-L (barramento +5Vcc).

Para finalizar a montagem, conecte o resistor R1 (220Ω) entre os pontos 26-G (pino 8 do 7400N) e 31-G. Em seguida, co

necte o LED D1 entre os pontos 31-I e 31-K (observe a polaridade do LED).

Ao verificar o funcionamento do circuito, teste todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 10) e preencha a coluna F' referente à saída do circuito. Compare a coluna F da tabela 9 com a coluna F' da tabela 10.

A	B	C	F'
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

TABELA 10



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-11

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Com relação à tabela 1, a coluna F referente à saída ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0
0	0	0	1

- 2) Com relação à tabela 2, a coluna S1 referente à saída S1, será:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
1	1	1	1

3) Ainda com relação à tabela 2, a coluna S2 referente à saída 2, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	1	1

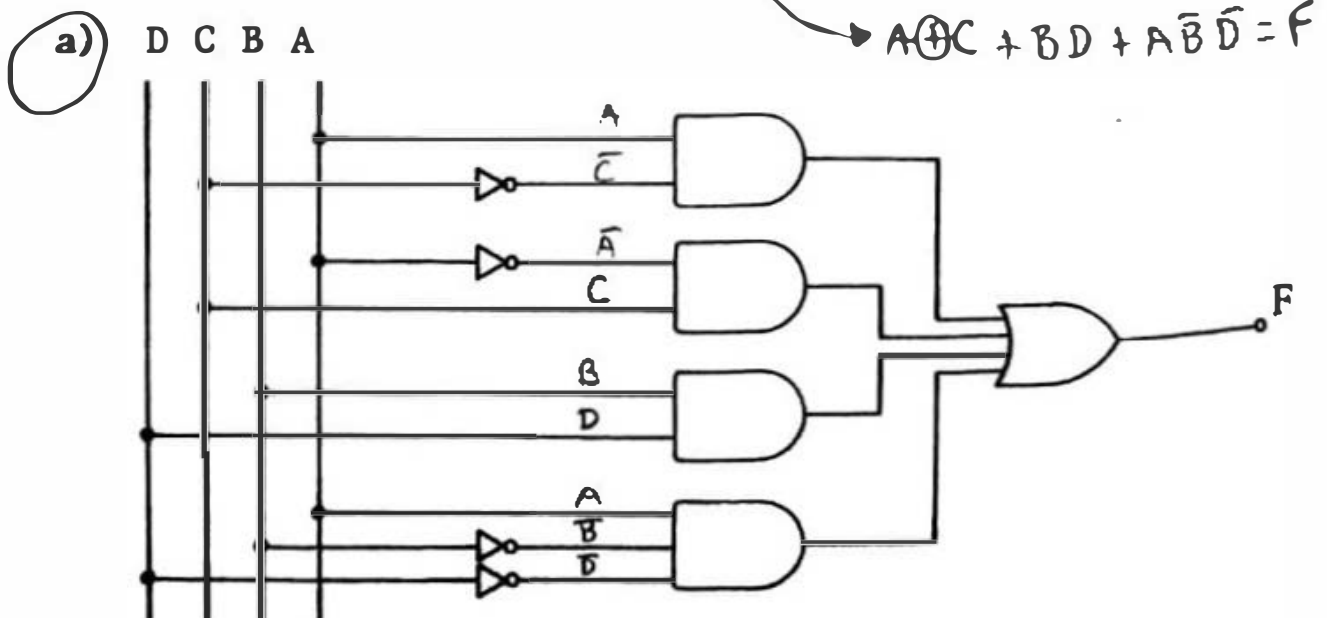
4) Com relação à tabela 5, a coluna S0 será:

a)	b)	c)	d)
1	1	1	0
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	0	0

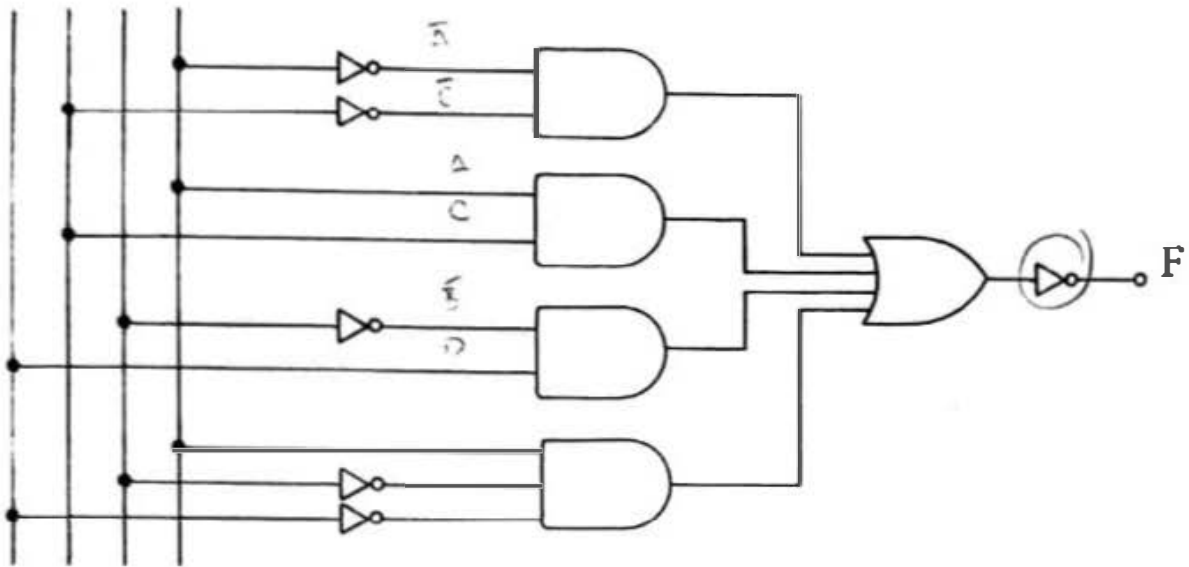
5) Ainda com relação à tabela 5, a coluna S1, referente à saída S1, será:

a)	b)	c)	d)
1	1	1	0
1	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	1

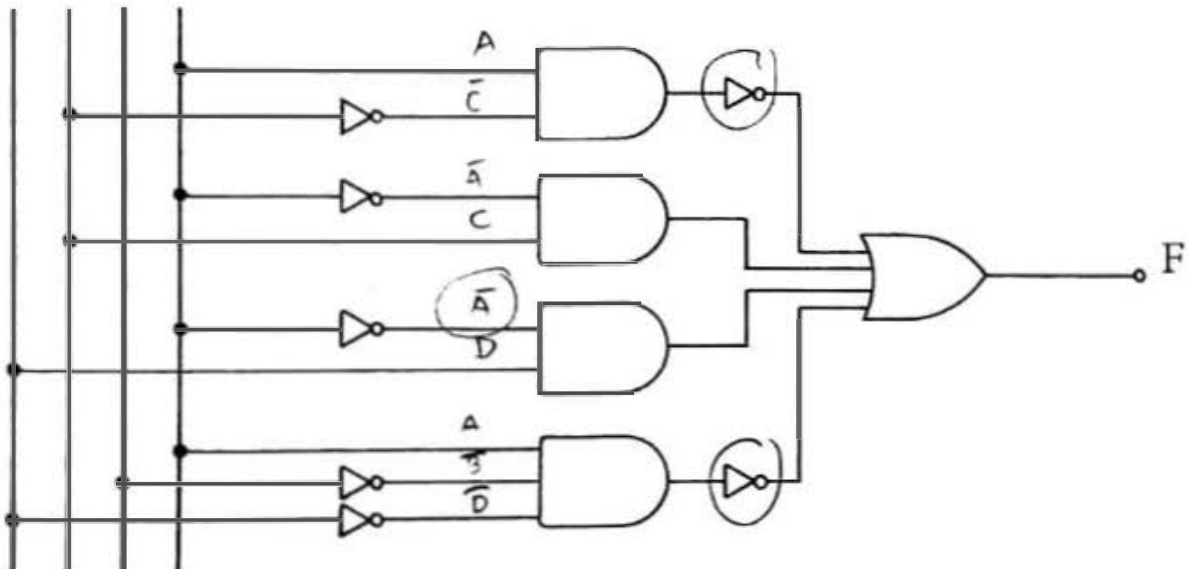
6) O circuito apresentado na figura 9 é equivalente a:



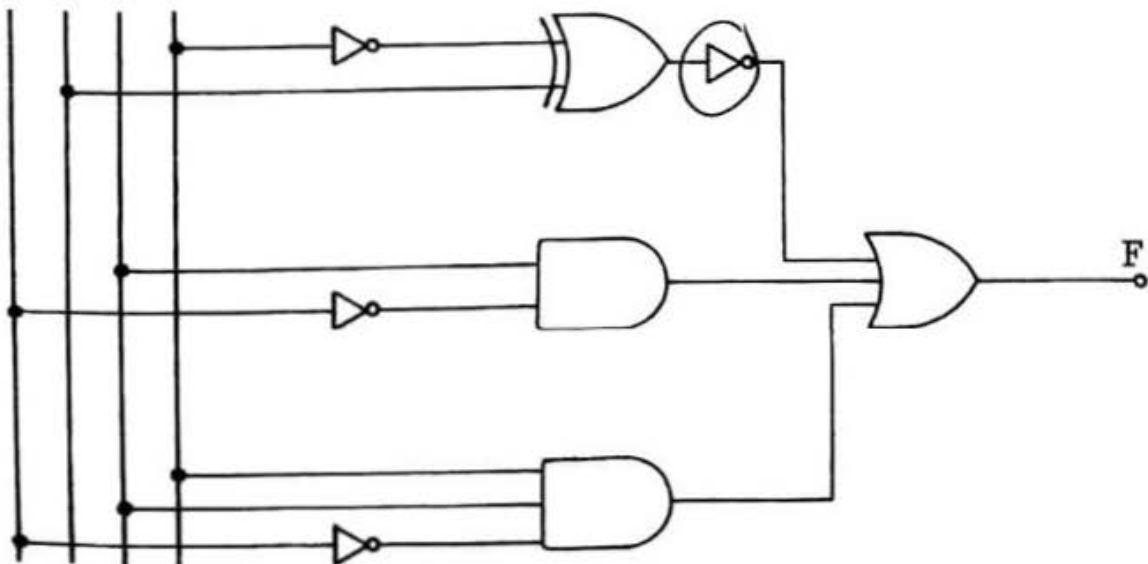
b) D C B A



c) D C B A



d) D C B A



7) Com relação à tabela 9, a coluna F referente à saída do circuito, será:

a)	b)	c)	d)
0	1	0	1
0	1	0	1
0	1	0	0
0	1	0	0
0	0	0	1
1	1	1	1
1	0	0	1
1	1	1	1

8) A lógica dos circuitos apresentados nas figuras 11 e 12 são:

- a) iguais;
- b) diferentes;
- c) não podemos compará-los, pois F é diferente de F';
- d) diferentes, pois a porta "OU" (figura 11) foi substituída por uma porta "NÃO-E" (figura 12).

9) Com relação à tabela 10, a coluna F' referente à saída do circuito apresentado na figura 12, será assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	1	1
0	0	1	1
1	0	1	0
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1

10) Sendo $A.B + A.C = \overline{(\overline{A.B})} \cdot \overline{(\overline{A.C})}$, então:

- a) os circuitos das figuras 11 e 12 executam funções diferentes;

b) os circuitos das figuras 11 e 12 executam funções inversas;

c) os circuitos das figuras 11 e 12 executam as mesmas funções;

d) N. R. A.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-12

MANUAL DE PRÁTICAS

MP-12

INTRODUÇÃO:

Nesta lição procuraremos mostrar o funcionamento de algumas portas lógicas do tipo coletor aberto. O estudo teórico sobre este assunto foi apresentada na lição **AMPLIFICADORES (BUFFERS E DRIVERS)** (página 26). De acordo com o que foi mencionado na lição **AMPLIFICADORES (BUFFERS E DRIVERS)** e se interligarmos duas ou mais saídas TTL, no instante em que uma estivesse em nível alto e a outra em nível baixo, isso equivaleria a um curto-circuito, fazendo aumentar a dissipação de potência e danificando o C.I. Entretanto, se utilizarmos um C.I. TTL com saída em coletor aberto, poderemos então interligar duas ou mais saídas TTL sem correremos o risco de danificarmos o C.I.

Para as montagens que realizaremos nesta lição, utilizaremos o C.I. TTL SN7405N, o qual possui seis (6) portas inversoras com saídas em coletor aberto.

C.I. SN7405N:

Na página 19 do manual MCI-1 encontraremos as condições de funcionamento recomendadas, as características elétricas e de comutação, bem como o diagrama esquemático de cada inversor e o esquema interno (pinagem) deste C.I.

PRIMEIRA MONTAGEM:

A figura 1 nos mostra o circuito a ser montado.

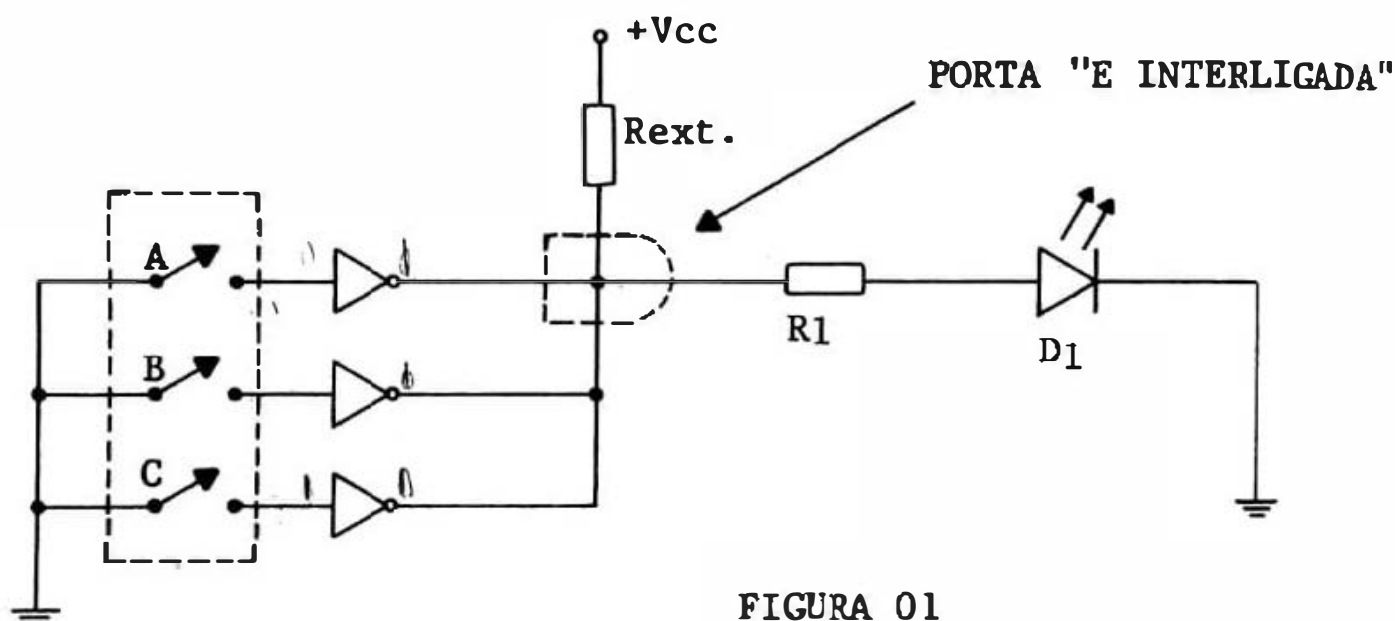


FIGURA 01

Antes de iniciarmos a montagem do circuito, é necessário determinarmos o valor da resistência Rext. De acordo com a tabela da página 20 do manual MCI-1, teremos:

$$I_{ih} = 40\mu A \text{ (para cargas do tipo TTL).}$$

$$I_{oh} = 0,25mA$$

Como temos três saídas em coletor aberto ($n = 3$), a corrente $I_{ohTotal}$ será:

$$I_{ohTotal} = n \cdot I_{oh}$$

$$I_{ohTotal} = 3 \times 0,25 \times 10^{-3} = 0,75 \text{ mA ou } (750\mu A).$$

Através da figura 1 observa-se que a carga ligada à porta "E interligada" ("wired and"), é um diodo emissor de luz (D1) e não uma porta TTL como é mostrado na lição AMPLIFICADORES (BUFFERS E DRIVERS) (página 28). Portanto, para efeito de cálculo da resistência $R_{ext.}$, devemos considerar a corrente I_{ih} como sendo a corrente de carga necessária ao bom funcionamento do LED. De acordo com as especificações do fabricante o LED que utilizamos necessita de uma corrente mínima igual a 20 mA. Sendo assim, o valor da corrente $I_{R_{ext.}}$ será:

$$I_{R_{ext.}} = \eta \cdot I_{oh} + I_{ih}.$$

$$I_{R_{ext.}} = 0,75\text{mA} + 20\text{mA}$$

$$I_{R_{ext.}} = 20,75 \text{ mA}.$$

Se considerarmos a tensão mínima necessária para obter -
mos um nível lógico alto na saída (V_{oh} necessário) igual a 2,4 volts, o valor da tensão $V_{R_{ext.}}$ será:

$$V_{R_{ext.}} = V_{cc} - V_{oh_{necessário}}$$

$$V_{R_{ext.}} = 5 - 2,4$$

$$V_{R_{ext.}} = 2,6 \text{ volts}.$$

Com base nos valores de $I_{R_{ext.}}$ e $V_{R_{ext.}}$, poderemos então, calcular o valor da resistência $R_{ext.}$ máxima aplicando -
se a seguinte expressão:

$$R_{ext. \text{ máx}} = V_{R_{ext.}} / I_{R_{ext.}}$$

$$R_{ext. \text{ máx}} = 2,6 / 20,75 \times 10^{-3} = 125,31\Omega$$

$$R_{ext. \text{ máx}} \approx 125\Omega.$$

Devido a uma série de fatores, em nossa montagem utilizamos $R_{ext. \text{ Máx}} = 220\Omega$; apesar desse não ser o valor comercial mais próximo do valor calculado (125Ω), poderemos utilizá-lo baseados no fato de que a ordem de grandeza continua sendo a mesma e que a utilização de uma resistência externa de 220Ω não prejudicará o bom funcionamento do circuito.

Lista de Material:

- dip switch;
- um resistor ($R_{ext.}$) de 220Ω ;
- um resistor (R_1) de 270Ω ;
- um LED (diodo emissor de luz);
- C.I. SN7405 N (inversor sêxtuplo).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Primeiramente fixe o dip switch na placa experimental de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 4-E e 4-F. Em seguida, fixe o C.I. SN7405N de maneira que os pinos 1 e 14 do mesmo fiquem conectados nos pontos 17-E e 17-F, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 4-D (chave 1) com 17-D (pino 1 do 7405N);
- ponto 5-D (chave 2) com 19-D (pino 3 do 7405N);
- ponto 6-D (chave 3) com 21-D (pino 5 do 7405N);
- ponto 18-D (pino 2 do 7405N) com 25-A;
- ponto 20-D (pino 4 do 7405N) com 25-B;
- ponto 22-D (pino 6 do 7405N) com 25-C;

O C.I. SN7405N deverá ter os seus pinos de número 7 e 14 conectados nos barramentos de terra e +Vcc respectivamente. Para tanto, basta ligarmos os seguintes pontos:

- ponto 23-D (pino 7 do 7405N) com 23-K (barramento de terra);
- ponto 17-F (pino 14 do 7405N) com 17-L (barramento +Vcc).

Também devemos ligar ao barramento de terra os terminais das chaves do dip switch que estão sendo utilizadas. Para tanto, basta ligarmos os pontos:

- ponto 4-G com 4-K;
- ponto 5-G com 5-K;
- ponto 6-G com 7-K.

Em seguida, fixe o resistor R_1 (270Ω) entre os pontos 33-D e 33-H e o resistor $R_{ext.}$ (220Ω) entre os pontos 25-E e

25-H. Uma vez fixados os resistores R_1 e $R_{ext.}$, devemos ligar este último ao barramento $+V_{cc}$. Para tanto, basta conectarmos os pontos 25-I e 25-L através de um jumper.

Para finalizar a montagem conecte o LED (D_1) de modo que o terminal de catodo seja fixado no ponto 33-K (barramento de terra) e o terminal de anodo seja conectado no ponto 33-J. Agora só resta interligar (através de um jumper) os pontos 25-D e 33-C.

Antes de verificarmos o funcionamento do circuito verifique se todas as ligações estão corretas. Observe se os pinos 7 e 14 do C.I. estão fixados nos respectivos barramentos de terra e $+V_{cc}$. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna "S" da tabela, referente à saída do circuito.

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



NAND

(TABELA 1)

Note que para esta primeira montagem utilizamos a lógica positiva, vejamos o que acontece ao utilizarmos a lógica negativa para este mesmo circuito.

SEGUNDA MONTAGEM:

A figura 2 ilustra o circuito a ser montado.

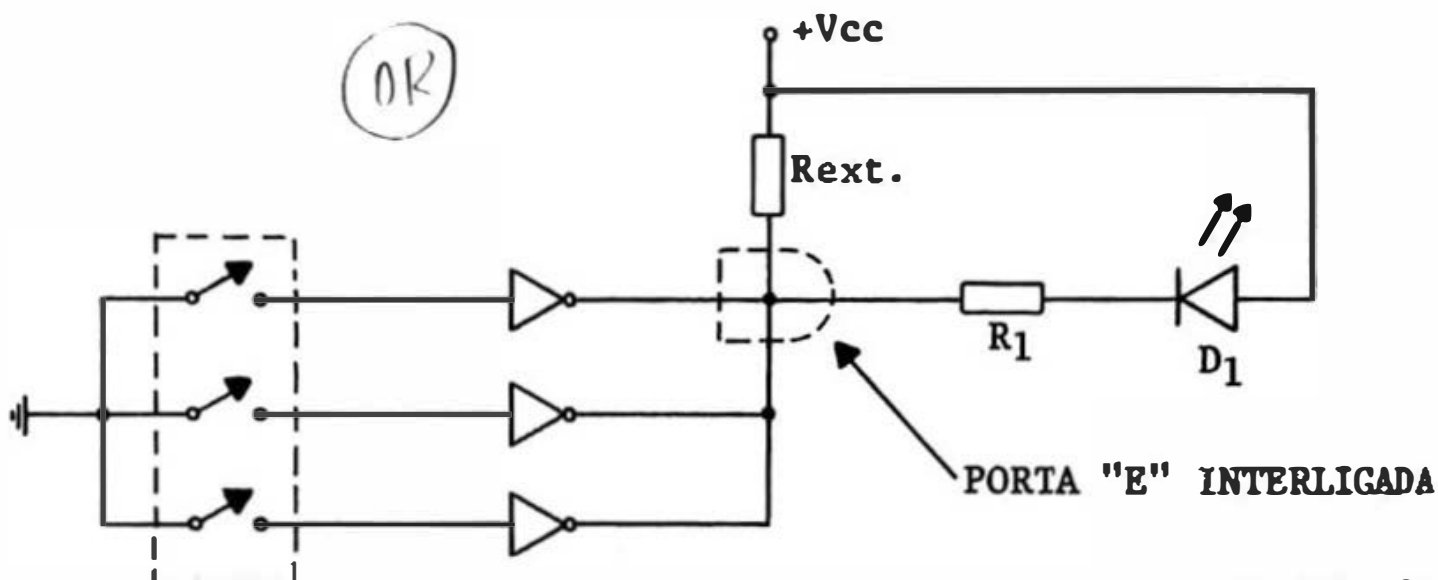


FIGURA 02



Se compararmos o circuito mostrado na figura 1 com o circuito apresentado na figura 2, notaremos que basicamente eles são idênticos, diferindo apenas quanto à maneira como o LED foi conectado ao circuito. Esta modificação foi feita com vista à aplicação da lógica negativa.

Como sabemos, em lógica negativa, o nível lógico alto é

igual a "zero" binário (0) enquanto que o nível lógico baixo é igual a "um" binário (1). Note que se trata de mera convenção, pois ao invés de adotarmos a lógica positiva para a primeira montagem, tivéssemos nós adotado a lógica negativa, bastaria apenas trocar o "zero" por "um" na tabela 1, e obteríamos o resultado desejado. Porém, visando melhor compreensão por parte do aluno, é que propomos a segunda montagem, cujo circuito, como já dissemos, foi modificado para podermos utilizar a lógica negativa.

Lista de Material:

- dip switch;
- um resistor ($R_{ext.}$) de 220Ω ;
- um resistor (R_1) de 270Ω ;
- um LED (diodo emissor de luz);
- C.I. SN7405N (inversor sêxtuplo).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Para esta montagem manteremos o dip switch, o C.I. SN7405N e os resistores $R_{ext.}$ e R_1 na mesma posição em que foram fixados na placa experimental para a realização da montagem anterior.

Em seguida, ligue (através de jumpers) os seguintes pontos:

- ponto 4-D (chave 1) com 17-D (pino 1 do 7405N);
- ponto 5-D (chave 2) com 19-D (pino 3 do 7405N);
- ponto 6-D (chave 3) com 21-D (pino 5 do 7405N);
- ponto 18-D (pino 2 do 7405N) com 25-A;
- ponto 20-D (pino 4 do 7405N) com 25-B;
- ponto 22-D (pino 6 do 7405N) com 25-C;
- ponto 13-D com 12-K (barramento de terra);

- ponto 25-D com 33-B;
- ponto 4-G (chave 1) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 5-G (chave 2) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 6-G (chave 3) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 17-G (pino 14 do 7405N) com 17-L (barramento +Vcc),
- ponto 23-D (pino 7 do 7405N) com 23-K (barramento de terra);
- ponto 25-I com 25-L (barramento +Vcc).

Para finalizar, conecte o terminal de catodo do LED no ponto 33-J e o terminal de anodo no ponto 33-K.

Finalizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Verifique se os pinos 7 e 14 do C.I. estão conectados nos barramentos de terra e +Vcc respectivamente. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito, teste todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencha a coluna referente à saída "S" do circuito.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Logica Negativa

NAND (NEGATIVO)

(TABELA 2)

Compare os resultados obtidos na primeira montagem com os obtidos na segunda montagem. Note que a principal diferença reside no fato de que na primeira montagem utilizou-se lógica positiva, enquanto que na segunda montagem utilizou-se lógica negativa.

Com base no que foi exposto até agora podemos concluir que na lógica negativa, o nível lógico alto é igual a "zero" binário(0), enquanto que o nível lógico baixo é igual a "um" binário(1). No circuito da figura 1, a lógica final se resulta em uma porta "NÃO E" (NAND). Veja tabela 1 posterior a execução da experiência. Por outro lado, o circuito da figura 2 apresenta como lógica final uma porta "OU" (OR) por termos invertido o LED D1 e ao mesmo tempo simular a inversão da lógica negativa.

Vejamos agora como transformar a montagem anterior "lógica negativa" em uma "lógica positiva" utilizando um inversor.

TERCEIRA MONTAGEM:

A figura 3 nos mostra o circuito a ser montado.

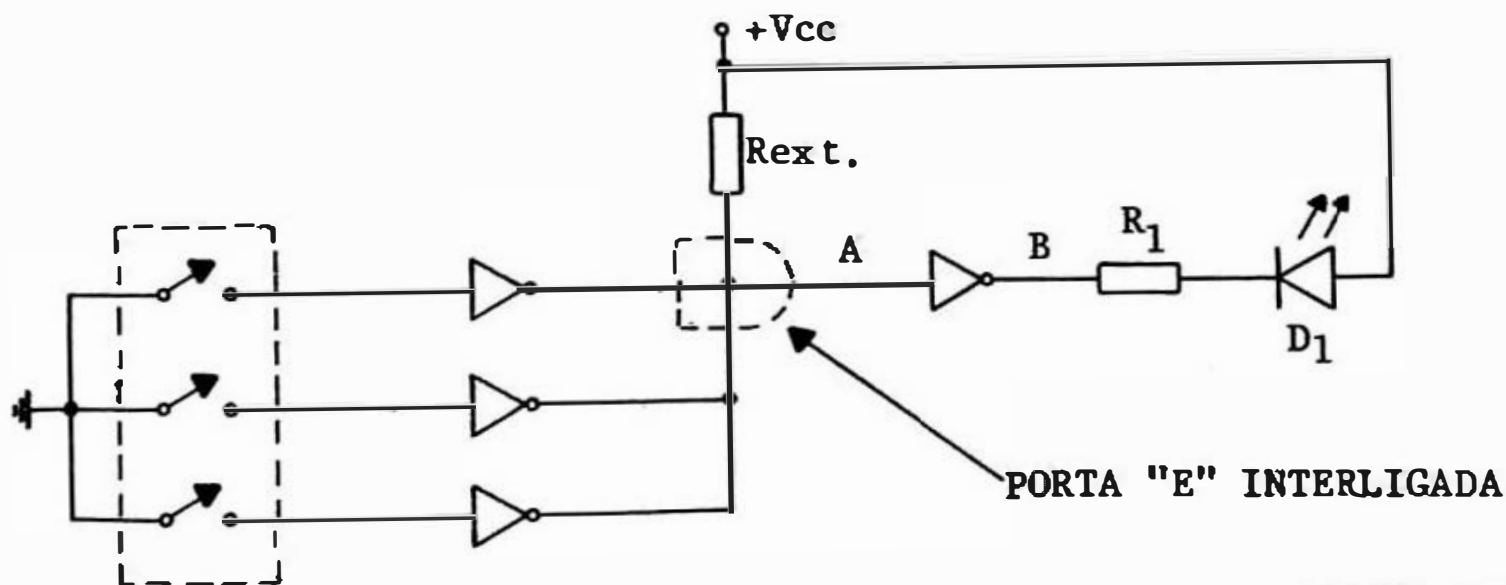


FIGURA 03



Se compararmos o circuito da figura 3 com o circuito da figura 2, notaremos que a única diferença que existe entre os dois reside no fato do circuito apresentado na figura 3 possuir uma porta inversora TTL inserida entre os pontos A e B. É justamente esta porta inversora que irá transformar o cir

cuito de lógica negativa em um circuito de lógica positiva conforme mostraremos a seguir.

Lista de Material:

- dip switch;
- um resistor ($R_{ext.}$) de 220Ω ;
- um resistor (R_1) de 270Ω ;
- um LED (diodo emissor de luz);
- C.I. SN7405N (inversor sêxtuplo com coletor em aberto);
- C.I. SN7404N (porta inversora).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Aproveitando a montagem anterior, desconecte o resistor R_1 , o LED (D_1) e o jumper que interliga os pontos 25-D com 33-B. Em seguida, conecte o C.I. SN7404 de modo que os seus pinos de número 1 e 14 sejam fixados nos pontos 27-E e 27-F, respectivamente.

Agora conecte o resistor R_1 (270Ω) entre os pontos 28-D (pino 2 do 7404N) com 35-D. Logo após conecte o LED (D_1) de maneira que o terminal de catodo seja fixado no ponto 35-E e o terminal de anodo do mesmo seja fixado no ponto 35-K (barramento +Vcc).

Para finalizar a montagem, interligue (através de jumpers) os seguintes pontos:

- ponto 25-D com 27-D (pino 1 do 7404N);
- ponto 33-D (pino 7 do 7404N) com 33-K (barramento de terra);
- ponto 27-G (pino 14 do 7404N) com 27-L (barramento +Vcc);

Uma vez realizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Mais uma vez, o aluno, ao testar o funcionamento do circuito deverá verificar todas as condições impostas pela tabela

1ª verdade (tabela 3) e preencher a coluna referente à saída "S" do circuito.

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

(TABELA 3)

QUARTA MONTAGEM:

Na figura 4 temos o esquema do circuito a ser montado. Note que este é praticamente igual ao circuito apresentado na figura 1. A principal diferença é que agora a carga conectada no ponto C são portas lógicas TTL do tipo NAND.

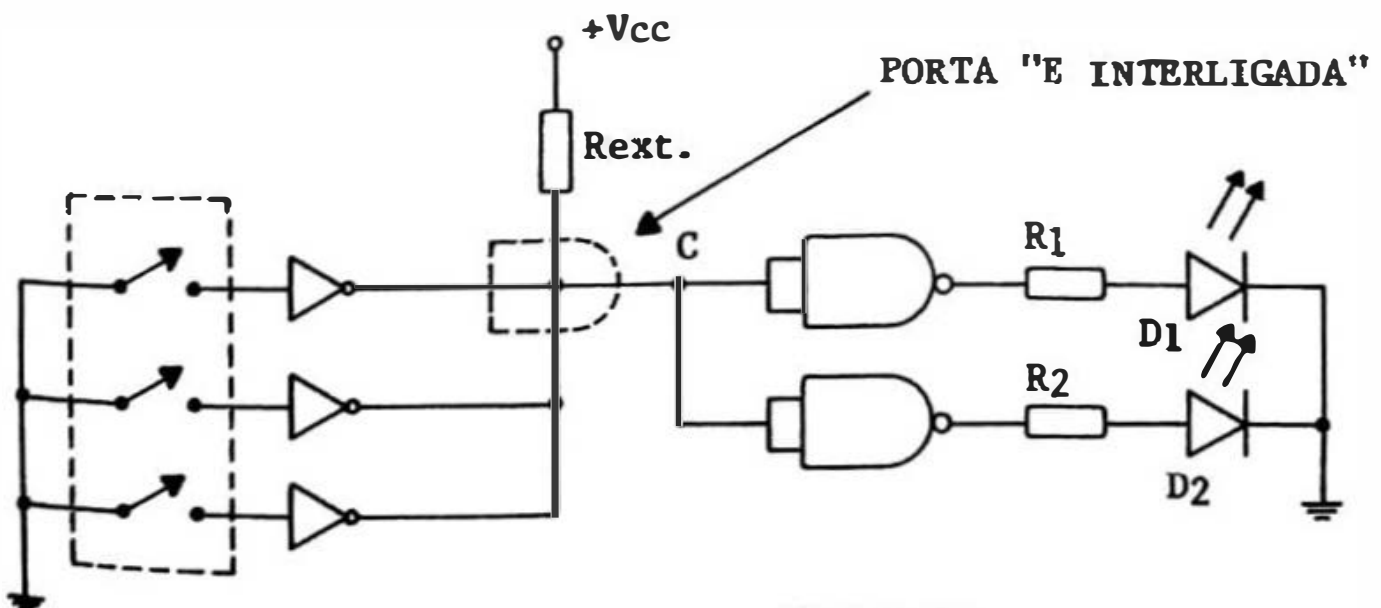


FIGURA 04

Para este circuito o FAN-OUT (N) é igual a dois (2) e o número de saídas em coletor aberto (η), ligadas na configuração E por fio (ou "E" interligado) é igual a três (3). Podemos então, com base nessas informações, calcular o valor máximo e o valor mínimo da resistência R_{ext} . Para tanto, basta utilizarmos as tabelas 3a e 3b. Então vejamos:

a) Determinação do valor máximo de R_{ext} .

Neste caso, vamos utilizar a tabela 3a.

Como $N = 2$ e $\eta = 3$, entrando-se com estes valores na tabela, encontraremos R_{ext} . igual a $3,13 \text{ K}\Omega$.
 máx.

b) Determinação do valor mínimo de R_{ext} .

Para este caso iremos utilizar a tabela 3b, a qual nos mostra, além do valor de R_{ext} . mín., o valor máximo de η , pois o valor máximo permitido para η é quando R_{ext} . máx. for igual a R_{ext} . mín. (de acordo com a primeira tabela podemos observar que η aumenta com a diminuição de R_{ext} . máx.). Nestas condições, sendo $N = 2$ teremos: R_{ext} . mín = 359Ω .

Para o circuito da figura 4, poderemos então, adotar um valor de R_{ext} . que se encontre entre 359Ω e 3130Ω , por exemplo, 1000Ω ou $1\text{K}\Omega$.

Lista de Material:

- dip switch;
- um resistor (R_{ext} .) de $1\text{K}\Omega$;
- dois resistores (R_1 e R_2) de 270Ω ;
- um LED (diodo emissor de luz);
- C.I. SN7405N (inversor sêxtuplo em coletor aberto);
- C.I. SN7400N (porta Nand ou Não-E).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Primeiramente fixe o dip switch de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 2-E e 2-F.

FAN-OUT PA RA CARGAS TTL, (N)	Máximo η						
	1	2	3	4	5	6	7
1	8,96	4,81	3,29	2,50	2,01	1,68	1,45
2	7,87	4,48	3,13	2,40	1,95	1,64	1,42
3	7,12	4,19	2,98	2,32	1,89	1,60	1,39
4	6,34	3,93	2,85	2,24	1,84	1,56	1,36
5	5,77	3,71	2,73	2,16	1,79	1,52	1,33
6	5,30	3,51	2,62	2,09	1,74	1,49	1,30
7	4,90	3,33	2,52	2,03	1,69	1,46	1,28
8	4,56	3,17	2,42	1,96	1,65	X	X
9	4,26	3,02	X	X	X	X	X
10	4,00	X	X	X	X	X	X

VALOR
MÁXIMO DE
REXT
(K Ω)

TABELA 3a

FAN-OUT PA RA CARGAS TTL, N	VALOR MÍNIMO PARA REXT. (ohms).	MÁXIMO η
1	319	32
2	359	28
3	410	24
4	479	21
5	575	17
6	718	13
7	958	9
8	1437	5
9	2875	2
10	4000*	1

TABELA 3b

Agora conecte os C.I.s na placa experimental. O C.I. SN7405N deverá ter os seus pinos 1 e 14 conectados nos pontos 17-E e 17-F, respectivamente. Já o C.I. SN7400N deverá ter os pinos 1 e 14 conectados nos pontos 28-E e 28-F.

Em seguida conecte os resistores Rext., R1 e R2 da seguinte forma:

- Rext. - entre os pontos 25-E e 25-K(barramento +Vcc);
- R1 - entre os pontos 30-O e 30-R;
- R2 - entre os pontos 33-O e 33-R.

Agora conecte os LEDs D1 e D2 da seguinte forma:

- D1 - deverá ter o terminal de anodo conectado no ponto 30-N e o terminal de catodo conectado no ponto 29-L (barramento de terra);
- D2 - deverá ter o terminal de anodo conectado no ponto 33-N e o terminal de catodo conectado no ponto 32-L (barramento de terra).

Em seguida, conecte (através de jumpers) os seguintes pontos:

- ponto 2-G (chave 1) com 2-L (barramento de terra);
- ponto 3-G (chave 2) com 3-L (barramento de terra);
- ponto 4-G (chave 3) com 4-L (barramento de terra);
- ponto 2-D (chave 1) com 17-D (pino 1 do 7405N);
- ponto 3-D (chave 2) com 19-D (pino 3 do 7405N);
- ponto 4-D (chave 3) com 21-D (pino 5 do 7405N);
- ponto 18-D (pino 2 do 7405N) com 25-A;
- ponto 20-D (pino 4 do 7405N) com 25-B;
- ponto 22-D (pino 6 do 7405N) com 25-C;
- ponto 25-D com 28-C;
- ponto 28-D (pino 1 do 7400N) com 29-D (pino 2 do 7400N);
- ponto 28-B com 31-C;
- ponto 30-D (pino 3 do 7400N) com 30-T;
- ponto 31-D (pino 4 do 7400N) com 32-D (pino 5 do 7400N);
- ponto 33-D (pino 5 do 7400N) com 33-T;
- ponto 23-D (pino 7 do 7405N) com 23-L(barramento de terra);
- ponto 17-G (pino 14 do 7405N) com 17-K (barramento +Vcc);

- ponto 34-D (pino 7 do 7400N) com 34-L (barramento de terra);
- ponto 28-G (pino 14 do 7400N) com 28-K (barramento +Vcc).

Uma vez finalizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Observe se os pinos 7 e 14 dos C.I.s estão fixados nos respectivos barramentos de terra e +Vcc. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna "S" da tabela, referente à saída do circuito.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(TABELA 4)

QUINTA MONTAGEM:

Desenvolver o projeto de um circuito combinacional alimentado por três (3) entradas, correspondendo a três números binários (A, B e C), capaz de fornecer em sua única saída um nível lógico alto se e somente se, a soma de A com B multiplicada por C for igual à "1" binário.

A figura 5 nos mostra um esquema simplificado do circuito lógico a ser projetado.

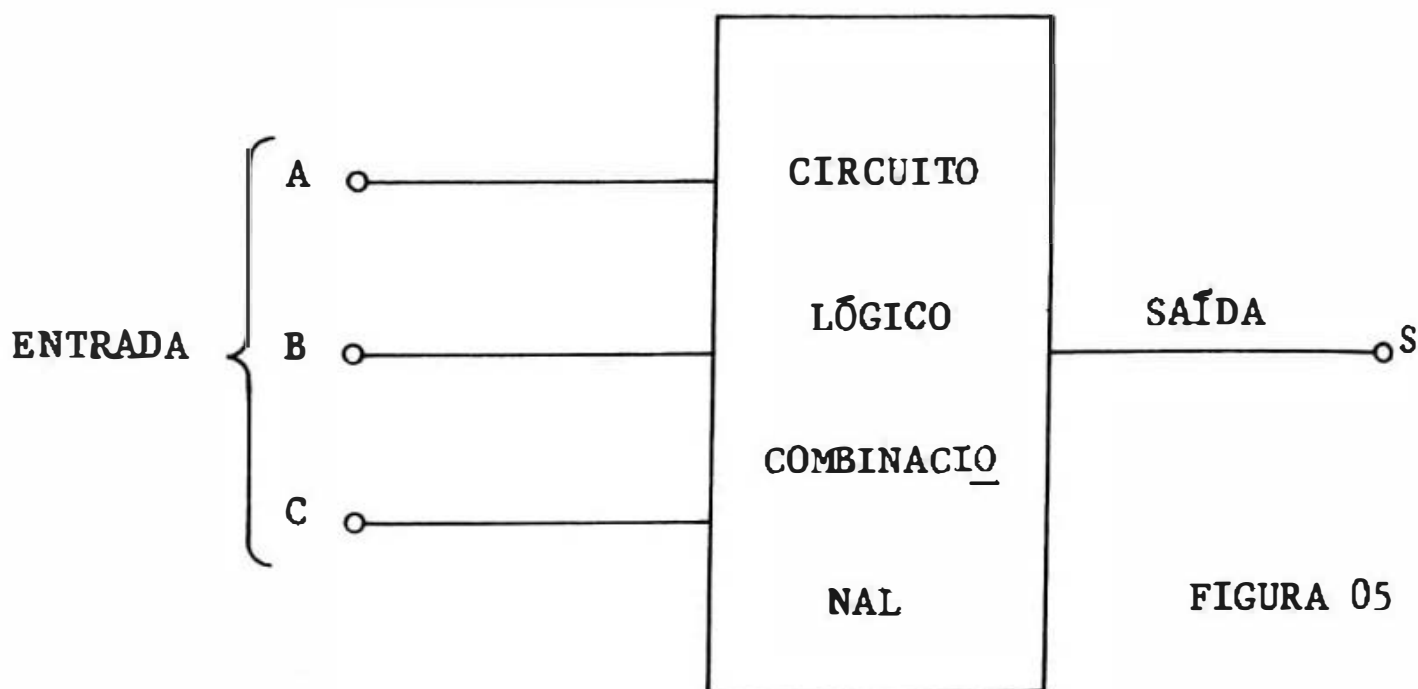


FIGURA 05

Para o desenvolvimento desse projeto, devemos seguir as seguintes orientações:

- 1 - Montagem da tabela verdade;
- 2 - Aplicação do processo de Vetch-Karnaugh;
- 3 - Montagem do circuito;

1) MONTAGEM DA TABELA VERDADE:

O primeiro passo para a montagem da tabela verdade é a determinação do número de linhas da mesma. Para tanto, é necessário que identifiquemos todas as variáveis de entrada. Neste projeto, temos três (3) variáveis de estado (A, B e C), o que nos leva a um número de linhas igual a 2^3 , ou mais precisamente, igual a oito (8) linhas (veja tabela 5).

Esse circuito, como já dissemos, possui uma única saída, conseqüentemente, teremos na tabela uma única coluna referente à saída (coluna S); Além desta, teremos também mais três colunas referentes às três (3) variáveis de entrada (A, B e C).

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

(TABELA 5)

De acordo com o enunciado no problema, a saída S deverá ser igual a "1" binário toda vez que a soma de A com B, multiplicada por C também for igual a "1" binário. A seguir, apresentamos uma maneira bem simples para se conhecer o resultado dessas operações (veja tabela 6).

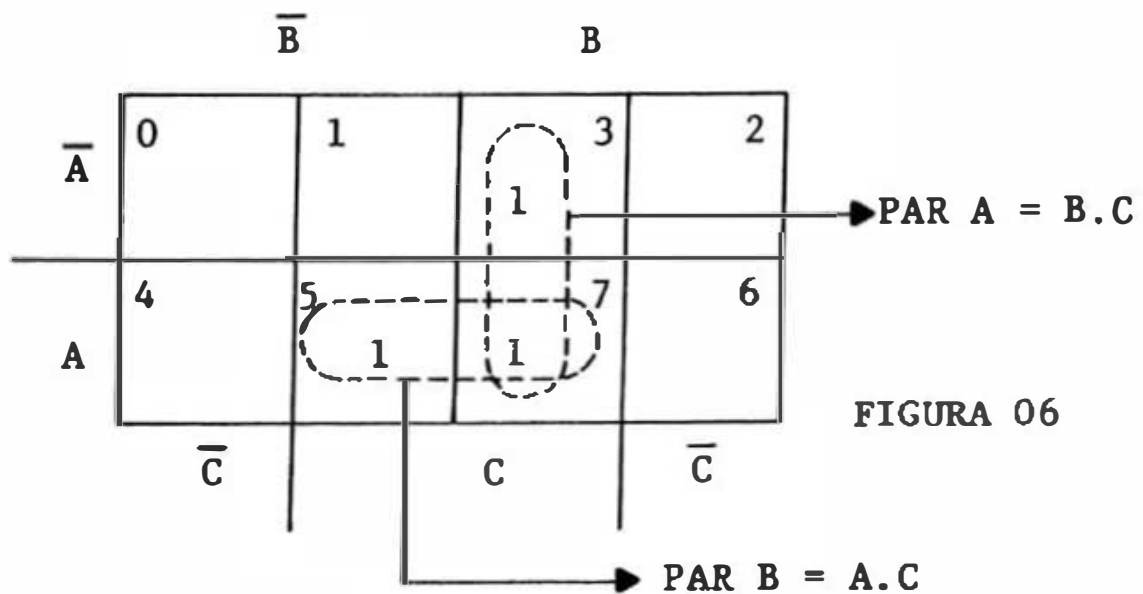
A	B	C	(A+B)	(A+B).C	S
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1

(TABELA 6)

2) APLICAÇÃO DO PROCESSO DE VETCH-KARNAUGH:

Aplicaremos o processo de Vetch-Karnaugh (figura 6) apenas para confirmar a expressão booleana fornecida pelo pro-

prio enunciado. Então vejamos:



Desta forma, a função F , será:

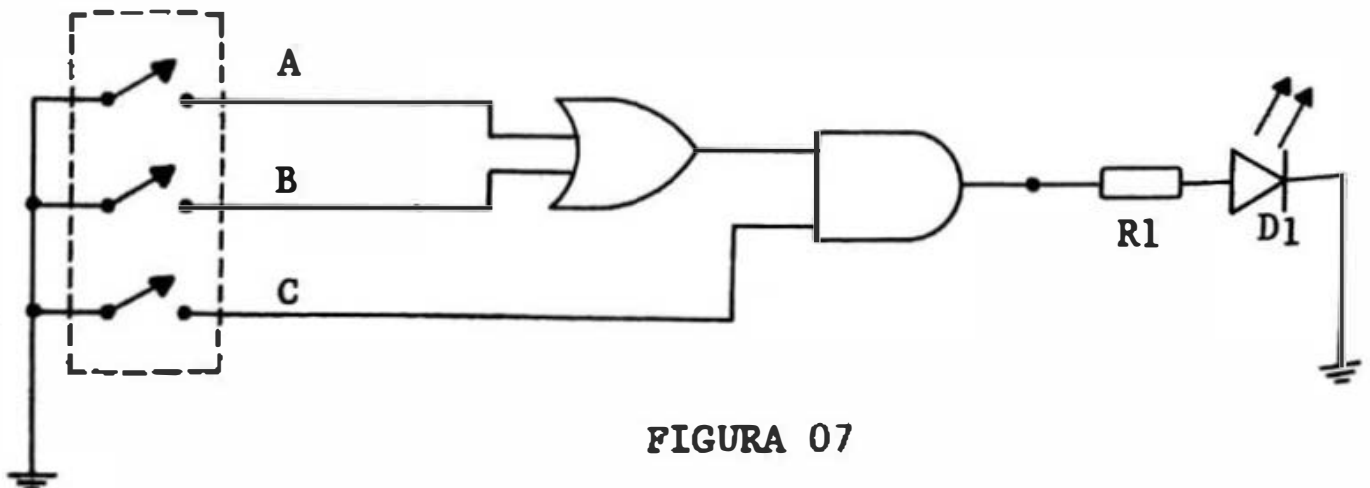
$$F = A.C + B.C$$

$$F = C.(A+B)$$

Confirmando assim, a expressão booleana fornecida no enunciado.

3) MONTAGEM DO CIRCUITO:

Com base na expressão $F = (A+B).C$, obtemos o circuito que pretendemos montar (veja figura 7).



Lista de Material :

- dip switch;
- um resistor de 220Ω (R1);
- um diodo emissor de luz (LED);
- C.I. SN7408N (porta "E");
- C.I. SN7432N (porta "OU").

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO :

Primeiramente fixe o dip switch, de modo que os terminais da chave 1 sejam conectados nos pontos 2-E e 2-F. Em seguida, conecte os C.I.s da seguinte forma:

- SN7432N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 16-E e 16-F, respectivamente;
- SN7408N - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 25-E e 25-F, respectivamente.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 2-G (chave 1) com 2-L (barramento de terra);
- ponto 3-G (chave 2) com 3-L (barramento de terra);
- ponto 4-G (chave 3) com 4-L (barramento de terra);
- ponto 2-D (chave 1) com 16-D (pino 1 do 7432N);
- ponto 3-D (chave 2) com 17-D (pino 2 do 7432N);
- ponto 18-D (pino 3 do 7432N) com 25-D (pino 1 do 7408N);
- ponto 4-D (chave 3) com 26-D (pino 2 do 7408N);
- ponto 16-G (pino 14 do 7432N) com 16-L (barramento +Vcc);
- ponto 22-D (pino 7 do 7432N) com 22-K (barramento de terra);
- ponto 25-G (pino 14 do 7408N) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 31-D (pino 7 do 7408N) com 31-K (barramento de terra);
- ponto 34-E com 34-I.

Feito isso, conecte o resistor R1 (220Ω) entre os pontos 27-D (pino 3 do 7408N) e 34-D. O LED (D1), por sua vez, deverá ter o seu terminal de catodo conectado no ponto 34-K (bar-

ramento de terra), enquanto que o seu terminal de anodo deverá ser conectado no ponto 34-E.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos, de terra e +Vcc, da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) verificando se os resultados obtidos estão de acordo com os resultados mostrados na coluna "S" da tabela 6.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-12

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Sempre que interligarmos as saídas de duas ou mais portas lógicas do tipo coletor aberto (utilizando lógica positiva), obteremos:
- a) um curto-circuito;
 - ☒ b) uma porta tipo "E interligada";
 - c) uma porta tipo "inversora interligada";
 - d) N.R.A.

2) A expressão que nos permite calcular o máximo valor da resistência externa ($R_{ext.}$), é:

- a) $V_{R_{ext.}}/I_{R_{ext.}}$
- b) $V_{R_{ext.}}/R_{ext.}$
- c) $I_{R_{ext.}}/V_{R_{ext.}}$
- d) N.R.A.

3) Com relação à tabela 1, a coluna "S" referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	1	1
0	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	0

4) Utilizando-se lógica negativa, ao interligarmos as saídas de duas ou mais portas lógicas do tipo coletor aberto, obteremos uma porta do tipo:

- a) "OU interligada";
- b) "NÃO-E interligada";
- c) "inversora interligada";
- d) N.R.A.

5) Com relação à tabela 2, a coluna "S" referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	0
1	0	0	1
0	0	0	1
1	0	1	1
0	0	1	1
1	0	1	1
1	0	0	1
1	1	0	1

6) Com relação à tabela 3, a coluna "S" referente à saída ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	1	0
0	0	1	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	1	0
0	1	1	1
0	1	1	0
0	1	0	1

7) Com base na quarta montagem, se tivermos um circuito que apresenta um FAN-OUT igual a quatro ($N=4$) e um número de saídas em coletor aberto (η), ligadas na configuração "E interligado", igual a quatro ($\eta = 4$), o valor máximo para resistência R_{ext} será:

- a) 3,29 K Ω ;
- b) 2,40 K Ω ;
- ☒ c) 2,24 K Ω ;
- d) 2,16 K Ω .

8) Quanto maior for o valor de η (eta),...

- a) maior será o valor de Rext.;
- ☒ b) menor será o valor de Rext.;
- c) o valor de Rext. independe do valor de η ;
- d) N.R.A.

9) Ao utilizarmos lógica negativa, o número binário correspondente ao nível lógico baixo é:

- ☒ a) igual a "um" binário;
- b) igual a "zero" binário;
- c) o mesmo quando se utiliza a lógica positiva;
- d) N.R.A.

10) Qual das funções abaixo é capaz de executar a mesma função do circuito apresentado na figura 7?

- a) $F = A.B.C.D$; ✓
- b) $F = A.B.D+C$;
- c) $F = \overline{A}.C+B.\overline{C}$;
- ☒ d) $F = A.C+B.C$.

↳ $C.(A+B)$

↳ $(A+B).C$



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-13

MANUAL DE PRÁTICAS MP-13

INTRODUÇÃO

Nesta lição, daremos continuidade ao assunto sobre a prática de circuitos combinacionais, focalizando mais propriamente os circuitos decodificadores. Os circuitos decodificadores são utilizados normalmente para traduzir uma linguagem para outra. Por exemplo: sabemos que as operações aritméticas de uma calculadora são executadas em binário, porém esses dados deverão ser "traduzidos" para um outro sistema de valor equivalente, ou seja, para o decimal o qual nos facilita a interpretação.

Antes de realizarmos experiências com os decodificadores, estudaremos um outro dispositivo, o display, de fundamental importância para que possamos executar experiências com os decodificadores.

PRIMEIRA MONTAGEM:

Alertamos ao aluno que a parte teórica sobre os displays se encontra na apostila ED-21, envolvendo vários tipos de displays. Porém, na prática, iremos ver somente o display a semiconductor, isto é, o FND 560.

O display FND 560 é um mostrador de sete segmentos de catodo comum, ou seja, possui todos os catodos ligados à terra em comum. (figura 1)

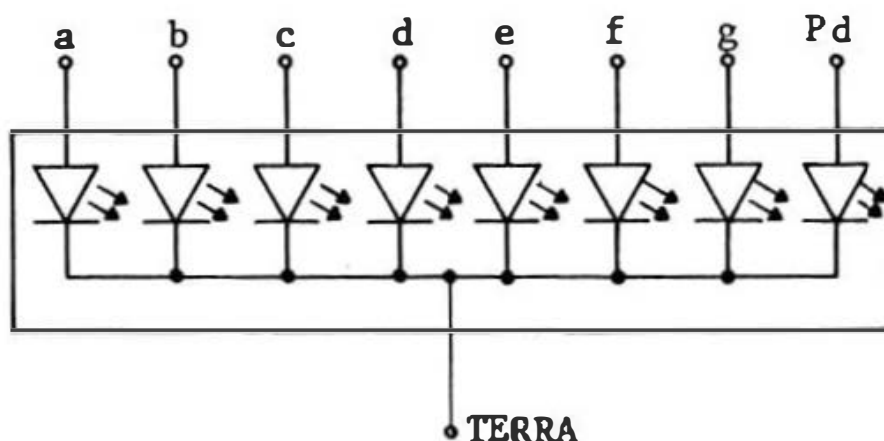


FIGURA 01

Os sete segmentos são dispostos de tal forma que, quando lhes aplicamos uma diferença de potencial, podemos gerar os dígitos de zero a nove. (figura 2)

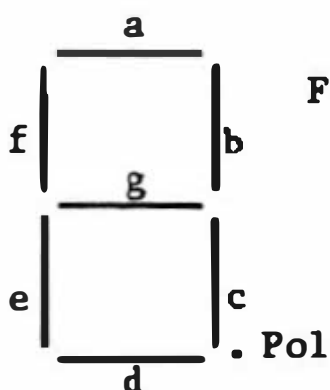


FIGURA 02

Os sete segmentos são alojados na parte frontal de um suporte plástico. Na parte posterior estão os terminais de identificação dos segmentos, bem como o terminal do catodo co

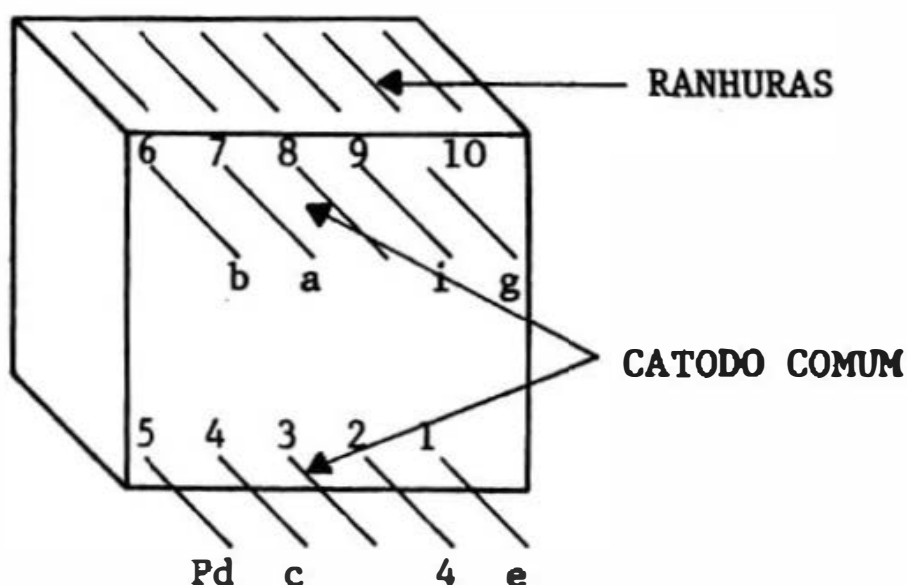


FIGURA 03

mm. As laterais são lisas, tendo, porém, uma série de ranhuras que identificam a parte superior do display. (figura 3)

A figura 4 ilustra o circuito a ser montado.

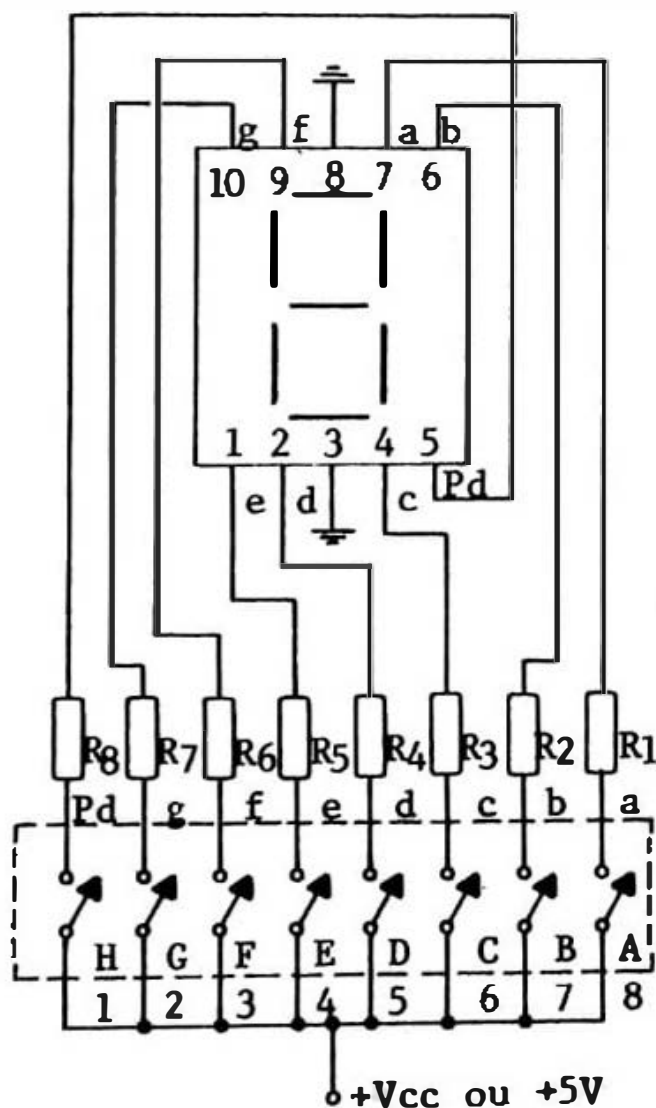


FIGURA 04

Lista de Material

- 8 resistores (R1 a R8) de 220Ω;
- 1 dip switch;
- 1 display FND 560.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe a chave, tipo dip switch, de modo que os terminais da "chave 1" fiquem conectados entre os pontos 6-E e 6-F. Em seguida, conecte o display FND 560, de modo que os terminais 1 e 10 fiquem conectados entre os pontos 8-N e 8-R, respectivamente.

Em seguida, ligue os seguintes resistores:

R1 no ponto 14-J com 11-T;
R2 no ponto 13-H com 12-S;
R3 no ponto 12-H com 11-M;
R4 no ponto 11-H com 9-M;
R5 no ponto 10-H com 8-M;
R6 no ponto 9-J com 9-S;
R7 no ponto 8-I com 8-S;
R8 no ponto 7-H com 12-M.

Ligue também o ponto 10-V com o terra da fonte, o ponto 14-D com +5V da fonte e os seguintes pontos:

14-C com 13-B;
13-C com 12-B;
12-C com 11-B;
11-C com 10-B;
10-C com 9-B;
9-C com 8-B;
8-C com 7-B.

Antes de ligar a fonte, verifique se todas as ligações estão corretas.

Como o circuito apresenta oito variáveis de entrada, a tabela verdade (tabela 1) será a seguinte:

VARIÁVEIS DE ENTRADA								VARIÁVEL DE SAÍDA
A	B	C	D	E	F	G	H	NÚMERO DECIMAL
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	0	0	0	3
1	1	1	1	0	0	1	0	6
1	0	1	1	1	1	1	0	8
1	1	1	1	1	1	1	0	2
0	1	1	0	0	1	1	0	4
1	1	1	0	0	0	0	0	7
1	0	1	1	0	1	1	0	5
1	1	1	1	0	1	1	0	9
1	1	1	0	1	1	1	0	A
1	1	1	1	1	1	0	0	0

TABELA 01

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá preencher a coluna de saída com números decimais ou outros caracteres.

SEGUNDA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra na lição ED-13, página 05. A figura 5 ilustra o circuito com algumas alterações quanto às entradas e às saídas, pois, para a nossa montagem, utilizamos chaves tipo dip switch. Esse circuito (figura 5) - foi projetado para decodificar de duas(2) para quatro(4) linhas.

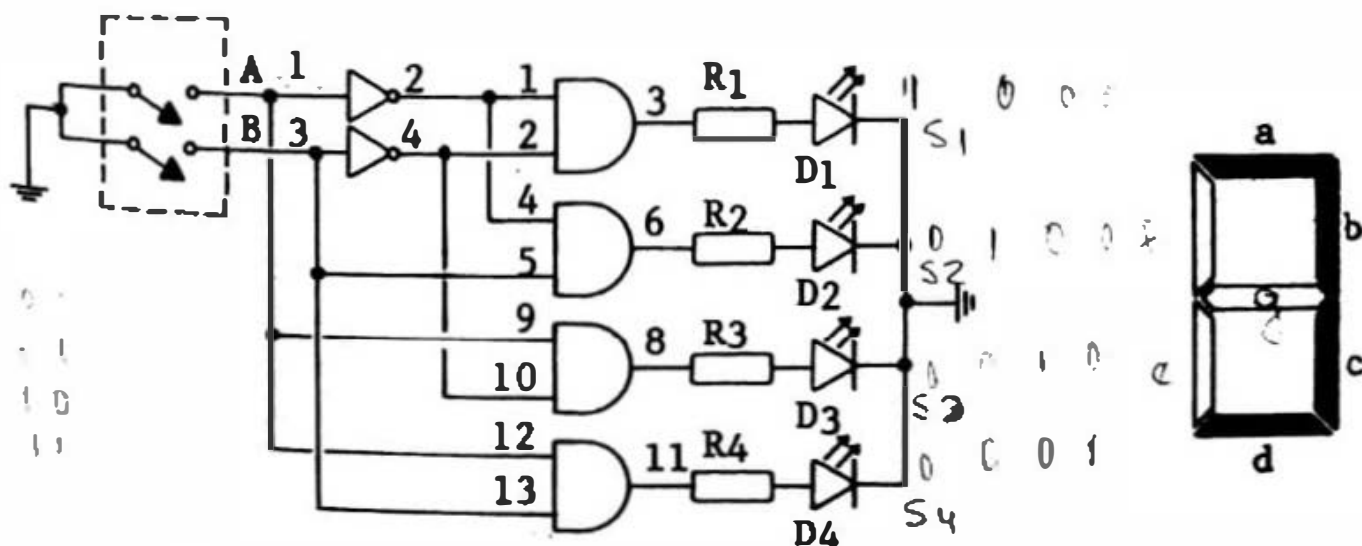


FIGURA 05

Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 4 resistores (R_1 a R_4) 220Ω 1/4W;
- 4 diodos emissores de luz (D_1 a D_4) "substituído pelo display FND 560";*
- 1 CI. SN 7404;
- 1 CI. SN 7408

* Observe que o display utilizado é o FND 560, em substituição ao diodo emissor de luz, pois o FND 560 possui um diodo emissor de luz em cada segmento.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe a chave, tipo dip switch, de modo que os terminais da "chave 1" fiquem conectados entre os pontos 7-E e 7-F. Em seguida, conecte os CIs da seguinte forma:

SN 7404 - Pino 1 e 14 conectados nos pontos 3-Q e 3-R, respectivamente;

SN 7408 - Pino 1 e 14 conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente;

Fixe também o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 22-0 e 22-S, respectivamente.

Em seguida, ligue os seguintes pontos:

- 7-B com 8-B (pino 1 com 2 do dip switch);
- 7-C com 5-K (pino 1 do dip switch com o barramento de terra);
- 7-H com 3-M (chave 1 do dip switch com o pino 1 do 7404);
- 8-H com 5-M (chave 2 do dip switch com o pino 3 do 7404);
- 4-N com 11-N (pino 2 do 7404 com o pino 1 do 7408);
- 6-N com 12-N (pino 4 do 7404 com o pino 2 do 7408);
- 3-0 com 16-S (pino 1 do 7404 com o pino 9 do 7408);
- 16-T com 13-S (pino 9 do 7408 com o pino 12 do 7408);
- 5-0 com 15-N (pino 3 do 7404 com o pino 5 do 7408);
- 15-0 com 12-T (pino 5 do 7408 com o pino 13 do 7408);
- 11-0 com 14-0 (pino 1 do 7408 com o pino 4 do 7408);
- 12-0 com 15-S (pino 2 do 7408 com o pino 10 do 7408);
- 9-M com 9-K (pino 7 do 7404 com o barramento de terra);
- 17-M com 17-K (pino 7 do 7408 com o barramento de terra);

3-S com 3-L (pino 14 do 7404 com o barramento +5V);
11-S com 11-L (pino 14 do 7408 com o barramento +5V).

Agora, conecte os seguintes resistores:

R₁ entre os pontos 13-M e 23-M (resistor R₁ entre os pi
nos 3 do 7408 e pino 2 do FND 560, segmento d);

R₂ entre os pontos 16-N e 25-N (resistor R₂ entre os pi
nos 6 do 7408 e o pino 4 do FND 560, segmento c);

R₃ entre os pontos 17-S e 26-T (resistor R₃ entre os pi
nos 8 do 7408 e o pino 6 do FND 560, segmento b);

R₄ entre os pontos 14-V e 25-V (resistor R₄ entre os pi
nos 11 do 7408 e o pino 7 do FND 560, segmento a).

Finalizando, ligue o ponto 24-M com 25-K (pino 3 do FND 560 ao barramento de terra).

Antes de conectar a fonte ao barramento de terra e +5V, verifique se todas as ligações estão corretas.

Como o circuito apresenta duas variáveis de entrada, a tabela verdade (tabela 2) será a seguinte:

A	B	S1	S2	S3	S4
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

TABELA 02

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá preencher as colunas referentes às saídas S1 (LED D1-segmento d), S2 (LED D2-segmento c), S3 (LED D3-segmento b) e S4 (LED D4-segmento a).

TERCEIRA MONTAGEM:

Desenvolver o projeto de um circuito combinacional (deco-
dificador) alimentado por duas (2) entradas correspondentes -
ao sistema binário (A e B), capaz de fornecer em suas sete
saídas os números decimais de zero (0) a três (3).

A figura 6 ilustra um diagrama do circuito lógico a ser projetado.

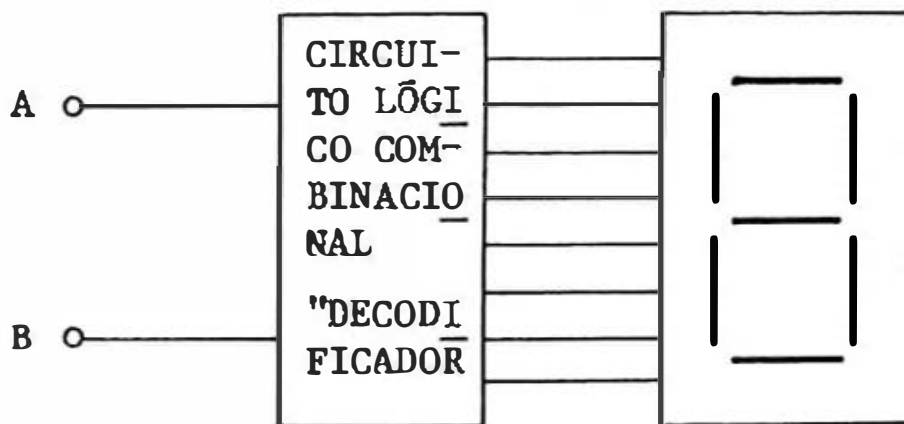


FIGURA 06

Para o desenvolvimento desse projeto, devemos seguir as seguintes orientações:

- 1 - montagem da tabela verdade;
- 2 - aplicação do processo de Vetch-Karnaugh;
- 3 - montagem do circuito.

1) MONTAGEM DA TABELA VERDADE

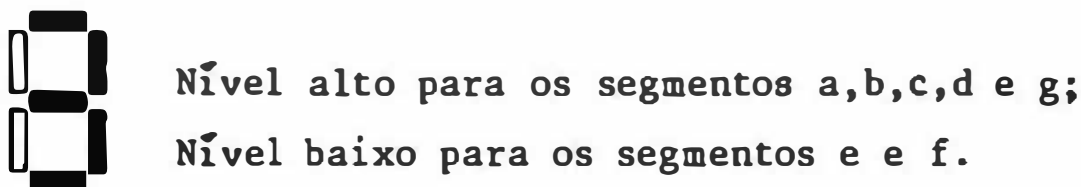
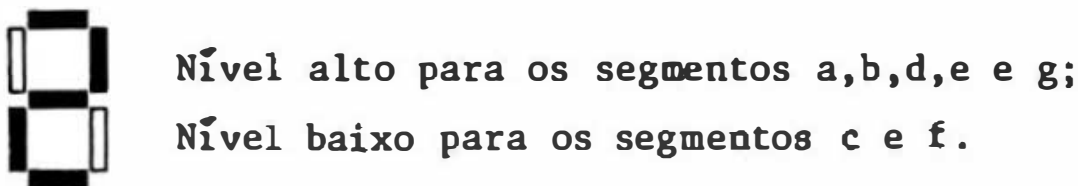
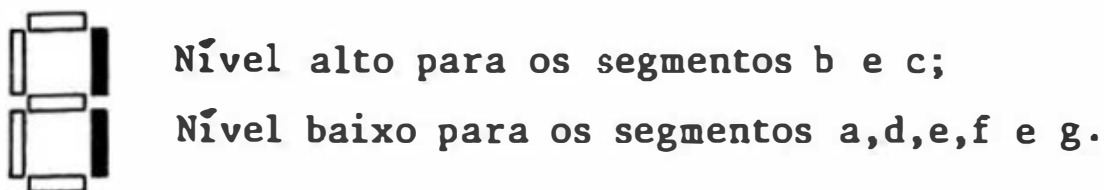
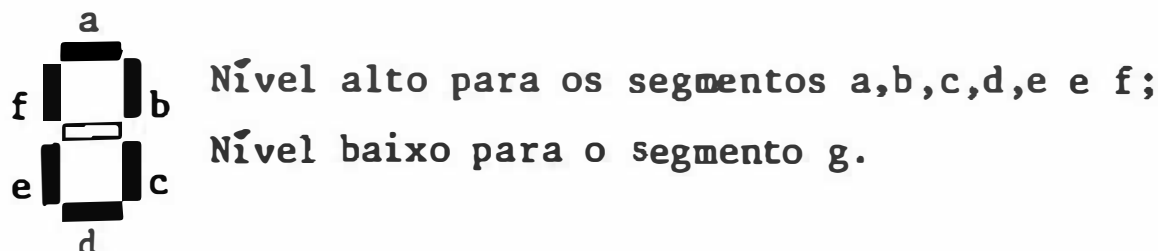
O primeiro passo para a montagem da tabela verdade é a determinação do número de linhas da mesma. Para tanto, é necessário que identifiquemos todas as variáveis de entrada. Neste projeto, temos duas (2) variáveis de estado (A e B), determinando, portanto, um número de linhas igual a 2^2 , ou seja, quatro (4) linhas. (tabela 3)

TABELA 03

A	B	NÚMERO DECIMAL
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Esse circuito, como já mencionamos anteriormente, decodifica quatro números binários para o decimal em sete segmentos -

tos. Dessa forma, para podermos executar o projeto, precisamos montar uma tabela, onde as saídas sejam em número de sete, devido os sete segmentos do display. Assim, cada número decimal deverá ser composto no display pela ativação a nível alto dos segmentos, da seguinte forma:



Conseqüentemente, teremos uma tabela da seguinte forma (tabela 4):

TABELA 04

A	B	a	b	c	d	e	f	g
0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0	0	1

2) APLICAÇÃO DO PROCESSO DE VETCH-KARNAUGH

A figura 7 ilustra a aplicação do mapa de Karnaugh.

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	1	0
A	1	1

$$a = A + \bar{B}$$

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	1	1
A	1	1

$$b = +V_{cc}$$

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	1	1
A	0	1

$$c = \bar{A} + B$$

	B	$\bar{B}$
$\bar{A}$	1	0
A	1	1

$$d = A + \bar{B}$$

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	1	0
A	1	0

$$e = \bar{B}$$

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	1	0
A	0	0

$$f = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

FIGURA 07

$$\begin{aligned} a &= A + \bar{B} \\ b &= +V_{cc} \\ c &= \bar{A} + B \\ d &= A + \bar{B} \\ e &= \bar{B} \\ f &= \bar{A} \cdot \bar{B} \\ g &= A \end{aligned}$$

	$\bar{B}$	B
$\bar{A}$	0	0
A	1	1

3) MONTAGEM DO CIRCUITO

A figura 8 ilustra o circuito do decodificador.

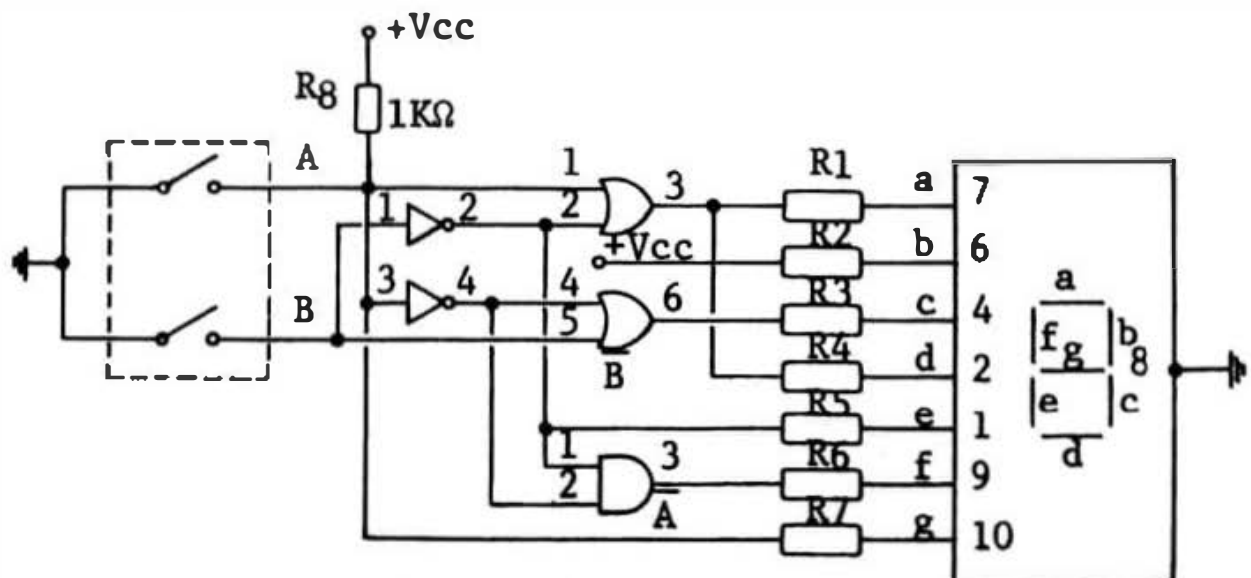


FIGURA 08

Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 7 resistores de 220Ω (R1 a R7);
- 1 CI. SN 7404 (porta inversora);
- 1 CI. SN 7408 (porta "E");
- 1 CI. SN 7432 (porta "OU");
- 1 display FND 560

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch, de modo que os terminais da chave 1 sejam conectados nos pontos 7E e 7F. Em seguida, conecte os CIs da seguinte forma:

- SN 7404 - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 3-Q e 3-R, respectivamente;

- SN 7408 - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente;

- SN 7432 - pinos 1 e 14 conectados nos pontos 19-Q e 19-R, respectivamente;

- display FND 560 - pinos 1 e 10 conectados nos pontos 28-P e 28-T, respectivamente.

Conecte também os seguintes resistores:

- R1 entre os pontos 28-C e 28-H;
- R2 entre os pontos 29-C e 29-H;
- R3 entre os pontos 30-C e 30-H;
- R4 entre os pontos 31-C e 31-H;
- R4 entre os pontos 32-C e 32-H;
- R5 entre os pontos 33-C e 33-H;
- R6 entre os pontos 34-C e 34-H;
- R7 entre os pontos 35-C e 35-H;
- R8 entre os pontos 19-N e 19-L.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 7-B (chave 1) com 8-B (chave 2);
- ponto 7-C (chave 1) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 7-G (chave 1) com 19-M (pino 1 do 7432);
- ponto 8-G (chave 2) com 23-M (pino 5 do 7432);
- ponto 19-N (pino 1 do 7432) com 5-M (pino 3 do 7474);
- ponto 19-O (pino 1 do 7432) com 34-A (resistor R7);

- ponto 23-N (pino 5 do 7432) com 3-M (pino 1 do 7404);
- ponto 4-M (pino 2 do 7404) com 20-M (pino 2 do 7432);
- ponto 6-M (pino 4 do 7404) com 22-M (pino 4 do 7432);
- ponto 20-N (pino 2 do 7432) com 11-N (pino 1 do 7408);
- ponto 22-N (pino 4 do 7432) com 12-N (pino 2 do 7408);
- ponto 21-M (pino 3 do 7432) com 28-A (resistor R1);
- ponto 29-L (barramento +Vcc) com 29-A (resistor R2);
- ponto 24-M (pino 6 do 7432) com 30-A (resistor R3);
- ponto 28-B (resistor R1) com 31-B (resistor R4);
- ponto 11-M (pino 1 do 7408) com 32-A (resistor R5);
- ponto 13-M (pino 3 do 7408) com 33-A (resistor R6);
- ponto 28-J (resistor R1) com 31-V (pino 7 do FND 560);
- ponto 29-J (resistor R2) com 32-V (pino 6 do FND 560);
- ponto 30-J (resistor R3) com 31-M (pino 4 do FND 560);
- ponto 31-J (resistor R4) com 29-M (pino 2 do FND 560);
- ponto 32-J (resistor R5) com 28-M (pino 1 do FND 560);
- ponto 33-J (resistor R6) com 29-V (pino 9 do FND 560);
- ponto 34-J (resistor R7) com 29-V (pino 10 do FND 560);
- ponto 30-M (pino 3 do FND 560) com 31-K (barramento de terra);
- ponto 25-M (pino 7 do 7432) com 25-K (barramento de terra);
- ponto 17-M (pino 7 do 7408) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 9-M (pino 7 do 7404) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 3-S (pino 14 do 7404) com 3-L (barramento +Vcc);
- ponto 11-S (pino 14 do 7408) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 19-S (pino 14 do 7432) com 19-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna de número decimal, referente à saída do circuito.

QUARTA MONTAGEM

A figura 9 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um decodificador BCD/sete segmentos.

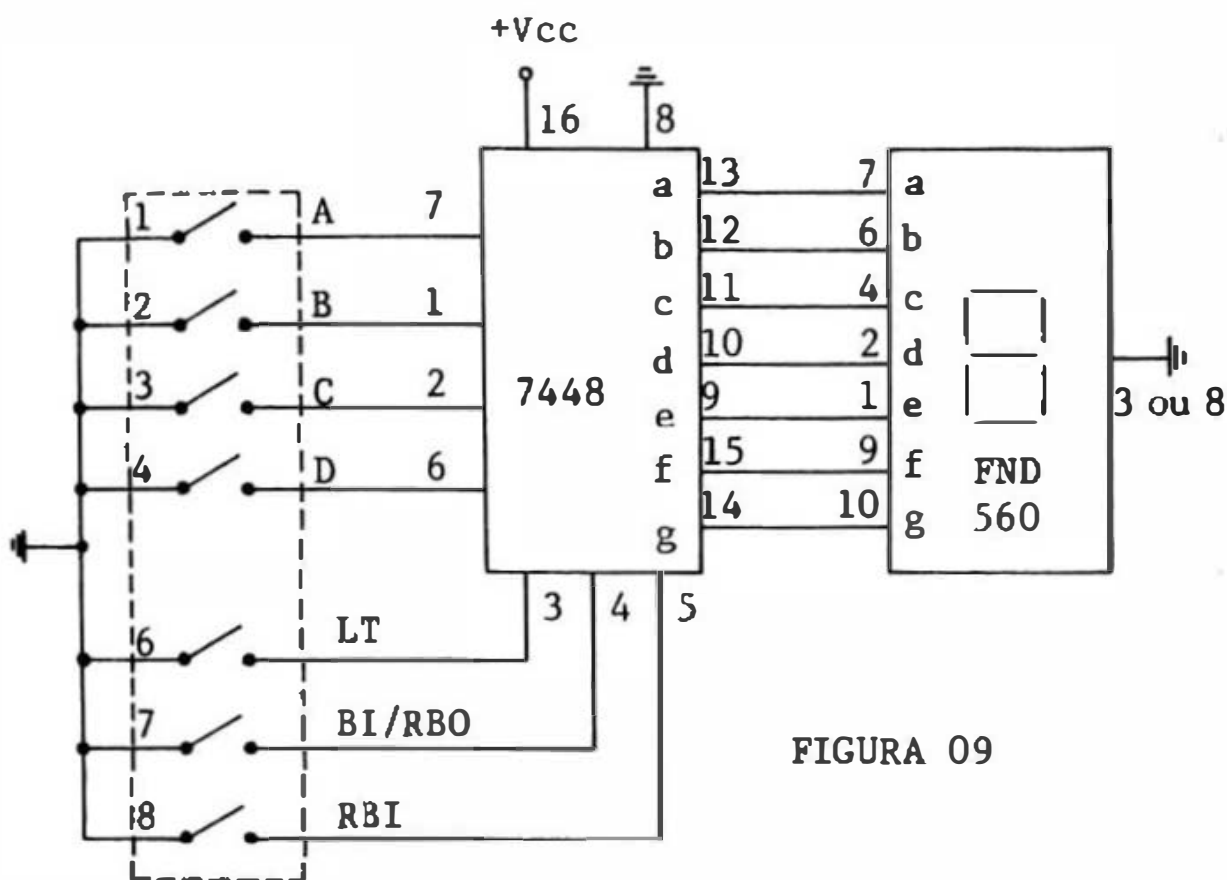


FIGURA 09

Lista de Materiais

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado (CI) 7448;
- 1 display FND 560.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe o CI SN 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 7-Q e 7-R, respectivamente. Fixe ainda o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 19-P e 19-T, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 7-C (chave 1) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 7-B (chave 1) com 8-B (chave 2);
- ponto 8-A (chave 2) com 9-A (chave 3);
- ponto 9-B (chave 3) com 10-B (chave 4);
- ponto 10-A (chave 4) com 12-A (chave 6);
- ponto 12-B (chave 6) com 13-B (chave 7);
- ponto 13-A (chave 7) com 14-A (chave 8);
- ponto 7-H (chave 1) com 13-M (pino 7 do 7448);
- ponto 8-H (chave 2) com 7-M (pino 1 do 7448);
- ponto 9-H (chave 3) com 8-M (pino 2 do 7448);
- ponto 10-H (chave 4) com 12-M (pino 6 do 7448);
- ponto 12-H (chave 6) com 9-M (pino 3 do 7448);
- ponto 13-H (chave 7) com 10-M (pino 4 do 7448);
- ponto 14-H (chave 8) com 11-M (pino 5 do 7448);
- ponto 14-S (pino 9 do 7448) com 19-M (pino 1 do FND560);
- ponto 13-S (pino 10 do 7448) com 20-M (pino 2 do FND560);
- ponto 12-S (pino 11 do 7448) com 22-M (pino 4 do FND560);
- ponto 11-S (pino 12 do 7448) com 23-U (pino 6 do FND560);
- ponto 10-S (pino 13 do 7448) com 22-U (pino 7 do FND560);
- ponto 9-S (pino 14 do 7448) com 19-U (pino 10 do FND560);
- ponto 8-S (pino 15 do 7448) com 20-U (pino 9 do FND560);
- ponto 7-S (pino 16 do 7448) com 7-L(barramento +Vcc);
- ponto 14-M(pino 8 do 7448) com 14-K (barramento de ter
ra);
- ponto 21-M(pino 3 do FND 560) com 21-K (barramento de
terra).

Uma vez finalizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Observe se os pinos 8 e 16 estão fixados nos respectivos barramentos de terra e +Vcc, bem como se o pino 3 do FND 560 está fixado no barramento de terra. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher as colunas de saídas a,b,c,d,e,f e g. A tabela 5 ilustra as variáveis de entrada ABCD, bem como as de controle LT, RBI e BI/RBO.

BI/RBO	ENTRADAS						SAÍDAS							NÚMERO DECIMAL
	LT	RBI	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
1	1	x	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
1	1	x	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	
1	1	x	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	
1	1	x	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	
1	1	x	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	
1	1	x	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
1	1	x	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
1	1	x	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	x	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	
1	1	x	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	
1	1	x	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
1	1	x	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
1	1	x	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	
1	1	x	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	
1	1	x	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	

TABELA 05

OBS.: 1 = chave aberta 

0 = chave fechada 

x = irrelevante, ou seja, tanto faz a chave estar aber
ta ou fechada.

Recomendamos a leitura de algumas informações sobre o 7448, antes de verificar a tabela verdade (tabela 5).

Inicialmente, iremos ilustrar o circuito lógico do decodificador 7448 (figura 10).

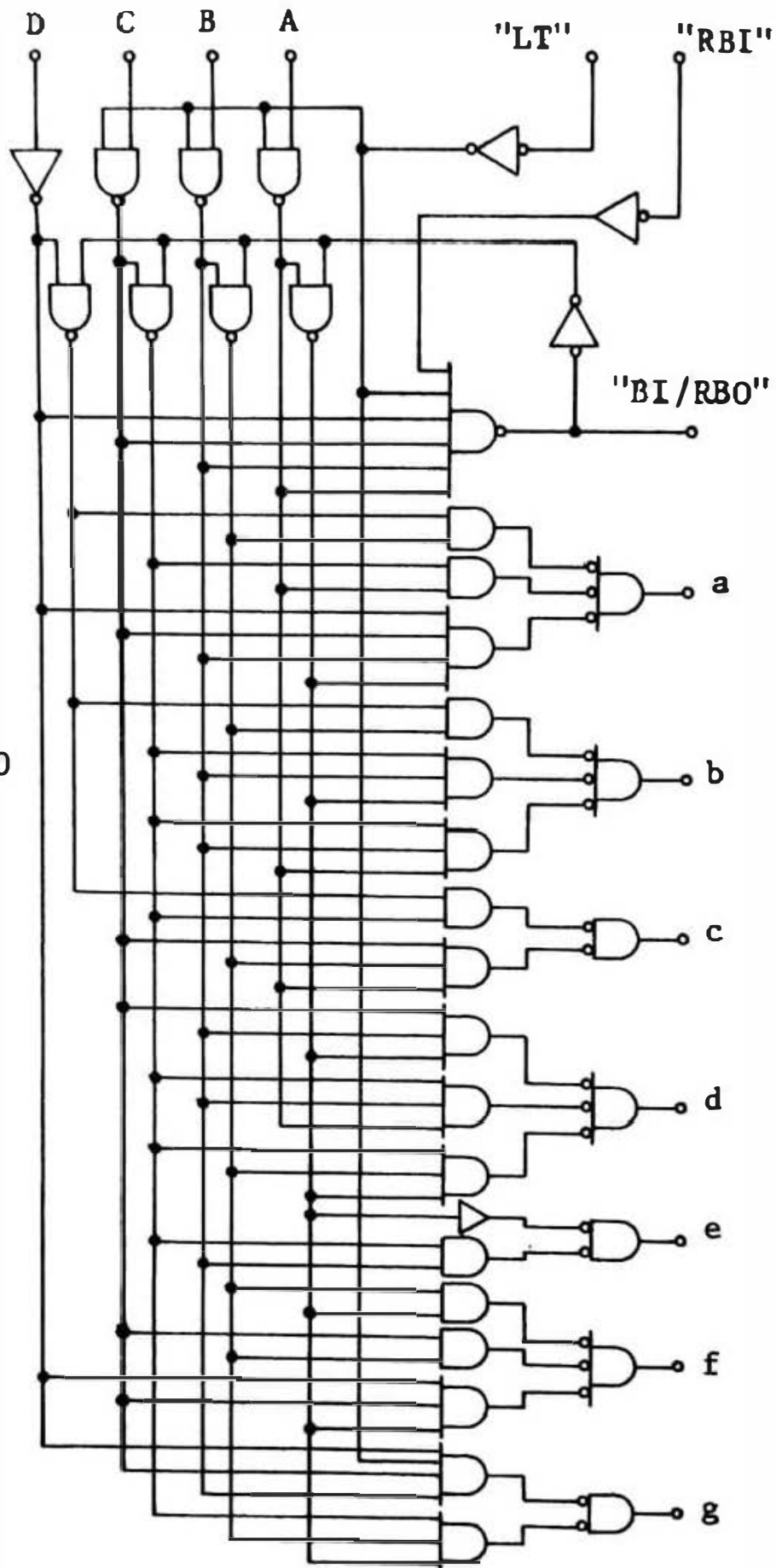


FIGURA 10

DIAGRAMA DE PORTAS LÓGICAS DE UM DECODIFICADOR BINÁRIO PARA SETE SEGMENTOS COM ENTRADA DE SUPRESSÃO DE ZERO, MODULAÇÃO E TESTE DE SEGMENTOS.

- Entrada "LT" (lamp test) teste de segmentos. A entrada "LT" é uma condição que permite a verificação do funcionamento de todos os seguimentos do display, sendo, portanto, útil à manutenção corretiva, bem como preventiva.

Assim, quando "LT" for igual a um ($LT=1$), o circuito não será afetado, ou seja, funcionará normalmente. Quando "LT" for igual a zero ($LT=0$), o circuito do decodificador será ativado e todas as saídas serão iguais a um(1), ou seja, o display apresentará o número oito(8) independentemente de qualquer que seja o número binário na entrada ABCD, pois esse comando tem prioridade sobre os demais.

- Entrada "RBI" (ripple blanking input) entrada de supressão de zero (apagamento) modulada. A entrada "RBI" é uma condição interessante, que permite suprimir (apagar) os seguimentos dos display, quando esse for zero(0).

Assim, quando "RBI" for igual a um ($RBI=1$), o circuito não será afetado, ou seja, funcionará normalmente. Quando "RBI" for igual a zero ($RBI=0$), o circuito do decodificador será desativado e todas as saídas serão iguais a zero(0), ou seja, o display não terá nenhum segmento aceso, quando as entradas ABCD forem iguais a zero(0). Observamos que a entrada "LT" também deverá estar ativada a um(1).

A finalidade dessa entrada é para suprimir os zeros não significativos. Por exemplo, se suprimirmos o zero do dígito mais significativo de um relógio digital, quando for 01,30Hs, na realidade os displays apresentarão 1,30 Hs, diminuindo, com isso, o consumo de energia.

- O comando "BI/RBO" (blanking input/ripple blanking output) entrada de supressão/saída modulada de supressão, funciona como entrada e saída. O comando "BI/RBO" é utilizado para transportar a supressão de zeros e ao mesmo tempo controlar a luminosidade do display.

Dessa forma, quando quisermos suprimir dois ou mais dígitos, deveremos interligar os pinos "BI/RBO" e "RBI". Por exemplo, se estivermos tomando a medida de frequência de 150 Hz em um freqüencímetro com cinco dígitos, teremos no painel 00150 Hz. Interligando os comandos "BI/RBO" e "RBI", como ilustra a figura 11, teremos no painel a seguinte leitura 150 Hz.

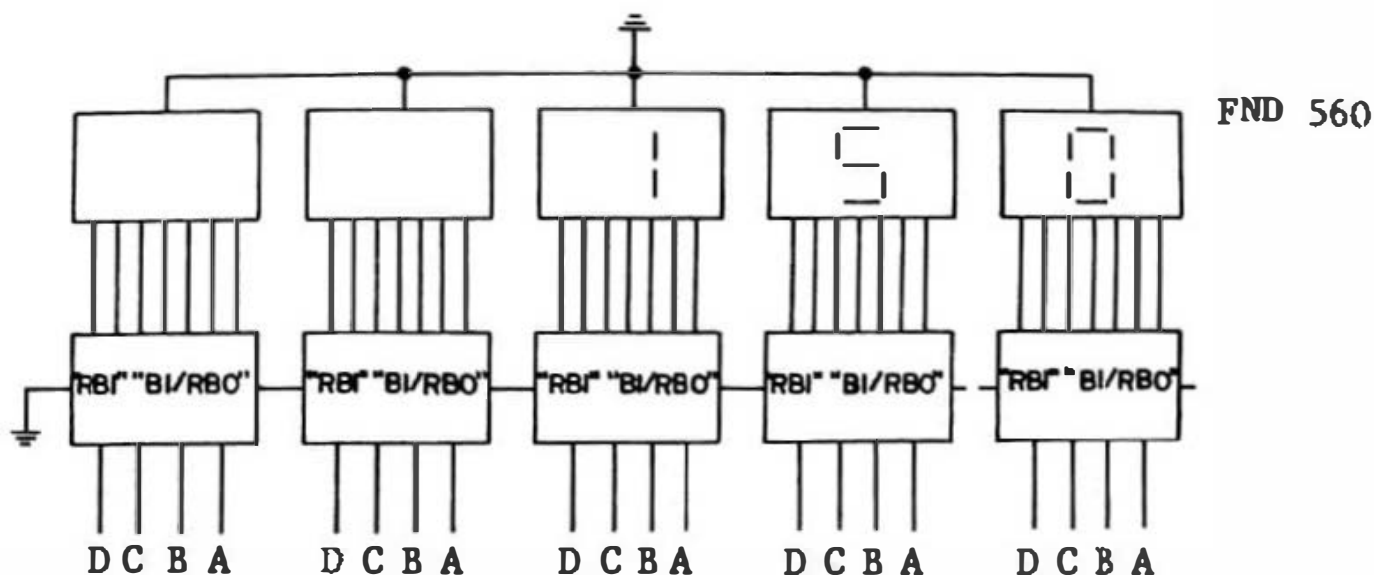


FIGURA 11

Podemos ainda, utilizando os comandos "RBI" e "BI/RBO", suprimir os zeros não significativos dos números fracionários. Por exemplo, se estivermos medindo a frequência de 8.05 Hz em um freqüencímetro de seis dígitos, teremos no painel a seguinte leitura: 008.050 Hz. Porém, se interligarmos os comandos "BI/RBO" e "RBI" como ilustra a figura 12, teremos no painel a seguinte leitura: 8.05 Hz.

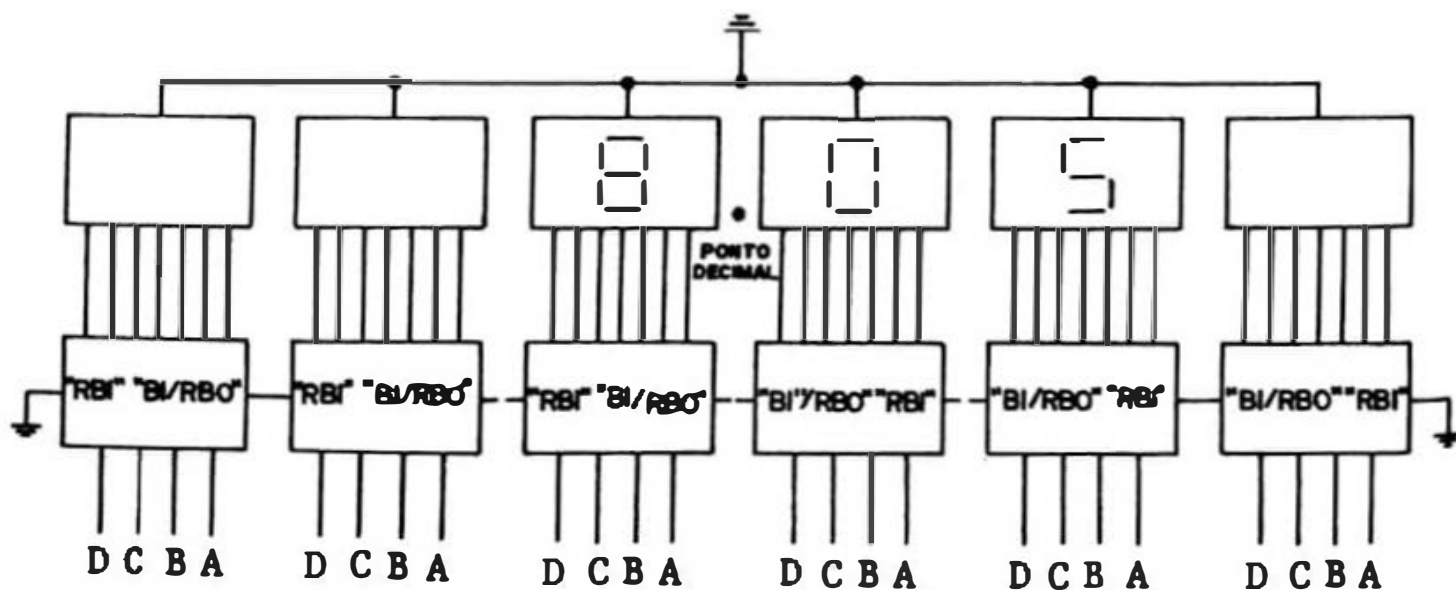


FIGURA 12

Agora, se ligarmos nesse comando "BI/RBO" um potenciômetro de 220Ω , por exemplo, o display poderá ser ajustado e com isso variar a luminosidade desde apagado até totalmente aceso. A figura 13 ilustra esta ligação.

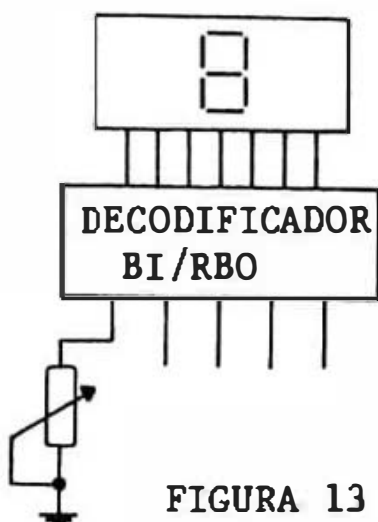
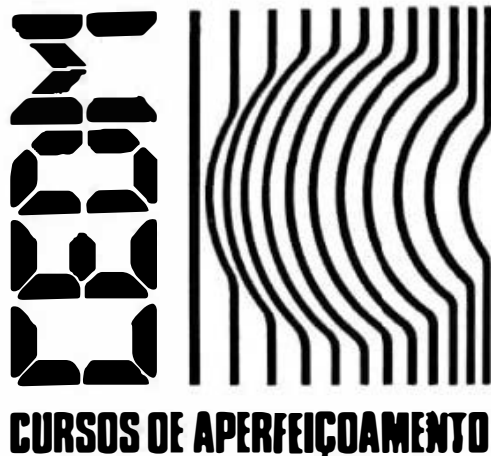


FIGURA 13

- As entradas ABCD são por onde se introduzem os números binários, para que sejam decodificados. Porém, quando o número binário for superior a nove, teremos os seguintes símbolos no display:

NÚMERO DECIMAL	NÚMERO BINÁRIO	SÍMBOLO
10	1 0 1 0	┌┐
11	1 0 1 1	┌┐└
12	1 1 0 0	┌└
13	1 1 0 1	┌┐┌
14	1 1 1 0	┌┐└└
15	1 1 1 1	apagado



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1842 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-13

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna de números decimais ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	apagado	apagado
1	1	.	.
2	2	1	0
3	3	3	1
4	4	6	2
5	5	8	3
6	8	2	4
7	7	4	5
8	6	7	6
9	9	5	7
10	.	9	8
11	apagado	A	9
12	B	0	10

- 5) Com relação ao circuito da figura 4, se tivermos as chaves A,B,C,D,E,F,G e H a níveis lógicos, iguais a: 1000111 res_pectivamente, o display exibirá o símbolo:

a) 

b) 

c) 

d) 

- 6) Com relação ao circuito da figura 10, se tivéssemos as entradas e os comandos, como ilustra a tabela abaixo, o display exibiria o símbolo:

BI/RBO	LT	RBI	D C B A	NÚMERO DECIMAL
1	0	1	0 0 1 1	3 3 (3)

↑
Tente todos o
display

a) 

b) 

c) apagado;

d) aceso.

- 7) Com relação ao circuito da figura 10, se tivermos as entradas e os comandos, como ilustra a tabela abaixo, o display exibirá o símbolo:

BI/RBO	LT	RBI	D C B A	NÚMERO DECIMAL
0	1	0	0 1 0 1	5 5 (5)

a)

b) tudo aceso;

c) tudo apagado;

d)

8) Com relação ao circuito da figura 10, se tivermos as entradas e os comandos, como ilustra a tabela abaixo, o display exibirá o símbolo:

BI/RBO	LT	RBI	D	C	B	A	NÚMERO DECIMAL
1	1	1	0	0	0	1	1 (1)

a)

b)

c) tudo apagado;

d)

*circuito
tudo linha*

9) Com relação ao circuito da figura 10, se tivermos as entradas e os comandos, como ilustra a tabela abaixo, o display exibirá o símbolo:

BI/RBO	LT	RBI	D	C	B	A	NÚMERO DECIMAL
0	0	0	0	1	1	1	7 (7)

a)

b) tudo apagado;

c)

d)

- 10) A finalidade da entrada "LT" no decodificador 7448 é para:
- a) apagar todos os segmentos;
 - (b) ativar todos os segmentos;
 - c) transportar a supressão de zeros;
 - d) N.R.A.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-14

MANUAL DE PRÁTICAS MP-14

INTRODUÇÃO:

Nesta lição, daremos continuidade ao assunto sobre a prática de circuitos combinacionais, focalizando mais propriamente os circuitos codificadores. Assim como os decodificadores, os codificadores são utilizados normalmente para converter - uma linguagem para outra. Sabemos, por exemplo, que as operações aritméticas de uma calculadora são executadas em binário, porém esses dados deverão ser introduzidos via teclado, - no sistema decimal para uma maior comodidade do operador. Esses dados, portanto, devem ser convertidos do sistema decimal para o binário a fim de que possam ser processados.

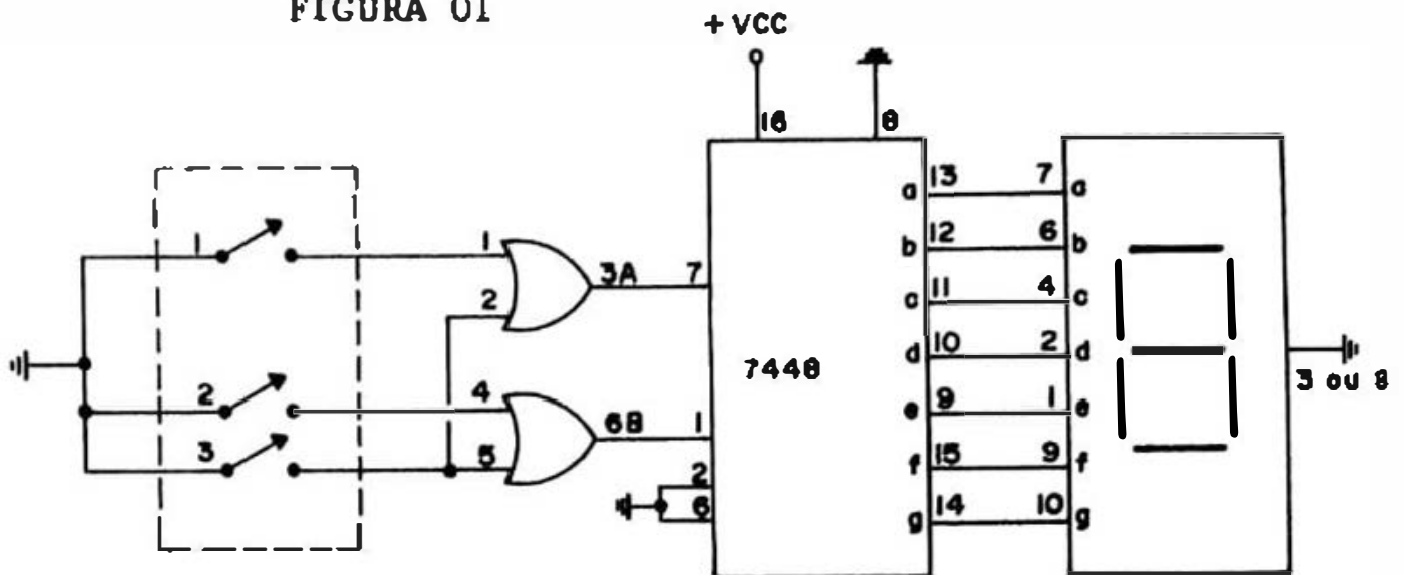
Ainda nesta lição, iremos abordar a prática de circuitos aritméticos, tais como somadores e subtratores. Esses circuitos são amplamente utilizados em calculadoras, computadores, etc.

As apostilas ED-14 e ED-15 tratam da parte teórica do assunto, nesta trataremos da parte prática.

PRIMEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 1. Esse circuito codifica os números decimais de zero(0) a três (3).

FIGURA 01



TECLA (CHAVE)	SAÍDA	
	BINÁRIA	DECIMAL
3 2 1	B A	
0 0 0	0 0	0
0 0 1	0 1	1
0 1 0	1 0	2
1 0 0	1 1	3

TABELA 1

LISTA DE MATERIAIS:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7432
- 1 circuito integrado 7448
- 1 display FND 560

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes a chave 1 fiquem conectados nos

pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe o CI SN 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 4-Q e 4-R, respectivamente. Fixe também o CI SN 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 13-Q e 13-R, respectivamente. Fixe ainda o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 25-P e 25-T, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 7-D(chave 1) com 5-K(barramento de terra);
- ponto 7-C(chave 1) com 8-C(chave 2);
- ponto 8-D(chave 2) com 9-D(chave 3);
- ponto 7-I(chave 1) com 4-P(pino 1 do 7432);
- ponto 8-I(chave 2) com 7-P(pino 4 do 7432);
- ponto 9-I(chave 3) com 8-P(pino 5 do 7432);
- ponto 5-O(pino 2 do 7432) com 8-O(pino 5 do 7432);
- ponto 6-P(pino 3 do 7432) com 19-P(pino 7 do 7448);
- ponto 9-P(pino 6 do 7432) com 13-P(pino 1 do 7448);
- ponto 14-P(pino 2 do 7448) com 18-P(pino 6 do 7448);
- ponto 18-O(pino 6 do 7448) com 20-O(pino 8 do 7448);
- ponto 20-S(pino 9 do 7448) com 25-O(pino 1 do FND 560);
- ponto 19-S(pino 10 do 7448) com 26-O(pino 2 do FND 560);
- ponto 18-S(pino 11 do 7448) com 28-O(pino 4 do FND 560);
- ponto 17-S(pino 12 do 7448) com 29-U(pino 6 do FND 560);
- ponto 16-S(pino 13 do 7448) com 28-U(pino 7 do FND 560);
- ponto 15-S(pino 14 do 7448) com 25-U(pino 10 do FND 560);
- ponto 14-S(pino 15 do 7448) com 26-U(pino 9 do FND 560);
- ponto 13-S(pino 16 do 7448) com 13-L(barramento +Vcc);
- ponto 4-S(pino 14 do 7432) com 4-L(barramento +Vcc);
- ponto 10-P(pino 7 do 7432) com 10-K (barramento do terra);
- ponto 20-N(pino 8 do 7448) com 20-K(barramento do terra);
- ponto 27-O(pino 3 do FND 560) com 27-K(barramento do terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

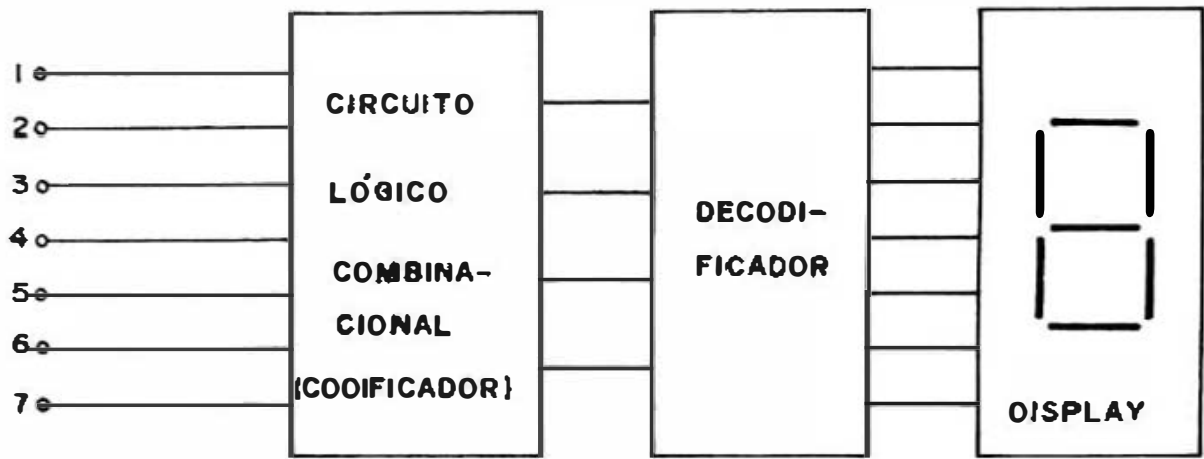
Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de número decimal, referente à saída do circuito (display).

SEGUNDA MONTAGEM:

Desenvolver o projeto de um circuito combinacional (codificador) alimentado por sete (7) entradas correspondentes ao sistema octal, capaz de fornecer em suas três saídas os números binários de zero (0) a sete (7).

A figura 2 ilustra um diagrama do circuito lógico a ser projetado.

FIGURA 02



Para o desenvolvimento desse projeto, devemos seguir as seguintes orientações:

- 1 - montagem da tabela verdade;
- 2 - aplicação do processo de quine-Mccluskey;
- 3 - montagem e funcionamento do circuito.

1) MONTAGEM DA TABELA VERDADE

Para montarmos a tabela verdade, basta tomarmos os números a serem codificados, ou seja, de 1 a 7 e ordená-los como índices das variáveis de entrada. E para a saída utilizamos como índices as letras A, B e C. (Veja tabela 2).

POT. DE 2	ENTRADA (TECLA)	SAÍDA	
	7 6 5 4 3 2 1	C B A	Nº DECIMAL
0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0	0
1(1)	0 0 0 0 0 0 1	0 0 1	1
2(2)	0 0 0 0 0 1 0	0 1 0	2
4(3)	0 0 0 0 1 0 0	0 1 1	3
8(4)	0 0 0 1 0 0 0	1 0 0	4
16(5)	0 0 1 0 0 0 0	1 0 1	5
32(6)	0 1 0 0 0 0 0	1 1 0	6
64(7)	1 0 0 0 0 0 0	1 1 1	7

TABELA 2

Na coluna potência de dois (2), temos por exemplo, o valor 4 que corresponde à tecla nº 3. Esta tem peso quatro (4) por ser em binário o número 100(2). As demais potências são determinadas dessa mesma forma.

2) APLICAÇÃO DO PROCESSO DE QUINE-MCCLUSKEY

Para aplicarmos o processo de Quine-Mccluskey com bons resultados, que é muito trabalhoso, necessitamos dos termos irrelevantes. Porém podemos executar o projeto utilizando as potências de dois (2), pois sabemos que no final todas as portas são do tipo OU (OR).

Assim temos:

TABELA 3

POTÊNCIA DE DOIS(2)	C	B	A
			1(1)
		2(2)	
		4(3)	4(3)
	8(4)		
	16(5)		16(5)
	32(6)	32(6)	
	64(7)	64(7)	64(7)

Obs.: O número entre parênteses indica o número da tecla.

$$A = 1(1) + 4(3) + 16(5) + 64(7)$$

$$B = 2(2) + 4(3) + 32(6) + 64(7)$$

$$C = 8(4) + 16(5) + 32(6) + 64(7)$$

3) MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

De posse das expressões de A, B e C montamos o circuito, veja figura 3.

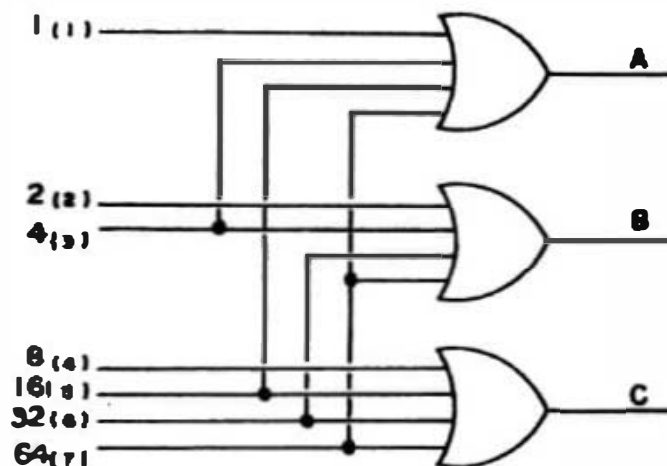


FIGURA 03

Notamos pela figura 3 que todas as portas são do tipo "OU" de quatro entradas, porém só possuímos porta "OU" de duas entradas, por isso devemos proceder uma implementação com outras portas sem que altere a lógica final do circuito. Na figura 4, há ilustrado um circuito implementado dessa forma.

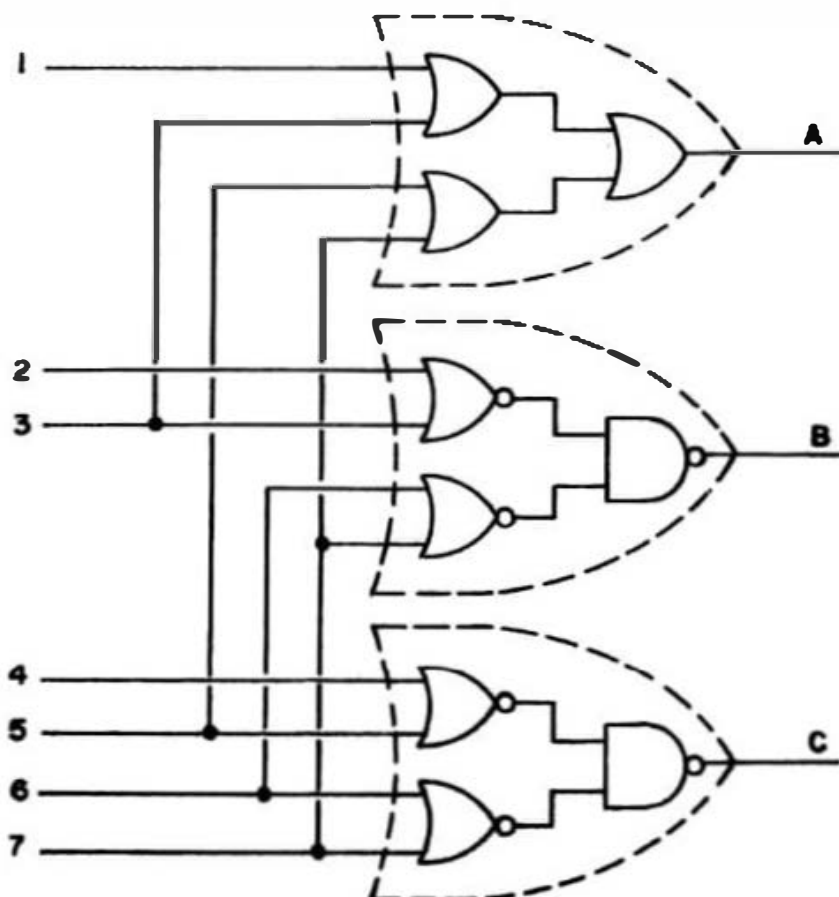


FIGURA 04

A figura 5 ilustra o circuito a ser montado.

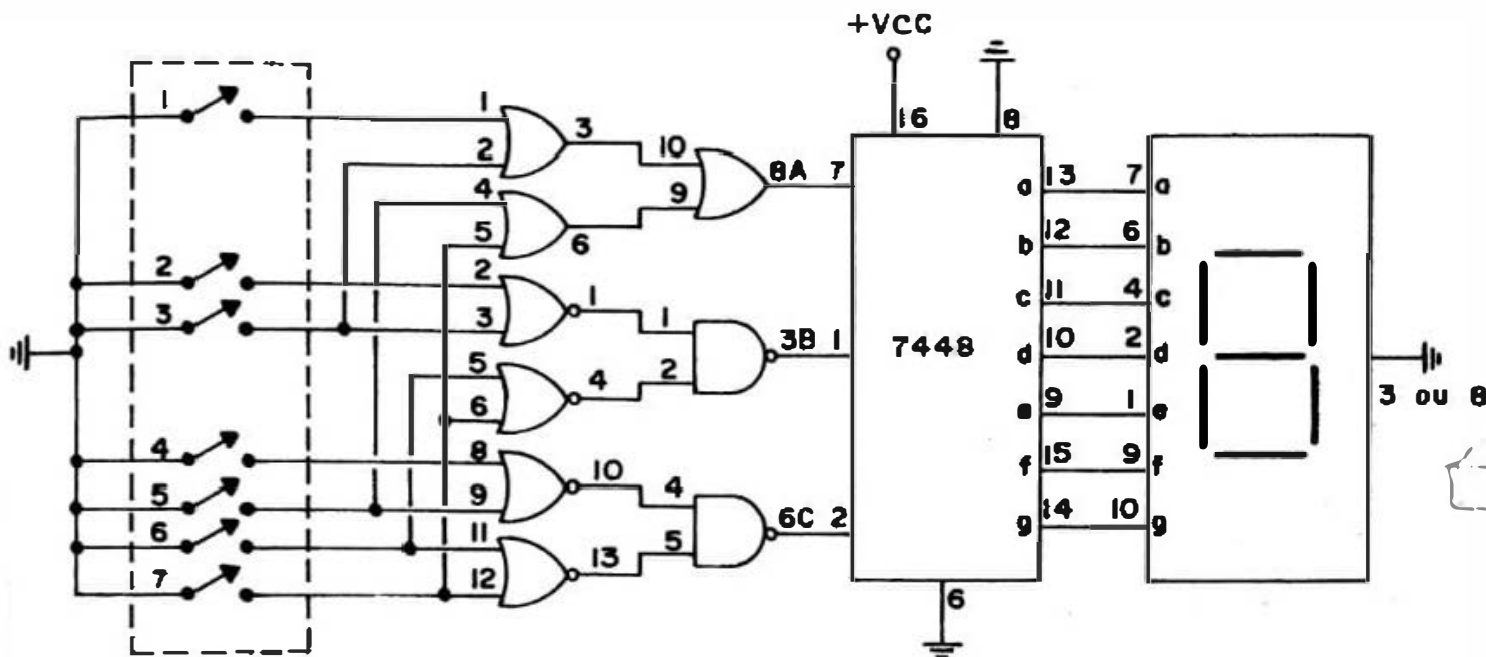


FIGURA 05

Lista de Materiais:

- 1 - dip switch;
- 1 - circuito integrado (CI) 7432;
- 1 - circuito integrado (CI) 7402;
- 1 - circuito integrado (CI) 7400;
- 1 - circuito integrado (CI) 7448;
- 1 - display FND 560.

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe o CI 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 19-E e 19-F respectivamente. Fixe o CI 7402, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 2-Q e 2-R respectivamente. Fixe o CI 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 10-Q e 10-R respectivamente. Fixe o CI 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 18-Q e 18-R respectivamente. Fixe ainda o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 29-0 e 29-S, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 5-K (barramento de terra) com 7-D (chave 1);
- ponto 7-C (chave 1) com 8-C (chave 2);
- ponto 8-D (chave 2) com 9-D (chave 3);
- ponto 9-C (chave 3) com 10-C (chave 4);
- ponto 10-D (chave 4) com 11-D (chave 5);
- ponto 11-C (chave 5) com 12-C (chave 6);
- ponto 12-D (chave 6) com 13-D (chave 7);
- ponto 7-J (chave 1) com 19-D (pino 1 do 7432);
- ponto 8-J (chave 2) com 3-P (pino 2 do 7402);
- ponto 9-J (chave 3) com 4-P (pino 3 do 7402);
- ponto 10-J (chave 4) com 8-S (pino 8 do 7402);
- ponto 11-J (chave 5) com 7-S (pino 9 do 7402);
- ponto 12-J (chave 6) com 5-S (pino 11 do 7402);
- ponto 13-J (chave 7) com 4-S (pino 12 do 7402);
- ponto 20-C (pino 2 do 7432) com 9-I (chave 3);
- ponto 22-C (pino 4 do 7432) com 11-I (chave 5);
- ponto 23-C (pino 5 do 7432) com 13-I (chave 7);
- ponto 6-P (pino 5 do 7402) com 5-T (pino 11 do 7402);
- ponto 7-P (pino 6 do 7402) com 4-T (pino 12 do 7402);
- ponto 21-D (pino 3 do 7432) com 23-G (pino 10 do 7432);
- ponto 24-D (pino 6 do 7432) com 24-G (pino 9 do 7432);
- ponto 25-G (pino 8 do 7432) com 24-P (pino 7 do 7448);
- ponto 19-G (pino 14 do 7432) com 19-L (barramento +Vcc);
- ponto 25-D (pino 8 do 7432) com 25-K (barramento de terra);
- ponto 2-P (pino 1 do 7402) com 10-P (pino 1 do 7400);
- ponto 5-P (pino 4 do 7402) com 11-P (pino 2 do 7400);
- ponto 12-P (pino 3 do 7400) com 18-P (pino 1 do 7448);
- ponto 6-S (pino 10 do 7402) com 13-P (pino 4 do 7400);
- ponto 3-S (pino 13 do 7402) com 14-P (pino 5 do 7400);
- ponto 15-P (pino 6 do 7400) com 19-P (pino 2 do 7448);
- ponto 2-S (pino 14 do 7402) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 8-P (pino 7 do 7402) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 10-S (pino 14 do 7400) com 10-L (barramento +Vcc);
- ponto 16-P (pino 7 do 7400) com 16-K (barramento de terra);
- ponto 23-0 (pino 6 do 7448) com 25-0 (pino 8 do 7448);
- ponto 25-N (pino 8 do 7448) com 26-K (barramento de terra);
- ponto 25-S (pino 9 do 7448) com 29-N (pino 1 do FND 560);
- ponto 24-S (pino 10 do 7448) com 30-N (pino 2 do FND 560);
- ponto 23-S (pino 11 do 7448) com 32-N (pino 4 do FND 560);
- ponto 22-S (pino 12 do 7448) com 33-T (pino 6 do FND 560);
- ponto 21-S (pino 13 do 7448) com 32-T (pino 7 do FND 560);

- ponto 20-S (pino 14 do 7448) com 29-T (pino 10 do FND 560);
- ponto 19-S (pino 15 do 7448) com 30-T (pino 9 do FND 560);
- ponto 18-T (pino 16 do 7448) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 31-N (pino 3 do FND 560) com 31-K (barramento de terra);

Uma vez finalizada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas. Observe se os pinos 7 e 14 dos CIs 7400, 7402 e 7432, os pinos 8 e 16 do CI 7448 e o pino 3 do display FND 560 estão fixados nos respectivos barramentos de terra e +Vcc. Em seguida, conecte a fonte de alimentação ao circuito.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna de saída de nº decimal.

TECLADO DECIMAL PARA BINÁRIO

Vamos mostrar aqui somente como desenvolver o projeto de um codificador de 10 linhas. Os interessados em prová-lo, deverão proceder uma implementação lógica, como a do circuito anterior.

Inicialmente, montaremos a tabela verdade.

POT. DE 2	ENTRADAS (TECLA)	SAÍDAS			
	9 8 7 6 5 4 3 2 1	D	C	B	A Nº DECIMAL
0(0)	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	0	0	0
1(1)	0 0 0 0 0 0 0 0 1	0	0	0	1
2(2)	0 0 0 0 0 0 0 1 0	0	0	1	2
4(3)	0 0 0 0 0 0 1 0 0	0	0	1	3
8(4)	0 0 0 0 0 1 0 0 0	0	1	0	4
16(5)	0 0 0 0 1 0 0 0 0	0	1	0	5
32(6)	0 0 0 1 0 0 0 0 0	0	1	1	6
64(7)	0 0 1 0 0 0 0 0 0	0	1	1	7
128(8)	0 1 0 0 0 0 0 0 0	1	0	0	8
256(9)	1 0 0 0 0 0 0 0 0	1	0	0	9

TABELA 4

Passando as informações da tabela para a expressão, temos:

$$A = 1(1) + 4(3) + 16(5) + 64(7) + 256(9)$$

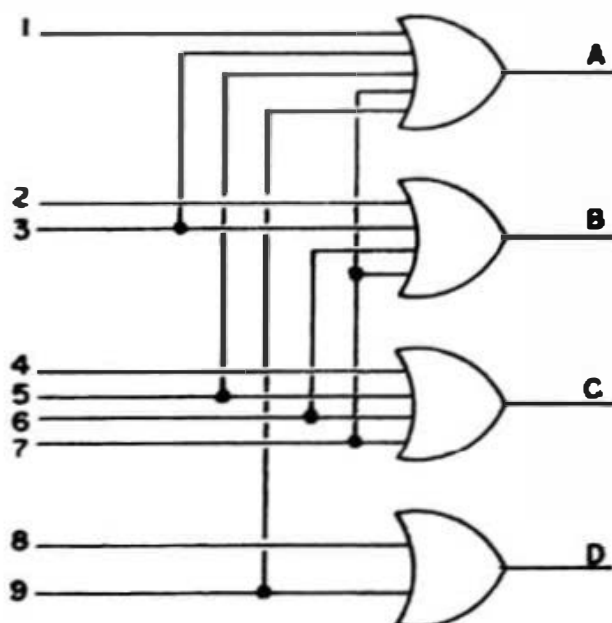
$$B = 2(2) + 4(3) + 32(6) + 64(7)$$

$$C = 8(4) + 16(5) + 32(6) + 64(7)$$

$$D = 128(8) + 256(9)$$

De posse das expressões, desenvolvemos o circuito e esse será como ilustra a figura 6.

FIGURA 06

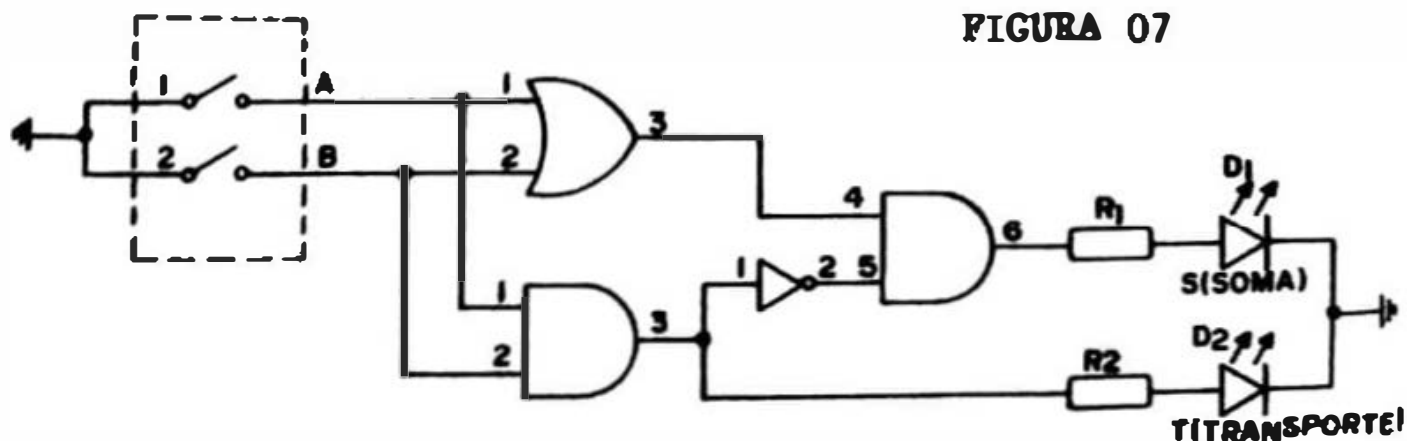


Esses codificadores podem ser montados, utilizando o circuito integrado 74147 e 74148. (Veja apostila ED-14).

TERCEIRA MONTAGEM

A figura 7 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um semi-somador (half-addres). A apostila ED-15 traz a parte teórica desse assunto.

FIGURA 07



Lista de Materiais:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 2 resistores (R1 e R2) 220Ω 1/4W;
- 2 diodos emissores de luz (Leds D1 e D2);

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe os CIs: 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 2-Q e 2-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 10-Q e 10-R; 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados - nos pontos 18-Q e 18R, respectivamente.

Conecte também os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

- R1 entre os pontos 29-T e 29-N;
- R2 entre os pontos 31-T e 31-N;
- D1 entre os pontos 29-M e 29-K;
- D2 entre os pontos 31-M e 31-K;

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 5-K(barramento de terra) com 7-D(chave 1);
- ponto 7-C(chave 1) com 8-C(chave 2);
- ponto 7-J(chave 1) com 2-P(pino 1 do 7432);
- ponto 8-J(chave 2) com 3-P(pino 2 do 7432);
- ponto 2-0(pino 1 do 7432) com 10-0(pino 1 do 7408);
- ponto 3-0(pino 2 do 7432) com 11-0(pino 2 do 7408);
- ponto 4-P(pino 3 do 7432) com 13-P(pino 4 do 7408);
- ponto 12-0(pino 3 do 7408) com 18-0(pino 1 do 7404);
- ponto 19-P(pino 2 do 7404) com 14-P(pino 5 do 7408);
- ponto 15-P(pino 6 do 7408) com 29-U(resistor R1);
- ponto 12-M(pino 3 do 7408) com 31-U(resistor R2);
- ponto 2-S(pino 14 do 7432) com 2-L(barramento +Vcc);
- ponto 8-M(pino 7 do 7432) com 8-K(barramento de terra);
- ponto 10-S(pino 14 do 7408) com 10-L(barramento +Vcc);
- ponto 16-M(pino 7 do 7408) com 16-K(barramento de terra);

- ponto 18-S(pino 14 do 7404) com 19-L(barramento +Vcc);
- ponto 24-P(pino 7 do 7404) com 25-K(barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher a coluna "S" (soma) e "T" (transporte) referente à saída do circuito.

ENTRADA(CHAVES)		SAÍDAS	
A	B	S	T
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

TABELA 5

Esse mesmo circuito poderia ter sido montado, conforme ilustra a figura 8.

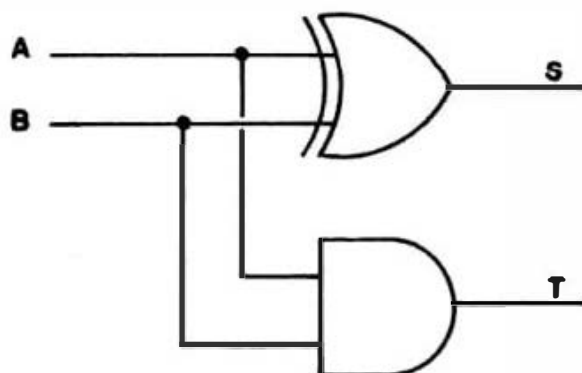
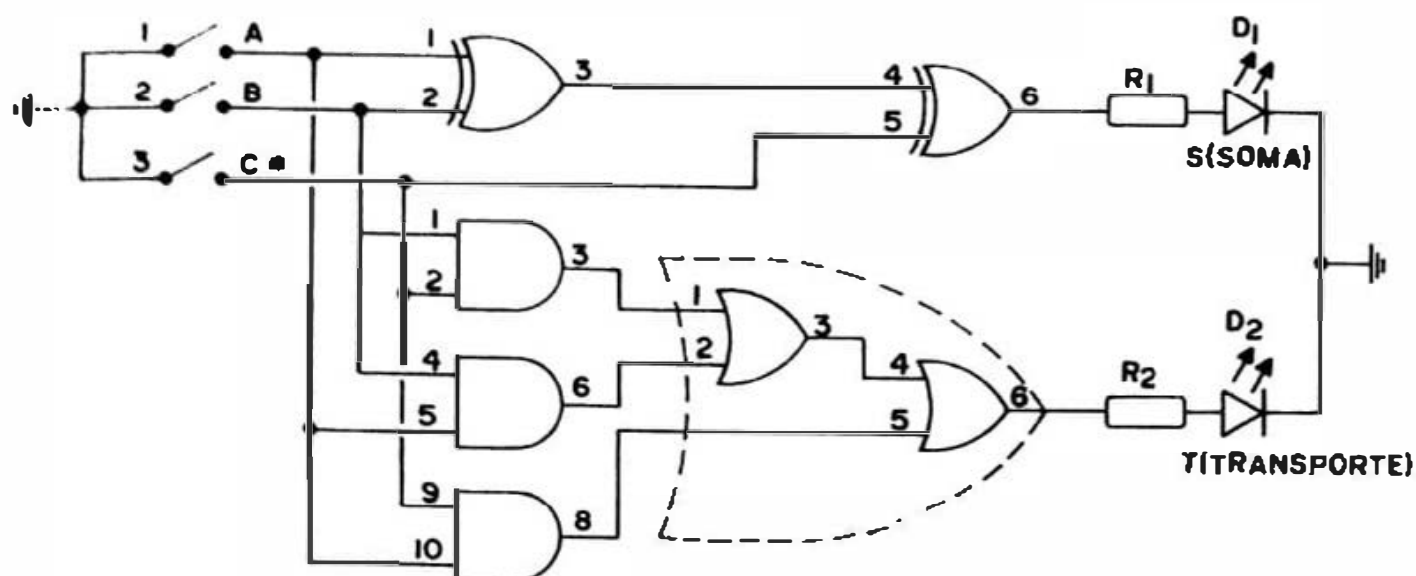


FIGURA 08

QUARTA MONTAGEM

A figura 9 ilustra o circuito a ser montado, trata-se de um somador completo (full-addres).

FIGURA 09



* C = Transporte (vem um)

Lista de Materiais

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 circuito integrado 7486;
- 2 resistores (R_1 e R_2) de 220Ω 1/4W
- 2 diodos emissores de luz (LEDs D_1 e D_2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes a chave 1 fiquem conectados nos pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe os CIs: 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 17-Q e 17-R, respectivamente.

Fixe, ainda, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

- R_1 entre os pontos 29-T e 29-N;
- R_2 entre os pontos 31-T e 31-N;
- D_1 entre os pontos 29-M e 29-K;
- D_2 entre os pontos 31-M e 31-K.

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 7-J(chave 1) com 1-M (pino 1 do 7486);
- ponto 8-J(chave 2) com 2-M (pino 2 do 7486);
- ponto 9-J(chave 3) com 5-M (pino 5 do 7486);
- ponto 3-P(pino 3 do 7486) com 4-P (pino 4 do 7486);
- ponto 6-P(pino 6 do 7486) com 29-U(resistor R1);
- ponto 5-N(pino 5 do 7486) com 10-N(pino 2 do 7408);
- ponto 10-O(pino 2 do 7408) com 14-S(pino 9 do 7408);
- ponto 2-N(pino 2 do 7486) com 9-N(pino 1 do 7408);
- ponto 9-M(pino 1 do 7408) com 12-M(pino 4 do 7408);
- ponto 1-N(pino 1 do 7486) com 13-N(pino 5 do 7408);
- ponto 13-P(pino 5 do 7408) com 13-S(pino 10 do 7408);
- ponto 11-N(pino 2 do 7408) com 17-N(pino 1 do 7432);
- ponto 14-N(pino 6 do 7408) com 18-N(pino 2 do 7432);
- ponto 15-S(pino 8 do 7408) com 21-N(pino 5 do 7432);
- ponto 19-N(pino 3 do 7432) com 20-N(pino 4 do 7432);
- ponto 22-N(pino 6 do 7432) com 31-U(resistor R2);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-M(pino 7 do 7486) com 7-K(barramento de terra);
- ponto 9-S(pino 14 do 7408) com 9-L(barramento +Vcc);
- ponto 15-N(pino 7 do 7408) com 15-K(barramento de terra);
- ponto 17-S(pino 14 do 7432) com 17-L(barramento +Vcc);
- ponto 23-N(pino 7 do 7432) com 23-K(barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna "S" (soma) e "T" (transporte), referente à saída do circuito.

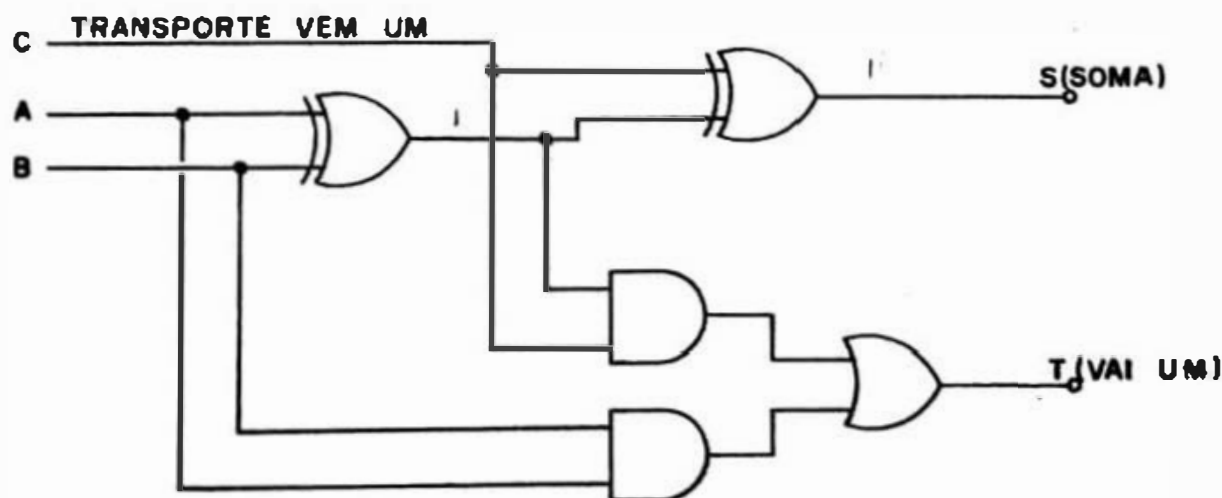
ENTRADA (CHAVES)			SAÍDAS	
A	B	C*	S	T
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

TABELA 6

* C = Transporte(Vem um)

Esse circuito poderia ter sido montado conforme ilustra a figura 10.

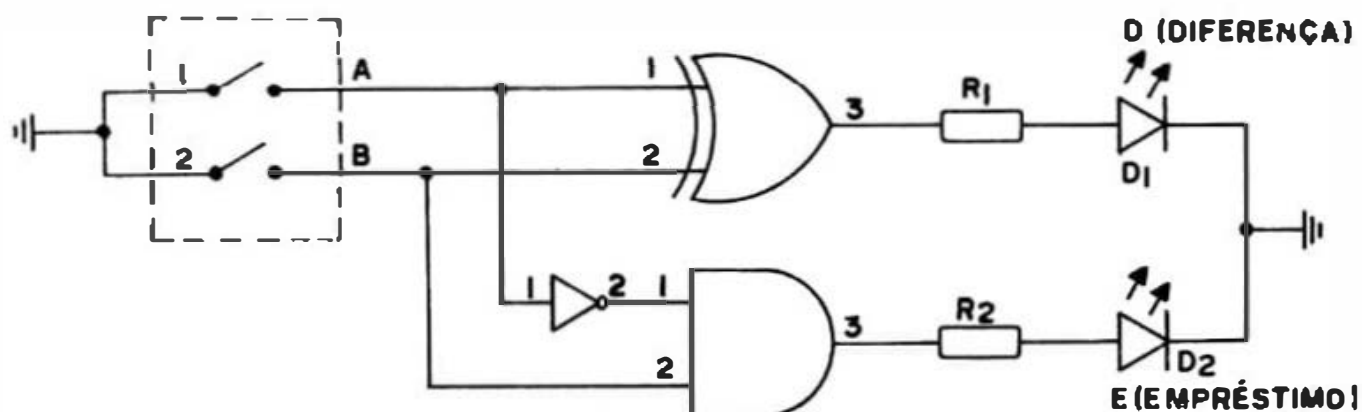
FIGURA 10



QUINTA MONTAGEM

A figura 11 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um semi-subtrator. Mais uma vez alertamos que qualquer dificuldade encontrada pelo aluno, deve ser sanada, consultando a apostila teórica ED-15. E se ainda persistir a dúvida, o aluno deverá recorrer ao departamento de consultas técnicas.

FIGURA 11



Lista de Materiais:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7486;
- 2 resistores (R_1 e R_2) de 220Ω 1/4W;
- 2 diodos emissores de luz (LEDs D_1 e D_2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 7-E e 7-F. Em seguida, fixe os CIs: 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 17-Q e 17-R, respectivamente.

Fixe, ainda, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

- R_1 entre os pontos 29-T e 29-N;
- R_2 entre os pontos 31-T e 31-N;
- D_1 entre os pontos 29-M e 29-K;
- D_2 entre os pontos 31-M e 31-K.

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 5-K(barramento de terra) com 7-D (chave 1);
- ponto 7-C (chave 1) com 8-C (chave 2);

- ponto 7-J (chave 1) com 1-P (pino 1 do 7486);
- ponto 8-J (chave 2) com 2-P (pino 2 do 7486);
- ponto 3-P (pino 3 do 7486) com 29-U (resistor R1);
- ponto 1-O (pino 1 do 7486) com 9-P (pino 1 do 7404);
- ponto 10-P (pino 2 do 7404) com 17-P (pino 1 do 7408);
- ponto 2-O (pino 2 do 7486) com 18-O (pino 2 do 7408);
- ponto 19-P (pino 3 do 7408) com 31-U (resistor R2);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-P (pino 7 do 7486) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 9-S (pino 14 do 7404) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 15-P (pino 7 do 7404) com 15-K (barramento de terra);
- ponto 17-S (pino 14 do 7408) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 23-P (pino 7 do 7408) com 23-K (barramento de terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

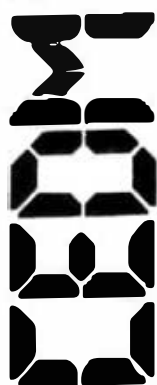
Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 7) e preencher a coluna "D" (diferença) e "E" (empréstimo), referentes a saída do circuito.

A	B	D	E
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

TABELA 7

D = diferença

E = empréstimo



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO



CURSO DE ELETÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-14



OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna de número decimal fica as sim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	3	1	1
1	2	2	2
2	1	3	3
3	0	0	4

2) Com relação a tabela 2, a coluna de número decimal fica as sim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	1	1	7
1	2	2	6
2	3	3	5
3	4	4	4
4	5	5	3
5	6	6	2
6	7	7	1
7	8	0	0

3) Com relação a tabela 4, quando precionarmos a tecla de per-
so (potência de 2) 32, teremos o número decimal:

a)	b)	(c)	d)
8	4	6	7

4) O circuito codificador da figura 6 converte os sinais cor respondentes ao:

- a) binário BCD para o decimal;
 (b) decimal para o binário BCD; ~~0 1 2 3 4 5 6 7 8 9~~
 c) decimal para o hexadecimal;
 d) binário para o octal.

5) Com relação a tabela 5, a coluna "S"(soma) fica assim preenchida:

a)	(b)	c)	d)
0	0	1	0
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	0	0

6) Com relação a tabela 5, a coluna "T" (transporte) fica assim preenchida:

a)	(b)	c)	d)
1	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
0	1	0	0

7) Com relação a tabela 6, a coluna "S" (soma) fica assim preenchida:

a)	b)	c)	(d)
0	0	0	0
0	1	0	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
0	1	1	0
0	1	1	0
1	1	1	1

8) Com relação a tabela 6, a coluna "T" (transporte) fica as
sim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	0	1
0	0	1	0
1	1	0	0
1	0	1	1
1	0	1	0
0	1	1	1

9) Com relação a tabela 7, a coluna "D" (diferença) fica as
sim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	0	0
1	1	0	1
0	1	1	1
0	0	0	1

10) Com relação a tabela 7, a coluna "E" (empréstimo) fica as
sim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	0	0
1	1	0	0
0	1	1	0
0	0	0	1

CHAVES			SAÍDAS (LEDs)	
1	2	3	D ₁	D ₂
A	B	C	D	E
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

TABELA I

Lista de Materiais:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7404;
- 1 - Circuito integrado 7408;
- 1 - Circuito integrado 7432;
- 1 - Circuito integrado 7486;
- 2 - Resistores (R1 e R2) de 220Ω 1/4W;
- 2 - Diodos emissores de luz (leds D₁ e D₂).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os circuitos integrados: 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 17-Q e 17-R; 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 25-Q e 25-R, respectivamente.

Fixe, ainda, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (Led).

- R1 entre os pontos 33-S e 33-O;
- R2 entre os pontos 35-S e 35-O;
- D1 entre os pontos 33-M e 33-K;
- D2 entre os pontos 35-M e 35-K.

Conecte também, utilizando jumpers os seguintes pontos:

- ponto 10-D (chave 1) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 11-D (chave 2) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 12-D (chave 3) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 10-J (chave 1) com 1-M (pino 1 do 7486);
- ponto 11-J (chave 2) com 2-M (pino 2 do 7486);
- ponto 12-J (chave 3) com 5-M (pino 5 do 7486);
- ponto 3-P (pino 3 do 7486) com 4-P (pino 4 do 7486);
- ponto 6-P (pino 6 do 7486) com 33-U (resistor R1);
- ponto 1-0 (pino 1 do 7486) com 9-0 (pino 1 do 7404);
- ponto 10-0 (pino 2 do 7404) com 17-0 (pino 1 do 7408);
- ponto 2-0 (pino 2 do 7486) com 18-0 (pino 2 do 7408);
- ponto 18-P (pino 2 do 7408) com 21-S (pino 10 do 7408);
- ponto 5-P (pino 5 do 7486) com 21-P (pino 5 do 7408);
- ponto 21-0 (pino 5 do 7408) com 22-S (pino 9 do 7408);
- ponto 19-0 (pino 3 do 7408) com 25-0 (pino 1 do 7432);
- ponto 22-0 (pino 6 do 7408) com 26-0 (pino 2 do 7432);
- ponto 23-S (pino 8 do 7408) com 29-0 (pino 5 do 7432);
- ponto 27-0 (pino 3 do 7408) com 28-0 (pino 4 do 7432);
- ponto 30-0 (pino 6 do 7432) com 35-U (resistor R2);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-P (pino 7 do 7486) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 9-S (pino 14 do 7404) com 9-L (barramento +Vcc);
- ponto 15-P (pino 7 do 7404) com 15-K (barramento de terra);
- ponto 17-S (pino 14 do 7408) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 23-P (pino 7 do 7408) com 23-K (barramento de terra);
- ponto 25-S (pino 14 do 7432) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 31-0 (pino 7 do 7432) com 31-K (barramento de terra);
- ponto 17-P (pino 1 do 7408) com 20-P (pino 4 do 7408);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna "D" (diferença) e "E" (empréstimo), referentes à saída do circuito.

SEGUNDA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figu-

ra 2. Trata-se de um somador/subtrator completo.

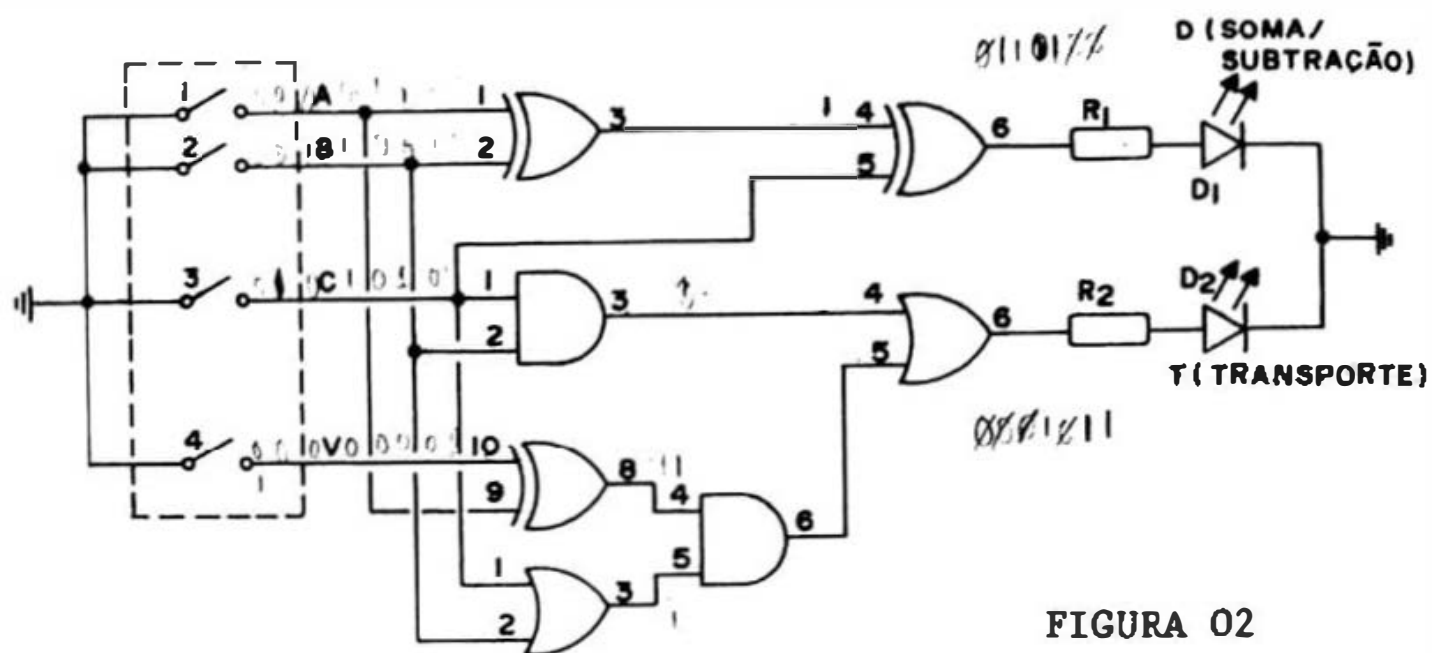


FIGURA 02

CHAVES				SAÍDAS (LEDs)	
4	1	2	3	D ₁	D ₂
V	A	B	C	D	T
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1

TABELA 2

Lista de Materiais:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7408;
- 1 - Circuito integrado 7432;
- 1 - Circuito integrado 7486;
- 2 - Resistores (R1 e R2) de 220Ω 1/4W;
- 2 - Diodos emissores de luz (D1 e D2);

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO:

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os CIs: 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 17-Q e 17-R, respectivamente.

Fixe, ainda, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (Led).

- R1 entre os pontos 33-S e 33-O;
- R2 entre os pontos 35-S e 35-O;
- D1 entre os pontos 33-M e 33-K;
- D2 entre os pontos 35-M e 35-K;

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-K (barramento de terra) com 10-D (chave 1);
- ponto 4-K (barramento de terra) com 11-D (chave 2);
- ponto 5-K (barramento de terra) com 12-D (chave 3);
- ponto 7-K (barramento de terra) com 13-D (chave 4);
- ponto 10-J (chave 1) com 1-P (pino 1 do 7486);
- ponto 11-J (chave 2) com 2-P (pino 2 do 7486);
- ponto 12-J (chave 3) com 17-M (pino 1 do 7408);
- ponto 13-J (chave 4) com 5-S (pino 10 do 7486);
- ponto 3-P (pino 3 do 7486) com 4-P (pino 4 do 7486);
- ponto 5-P (pino 5 do 7486) com 9-P (pino 1 do 7408);
- ponto 6-P (pino 6 do 7486) com 33-U (resistor R1);
- ponto 2-O (pino 2 do 7486) com 10-O (pino 2 do 7408);
- ponto 11-P (pino 3 do 7408) com 20-P (pino 4 do 7432);

- ponto 1-0 (pino 1 do 7486) com 6-S (pino 9 do 7486);
- ponto 7-S (pino 8 do 7486) com 12-P (pino 4 do 7408);
- ponto 9-N (pino 1 do 7408) com 17-N (pino 1 do 7432);
- ponto 10-N (pino 2 do 7408) com 18-N (pino 2 do 7432);
- ponto 13-P (pino 5 do 7408) com 19-P (pino 3 do 7432);
- ponto 14-P (pino 6 do 7408) com 21-P (pino 5 do 7432);
- ponto 22-P (pino 6 do 7432) com 35-U (resistor R2);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 1-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-P (pino 7 do 7486) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 9-S (pino 14 do 7408) com 9-L (barramento +Vcc);
- ponto 15-N (pino 7 do 7408) com 15-K (barramento de terra);
- ponto 17-S (pino 14 do 7432) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 23-P (pino 7 do 7432) com 23-K (barramento de terra).

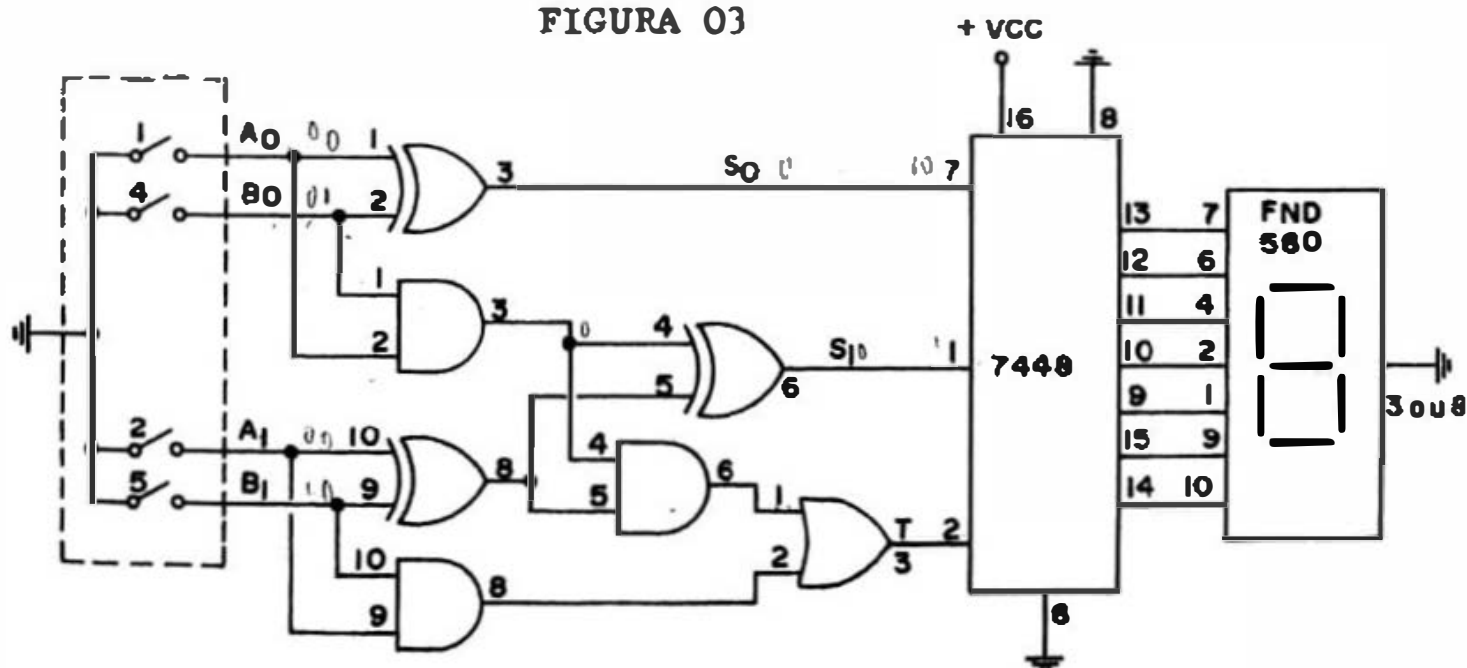
Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna "D" (soma/diferença) e "T" (transporte), referentes à saída do circuito.

TERCEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 3. Trata-se de um somador em paralelo de dois bit.

FIGURA 03



Lista de Materiais:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7408;
- 1 - Circuito integrado 7432;
- 1 - Circuito integrado 7486;
- 1 - Circuito integrado 7448;
- 1 - Display FND 560.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch no protoboard, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os CIs: 7486 de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 17-Q e 17-R; 7448, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 25-Q e 25-R, respectivamente. Fixe ainda o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 28-D e 28-H, respectivamente.

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-D (chave 1) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 11-D (chave 2) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (chave 4) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 14-D (chave 5) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 10-I (chave 1) com 1-M (pino 1 do 7486);
- ponto 11-I (chave 2) com 5-S (pino 10 do 7486);
- ponto 13-I (chave 4) com 2-M (pino 2 do 7486);
- ponto 14-I (chave 5) com 6-S (pino 9 do 7486);
- ponto 3-M (pino 3 do 7486) com 31-M (pino 7 do 7448);
- ponto 1-N (pino 1 do 7486) com 10-N (pino 2 do 7408);
- ponto 2-N (pino 2 do 7486) com 9-N (pino 1 do 7408);
- ponto 11-N (pino 3 do 7408) com 12-N (pino 4 do 7408);
- ponto 7-S (pino 8 do 7486) com 5-P (pino 5 do 7486);
- ponto 4-P (pino 4 do 7486) com 11-P (pino 3 do 7408);
- ponto 7-T (pino 8 do 7486) com 13-P (pino 5 do 7408);
- ponto 14-P (pino 6 do 7408) com 17-P (pino 1 do 7432);
- ponto 6-P (pino 6 do 7486) com 25-P (pino 1 do 7448);
- ponto 5-T (pino 10 do 7486) com 14-T (pino 9 do 7408);
- ponto 6-T (pino 9 do 7486) com 13-T (pino 10 do 7408);

- ponto 15-T (pino 8 do 7408) com 18-P (pino 2 do 7432);
- ponto 19-P (pino 3 do 7432) com 26-P (pino 2 do 7448);
- ponto 30-P (pino 6 do 7448) com 32-P (pino 8 do 7448);
- ponto 32-S (pino 9 do 7448) com 28-C (pino 1 do FND 560);
- ponto 31-S (pino 10 do 7448) com 29-C (pino 2 do FND 560);
- ponto 30-S (pino 11 do 7448) com 31-C (pino 4 do FND 560);
- ponto 29-S (pino 12 do 7448) com 32-J (pino 6 do FND 560);
- ponto 28-S (pino 13 do 7448) com 31-J (pino 7 do FND 560);
- ponto 27-S (pino 14 do 7448) com 28-J (pino 10 do FND 560);
- ponto 26-S (pino 15 do 7448) com 29-J (pino 9 do FND 560);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 2-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-P (pino 7 do 7486) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 9-S (pino 14 do 7408) com 9-L (barramento +Vcc);
- ponto 15-P (pino 7 do 7408) com 15-K (barramento de terra);
- ponto 17-S (pino 14 do 7432) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 23-P (pino 7 do 7432) com 23-K (barramento de terra);
- ponto 25-S (pino 16 do 7448) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 32-O (pino 8 do 7448) com 32-K (barramento de terra);
- ponto 30-J (pino 8 do FND 560) com 31-K (barramento de terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc do protoboard (placa de experiência).

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna "S" (soma decimal) referente a saída no display.

CHAVES				DISPLAY	
2	1	5	4		
A ₁	A ₀	B ₁	B ₀	S	
0	0	0	0	—	0
0	0	0	1	—	1
0	0	1	0	—	2
0	0	1	1	—	3
0	1	0	0	—	4
0	1	0	1	—	5
0	1	1	0	—	6
0	1	1	1	—	7

001

TABELA 3

Tabela continua na proxima página.

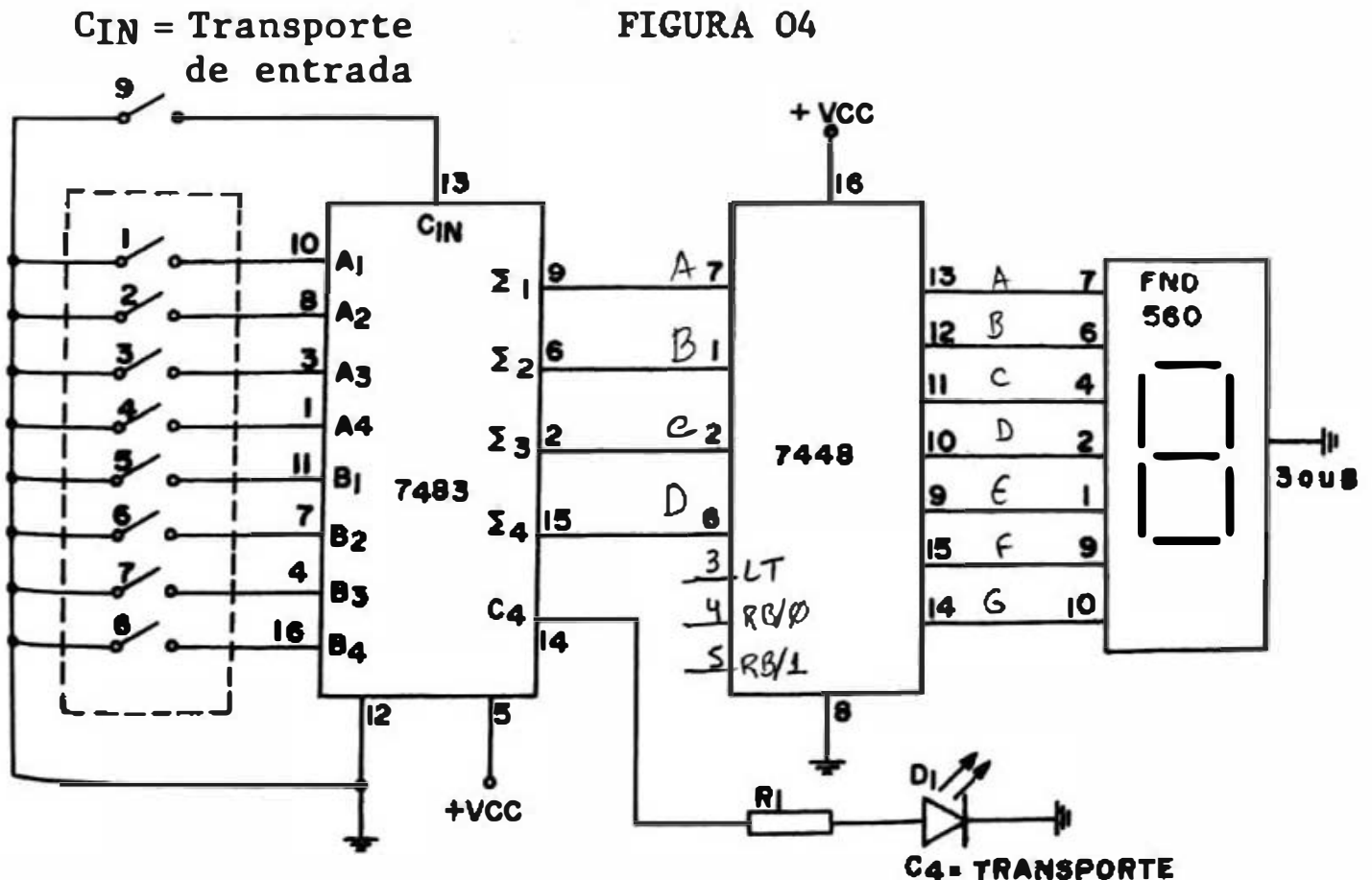
CHAVES				DISPLAY	
2	1	5	4		
A ₁	A ₀	B ₁	B ₀	S	
1	0	0	0	2	
1	0	0	1	3	
1	0	1	0	4	
1	0	1	1	5	
1	1	0	0	3	
1	1	0	1	4	
1	1	1	0	5	
1	1	1	1	6	

TABELA 3

QUARTA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 4. Trata-se de um somador em paralelo de quatro bits (7483). Observamos ao aluno que informações técnicas a respeito deste circuito integrado podem ser obtidas no manual de circuito integrado MCI-11, pág. 251.

FIGURA 04



Lista de Material:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7448;
- 1 - Circuito integrado 7483;
- 1 - Display FND 560;
- 1 - Resistor (R1) de 220 Ω 1/4W;
- 1 - Diodo emissor de luz (Led D1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa de experiência, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os CIs: 7483, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 10-Q e 10-R, respectivamente. Fixe ainda o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 21-O e 21-S, respectivamente.

Conecte também o seguinte resistor e diodo emissor de luz (LED).

- R1 entre os pontos 31-S e 31-N;
- D1 entre os pontos 31-M e 31-K;

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 2-K (barramento de terra) com 10-D (chave 1);
- ponto 3-K (barramento de terra) com 11-D (chave 2);
- ponto 4-K (barramento de terra) com 12-D (chave 3);
- ponto 5-K (barramento de terra) com 13-D (chave 4);
- ponto 7-K (barramento de terra) com 14-D (chave 5);
- ponto 9-K (barramento de terra) com 15-D (chave 6);
- ponto 10-K (barramento de terra) com 16-D (chave 7);
- ponto 11-K (barramento de terra) com 17-D (chave 8);
- ponto 13-K (barramento de terra) com 19-D (chave 9 feita por fio);
- ponto 10-J (chave 1) com 7-S (pino 10 do 7483);
- ponto 11-J (chave 2) com 8-M (pino 8 do 7483);
- ponto 12-J (chave 3) com 3-M (pino 3 do 7483);
- ponto 13-J (chave 4) com 1-M (pino 1 do 7483);
- ponto 14-J (chave 5) com 6-S (pino 11 do 7483);
- ponto 15-J (chave 6) com 7-M (pino 7 do 7483);

- ponto 16-J (chave 7) com 4-M (pino 4 do 7483);
- ponto 17-J (chave 8) com 1-S (pino 16 do 7483);
- ponto 19-E (chave 9 feita por fio) com 4-S (pino 13 do 7483);
- ponto 8-S (pino 9 do 7483) com 16-M (pino 7 do 7448);
- ponto 6-P (pino 6 do 7483) com 10-M (pino 1 do 7448);
- ponto 2-P (pino 2 do 7483) com 11-M (pino 2 do 7448);
- ponto 2-S (pino 15 do 7483) com 15-M (pino 6 do 7448);
- ponto 3-S (pino 14 do 7483) com 31-U (resistor R1);
- ponto 17-S (pino 9 do 7448) com 21-M (pino 1 do FND 560);
- ponto 16-S (pino 10 do 7448) com 22-M (pino 2 do FND 560);
- ponto 15-S (pino 11 do 7448) com 24-M (pino 4 do FND 560);
- ponto 14-S (pino 12 do 7448) com 25-T (pino 6 do FND 560);
- ponto 13-S (pino 13 do 7448) com 24-T (pino 7 do FND 560);
- ponto 12-S (pino 14 do 7448) com 21-T (pino 10 do FND 560);
- ponto 11-S (pino 15 do 7448) com 22-T (pino 9 do FND 560);
- ponto 5-P (pino 5 do 7483) com 5-L (barramento +Vcc);
- ponto 5-S (pino 12 do 7483) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 10-S (pino 16 do 7448) com 10-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-P (pino 8 do 7448) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 23-M (pino 3 do FND 560) com 23-K (barramento de terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa de experiência.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna "S" (soma decimal) referente à saída no display.

TABELA 4

CHAVE 9	CHAVES 4 3 2 1				CHAVES 8 7 6 5				DISPLAY	LED
CIN	A₄	A₃	A₂	A₁	B₄	B₃	B₂	B₁	"D"	(D1)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0
0	0	0	1	1	0	0	1	1	6	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0

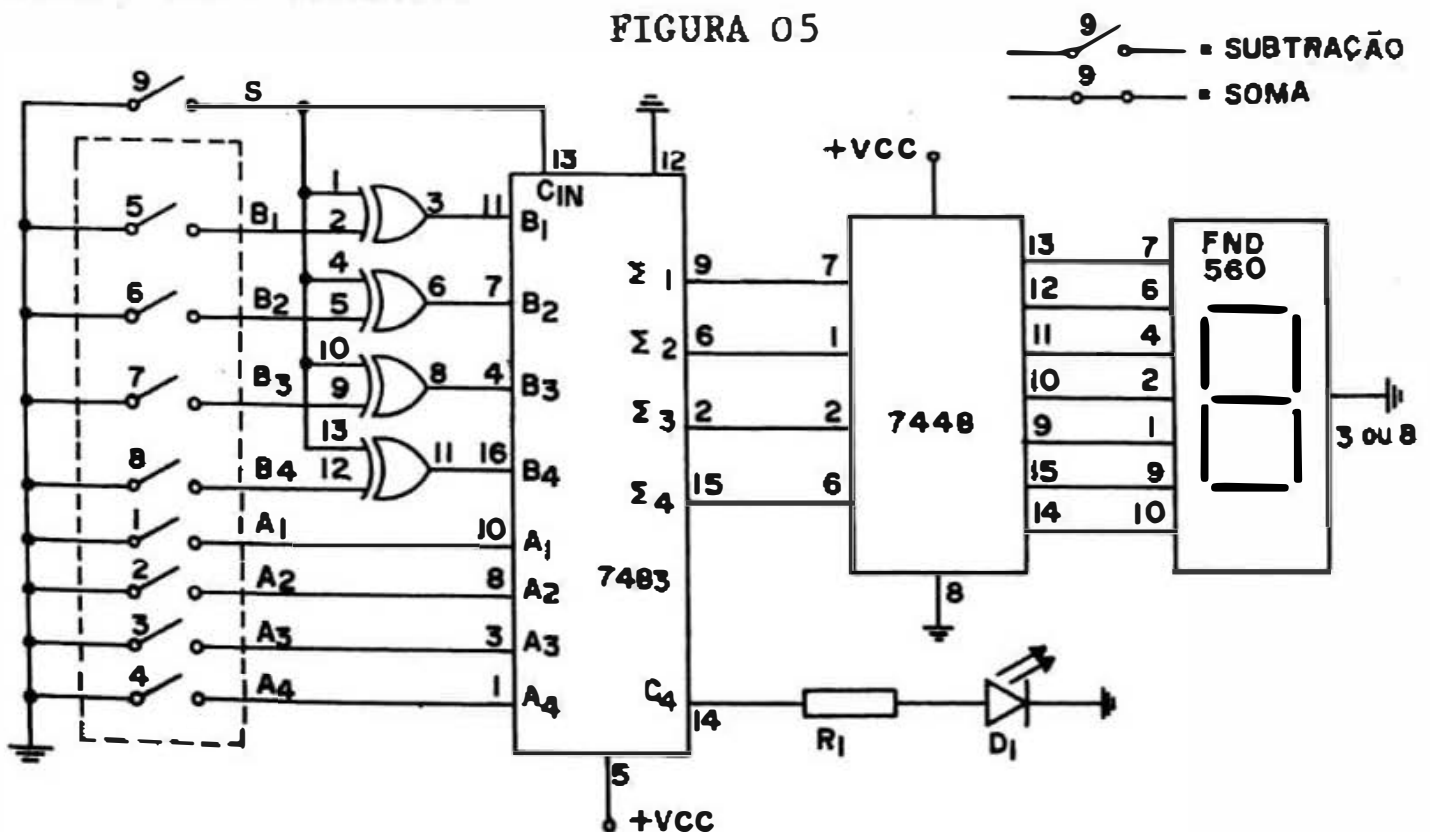
Tabela continua na proxima página.

CHAVE 9	CHAVES 4 3 2 1				CHAVES 8 7 6 5				DISPLAY	LED
CIN	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	"D"	D ₁
0	0	0	0	1	0	1	0	1	6	Ø
0	0	0	1	0	0	1	1	0	8	Ø
0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	Ø
0	0	0	0	1	1	0	0	0	9	Ø
0	0	0	0	0	1	0	0	1	9	Ø
0	0	1	1	0	0	0	0	0	6	Ø
0	0	1	0	1	0	0	0	1	6	Ø
0	0	1	0	0	0	0	1	0	6	Ø
0	0	1	0	0	0	0	1	1	7	Ø
0	0	1	0	0	0	1	0	0	8	Ø
0	0	1	0	0	0	1	0	1	9	Ø
0	0	0	1	1	0	1	1	0	9	Ø
0	0	0	1	0	0	1	1	1	9	Ø
0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	Ø
1	0	0	0	0	1	0	0	0	9	Ø

QUINTA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 5. Trata-se de um subtrator/somador de quatro bits. Observamos que, quando a chave 9 estiver aberta, temos um circuito subtrator. Por outro lado, quando a chave 9 estiver fechada, temos um circuito somador.

FIGURA 05



Lista de Materiais:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7448;
- 1 - Circuito integrado 7483;
- 1 - Circuito integrado 7486;
- 1 - Display FND 560;
- 1 - Resistor (R1) de 220 Ω 1/4W;
- 1 - Diodo emissor de luz (LED D1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa de experiência, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conecta dos nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os CIs: 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7483, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem co nectados nos pontos 18-Q e 18-R, respectivamente. Conecte, ain da, o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem co- nectados nos pontos 28-O e 28-S, respectivamente.

Conecte também o seguinte resistor e diodo emissor de luz (LED).

- R1 entre os pontos 35-S e 35-N;
- D1 entre os pontos 35-M e 35-K;

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-D (chave 1) com 2-K (barramento de terra);
- ponto 11-D (chave 2) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 12-D (chave 3) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (chave 4) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 14-D (chave 5) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 15-D (chave 6) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 16-D (chave 7) com 10-K (barramento de terra);
- ponto 16-D (chave 8) com 11-K (barramento de terra);
- ponto 18-D (chave 9 feita por fio) com 13-K (barramento de terra);
- ponto 10-J (chave 1) com 15-J (pino 10 do 7483);
- ponto 11-J (chave 2) com 16-M (pino 8 do 7483);
- ponto 12-J (chave 3) com 11-M (pino 3 do 7483);

- ponto 13-J (chave 4) com 9-M (pino 1 do 7483);
- ponto 14-J (chave 5) com 2-M (pino 2 do 7486);
- ponto 15-J (chave 6) com 5-M (pino 5 do 7486);
- ponto 16-J (chave 7) com 6-S (pino 9 do 7486);
- ponto 17-J (chave 8) com 3-S (pino 12 do 7486);
- ponto 19-E (chave 9 feita por fio) com 12-S (pino 13 do 7483);
- ponto 1-P (pino 1 do 7486) com 4-P (pino 4 do 7486);
- ponto 4-0 (pino 4 do 7486) com 5-S (pino 10 do 7486);
- ponto 5-T (pino 10 do 7486) com 2-T (pino 13 do 7486);
- ponto 5-U (pino 10 do 7486) com 12-U (pino 13 do 7483);
- ponto 3-P (pino 3 do 7486) com 14-S (pino 11 do 7483);
- ponto 6-P (pino 6 do 7486) com 15-P (pino 7 do 7483);
- ponto 7-S (pino 8 do 7486) com 12-P (pino 4 do 7483);
- ponto 4-S (pino 11 do 7486) com 19-S (pino 16 do 7483);
- ponto 16-S (pino 9 do 7483) com 24-P (pino 7 do 7448);
- ponto 14-P (pino 6 do 7483) com 18-P (pino 1 do 7448);
- ponto 10-P (pino 2 do 7483) com 19-P (pino 2 do 7448);
- ponto 10-S (pino 15 do 7483) com 23-P (pino 6 do 7448);
- ponto 11-S (pino 14 do 7483) com 35-T (resistor R1);
- ponto 25-S (pino 9 do 7448) com 28-M (pino 1 do FND 560);
- ponto 24-S (pino 10 do 7448) com 29-M (pino 2 do FND 560);
- ponto 23-S (pino 11 do 7448) com 31-M (pino 4 do FND 560);
- ponto 22-S (pino 12 do 7448) com 32-T (pino 6 do FND 560);
- ponto 21-S (pino 13 do 7448) com 31-T (pino 7 do FND 560);
- ponto 20-S (pino 14 do 7448) com 28-T (pino 10 do FND 560);
- ponto 19-S (pino 15 do 7448) com 29-T (pino 9 do FND 560);
- ponto 1-S (pino 14 do 7486) com 1-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-P (pino 7 do 7486) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 13-S (pino 12 do 7483) com 14-K (barramento de terra);
- ponto 13-P (pino 5 do 7483) com 13-L (barramento +Vcc);
- ponto 18-S (pino 16 do 7448) com 19-L (barramento +Vcc);
- ponto 25-P (pino 8 do 7448) com 25-K (barramento de terra);
- ponto 30-M (pino 3 do FND 560) com 31-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa de experiência.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (ta

bela 5) e preencher a coluna "S" (soma/subtração) e "T" (transporte) referente à saída do circuito.

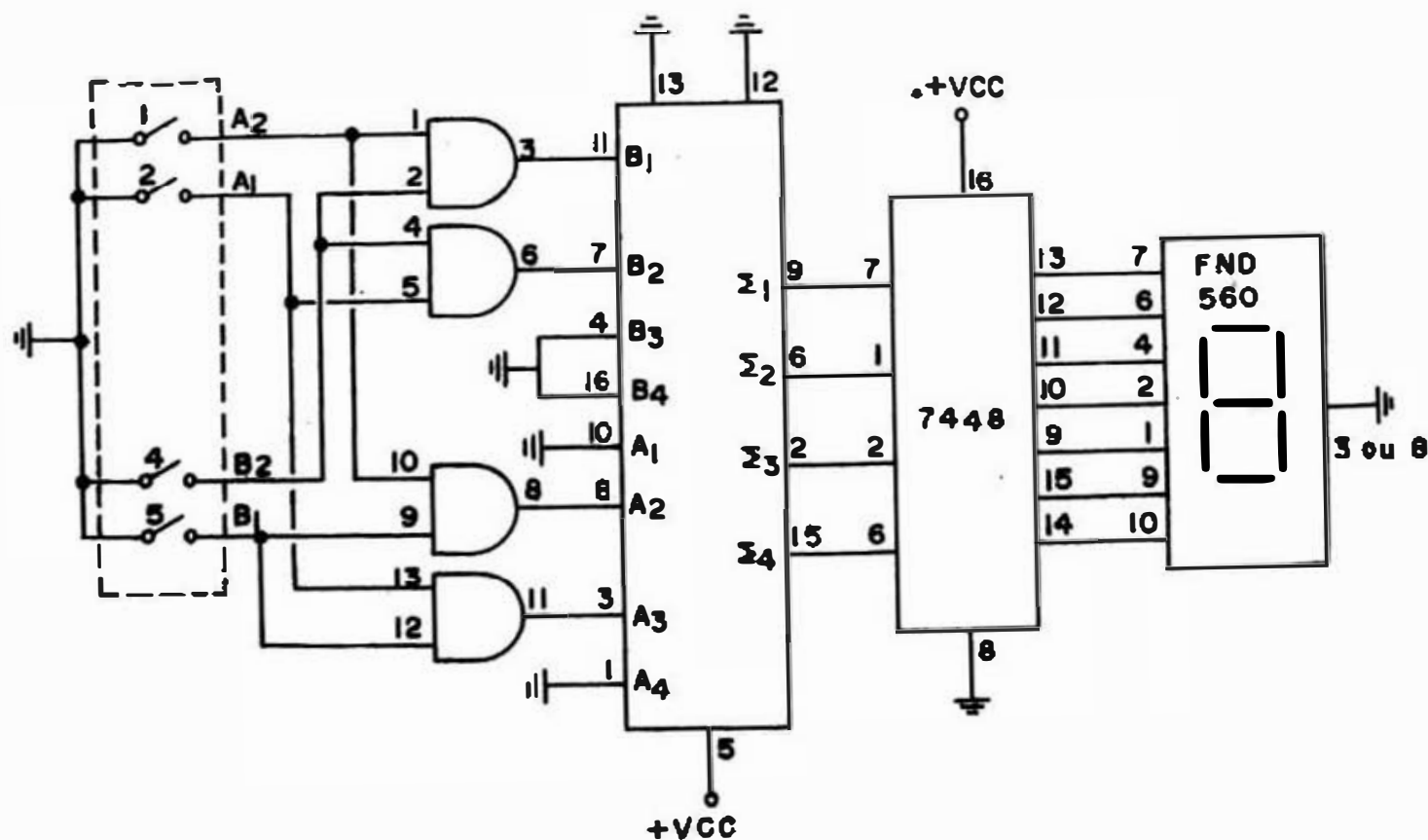
CHAVES									DISPLAY	LED
9	4	3	2	1	8	7	6	5	FND 560	D1
S	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁	S	T
0	0	0	1	0	0	1	1	0	7	Ø
0	0	0	1	1	0	0	1	0	5	Ø
0	0	1	0	1	0	0	1	1	8	Ø
0	1	0	0	0	0	0	0	1	9	Ø
1	1	1	1	1	0	1	1	1	8	1
1	0	1	1	1	0	1	1	1	Ø	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	4	1
1	1	0	0	1	0	1	1	0	3	1

TABELA 5

SEXTA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 6. Trata-se de um multiplicador.

FIGURA 06



Lista de Materiais:

- 1 - Dip switch;
- 1 - Circuito integrado 7408;
- 1 - Circuito integrado 7483;
- 1 - Circuito integrado 7448;
- 1 - Display FND 560;

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa de experiência, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os CIs: 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R; 7483, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 9-Q e 9-R; 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 18-Q e 18-R, respectivamente. Conecte, ainda, o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 28-O e 28-S, respectivamente.

Conecte ainda, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 2-K (barramento de terra) com 10-D (chave 1);
- ponto 3-K (barramento de terra) com 11-D (chave 2);
- ponto 4-K (barramento de terra) com 13-D (chave 4);
- ponto 5-K (barramento de terra) com 14-D (chave 5);
- ponto 10-J (chave 1) com 1-M (pino 1 do 7408);
- ponto 11-J (chave 2) com 5-M (pino 5 do 7408);
- ponto 13-J (chave 4) com 2-M (pino 2 do 7408);
- ponto 14-J (chave 5) com 6-S (pino 9 do 7408);
- ponto 1-P (pino 1 do 7408) com 5-S (pino 10 do 7408);
- ponto 2-P (pino 2 do 7408) com 4-P (pino 4 do 7408);
- ponto 5-P (pino 5 do 7408) com 2-S (pino 13 do 7408);
- ponto 6-T (pino 9 do 7408) com 3-T (pino 12 do 7408);
- ponto 3-P (pino 3 do 7408) com 14-S (pino 11 do 7483);
- ponto 6-P (pino 6 do 7408) com 15-P (pino 7 do 7483);
- ponto 7-S (pino 8 do 7408) com 16-P (pino 8 do 7483);
- ponto 4-S (pino 11 do 7408) com 11-P (pino 3 do 7483);
- ponto 9-P (pino 1 do 7483) com 12-P (pino 4 do 7483);
- ponto 12-O (pino 4 do 7483) com 15-S (pino 10 do 7483);
- ponto 15-T (pino 10 do 7483) com 13-S (pino 12 do 7483);
- ponto 13-S (pino 12 do 7483) com 12-S (pino 13 do 7483);
- ponto 12-T (pino 13 do 7483) com 9-S (pino 16 do 7483);

- ponto 13-U (pino 12 do 7483) com 13-K (barramento de terra);
- ponto 10-P (pino 2 do 7483) com 19-P (pino 2 do 7448);
- ponto 14-P (pino 6 do 7483) com 18-P (pino 1 do 7448);
- ponto 15-S (pino 9 do 7483) com 24-P (pino 7 do 7448);
- ponto 10-S (pino 15 do 7483) com 23-P (pino 6 do 7448);
- ponto 13-M (pino 5 do 7483) com 13-L (barramento +Vcc);
- ponto 25-S (pino 9 do 7448) com 28-M (pino 1 do FND 560);
- ponto 24-S (pino 10 do 7448) com 29-M (pino 2 do FND 560);
- ponto 23-S (pino 11 do 7448) com 31-M (pino 4 do FND 560);
- ponto 22-S (pino 12 do 7448) com 32-T (pino 6 do FND 560);
- ponto 21-S (pino 13 do 7448) com 31-T (pino 7 do FND 560);
- ponto 20-S (pino 14 do 7448) com 28-T (pino 10 do FND 560);
- ponto 19-S (pino 15 do 7448) com 29-T (pino 9 do FND 560);
- ponto 30-M (pino 3 do FND 560) com 31-K (barramento de terra);
- ponto 18-S (pino 16 do 7448) com 19-L (barramento +Vcc);
- ponto 25-P (pino 8 do 7448) com 25-K (barramento de terra);
- ponto 7-P (pino 7 do 7408) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 1-S (pino 14 do 7408) com 1-L (barramento +Vcc);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa de experiência.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna "M" (multiplicação) referente à saída do circuito.

CHAVES				DISPLAY	
2	1	5	4	FND 560	
A1	A2	B1	B2	M	
0	0	0	0	Ø	
0	0	0	1	Ø	
0	0	1	0	Ø	
0	0	1	1	Ø	
0	1	0	0	Ø	
0	1	0	1	1	
0	1	1	0	2	
0	1	1	1	3	

TABELA 6

Tabela continua na próxima página.

CHAVES				DISPLAY	
2	1	5	4	FND 560	
A1	A2	B1	B2	M	
1	0	0	0	0	
1	0	0	1	2	
1	0	1	0	4	
1	0	1	1	6	
1	1	0	0	0	
1	1	0	1	3	
1	1	1	0	6	
1	1	1	1	9	

TABELA 6

Para projetar um circuito multiplicador como este que acabamos de montar, devemos partir de uma multiplicação convencional. Assim:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{cc} A_2 & A_1 \\ B_2 & B_1 \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{cc} A_2 B_1 & A_1 B_1 \end{array} \\
 \begin{array}{cc} A_2 B_2 & A_1 B_2 \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{cccc} C_2 & \Sigma_3 & \Sigma_2 & \Sigma_1 \end{array}
 \end{array}$$

Diagram illustrating the multiplication process with carry bits C_1 and C_2 and sum bits $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4$.

Desta forma, teremos as seguintes expressões:

$$\Sigma_1 = A_1 \cdot B_1$$

$$\Sigma_2 = A_2 \cdot B_1 \oplus A_1 \cdot B_2$$

$$\Sigma_3 = A_2 \cdot B_2 \oplus C_1$$

$$\Sigma_4 = C_2$$

Como utilizamos um bloco somador completo de quatro bits, os transportes C_1 e C_2 são executados pelo somador, sendo necessário somente a implementação das portas "E" (AND), conforme ilustra a figura 7.

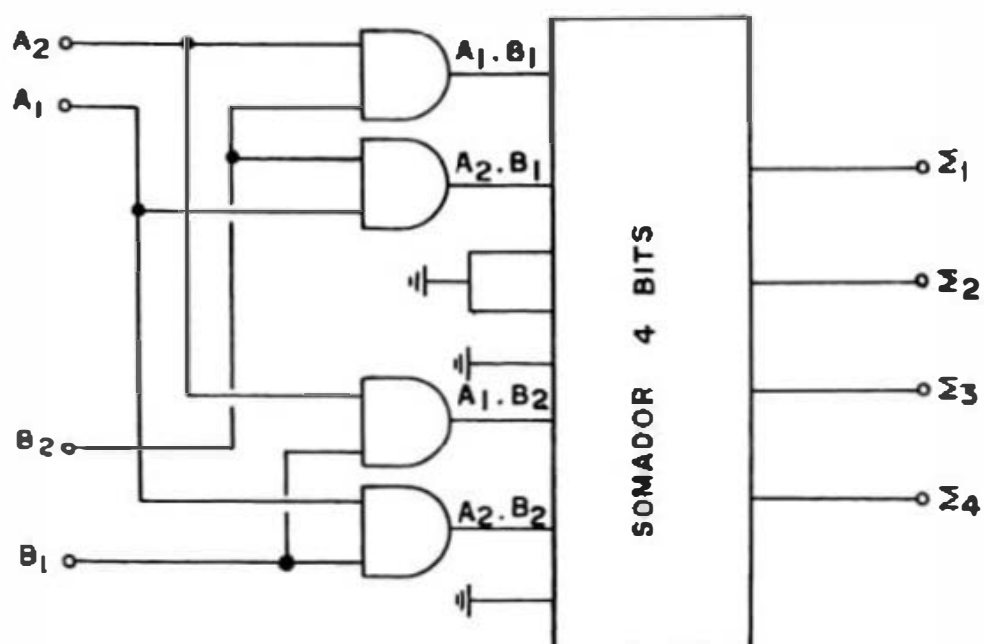
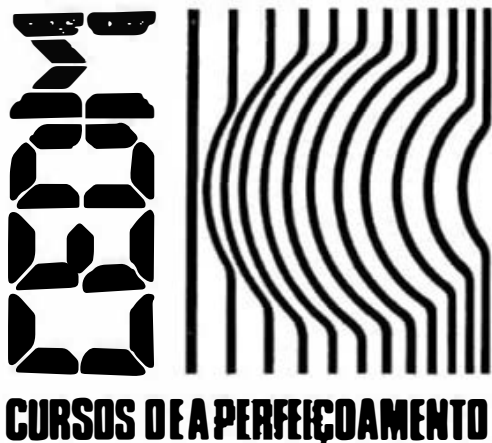


FIGURA 07



CURSO DE ELETÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-15



- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna D, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	1	1
1	1	0	1
1	1	0	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	1	1	0

2) Com relação à tabela 1, a coluna E, referente à saída, ficará assim preenchida:

x a)	x b)	x c)	d)
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	0	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	1	1	0
1	0	0	1

3) Com relação à tabela 2, a coluna D, referente à saída, ficará assim preenchida:

(a)	b)	x c)	x d)
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	0
1	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	0
1	1	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	1	0

4) Com relação à tabela 2, a coluna T, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	0
1	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	1
0	0	0	1
0	0	0	1
1	1	1	0

5) Com relação à tabela 3, a coluna S, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	1	3
1	1	2	2
2	2	3	1
3	3	1	0
1	4	2	4
2	5	3	3
3	6	4	2
4	7	2	1
2	8	3	5
3	9	4	4
4	0	5	3
5	1	3	2
3	2	4	6
4	3	5	5
5	4	6	4
6	5	7	3

6) Com relação à tabela 4, a coluna D, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	5	0	9
2	3	1	8
4	2	2	7
6	1	3	6
4	0	4	5
6	6	5	4
8	8	6	3
7	2	7	2
9	4	8	1
9	9	9	0
6	5	0	9
6	6	1	8
6	7	2	7
7	8	3	6
8	9	4	5
9	0	5	4
9	2	6	3
9	3	7	2
8	4	8	1
9	5	9	0

7) Com relação à tabela 5, a coluna S, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
8	5	8	1
5	4	5	2
9	8	8	3
8	2	9	4
0	3	8	5
4	6	0	6
3	1	4	7
9	0	3	8

8) Com relação à tabela 5, a coluna T, referente à saída, ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	0	1
0	1	0	1
0	1	0	1

9) Com relação à tabela 6, a coluna M, referente à saída, ficará assim preenchida:

☒ a)	☒ b)	☒ c)	☒ d)
1	8	1	0
2	2	1	0
3	4	1	0
4	5	1	0
5	3	1	0
6	6	1	1
7	9	2	2
8	0	3	3
9	1	1	0
0	3	2	2
1	9	4	4
2	8	6	6
3	6	1	0
4	2	3	3
5	1	6	6
6	7	9	9

10) Se aplicarmos nas entradas A₁, A₂ e B₁, B₂ do circuito da fig. 6 os valores 11 e 10 respectivamente, obteremos como resultado: 2×2

- ☒ a) 6; b) 9; c) 3; d) 0.

LIÇÃO MP-16

MANUAL DE PRÁTICAS MP-16

INTRODUÇÃO

Nesta lição, iremos executar práticas de circuitos seqüenciais, ou seja, circuitos flip-flops. Os circuitos flip flops são unidades de armazenamento (memória) que armazenam dois estados: zero "0" ou um "1". Os flip-flops são utilizados em circuitos seqüenciais, como, por exemplo, em circuitos contadores. Informamos também que a parte teórica sobre os flip-flops se encontram nas apostilas ED-16 e ED-23, qualquer dúvida sobre este assunto, sugerimos reestudá-las.

PRIMEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 1, trata-se de um flip-flop S-R com portas "NÃO OU" (NOR).

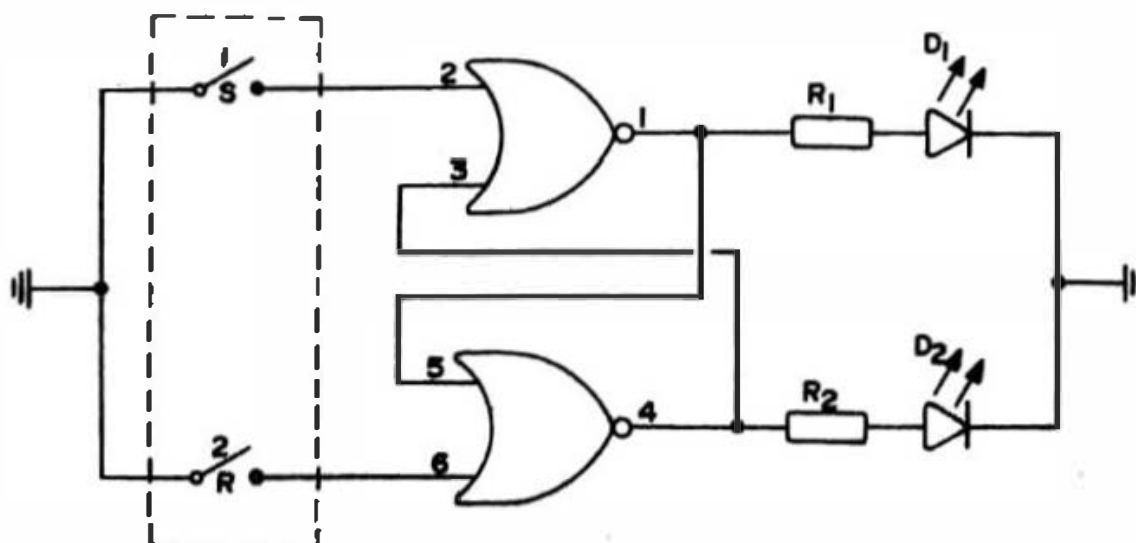


FIGURA 01

Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7402;
- 2 resistores 220 Ω 1/4W(R₁ e R₂);
- 2 LEDs (D₁ e D₂).

TABELA 1

CHAVE		LEDs	
1	2		
S	R	D ₁	D ₂
0	0	1	<u>1</u>
0	1	<u>1</u>	1
1	0	1	<u>1</u>
1	1	1	1

— Nas tabela

Nas permitido

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe a chave, tipo Dip Switch, de modo que os terminais da "chave 1" fiquem conectados entre os pontos 10-E e 10-F. Em seguida, conecte o circuito integrado - 7402, de modo que os terminais 1 e 14 fiquem conectados entre os pontos 3-Q e 3-R, respectivamente.

Continuando a montagem, ligue os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

- R₁ no ponto 16-U com 16-N;
- R₂ no ponto 19-U com 19-N;
- D₁ no ponto 16-M com 16-K;
- D₂ no ponto 19-M com 19-K.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-D(chave 1) com 2-K (barramento de terra);
- ponto 11-D(chave 2) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 10-J(chave 1) com 4-M (pino 2 do 7402);

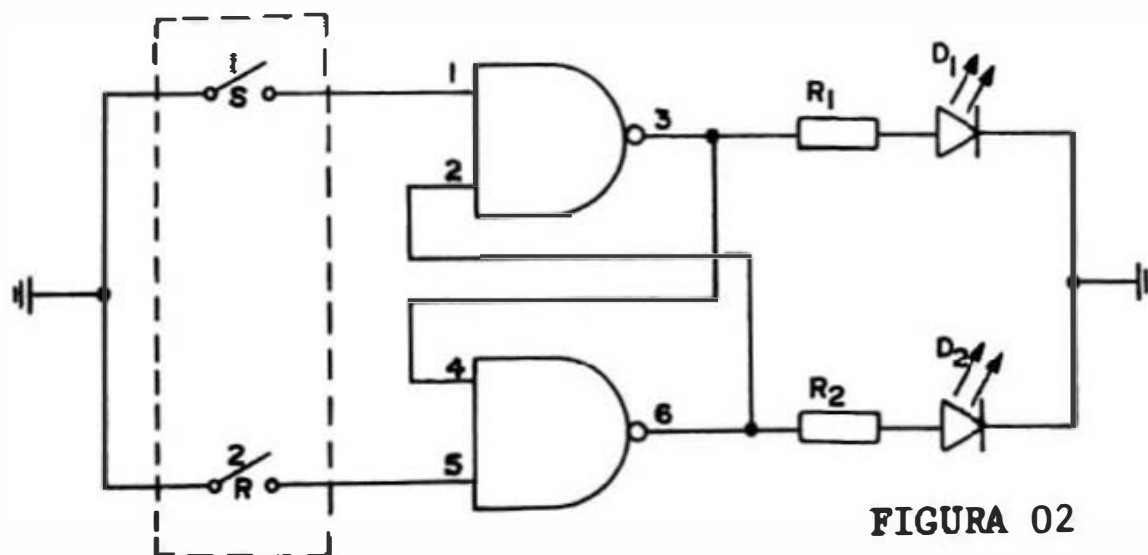
- ponto 11-J(chave 2) com 8-M (pino 6 do 7402);
- ponto 5-0(pino 3 do 7402) com 6-0(pino 4 do 7402);
- ponto 3-0(pino 1 do 7402) com 7-0(pino 5 do 7402);
- ponto 3-P(pino 1 do 7402) com 16-V(resistor R1);
- ponto 6-P(pino 4 do 7402) com 19-V(resistor R2);
- ponto 9-P(pino 7 do 7402) com 9-K(barramento de terra);
- ponto 3-S(pino 14 do 7402) com 3-L(barramento +Vcc);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna D1 e D2 correspondente à saída do circuito.

SEGUNDA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 2. Trata-se de um flip-flop S-R com portas "NÃO E" (NAND).



Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7400;
- 2 resistores 220Ω 1/4W (R1 e R2);
- 2 LEDs (D1 e D2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe o CI 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 3-Q e 3-R, respectivamente.

Conecte também os seguintes resistores e diodos-emissores de luz (LED).

- R1 no ponto 16-U com 16-N;
- R2 no ponto 19-U com 19-N;
- D1 no ponto 16-M com 16-K;
- D2 no ponto 19-M com 19-K.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-E(chave 1) com 3-K(barramento de terra);
- ponto 11-E(chave 2) com 4-K(barramento de terra);
- ponto 10-J(chave 1) com 3-M(pino 1 do 7400);
- ponto 11-J(chave 2) com 7-M(pino 4 do 7400);
- ponto 4-0(pino 2 do 7400) com 8-0(pino 6 do 7400);
- ponto 5-0(pino 3 do 7400) com 6-0(pino 4 do 7400);
- ponto 5-P(pino 3 do 7400) com 16-V(resistor R1);
- ponto 8-P(pino 6 do 7400) com 19-V(resistor R2);
- ponto 3-S(pino 14 do 7400) com 3-L(barramento +Vcc);
- ponto 9-P(pino 7 do 7400) com 9-K(barramento de terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade(tabela 2) e preencher a coluna D1 e D2 correspondente a saída do circuito.

CHAVE		LED	
1	2	D ₁	D ₂
S	R		
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	1

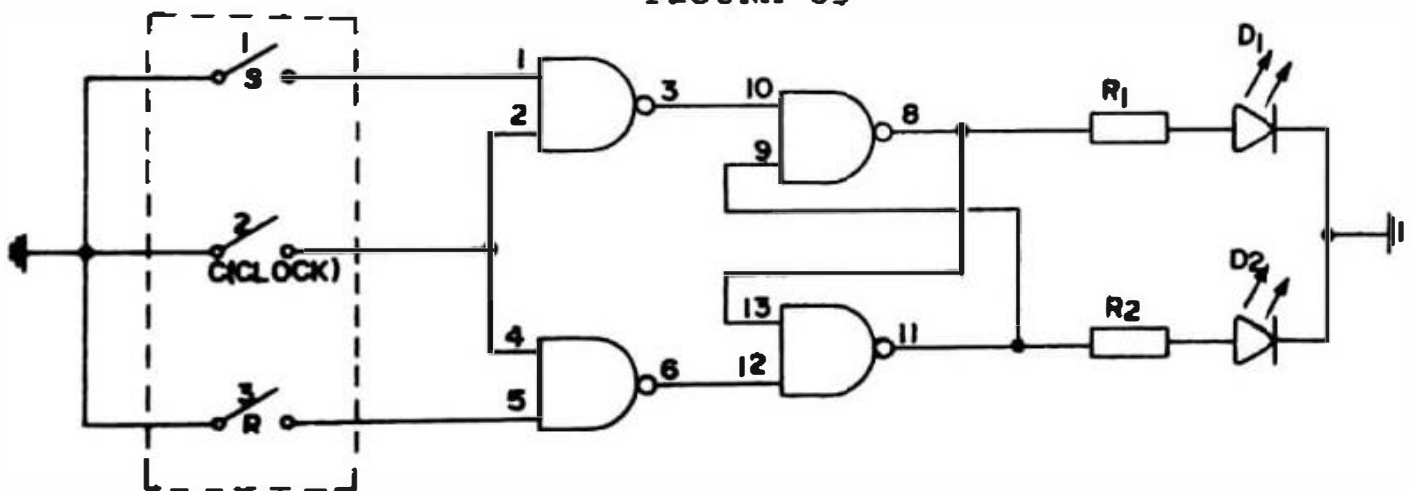
TABELA 2

us altern

TERCEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 3. Trata-se de um flip-flop S-R síncrono com portas "NÃO E" (NAND).

FIGURA 03

Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7400;
- 2 resistores de 220Ω 1/4W (R₁ e R₂);
- 2 LEDs (D₁ e D₂).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe o CI 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R, respectivamente.

Conecte também, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

R1 no ponto 13-T com 13-N;
 R2 no ponto 15-T com 15-N;
 D1 no ponto 13-M com 13-K;
 D2 no ponto 15-M com 15-K.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-D(chave 1) com 2-K(barramento de terra);
- ponto 11-D(chave 2) com 3-K(barramento de terra);
- ponto 12-D(chave 3) com 4-K(barramento de terra);
- ponto 10-J(chave 1) com 1-M(pino 1 do 7400);
- ponto 11-J(chave 2) com 2-M(pino 2 do 7400);
- ponto 12-J(chave 3) com 5-M(pino 5 do 7400);
- ponto 2-P(pino 2 do 7400) com 4-P(pino 4 do 7400);
- ponto 3-P(pino 3 do 7400) com 5-S(pino 10 do 7400);
- ponto 6-P(pino 6 do 7400) com 3-S(pino 12 do 7400);
- ponto 6-S(pino 9 do 7400) com 4-S(pino 11 do 7400);
- ponto 7-T(pino 8 do 7400) com 2-T(pino 13 do 7400);
- ponto 7-U(pino 8 do 7400) com 13-U(resistor R1);
- ponto 4-U(pino 11 do 7400) com 15-U(resistor R2);
- ponto 1-S(pino 14 do 7400) com 2-L(barramento +Vcc);
- ponto 7-P(pino 7 do 7400) com 7-K(barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna D1 e D2 correspondente à saída do circuito.

CHAVE			LED	
1	2	3	S	R
S	C	R	D1	D2
0	0	0	Ø	1
0	0	1	Ø	1
1	0	0	Ø	1
1	0	1	Ø	1
0	1	0	Ø	1
0	1	1	Ø	1
1	1	0	1	Ø
1	1	1	1	1

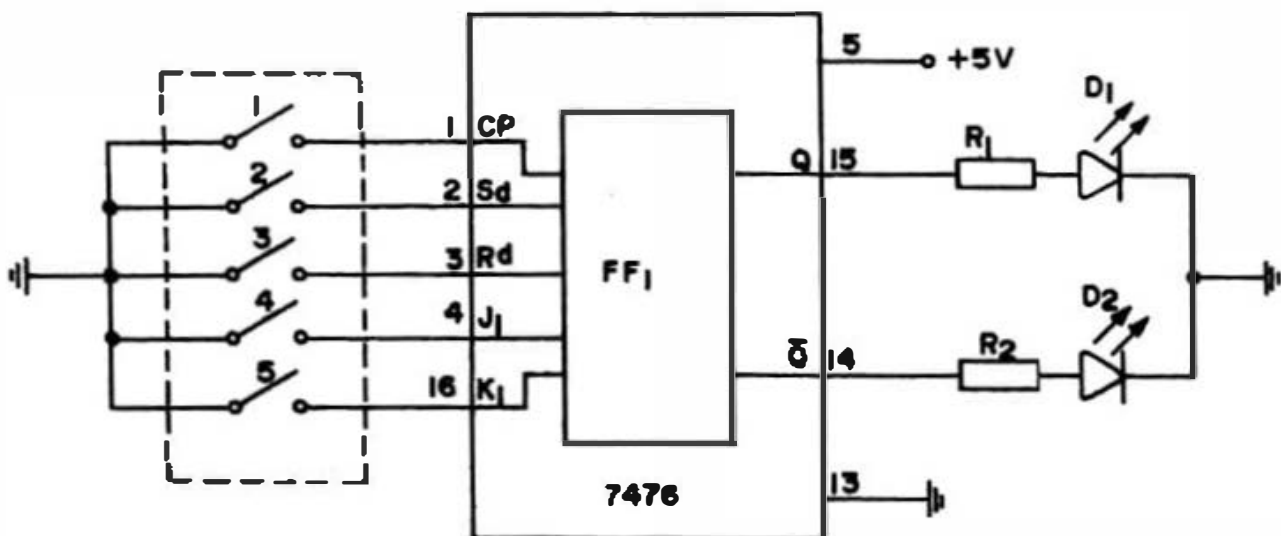
TABELA 3

— Nos permitido

QUARTA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 4. Trata-se de um flip-flop tipo J-K (circuito integrado 7476). Lembramos ao aluno que as características técnicas deste circuito integrado se encontra no manual de circuito integrado MCI-9, página 213.

FIGURA 04



Lista de Material:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7476;
- 2 resistores de 220 Ω 1/4W (R1 e R2);
- 2 LEDS (D1 e D2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe o CI 7476, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R, respectivamente.

Conecte, também, os seguintes resistores e diodos emissores de luz (LED).

- R1 no ponto 13-T com 13-N;
- R2 no ponto 15-T com 15-N;
- D1 no ponto 13-M com 13-K;
- D2 no ponto 15-M com 15-K.

Agora, conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 10-D (chave 1) com 2-K (barramento de terra);
- ponto 11-D (chave 2) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 12-D (chave 3) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (chave 4) com 5-K (barramento de terra);
- ponto 14-D (chave 5) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 10-J (chave 1) com 1-M (pino 1 do 7476);
- ponto 11-J (chave 2) com 2-M (pino 2 do 7476);
- ponto 12-J (chave 3) com 3-M (pino 3 do 7476);
- ponto 13-J (chave 4) com 4-M (pino 4 do 7476);
- ponto 14-J (chave 5) com 1-S (pino 16 do 7476);
- ponto 2-S (pino 15 do 7476) com 13-U (resistor R1);
- ponto 3-S (pino 14 do 7476) com 15-U (resistor R2);
- ponto 8-M (pino 8 do 7476) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 5-M (pino 5 do 7476) com 5-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e

+Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna D1 e D2 correspondente à saída do circuito.

CHAVES					LEDS	
1	2	3	4	5		
Cp	Sd	Rd	J1	K1	D1	D2
0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1

TABELA 4

QUINTA MONTAGEM

Nesta e na próxima montagem iremos executar a prática com circuitos osciladores de clock, para permitir a execução de prática de flip-flop com clock, tais como flip-flops "J-K"

tipo "T" e "D". A figura 5 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um oscilador de clock, utilizando inversor.

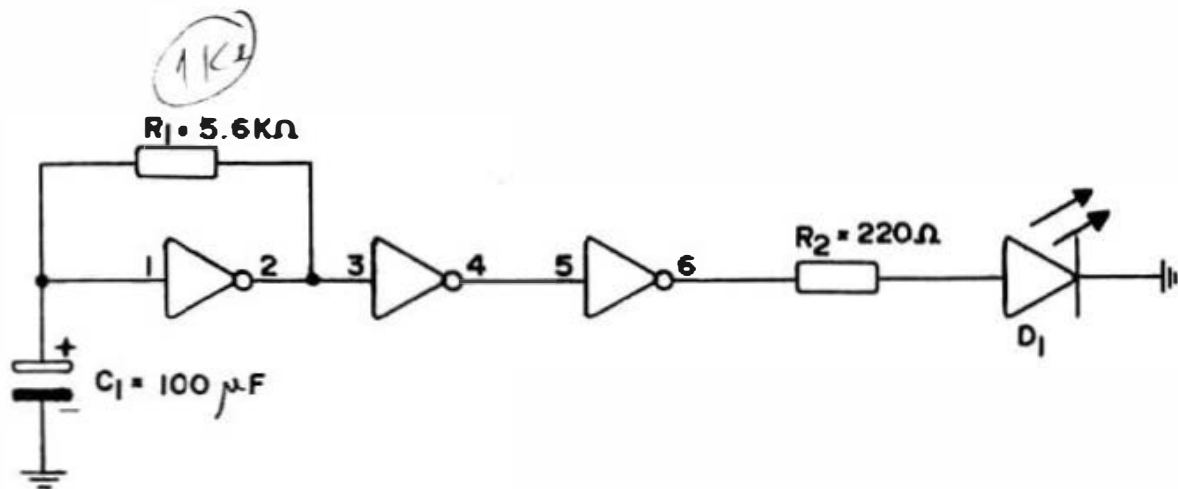


FIGURA 05

Observação - Como a porta TTL necessita cerca de 1mA de entrada em nível baixo, é provável que o oscilador com $R_1 = 5,6K\Omega$ não funcione. O aluno deverá colocar $R_1 = 1K\Omega$. E preencher a tabela 5 com calculos teóricos.

Lista de Materiais:

- 1 circuito integrado 7404;
- 1 capacitor eletrolítico de $100\mu F (C_1)$;
- 1 diodo emissor de luz (LED) D_1 ;
- 1 resistor de $5,6K\Omega (R_1)$;
- 1 resistor de $220\Omega (R_2)$.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o CI 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R, respectivamente. Em seguida, fixe o capacitor C_1 , de modo que os terminais positivo e negativo fiquem conectados nos pontos 25-R e 25-K, respectivamente. Fixe ainda o diodo emissor de luz (LED) D_1 , de modo que o anodo fique conectado no ponto 15-M e o catodo no ponto 15-K.

Fixe também os resistores:

- R_1 entre os pontos 21-T e 21-0;
- R_2 entre os pontos 15-T e 15-0.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 1-P(pino 1 do 7404) com 25-V(capacitor C1);
- ponto 2-P(pino 2 do 7404) com 21-N(resistor R1);
- ponto 21-U(resistor R1) com 25-U(capacitor C1);
- ponto 2-0 (pino 2 do 7404) com 3-0(pino 3 do 7404);
- ponto 4-0 (pino 4 do 7404) com 5-0 (pino 5 do 7404);
- ponto 6-P (pino 6 do 7404) com 15-V(resistor R2);
- ponto 7-P (pino 7 do 7404) com 7-K(barramento de terra);
- ponto 1-S (pino 14 do 7404) com 1-L(barramento +Vcc);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher a coluna de frequência de saída D1.

CICLO DE TRABALHO		FREQUÊNCIA DE SAÍDA
R ₁	C ₁	D ₁
5,6 K Ω	100 μ F	1,78 Hz
5,6 K Ω	22 MF	8,12 Hz

TABELA 5

Esta frequência é possível de ser calculada através da fórmula: $F = 1/R_1 \times C_1$.

Assim para $R_1 = 5,6K\Omega$ e $C_1 = 100\mu F$, teremos uma frequência de:

$$F = \frac{1}{100 \times 10^{-6} \times 5.600} = \frac{1}{0,000100 \times 5.600} = \frac{1}{0,56} = 1.78 \text{ Hz}$$

SEXTA MONTAGEM

A figura 6 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um oscilador de clock, utilizando o temporizador 555.

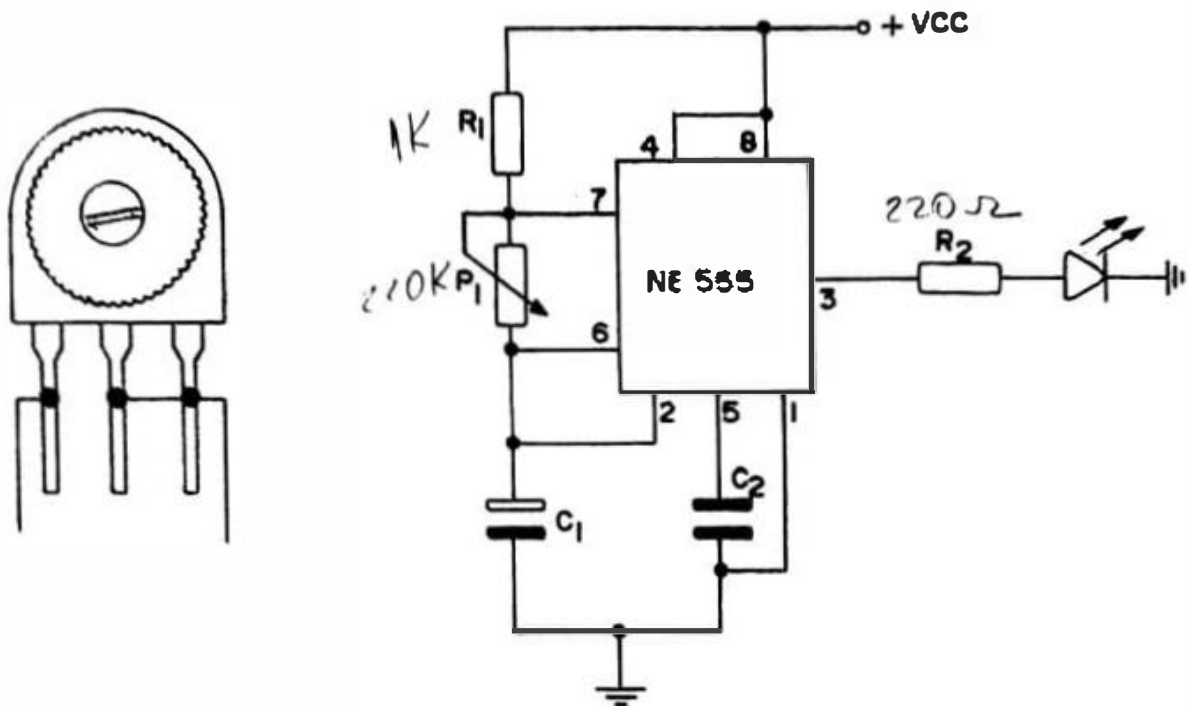


FIGURA 06

Observe que aos terminais do trimpot devem ser soldados dois pedaços de fio AWG 22, conforme ilustração acima.

Lista de Materiais:

- 1 circuito integrado NE 555;
- 1 capacitor eletrolítico 100 μ F/10V;
- 1 capacitor de poliéster 0,1 μ F;
- 1 trimpot P1 de 220K Ω ;
- 1 resistor R1 de 1K Ω ;
- 1 resistor R2 de 220 Ω ;
- 1 diodo emissor de luz (LED) D1.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado NE 555, de modo que os pinos 1 e 8 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R, respectivamente. Em seguida, fixe o trimpot P1 entre os pontos 6-T e 6-N e o R2 entre os pontos 8-T e 8-N. Fixe também o diodo emissor de luz (LED) D1, de modo que o anodo fique conectado no ponto 8-M e o catodo no ponto 8-K. Fixe ainda os capacitores: C1, de modo que os terminais positivo e negativo fiquem conectados nos pontos 11-P e 11-R, respectivamente e C2 entre os pontos 14-P e 14-K. Finalmente, fixe o resistor R1, de modo que os dois terminais extremos fiquem conectados entre os pontos 17-R e 17-O.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 1-P(pino 1 do NE 555) com 1-K(barramento de terra);
- ponto 2-P(pino 2 do NE 555) com 3-S(pino 6 do NE 555);
- ponto 3-P(pino 3 do NE 555) com 8-V(resistor R2);
- ponto 4-P(pino 4 do NE 555) com 1-S(pino 8 do NE 555);
- ponto 4-S(pino 5 do NE 555) com 14-Q(capacitor C2);
- ponto 3-T(pino 6 do NE 555) com 6-U(trimpot P1);
- ponto 6-V(trimpot P1) com 11-Q(capacitor C1);
- ponto 2-S(pino 7 do NE 555) com 6-O(trimpot P1);
- ponto 6-M(resistor R1) com 17-S (resistor R1);
- ponto 17-N (resistor R1) com 17-L (barramento +Vcc);
- ponto 1-T (pino 8 do NE 555) com 1-L(barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna de tempo de pulsação verificada na saída LED D1.

TABELA 6

TRIMPOT COM	TEMPO MÉDIO DE PULSAÇÃO
Resistência máxima	$\pm 30 \text{ SEG}$
Resistência média	$\pm 20 \text{ SEG}$
Resistência mínima	$< 1 \text{ SEG}$

SÉTIMA MONTAGEM

A figura 7 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um flip-flop tipo J-K (circuito integrado 7476). Para esta montagem iremos utilizar o circuito oscilador de clock da montagem anterior, portanto solicitamos ao aluno não desmontá-lo.

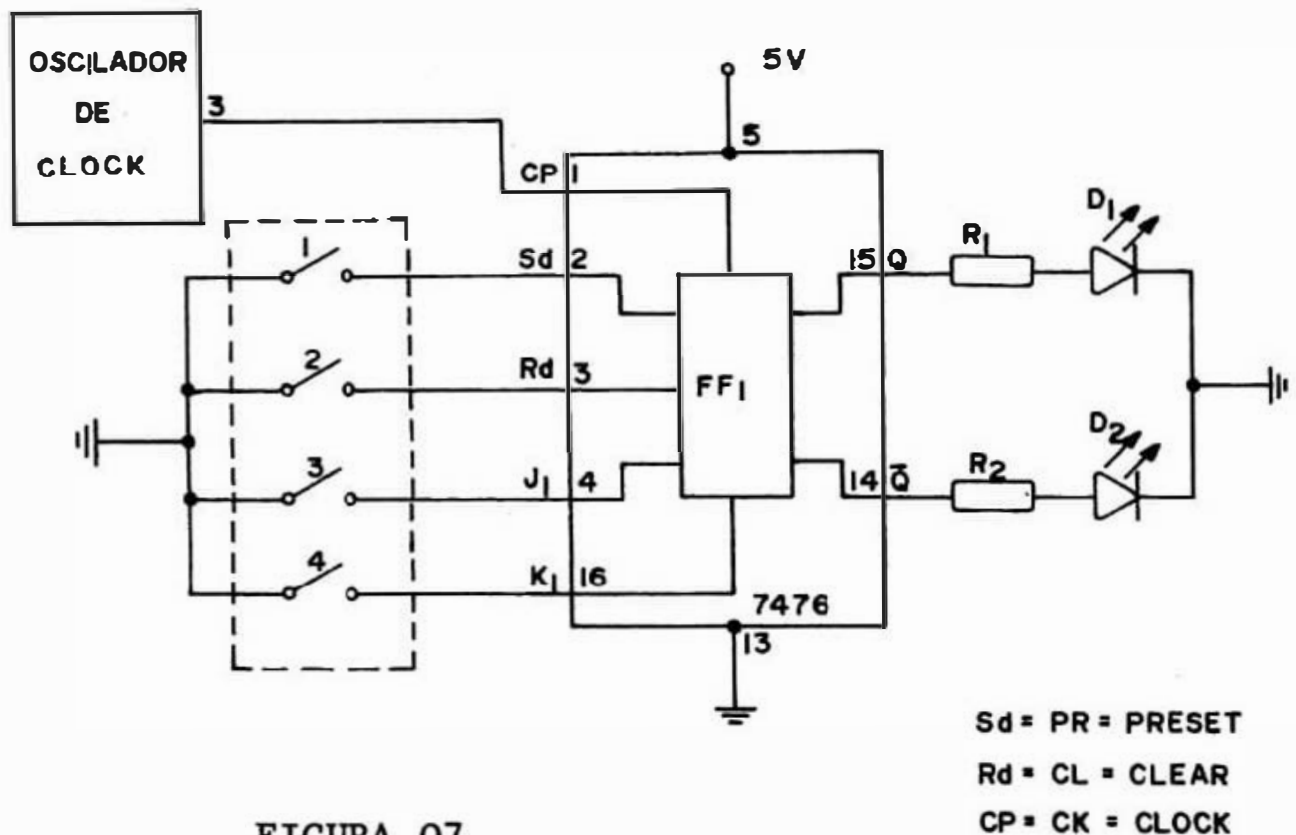


FIGURA 07

Lista de Materiais:

- 1 dip switch;
- circuito integrado 7476;
- dois resistores de 220Ω (R₁ e R₂);
- dois diodos emissores de luz (LEDS D₁ e D₂);
- oscilador de clock da montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado 7476 de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 22-Q e 22-R, res

pectivamente. Fixe também o dip switch, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 25-E e 25-F. Em seguida, fixe os resistores: R1 entre os pontos 33-N e 33-T e R2 entre os pontos 35-N e 35-T. E, finalmente, fixe os LEDs: D1, de modo que o anodo fique conectado no ponto 33-M e o catodo no ponto 33-K e D2, de modo que o anodo fique conectado no ponto 35-M e o catodo no ponto 35-K.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 19-K(barramento de terra) com 25-A(chave 1);
- ponto 20-K(barramento de terra) com 26-A(chave 2);
- ponto 21-K(barramento de terra) com 27-A(chave 3);
- ponto 22-K(barramento de terra) com 28-A(chave 4);
- ponto 25-J(chave 1) com 23-M(pino 2 do 7476);
- ponto 26-J(chave 2) com 24-M(pino 3 do 7476);
- ponto 27-J(chave 3) com 25-M(pino 4 do 7476);
- ponto 28-J(chave 4) com 22-S(pino 16 do 7476);
- ponto 24-S(pino 14 do 7476) com 35-V(resistor R2);
- ponto 23-S(pino 15 do 7476) com 33-V(resistor R1);
- ponto 26-M(pino 5 do 7476) com 26-L(barramento +Vcc);
- ponto 25-S(pino 13 do 7476) com 15-K(barramento de terra);
- ponto 22-M(pino 1 do 7476) com 3-M(pino 3 do NE 555 oscilador).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 7) e preencher as colunas de saída LEDs D1 e D2.

CLOCK	CHAVES				LEDS	
	1	2	3	4	D1	D2
	1	1	0	0	1	0
	1	1	1	0	1	0
	1	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	1	1
	0	0	1	0	1	1
	0	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1

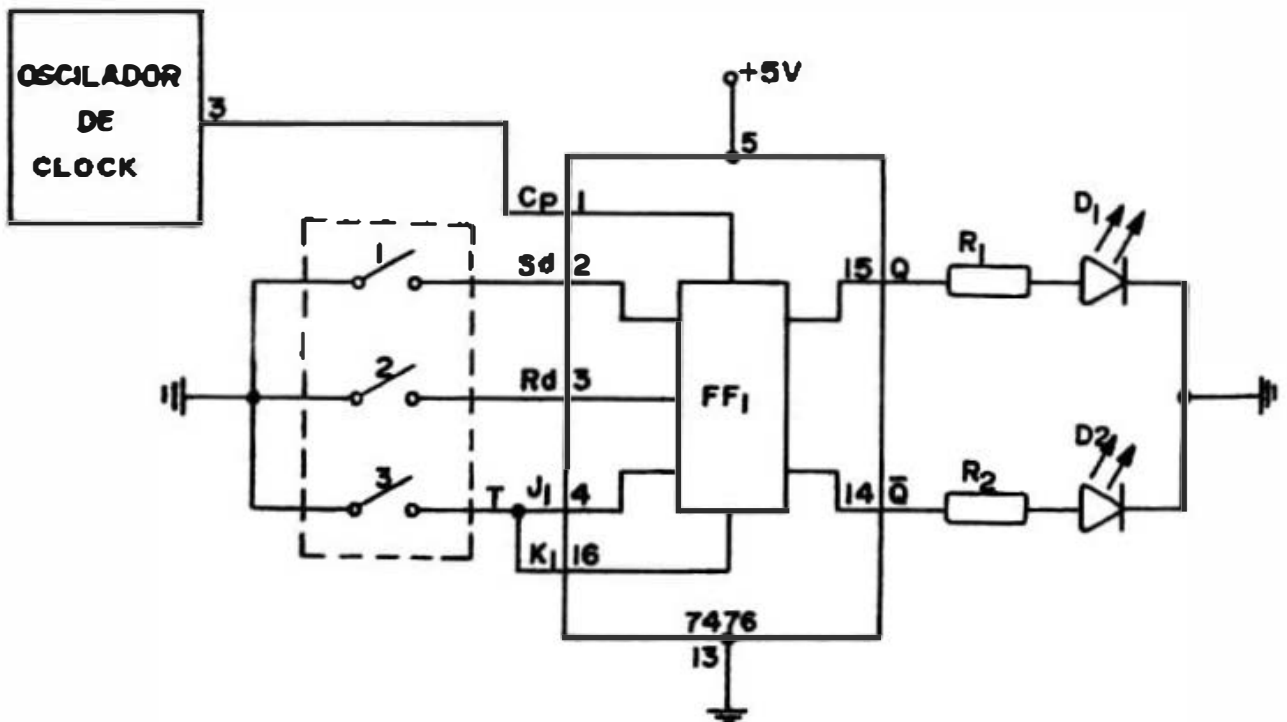
N. Aetura

TABELA 7

Oscilante
N. PermitidoOITAVA MONTAGEM

A figura 8 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um flip-flop tipo T (utilizando o 7476 tipo J-K).

FIGURA 08



Lista de Materiais:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7476;
- 2 resistores 220Ω (R_1 e R_2);
- 2 diodo emissor de luz (LED D_1 e D_2);
- Oscilador de clock.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Esta montagem é idêntica à anterior, devemos apenas desligar o ponto 28-J e ligar no ponto 25-P.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 8) e preencher as colunas de saída LEDs D_1 e D_2 .

CLOCK	CHAVES			LEDS	
	1	2	3	D_1	D_2
	1	1	1		
	1	1	↓	1	0
	1	1	1		
	1	1	↓	1	0
	0	0	0	1	1

Oscilante

N. A TABELA 8

Oscilante
nas altera

Observe: a seta ($\downarrow$) significa que a alteração dos LEDs ocorrem na mudança da chave 3 de alto para baixo, ou seja, de um (1) para zero (0).

NONA MONTAGEM

A figura 9 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um flip-flop tipo D (utilizando o 7476 tipo J-K).

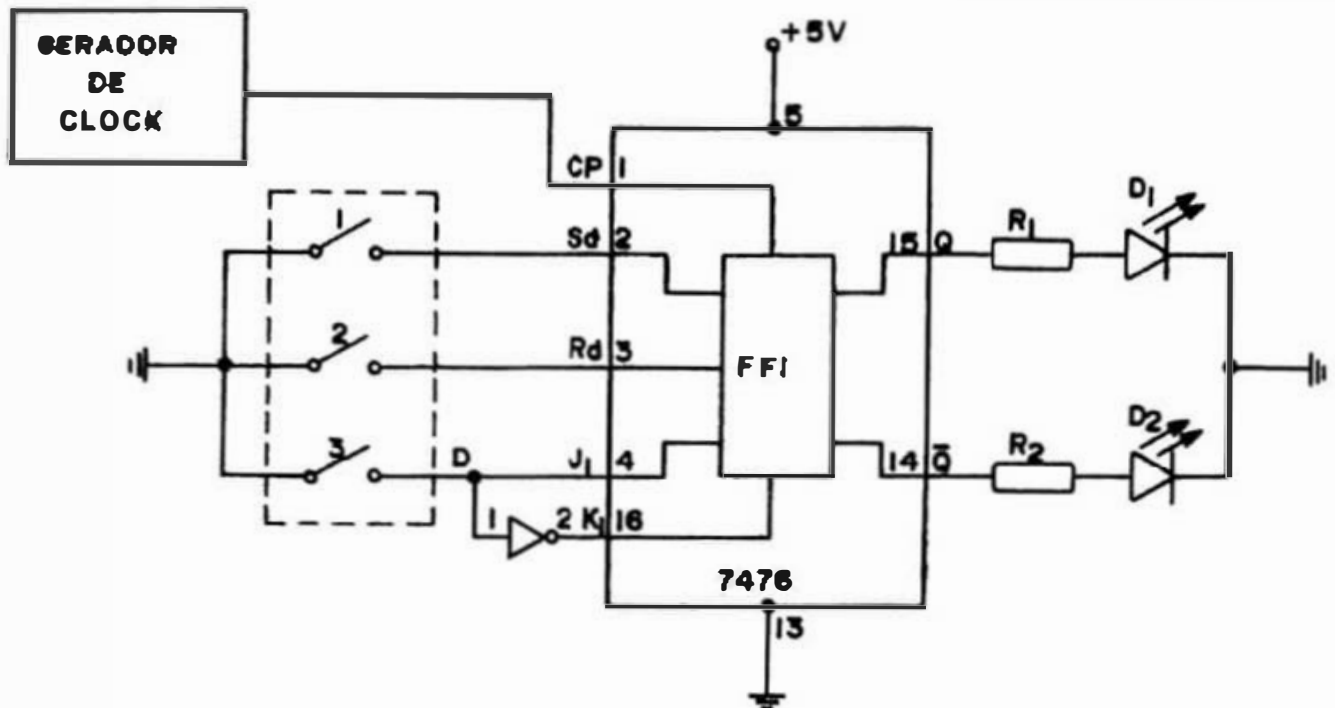


FIGURA 09

Lista de Materiais:

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7476;
- 1 circuito integrado 7404;
- 2 resistores de 220Ω (R₁, R₂);
- 2 diodo emissor de luz (LEDS D₁ e D₂);
- oscilador de clock.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Esta montagem é idêntica à anterior. Devemos, porém, incluir um inversor entre os terminais J e K. Portanto, devemos fixar o circuito integrado 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 5-E e 5-F. Em seguida, desligamos o fio do ponto 25-P e o ligamos no ponto 6-D e ligamos um outro fio do ponto 5-D com 25-P. Devemos ligar ainda, utilizando jumpers, os seguintes pontos: 5-G (pino 14 do 7404) - com 5-L (barramento +Vcc) e 11-D (pino 7 do 7404) com 13-K

(barramento de terra).

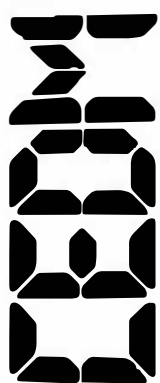
Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 9) e preencher as colunas de saída LEDS D1 e D2.

CLOCK	CHAVES			LEDS	
	1	2	3	D1	D2
	1	1	1	1	
	1	1	0		1
X	1	1	1	1	
X	1	1	0		1
X	0	1	X	1	
X	1	0	X		1

TABELA 9

NOTA: "X" é o mesmo que um sinal constante, não importa do que seja alto ou baixo.



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-16

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna D1 e D2 ficará assim pre-enchida:

a)

D1	D2
1	1
0	0
0	1
0	0

b)

D1	D2
não altera	1
1	0
0	1
não permitido	0
0	0

c)

D1	D2
não altera	
0	0
1	1
não permitido	
0	1

d)

D1	D2
não permitido	
0	0
1	0
1	0
não altera	

2) Com relação à tabela 2, a coluna D1 e D2 ficará assim pre-enchida:

a)

D1	D2
1	1
0	0
1	1
0	0

b)

D1	D2
1	1
1	0
0	1
não altera	

c)

D1	D2
1	1
1	0
0	1
0	0

d)

D1	D2
não altera	
1	0
0	1
não altera	

3) Com relação à tabela 3, A coluna D1 e D2 ficará assim preenchida:

a)

D1	D2
não altera	
não altera	
não altera	
não altera	
não altera	
0	1
1	0
1	1
não permitido	

b)

D1	D2
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
1	1
1	1
0	1

c)

D1	D2
não altera	
não permitido	
não permitido	
não permitido	
não permitido	
0	1
1	0
1	1
não altera	

d)

D1	D2
0	0
1	0
0	1
1	0
0	1
1	0
0	1
1	1
não permitido	

4) Com relação a tabela 4, a coluna D1 e D2 ficará assim preenchida:

a)

D1	D2
1	1
1	0
0	1
não altera	
0	0
1	0
0	1
não altera	
1	1
1	1
1	1

b)

D1	D2
0	0
0	1
1	0
não permitido	
0	0
1	0
0	1
não permitido	
0	1
0	1
0	1

c)

D1	D2
1	1
1	0
0	1
não altera	
1	1
1	0
0	1
não altera	
1	1
1	1
1	1

d)

D1	D2
1	1
1	0
0	1
não altera	
1	1
1	0
0	1
não altera	
0	0
0	0
0	0

NOTA: A tabela continua na página seguinte.

1	1
1	1
1	1
1	1
1	1

0	1
não permitido	
não permitido	
não permitido	
não permitido	

1	1
1	1
1	1
1	1
1	1

0	0
não altera	
não altera	
não altera	
não altera	

5) Com relação a tabela 5, a coluna de frequência de saída ficará assim preenchida:

a)

FREQUÊNCIA DE SAÍDA
1,78 Hz pisca lento
8,12 Hz pisca rápido

b)

FREQUÊNCIA DE SAÍDA
8,12 Hz pisca lento
1,78 Hz pisca rápido

c)

FREQUÊNCIA DE SAÍDA
não pisca
8,12 Hz pisca rápido

d)

FREQUÊNCIA DE SAÍDA
1,78 Hz pisca lento
não pisca

6) Com relação a tabela 6, a coluna de tempo médio de pulsação ficará assim preenchida:

a)

TEMPO MÉDIO DE PULSAÇÃO
± 19 minutos
± 10 minutos
- de 1 minuto

b)

TEMPO MÉDIO DE PULSAÇÃO
± 35 segundos
± 18 segundos
- de 1 segundo

c)

TEMPO MÉDIO DE PULSAÇÃO
± 19 horas
± 10 horas
- de 1 hora

d)

TEMPO MÉDIO DE PULSAÇÃO
± 19μ segundos
± 10μ segundos
- de 1μ seg.

7) Com relação a tabela 7, a coluna D1 e D2 ficará assim preenchida:

a)

D1	D2
oscilante	
0	1

b)

D1	D2
não altera	
1	0

c)

D1	D2
oscilante	
0	1

d)

D1	D2
não altera	
1	0

NOTA: A tabela continua na página seguinte.

1	0
não altera	
1	1
1	1
1	1
1	1

0	1
oscilante	
0	1
0	1
0	1
0	1

1	0
não altera	
0	0
0	0
0	0
0	0

0	1
oscilante	
1	1
1	1
1	1
1	1

8) Com relação a tabela 8, a coluna D1 e D2 ficará assim preenchida:

a)

D1	D2
oscilante	
não altera	
oscilante	
não altera	
1	1

b)

D1	D2
oscilante	
1	1
oscilante	
0	0
não permitido	

c)

D1	D2
não altera	
1	0
não altera	
0	1
oscilante	

d)

D1	D2
oscilante	
1	0
oscilante	
0	1
oscilante	

9) Com relação a tabela 9, a coluna D1 e D2 ficará assim preenchida:

a)

D1	D2
0	1
1	0
oscilante	
oscilante	
0	1
1	0

b)

D1	D2
1	0
0	1
oscilante	
oscilante	
1	0
0	1

c)

D1	D2
0	1
1	0
não permitido	
não permitido	
0	1
1	0

d)

D1	D2
1	0
0	1
não altera	
não altera	
1	0
0	1

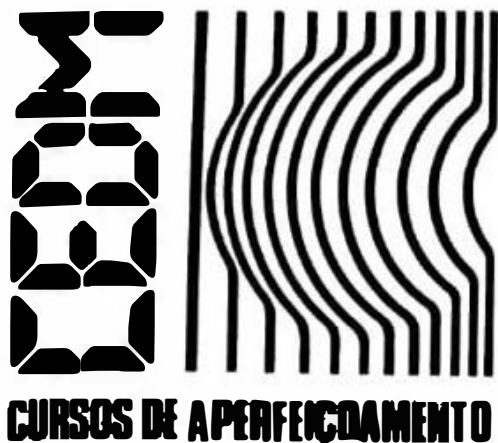
10) Um oscilador de clock como o ilustrado na figura 5, com valores de $R_1 = 1K\Omega$ e $C_1 = 100\mu F$, a sua frequência será:

a) 0,10 Hz;

b) 1,0 Hz;

c) 100 Hz;

d) 10 Hz.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-17

MANUAL DE PRÁTICA - MP-17

INTRODUÇÃO:

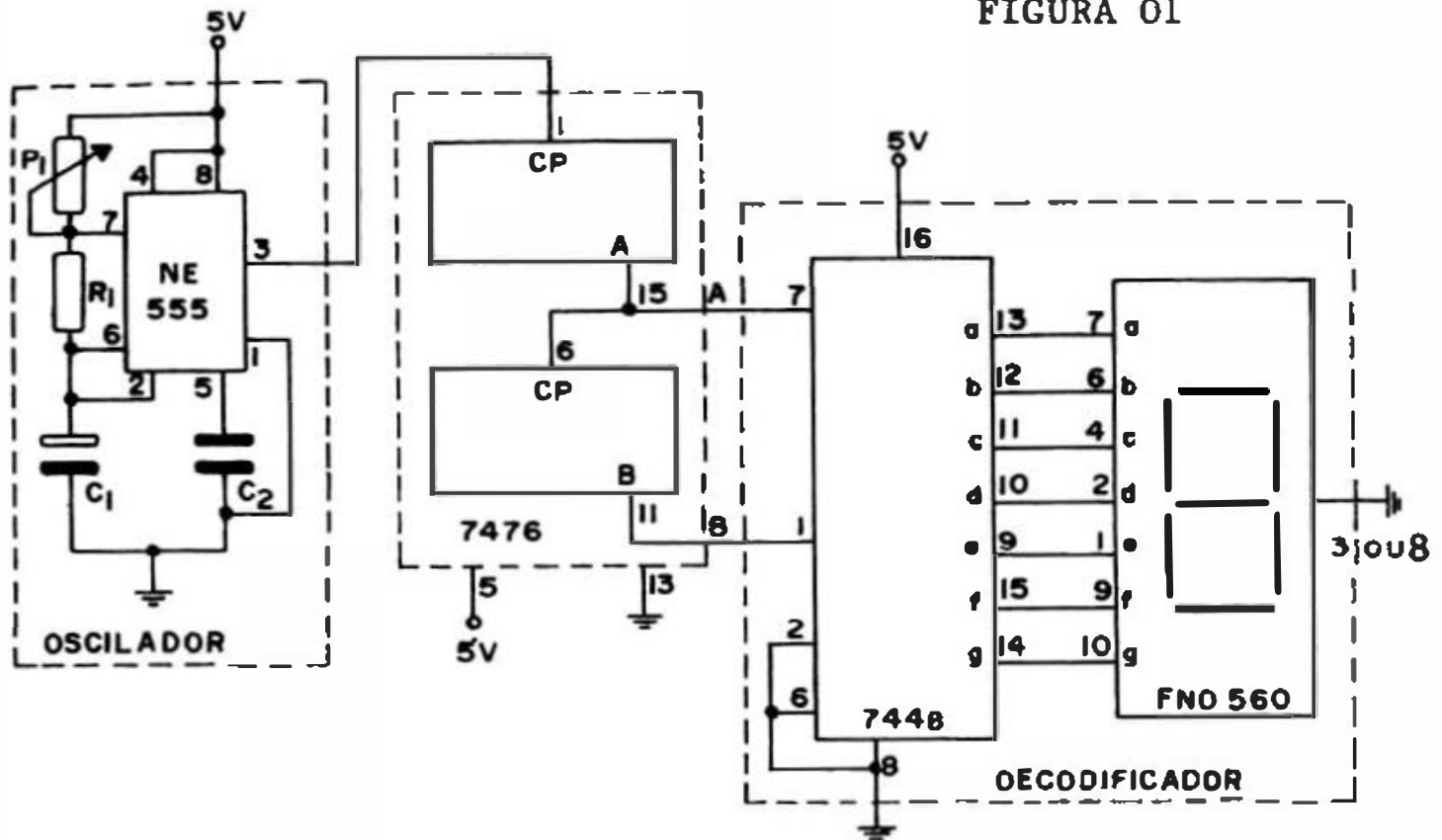
Nesta lição, iremos efetuar montagens práticas sobre circuitos contadores a partir de circuitos flip-flops. Recomendamos ao aluno que reestude as lições teóricas sobre este assunto (ED-18 e ED-19).

CIRCUITOS CONTADORES ASSÍNCRONOS

PRIMEIRA MONTAGEM

A figura 1 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador binário de dois bits.

FIGURA 01



MONTAGEM DO OSCILADOR:

Lista de materiais

- 1 circuito integrado NE 555;
- 1 capacitor eletrolítico 100 μ F/10V(C₁);
- 1 capacitor de poliéster 0,1 μ F(C₂);
- 1 trimpot de 220K Ω (P₁);
- 1 resistor de 1K Ω (R₁).

Inicialmente, fixe o circuito integrado NE 555, de modo que os pinos 1 e 8 fiquem conectados nos pontos 1-Q e 1-R, respectivamente. Em seguida, fixe o resistor R₁ entre os pontos 2-S e 3-V e P₁ (trimpot) entre os pontos 1-S e 2-V. Fixe também os capacitores: C₁ de modo que os terminais positivo e negativo fiquem conectados nos pontos 2-P e 2-R, respectivamente e C₂ entre os pontos 4-K e 4-S.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 1-P (pino 1 do NE 555) com 1-K(barramento de terra);
- ponto 2-O (pino 2 do NE 555) com 3-S(pino 6 do NE 555);
- ponto 4-P (pino 4 do NE 555) com 1-T(pino 8 do NE 555);
- ponto 1-U (pino 8 do NE 555) com 1-L(barramento +Vcc).

Esta montagem (oscilador) deverá permanecer montada na placa experimental, pois será utilizada em várias experiências. Em seguida, passemos à montagem do contador binário de dois bits.

Lista de materiais

- 1 circuito integrado 7476;
- 1 circuito integrado 7448;
- 1 display FND 560.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado 7476, de modo - que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 12-Q e 12-R e o 7448, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-E e 21-F, respectivamente. Em seguida, fixe o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados - nos pontos 31-D e 31-H, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-P (pino 3 do NE 555 "Oscilador") com 12-P(pino 1 do 7476);
- ponto 13-S (pino 15 do 7476) com 17-P(pino 6 do 7476);
- ponto 13-T (pino 15 do 7476) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 17-S (pino 11 do 7476) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 22-C (pino 2 do 7448) com 26-C(pino 6 do 7448);
- ponto 26-B (pino 6 do 7448) com 28-B(pino 8 do 7448);
- ponto 28-G (pino 9 do 7448) com 31-C(pino 1 do FND 560);
- ponto 27-G (pino 10 do 7448) com 32-C(pino 2 do FND 560);
- ponto 26-G (pino 11 do 7448) com 34-C(pino 4 do FND 560);
- ponto 25-G (pino 12 do 7448) com 35-I(pino 6 do FND 560);
- ponto 24-G (pino 13 do 7448) com 34-I(pino 7 do FND 560);
- ponto 23-G (pino 14 do 7448) com 31-I(pino 10 do FND 560);
- ponto 22-G (pino 15 do 7448) com 32-I(pino 9 do FND 560);
- ponto 33-I (pino 8 do FND 560) com 33-K(barramento de terra);
- ponto 28-D (pino 8 do 7448) com 28-K(barramento de terra);
- ponto 21-G (pino 16 do 7448) com 21-L(barramento +Vcc);
- ponto 21-G (pino 13 do 7446) com 13-K(barramento de terra);
- ponto 16-P (pino 5 do 7476) com 16-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e $+V_{cc}$ da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de saída decimal.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS		
	B	A	DECIMAL
1ª	0	0	0
2ª	0	1	1
3ª	1	0	2
4ª	1	1	3

TABELA 01

SEGUNDA MONTAGEM

A figura 2 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador binário de quatro bits. Para esta montagem iremos acrescentar um integrado 7476 e efetuar algumas alterações.

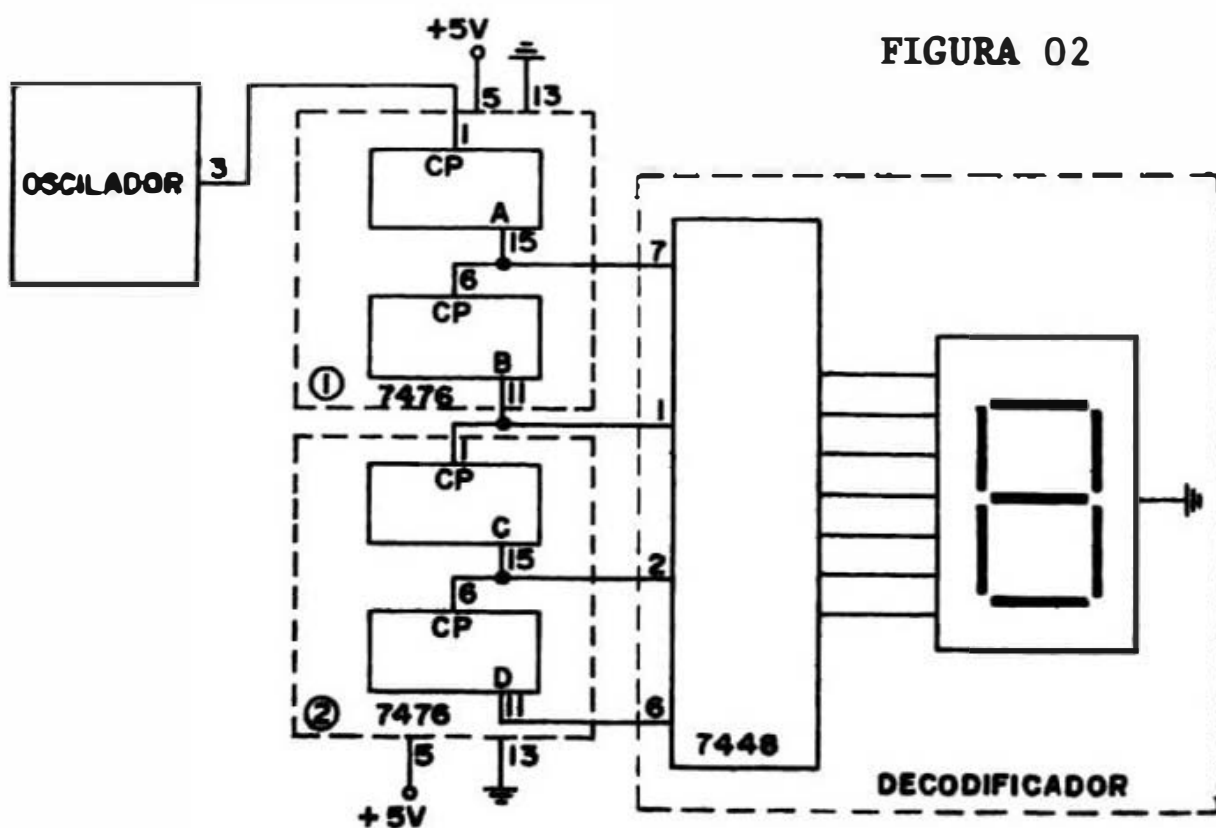


FIGURA 02

Lista de material:

- 2 circuitos integrados 7476
- oscilador
- decodificador

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, fixe um segundo circuito integrado 7476, de modo que os pinos 1 e 16, fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente.

Desligue os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 22-C (pino 2 do 7448) com 26-C (pino 6 do 7448);
- ponto 26-C (pino 6 do 7448) com 28-C (pino 8 do 7448);

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 17-S (pino 11 do 7476 ①) com 21-P (pino 1 do 7476 ②);
- ponto 22-S (pino 15 do 7476 ②) com 26-P (pino 6 do 7476 ②);
- ponto 25-P (pino 5 do 7476 ②) com 25-L (barramento +5V);
- ponto 24-S (pino 13 do 7476 ②) com 25-K (barramento de terra);
- ponto 22-T (pino 15 do 7476 ②) com 22-D (pino 2 do 7448);
- ponto 26-S (pino 11 do 7476 ②) com 26-D (pino 6 do 7448);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna de saída decimal.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS				
	D	C	B	A	DECIMAL
1ª	0	0	0	0	0
2ª	0	0	0	1	1
3ª	0	0	1	0	2
4ª	0	0	1	1	3
5ª	0	1	0	0	4
6ª	0	1	0	1	5
7ª	0	1	1	0	6
8ª	0	1	1	1	7

TABELA 02

A tabela continua na próxima página.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS				
	D	C	B	A	DECIMAL
9ª	1	0	0	0	8
10ª	1	0	0	1	9
11ª	1	0	1	0	10
12ª	1	0	1	1	11
13ª	1	1	0	0	12
14ª	1	1	0	1	13
15ª	1	1	1	0	14
16ª	1	1	1	1	15

TABELA 02

TERCEIRA MONTAGEM

A figura 3 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador decrescente de quatro bits.

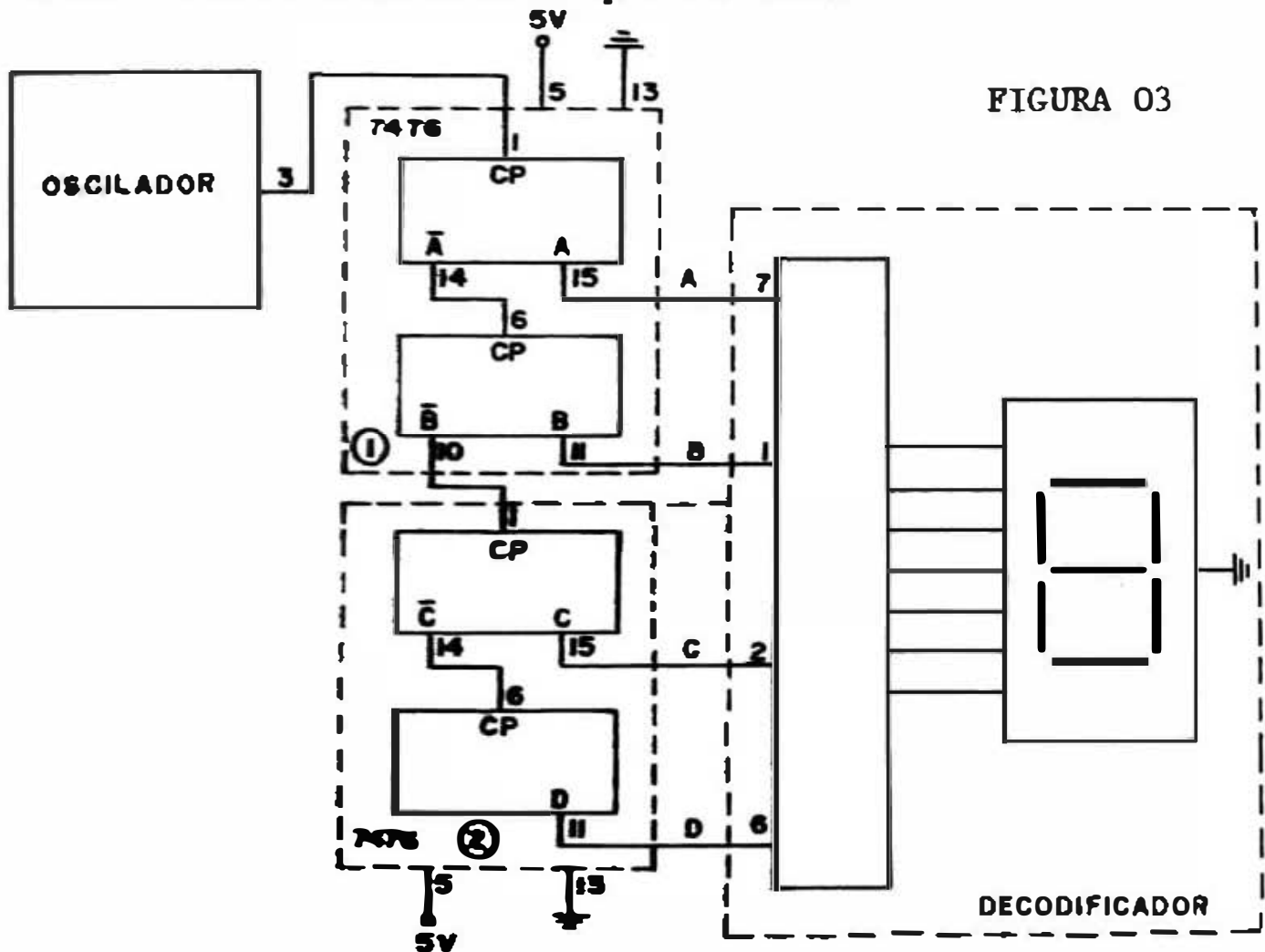


FIGURA 03

Lista de material

- o mesmo da montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, desligue os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 13-S(pino 15 do 7476 ①) com 17-P(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 17-S(pino 11 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 26-P(pino 6 do 7476 ②).

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 14-S(pino 14 do 7476 ①) com 17-P(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 18-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 26-P(pino 6 do 7476 ②).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

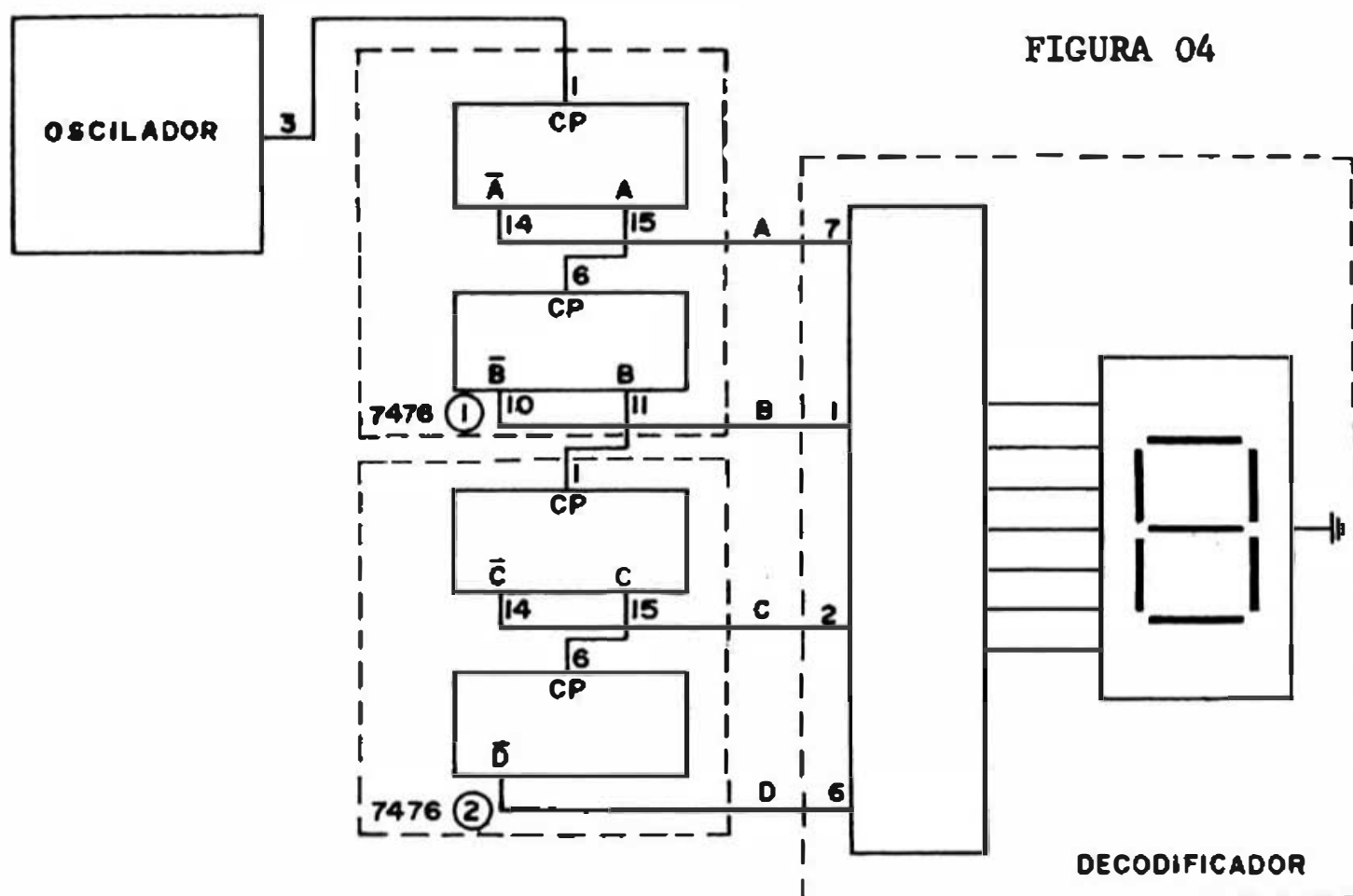
Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna de saída decimal.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS				
	D	C	B	A	DECIMAL
1º	1	1	1	1	15
2º	1	1	1	0	14
3º	1	1	0	1	13
4º	1	1	0	0	12
5º	1	0	1	1	11
6º	1	0	1	0	10
7º	1	0	0	1	9
8º	1	0	0	0	8
9º	0	1	1	1	7
10º	0	1	1	0	6
11º	0	1	0	1	5
12º	0	1	0	0	4
13º	0	0	1	1	3
14º	0	0	1	0	2
15º	0	0	0	1	1
16º	0	0	0	0	0

TABELA 03

QUARTA MONTAGEM

A figura 4 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador decrescente de quatro bits, idêntico ao anterior, porém em uma configuração diferente.



Lista de material

- o mesmo da montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, desligue os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 13-T(pino 15 do 7476 ①) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 14-S(pino 14 do 7476 ①) com 17-P(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 18-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 26-P(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 17-S(pino 11 do 7476 ①) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 22-T(pino 15 do 7476 ②) com 22-D(pino 2 do 7448);
- ponto 26-S(pino 11 do 7476 ②) com 26-D(pino 6 do 7448);

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 14-S(pino 14 do 7476 ①) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 18-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 22-D(pino 2 do 7448);
- ponto 27-S(pino 10 do 7476 ②) com 26-D(pino 6 do 7448);
- ponto 13-S(pino 15 do 7476 ①) com 17-P(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 17-T(pino 11 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 22-S(pino 11 do 7476 ①) com 26-P(pino 6 do 7476 ②);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna de saída decimal.

Neste mesmo circuito, poderemos introduzir um dispositivo de controle de memorização e contagem. A figura 5 ilustra as ligações que deverão ser acrescentadas.

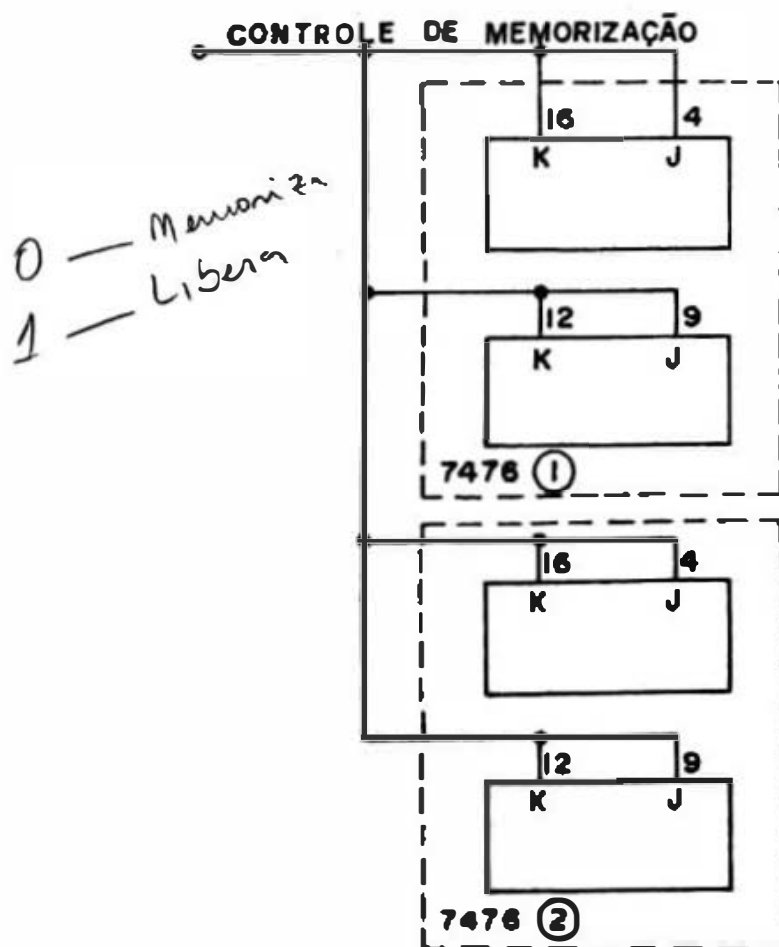


FIGURA 05

Utilizando a mesma montagem anterior sem efetuar alterações devemos ligar, através de jumpers, os seguintes pontos:

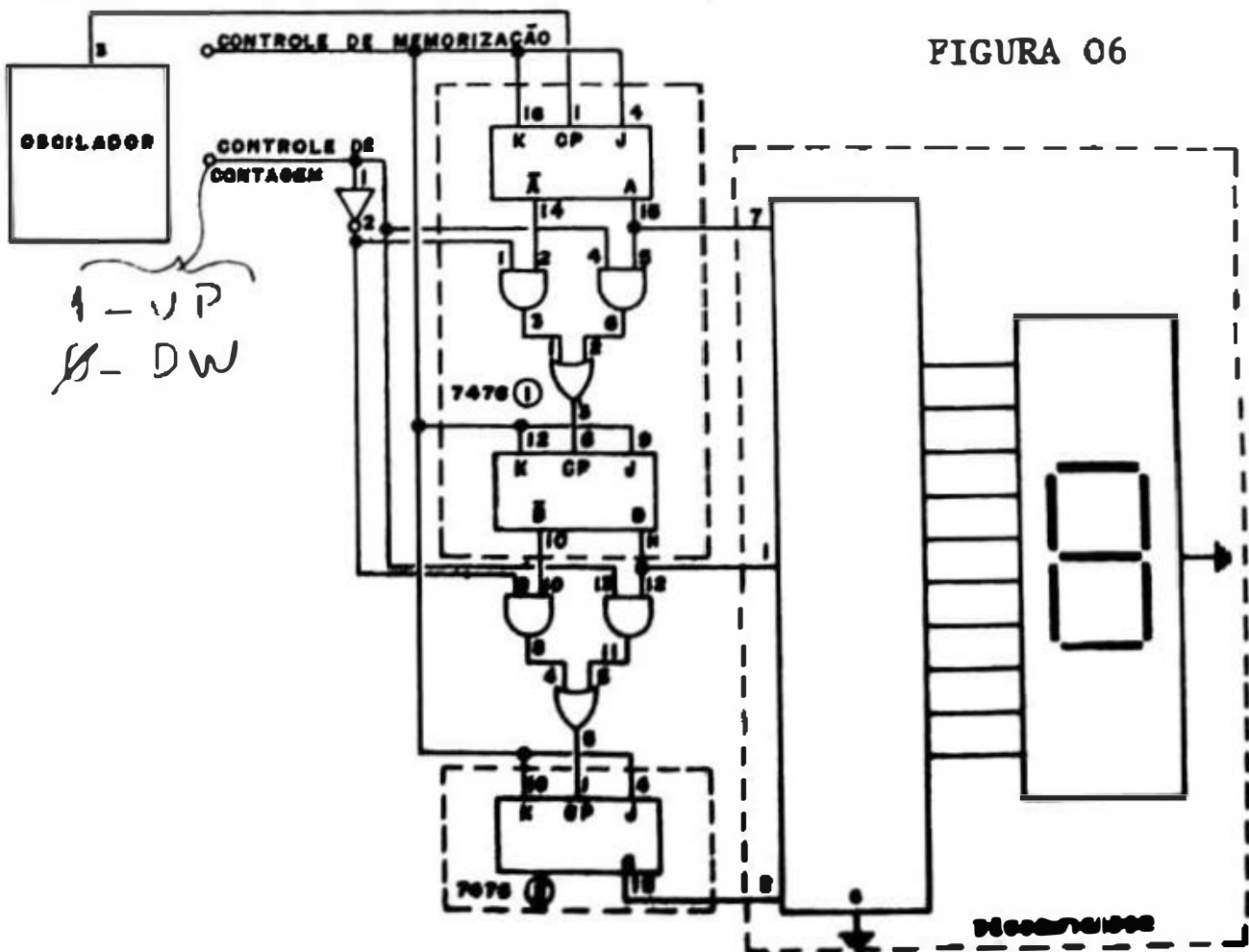
- ponto 15-M (pino 4 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra);
- ponto 15-P (pino 4 do 7476 ①) com 12-S(pino 16 do 7476 ①);
- ponto 12-T (pino 16 do 7476 ①) com 16-T(pino 12 do 7476 ①);
- ponto 16-U (pino 12 do 7476 ①) com 19-U(pino 9 do 7476 ①);
- ponto 19-T (pino 9 do 7476 ①) com 21-T(pino 16 do 7476 ②);
- ponto 21-S (pino 16 do 7476 ②) com 24-P(pino 4 do 7476 ②);
- ponto 21-U (pino 16 do 7476 ②) com 25-U(pino 12 do 7476 ②);
- ponto 25-T (pino 12 do 7476 ②) com 28-T(pino 9 do 7476 ②).

Assim, ao ligarmos a fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental, o contador deverá ficar parado, "memorizado". Em seguida, desligamos o fio do ponto 14-K (barramento de terra) e notaremos que o contador será liberado. Desta forma, quando o fio de controle for 0 (zero), o contador "memoriza" a última informação e quando o controle for 1(um) o contador é liberado e teremos uma contagem decrescente.

Este dispositivo de controle de memorização pode ser aplicado nos circuitos contadores, anteriores.

QUINTA MONTAGEM

A figura 6 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador crescente/decrecente, de três bits.

**FIGURA 06**

Lista de material

- o mesmo da montagem anterior;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, desligue os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 13-S(pino 15 do 7476 ①) com 17-P(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 14-S(pino 14 do 7476 ①) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 17-T(pino 11 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 18-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 26-P(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 22-D(pino 2 do 7448);
- ponto 27-S(pino 10 do 7476 ②) com 26-D(pino 6 do 7448).

Agora, fixe os seguintes circuitos integrados: 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-E e 1-F; 7432 de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-E e 11-F, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 13-S(pino 15 do 7476 ①) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 5-D(pino 5 do 7408) com 13-T(pino 15 do 7476 ①);
- ponto 14-S(pino 14 do 7476 ①) com 2-D(pino 2 do 7408);
- ponto 17-M(pino 6 do 7476 ①) com 13-D(pino 3 do 7432);
- ponto 17-S(pino 11 do 7476 ①) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 21-C(pino 1 do 7448) com 3-G (pino 12 do 7408);
- ponto 18-S(pino 10 do 7476 ①) com 5-G(pino 10 do 7408);
- ponto 16-D(pino 6 do 7432) com 21-M (pino 1 do 7476 ②);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 22-D(pino 2 do 7448);
- ponto 26-A(pino 6 do 7448) com 28-A (pino 8 do 7448);
- ponto 29-M(pino 1 do 7404) com 29-K(barramento de terra);
- ponto 29-P(pino 1 do 7404) com 4-D (pino 4 do 7408);
- ponto 30-P(pino 2 do 7404) com 1-D (pino 1 do 7408);
- ponto 29-S(pino 14 do 7404) com 29-L(barramento +Vcc);
- ponto 35-M(pino 7 do 7404) com 35-K(barramento de terra);
- ponto 3-D(pino 3 do 7408) com 11-D (pino 1 do 7432);

- ponto 6-D(pino 6 do 7408) com 12-D (pino 2 do 7432);
- ponto 1-C(pino 1 do 7408) com 6-G (pino 9 do 7408);
- ponto 4-C(pino 4 do 7408) com 2-G (pino 13 do 7408);
- ponto 4-G(pino 11 do 7408) com 15-D (pino 5 do 7432);
- ponto 7-G(pino 8 do 7408) com 14-D (pino 4 do 7432);
- ponto 7-D(pino 7 do 7408) com 8-K(barramento de terra);
- ponto 1-G(pino 14 do 7408) com 2-L(barramento +Vcc);
- ponto 17-D(pino 7 do 7432) com 17-K(barramento de terra);
- ponto 11-G(pino 14 do 7432) com 11-L(barramento +Vcc);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna de contagem.

CONTROLE DE MEMORIZAÇÃO	CONTROLE DE CONTAGEM	CONTAGEM	
1	1	0	UP
0	1	15	DW
0	0	Parado	DW
1	0		
1	1		

Crescente

Memoriza

TABELA 04

Memoriza

decrecente

crescente

Obs.: O controle de memorização é feita pelo jumper que liga os pontos 15-M(pino 4 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra). Assim, quando o jumper estiver ligado no ponto 14-K, o controle de memorização será igual a zero (0) e quando desligado será igual a um (1). O controle de contagem é feito pelo jumper que liga os pontos 29-M (pino 1 do 7404) com 29-K (barramento de terra). Da mesma forma, quando o jumper estiver ligado no ponto 29-K, o controle de contagem será igual a zero (0) e quando desligado será igual a um (1).

Neste mesmo circuito, poderemos introduzir um dispositivo de reset (zeramento). A figura 7 ilustra as ligações que deverão ser acrescentadas.

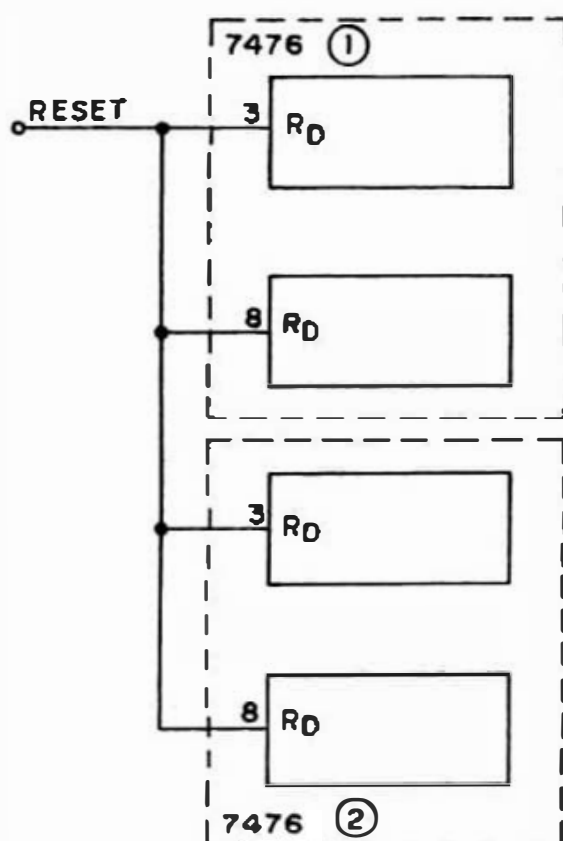


FIGURA 07

$R_D = \text{RESET}$

Utilizando a mesma montagem anterior, sem efetuar alterações, devemos ligar, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 14-M(pino 3 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra);
- ponto 14-N(pino 3 do 7476 ①) com 19-N(pino 8 do 7476 ①);
- ponto 19-P(pino 8 do 7476 ①) com 23-M(pino 3 do 7476 ②);
- ponto 23-P(pino 3 do 7476 ②) com 28-P(pino 8 do 7476 ②).

Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencha a coluna de saída de contagem.

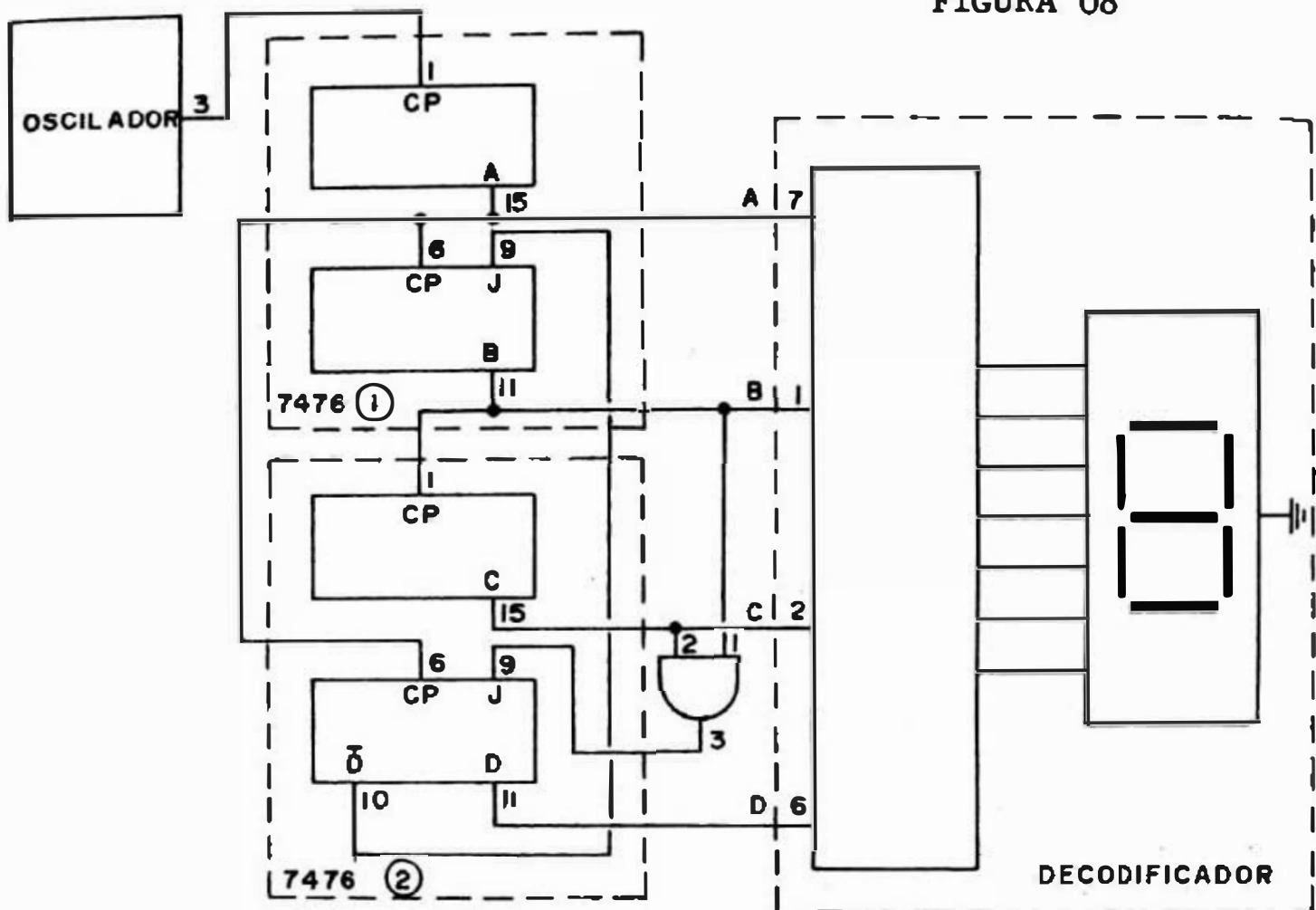
RESET	CONTAGEM
0	Zero
1	Libera

TABELA 05

SEXTA MONTAGEM

A figura 8 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador BCD 8421 (Contador de década).

FIGURA 08



Lista de materiais

- oscilador
- 2 circuitos integrados 7476
- 1 circuito integrado 7408
- decodificador

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Fixe os seguintes circuitos integrados: 7476 ①, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; 7476 ②, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R; respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-P(pino 3 do NE 555 "oscilador") com 11-P(pino 1 do 7476 ①);

- ponto 16-P(pino 6 do 7476 ①) com 12-S(pino 15 do 7476 ①);
- ponto 16-S(pino 11 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 16-0(pino 6 do 7476 ①) com 26-0(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 18-S(pino 9 do 7476 ①) com 27-S(pino 10 do 7476 ②);
- ponto 12-T(pino 15 do 7476 ①) com 27-D(pino 7 do 7448);
- ponto 26-T(pino 11 do 7476 ①) com 21-D(pino 1 do 7448);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 22-D(pino 2 do 7448);
- desligue os pontos 26-A(pino 6 do 7448) com 28-A(pino 8 do 7448);
- ponto 26-S(pino 11 do 7476 ②) com 26-D(pino 6 do 7448);
- ponto 16-U(pino 11 do 7476 ①) com 29-P(pino 1 do 7408);
- ponto 22-T(pino 15 do 7476 ②) com 30-P(pino 2 do 7408);
- ponto 28-S(pino 9 do 7476 ②) com 31-P(pino 3 do 7408);
- ponto 29-S(pino 14 do 7408) com 29-L(barramento +Vcc);
- ponto 35-P(pino 7 do 7408) com 35-K(barramento de terra);
- ponto 24-S(pino 13 do 7476 ②) com 25-K(barramento de terra);
- ponto 25-P(pino 5 do 7476 ②) com 25-L(barramento +Vcc);
- ponto 14-S(pino 13 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra);
- ponto 15-P(pino 5 do 7476 ①) com 15-L(barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

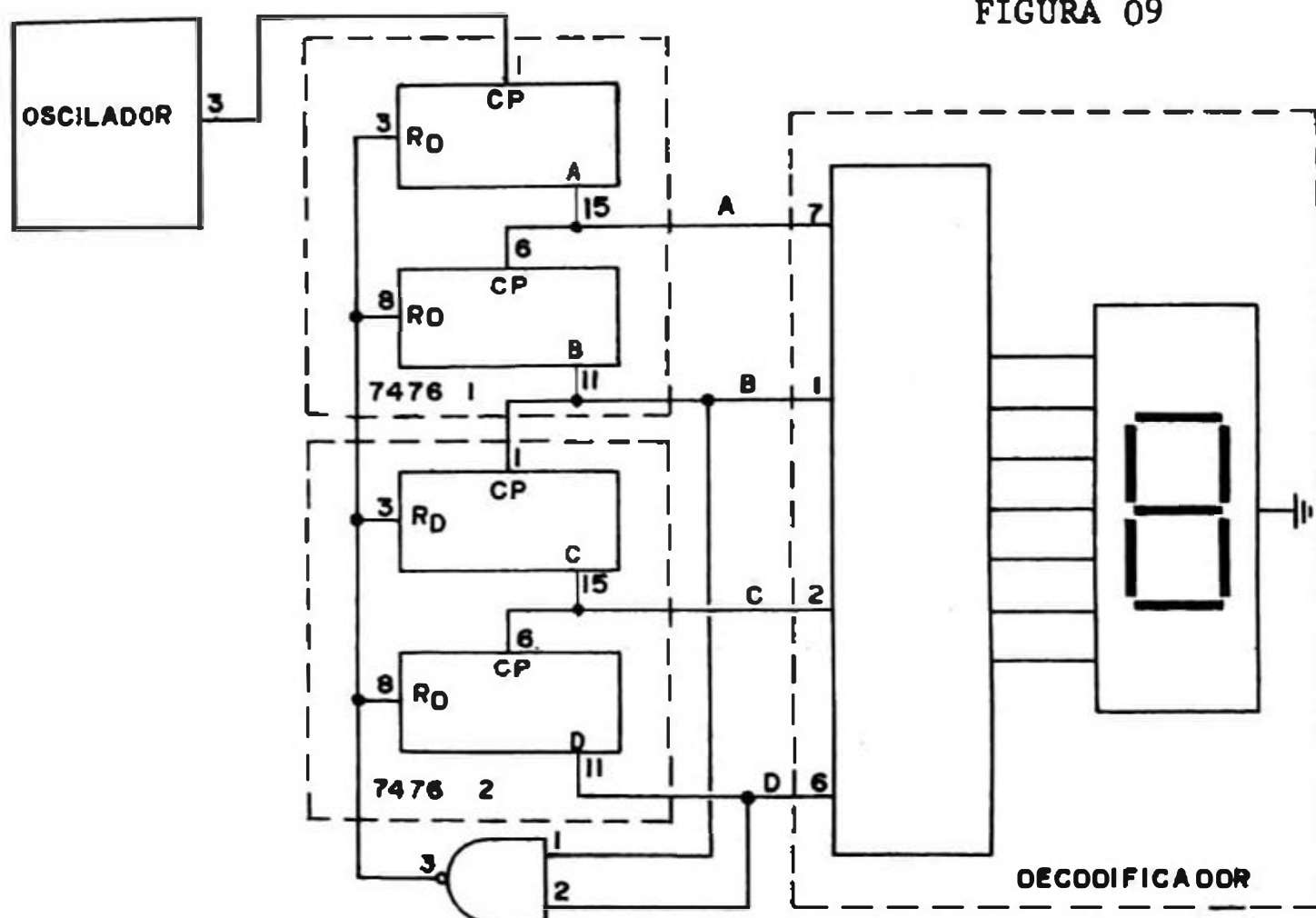
Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna de década.

PULSOS DE ENTRADA					SAÍDA DE DÉCADA
	D	C	B	A	
1º	0	0	0	0	0
2º	0	0	0	1	1
3º	0	0	1	0	2
4º	0	0	1	1	3
5º	0	1	0	0	4
6º	0	1	0	1	5
7º	0	1	1	0	6
8º	0	1	1	1	7
9º	1	0	0	0	8
10º	1	0	0	1	9

TABELA 06

SÉTIMA MONTAGEM

A figura 9 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um contador BCD 8421 (contador de década) em uma outra configuração.



Lista de material

- o mesmo da montagem anterior, menos o circuito 7408;
- 1 circuito integrado 7400

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, desconecte o circuito integrado 7408 e fixe o 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente.

Utilizando a montagem anterior, desligue os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 16-0(pino 6 do 7476 ①) com 26-0(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 18-S(pino 9 do 7476 ①) com 27-S(pino 10 do 7476 ②);
- ponto 22-U(pino 15 do 7476 ②) com 30-P(pino 2 do 7408);
- ponto 28-S(pino 9 do 7476 ②) com 31-P(pino 3 do 7408).

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

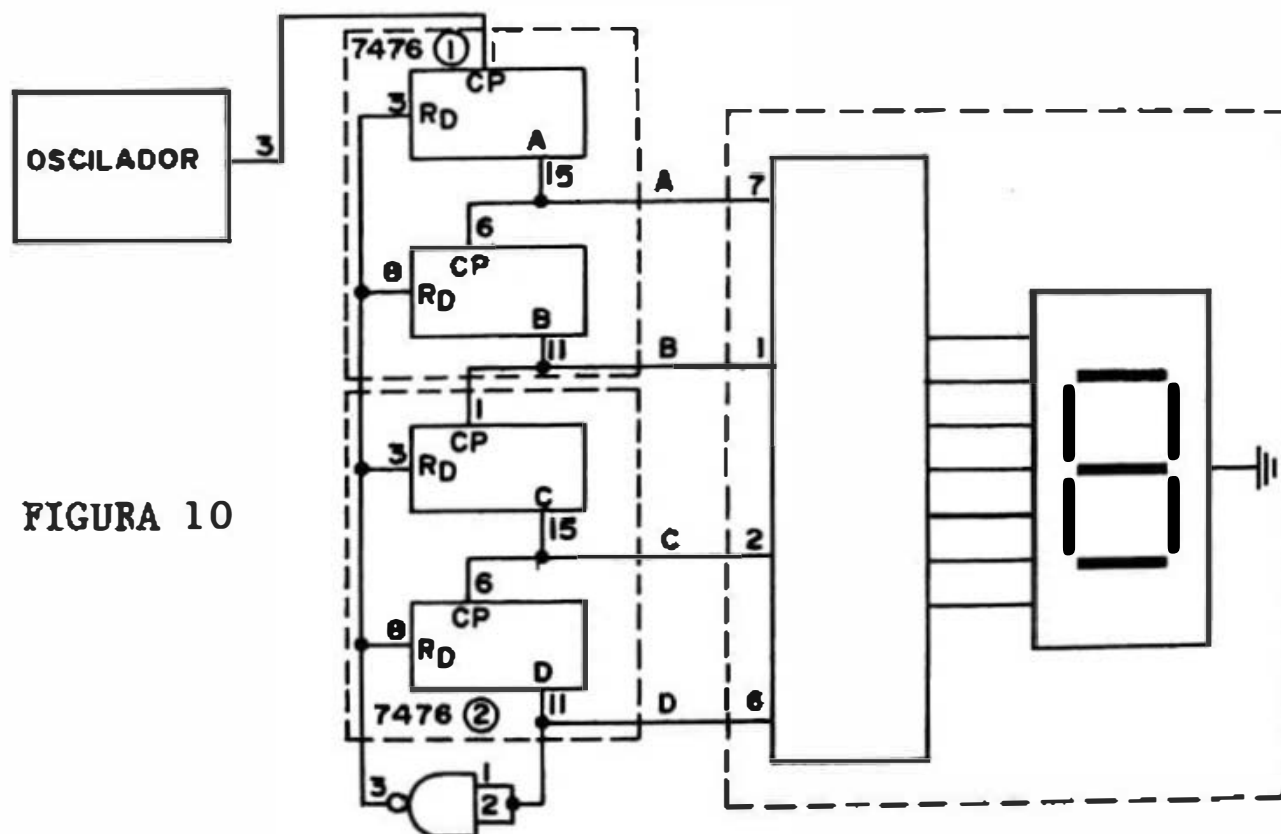
- ponto 26-U(pino 11 do 7476 ②) com 30-P(pino 2 do 7400);
- ponto 28-P(pino 8 do 7476 ②) com 31-P(pino 3 do 7400);
- ponto 23-0(pino 3 do 7476 ②) com 28-0(pino 8 do 7476 ②);
- ponto 18-P(pino 8 do 7476 ①) com 23-P(pino 3 do 7476 ②);
- ponto 23-0(pino 3 do 7476 ①) com 18-0(pino 8 do 7476 ①);
- ponto 22-U(pino 15 do 7476 ②) com 28-U(pino 9 do 7476 ②).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna de década.

OITAVA MONTAGEM

As figuras 10, 11 e 12 ilustram o mesmo circuito da figura 9, porém programado para contagens diferentes.



A figura 10 ilustra um contador octal (divisor por oito)

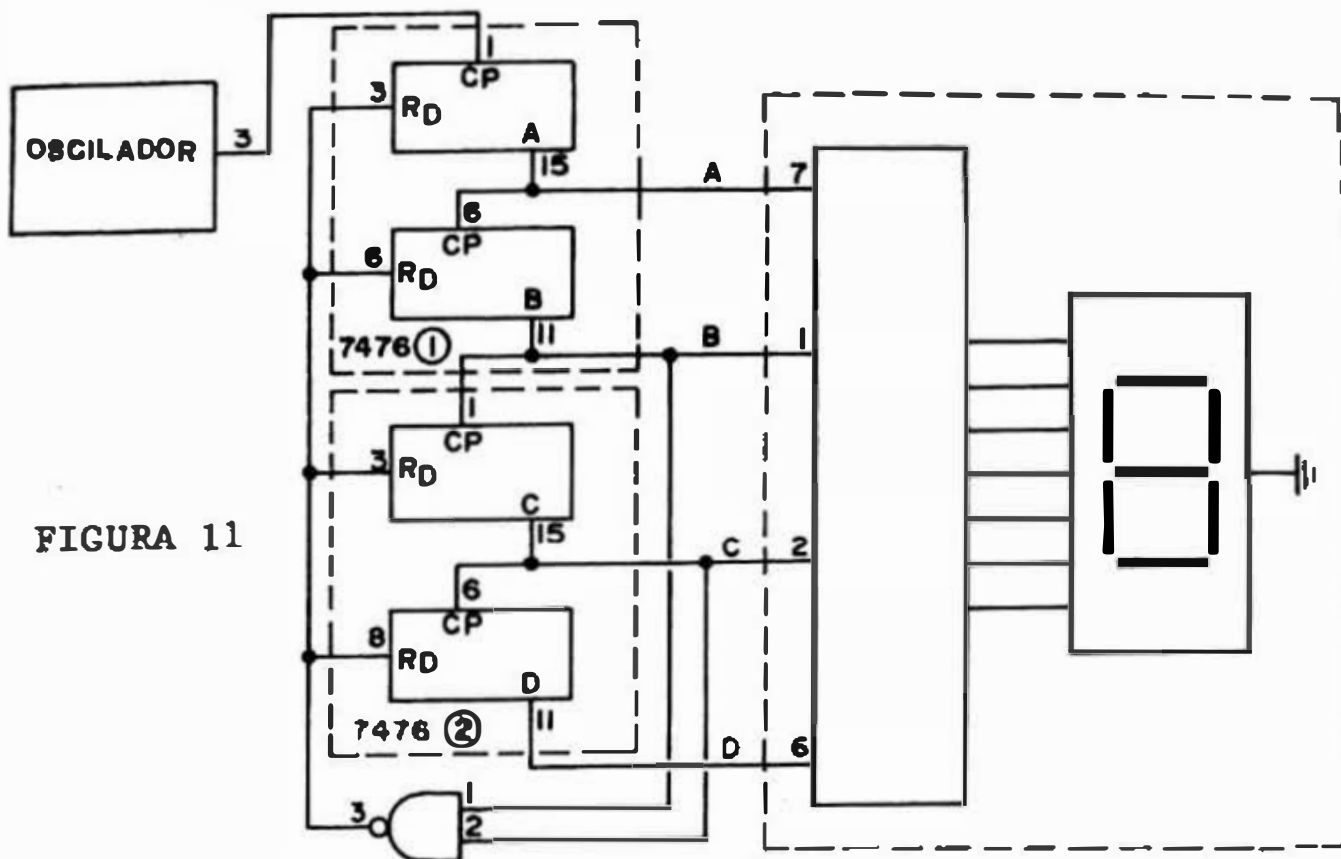


FIGURA 11

A figura 11 ilustra um contador (divisor) por seis

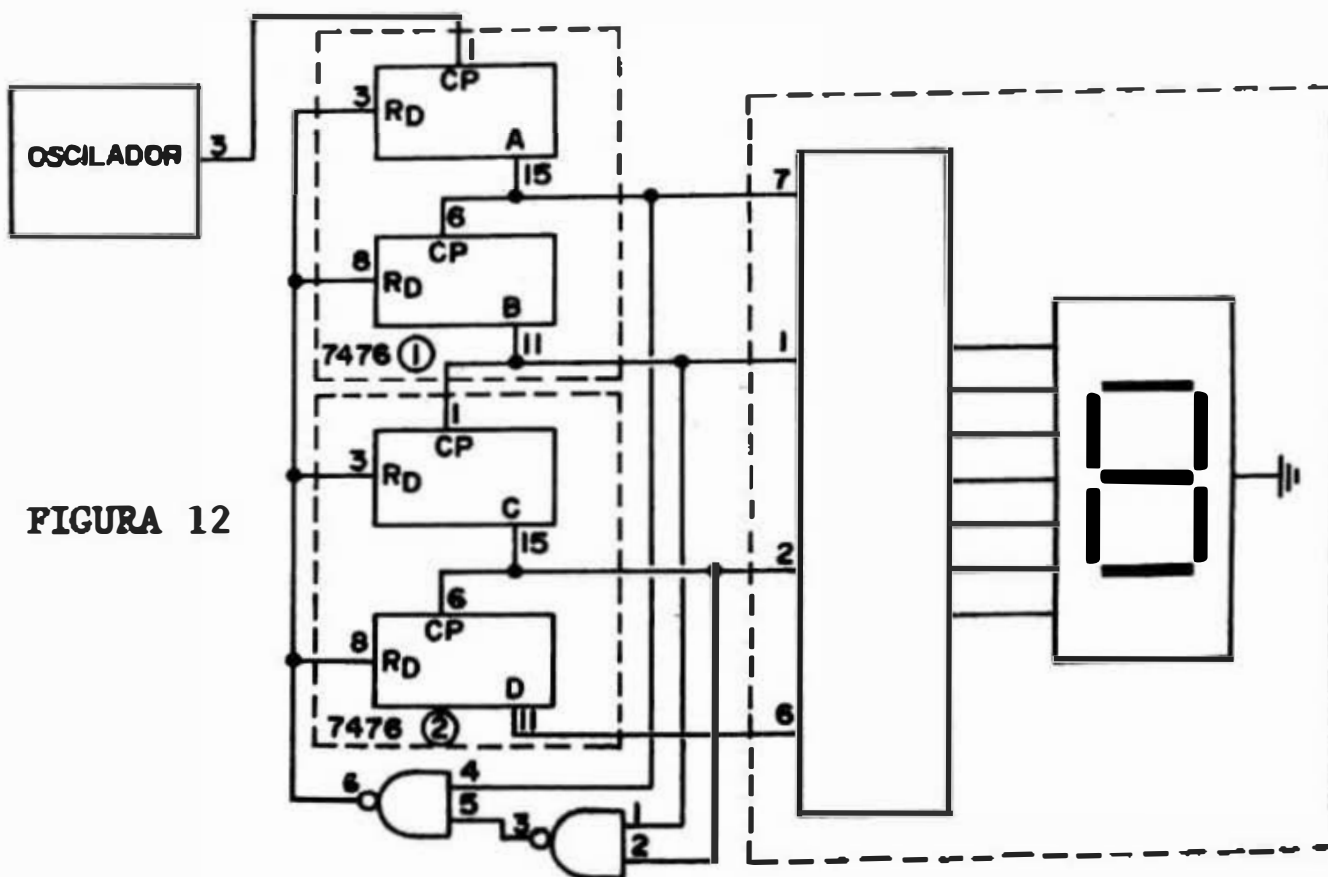


FIGURA 12

A figura 12 ilustra um contador (divisor) por sete



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-17

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna decimal fica assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
3	0	1	4
2	1	2	3
1	2	3	2
0	3	4	1

2) Com relação à tabela 2, a coluna decimal fica assim preenchida:

a)



b)



c)

APAGADO



d)

APAGADO

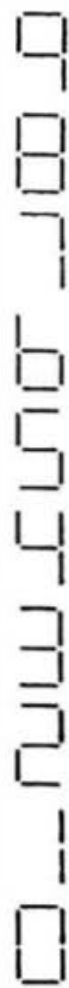
APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO



4) Os circuitos das figuras 2 e 4 são, respectivamente:

- a) crescente e decrescente; c) decrescente e decrescente;
 b) decrescente e crescente; d) crescente e crescente.

5) Quando o controle de memorização assumir as condições zero (0) e um (1) respectivamente, o contador será:

- a) liberado e memorizado;
- b) desligado e liberado;
- c) memorizado e desligado;
- d) memorizado e liberado.**

6) Com relação à tabela 4, a coluna contagem fica assim preenchida:

a)

crescente

memoriza(para)

memoriza(para)

decrecente

crescente

b)

memoriza(para)

crescente

crescente

memoriza(para)

crescente

c)

decrecente

crescente

memoriza(para)

crescente

decrecente

d)

memoriza(para)

crescente

decrecente

crescente

decrecente

7) Com relação à tabela 5, a coluna contagem fica assim preenchida:

a)

libera

zera

b)

zera

libera

c)

apaga

libera

d)

zera

apaga

8) Com relação à tabela 6, a coluna saída de década fica as-
sim preenchida:

a)

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

b)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
apagado

c)

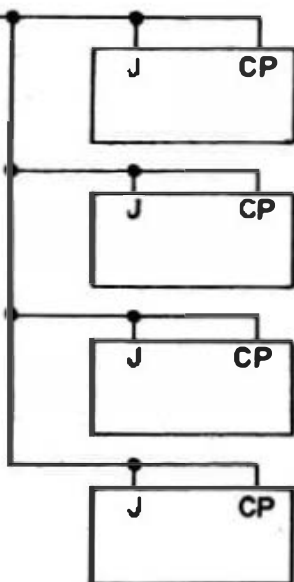
apagado
1
2
3
4
5
6
7
8
9

d)

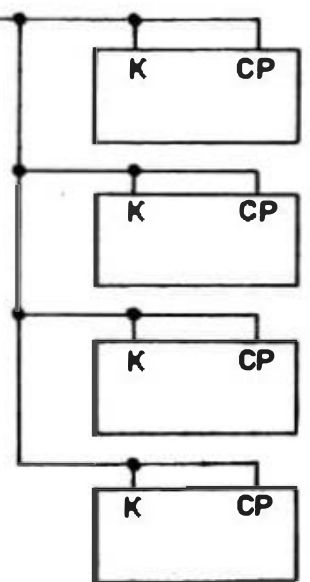
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

9) Assinale a ilustração que contém as ligações de memorização para o circuito da figura 9:

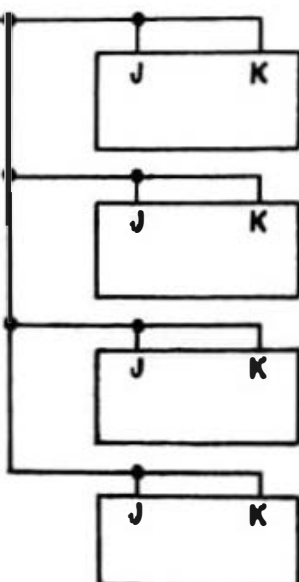
a)



b)



c)



d) N.R.A.

10) A diferença básica entre um contador binário e um BCD 8421 (contador de década) se encontra:

- ✓ a) na forma de contagem, pois o primeiro conta de zero até 9 e o segundo de zero até 15;
- ⓑ) na forma de contagem, pois o primeiro conta de zero até 9 e mais 5 símbolos e o segundo de zero até 9;
- ✓ c) não existe diferença, pois todos são contadores;
- ✓ d) N.R.A.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1842 - CEP 88100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-18

MANUAL DE PRÁTICAS MP-18

INTRODUÇÃO:

Nesta lição, daremos continuidade ao assunto da apostila anterior, onde executamos experiências com contadores assíncronos. Agora executaremos experiências com contadores síncronos.

Informamos aos alunos que nas apostilas ED-18 e ED-28 encontra-se a parte teórica sobre estes contadores.

CONTADORES SÍNCRONOS

PRIMEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado pode ser visto na figura 1. Trata-se de um contador binário síncrono de dois bits, com flip-flop tipo D.

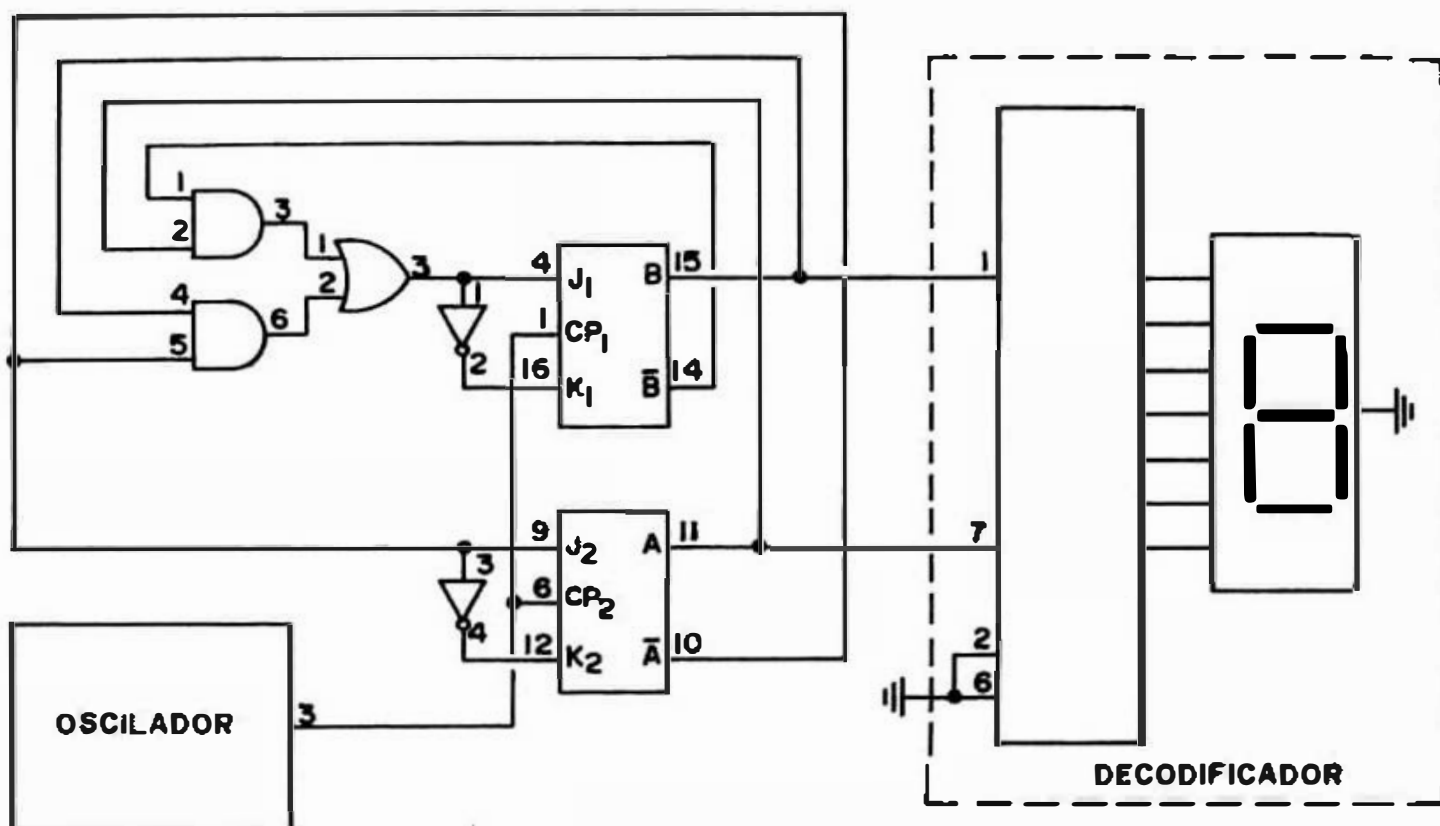


FIGURA 01

Observamos que o flip-flop J-K ligado, na configuração acima, se transforma em um flip-flop tipo D.

Lista de materiais

- oscilador;
- decodificador;
- 1 circuito integrado 7476;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe os circuitos integrados: 7476, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R; 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R; 7404, de modo que os pinos 1, e 14 fiquem conectados nos pontos 11-D e 11-R, respectivamente,

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-0 (pino 1 do 7476) com 16-0 (pino 6 do 7476);
- ponto 3-P (pino 3 do NE 555) com 11-P (pino 1 do 7476);
- ponto 14-S (pino 13 do 7476) com 14-K (barramento de terra);
- ponto 15-P (pino 5 do 7476) com 15-L (barramento +Vcc);
- ponto 12-S (pino 15 do 7476) com 21-D (pino 1 do 7448);
- ponto 16-S (pino 11 do 7476) com 27-D (pino 7 do 7448);
- ponto 21-P (pino 1 do 7408) com 13-S (pino 14 do 7476);
- ponto 22-P (pino 2 do 7408) com 16-T (pino 11 do 7476);
- ponto 23-P (pino 3 do 7408) com 29-P (pino 1 do 7432);
- ponto 24-P (pino 4 do 7408) com 12-T (pino 15 do 7476);
- ponto 25-P (pino 5 do 7408) com 17-S (pino 10 do 7476);
- ponto 17-T (pino 10 do 7476) com 18-T (pino 9 do 7476);
- ponto 26-P (pino 6 do 7408) com 30-P (pino 2 do 7432);
- ponto 14-P (pino 4 do 7476) com 31-P (pino 3 do 7432);
- ponto 14-0 (pino 4 do 7476) com 11-D (pino 1 do 7404);
- ponto 12-D (pino 2 do 7404) com 11-S (pino 16 do 7476);
- ponto 18-S (pino 9 do 7476) com 13-D (pino 3 do 7404);
- ponto 15-S (pino 12 do 7476) com 14-D (pino 4 do 7404);
- ponto 27-P (pino 7 do 7408) com 27-K (barramento de terra);
- ponto 21-S (pino 14 do 7408) com 22-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7432) com 34-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7432) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-D (pino 7 do 7404) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 11-G (pino 14 do 7404) com 11-L (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de número decimal, referente a saída do circuito.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS		
	B	A	DECIMAL
1#	0	0	0
2#	0	1	1
3#	1	0	2
4#	1	1	3

TABELA 01

(OK)

SEGUNDA MONTAGEM

Observe, na figura 2, o circuito a ser montado. Trata-se de um contador binário, síncrono de dois bits, com flip-flop tipo T.

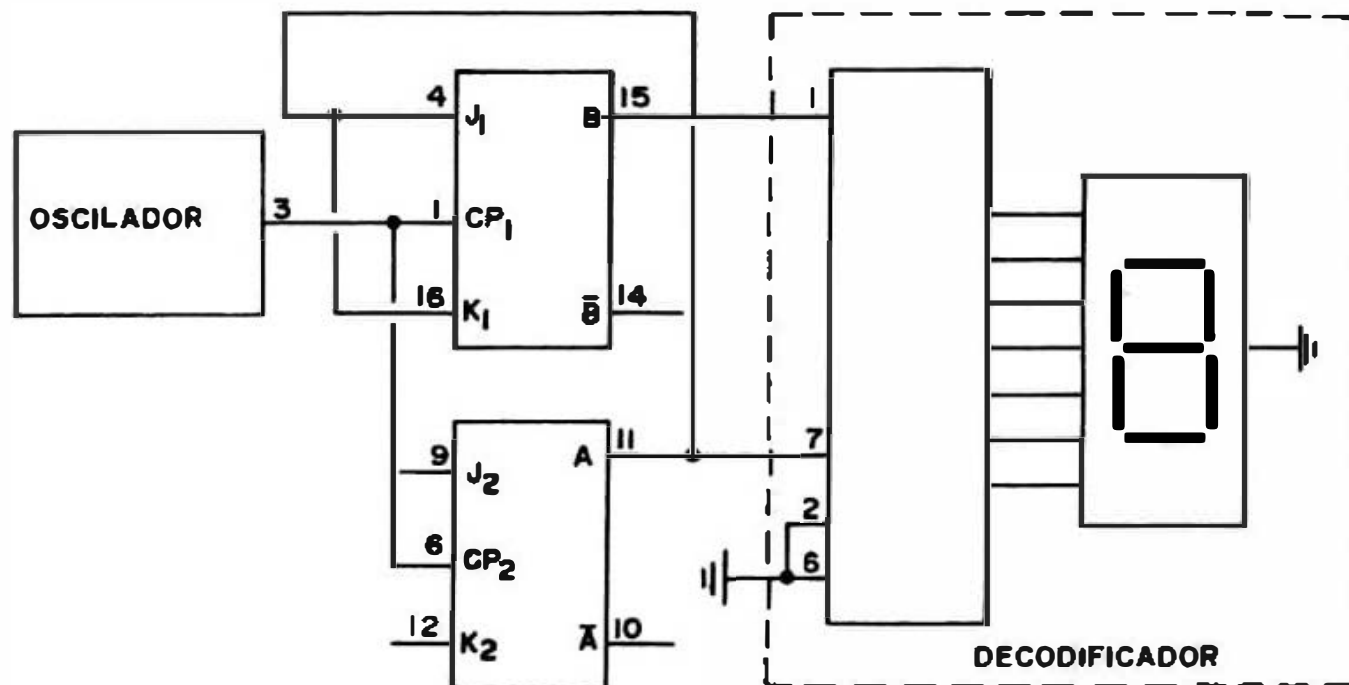


FIGURA 02

Observamos que o flip-flop J-K, ligado na configuração acima, (ligando as entradas J e K juntas) se transforma em um flip-flop tipo T.

Lista de materiais

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7476;
- decodificador.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Esta montagem é idêntica à anterior. Devemos apenas executar as ligações com o circuito integrado 7476.

Assim, conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 14-P (pino 4 do 7476) com 11-S (pino 16 do 7476);
- ponto 11-0 (pino 1 do 7476) com 16-0 (pino 6 do 7476);
- ponto 14-0 (pino 4 do 7476) com 16-T (pino 11 do 7476);

- ponto 14-S (pino 13 do 7476) com 14-K (barramento de terra);
- ponto 15-P (pino 5 do 7476) com 15-L (barramento +Vcc);
- ponto 12-S (pino 15 do 7476) com 21-D (pino 1 do 7448);
- ponto 16-S (pino 11 do 7476) com 27-D (pino 7 do 7448);

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna de número decimal, correspondente à saída do circuito.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS		
	B	A	DECIMAL
1ª	0	0	0
2ª	0	1	1
3ª	1	0	2
4ª	1	1	3

TABELA 02

(OK)

TERCEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado pode ser visto na figura 3. Trata-se de um contador binário síncrono de quatro bits, com flip-flop tipo T ou J-K.

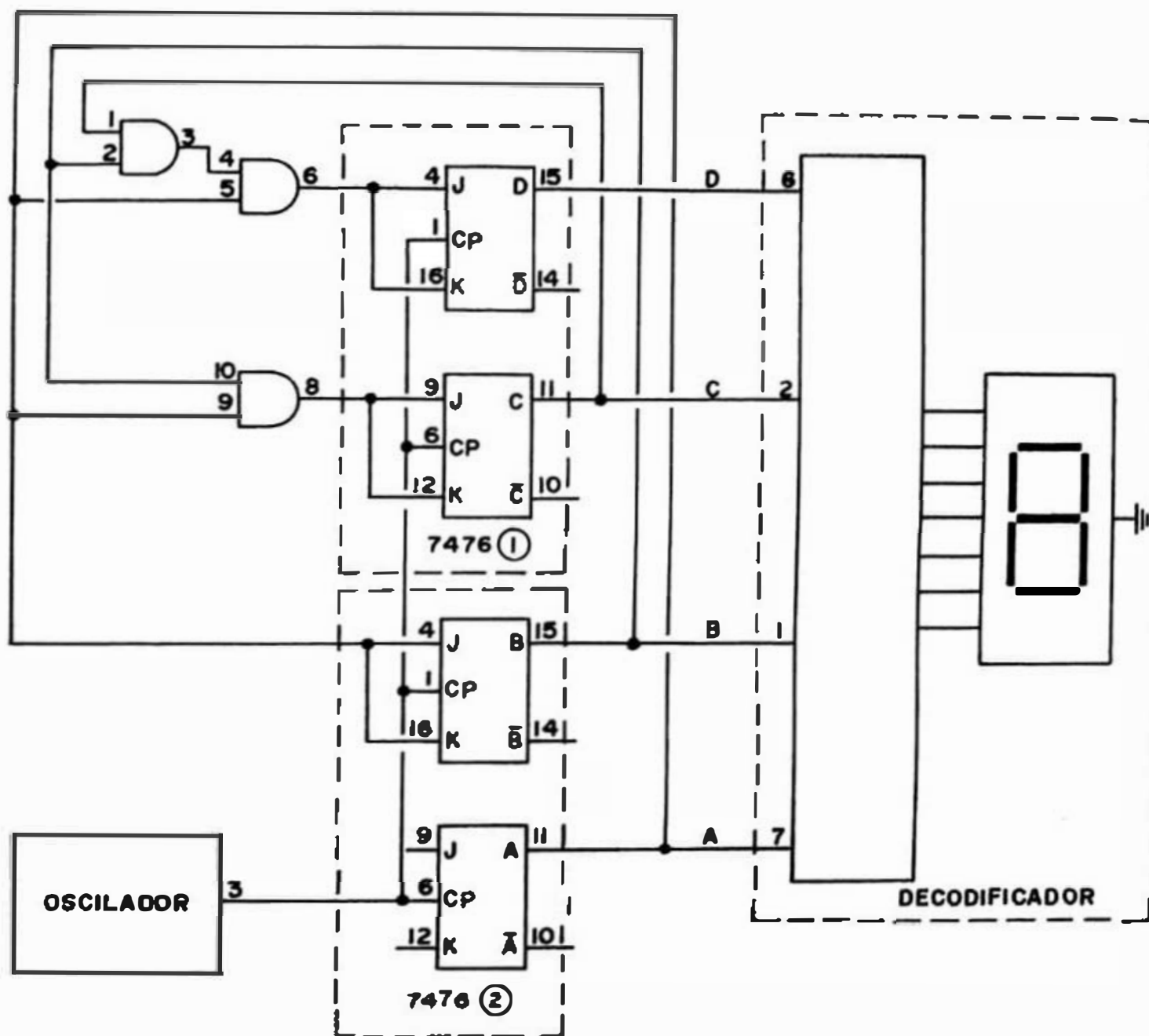


FIGURA 03

Lista de material

- oscilador; ✓
- decodificador; ✓
- 1 circuito integrado 7408; ✓
- 2 circuitos integrados 7476. ✓

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe os circuitos integrados: 7476 ①, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; 7476 ②, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R; 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente.

Agora conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-P (oscilador) com 11-P (pino 1 do 7476 ①);
- ponto 15-P (pino 5 do 7476 ①) com 15-L (barramento +Vcc);
- ponto 14-S (pino 13 do 7476 ①) com 14-L (barramento de terra);
- ponto 25-P (pino 5 do 7476 ②) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 24-S (pino 13 do 7476 ②) com 23-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7408) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7408) com 34-K (barramento de terra);
- ponto 11-O (pino 1 do 7476 ①) com 16-O (pino 6 do 7476 ①);
- ponto 16-P (pino 6 do 7476 ①) com 21-P (pino 1 do 7476 ②);
- ponto 21-O (pino 1 do 7476 ②) com 26-O (pino 6 do 7476 ②);
- ponto 14-P (pino 4 do 7476 ①) com 11-S (pino 16 do 7476 ①);
- ponto 15-S (pino 12 do 7476 ①) com 18-S (pino 9 do 7476 ①);
- ponto 24-P (pino 4 do 7476 ②) com 21-S (pino 16 do 7476 ②);
- ponto 16-S (pino 11 do 7476 ①) com 29-P (pino 1 do 7408);
- ponto 22-S (pino 15 do 7476 ②) com 30-P (pino 2 do 7408);
- ponto 26-S (pino 11 do 7476 ②) com 33-P (pino 5 do 7408);
- ponto 31-P (pino 3 do 7408) com 32-P (pino 4 do 7408);
- ponto 14-O (pino 4 do 7476 ①) com 34-P (pino 6 do 7408);
- ponto 30-O (pino 2 do 7408) com 33-S (pino 10 do 7408);
- ponto 33-O (pino 5 do 7408) com 34-S (pino 9 do 7408);
- ponto 18-T (pino 9 do 7476 ①) com 35-S (pino 8 do 7408);
- ponto 24-O (pino 4 do 7476 ②) com 26-T (pino 11 do 7476 ②);
- ponto 22-T (pino 15 do 7476 ②) com 21-D (pino 1 do 7448);
- ponto 26-U (pino 11 do 7476 ②) com 27-D (pino 7 do 7448);
- ponto 16-T (pino 11 do 7476 ①) com 22-D (pino 2 do 7448);
- ponto 12-S (pino 15 do 7476 ①) com 26-D (pino 6 do 7448).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna de número decimal, referente à saída do circuito.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS					DECIMAL
	D	C	B	A		
1ª	0	0	0	0	—	0
2ª	0	0	0	1	—	1
3ª	0	0	1	0	—	2
4ª	0	0	1	1	—	3
5ª	0	1	0	0	—	4
6ª	0	1	0	1	—	5
7ª	0	1	1	0	—	6
8ª	0	1	1	1	—	7
9ª	1	0	0	0	—	8
10ª	1	0	0	1	—	9
11ª	1	0	1	0	—	A
12ª	1	0	1	1	—	B
13ª	1	1	0	0	—	C
14ª	1	1	0	1	—	D
15ª	1	1	1	0		E
16ª	1	1	1	1		F

TABELA 03

QUARTA MONTAGEM

Observe, na figura 4, o circuito a ser montado. Trata-se de um contador binário síncrono decrescente, de quatro bits.

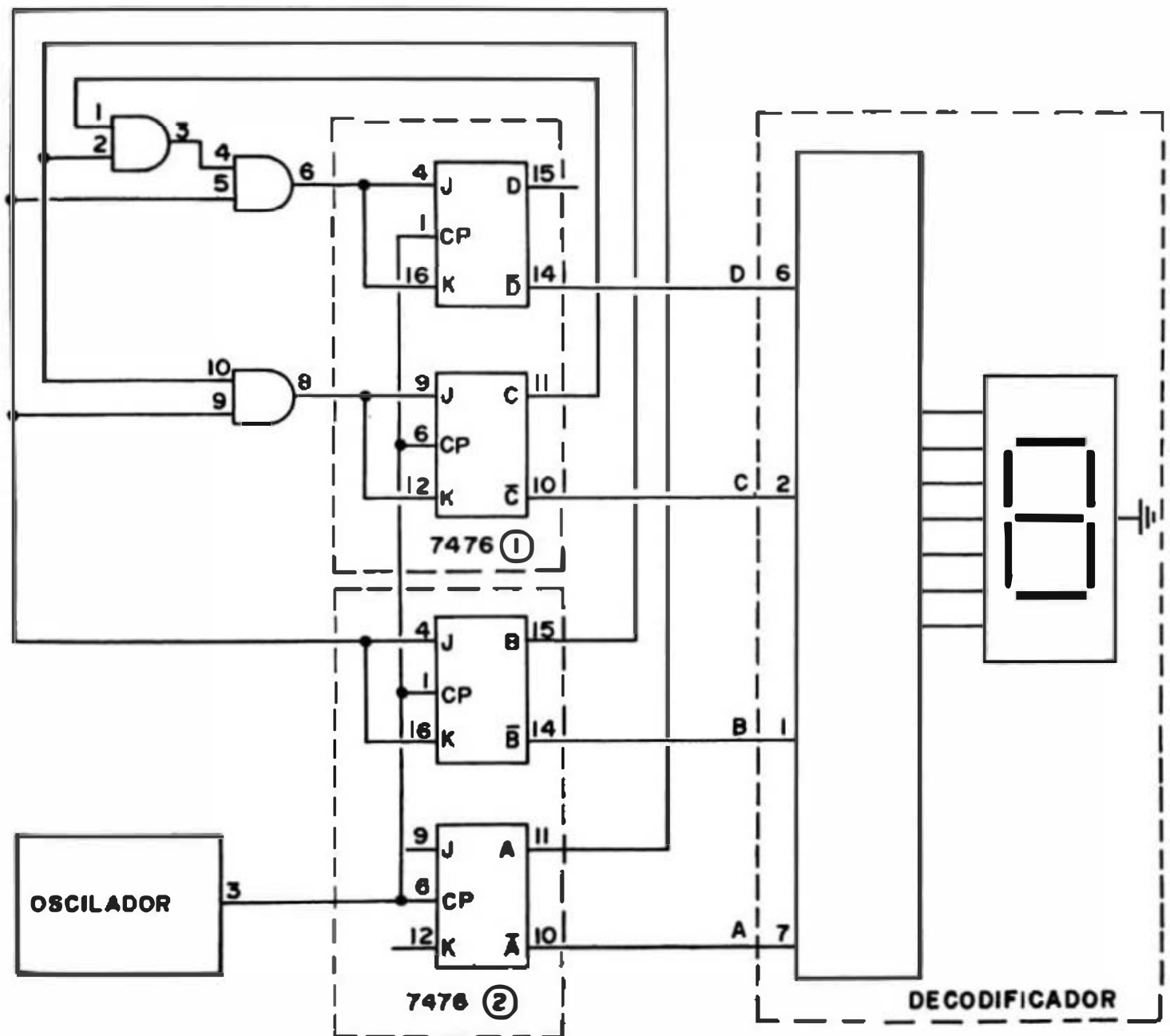


FIGURA 04

Lista de material

- oscilador;
- decodificador;
- 1 circuito integrado 7408;
- 2 circuitos integrados 7476.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

A montagem é a mesma da anterior. Devemos alterar apenas os seguintes pontos:

- desligue o fio do ponto 22-T (pino 15 do 7476 ②) e ligue no ponto 23-S (pino 14 do 7476 ②);
- desligue o fio do ponto 26-U (pino 11 do 7476 ②) e ligue no ponto 27-S (pino 10 do 7476 ②);
- desligue o fio do ponto 16-T (pino 11 do 7476 ①) e ligue no ponto 17-S (pino 10 do 7476 ①);
- desligue o fio do ponto 12-S (pino 15 do 7476 ①) e ligue no ponto 13-S (pino 14 do 7476 ①).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna de número decimal, referente à saída do circuito.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS					DECIMAL
	D	C	B	A		
1ª	1	1	1	1		A D A 6 A D D
2ª	1	1	1	0		
3ª	1	1	0	1		
4ª	1	1	0	0		
5ª	1	0	1	1		7 6 5 4
6ª	1	0	1	0		
7ª	1	0	0	1		
8ª	1	0	0	0		
9ª	0	1	1	1		3 2 1 0
10ª	0	1	1	0		
11ª	0	1	0	1		
12ª	0	1	0	0		
13ª	0	0	1	1		
14ª	0	0	1	0		
15ª	0	0	0	1		
16ª	0	0	0	0		

TABELA 04

QUINTA MONTAGEM

O circuito a ser montado pode ser visto na figura 5. Trata-se de um contador BCD 8421 (contador decimal) síncrono.

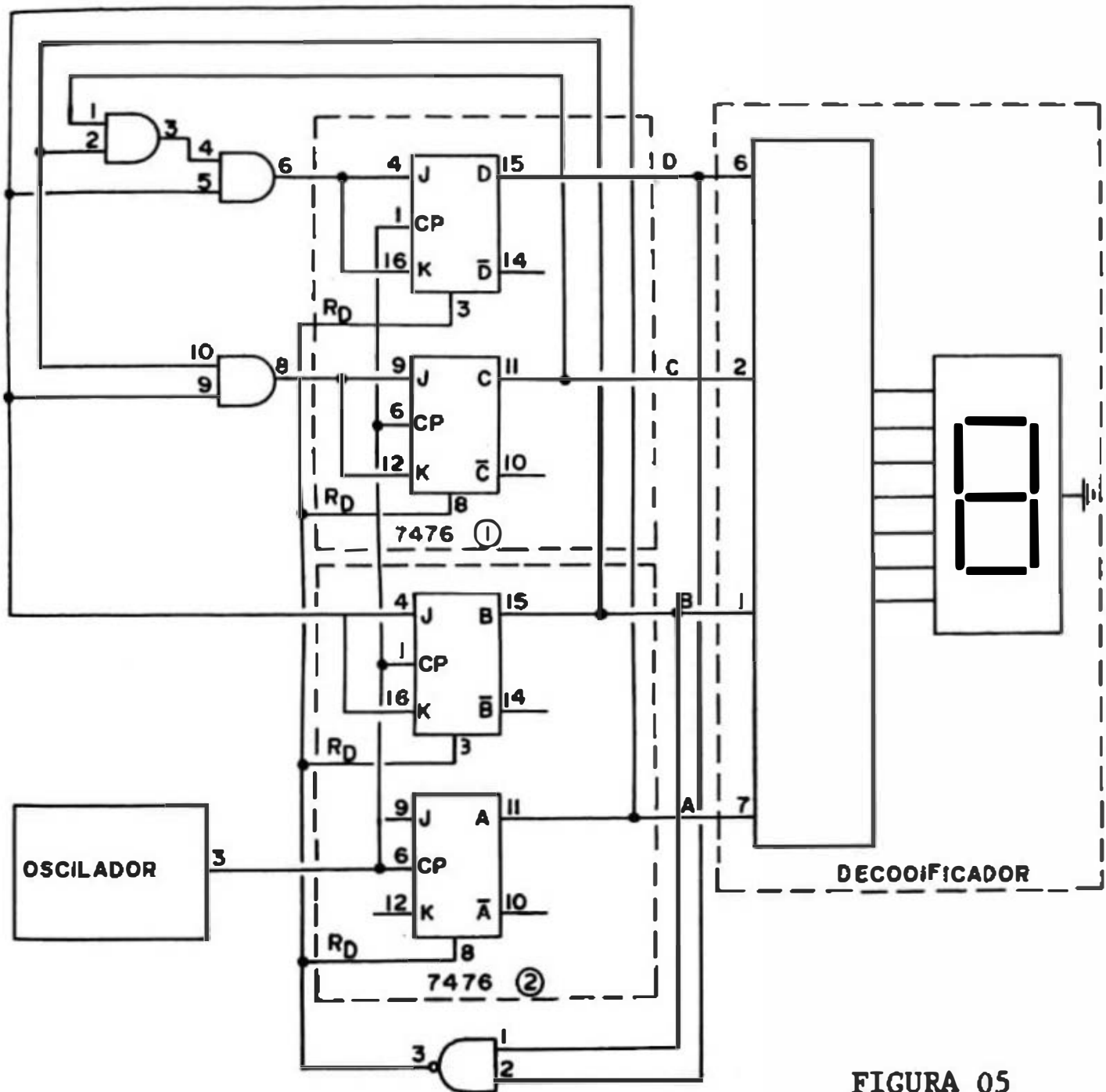


FIGURA 05

Lista de material

- oscilador;
- decodificador;
- 1 circuito integrado 7400;
- 1 circuito integrado 7408;
- 2 circuitos integrados 7476.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

A montagem é a mesma da anterior. Devemos alterar apenas os seguintes pontos:

- desligue o fio do ponto 23-S (pino 14 do 7476 ②) e ligue no ponto 22-T (pino 15 do 7476 ②);
- desligue o fio do ponto 27-S (pino 10 do 7476 ②) e ligue no ponto 26-U (pino 11 do 7476 ②);
- desligue o fio do ponto 17-S (pino 10 do 7476 ①) e ligue no ponto 16-T (pino 11 do 7476 ①);
- desligue o fio do ponto 13-S (pino 14 do 7476 ①) e ligue no ponto 12-S (pino 15 do 7476 ①).

Agora, fixe o circuito integrado 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-E e 11-F.

Em seguida, conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-A (pino 1 do 7400) com 21-A (pino 1 do 7448);
- ponto 12-A (pino 2 do 7400) com 26-A (pino 6 do 7448);
- ponto 11-G (pino 14 do 7400) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-D (pino 7 do 7400) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (pino 3 do 7400) com 13-P (pino 3 do 7476 ①);
- ponto 13-O (pino 3 do 7476 ①) com 18-O (pino 8 do 7446 ①);
- ponto 18-N (pino 8 do 7476 ①) com 23-N (pino 3 do 7476 ②);
- ponto 23-M (pino 3 do 7476 ②) com 28-M (pino 8 do 7476 ②).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher a coluna de número decimal, referente a saída do circuito.

PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS					DECIMAL
	D	C	B	A		
1ª	0	0	0	0	0,0011 0,0100 0,0110 0,1000 0,1011 0,1100 0,1110 1,0000 1,0011	
2ª	0	0	0	1		
3ª	0	0	1	0		
4ª	0	0	1	1		
5ª	0	1	0	0		
6ª	0	1	0	1		
7ª	0	1	1	0		
8ª	0	1	1	1		
9ª	1	0	0	0		
10ª	1	0	0	1		

TABELA 05

SEXTA MONTAGEM

Nesta montagem, iremos utilizar o projeto dado como segundo exemplo da apostila ED-25. Trata-se de um circuito sequencial síncrono, entretanto vamos modificá-lo para utilizar um flip-flop J-K.

Transcrevemos a tabela da figura 26 da apostila ED-25, para podermos efetuar a conversão das funções J-K.

ESTADOS PRESENTES		PRÓXIMO ESTADO				SAÍDAS			
		X = 0		X = 1		X = 0		X = 1	
		N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
P ₁	P ₂								
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	1	1

TABELA 06

A tabela 7 contém os estados de transições de um flip-flop J-K, para podermos gerar as saídas S_1 e S_2 da tabela 6.

TRANSIÇÃO		SAÍDA	
Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

TABELA 07

A partir dessas duas tabelas, geramos uma outra com as funções J-K. Veja tabela 8.

		PRÓXIMO ESTADO		SAÍDAS							
ESTADOS PRESENTES		X=0	X=1	X=0	X=1	X=0	X=1	X=0	X=1	X=0	X=1
P_1	P_2	N_1	N_2	J_{n_1}	J_{n_2}	K_{n_1}	K_{n_2}	K_{n_1}	K_{n_2}	S_1	S_2
0	0	0	1	0	1	d	d	d	d	0	0
0	1	0	0	0	d	d	1	d	1	0	0
1	0	0	0	d	0	1	d	1	d	1	0

TABELA 08

Em seguida, aplicamos os dados extraídos da tabela 8 no mapa de Karnaugh. Veja figura 6.

P_1	P_2	X	J_{n_1}	J_{n_2}	K_{n_1}	K_{n_2}	S_1	S_2
0	0	0	0	1	d	d	0	0
0	0	1	1	0	d	d	0	0
0	1	0	0	d	d	1	0	0
0	1	1	0	d	d	1	0	1
1	0	0	d	0	1	d	1	0
1	0	1	d	0	1	d	1	1
1	1	0	d	d	d	d	d	d
1	1	1	d	d	d	d	d	d

FIGURA 06

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	0	1	0	0	$J_{n1} = \bar{P}_2 \cdot X$
P_1	d	d	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	1	0	d	d	$J_{n2} = \bar{P}_1 \cdot \bar{X}$
P_1	0	0	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	d	d	1	1	$K_{n1} = 1 = +V_{cc}$
P_1	1	1	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	d	d	1	1	$K_{n2} = 1 = +V_{cc}$
P_1	d	d	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	0	0	0	0	$S_1 = P_1$
P_1	1	1	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

		$\bar{P}_2$	P_2		
$\bar{P}_1$	0	0	1	0	$S_2 = P_1 \cdot X + P_2 \cdot X$
P_1	0	1	d	d	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$	

Assim, temos as seguintes expressões:

$$J_{n1} = \bar{P}_2 \cdot X$$

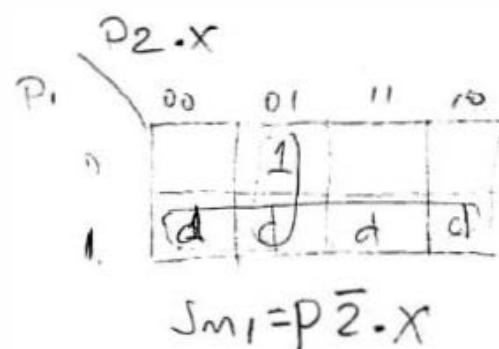
$$J_{n2} = \bar{P}_1 \cdot \bar{X}$$

$$K_{n1} = 1 = +V_{cc}$$

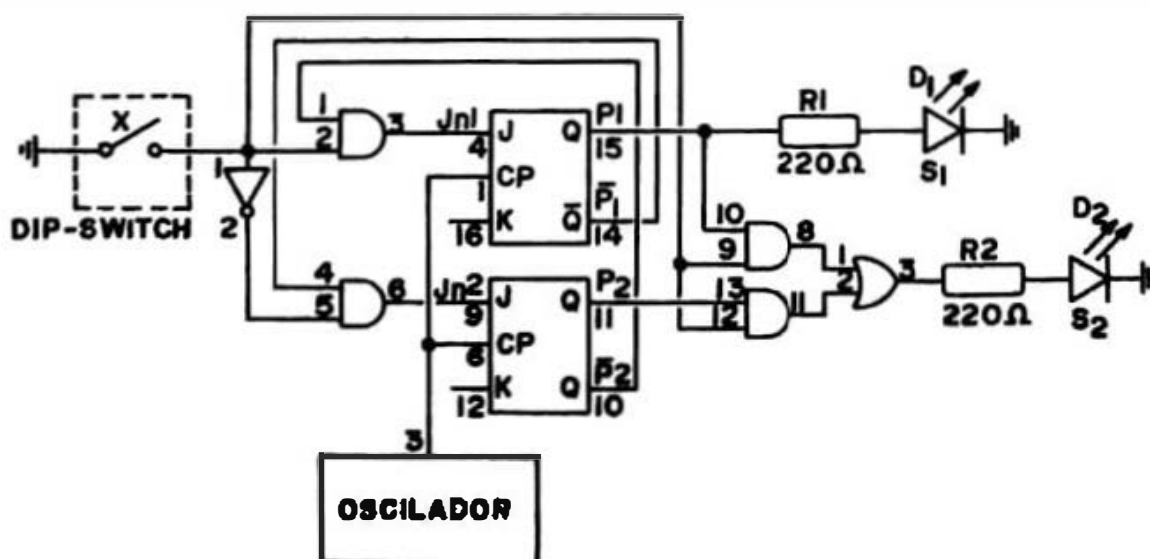
$$K_{n2} = 1 = +V_{cc}$$

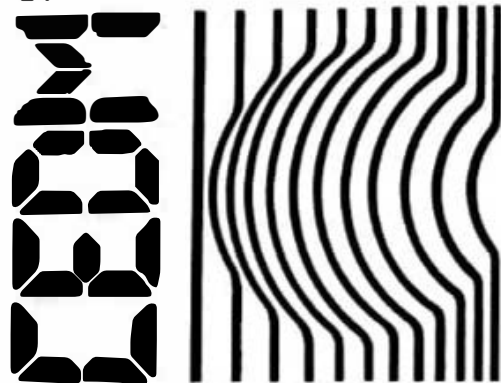
$$S_1 = P_1$$

$$S_2 = P_1 \cdot X + P_2 \cdot X$$



Desta forma, o circuito a ser montado será:





CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-18

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

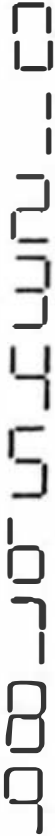
1) Com relação à tabela 1, a coluna de saída decimal ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	3	4
2	1	2	3
3	2	1	2
4	3	0	1

2) Com relação à tabela 2, a coluna de saída decimal ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	1	4	3
1	2	3	2
2	3	2	1
3	4	1	0

3) Com relação à tabela 3, a coluna de saída decimal ficará assim preenchida:

a)	b)	(c)	d)
			
APAGADO			
APAGADO			
APAGADO			
APAGADO			
APAGADO			APAGADO
APAGADO		APAGADO	

4) Com relação à tabela 4, a coluna de saída decimal ficará assim preenchida:

a)

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

b)

c)

APAGADO

d)

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

APAGADO

5) Com relação à tabela 5, a coluna de saída decimal ficará assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	1	0	9
1	2	9	8
2	3	8	7
3	4	7	6
4	5	6	5
5	6	5	4
6	7	4	3
7	8	3	2
8	9	2	1
9	0	1	0

6) Qual a diferença básica entre circuitos contadores síncronos e assíncronos?

a) Não existe diferença;

b) A diferença é simplesmente quanto ao tipo de flip-flop;

c) A diferença é simplesmente quanto ao tipo de contagem;

☒ d) A diferença básica é quanto ao tipo de ligação do clock.

7) Com relação ao circuito da figura 5, para fazermos uma programação para uma contagem por quatro, bastará:

a) ligarmos um fio da saída C para todos os controles R_D ;

☒ b) ligarmos juntos os pinos 1 e 2 da porta "não E" e, ao mesmo tempo, ligarmos esses pinos à saída "C";

c) eliminarmos o flip-flop D;

d) N.R.A.

8) Para montarmos um contador octal, necessitamos de:

☒ a) três flip-flops;

b) quatro flip-flops;

c) dois flip-flops;

d) N.R.A.

$$8 = 2^3 - 1$$

3 f.f.

9) O circuito da figura 3 poderia ser denominado de:

- a) contador decimal;
- b) contador octal;
- c) contador hexadecimal;
- d) N.R.A.

10) Ao programarmos o circuito da figura 5 para contar por sete, devemos ligar uma porta "não E" de três entradas às saídas:

- a) A, B e D
- b) B, C e D
- c) A, C e D
- d) A, B e C



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-19

REGISTRADORES DE DESLOCAMENTO

Observamos aos alunos que nas apostilas: Registradores de Deslocamento e Projeto de Circuitos Sequenciais IV encontram-se a parte teórica sobre este assunto.

PRIMEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 1. Trata-se de um registrador de deslocamento (shift register) de dois bits.

LISTA DE MATERIAL

- Oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7476;
- 2 resistores de 220Ω 1/4W (R_1 e R_2)
- 2 leds (D_1 e D_2);
- 1 dip-switch.

- ponto 27-P(pino 7 do 7404) com 27-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e $+V_{CC}$ da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de saída A e B.

ENTRADAS		SAÍDAS	
CLOCK	DADOS	A	B
OSCILADOR	CHAVE	D ₁	D ₂
1º	0	*	*
2º	0~	*	*
3º	0	*	*
4º	0	0	0
5º	1	1	0
6º	1	1	1
7º	0	0	1
8º	0	0	0

TABELA 1

* Observamos que os três primeiros pulsos de clock são aleatórios por não estarmos usando um sistema de reset.

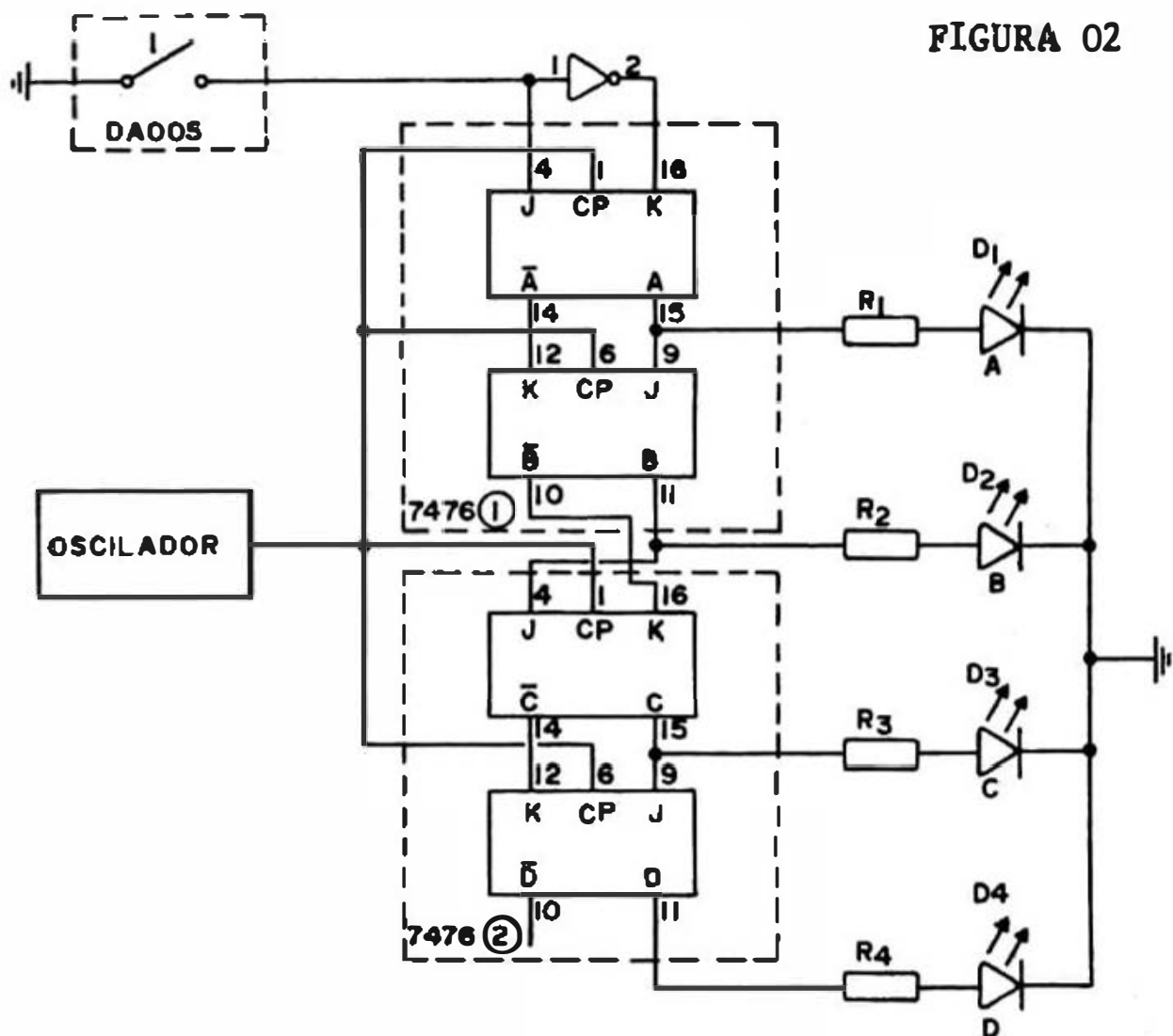
SEGUNDA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 2. Trata-se de um registrador de deslocamento (shift register) de quatro bits.

LISTA DE MATERIAL

- Oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 2 circuitos integrados 7476;

- 4 leds (D_1 , D_2 , D_3 e D_4) (display);
- 1 dip-switch.
- 4 resistores de 220Ω $1/4 W$ (R_1 , R_2 , R_3 e R_4)



MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado, 7476 ①, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente. Em seguida, fixe o 7476 ②, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente. Fixe, agora, o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente. Fixe, ainda, o dip-switch, de modo que a chave 1 fique conectada nos pontos 1-E e 1-F, respectivamente. Fixe, também, o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 11-C e 11-G, respectivamente. Observamos que estamos utilizando o display FND 560 em substituição aos leds

Fixe, agora, os seguintes resistores:

- R_1 entre os pontos 17-I e 17-C;
- R_2 entre os pontos 18-I e 18-C;
- R_3 entre os pontos 19-I e 19-C;
- R_4 entre os pontos 20-I e 20-C.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

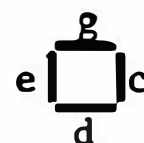
- ponto 3-P(pino 3 do NE 555) com 11-P(pino 1 do 7476 ①);
- ponto 1-D(chave 1) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 1-G(chave 1) com 14-M(pino 4 do 7476 ①);
- ponto 14-N(pino 4 do 7476 ①) com 29-N(pino 1 do 7404);
- ponto 30-N(pino 2 do 7404) com 11-S(pino 16 do 7476 ①);
- ponto 11-O(pino 1 do 7476 ①) com 16-O(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 16-P(pino 6 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 21-O(pino 1 do 7476 ②) com 26-O(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 13-S(pino 14 do 7476 ①) com 15-S(pino 12 do 7476 ①);
- ponto 12-S(pino 15 do 7476 ①) com 18-S(pino 9 do 7476 ①);
- ponto 17-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-S(pino 16 do 7476 ②);
- ponto 16-S(pino 11 do 7476 ①) com 24-P(pino 4 do 7476 ②);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 25-S(pino 12 do 7476 ②);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 28-S(pino 9 do 7476 ②);
- ponto 12-T(pino 15 do 7476 ①) com 17-J(resistor R_1);
- ponto 16-T(pino 11 do 7476 ①) com 18-J(resistor R_2);
- ponto 22-T(pino 15 do 7476 ②) com 19-J(resistor R_3);
- ponto 26-S(pino 11 do 7476 ②) com 20-J(resistor R_4);
- ponto 17-B(resistor R_1) com 11-B (pino 1 do FND 560);
- ponto 18-B(resistor R_2) com 12-B (pino 2 do FND 560);
- ponto 19-B(resistor R_3) com 14-B (pino 4 do FND 560);
- ponto 20-B(resistor R_4) com 11-H (pino 10 do FND 560);
- ponto 13-H(pino 8 do FND 560) com 13-K(barramento de terra);
- ponto 14-S(pino 13 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra);
- ponto 15-P(pino 5 do 7476 ①) com 15-L(barramento +Vcc);
- ponto 24-S(pino 13 do 7476 ②) com 23-K(barramento de terra);
- ponto 25-P(pino 5 do 7476 ②) com 25-L(barramento +Vcc);
- ponto 29-S(pino 14 do 7404) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P(pino 7 do 7404) com 34-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabe-

la 2) e preencher a coluna de saída A, B, C e D.

ENTRADAS		SAÍDAS			
CLOCK	DADOS	A	B	C	D
OSCILADOR	CHAVE	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1º	0	*	*	*	*
2º	0	*	*	*	*
3º	0	*	*	*	*
4º	0	0	0	0	0
5º	1	1	0	0	0
6º	1	1	1	0	0
7º	1	1	1	1	0
8º	1	1	1	1	1
9º	0	0	1	1	1
10º	0	0	0	1	1
11º	0	0	0	0	1
12º	0	0	0	0	0



e = A
d = B
c = C
g = D

TABELA 2

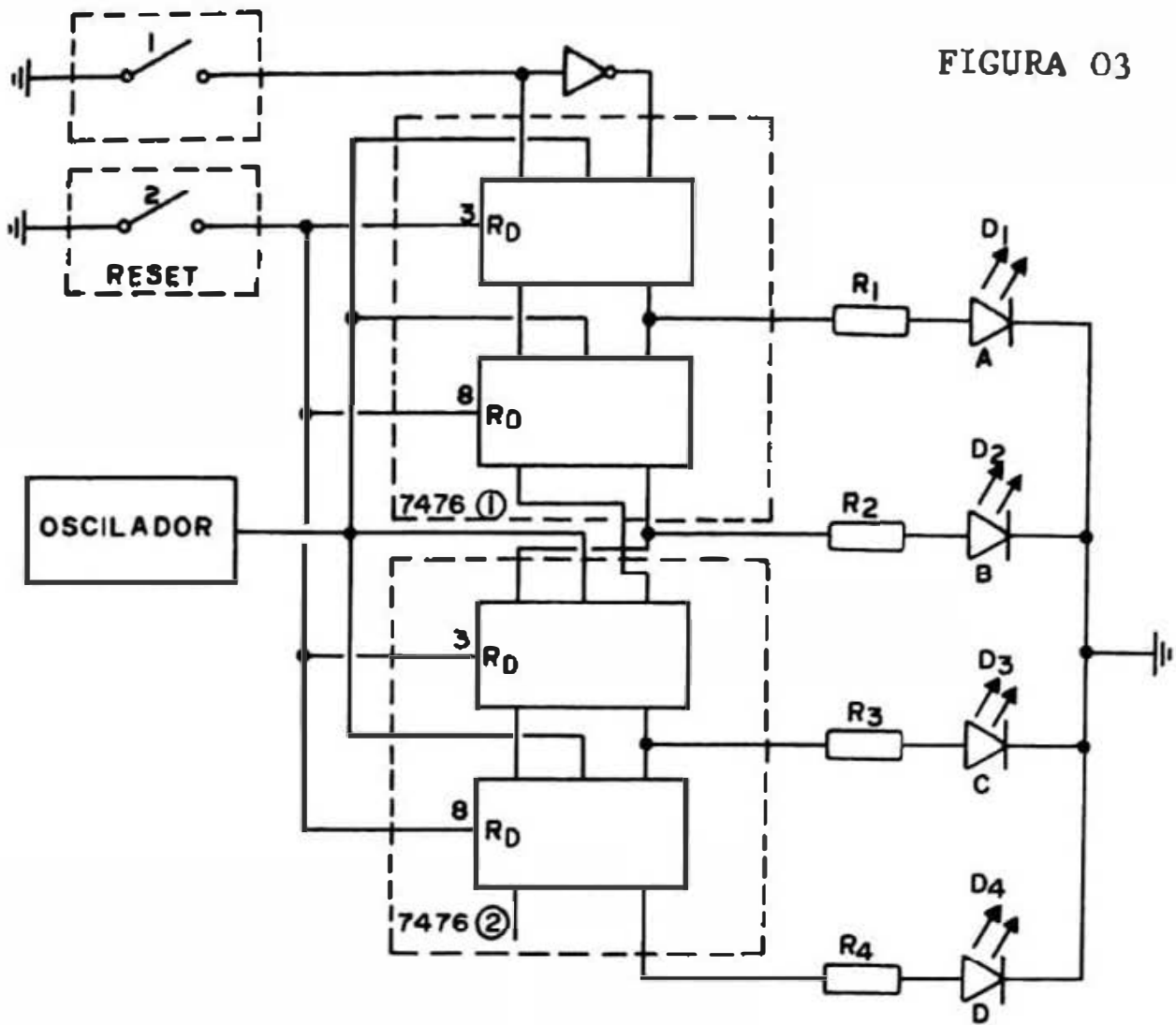
* Observamos que os três primeiros pulsos de clock são aleatórios por não estarmos usando um sistema de reset.

TERCEIRA MONTAGEM

O circuito a ser montado é o mesmo da montagem anterior, alterado apenas pela inclusão de um sistema de reset. A figura 3 ilustra tal circuito.

Utilizando a mesma montagem da figura 2, sem efetuar alterações, devemos ligar, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 2-D(chave 2) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 2-J(chave 2) com 13-M(pino 3 do 7476 ①);
- ponto 13-N(pino 3 do 7476 ①) com 18-N(pino 8 do 7476 ①);
- ponto 18-M(pino 8 do 7476 ①) com 23-M(pino 3 do 7476 ②);
- ponto 23-N(pino 3 do 7476 ②) com 28-N(pino 8 do 7476 ②).



Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencha a coluna de saída A, B, C e D.

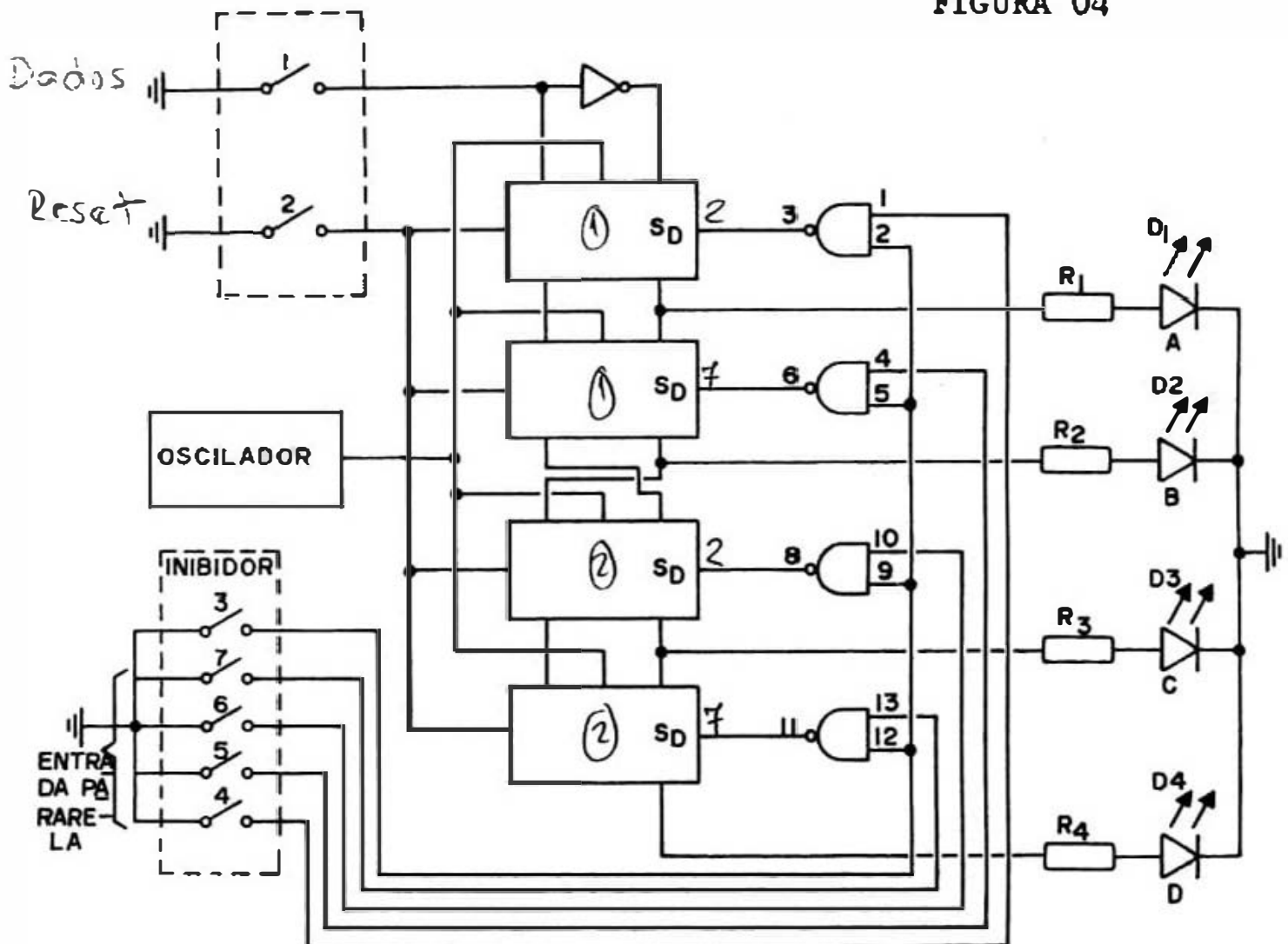
ENTRADAS			SAÍDAS			
RESET	CLOCK	DADOS	A	B	C	D
CHAVE 2	OSCILADOR	CHAVE 1	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	19	0	0	0	0	0
0	29	1	0	0	0	0
1	39	0	0	●	0	0
1	49	1	1	0	0	0
1	59	1	1	1	0	0
1	69	1	1	1	0	0
1	79	1	1	1	1	0
1	89	0	0	1	1	1
1	99	0	0	0	1	1
1	109	0	0	0	0	1
1	119	0	0	0	0	0

TABELA 3

QUARTA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 4. Trata-se de um registrador de deslocamento com entradas séries e paralelas.

FIGURA 04



Utilizando a mesma montagem da figura 3, deveremos acrescentar o circuito integrado 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-E e 21-F, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 1-C (chave 1) com 3-C (chave 3);
- ponto 2-B (chave 2) com 4-B (chave 4);
- ponto 1-A (chave 1) com 5-A (chave 5);
- ponto 2-C (chave 2) com 6-C (chave 6);
- ponto 3-A (chave 3) com 7-A (chave 7);
- ponto 3-H (chave 3) com 22-A (pino 2 do 7400);

- ponto 4-H (chave 4) com 21-A (pino 1 do 7400);
- ponto 5-H (chave 5) com 24-A (pino 4 do 7400);
- ponto 6-H (chave 6) com 25-G (pino 10 do 7400);
- ponto 7-H (chave 7) com 22-G (pino 13 do 7400);
- ponto 22-C (pino 2 do 7400) com 25-C (pino 5 do 7400);
- ponto 25-B (pino 5 do 7400) com 26-G (pino 9 do 7400);
- ponto 26-H (pino 9 do 7400) com 23-H (pino 12 do 7400);
- ponto 23-D (pino 3 do 7400) com 12-M (pino 2 do 7476 ①);
- ponto 26-D (pino 6 do 7400) com 17-M (pino 7 do 7476 ①);
- ponto 27-G (pino 8 do 7400) com 22-M (pino 2 do 7476 ②);
- ponto 24-G (pino 11 do 7400) com 27-M (pino 7 do 7476 ②);
- ponto 21-J (pino 14 do 7400) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-D (pino 7 do 7400) com 27-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencha a coluna de saída A, B, C e D.

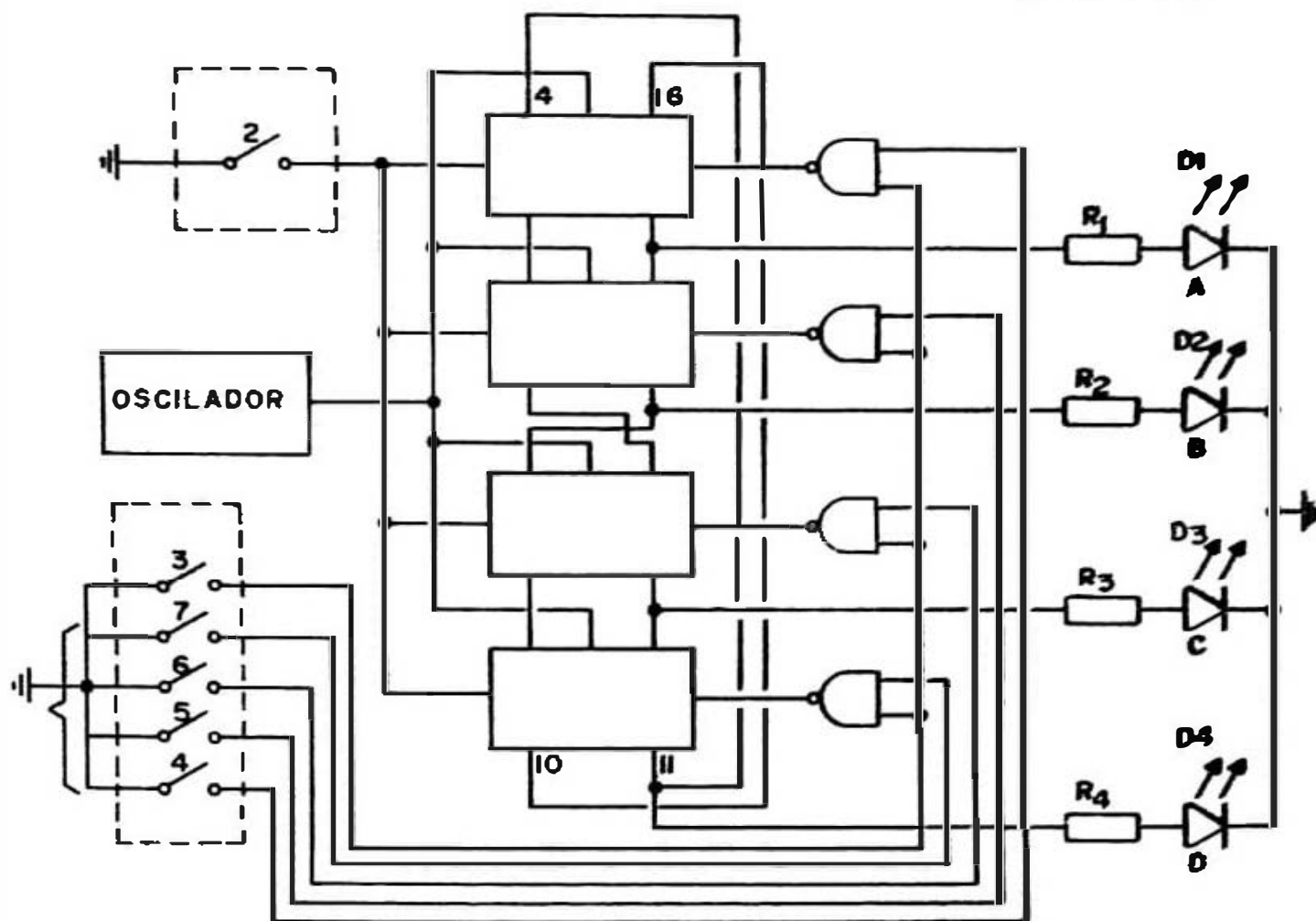
ENTRADAS							SAÍDAS				
RESET	CLOCK	DADOS SÉRIE	DADOS PARALELO				INIBIDOR	A	B	C	D
CHAVE 2	OSCI-LADOR	CHAVE 1	CHAVES				CHAVE 3	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
			4	5	6	7					
0	1º	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	2º	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	3º	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
— 0	4º	— 0	1	0	1	0	— 1	1	0	1	0
0	5º	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	6º	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
— 0	7º	— 0	0	1	0	1	1	0	1	0	1
1	8º	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	9º	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1

TABELA 4

QUINTA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 5. Trata-se de um registrador de deslocamento, ligado como seqüenciador (seqüencial) ou contador em anel programável.

FIGURA 05



Utilizando a mesma montagem da figura 4, devemos eliminar o circuito integrado 7404 da montagem.

Assim devemos alterar os seguintes pontos:

- desligue o ponto 30-P e ligue no ponto 27-S (pino 10 do 7476 ②);
- desligue o ponto 29-P e ligue no ponto 26-S (pino 11 do 7476 ②).

Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencha a coluna de saída A, B, C e D.

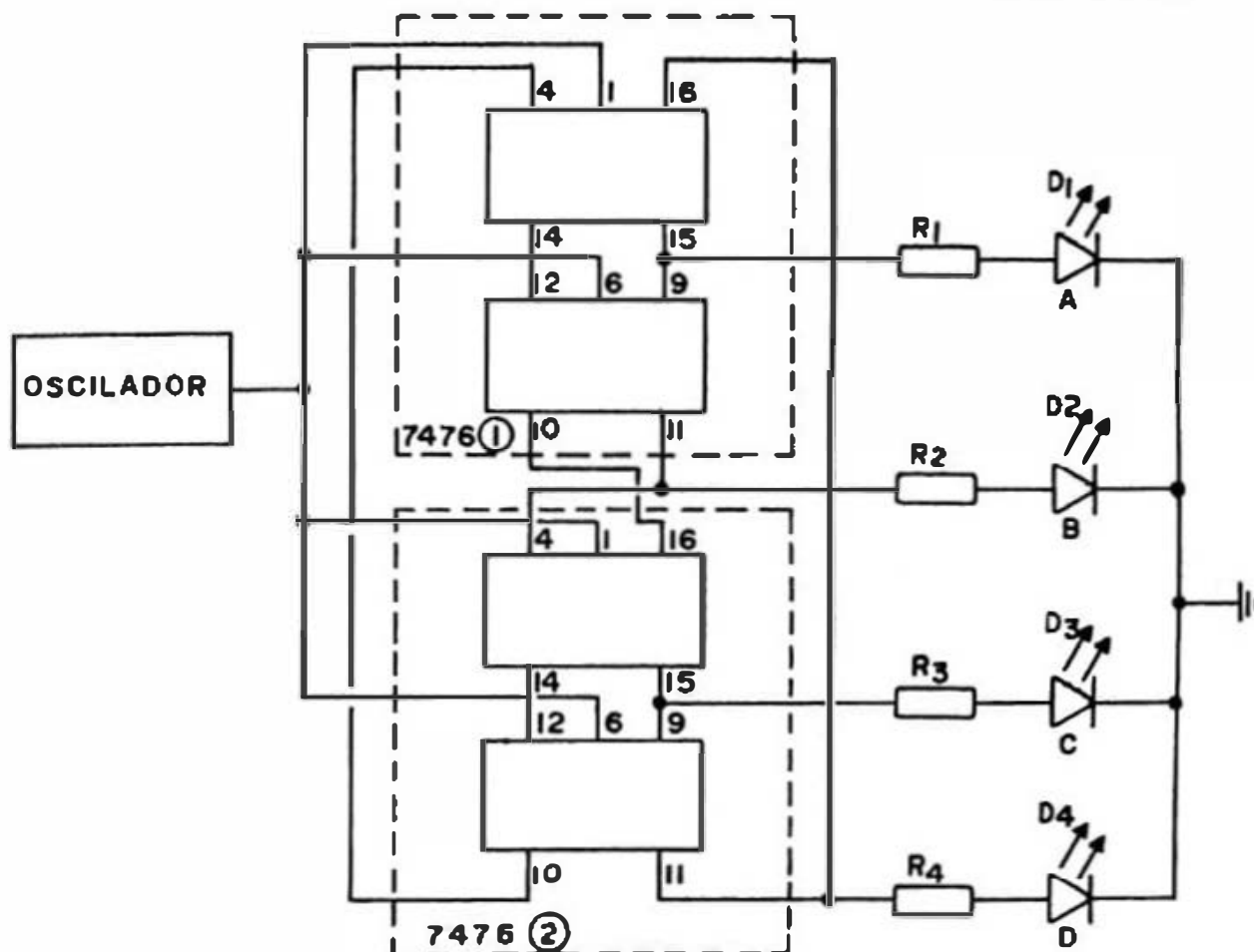
ENTRADAS							SAÍDAS			
CLOCK	RESET	DADOS PARALELO				INIBIDOR	A	B	C	D
OSCI-LADOR	CHAVE 2	CHAVES				CHAVE 3	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
		4	5	6	7					
1º	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2º	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
3º	1	1	0	1	0	↑	1	0	1	0
4º	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
5º	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
6º	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1
7º	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8º	1	1	0	0	0	↑	1	0	0	0
9º	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
10º	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
11º	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
12º	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13º	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
14º	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15º	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Observamos que a ↑ indica um pulso alto que retém os dados programados, em paralelo, chaves 4, 5, 6 e 7. Alertamos ainda que este pulso deverá ser bem menor que o pulso de clock, pois, se assim não for, todas as saídas ficarão a um (1). Uma sugestão é deixar o pulso de clock bem lento para facilitar a programação da seqüência desejada.

SEXTA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 6. Trata-se de um registrador de deslocamento, ligado como contador em anel (seqüenciador).

FIGURA 06



LISTA DE MATERIAL

- Oscilador;
- 2 circuitos integrados 7476;
- 4 resistores de 220Ω $1/4W$ (R_1 e R_2 , R_3 e R_4);
- 4 leds (D_1 , D_2 , D_3 e D_4) (display).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado: 7476 ①, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente. Em seguida, fixe o 7476 ②, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente. Fixe, também o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 11-C e 11-G respectivamente. Observamos que estamos utilizando o display FND 560 em substituição aos leds D_1 , D_2 , D_3 e D_4 .

Fixe, agora, os seguintes resistores:

- R_1 entre os pontos 17-I e 17-C;
- R_2 entre os pontos 18-I e 18-C;
- R_3 entre os pontos 19-I e 19-C;
- R_4 entre os pontos 20-I e 20-C.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-P(pino 3 do NE555) com 11-P(pino 1 do 7476 ①);
- ponto 15-P(pino 5 do 7476 ①) com 15-L(barramento +Vcc);
- ponto 14-S(pino 13 do 7476 ①) com 14-K(barramento de terra);
- ponto 25-P(pino 5 do 7476 ②) com 25-L(barramento +Vcc);
- ponto 24-S(pino 13 do 7476 ②) com 23-K(barramento de terra);
- ponto 11-O(pino 1 do 7476 ①) com 16-O(pino 6 do 7476 ①);
- ponto 16-P(pino 6 do 7476 ①) com 21-P(pino 1 do 7476 ②);
- ponto 21-O(pino 1 do 7476 ②) com 26-O(pino 6 do 7476 ②);
- ponto 14-P(pino 4 do 7476 ①) com 27-S(pino 10 do 7476 ②);
- ponto 11-S(pino 16 do 7476 ①) com 26-S(pino 11 do 7476 ②);
- ponto 13-S(pino 14 do 7476 ①) com 15-S(pino 12 do 7476 ①);
- ponto 12-S(pino 15 do 7476 ①) com 18-S(pino 9 do 7476 ①);
- ponto 16-S(pino 11 do 7476 ①) com 24-P(pino 4 do 7476 ②);
- ponto 17-S(pino 10 do 7476 ①) com 21-S(pino 16 do 7476 ②);
- ponto 22-S(pino 15 do 7476 ②) com 28-S(pino 9 do 7476 ②);
- ponto 23-S(pino 14 do 7476 ②) com 25-S(pino 12 do 7476 ②);
- ponto 12-T(pino 15 do 7476 ①) com 17-J(resistor R_1);
- ponto 16-T(pino 11 do 7476 ①) com 18-J(resistor R_2);
- ponto 22-T(pino 15 do 7476 ②) com 19-J(resistor R_3);
- ponto 26-T(pino 11 do 7476 ②) com 20-J(resistor R_4);
- ponto 17-B(resistor R_1) com 11-B(pino 1 do FND 560);
- ponto 18-B(resistor R_2) com 12-B(pino 2 do FND 560);
- ponto 19-B(resistor R_3) com 14-B(pino 4 do FND 560);
- ponto 20-B(resistor R_4) com 11-H(pino 10 do FND 560);
- ponto 13-H(pino 8 do FND 560) com 13-K(barramento de terra);

Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencha a coluna de saída A, B, C e D.

Para a sequência correta, jumpear os pinos 3 e 8 dos circuitos integrados 7476, dando assim, um breve reset nos flip-flops.

ENTRADA	SAÍDAS			
CLOCK	A	B	C	D
1º	0	0	0	0
2º	1	0	0	0
3º	1	1	0	0
4º	1	1	1	0
5º	1	1	1	1
6º	0	1	1	1
7º	0	0	1	1
8º	0	0	0	1

TABELA 6

SÉTIMA MONTAGEM

O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 7. Trata-se de um registrador de deslocamento, ligado como contador em anel (sequenciador) com reset automático.

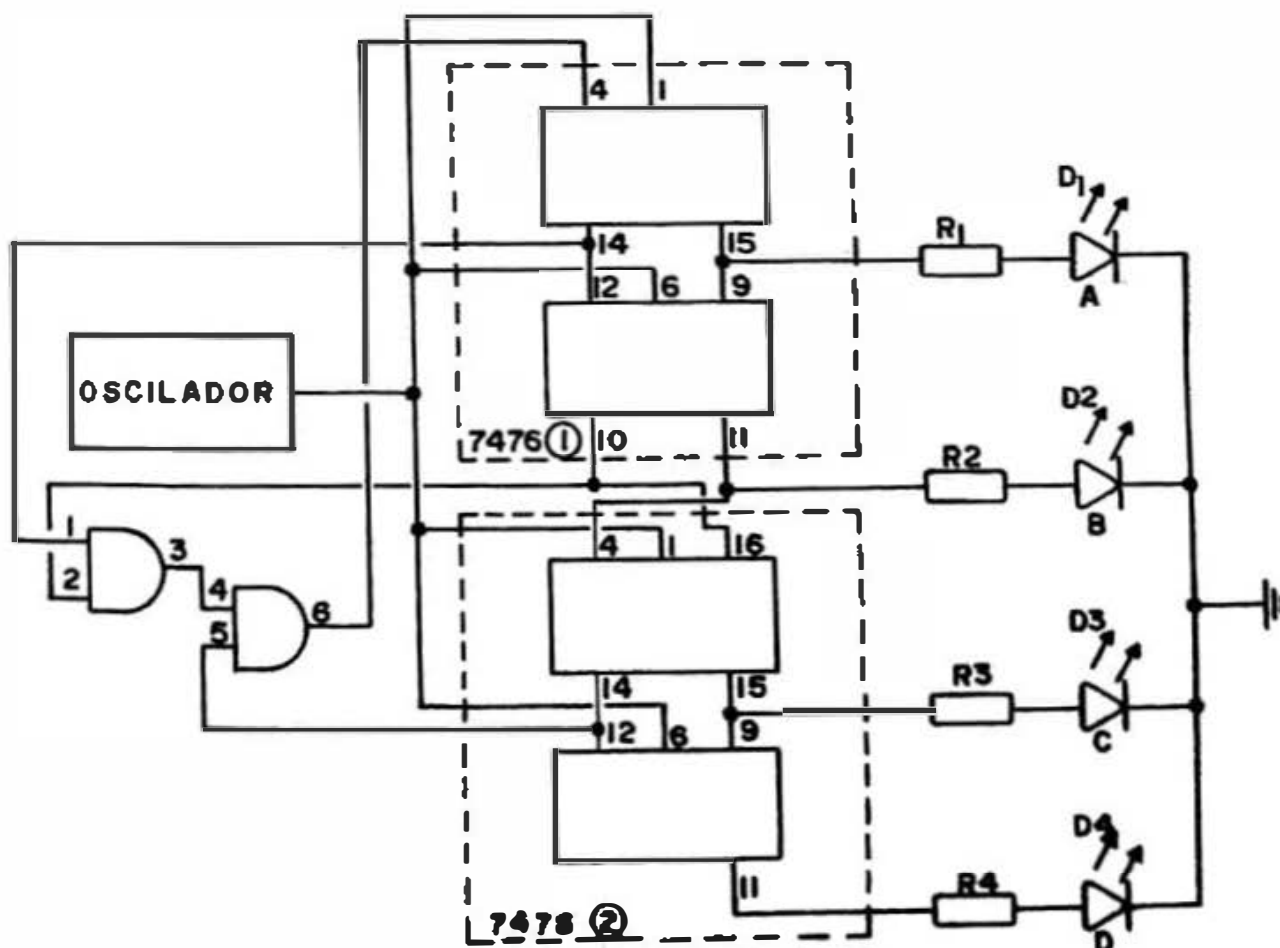


FIGURA 07

LISTA DE MATERIAL

- Oscilador;
- 2 circuitos integrados 7476;
- 4 resistores de 220Ω 1/4W (R_1 , R_2 , R_3 e R_4);
- 4 leds (D_1 , D_2 , D_3 e D_4) (display);
- 1 circuito integrado 7408).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

A montagem é a mesma da figura 6. Devemos, porém, desligar os jumpers dos seguintes pontos:

- ponto 11-S(pino 16 do 7476 ①) com 26-S(pino 11 do 7476 ②);
- ponto 14-P(pino 4 do 7476 ①) com 27-S(pino 10 do 7476 ②);

Agora, fixe o circuito integrado 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente.

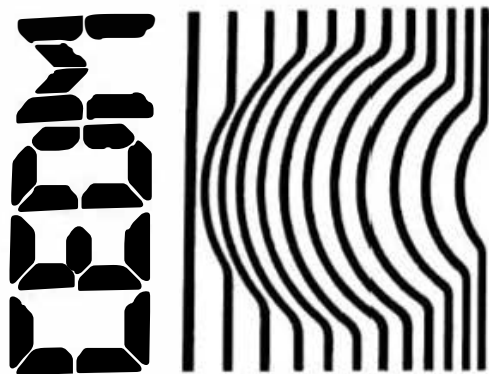
Fixe, ainda, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 29-P(pino 1 do 7408) com 13-T(pino 14 do 7476 ①);
- ponto 30-P(pino 2 do 7408) com 17-T(pino 10 do 7476 ①);
- ponto 31-P(pino 3 do 7408) com 32-M(pino 4 do 7408);
- ponto 33-P(pino 5 do 7408) com 23-T(pino 14 do 7476 ①);
- ponto 14-P(pino 4 do 7476 ①) com 34-P(pino 6 do 7408);
- ponto 35-P(pino 7 do 7408) com 34-K(barramento de terra);
- ponto 29-S(pino 14 do 7408) com 29-L(barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique o funcionamento, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 7) e preencha a coluna de saída A, B, C e D.

CLOCK	SAÍDAS			
OSCILADOR	A	B	C	D
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1º ---	0	0	0	0
2º ---	1	0	0	0
3º ---	0	1	0	0
4º ---	0	0	1	0
5º ---	0	0	0	1
6º ---	1	0	0	0
7º ---	0	1	0	0
8º ---	0	0	1	0
9º ---	0	0	0	1
10º ---	1	0	0	0
11º ---	0	1	0	0
12º ---	0	0	1	0

TABELA 7



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANA

EXAME DA LIÇÃO MP-19

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação a tabela 1, a coluna de saída A e B ficará assim preenchida:

a)

A	B
D ₁	D ₂
*	*
*	*
*	*
0	1
1	0
0	0
1	0
0	1

b)

A	B
D ₁	D ₂
*	*
*	*
*	*
0	0
1	0
1	1
0	1
0	0

c)

A	B
D ₁	D ₂
*	*
*	*
*	*
0	0
0	1
1	1
1	0
0	0

d)

A	B
D ₁	D ₂
*	*
*	*
*	*
1	1
0	1
0	0
1	0
1	1

2) Com relação a tabela 2, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1

b)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0

c)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
1	0	1	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
1	0	1	0

d)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
*	*	*	*
*	*	*	*
*	*	*	*
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
0	0	0	0
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
1	1	1	1

3) Com relação a tabela 3, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0

b)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0

c)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
1	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1

d)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
1	1	1	1
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1

4) Com relação a tabela 4, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	1
0	0	0	0
1	1	1	1
1	0	1	0
1	0	1	0
0	0	0	0

b)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	0	1	0
1	1	1	1
0	0	0	0
0	1	0	1
0	1	0	1
1	1	1	1

c)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1
0	0	0	0
0	1	0	1
0	1	0	1
1	1	1	1

d)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
0	1	0	1
0	0	0	0
1	1	1	1
1	0	1	0
1	0	1	0
0	0	0	0

5) Com relação a tabela 5, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

b)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	1	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

c)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

d)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

6) Com relação a tabela 6, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
1	1	1	1
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1

b)

A	B	C	D
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	0	0	0

c)

A	B	C	D
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0

d)

A	B	C	D
0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1

7) Com relação a tabela 7, a coluna de saída A, B, C e D ficará assim preenchida:

a)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	0	1	0
0	1	0	1
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

b)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

c)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	1	1	1
1	1	1	1
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

d)

A	B	C	D
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0
0	1	1	1
1	●	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

8) Com relação a tabela 3, o display ficará assim representado:

a)

APAGADO

APAGADO

APAGADO

□

□

□

□

□

□

□

APAGADO

b)

APAGADO

□

□

□

□

□

□

□

APAGADO

APAGADO

APAGADO

c)

□

□

□

□

□

□

□

□

□

□

□

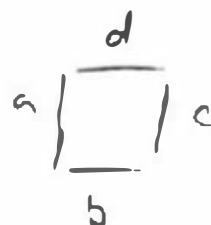
d)

N. R. A.

$$\begin{array}{c} d \\ a \mid \square \mid c \\ b \end{array}$$

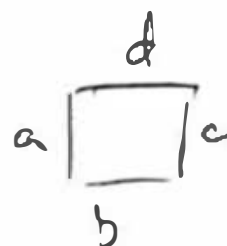
9) Com relação a tabela 4, o display ficará assim representado:

a)	<u>b)</u>	c)	d)
☐	APAGADO	☐	N.R.A.
☐	APAGADO	☐	
☐	APAGADO	☐	
☐	☐	APAGADO	
APAGADO	☐	☐	
☐	APAGADO	☐	
☐	☐	APAGADO	
☐	☐	APAGADO	
☐	☐	APAGADO	



10) Com relação a tabela 6, o display ficará assim representado:

<u>a)</u>	b)	c)	d)
APAGADO	☐	APAGADO	N.R.A.
☐	☐	APAGADO	
☐	☐	APAGADO	
☐	☐	☐	
☐	☐	☐	
☐	☐	☐	
☐	☐	☐	
☐	☐	☐	



LIÇÃO MP-20

MANUAL DE PRÁTICAS - MP-20

INTRODUÇÃO

Nesta lição, iremos efetuar montagens práticas sobre circuitos de multiplexação e demultiplexação. Recomendamos ao aluno que reestude as lições teóricas sobre estes assuntos (ED-24 ou ED-27).

PRIMEIRA MONTAGEM

A figura 1 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um multiplexador de dois canais.

LISTA DE MATERIAIS

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 dip-switch;
- 1 resistor R_1 de 220Ω 1/4 W;
- 1 led D_1

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de saída multiplexada (D₁).

OSCILADOR	ENTRADA DE DADO		SAÍDA
	CH-1	CH-2	D ₁
1º	0	0	0
2º	0	1	1
3º	1	0	0
4º	1	1	1

TABELA 1

Observamos que o oscilador é o mesmo utilizado nas montagens anteriores.

SEGUNDA MONTAGEM

A figura 2 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um multiplexador de quatro canais de entrada por dois de saída.

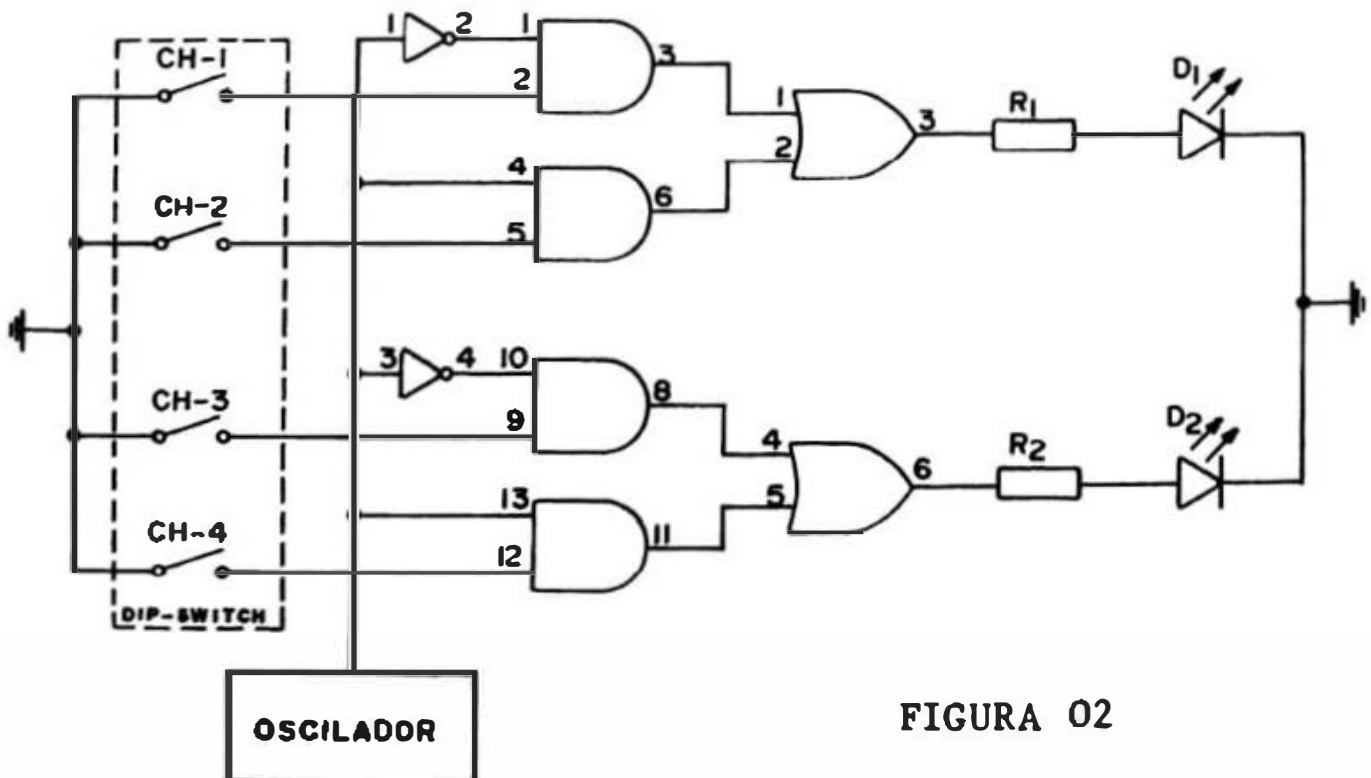


FIGURA 02

LISTA DE MATERIAIS

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 dip-switch;
- 2 resistores de 220Ω 1/4 W (R_1 e R_2);
- 2 leds D_1 e D_2 .

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, acrescentar, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 7-K (barramento de terra) com 13-D (chave 3);
- ponto 8-K (barramento de terra) com 14-D (chave 4);
- ponto 13-J (chave 3) com 16-S (pino 9 do 7408);
- ponto 14-J (chave 4) com 13-S (pino 12 do 7408);
- ponto 21-N (pino 1 do 7404) com 23-N (pino 3 do 7404);
- ponto 24-P (pino 4 do 7404) com 15-S (pino 10 do 7408);
- ponto 14-N (pino 4 do 7408) com 12-S (pino 13 do 7408);
- ponto 17-S (pino 8 do 7408) com 32-P (pino 4 do 7432);
- ponto 15-S (pino 11 do 7408) com 33-P (pino 5 do 7432);
- ponto 34-P (pino 6 do 7432) com 23-A (resistor R_2).

Fixe, agora, o resistor R_2 entre os pontos, 23-B e 23-H; fixe, também o led D_2 entre os pontos, 23-I (anodo) e 23-K (catodo).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher as colunas de saídas multiplexadas (D_1 e D_2).

OSCILADOR	ENTRADA DE DADOS				SAÍDA	
	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	D1	D2
1º	0	0	0	0	0	0
2º	0	0	0	1	1	1
3º	0	0	1	0	0	1
4º	0	0	1	1	0	1
5º	0	1	1	1	Pisca	1
6º	1	0	1	1	Pisca	1
7º	1	1	1	1	1	1

TABELA 2

TERCEIRA MONTAGEM

A figura 3 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um multiplexador de quatro canais de entrada por um de saída.

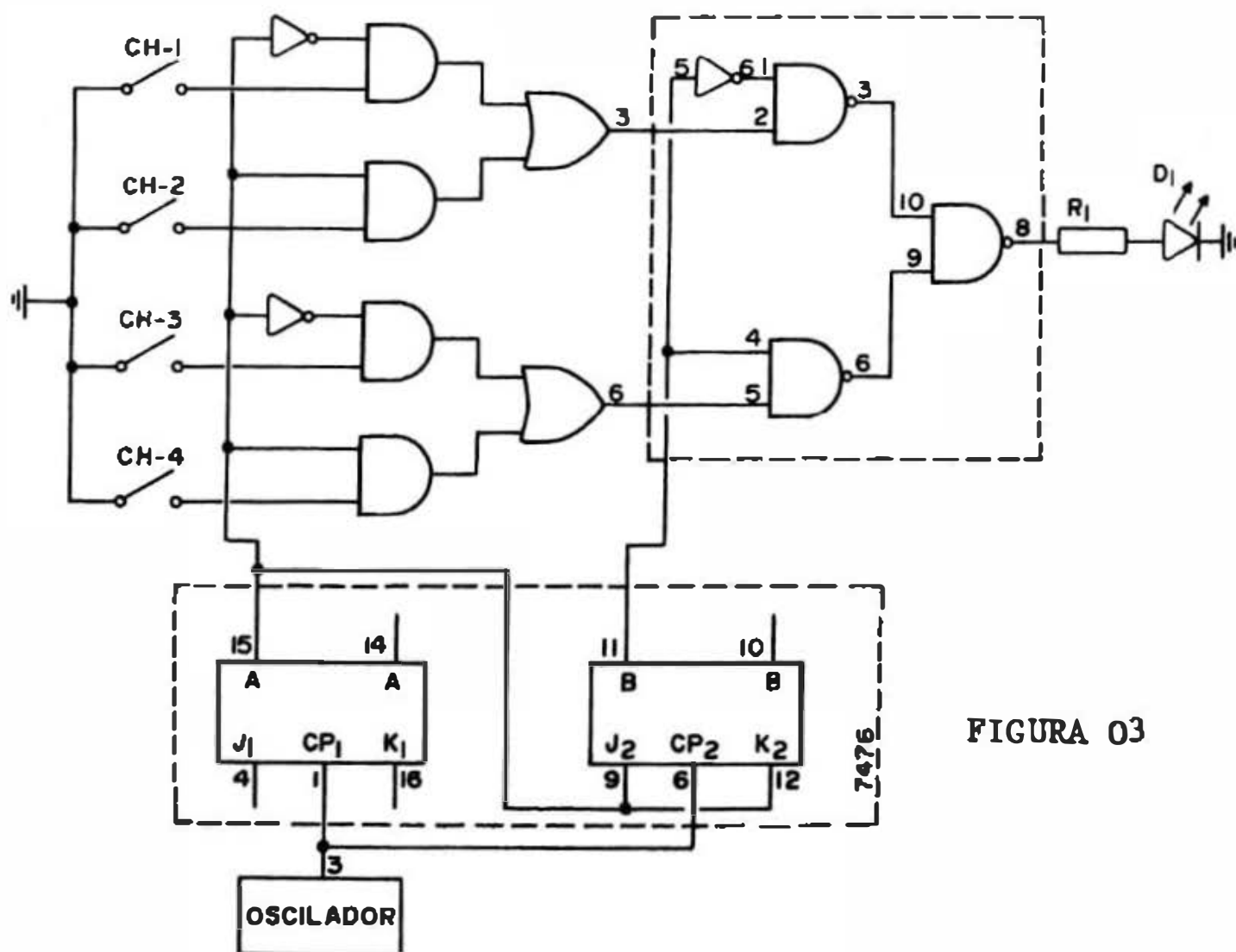
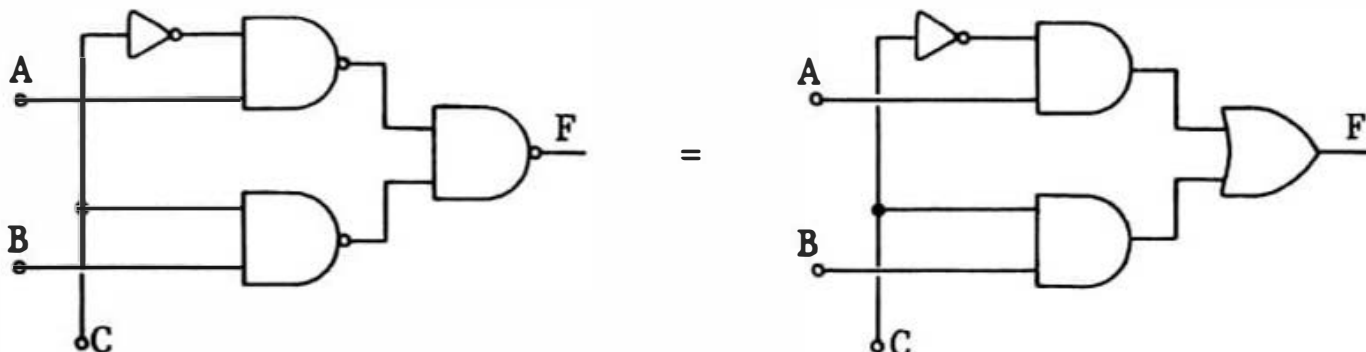


FIGURA 03

* Observe que efetuamos uma alteração no circuito de saída, por não possuímos um outro circuito integrado 7408, porém não alteramos a lógica, pois sabemos que:



$$\overline{(A.C)} \cdot \overline{(B.C)} = (A.\bar{C}) + (B.C)$$

$$\overline{(A.C)} + \overline{(B.C)} = (A.\bar{C}) + (B.C)$$

$$(A.\bar{C}) + (B.C) = (A.\bar{C}) + (B.C)$$

LISTA DE MATERIAIS

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7400;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 circuito integrado 7476;
- 1 dip-switch;
- 1 resistor R_1 de 220Ω 1/4 W;
- 1 led D_1 .

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Utilizando a montagem anterior, devemos efetuar as seguintes alterações:

- desligue o jumper dos pontos 34-P e 23-A;
- desligue o jumper dos pontos 31-P e 21-A;
- desligue o resistor dos pontos 21-C e 21-H;
- desligue o resistor dos pontos 23-C e 23-H;
- desligue o led dos pontos 21-I e 21-K;
- desligue o led dos pontos 23-I e 23-K;
- desligue o jumper dos pontos 3-P e 14-P.

Fixe, agora, os circuitos integrados: 7400 e o 7476. Primeiramente, o 7400 de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-E e 21-F, respectivamente. Em seguida, o 7476 de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 1-E e 1-F, respectivamente.

Fixe, ainda, o resistor R_1 entre os pontos 31-C e 31-H e o led D_1 entre os pontos 31-I (ânodo) e 31-K (cátodo). E, por último, conecte, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 31-P (pino 3 do 7432) com 22-D (pino 2 do 7400);
- ponto 34-P (pino 6 do 7432) com 25-D (pino 5 do 7400);
- ponto 6-G (pino 11 do 7476) com 24-D (pino 4 do 7400);
- ponto 24-C (pino 4 do 7400) com 25-P (pino 5 do 7404);
- ponto 21-D (pino 1 do 7400) com 26-P (pino 6 do 7404);
- ponto 23-D (pino 3 do 7400) com 25-G (pino 10 do 7400);
- ponto 26-D (pino 6 do 7400) com 26-G (pino 9 do 7400);
- ponto 27-G (pino 8 do 7400) com 31-A (resistor R_1);
- ponto 14-P (pino 4 do 7408) com 2-G (pino 15 do 7476);
- ponto 3-P (pino 3 do oscilador) com 1-D (pino 1 do 7476);
- ponto 1-C (pino 1 do 7476) com 6-C (pino 6 do 7476);
- ponto 5-G (pino 12 do 7476) com 2-G (pino 15 do 7476);
- ponto 5-I (pino 12 do 7476) com 8-I (pino 9 do 7476);
- ponto 4-G (pino 4 do 7476) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 5-D (pino 5 do 7476) com 7-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-D (pino 7 do 7400) com 28-K (barramento de terra);
- ponto 21-G (pino 14 do 7400) com 20-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna de saída multiplexada (D_1).

OSCILADOR	SAÍDA DO CONTADOR		ENTRADA DE DADOS				SAÍDA
	B	A	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	D ₁
1º	0	0	0	0	0	0	Ø
2º	0	1	0	0	0	1	
3º	1	0	0	1	0	1	
4º	1	1	0	1	1	1	
5º	0	0	1	1	1	1	1
6º	0	1	1	0	0	0	
7º	1	0	1	0	1	0	
8º	1	1	1	1	1	0	

Disca lento
Disca rápido
Disca lento
TABELA 3
Disca lento
Disca rápido
Disca lento

QUARTA MONTAGEM

A figura 4 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um demultiplexador de uma entrada e duas saídas.

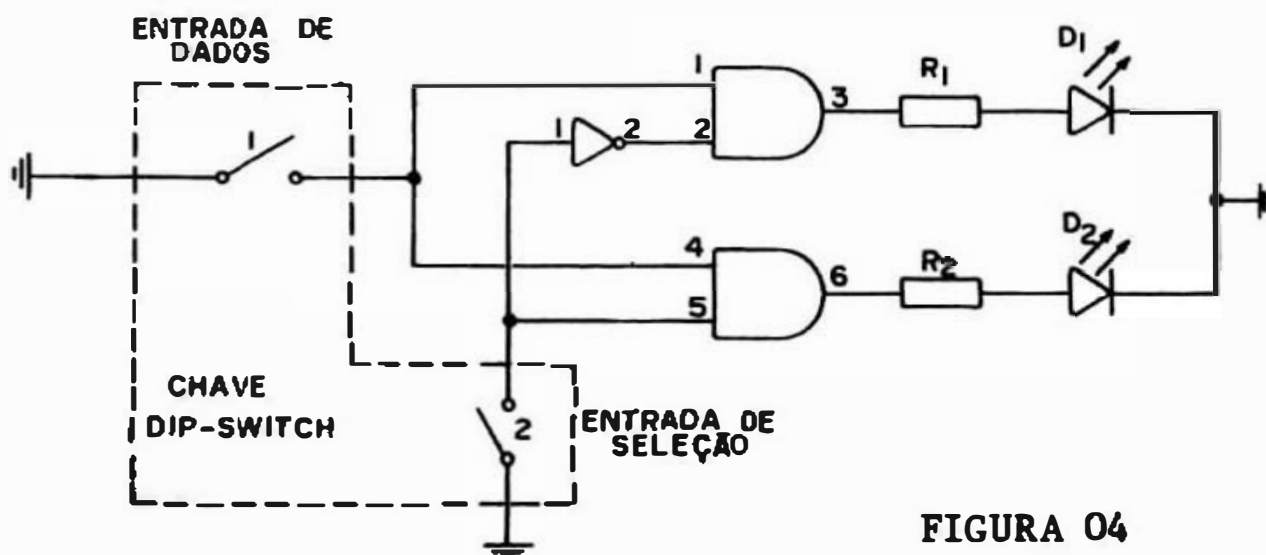


FIGURA 04

LISTA DE MATERIAIS

- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 dip-switch;
- 2 resistores de 220Ω 1/4 W (R₁ e R₂);
- 2 leds (D₁ e D₂).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Comece a montagem pelos circuitos integrados: 7404 e 7408. Inicialmente, fixe o 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente. Em seguida, o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente. Fixe, também o dip-switch, de modo que os pinos da chave 1 fiquem conectados nos pontos 11-E e 11-F, respectivamente.

Fixe, ainda, os resistores: R_1 e R_2 . O R_1 entre os pontos 31-C e 31-H. E o R_2 entre os pontos 33-C e 33-H. Finalmente, fixe os leds: D_1 e D_2 . O D_1 entre os pontos 31-I (ânodo) e 31-K (catodo). E o D_2 entre os pontos 33-I (ânodo) e 33-K (catodo).

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-D (chave 1) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 12-D (chave 2) com 10-K (barramento de terra);
- ponto 11-J (chave 1) com 11-M (pino 1 do 7408);
- ponto 11-P (pino 1 do 7408) com 14-P (pino 4 do 7408);
- ponto 12-J (chave 2) com 15-M (pino 5 do 7408);
- ponto 15-P (pino 5 do 7408) com 21-P (pino 1 do 7404);
- ponto 22-P (pino 2 do 7404) com 12-P (pino 2 do 7408);
- ponto 13-P (pino 3 do 7408) com 31-A (resistor R_1);
- ponto 16-P (pino 6 do 7408) com 33-A (resistor R_2);
- ponto 17-P (pino 7 do 7408) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 11-S (pino 14 do 7408) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 21-S (pino 14 do 7404) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-P (pino 7 do 7404) com 27-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher a coluna de saída demultiplexada (D_1 e D_2).

ENTRADA DE DADO	ENTRADA DE SELEÇÃO	SAÍDA	
CHAVE 1	CHAVE 2	D ₁	D ₂
0	0	Ø	Ø
0	1	Ø	Ø
1	0	1	Ø
1	1	Ø	1

TABELA 4

QUINTA MONTAGEM

A figura 5 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um demultiplexador de uma entrada e quatro saídas.

d
a | c
b

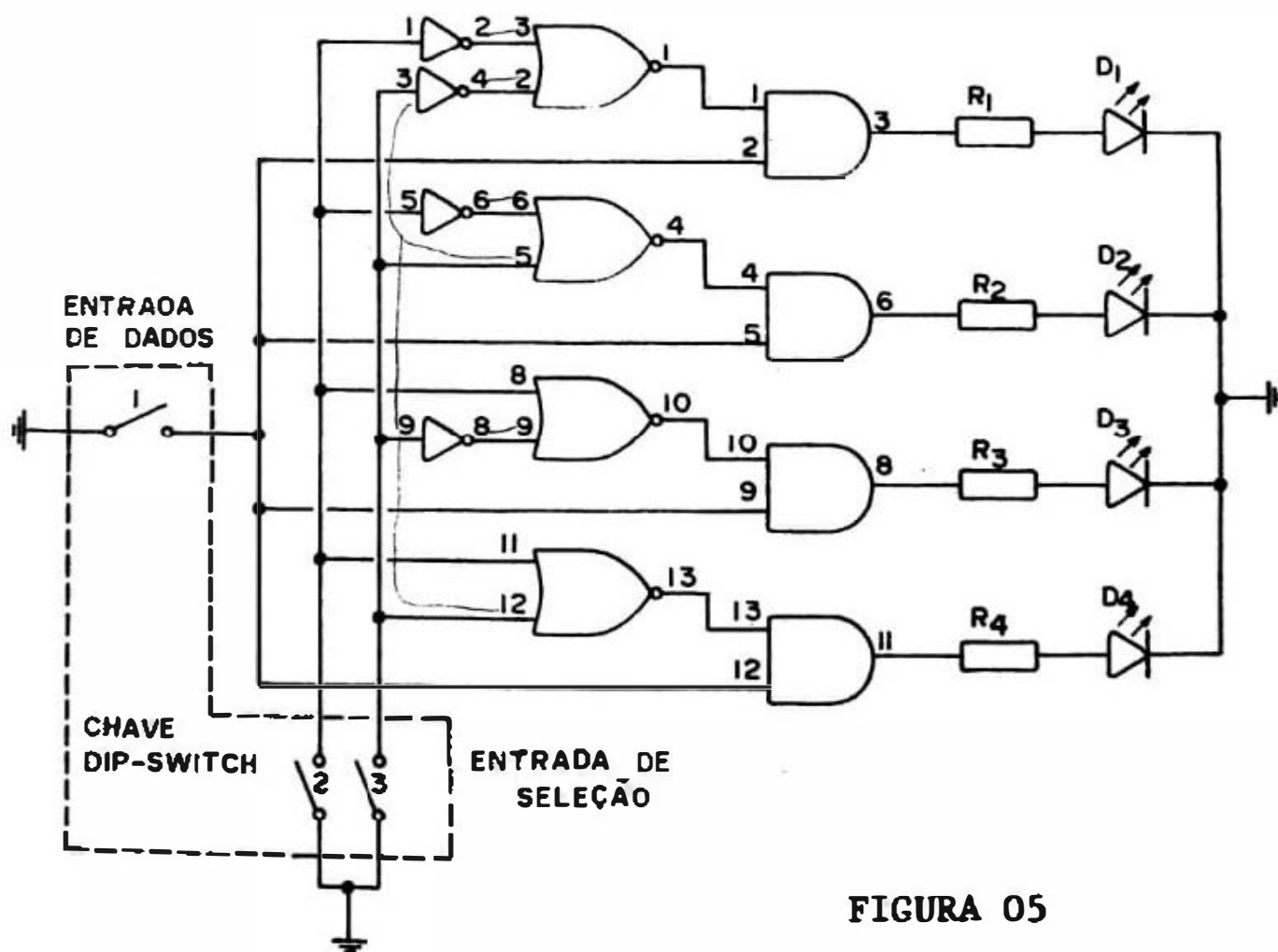


FIGURA 05

LISTA DE MATERIAIS

- 1 circuito integrado 7402;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 dip-switch;
- 4 resistores de 220Ω 1/4 W (R_1 , R_2 , R_3 e R_4);
- 4 leds (D_1 , D_2 , D_3 e D_4) * Display FND 560

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Comece a montagem pelos circuitos integrados: 7402, 7404 e 7408. Inicialmente, fixe o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente. Em seguida, o 7402, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente. E, por último, o 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente. Fixe, também, o dip-switch, de modo que os pinos da chave 1 fiquem conectados nos pontos 11-E e 11-F, respectivamente.

Fixe, ainda, os resistores: R_1 , R_2 , R_3 e R_4 . O R_1 entre os pontos 29-C e 29-I; o R_2 entre os pontos 31-C e 31-I; o R_3 entre os pontos 33-C e 33-I e o R_4 entre os pontos 35-C e 35-I. Finalmente, fixe o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 21-C e 21-G, respectivamente.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-D (chave 1) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 12-D (chave 2) com 10-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (chave 3) com 11-K (barramento de terra);
- ponto 11-S (pino 14 do 7404) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-P (pino 7 do 7404) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 21-S (pino 14 do 7402) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-P (pino 7 do 7402) com 27-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7408) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7408) com 35-K (barramento de terra);
- ponto 23-H (pino 8 do FND 560) com 23-K (barramento de terra);

- ponto 11-J (chave 1) com 30-P (pino 2 do 7408);
- ponto 12-J (chave 2) com 11-P (pino 1 do 7404);
- ponto 13-J (chave 3) com 13-P (pino 3 do 7404);
- ponto 11-0 (pino 1 do 7404) com 15-0 (pino 5 do 7404);
- ponto 15-P (pino 5 do 7404) com 27-S (pino 8 do 7402);
- ponto 27-T (pino 8 do 7402) com 24-T (pino 11 do 7402);
- ponto 13-0 (pino 3 do 7404) com 16-S (pino 9 do 7404);
- ponto 16-T (pino 9 do 7404) com 25-P (pino 5 do 7402);
- ponto 25-0 (pino 5 do 7402) com 23-S (pino 12 do 7402);
- ponto 12-P (pino 2 do 7404) com 23-P (pino 3 do 7402);
- ponto 14-P (pino 4 do 7404) com 22-P (pino 2 do 7402);
- ponto 16-P (pino 6 do 7404) com 26-P (pino 6 do 7402);
- ponto 17-S (pino 8 do 7404) com 26-S (pino 9 do 7402);
- ponto 30-0 (pino 2 do 7408) com 33-0 (pino 5 do 7408);
- ponto 33-P (pino 5 do 7408) com 34-S (pino 9 do 7408);
- ponto 34-T (pino 9 do 7408) com 31-T (pino 12 do 7408);
- ponto 21-P (pino 1 do 7402) com 29-P (pino 1 do 7408);
- ponto 24-P (pino 4 do 7402) com 32-P (pino 4 do 7408);
- ponto 25-S (pino 10 do 7402) com 33-S (pino 10 do 7408);
- ponto 22-S (pino 13 do 7402) com 30-S (pino 13 do 7408);
- ponto 31-P (pino 3 do 7408) com 29-J (resistor R_1);
- ponto 34-P (pino 6 do 7408) com 31-J (resistor R_2);
- ponto 35-S (pino 8 do 7408) com 33-J (resistor R_3);
- ponto 32-S (pino 11 do 7408) com 35-J (resistor R_4);
- ponto 29-B(resistor R_1) com 21-B(pino 1 do display FND 560);-E
- ponto 31-B(resistor R_2) com 22-B(pino 2 do display FND 560);-D
- ponto 33-B(resistor R_3) com 24-B(pino 4 do display FND 560);-C
- ponto 35-B(resistor R_4) com 21-H(pino 10 do display FND 560).-G

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher a coluna de saída demultiplexada (D_1 , D_2 , D_3 e D_4).

ENTRADA DE DADO	ENTRADA DE SELEÇÃO		SAÍDAS			
CHAVE 1	CHAVE 2	CHAVE 3	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0

TABELA 5

SEXTA MONTAGEM

A figura 6 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um demultiplexador de uma entrada e duas saídas, com entrada de seleção e gerador de produtos canônicos.

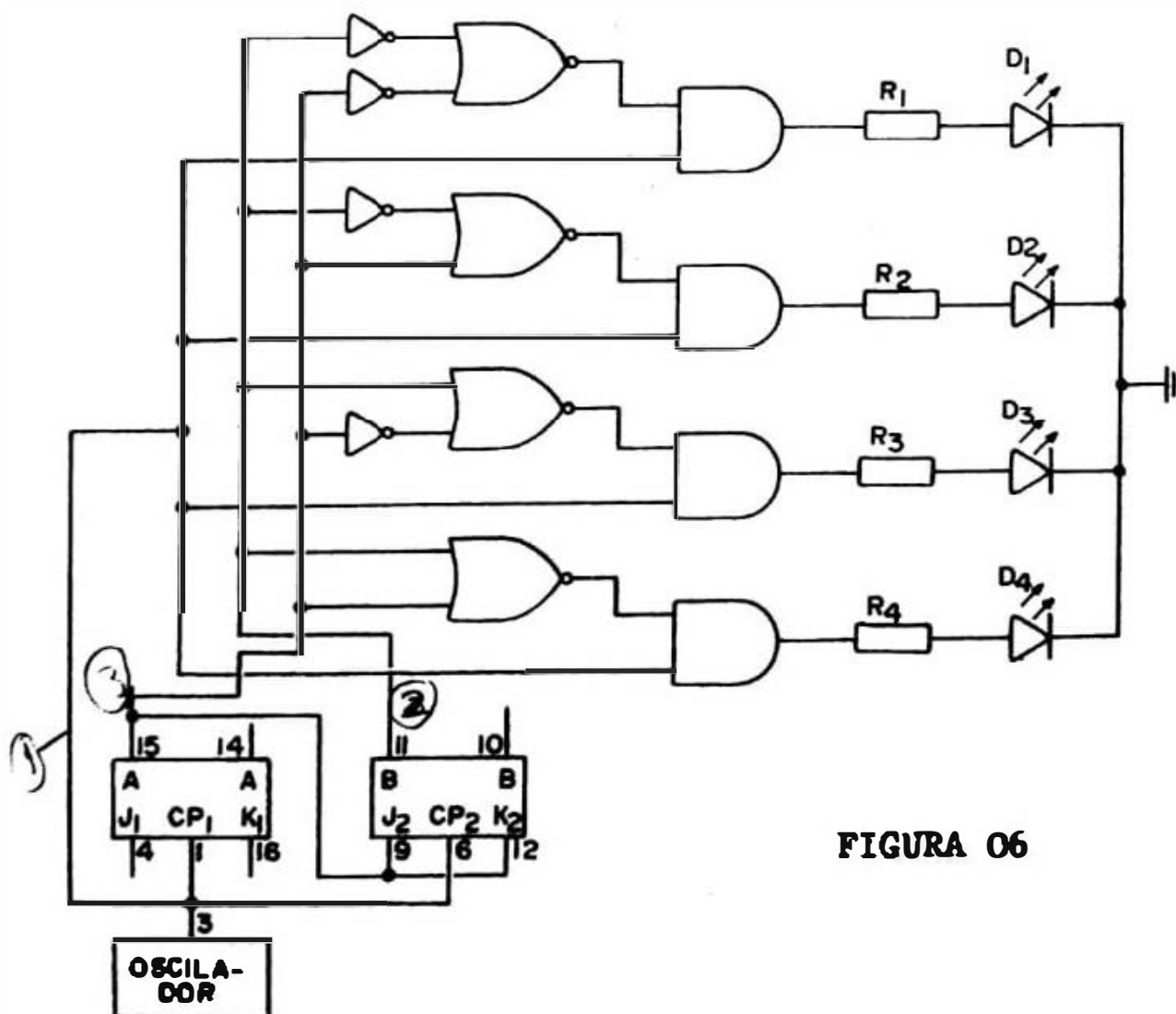


FIGURA 06

LISTA DE MATERIAIS

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7476;
- montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, desligue os jumpers dos pontos:

- ponto 12-J (chave 2);
- ponto 13-J (chave 3).

Agora, fixe o circuito integrado 7476, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 1-E e 1-F, respectivamente.

Fixe, ainda, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 6-G (pino 11 do 7476) com 11-P (pino 1 do 7404);
- ponto 2-G (pino 15 do 7476) com 13-P (pino 3 do 7404);
- ponto 1-D (pino 1 do 7476) com 3-P (pino 3 do NE-555);
- ponto 2-H (pino 15 do 7476) com 5-H (pino 12 do 7476);
- ponto 5-G (pino 12 do 7476) com 8-G (pino 9 do 7476);
- ponto 1-C (pino 1 do 7476) com 6-C (pino 6 do 7476);
- ponto 4-G (pino 13 do 7476) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 5-D (pino 5 do 7476) com 5-L (barramento +Vcc);
- ponto 1-B (pino 1 do 7476) com 30-P (pino 2 do 7408).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna de saída demultiplexada (D₁, D₂, D₃ e D₄).

ENTRADA DE DADOS	ENTRADA DE SELEÇÃO		SAÍDAS			
OSCILADOR	B ⁽¹⁵⁾	A ⁽¹⁵⁾	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1º	0	0	0	0	1	1
2º	0	1	0	1	1	0
3º	1	0	1	0	0	1
4º	1	1	1	1	0	0

TABELA 6

SÉTIMA MONTAGEM

A figura 7 ilustra o circuito a ser montado. Trata-se de um multiplexador/demultiplexador de dois canais.

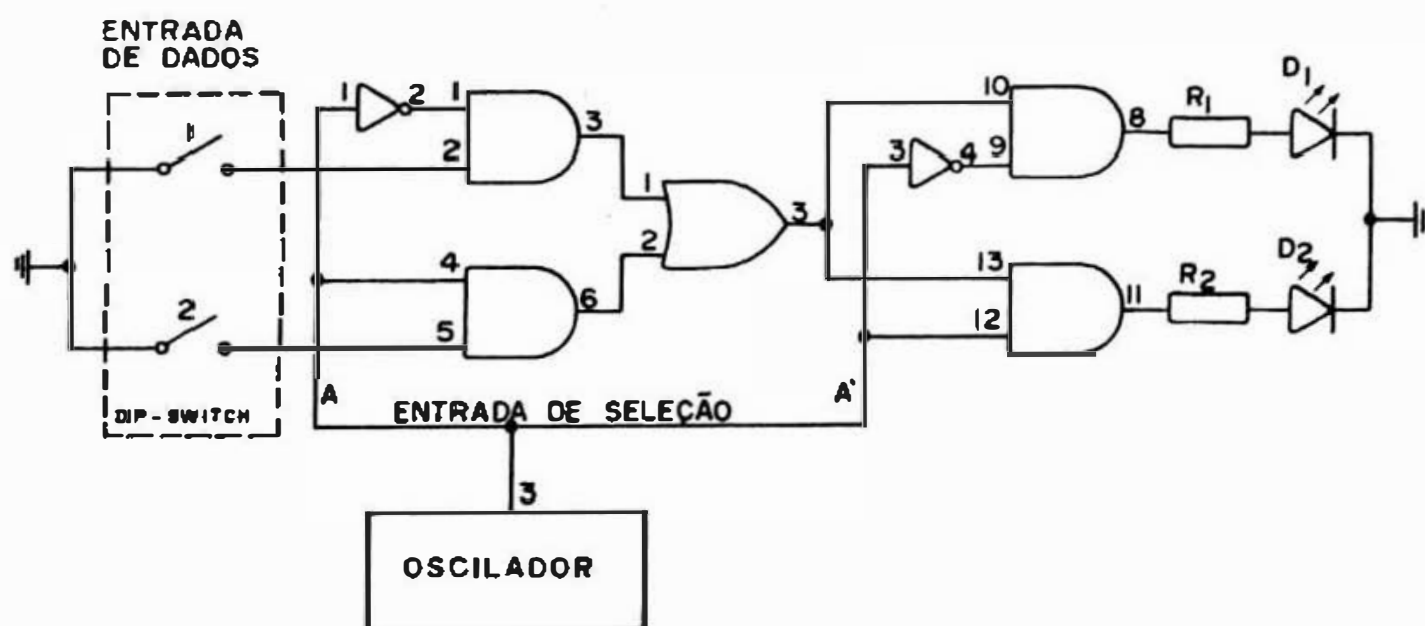


FIGURA 07

LISTA DE MATERIAIS

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 2 resistores de 220Ω 1/4 W (R₁ e R₂);
- 2 leds (D₁ e D₂).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Comece a montagem pelos circuitos integrados: 7404, 7408 e 7432. Inicialmente, fixe o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R, respectivamente. Em seguida, o 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente. E, por último, o 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente. Fixe, também o dip-switch, de modo que os pinos da chave 1 fiquem conectados nos pontos 11-E e 11-F, respectivamente.

Fixe, ainda, os resistores: R_1 e R_2 . O R_1 entre os pontos 31-C e 31-I. E R_2 entre os pontos 33-C e 33-I. Fixe, finalmente, os leds: D_1 e D_2 . O D_1 entre os pontos 31-J (anodo) e 31-R (catodo). E D_2 entre os pontos 33-J (anodo) e 33-K (catodo).

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-S (pino 14 do 7404) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-P (pino 7 do 7404) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 21-S (pino 14 do 7408) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-P (pino 7 do 7408) com 27-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7432) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7432) com 35-K (barramento de terra);
- ponto 11-A (chave 1) com 10-K (barramento de terra);
- ponto 12-A (chave 2) com 11-K (barramento de terra);
- ponto 11-J (chave 1) com 22-M (pino 2 do 7408);
- ponto 12-J (chave 2) com 25-M (pino 5 do 7408);
- ponto 3-P (pino 3 do NE 555) com 11-P (pino 1 do 7404);
- ponto 11-0 (pino 1 do 7404) com 13-0 (pino 3 do 7404);
- ponto 13-P (pino 3 do 7404) com 24-P (pino 4 do 7408);
- ponto 24-0 (pino 4 do 7408) com 23-S (pino 12 do 7408);
- ponto 12-P (pino 2 do 7404) com 21-P (pino 1 do 7408);
- ponto 14-P (pino 4 do 7404) com 26-S (pino 9 do 7408);
- ponto 23-P (pino 3 do 7408) com 29-P (pino 1 do 7432);
- ponto 26-P (pino 6 do 7408) com 30-P (pino 2 do 7432);
- ponto 31-P (pino 3 do 7432) com 25-S (pino 10 do 7408);
- ponto 22-T (pino 13 do 7408) com 25-T (pino 10 do 7408);
- ponto 27-S (pino 8 do 7408) com 31-B (resistor R_1);
- ponto 24-S (pino 11 do 7408) com 33-B (resistor R_2).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as li-

gações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

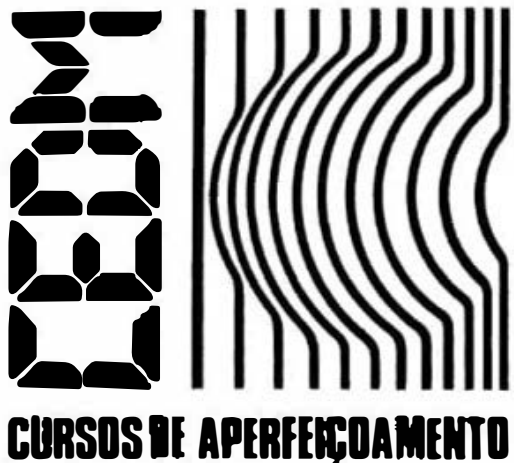
Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 7) e preencher a coluna de saída demultiplexada (D₁ e D₂).

ENTRADA DE DADOS		ENTRADA DE SELEÇÃO		SAÍDA	
CH-1	CH-2	A	A'	D ₁	D ₂
0	0	0	0	Ø	Ø
0	1	1	1	Ø	1
1	0	0	0	1	Ø
1	1	1	1	1	1

TABELA 7

Observe que, utilizando um capacitor de 100 $\mu\text{F}/10\text{V}$, a oscilação será lenta e os leds ficarão piscando alternadamente. Se utilizarmos o capacitor de 22 $\mu\text{F}/16\text{V}$, a frequência será maior e possível de efetuar a experiência, mas ainda assim não será o ideal. O ideal mesmo será a utilização de um capacitor de 10 $\mu\text{F}/10\text{V}$.

frequência de 60 Hz é ideal
10 $\mu\text{F}/10\text{V}$



CURSO DE ELETÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANA

EXAME DA LIÇÃO MP-20

}

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação a tabela 1, a coluna de saída D_1 fica assim preenchida:

~~a)~~
PISCA
PISCA
PISCA
PISCA

b)
0
PISCA
PISCA
1

~~c)~~
PISCA
0
1
PISCA

~~d)~~
0
1
0
1

2) Com relação a tabela 2, as colunas de saída D_1 e D_2 ficam assim preenchidas:

a)

D_1	D_2
0	0
0	PISCA
0	PISCA
0	1
PISCA	1
PISCA	1
1	1

b)

D_1	D_2
0	PISCA
0	PISCA
0	PISCA
0	1
PISCA	1
PISCA	1
PISCA	1

c)

D_1	D_2
0	0
0	0
0	0
0	1
1	1
1	1
1	1

d)

D_1	D_2
1	1
1	PISCA
1	PISCA
1	0
PISCA	0
PISCA	0
0	0

3) Com relação a tabela 3, a coluna de saída D_1 fica assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
D_1	D_1	D_1	D_1
PISCA LENTO	0	0	0
0	1	PISCA LENTO /	1
1	0	PISCA RÁPIDO /	PISCA RÁPIDO
0	1	PISCA LENTO /	PISCA LENTO
1	0	1	1
0	1	PISCA LENTO /	0
1	0	PISCA RÁPIDO /	PISCA RÁPIDO
PISCA RÁPIDO	1	PISCA LENTO /	PISCA LENTO

4) Com relação a tabela 4, as colunas de saída D_1 e D_2 ficam assim preenchidas:

a)	b)	c)	d)
D_1 D_2	D_1 D_2	D_1 D_2	D_1 D_2
0 0	1 1	0 0	1 1
1 1	0 0	0 0	1 1
1 1	1 0	1 0	0 1
0 1	0 0	0 1	1 0

5) Com relação a tabela 5, as colunas de saída D_1 , D_2 , D_3 e D_4 ficam assim preenchidas:

a)	b)	c)	d)
D_1 D_2 D_3 D_4	D_1 D_2 D_3 D_4	D_1 D_2 D_3 D_4	D_1 D_2 D_3 D_4
1 0 1 0	1 0 0 0	1 0 0 0	0 0 0 1
1 0 1 1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 1 0
1 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 0	0 1 0 0
1 1 0 1	0 0 0 1	0 0 1 0	1 0 0 0
1 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0

6) Com relação a tabela 6, as colunas de saída D_1 , D_2 , D_3 e D_4 ficam assim preenchidas:

a)				b)				c)				d)			
D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1

7) Com relação a tabela 7, as colunas de saídas D₁ e D₂ ficam assim preenchidas:

a)		b)		c)		d)	
D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂
0	0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0

8) Para efetuarmos a montagem da figura 3 foram utilizados:

- a) um multiplex de dois canais;
- ☒ b) dois multiplex de dois canais;
- c) três multiplex de dois canais;
- d) N.R.A.

9) Se eliminarmos a condição de entrada de dado igual a zero (chave 1 = 0), poderíamos denominar este circuito de:

- a) multiplexador;
- b) demultiplexador;
- c) seqüenciador;
- ☒ d) as respostas b e c estão corretas.

10) O circuito da figura 6 executa a seguinte operação:

- a) multiplexa os pulsos do oscilador, sendo, o primeiro pulso enviado para D₁, o segundo para D₂, o terceiro para D₃ e finalmente o quarto para D₄;
- ☒ b) demultiplexa os pulsos do oscilador, sendo, o primeiro pulso enviado para D₁, o segundo para D₂, o terceiro para D₃ e finalmente o quarto para D₄;
- c) multiplexa e demultiplexa os pulsos do oscilador, sendo, o primeiro pulso enviado para D₁, o segundo para D₂, o terceiro para D₃ e finalmente o quarto para D₄;
- ☒ d) N.R.A.

1º D₄, 2º D₃, 3º D₂, 4º D₁



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-21

MANUAL DE PRÁTICAS - MP-21

INTRODUÇÃO

Nesta lição, daremos continuidade a montagens práticas. Veremos circuitos comparadores e geradores de paridade.

PRIMEIRA MONTAGEM

Inicialmente, iremos projetar um circuito comparador de igualdade para dois bits, A_1A_2 com B_1B_2 . Desta forma, deveremos montar a tabela verdade, do seguinte modo:

1	3	2	4	
A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	A = B
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0

A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	A - B
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Em seguida, aplicamos a tabela no mapa de Karnaugh, da seguinte maneira:

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	1	0	0
	0	1	0
A_1	0	0	1
	0	0	0
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

$$(A=B) = \bar{A}_1\bar{A}_2\bar{B}_1\bar{B}_2 + \bar{A}_1A_2\bar{B}_1B_2 + A_1A_2B_1B_2 + A_1\bar{A}_2B_1\bar{B}_2$$

$$(A=B) = \bar{A}_1\bar{B}_1\bar{A}_2\bar{B}_2 + A_1B_1A_2B_2 + \bar{A}_1\bar{B}_1A_2B_2 + A_1B_1\bar{A}_2\bar{B}_2$$

$$= (\bar{A}_2\bar{B}_2 + A_2B_2) \cdot (\bar{A}_1\bar{B}_1 + A_1B_1) +$$

$$+ (\bar{A}_1\bar{B}_1 + A_1B_1) \cdot (A_2B_2 + \bar{A}_2\bar{B}_2)$$

$$= (A_2 \oplus B_2) \cdot (A_1 \oplus B_1) + \underbrace{(\bar{A}_1 \oplus \bar{B}_1) \cdot (\bar{A}_2 \oplus \bar{B}_2)}_{A + A = A}$$

$$= (A_2 \oplus B_2) + (A_1 \oplus B_1)$$

Desta forma, o circuito comparador ficará como ilustra a figura 1.

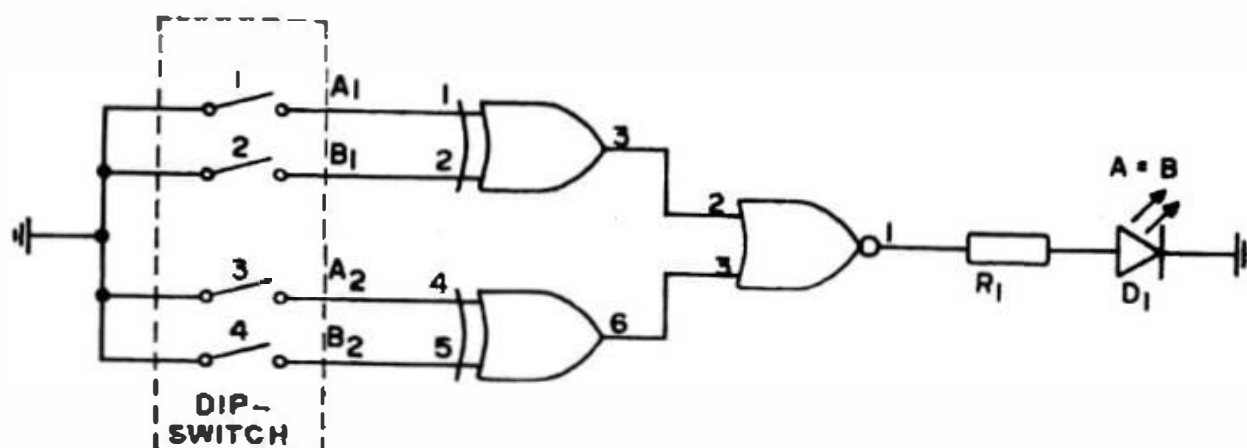


FIGURA 01

LISTA DE MATERIAIS

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7402;
- 1 circuito integrado 7486;
- 1 resistor R_1 de 220Ω 1/4W;
- 1 diodo emissor de luz (led D_1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F, em seguida, fixe os dois circuitos integrados. Primeiro o 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; depois o 7402, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R, respectivamente.

Finalmente, fixe o resistor R_1 e o diodo emissor de luz (led) D_1 .

- R_1 entre os pontos 28-T e 28-N;
- D_1 entre os pontos 28-M (anodo) e 28-K (catodo).

Conecte também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-D (chave 1) com 7-K (barramento de terra);

- ponto 12-D (chave 2) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 13-D (chave 3) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 14-D (chave 4) com 10-K (barramento de terra);
- ponto 11-J (chave 1) com 11-M (pino 1 do 7486);
- ponto 12-J (chave 2) com 12-M (pino 2 do 7486);
- ponto 13-J (chave 3) com 14-M (pino 4 do 7486);
- ponto 14-J (chave 4) com 15-M (pino 5 do 7486);
- ponto 13-P (pino 3 do 7486) com 22-P (pino 2 do 7402);
- ponto 16-P (pino 6 do 7486) com 23-P (pino 3 do 7402);
- ponto 21-P (pino 1 do 7402) com 28-V (resistor R_1);
- ponto 11-S (pino 14 do 7486) com 31-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-M (pino 7 do 7486) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 21-S (pino 14 do 7402) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-M (pino 7 do 7402) com 27-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 1) e preencher a coluna de saída $A = B$.

CHAVES				SAÍDA
1	2	3	4	
A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	A = B
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
1	1	1	1	1
1	1	0	0	0

TABELA 1

SEGUNDA MONTAGEM

Agora, iremos projetar o comparador de magnitude "maior" > para dois bits A_1A_2 com B_1B_2 . Desta forma, deveremos montar a tabela verdade assim:

1 A_1	3 A_2	2 B_1	4 B_2	$A > B$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Em seguida, aplicamos a tabela no mapa de Karnaugh e teremos:

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	0	0	$\bar{A}_2$
	1	0	A_2
A_1	1	0	$\bar{A}_2$
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

$$\begin{aligned}
 (A > B) &= A_1\bar{B}_1 + A_2\bar{B}_1\bar{B}_2 + A_1A_2\bar{B}_2 \\
 &= A_1\bar{B}_1 + (A_2\bar{B}_2(\bar{B}_1 + A_1))
 \end{aligned}$$

Desta forma, o circuito comparador de magnitude $A > B$ "A maior que B" ficará como o ilustrado na figura 2. Observe que utilizamos para esta montagem o circuito da montagem anterior, a qual está circundada por linhas pontilhadas.

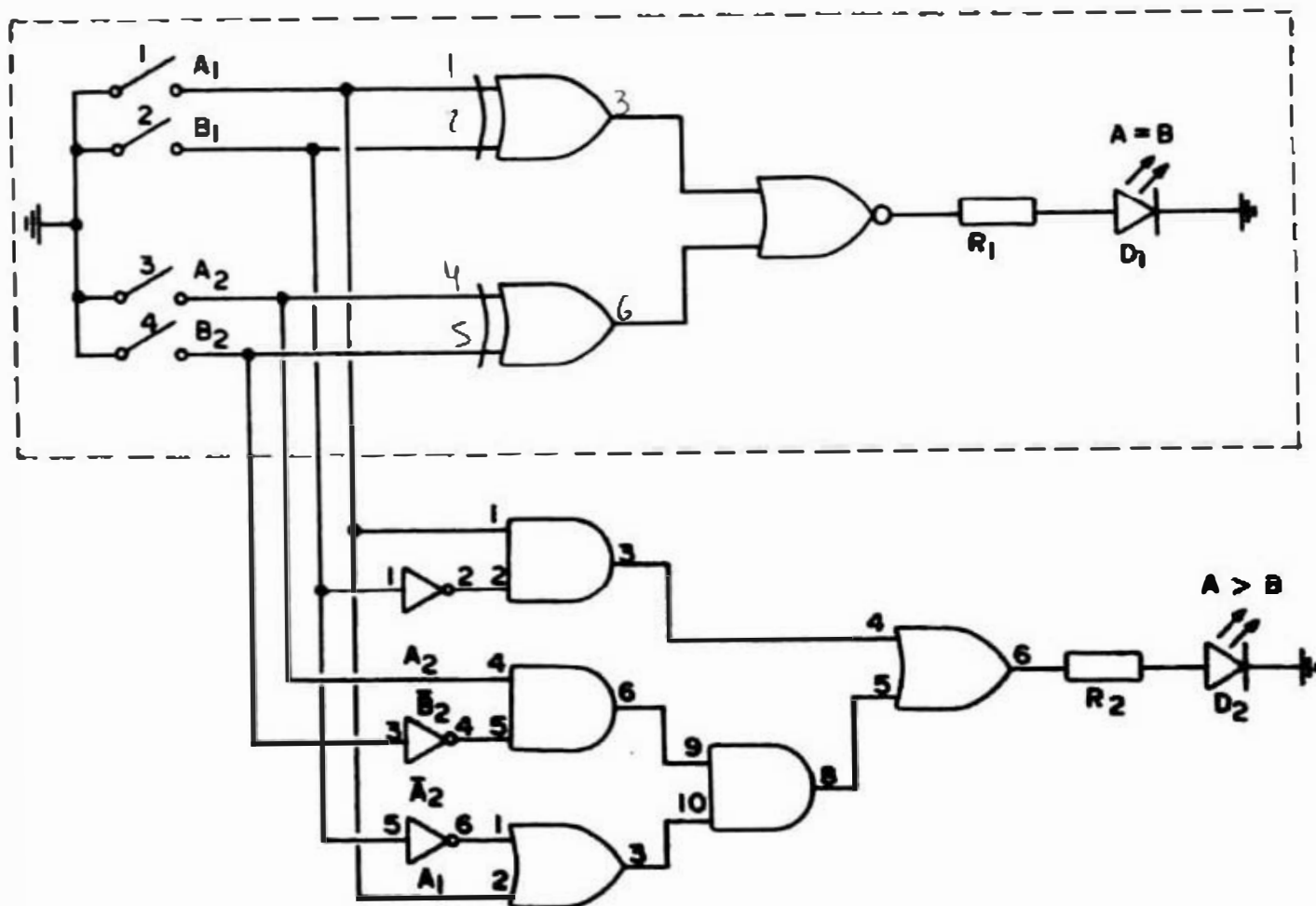


FIGURA 02

LISTA DE MATERIAIS

- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 resistor R_2 de 220Ω 1/4W;
- 1 diodo emissor de luz (led 2);
- montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Sem alterar a montagem do circuito anterior, iniciamos a montagem com os três CIs. Primeiro fixe o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R; em seguida, o 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-E e 29-F; e, por último, o 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-E e 21-F, respectivamente.

Fixe, também, o resistor R_2 e diodo emissor de luz (led).

- R_2 entre os pontos 20-B e 20-F;
- D2 entre os pontos 20-G (anodo) e 20-K (catodo).

Lembrando que não será alterada a montagem anterior, conecte, também, utilizando jumpers os seguintes pontos:

- ponto 11-I (chave 1) com 29-D (pino 1 do 7408);
- ponto 29-C (pino 1 do 7408) com 22-C (pino 2 do 7432);
- ponto 12-I (chave 2) com 29-P (pino 1 do 7404);
- ponto 30-P (pino 2 do 7404) com 30-D (pino 2 do 7408);
- ponto 13-I (chave 3) com 32-D (pino 4 do 7408);
- ponto 29-O (pino 1 do 7404) com 33-P (pino 5 do 7404);
- ponto 34-P (pino 6 do 7404) com 21-D (pino 1 do 7432);
- ponto 14-I (chave 4) com 31-P (pino 3 do 7404);
- ponto 32-P (pino 4 do 7404) com 33-D (pino 5 do 7408);
- ponto 34-D (pino 6 do 7408) com 34-G (pino 9 do 7408);
- ponto 23-D (pino 3 do 7432) com 33-G (pino 10 do 7408);
- ponto 31-D (pino 3 do 7408) com 14-D (pino 4 do 7432);
- ponto 35-G (pino 8 do 7408) com 25-D (pino 5 do 7432);
- ponto 26-D (pino 6 do 7432) com 20-A (resistor R_2);
- ponto 35-D (pino 7 do 7408) com 35-K (barramento de terra);
- ponto 29-G (pino 14 do 7408) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-D (pino 7 do 7432) com 26-K (barramento de terra);
- ponto 21-G (pino 14 do 7432) com 20-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7404) com 34-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7404) com 28-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 2) e preencher a coluna de saída $A > B$.

CHAVES				SAÍDA
1	2	3	4	
A_1	B_1	A_2	B_2	$A > B$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
1	1	1	1	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	1	0	1

TABELA 2

TERCEIRA MONTAGEM

Para finalizar o projeto do comparador de magnitude, vamos executar a comparação de magnitude "menor" $<$ para dois bits A_1A_2 com B_1B_2 . Desta forma, deveremos montar a tabela verdade, da seguinte maneira:

A_1	A_2	B_1	B_2	$A < B$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1

A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	A < B
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Em seguida, aplicamos a tabela no mapa de Karnaugh e teremos:

	$\bar{B}_1$	B_1		
$\bar{A}_1$	0	1	1	1
	0	0	1	1
A_1	0	0	0	0
	0	0	1	0
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$	

Diagrama do Mapa de Karnaugh para a expressão $A < B$. O mapa é uma tabela 4x4 com variáveis A_1, A_2, B_1, B_2 . As linhas são rotuladas $\bar{A}_1$ e A_1 , e as colunas $\bar{B}_2$ e B_2 . Os valores das células são os da tabela de verdade. Grupos de 1s são circunscritos: um grupo de 2x2 no canto superior direito (células 1,3; 1,4; 2,3; 2,4) e um grupo de 2x1 no canto inferior direito (células 3,3; 3,4).

$$\begin{aligned}
 (A < B) &= \bar{A}_1 \cdot B_1 + \bar{A}_2 \cdot B_1 \cdot B_2 + \bar{A}_1 \cdot \bar{A}_2 \cdot B_2 \\
 &= (\bar{A}_1 \cdot B_1) + ((\bar{A}_2 \cdot B_2) \cdot (B_1 + \bar{A}_1))
 \end{aligned}$$

Como não dispomos de portas "E" (AND) suficientes, devemos aplicar o teorema de Morgan para obtermos outro tipo de portas. Como sabemos:

$$\bar{A}_1 \cdot B_1 \cdot (\bar{A}_2 \cdot B_2 \cdot (B_1 + \bar{A}_1)) = \overline{(\bar{A}_1 \cdot B_1) \cdot (\bar{A}_2 \cdot B_2) \cdot (B_1 + \bar{A}_1)}$$

Assim, a expressão final será:

$$(A < B) = \overline{(\bar{A}_1 \cdot B_1) \cdot (\bar{A}_2 \cdot B_2) \cdot (B_1 + \bar{A}_1)}$$

Assim, o circuito comparador de magnitude $A < B$ "A menor que B" ficará como o ilustrado na figura 3. Observamos que utilizaremos o circuito da montagem anterior, a qual está circundada por linhas pontilhadas.

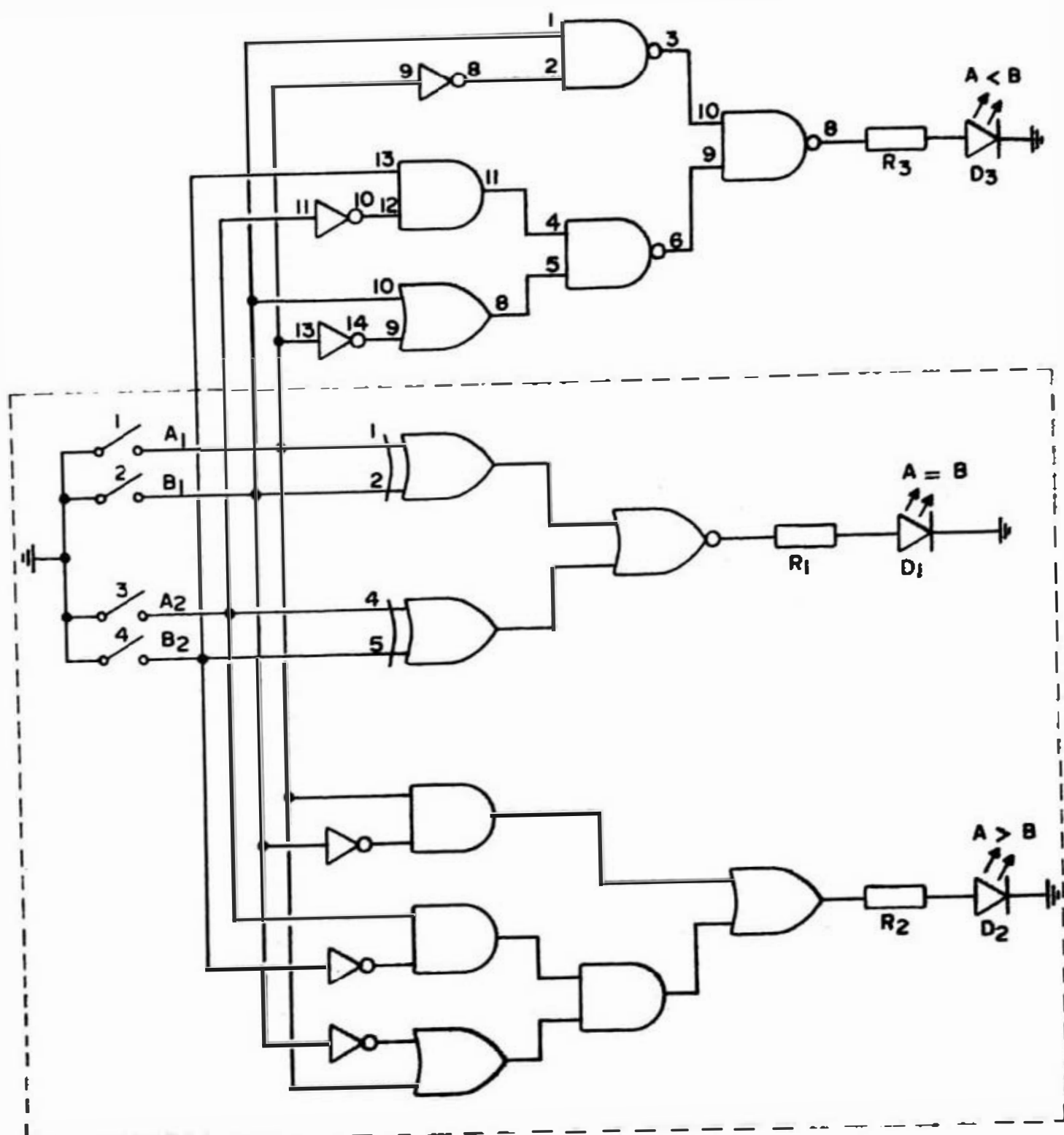


FIGURA 03

LISTA DE MATERIAIS

- 1 circuito integrado 7400;
- 1 resistor R3 de 220Ω 1/4W;
- 1 diodo emissor de luz (led 3);
- montagem anterior.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Sem alterar a montagem do circuito anterior, fixe agora o circuito integrado: 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 1-E e 1-F, respectivamente.

Fixe, também, o resistor e diodo emissor de luz (led).

- R₃ entre os pontos 9-B e 9-G;
- D₃ entre os pontos 9-H (anodo) e 11-G (catodo).

Observando que não será alterada a montagem anterior, conecte, também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-P (pino 1 do 7486) com 34-S (pino 9 do 7404);
- ponto 35-S (pino 8 do 7404) com 2-D (pino 2 do 7400);
- ponto 34-T (pino 9 do 7404) com 30-T (pino 13 do 7404);
- ponto 31-S (pino 3 do 7404) com 26-G (pino 9 do 7432);
- ponto 12-H (chave 2) com 25-G (pino 10 do 7432);
- ponto 12-G (chave 2) com 1-D (pino 1 do 7400);
- ponto 14-P (pino 4 do 7486) com 32-S (pino 11 do 7404);
- ponto 33-S (pino 10 do 7404) com 31-G (pino 12 do 7408);
- ponto 14-H (chave 4) com 30-G (pino 13 do 7408);
- ponto 4-D (pino 4 do 7400) com 32-G (pino 11 do 7408);
- ponto 5-D (pino 5 do 7400) com 27-G (pino 8 do 7432);
- ponto 3-D (pino 3 do 7400) com 5-G (pino 10 do 7400);
- ponto 6-D (pino 6 do 7400) com 6-G (pino 8 do 7400);
- ponto 7-G (pino 8 do 7400) com 9-A (resistor R₃);
- ponto 7-D (pino 7 do 7400) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 1-G (pino 14 do 7400) com 2-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 3) e preencher a coluna de saída A < B.

CHAVES				SAÍDA
1	2	3	4	
A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	A < B
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	0

TABELA 3

Podemos ainda, utilizando a montagem completa, verificar o comportamento global do circuito, testando todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher as colunas de saída $A = B$, $A > B$ e $A < B$.

CHAVES				SAÍDAS		
1	3	2	4	A = B	A > B	A < B
A ₁	A ₂	B ₁	B ₂			
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0

TABELA 4

QUARTA MONTAGEM

O circuito a ser montado se encontra ilustrado na figura 4. Trata-se de um comparador de igualdade para quatro bits $A_1A_2A_3A_4$ com $B_1B_2B_3B_4$.

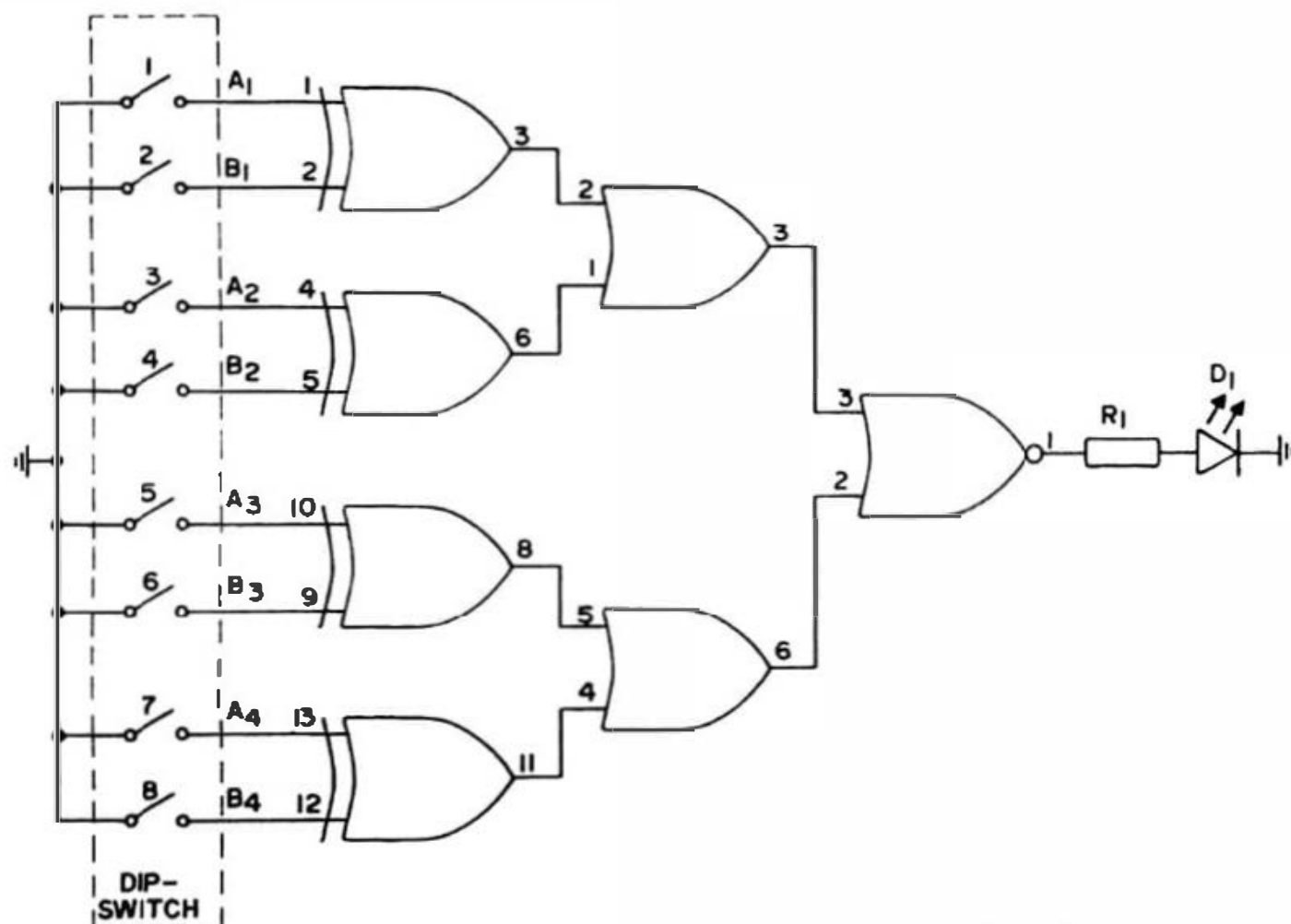


FIGURA 04

LISTA DE MATERIAIS

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7402;
- 1 circuito integrado 7486;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 resistor R_1 de 220Ω $1/4W$;
- 1 diodo emissor de luz (led D_1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip-switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os circuitos integrados. Primeiro, o 7486, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; em seguida, o 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R; finalmente, o 7402, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente.

Fixe, ainda, o resistor e o diodo emissor de luz (led) D₁.

- R₁ entre os pontos 31-B e 31-F;
- D₁ entre os pontos 31-G (ânodo) e 31-K (catodo).

Conecte, também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-D (chave 1) com 11-K (barramento de terra);
- ponto 11-C (chave 1) com 12-A (chave 2);
- ponto 12-D (chave 2) com 13-A (chave 3);
- ponto 13-D (chave 3) com 14-A (chave 4);
- ponto 14-D (chave 4) com 15-A (chave 5);
- ponto 15-D (chave 5) com 16-A (chave 6);
- ponto 16-D (chave 6) com 17-A (chave 7);
- ponto 17-D (chave 7) com 18-A (chave 8);
- ponto 11-J (chave 1) com 11-M (pino 1 do 7486);
- ponto 12-J (chave 2) com 12-M (pino 2 do 7486);
- ponto 13-J (chave 3) com 14-M (pino 4 do 7486);
- ponto 14-J (chave 4) com 15-M (pino 5 do 7486);
- ponto 15-J (chave 5) com 15-S (pino 10 do 7486);
- ponto 16-J (chave 6) com 16-S (pino 9 do 7486);
- ponto 17-J (chave 7) com 12-S (pino 13 do 7486);
- ponto 18-J (chave 8) com 13-S (pino 12 do 7486);
- ponto 13-P (pino 3 do 7486) com 22-P (pino 2 do 7432);
- ponto 16-P (pino 6 do 7486) com 21-P (pino 1 do 7432);
- ponto 17-S (pino 8 do 7486) com 25-P (pino 5 do 7432);
- ponto 14-S (pino 11 do 7486) com 24-P (pino 4 do 7432);
- ponto 23-P (pino 3 do 7432) com 31-P (pino 3 do 7402);
- ponto 26-P (pino 6 do 7432) com 30-P (pino 2 do 7402);
- ponto 29-P (pino 1 do 7402) com 31-A (resistor R₁);
- ponto 27-P (pino 7 do 7432) com 27-K (barramento de terra);

- ponto 21-S (pino 14 do 7432) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-P (pino 7 do 7486) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 11-S (pino 14 do 7486) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7402) com 35-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7402) com 29-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 5) e preencher a coluna de saída $A = B$.

CHAVES								SAÍDA
1	3	5	7	2	4	6	8	
A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	A = B
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABELA 5

QUINTA MONTAGEM

Os comparadores que acabamos de ver fazem a comparação independente, ou seja, igual, menor e maior. Porém podemos executar a comparação de menor igual ($\leq$) e maior igual ($\geq$). Vejamos então um deles, menor igual ($\leq$). Assim, deveremos montar a tabela verdade:

A_1	A_2	B_1	B_2	$A \leq B$	$A \geq B$
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1

Em seguida, aplicamos a tabela no mapa de Karnaugh, assim:

	$\bar{B}_1$	B_1		
$\bar{A}_1$	1	1	1	1
	0	1	1	1
A_1	0	0	1	0
	0	0	1	1
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$	

$$\begin{aligned}
 (A \leq B) &= \bar{A}_1 \bar{A}_2 + \bar{A}_1 B_2 + B_1 B_2 + \bar{A}_1 B_1 + \bar{A}_2 B_1 \\
 &= \bar{A}_1 \bar{A}_2 + \bar{A}_1 B_2 + \bar{A}_1 B_1 + B_1 B_2 + B_1 \bar{A}_2 \\
 &= (\bar{A}_1 (\bar{A}_2 + B_2 + B_1)) + (B_1 (B_2 + \bar{A}_2))
 \end{aligned}$$

Desta forma, o circuito comparador ficará como o ilustrado na figura 5.

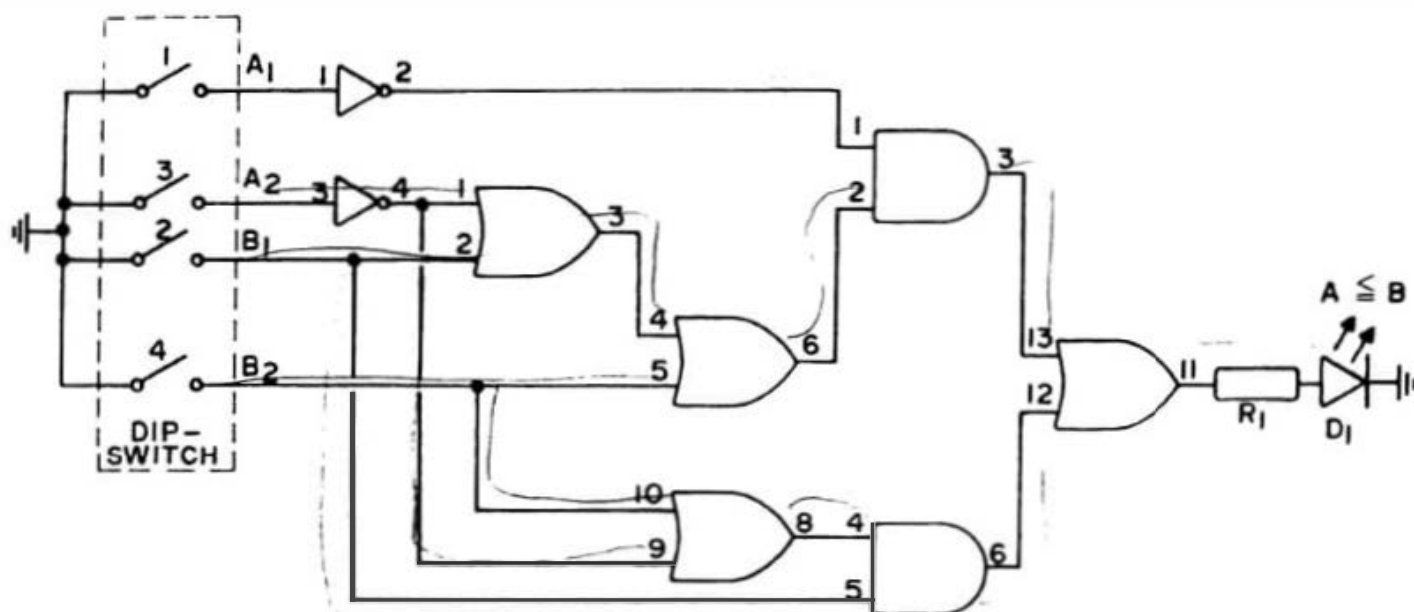


FIGURA 05

LISTA DE MATERIAIS

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7432;
- 1 resistor R_1 de 220Ω 1/4W;
- 1 diodo emissor de luz (led D_1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 10-E e 10-F. Em seguida, fixe os circuitos integrados. Primeiro, o 7404, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 11-Q e 11-R; em seguida, o 7432, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 21-Q e 21-R; finalmente, o 7408, de modo que os pinos 1 e 14 fi-

quem conectados nos pontos 29-Q e 29-R, respectivamente.

Fixe, ainda, o resistor e o diodo emissor de luz (led) D₁.

- R₁ entre os pontos 31-B e 31-F;
- D₁ entre os pontos 31-G (anodo) e 31-K (catodo).

Conecte, também, utilizando jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 11-K (barramento de terra) com 11-D (chave 1);
- ponto 11-C (chave 1) com 12-A (chave 2);
- ponto 12-D (chave 2) com 13-A (chave 3);
- ponto 13-D (chave 3) com 14-A (chave 4);
- ponto 11-J (chave 1) com 11-P (pino 1 do 7404);
- ponto 12-J (chave 2) com 22-P (pino 2 do 7432);
- ponto 13-J (chave 3) com 13-P (pino 3 do 7404);
- ponto 14-J (chave 4) com 25-P (pino 5 do 7432);
- ponto 12-P (pino 2 do 7404) com 29-P (pino 1 do 7408);
- ponto 14-P (pino 4 do 7404) com 21-P (pino 1 do 7432);
- ponto 14-0 (pino 4 do 7404) com 26-S (pino 9 do 7432);
- ponto 22-0 (pino 2 do 7432) com 33-P (pino 5 do 7408);
- ponto 25-0 (pino 5 do 7432) com 25-S (pino 10 do 7432);
- ponto 23-P (pino 3 do 7432) com 24-M (pino 4 do 7432);
- ponto 26-P (pino 6 do 7432) com 30-P (pino 2 do 7408);
- ponto 27-S (pino 8 do 7432) com 32-P (pino 4 do 7408);
- ponto 31-P (pino 3 do 7408) com 22-S (pino 13 do 7432);
- ponto 34-P (pino 6 do 7408) com 23-S (pino 12 do 7432);
- ponto 24-S (pino 11 do 7432) com 31-A (resistor R₁);
- ponto 11-S (pino 14 do 7404) com 11-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-P (pino 7 do 7404) com 17-K (barramento de terra);
- ponto 21-S (pino 14 do 7432) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-P (pino 7 do 7432) com 27-K (barramento de terra);
- ponto 29-S (pino 14 do 7408) com 29-L (barramento +Vcc);
- ponto 35-P (pino 7 do 7408) com 35-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (tabela 6) e preencher a coluna de saída A e B.

CHAVES				SAÍDA
1	2	3	4	
A ₁	B ₁	A ₂	B ₂	A ≤ B
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

TABELA 6



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-21

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna de saída $A = B$ fica assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	1	1	0
0	0	0	1
0	0	0	1
1	1	0	1
0	0	0	0
0	0	0	0
1	1	1	1
1	1	1	1

2) Com relação à tabela 2, a coluna de saída $A > B$ fica assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
1	0	0	0
1	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
1	1	1	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	1	1	1

3) Com relação à tabela 3, a coluna de saída $A < B$ fica assim preenchida:

a)	b)	c)	d)
0	1	0	0
1	0	1	1
1	0	1	1
1	0	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	1	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	1	1	1
0	0	0	1

4) Com relação à tabela 4, as colunas de saída $A = B$, $A > B$ e $A < B$, ficam assim preenchidas:

a)

$A = B$	$A > B$	$A < B$
1	0	0
0	0	1
0	0	1
0	0	1
0	1	0
1	0	0
0	0	1
0	0	1

$A = B$	$A > B$	$A < B$
0	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	0
0	1	0
1	0	0

b)

A = B	A > B	A < B
0	0	0
1	0	0
1	0	1
1	0	1
0	1	1
1	0	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	0
0	0	0
0	1	1
1	1	0
0	1	0
1	0	0

c)

A = B	A > B	A < B
0	1	0
0	0	1
0	0	1
1	0	1
0	0	0
0	1	0
0	1	1
1	1	1
0	1	0
0	1	0
1	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	0
0	1	0
0	0	0

d)

A = B	A > B	A < B
1	1	0
0	1	0
0	1	0
0	1	1
0	1	0
1	0	0
0	0	1
0	0	1
0	0	1
0	1	1
0	1	1
1	0	1
0	0	0
0	1	1
0	1	1
0	1	1
1	0	1

5) Com relação à tabela 5, a coluna de saída $A = B$ fica assim preenchida:

a) 0	b) 1	c) 1	d) 1
1	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	0	0	0
0	1	1	0

6) Com relação à tabela 6, a coluna de saída $A \leq B$ fica assim preenchida:

a) 1	b) 1	c) 0	d) 0
0	0	1	1
1	0	1	1
0	0	1	0
0	0	1	0
1	1	0	1
0	0	1	0
1	0	1	0

7) Em um projeto de um comparador de $\geq$ (maior igual), o mapa de Karnaugh fica assim preenchido:

a)

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	1	0	0
A_1	1	1	0
$\bar{A}_2$	1	1	1
A_2	1	0	1
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

b)

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	1	1	0
A_1	1	0	0
$\bar{A}_2$	1	1	0
A_2	1	1	1
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

c)

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	1	0	0
A_1	1	1	0
$\bar{A}_2$	1	1	0
A_2	1	1	1
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

d)

	$\bar{B}_1$	B_1	
$\bar{A}_1$	0	0	1
A_1	0	0	1
$\bar{A}_2$	1	1	1
A_2	0	1	1
	$\bar{B}_2$	B_2	$\bar{B}_2$

8) Com relação à questão sete, a expressão fica assim representada:

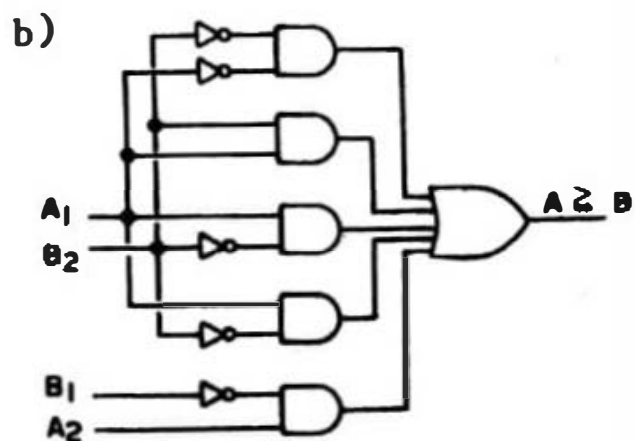
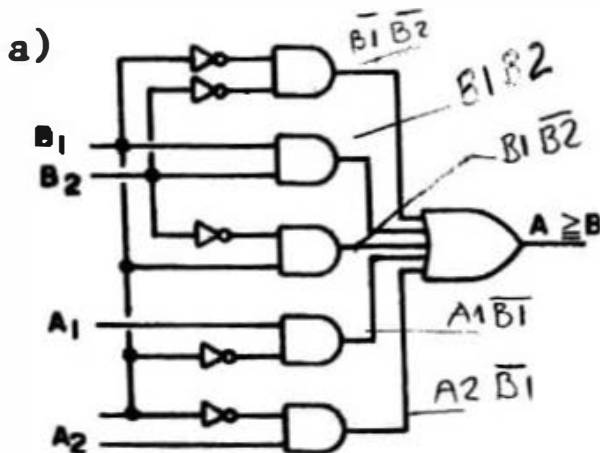
a) $(A \geq B) = \bar{A}_1\bar{B}_2 + A_1B_2 + A_1\bar{B}_2 + A_1\bar{B}_1 + \bar{B}_1A_2$

b) $(A \geq B) = \bar{B}_1\bar{B}_2 + B_1B_2 + B_1\bar{B}_2 + A_1\bar{B}_1 + \bar{B}_1A_2$

c) $(A \geq B) = \bar{B}_1\bar{B}_2 + A_1A_2 + A_1\bar{B}_2 + A_1\bar{B}_1 + \bar{B}_1A_2$

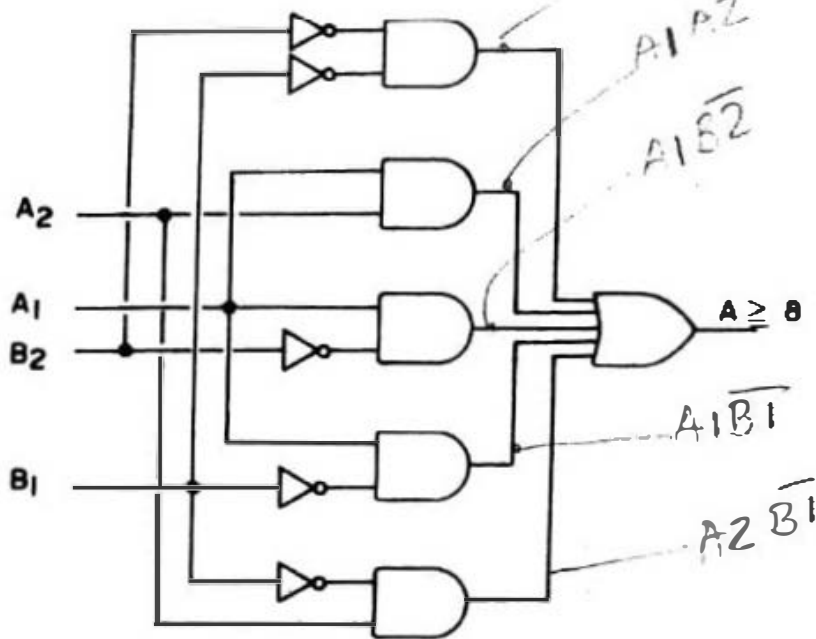
d) $(A \geq B) = \bar{A}_1B_2 + A_1A_2 + A_1\bar{B}_2 + A_1\bar{B}_1 + \bar{A}_1A_2$

9) Com relação à questão sete, o circuito fica assim representado:



c)

d) N.R.A.



10) Com relação ao circuito da questão anterior, a saída $A \geq B$ fica assim preenchida:

a)

1
0
0
0
1
1
0
0
1
1
1
0
1
1
1
1

b) 0

0
0
0
0
1
1
0
0
1
1
0
0
1
1
1
1

c) 1

0
0
0
0
1
1
0
0
1
1
0
0
1
1
0
0

d) 0

1
0
1
0
1
1
0
1
0
1
0
1
0
1
0
1

Ver
pág 16
Tabela

LIÇÃO MP-22

MANUAL DE PRÁTICA MP-22

INTRODUÇÃO

Nesta lição, procuraremos desenvolver e efetuar uma série de montagens práticas cujo objetivo é o de mostrar algumas aplicações simples, muito embora de relativa importância, de alguns dos circuitos integrados que foram enviados para o aluno.

PRIMEIRA MONTAGEM

Nesta primeira montagem, pretendemos mostrar alguns tipos de comparadores de 2 bits, baseados na porta OU-Exclusiva. A teoria a respeito da porta "OU-Exclusiva" se encontra na lição ED-4. Qualquer dúvida sobre o assunto, sugerimos reestudá-lo. O circuito a ser montado encontra-se ilustrado na figura 1.

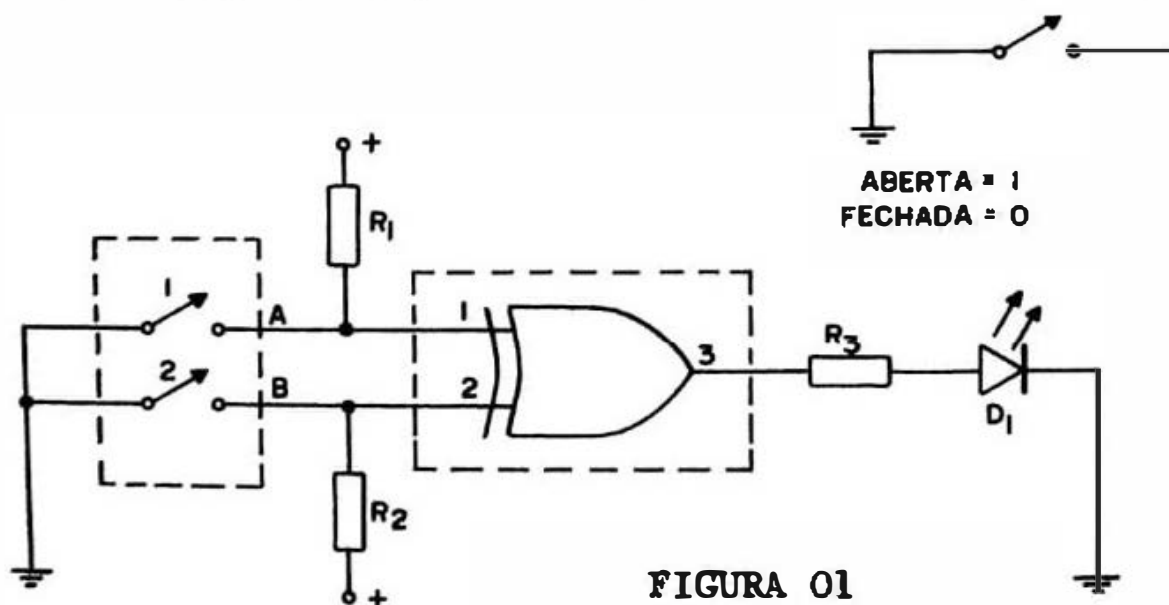


FIGURA 01

Lista de Materiais

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7486;
- 3 resistores 220 Ω 1/4 W (R_1 , R_2 e R_3);
- 1 LED (D_1).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe a chave, tipo dip switch, de modo que os terminais da chave 1 fiquem conectados entre os pontos 3-E e 3-F. Em seguida, conecte o circuito integrado 7486, de modo que os terminais 1 e 14 fiquem conectados entre os pontos 15-E e 15-F, respectivamente.

Dando continuidade à montagem, conecte os resistores e o diodo emissor de luz (LED), da seguinte forma:

- R_1 entre os pontos 3-H e 3-L;
- R_2 entre os pontos 4-H e 4-L;
- R_3 entre os pontos 17-D e 17-G;
- D_1 (LED) entre os pontos 17-H (anodo) e 17-K (catodo).

Em seguida, utilizando-se de jumpers, conecte os seguintes pontos:

- ponto 3-D (chave 1) com 1-K (barramento de terra);
- ponto 4-D (chave 2) com 2-K (barramento de terra);
- ponto 15-D (pino 1 do 7486) com 3-G (chave 1);
- ponto 16-D (pino 2 do 7486) com 4-G (chave 2);
- ponto 21-D (pino 7 do 7486) com 21-K (barramento de terra);
- ponto 15-G (pino 14 do 7486) com 15-L (barramento +Vcc).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (veja tabela 1) e preencher a coluna D_1 correspondente à saída S do circuito.

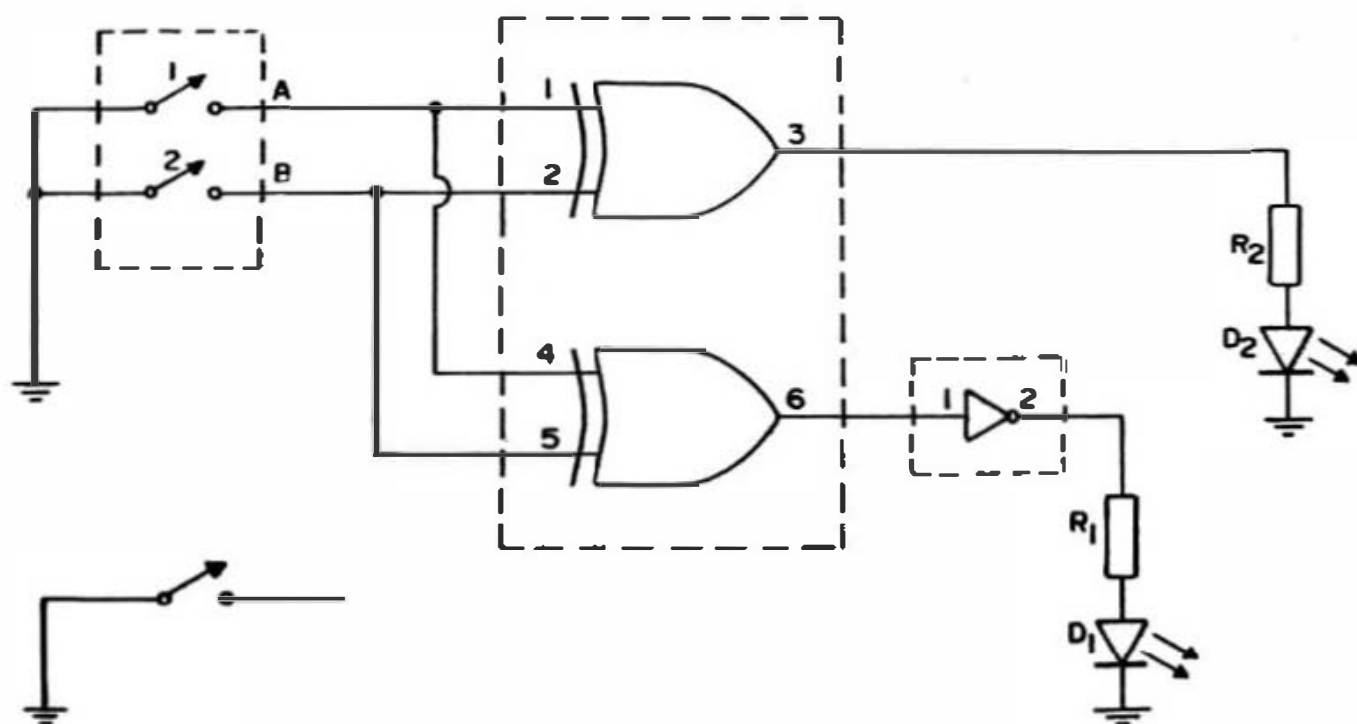
A tabela verdade (tabela 1) para este caso é composta por duas variáveis de entrada (A e B) as quais correspondem aos dois bits que estão sendo comparados.

A	B	D ₁ (S)
0	0	$\frac{1}{2}$
0	1	$\frac{1}{2}$
1	0	$\frac{1}{2}$
1	1	$\frac{1}{2}$

TABELA 1

SEGUNDA MONTAGEM

Como sabemos, o estágio de saída de uma porta TTL suporta correntes relativamente altas. Portanto, podemos utilizar a saída para acionar diodos emissores de luz (LEDs), uma vez que estes são normalmente projetados para uma faixa de tensão em torno de 1,7 V. Para exemplificar este fato e também para modificar o circuito apresentado na figura 1, propomos esta segunda montagem. Neste caso, iremos fazer com que o LED D₁ acenda se os dois bits comparados forem iguais e que o LED D₂ acenda se os bits forem diferentes. O circuito capaz de realizar tal "façanha" encontra-se ilustrado na figura 2.



ABERTA = 1
FECHADA = 0

FIGURA 02

Este circuito satisfaz plenamente o nosso caso. Ele é obtido lembrando que as funções OU-Exclusiva e NÃO-OU-Exclusiva são complementares. Note que uma das portas OU-Exclusiva possui uma porta inversora conectada em sua saída, formando assim a porta NÃO-OU-Exclusiva.

Lista de Materiais

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7404;
- 1 circuito integrado 7486;
- 2 resistores 220Ω 1/4 W (R_1 e R_2);
- 2 LEDs (D_1 e D_2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicie a montagem fixando a chave tipo dip switch na placa experimental, de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados entre os pontos 3-E e 3-F. Em seguida, conecte o circuito integrado 7486, de modo que os terminais 1 e 14 fiquem conectados entre os pontos 15-E e 15-F, respectivamente. Logo após, conecte o circuito integrado 7404, de modo que os terminais 1 e 14 sejam fixados entre os pontos 25-E e 25-F da placa experimental.

Prosseguindo com a montagem, conecte os resistores (R_1 e R_2) e os diodos emissores de luz (D_1 e D_2), da seguinte forma:

- R_1 entre os pontos 17-D e 17-G;
- R_2 entre os pontos 26-D e 26-G;
- D_1 entre os pontos 26-H (anodo) e 26-K (catodo);
- D_2 entre os pontos 17-H (anodo) e 17-K (catodo).

Em seguida, utilizando-se de jumpers, conecte os seguintes pontos:

- ponto 3-D (chave 1) com 1-K (barramento de terra);
- ponto 4-D (chave 2) com 2-K (barramento de terra);
- ponto 3-G (chave 1) com 15-D (pino 1 do 7486);
- ponto 4-G (chave 2) com 16-D (pino 2 do 7486);
- ponto 3-H (chave 1) com 18-D (pino 4 do 7486);
- ponto 4-H (chave 2) com 19-D (pino 5 do 7486);
- ponto 20-D (pino 6 do 7486) com 25-D (pino 1 do 7404);
- ponto 15-G (pino 14 do 7486) com 15-L (barramento +Vcc);
- ponto 21-D (pino 7 do 7486) com 21-K (barramento de terra);

- ponto 25-G (pino 14 do 7404) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 31-D (pino 7 do 7404) com 31-K (barramento de terra).

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar todas as condições impostas pela tabela verdade (veja tabela 2) e preencher as colunas D₁ e D₂ correspondentes às saídas S₁ e S₂ do circuito.

A	B	D ₁ (S ₁)	D ₂ (S ₂)
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

TABELA 2

Esse mesmo circuito poderia ser montado de forma diferente, ou seja, utilizando-se uma única porta OU-Exclusiva (veja figura 3).

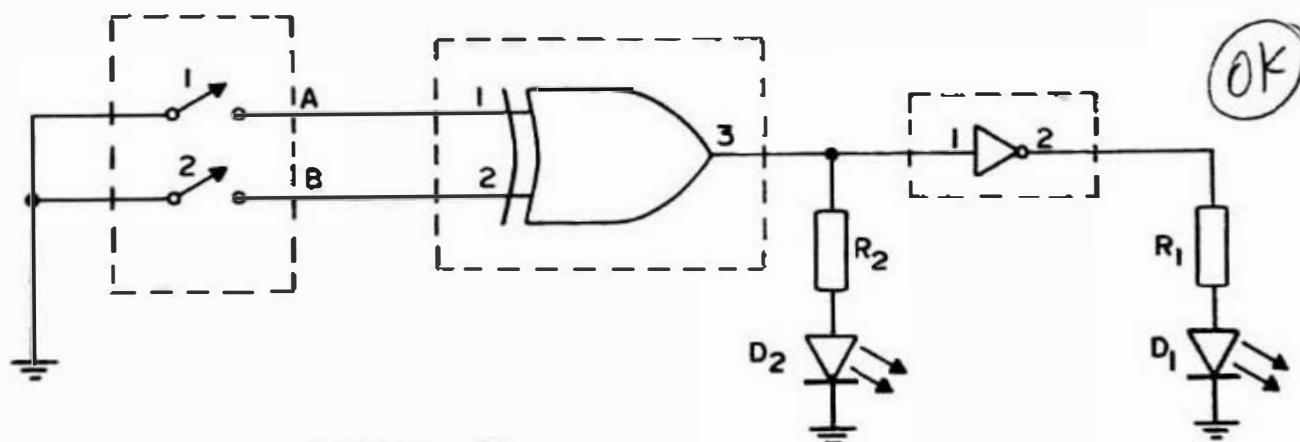


FIGURA 03

O circuito da figura 3 executa a mesma função do circuito apresentado na figura 2. Deixaremos este circuito como sugestão para o aluno montar.

TERCEIRA MONTAGEM

Nesta montagem, mostraremos como o circuito integrado

7400 pode operar como controlador de sinais. O circuito a ser montado é mostrado na figura 4.

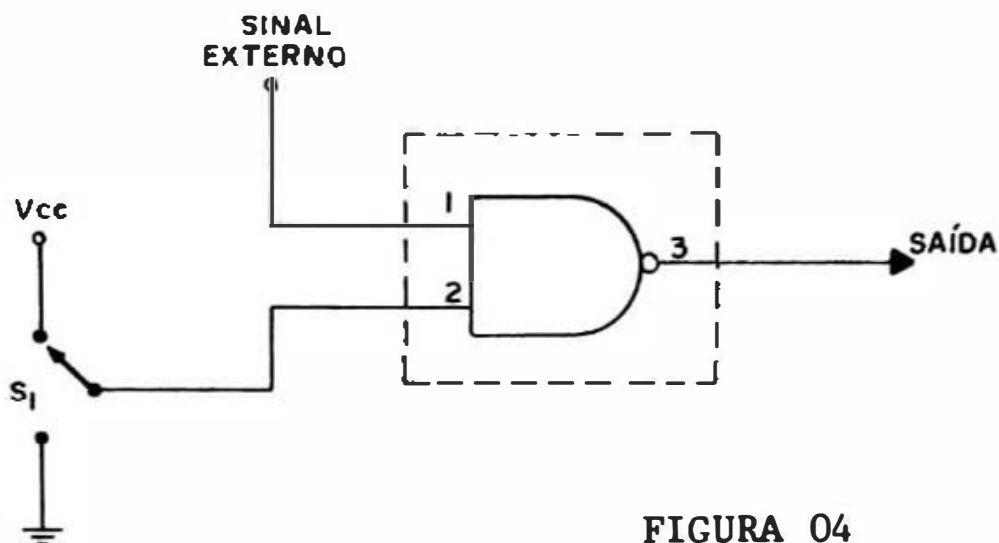
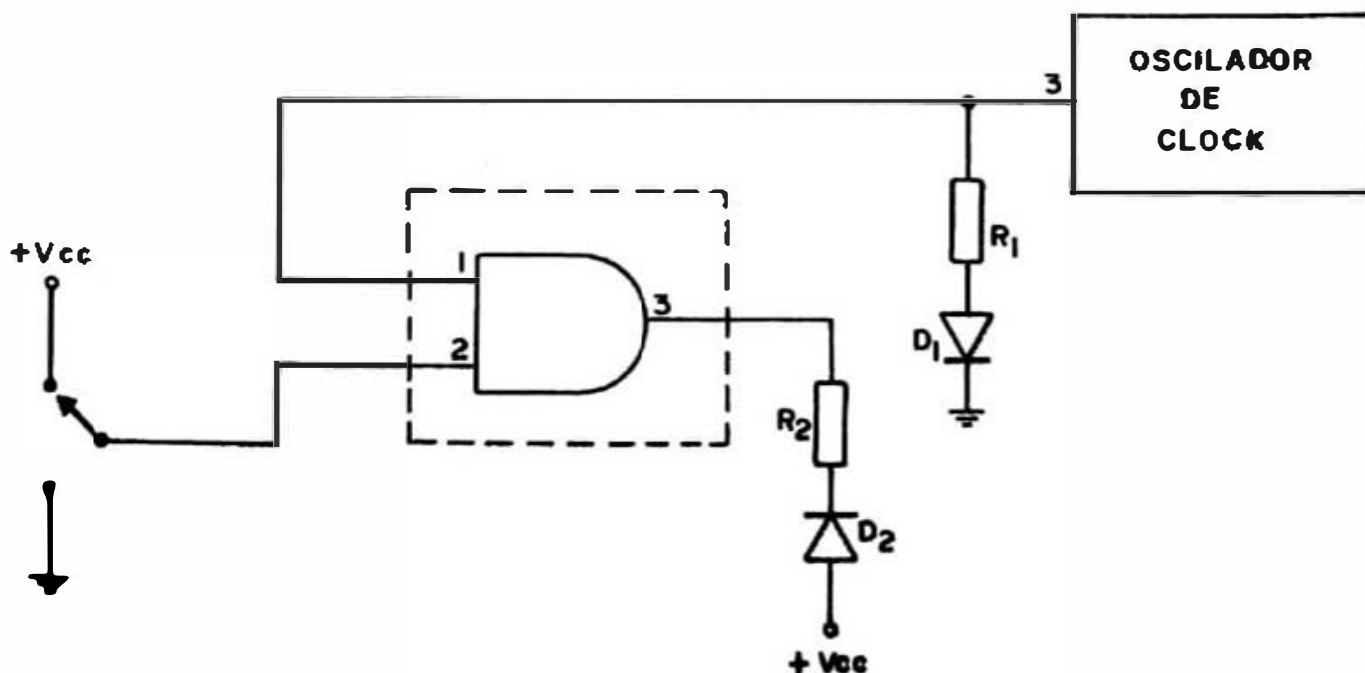


FIGURA 04

Através do pino 1 do 7400, introduzimos os sinais vindos de um circuito externo (contador, oscilador, etc...). A chave S_1 é constituída por um jumper conectado no pino 2 do 7400 e no barramento de terra ou +Vcc, conforme se queira enviar o sinal da entrada para a saída (pino 3 do 7400) ou não.

Como sinal externo, iremos utilizar o sinal de saída (pino 3 do C.I. 555) do oscilador de clock, montado na lição MP-17. O circuito completo a ser montado se encontra ilustrado na figura 5.

FIGURA 05



Lista de Materiais

- 1 circuito integrado 7400;
- 2 resistores 220 Ω 1/4 W (R_1 e R_2);
- 2 LEDs (D_1 e D_2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o circuito integrado 7400, de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados entre os pontos 10-E e 10-F, respectivamente. Em seguida, execute a montagem do oscilador de clock com temporizador NE 555, conforme nós já vínhamos utilizando nas últimas lições da série MP. Ainda com relação ao oscilador, conecte o ponto 3-P (pino 3 do NE 555) com o ponto 12-Q. Conecte, agora, o resistor R_1 entre os pontos 12-P e 15-P. Logo após, conecte o LED D_1 entre os pontos 15-M (anodo) e 15-K (catodo).

O resistor R_2 deverá ser conectado entre os pontos 12-D e 12-G. O LED D_2 deverá ser conectado entre os pontos 12-H (catodo) e 17-H (anodo).

Agora conecte, utilizando-se de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-0 (pino 3 do NE 555) com 10-D (pino 1 do 7400);
- ponto 10-G (pino 14 do 7400) com 10-L (barramento +Vcc);
- ponto 16-D (pino 7 do 7400) com 16-K (barramento de terra);
- ponto 17-I (anodo do LED D_2) com 17-L (barramento +Vcc).

A chave S_1 será um jumper o qual terá uma das extremidades conectada no ponto 11-D (pino 2 do 7400) enquanto que a outra extremidade ora estará no barramento +Vcc, ora no barramento de terra.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar as duas condições impostas pela chave S_1 .

O LED D_1 indica apenas a existência do sinal de saída do oscilador. Este mesmo sinal deverá ser reproduzido pelo LED

Lista de Materiais

- oscilador;
- 2 circuitos integrados 7476;
- 4 resistores 220Ω 1/4 W (R_1 , R_2 , R_3 e R_4);
- 1 display FND 560.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Primeiramente, monte o circuito do oscilador de clock, conforme as instruções contidas na primeira montagem da lição MP-17.

Feito isto, fixe o primeiro circuito integrado 7476, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 4-E e 4-F, respectivamente. O segundo circuito integrado 7476 deverá ser fixado na placa experimental, de tal modo que os pinos 1 e 16 do mesmo fiquem conectados nos pontos 16-E e 16-F, respectivamente.

Em seguida, fixe o display FND 560, de modo que os pinos 1 e 10 fiquem conectados nos pontos 9-P e 9-T, respectivamente.

Dando continuidade à montagem, conecte os resistores da seguinte forma:

- R_1 entre os pontos 5-G e 2-G;
- R_2 entre os pontos 9-H e 12-H;
- R_3 entre os pontos 15-G e 17-G;
- R_4 entre os pontos 21-G e 25-G.

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 8-D (pino 5 do primeiro 7476) com 7-D (pino 4 do primeiro 7476);
- ponto 7-C (pino 4 do primeiro 7476) com 4-G (pino 16 do primeiro 7476);
- ponto 4-J (pino 16 do primeiro 7476) com 4-L (barramento +Vcc);
- ponto 7-G (pino 13 do primeiro 7476) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 5-H (pino 15 do primeiro 7476) com 9-D (pino 6 do primeiro 7476);

- ponto 8-G (pino 12 do primeiro 7476) com 11-G (pino 9 do primeiro 7476);
- ponto 8-H (pino 12 do primeiro 7476) com 8-L (barramento +Vcc);
- ponto 9-H (pino 11 do primeiro 7476) com 16-D (pino 1 do segundo 7476);
- ponto 4-D (pino 1 do primeiro 7476) com 3-P (pino 3 do NE 555);
- ponto 19-D (pino 4 do segundo 7476) com 20-D (pino 5 do segundo 7476);
- ponto 19-C (pino 4 do segundo 7476) com 16-G (pino 16 do segundo 7476);
- ponto 16-H (pino 16 do segundo 7476) com 16-L (barramento +Vcc);
- ponto 17-H (pino 15 do segundo 7476) com 21-D (pino 6 do segundo 7476);
- ponto 19-G (pino 13 do segundo 7476) com 19-K (barramento de terra);
- ponto 23-D (pino 9 do segundo 7476) com 20-D (pino 12 do segundo 7476);
- ponto 20-H (pino 12 do segundo 7476) com 20-L (barramento +Vcc);
- ponto 2-H (terminal de R_1) com 12-U (pino 7 do FND 560);
- ponto 12-I (terminal de R_2) com 13-U (pino 6 do FND 560);
- ponto 15-H (terminal de R_3) com 9-U (pino 10 do FND 560);
- ponto 25-H (terminal de R_4) com 10-U (pino 9 do FND 560);
- ponto 11-D (terra do FND 560) com 11-K (barramento de terra).

As ligações entre o circuito divisor de frequência e o display foram feitas de modo que a frequência do pulso de saída A do primeiro 7476 possa ser visualizada no segmento A do FND 560. Da mesma forma, poderemos visualizar a frequência do pulso da saída B do primeiro 7476 no segmento B do FND 560.

Analogamente, poderemos visualizar no segmento G do FND 560 a frequência do pulso da saída A do segundo 7476. E, no segmento F do FND 560, visualizaremos a frequência do pulso da saída B do segundo 7476.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e

+Vcc da placa experimental.

Para verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá ajustar o trimpot de modo a obter uma frequência para o pulso (ou sinal) de clock relativamente baixa, de modo a tornar possível a visualização das frequências dos pulsos de saída.

Um ajuste padronizado, para que o aluno possa depois responder às questões desta lição referentes a esta montagem, seria o de fazer com que os segmentos do FND 560 acendessem e apagassem lentamente, de modo a tornar possível a contagem, de quantas vezes, por exemplo, o segmento A acende, a partir do instante em que a fonte de alimentação é ligada até o instante em que obtemos pela primeira vez os quatro segmentos apagados.

QUINTA MONTAGEM

Esta montagem também foi desenvolvida visando mostrar, mais uma vez, a utilização e o funcionamento do circuito integrado 7476. O circuito a ser montado é mostrado na figura 7.

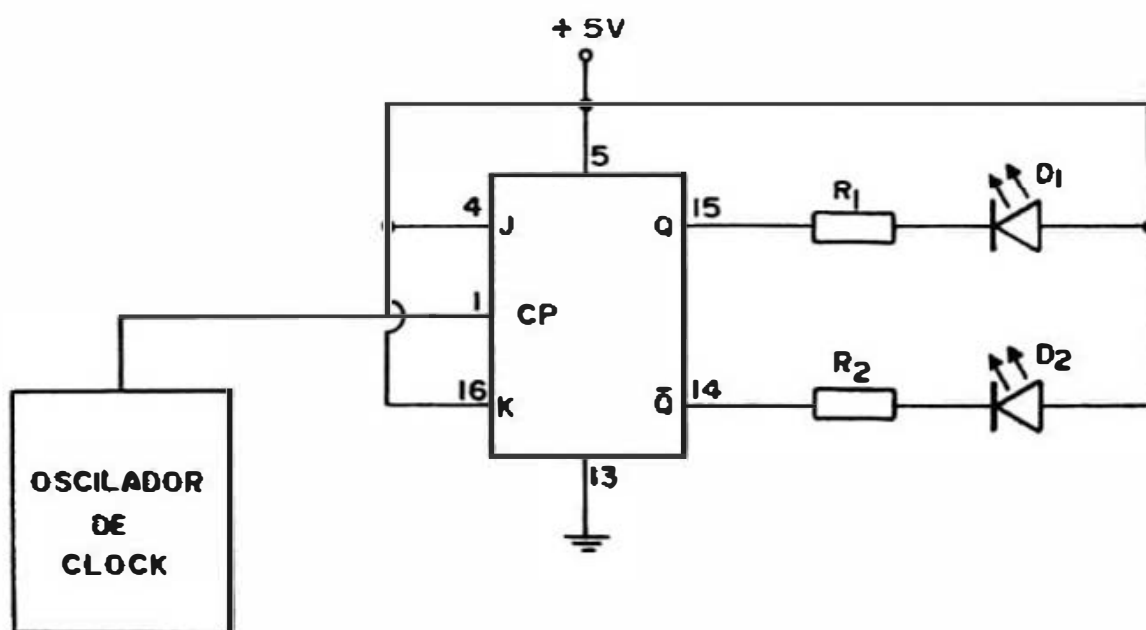


FIGURA 07

Trata-se pois de um simples jogo de "cara ou coroa".

Lista de Materiais

- oscilador;
- 1 circuito integrado 7476;
- 2 resistores 220Ω 1/4W (R_1 e R_2);
- 2 LEDs (D_1 e D_2).

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

O circuito oscilador de clock é o mesmo utilizado na montagem anterior.

Ao iniciar a montagem do circuito eletrônico do jogo de "cara ou coroa", o aluno deverá, inicialmente, fixar o circuito integrado 7476 na placa experimental, de modo que os pinos 1 e 16 fiquem conectados nos pontos 21-E e 21-F, respectivamente.

Os resistores R_1 e R_2 deverão ser fixados da seguinte forma:

- R_1 entre os pontos 22-G (pino 15 do 7476) e 14-G (catodo do LED D_1);
- R_2 entre os pontos 23-G (pino 14 do 7476) e 16-G (catodo do LED D_2).

Os LEDs D_1 e D_2 , por sua vez, deverão ser fixados entre os pontos:

- D_1 entre 14-H (catodo) e 14-L (anodo);
- D_2 entre 16-H (catodo) e 16-L (anodo).

Em seguida, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 24-D (pino 4 do 7476) com 25-D (pino 5 do 7476);
- ponto 25-C (pino 5 do 7476) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 21-G (pino 16 do 7476) com 21-L (barramento +Vcc);
- ponto 24-G (pino 13 do 7476) com 23-K (barramento de terra)

Agora, tome dois jumpers de aproximadamente 10 cm cada um. Conecte a extremidade de um deles no ponto 21-D (pino 1 do 7476), deixando a outra extremidade livre. Em seguida, co-

necte uma das extremidades do outro jumper no ponto 3-P (pino 3 do NE 555), deixando a outra extremidade, também, livre.

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as ligações estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao alimentar a placa experimental, o aluno deverá observar os dois LEDs acenderem e apagarem alternadamente numa frequência bem baixa. Caso contrário, verifique a fiação, especialmente as conexões do circuito integrado 7476.

Agora, desconecte a fonte de alimentação da placa experimental e substitua o capacitor de 100 μ F por um de 22 μ F e conecte a saída do 555 (pino 3) ao pino 1 do 7476. Note que se torna difícil dizer qual LED está aceso em um determinado instante. Isto se deve ao fato de que cada LED está agora acendendo e apagando aproximadamente 30 vezes por segundo.

Para facilitar o jogo, vamos "rotular" (chamar) o LED D₁ de CARA e o LED D₂ de COROA.

Ao desconectarmos o jumper da entrada de clock, verificaremos que apenas um dos dois LEDs permanecerá aceso. Este LED é o que estava aceso no instante em que você desconectou o referido jumper.

Muito bem, vamos agora utilizar os dois jumpers de aproximadamente 10 cm, conectados da forma que citamos anteriormente. Junte as duas extremidades livres, segurando-as com os dedos e observe que os LEDs oscilam rapidamente. Ao soltarmos essas duas extremidades, notaremos que apenas um dos LEDs (CARA ou COROA) permanecerá aceso. É desta forma que funcionará o nosso jogo de "cara ou coroa".

A probabilidade de que um dos dois LEDs (CARA ou COROA) esteja aceso é de 50%.

SEXTA MONTAGEM

A figura 8 nos mostra o circuito a ser montado. Trata-se de um flip-flop tipo J-K (circuito integrado 7476) com duas entradas "jota" (J₁ e J₂), obtidas a partir da multiplicação de sinais (porta E). Para esta montagem, iremos, novamente,

utilizar o circuito oscilador de clock mencionado na lição MP-17. Esta montagem é semelhante à sétima montagem da lição MP-16, diferindo apenas com relação ao número de entradas "jota".

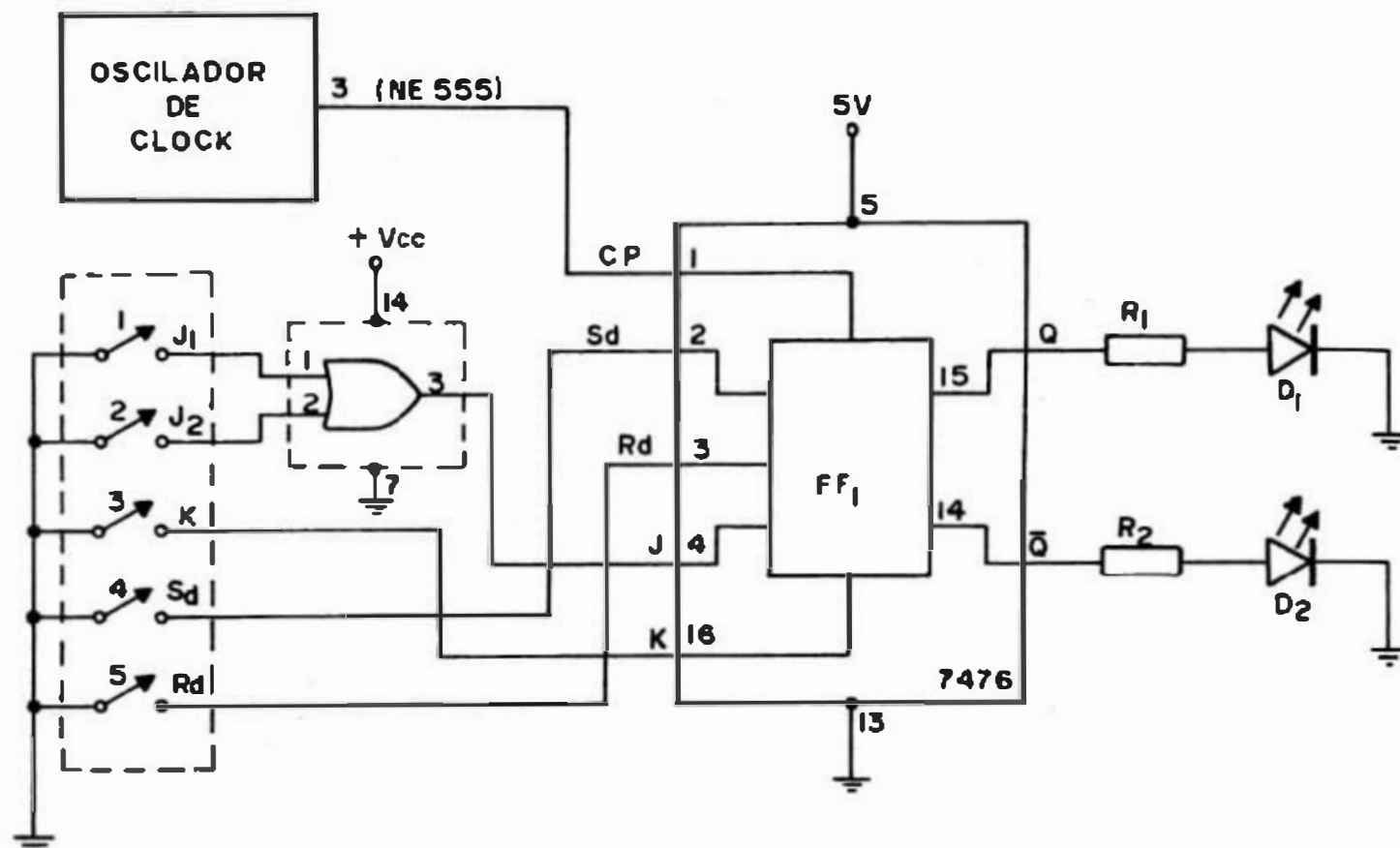


FIGURA 08

Lista de Materiais

- 1 dip switch;
- 1 circuito integrado 7408;
- 1 circuito integrado 7476;
- 2 resistores 220 Ω 1/4W (R_1 e R_2);
- 2 LEDs (D_1 e D_2);
- oscilador.

MONTAGEM E FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Inicialmente, fixe o dip switch de modo que os terminais referentes à chave 1 fiquem conectados nos pontos 3-E e 3-F. Fixe, também, o circuito integrado 7408 de modo que os pinos 1 e 14 fiquem conectados nos pontos 14-E e 14-F, respectivamente. Faça o mesmo com o circuito integrado 7476, de modo que os pinos 1 e 16 do mesmo fiquem conectados nos pontos 24-E e 24-F, respectivamente.

Em seguida, fixe os resistores na placa experimental, da seguinte forma:

- R₁ entre os pontos 25-H (pino 15 do 7476) e 32-H (anodo de D₁);
- R₂ entre os pontos 26-I (pino 14 do 7476) e 34-H (anodo de D₂).

Os LEDs D₁ e D₂, por sua vez, deverão ser fixados entre os pontos:

- D₁ entre 32-I (anodo) e 32-K (catodo);
- D₂ entre 34-I (anodo) e 34-K (catodo).

Agora, ligue, através de jumpers, os seguintes pontos:

- ponto 3-D (chave 1) com 14-D (pino 1 do 7408);
- ponto 4-D (chave 2) com 15-D (pino 2 do 7408);
- ponto 5-D (chave 3) com 24-G (pino 16 do 7476);
- ponto 6-D (chave 4) com 25-D (pino 2 do 7476);
- ponto 7-D (chave 5) com 26-D (pino 3 do 7476);
- ponto 16-D (pino 3 do 7408) com 27-D (pino 4 do 7476);
- ponto 3-G (chave 1) com 3-K (barramento de terra);
- ponto 4-G (chave 2) com 4-K (barramento de terra);
- ponto 5-G (chave 3) com 7-K (barramento de terra);
- ponto 6-G (chave 4) com 8-K (barramento de terra);
- ponto 7-G (chave 5) com 9-K (barramento de terra);
- ponto 24-D (pino 1 do 7476) com 3-P (pino 3 do NE 555);
- ponto 20-D (pino 7 do 7408) com 20-K (barramento de terra);
- ponto 14-G (pino 14 do 7408) com 14-L (barramento +Vcc);
- ponto 28-D (pino 5 do 7476) com 25-L (barramento +Vcc);
- ponto 27-G (pino 13 do 7476) com 27-K (barramento de terra)

Uma vez terminada a montagem, verifique se todas as liga

ções estão corretas e, em seguida, conecte os terminais da fonte de alimentação aos respectivos barramentos de terra e +Vcc da placa experimental.

Ao verificar o funcionamento do circuito, o aluno deverá testar as condições impostas pela tabela verdade (tabela 4) e preencher as colunas de saída D₁ e D₂ (correspondentes aos LEDs).

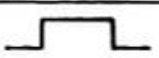
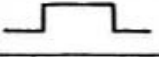
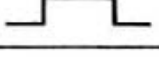
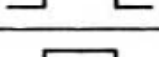
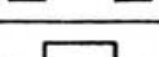
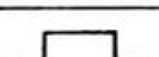
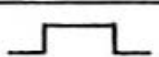
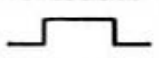
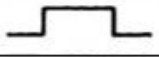
Pulso de clock	Chaves					LEDs $\overline{Q}$	
	1	2	3	4	5	D ₁	D ₂
	J ₁	J ₂	K	Sd	Rd		
	0	0	0	1	1	0	1
	0	0	1	1	1	0	1
	0	1	0	1	1	0	1
	0	1	1	1	1	0	1
	1	0	0	1	1	0	1
	1	0	1	1	1	0	1
	1	1	0	1	1	0	1
	1	1	1	1	1	Pisca	Pisca
	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	1	0	0	1	1
	0	1	0	0	0	1	1
	0	1	1	0	0	1	1
	1	0	0	0	0	1	1
	1	0	1	0	0	1	1
	1	1	0	0	0	1	1
	1	1	1	0	0	1	1

TABELA 4

*

SÉTIMA MONTAGEM

A figura 9 ilustra o circuito a ser montado. Na verdade, é praticamente o mesmo circuito da montagem anterior, diferindo



CURSO DE ELETÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 • CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-22

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) Com relação à tabela 1, a coluna D_1 ficará assim preenchida:

a)

D_1
1
0
0
1

b)

D_1
0
0
0
1

c)

D_1
1
1
1
0

d)

D_1
0
1
1
0

2) A coluna D_1 da tabela 2 ficará assim preenchida:

a)

D_1
1
0
0
1

b)

D_1
0
1
1
0

c)

D_1
1
1
1
1

d)

D_1
0
0
0
1

3) A coluna **(D₂)** da tabela 2 ficará assim preenchida:

a)

D ₂
1
1
0
0

b)

D ₂
0
1
1
0

c)

D ₂
0
0
1
1

d)

D ₂
1
1
1
0

4) A coluna "LED D₂" da tabela 3 ficará assim preenchida:

a)

SIM
SIM

b)

SIM
NÃO

c)

NÃO
SIM

d)

NÃO
NÃO

5) Tomando como base a frequência visualizada no segmento **(A)** do FND 560 (quarta montagem), podemos dizer que a frequência visualizada no segmento B deste mesmo display é a frequência de A dividida por:

a) 4

c) 2

b) 8

d) 16

6) Tomando como base a frequência visualizada no segmento **(A)** do FND 560 (quarta montagem), podemos dizer que a frequência visualizada no segmento G deste display é a frequência de A dividida por:

a) 1

c) 16

b) 2

d) 4

7) Tomando como base a frequência visualizada no segmento **(A)** do FND 560 (quarta montagem), podemos dizer que a frequência visualizada no segmento F deste display é a frequência de A dividida por:

a) 8

c) 2

b) 4

d) 1

8) Com relação à quinta montagem, a probabilidade de que um dos dois LEDs (CARA ou COROA) esteja aceso é de:

a) 100%

c) 25%

b) 50%

d) 10%

9) Ao juntarmos as extremidades livres dos dois jumpers de aproximadamente 10 cm (quinta montagem) verificaremos que:

a) os dois LEDs oscilam;

b) apenas um dos LEDs permanece aceso;

c) os dois LEDs permanecem apagados;

d) N.R.A.

10) Com relação à tabela 4, as colunas referentes à D_1 e D_2 ficaram assim preenchidas:

a)

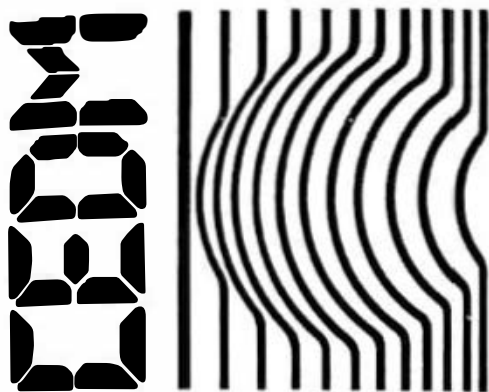
D_1	D_2
0	1
0	1
1	0
oscilante	
1	0
oscilante	
1	0
oscilante	
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1

~~| D_1 | D_2 |
|-----------|-------|
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| oscilante | |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |~~

c)

D_1	D_2
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
oscilante	
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1

~~| D_1 | D_2 |
|-----------|-------|
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |
| oscilante | |
| 1 | 0 |
| 0 | 1 |
| oscilante | |
| 1 | 1 |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |
| 1 | 1 |
| 1 | 1 |
| 0 | 1 |
| 0 | 1 |
| 1 | 1 |~~



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-23

LIÇÃO MP-23

INTRODUÇÃO:

Esta lição, bem como as próximas desta série, versará sobre programação Assembler. Nesta lição mostraremos algumas noções elementares sobre fluxogramas e, em seguida, mostraremos como executar algumas das instruções do microprocessador Z-80, através do microcomputador CEDM-80.

FLUXOGRAMAS:

O fluxograma é, dentre os métodos de projeto de programas, o mais popular. "Fluxograma ou Diagrama de Blocos vem a ser a esquematização do procedimento para se resolver um determinado problema, evidenciando cada etapa da resolução, sob forma gráfica".

Na realidade, há uma diferença básica entre esses dois elementos, a partir dessa definição. Tanto o diagrama de blocos, quanto o fluxograma representam, sob forma gráfica, as etapas relacionadas à resolução de um determinado problema. No entanto, o diagrama de blocos é um termo de maior abrangência, estendendo-se não somente à esquematização de programas, mas também a qualquer tipo de esquematização gráfica (figura 1).

Definimos, então que:

Todo fluxograma é um diagrama de blocos, embora nem todo diagrama de blocos seja um fluxograma.

Por essa razão, muitos autores empregam a designação fluxograma como sinônimo de diagrama de blocos (figura 2). Assim:

Fluxograma é um diagrama de blocos, destinado a evidenciar as etapas relacionadas à resolução de um problema, através de um programa.

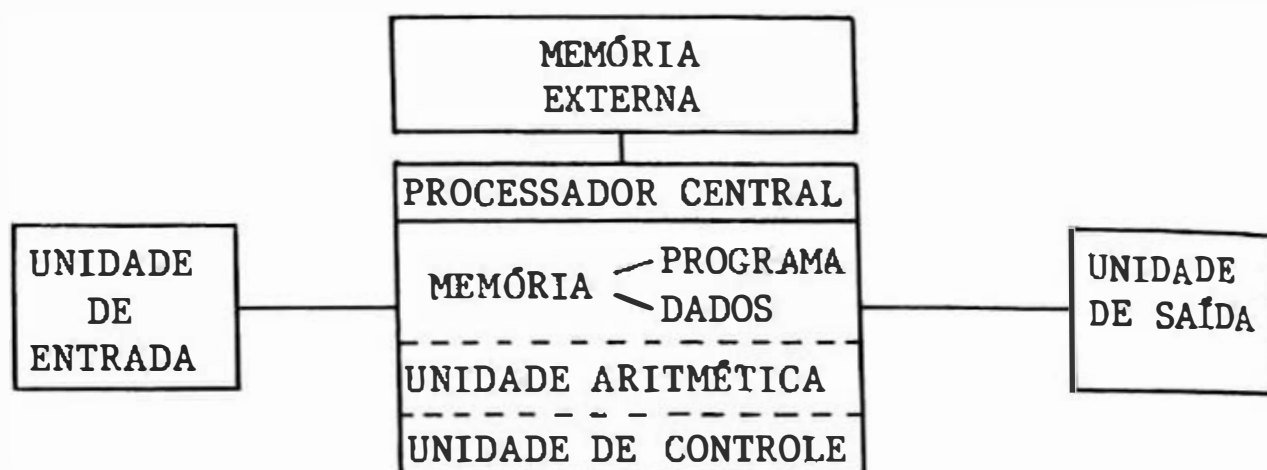


fig. 1 - Diagrama de blocos dos elementos básicos de um computador.



fig. 2 - Fluxograma ou diagrama de blocos.

A fluxogramação é um modo conveniente de expressar, no papel, um esquema de atividades desenvolvidas, a fim de alcançar um determinado objetivo, e a sequência em que estas atividades devem ser realizadas. Como uma técnica de registro, ela serve para três propósitos úteis:

- auxiliar na visualização do melhor meio de se resolver um problema;
- ilustrar um sistema proposto para análise e verificação;
- registrar processos e atividades a serem usados como um modelo para propósitos de operação.

PREPARAÇÃO DE FLUXOGRAMAS

Os fatores básicos com que devemos nos preocupar na construção de um fluxograma são:

a) Um objetivo

Em outras palavras, devemos ter um propósito em mente - o fluxograma é o processo de visualização de como este objetivo ou propósito pode ser alcançado.

b) Um ponto de partida

Este implica em algum ponto de referência ou alguma informação importante que desencadeie uma série de atividades necessárias para se alcançar o objetivo. Por exemplo, se o objetivo é "lavar o carro", o ponto de partida é a obtenção de água e sabão.

c) As atividades necessárias e a sequência em que elas devem ser executadas

Caso não haja condições para se chegar a um determinado resultado, as atividades, ou processos, devem ser colocadas dentro de uma lógica sequencial (a-b, b-c, c-d e assim por diante). Porém, em um programa, este caso nem sempre se verifica. As condições tendem a variar a lógica sequencial pela necessidade de atividades alternativas. Então, em vez de seguirmos de a para b, verificamos que a atividade a pode se seguir b ou c, dependendo de uma determinada condição. Na elaboração de um fluxograma, devemos verificar todas as alternativas correspondentes às condições do problema, relacionando-as com uma ou mais atividades concernentes ao nosso objetivo.

d) Decisões

Este é o processo de decisão cujas atividades alternativas devem ser realizadas ordenadamente, a fim de se alcançar o objetivo, quando nos defrontamos com diferentes condições. Por exemplo, se nosso ponto de partida é "jogar na loteria esportiva", podemos nos defrontar com duas possibilidades: fazer os 13 pontos e ganhar ou fazer menos de 13 pontos e perder. Embora o jogo seja o mesmo em ambos os casos, as atividades correspondentes a um ou a outro caso são completamente diferentes (figura 3).

1	X		2	D	T
1	X				
2	X				
3					
4			X		
5	X				
6	X				
7	X				
8					
9		X			
10		X			
11			X		
12			X		
13			X		

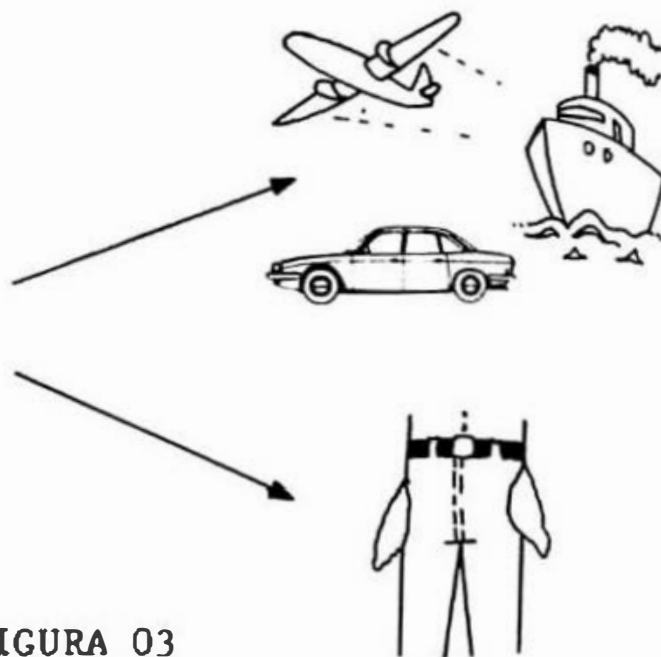


FIGURA 03

Como um simples exemplo para ilustrar estes quatro itens, vamos tomar como objetivo "fazer uma prova de matemática". O ponto de referência deve ser "estudar", e as atividades incluem "ler", "entender", "fazer exercícios", "corrigir os erros", "reler", "ir para a prova", "ler a prova", "entendê-la", "relembrar os conceitos estudados", "resolver os exercícios", etc. Mas o que acontece se não tivermos a matéria para estudar? Em outras palavras, nós nos deparamos com uma das duas situações: "temos a matéria"; "não temos a matéria". No primeiro caso, a próxima atividade deve ser "estudar a matéria da prova" e no segundo, "emprestar a matéria de um amigo". Se nós traçássemos esta segunda série de atividades, o próximo passo seria a pergunta: "conseguiu a matéria?". Se a resposta for "sim", podemos voltar para a primeira série e "estudar", se for "não", então devemos considerar outras atividades necessárias para alcançarmos o nosso objetivo.

Com estes quatro fatores em mente, podemos definir as etapas para a construção de um fluxograma:

- a) Anotar o objetivo do fluxo;
- b) Decidir em que ponto as séries de atividades vão começar;
- c) Tomar nota das principais atividades envolvidas, tentando colocá-las em uma ordem lógica;
- d) Começar com a primeira atividade e decidir quais ações diferentes ela poderia originar;
- e) Uma a uma, traçar as ações provenientes de uma decisão, desenvolvendo essa linha de ação até o fim, ou até onde for possível, antes de voltar para outras alternativas;
- f) Mostrar cada ação somente uma vez no fluxograma, usando linhas de fluxo e conectores para voltar a alguma rotina quando necessário.

SÍMBOLOS GRÁFICOS DE FLUXOGRAMAS

Os símbolos gráficos utilizados nos fluxogramas foram normalizados por uma instituição internacional - ECMA (European Computer Manufactures Association) - objetivando a generalização de seu uso, a fim de facilitar o intercâmbio de documentação entre os utilizadores de equipamentos, qualquer que seja sua marca ou origem.

Os símbolos representam tanto a seqüência das operações, quanto a circulação dos dados e documentos em sistemas mecanizados. No interior ou ao lado de um símbolo são colocadas as informações sobre determinada ação para assegurar a sua identificação, descrição ou explicação.

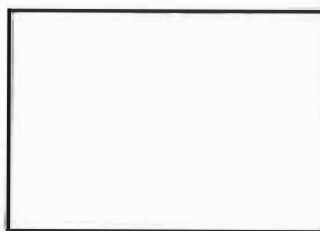
Em seguida, apresentamos alguns dos símbolos mais empregados no processo de fluxogramação, de modo a possibilitar ao aluno condições para a interpretação de alguns fluxogramas que aparecerão até o final do curso. São eles:

1) ENTRADA/SAÍDA



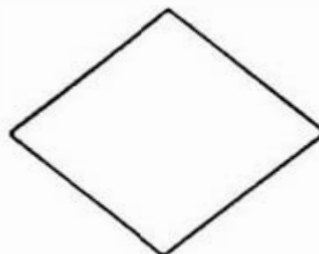
Estes símbolos indicam uma operação de entrada/saída, ou seja, as informações são inseridas no computador para serem processadas (entrada) ou são transmitidas a um meio de gravação ou impressão após o processamento (saída).

2) PROCESSAMENTO GENÉRICO



Este símbolo indica qualquer tipo de processamento ou ação (operações aritméticas, transportes de dados, alteração de dados na memória, etc.). O tipo de processamento é descrito dentro da figura.

3) DECISÃO



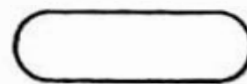
Este símbolo indica um teste ou uma comparação, possibilitando dois caminhos alternativos para se seguir.

4) CONECTOR



Este símbolo indica a ligação ou continuação entre duas partes do programa.

5) TERMINAL

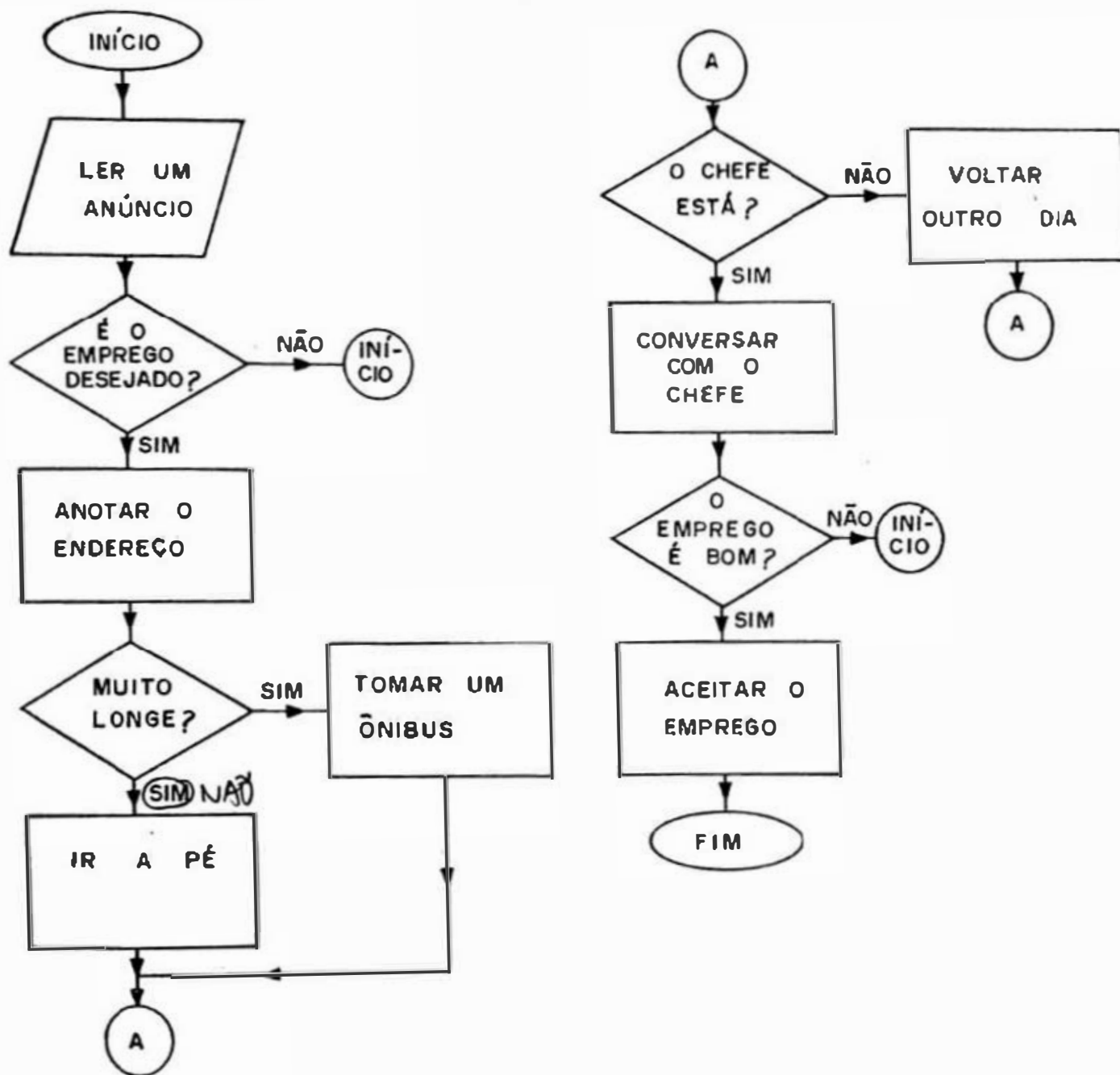


Este símbolo indica o início ou o fim do processamento.

Pode indicar, também, uma interrupção na execução do programa.

A figura 4 mostra um fluxograma simples, usando estes símbolos.

FIGURA 04



Note que, no exemplo da figura 4, o nosso objetivo é "arranjar um emprego". Como ponto de partida, temos os "anúncios", sem os quais não poderíamos prosseguir com os outros procedimentos. Note que devemos seguir uma seqüência lógica, a qual é definida pelas linhas de fluxo e pelos símbolos gráficos correspondentes a uma atividade ou ainda a um bloco de atividades (veja a figura 5).

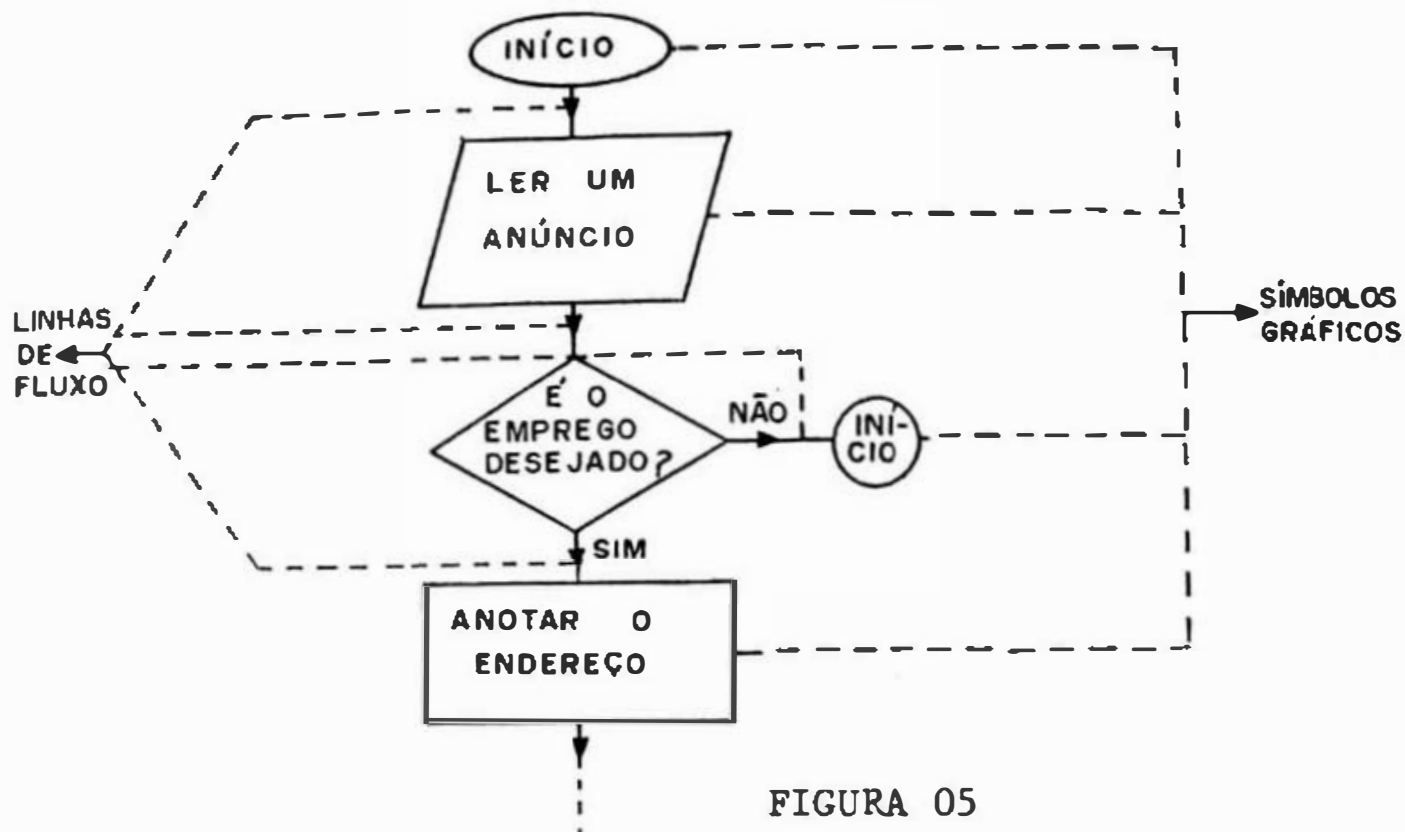


FIGURA 05

CONVENÇÕES

Normalmente, essa seqüência de atividades é escrita:

- da esquerda para a direita;
- de cima para baixo.

São usadas setas quando esta orientação não for respeitada, ou sempre que deste emprego possa advir uma melhor compreensão. As linhas de fluxo podem se cruzar, sem que isto signifique que haja alguma relação lógica entre elas. No caso de haver uma ligação, veja a representação mostrada na figura 6.

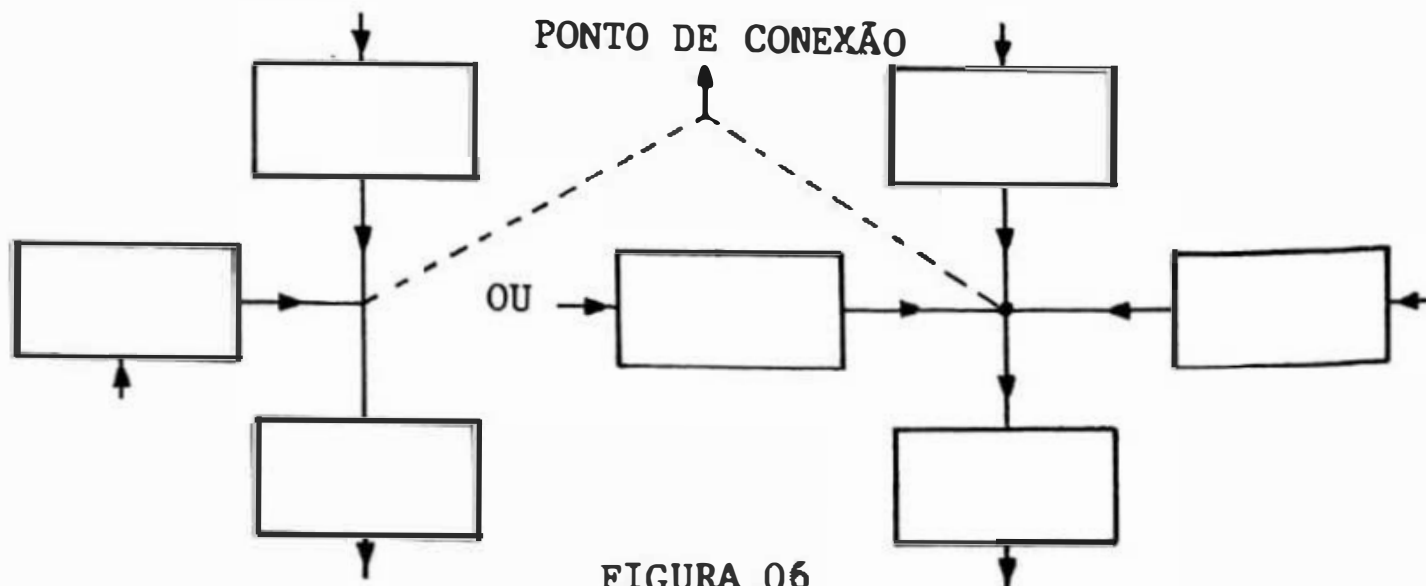


FIGURA 06

ESTRUTURA DE UM FLUXOGRAMA

Basicamente, temos três tipos de estrutura dentro de um fluxograma:

- a) Seqüencial
- b) Desvio
- c) Laço (Loop)

a) Estrutura Seqüencial

Como já dissemos anteriormente, o fluxograma se desenvolve em uma série de operações ou atividades lógicas, dispostas seqüencialmente. Conforme mostrada na figura 7, essa série de operações é representada por blocos ligados seqüencialmente por meio de linhas de fluxo.

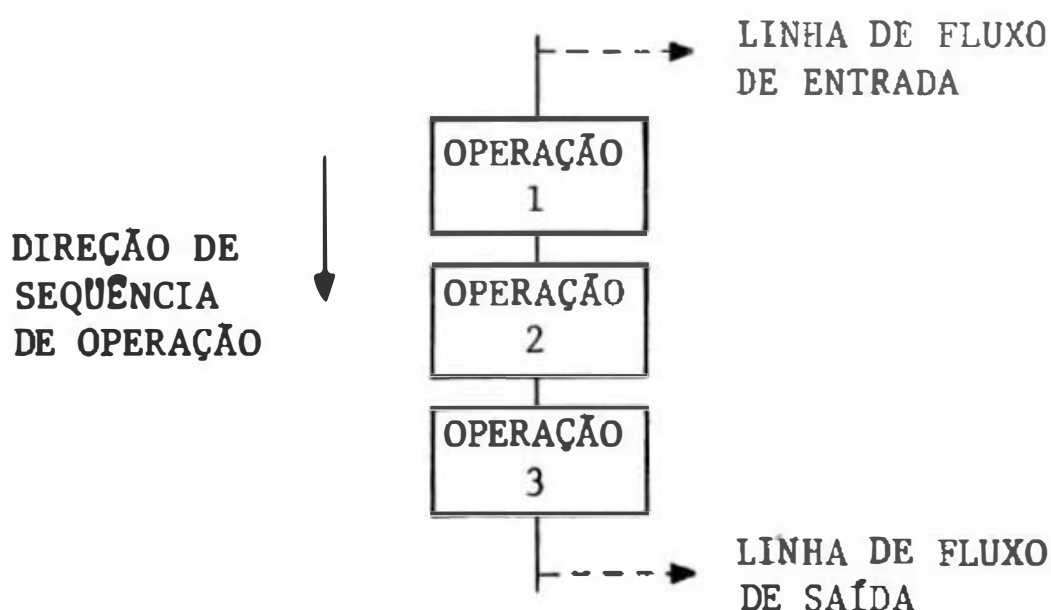


FIGURA 07

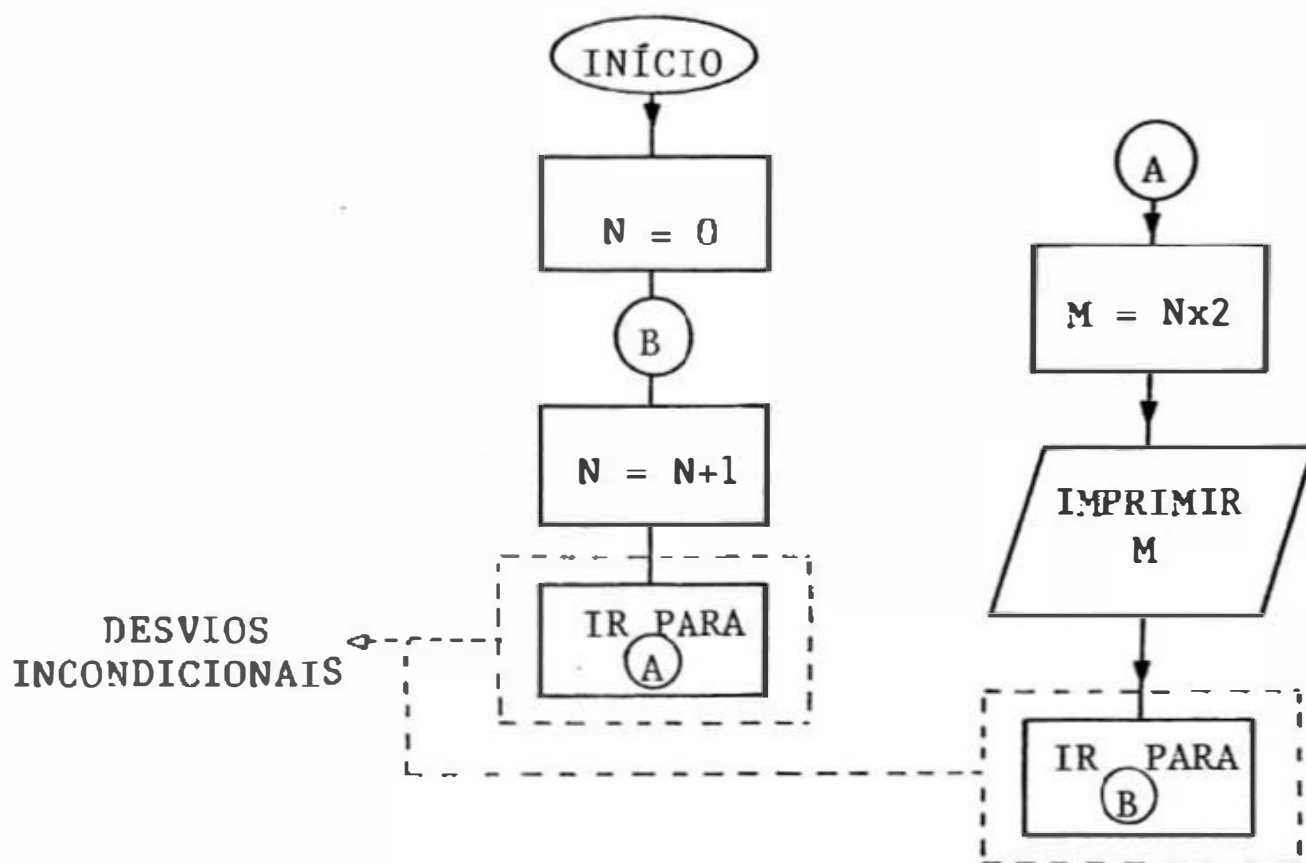
b) Desvio

Uma operação de desvio pode ser classificada em:

- Desvio Incondicional;
- Desvio Condicional.

O *desvio incondicional* é o desvio que independe de qualquer condição ou processamento anterior.

FIGURA 08



A figura 8 ilustra um exemplo de desvio incondicional, isto é, qualquer que seja o resultado da operação $N = N + 1$, o próximo passo é ir para a rotina ou sub-programa "A". Uma vez executadas todas as operações da rotina "A", as operações são reiniciadas através da instrução "ir para B".

Já o *desvio condicional* é um desvio realizado, dependendo de uma condição ou teste.

A figura 9 ilustra um exemplo de desvio condicional, ou seja, dependendo do valor de "N", o fluxograma segue uma linha de processamento diferente. Se "N" for maior ou igual a 5, o programa segue a rotina "A", e se "N" for menor que 5 o programa volta ao ponto "B", prosseguindo a partir daí.

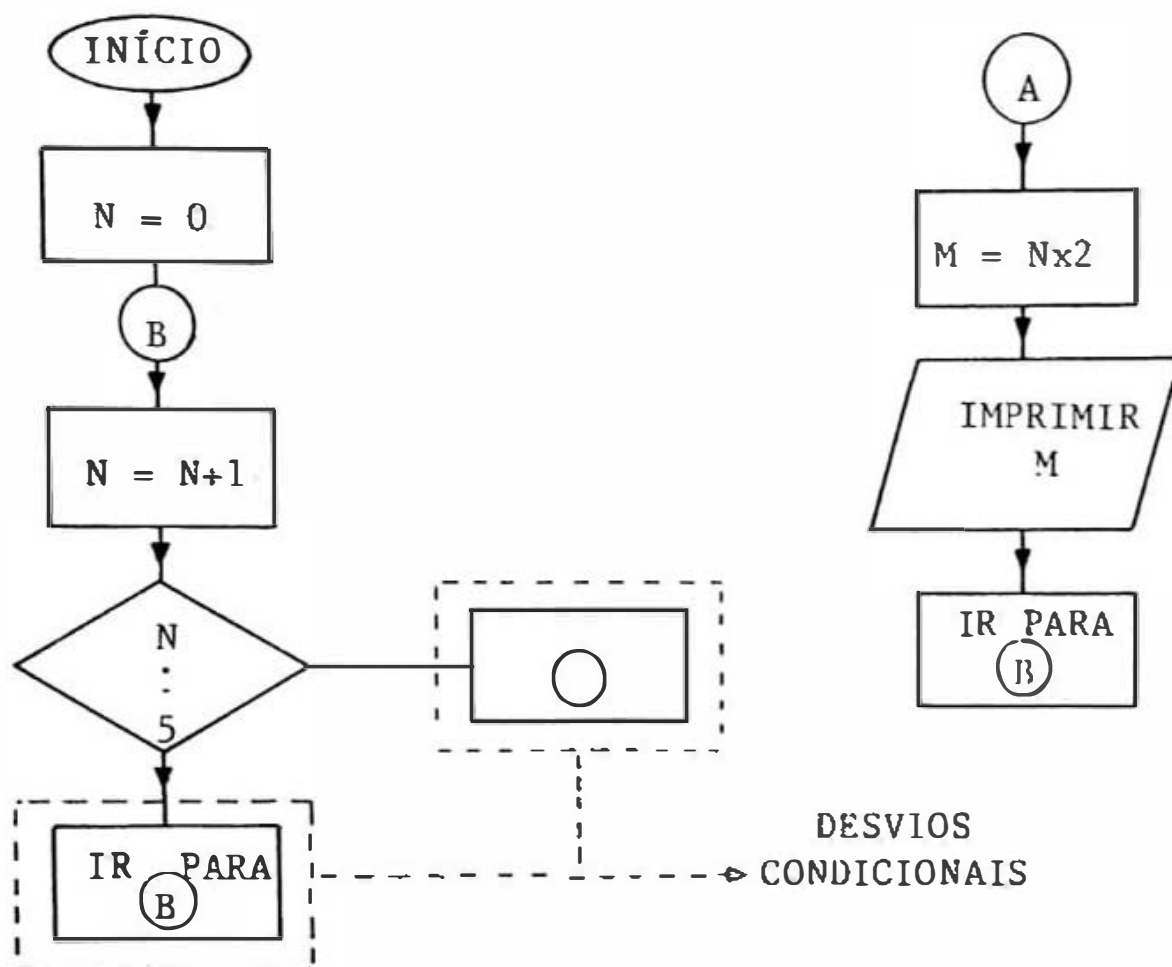


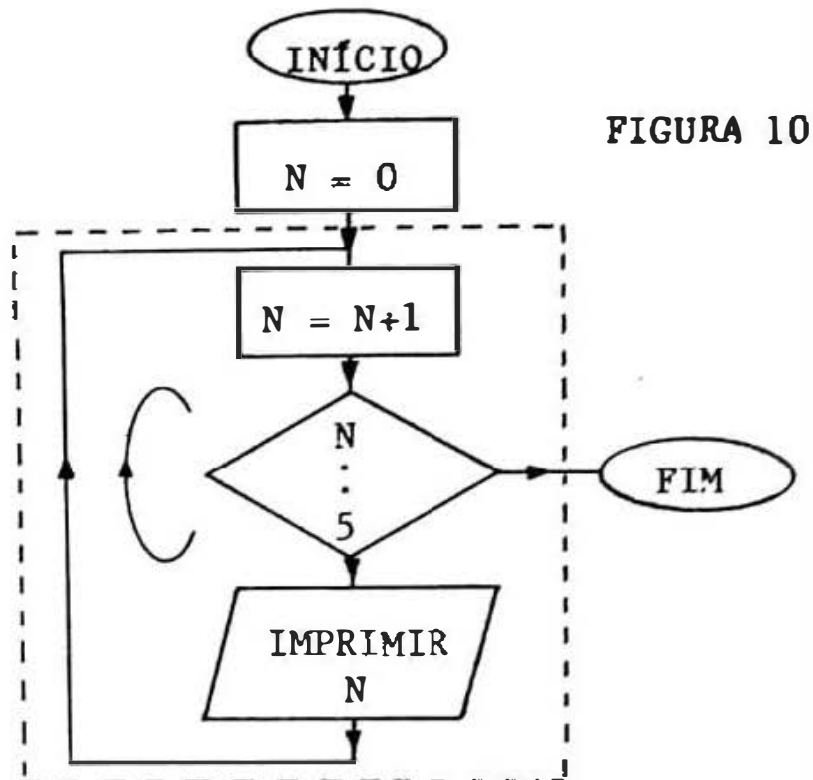
FIGURA 09

c) Laço ou Loop (lê-se lup)

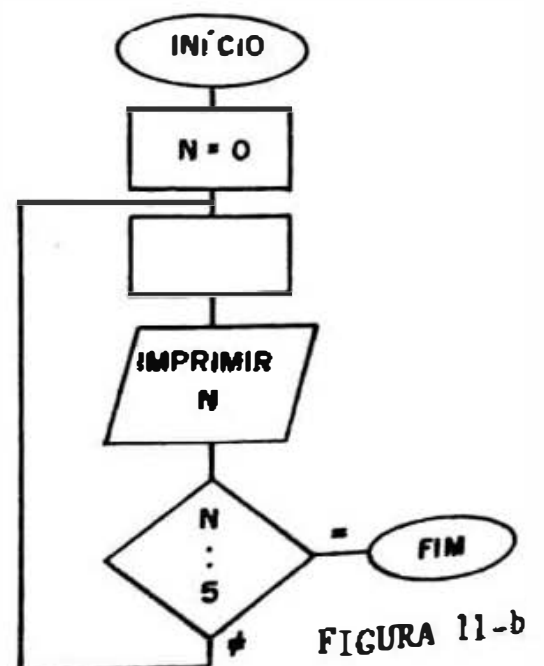
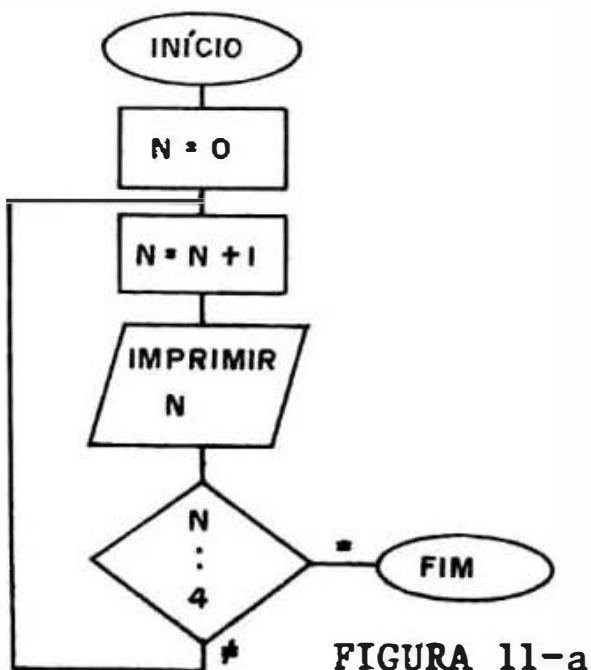
O loop é a repetição de uma instrução ou de um conjunto de instruções até que ocorra uma condição que determine o seu término. Tanto a figura 8 quanto a figura 9 apresentam essa repetição, por intermédio da instrução de desvio "ir para B", embora não tenham uma condição que determine o final desse loop. Esse caso é o que denominamos *loop infinito* e deve ser evitado, uma vez que não possuímos o controle sobre ele.

A figura 10 mostra um exemplo melhor da utilização de um loop.

Observe que o programa passa por $N = 0$ e entra em um loop, só saindo quando $N = 5$.

NOTA:

Existem, como já dissemos anteriormente, diversas maneiras de se chegar a um resultado. Aproveitando o exemplo da figura 10, obteríamos o mesmo resultado se seguíssemos a figura 11-a. Por outro lado, é importante observar, também, que uma simples inversão na sequência de operação pode mudar consideravelmente o resultado. Veja figura 11-b. Observe que o fluxograma é idêntico ao da figura 11-a, porém o resultado será diferente.



De um modo geral, a fluxogramação é uma técnica muito útil, principalmente no que concerne à documentação de programas, propiciando aos não-programadores condições, através de formas padrões, de compreender a estrutura básica do programa. De certa forma, os fluxogramas não podem fornecer muito mais do que um esboço inicial do problema ou do programa e às vezes tendem a tornar-se confusos em função da quantidade de detalhes que se queira incluir ou transmitir.

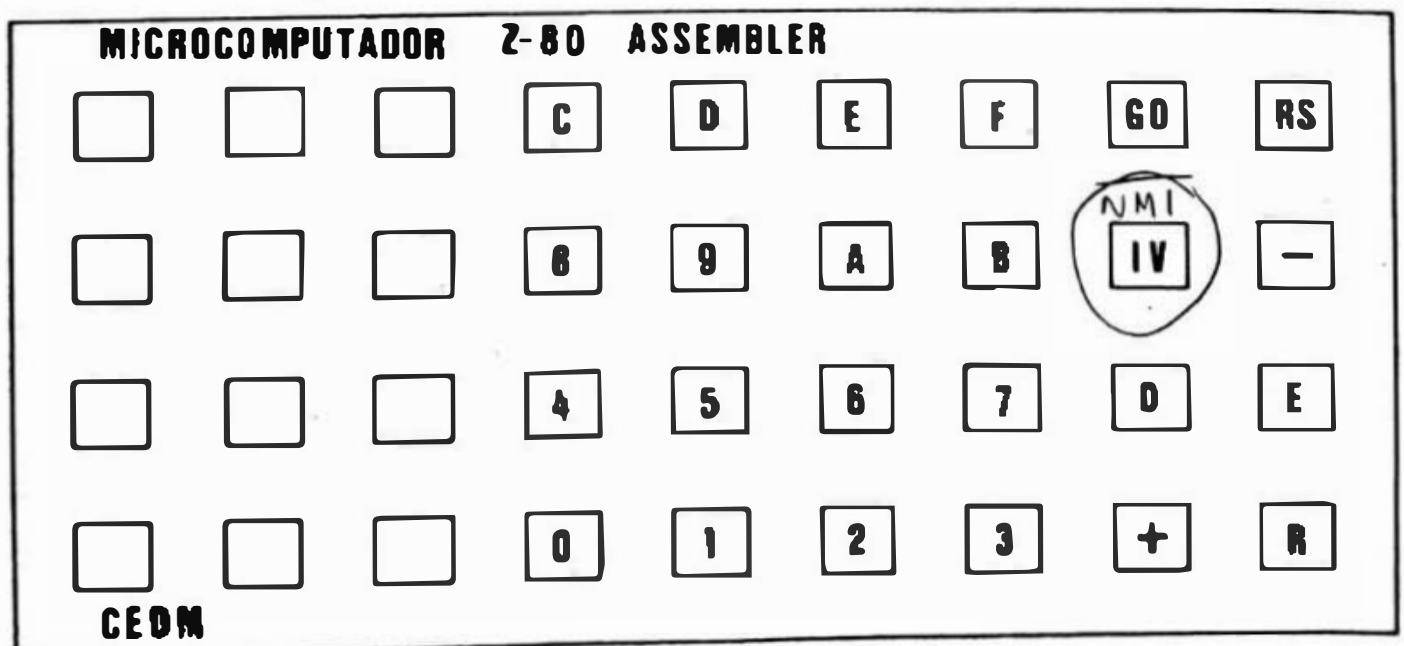
Finalizando o estudo dos fluxogramas, queremos deixar bem claro que a complexidade nem sempre é uma virtude, portanto, ao elaborar um fluxograma, seja cuidadoso e procure tornar as coisas o mais simples possível.

PROGRAMAÇÃO EM ASSEMBLER:

A linguagem Assembler é uma linguagem de baixo nível, isto é, próxima à linguagem de máquina, na qual nós entramos com as instruções de Assembler.

O método mais prático para se aprender a programar em linguagem Assembler é escrevendo programas em Assembler. Porém, antes de começarmos a escrever programas, ou seja, antes de darmos os primeiros passos, vamos passar a uma breve e sucinta descrição do teclado do microcomputador CEDM-80.

O teclado do microcomputador CEDM-80 é composto por 24 teclas, sendo 16 para numeração hexadecimal e 8 teclas de funções. A figura 12 nos mostra um lay-out do teclado do micro CEDM-80.



Visando a facilitar o estudo da função de cada tecla do microcomputador CEDM, adotaremos para o display a seguinte notação (figura 13):

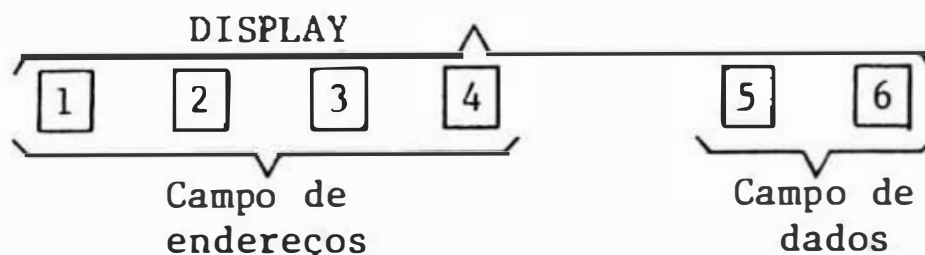


FIGURA 13

Tecla_D - Esta tecla nos possibilita verificar o conteúdo (ou valor) armazenado na posição de memória, mostrada no campo de endereços. Este valor é mostrado no 5º e 6º dígitos do display (campo de dados), sob a forma de um número hexadecimal. Ao ser pressionada, esta tecla permite, também, a substituição ou a alteração do conteúdo (o valor) da posição (ou endereço) de memória, contido no campo de endereços, com os algarismos entrando nesse campo no sentido da direita para a esquerda, indefinidamente de modo a empurrar os outros algarismos no mesmo sentido. Este fato facilita em muito a correção do valor em hexadecimal, quando este for digitado de forma errônea. Para corrigi-lo, basta colocar o valor correto, não havendo portanto, a necessidade de pressionar a tecla D novamente.

Cabe ressaltar o fato de que o valor mostrado no display, tenha ele sido ou não alterado, é o conteúdo real da respectiva posição de memória.

Tecla_E - Esta tecla tem por função a abertura do campo de endereços (1º, 2º, 3º e 4º dígitos). Ao ser pressionada, esta tecla faz com que o display apague totalmente, indicando permissão para a entrada do endereço (ou algarismos hexadecimais) cujos algarismos vão entrando da direita para a esquerda, podendo ser carregados indefinidamente, de modo a empurrar, sempre, os outros algarismos no mesmo sentido. Este fato evita termos que pressionar a tecla "E" quando da ocorrência de um erro de digitação, bastando, para a correção do erro, digitar o valor desejado, em seguida.

O endereço mostrado neste campo servirá para as seguintes

tes operações:

- vetor de interrupção;
- listagem e modificação do valor armazenado nessa posição de memória;
- endereço de partida para "rodar" um programa qualquer.

Tecla RS — Esta tecla, ao ser pressionada, inicializa o programa monitor, levando o registrador PC (Contador de Programa) à posição "0000" e colocando no display a seguinte mensagem:

"I E D A B 0"

Esta mensagem indica que o microcomputador CEDM-80 já foi inicializado. Cabe ressaltar que o reset não altera o conteúdo das memórias, muito embora o conteúdo dos registradores (com exceção do registrador PC) possa ser, eventualmente, alterado.

Tecla GO — Ao ser pressionada, esta tecla faz com que o microcomputador execute (ou rode) o programa, a partir de um endereço válido, colocado no campo de endereços.

Tecla R — Esta tecla tem por função permitir o exame do conteúdo dos registradores, bem como a sua alteração. Toda vez que for pressionada, esta tecla irá mostrar no display o termo "A=XX", onde "A" refere-se ao acumulador e "XX" é o seu conteúdo. Para verificarmos ou alterarmos o conteúdo dos outros registradores, basta pressionarmos a tecla "+" que eles irão aparecendo na ordem B, C, D, E, H, L, F e I.

Para alterar o conteúdo de algum dos registradores, basta "chamá-lo", pressionando-se a tecla "+" até que ele apareça no display e, em seguida, digitar o valor hexadecimal desejado. Note que este valor também irá entrar da direita para a esquerda.

Tecla IV — Esta tecla tem por função colocar um endereço válido (que servirá como vetor), toda vez que houver uma transição de nível lógico "0" para nível lógico "1" no $\overline{\text{NMI}}$. Sempre que tal fato ocorrer, o programa irá partir da posição de memória, escolhida como vetor.

Tecla_+ — Esta tecla tem por função incrementar de uma posição o valor mostrado no campo de endereços, indicando o seu conteúdo no campo de dados.

Tecla_- — A função desta tecla é semelhante à função da "tecla +", diferindo apenas no fato desta decrementar ao invés de incrementar.

Teclas_0_a_F — Estas dezesseis (16) teclas correspondem à numeração hexadecimal.

Finalizando a descrição da função de todas as teclas, passaremos aos programas em linguagem Assembler, propriamente ditos. Esclarecemos, porém, que o modo como serão apresentados os primeiros programas tem por objetivo principal familiarizar o aluno com o microcomputador CEDM-80 e também com as regras básicas da programação em Assembler.

Para que o aluno possa compreender melhor os programas, aconselhamos que tenha sempre em mãos a lição "Microprocessador Z-80 III", na qual apresentamos o conjunto de instruções do microprocessador Z-80, classificadas em grupos, conforme suas funções operacionais.

PROGRAMAS EM ASSEMBLER:

O primeiro programa a ser apresentado é um programa que serve como teste do microcomputador CEDM-80 e que, ao mesmo tempo, nos permite verificar como a instrução HLT deixa o microcomputador na condição "halt" (condição de parada). Vejamos:

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
RS	CEDM 80	Inicialização do micro.
E		O display fica totalmente apagado.
2 0 0 1	2 0 0 1	
D	2 0 0 1 XX	XX - significa valor anterior.
7 6	2 0 0 1 76	76 - código de máquina da instrução HLT.
CO		Somente os pontos decimais se acenderão.

Observações:

- Toda vez que o micro CEDM-80 apresentar todos os pontos decimais do display acesos, isto indicará que o programa digitado foi processado (ou rodado).

- Cabe ressaltar que a área do mapa de memória destinada à memória RAM vai do endereço 2000 (inclusive) ao endereço 27FF (inclusive).

- Note que, ao ligar o microcomputador CEDM-80, este é automaticamente inicializado (ou resetado), devendo ser apresentada no display a mensagem "  ". Assim sendo, não é necessário pressionar a tecla de reset (RS) para inicializar o micro CEDM-80, quando este é ligado.

Ao executar um programa em Assembler, devemos, sempre que possível, ter uma "idéia" do que esperamos que ocorra ou do resultado que buscamos.

O programa a seguir nos mostra a execução de mais duas instruções do Z-80: LD r,n e ADC A,reg.

A figura 14 nos mostra um diagrama de blocos do programa a ser executado.

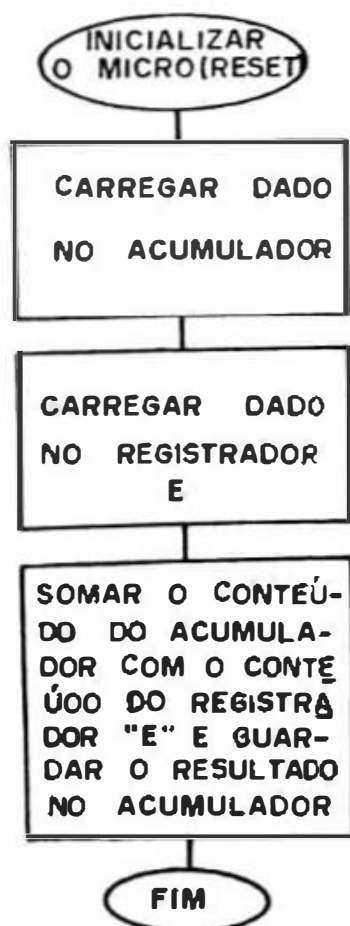


FIGURA 14

Suponhamos então, que queremos carregar o acumulador com o valor E3 e o registrador "E" com o valor 0A. Em seguida, através da instrução ADC A,E, nós iremos somar esses dois valores, obtendo então como resultado o valor ED, o qual deverá ser guardado no acumulador. Veja:

$$\begin{array}{r}
 E3 = 1110\ 0011 \\
 0A = 0000\ 1010 \\
 \hline
 \underbrace{1110}_E \underbrace{1101}_D
 \end{array}
 +$$

Vamos agora montar o programa-fonte utilizando para tanto o mnemônico das instruções.

Programa-fonte

```

LDA, E3
LDE, 0A
ADC A,E
HALT

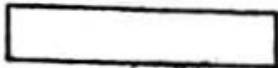
```

Uma vez obtido o programa-fonte, vamos então escrever o programa-objeto:

Programa-objeto

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	
2000	— 3E	} LD A,E3
2001	— E3	
2002	— 1E	} LD E,0A
2003	— 0A	
2004	— 8B	} ADC A,E
2005	— 76	
		} HALT

Vejamos agora como digitar o programa no micro CEDM-80.

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
		Inicialização do micro
		

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
2 0 0 0	2 0 0 0	
D	2 0 0 0 XX	XX - significa valor anterior.
3 E	2 0 0 0 3E	
+	2 0 0 1 XX	
E 3	2 0 0 1 E3	
+	2 0 0 2 XX	
1 E	2 0 0 2 1E	
+	2 0 0 3 XX	
0 A	2 0 0 3 0A	
+	2 0 0 4 XX	
8 B	2 0 0 4 8B	
+	2 0 0 5 XX	
7 6	2 0 0 5 76	Final do programa.

Terminada a digitação do programa, ele está pronto para ser rodado. Para tanto, é preciso dar um endereço de partida válido. No nosso caso, o endereço de partida é a posição de memória 2000, pois é a partir dessa posição (ou endereço) de memória que começamos a digitar o nosso programa. Devemos então digitar o seguinte:

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
E		
2 0 0 0	2 0 0 0	Endereço válido para que o programa seja rodado.
GO		Programa rodou.

Feito isto, precisamos saber o resultado. No nosso caso, sabemos que o resultado da soma do conteúdo do acumulador com o conteúdo do registrador E está guardado no próprio acumulador. Portanto, para que possamos visualizar o resultado, basta pressionarmos a tecla R, vejamos:

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
RS		
R	A = ED	O conteúdo do acumulador é ED, que confere com o resultado <u>esperado</u> .

Obs.: Caso fosse preciso verificar o conteúdo dos outros registradores, bastaria pressionar a tecla

+

, seguidamente, passando pelos registradores: B, C, D, E, H, L, F e I.

Como o programa apresentado é relativamente curto, ou seja, de poucas linhas, para endereçarmos a posição de memória válida, 2000, poderíamos ter lançado mão da tecla

=

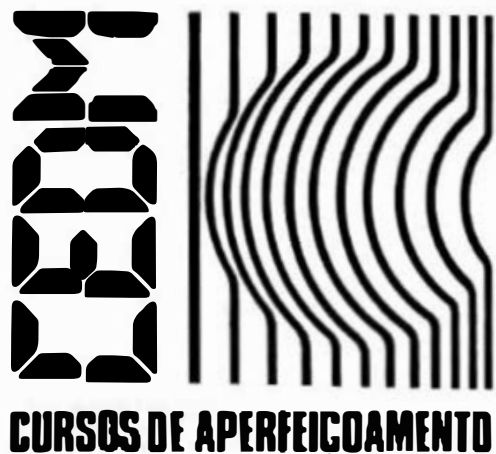
. Assim, ao terminarmos a digitação do programa, bastaria voltarmos, pressionando a tecla

=

 5 (cinco) vezes consecutivas, para atingirmos a posição 2000. A partir daí procede-se normalmente. Vejamos:

TECLA	DISPLAY	COMENTÁRIOS
⋮	⋮	⋮
7 6	2 0 0 5 76	Final do programa
⋮	⋮	
- - -		
- -	2 0 0 0 3E	
GO		

Para verificar o resultado que deve estar armazenado no acumulador, proceda da mesma maneira que explicamos anteriormente.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 · CEP 86100 · LONDRINA · PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-23

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

1) O fluxograma também é conhecido como:

- ☒ a) diagrama de blocos;
- b) diagrama de fluxo;
- c) diagrama seqüencial;
- d) N.R.A.

2) A fluxogramação se presta ao propósito de:

- a) auxiliar na visualização do melhor meio de se resolver um problema;
- b) ilustrar um sistema proposto para análise e verificação;
- c) registrar processos e atividades a serem usados como um modelo para propósitos de operação;
- ☒ d) todos os itens estão corretos.

3) Os símbolos gráficos, utilizados nos fluxogramas foram normalizados pela:

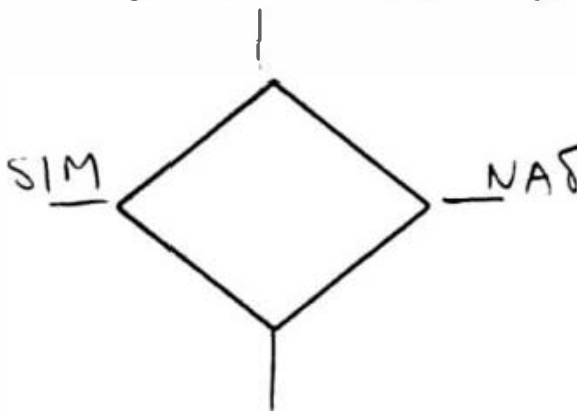
- a) ABNT;
- ☒ b) ECMA;
- c) INPM;
- d) N.R.A.

4) O símbolo, ilustrado a seguir, indica uma operação de:



- a) Processamento genérico;
- b) Decisão;
- ☒ c) Entrada/Saída;
- d) Terminal.

5) O símbolo, ilustrado a seguir, indica uma operação de:



- a) Entrada/Saída;
- b) Terminal ;
- c) Conector;
- ☒ d) Decisão.

- 6) Os tipos básicos de estrutura que podemos encontrar dentro de um fluxograma são:
- a) Desvio, Laço e Diagrama de blocos;
 - ☒ b) Desvio, Laço e Seqüencial;
 - c) Desvio, Laço e Estrutura não seqüencial;
 - d) N.R.A.
- 7) A repetição de uma instrução ou de um conjunto de instruções até o instante em que ocorra uma condição que determine o seu término é considerado como sendo um:
- ☒ a) Laço ou Loop;
 - b) Desvio condicional;
 - c) Desvio incondicional;
 - d) N.R.A.
- 8) Os dígitos que compõem o campo de endereços do display do micro CEDM-80 são:
- a) 3, 4, 5 e 6;
 - b) 5 e 6;
 - c) 2, 3, 4 e 5;
 - ☒ d) 1, 2, 3 e 4.
- 9) A tecla E tem por função a abertura do:
- a) ~~campo~~ de dados;
 - b) registrador F;
 - ☒ c) ~~campo~~ de endereços;
 - d) N.R.A.

10) No programa, cujo diagrama de blocos se encontra na figura 14, se substituíssemos o valor a ser carregado no acumulador por AA e o valor a ser carregado no registrador E por 55, ao fazermos rodar o programa, obteríamos o seguinte resultado:

a) AF;

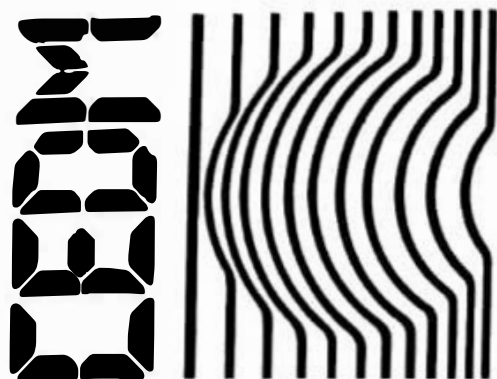
b) FF;

c) 00;

d) 1B.

AA	10101010	
55	01011001	
	11111111	
	FF	

AS	10101010	
SA	01011010	
	11111111	
	FF	



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANA

LIÇÃO MP-24

MANUAL DE PRÁTICA MP-24

INTRODUÇÃO

Dando continuidade à lição anterior (MP-23), apresentaremos, nesta lição, uma série de programas, cujo objetivo é demonstrar o uso de algumas instruções do microprocessador Z-80. Nestes programas, as indicações referentes às teclas e ao display foram eliminadas, uma vez que se tornam desnecessárias aqui para frente, porém, para facilitar a compreensão dos programas, estes serão apresentados sob a forma de programa fonte (mnemônicos) e programa objeto, acompanhado de comentários.

PROGRAMA 1

O objetivo deste(s) programa(s) é o de demonstrar a execução da instrução CPL. Esta instrução tem, por função complementar, o conteúdo do acumulador, sendo que a operação de complementação é, na verdade, uma operação NOT (NO). O resultado é guardado no próprio acumulador.

Vejamos uma aplicação simples da instrução CPL. O programa fonte é mostrado na figura 1.

PROGRAMA FONTE

LDA, 00
CPL
HLT

FIGURA 1

Na figura 2, apresentamos o programa objeto.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2010	3E	carregar o acumulador
2011	00	valor colocado no acumulador
2012	2F	complementa conteúdo do acumulador
2013	76	fim

FIGURA 2

Para rodar o programa (após o mesmo ter sido digitado), basta pressionar a tecla "E", digitar o endereço (válido) 2010 e, em seguida, pressionar a tecla "GO". Nos dois campos do display, deverá aparecer uma série de pontos indicando que o programa rodou. Para verificarmos o resultado, devemos pressionar a tecla "RS" e, em seguida, pressionar a tecla "R", devendo aparecer no visor "A = XX", onde XX é o complemento do valor que foi colocado no acumulador.

A instrução CPL, por si só, realiza o que nós chamamos de "complemento de 1", ou seja, complementa o conteúdo do acumulador. Entretanto, se associarmos a instrução CPL à instrução INC A, poderemos obter o "complemento de 2" do conteúdo do acumulador. A figura 3 nos mostra o programa fonte que nos permite realizar o complemento de 2, de um valor guardado no acumulador. Vamos supor que este valor seja o mesmo do programa anterior, ou seja, "00".

PROGRAMA FONTE

LDA, 00
CPL
INC A
HLT

FIGURA 3

A figura 4, por sua vez, nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2010	3E	-carregar o acumulador
2011	00	-valor colocado no acumulador
2012	2F	-complementar o acumulador
2013	3C	-incrementar o acumulador
2014	76	-fim

FIGURA 4

Para rodar o programa e verificar o resultado, o qual se encontra guardado no acumulador, procede-se da mesma forma que no programa anterior.

Este programa executa o "complemento de 2" do conteúdo do acumulador, porém o microprocessador Z-80 possui uma instrução específica para realizar esta operação que é a instrução NEG.

PROGRAMA 2

Este programa tem por objetivo mostrar a execução da instrução NEG, a qual é constituída por dois bytes. Na figura 5, apresentamos o programa fonte.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, E8
NEG
HLT
```

FIGURA 5

Na figura 6, temos o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2001	3E	- carregar o acumulador
2002	E8	- valor colocado no acumulador
2003	ED	- 1ª byte da instrução NEG
2004	44	- 2ª byte da instrução NEG
2005	76	- fim

FIGURA 6

Rode o programa e verifique o resultado. Apenas, a título de curiosidade, digite novamente o programa, substituindo o valor colocado no acumulador E8 por 00. Compare este novo resultado com o resultado do programa anterior (figura 4).

PROGRAMA 3

Este programa tem por finalidade demonstrar a execução da instrução AND, a qual faz parte do grupo de instruções lógicas.

O programa fonte é mostrado na figura 7, sendo este capaz de realizar a função AND (E) entre o conteúdo do acumulador e o conteúdo do registrador B, guardando o resultado final no próprio acumulador.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, AF
LDB, 5A
AND B
HLT
```

FIGURA 7

A figura 8 nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	3E	carrega o acumulador (A)
2001	AF	valor colocado no acumulador
2002	06	carrega o registrador B
2003	5A	valor colocado no registrador B
2004	A0	executa a função AND entre A e B
2005	76	fim

FIGURA 8

Para verificar o resultado, proceda da mesma forma que nos programas anteriores.

Uma vez rodado o programa e verificado o resultado, refaça o programa, substituindo os valores colocados no acumulador e no registrador B, isto é muito importante, pois o aluno passa a assimilar melhor a matéria.

PROGRAMA 4

O programa 4 foi desenvolvido para demonstrar a execução da instrução lógica OR (OU). Para este caso, iremos reaproveitar os mesmos dados do programa 3, mudando apenas a instrução lógica. A figura 9 nos mostra o programa fonte.

PROGRAMA FONTE

```
LD A, AF
LD B, 5A
OR B
HLT
```

FIGURA 9

Na figura 10, apresentamos o programa objeto pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2020	3E	carrega o acumulador (A)
2021	AF	valor colocado no acumulador
2022	06	carrega o registrador B
2023	5A	valor colocado no registrador B
2024	B0	executa a função OR entre A e B
2025	76	fim

FIGURA 10

Para rodar o programa, após o mesmo ter sido digitado, pressione a tecla "E" e digite o endereço 2020. Em seguida, pressione a tecla "GO". Para se verificar o resultado, uma vez o programa rodado, pressione a tecla "RS" e, em seguida, pressione a tecla "R" e o conteúdo do acumulador será mostrado no display.

As observações feitas no final do programa 3, também são válidas para este programa.

PROGRAMA 5

O presente programa tem por objetivo demonstrar a execução da instrução XOR (HL), a qual realiza a lógica OR EXCLUSIVA (OU EXCLUSIVA) entre o conteúdo da posição de memória, endereçada pelo par de registradores HL e o conteúdo do acumulador. O resultado é guardado (ou carregado) no próprio acumulador.

A figura 11 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, AA
LD HL, 72
XOR (HL)
HLT
```

FIGURA 11

A figura 12 nos mostra o programa objeto pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2020	3E	carrega o acumulador (A)
2021	AA	valor colocado no acumulador
2022	36	carrega o registrador (B)
2023	72	valor colocado no registrador B
2024	AE	executa a função XOR entre A e B
2025	76	fim

FIGURA 12

Uma vez digitado o programa, rode o mesmo e verifique o resultado final. Feito isto, execute novamente este programa, porém modifique os dados para que possa fixar bem o funcionamento da operação em questão.

PROGRAMA 6

Este programa tem por objetivo demonstrar a execução da instrução RLC, a qual desloca todos os bits de um byte de dados de uma posição para a esquerda, num movimento de rotação. Assim, o bit 7 é colocado no lugar do bit 0, enquanto que os bits de 0 a 6 são deslocados de uma posição para a esquerda. O bit 7 é, também, copiado no carry.

O programa fonte a ser executado é mostrado na figura 13.

PROGRAMA FONTE

```
LD D, 92
RLC D
HLT
```

FIGURA 13

A figura 14 nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	16	carrega o registrador D
2001	92	valor colocado no registrador D
2002	CB	1º byte da instrução RLC D
2003	02	2º byte da instrução RLC D
2004	76	fim

FIGURA 14

O resultado final encontra-se guardado no registrador D.

Para verificarmos se o bit 7 foi gravado no carry, é necessário "chamarmos" o registrador F (Flag) e, em seguida, transformar o seu conteúdo, que é apresentado na forma hexadecimal, para a forma binária. O bit carry é representado pelo primeiro bit da direita, conforme nos mostra a figura 15.

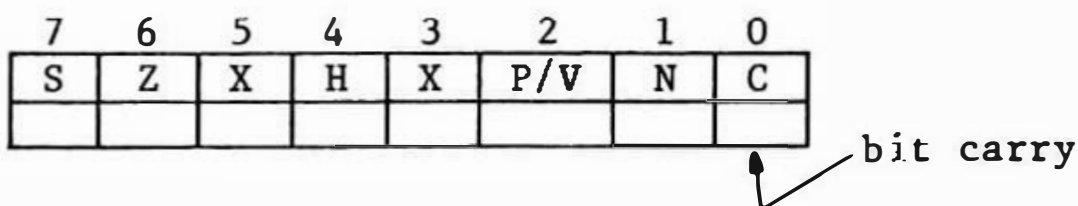


FIGURA 15

PROGRAMA 7

Este programa foi desenvolvido para demonstrar a execução da instrução de rotação RRC. Esta instrução é semelhante à instrução RLC, exceto quanto ao sentido de rotação, ou seja, a instrução RRC realiza a rotação para a direita. Neste caso, o bit "0" é gravado (ou copiado) no carry.

A figura 16 nos mostra o programa fonte a ser executado, o qual foi desenvolvido de modo a utilizar os mesmos dados e registros do programa anterior, permitindo, assim, que o aluno compare os resultados finais desses programas

PROGRAMA FONTE

```
LD D, 92
RRC D
HLT
```

FIGURA 16

O programa objeto a ser digitado é apresentado na figura 17.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	16	carrega o registrador D
2001	92	valor colocado no registrador D
2002	CB	1ª byte da instrução RRC D
2003	0A	2ª byte da instrução RRC D
2004	76	fim

FIGURA 17

Para verificação do resultado e do valor gravado (ou copiado) no bit carry, procede-se de forma semelhante à descrita para o programa anterior.

PROGRAMA 8

O presente programa foi desenvolvido com vistas a demonstrar a execução da instrução de rotação SLA. Esta instrução desloca todos os bits de uma posição para a esquerda, reseta (zera) o bit "0" e grava ou copia o bit 7 no carry.

Esta instrução nos permite executar a operação de multiplicação por alguma potência de dois (2). Para facilitar a compreensão, vamos fazer uma analogia com o sistema decimal. Na base 10 (sistema decimal), quando multiplicamos um número qualquer por 10, simplesmente deslocamos todos os algarismos uma casa (ou posição) para a esquerda e acrescentamos um zero no final. Se multiplicarmos um número qualquer por 100, todos os algarismos serão deslocados de duas posições para a esquerda o que significa que esse mesmo número foi multiplicado por 10, duas vezes seguidas. Assim, ao executarmos a instrução SLA, estaremos multiplicando o número por 2 e, ao realizá-la duas vezes sucessivas, estaremos multiplicando o número por 4, assim por diante.

O programa fonte a ser executado é apresentado na figura 18.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, 7F
SLA A
HLT
```

FIGURA 18

A figura 19 nos mostra o programa objeto a ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2010	3E	- carrega o acumulador (A)
2011	7F (XX)	- valor colocado no acumulador
2012	CB	- 1ª byte da instrução SLA A
2013	27	- 2ª byte da instrução SLA A
2014	76	- fim

FIGURA 19

Após digitar o programa, rode o mesmo e verifique o resultado final.

Lembre-se de que o maior número positivo que se pode representar por intermédio de 8 bits (utilizando-se o sistema binário e não a representação em complemento de 2) é 256 (decimal). Assim, quando o número original que irá sofrer a rotação for maior que 128 (decimal), o resultado do deslocamento não será duas vezes o número, mas sim o número multiplicado por 2, menos 256, sendo o bit carry levado para "1" (binário) para indicar este fato.

Na figura 20, apresentamos uma tabela com vários valores de XX (valor a ser colocado no acumulador), os quais deverão ser colocados no programa apresentado na figura 19, uma por vez e, em seguida, o programa deverá ser rodado. Verifique o resultado final para todas as situações apresentadas, inclusive o carry bit. Note que as linhas 1 e 7 da tabela já estão preenchidas com os respectivos resultados, cabendo ao aluno a tarefa de preencher os espaços correspondentes aos resultados para as demais linhas.

	XX(H)	Resultado		(F)
		Acumulador (A)	Carry (F)	
linha 1	05	0A	0	05 1005
linha 2	0A	14	1	0A 000A
linha 3	78	8C	0	78 0078
linha 4	80	04	1	80 0080
linha 5	81	02	1	81 0081
linha 6	01	02	0	01 0001
linha 7	82	04	1	82 0082

FIGURA 20

O fato do carry ser igual a 1 nos permite detectar se houve um estouro, ou seja, resultado maior do que 255. Caso o carry seja igual a 1, o número que aparecer no display (transformado para decimal) mais (+) o 256 (decimal) será o valor real do número (ou resultado).

PROGRAMA 9

Este programa foi desenvolvido para demonstrar a execução da instrução SRA. Esta instrução opera de forma semelhante à instrução SLA, porém o deslocamento se dá para a direita, colocando o bit "0" no carry. O bit 7 não é alterado, o que não nos permite "dividir" números positivos maiores do que 127 (decimal) ou 7F (hexadecimal), mas, por outro lado, nos possibilita dividir números negativos de -1 a -128 (decimais).

De uma forma resumida, podemos dizer que esta instrução divide o conteúdo do registrador especificado por 2 e coloca o resto da divisão no bit carry.

A figura 21 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, OF
SRA A
HLT
```

FIGURA 21

A figura 22, por sua vez, nos mostra o programa objeto, pronto para ser executado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2015	3E	-carrega o acumulador
2016	0F	-valor colocado no acumulador
2017	CB	-1ª byte da instrução SRA A
2018	2F	-2ª byte da instrução SRA A
2019	76	-fim

FIGURA 22

Uma vez digitado o programa, rode-o e verifique o resultado apresentado no acumulador (A) e o valor do resto da operação que é apresentado no registrador F (Flag), mais especificamente, no bit carry.

PROGRAMA 10

Este programa tem por objetivo mostrar o uso da instrução INC B, a qual incrementa o conteúdo do registrador B de uma unidade.

Na figura 23, temos o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LD B, 01
INC B
HLT
```

FIGURA 23

A figura 24 nos mostra o programa objeto a ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	06	carrega o registrador B
2001	01	valor colocado no registrador B
2002	04	incrementa o registrador B
2003	76	fim

2 : 02

FIGURA 24

Depois de digitar o programa, este deve ser rodado. Para se verificar o resultado, após o programa ter sido rodado, basta "chamar" o registrador B e ler o valor nele armazenado.

PROGRAMA 11

Este programa tem por objetivo demonstrar a execução da instrução ADD A,r. Como sabemos, esta instrução soma o conteúdo do registrador "r" ao conteúdo do acumulador e o resultado fica no acumulador. A figura 25 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LD A, OF
LD L, FO
ADD A, L
HLT
```

FIGURA 25

Na figura 26, temos o programa objeto pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2015	3E	carrega o acumulador (A)
2016	0F	valor colocado no acumulador
2017	2E	carrega o registrador L
2018	FO	valor colocado no registrador L
2019	85	soma o conteúdo de A com o de L
201A	76	fim

FIGURA 26

Após digitar o programa, rode-o e, em seguida, verifique o resultado, o qual se encontra guardado no acumulador.

Digite novamente este programa (figura 26), porém substitua o valor colocado no acumulador e no registrador L por "FF". Note que o resultado apresentado no acumulador, após o programa ter sido rodado, é FE e o carry é igual a 1.

PROGRAMA 12

Este programa tem por objetivo demonstrar a execução da instrução ADD A,n. Como sabemos, esta instrução soma a constante "n" ao conteúdo do acumulador, sendo que o resultado fica guardado no próprio acumulador. A figura 27 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LDA, XX
ADD, n
HLT
```

FIGURA 27

A figura 28 nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação(Hexadecimal)	Comentários
2011	3E	carrega o acumulador
2012	1B	valor colocado no acumulador
2013	C6	soma a constante ao conteúdo do acumulador
2014	05	valor da constante
2015	76	fim

FIGURA 28

Após digitar o programa, "rode" o mesmo e verifique o resultado, o qual se encontra armazenado no acumulador.

PROGRAMA 13

Este programa foi desenvolvido para demonstrar a execução da instrução ADC A,r. A instrução ADC A,r soma o conteúdo do carry bit mais (+) o conteúdo do registrador r com o conteúdo do acumulador. O resultado desta operação é guardado no próprio acumulador.

Neste exemplo, iremos escolher o registrador "r" como sendo o registrador E.

A figura 29 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LD A,
LD E,
ADC A,E
HLT
```

FIGURA 29

A figura 30, por sua vez, apresenta-nos o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	
2000	3E	carrega o acumulador
2001	1A	valor colocado no acumulador
2002	1E	carrega o registrador E
2003	90	valor colocado no registrador E
2004	8B	executa a instrução ADC A,E
2005	76	fim

FIGURA 30

Antes de rodar, ou mesmo de digitar o programa, "chame" o registrador F e coloque no mesmo o valor "00", o que nos garante o carry igual a zero (0). Em seguida, providencie para que o programa seja rodado e verifique o resultado.

Uma vez verificado o resultado para a condição em que o carry é igual a zero (0), vamos "chamar" novamente o registrador F e colocar nele o valor 01, valor este que nos garante que nos o carry seja igual a "1". Rode novamente o programa e verifique o novo resultado que está armazenado no acumulador.

No primeiro caso, para $F = 00$, o aluno deverá encontrar o valor AA. Para o segundo caso, em que $F = 01$, o aluno deverá encontrar como resultado o valor AB.

Experimente rodar o programa com outros valores, porém observando sempre o valor colocado no registrador F, de modo a garantir que o carry seja 0 ou 1, conforme se desejar.

PROGRAMA 14

O presente programa tem por objetivo demonstrar a execução da instrução SUB r. Esta instrução, como sabemos, subtrai o conteúdo do registrador r do conteúdo do acumulador, armazenando o resultado da operação no próprio acumulador.

A figura 31 nos mostra o programa fonte a ser executado.

PROGRAMA FONTE

```
LD A, FF
LD B, OF
SUB B
HLT
```

FIGURA 31

A figura 32, por sua vez, nos mostra o programa objeto, pronto para ser executado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	3E	carregar o acumulador
2001	FF	valor colocado no acumulador
2002	06	carrega o registrador B
2003	0F	valor colocado no registrador B
2004	90	executa a instrução SUB B
2005	76	fim

FIGURA 32

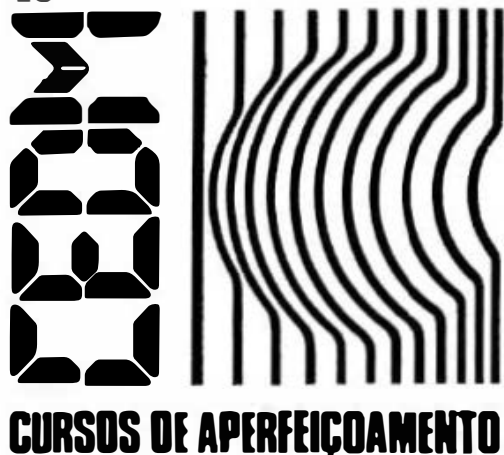
Uma vez digitado o programa, este deve ser rodado. Para verificar o resultado, basta "chamar" o acumulador (ou simplesmente pressionar a tecla "R").

Vamos, então, conferir o resultado. Para isso, vamos resolver a operação de subtração do conteúdo do registrador B (OF) do conteúdo do acumulador (FF), vejamos:

(Hexadecimal)	(binário)
FF	= 1111 1111
OF	= 0000 1111
	<u>1111 0000</u>
	<u> F 0 </u>

Temos, portanto, como resultado o hexadecimal F0. Este valor (F0) é o valor que deve aparecer no display, quando for-mos verificar o resultado do programa.

Na próxima lição, apresentaremos mais uma série de programas para o microcomputador CEDM-80. Sugerimos ao aluno que, a partir dos programas apresentados, passe a criar pequenos programas de teste para as instruções que não foram testadas, pois, somente assim, o aluno passará a assimilar melhor o funcionamento do micro CEDM-80.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-24

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) Ao verificarmos o resultado do programa apresentado na figura 2, observaremos que o conteúdo do acumulador será igual a:
a) 00
b) 1F
☒ c) FF
d) BA
- 2) O resultado do programa apresentado na figura 4 é:
☒ a) A = 00
b) A = FF
c) A = 1F
d) A = F7
- 3) Após rodar o programa apresentado na figura 6, o conteúdo do acumulador será igual a:
a) 08
b) 8A
☒ c) E8
d) 18
- 4) Após ter sido executado o programa apresentado na figura 8, será exibido como conteúdo do acumulador o valor:

- a) A0;
b) 0A;

- c) 00;
d) 1A.

5) Após a execução do programa apresentado na figura 12, o acumulador passa a exibir o valor:

- a) d8;
b) 08;

- c) AA;
d) FF.

6) O resultado do programa apresentado na figura 17 é igual a:

- a) registrador D = 18 e registrador F = AA;
b) registrador A = 08 e registrador F = 49;
c) registrador D = 49 e registrador F = 08;
d) registrador B = 49 e registrador F = 18.

7) A tabela da figura 20, após rodarmos o programa da figura 19 para os diversos valores de XX(H), deverá ter as colunas de resultado assim preenchidas:

a)

XX(H)	Resultados	
	Acumulador(A)	Carry(F)
05	0A	0
0A	14	0
78	F0	0
80	00	1
81	02	1
01	02	0
82	04	1

b)

XX(H)	Resultados	
	Acumulador(A)	Carry(F)
05	0A	0
0A	41	0
78	0F	0
80	AA	0
81	10	0
01	02	0
82	04	1

c)

XX(H)	Resultados	
	Acumulador(A)	Carry(F)
05	0A	0
0A	41	0
78	FA	0
80	F0	1
81	02	1
01	02	0
82	04	1

d)

XX(H)	Resultados	
	Acumulador(A)	Carry(F)
05	0A	0
0A	14	1
78	F0	1
80	FF	1
81	20	0
01	20	0
82	04	1

8) O programa apresentado na figura 22, após ter sido rodado, apresentará como resultado:

- a) A = F7 e F = 00;
- b) D = 27 e F = 01;
- c) A = DC e F = A1;
- ☒ d) A = 07 e F = 01.

9) Após rodarmos o programa apresentado na figura 24, o registrador B passa a exibir como resultado o valor hexadecimal:

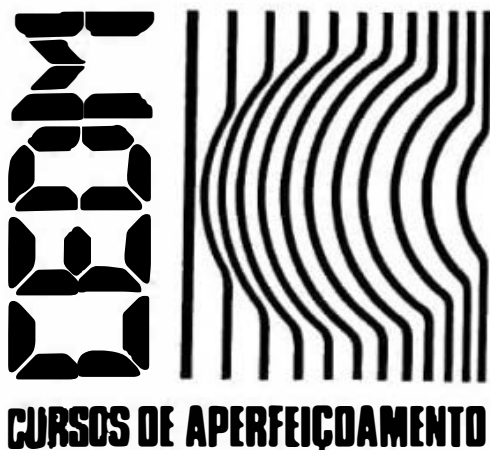
- a) AA;
- ☒ b) 02;
- c) 9C;
- d) 71.

10) Após ter sido rodado o programa da figura 28, será apresentado como resultado:

- a) 9C;
- b) AD;
- ☒ c) 20;
- d) N.R.A.

$$1B + 05 = 20$$

00011011	1B
+ 00000101	05
00100000	20



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-25

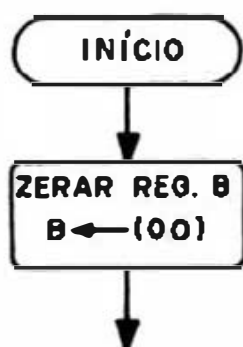
MANUAL DE PRÁTICA MP-25

INTRODUÇÃO

Nesta lição apresentaremos uma série de programas, cujo objetivo é familiarizar o aluno com as técnicas de programação em Assembler.

PROGRAMA 1

Este programa tem por objetivo apresentar a rotina de conversão de um número hexadecimal para o código BCD. Como o nosso microcomputador possui apenas dois dígitos no campo de dados, isto nos leva a concluir que o número hexadecimal a ser convertido não pode ser superior a $(63)_{16}$, pois, com dois dígitos em BCD, o maior número que conseguimos representar é $(99)_{10}$. A figura 1 nos mostra o fluxograma do programa.



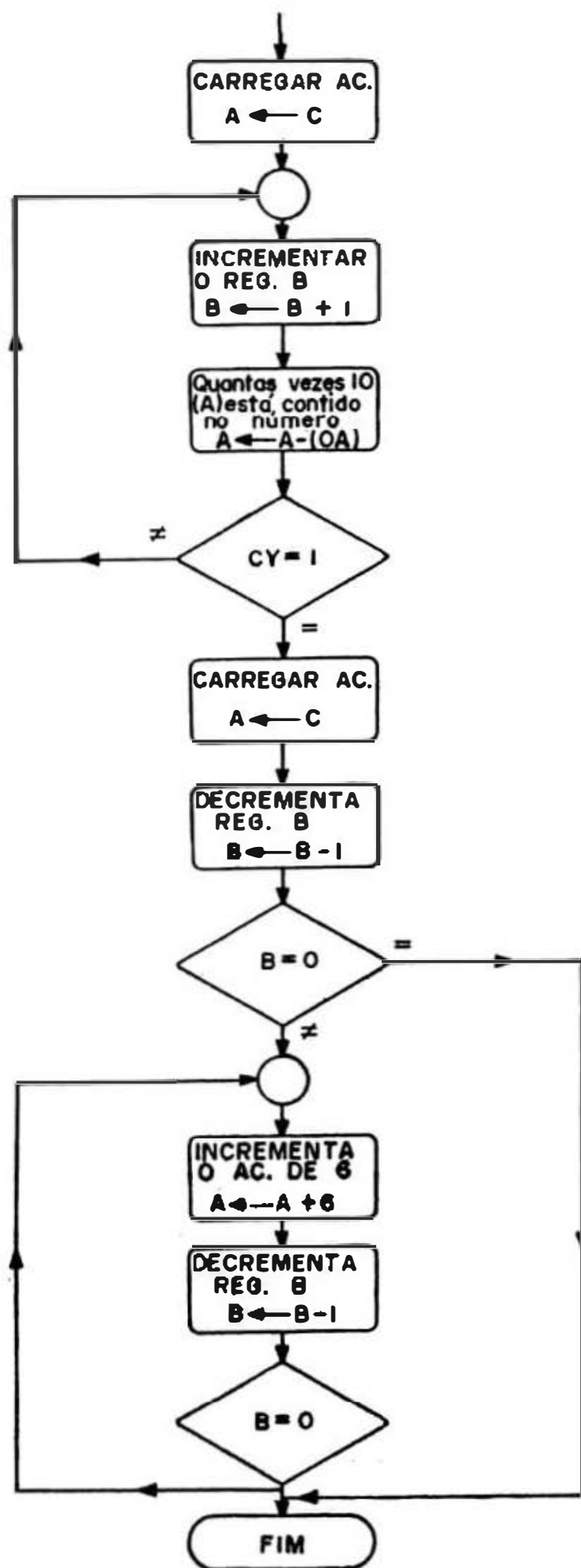


FIGURA 1

A figura 2, por sua vez, nos apresenta o programa escrito sob a forma de mnemônico, ou seja, o programa fonte.

PROGRAMA FONTE

```
LD B,00
LD A,C
INC B
SUB OA
JR NC,FB
LD A,C
DEC B
RET Z
ADD A,06
DJNZ,FC
HLT
```

FIGURA 2

Na figura 3, apresentamos o programa objeto, pronto para ser digitado em seu microcomputador CEDM-80.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2030	06	Inicializar o registrador B com 00
2031	00	
2032	79	Transferir o conteúdo de C para o acumulador.
2033	04	Incrementar o registrador B.
2034	D6	Verificar quantas vezes 10 está contido no número a ser transformado.
2035	0A	
2036	30	O programa prossegue no endereço relativo.
2037	FB	
2038	79	Transferir o resultado para o acumulador
2039	05	Decrementar o registrador B.
203A	C8	
203B	C6	Some seis (6) no acumulador.

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
203C	06	
203D	10	O programa prossegue se o registrador B for diferente de zero.
203E	FC	
203F	76	Fim (HLT)

FIGURA 3

Para verificar o funcionamento do programa, o aluno deverá carregar o acumulador C com os números indicados na tabela 1 e anotar o respectivo resultado, o qual deverá ser lido no acumulador. A tabela 1 se encontra na figura 4.

Número a ser carregado no registrador C	Resultado (Acumulador)
63	99
10	16
A	18
1F	31
3A	58
5B	91

FIGURA 4

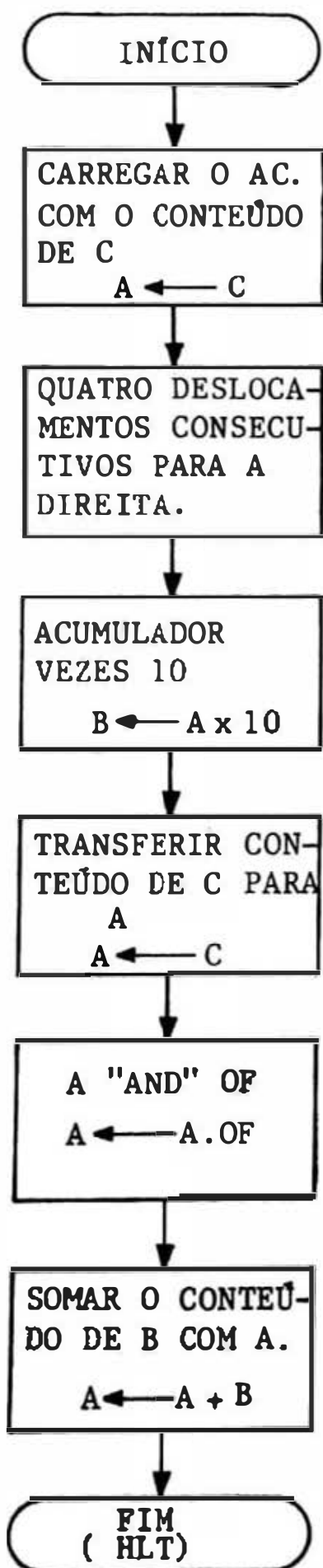
TABELA 1

PROGRAMA 2

Este programa tem por objetivo apresentar a rotina de conversão de um número escrito em BCD para hexadecimal. Este programa, comparado com o programa anterior, não apresenta praticamente nenhuma limitação, uma vez que dois dígitos em BCD nos permitem escrever no máximo o decimal 99 (equivalente ao hexadecimal 63), não ultrapassa a capacidade máxima de um registrador que é $(FF)_{16}$.

Neste programa, o número a ser convertido deverá ser carregado ou armazenado no registrador C, enquanto que o resultado deverá ser encontrado no acumulador. A figura 5 nos mostra o fluxograma do programa.

FIGURA 5



A figura 6 nos mostra o programa fonte.

PROGRAMA FONTE

```
LD A,C
SRL A
SRL A
SRL A
SRL A
ADD A,A
LD B,A
ADD A,A
ADD A,A
ADD A,B
LD B,A
LD A,C
AND OF
ADD A,B
HLT
```

FIGURA 6

A figura 7, por sua vez, nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2040	79	Número a ser convertido.
2041	CB	SRL A
2042	3F	
2043	CB	SRL A
2044	3F	
2045	CB	SRL A
2046	3F	
2047	CB	SRL A
2048	3F	
2049	87	Multiplicar o conteúdo do Ac. por 2.
204A	47	
204B	87	Multiplicar o conteúdo do Ac. por 4.
204C	87	Multiplicar o conteúdo do Ac. por 8.

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
204D	80	Conteúdo do Ac. vezes 10.
204E	47	
204F	79	
2050	E6	Função AND Ac. com 0F.
2051	0F	
2052	80	Soma Ac. com B.
2053	76	Fim (HLT)

FIGURA 7

Para verificar o funcionamento do programa, o aluno deverá carregar o acumulador C com os números indicados na tabela 2 e anotar o respectivo resultado, o qual deverá ser lido no acumulador. A tabela 2 é mostrada na figura 8.

Número a ser carregado no registrador C	Resultado (Acumulador)
99	63
63	3F
39	27
55	37
44	2C
15	0F
29	1D
84	54
77	4D
90	5A

FIGURA 8

TABELA 2

OBS.: O aluno deverá completar os espaços vazios da tabela 2.

PROGRAMA 3

Este programa tem por objetivo mostrar como se realiza o processo de soma no microcomputador CEDM-80. O programa é relativamente simples. A figura 9 nos mostra o fluxograma do programa.

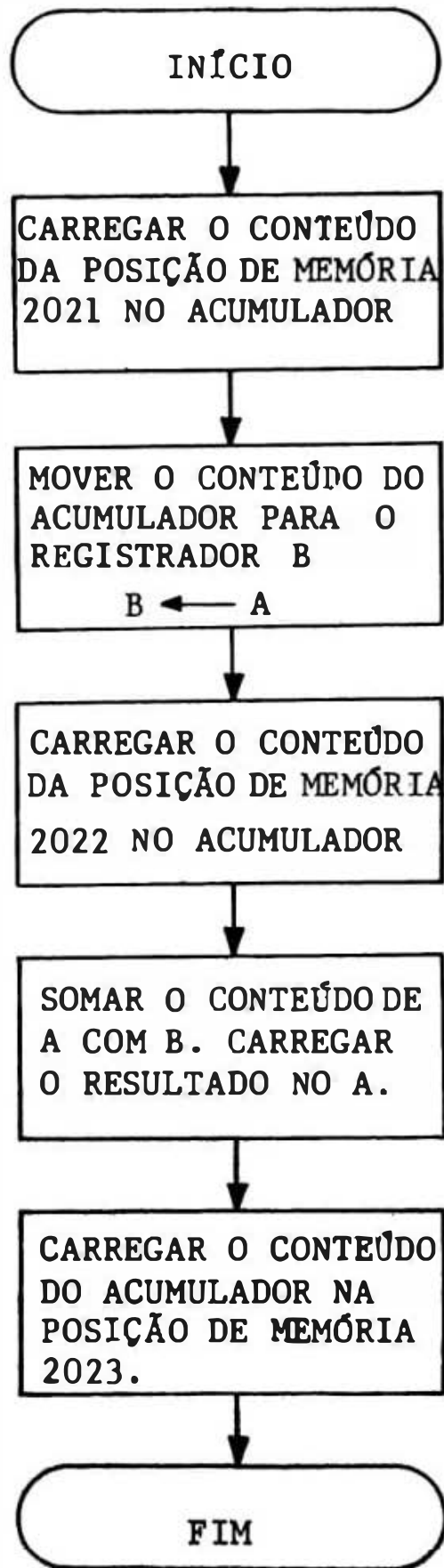


FIGURA 9

A figura 10 nos mostra o programa fonte, escrito em mnemônicos.

PROGRAMA FONTE

```
LD A, 2021
MOV B, A
LD A, 2022
ADD A, B
LD 2023, A
HLT
```

FIGURA 10

Por outro lado, a figura 11 nos fornece o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2010	3A	Carregar o acumulador com o conteúdo da posição de memória 2021
2011	21 00	
2012	20 02	
2013	47	Mover o conteúdo do acumulador para o registrador B.
2014	3A	Carregar o acumulador com o conteúdo da posição de memória 2022
2015	22 01	
2016	20 02 (02)	
2017	80	Somar o conteúdo de A com B.
2018	32	Carregar a posição de memória 2023 com o conteúdo do acumulador.
2019	23 01	
201A	20 02 (02)	
201B	76 ff	HLT (fim).

FIGURA 11

Para que o programa opere normalmente é preciso carregar os números que se deseja somar nas posições de memórias 2021 e 2022. O resultado da operação estará armazenado na posição de memória 2023.

A título de exemplo, vamos somar os números OF₁₆ e FO₁₆. Para tanto, vamos armazenar na posição de memória 2021 o número

ro OF₁₆ e na posição de memória 2022 o número FO. Feito isto é só rodar o programa. O resultado encontrado deverá ser igual a FF, fato este que podemos comprovar, realizando a soma desses dois números, veja:

$$\begin{array}{r}
 \text{OF} = 0000 \ 1111 \\
 \text{FO} = 1111 \ 0000 \quad + \\
 \hline
 \underbrace{1111}_{\text{F}} \ \underbrace{1111}_{\text{F}}
 \end{array}$$

Vejamos agora um exemplo onde ocorre carry, ou seja, vai um. Vamos somar o número AA com ele mesmo. Para tanto devemos carregar na posição de memória 2021 o valor AA e na posição de memória 2022 o valor AA. Após rodar o programa, iremos encontrar na posição de memória 2023 o valor 54 e no registrador F (Flag) o bit zero que corresponde à posição carry (C) e deverá ser igual a 1 (um). Vejamos:

Hexadecimal	Binário	Decimal
$ \begin{array}{r} \text{A A} \\ \text{A A} \quad + \\ \hline 15 \ 4 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 10101010 \\ 10101010 \quad + \\ \hline 101010100 \\ \text{↵} \\ \text{Vai "um"} \end{array} $	$ \begin{array}{r} 170 \\ 170 \quad + \\ \hline 340 \end{array} $

Como o aluno pode constatar, o número hexadecimal 154 equivale ao decimal 340.

Neste programa cabe ressaltar o fato de que o endereço no qual se encontram os números a serem somados e o endereço onde deveremos encontrar o resultado estão escritos, no programa objeto, de forma inversa. Por exemplo, na linha 2001 temos o número 21 que equivale ao byte menos significativo do endereço 2021, sendo que o byte mais significativo "20" se encontra na linha 2002. Este esquema funciona com base no processo da pilha, onde o "último a entrar é o primeiro a sair". No caso, o último a entrar foi o 20 e este deverá então ser o primeiro a sair. Assim o endereço desejado estará escrito na forma correta "2021".

PROGRAMA 4

Este programa tem por objetivo mostrar um método de se realizar a multiplicação entre dois números binários de 16

bits. Os números a serem multiplicados deverão ser carregados nas posições de memória 2070-2071 e 2072-2073. O resultado da operação de multiplicação será apresentado na posição de memória 2074-2075.

A figura 12 nos mostra o programa fonte, escrito em mne-
mônicos.

PROGRAMA FONTE

```
LD HL,0000
LD DE,(2070)
LD BC,(2072)
LD A,D
OR E
CALL Z,0038
MLT:SRL B
      RRC
      JR NC,NCF
      ADD HL,DE
      CALL C,0038
NCF:LD A,B
      OR C
      JP Z,ANS
      SLA E
      RL D
      CALL 0038
      JP MLT
ANS:LD(2074),HL
      RST
      HLT
```

FIGURA 12

Por outro lado, a figura 13 nos mostra o programa objeto pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2010	21	HL = produto inicial igual a zero
2011	00	
2012	00	
2013	ED	DE = multiplicando

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2014	5B	
2015	70 01	
2016	20 02	
2017	ED	BC = multiplicador
2018	4B	
2019	72 02	
201A	20 02	
201B	7A	Verificar se DE = 0
201C	B3	
201D	CC	Caso DE = 0, saltar para o monitor.
201E	38	
201F	00	
2020	CB	BC = deslocamento para a direita, colocando zero
2021	38	
2022	CB	O indicador C é igual ao bit que se multiplica.
2023	19	
2024	30	Comparar o indicador C.
2025	04	
2026	19	Caso indicador C = 1, somar DE ao HL
2027	DC	Caso ADD provoque arraste (vai um).
2028	38	
2029	00	
202A	78	Se o indicador C = 0, verifique se BC = 0.
202B	B1	
202C	CA	Caso BC = 0, guardar o resultado.
202D	39 39	
202E	20 02	
202F	CB	Caso BC $\neq$ 0, deslocar DE para a esquerda.
2030	23	
2031	CB	
2032	12	
2033	DC	Se C = 1, é porque houve sobrepassamento e é preciso voltar ao monitor.

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2034	38	
2035	00	
2036	C3	Caso C $\neq$ 1, prossiga normalmente.
2037	20	
2038	20	
2039	22	Guarde o resultado.
203A	74	
203B	20	
203C	FF	
203D	76	Pare (fim)

FIGURA 13

Para que o programa opere normalmente, é preciso carregar o multiplicando nas posições de memória 2070 e 2071 e o multiplicador nas posições de memória 2072-2073. O resultado da multiplicação será encontrado nas posições de memória 2074-2075.

Vejamos um exemplo: vamos multiplicar o número 0020 pelo número 0400. Para tanto, vamos carregar o número "20" na posição de memória 2070 e o número "00" na posição de memória 2071. Da mesma forma, vamos carregar o número "00" na posição de memória 2072 e o número "04" na posição 2073. Agora é só rodar o programa.

Para averiguar o resultado vamos verificar o conteúdo das posições de memória 2074-2075. No nosso exemplo teremos, na posição 2074, o número 00 e na posição 2075 o número 80, dando como resultado final o número 8000. Para comprovar o resultado basta resolver a operação em binário, veja:

$$\begin{array}{r}
 00000000 \ 00100000 \\
 \times \ 0000010000000000 \\
 \hline
 1000000000000000 \\
 \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{8} \underbrace{\hspace{1.5cm}}_0 \underbrace{\hspace{1.5cm}}_0 \underbrace{\hspace{1.5cm}}_0
 \end{array}$$

PROGRAMA 5

Este programa tem por objetivo escrever palavras de até

6 dígitos no display do microcomputador CEDM-80. Para tanto, mostramos na figura 14 uma tabela, contendo os códigos dos ca racteres mais utilizados.

CÓDIGO DOS CARACTERES

Caracter alfanumérico	Código	Caracter alfanumérico	Código
0	C0	F	8E
1	F9	G	82
2	A4	H	89
3	B0	I	F9
4	99	J	E1
5	92	L	C7
6	82	M	AA
7	F8	N	C8
8	80	O	C0
9	90	P	8C
A	88	Q	98
B	83	R	CE
C	C6	S	92
D	A1	T	87
E	86	U	C1

FIGURA 14

A figura 15 nos apresenta o programa fonte, escrito em mnemônicos.

PROGRAMA FONTE

```
LD HL, 2030
CALL RESET
JP INICIO
```

FIGURA 15

Pelo que o aluno pôde notar, o programa em si é relativamente simples, porém é necessário montarmos uma tabela com os códigos dos caracteres que compõem a palavra que pretendemos escrever. Para montagem desta tabela, lançaremos mão da pseudo-instrução DFB. Suponhamos que a palavra que pretendemos escrever seja CEDM 80. Para tanto, a tabela dos caracteres a serem mostrados deve ser igual à tabela da figura 16.

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Mnemônico
2030	C6	DFB
2031	86	DFB
2032	A1	DFB
2033	AA	DFB
2034	80	DFB
2035	CO	DFB

FIGURA 16

A figura 17 nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	21	Carregar o par de registradores HL com o endereço do início da tabela de caracteres a serem mostrados.
2001	30	
2002	20	
2003	CD	Chama rotina de restauração, mandando para o display os 6 caracteres desejados.
2004	9C	
2005	00	
2006	C3	Saltar para o início do programa.
2007	00	
2008	20	

FIGURA 17

OBS.:

O endereço da rotina de restauração "009C" (veja linhas 2004 e 2005) faz parte do programa monitor do microcomputador CEDM-80.

PROGRAMA 6

Baseado no programa anterior, este programa tem por objetivo fazer com que uma frase circule no display, da direita para a esquerda, por um tempo indeterminado. A figura 18 nos mostra o programa fonte, escrito em mnemônicos.

PROGRAMA FONTE

```
LD BC, BMD - (buffer de mensagem do display = BMD).
LD D, tempo - (fixar tempo - velocidade de avanço).
INC BC
LD A, C
CP 36
JP Z, início - (volta ao início do programa).
LD H, B
LD L, C
PUSH BC
CALL REST
POP BC
DEC D
JP NZ, L1
JP L2
```

FIGURA 18

Vamos supor que desejamos fazer circular pelo display a frase "EU SOU CEDM 80". Para tanto, devemos escrever uma tabela, contendo os caracteres que deverão ser mostrados, a qual, no nosso caso, inicia-se a partir da posição de memória 2020. A figura 19 nos mostra a tabela de caracteres.

TABELA DE CARACTERES

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Mnemônico	Comentários
2020	FF	DFB	apagado
2021	FF	DFB	
2022	FF	DFB	
2023	FF	DFB	
2024	FF	DFB	
2025	FF	DFB	
2026	86	DFB	E
2027	C1	DFB	U
2028	FF	DFB	apagado
2029	FF	DFB	
202A	92	DFB	S
202B	C0	DFB	O
202C	C1	DFB	U
202D	FF	DFB	apagado
202E	FF	DFB	
202F	C8	DFB	C
2030	86	DFB	E
2031	92	DFB	D
2032	87	DFB	M

FIGURA 19

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Mnemônico	Comentários
2033	CO	DFB	8
2034	CE	DFB	0
2035	FF	DFB	apagado
2036	FF	DFB	
2037	FF	DFB	
2038	FF	DFB	
2039	FF	DFB	
203A	FF	DFB	

O código de operação "FF" corresponde ao RESET. Assim as seis primeiras linhas da tabela nos garantem que o visor comece apagado.

A figura 20 nos mostra o programa objeto, pronto para ser digitado.

FIGURA 20

PROGRAMA OBJETO

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2000	01	Endereço inicial do buffer de mensagem do display.
2001	20	
2002	20	
2003	16	Fixar tempo (velocidade de avanço do visor).

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2004	20	
2005	03	Avança o buffer de mensagem.
2006	79	Carregar o acumulador com o final do buffer.
2007	FE	Comparar com o final da mensagem.
2008	36	
2009	CA	Reciclar, se chegou no início
200A	00	
200B	20	
200C	60	Carregar o par HL como indicador do buffer para utilizar a rotina de restauração.
200D	69	
200E	C5	Salvar o par BC.
200F	CD	Chamar rotina para o display.
2010	9C	
2011	00	
2012	C1	Restaurar BC.
2013	15	Decrementar constante de tempo
2014	C2	Não sendo zero, continuar a mensagem.

Posição de memória	Código de operação (Hexadecimal)	Comentários
2015	0C	
2016	20	
2017	C3	Sendo zero, adiante um dígito
2018	03	
2019	20	

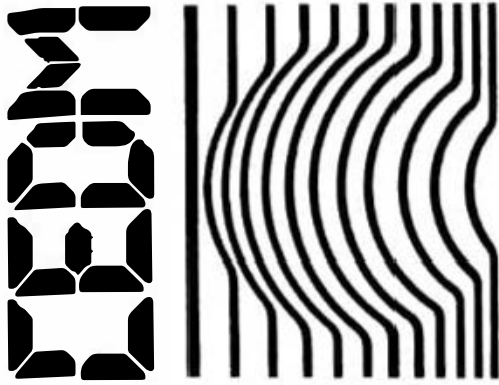
Para alterar o tamanho da mensagem basta alterar a posição de memória 2008, de acordo com o comprimento da nova mensagem. Também nos é possível alterar a velocidade, bastando, para tanto, alterar a posição de memória 2004.

COMENTÁRIOS FINAIS

Com esta lição encerramos o nosso curso, uma vez que a lição MP-26 se refere apenas aos aspectos de montagem do Kit CEDM-80.

Acreditamos termos atingido nossos objetivos com relação ao curso em si, principalmente no que diz respeito à divulgação tecnológica, bem como a formação e/ou especialização de técnicos na área de eletrônica digital e microprocessadores.

Finalizando, queremos deixar patente a nossa alegria e satisfação em podermos chegar até o final do curso com vocês. Até uma próxima oportunidade.



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 CEP 86100 LONDRINA PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-25



- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

As questões 1, 2 e 3 se referem ao programa número 1 (veja figura 4).

- 1) Ao se carregar o número hexadecimal 63 no registrador C, obteremos como resultado o seguinte número em BCD:
 - a) 31;
 - b) 91;
 - c) 74;
 - ☒ d) 99.
- 2) Idem à anterior para o número hexadecimal A:
 - a) 20;
 - ☒ b) 10;
 - c) 93;
 - d) N.R.A.

3) Idem à anterior para o número hexadecimal 3A:

- ☒ a) 58;
- b) 48;
- c) 5B;
- d) 99.

As questões 4, 5 e 6 se referem ao programa número 2 (veja figura 8).

4) Ao se carregar o número BCD 39 no registrador C, obteremos como resultado o seguinte número hexadecimal:

- a) 3F;
- ☒ b) 27;
- c) 2C;
- d) 5A.

5) Idem à questão 4 para o número BCD 55:

- a) 27;
- b) 2F;
- ☒ c) 37;
- d) EA.

6) Idem à anterior para o número BCD 29:

- a) A0;
- b) 3F;
- c) 59;
- ☒ d) 1D.

7) Com base no programa número 3, a soma entre 0C e B0 tem como resultado:

- a) BC;
 - b) 0A;
 - c) BF;
 - d) 01.
- 8) Ainda com base no programa número 3, a soma entre 8A e 10 tem como resultado:
- a) 1A;
 - b) 9A;
 - c) 3B;
 - d) A0.
- 9) Com base no programa número 4, o resultado da operação de multiplicação entre os números 00FF e 00FF, tem como resultado:
- a) 9010;
 - b) 0AFE;
 - c) FE01;
 - d) N.R.A.
- 10) Com relação ao programa número 6, se alterarmos o valor da posição de memória 2004 de 20 para 30, a velocidade de avanço do visor:
- a) não se altera;
 - b) diminui;
 - c) aumenta;
 - d) N.R.A.



CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

LIÇÃO MP-26

MANUAL DE MONTAGEM DO KIT CEDM-80

INTRODUÇÃO

O maior anseio de qualquer profissional, ou até mesmo de qualquer principiante, que se adentra à informática, é montar algo que o aproxime mais da área, que, de preferência, seja o seu próprio micro. Chegamos então, à mais importante realização prática do curso: a montagem do Kit CEDM-80, montagem esta que será, sem dúvida, o alvo das congratulações do árduo trabalho realizado por parte do aluno, do qual nos orgulhamos.

A princípio, a montagem possa parecer um tanto exaustiva. Porém, dada à importância e à destinação do Kit, partimos de uma estaca zero, fornecendo todas as informações necessárias para que se assegure do bom desempenho, conseguido com ordem e cautela. Para isto, criamos uma sequência, a qual deverá ser seguida fielmente. Assinale a execução realizada de cada item, a fim de ter o ponto em que parou quando na interrupção da montagem.

CUIDADOS COM OS CIRCUITOS INTEGRADOS

Sabemos que os dispositivos semi-condutores são, de forma geral, muito sensíveis, cuja sensibilidade aumenta com o

nível de integração de um circuito integrado.

Como mencionamos na lição E-1, estamos submetidos aos efeitos da eletrostática, a qual se caracteriza, mais que outros pela ocorrência de pontos com acúmulos de cargas. É, justamente, por este motivo, que os circuitos integrados (CIs) são normalmente encontrados sobre superfícies que mantêm todos os pinos sobre o mesmo potencial, evitando assim, o efeito da eletrostática. Desta maneira, os CIs deverão ser mantidos dentro do invólucro fornecido, pois este atua como protetor para os mesmos, por ser anti-estático. Assim, retire os CIs deste invólucro, somente no instante da montagem do mesmo, segurando-o como mostra a figura 01.

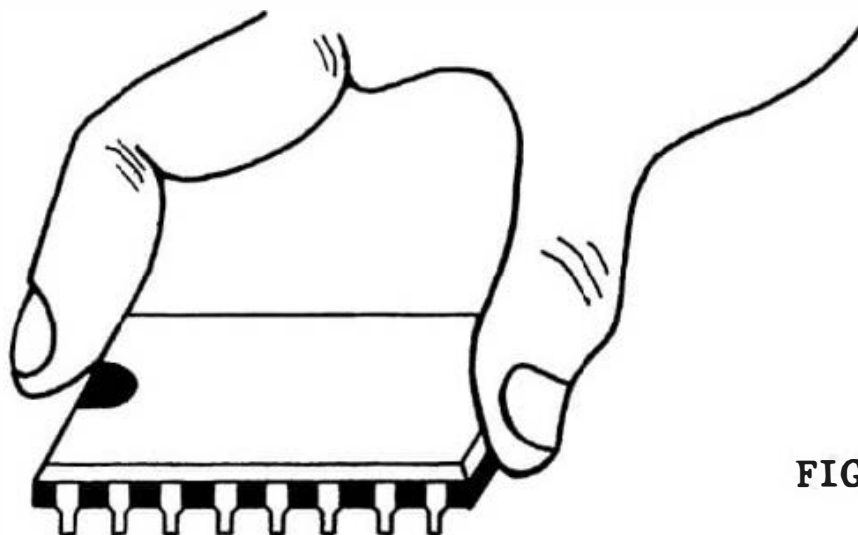


FIGURA 01

RELAÇÃO DO MATERIAL

O aluno deverá estar recebendo os seguintes componentes:

Circuitos integrados:

- () 1 - microprocessador - CPU-Z80A (CI-1)
- () 1 - memória EPROM 2716 (CI-2)
- () 1 - memória RAM 6116 (CI-3)
- () 1 - inversor tipo quadrador - 74LS14 (CI-4)
- () 1 - decodificador - 74LS138 (CI-5)
- () 1 - porta E (AND) quádrupla - 74LS08 (CI-6)
- () 1 - porta NÃO OU (NOR) quádrupla - 74LS02 (CI-7)
- () 2 - trancas bi-estáveis (LATCH) - 74LS75 (CI-8 e CI-9)

- () 2 - Bus-Buffer, TRI-STATES - 74LS126 (CI-10 e CI-11)
- () 1 - flip-flop tipo D - 74LS174 (CI-12)

Diodos:

- () 1 - diodo de comutação - 1N-4148

Transistores:

- () 6 - tipo npn - BC-338 (TR-1 a TR-6)
- () 8 - tipo pnp - BC-308 (TR-7 a TR-14)

Resistores:

- () 11 - resistores $1K\Omega/0,25W$ ($R_1; R_2; R_5; R_{28}$ a R_{35})
- () 8 - resistores $3K3\Omega/0,25W$ (R_6 a R_{13})
- () 8 - resistores $10\Omega/0,25W$ (R_{20} a R_{27})
- () 7 - resistores $4K7\Omega/0,25W$ ($R_3; R_{14}$ a R_{19})
- () 1 - resistores $330\Omega/0,25W$ (R_4)

Capacitores:

- () 1 - capacitor cerâmico 100pF (C_1)
- () 1 - capacitor eletrolítico 10 μ F (C_2)
- () 1 - capacitor poliester metalizado 0,1 μ F (C_3)

Teclado:

- () 1 máscara de teclado
- () 36 teclas
- () 3 placas de borracha (chupetas)
- () 1 película isolante
- () 1 película condutora

Diversos:

- () 1 - soquete de 40 pinos
- () 2 - soquete de 24 pinos
- () 1 - placa de circuito impresso - dupla face
- () 4 - pés de borracha
- () 4 - parafusos para fixação do teclado
- () 2 m de fio nu, bitola 22 AWG

- () 60 cm de rabicho (fio encapado bitola 22 AWG)
- () 2 m de solda

Todo o material enviado foi conferido e todos os componentes devidamente testados. Porém, se alguma irregularidade for constatada, comunique-a imediatamente, não dando início à montagem, para que não fique um espaço na sequência fornecida.

PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Como suporte para o Kit CEDM-80, optamos por um material que sem dúvida, fornece a base ideal para a fixação dos componentes, cuja opção está fundamentada na resistência, durabilidade e simplicidade do circuito, onde a margem de erros é extremamente reduzida.

Uma complexidade da placa é facilmente constatada, ao tomarmos como base o número de componentes a serem fixados, onde se faz necessária uma elevada quantia de filetes. Visando a uma compactação da placa, foi utilizada uma placa dupla face, sendo ela de fenolite com dimensões de 18 x 17,5 cm.

Antes de realizar qualquer conexão, é imprescindível um reconhecimento da placa. Já que foi fornecido o esquema do circuito do Kit, com a ajuda deste acompanhe cada filete, checando a interligação por ele efetuada. Estenda este trabalho para todos os pontos a serem conectados, para que se tenha a visão e o poder de discussão sobre a experiência que será executada.

Na figura 02, fornecemos as ilustrações de cada placa, bem como da máscara (disposição dos componentes). Observe que a placa recebida apresenta a sobreposição da máscara na face superior, caracterizando o lado pelo qual serão inseridos os componentes.

FIGURA 02

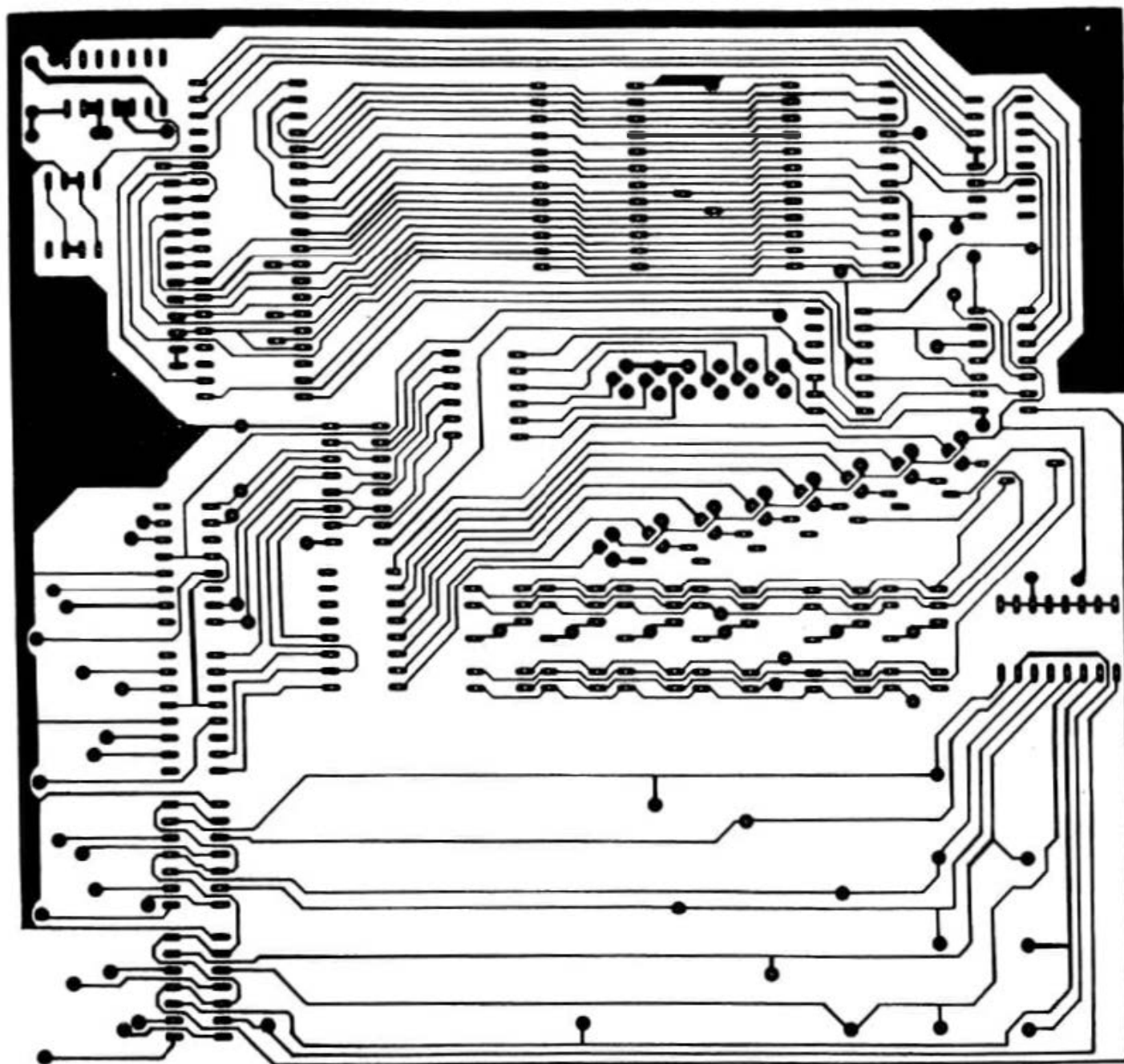


FIGURA 02-A

(FACE INFERIOR)

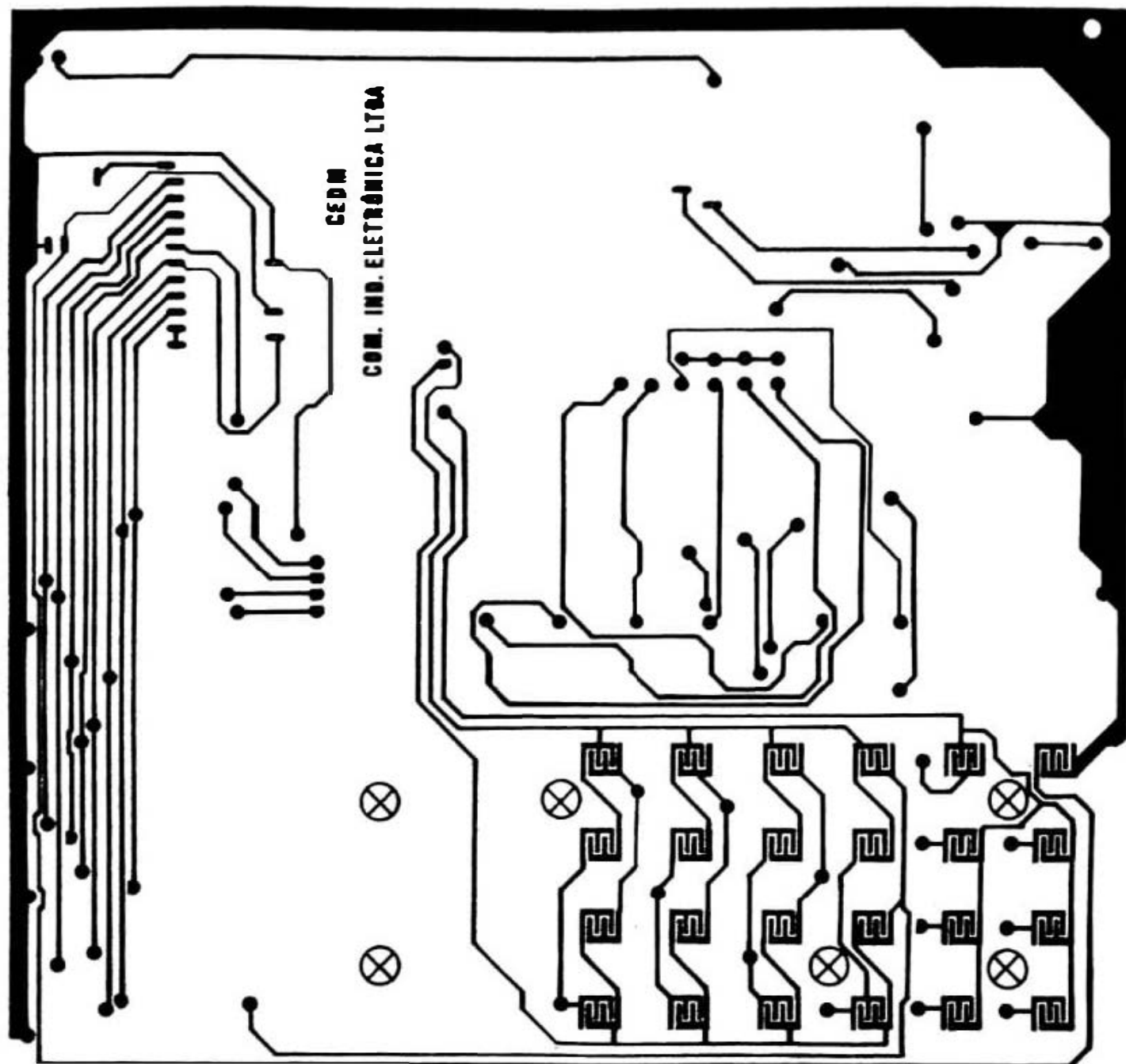


FIGURA 02-B

(FACE SUPERIOR)

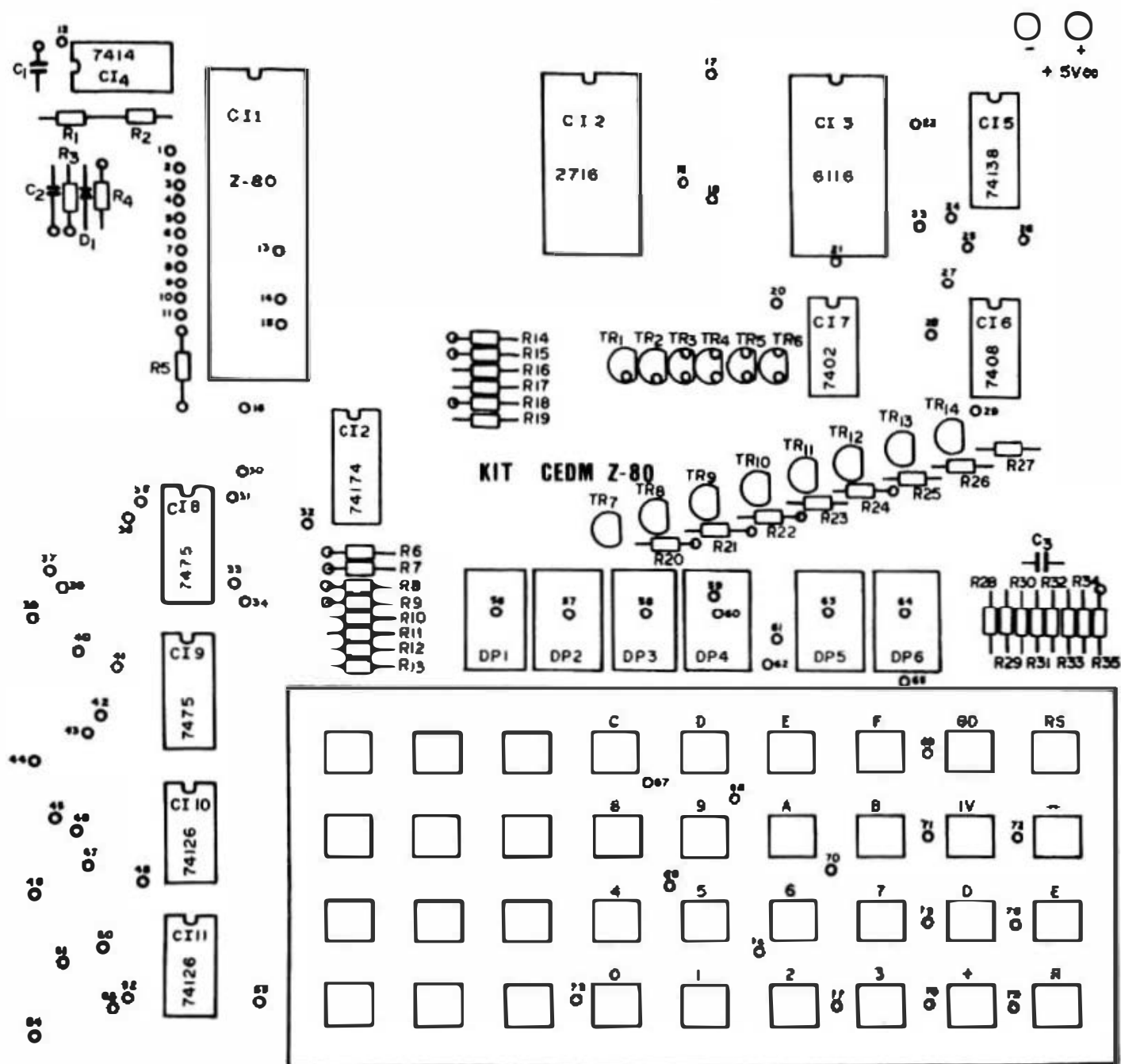


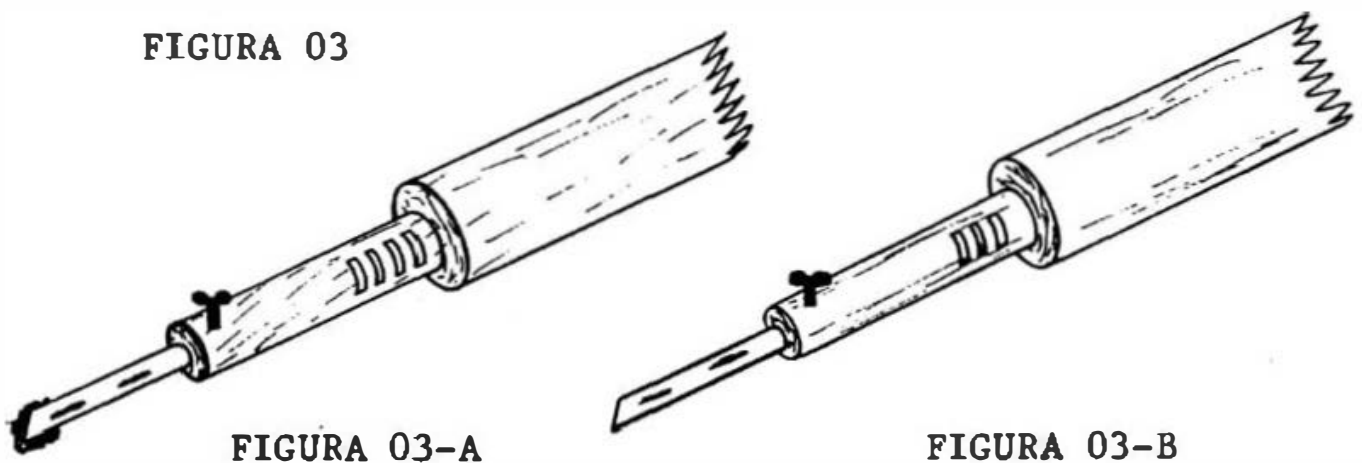
FIGURA 02 - C
(MÁSCARA)

A SOLDAGEM

O sucesso da montagem depende quase que na essência da soldagem realizada por se tratar com elementos muito sensíveis à temperatura. Se, porventura, um calor excessivo foi aplicado à placa, poderá ocorrer o deslocamento do filete ou, quando aplicado sobre os componentes, poderá danificá-los totalmente. Portanto, todo cuidado se faz necessário.

Para haver uma boa transferência de calor, o ponto primordial a ser observado é o aspecto apresentado pelo soldador, pois este não deverá apresentar uma ponta rugosa (figura 03-A), proveniente do acúmulo de sujeira, mas sim, uma ponta lisa (figura 03-B). A forma mostrada na figura 03-B é conseguida limando a ponta do soldador, deixando obrigatoriamente um chanfro com inclinação de aproximadamente 45° .

FIGURA 03



A posição do ferro de soldar também é fundamental, pois deverá tocar simultaneamente a ilha e o terminal, estando posicionado no lado oposto ao ocupado pelo fio solda, como é mostrado na figura 04.

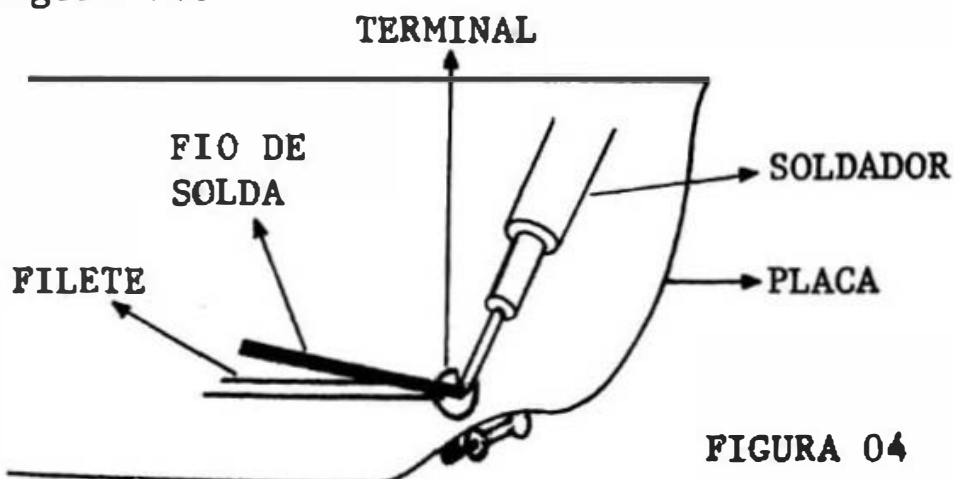


FIGURA 04

Partindo das posições indicadas na figura 04, para se conseguir uma solda perfeita, primeiro deverá ser fornecido um aquecimento prévio tanto ao terminal quanto à ilha, para então aproximar a solda, a qual se fundirá e envolverá o terminal. Estando a ilha coberta pela solda, primeiro retira-se o fio de estanho e logo após, retira-se o soldador. Este processo é realizado quase que simultaneamente e o formato final apresentado pela solda deverá ser liso e brilhante (FIGURA 05), não esparramando para além da ilha, de maneira que ocasione a formação de pontes, ou seja, fazendo contato com outras partes do circuito. Ocorrendo a formação de pontes, aconselha-se retirar o excesso de estanho com um pedaço de madeira, nunca utilizando metal ou plástico.

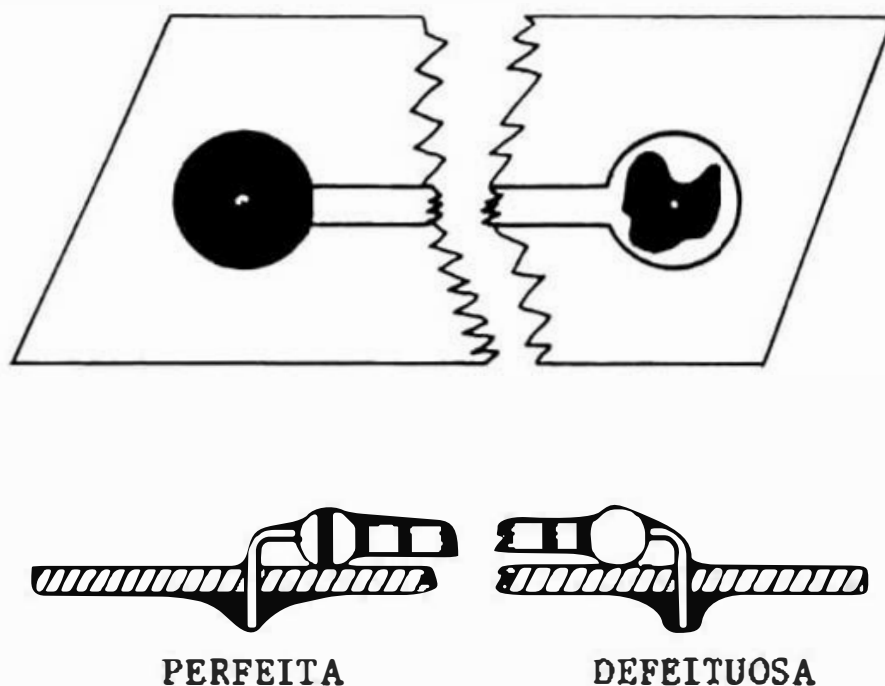


FIGURA 05

Aqui comprovamos o que fora mencionado acerca da complexidade envolvida pela placa, pois está diretamente ligada à soldagem a ser realizada. Dada a proximidade dos pontos e dos filetes, a quantidade de estanho a ser aplicado deverá ser apenas o suficiente para garantir o contato e a fixação dos componentes. Desta maneira, estando inseguro, não hesite em praticar fora da placa. Porém, acreditamos que, com estas instruções preliminares, podemos adentrar ao trabalho propriamente dito.

A MONTAGEM

1 - JUMPERS

Já que a placa de circuito impresso utilizada é de dupla face, será necessário unir filetes (em alguns pontos) situados em faces opostas. Para esta união, denominada jumper, utilizaremos pedaços de fio nu, de bitola 22 AWG, os quais serão inseridos nos pontos identificados por um circuito numerado, conforme mostra a máscara impressa sobre a face superior da placa. Observe que certos componentes apresentam esta identificação em torno de seu(s) terminal(ais), apontando também jumpers a serem efetuados, só que utilizaremos o próprio terminal, como será visto mais adiante, na fixação de tal componente.

A soldagem a ser efetuada sobre os jumpers deverá ser a mais baixa possível, visto alguns estarem situados sob alguns componentes e até mesmo sob o teclado. Desta maneira, estes jumpers não deverão, em hipótese alguma, exercer influência sobre o apoio de tais dispositivos.

A fim de obter um ótimo rendimento, dividiremos os jumpers em grupo de 10 unidades, identificando-os na placa para a devida fixação, onde será fixado um de cada vez.

Vejamos uma maneira de realizar esta operação, conforme instruções dadas a seguir:

- 1 - Dobre (com o alicate de bico) os jumpers e corte (com o alicate de corte) onde se fizer necessário, para que se obtenha a seguinte forma:

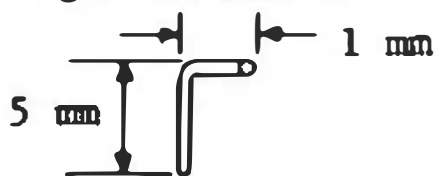


FIGURA 6

- 2 - Introduza-o no lugar correspondente da placa;
- 3 - Firme a parte situada na face superior e dobre a parte excedente da face inferior, deixando-a rente à placa (utilizar as mãos);
- 4 - Apóie a placa e, com a ponta do alicate de bico, faça pressão sobre a parte do jumper situado na face superior;

- 5 - Efetue a solda na face superior;
 - 5.a - O ferro de soldar deverá tocar simultaneamente o fio jumpeador e a placa, enquanto que o fio de solda deverá tocar o fio jumpeador, para que o estanho escorra sobre ele;
- 6 - Vire a placa e repita o item 4;
- 7 - Corte a parte do fio que exceder a ilha e aplique a solda sobre o mesmo, na face inferior;
 - 7.a - Repetir o sub-item 5.a.

A figura 07 ilustra as várias etapas:

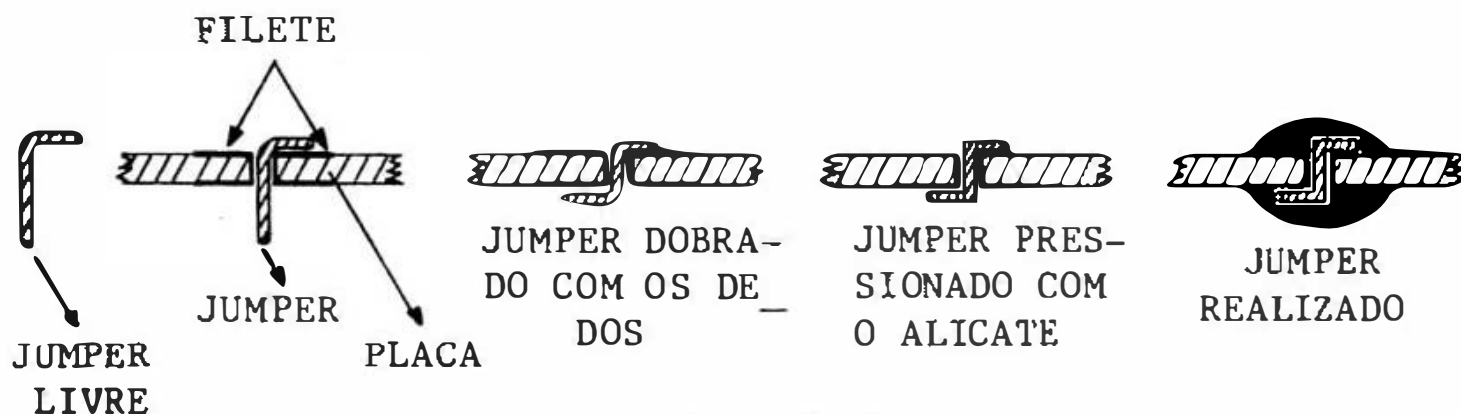


FIGURA 07

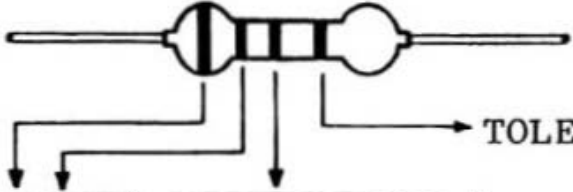
Assim:

- () solde os jumpers de 1 a 10.
- () solde os jumpers de 11 a 20.
- () solde os jumpers de 21 a 30.
- () solde os jumpers de 31 a 40.
- () solde os jumpers de 41 a 50.
- () solde os jumpers de 51 a 60.
- () solde os jumpers de 61 a 70.
- () solde os jumpers de 71 a 79.

Logo após a fixação de cada lote, pedimos checar as soldagens efetuadas.

2 - RESISTORES

De início, recorde o código de cores utilizado para a caracterização de resistências:



TOLERÂNCIA {
Ouro = $\pm 5\%$
Prata = $\pm 10\%$
Incolor = $\pm 20\%$

COR	VALOR	MULTIPLICADOR
Preto	0	$1 = 10^0$
Marrom	1	$10 = 10^1$
Vermelho	2	$100 = 10^2$
Laranja	3	$1000 = 10^3$
Amarelo	4	$10000 = 10^4$
Verde	5	$100000 = 10^5$
Azul	6	$1000000 = 10^6$
Violeta	7	não usado
Cinza	8	não usado
Branco	9	não usado
Ouro	—	$\times 0,1$
Prata	—	$\times 0,01$

FIGURA 08

Após identificar o resistor a ser fixado, dobre-o antes de ser inserido na devida posição da placa, de maneira que apresente em torno de 2 mm de cada lado do corpo do resistor:

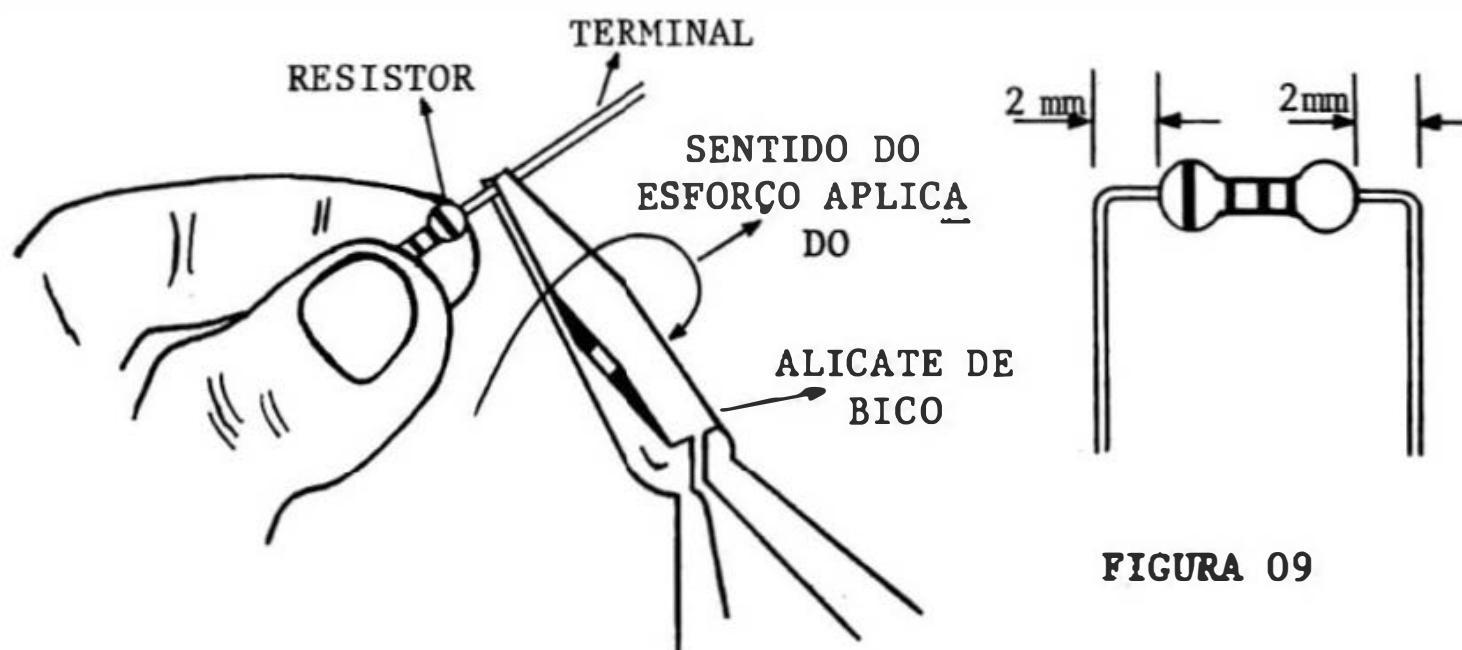


FIGURA 09

Estando com o componente dobrado, introduza-o na devida posição, de maneira que o corpo do mesmo fique apoiado sobre a placa. A parte do terminal que exceder a 2 mm da placa deverá ser cortada para então se efetuar a solda.

Já que o trabalho deve ser feito com muito cuidado, aconselhamos dobrar os 2 mm do terminal sobre a placa antes de soldar, para que a soldagem apresente uma estética muito melhor.

Na parte que versava sobre os jumpers, já fora mencionado que alguns terminais seriam utilizados para efetuar conexões entre os filetes de faces opostas, os quais são identificados por um círculo. Quando ocorrerem estes jumpers, proceda normalmente, soldando primeiro na face inferior. Para realizar o jumper, vire a placa e aplique a solda junto ao terminal assinalado.

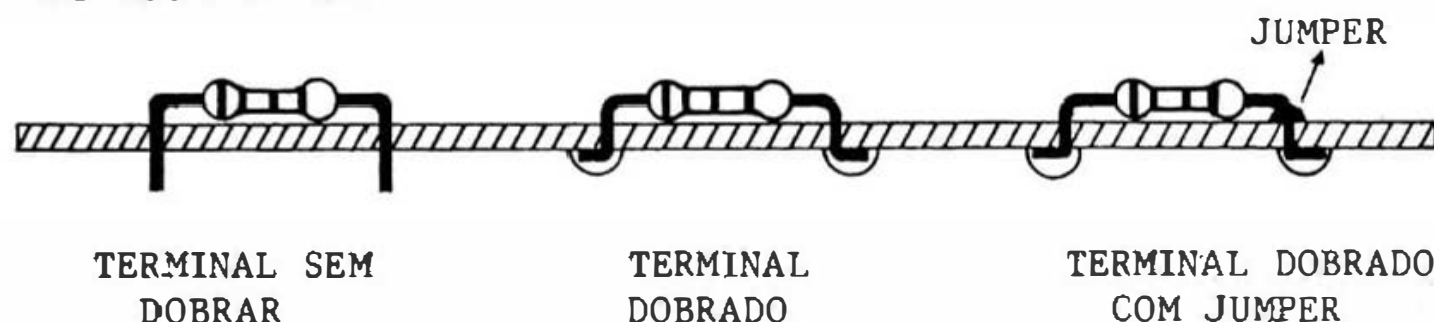


FIGURA 10

Acompanhe fielmente a seqüência a seguir, assinalando logo após a fixação do correspondente resistor:

- () resistor R_1 ($1K\Omega$) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R_2 ($1K\Omega$) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R_3 ($4K7\Omega$) [amarelo, violeta, vermelho]
- () jumper sobre o terminal de R_3
- () resistor R_4 (330Ω) [laranja, laranja, marrom]
- () jumper sobre o terminal de R_4
- () resistor R_5 ($1K\Omega$) [marrom, preto, vermelho]
- () 1º jumper sobre o terminal de R_5
- () 2º jumper sobre o terminal de R_5
- () resistor R_6 ($3K3\Omega$) [laranja, laranja, vermelho]
- () jumper sobre o terminal de R_6
- () resistor R_7 ($3K3\Omega$) [laranja, laranja, vermelho]
- () jumper sobre o terminal de R_7
- () resistor R_8 ($3K3\Omega$) [laranja, laranja, vermelho]
- () jumper sobre o terminal de R_8

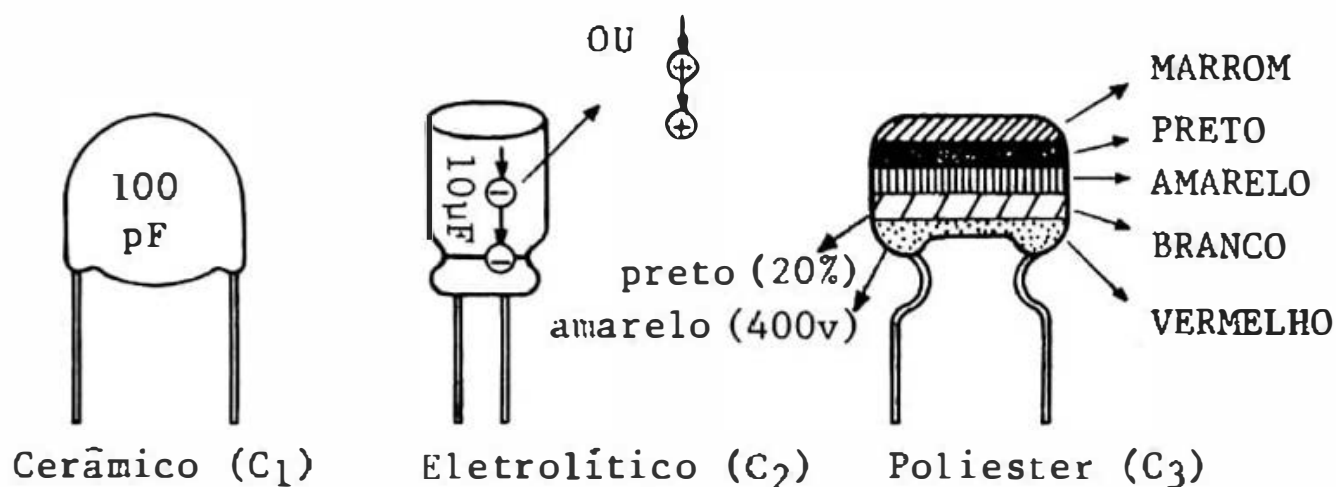
- () resistor R₉ (3K3Ω) [laranja, laranja, vermelho]
 - () jumper sobre o terminal de R₉
- () resistor R₁₀ (3K3Ω) [laranja, laranja, vermelho]
- () resistor R₁₁ (3K3Ω) [laranja, laranja, vermelho]
- () resistor R₁₂ (3K3Ω) [laranja, laranja, vermelho]
- () resistor R₁₃ (3K3Ω) [laranja, laranja, vermelho]
- () resistor R₁₄ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
 - () jumper sobre o terminal de R₁₄
- () resistor R₁₅ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
 - () jumper sobre o terminal de R₁₅
- () resistor R₁₆ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
- () resistor R₁₇ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
- () resistor R₁₈ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
 - () jumper sobre o terminal de R₁₈
- () resistor R₁₉ (4K7Ω) [amarelo, violeta, vermelho]
- () resistor R₂₀ (10Ω) [marrom, preto, preto]
 - () jumper sobre o terminal de R₂₀
- () resistor R₂₁ (10Ω) [marrom, preto, preto]
 - () jumper sobre o terminal de R₂₁
- () resistor R₂₂ (10Ω) [marrom, preto, preto]
 - () jumper sobre o terminal de R₂₂
- () resistor R₂₃ (10Ω) [marrom, preto, preto]
- () resistor R₂₄ (10Ω) [marrom, preto, preto]
 - () jumper sobre o terminal de R₂₄
- () resistor R₂₅ (10Ω) [marrom, preto, preto]
- () resistor R₂₆ (10Ω) [marrom, preto, preto]
- () resistor R₂₇ (10Ω) [marrom, preto, preto]
- () resistor R₂₈ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₂₉ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₀ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₁ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₂ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₃ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₄ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
- () resistor R₃₅ (1KΩ) [marrom, preto, vermelho]
 - () jumper sobre o terminal de R₃₅

Atenção: Analise todas as soldagens efetuadas e certifique-se de que não ficou nenhuma por executar, antes de passar ao próximo item.

3 - CAPACITORES

Dentre os capacitores recebidos, conforme ilustra a figura 11, um deles requer cuidados especiais para a fixação, devido à polaridade de que é dotado, a qual deverá ser antes identificada para então fixar o componente.

FIGURA 11



A saber, no corpo do capacitor eletrolítico há uma seta que aponta para um dos terminais, que poderá ser o positivo ou o negativo. Esta indicação depende unicamente do fabricante, sem acarretar nenhum problema, pois indicando um, o outro terminal é logo identificado. Na placa, o terminal negativo de verá ser introduzido no ponto onde será feito o jumper.

A identificação dos capacitores C_1 e C_2 é imediata, pois ambos apresentam os valores marcados no corpo do dispositivo. Já o capacitor C_3 é todo colorido, sendo que a sua identificação segue o mesmo padrão do código de cores para resistências. Isto para as 3 faixas superiores, cujo valor encontrado deverá preceder à potência 10^{-12} (pico), que é utilizado para maioria dos capacitores. As faixas inferiores poderão diferir da referenciada na ilustração correspondente, pois fornecem a tolerância e a tensão de isolamento. Para o capacitor C_3 temos:

$$C_3 = \text{marrom} \times \text{preto} \times 10^{\text{amarelo}} \times 10^{-12} \text{ (Farad)}$$

Aqui também alguns terminais foram utilizados para a realização de alguns jumpers, os quais são ainda caracterizados por um círculo envolvendo o terminal.

Para a fixação, use a mesma técnica utilizada para os resistores, cortando a parte que exceder 2 mm da face inferior,

soldando logo em seguida, para então soldar na face superior, se houver jumper. A título de informação abriremos uma exceção quanto à dobra do terminal do capacitor C_3 , devido ao diâmetro do mesmo.

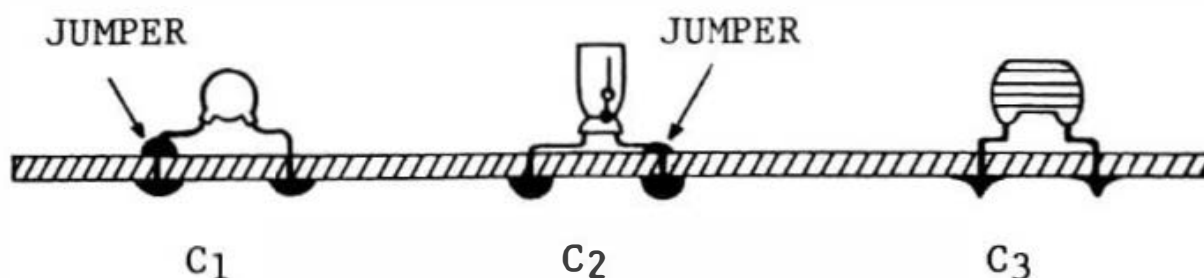


FIGURA 12

Assinale, logo após a fixação do componente, de acordo com a seguinte sequência:

- () capacitor C_1 (cerâmica)
- () jumper do capacitor C_1
- () capacitor C_2 (eletrolítico)
- () jumper no terminal negativo de C_2
- () capacitor C_3 (poliester)

Antes de prosseguir, analise o trabalho realizado!

4 — DIODO

Primeiramente devemos identificar os terminais do diodo, pois este deverá ser fixado de acordo com a simbologia gravada sobre a placa. A figura 13 fornece a correlação entre os terminais do diodo real com a convenção para o mesmo:

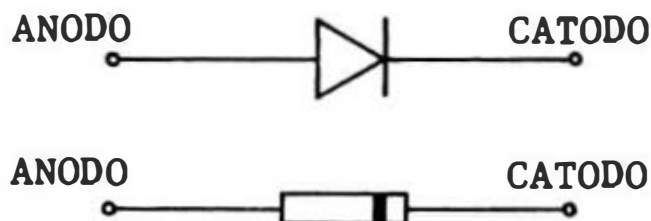


FIGURA 13

Os terminais do diodo deverão ser dobrados de maneira que apresentem 3mm de cada lado do corpo do componente, para então ser inserido pela face superior, respeitando a correlação mostrada na figura 13, deixando-o apoiado sobre a placa,

utilizando a mesma técnica de soldagem anteriormente descrita.

Sendo o diodo muito sensível à temperatura, deverá ser tomado o cuidado para não aquecer demasiadamente o terminal para não danificá-lo.

Após fixado, teremos:

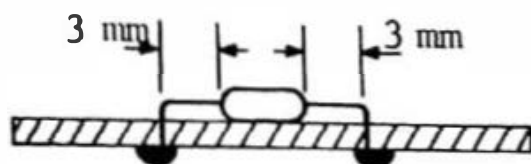
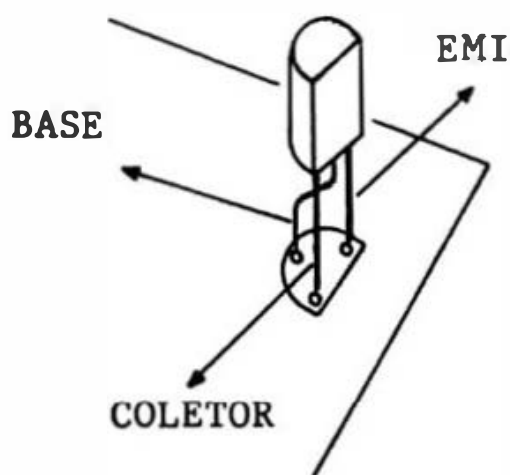


FIGURA 14

Temos apenas um diodo. Mesmo assim, certifique-se da boa soldagem realizada.

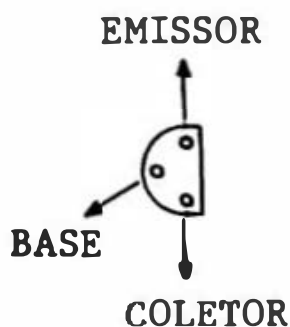
5 — TRANSISTORES

A característica fundamental para o funcionamento correto de qualquer dispositivo semicondutor está assentada na alimentação adequada de seus terminais, sendo para isso necessária a identificação dos mesmos. Os dois tipos apresentados — (BC-308 e BC-237) apresentam a mesma disposição de seus terminais, conforme ilustrado na figura 15.



PLACA E COMPONENTE

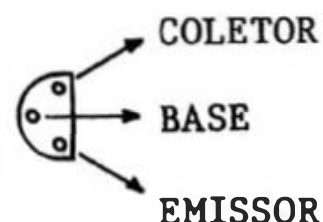
(C)



PLACA
(Vista superior)

(A)

FIGURA 15



COMPONENTE
(Vista inferior)

(B)

Para alojar o transistor na placa, não é necessário nenhuma adequação aos seus terminais, pois a placa foi confeccionada de maneira que o componente encaixe diretamente, bastando apenas alinhar o formato do componente com a projeção ilustrada na placa. Observe que a posição é a mesma para todos os transistores, devendo apenas tomar o cuidado para não trocar os BC-237 pelos BC-308.

A estética é, sem dúvida, um fator importantíssima na montagem. Para isto, procure alinhar todos os transistores, deixando-os na mesma altura, que deverá girar em torno de 1 cm, medido da placa até o topo do componente. A parte que exceder 2 mm da face inferior deverá ser cortada antes de ser soldada. Não dobre o terminal sobre a face inferior para não tirar o transistor do alinhamento, o qual é conseguido tomando como base o primeiro fixado.

Como se procede com o diodo, cuidado para não aplicar um calor excessivo aos terminais dos transistores, tanto na soldagem da face inferior como dos jumpers a serem realizados.

- () Transistor TR₁ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₁
- () Transistor TR₂ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₂
- () Transistor TR₃ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₃
- () jumper no terminal de emissor de TR₃
- () Transistor TR₄ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₄
- () jumper no terminal de emissor de TR₄
- () Transistor TR₅ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₅
- () jumper no terminal de emissor de TR₅
- () Transistor TR₆ (BC-237)
- () jumper no terminal de coletor de TR₆
- () jumper no terminal de emissor de TR₆
- () Transistor TR₇ (BC-308)
- () Transistor TR₈ (BC-308)
- () Transistor TR₉ (BC-308)
- () Transistor TR₁₀ (BC-308)
- () Transistor TR₁₁ (BC-308)
- () Transistor TR₁₂ (BC-308)

- () Transistor TR₁₃ (BC-308)
- () Transistor TR₁₄ (BC-308)

Dada a proximidade dos diversos pontos soldados, certifique-se da boa soldagem realizada.

6 — CIRCUITOS INTEGRADOS

Sendo os diodos e transistores sensíveis à temperatura, a sensibilidade dos circuitos integrados passa a ser incontável. Esta é uma das razões que fizeram apoiarmos as memórias e a CPU sobre os soquetes. Outra razão é justamente por estes CIs serem de alta integração, os quais são mais sensíveis à eletrostática e poderão estar sujeitos a ela, com o manuseio constante de seus pinos.

A figura 16 mostra a correlação existente entre a ilustração do CI na placa com o CI na realidade. Esta correspondência deverá ser fielmente acatada para a fixação do respectivo componente.

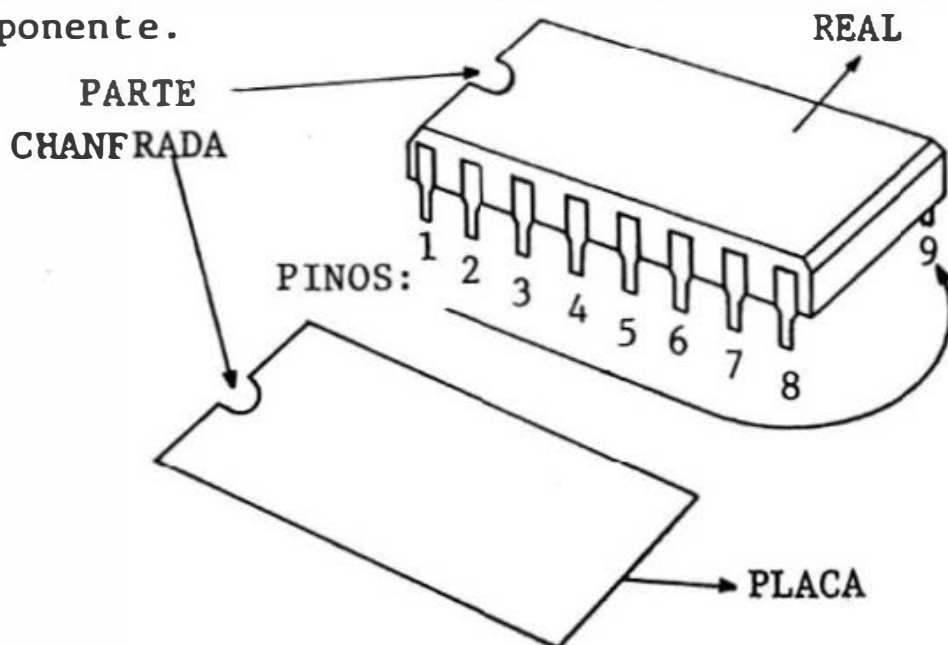


FIGURA 16

Obs.: A numeração dos pinos segue a forma de U, ordenada da esquerda para a direita.

Nesta parte da montagem, fixaremos também os soquetes. Dada a facilidade que estes apresentam de remoção ou de alocação dos circuitos integrados, os quais requerem maiores cuidados, pedimos que a CPU e as memórias sejam assentadas nos respectivos soquetes somente após o término da montagem. Contudo, siga as instruções a seguir para a fixação dos CIs:

- 1 - Pegue um componente de cada vez;

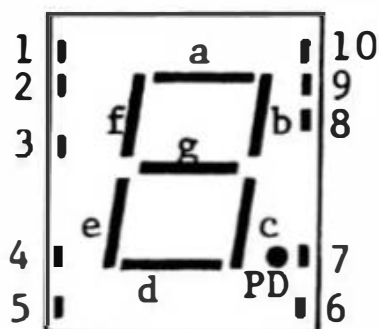
- 2 - Veja qual a posição da placa do correspondente CI e aloje-o deixando apoiado sobre a placa;
- 3 - Solde todos os pinos pela face inferior;
- 4 - Assinale, na ordem a seguir, logo após a devida fixação.

- () CI-4 (74LS14) - Solde do pino 1 ao pino 14
- () CI-5 (74LS138) - Solde do pino 1 ao pino 16
- () CI-6 (74LS08) - Solde do pino 1 ao pino 14
- () CI-7 (74LS02) - Solde do pino 1 ao pino 14
- () CI-8 (74LS75) - Solde do pino 1 ao pino 16
- () CI-9 (74LS75) - Solde do pino 1 ao pino 16
- () CI-10 (74LS126) - Solde do pino 1 ao pino 14
- () CI-11 (74LS126) - Solde do pino 1 ao pino 14
- () CI-12 (74LS174) - Solde do pino 1 ao pino 16
- () Soquete do CI-1 - Solde os 40 pinos
- () Soquete do CI-2 - Solde os 24 pinos
- () Soquete do CI-3 - Solde os 24 pinos

7 - DISPLAYS

Estes são os elementos indicadores das operações realizadas com o microprocessador. São caracterizados por displays a LED, com catodo comum. A figura 17 ilustra o componente utilizado:

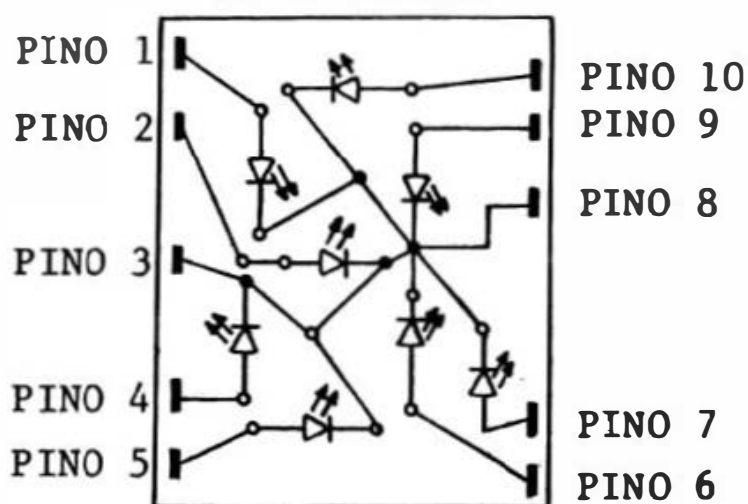
FIGURA 17



Configuração

Pino 1 - segmento f
 Pino 2 - segmento g
 Pino 3 - GND (terra)
 Pino 4 - segmento e
 Pino 5 - segmento d

INTERNAMENTE



Pino 6 - segmento c
 Pino 7 - ponto decimal (PD)
 Pino 8 - GND (terra)
 Pino 9 - segmento b
 Pino 10 - segmento a

Na placa, a posição do display deverá ser tal que apresente o ponto decimal voltado para a parte mais baixa da placa, isto é, para o teclado.

As mesmas instruções, bem como os mesmos cuidados para com os circuitos integrados, deverão ser seguidos para com os displays. Assim, logo após a fixação do componente, assinale na sequência fornecida a seguir:

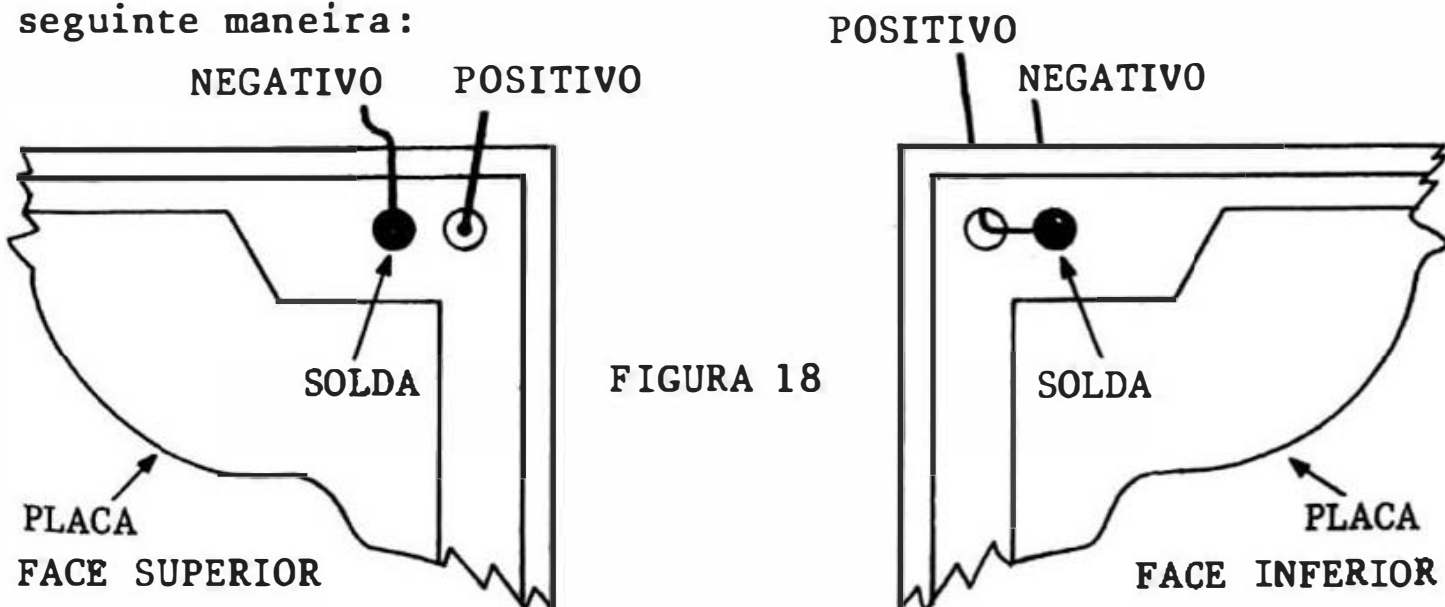
- () Display DP-1 - Solde do pino 1 ao pino 10
- () Display DP-2 - Solde do pino 1 ao pino 10
- () Display DP-3 - Solde do pino 1 ao pino 10
- () Display DP-4 - Solde do pino 1 ao pino 10
- () Display DP-5 - Solde do pino 1 ao pino 10
- () Display DP-6 - Solde do pino 1 ao pino 10

Certifique-se das soldagens realizadas para então prosseguir.

8 - ALIMENTAÇÃO E TESTES PRELIMINARES

Estando quase terminada a montagem, a ansiedade para ligar o Kit deve estar bem aguçada. Assim, deixaremos para o final a montagem e fixação do teclado, dando prosseguimento com uma série de testes para o Kit CEDM-80. Para isto conectaremos, de antemão, os terminais de alimentação.

No canto superior do lado direito da placa, encontram-se gravados dois círculos, caracterizando os pontos de alimentação. O terminal negativo será soldado na face superior, enquanto o terminal positivo será soldado na face inferior, da seguinte maneira:



A alimentação da placa é feita com um sinal contínuo de 5 volts, o qual será proveniente da fonte CEDM-78. Assim, conecte as duas extremidades dos fios de alimentação da placa, aos correspondentes bornes da fonte (terminal positivo ao borne vermelho; terminal negativo ao borne preto).

Agora, com segurança, podem ser retiradas do invólucro as duas memórias, juntamente com a CPU e encaixá-las nos respectivos soquetes:

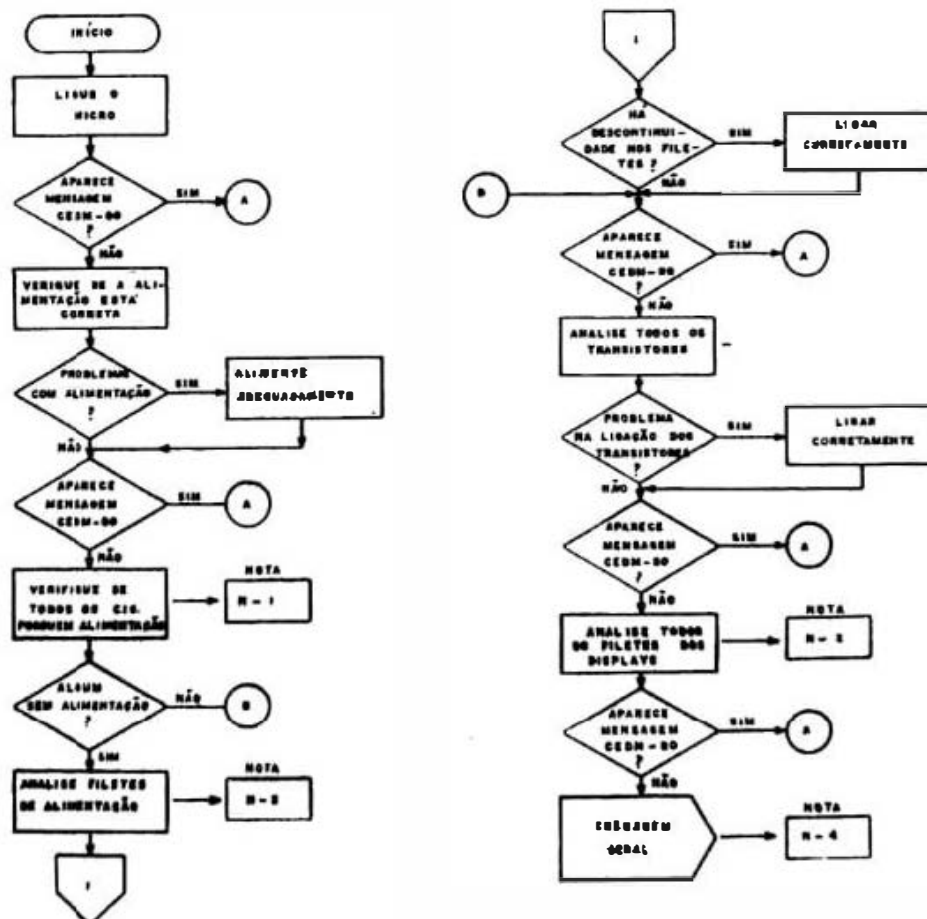
- CPU Z-80, no soquete de 40 pinos;
- Memória EPROM-2716, no soquete de 24 pinos (soquete central);
- Memória RAM-6116, no soquete de 24 pinos, situado à direita.

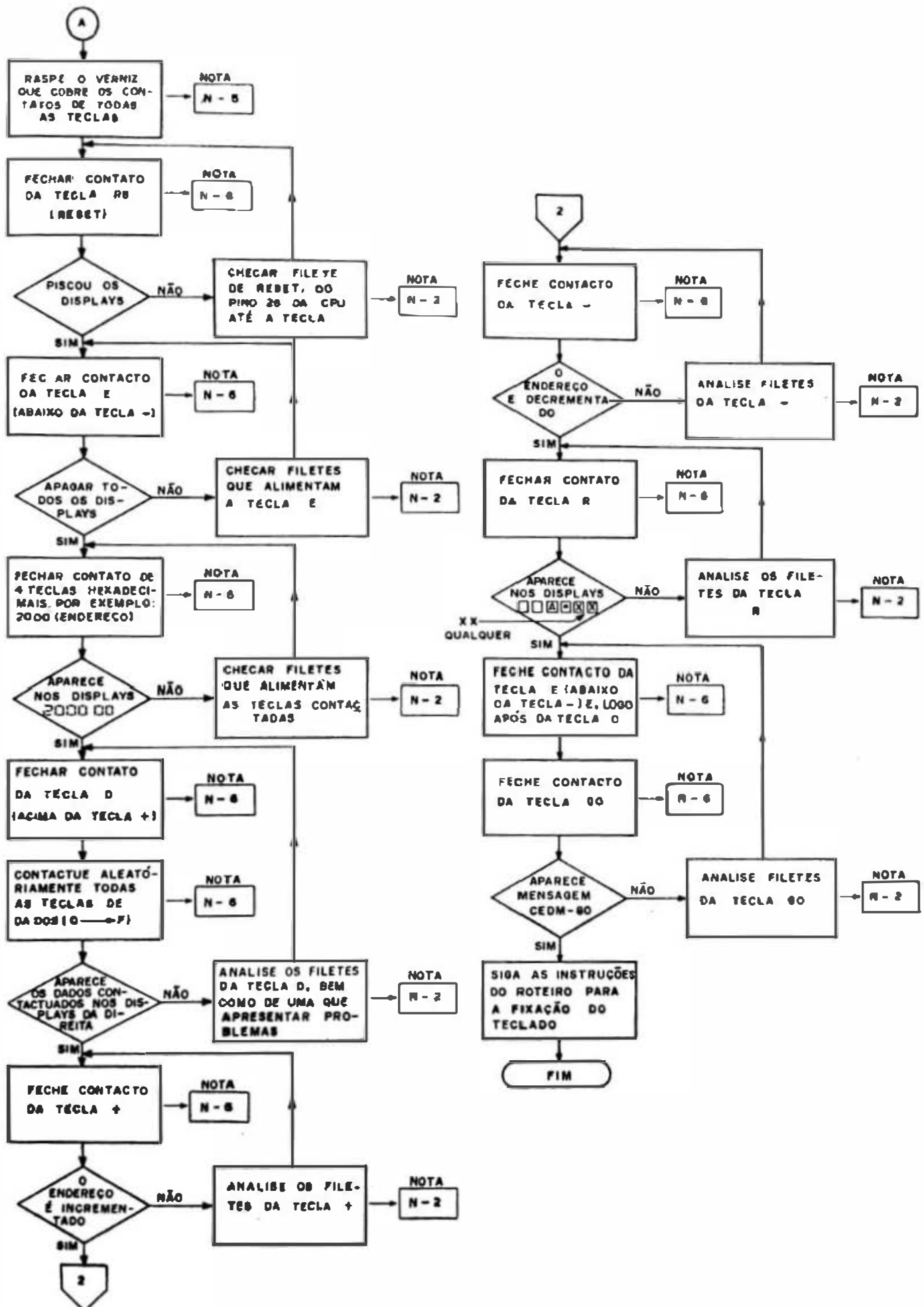
Os suportes de borracha podem também ser colocados, de preferência, o mais próximo possível dos extremos da placa.

Estando tudo pronto, ligue a fonte de alimentação na rede, o que fará aparecer nos displays do micro a mensagem:

123456

O mais prático mesmo é seguir este fluxograma (TROUBLE SHOOTING), que fornece todas as informações necessárias para o teste.





A fim de auxiliar nos testes a serem feitos, está sendo enviado juntamente com o material uma "ponta-de-testes". Veja figura.

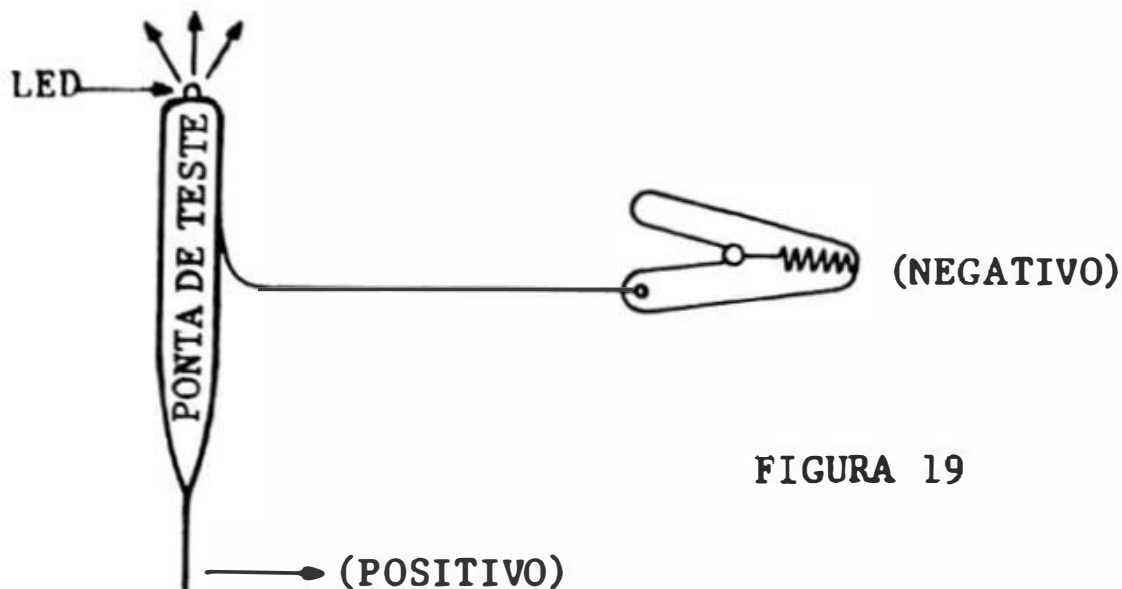


FIGURA 19

NOTAS:

- N-1 - Conecte a garra da ponta-de-testes no borne negativo da fonte de alimentação e, com a outra ponta, toque no ponto de +Vcc do componente em questão. Se o LED acender, há sinal.
- N-2 - Para analisar os filetes, deverá ser detectado, em todos os casos, se o mesmo apresenta continuidade. Isto é feito, desligando o micro da fonte de alimentação, para não injetar sinais indesejáveis nos pontos analisados. Conecte a garra da ponta-de-testes no polo negativo deixando livre a outra ponta. Com um fio, conecte uma das pontas no pólo positivo da fonte, deixando a outra livre. Assim:

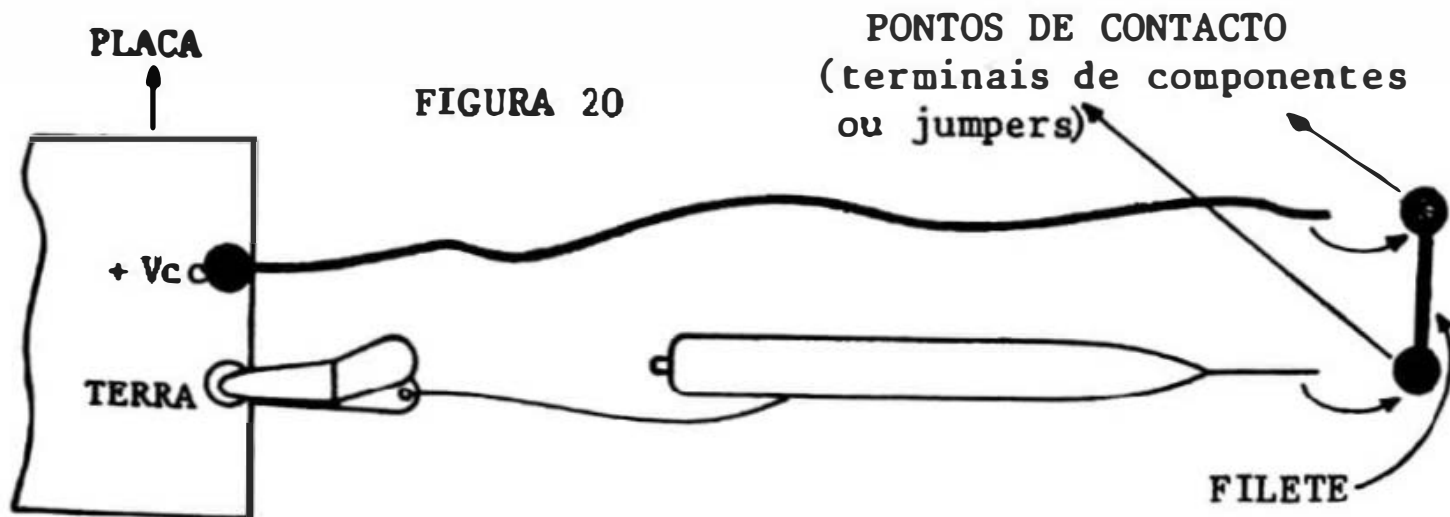


FIGURA 20

Se acender o led após o contacto, o filete apresenta continuidade. Se não, está rompido.

- N-3** - A emenda sobre um filete que estiver rompido é feita introduzindo uma fina camada de solda sobre o filete em questão.
- N-4** - Utilize o esquema fornecido para checar todas as ligações existentes, verificando a coerência existente para a efetuada na placa com a esquematizada. Tome como base a nota N-2.
- N-5** - Utilize uma lâmina bem fina para realizar a operação de raspagem do verniz, retirando somente sob a tecla. Cuidado para não soltar os filetes do ponto de contacto.
- N-6** - Com um material condutor, curto-circuitar os filetes do contacto sob a tecla. Poderá ser utilizada a ponta da chave de fenda.
- Quando fechado o contacto das teclas de dados, poderá ser que ocorra a repetição do dado acionado (duplicação do dado). Isto é devido à não estabilidade do contacto efetuado.

9 - TECLADO

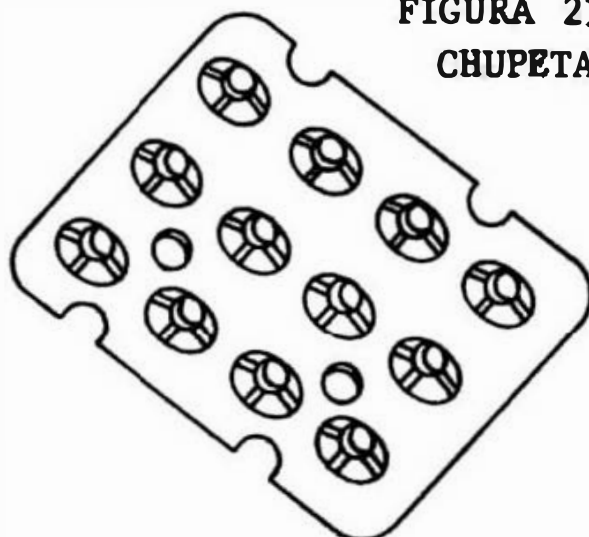
Este é o elemento responsável pela inserção de dados no micro. O conjunto compreende: a máscara, a qual funciona como suporte e invólucro para todas as partes; as teclas; as chupetas, as quais possuem a função de uma mola, agindo sobre a tecla, fazendo-a retornar à posição de repouso logo após ser acionada; uma película condutora de papel aluminizado e, finalmente, uma película isolante de plástico. Estas partes estão ilustradas na figura 21.

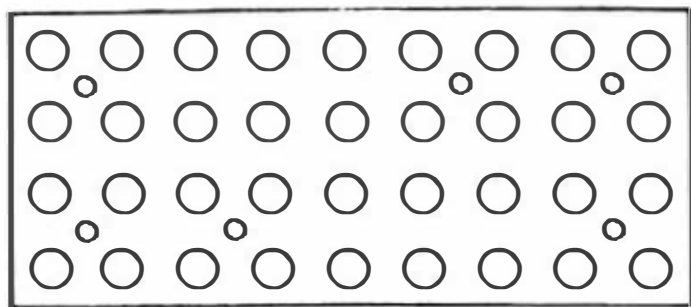
FIGURA 21



FIGURA 21-A - TECLA

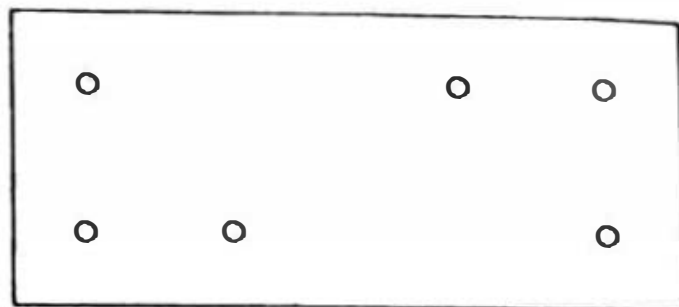
FIGURA 21-B
CHUPETA





PELÍCULA ISOLANTE

FIGURA 21 - C



PELÍCULA CONDUTORA

FIGURA 21 - D

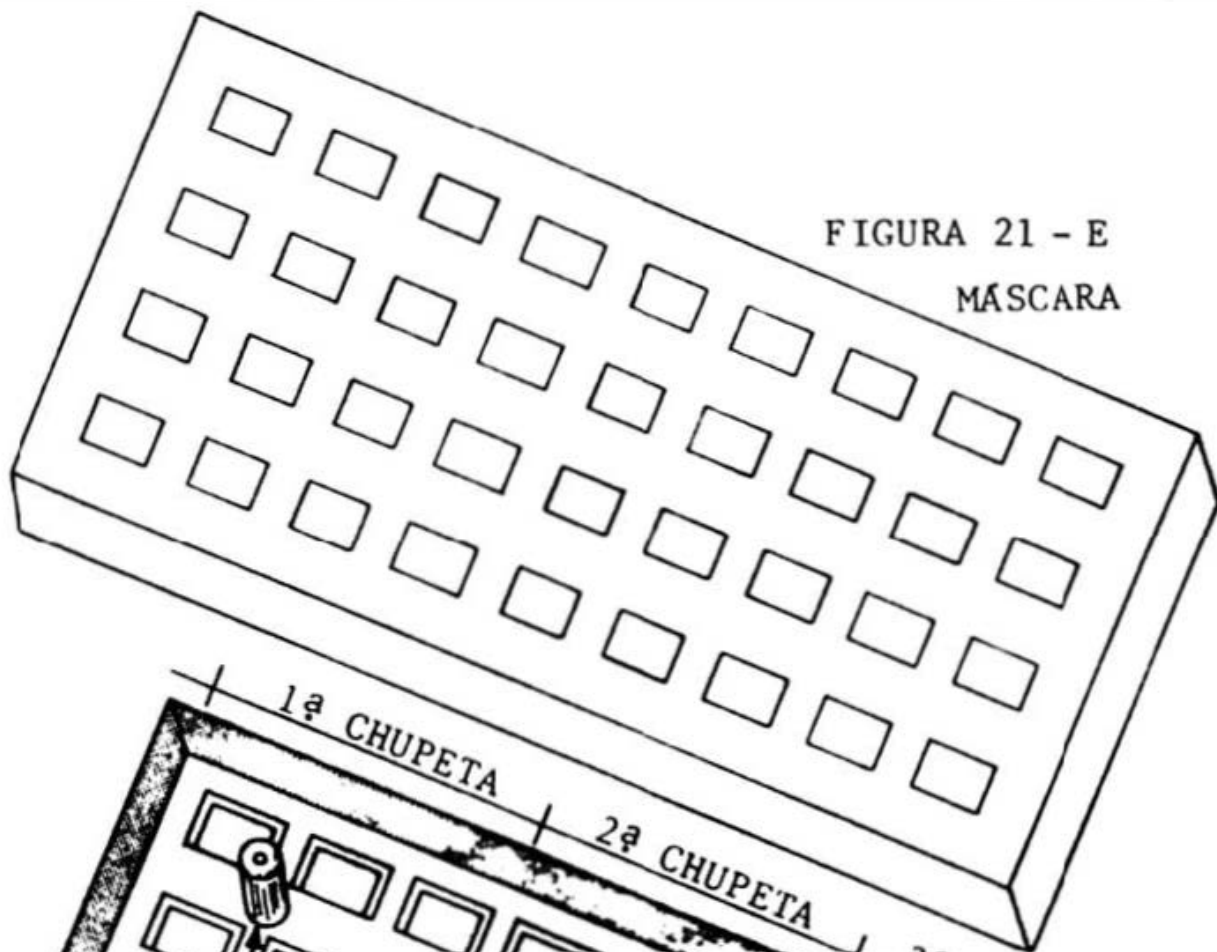


FIGURA 21 - E

MÁSCARA

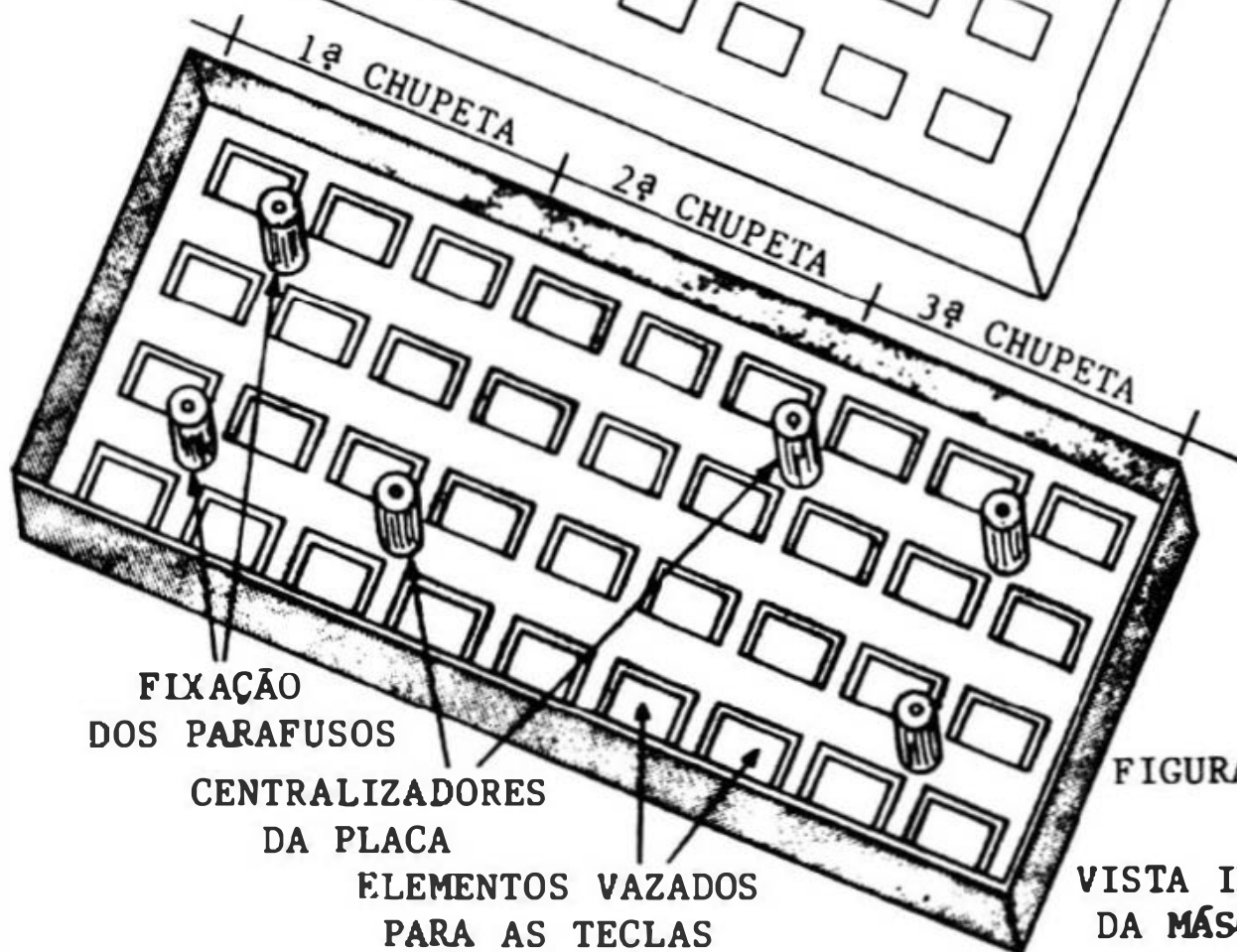
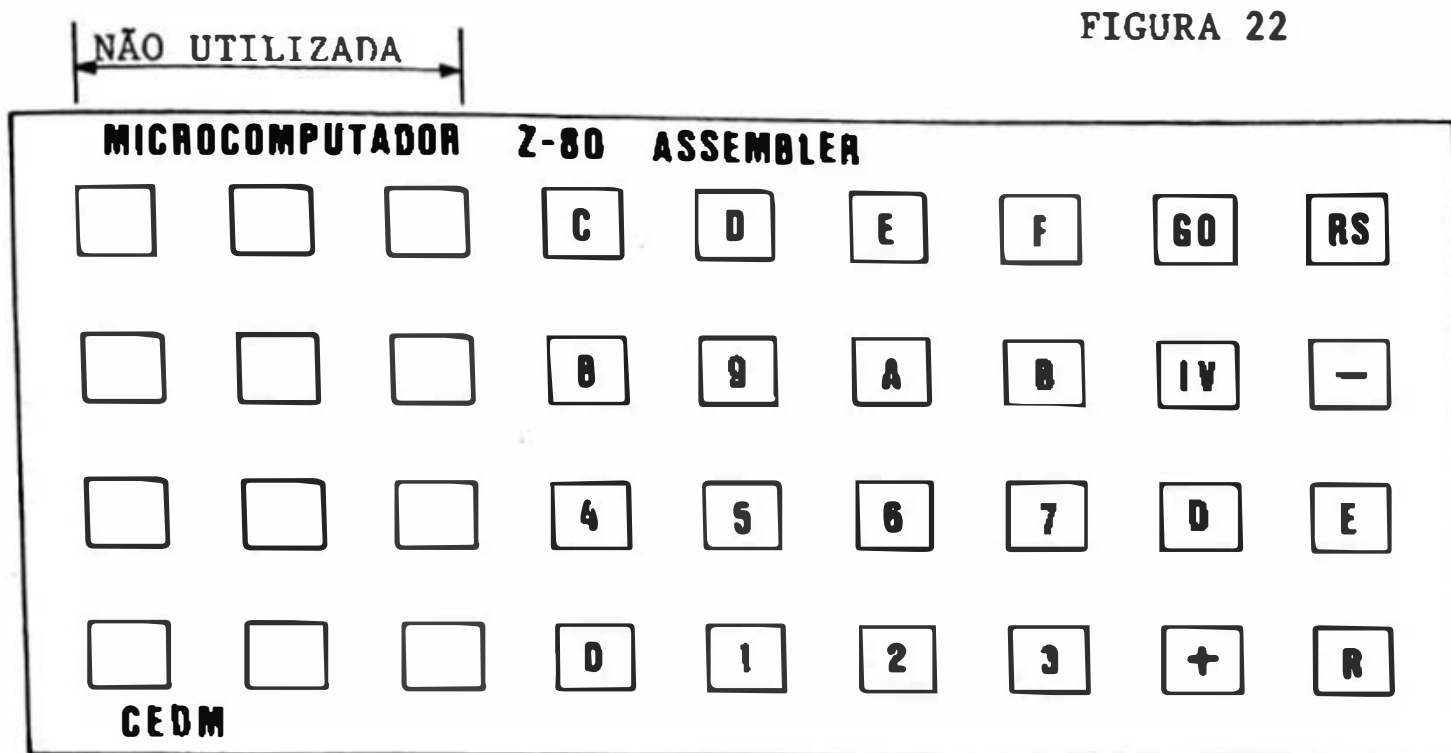


FIGURA 21-F

VISTA INTERNA
DA MÁSCARA

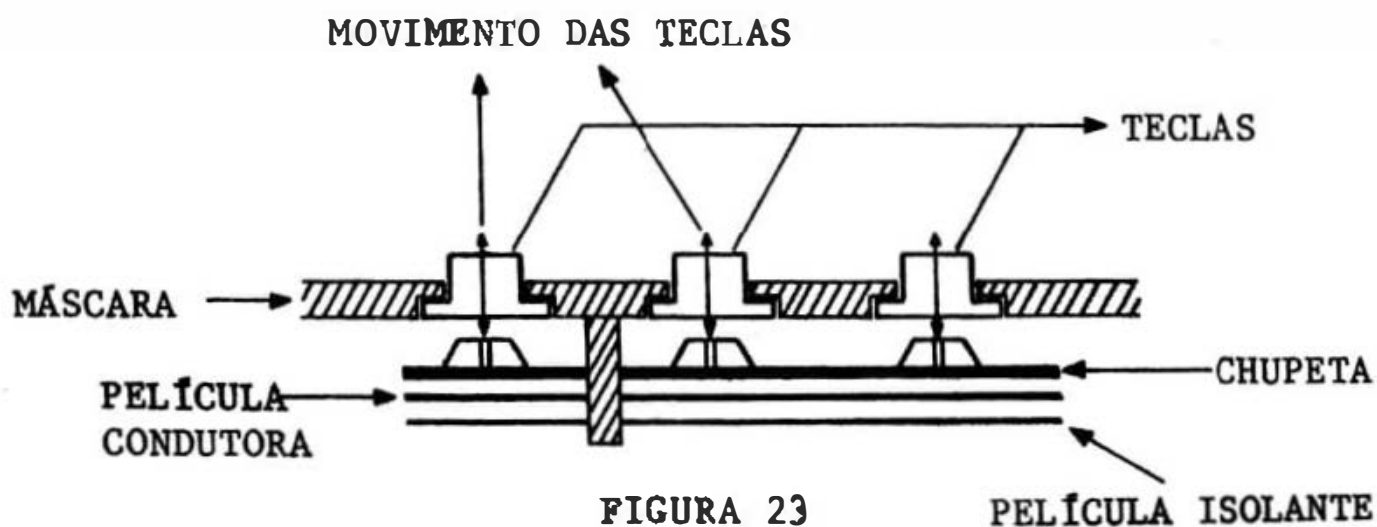
A fixação do teclado é simples, pois será feita através de parafusos. Antes porém, deveremos sobrepor as partes, da seguinte maneira:

- 1 - De posse da máscara, aloje todas as teclas, de maneira a apresentar a disposição mostrada na figura 22:



VISTA DO TECLADO MONTADO

- 2 - Fixe as 3 chupetas sobre as teclas, de maneira que as partes pontiagudas desta, toquem ligeiramente a base das teclas. Veja figura 23.



- 3 - Assente a película condutora sobre a base inferior lisa das chupetas. Se esta película estiver enrugada, deverá alisá-la com a mão, para garantir o perfeito contato.

4 - Cubra a película condutora com a película isolante.

Como já foi raspado o verniz que cobre a placa sobre os pontos de contacto das teclas, basta somente assentar o teclado. Para isso, vire o teclado com todo o cuidado possível, centralize-o na placa pelos dois centralizadores e, com os 4 parafusos recebidos, garanta a fixação, parafusando-os pela face inferior.

Com a fixação do teclado, finda-se a montagem do micro, o qual apresenta a forma ilustrada na figura 24.

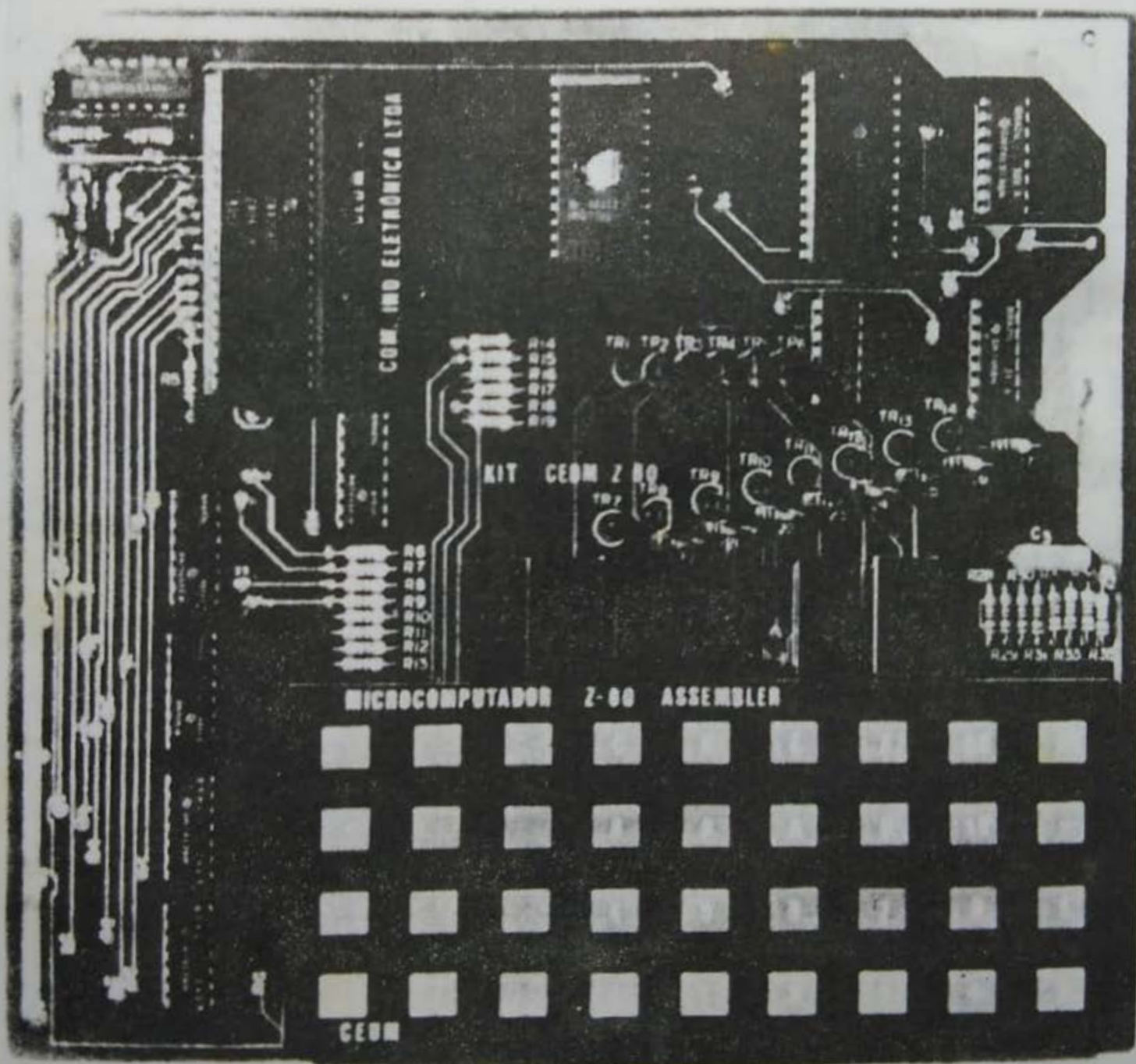
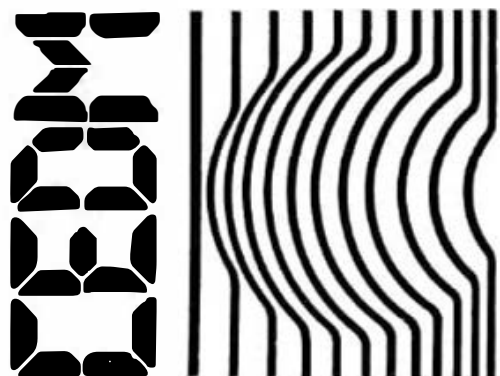


FIGURA 24



CURSOS DE APERFEIÇOAMENTO

CURSO DE ELETRÔNICA DIGITAL E MICROPROCESSADORES

CAIXA POSTAL 1642 - CEP 86100 - LONDRINA - PARANÁ

EXAME DA LIÇÃO MP-26

OBSERVAÇÃO

- cada questão é composta de três ou quatro alternativas.
- só uma delas está correta.
- marque a que considerar correta.
- passe as respostas corretas para a folha de exame.

- 1) O efeito da eletrostática é devido ao:
 - a) campo magnético em torno de um filete;
 - b) efeito Joule, dadas as correntes parasitas da fonte de alimentação;
 - c) acúmulo de cargas elétricas em determinados pontos, mais que em outros;
 - d) N.R.A.
- 2) Quanto à placa de circuito impresso podemos afirmar que:
 - a) é o dispositivo que servirá para a impressão das informações;
 - b) é o elemento que, dada a sua constituição, os componentes devem ser colados e depois amarrados;
 - c) oferece a base ideal para a fixação dos componentes, pois é feita de aço, material muito resistente;
 - d) N.R.A.

3) Para o sucesso de uma soldagem deve-se:

- a) aquecer ao máximo o local de aplicação da solda, pois quanto mais quente melhor;
- b) ter a primeira preocupação com o ferro de soldar, deixando-o com uma ponta lisa;
- c) aproximar diretamente o fio de solda ao ferro de soldar e girar o ferro em torno do terminal, a fim de que a solda circunde o ponto a ser soldado;
- d) as alternativas a, b e c estão corretas.

4) Se, porventura, ocorrer a união entre filetes próximos, deve-se:

- a) ignorar a união, pois esta facilitará a propagação do sinal, dado o aumento da área do filete;
- b) aquecer e retirar o excesso com um pano molhado;
- c) aquecer e, com o ferro de soldar, procurar dividir o excesso de solda entre várias partes da placa;
- d) aquecer e, com um pedaço de madeira, retirar o excesso de solda aplicado.

5) Assinale a alternativa errada:

- a) A placa de circuito impresso, sendo dupla face, em alguns pontos será necessário unir filetes situados em faces opostas;
- b) A fixação dos jumpers é feita com aplicação da solda somente através de uma face, pois o estanho, quando derreretido, escorrerá para a outra face;
- c) Poderá ocorrer um jumper junto ao terminal do componente;
- d) Os fios jumpeadores deverão ser dobrados rente à placa para garantir uma solda baixa.

6) Os resistores que apresentam as faixas coloridas: laranja,

laranja e vermelho, caracterizam uma resistência de:

- a) $3K3\Omega$;
- b) $7K7\Omega$;
- c) 2200Ω ;
- d) 330Ω .

7) Dentre os capacitores recebidos, o único que possui a polaridade pré-fixada é o:

- a) capacitor de papel;
- b) capacitor de cerâmica;
- c) capacitor eletrolítico;
- d) capacitor de poliéster.

8) Os soquetes para os circuitos integrados servem unicamente para:

- a) colocar em destaque na placa a CPU e as memórias;
- b) proteger os circuitos integrados quanto ao manuseio constante de seus pinos, bem como facilitar a alocação e remoção dos mesmos;
- c) amplificar o sinal a ser recebido pelo circuito integrado;
- d) N.R.A.

9) Para analisar a continuidade de um filete da placa deve-se:

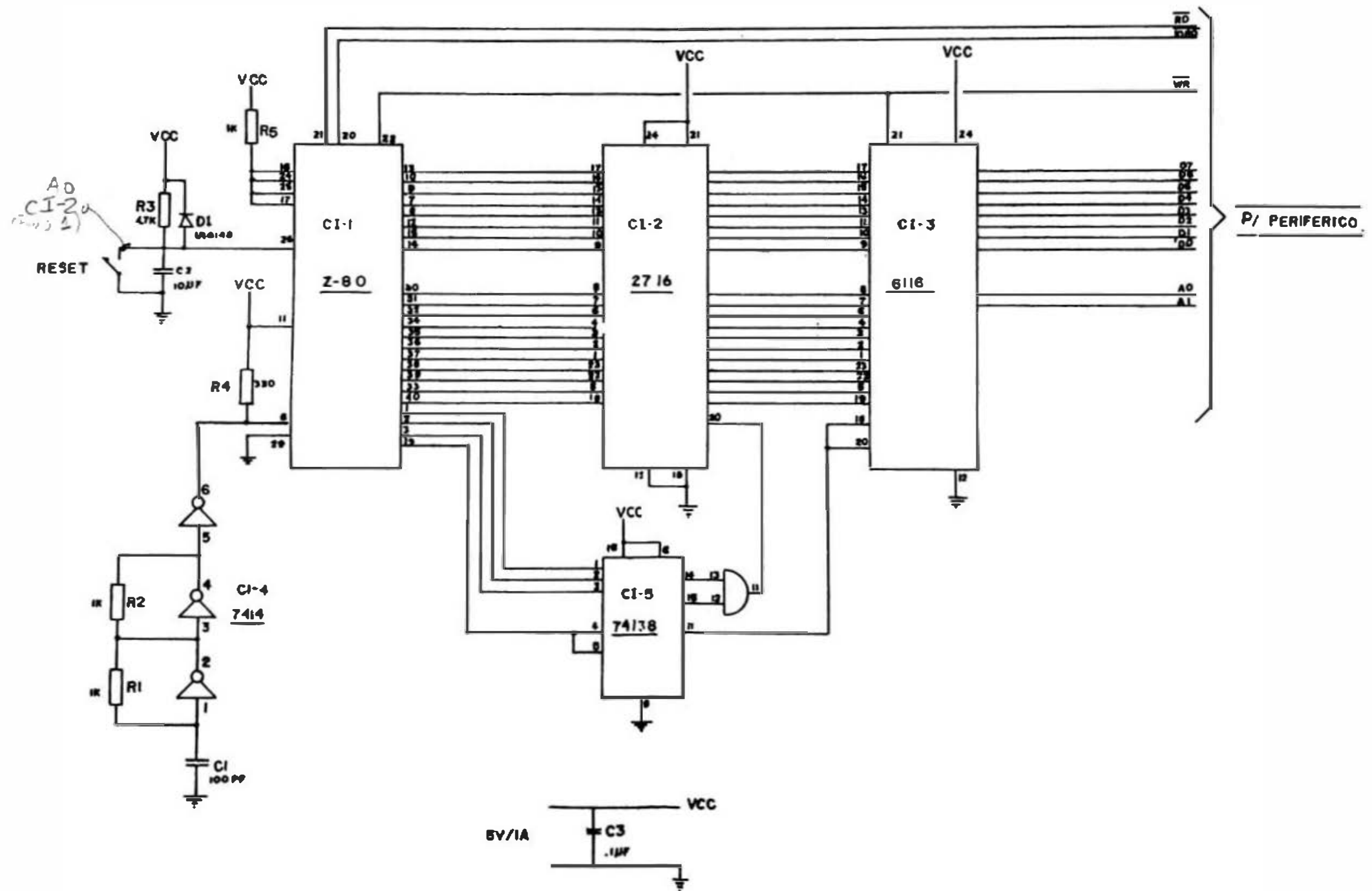
- a) deixar o micro ligado, tocar com as mãos em dois pontos do filete e verificar se dá choque;
- b) desligar o micro e verificar a existência de sinal, conectando um led nos extremos do filete;
- c) desligar o micro e utilizar a ponta-de-testes, que deverá estar conectada no terminal negativo da fonte e, com um outro fio ligado ao terminal positivo, verificar se o led da ponta-de-testes acende;

d) utilizar qualquer procedimento mostrado nas alternativas a, b e c.

10) Assinale a alternativa correta:

- a) A película condutora de papel aluminizado serve para fechar o contacto de uma tecla, quando pressionada;
- b) A película isolante serve para permitir contacto apenas da tecla pressionada;
- c) A chupeta age como mola para a tecla, pois força esta a assumir a posição de repouso, quando pressionada
- d) as alternativas a, b e c estão corretas.

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO CEDM-280 -- CPU



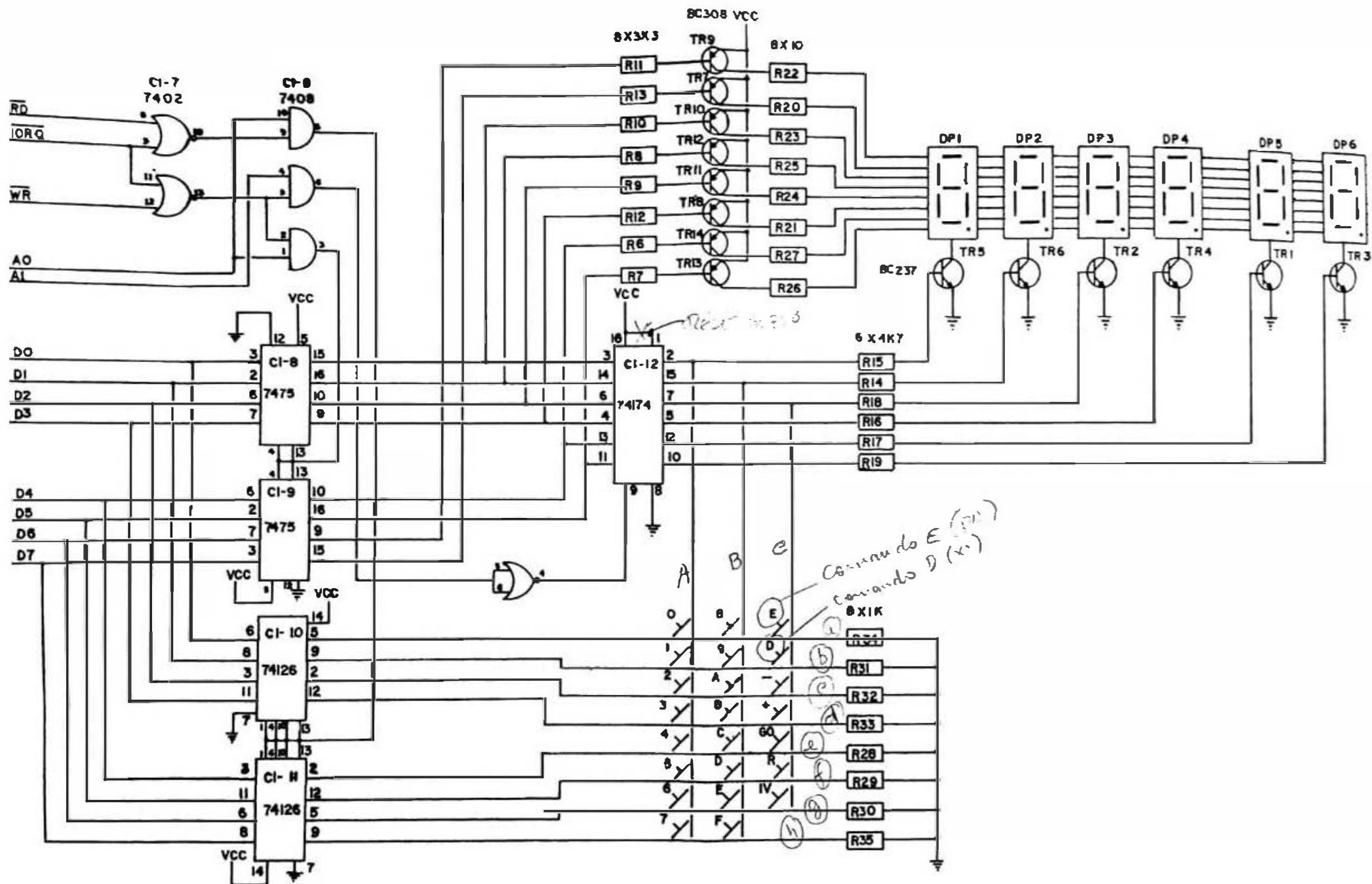


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO CEDM-280 - PERIFÉRICOS