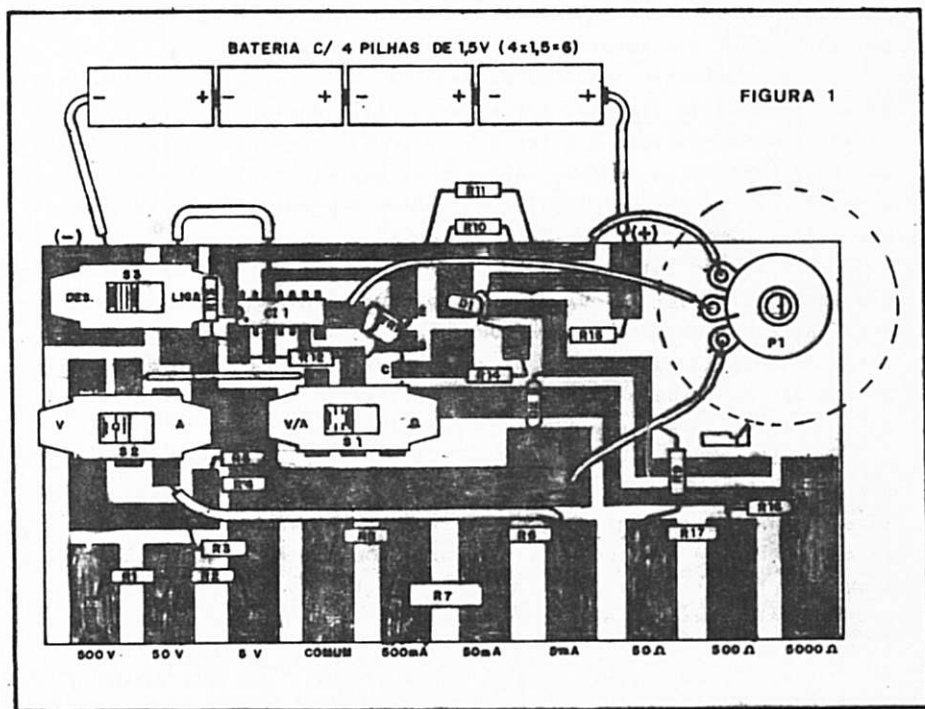


MATERIAIS E MÉTODOS

MULTÍMETRO BARATO PARA EXPERIÊNCIAS DE ELETRICIDADE*

Paulo C. Pirendi

Instituto de Física - USP**



A idéia desse trabalho surgiu quando, ao tomar contato com o volume de eletricidade do Projeto de Ensino de Física (PEF), notamos que

* Esse multímetro foi desenvolvido durante o curso de Instrumentação para o Ensino de Física do IFUSP em 1979.

** Aluno do curso de licenciatura. O autor agradece a colaboração do Prof. Diomar Bittencourt na redação final do trabalho.

os multímetros simples (e baratos) à venda no mercado não apresentam qualidade de leitura e precisão necessárias para que os resultados experimentais possam ser corretamente interpretados pelos alunos. A partir daí, pensamos em projetar um multímetro barato que pudesse ser facilmente construído pelos próprios interessados (professores e alunos), e mantivesse um padrão razoável de qualidade.

1) Princípio de Funcionamento do Multímetro

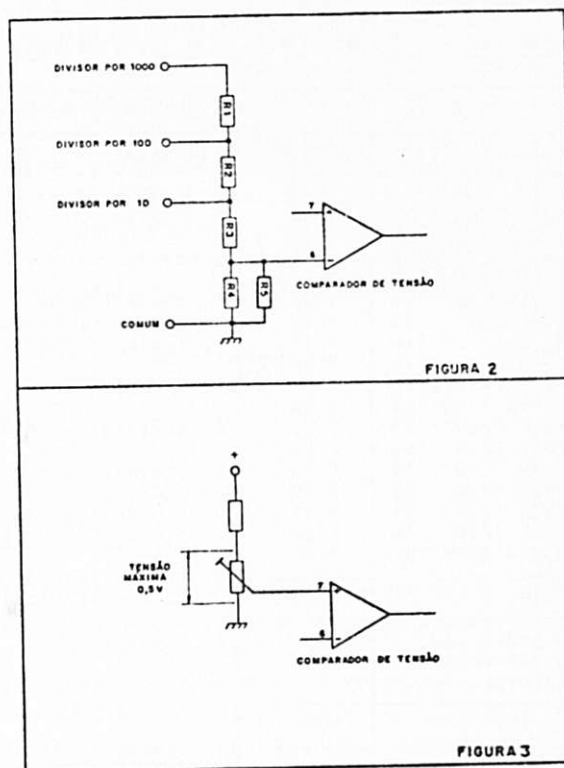
O principal componente do multímetro é o circuito integrado LM 339, basicamente um comparador analógico de tensão que permite a utilização de um único indicador, um diodo emissor de luz (LED - Light Emitting Diode) que servirá para todas as escalas.

O multímetro funciona da seguinte maneira: seja qual for a grandeza a ser medida (tensão, corrente ou resistência), o parâmetro utilizado para comparação é a tensão. O LM 339 compara uma tensão externa (seja medindo-se tensão, corrente ou resistência) com uma tensão interna fornecida por um circuito conveniente, constituído basicamente por pilhas e resistores.

A tensão interna pode ser variada utilizando-se um potenciômetro de fio (linear) ao qual é acoplada uma escala. Quando as duas tensões aplicadas ao LM 339 coincidem, ou a tensão externa for inferior à tensão interna, o LED fica aceso. Esse fato não é inconveniente, pois é bem definida a posição do potenciômetro para a qual o LED passa de apagado para aceso (posição de leitura).

O multímetro apresenta uma única escala graduada de 0,0 a 5,0 que serve para todas as medidas. A seleção do fundo de escala é feita escolhendo-se um terminal de entrada conveniente para a medida. Para cada grandeza existem três terminais, o que permite selecionar os seguintes fundos de escala: 5 V, 50 V e 500 V; 5 mA, 50 mA; 50 Ω , 500 Ω e 5 k Ω . Além desses, existe um terminal "comum" que serve para todas as medidas.

Para exemplificar melhor, vamos discutir com mais detalhe o funcionamento do multímetro para medidas de tensões. Com uma das pontas de prova ligada ao terminal "comum" do multímetro, temos três terminais de entrada para tensões positivas que são, na verdade, três divisores de tensão formados pelos resistores R1, R2, R3, R4 e R5 (figura 2) que estão dimensionados de maneira a dividir a tensão que pretendemos medir por 10, 100 ou 1000. Com isso, desde que a tensão que queremos medir não exceda o fundo de escala estaremos aplicando à entrada (6) do comparador analógico uma tensão compreendida entre zero e 0,50 V. Por outro lado, o potenciômetro faz parte de um outro divi



sor de tensão que permite aplicarmos à outra entrada (7) do comparador de tensão (LM 339) uma tensão também compreendida entre zero e 0,50V que só depende do posicionamento do potenciômetro (figura 3). Ao realizarmos uma medida, portanto, estamos sempre comparando tensões entre zero e 0,50 V.

Para realizar medidas são necessários alguns cuidados; por exemplo, se em medidas de tensão e corrente o LED permanece aceso, independentemente da posição do potenciômetro, é sinal de que devemos mudar para um fundo de escala maior ou verificar se a polaridade está invertida. Além disso, é conveniente ressaltar mais uma vez que o aparelho não mede correntes e tensões alternadas apesar de ser facilmente adaptável para tal. No caso, a dificuldade consistiria em calibrar a escala, que não seria mais linear. Como no PEF, por exemplo, não são propostas experiências com correntes e tensões alternadas, julgamos desnecessária essa função para o multímetro.

II) Material Necessário para Construir o Multímetro

Damos abaixo uma lista do material necessário para construir

TABELA 1

LISTA DE MATERIAL			
ELEMENTO	CARACTERÍSTICA	PREÇO	
Resistor			
R1	10MΩ 1/2W 5%	1,00	
R2	1MΩ 1/2W 5%	1,00	
R3	100kΩ 1/2W 5%	1,00	
R4	12kΩ 1/2W 5%	1,00	
R5	120kΩ 1/2W 5%	1,00	
R6	82Ω 1/2W 5%	1,00	
R7	8Ω 5W fio	4,50	
R8	1Ω 5W fio	4,50	
R9	470Ω 1/2W 5%	1,50	
R10	100kΩ 1/4W 5%	1,50	
R11	10kΩ 1/4W 5%	1,50	
R12	10kΩ 1/4W 5%	1,50	
R13	10kΩ 1/4W 5%	1,50	
R14	390Ω 1/2W 2%	7,00	
R15	100Ω 1/2W 2%	7,00	
R16	47kΩ 1/2W 2%	7,00	
R17	4,7kΩ 1/2W 2%	7,00	
Fio Flex.	22AWG (1m)	8,00	
Garra Jacaré	2 pretas, 2 vermelhas (miniat.)	60,00	
Transistor	BC 167	8,50	
Circuito Integrado	LM 339	77,50	
Diodo LED	FLV 110(verm.)	8,50	
Diodo Zener	1N751A 5,1V - 400mW	9,30	
Potenciômetro	1k - 2W (fio)	50,00	
Chave	3 HH FEAD	45,00	
Pilha	4 médias(1,5V)	40,00	
Placa Fenolite	cobreada 10 x 20cm ²	50,00	
Porta Pilha	4 pilhas médias	30,00	
"Knob"	p/ potenc.	10,00	
Percloroeto Férrico	100g , em pedra	15,00	
Os preços são de maio/80 em S.P.			

TABELA 2

SEQUÊNCIA DE MONTAGEM
1. Resistores: R1 - R2 - R3 - R4 - R5 - R6 - R7 - R8 - R9 - R10 - R11 - R14 - - R15 - R16 - R17.
2. Diodo Zener D1
3. Diodo LED D2
4. Transistor TR1
5. Circuito Integrado C11
6. Resistores: R12 - R13
7. Chaves: S1 - S2
8. Fio de interligação: <u>cen</u> <u>tro de S2 com V/A de S1</u>
9. Fio de interligação: <u>A</u> de S2 com terminal <u>5mA</u>
10. Chave S3
11. Fio de interligação: <u>Liga</u> de S3 com <u>pino 12</u> de C11
12. Fio de interligação: <u>pino</u> <u>7</u> de C11 ao <u>centro</u> do <u>po</u> <u>tenciômetro</u>
13. Fio de interligação: <u>lado</u> <u>direito</u> do <u>potenciômetro</u> à <u>junção</u> R11 e R10
14. Fio de interligação: <u>lado</u> <u>esquerdo</u> do <u>pot.</u> à <u>junção</u> R4, R5, D2
15. Fio de interligação: <u>(-)</u> da <u>bateria</u> com <u>D</u> de S3
16. Fio de interligação: <u>(+)</u> da <u>bateria</u> com <u>R15</u>

o multímetro (tabela 1). Caso não os encontre facilmente em sua cidade, procure entrar em contato com algum radiotécnico: peça informações e, se tiver dificuldades, também ajuda.

Muitos componentes eletrônicos são equivalentes apesar de serem de fabricações diferentes; o circuito integrado LM 339 da NATIONAL é equivalente ao μA 339 da FAIRCHILD, etc..

O potenciômetro de fio é relativamente caro mas é essencial por ser linear. Muitos potenciômetros de carvão (\sim Cr\$ 10,00) são vendidos como sendo lineares, o que só ocorre realmente na parte intermediana do seu curso.

Serão necessários, também, ferro de soldar, solda de estanho, uma caneta para transparências de retroprojeto (tinta permanente), cola araldite.

III) Instruções de Montagem

a) Circuito impresso

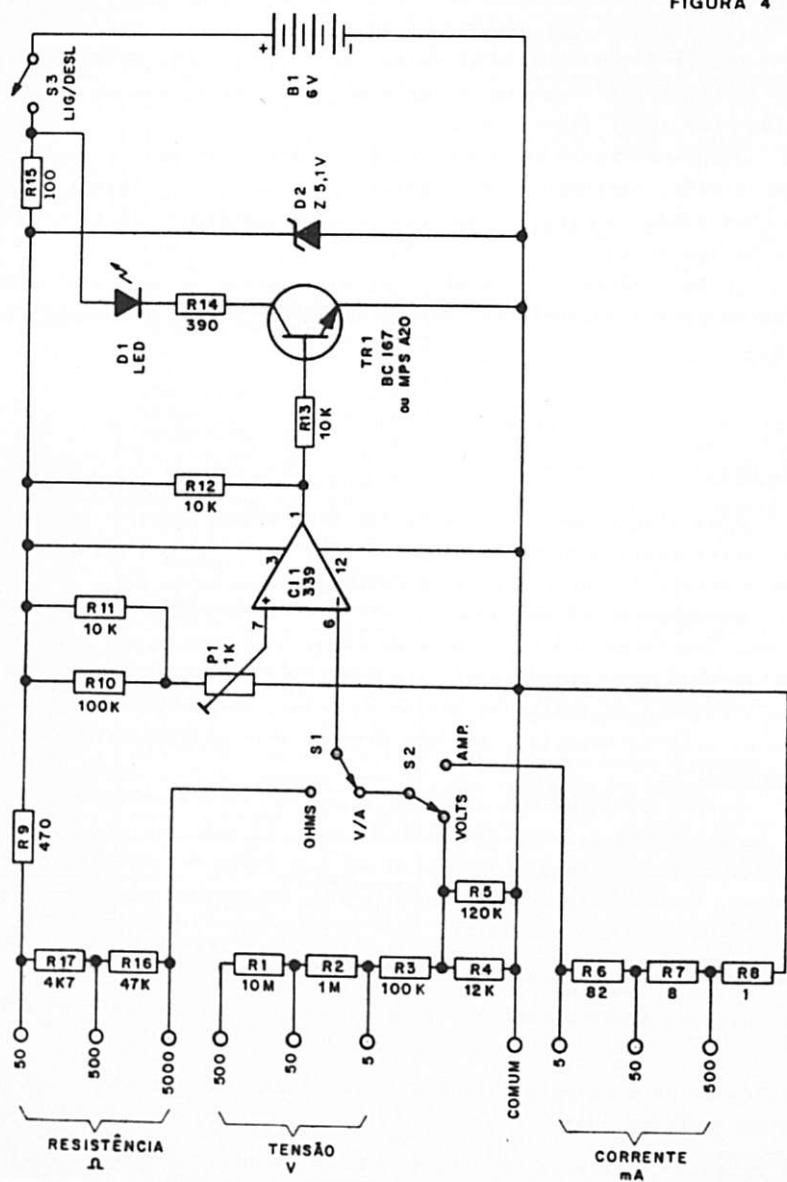
A utilização de um circuito impresso para o multímetro apresenta várias vantagens, entre elas, o baixo custo, a facilidade de construção e servir de suporte para os componentes.

Os componentes são soldados diretamente nas trilhas do circuito e não, como usualmente, através de furos na placa, o que elimina a necessidade de uma furadeira (figura 5). Além disso, pode-se eliminar os terminais de acesso às pontas de prova, substituindo-as por marcações no próprio impresso, que são ligadas por garrinhas miniatura, tipo jacaré.

Para a confecção do circuito impresso, será necessária uma placa de fenolite cobreada virgem de $10 \times 20 \text{ cm}^2$, um pedaço de pano, álcool, uma folha de papel, papel carbono, breu, uma forma de pirex maior que $10 \times 20 \text{ cm}^2$, caneta para transparências, 100g de percloreto férrico (em pedaços) e um pedaço de bombril.

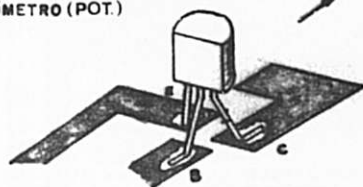
- 1) Limpe a placa com um pano embebido em álcool.
- 2) Copie no papel o contorno do desenho do circuito impresso (figura 6).
- 3) Transfira o desenho para a placa utilizando o carbono, uma régua e um lápis de ponta fina.
- 4) Preencha o interior dos contornos desenhados na placa com tinta permanente (use a caneta de transparências).
- 5) Espere a tinta secar. Enquanto isso, prepare a solução de percloreto férrico (100g) diluindo-o em 200g de água, em uma forma de pi

FIGURA 4

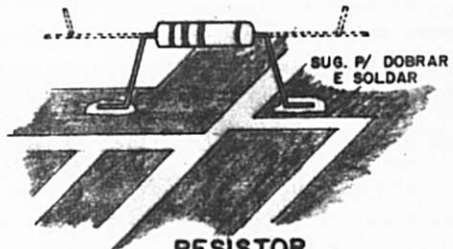


COLAR A ESCALA NO BOTÃO
E ESTE FIXAR NO EIXO
DO POTENCIÔMETRO (POT.)

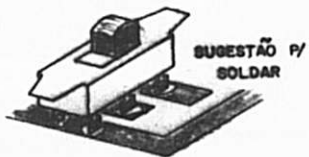
POT.



TRANSISTOR



RESISTOR



CHAVE "H"

CIRCUITO
INTEGRADO

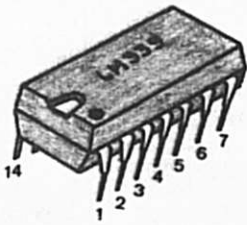
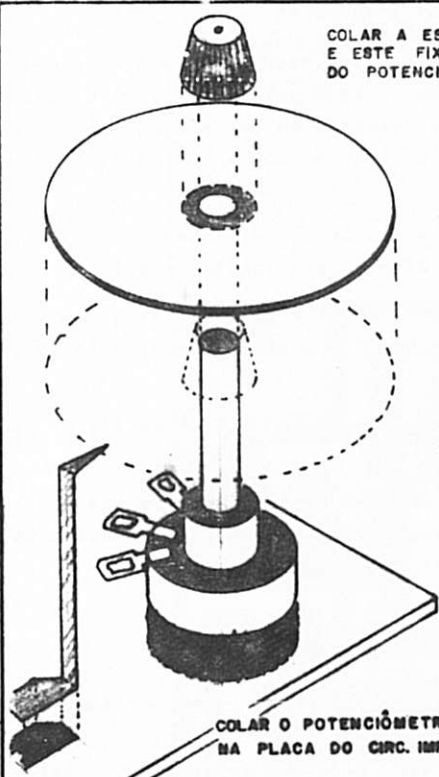


FIGURA 5



COLAR O POTENCIÔMETRO
NA PLACA DO CIRC. IMPRESSO



LED



POT

rex. (Obs.: a solução pode ser tocada com os dedos.)

6) Após a tinta secar, com uma ponta seca, escreva o fundo de escala (5 V, 50 V, etc.) em cada terminal (figura 6)

7) Após a diluição da solução, coloque a chapa de fenolite aproximadamente 2 minutos dentro da solução. Em seguida, retire-a e lave-a com água corrente. Verifique se a corrosão do cobre está ocorrendo nas regiões desejadas; caso contrário, retoque com a caneta ou a ponta seca, conforme o caso.

8) Recoloque a placa na solução, agitando-a continuamente e leve-mente até que o cobre exposto tenha sido completamente removido.

9) Após a remoção do cobre exposto, retire a placa e lave-a bem com água corrente. Em seguida, esfregue bombril sobre a placa, para retirar os excessos de tinta.

10) Seque a placa e passe uma solução de breu diluído em álcool para evitar que o cobre oxide.

11) A solução de percloreto deve ser bem diluída antes de ser jogada fora, pois existe o risco de corrosão de encanamentos metálicos. De qualquer forma, deixe a torneira escorrer água bastante tempo.

b) Potenciômetro e escala de leituras

O potenciômetro deve ser colado com araldite sobre a placa. Observe sua posição, mostrada na figura 1.

O indicador de leitura deve ser feito com um pedaço de latão (ou outro material) e colocado sobre a placa. Note sua posição e formato nas figuras 1 e 5.

Na figura 7 está mostrada uma sugestão para a escala. Para fazer a escala recorte um círculo de cartolina com 2,5 cm de raio, com um furo central de diâmetro igual ao pino do potenciômetro. Aco-ple a escala do potenciômetro como é sugerido na figura 5. Gire o potenciômetro, marcando no círculo as posições máximas e mínimas.

Retire o círculo da cartolina. Com um transferidor, meça o ângulo compreendido entre essas posições extremas (em geral, próximo de 270°). Divida esse valor por 10 e marque no círculo os traços e valores correspondentes a zero, meio, um, um e meio, etc., até cinco, no sentido anti-horário.

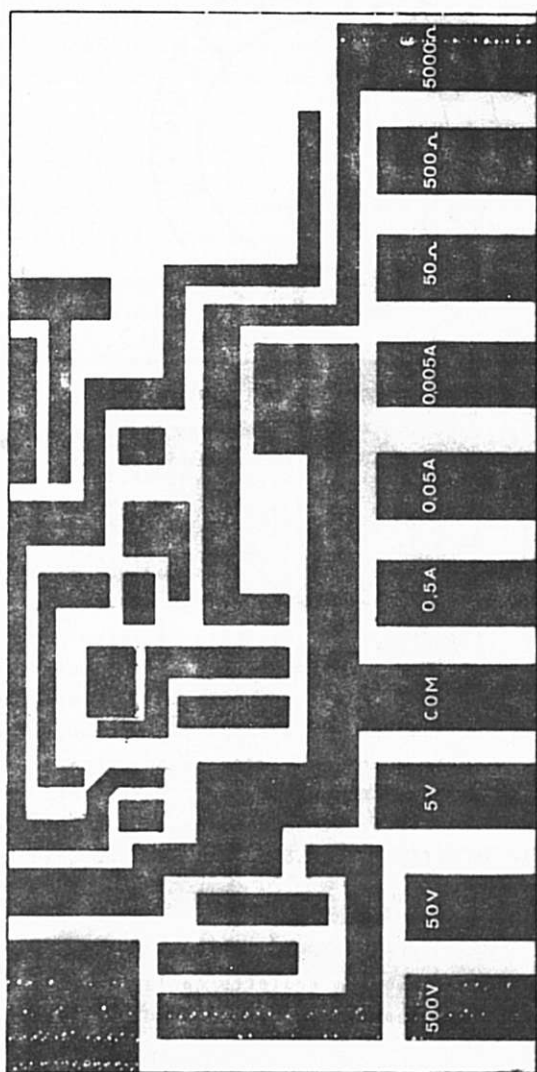


FIGURA 6

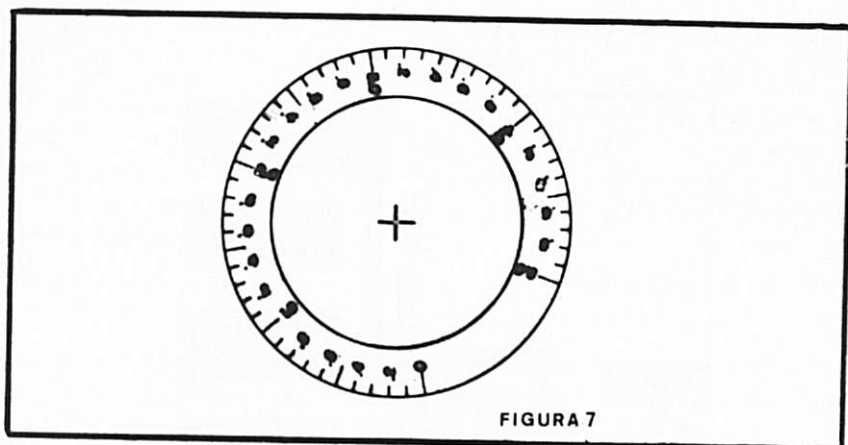


FIGURA 7

c) Soldagem dos elementos do circuito

Na figura 5 estão apresentadas sugestões de como soldar diversos componentes. Ao efetuar a soldagem, observe a localização do elemento através da figura 1.

Para soldar, encoste juntos o terminal do componente e o ferro de soldar no ponto da placa que se deseja fixar o componente e, em seguida, encoste o fio de estanho na ponta de ferro de soldar. Não deixe muito estanho derreter no ponto de solda, só o suficiente para garantir o contato entre o terminal e o cobre da placa. Após esfriar, a solda deve estar brilhante. Se a solda ficar opaca ("solda fria"), derreta mais uma pequena quantidade de estanho sobre o terminal.

A ordem de soldagem não é crítica. Entretanto, seguindo-se a ordem proposta abaixo, evitar-se-ão problemas tais como soldar componentes em lugares de difícil acesso ou queimar componentes com o ferro de soldar (tabela 2).

d) Porta pilhas

Cole o porta-pilhas com araldite no lado oposto ao circuito impresso. Solde os fios ligados aos terminais das pilhas nos locais indicados.

e) Funções das chaves

Escreva sobre cada chave sua função. Caso necessário, cole um pequeno pedaço de cartolina sobre ela (figura 1).

Chave S1: V/A, Ω ; Chave S2: V, A ; Chave S3: D, L

f) Pontas de prova

Solde a um pedaço de fio encapado de aproximadamente 30cm, em cada extremidade, uma garrinha tipo jacaré de cor vermelha. Repita o mesmo procedimento com outro pedaço de fio, soldando duas garrinhas de cor preta.

g) Terminais do multímetro

Para facilitar o contato, deposite uma fina camada de solda sobre parte dos terminais de acesso aos diversos fundos de escala. Não cubra as inscrições com os fundos de escala.

IV) Dificuldades na Construção do Multímetro

O texto acima foi distribuído juntamente com o material necessário para 26 alunos do curso de Instrumentação para o Ensino de Física 1 (1980) para verificarmos as dificuldades que surgem na montagem do multímetro.

Os alunos trabalharam principalmente em grupos de dois, para que pudessem tomar bastante contato com o material e auxiliarem-se mutuamente. Foram construídos 12 multímetros que funcionaram a contento.

Na tabela 3 abaixo está indicada a familiaridade dos alunos com eletrônica e eletrotécnica.

TABELA 3

	mu <u>ito</u>	pou <u>co</u>	nã <u>o</u>
Estudou Eletrônica		9	19
Praticou Eletrônica	1	5	20
Estudou Eletrotécnica	1	6	19
Praticou Eletrotécnica	2	4	20
Montou Pequenos Circuitos	2	16	8
Realizou Soldagens	4	9	13
Conhece Código de Cores	3	11	12
TOTAL	13	60	111

As maiores dificuldades encontradas foram as seguintes: (a) com-
ponentes com polaridade; (b) posição das chaves.

Em decorrência dessas dificuldades foi enfatizada a necessida-
de de consultar, com atenção, as figuras 1 e 5 para a montagem dos com-
ponentes com polaridade e acrescentada a figura 8 (abaixo).

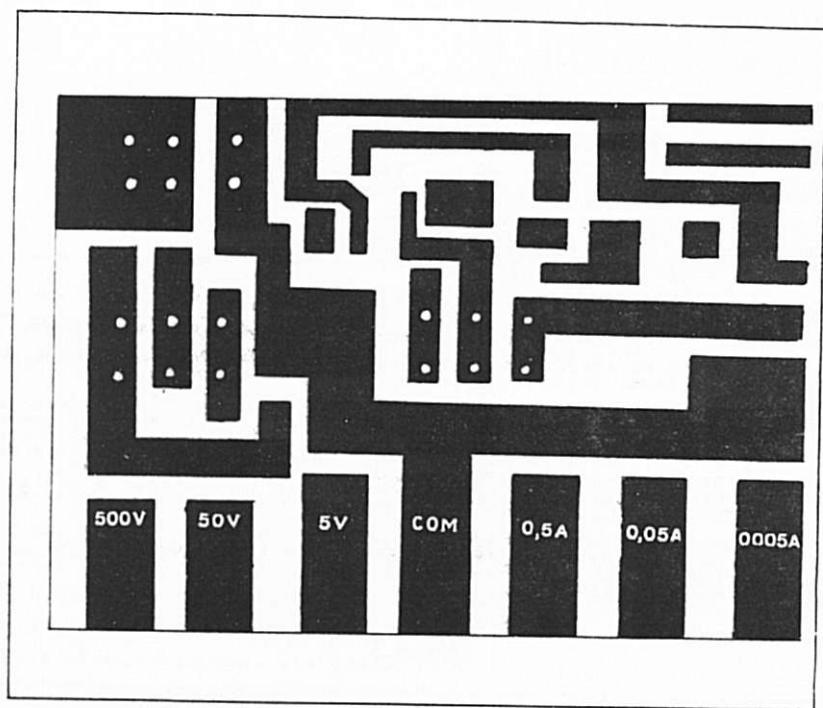


Fig. 8 - Desenho de parte do circuito impresso do multímetro. Os pon-
tos brancos representam as posições nas quais devem ser sol-
dadas as chaves S1, S2 e S3.