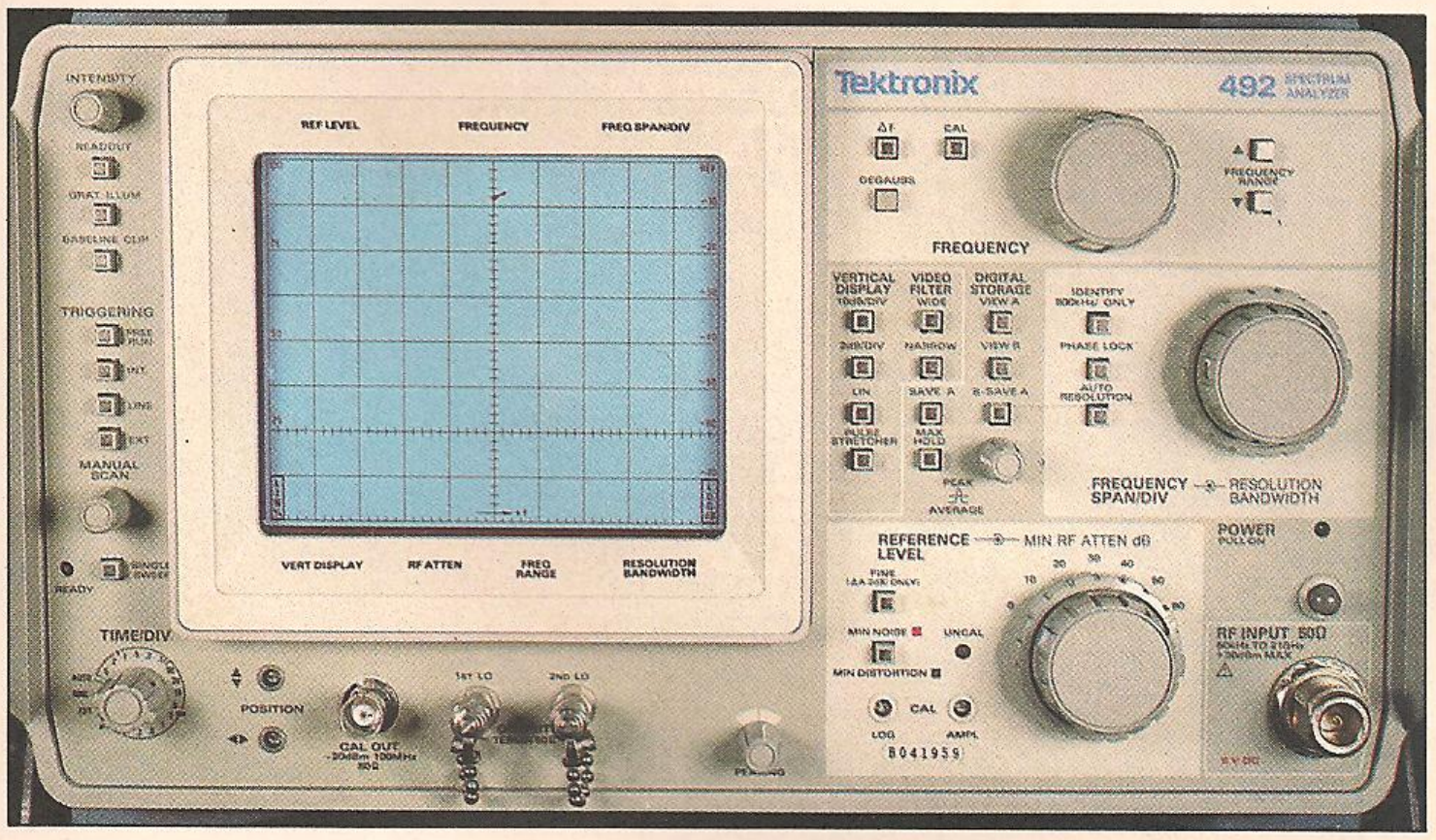
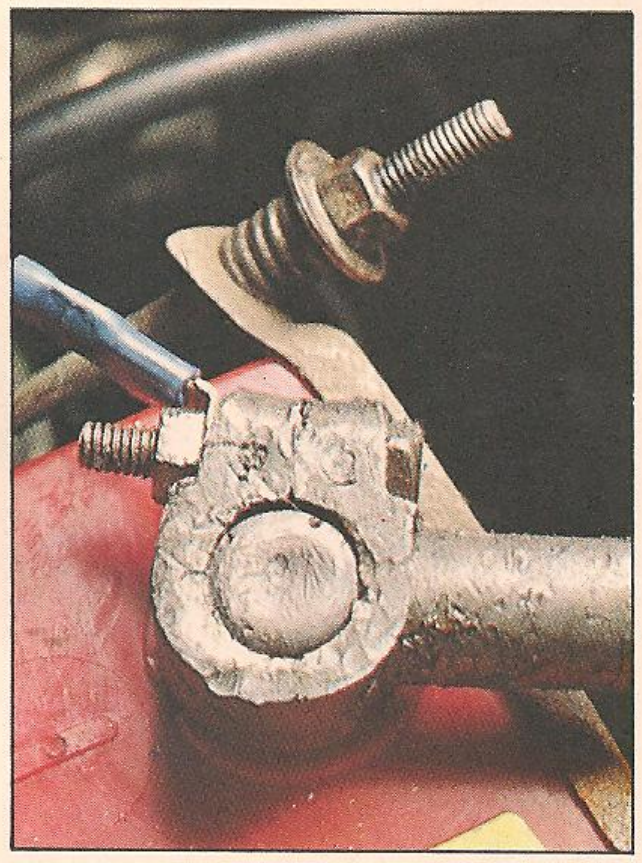
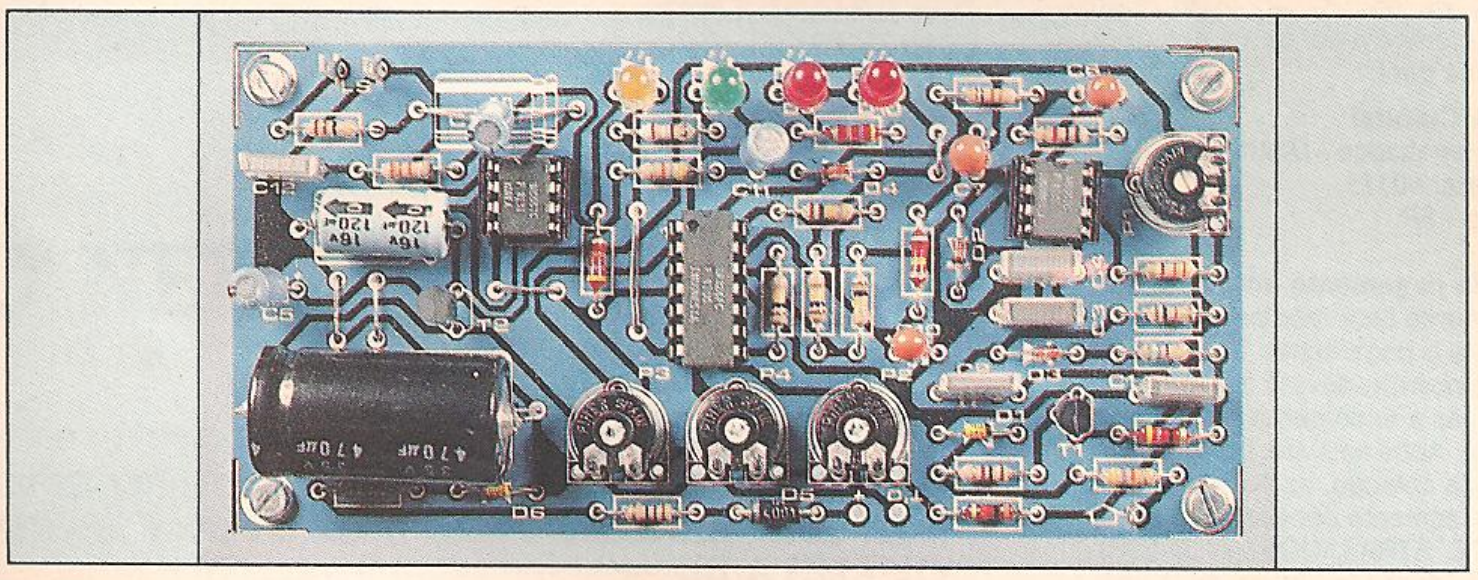
ELETRÔNICA

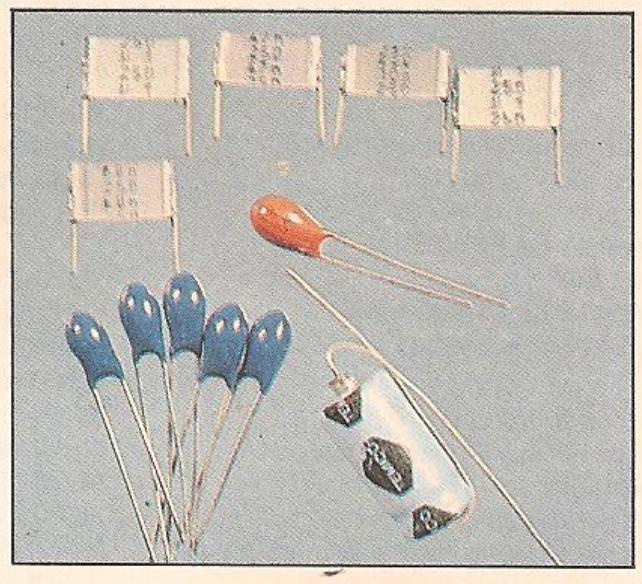
35 **PASSO A PASSO** Cr$ 3.500

Abril Cultural









MONTAGEM

O LABORATÓRIO ELETRÔNICO ECONOMIZADOR DE COMBUSTÍVEL

INSTRUMENTAÇÃO

O FREQÜENCÍMETRO

SISTEMAS DE MEDIDAS

GRANDE CONCURSO
O SELO VALE MILHÕES
Abril Cultural Abril Cultural Abril Cultural Abril Cultural
Colecione fascículos
O patrimônio cultural de sua família

Promoção válida somente no território brasileiro

O LABORATÓRIO ELETRÔNICO

Se sua paixão pela eletrônica for muito além da simples montagem de algum aparelho, então é necessário ter um verdadeiro laboratório doméstico. Aqui, todas as dicas para montá-lo.

Todo e qualquer trabalho de laboratório relacionado com a eletrônica requer uma bancada, uma mesa ou uma superfície com dimensões que permitam apoiar o circuito ou o aparelho que está sendo construído ou analisado.

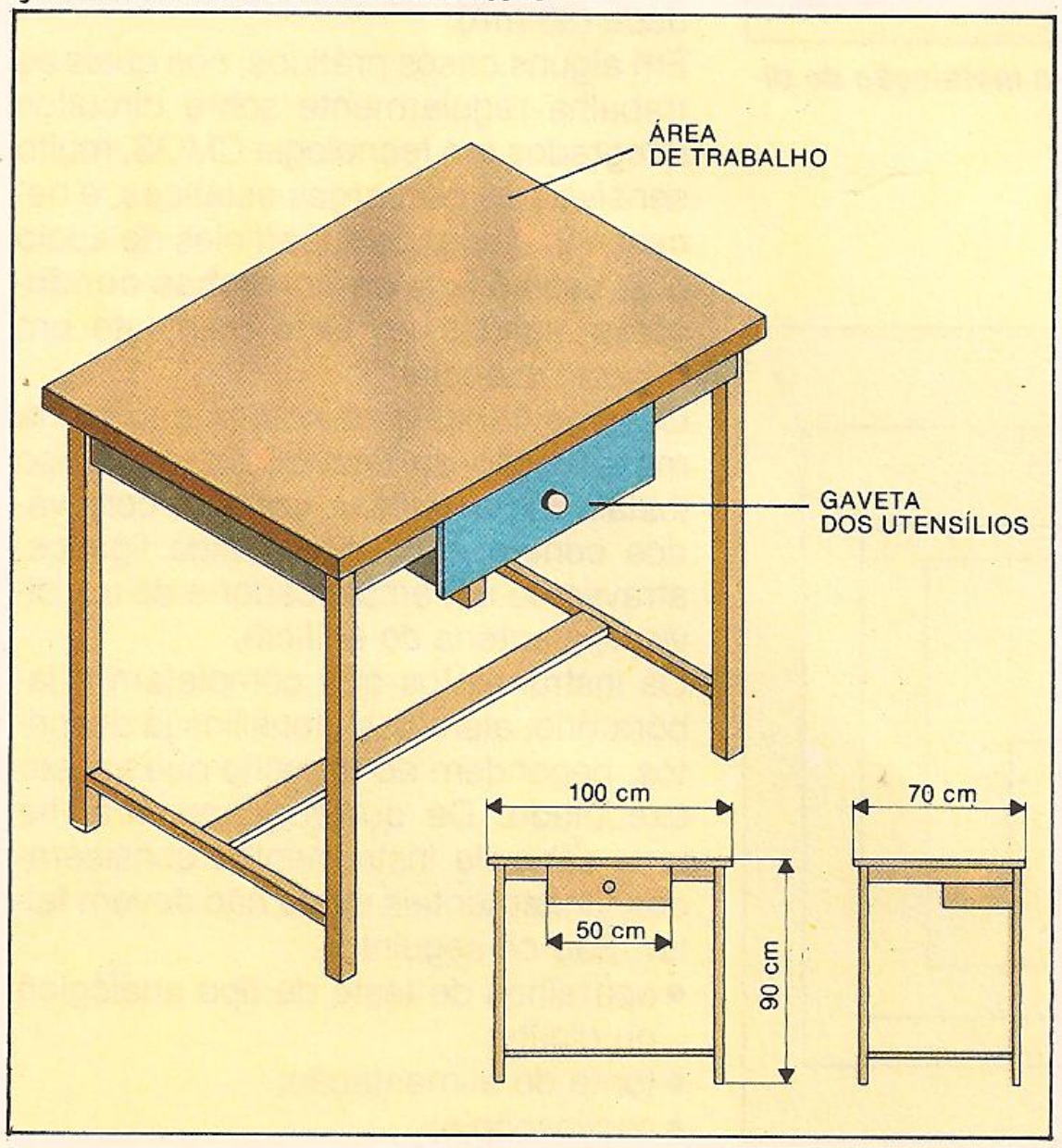
É preciso também ter à disposição alguns instrumentos de medição e aparelhagens específicos, colocados em local adequado. Dessa forma, ficam acessíveis e permitem realizar todas as operações de ligação, manipulação dos vários controles, instalação de um determinado sistema de medição, etc. com um mínimo esforço e sem perdas de tempo desnecessárias e riscos de sobrecargas acidentais que possam colocar em perigo a segurança das pessoas ou dos aparelhos de teste.

Tanto o técnico como o aficionado por eletrônica podem construir um pequeno laboratório adequado às suas necessidades, para desenvolver sem maiores problemas qualquer atividade de montagem, ajuste ou manutenção. Pelas razões expostas, é preciso antes de mais nada ter à disposição uma bancada de trabalho adequada. A esse respeito, fornecemos um esquema de orientação nestas páginas. Por outro lado, cada um pode, sem dúvida, adaptar os próprios gostos e necessidades, utilizando os esquemas apresentados apenas como uma referência.

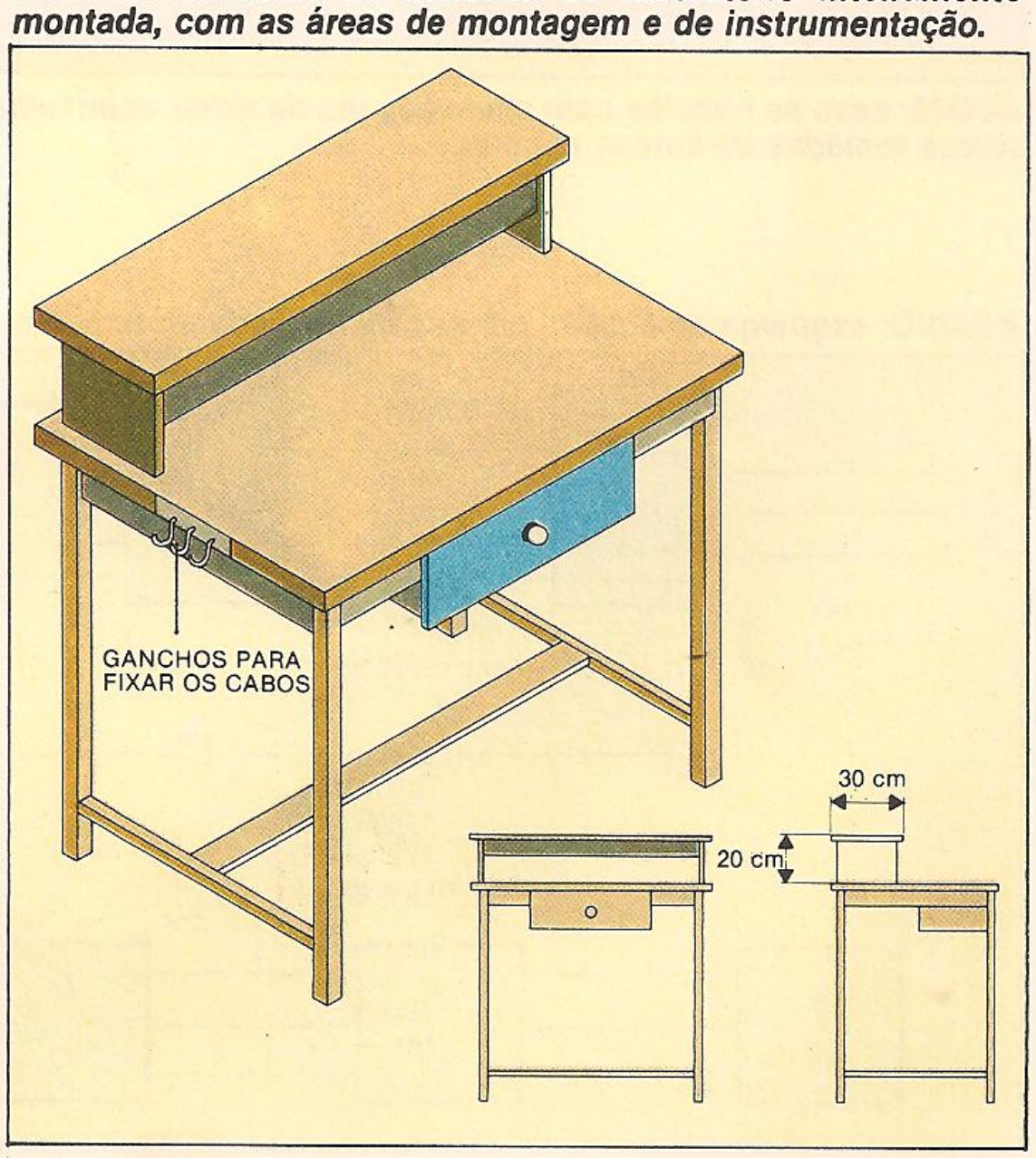
A **bancada** deve ser dividida em dois espaços perfeitamente separados, um destinado à área de trabalho em si e o outro, levemente elevado, para colocar os instrumentos de medição. Dessa forma, não se roubará espaço da área principal e se poderá observar melhor as indicações oferecidas pelos instrumentos que, juntamente com os controles, estarão na altura mais adequada para o operador.

Como superfície de trabalho propriamente dita, considera-se uma mesa de madeira retangular com 1 m de largura por 70 cm de profundidade. Nos casos em que seja necessário trabalhar com aparelhos volumosos, como, por exemplo, os televisores, o fundo pode ser ampliado até 90 cm ou 100 cm. A mesa pode ser construída com compensado de 19 mm de espessura e o lado que se destina à área principal deve ser revestido com laminado plástico, colado

ABAIXO: desenho da bancada de trabalho básica, com o espaço destinado aos instrumentos.



ABAIXO: estrutura da bancada de laboratório inteiramente montada, com as áreas de montagem e de instrumentação.



à madeira, para que a área de trabalho seja mantida limpa com facilidade e não danifique os chassis ou os móveis dos aparelhos que eventualmente nela estiverem apoiados.

A mesa deve ser montada sobre pernas feitas, de preferência, com tubos de ferro, de madeira ou melhor, de perfilados em L, desses que são utilizados para a construção de prateleiras metálicas. A altura permitida depende basicamente da forma e do tipo de cadeira que se pretende utilizar. Se a intenção é usar uma cadeira normal, a altura varia de 75 cm a 80 cm. Por outro lado, se a intenção é utilizar um banco, a média varia de 90 cm a 100 cm. Em ambos os casos (cadeira ou banco), deve-se escolher sempre modelos que facilitem o mais possível os movimentos da pessoa que estiver sentada, o que pressupõe ter à disposição uma cadeira giratória com rodas e encosto reclinável.

Para uma colocação correta da mesa em relação ao solo, são utilizadas quatro ou seis pernas, em função do peso previsto dos aparelhos que deverão ser colocados sobre a bancada. Além disso, é interessante montar uma gaveta debaixo da mesa, com 50 cm de largura e profundidade adequada para conservar todos os utensílios de trabalho (chaves, pinças, chave de fenda).

O espaço destinado à instrumentação deve ser construído como se se tratasse de outra pequena bancada, com uma mesa da mesma largura da anterior, mas com o fundo de 30 cm e uma altura variável de 25 cm a 30 cm. Essa bancada deverá ser apoiada sobre a anterior por meio de quatro ou seis pernas, ou fixada à parede com esquadros de dimensões apropriadas.

Depois de construída a bancada de trabalho, executa-se a **instalação elétrica** de um número suficiente de **tomadas** da rede, para poder ligar simultaneamente quatro ou cinco aparelhos e mais um soldador e algum outro elemento auxiliar (oito tomadas é um número razoável).

Todas as tomadas devem ser controladas por um **interruptor geral** de ligação, colocado sobre a bancada ou em lugar próximo. O interruptor permite ligar ou desligar todos os aparelhos com uma única manobra, e é o melhor meio para não esquecer, no fim do dia ou em qualquer outro momento, de desligar todo o conjunto.

Um dos fatores que devem ser considerados em uma instalação elétrica é a possibilidade de dispor de um **terra** adequado para cada tomada. Também é muito útil instalar uma série de terras separados, sob a forma de tomadas fêmeas de pressão, para poder ligar qualquer aparelho em teste.

O terra é ligado à tubulação própria do edifício, quando disponível, ou então monta-se um terra específico. Isso pode ser feito enterrando um cilindro galvanizado ou de cobre, ou ainda uma chapa metálica de 60 cm de comprimento e 30 cm de largura.

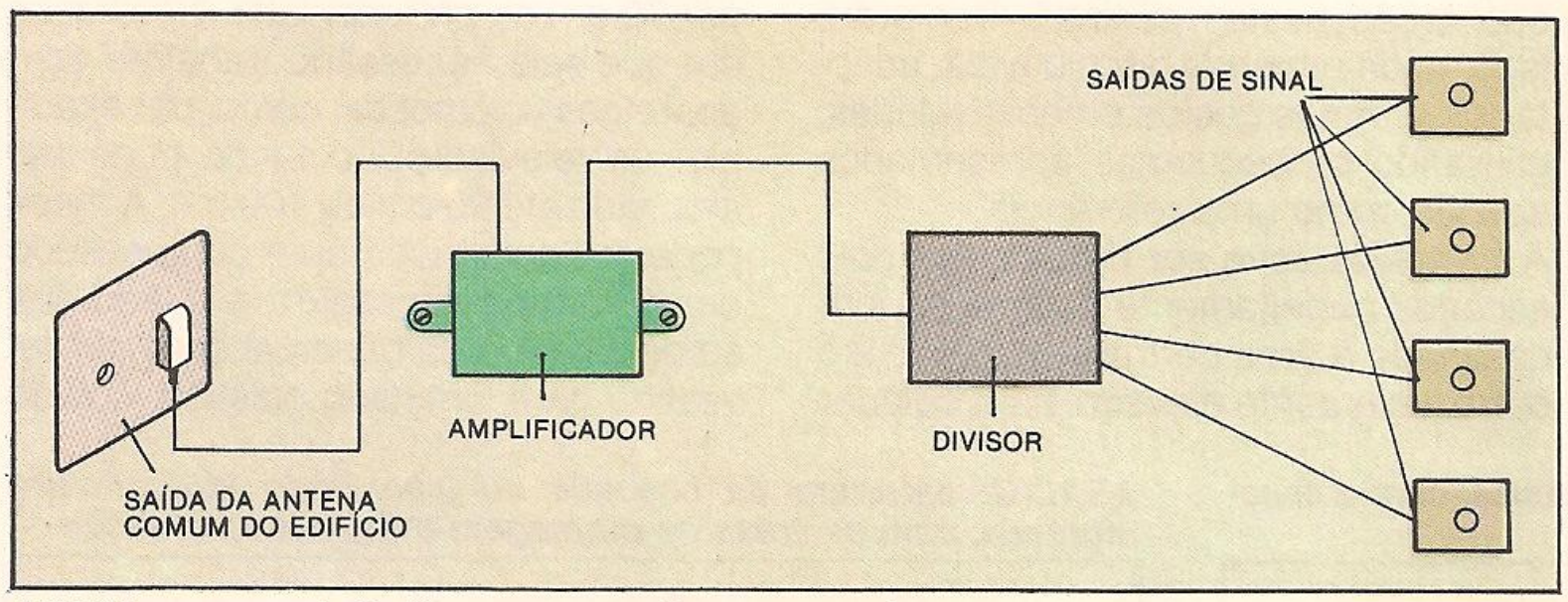
Independentemente do método escolhido, a ligação deve ser feita com cabo de cobre de boa seção (1 mm² ou 2 mm²). Para ter uma adequada proteção contra descargas originadas de outros aparelhos ligados, é conveniente instalar em série com o interruptor geral um derivador com boa sensibilidade (30 mA).

Em alguns casos práticos, nos quais se trabalha regularmente sobre circuitos integrados em tecnologia CMOS, muito sensíveis às descargas estáticas, é necessário dispor de superfícies de apoio cuja base é feita de **borrachas condutoras**, ligadas ao terra mediante um conetor especial.

Caso se trabalhe na construção ou na manutenção de televisores, é preciso instalar uma **antena comum** com vários conetores-base de saída ligados, através de um amplificador e de um divisor, à antena do edifício.

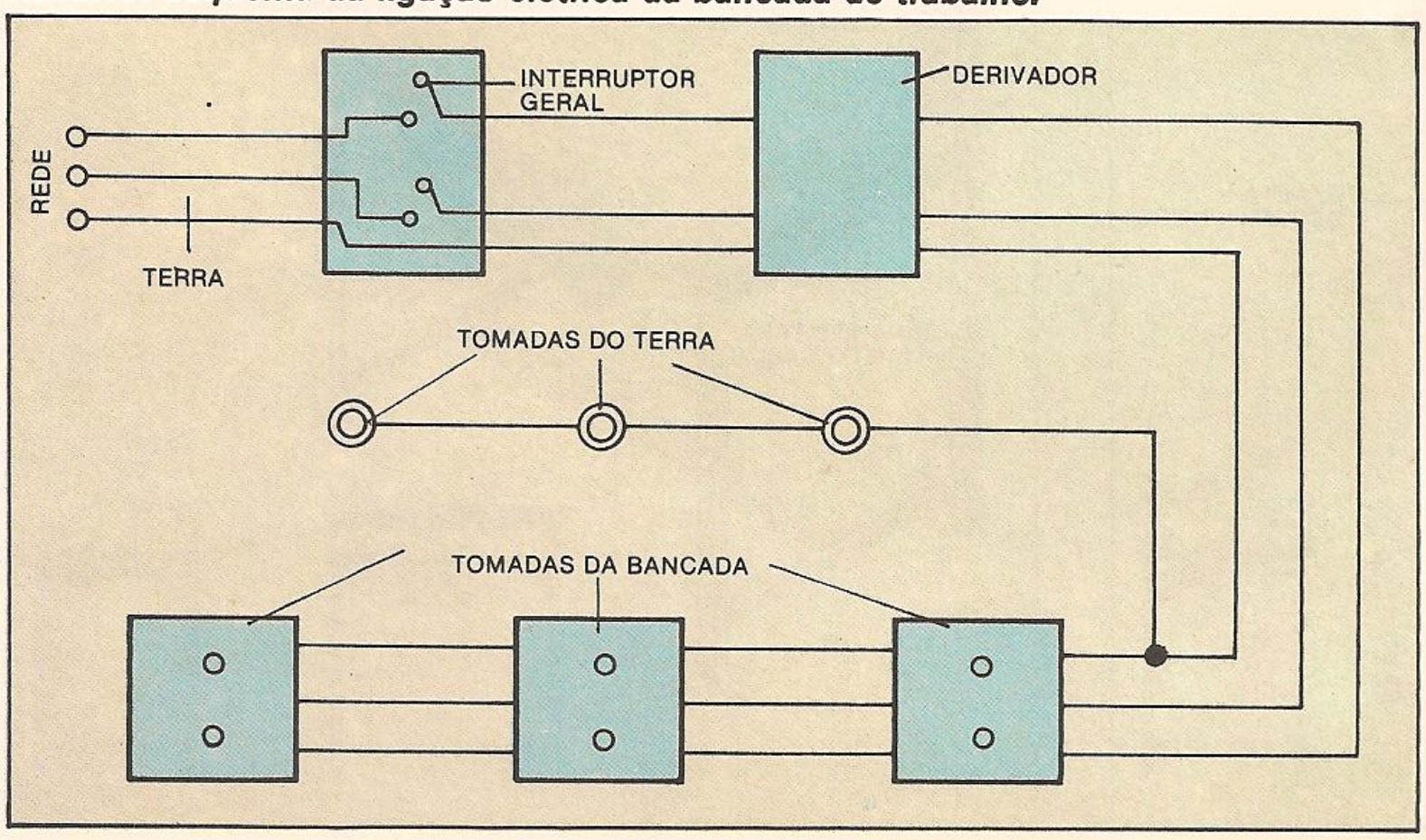
Os instrumentos que completam o laboratório, além dos utensílios já descritos, dependem do trabalho que vai ser executado. De qualquer maneira, há uma série de instrumentos considerados fundamentais e que não devem faltar. São os seguintes:

- aparelhos de teste de tipo analógico ou digital;
- fonte de alimentação;
- osciloscópio;



ACIMA: caso se trabalhe com aparelhagens de vídeo, aconselha-se a instalação de diversas tomadas de antena comum.

ABAIXO: esquema da ligação elétrica da bancada de trabalho.



- autotransformador de tensão ajustável;
- gerador de funções;
- freqüencímetro de tipo digital.

Aparelhos de teste de tipo analógico ou digital: o ideal seria dispor de um aparelho de cada tipo, para poder executar duas medições simultâneas. O digital deve ser colocado na área dedicada aos instrumentos e o analógico é utilizado sobre a superfície de trabalho para se ter uma leitura mais fácil, sem maiores dificuldades.

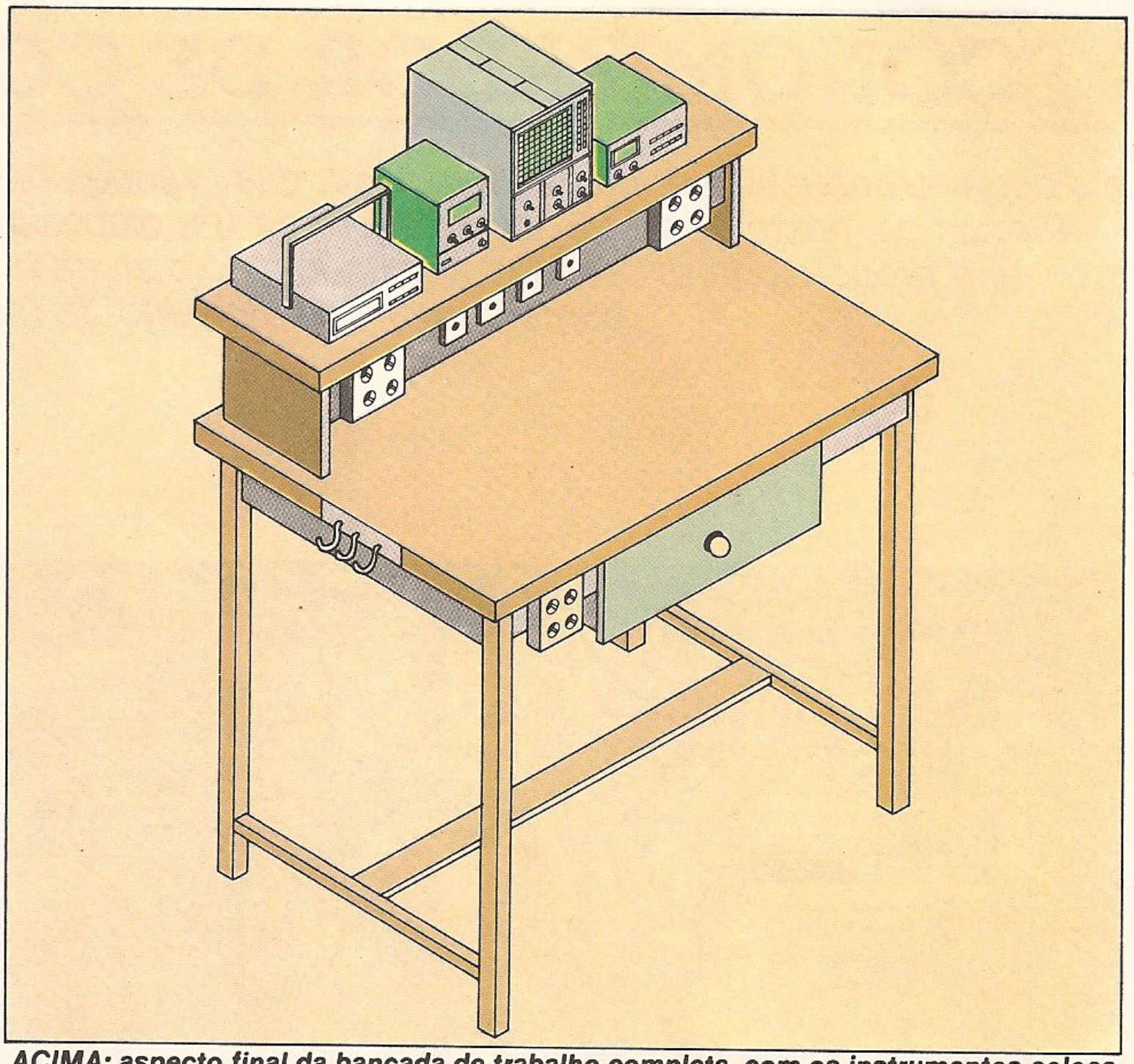
Fonte de alimentação: deve ser de 0 V a 45 V ou 50 V e de 2 A ou 3 A, preferivelmente munido de intensidade variável, dotado de um limitador da corrente máxima produzida.

Osciloscópio: de preferência, deve ter duplo traço.

Autotransformador de tensão ajustável: muito útil para controlar o comportamento dos aparelhos com diferentes tensões de alimentação de rede.

Gerador de funções: com as três formas de onda fundamentais e freqüências de 20 Hz a 1 MHz.

Freqüencímetro de tipo digital: para medições rápidas de resposta em freqüência.



ACIMA: aspecto final da bancada de trabalho completa, com os instrumentos colocados na área correspondente.

NOÇÕES TEÓRICAS

O efeito Hall

No decorrer de poucos anos e coincidindo com a enorme evolução da tecnologia dos semicondutores, foram feitas experiências para se analisar o comportamento dos semicondutores na presença de um campo magnético. Observou-se que, quando uma corrente circula e uma intensidade de campo magnético é aplicada ao semicondutor, ocorre um desvio da corrente e cria-se uma diferença de potencial entre dois pontos do semicondutor. Este efeito é conhecido como **efeito Hall**. *Para analisar detalhadamente o fenômeno, vamos supor que temos em mãos uma lâmina retangular de material semicondutor, na qual circula uma corrente elétrica 1, que a atravessa entrando por um dos lados, em direção perpendicular e com saída do lado oposto. O caminho percorrido pela corrente é paralelo aos outros dois lados, entre os quais, logicamente, não haverá nenhuma diferença de potencial, pois a corrente é aplicada entre os outros dois. Se, agora, colocarmos o semicondutor em um campo magnético, perpendicular à lâmina e à corrente, observaremos um desvio dos portadores da corrente. Esse desvio gera um aumento da carga elétrica em uma das margens e uma diminuição na outra, provocando o aparecimento de uma diferença de potencial chamada tensão de Hall.*

O fenômeno descrito origina-se da **força de Lorentz**, *que descreve a influência de um campo magnético sobre uma carga elétrica em movimento no seu interior, que origina um impulso perpendicular ao sentido de circulação da corrente e ao campo. O valor da força de Lorentz pode ser encontrado utilizando-se a seguinte fórmula:*

$$F = q \cdot v \cdot b$$

onde F é a força, q a carga, v a velocidade da carga e b a densidade de fluxo magnético aplicado.

A tensão de Hall é calculada pela seguinte fórmula:

$$V_H = C_H \cdot B \cdot d \cdot I/S$$

onde V_H é a tensão de Hall, C_H é o coeficiente de Hall (e depende diretamente da concentração dos portadores no semicondutor e de sua mobilidade), B é a densidade de fluxo magnético, I a intensidade de corrente, d a largura do semicondutor e S a seção do semicondutor.

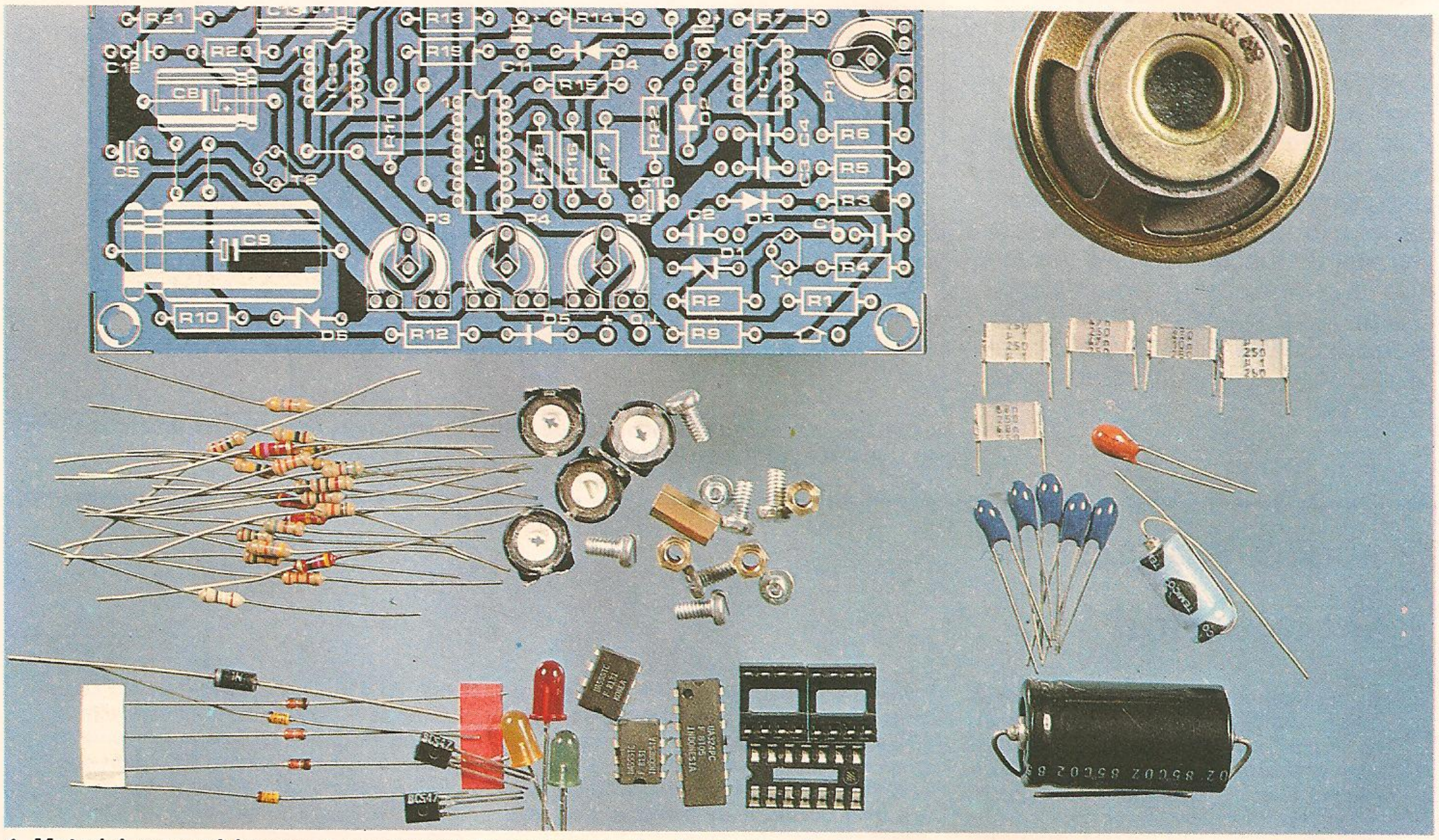
Uma aplicação prática muito interessante do efeito Hall é constituída pelos potenciômetros sem contato de arrasto, nos quais o resistor de base é formado por um semicondutor de tipo n ou p e o cursor é um magneto colocado a curta distância. Quando este é colocado em um extremo e não influi sobre a região semicondutora, tem-se uma resistência mínima, mas, com o movimento do magneto, afeta-se a intensidade da corrente e, como efeito, tem-se um aumento progressivo da resistência.

Dessa maneira, são obtidos potenciômetros com duração muito superior aos convencionais, pois foi eliminada a principal causa de defeitos, que é a ruptura mecânica produzida pelo deslocamento do cursor.

MONTAGEM

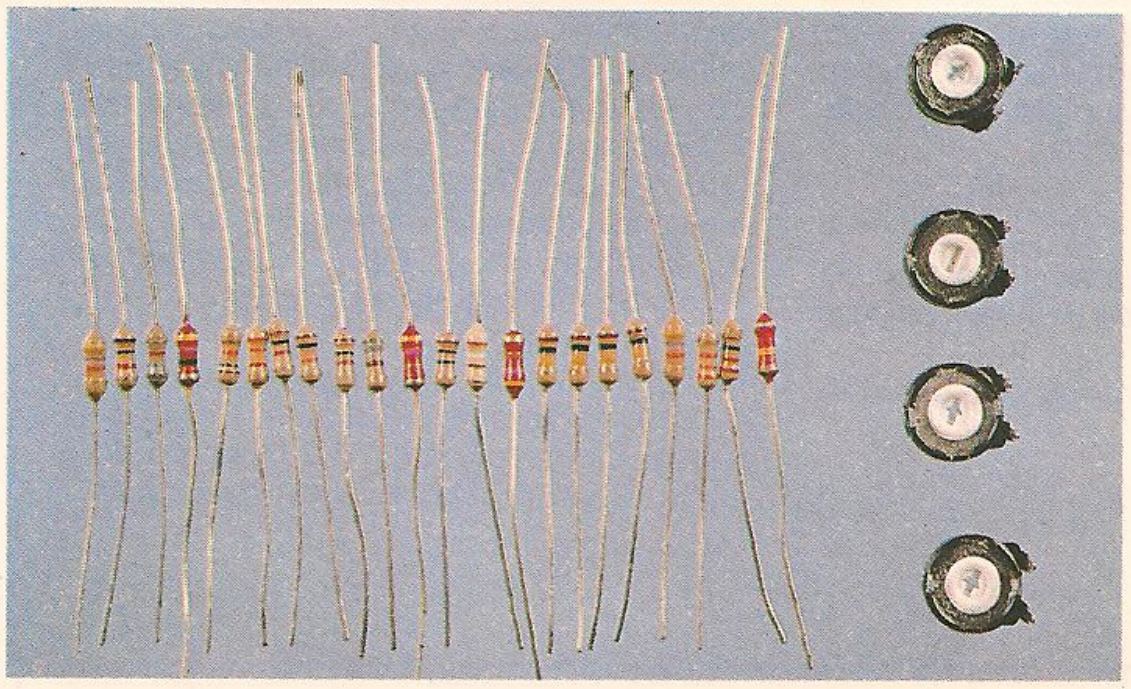
ECONOMIZADOR DE COMBUSTÍVEL

Poupar combustível é, atualmente, uma das grandes preocupações de todo mundo. Propomos, neste capítulo, a montagem de um dispositivo extremamente funcional, que proporciona excelentes resultados, pois ajuda a economizar combustível, aumentando o rendimento do motor.



1. Material necessário para a montagem do economizador de combustível.

2. Conjunto dos resistores e dos potenciômetros. Da esquerda para a direita, estão colocados de R1 a R22.



3. Material para completar a montagem do aparelho: alto-falante, parafusos, distanciadores e terminais espadinha.



O princípio de funcionamento do aparelho que descrevemos aqui baseia-se na melhora do rendimento do motor, fazendo com que ele trabalhe nas condições de torque máximo de tração, dentro de uma certa margem de giros por segundo.
Em muitos automóveis equipados com conta-giros, é possível efetuar o controle do combustível, contanto que se possa confiar na indicação do instrumento e se conheça o regime de torque máximo.
Dessa maneira, e agindo adequadamente sobre as marchas, é possível obter uma considerável melhora do rendimento do motor.
O economizador de combustível que você vai montar realiza o levantamento contínuo das condições de torque máximo do veículo, produzindo sinais óticos e acústicos que indicam ao motorista o momento mais oportuno para fazer a mudança de marcha.

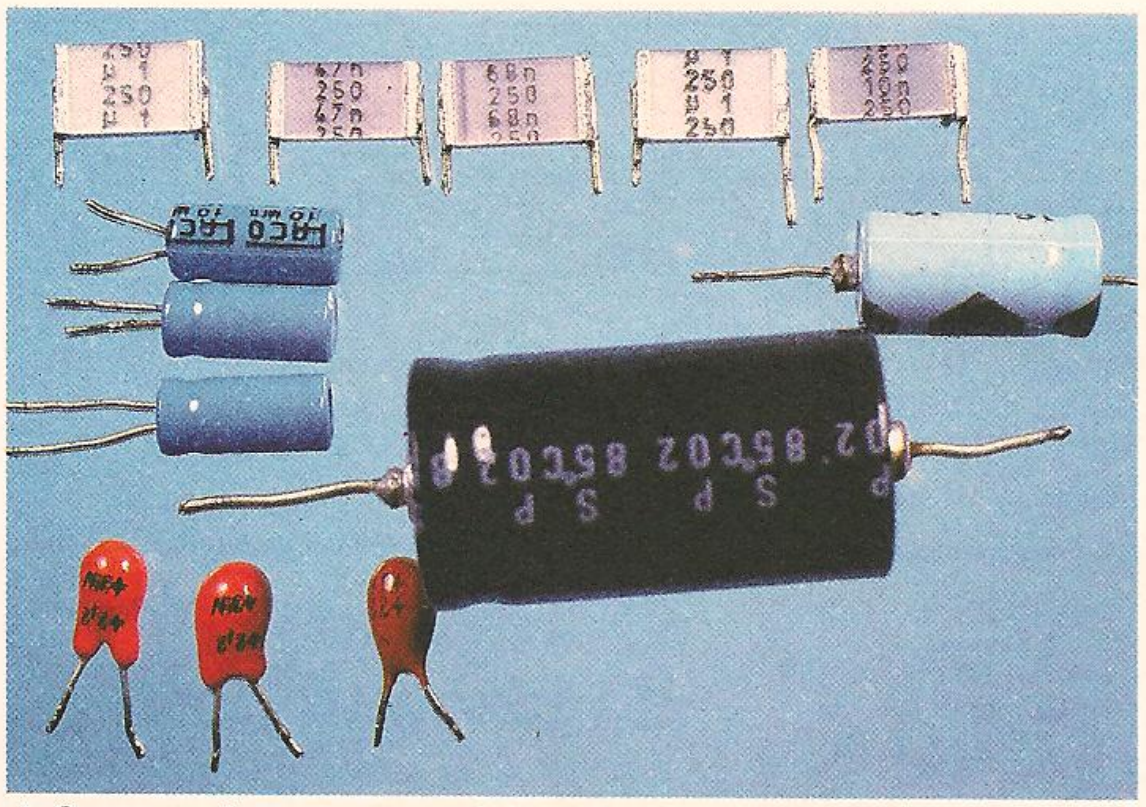
Ferramentas necessárias

- 1 ferro de soldar com potência máxima de 30 W
- 1 alicate de bico
- 1 alicate de corte
- 1 chave de fenda pequena
- 1 furadeira
- 1 jogo de brocas (diâmetros: 0,9 mm; 1,5 mm; 3,5 mm).

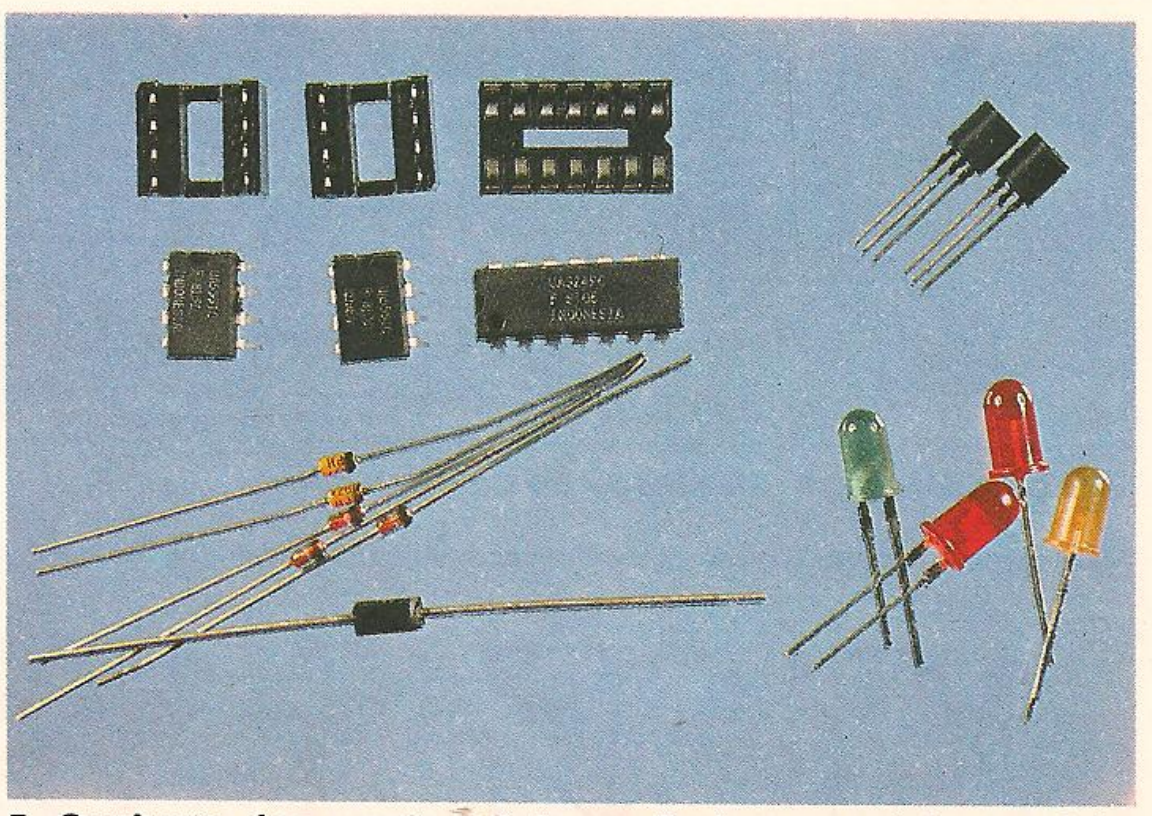
Componentes

a) economizador de combustível

- 22 resistores de 1/4 W, nas posições R1 a R22 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores e cores para identificação:
  R1 - 47 KΩ (amarelo-violeta-laranja)
  R2 - 1 KΩ (marrom-preto-vermelho)
  R3 - 5,6 KΩ (verde-azul-vermelho)
  R4 - 47 Ω (amarelo-violeta-preto)

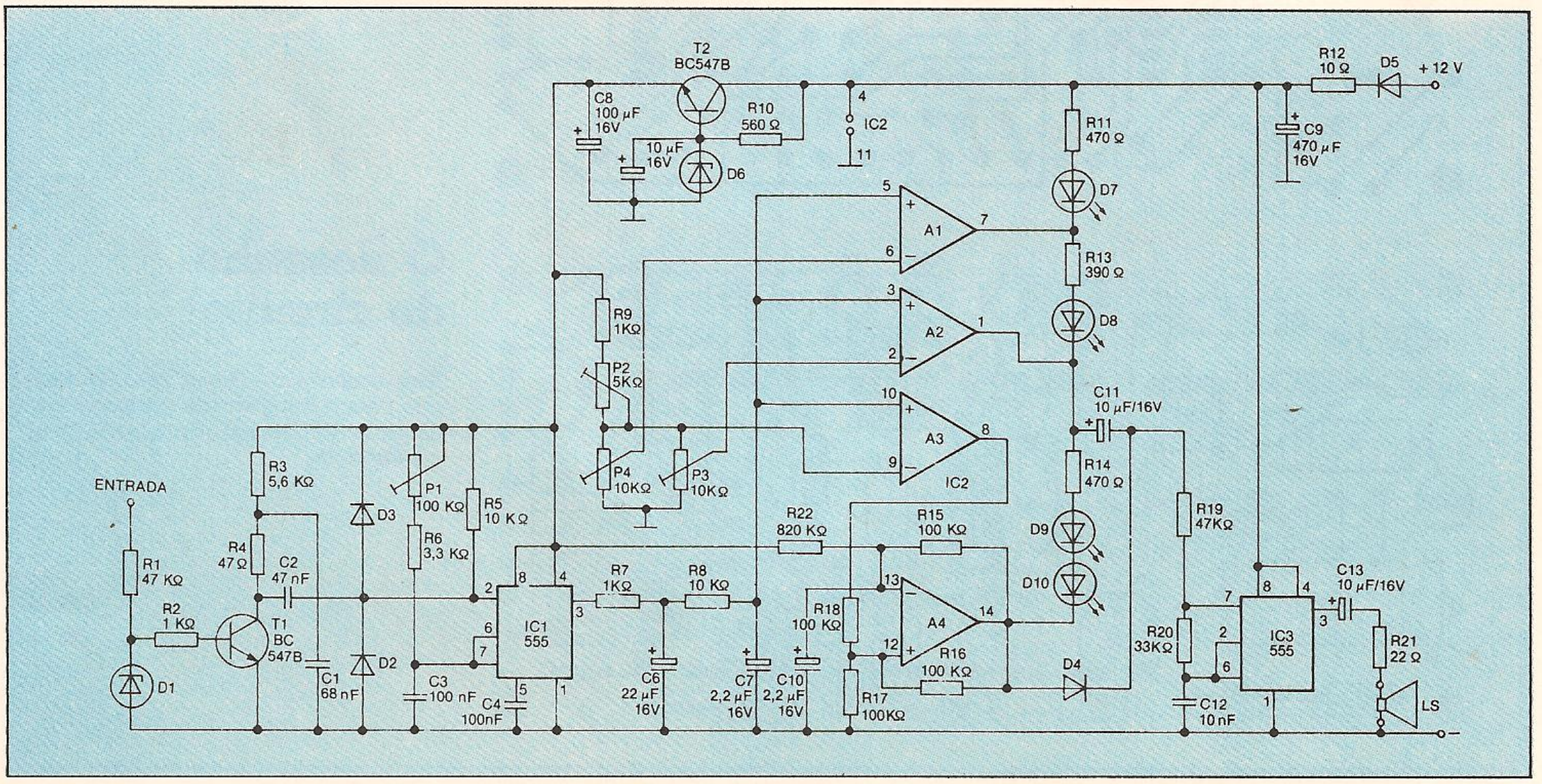


4. Os capacitores necessários são de três tipos diferentes: de poliéster (schiko), eletrolíticos de alumínio (convencionais) e eletrolíticos de tântalo (gota).



5. Conjunto dos semicondutores. Podem ser vistos os três circuitos integrados com os respectivos soquetes, dois transistores, três diodos de sinal, dois diodos zener, um retificador e quatro leds.

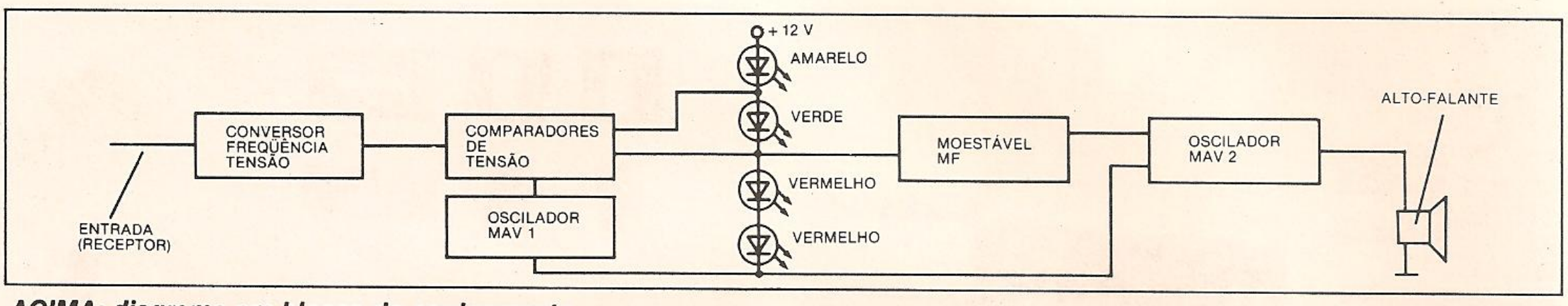
ABAIXO: esquema elétrico do economizador de combustível.



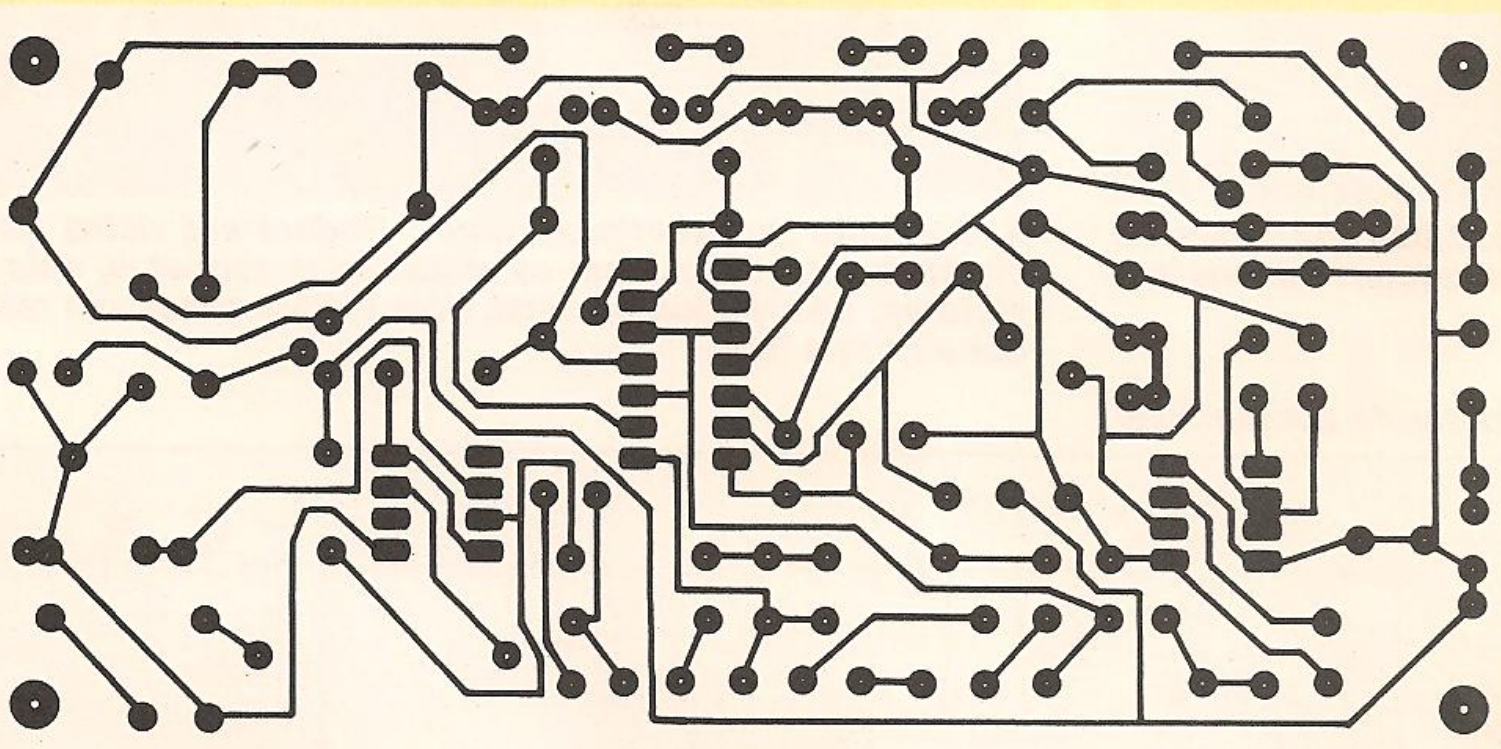
MONTAGEM

R5 - 10 KΩ (marrom-preto-laranja)
R6 - 3,3 KΩ (laranja-laranja-vermelho)
R7 - 1 KΩ (marrom-preto-vermelho)
R8 - 10 KΩ (marrom-preto-laranja)
R9 - 1 KΩ (marrom-preto-vermelho)
R10 - 560 Ω (verde-azul-marrom)
R11 - 470 Ω (amarelo-violeta-marrom)
R12 - 10 Ω (marrom-preto-preto)
R13 - 390 Ω (laranja-branco-marrom)
R14 - 470 Ω (amarelo-violeta-marrom)
R15 - 100 KΩ (marrom-preto-amarelo)
R16 - 100 KΩ (marrom-preto-amarelo)
R17 - 100 KΩ (marrom-preto-amarelo)
R18 - 100 KΩ (marrom-preto-amarelo)
R19 - 47 KΩ (amarelo-violeta-laranja)
R20 - 33 KΩ (laranja-laranja-laranja)
R21 - 22 Ω (vermelho-vermelho-preto)
R22 - 820 KΩ (cinza-vermelho-amarelo)

- 4 potenciômetros (trim-pots), nas posições P1 a P4 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores:
  P1 - 100 KΩ
  P2 - 5 KΩ
  P3 - 10 KΩ
  P4 - 10 KΩ
- 5 capacitores de poliéster tipo schiko, nas posições C1 a C4 e C12 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores:
  C1 - 68 nF/250 V
  C2 - 47 nF/250 V
  C3 - 100 nF/250 V
  C4 - 100 nF/250 V
  C12 - 10 nF/250 V
- 8 capacitores eletrolíticos, nas posições C5 a C11 e C13 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores:
  C5 - 10 μF/16 V - unilateral
  C6 - 22 μF/16 V - tântalo
  C7 - 2,2 μF/16 V - tântalo
  C8 - 100 μF/16 V - axial
  C9 - 470 μF/16 V - axial
  C10 - 2,2 μF/16 V - tântalo

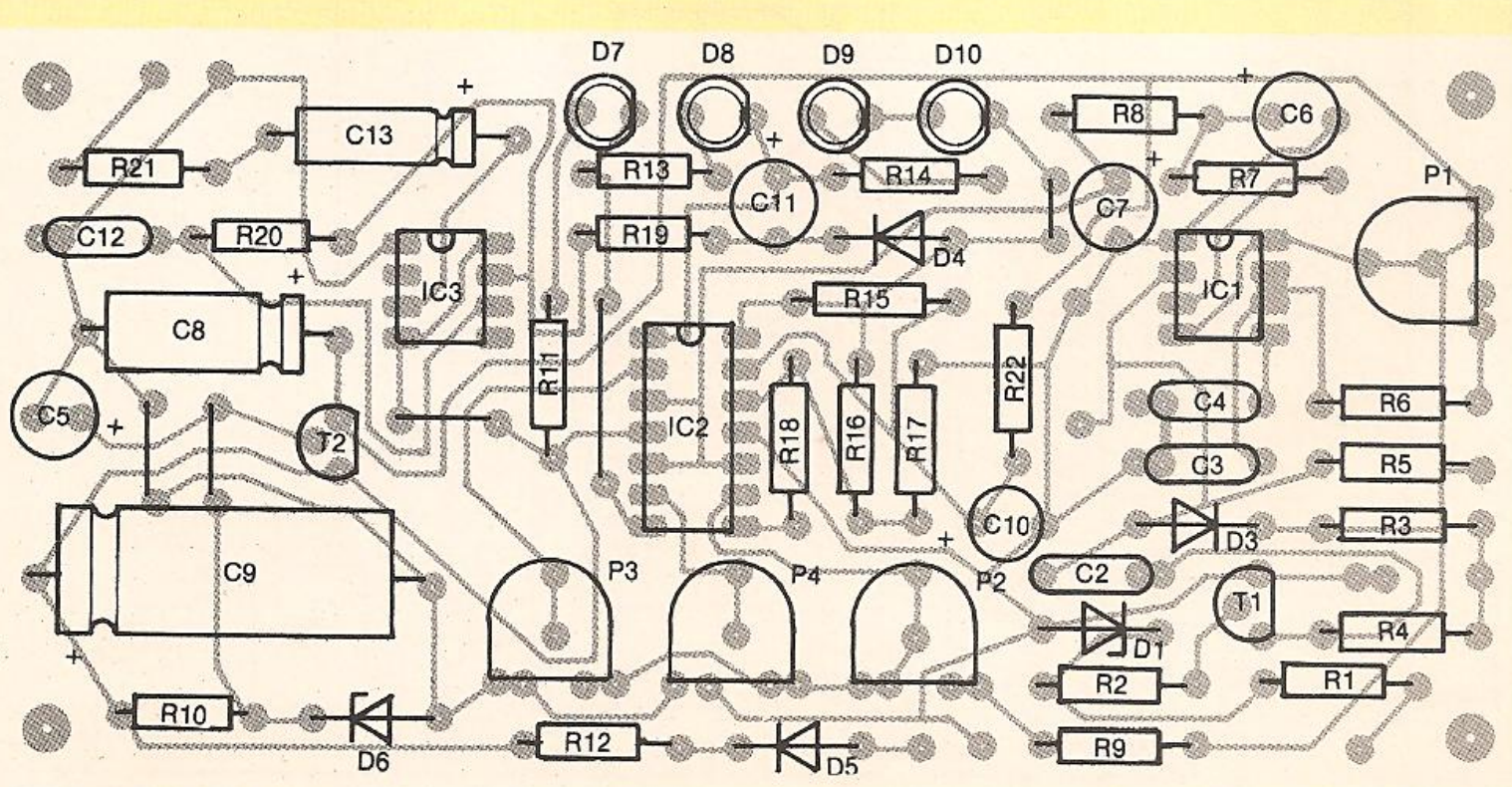


ACIMA: diagrama em blocos do equipamento.



O traçado do circuito

Traçado do circuito impresso, em tamanho natural. Para a construção do circuito, basta copiá-lo em papel milimetrado. Depois é só usá-lo, seguindo as explicações que já foram dadas.

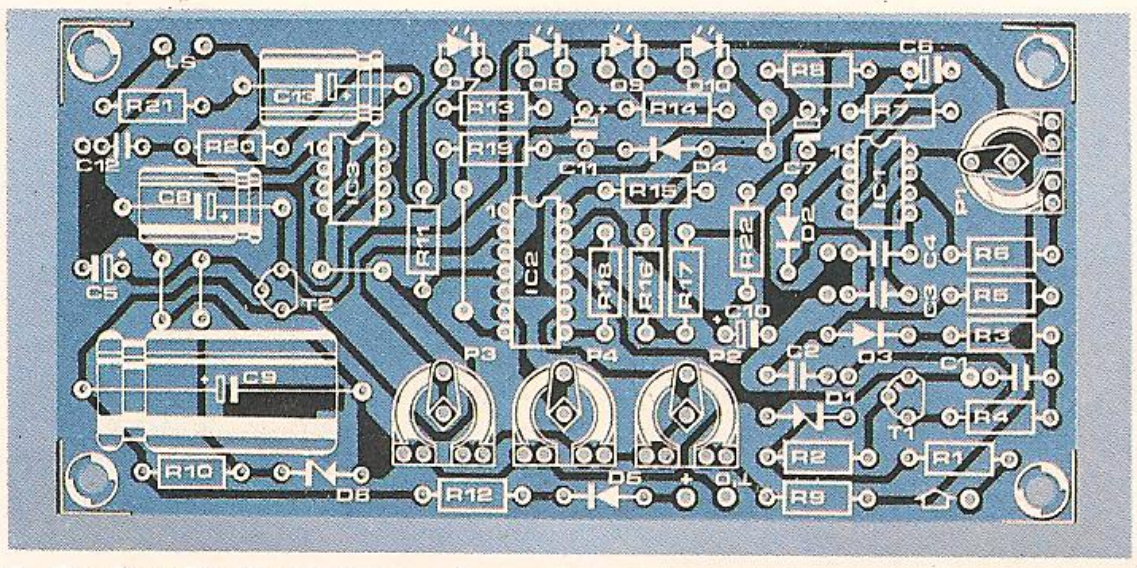


O desenho do circuito

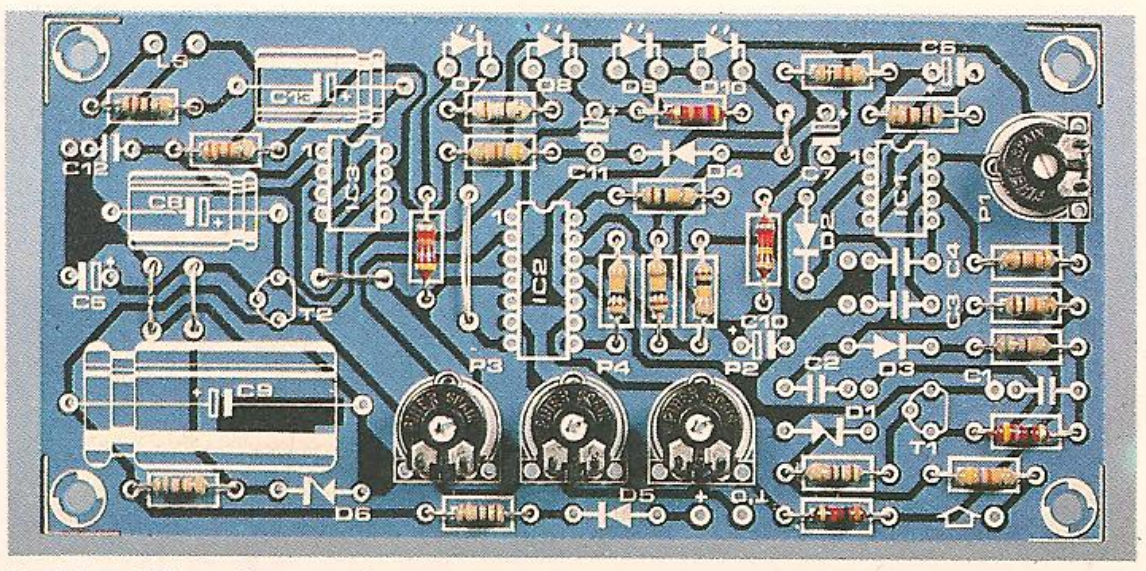
Este desenho mostra a posição correta para montagem dos componentes na placa de circuito impresso. Siga-o atentamente.

C11 - 10 μF/16 V - unilateral
C13 - 10 μF/16 V - unilateral

- 2 transistores, nas posições T1 e T2 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores:
  T1 - transistor BC547B
  T2 - transistor BC547B
- 3 circuitos integrados com os seguintes códigos:
  IC1 - circuito integrado 555
  IC2 - circuito integrado LM324
  IC3 - circuito integrado 555
- 10 diodos, nas posições D1 a D10 da placa de circuito impresso, com os seguintes códigos:
  D1 - diodo zener 4,7 V/400 mW
  D2 - diodo 1N4148
  D3 - diodo 1N4148
  D4 - diodo 1N4148
  D5 - diodo 1N4001
  D6 - diodo zener 9,1 V/400 mW
  D7 - diodo led amarelo
  D8 - diodo led verde
  D9 - diodo led vermelho
  D10 - diodo led vermelho
- 1 placa de circuito impresso de 127 mm x 62 mm
- 1 alto-falante de 8 Ω/0,2 W
- 1 soquete com 14 terminais
- 2 soquetes com 8 terminais
- 4 distanciadores metálicos
- 8 parafusos 3 mm x 7 mm
- 2 parafusos 5 mm x 20 mm
- 5 ou 13 terminais de encaixe tipo espadinha (conforme a montagem dos leds, na placa ou no painel do carro)
- 2 presilhas faston
- 1 m de cabo blindado (opcional)
- cabinhos AWG24 de 1 m de comprimento cada, com as seguintes cores:
  1 preto
  1 vermelho
  1 azul
  1 branco
  1 incolor

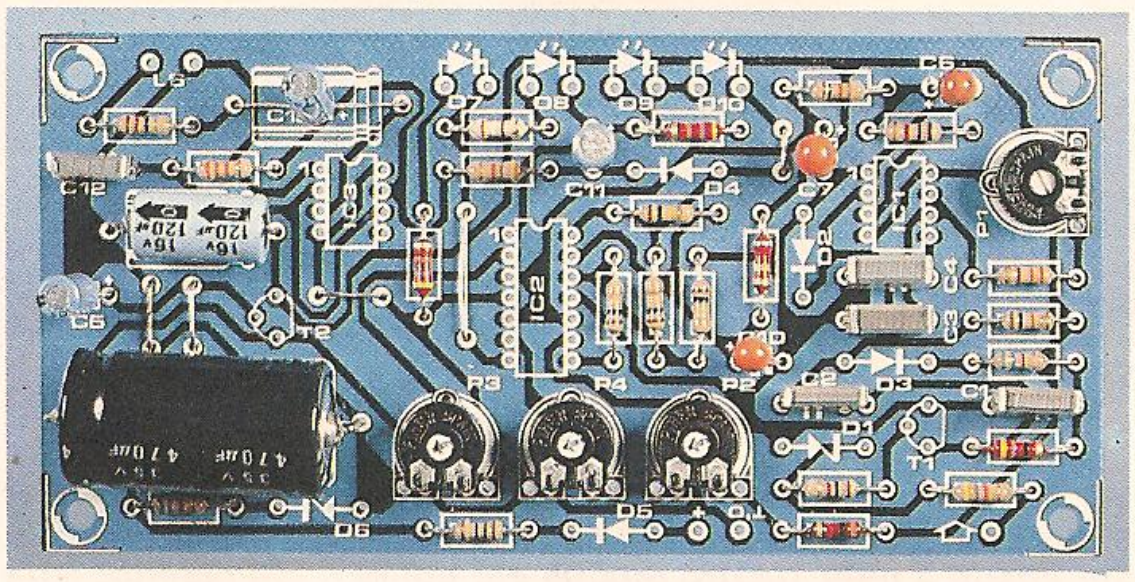


6. O circuito impresso, elemento essencial para a montagem, contém todas as indicações necessárias para a colocação dos componentes.

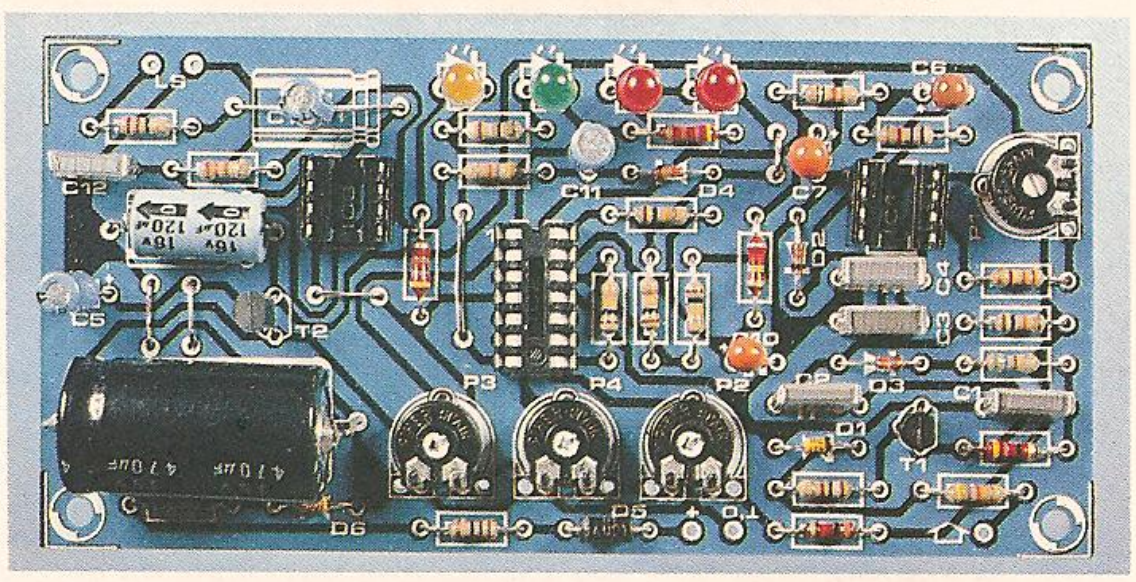


7. Identificados todos os componentes, pode-se dar início à montagem, colocando as pontes de fio desencapado (jumpers) e todos os resistores nos pontos indicados pela serigrafia da placa.

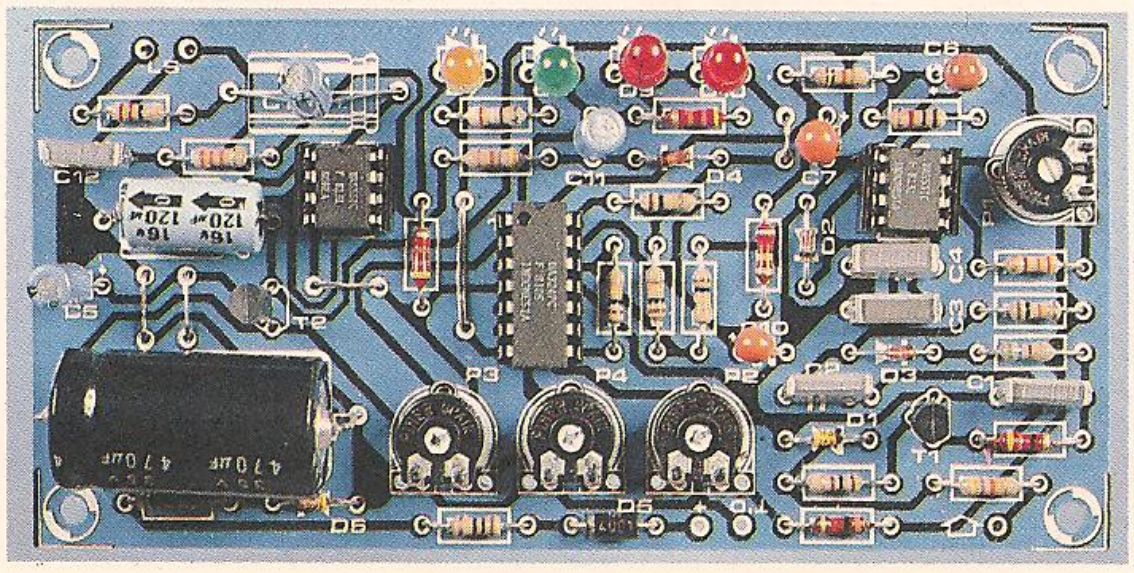
8. Realiza-se a mesma operação com os capacitores, prestando muita atenção à polaridade dos terminais dos eletrolíticos, tanto os de alumínio quanto os de tântalo.



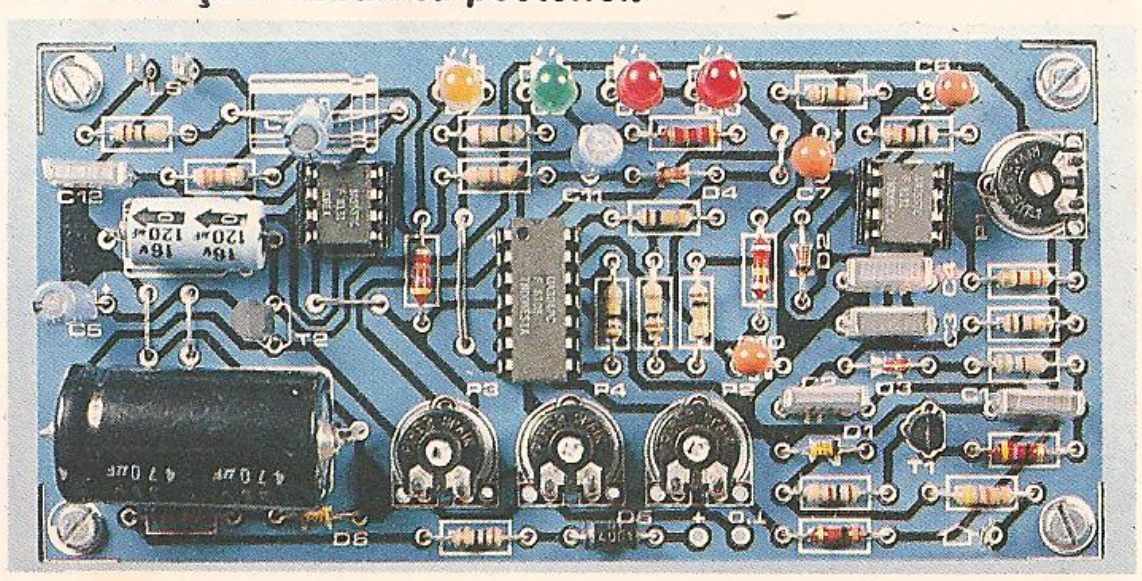
9. Nesta fase, montam-se todos os tipos de diodos, os dois transistores e os soquetes dos circuitos integrados, inserindo todos os terminais nos furos correspondentes.



10. Este é o momento de colocar os circuitos integrados sobre os soquetes. Para isso, faça uma leve pressão para que os terminais penetrem nos respectivos encaixes.



11. Assim, sobraram somente os terminais de encaixe tipo espadinha e os distanciadores para serem montados. Eles facilitam a fixação mecânica posterior.



MONTAGEM

- cabinhos AWG24 de 1 m de comprimento cada, para ligação dos leds no painel do carro (opcional), com as seguintes cores:
  1 azul
  1 branco
  2 amarelos
  2 marrons
  1 cinza
  1 incolor
- 1 caixa metálica (largura: 150 mm; profundidade: 80 mm; altura: 30 mm)
- 4 adaptadores plásticos para os leds (opcionais), para colocar no painel do carro
- 1 pedaço de solda 60/40.

b) gerador de 120 Hz

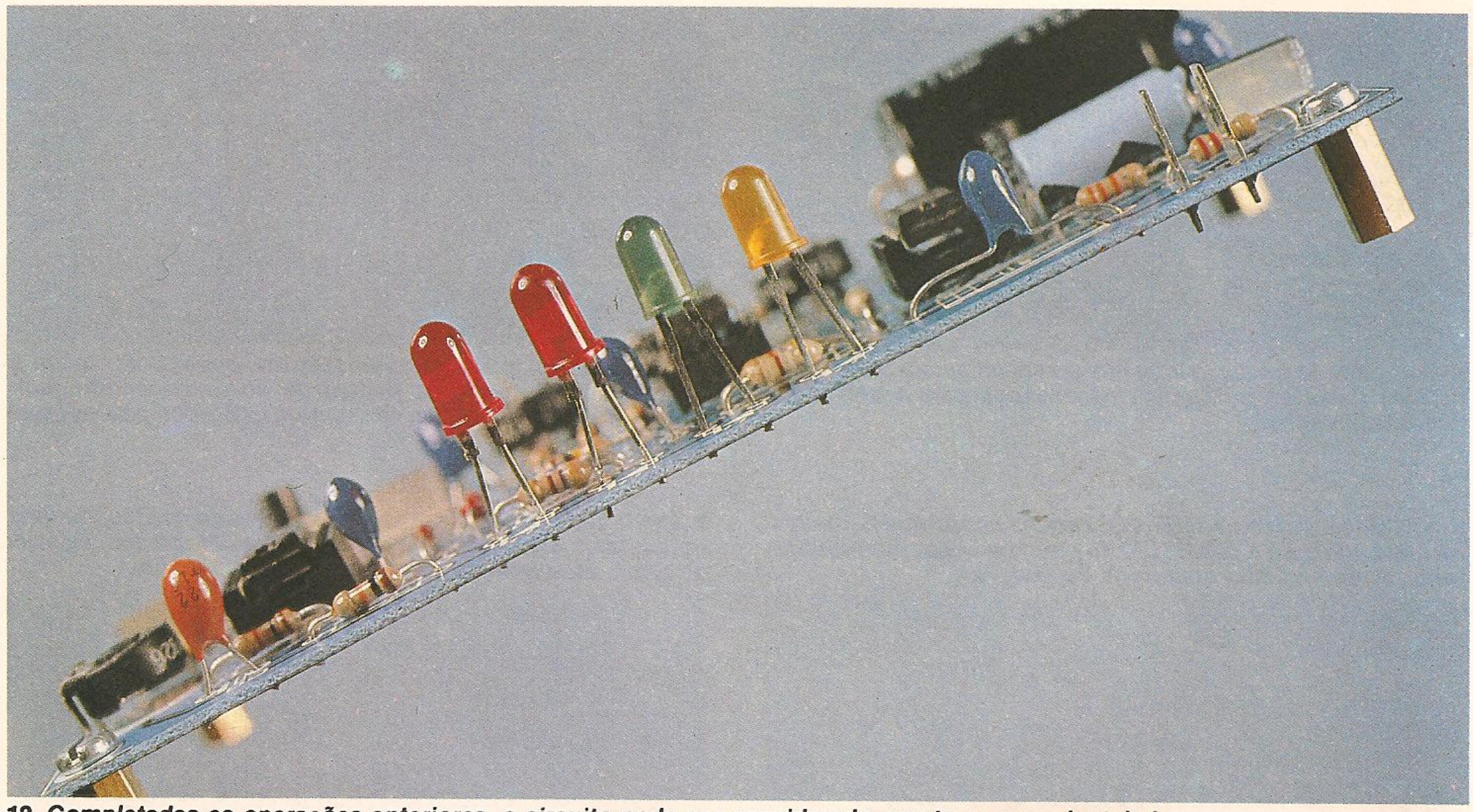
- 1 transformador de 110 V/220 V; 15 V/300 mA
- 4 diodos 1N4001
- 1 resistor de 1 KΩ (marrom-preto-vermelho) de 1/2 W
- 1 placa de circuito impresso padrão de 70 mm x 150 mm
- 4 terminais de encaixe espadinha
- 1 pedaço de solda 60/40.

Veja a montagem deste gerador de 120 Hz no kit Conta-giros (seção Montagem), detalhadamente explicada na página 557 desta enciclopédia.

Os princípios fundamentais do aparelho podem ser deduzidos da observação do esquema em blocos. O sinal do platinado (pontas platinadas) chega até um conversor freqüência-tensão que fornece uma tensão proporcional à freqüência abertura-fechamento. Os três circuitos comparadores que mostraremos em seguida controlam o acendimento dos diodos led, em função da tensão presente na entrada.

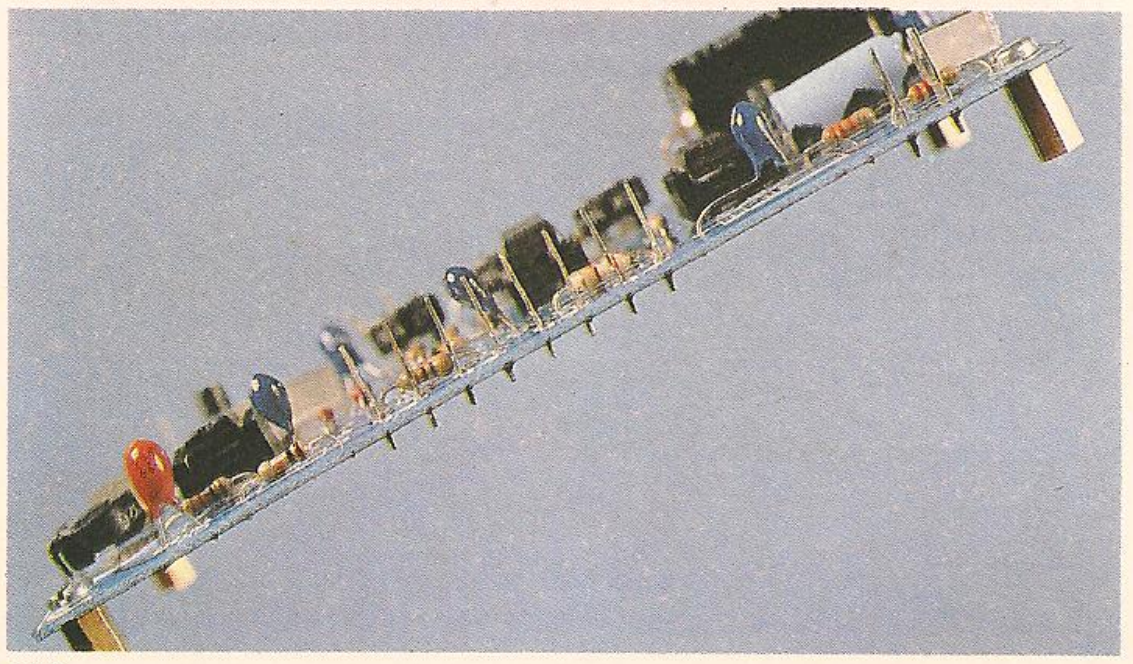
As funções desses diodos, conforme a cor, são:

- **Amarelo:** indica que o regime de giros do motor está abaixo do máximo.

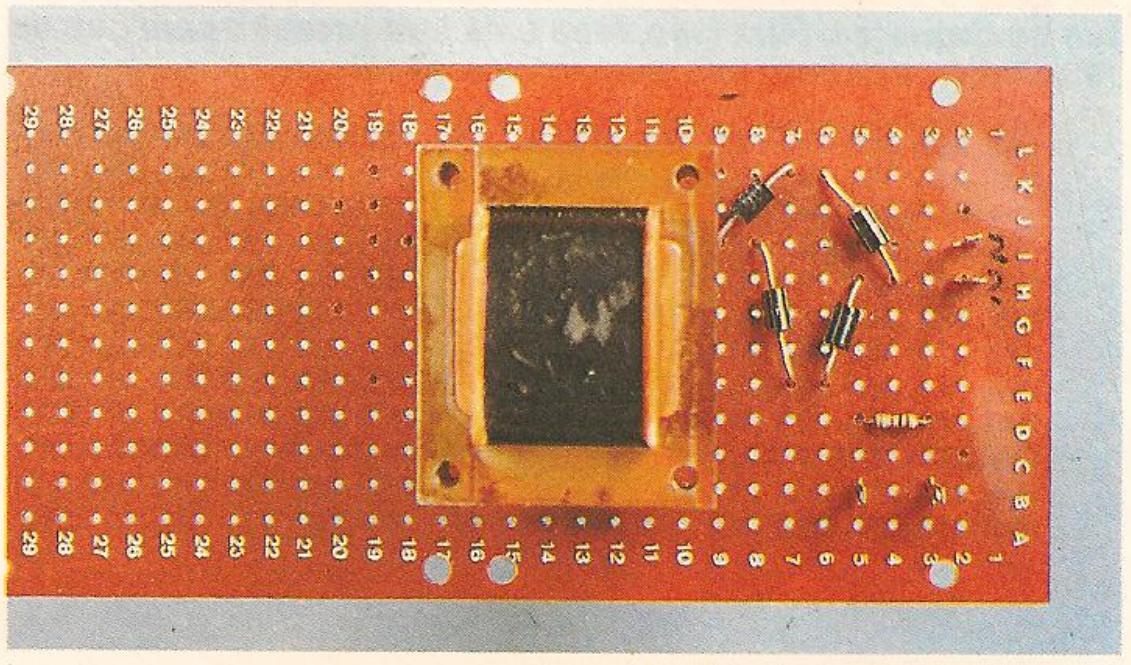


12. Completadas as operações anteriores, o circuito pode ser considerado pronto para ser instalado.

13. Se o circuito estiver separado dos leds indicadores, é necessário substituir os leds por alguns dos terminais de encaixe, para depois ligá-los ao circuito por meio de um cabo.



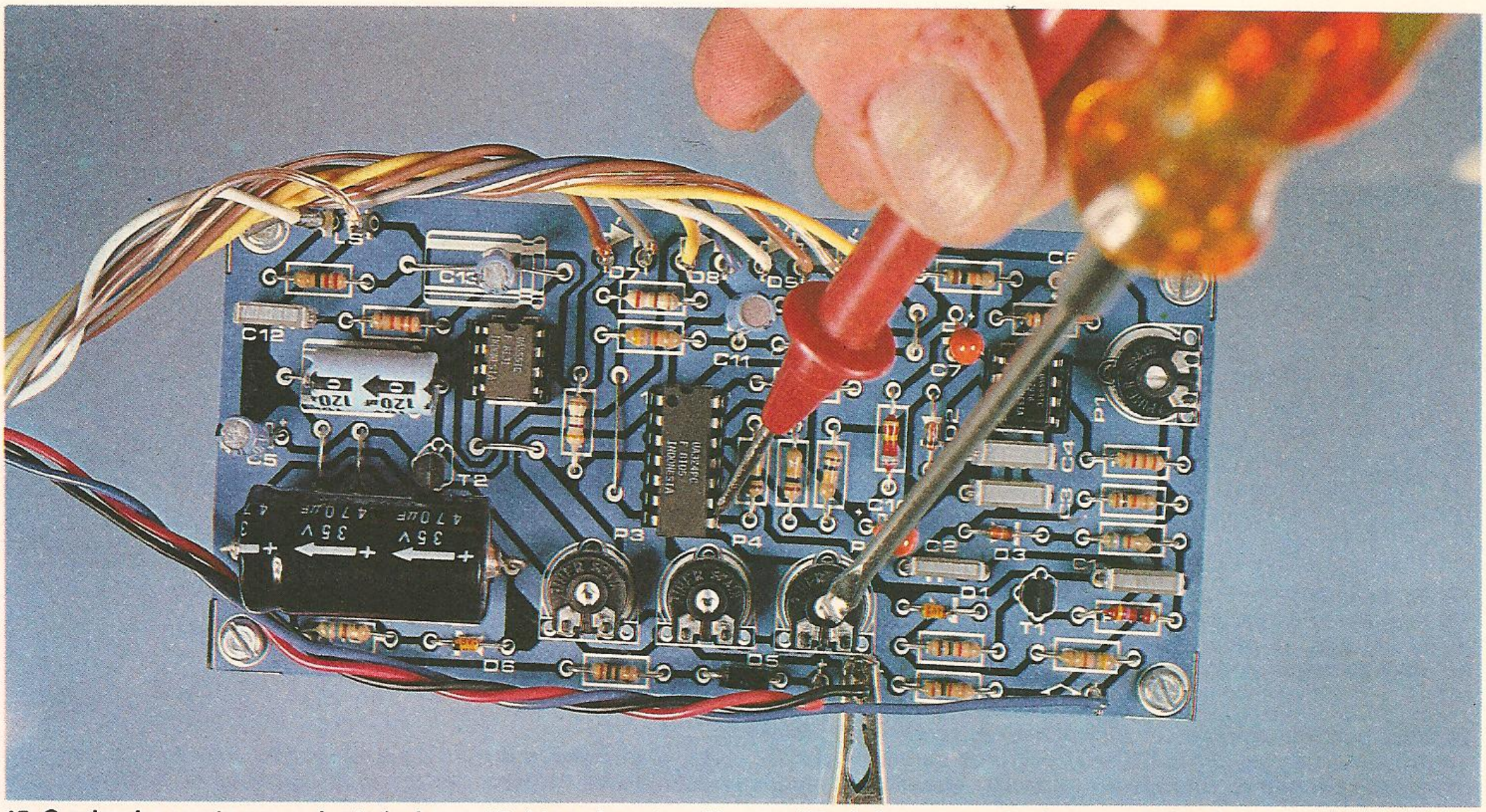
14. Antes de fazer o ajuste, é necessário montar um gerador simples de 120 Hz, formado por um transformador que possa ser ligado à rede, quatro diodos em ponte e um resistor com carga de 1 KΩ.



- **Verde:** assinala que o motor está girando na faixa de torque máximo.
- **Vermelho fixo:** acende somente quando o regime de giros do motor supera o regime de torque máximo.
- **Vermelho intermitente:** indica que o motor alcança o número máximo de giros admissível.

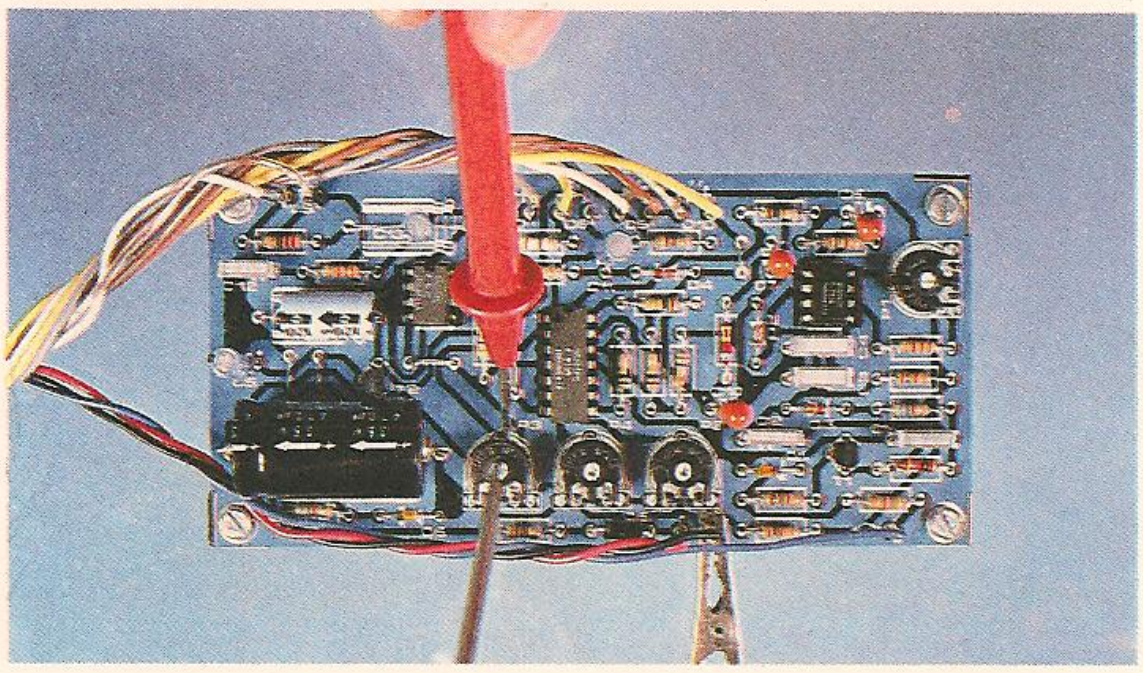
Ao passar do led verde para o vermelho, deve-se mudar de marcha. Dessa maneira, aparece um sinal no monoestável MF que ativa o oscilador MAV 2 que, por sua vez, gera um sinal sonoro, audível através do alto-falante. Ao alcançar o número máximo de giros, aciona-se automaticamente o oscilador representado pelo bloco MAV 1, que provoca um sinal acústico intermitente. O primeiro bloco correspondente ao conversor freqüência-tensão é formado pelo transistor T1, que adapta o sinal de entrada e o fornece ao circuito integrado IC1, que funciona de forma monoestável, gerando um impulso para cada abertura e fechamento do platinado. O filtro ligado ao terminal 3 de IC1, constituído por R7, R8, C6 e C7, realiza uma integração do sinal de saída e fornece uma tensão variável proporcional à freqüência do platinado. Essa tensão aplica-se às entradas não-inversoras dos amplificadores operacionais A1, A2 e A3, que pertencem, juntamente com o amplificador operacional A4, ao circuito integrado, cuja sigla é IC2.

As tensões das entradas inversoras são ajustadas com os potenciômetros P2, P3 e P4, de forma que a saída dos operacionais será zero quando não se alcançar o nível de referência dos potenciômetros. Quando o regime do motor estiver abaixo do torque máximo, o led D7 (amarelo) acende imediatamente, através do terminal 7 de A1. Ao al-

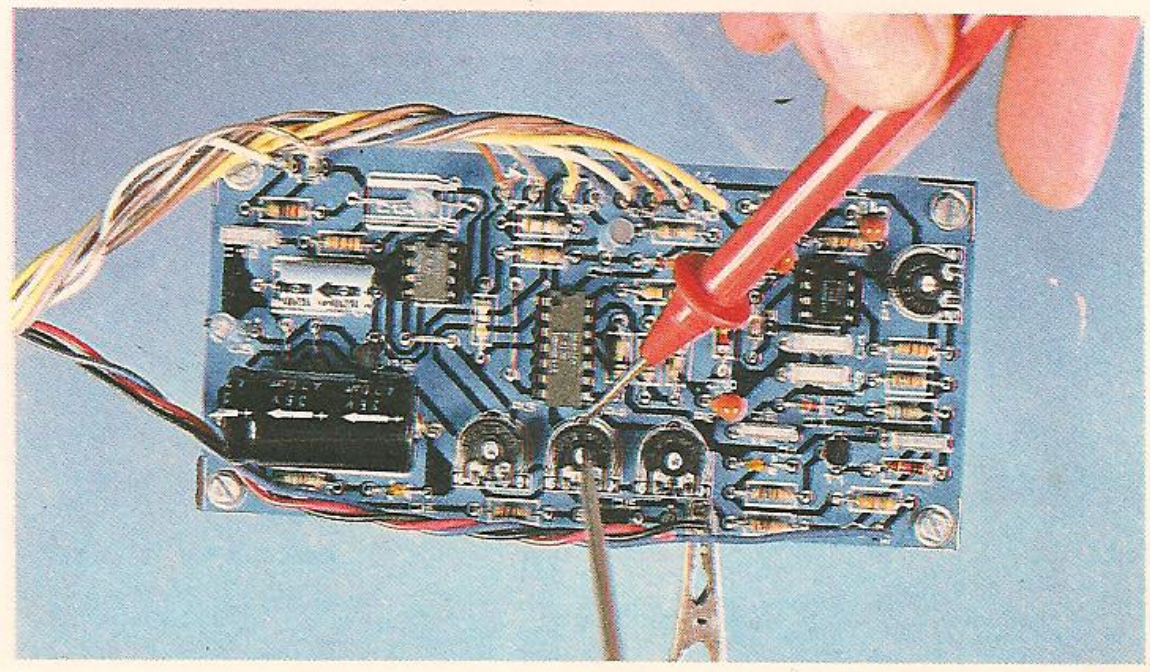


15. O primeiro ponto a ser ajustado é constituído pelo potenciômetro P2, de forma a poder fornecer 5 V sobre o terminal 9 de IC2.

16. Ajusta-se, em seguida, o potenciômetro P3 até obter uma tensão sobre seu cursor, de acordo com o procedimento descrito no texto.



17. A operação seguinte é o ajuste do potenciômetro P4, para fixar a tensão, calculada segundo as explicações do texto, sobre o terminal correspondente a seu cursor.



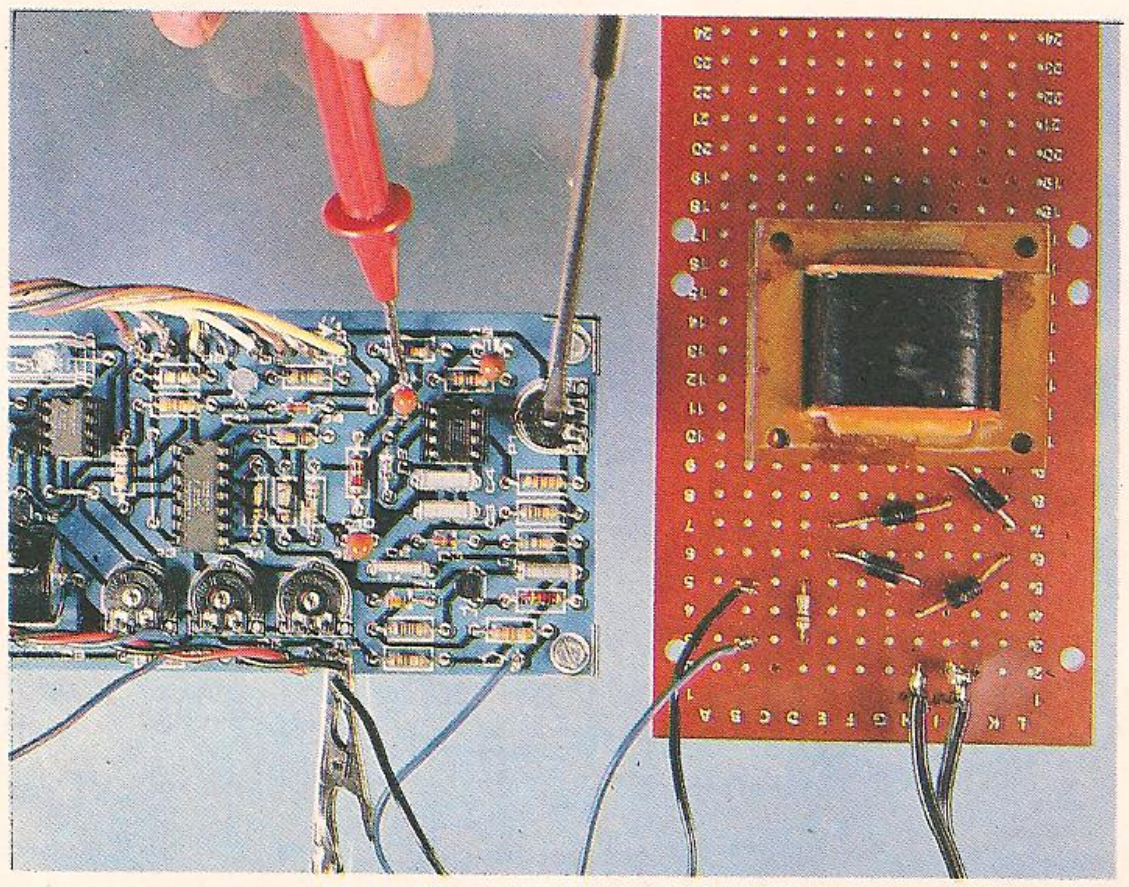
cançar a primeira marca da margem de giros correspondente ao torque máximo, a saída anterior 7 torna-se positiva, o led D8 (verde) acende e o amarelo apaga. Se o número de giros continua a aumentar, o terminal 1 de A2 torna-se positivo, exatamente no momento em que se sai da área recomendada, e os leds D9 e D10 (vermelhos) acendem. Ao mesmo tempo, carrega-se o capacitor C11 e ativa-se IC3, que fornece a excitação ao alto-falante para ser transformada em sinal acústico, indicando a necessidade de engatar uma marcha mais longa.

Quando a tensão existente na saída do filtro anterior alcança o valor de referência ajustado com P2, aparece um potencial positivo sobre o terminal 8 de A3, ativando o oscilador constituído por A4 e por seus componentes associados, em uma freqüência de cerca de 1 Hz. Dessa maneira, o acendimento de D9 e D10 torna-se intermitente. O sinal do oscilador anterior alcança o segundo circuito oscilador, formado por IC3, que torna audível a intermitência anterior e faz com que chegue ao alto-falante o sinal adequado.

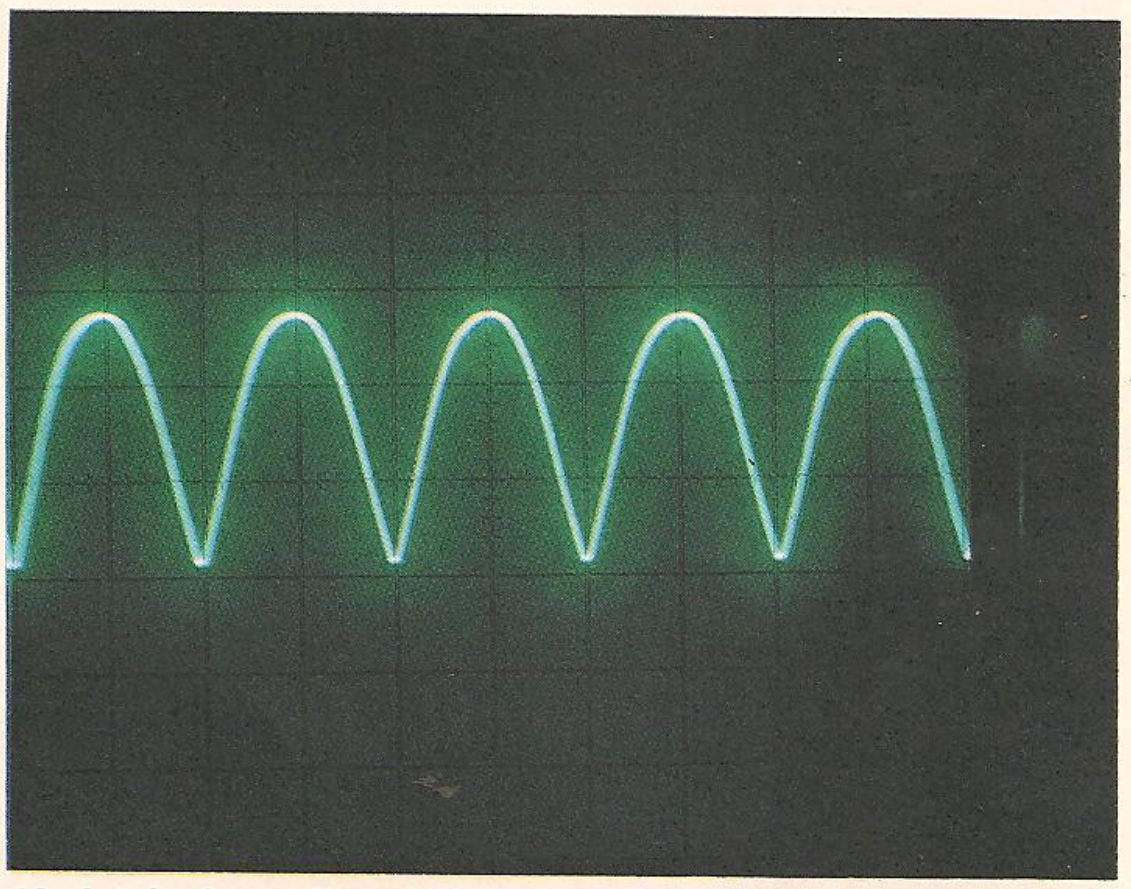
O resistor R21 limita o volume, com possibilidade de se aumentar o valor desse resistor, caso se deseje reduzir a potência sonora no alto-falante.

A montagem do circuito não apresenta maiores dificuldades. Os quatro diodos led podem ser acondicionados sobre o circuito impresso se este for instalado diretamente no painel do veículo.

Para completar o ajuste do circuito, é necessário dispor de algum sistema que produza um sinal em freqüência de 120 Hz, utilizada como referência. Esse sistema pode ser constituído por um circuito formado por um transformador que possa ser ligado à rede e cujo en-

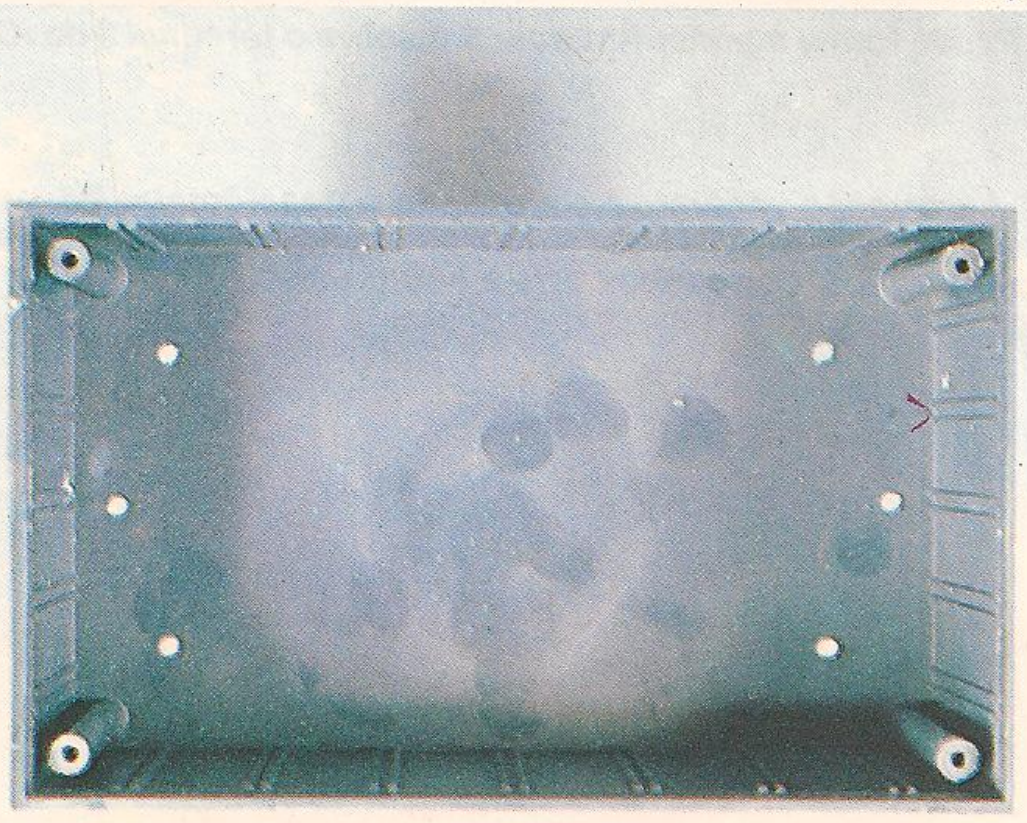


18. Para ajustar P1 é indispensável servir-se do gerador de 120 Hz, ligando-o à entrada do circuito. Move-se, a seguir, o cursor de P1 até que, no pólo + de C7, se alcance uma tensão (V7) do nível calculado, com base na fórmula indicada no texto.

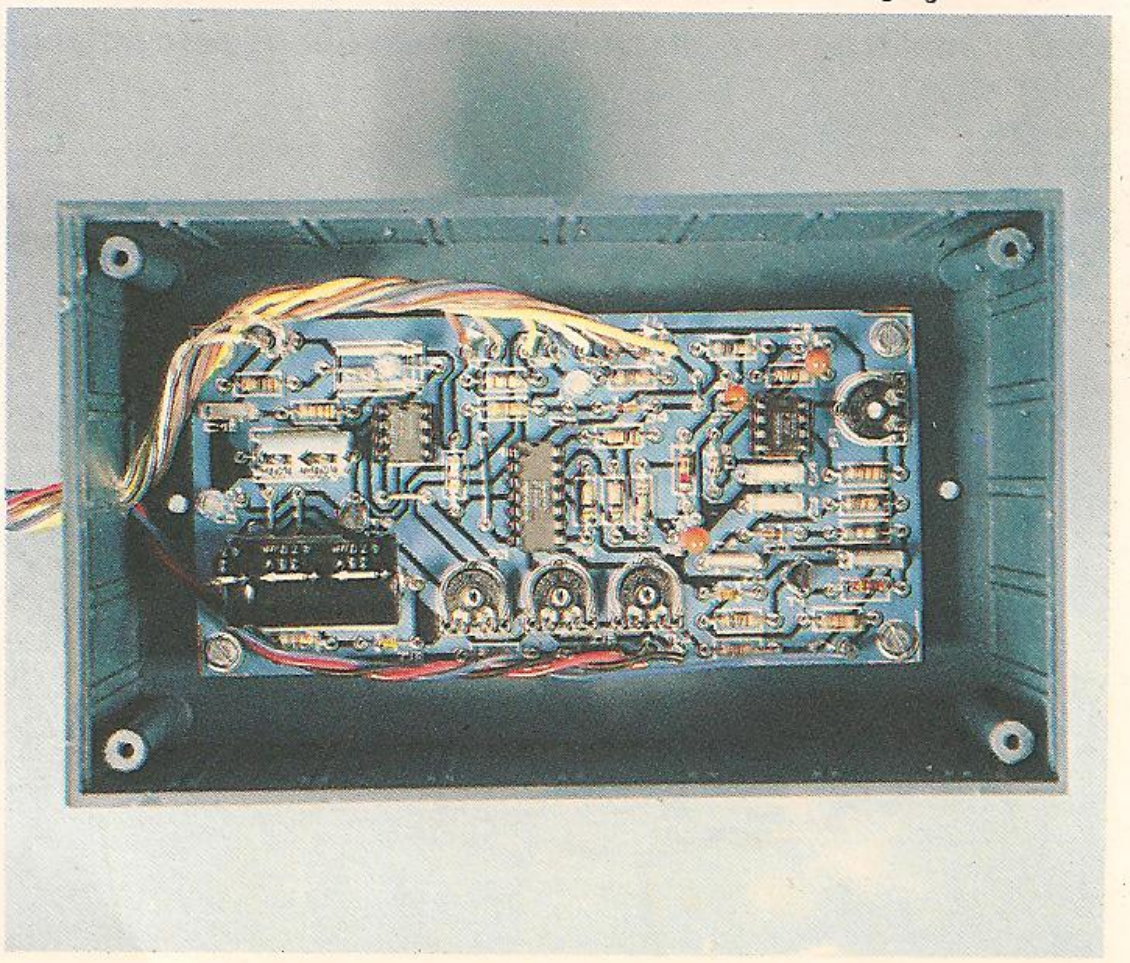


19. A tela do osciloscópio traz a forma de onda que se obtém na saída do circuito gerador de 120 Hz.

20. Para garantir proteção ao equipamento, se ele for instalado no vão do motor, é preciso adquirir uma carcaça com dimensões adequadas, furando-a nos pontos mostrados aqui.



21. O circuito impresso deve ser fixado com parafusos sobre o fundo da carcaça. Ajeite todos os cabos de ligação.



rolamento secundário forneça uma tensão compreendida entre 5 V e 15 V. No secundário, deve ser ligado um circuito retificador, constituído por quatro diodos em ponte (1N4001), com um resistor de carga de alto valor (1 KΩ) em sua saída. Na saída, deve-se encontrar a tensão retificada em onda completa, formada por uma série de semiciclos positivos da tensão alternada, que fornecem os 120 Hz necessários. Como existem diferenças entre as diversas marcas de automóveis, é preciso fazer cálculos com base nas características do veículo, para o ajuste correto de cada potenciômetro. Para isso, é preciso conhecer os seguintes dados: número máximo de giros (rpm) que o automóvel pode alcançar (indicaremos esta cifra por Nmax); e número de giros correspondentes ao torque máximo.

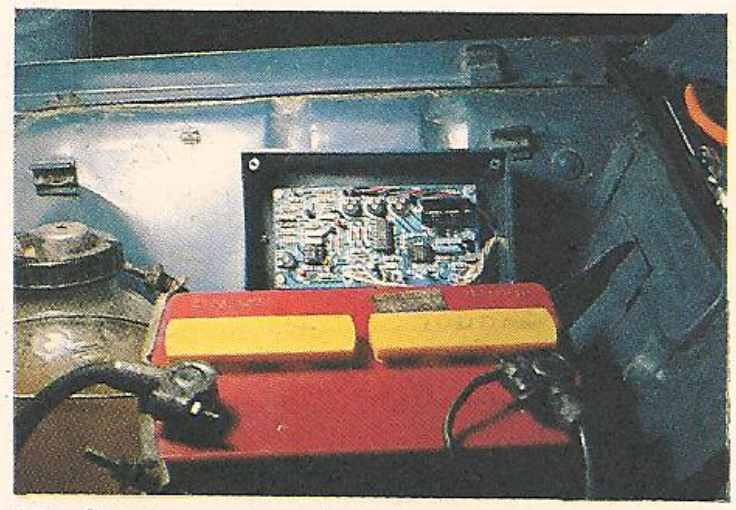
Dessa maneira, são obtidos os dois extremos do regime de funcionamento (máximo e mínimo), que definem a área de torque máximo. O máximo é calculado somando 500 rpm e o mínimo, subtraindo 500 rpm do número de giros correspondentes ao torque máximo. Chamamos de N1 o torque mínimo e de N2 o torque máximo.

É necessário também calcular o número de giros correspondente a uma freqüência do platinado de 120 Hz. Isso pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$N120 = \frac{14400}{C}$$

onde C exprime o número de cilindros do veículo. Por exemplo, para um motor de quatro cilindros o cálculo é:

$$N120 = \frac{14400}{4} = 3600\ rpm$$

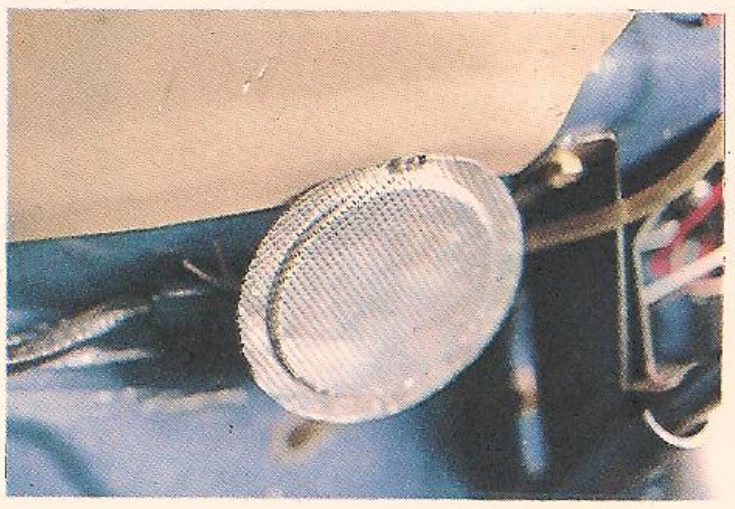


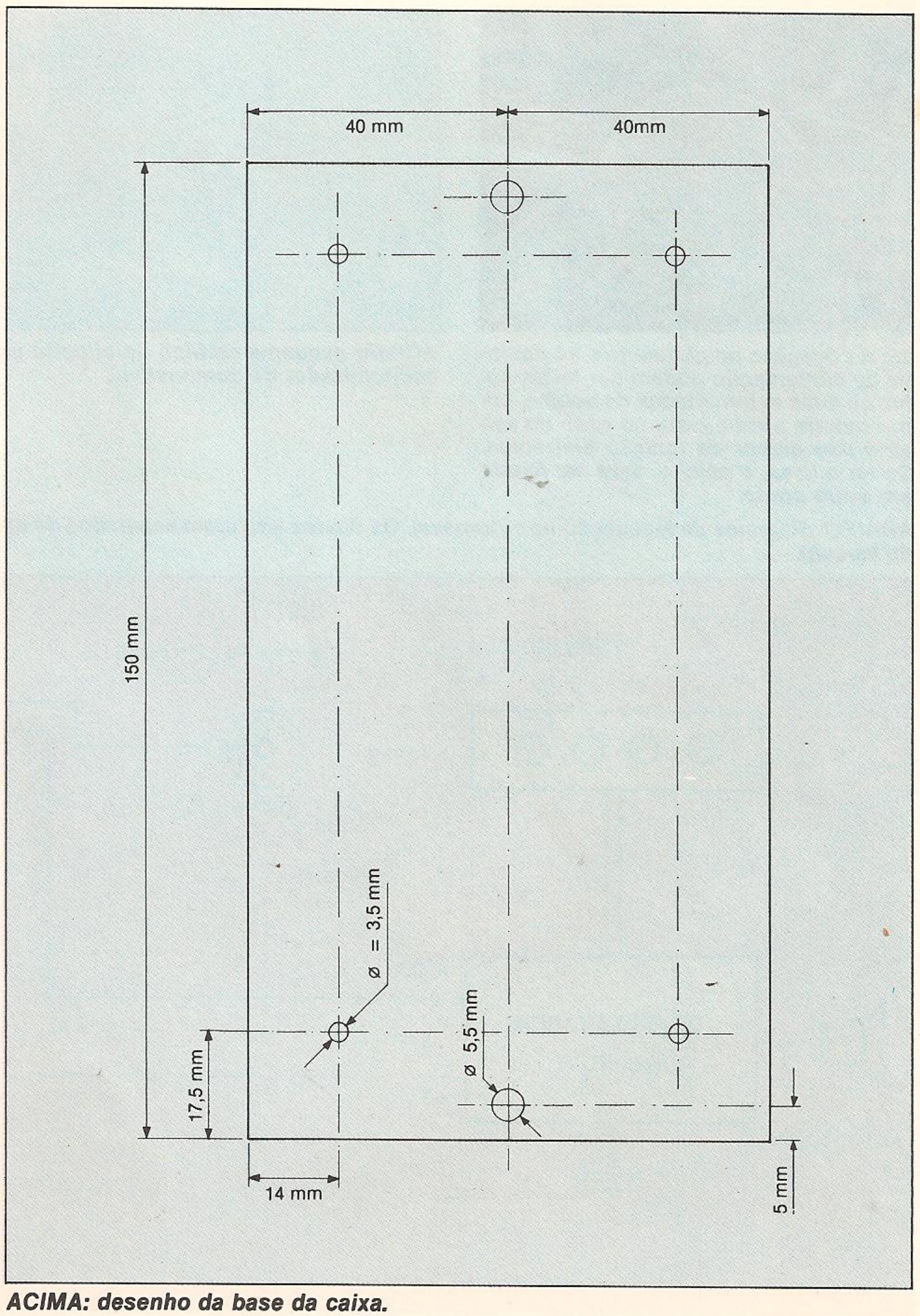
22. Procura-se, depois, um ponto adequado no interior do veículo, fazendo alguns furos sobre a carroçaria para fixar o aparelho com parafusos.



23. Os quatro leds podem ser colocados no painel ou em outro ponto de fácil acesso. É necessário fazer quatro furos nos quais serão inseridos pequenas máscaras de fixação.

24. Para fixar o alto-falante e garantir proteção suficiente ao cone, pode-se utilizar uma grade metálica do tipo mostrado na foto.





ACIMA: desenho da base da caixa.

MONTAGEM

Com esses dados, é possível fazer o ajuste da seguinte maneira:

- Ajuste o potenciômetro P2 até obter sobre o terminal 9 de IC2 uma tensão de 5 V.
- Ajuste P3 até obter sobre o seu terminal central (cursor) uma tensão que é calculada da seguinte maneira:

$$V_3 = \frac{N2}{Nmax} \cdot 5\,V$$

Isso significa que o número máximo da área de torque máximo é dividido pelo número máximo de giros e o resultado da operação é multiplicado por 5.

- Ajuste P4 para medir sobre seu terminal central (cursor) uma tensão calculada pela seguinte fórmula:

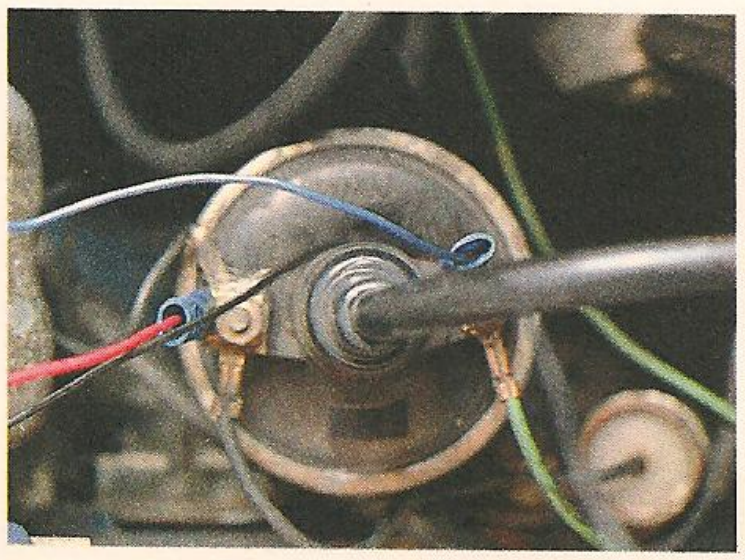
$$V_4 = \frac{N1}{Nmax} \cdot 5\,V$$

- Para realizar o ajuste de P1 aplica-se à entrada a montagem do transformador e do retificador, de forma que o aparelho receba o sinal de 120 Hz. Nessa situação, age-se sobre o potenciômetro até que apareça entre os extremos do capacitor C7 uma tensão da seguinte ordem:

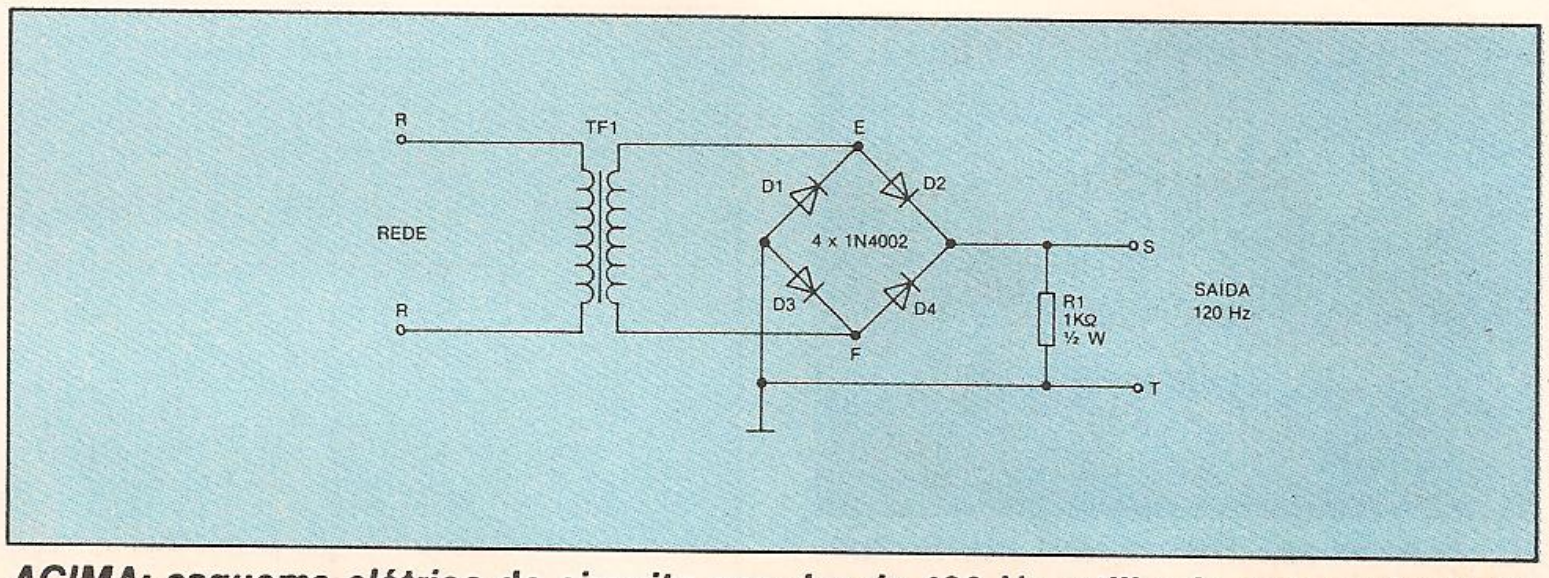
$$V_7 = \frac{N120}{Nmax} \cdot 5\,V$$

Isso corresponde ao quociente da divisão entre N120, que, para um motor de quatro cilindros é 3600, e o número máximo de giros que o motor pode efetuar, multiplicado por 5.

A instalação que é mostrada aqui foi realizada em um automóvel com as seguintes características: quatro cilindros, número máximo de rpm = 5000 e regime de torque máximo = 3700 rpm.



25. As ligações no platinado e no positivo da alimentação podem ser feitas sobre as duas extremidades da bobina, como mostra a foto. Isso, no caso do veículo não dispor de ignição eletrônica. Se for o caso, o pólo + deve ser fixado em outro ponto.



ACIMA: esquema elétrico do circuito gerador de 120 Hz, utilizado para o ajuste do economizador de combustível.

ABAIXO: diagrama de instalação no automóvel. Os diodos led foram separados do aparelho para serem colocados sobre o painel do veículo.

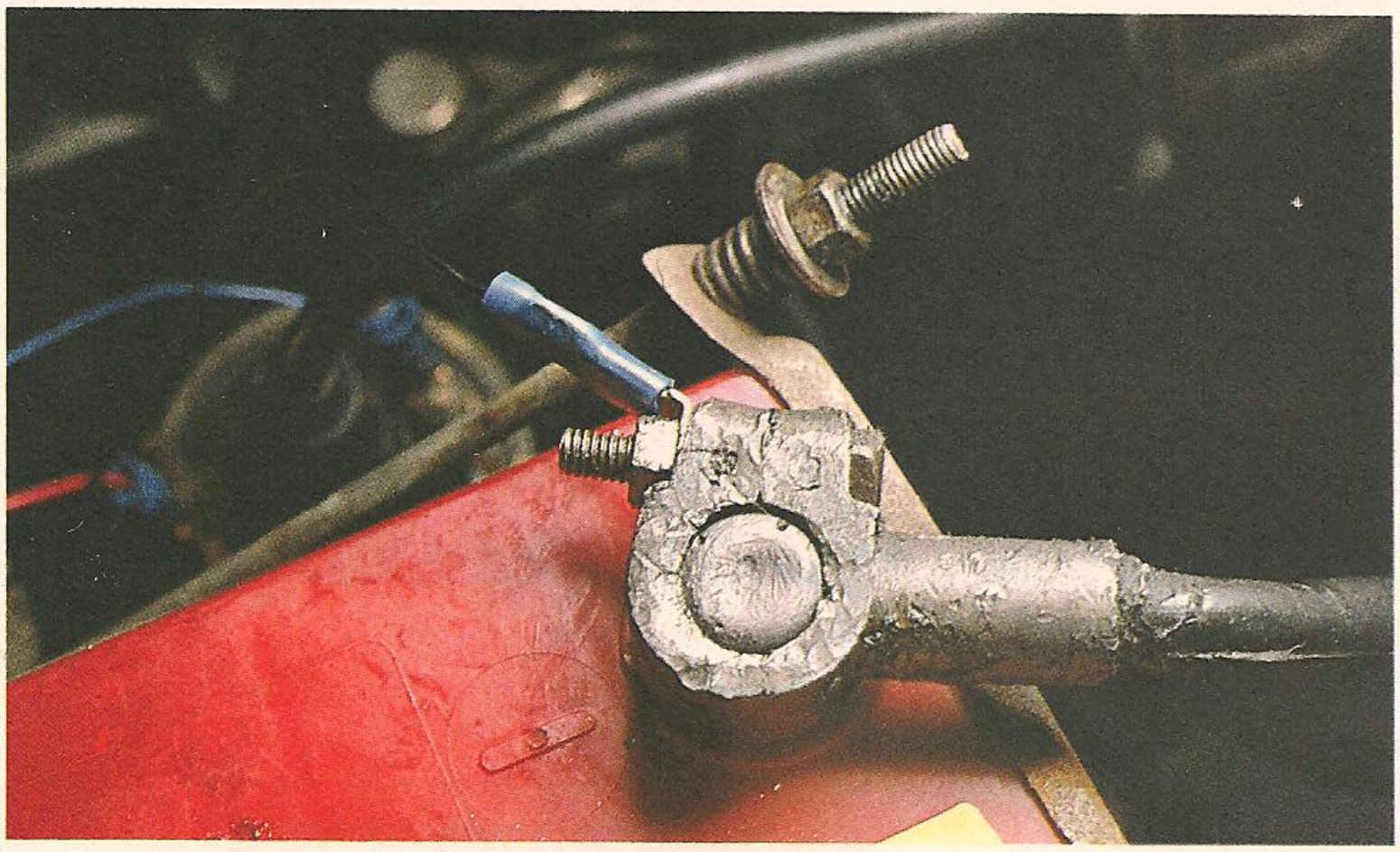
Com base nesses dados e aplicando as fórmulas anteriores, obtemos os seguintes resultados: Nmax = 5000; N1 = 3200; N2 = 4200 e N120 = 3600, de forma que as diferentes tensões de regulagem são:

$$V_3 = \frac{4200}{5000} \cdot 5 = 4{,}2\,V$$

$$V_4 = \frac{3200}{5000} \cdot 5 = 3{,}2\,V$$

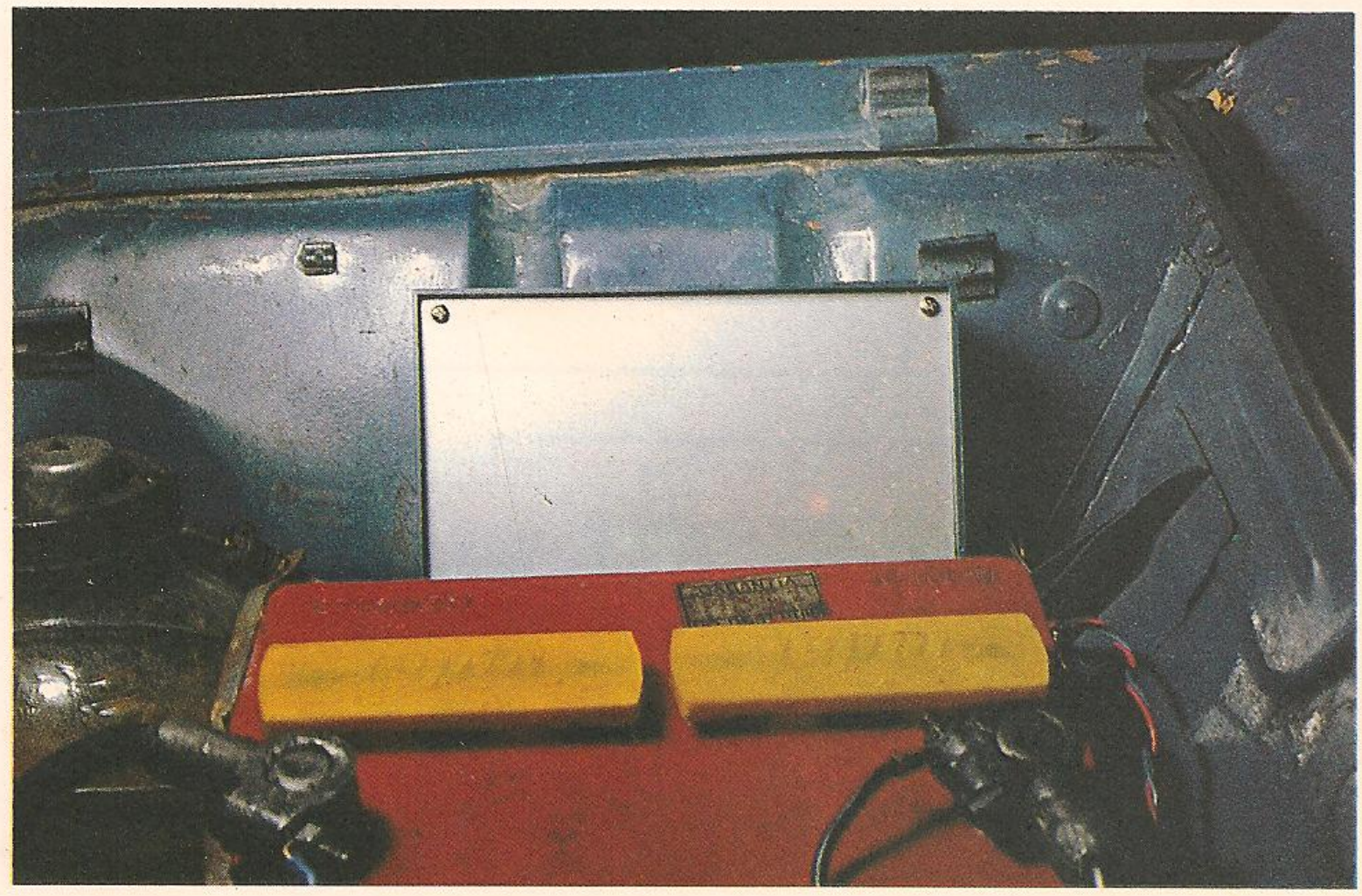
$$V_7 = \frac{3600}{5000} \cdot 5 = 3{,}6\,V$$

Para a instalação, liga-se o ponto de alimentação + a um ponto qualquer que tenha uma tensão de + 12 V, posterior à chave de ignição. O negativo é levado sobre a massa do veículo. A entrada do circuito liga-se ao terminal do platinado (pontas platinadas). Para evitar distúrbios que provoquem interferências no rádio, é conveniente utilizar um cabo blindado para levar os impulsos do platinado até o circuito, caso este tenha um comprimento suficientemente grande, ligando a malha do cabo à massa. Seguindo as instruções dadas, o aparelho funcionará perfeitamente.



26. O cabo correspondente ao negativo ou massa é ligado diretamente ao terminal negativo da bateria. Em todas as ligações são utilizados terminais faston.

27. Aspecto final do economizador, com a caixa fechada.



Qual o princípio de funcionamento do economizador de combustível?
Ele possibilita a percepção do número de giros do motor e indica se esse número coincide com o número de giros correspondente ao torque máximo do veículo.

A partir de que ponto do motor toma-se a referência para conhecer seu número de giros?
A partir dos contatos do platinado (pontas platinadas), pois nesse ponto aparecerá uma série de impulsos elétricos produzidos pela abertura e fechamento do platinado, cuja freqüência é proporcional ao número de rotações (giros) por minuto (rpm) que se pretende conhecer.

Qual é a relação entre a velocidade do motor em rpm e a freqüência do platinado?
Para um motor de quatro cilindros e quatro tempos, o número de giros por minuto é igual à freqüência do platinado multiplicada por 30.

Para que serve o conversor freqüência-tensão?
Para que se obtenha uma referência da freqüência em que o platinado trabalha, de forma a poder interpretá-la nas fases seguintes.

Qual a função desempenhada pelos circuitos operacionais A1, A2 e A3?
Eles trabalham como comparadores da tensão aplicada entre suas entradas (inversora e não-inversora). Se a segunda for inferior à primeira, a saída é zero. Se ocorrer o contrário, é obtido um valor positivo semelhante ao da alimentação.

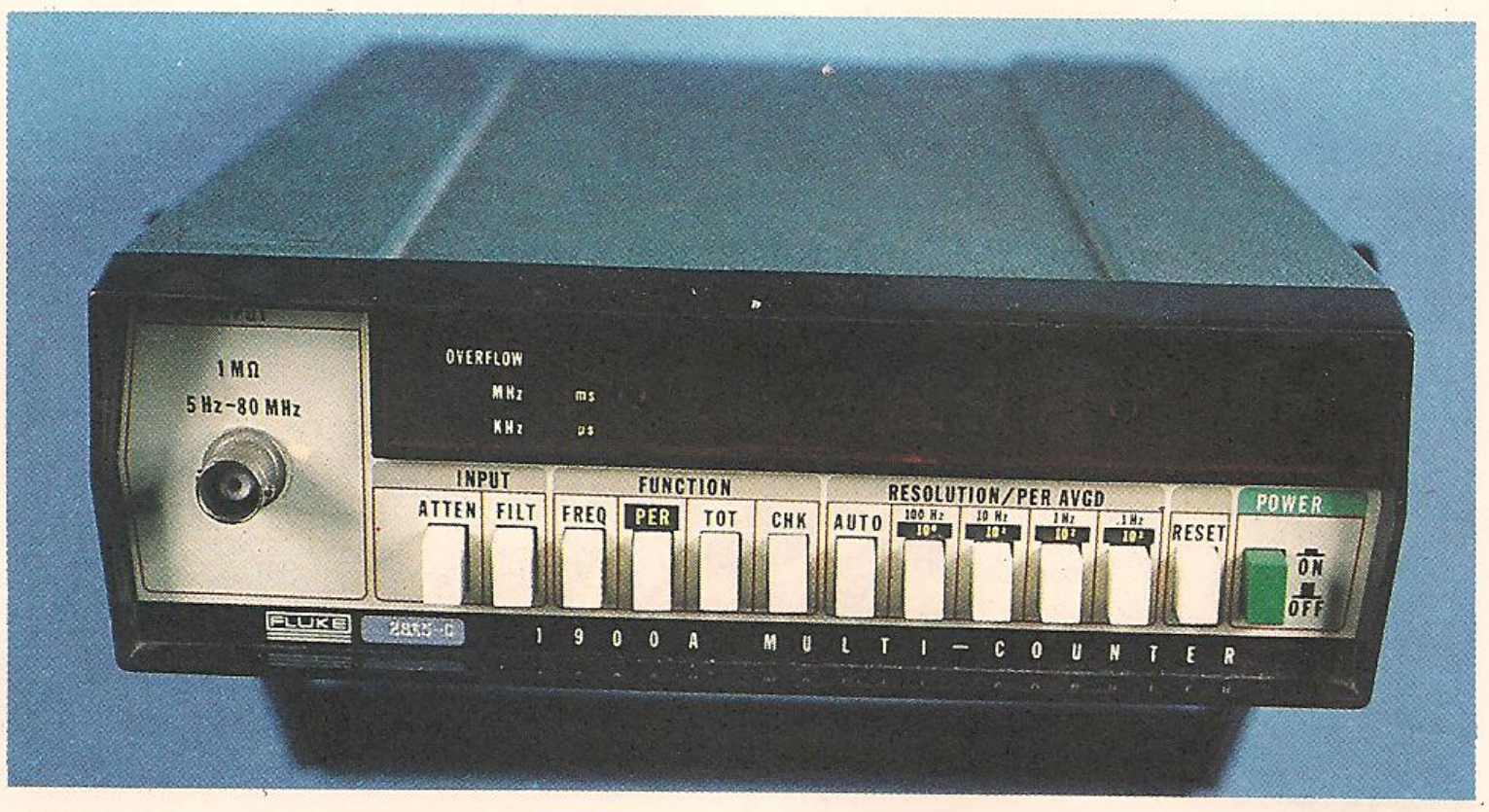
Por que é necessário dispor de um oscilador na saída do circuito?
Porque existe a necessidade de gerar um sinal de baixa freqüência na faixa audível, já que a freqüência de 1 Hz produzida por A4 não pode ser aplicada diretamente ao alto-falante, pois não seria audível.

Como é complementado o ajuste do circuito?
Para o ajuste do circuito, é necessário dispor de algum sistema que produza um sinal em freqüência de 120 Hz, utilizada como referência.

O FREQÜÊNCÍMETRO

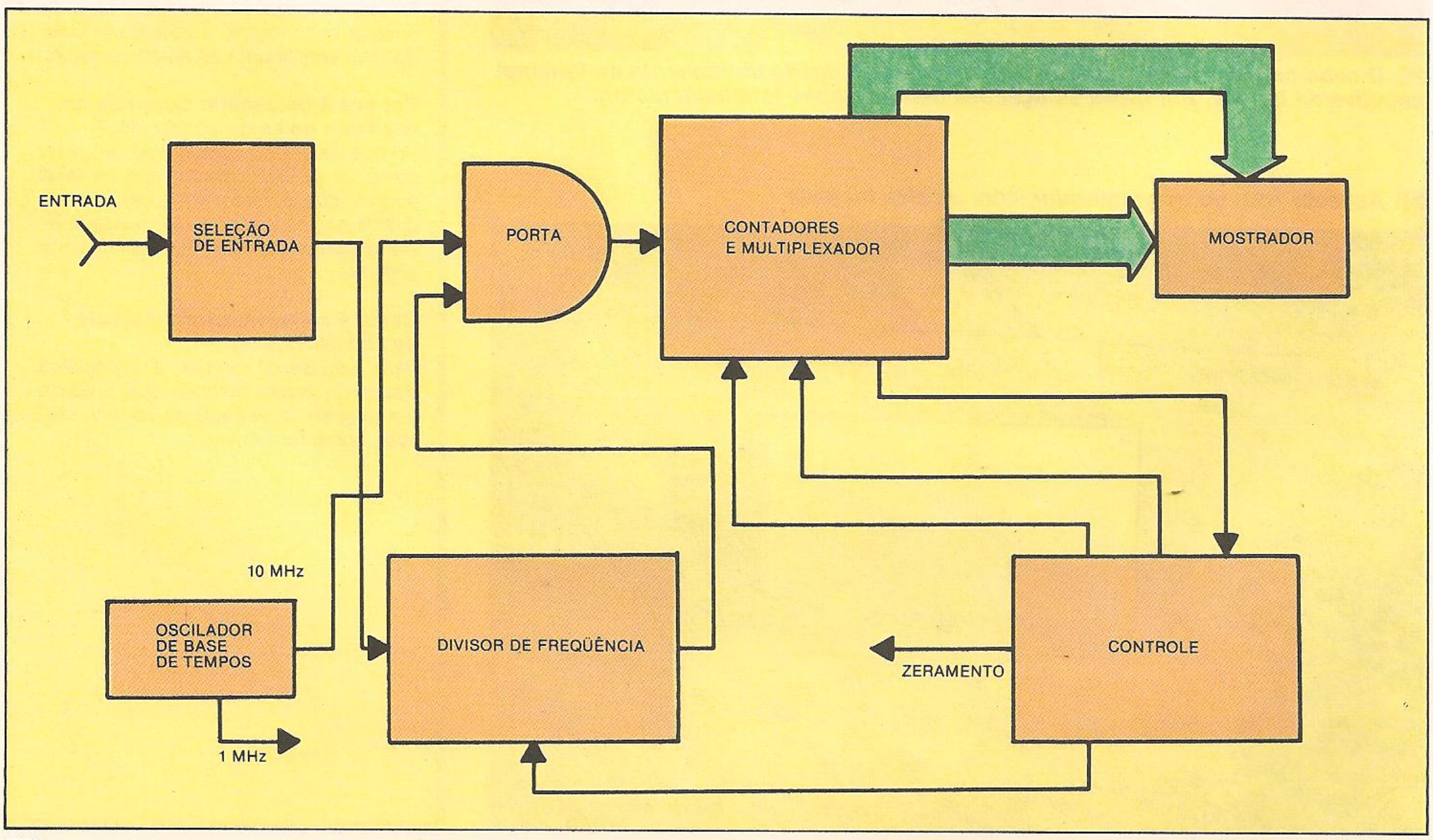
Com o freqüencímetro digital, os métodos de medição baseados em meios mecânicos ou elétricos são coisas do passado. Neste capítulo, veja todas as possibilidades oferecidas por este aparelho e suas principais características.

Existe um grande número de técnicas de medição de freqüência, fundamentadas no aproveitamento do fenômeno da ressonância, através de meios mecânicos (para baixas freqüências) ou elétricos (para altas freqüências).
Com esses meios, obtém-se o valor requerido, modificando-se algum elemento que determina a freqüência de ressonância do sistema de medição, até fazê-la coincidir com a freqüência do sinal desconhecido.
Atualmente, já apareceu no mercado um instrumento que executa as operações de determinação do valor da freqüência aplicada utilizando um outro sistema, isto é, apresentando o resultado sob uma forma numérica direta. Trata-se do **freqüencímetro digital**.



ACIMA: modelo básico de freqüencímetro digital.

ABAIXO: esquema em blocos do freqüencímetro que trabalha com medição de freqüências.



Esse aparelho trabalha com a contagem do número de ciclos ou períodos do sinal desconhecido durante um período de tempo prefixado, denominado tempo de porta. Esse tempo pode variar de alguns segundos até milissegundos, dependendo do valor encontrado e da resolução que se deseja obter.

O sinal de entrada para o instrumento é aplicado a um circuito interno que limita sua amplitude; em seguida, é amplificado e alcança um outro circuito a partir do qual se obtém uma onda quadrada na mesma freqüência.

Essa onda será enviada para um circuito de porta, cuja função é deixar passar somente o número de ciclos produzidos durante um determinado período de tempo, prefixado por um outro sinal que chega a uma segunda entrada da mesma porta.

O tempo em questão é obtido por um oscilador de freqüência elevada e por um divisor que divide essa freqüência por um fator variável, na dependência da faixa de medição, selecionado para o exterior.

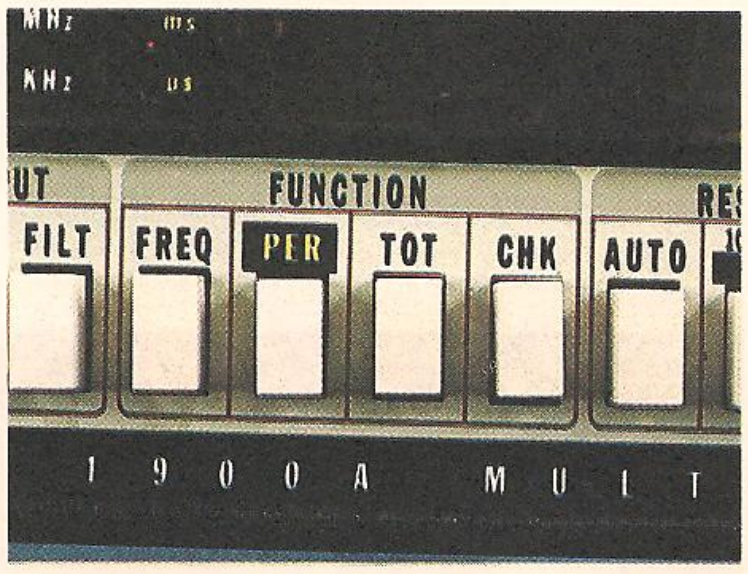
Se, por exemplo, tomamos uma freqüência de 1 MHz do oscilador, é possível obter divisões por 10^4, 10^5, 10^6 e 10^7. Caso se pretenda uma resolução de 100 Hz, faz-se a escolha de um fator de 1 MHz/100 Hz = 10^4, obtendo-se um tempo de porta de $1/10^4 = 0{,}1$ ms.

O sinal obtido na saída da porta anterior é levado a contadores de décadas ligados em série, que calculam o número de ciclos recebidos durante o tempo prefixado, acumulando o resultado em uma memória. A partir daí, começa um outro ciclo completo de contagem. O resultado final aparece sobre o mostrador correspondente.

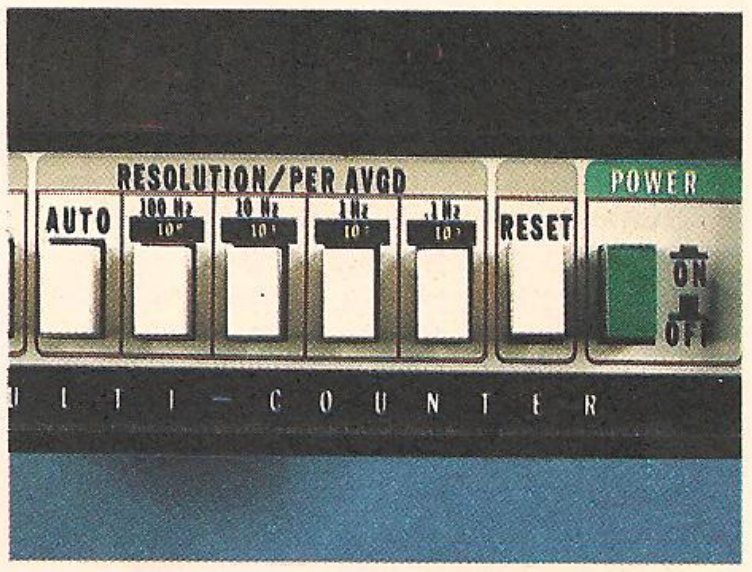
Outra forma de funcionamento do freqüencímetro é derivada da medição do período do sinal aplicado que, como se sabe, corresponde ao tempo utilizado pelo sinal para refazer um ciclo completo de variação.

Para efetuar essa medição, parte-se de um procedimento inverso ao anterior, que consiste em contar uma freqüência conhecida, gerada pelo próprio instrumento, durante um número fixo de períodos do sinal externo.

Segundo esse sistema, o sinal que chega ao circuito de porta é interior ao oscilador, enquanto o sinal desconhecido vai até um circuito contador, que gera o tempo de porta ao alcançar o número de ciclos prefixado (em geral 1, 10, 100 ou 1000 períodos). O sinal de saída da porta alcança igualmente os contadores, que levam o resultado até a memória do instrumento com a finalidade de enviá-lo, a seguir, ao mostrador, que o

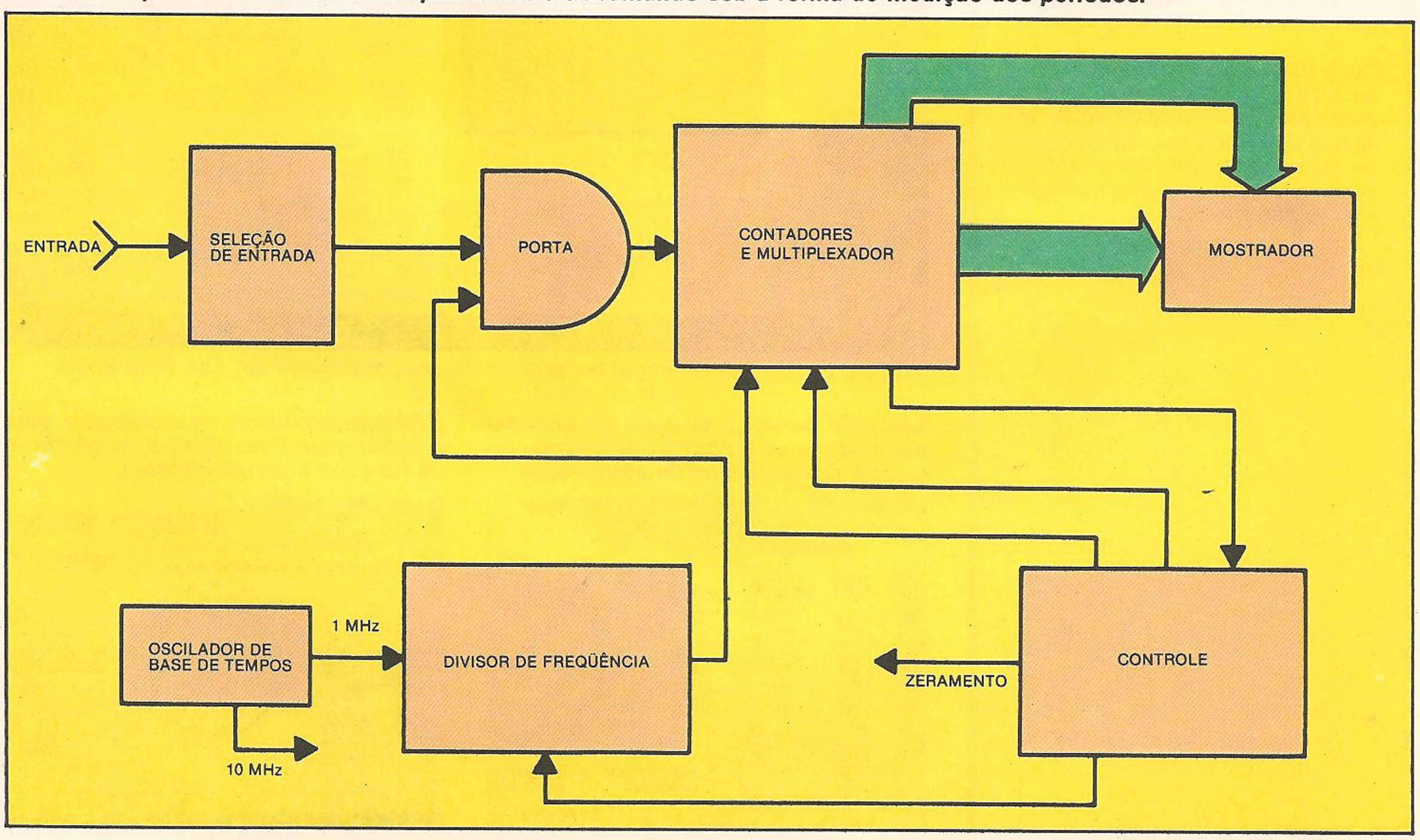


ACIMA: corte do teclado de seleção para a escolha da forma de trabalho.



ACIMA: este outro corte seleciona a resolução necessária para a medição.

ABAIXO: esquema em blocos do freqüencímetro trabalhando sob a forma de medição dos períodos.



Qual o procedimento que os freqüencímetros digitais utilizam para medir a freqüência de um sinal?
O método de trabalho utilizado consiste em contar o número de ciclos ou períodos do sinal desconhecido, em um período de tempo conhecido. Se, por exemplo, a freqüência tomada é 100 KHz e o tempo é 1 s, o aparelho conta 100000 períodos, apresentando, então, o resultado.

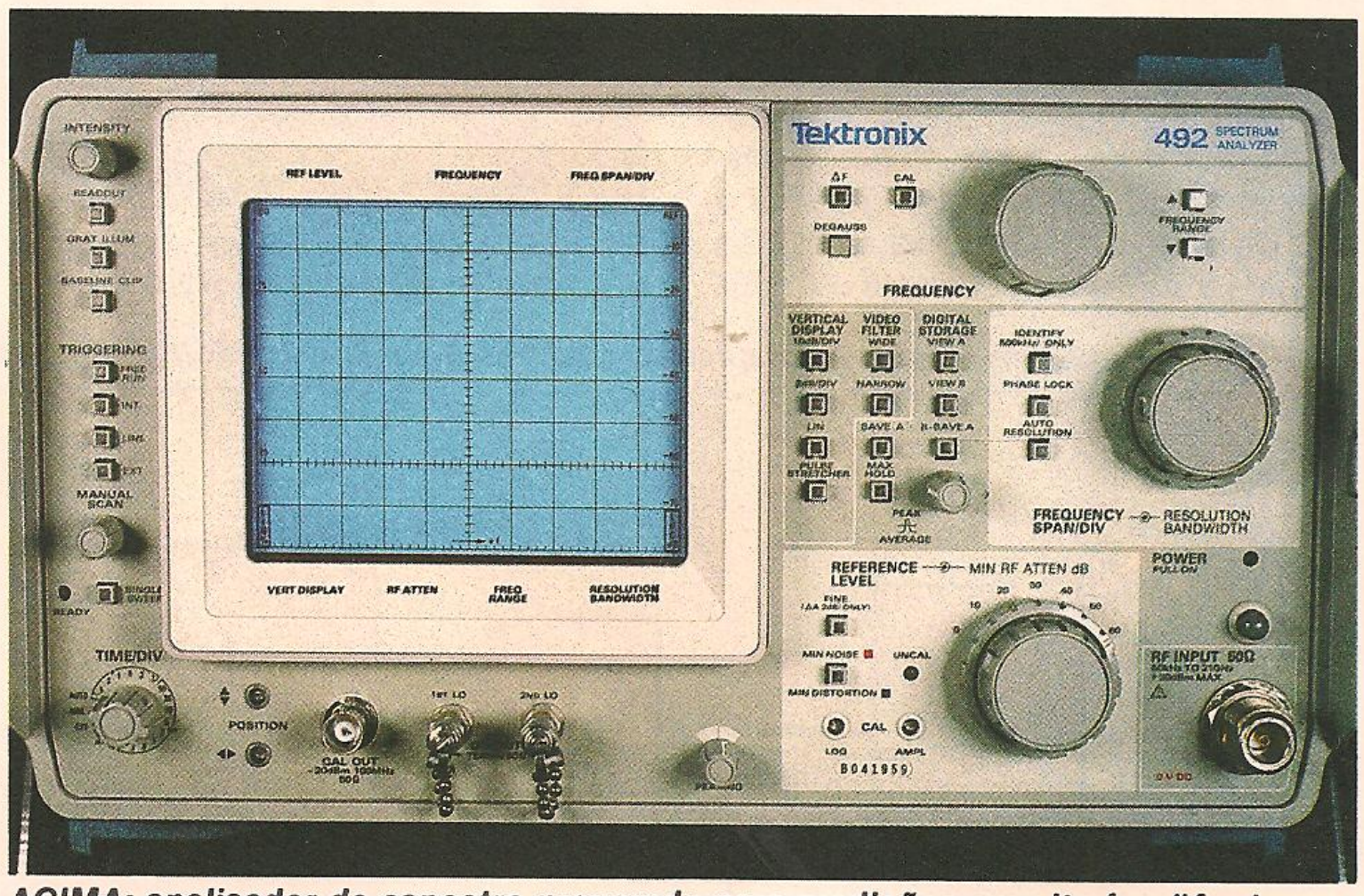
O que se entende por resolução de um freqüencímetro?
É a freqüência correspondente aos algarismos menos significativos do resultado obtido e depende do tempo de porta empregado na medição. Significa que, caso se meça uma freqüência de 1,56421 MHz com 1 ms, o resultado obtido será 1564 KHz, mas sem a exatidão suficiente para conhecer os algarismos seguintes.

Como é medido o período do sinal aplicado ao freqüencímetro?
Com a contagem de um determinado número de ciclos em uma freqüência conhecida, durante uma determinada quantidade de períodos do sinal a ser medido; as funções restantes são semelhantes às da medição em freqüência.

Qual é a função principal de um analisador de espectro?
Separar todas as componentes senoidais ou harmônicas do sinal aplicado, e apresentá-las separadamente sobre o visor.

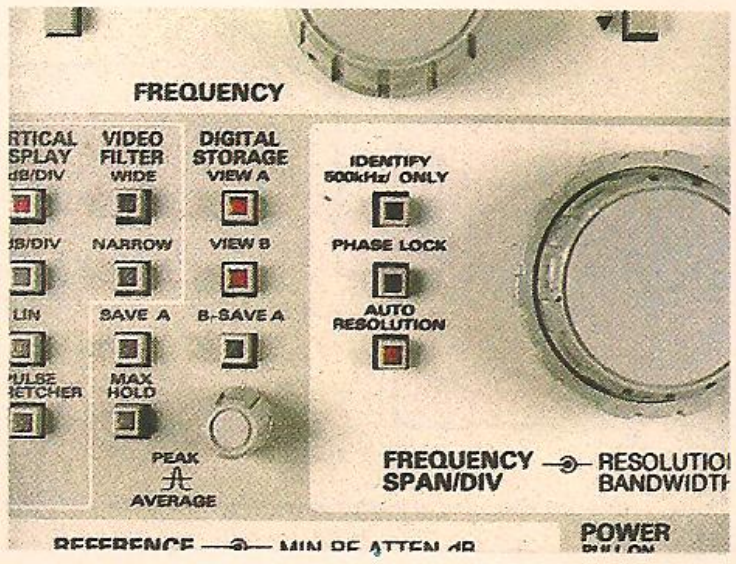
Quais são os principais controles do analisador de espectro?
Esses controles são: controle de atenuação da entrada, seleção da freqüência central, calibragem horizontal do retículo, calibragem vertical do retículo e nível de referências.

representa como tempo (segundo ou fração de segundo).
Existem muitos modelos de freqüencímetro, com mais ou menos algarismos de medição e com maior ou menor freqüência máxima de leitura, podendo alcançar até 100 MHz.
Outro instrumento destinado à medição da freqüência é o **analisador de espectro**. A principal função desse aparelho é separar as várias freqüências ou harmônicas contidas em um sinal, analisando, em seguida, a amplitude de cada harmônica, no interior de uma faixa previamente estabelecida. Se, por exemplo, aplicarmos uma tonalidade ou sinal senoidal puro, o instrumento dirá que existe uma única componente de freqüência com amplitude coincidente com a do sinal.
Se aplicarmos o sinal de saída de um amplificador, em cuja entrada foi anteriormente introduzido um sinal puro, devido às distorções inevitavelmente produzidas pelos aparelhos, será obtida uma série de harmônicas de diferentes freqüências perfeitamente verificáveis e evidenciadas pelo analisador. O espectro de freqüências de qualquer outro sinal (instrumentos musicais, emissões de rádio, vozes humanas, etc.) é indicado da mesma forma.
A apresentação do resultado é efetuada, geralmente, sobre um visor calibrado feito com um tubo de raios catódicos, no qual o eixo horizontal representa os valores de freqüência e o eixo vertical, a amplitude.
O instrumento tem cinco controles fundamentais para cada medição, além de outras possibilidades complementares que dependem de cada modelo. Os controles fundamentais são:
- controle de atenuação da entrada;
- seleção da freqüência central;
- calibragem horizontal do retículo;
- calibragem vertical do retículo;
- nível de referência.

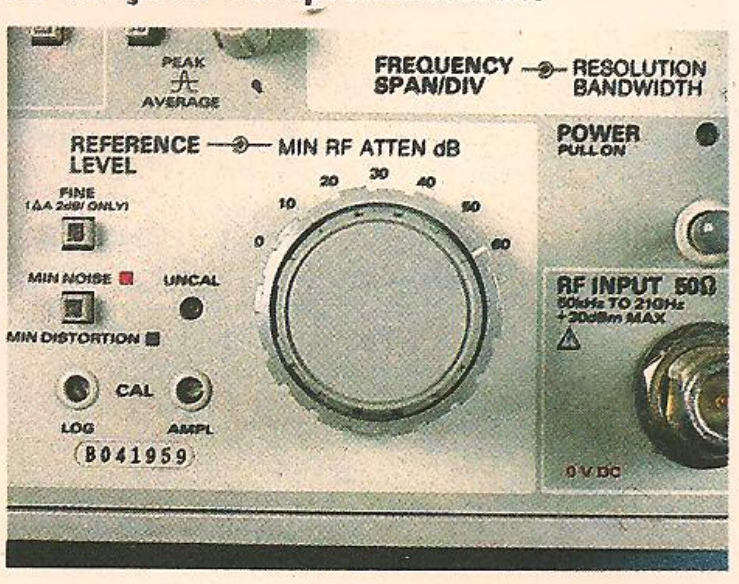


ACIMA: analisador de espectro preparado para medições em alta freqüência.

ABAIXO: corte de entrada do analisador. São vistos o conetor de entrada do sinal e os comandos de atenuação.



ABAIXO: controles do analisador para a calibragem horizontal, a resolução e as funções complementares.



Controle de atenuação da entrada: permite adaptar o aparelho a uma ampla faixa de níveis de entrada, de forma que todos possam ser representados sobre o visor.

Seleção da freqüência central: serve para procurar as harmônicas correspondentes ao sinal aplicado, até fazê-las aparecer no visor. Normalmente, ajusta-se as harmônicas em um ponto tal que o nível da freqüência fundamental coincida com a linha vertical central do reticulado de medição, para poder determinar as outras freqüências.

Calibragem horizontal do retículo: com esse controle, escolhe-se a margem de freqüências que corresponde ao espaço entre duas linhas verticais do retículo do visor. Portanto, esse controle permite expandir à vontade a faixa total de freqüências representada. Serve também para medir a separação entre as várias freqüências harmônicas e a freqüência fundamental, sem necessidade de recorrer ao controle anterior e à escala.

Calibragem vertical do retículo: controla a diferença de nível de sinal existente entre duas linhas horizontais do retículo do visor. Pode-se escolher a escala de medição mais conveniente em qualquer caso, dependendo das características de amplitude do sinal aplicado e da precisão e exatidão que se deseja obter na medição.

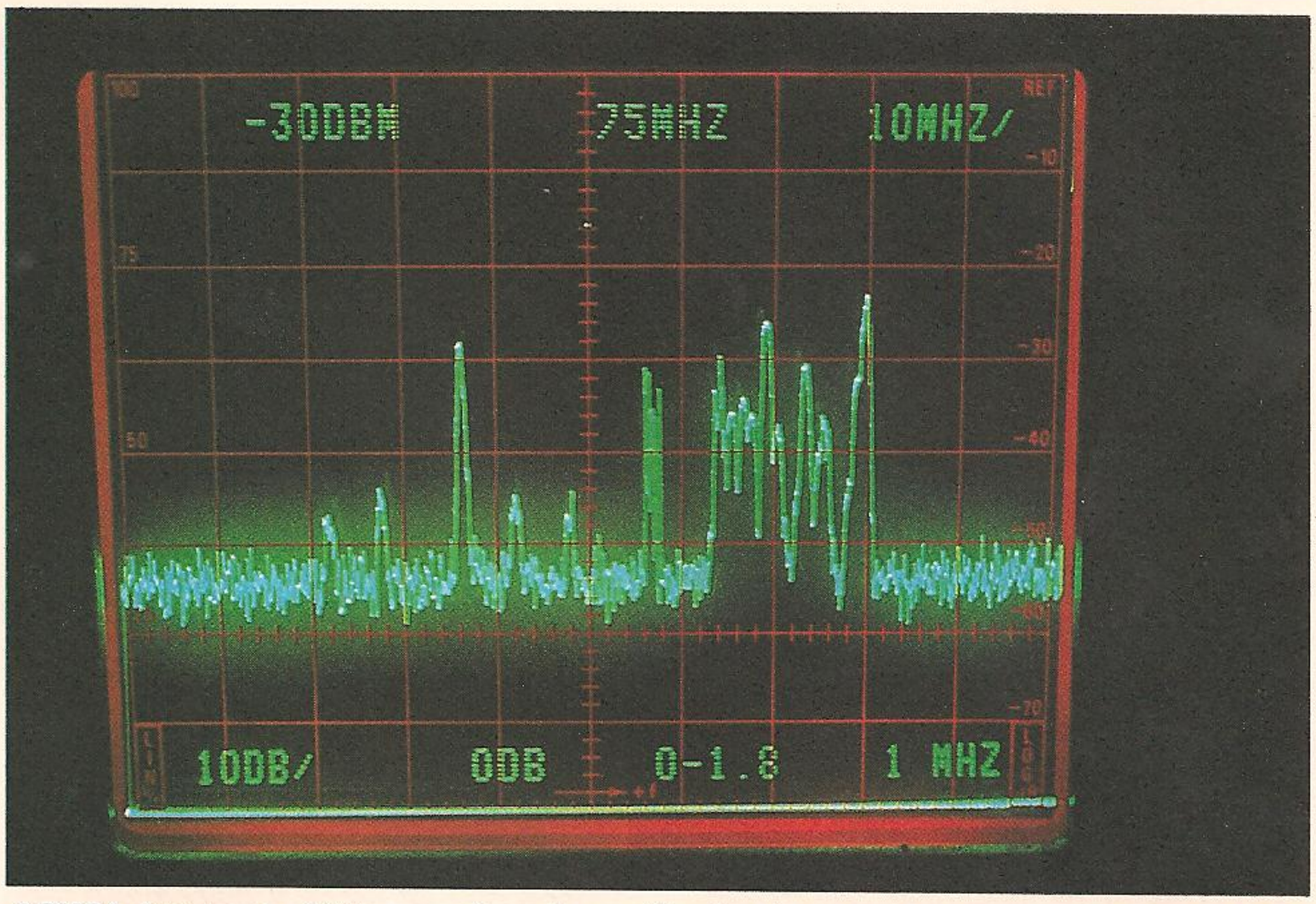
Em geral, há duas calibragens: calibragem logarítmica, com o retículo dividido em decibel; e calibragem linear, cuja medição efetua-se em volt, com a fixação da diferença de tensão entre cada uma das duas divisões.

Nível de referência: indica o nível tomado como referência para a medição. É um parâmetro imprescindível, pois o resultado é sempre relativo ao valor escolhido com este controle.

Os outros controles complementares são os seguintes: o **controle de resolução de faixa**, que permite romper uma determinada harmônica e dividi-la em sub-harmônicas mais simples; **os filtros ajustáveis** para a eliminação de ruídos; o **encurtador de sinal** para levar a apresentação no visor da área a um nível menor do que o sinal; e o **controle de ativação da varredura** efetuada pelo aparelho.

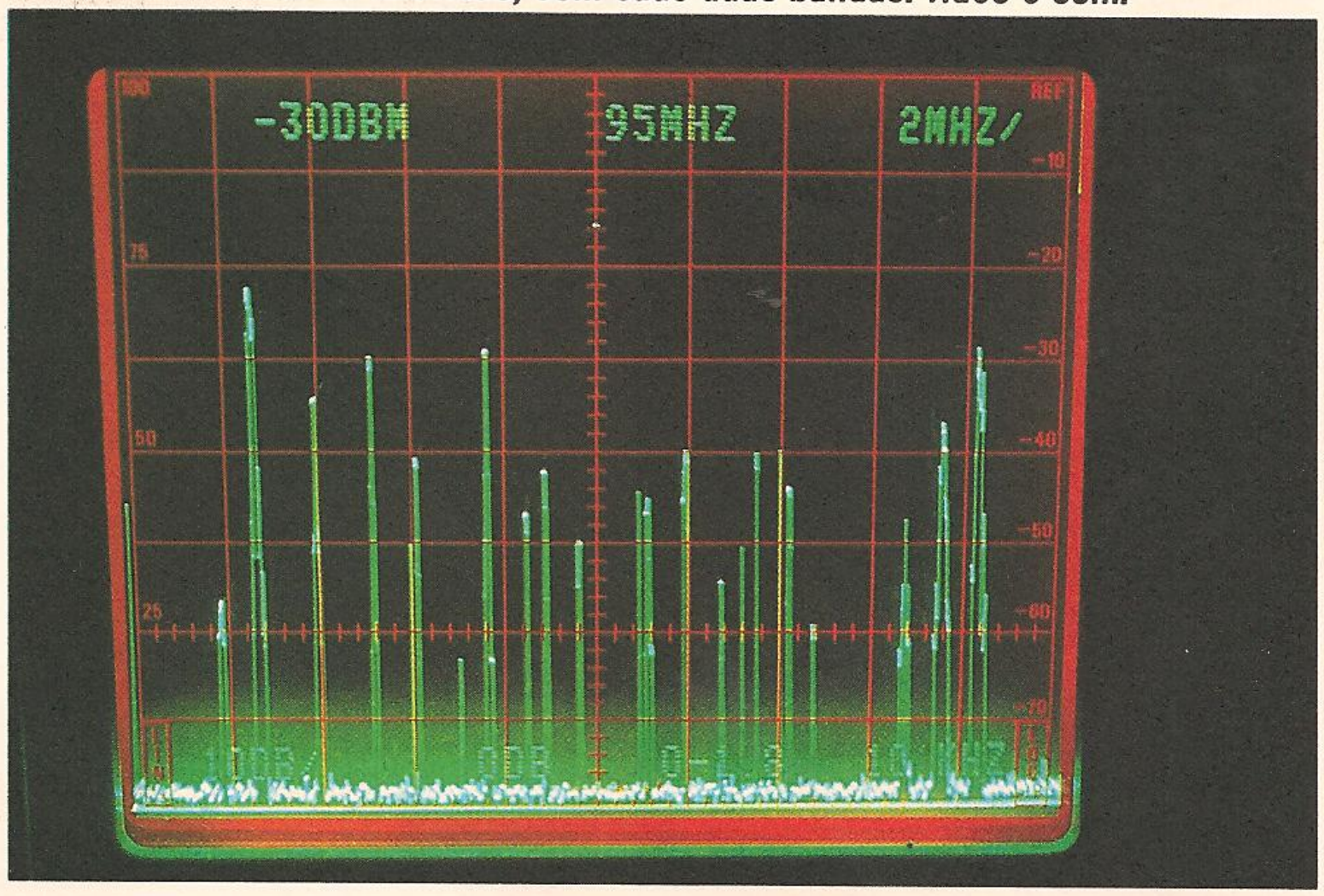
A entrada do sinal tem uma carga interna normalizada, para que a medição seja feita nas condições de trabalho padronizadas do aparelho que se pretende analisar. Isso evita o aparecimento de reflexos e ondas estacionárias na linha de transmissão que une os dois aparelhos. Esses fenômenos provocariam distorções ou imprecisões no resultado.

Na maior parte dos casos, a impedância é de 50 Ω, que coincide com a impedância característica dos cabos e dos aparelhos que trabalham em alta freqüência. Se o instrumento foi especificamente construído para analisar a faixa de áudio (20 Hz - 20 KHz), a impedância interna de carga tem um valor de 600 Ω.



ACIMA: imagens obtidas no visor do analisador de espectro correspondentes à faixa FM completa, no qual são observadas as curvas das várias emissoras.

ABAIXO: um canal de televisão, com suas duas bandas: vídeo e som.



As características gerais de um analisador de espectro para radiofreqüências são as seguintes:

- faixa de freqüências a ser medida: de 50 KHz a 1000 MHz (1 GHz);
- calibragem da freqüência: de 10 KHz a 200 MHz por divisão;
- resolução de faixa: de 1 KHz a 1 MHz, selecionável por décadas;
- nível de referência: de -120 dBm a + 40 dBm;
- calibragem dos níveis: 10 dB/div., 2 dB/div. e 8 divisões lineares;
- atenuação de entrada: 30 dBm.

SISTEMAS DE MEDIDAS

Aparelhos de teste, osciloscópios, geradores de funções, freqüencímetros, etc.: com estes instrumentos efetua-se qualquer medição em aparelhos eletrônicos. Neste capítulo você vai conhecer o funcionamento geral de todos eles.

Muitas vezes, verifica-se a necessidade de efetuar uma série de medidas em um determinado equipamento eletrônico, destinadas a verificar suas características. Em geral, muitas provas podem ser efetuadas com a ajuda de um simples aparelho de teste, mas, em outras ocasiões, torna-se necessário o auxílio de um osciloscópio, de um gerador de funções, de um freqüencímetro ou de algum outro instrumento mais específico.

Se tomarmos como exemplo as medidas em baixa freqüência de um amplificador de áudio, é possível considerar três tipos de verificação: uma para a obtenção da resposta do aparelho ao sinal de áudio, tomada na saída dos alto-falantes; outra relacionada com a sensibilidade de entrada do amplificador de áudio; e uma terceira relacionada com a alimentação do amplificador.

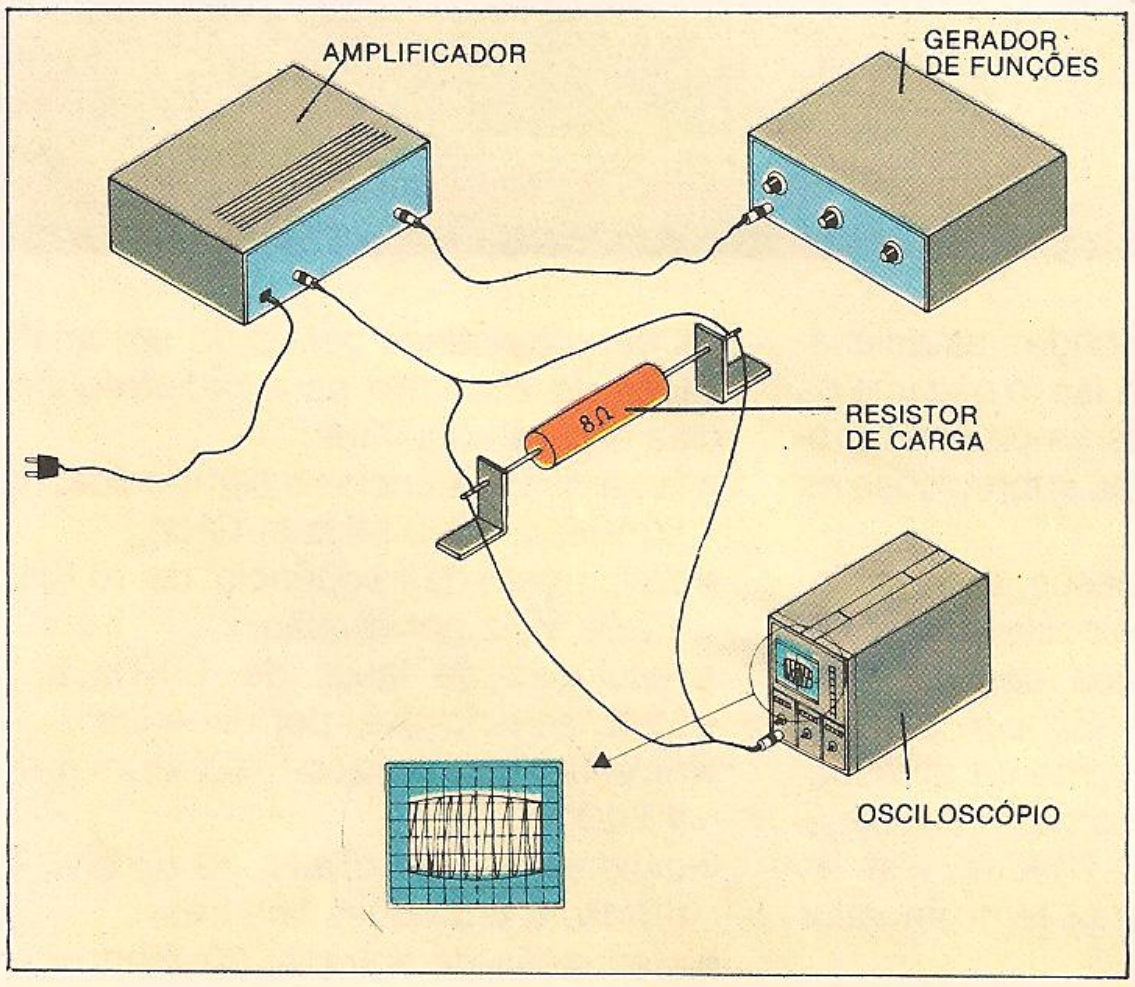
No primeiro grupo, uma das primeiras verificações a serem feitas é a da potência máxima de saída. Para isso, é preciso ter à disposição um gerador de funções, um osciloscópio, um aparelho de teste e um resistor de carga ajustável com valor compreendido entre 0 Ω e 8 Ω, ou vários resistores fixos com valores diferentes (são absolutamente necessários os de 4 Ω e 8 Ω), prestando atenção para o fato de que possam oportunamente dissipar a potência que é dada pelo amplificador.

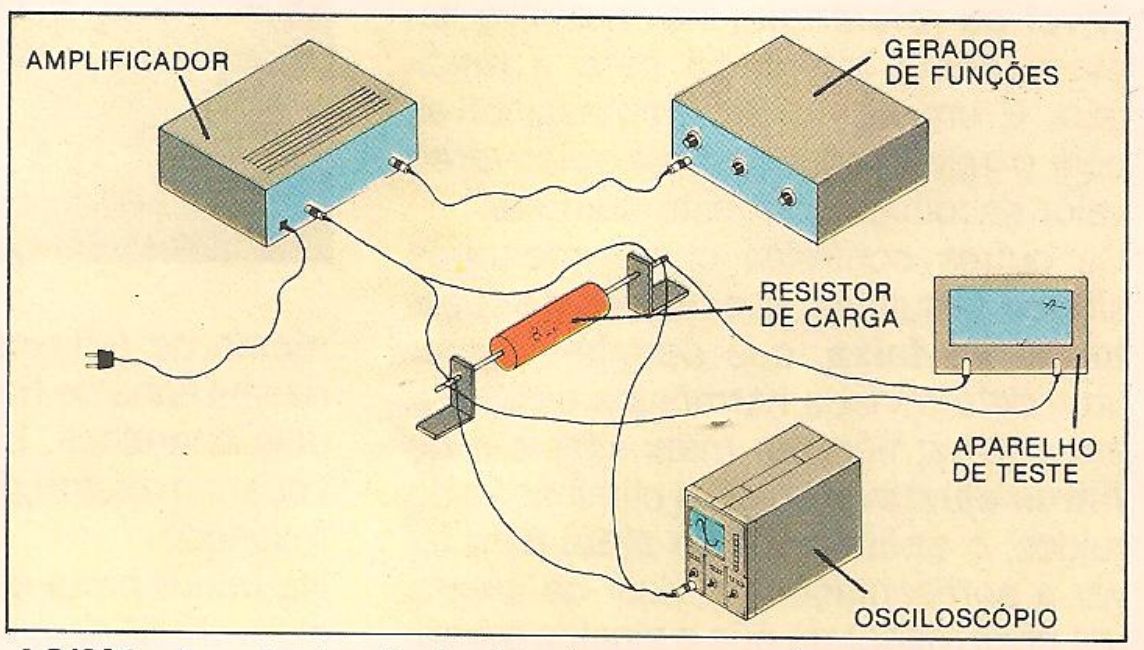
Desde que se tenha à disposição todo o equipamento mencionado, mede-se o resistor de carga com o aparelho de teste, regulando-o até o valor de 8 Ω e ligando-o à saída do amplificador (se for um modelo estéreo, faz-se uma medição para cada canal) com conetores apropriados. Em seguida, liga-se o osciloscópio aos extremos do resistor escolhendo a faixa de 5 V/div. e liga-se a saída do gerador de funções à entrada do amplificador de áudio, utilizando-se cabos adequados.

Para essa prova, a forma de onda mais indicada é a senoidal numa freqüência de 1 KHz. O nível de saída depende da sensibilidade de entrada e, por enquanto, o controle relativo deve ser colocado na posição mínima.

Depois de tudo preparado, o amplificador é ligado e observa-se a forma de onda sobre o visor do osciloscópio, levando-se o volume ao máximo. Se o nível de saída do gerador está em zero, não aparecerá nenhum sinal no visor. Então, aumenta-se o volume com o comando correspondente até que o sinal de saída não apresente pequenas deformações dos picos superiores e inferiores, o que indica que o sinal alcançou o nível de saturação do aparelho. A partir desse ponto, diminui-se levemente o nível de saída até que a distorção desapareça. Em seguida, com o osciloscópio na escala de 25 V ou 75 V em corrente alternada, mede-se a tensão nos extremos da carga e anota-se o valor obtido. Então, o aparelho é desligado e as conexões são desfeitas.

A potência é calculada, facilmente, aplicando-se a fórmula $P = V^2/R$. Assim, se o valor medido é 20 V, obtém-se uma potência de $20^2/8 = 400/8 = 50$ W. A mesma prova pode ser repetida com a utilização de um resistor de carga de 4 Ω em vez dos 8 Ω anteriores.





ACIMA: depois de diminuir um pouco o nível do sinal, para eliminar a distorção, mede-se a tensão eficaz de saída com um aparelho de teste, calculando em seguida a potência.

AO LADO: a medição da resposta em freqüência é feita com uma montagem semelhante à da potência em saída. Utiliza, porém, uma varredura de freqüências. Observa-se a resposta sobre o visor do osciloscópio.

Desse modo, caso se obtenha a mesma tensão de saída sobre o aparelho de teste, a fórmula indica uma tensão de saída de 100 W.

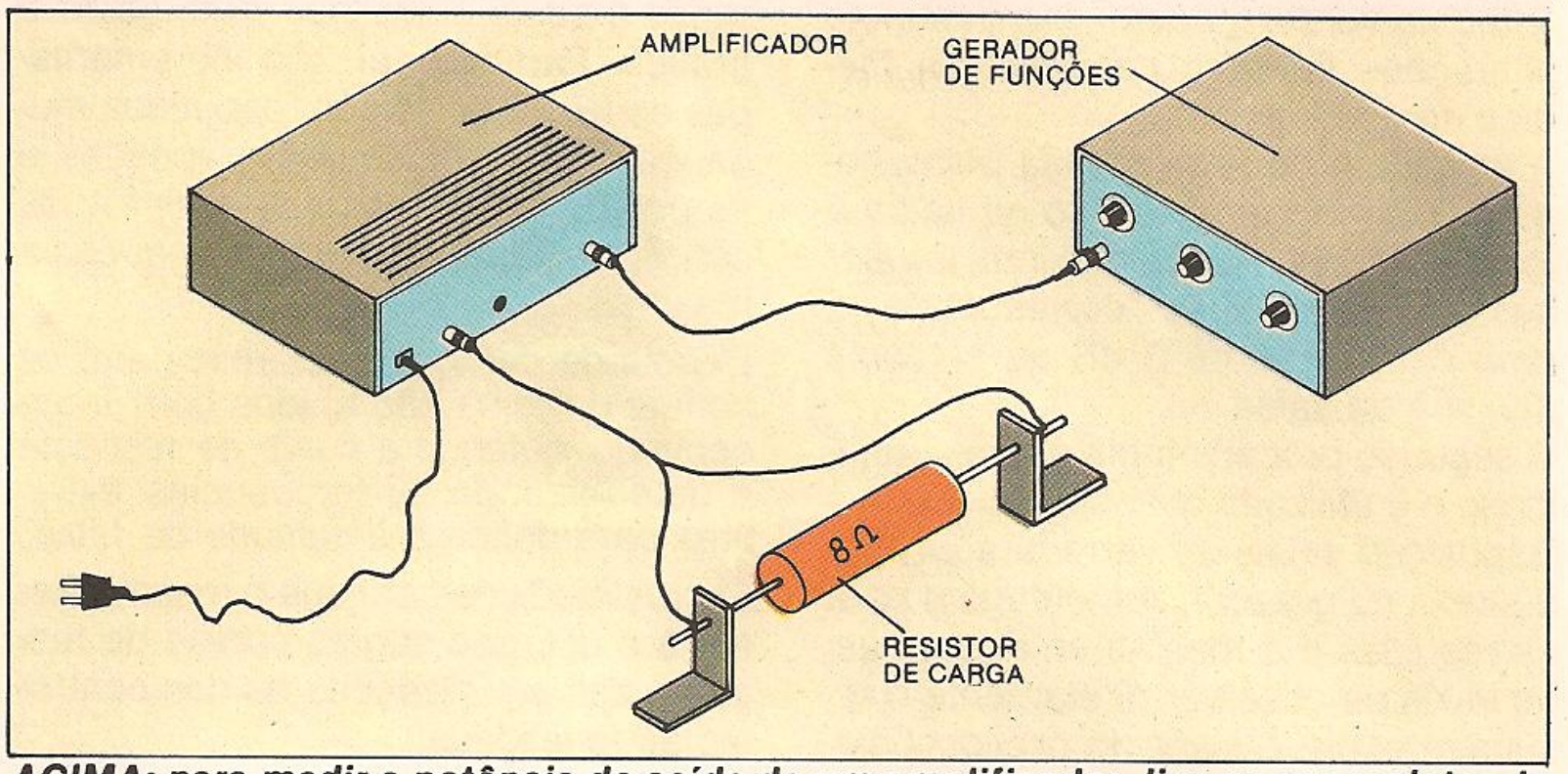
O segundo grupo considerado determina o nível do sinal a ser aplicado nas entradas do aparelho para que se tenha a potência de saída nominal. A disposição dos equipamentos de teste em relação ao amplificador de áudio é a mesma utilizada no primeiro grupo até a obtenção da forma de onda sem distorção, correspondente à potência máxima. Nesse momento, o osciloscópio deve ser desligado da carga e mede-se o sinal de entrada do amplificador de áudio, ligando o osciloscópio à saída do gerador.

A faixa de medidas escolhidas depende da entrada que está sendo analisada. Na entrada de cápsulas magnéticas pode-se colocar 1 ou 2 mV/div. e nas outras entradas 50 ou 100 mV/div. Em seguida, são medidas a cada entrada as tensões pico-pico, preparando-se uma tabela final onde constam as medidas dos valores encontrados. As sensibilidades são calculadas dividindo-se os resultados anteriores por 2,83, para transformar as tensões pico-pico em tensões eficazes.

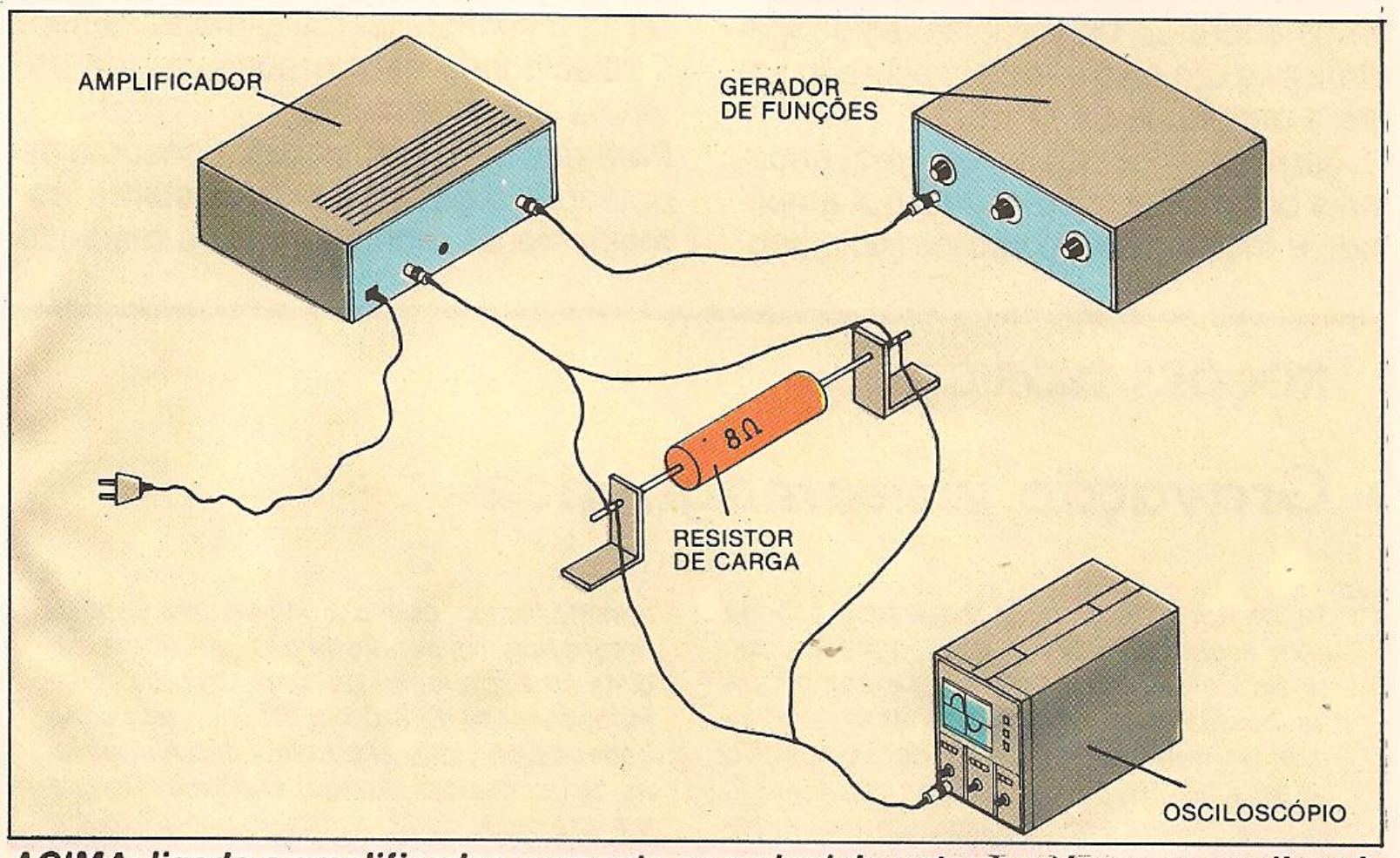
Para medir a resposta em freqüência do aparelho, utilizam-se dois procedimentos diferentes.

O primeiro procedimento é mais simples e requer um gerador de funções com sinais que possam ser varridos em freqüência, de um osciloscópio e de um resistor de carga de 4 Ω ou 8 Ω. O gerador de funções é ligado a uma das entradas não-equalizadas (sintonizador, auxiliar) do amplificador e as tonalidades são colocadas no meio do cursor. Com um sinal prévio senoidal em 1 KHz, observa-se o sinal de saída sobre o osciloscópio, ajustando-se o seu nível de forma a ser inferior ao valor de potência máxima. Nessas condições, ajustam-se os limites da varredura até fazê-los coincidir com 40 Hz e 12,5 KHz (normas DIN), ou melhor, com 20 Hz e 20 KHz (faixa audível), dando início ao procedimento.

Sobre o visor do osciloscópio deve ser vista a varredura completa, ajustando-se adequadamente a base dos tempos e a amplitude horizontal. Se a imagem é nítida, vê-se uma área de máxima amplitude na região central e uma diminuição nos extremos. Caso haja defeitos de resposta ou os controles de tonalidade não estejam ajustados sa-

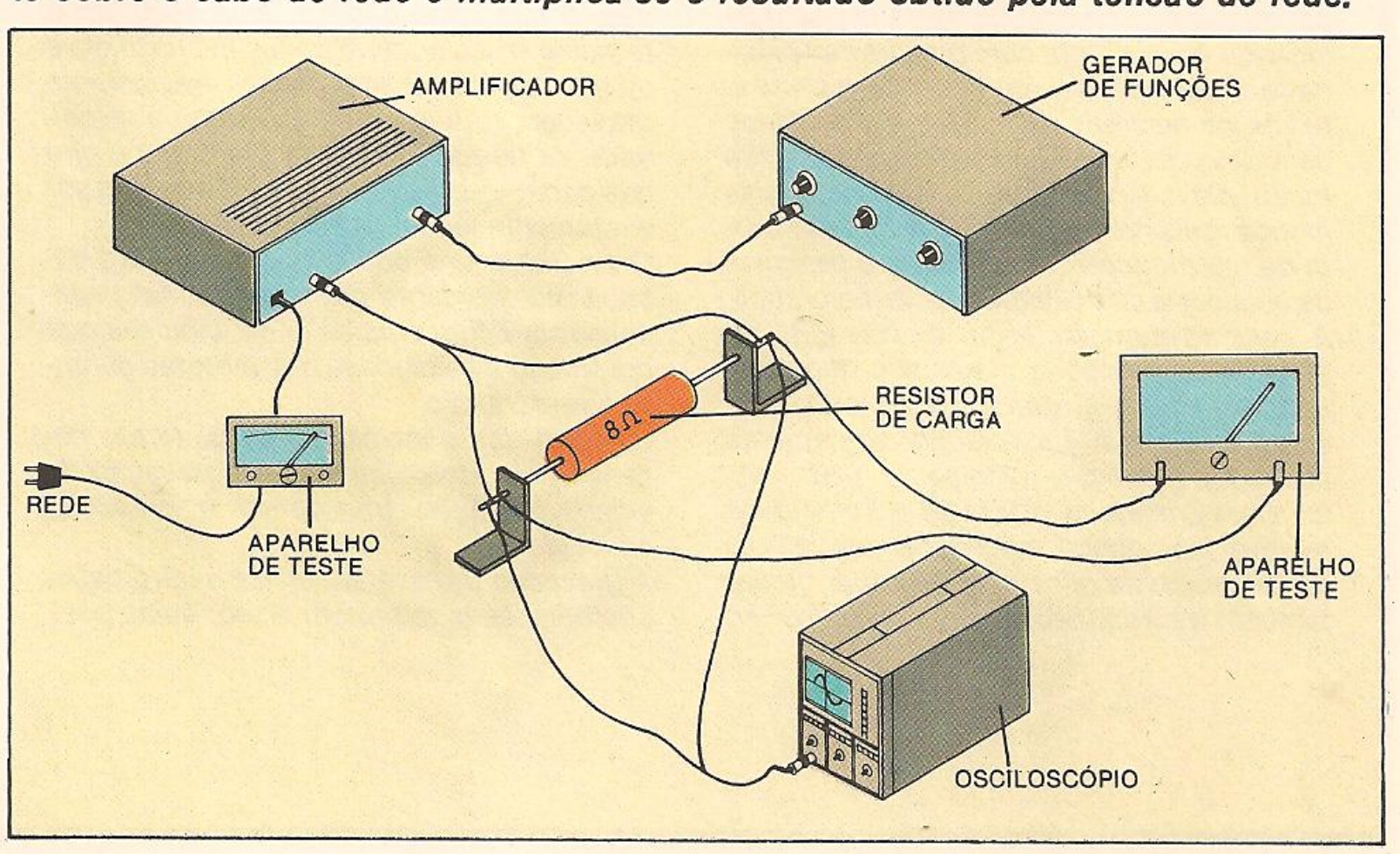


ACIMA: para medir a potência de saída de um amplificador, liga-se um resistor de carga adequada e aplica-se um sinal de entrada com um gerador de função.



ACIMA: ligado o amplificador, aumenta-se o sinal de entrada até que no osciloscópio, ligado à carga, observa-se um início de distorção.

ABAIXO: para a medição do consumo de potência, intercala-se um aparelho de teste sobre o cabo de rede e multiplica-se o resultado obtido pela tensão de rede.



tisfatoriamente, podem manifestar-se alterações também na área das médias freqüências.
A amplitude de faixa é dada pelas freqüências em que a tensão de saída é igual a 70% da tensão máxima. O valor dessas freqüências corresponde a uma diminuição de 3 dB da potência máxima de saída.
O segundo procedimento é mais trabalhoso e é utilizado quando não existe à disposição sinais de varredura em freqüência no gerador. A montagem para as medidas é a mesma anterior, mas, ao invés de observar diretamente o resultado sobre o visor do osciloscópio, desenha-se em papel milimetrado semilogarítmico um eixo horizontal calibrado sobre as freqüências (eixo logarítmico) e um eixo vertical calibrado sobre a amplitude da tensão.
O gerador é colocado na freqüência mais baixa (20 Hz ou 40 Hz) e a amplitude é medida com o osciloscópio anotando o ponto correspondente sobre o gráfico. Partindo daí, são incrementadas as freqüências com pequenas mudanças, as medições são repetidas e os pontos sucessivos são assinalados sobre a folha até alcançar a freqüência máxima.

Depois de desligar a aparelhagem, os pontos da folha são unidos com traço contínuo, obtendo a curva de resposta e determinando as freqüências extremas para definir a amplitude de faixa.

Outras medições em que o mesmo sistema é utilizado são as curvas de resposta das equalizações ou dos controles de tonalidade.
No terceiro grupo de verificação considerado, relativo à alimentação do aparelho, a verificação mais interessante é a relacionada com o consumo de potência e o rendimento.
Para efetuar a medição do consumo de potência, organiza-se um sistema semelhante ao montado para a medição da potência de saída, intercalando, porém, nesse circuito, uma aparelho de teste com escala de 1 A ou 2 A de corrente alternada, em série com um dos dois cabos de rede. Ao observar sobre o osciloscópio o sinal máximo não-distorcido, mede-se a intensidade indicada pelo amperímetro, anotando-a e desligando, a seguir, o aparelho. A medição do consumo é realizada multiplicando o valor anterior pela tensão de rede, obtendo diretamente o resultado em watt ($P = V \cdot I$).
O rendimento do aparelho é calculado da seguinte maneira:

$$R = \frac{\text{potência sobre a carga}}{\text{potência em entrada}}$$

Dessa maneira, por exemplo, um amplificador de 40 W, que consome 100 W da rede quando está funcionando em potência máxima, atingirá um rendimento igual a 40%.

NOÇÕES TEÓRICAS

Gravação videomagnética

Tendo em vista os bons resultados obtidos com a gravação sobre fita magnética dos sinais de áudio, pensou-se imediatamente na possibilidade de ampliar essa técnica com um outro tipo de sinais, com o objetivo de ter à disposição as mesmas características de desempenho de gravação, armazenamento e conseqüente reprodução de cada programa.
No caso do vídeo, logo surgiu a primeira grande dificuldade: a elevada freqüência do sinal de vídeo (de 5 ou 6 MHz) torna impossível a gravação com o método convencional de cabeça magnética fixa e fita se deslocando à sua frente com uma certa velocidade. Para isso, seriam necessários entreferros de décimos de mícron e velocidade de avanço muito alta, com desgaste de fita muito elevado. Ambas as circunstâncias (impossibilidade tecnológica e elevado custo da fita magnética) obrigaram à pesquisa de uma outra solução mais viável na prática.
A solução adotada levou à utilização de mais de uma cabeça magnética de gravação. Ao contrário das cabeças estáticas, estas funcionam em rotação, exatamente no momento em que a fita passa à sua frente. Dessa maneira, eleva-se a velocidade relativa fita-cabeça magnética até valores suficientemente altos para se poder gravar também as freqüências mais elevadas. Ao mesmo tempo, com a ajuda de uma cabeça magnética fixa separada das anteriores, facilita-se a gravação do som em uma trilha independente da própria fita magnética. As cabeças de vídeo são colocadas na periferia de um disco ou tambor metálico que gira em alta velocidade, acionado por um motor elétrico. A cada volta, as cabeças entram em contato, por um determinado período de tempo, com a fita, gravando a informação em trilhas sucessivas.
Um aspecto fundamental, que deve ser considerado na reprodução do sinal de vídeo, é que cada cabeça deve começar e terminar o seu contato com a fita no início e no fim de cada uma das trilhas previamente gravadas. Isso significa que tanto a velocidade de deslocamento da fita como o giro das cabeças durante a gravação devem ser exatamente iguais na reprodução.
O sincronismo é obtido com uma outra cabeça independente que registra, longitudinalmente à fita, uma série de impulsos que controlam a velocidade dos motores durante a reprodução.
Partindo dos princípios citados, foram desenvolvidos dois sistemas de gravação de vídeo: gravação transversal e gravação helicoidal.
A gravação transversal utiliza quatro cabeças colocadas sobre um disco, cujas posições coincidem com os extremos dos dois diâmetros do mesmo, perpendiculares entre si. O disco é colocado em posição transversal à fita e gira em velocidade constante. Com o deslocamento da fita, obtém-se trilhas quase verticais, com inclinação de 0,54°. A espessura da fita utilizada é de 2'' e a velocidade de avanço é de 38 cm/seg, enquanto o disco gira a 250 rps. Um quadro ou imagem completa de 625 linhas ocupa um total de quarenta trilhas sucessivas. O sistema é utilizado unicamente nos gravadores profissionais.
O segundo sistema (gravação helicoidal) baseia-se em tambores com duas cabeças colocadas em posições diametralmente opostas. A fita magnética gira sobre o tambor, formando uma hélice com velocidade de avanço tão grande que, juntamente com a velocidade do tambor, forma trilhas inclinadas que contêm um total de 312,5 linhas de vídeo. Por isso, a cada volta do tambor corre um quadro completo de 625 linhas.
Esse método tem a vantagem, em relação ao anterior, de parar ou, ao menos, diminuir a velocidade da imagem durante a reprodução, e de ter, conseqüentemente, um melhor aproveitamento da fita, permitindo a utilização de fitas bem mais estreitas (1'', ¾'' e ½''). Por essa razão, hoje é o sistema utilizado pelos videocassetes comerciais.