

Capítulo 3

Eletrônica básica

Um bom curso de hardware começa com eletricidade básica, a mesma que é estudada no segundo grau. São aprendidas noções sobre tensão, corrente, resistência, baterias. De posse dessas noções, são estudados os semicondutores, como transistores e diodos. Outros componentes eletrônicos são também estudados, como os capacitores e bobinas. O aluno aprende a construir e consertar fontes de alimentação, amplificadores, rádios transmissores e receptores. Finalmente chega a vez dos circuitos integrados (chips), entrando assim na etapa de eletrônica digital. Aprendemos a construir circuitos digitais simples, como contadores, displays, somadores, multiplexadores, decodificadores, etc. Um técnico formado assim está apto a consertar equipamentos digitais em geral, e não apenas computadores.

Para consertar PCs, tais conhecimentos não são suficientes, e também não podem ser considerados indispensáveis. Mais importante é ter uma boa idéia sobre o funcionamento do computador, saber identificar se um módulo está ou não funcionando, conhecer detalhes sobre o sistema operacional, aprender a resolver conflitos de hardware. Por isso é possível trabalhar com hardware de PCs sem nunca ter feito um curso de eletrônica, sem ter noções sobre transistores, resistores e outros componentes.

Acreditamos que consertar um computador ou trabalhar com o seu hardware, montando ou fazendo expansões, sem ter noções de eletrônica é como dirigir um automóvel sem ter noções básicas sobre mecânica. O ideal é ter o conhecimento básico completo, mas o estudo de eletrônica básica pode ser muito demorado. Para cobrir todos os seus assuntos seria preciso um livro tão extenso quanto este. Já que se torna impraticável para quem não dispõe de tempo, apresentamos neste capítulo um curso intensivo de eletrônica. Concentraremos nossa atenção em apresentar os componentes eletrônicos usados nas placas do computador e dar noções básicas sobre

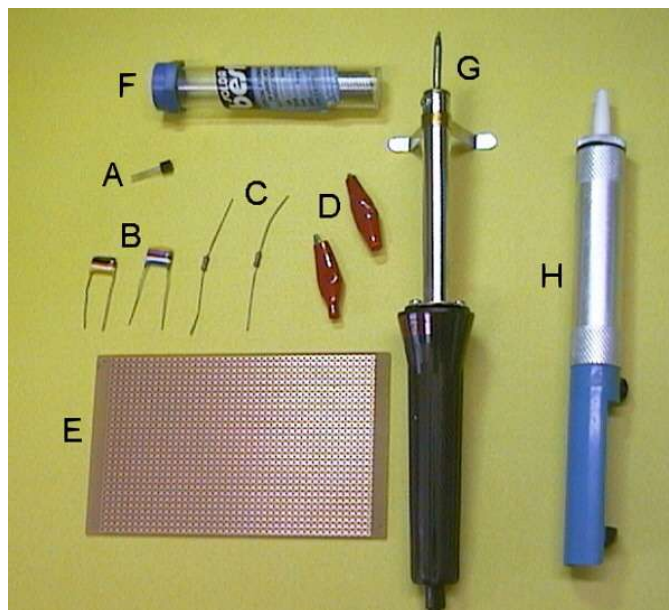
soldagem e o uso do multímetro, aparelho que pode ajudar bastante um técnico. Mostramos o funcionamento dos chips, circuitos digitais e alguns outros circuitos importantes encontrados nos PCs. Essas noções serão necessárias para que você acompanhe o restante do livro.

Noções sobre soldagem

A soldagem é uma prática bastante conhecida dos técnicos, mas não é preciso ser um técnico para saber soldar. É fácil, e você poderá ir bem mais longe nas suas atividades de hardware. A primeira coisa a fazer é ir a uma loja de material eletrônico e adquirir o seguinte:

- Ferro de soldar de 24 ou 30 watts
- Sugador de solda
- Rolo de solda para eletrônica (a mais fina)
- Placa universal de circuito impresso
- Resistores (qualquer valor) de 1/4 ou 1/8 W
- Capacitores de poliéster, qualquer valor
- Transistores BC548 ou similar
- Alicates de corte e alicate de bico
- Garra jacaré tamanho pequeno

Os valores dos transistores, capacitores e resistores acima não são importantes. Pode comprar os mais baratos que encontrar. Serão usados apenas no treinamento de soldagem e dessoldagem. A figura 1 mostra alguns dos componentes e ferramentas descritos acima.

**FIGURA 3.1**

Material para treinamento de soldagem.

- a) Transistor
- b) Capacitores
- c) Resistores
- d) Garras jacaré
- e) Placa universal
- f) Solda
- g) Ferro de soldar
- h) Sugador de solda

Soldagem

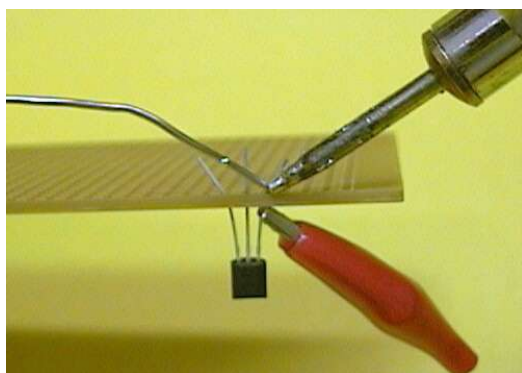
Ligue o ferro de soldar e espere cerca de 1 minuto até que esteja na temperatura ideal. Para verificar se a temperatura está boa, encoste a ponta do fio de solda na ponta do ferro de soldar. A solda deverá derreter com facilidade. Vamos começar soldando um resistor. Coloque o resistor encaixado em dois furos da placa universal de circuito impresso. Feito isso, aqueça com a ponta do ferro de soldar o terminal do resistor e o cobre da placa de circuito impresso (figura 2). Ambos devem ser aquecidos para que a solda possa derreter facilmente. Encoste agora a ponta do fio de solda na junção aquecida entre a placa e o terminal do resistor. Mantenha o tempo todo a ponta do ferro de soldar também encostando nessa junção. A solda deverá derreter uniformemente. Afaste o fio de solda e depois o ferro de soldar. Dentro de aproximadamente dois ou três segundos a solda estará sólida. Use o alicate de corte para retirar o excesso do terminal do resistor que sobrou.

**FIGURA 3.2**

Soldagem de um resistor.

Treine a soldagem com os resistores e com os capacitores. Não exagere na quantidade de solda. Deve ficar uma quantidade semelhante à que você observa nas placas do computador. Não sopre a solda para que esfrie. Espere três segundos e a solda esfriará sozinha. Não mova o componente enquanto a solda ainda não estiver solidificada.

Na soldagem de transistores você deverá tomar um pouco mais de cuidado, pois são muito sensíveis ao calor. Se o ferro de soldar ficar encostado em seus terminais por mais de cinco segundos poderá danificá-lo. Para reduzir o calor no transistor (o objetivo é esquentar apenas a parte que será soldada) prenda uma garra jacaré no terminal do transistor que estiver sendo soldado, do outro lado da placa, como indicado na figura 3.

**FIGURA 3.3**

Soldagem de um transistor.

Quando for realizar uma soldagem "pra valer", lembre-se que a maioria dos componentes possuem polaridade, ou seja, uma posição correta para encaixe. Normalmente existe alguma indicação da posição correta na placa de circuito impresso. Se não existir tal indicação anote a posição correta antes de retirar o componente defeituoso, para que o novo componente seja posicionado com a polaridade correta. Alguns componentes simplesmente não funcionam se forem soldados de forma invertida (Ex.: diodos, LEDs). Outros podem ser permanentemente danificados pela inversão (transistores, capacitores eletrolíticos, chips).

Dessoldagem

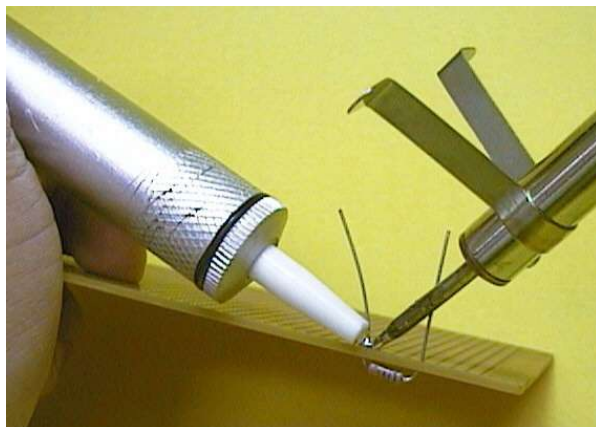
A dessoldagem é um pouco mais fácil no caso de resistores, capacitores, diodos e transistores. No caso de chips é mais difícil devido ao grande número de terminais. O sugador de solda possui um êmbolo de pressão que remove a solda derretida dos circuitos. A figura 4 mostra como operá-lo. Primeiro pressione o seu êmbolo, depois aproxime o seu bico da solda derretida e pressione o botão para que o bico sugue a solda. O sugador puxará a solda derretida para o seu interior. Aperte novamente o êmbolo para que possa expelir a solda retirada, já no estado sólido.



FIGURA 3.4

Usando o sugador de solda.

Arme o sugador de solda pressionando o êmbolo para baixo e deixando-o pronto para sugar. Encoste o ferro de solda quente no ponto de solda que você quer remover. A solda deverá derreter. Se estiver difícil de derreter, coloque um pingo de solda nova na ponta do ferro de soldar para facilitar a condução térmica, derretendo mais facilmente a solda da junção a ser desfeita. Sem tirar a ponta do ferro de soldar, encoste o bico do sugador (figura 5) na solda derretida e dispare. Se o componente não ficar totalmente solto, encaixe uma chave de fenda e puxe-o levemente, usando a chave como alavanca. Encoste agora o ferro de soldar novamente no terminal e o componente sairá com facilidade.

**FIGURA 3.5**

Dessoldando componentes.

É desaconselhável a dessoldagem de chips por principiantes. Além de ser uma operação muito mais difícil, os chips são extremamente sensíveis à temperatura. Sua soldagem e dessoldagem deve ser feita apenas em laboratórios especializados, equipados com uma estação de soldagem profissional.

Usando um multímetro digital

Um multímetro digital pode ajudar bastante nas atividades de hardware, principalmente em manutenção. Com ele você pode checar as tensões da fonte de alimentação e da rede elétrica, checar o estado da bateria da placa de CPU, verificar se o drive de CD-ROM está reproduzindo CDs de áudio, acompanhar sinais sonoros, verificar cabos e várias outras aplicações. Seu custo é menor do que você pensa. Com cerca de 30 reais você compra um modelo simples, e com cerca de 100 reais é possível comprar um modelo mais sofisticado.



*** 35% ***

FIGURA 3.6

Multímetro digital.

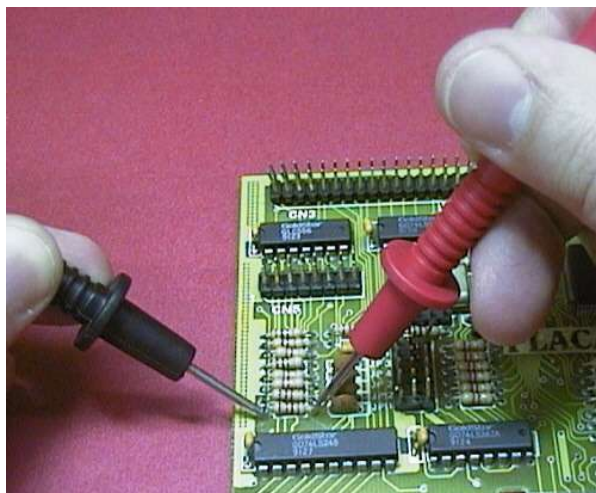
Um multímetro possui duas pontas de prova, uma vermelha e uma preta. A preta deve ser conectada no ponto do multímetro indicado com GND ou COM (este é o chamado “terra”). A ponta de prova vermelha pode ser ligada em outras entradas, mas para a maioria das medidas realizadas, a ligação é feita no ponto indicado com V- Ω -mA.

Uma chave rotativa é usada para selecionar o tipo de medida elétrica a ser feita: V para voltagem, Ω para resistência e mA para corrente. Uma chave é usada para a medição de voltagens em AC (corrente alternada) ou DC (corrente contínua). Por exemplo, para medir as tensões da fonte de alimentação, ou a tensão da bateria, usamos a chave em DC. Para medir a tensão presente na saída de áudio de um drive de CD-ROM ao tocar um CD musical (um tipo de corrente alteranada), usamos a escala AC. Para medir as tensões da rede elétrica, também utilizamos a escala AC.

Alguns multímetros possuem um único conjunto de escalas para voltagem, e uma chave adicional para escolher entre AC e DC. Outros modelos, como o da figura 6, não possuem esta chave AC/DC, e sim grupos independentes de escalas para voltagens e correntes em AC e DC. A maioria dos multímetros não mede corrente alternada (ACA), apenas corrente contínua (DCA), tensão alternada (ACV) e tensão contínua (DCV).

Para cada grandeza elétrica existem várias escalas. Por exemplo, entre as várias posições da chave rotativa, podem existir algumas específicas para as seguintes faixas de voltagem: 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V e 2000 V.

Se você pretende medir a tensão da bateria da placa de CPU (em torno de 3 volts), não use a escala de 2V, pois tensões acima de 2V serão indicadas como 1,9999 V. Escolha então a escala de 20V, pois terá condições de fazer a medida esperada. Da mesma forma, para medir a tensão de uma rede elétrica de 220 volts (use AC, pois trata-se de tensão alternada), não escolha a escala de 200 volts, pois a máxima tensão medida será de 199,99 volts. Escolha então a escala de 2.000 volts ou outra para tensões elevadas. Como regra geral, sempre que a leitura indicada tem valor máximo ou outra indicação que esteja fora da escala, devemos utilizar uma escala maior. Quando não temos idéia aproximada da tensão que vamos medir, devemos começar com a escala de maior valor possível, pois se medirmos uma tensão muito elevada usando uma escala baixa, podemos danificar o aparelho.

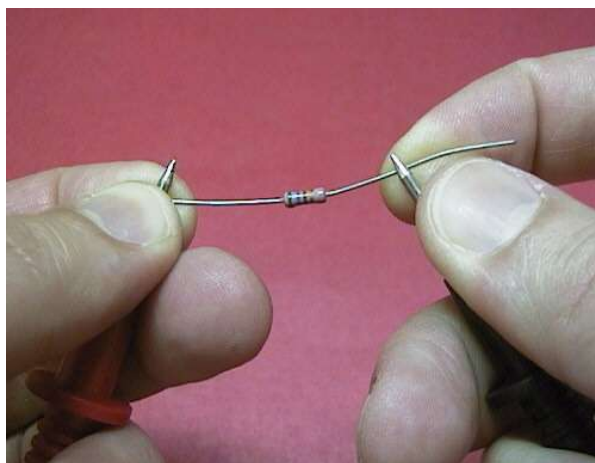
**FIGURA 3.7**

Medição de voltagem.

Para medir a tensão entre dois pontos, selecione a escala e encoste as pontas de prova nos terminais nos quais a tensão deve ser medida (figura 7). Muitas vezes queremos fazer medidas de tensão relativas ao terra (o terminal “negativo” da fonte de alimentação). Você pode então fixar a ponta de prova preta em um ponto ligado ao terra (por exemplo, os fios pretos do conector de alimentação da placa de CPU) e usar a outra ponta de prova para medir a tensão no ponto desejado.

A medição de resistência também possui várias escalas, e você deve escolher uma escala que comporte a medida a ser realizada. Se você não tem idéia da escala a ser usada, escolha a maior delas. Por exemplo, se medir um resistor de cerca de 150 ohms em uma escala de 20.000, será apresentado o valor 150. Se quiser maior precisão pode usar escalas menores. Por exemplo, na escala de 2000 ohms, o valor medido poderá ser 150,3 e na escala de 200 poderá ser 150,37.

Note que não podemos medir o valor de um resistor quando ele está em um circuito. O valor medido será influenciado pelos demais componentes do circuito ligados ao resistor. A medida correta é feita quando o resistor está desacoplado do circuito, como mostra a figura 8.

**FIGURA 3.8**

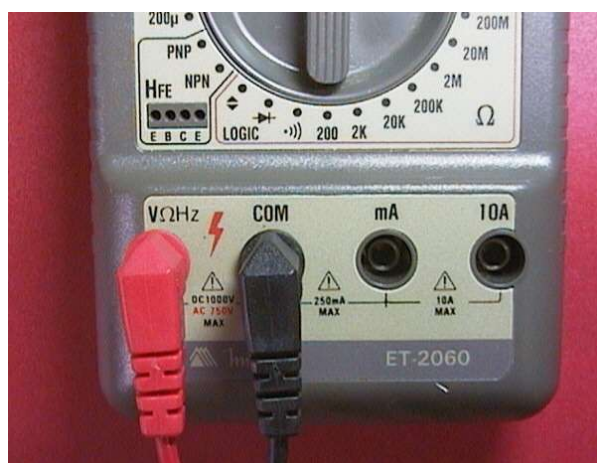
Medindo o valor de um resistor.

Cuidado: para resistores com valores acima de 10k ohms, é recomendável não tocar as mãos nas pontas de prova do multímetro, pois a resistência do corpo humano provocará erro na medida.

Podemos usar o multímetro na escala de resistência para verificar se um cabo está partido ou se um fusível está queimado. Quando um fio ou fusível está em perfeitas condições, sua resistência é bem baixa, em geral inferior a 1 ohm. Colocamos então o multímetro na escala mais baixa de resistência e fazemos a medida. Quando o cabo está partido ou o fusível está queimado, a resistência é muito alta, e quando está bom é baixa. Note que para fazer essas medidas é preciso que o circuito esteja desligado.

Muitos multímetros possuem ao lado da escala de resistência, uma escala que emite um beep através de um pequeno alto falante em caso de resistência baixa. Desta forma é possível medir as ligações sem ter que olhar para o display do multímetro. Prestamos atenção apenas nas conexões que estão sendo medidas e no som emitido. Na gíria de eletrônica isto é chamado de “bipar o circuito”.

A medição de corrente é feita de forma um pouco diferente. Precisamos escolher a escala mais adequada, assim como nas medidas de tensão e resistência, mas as pontas de prova devem ser colocadas em série com o fio por onde passa a corrente a ser medida. Em muitos casos é preciso cortar e desencapar o fio para fazer a medida, e soldar e isolar o corte posteriormente. Como é uma operação trabalhosa, devemos fazê-la apenas em caso de necessidade.

**FIGURA 3.9**

Os multímetros possuem entradas adicionais para medir altas tensões e altas correntes.

O deste exemplo possui uma entrada para medir volts, ohms e Hertz (este mede também frequência), uma outra entrada para medir miliampères e outra para correntes de até 10 ampères. Alguns multímetros podem ainda medir transistores para verificar se estão bons ou queimados.

Tome cuidado, pois a ponta de prova vermelha poderá precisar ser colocada em outras entradas, dependendo da grandeza a ser medida. Em geral os multímetros possuem entradas adicionais para medir altas voltagens e altas correntes. Certos modelos possuem uma entrada independente para medição de corrente (figura 9).

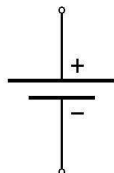
Alguns componentes eletrônicos

Vamos agora apresentar alguns componentes eletrônicos e suas propriedades elétricas. Não serão conhecimentos suficientes para você projetar e consertar circuitos complexos, como monitores e fontes, mas darão uma boa noção sobre o que você irá encontrar.

Bateria e fonte de alimentação

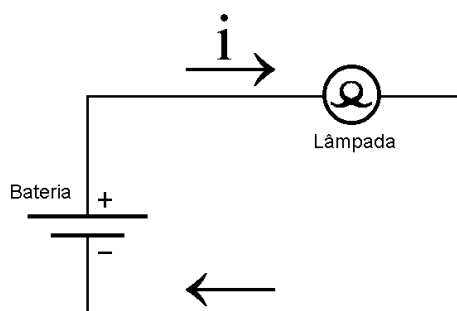
Nenhum circuito elétrico ou eletrônico pode funcionar sem um gerador de corrente elétrica. Os geradores nada mais são que baterias, pilhas ou fontes de alimentação. Possuem dois terminais, sendo um positivo e um negativo. O

terminal positivo é aquele por onde “sai” a corrente, e o negativo é aquele por onde “entra” a corrente.

**FIGURA 3.10**

Baterias e o seu símbolo.

A figura 11 mostra o diagrama de um circuito de uma lanterna, no qual temos uma lâmpada alimentada por uma bateria. A corrente elétrica sai do terminal positivo da bateria e trafega através do fio. Chegando à lâmpada, a energia elétrica é transformada em energia luminosa e calor. Depois de atravessar a lâmpada, a corrente retorna à bateria através do seu terminal negativo. Uma bateria é na verdade um dispositivo que empurra a corrente elétrica através dos fios ligados aos seus terminais.



*** 35% ***

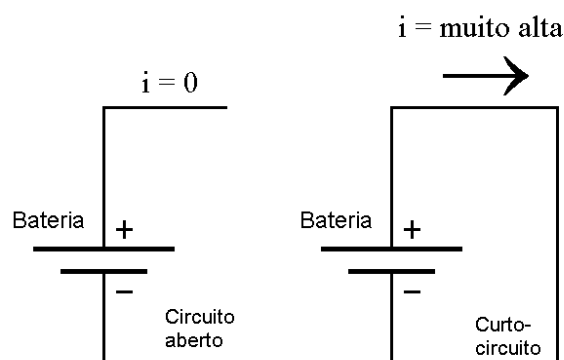
FIGURA 3.11

Esquema elétrico de uma lanterna. A letra “i” é usada para designar a corrente elétrica.

Toda bateria tem uma voltagem especificada. As pilhas, por exemplo, têm 1,5 volts. Também são bastante populares as baterias de 9 volts. Hoje em dia encontramos vários tipos de bateria com diversas voltagens, inclusive recarregáveis. É o caso das baterias de telefones celulares.

Em operação normal, uma bateria deve ter circuitos ligados aos seus terminais. A corrente elétrica faz com que esses circuitos funcionem. Por exemplo, se o circuito consistir em uma simples lâmpada, o funcionamento é caracterizado pelo acendimento desta lâmpada. É o que chamamos de circuito fechado. Uma bateria pode também estar desligada. Neste caso, existe tensão entre seus terminais, porém não existe corrente. A bateria não está portanto fornecendo energia elétrica ao circuito. É o que ocorre quando temos uma bateria isolada, fora do circuito, ou então quando o interruptor (ou chave) está desligado. Chamamos esta situação de circuito aberto.

Uma situação anormal é o chamado curto-circuito. Temos um fio ligando diretamente os dois terminais da bateria. A corrente atravessa o fio, porém como não existe circuito para alimentar, esta corrente tem enorme facilidade para trafegar. Isto faz a corrente atingir um valor altíssimo, e gerando muito aquecimento. O fio pode até mesmo derreter e pegar fogo, a bateria pode esquentar até ser danificada. Para proteger equipamentos de curto-circuitos acidentais, usamos fusíveis. Se você ligar os dois terminais de uma pilha através de um fio, o curto circuito não será muito perigoso, mas se ligar os dois terminais de uma tomada elétrica, pode até provocar um incêndio.



*** 35% ***
FIGURA 3.12

Circuito aberto e curto circuito. Em um circuito aberto, a corrente é sempre zero. No curto circuito, a corrente pode ser, do ponto de vista matemático, infinita. Na prática isto não ocorre, mas a corrente tende a apresentar um valor bastante elevado e perigoso.

A figura 12 mostra as características de uma bateria em aberto e outra em curto. Na bateria em aberto, a tensão entre os terminais é igual à tensão da bateria (vamos chamá-la de V_0), e a corrente vale 0. Quando a bateria está em curto, a tensão entre os terminais vale 0, e a corrente assume um valor elevadíssimo. Usando componentes teóricos, a corrente tenderia a ser infinita. Na prática isto não ocorre, mas atinge um valor alto, dependendo das características da bateria.

A fonte de alimentação é um circuito que tem a mesma função de uma bateria. Ela recebe a tensão da rede elétrica e realiza várias operações: redução, retificação, filtragem e regulação. O resultado é uma tensão contínua, semelhante à fornecida por baterias. Mais adiante neste capítulo mostraremos como uma fonte de alimentação realiza este processo.

Resistor

Este é o mais básico componente eletrônico. Muitos o chamam erradamente de resistência. Seu nome certo é resistor, e a resistência é a sua característica elétrica. Ainda assim o público leigo usa termos como “a resistência do chuveiro elétrico”, “resistência do aquecedor”, “resistência do ferro de passar”, “resistência da torradeira”. Esses dispositivos são resistores formados por fios metálicos com resistência baixa. Ao serem ligados em uma tensão elétrica, são atravessados por uma elevada corrente, resultando em grande dissipação de calor. Note que nas resistências desses aparelhos, o objetivo principal é a geração de calor. Já nos circuitos eletrônicos, suas funções são outras, e não gerar calor. Os resistores usados nesses circuitos devem ter valores tais que possam fazer o seu trabalho com a menor geração de calor possível.

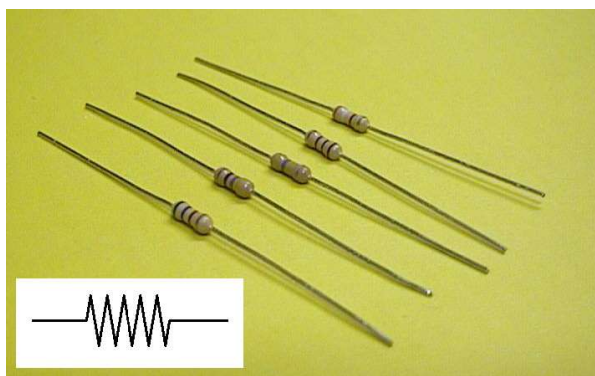


FIGURA 3.13

Resistores e o seu símbolo.

Os resistores usados nos circuitos eletrônicos são de vários tipos e tamanhos. Seus dois parâmetros elétricos importantes são a resistência e a potência. Resistores que irão dissipar muita potência elétrica são de maior tamanho, e vice-versa. Os mostrados na figura 13 são de 1/8 W. Existem resistores de 1/4W, 1/2W, 1W, 2W, 5W, 10W e valores ainda mais elevados. A figura 13 mostra também o símbolo usado para representar o resistor quando desenhamos um diagrama elétrico.

Todo resitor tem um valor, que é a chamada resistência. A unidade usada para medir a resistência é o ohm, cujo símbolo é Ω . A voltagem gerada por uma bateria tem seu valor dado em volts, cujo símbolo é V. A unidade usada para medir a corrente elétrica é o ampère, cujo símbolo é A.

Existe uma relação direta entre a tensão aplicada sobre um resistor, a corrente que o atravessa e o valor da sua resistência. Esta relação é a chamada lei de Ohm. Ela diz que se um resitor de valor R é ligado a uma tensão V, sua corrente i é dada por:

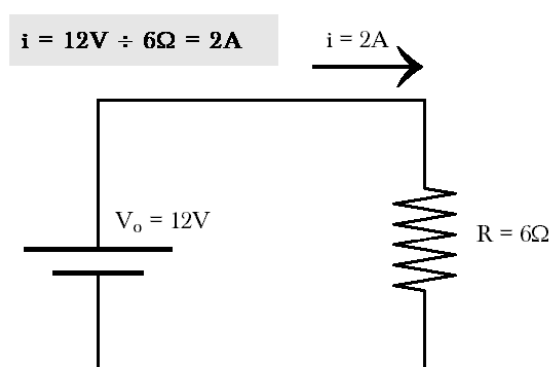
$$i = V/R$$

é o mesmo que escrever:

$$V = R \cdot i$$

Por exemplo, na figura 14 ligamos uma bateria de 12 V em um resistor de 6Ω . De acordo com a lei de ohm, a corrente que atravessará o resistor será de:

$$i = 12V \div 6\Omega = 2A$$



*** 35% ***
FIGURA 3.14

Relação entre corrente, tensão e resistência.

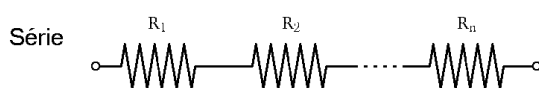
Eventualmente podemos encontrar em circuitos, resistores ligados uns aos outros. Dizemos que os resistores estão associados. As duas principais formas de associação de resistores são as do tipo série e paralela. Ambas são mostradas na figura 15. Quando dois resistores estão em série, a resistência total é igual à soma das resistências de cada resistor. Portanto é calculada pela fórmula:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Quando os resistores estão associados em paralelo, a fórmula da resistência equivalente é:

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$$

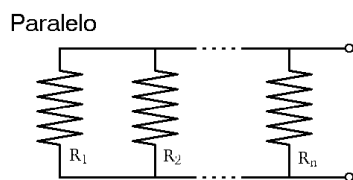
Ou seja, o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências individuais.



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

FIGURA 3.15

Associações de resistores.



$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$$

Outra grandeza elétrica importante é a potência. Ela representa a quantidade de energia elétrica que está sendo consumida por um resistor quando é percorrido por uma corrente, e é medida em watts, cujo símbolo é W. Quando um resistor R é ligado a uma tensão V e percorrido por uma corrente i, a potência elétrica P pode ser calculada de várias formas equivalentes:

$$P = V \cdot i$$

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

$$P = V^2/R$$

Por exemplo, um resistor de 6Ω ligado a uma fonte de 12 V dissipa uma potência de:

$$P = 12^2 / 6 = 144/6 = 24 \text{ watts}$$

É quantidade de calor suficiente para causar uma boa queimadura ao tocarmos neste resistor. Ao contrário do que ocorre na física do segundo grau, não usamos na prática resistores de valores tão baixos, nem operamos com correntes tão elevadas, pelo menos na maioria dos casos. Os resistores em usados em eletrônica apresentam em geral resistências da ordem de milhares de ohms, e as correntes elétricas normalmente assumem valores da ordem de milésimos de Ampères. Por isso usamos em eletrônica as unidades $k\Omega$ e mA para medir resistência e corrente. As fórmulas continuam válidas, apenas utilizamos medidas diferentes para resistência e corrente. Por exemplo, um resistor de $6 k\Omega$ ligado em uma fonte de 12 V será percorrido por uma corrente de:

$$i = V/R = 12 / 6 = 2 \text{ mA}.$$

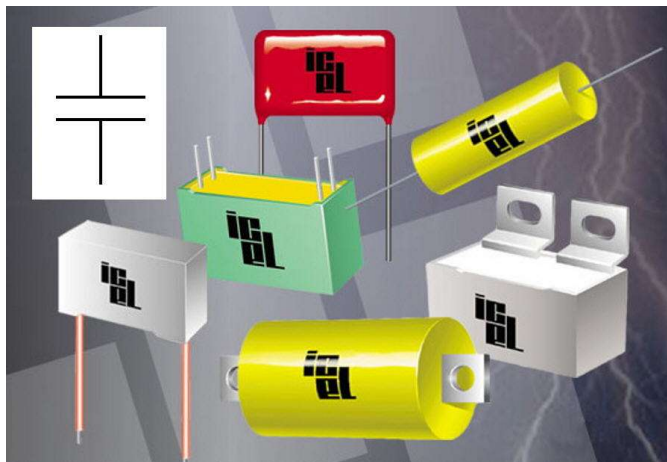
A potência elétrica neste caso é dada em miliwatts (milésimos de Watt), cujo símbolo é mW:

$$P = V^2/R = 12^2 / 6 = 24 \text{ mW}.$$

Esta potência é tão pequena que praticamente não percebemos que o resistor está quente. Gerar calor não é o objetivo dos circuitos eletrônicos, portanto devemos utilizar resistores com os maiores valores possíveis, desde que em condições de manter em funcionamento correto os demais componentes.

Capacitor

O capacitor é um componente eletrônico capaz de armazenar e fornecer cargas elétricas. Ele é formado por duas placas paralelas, separadas por um material isolante, chamado dielétrico. Quando o ligamos a uma tensão fixa, momentaneamente passa por ele uma pequena corrente, até que suas placas paralelas fiquem carregadas. Uma fica com cargas negativas (elétrons) e outra com cargas positivas (falta de elétrons).

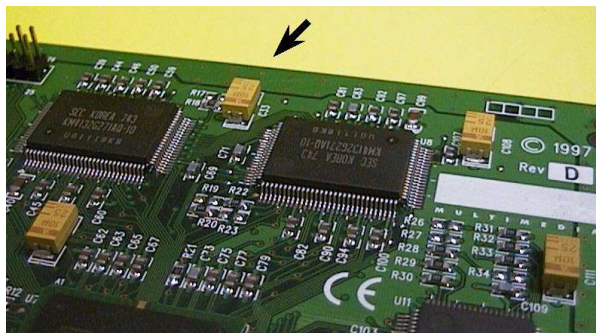
**FIGURA 3.16**

Capacitores e seu símbolo.

Existem vários tipos de capacitores, e as principais diferenças estão nos valores e nas tensões elétricas suportadas. Um capacitor que vai ser ligado a uma tensão de 50 volts deve ser maior que outro de mesmo valor mas que vai ser ligado a uma tensão de apenas 10 volts. Um capacitor sofre ruptura do dielétrico quando é ligado a uma tensão mais elevada que a especificada. Em outras palavras, ele explode!

O valor de um capacitor é chamado de capacitância. A grandeza usada para medi-la é o faraday, cujo símbolo é F. O faraday é uma unidade muito grande para medir os capacitores da vida real. Um capacitor de 1F seria imenso. Encontramos na prática capacitores medindo algo da ordem de milésimos ou milionésimos do faraday. Por isso é mais comum usar o microfaraday (μF) para medir os capacitores. Um capacitor de $4700\ \mu\text{F}$, por exemplo, é considerado de tamanho relativamente grande para um circuito eletrônico. Ainda assim existem os chamados supercapacitores, que possuem capacitâncias da ordem de alguns faradays, entretanto não são empregados em circuitos eletrônicos devido ao seu grande tamanho.

Os capacitores têm várias aplicações nos circuitos eletrônicos. Um das principais é a filtragem. Eles podem acumular uma razoável quantidade de cargas quando estão ligados a uma tensão. Quando esta tensão é desligada, o capacitor é capaz de continuar fornecendo esta mesma tensão durante um pequeno período de tempo, funcionando portanto como uma espécie de bateria de curta duração.

**FIGURA 3.17**

Capacitores de desacoplamento, um ao lado de cada chip.

Em qualquer placa de circuito, encontramos pequenos capacitores ao lado de cada chip. São chamados de capacitores de desacoplamento (figura 17). Uma das características elétricas dos chips é que de um instante para outro podem aumentar substancialmente a quantidade de corrente consumida. A fonte de alimentação nem sempre tem condições de responder ao fornecimento de corrente com a rapidez necessária (em geral em bilionésimos de segundo), e o resultado é uma pequena queda de tensão próxima ao chip que está solicitando este aumento de corrente. O capacitor de desacoplamento tem condições de fornecer rapidamente a corrente elevada que o chip exige, dando tempo à fonte para se adaptar ao novo patamar de corrente. Os capacitores de desacoplamento funcionam portanto como pequenas baterias auxiliares, ajudando a fonte de alimentação no fornecimento de corrente para os chips.

Um capacitor não precisa necessariamente ter placas paralelas e um dielétrico. Qualquer objeto possui uma capacitância. O corpo humano, por exemplo, pode funcionar como um capacitor de baixo valor, mas ainda assim capaz de armazenar cargas elétricas. É o que chamamos de eletricidade estática.

Capacitores também têm grandes aplicações em circuitos de rádio. Eles não permitem a passagem da corrente contínua, já que seu dielétrico é um isolante, mas permitem a passagem de tensões alternadas. Como a corrente alternada trafega ora no sentido direto, ora no sentido inverso, um capacitor pode ora se carregar positivamente, ora negativamente, deixando que a corrente alternada o “atravesse”. Quanto mais alta é a frequência da corrente alternada, mais facilmente ela atravessa o capacitor. Eles podem assim ser usados como filtros, barrando as frequências baixas e deixando passar as frequências altas.

Quando são necessárias capacitâncias elevadas, são utilizados capacitores eletrolíticos de alumínio ou tântalo. Os capacitores eletrolíticos de alumínio são muito usados em fontes de alimentação, em circuitos de som, rádio e TV, e até em placas de computador. Entretanto para as placas de computador é mais recomendável usar os capacitores de tântalo. Eles são mais caros, porém são mais duráveis e de menor tamanho. São muito usados em discos rígidos e telefones celulares, mas também os encontramos sendo usados como capacitores de desacoplamento do processador, nas placas de CPU. Infelizmente para economizar, muitos fabricantes de placas de CPU usam capacitores eletrolíticos de alumínio, ao invés de tântalo. Isso poderia ser aceitável, se levassem em conta a vida útil do capacitor. Existem capacitores eletrolíticos com duração de 10.000 horas, outros com 5.000 horas, outros com apenas 1.000 horas, que são mais baratos. Placas de CPU de baixo custo e baixa qualidade usam muitos componentes inadequados, sobretudo capacitores de baixa qualidade. Placas de CPU feitas por fabricantes comprometidos com a qualidade utilizam capacitores de tântalo ou então eletrolíticos de alumínio de longa duração.

Bobina

A bobina é um componente elétrico construído por um fio enrolado em várias voltas. Seu valor é a indutância, e a unidade de medida é o henry (H). Esta unidade é muito elevada para medir as bobinas da vida real, portanto são mais utilizados o milihenry (mH) e o microhenry (μH).

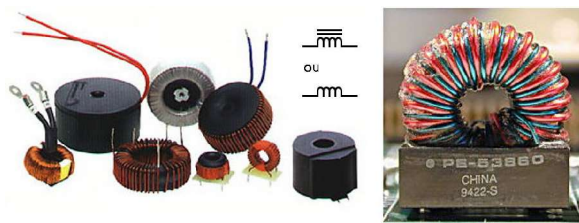


FIGURA 3.18

Bobinas e seus símbolos

A bobina é atravessada facilmente pela corrente contínua. Corrente alternada de baixa frequência também tem facilidade para atravessar uma bobina, mas quanto maior é a frequência, maior é a dificuldade. Esta característica é inversa à do capacitor. Por isso, associações de capacitores e bobinas são usados para formar filtros de vários tipos, como por exemplo, os sintonizadores. Quando giramos o botão sintonizador de estações de um rádio (DIAL), estamos na verdade atuando sobre um capacitor variável, associado a uma bobina, selecionando a frequência desejada.

Transformador

Quando duas bobinas são enroladas sobre o mesmo núcleo, temos um componente derivado, chamado transformador. Cada uma das bobinas é chamada de enrolamento. Quando aplicamos uma tensão no primeiro enrolamento (chamado de primário), podemos retirar uma outra tensão, sendo gerada pelo segundo enrolamento (secundário). Isto pode ser usado para aumentar ou reduzir a tensão. Em uma fonte de alimentação convencional (não chaveada), o primeiro circuito é um transformador, que recebe a tensão da rede elétrica (110 ou 220 volts) e gera no secundário uma outra tensão alternada, porém de menor valor.

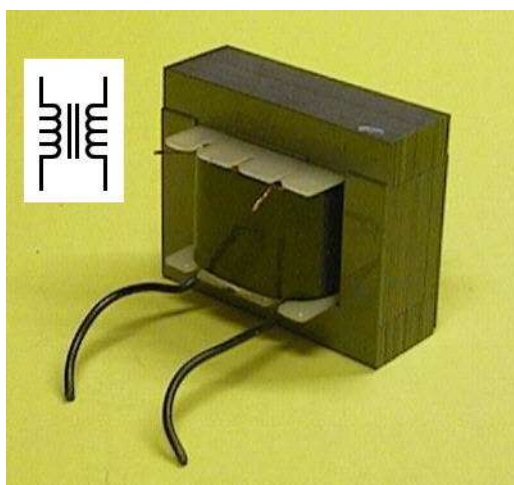
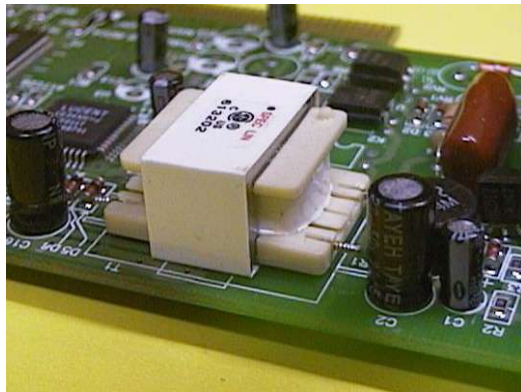


FIGURA 3.19

Transformador e seu símbolo

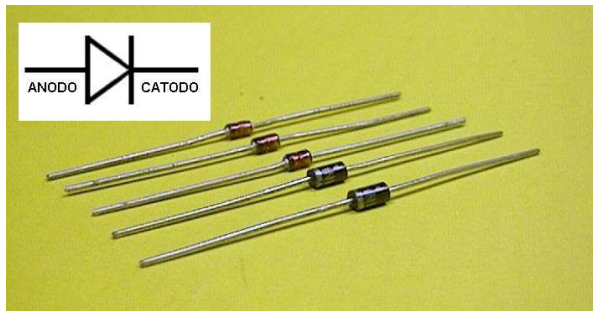
Os transformadores têm muitas outras aplicações. São usados por exemplo como isoladores da linha telefônica em modems. Eles protegem (até certo ponto) o modem de eventuais sobretensões na linha telefônica. Pelo fato de terem uma indutância, eles também atuam como filtros de ruídos.

**FIGURA 3.20**

Transformador usado em um modem.

Diodo

O diodo é um componente classificado como semicondutor. Ele é feito dos mesmos materiais que formam os transistores e chips. Este material é baseado no silício. Ao silício são adicionadas substâncias chamadas genericamente de dopagem ou impurezas. Temos assim trechos tipo N e tipo P. A diferença entre os dois tipos está na forma como os elétrons são conduzidos. Sem entrar em detalhes sobre microeletrônica, o importante aqui é saber que quando temos uma junção PN, a corrente elétrica trafega com facilidade do trecho P para o trecho N, mas não consegue trafegar no sentido inverso. O diodo possui seus dois terminais ligados às partes de uma junção PN. A parte ligada ao P é chamada de anodo, e a parte ligada ao N é chamada de catodo. A corrente elétrica trafega livremente no sentido do anodo para o catodo, mas não pode trafegar no sentido inverso.

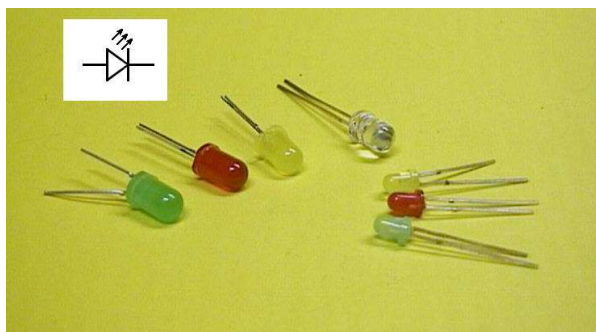
**FIGURA 3.21**

Diodos e seu símbolo.

Por causa desta característica, os diodos são usados, entre outras aplicações, como retificadores. Eles atuam no processo de transformação de corrente alternada em corrente contínua.

LED

O LED é um tipo especial de diodo que tem a capacidade de emitir luz quando é atravessado por uma corrente elétrica. Como todo diodo, o LED (Light Emitting Diode) permite a passagem de corrente (quando acende) no sentido direto, do anodo para o catodo. No sentido inverso, a corrente não o atravessa, e a luz não é emitida.

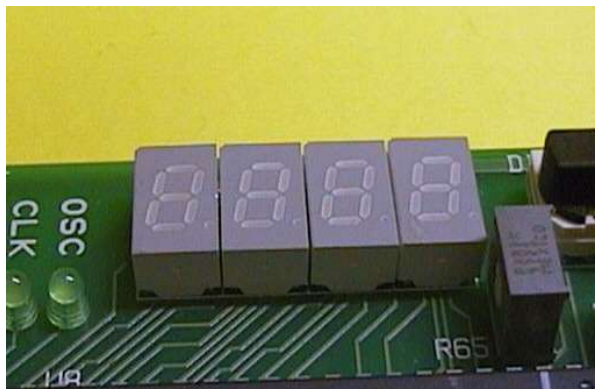
**FIGURA 3.22**

LEDs e seu símbolo.

Existem LEDs que emitem luz vermelha, verde, amarela e azul. Existem LEDs que emitem luz infravermelha, usados em sistemas de alarmes. Existem ainda os que emitem luz vermelha ou verde, dependendo do sentido da corrente. São na verdade dois LEDs, um vermelho e um verde, ambos montados sobre a mesma base, e ligados em paralelo, um no sentido direto e outro no inverso. Este tipo de LED é usado, por exemplo, em gravadores de CD-ROM. Quando estão lendo, emitem luz verde ou amarela. Quando estão gravando, emitem luz vermelha.

Display numérico

A luz emitida por um LED parte de um pequeno ponto luminoso, onde está a junção PN. Graças ao um difusor ótico, que é uma semi-esfera, temos a sensação de que a luz sai de todo o LED, e não apenas da junção PN. Podemos ter difusores de vários formatos, inclusive retangulares. O display digital com LEDs é um conjunto com 7 LEDs, cada um deles com um difusor retangular. Muitas vezes existe um oitavo LED que indica o ponto decimal. Cada um dos segmentos do display pode ser aceso ou apagado individualmente, e dependendo da combinação, diferentes números são formados.

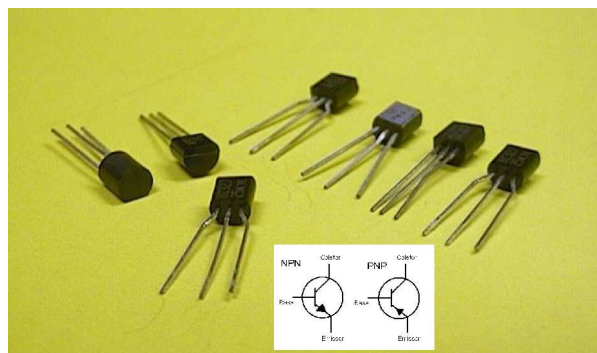
**FIGURA 3.23**

Display digital formado por LEDs. Este possui 4 dígitos.

Uma das características do display digital formado por LEDs é sua alta luminosidade. Em aplicações em que são usadas pilhas ou baterias, este tipo de display tem um problema: o consumo de corrente é relativamente elevado para a bateria. Mais eficiente é o display de cristal líquido, que não é luminoso, mas seu consumo de corrente é muito menor. As calculadoras e relógios digitais dos anos 70 usavam displays com LEDs. As pilhas das calculadoras ficavam logo gastas. Os relógios ficavam apagados, e era preciso pressionar um botão lateral para acender o display e ver as horas. Já nos anos 80, os displays de cristal líquido passaram a ser mais comuns em calculadoras, relógios e em outros aparelhos alimentados por baterias.

Transistor

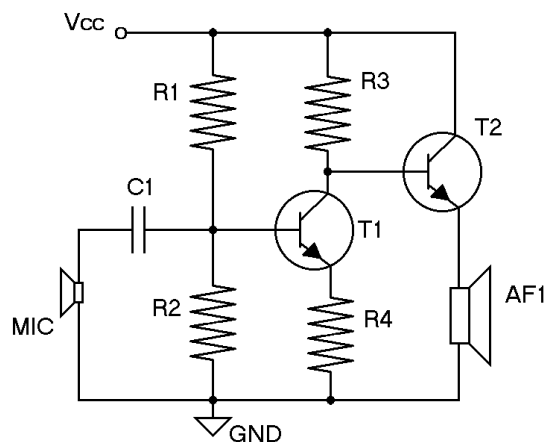
Este é sem dúvida o mais importante componente eletrônico já criado. Ele deu origem aos chips que temos hoje nos computadores. Um processador, por exemplo, tem no seu interior, vários milhões de microscópicos transistores. Inventado nos laboratórios Bell nos anos 40, o transistor é um substituto das velhas válvulas eletrônicas, com grandes vantagens: tamanho minúsculo e pequeno consumo de energia. A figura 24 mostra alguns transistores e seu símbolo eletrônico. Note que existem vários tipos de transistores. Quanto ao sentido da corrente elétrica, os transistores são classificados como NPN e PNP, ambos mostrados na figura 24.

**FIGURA 3.24**

Transistores e seus símbolos

Os transistores realizam inúmeras funções, sendo que as mais importantes são como amplificadores de tensão e amplificadores de corrente. Por exemplo, o sinal elétrico gerado por um microfone é tão fraco que não tem condições de gerar som quando é aplicado a um alto falante. Usamos então um transistor para elevar a tensão do sinal sonoro, de alguns milésimos de volts até alguns volts. Seria tensão suficiente para alimentar um alto falante, mas ainda sem condições de fornecer a potência adequada (a tensão está correta mas a corrente é baixa). Usamos então um segundo transistor atuando como amplificador de corrente. Teremos então a tensão igual à gerada pelo primeiro transistor, mas com maior capacidade de fornecer corrente.

Os aumentos de tensão e de corrente são no fundo, aumentos de energia. Esta energia não é gerada a partir do nada. O transistor retira a energia necessária a partir de uma bateria ou fonte de alimentação. A figura 25 mostra o diagrama do circuito simples, com dois transistores, para amplificar o sinal gerado por um microfone para que seja aplicado em um alto falante. Note que os transistores não trabalham sozinhos. Eles precisam ser acompanhados de resistores, capacitores, e dependendo do circuito, outros componentes, para realizar suas funções.

**FIGURA 3.25**

Amplificador transistorizado.

MIC = Microfone

AF1 = Alto falante

VCC = Terminal positivo da bateria que alimenta o circuito

GND = Terra, ou terminal negativo da bateria.

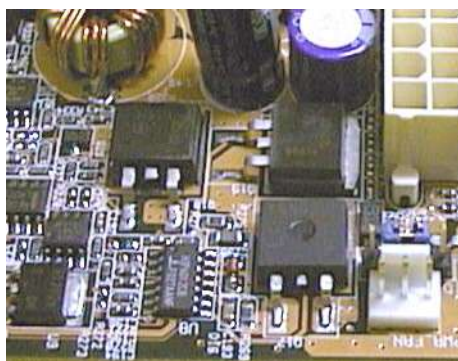
Existem transistores de baixa, média e alta potência. Quanto maior é a potência, maior é o seu tamanho. Os transistores de alta potência em geral precisam ser montados sobre dissipadores de calor (coolers). Existem transistores especializados em operar com frequências de áudio e outros especializados em altas frequências, usados em circuitos de rádio e TV. Existem transistores especializados em chaveamento, indicados para operar em circuitos digitais. Existem fototransistores, que amplificam o sinal gerado pelo seu sensor ótico. Enfim, existem milhares de tipos de transistores, para as mais variadas aplicações.

Regulador de voltagem

Todos os circuitos eletrônicos necessitam, para que funcionem corretamente, do fornecimento de corrente vinda de uma bateria ou fonte de alimentação com valor constante. Por exemplo, se um circuito foi projetado para funcionar com 5 volts, talvez possa funcionar com tensões um pouco maiores ou um pouco menores, como 5,5 V ou 4,5 V, mas provavelmente não funcionará corretamente com valores muito mais altos ou muito mais baixos, como 6 V ou 4 V. Uma fonte de alimentação precisa portanto gerar uma tensão constante, independente de flutuações na rede elétrica e independente da quantidade de corrente que os circuitos exigem. Por isso todas as fontes de boa qualidade utilizam circuitos reguladores de voltagem.

É possível criar um regulador de voltagem utilizando alguns transistores, resistores e um componente especial chamado diodo Zener, capaz de gerar uma tensão fixa de referência a ser “imitada” pela fonte. Os fabricantes construíram esses circuitos de forma integrada, semelhante a um chip, usando uma única base de silício. Os reguladores mais simples têm um

encapsulamento parecido com o de um transistor de potência, com três terminais. Um dos terminais é o terra, que deve ser ligado ao terminal negativo da fonte. O outro terminal é a entrada, onde deve ser aplicada a tensão bruta, não regulada. O terceiro terminal é a saída, por onde é fornecida a tensão regulada. A tensão de entrada deve ser superior à tensão que vai ser gerada. O regulador “corta” uma parte desta tensão de modo a manter na saída uma tensão fixa. Por exemplo, para alimentar um regulador de +5 Volts, podemos aplicar na entrada uma tensão não regulada de +8 Volts, podendo variar entre +6 e +10. A saída fornecerá +5 V, e o restante será desprezado.

**FIGURA 3.26**

Reguladores de voltagem em uma placa de CPU.

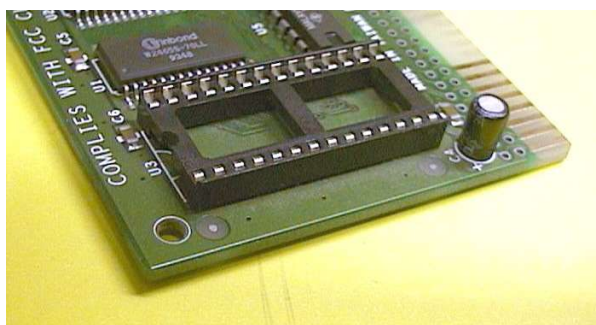
Muitos reguladores produzem tensões fixas, mas existem modelos que podem ser ligados a uma tensão de referência que pode ser programada. Nas placas de CPU existe um circuito responsável por gerar as tensões exigidas pelo processador. A maioria dos processadores modernos requer uma fonte de +3,3 V para operações externas, e uma fonte de valor menor para as operações internas. Dependendo do processador, esta tensão pode ser de +1,3 V, +1,6V, +1,7V, +2,1V ou praticamente qualquer valor entre 1 V e 3,5 V. Nos processadores mais novos, esses valores tendem a ser menores, em geral inferiores a 2 V. O circuito gerador de voltagem da placa de CPU toma como base a tensão de +3,3 V fornecida pela fonte de alimentação do computador, e em função do valor indicado pelo processador, gera a tensão necessária. Trata-se de um regulador de tensão variável e programável.

Soquetes

A maioria dos componentes eletrônicos são soldados nas suas placas. Outros componentes precisam ser removidos periodicamente para substituição ou manutenção. Por exemplo, uma lâmpada não é aparafusada ou soldada diretamente aos fios da rede elétrica. Ela é presa através de um bocal, e este sim é aparafusado aos fios. O bocal é na verdade um soquete para a

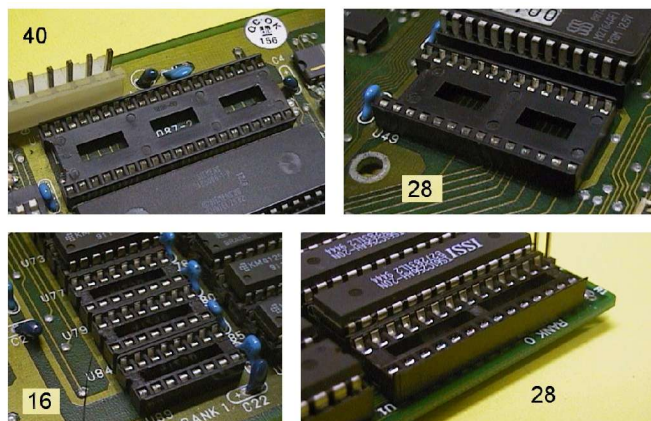
lâmpada, tanto que em inglês, é usado o termo socket para designar o bocal de uma lâmpada.

Da mesma forma, certos componentes eletrônicos podem precisar ser removidos, trocados ou instalados. É o caso dos processadores, memórias e alguns chips. Para isso esses chips são encaixados sobre soquetes. Os soquetes sim, são soldados nas placas de circuito, e sobre eles encaixamos os chips.

**FIGURA 3.27**

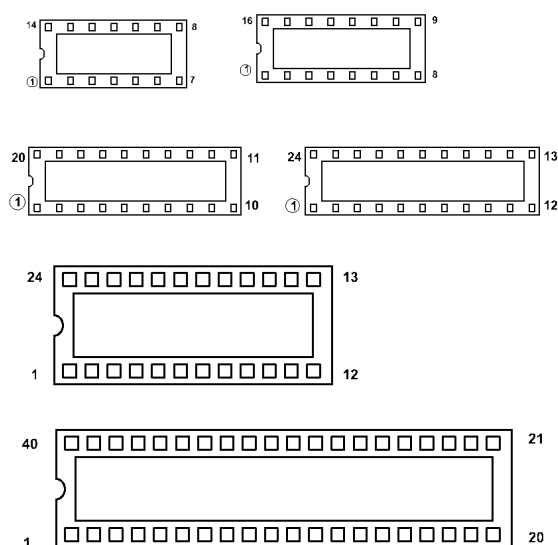
Soquete DIP.

O tipo mais simples é o chamado de soquete DIP (dual in-line package). Ele é apropriado para chips que também usam o encapsulamento DIP. Existem soquetes DIP de vários tamanhos, com diferentes números de terminais (ou pinos). Podemos encontrar soquetes DIP com 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28 pinos, e assim por diante. Em geral soquetes com mais de 32 pinos são mais largos que os com menos pinos. Na própria figura 28 vemos duas versões de soquetes de 28 pinos, sendo um largo e um estreito.

**FIGURA 3.28**

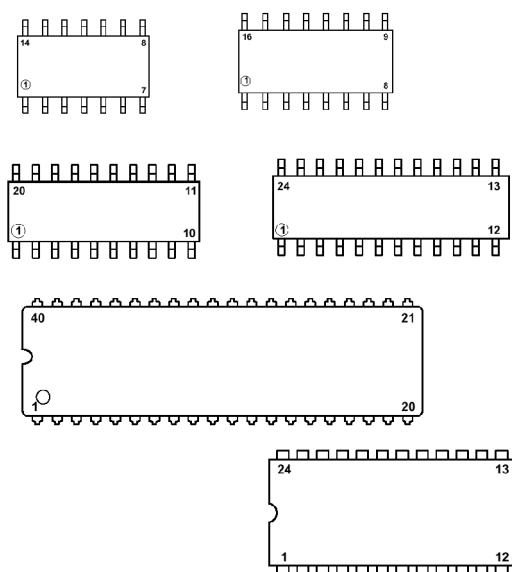
Soquetes de vários tamanhos.

Todos os pinos dos soquetes são numerados, porém esta numeração não está indicada, mas fica implícita. Para saber o número de qualquer pino, basta localizar a posição do pino 1. Tanto os soquetes quanto os chips de encapsulamento DIP possuem uma extremidade diferente da outra, com um chanfro ou algum tipo de marcação. Muitas vezes esta marcação está desenhada na placa (os desenhos na placa são chamados de serigrafia). Quando olhamos um soquete de tal forma que o chanfro ou marcação fique orientada para a esquerda, o pino 1 é o primeiro na parte inferior (veja a figura 29). Os demais pinos seguem a seqüência, até a outra extremidade. No outro lado da mesma extremidade a seqüência continua, até o último pino do soquete, que fica na mesma extremidade que o pino 1.

**FIGURA 3.29**

Numeração de alguns soquetes DIP.

Quando vamos encaixar um chip em um soquete, temos que prestar atenção na orientação correta. O pino 1 do chip deve corresponder ao pino 1 do soquete. Se o encaixe for feito de forma invertida ou deslocada, o chip provavelmente queimará, e o mesmo pode ocorrer com a placa. Os chips também possuem um chanfro ou um ponto circular em baixo relevo para indicar a posição do pino 1, e a seqüência é a mesma do soquete (figura 30).

**FIGURA 3.30**

Posição do pino 1 nos chips.

Os soquetes mais sofisticados são os dos processadores. Possuem mais de 300 pinos, alguns ultrapassando os 400. O número de pinos é tão grande que o encaixe se torna difícil. Cada pino requer uma pequena força para entrar sob pressão no furo correspondente do soquete, mas quando multiplicamos esta pequena força por 400, temos uma grande força. Como seria difícil encaixar e retirar o chip do soquete, foram adotados para esses casos os soquetes de força de inserção zero (Zero Insertion Force, ou ZIF). Eles possuem uma pequena alavanca lateral que ao ser aberta aumenta os furos onde os terminais (“perninhas”) do chip vão ser encaixados. O chip é posicionado com facilidade e então a alavanca é travada fazendo com que cada furo diminua e segure o terminal correspondente com boa pressão.



*** 100%

FIGURA
3.31

Encaixando um
processador em um
soquete ZIF.

Em todos os processadores modernos, existem mecanismos que impedem que o encaixe seja feito de forma invertida. Existem por exemplo, furos a

menos em um ou dois cantos do soquete, bem como pinos a menos em um ou dois cantos do processador, fazendo com que o encaixe só possa ocorrer na posição certa.

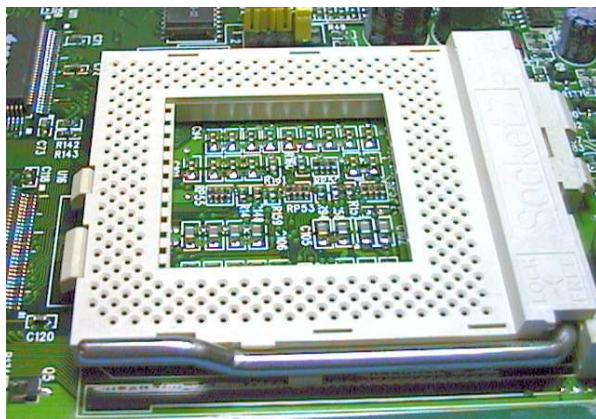


FIGURA 3.32

Furações diferentes no processador e no soquete ZIF impedem o encaixe invertido.

Devemos entretanto tomar cuidado com certos processadores antigos. Os processadores 486 e 586 não possuem diferenças entre as posições de encaixe, portanto um usuário distraído conseguirá fazer o encaixe de 4 formas diferentes, sendo uma correta e 3 erradas. As formas erradas causarão a queima do processador. Devemos portanto prestar atenção no chanfro existente no processador. Um dos seus cantos é diferente dos outros, e este deve corresponder ao pino 1 do soquete. O pino 1 do soquete, por sua vez, é aquele mais próximo da “dobradiça” da alavanca.

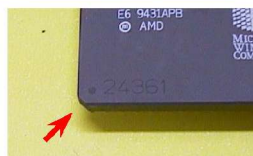
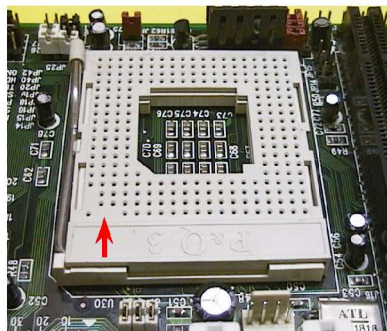
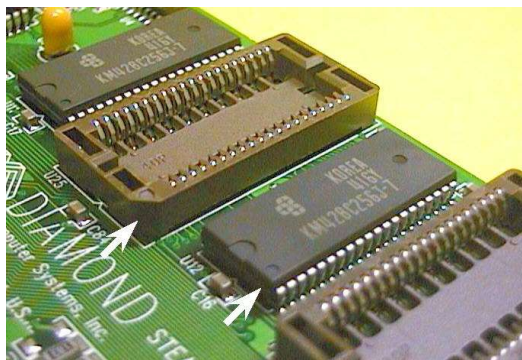


FIGURA 3.33

Orientação correta de processadores 486 e 586. As setas indicam a posição do pino 1.

De um modo geral, vários chips possuem pinos simétricos e por isso podem ser indevidamente encaixados de forma errada, causando sua queima. Ao

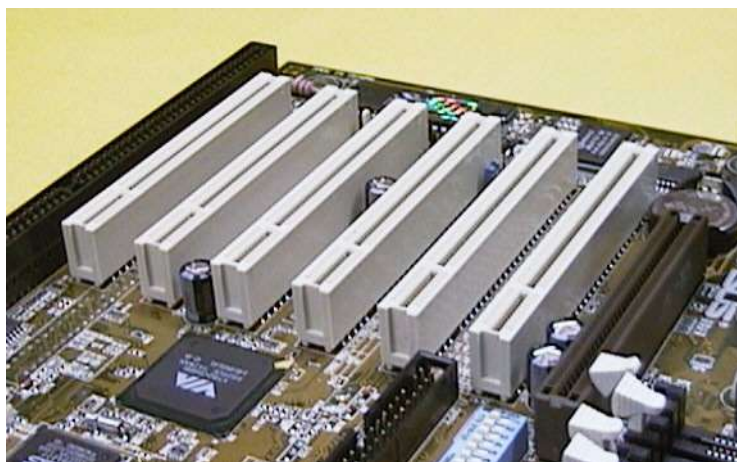
fazer o encaixe temos sempre que procurar uma indicação de pino 1 no soquete ou na serigrafia, e a indicação de pino 1 no chip. Esta indicação é sempre apresentada na forma de um canto diferente ou marcado com um ponto. Preste atenção também na posição do chanfro existente no chip.

**FIGURA 3.34**

Indicações de pino 1 em um chip e no seu soquete.

Slot

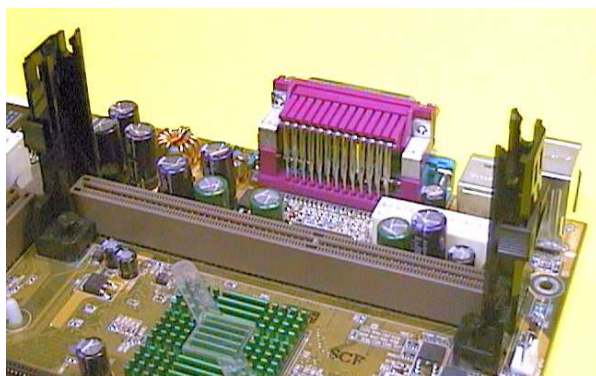
O slot é um tipo especial de soquete. A diferença é que normalmente são usados para o encaixe de placas, apesar de serem usados também para certos processadores. A figura 35 mostra alguns slots encontrados em placas de CPU.

**FIGURA 3.35**

Slots de uma placa de CPU.

Um slot é um conector plástico com uma, duas ou três fendas alinhadas, nas quais existem internamente, duas seqüências de contatos elétricos. A placa a ser conectada possui contatos em ambas as faces, que correspondem a contatos nessas duas fileiras do slot.

Entre 1997 e 2000, os principais processadores foram produzidos em versões para encaixe em slots. Eram os processadores Pentium II, bem como as primeiras versões dos processadores Celeron, Pentium III e Athlon. As placas de CPU correspondentes tinham slots próprios para o encaixe desses processadores. Este método de encaixe caiu em desuso, mas dependendo das características de futuros processadores, nada impede que venham a ser novamente adotados. O próprio processador Intel Itanium e seus sucessores serão produzidos inicialmente em versões de cartucho.

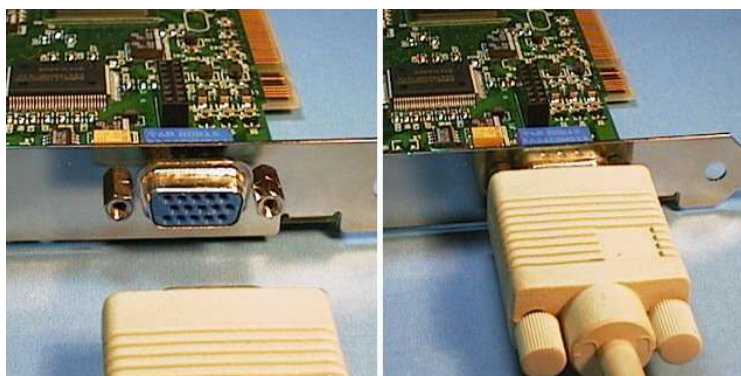
**FIGURA 3.36**

Slot para processador.

Normalmente os slots possuem dispositivos que impedem que seja feito o encaixe de forma invertida, ou que seja encaixada uma placa não compatível com o slot. Por exemplo, não conseguiremos instalar uma placa de vídeo AGP em um slot PCI pois a chapa traseira do gabinete do computador impedirá o posicionamento da placa. Processadores Pentium II, Pentium III e Celeron não podem ser encaixados em um slot para processador Athlon, e vice-versa, mas um usuário distraído pode conseguir posicionar o processador de trás para frente, queimando tanto o processador como a placa. Instalar processadores não é tarefa para leigos. É preciso saber reconhecer os processadores e também saber os modelos suportados por cada placa de CPU.

Conectores

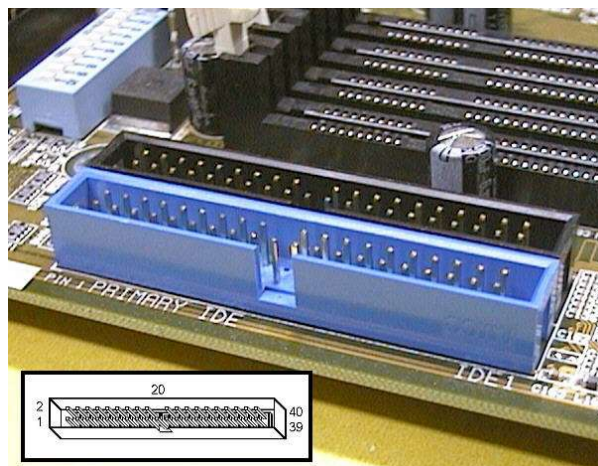
Um conector é uma peça contendo um grupo de contatos elétricos relacionados uns com os outros. Por exemplo, na extremidade do cabo que parte do monitor, existe um conector de 15 pinos que é ligado em outro conector correspondente da placa de vídeo. Os sinais existentes nesses 15 pinos são diferentes, mas estão relacionados entre si. Existem por exemplo 2 pinos para a transmissão do vermelho, 2 para o verde e 2 para o azul. Existem pinos para transmissão do sincronismo horizontal e sincronismo vertical.

**FIGURA
3.37**

Conectores do monitor e da placa de vídeo.

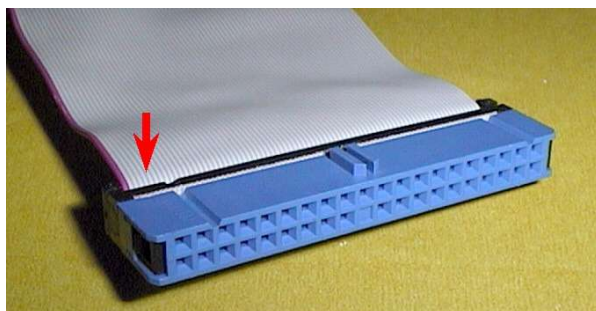
Muitos conectores são internos, outros são externos. Os internos são usados para conexões dentro do computador. Os externos são usados para ligar dispositivos externos. Conectores trabalham aos pares, e normalmente um é chamado “macho” e o outro “fêmea”. Obviamente o tipo macho é aquele com pinos metálicos, que se encaixam sobre os orifícios metalizados do conector fêmea correspondente. Realmente tem uma certa conotação sexual.

Entre os conectores externos, citamos os da impressora, do teclado, do mouse, do joystick, da rede elétrica, do modem, das caixas de som e microfones e diversos outros. Todos serão apresentados em partes oportunas deste livro. Os conectores internos também são diversos: da fonte de alimentação, do disco rígido, do drive de disquetes, do drive de CD-ROM, e assim por diante. Um conector muito importante é o do cabo que liga o disco rígido à sua interface (figura 38). Trata-se de um conector macho de 40 pinos, encontrado na placa de CPU. Observe que em qualquer caso existe a indicação da posição do pino 1 deste conector.

**FIGURA 3.38**

Conector da interface IDE e a posição do pino 1.

No conector da interface do disco rígido, encaixamos um cabo que leva os sinais até o disco rígido propriamente dito. Em uma das extremidades deste cabo existe um conector fêmea correspondente. Este conector é ligado a aquele existente na placa de CPU, e temos que prestar atenção na posição do pino 1. Basta observar que um dos fios do cabo é pintado de vermelho. A posição do fio vermelho corresponde ao pino 1 do conector do cabo, que deve estar alinhado com o pino 1 do conector existente na placa.

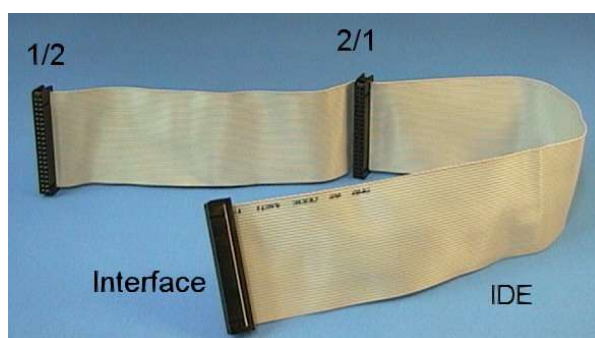
**FIGURA 3.39**

Um dos fios do cabo é pintado, geralmente de vermelho, o que indica a posição do pino 1.

Cabo flat

Alguns dispositivos são ligados diretamente aos outros, usando apenas conectores. O processador, as memórias e os chips são encaixados diretamente em seus soquetes. As placas de expansão são conectadas diretamente nos seus slots. Existem entretanto vários casos de conexões elétricas que precisam ser feitas através de cabos. Por exemplo, o disco rígido não pode ser ligado diretamente na placa de CPU. Um cabo apropriado é então usado para esta conexão. O mesmo ocorre com o drive de CD-ROM, drive de disquetes e vários outros dispositivos. Quando o número de sinais

elétricos do conector é muito grande, a forma mais eficiente de realizar a conexão é utilizando o chamado cabo flat. Existem cabos flat com diversos números de condutores. O cabo usado para o drive de disquetes usa 34 vias. Os cabos usados em discos rígidos IDE usam 40 ou 80 vias. Os cabos usados por discos e dispositivos SCSI podem usar 50, 68 ou 80 vias. Enfim, são vários padrões para diversas aplicações. Os cabos flat possuem no mínimo dois conectores, que ligam um dispositivo à sua interface. Certas interfaces permitem ligar dois ou mais dispositivos, portanto os cabos flat correspondentes possuem dois ou mais conectores.

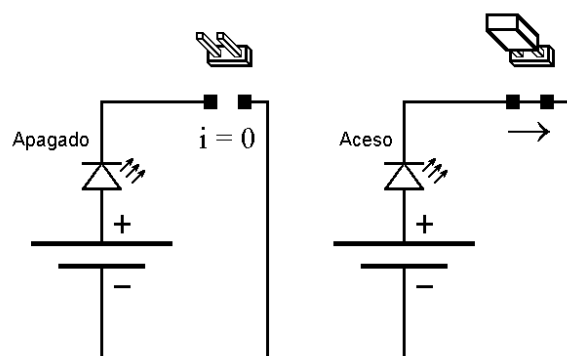
**FIGURA 3.40**

Cabo flat para discos rígidos IDE.

Todos os cabos flat possuem um dos seus fios pintado de vermelho (em alguns casos de outra cor). Este é o fio número 1, que corresponde ao pino 1 de cada conector, que por sua vez têm que corresponder aos pinos 1 dos conectores onde são encaixados.

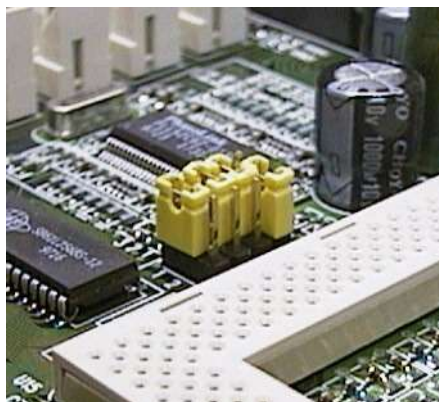
Jumpers e microchaves

São dispositivos bastante comuns na maioria das placas, principalmente nas placas de CPU. Vejamos inicialmente o que é um jumper. Eletricamente funciona como um minúsculo interruptor. Quando está instalado, permite a passagem de corrente. Quando é retirado, impede a passagem de corrente.

**FIGURA 3.41**

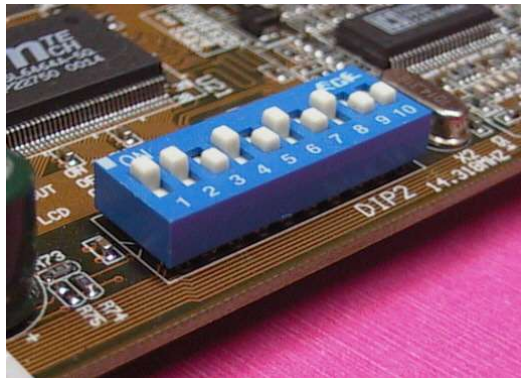
Funcionamento de um jumper.

O jumper é uma pequena peça plástica com dois orifícios metalizados e ligados internamente. Devem ser encaixados em pinos metálicos instalados nas placas. Quando o jumper está encaixado, a corrente o atravessa, passando de um pino para outro. Quando é retirado, a passagem de corrente fica desabilitada. A figura 41 mostra o acionamento de um LED através de um jumper. Note que o jumper é equivalente a uma chave ou interruptor. Fisicamente o jumper é a pequena peça, como as mostradas na figura 42.

**FIGURA 3.42**

Jumpers.

A microchave ou dip switch é um dispositivo que desempenha a mesma função que o jumper. A diferença é que seu formato é similar ao de um chip. Além disso, as microchaves são apresentadas em grupos, em geral de 4 ou 8 chaves. Cada chave pode ser posicionada nas posições ON e OFF, o que equivale a configurações com jumper e sem jumper, respectivamente.

**FIGURA 3.43**

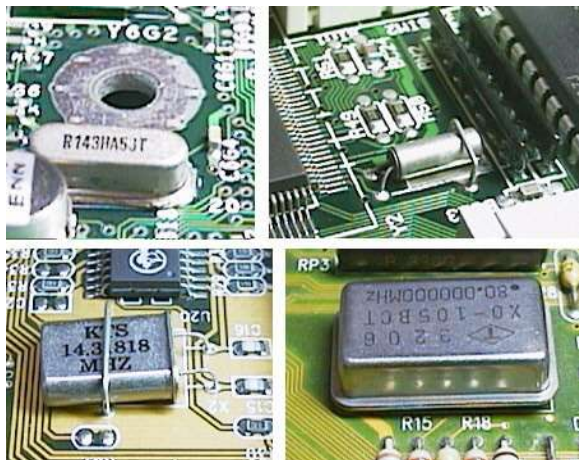
Microchaves.

Os jumpers e microchaves possuem várias aplicações. Nas placas de CPU, servem para habilitar e desabilitar o funcionamento da bateria, selecionar o tipo e a velocidade das memórias, a velocidade e a tensão do processador, entre varias outras funções.

Cristal

Todos os circuitos digitais dependem de uma base de tempo para poderem funcionar. Por exemplo, um relógio digital precisa de um circuito capaz de gerar pulsos digitais a cada centésimo de segundo. Nesse caso, 100 desses pulsos correspondem a 1 segundo, e a partir daí são feitas contagens de minutos, horas, etc. Outros circuitos digitais também necessitam de geradores de base de tempo similares. O cristal é o componente responsável pela geração da base de tempo. Cristais são produzidos para entrar em ressonância em uma determinada frequência. Eles são muito precisos nesta tarefa. São capazes de gerar frequências fixas, com precisão da ordem de 0,001%.

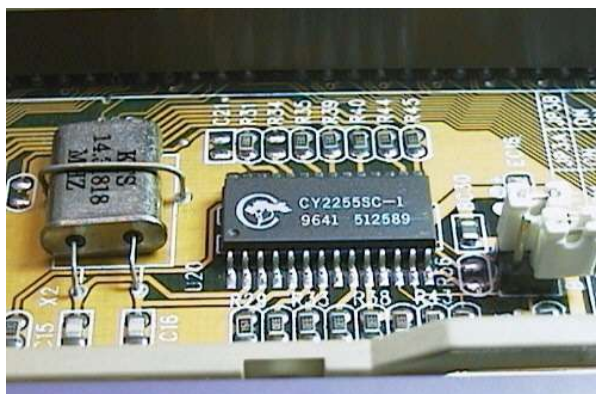
Os cristais são muito sensíveis, por isso são protegidos por um encapsulamento metálico. A figura 44 mostra alguns cristais encontrados nas placas de um computador.

**FIGURA 3.44**

Cristais.

Gerador de clock

Um cristal não trabalha sozinho na geração de frequências que mantém a cadência de funcionamento dos circuitos digitais. São usados circuitos chamados osciladores, e o cristal serve apenas como a referência para esses circuitos. Existem chips que são capazes de gerar diversos valores de frequência, a partir de um cristal de referência. Um circuito oscilador gera uma única frequência. Já um circuito gerador de clock é capaz de gerar vários valores de frequências, e cada uma delas pode ser programada, ou seja, seu valor pode ser escolhido entre várias opções. Por exemplo, certas placas de CPU podem utilizar processadores com clocks externos de 66, 100 ou 133 MHz. O valor escolhido é determinado através da programação do gerador de clock.

**FIGURA 3.45**

Um chip gerador de clock.

Componentes SMD

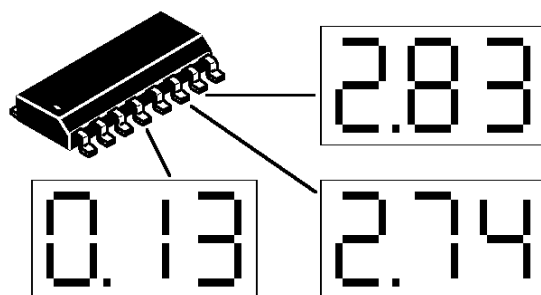
Antigamente a montagem de uma placa de circuito era um processo extremamente demorado e precisava ser feito manualmente. Os componentes eram encaixados em furos existentes nas placas, e a seguir eram soldados. Eram necessárias várias horas para realizar este trabalho, e o custo final era muito elevado, já que o trabalho consumia muita mão de obra. Hoje em dia é utilizado um processo muito mais rápido, graças à tecnologia SMD (Surface Mounted Devices, ou dispositivos montados na superfície). Os componentes não têm mais terminais para serem encaixados em furos das placas de circuito. Ao invés disso, eles são colocados sobre a superfície da placa. Uma camada de pasta de solda (resina com minúsculas partículas de solda em estado sólido) é previamente aplicada sobre a placa, ainda sem componentes. A seguir uma grande máquina coloca os componentes SMD nos seus lugares. A placa é encaminhada para um forno que derrete a pasta de solda, fixando definitivamente os componentes. No final deste capítulo mostraremos a fabricação de placas na linha de montagem da Itaotec.

O gerador de clock mostrado na figura 45, bem como os pequenos componentes ao seu redor, são do tipo SMD. Eles não têm “perninhas” (ou terminais) como os componentes convencionais. São indicados para produção de peças em alta escala, enquanto os componentes convencionais são indicados para montagem em pequena escala.

Voltagens e bits

Uma das características mais importantes dos circuitos digitais é a representação dos bits 0 e 1 através de dois valores de tensão. Em geral é usado um valor pequeno, entre 0 e 0,3 volts, para indicar o bit 0, e um valor um pouco maior, da ordem de alguns poucos volts, para indicar o bit 1. Por exemplo, típicos chips de memória usam cerca de 0,2 V para representar o bit 0 e em torno de 2,4 V para representar o bit “1”. Valores diferentes podem ser usados, dependendo da tecnologia. Por exemplo, no interior dos processadores modernos, os níveis de tensão são ainda mais baixos. São usados internamente valores em torno de 1,0 a 1,5 volts para representar o bit 1, e um valor sempre próximo de 0 V para representar o bit 0. Seja qual for o caso, o nível de tensão que representa o bit 0 será sempre um valor positivo, apesar de muito pequeno. Da mesma forma, o nível de tensão que representa o bit 1 será sempre um valor um pouco menor que a tensão da fonte de alimentação. A maioria dos chips existentes nas placas modernas opera com alimentação de 3,3 volts, mas muitos já operam com apenas 2,5 volts. Há alguns anos atrás a maioria dos chips operavam com 5 volts.

Teoricamente quaisquer níveis de voltagem poderiam ser usados para representar os bits 0 e 1. Na prática são usados valores pequenos, para que o consumo de energia e a dissipação do calor também sejam pequenos, principalmente nos computadores. Valores maiores podem ser encontrados em alguns circuitos. Por exemplo, em um relógio despertador digital alimentado por uma bateria de 9 volts, o bit 1 pode ser representado por um valor superior a 8 volts, e o bit 0 por um valor menor entre 0 e 1 volt.

**FIGURA 3.46**

Medindo as tensões que representam os bits em um chip alimentado por 3,3 volts.

A figura 46 mostra uma medida teórica das tensões em pinos de um chip, representando bits 0 e 1. O pino que apresenta a tensão de 0,13 volts corresponde a um bit 0. Os outros dois pinos indicados, com tensões de 2,83V e 2,74V representam bits 1. Os valores de tensão que representam os bits podem variar sensivelmente de um chip para outro, ou mesmo de um pino para outro. Não existe um valor exato, e sim, uma faixa de valores.

Na prática esta medida nem sempre pode ser feita com um multímetro. Quando um chip está trabalhando, seus bits estão variando rapidamente, entre 0 e 1. Um multímetro não é capaz de medir tensões variáveis em alta velocidade, é adequado a medir apenas tensões constantes. Supondo que este chip esteja fornecendo bits constantes, mediríamos valores como os da figura 46. Em alguns casos um chip pode realmente apresentar valores constantes. Por exemplo, o chip que contém a interface de impressora pode transmitir bits variáveis enquanto está sendo produzida uma listagem, mas ao terminar, pode manter fixo em suas saídas o código binário do último dado enviado para a impressora. Neste ponto poderíamos fazer uma medida usando o multímetro, como a apresentada na figura 46.

Observe na figura 46 mais um detalhe importante sobre os níveis de tensão que representam os bits. Os valores especificados não são exatos, e sim, valores extremos. Por exemplo, um fabricante de memórias pode especificar:

$$VOH_{\min} = 2,4 \text{ V}$$

$$VOL_{\max} = 0,4 \text{ V}$$

Significa que a tensão de saída nos seus terminais que representa o bit 1 (Voltage Output High) é de no mínimo 2,4 volts. Pode assumir valores maiores, como no exemplo da figura 46, onde medimos 2,83 e 2,74 volts. Da mesma forma, este fabricante especifica que a tensão de saída que representa o bit 0 (Voltage Output Low) é de no máximo 0,4 volts. Pode assumir valores menores, como os 0,13 volts indicados na figura. Os projetistas de hardware sempre levam em conta faixas de valores, tensões máximas e mínimas, e assim por diante.

Tristate ou alta impedância

Quando um circuito digital está em operação normal, pode gerar na sua saída, tensões correspondentes aos bits 0 e 1. Existe entretanto um terceiro estado no qual um circuito pode operar. É o chamado terceiro estado (tristate) ou alta impedância. Em inglês são usados também os termos high impedance ou float (flutuar). É como se o circuito estivesse desconectado. Imagine por exemplo dois módulos de memória, cada um encaixado em seu respectivo soquete. Digamos que cada um desses módulos tenha 64 MB. Quando o processador acessa um endereço de memória entre 0 e 64 MB, o primeiro módulo está ativo e o segundo fica em tristate. Quando é acessado um endereço superior a 64 MB, e até 128 MB, o segundo módulo estará ativo e o primeiro estará em tristate. O uso do terceiro estado é necessário para que dois ou mais circuitos possam operar ligados ao mesmo ponto, ou ao mesmo barramento, porém apenas um de cada vez deverá entregar seus bits, e os demais devem ficar como se estivessem desligados. No terceiro estado, os circuitos estão energizados, mas sua resistência elétrica torna-se tão elevada que consomem uma corrente desprezivelmente pequena, não afetando o funcionamento dos demais circuitos. É como aquele velho ditado, “quando um burro fala o outro abaixa a orelha”. O burro que está falando é o circuito ativo, gerando seus bits. Os burros de orelhas abaixadas são os circuitos que estão no terceiro estado.

Existem vários exemplos de uso do terceiro estado. Um deles é o uso do DMA (acesso direto à memória). Em condições normais, o processador gera os endereços e os sinais de controle da memória. Quando é feita uma transferência de dados por DMA, o processador entra em tristate e deixa que o circuito controlador de DMA (que na verdade faz parte do chipset) realize a transferência, gerando seus próprios endereços e sinais de controle para a

memória. Quando o processador está em uso normal, o controlador de DMA fica em tristate.

Outro exemplo: várias placas de expansão estão conectadas no barramento PCI de uma placa de CPU, e todas elas podem transmitir dados através do seu slot, porém elas não podem fazer transmissões no mesmo instante. No instante em que uma placa envia dados (ou que o processador comanda uma leitura dos seus dados), as demais placas mantêm suas saídas em tristate.

A maioria dos chips tem a capacidade de entrar em tristate. Eles possuem um pino (ou seja, uma “perninha”) chamado CS, ou chip select. Quando este sinal está ativado, o chip está em uso normal. Quando este sinal é desativado, o chip entra em tristate.

Diagramas de tempo

Como mencionamos, os bits representados pelos circuitos digitais variam bastante ao longo do tempo. Por exemplo, em um moderno chip de memória, os bits podem variar mais de 100 milhões de vezes a cada segundo, ora representando 0, ora representando 1. Um diagrama de tempo é um gráfico simplificado que mostra os valores dos bits ao longo do tempo, como o vemos na figura 47.

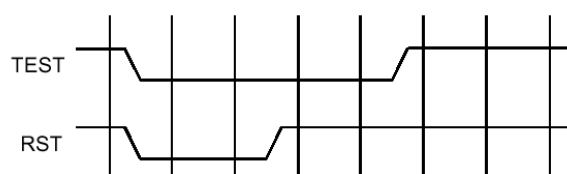


FIGURA 3.47

Diagrama de tempo.

Um diagrama de tempo pode representar um ou vários sinais digitais simultaneamente. Neste caso é usado um único eixo Y, representando o tempo, e vários eixos X independentes, cada um deles representando um sinal digital diferente. Cada sinal digital por sua vez assume valores 0 e 1 ao longo do tempo. O diagrama da figura 47 representa dois sinais digitais. Neste diagrama podemos observar, além dos trechos nos quais o circuito gera bits 0 e 1, um pequeno intervalo de tempo em cada transição de 1 para 0 ou de 0 para 1, representados por trechos inclinados do gráfico. Esta transição deveria ser instantânea, do ponto de vista matemático, mas na prática leva um certo tempo, bastante pequeno. Por exemplo, um chip que

gera bits diferentes a cada 10 ns (10 bilionésimos de segundo) pode demorar entre 1 e 2 ns para mudar seu estado de 0 para 1 ou de 1 para 0.

Observe ainda que um diagrama de tempo não é a mesma coisa que um gráfico de tensão ao longo do tempo. Um gráfico de tensão ao longo do tempo mostra os valores de tensão existentes em um ponto de um circuito, e não os bits que representam. A figura 48 mostra um exemplo de gráfico de tensão ao longo do tempo, com todas as suas imperfeições. Este tipo de gráfico pode ser visualizado através de um aparelho chamado osciloscópio, usado em laboratórios de eletrônica.

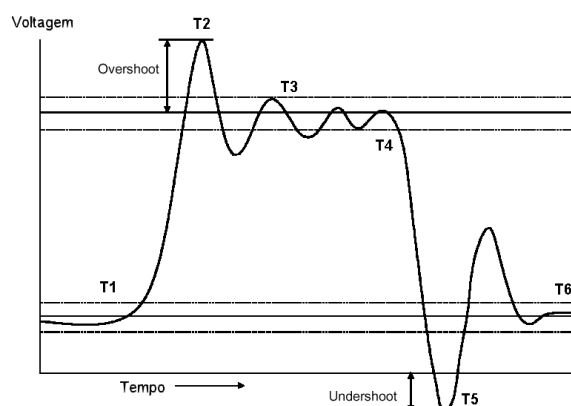
**FIGURA 3.48**

Gráfico de tensão ao longo do tempo.

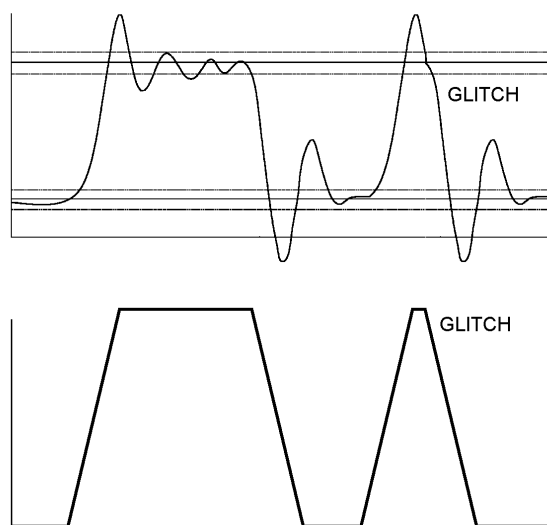
No gráfico da figura 48, a tensão começa com um valor baixo, representando um bit 0. No instante T1 começa a transição para representar um bit 1. O gráfico assume um trecho crescente e rápido, mas não se estabiliza imediatamente no seu valor máximo. A tensão atinge momentaneamente um valor máximo, em T2. A seguir reduz oscilando até se estabilizar em um valor definitivo, ou então limitada em uma faixa pequena. Este fenômeno é chamado de overshoot. No instante T3 o overshoot terminou ou foi reduzido a um valor que não afeta os circuitos e a tensão é considerada estabilizada. No instante T4 começa a transição de 1 para 0, que termina em T5. Segue-se um trecho em que a tensão já tem o valor 0, mas ainda não estabilizou no seu valor definitivo. Este trecho é o undershoot, e dura até o instante T6.

Existem outras imperfeições mesmo nos trechos em que a tensão está estabilizada há “bastante tempo” em valores Low e High (0 e 1). Essas imperfeições são chamadas de ripple (em português, ruído). São uma espécie de interferência vinda da fonte de alimentação e de circuitos adjacentes. Quando dois circuitos estão próximos, transições binárias em um deles pode

irradiar ondas eletromagnéticas que produzem interferências captados pelo outro. Essas interferências também pode chegar da própria fonte de alimentação. Quando um chip faz transições rápidas entre bits 0 e 1, seu consumo de corrente pode variar na mesma velocidade, e a fonte de alimentação, ao tentar suprir esta variação de corrente, pode sofrer uma pequena variação nas suas saídas. É o ripple da fonte de alimentação, que é propagado para todos os demais circuitos. O ripple não pode ser muito acentuado, caso contrário irá comprometer os valores dos bits.

Em um circuito digital bem projetado, o overshoot e o undershoot devem assumir proporções não muito exageradas para que não impeçam o correto funcionamento dos chips. Isto é conseguido com o uso de uma fonte de alimentação bem projetada, com capacitores de desacoplamento ao lado de cada chip e utilizando técnicas apropriadas para o traçado das trilhas do circuito impresso da placa. Respeitadas essas condições, o projetista não precisa se preocupar com o overshoot, com o undershoot nem com o ripple da fonte de alimentação, mas precisa se preocupar com o tempo gasto nas transições binárias, ou seja, nas mudanças de 0 para 1 e de 1 para 0. Por isso são usados os diagramas de tempo, onde são indicados os trechos inclinados que representam as transições, mas não são mostrados os detalhes como overshoot, undershoot e ripple.

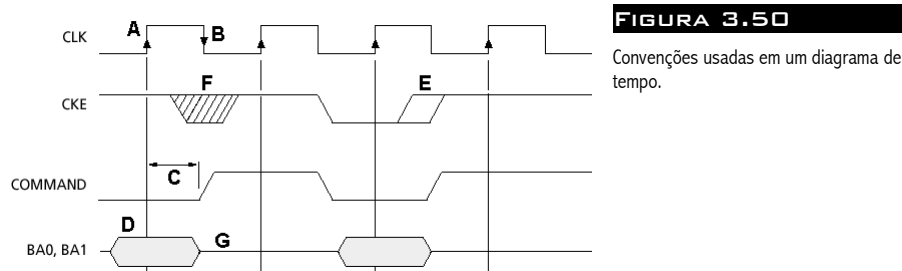
Durante o projeto de um circuito digital, o projetista deve inicialmente desenvolver uma fase na qual é levada em conta a qualidade das tensões dos circuitos. O ripple deve ser baixo, assim como o overshoot e o undershoot. Deve ser levado em conta o valor, o tipo e a qualidade dos capacitores de desacoplamento ligados em cada chip. Deve ser levada em conta a qualidade da fonte de alimentação e o traçado das trilhas de circuito da placa. O leitor pode não ser um projetista de placas, mas aqui pode entender como a baixa qualidade da fonte e dos capacitores, aliado a um traçado mal feito, contribuem para a ocorrência de erros que se manifestam no mau funcionamento do computador.

**FIGURA 3.49**

Glitch. O surgimento de um “pico de voltagem” indevido, mostrado no gráfico tensão x tempo acima, corresponde a um bit 1 indevido que surge rapidamente, voltando a zero. Sendo indevidamente gerado, provoca resultados indevidos no funcionamento do circuito digital.

A figura 49 mostra uma outra imperfeição nas tensões de um circuito digital. É o que chamamos de glitch. Trata-se de uma interferência na qual o valor de tensão especificado é momentaneamente alterado no sentido do bit oposto, produzindo uma variação binária indesejável. O glitch pode ocorrer quando o overshoot ou o undershoot são muito exagerados, ou quando um capacitor de desacoplamento está mal dimensionado ou defeituoso, ou mesmo quando existe um erro de projeto. Um circuito digital que recebe na sua entrada uma tensão com glitch vai entendê-lo como uma transição binária que na verdade não existe. O resultado é o mau funcionamento do circuito. Você certamente já viu a palavra glitch no cinema mas talvez não se lembre. No filme Robocop 1 (versão legendada), aquele imenso robô aponta a metralhadora para um funcionário da OCP e diz “Polícia de Detroit, largue a arma, você tem 30 segundos...”. A seguir, mesmo depois que o sujeito joga a arma no chão, o robô avisa: “Você tem 20 segundos.. você tem 10 segundos”, então metralha o infeliz (aliás, que filme ruim...). O responsável pelo robô explica-se ao presidente da empresa: “foi apenas um glitch...”.

Depois de garantir que o circuito tem tensões estáveis, com imperfeições mínimas e sem glitch, o projetista passa a uma fase em que leva em conta apenas os valores binários e os períodos de transição. Essas são portanto as informações apresentadas nos diagramas de tempo.



A figura 50 mostra alguns símbolos de eventos encontrados em diagramas de tempo:

a) Trigger positivo

Este símbolo indica que no instante em que um sinal digital sofre uma transição de 0 para 1, um evento ou mudança em outro sinal digital será ativado.

b) Trigger negativo

Similar ao positivo, exceto que o evento é disparado na transição binária de 1 para 0.

c) Retardo entre dois sinais

Mostra a dependência temporal entre dois sinais relacionados. É usado quando é informação relevante saber que um determinado sinal será ativado depois de um determinado tempo a partir do qual o primeiro é ativado.

d) Indicação de barramento

Para evitar que um diagrama fique muito extenso, podemos agrupar vários sinais relacionados em um único eixo. Usamos para representar, por exemplo, o barramento de dados do processador ou memória, o barramento de endereços, o conjunto de dados que estão trafegando através de uma interface. Não existe interesse em especificar o valor individual de cada um dos sinais digitais. Eles formam um grupo, e alguns deles podem ser 1 e outros serem 0, e o circuito funcionará independentemente dos valores.

e) Mudança de estado em ponto indeterminado

Todos os circuitos digitais apresentam pequenas variações, mas os fabricantes sempre especificam valores máximos e mínimos. Por exemplo, um determinado circuito pode apresentar um tempo médio de resposta de 15 ns, mas alguns componentes podem chegar a 10 ns, outros a 20 ns. Em certos casos o projetista precisa compatibilizar seu circuito com componentes mais

lentos e mais rápidos. Neste caso precisa levar em conta o primeiro instante e o último instante em que um sinal digital pode ser ativado.

f) Don't care

Significa “não importa”. O sinal digital poderá ter neste período, qualquer valor (obviamente, 0 ou 1), sem afetar o funcionamento do circuito. Por exemplo, se fizermos o diagrama da transmissão de dados por uma interface paralela, este diagrama deve começar indicando o dado que estava presente nas saídas da interface antes de começar a nova transmissão. Neste caso, não importa o dado que existia antes. Fazemos então a sua indicação como “don't care”.

g) Tristate

Este símbolo é usado para representar períodos de tempo nos quais um sinal digital encontra-se em tristate (terceiro estado, ou alta impedância).

Como exercício você poderá agora fazer o download de manuais de chips, memórias e processadores, encontrados nos sites dos seus fabricantes, e observar os diagramas de tempo mostrados. Poderá então entender melhor o funcionamento de vários desses chips. Ao longo deste livro usamos vários diagramas de tempo para explicar o funcionamento dos circuitos de um PC.

OBS: Quando um sinal tem valor 1 quando está em repouso e valor 0 quando está ativo, dizemos que é um sinal de lógica negativa. Sinais com esta característica são indicados com um traço horizontal sobre o seu nome, ou então com um símbolo “#” à sua direita, ou um “n” à sua esquerda. Por exemplo, se um sinal RESET é ativo em 0, indicamos como RESET# ou nRESET.

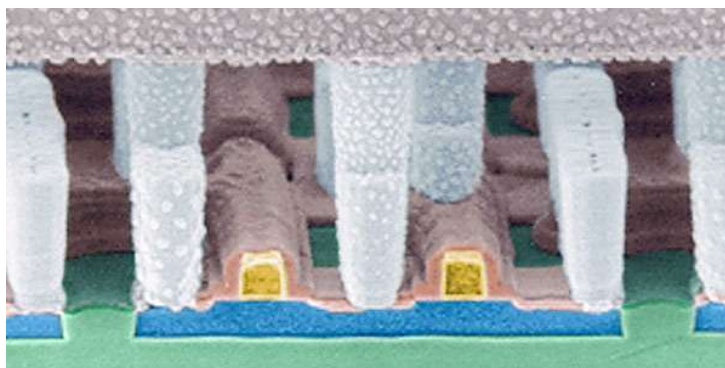
Microeletrônica

A microeletrônica consiste em projetar e produzir circuitos utilizando componentes de tamanho microscópico. Usando matérias e técnicas apropriadas, é possível contruir transistores, resistores, capacitores, diodos e indutores, cada um deles com tamanhos menores que 1 milésimo de milímetro. Os componentes tradicionais, comprados em forma avulsa no comércio e usados nos circuitos de som, rádio e TV, são chamados de componentes discretos. Um circuito integrado ou chip é um circuito complexo porém de tamanho reduzido. É equivalente ao circuito de uma placa com componentes discretos, mas pelo fato de utilizar componentes integrados microscópicos, seu tamanho total é da ordem de 1 centímetro quadrado, ou mesmo menor.

Os componentes de um chip são como se fossem “pintados” na sua minúscula base, chamada substrato. O seu processo de fabricação é entretanto bem mais complexo que uma simples pintura. Trata-se de um processo um pouco químico, um pouco fotográfico, uma difusão de moléculas dentro da base de silício, formando camadas que compõem os circuitos.

A maioria dos materiais são divididos em duas categorias: condutores e isolantes. O condutor é um material que tem facilidade em conduzir corrente elétrica. Todos os metais são condutores. Já os isolantes são materiais que dificultam a passagem da corrente elétrica. A borracha é um exemplo típico de isolante, assim como o vidro, madeira, plásticos em geral, etc. Existem entretanto alguns materiais que ora se comportam como condutores, ora como isolantes. São os chamados semicondutores, e os principais deles são o silício e o germânio. A maioria dos transistores e chips utilizam o silício em sua fabricação. O germânio é utilizado em alguns componentes especiais, como transistores para altas frequências.

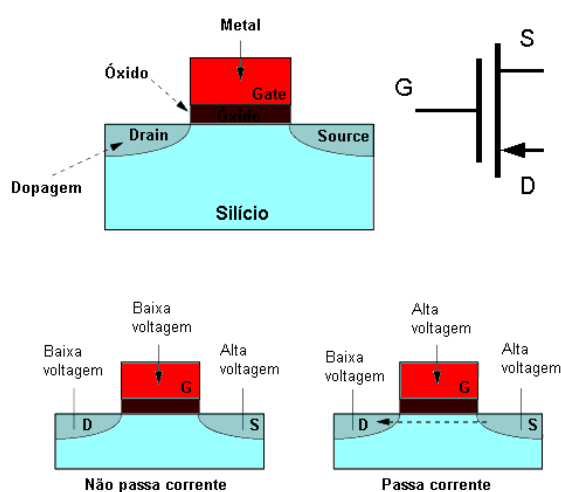
Para que os semicondutores possam variar sua resistividade, é preciso que lhe sejam adicionados materiais especiais, chamados de dopagem. Existem dopagens tipos N e P (negativa e positiva), e a sua combinação é usada na formação dos transistores, diodos e demais circuitos no interior de um chip.



**FIGURA
3.51**

Foto ampliada do corte transversal de um microscópico trecho de um chip. A parte mostrada mede alguns poucos milésimos de milímetro.

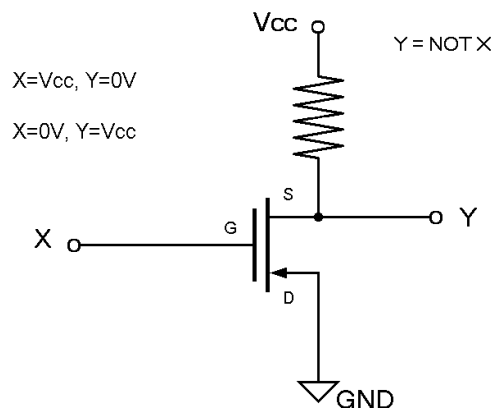
Um chip é formado por sucessivas camadas de materiais diferentes. A base na qual um chip é construído (substrato) é feita de silício puro, ou seja, sem dopagem. Sobre esta base são aplicadas dopagens sucessivas, formando trechos tipos N e P. Eventuais ligações são feitas com camadas de alumínio ou cobre. Em certos trechos também são usadas camadas de óxidos como isolantes.

**FIGURA 3.52**

Funcionamento de um transistor MOS e seu símbolo.

A figura 52 ilustra o funcionamento de um tipo especial de transistor usado para formar os chips. Trata-se do transistor MOS. Recebe este nome porque é formado por camadas de metal, óxido e semicondutor (Metal Oxide Semiconductor). Este transistor possui três terminais, chamados de source, drain e gate. O terminal source é ligado à tensão positiva da fonte, através de um resistor. Ele é a saída do circuito, que pode representar bits 0 ou 1. O terminal drain é ligado ao terra, ou seja, o polo negativo da bateria. O terminal de entrada é o gate, e é usado para controlar a corrente que passa entre source e drain.

Quando o gate é ligado a uma tensão baixa (bit 0), não passa corrente entre source e drain. Sendo assim, o source terá uma tensão elevada (bit 1), já que fica ligado ao polo positivo da bateria, através de um resistor. Quando o gate é ligado a uma tensão alta (bit 1), passará uma corrente entre source e drain. A resistência entre esses dois pontos será baixa, e a tensão medida no source será próxima de 0 volt. Teremos assim um bit 0 em sua saída. O circuito formado por este transistor e um resistor é o que chamamos de inversor, e é mostrado na figura 53. A operação lógica que realiza é a inversão de bits. Ao ser aplicado um bit 1 na sua entrada, produzirá um bit 0 na saída. Ao ser aplicado um bit 0 na entrada, produzirá um bit 1 na saída.



*** 35% ***

FIGURA 3.53

Inversor MOS.

Um fator bastante importante é a medida dos microscópicos transistores que formam os chips, como os mostrados na figura 52. Com o passar dos anos, dimensões cada vez menores têm sido utilizadas. A unidade usada para medir esses transistores é o micron (símbolo μ). Cada micron é equivalente a um milésimo de milímetro. Os chips modernos apresentam transistores medindo uma fração do micron. No ano 2001, os processadores modernos usavam tecnologia de 0,18 micron, e já existiam modelos com a tecnologia de 0,13 micron. Usar transistores menores significa:

- Menor voltagem
- Menor dissipação de calor
- Menor custo de produção

A tabela que se segue mostra a evolução das tecnologias de fabricação nos últimos anos:

| Ano | Tecnologia | Voltagem |
|------|------------|----------|
| 1989 | 1 μ | 5 V |
| 1991 | 0,8 μ | 5 V |
| 1993 | 0,5 μ | 3,3 V |
| 1995 | 0,35 μ | 2,5 V |
| 1997 | 0,25 μ | 1,8 V |
| 1999 | 0,18 μ | 1,5 V |
| 2001 | 0,13 μ | 1,3 V |

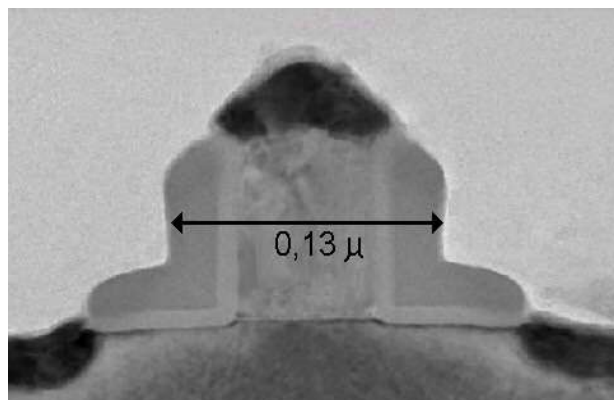
**FIGURA 3.54**

Foto ampliada de um transistor com $0,13\mu$.

Não apenas transistores podem ser construídos através de microeletrônica. Pequenos trechos de semicondutores podem formar resistores. Placas paralelas de metal formam capacitores, e trilhas de metal dispostas em forma espiral formam bobinas. Chips usados em telecomunicações utilizam no seu interior, bobinas e capacitores, além dos transistores e resistores. Chips usados em eletrônica digital (processadores, memórias, chipsets, etc) em geral apresentam apenas transistores e alguns resistores. A figura 55 mostra o trecho ampliado de um chip usado em telecomunicações, onde podemos ver as espirais que formam as bobinas e as grandes áreas que formam os capacitores.

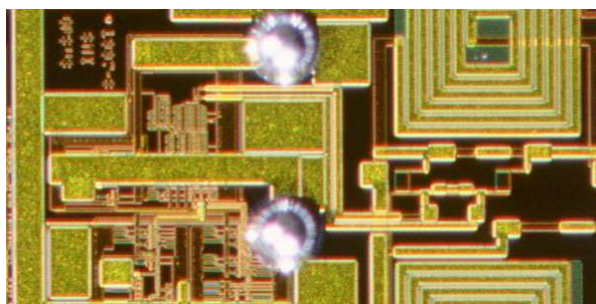
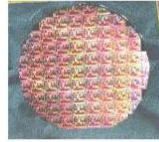
**FIGURA 3.55**

Foto ampliada do interior de um chip contendo bobinas e capacitores.

Os chips são produzidos em grandes pastilhas circulares de 20 ou 30 cm de diâmetro chamadas waffers. A indústria tem trabalhado durante os últimos anos com waffers de 20 cm, e apenas em 2001 começaram a ser adotados os waffers de 30 cm, com várias vantagens. Em cada wafer são construídas dezenas ou centenas de chips, como vemos na figura 56. Depois de prontos os chips são separados um dos outros através de corte. São testados e finalmente encapsulados.

**FIGURA 3.56**

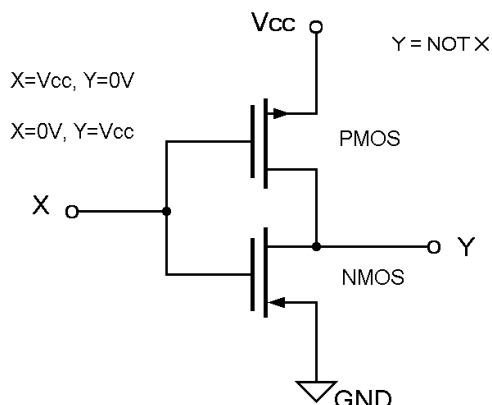
Vários chips em um wafer.



O processo de encapsulamento consiste em alojar a pastilha do chip em uma carcaça externa, que pode ser de plástico ou cerâmica. Também é feita a ligação dos seus pontos de contato nos terminais externos (as “perninhas” do chip).

CMOS

Os circuitos integrados digitais devem ter o menor número possível de resistores. Esses componentes, mesmo no interior dos chips, ocupam áreas muito maiores que os transistores. Além disso produzem maior dissipação de calor e retardos que tornam os chips mais lentos. Por isso os projetistas tentam na medida do possível usar os próprios transistores para substituir os resistores. Daí surgiram os circuitos CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Consiste em utilizar no circuito da figura 53, um segundo transistor no lugar do resistor. Este segundo transistor possui características inversas às do primeiro. São chamados transistores complementares. Um transistor é do tipo NMOS, e o outro é tipo PMOS. Quando um transistor conduz, o outro não conduz, e vice-versa. O resultado é o mesmo obtido com o uso do resistor, porém ocupando muito menos espaço, consumindo menos energia e com mais velocidade. O arranjo completo é mostrado na figura 57.

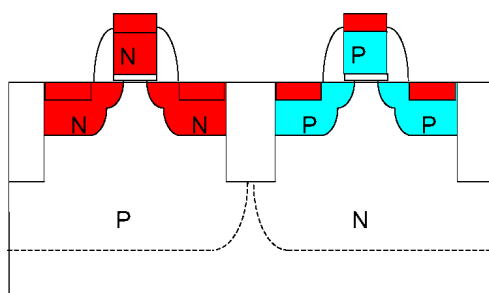
**FIGURA 3.57**

Circuito equivalente de uma célula CMOS.

Este circuito é o inversor, o mais simples dos operadores lógicos. Ele gera um bit 1 quando recebe um bit 0, e gera um bit 0 quando recebe um bit 1. Outras funções lógicas mais complexas são implementadas com arranjos parecidos. Observe que ambos os transistores possuem seus terminais gate interligados. Quando esta entrada recebe um bit 1, ou seja, um nível de tensão elevado, o transistor inferior conduzirá corrente, e o superior ficará cortado, ou seja, sem conduzir. Isto fará com que a saída fique com tensão baixa, ou seja, um bit 0. Quando a entrada receber um bit 0, o transistor inferior ficará cortado, sem conduzir, e o transistor superior irá conduzir, fazendo com que sua saída fique com uma tensão quase igual à da fonte de alimentação (bit 1). A figura 58 mostra como o par CMOS é construído em um chip.

FIGURA 3.58

Camadas que formam o par CMOS.



A maioria dos chips modernos utilizam a tecnologia CMOS. Existem outras tecnologias que são utilizadas em aplicações nas quais o CMOS não pode ser aplicado. Por exemplo, os pares CMOS não são indicados quando é necessário fornecer correntes elevadas, como por exemplo, para alimentar os

slots de um barramento. Nesses casos são usados circuitos lógicos TTL, que consomem mais energia, mas também podem fornecer mais corrente. Muitos chips utilizam internamente células CMOS e externamente apresentam entradas e saídas TTL.

Muitas pessoas ouvem falar em CMOS pela primeira vez ao tomarem contato com o chamado CMOS Setup de placas de CPU. Acabam conhecendo o "chip CMOS", no qual existe uma pequena área de memória para armazenar configurações do BIOS da placa de CPU, além de um relógio permanente. O "chip CMOS" é alimentado por uma bateria que o mantém em funcionamento mesmo quando o computador está desligado. Aqui está um fato curioso: praticamente todos os chips do computador utilizam a tecnologia CMOS. É errado pensar que apenas o popular "chip CMOS" que armazena os dados do Setup e tem o relógio permanente utiliza esta tecnologia.

Circuitos lógicos

Toda a eletrônica digital é desenvolvida a partir da criação de circuitos capazes de executar operações lógicas, também chamadas de operações booleanas. Os três principais operadores lógicos são:

E (AND)
Ou (OR)
Não (NOT)

A partir desses operadores, circuitos ainda mais complexos são construídos:

Somadores e Subtratores
Multiplicadores e divisores
Células de memória
Registradores, multiplexadores, decodificadores
etc...

A reunião desses circuitos complexos forma chips bastante sofisticados, como processadores, memórias, chips gráficos, chipsets, etc. Parece incrível que equipamentos tão sofisticados possam ser construídos a partir de circuitos básicos tão simples. Da mesma forma como livros inteiros podem ser feitos a partir de letras e símbolos, e como um planeta inteiro é construído a partir de prótons, elétrons, nêutrons e outras partículas sub-atômicas.

Um operador lógico é algo que lembra um pouco um operador aritmético. Na aritmética temos operadores como Adição, Subtração, etc. Da mesma forma como na aritmética temos, por exemplo:

$$5 + 2 = 7$$

na lógica temos

$$1 \text{ AND } 1 = 1$$

$$1 \text{ OR } 0 = 1$$

$$\text{NOT } 1 = 0$$

Inicialmente, vejamos como funcionam os três operadores citados. Eles podem ser definidos através da sua tabela verdade. A seguir temos essas tabelas:

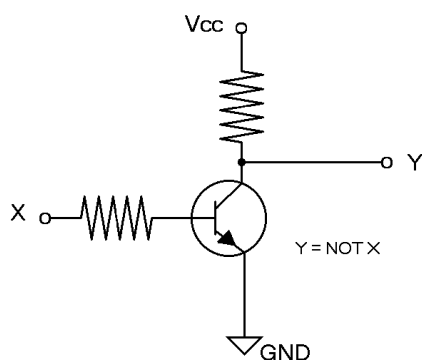
| A | NOT A |
|---|-------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

| A | B | A AND B |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| A | B | A OR B |
|---|---|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Como vemos na tabela, o operador NOT, também chamado de inversor, produz na sua saída o bit inverso daquele recebido na entrada. Ao receber um bit 0, produz um bit 1 em sua saída. Ao receber um bit 1, produz um bit 0. O operador AND possui duas entradas. Sua saída será 1 quando as duas entradas também forem 1, simultaneamente. Quando uma das suas entradas, ou ambas são 0, a saída do operador AND será 0. Já o operador OR produz uma saída 1 quando pelo menos uma das suas entradas tem o valor 1. Apenas quando ambas as entradas são 0, o operador OR dará saída 0.

É relativamente fácil produzir circuitos que realizam essas funções, usando transistores, resistores e outros componentes.

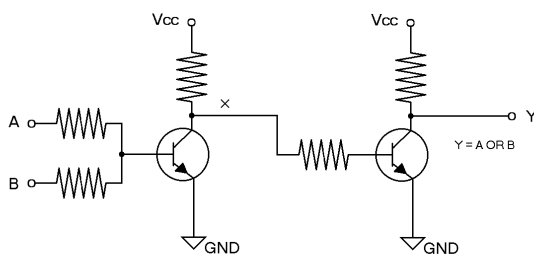


*** 35% ***

FIGURA 3.59

Inversor RTL.

O circuito mostrado na figura 59 implementa o operador lógico NOT. É formado a partir de um transistor e dois resistores. Este método de construção de circuitos é chamado RTL (Resistor-Transistor Logic). Seu funcionamento é bastante simples. Quando X é um bit 1, a tensão correspondente é um valor alto (porém menor que V_{cc} , a tensão da fonte de alimentação). Este valor alto faz com que exista uma corrente na base do transistor, que irá conduzir uma corrente elevada entre seus outros terminais. Ao mesmo tempo aparecerá uma baixa tensão (da ordem de 0,3 volts, dependendo do transistor) no seu coletor, que é a saída Y. Temos então um bit 0 na saída. Da mesma forma, quando X é um bit 0, a tensão na entrada do transistor será baixa. O transistor ficará então “cortado”, e praticamente não passará corrente por ele. A tensão na saída Y dependerá apenas do resistor ligado ao ponto V_{cc} . Teremos assim uma tensão alta em Y, o que corresponde a um bit 1.

**FIGURA 3.60**

Circuito OR RTL.

A figura 60 mostra como é implementado o operador OR usando a lógica RTL. O primeiro transistor vai conduzir corrente quando pelo menos uma das duas entradas, A ou B, estiver com tensão alta (bit 1), ficando assim com um nível 0 no ponto X. Apenas quando ambas as entradas A e B estiverem em 0, o primeiro transistor ficará cortado e teremos um bit 1 no ponto X.

Ora, este é exatamente o inverso da função OR. Temos portanto no ponto X um outro operador lógico chamado NOR (ou NOT OR), cuja tabela verdade é:

| A | B | A NOR B |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

Para que o circuito final tenha uma saída OR, e não NOR, temos que usar mais um inversor, representado pelo segundo transistor e seus dois resistores.

A figura 61 mostra o circuito que implementa um operador lógico AND, usando a técnica RTL. O primeiro estágio é formado por dois transistores, sendo que cada um deles tem ligada na sua base, uma das entradas (A ou B) do circuito. Para ter o valor 0 no ponto X é preciso que ambos os transistores estejam conduzindo, o que é conseguido apenas quando ambas as entradas A e B estão em 1. Se uma ou ambas as entradas estiver com o valor 0, o transistor correspondente estará cortado, e não passará corrente através de ambos. Isto fará com que o ponto X fique com o valor 1.

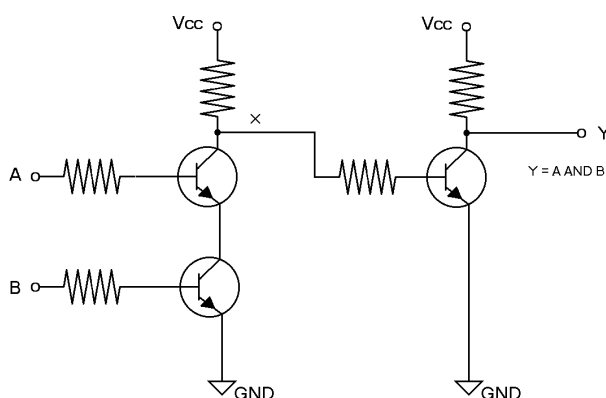


FIGURA 3.61

Circuito AND RTL.

Esta é exatamente a função inversa do AND, e é chamada NAND. Sua tabela verdade é:

| A | B | A NAND B |
|---|---|----------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Para que tenhamos na saída do circuito uma função AND, é preciso inverter o sinal presente no ponto X, para isso utilizamos mais um inversor, representado pelo terceiro transistor e seus resistores.

Circuitos lógicos como NOT, AND, OR, NAND, NOR e outros operadores, podem ser construídos utilizando várias técnicas. Mostramos aqui o método RTL, porém existem outras formas de criar circuitos equivalentes, como:

DTL: Diode-Transistor Logic

ECL: Emitter Coupled Logic

TTL: Transistor-Transistor Logic

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor Logic

As técnicas mais utilizadas são a TTL, para chips mais simples, e CMOS para chips mais complexos.

Operadores lógicos

Quando projetamos ou analisamos circuitos lógicos, não nos preocupamos com detalhes internos, como seus transistores, diodos e resistores. Levamos em conta apenas as entradas e saídas. Nos diagramas de circuitos digitais, desenhamos apenas os símbolos dos circuitos que implementam as funções lógicas. Chamamos esses circuitos de portas lógicas. A figura 62 mostra os símbolos das principais portas lógicas.

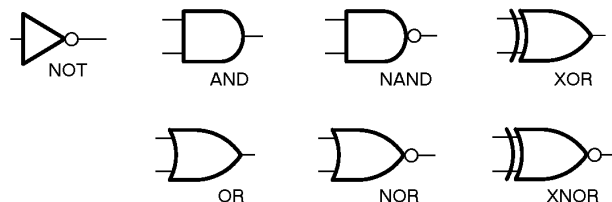


FIGURA 3.62

Símbolos das portas lógicas.

Nesta mesma figura apresentamos também as portas lógicas XOR (eXclusive OR – “ou exclusivo”) e XNOR (eXclusive NOR). A função XOR tem uma tabela verdade bastante parecida com a da função OR. Seu significado é o seguinte: o bit de saída será ligado se um dos bits de entrada estiver ligado, mas não ambos ao mesmo tempo. Portanto a única diferença entre as funções OR e XOR é que:

$$1 \text{ OR } 1 = 1$$

$$1 \text{ XOR } 1 = 0$$

| A | B | A XOR B |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

| A | B | A XNOR B |
|---|---|----------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Mostramos também acima a tabela verdade do operador XNOR, que é o inverso do operador XOR. Observe que a função XNOR funciona como um comparador. Seu resultado é 1 quando os dois bits de entrada são iguais, e 0 quando os dois bits de entrada são diferentes.

Circuitos lógicos complexos

A construção de circuitos lógicos complexos é uma simples questão de agrupar essas portas básicas, produzindo funções mais elaboradas. A figura 63, por exemplo, mostra o circuito de um comparador binário. Este circuito faz a comparação de dois valores binários de 4 bits cada um. A saída do circuito será 1 quando os dois valores binários de 4 bits presentes nas entradas forem iguais. Digamos que esses valores sejam representados por $A_3A_2A_1A_0$ e $B_3B_2B_1B_0$. A saída Y do circuito será ativada em 1 quando tivermos iguais esses valores. Por exemplo $A=0110$ e $B=0110$. Este tipo de circuito é muito utilizado como decodificador de endereços nas placas de CPU e nas placas de expansão. Os valores do endereço A podem ser originados no barramento de endereços do processador, e os valores de B são originados em um grupo de microchaves ou jumpers, que dependendo da forma como são configurados, podem indicar bits 0 ou 1. O circuito comparador irá ativar sua saída em 1 quando o endereço recebido for igual ao endereço definido pelas microchaves ou jumpers. Obviamente para isto é necessário um comparador maior, operando com maior número de bits, mas seu princípio de funcionamento é o mesmo.

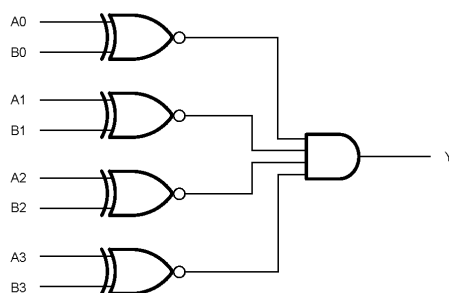
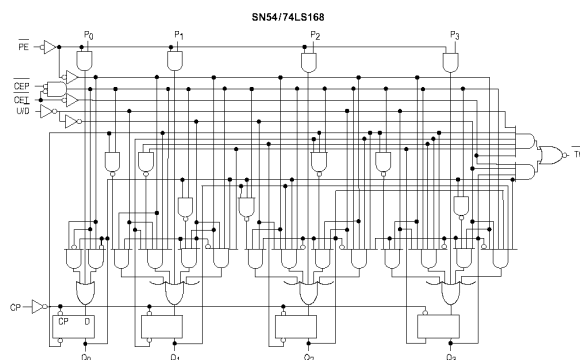


FIGURA 3.63

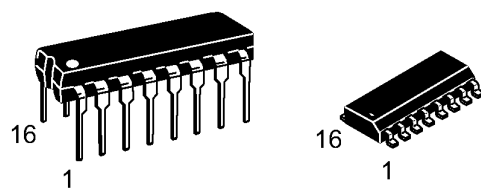
Comparador de 4 bits.

Utilizando um número maior de portas lógicas, podemos formar circuitos mais complexos. A figura 64 mostra o circuito de um contador binário de 4 bits. Este circuito recebe um sinal de clock e gera nas suas 4 saídas, números binários na seqüência 0000, 0001, 0010, etc. Pode ser programado para contar no modo decimal, ou seja, passando de 9 (1001) para 0 (0000), ou então no formato hexadecimal, passando de F (1111) para 0 (0000). Gera ainda um bit de “vai 1” e pode ser agrupado com outros circuitos iguais, formando assim contadores com qualquer número de dígitos. Pode ainda ser programado para fazer contagem crescente ou decrescente.

**FIGURA 3.64**

Contador binário.

Um projetista de hardware pode obter circuitos digitais de várias formas. A mais simples é utilizando chips padrões de mercado, que normalmente apresentam encapsulamentos como os da figura 65. Os encapsulamentos mostrados na figura são o DIP (Dual In-Line Package) e SOIC (Small Outline Integrated Circuit). Existem circuitos com portas AND, OR, NOR, NAND, inversores, e funções mais complexas mas de uso comum, como decodificadores, comparadores, contadores, registradores, etc.



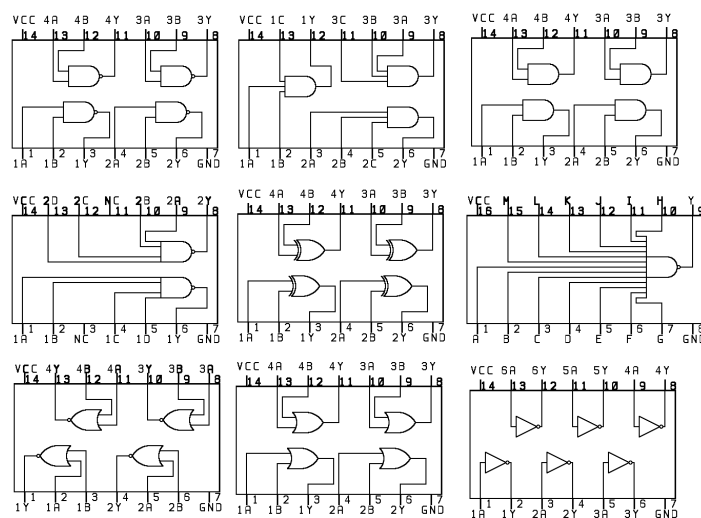
*** 35% ***

FIGURA 3.65

Chips com encapsulamento DIP plástico e SOIC.

Nos manuais dos chips que contém circuitos lógicos básicos, encontramos diagramas que indicam o que existe no seu interior, como nos exemplos da figura 66. Os chips deste exemplo têm o seguinte conteúdo:

4 portas NAND de 2 entradas
 3 portas AND de 3 entradas
 4 portas AND de 2 entradas
 2 portas NAND de 4 entradas
 4 portas XOR de 2 entradas
 1 porta NAND de 8 entradas
 4 portas NOR de 2 entradas
 4 portas OR de 2 entradas
 6 inversores (portas NOT)



*** 75% ***
FIGURA
3.66

Diagramas de alguns chips TTL.

Ao projetar um circuito digital, usamos inicialmente as portas necessárias para implementar a função desejada. Depois contamos quantas portas de cada tipo são necessárias. Finalmente escolhemos os chips apropriados que contenham as portas desejadas, e finalmente realizamos as ligações entre os pinos desses chips.

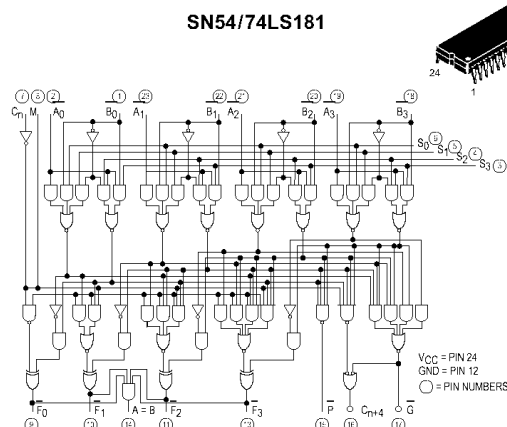
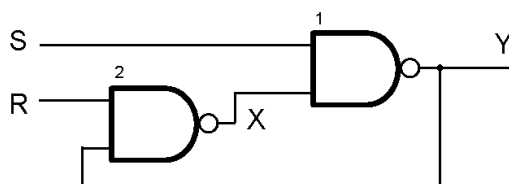
**FIGURA 3.67**

Diagrama interno do chip 74LS181 – unidade lógica e aritmética de 4 bits.

A figura 67 mostra o diagrama interno do chip 74LS181. Este chip é uma unidade lógica e aritmética de 4 bits, capaz de realizar 16 operações lógicas e aritméticas, entre adição, subtração, AND, OR, etc. Vários chips desses podem ser ligados em cascata para formar unidades com maior número de bits. Este chip tem pouco mais de 60 portas lógicas. Em um microprocessador existem vários milhões de portas lógicas, executando entre outras, funções como as deste chip, porém com maior número de bits. Como este capítulo destina-se apenas a dar noções sobre eletrônica, não vamos analisar o funcionamento do circuito, mas acredite, ele realmente soma, subtrai e faz várias outras operações. Desta forma podemos entender como as portas lógicas podem ser interligadas para formar um computador.

Como construir uma memória com portas lógicas

Para construir um computador, não basta utilizar operadores lógicos e aritméticos. É preciso também ter memória, uma característica fundamental dos circuitos digitais. Células de memória podem ser facilmente construídas a partir do diagrama básico mostrado na figura 68. Este circuito é chamado de FLIP FLOP.

**FIGURA 3.68**

Célula de memória.

Suas duas entradas R e S devem permanecer com valores 1. Para armazenar um bit 1 na célula, basta aplicar momentaneamente um bit 0 na entrada S (Set). Para armazenar um bit 0 na célula, basta aplicar momentaneamente um bit 0 na entrada R (Reset). Vejamos como isto ocorre, detalhadamente.

- a) Suponha que as entradas estejam em repouso, ou seja, $R=1$ e $S=1$.
- b) Aplicamos momentaneamente um bit 0 em S. A porta NAND ligada em S, ao receber 0 nesta entrada, produzirá uma saída $Y=1$ (lembre-se da tabela verdade da função NAND: se pelo menos uma das entradas é 0, a saída é 1).
- c) A porta 2 está então recebendo as entradas $R=1$ e $Y=1$ (note que a saída Y do circuito funciona como entrada da porta 2). Como $1 \text{ NAND } 1 = 0$, teremos uma saída $X=0$ na saída da porta 2. Este zero, ao entrar na porta 1, continuará produzindo saída $Y=1$, e agora isto independe do valor de S, já que $0 \text{ NAND } 0 = 1$ e $0 \text{ NAND } 1 = 1$.
- d) Agora a entrada S pode voltar ao seu valor de repouso 1, e a saída Y continuará sendo mantida em 1. Temos então um bit 1 armazenado.

Da mesma forma, o circuito também pode armazenar um bit 0, bastando manter S em 1, e momentaneamente levando a entrada R ao valor 0. O que ocorre é o seguinte:

- a) Ao receber uma entrada 0 em R, a porta 2 produzirá uma saída $X=1$. A porta 1 está recebendo neste momento, $X=1$ e $S=1$. Portanto temos $Y = 1 \text{ NAND } 1$, que vale 0.
- b) O valor $Y=0$ chega à entrada da porta 2. Como 0 NAND (qualquer coisa) vale 1, teremos $X=1$, independentemente do valor de R, que agora pode voltar ao seu estado de repouso, ou seja, com valor 1.
- c) A porta 1 está recebendo as entradas $X=1$ e $S=1$. Como $1 \text{ NAND } 1 = 0$, mais uma vez temos reforçado o bit 0 na saída Y.
- d) As entradas R e S podem voltar aos seus valores de repouso ($R=1$ e $S=1$) e o circuito manterá armazenado um bit $Y=0$.

É um circuito extremamente simples, mas é realmente uma surpresa a sua capacidade de “lembrar” um bit. Circuitos como este são agrupados até formar células de memória com muitos bits. Milhões dessas células são encontradas em um chip de memória, formando vários megabytes.

Projetando chips

O método mais simples para projetar circuitos lógicos é utilizar chips básicos como os mostrados na figura 66. Este é um método indicado para a construção de protótipos ou projetos de pequena complexidade. Para produção profissional entretanto, é preciso utilizar métodos mais eficientes.

Circuitos lógicos de média complexidade tornam-se muito grandes quando utilizamos chips básicos. Uma solução para esses casos é utilizar microcontroladores. Esses chips são microprocessadores que possuem em seu interior, uma unidade de processamento, memória ROM, RAM e circuitos de apoio. Quando o circuito a ser projetado não precisa ser extremamente veloz (por exemplo, uma placa lógica para controlar uma máquina de refrigerantes, ou máquina de lavar, ou o painel de controle de um videocassete), a melhor solução não é construir um circuito, e sim um programa que receba as entradas e gere as saídas. Quando o circuito a ser criado precisa ser muito veloz, os microcontroladores tornam-se ineficientes. Uma solução bastante viável é utilizar chips programáveis. Esses chips possuem em seu interior, um grande número de portas lógicas. Através de um programa de CAD, criamos o circuito com o auxílio de um PC e simulamos o seu funcionamento. Terminado o projeto, o circuito é “gravado” no chip programável. Esta programação consiste em definir as conexões que são realizadas entre os módulos internos do chip programável. Tais chips programáveis são chamados de PLD (programmable logic devices) e EPLD (erasable programmable logic devices). Os dois principais fabricantes desses produtos são a Altera (www.altera.com) e Xilinx (www.xilinx.com).

Utilizando PLDs e EPLDs, projetos complexos podem ser criados em pouco tempo, e ficam extremamente compactos. Até mesmo a produção em série pode ser feita, em pequena escala. Quando a escala de produção é maior e os custos finais do produto precisam ser reduzidos, a melhor coisa a fazer é projetar chips novos.

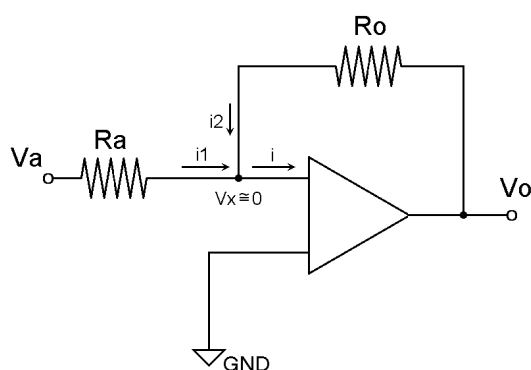
O projeto de chips é feito através de programas especiais de CAD. Definimos os circuitos lógicos a serem utilizados e simulamos o funcionamento do circuito final, tudo através de um PC. Terminado o projeto, o programa de CAD irá gerar arquivos de impressão, que transferidos para um equipamento apropriado, irão resultar em fotolitos. Esses fotolitos são levadas a uma máquina de produção de chips, que podem então ser produzidos aos milhares, com baixo custo unitário de produção. Todo este equipamento é muito caro, e até mesmo a contratação de

empresas especializadas tem custo elevado, e só compensa quando os chips são produzidos aos milhares.

Conversores D/A e A/D

Nem só com circuitos digitais se faz um computador. Também são necessários os circuitos analógicos. Sua função básica é lidar com sinais analógicos. Os principais circuitos analógicos são os existentes na placa de som, no modem e o trecho da placa de vídeo que envia as informações de cor para o monitor. Circuitos analógicos são formados por transistores, resistores, capacitores, indutores, diodos, transformadores e outros componentes “não digitais”. Para exemplificar esses circuitos, mostraremos aqui o funcionamento dos conversores D/A (Digital-Analógicos) e A/D (Analógicos-Digitais). Os conversores D/A são encontrados na placa de som, fazendo a conversão de sons digitalizados para o formato analógico, podendo assim ser amplificados e enviados para os alto falantes. Esses circuitos também são utilizados na placa de vídeo. Os dados existentes na memória de vídeo são digitais, e passam por conversores D/A para que se transformem em sinais analógicos, transmitindo informações sobre a quantidade de vermelho, verde e azul em cada pixel da tela.

A base do funcionamento dos conversores D/A e A/D é um circuito chamado amplificador operacional. Ligado convenientemente em capacitores, resistores e diodos, este circuito é capaz de realizar várias operações matemáticas sobre sinais analógicos. Pode até mesmo ser usado para sintetizar sons similares aos dos instrumentos musicais. Os amplificadores operacionais são fabricados com encapsulamentos similares aos dos chips e transistores.



*** 35% ***

FIGURA 3.69

Circuito básico com amplificador operacional.

A figura 69 mostra uma das formas mais simples de uso de um amplificador operacional. Possui duas entradas analógicas e uma saída. A tensão de saída V_o é igual à tensão existente entre suas duas entradas, multiplicada por um fator de amplificação, que é bastante grande, em geral superior a 1000. No circuito da figura, uma das entradas está ligada no terra (0 volts), e a outra entrada tem o valor de tensão V_x . Chamamos o ganho do amplificador de A (lembre-se que o ganho do amplificador é muito grande). Então temos:

$$V_o = A.V_x$$

$$V_x = V_o/A$$

Como A é um valor muito grande, é correto dizer que V_x é um valor muito pequeno. Na prática é de apenas alguns milésimos de volts, e é correto, para efeito de cálculos aproximados, considerar $V_x=0$. Tomando $V_x=0$, as correntes i_1 e i_2 que chegam ao ponto X são:

$$i_1 = V_a/R_a$$

$$i_2 = V_o/R_o$$

A corrente i que “entra” no amplificador é igual à soma de i_1 e i_2

$$i = i_1 + i_2$$

Uma outra característica dos amplificadores operacionais é que sua resistência de entrada é elevadíssima, da ordem de alguns milhões de ohms. Isto é o mesmo que dizer que sua corrente de entrada é muito pequena, praticamente zero. Portanto podemos considerar que $i=0$.

$$i = i_1 + i_2 = 0, \text{ ou seja}$$

$$i_2 = -i_1$$

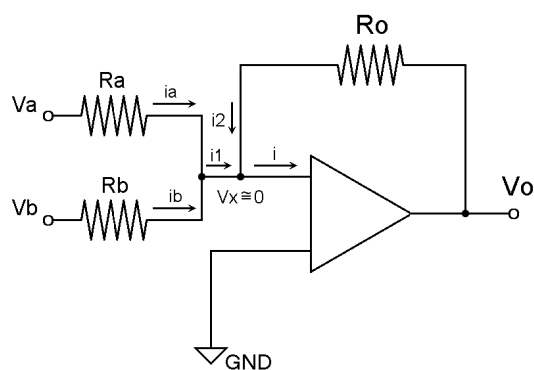
Substituindo i_1 por V_a/R_a e i_2 por V_o/R_o , ficamos com:

$$V_o/R_o = - V_a/R_a$$

$$V_o = - V_a (R_o/R_a)$$

Concluimos então que a tensão de saída V_o é igual à tensão de entrada V_a , multiplicada por um fator de amplificação R_o/R_a , com sinal negativo. Por exemplo, se fizermos $R_o = 10k\Omega$ e $R_a = 1k\Omega$, teremos $V_o = -10.V_a$. Conseguiríamos assim um circuito cuja saída é sempre 10 vezes maior que a entrada, com sinal negativo. Este sinal negativo pode, caso seja necessário,

ser eliminado por um segundo estágio com ganho igual a -1 , conseguido fazendo $R_o = R_a$.



*** 35% ***

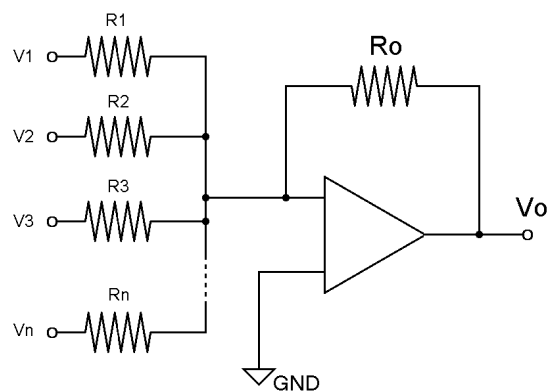
FIGURA 3.70

Amplificador com duas tensões de entrada.

O circuito da figura 70 é um pouco mais complexo. Ele tem duas entradas V_a e V_b , com dois resistores correspondentes, R_a e R_b . Nesses resistores passam correntes $i_a = V_a/R_a$ e $i_b = V_b/R_b$. A corrente i_1 neste caso vale $i_a + i_b$. A corrente i_2 é V_o/R_o , como no exemplo anterior, e a corrente i de entrada no amplificador operacional vale aproximadamente zero. Temos então:

$$0 = i = V_o/R_o + V_a/R_a + V_b/R_b, \text{ ou seja:}$$

$$V_o = - (V_a.R_o/R_a + V_b.R_o/R_b) = -R_o(V_a/R_a + V_b/R_b)$$

**FIGURA 3.71**

Amplificador com múltiplas entradas analógicas. Um conversor D/A é formado com este circuito, através da escolha apropriada dos resistores.

Este resultado pode ser generalizado no circuito da figura 71, onde temos n entrada com tensões V_1, V_2, \dots, V_n , e resistores R_1, R_2, \dots, R_n :

$$V_o = -R_o(V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3 + \dots + V_n/R_n)$$

Este circuito pode ser usado como um conversor analógico digital. Suponha que sua entrada seja formada por 4 bits. Digamos que os valores de tensão correspondentes aos bits 0 e 1 sejam 0 volts e 1 volt, respectivamente. Tomemos para os resistores, os seguintes valores:

$$R_o = 8k\Omega$$

$$R_1 = 8k\Omega$$

$$R_2 = 4k\Omega$$

$$R_3 = 2k\Omega$$

$$R_4 = 1k\Omega$$

Ficamos então com:

$$V_o = -8000 (V_1/8000 + V_2/4000 + V_3/2000 + V_4/1000), \text{ ou seja:}$$

$$V_o = - (V_1 + 2.V_2 + 4.V_3 + 8.V_4)$$

Note que com este circuito, os valores de tensão (que correspondem aos bits do valor digital de entrada) aparecem com pesos 1, 2, 4 e 8, exatamente como no sistema binário. Se tivermos por exemplo as entradas $V_4V_3V_2V_1$ representando o valor binário 0110 (6 em decimal), ficamos com:

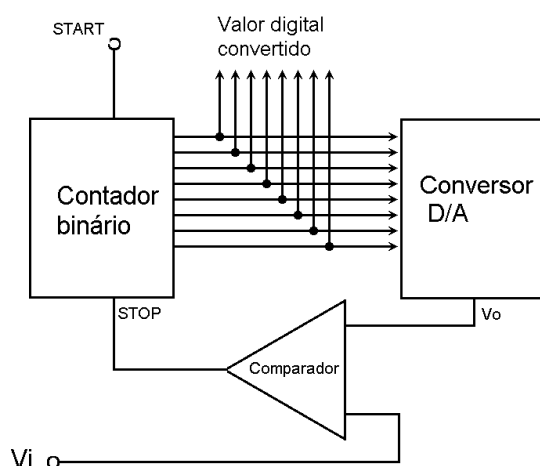
$$V_o = - (1.0 + 2.1 + 4.1 + 8.0) = -6 \text{ volts}$$

Portanto o valor digital 6 (0110) gerou na saída do circuito, o valor analógico de -6 volts. Da mesma forma o valor digital 5 (0101) resulta no valor analógico de -5 volts, o valor digital 11 (1011) resulta no valor analógico igual a -11 volts, e assim por diante. Nosso circuito é um conversor digital-analógico de 4 bits.

Conversores D/A com maior número de bits são construídos de forma semelhante, bastando usar um maior número de entradas, com resistores formando uma progressão geométrica de razão 2, ou seja, cada resistor é o dobro do anterior. Placas de som utilizam conversores D/A de 8 e 16 bits. Placas de vídeo usam conversores D/A de 8 bits, gerando assim 256 tonalidades para cada componente de cor.

Um conversor D/A precisa funcionar de forma tão rápida quanto os sinais analógicos que precisa representar. Conversores D/A usados em placas de som operam com 8 ou 16 bits, e usam taxas de amostragem de até 44 kHz, ou seja, fazem 44.000 conversões por segundo. Conversores D/A usados em placas de vídeo operam com 8 bits e usam taxas de amostragem bem mais elevadas, chegando a ultrapassar a casa dos 100 MHz, ou seja, acima de 100 milhões de conversões por segundo.

A conversão A/D (de analógico para digital) é bem mais complexa. Encontramos esses conversores em placas de som e placas digitalizadoras de vídeo.

**FIGURA 3.72**

Conversor Analógico/Digital.

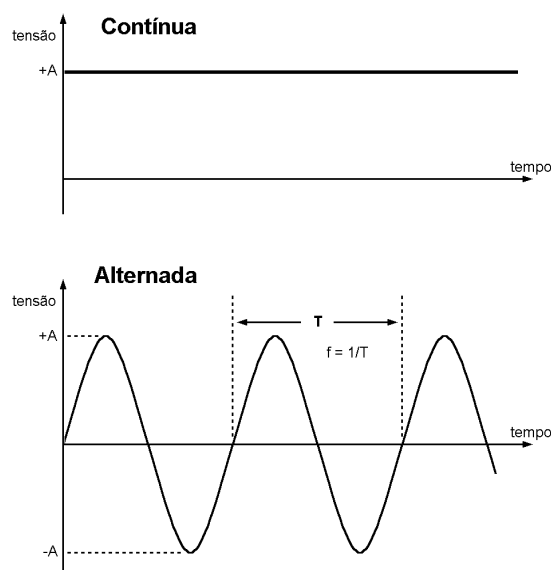
A figura 72 mostra o funcionamento de um conversor Analógico/Digital. É composto de um contador binário, um comparador analógico e um conversor D/A. O valor analógico V_i é alimentado na entrada do conversor. Um sinal digital START dá início à contagem realizada pelo contador binário. O valor binário gerado por este contador é enviado a um conversor D/A. O valor analógico resultante desta contagem é comparado com o valor analógico V_i que está sendo convertido. No instante em que o comparador detecta que suas entradas são iguais, significa que o valor binário gerado pelo contador é a versão digital do valor analógico V_i . Este comparador envia um sinal de parada ao contador. O valor digitalizado pode então ser lido das saídas do contador digital.

O processo de conversão A/D é bem mais lento que o de conversão D/A, e a sua rapidez depende de como é feita a contagem. Por exemplo, se usarmos um contador de 8 bits e for feita uma contagem seqüencial (0, 1, 2, 3, ...), a conversão poderá demorar até 256 ciclos. Com uma contagem seqüencial em um conversor de 16 bits, esta conversão poderá demorar até 65.536 ciclos. Para tornar a conversão mais rápida, os contadores utilizados não fazem contagem seqüencial, e sim, realizam o que chamamos de “busca binária”. Ao invés de contarem a partir do bit menos significativo, começam a contar a partir do bit mais significativo. Ao ligar o bit mais significativo, o valor analógico gerado será igual ao ponto médio da escala de contagem (por exemplo, 128, em um contador de 8 bits, que conta de 0 a 256). Se o valor assim gerado for muito grande, este bit será desligado. Se for menor que a tensão procurada, este bit será mantido ligado. A seguir é feito o mesmo teste com o segundo bit mais significativo (em um contador de 8 bits, ele tem peso 64), depois com o próximo (peso 32), e assim por diante, até chegar ao bit menos significativo. Desta forma um conversor A/D de 8 bits realiza a conversão em apenas 8 ciclos ao invés de 256. Um conversor A/D de 16 bits fará a conversão em 16 ciclos, ao invés de 65.536. A rapidez da conversão depende portanto da eficiência do método de contagem binária.

Conversores A/D usados em placas de som operam com a mesma velocidade dos seus conversores D/A, ou seja, até 44 kHz (44.000 conversões por segundo). Os conversores usados em placas digitalizadoras de vídeo trabalham com 8 bits e frequências da ordem de 10 MHz, ou seja, fazem cerca de 10 milhões de conversões por segundo.

Fonte de alimentação linear

A fonte de alimentação é um dispositivo que tem a mesma função que uma bateria. A diferença é que a energia elétrica não fica armazenada em células de voltagem (como ocorre com pilhas e baterias), e sim, é extraída da rede elétrica. Muitos aparelhos são alimentados diretamente a partir da rede elétrica, como é o caso de lâmpadas e motores. A voltagem da rede elétrica não é adequada para aparelhos eletrônicos, portanto esses aparelhos possuem fontes de alimentação. São circuitos que convertem a tensão da rede elétrica (110 volts em corrente alternada) para tensões adequadas ao seu funcionamento (em geral inferiores a 20 volts, em corrente contínua).

**FIGURA 3.73**

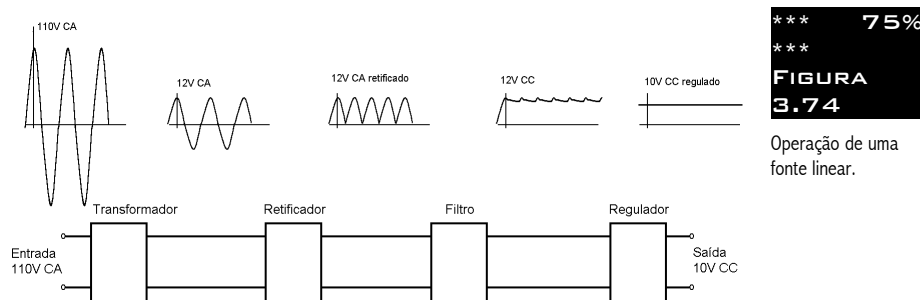
Tensão contínua e tensão alternada.

A figura 73 mostra a diferença entre uma fonte de tensão contínua e uma alternada. Na fonte de tensão contínua (CC), a corrente trafega sempre no mesmo sentido. O valor da tensão é constante, e se ligarmos um circuito de características constantes, como lâmpadas e resistores, a corrente também será constante. Como já mostramos, existem dois terminais, o positivo e o negativo. Na fonte de corrente alternada (CA), a corrente trafega, ora em um sentido, ora em outro sentido. A fonte CA empurra e puxa a corrente, indefinidamente.

A rede elétrica usada no Brasil opera com 60 ciclos por segundo, ou seja, empurra a corrente, depois puxa a corrente, e repete este ciclo 60 vezes a cada segundo. Dizemos que a tensão da rede é 60 Hz. Em alguns países, sobretudo na Europa, a rede opera com 50 Hz. O gráfico da tensão alternada tem a forma de uma senóide porque a geração é feita por eixos rotativos, existentes nos geradores das usinas de energia. Uma vantagem da tensão alternada é que pode ser facilmente convertida em valores mais altos ou mais baixos, através de transformadores, coisa que não pode ser feita tão facilmente com a corrente contínua.

Uma fonte de alimentação recebe corrente alternada a partir da rede elétrica, com frequência de 60 Hz e voltagem que pode ser de 110 ou 220 volts. Inicialmente esta tensão é reduzida para um valor menor, através de um transformador. Temos então corrente alternada, mas com um valor menor. A

seguir é feita uma retificação, que consiste em fazer a corrente trafegar sempre no mesmo sentido. O próximo passo é a filtragem, e finalmente a regulação. A figura 74 mostra as etapas da geração de tensão contínua em uma fonte.

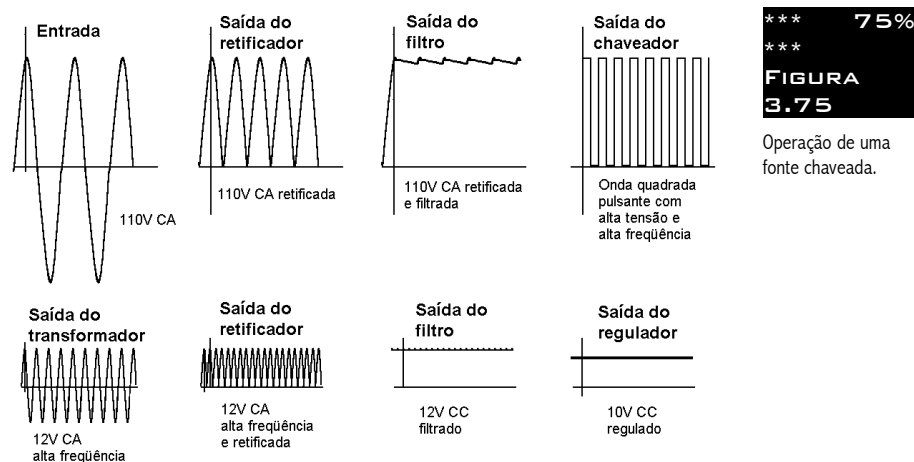


Operação de uma fonte linear.

As fontes que operam como mostramos na figura 74 são as chamadas “fontes lineares”. Sua principal desvantagem é que requerem transformadores muito pesados para fazer a redução de voltagem, e capacitores muito grandes para fazer a filtragem. São adequadas quando a potência a ser fornecida (potência = tensão x corrente) é pequena. Os chamados “adaptadores AC”, usados para alimentar caixas de som e dispositivos que não possuem fonte própria, consomem pouca potência. Eles são na verdade fontes lineares de alimentação, com operação similar ao mostrado na figura 74.

Fonte de alimentação chaveada

Tanto os transformadores quanto os capacitores usados nas fontes de alimentação poderiam ser bem menores se a frequência da rede elétrica fosse mais elevada, ao invés de operar com apenas 60 Hz. Por isso foram criadas as fontes chaveadas, utilizadas nos PCs e em todos os equipamentos eletrônicos modernos. Elas não necessitam de transformadores e capacitores grandes, e por isso podem fornecer muita potência, porém mantendo peso e tamanho reduzidos.



A figura 75 mostra as etapas de funcionamento de uma fonte chaveada. Inicialmente a tensão da rede elétrica é retificada e filtrada. Não existe dificuldade técnica na retificação de tensões elevadas. Quanto à filtragem, podem ser usados capacitores de menor valor, pois a corrente é mais baixa, apesar da tensão ser elevada. O resultado é uma tensão contínua de valor elevado. Esta tensão passa por um transistor de chaveamento que a transforma em uma onda quadrada de alta frequência, entre 100 e 200 kHz. Este transistor opera como uma chave elétrica que abre e fecha o circuito para a passagem de corrente, em alta velocidade. Esta onda quadrada passa por um transformador e tem sua tensão reduzida, porém com valor de corrente maior. Este transformador pode ser pequeno, já que opera com frequência muito mais elevada, e quanto maior é a frequência, maior é a facilidade que um transformador tem para fazer o seu trabalho.

Temos então uma corrente alternada, mas com amplitude menor e frequência maior. Esta corrente é retificada e filtrada, desta vez usando capacitores de menor tamanho, já que a filtragem também é facilitada pela frequência elevada. Finalmente temos a etapa de regulação, na qual imperfeições são eliminadas, resultando em um valor constante na saída. Uma fonte de alimentação usada em um PC possui várias seções para a geração dos diversos valores de voltagem.

Fabricação de placas

Vamos completar nossas noções sobre eletrônica mostrando como funciona uma linha de montagem para a fabricação de placas. Essas informações puderam chegar a você graças à cortesia da Asus do Brasil e da Itautec. Na

verdade a linha de montagem de placas da Asus é de propriedade da Itaotec. As placas lá produzidas são utilizadas nos PCs da Itaotec e o excedente é usado para abastecer o mercado de varejo. Outros fabricantes de placas de CPU também possuem fábricas no Brasil, como FIC e Gigabyte. Outros fabricantes estão representados na Zona Franca de Manaus.

Todo o piso da fábrica é pintado com tinta dissipativa anti-estática, e os funcionários utilizam “calcanheiras”. São presas aos pés e dissipam rapidamente para a terra quaisquer cargas eletrostáticas. Os fabricantes sabem que a eletricidade estática danifica os componentes eletrônicos. Pena que os lojistas, usuários e boa parte dos técnicos não tomam o mesmo cuidado. Para entrar na linha de montagem é preciso pisar em uma espécie de “balança” para medir se a dissipação da calcanheira anti-estática está funcionando bem.



*** 35% ***
FIGURA 3.76

Medidor de cargas eletrostáticas. Este aparelho faz a medição da quantidade de cargas eletrostáticas acumuladas no corpo humano, e verifica a eficiência da dissipação pelas calcanheiras anti-estáticas. Para entrar na linha de montagem é preciso estar equipado e com baixa quantidade de cargas eletrostáticas.

A Asus envia diretamente de Taiwan os kits de componentes para a montagem de placas, a começar com as placas de circuito propriamente ditas, ainda sem os componentes. Neste ponto as placas possuem apenas as trilhas de circuito impresso, os furos metalizados e a serigrafia. Placas de expansão (vídeo, por exemplo), são fornecidas em grupos de 4. As máquinas montam simultaneamente 4 placas de cada vez, e ao final do processo de montagem, as 4 placas são separadas.

**FIGURA 3.77**

Uma caixa cheia de placas de vídeo, antes de receberem os componentes. Essas placas são agrupadas de 4 em 4, são montadas em conjunto e apenas no final do processo são separadas.

A primeira etapa da montagem é a aplicação da pasta de solda. É uma espécie de “cola” impregnada por minúsculas esferas de solda em estado sólido. A aplicação é feita pela primeira máquina da linha. A pasta é aplicada em todos os pontos de soldagem. Esses pontos de soldagem já são previamente estanhados nas placas de circuito impresso. A máquina que aplica pasta de solda move a placa e localiza 4 pontos de referência, fazendo assim um alinhamento. Uma vez com a placa devidamente alinhada, a pasta de solda é aplicada nos pontos de soldagem. É um processo similar ao de uma impressora a jato de tinta, exceto que ao invés de tinta temos a pasta de solda.

**FIGURA 3.78**

Esta máquina faz a aplicação da pasta de solda sobre as placas de circuito.

É preciso checar a espessura da camada de pasta de solda, que deve estar dentro de parâmetros máximo e mínimo apropriados. Pode ser preciso descartar algumas placas até que esta máquina esteja regulada.

**FIGURA 3.79**

Esta máquina faz a checagem da espessura da camada de pasta de solda.

Ao sair da primeira máquina que faz a aplicação da pasta de solda, as placas passam por duas outras máquinas muito interessantes. Elas fazem a colocação automática dos componentes eletrônicos SMD (montados na superfície). A pasta de solda fica entre a placa e o componente. Mais adiante, um forno derreterá a solda e fixará os componentes SMD.

**FIGURA 3.80**

Exemplo de componente SMD.

As máquinas da linha de montagem são conectadas entre si, formando uma seqüência. Ao sair de cada máquina, a placa é transportada através de uma esteira para a máquina seguinte. Na figura 81 vemos ao fundo a máquina que aplica pasta de solda, seguida pela primeira máquina de inserção de componentes SMD.

**FIGURA 3.81**

Primeira máquina de inserção de componentes SMD. Ao fundo vemos a máquina para aplicação de pasta de solda.

É muito interessante ver os componentes sendo colocados na placa. A máquina de inserção usada na linha de montagem da Asus faz a colocação de 40.000 componentes por hora, cerca de 11 por segundo. No seu interior existe um enorme tambor rotativo com várias cabeças. Cada cabeça é alimentada com um tipo de componente. Por trás deste tambor existem vários carretéis com os componentes a serem inseridos. Cada placa que entra na máquina é movimentada rapidamente sob o tambor, e suas cabeças colocam precisamente cada componente em seu lugar. Uma placa leva cerca de 3 minutos para receber os componentes. A primeira máquina de inserção coloca capacitores, resistores, diodos e transistores.

**FIGURA 3.82**

Interior da primeira máquina de inserção de componentes SMD.

Terminado o trabalho da primeira máquina de inserção, as placas entram na segunda máquina, onde vão ser colocados os chips SMD (chipset, super I/O, chips MSI e SSI).

**FIGURA 3.83**

Uma placa entra na segunda máquina de inserção de componentes.

**FIGURA 3.84**

A segunda máquina de inserção, que irá colocar os chips nos seus lugares. Ao fundo, vemos o forno que faz o derretimento da pasta de solda e a fixação dos componentes.

Na segunda máquina existem braços mecânicos que rapidamente e precisamente colocam os chips nos seus lugares. Depois de receber todos os componentes SMD, as placas passam por um forno que aumenta lentamente sua temperatura até 70 graus, e depois as resfriam gradualmente até a temperatura ambiente, para evitar trincamentos e problemas de soldagem. Nesta etapa as minúsculas partículas de solda encontradas na pasta de solda são derretidas e fazem a fixação elétrica dos componentes SMD.

**FIGURA 3.85**

O forno que derrete a pasta de solda.

Na próxima etapa as placas são testadas para verificar se todas as ligações eletrônicas estão corretas. É verificado se existem circuitos em aberto ou curto-circuitos. Isto é feito em poucos segundos através de um equipamento de medição. Ele utiliza uma espécie de “cama de pregos”, com centenas de agulhas que fazem contato com todos os pontos a serem medidos, e em poucos segundos verifica se está tudo corretamente ligado. Este equipamento possui módulos removíveis, um para cada modelo de placa.

**FIGURA 3.86**

Equipamento de medição de contatos.

**FIGURA 3.87**

Placas de CPU já com todos os componentes SMD soldados em seus lugares e devidamente testadas.

**FIGURA 3.88**

Laércio ao lado de uma pilha de 6.000 placas de CPU semi-prontas.

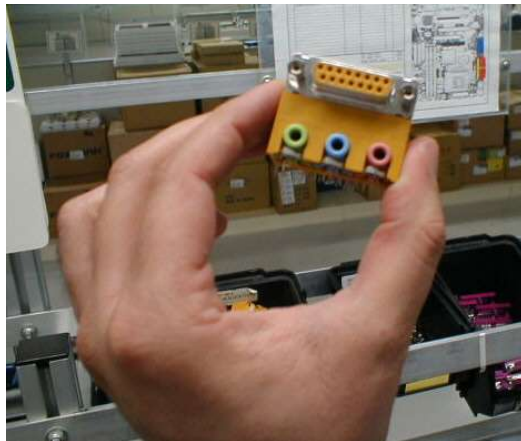
A fase de inserção manual de componentes

Neste momento as placas estão com todos os componentes SMD em seus lugares. A seguir são colocados os componentes que não são SMD, como os slots, conectores e soquetes. Esses componentes são encaixados nos furos da placa de circuito. Sua inserção é feita manualmente em uma linha de várias montadoras (agora são pessoas, não máquinas), cada uma responsável pela colocação de um grupo de componentes.

**FIGURA 3.89**

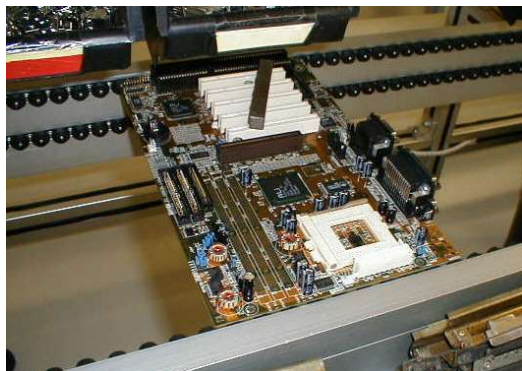
Soquetes ZIF para os processadores, que serão encaixados manualmente na placa de CPU.

As placas são movimentadas por uma esteira ao longo de uma seqüência de montadoras.

**FIGURA 3.90**

Um dos diversos componentes que são encaixados manualmente nas placas de CPU.

Depois de passar por todas as montadoras, as placas já estarão com os slots, soquete do processador, soquetes das memórias, bobinas, capacitores, reguladores de voltagem e soquetes para jumpers.

**FIGURA 3.91**

Uma placa com quase todos os componentes nos seus lugares.

Terminada a colocação de todos os componentes, as placas entram em um outro forno onde recebem um “banho de solda” na sua parte inferior, fixando os componentes nos furos de soldagem. Note que este forno é bastante diferente do primeiro. Na fixação dos componentes SMD, apenas é aplicado calor, que faz a pasta de solda derreter, fixando os componentes. Neste segundo forno não existe pasta de solda, e sim uma “piscina” de solda em estado líquido. As placas são movidas pela superfície desta solda, e ao saírem do outro lado, a solda é solidificada, fixando todos os componentes desta etapa.

**FIGURA 3.92**

Neste forno as placas recebem o banho de solda.

Ao sair do banho de solda, as placas estão totalmente montadas, mas ainda não liberadas para uso. Passam por outro equipamento testador (cama de pregos) para a verificação dos contatos relativos aos componentes recém soldados. É feita a colocação do BIOS para que sejam finalmente levadas ao último teste. Há alguns anos atrás, o BIOS era armazenado em ROM, produzidas aos milhares e já com o programa gravado. Atualmente é usada a Flash ROM, que deve ser gravada na fábrica.

**FIGURA 3.93**

Esta montadora está gravando o BIOS nas memórias Flash ROM, que são instaladas nas placas de CPU e placas de vídeo no final do processo de montagem.

Passando pela “cama de pregos”, o BIOS é instalado. As placas vão à última bancada, onde é feito o último teste. As placas são ligadas em um teclado, monitor, disco rígido e demais componentes que formam um PC. É feito um rápido boot e é executado um programa de diagnóstico para verificar seu funcionamento.

//////// FIM //////////