ELETRÔNICA BÁSICA

SUMÁRIO

1- CORRENTE ALTERNADA 3

2- VALOR MÉDIO E VALOR RMS 9

3- NOTAÇÃO CIENTÍFICA APLICADA À ELETRÔNICA 16

4- DIODOS 20

5- TRANSISTORES 25

6- CIRCUITOS INTEGRADOS LINEARES 31

7- CICRUITO IMPRESSO 40

REFERÊNCIAS

1- CORRENTE ALTERNADA

A **corrente alternada** (**CA** ou **AC** - do inglês *alternating current*), é uma corrente elétrica cujo sentido varia no tempo, ao contrário da corrente contínua cujo sentido permanece constante ao longo do tempo. A forma de onda usual em um circuito de potência CA é senoidal. Por ser uma forma de transmissão de energia mais eficiente, normalmente a CA é o tipo de corrente que chega nas residências. Entretanto, em certas aplicações, diferentes formas de ondas são utilizadas, tais como triangular ou ondas quadradas. Enquanto a fonte de corrente contínua é constituída pelos polos positivo e negativo, a de corrente alternada é composta por fases (e, muitas vezes, pelo fio neutro).

A corrente alternada surgiu pela primeira vez, em 1832, quando o francês Hippolyte Pixii aplicou o princípio de indução electromagnética de Michael Faraday. Nikola Tesla e outros cientistas, anos depois da invenção da corrente alternada, melhoraram enormemente o sistema de distribuição de corrente alternada e inovações que tornaram o seu uso prático. Nikola Tesla foi contratado por J. Westinghouse para construir uma linha de transmissão entre Niágara e Buffalo, em NY. Thomas Edison, que defendia e empregava a corrente contínua em seus experimentos, fez o possível para desacreditar Tesla, mas sem sucesso. O sistema polifásico acabou por prevalecer, pelas vantagens inegáveis de custo, praticidade e eficiência em relação à corrente contínua. A Corrente Alternada é a forma mais eficiente de se transmitir uma corrente elétrica por longas distâncias, algo em que a corrente contínua é extremamente limitada, o que acarretaria custos incomparavelmente maiores para ser empregada. Na corrente alternada, os elétrons invertem o seu sentido várias vezes por segundo.

A corrente alternada foi adotada para transmissão de energia elétrica a longas distâncias devido à facilidade relativa que esta apresenta para ter o valor de sua tensão alterada por intermédio de transformadores. Além disso as perdas em CA são bem menores que em CC. No entanto, as primeiras experiências e transmissões foram feitas com Corrente contínua (CC). É hoje sabido que a transmissão de corrente alternada a longas distâncias é mais vantajosa, porém no

que concerne ao funcionamento de aparelhos eletrônicos é preferível a conversão para Corrente contínua (CC).

Na primeira metade do século XX havia sistemas de corrente alternada de 25 Hz no Canadá (Ontário) e no norte dos Estados Unidos. Em alguns casos, estes sistemas (por exemplo, nas Cataratas do Niágara) perduram até hoje por conveniência das fábricas industriais que não tinham interesse em trocar o equipamento para que operasse a 60 Hz. As baixas frequências facilitam a construção de motores de baixa rotação, já que esta é diretamente proporcional à frequência.

Há também sistemas de 16,67 Hz em ferrovias da Europa (Suíça e Suécia).

Sistemas CA de 400 Hz são usados na indústria têxtil, aviões, navios, naves espaciais e em grandes computadores.

Na maioria dos países da América, inclusive Brasil e EUA, a frequência da rede elétrica é de 60 Hz. Na Europa, inclusive em Portugal, é usada a frequência de 50 Hz. A frequência de 50 Hz também é usada em alguns países da América do Sul, como por exemplo a Argentina, a Bolívia, o Chile e o Paraguai.

Matemática

A forma de onda de tensão em CA pode ser descrita matematicamente pela fórmula:

A forma de onda de corrente em CA pode ser descrita matematicamente pela fórmula:

O valor de pico-a-pico de uma tensão alternada é definida como a diferença entre o seu pico positivo e o seu pico negativo. Desde o valor máximo de que é +1 e o

valor mínimo que é -1, uma tensão CA oscila entre e . A tensão de pico-a-

pico, escrita como , é, portanto (+) − (−) = .

Geralmente, a tensão CA é dada quase sempre em seu valor eficaz, que é o valor quadrático médio desse sinal elétrico (em inglês é chamado de *root mean square*,

ou ***rms***), sendo escrita como (ou). Para uma tensão sinusoidal:

V_{ef} é útil no cálculo da potência consumida por uma carga. Se a tensão CC de valor V_{CC} transfere certa potência P para a carga dada, então uma tensão CA de valor V_{ef} irá entregar a mesma potência média P para a mesma carga se $V_{ef} = V_{CC}$. Por este motivo, rms é o modo normal de medição de tensão em sistemas de potência.

Para ilustrar estes conceitos, considere a tensão de 220 V CA, usada em alguns estados brasileiros e em Portugal. Ela é assim chamada porque seu valor eficaz (rms) é, em condições normais, de 220 V. Isto quer dizer que ela tem o mesmo efeito joule, para uma carga resistiva, que uma tensão de 220 V CC. Para encontrar a tensão de pico (amplitude), podemos modificar a equação acima para:

Para 220 V CA, a tensão de pico V_P ou A é, portanto, 220 V × √2 = 311 V (aprox.). O valor de pico-a-pico V_{P-P} de 220 V CA é ainda mais alta: 2 × 220 V × √2 = 622 V (aprox.)

Note que para tensões não senoidais, temos diferentes relações entre seu pico de magnitude valor eficaz. Isso é de fundamental importância ao se trabalhar com elementos do circuito não lineares que produzem correntes harmônicas, como retificadores.

Tensão alternada

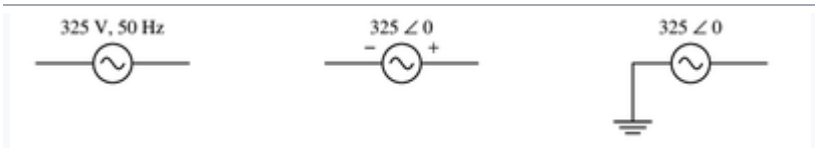


Diagrama de circuito para uma fonte ideal de tensão alternada (esquerda) e representação da tensão da rede elétrica pública na Europa (direita).

Uma tensão alternada é um sinal senoidal:

os diagramas de circuito, uma fonte ideal de tensão alternada representa-se pelo símbolo na figura abaixo. Junto do diagrama indica-se a tensão máxima e a frequência. Os valores apresentados na figura são os que estão em uso na rede

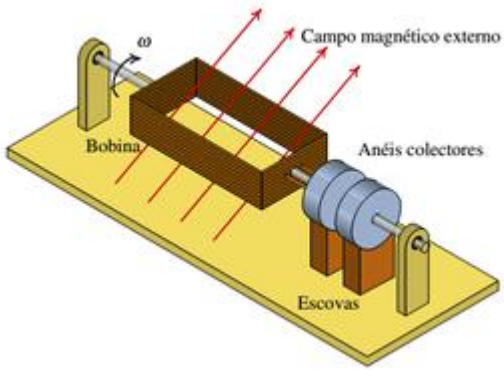
elétrica pública da União Europeia: frequência de 50 Hz e tensão máxima de 325 V.[3]

O instante em que arbitramos pode ser escolhido de forma a fazer com que a fase da tensão seja nula. Uma vez fixarmos um valor para a fase, é importante indicar qual a diferença de potencial que o fasor representa: o potencial do terminal identificado com o sinal + menos o potencial do terminal com o sinal. Os sinais indicados nos terminais da fonte indicam que o terminal positivo está a maior

potencial que o negativo, no instante , mas meio período mais tarde o terminal positivo estará a menor potencial que o terminal negativo.

Se usarmos uma ligação a terra no circuito, como no lado direito da figura acima, o fasor da tensão representará a diferença de potencial entre o terminal que não está ligado à terra e a terra. Nesse caso não será necessário indicar sinais nos terminais da fonte.

Gerador de tensão alternada



Gerador de tensão alternada.

Um gerador de tensão alternada (figura ao lado), consiste numa bobina que se faz rodar dentro de um campo magnético; o fio onde começa a bobina está soldado a um anel condutor e o fim do fio, depois de ser enrolado na bobina, solda-se a outro anel condutor; esses dois anéis mantêm o contato com duas escovas, enquanto a bobina roda, de forma que a diferença de potencial entre as escovas é igual à diferença de potencial na bobina toda.

O fluxo através da bobina é:

Onde **A** é a área da bobina, **B** o campo médio, e o ângulo entre o campo e a normal à bobina.

Se a bobina roda com velocidade angular constante, , o ângulo , em função

do tempo, é representado por .

Assim, a derivada do fluxo magnético, em função do tempo, será igual a:

Onde . A expressão acima dá a diferença de potencial entre as duas escovas condutoras, em função do tempo e é designada tensão alternada. A diferença de potencial oscila entre um valor máximo **V máx**, positivo, e um valor mínimo negativo **-V máx**.

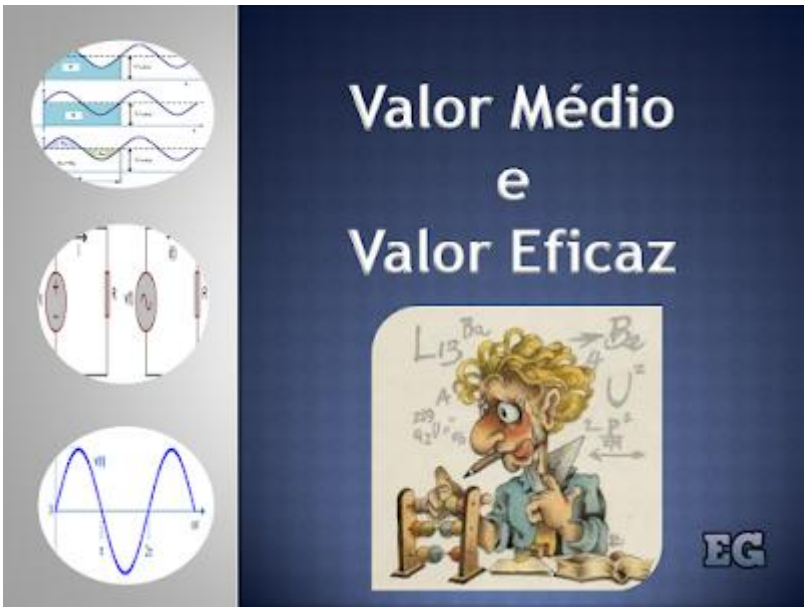
A frequência da tensão alternada, , é o número de oscilações por unidade de tempo.

O gerador de tensão alternada, também denominado alternador, usa-se para transformar energia mecânica em energia elétrica. A fonte da energia mecânica, que faz rodar a bobina, pode ser o vento, nas centrais de energia eólica, a corrente de água, nas centrais hidroelétricas, o fluxo de vapor de água evaporada por

combustão de carvão, o movimento do motor, no alternador usado para recarregar a bateria num automóvel, etc.

2- VALOR MÉDIO E VALOR RMS

Hoje o assunto envolve mais de matemática do que o usual que é apresentado aqui no blog, porém, sem a matemática o mundo moderno seria muito diferente.



Com os teoremas e formulações matemáticas é possível interpretarmos muitos fenômenos físicos que nos rodeiam. E se tratando de engenharia e eletrônica a matemática não pode ficar de fora.

Quando se começa os estudos de circuitos elétricos utiliza-se muito o sinal contínuo para analisar e estudar os teoremas, para que depois de dominarmos as técnicas de análise de circuitos passemos para fontes alternadas, geralmente senoidais.

Com esta mudança da forma de onda, começam a surgir novos nomes, tensão e corrente média, tensão e corrente eficaz ou *RMS* (*root mean square* - raiz quadrática média). E a partir do momento em que se inicia os estudos em eletrônica, esses nomes começam a nos acompanhar por toda a vida. Pretendo com este texto apresentar o que eles significam basicamente, e alguns exemplos de cálculos

básicos.

Valor Médio (Average)

O nome é bastante sugestivo, calcular o valor médio de um sinal qualquer quer dizer obter a média desse sinal ao longo de um período. Nossas variáveis de interesse em muitos dos casos são corrente e tensão, isso significa que a tensão ou corrente média é a média do sinal ao longo do tempo, ou melhor, em um período.

O valor médio pode ser entendido como a componente CC que compõe o sinal, ou seja, o equivalente a um sinal continuo. Utilizando uma formulação matemática o valor médio de uma tensão, por exemplo, é calculado analiticamente por integração como:

$$VMED=1T\int T0v(t)dt(1)$$

Note que, o valor médio é a área sob a curva dada pelo sinal. A Figura 1 aborda a relação entre um sinal alternado e o valor médio deste sinal.

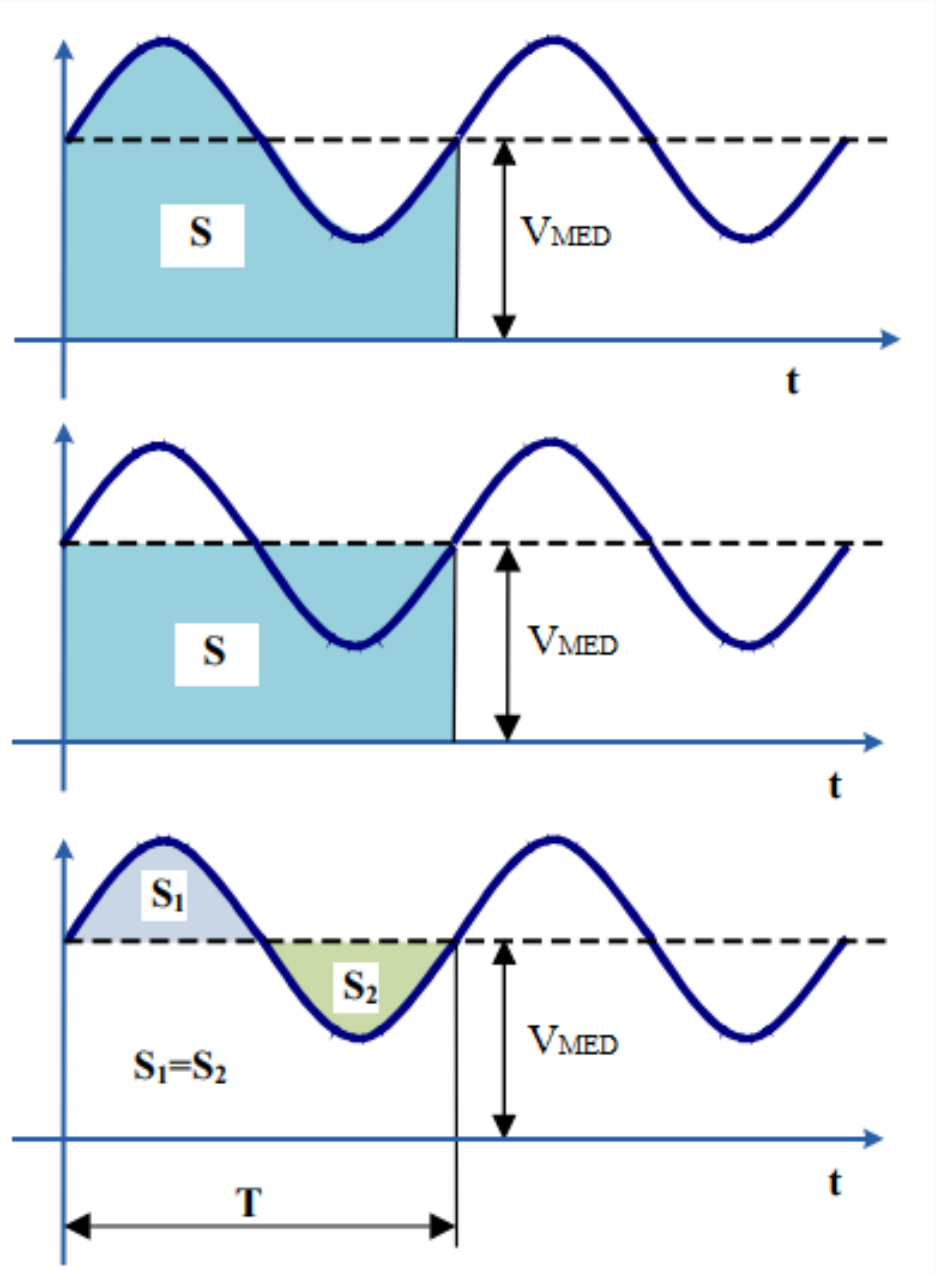


Figura 1 - Relação gráfica do valor médio de um sinal senoidal ao longo de um período de tempo T.

Podemos notar da Figura 1 que a área sob a curva do sinal senoidal nos dá o valor médio, que é o equivalente a um sinal CC.

A título de exemplo, vamos calcular o valor médio de um sinal senoidal com simetria no eixo da abscissa (eixo x). Este sinal tem a forma da tensão alternada encontrada nas nossas residências (tipicamente de 127 V ou 220 V). Assim, o sinal alternado da

Figura 2 possui valor máximo de VMAX. Como o sinal é senoidal e variante no tempo, ele pode ser representado por uma função seno como: v(t)=VMAXsinωt.

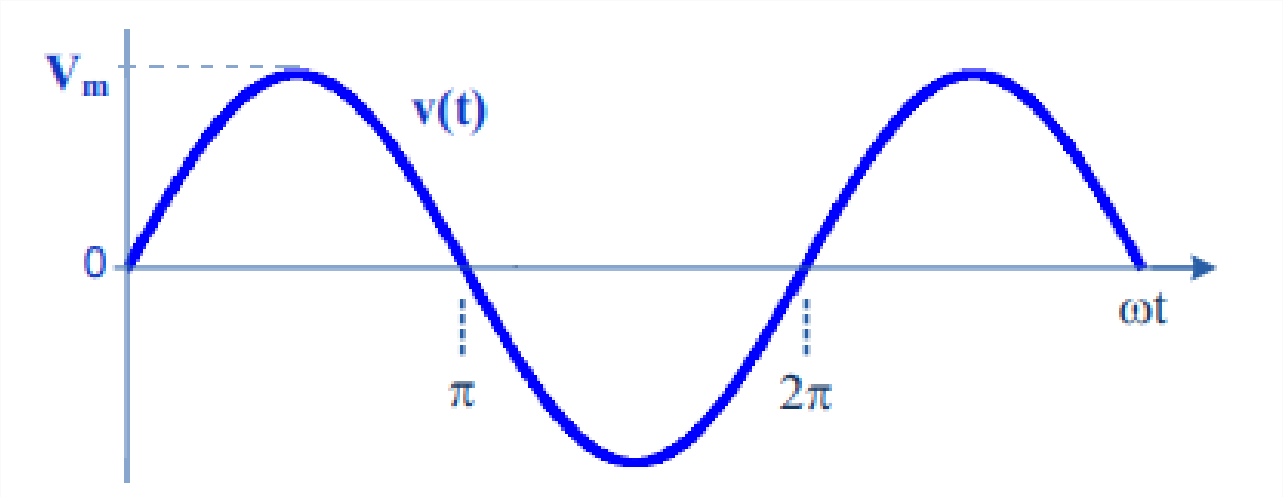


Figura 2 - Sinal senoidal com período de 2π e valor máximo VMAX.

Cabe destacar que o sinal da Figura 2 tem período igual a 2π rad. Utilizando a equação (1) para calcular o valor médio, tem-se os seguintes passos.

$$VMED=12\pi\int 2\pi 0 VMAX\sin(\omega t)d\omega t \quad (2)$$

Como VMAX é constante, ele sai da integração. Logo temos,

$$VMED=VMAX2\pi\int 2\pi 0 \sin(\omega t)d\omega t \quad (3)$$

A integral da função sinωt é −cosωt. Que pode ser verificado facilmente em uma tabela de integração. Assim, a equação (3) se torna:

$$VMED=VMAX2\pi[-\cos(\omega t)]2\pi 0 \quad (4)$$

$$VMED=VMAX2\pi[-1+1]\rightarrow VMED=VMAX2\pi[0]\rightarrow VMED=0 \quad (5)$$

Assim, podemos verificar que o valor médio de um sinal senoidal alternado com

simetria no eixo x, é zero. Este é apenas um exemplo de aplicação da equação (1).

Valor Eficaz ou *RMS*

O valor eficaz de um sinal (também denominado *RMS*) está relacionado com a potência em corrente continua. Ou seja, o valor eficaz é a medida ou a quantidade do sinal alternado que dissiparia a mesma potência em uma resistência alimentada por um sinal continuo (confuso não é mesmo?). Para tentar convencê-los vamos fazer uma demonstração.

Considere que uma resistência R seja conectada a uma fonte de sinal continuo V, logo, pela lei de Ohm, circulará uma corrente I no circuito. A potência que será consumida pode ser calculada por:

$$P=V\times I=V2R=I2\times R(6)$$

Agora considere que a mesma resistência R, com as mesmas características elétricas, seja alimentada por um sinal alternado v(t). Circulará pela malha uma corrente i(t) também alternada. Como a tensão e a corrente são funções no domínio do tempo, a potência consumida pode ser determinada por:

$$p(t)=v(t)\times i(t)=v(t)2R=i(t)2\times R(7)$$

Se tomarmos a potência média consumida ao longo de um período T, a equação (7) pode ser reescrita como:

$$PMED=1T\int T0v(t)2Rdt(8)$$

O circuito elétrico que representa as duas situações acima descritas pode ser visualizado na Figura 3 a seguir.

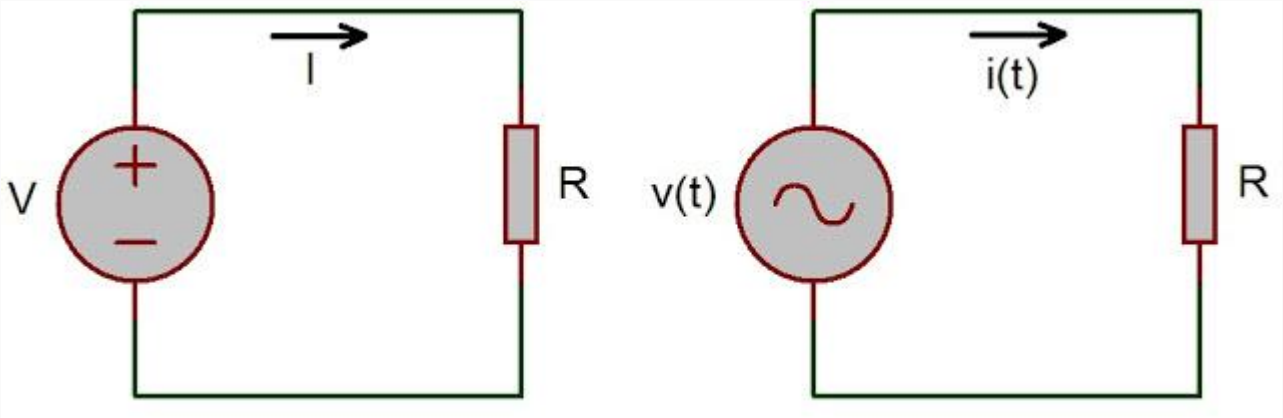


Figura 3 - Equivalente entre um circuito CC e um CA para determinação do valor eficaz.

Note que, o circuito elétrico representa os dois casos. Continuando, se igualarmos as potências (esta é a nossa premissa), ou seja, igualar as equações (6) e (8), temos que:

$$V2R=1T\int T0v(t)2Rdt(9)$$

Simplificando e isolando a variável de interesse V, tem-se:

$$V=1T\int T0v(t)2dt----------\sqrt{}(10)$$

Assim, temos a tensão eficaz dada pela equação (10). Reescrevendo, temos:

$$VRMS=1T\int T0v(t)2dt----------\sqrt{}(11)$$

Caso o sinal seja uma corrente, basta trocar as variáveis da equação anterior e realizar a integração normalmente.

A título de exemplo, vamos calcular o valor eficaz do sinal senoidal dado anteriormente, a equação da tensão no tempo é:

$$v(t)=VMAXsin\omega t(12)$$

Sendo o período igual a 2π e utilizando a equação (11) para calcular o valor eficaz, temos:

$$VRMS=12\pi\int 2\pi 0V2MAXsin2(\omega t)d\omega t----------\sqrt{}(13)$$

Podemos manipular as constantes da integral, onde obtém-se:

$$VRMS=VMAX2\pi--\sqrt{}\int 2\pi 0sin2(\omega t)d\omega t----------\sqrt{}(14)$$

Lembrando das relações trigonométricas, podemos simplificar sin2ωt como:

$$sin2\omega t=1-cos2\omega t2(15)$$

Assim, a integração pode ser resolvida mais facilmente,

$$VRMS=VMAX2\pi--\sqrt{}\int 2\pi 0dt2-\int 2\pi 0cos(2\omega t)2dt----------\sqrt{}(16)$$

$$VRMS=VMAX2\pi--\sqrt{}[t2]2\pi 0-[sin2\omega t4]2\pi 0----------\sqrt{}\rightarrow VRMS=VMAX2\pi--\sqrt{}\pi--\sqrt{}\rightarrow VRMS=VMAX2-\sqrt{}(17)$$

Logo, verificamos que para um sinal senoidal com simetria na abscissa, o valor eficaz é dado por:

$$VRMS=VMAX2-\sqrt{}(18)$$

A equação (18) é comumente encontrada nos livros. Este caso é apenas um exemplo de aplicação da equação (11).

3- NOTAÇÃO CIENTÍFICA APLICADA À ELETRÔNICA

Notação científica e ordem de grandeza são temas importantes para quem vai fazer a prova do Enem ou qualquer vestibular. Os conceitos são importantes para solucionar questões de matemática e física, confira o resumo do conteúdo e estude para o Enem.

Em ciência, você não pode escrever os números de qualquer modo. Existem regras a que se deve obedecer. Acompanhe o exemplo seguinte.

Escrevendo os números abaixo de modo que na parte inteira apareça apenas um algarismo, *diferente de zero*, temos:

42=4,2·10142=4,2·101

89=8,9·10189=8,9·101

165=1,65·102165=1,65·102

789=7,89·102789=7,89·102

5.893=5,893·1035.893=5,893·103

32.189=3,2189·10432.189=3,2189·104

Os números obtidos estão escritos em notação científica. Repare que um número escrito em notação científica pode ser representado do seguinte modo:

y=10$n$$y$=10$n$

onde y é um número compreendido entre 1 (inclusive) e 10 (exclusive) e n pertence ao conjunto dos números inteiros.

ORDEM DE GRANDEZA

Em nossa vida diária é muito comum não conhecermos o valor exato de certa grandeza. Considere os seguintes exemplos:

1) É possível conhecer exatamente qual é a população do Brasil neste momento?

2) Uma pessoa resolve construir uma casa. É possível, no início da construção, saber exatamente quanto vai custar a obra? Os dois exemplos acima mostram que, em nossa vida diária, frequentemente é impossível conhecer o valor exato de uma grandeza. Porém, é importante ter uma estimativa do seu valor. Este é o objetivo do estudo deste assunto. Não esqueça, quando estiver resolvendo um problema de

ordem de grandeza faça sempre cálculos (ou avaliações) aproximados.

Definição de ordem de grandeza de um número

Ordem de grandeza de um número é a potência de 10 mais próxima deste número. A ordem de grandeza do número 15 é 10 elevado a um, porque 15 está mais próximo de 10 elevado a um do que 10 elevado a dois. A ordem de grandeza do número 89 é 10 elevado a dois, porque 89 está mais próximo de 10 elevado a dois do que 10 elevado a um. A ordem de grandeza do número 2 é 10 elevado a zero, porque 2 está mais próximo de 10 elevado a zero do que 10 elevado a um.

CÁLCULO DA ORDEM DE GRANDEZA

É conveniente estabelecer uma regra que se aplique a qualquer número. Para calcularmos a ordem de grandeza de um número, devemos proceder do seguinte modo:

Primeiro passo: escreva o número em notação científica, isto é, da forma $y \cdot 10^n$

Segundo passo: temos dois casos a considerar:

- se o valor de y for menor do que 3,16 a ordem de grandeza do número será 10^n
- se o valor de y for maior do que 3,16 a ordem de grandeza do número será 10^{n+1}

Exemplos:

A ordem de grandeza do número $1{,}34 \cdot 10^8$ é 10^8 porque 1,34 é menor do que 3,16 e, nesse caso, devemos manter o expoente da notação científica.

A ordem de grandeza do número $7{,}45 \cdot 10^8$ é 10^9 porque 7,45 é maior do que 3,16 e, nesse caso, devemos acrescentar uma unidade ao expoente da notação científica.

CAIU NO ENEM

(Enem) Este enunciado refere-se aos três problemas seguintes. Se compararmos a idade do planeta Terra, avaliada em quatro e meio bilhões de

anos, com a de uma pessoa de 45 anos, então, quando começaram a florescer os primeiros vegetais, a Terra já teria 42 anos. Ela só conviveu com o homem moderno nas últimas quatro horas e, há cerca de uma hora, viu-o começar a plantar e a colher. Há menos de um minuto percebeu o ruído de máquinas e de indústrias e, como denuncia uma ONG de defesa do meio ambiente, foram nesses últimos sessenta segundos que se produziu todo o lixo do planeta!
O texto acima, ao estabelecer um paralelo entre a idade da Terra e a de uma pessoa, pretende mostrar que:

(A) a agricultura surgiu logo em seguida aos vegetais, perturbando desde então seu desenvolvimento.
(B) o ser humano só se tornou moderno ao dominar a agricultura e a indústria, em suma, ao poluir.

(C) desde o surgimento da Terra, são devidas ao ser humano todas as transformações e perturbações.

(D) o surgimento do ser humano e da poluição é cerca de dez vezes mais recente que o do nosso planeta.

(E) a industrialização tem sido um processo vertiginoso, sem precedentes em termos de dano ambiental.

Resolução:

De acordo com o texto, foi com o advento da industrialização que o processo de degradação ambiental ficou mais intenso. Letra E.
- O texto permite concluir que a agricultura começou a ser praticada há cerca de:

(A) 365 anos.

(B) 460 anos.
(C) 900 anos.

(D) 10.000 anos.
(E) 460.000 anos.

Resolução:
De acordo com o texto, temos:
4,5 bilhões de anos ---------- 45 anos
x anos ---------- 1 hora
x = 10.000 anos
Letra D.

- Na teoria do *Big Bang*, o Universo surgiu há cerca de 15 bilhões de anos, a partir da explosão e expansão de uma densíssima gota. De acordo com a escala proposta no texto, essa teoria situaria o início do Universo há cerca de:
(A) 100 anos.

(B) 150 anos.
(C) 1.000 anos.
(D) 1.500 anos.
(E) 2.000 anos.

Resolução:
De acordo com o texto temos:

45 bilhões de anos ---------- 45 anos

15 bilhões de anos ---------- x anos

x = 150 anos

Letra B

4- DIODOS

Diodo Semicondutor

O que é

Diodo é um dos elementos básicos da eletrônica como conhecemos, ele é o componente semicondutor mais simples existente e base para circuitos e até mesmo outros componentes como os transistores que revolucionaram a eletrônica, ele é formada pela junção de dois materiais semicondutores que basicamente são isolantes que foram dopados e se tornaram condutores, e é a junção do material que confere ao diodo sua capacidade tão especial de conduzir ou não corrente elétrica.

Fabricação

O diodo é fabricado a partir de silício, elemento químico de símbolo Si e numero atômico 14 e quatro elétrons na camada de valência o que na forma de cristal confere ao silício característica de isolante. Para a utilização do silício na fabricação de diodos (ou transistores) ele é purificado e passa por um processo que forma uma estrutura cristalina em seus átomos. O material é preparado e passa por um processo de dopagem, onde são introduzidas quantidades controladas de materiais selecionados que modificam a estrutura eletrônica, introduzindo-se entre as ligações dos átomos de silício, roubando ou doando elétrons dos átomos, gerando o silício P ou N, conforme ele seja positivo (tenha falta de elétrons) ou negativo (tenha excesso de elétrons).São usados para a dopagem do silício elementos químicos como o Fósforo ou Arsênio para cristais tipo N ou Boro e Gálio para cristais tipo P isso confere ao silício a capacidade de conduzir corrente elétrica.

No caso da dopagem do tipo N, o Fósforo possui 5 elétrons na sua camada mais externa isso faz com que no momento da recombinação com o silício um dos elétron fique livre para se mover (já que originalmente o silício possui 4 elétrons) possibilitando que uma corrente atravesse o material, e dando ao material carga

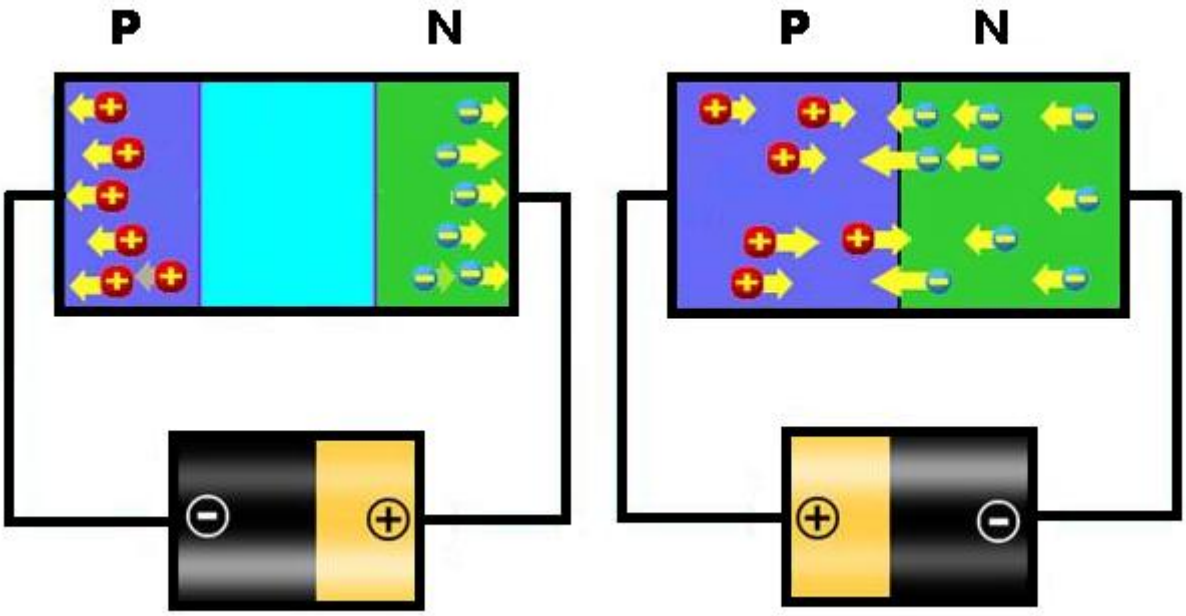
negativa.

No caso da dopagem do tipo P, o Boro tem apenas 3 elétrons em sua camada externa, sendo assim quando misturadas com a estrutura do silício, é formado um buraco pela falta de um elétron, isso confere carga positiva ao material podendo assim também conduzir corrente.

A união de uma pequena quantidade de material dopado tipo N e tipo P, transforma o cristal de silício de um bom isolador para um condutor, porem não tão bom por isso leva o nome de semicondutor, os materiais N e P quando separados não possuem características muito especiais, porem quando unidos a junção entre ele pode produzir resultados muito interessantes, isso acontece em um diodo.

O diodo

O diodo é o mais simples dos semicondutores. Ele permite que a corrente flua em uma das direções mas impede que flua na outra, isso devido a junção dos cristais dopados de silício N (cátodo) e P (ânodo) a figura exemplifica a ligação de um diodo.



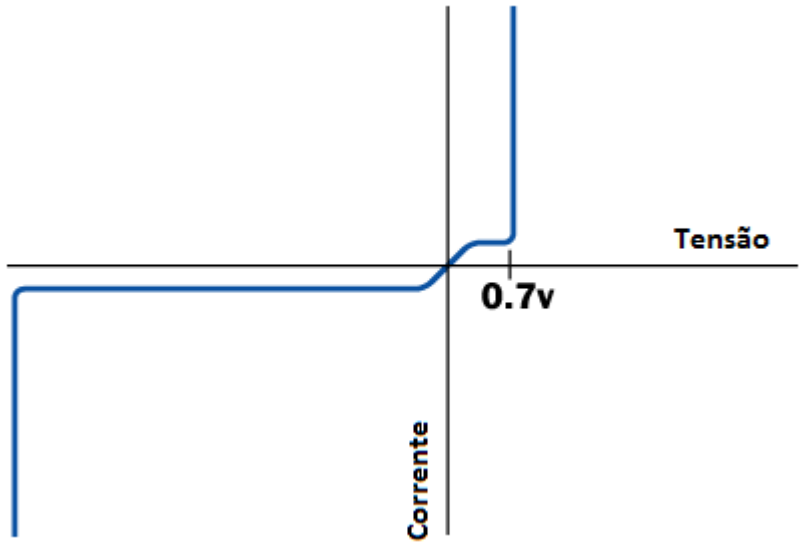
Na imagem o cristal N é um condutor por si só já que tem possui elétrons livres e o

cristal P também, porem apenas a união dos dois não conduz corrente elétrica, se ligarmos o termina positivo da bateria no terminal N do diodo, os elétrons serão atraídos ao terminal da bateria bem como os buracos do cristal P serão atraídos para o terminal negativo da bateria, sendo assim a corrente não fluirá pelo diodo.

Porem se invertemos a conexão da bateria, teremos corrente fluindo já que os elétrons livres no cristal tipo N serão repelidos pelo terminal negativo da bateria e os buracos do cristal P serão repelidos pelo pólo positivo da bateria, sendo ambos empurrados para a junção entre os cristais, nesse momentos elétrons livres e os buracos se encontram os elétrons livres preenchem os buracos, sendo assim os elétrons livres e os buracos deixam de existir e novos buracos e elétrons são empurrados para a junção, fazendo assim que flua corrente pela junção. por si só o movimento dos elétrons entre os cristais cria uma diferença de potencial que para os diodos de silício é de 0,7V.

Um dispositivo que bloqueia a corrente em uma direção e permite a passagem em outra, pode ser utilizada nas mas diversas aplicações, esse é o caso do diodo. Por exemplo em dispositivos que utilizam baterias para evitar inversão de polaridade, ou mesmo em circuitos retificadores que converter a tensão alternada em corrente continua, mas a maior aplicação dos semicondutores e obviamente do diodo é o transistor que tem muito em comum.

Porem o diodo como todos os outros componentes eletrônicos não possuem características totalmente idéias, ou seja, no diodo ideal toda corrente reversa aplicada aos seus terminais deveria ser bloqueada mais isso não acontece na vida real devido a suas características construtivas, sua curva característica pode ser vista no gráfico.



Em um diodo ideal quando reversamente polarizado deverá bloquear totalmente a corrente, porem em um diodo real uma pequena corrente de fuga aparece da ordem de micro ampere. Outro ponto é aplicação demasiada de tensão reversa na junção do diodo, sendo que se ultrapassar o limite construtivo a barreira pode se romper e o diodo passar a conduzir. Para polarizar o diodo é necessária uma pequena tensão que para os diodos de silício é em torno de 0,7V

Exemplo

Um exemplo de diodo comum é o 1N4007, muito usado em diversos projetos de eletrônica, algumas de suas características são:

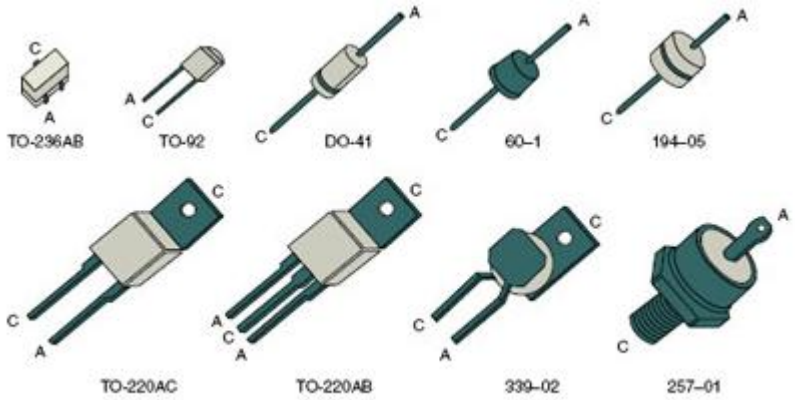
Pico máximo suportado de tensão reversa 1000V

Máxima tensão reversa RMS 700V

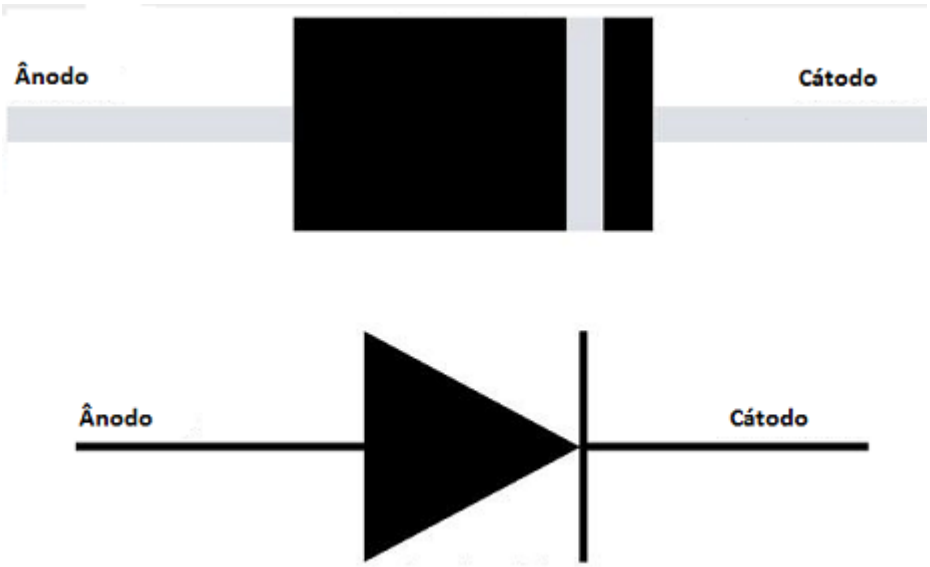
Corrente 1ª

Encapsulamento e simbologia

Os diodos podem ser encapsulados de varias maneiras diferentes, a mais comum para projetos de montagem com furos é a DO-41 como é o caso do 1N4007, mas também podem ser encontrados diodos para potencias superiores, ou ate mesmo modelos de montagem em superfície alguns dos encapsulamentos são:



O diodo é esquematicamente representado por um triangulo e um traço representando o cátodo, em um diodo real, o catodo também é representado por um traço desenhado no encapsulamento



c

5- TRANSISTORES

Transístor (pt) ou transistor (pt-BR) é um dispositivo semicondutor usado para amplificar ou trocar sinais eletrônicos e potência elétrica.

É composto de material semicondutor com pelo menos três terminais para conexão a um circuito externo. Uma tensão ou corrente aplicada a um par de terminais do transistor controla a corrente através de outro par de terminais. Como a potência controlada (saída) pode ser maior que a potência de controle (entrada), um transistor pode amplificar um sinal. Hoje, alguns transistores são embalados individualmente, mas muitos outros são encontrados embutidos em circuitos integrados. O termo provém do inglês transfer resistor (resistor/resistência de transferência), como era conhecido pelos seus inventores.

O transistor é o bloco de construção fundamental dos dispositivos eletrônicos modernos e é onipresente nos sistemas modernos. Julius Edgar Lilienfeld patenteou um transistor de efeito de campo em 1926, mas não foi possível construir um dispositivo de trabalho naquele momento. O primeiro dispositivo praticamente implementado foi um transistor de contato pontual inventado em 1947 pelos físicos estadunidenses John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley. O transistor revolucionou o campo da eletrônica e abriu caminho para rádios, calculadoras e computadores menores e mais baratos, entre outras coisas. O transistor está na lista de marcos do IEEE em eletrônica, e Bardeen, Brattain e Shockley dividiram o Prêmio Nobel de Física em 1956 por sua conquista.

A maioria dos transistores é feita de silício puro ou germânio, mas alguns outros materiais semicondutores também podem ser usados. Um transistor pode ter apenas um tipo de portador de carga, em um transistor de efeito de campo, ou pode ter dois tipos de portadores de carga em dispositivos de transistor de junção bipolar. Comparado com válvula termiônica, os transistores são geralmente menores e requerem menos energia para operar. Certos tubos de vácuo têm vantagens sobre os transistores em frequências de operação muito altas ou altas tensões

operacionais. Muitos tipos de transistores são feitos para especificações padronizadas por vários fabricantes.

O triodo termiônico, um tubo a vácuo inventado em 1907, possibilitou a amplificação da tecnologia de rádio e a telefonia de longa distância. O triodo, no entanto, era um dispositivo frágil que consumia uma quantidade substancial de energia. Em 1909, o físico William Eccles descobriu o oscilador de diodo de cristal. O físico Julius Edgar Lilienfeld depositou uma patente para um transistor de efeito de campo (FET) no Canadá em 1925, que foi planejado para ser um substituto de estado sólido para o triodo. Lilienfeld também apresentou patentes idênticas nos Estados Unidos em 1926 e 1928. No entanto, Lilienfeld não publicou nenhum artigo de pesquisa sobre seus dispositivos, nem suas patentes citam exemplos específicos de um protótipo funcional. Como a produção de materiais semicondutores de alta qualidade ainda estava a décadas de distância, as idéias de amplificadores de estado sólido de Lilienfeld não teriam encontrado utilidade prática nas décadas de 1920 e 1930, mesmo se tal dispositivo tivesse sido construído. Em 1934, o inventor alemão Oskar Heil patenteou um dispositivo similar na Europa.

John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain no Bell Labs, 1948

De 17 de novembro de 1947 a 23 de dezembro de 1947, John Bardeen e Walter Brattain da Bell Labs da AT&T em Murray Hill, Nova Jersey, nos Estados Unidos, realizaram experimentos e observaram que quando dois pontos de ouro eram aplicados a um cristal de germânio, sinal foi produzido com a potência de saída maior que a entrada. O líder do Grupo de Física do Estado Sólido, William Shockley, viu o potencial nisso, e nos próximos meses trabalhou para ampliar o conhecimento sobre semicondutores. O termo transistor foi cunhado por John R. Pierce como uma

contração do termo transresistência. De acordo com Lillian Hoddeson e Vicki Daitch, autores de uma biografia de John Bardeen, Shockley propôs que a primeira patente do Bell Labs para um transistor deveria ser baseada no efeito de campo e que ele fosse nomeado como o inventor. Tendo desenterrado as patentes de Lilienfeld que entraram na obscuridade anos antes, os advogados da Bell Labs desaconselharam a proposta de Shockley porque a ideia de um transistor de efeito de campo que usasse um campo elétrico como uma "grade" não era nova. Em vez disso, o que Bardeen, Brattain e Shockley inventaram em 1947 foi o primeiro transistor de contato pontual. Em reconhecimento a essa conquista, Shockley, Bardeen e Brattain receberam conjuntamente o Prêmio Nobel de Física de 1956 "por suas pesquisas sobre semicondutores e sua descoberta do efeito do transistor".

Herbert F. Mataré (1950)

Em 1948, o transistor de ponto de contato foi inventado independentemente pelos físicos alemães Herbert Mataré e Heinrich Welker enquanto trabalhavam na Compagnie des Freins et Signaux, uma subsidiária da Westinghouse localizada em Paris. Mataré tinha experiência anterior no desenvolvimento de retificadores de cristal de silício e germânio no esforço de radar alemão durante a Segunda Guerra Mundial. Usando esse conhecimento, ele começou a pesquisar o fenômeno da "interferência" em 1947. Em junho de 1948, testemunhando correntes fluindo através de pontos de contato, Mataré produziu resultados consistentes usando amostras de

germânio produzidas por Welker, semelhante ao que Bardeen e Brattain haviam realizado antes, em dezembro de 1947. Percebendo que os cientistas da Bell Labs já haviam inventado o transistor antes deles, a empresa se apressou em colocar seu "transistron" em produção para uso amplificado na rede de telefonia da França.[20]

Os primeiros transistores de junção bipolar foram inventados por William Shockley, da Bell Labs, que solicitou a patente (2.569.347) em 26 de junho de 1948. Em 12 de abril de 1950, os químicos Gordon Teal e Morgan Sparks, da Bell Labs, produziram com sucesso uma junção NPN bipolar que amplificava o transistor de germânio. A Bell Labs anunciou a descoberta deste novo transistor "sanduíche" em um comunicado de imprensa em 4 de julho de 1951.

Transistor superfície-barreira desenvolvido e produzido pela Philco em 1953

O primeiro transistor de alta frequência foi o transistor de germânio de superfície-barreira desenvolvido pela Philco em 1953, capaz de operar até 60 MHz. Estas foram feitas por gravura de depressões em uma base de germânio do tipo N de ambos os lados com jatos de sulfato de índio (III) até que ele tivesse alguns dez

milésimos de uma polegada de espessura. O índio galvanizado nas depressões formava o coletor e o emissor.

O primeiro rádio transistor tipo "protótipo" foi apresentado pela INTERMETALL (empresa fundada por Herbert Mataré em 1952) na Internationale Funkausstellung Düsseldorf entre 29 de agosto de 1953 e 9 de setembro de 1953.

O primeiro rádio transistorizado de bolso de "produção" foi o Regency TR-1, lançado em outubro de 1954.[19] Produzido como uma joint venture entre a Divisão de Regência da Industrial Development Engineering Associates, I.D.E.A. e Texas Instruments de Dallas, Texas, o TR-1 foi fabricado em Indianapolis, Indiana. Era um rádio quase de bolso com 4 transistores e um diodo de germânio. O desenho industrial foi terceirizado para a firma de Chicago Painter, Teague e Petertil. Foi lançado inicialmente em uma das quatro cores diferentes: preto, branco, vermelho e cinza. Outras cores deveriam seguir em breve.

O primeiro auto-rádio de produção "transistor" foi desenvolvido pelas corporações Chrysler e Philco e foi anunciado na edição de 28 de abril de 1955 do Wall Street Journal. A Chrysler havia fabricado o rádio para todos os transistores, o Mopar modelo 914HR, disponível como opção a partir do outono de 1955 para sua nova linha de carros Chrysler e Imperial de 1956, que atingiu os andares da concessionária em 21 de outubro de 1955.

O primeiro transistor de silício em funcionamento foi desenvolvido na Bell Labs em 26 de janeiro de 1954 por Morris Tanenbaum. O primeiro transistor de silício comercial foi produzido pela Texas Instruments em 1954. Este foi o trabalho de Gordon Teal, um especialista no cultivo de cristais de alta pureza, que já havia trabalhado no Bell Labs.[33][34][35] O primeiro MOSFET efetivamente construído foi de Kahng e Atalla no Bell Labs em 1960.

Importância

Um transistor Darlington aberto para que o chip transistorizado (o pequeno quadrado) possa ser visto dentro dele. Um transistor Darlington é efetivamente dois transistores no mesmo chip. Um transistor é muito maior do que o outro, mas ambos são grandes em comparação com os transistores na integração em grande escala, porque esse exemplo específico é destinado a aplicações de energia.

O transistor é o componente ativo chave em praticamente todos os eletrônicos modernos. Muitos consideram ser uma das maiores invenções do século XX.[37] Sua importância na sociedade atual depende de sua capacidade de ser produzida em massa usando um processo altamente automatizado (fabricação de dispositivos semicondutores) que alcança custos surpreendentemente baixos por transistor. A invenção do primeiro transistor na Bell Labs foi nomeada como um marco na IEEE em 2009.

Embora várias empresas produzam mais de um bilhão de transistores embalados individualmente (conhecidos como "discretos") a cada ano,[39] a grande maioria dos transistores agora é produzida em circuitos integrados (muitas vezes encurtados para IC, microchips ou simplesmente chips), junto com diodos, resistores, capacitores e outros componentes eletrônicos, para produzir circuitos eletrônicos completos. Uma porta lógica consiste em até cerca de vinte transistores, enquanto um microprocessador avançado, a partir de 2009, pode usar até 3 bilhões de transistores (MOSFETs).[40] "Cerca de 60 milhões de transistores foram construídos em 2002 ... para [cada] homem, mulher e criança na Terra."

6- CIRCUITOS INTEGRADOS LINEARES

Em eletrônica, um **circuito**

integrado, **microchipe**, **chipe** e **nanochipe** (do inglês, *microchip, chip, nanochip*), abreviadamente **CI**, é um circuito eletrônico miniaturizado (composto principalmente por dispositivos semicondutores) sobre um substrato fino de material semicondutor.

Os circuitos integrados são usados em quase todos os equipamentos eletrônicos usados hoje e revolucionaram o mundo da eletrônica.

Um circuito integrado híbrido é um circuito eletrônico miniaturizado constituído de dispositivos semicondutores individuais, bem como componentes passivos, ligados a um substrato ou placa de circuito.

Os circuitos integrados foram possíveis por descobertas experimentais que mostraram que os dispositivos semicondutores poderiam desempenhar as funções de tubos de vácuo, e desde meados do século XX, pelos avanços da tecnologia na fabricação de dispositivos semicondutores. A integração de um grande número de pequenos transistores em um chip pequeno foi uma enorme melhoria sobre o manual de montagem de circuitos com componentes eletrônicos discretos. A capacidade do circuito integrado de produção em massa, a confiabilidade e a construção de bloco de abordagem para projeto de circuito assegurou a rápida adaptação de circuitos integrados padronizados no lugar de desenhos utilizando transístores pequenos.

Há duas principais vantagens de circuitos integrados sobre circuitos discretos: custo e desempenho. O custo é baixo porque os chips, com todos os seus componentes, são impressos como uma unidade por fotolitografia: um puro cristal de silício, chamada de substrato, que são colocados em uma câmara. Uma fina camada de dióxido de silício é depositada sobre o substrato, seguida por outra camada química, chamada de fotorresiste. Além disso, muito menos material é usado para construir um circuito como um circuitos integrados do que como um circuito discreto. O desempenho é alto, visto que os componentes alternam rapidamente e consomem pouca energia (em comparação com os seus homólogos discretos) porque os

componentes são pequenos e estão próximos. A partir de 2006, as áreas de chips variam de poucos milímetros quadrados para cerca de 350 mm², com até 1 milhão de transístores por mm².

A ideia de um circuito integrado foi levantada por Geoffrey WA Dummer (1909-2002), um cientista que trabalhava para o *Royal Radar Establishment* (do Ministério da Defesa britânico). Dummer publicou a ideia em 7 de maio de 1952 no *Symposium on Progress in Quality Electronic Components* em Washington, D.C..[2] Ele deu muitas palestras públicas para propagar suas ideias.

O circuito integrado pode ser considerado como sendo inventado por Jack Kilby de Texas Instruments e Robert Noyce, da Fairchild Semiconductor,[4] trabalhando independentemente um do outro. Kilby registrou suas ideias iniciais sobre o circuito integrado em julho de 1958 e demonstrou com sucesso o primeiro circuito integrado em função em 12 de setembro de 1958[3] Em seu pedido de patente de 6 de fevereiro de 1959, Kilby descreveu o seu novo dispositivo como *"a body of semiconductor material ... wherein all the components of the electronic circuit are completely integrated."*

Kilby ganhou em 2000 o Prêmio Nobel de Física por sua parte na invenção do circuito integrado.[6] Robert Noyce também veio com sua própria ideia de circuito integrado, meio ano depois de Kilby. O *chip* de Noyce tinha resolvido muitos problemas práticos que o *microchip*, desenvolvido por Kilby, não tinha. O *chip* de Noyce, feito em Fairchild, era feito de silício, enquanto o *chip* de Kilby era feito de germânio.

Marcante evolução do circuito integrado remontam a 1949, quando o engenheiro alemão Werner Jacobi (Siemens AG) entregou uma patente que mostrou o arranjo de cinco transístores em um semicondutor.[7] A utilização comercial de sua patente não foi relatado.

A ideia de precursor da IC foi a criação de pequenos quadrados de cerâmica (pastilhas), cada um contendo um único componente miniaturizado. Esta ideia, que parecia muito promissora em 1957, foi proposta para o Exército dos Estados Unidos por Jack Kilby. No entanto, quando o projeto foi ganhando força, Kilby veio em 1958 com um design novo e revolucionário: o circuito integrado.

Escala de integração e nanotecnologia

Com os componentes de larga escala de integração, (do inglês: *Large Scale Integration*, LSI), nos anos oitenta, e a integração em muito larga escala, (*Very-large-scale integration*, VLSI), nos anos noventa, vieram os microprocessadores de alta velocidade de tecnologia MOS, que nada mais são que muitos circuitos integrados numa só mesa epitaxial.

Atualmente a eletrônica está entrando na era da nanotecnologia. Os componentes eletrônicos se comportam de maneiras diferentes do que na eletrônica convencional e microeletrônica, nestes a passagem de corrente elétrica praticamente não altera o seu estado de funcionamento. Nos nanocomponentes, a alteração de seu estado em função da passagem de corrente deve ser controlada, pois existe uma sensibilidade maior às variações de temperatura, e principalmente à variações dimensionais. Estas causam alterações nas medidas físicas do componente de tal forma, que podem vir a danificá-la. Por isso a nanotecnologia é tão sensível sob o ponto de vista de estabilidade de temperatura e pressão.

Escala de integração de circuitos integrados

Abrev.	**Denominação**	**Complexidade (números de transístores)**		
		Interpretação comum	**Tanenbaum**[8]	**Texas Instruments**[9]
SSI	Small Scale Integration	10	1–10	em baixo de 12
MSI	Medium Scale Integration	100	10–100	12–99

LSI	Large Scale Integration	1.000	100–100.000	100–999
VLSI	Very Large Scale Integration	10.000–100.000	a partir de 100.000	ab 1.000
ULSI	Ultra Large Scale Integration	100.000–1.000.000	—	—
SLSI	Super Large Scale Integration	1.000.000–10.000.000	—	—

Fabricação

Dispositivo lógico programável da empresa Altera.

A importância da integração está no baixo custo e alto desempenho, além do tamanho reduzido dos circuitos aliado à alta confiabilidade e estabilidade de funcionamento. Uma vez que os componentes são formados ao invés de montados, a resistência mecânica destes permitiu montagens cada vez mais robustas a choques e impactos mecânicos, permitindo a concepção de portabilidade dos dispositivos eletrônicos.

No circuito integrado completo ficam presentes os transístores, condutores de interligação, componentes de polarização, e as camadas e regiões isolantes ou condutoras obedecendo ao seu projeto de arquitetura.

No processo de formação do *chip*, é fundamental que todos os componentes sejam implantados nas regiões apropriadas da pastilha. É necessário que a isolação seja perfeita, quando for o caso. Isto é obtido por um processo chamado difusão, que se dá entre os componentes formados e as camadas com o material dopado com fósforo, e separadas por um material dopado com boro, e assim por diante.

Após sucessivas interconexões, por boro e fósforo, os componentes formados ainda são interconectados externamente por uma camada extremamente fina de alumínio, depositada sobre a superfície e isolada por uma camada de dióxido de silício.

Rotulagem

Dependendo do tamanho os circuitos integrados apresentam informações de identificação incluindo 4 seções comuns: o nome ou logotipo do fabricante, seu número, número do lote e/ou número serial e um código de 4 dígitos identificando a data da fabricação. A data de fabricação é comumente representada por 2 dígitos do ano, seguido por dois dígitos informando a semana. Exemplo do código 8341: O circuito integrado foi fabricado na semana 41 do ano de 1983, ou aproximadamente em outubro de 83.

Desde que os circuitos integrados foram criados, alguns *designers* de *chips* tem usado a superfície de silício para códigos, imagens e palavras não funcionais. Eles são algumas vezes referenciados como *chip art*, *silicon art*, *silicon graffiti* ou *silicon doodling*.

Outros desenvolvimentos

Na década de 80, foi criado o dispositivo lógico programável. Esses dispositivos contêm um circuito com função lógica e conectividade que podem ser programados pelo usuário, ao contrário de ser fixada diretamente pelo fabricante do CI. Isso permite que um único *chip* possa ser programado para implementar diferentes funções como portas lógicas, somadores e registradores. Os dispositivos atualmente nomeados *Field Programmable Gate Arrays* (Arranjo de Portas Programável em

Campo) podem agora implementar dezenas ou milhares de circuitos LSI em paralelo e operar acima de 550 MHz.

As técnicas aperfeiçoadas pela indústria de circuitos integrados nas últimas três décadas têm sido usadas para criar máquinas microscópicas, conhecidos como sistemas microeletromecânicos (do inglês: *microelectromechanical systems*, MEMS, ver também: microtecnologia). Esses dispositivos são usados em uma variedade de aplicações comerciais e militares. Exemplo de aplicações comerciais incluem a tecnologia processamento digital de luz em videoprojetores, impressoras de jato de tinta e acelerômetros usados em *airbags* de automóveis.

Desde 1998, um grande número de *chips* de rádios tem sido criado usando CMOS possibilitando avanços tecnológicos como o telefone portátil DECT da Intel ou o *chipset* 802.11 da empresa Atheros.

As futuras criações tendem a seguir o paradigma dos processadores multinúcleo, já utilizados pelos processadores *dual-core* da Intel e AMD. A Intel recentemente apresentou um protótipo não comercial, que tem 80 microprocessadores. Cada núcleo é capaz de executar uma tarefa independentemente dos outros. Isso foi em resposta do limite calor vs velocidade no uso de transístores existentes. Esse design traz um novo desafio a programação de *chips*. X10 é uma nova linguagem *open-source* criada para ajudar nesta tarefa.

O **encapsulamento** é o invólucro protetor de um circuito integrado. O invólucro possui terminais de metal denominados pinos ou patas, os quais são resistentes o suficiente para conectar elétrica e mecanicamente o frágil *microchip* de silício a uma placa de circuito impresso. Esta conexão pode ser feita através de solda ou por força mecânica aplicada por molas ou por um soquete ZIF. A maioria das placas de circuito impresso modernas usa tecnologia de montagem superficial, embora anteriormente fosse comum inserir os pinos em orifícios abertos na placa. Como encapsulamentos menores são mais baratos e ecologicamente mais seguros, a maioria dos encapsulamentos modernos são pequenos demais para instalação manual por seres humanos. Os microprocessadores modernos podem ter mais de 1000 pinos, de modo que a tecnologia de fabricação e instalação do encapsulamento deve ser muito confiável.

CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor*, em português semicondutor de metal-óxido complementar) é uma tecnologia empregada na fabricação de circuitos integrados, englobando elementos de lógica digital (portas lógicas, flip-flops, contadores, decodificadores, etc.), microprocessadores, microcontroladores, memórias RAM, etc. A tecnologia do CMOS é também utilizada para produção de circuitos analógicos como sensores de imagem, conversores de sinal e transceptores, utilizados largamente na comunicação. O CMOS foi patenteado em 1963 por Frank Wanlass.

O "complementary" em seu nome vem do fato dessa tecnologia utilizar os dois tipos de transistores MOSFET, o MOSFET canal N e o MOSFET canal P, de tal modo que um deles "complementa" o outro na necessidade de se produzir funções lógicas.

A CMOS é hoje a tecnologia mais largamente usada na fabricação de CIs. As principais vantagens dos circuitos integrados CMOS são o baixíssimo consumo de energia (que leva à baixa dissipação de calor) e a possibilidade de alta densidade de integração, em comparação com outras tecnologias, e.g. TTL. Outro ponto a destacar é a boa relação sinal-ruído devido à baixa interferência dos sinais eletrônicos. Devido a tais características, circuitos CMOS são também largamente utilizados em calculadoras, relógios digitais, e outros dispositivos alimentados por pequenas baterias, bem como uma importante opção para tradutores de sinais luminosos. Apesar dessas vantagens do CMOS, ele continua sendo mais lento que o TTL.

No jargão dos computadores, é comum usar o termo "CMOS" para se referir a uma determinada área de memória, onde ficam guardadas informações sobre os periféricos instalados e a configuração inicial do computador, além do relógio e calendário. Como a memória e o relógio precisam ser preservados mesmo com o computador desligado, são alimentados por uma pequena bateria de lítio, e somente a tecnologia CMOS pode produzir dispositivos com um consumo baixo o suficiente para esse propósito. A memória e relógio estão embutidos em um circuito integrado fabricado com tecnologia CMOS, levando ao uso equivocado do nome.

Um sensor CMOS, em particular, é um componente eletrônico em estado sólido que converte a luz num padrão de cargas elétricas que se traduz em dados digitais.

CMOS é usado comumente em câmeras digitais e que tem sido utilizado como uma alternativa mais barata aos sensores do tipo CCD.

A **lógica nMOS** (***n**FET **M**etal **O**xide **S**ilicon*) usa transistores de efeito de campo de metal óxido-semicondutor MOSFET tipo-n para implementar portas lógicas e outros circuitos digitais. Transistores nMOS têm três modos de operação: corte, tríodo e saturação (também denominado ativo).

Os MOSFETs tipo-n são arrumados numa rede "pull-down" (PDN) entre a saída da porta lógica e a voltagem de alimentação negativa, enquanto um resistor é colocado entre a saída da porta lógica e a voltagem de alimentação positiva. O circuito é desenhado de tal forma que se a saída desejada for baixa, então o PDN será ativo, criando uma corrente entre a alimentação negativa e a saída.

Funções lógicas em NMOS

Como exemplo, numa porta NOR em lógica nMOS, se a entrada A ou B forem altas (1 lógico = verdade), o respectivo transistor MOS age como uma resistência muito baixa entre a saída e a alimentação negativa, forçando a saída a ser baixa (0 lógico = falso). Quando A e B são altos, ambos os transistores são condutivos, criando uma corrente de resistência igualmente baixa para o terra. A única hipótese em que a saída é alta, é quando ambos os transistores estão desligados, o que ocorre somente quando A e B são baixos, satisfazendo assim a tabela-verdade da porta NOR:

A	B	A NOR B
0	0	1
0	1	0
1	0	0

1	1	0

Problemas da lógica nMOS

Embora a lógica nMOS seja fácil de desenhar e fabricar (um MOSFET pode ser feito para operar como um resistor, assim o circuito inteiro pode ser feito com nMOSFETs), possui várias limitações também. O pior problema é que a corrente contínua flui através de uma porta lógica nMOS quando a PDN está ativa, isto é, toda vez em que a saída é baixa. Isto leva à dissipação de energia estática mesmo quando o circuito está ocioso.

Também, circuitos nMOS são lentos para passar de baixo para alto. Ao passar de alto para baixo, os transistores oferecem baixa resistência, e a carga capacitiva na saída é drenada muito rapidamente. Mas a resistência entre a saída e o conduto de alimentação positiva é muito grande, de modo que a transição de baixo para alto é demorada. Usando um resistor de baixo valor irá acelerar o processo mas também aumenta a dissipação de energia estática.

Ademais, os níveis assimétricos da lógica de entrada tornam os circuitos nMOS suscetíveis ao ruído. Estas desvantagens são o motivo da lógica nMOS ter sido suplantada pela CMOS em circuitos digitais de baixa potência e alta velocidade, tais como microprocessadores, durante os anos 1980.

7- CICRUITO IMPRESSO

Os circuitos impressos, em inglês denominados com as siglas PCB e PCBA, foram criados em substituição às antigas pontes de terminais onde se fixavam os componentes eletrônicos, em montagem conhecida no jargão de eletrônica como montagem "aranha", devido à aparência final que ele tomava, principalmente onde existiam válvulas eletrônicas e seus múltiplos pinos terminais do soquete de fixação.[1] Eles mecanicamente suportam e eletricamente conectam componentes eletrônicos usando trilhas, pads e outros gravados em folhas de cobre laminado em um substrato não condutor.

O circuito impresso consiste de uma placa isolante de fenolite, fibra de vidro, fibra de poliéster, filme de poliéster, filmes específicos à base de diversos polímeros, etc, que possuem a superfície com uma, duas ou mais faces, revestida por fina película de cobre, constituindo as trilhas condutoras, revestidas por ligas à base de ouro, níquel, estanho chumbo, ou verniz orgânico (OSP) , entre outras, que representam o circuito onde serão soldados e interligados os componentes eletrônicos.[2]

Um circuito impresso mínimo com um único componente usado para prototipagem é chamado de placa de breakout.[3]

Os circuitos impressos são usados em quase todos os produtos eletrônicos. Alternativas para os circuitos impressos incluem fio revestido e construção ponto a ponto. Eles exigem um esforço no design adicional para estabelecer o circuito, mas a fabricação e a montagem podem ser automatizadas.

Os circuitos Impressos podem ser também ser constituídos de 4, 6, 8 ou mais faces condutoras , chamados de " Multilayers" ou " Multicamadas "

História

O desenvolvimento dos métodos usados nos circuitos impressos modernos começaram no inicio do seculo 20. Em 1903, um inventor alemão, Albert hanson, descreveu folhas laminadas para uma placa isoladora, em múltiplas camadas. Thomas Edison experimentou com métodos químicos para galvanização de condutores em um papel de linho em 1904. Arthur Berry em 1913 patenteou um método de impressão e gravação (print-and-etch) no Reino Unido. Charles Ducas, em 1927, patenteou um método de Galvanoplastiazação de padrões de circuitos.

O engenheiro austríaco Paul Eisler inventou o circuito impresso como parte de um rádio enquanto trabalhava no Reino Unido no final da década de 30. Em 1941 um circuito impresso de multicamadas foi usado na Alemanha para influenciar magneticamente minas navais. Por volta de 1943, os EUA começaram a usar a tecnologia em larga escala visando a produção de mísseis de curto alcance que foram usados na segunda guerra mundial.

Durante a segunda guerra mundial, o desenvolvimento de mísseis anti-aéreos necessitavam de um circuito eletrônico que pudesse suportar o impacto de ser disparado, e que pudesse ser produzido em quantidade. O "Centralab Division of Globe Union" enviou uma proposta que cumpria os requerimentos: Uma superfície de cerâmica seria revestida com tinta metálica para os condutores e carbono para os resistores, com capacitores de cerâmica. A técnica se mostrou viável, o que resultou na patente do processo.

Desde 1980 a técnica de montagem em superfície vem sendo usada no lugar dos componentes "through-hole"; isso leva a menores placas para determinada função, e baixos custos de produção.

Design

Inicialmente as PCBs eram projetados manualmente, criando uma fotomáscara em uma folha de mylar claro, geralmente em duas ou quatro vezes o tamanho verdadeiro. Partindo do diagrama esquemático, as pads dos pinos do componente eram dispostas no mylar e, em seguida, os traços eram encaminhados para ligar as pads. Traços eram feitos com fita auto-adesiva. Para fabricar a tábua, a fotomáscara

foi reproduzida fotolitograficamente sobre um revestimento de fotorresistência nas placas em branco revestidas com cobre.

Circuitos impressos modernos são projetados com software de layout dedicado, geralmente nos seguintes passos[7]:

A imagem a esquerda mostra um Layout de uma PCB feito no computador e no lado direito o mesmo Layout, mas já impresso na Placa Eletrônica

Captura esquemática através de uma ferramenta de automação de projeto eletrônico.

As dimensões e o modelo do cartão são decididos com base no circuito necessário e no caso do circuito impresso.

As posições dos componentes e dissipadores de calor são determinadas.

A camada de pilha do circuito impresso é composta com uma a dezenas de camadas dependendo da complexidade. Os planos terrestres e de potência são decididos. Um plano de potência é a contrapartida de um plano de aterramento e se comporta como um sinal AC de terra, enquanto fornece alimentação DC para os circuitos montados no circuito impresso. As interligações de sinais são traçadas nos planos de sinal. Os planos de sinal podem estar tanto nas camadas externas como internas. Para um ótimo desempenho da interferência eletromagnética, os sinais de alta frequência são encaminhados em camadas internas entre os planos de potência ou terra.

A impedância da linha é determinada usando a espessura da camada dielétrica, espessura de cobre de roteamento e largura de traço. A separação de rastreamento também é levada em conta no caso de sinais diferenciais. Microstrip, stripline ou stripline duplo pode ser usado para encaminhar sinais.

Os componentes são colocados. Considerações térmicas e geometria são consideradas. Vias e terras estão marcadas.

Rastreamentos de sinal são roteados. Ferramentas de automação de design eletrônico geralmente criam folgas e fazem conexões na alimentação e no plano de terra automaticamente

Arquivos Gerber são gerados para a fabricação.

Fabricação

A fabricação de PCI's consiste de diversos passos.

PCI FAC (Fabricação assistida por computador)

A fabricação inicia com os dados de fabricação da PCI gerados por um design feito em computador (Gerber layer images, Gerber ou Excellon drill files, IPC-D-356 netlist) e informação dos componentes. Os arquivos do Gerber ou Excellon nunca são usados diretamente na fabricação do equipamento e sim no software FAC. o FAC realiza as seguintes funções:

1. Entrada dos dados de fabricação.

2. Verificação dos dados.

3. Compensação de desvios no processo de fabricação (ex. compensação de escala para distorções durante a laminação).

4. Panelização.

5. Saída das ferramentas digitais (Padrões de cobre, imagem resistiva da solda, imagem legendada, arquivos da perfuração, dados para inspeção ótica automatizada, arquivos de testes elétricos, ...)

Panelização

Panelização é um procedimento onde um número de PCI's são agrupados para fabricação em uma placa maior - o painel. Geralmente o painel consiste de um único design, mas as vezes vários designs são misturados em um único painel. Existem

dois tipos de painel: Painel montado - geralmente chamados arrays (em série) - e fabricação de painéis de placas cruas. Os montadores geralmente montam os componentes no painel ao invés de PCI's únicas devido a eficiência.[2] As fabricações de placas cruas sempre usam painéis, não somente para eficiência, mas por causa dos requisitos do processo de chapeamento. Portanto a fabricação de um painel pode consistir de um grupo de PCI's ou arrays, dependendo do que precisa ser entregue.

O painel é eventualmente quebrado em PCI's individuais; isto é chamado despanelização. A separação é geralmente assistida por perfurações em torno dos limites dos circuitos individuais, parecido com uma folha de selos postais. Outro método, que ocupa menos espaço, é recortar sulcos em forma de "V" por toda a dimensão do painel. As placas PCI são então quebradas nessas linhas de fraqueza. Hoje em dia a despanelização é geralmente feita com lasers que cortam a placa sem contato o que reduz o stress em circuitos frágeis.

Padrão de cobre

O primeiro passo é replicar o padrão do sistema FAC do fabricante em uma máscara de proteção na camada da folha de cobre da PCI. Subsequentemente raspar o cobre não desejado. (alternativamente, uma tinta condutora pode ser espalhada numa placa em branco (não condutora). Esta técnica também é usada na fabricação de circuitos híbridos.

1. Silk Screen: usa uma tinta resistente a corrosão para criar a máscara de proteção.

2. Fotogravação: usa uma fotomáscara e um revelador remove uma máscara sensível a UV. Técnicas de imagem direta são usadas as vezes quando é necessária uma alta resolução. Experimentos são feitos com resistência térmica.

3. Fresamento de placas de circuito: impresso usa um sistema de fresa de dois ou três eixos mecânicos para recortar a folha de cobre de um substrato. Uma máquina de fresa (chamado "Prototizador PCI) opera de modo semelhante a uma plotter, recebendo comando do software que controla a posição da cabeça de corte no eixo "x", "y" e se relevante no "z".

Alto volume

* Impressão a silk screen - Usada para PCI's com grandes características.

* Fotogravação ou Transferência de imagem por processo fotográfico- Usada quando as características de largura de trilhas e espaçamento entre as mesmos são muito finas e espeçamento muito pequenos. nestes casos este tipo de processo de faz necessário. Este processo é executado através da exposição por luz ultravioleta (expositora) através de um filme (Diazo) polimerizado a película foto-sensível que está aplicada na superfície cobreada, Ou esta película foto sensível é polimerizada seletivamente através de um equipamento de transferência da imagem por lazer (LDI) " Lazer Direct Imagin ", este último é possível obter muito maior precisão

Baixo Volume

* Impressão em um filme transparente e usa-lo como máscara junto com placas foto-sensíveis, então cauterizar. (Aternativamente usa-se um filme foto-cortável)

* Abrasão resistente a laser

* Fresagem PCI

Artesanais

* Impressão resistente a laser: Impressão a laser em um papel de transferência, transferência por calor com um ferro ou laminador modificado em uma placa crua, banho mergulhado em água, adicionado marcadores e depois é cauterizado.

* Filme vinyl e resistente, marcador não lavável, e outros métodos. Intensivo trabalho, só é viável para placas individuais.

Processos subtrativos, aditivos e semi-aditivos

Métodos subtrativos removem o cobre de uma placa inteira deixando somente o padrão de cobre desejado. Em métodos aditivos o padrão é posto usando eletro-placas em um substrato crú usando um processo complexo. A vantagem de métodos aditivos é que menos material é necessário e menos desperdício é produzido. No processo completo aditivo o laminado é coberto com um filme foto-

sensível que é exposto a luz por uma máscara. As partes expostas são sensíveis ao banho químico, geralmente contendo paládio e similares que fazem a área exposta capaz de prender íons de metais. O laminado é então chapeado com cobre nas áreas sensíveis. Quando a máscara é retirada a PCI está pronta.

Semi-aditivo é o processo mais comum: A placa sem trilha já tem tem uma fina camada de cobre. Uma máscara reversa é aplicada (diferente da máscara do processo subtrativo, esta máscara expõe as partes do substrato que eventualmente se tornarão os traços). Cobre adicional é então chapeado nas partes sem máscara. Estanho-chumbo ou outras superfícies galvanizadas são aplicadas. A máscara é retirada e breves passos de fresagem removem os laminados de cobre não expostos da placa, isolando os traços individuais. Algumas placas de lado único que foram chapeadas com buracos são feitas assim. General Electric fez conjuntos de rádios ao consumidor nos anos 60 usando placas aditivas.

O processo semi-aditivo é geralmente usado em placas de multicamadas já que facilita a colocação com os buracos para produzir vias condutivas na placa de circuito.

Corrosão química

Corrosão química é geralmente feita com persulfato de amônia ou cloreto férrico. Para placas com buracos condutores, passos adicionais de depósito sem eletricidade são realizados depois que os buracos são feitos, então o cobre é colocado para definir a espessura,e depois é posto uma camada de estanho/chumbo. O estanho/chumbo se torna resistente deixando o cobre ser dissolvido fora.

O método mais simples, usado em produção de pequenas escalas e geralmente por hobby, é a imersão em uma solução abrasiva como cloreto férrico. Comparado aos métodos de produção em massa, o tempo de abrasão é longo. Calor e agitação podem ser aplicado ao banho para acelerar a taxa de corrosão. Na corrosão com bolhas, o ar passa pelo banho para agitar a solução e acelerar a corrosão. A corrosão por jato usa um motor para direcionar o jato corrosivo na placa, o processo se tornou comercialmente obsoleto pois não é tão rápido como a corrosão por spray.

Na corrosão por spray, a solução corrosiva é distribuída na placa por bicos. Ajustes de padrão do bico, taxa de fluxo, temperatura, e composição do corrosivo costumam dar um controle previsível das taxas de corrosão e alto ritmo de produção.

Quanto mais cobre é consumido da placa, o corrosivo vai se tornando saturado e menos eficiente; diferentes corrosivos tem diferentes capacidades para cobre, alguns chegam a 150g de cobre por litro de solução. No uso comercial, corrosivos podem ser regenerados para restaurar sua ação, e o cobre dissolvido recuperado e vendido. Corrosão em pequena escala necessita de atenção no descarte do corrosivo, que é toxico devido aos metais contidos.

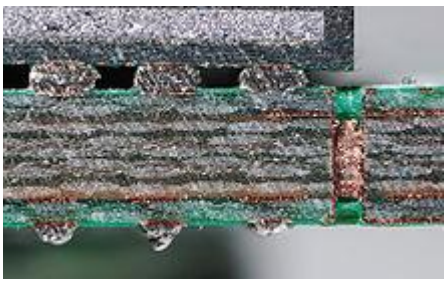
A corrosão remove o cobre em toda a superfície exposta pelo agente resistivo. Pode ocorrer corrosão abaixo do agente resistivo o que pode causar circuitos abertos, o controle do tempo de corrosão é necessário para prevenir tal situação. Quando uma placa metálica é usada com agente resistor, podem deixar resíduos que podem causar curto circuitos entre linhas adjacentes quando muito perto uma das outras, os resíduos podem ser removidas com uma escovação depois da corrosão.[17]

Inspeção óptica automatizada das camadas internas[editar | editar código-fonte]

As camadas internas recebem uma inspeção completa antes da laminação porque erros subsequentes não podem ser corrigidos. A inspeção óptica escaneia a placa e compara com uma imagem digital gerada pelos dados do design.

Laminação

Circuitos impressos de multicamadas tem trilhas dentro da placa. Isto é atingido laminando uma pilha de materiais em uma prensa aplicado pressão e calor por um período de tempo. Isto resulta em uma peça inseparável e única.



Divisões de uma Placa de Multicamadas

Perfuração

Os buracos são geralmente feito por uma broca de pequeno diâmetro feitas de carboneto de tungstênio. Um revestimento de carboneto de tungstênio é recomendado já que muitos materiais de placas são muito abrasivos e a perfuração precisa de uma alta RPM e alta alimentação para ter um bom custo efetivo. As brocas de perfuração precisam permanecer afiadas para não danificar o circuito. Perfurar com aço em alta velocidade é inviável já que as brocas vão desgastar rapidamente e assim rasgar o cobre e danificar o circuito. A perfuração é feita com máquinas automáticas com os lugares de furo controlados por uma fita de furo, ou arquivo de furo. Estes arquivos gerados por computador são chamados numerically controlled drill (NCD), os arquivos descrevem a localização e tamanho de cada furo.

Os furos podem ser condutores, feito por galvanoplastia ou inserção de ilhós de metal (oco), para ligar eletricamente e termicamente as camadas da placa. Alguns orifícios condutores são destinados para a inserção de componente de passagem. Outros, tipicamente menores e usados para conectar camadas da placa, são chamados vias.

Quando vias muito pequenas são necessárias, a perfuração com brocas é cara devido a altas taxas de desgaste e quebra. Neste caso, as vias podem ser perfuradas a laser - evaporadas por lasers. Vias perfuradas por laser normalmente têm um acabamento de superfície inferior dentro do buraco. Estes furos são chamados micro vias.

Também é possível com perfuração de profundidade controlada, perfuração a laser ou por pré-perfuração das folhas individuais do PCI antes da laminação, para produzir furos que conectam apenas algumas das camadas de cobre, ao invés de passar por toda a placa. Esses furos são chamados de vias cegas quando conectam uma camada interna de cobre a uma camada externa, ou vias enterradas quando conectam duas ou mais camadas internas de cobre e sem camadas externas.

As paredes de furo para placas com duas ou mais camadas podem ser feitas condutoras e então galvanizadas com cobre para formar furos banhados. Esses furos conectam eletricamente as camadas condutoras do PCI. Para placas

multicamadas, aquelas com três camadas ou mais, a perfuração produz tipicamente um resíduo dos produtos de decomposição a alta temperatura do agente de ligação no sistema laminado. Antes que os furos possam ser banhados, estes resíduos devem ser removidos por um processo químico de desmoldagem, ou por corrosão com plasma. O processo de desmagnetização assegura que uma boa conexão é feita às camadas de cobre quando o furo é chapeado completamente. Em placas de alta confiabilidade um processo chamado etch-back é realizado quimicamente com permanganato de potássio à base de corrosivo ou plasma. O corrosivo remove a resina e as fibras de vidro de modo que as camadas de cobre se estendem para dentro do orifício e à medida que o orifício é chapeado tornam-se integrais com o cobre depositado.

Chapeamento e revestimento

PCI's são banhados com solda, estanho ou ouro sobre o níquel como um agente resistor à corrosão para corroer o cobre subjacente desnecessário.

Depois que as PCI's são gravadas e banhadas com águas, a máscara de solda é aplicada, e em seguida, qualquer cobre exposto é revestido com solda, níquel / ouro ou algum outro revestimento anticorrosivo.

É importante usar a solda compatível com a PCI e as peças usadas. Um exemplo é a BGA usando bolas de solda de estanho-chumbo para conexões perdendo suas bolas em traços de cobre cru ou usando pasta de solda sem chumbo.

A migração eletroquímica é o crescimento de filamentos metálicos condutores em uma placa de circuito impresso sob a influência de um viés de tensão DC.[27] Prata, zinco e alumínio são conhecidos por formar linhas sob a influência de um campo elétrico. A prata também cria caminhos condutivos na presença de haleto e outros íons, tornando-se uma má escolha para uso eletrônico. Estanho também cria trilhas devido à tensão na superfície chapeada. Estanho-chumbo ou solda revestida também cria trilhas, apenas reduzido pela porcentagem de estanho substituído. Reflow para fundir a solda ou a placa do estanho para aliviar o stress de superfície reduz a incidência do das trilhas criadas com condução. Outra questão de

revestimento é a praga de estanho, a transformação do estanho em um alótropo em pó a baixa temperatura.

Aplicações de resistentes a solda

As áreas que não devem ser soldadas podem ser cobertas com máscara de solda.Um revestimento fotossensível é aplicado à superfície da placa, depois exposto à luz através da película/máscara e finalmente as áreas não expostas são retiradas. A máscara usada é semelhante ao filme usado para o chapeamento ou gravura da placa. Uma vez comum, mas não mais comumente usados por causa de sua baixa precisão e resolução. A resistência da solda também fornece proteção contra o ambiente.

Teste de placas

Placas não montadas são geralmente testadas para procurar aberturas e curtos. Um curto é uma conexão entre dois pontos que não deveria existir e a abertura é uma conexão faltando que deveria existir. Para uma produção de alto volume um adaptador com uma agulha rígida é usado para fazer contato com ás áreas de cobre na placa, porém tem um custo fixo por placa, por isso esse método só é viável para produções de alto valo ou volume. Para pequenos e médios volumes é usado testadores flutuantes com controladores de eixos, “x”,”y” e “z” para fazer contato com a placa. O teste é realizado aplicando voltagem a cada ponto de contato e verificando se ela chega no ponto de destino.

Montagem

Na montagem a placa é preenchida com os componentes elétricos para formar uma placa de circuito impresso funcional. Na montagem em placas com furos, os componentes são inseridos nos mesmos envoltos por condutores, os furos mantem os componentes no lugar. Na montagem de placas com componentes na superfície, os mesmo são colocados em alinhados com os condutores e uma pasta de solda, previamente aplicada na placa segura os componentes no lugar. Caso a montagem tenha que ser feita dos dois lado, os componentes são primeiros colados na placa e depois soldados.

Existe uma variedade de técnicas de solda usadas para anexar os componentes na placa. Na produção de alto volume geralmente é feito com uma máquina que pega e coloca os componentes e depois os solda, mas técnicos habilidosos também conseguem soldar partes muito pequenas a mão com um microscópio, usando pinças uma ponta de solda muito pequena para protótipos de pequeno volume. Algumas partes não podem ser soldadas a mão, como BGA's.

Geralmente a solda com furos e superficial devem ser combinadas em uma única montagem porque alguns componente só estão disponível para montagem superficial e outros só por furos. Outro motivo é porque a solda com furos da mais força para componente resistirem ao stress físico, enquanto componentes que não ficaram expostos ao toque são soldados na superfície por usarem menos espaço.

Depois que a placa é montada ela pode ser testada de vários modos:

* Enquanto desligada: Inspeção visual, Inspeção ótica automatizada, análise de assinatura analógica.

* Enquanto ligada: Testes dentro do circuito onde medições físicas podem ser feitas (como exemplo a voltagem).

Para facilitar estes teste a placa pode ser feita com áreas extras para conexões temporárias serem feitas. Algumas vezes essas áreas devem ser isoladas com resistores. O teste dentro do circuito também pode ser feito usando um scanner de limites em alguns componentes e também para programar componentes de memória não voláteis na placa.

No scanner de limites é feito um teste em vários CI's na placa formando conexões temporárias para verificar se os mesmo estão funcionando corretamente. Isso é feito usando configurações de teste padrões , sendo o mais comum o teste de juntas (JTAG- Joint Test Action Group) cuja arquitetura permite testar interconexões entre circuitos na placa sem usar pontas de prova físicas. As ferramentas do vendedor de JTAG fornecem vários tipos de estímulos a algoritmos sofisticados, não somente para detectar redes de falha, mas também para isolar as falhas para redes específicas, dispositivos e pinos.

Quando uma placa falha no teste, os técnicos podem dessoldar e substituir os componentes que estão falhando, uma tarefa conhecida como retrabalho.[31][32][33]

Proteção e embalagem

PCI's feitos para ambientes extremos geralmente tem um revestimento “conformal” que é aplicado mergulhando depois dos componentes terem sido soldados. O revestimento previne a corrosão e vazamentos de corrente por condensação. Os revestimentos modernos são geralmente mergulhados em solução de silicone, poliuretano, acrílico ou epóxi. Outra técnica para a aplicação do revestimento é a pulverização do plástico em uma câmara a vácuo. A desvantagem do revestimento é que a manutenção da placa fica extremamente difícil.

Multiwire boards

O Multiwire é uma técnica patenteada de interconexão que usa fios isolados em roteamento de máquina embutidos em uma matriz não-condutora (muitas vezes resina de plástico). Foi usado durante as décadas de 1980 e 1990. (Kollmorgen Technologies Corp, Patente U.S. 4,175,816 arquivada em 1978) Multiwire ainda está disponível em 2010 através da Hitachi. Existem outras tecnologias de cablagem discreta competitivas que foram desenvolvidas (Jumatech, folhas em camadas).

Uma vez que era muito fácil empilhar interconexões (fios) dentro da matriz de inclusão, a abordagem permitiu que os designers esquecer completamente sobre o roteamento de fios (geralmente uma operação demorada de design dos circuitos impressos): Em qualquer lugar que o designer precisa de uma conexão, a máquina vai Desenhar um fio em linha reta de um local / pino para outro. Isso levou a tempos de projeto muito curtos (sem algoritmos complexos para usar mesmo para projetos de alta densidade), bem como crosstalk reduzido (o que é pior quando os fios correm paralelos uns aos outros - o que quase nunca acontece em Multiwire), embora o custo é muito alto Para competir com tecnologias de circuito impresso mais baratas quando grandes quantidades são necessárias.Correções podem ser feitas para uma placa Multiwire mais facilmente do que para um circuito impresso.

Construção de Cordwood

A construção de Cordwood pode economizar espaço significativo e foi frequentemente usada com componentes com terminação de arame em aplicações onde o espaço era premiado (como fusíveis, guias de mísseis e sistemas de telemetria) e em computadores de alta velocidade, onde traços curtos eram importantes. Na construção de Cordwood, os componentes com chumbo axial são montados entre dois planos paralelos. Os componentes são soldados em conjunto com jumper wire, ou podem ser conectados a outros componentes por um fina fita de níquel soldada em ângulos retos sobre o componente .Para evitar o encurtamento de diferentes camadas de interconexão, coloca-se placas de isolamento finas entre elas. Perfurações ou furos nas placas permitem que os componentes passem para a próxima camada de interconexão. Uma desvantagem deste sistema era que os componentes especiais de níquel-chumbo tinham de ser utilizados para permitir que as soldaduras de interligação fossem feitas. A expansão térmica diferencial do componente pode exercer pressão sobre as derivações dos componentes e os traços de circuitos impressos e causar danos físicos (como se viu em vários módulos no programa Apollo). Além disso, os componentes localizados no interior são difíceis de substituir. Algumas versões da Construção de Cordwood usam circuitos impressos unilaterais soldados como o método de interconexão, permitindo o uso de componentes com chumbo normal.

Placas de Circuito Impresso Multicamadas (Multilayers)

São chamados de Placas de Circuito impresso Multicamadas as placas que possuem 4, 6, 8 ou mais faces condutoras. Uma das suas principais funcionalidades é a redução do ruído originado pela Interferência eletromagnética, possibilitando assim equipamentos cada vez menores e com circuitos integrados novos (que apenas estão disponíveis em encapsulamento BGA).

Os campos eletromagnéticos gerados por correntes que circulam na superfície de placas convencionais de face simples ou dupla e que emanam por todo o ambiente não são guiados por um condutor de retorno controlado (um plano de referência de terra). Este pode ser apontado como o grande problema das placas dupla face ou face simples. Mais do que isso até, não só não voltam para o terra, como tendem a interferir em circuitos adjacentes. Essa interferência pode causar mau

funcionamento. Esse fenômeno de indução indesejada é conhecido como crosstalk. Muitos desses campos também irradiam para a superfície de toda a placa e também para todo o ambiente ao redor. Se acoplada a uma trilha de um circuito próximo, pode amplificar o sinal que passa por ela, pois usa a placa como uma grande antena. E quanto maior for a trilha e maior for seu loop, maior é essa amplificação e o prejuízo para o sistema e ambiente ao redor.

A imagem mostra 8 diferentes camadas em uma placa de circuito impresso.

A principal proposta das placas de circuito impresso multicamadas é de planos de terra e alimentação nos planos no meio da placa. Os retornos de corrente para circuitos em placas multilayers são bem curtos, se o layout é feito de forma que o terra vá direto do fim do circuito para camada de terra. Dizemos que esse terra é “forte” pois não permite que correntes indesejadas fiquem “passeando” pela placa, acoplando em outros circuitos e causando interferências, “sujando” o ambiente com radiação eletromagnética indesejada e atrapalhando sinais fundamentais para o funcionamento dos circuito da placa. Esse é um dos motivos pelos quais é recomendado que os planos de terra e alimentação sejam colocados entre layers, no interior da placa de circuito impresso.

A utilização de placas de circuito impresso multicamadas nos permite fazer com que a corrente retorne ao terra por um caminho menor, conforme explicado acima. Isso diminui também a susceptibilidade dos circuitos eletrônicos a Interferências eletromagnéticas (EMI) externas.

O uso de planos de alimentação e terra também diminui a impedância na distribuição de energia, essencial para um bom desacoplamento da fonte de alimentação.

Colocar os sinais entre os planos de terra e alimentação é uma ótima ideia pois esses layers agem como um escudo contra radiação externa (principalmente proteção contra descargas eletromagnéticas - ESD) e também reduzem a radiação emitida pelos sinais que percorrem essas vias. Ou seja, a emissão medida do lado de fora do equipamento é bem menor. Equipamentos que passam por certificação precisam de tal rigor. Em laboratórios regulamentados pode-se verificar a quantidade de emissão de determinados equipamentos eletrônicos que, muitas vezes precisam ser certificados.

São comuns atualmente placas de circuito impresso com 4, 6 e 8 layers. Placas com mais layers são encontradas em Motherboards e equipamentos mais sofisticados.

Em circuitos de alta velocidade é comum se empregar placas multicamadas, pois os outros tipos apresentam maior influência do efeito de acoplamento por impedância-comum. É recomendado que as trilhas em camadas subsequentes sejam traçadas formando ângulos de 90°, diminuindo os acoplamentos indesejáveis dos sinais.

Placa de Circuito Impresso Universal

A placa de circuito impresso universal trata-se de uma placa isolante que apresenta em sua superfície trilhas condutoras, que representam o circuito em que serão soldados os dispositivos eletrônicos. Essa peça foi fabricada com alta tecnologia e está substituindo com eficiência as antigas pontes de terminais, e utilizada nos mais diversos setores que empregam tecnologia eletrônica, como a:

Informática;

Telecomunicações;

Aeroespacial;

Médico-hospitalar;

Entretenimento;

Defesa militar;

Automotivo;

Entre outros.

A placa de circuito impresso[38] é fabricada de acordo com o projeto apresentado pelo cliente, e em sua confecção são utilizadas apenas matérias-primas de qualidade comprovada, oferecidas por fornecedores homologados em conformidade com um rígido sistema de qualidade.

Reciclagem de Placas de Circuito Impresso

As placas de circuito impresso estão presentes em praticamente todos os equipamentos da indústria de eletroeletrônicos. O material que compõe a base, chamada laminado, de uma placa de circuito impresso, pode ter diferentes composições, alguns exemplos são: fenolite (papelão impregnado com uma resina fenólica), fibra de vidro, composite (mistura de resina fenólica com a fibra de vidro) e cerâmicos. O laminado é recoberto por uma fina camada de cobre, sobre a qual são montados os componentes eletrônicos. As conexões entre os componentes ocorrem do lado recoberto com cobre através de caminhos condutores.

Os equipamentos eletrônicos contêm várias frações de materiais valiosos sendo que a maioria destas substâncias está nas placas de circuito impresso. As quantidades de metais valiosos são significativas considerando-se, por exemplo, que a concentração de ouro existente na PCI é superior à encontrada no minério de ouro bruto

O tratamento de uma placa de circuito impresso (PCI) é complexo, assim, várias tecnologias têm sido desenvolvidas ou aprimoradas para a reciclagem deste componente. Os processos para reciclagem de uma PCI podem ser mecânicos, químicos ou térmicos. Os principais processos são os mecânicos (cominuição, classificação e separação), pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos, eletrometalúrgcos e biometalúrgicos. Dentre os tratamentos possíveis, o tratamento mecânico é o menos agressivo ao meio ambiente e aos seres humanos por gerar menos resíduos contaminantes.

As diferenças na gestão do lixo eletrônico entre os países desenvolvidos e os emergentes são visíveis. Países da África, Ásia e América Central e do Sul não possuem estratégias e tecnologias para o recolhimento e tratamento do lixo

eletrônico. No Brasil são poucas as empresas especializadas na reciclagem de equipamentos eletrônicos e a completa reciclagem do lixo eletrônico ainda não ocorre no país. As placas de circuito impresso são trituradas e exportadas para outros países, tais como Canadá, Bélgica e Cingapura. O refino dos metais não é feito no Brasil, pois necessita alto investimento financeiro e uma grande quantidade de sucata para se tornar economicamente viável. Dos diversos processos e tecnologias utilizadas no tratamento do lixo de informática, a parte mais complexa e cara é a recuperação dos metais presentes nas placas de circuito impresso, pois envolve processos metalúrgicos que demandam uma elevada quantidade de energia. Portanto, os processos mecânicos, que são mais baratos que os processos metalúrgicos, utilizam equipamentos mais simples e de mais fácil operação, são os realizados no Brasil. Através do processamento mecânico pode-se obter um concentrado de metais que ultrapassa os teores de metais presentes nos respectivos minérios. Por exemplo, após as etapas de cominuição e classificação granulométrica das PCIs obtém-se uma fração de concentrado com cerca de 24% de cobre, enquanto que no minério o valor varia de 1 a 3% de cobre. Obtido o concentrado de metais este pode, então, ser vendido para uma metalúrgica para o devido refino

REFERÊNCIAS

https://pt.wikipedia.org/wiki/Corrente_alternada>acesso em 23 de outubro de 2019

https://eletronicagaragem.blogspot.com/2018/05/valor-medio-eficaz-ou-rms-o-que.html>acesso em 23 de outubro de 2019

http://educacao.globo.com/fisica/assunto/mecanica/notacao-cientifica-e-ordem-de-grandeza.html>acesso em 24 de outubro de 2019

http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_diodo>acesso em 24 de outubro de 2019

https://pt.wikipedia.org/wiki/Trans%C3%ADstor>acesso em 24 de outubro de 2019

https://pt.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado>acesso em 24 de outubro de 2019

https://pt.wikipedia.org/wiki/Circuito_impresso>acesso em 24 de outubro de 2019