

Chaveiro em Placa de Circuito Impresso (Artigo)

Autor: Rafael Marcelo Walter

Data: Junho de 2021

Você já pensou em projetar placas de circuito impresso e fazer delas um objeto decorativo? Pois bem, projetar placas de circuito impresso pode ir além de apenas criar circuitos eletrônicos. Você pode usar sua imaginação e elaborar diversos tipos de desenhos decorativos com elas.

Pensando nisso, quero apresentar um modelo de chaveiro que desenhei para ser fabricado em placas de circuito impresso, não apenas como um item para decoração, mas que seja de utilização em seu dia a dia.

Como tema deste projeto, busquei algo de grande importância no universo da ciência, que combinasse eletrônica e engenharia. Foi então que optei pelas quatro equações definidas pelo escocês James Clerk Maxwell.

Em 1861, Maxwell estabeleceu a relação entre o campo elétrico e o campo magnético e desta forma consolidou a teoria eletromagnética em quatro equações conforme visto na figura 1.

(1)	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	Gauss's law for magnetism
(2)	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$	Gauss's law
(3)	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	Faraday's law of induction
(4)	$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	Ampère's law

Figura 1 - Equações de Maxwell na forma diferencial.

Como o foco deste artigo não são as equações em si, mas o desenvolvimento dos chaveiros em circuito impresso, não me aprofundarei no tema, mas sim no desenvolvimento da placa, pois isso possibilitará o conhecimento necessário para que cada um crie a arte que desejar.

Então vamos começar a projetar o nosso chaveiro. O *software* que mais tenho familiaridade para o desenvolvimento de *PCBs* é o *EasyEDA*, por isso ele foi o escolhido para trabalharmos neste projeto. Conheci o *software* em uma vídeo aula no canal WR Kits no *YouTube*. Gosto dele por ser fácil de utilizá-lo, também não há necessidade de instalação em seu computador, pode-se utilizar apenas a plataforma *online* para criar e armazenar seus projetos.

Iniciando o projeto da *PCB* no *EasyEDA*

Nesta etapa vou explicar os principais passos para o desenvolvimento deste projeto e também quero mostrar algumas dicas bem legais para você deixar o seu projeto de *PCB* com um acabamento diferenciado.

1º Passo (Novo Projeto)

Inicie um novo projeto no *software*. Se você ainda não tem um perfil criado no *site*, basta acessar o *link* <<https://easyeda.com/>> e se cadastrar.

Como neste projeto não possuímos um diagrama esquemático, podemos partir direto para a definição das linhas de borda da placa, que são chamadas de *Board Outline*. Na figura 2 é possível verificar as dimensões definidas para esta placa.

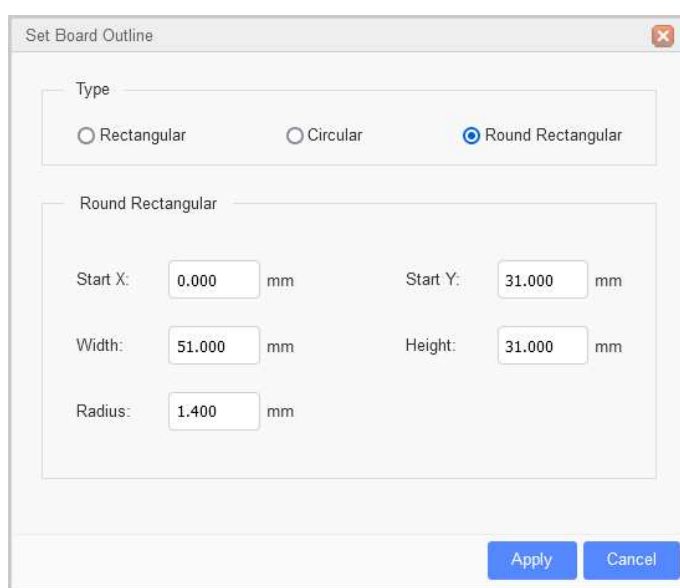


Figura 2 – Board Outline

Com base em outros chaveiros que já fabriquei, essas foram as dimensões que mais me agradaram. Vale ressaltar uma dica bem legal: note que considerei um raio de 1,4mm nas bordas da placa. Este detalhe é muito importante para o projeto, pois caso não seja considerado, os cantos pontiagudos irão lhe causar um certo desconforto quando estiver com o chaveiro no bolso de sua calça. Na figura 3 temos as linhas de borda já definidas.

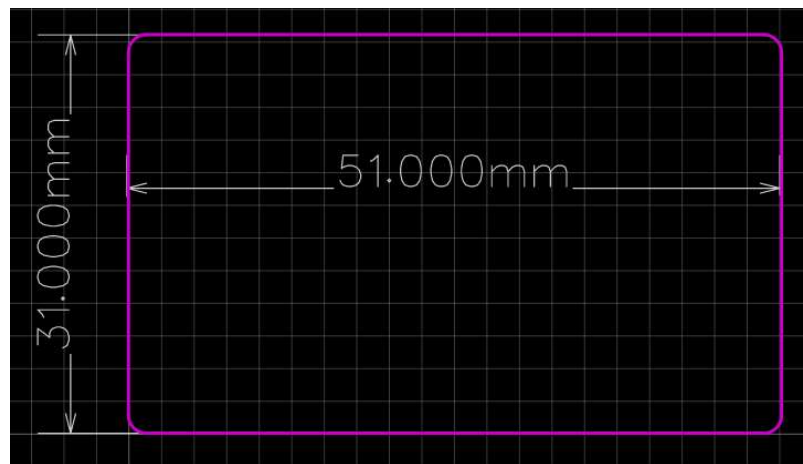


Figura 3 – Board Outline Definida

Conforme visto na figura 3, observe os cantos arredondados da placa e note também que mudei a configuração padrão do *software* para utilizar unidades de medida em milímetros (mm). Para a espessura da placa, considere 1.6mm.

2º Passo (Adicionando Furos)

Adicione um furo na placa para prender a correntinha do seu chaveiro. Para adicionar, você pode usar a tecla de atalho (p) ou clicar na ferramenta destacada em vermelho na figura 4.



Figura 4 – PCB Tools

Conforme indicado na figura 4, os furos também podem ser adicionados clicando na ferramenta *Hole*, destacada em verde, porém, prefiro adicionar usando pontos de conexões (destaque em vermelho), dessa forma a furação terá um acabamento metalizado e caso queira, você pode definir o ponto de conexão como sendo o *GND* (malha de aterramento) da placa.

Agora que você inseriu um furo na placa, precisamos definir algumas propriedades para essa furação, bem como: diâmetro interno, diâmetro externo e as coordenadas X e Y. Na figura 5 podem ser observadas as propriedades consideradas para o furo da placa.

Pad Properties	
Layer	Multi-Layer ▼
Number	1
Shape	Round ▼
Net	GND
Width	3.550mm
Height	3.550mm
Rotation	0
Hole Shape	Round ▼
Hole(D)	2.200mm
Plated	Yes ▼
Center X	2.600mm
Center Y	28.400mm
Solder Mask ...	0.102mm
ID	gge794
Locked	No ▼

Figura 5 – Pad Properties

Na figura 5, apresento as definições de minha preferência, mas caso você queira mudar alguns parâmetros, apenas tome cuidado para não deixar o furo muito próximo da borda da placa, isso evitará que a região do furo fique frágil.

Agora que já temos essas definições, vamos verificar na figura 6 como ficou o resultado da placa com a furação adicionada.

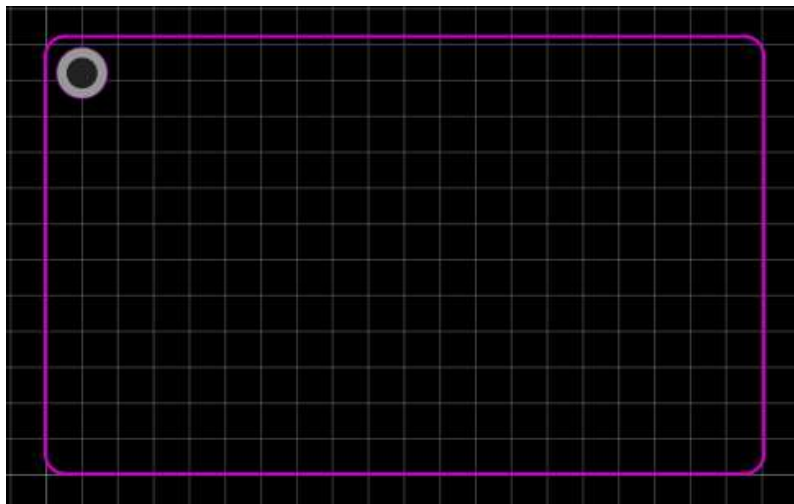


Figura 6 – Furo Adicionado À Placa

Observe na figura 6 que para manter a rigidez da placa, há um espaçamento seguro entre o furo e a linha de borda dela.

3º Passo (Inserindo Imagens, Textos e Trilhas)

Nesta etapa é hora de você elaborar a sua arte. Insira imagens, textos, trilhas (circuitos eletrônicos) harmonizando com o seu desenho. Para ficar mais claro, adiante irei apresentar algumas ideias para o tema que escolhi neste artigo.

3.1 – Inserindo Imagens

Você pode adicionar diversos formatos de imagem para o seu projeto, porém, gosto de utilizar arquivos com o formato .PNG e de preferência que sejam de boa resolução. Se você quiser adicionar outras imagens, carregadas com muitos detalhes, possivelmente haverá a necessidade de edição destas. Quando necessário, gosto muito de utilizar o *software Paint* para fazer alguns ajustes, pois me atende muito bem.

Vamos adicionar a primeira imagem à *PCB*. A figura 7 indica a primeira equação de Maxwell a ser adicionada.

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

Figura 7 – Lei de Gauss do Magnetismo

Para inserir a equação da figura 7 na placa, clique sobre o ícone destacado na figura 8.



Figura 8 – Ferramenta de Imagem

Feito o passo da figura 8, a tela a seguir deverá ser exibida conforme visto na figura 9.

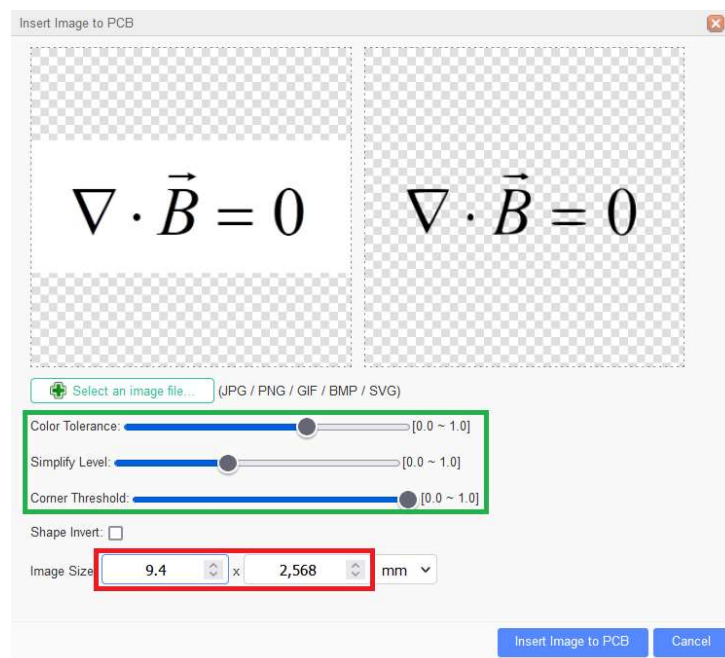


Figura 9 – Inserir Imagem

Destaquei na figura 9 os ajustes que serão necessários configurar para cada imagem inserida. Note que em vermelho são as dimensões e em verde são os ajustes de contorno e acabamento.

3.2 – Inserindo Textos

Textos podem ser facilmente inseridos pressionando a tecla de atalho (s) ou clicando no destaque da figura 10.

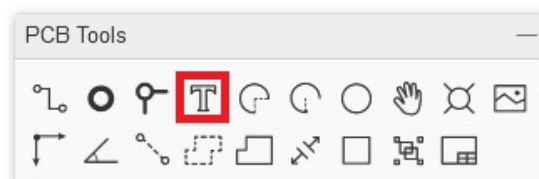


Figura 10 – Ferramenta de Texto

Após fazer o passo da figura 10, será necessário ajustar as propriedades do texto conforme figura 11.

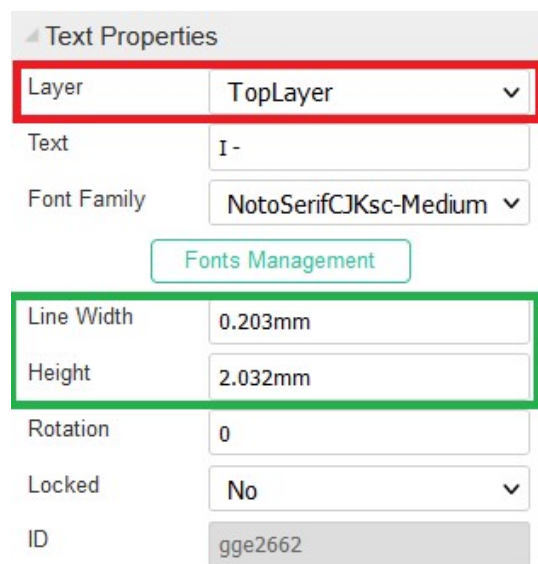


Figura 11 – Propriedades de Texto

Na figura 11 destaquei as principais propriedades que precisamos configurar. No destaque em vermelho será definido em qual *layer* o texto será gravado, nesse

caso, *TopLayer* indica que a gravação será feita na face superior da placa e o material será o cobre (mesmo formato de impressão das trilhas). Explicarei isso adiante. No destaque em verde é feito o ajuste do tamanho e espessura da fonte.

3.3 – Inserindo Trilhas (*Traks*)

Uma boa dica é fazer desenhos utilizando as trilhas. Imagine circuitos eletrônicos ligando um ponto a outro, ou utilize-as para fazer contornos ao desenho. Na figura 12 apresento duas ferramentas que você poderá utilizar.

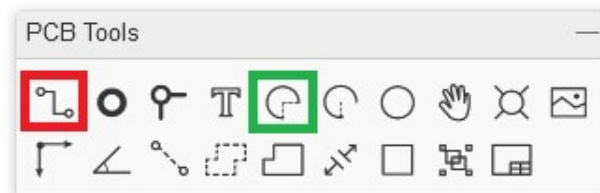


Figura 12 – Inserir Trilhas

A ferramenta em destaque vermelho da figura 12 é utilizada para inserir as trilhas. Também é possível inserir pressionando a tecla de atalho (w). Na mesma figura, o destaque em verde será utilizado para criar pequenos arcos que farão o contorno a placa. Na figura 13 podem ser observadas as trilhas (linhas vermelhas) adicionadas ao desenho.

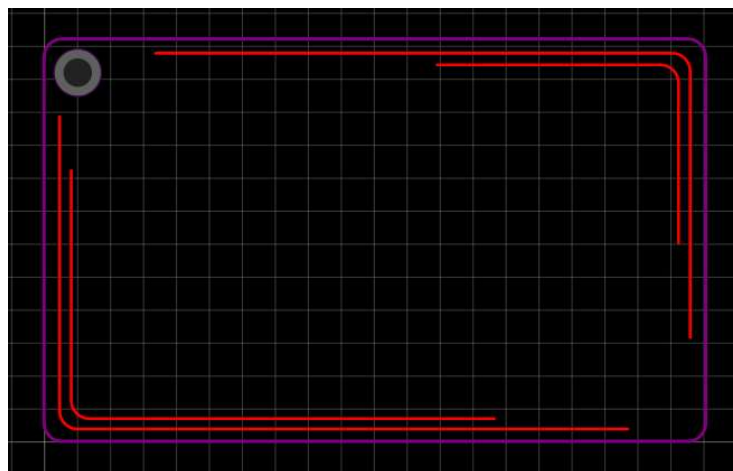


Figura 13 – Linhas de Contorno

Conforme visto na figura 13, as trilhas estão adicionadas na face superior da placa (*TopLayer*). Lembre-se que é possível acessar as propriedades e fazer ajustes importantes como: espessura, comprimento, definição do *layer*, etc.

Obs.: caso queira desenhar as trilhas na face inferior da placa, utilize *BottomLayer*.

4º Passo (Definição dos *Layers*)

Saber escolher e definir os *layers* em seu projeto é muito importante. Nos meus primeiros projetos de *PCBs*, com o conhecimento limitado, eu fazia pequenos detalhes tentando utilizar *layers* diferentes, assim ao receber a placa era possível verificar na prática o que cada *layer* resultava no projeto. Na figura 14 é possível visualizar os *layers* para seleção.

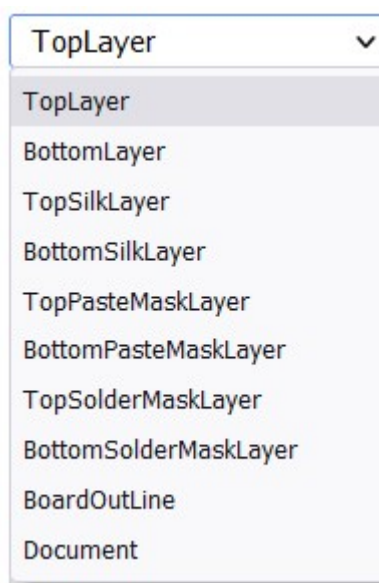


Figura 14 – Layers

A seleção dos *layers* (camadas) é feita conforme apresentado na caixa de seleção da figura 14. Para acessá-la selecione as propriedades de cada objeto inserido.

Nos itens a seguir, irei descrever brevemente qual a função dos *layers* utilizados no projeto desta placa.

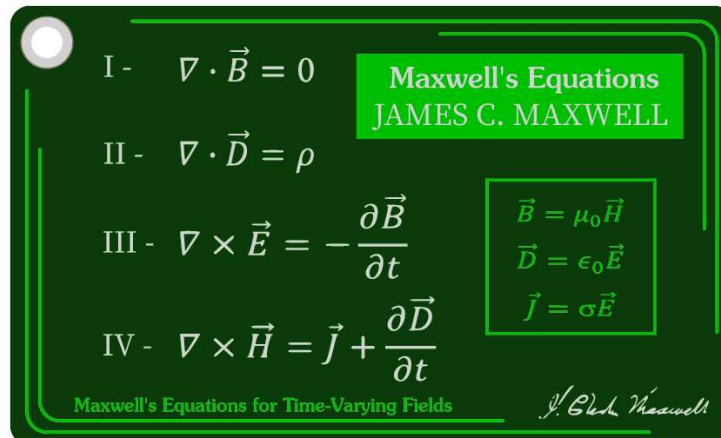
- *TopLayer*: Utilizado para impressões sólidas (acabamento cobreado) na face superior da placa. Exemplo: trilhas, logomarcas e malha de aterramento.
- *BottomLayer*: Utilizado para impressões sólidas (acabamento cobreado) na face inferior da placa. Exemplo: Idem *TopLayer*.
- *TopSilkLayer*: É a serigrafia ou pintura na face superior da placa. Exemplo: Identificação dos componentes, textos e imagens em geral.
- *BottomSilkLayer*: É a serigrafia ou pintura na face inferior da placa. Exemplo: Idem *TopSilkLayer*.
- *TopSolderMaskLayer*: Remove o acabamento em verniz, na face superior da placa, deixando a placa “crua” à mostra. Observação: caso inserido sobreposto ao *TopLayer*, como resultado, deixará o cobre estanhado exposto. Exemplo: pontos de conexões para *slots*, área de cobre exposta para permitir o contato com dissipadores de calor, acabamento da região prateada.
- *BottomSolderMaskLayer*: Remove o acabamento em verniz, na face inferior da placa, deixando a placa “crua” à mostra. Observação: caso inserido sobreposto ao *BottomLayer*, como resultado, deixará o cobre estanhado exposto. Exemplo: Idem *TopSolderMaskLayer*.
- *BoardOutline*: Define a linha de corte da placa. Dica: Facilmente podem ser criadas geometrias retangulares ou circulares para a linha de corte da placa. Caso queira um formato diferente, opte em fazer o desenho da linha de corte no *AutoCad* e salve o arquivo no formato .DXF, após, importe o arquivo no *EasyEDA*.

5º Passo (Apresentação 2D)

Para chegar até aqui, descrevi os principais passos a serem seguidos, poderia os detalhar ainda mais, mas não quero que este artigo se estenda muito tornando-o uma leitura pesada.

A qualquer momento é possível gerar uma visualização 2D ou 3D de como seu projeto está ficando, assim, você vai fazendo os ajustes necessários.

Neste momento, gostaria de apresentar o projeto do chaveiro finalizado mostrando as duas faces da placa (*TopLayer* e *BottomLayer*). Na figura 15 e 16 apresento a face superior e inferior da placa respectivamente.



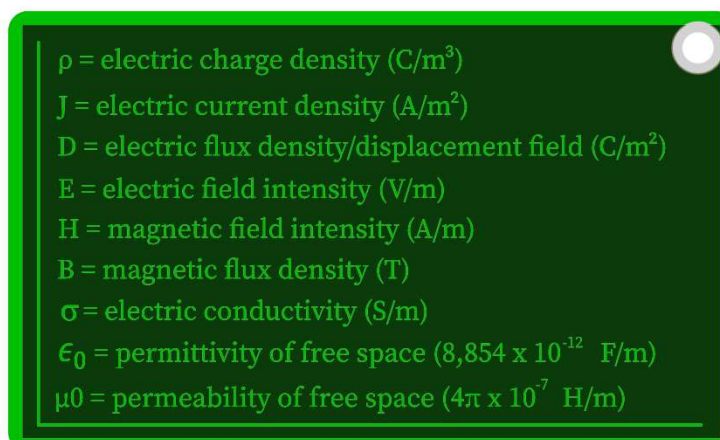
Maxwell's Equations
JAMES C. MAXWELL

$$\begin{aligned} \text{I - } \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \text{II - } \nabla \cdot \vec{D} &= \rho \\ \text{III - } \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \text{IV - } \nabla \times \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \mu_0 \vec{H} \\ \vec{D} &= \epsilon_0 \vec{E} \\ \vec{J} &= \sigma \vec{E} \end{aligned}$$

Maxwell's Equations for Time-Varying Fields

Figura 15 – TopLayer



ρ = electric charge density (C/m³)
 J = electric current density (A/m²)
 D = electric flux density/displacement field (C/m²)
 E = electric field intensity (V/m)
 H = magnetic field intensity (A/m)
 B = magnetic flux density (T)
 σ = electric conductivity (S/m)
 ϵ_0 = permittivity of free space ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)
 μ_0 = permeability of free space ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

Figura 16 – BottomLayer

Acesso ao Projeto

Disponibilizei o projeto para que você possa gerar os arquivos de fabricação, esclarecer eventuais dúvidas e editá-los conforme sua preferência. Confira acessando o link <https://easyeda.com/rkfael/maxwell_equations_keychain_artigo>

Fabricação das Placas (JLCPCB)

A *JLCPCB* fornece um serviço de excelente qualidade e baixo custo para a fabricação das placas. Confira acessando o link <<https://jlcpcb.com/IRG>>

Meu Perfil nas Redes Sociais

Finalizando este artigo, gostaria de apresentar meu perfil no *Instagram* (@notas_eletronicas). Aproveite para ver mais algumas das minhas ideias deste tipo de arte feitas em placas de circuito impresso, e claro, não deixe de seguir meu perfil.