

ETEC ALBERT EINSTEIN

MCE

Montagem de Circuitos Eletrônicos

Prof. Wilson Carvalho de Araújo
Curso Técnico de Eletrônica

Apresentação

Esta apostila surgiu da necessidade de organizar o conteúdo para o componente MCE (Montagem de Circuitos Eletrônicos) do curso Técnico de Eletrônica da ETEC Albert Einstein. Nela procuro apresentar a eletrônica de forma progressiva ao aluno. São montagens bem simples de se construir e praticar.

Recorri à Internet. Escolhi entre circuitos publicados em diversos sites. Adequiei valores de componentes e construí protótipos de minhas versões.

Junto a cada sugestão de circuito incluí uma introdução teórica fundamental para sua compreensão. Os hobistas podem simplesmente ignorá-las. Mas para o futuro técnico, sua análise é fundamental. Essa teoria não deve ser vista como substituta dos conteúdos das aulas de teoria, mas como um indicativo de onde usá-las nos projetos.

Optei por montagens de baixo custo, com componentes comuns de nosso mercado de eletrônica. Com isso, foi possível construir versões diferentes de um mesmo circuito (com técnicas e componentes diferentes) e, mesmo assim, manter baixo o envolvimento financeiro.

Conforme as montagens são apresentadas, quantidades menores de dicas são dadas para dar a liberdade ao aluno de decidir qual a melhor solução para o momento.

A maioria das figuras apresentadas é de minha autoria, mas algumas são imagens públicas da Internet.

Os textos dos anexos, além da Internet, foram baseados em revistas técnicas das décadas 1980/1990, como Nova Eletrônica e Elektor Eletrônica e procuram dar as informações básicas sobre o trabalho com protoboard, processos de soldagem, técnicas de montagens e confecção de placas de circuito impresso.

Por ter início em ambiente público (pesquisas na Internet), deixo aberto aos alunos ou a quem tiver interesse, que use essa apostila de forma livre.

Embora o início seja extremamente simples, não considero uma boa idéia que o iniciante pule montagens, queimando etapas, pois adiante são cobrados itens, como soldagens e acabamentos, praticados desde as primeiras montagens.

Bom, dito isso tudo, só me resta desejar bom aprendizado e boas (e belas) montagens.

Prof. Wilson Carvalho de Araújo
Prof.wilson@folha.com.br
Outubro de 2014

Índice

Montagem de pontas de prova “banana – jacaré”	04
Luz piloto para interruptores.....	08
Circuitos com lâmpada neon.....	14
Indicador de tensão da rede AC para 120V/240V com dois Leds.....	20
Luz noturna com um único Led (Led azul em 120V _{AC}).....	24
Osciladores pisca-pisca e indicador de nível d’água com CI 4093 e Leds.....	33
Amplificador de áudio de 10W com circuito integrado TDA 2003	38
Bargraph com circuito integrado LM 339.....	43
Um microtransmissor FM utilizando componentes SMD.....	47
Anexo I – O Protoboard.....	49
Anexo II – A soldagem em circuitos eletrônicos.....	51
Anexo III – As técnicas de montagem em circuitos eletrônicos	57
Anexo IV – A corrosão da Placa de Circuito Impresso	70
Anexo V – Custos das principais montagens	76

Montagem de Pontas de Prova “Banana-Jacaré”

Introdução teórica

São denominados pontas de prova o conjunto de cabos, conectores e terminações que fazem a conexão entre os instrumentos e os circuitos a serem analisados.

As pontas de prova podem ser passivas ou ativas. As pontas passivas são compostas apenas por cabos, conectores e componentes como resistores, indutores e capacitores (componentes passivos); são do tipo mais comum e baratas. As pontas ativas, além dos cabos e conectores, possuem um circuito amplificador interno (devem ser alimentadas).

As características principais de quaisquer pontas de prova são:

- Tensão máxima: define a máxima tensão que pode ser aplicada sem que haja danos ou fugas de corrente
- Corrente máxima: define o valor máximo e seguro de corrente elétrica que pode circular sem ser danificado.
- Banda passante: define a faixa de frequências de utilização (- 3 dB). É de fundamental importância na análise em circuitos de altas frequências.
- Impedância complexa que o circuito percebe quando conectado à ponta. Representa como o circuito eletrônico em teste percebe e recebe influências das pontas de prova ao ser analisado.

As pontas de prova sugeridas nesta montagem são do tipo passivas, com conectores “banana” e “jacaré” com cabos emborrachados de 80cm. Suas características são:

- Tensão máxima: 400V; Corrente máxima: 10A por 10 segundos; Dedicadas para uso em circuitos de baixa frequência, parâmetros como banda passante e impedância se tornam irrelevantes.

Lista de materiais:

- 80cm de fio emborrachado preto
- 80cm de fio emborrachado vermelho
- Garra jacaré preta
- Garra jacaré vermelha
- Plugue banana preto
- Plugue banana vermelho
- Solda para eletrônica



Montagem:

O cabo deve ser preferencialmente do tipo emborrachado para garantir flexibilidade e isolamento elétrica até 400V. Outros tipos de fios/cabos podem comprometer o nível de tensão suportado e o próprio manuseio.

O comprimento do cabo em um multímetro tradicional é de 50cm. Este valor reforça a capacidade de corrente para até 16A por 30 segundos, porém limita bastante a utilização no dia a dia. Na prática, o valor entre 70cm e 80cm se mostra adequado a maioria das aplicações. Comprimento maiores são possíveis, mas influenciam negativamente na capacidade máxima de corrente elétrica.

Os conectores denominados “banana” podem ser encontrados em diversos tipos de tamanho, qualidade de acabamento e sofisticação construtiva.



Da mesma forma, os conectores do tipo “jacaré” são apresentados em grande variedade de modelos:



Os modelos de conectores sugeridos procuram aliar baixo custo com praticidade de uso.

Para soldar os conectores jacaré aos cabos, devemos remover o isolante e passá-lo pelo cabo.

A preparação do cabo consiste em descascá-lo em suas pontas com aproximadamente 5mm.



Uma das pontas será soldada à garra jacaré, na parte próxima a que possibilita prendê-lo por esmagamento. Escolha a cor da capa do conector conforme a cor do cabo ao qual será soldado. Solde o cabo antes de prendê-lo, caso contrário a temperatura de soldagem danificará a capa do cabo.

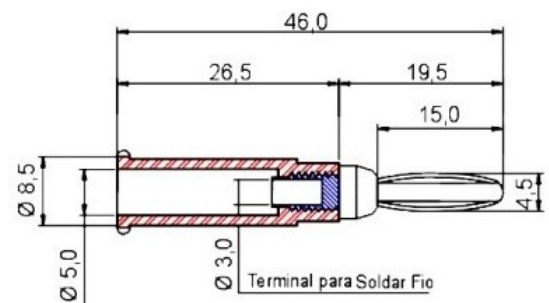
Não esqueça que, para realizar uma boa soldagem, as partes unidas (garra jacaré e fio) devem ser aquecidos ao mesmo tempo e antes de aplicar a solda. A solda só deve ser aplicada quando as partes estiverem aquecidas, caso contrário poderá gerar “solda fria”. Pré estanhar as pontas descascadas dos fios pode auxiliar na soldagem.

Aguarde esfriar para não queimar os dedos durante o manuseio e recoloca a capa do conector jacaré.

Na outra extremidade do fio, deverá ser posto o conector banana. Escolha um conector de mesma cor do cabo e o desmonte desrosqueando a parte plástica que envolve a parte metálica. Observe que há uma rosca que deverá ser preservada para recolocação da capa plástica.

Passe a capa plástica pelo cabo antes de efetuar a soldagem. Caso esqueça, terá que desfazer a soldagem para poder colocar a capa.

Na parte metálica, do lado interno ao da rosca, há um orifício onde deverá ser soldado o fio. Para realizar esta soldagem, primeiro estanhe a ponta do cabo a ser soldada, removendo todo o excesso de solda que possa restar.



A seguir, aqueça o terminal do plugue banana com o ferro de soldar até que a solda derreta dentro do orifício do lado interno da rosca. Coloque um pouco de solda. Cuidado para que a solda não vá para a parte externa pois, se atingir a rosca, danificará o plugue, o inutilizando.

Lêmbre-se que o plugue aquece muito (200°C). Se usar algo plástico para segurá-lo, derreterá. Se usar algo metálico (alicate, por exemplo), cuide para que não haja muita perda de temperatura devido ao contato de metal com metal.

Mantendo a solda derretida (sem tirar o ferro de soldar), coloque o fio pré estanhado. Feito isso, tire o ferro de soldar e aguarde aproximadamente 15 segundos (até a solda solidificar) sem mexer a posição do fio.

Aguarde esfriar para não queimar os dedos no mauseio ou estragar a capa plástica por causa da alta temperatura. Depois de frio, basta rosquear a capa e o cabo estará pronto para uso.

Repita o procedimento para o outro fio. Depois de concluído, mostre ao professor para avaliar a soldagem e indicar possíveis melhorias ou soldas frias.

O plugue banana contém chapas metálicas que auxiliam o contato elétrico e permite ajustes para eliminar possíveis folgas que surgem com o uso.

Teste seus conhecimentos sobre as Pontas de Prova

1. O que é ponta de prova?
 - É o roteiro de testes com o uso de equipamentos eletrônicos e instrumentos de medição para análises de circuitos.
 - É a bancada de teste e montagens de equipamentos eletrônicos que contém instrumentos e os circuitos a serem analisados.
 - É o conjunto de cabos, conectores e terminações que fazem a conexão entre os instrumentos e os circuitos a serem analisados.
 - É o conjunto de atividades executadas no laboratório para testes de funcionamento de um circuito eletrônico.
 - É o conjunto de cabos com plugue banana numa ponta e plugue jacaré na outra. Cabos diferentes, como os usados por multímetros, não são pontas de prova e tem outro nome.

2. O que é a tensão máxima de uma ponta de prova?
 - É a máxima tensão elétrica que pode ser aplicada a elas sem que haja danos ou fugas de corrente.
 - É o valor máximo e seguro de corrente elétrica que pode circular nelas cabos sem ser danificado.
 - É a máxima força mecânica que pode ser aplicada a elas sem que haja danos.
 - É a frequência de utilização, ou seja, a quantidade de vezes seguidas que pode ser utilizada.
 - É o que define a flexibilidade dos cabos usados na construção da ponta de prova.

3. O que é a corrente máxima de uma ponta de prova?
 - É a máxima tensão elétrica que pode ser aplicada a elas sem que haja danos ou fugas de corrente.
 - É o valor máximo e seguro de corrente elétrica que pode circular nelas cabos sem ser danificado.
 - É a máxima força mecânica que pode ser aplicada a elas sem que haja danos.
 - É a frequência de utilização, ou seja, a quantidade de vezes seguidas que pode ser utilizada.
 - É o que define a flexibilidade dos cabos usados na construção da ponta de prova.

4. Assinale a alternativa correta
 - Numa ponta de prova, quanto maior o comprimento do cabo, maior a temperatura suportada.
 - Numa ponta de prova, quanto maior o comprimento do cabo, maior a tensão elétrica suportada.
 - Numa ponta de prova, quanto maior o comprimento do cabo, menor a tensão elétrica suportada.
 - Numa ponta de prova, quanto maior o comprimento do cabo, maior a corrente elétrica suportada.
 - Numa ponta de prova, quanto maior o comprimento do cabo, menor a corrente elétrica suportada.

Luz piloto para interruptores

Introdução teórica

Tensão elétrica é a energia capaz de movimentar cargas elétricas. Popularmente é conhecida como a “força” que movimenta os elétrons. A unidade de medida é representada por **V**, abreviação de Volt, em homenagem a Alessandro Volta.

A energia aplicada em cargas elétricas (tensão elétrica, temperatura, etc) faz com que as cargas tenham possibilidade de se deslocar. Quando o movimento destas cargas é ordenado, chamamos de corrente elétrica. A unidade de medida de corrente é representada por **A**, abreviação de Ampère, em homenagem a André Marie Ampère.

Note que podemos ter tensão elétrica sem corrente elétrica. Ou seja: a tensão pode existir, mas se as cargas não encontrarem um caminho por onde possam fluir, não há corrente elétrica. Exemplos:

- Uma tomada na parede sem equipamentos conectados: a tensão elétrica (110V ou 220V) está lá, mas sem equipamentos para alimentar não há corrente.
- Em uma pilha de 1,5V, ou uma bateria de 9V, fora de circuitos, temos tensão (1,5V ou 9V, nos exemplos citados), mas não teremos corrente.

Ao conectar a fonte de tensão (tomada, pilha ou bateria) a um circuito, dizemos que o circuito está alimentado e com possibilidade de fluir corrente elétrica. Mas quanto de corrente flui em um circuito elétrico ou eletrônico?

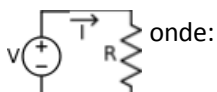
Diferentes circuitos permitem a passagem de quantidades diferentes de corrente elétrica. Há equipamentos que usam fusíveis de 1A a outros que usam 10A, 15A ou mais. Em qualquer caixa de fusíveis de veículos (carros, motos, etc) vemos esta diversidade.

Esta quantidade de corrente que flui pelo circuito vai depender da tensão e da dificuldade que encontra para atravessá-lo.

A dificuldade que as cargas elétricas encontram para atravessar um condutor elétrico é denominada resistência elétrica. Entre 1826 e 1827, **Georg Simon Ohm** desenvolveu a primeira teoria matemática da condução elétrica nos circuitos.

Em um circuito linear, Ohm formulou que:

$$R = \frac{V}{I}$$



- **V** é a diferença de potencial elétrico (ou tensão, ou diferença de potencial - ddp) medida em Volt (V).
- **R** é a resistência elétrica do circuito medida em Ohm (Ω).
- **I** é a intensidade da corrente elétrica medida em Ampere (A).

Essa é a 1ª Lei de Ohm. O componente fabricado para limitar a passagem de corrente conforme essa equação, é o resistor.

Corrente contínua

Corrente contínua é o fluxo ordenado de elétrons sempre numa direção. Esse tipo de corrente é gerado por baterias de veículos (automóveis, motos, etc com 6, 12 ou 24V), pequenas baterias (geralmente de 9V), pilhas (1,2V e 1,5V), dínamos, células solares e fontes de alimentação de várias tecnologias, que retificam a corrente alternada para produzir corrente contínua.

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 a forma de transmissão de energia mais eficiente. 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 pólos positivo e negativo, a de corrente alternada é composta por fases (e, muitas vezes, pelo fio neutro).

O circuito aqui apresentado foi idealizado para trabalhar em corrente alternada (CA) com tensão de até 127V.

Trata-se de um indicador de posição para interruptores de luz da parede, indicando presença de tensão no interruptor e facilitando sua localização no escuro. Este indicador é denominado “piloto” e atua de forma similar ao “stand by” dos equipamentos eletrônicos.

O circuito eletrônico básico é composto por:

- 1 diodo retificador 1N4007 *
- 1 diodo LED vermelho de 3mm de diâmetro
- 1 resistor de 56K Ω com ½ W *
- 2 pedaços de fio (5cm cada pedaço)
- 2cm de “espaguete” termo retrátil de 1,5mm
- 3cm de “espaguete” termo retrátil de 2mm

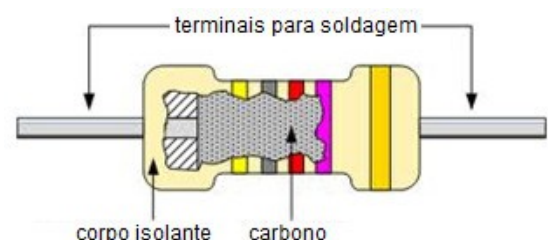
* Com o uso de um resistor de valor acima de 220K Ω em substituição ao de 56K Ω , podemos suprimir o uso do diodo.

Os componentes eletrônicos

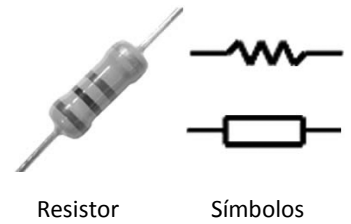
O resistor é o componente responsável limitar a corrente elétrica a um valor adequado para o Led.

Há vários tipos de resistores, como os de carbono (mais comuns), os de fio, os de precisão e os variáveis (ajustáveis, trimpots e potenciômetros).

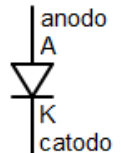
A figura ao lado ilustra as partes de um resistor de carbono. Suas dimensões (tamanho) dependem diretamente de sua potência máxima de trabalho e não de sua resistência.



O valor de resistência dos resistores é apresentado no seu corpo. Para resistores de baixa potência, seu valor é dado em uma série de anéis que segue um código de cores. Os resistores mais comuns são os de 4 (quatro) faixas. Mas podemos encontrar com três faixas (20% de tolerância do valor) e de 5 (cinco) ou 6 (seis) faixas para resistores de precisão. A figura ao lado apresenta um resistor e seus símbolos de representação.

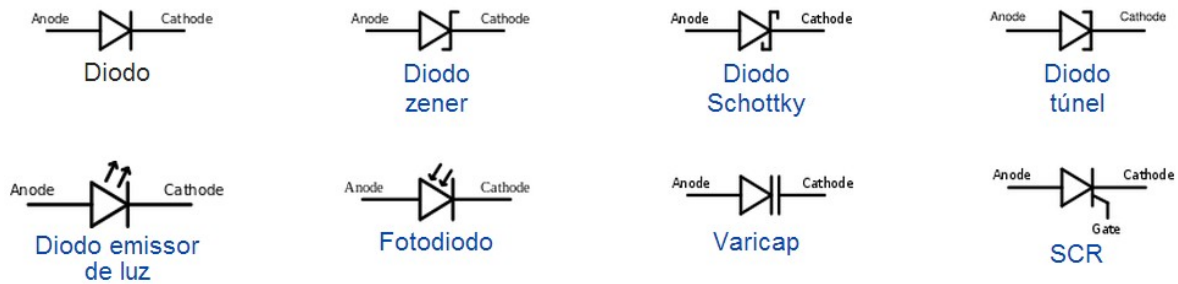


Diodo: A descoberta da junção P-N é normalmente atribuída a *Russel Ohl*, dos *Bell Laboratories*. O nome vem da semelhança de atuação da junção P-N com a da válvula diodo, apresentada por *John Fleming* em 1904. O diodo é um componente elétrico que permite que a corrente atravesse-o num sentido com muito mais facilidade do que no outro.



Aparência de um diodo retificador

O tipo mais comum de diodo semicondutor é o retificador, no entanto, existem outras tecnologias de diodo, como indicado a seguir.



Diodos e suas variações

O diodo, à semelhança de uma válvula pneumática, permite a corrente elétrica fluir em um sentido (polarização direta) e bloqueando em outro (polarização reversa). Assim, através dele, podemos converter corrente alternada em corrente contínua.

O elemento indicador luminoso de nosso circuito também é um diodo. Só que é um diodo emissor de luz (LED - *Ligh Emitting Diode*). O LED tem seu anodo (“positivo”) ligeiramente mais longo que o catodo (“negativo”).

Ao ser fabricado otimizado para emissão de luz, o LED passa a ter algumas limitações que devem ser levadas em consideração para não queimá-lo.

É muito comum vermos todo tipo de Leds sendo testados conectando em baterias de 3V, como as usadas em bios de computadores. Isoéu erro. Apenas os Leds brancos e azuis podem ser testados assim. Na dúvida jamais teste um Led conectando diretamente em pilhas ou baterias, sem limitar a corrente elétrica com um resistor. Se fizer isso, mesmo que não o queime, sua vida útil pode ficar seriamente comprometida.



O LED comum trabalha com apenas 20mA (0,02A). No nosso caso, para que não fique um brilho muito forte e atue apenas como indicador de posição, limitamos a corrente a algo em torno de 2,2mA (0,0022A), através de um resistor.

Aplicando a 1ª Lei de Ohm determinamos o valor do resistor. O valor comercial escolhido foi de 56KΩ.

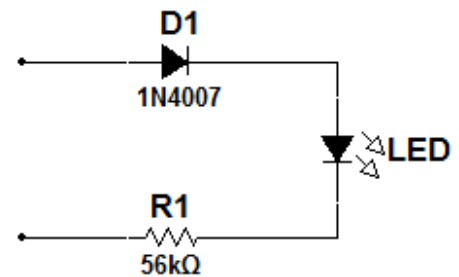
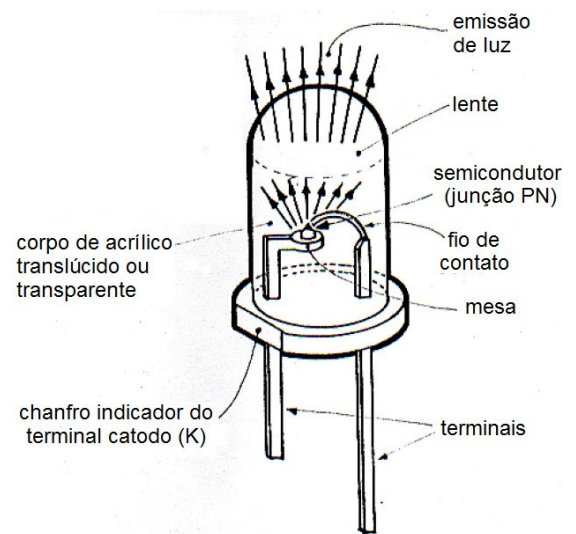
Ao realizar a função de limitar a corrente elétrica, o resistor deverá dissipar o excedente de energia, o que ocorre por aquecimento (efeito joule).

A potência dissipada (trabalho realizado) em um circuito pode ser determinada por:

$$P=V.I \quad P=R.I^2 \quad P=V^2/R$$

Onde:

- P = potência em W (Watt - homenagem a James Watt)
- V = tensão elétrica em V (Volt)
- I = corrente elétrica em A (Ampere)
- R = resistência elétrica em Ω (Ohm)



Aplicando qualquer das 3 equações chegaremos a conclusão que um resistor de ½ W deve ser usado.

Além disto, o LED não é feito para suportar tensões reversas maiores que 5V, podendo ficar inutilizado.

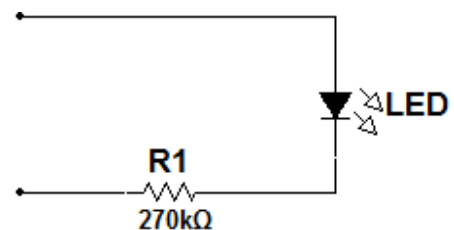
Assim, devemos retificar a corrente que passará por ele. Por isto precisamos do diodo retificador 1N4007.

Montagem prática

Com o uso de Leds de alto rendimento podemos diminuir ainda mais o valor da corrente elétrica, para menos de 1mA (um milésimo de Ampere) e ainda assim temos efeitos satisfatórios. Nestas condições podemos até suprimir o diodo retificador, ficando o circuito apenas com um Led em série com um resistor de valor acima de 220KΩ. Porém, a supressão do diodo pode diminuir bastante a vida útil do Led e só pode ser feita em uma montagem experimental, não em uma versão definitiva.

O circuito ao lado mostra a versão simplificada com apenas um Led em série com um resistor de 270KΩ.

Primeiro monte o circuito na matriz de contatos (protoboard) e mostre ao professor antes de ligar e verificar seu funcionamento.



Para a montagem definitiva, corte os terminais dos componentes apenas o suficiente para uma boa soldagem. Algo em torno de 5mm já é o suficiente.

Para dar acabamento e isolar as soldagens efetuadas, podemos usar tubos termo retráteis. Esses tubos são conhecidos popularmente por “espaguete” termo retrátil e, como o nome indica, encolhem na presença de calor.

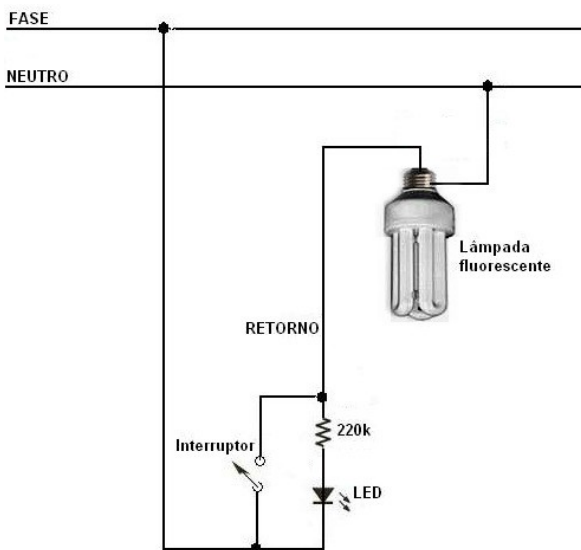
No mercado especializado em eletricidade e eletrônica, esses espaguete podem ser encontrados nos mais diversos tamanhos (largura) e cores.

Use o espaguete termo retrátil para encobrir as partes metálicas e soldas, sem excessos, dando acabamento profissional ao circuito.

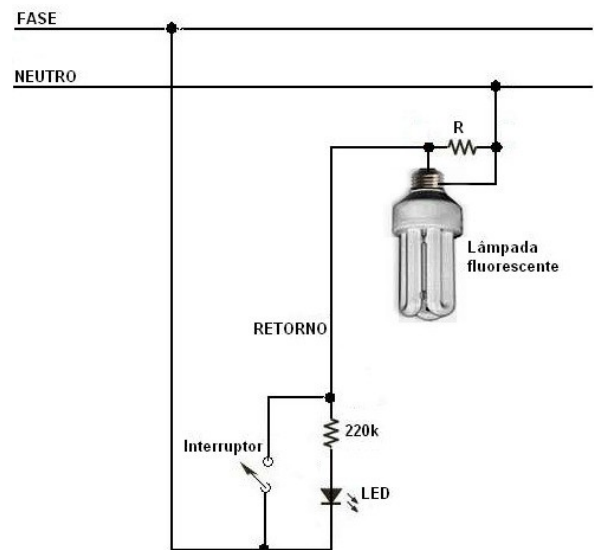
A utilização deste circuito se dá junto aos interruptores de luz. O ideal é ligá-lo junto aos fios da tomada, mas onde houver apenas o interruptor, basta ligar sua fiação em paralelo. Convém ressaltar que, neste caso (ligado ao interruptor), em lâmpadas “econômicas” é comum a ocorrência de flashes luminosos que podem incomodar e diminuir a vida útil da lâmpada. Isto ocorre principalmente em lâmpadas de baixo custo e sem proteção em seus circuitos. Por isso o ideal é o uso paralelo à rede (tomada, “fase-e-neutro”).



As figuras abaixo ilustram a forma de utilização.



Utilização sem resistor acoplado à lâmpada



Utilização com resistor (R) para diminuir as piscadas

Caso ocorram piscadas incômodas (comuns em lâmpadas fluorescentes, como já citado), podemos usar um resistor entre $33\text{K}\Omega$ e $100\text{K}\Omega$ em paralelo com a lâmpada. Com a aplicação desse resistor, a tensão residual sobre a lâmpada, quando apagada, ficará restrita a um máximo de 17V (para $R = 33\text{K}\Omega$) e 40V (para $R = 100\text{K}\Omega$), inibindo as piscadas. O resistor deverá ter potência de dissipação de pelo menos 1W (para $33\text{K}\Omega$) ou $\frac{1}{2}\text{W}$ (para $100\text{K}\Omega$).

O consumo de energia é bastante baixo, podendo ser considerado insignificante.

Teste seus conhecimentos

5. O que é Tensão Elétrica?
- É o movimento das cargas elétricas no circuito. Sua unidade é o Ampère.
 - É a força que age sobre sobre as cargas elétricas do circuito, dado em Volt.
 - É o equivalente a dificuldade em por as cargas elétricas do circuito em movimento, em Ohm.
 - É o trabalho realizado para movimentar cargas, expresso em Watt.
 - É o quanto a carga percorreu, expresso em metros.
6. O que é Corrente Elétrica?
- É o movimento das cargas elétricas no circuito. Sua unidade é o Ampère.
 - É a força que age sobre sobre as cargas elétricas do circuito, dado em Volt.
 - É o equivalente a dificuldade em por as cargas elétricas do circuito em movimento, em Ohm.
 - É o trabalho realizado para movimentar cargas, expresso em Watt.
 - É o quanto a carga percorreu, expresso em metros.
7. O que é Resistência Elétrica?
- É o movimento das cargas elétricas no circuito. Sua unidade é o Ampère.
 - É a força que age sobre sobre as cargas elétricas do circuito, dado em Volt.
 - É o equivalente a dificuldade em por as cargas elétricas do circuito em movimento, em Ohm.
 - É o trabalho realizado para movimentar cargas, expresso em Watt.
 - É o quanto a carga percorreu, expresso em metros.
8. O que é Potência Elétrica?
- É o movimento das cargas elétricas no circuito. Sua unidade é o Ampère.
 - É a força que age sobre sobre as cargas elétricas do circuito, dado em Volt.
 - É o equivalente a dificuldade em por as cargas elétricas do circuito em movimento, em Ohm.
 - É o trabalho realizado para movimentar cargas, expresso em Watt.
 - É o quanto a carga percorreu, expresso em metros.
9. Para ligar um Led em 12Vcc, com uma corrente de 15mA, precisamos de:
- Um resistor de 800 Ω .
 - Um resistor de 80 Ω .
 - Um resistor de 0,8 Ω .
 - Um diodo retificador.
 - Zero Ohm (0 Ω - não precisa de resistor).
10. A função do diodo no primeiro circuito apresentado do indicador piloto para interruptores é:
- O diodo não faz nada no circuito, por isso pôde ser retirado.
 - Agir como fusível, por isso pode ser retirado.
 - O resistor tem polaridade é muito sensível às tensões reversas. Assim, o diodo retificador transforma CC em AC, protegendo o resistor das tensões reversas.
 - O Led tem polaridade é muito sensível às tensões reversas. Assim, o diodo retificador age como uma válvula, deixando a corrente passar em um único sentido, transformando AC em CC, protegendo o Led das tensões reversas.
 - Limitar o valor da corrente que vai ser entregue ao Led, pois comporta apenas 20mA e poderia queimar.

Circuitos com Lâmpada Neon

Introdução teórica: Lâmpada Neon

Uma lâmpada de neon é uma lâmpada de descarga em gás que contém gás neon a baixa pressão (10 mbar). O termo é por vezes usado para dispositivos semelhantes que contêm outros gases nobres, habitualmente para produzir cores diferentes. A lâmpada de neon foi inventada pelo inventor norte-americano e engenheiro elétrico *Daniel McFarlan Moore* (Nova Jersey).


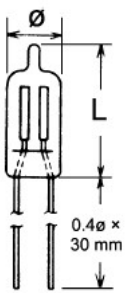


Lâmpada Neon NE-2

Quando submetida a uma diferença de potencial suficientemente elevada, ocorre uma descarga de elétrons, entre seus pólos. Os elétrons colidem com os átomos de neon excitando-os ou ionizando-os e estes, ao decaírem ou recapturarem elétrons emitem uma luz alaranjada.

Este fenômeno ocorre sempre mais próximo do pólo que está em contato com carga elétrica negativa.

A figura seguinte é uma cópia de parte de um *datasheet* (folha de dados) da lâmpada neon NE-2, publicado por um de seus fornecedores.

 固體電子有限公司 Solitronics Engineering Ltd. Tel : (852) 2730-8145 Fax : (852) 2730-3245 2202, Perfect Ind. Bldg., 31 Tai Yau St., Kowloon, Hong Kong S.A.R., China E-mail: info@solitronics.com							
Short Form Catalogue of SEL Neon Lamps						Cat. No. SEL-NEWT-SF-01	
Lamp Drawing	Dimensions ØxL (mm)	Strike-Voltage Volts Max. AC	Design Current (mA)	Series Carbon Film Resistor		Average Life (Hrs.)	Solitronics Part No.
				115V	230V		
STANDARD-BRIGHTNESS SB-SERIES (NE-2)							
	4Øx10.5	65V	0.50mA	100K-120K	330K-390K	50,000+	NE410/30SB
	6Øx12.5	65V	0.50mA	100K-120K	330K-390K	50,000+	NE612/30SB
	6Øx13.0	65V	0.50mA	100K-120K	330K-390K	50,000+	NE613/30SB
	6Øx16.0	65V	0.50mA	100K-120K	330K-390K	50,000+	NE616/30SB
	6Øx18.0	65V	0.50mA	100K-120K	330K-390K	50,000+	NE618/30SB

Pelo datasheet, vemos que a lâmpada acende a partir de $65V_{AC}$, e sua corrente máxima é de $0,50mA$ ($500\mu A$). Nessas condições, exige um resistor entre $100K\Omega$ a $120K\Omega$ para 115V e $330K\Omega$ a $390K\Omega$ para 230V.

Os valores no data sheet são para máximo rendimento. Para simples indicação luminosa, valores maiores de resistores (com valores menores e ainda mais seguros de corrente elétrica) são possíveis.

A fórmula exata do gás no seu interior é tipicamente a mistura de *Penning*, ou seja, 99,5% de neon e 0,5% de Argônio, que tem uma tensão de ionização inferior à do neon puro. A tensão aplicada tem de atingir inicialmente o valor da tensão de disparo (por volta de 65V em AC), antes que a lâmpada acenda. Depois de acesa, a tensão necessária para manter o seu funcionamento é significativamente inferior (~30%). Quando alimentada por uma fonte de tensão contínua (DC), apenas o eletrodo carregado negativamente (catodo) irá brilhar. Quando alimentada por uma tensão alterna AC, ambos os eletrodos irão brilhar. Estes atributos fazem as lâmpadas de neon muito convenientes para a sua utilização em dispositivos de teste/sinalização de baixo custo; são capazes de fornecer a informação se a tensão fornecida é contínua ou alterna e se for contínua, qual a polarização dos pontos a serem testados. As lâmpadas de neon funcionam usando uma descarga de baixa corrente.

Uma vez acesa, uma lâmpada de neon tem uma curva de característica de resistência negativa: aumentando a corrente que passa através do dispositivo, aumenta o número de íons, diminuindo a resistência da lâmpada, o que provoca um aumento da corrente. Por causa desta característica, o circuito externo de alimentação à lâmpada tem de providenciar um meio de limitar a corrente, caso contrário, a corrente irá rapidamente aumentar, até provocar a destruição da lâmpada. No caso de luzes indicadoras, normalmente uma resistência é usada para limitar a corrente.

Quando a corrente através da lâmpada for inferior à corrente necessária para atravessar o espaço maior entre eletrodos, o brilho da descarga pode-se tornar instável e não cobrir toda a superfície dos eletrodos. Isto pode ser um sinal de envelhecimento das lâmpadas indicadoras, mas é um efeito explorado nas lâmpadas de “chama cintilante”. Por outro lado, uma corrente grande demais provoca um desgaste acelerado dos eletrodos, ao estimular o fenômeno da pulverização catódica, o que irá cobrir a superfície interna da lâmpada com uma camada metálica, causando o seu escurecimento.

O uso mais popular de lâmpada neon é o busca pólo. Trata-se de uma ferramenta simples que permite saber qual é o pólo neutro (terra) e o pólo vivo (fase) de uma tomada ou ainda dos fios de uma instalação elétrica domiciliar de baixa tensão (120V ou 240V).

No mercado, é comum encontrarmos o busca pólo comercializado na forma de uma pequena chave de fenda, como ferramenta auxiliar do electricista.

Um pouco de história

Quando *Nikola Tesla* criou um meio de transmissão de eletricidade de longa distância com a corrente alternada (CA), se baseava em 110V, por achar seguro. Quando perceberam que energia a 240V tem menor perda nos fios já era meados da década de 1950 e mudar o sistema já implantado estava completamente fora de questão.



Com o tempo, o debate foi resolvido. A energia CA era a única opção e a padronização estava a todo vapor. A Westinghouse Electric, a primeira empresa a comprar a patente de Tesla para transmissão de energia, estabeleceu-se com o padrão de 60Hz e 110V. Na Europa – mais especificamente, na Alemanha – uma empresa chamada BEW exerceu o seu monopólio para definir arbitrariamente a frequência de 50Hz, mas o mais importante, elevaram as voltagens para 240V. Assim o padrão 240V lentamente se espalhou pelo restante do continente europeu.

Por isso, existem tecnicamente mais de duas voltagens em uso. Até o início do século XXI, havia as seguintes voltagens distintas: 100V (Japão), 240V (Grã-Bretanha e antigas colônias, exceto o Canadá), 110/117/120/127V (América do Norte e partes do Brasil) e 220V (o restante do mundo) e ainda 267V em algumas partes do interior da Austrália. Isso tudo considerando apenas as redes monofásicas e bifásicas, como as residenciais.

Por conta disso, é comum nos referirmos às tensões 110V/117V/120V/127V simplesmente por 110V. Da mesma forma, tensões de 220V/240V são normalmente referenciadas como sendo 220V.

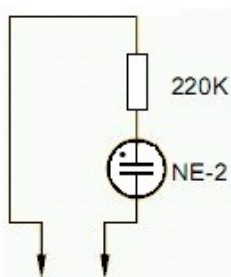
O circuito proposto permite identificar o pólo vivo da tomada (110V é composto por uma fase e um neutro) ou mesmo identificar se a tomada é 220V (220V é composto por duas fases de 110V).

Materiais necessários:

- 1 lâmpada neon NE-2
- 1 resistor de valor entre 220K Ω e 330K Ω com 1/8 W
- 2 pedaços de fio (5cm cada pedaço)
- 2cm de “espaguete” termo retrátil de 1,5mm
- Plugue banana ou outra ponta metálica
- Tubo transparente de caneta esferográfica para compor o corpo da montagem

Funcionamento do circuito:

No busca-pólo comum encontramos uma lâmpada neon e um resistor de valor muito alto (220 K Ω ou mais) ligados em série. Numa extremidade do circuito temos uma ponta de prova e na outra um anel de metal para segurar, ligado a um dos pólos da lâmpada neon. A resistência do corpo de quem a manuseia promove o caminho para a corrente elétrica.

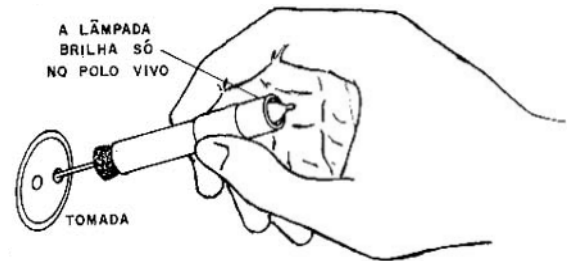


Para acender, lâmpada neon exige uma corrente tão pequena que não causa choque algum se circular pelo nosso corpo. Assim, segurando pelo anel de metal da ferramenta a colocamos num dos pólos da tomada, se for o neutro não circula corrente alguma e a lâmpada permanece apagada. Se a colocarmos no pólo vivo (fase) a corrente circula e a lâmpada acende (mas não sentimos choque algum).

Tal como na montagem anterior, o resistor limita a corrente, dimensionado segundo a Lei de Ohm. Essa limitação protege a lâmpada do excesso de corrente elétrica em um nível tão pequeno que não sentimos a passagem dessa corrente (não há sensação de choque elétrico).

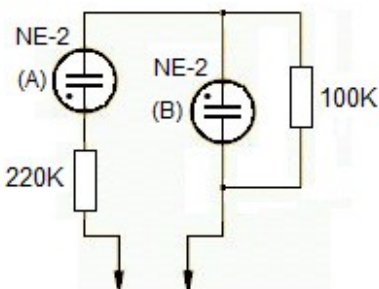
A construção física pode ser feita com um plugue banana ou mesmo improvisado em um tubo transparente (como o de canetas esferográficas).

A figura ao lado representa uma possível montagem e manuseio. A tira no tubo, onde se apóia o polegar, é um dos condutores (em contato com a pele) enquanto a ponta é inserida no polo da tomada.



No teste indicado na figura, se a lâmpada acender nos dois polos da tomada (e esta não estiver ligada errada), significa tratar-se de uma tomada 220V/240V.

Modificando um pouco o circuito, utilizando duas lâmpadas neon e dois resistores, podemos construir um circuito indicador de 110V/220V.



Neste circuito, quando em 110V/127V, o resistor de 100KΩ fará com que a tensão sobre a lâmpada "B" seja insuficiente para provocar seu acendimento. Nestas condições, apenas a lâmpada "A" acenderá.

Quando em 220V/240V, a tensão será suficiente para ionizar o gás e as duas lâmpadas acenderão.

Antes de proceder à montagem definitiva (com solda), teste a montagem em protoboard. Devido às possíveis variações de parâmetros da lâmpada neon (pode-se usar a NE-1, por exemplo), ajustes podem ser necessários.

Tal ajuste consiste na escolha do resistor em paralelo com a lâmpada "B". Este pode assumir valores entre 100KΩ e 150KΩ.

Pela simplicidade, este circuito ainda comporta montagem "aranha", sem utilização de suportes (PCI). Não esqueça de prover um bom isolamento entre os fios, seja com espaguete termo retrátil ou fita isolante.

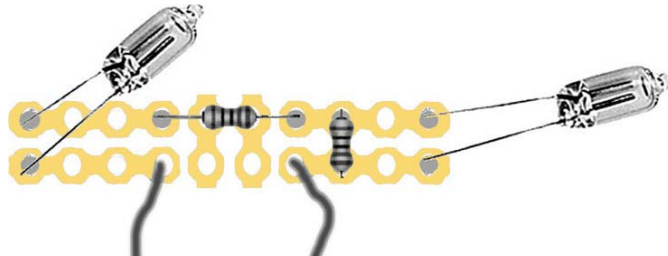
Os dois resistores utilizados podem ser de $\frac{1}{8}W$, do tipo miniatura.

Para montagem em placa de circuito impresso, podemos usar uma PCI padrão.

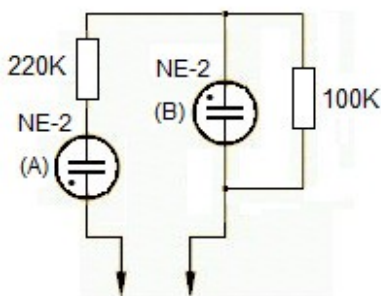
Os componentes devem ser posicionados na placa de forma que o cobre das ilhas e trilhas faça as conexões elétricas necessárias, obedecendo sempre o diagrama esquemático.

Na placa, os componentes eletrônicos são inseridos pelo lado sem cobre. Os terminais dos componentes atravessam os furos e devem ser soldados às ilhas da placa pelo lado cobreado.

Na figura a seguir, o traçado do cobre é visível para fins didáticos de como devem ser as ligações. Essa representação é o layout da montagem.



Neste caso, a lâmpada NE-2 (A) e o resistor de $220\text{k}\Omega$ trocam de posição para facilitar a montagem. Isso é possível porque eles estão em série entre si, não alterando em nada o funcionamento do circuito. O diagrama esquemático a seguir mostra essa alteração. Compare com o circuito anterior.



Caso opte por montagem aranha (sem a PCI), o circuito pode ser acomodado dentro de um plugue macho de tomada.

Caso monte em uma PCI, o circuito pode ser acomodado em uma pequena caixa plástica. Uma solução interessante é usar pontas “banana” com aproximadamente 10cm de cabo emborrachado no lugar do plugue de tomada. Isto possibilita usá-lo como testador 110V/220V ou como busca pólo (fase) da rede elétrica.

Presteatenção: por ser um circuito energizado diretamente pela rede elétrica, enganos nos valores dos resistores, interligações erradas ou restos de soldas podem provocar curto circuito com risco de choque elétrico.

Terminada a montagem, confira o circuito e mostre ao professor antes de testá-la na tomada.

Teste seus conhecimentos sobre as montagens com Neon

1. A lâmpada neon...
 - É uma lâmpada de filamento que recebe o nome neon por causa da luz azulada que emite.
 - É uma lâmpada eletrônica em miniatura que recebe o nome neon por causa da luz azulada que emite.
 - É uma lâmpada que possui um gás (neon) em seu interior. A partir de determinada tensão, o gás ioniza e emite uma cor alaranjada. Dada sua baixa emissão de luz é usada como sinalizador.
 - É um diodo emissor de luz, como o Led, só que construído com invólucro de vidro.
 - Por ser uma lâmpada, basta aumentar a corrente elétrica que passa por ela para podermos usar para iluminação, como em uma lanterna, por exemplo.

2. O busca pólo neon...
 - É um indicador de fase da tomada, ou seja, colocamos um pólo na tomada e seguramos o outro na mão. Se o neon acender, indica que aquele pino da tomada contém fase da rede elétrica. Se não acender, indica ausência de fase (pode ser pino neutro ou defeito na tomada)
 - É um indicador de tomada funcionando. Só que, para isso, temos que colocar os dois pinos do circuito na tomada.
 - Deve ser usado com muita cautela pois a indicação de fase é luminosa mas confirmada com choque elétrico.
 - É um indicador de tomada energizada. Se o indicador neon acender, indica que a tomada está funcionando e podemos usá-la à vontade.
 - É um indicador muito útil, mas só funciona em 110V (não funciona em 220V ou mais).

3. Assinale a alternativa correta:
 - Colocamos resistores no circuito para evitar choques, mas a lâmpada não precisa dele.
 - Os resistores no circuito são responsáveis por limitar a corrente na lâmpada, pois acende com apenas 500uA.
 - Podemos ligar a lâmpada diretamente na tomada, sem resistores, para que acenda.
 - A lâmpada acende em baixa tensão, como as de pilhas. Daí a necessidade de usar resistorer para ligar na tomada.
 - As lâmpadas neon são obsoletas e raras de se encontrar, pois não iluminam direito.

4. O fato de um busca polo acender em ambos os polos da tomada indica que:
 - É uma tomada 220V com certeza.
 - Há 110V em cada pólo. Portanto é uma tomada 110V.
 - É uma tomada pronta e funcionando para receber um equipamento elétrico.
 - Há algo errado na instalação, pois qualquer que seja a tensão, 110V ou 220V, deveria acender em só um polo.
 - Pode ser uma tomada 220V, mas pode indicar erro na instalação (a mesma fase nos dois polos).

5. Assinale a alternativa correta:
 - O uso de um indicador 110V/220V com neon substitui plenamente equipamentos mais caros, como o multímetro.
 - O uso de um indicador 110V/220V deve ser feito de forma breve devido ao alto consumo de corrente.
 - Quando acesas, as lâmpadas neon exibem baixa resistência à passagem da corrente. Por isso, os resistores tem que ser de potência elevada para suportar toda a corrente elétrica.
 - O indicador 110V/220V usa dois resistores para ajustar a indicação (110V ou 220V). Poderíamos ligar o circuito esses resistores, com as lâmpadas diretamente na tomada. Só que, se fizermos assim, as duas acenderão ao mesmo tempo, não dando a indicação desejada.
 - O uso do indicador 110V/220V auxilia bastante em instalações elétricas, pois permite até indicar onde há fase da rede. Porém deve ser usado de forma complementar por representar testes simplificados.

Indicador de tensão da rede AC para 120V/240V com dois Leds

Introdução teórica: Diodo Zener

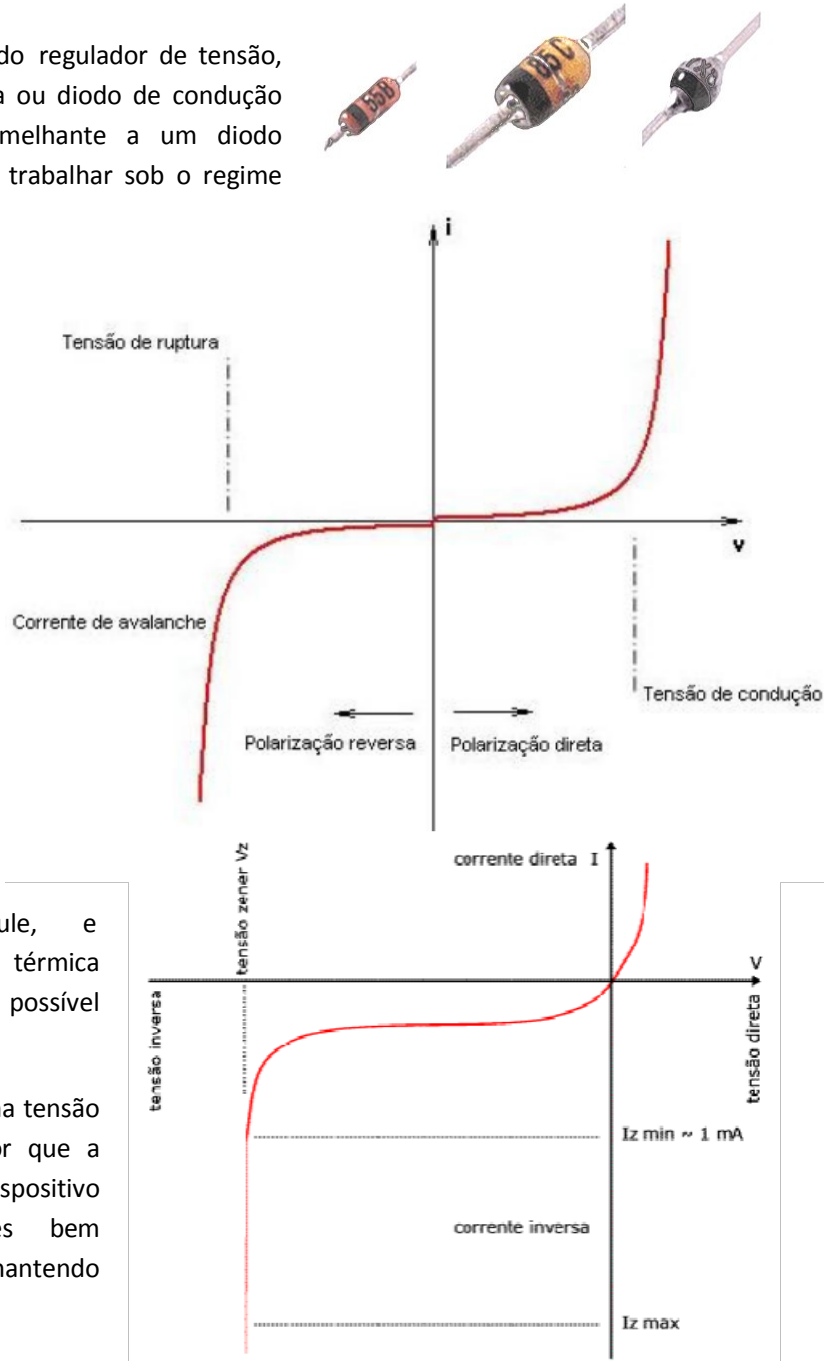
Diodo Zener (também conhecido como diodo regulador de tensão, diodo de tensão constante, diodo de ruptura ou diodo de condução reversa) é um componente eletrônico semelhante a um diodo semicondutor, especialmente projetado para trabalhar sob o regime de condução reversa. Neste caso há dois fenômenos envolvidos o efeito Zener e o efeito avalanche. O componente leva o nome em homenagem a *Clarence Zener*, que descobriu esta propriedade elétrica.

Qualquer diodo inversamente polarizado praticamente não conduz corrente desde que não ultrapasse a tensão de ruptura. Na realidade, existe uma pequena corrente inversa, chamada de corrente de saturação, que ocorre devido unicamente à geração de pares de elétron-lacuna, à temperatura ambiente. No diodo Zener acontece a mesma coisa. A diferença é que, no diodo convencional, ao atingir uma determinada tensão inversa, a corrente inversa aumenta bruscamente (efeito de avalanche), causando o efeito Joule, e conseqüentemente a dissipação da energia térmica acaba por destruir o dispositivo, não sendo possível reverter o processo.

No diodo Zener, por outro lado, ao atingir uma tensão chamada de Zener (geralmente bem menor que a tensão de ruptura de um diodo comum), o dispositivo passa a permitir a passagem de correntes bem maiores que a de saturação inversa, mantendo constante a tensão entre os seus terminais.

Anodo (A)  (K) Catodo

Símbolo do diodo Zener e identificação dos terminais



Cada diodo Zener possui uma tensão de Zener específica como, por exemplo, 3V9, 5V1, 6V3, 9V1, 12V, 13V6, 15V, 18V, 20V, 24V, etc.

Quanto ao valor da corrente máxima admissível unilateralmente, existem vários tipos de diodos. Um dado importante na especificação do componente a ser utilizado é a potência do dispositivo. Por exemplo, são comuns diodos Zener de 400 miliwatts, 500 miliwatts e 1 Watt. Mas há de potências maiores. O valor da corrente máxima admissível depende dessa potência e da tensão de Zener. É por isso que o diodo Zener se encontra normalmente associado com uma resistência ligada em série, destinada precisamente a limitar a corrente a um valor admissível.

Funcionamento do circuito:

O circuito proposto é uma versão melhorada do indicador 110V/220V com lâmpadas neon. Embora não possa ser usado como busca polo, possui indicação com melhor visualização (intensidade e cores). Seu funcionamento explora o efeito zener.

O diodo D1 é um retificador e protege os Leds da danosa polarização reversa.

O resistor R1 é de valor tal que, quando em 120V, a região zener do diodo D4 não é atingida e o diodo zener não conduz. Nestas condições, a corrente fluirá apenas pela malha externa do circuito, fazendo com que apenas o Led D2 (verde) acenda.

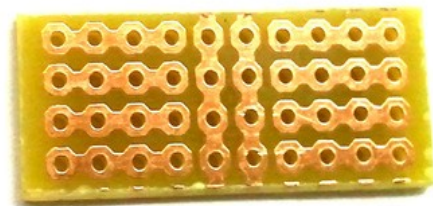
Quando a tensão de entrada ultrapassa 180V, a região zener é atingida e D4 começa a conduzir, fazendo com que o Led D3 (vermelho) comece a acender.

O resistor R2 limita a corrente sobre o Led D2, permitindo que parte da corrente total do circuito, quando alimentado com tensões acima de 180V, possa fluir pelo diodo zener e o Led D3. Assim, quando em 220V~240V, os Leds D2 (verde) e D3 (vermelho) acenderão.

Lista de materiais

Para nossa montagem, usaremos os seguintes componentes:

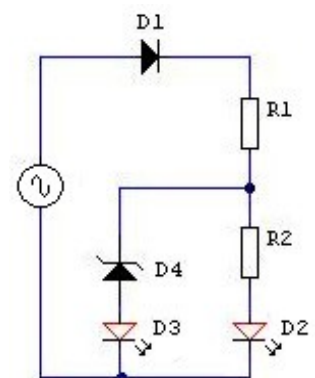
- D1 – diodo retificador 1N4004 ou 1N4007
- D2 – diodo Led verde de 5mm
- D3 – diodo Led vermelho de 5mm
- D4 – diodo zener de 20V, $\frac{1}{2}$ W
- R1 – resistor de $39K\Omega$, $\frac{1}{4}$ W (ou 27K, veja o texto)
- R2 – resistor de $4K7\Omega$, $\frac{1}{8}$ W (ou 2K4, veja o texto)
- Placa padrão



retalho de placa padrão, sugerida para esta montagem

Devido à tolerância na produção de componentes, ajustes nos valores dos resistores (substituição) podem ser necessários para um melhor efeito.

O resistor R1 poderá ser de $\frac{1}{4}$ W se o circuito não permanecer constantemente ligado (só para testes de tomadas). Para uma indicação permanente, deverá ser usado um resistor de $\frac{1}{2}$ W.



A intensidade de brilho dos Leds comuns é dada em mcd (milicandela). Quanto maior este valor, maior a intensidade luminosa emitida. Procure usar algo em torno de 600mcd ou mais para uma melhor visualização de funcionamento do circuito.

- *Candela: [símb.: cd] Uma candela é definida no SI como a intensidade luminosa emitida por uma fonte, em uma dada direção, de luz monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e cuja intensidade de radiação em tal direção é de 1/683 watts por esferorradiano. Essa frequência é percebida como luz verde, para a qual o olho humano possui a melhor capacidade de absorção.*

Para aumentar o brilho dos Leds podemos diminuir os valores dos resistores. Experimente 27K para R1 e 2K4 para R2. Mas tenha em mente que, com isso, os resistores tenderão a aquecer mais limitando o tempo em que o circuito poderá ficar continuamente ligado.

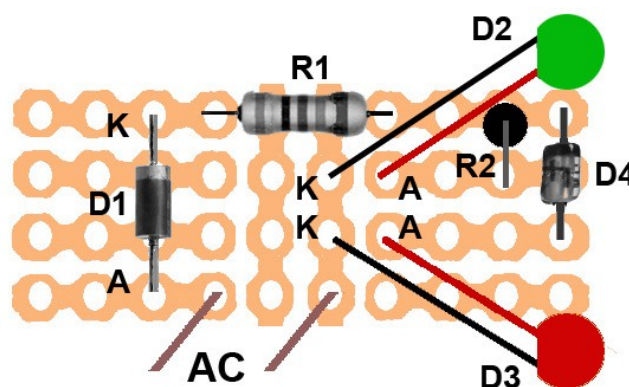
Montagem:

Monte o circuito em matriz de contatos (protoboard). Verifique o funcionamento e ajustes que por ventura se fizerem necessários nos valores dos componentes.

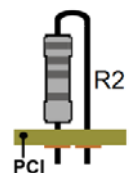
Mostre ao professor seu funcionamento e tire suas dúvidas.

Depois de aprovado pelo professor, inicie a montagem definitiva na PCI.

A figura abaixo ilustra uma sugestão de disposição dos componentes eletrônicos na placa. Note que a entrada AC não fica em ilhas lado a lado por questões de segurança (evitar curto circuito). Os Leds devem ser conectados à placa por meio de fios de aproximadamente 5cm. Em cada um dos Leds, use fio vermelho para o anodo (positivo) e preto para o catodo (negativo). Use pequenos pedaços de termo retrátil para dar acabamento às soldagens dos fios aos Leds. A entrada AC pode ser por fios iguais de qualquer cor (não há necessidade de identificação de polaridade) com 10cm cada. Nesta, mesmo sendo do tipo miniatura, o resistor R2 deverá ser montado “em pé” (figura ao lado).



Layout da montagem – disposição dos componentes



Revise o trabalho antes de mostrar ao professor a montagem e seu funcionamento.

Teste seus conhecimentos sobre o indicador 110V/220V com Leds

1. Em vários circuitos alimentados em AC usamos diodos e resistores. Baseado nisso, assinale a alternativa correta:
 - O diodo não faz nada no circuito, por isso pôde ser retirado.
 - O resistor não faz nada no circuito, por isso poderia ser retirado.
 - A corrente contínua é aquela cuja direção varia com o tempo, como nas tomadas de 120V. A corrente alternada é aquela onde as cargas elétricas se movimentam em um único sentido, como em pilhas e baterias.
 - A corrente alternada é aquela cuja direção varia com o tempo, como nas pilhas e baterias. A corrente contínua é aquela onde as cargas elétricas se movimentam em um único sentido, como nas tomadas de 120V.
 - A corrente alternada é aquela cuja direção varia com o tempo, como nas tomadas de 120V. A corrente contínua é aquela onde as cargas elétricas se movimentam em um único sentido, como em pilhas e baterias.

2. No circuito indicador de 120V/240V, o diodo ZENER...
 - É o responsável por converter CA em CC, protegendo os Leds da polarização reversa.
 - É o responsável por limitar a corrente total do circuito, protegendo os Leds.
 - Age de forma idêntica ao diodo retificador, seu símbolo e aparência são diferentes por causa de serem de fabricantes diferentes.
 - Age como uma “válvula eletrônica” deixando passar a corrente elétrica em um sentido atuando na retificação da CC em CA no circuito.
 - Age como uma “válvula eletrônica” deixando passar a corrente elétrica em um sentido, mas que permite a passagem de uma corrente reversa a partir de determinado valor de tensão reversa.

3. Os resistores...
 - São os responsáveis por converter CA em CC, protegendo os Leds da polarização reversa.
 - São os responsáveis por limitar a corrente total no circuito, protegendo os Leds e definindo a tensão em que a região zener começa a atuar.
 - São componentes polarizados, exigindo a utilização junto com diodos.
 - São usados como fusíveis de proteção dos outros componentes, queimando antes.
 - Resistem à passagem da corrente, por isso devem ser evitados.

4. A potência dos resistores (aquecimento por efeito joule)...
 - Depende apenas da tensão aplicada, mas não da corrente que circula nem da resistência.
 - Depende apenas da corrente que circula, mas não da tensão aplicada nem da resistência.
 - Depende apenas da resistência, mas não da tensão aplicada nem da corrente que circula.
 - Depende tanto da resistência, como da corrente e tensão aplicados.
 - Define apenas o tamanho do componente, para facilitar o manuseio e nada tem a ver com o aquecimento.

Luz noturna com um único Led (Led azul em 120V_{AC})

Introdução teórica: Capacitores

Capacitor (português brasileiro) ou condensador (português europeu) é um componente que armazena energia num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica.

Historicamente, a idéia de seu uso baseia-se na *Garrafa de Leiden* criada em 1746 por *Pieter van Musschenbroek* na cidade de Leyden na Holanda.

História

Em outubro de 1745, *Ewald Georg von Kleist*, descobriu que uma carga poderia ser armazenada, conectando um gerador de alta tensão eletrostática por um fio a uma jarra de vidro com água, que estava em sua mão. A mão de *Von Kleist* e a água agiram como condutores, e a jarra como um dielétrico (mas os detalhes do mecanismo não foram identificados corretamente no momento). *Von Kleist* descobriu, após a remoção do gerador, que ao tocar o fio, o resultado era um doloroso choque. Em uma carta descrevendo o experimento, ele disse: "Eu não levaria um segundo choque para o reino de França". No ano seguinte, na Universidade de Leiden, o físico holandês *Pieter van Musschenbroek* inventou um capacitor similar, que foi nomeado de *Jarra de Leyden*.

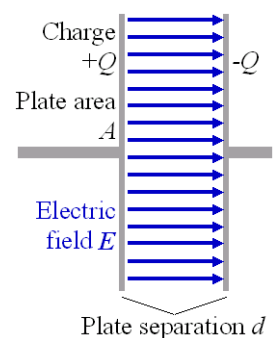
Daniel Gralath foi o primeiro a combinar várias jarras em paralelo para aumentar a capacidade de armazenamento de carga. *Benjamin Franklin* investigou a Jarra de Leyden e "provou" que a carga estava armazenada no vidro, e não na água como os outros tinham suposto. Ele também adotou o termo "bateria", posteriormente aplicada a um aglomerado de células eletroquímicas.

Jarras de Leyden foram utilizadas exclusivamente até cerca de 1900, quando a invenção do wireless (rádio) criou uma demanda por capacitores padrão, e o movimento constante para frequências mais altas necessitavam de capacitores com baixa indutância.

No início capacitores também eram conhecidos como condensadores, um termo que ainda é utilizado atualmente. O termo foi usado pela primeira vez por *Alessandro Volta* em 1782, com referência à capacidade do dispositivo de armazenar uma maior densidade de carga elétrica do que um condutor normalmente isolado.

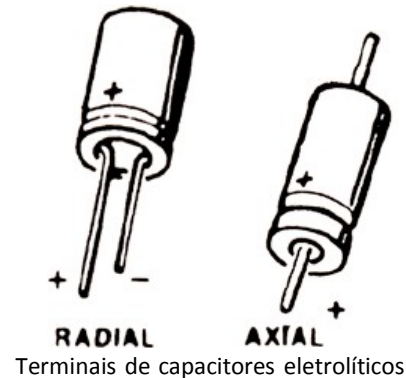
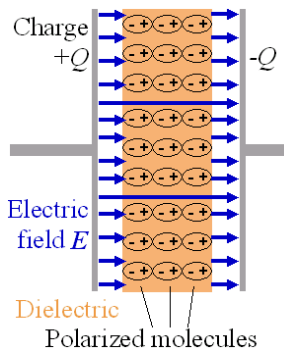
Física do capacitor: Visão geral

Os formatos típicos consistem em dois eletrodos ou placas que armazenam cargas opostas. Estas duas placas são condutoras e são separadas por um isolante ou por um dielétrico.



A carga elétrica é armazenada na superfície das placas, no limite com o dielétrico. Devido ao fato de cada placa armazenar cargas iguais, porém opostas, a carga total no dispositivo é sempre zero.

Quando uma diferença de potencial $V = Ed$ é aplicada às placas deste capacitor simples, surge um campo elétrico entre elas. Este campo elétrico é produzido pela acumulação de uma carga nas placas.



Os elétrons das moléculas mudam em direção à placa da esquerda positivamente carregada. As moléculas então criam um campo elétrico do lado esquerdo que anula parcialmente o campo criado pelas placas (o espaço do ar é mostrado para maior clareza; em um capacitor real, o dielétrico fica em contato direto com as placas).

Capacitância

A propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático é chamada de capacitância ou capacidade (C) e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela diferença de potencial ou tensão (V) que existe entre as placas.

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), um capacitor tem a capacitância de um *Farad* (F) quando um *Coulomb* (C) de carga causa uma diferença de potencial de um *Volt* (V) entre as placas. O *Farad* é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados valores de capacitâncias expressos em microfarads (μF), nanofarads (nF) ou picofarads (pF).

A equação apresentada acima é exata somente para valores de Q muito maiores que a carga do elétron ($e = 1,602 \times 10^{-19}\text{C}$). Por exemplo, se uma capacitância de 1pF fosse carregada a uma tensão de $1\mu\text{V}$, a equação perderia uma carga $Q = 10^{-19}\text{C}$, mas isto seria impossível já que seria menor do que a carga em um único elétron. Entretanto, as experiências e as teorias recentes sugerem a existência de cargas fracionárias.

Circuitos elétricos

Os elétrons não podem passar diretamente através do dielétrico de uma placa do capacitor para a outra. Quando uma tensão é aplicada a um capacitor através de um circuito externo, a corrente flui para uma das placas, carregando-a, enquanto flui da outra placa, carregando-a, inversamente. Em outras palavras, quando a tensão que flui por um capacitor muda, o capacitor será carregado ou descarregado.

A fórmula da corrente no capacitor é dada por:

$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$$

Onde I é a corrente fluindo na direção convencional, dQ/dt é a derivada da quantidade de carga em relação ao tempo e dV/dt é a derivada da tensão em relação ao tempo.

No caso de uma tensão contínua (DC ou também designada CC) logo um equilíbrio é encontrado, onde a carga das placas corresponde à tensão aplicada pela relação $Q=CV$ e nenhuma corrente mais poderá fluir pelo circuito. Logo a corrente contínua (DC) não pode passar. Entretanto, em correntes alternadas (AC) podem. Em AC, cada mudança de polaridade da tensão aplicada ocasiona carga ou descarga do capacitor, permitindo desta forma que a corrente flua. A quantidade de "resistência" de um capacitor, sob regime AC, é conhecida como **reatância capacitiva** e varia conforme varia a frequência do sinal AC.

A reatância capacitiva é dada por:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Onde:

- X_C = reatância capacitiva, medida em ohm - Ω
- f = frequência do sinal AC, em Hertz - Hz
- C = capacitância medida em Farad - F

O tempo de carga de um capacitor é definido pela expressão: $T = R \times C$.

A impedância de um capacitor é dada por: $Z = \frac{-j}{2\pi fC}$ onde j é o número imaginário.

Portanto, a reatância capacitiva é o componente imaginário negativo da impedância.

É denominada *reatância* porque o capacitor *reage* a mudanças na tensão aplicada.

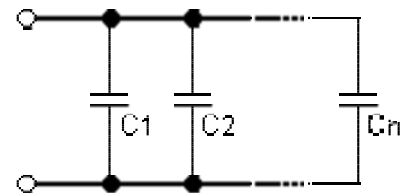
Desta forma a reatância é proporcionalmente inversa à frequência do sinal. Como sinais DC (ou CC) possuem frequência igual à zero, a fórmula confirma que capacitores bloqueiam completamente a corrente aplicada diretamente, após um determinado tempo, em que o capacitor está carregando. Para correntes alternadas (AC) com frequências muito altas a reatância, por ser muito pequena, pode ser desprezada em análises aproximadas do circuito.

Associação de capacitores: Ligação em Paralelo

Num circuito de condensadores montados em paralelo todos estão sujeitos à mesma diferença de potencial (tensão).

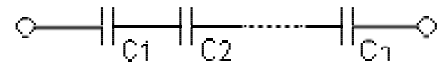
Para calcular a sua capacidade total (C_{eq}):

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



Associação de capacitores: Ligação em Série

A corrente que flui através de capacitores em série é a mesma, porém cada capacitor terá uma queda de tensão (diferença de potencial entre seus terminais) diferente.



A soma das diferenças de potencial (tensão) é igual à diferença de potencial total. Para conseguir a capacitância total (C_{eq}):

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Na associação mista de capacitores, têm-se capacitores associados em série e em paralelo. Nesse caso, o capacitor equivalente deve ser obtido, resolvendo-se o circuito em partes, conforme a sua configuração. Por isso, calcule antes associação de capacitores em série, para após efetuar o cálculo dos capacitores em paralelo.

Capacitores mais comuns

Os capacitores mais comuns apresentam tolerâncias de 5 % ou 10 %. São frequentemente classificados de acordo com o material usado como dielétrico. Os seguintes tipos de dielétricos são usados:

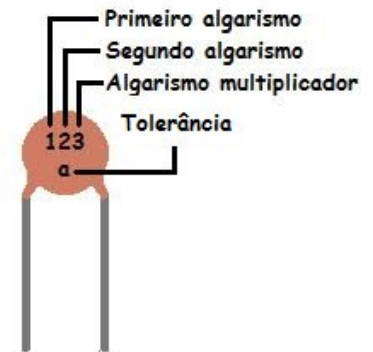
- cerâmica (valores baixos até cerca de 1 μF)
- poliestireno (geralmente na escala de picofarads)
- poliéster (de aproximadamente 1 nF até 10 μF)
- polipropilêno (baixa perda, alta tensão, resistente a avarias)
- tântalo (compacto, dispositivo de baixa tensão, de até 100 μF aproximadamente)
- eletrolítico (de alta potência, compacto mas com muita perda, na escala de 1 μF a 1000 μF)

Propriedades importantes dos capacitores, além de sua capacitância, são a máxima tensão de trabalho e a quantidade de energia perdida no dielétrico. Para capacitores de alta potência a corrente máxima e a *Resistência em Série Equivalente* (ESR) são considerações posteriores. Um ESR típico para a maioria dos capacitores está entre 0,0001 Ω e 0,01 Ω , valores baixos preferidos para aplicações de correntes altas.

Já que capacitores têm ESRs tão baixos, eles têm a capacidade de entregar correntes enormes em períodos curtos, o que pode ser perigoso. Por segurança, todos os capacitores grandes devem ser descarregados antes do manuseio. Isso é feito colocando-se um resistor pequeno de 1 Ω a 10 Ω nos terminais, isso é, criando um circuito entre os terminais, passando pelo resistor.

Identificação do valor no capacitor cerâmico

Os capacitores cerâmicos apresentam impressos no próprio corpo um conjunto de três algarismos e uma letra. Para se obter o valor do capacitor os dois primeiros algarismos representam os dois primeiros dígitos do valor do capacitor, e o terceiro algarismo (algarismo multiplicador) representa o número de zeros à direita. A letra representa a tolerância do capacitor (a qual pode ser omitida) que é a faixa de valores em que a capacitância variará.



Para os capacitores cerâmicos até 10pF esta é expressa em pF. Para os acima de 10pF é expressa em porcentagem. Por exemplo um capacitor com 224F impresso no próprio corpo, possuirá uma capacitância de 220000pF com uma tolerância de +/- 1% (seu valor pode ser um ponto percentual à mais ou à menos desse valor).

Tolerância

Até 10pF	Acima de 10pF	
B=0,10pF	F=1%	M=20%
C=0,25pF	G=2%	P=+100%-0%
D=0,50pF	H=3%	S=+50%-20%
F=1pF	j=5%	Z=+80%-20%
G=2pF	K=10%	

Identificação do valor no capacitor de poliéster

Para a identificação dos valores do capacitor de poliéster é usado um conjunto de sete faixas coloridas (conforme tabela abaixo), embora seja um método em desuso pelos fabricantes. Neste, cada faixa representa respectivamente: primeiro algarismo, segundo algarismo, algarismo multiplicador, tolerância e tensão. O valor é obtido em pF. Os capacitores de poliéster não têm polaridade.

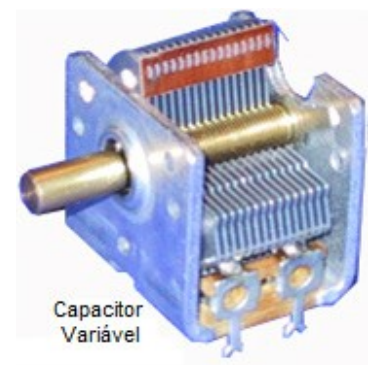
Tabela para identificação dos valores dos capacitores de poliéster

	Cor	Faixas 1 e 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5
Preto		0	-	20%	-
Marrom		1	x 10	-	250V
Vermelho		2	x100	-	-
Laranja		3	x1000	-	400V
Amarelo		4	x10000	-	-
Verde		5	x100000	-	630V
Azul		6	x1000000	-	-
Violeta		7	-	-	-
Cinza		8	-	-	-
Branco		9	-	10%	-

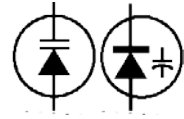
Capacitores variáveis

Existem dois tipos distintos de capacitores variáveis, cujas capacitâncias podem ser mudadas intencionalmente e repetidamente ao longo da vida do dispositivo.

Há os que usam uma construção mecânica para mudar a distância entre as placas, ou a superfície da área das placas superpostas. Esses dispositivos são chamados capacitores de sintonia, ou simplesmente "capacitores variáveis", e são usados em equipamentos de telecomunicação para sintonia e controle de frequências. Neste tipo de capacitor o elemento dielétrico é o próprio ar.



Há capacitores que aproveitam o fato de que a espessura da camada de depleção de um diodo varia com a tensão da corrente contínua atravessando o diodo. Esses diodos são chamados de diodos de capacitância variável, varactores ou varicaps. Qualquer diodo exibe esse efeito, mas dispositivos vendidos especificamente como varactores têm uma área de junção grande e um perfil de dopagem especificamente dimensionado para maximizar a



capacitância.

Em um capacitor microfone (comumente conhecido como um microfone condensador), o diafragma age como uma placa do capacitor, e as vibrações produzem alterações na distância entre o diafragma e uma placa fixa, alterando a tensão entre as placas.

O Circuito Proposto

O circuito proposto permite conectar um Led azul de alto brilho à rede AC.

Poderíamos utilizar um resistor para limitar a corrente do Led à sua corrente máxima de 20mA. Para 120V, teríamos:

$$R = V/I \quad \Rightarrow \quad R = 120V/0,002A \quad \Rightarrow \quad R = 6000\Omega \quad \text{ou} \quad R = 6K\Omega.$$

*(note que, para fins didáticos, foi considerado o valor eficaz ou RMS da tensão e não seu valor de pico)

Porém, a potência dissipada pelo resistor seria de:

$$P = V \times I \quad \Rightarrow \quad P = 120V \times 0,002A \quad \Rightarrow \quad P = 2,4W$$

O que representa considerável dissipação de energia na forma térmica (aquecimento).

Como substituto ao capacitor, podemos usar um capacitor e sua reatância capacitiva.

Como visto anteriormente, a reatância é semelhante à resistência, porém depende da frequência à que o componente é submetido.

A vantagem de se usar um capacitor para isto é que nele, como a tensão e a corrente ocorrem defasados, a dissipação de energia na forma térmica é muito menor (praticamente não há aquecimento).

A resistência necessária é da ordem de 6K Ω . Aplicando este valor na equação de reatância capacitiva, podemos determinar o valor do capacitor.

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad 6000\Omega = 1 / (2 \times 3,14159 \times 60\text{Hz} \times C) \quad \Rightarrow \quad C = 4,42 \times 10^{-7} \text{ F} \quad \Rightarrow \quad C = 442\text{nF}$$

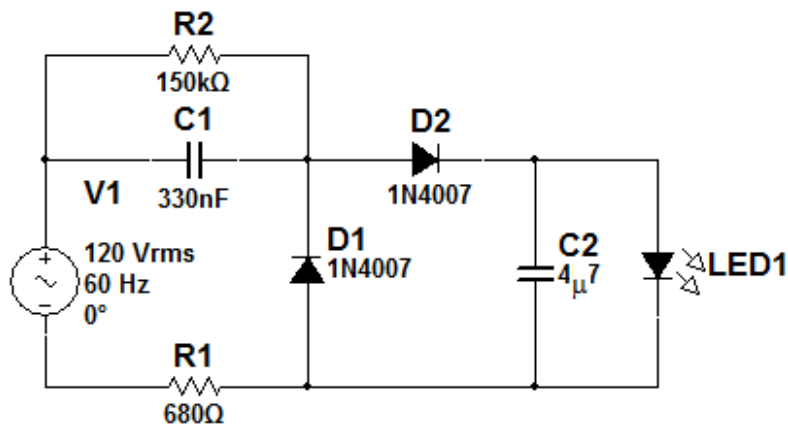
O valor comercial mais próximo é de 390nF. Como na primeira conta, para fins didáticos, não levamos em consideração o valor de pico da onda e refazendo os cálculos, chegamos em 330nF.

Com 330nF, se considerarmos que a tomada pode chegar a 127V_{AC}, veremos que a corrente de pico no circuito passa um pouco dos 20mA ideais. Porém, o como veremos a seguir, um resistor de 680Ω adequará a esse valor a corrente elétrica do circuito.

No instante inicial em que o circuito é energizado o capacitor está descarregado. O pico de corrente que ocorre no instante inicial, até que o capacitor se carregue, pode facilmente queimar o Led. Para evitar isto, podemos incluir um segundo capacitor, de valor mínimo aproximadamente dez vezes maior, que absorva este pico de corrente. Além disto, incluindo também um resistor (de 680Ω) temos redução do pico de corrente inicial. Enquanto o circuito estiver operando, este mesmo resistor traz a corrente aos 20mA ideais para o Led.

O circuito eletrônico completo ficará como apresentado a seguir, já com os devidos valores dos componentes.

Circuito eletrônico:



Lista de Materiais:

- C1 = 330nF, 250V
- C2 = 4,7uF ou mais, 25V
- R1 = 680Ω, 1/2 W
- R2 = 150KΩ a 270KΩ 1/8 W
- D1, D2 = 1N4007 ou 1N4004
- Led1 = Led azul

Atente para os valores de isolamento dos capacitores (250V e 25V) e a potência do resistor de 680Ω (1/2 W).

Funcionamento:

O capacitor C1 oferece aproximadamente 8500Ω em 60Hz, limitando a corrente total de funcionamento do circuito. O resistor de 680Ω auxilia neste limite de corrente, ao mesmo tempo em que oferece uma constante de tempo para a carga dos capacitores. Como C2 é de valor muito maior que C1, se carregará muito mais lentamente, protegendo o Led do pulso inicial que poderia queimá-lo no momento que o circuito é ligado.

O valor do resistor R2 não é crítico, podendo estar entre 150K Ω e 270K Ω . Com o valor de 150K Ω temos, quando fora da tomada, o capacitor C1 se descarregando em aproximadamente 70mS. Podemos comprovar isto pela equação: $T = R \times C$.

O arranjo com os diodos atua da seguinte forma: D2 retifica a AC de entrada, transformando-a em CC, protegendo o Led. O diodo D1 permite que o semiciclo da AC negativo flua pelo circuito, sem passar pela malha do Led, fazendo com que C1 exiba sua reatância capacitiva.

Este circuito pode ser usado com Leds de alto brilho de qualquer cor.

Com os valores propostos, no lugar do Led azul, podemos colocar até 6 Leds em série, sem redução significativa no brilho de cada um deles.

Caso opte por usar vários Leds em série, use todos iguais: do mesmo tamanho, cor, fabricante e, de preferência, mesmo lote de fabricação. Ao simples fato de usar de fabricantes diferentes, mesmo sendo de mesma cor, os Leds podem apresentar luminosidades diferentes.

Montagem:

Monte o protótipo do circuito em protoboard e teste seu funcionamento. Mostre ao professor.

Caso resolva alterar o circuito, com a inclusão de mais Leds ou alteração no valor de componentes, discuta as alterações com o professor e efetue nova montagem do protótipo e faça testes de funcionamento, antes de efetuar a montar definitiva.

Elabore a placa de circuito impresso para a montagem final e tire suas dúvidas com o professor antes de confeccioná-la.

Teste seus conhecimentos sobre a montagem da Luz noturna com Led

1. O que são capacitores?
 - São componentes que tem a propriedade de armazenar energia elétrica na forma de campo elétrico.
 - São componentes que armazenam energia elétrica na forma de campo magnético.
 - São componentes que convertem CA em CC.
 - São componentes que convertem CC em CA.
 - São componentes que protegem os circuitos eletrônicos.

2. A reatância capacitiva...
 - É a capacidade de armazenamento de carga elétrica do capacitor
 - É o valor do capacitor, apresentado pelo código de cores
 - É a reação a passagem de corrente que o capacitor exibe em CA, semelhante a resistência elétrica.
 - É a reação a passagem de tensão que o capacitor exibe em CC, semelhante a resistência elétrica.
 - Representa o quanto o capacitor suporta de tensão aplicada.

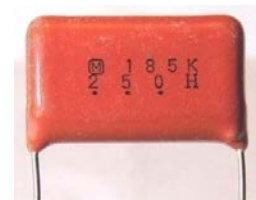
3. Na montagem do Led azul em AC (luz noturna com um único Led), o resistor R2, em paralelo com C1 no circuito:
 - Complementa a corrente que o capacitor sozinho não é capaz de fornecer.
 - Faz com que o capacitor C1 se descarregue quando o circuito é desenergizado.
 - Faz com que o capacitor C1 se mantenha carregado quando o circuito é desenergizado.
 - É o principal responsável pela corrente que circula pelo circuito.
 - É o principal responsável pela proteção do Led.

4. A constante de tempo:
 - Representa a corrente elétrica num circuito elétrico em CA (corrente alternada).
 - Define a vida útil de um circuito, ou seja, quanto tempo ele durará.
 - Define quantas vezes podemos usar um circuito antes dele queimar (parar de funcionar).
 - Define por quanto tempo um circuito pode ficar energizado sem queimar (parar de funcionar)..
 - Representa o tempo de carga ou descarga de um capacitor num circuito RC. É dado por $T=RC$.

5. O valor de um capacitor de poliéster, com a inscrição 274 S01 será:
 - 274pF
 - 27nF
 - 270nF
 - 2 μ 7
 - 274 μ F



6. Um capacitor de poliéster, com a inscrição 185K 250H possui valores:
 - 185pF / 250V
 - 250pF / 185V
 - 180nF / 250V
 - 1 μ 8 / 250V
 - 250 μ F / 185V



Osciladores pisca-pisca e indicador de nível d'água com CI 4093 e Leds

Introdução teórica: Portas Lógicas

Portas lógicas são blocos elementares de circuitos eletrônicos que operam com sinais elétricos discretos e definidos como “zero” (0V) e “um” (Vcc). O tipo de interação entre os sinais das entradas da porta lógica e sua relação com o sinal apresentado na saída define o tipo de porta lógica: AND, OR, NAND, NOR, NOT, XOR, XNOR e BUFFER.




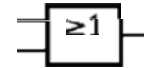



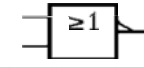

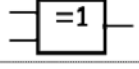

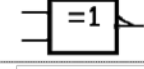

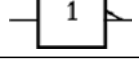

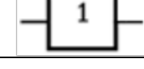
História

Em 1854, o matemático britânico *George Boole* (1815 - 1864), através da obra intitulada *An Investigation of the Laws of Thought* (Uma Investigação Sobre as Leis do Pensamento), apresentou um sistema matemático de análise lógica conhecido como **álgebra de Boole**.

No início da era da eletrônica, todos os problemas eram resolvidos por sistemas analógicos, isto é, sistemas lineares.

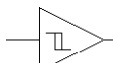
Apenas em 1938, o engenheiro americano *Claude Shannon* utilizou as teorias da *álgebra de Boole* para a solução de problemas de circuitos de telefonia com relés, tendo publicado um trabalho denominado *Symbolic Analysis of Relay and Switching*, praticamente introduzindo o campo da eletrônica digital na área tecnológica. Esse ramo da eletrônica emprega em seus sistemas um pequeno grupo de circuitos básicos padronizados conhecidos como **portas lógicas**.

A seguir temos a função e símbolos associados a cada porta lógica.

Porta	Função	Símbolo ANSI	Símbolo IEC	Porta	Função	Símbolo ANSI	Símbolo IEC
AND	$A \cdot B$			OR	$A + B$		
NAND	$\overline{A \cdot B}$			NOR	$\overline{A + B}$		
XOR	$A \oplus B$			XNOR	$A \odot B$		
NOT	\overline{A}			BUFFER	A		

Todas estas portas podem ser construídas em **tri-state**, uma entrada adicional que possibilita desconectar a saída (terceiro estado = desconectado).

As portas lógicas também podem ser construídas com a função **Schmitt Trigger** (disparador de



Schmitt). Neste tipo de circuito, quando o nível de tensão de entrada é maior que um limiar

escolhido, será interpretado como nível alto; quando a entrada está abaixo de outro limiar, passará a ser interpretado como nível baixo; quando a entrada se encontra entre os dois limiares, será considerado o valor anterior até a entrada se alterar suficientemente para mudar o estado do disparador. A ação entre os dois

limiares é chamada de **histerese**. O benefício de um disparador Schmitt sobre um circuito com somente um ponto limiar de entrada é uma estabilidade maior (imunidade ao ruído).

As técnicas construtivas dos circuitos que formam as portas lógicas definem a **família lógica** a que pertencem e estabelecem os parâmetros de funcionamento. Por exemplo, um CI 7400 é constituído de quatro portas NAND de tecnologia TTL (*Transistor-Transistor Logic*); funciona se alimentado com um mínimo de 4,5V e um máximo de 5,5V. Acima desse valor o CI queima. Dentro de cada família existem subfamílias que possibilitam privilegiar consumo, corrente de saída, velocidade, etc.

O circuito

O CI 4093 pertence à família CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), o que faz com que permita uma tensão de alimentação de até +15V, mas com baixo fornecimento de corrente em suas saídas.

O CI contém quatro portas lógicas NAND do tipo Schmitt Trigger e nos circuitos aqui propostos têm suas entradas curtocircuitadas. Isto faz com que operem como inversores (portas NOT).

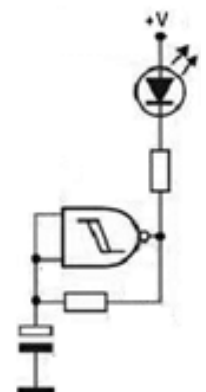
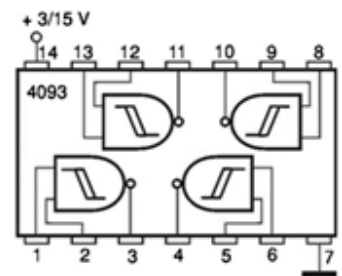
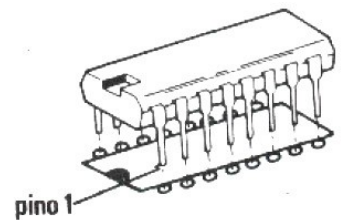
O princípio de funcionamento dos circuitos sugeridos aproveita a histerese desse CI para proporcionar oscilação. O resistor em série com o Led limita a sua corrente a um valor que a porta NAND opere sem problemas. O resistor entre a saída e as entradas proporciona uma realimentação e seu valor, junto com o valor do capacitor, controla o tempo de carga do capacitor.

Quando a saída estiver em nível alto, o capacitor iniciará sua carga e o Led estará apagado. Ao atingir o nível de disparo, a saída mudará para nível baixo (0V), fazendo o Led acender e o resistor que proporcionou sua carga, provocará sua descarga. Ao atingir o nível inferior de disparo, a entrada será interpretada como nível baixo, levando a saída ao nível alto, reiniciando o processo.

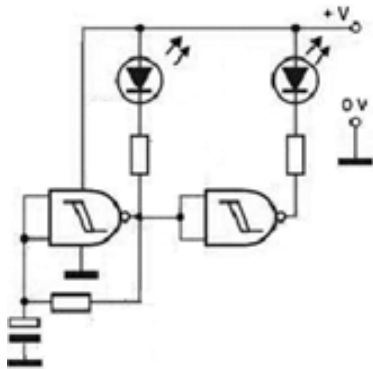
Os valores do resistor de realimentação e do capacitor determinam a frequência das piscadas.

Montagem:

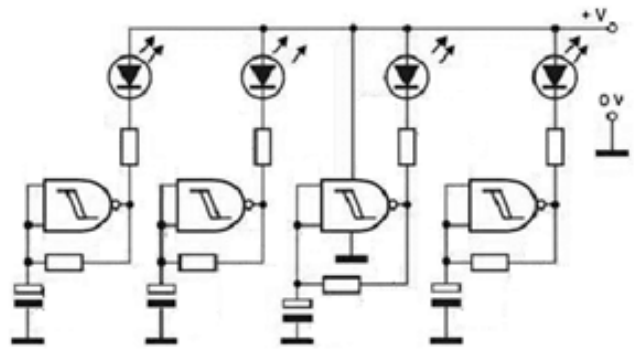
Como o CI tem quatro portas lógicas, pode controlar até quatro Leds piscando independentes, de acordo com os valores de resistores e capacitores escolhidos, conforme o circuito da figura seguinte.



Os resistores em série com os Leds têm valores entre $1K\Omega$ e $1K5$. Para os resistores de realimentação, experimente resistores entre $33K\Omega$ e $470K\Omega$. Para os capacitores, experimente valores entre $1\mu F$ e $100\mu F$, com tensão de isolamento de pelo menos 25V.

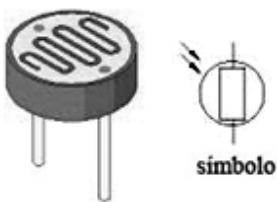
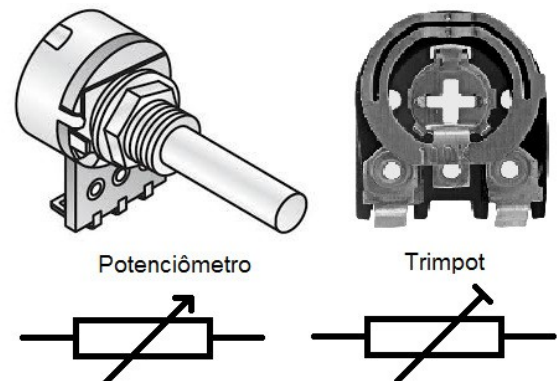


Caso queira os Leds piscando aos pares alternadamente, a sugestão é o circuito ao lado, podendo-se experimentar os mesmos valores já comentados para os componentes.



Inserindo um LDR, um *potenciômetro*, ou um *trimpot* em série com o resistor de realimentação, podemos variar a frequência das piscadas. Esses componentes são *resistores variáveis*.

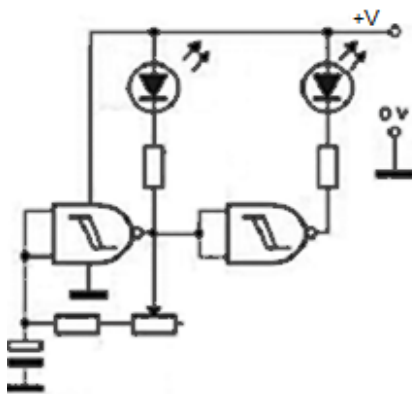
Tanto o potenciômetro como o trimpot tem seu valor de resistência ajustado manualmente. A diferença entre o trimpot e o potenciômetro, além do aspecto físico, está na aplicação: o potenciômetro é usado onde se deseja mudar seu valor a qualquer momento, como em controles de volume sonoro, graves e agudos. O trimpot é usado normalmente onde se deseja apenas ajustar, mas não constantemente, como na calibragem de um circuito.



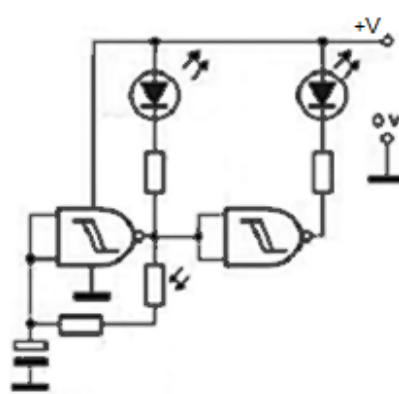
O LDR (Light Dependent Resistor) tem seu valor de resistência dependente da incidência de luz. É construído a partir de material semicondutor (sulfeto de cádmio) com elevada resistência elétrica. Na presença de luz, os fótons que incidem sobre o semicondutor libertam elétrons para a banda condutora que irão melhorar a sua condutividade e assim diminuir a resistência

Caso resolva alterar o circuito, com alterações nos valores dos componentes ou mesmo a inclusão de outros como LDR, potenciômetro, trimpot ou mesmo mais Leds, discuta as alterações com o professor e efetue nova montagem do protótipo (em protoboard). Refaça os testes de funcionamento antes de efetuar a montagem definitiva.

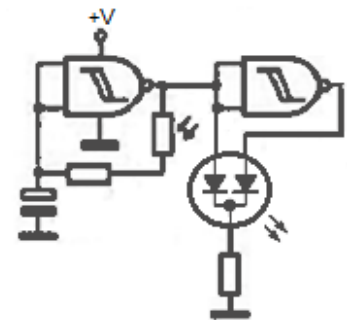
Os circuitos a seguir mostram como interligar um potenciômetro (ou trimpot), LDR e mesmo um Led bicolor.



Pisca-pisca manual (potenciômetro)



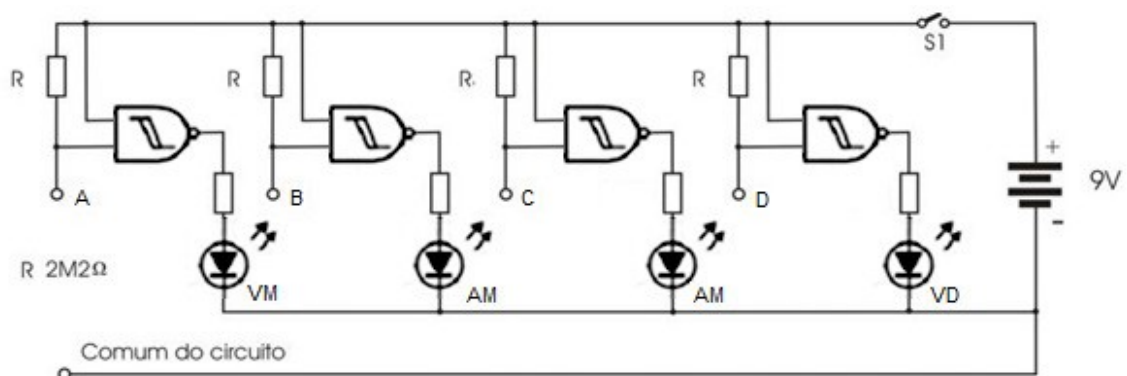
Pisca-pisca automático (LDR)



Pisca-pisca com LDR e Led bicolor

Todos os resistores são de $1k\Omega$ e $\frac{1}{8}W$. Para o LDR, pode-se usar de qualquer tipo, inclusive o tipo miniatura (de 5mm). O potenciômetro pode ter valor entre $200k\Omega$ a $470k\Omega$. O capacitor é eletrolítico de $4\mu F$ e 25V.

Usando como base o mesmo CI, podemos ainda construir um indicador de nível para caixa d'água. Veja o circuito a seguir.



Neste, os sensores serão os seguintes: o ponto marcado como "comum ao circuito" deve ficar submerso, ao fundo da caixa d'água, enquanto os pontos A, B, C e D em diferentes níveis de altura (com A no nível mais baixo e D ao nível mais alto da água), onde se deseje tais indicações. O circuito eletrônico não pode ficar submerso, apenas seus sensores (pontas de fios de cobre descascados).

Note que não foi sugerida lista de materiais, já que esta dependerá do circuito escolhido e deverá ser elaborada pelo técnico responsável pela escolha e montagem.

Qualquer que seja o circuito escolhido monte o protótipo em protoboard e teste seu funcionamento. Mostre ao professor antes de partir para a montagem definitiva em PCI. Elabore a placa de circuito impresso para a montagem final, mostre o layout ao professor e tire suas dúvidas com o professor antes de confeccioná-la.

* Obs: Alguns circuitos apresentados nesta página foram montados em placas universais e suas imagens são usadas como exemplos na página 62 desta apostila.

Teste seus conhecimentos sobre as montagens com o CI 4093

1. O que é a Álgebra de Boole?
 - Sistema dedicado de análise linear desenvolvido especialmente para a lógica digital.
 - Sistema matemático de análise linear desenvolvido e apresentado por Gregory Boole no século 20.
 - Sistema matemático de análise lógica desenvolvido e apresentado por George Boole no século 19.
 - Sistema dedicado de análise linear desenvolvido para sistemas computacionais.
 - Sistema de análise computacional desenvolvido e apresentado por Gregory Boole no século 18.

2. O que são "Famílias Lógicas"?
 - São as equivalência entre as funções lógicas, por exemplo, todas as portas NAND são da mesma família.
 - São as técnicas construtivas dos circuitos que formam as portas lógicas e definem seus parâmetros de funcionamento como tensão de operação, capacidade de corrente, etc.
 - São as técnicas de aplicação nos circuitos que formam os osciladores.
 - São as equivalências de aplicação, por exemplo, os circuitos apresentados nesta montagem são da família dos osciladores..
 - São indicativos do tamanho do CI, ou seja, os CIs de 14 terminais são todos de uma mesma família, os de 16 são de outra e assim por diante.

3. O que é "Schmitt Trigger"?
 - Sistema de análise computacional desenvolvido e apresentado por Gregory Boole no século 20.
 - É o nome do inventor da porta lógica NAND. Assim, todas as NAND são consideradas Schmitt Trigger.
 - Neste tipo de circuito, quando o nível de tensão de entrada é menor que um limiar escolhido, será interpretado como nível alto; quando a entrada está acima de outro limiar, passará a ser interpretado como nível baixo.
 - Neste tipo de circuito, quando o nível de tensão de entrada é maior que um limiar escolhido, será interpretado como nível alto; quando a entrada está abaixo de outro limiar, passará a ser interpretado como nível baixo.
 - É o nome do inventor da família CMOS. Assim, todas as CMOS são consideradas Schmitt Trigger.

4. O que é o CI 4093?
 - É um circuito linear disparador dedicado ao controle de Leds.
 - É um circuito integrado Schmitt Trigger de tecnologia linear para osciladores.
 - É um circuito integrado de tecnologia TTL, composto por quatro portas NOR Schmitt Trigger.
 - É um circuito integrado de tecnologia tri-state, composto por quatro portas NAND..
 - É um circuito integrado de tecnologia CMOS, composto por quatro portas NAND Schmitt Trigger.

5. O que é um resistor variável?
 - É variação de um resistor para outro, indicado pelo código de cores.
 - É o resistor com histerese.
 - É a constante de tempo formada pelo capacitor e resistor que pode ser variada.
 - É um componente cuja resistência pode ser alterada manualmente, como em potenciômetros e trimpots, ou automaticamente, como em LDRs.
 - É um capacitor cujo valor pode ser alterado automaticamente, como em potenciômetros e trimpots, ou manualmente, como em LDRs.

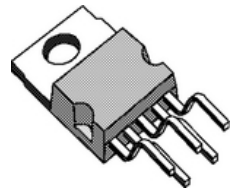
Amplificador de áudio de 10W com Circuito Integrado TDA2003

Introdução teórica: Datasheet

Datasheet significa “folha de dados”. É um documento que apresenta, de forma resumida, todos os dados e características técnicas de um equipamento ou produto. Exemplificando: Para saber mais sobre um determinado componente eletrônico, como um circuito integrado, procure o DATASHEET deste componente.

Em todos os datasheets de componentes eletrônicos há uma estrutura básica onde há uma apresentação do produto descrevendo o que é, a que se destina, aparência e pinagem. Em seguida, são apresentados também os parâmetros de funcionamento como tensão de alimentação, corrente de trabalho, consumo, temperatura de trabalho, etc. É comum também a apresentação de circuitos de testes e muitos fabricantes ainda apresentam um circuito de aplicação típica.

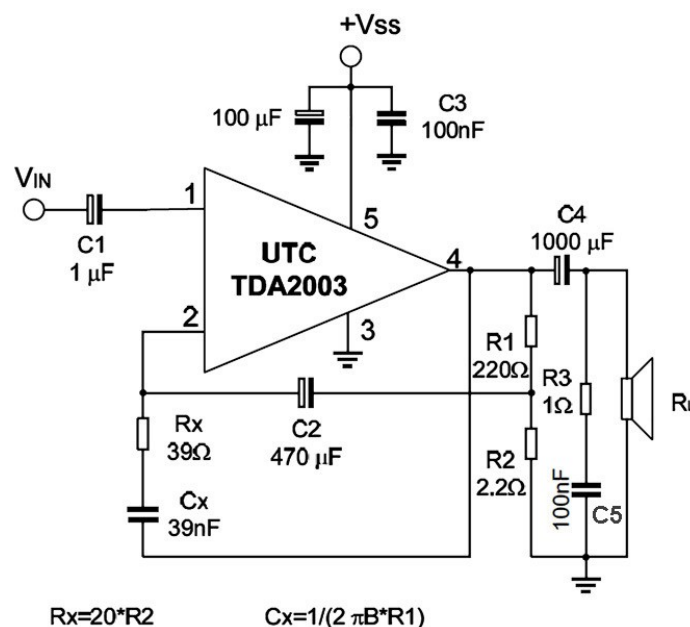
O que usaremos nesta montagem é o TDA2003. Seu encapsulamento é o *Pentawatt*.



O Circuito

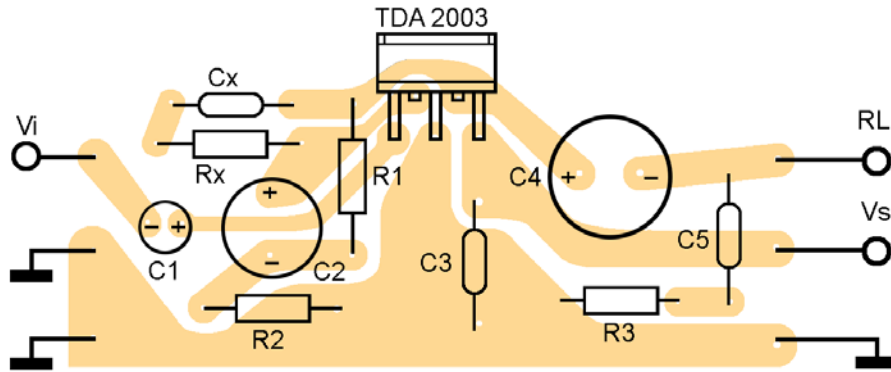
O TDA2003 é um amplificador de áudio de 10W desenvolvido inicialmente para aplicações automotivas. Isto lhe confere robustez e economia de espaço com alimentação de 12V.

O diagrama apresentado abaixo é o sugerido pelo fabricante (UTC). A figura triangular no diagrama é a representação padrão para amplificador, neste caso, o TDA 2003. A marcação numérica ao redor é a identificação de seus terminais.



A vantagem em aplicar o circuito sugerido pelo fabricante é obter o máximo rendimento do conjunto (compare este circuito com o da página 55 desta apostila).

Em alguns *datasheets*, o fabricante fornece até uma sugestão de layout para a placa de circuito impresso. O apresentado a seguir é baseado no publicado no *datasheet* fornecido pela ST.



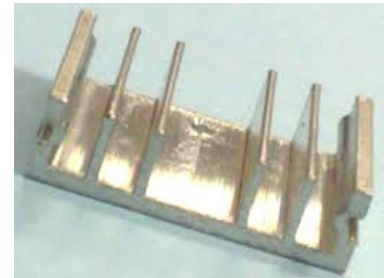
Layout baseado no sugerido pelo fabricante (ST) – imagem fora de escala

Este layout mostra a montagem pelo lado dos componentes. Note que não é mostrado o layout do traçado da placa pelo lado cobreado. É função do técnico obter o traçado a partir do layout do lado dos componentes.

Note também que não há lista de materiais, que o técnico deve obter a partir do circuito sugerido. Neste caso, há mais um detalhe: o capacitor de 100uF do circuito não aparece no layout, indicando ser um componente dispensável. Sua atuação é suprida pela fonte de alimentação do circuito.

O TDA2003, por trabalhar com elevadas correntes, necessita de um dissipador de calor. Esse dissipador é feito de alumínio e pode ser encontrado facilmente nas lojas de componentes eletrônicos.

Este circuito é para um só canal de áudio. Em aparelhos de som, normalmente usamos dois para compor o efeito estereofônico.



Converse com o professor sobre como adicionar controle de volume e conectores padrão para entrada áudio (por exemplo, o plugue P2, como o de fones de ouvidos).

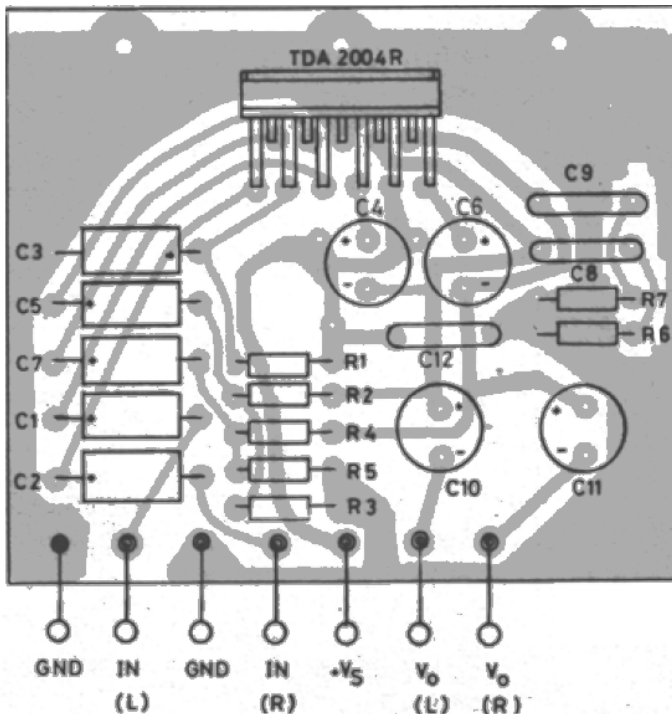
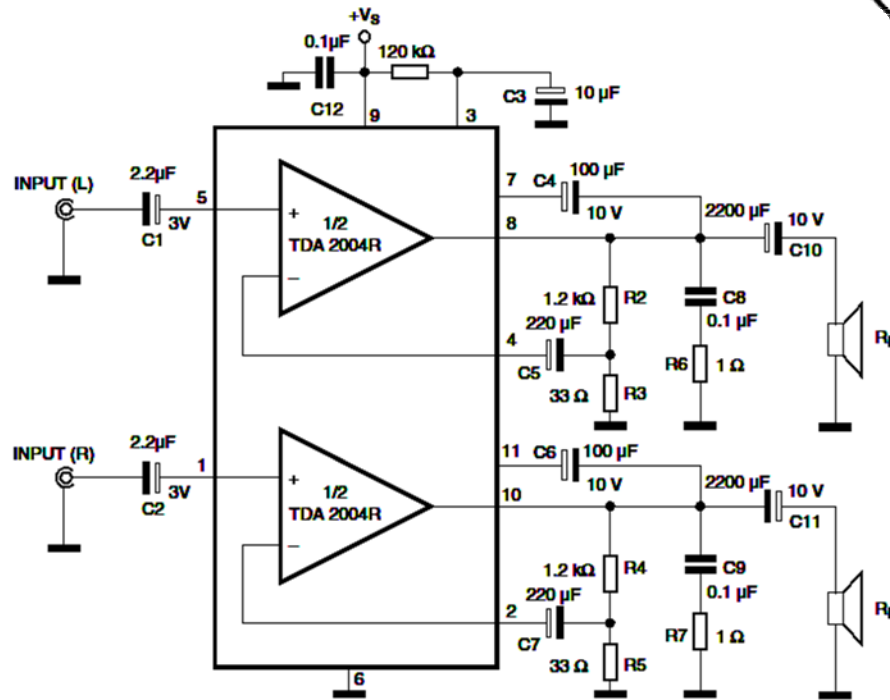
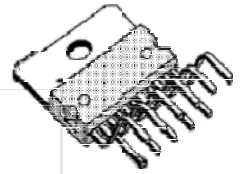
Use fios blindados para a entrada de áudio para minimizar a captação de ruídos.

Terminada a montagem, antes de energizar o circuito, mostre ao professor.

Para testar, use uma fonte de alimentação de 12V com boa filtragem para evitar zumbidos da rede elétrica (60Hz) e um alto falante ou caixa acústica de, pelo menos, 10W com 2Ω, 4Ω ou 8Ω de impedância.

Como complemento, procure na Internet o *datasheet* do circuito integrado TDA2003 e veja, entre as informações apresentadas, as que você consegue interpretar. Caso queira montar uma versão estereofônica (dois canais), veja o *datasheet* do TDA2004. Procure sempre o auxílio do professor para sanar as dúvidas.

Para o TDA2004, temos o seguinte circuito de aplicação típica:



Note que este nãoéexatamente um TDA2003 duplicado, como se poderia pensar a princípio. Mesmo com as semelhanças visuais do circuito, os valores dos componentes sugeridos para o TDA2004 são outros.

O layout apresentado ao lado é o mesmo sugerido pelo fabricante (ST) no datasheet.

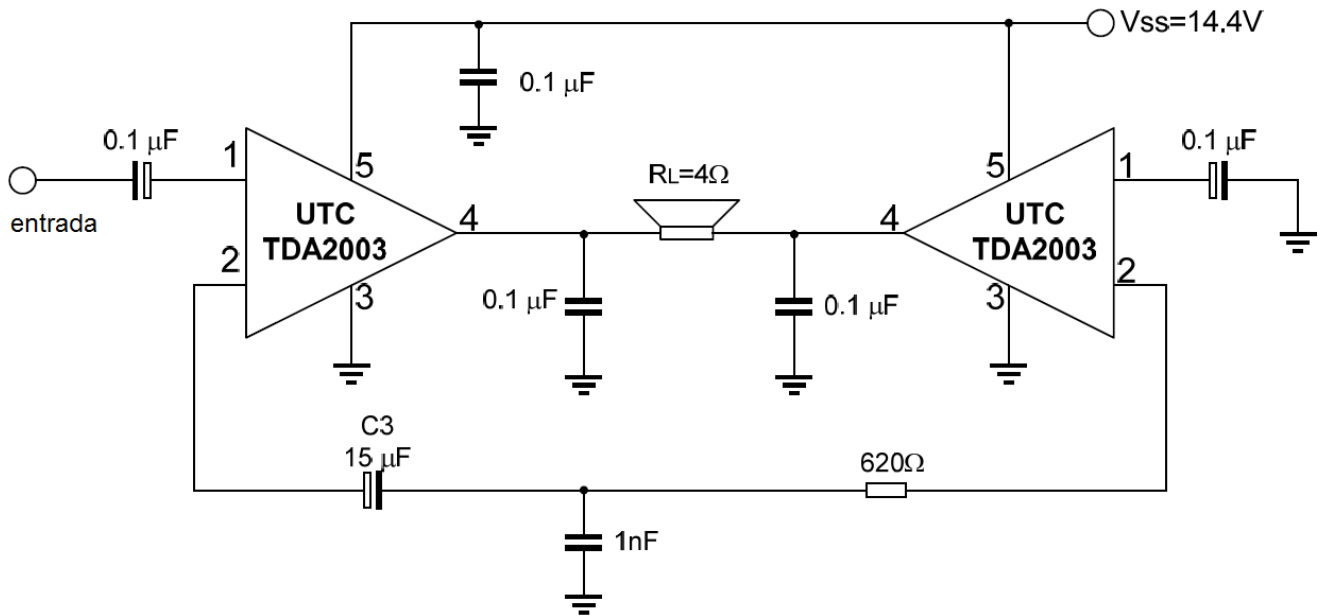
O CI (circuito integrado) deve estar acoplado a um bom dissipador de calor

Caso opte por esta montagem, converse com o professor sobre como incluir um controle de volume (potenciômetro duplo) e balanço (esquerdo/direito, com potenciômetro simples).

Para sistemas em 4 (quatro) canais e baixa tensão (12V a 22V), pesquise sobre o circuito integrado STA540 .

Voltando ao TDA 2003, podemos obter uma maior potência de saída através da utilização de dois amplificadores em uma configuração denominada “em ponte” (*Bridge*).

O circuito a seguir é sugerido no datasheet fornecido pela UTC (fornecedora do TDA2003).



Neste caso, o terminal negativo do alto falante não é ligado a terra (negativo da alimentação), mas em outro amplificador.

Temos dois amplificadores que fornecem sinais defasados em 180°. Significa que quando um terminal do alto falante recebe um sinal positivo de um amplificador, o outro terminal do alto falante recebe um sinal negativo equivalente. Com isso, a tensão elétrica entregue ao alto falante é duplicada.

Lembrando a fórmula de potência: $P=V^2/R$

Vemos que, ao duplicar a tensão, a potência (no mesmo alto falante) **quaduplica**.

Com o uso de um único TDA2003, a impedância mínima a ser considerada para o alto falante é de 2Ω. Porém, para amplificação em ponte, a impedância mínima a ser respeitada sobe para 4Ω. Nestas condições a potência final real declarada pela UTC é de 18W.

Para amplificação em ponte (*Bridge*) há o TDA2005, cujo datasheet (ST) apresenta uma sugestão de layout para este tipo de aplicação. O fornecedor do TDA2005 (ST) declara 20W sobre 4Ω para amplificação em ponte.

Qualquer se seja o CI utilizado, ele deve ser acoplado a um bom dissipador de calor (normalmente de alumínio) por causa das altas temperaturas alcançadas.

Teste seus conhecimentos sobre a montagem com o TDA 2003

1. O que é “data sheet”?
 - É um documento (folha de dados) com o circuito que o técnico deve montar.
 - É um documento (folha de dados) com propaganda de componentes eletrônicos e equipamentos.
 - É uma lista de preços de componentes eletrônicos fornecida por lojistas.
 - É o circuito a ser montado e a lista de materiais fornecida pelo professor.
 - É um documento que apresenta, de forma resumida, as características técnicas de componentes eletrônicos.

2. Assinale a alternativa correta:
 - Todos componentes eletrônicos têm datasheets, fornecidos por seus fabricantes.
 - Apenas circuitos integrados digitais têm datasheet, por serem mais complexos.
 - Apenas circuitos integrados amplificadores têm datasheet, por serem mais complexos.
 - Capacitores não têm datasheet, por serem componentes passivos.
 - Resistores não têm datasheet, por serem componentes muito simples.

3. Alguns datasheets apresentam um circuito de aplicação típica e até layout de montagem. Baseado nisso, indique a alternativa correta.
 - Tanto o circuito de aplicação típica como o layout são apenas ilustrações de montagens e raramente funcionam. Devem ser adequados (alterados) pelo do projetista.
 - Tanto o circuito de aplicação típica como o layout devem ser seguidos fielmente pelo projetista do circuito eletrônico.
 - Tanto o circuito de aplicação típica como o layout são sugestões de montagem e podem ser adequados (alterados) conforme a necessidade do projetista.
 - Deve-se escolher componentes com datasheet que exibam o layout de montagem para evitar trabalho.
 - Sem o layout, ou seja, apenas com o circuito de aplicação típica, é impossível fazer a montagem.

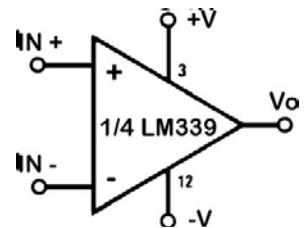
Bargraph com Circuito Integrado LM339

Introdução teórica: Comparadores de Tensão

Como o próprio nome indica, um comparador de tensão é um circuito eletrônico capaz de comparar duas tensões e apresentar uma saída como resultado dessa comparação. Internamente, um comparador de tensão é uma versão simplificada do amplificador operacional, por isso sua representação é idêntica a do amplificador.

Em uma análise simples, podemos concluir que quando a tensão presente na entrada marcada como negativa (-) for maior que a presente na entrada marcada como positiva (+), a saída apresentará tensão negativa.

Da mesma forma, quando a tensão presente na entrada marcada como negativa (-) for menor que a presente na entrada marcada como positiva (+), a saída apresentará tensão positiva.



Pela diversidade de aplicações esses circuitos comparadores são fornecidos já prontos (com todos os transistores, resistores, etc) na forma de um único dispositivo (Circuito Integrado – CI).

Os CIs podem conter vários comparadores com entradas e saídas distintas e que compartilham os mesmos terminais de alimentação.

O CI que usaremos nesta montagem é o comparador de tensão quádruplo LM339, ou seja, com quatro circuitos comparadores de tensão.

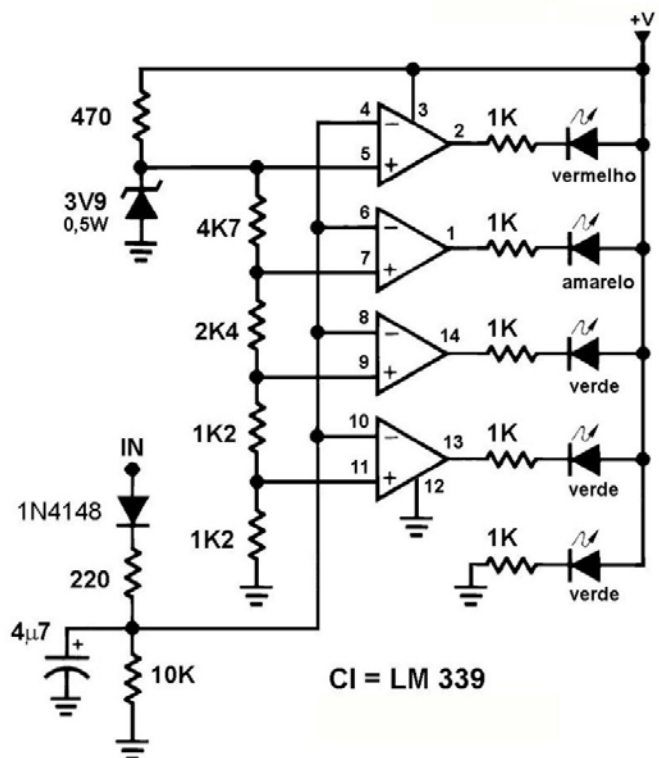
O Circuito

O circuito proposto é apresentado ao lado e é um indicador da potência entregue a um alto falante.

Com quatro comparadores de tensão, podemos estabelecer quatro níveis de comparação para indicar diferentes potências. Para isso, usamos uma tensão de referência estabilizada por um diodo zener e divisores de tensão.

A tensão de entrada é retificada por um diodo e o resistor de 220Ω garante que não haja influência na impedância vista pelo amplificador (só perceberá o alto falante).

O capacitor de $4,7\mu\text{F}$ fornece uma menor velocidade da indicação para melhor conforto de visualização. Valores maiores podem ser experimentados.



A tensão armazenada no capacitor é aplicada a todas as entradas marcadas como negativas (-) dos comparadores. Essas entradas são denominadas *inversoras*. As entradas marcadas como positivas (+) são denominadas *não inversoras*.

Quando não houver sinal na entrada, a carga nesse capacitor será zero. Como as entradas “não inversoras” recebem tensões positivas a saída de cada comparador permanecerá positiva. Como os Leds estão com anodo no positivo do circuito, permanecem apagados.

Conforme o sinal de entrada se eleva, a tensão no capacitor também se eleva. Essa tensão, aplicada as entradas inversoras, é comparada às de referências (fornecidas pelo divisor resistivo e pelo diodo zener). Quando a tensão se torna maior que referência existente em cada comparador, sua saída muda para zero volt (0V). Com isso, o respectivo Led acenderá.

O resistor em série com cada Led limita sua corrente para que não queime. O LM 339 permite até 16mA em cada saída. Considerando a queda de tensão no Led, resistores 1K permitirão alimentação de até 17V (O CI permite alimentação simples de até 36V).

Como cada comparador possui referência diferente (fornecida pelo divisor de tensão resistivo), o resultado é que os Leds acenderão em sequência conforme a tensão do capacitor aumentar.

Os valores escolhidos para os resistores do divisor de tensão são, aproximadamente, o dobro do seguinte. Com isso, temos uma escala aproximada de 6dB (dB = decibel) por indicação (a cada 3dB a potência dobra). Assim, se considerarmos 4V no zener para simplificar as contas (na realidade é 3,9V), teremos: $P=V^2/R$

Tensão de referência	Alto falante de 2Ω	Alto falante de 4Ω	Alto falante de 8Ω
4° Led = 4V	P = 8 W	P = 4 W	P = 2 W
3° Led = 2V	P = 2 W	P = 1 W	P = 500 mW
2° Led = 1V	P = 500 mW	P = 250 mW	P = 125 mW
1° Led = 0,5V	P = 125 mW	P = 62 mW	P = 31 mW

Note que temos indicações diferentes para alto falantes de impedâncias diferentes.

Na realidade essa tabela é só uma referência. O circuito proposto, embora opere dessa forma, não apresentará tamanha precisão de indicação. Isto ocorre pela simplicidade no divisor de tensão e pela perda apresentada no diodo de entrada (0,6V).

Levando em consideração os valores dos resistores, o zener de 3,9V e 0,6V do diodo de entrada teremos a indicação de potência mais próxima a realidade de nosso circuito: $P=(V_z+0,6)^2/R$

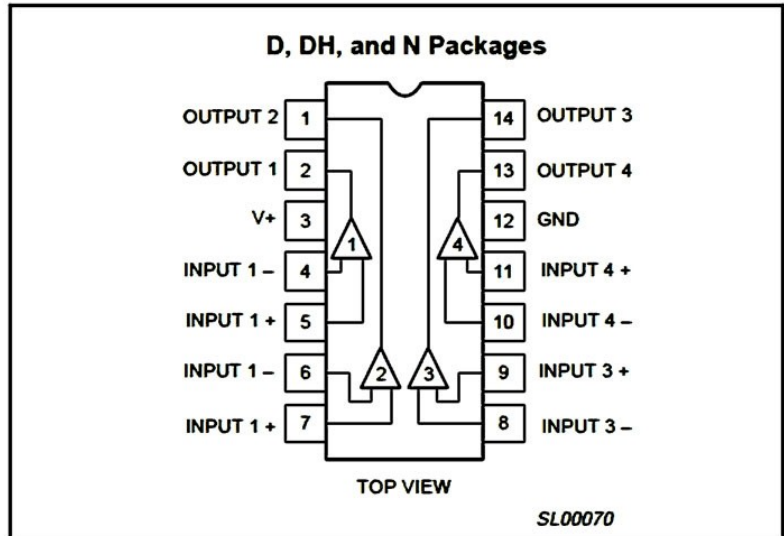
Tensão de referência	Alto falante de 2Ω	Alto falante de 4Ω	Alto falante de 8Ω
4° Led = 4,5V	P = 10 W	P = 5 W	P = 2,5 W
3° Led = 2,5V	P = 3,3 W	P = 1,6 W	P = 800 mW
2° Led = 1,5V	P = 1,2 mW	P = 620 mW	P = 300 mW
1° Led = 1,1V	P = 600 mW	P = 300 mW	P = 150 mW

A montagem:

Lista de materiais:

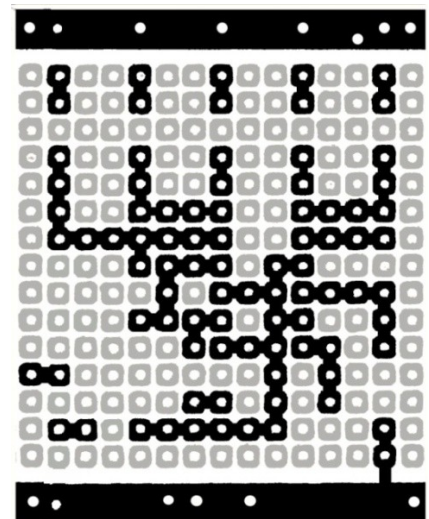
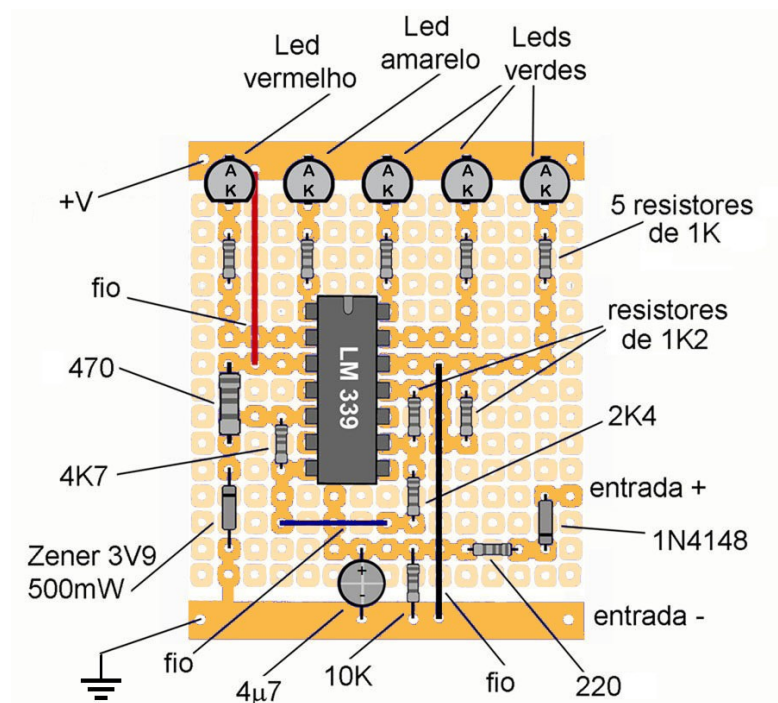
- 1 CI – LM 339
- 1 resistor de 470Ω
- 1 resistor de 220Ω
- 5 resistores de 1K
- 2 resistores de 2K2
- 1 resistor de 2K4
- 1 resistor de 4K7
- 1 resistor de 10K
- 1 diodo zener 1N748 – $3v9 \frac{1}{2}W$
- 1 diodo 1N4148
- 1 Led vermelho
- 1 Led amarelo
- 3 Leds verdes
- Placa Universal (padrão) do tipo ilha

PIN CONFIGURATION



Identificação dos terminais do LM 339

O protótipo foi construído em uma placa padrão, só com ilhas (sem trilhas). As figuras a seguir ilustram o layout dessa montagem, visto pelo lado dos componentes e a PCI. Em destaque estão as conexões que devem ser estabelecidas (entre as ilhas).



Para esse tipo de montagem, comece pelos componentes menos sensíveis a temperatura. Assim, solde os fios (*jumper*s), depois os resistores, capacitor, diodos, Leds e por fim o CI. Confira sempre o posicionamento do componente antes de soldá-lo. Neste tipo de placa é muito fácil enganar-se.

O mesmo princípio pode ser aplicado para a construção de um voltímetro em barra com 13 Leds. Para isso usamos três CIs LM 339 (circuito ao lado).

Neste, o primeiro Led acenderá assim que o circuito for energizado. Os demais serão acionados conforme a tensão no terminal “entrada”. Na forma como indicado, com uma referência (diodo zener) de 12V, doze resistores iguais formam o divisor de tensão desses 12V em doze partes de 1V. Assim teremos cada Led indicando uma alteração de 1V, iniciando em zero até 12V.

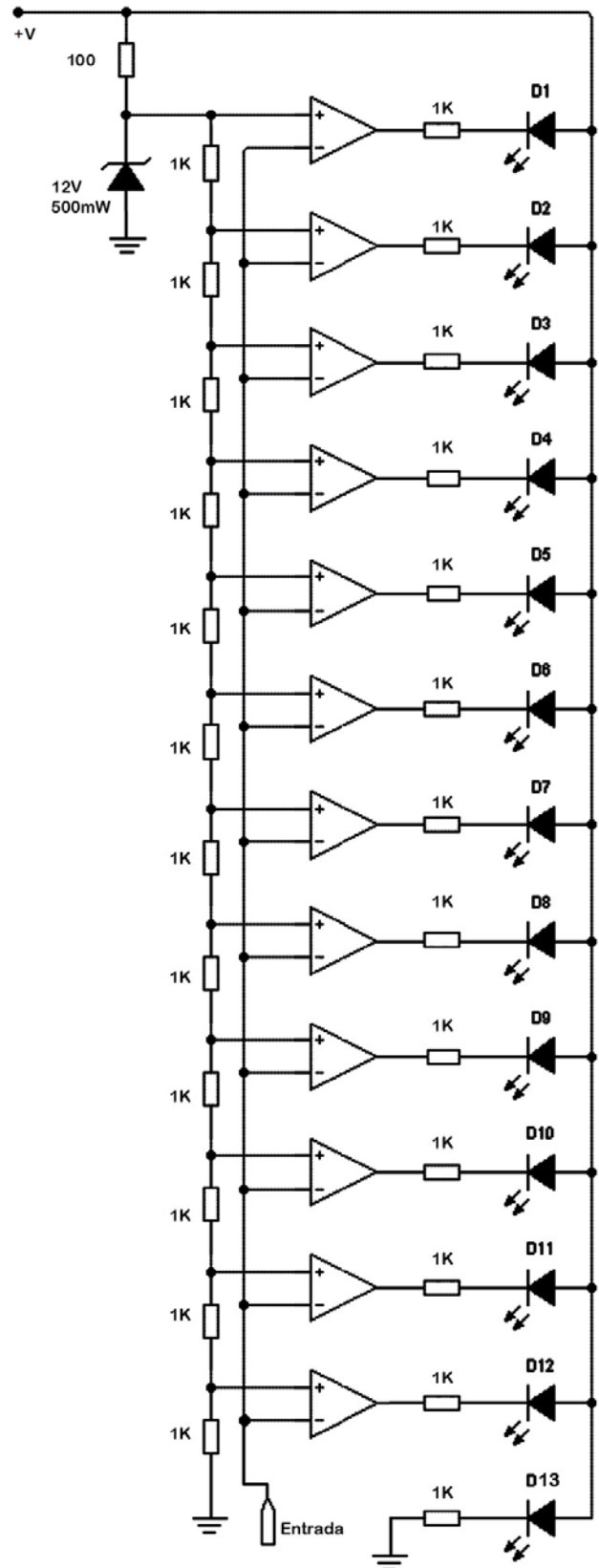
Como envolve três CIs LM 339, a montagem em placa padrão é bastante trabalhosa e fácil de cometer enganos. Assim, dá menos trabalho elaborar uma PCI dedicada.

Para este circuito, são necessários:

- 3 CIs – LM 339
- 1 diodo zener de 12V, $\frac{1}{2}W$
- 1 resistor de 100Ω , $\frac{1}{4}W$
- 25 resistores de $1K\Omega$, $\frac{1}{8}W$
- 13 Leds
- 1 placa de circuito impresso

Como as correntes envolvidas são pequenas, todos os resistores podem ser do tipo miniatura. Embora não tenha precisão, pode ser muito útil em uma fonte ajustável (até 12V). A alimentação (+V) deverá vir da parte não regulada da fonte; o terminal “entrada” deve ser conectado na saída de tensão ajustável.

Procure sempre o auxílio do professor para sanar as dúvidas.



Um microtransmissor FM utilizando componentes SMD

- Esta montagem apresenta um circuito que não pode operar regularmente devido a restrições que estão sob o controle da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Portanto, o descrito a seguir tem apenas o objetivo didático. O circuito foi originalmente sugerido no endereço Internet (youtube, em inglês): <https://www.youtube.com/watch?v=fx-W90DJ43s>.

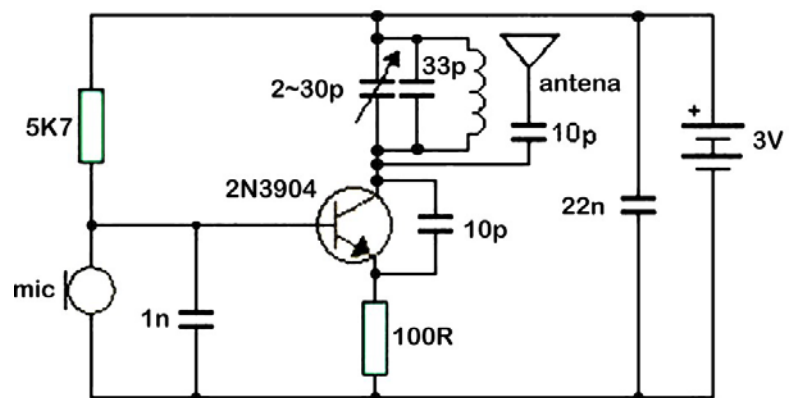
SMD significa “Surface Mounting Technology” (tecnologia de montagem em superfície).

Os componentes que usam esta tecnologia são construídos para ocuparem o menor espaço possível, mas ainda dentro da possibilidade de manuseio e capazes de dissipar um mínimo de potência.

A maioria dos equipamentos comerciais de hoje em dia faz uso de componentes SMD. Com eles, é possível construir equipamentos em miniatura.

O diagrama esquemático é o apresentado ao lado.

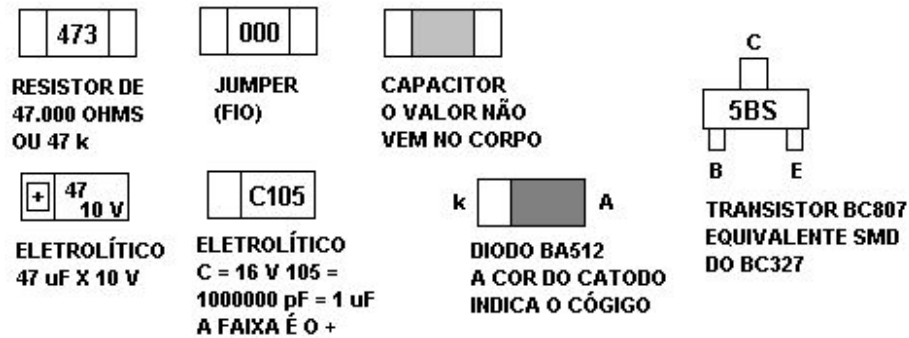
Cabe ressaltar que este circuito sofre influência de objetos condutores nas proximidades (inclusive as mãos) e temperatura. O foco dessa montagem não é a eficiência do circuito (estabilidade de frequência e potência de transmissão), mas sim praticar a utilização de componentes SMD.



Lista de materiais:

- 1x Placa de circuito impresso de 9mm x 9mm
- 1x Transistor SMD MMBT3904 ou equivalente
- 1x Capacitor Cerâmico 1nF SMD
- 2x Capacitor Cerâmico 10pF SMD
- 1x Capacitor Cerâmico 33pF SMD
- 1x Capacitor Cerâmico 22nF SMD
- 1x Trimmer miniatura 2-30pF
- 1x Resistor 100 Ohms (101) SMD
- 1x Resistor 5.6K (562) SMD
- 1x Microfone de eletreto de 3mm de dois terminais

A figura seguinte apresenta alguns exemplos da aparência de alguns componentes SMD.



A montagem:

Para lidar com componentes SMD, é conveniente pré estanhar (cobrir com solda) os pontos onde eles serão soldados. Neste caso, como a placa é extremamente pequena, pode-se estanhar a placa inteira.

Para realizar a soldagem dos componentes, deve-se usar um ferro de baixa potência (entre 20W e 25W) com ponta bem fina. Na sua ausência, podemos usar um ferro entre 30W e 40W com um fio de cobre rígido enrolado na ponta e usar este fio como ponta de soldagem. Este fio reduz o calor excessivo e diminui a área da ponta. É conveniente o uso de pinça para segurar os componentes durante a soldagem para evitar queimaduras nos dedos.

Atenção ao fato que no lado não cobreado são fixados apenas o trimmer (capacitor variável) e a bobina. São deles os únicos furos previstos na placa. A bobina é feita com fio de cobre rígido com 4 (quatro) espiras de 5mm de diâmetro.

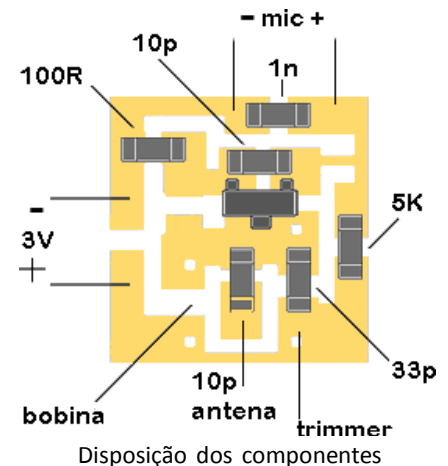
O circuito pode ser montado em uma pequena placa 9mm x 9mm, como a sugerida a seguir. Devido aos vários modelos existentes, experimente o trimmer nos furos antes de iniciar a montagem.



Placa montada



Layout da PCI



Disposição dos componentes

Note que as figuras mostram o lado cobreado que, neste caso (SMD), acomoda a maioria dos componentes. Caso queira fazer a PCI pelo método de transferência térmica, não se esqueça de espelhar a figura.

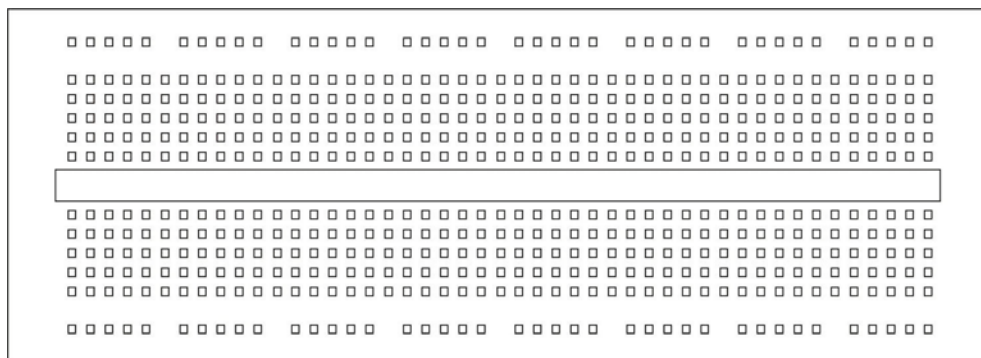
O ajuste de frequência de transmissão se dá ajustando o capacitor variável (trimmer) com uma chave plástica (isolante). A antena é um pedaço de fio (19,5cm) conectado ao terminal do capacitor de 10pF (entre a bobina e o trimmer). A alimentação pode ser feita por duas pilhas comuns ou uma bateria CR2032.

Anexo I – O Protoboard

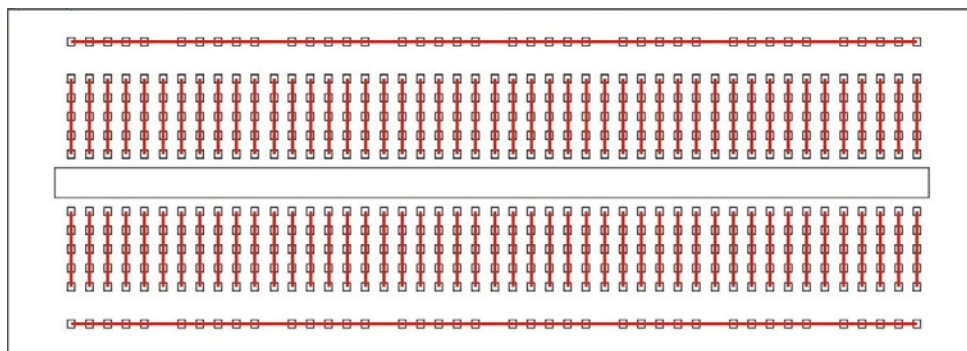
Um **protoboard**, também denominado **matriz de contatos** é uma base com centenas ou milhares de furos e conexões condutoras para montagem experimental de circuitos eletrônicos. Ao usar um protoboard na montagem de circuitos eletrônicos não são necessárias soldagens. As placas variam de tamanho, conforme a quantidade de furos e as interconexões são verticais e horizontais.

Em um modelo básico de protoboard, notam-se várias linhas horizontais, separadas por um divisor central. Além dessas linhas de condução internas, existem uma ou mais faixas curtas de cada lado da placa. Você pode identificá-las, conforme o modelo, pelos sinais de positivo e negativo (ou às vezes indicação em vermelho ou azul em cada uma).

A figura seguinte ilustra o aspecto de um protoboard comum.

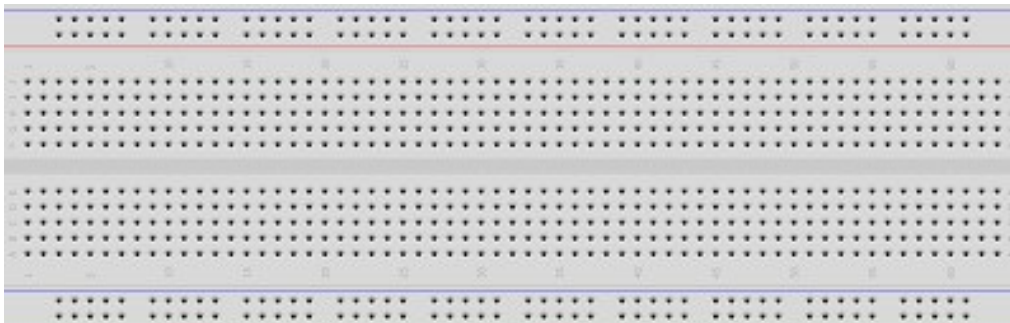


A seguir, a figura ilustra como os pontos são interligados, indicando continuidade elétrica.

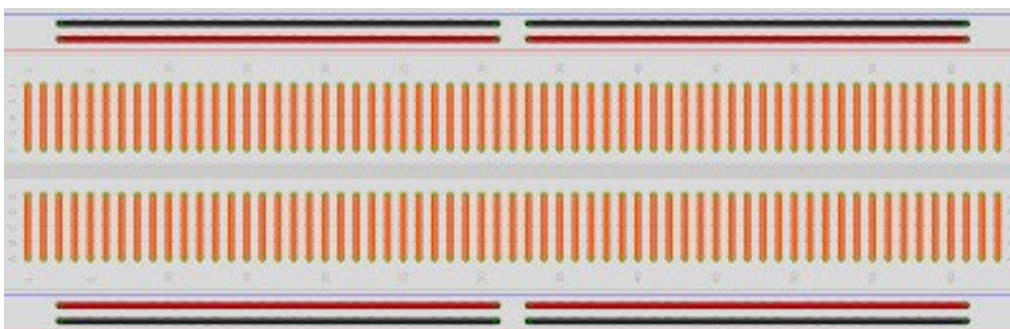


Para que haja conexão elétrica entre dois componentes inseridos no protoboard, os terminais devem ser inseridos entre pontos que indiquem continuidade.

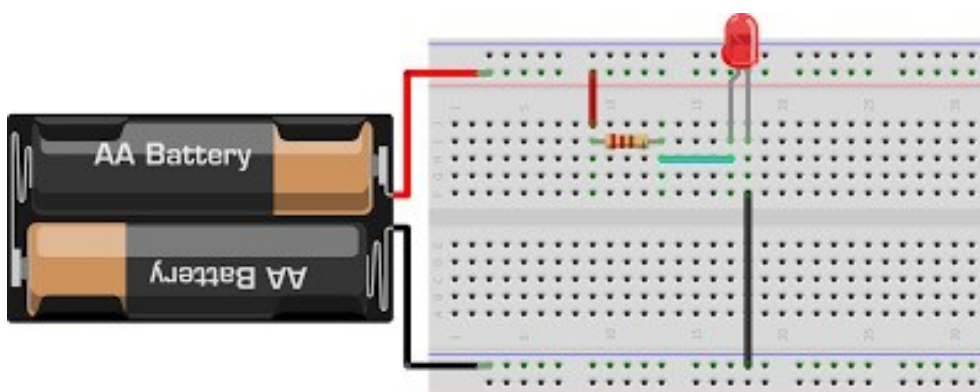
Este modelo pode sofrer pequenas mudanças, como no protoboard apresentado a seguir, também bastante comum:



Neste caso, temos as interligações como mostrado abaixo:



A figura a seguir ilustra a utilização de um protoboard em um circuito de um resistor em série com um Led, ligado às pilhas. Neste caso, foram usados fios (denominados *jumpers*) para auxiliarem na conexão entre os componentes eletrônicos. É mostrada apenas a parte do protoboard referente à montagem.



Anexo II – A Soldagem em circuitos eletrônicos

- Baseado em artigos publicados na revista Elektor Eletrônica em novembro de 1986 e complementado por texto da wikipédia sobre RoHS (<http://pt.wikipedia.org/> acessado em setembro de 2014).

A confiabilidade de um circuito eletrônico depende não só da qualidade de seu circuito impresso como também das junções elétricas feitas entre as ilhas da PCI e os terminais dos componentes.

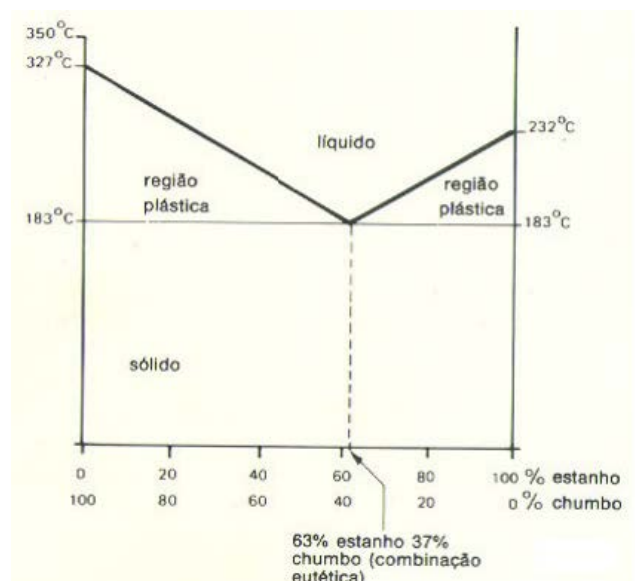
A soldagem envolve a utilização de uma liga metálica com baixo ponto de fusão (próximo de 200°C) que forma uma ligação molecular entre os componentes e as ilhas impressas. A temperatura deve ser controlada para proteger os componentes eletrônicos e a integridade do circuito impresso.

A solda para circuitos eletrônicos é composta por uma liga de estanho e chumbo. Embora o estanho (Sn) derreta a 232°C, e o chumbo (Pb) a 327°C, a mistura entre eles exibe temperatura de fusão inferior ao de ambos separadamente. Essa temperatura depende da proporção em que as duas substâncias são misturadas. A menor temperatura conseguida é conhecida como *combinação eutética* (do grego *eutekos* – de fácil fusão). Para a mistura estanho+chumbo, é de 183°C, na proporção de 63% de estanho e 37% de chumbo. Outros metais, como o antimônio, são acrescentados à liga para lhe conferir maior resistência mecânica.

Assim, para uma soldagem eficiente, mesmo para uma solda “63x37” devemos ir além da temperatura de 183°C, sob pena de não ultrapassar a região plástica e dar origem a “solda fria”.

Além de considerar a temperatura de soldagem, devemos considerar também uma pequena camada de óxido, de apenas algumas moléculas de espessura, que se forma sobre o cobre da PCI e os terminais dos componentes. Esta camada atrapalha a formação da ligação molecular no processo de soldagem.

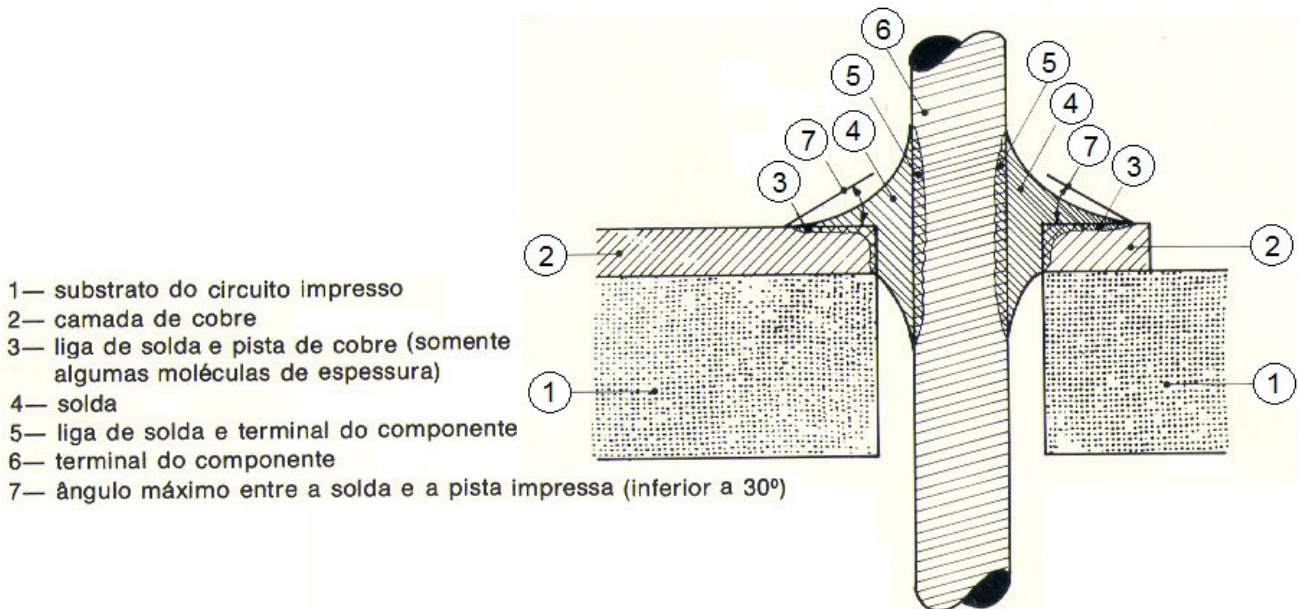
Para viabilizar a soldagem, a solda comercial para eletrônica é fabricada sob a forma de fios contendo um ou mais núcleos de fluxo. O fluxo é uma resina orgânica que se torna líquida acima de 160°C e dissolve o óxido. Acima de 200° ele evapora, gerando uma pequena fumaça durante o processo de soldagem. Os núcleos da solda contendo fluxo permitem que sejam aplicados à junção durante a operação de soldagem, um pouco antes da fusão da liga.



Ao se realizar uma soldagem, tanto a ilha de cobre da PCI como o terminal do componente devem ser aquecidos a uma temperatura superior à de fusão da solda. Devemos aplicar a solda somente depois de aquecidos para

evitar a solda fria. A solda deve ser aplicada à junção. Se aplicar a solda à ponta do ferro de soldar o calor vai vaporizar o fluxo antes de remover a oxidação e perderá efeito.

Uma boa solda deve ter aparência regular e brilhante, com uma superfície ligeiramente côncava. As superfícies opacas e convexas são características da solda fria.

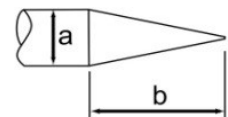


Partes de uma PCI e soldagem eficiente

Para soldagem em grandes superfícies ou com excesso de oxidação, podem-se utilizar *pastas para soldar*. Embora ajudem bastante, estas pastas devem ser usadas com moderação, pois, se aplicadas em excesso, não evaporam totalmente, continuando a agir corrosivamente. Além disso, são condutoras, podendo gerar curto-circuito.

O ferro de soldar deve ser escolhido conforme o trabalho a ser executado. Para soldagens na maioria dos circuitos eletrônicos, um ferro de soldar de potência entre 30W e 40W é o suficiente. Para circuitos delicados, devemos utilizar um ferro de soldar de ponta fina com potência de 20W ou 25W. Para soldagem mais pesada, como malhas de cabos, por exemplo, convém utilizar um ferro de 60W.

A ponta do ferro de soldar recebe um acabamento em níquel que aumenta sua durabilidade e eficiência. Porém, se ligar sem solda, a ponta tende a oxidar com a temperatura. Esta oxidação atrapalha o processo de soldagem. Antes de ligar um ferro de soldar pela primeira vez, deve-se enrolar um pouco de estanho na ponta do ferro ('b', na figura). Conforme aquecer, a solda derreterá e manterá a ponta pronta para uso.



Com o uso, deve-se manter a ponta limpa e estanhada para evitar a oxidação e soldas frias. A limpeza pode ser feita com uma esponja com água, tomando-se o cuidado de tornar a estanhar (colocar solda) e remover o excesso. Sua aparência deve permanecer brilhante.

Não há problemas em se guardar o ferro de soldar com resíduos de solda. Ao aquecer, os resíduos derreterão auxiliando a evitar a oxidação.

É importante levarmos em consideração que o chumbo é um elemento tóxico.

Há uma diretiva europeia que proíbe que certas substâncias perigosas sejam usadas em processos de fabricação de produtos: cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente [Cr(VI)], bifenilos polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb). Esta diretiva é o RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances* - Restrição de Certas Substâncias Perigosas).

O **RoHS** é também conhecido como “*a lei do sem chumbo*” (**lead-free**) mas esta diretiva também trata de outras cinco substâncias.

Esta diretiva entrou em vigor no dia 1º de Julho de 2006 e a partir desta data nenhum produto usando essas substâncias poderá ser vendido na Europa. Junto com o RoHS entrará em vigor uma outra diretiva que trata da reciclagem de produtos eletro-eletrônicos, chamada WEEE (*Waste from Electrical and Electronic Equipment*, Lixo Vindo de Produtos Eletro-Eletrônicos).

Por causa do RoHS, fabricantes de equipamentos eletrônicos tem que adequar seus produtos à nova diretiva de modo a poderem vender seus produtos na Europa.

O problema é que a solda tradicional é composta de 63% de estanho (Sn) e 37% de chumbo (Pb) e os fabricantes tem que buscar outros Elementos para produzir a solda. A prata, o cobre e o bismuto são comumente usados na nova composição de solda sem Chumbo.

O *National Electronics Manufacturing Initiative* (NEMI), um consórcio de empresas do setor eletro-eletrônico endossou um novo tipo de solda sem chumbo para formar um novo padrão na indústria eletrônica. O NEMI selecionou uma liga à base de estanho, que substitui o chumbo com 3,9% de prata e 0,6% de cobre. A liga é conhecida como Sn_{3,9}Ag_{0,6}Cu. O material se aplica ao processo utilizado na fabricação de cerca de 70% das placas de computadores atualmente produzidas. Para processos que utilizam mais altas temperaturas, o consórcio sugere duas outras ligas: Sn_{0,7}Cu, uma liga de estanho com 0,7% de cobre, e Sn_{3,5}Ag, que possui 3,5% de prata.

Esses elementos, no entanto, implicam vários desafios, entre eles a alta temperatura de fusão. Os componentes eletrônicos sensíveis à temperatura foram projetados para suportar até 250 °C, e a solda tradicional de estanho/chumbo funde a 183 °C permitindo uma ampla janela de trabalho. A solda sem chumbo funde entre 221 °C e 227 °C, dependendo da composição. Isto significa que o processo produtivo deva aquecer a solda a nova e mais alta temperatura, e requer maior cuidado para não exceder o limite de temperatura estabelecido pelos fabricantes de componentes.

Porém, há mais a ser considerado: Microscópicos filamentos de estanho metálico se desenvolvem nos pontos de soldagem das placas dos circuitos. Condutores de eletricidade, esses fios podem provocar curtos ao tocar em outros circuitos. Em 1998, o satélite de comunicações Galaxy IV parou de funcionar por culpa deles.

O problema é conhecido desde os anos 1940 e, além do estanho, atinge o cádmio e o zinco. Durante a Segunda Guerra Mundial, ele encurtou a vida útil dos capacitores de frequência dos rádios das aeronaves aliadas. Uma década depois, causou curto circuitos nas centrais telefônicas da companhia americana AT&T.

Misturar chumbo na solda, como foi feito a partir de anos 1950, minimizou o problema. Mas, devido aos imensos problemas ambientais e de saúde que causa (é um dos produtos mais tóxicos que se conhece), o chumbo foi sendo banido aos poucos em todo o mundo. Primeiro na gasolina, depois também nas soldas. Europa, Estados Unidos e Japão já fizeram isso.

Em 21 de novembro de 2005, a revista Inovação Tecnológica publicava um artigo alertando sobre o problema de soldas sem chumbo:

“Grupos ambientalistas do mundo todo vêm, há anos, fazendo campanhas em favor da substituição das soldas que contêm chumbo e das camadas protetoras dos componentes eletrônicos por metais e ligas que não sejam danosos ao meio-ambiente. Na Europa, essas campanhas já deram resultados e as soldas à base de chumbo serão banidas em Julho de 2006.

Os fabricantes de outras partes do mundo se quiserem continuar exportando para a Comunidade Européia, deverão seguir o mesmo caminho. Mas ainda há problemas técnicos a serem resolvidos. Ligas de estanho sem chumbo, ou mesmo soldas de estanho puro, tendem a formar ‘bigodes’ - finíssimas estruturas filamentosas, algumas chegando a medir vários milímetros de comprimento. Esses defeitos podem levar a curto circuitos e falhas dos componentes e conectores”.

Estudos indicam que os substitutos do chumbo nas soldas (estanho puro, estanho-zinco, estanho-prata-cobre) não se equiparam em termos de confiabilidade, durabilidade e custo (especialmente a prata, muito cara). Dessa forma os militares americanos, a Nasa e os fabricantes de equipamentos médicos e de testes de alta precisão continuam usando chumbo nas suas soldas.

Teste seus conhecimentos sobre soldagem

Questões

1. O que é combinação eutética?
 - Toda combinação entre dois metais é denominada eutética.
 - É a combinação da resina orgânica (fluxo) com a solda.
 - É a fusão entre a solda e o que está sendo soldado.
 - É a menor temperatura de fusão conseguida na combinação de dois metais, abaixo da temperatura individual de cada um.
 - É o fenômeno que provoca soldas frias.

2. O que é o fluxo de soldagem?
 - É um óxido formado na superfície do cobre que atrapalha o processo de soldagem.
 - É uma resina orgânica que derrete acima de 160°C e dissolve a oxidação e gordura que venha a atrapalhar o processo de soldagem. Acima de 200°C ela evapora.
 - É a liga formada pelos metais que compõem a solda e derretem acima de 183°C. Com tão alta temperatura, dissolve a oxidação e gordura que venha a atrapalhar o processo de soldagem.
 - É a solda em formato líquido que derrete acima de 200°C possibilita unir o componente e a PCI.
 - É a metodologia usada para realizar uma boa soldagem.

3. O que é, tecnicamente, uma solda fria?
 - É o fenômeno que ocorre quando se aquece o terminal do componente e a ilha de cobre da PCI (ambos) ao mesmo tempo e antes de aplicar a solda que estará fria.
 - Quando o terminal do componente ou a ilha de cobre aquece em demasia (acima de 183°C), há formação de uma oxidação que atrapalha para que se forme uma liga metálica com a solda. Esta temperatura é tão alta que nem o fluxo remove a oxidação, gerando um contato irregular e intermitente (mau contato).
 - Quando o terminal do componente ou a ilha de cobre não aquece o suficiente para que se forme uma liga metálica com a solda, esta fica encostada mas pode se soltar, gerando um contato irregular e intermitente (mau contato). Por ser gerada por mau aquecimento em uma das partes, é conhecida como solda fria.
 - Durante o processo de soldagem a solda atinge mais de 200°C, podendo nos queimar. Após a soldagem, aguarda-se um tempo para temperatura diminuir até ser considerada “solda fria” (não nos queima).
 - Resulta da tentativa de realizar a soldagem com a solda sem aquecer.

4. O que é uma solda “lead free”?
 - É uma solda distribuída gratuitamente (amostra grátis) pelos grandes fabricantes de soldas.
 - É uma solda isenta de fluxo, o que elimina a tradicional “fumacinha” durante a soldagem.
 - É uma solda livre da possibilidade de gerar soldas frias, por isso é muito utilizada hoje em dia.
 - É a solda com mais chumbo. Muitas partes do mundo exigem que os circuitos eletrônicos comercializados usem solda a base de chumbo. Em substituição ao estanho, a liga da solda pode conter prata, cobre ou bismuto.
 - É a solda isenta de chumbo. Como o chumbo é poluente, muitas partes do mundo exigem que os circuitos eletrônicos comercializados usem solda sem chumbo. Em substituição ao chumbo, a liga da solda pode conter prata, cobre ou bismuto.

5. Porque a solda com liga estanho-chumbo ainda é usada?
- Além do preço elevado da solda lead-free, nos circuitos em que ela é aplicada, com o passar do tempo, microscópicos filamentos (finos fios) de estanho metálico se desenvolvem nos pontos de soldagem. Condutores de eletricidade, esses filamentos podem provocar curtos ao tocar em outros circuitos.
 - Apesar do preço elevado da solda formada pela liga estanho-chumbo, nos circuitos em que ela é aplicada, com o passar do tempo, microscópicos filamentos de estanho metálico se desenvolvem nos pontos de soldagem, reforçando o contato elétrico.
 - Porque para se substituir o chumbo, teríamos que utilizar uma liga de prata e ouro, o que torna a solda proibitiva (muito cara) para a maioria das pessoas.
 - Porque a soldagem feita com as "lead-free" não são possíveis de se efetuar manualmente (com ferro de soldar tradicional).
 - Porque as soldas sem chumbo ainda não estão a venda.
6. Porque às vezes o ferro de soldar, apesar de aquecido, não gruda solda em sua ponta e fica difícil soldar?
- Quando deixamos o ferro de soldar ligado (aquecido) e sem uso, há formação de oxidação em sua ponta (escurecimento). Esta oxidação é isolante térmico e atrapalha a transferência de temperatura na soldagem.
 - Quando usamos o ferro de soldar intensamente, há formação de oxidação em sua ponta (escurecimento). Esta oxidação é isolante térmico e atrapalha a soldagem.
 - Ocorre quando o ferro de soldar não está aquecido o suficiente. A solução é deixar mais tempo aquecendo.
 - É característico dos ferros de soldar de baixa qualidade. Não há o que ser feito, a não ser a troca do mesmo.
 - É característico dos ferros de soldar velhos. Não há o que ser feito, a não ser a troca do mesmo.
7. Com relação à soldagem:
- Não há problema algum com a soldagem ficar opaca ou empelotada, pois o que importa é a fixação para manter o componente no lugar.
 - Uma vez que um circuito foi montado com solda à base de estanho e prata, sua manutenção não poderá, em hipótese alguma, ser feita com solda comum (estanho e chumbo).
 - A solda com estanho e chumbo é a melhor opção para soldagem, já que a solda com prata é muito cara e deixa resíduos tóxicos.
 - A solda com chumbo utilizada atualmente necessita de temperatura maior para a soldagem que a solda com prata, e exige a criação de filamentos que podem causar curto circuitos.
 - A solda sem chumbo, como a com prata, é a recomendada atualmente por poluir menos, porém necessita de temperatura maior para a soldagem, é mais cara e pode exibir a criação de filamentos que podem causar curto circuito.

Anexo III – As técnicas de montagem de circuitos eletrônicos

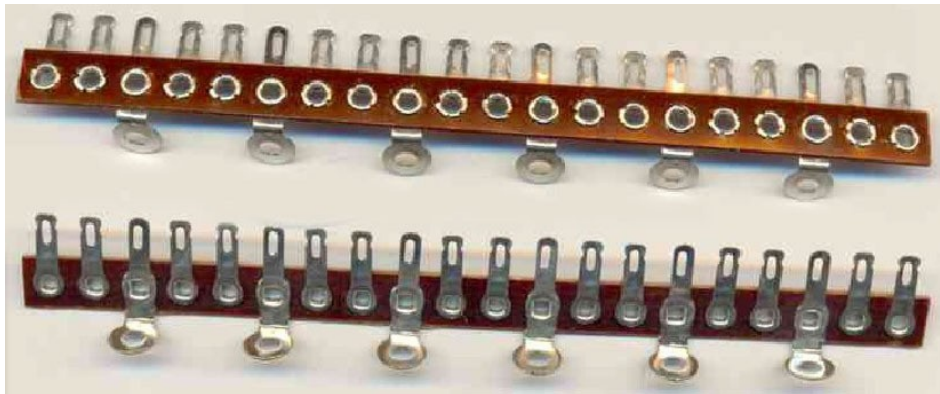
Para circuitos extremamente simples, como um único resistor limitando a corrente elétrica em um Led, podemos soldar diretamente o terminal de um componente com o do outro. A figura ao lado ilustra este tipo de montagem.



Obviamente, este tipo de montagem não é viável para circuitos mais complexos.

Para estes casos há várias técnicas de montagem. A mais simples delas é com o uso de ponte de terminais (ou barra de terminais).

A ponte (ou barra) de terminais consiste em uma barra de fenolite ou outro material isolante contendo terminais metálicos (condutores), onde os terminais dos componentes podem ser soldados.

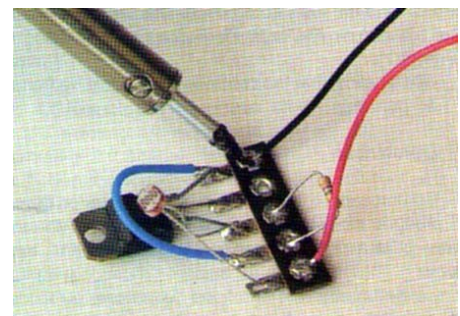


Ponte (ou barra) de terminais

As montagens que utilizam este recurso derivam diretamente das montagens com válvulas, sendo hoje utilizadas em montagens mais simples ou de iniciantes.

A figura ao lado ilustra a montagem de um circuito simples (com poucos componentes) em ponte de terminais.

No jargão da eletrônica este tipo de montagem é conhecido como montagem aranha, devido à aparência final que o circuito toma.



Para execução da montagem, partimos do diagrama esquemático do circuito desejado. De acordo com a complexidade do circuito, monta-se o circuito soldando os componentes diretamente na barra, obedecendo às ligações impostas pelo diagrama e interligando com fios onde se fizer necessário.

As figuras seguintes mostram o circuito eletrônico de um micro transmissor de rádio FM e a representação de sua montagem em uma barra de terminais.

- *OBS: Este circuito não pode operar regularmente devido a restrições que estão sob o controle da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Portanto, o descrito a seguir tem apenas o objetivo didático.*

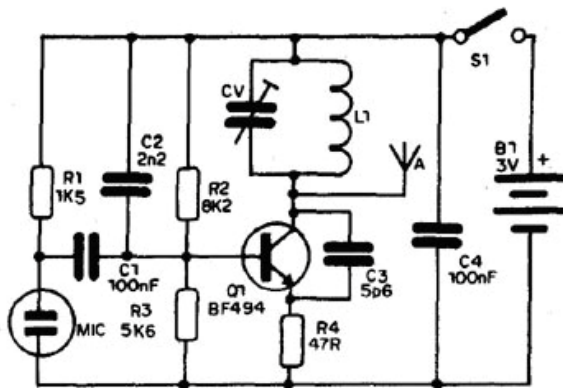


Diagrama esquemático (circuito eletrônico)

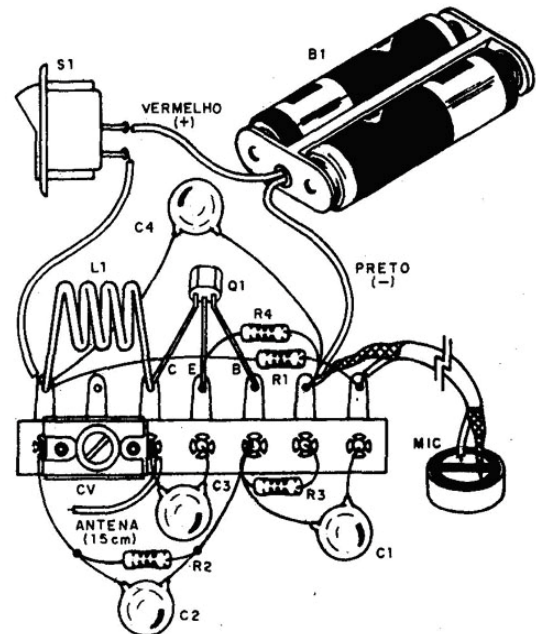


Diagrama de montagem (layout)

Notamos que nesta técnica de montagem os componentes ficam pendurados, o que fragiliza o circuito. É muito fácil e comum a quebra de um terminal de componente ou de um fio durante o manuseio.

As placas de circuito impresso (PCI) foram criadas para substituir as antigas pontes de terminais. O circuito impresso consiste de uma placa isolante de fenolite, fibra de vidro, fibra de poliéster, filme de poliéster ou filmes específicos à base de diversos polímeros que possuem a superfície com uma face coberta por fina película de cobre. Essa superfície cobreada é trabalhada para compor as ilhas onde serão soldados os componentes e as trilhas condutoras que interligarão os componentes eletrônicos.

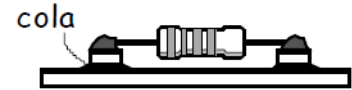
Os circuitos impressos podem também ser constituídos de 4, 6, 8 ou mais faces condutoras. Nessas condições são chamadas de "*Multilayers*" ou "Multicamadas".

Denominamos **ilhas** às porções cobreadas que envolvem os furos da PCI e são onde os terminais dos componentes eletrônicos e fios são soldados.

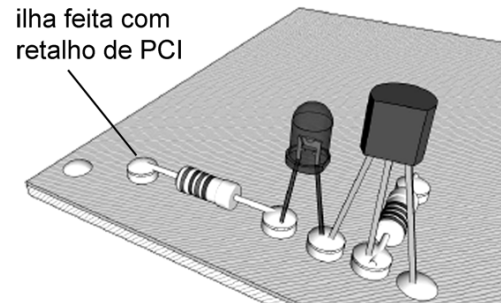
Denominamos **trilhas** às porções cobreadas que interligam as ilhas e conseqüentemente os componentes eletrônicos.

Uma técnica muito comum, utilizada principalmente em montagens mais simples, deriva diretamente da barra de terminais, mas feita com circuito impresso, é a técnica de montagem em ilha, também conhecida como *island* ou *Manhattan* (Manhattan é uma ilha).

Esta técnica consiste em se colar diversos retalhos de de circuito impresso sobre o lado cobreado da placa. Estes pedaços podem ser quadrados ou redondos e são colados na placa com o seu lado cobreado para cima, formando ilhas (daí seu nome).



As peças que formam as ilhas devem ser coladas com adesivo do tipo “super-cola”. Os terminais componentes são soldados nestas ilhas. A face cobrada da placa base é geralmente ligada ao terra.

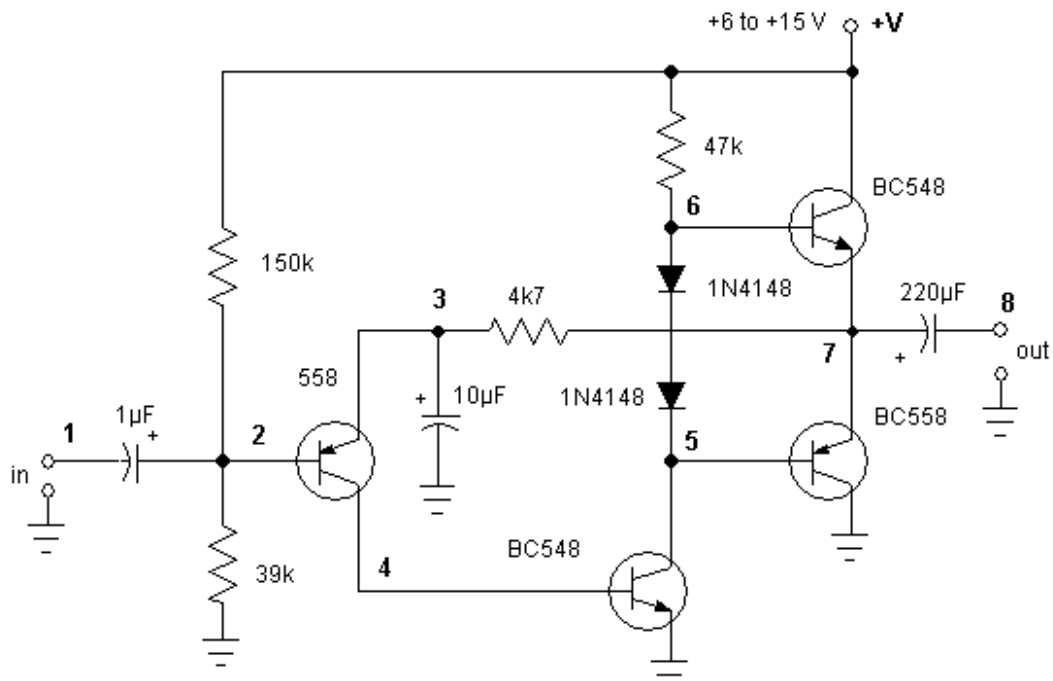


Na ausência de pedaços para colar e termos as ilhas, também podemos cortar o cobre, com auxílio de uma serra, mas sem cortar a placa. A figura seguinte mostra uma placa com seu cobre cortado em 12 ilhas.



Para realizar uma montagem usando esta técnica, primeiro marcamos os nós (pontos de soldagem) do diagrama esquemático (circuito). A quantidade de pontos marcados definem a quantidade de ilhas mínimas. Por vezes, alguns componentes são soldados suspensos, como em uma montagem “aranha”.

Veja o exemplo do circuito a seguir. Trata-se de um amplificador de áudio de baixa potência (até 400mW), para pequenos altofalantes ou *headphones*.



Note que os nós do circuito estão numerados, com exceção da alimentação (+V) e do ponto de terra. O ponto de cruzamento do traçado entre os diodos não foi marcado, pois não é um nó, ou seja, as linhas que se cruzam não têm conexão elétrica entre si.

Pela numeração dos nós, vemos que precisamos de 10 ilhas. O cobre da placa foi separado em 12 ilhas para facilitar sua construção. As ilhas não utilizadas poderão ser ignoradas ou soldadas a outras conforme a necessidade.

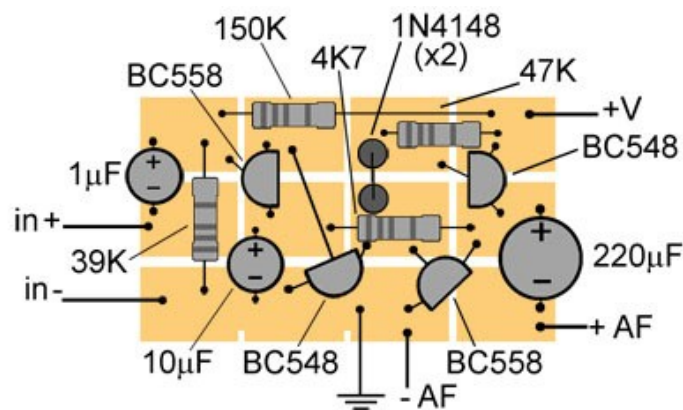
Estudando a disposição dos componentes, começando pelos que tem mais terminais (transistores), marcamos a correspondência de cada ilha da placa com o respectivo nó do circuito. Como temos vários pontos de terra no circuito, as ilhas que “sobraram” serão a eles destinados.

2	4	6	+V
1	3	5	7
	T		8

A placa fica dividida como apresentada ao lado.

Nesta, os pontos +V e T correspondem a alimentação do circuito e terra, respectivamente. No caso dos pontos de terra, são destinadas três ilhas da parte inferior da figura.

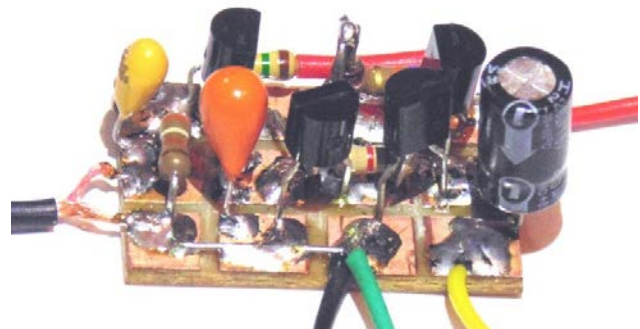
A disposição dos componentes nessa montagem ficará então como mostra a imagem a seguir.



Note que os diodos, neste caso, foram montados em pé e sua união (soldagem) se dá fora da placa.

A imagem ao lado mostra a situação final da montagem real.

Embora seja uma técnica comum entre os hobistas, a montagem em ilhas (ou *Manhattan*) tem sua dificuldade acentuada com a complexidade do circuito e exige o estudo da disposição dos componentes (layout).

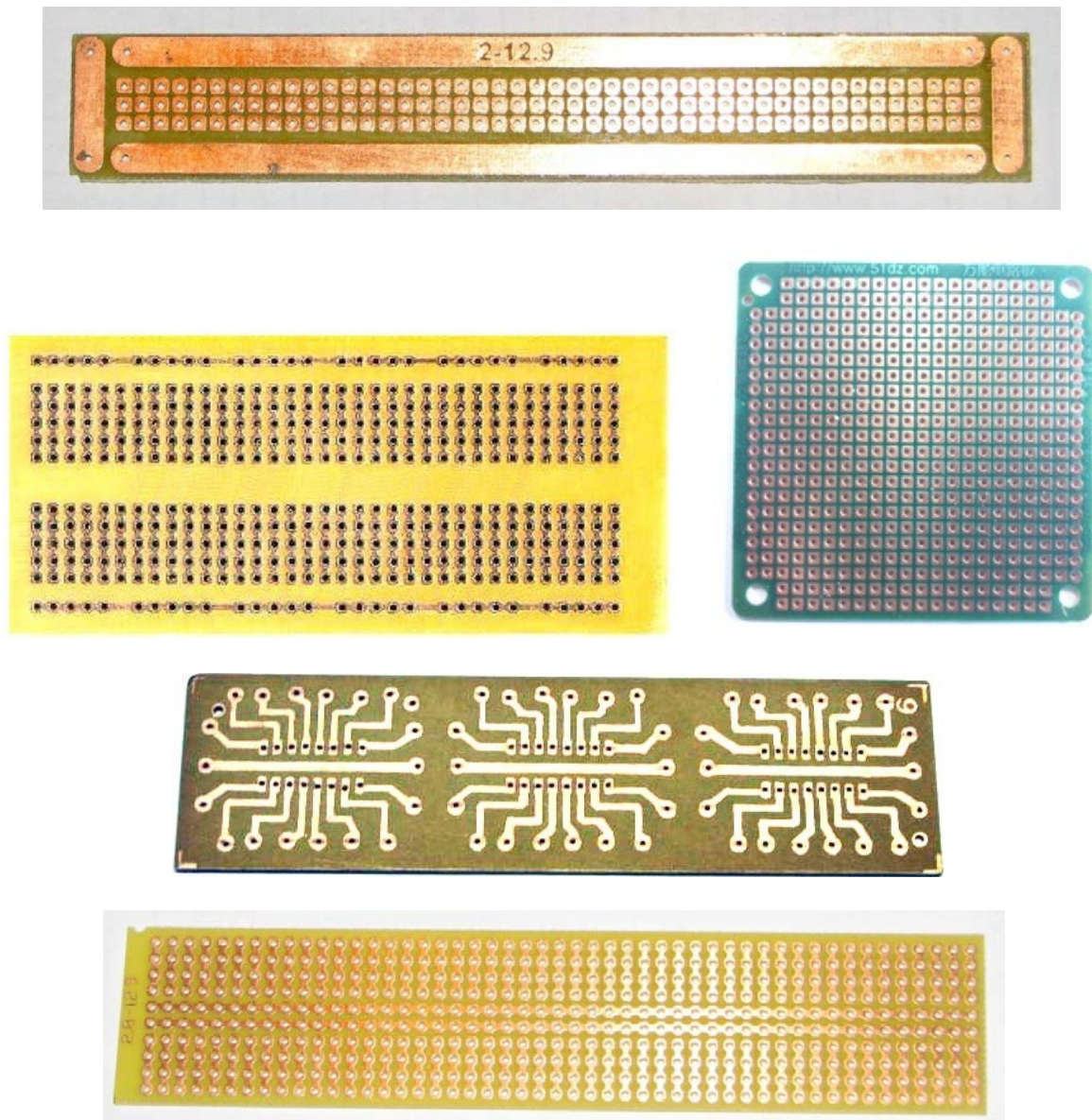


Como desvantagem deste tipo de montagem, temos componentes fixos do mesmo lado do cobre. Com isso, muitas vezes a complexidade da montagem inviabiliza a manutenção (conserto).

No mercado especializado há placas (PCI) onde há uma furação padrão que permite encaixar a maioria dos componentes eletrônicos. Por seguir um padrão pré estabelecido e permitir inúmeras montagens, esse tipo de placa é denominada por **placa padrão** ou **placa universal**.

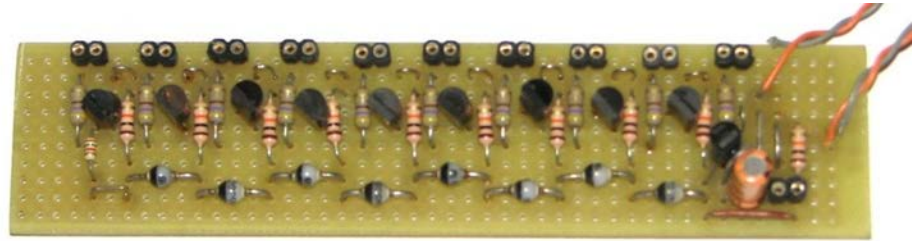
Há vários tipos de placas universais no mercado, com disposição de ilhas e trilhas diferentes. Inclusive há placas compostas só de ilhas (sem trilhas) e com ilhas e trilhas.

Exemplos:

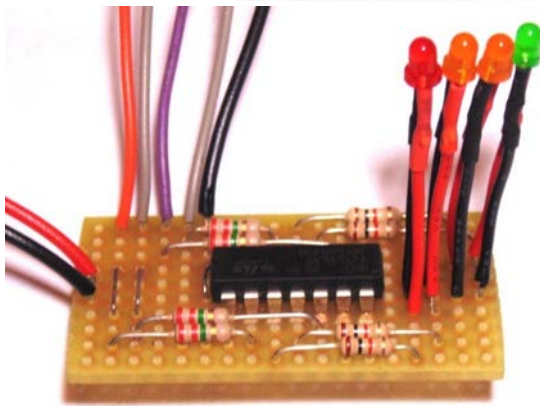
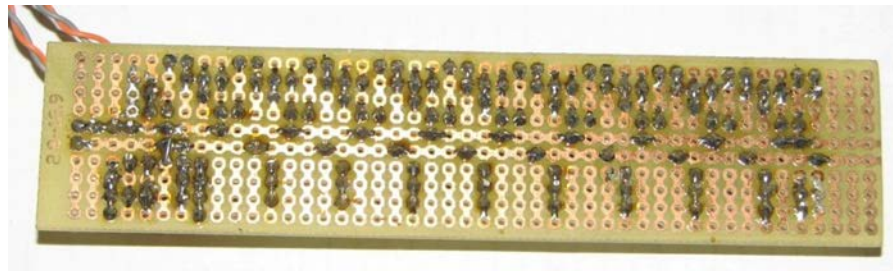


Ao comprar uma PCI padrão deve-se ter em mente o tipo de montagem a ser feita. As figuras seguintes mostram montagens diferentes em diferentes tipos de PCIs.

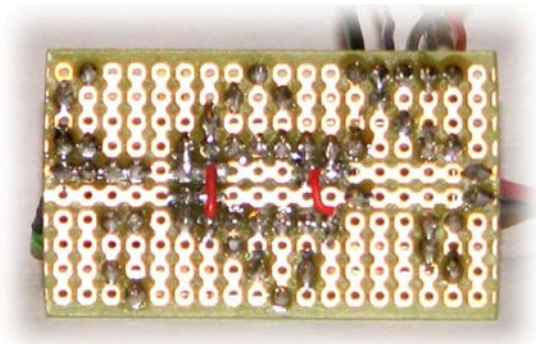
Lado dos componentes



Lado do cobre



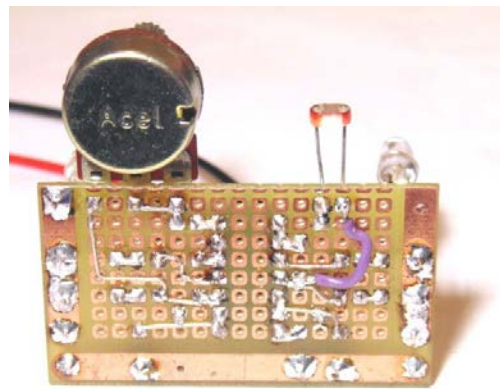
Lado dos componentes



Lado do cobre

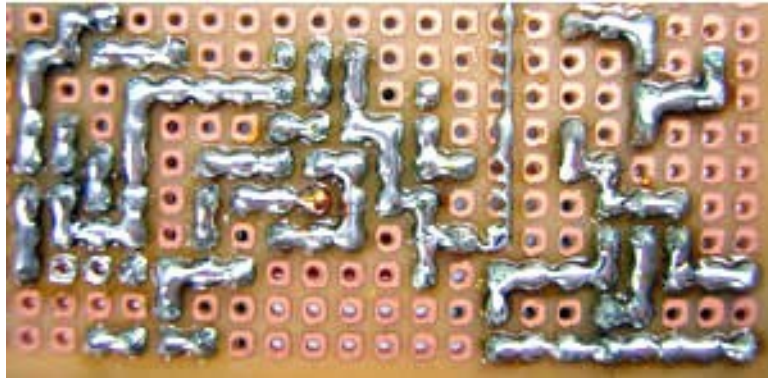


Lado dos componentes



Lado do cobre

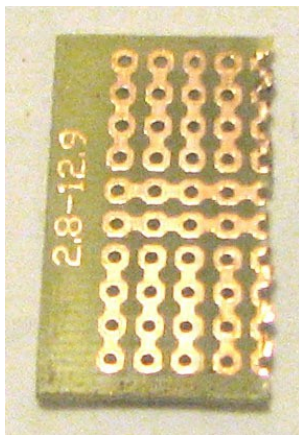
Note que as interligações elétricas devem ser completadas com fios e até soldas, como mostra a figura:



Essas interligações devem respeitar integralmente o estabelecido no diagrama esquemático (circuito eletrônico). Para que isso seja possível sem falhas é imperativo que se faça um desenho de como deverá ser a montagem. Esse desenho é o **Layout** (ou **Leiaute**, no termo aportuguesado).

A placa padrão é utilizada principalmente onde se deseja um protótipo sem o trabalho de confecção de uma placa dedicada.

Ao usar uma placa universal (ou padrão) devemos cortá-la em um tamanho de acordo com a montagem desejada. A PCI pode ser facilmente cortada quebrando-se nos furos (região mais fraca). Ao fazer isso, deve-se lixar a região da quebrada para evitar rebarbas.



Placa padrão cortada nos furos
(local do corte se apresenta irregular)

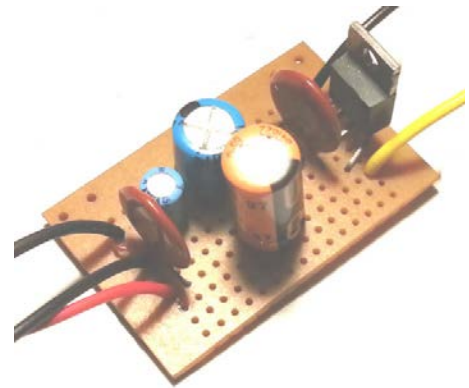
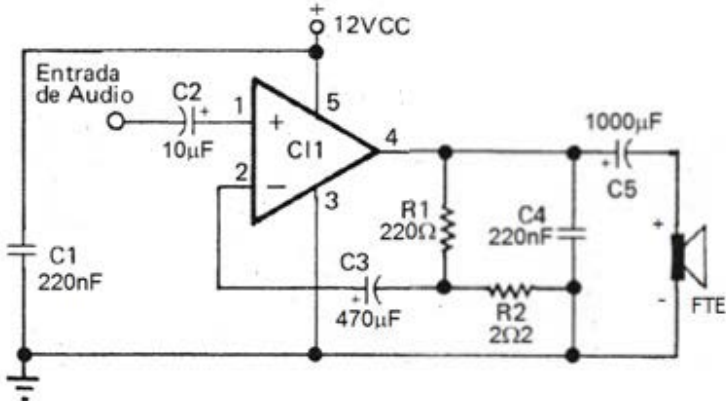


Placa padrão com a borda lixada e pronta para uso

Na maioria dos casos, além das dimensões da placa, devemos adequar as conexões elétricas. Caso falem, essas conexões podem ser feitas com fios ou soldas, como já citado. Mas também é comum termos que **romper** conexões pré estabelecidas em placas universais.

A figura seguinte ilustra a montagem de um amplificador de áudio com um circuito integrado (CI) que pode ser o LM383, TDA2002 ou TDA2003.

Diagrama esquemático (circuito eletrônico) e a aparência final da montagem (sem o dissipador de calor):



Placa de circuito impresso universal vista pelo lado do cobre (onde o cobre é representado pela parte branca). Note o rompimento de uma conexão. Ao lado, o aspecto deste CI.

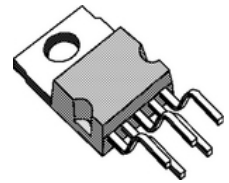
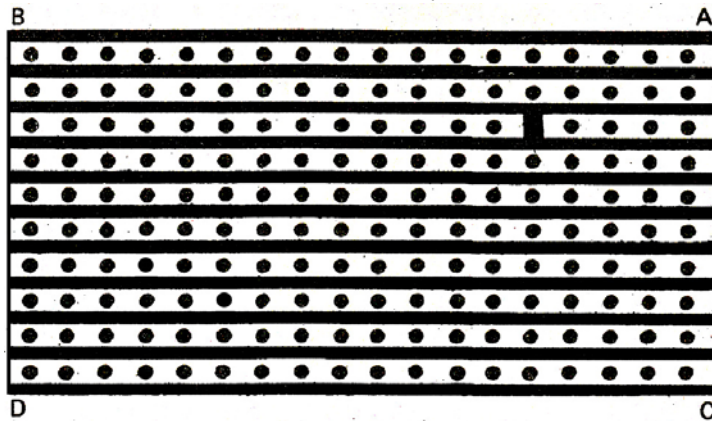
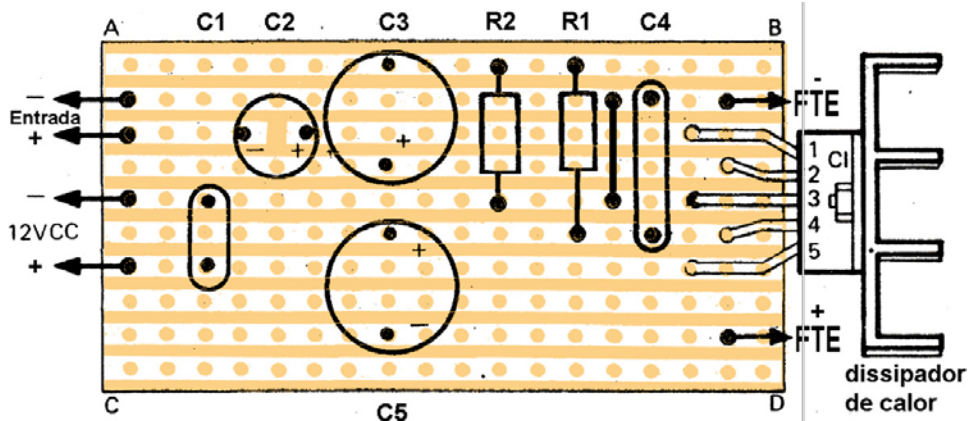


Diagrama de montagem (layout) visto pelo lado dos componentes: A trilha rompida fica entre os terminais do capacitor C2. Note também a inclusão de um fio (*jumper*) ao lado de R1 e C4 (mas não em paralelo).



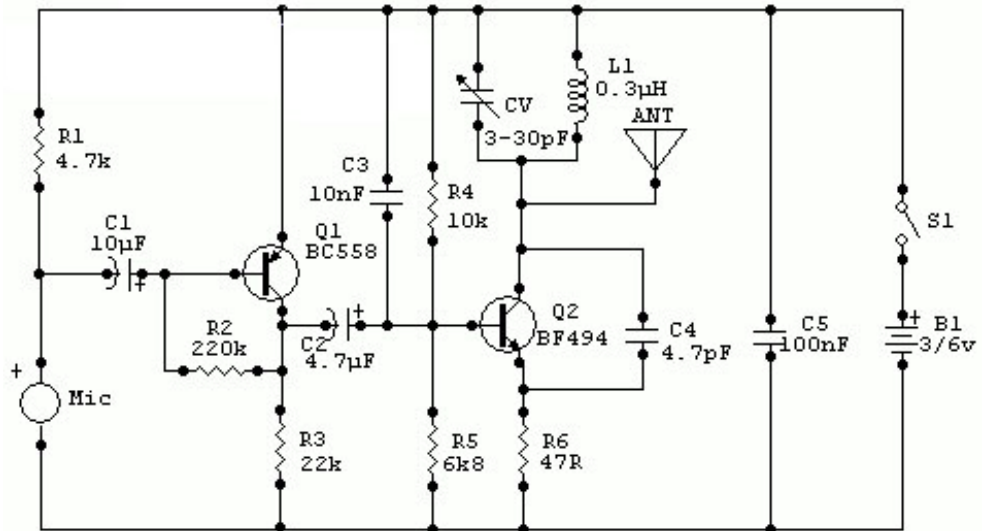
Ao utilizar placas universais, frequentemente temos que “ajustar” os terminais dos componentes para que caibam na placa. Isto é um grande problema, pois é alto o risco de danificar e inutilizar o componente.

A PCI, no idioma inglês, é denominada **PCB (Printed Circuit Board)**.

Para montagens em suas versões definitivas normalmente confeccionamos PCIs dedicadas, ou seja, com ilhas e trilhas definidas em função do circuito eletrônico desejado. Veja o exemplo a seguir.

O circuito abaixo é de um microtransmissor de rádio FM, porém mais elaborado que o da página 58 (em ponte de terminais).

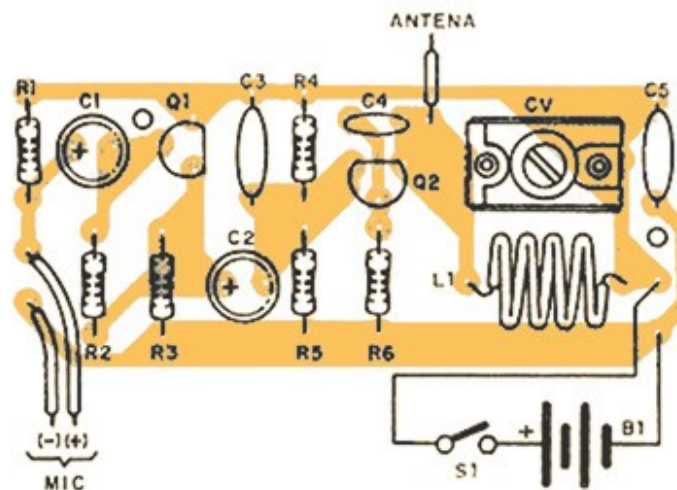
• **OBS:**
Este circuito não pode operar regularmente devido a restrições que estão sob o controle da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Portanto, o descrito tem apenas o objetivo didático.



Exemplo de circuito microtransmissor de rádio FM

De posse do circuito, devemos elaborar o layout de como deverá ser o traçado da PCI para que estabeleça todas as ligações elétricas entre os componentes eletrônicos. Sempre de acordo com o esquema eletrônico. Para isso devemos ter as dimensões dos componentes utilizados e o espaçamento entre os seus terminais.

A figura seguinte é um exemplo de layout (como deve ser a disposição dos componentes, as ilhas e as trilhas interligando-os. Note que esta representação é a vista pelo lado dos componentes da PCI.

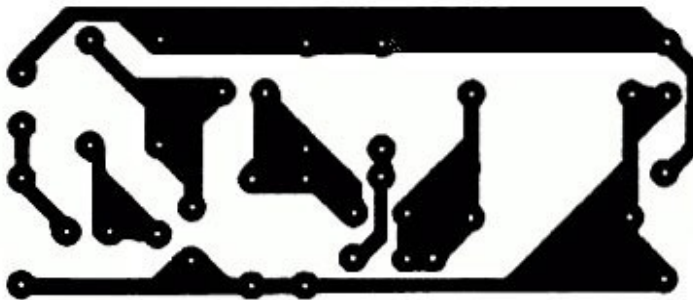


Layout da placa pelo lado dos componentes

- **Obs:** caso se queira montar este circuito, CV é um capacitor variável (trimmer) e a bobina é construída por um fio de cobre com 3 ou 4 espiras de 5mm a 10mm (1cm) de diâmetro (equivalente a um lápis comum). Os valores dos demais componentes podem ser obtidos do próprio diagrama esquemático. Os resistores dão todos de $\frac{1}{W}$.

Os componentes eletrônicos ficam na face não cobreada. Os terminais dos componentes atravessam os furos das ilhas e são soldados pelo outro lado (lado cobreado).

Assim, a face cobreada, contendo as ilhas e trilhas, está na face inferior. Por isso sua visualização deve ser **espelhada** à vista pelo lado dos componentes. A figura seguinte mostra o layout do traçado de cobre desta PCI.



Layout da placa pelo lado cobreado



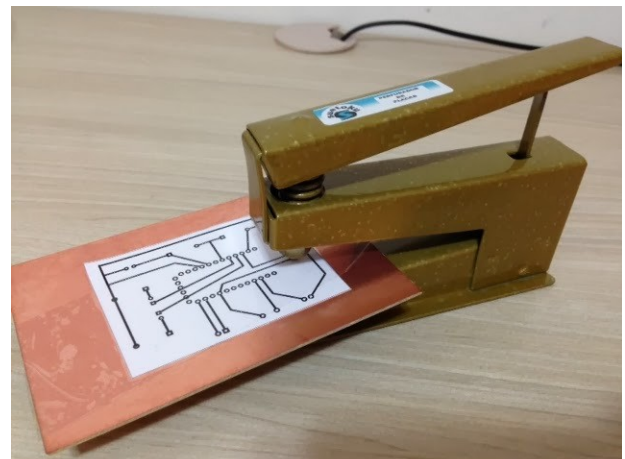
As dimensões do layout determinam as dimensões finais da placa.

De posse do layout, fazemos sua transferência à superfície de cobre da PCI.

A transferência do traçado pode ser feita manualmente com auxílio de um marcador permanente (caneta para CDs, retroprojektor ou equivalentes).

Para isso, faça uma cópia do layout do traçado e use-o como referência para marcar os pontos da placa onde deverão ser feitos os furos para os terminais dos componentes e fios. Não use o original de seu layout, pois é comum danificar o desenho nessa marcação.

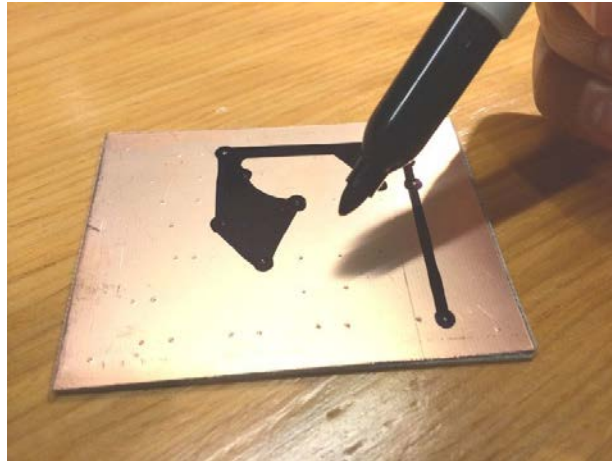
Marcadas as posições dos furos, faça os furos e experimente cada componente em seus respectivos furos. Isso evita o esquecimento de algum furo e caso haja alguma furação errada (faltando ou em posição errada) ainda dá para corrigir.



Em seguida, limpe bem a placa para remover resíduos de gordura e oxidação. Para isso, pode-se usar palhas de aço, como as que se usam nas cozinhas.

Depois de limpar a placa, faça um contorno com aproximadamente 1mm de largura, com a caneta, em volta de cada furo. Serão as ilhas.

Feitas as ilhas, faça as interligações entre elas (trilhas) de acordo com o layout.



A tinta da caneta protegerá o cobre da ação do agente corrosivo, normalmente percloroeto de ferro. Você pode, inclusive, colocar seu nome ou outra indicação na placa que ficara impressa em cobre.

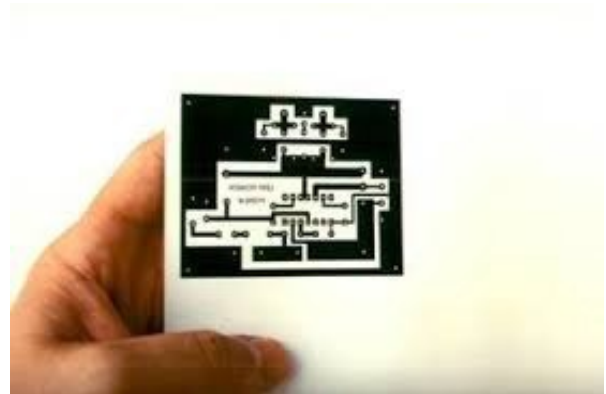
Feito o traçado, a placa é posta para corroer no banho preparado.

A figura seguinte mostra um recipiente de corrosão e uma placa limpa após a corrosão.



Além do método manual de transferência de layout, com caneta, há também o processo de transferência térmica, feito com auxílio de uma impressora laser.

Nesse método, deve-se imprimir o layout da PCI, em escala real (1:1) e espelhada (invertida) em uma folha de papel fotográfico, glossy ou poliéster. Deve-se usar impressora laser. Não funciona com impressora jato de tinta. Os melhores resultados são obtidos com toner original e com impressão configurada para a melhor qualidade possível.



O lado onde foi depositado o toner da impressora (lado da impressão) deve ser posicionado sobre o lado cobreado de uma placa de circuito impresso virgem e limpa.

Fixe o papel para que não se desloque. Se a placa estiver úmida, facilita bastante a transferência.

Depois é só aplicar calor, com um ferro de passar roupas, por exemplo, por 12 a 20 segundos.



Em seguida, jogue a placa num vasilhame com água e, quando for possível tocá-la sem queimar os dedos, comece a retirar o papel com cuidado.

Parte do papel deverá desmanchar-se. Não há problemas. O cuidado é para que o toner da impressão fique grudado ao cobre. Remova todo resíduo do papel.

Caso haja alguma falha na impressão, seque-a e retoque com a mesma caneta que se usa no processo manual.

A placa estando sem papel, é só por para corroer.

Neste método, a furação das ilhas deve ser feito após a corrosão.

Durante o processo de furação, tome cuidado para não estragar as ilhas.

Teste seus conhecimentos sobre PCI

1. Qual a função da PCI em um circuito?
 - Servir de suporte aos componentes eletrônicos e estabelecer as conexões elétricas entre eles.
 - Servir de suporte aos componentes, mas sem se preocupar com as conexões elétricas.
 - Servir de suporte aos componentes, mas isolando-os completamente.
 - Sem a PCI, não tem como o circuito funcionar.
 - É a única forma de interligar os componentes.

2. Ainda com relação à PCI:
 - As trilhas e ilhas só servem para fixação dos componentes e não estabelecem conexão elétrica entre eles.
 - As trilhas são as partes cobreadas que envolvem os furos e recebem a solda. As ilhas são as partes cobreadas que estabelecem as conexões elétricas entre os componentes.
 - As ilhas são as partes cobreadas que envolvem os furos e recebem a solda. As trilhas são as partes cobreadas que interligam as ilhas e estabelecem as conexões elétricas entre os componentes.
 - Durante a soldagem não há preocupação com a temperatura, pois a solda deve ultrapassar os 200°C.
 - Não há preocupação com oxidações pois o fluxo da solda sempre resolve qualquer oxidação existente.

3. O layout de um circuito impresso:
 - Representa apenas a posição dos componentes na placa, sem nenhum compromisso elétrico.
 - É um rascunho feito enquanto não adquirimos prática para montar direto na placa.
 - É um rascunho de como deverá ser a placa de circuito impresso, feito para não esquecermos as interligações dos componentes a serem feitas depois da montagem.
 - É a referência de como deverá ficar a PCI, em tamanho real, com o traçado contendo as ilhas e trilhas e que permite determinar a espessura das trilhas e ilhas e o tamanho final da placa.
 - É usado apenas como base para indicar onde perfurar a placa.

4. Assinale a alternativa correta:
 - Com a elaboração de uma PCI dedicada, podemos construir placas para circuitos otimizados em tamanho e capacidades de fornecimento de correntes de acordo com layout do circuito desejado.
 - Com a utilização de uma PCI padrão, podemos construir circuitos otimizados em tamanho e capacidades de fornecimento de correntes de acordo com o circuito desejado.
 - Deve ser cortada somente após a soldagem de todos os componentes, pois assim se facilita o manuseio durante a montagem.
 - Deve ser corroída após a montagem (soldagem dos componentes), eliminando todos resíduos de cobre.
 - Deve-se evitar o aquecimento das partes, aquecendo apenas a solda para derretê-la, para evitar danos aos componentes e à placa de circuito impresso.

5. Durante a soldagem:
 - A solda fria ocorre quando se tenta soldar sem a solda estar aquecida (está fria).
 - Deve-se aplicar a solda derretida imediatamente, sem aquecer nem danificar a região a ser soldada. Deve-se aquecer o terminal do componente mas não a ilha de cobre (para evitar danificá-la).
 - Deve-se aquecer o terminal do componente e a ilha de cobre, ao mesmo tempo, para depois por a solda, para que haja fusão da solda com o terminal e o cobre, evitando a "solda fria".
 - A temperatura é tão alta que parte do metal evapora, ocasionando a fumaça que vemos durante a soldagem.

Anexo IV – A corrosão da Placa de Circuito Impresso – PCI

- Baseado no texto “Recuperando Percloroeto de Ferro”, disponível no endereço <http://www.handmades.com.br/>, em setembro de 2014.

A grande maioria das pessoas que fazem placas de circuito impresso em casa usa percloroeto de ferro como corrosivo. É um produto barato, seguro, não gera gases tóxicos e não queima a pele. A pior característica do percloroeto de ferro é manchar tudo o que entra em contato. Essas manchas podem ser removidas com produtos adequados para tratar manchas de ferrugem.

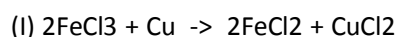
Uma observação importante, quando do preparo da solução é: coloque primeiro a quantidade de água desejada num vasilhame e dilua o percloroeto de ferro aos poucos. Dessa forma se parte de uma solução pouco concentrada até a concentração adequada. Nunca coloque a água sobre o percloroeto de ferro em pó, pois isto parte de uma solução *hiper-concentrada*, com liberação de muito calor pela geração reações química violentas.

Com 100ml de solução de percloroeto de ferro em uma concentração de 1kg/l é possível fazer uma boa quantidade de placas antes do produto perder sua capacidade de dissolver o cobre. Uma vez esgotada esta capacidade, o destino da solução normalmente é o descarte no esgoto. Isso traz uma série de problemas:

- O percloroeto de ferro enfraquecido tem uma grande quantidade de cobre dissolvido, que é tóxico.
- Mesmo fraca, a solução ainda é corrosiva. Não é mais eficaz com cobre, mas outros metais são atacados com força.
- Jogando fora sua solução, Há o gasto para comprar mais.

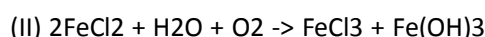
Mas é possível recuperar a capacidade corrosiva da solução com coisas comuns, normalmente encontradas em casa. Para isso, primeiro devemos entender como o percloroeto de ferro age.

A substância vendida no mercado com o nome usual de “Percloroeto de Ferro” é o cloreto de ferro trivalente. Existem duas formas de cloreto de ferro: o bivalente (FeCl_2) e o trivalente (FeCl_3). O ferro trivalente é um oxidante forte. Em contato com metais como o cobre ocorre a seguinte reação:



Na reação I, o cobre foi oxidado e passou a fazer parte da solução na forma de cloreto de cobre. O ferro trivalente foi reduzido a ferro bivalente e não é mais um oxidante forte. Neste processo é que o cobre desaparece sem gerar gás ou outro resíduo. No entanto a concentração de ferro trivalente diminui e a solução fica menos eficaz.

Na presença de oxigênio (apenas deixando-a em contato com o ar), podemos recuperar parte da força da solução:

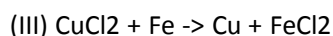


O hidróxido de ferro trivalente uma casca com cor de ferrugem que se forma no fundo do frasco em que guardamos o percloroeto de ferro usado. Desta forma o ferro vai gradativamente sendo removido da solução na forma de ferrugem e o cobre vai entrando em seu lugar. A cor da solução muda com o passar do tempo de um

marrom intenso para um verde escuro quase negro. Enquanto houver ferro trivalente em concentração suficiente, a solução poderá ser usada novamente. Por isso é interessante deixar a solução exposta ao ar depois de usar, pois assim recuperamos parte da concentração de ferro trivalente. É uma boa prática deixar passar a noite na mesma bandeja usada para a corrosão.

Depois de alguns decímetros quadrados de cobre corroído, a concentração de ferro na solução é baixa demais para que se possa usar com eficiência. Restam duas opções: descartar a solução que agora é mais cloreto de cobre (e por isso tóxica e corrosiva para outros metais), ou recuperar a solução!

Porém, o cobre é capaz de oxidar o ferro metálico em ferro bivalente segundo a reação:



Para executar a reação III basta adicionar ferro metálico à solução. Coloque sua solução em um recipiente de vidro e acrescente palha de aço (Bombril, Assolan, etc.). Mexer levemente ajuda a acelerar o processo. Use um bastão de vidro, madeira ou utensílio resistente a temperatura e corrosão (plástico). Não use metal.

A reação III libera grande quantidade de calor, por isso deve-se tomar cuidado. Não jogue toda a palha de aço de uma vez. Para 100ml de solução bem usada, pode ser necessário 2 ou 3 unidades de palha de aço. Coloque metade de cada vez e se ficar muito quente, deixe esfriar um pouco antes continuar pondo mais. O que restar de ferro trivalente na solução também será convertido em ferro bivalente. Ao final do processo teremos uma solução translúcida de cor vairando entre amarelo e verde bem claro e no fundo do frasco estará todo o cobre retirado das placas de circuito.

O próximo passo é filtrar a solução para retirar todo o cobre. Pode-se usar papel de filtro como os de fazer café. Para o filtro não acomatar (entupir) muito rápido, deve-se deixar a solução decantar um tempo antes de filtrar. A parte sólida pode ser descartada no lixo comum sem problemas. Neste momento teremos em mãos uma solução de cloreto de ferro bivalente pronta para ser oxidada a percloreto de ferro. Novamente recorreremos à reação II.

É possível simplesmente deixar a solução exposta ao ar por alguns dias e deixar a natureza seguir seu curso. Mesmo durante a filtração é possível observar a formação de um lodo marrom claro a amarelo de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ no frasco devido à oxidação do ferro. O problema disso é que, à medida que a reação ocorre na superfície exposta ao ar, o hidróxido de ferro forma uma película que impede o oxigênio de se dissolver adequadamente na solução. De tempos em tempos é necessário agitar a solução para romper a película. Deixando tempo suficiente, ela fica espessa e afunda por si só, mas outra se forma. O processo fica muito lento e o perigo de alguém derrubar o recipiente aumenta.

É possível usar bombinha de aquário. Basta por a solução numa garrafa alta e deixar borbulhando. A reação irá ocorrer em toda a mistura e esta ficará turva em pouco tempo pela formação de ferro trivalente. Deixar ao longo da noite já é o suficiente. No dia seguinte pode-se filtrar e guardar.

Nenhuma das reações descritas é perigosa, tóxica ou gera qualquer gás. O único perigo real é de manchar tudo a sua volta. Deve-se tomar cuidado de colocar a palha de aço na solução aos poucos e monitorar o calor gerado.

O percloroeto usado tem muito cobre dissolvido. O cobre em solução é tóxico e corrosivo. Descartar no lixo comum é a pior coisa a fazer.

Cobre é um fungicida. Ele mata os fungos que vivem no tratamento biológico da estação de tratamento de esgoto ou, pior ainda, envenenar o corpo d'água mais próximo.

Mas uma vez decidido pelo descarte se pode procurar uma empresa especializada em dejetos químicos ou fazer em casa o procedimento de descarte. São necessários um punhado cal e cimento de construção civil. Jogar cal na solução, aos poucos, faz com que todos os sais dissolvidos precipitem. É necessário agitar levemente para que a reação ocorra. Deixe decantar.

Como resultado, se obtém água limpa e um lodo marrom esverdeado quase negro no fundo. Se ainda houver alguma cor na água, deve-se adicionar cal. A água pode ser descartada no esgoto caseiro. Quanto ao lodo, pode-se adicionar cimento e mexer bem. Depois de endurecido, vira uma pedra e podemos descartar no lixo comum. O cobre estará trancado dentro da pedra e não será mais perigoso.

Esta técnica vale também para quem usa ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio (ácido muriático e água oxigenada). A solução resultante após o uso tem muito cobre, podendo ser guardada para uso posterior e transformada em percloroeto de ferro. Para descartar, deve-se fazer o mesmo procedimento descrito (com cal e cimento). O uso de cimento como agente eliminador de contaminantes é uma técnica internacionalmente aceita.

Uma observação importante: jogar percloroeto de ferro no lixo comum pode corroer canos e mais nada. O problema é jogar cloreto de cobre, que é tóxico e corrosivo. Descartando percloroeto de ferro com frequência, não importa o grau de dissolução, deve corroer alguma coisa; mas o dano maior é o cobre do produto usado. O nível seguro para se despejar soluções com cobre quanto à toxidez é de 5ppm. Ou seja, descartando um litro de cobre no esgoto comum, tem-se que jogar mais 200.000 litros de água.

O percloroeto de ferro é um sal inorgânico e, por isso, muito durável. Você pode recuperar sua solução indefinidamente. Há sempre alguma perda no processo, como a quantidade de solução perdida na lavagem das placas, recipientes e etc.

Para o primeiro banho, ao final da corrosão, convém ter água em um recipiente para lavar a placa. Depois de usar esta água, deve-se jogar uma palha de aço dentro e deixe passar a noite. No dia seguinte joga-se a água no esgoto comum e a palha no lixo comum. A palha vai converter tudo o que houver na água em cloreto de ferro bivalente, que não é tóxico, e o cobre fica na forma metálica, que é inerte.

O percloroeto de ferro é um corrosivo seguro, barato, durável e reciclável. Os métodos que usam outros corrosivos devem ser executados em lugar arejado.

No preparo de circuito impresso é possível usar muitos produtos, como o ácido nítrico como corrosivo. Esse ácido é perigoso em qualquer concentração. Pode queimar a pele com o menor contato. Há também o método que usa ácido clorídrico (HCl) e água oxigenada, mas é irritante para os olhos e mucosas. Seja qual for o método, deve-se sempre tomar muito cuidado.

Com o uso de uma solução de ácido clorídrico e água oxigenada temos um banho de corrosão mais rápido e eficiente. Tem ainda as vantagens de ser transparente, permitindo a visualização do andamento do trabalho, e de resultar (depois de usado à exaustão) em uma solução de cloreto de cobre e ácido, que uma vez evaporada resulta em cristais que podem ser aproveitados para outras finalidades. Porém, como citado no parágrafo anterior, é uma solução de manuseio perigoso e de vapores agressivos para os olhos e mucosas.

As proporções usadas na mistura são de aproximadamente:

- 350 ml de água;
- 100 ml de ácido clorídrico comercial, encontrado nas lojas de materiais de construção com o nome comercial de “ácido muriático”, para limpeza;
- 20 ml de água oxigenada 150 ou 200 volumes (concentração equivalente à cerca de 30%), encontrado em casas de material para limpeza.

O ácido clorídrico é uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio (HCl). É altamente corrosivo e ácido.

O princípio químico é simplesmente o ataque do ácido ao cobre. O ácido clorídrico puro não tem o poder oxidante para dissolver o cobre imediatamente. O oxigênio liberado pela água oxigenada ativa essa dissolução.

Se não puderem ser encontrados o ácido e a água oxigenada na concentração indicada, basta diminuir proporcionalmente a quantidade de água da torneira usada na mistura.

Este processo de corrosão deve ser executado em ambiente arejado pelos perigos já citados.

Qualquer que seja o método de corrosão, percloreto de ferro ou ácido clorídrico, aquecê-la a até 50°C acelera o processo.

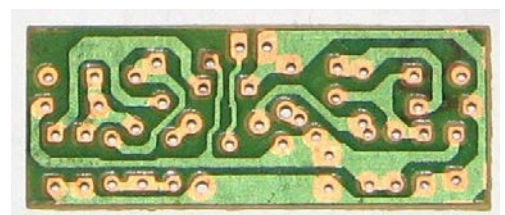
Depois de terminada a corrosão, lave a placa em água corrente e a seque.

Para proteger as ilhas e trilhas de cobre da oxidação, existem produtos que podem ser aplicados e não atrapalham a futura soldagem dos componentes. No mercado especializado (lojas de componentes eletrônicos) encontramos vernizes prontos para esse fim.

Também podemos usar goma laca incolor (encontrado lojas de artesanato).

Outra possibilidade é comprar uma “pedra de breu” em casas de materiais para construção. Depois de moída, é só diluir em álcool e aplicar uma fina camada sobre a superfície cobreada. Dependendo da diluição, leva de 30 minutos a 2 horas para secar.

As placas industrializadas normalmente possuem uma camada de verniz verde sobre o cobre, com áreas expostas sobre as ilhas. Neste caso o verniz impede também a soldagem fora das áreas pré-determinadas. Esse verniz é aplicado com o auxílio de máscaras que definem quais áreas da placa devem proteger e quais não.



Teste seus conhecimentos sobre o preparo de PCB

1. Como devemos agir para preparar o percloroeto de ferro de forma segura?
 - Devemos adicionar, aos poucos, o percloroeto em pó sobre a água, para evitar respingos e aquecimento excessivo.
 - Devemos adicionar, aos poucos, a água sobre o percloroeto em pó, para evitar respingos e aquecimento excessivo.
 - Podemos simplesmente misturar água e percloroeto em pó, sem se preocupar com aquecimento ou respingos.
 - O ideal é usar água gelada (para evitar aquecimento) e jogar sobre o pó de percloroeto.
 - O ideal é usar um vasilhame (pote) de alumínio para preparar a mistura.

2. Uma vez utilizado, dá para reutilizar o percloroeto de ferro?
 - Não. O percloroeto deve se usado uma única vez e jogado fora.
 - Sim. Mas o percloroeto envelhece muito rápido, portanto é bom usar várias vezes e logo.
 - Sim, mas cada vez que for reutilizar, deve-se realizar o trabalhoso procedimento de reciclagem.
 - O percloroeto pode ser reutilizado várias vezes antes de perder seu efeito. Quando perder o efeito, deve ser descartado, o que pode ser feito no lixo comum (esgoto doméstico).
 - O percloroeto pode ser reutilizado várias vezes antes de perder seu efeito. Mesmo depois de muito usado, dá para reverter o processo com a adição de ferro metálico.

3. Como descartar o percloroeto ou outro corrosivo usado?
 - Podemos simplesmente jogá-los no lixo comum (esgoto doméstico).
 - Devemos deixar descansar (para decantar) e depois podemos simplesmente jogá-los no lixo comum (esgoto).
 - Devemos misturar com cimento para formar uma pedra que lacre em si todo o material.
 - Devemos jogar cal na solução e deixar decantar até resultar em água aparentemente limpa e um lodo no fundo. A água podemos jogar no esgoto comum. O lodo (contendo cobre) podemos misturar com cimento para formar uma pedra antes de descartar.
 - A única solução é entregar em postos de coleta de produtos tóxicos.

4. O cloreto de cobre...
 - É o nome do percloroeto antes de misturar com a água.
 - É resultante da corrosão das placas e não pode ser descartado no lixo comum (esgoto).
 - É o resíduo que se forma no fundo do frasco depois de muitas corrosões.
 - É outro nome pelo qual o percloroeto de ferro é conhecido.
 - É um concorrente do percloroeto de ferro.

5. O que forma os resíduos no fundo de um frasco de percloroeto usado?
 - É o ferro (Fe) resultante da reação de corrosão que é retirado.
 - É resultado do envelhecimento do percloroeto, tendo sido usado ou não, pois é pó e decanta.
 - É resultante de todo o cobre retirado das placas, pois parte dele se deposita no fundo do frasco.
 - É resultado de contato prolongado com o ar, de onde acaba retirando partículas e depositando no fundo.
 - É resultado de falta de agitação da solução que acaba se depositando no fundo.

6. Para construção de uma placa de circuito impresso dedicada, devemos recorrer a produtos para elaboração da PCI (corrosão), onde o mais comum é o percloroeto de ferro. Quanto a sua utilização, assinale a alternativa correta:
- O percloroeto de ferro é o único produto utilizado na elaboração amadora/doméstica de circuito impresso.
 - Durante a corrosão, podemos deixar a PCI imersa no percloroeto de ferro indefinidamente, até sumir todos os resíduos de cobre, sem risco de danificar as trilhas e ilhas sob a tinta.
 - O percloroeto de ferro, mesmo sem uso, jamais poderá ser descartado no lixo doméstico.
 - O percloroeto de ferro, mesmo que já tenha sido usado para corrosão de cobre, pode ser descartado no lixo comum. O recomendável é o seu reaproveitamento ao máximo por causa de seu alto custo e, no caso de descarte, basta jogá-lo no esgoto.
 - O percloroeto de ferro sem uso pode ser descartado no lixo comum. Mas uma vez que tenha sido usado conterá cobre, o que é altamente tóxico. Portanto, o recomendável é o seu reaproveitamento ao máximo e, no caso de descarte, processá-lo para evitar resíduos tóxicos.
7. Assinale a alternativa correta
- Depois de usado no preparo de PCBs, o percloroeto de ferro deve ser descartados em ambiente específico por conterem resíduos tóxicos. Mas se forem usados outros ácidos no preparo da PCB, como o clorídrico, podem ser descartados no lixo comum.
 - Depois de usado no preparo de PCBs, tanto o percloroeto de ferro como outros ácidos (como o clorídrico) devem ser descartados em ambiente específico por conterem resíduos tóxicos, mas podem ser tratados para descarte no lixo comum.
 - O percloroeto, mesmo na forma anterior à corrosão, é extremamente tóxico. Isto é perceptível até pelas manchas que provoca.
 - O ácido clorídrico é melhor de trabalhar, pois é mais limpo e seguro que o percloroeto de ferro.
 - Esfriar a solução, seja percloroeto ou ácido clorídrico, acelera a corrosão, pois evita a perda por energia térmica.

Anexo V – Custos das principais montagens

		unitário	Total
PONTAS DE PROVA			
			6,00
1 pç	plugue banana preto	0,80	0,80
1 pç	plugue banana vermelho	0,80	0,80
1 pç	garra jacaré preta	1,00	1,00
1 pç	garra jacaré vermelha	1,00	1,00
0,8 m	fio tipo cabinho emborrachado preto	1,50	1,20
0,8 m	fio tipo cabinho emborrachado vermelho	1,50	1,20

		Unitário	Total
INDICADOR COM LED PARA INTERRUPTOR			
			0,49
1 pç	led 3mm (qualquer cor)	0,15	0,15
0,2 m	fio tipo cabinho amarelo 0,2 mm	0,30	0,06
0,03 m	termo retrátil 1,5 mm	1,00	0,03
0,05 m	termo retrátil 2 mm	1,00	0,05
1 pç	diodo retificador 1N4007	0,10	0,10
1 pç	resistor 270K 1/8W	0,10	0,10

		Unitário	Total
BUSCA PÓLO COM LÂMPADA NEON			
			0,74
1 pç	lâmpada neon NE2	0,50	0,50
0,2 m	fio tipo cabinho amarelo 0,2 mm	0,30	0,06
0,03 m	termo retrátil 1,5 mm	1,00	0,03
0,05 m	termo retrátil 2 mm	1,00	0,05
1 pç	resistor 270K 1/8W	0,10	0,10

		unitário	Total
INDICADOR 120V/240V			
			1,82
1 pç	led vermelho 5 mm	0,20	0,20
1 pç	led verde 5 mm	0,20	0,20
2 pç	diodo 1N4007	0,15	0,30
1 pç	diodo Zener 20V ½W	0,20	0,20
1 pç	resistor 39K 1/4W	0,10	0,10
1 pç	resistor 4K7 1/8W	0,10	0,10
1 pç	retalho de placa padrão	0,50	0,50
0,05 m	termo retrátil 1,5 mm preto	1,00	0,05
0,05 m	termo retrátil 1,5 mm vermelho	1,00	0,05
0,2 m	fio tipo cabinho preto 0,2 mm	0,30	0,06
0,2 m	fio tipo cabinho vermelho 0,2 mm	0,30	0,06

		Unitário	Total
LUZ NOTURNA COM LED			
			2,02
1 pç	capacitor poliester 390nF x 250V	0,50	0,50
1 pç	capacitor eletrolítico 4u7 (ou mais) x 10V	0,20	0,20
1 pç	led azul de 5mm ou 10mm	0,60	0,60
1 pç	resistor 150K 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 680W 1/4W	0,10	0,10
2 pç	diodos 1N4007	0,15	0,30
0,05 m	termo retrátil 1,5 mm preto	1,00	0,05
0,05 m	termo retrátil 1,5 mm vermelho	1,00	0,05
0,1 m	fio tipo cabinho preto 0,2 mm	0,30	0,03
0,1 m	fio tipo cabinho vermelho 0,2 mm	0,30	0,03
0,2 m	fio tipo cabinho amarelo 0,2 mm	0,30	0,06

		unitário	Total
PISCA COM LEDS E CI 4093			6,00
1 pç	CI 4093 NAND CMOS Schmitt trigger)	1,00	1,00
1 pç	led vermelho 5 mm	0,15	0,15
1 pç	led verde 5 mm	0,15	0,15
1 pç	led bicolor 5 mm	0,80	0,80
4 pç	resistores 1K5 1/8W	0,10	0,40
1 pç	resistor 100K 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 150K 1/8W	0,10	0,10
2 pç	capacitores eletrolíticos 4u7 x 25V	0,25	0,50
0,4 m	fio tipo cabinho 0,2 mm	0,50	0,20
0,4 m	fio tipo cabinho 0,2 mm	0,50	0,20
0,2 m	termo retrátil preto 1,5 mm	1,00	0,20
0,2 m	termo retrátil vermelho 1,5 mm	1,00	0,20
1 pç	Potenciometro 470K	1,00	1,00
1 pç	LDR miniatura	1,00	1,00

		unitário	Total
AMPLIFICADOR DE ÁUDIO COM TDA2003			4,35
1 pç	resistor 220W 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 2R2 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 1Ω 1/4W	0,10	0,10
1 pç	capacitor eletrolítico 2u2 25V	0,25	0,25
1 pç	capacitor eletrolítico 470uF 25V	1,00	1,00
1 pç	capacitor de poliester 100nF	0,40	0,40
1 pç	capacitor de poliester 39nF	0,40	0,40
1 pç	circuito integrado TDA 2003	2,00	2,00

		unitário	Total
BARGRAPH COM LM 339			3,45
1 pç	CI LM 339 (comparador quádruplo)	1,00	1,00
1 pç	resistor 10K 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 4K7 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 2K4 1/8W	0,10	0,10
2 pç	resistor 1K2 1/8W	0,10	0,20
1 pç	resistor 10K 1/8W	0,10	0,10
1 pç	resistor 470Ω 1/4W	0,10	0,10
1 pç	resistor 220Ω 1/4W	0,10	0,10
1 pç	capacitor eletrolítico 4u7 25V	0,25	0,25
1 pç	diodo 1N4148	0,20	0,20
1 pç	diodo 1N748 (zener 3v9 1/2W)	0,20	0,20
1 pç	Led 5mm vermelho	0,20	0,20
1 pç	Led 5mm amarelo	0,20	0,20
3 pç	Led 5mm verde	0,20	0,60

Valores médios em Reais (R\$), preços de varejo, verificados no bairro da Santa Ifigênia (SP) em julho de 2014. Esses valores sofrem variações de acordo com a disponibilidade dos componentes no mercado especializado, aquisição em quantidade ou mesmo entre lojas diferentes.

Esta lista é só uma referência de custos. Em alguns casos não foram listados itens como placas, fios ou materiais para confecção de pci ou acabamento da montagem. Também não estão na lista nenhum dos microtransmissores FM citados na apostila.