

Experiência 5 — Combinações de Componentes e Práticas de Soldagem

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.

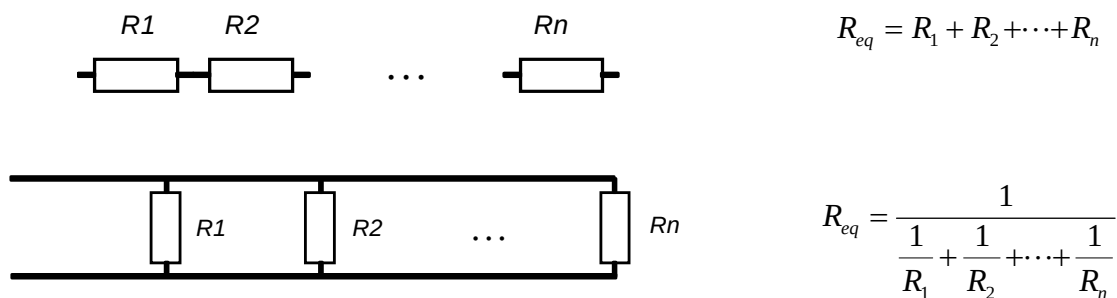


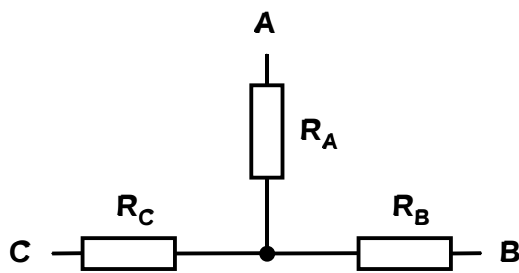
Figura 1: Associação de resistores

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

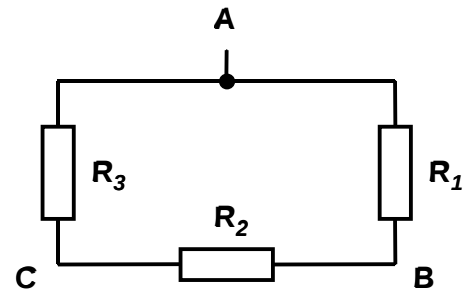
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

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

$$R_A = \frac{R_{AB} + R_{AC} - R_{BC}}{2} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} + R_{BC} - R_{AC}}{2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_C = \frac{R_{AC} + R_{BC} - R_{AB}}{2} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

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

$R_A = R_1 + R_2 + R_3$

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 .

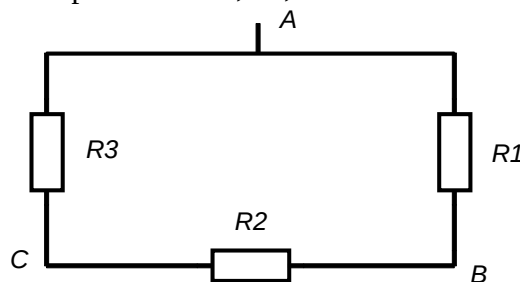


Figura 3: Caixa preta com 3 terminais

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 .

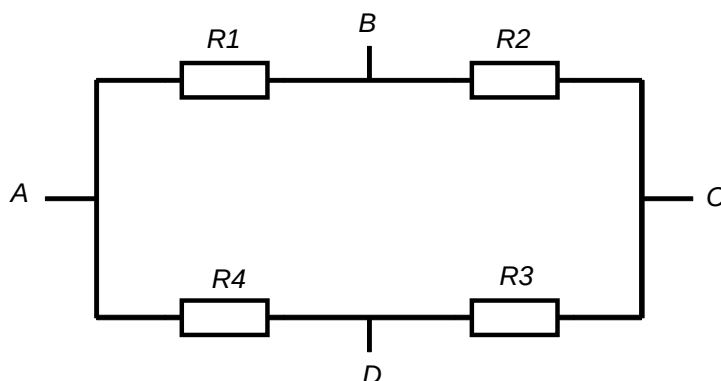


Figura 4: Caixa preta com 4 terminais

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.

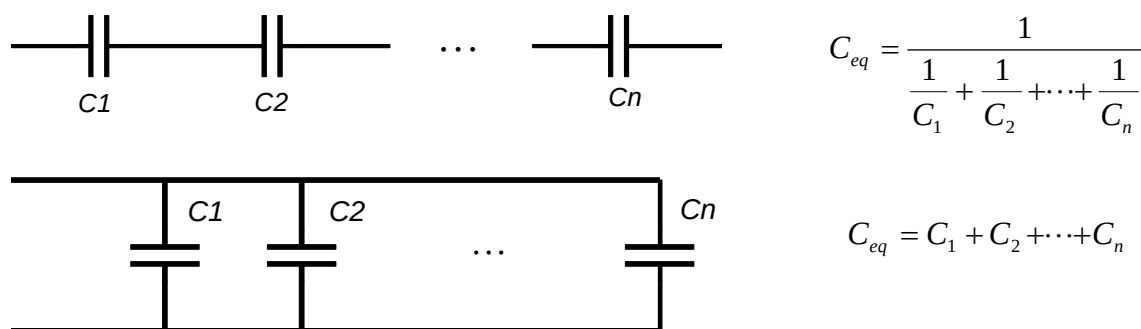


Figura 5: Associação de capacitores

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.

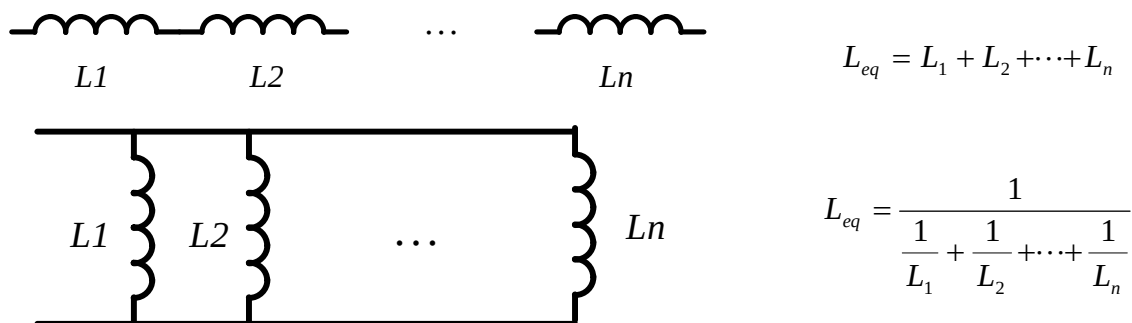


Figura 6: Associação de indutores

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.

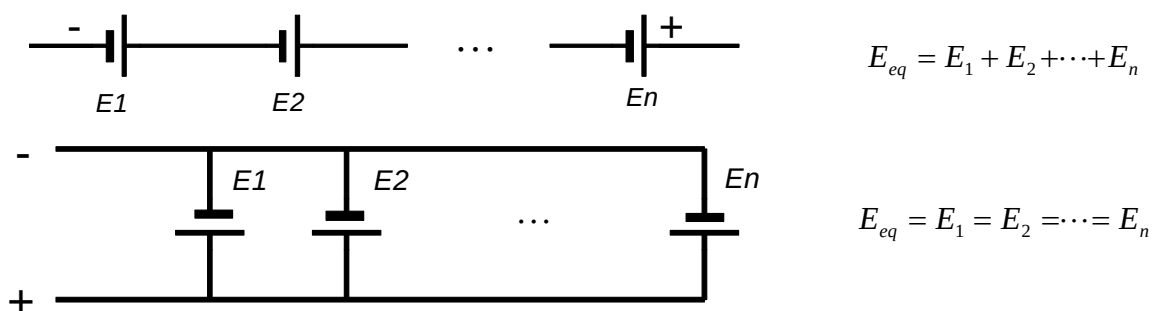


Figura 7: Associação de pilhas

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 “lápis”) 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 regulação 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.

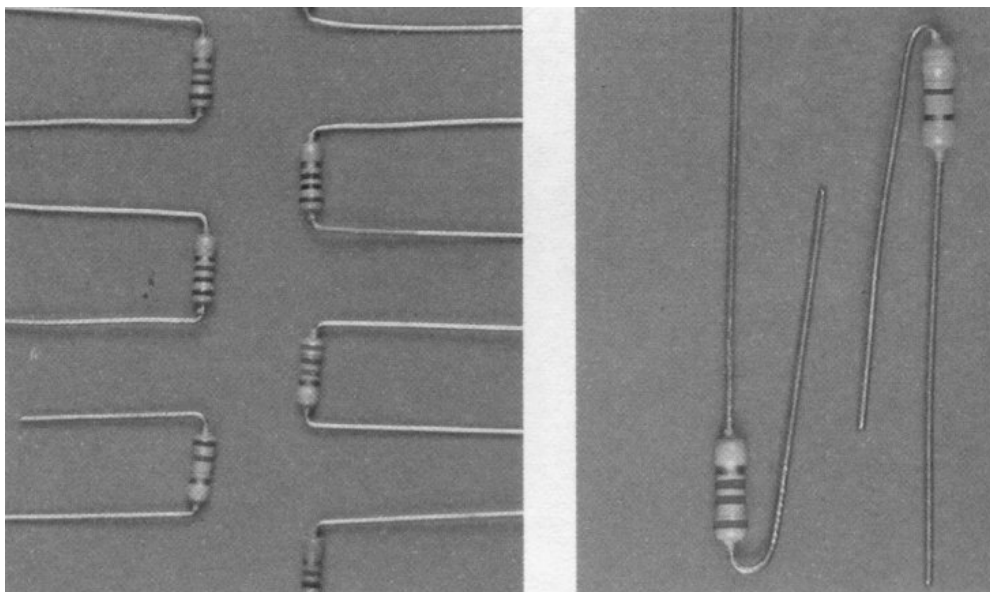


Figura 9: Componentes dobrados para serem montados deitado e em pé (extraído de [1]).

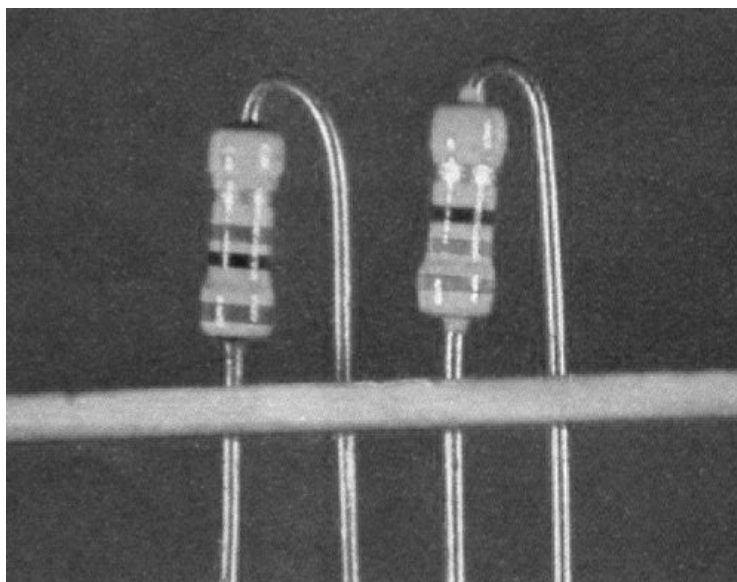


Figura 10: Montagem de componentes em pé (extraído de [1]).

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.

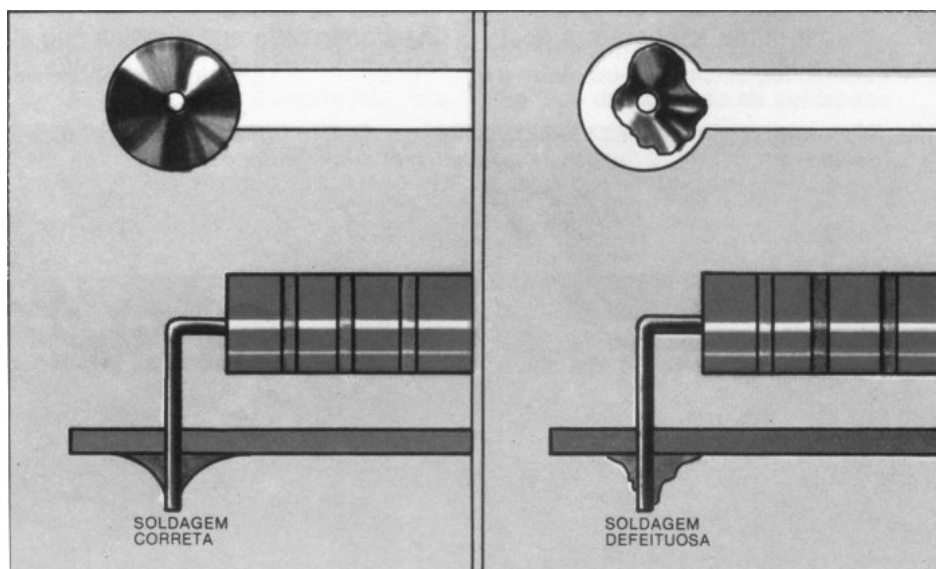


Figura 11: Exemplos de soldagem correta e defeituosa (extraído de [1]).

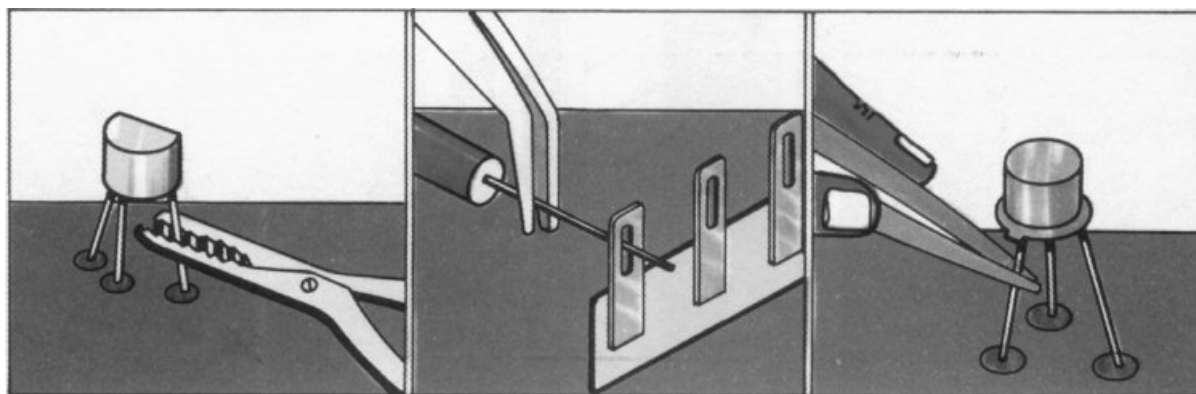


Figura 12: Para evitar que o excesso de calor danifique os componentes, pode-se utilizar as próprias ferramentas como bloqueadoras de calor (extraído de [1]).

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.

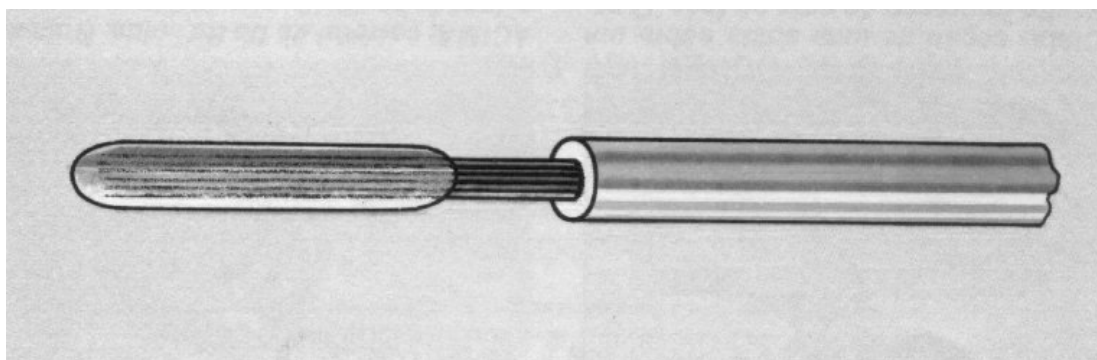


Figura 13: Estanhamento da extremidade decapada de um fio flexível (extraído de [1]).

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.

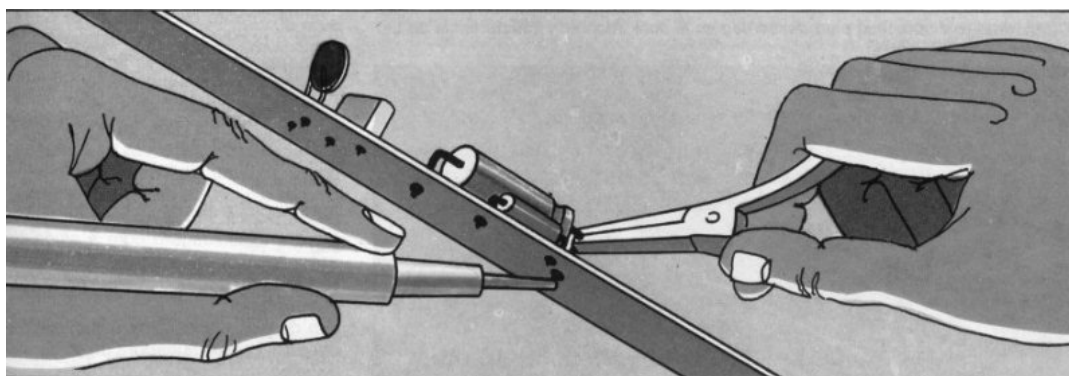


Figura 14: A dessoldagem por aplicação de soldador e tração simultânea pode danificar o componente ou o circuito (extraído de [1]).

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.

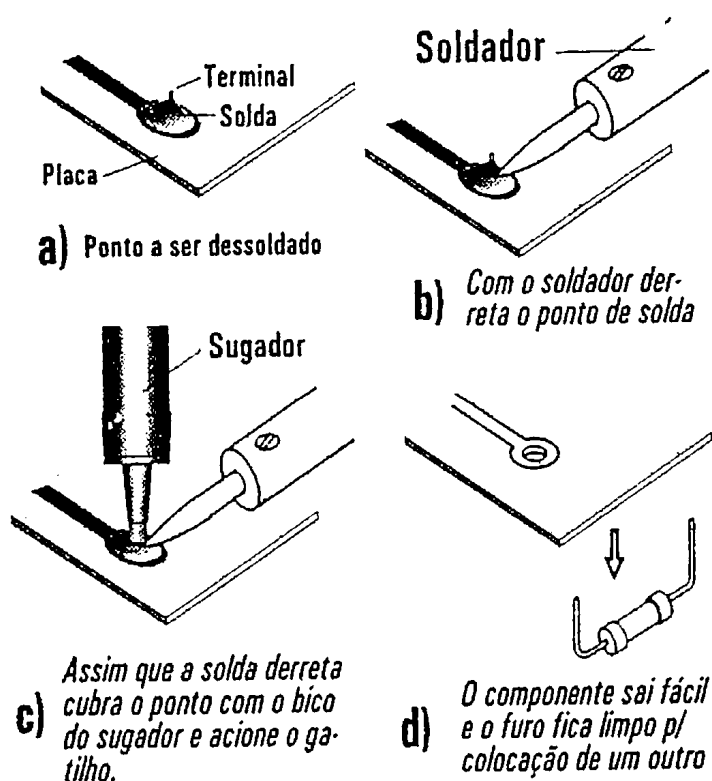


Figura 15: Uso do sugador (extraído de [4]).



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

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.