Prototipagem e Montagem de Placa de Circuito Impresso

Aula 03 - Introduçao às máquinas de produçao e aos softwares de controle de processo

Material Didático do Instituto Metrópole Digital - IMD
Versão 5.0 - Todos os Direitos reservados

Apresentação

Nesta aula, você será apresentado as máquinas de produção de placas de circuito impresso e aos softwares que operam essas máquinas, especificamente, verá quais as funcionalidades de algumas máquinas de produção de um protótipo profissional, sendo mostrado como exemplo máquinas de um fabricante. Além disso, você verá os vários passos realizados por softwares de controle de máquinas de produção, assim aprenderá termos técnicos relacionados à operação dessas máquinas.

Objetivos

Ao final desta aula, você será capaz de:

- Compreender as várias etapas de um processo de produção de placa de circuito impresso, como também ter uma abordagem dos diferentes tipos de máquinas existentes para produção de PCB e as respectivas funcionalidades.

- Aprender quais softwares são utilizados nas etapas finais de projeto e produção de PCB, comumente denominadas de back-end, assim como, entender as principais características desses softwares e procedimentos a serem realizados nessa fase.

Processos de produção de Placa de Circuito Impresso (PCB)

Provavelmente, você já deve ter visto uma placa de circuito impresso, que pode ser encontrada em quase todos os equipamentos eletrônicos. Por exemplo, em um computador, encontramos a placa-mãe; em um simples MP4 Player, temos um circuito implementado em um PCB que realiza o processamento; até mesmo, o mouse que você está utilizando tem uma placa de circuito impresso, como podemos visualizar na Figura 1. Algumas placas têm uma camada denominada de máscara anti solda, muitas vezes, de cores verde ou vermelha.

Figura 01 - Placa de circuito impresso de um mouse

Fonte: Razer Mouse: freeze fix. Disponível em: <http://www.thesgl.com/forums/topic/247130/>. Acesso em: 28 set. 2012.

Fique atento!

Citamos, desde o início da disciplina, alguns termos essenciais para qualquer projetista ou operador que trabalhará na indústria eletrônica. No decorrer da aula, citaremos outros, portanto, fique atento!

Atividade 01

1. Procure alguns equipamentos perto de você e cite alguns desses que você supõe ou sabe que tem uma placa de circuito impresso embutido.

O desenvolvimento de placas de circuito impresso na indústria é norteado principalmente pela norma IPC-A-600, que estabelece critérios de aceitação para placas de circuito impresso, levando em consideração as principais características destas, como, por exemplo, largura e espaçamento do condutor, material dielétrico, solda, tamanhos de furos, entre outros. Sendo assim, é bastante comum, quando não existir requisitos específicos determinados pelo cliente, os fabricantes seguirem essa norma.

Dica

Procure saber mais sobre essa norma, você pode precisar na sua vida profissional.

O processo de produção de placa de circuito impresso pode ser realizado por diferentes máquinas com funcionalidades diferentes. Iremos utilizar algumas máquinas do fabricante LPKF. A construção de uma placa de circuito impresso profissional passa por várias etapas que vão desde a fresagem até a soldagem, incluindo processos químicos.

Observação

É importante lembrar que não existe apenas produção de PCB por meio de máquinas de produção. As PCB podem ser feitas também com alguns produtos químicos, até mesmo, em casa. Na indústria, costumam ser produzidas em grande escala por meio de máquinas de alta complexidade.

Tente você mesmo aprender a produzir sua PCB em casa. Para isso, basta procurar na internet manuais de fabricação de produção caseira de PCB. Fica a dica: “Conhecimento a mais nunca é muito!”.

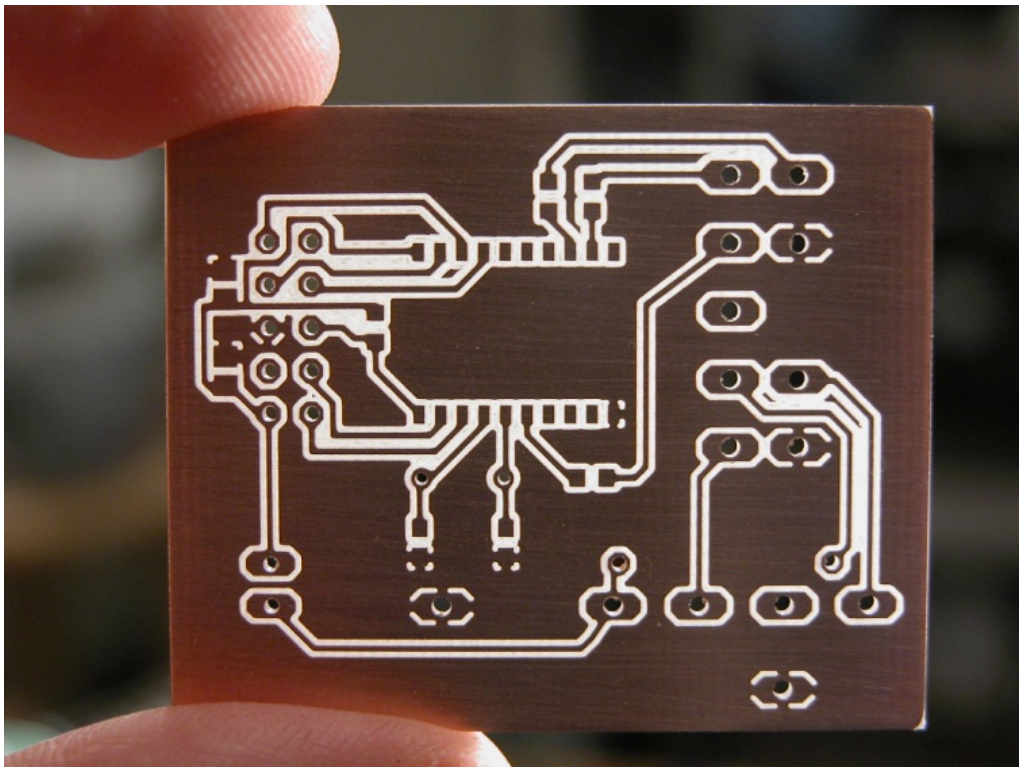
Dica

Veja também o catálogo da empresa alemã *PKF Laser & Electronics* (LPKF) no site <http://www.lpkf.com>, e então fique inteirado sobre o lançamento de novas máquinas para impressão de circuito em PCB. Atualmente, já existe no mercado máquinas a *laser* para realizar processos antes realizados por brocas. A Anacom é a empresa brasileira representante da LPKF, logo é interessante também ver o seu site <http://www.anacom.com.br>.

O processo principal é a fresagem, em que a máquina utiliza brocas para realizar a retirada do material. Nele será feito o isolamento da trilha, que consiste na retirada no cobre do substrato. A fresadora LPKF ProtoMat S62 é um tipo de fresa CNC (*Computer Numeric Control* ou, em português, Controle Numérico Computadorizado), que permite o controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escrita num código específico. A utilização de CNCs permite a produção de peças complexas com grande precisão, especialmente quando associado a programas de CAD/CAM.

Ao final do processo de fresagem, a placa ficará apenas com trilhas, porém isso não é bastante para o funcionamento dos componentes. Faz-se necessário realizar os furos na placa para inserção dos componentes, que será a próxima etapa do processo de fabricação. Após finalizar os processos de fresagem e furação, temos uma placa equivalente a placa da Figura 2. Para placas de duas faces, em que devem existir furos para ligar os dois lados da placa, deve-se realizar esses furos antes da fresagem e metalizá-los para permitir a passagem de corrente de um lado para o outro. Aqueles furos que não conectam os dois lados da placa, devem ser realizados após a fresagem, e portanto, depois da metalização.

Figura 02 - Placa de Circuito impresso



Fonte: <http://thalesnicoleti.blogspot.com.br/2010/11/fresa-cnc-para-pci.html>. Acesso em: 27 set. 2012.

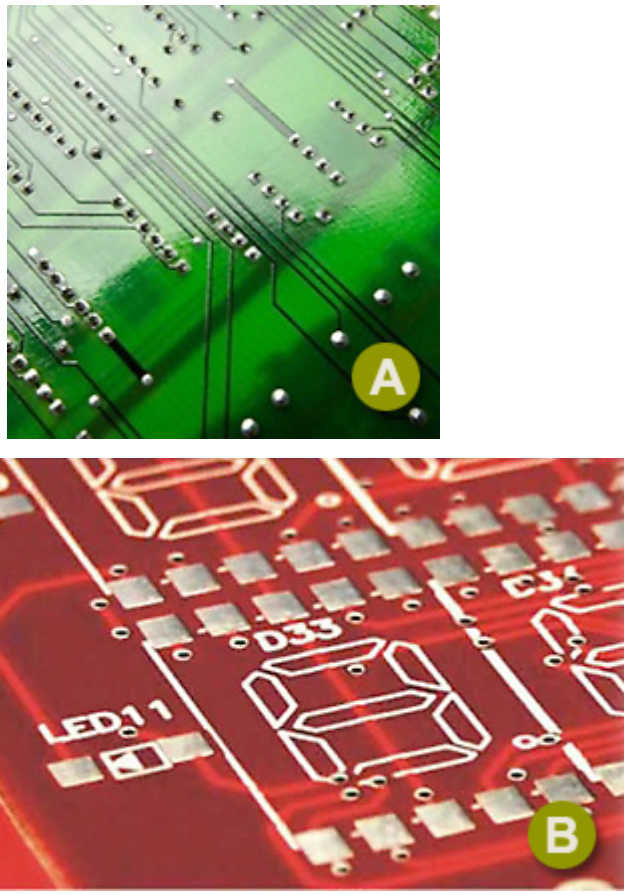
Observação

O termo CAD e CAM é usado pela maioria dos processos de produção, do projeto até o protótipo final. Então é importante você saber qual o significado de cada sigla. O CAD (*computer-aided design* ou, em português, desenho auxiliado por computador) é o nome genérico de sistemas computacionais (*software*) utilizados pela engenharia de design para facilitar o projeto de desenho técnicos. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) ou Manufatura Auxiliada por Computador, contrapondo-se ao CAD, está no processo de produção. O CAM é utilizado para processos que tem ligação direta com máquina.

Ao final dos processos de fresagem e furação é possível a utilização da placa, porém temos alguns processos de acabamento. Como foi citado antes, algumas placas tem cores, como verde, vermelho e azul. Essa camada de cor é chamada de máscara antissolda. A máscara ajuda no momento da soldagem, impedindo a

dispersão da solda no local e permite que a placa tenha um tempo de durabilidade maior, evitando oxidação na placa. Há outros tipos de proteção para a placa, com vários tipos de verniz, porém eles não têm a mesma durabilidade em proteção contra oxidação. Nas **Figuras 3-a** e **3-b** temos imagens de placas verde e vermelho, após a aplicação da máscara antissolda.

Figura 03 - (a) PCB com máscara antissolda cor verde; (b) PCB com máscara antissolda cor vermelho



Fonte: (a) <http://sp.quebarato.com.br/sao-paulo/placa-de-circuito-impresso__1AAE00.html>; (b) <http://www.qicircuitos.com.br/images/pci-vermelha-m.jpg>.
Acesso: 27 set. 2012.

A depender da aplicação pode se utilizar componentes relativamente grandes, no entanto a maioria dos dispositivos atuais são construídos a partir da tecnologia SMD *(Surface Mounting Service)*, que são componentes que objetivam reduzir o espaço ocupado pelos componentes tradicionais. Todavia, eles têm restrições de temperatura e uso. Para esses componentes, existem máquinas que realizam a aplicação deles na placa.

Atividade 02

1. Quais os três processos necessários para a construção de uma PCB simples e funcional?
2. E qual a funcionalidade de cada um deles?

Introdução as máquinas da LPKF

Nessa parte do material, vamos falar sobre as máquinas usadas no processo de construção de PCB do fabricante LPKF.

ProtoMat S62

Protomat S62 é uma máquina especializada na criação de circuito impresso. Ela realiza os processos de fresagem e furação. Oferece precisão de até 0,2mm e caixa de ferramentas, possibilitando a troca automática de brocas (ajuste de profundidade manual). Nas Figuras 4 e 5, temos imagens dessa máquina.

Seu gabinete integrado reduz o barulho no ambiente e também serve como capa protetora, proporcionando maior segurança ao ambiente de trabalho. Além disso, possui iluminação integrada, opcionais de sistema de vácuo para melhor fixação das placas e sistema de câmeras para reconhecimento automático dos furos de fiducial e auxílio na calibragem da profundidade das brocas.

Figura 04 - ProtoMat S62 (visão externa)

Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

Figura 05 - ProtoMat S62 (visão interna)

Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

MiniContac RS

A MiniContac RS é um sistema desenvolvido para a produção de protótipos de PCB e pequenas séries de placas de circuito impresso. Ela realiza o processo de metalização dos furos.

MiniContac RS possui apenas quatro bacias químicas que podem ser facilmente alteradas caso se faça necessário. Na Figura 6, temos uma imagem dessa máquina.

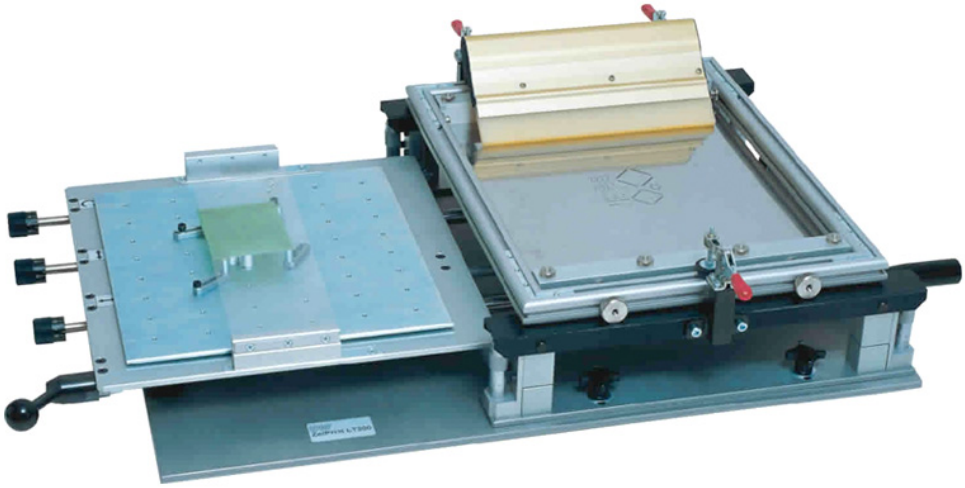
Figura 06 - MiniContac RS

Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

Zelprint LT300

ZelPrint LT300 é uma impressora de mesa manual para prototipagem SMD e confecção de pequenos lotes de produtos. Permite a aplicação da pasta de solda para componentes SMD com precisão superior aos processos convencionais. Na Figura 7, temos uma imagem dessa máquina.

Figura 07 - Zelprint LT300



Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

Protoplace S

A Protoplace S é uma máquina especializada em posicionar componentes SMD em placas de circuito impresso. Seu sistema ergonômico semiautomático e o seu sistema de câmera permitem precisão superior aos métodos convencionais. Possui, também, o modo dispenser, que permite a aplicação de pasta de solda nas placas. Na Figura 8, temos uma imagem dessa máquina.

Figura 08 - Protoplace S

Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

Protoflow S

Protoflow S é um forno utilizado para confecção de lead-free refluxo da solda. Sua finalidade é a prototipagem rápida SMD e produção de pequenos lotes. Ela funciona em conjunto com a Protoplace S para a soldagem de componentes SMD na PCB e também participa do processo de aplicação de máscaras. Na Figura 9, temos uma imagem dessa máquina.

Apresenta gaveta motorizada para acesso à placa de circuito, conexão externa com medidor de fluxo de gás inerte (reduzindo a oxidação no processo de refluxo e proporcionando juntas melhor soldadas).

A Protoflow é muito útil para refluxo SMD de solda, endurecimento adesivo por precipitação e endurecimento por precipitação de pasta condutora, dentre outros procedimentos.

Figura 09 - Protoflow S

Fonte: <http://www.lpkf.com>. Acesso em: 27 set. 2012.

Atividade 03

1. Quando é necessário utilizar furos metalizados? Quais máquinas seriam usadas para esse processo?

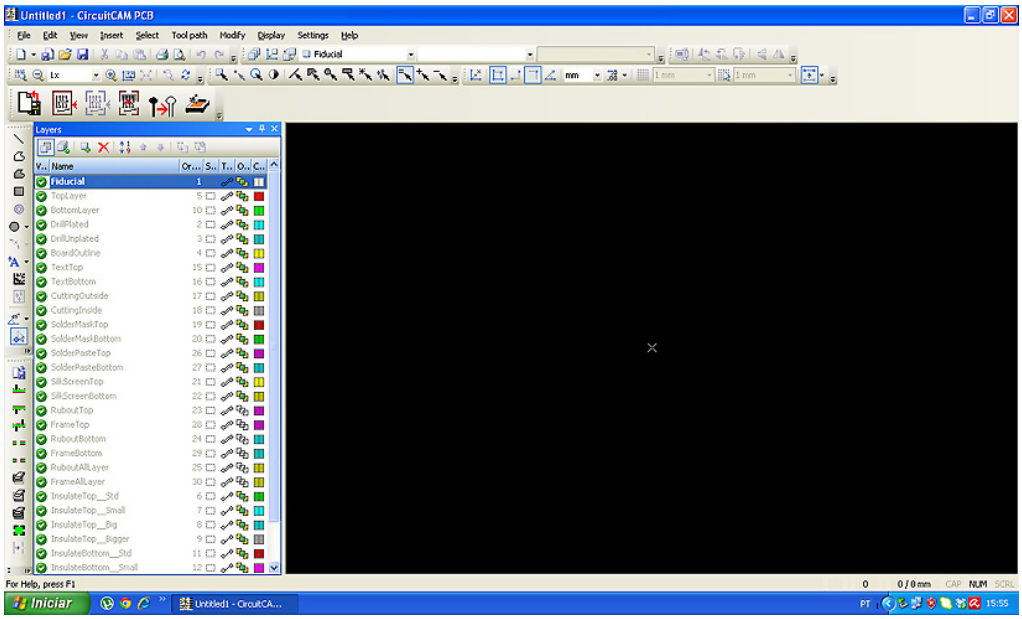
CircuitCAM PCB

Vimos na aula passada alguns softwares existentes para desenho de placas de circuito impresso, como o Eagle, OrCAD e Proteus. Esses softwares podem ser genericamente agrupados na categoria de softwares CAD. Uma etapa final comum a eles é gerar um arquivo do tipo Gerber. Ao importar esse arquivo utilizando o software CircuitCAM, gera-se um arquivo CAM correspondente. Nesse arquivo faz-se as últimas configurações para impressão da placa. O próximo passo é exportar o arquivo do CircuitCAM para o software da máquina fazer uso: é quando se faz a geração do arquivo CNC (Comando Numérico Computadorizado). Normalmente, a extensão desse arquivo exportado é '.LMD'. Ele terá a função de controlar a máquina de produção de PCB, realizando, dessa maneira, a fresagem e furos previstos no projeto. Este arquivo CNC armazena o caminho que cada ferramenta da máquina de fresagem e produção de furos deve percorrer para produzir as trilhas na PCB. No nosso caso, é o software Board Master que utilizará o arquivo CNC para controlar a máquina de produção de PCB.

No parágrafo acima, citamos os arquivos *gerber*, mas você já ouviu falar nesses arquivos? Gerber é um termo utilizado por indústrias de *software* de CAD para descrever arquivos de imagem com layout e dados para impressão de PCBs. Por exemplo, é especificado a implementação de *copper*, *top* e/ou *bottom layers*, *solder mask*, *solder legend*, dados dos furos, etc. É desejável que os arquivos sejam fornecidos nesse formato para a fabricação das placas, pois trazem apenas informações necessárias para o processo de fabricação, oferecendo maior proteção ao projeto e evitando problemas que podem ser gerados pela diferença de configuração entre o software de CAD e o *software* de CAM.

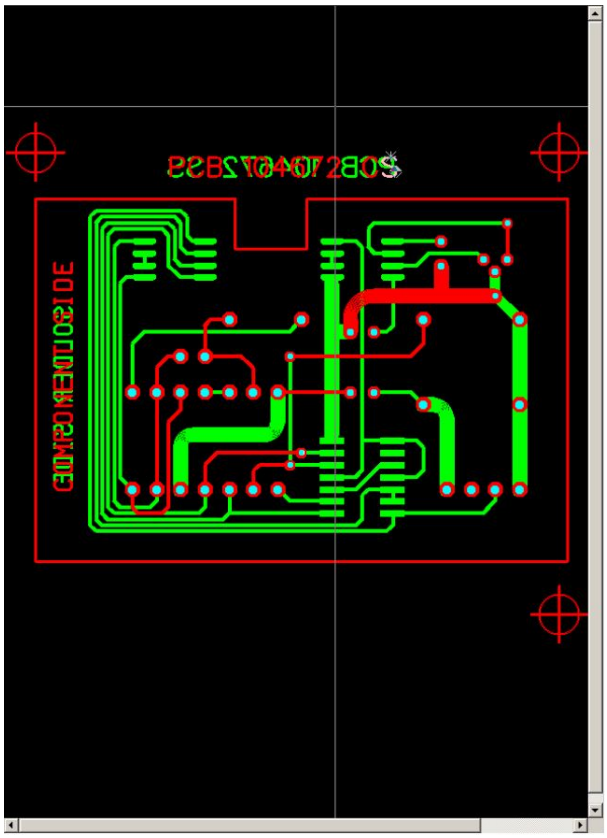
O visual do CircuitCAM é similiar a muitos outros programas de aplicação em Windows. O software é disposto em várias janelas, cada uma com sua funcionalidade. Há janelas de gráficos, de lista, de informação ou 'log' e de propriedades. Na **Figura 10**, temos uma imagem do *software* CircuitCAM 6.1.

Figura 10 - Tela inicial do CircuitCAM



A janela gráfica permite visualizar o layout da PCB, isto é, os dados para produção da PCB podem ser visualizados de uma maneira gráfica, de forma simular a visualização disponível nos softwares CAD. Sendo que no CircuitCAM é possível checar, e, até mesmo, editar, os dados, para produção de trilhas e furos, por meio da seleção dos objetos que representam eles (ver Figura 11).

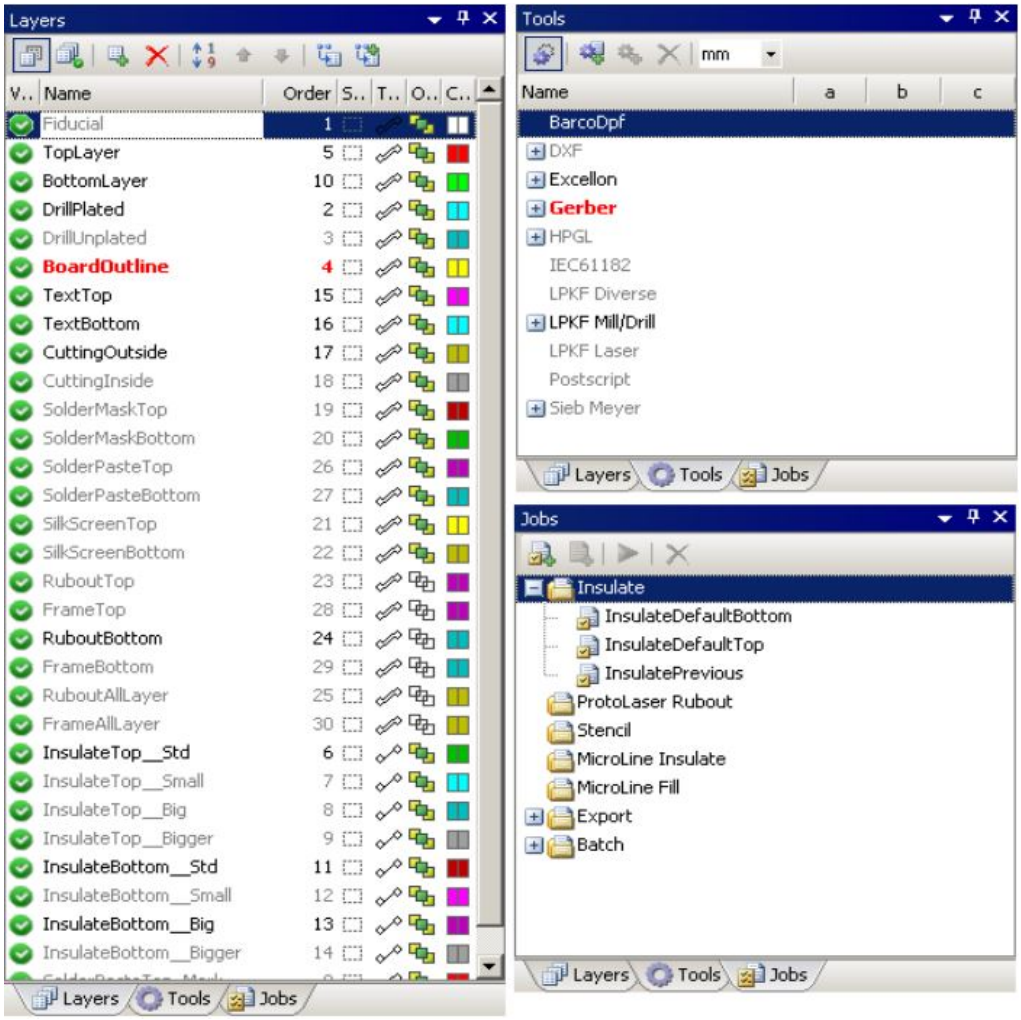
Figura 11 - Janela Gráfica



Fonte: <>. Acesso em: 05 jan. 2015.

A Figura 12 exibe a janela em que tem a lista de todos requisitos para plotagem do circuito na placa. Nessa janela é possível editar, deletar e adicionar novas entradas.

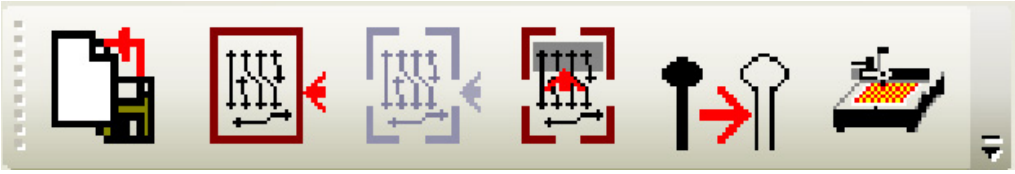
Figura 12 - Janela Gráfica



Como já foi citado, existe ainda as janelas de propriedades, e, também, de 'log' ou informação. Você verá com mais detalhe em aula futura as características dessas janelas, assim como, poderá praticar para ganhar habilidade no manuseio desse software CAM.

O CircuitCAM possui algumas barras de ferramentas (toolbars) em que cada uma agrupa botões que tem funcionalidades que se associam entre elas. Isso foi uma maneira encontrada pelo desenvolvedor do produto para organizar o software seguindo a lógica do processo de produção de PCBs, facilitando a vida do desenvolvedor. Portanto, se nós verificarmos o software CircuitCAM, veremos que ele tem 'toolbars' denominados de *STANDARD*, *LAYER*, *ZOOM*, *UNIT/GRID*, *SELECT*, *INSERT*, *RELATIV ROTATIONS* e um essencial, que agrupas as principais funções para configuração do arquivo CAM, a barra *FRONT TO END*. Ela é mostrada na Figura 13.

Figura 13 - Barra front to end



A barra FRONT TO END apresenta as funções para gerar os dados para fresagem e produção de furos. Essas funções são apresentadas na barra de ferramenta, da esquerda para direita, na ordem em que normalmente são usadas, são elas: importar arquivos gerber, geração de contorno, 'breakout', 'rubout' (remoção de cobre), isolamento de camadas, e, por último, exportação de arquivo '.LMD'. Sendo assim, fica fácil supor qual é a função de cada ícone na Figura 13. A organização da barra FRONT TO END dessa maneira torna o processo de geração do arquivo '.LMD' mais fácil, pois é uma operação sequencial, bastando você entender o objetivo de cada função. Em momento oportuno, em aula futura, será explicado para vocês quando utilizar cada uma dessas funções.

Atividade 04

---

1. Cite duas funcionalidades da barra front to end.

Observação

Observação

Como operar o *software* usando a barra de ferramenta *front to end* ajuda no tempo de operação, é possível que sua barra esteja desabilitada para visualizar no *software*. Caso isso aconteça, você deve entrar no menu *view*, depois no sub menu *toolbars* e selecionar a opção *fron to end*.

O CircuitCAM apresenta várias características para a construção de uma placa otimizada. Um dos primeiros processos necessários para *softwares* de CAM é a importação dos arquivos dos *softwares* de CAD, como exemplo Eagle, Proteus e

OrCAD. Nessa etapa, o *software* apresenta uma janela com múltiplas visões dos dados que estão sendo importados, incluindo uma pré-visualização gráfica, os dados brutos e os dados de abertura. Nessa janela, é necessário definir qual é cada arquivo que está sendo importado, por exemplo, normalmente o arquivo do *layer BOTTOM* tem um nome equivalente à “bottom_pci” com sua determinada extensão. Então, para o *software* conhecer todas as camadas (*layers*), é necessário dizer que o tipo desse arquivo é *BottomLayer*. O CircuitCAM versão 6 é compatível com todos os programas de CAD que utilizam os seguintes formatos de arquivo, padrão da indústria:

- Gerber Standard (RS-274-D)
- Gerber Extended (RS-274-X)
- Excellon NC Drill
- Sieb & Meyer NC Drill
- HPGL™
- DXF
- ODB++ (versão apenas para PCB)
- Barco® DPF (PCB única versão)

Além da importação, o *software* também realiza a exportação de dados, que serão utilizados nos programas que tem o controle direto da máquina. Os dados de exportação podem utilizar os seguintes padrões:

- Exports Gerber ®
- GerberX
- HP-GL ™
- LMD
- Excellon ® formats

Após a importação dos dados, será necessário configurar a PCB para que a máquina realize o processo de acordo com as características escolhidas. Para a construção das trilhas de circuito impresso é realizado o isolamento que, como sugere o nome, é o processo de isolar as trilhas do resto da placa. Esse processo remove o substrato utilizando várias opções de isolamento automático e individualmente ajustável. Dentro desses métodos de isolamento existe o *rub-out (em português tirar, limpar)*, que realiza a fresagem de áreas de isolamento de grandes dimensões; no *rub-out*, áreas que não passam corrente e nem pertencem a uma malha de terra são retiradas da placa. Esse processo de *rub-out* é bastante utilizado e é uma das etapas inseridas na barra de ferramentas *front to end*.

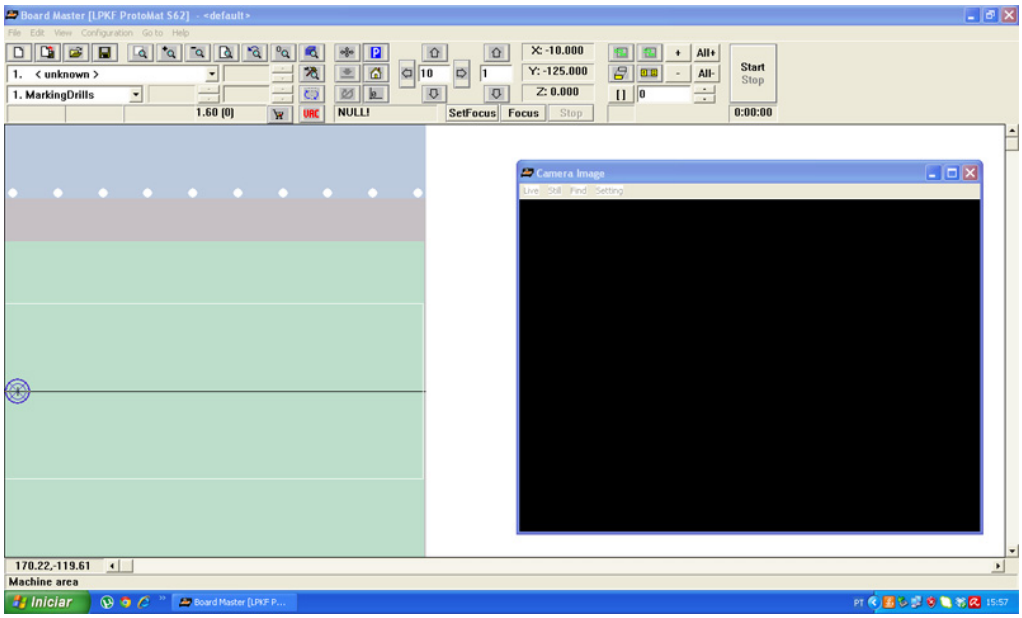
Ao fim de todas as configurações é interessante sempre adicionar o corte da sua placa, que é a última funcionalidade da barra de ferramenta *front to end* antes da exportação do arquivo final. Lembre-se que a máquina só realiza o que lhe foi mandado, então é necessário ter bastante atenção na escolha de alguns desses processos.

No roteiro da aula prática deste assunto, você terá uma visão melhor desse *software*.

Board Master

Para iniciarmos a discussão sobre o BoardMaster, no caso a apresentação do *software*, veja a sua tela inicial na **Figura 14**. Observe que esse é um típico *software* de operação de máquina, com algumas características essenciais desses *softwares* como botão de *start* e *stop*.

Figura 14 - Tela inicial do Board Master



O Board Master é a ferramenta que controla a **Protomat S62**. Ele utiliza o arquivo CAM gerado pelo CircuitCAM para a fabricação da placa, a extensão do arquivo gerado pelo software é LMD. Você pode estar se perguntando: por que não utilizar um único software com as funcionalidades do CircuitCAM e do Board Master? Saiba que o operador do Board Master (função de profissionais como vocês, após terminarem o curso) não tem a obrigação de entender o circuito daquela placa e nem a permissão de modificar algo desta, assim os passos executados até chegar no CircuitCAM é função do projetista de circuito impresso. Isso evita que haja reclamação dos projetistas no momento da fabricação da placa.

No software, podemos visualizar todo o protótipo final, trilha a trilha, furos e cortes, aplicar zoom na tela, acionar a broca manualmente, entre outras ações. A operação da máquina é através de fases, cada uma tem suas funcionalidades especificas e estas são alocadas de forma sequencial para a fabricação de um protótipo profissional. O Board Master permite a seleção de brocas, auxiliando oo operador indicar quais brocas são necessárias em cada fase do processo. Um importante componente na operação da máquina é o auxilio da câmera, que permite o ajuste da broca, verificação de erros e uma melhor visualização da placa. A visualização da câmera pode também realizar o calculo da distância das trilhas, isso foi um passo essencial na evolução da Protomat S42 para S62. Nas aulas práticas, o Board Master será melhor apresentado, com detalhes para as suas funcionalidades.

Leitura complementar

- Especialistas desenvolvem circuitos capazes de mudar de função.

  Leia mais em: <http://www.tecmundo.com.br/microchip/14443-especialistas-desenvolvem-circuitos-capazes-de-mudar-de-funcao.htm#ixzz27mQP7s00>.

- Como as placas de circuito impresso são produzidas.

  Leia mais em: <http://www.tecmundo.com.br/como-e-feito/18501-como-as-placas-de-circuito-impresso-sao-produzidas.htm#ixzz27mQb2a2K>.

Resumo

Nesta aula, você conheceu máquinas e *softwares* que auxiliam no processo de fabricação de uma placa de circuito impresso. Essas máquinas possuem as funcionalidades necessárias para realizar um processo profissional de PCB. Você também aprendeu alguns conceitos básicos na fabricação de PCB como arquivos *gerbers*, fresagem, entre outros.

Autoavaliação

1. Diferencie os softwares de CAD e de CAM?
2. Explique o que são os arquivos gerber?
3. Cite quatro tipos de formatos de arquivos de CAD utilizados pela indústria e pelo software CircuitCAM?
4. Quais são as funcionalidades pertencentes no Board Master que lhe caracteriza como um software de operação de máquina?
5. Cite duas funcionalidades do Board Master?

Referências

DAQUINO, Fernando. **Como as placas de circuito impresso são produzidas:** conheça o processo produtivo da tecnologia que está presente em todos os aparelhos eletrônicos. Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/como-e-feito/18501-como-as-placas-de-circuito-impresso-sao-produzidas.htm>. Acesso em: 7 maio 2012.

LPKF - LASER & ELECTRONICS (Org.). **LPKF BoardMaster:** os controles poderosos e confortável. Disponível em: <http://www.lpkfusa.com/Software/bmaster.htm>. Acesso em: 4 jul. 2012.

LPKF - LASER & ELECTRONICS (Org.). **LPKF CircuitCAM 6:** the software interface to your CAD/EDA system.. Disponível em: <http://www.lpkfusa.com/Software/ccam.htm>. Acesso em: 4 jul. 2012.

MASTERTRONICS FOR INDUSTRY. **Importando placas de circuito impresso (PCB) de fabricantes Asiáticos**. Disponível em: <http://www.mastertronics.com.br/materia/PCI%20Asiaticas>. Acesso em: 7 jul. 2012.

WIKIPÉDIA. **Manufatura auxiliada por computador**. Disponível em: <http://www.lpkfusa.com/Software/bmaster.htm>. Acesso em: 9 jul. 2012.