

## Experiência 5 — Combinações de Componentes e Práticas de Soldagem

HYK - 00, 01

H.E.M.P, M.O.P.L. - 03, 06

**Objetivos:** Após esta experiência, o aluno deverá ter:

1. Aprendido a calcular o componente equivalente de uma associação de elementos do mesmo tipo.
2. Praticado técnicas de soldagem e dessoldagem.
3. Montado uma fonte de alimentação regulável (1,25V-12V; 0,5A).

### 1. Combinação de componentes

#### 1.1 Associação de resistores

Quando  $n$  resistores  $R_1, R_2, \dots, R_n$  ideais são ligados em série ou em paralelo, o conjunto pode ser substituído pelos elementos equivalentes conforme a figura 1.

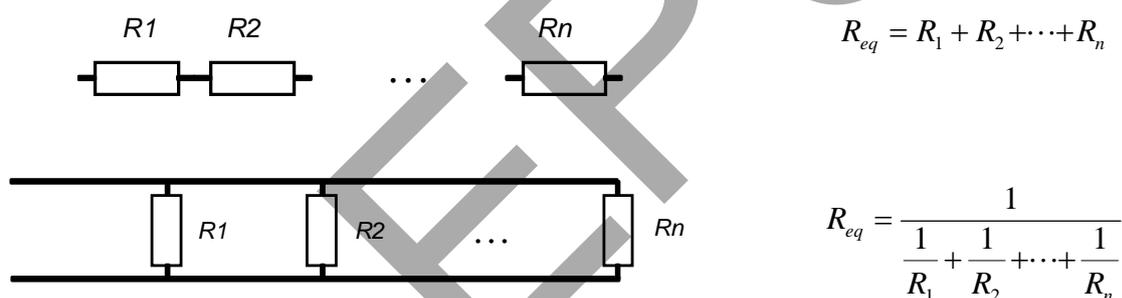


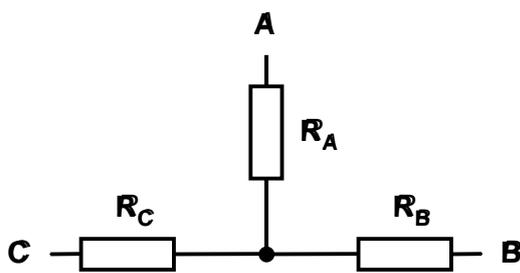
Figura 1: Associação de resistores

No caso da associação em paralelo de dois resistores  $R_1$  e  $R_2$ , a resistência equivalente pode ser determinada mais simplesmente por:

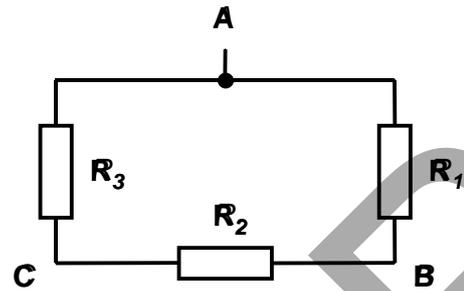
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Quando se associam (em série ou em paralelo)  $n$  resistores de mesmo valor, e que podem dissipar cada um  $P$  watts de potência, evidentemente o conjunto poderá dissipar  $nP$  watts (desprezando o fato de que os valores reais dos resistores podem ser um pouco diferentes dos seus valores nominais). Porém, quando a associação é de resistores heterogêneos, a potência dissipável com segurança pelo conjunto pode exigir o cálculo das potências dissipadas por cada resistor.

Uma rede resistiva em estrela pode ser transformada numa rede resistiva equivalente em triângulo e vice-versa, conforme a figura 2.



Resistores em estrela



Resistores em triângulo

Transformação estrela-triângulo

$$R_1 = R_A + R_B + \frac{R_A \cdot R_B}{R_C}$$

$$R_2 = R_B + R_C + \frac{R_B \cdot R_C}{R_A}$$

$$R_3 = R_A + R_C + \frac{R_A \cdot R_C}{R_B}$$

Transformação triângulo-estrela

$$R_A = \frac{R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}}{2} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_\Delta}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} + R_{BC} - R_{AC}}{2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_\Delta}$$

$$R_C = \frac{R_{AC} + R_{BC} - R_{AB}}{2} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_\Delta}$$

onde:

$R_{AB}$  = resistência equivalente entre os terminais A e B

$R_{BC}$  = resistência equivalente entre os terminais B e C

$R_{AC}$  = resistência equivalente entre os terminais A e C

$R_\Delta = R_1 + R_2 + R_3$

Figura 2: Transformação estrela-triângulo e triângulo-estrela

**Exercício 1:** Uma “caixa preta” (isto é, um circuito cujos componentes não são acessíveis) é constituída internamente por 3 resistores de valores desconhecidos conforme a figura 3. Medindo a resistência equivalente entre os pontos A e B obteve-se  $14,9\Omega$ ; entre os terminais B e C foi medido  $25,8\Omega$ ; e entre os pontos A e C,  $24,4\Omega$ . Determine os valores de  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ .

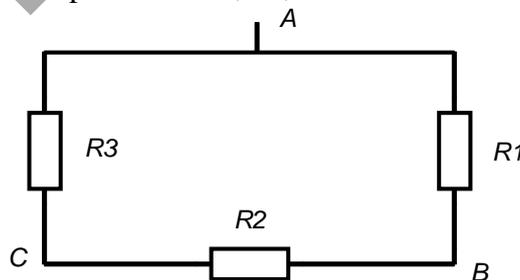


Figura 3: Caixa preta com 3 terminais

**Prática 1:** Meça cuidadosamente os valores das resistências entre os terminais AB, BC e AC da caixa preta com 3 terminais fornecida (figura 3). Calcule os valores de  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , sabendo que os 3 resistores utilizados têm valor comercial.

Obs1: os valores comerciais de resistores são 10, 12,15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82 que podem ser multiplicados por  $10^{-1}$ ,  $10^0$ , ...,  $10^{+5}$ .

Obs2: os valores dos resistores são diferentes em cada bancada. Anote a cor do circuito fornecido, pois com esse dado o professor consegue identificar os valores dos resistores corretos.

**Exercício 2:** Uma “caixa preta” é constituída por 4 resistores conforme mostra a figura 4. Medindo-se a resistência entre os vários terminais, obteve-se a seguinte tabela:

AB	BC	CD	DA	AC	DB
28,005Ω	41,615Ω	desconhecido	desconhecido	52,665Ω	50,642Ω

Determine os valores de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ .

Sugestão: Calcule primeiro os valores de  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_d = R_3 + R_4$ . Depois, determine os valores de  $R_3$  e  $R_4$ .

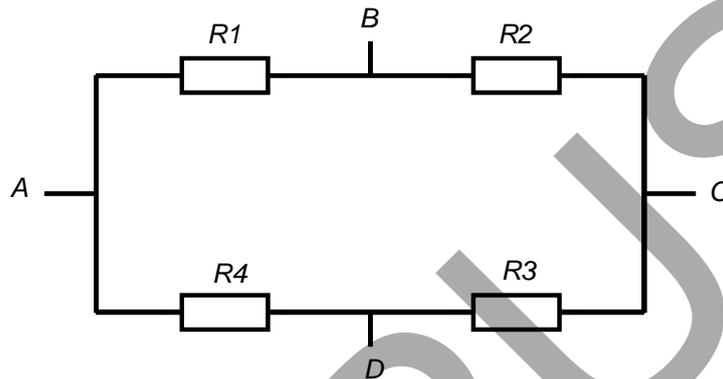


Figura 4: Caixa preta com 4 terminais

**Prática 2:** Meça cuidadosamente os valores das resistências entre os terminais AB, BC, CD, DA, AC e DB da caixa preta com 4 terminais fornecida (figura 4). Calcule os valores dos 4 resistores sabendo que todos eles têm valor comercial.

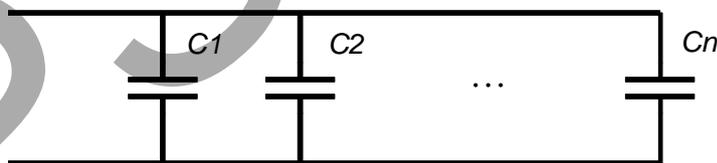
Obs: não se esqueça de anotar a cor do circuito fornecido.

## 1.2 Associação de capacitores

Quando  $n$  capacitores  $C_1$ ,  $C_2$ , ...,  $C_n$  são ligados em série ou em paralelo, o conjunto pode ser substituído pelos elementos equivalentes conforme a figura 5.



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



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

Figura 5: Associação de capacitores

Quando os capacitores são associados em paralelo, a tensão máxima do conjunto será igual à do capacitor com a menor tensão máxima. Quando  $n$  capacitores de mesmo valor são ligados em série, a tensão máxima do conjunto será  $n$  vezes maior que a tensão máxima dos capacitores individuais (supondo que o valor verdadeiro dos capacitores é exatamente igual ao seu

valor nominal). Quando capacitores heterogêneos são associados em série, o cálculo da tensão máxima pode exigir uma análise para cada caso.

**Prática 3:** Meça cuidadosamente com o multímetro digital, os valores dos capacitores fornecidos. Anote os valores das capacitâncias nominais e das tensões máximas de cada um (se disponível). Faça a conexão série dos capacitores e meça a capacitância equivalente desta conexão. Faça então a conexão em paralelo dos capacitores e meça a capacitância equivalente. Apresente uma tabela contendo : valores nominais e valores medidos de cada capacitor; valores calculados e valores medidos das capacitâncias equivalentes para as associações série e em paralelo dos capacitores fornecidos.

### 1.3 Associação de indutores (bobinas)

Quando  $n$  indutores  $L_1, L_2, \dots, L_n$  são ligados em série ou em paralelo (sem que haja acoplamento magnético entre elas), o conjunto pode ser substituído pelos elementos equivalentes conforme a figura 6.

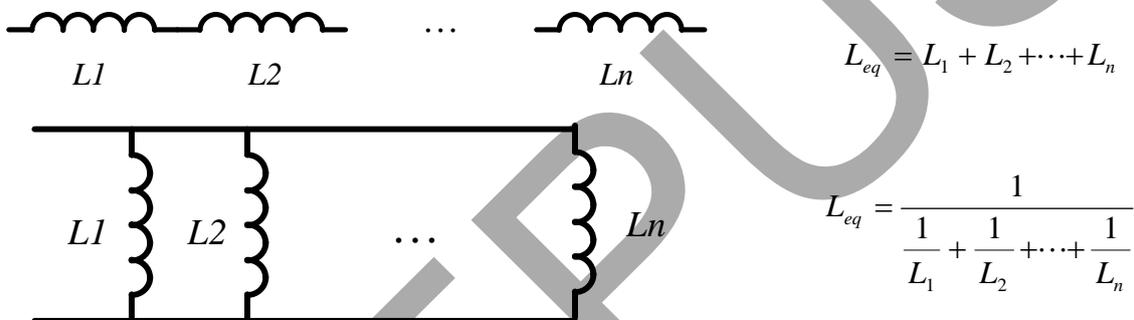


Figura 6: Associação de indutores

### 1.4 Associação de pilhas e baterias

As pilhas ou baterias podem ser associadas em série ou em paralelo. Na associação em série, a tensão fornecida pelo conjunto será a soma das tensões de cada pilha, conforme a figura 7. Obviamente, as pilhas devem ser associadas levando em consideração a sua polaridade (figura 7). Caso alguma pilha esteja com a polaridade invertida, a sua tensão irá contribuir negativamente para a tensão do conjunto. Além disso, possivelmente esta pilha será danificada.

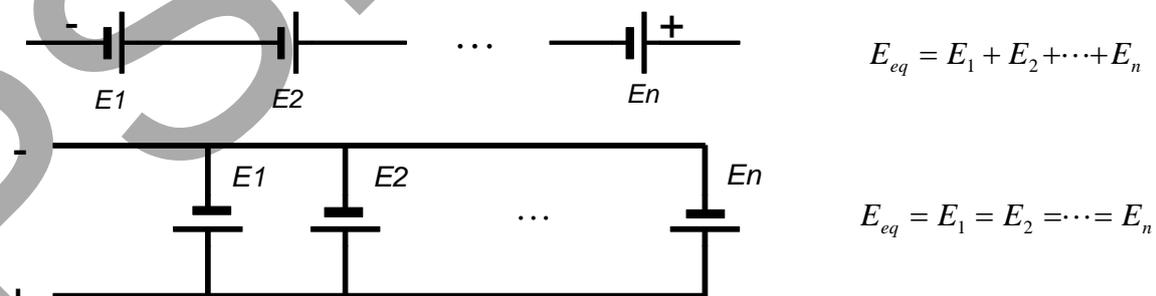


Figura 7: Associação de pilhas

Pilhas de mesmo valor podem ser associadas também em paralelo. O conjunto de pilhas associadas em paralelo fornece a mesma tensão que cada uma das pilhas individuais, mas o conjunto consegue fornecer uma corrente maior ou um valor de corrente determinado por mais tempo. Recomenda-se associar somente pilhas iguais em paralelo, isto é, não se deve associar

em paralelo, pilhas novas juntamente com as gastas ou então pilhas de marcas ou tipos diferentes.

**Lista de material para a parte 1:**

- Multímetro digital
- “Caixa preta” com 3 terminais: (8k2/2k2/27k) ou (56k/27k/15k) ou (5k6/39k/18k).
- “Caixa preta” com 4 terminais: (18k/27k/33k/12k) ou (1k8/3k3/6k8/3k9) ou (8k2/15k/33k/22k).
- 3 capacitores

## 2. Práticas de soldagem

As soldagens são operações indispensáveis na montagem de um aparelho eletrônico. Ela consiste em unir dois condutores (terminais de componentes, placa de circuito impresso, fios, chassis metálicos, etc.) pela solda, que se funde a uma temperatura relativamente baixa. Os dois condutores são envolvidos pela solda em estado líquido. Em seguida, o conjunto é resfriado até atingir a temperatura ambiente. A solda solidifica-se e a junção está feita. A liga que se forma garante uma união rígida, permanente e de baixa resistividade entre os dois condutores.

A solda consiste normalmente numa liga em proporção de 60% de estanho e 40% de chumbo, e pode ser encontrada comercialmente em forma de fio. O fio de solda contém ainda uma resina especial que ajuda a diminuir a oxidação das partes a serem juntadas devido à alta temperatura de soldagem. Além disso, essa resina facilita a soldagem, limpando as superfícies e protegendo-as do ar.

As superfícies a serem soldadas devem estar polidas, sem oxidação ou qualquer outra sujeira. Caso contrário, a solda pode não “pegar”. Se a superfície estiver suja, esta deve ser limpa com uma lixa fina ou palha de aço (bombril). A placa de circuito impresso e alguns componentes costumam vir com a parte metálica destinada à solda coberta por um verniz (incolor ou amarelo transparente) que protege a superfície contra a oxidação e corrosão. Este verniz não precisa ser removido para a soldagem, pois ele se derrete com o calor, cedendo o lugar à solda.

A principal ferramenta de soldagem é aquela que fornece o calor necessário à fusão do material: o soldador elétrico ou ferro de solda. Existem diversos modelos disponíveis no mercado:

- Tipo reto (ou tipo “lápiz”) simples. É o tipo de soldador a ser utilizado na experiência de hoje. Quando sua ponta entra em contato com a superfície metálica que deve ser aquecida para ser soldada, o ferro de soldar deve ceder a ela parte de seu calor. Assim, o ferro de soldar resfria-se enquanto a superfície a ser soldada se aquece, até que o conjunto ponta-superfície atinja uma temperatura de equilíbrio. Portanto, o ferro de soldar deve ser capaz de fazer com que a temperatura de equilíbrio seja suficiente para a fusão do fio de solda. A potência de um ferro de soldar utilizado em eletrônica costuma ser entre 30W e 60W. Se o material a ser aquecido é grande, a dispersão de calor é elevada e é necessário utilizar um soldador de potência maior. Para soldagens de maior precisão, pode-se utilizar soldador de potência menor (por exemplo, 24W). A temperatura máxima de funcionamento depende da potência e o manual dos ferros de solda Hikari fornece a seguinte especificação para os seus produtos:

	SC-30	SC-40	SC-60
Potência consumida	30W	40W	60W
Temperatura máxima	380°C	420°C	450°C

- Tipo reto com regulagem de temperatura. É provido de um interruptor térmico interno que controla a temperatura da ponta a um nível pré-estabelecido. Este sistema permite que o ferro de soldar trabalhe numa temperatura entre cerca de 240°C e 270°C, evitando as altas temperaturas que podem danificar os componentes eletrônicos mais delicados.
- Tipo “revólver” ou de aquecimento rápido. Este ferro de soldar recebe corrente apenas no momento em que se efetua a soldagem. Isto se consegue acionando com o dedo um interruptor colocado no ponto em que ficaria o gatilho de um revólver comum. A ponta destes soldadores faz parte do circuito secundário de um transformador colocado no corpo do

próprio ferro de soldar. Devido à grande corrente que circula quando se aciona o interruptor, a ponta se aquece rapidamente (figura 8).



Figura 8: Ferros de solda tipo “revólver” (extraído de [1]).

As pontas do soldador são feitas de cobre com a superfície especialmente tratada para reduzir ao mínimo a oxidação e a corrosão provocadas pelas altas temperaturas e pela pasta de solda. Por isso, não se deve polir as pontas de solda com abrasivo, pois isto removeria o tratamento da superfície. Muitos fabricantes recomendam banhar a ponta do soldador com a solda no primeiro uso.

Um acessório indispensável para o soldador é a base ou suporte. Ele tem a função de apoiar o soldador comodamente ao alcance da mão. O suporte deve dispor de uma esponja que serve para limpar a ponta do soldador depois de cada soldagem. Ela deve ser mantida úmida durante todo o tempo em que se usa o ferro de soldar.

## 2.1 Soldagem de componentes em circuito impresso

A soldagem de componentes em circuito impresso é uma operação delicada devido à sensibilidade dos componentes eletrônicos a altas temperaturas. É conveniente que a operação dure o tempo estritamente necessário (entre 5 a 8 segundos). Uma soldagem demorada pode danificar o componente por excesso de calor ou provocar o descolamento das trilhas de cobre do circuito impresso.

Antes de realizar a soldagem, coloque o componente a ser soldado na sua devida posição de montagem. Muitos componentes (resistores, diodos, etc.) podem ser montados “deitados” ou “de pé”, de acordo com o espaço disponível na placa. Veja as figuras 9 e 10.

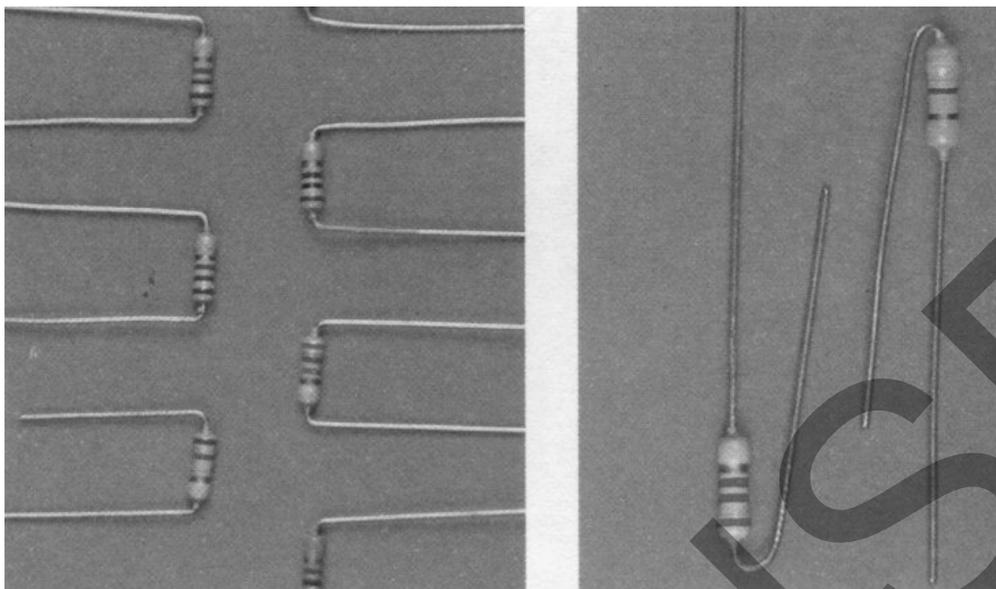


Figura 9: Componentes dobrados para serem montados deitado e em pé (extraído de [1]).

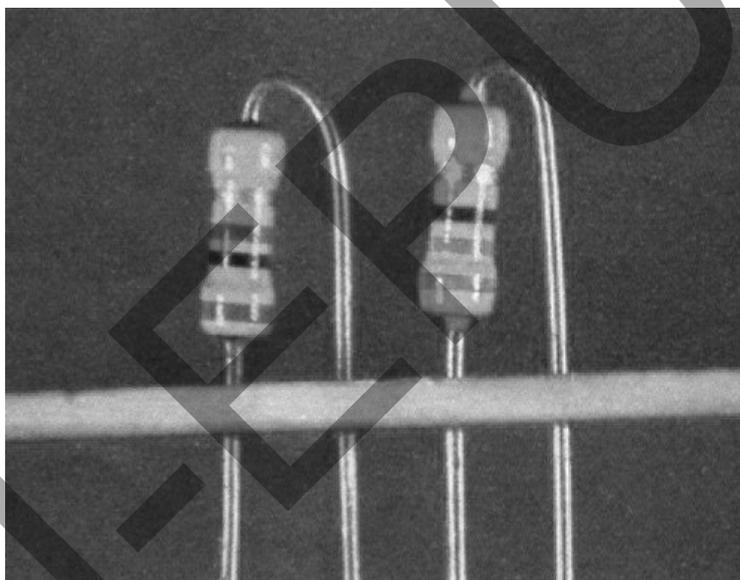


Figura 10: Montagem de componentes em pé (extraído de [1]).

Há dois métodos para soldar os terminais dos componentes na placa de circuito impresso: cortar o pedaço excedente do terminal antes ou depois da soldagem. O primeiro método costuma produzir uma soldagem de qualidade superior, com a solda cobrindo toda a extremidade do terminal. Porém, neste método, os componentes podem facilmente cair do circuito impresso durante o processo de soldagem. O segundo sistema permite uma fixação mais fácil e firme dos componentes, porém é preciso tomar cuidado ao cortar os terminais após a soldagem, para não exercer uma tração mecânica sobre a solda já terminada.

Qualquer que seja o sistema adotado, a ponta do soldador deve ser encostada ao terminal do componente já inserido na placa de circuito impresso para que aqueça, por condução, o terminal e a ilha de soldagem do circuito impresso. Espere de um a três segundos para aquecer as partes a serem soldadas. Depois, sem tirar o soldador do lugar, aproxime o fio de solda, que deve se derreter ao entrar em contato com as superfícies a serem soldadas. É conveniente que o fio de solda não toque diretamente a ponta do soldador, pois isto poderia ocasionar “solda

fria”. Deixe fundir a quantidade de estanho suficiente para cobrir completamente o terminal e a ilha.

Se a soldagem foi bem realizada, o estanho deve estar limpo e brilhante. Por outro lado, se as partes a serem soldadas não foram aquecidas suficientemente, a solda fica opaca e aparecem poros, rachaduras ou formação granular na solda (figura 11). Isto é comumente chamado de “solda fria”. Neste caso, deve-se refazer a solda. Como já foi mencionado, encostar o fio de solda nas superfícies a serem soldadas (e não diretamente na ponta do soldador) evita a formação de “solda fria”, pois se as partes a serem soldadas não estiverem suficientemente quentes, o fio de solda não se derreterá.

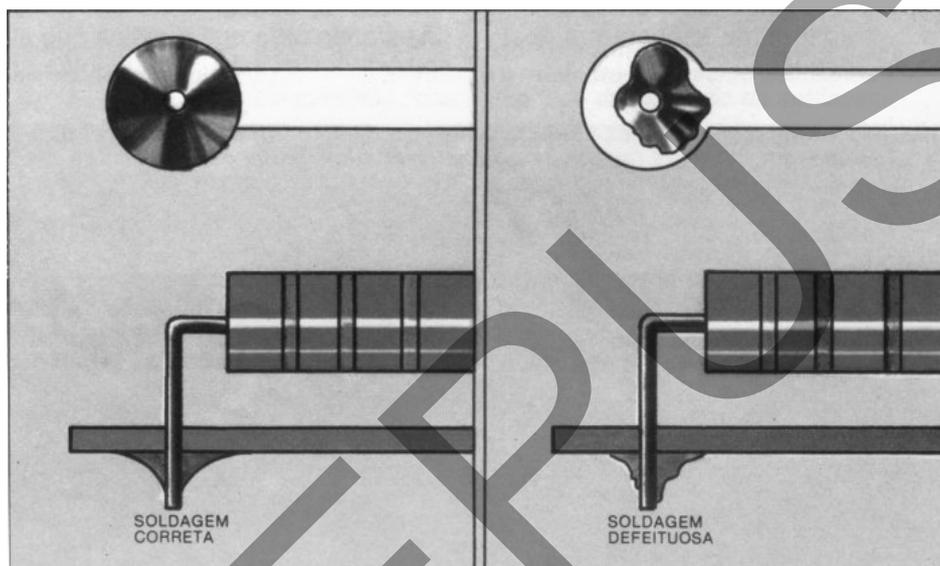


Figura 11: Exemplos de soldagem correta e defeituosa (extraído de [1]).

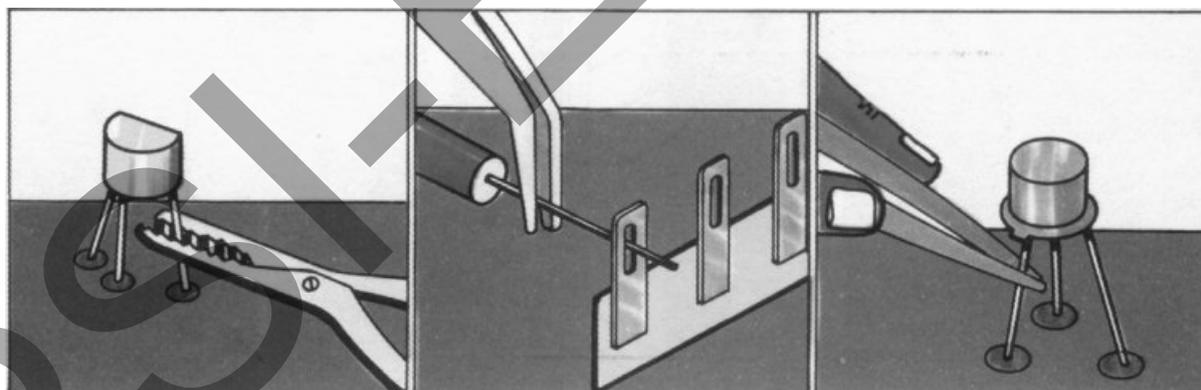


Figura 12: Para evitar que o excesso de calor danifique os componentes, pode-se utilizar as próprias ferramentas como bloqueadoras de calor (extraído de [1]).

Se, acidentalmente, a solda se esparramar, fazendo contato com outra parte do circuito (curto-circuito), o problema deve ser corrigido da seguinte forma: esquite o local do defeito com o ferro de soldar até que a solda se derreta. Em seguida, retire o excesso com um pedaço de madeira ou teflon (não é recomendável o uso de plástico ou metal para esta finalidade).

Quando o componente a ser soldado é muito sensível a altas temperaturas (pequenos transistores, circuitos integrados, alguns tipos de capacitores, diodos, etc.) é conveniente colocar

uma pequena pinça entre o ponto de soldagem e o componente. A pinça vai funcionar como radiador de calor, irradiando para o ambiente uma parte do calor de soldagem antes que este atinja pontos mais sensíveis do componente (figura 12).

## 2.2 Soldagem de fio

Para a soldagem de cabos ou fios isolados por material plástico deve-se, antes de tudo, remover o material isolante que recobre a extremidade a ser soldada. Ao decapar o fio, tome cuidado para não danificar nenhum dos fios condutores. Nos fios esmaltados (utilizados para confeccionar transformadores, indutores e motores), o material isolante é o próprio esmalte, que deve ser removido lixando cuidadosamente a extremidade, até que toda a extremidade do fio fique brilhando com cor de cobre.

Muitas vezes, estanhar (cobrir com estanho) a região decapada do fio facilita a soldagem posterior do mesmo. Este procedimento só não é recomendável para soldar o fio diretamente na placa impressa, pois após receber o banho de estanho o fio pode ficar demasiado grosso e não passar mais pelo furo da placa. Para estanhar, aqueça a extremidade decapada do fio condutor com o soldador durante uns 3 segundos (se o aquecimento demorar demasiadamente, danifica-se a capa isolante, derretendo-a). Depois, sem tirar o soldador, encoste o fio de solda na parte aquecida do fio. A solda deve derreter e espalhar-se pela parte decapada do fio. Um fio estanhado deve deixar transparecer a silhueta dos fios condutores (figura 13). Caso contrário, foi colocado excesso de estanho.

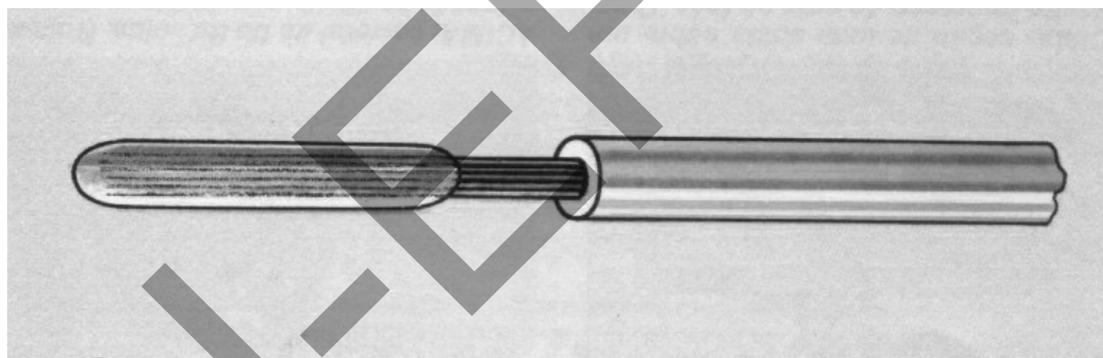


Figura 13: Estanhamento da extremidade decapada de um fio flexível (extraído de [1]).

Uma vez estanhado o fio, é conveniente providenciar uma fixação mecânica provisória para que o fio fique parado na posição que deve permanecer após a soldagem. Não é muito recomendável que uma outra pessoa fique segurando as partes a serem soldadas pois os pequenos tremores na mão podem impedir uma boa soldagem. Por exemplo, para soldar um fio na chave “HH” (que será usada na montagem da fonte de alimentação do item 3), pode-se fazer um “gancho” com o fio, e prender no terminal da chave. Depois, aqueça as partes com o soldador. Se necessário, coloque mais estanho, encostando o fio de solda.

## 2.3 Prática de soldagem

Antes de mais nada, coloque água na esponja do suporte do ferro de solda. Ligue o soldador, coloque-o no suporte, e deixe-o esquentar.

**CUIDADO:** Não toque na parte metálica do soldador nem na espiral do suporte. Isto pode provocar queimaduras. Cuidado para não tocar a capa de um fio elétrico ou qualquer outro material feito de plástico com o ferro de solda quente. Mesmo após desligado, o soldador e a espiral do suporte demoram certo tempo para esfriar. Espere esfriar antes de guardá-los na caixa de ferramentas.

**O fabricante do ferro de soldar recomenda:** Ao ligar seu ferro de soldar pela primeira vez, é imprescindível que logo no início do aquecimento, a ponta seja estanhada em toda a área de banho (na extremidade da ponta). Se o ferro estiver ligado e fora de uso, manter sempre a ponta estanhada. Este procedimento aumenta consideravelmente sua vida útil.

Solde dois resistores no circuito impresso, um deitado e outro de pé. Solde os dois fios, um através do furo do circuito impresso e outro diretamente no circuito impresso. Siga as instruções do professor.

Entre uma soldagem e outra, recomenda-se limpar a ponta do soldador na esponja úmida.

#### 2.4. Dessoldagem

Por diversos motivos, pode aparecer a necessidade de se desfazer uma soldagem. Isso acontece principalmente quando é necessário fazer um conserto ou uma medição especial.

A dessoldagem de fios não costuma apresentar grandes problemas: basta derreter a solda e puxar o fio.

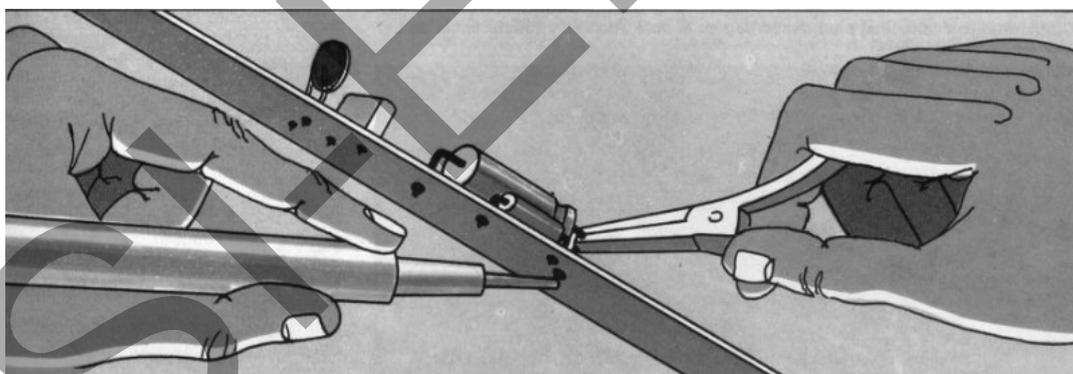


Figura 14: A dessoldagem por aplicação de soldador e tração simultânea pode danificar o componente ou o circuito (extraído de [1]).

A dessoldagem de componentes simples (principalmente aqueles com apenas dois terminais) do circuito impresso também pode ser feita derretendo-se a solda e tracionando simultaneamente o componente com um alicate (figura 14). (Nota: não puxe o componente com a mão, pois este costuma atingir temperaturas altas). Porém este método apresenta alguns inconvenientes:

- Não é fácil dessoldar desta forma um componente com muitos terminais (como circuito integrado) pois seria necessário derreter todas as soldas ao mesmo tempo.
- O furo do circuito impresso onde ficava o componente normalmente fica obstruída. Isto dificulta a colocação do novo componente.
- Corre-se o risco de danificar tanto o componente como o circuito impresso.

Para evitar estes inconvenientes, existem ferramentas especialmente projetadas para ajudar a dessoldagem. Uma delas é o sugador de solda (aspirador de êmbolo para dessoldagem).

Para utilizar o sugador, primeiro arme o êmbolo do sugador. Depois, com o soldador derreta o ponto de solda (figura 15). Assim que a solda derreter, cubra o estanho derretido com o bico do sugador e acione o gatilho. O componente deve sair e o furo deve ficar limpo para colocação de um outro. Para evitar que o bico entupa, após cada dessoldagem, empurre o pistão além do ponto de engatilhamento (figura 16). Isto deve eliminar o estanho sugado.

Um outro método bastante difundido para dessoldagem é o que emprega uma trancinha de fios de cobre. A trancinha dessoldante, feita de fios de cobre muito finos entrelaçados, forma uma tira chata de espessura reduzida (figura 17). Para dessoldar, coloca-se sobre a parte soldada uma pequena porção da trancinha, aplicando-se sobre esta o soldador. O calor passa para o estanho e provoca a sua fusão. Então, pela capilaridade, o estanho é absorvido. Essa porção da trancinha fica inutilizada. Se o estanho não foi completamente absorvido, deve-se repetir a operação. Os segmentos usados de trancinha devem ser cortados e eliminados.

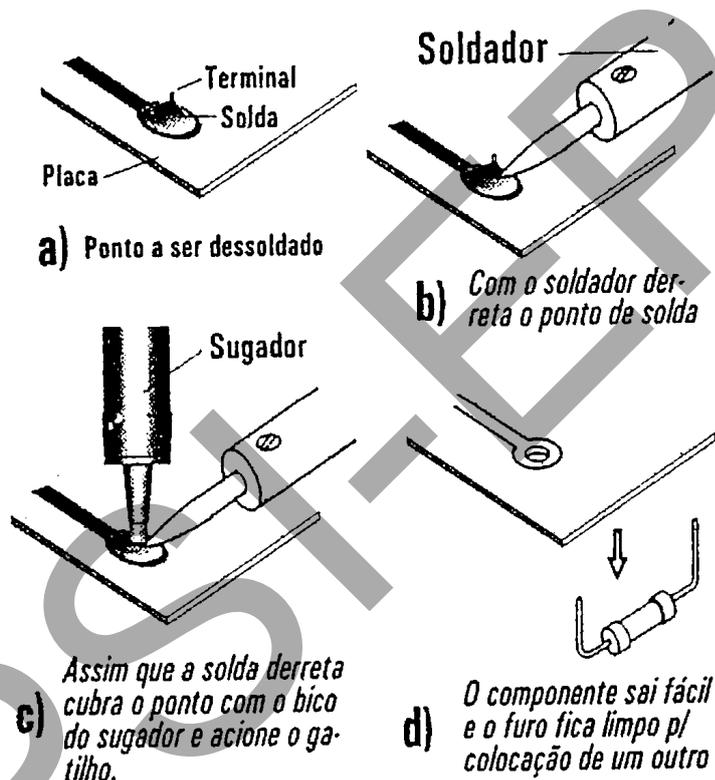


Figura 15: Uso do sugador (extraído de [4]).



Figura 16: Eliminação do estanho do sugador. Para evitar que o bico entupa, empurre o pistão além do ponto de engatilhamento, fazendo movimentos alternados (extraído de [4]).



Figura 17: Trancinha dessoldante (extraído de [1]).

**Lista de material para a parte 2:**

- Alicate de bico longo
- Alicate de corte
- Soldador
- Suporte para soldador
- Fio de solda
- 2 resistores
- 30 cm de fio flexível 22AWG
- Sugador de solda
- Peça de placa de circuito impresso

### 3. Montagem de fonte de alimentação

A fonte de alimentação é um componente indispensável em vários aparelhos eletrônicos. A sua função é transformar a tensão alternada da rede (110V ou 220V) para tensão contínua que os aparelhos necessitam para funcionar. Os componentes principais da fonte de alimentação são:

1. Transformação da tensão de entrada da rede elétrica para tensão alternada de menor amplitude;
2. Retificação da tensão alternada;
3. Filtragem ou estabilização da corrente retificada.

Na figura 18 está representado o circuito que iremos montar. Vamos descrever brevemente o seu funcionamento. Em primeiro lugar, pode-se notar as chaves liga-desliga e seletor de tensão de entrada (110/220). A tensão de entrada alimenta um transformador cujo secundário fornece uma tensão AC 15-0-15 volts. O objetivo do ramo constituído pelo diodo 1N4002, led e o resistor  $R_1$  de  $330\Omega$  é acender o led quando o aparelho estiver ligado. Depois, os dois diodos 1N4002 seguidos pelo capacitor  $C_1=2200\mu\text{F}$  retificam a tensão alternada, transformando-a em tensão contínua. O circuito integrado LM317T é o regulador de tensão ajustável. Ele está protegido internamente contra excesso de corrente (1,5A) e contra a sobrecarga térmica. Assim, em princípio, a fonte está protegida contra eventuais curto-circuitos dos terminais de saída mas, mesmo assim, recomendamos não provocar curtos-circuitos na saída. Os dois resistores fixos ( $R_2=1\text{k}$  e  $R_3=270\Omega$ ), juntamente com o resistor variável (potenciômetro) (2,2k linear) permitem ajustar a tensão de saída da fonte de 1,25V a 12V. Por fim, o capacitor final de  $C_2=1\mu\text{F}$  ajuda a melhorar a resposta a transitórios. Se o transformador (ou trafo, em linguagem popular) fosse capaz de fornecer uma corrente alta, todo o resto do circuito poderia fornecer com segurança até 1,5A. Porém, como isto encareceria o kit, foi utilizado um transformador que fornece aproximadamente 400mA em 12V (em tensão mais baixa, o trafo consegue fornecer mais corrente).

Para a montagem do kit, siga estritamente as instruções do professor. Somente as principais fases da montagem estão descritas abaixo.

Em primeiro lugar, identifique onde cada componente (transformador, circuito impresso, duas chaves HH, resistor variável e led) ficarão acomodados dentro da caixa plástica.

Agora, monte o circuito integrado LM317T no dissipador de calor. Solde os componentes na placa de circuito impresso. Costuma-se sugerir que sejam soldados primeiramente os componentes mais baratos: primeiro os resistores, depois os diodos, os capacitores e por fim o circuito integrado. Cuidado para não inverter a polaridade dos capacitores e diodos. Cuidado para identificar corretamente os valores dos 3 resistores. Lembre-se de que o dissipador de calor está ligado eletricamente a um dos três terminais do circuito integrado, de forma que se deve evitar que o mesmo entre em contato com qualquer parte metálica.

Solde o fio de alimentação no transformador, passando pelas duas chaves HH, de acordo com a figura 18. Lembre-se de reservar um comprimento de fio suficiente para que o transformador e as duas chaves possam ficar acomodadas nas respectivas posições dentro da caixa plástica. Utilize fios de cores diferentes para poder identificá-los mais facilmente. Anote como a chave 110/220V deve ser inserida na caixa para que indique corretamente a tensão de entrada. Cada chave HH é constituída internamente por duas chaves que funcionam simultaneamente.

É interessante ligar as duas chaves internas em paralelo, pois isto diminui a possibilidade de ocorrerem maus contatos. Dê um nó no fio de alimentação na altura apropriada com a finalidade de evitar que um eventual "puxão" no fio se propague para dentro da caixa plástica.

Solde os dois jacarés no fio de saída CC. Lembre-se de que a capa plástica do jacaré deve ser retirada e inserida no fio antes de efetuar a soldagem dos jacarés. Caso contrário, é impossível inserir a capa após a soldagem. Dê um nó no fio na altura apropriada.

Solde dois fios entre o resistor variável (potenciômetro) e a placa de circuito impresso. O resistor variável (potenciômetro) tem 3 terminais. Somente dois deles serão utilizados: o terminal central e mais um. Identifique qual dos dois terminais laterais deve ser utilizado para que, quando o resistor estiver virado totalmente à esquerda, o resistor tenha a resistência nula (e a fonte forneça 1,25V). Recomenda-se curto-circuitar o terceiro terminal não utilizado com o terminal central. Isto garante que, mesmo se houver um mau contato do terminal central do potenciômetro, a resistência nunca ultrapassa 2,2k $\Omega$  (Ver Fig.19). Interligue o led e a placa de circuito impresso através de dois fios de cores diferentes (normalmente, utiliza-se vermelho para + e preto para -). Estes fios devem ter comprimento suficiente para que o led e o circuito impresso possam ficar acomodados nas respectivas posições na caixa plástica. Tome cuidado para não inverter a polaridade do led: o terminal negativo é identificado pelo terminal mais curto e também por um chanfro (isto é, um corte na base). Também tome cuidado para que os dois terminais do led não possam entrar em curto, dobrando-os ou isolando-os com uma fita isolante. Solde o fio de saída CC (vermelho/preto) nas respectivas posições do circuito impresso.

Coloque as duas chaves HH nas respectivas posições dentro da caixa e, utilizando o soldador, derreta o pino de plástico para fixá-los. Limpe a ponta do soldador na esponja úmida para evitar que o plástico continue queimando. Parafuse o resistor variável e o led. Fixe o transformador e a placa com parafusos. Feche a caixa tomando cuidado de não esmagar os fios. Parafuse a caixa. Insira e parafuse o knob. Pronto!

Selecione a tensão de entrada (110/220) e ligue a fonte. O led deve acender. Caso contrário, desligue rapidamente a fonte e proceda à verificação do erro de montagem. Se o led acender, verifique com um multímetro se a fonte está fornecendo a tensão correta: 1,25V com o potenciômetro virado totalmente à esquerda e um pouco mais de 12V com o potenciômetro virado completamente para direita.

### **Lista de material para a parte 3:**

- Alicates de corte
- Soldador
- Suporte para soldador
- Fio de solda
- Chave de fenda
- Kit de fonte de alimentação
- Multímetro digital
- Resistores 68 $\Omega$ , 5W (carga para a fonte)

O kit da fonte de alimentação é constituído de:

1 caixa plástica CF125 para fonte de alimentação- dimensões 60x80x125	4 parafusos para fechar caixa plástica
1 capacitor $C_1$ 2200 $\mu$ F (25V ou mais)	1 chave HH liga-desliga
1 chave seletora HH 110-220	1 garra jacaré GJ766/GJ70PT pequena isolada preta
1 garra jacaré GJ766/GJ70PT pequena isolada vermelha	1 transformador fonte 110/220 x 15-0-15 (450mA ou mais).
2 parafusos com porcas para fixar transformador	1 led L513SRC 5M vermelho.
2 diodos ( $D_1$ e $D_2$ ) 1N4002 ou equivalentes	1 diodo $D_3$ 1N4002
1 placa de circuito impresso 25x75 para fonte	2 parafusos para fixar placa
1 knob nº 12	1 potenciômetro circular 2,2k linear ( <b>veja a observação abaixo</b> )
1 fio 2x12 com plug	1 circuito integrado LM317T com dissipador.
1 dissipador para LM317T	1 parafuso com porca para dissipador
1 capacitor $C_2$ 1 $\mu$ F (16V ou mais)	1,5m fio bicolor 2x20
30cm de fio 22AWG flexível branco	30cm de fio 22AWG flexível preto
30cm de fio 22AWG flexível verde	30cm de fio 22AWG flexível vermelho
1 resistor $R_3$ 270 $\Omega$ (1/8W ou mais)	1 resistor $R_1$ 330 $\Omega$ (1 W ou mais)
1 resistor $R_2$ 1k $\Omega$ (1/8W ou mais). <b>Veja a observação abaixo.</b>	

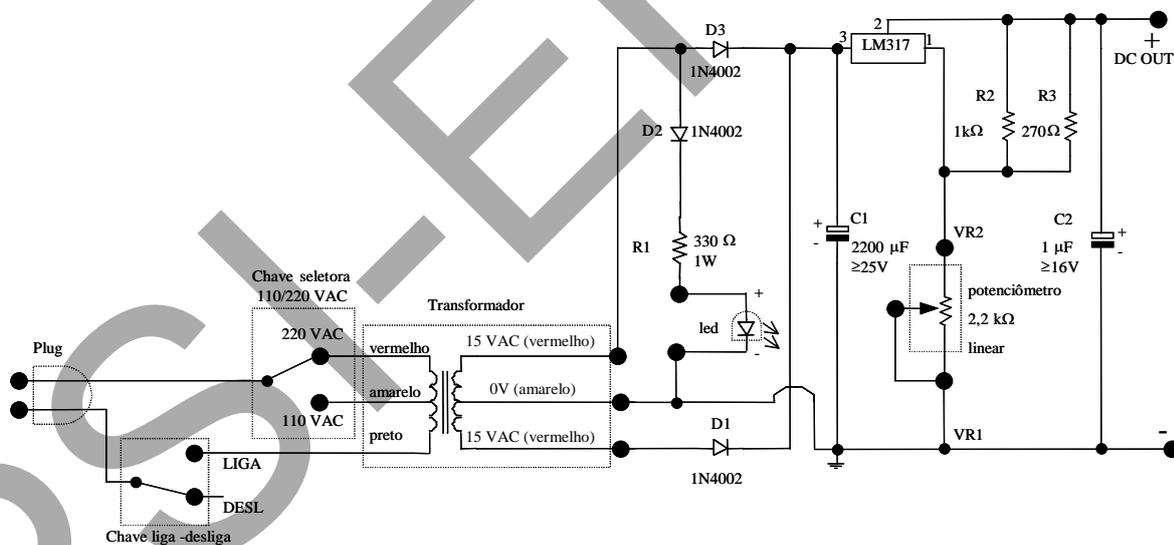


Figura18: Circuito esquemático da fonte de alimentação regulável

**Observação :** O kit da fonte de alimentação poderá vir com um entre vários tipos de potenciômetro. Cada modelo possui o valor máximo ligeiramente diferente. Aí ocorre um problema: dependendo do potenciômetro, a fonte construída pode não atingir 12V de saída máxima. Para resolver este problema, consideremos a equação abaixo para determinar a tensão de saída do circuito integrado LM-317:

$$V_0 = 1,25 \left( \frac{R_p}{R_{23}} + 1 \right)$$

onde  $R_p$  é o valor do potenciômetro e  $R_{23}$  é o valor resultante da associação em paralelo dos resistores  $R_2$  e  $R_3$  (veja a figura 18).

Baseado na equação acima, construímos a tabela abaixo que relaciona os valores dos resistores  $R_2$  para que a saída máxima  $V_{omax}$  seja ligeiramente superior a 12V, para os diferentes modelos de potenciômetros:

$R_{pmax}$	$R_2$	$V_{omax}$
2,2 k $\Omega$	3,3 k $\Omega$	12,27 V
1,85 k $\Omega$	1 k $\Omega$	12,13 V
2,45 k $\Omega$	$\infty \Omega$ (isto é, sem $R_2$ )	12,59 V

A tabela foi calculada mantendo  $R_3$  fixo em 270 $\Omega$ . Assim, deve-se medir o valor máximo que o potenciômetro atinge e escolher  $R_2$  de acordo.

Ligações do potenciômetro.

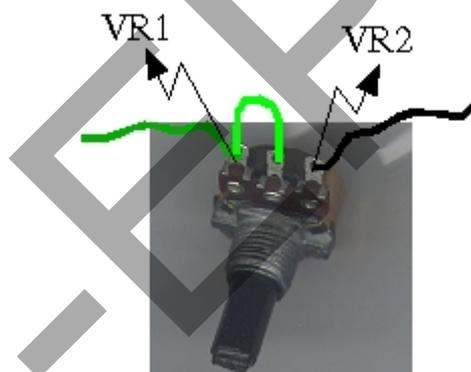


Figura 19 : Ligações do potenciômetro.

No anexo a seguir um resumo das características do LM317.

### Bibliografia

- [1] Eletrônica Passo a Passo, vol. 1, Abril Cultural, 1984.
- [2] Curso de Circuitos Elétricos, L. Q. Orsini, D. Consonni vol. 1, Ed. Edgard Blücher, 2002.
- [3] Linear Databook, National Semiconductor, 1980.
- [4] Manual do sugador de solda CETEISA SS-1F.

## Anexo: Características elétricas do LM317

### LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

#### General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

#### Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P\* Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

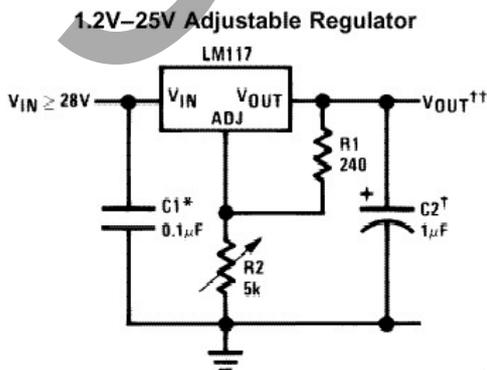
#### Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified,  $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$ , and  $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ .

Parameter	Conditions	LM317A			LM317			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Voltage		1.238	1.250	1.262				V
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ , $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ , $P \leq P_{MAX}$	<b>1.225</b>	<b>1.250</b>	<b>1.270</b>	<b>1.20</b>	<b>1.25</b>	<b>1.30</b>	V
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ (Note 4)		0.005	0.01		0.01	0.04	%/V
			<b>0.01</b>	<b>0.02</b>		<b>0.02</b>	<b>0.07</b>	%/V
Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ (Note 4)		0.1	0.5		0.1	0.5	%
			<b>0.3</b>	<b>1</b>		<b>0.3</b>	<b>1.5</b>	%

LM117/LM317A/LM317

#### Typical Applications



#### LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A