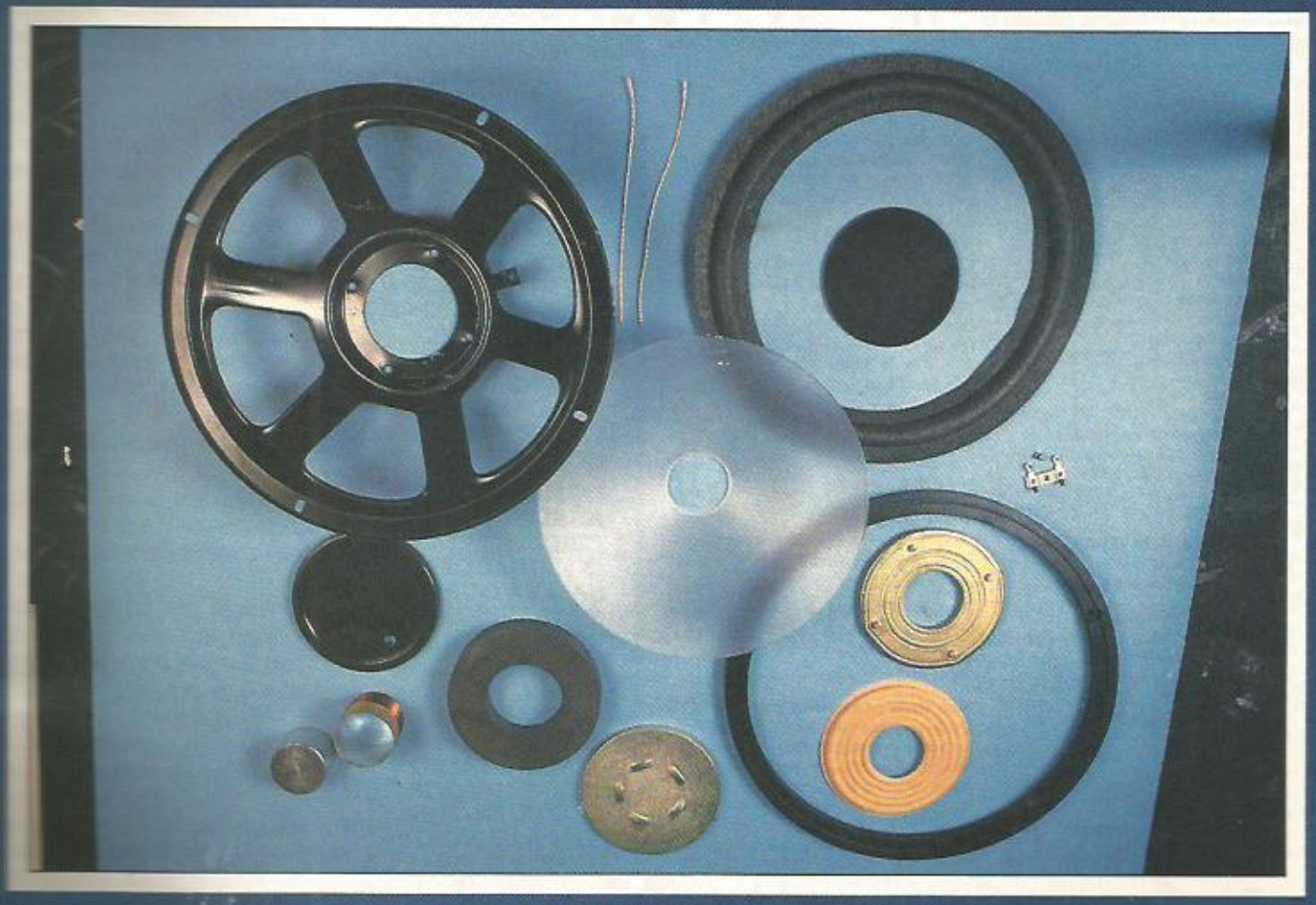
ELETRÔNICA

23 PASSO A PASSO Cr$ 3.000

Abril Cultural



COMPONENTES

O CIRCUITO INTEGRADO
O ALTO-FALANTE

INSTRUMENTAÇÃO

TESTES DO CAPACITOR E DA BOBINA

GRANDE CONCURSO
O SELO VALE MILHÕES
Coleção Abril Cultural
Colecione fascículos
Promoção válida somente no território brasileiro

Editor:
VICTOR CIVITA

Divisão Fascículos
Diretor-Gerente:
Roberto Martins Silveira

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO

Conselho Editorial
Diretor Editorial:
Iara Rodrigues
Diretor de Arte:
Mauro Lemos
Assistente de Arte:
José Maria de Oliveira

Consultores:
João Antonio Zuffo - Professor titular do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP e Coordenador do Laboratório de Subsistemas Integráveis - LSI - da EPUSP - DE.

Engº Mathias M. Wolff - Diretor geral da Methodos Consultoria e Manutenção Eletrônica S/C Ltda.

Departamento Comercial
Gerente Comercial:
Joaquim Celestino da Silva
Gerente de Produção:
João Stungis
Gerente de Circulação:
Denise Maria Mozol

Execução Editorial
Estúdio Sonia Robatto Ltda.
Redação:
Deusell Graeff, Virginia Finzetto
Revisão:
Ismar Silva Leal, Maria Isabel Duarte Ascenso
Arte:
Roberto Anselmo (chefe), Airton Ortega de Almeida, Ana Maria Pinto, Nelson S. Nakashima, Nelly Rachel Fernandes (assistentes)
Serviços Editoriais Auxiliares:
Angela Finzetto, Elvira de Bellis, Silvia Cristina D. Assumpção

Colaboração:
Assessoria Técnica: Engº Basilio A. Malvestio
Fotografias: Hugo Lenzi
Tradução: Horácio J. Ceccantini, Pier Luigi Cabra

COMPLETE SUA COLEÇÃO

Exemplares atrasados, até seis meses após o encerramento da coleção, poderão ser comprados, a preços atualizados, da seguinte forma:

1. **Pessoalmente**
Por meio de seu jornaleiro ou dirigindo-se ao Distribuidor Abril local, cujo endereço poderá ser facilmente conseguido junto a qualquer jornaleiro de sua cidade. Em **São Paulo**, os endereços são:

Av. Industrial, 117
Santo André
Rua Heliodora Ébano Pereira, 267
Lapa
Rua Brigadeiro Tobias, 773
Centro
e no **Rio de Janeiro**:
Rua Sacadura Cabral, 141
Centro
Rua da Passagem, 93
Botafogo
Rua Dr. Borman, 31
Niterói

2. **Por carta**
Poderão ser solicitados exemplares atrasados também por carta, que deve ser enviada para:

Abril S/A Cultural
Números atrasados - Distribuidora
Caixa Postal 60171,
São Paulo - SP

Não envie pagamento antecipado
O atendimento será feito pelo reembolso postal e o pagamento, incluindo as despesas postais, deverá ser efetuado ao se retirar a encomenda na agência do correio. Após seis meses do encerramento da coleção, os pedidos serão atendidos somente por carta dirigida a NÚMEROS ATRASADOS — DISTRIBUIDORA, dependendo da disponibilidade de estoque.

Obs.: quando pedir livros, mencione sempre o título e/ou o autor da obra, além do nº da edição.

COLABORE CONOSCO

Encaminhe seus comentários, críticas, sugestões ou reclamações ao **Serviço de Atendimento ao Leitor** — Caixa Postal 9442, CEP 01327, São Paulo, SP. Telefone: (011) 288-6298. TELEX 01133670 ABSA.

NO PRÓXIMO NÚMERO:

COMPONENTES:
NA DÉCADA DE SESSENTA, O MICROPROCESSADOR REVOLUCIONOU A ELETRÔNICA E APERFEIÇOOU OS SISTEMAS DIGITAIS. CONHEÇA ESSE IMPORTANTE COMPONENTE.

ELAS SÃO FUNDAMENTAIS, POIS PERMITEM UMA MELHOR RECEPÇÃO DOS SINAIS NOS APARELHOS DE TELEVISÃO. POR ISSO, DEDICAMOS UM CAPÍTULO ÀS ANTENAS COLETIVAS.

COMPLETANDO A ANÁLISE DOS CIRCUITOS INTEGRADOS, VOCÊ SABERÁ QUAIS SÃO AS SUAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES COMERCIAIS.

MONTAGEM:
APRENDA A MONTAR, PASSO A PASSO, O SINALIZADOR PARA TELEFONE. É UM DISPOSITIVO QUE REPETE O SINAL DA CHAMADA, ACIONANDO UMA CAMPAINHA OU ACENDENDO UMA PEQUENA LÂMPADA.

© Ediciones Nueva Lente, 1983
©Abril S/A Cultural, São Paulo, Brasil, 1984

Edição organizada por Abril S/A Cultural (art. 15 da Lei 5988, de 14/12/1973).
Esta obra foi integralmente impressa na Divisão Gráfica da Editora Abril S/A

O CIRCUITO INTEGRADO (3)

Neste capítulo nós concluímos o estudo dos circuitos integrados lineares, com a análise do comparador diferencial, do amplificador de vídeo, dos excitadores e receptores de linha e dos reguladores de tensão. Além disso, você vai conhecer também o funcionamento dos circuitos integrados digitais.

Outro modelo de circuito integrado, pertencente à família dos CIs lineares, é o **comparador diferencial**. Ele tem características semelhantes ao amplificador operacional, exceto no que se refere ao ganho, inferior ao dos amplificadores operacionais, com valores de no máximo 2000.

Sua função principal consiste em comparar dois níveis de tensão, transformando uma saída positiva em negativa, ou vice-versa, dependendo de qual dos dois for o mais elevado.

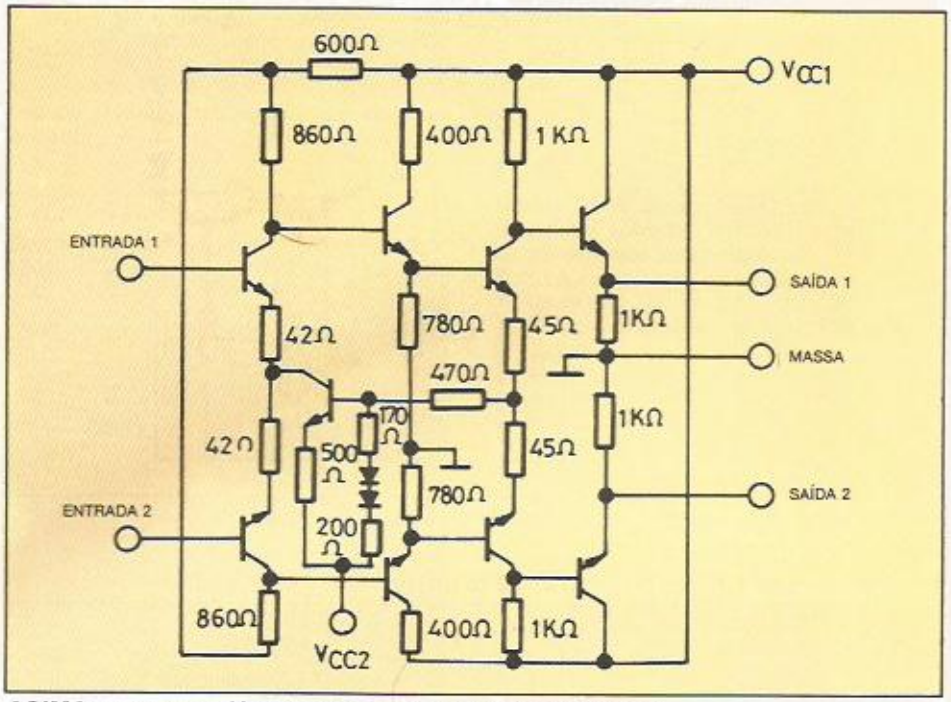
Seu invólucro é parecido com o dos amplificadores operacionais. Alguns tipos de invólucros podem conter dois comparadores, no mesmo ou em substratos diferentes, que utilizam, na medida do possível, todos os terminais da cápsula.

Os **amplificadores de faixa ampla** ou **de vídeo** incluem todos os modelos projetados para amplificar uma faixa de freqüência muito ampla, com uma curva de resposta plana e linear em toda a faixa.

Dependendo do tipo, podem ser utilizados com ou sem um resistor externo de realimentação, entre a saída e a entrada, para o ajuste e a estabilização do ganho. Apresentam uma impedância de entrada que pode atingir 1 MΩ, e uma impedância de saída com valores de cerca de 50 Ω.

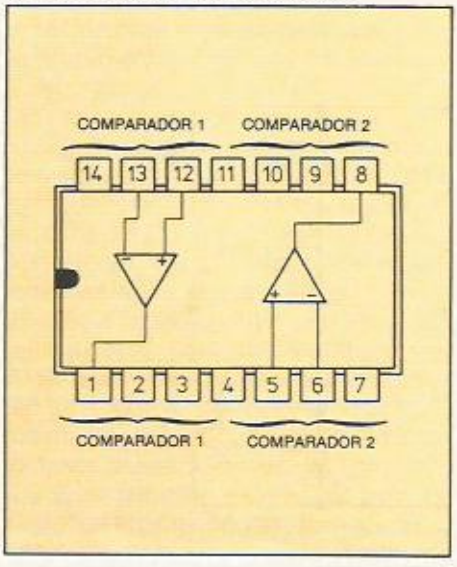
Alguns tipos têm ganhos até 10000, embora a maioria se situe entre os valores compreendidos entre 200 e 300. As larguras de faixa cobertas por esses circuitos integrados vão de 0 Hz (contínua) até 100 MHz ou 200 MHz nos modelos mais sofisticados.

Os circuitos **excitadores** e **receptores de linha** (***line drivers*** e ***line receivers***, em inglês) constituem um grupo de circuitos lineares com características relativamente semelhantes às dos digitais. Sua finalidade básica é servir como elemento intermediário entre um

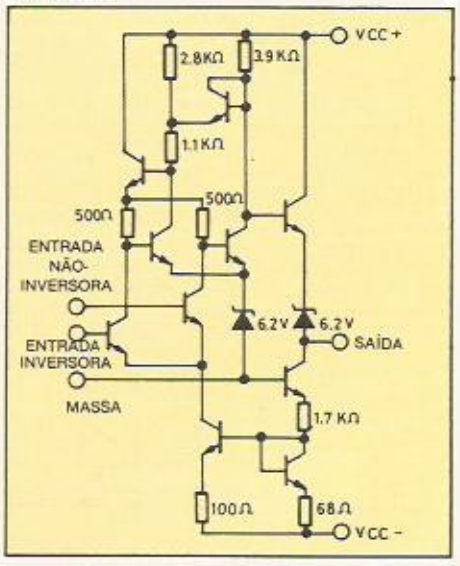


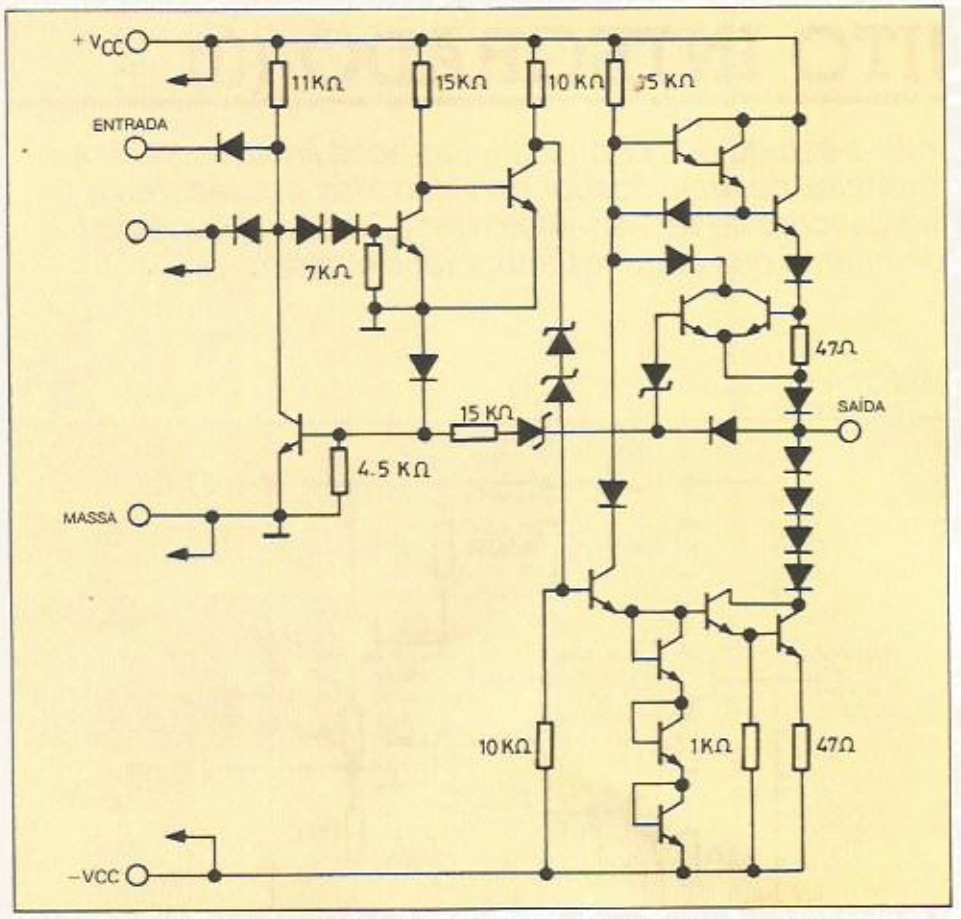
ACIMA: esquema elétrico de um comparador diferencial.

ABAIXO: sobre um invólucro com catorze terminais pode-se colocar dois comparadores independentes.



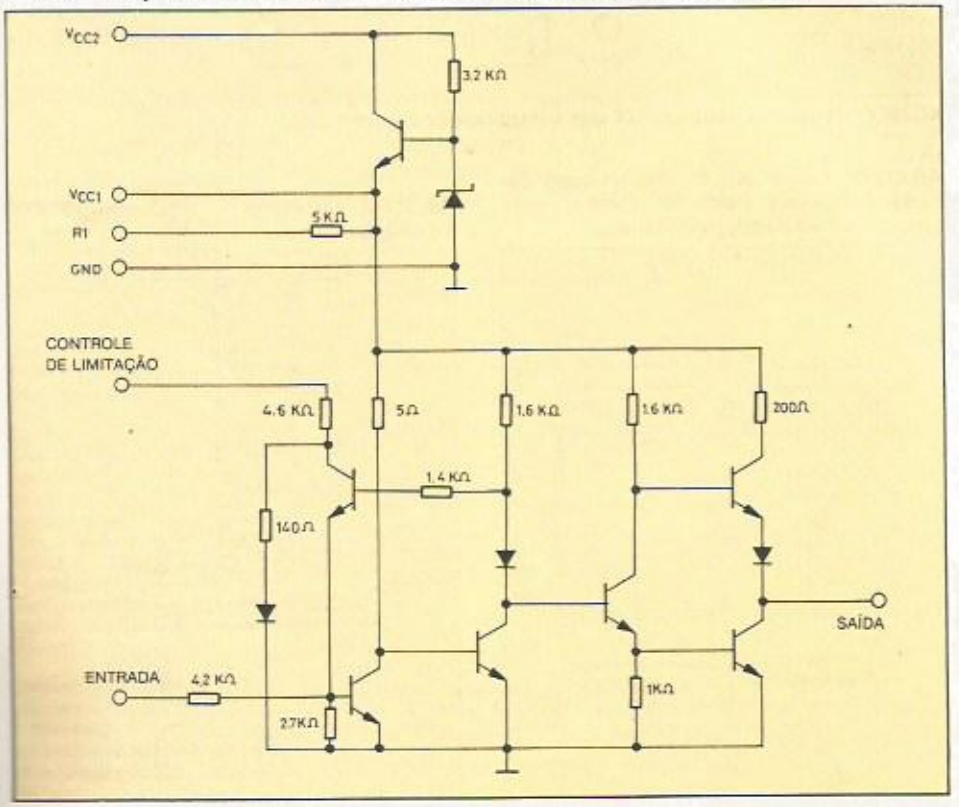
ABAIXO: esquema de um amplificador de vídeo.





ACIMA: esquema elétrico de um circuito integrado excitador de linha.

ABAIXO: esquema elétrico de um circuito integrado receptor de linha.



equipamento digital e uma determinada linha de transmissão, através da qual é enviada uma série de dados sob a forma de trem de pulsos binários (pulsos nos valores digitais 0 e 1).

Os excitadores têm a função de receber os pulsos e transformá-los, para que se tornem capazes de ser transmitidos através da linha.

Os receptores recebem os sinais com um nível muito baixo, devido à atenuação relativa da linha e, geralmente, acompanhados por interferências e ruídos parasitas. Portanto, sua função consiste em separar os sinais úteis dos ruídos e amplificá-los até um nível suficiente para aplicá-los ao restante do sistema digital receptor.

Para esse tipo de circuito, o invólucro mais comum é o **dual in-line**.

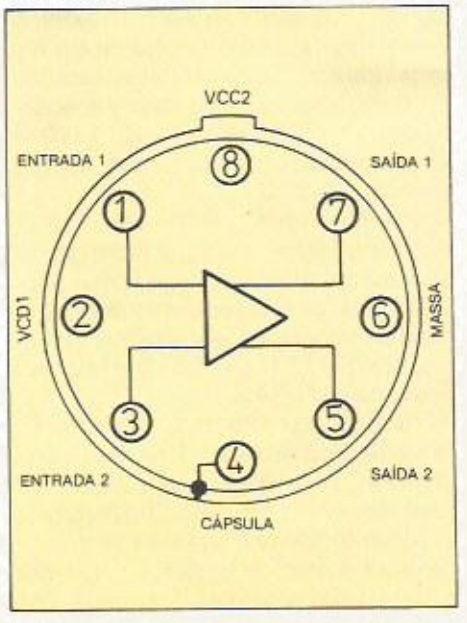
Os **reguladores de tensão**, juntamente com os amplificadores operacionais, constituem o grupo de circuitos integrados lineares mais utilizado. Sua função é estabilizar a tensão, integrando, portanto, o conjunto de componentes que agem como reguladores de tensão convencionais.

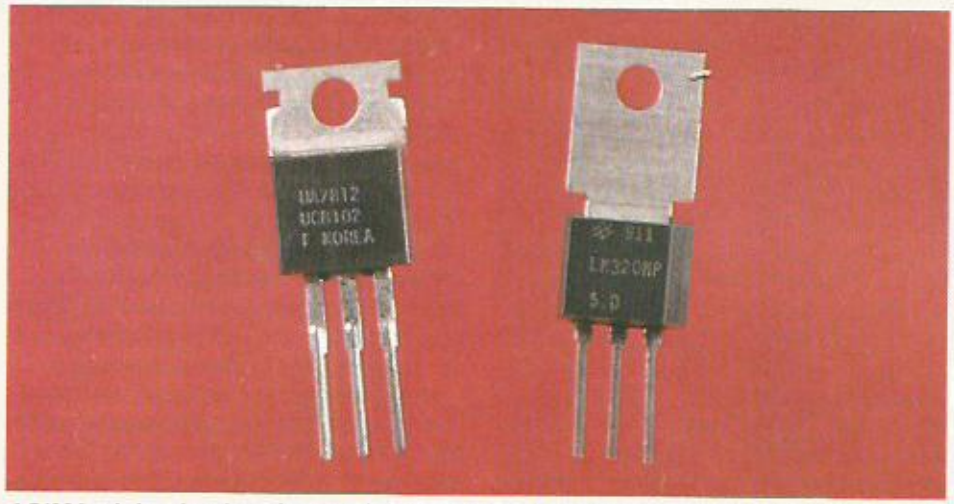
Esses componentes podem ser classificados em dois grupos fundamentais:

- **reguladores com tensão de saída ajustável;**
- **reguladores com tensão de saída fixa.**

A principal diferença entre os reguladores de tensão está no fato de que os primeiros podem ser adaptados, atra-

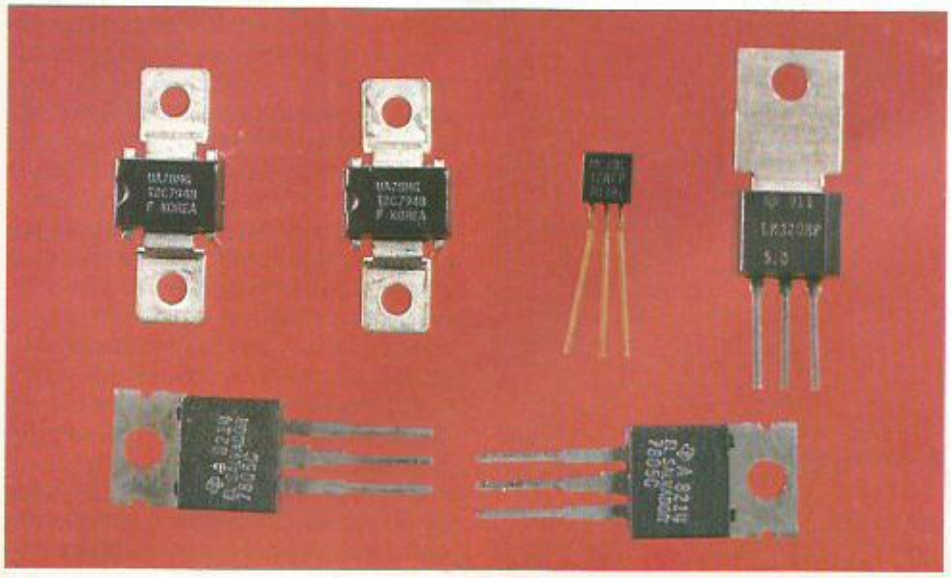
ABAIXO: amplificador de vídeo integrado em um invólucro metálico de oito terminais.





ACIMA: dois circuitos integrados reguladores de tensão, projetados especificamente para montagem sobre um radiador de calor.

ABAIXO: conjunto de reguladores de tensão com invólucros diferentes.



vés de componentes externos, a qualquer nível de tensão, enquanto os reguladores do segundo grupo, como o próprio nome indica, só podem funcionar com tensões de saída fixas. Nessa obra, trataremos apenas dos **reguladores com tensão de saída fixa**.

Esses reguladores são fabricados com diferentes tensões de saída, entre as quais as mais comuns são as de 5, 6, 8, 12, 15, 18 e 24 V.

Considerando-se o modo de trabalho dos reguladores de tensão, o circuito integrado deve ser projetado para dissipar uma certa potência, transmitida para o ambiente. Essa potência é calculada de acordo com a seguinte operação: multiplicando a intensidade de corrente, que atravessa o circuito e é fornecida para a carga, pela diferença de tensão entre a entrada e a saída do CI regulador.

Caso essa diferença seja grande, a intensidade máxima de corrente não poderá ser muito alta, já que existe uma curva de dissipação máxima que deve ser considerada na escolha do CI.

O invólucro desses circuitos é muito semelhante ao dos transistores, pois apresenta apenas três terminais na parte externa, dois para a entrada e a saída, e o terceiro para realizar a ligação de massa. Os invólucros encontrados no mercado são, em geral, de dois tipos: de plástico, com o formato TO-220 ou semelhante — indicado para as situações em que não se deve dissipar uma potência muito alta —, e de metal,

Que tipo de utilização têm os comparadores diferenciais?
Sua aplicação principal é detectar as diferenças entre dois níveis de tensão, e fornecer, dependendo da diferença verificada, um sinal de saída baixo ou alto.

Qual é a característica mais importante dos amplificadores de vídeo?
É a possibilidade de amplificar uma faixa de frequência muito ampla e oferecer ganhos relativamente elevados.

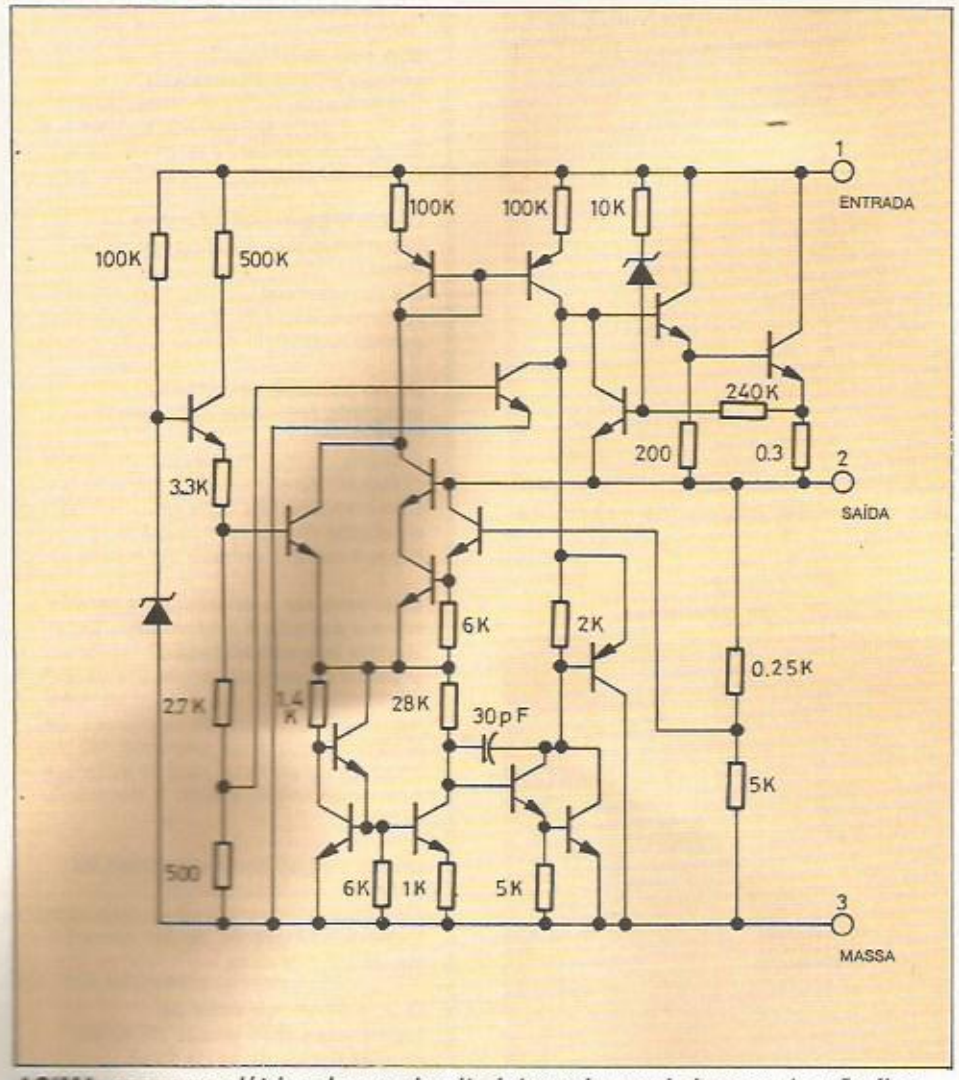
Como trabalha um circuito integrado regulador com tensão fixa?
Trabalha de maneira semelhante à dos circuitos estabilizadores construídos com componentes isolados. Para isso, ele dispõe de três terminais que se destinam à saída, à entrada e à massa.

Qual deve ser a diferença de tensão entre a entrada e a saída para obter-se uma boa estabilização?
Depende do valor da tensão que se pretenda estabilizar e das flutuações máximas previstas na tensão de entrada. De qualquer forma, essa diferença não deve ser muito elevada, para se evitar um superaquecimento devido à dissipação excessiva.

Qual a função dos excitadores de linha?
Eles recebem e transformam os pulsos, tornando-os capazes de ser transmitidos através da linha.

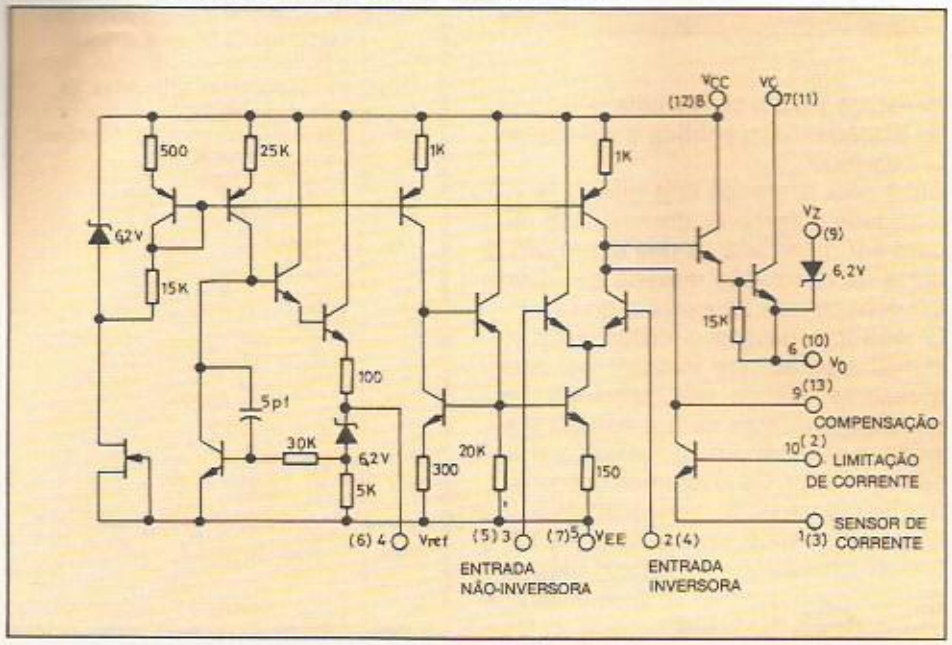
Qual a diferença entre os reguladores com tensão de saída ajustável e os de saída fixa?
A principal diferença é que os reguladores com tensão de saída ajustável podem ser adaptados a qualquer nível de tensão, e os reguladores com tensão de saída fixa só podem, como o nome indica, funcionar com a mesma tensão.

Quais as tecnologias utilizadas na fabricação dos CIs digitais?
São utilizadas as tecnologias bipolares ou as tecnologias MOS.



ACIMA: esquema elétrico de um circuito integrado regulador com tensão fixa.

ABAIXO: esquema elétrico do circuito integrado 723.



com o formato TO-3 — que permite dissipações de potência maiores, principalmente quando montado sobre um dissipador de calor com dimensões adequadas.

O grupo dos reguladores com tensão de saída fixa pode ser dividido em duas categorias:

- reguladores de tensão positiva;
- reguladores de tensão negativa.

Ambos têm características eletrônicas semelhantes e a única diferença consiste na oposição das polaridades.

As séries mais procuradas de reguladores de tensão são identificadas com os números 7800, para os reguladores positivos, e 7900, para os reguladores negativos.

Um dos circuitos integrados mais utilizados desse último grupo é o do código 723, formado por um amplificador com características semelhantes às dos operacionais. Inclui duas entradas (inversora e não-inversora), um transistor regulador de tensão, um diodo zener de referência e mais um transistor, encarregado de limitar a corrente para evitar que as sobrecargas inutilizem o circuito.

Sua aplicação mais usual consiste em reunir as entradas do amplificador à tensão de referência e a um divisor de tensão. A diferença resultante é amplificada e o sinal obtido é aplicado internamente ao transistor regulador, fazendo com que a sua condução varie até que a diferença seja compensada, e haja uma perfeita estabilização.

O limitador de corrente recebe o sinal de um resistor externo, atravessado pela corrente total consumida pela carga. Caso apareça uma sobrecarga, a queda de tensão sobre o resistor limitador aumenta; assim, a tensão de saída diminui até um valor muito baixo e a corrente nunca ultrapassa determinado nível máximo. Desse modo, evitam-se sobrecargas tanto no limitador quanto na carga.

Esse circuito integrado pode ser utilizado como regulador único, sem o auxílio de nenhum elemento adicional de regulagem, e fornece uma corrente máxima de até 150 mA. Ele pode também funcionar como circuito de controle de um estabilizador de maior potência, utilizando transistores externos com a finalidade de aumentar a capacidade de corrente até valores muito superiores a 1 A.

Em ambos os casos, com os componentes de polarização adequados, é

possível obter tensões estabilizadas até 37 V, dependendo da tensão de entrada, que deve superar a de saída, para garantir uma regulagem perfeita.

Agora que encerramos nossa análise dos CIs lineares, passaremos ao estudo da segunda grande categoria de circuitos integrados: os CIs digitais.

Os circuitos integrados **digitais** são aqueles que trabalham com base em dois estados ou valores digitais 0 e 1. Esses circuitos podem ser utilizados em qualquer função digital ou binária, tanto na forma de circuitos combinacionais quanto na de seqüenciais.

Para a fabricação de circuitos digitais integrados são utilizadas as tecnologias bipolares ou as tecnologias MOS. Entre as tecnologias bipolares destacam-se as famílias Lógica Diodo-Transistor (LDT), Lógica Transistor-Transistor (LTT) e Lógica por Acoplamento de Emissor (LAE). Entre as tecnologias MOS destaca-se a família C-MOS.

Na família **Lógica Diodo-Transistor (LDT)** (***Diode Transistor Logic, DTL***, em inglês) os dispositivos básicos utilizados no circuito são os diodos e os transistores (com densidade ou nível de integração limitado), que formam uma **Integração em Pequena Escala (IPE)** (***Small Scale Integration, SSI***, em inglês). Essa foi uma das séries que apareceram no começo dos anos sessenta, e perdurou até meados da década de setenta. Ela foi abandonada por dois motivos: a velocidade de operação dos circuitos era baixa e essa tecnologia não se prestava à **Integração em Larga Escala (ILE)** (***Large Scale Integration, LSI***, em inglês).

A série **Lógica Transistor-Transistor (LTT)** (***Transistor Transistor Logic, TTL***, em inglês) utiliza os transistores como elementos fundamentais para a composição dos circuitos, permitindo níveis de Integração em Larga Escala (ILE).

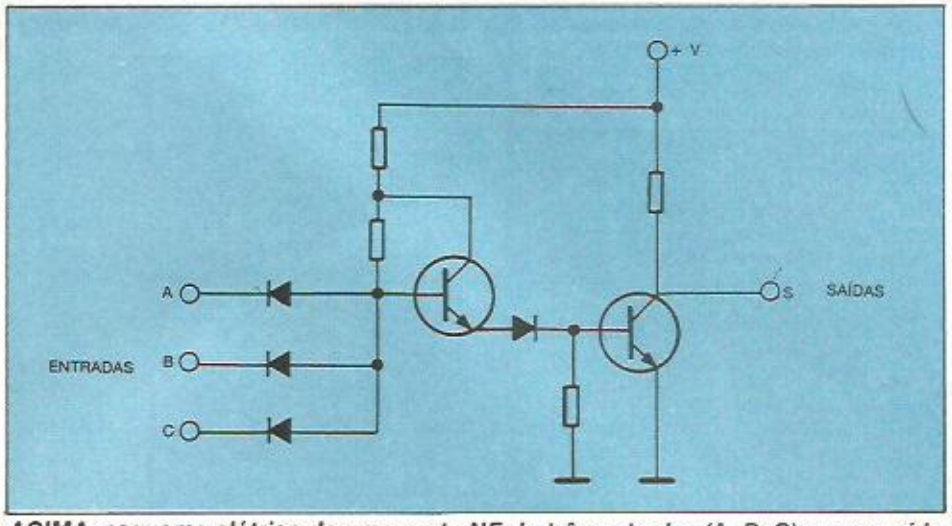
A família LTT, que pode ser considerada uma evolução natural da família LDT, atingiu seu ápice durante a década de setenta e início da década de oitenta. Derivações dessa tecnologia permitem a implementação de funções complexas muito rápidas, como multiplicadores integrados e microprocessadores por segmentação de bits (***bit-slice***, em inglês). Devido à velocidade de comutação, a família LTT ainda é utilizada, mesmo que alguns aspectos, como o consumo de potência, tenham sido sensivelmente melhorados em novas tecnologias, como na tecnologia C-MOS, por exemplo.

A família **Lógica por Acoplamento de Emissor (LAE)** (***Emiter Coupled Logic, ECL***, em inglês) é a tecnologia bipolar, que permite operações nas freqüências mais altas, obtendo velocidades de comutações extremamente elevadas. As aplicações dessa série destinam-se aos projetos em que é necessário manipular ou gerar sinais de freqüências superiores a 100 MHz ou até 200 MHz.

O uso desses CIs requer cuidados especiais como, por exemplo, planos de terra, em função de sua velocidade de operação e de sua extrema sensibilidade ao ruído ambiental. Entretanto, as tecnologias LTT mais avançadas já atingem velocidades próximas às dos CIs LAE, limitando a aplicação desses últimos a casos muito especiais.

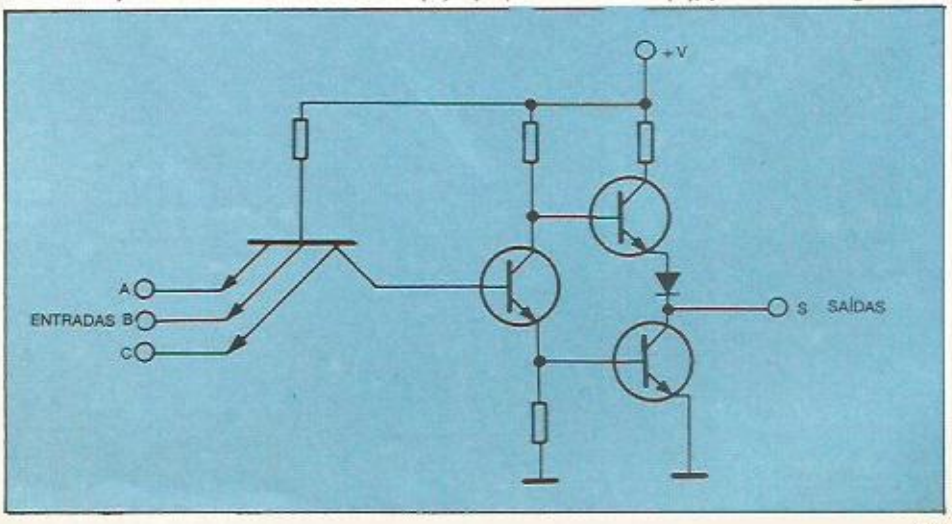
Os circuitos integrados digitais fabricados com a técnica MOS apareceram no mercado no início dos anos setenta, possibilitando a evolução da microeletrônica pela introdução das máquinas de calcular integradas e dos microprocessadores monolíticos.

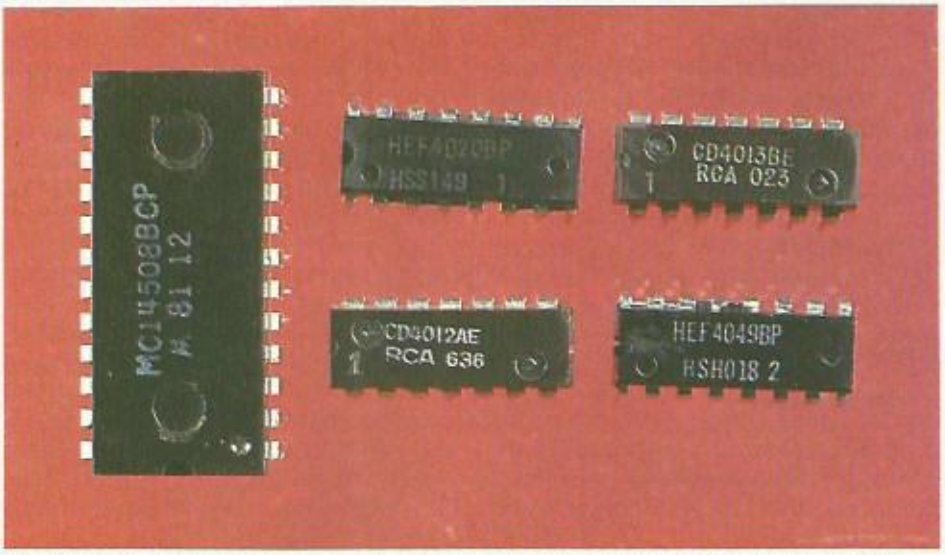
A tecnologia MOS contribuiu decisivamente para a construção de CIs Integrados em Larga Escala (ILE) e **Integrados em Escala Muito Ampla (IEMA)** (***Very Large Scale Integration, VLSI***, em inglês), construindo-se hoje CIs **Integrados em Escala Ultra-Am-**



ACIMA: esquema elétrico de uma porta NE de três entradas (A, B, C) e uma saída (S) segundo a tecnologia LDT.

ABAIXO: porta NE de três entradas (A, B, C) e uma [illegible] (S), pela tecnologia LTT.



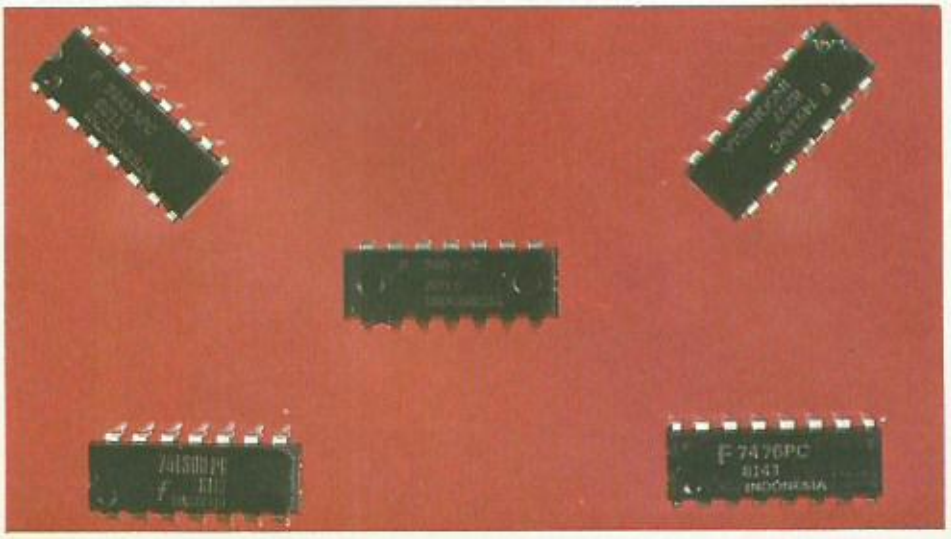


***ACIMA: circuitos integrados digitais fabricados com tecnologia C-MOS; os invólucros são do tipo* dual in-line.**

PARÂMETROS	LDT	LTT	LAE	C-MOS
RESISTOR DE SAÍDA NO VALOR DIGITAL 1	6 KΩ	70 Ω	6Ω	1,5 KΩ
RESISTOR DE SAÍDA NO VALOR DIGITAL 0	BAIXA	BAIXA	6 Ω	1,5 KΩ
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO	5 V	5 V	-5,2 V	de 4,5 a 16 V
POTÊNCIA DISSIPADA DE CADA PORTA (mV)	12	22	55	de 0,01 a 1 em repouso
FREQÜÊNCIA MÁXIMA (MHz)	12 a 30	30 a 100	400	5

Acima: tabela comparativa das principais famílias de circuitos integrados digitais.

***ABAIXO: vários tipos de circuitos integrados digitais da série LTT com invólucros* dual in-line.**



pla (IEULA) (***Ultra Large Scale Integration, ULSI***, em inglês).

A tecnologia MOS permitiu também a construção de CIs com menor consumo de potência graças aos dispositivos MOS, que operam com intensidade de correntes muito baixas.

Como os projetos de sistemas eletrônicos digitais vêm sendo realizados há mais de 40 anos, essa experiência permitiu a fixação de protótipos de funções lógicas, gerando-se, a partir daí, CIs digitais padronizados.

Os principais CIs de uso geral existentes no mercado são:

- portas lógicas e inversores;
- osciladores ou comutador biestáveis T, R-S, D, J-K;
- monoestáveis e estáveis;
- contadores;
- codificadores e decodificadores;
- registradores de deslocamento;
- unidades lógicas e aritméticas (soma, subtração e multiplicação).

No caso da tecnologia LTT, a experiência de uso levou ao predomínio absoluto a série denominada 74/54 (74 significa aplicação de uso geral e 54, aplicação militar. A sigla 74, seguida de letras e números, indica o tipo de tecnologia LTT usada e a identificação de cada tipo).

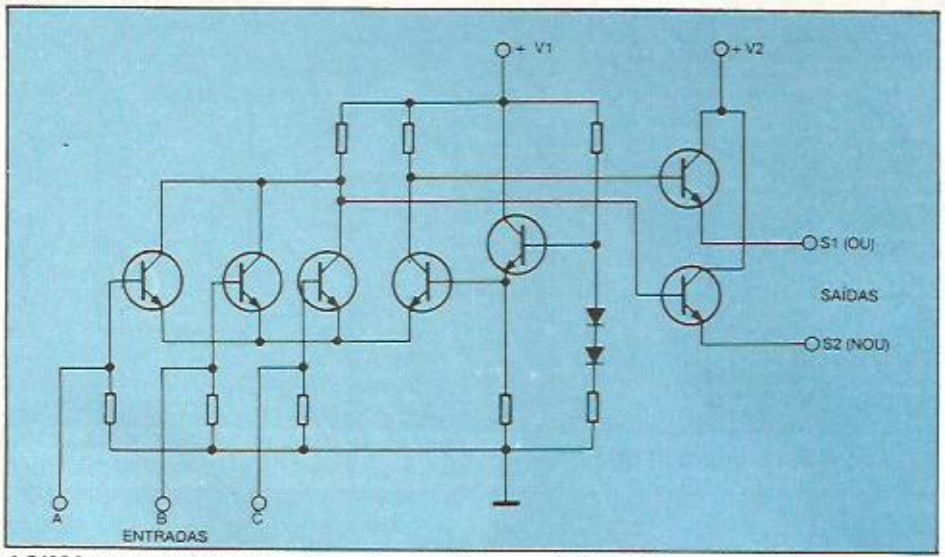
No caso da tecnologia **C-MOS**, existe a série 4000, que contém um grande número de elementos. Versões modernas dessa série estão sendo lançadas com capacidade de competir em velocidade com a família LTT.

A família C-MOS permite um consumo de potência muito pequeno e pode operar com tensões de fonte que variam de 3 V até 10 V ou 15 V; já a família LTT requer tensão de alimentação de 5 V, com tolerância de 5%.

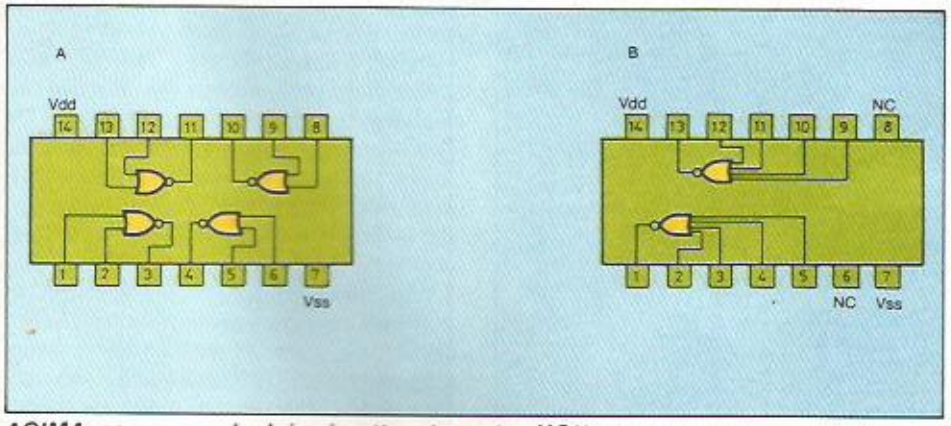
Os CIs digitais mais comuns são:

- circuitos de 4 portas lógicas independentes e 2 entradas cada uma;
- circuitos de 3 portas lógicas independentes e 3 entradas;
- circuitos de 2 portas lógicas independentes e 4 entradas;
- circuitos de 1 porta lógica e 8 entradas.

Todos dispõem de uma saída para cada porta e a função dessas portas corresponde aos tipos NOU e NE, mesmo que algumas possam trabalhar com base nas funções OU, E e OU EXCLUSIVO (no OU EXCLUSIVO, a saída é 1 quando uma ou outra entrada é igual a 1, mas não quando as duas têm simultaneamente o valor 1).



ACIMA: porta utilizando a tecnologia LAE, com três entradas (A, B, C) e duas saídas; a S1 correspondente à função OU e a S2 à NOU.



ACIMA: esquemas de dois circuitos de portas NOU: a) quatro portas com duas entradas; b) duas portas com quatro entradas.

Os circuitos de inversores contêm até seis portas, cuja função é inverter o valor digital do sinal aplicado em sua entrada. Os CIs podem conter biestáveis dos tipos R-S e J-K, além de T e D, mais comuns. Um circuito biestável contido num CI oferece duas saídas nos valores digitais de tensão 0 e 1, com o valor de uma saída sempre inverso ao da outra. A mudança de estado ocorre como conseqüência de uma alteração transitória ou permanente do sinal aplicado à entrada ou entradas.

Utilizam-se os símbolos Q e $\overline{Q}$ para representar as saídas; para as entradas existem, ao contrário, designações diferentes, dependendo do tipo.

O biestável do tipo **T** possui uma única entrada, de modo que um pulso de valor digital 1 aplicado à entrada provoca a mudança do estado interno do biestável, com Q passando de 0 a 1 e $\overline{Q}$ passando de 1 a 0. Um novo pulso de entrada provoca a mudança inversa.

O biestável **R-S** possui duas entradas, indicadas pelas letras R e S. Seu funcionamento é igual ao do tipo anterior, mesmo que, para obter saídas sob a forma $Q = 1$ e $\overline{Q} = 0$, seja necessário aplicar um 1 na entrada S e um 0 na R; para mudar de estado, é preciso mudar a entrada S em 0 e a R em 1.

Nos dois modelos apresentados, é desnecessária a presença de sinal de relógio para garantir o sincronismo das mudanças de estado. O mesmo não ocorre nos modelos a seguir; por isso, são denominados circuitos seqüenciais síncronos.

O biestável **D** contém uma entrada para o sinal e uma para o relógio. Estabelecido o valor da entrada D, o sinal de relógio é ativado e a informação é transferida para o interior do biestável. Se o biestável for sensível à borda positiva, a informação da entrada D será injetada quando o relógio passar de 0 a 1. Se o biestável for sensível à borda

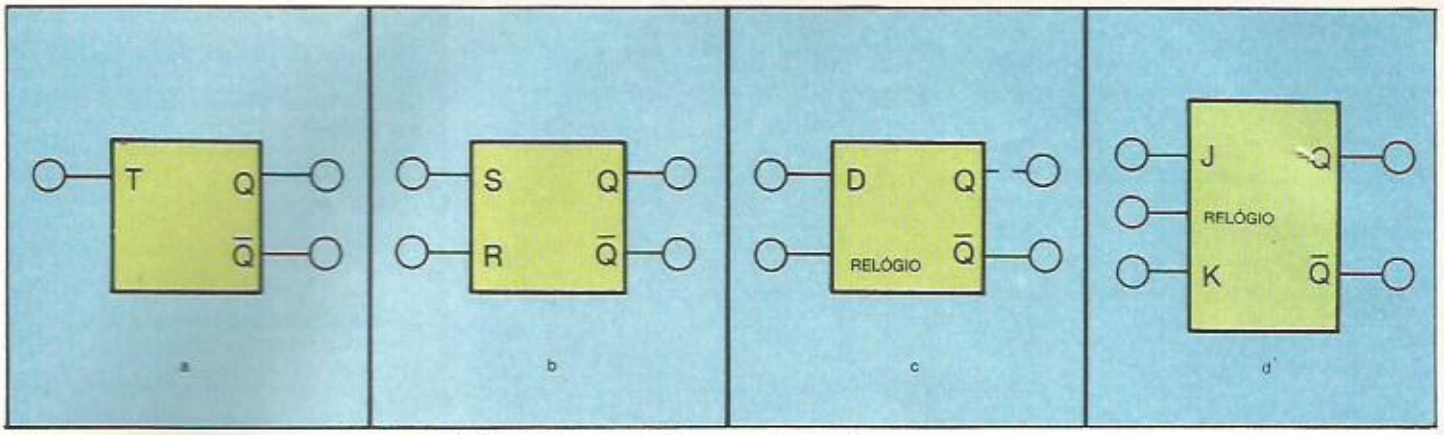
Com qual tecnologia de fabricação de circuitos integrados é possível obter a maior velocidade de comutação?
A tecnologia bipolar mais rápida é a Lógica por Acoplamento de Emissor (LAE). Atualmente, porém, a tecnologia Lógica Transistor-Transistor (LTT) já atinge velocidades próximas às da tecnologia LAE.

Qual é a principal vantagem dos circuitos realizados com a tecnologia C-MOS?
É o baixo consumo de corrente quando em repouso, o que pressupõe que o consumo de potência também seja muito reduzido.

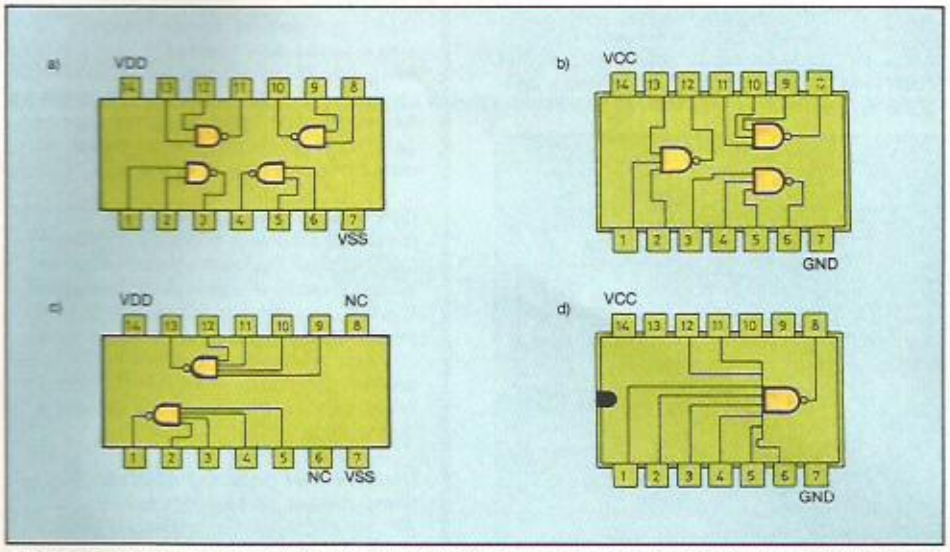
Quais os tipos de portas lógicas sob a forma de circuitos integrados?
Os fabricantes de circuitos digitais oferecem diversos tipos de portas lógicas para implementar um sistema digital. As mais comuns são a NOU e a NE.

Que diferença existe entre um biestável síncrono e um assíncrono?
Os síncronos realizam as mudanças de estado quando as entradas estão estabilizadas e, ao mesmo tempo, é aplicado um pulso de relógio através do terminal correspondente. Os assíncronos não requerem nenhum sinal de relógio, pois a simples aplicação do sinal de entrada é suficiente para fazê-los comutar.

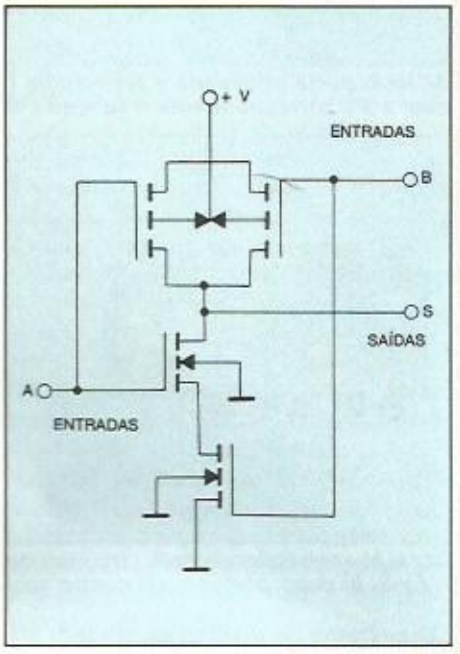
Um biestável pode ser utilizado como divisor de freqüência?
Sim, no caso dos biestáveis tipo síncronos sensíveis à borda. Admitamos um biestável sensível à borda positiva: a cada transição positiva (0 a 1) do relógio o biestável muda de posição. Consideremos que Q passe de 1 a 0. Na próxima transição positiva de relógio, Q passará de 0 a 1 gerando uma transição positiva na saída. Portanto, a cada duas transições positivas do relógio, temos uma transição positiva produzida em Q. Com isso, a freqüência de mudança de Q é a metade da freqüência do relógio. Logo, o sinal Q pode ser usado como relógio para o estágio seguinte. Através da ligação em série de vários biestáveis, é construído, portanto, um divisor em cascata.



ACIMA: esquemas dos biestáveis: a) tipo T; b) tipo R-S; c) tipo D; d) tipo J-K.



ACIMA: esquemas de portas NE integradas: a) quatro portas com duas entradas; b) três portas com três entradas; c) duas portas com quatro entradas; d) uma porta com oito entradas.



ACIMA: esquema de uma porta NE de duas entradas e uma saída do tipo C-MOS.

negativa, a informação da entrada D será injetada quando o relógio passar de 1 a 0.

Após essa etapa, a informação na entrada D poderá variar, pois isso não afetará o conteúdo do biestável. Esse modelo de biestável geralmente é provido de duas entradas R-S, para que possa trabalhar assincronamente quando se queira.

O modelo **J-K** dispõe das entradas J e K e de um terminal para o relógio. As mudanças de estado são governadas pelos valores das entradas. O estado do biestável depende não só dos sinais aplicados nas entradas, mas também do estado em que se encontra a saída. Assim, a saída Q passa de 0 a 1 no caso em que J = 1, enquanto o valor de K é indiferente; por outro lado, se Q = 1 quando J = 1 e o valor de K é 0, o biestável permanecerá em 1.

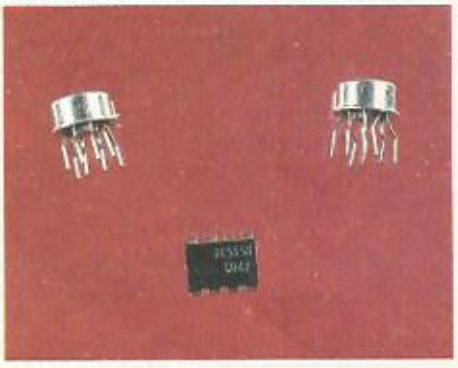
A melhor maneira de interpretar o funcionamento dos biestáveis em geral é a análise de sua tabela de combinações de entrada.

Os monoestáveis são circuitos que, ao receberem um pulso de excitação na entrada, produzem uma variação de nível nas saídas, mudando transitoriamente de estado; depois de um certo período de tempo, o monoestável retorna a seu estado original. O período de mudança do monoestável é regulado por um resistor e por um capacitor.

Os circuitos contadores são formados por várias células biestáveis ligadas em cascata. Dessa maneira, é possível obter uma série de divisões da freqüência aplicada, pois cada célula realiza a divisão por 2.

Os outros circuitos que mencionamos (codificadores e decodificadores; registradores; e unidades lógicas aritméticas) são formados por combinações de biestáveis e portas.

ABAIXO: circuito integrado monoestável da série 555. Ele pode ser encontrado com os dois invólucros aqui apresentados.



O ALTO-FALANTE

Os receptores de rádio, os televisores e os conjuntos de alta-fidelidade seriam mudos se não existisse o alto-falante. Afinal, ele é o componente responsável pela geração de ondas sonoras. Conheça aqui, em detalhes, a estrutura e o funcionamento dos vários modelos de alto-falante.

O alto-falante é um componente eletroacústico que transforma os sinais elétricos em vibrações audíveis. É ele que permite usufruir toda a beleza da música gravada em discos e fitas ou transmitida através de ondas de rádio.

Por se tratar, então, de um componente de grande importância nos sistemas de áudio, vamos analisá-lo detalhadamente e ver como funciona. Ele trabalha segundo alguns princípios básicos do magnetismo e do eletromagnetismo.

O **magnetismo:** o ímã, corpo que tem a propriedade de atrair pedaços de metais, possui polaridade nas suas extremidades; uma é denominada pólo sul e a outra pólo norte. Entre esses dois pólos forma-se um campo magnético (veja figura 1).

Experimentalmente, observou-se que dois ímãs se atraem quando o pólo norte de um deles e o pólo sul do outro são aproximados, ou vice-versa. Se os pólos aproximados forem ambos norte ou ambos sul, os ímãs se repelem. Esse efeito é determinado pela interação dos campos magnéticos dos dois ímãs (veja figura 2).

O **eletromagnetismo:** qualquer condutor elétrico, quando percorrido por uma corrente elétrica, produz ao redor um campo magnético que se estende por todo o seu comprimento. Conclui-se, então, que não só o ímã, mas também a corrente elétrica produz campo magnético.

Esse campo pode ser reforçado aumentando-se a corrente ou enrolando-se o condutor em espiras (veja figura 3). Essas várias espiras, justapostas, formam uma bobina, no caso, de núcleo de ar.

Se entre os pólos de um ímã potente for colocado um condutor elétrico em posição perpendicular às linhas do campo magnético gerado pelo ímã, e se por esse fio condutor for feita a passagem da corrente elétrica, ocorrerá uma interação entre os campos mag-

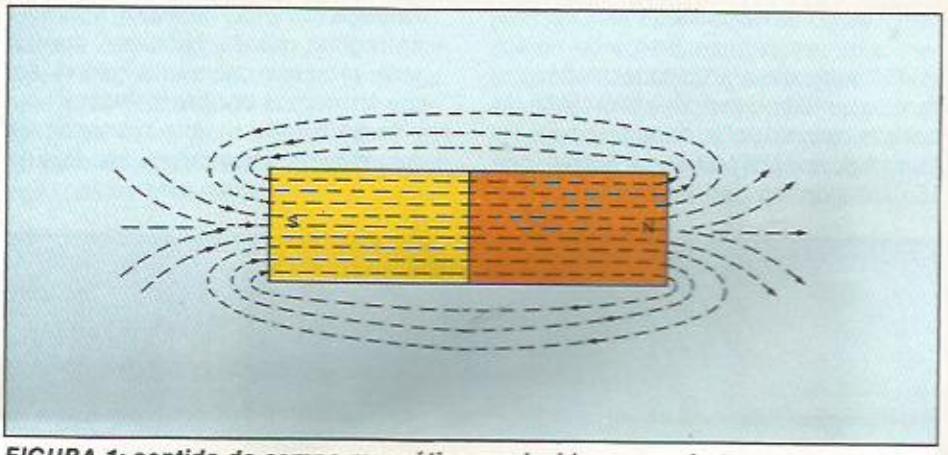
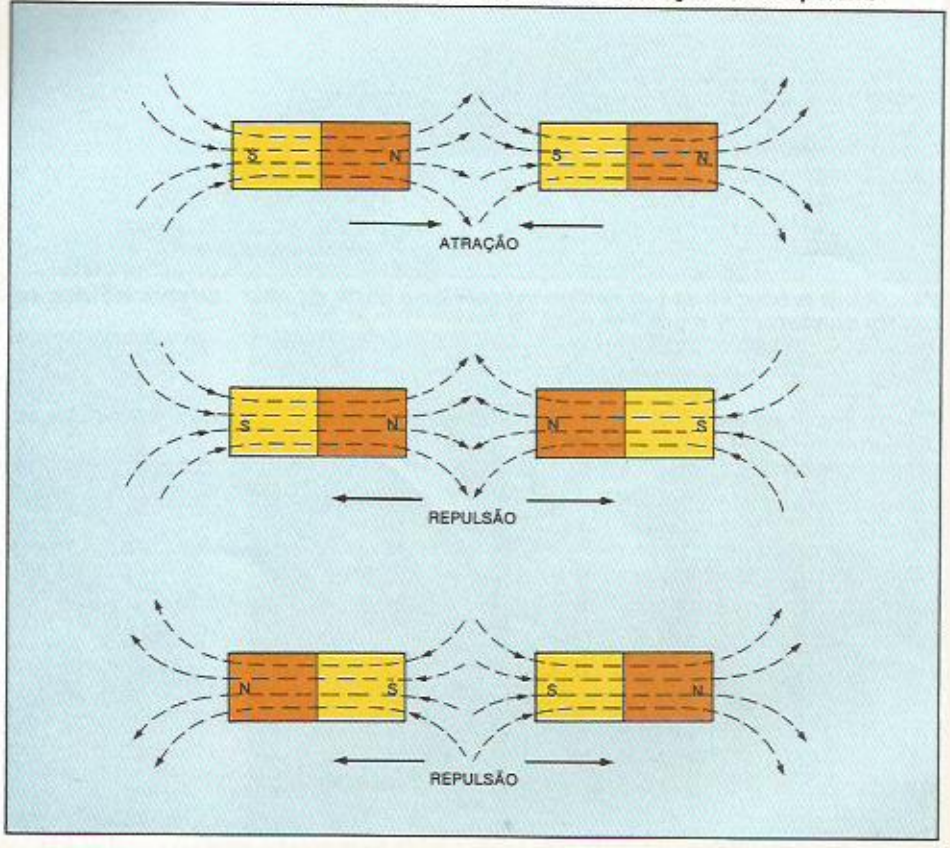


FIGURA 1: sentido do campo magnético produzido por um imã.

FIGURA 2: os pólos magnéticos opostos se atraem e os iguais se repelem.



néticos gerados pelo ímã e pela corrente elétrica, causando o movimento do fio (veja figura 4).

Se substituirmos o fio condutor por uma bobina móvel, ocorrerá o mesmo efeito, de modo ainda mais acentuado. É exatamente isso que acontece com os alto-falantes. Neles, há dois campos magnéticos: um **campo fixo**, produzido pelo ímã do conjunto magnético, e um **campo variável**, produzido pela bobina móvel.

Como a bobina do alto-falante é atravessada por uma corrente elétrica proveniente dos sinais elétricos de áudio, com freqüência e amplitudes variáveis, tanto o sentido quanto a intensidade do campo magnético variam.

O campo magnético da bobina é, então, atraído ou repelido pelo campo magnético fixo, ao ritmo do sinal elétrico de áudio.

Colocando-se um diafragma ou uma membrana rígida na bobina, ele seguirá os movimentos dessa bobina, agitando o ar e produzindo sons perceptíveis ao ouvido humano.

Um alto-falante típico é composto por várias peças assim distribuídas:

- ímã, disco, arruela, pino e caneca, que formam o **conjunto magnético**;
- funil, terminal de ligação e rebite para fixação, que formam o **conjunto-carcaça**;
- diafragma, borda, bobina, centragem, protetor, cabinho e guarnição, que formam o **conjunto móvel**.

Na figura 5, são mostradas todas as peças que constituem um alto-falante típico.

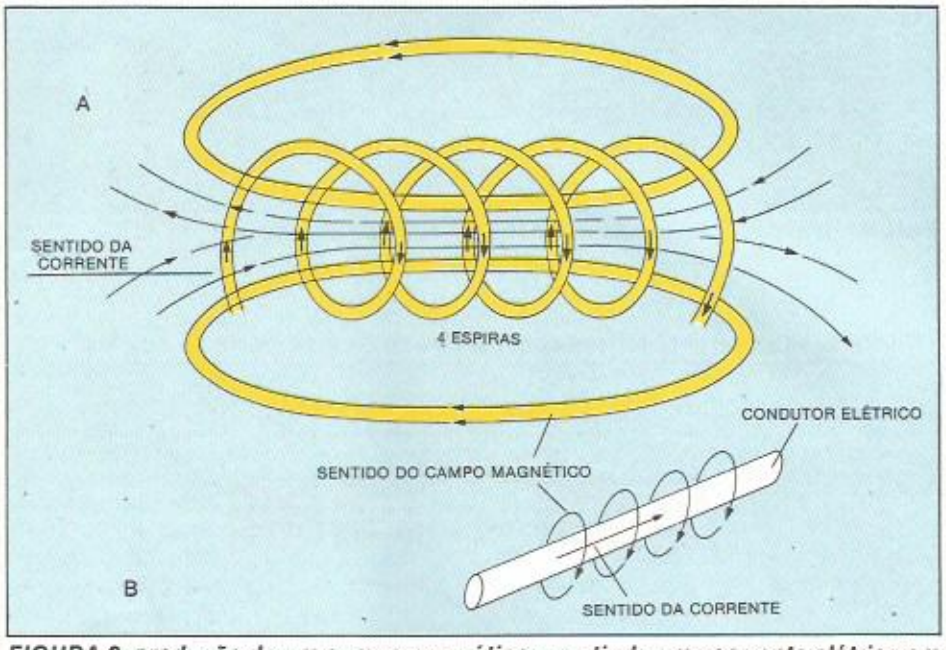
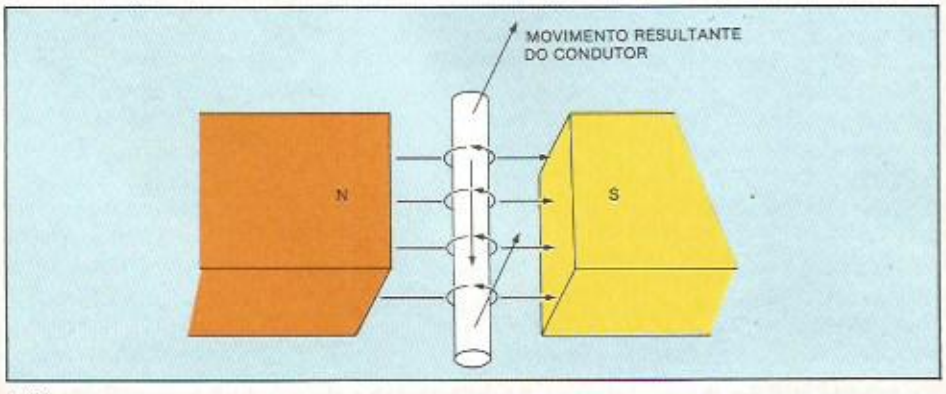


FIGURA 3: produção de um campo magnético a partir de uma corrente elétrica em um fio condutor (A) e em 4 espiras (B).

FIGURA 4: movimento resultante da passagem de uma corrente elétrica por um 4 espiras (A) e um fio condutor (B).



O **conjunto magnético**, que aparece na figura 6, serve para criar um campo magnético fixo, uniformemente distribuído num determinado espaço. Ele se compõe de um ímã em forma de anel, uma placa polar inferior (disco), uma placa polar superior (arruela) e um núcleo (pino). A caneca, que também está sendo mostrada na mesma figura, serve apenas como acabamento na montagem do alto-falante e é, portanto, a última peça a ser colocada.

O ímã, em geral, é de ferrite de bário anisotrópico, que tem a propriedade de armazenar bem o campo magnético. Outro material usado para o mesmo fim é o alnico (liga constituída principalmente de alumínio, níquel e cobalto).

O ímã é fabricado em formatos adequados ao seu melhor aproveitamento. No caso dos ímãs de ferrite, adotou-se o formato de anel.

As outras peças do conjunto magnético são de material ferroso, que serve para dirigir as linhas do campo magnético e distribuí-las uniformemente no entreferro. Esse material é constituído à base de ferro, um bom condutor de linhas de campo magnético. Deve-se evitar, entretanto, o uso de ligas que imantem fortemente, pois os campos espúrios agem negativamente no desempenho geral do alto-falante.

A montagem do alto-falante começa pelo conjunto magnético. Usando o disco de ferro como base do conjunto, fixe, em primeiro lugar, o ímã, de acordo com as indicações da figura 7. Em seguida, coloque o pino na área central do disco (veja figura 8). Sobre o ímã fixe, então, a arruela (placa polar superior). Veja, pela figura 9, que se forma entre o pino e o conjunto arruela-ímã uma área vazia, que é o entreferro (veja figura 10).

O **conjunto-carcaça** pode ser visto, já montado, na figura 11. Observe-se a carcaça ou funil e os terminais para a ligação dos fios já rebitados.

A carcaça ou funil é a estrutura, geralmente metálica, que sustenta todo o alto-falante e que permite a sua fixação nos painéis das caixas acústicas.

A carcaça pode ser feita de chapa repuxada ou fundida. De qualquer modo, o material deve ser o mais rígido possível. A chapa pode ser de ferro ou alumínio. O ferro proporciona maior rigidez e é mais barato, enquanto o alumínio é mais caro e precisa ser fundido, embora evite a dispersão do campo magnético.

A terceira fase da montagem é a fixação do conjunto-carcaça no conjunto magnético. A fixação é feita com o encaixe dos 4 furos internos da carcaça (funil) nos pinos da arruela, rebitando-os em seguida (veja figura 12).

Agora, o conjunto que deve ser montado no alto-falante é o **conjunto móvel** (figura 14).

A bobina desse conjunto é imersa no campo magnético fixo gerado pelo conjunto magnético, de tal forma que as linhas de campo fiquem perpendiculares às espiras da bobina (veja figuras 13 e 15).

Para se manter a bobina móvel e suspensa dentro do entreferro, usa-se a centragem que é feita geralmente de tecido (veja figura 16). O seu formato especial permite o movimento livre da bobina no sentido axial, mas não no sentido radial.

A bobina é constituída de várias espiras de fio de cobre esmaltado, enroladas sobre uma fôrma de material leve, mas rígido. Em geral usa-se papel ou alumínio. Cada um desses materiais tem suas vantagens e desvantagens, dependendo do tipo de alto-falante.

O papel é leve e não-metálico. Por isso, não interfere no campo magnético, mas dificulta a transferência de calor, sendo indicado, portanto, para alto-falantes de pequena potência. O alumínio, por outro lado, é um pouco mais pesado e, sendo um metal, facilita a transferência de calor, embora interfira ligeiramente no campo magnético.

No caso do alto-falante que mostramos aqui, usa-se uma bobina com as espiras enroladas sobre uma fôrma de alumínio, por se tratar de um alto-falante de 50 W de potência.

O diafragma, outra peça que faz parte do conjunto móvel, deve ser leve e rígido. Para conseguir essa rigidez, o diafragma é feito na forma de cone ou na forma de cúpula. Saiba que o formato influi grandemente na reprodução: o cone é utilizado para médias e baixas freqüências, enquanto a cúpula é usada em altas freqüências.

Até pouco tempo atrás, utilizou-se o papelão para a construção de qualquer tipo de diafragma, mas, hoje em dia, para o alto-falante de graves (***woofer***) já se utiliza o diafragma de polipropileno leitoso-transparente; assim, o alto-falante responde a freqüências até hoje nunca alcançadas nas notas graves.



FIGURA 5: peças que compõem um alto-falante.



FIGURA 6: peças que constituem o conjunto magnético do alto-falante.

FIGURA 7: montagem do imã sobre o disco.

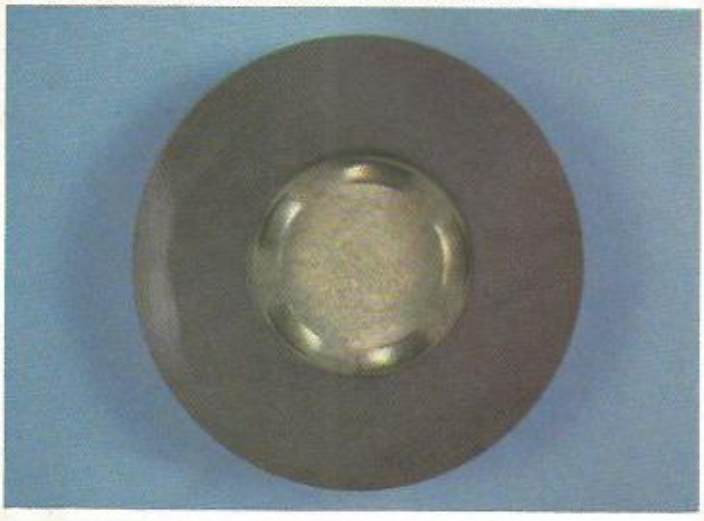
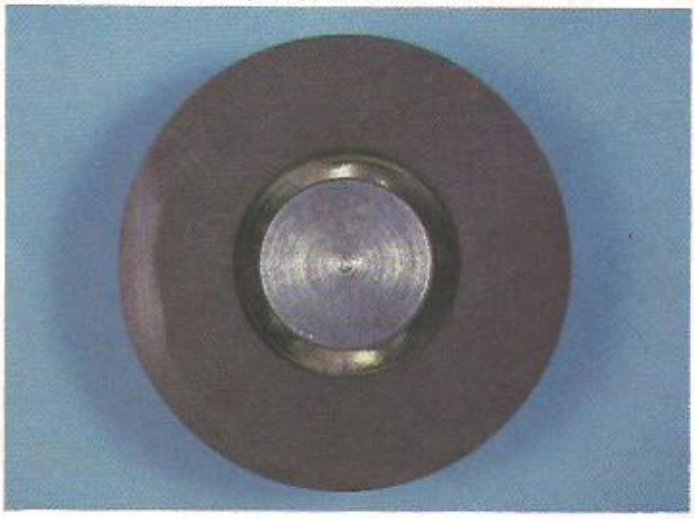


FIGURA 8: montagem do pino sobre o disco.



Na figura 17, vê-se o cone de polipropileno que vai ser usado na montagem, já com a borda e os cabinhos fixados. O cone é fixado à bobina com cola. Para manter o cone preso à carcaça, fixa-se também a borda com cola. Os fios da bobina são soldados aos cabinhos que, além de funcionarem como suporte para a ligação da bobina ao circuito eletrônico externo, não atrapalham os movimentos do cone e não se quebram facilmente (veja figura 18).

A borda, como a centragem, é bastante flexível e tem formatos especiais, para permitir o movimento de vaivém do cone no sentido axial. Muitas vezes, essa borda é constituída pelo papel do próprio cone, sendo apenas um pouco mais fina. Outras vezes, é uma peça adicional de pano, plástico ou borracha.

O protetor é uma peça colada no centro do cone, a fim de evitar a entrada de poeira e, principalmente, de limalhas de ferro no interior do entreferro (veja figura 19).

De acordo com as aplicações do alto-falante, o protetor pode ser feito de material poroso (tecido, feltro) ou compacto (papel, alumínio, plástico). Quanto ao formato, ele pode ser plano ou ter a forma de uma calota esférica ou elíptica.

A guarnição é uma peça geralmente flexível que contorna a superfície de apoio da carcaça. Ela serve para proteger a borda do cone contra avarias mecânicas ou ainda como anel de vedação em certos tipos de montagem. A sua fixação e a soldagem dos cabinhos nos terminais de ligação com o circuito eletrônico externo são vistas na figura 20.

Finalmente, é fixada a caneca no conjunto magnético (veja figura 21). Além de servir de acabamento, é nela que aparece o adesivo com as principais características do alto-falante e o nome do fabricante.

O alto-falante montado é um woofer de 10 polegadas de diâmetro, com impedância de 8 Ω, potência de 50 W e peso de 1,750 kg.

Não existem alto-falantes que sejam capazes de reproduzir toda a faixa sonora audível.

Recorre-se, então, a sistemas de caixas acústicas que empregam mais de um alto-falante. Nesse caso, cada um deles é capaz de reproduzir fielmente uma certa faixa de freqüência, de modo que o conjunto abranja todas as freqüências desejadas.



FIGURA 9: montagem da arruela sobre o imã.

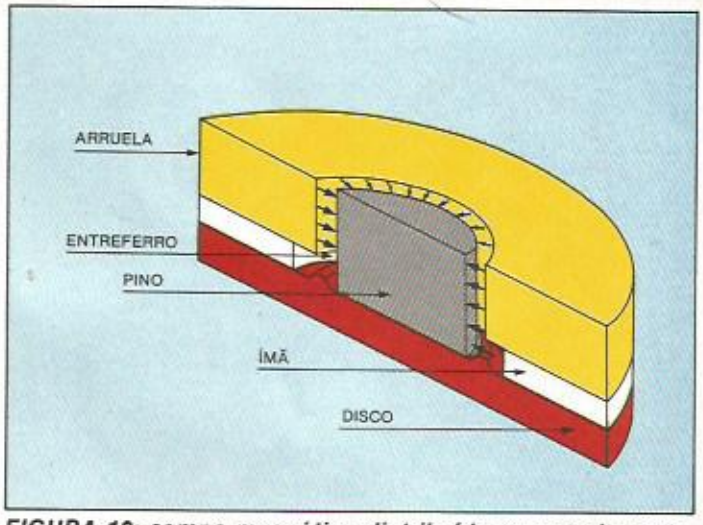


FIGURA 10: campo magnético distribuído no entreferro do conjunto magnético do alto-falante.

FIGURA 11: conjunto-carcaça já montado.



FIGURA 12: montagem do conjunto-carcaça sobre o conjunto magnético de alto-falante.



Os alto-falantes de dimensões maiores são empregados para reproduzir as freqüências mais baixas (sons graves) e são chamados de woofers, como já foi visto. Os pequenos são capazes de reproduzir as freqüências mais elevadas (sons agudos) e são chamados de ***tweeters.*** Finalmente, os alto-falantes de tamanho médio reproduzem as freqüências médias e são chamados de ***midrange.***

Existem ainda, sistemas de alta-fidelidade para automóveis, que acoplam numa só carcaça o woofer, o tweeter e o midrange, cobrindo, assim, uma gama maior de freqüências audíveis.

A escolha de qualquer alto-falante depende de algumas características elétricas. As mais importantes são a **impedância**, a **ressonância**, a **resposta em freqüência** e a **potência máxima irradiável**.

A resistência de um elemento é a medida de sua capacidade de se opor à passagem da corrente elétrica contínua e é determinada pela relação entre a corrente e a tensão aplicadas a ela.

A **impedância** Z de um elemento é a medida de sua capacidade de se opor à passagem da corrente alternada. Portanto, além de depender da tensão e da corrente que passa pelo elemento, a impedância depende também da freqüência do sinal, ou seja, do número de vezes que o sinal muda de sentido por segundo.

Para englobar esse fator adicional, a impedância é composta de duas partes: uma resistiva e outra reativa.

A parte resistiva R é a própria resistência do elemento e a parte reativa X,

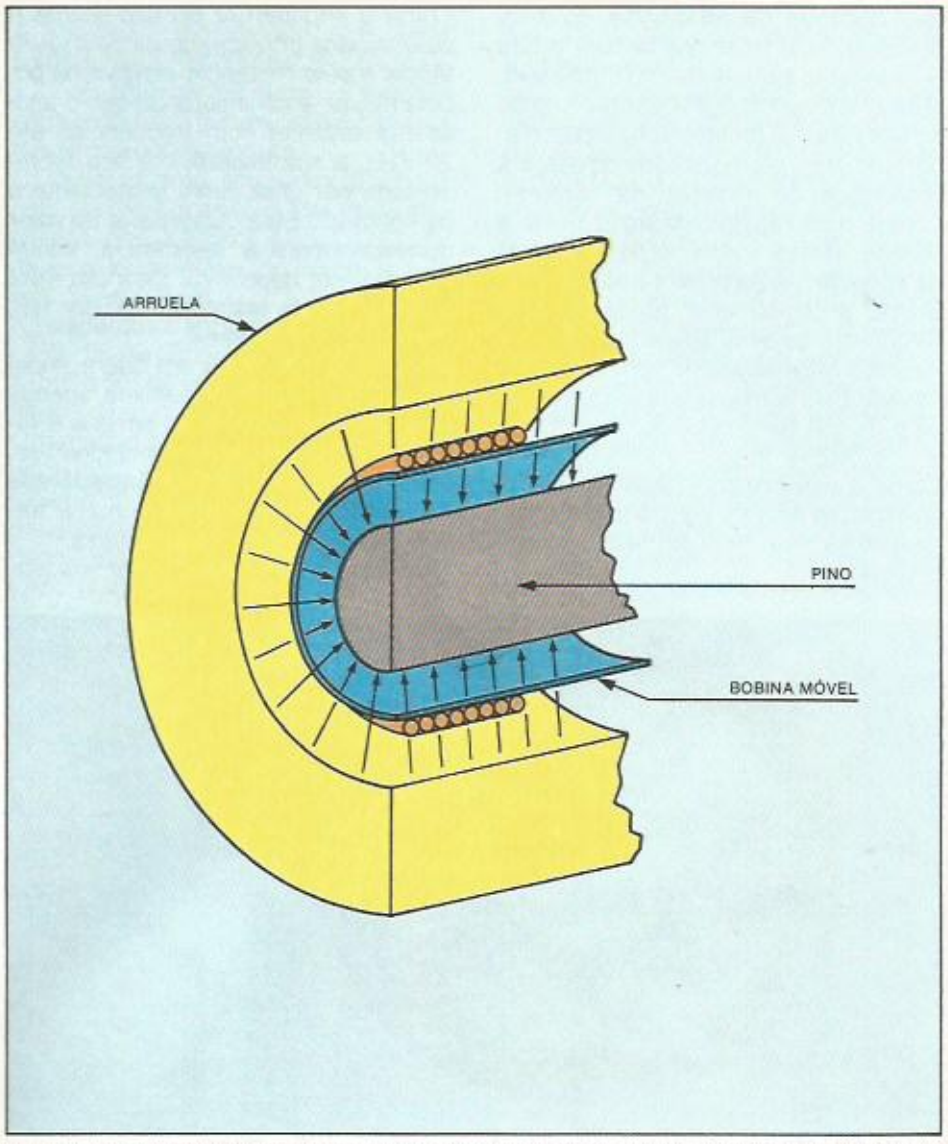


FIGURA 13: as linhas de campo do conjunto magnético ficam perpendiculares às espiras da bobina.

FIGURA 14: peças que constituem o conjunto móvel do alto-falante.

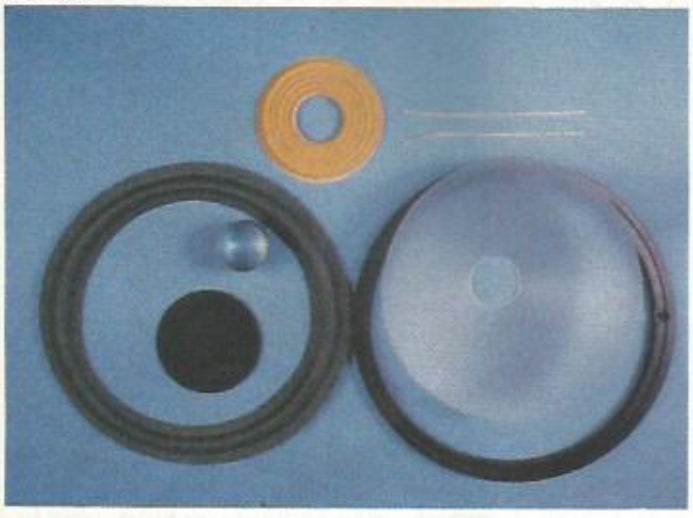


FIGURA 15: montagem da bobina no entreferro do conjunto magnético.



que depende da freqüência do sinal aplicado, está relacionada com o fato do elemento ser indutivo ou capacitivo. A bobina móvel do alto-falante, feita de fio enrolado, é um elemento indutivo e, portanto, tem a propriedade de reagir à velocidade de variação da corrente. Quanto mais rápida a variação, maior a reação. Dessa forma, a parte reativa da impedância da bobina (reatância indutiva) é diretamente proporcional à freqüência do sinal aplicado.

Assim, a impedância da bobina é determinada pela soma da sua parte resistiva e da sua parte reativa:

$Z_{bob} = R_{bob} + Xi_{bob}$

Como a parte reativa depende da freqüência, se esta for zero, a impedância da bobina fica igual ao valor da sua resistência.

Como a impedância do alto-falante é determinada principalmente pela resistência e pela reatância indutiva da bobina móvel, e considerando que o alto-falante trabalha com freqüências até 20 KHz, a sua impedância fica representada por uma curva semelhante à da figura 22. Essa curva parte do valor correspondente à resistência, atinge um máximo, depois cai para um nível superior ao da resistência e, por fim, cresce gradativamente.

Não existe uma faixa em que a impedância seja constante; existe apenas uma faixa de freqüências em que a variação é pequena. Convencionou-se, então, considerar como **impedância nominal**, um valor medido numa freqüência pertencente a essa faixa.

Essa faixa de freqüências, por sua vez, varia de um alto-falante para outro. Convencionalmente, para se reduzir o número de freqüências de medição da impedância, podemos adotar os seguintes números:

- 200 Hz para alto-falantes de graves;
- 1500 Hz para os alto-falantes de médios;
- 2000 Hz para os alto-falantes de agudos;
- 400 Hz para os alto-falantes de uso geral.

Dessa maneira, os valores das impedâncias nominais são sempre 10% a 20% maiores que as resistências dos fios que formam a bobina móvel.

Existem na natureza vários corpos ou associações de corpos que são suscetíveis à vibração: um fio esticado, uma chapa suspensa por uma das extremi-



FIGURA 16: fixação da centragem para manter a bobina móvel e suspensa.

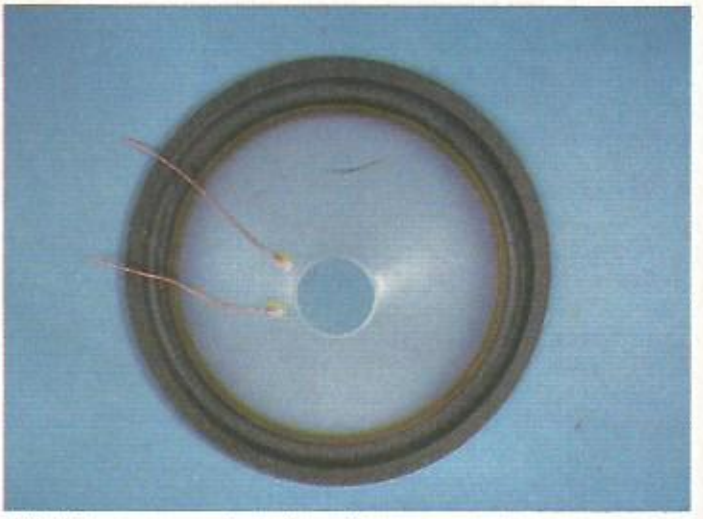
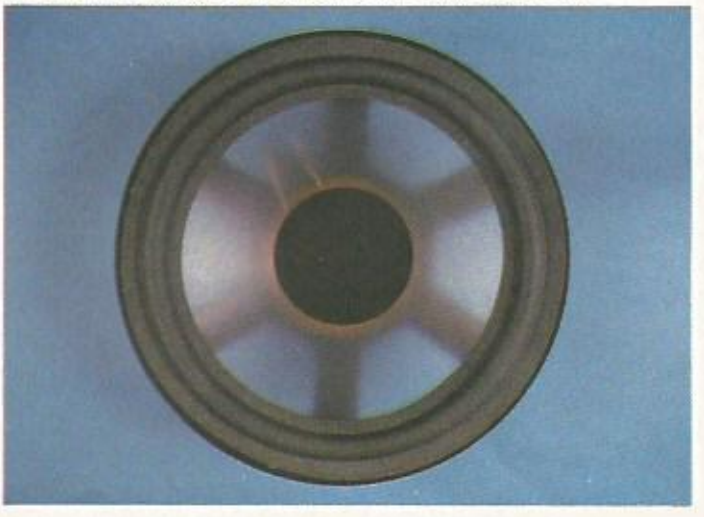


FIGURA 17: cone de polipropileno com a borda e os cabinhos já fixados.

FIGURA 18: fixação do cone à bobina, da borda à carcaça e soldagem dos cabinhos aos fios da bobina.



FIGURA 19: fixação do protetor no centro do cone.



dades, uma bola de metal presa a uma mola, etc.
Todos eles apresentam vibrações quando excitados, e cada um, por sua vez, apresenta uma freqüência em que essas vibrações atingem sua máxima intensidade. Essa freqüência, característica de cada corpo vibrante, é chamada de **freqüência de ressonância**.
O alto-falante, que possui um sistema de suspensão, também vibra, e isso acontece numa freqüência bem ampla. Entretanto, verifica-se que, numa freqüência específica, o alto-falante vibra mais intensamente, atingindo a máxima amplitude de oscilação. É essa amplitude que é denominada freqüência de ressonância.
A importância da freqüência de ressonância é que ela determina, na prática, o limite inferior da faixa de utilização do alto-falante, pois, abaixo dela, o desempenho do aparelho cai de tal forma que não se percebe mais os sons produzidos. Quanto mais baixa é a freqüência de ressonância, melhor será a resposta do alto-falante aos sons graves.
A **resposta em freqüência** do alto-falante é expressa por uma curva, denominada curva de resposta. No eixo vertical da curva estão indicadas as intensidades relativas do som (em dB) e no eixo horizontal, as freqüências.
Para facilitar a observação de todos os detalhes da curva, adota-se para o eixo horizontal uma escala logarítmica (veja figura 23).
A utilidade da curva de resposta está na visualização do comportamento global de um alto-falante. Também se usa essa curva para estudar o efeito de um detalhe na construção de um alto-falante ou para se verificar sua melhor faixa de aplicação. Veja dois exemplos da sua utilização na figura 24. Em A, são vistas a resposta e a interseção das curvas de dois alto-falantes que trabalham juntos numa caixa acústica. Em B, o efeito da adição de um filtro passa-alto a um alto-falante.
A **potência máxima irradiável** de um alto-falante é a potência mais alta que pode ser aplicada ao alto-falante, sem danificá-lo.
A irradiação da potência varia de acordo com o ângulo em que se ouve. A irradiação é máxima quando se está em um ângulo de 0° em relação ao centro do alto-falante, e é mínima quando se está em um ângulo de 180°.
Para a aplicação dessa potência, faz-se uso de um sinal padrão de teste.
A potência irradiada por esse sinal, adotado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é determinada por dois fatores: deslocamento mecânico e temperatura.
O deslocamento mecânico é conseqüência das dimensões físicas do alto-falante, pois a bobina móvel não pode tocar o fundo (bater no disco) e nem sair do entreferro.
A temperatura é imposta pela qualidade do fio de cobre, do esmalte que recobre o fio, da cola que mantém as espiras no lugar, etc.
O tamanho ou peso do ímã do alto-falante influi consideravelmente no deslocamento mecânico. Quanto maior e mais pesado for o ímã, maior será a densidade do fluxo magnético do conjunto magnético. Esse fato traz algumas vantagens: mais energia acústica e menos calor.
Não se pode esquecer ainda, que, além do ímã, a espessura e a qualidade das placas polares (disco e arruela), a qualidade do núcleo (pino), a espessura do entreferro e o tipo e o tamanho da bobina também influem no conjunto magnético. Portanto, além de um ímã de boas dimensões, é necessário um correto equilíbrio de todos os demais fatores, a fim de que se obtenha um ótimo rendimento do alto-falante.
Sempre que o alto-falante trabalha por algumas horas seguidas, numa potência elevada, não só a bobina como todo o conjunto magnético ficam aquecidos. A cola utilizada na montagem do alto-falante deve ser, portanto, resistente a altas temperaturas e aplicada



FIGURA 20: fixação da guarnição e soldagem dos cabinhos aos terminais de ligação.

FIGURA 21: fixação da caneca no conjunto magnético.



corretamente, de acordo com a especificação do fabricante. A dissipação térmica é muito importante e o calor gerado na bobina precisa ser transferido rapidamente para o conjunto magnético e, daí, para a atmosfera. Desse modo, o conjunto magnético deve ser dotado de aletas feitas num material que conduza facilmente o calor (o alumínio, por exemplo).

Os alto-falantes analisados até aqui são chamados de alto-falantes **dinâmicos.** Além desses, merecem destaque os alto-falantes **eletroestáticos** e os **piezelétricos.**

Os primeiros têm uma estrutura semelhante à de um capacitor plano, mas com uma superfície muito maior. Uma de suas armaduras é fixa, enquanto a outra é livre (veja figura 25).

Aplicando entre as duas armaduras uma tensão senoidal, são produzidas forças de atração e repulsão que variam de acordo com a tensão aplicada, fazendo com que a armadura livre vibre e produza sons.

Os alto-falantes piezelétricos utilizam alguns materiais específicos, como o cristal de quartzo, por exemplo.

Em geral, os alto-falantes piezelétricos são formados por uma lâmina, que é ligada mecanicamente por uma haste a um cone. Ao receber a aplicação de um sinal, o cone do aparelho vibra, gerando sons.

Esse tipo de alto-falante não tem uma boa qualidade de reprodução. Por isso, é empregado apenas nos casos em que a fidelidade do som não é um fator importante.

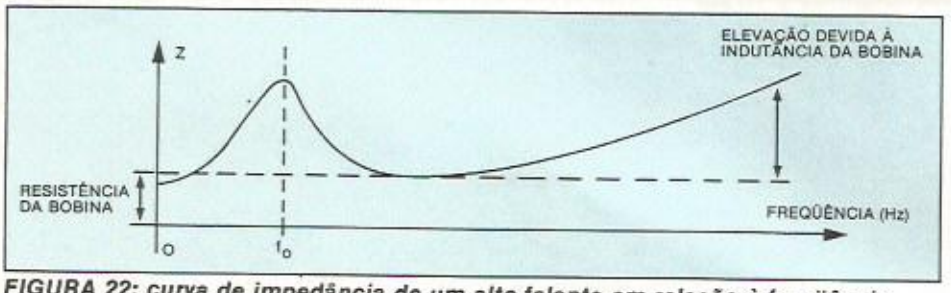


FIGURA 22: curva de impedância de um alto-falante em relação à freqüência.



FIGURA 23: curva de resposta de um alto-falante.

Como se reproduz o movimento do diafragma do alto-falante?
Quando o sinal aplicado ao alto-falante atravessa a bobina móvel, ocorre a geração de um campo magnético variável. Esse campo, interagindo com o campo magnético fixo do imã, produz os movimentos de atração e repulsão que serão comunicados ao diafragma.

Por que a bobina móvel está sujeita a um aquecimento?
A potência fornecida ao alto-falante pelo amplificador se transforma em potência acústica, que é irradiada ao meio ambiente, e em potência absorvida pela resistência própria do fio da bobina, que é dissipada em forma de calor.

Que fator limita a resposta em freqüência de um alto-falante?
Esse fator é a inércia mecânica de suas partes móveis. Elas são incapazes, a partir de um determinado valor de freqüência, de seguir as rápidas variações impostas pelo sinal de áudio.

Qual é a forma adotada para os diafragmas dos tweeters?
É a forma de cúpula, com a qual se obtém uma melhor irradiação das altas freqüências.

Por que se utiliza o polipropileno na construção de diafragmas?
Porque, com esse material, o alto-falante consegue responder a freqüências bem baixas.

Que características técnicas devem ser levadas em conta na escolha de um alto-falante?
As mais importantes são a impedância, a ressonância, a resposta em freqüência e a potência máxima irradiável.

FIGURA 24: dois casos de aplicação de curvas de resposta de um alto-falante.

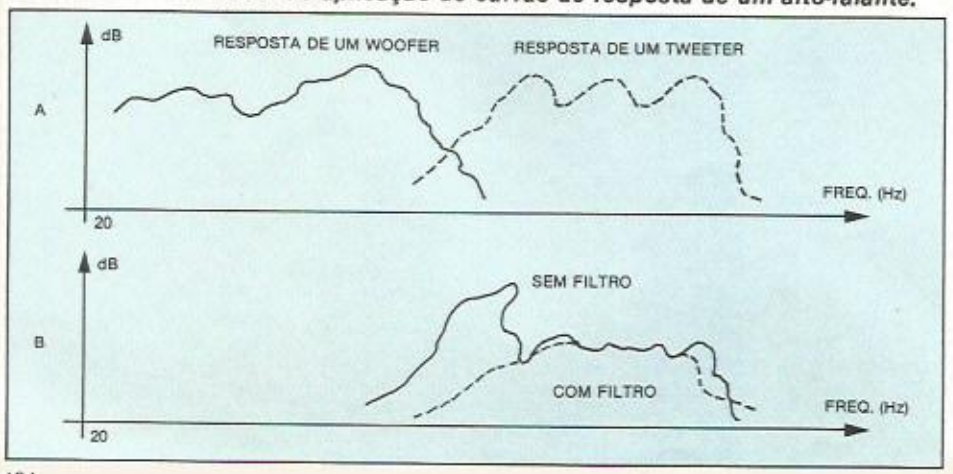
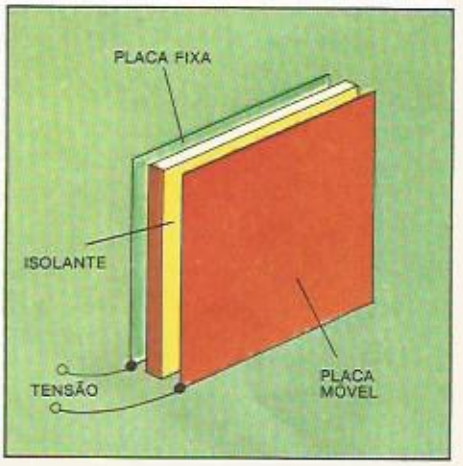


FIGURA 25: esquema da estrutura de um alto-falante eletrostático.



TESTES DO CAPACITOR E DA BOBINA

Você sabe como localizar um defeito no capacitor? Ou determinar se a bobina tem a indutância necessária? Nós mostraremos aqui os principais testes que vão ajudá-lo nessas avaliações.

Em certas ocasiões é necessário efetuar medidas do valor capacitância de um capacitor ou da indutância de uma bobina, com a finalidade de comprovar se eles apresentam o valor requerido para uma aplicação específica, para determinar se eles apresentam certas características ou, ainda, para verificar se não estão com defeito.

Para executar essas operações, existe no mercado uma série de equipamentos, dos quais destacam-se as **pontes de impedância,** que permitem medidas precisas dos valores característicos desses componentes.

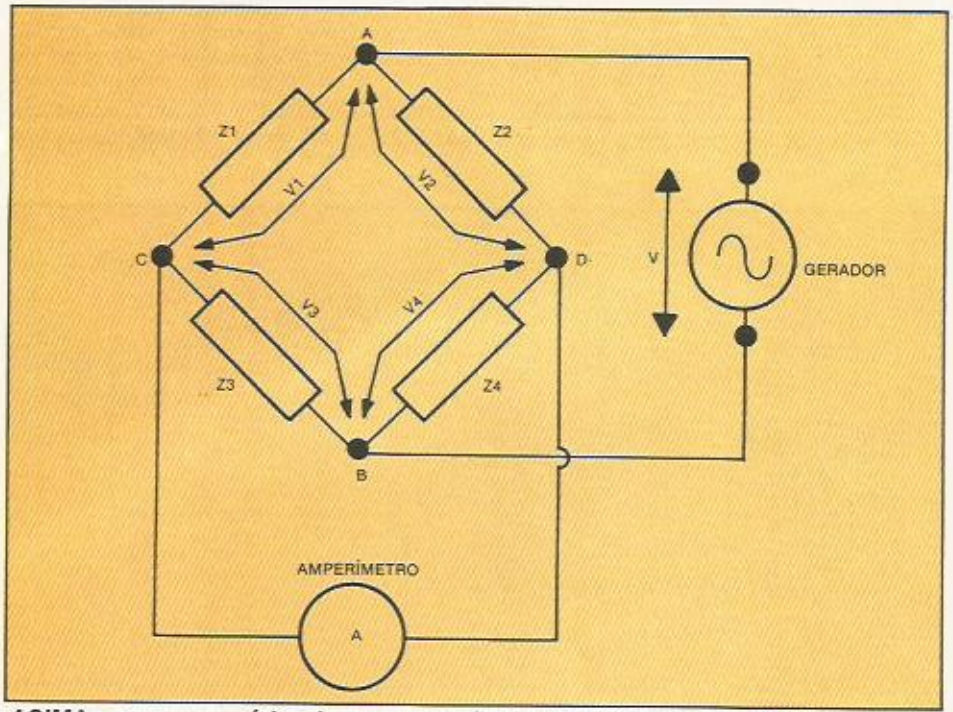
Uma ponte elétrica é composta por quatro ramos formados por impedâncias (resistores, bobinas ou capacitores) ligadas pelas suas extremidades. Aplicando-se uma tensão entre dois pontos opostos A e B, existe uma situação de equilíbrio entre os pontos C e D, pois não aparece nenhuma diferença de potencial entre eles. Isso pode ser verificado com um instrumento de medida de tensões.

O gerador aplica, portanto, uma tensão Ve entre os pontos A e B, provocando uma passagem de corrente através dos ramos $Z_1 + Z_3$ e $Z_2 + Z_4$, pelo que $Ve = V_1 + V_3$ e também $Ve = V_2 + V_4$. Para que não apareça tensão entre C e D, deverá verificar-se que $V_1 = V_2$ e $V_3 = V_4$. Nessas condições, temos:

$$\frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} = \frac{Z_2}{Z_2 + Z_4}$$

ou $Z1 . Z2 + Z1 . Z4 = Z1 . Z2 + Z2 . Z3$ ou $Z1 . Z4 = Z2 . Z3$.

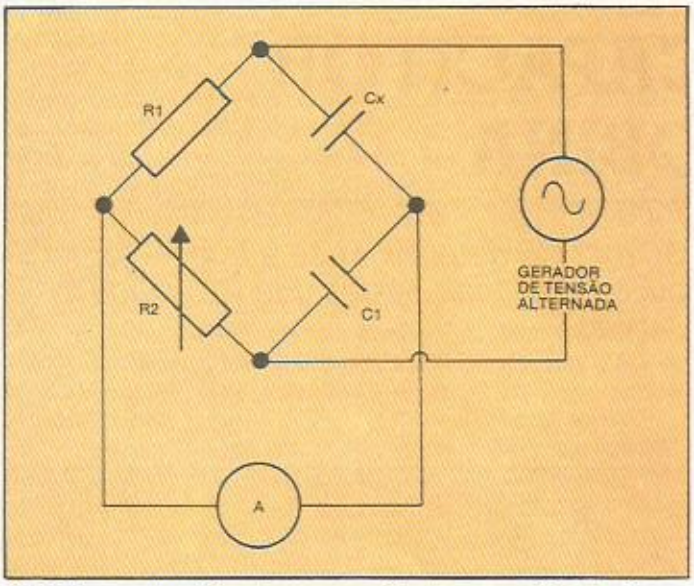
No caso concreto da medição de um capacitor, a ponte mais adequada é a ponte de capacitâncias. Aplicando-se a ela a fórmula dada, obtém-se: $C_1 . R1 = C_x . R2$.



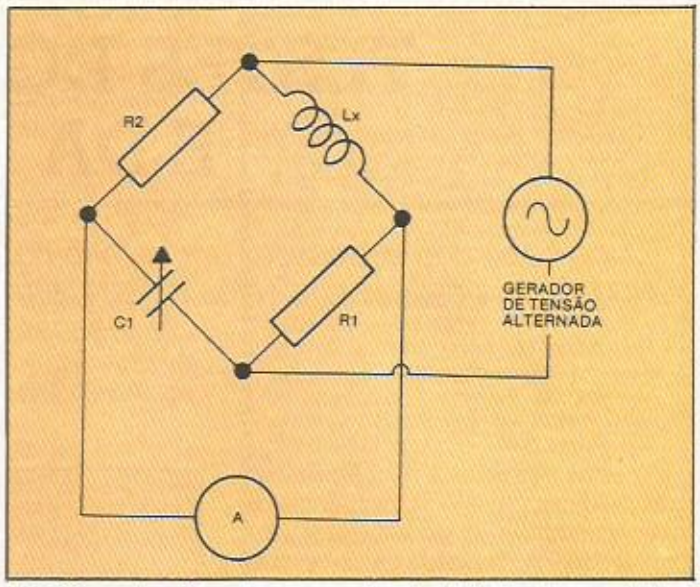
ACIMA: esquema genérico de uma ponte. Cada braço é formado por uma impedância.

ABAIXO: teste de medição de capacitores, baseado na análise da corrente circulante em seu interior, quando se aplica uma tensão alternada.

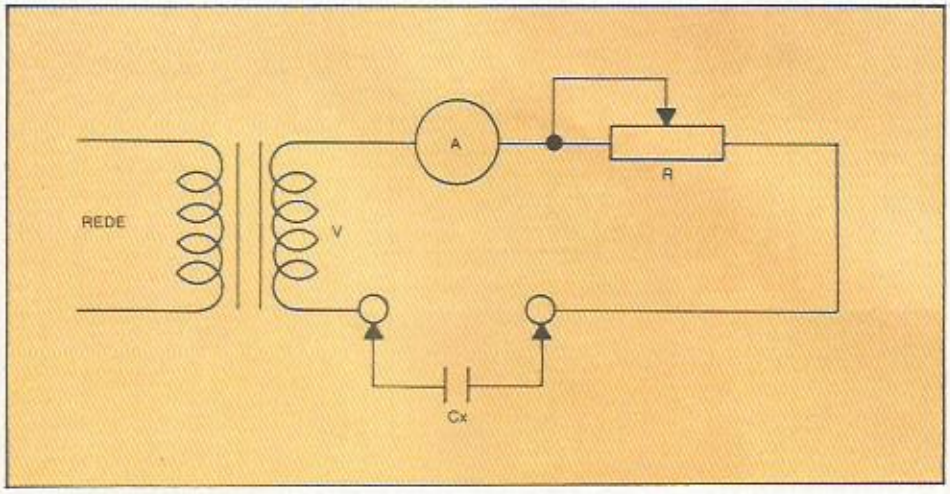




ACIMA: ponte utilizada para verificar a capacitância de um capacitor.

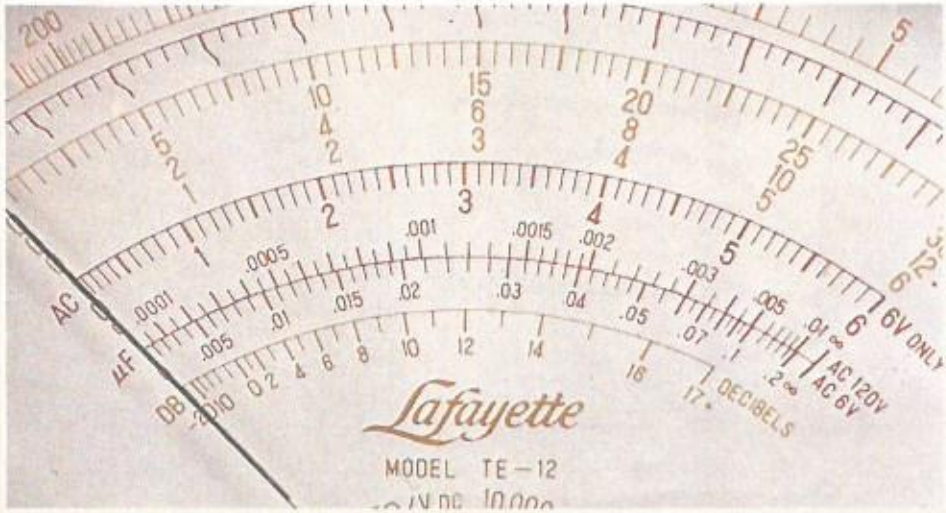


ACIMA: ponte utilizada para medir a indutância de uma bobina.



ACIMA: esquema elétrico da montagem necessária para medir a capacidade de acordo com a intensidade de corrente.

ABAIXO: como se observa na foto, alguns testadores trazem no mostrador diversas escalas calibradas em unidade de capacitância.



O capacitor do qual não se conhece o valor é indicado por C_x. Temos então:

$$C_x = \frac{C_1}{R2} \cdot R1$$

A medição é feita colocando o capacitor de valor desconhecido no ramo correspondente da ponte e variando o valor de R2 até que o instrumento indique o zero entre os pontos C e D.

No caso de uma bobina, a ponte mais adequada é representada pela seguinte fórmula:

$$L_x = C1 \cdot R_2 \cdot R1$$

Portanto, a determinação do valor da indutância é obtida conetando-se a bobina ao ramo correspondente A e D e ajustando a capacidade de C_1 até que o aparelho de medida mostre em seu indicador o valor zero.

A tensão que se aplica à ponte pode ser obtida da rede elétrica por meio de um transformador, mas a medida será muito mais precisa se forem utilizados geradores de sinais de freqüências mais elevadas (de 200 Hz a 1 KHz), que produzem reatâncias indutivas maiores e uma menor interferência de sinais parasitas.

Existem ainda outros métodos mais simples para medir o valor da capacitância de um capacitor, ou a indutância de uma bobina, mas os resultados geralmente não apresentam a mesma precisão.

Um desses métodos consiste em usar um transformador ligado à rede, e cujo

NOÇÕES TEÓRICAS

Os biestáveis

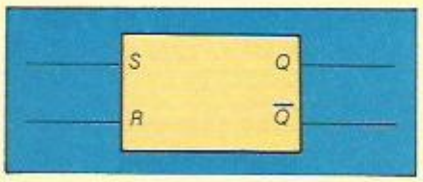
Os biestáveis, que são chamados também pelo curioso nome de **flip-flops,** constituem a mais importante célula básica de um circuito seqüencial síncrono.
Os biestáveis são definidos como os circuitos lógicos que ficam permanentemente em um estado interno, de dois possíveis 0 e 1, enquanto não for aplicado à sua entrada um sinal que modifique esse estado.
Constitui, portanto, um sistema capaz de armazenar um bit de informação, correspondente ao valor de uma variável de estado binária. Esses biestáveis são os elementos armazenadores do estado interno em circuitos seqüenciais síncronos. O modo mais elementar de se implementar um biestável consiste em utilizar dois inversores interconetados de modo que a saída de cada um fique ligada à entrada do outro, e vice-versa. Este arranjo apresenta o inconveniente de que, para produzir uma mudança de estado, seria necessário atuar sobre uma das saídas conetada eletricamente à entrada. Como as saídas apresentam baixa impedância, além de necessitarmos de maior energia, corremos o risco de estragar a porta lógica, se ultrapassarmos os valores de tensão e corrente especificados por suas características máximas.
Resumindo, deve-se dispor de um circuito de entrada que torne essa entrada independente da saída.
Além disso, é conveniente que os biestáveis apresentem uma série de requisitos lógicos em suas entradas para a mudança de estado. Desse modo, com o comportamento lógico do biestável bem especificado, pode-se empregá-lo na implementação de sistemas eletrônicos digitais.
O conjunto dos requisitos de um biestável pode ser esquematicamente resumido em:

- **Equações ou Lógica de Entrada,** que exprimem as combinações de sinais a serem aplicados à entrada ou entradas para que o circuito seqüencial passe de um dado estado a outro.
- **Equações de Estado ou Lógica de Estado,** que definem, em função do valor das entradas e do estado presente, qual será o estado futuro do circuito seqüencial.
- **Sincronização.** A presença de um sinal de relógio (**clock**) indica que o circuito seqüencial é síncrono, ou seja, que as transições internas, depois de fixadas as entradas, são comandadas por esse sinal de relógio.
- **Comportamento Elétrico.** O circuito seqüencial síncrono, sob o ponto de vista elétrico, pode ser de dois tipos: **sensível a nível** e **sensível a borda.**

Nos biestáveis sensíveis a nível, a mudança é comandada pelo valor digital **1** do relógio.
Nos biestáveis sensíveis a borda, a mudança é comandada pela transição do sinal de relógio **0** e **1** ou, então, de **1** a **0**. Se for de **0** a **1**, o biestável é sensível a borda positiva. Se for de **1** a **0**, o biestável é sensível a borda negativa.
Os estados possíveis que podem atingir um biestável são representados em uma **tabela de combinações de entrada.**
Diferente dos circuitos combinatórios, a tabela das combinações de entradas especifica dois sinais de saída consecutivos $Q(t)$ e $Q(t + 1)$, que indicam os digitais antes e depois da aplicação dos sinais de entrada e do sinal de relógio. Essa mudança depende dos valores das entradas no instante t e do estado interno $Q(t)$ nesse instante.
Existem quatro tipos de biestáveis considerados fundamentais, pois, a partir deles, pode-se obter estruturas mais sofisticadas.
O biestável do tipo R-S é definido pela seguinte tabela das combinações de entrada:

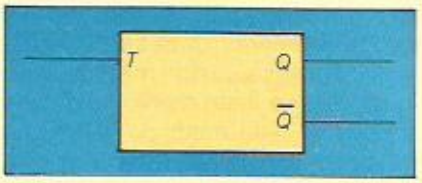
		Instante t	Instante $t + 1$
$R(t)$	$S(t)$	$Q(t)$	$Q(t + 1)$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	Indeterminado
1	1	1	Indeterminado

Como nas combinações em que lemos $R = 1$ e $S = 1$, o estado seguinte do biestável é indeterminado. Nos biestáveis R-S nunca se permite que as entradas R e S tenham o valor digital **1**, simultaneamente.



O biestável **T** tem por definição a seguinte tabela de combinações de entrada:

	Instante t	Instante $t + 1$
T	$Q(t)$	$Q(t + 1)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



O biestável do tipo D é representado por:

	Instante t	Instante $t + 1$
D	$Q(t)$	$Q(t + 1)$
0	0	0
0	1	0
1	1	1
1	1	1

O biestável do tipo D sempre acompanha o valor da entrada D após a ativação do sinal de relógio.



E, por fim, o biestável J-K corresponde à tabela aqui reproduzida:

		Instante t	Instante $t + 1$
J	K	$Q(t)$	$Q(t + 1)$
1	x	0	1
x	0	1	1
0	x	0	0
x	1	1	0
x	x	x	não muda

Na tabela das combinações de entrada, x representa tanto o valor 0 como o valor 1, e uma forma de se representar a tabela de modo resumido é a seguinte:



secundário forneça uma tensão que chamaremos de V_e. Esta tensão será aplicada a um circuito formado por um amperímetro de corrente alternada (ou um multiteste), por um resistor ajustável R e pelo capacitor que se pretende medir.

O procedimento para verificação é o seguinte: primeiro, deve-se colocar o resistor R no seu valor máximo, para não danificar o instrumento se o capacitor que se está medindo estiver em curto-circuito. A seguir, diminui-se o valor de R até zero ohm e, assim, toda a tensão será aplicada no capacitor. Nesse momento, anota-se o valor indicado no instrumento e calcula-se a capacidade com a fórmula:

$$X_c = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{V}{i} \quad \text{ou:}$$

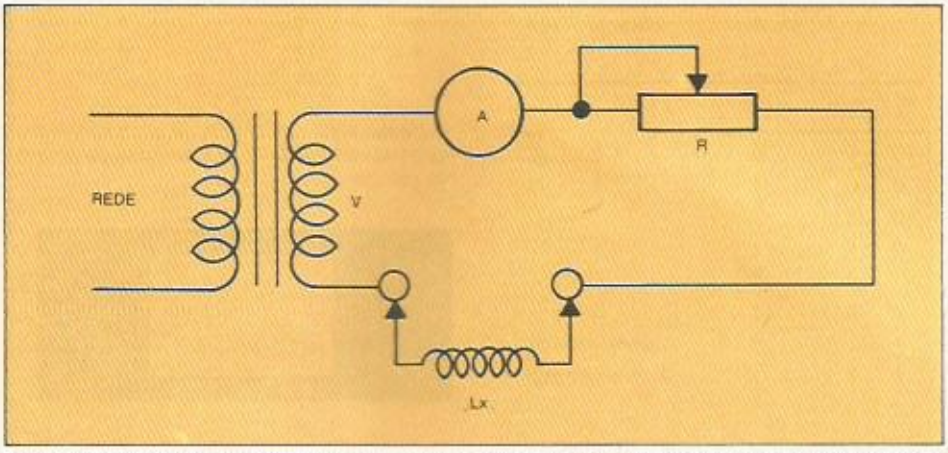
$$C = \frac{1}{2\pi.f} \cdot \frac{i}{v}$$

ou, ainda: $C = 0{,}00265 \frac{i}{v}$

onde: **i** é a corrente que foi medida e **v** é a tensão do secundário do transformador.

Esse tipo de medição é aconselhável para os capacitores cerâmicos ou de poliéster, com capacidades compreendidas entre 50 pF e 1 μF.

A tensão a ser aplicada depende do valor aproximado da capacitância provável do capacitor, empregando níveis da ordem de 125 V nos casos de menor capacidade e diminuindo-os para capacitâncias superiores a 1000 pF, chegando até um nível de 5 V no caso de capacitores de valor capacitivo alto.



ACIMA: para se medir uma bobina, pode-se utilizar um sistema como o da foto. Nesse caso, deve-se considerar a resistência própria do fio.

ABAIXO: esta é a tabela típica dos equivalentes de medida de capacitância.

ESCALA SELECIONADA				
LEITURA	(Ω x 1) μF	(Ω x 10) μF	(Ω x 100) μF	(Ω x 1 K) μF
10	100 000	10 000	1 000	100
20	45 000	4 500	450	45
30	35 000	3 000	300	30
50	17 000	1 700	170	17
100	6 500	650	65	6,5
2 000	3 000	3 000	30	3

Existem alguns modelos de testes que apresentam no mostrador escalas calibradas em unidades de capacidade (μF, nF ou pF), que podem facilitar a medição, pois o valor obtido pode ser lido imediatamente. Os valores das tensões que são usadas ao longo da medição geralmente vêm indicados no teste.

A vantagem desses medidores é que a escala calibrada leva em conta a resistência interna do medidor, fornecendo um valor mais preciso da capacitância.

No caso das bobinas, pode-se empregar um procedimento semelhante, substituindo, porém, o capacitor pela bobina da qual queremos conhecer o valor da indutância. A diferença principal está nos níveis de tensão que serão aplicados. O valor efetivo é obtido com a fórmula:

$$X_L = 2.\pi.f.L = \frac{V}{i}$$

e assim: $L = \frac{1}{2.\pi.f} \cdot \frac{V}{i}$

ou $L = 0{,}00265 \frac{V}{i}$.

Um fator importante que sempre deve ser levado em conta na medição da bobina é a sua resistência interna. Por isso, é necessário empregar uma fórmula diferente para deduzir esse valor aproximado:

$$L = 0{,}00265 \cdot \frac{\sqrt{V^2 - i^2.R^2}}{i}$$

onde R representa a resistência ôhmica pura da bobina.

Existe ainda um último método de medição de capacidade, no qual se estuda a carga e a descarga do capacitor através de um resistor. Este método — do tipo dinâmico — pode ser usado apenas para capacitores de valor elevado, e consiste no emprego do multiteste em uma das escalas de resistência. Aplicam-se, em seguida, as pontas ao capacitor, respeitando a polaridade (ponta - no positivo e + no negativo). Dessa maneira, a agulha se deslocará rapidamente até um determinado valor, devido à carga do capacitor, e voltará depois à posição de repouso. Observa-se então o valor máximo que foi atingido e consulta-se uma tabela de equivalência, em geral fornecida pelo fabricante do multiteste.

Peça os kits da seção MONTAGEM. E aprenda na prática!

Eletrônica Passo a Passo oferece esta grande oportunidade a você. Reserve agora mesmo os kits da seção *MONTAGEM* (que também estão na última capa deste número). Você receberá seu pedido pelo Reembolso Postal e, através das instruções dos fascículos, irá construir e utilizar sua própria aparelhagem eletrônica. Preencha agora mesmo o cupom ao lado ou mande uma carta com seu pedido para

Kits
Caixa Postal 9442 - São Paulo - SP

Em pouco tempo você receberá sua encomenda na agência do correio mais próxima de sua casa. E começará a aprender fazendo!
Peça já estes kits sensacionais. Eles são importantes para você entender todos os segredos maravilhosos da eletrônica.

SIM, desejo receber pelo Reembolso Postal os seguintes kits da seção MONTAGEM, que completam minha coleção *Eletrônica Passo a Passo*, na prática.

QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	Se você quiser o kit montado, marque um X aqui.	PREÇO

ELETRÔNICA EDIÇÃO Nº 23

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ Est. _____

CEP _____ Data ____/____/____

Assinatura _____

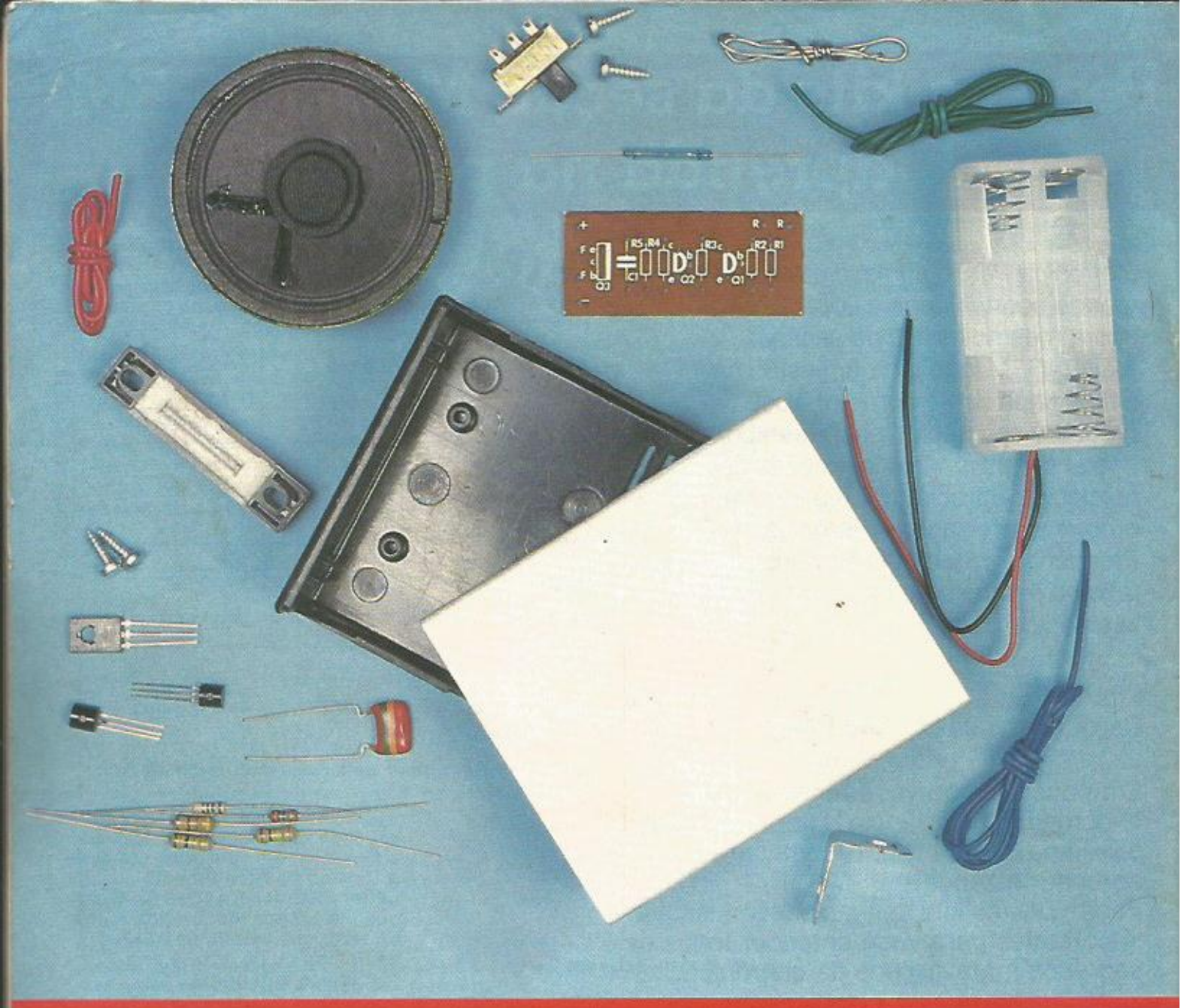
Obs.: não mande dinheiro agora. Pague só ao receber seu pedido.

COM TODA A FACILIDADE DO REEMBOLSO POSTAL

ATENÇÃO: observe as datas de validade dos preços dos kits. Se elas estiverem vencidas, consulte o Serviço de Atendimento ao Leitor, pelo tel. (011)288-6298 e solicite preços atualizados antes de fazer seu pedido destes aparelhos ou de outros dos fascículos anteriores.

KITS DISPONÍVEIS

NOME DO APARELHO	KIT PARA SER MONTADO	KIT JÁ MONTADO
DIMMER	Cr$ 28.150,00	Cr$ 37.380,00
TIMER	Cr$ 82.300,00	Cr$ 98.760,00
AMPLIFICADOR ESTÉREO DE 48 W RMS	Cr$ 49.600,00	Cr$ 59.520,00
RÁDIO AM TRANSISTORIZADO	Cr$ 39.300,00	Cr$ 47.160,00
FONTE DE ALIMENTAÇÃO	Cr$ 78.800,00	Cr$ 94.560,00
DISPOSITIVO ANTIFURTO PARA CARRO	Cr$ 47.600,00	Cr$ 57.120,00
SEQÜENCIAL DE 4 CANAIS	Cr$ 89.900,00	Cr$ 107.880,00
AMPLIFICADOR ESTÉREO DE MESA	Cr$ 88.700,00	Cr$ 106.440,00
TESTADOR DE BATERIA DE CARRO	Cr$ 15.280,00	Cr$ 18.800,00
PASSARINHO ELETRÔNICO	Cr$ 28.000,00	—
A CONSTRUÇÃO DE UM CIRCUITO IMPRESSO	Cr$ 32.800,00	—
PREÇOS VÁLIDOS ATÉ 31/12/84		



2,00

PROTE-PORTA

Como o próprio nome indica, esse dispositivo protege as portas e janelas de sua casa, loja ou escritório, fazendo soar um alarme sempre que alguém entrar. Além de útil, é um aparelho econômico, alimentado por quatro pilhas pequenas.

KIT (para ser montado)
Preço: Cr$ 37.000,00

(mais as despesas de correio)
Preço válido até 31/12/84

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO