

Soluções para Prototipação de Circuitos Impressos

TTP Indústria Mecânica Ltda.

2018

Conteúdo

1	Informações Legais	2
2	Como Prototipar uma Placa?	3
2.1	O Processo de Remoção de Material	3
2.2	As Ferramentas Utilizadas	4
2.3	Fresando as Trilhas	5
2.4	Placas Reais	6
3	Como Corrigir as Irregularidades?	7
3.1	Sistema de Mapeamento	8
3.2	Sistema de Coordenadas	9
4	Desvantagens do Mapeamento	10
4.1	Tempo de Inicialização	10
4.2	Sensor Apalpador	10

1 Informações Legais

Copyright 2018 TTP Indústria Mecânica Ltda.

Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada ou transmitida sob qualquer forma (mecânica, fotocopiada, gravada), sem permissão escrita da TTP. Todas as marcas e nomes de produtos de outros fabricantes citados neste manual são marcas ou marcas registradas de seus respectivos proprietários.

Embora todos os cuidados tenham sido tomados na elaboração deste documento, a TTP não assume qualquer responsabilidade por erros ou omissões neste manual. A TTP não se responsabiliza pela montagem e funcionamento dos circuitos descritos no manual, assim como dos *softwares* e códigos.

2 Como Prototipar uma Placa?

A prototipação de circuitos eletrônicos é uma ferramenta de grande importância para a aceleração do desenvolvimento de projetos na área, permitindo testes funcionais de conceito e de *layout* de placas em poucas horas.

Embora bastante simples, é preciso observar alguns detalhes importantes para a obtenção de resultados adequados. Estes detalhes envolvem desde a escolha da ferramenta adequada até as irregularidades na superfície do cobre da placa.

2.1 O Processo de Remoção de Material

As prototipadoras da TTP utilizam dois processos mecânicos para realizar sua tarefa de prototipação: o fresamento e a furação. A furação é um processo conhecido pela maioria das pessoas, mas o fresamento é um processo de remoção mecânica de material de forma lateral, através de uma ferramenta chamada de **fresa**, ilustrado na figura 1 abaixo.

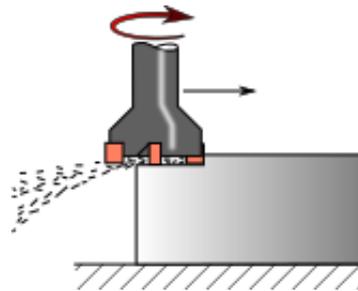


Figura 1: Processo de Fresamento

2.2 As Ferramentas Utilizadas

Para o fresamento, existem diversos tipos de fresas, específicas para cada aplicação. No caso de circuitos impressos, três tipos de fresas são de interesse: a de **topo reto**, a **piramidal** e a de **engraving**, ilustradas na figura 2 a seguir.



Figura 2: Tipos de Fresas

Já para o processo de furação, são utilizadas brocas. A PCB Proto pode utilizar brocas de diversos diâmetros, variando de décimos de milímetro até alguns milímetros. Algumas das brocas utilizadas são ilustradas na figura 3 abaixo.



Figura 3: Tipos de Brocas

Dentre essas ferramentas, algumas possuem o que é chamado de gola: um anel espaçador que indica a profundidade de fixação da ferramenta. Nele também geralmente se encontram do diâmetro desta.

2.3 Fresando as Trilhas

A parte principal da fabricação do protótipo é o fresamento das trilhas. Para isto, são normalmente usadas ferramentas cônicas, como a fresa de *engraving* ou a fresa piramidal. A ferramenta remove a camada de cobre, e para garantir uma boa isolamento e acabamento também remove uma pequena parte do substrato, como pode ser visto na figura 4 abaixo.



Figura 4: Fresando as Trilhas

Como a camada de cobre é bastante fina, quando usadas ferramentas cônicas, o ângulo destas, e também a profundidade de corte acabam influenciando significativamente o nível de detalhe das placas produzidas, como ilustrado na figura 5.

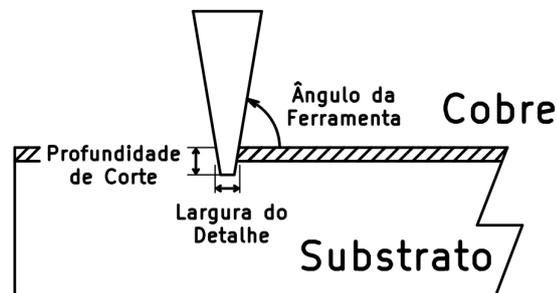


Figura 5: Influência das Ferramentas Cônicas

A imagem anterior clarifica a importância da escolha de uma ferramenta adequada: ferramentas com ângulos menores podem proporcionar nível maior de detalhes para uma mesma profundidade de corte, mas são mais frágeis, resultando em velocidades de trabalho menores.

2.4 Placas Reais

Nos exemplos anteriores, foi ilustrada uma placa perfeitamente plana, o que não reflete um sistema real. No caso prático, as placas apresentam irregularidades na sua superfície, causando diferentes profundidades na remoção de material.

Essas diferentes profundidades chegam a ser mais significativas que a espessura do cobre, causando um erro de prototipação: a ferramenta nem sempre remove totalmente o cobre, ou ainda remove mais que o necessário. Mesmo através do uso de ferramentas retas, que são mais frágeis e caras, as irregularidades são muito grandes, causando também perda de qualidade. O efeito pode ser melhor visualizado na ilustração 6 a seguir.

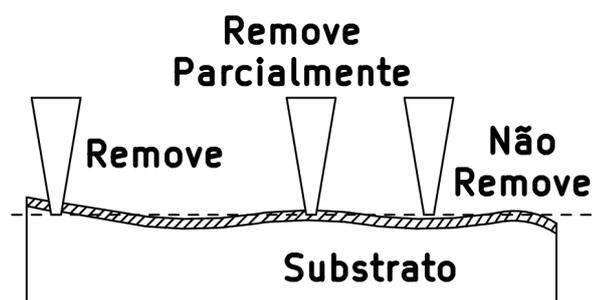
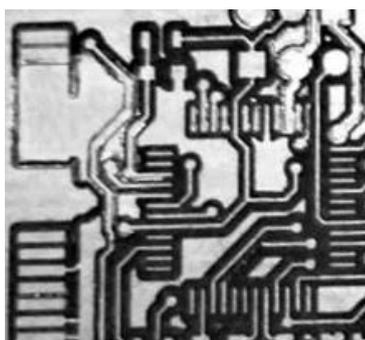
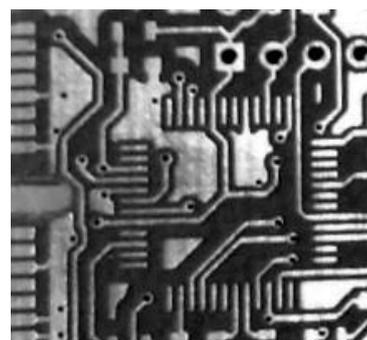


Figura 6: Irregularidades na Placa

Esse efeito é proporcional ao tamanho da placa, dificultando a prototipação de placas grandes com detalhes complexos. Na próxima figura 7, pode ser vista uma comparação de placas reais, com e sem o efeito dessas irregularidades.



(a) Com Irregularidades



(b) Sem Irregularidades

Figura 7: Efeitos na Placa Real

3 Como Corrigir as Irregularidades?

Quando enfrentados com o problema das irregularidades nas placas, uma solução robusta e eficiente se faz necessária.

Dentre as técnicas, a mais popular é o uso de um sistema espaçador: combinando a gola das ferramentas e uma peça mecânica, é possível manter constante a distância da superfície da placa, como mostrado na figura 8.

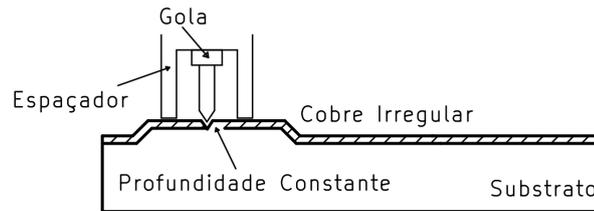


Figura 8: Insensibilidade a Pequenos Erros

Apesar de simples, esta solução exige o ajuste preciso da gola das ferramentas, sendo obrigatório o uso de um equipamento específico para isto.

Outra desvantagem é a sensibilidade das irregularidades: os efeitos de placa torta que ocorrem em um espaço menor que o diâmetro da peça mecânica não podem ser corrigidos.

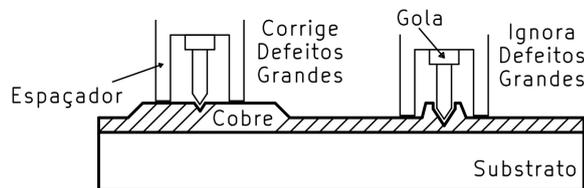


Figura 9: Insensibilidade a Pequenos Erros

Outro detalhe que necessita de atenção é quanto aos erros do usuário e de programação: se o sistema sair da área da placa, ao tentar retornar vai estar mais baixo que ela, colidindo contra esta e inutilizando o protótipo, podendo quebrar a ferramenta e causar danos estruturais na máquina.

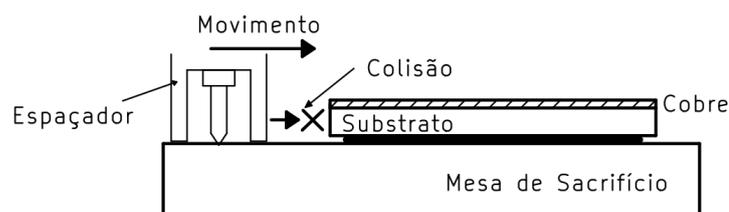


Figura 10: Colisão Lateral

3.1 Sistema de Mapeamento

Dados os problemas apresentados na situação clássica, a TTP escolheu outra solução em seus produtos: o mapeamento da superfície da placa. Este processo mede as irregularidades da placa através de um sensor apalpador, produz um mapa topográfico desta e corrige a altura de fresamento automaticamente, no próprio programa de usinagem. A figura 11 ilustra esse mecanismo.

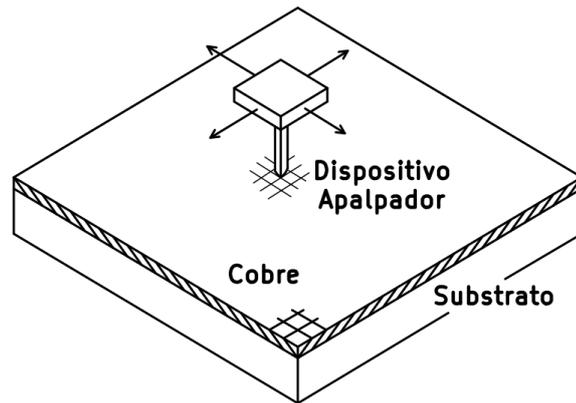


Figura 11: Sistema de Mapeamento

Um exemplo do mapa é mostrado na figura 12 a seguir, com a altura em decímetros e os demais eixos em centímetros.

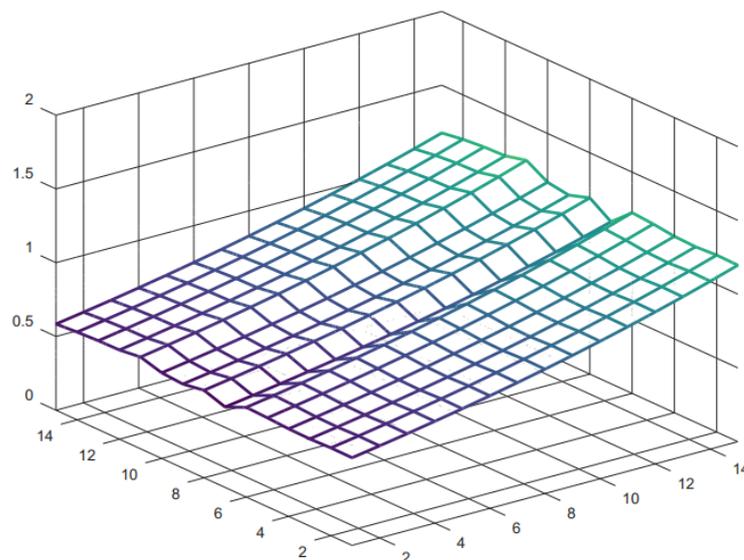


Figura 12: Topografia da PCB

3.2 Sistema de Coordenadas

Aproveitando a capacidade de avaliar a topografia da área de trabalho, o sistema também localiza automaticamente a placa de circuito. Com ela localizada, é gerado um sistema de coordenadas relativo, com origem na própria placa a ser usinada: isto permite a despreocupação do usuário quanto a posição da placa na mesa, tanto no programa de usinagem quanto na fixação da placa. Esse sistema é ilustrado na figura 13.

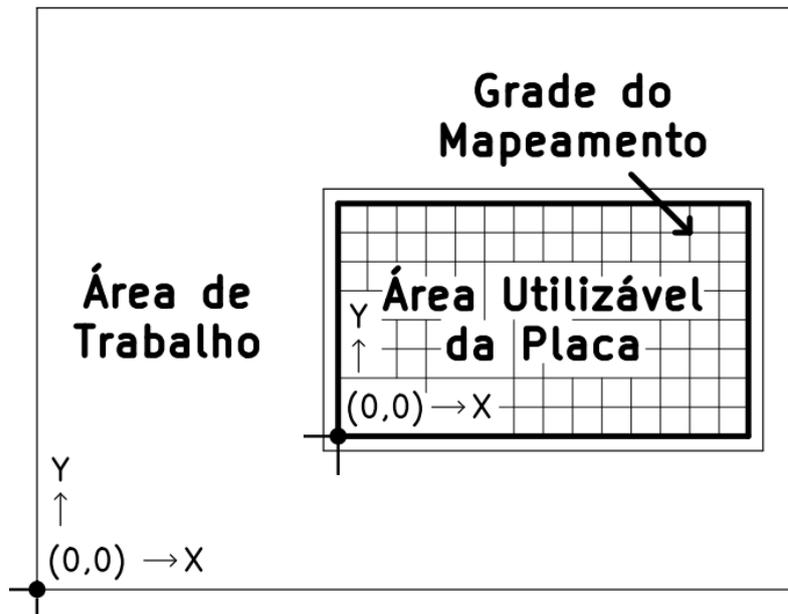


Figura 13: Sistema de Coordenadas

Para o eixo Z, o sistema é mais simples. A origem dele é a superfície da placa, como mostrado na figura 14 a seguir.

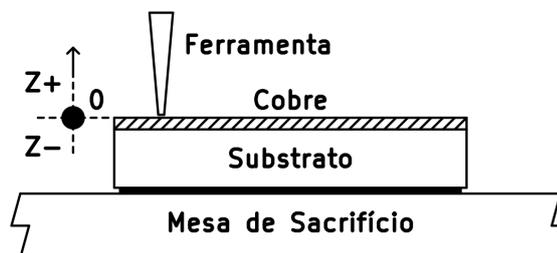


Figura 14: Sistema de Coordenadas

Neste sistema, valores positivos no eixo Z indicam uma distância acima da placa de cobre, e valores negativos indicam distâncias abaixo da superfície de cobre.

4 Desvantagens do Mapeamento

Dentre os pontos negativos do sistema de mapeamento, se destacam o tempo de início do programa e o tipo de sensor.

4.1 Tempo de Inicialização

Quanto ao tempo de início, este existe porque o sistema necessita localizar a placa, mapear a superfície e aplicar interpolação matemática para corrigir o código.

A TTP desenvolveu um algoritmo que procura a placa de maneira inteligente, que diminui consideravelmente o tempo necessário para a localização da placa, resultando em um tempo médio para esta etapa de 2 minutos.

Além deste algoritmo otimizado, o sistema foi todo desenvolvido em linguagem de programação C e C++, visando grande performance nos cálculos, sendo capaz de processar placas extremamente complexas em menos de **10 segundos**.

A dinâmica da máquina e o algoritmo de mapeamento também foram estudados e otimizados, resultando em um tempo médio de 5 minutos de mapeamento. Em geral, o tempo de início de programa fica entre 5 e 10 minutos.

Como o sistema todo facilita a fixação da placa e a preparação do programa de usinagem, se tem um **ganho positivo na velocidade** de prototipação final.

4.2 Sensor Apalpador

Sensores apalpadores, também chamados de *probe* são dispositivos que indicam um contato com uma superfície. Na mecânica de usinagem, o uso de sensores de precisão elevada é bastante comum, mas aliado a essa precisão existe um custo elevado.

Uma das possíveis soluções é o sensor de contato elétrico, que energiza eletricamente o sensor e a placa, sendo acionado quando houver o contato. Além da dificuldade de energização da placa, que inclui fiação adicional na máquina, e fixação adicional por parte do usuário, o contato elétrico pode gerar desgaste no sensor e na placa.

Para corrigir esse efeito, a TTP desenvolveu e projetou um sensor híbrido, que utiliza um apalpador mecânico e um sensor óptico.

O sensor óptico adiciona robustez e precisão nas medições, sem contatos elétricos ou mecânicos, que podem falhar mais facilmente. O sensor mecânico é retificado, com boas características térmicas, oferecendo precisão na medição da superfície.