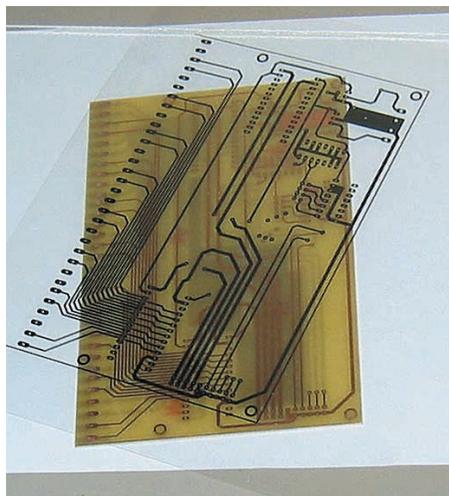


# Como fabricar placas de circuito impresso

Mas muito cuidado com os produtos químicos!!!

Por Michael Möge

**Hoje em dia, não é difícil desenhar uma placa de circuito impresso (PCI), utilizando um computador que esteja a correr um programa apropriado. Mas depois segue-se o trabalho desagradável e algo complicado de gravar o desenho no cobre da placa.**



Algumas lojas de componentes electrónicos vendem kits para gravar placa de circuito impresso, mas normalmente trata-se de artigos caros e que por vezes são difíceis de utilizar. As dificuldades começam logo com a impressão do desenho do circuito, uma vez que mesmo que se utilize uma impressora a laser para transferir o desenho para uma folha de película transparente (acetato), como as que se utilizam nos retroprojectores, nunca se obtém uma imagem suficientemente opaca. Normalmente é necessário sobrepor pelo menos duas folhas de acetato com a respectiva imagem, para esta poder ser transferida em boas condições para a placa de cobre.

É claro que a solução ideal é utilizar uma boa impressora para imprimir o desenho numa folha de papel normal e depois fotografar a imagem à escala de 1:1, criando um filme positivo ou um negativo, mas essa técnica exige um pequeno laboratório fotográfico.

A gravação da imagem na superfície de cobre da placa, por meio de um banho de perclorato de ferro, ou de persulfato de amónio, exige bastante paciência, o banho deve ser aquecido e é necessário trabalhar num local onde os salpicos não estraguem o mobiliário. Além disso, quem pretender obter bons resultados sem se envenenar a si próprio, tem de saber bem o que esta a fazer. É necessário não esquecer, que a manipulação de produtos químicos como estes requer cuidados especiais.

## Preparação da matriz

Utilizando uma impressora de jacto de tinta e uma folha de película transparente,

é possível obter uma matriz de boa qualidade. Estas folhas transparentes são vendidas no comércio, mas existem umas para impressoras a laser e outras para as impressoras de jacto de tinta. A firma Conrad Electronics vende transparências para jacto de tinta com a referência OH3, que têm fornecido bons resultados. Estas folhas são bastante finas, mas possuem uma folha de papel colada na parte de trás para facilitar o seu deslocamento no interior da impressora.

Quando a imagem não fica suficientemente opaca, existe a solução de voltar a fazer nova impressão da imagem por cima da anterior. É claro que a folha tem de ser introduzida na impressora exactamente na mesma posição, para as duas imagens coincidirem. A experiência mostra, que mesmo as pistas finas com 0,2 mm de espessura, podem ser sobrepostas com apreciável precisão. Depois de fazer a primeira impressão, convém secar muito bem

## Regulação da impressora

Papel:	Regular para papel de qualidade fotográfica e não transparência Ink-Jet
Cor da impressão:	Preta
Definições do utilizador:	Impressão fina (720 dpi), sem meios tons ( <i>halftone</i> ); luminosidade = -25%; contraste = +25%



Figura 1. Película transparente vendida pela Conrad Electronics, que possui uma folha de papel colada na traseira a destacar depois de executado o trabalho de impressão.

a transparência com um secador de cabelo, antes de executar a segunda impressão. Finalmente deixe-a secar durante 24 horas antes de a utilizar na fabricação da placa de circuito impresso.

## Sensibilização do cobre da placa

Para transferir a imagem contida na folha transparente para o cobre da placa, é necessário que esta tenha sido pulverizada com um verniz fotosensível. No comércio vendem-se placas já sensibilizadas, mas também é possível fazer esse trabalho em casa desde que adquira um spray fotosensível como por exemplo o Positiv 20 da Kontakt. Note que também existem sprays negativos e nesse caso a imagem da transparência tem de ser invertida. Note que os desenhos publicados na Elektor destinam-se a ser usados com sensibilizador positivo. Leia bem as instruções de utilização do produto que adquirir, pois variam um tanto de marca para marca. De qualquer forma, é um trabalho que tem de ser feito num local mal iluminado, como é lógico.

## Exposição e revelação

Depois de ter a placa de cobre sensibilizada, chegou a altura de transferir a imagem da película transparente para o cobre. Esse trabalho pode ser feito, utilizando uma lâmpada que gere radiação ultravioleta, como acontece com as lâmpadas de vapor de mercúrio. Estas lâmpadas são muito usadas pelas pessoas para se bronzear e existem no comércio em várias potências. Note que é perigoso para a vista se olhar directamente para a lâmpada, pelo que convém ter muito cuidado, ou usar óculos escuros de protecção. A exposição da pele à radiação UV durante muito tempo, digamos mais de 15 minutos, tam-

bém pode ser perigoso, principalmente se a lâmpada possuir grande potência, ou se estiver colocada muito perto.

Voltando ao nosso trabalho, o tempo de exposição da placa depende da potência da lâmpada utilizada, da distância desta à placa e ainda da espessura do material fotosensível depositado na placa, também designado *photoresist* em inglês. Por exemplo, para uma lâmpada de vapor de mercúrio de 300 W, colocada a uma distância de 40 cm da placa coberta por vidro acrílico, o tempo de exposição pode variar entre 4 e 8 minutos. Para uma lâmpada de 1000 W pode ser da ordem de um minuto. É claro que também pode usar a luz do Sol, que aliás fornece excelentes resultados. Nesse caso convém fazer a exposição mais ou menos à mesma hora do dia e sem nuvens, pois a intensidade da radiação UV varia bastante ao longo do dia e é tanto menor quanto mais espessas forem as nuvens. Entre as dez horas e as catorze horas, uma exposição entre um e dois minutos é normalmente suficiente.

O melhor é determinar experimentalmente qual é o tempo de exposição mais apropriado, para as condições em que está a trabalhar. Crie um pequeno desenho de placa de circuito impresso formado por várias pistas de cobre paralelas e finas (0,2 mm por exemplo). Depois, encoste a respectiva transparência numa placa já sensibilizada, aplicando um vidro por cima. Em seguida, por meio de um pedaço de cartolina preta, tape parte do circuito numa direcção perpendicular às pistas e vá fazendo várias exposições (por exemplo de 20 segundos) recuando um pouco a cartolina de cada vez. Assim obterá zonas de 20, 40, 60 e 80 segundos de exposição, por exemplo. Depois de revelar e proceder à destruição do cobre poderá determinar, qual é o tempo de exposição que fornece melhor resultado.

Depois da exposição à radiação UV, segue-se a revelação para retirar o verniz que foi destruído pela radiação UV no caso de uma sensibilização positiva, ou para retirar o verniz onde não incidiu radiação UV, no caso de sensibilização negativa. Embora existam no mercado produtos reveladores, a solução mais barata é utilizar um banho de hidróxido de sódio (Na OH), ou soda cáustica como também é vulgarmente chamada. Aqueça um pouco (sem ferver) um litro de água e dissolva 7 gramas de soda cáustica. As placas podem ser reveladas com a solução um pouco quente, ou à temperatura ambiente e este trabalho deve ser feito numa zona onde não incida luz directa (do Sol ou artificial), porque a camada sensibilizadora ainda continua a ser sensível à radiação UV.

Depois de ter introduzido a placa no banho de soda cáustica, vá agitando lenta-

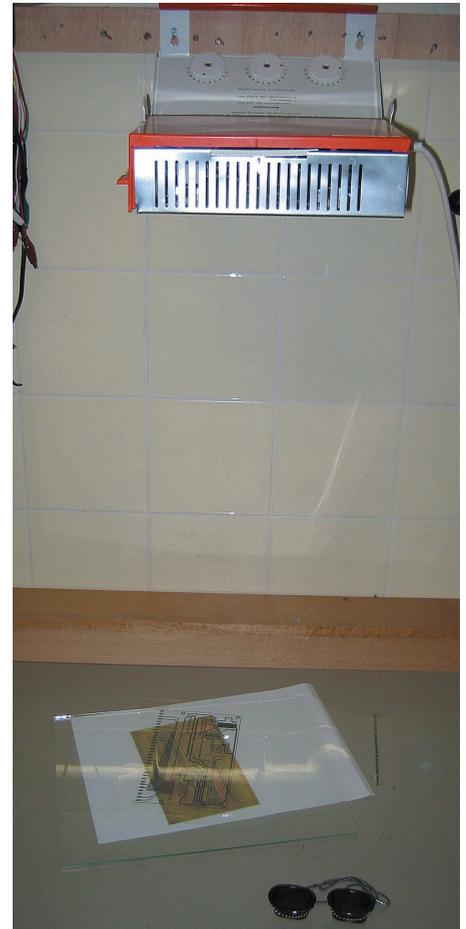


Figura 2. Exposição de uma placa com um aparelho de bronzear.

mente o recipiente de plástico que contém o banho e passado algum tempo verá começar a aparecer o desenho do circuito. O tempo de revelação é variável, dependendo da espessura da camada de verniz e do tempo de exposição à luz UV, mas se for superior a 2 minutos é sinal de que a exposição não foi suficiente. O banho fica colorido de verde-azulado, mas pode ser guardado num frasco hermético para ser novamente utilizado no futuro. No entanto, como se trata de um produto químico barato, o melhor é utilizar sempre um banho fresco.

## Destruição do cobre

Na produção industrial de placas de circuito impresso utiliza-se uma mistura de dois produtos químicos para destruir a superfície de cobre que está a mais, deixando apenas as pistas e pastilhas onde está depositada a camada de verniz fotosensível, a qual é resistente ao ataque químico. Esta mistura, que é formada por 200 partes de ácido clorídrico (H Cl) a 35%, também conhecido como ácido muriático; 30 partes de peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>) a 30%, também conhecido como água oxigenada e 770 partes de água (H<sub>2</sub> O),

## Conselhos de um profissional

Os comentários que se seguem foram traduzidos de um fórum em língua alemã existente no site <http://www.batronix.com>, mas se fizer uma busca na Internet encontrará muitos outros sites onde pode obter informação adicional sobre este assunto (por exemplo, [www.p-m-services.co.uk/Tech\\_fpane.htm](http://www.p-m-services.co.uk/Tech_fpane.htm)).

### Exposição

A radiação ultravioleta do tipo 'C' (UV-C), muito utilizada nos apagadores de memórias EPROM, não serve para o nosso trabalho, mas as lâmpadas utilizadas nos bronzeadores servem perfeitamente. Coloque a placa sensibilizada no tampo de uma mesa, depois a matriz transparente por cima e finalmente uma placa de vidro para garantir uma aderência perfeita da matriz com a placa. Note que o vidro normal é bastante menos transparente à radiação UV do que o vidro cristal, ou o vidro acrílico.

Ligue a lâmpada de UV, situada a uma distância da ordem de 50 centímetros e após cerca de 2 minutos a exposição está completa.

Nós fazemos a exposição das nossas placas com luz superactínea (UV-A), que possui um comprimento de onda superior a 400 nm.

A radiação UV-B nunca é usada na aparelhagem de exposição profissional. O tipo de radiação UV pode ser deduzido do código da lâmpada.

Por exemplo, as lâmpadas fluorescentes TL20W 05 são boas.

No nosso aparelho de insolação Hellas utilizam-se seis destas lâmpadas em cada face da placa para criar uma fonte luminosa com 120 W.

O tempo de exposição mínimo é de 2 minutos no caso das nossas placas.

As lâmpadas com o código 08 e 09, muito utilizadas nos aparelhos bronzeadores, também servem perfeitamente. Para se obter uma iluminação uniforme da placa, a distância entre as várias lâmpadas deve ser inferior à que separa as lâmpadas da placa, ou então devem usar-se reflectores.

As lâmpadas "Nitraphot" também são boas, mas necessitam de algum tempo para aquecer, pois só alcançam o rendimento luminoso óptimo ao fim de cerca de 15 minutos. Além disso, o tempo de exposição é maior (7 minutos ou mais nas nossas placas). Note que quanto maior é o tempo de exposição maiores são os desvios possíveis devido às diferentes qualidades da matriz. Em termos absolutos, 10% de 7 minutos é muito mais do que 10% de 2 minutos.

As lâmpadas utilizadas em trabalhos de construção possuem grande potência e podem fornecer menores tempos de exposição, mas o calor gerado na matriz e na placa pode criar problemas. A vantagem de uma fonte luminosa pontual, é ser possível obter pistas de cobre muito finas e situadas muito perto umas das outras. A melhor fonte luminosa pontual é o Sol, mas a radiação UV varia fortemente com a existência de nuvens, com a hora do dia e com as estações do ano, devido à diferente inclinação da órbita da Terra em volta do Sol. Em Maio uma exposição solar de 5 minutos dá bons resultados e é grátis, mas se estiver a chover terá de esperar até Novembro para a placa estar completamente exposta. Em termos gerais podemos dizer que é preferível dar exposição a mais do que a menos, principalmente se a sensibilização da placa e o desenho da matriz tiverem sido bem feitos. Um pouco de exposição a mais pode ser compensado com um tempo de revelação menor.

Para quem é iniciado nestas lides, existe sempre o truque de fazer várias exposições seguidas na mesma matriz, utilizando um pedaço de plástico preto e grosso. Depois revele a placa durante 40 segundos e veja qual é o tempo de exposição correspondente à zona da placa que está completamente revelada. Utilize então este tempo para fazer o trabalho final.

### Revelação

As placas Bungard gostam de um revelador potente (13 a 30 gramas de hidróxido de sódio (soda cáustica) diluídas num litro de água), mas por razões de segurança é melhor utilizá-la à temperatura ambiente (e não se esqueça, um salpico que atinja os olhos pode significar cegueira permanente).

O revelador não utilizado pode ser conservado num frasco de plástico bem tapado, pois a solução perde a eficácia se absorver o dióxido de carbono existente no ar atmosférico. Retire do frasco apenas a quantidade que vai utilizar e findo o trabalho, dilua o banho em bastante água e deite-o no esgoto. Uma solução de 1% de soda cáustica é equivalente ao produto que sai de uma máquina de lavar louça. O tempo de revelação permite compensar até certo ponto um tempo

de exposição excessivo. Se a exposição for demasiado longa, mesmo que se utilize uma curta revelação, o verniz existente sobre as pistas e pastilhas também é em parte retirado, facto que criará pequenas zonas sem cobre quando for feita a operação de gravação. Se a exposição for demasiado curta, a revelação não conseguirá retirar completamente o verniz fotosensível e essas áreas tomam uma cor entre o castanho-avermelhado e o violeta. Esta cor indica que o banho seguinte não conseguirá atacar o cobre.

Para fazer um teste, passe a placa por água e mergulhe-a por momentos no banho de ataque do cobre. O cobre das áreas bem reveladas muda imediatamente de cor e se isso não acontecer, é porque a exposição foi demasiado curta.

Como as placas sensibilizadas não são propriamente baratas, pode tentar remediar esta situação. Lave a placa com água corrente, seque-a completamente usando por exemplo um secador de cabelo e volte a fazer nova exposição durante cerca de 20% do tempo que utilizou anteriormente.

É claro que agora tem de fazer a exposição da área total da placa, sem colocar a matriz com o desenho do circuito, uma vez que não conseguiria colocá-la exactamente na mesma posição. Execute nova revelação e faça novo teste com o banho de ataque do cobre.

Esta técnica vai permitir que 80% do verniz das pistas e pastilhas de cobre permaneça no seu lugar, sendo ainda suficiente para as proteger do banho de ataque. Entretanto, a segunda exposição e revelação deverá conseguir comer completamente o verniz que ainda existia nas restantes áreas.

A propósito convém referir, que as nossas placas suportam razoavelmente bem múltiplas exposições, facto que pode ser útil para gravar a disposição dos componentes na outra face da placa. Por outro lado, os leitores que sabem o que significa o termo "gradação do contraste" poderão expor e revelar as nossas placas utilizando uma fotocópia do desenho do circuito feita em papel normal. O truque está em fazer uma exposição relativamente curta e utilizar um banho revelador duas vezes mais forte do que é usual.

### Remoção do cobre

Os problemas que podem surgir durante a operação de destruição do cobre são principalmente devidos a erros de exposição. Por razões de protecção ambiental, para atacar o cobre não devem ser usados banhos de persulfato de amónio ou de sódio. Aliás, o rendimento é fraco e estes produtos decompõem-se facilmente. Por outro lado, o resultado é catastrófico no que respeita à espessura mínima das pistas que é possível obter e o custo de eliminação dos banhos usados é dez vezes mais elevado do que o dos banhos de percloro de ferro. A única razão porque são usados, deve-se ao facto de não produzirem bolhas gasosas como acontece com o percloro de ferro ( $FeCl_3$ ), podendo utilizar-se uma cuvete de menor profundidade.

Utilizando um banho de percloro de ferro a 45°C, são necessários pelos menos 90 segundos para tratar uma placa com camada de cobre de 35 µm, numa máquina de pulverização. O tempo máximo é da ordem de 180 segundos e no final o banho deve ser deitado fora. Nessa altura o banho conterà 5 a 10 vezes mais cobre do que um banho de persulfato de sódio. Além disso, permite criar pistas com 0,1 mm de espessura em dez vezes menos tempo, utilizando a técnica de pulverização e não faz buracos na roupa do utilizador. O limpa nódoas RX3 pode retirar facilmente as nódoas de ferrugem. Só existe um banho mais eficaz, mas que por razões de segurança só deve ser usado em trabalhos profissionais. Trata-se da mistura de ácido clorídrico (ácido muriático) e peróxido de hidrogénio (água oxigenada).

Não armazene um saco de soda cáustica (Na OH) aberto, pois este produto químico atrai a humidade do ar como se fosse um íman e forma uma pasta extremamente agressiva. A melhor solução é adquirir soda cáustica suficiente para um litro de água, fazer o banho e armazená-lo num frasco bem fechado. O percloro de ferro na forma granulada ou em pérolas, é menos perigoso do que a soda cáustica. Sem pretender ser demasiado optimista, em minha opinião a solução aquosa de revelador preparada com concentração para uso imediato, é relativamente inofensiva. O leitor já alguma vez leu atentamente os avisos feitos nos blocos de detergente utilizados nas máquinas de lavar? E quem utiliza o revelador SENO 4007 que pretende ser amigo do ambiente? E o leitor sabe que o cloreto de ferro é usado em grandes quantidades no tratamento da água para distribuição doméstica! Mas é claro que não contém cobre!!!

Dieter Bungard  
Assistência Técnica  
Bungard Elektronik  
<http://www.bungard.de>



Figura 3. Material necessário para a remoção do cobre.

emite gases muito tóxicos e um cheiro característico, sendo pouco apropriada para ser manipulada numa habitação. Ao fim de alguns minutos o cobre em excesso está todo removido. É necessário observar cuidadosamente o processo, porque se a placa estiver demasiado tempo no banho, as próprias pistas de cobre começam a ser corroídas lateralmente e se forem muito estreitas poderão ficar interrompidas.

Os amadores de electrónica normalmente utilizam um banho menos perigoso formado por 500 gramas de perclorato de ferro diluído num litro de água e ligeiramente aquecido (45°C) para actuar mais rapidamente. Outros usam ácido nítrico a 65% diluído numa quantidade de água igual.

Qualquer que seja o produto químico utilizado, é muito importante trabalhar num compartimento bem arejado e mesmo assim procure não respirar os gases que se libertam. Também convém usar óculos de protecção, porque um salpico mal dirigido pode resultar na sua cegueira permanente.

Quando a placa é colocada no banho, as áreas de cobre onde a revelação retirou o verniz protector ficam imediatamente avermelhadas e o ataque inicia-se libertando pequenas bolhas de gases. A placa deve ser ligeiramente movimentada durante todo o processo, para acelerar a destruição do cobre. O banho vai ficando azul-verdeado, ou acastanhado conforme o produto químico utilizado.

Se estiver a utilizar um banho de ácido muriático e água oxigenada e notar que o

ataque se está a processar lentamente, rejuvenesça-o adicionando mais um pouco de água oxigenada. Por outro lado, se as áreas de cobre avermelhadas começarem a ficar esbranquiçadas, adicione um pouco de ácido muriático.

Depois do ataque do cobre estar terminado, lave muito bem a placa em água corrente. Chegou agora a altura de retirar a camada de verniz fotosensível que se encontra por cima das pistas e pastilhas de cobre. Esse trabalho pode ser feito com acetona ou diluente de tintas. Outra solução que dá bons resultados é retirar o verniz com palha de aço fina, como a que é utilizada nas cozinhas para limpar as panelas. Mesmo que utilize a acetona ou o diluente, termine o traba-

lho com a palha de aço, para retirar a fina camada de óxido de cobre, que entretanto se desenvolveu durante as várias operações.

Depois de ter feito os furos para os terminais dos componentes e para evitar que o cobre oxide em contacto com o ar, convém pulverizar a placa com um verniz protector apropriado, dos que se vendem nas casas de electrónica. Este tipo de spray, além de fornecer protecção antioxidante, até facilita as operações de soldadura dos componentes.

Um banho de perclorato de ferro pode ser conservado para futura utilização, armazenando-o num frasco bem fechado. No caso de um banho de ácido muriático/água oxigenada, o frasco não pode ficar hermeticamente fechado porque a decomposição da água oxigenada faz aumentar a pressão interior. O melhor é usar um frasco de vidro dotado com uma rolha de vidro. Quando utilizar novamente o banho, ele deve ser reactivado pela adição de água oxigenada.

## Químicos usados

Nunca é demais referir, que os produtos químicos utilizados no fabrico de placas de circuito impresso são perigosos para o utilizador e para o meio ambiente.

Embora os produtos químicos que referimos sejam utilizados com grande diluição, mesmo assim podem provocar danos irreparáveis. Para começar, devem ser guardados em locais não acessíveis a crianças e durante o seu manuseamento, há que utilizar luvas e óculos de protec-

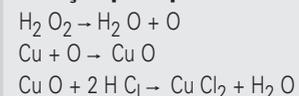
ção. Os salpicos na roupa e na pele podem rapidamente ser anulados por meio de lavagem com água, mas um salpico que atinja os olhos pode ter consequências irreparáveis como a cegueira permanente. Por outro lado, durante as reacções químicas desenvolvem-se gases e alguns são potencialmente venenosos. Por essa razão, o utilizador não deve comer, beber, ou fumar e o trabalho deve ser executado num compartimento bem ventilado e evitando respirar os gases quando observa de perto o ataque químico.

Se utilizar a mistura de ácido muriático com água oxigenada, depois de ter terminado o trabalho e se não pretender guardar o banho para futura utilização, deixe-o descansar durante alguns dias para a água oxigenada se decompor naturalmente em água e oxigénio. Nessa altura, o banho apenas conterà cloreto de cobre, ácido clorídrico (muriático) e água e poderá ser deitado para o esgoto. É claro que numa instalação industrial onde é fabricada grande quantidade de placas de circuito impresso, os banhos têm de ser neutralizados, ou enviados para um depósito de resíduos perigosos. O leitor não deve tentar neutralizar o ácido utilizando hidróxido de sódio (soda cáustica), pois dá origem a uma reacção violenta e portanto algo perigosa, onde é produzida água salgada, resíduos de cobre e gases variados.

Todos os produtos químicos referidos são facilmente adquiridos no comércio local e as placas de cobre já sensibilizadas também se vendem em casa de componentes electrónicos. Se tiver dificuldade, tente os sites das casas que vendem através da Internet. Procure no site da Elektor (Componentes difíceis) os endereços onde deve procurar. (020099)

## Reacções químicas com banho de ácido muriático/água oxigenada

### Reacção principal útil:



### Reacções secundárias:

