LABORATÓRIO TRIPA SECA

EDUARDO LELIS CLEMENTE DE OLIVEIRA

**Projeto de PCI’s**

JUIZ DE FORA

2020

O intuito deste texto é deixar documentados os passos para a construção de um circuito eletrônico desde o projeto do esquemático até a obtenção de um circuito artesanal o mais profissional possível.

Serão escritas as etapas básicas para a o projeto e construção de um protótipo, que será o teste para saber se já é possível encomendar as placas definitivas que servirão para o projeto final, para comercializar ou aplicar em algum projeto.

* Projeto do esquemático no Proteus.
* Criação do código do microcontrolador se for o caso.
* Montagem do circuito na protoboard.
* Projeto do layout da PCI.
* Impressão do layout em papel Couchê, em impressora a laser.
* Corte da placa cobreada.
* Transferência do layout para a placa de cobre por transferência térmica.
* Correção de curtos e falhas.
* Corrosão da placa com Percloreto de Ferro.
* Correção de curtos e falhas após a corrosão.
* Impressão e transferência do Top Silk para a placa.
* Furação da placa.
* Aplicação de verniz de placa.
* Soldagem dos componentes.
* Correção de curtos e falhas após a soldagem.
* Lista de materiais para soldagem.

A partir desses passos básicos é possível criar um protótipo de um circuito projetado, para que este seja testado na prática e seja possível observar possíveis melhoras e otimizações do circuito antes que estes sejam fabricados de forma definitiva.

A partir de agora cada um dos passos acima será detalhado, deixando claras as técnicas básicas de construção de PCI e comentando sobre cada uma das técnicas e o que é boa prática e o que não é, a partir das experiências que venho tendo na construção dos meus circuitos em PCI. A partir do meu contexto de laboratório, isto é, as ferramentas e materiais que tenho, não é possível realizar tudo o que proponho neste documento, porém, a medida que o meu laboratório for melhorando, posso testar todos os passos e técnicas aqui citadas.

Ainda, a partir do momento em que eu realizar mais práticas e tirar mais conclusões, este texto será incrementado com essas informações.

1. **Projeto do esquemático no Proteus**

O projeto de um esquemático no Proteus será a primeira etapa para um projeto que se deseja construir. No esquemático será possível extrair da ideia o circuito que irá formar o projeto final. Assim, nesta etapa ocorre a escolha dos melhores componentes para o circuito, tanto no que diz respeito ao funcionamento quanto no que diz respeito no tamanho do componente, que irá influenciar o desenvolvimento do layout posteriormente.

Não há regras específicas na construção de um esquemático, basta entender de eletrônica e construir um circuito. Deve-se prezar sempre a organização na montagem do esquemático, evitando muitas linhas, inclusive linhas cruzadas. O layout do esquemático deve estar mais limpo possível, deixando claros os componentes utilizados e suas interligações.

Sempre ao final do desenho do esquemático deve-se conferir se todas as ligações estão feitas corretamente, tanto fisicamente quando logicamente. Isto é, se as um componente está realmente conectado em outro, e se aquele componente está corretamente ligado, resultado no funcionamento que se espera do circuito.

1. **Criação do código do microcontrolador:**

A criação do código do microcontrolador logo no inicio do projeto irá permitir que o circuito seja testado na protoboard. O código deve ser desenvolvido de acordo com o circuito já projetado no esquemático, fazendo um mapeamento de hardware e já deixando definido quais são as entradas e saídas do circuito. Assim, mesmo que o código ainda não seja definitivo, ele já irá conter a base necessária para o projeto em questão.

Não há regras ou técnicas específicas nesta etapa. O desenvolvimento de um código para um circuito microcotrolado irá depender do circuito e do objetivo final que se deseja. Portanto, várias técnicas de programação podem ser usadas, desde que o objetivo final seja cumprido.

1. **Montagem de circuito na protoboard**

Nesta etapa monta-se o circuito projetado em protoboard, fazendo o máximo para que a montagem fique igual ao esquemático, isto é, que a montagem fique parecida ao máximo com o circuito que será construído em PCB.

Para fazer a montagem em protoboard, deve-se levar em consideração tudo que é boa prática quando se faz esse tipo de montagem. Geralmente o tipo de ligação que se faz é do tipo “aranha”, que usa vários fios de tamanho único para todo o circuito. Porém, caso seja possível, é boa prática utilizar fios com tamanho específico para cada ligação. Esta prática faz com que o circuito fique mais organizado e corra menor risco de mau funcionamento, principalmente por ruídos que podem ocorrer.

Quanto aos ruídos, deve-se tomar muito cuidado com circuitos que utilizam sensores, ou tenham funcionamento crítico, isto é, sejam suscetíveis a interferências por ruído. Um exemplo prático de como o ruído pode atrapalhar o funcionamento da montagem é o termômetro projetado em PCI. Este circuito sempre mostrava a temperatura errada, variando muito rapidamente. Quando foi feita a ligação do sensor com fios menores, e mais próximo da entrada do microcontrolador, o ruído diminuiu bastante, fazendo a medição se aproximar mais da medição correta.

Assim como na construção do esquemático, ao terminar a montagem, deve-se verificar se todas as ligações estão feitas de maneira correta. Tanto se o componente está ligado no lugar correto, quanto se todos eles estão interligados da maneira correta. Estando tudo certo, caso o circuito seja microcontrolado, basta carregar o código no mesmo e inseri-lo na montagem.

A partir de agora resta apenas testar o funcionamento do circuito e se ele funciona da maneira como se quer. Caso haja microcontrolador, esta etapa também serve para um teste básico de seu código. Se o circuito funcionou como se esperava, pode-se verificar se há alguma coisa para ser melhorada tanto na montagem quanto no esquemático. Se o circuito não funcionou como esperado, deve-se procurar o erro que provocou o mau funcionamento. Pode ser um erro tanto na ligação dos circuitos, que pode ter sido feita de maneira errada, quanto pode ser um erro no código do circuito. Ainda, o erro pode estar na lógica do circuito ou na lógica do programa. Interferências internas ou externas podem gerar problemas de funcionamento também.

Corrigindo todos os erros e fazendo o circuito funcionar como se espera, deve-se observar se existe algum componente esquentando demais. O aquecimento a longo prazo pode danificar o circuito e provocar mau funcionamento.

Fazendo todos os testes e correções, assim como observações de funcionamento, o circuito está pronto. O passo seguinte é projetar o layout da PCI, também utilizando o Proteus.

1. **Projeto do layout da PCI**

Este é uma das etapas mais importantes do projeto. Nela será definido o tamanho da placa que será utilizado no produto final, a forma de ligação dos componentes, a complexidade da placa e até o modo como o circuito será utilizado na prática, isto é, como será a estrutura e design do produto final, no que diz respeito à carcaça do produto, considerando seu tamanho e disposição.

Para fazer o layout utiliza-se o software Proteus, que utiliza o esquemático criado para incrementar os componentes utilizados e as ligações entre eles no layout da PCI. No programa, existem várias configurações e ferramenta que podem ser utilizadas para a criação do layout. Aqui serão expressas as principais ferramentas e as principais configurações que se utiliza na prática, e alguns parâmetros mais utilizados.

Primeiramente, deve ser definido o tamanho da placa que será feita. A partir do tamanho da placa, cria-se uma layer denominada Board Edge. Essa layer definirá os limites da PCI. Dentro dela, deve-se posicionar da melhor maneira possível os componentes, de forma que haja menor número de cruzamento de trilhas possível e, ainda, permita que a placa seja o menor possível.

Logo após definir o tamanho da placa e distribuir os componentes da melhor forma possível, devem-se definir as regras para o roteamento de trilhas. Nas regras de roteamento define-se a distância entre trilhas e trilhas e trilha e ilhas. Para um protótipo caseiro, é aconselhável que essa distância seja de, no mínimo, 20th = 0,508mm. Essa distância evita possíveis curtos criados na transferência do layout para a placa e durante a corrosão. Ainda, nas regras de roteamento define-se a largura das trilhas que serão utilizadas na placa. Para construções caseiras é aconselhável que essa largura seja de no mínimo 20th = 0,508mm, para evitar falhas nas trilhas no momento de passagem do layout para a placa e na hora da corrosão. Define-se também, se as trilhas serão roteadas em Bottom Copper, isto é, na face de baixo da placa, ou em Top Copper, na face superior da placa. Para as construções caseiras geralmente utiliza-se o layer Bottom Copper, para que não seja necessário espelhar o layout na hora da impressão. O layout já é impresso da forma correta para a passagem para o cobre. O Top Copper, assim, é geralmente utilizado para criar Jumpers na placa, isto é, ligações entre componentes através de fios, que são soldados juntos aos componentes.

Com relação às ilhas dos componentes, o ideal é utilizar as ilha específica do componente em questão. Porém, caso não seja possível fazer um furo tão pequeno, em decorrência da falta de broca, deve-se alterar a ilha dos componentes para o tamanho de furo que se consegue fazer. É importante que a borda da ilha não seja muito fina, para não correr o risco de ser arrancada tanto na hora da furação quanto na hora da soldagem.

Antes do roteamento de trilhas serem feitos, é uma boa prática adicionar ao layout uma plano de terra. O plano de terra consiste na não corrosão das partes da placa que não serão utilizadas por ilhas ou atravessadas por trilhas. Para que essa parte não corroída e, portanto, cobreada, não fique sem função, liga-se a ela o terra do circuito. Essa prática faz com sejam necessários menos trilhas de terra, ou até nenhuma trilha, facilitando e otimizando o layout. O plano de terra também facilita a corrosão, e economiza Percloreto de Ferro, uma vez que será corroída uma menor área da placa.

Uma configuração que deve ser levada em consideração diz respeito ao ângulo das curvas de uma trilha. Os ângulos das curvas de uma trilha não podem ser retos (90º), pois esse ângulo gera ruídos de alta frequência e o transmite a placa e ao circuito em geral, e pode provocar o mal funcionamento do mesmo. Logo, devem-se configurar os ângulos da curva das trilhas com ângulos próximos à 45º ou acima de 90º preferencialmente.

Para concluir o layout do circuito basta rotear as trilhas o fazer este processo manualmente, caso sejam poucas as ligações a serem feitas. Caso seja roteado com a ferramenta do Proteus, deve-se ficar atento, pois geralmente ocorrem alguns erros, como voltas desnecessárias e trilhas incompletas. Ainda, o roteamento sempre gera as trilhas de terra, mesmo com o plano de terra no circuito. Logo, algumas dessas trilhas podem e devem ser excluídas do layout. Sempre que se fizer um roteamento é necessário conferir se não tem nenhuma ligação faltando, assim como se não existe algum erro de regra de roteamento, que consistem das distâncias entre trilhas e trilhas e trilhas e ilhas, por exemplo. Ainda, devem-se observar as ligações feitas para corrigir e refazer algumas delas de maneira mais efetiva. Muitas vezes o roteamento não consegue fazer todas as ligações do circuito e cabe ao projetista fazer essas ligações, alterando outras já prontas para fazer uma que ainda não foi feita ou, ainda, colocando jumpers entre componentes, caso não seja possível fazer a conexão pelo layout.

Nada melhor que a prática de projeto de layout para que as técnicas sejam aprimoradas. A medida que eu for ganhando mais experiência, vou adicionando minhas observações nesta parte do documento.

1. **Impressão do Layout em papel Couchê**

A impressão do layout é uma importante etapa do processo de construção de PCI’s e não deve ser feita de qualquer maneira. Algumas observações práticas mostraram que, ao reutilizar uma folha em que o layout está inserido para imprimir mais de uma vez, a qualidade desta folha e, logo, do layout, foram perdidas, prejudicando a passagem do desenho ao cobreado. Por exemplo, em uma folha que utilizei mais de uma vez para imprimir vários layouts até escolher o melhor, percebi que o papel Couchê perdeu um pouco de sua consistência e propriedade, por ser aquecida várias vezes pela impressora. Esse fato resultou numa má transferência do layout para a placa de cobre. Assim, alguns cuidados devem ser tomados desde a impressão do layout até a passagem do desenho ao cobreado.

O primeiro passo é imprimir o desenho a partir do programa Proteus, que permite que o layout seja impresso no tamanho real, espelhado ou não e permite escolher as layers que serão impressas. Após configurar estes parâmetros, deve-se configurar a qualidade de impressão, que deve estar no máximo. Por qualidade da impressão entende-se que a impressora deve utilizar uma alta resolução de impressão aliado a uma alta nitidez, não utilizando economia de toner e configurando o tamanho e gramatura do papel. Tudo isso configurado, pode-se imprimir o layout. Como dito, por experiência prática não é uma boa prática utilizar a folha que será usada na transferência para fazer mais de uma impressão, pois isso resulta na perda de qualidade do papel e do layout impresso, dificultando e piorando a qualidade da transferência do desenho para a placa de cobre.

Com o layout já na folha, deve-se evitar o toque das mãos ou qualquer objeto na parte onde o layout está impresso. Se o desenho não for ser transferido à placa na hora, é uma boa prática guardar o papel impresso dentro de um caderno ou livro, sem dobrar. Caso haja gordura ou sujeira na área do layout a ser transferida, a transferência não fica com boa qualidade, podendo resultar em borrões, falhas ou transferência incompleta.

Para fazer a transferência, é necessário cortar o layout no tamanho certo. Uma boa prática que venho utilizando e que tem dado certo é cortar o layout rente aos seus limites em apenas dois lados, ou duas arestas. As outras duas eu tenho deixado uma sobre de papel, para que na hora da transferência, haja um local para segurar o papel em cima da placa de cobre. É claro que este método prático foi feito apenas com placas quadradas, mas ideias análogas funcionam para outras formas também.

1. **Corte da placa cobreada.**

O corte da placa cobreada é uma etapa que demanda atenção. Para fazer o corte, usa-se a ponteira de PCB para marcar a parte que deve ser cortada. A marca pode ser feita tanto na parte cobrada como na parte de fenolite ou fibra de vidro. A preferência é que a marca não seja feita na parte cobrada, para evitar riscos indesejados no cobreado e na parte em que o layout estará. Porém, fazer a marca na parte de fenolite ou fibra de vidro pode ser uma tarefa mais trabalhosa, e deve ser feita com atenção. Para marcar a parte que será cortada, utiliza-se uma régua para auxiliar a marcação. Deve-se passar várias vezes a ponteira sobre a marca do corte a fim de criar um rasgo na placa, facilitando o corte. Após esse processo estar concluído, utiliza-se uma serra para cortar a placa, tomando muito cuidado para não quebra-la, o que geraria uma lasca de fenolite de um lado e a falta do fenolite do outro. O corte deve ser feito com calma, sem fazer muita força com a serra. É uma boa prática utilizar a régua para pressionar a placa contra a bancada, com o intuito de impedir que ela deslize durante o corte.

Não há muito mistério nessa etapa. O processo consiste basicamente na medição do tamanho que se quer, marcação do local de corte e do corte onde se quer. O mais necessário é realizar essa etapa com calma e atenção. Quanto maior a prática no corte, mais fácil vai ficando.

Um teste que ainda vou fazer é fazer o corte com a micro retífica, que ainda vou comprar. Assim que testar o corte com essa ferramenta, irei atualizar este documento.

1. **Transferência do layout para a placa de cobre por transferência térmica**

A transferência do layout para a placa de cobre, por transferência térmica, é uma etapa também muito importante na qualidade final da PCI. Uma boa transferência e uma transferência completa garantem que não haja falhas em trilhas, ilhas e demais elementos do desenho, assim como também não permite haverem curtos entre as trilhas e trilhas e ilhas. Para que a passagem do layout à placa de cobre seja feita de maneira correta, alguns passos importantes devem ser seguidos. Esses passos levam em conta tanto o que é necessário à transferência do toner quanto à experiência prática nessa etapa.

Primeiramente, deve-se levar em consideração que o toner, isto é, a tinta que a impressora a laser usa, é passada para a folha por um processo que usa calor. Logo, essa tinta necessita de calor para ser retirada do papel e transferida ao cobre. A temperatura que a impressora fornece ao toner para a impressão varia entre 150 e 250º, dependendo da impressora. Portanto, deve-se fornecer uma temperatura perto desse intervalo à folha, para que o desenho seja transferido.

Existem algumas formas de fornecer calor ao papel e placa na hora da transferência. Dentre as mais utilizadas na construção de PCI’s caseiras está a prensa térmica, a mesma usada para fazer estampas ou escritas em camisas. Porém essa ferramenta é muito específica, e não é todo mundo que tem, ou precisa comprar, justamente pela facilidade de se realizar o processo com outro eletrodoméstico muito comum em casas, o ferro de passar roupa. Com a grande maioria dos ferros é possível chegar a temperaturas próximas do necessário à transferência. Com algumas dicas práticas simples, a transferência pode ficar muito boa, e a placa com muita qualidade.

Para realizar a transferência do layout à placa, a placa de cobre deve ser lavada com detergente, a fim de retirar a gordura das mãos e demais sujeiras que possam estar em sua superfície. Logo depois, deve-se esfregar a parte cobreada da placa com palha de aço, limpando essa superfície até que ela fique muito brilhante, sem nenhuma marca de sujeira ou gordura. A palha de aço pode ser passada em qualquer sentido, sem restrições. O importante é que no final do processo o cobre esteja brilhante e limpo. Qualquer resquício de sujeira e principalmente, de gordura, irá interferir na transferência do desenho a placa. Isso ocorre, pois a tinta, nos locais engordurados, não consegue aderir ao cobre, podendo borrar, ficar com transferência incompleta ou até mesmo nem transferir.

Ainda, antes do processo de transferência, e como dito na etapa anterior (“Impressão do layout em papel Couchê”), o layout deve ser recortado da folha onde foi impressa. Uma boa prática que sempre utilizo e tem ajudado bastante é recortar o layout com apenas dois lados, ou arestas, rentes ao limite da placa. Os outros dois lados eu costumo deixar sobras de papel, para que haja um local para segurar o papel na hora da transferência com o ferro de passar. Tendo sido feito o recorte, basta posicionar o layout na placa cobreada, utilizando os lados cortados nos limites do layout para fazer o melhor ajuste do desenho da placa.

Agora, finalmente, chegou o momento de utilizar o ferro de passar roupa. Com o layout posicionado na placa, deve-se fixar o posicionamento para que a folha não saia do lugar. Não é aconselhável utilizar fitas para fixação da folha, uma vez que elas derretem e sujam o ferro. O ideal é manter a folha fixa a partir dos lados que contém sobras de folha, fixando com os próprios dedos. Depois, basta colocar o ferro por cima do papel e solta-lo por um tempo. Fazendo desse modo, o papel irá colar na placa cobreada, pois a tinta já terá começado a se transferir, gerando uma espécie de cola que fará com que a folha fique fixa na placa. Feito isso, deve-se esfregar o ferro pela folha de papel, se esforçando para esquentar toda a superfície do conjunto papel placa. Este processo dura alguns minutos e deve ser feito com bastante calma, passando o ferro por cada parte da superfície do papel e placa, para que não haja falhas em nenhuma parte do desenho. É importante também ficar atento aos cantos da placa, perto de seus limites. Esses são os locais onde ocorrem mais falhas, pois são mais difíceis do ferro passar e, assim, recebem menos calor, resultando numa má transferência nesses locais. Como experiência prática, eu costumo esfregar o ferro de forma inclinada, de forma que a aresta do ferro seja esfregada na placa. Dessa forma direciona-se o calor para uma parte específica da placa. Esse processo é ainda mais importante nas extremidades do layout, para não correr riscos de falhas nesses locais. Outra dica, e uma das mais importantes, é não apertar demais o ferro contra a placa. Se o ferro for esfregado com muita força, pode-se borrar o desenho transferido, gerando curtos e falhas. Na pior das hipóteses, pode-se rasgar a folha e perder todo o processo de transferência, tendo que limpar a placa e reimprimir o layout, para uma nova transferência. Geralmente, após um tempo realizando este processo, a folha fica um pouco transparente, sendo possível ver o layout através dela. Outra coisa que geralmente acontece é a folha ficar amarelada, e isso não é um bom sinal. Se a folha fica amarelada isso significa que a temperatura do ferro está alta demais ou o ferro foi deixado em algum local por muito tempo, de forma que a folha começa a queimar, e por isso a mudança de cor. Esse fato diminui a qualidade da transferência, de acordo com experiência práticas. Logo, outra dica muito importante é não usar a temperatura máxima do ferro, caso ele seja muito potente. A temperatura deve ser equilibrada entre não queimar a folha e, ao mesmo tempo, realizar a transferência. Para se chegar a este equilíbrio é necessário que testes sejam feitos, pois existem muitas variedade de ferro de passar roupa, cada um com uma potencia e especificidade.

Depois que o ficou-se um bom tempo esfregando o ferro na placa, sem muita força e abrangendo cada parte da superfície da placa, pode-se parar o processo. Assim que se termina essa parte, é importante jogar a placa em água com temperatura ambiente, para que essa esfrie e encerre de vez a transferência do toner. Feito isso, retira-se o papel de cima da placa. O papel, como estará molhado, irá se esfarelar e grudará na placa. Para retirar o papel basta esfregar a placa molhada com os dedos, sem muita força, retirando todo papel agarrado. É muito importante retirar o máximo de papel possível e, principalmente, retirar das partes onde não existe desenho, isto é, das partes que serão corroídas. Caso não se retire o máximo de papel possível, este pode esconder possíveis falhas e gerar curtos na hora da corrosão.

Tendo todo esse processo sido feito, chega-se a próxima etapa, que é corrigir possíveis erros.

1. **Correção de curtos e falhas**

Esta etapa serve para corrigir possíveis curtos ou falhas de desenho decorrentes do processo de transferência do layout para a placa. Os curtos podem acontecer devido a excessiva força ao esfregar o ferro na placa na hora da transferência, gerando borrões que causam curtos entre os elementos do layout. Ainda, podem ocorrer curtos devido às poucas distâncias entre os elementos do desenho. As falhas do layout podem ocorrem devido à transferência incompleta, decorrente da falta de calor em alguma parte da superfície da placa na hora da transferência, ou por descolamento do desenho na hora de retirar o papel, por alguma falha de transferência.

Para corrigir os curtos que existem na placa, pode-se utilizar uma ponteira de PCI, aquelas utilizadas para marcar a placa na hora do corte. Essa ponteira tem a capacidade de arrancar da placa as partes de toner que causam os curtos. Deve-se sempre conferir as ligações entre terminais de microcontroladores e circuitos integrados, que tem terminais muito próximos. Também se deve conferir trilhas e ilhas que estejam muito próximas umas das outras. Caso a placa esteja com muitos curtos, de forma que fique inviável retirar todos, ou corra o risco de algum passar batido, vale a pena refazer o processo de transferência do layout, limpando a placa de cobre e reimprimindo o desenho.

Para corrigir possíveis falhas no desenho, utiliza-se a caneta de retroprojetor, que serve como tinta para a placa e não deixa o cobre embaixo dela corroer. Com a caneta, retocam-se as partes que estão com falhas, até completar o desenho. Deve-se tomar cuidado, pois dependendo da caneta, a tinta pode borrar devido ao excesso de tinta. Ainda, é possível que seja necessário retocar mais de uma vez onde há falhas, isso por que, dependendo da caneta, um simples retoque pode não preencher o retoque todo com tinta, havendo falhas dentro do retoque. Ainda, dependendo se a caneta for muito grossa para a largura dos elementos do desenho, deve-se tomar cuidado para o retoque não gerar curtos no layout.

Se a placa estiver com o desenho em bom estado, com pouquíssimas correções, ou nenhuma, pode-se corroê-la.

1. **Corrosão da placa com Percloreto de Ferro**

A corrosão da placa é feita com o Percloreto de Ferro. O processo se baseia em colocar a placa em um recipiente de plástico e jogar o Percloreto por cima, deixando a placa de molho por um tempo que varia de 10 a 20 minutos, dependendo se o Percloreto é novo ou usado. Quanto mais usado estiver o Percloreto, mais a corrosão irá demorar. Se estiver muito usado, corre o risco de não corroer a placa completamente. Já um Percloreto novo corrói a placa rapidamente.

Para saber que a placa foi totalmente corroída, a parte onde ocorre a corrosão tem que estar completamente sem cobre. Sabe-se que o cobre foi completamente retirado da placa quando esta a parte corroída apresenta a cor do fenolite. Isso quer dizer que a parte corroída perdeu todo seu cobre e só sobrou o fenolite. É importante prestar atenção nessa etapa, pois se pode confundir a cor do fenolite com a cor do cobre correndo, que fica com uma coloração rosa claro, que pode se confundir com a cor do fenolite. É importante deixar a placa no Percloreto até que toda essa coloração rosa claro não exista mais. Também é importante observar os pequenos espaços entre trilhas e trilhas e trilhas e ilhas que, caso não sejam totalmente corroídas, podem geram curtos circuitos. Ainda, não se pode deixar a placa por tempo demais do Percloreto, pois corre o risco de ocorrer a corrosão nas extremidades das trilhas e ilhas, por debaixo do desenho do layout. Esse fato pode ocasionar em falhas no layout e até descolamento de trilhas e ilhas. Logo, deve-se procurar um equilíbrio entre a corrosão total da placa, onde se quer que seja corroído, e a não corrosão das extremidades das trilhas, ilhas e demais elementos do layout. Esse equilíbrio é conseguido a partir da prática e depende se o Percloreto é novo ou usado. Porém, ao ficar atento à corrosão, sempre observando como está o processo, consegue-se parar o processo assim que a corrosão estiver completa.

Após a corrosão estar completa, coloca-se a placa sobre agua corrente, em uma torneira. Esse processo visa retirar os resquícios de Percloreto que ainda possam estar na placa, acabando de vez com a corrosão. O Percloreto usado deve ser armazenado em uma garrafa ou recipiente plástico e pode ser usado mais vezes, ate perder sua capacidade de corrosão. É uma boa prática separar o Percloreto novo do usado, uma vez que não se necessita de muita quantidade para a corrosão, o que significa que não será utilizado todo o Percloreto que se tem. À medida que o Percloreto usado for perdendo sua capacidade, o novo vai sendo usado e misturado ao usado. Deve-se, também, lavar todos os recipientes e ferramentas utilizadas na manipulação do Percloreto. Apesar de ele não ser tóxico ao toque na pele, não é interessante deixar o produto exposto no laboratório, o que pode ocasionar em gases ou corrosão de equipamentos eletrônicos.

Após a placa estar completamente limpa do Percloreto, chega o momento de retirar a tinta presente em cima da parte não corroída. Para isso utiliza-se uma palha de aço, esfregando-a de forma que retire a tinta, mas não muito forte para não correr o risco de soltar trilhas e ilhas. É interessante, sempre que possível, esfregar a palha de aço paralelamente às trilhas, e não esfrega-las de lado, para não correr o rico de solta-las da placa. Após toda a tinta ser retirada limpa-se a placa dos resquícios da palha de aço e da tinta, passando uma escova em toda a superfície e lavando-a novamente com detergente, para retirar a gordura do cobre, que pode causar a oxidação do mesmo.

Terminado todo o processo de corrosão e limpeza, pode-se passar para a etapa de correção de erros.

1. **Correção de curtos e falhas após a corrosão**

Após realizar a corrosão e limpeza da placa, é necessário verificar se há algum curto circuito ou falha nos elementos do layout. Para isso, verifica-se se há curto entre trilhas, entre trilha e ilhas e entre ilhas, principalmente entre ilhas dos microcontroladores e circuitos integrados, que são muito próximos. Caso haja algum curto, usa-se novamente a ponteira para PCI, capaz de arrancar pequenos pedaços de cobre que estejam formando os curtos circuitos, ou até estreitar elementos que ficaram muito largos e estão gerando possíveis curtos. Neste processo, o multímetro pode ser usado para verificar curtos. Caso haja falhas, quer dizer que haviam falhas no desenho do layout que passaram batido ou que a placa corroeu por tempo demais. Para corrigir este problema, pode-se utilizar o estanho para interligar os elementos que estejam com falhas, ou até mesmo utilizar pequenos fios expostos, isto é, fios desencapados para corrigir estas falhas e interligar os elementos com falhas.

1. **Impressão e transferência do Top Silk para a placa**

Este processo visa transferir o desenho e o nome dos componentes para parte de cima da placa. Fazendo isso, fica mais fácil de localizar o posicionamento dos componentes na hora da soldagem e ao mesmo tempo dá uma cara mais profissional à PCI.

O processo para realizar esta etapa é o mesmo processo da transferência térmica feita para passar o layout ao cobreado. Porém, o ideal para esta transferência não é o papel Couchê, e sim o filme para fotolito, que é uma espécie de papel transparente utilizado para fazer transferências térmicas. Esse filme, após a transferência, não esfarela e gruda na tinta do desenho, como acontece com o papel Couchê. O filme para fotolito pode ser usado tanto na transferência do layout quanto na transferência do Top Silk, porém, como é mais caro, utiliza-se apenas para o Top Silk.

A utilização do Couchê para o layout não torna a transferência pior, para esse caso tanto o uso do Couchê quanto do filme de fotolito servem. Entretanto, o mesmo não ocorre para o Top Silk. Como a transferência é feita para uma superfície que não aceita muito bem o toner da impressora, isto é, o fenolite geralmente não aceita muito bem o toner, a transferência quase sempre fica incompleta e, muitas vezes o papel Couchê esfarela e gruda na tinta transferida, causando uma má aparência na placa. Com o uso do filme para fotolito, acredita-se que o mesmo não ocorra, por ser um material diferente e não esfarelar e nem grudar. Infelizmente ainda não tive a oportunidade de utilizar este filme, mas assim que possível utilizarei. De qualquer forma, para uma placa que será apenas um protótipo e servirá de teste prático para um circuito em teste, a transferência do Top Silk com o Couchê já resolve, mesmo não sendo a melhor escolha. Também não sei dizer se o mesmo processo funciona para placas de fibra de vidro, por nunca ter feito uma PCI com placas deste material. Assim que possível também testarei a fibra de vidro.

Como dito, o processo de transferência do Top Silk é o mesmo processo da transferência do layout ao cobreado. Portanto, usa-se o ferro de passar roupa para realizar o processo térmico. Os passos são exatamente os mesmos com apenas uma dica a mais, para posicionar corretamente os componentes do Top Silk com as ilhas do layout, casando os desenhos com os locais onde os componentes serão soldados. A dica é furar previamente duas ilhas qualquer da placa e fazer o mesmo furo da impressão do Top Silk. A partir desses dois furos, utiliza-se algum terminal de componente cortado, isto é, um fio fino para fixar a impressão na placa através desses dois furos feitos no papel e na placa. No Top Silk do Proteus, pode-se colocar a letra “X” por cima das ilhas que serão previamente furadas, para facilitar este processo, casando o X com o furo da ilha. Utilizando esse processo eu consegui casar de forma correta os desenho do Top Silk com o posicionamento correto dos componentes.

1. **Furação da placa**

O processo de furação das placas é um processo que demanda atenção e calma para que os furos sejam feitos da melhor maneira possível, no local certo e sem machucar as ilhas e trilhas do layout. São através dos furos que os terminais dos componentes irão atravessar a placa para poderem ser soldados. Assim, o ideal é que o diâmetro dos furos seja compatível com os terminais de cada componente, e isso é projetado na hora de projetar o layout. Um diâmetro muito grande para um terminal relativamente fino dificulta a soldagem, podendo ocorrer o não preenchimento total do furo com o estanho, o que não é o ideal para a soldagem de boa qualidade. Um furo com diâmetro pequeno para um terminal relativamente grosso pode não permitir a passagem do terminal, de forma completa ou parcial. Isto é, pode não permitir que o terminal atravesse a placa nem um pouco, ou pode permitir que atravesse só um pouco, não o suficiente para o ideal encaixe deste componente. Logo, o diâmetro do furo é muito importante para a qualidade do furo.

Para realizar os furos, utiliza-se preferencialmente uma micro retífica, que oferece mais precisão no furo e flexibilidade quanto ao uso de brocas. Isso quer dizer que a micro retífica aceita brocas muito finas, de vários diâmetros, até mais grossas, também com vários diâmetros. Uma segunda opção é a furadeira de bancada que também oferece certa precisão no furo, conforme a habilidade do projetista. Porém, essa opção depende muito se a pessoa que está produzindo a placa possui uma furadeira de bancada, que é grande e necessita de um local grande para poder posiciona-la. Não é todo mundo que tem espaço ou, se for usada apenas para a furação de placas, não compensa comprar uma, levando em consideração que a micro retífica é mais barata e oferece mais precisão. Uma terceira opção para furar placas, e a que eu utilizo recentemente, é o uso de uma furadeira convencional. Com uma furadeira de qualidade e em bom estado, é possível utilizar brocas finas, desde que se tenha cuidado para não quebra-las. Com a opção de diminuir a velocidade a furadeira torna-se uma opção que, com a prática, entrega uma boa precisão, apesar de não ser a forma ideal de furar a placa. Uma quarta opção é utilizar o furador de PCI, ferramenta que parece um grampeador e serve para realizar furos de diâmetro fixo em placas. Já utilizei bastante esse tipo de ferramenta e posso dizer que não é o ideal. Além de ter uma ponteira de furo com diâmetro fixo, e não entregar flexibilidade, a precisão do furo não é muito boa, uma vez que por ser uma ferramenta com pouca mobilidade da ponteira não se tem muitas opções de posicionamento para o furo, gerando, muitas vezes, arranhões da ferramenta no cobreado. A última opção é a broca de mão, ferramenta em que se utilizam brocas finas para furar a placa manualmente. Esse tipo de furador é muito utilizado em produtos artesanais e pode oferecer boa precisão de furo. Nunca utilizei essa ferramenta, mas pretendo utilizar no futuro, assim será possível falar mais sobre ela.

1. **Aplicação de verniz de placa**

A aplicação de verniz na placa visa tornar a PCI mais bem feita, com maior profissionalismo, evita problemas de funcionamento, além de conserva-la por mais tempo. O verniz utilizado é específico para PCI’s, sendo um produto isolante e que aceita a soldagem por cima, isto é, após a aplicação.

A aplicação de um verniz torna-se muito importante principalmente quando o uso da PCI será mais prolongado, para testes mais demorados ou que demandam vários dias de uso. O verniz de PCI’s promove o isolamento dos elementos do layout entre si e entre a placa e o exterior, característica extremamente importante no uso prático de uma placa. Além disso, o produto não deixa que o cobre do layout oxide com o toque das mãos ou com o contato com o ar. Caso o verniz não seja usado, o cobre irá rapidamente oxidar, principalmente com o toque das mãos. Se o cobre estiver muito oxidado, pode ocorrer certa corrosão e atrapalhar o funcionamento do circuito, até o ponto em que placa estrague e não sirva mais. Portanto, torna-se claro que para usar a placa em algum projeto simples ou usá-la como protótipo de teste de algum projeto ou produto, onde todos os erros e problemas devem ser eliminados, o verniz deve ser utilizado para evitar problemas simples, como um curto ou oxidação.

Para fazer a aplicação do verniz na placa, é válido lavar a mesma com detergente e fazer uma boa limpeza com a palha de aço, de forma que a PCI fique brilhando. Assim, ao aplicar o verniz, mantém-se a PCI neste estado de limpeza e brilho.

Eu nunca utilizei verniz em PCI’s, pois nunca fiz um protótipo ou projeto em que a placa fosse ser usada por muito tempo. Porém, no futuro próximo irei começar a utilizar este produto e volto ao texto para atualizar e explicar detalhadamente como o verniz deve ser utilizado e aplicado na placa.

1. **Soldagem dos componentes**

Finalmente chega-se na parte de soldagem dos componentes na placa. Após todo o processo de construção da PCI, chega-se ao momento onde os componentes poderão ser soldados. Nessa etapa, basta encaixar os componentes nos seus devidos lugares e começar a soldagem. Seguindo algumas dicas que facilitam esse processo, a solda será feita de maneira tranquila. Este é um processo que exige atenção e calma, para que não sejam formados curtos, ou que sejam arrancadas trilhas e ilhas na PCI.

Para começar, é uma boa prática separar todos os componentes que serão utilizados na PCI. Pode-se aproveitar que o circuito está montado na protoboard, se ainda estiver, e ir pegando um por um. Ou então se separam todos os componentes da placa em algum lugar perto de onde a solda será feita, organizando por ordem de soldagem ou por ordem de tipos de componente. Como no inicio a cabeça ainda está descansada e a atenção mais aguçada, é interessante soldar primeiro os microcontroladores e circuitos integrados, pois seus terminais estão muito próximos e sua soldagem necessita de maior precisão para não formar curtos. Também é aconselhável fazer a soldagem por blocos de circuito, independente dos diferentes tipos de componentes que são usados. Essa prática ajuda a ficar atento a cada componente de cada parte do circuito, e ter a noção se todos os componentes daquele bloco foram soldados e se foram soldados corretamente. Caso haja algum problema de funcionamento, fica mais fácil localizar e saber onde estão os blocos e os componentes que podem estar causando o problema. Talvez até já seja possível saber onde está e porque está ocorrendo o mau funcionamento antes de verificar as soldagens, por simples conhecimento do circuito e do seu processo de soldagem.

Para realizar a soldagem, deve-se utilizar um ferro de solda com a ponteira específica para cada tipo de projeto. Se o projeto demanda uma ponta mais fina, essa ponta deverá ser usada, se demanda uma mais grossa, deve-se trocar para uma mais grossa, e assim por diante. Existem diversos tipos de pontas de ferro de solda, e a melhor deve ser definida para cada tipo de projeto e para cada trabalho que se deseja realizar. O mesmo serve para o estanho. Se for necessária mais precisão de solda, um estanho mais fino é mais aconselhável, se as ilhas forem grandes e necessitarem de mais solda, um estanho mais grosso torna-se mais aconselhável. Outros produtos também são muitos necessários quando se deseja realizar um bom trabalho, pois auxiliam e ajudam a se fazer uma boa solda, com boa fixação e aparência. Dentre esses produtos podem ser citados o fluxo de solda, pasta de solda, fita dessoldadora, sugador de solda e um produto de limpeza de placas.

O fluxo de solda tem como função auxiliar na soldagem, uma vez que esse produto tem a característica de impregnar no estanho. Basta passar um pouco de fluxo em cada ilha e a molhagem do estanho irá melhorar consideravelmente, isto é, irá se espalhar mais uniformemente na ilha. O fluxo, como impregna e agarra ao estanho, faz com que na hora da soldagem o estanho não grude no ferro, e sim na ilha e no componente. O fluxo também serve para dessoldar um componente, utilizando-o na ponta do ferro de solda que irá impregnar no estanho que se quer retirar, formando uma bolinha de estanho que irá ser facilmente removida na placa. Este processo serve para se fazer alguma correção necessária. A pasta de solda consiste numa pasta composta de estanho triturado e fluxo de solda e tem como função soldar o componente na placa. Basta que a pasta de solda seja colocada na ilha, junto ao componente. Ao se utilizar o ferro de solda na pasta, esta irá derreter e molhar em torno da ilha e do componente, fazendo a solda e fixação. A pasta de solda é mais utilizada para soldagem de componentes SMD, mas também serve para THT. A fita dessoldadora auxilia na dessoldagem de um componente, caso essa solda necessite de reparo, ou de troca do componente. A função da fita é absorver o estanho derretido pelo ferro, ao invés de se utilizar o sugador, que pode ser mais bruto na hora de se tirar a solda líquida. Dessa forma, a fita retira todo estanho líquido no qual entra em contato. O sugador de solda, como o próprio nome sugere, serve para sugar o estanho derretido, caso se queira removê-lo na ilha ou do componente. Ele é muito útil no reparo da solda, mas pode ser uma ferramenta bruta e de difícil uso, dependendo do caso e da quantidade de estanho a ser sugado. Ao invés de se utilizar o sugador, pode ser utilizada a fita dessoldadora ou até mesmo o fluxo de solda para retirar o estanho da ilha e componente. O produto para limpeza de placas é utilizado para retirar resquícios de estanho, fluxo, pasta de solda e demais sujeiras que podem atrapalhar o funcionamento do circuito ou até mesmo estragar a placa em longo prazo, corroendo ou oxidando a mesma. Como exemplos de produto de limpeza de PCI pode-se citar o álcool isopropilico, que apesar de ser muito utilizado na limpeza de placas pode danifica-la, através de uma possível contaminação iônica, que gera micro curtos imperceptíveis. Outro exemplo de produto de limpeza para PCI é o FluxClene, produto ideal para limpar placas e retirar o fluxo de solda residual, assim como outros tipos de sujeira. Vale ressaltar que se deve sempre dar preferência aos produtos que são feitos especificamente para a limpeza de PCI, ao invés do álcool isopropilico.

O processo de soldagem dos componentes na PCI deve ser feita de maneira atenta e precisa, para evitar que o calor danifique e arranque trilhas e ilhas da placa e evitar que se corra o risco de danificar o componente. O trabalho começa passando um pouco de fluxo de solda em cada ilha que recebera a solda. Logo depois, basta encaixar os terminais dos componentes nas ilhas, dobrando os terminais para não correr o risco de o componente sair do lugar ou cair. Feito isso, basta encostar o estanho entre a ilha e o terminal e encostar a ponta do ferro de solda em ambos, até que o estanho derreta e espalhe uma pequena quantidade em volta do terminal, sobre a ilha do layout. A quantidade de estanho derretido para fixar o componente deve ser pouco, somente o suficiente para cobrir toda a ilha. O ferro de solda deve ser mantido em contato com terminal, ilha e estanho apenas o tempo suficiente para derreter o estanho. Não se deve deixa o ferro por mais tempo, com o risco de soltar a ilha por aquecimento, perda de qualidade do estanho e por consequência, da solda. Logo, assim que o estanho derreter e molhar sobre a ilha, deve-se retirar o ferro. Quando se diz que o estanho molhou, quer dizer que ele derreteu e se espalhou por toda a ilha. Quanto maior a molhagem de um estanho, de mais alta qualidade ele é e mais fácil se torna o trabalho de solda. Quando o estanho molha a ilha, ele deve cobrir toda a ilha, e conectá-la ao componente, não ficando nenhum “buraco” entre a ilha e o componente. A solda deve preencher todo espaço entre as extremidades da ilha e o terminal do componente. Seguindo todas as dicas aqui expostas, o processo de soldagem dos componentes estará pronto.

Após a soldagem de todos os componentes, basta cortar os terminais de todos esses componentes, retirando o máximo possível do terminal. De preferência, nenhuma ponta deve ficar a vista, mas para isso é necessário que não se dobre o terminal do componente na hora da soldagem.

Ainda após a soldagem, é uma boa prática limpar a ponta do ferro de solda com a esponja vegetal, sem esfregar com força. Também é uma ótima prática deixar a ponta do ferro coberta com uma camada de estanho. Essa prática conserva a ponta, não deixado que ela oxide com o ar e água, que apresentam partículas que poderiam, a longo prazo, oxidar e fazer a ponta perder sua fina camada protetora, que não deixa o estanho grudar nela.

Uma ferramenta que ajuda bastante durante a solda é o exaustor de solda, uma ferramenta que suga toda fumaça gerada durante esse processo. Essa ferramenta não só auxiliar a não ir fumaça aos olhos e nariz como também é pode ser considerado uma ferramenta de proteção. Muitas vezes a fumaça proveniente da solda irrita os olhos e nariz, assim como podem ser tóxicos a grande exposição e a longo prazo. Por isso, também é aconselhável a utilização de óculos de proteção quando se estiver realizando este trabalho, principalmente se o projetista usar lente de contado.

Por último, vale citar uma ferramenta muito importante para se fazer a soldagem de placas. Tal ferramenta é um suporte de placas de circuito impresso, que serve para segurar a placa enquanto os componentes estão sendo soldados. Este suporte torna possível girar a placa para o encaixe do componente, e muitas apresentam um segundo suporte que serve para segurar os componentes quando a placa fica de cabeça para baixo para ser soldada. Assim, o suporte permite que a placa gire, o componente seja encaixado, ela segura o componente na posição correta e a placa e novamente girada para ficar de cabeça para baixo e ser soldada. Essa ajuda do suporte para PCI torna o processo de solda muito mais fácil e rápido, com seus vários ajustes. Ainda, pode fazer com que a solda fique mais bem feita e profissional. Esse fato ocorre, pois quando se usa o suporte, não é necessário dobrar os terminais do componente para fixar estes à placa quando esta for virada de cabeça para baixo. Muitas vezes, os componentes dobrados fazem com que o estanho se espalhe mais sobre o terminal, dificultando seu corte. Isso faz com que o corte não fique bom e o terminal do componente fique grande, aparecendo em meio ao estanho, na solda. Eu nunca tive a oportunidade de usar este suporte, mas no futuro pretendo utiliza-lo para fazer as minhas soldas. Qualquer coisa extra que eu venha a perceber na prática eu volto nesta parte e acrescento as experiências de uso, dando dicas quanto a utilização do suporte.

1. **Correção de curtos e falhas após a soldagem**

A última etapa da construção de uma PCI é a correção de possíveis curtos que tenham sido criados durante o processo de solda. Mesmo que todo o processo de solda tenha sido bem feito, com capricho, pode acontecer de pingar um pouco de estanho em algum lugar da superfície da placa. Se essa estiver sem o verniz de PCI, o pingo de estanho pode gerar um curto e, mesmo que o verniz tenha sido passado, dependendo da temperatura com que o estanho encostou à placa, pode ter derretido o verniz e gerado o curto da mesma forma. Da mesma forma, pode haver outros resquícios de sujeita que podem gerar curtos entre os elementos do layout, principalmente se esta estiver sem o verniz de PCI.

Da mesma forma como os curtos podem acontecer, descolamentos de ilhas e trilhas podem ocorrer, tanto pelo calor demasiado na hora da soldagem como pelo uso de força excessiva no componente que já estava fixo com estanho. Tais descolamentos podem impedir o funcionamento da placa e devem ser corrigidos. Para corrigir este problema, podem ser usados pequenos fios denominados Wire-Wrap, que são fios muito finos, formados por um único condutor encapado, e é muito utilizado para se fazer jumpers e reparos em PCI’s. A partir dos Wire-Wrap’s é possível interligar dois componentes numa PCI, usando estes fios como um substituto para a trilha danificada. O reparo também pode ser feito através de fios comuns, mas o trabalho ficaria menos profissional e mais bruto.

1. **Lista de materiais para construção de PCI**

Neste tópico serão listadas algumas das ferramentas e produtos citados durante toda a explicação de como construir uma PCI. Essa lista visa demonstrar as melhores escolhas de ferramentas para se ter quando se realiza a construção de PCI’s com frequência.

***Ferramentas e materiais para construção de PCI caseira:***

***Impressão***

* Impressora a laser com capacidade de impressão de folhas com gramatura até mais ou menos 180g
* Papel Couchê
* Filme de fotolito
* Tesoura

***Corte da placa cobreada***

* Ponteira de PCI
* Mini arco de serra
* Régua

***Limpeza da placa de cobre***

* Detergente
* Palha de aço
* Escova de dente
* Pincel

***Transferência térmica***

* Ferro de passar
* Recipiente com água

***Corrosão da placa***

* Percloreto de ferro
* Recipiente plástico
* Bastão de plástico
* Luva plástica
* Garrafa pet
* Funil de plástico
* Folhas ou jornal velho
* Torneira de água próxima

***Furação da placa***

* Micro retífica
* Brocas com diâmetro de 0,3mm a 3mm

***Isolamento e proteção da placa***

* Verniz para PCI’s

***Soldagem dos componentes na placa***

* Suporte para PCI
* Estação de solda com pelo menos três opções de ponta
* Esponja vegetal
* Estanho. Pelo menos três bitolas diferentes
* Fluxo de solda
* Fita dessoldadora
* Sugador de solda

***Correção de erros:***

* Ponteira de PCI
* Fio Wire-Wrap

***Limpeza da PCI com os componentes***

* Produto de limpeza de PCI. FluxClene como indicação
* Pano sem felpa
* Escova antiestática

***Proteção para bancada***

* Tábua de madeira
* Jornal
* Folhas de rascunho