

TUTORIAL



EAGLE 5.9

Prof. Edgar Zuim

ÍNDICE

Tópicos	Página
Painel de Controle (Control Panel)	4
Extensões do Eagle	4
Arquivos de backup	5
Configurações individuais	5
Interface do usuário	6
Controles: <i>Pulldown menu</i>	8
<i>Action toolbar</i>	8
<i>Parameter toolbar</i>	9
<i>Command buttons</i>	10
<i>Command texts</i>	11
<i>Sheet thumbnails</i>	11
<i>Bubble help</i>	12
<i>User guidance</i>	14
<i>Always vector font</i>	14
Grids e coordenadas x, y	16
Conversões de medidas	19
Botões de comando	20
Teclas de atalho	21
Conhecendo alguns comandos e ferramentas:	22
<i>Zoom</i>	22
<i>Stop</i>	23
<i>Text</i>	24
<i>Add</i>	25
<i>Move, Rotate</i>	30
<i>Name, Value</i>	34
<i>Smash</i>	36
<i>Copy</i>	37
<i>Cut, Paste</i>	39
<i>Mirror</i>	42
<i>Wire, Circle, Rect, Arc, Polygon</i>	43
<i>Mark</i>	45
<i>Invoke</i>	46
<i>Gateswap</i>	49
<i>Pinswap</i>	50
Iniciando o Schematic	51
Inserindo uma moldura na área de trabalho	55
Posicionando os componentes no Schematic	56
Comando Info	58
Interligando os componentes no Schematic	59
ERC e Errors no Schematic	63
Iniciando o Board	68
Comando / Ferramenta Ratsnest	71
Roteando manualmente	75
Comando / Ferramenta Show	75

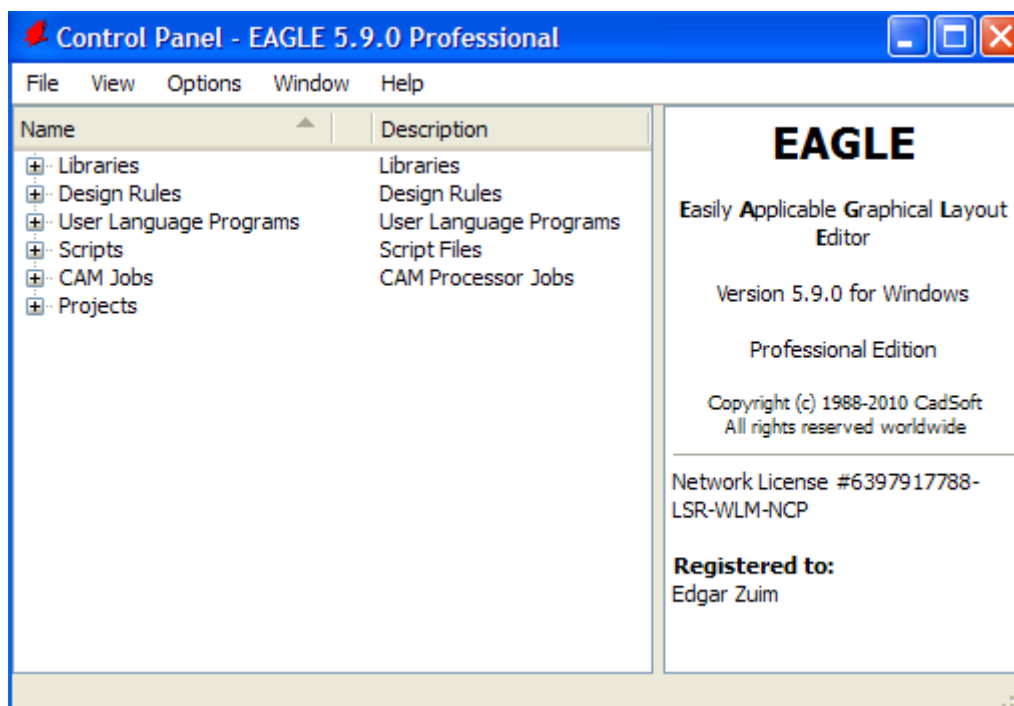
Comando / Ferramenta Route	77
Comando / Ferramenta Ripup	79
DRC e Errors no Board	80
Identificando o projeto	84
Comando / Ferramenta Display	85
Gerando lista de materiais	86
Comando Run	87
Colocando furos para fixação da placa	89
Ponto comum de terra (chapado ou Copper Area)	90
Roteamento automático	94
Comando / Ferramenta Auto	94
Roteamento automático na área de cobre (chapado)	98
Projeto a partir do Board	103
Comando / Ferramenta Hole	106
Comando / Ferramenta Signal	109
Projeto: Detector de Nível Lógico	113
Projeto: Gerador de Clock	120
Comando / Ferramenta Label	122
Impressão	130
Visualização da máscara de solda	132
Auto roteamento seletivo	133
Comando / Ferramenta Miter	137
Cam Processor – Geração de arquivos Gerber	139
Gerando arquivos Gerber	141
Criando arquivos de furação	146
Visualização dos arquivos Gerber com o programa Viewplot	151
Gerando imagem negativa do layout para impressão	157
Apêndice 1 – Barramentos no Eagle	161
Apêndice 2 – Criação de biblioteca de componentes	165

TUTORIAL EAGLE

VERSÃO 5.9

O Software EAGLE é destinado ao desenho de diagramas esquemáticos e elaboração de placas de circuito impresso (layouts), não sendo utilizado para executar simulações, como ocorre com o Proteus e Multisim.

Ao clicar no ícone do EAGLE, abrirá uma janela que é o Painel de Controle (*Control Panel*), conforme abaixo:



No painel de controle é possível criar, salvar e abrir projetos, bem como executar a configuração de parâmetros importantes que o usuário poderá definir no decorrer do projeto.

A versão utilizada neste tutorial é a **5.9.0 Professional**, embora o mesmo possa ser usado nas versões anteriores.

Extensões do EAGLE:

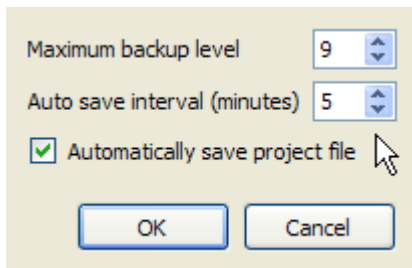
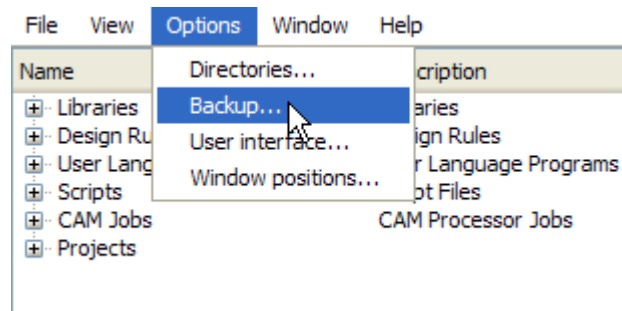
Nome	Uso	Extensão
Board	Editor de layout	*.brd
Schematic	Editor de esquema	*.sch
Library	Editor de biblioteca	*.lbr
Script File	Editor de texto	*.scr
User Language Program	Editor de texto	*.ulp

Arquivos de Backup:

Durante a execução de um projeto, o Eagle cria backups automaticamente do esquema (.sch), layout ou board (.brd) e biblioteca (.lbr), modificando suas extensões, até um máximo de 9 arquivos de backup.

Assim, .sch torna-se s#1...s#9; .brd torna-se b#1...b#9 e .lbr torna-se l#1...l#9.

Para configurar o backup, clicar no menu *Options* e em seguida em *Backup*:



A figura ao lado mostra que o backup foi configurado para a quantidade máxima permitida (total de 9) com intervalos de 5 minutos.

Observa-se que o campo *Automatically save project file* está marcado, indicando que o projeto será salvo automaticamente.

Onde é salvo o projeto e os arquivos de backup?

Durante a instalação do programa, é criada uma pasta em Meus Documentos com o nome de Eagle. Nessa pasta são salvos todos os backups bem como o projeto.

No Windows XP:

C:\Documents and Settings\usuário\My Documents\Eagle\nome do projeto

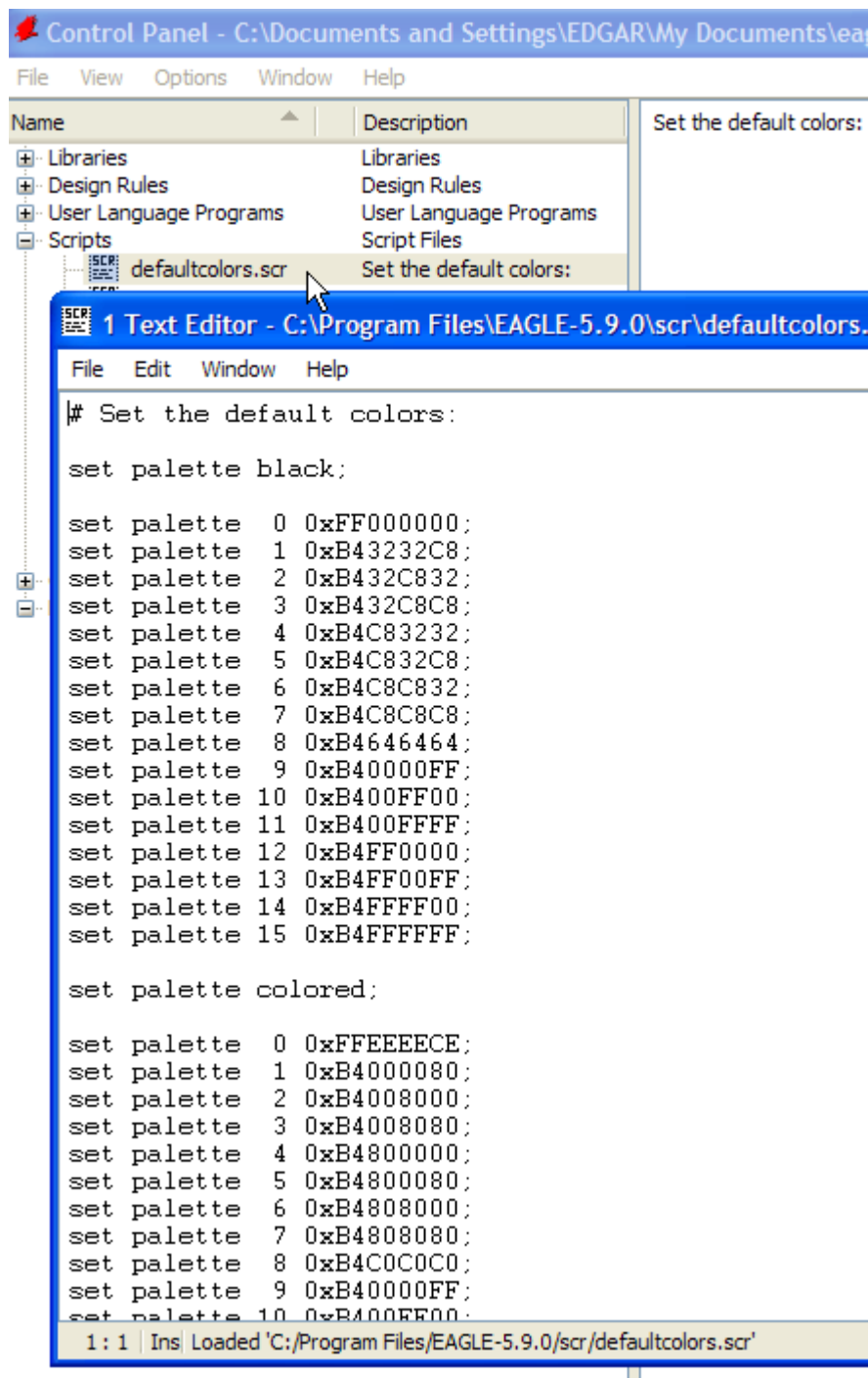
Configurações individuais:

Não obstante a instalação básica, o Eagle permite que sejam configurados vários parâmetros, como teclado e suas funções, menus e cor da tela e outros parâmetros mediante a edição de arquivos de script.

Ou seja, essas modificações poderão ser efetuadas após a instalação.

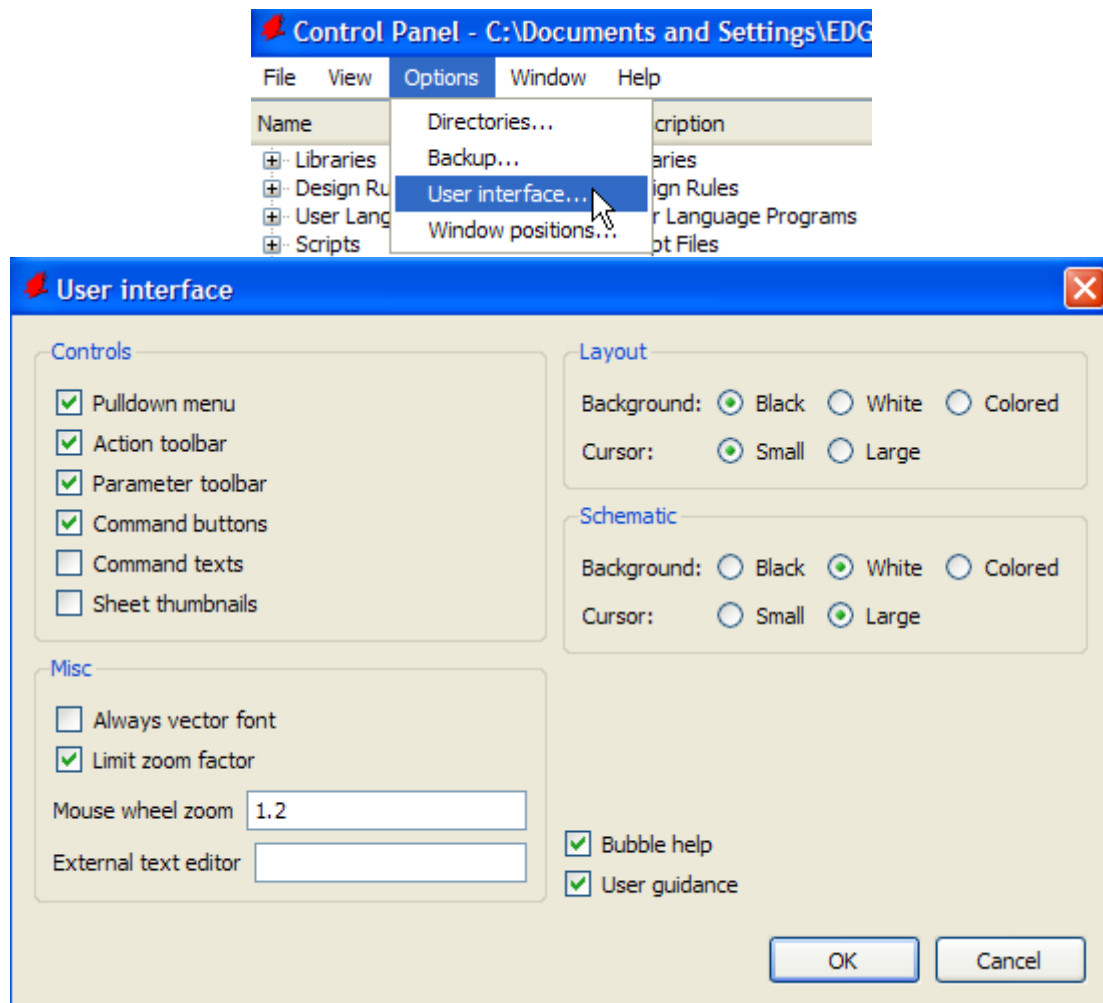
A figura abaixo mostra, por exemplo, o script padrão (default), para as cores. A partir de uma edição no Editor de Textos, esse padrão poderá ser

modificado de acordo com o desejo do projetista. Observe que a extensão é .scr (script).



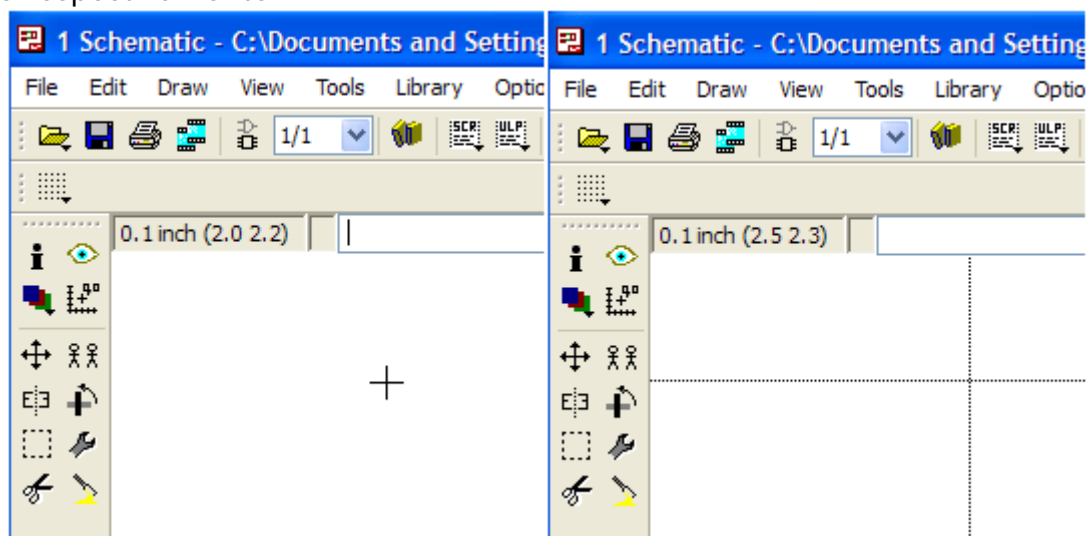
Interface do usuário:

A figura a seguir mostra essa configuração, obtida em *Control Panel – Options – User Interface*.



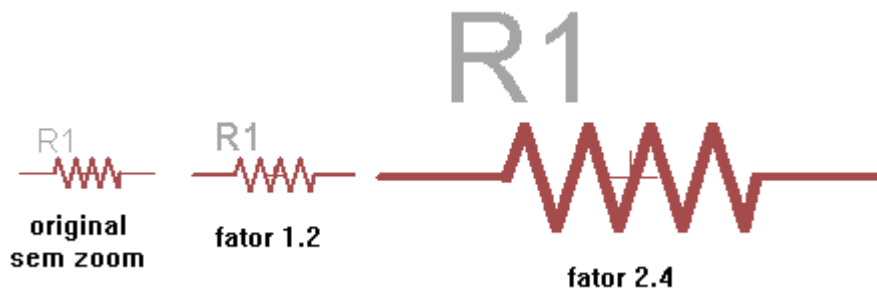
A parte mais importante dessa configuração está no ajuste da cor de fundo da área de trabalho (background), tanto para o Schematic como para o Layout (PCB ou Board), além do tipo de cursor a ser utilizado para a movimentação e fixação dos componentes.

Veja na figura a seguir as diferenças entre os tamanhos do cursor: *small* e *large* respectivamente:



Outro parâmetro importante é o zoom introduzido pelo scroll (rolagem) do mouse (*Mouse Wheel zoom*). O padrão ideal para trabalhar é o default 1.2, no entanto poderá ser modificado conforme desejo do projetista. Um fator maior, significa que a cada *step* do scroll o zoom será incrementado com base no fator introduzido. Essa função é desabilitada quando é introduzido o fator 0.

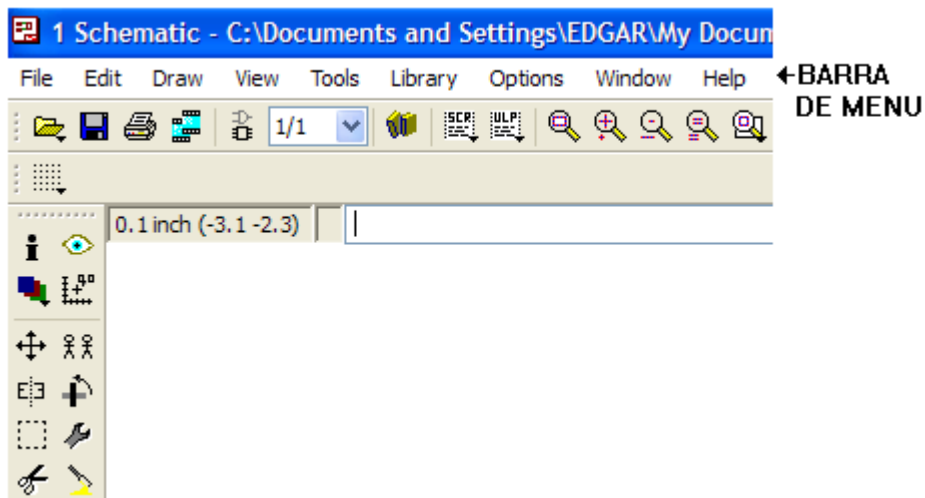
A figura a seguir mostra um componente com dois fatores de zoom (1.2 e 2.4 respectivamente).



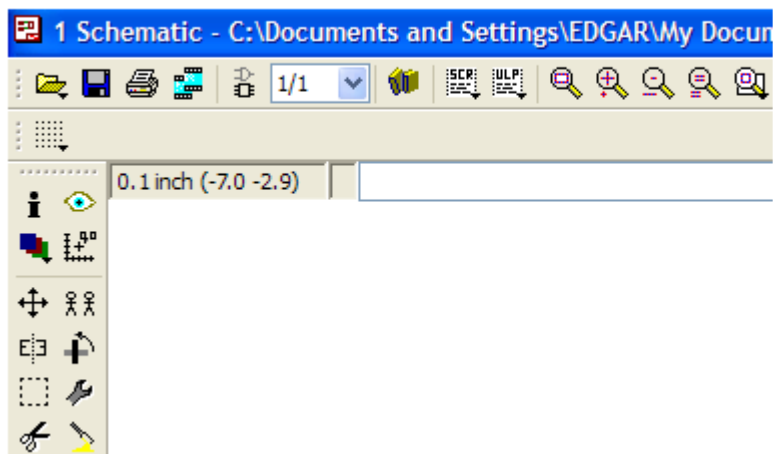
Controles:

→ *Pulldown menu* – elimina o menu da área de trabalho (layout e schematic).

Veja abaixo na figura superior que a barra de menu aparece, por estar o campo *Pulldown menu* marcado ou habilitado.

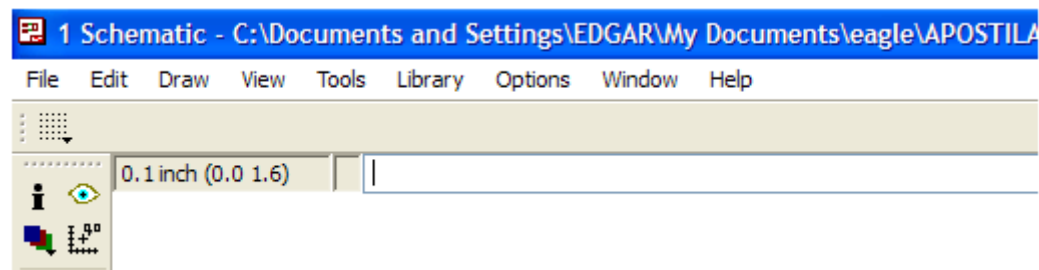
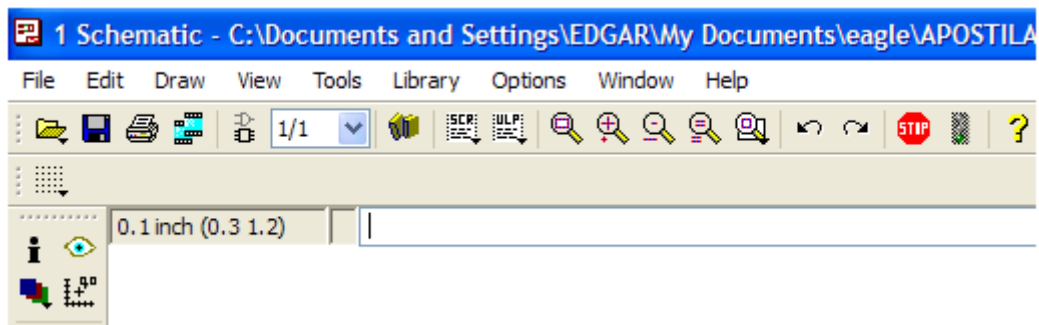


Com o campo Pulldown menu desmarcado



→ *Action toolbar* – serve para habilitar ou desabilitar a barra de ferramentas de ação, como Abrir, Salvar, Imprimir, etc.

As figuras a seguir mostram essa condição.



Na primeira figura o controle *Action toolbar* está habilitado, enquanto que na segunda figura o mesmo está desabilitado.

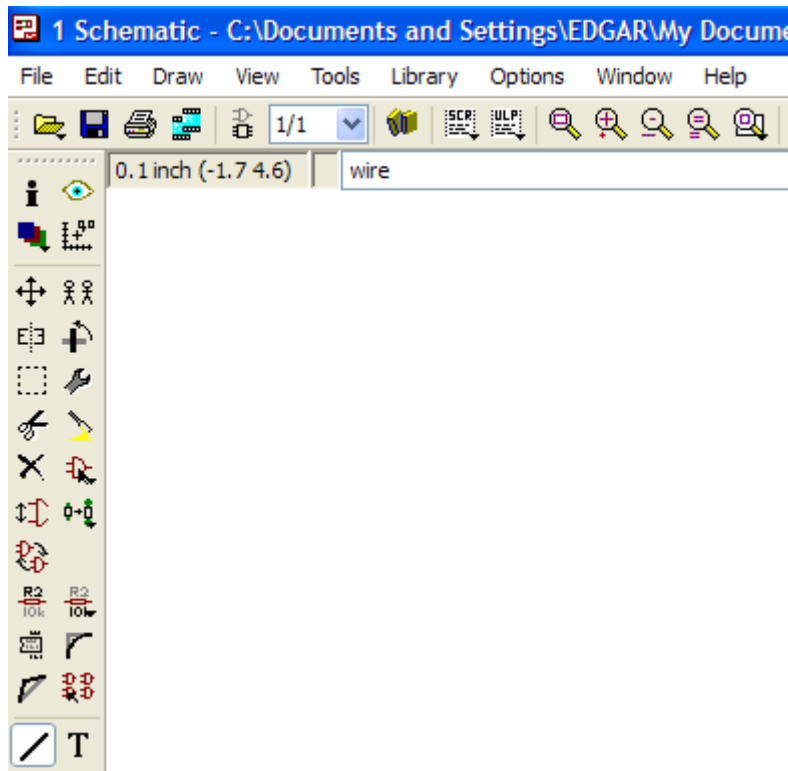
→ *Parameter toolbar* – elimina os parâmetros dinâmicos da barra de ferramentas abaixo da barra de ação.

Por exemplo, quando você aciona o comando *Wire*, através do ícone correspondente ou digita o comando, aparecem os parâmetros desse comando.



Se você acionar o comando *Wire* pelo ícone, o efeito é o mesmo, porém não aparecerá o nome da função no campo de digitação.

A figura a seguir mostra o mesmo comando, porém com o campo *Parameter toolbar* desabilitado.

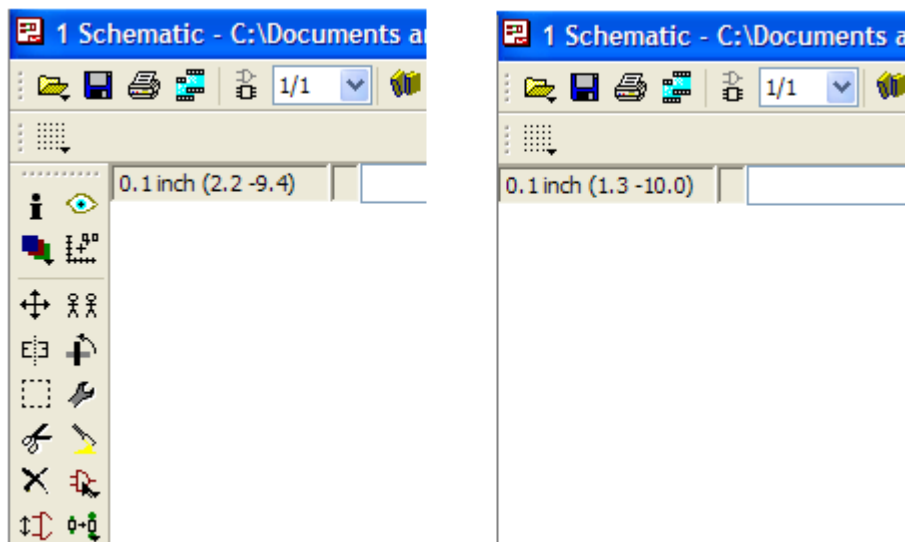


Observe que os parâmetros não são visíveis.

→ *Command buttons* - Quando esse campo é desabilitado todo o comando deve a ser digitado ou deve ser utilizado o botão direito do mouse.

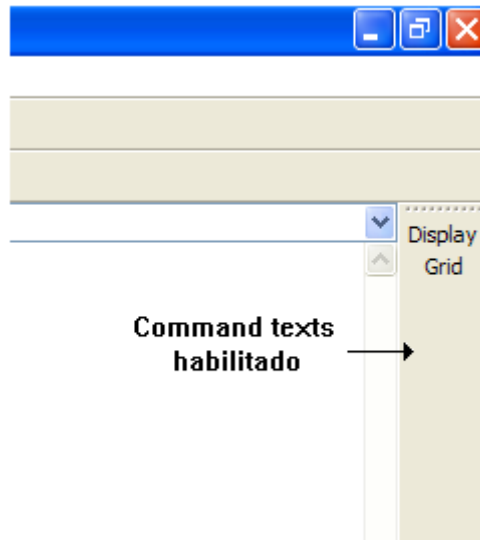
Isto é interessante quando se deseja aumentar a área de trabalho.

Veja a diferença na figura abaixo, onde à esquerda o referido campo está marcado ou habilitado.



Como não aparece a barra de menu, significa que o campo *Pulldown menu* também está desabilitado.

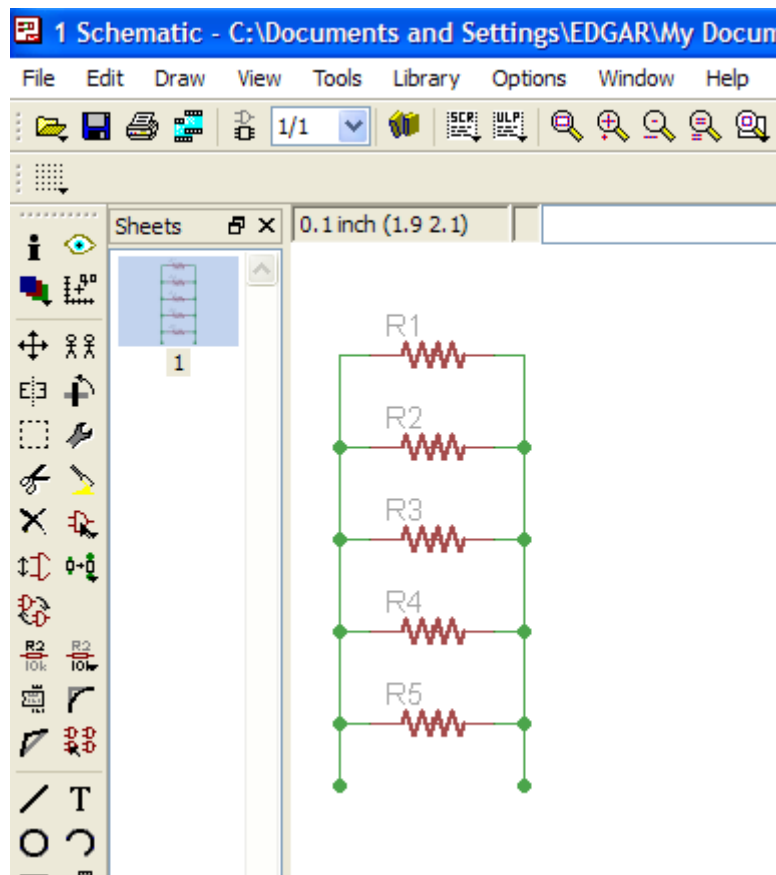
→ *Command texts* – quando habilitado, mostra comandos do lado direito da área de trabalho, conforme ilustra a figura abaixo:



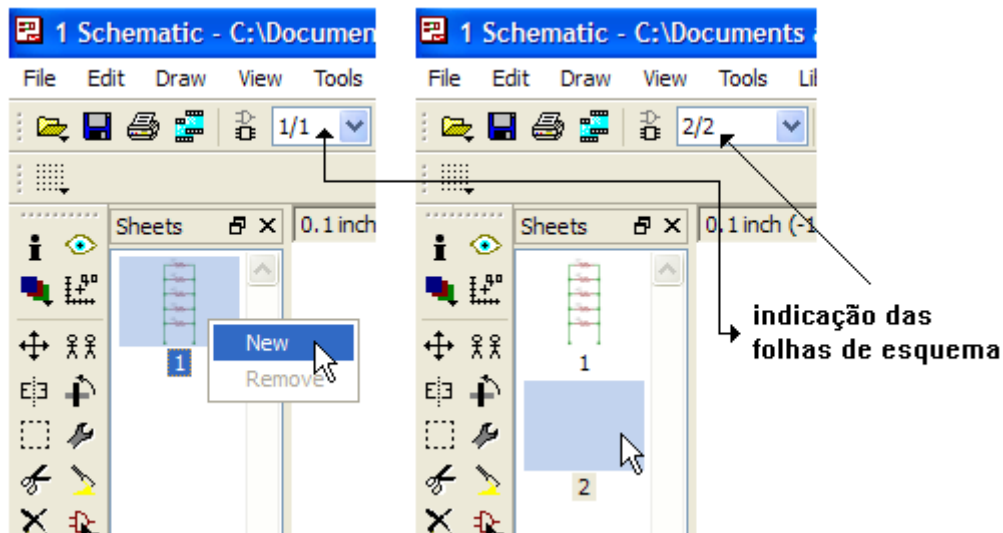
→ *Sheet thumbnails* – mostra o slide do esquema.

Pode ser útil quando um projeto é composto de várias folhas.

A figura abaixo mostra esse campo marcado (habilitado).

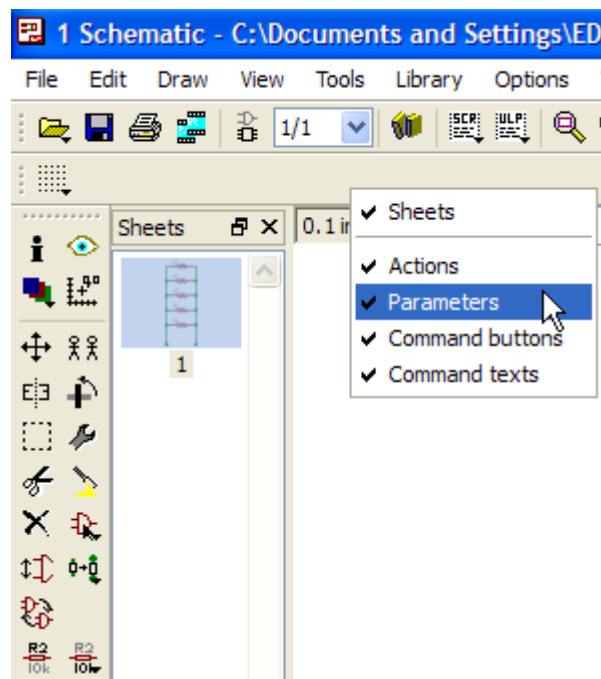


Ao clicar com o botão direito do mouse no slide, pode-se criar uma nova folha de esquema:



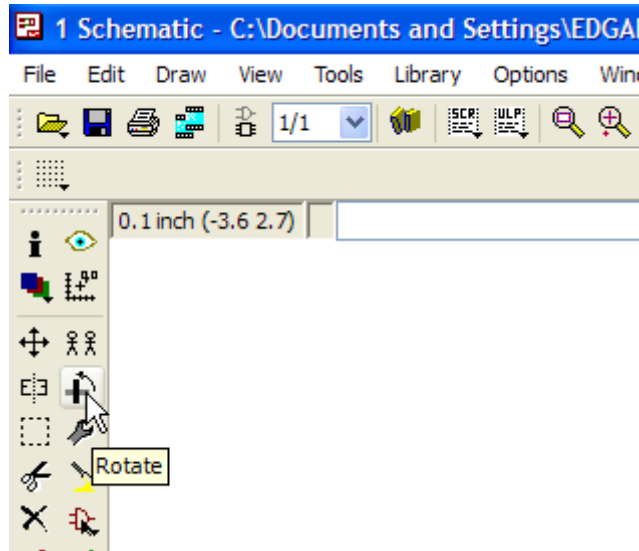
Da mesma forma, pode-se também remover a folha de esquema clicando-se em *Remove*.

Ao se clicar com o botão direito do mouse nas barras de ferramentas, parâmetros ou na barra de botões de comando, ou ainda, em alguns botões de comando, as configurações do *Control Panel*: *Sheets*, *Actions*, *Command buttons* e *Command texts* podem ser habilitadas ou desabilitadas. Veja a figura abaixo.



→ *Bubble help* – mostra o significado ou aplicação dos botões de comando quando o cursor do mouse é colocado sobre ele, através de um “pop-up”.

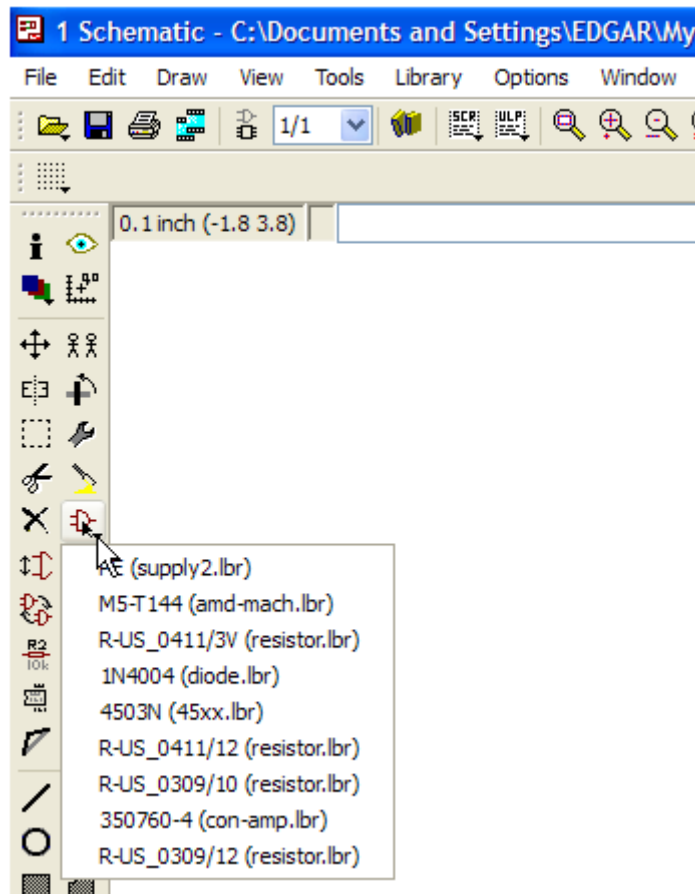
A figura a seguir mostra o “pop-up” de um botão de comando. Tem muita utilidade, pois não é preciso decorar as funções dos botões.



Dica:

Clicando com o botão direito do mouse em alguns botões de comando, será mostrado um histórico de ações do projeto corrente.

A figura abaixo mostra o histórico do botão de comando Add.

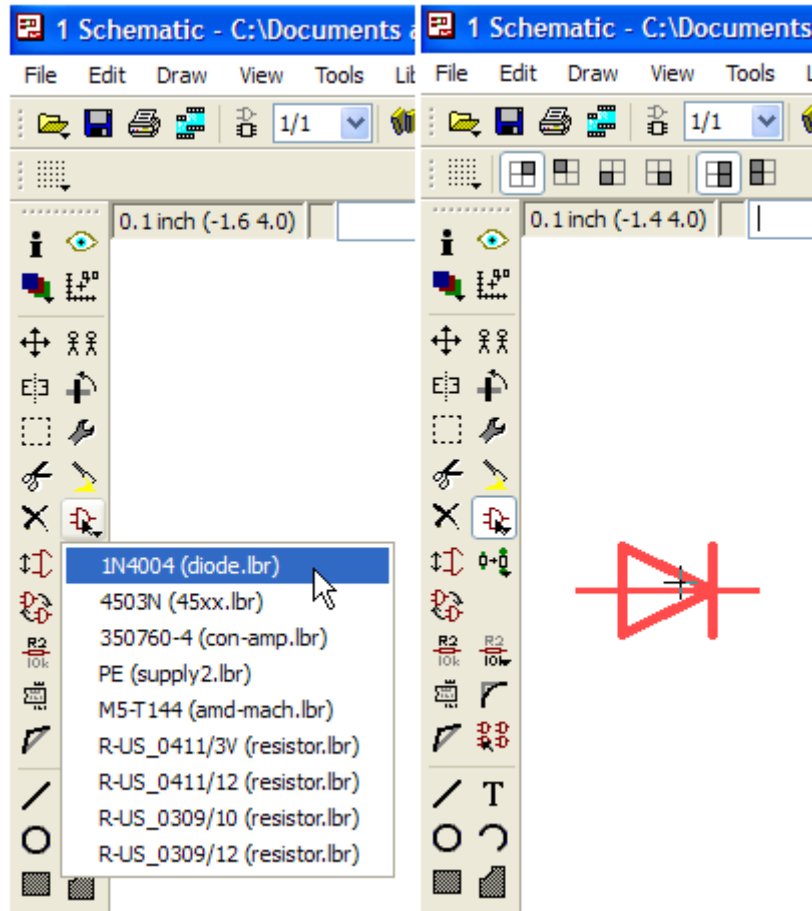


Observe os componentes e suas respectivas bibliotecas.

Todos estão disponíveis para a colocação na área de trabalho, não havendo necessidade de procurá-los novamente nas bibliotecas.

Isto agiliza bastante principalmente em projetos com muitos componentes semelhantes como capacitores, resistores, etc.

Veja a figura a seguir:

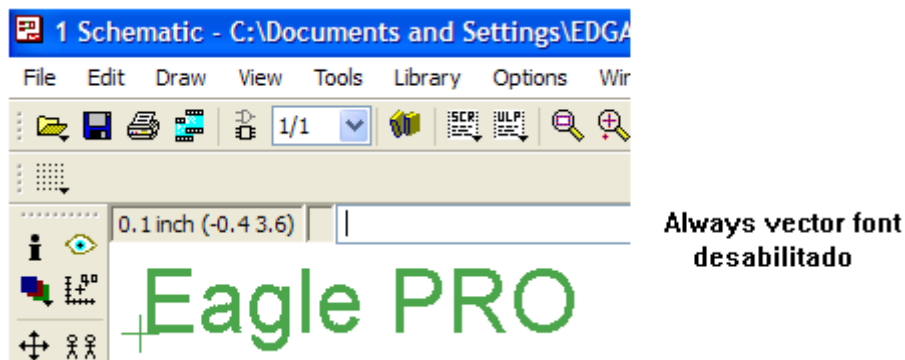


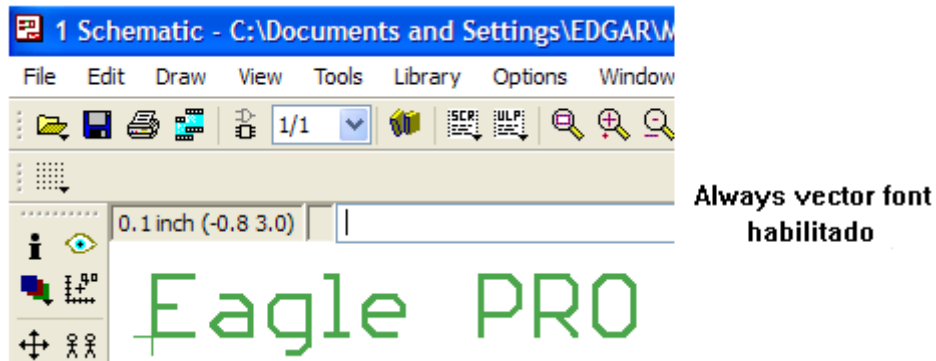
→ *User guidance* - quando essa caixa (checkbox) é marcada, habilita a função *User guidance*, que exibe um texto elucidativo, orientando o usuário qual seria a próxima ação significativa quando um comando está ativo.

Por default, essa função é habilitada.

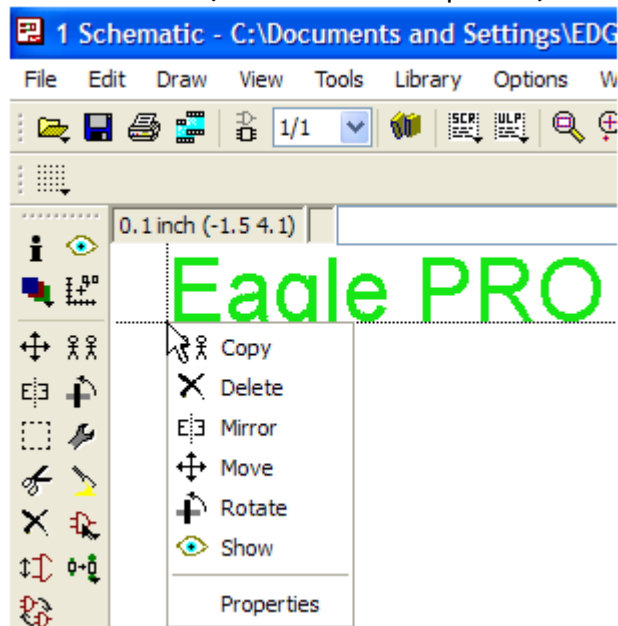
No decorrer deste tutorial verificaremos a utilidade da mesma.

→ *Always vector font* – (sempre fonte vetor) altera o estilo da fonte

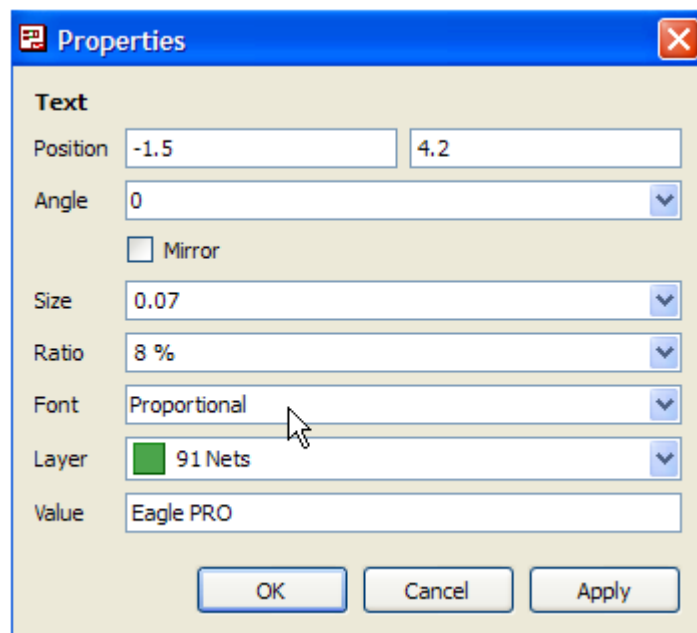


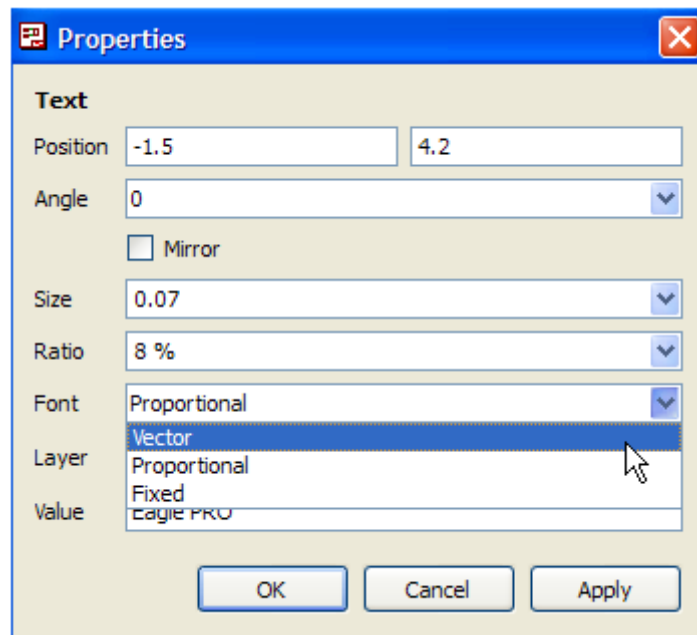


As características do texto podem ser modificadas clicando com o botão direito do mouse sobre o mesmo (sinal de + à esquerda).



Clicando em *Properties*, podemos modificar o texto quando ao tamanho, estilo, cor, etc.





Grids e Coordenadas x, y

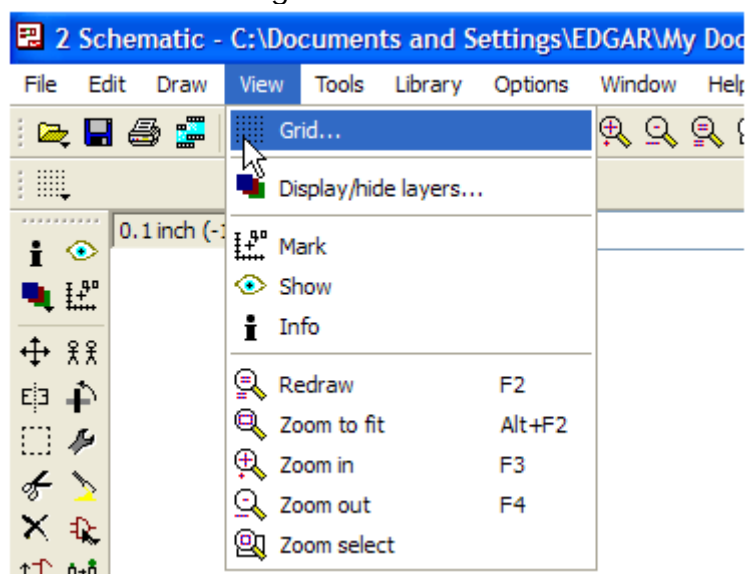
Tem importância significativa no sentido de orientar a fixação de componentes na área de trabalho.

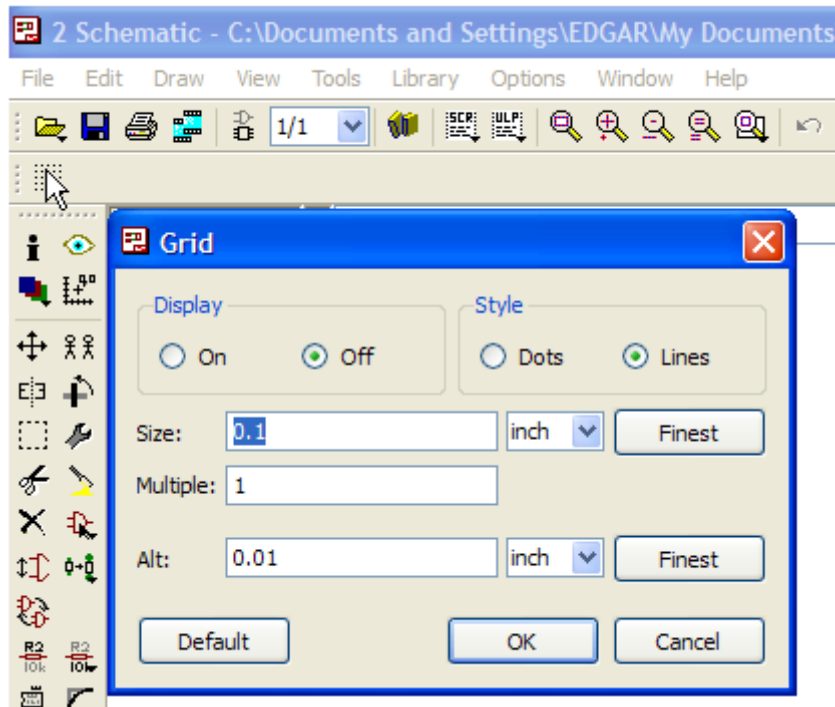
Os grids (grades) permitem um alinhamento dos componentes tanto no sentido vertical como no sentido horizontal, podendo ser configurados em:

mm - milímetro
mil – milésimo de polegada
inch - polegada
mic - micrometro

O padrão de configuração é polegada (*inch*), pois muitos componentes, principalmente os circuitos integrados tem a distância entre os seus terminais especificada em polegadas.

O grid pode ser ajustado clicando no ícone correspondente ou em *Menu – View – Grid*, conforme mostra a figura abaixo:





Normalmente, por se tratar de medida padrão internacional, costuma-se deixar as configurações como mostrada acima, podendo o usuário optar por ver ou não ver a grade (on = visível; off = invisível).

Caso o projetista deseje alterar as configurações, as opções são:

Display – mostra a grade (ligado/desligado)

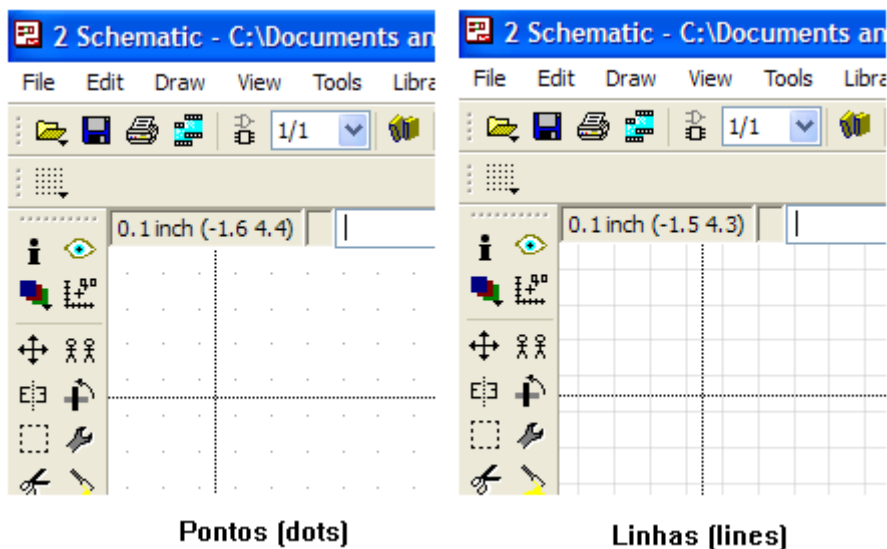
Style – estilo (pontos ou linhas)

Size – medida (mm, mil, mic ou inch)

Multiple – fator de multiplicação

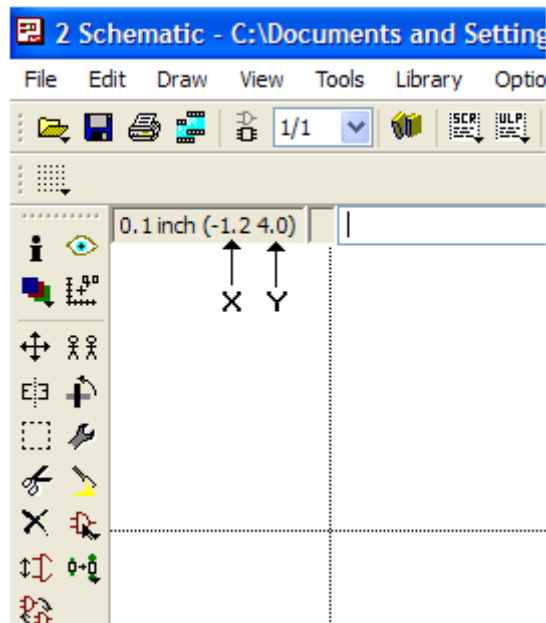
Alt – alternância

A figura abaixo mostra a área de trabalho com pontos e linhas:

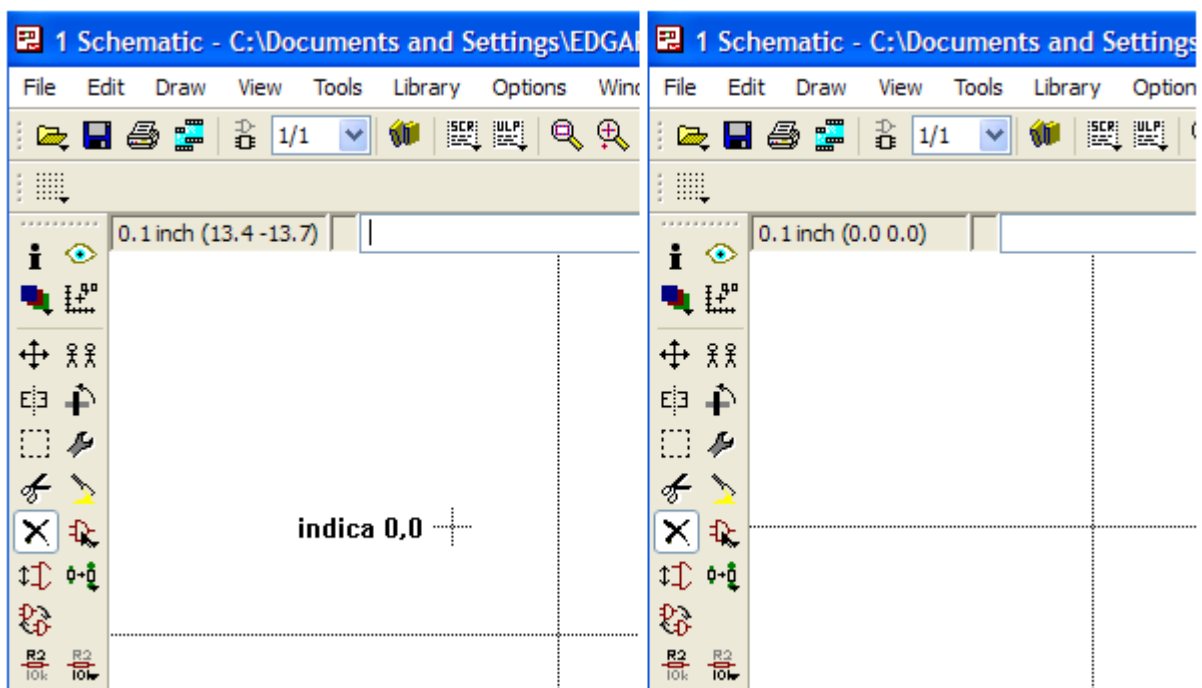


A tecla de atalho para mostrar / esconder a grade é **F6**.

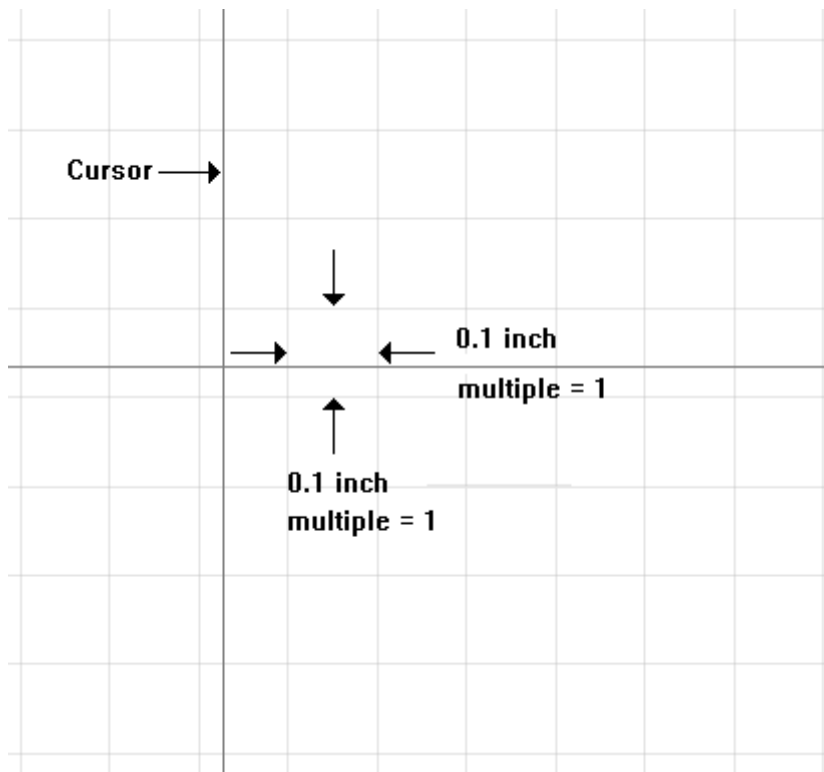
Durante a fixação ou movimentação dos componentes, através do cursor do mouse, um campo no lado superior esquerdo da área de trabalho mostra as coordenadas x e y.



A posição 0,0 é mostrada por uma marca na área de trabalho em formato de uma pequena cruz, conforme ilustra a figura a seguir.



Quando o ajuste do size é feito em 0.1inch, múltiplo 1, significa que o posicionamento relativo do cursor entre os limites do *grid* é 0.1 (incremento e decremento), tanto na posição x como em y. Isto pode ser observado à medida que o cursor é movimentado.



Se for configurado o parâmetro *multiple = 2*, então o posicionamento relativo do cursor entre os limites do *grid* passa a ser 0.2; se for ajustado em 3, passa a ser 0.3 e assim por diante.

Levando-se em consideração que normalmente o padrão usado é polegada (*inch*), segue um breve comentário sobre conversões:

1 polegada = 2,54cm ou 25,4mm

1 mil (milésimo de polegada) = 0,0254mm

1.000mils = 1.000 x 0,0254 = 25,4mm = 2,54cm = 1 polegada

Exemplos:

1. Convertendo 3mm em mil:

$$\frac{3\text{mm}}{0,0254} = 118\text{mil}$$

2. Quantos centímetros equivalem 2.600mils?

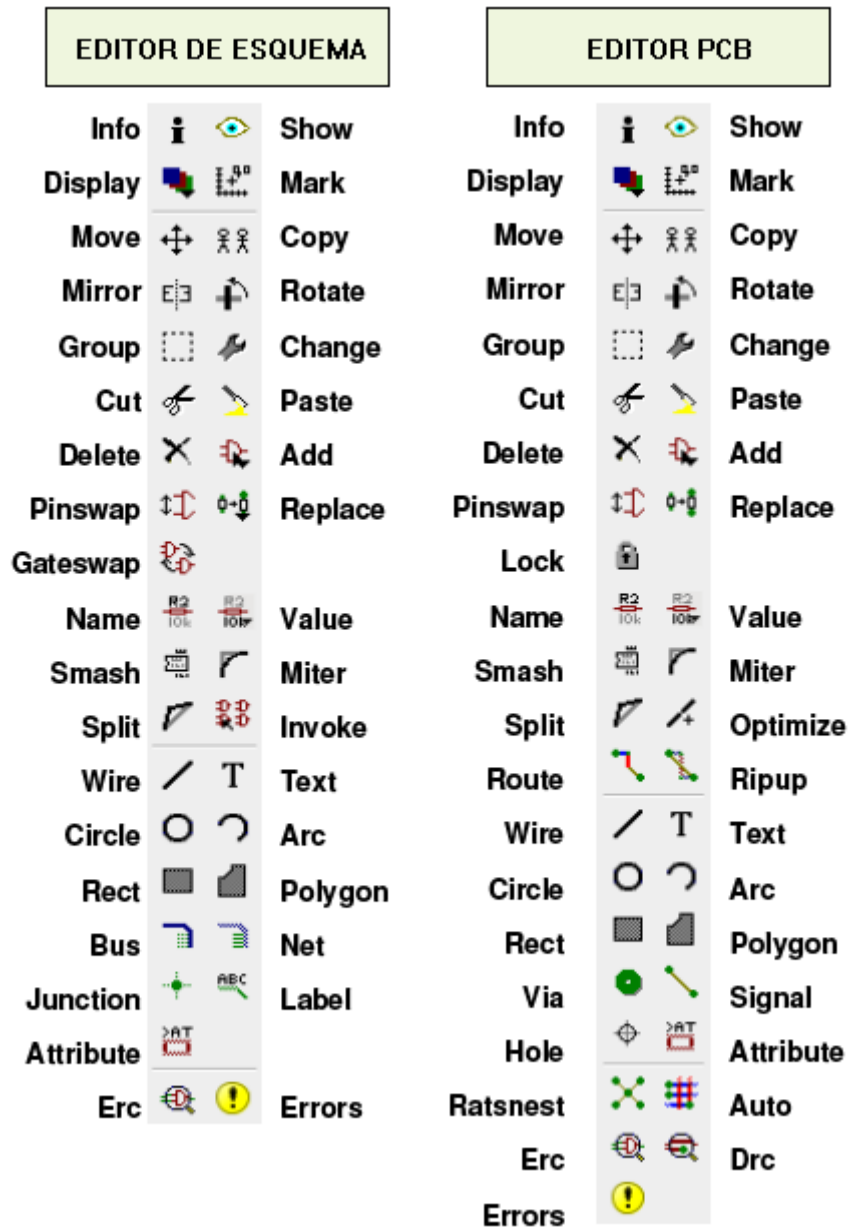
$$2.600 \times 0,0254 = 66,04\text{mm} = 6,604\text{cm}$$

3. Quantos mils equivalem 5,8cm?

$$5,8\text{cm} = 58\text{mm}$$

$$\frac{58\text{mm}}{0,0254} = 2.283,4\text{mils}$$

BOTÕES DE COMANDO

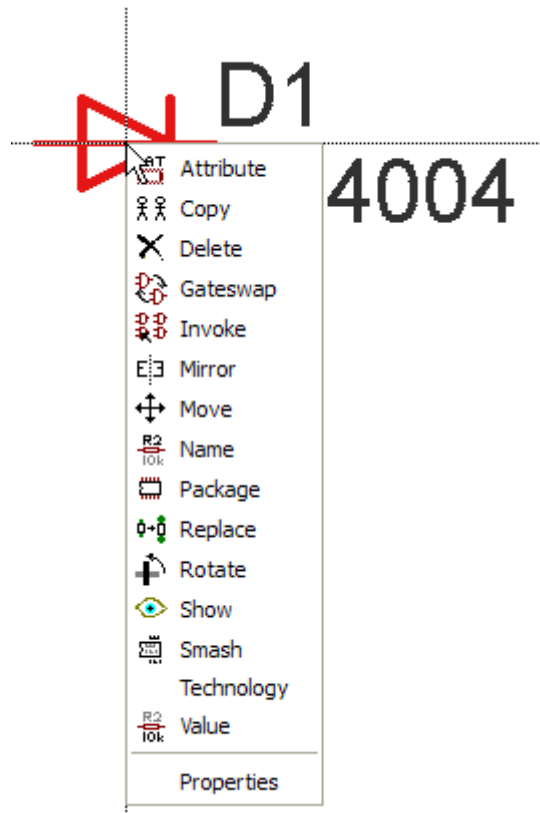


A figura acima mostra os botões de comando do Eagle.

À esquerda estão dispostos os botões de comando para o Schematic e à direita para o Board (layout ou PCB).

No entanto, o acesso aos comandos pode ser feito de outra forma, conforme veremos durante o desenvolvimento deste tutorial.

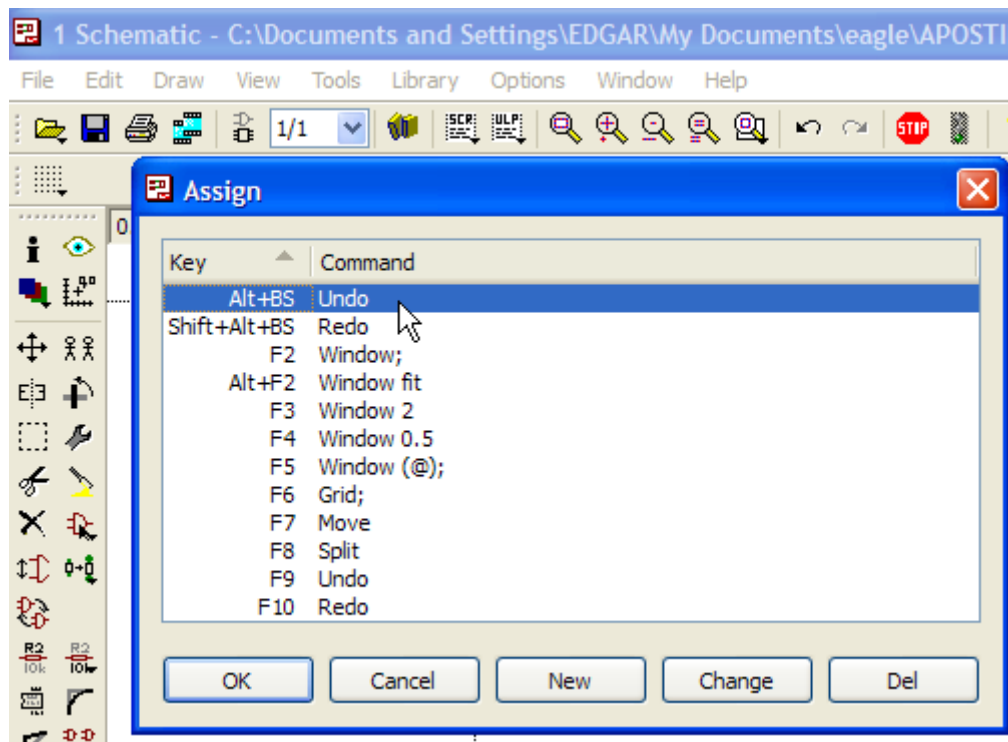
A título de exemplo, veja na figura abaixo que ao clicar com o botão direito do mouse no componente fixado na área de trabalho, um menu (pop-up) é aberto com todas as opções para esse componente.



TECLAS DE ATALHO

Muitas teclas de atalho são predefinidas, exceto a tecla de atalho F1 que se destina ao HELP.

Essas teclas podem ser modificadas através do *Menu/Options* no Schematic ou Board.



Veja abaixo as teclas definidas por *default* na instalação:

Alt + BS = Undo → desfazer
Shift+Alt+BS = Redo → refazer
F2 = Window redraw → redesenha
Alt+F2 = Window fit → (zoom) preenche a tela
F3 = Window 2 → zoom com fator 2
F4 = Window 0,5 → zoom com fator 0,5
F5 = Window(@) → centralização
F6 = Grid → mostra/esconde o grid
F7 = Move → ativa o comando Move
F8 = Split → ativa o comando Split
F9 = Undo → desfazer
F10 = Redo → refazer

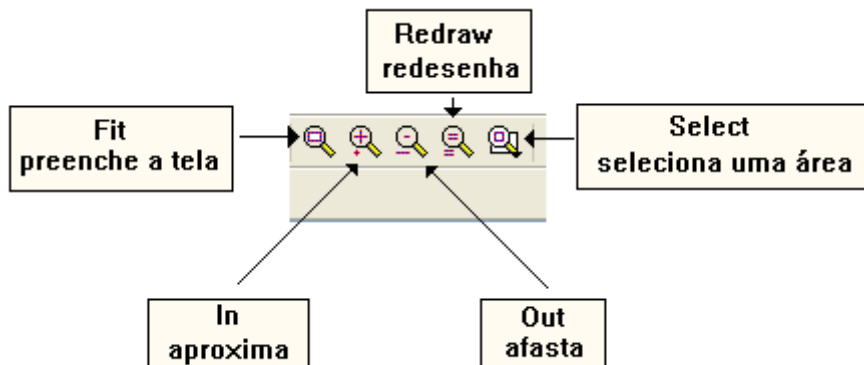
OBS: BS = *backspace* (tecla de retorno)

CONHECENDO ALGUNS COMANDOS E FERRAMENTAS

Vamos conhecer alguns comandos e ferramentas importantes antes de iniciarmos efetivamente com o Schematic e Board, com a finalidade de proporcionar uma prévia noção da utilização e configuração.

No momento adequado outros comandos e ferramentas com suas funções serão mostrados.

ZOOM – é uma ferramenta de ação, cujas opções são: *Fit, In, Out, Redraw, Select*

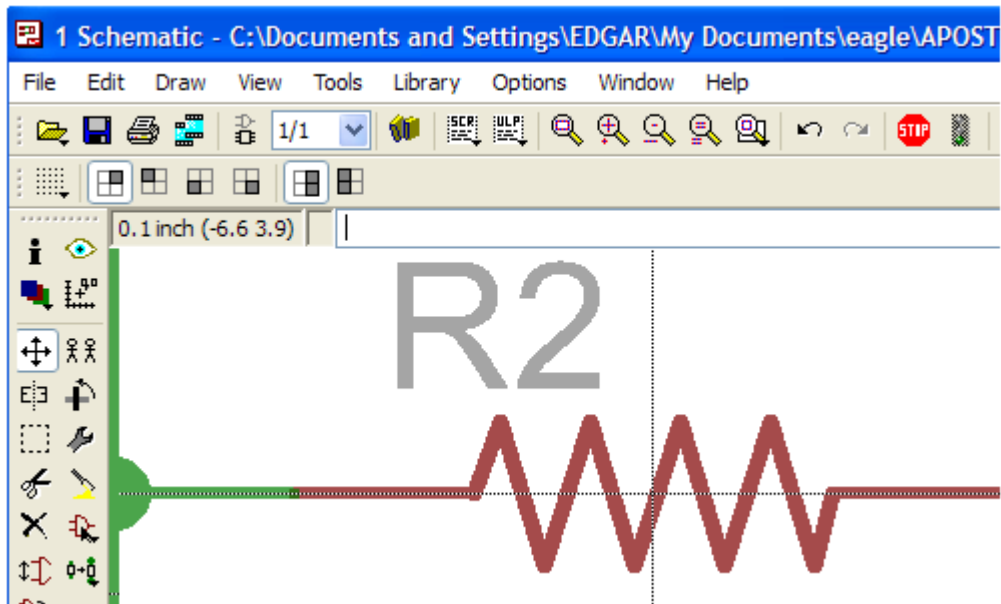
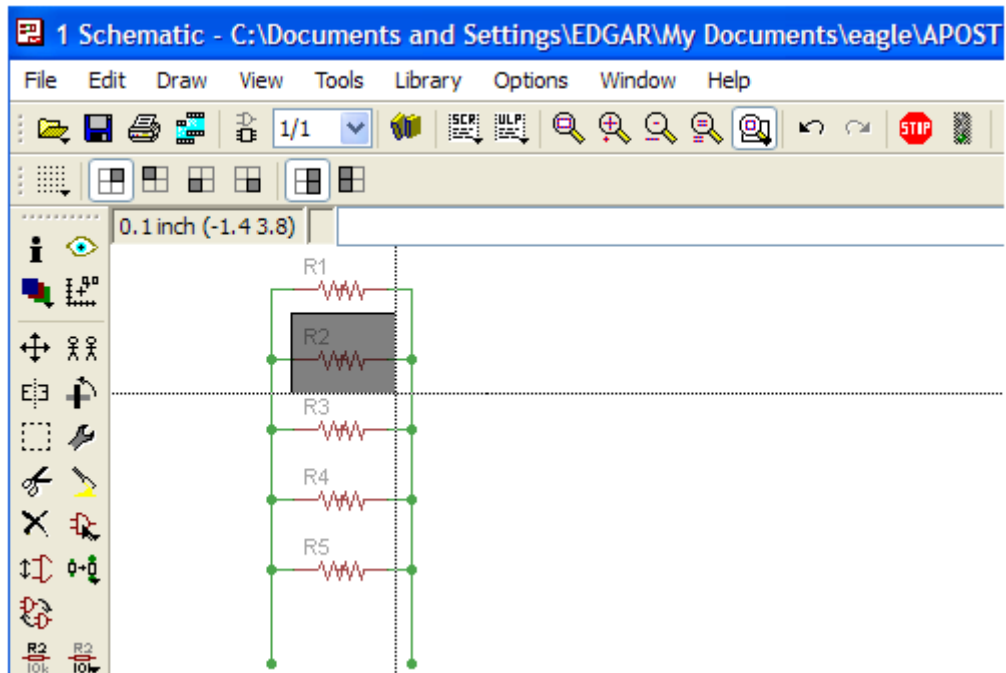


Veja na figura a seguir um exemplo da aplicação do zoom – *Select*.

- 1 – clicar no ícone *Select*;
- 2 – selecionar a área a ser ampliada com o botão esquerdo do mouse;
- 3 – liberar o botão esquerdo do mouse;

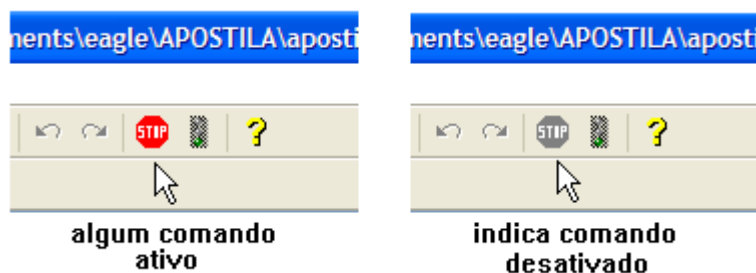
O resultado é a área selecionada ampliada.

Observe que a área selecionada foi o resistor R2.



Para voltar, basta clicar sucessivamente em *Zoom out* ou em *Zoom fit* e depois, se necessário, em *Zoom out*.

STOP – é também uma ferramenta de ação que é utilizada para desativar um comando



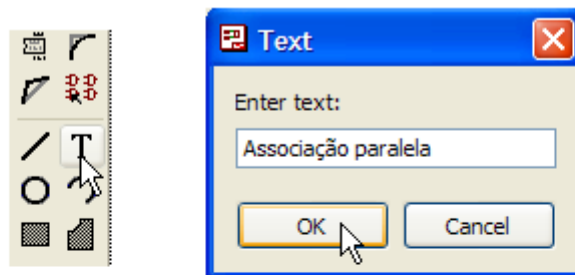
Quando um comando estiver ativo, por exemplo, *Move*, *Mirror*, *Add*, etc. o ícone *Stop* permanece vermelho.

Para desativar basta levar o mouse até o ícone *Stop* e clicar que o mesmo mudará de cor indicando que o comando foi desativado.

TEXT – insere um texto em qualquer parte da área de trabalho

Após a inserção do texto é possível movê-lo, modificar seu tamanho, estilo, etc.

Quando o mesmo é inserido, observe que existe um pequeno sinal de +, que serve como orientação para editá-lo no sentido de formatá-lo e ver suas propriedades.



bastante útil para edição

Verificando suas propriedades: (clique com o botão direito do mouse no sinal + ou sobre o texto)



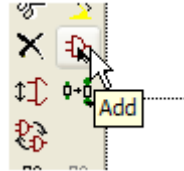
Resultado da aplicação do Mirror



A visualização das propriedades de um texto foi mostrada nas páginas 12 e 13 deste tutorial.

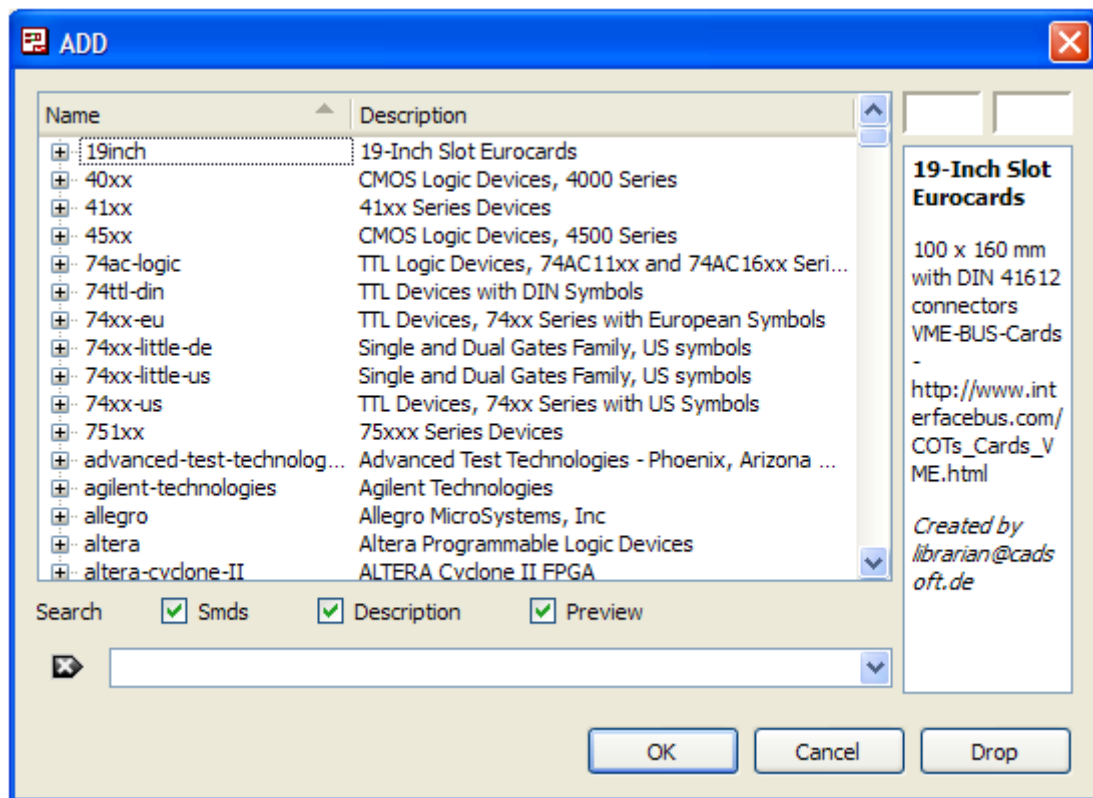
ADD – para a inserção de componentes na área de trabalho

O comando *Add* permite inserir componentes e ou objetos na área de trabalho, a partir de uma biblioteca existente.

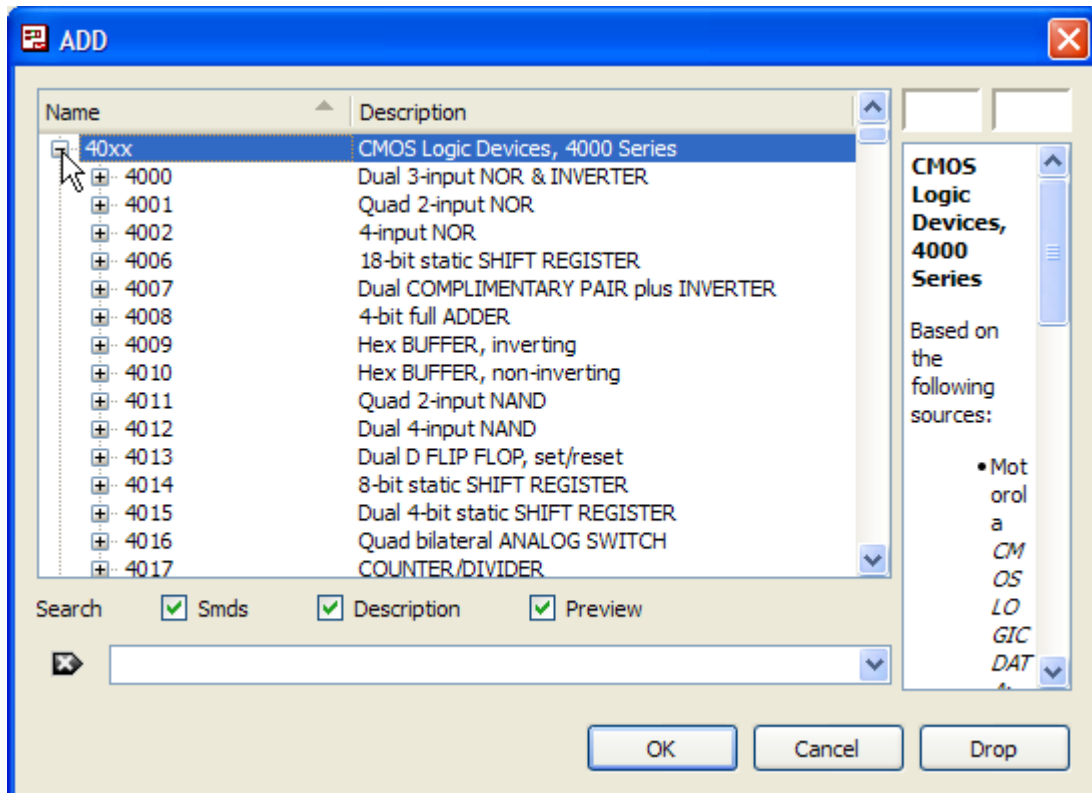


Esta biblioteca contém todas as informações dos componentes ou objetos, e alguns parâmetros importantes como dimensões, package, dados do fabricante, etc.

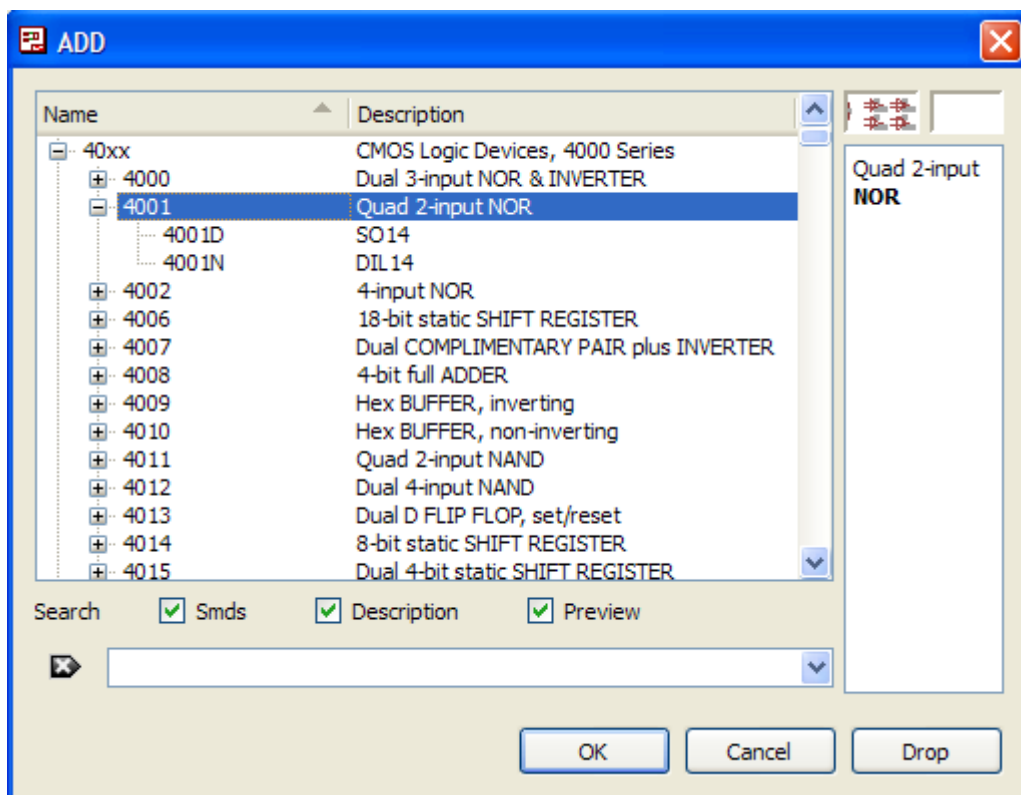
Ao clicar em *Add*, abre-se uma janela com as bibliotecas do Eagle com o nome das bibliotecas e sua descrição.



Se clicarmos em 40xx, por exemplo, serão mostradas as opções para os circuitos CMOS da série 4000.

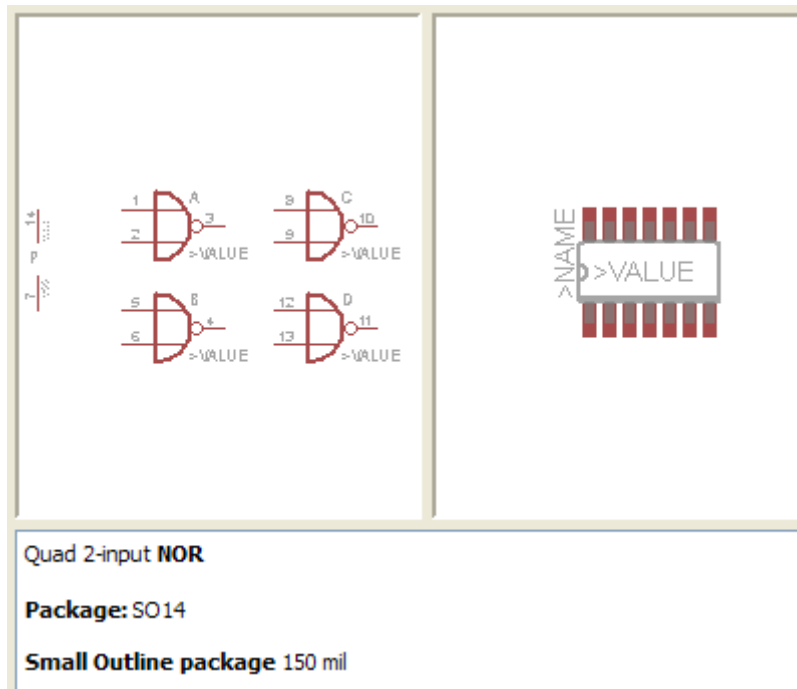


Nessa série, vamos escolher como exemplo 4001 (*Quad 2-input NOR – quatro portas NOR com 2 entradas*).



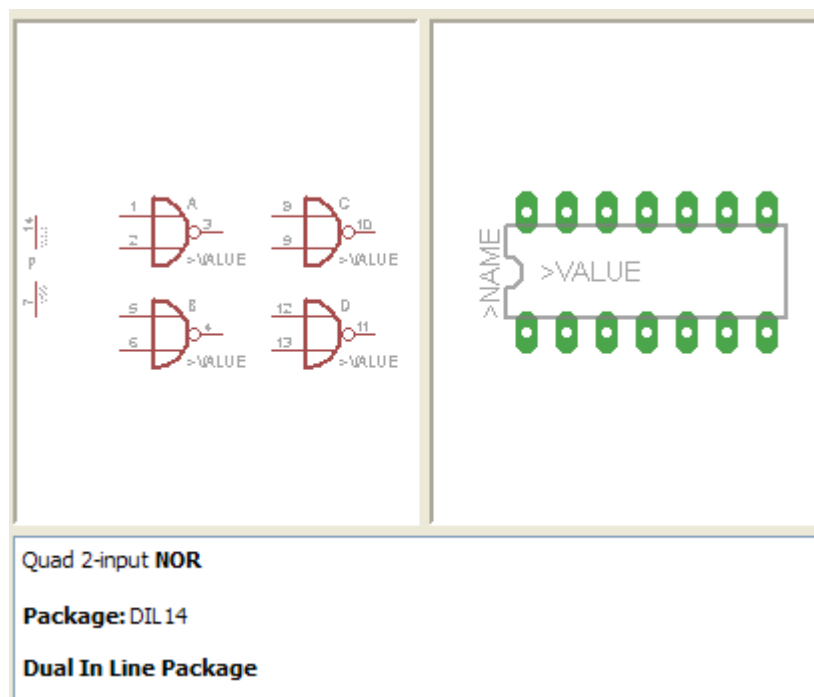
Uma nova janela foi aberta, mostrando as opções SO 14 (encapsulamento SMD) e DIL 14 (encapsulamento dual in line com 14 pinos)

Clicando em 4001D – SO 14:



Observe que o encapsulamento é para tecnologia SMD

Clicando em 4001N – DIL 14:



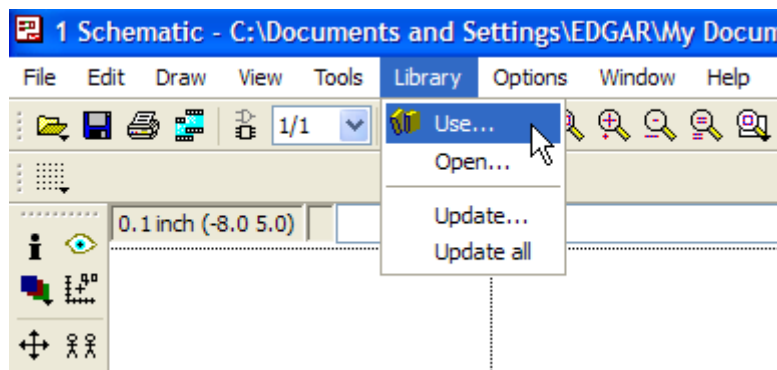
Observa-se que DIL 14 é o encapsulamento para soldagem em placa de CI convencional.

Clicando em OK o componente será inserido na área de trabalho (veremos esse procedimento mais adiante, no desenho de um esquema eletrônico)

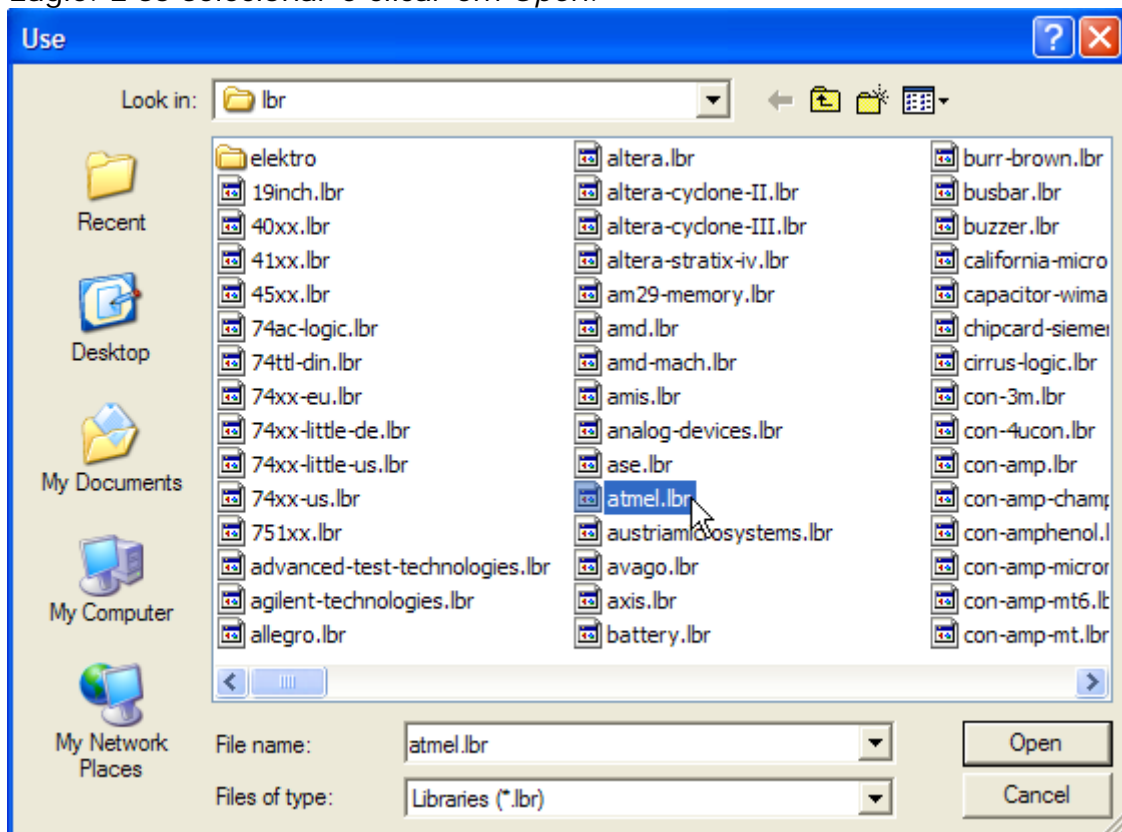
Observe que existe além do CANCEL outra opção denominada DROP.

Se o projetista quiser trabalhar com bibliotecas específicas para um determinado projeto, poderá com o comando DROP, eliminar as bibliotecas que não interessam.

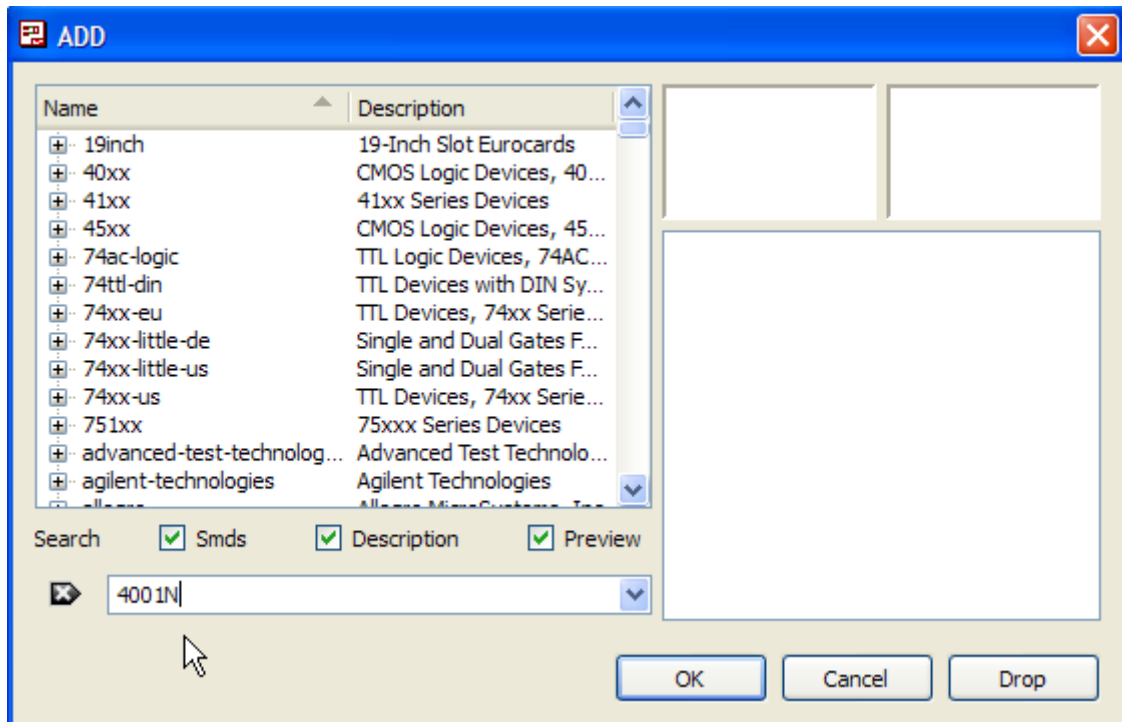
Quando isto ocorrer, as bibliotecas não são deletadas do Eagle, mas vão para outro arquivo e podem ser recuperadas na opção *Library - Use* do Menu principal.



Sendo acionada a opção *Use*, será aberta uma janela com as bibliotecas do Eagle. É só selecionar e clicar em *Open*.

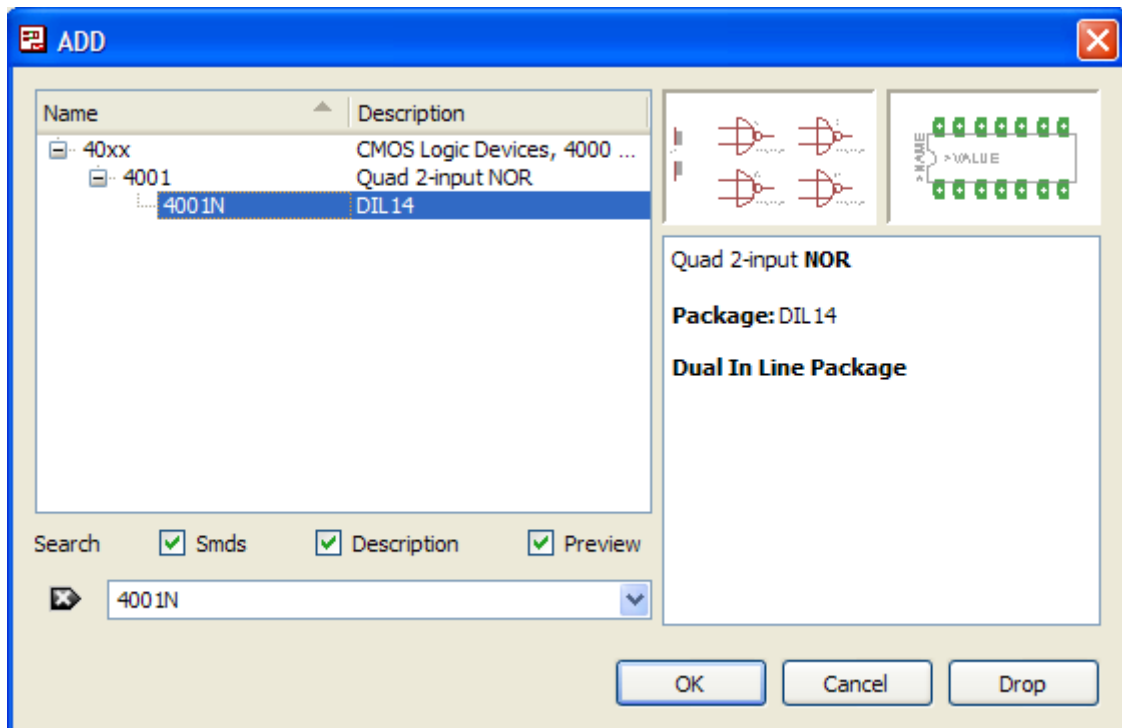


É possível também selecionar o componente, digitando o nome do mesmo no campo apropriado:



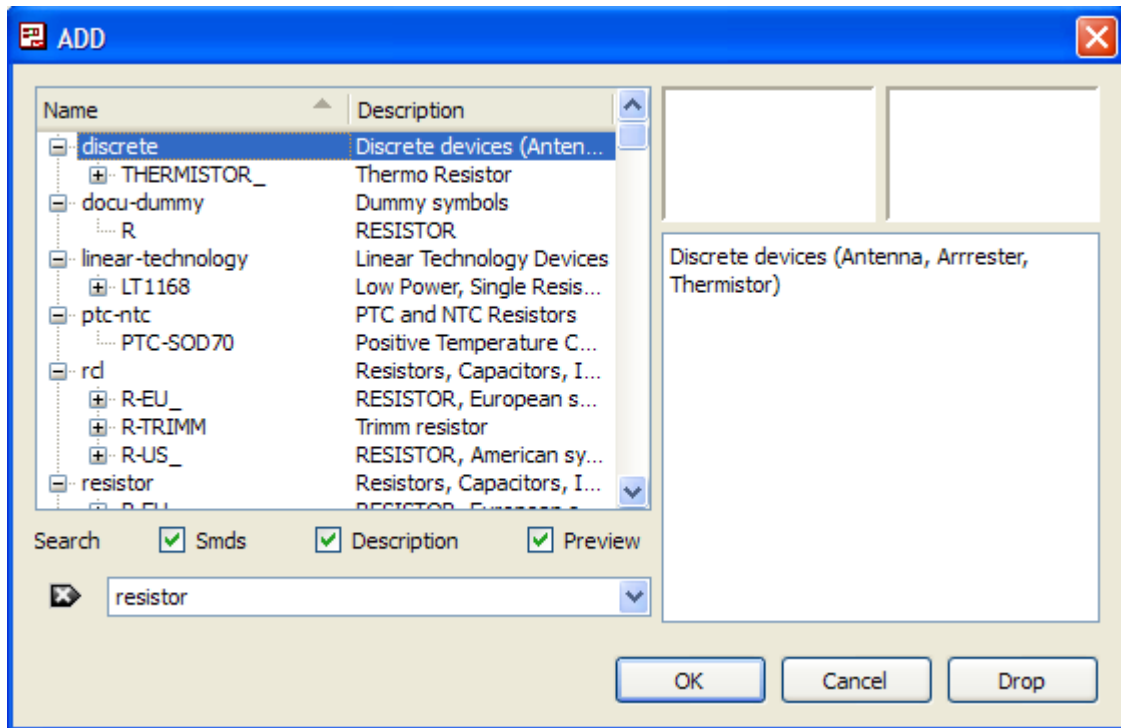
Depois de digitado o componente desejado, clique em OK ou tecla ENTER.

Outra janela será aberta mostrando o componente solicitado.



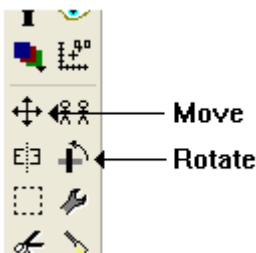
Para voltar à condição inicial, ou seja, mostrando todas as bibliotecas é só apagar o que foi digitado no referido campo e clicar em OK ou tecla ENTER.

Observe que se digitarmos "resistor" nesse campo aparecerão todas as opções referentes a esse componente que estão disponíveis na biblioteca.

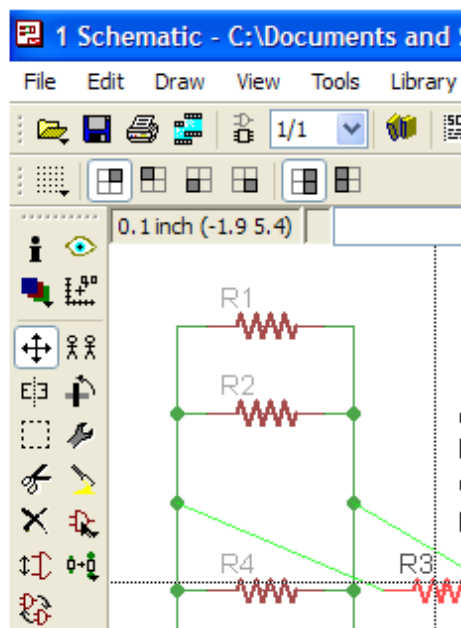
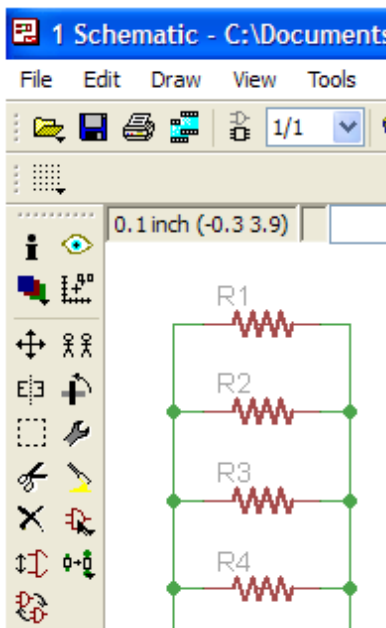


MOVE, ROTATE – mover e rotacionar componentes na área de trabalho.

São botões de comando que se destinam a posicionar os componentes.



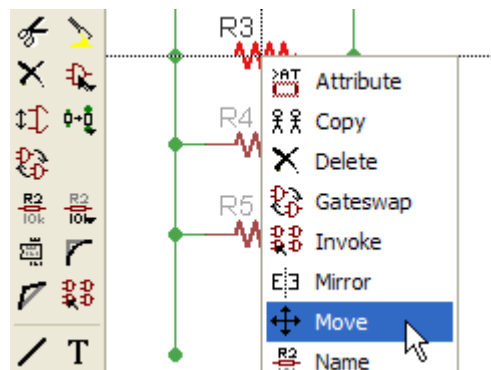
Considerando a associação paralela com 5 resistores, veremos como esses comandos operam.



com o botão de comando **Move** acionado, qualquer componente da associação pode ser movimentado.

Observe que o botão *Move* está em destaque.

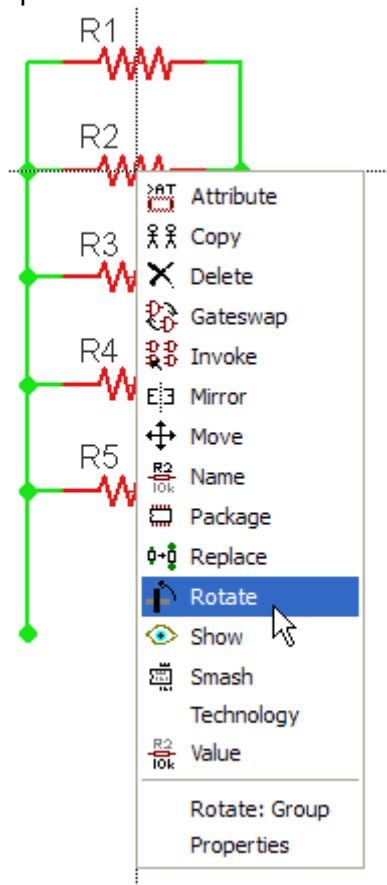
Outra opção para esse comando é selecionar o componente que se deseja mover com o botão direito do mouse e clicar em *Move*.



O componente pode ser rotacionado de duas formas:

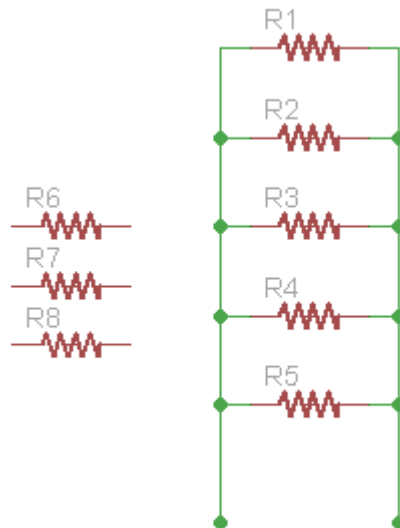
1 – selecionando o botão *Rotate* e clicando no componente.

2 – clicar com o botão direito do mouse sobre o componente e clicar na opção *Rotate* na caixa pop-up.



Movendo um conjunto de componentes:

Vamos acrescentar mais três resistores à associação paralela acima, e vamos mover todo esse conjunto de componentes.

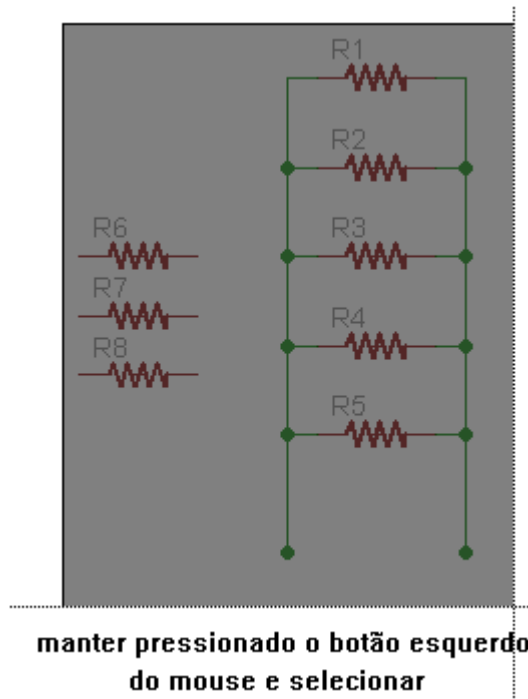


Para mover todos os componentes:

1 – clicar em Group;



2 – Selecionar os componentes e serem movidos:



3 – Liberar o botão esquerdo do mouse

4 – Clicar no botão Move

5 – Clicar com o botão direito do mouse em qualquer um dos componentes selecionados e clicar em *Move: Group*

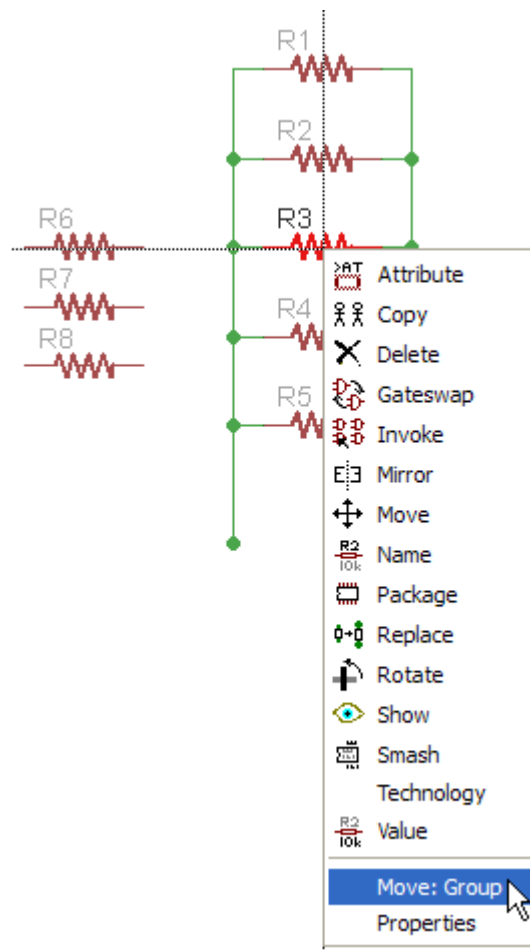
6 – Durante a movimentação dos componentes selecionados, ao clicar com o botão direito do mouse todo o grupo será rotacionado.

Observe na figura a seguir que a escolha dessa opção foi sobre o resistor R3 como poderia ser feita em qualquer outro componente ou mesmo, dentro de uma área qualquer selecionada pelo comando *Group*.

É possível também executar esse comando fora da área selecionada pelo comando *Group*.

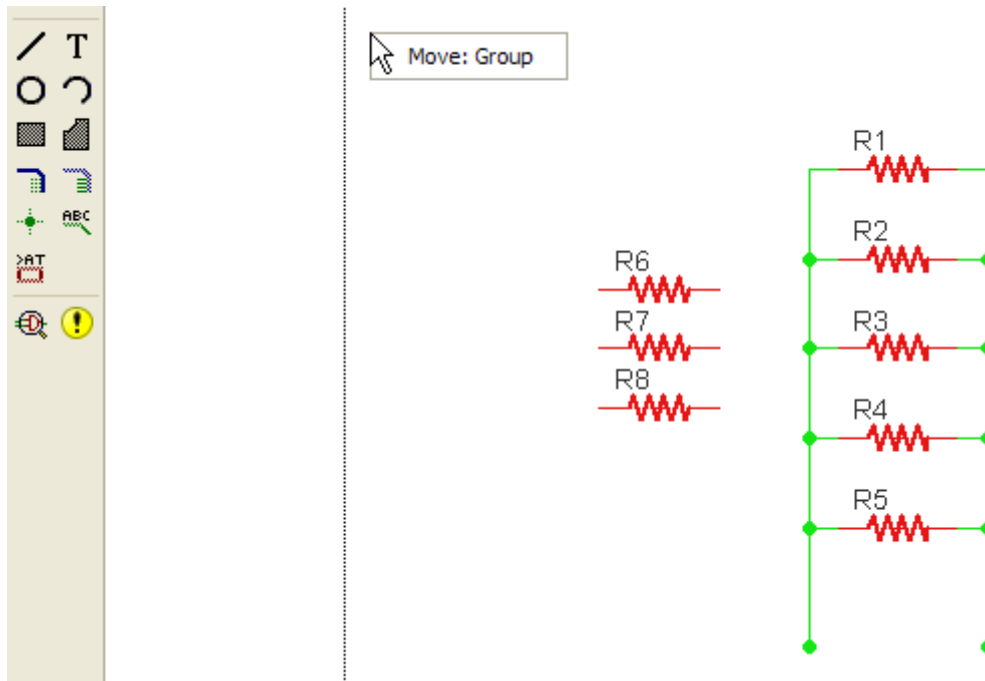
Clicando com o botão direito do mouse em uma área qualquer fora daquela selecionada, aparecerá um botão: *Move: Group*

A figura abaixo mostra a caixa pop-up que abriu ao clicar com o botão direito do mouse em R3.



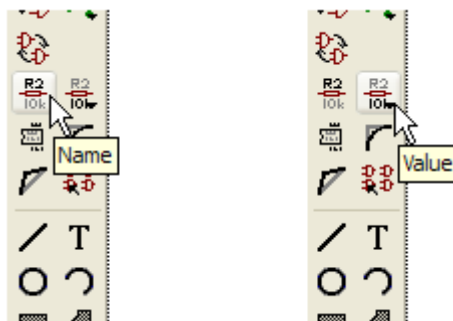
A figura a seguir mostra o comando *Move: Group* aplicado fora da área anteriormente agrupada.

Observe que neste caso surgiu um botão *Move: Group* bastando apenas clicar no mesmo para movimentar todo o conjunto selecionado.



O resultado final é exatamente o mesmo.

NAME, VALUE – coloca nome e o valor no componente.



Tomemos ainda como exemplo a associação paralela e os três resistores, R6, R7, R8

Vamos alterar o nome do resistor R1 para R1A.

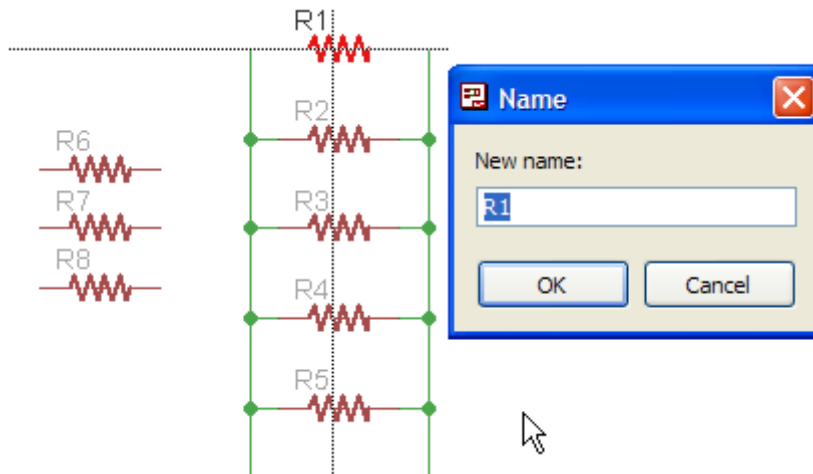
Existem duas opções:

1 – clicar no botão de comando *Name* e a seguir no resistor R1

2 – clicar com o botão direito do mouse no resistor R1 e clicar em *Name*¹ na caixa pop-up que irá abrir.

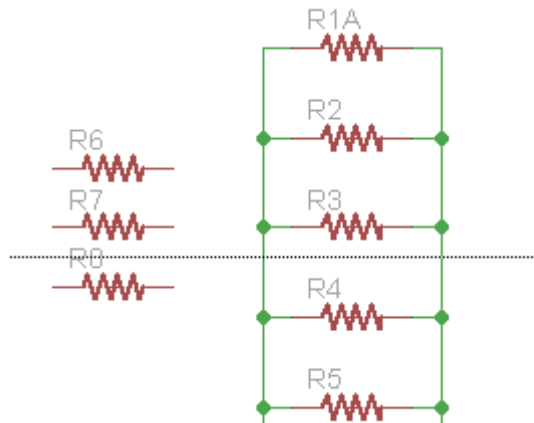
Nos dois casos aparecerá uma janela com o nome do componente selecionado:

¹ Alguns programas para a elaboração de esquemas elétricos e simulação tratam Name como Label (rótulo)

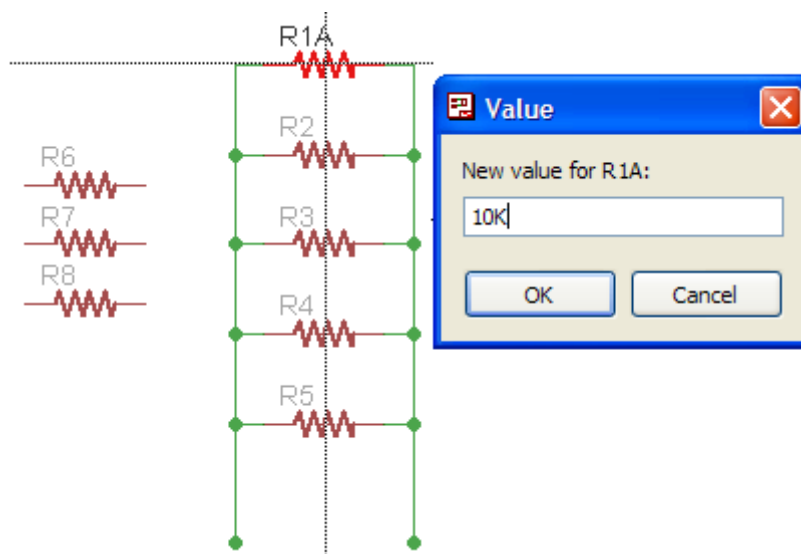


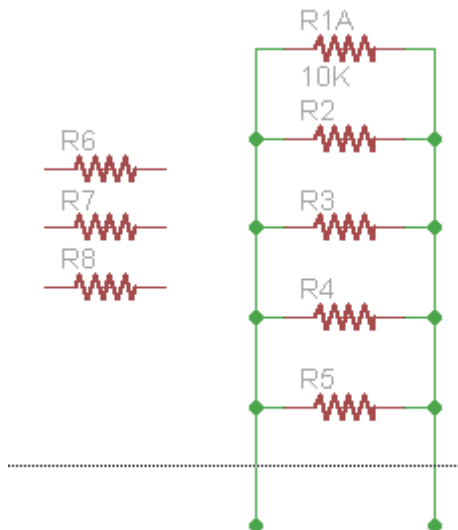
Basta alterar para R1A e clicar em OK ou teclar ENTER.

Com o comando ativo, podemos renomear os demais resistores.



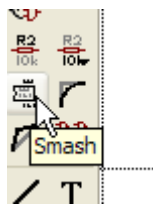
Para especificar o valor do componente o procedimento é idêntico ao anterior, porém clicando agora em *Value*:





SMASH – modifica a posição do valor (*Value*) e nome (*Name*) do componente.

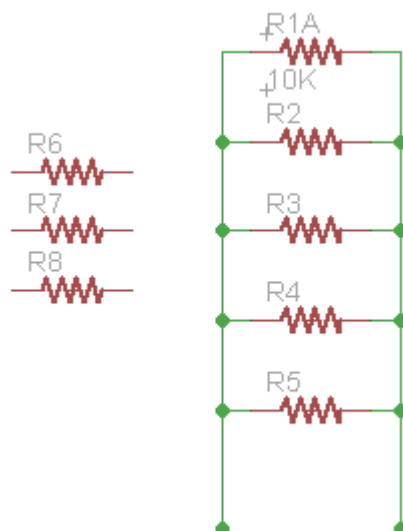
Observe na figura anterior que o nome R1A e o valor 10K parecem meio confusos. Podemos arranjar isso modificando o posicionamento dos mesmos com o comando *Smash*.



Da mesma forma que em *Name* e *Value*, existem duas opções:

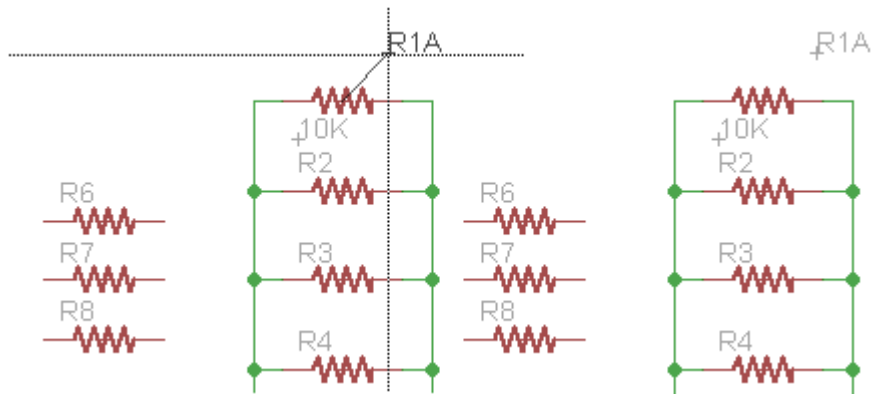
1 – clicar no botão de comando *Smash* e a seguir no resistor R1A

2 – clicar com o botão direito do mouse no resistor R1A e clicar em *Smash* na caixa pop-up que irá abrir.



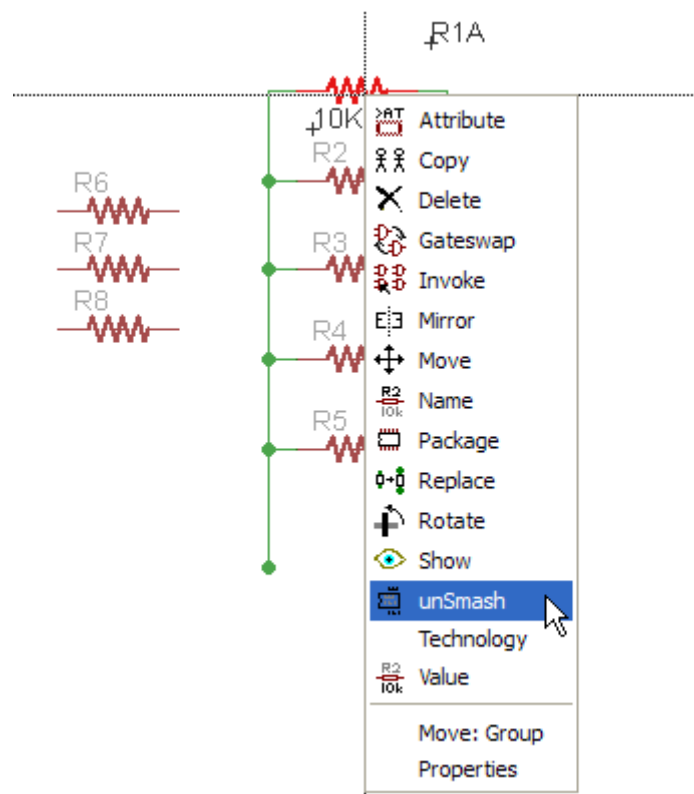
Observe que aparecerão dois sinais de +, um em frente do nome e outro em frente do valor.

Basta clicar em *Move* e alterar o posicionamento de um deles ou dos dois.

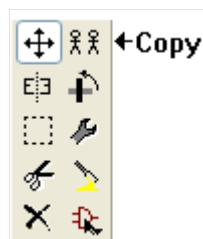


Procure sempre posicionar o cursor no sinal +

Clicando com o botão direito do mouse no componente marcado pelo *Smash*, e em seguida em *unSmash* na janela pop-up que abrirá, este comando será desfeito, eliminando o sinal de +, porém sem alterar o posicionamento do valor ou nome.



COPY – para copiar qualquer componente, incluindo textos



Para copiar:

- 1 – clicar no ícone *Copy*
- 2 – clicar no componente a ser copiado

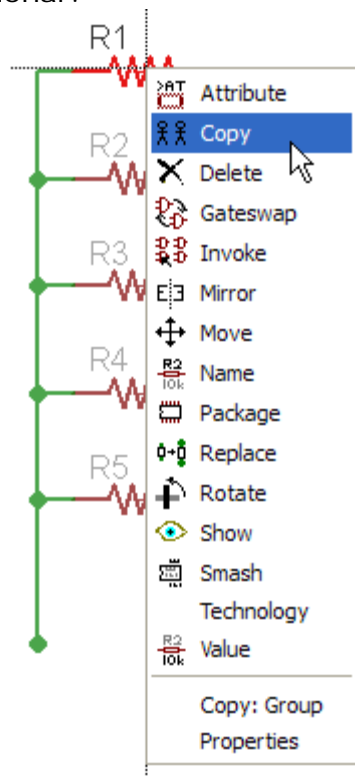
Ou

1 – com o botão direito do mouse, clicar no componente a ser copiado (preferencialmente no sinal de + para evitar qualquer tipo de erro)

- 2 – seleccionar a opção *Copy* que aparece no menu pop-up

Após uma das duas opções acima, basta arrastar o componente para o local desejado e clicar com o botão esquerdo do mouse.

Antes de fixar o componente com, um clique no botão direito do mouse fará esse componente rotacionar.

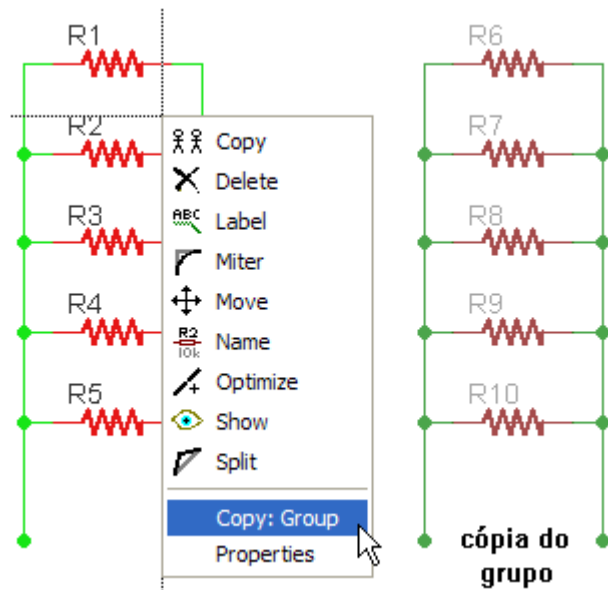


As opções de *Copy* descritas acima, aplicam-se totalmente para copiar um conjunto de componentes ou grupo.

Para copiar vários componentes (grupo)

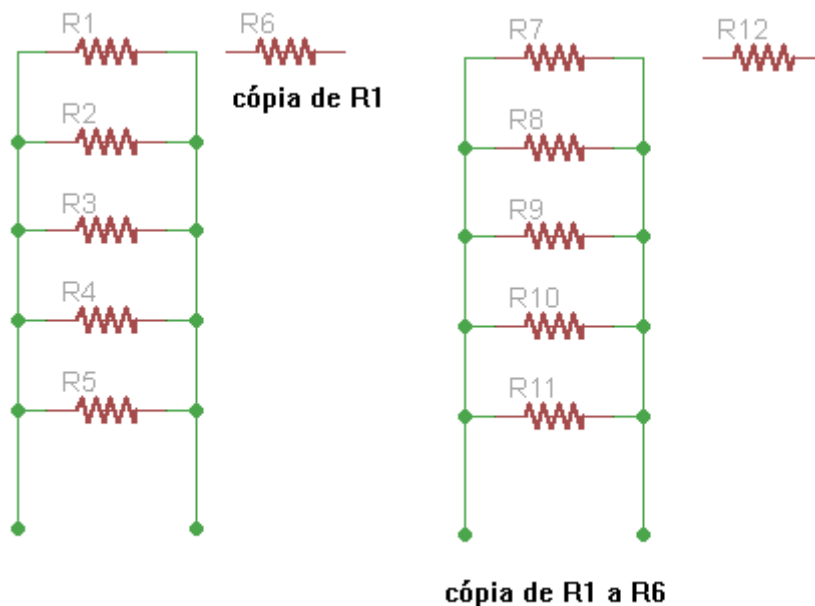
- 1 – clicar no ícone grupo
- 2 – seleccionar os componentes a serem copiados
- 3 – clicar em *Copy*

4 – clicar com o botão direito do mouse na área seleccionada e clicar em *Copy: Group*



OBS: quando é feita a cópia de componentes ou de um grupo, esses componentes obedecem a hierarquia dos nomes (*Name*), ou seja, se for feita a cópia do resistor R1 na figura acima, o resistor copiado receberá o nome ou "label" R6, pois o resistor R5 é o de hierarquia mais alta.

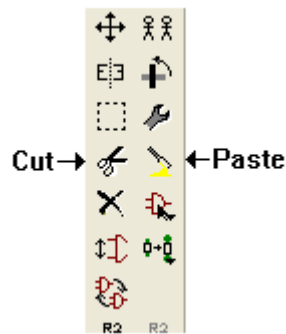
Veja a figura abaixo:



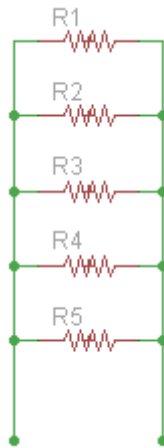
CUT, PASTE – recortar e colar

É muito similar ao comando *Copy* visto anteriormente, pois tem o mesmo efeito, mas a diferença está na quantidade de vezes que podemos inserir determinado componente ou grupo selecionado na área de trabalho, ou seja:

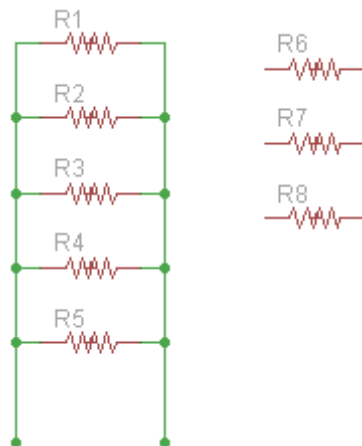
- 1 – quando usamos o *Copy*, apenas uma inserção é feita
- 2 – quando usamos *Cut* e *Paste*, várias inserções podem ser feitas



Suponhamos que queiramos fazer três cópias do resistor R1 da associação paralela mostrada na figura abaixo:

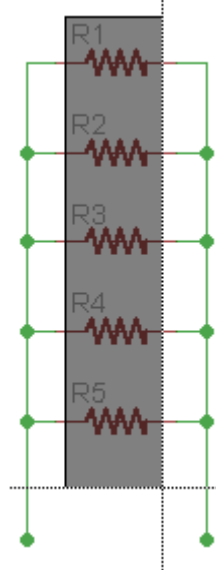


- 1 – clicar no botão *Cut*
- 2 – clicar em R1
- 3 – Clicar no botão *Paste* a cada cópia que se desejar fazer do resistor R1

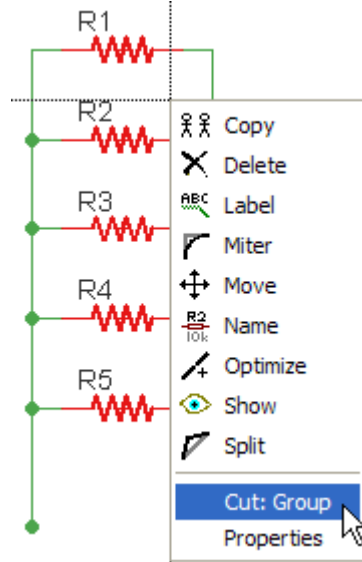


Podemos também fazer uma cópia de um grupo de componentes, usando os mesmos procedimentos adotados anteriormente, selecionando o grupo a ser copiado.

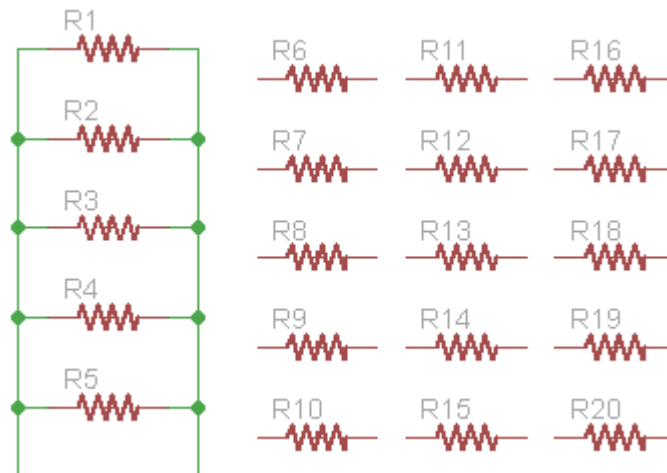
Selecionar o grupo e clicar em no botão *Cut*



Com o botão direito do mouse, em qualquer ponto da área delimitada pela seleção ou sobre qualquer um dos componente, escolha a opção *Cut: Group*



Clique em *Paste* tantas vezes quantas você quiser copiar o grupo para a área de trabalho (na figura abaixo, três vezes)



MIRROR – destina-se ao espelhamento de componentes, grupo de componentes, textos, etc.



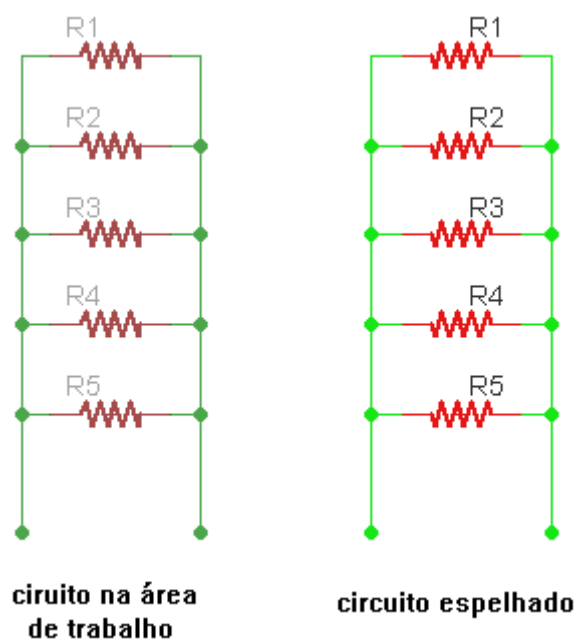
Procedimento para espelhar um componente:

- 1 – clicar no botão *Mirror*
- 2 – clicar no componente

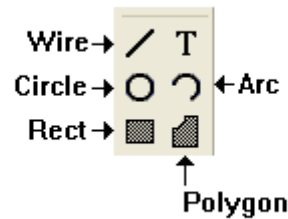
O procedimento para espelhar grupo tem o mesmo princípio visto anteriormente ou seja:

- 1 – clicar no botão *Group*
- 2 – seleccionar o conjunto de componentes desejado
- 4 – com o botão direito do mouse, seleccionar dentro de qualquer parte da área delimitada a opção *Mirror: Group*

As figuras a seguir mostram o resultado do espelhamento.



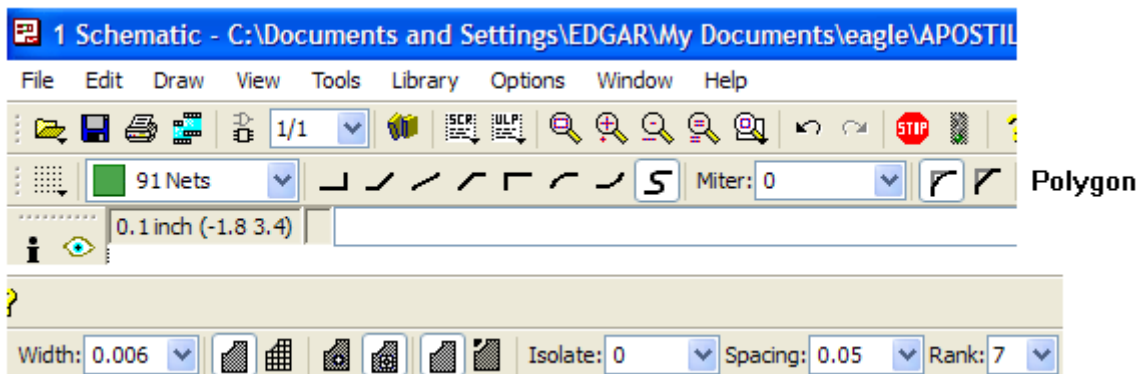
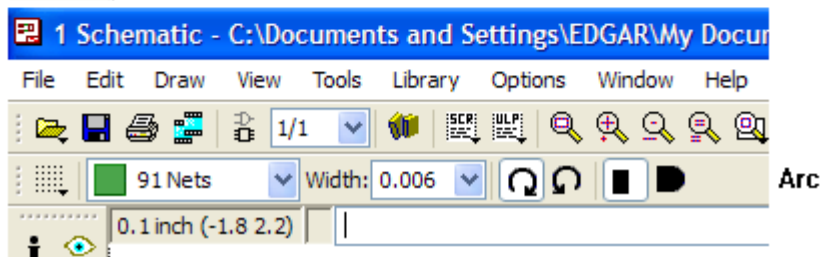
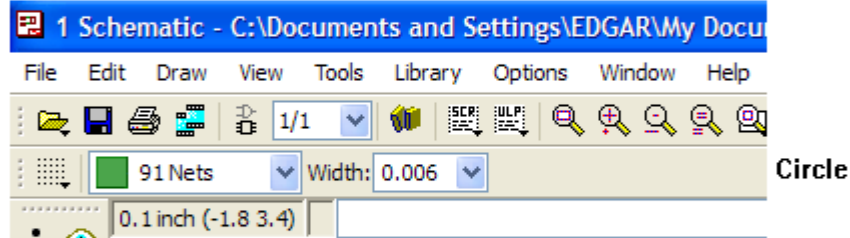
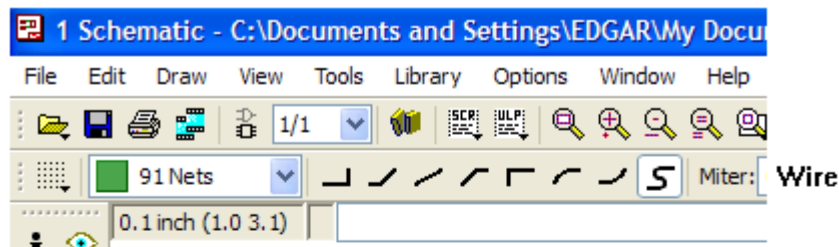
WIRE, CIRCLE, RECT, ARC, POLYGON – ferramentas de desenho



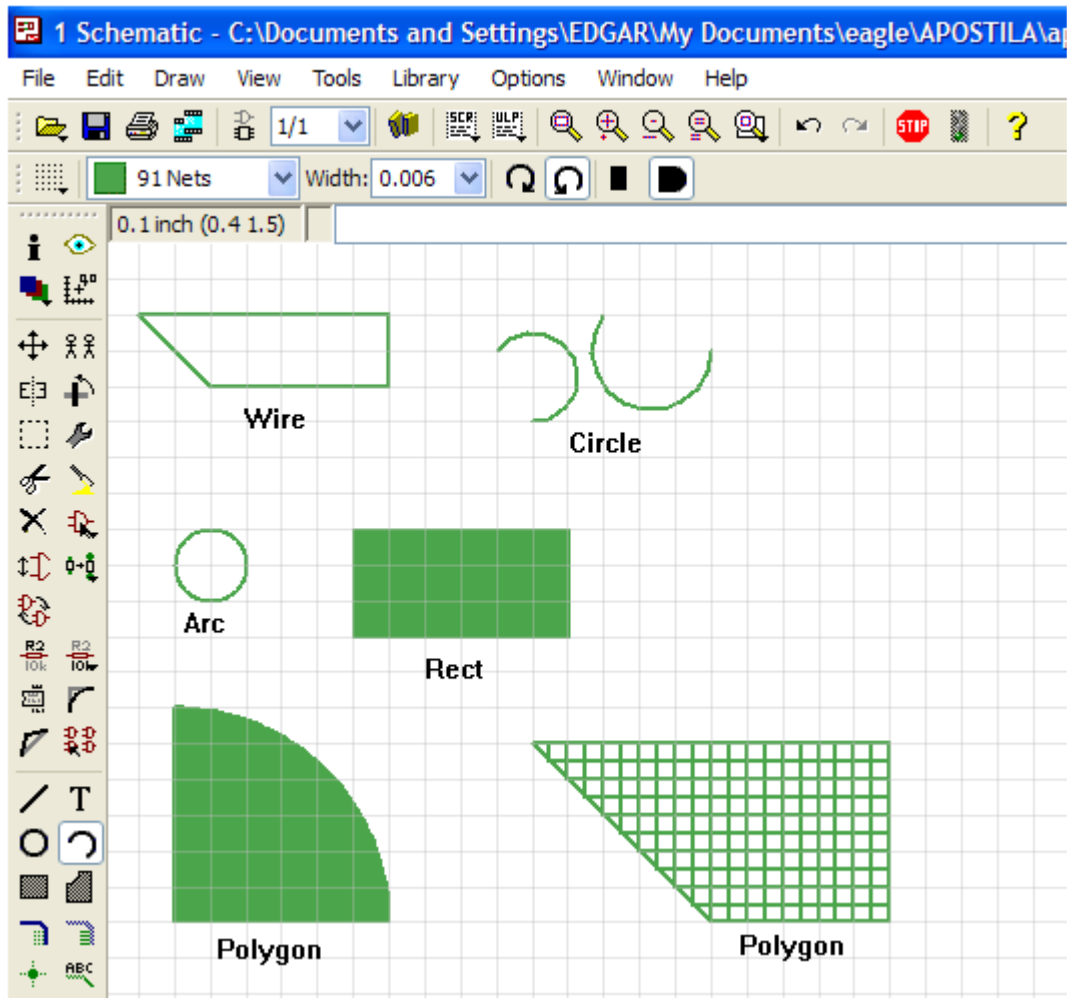
São ferramentas muito úteis para incrementar efeitos de visualização de esquemas e layouts.

É muito importante observar a barra de parâmetros quando da utilização de cada ferramenta, pois podemos construir linhas retas, curvas, diagonais, etc. bem como construir círculos, retângulos, polígonos, com ou sem preenchimento.

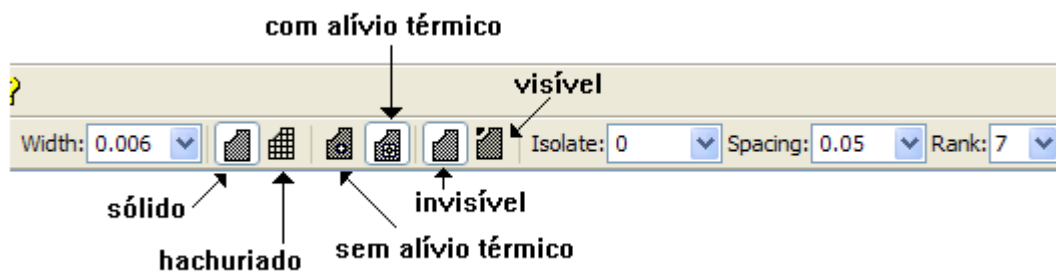
As figuras abaixo mostram a barra de parâmetros das ferramentas, com exceção do retângulo que não possui parâmetros de configuração.



Exemplos:



Especial atenção deve ser dada a ferramenta de desenho *Polygon*, que na confecção das placas de circuito impresso em *Board*, serve para traçar chapado (copper area) para interligação de pontos comuns como "terra" e "alimentação" (GND e VCC).

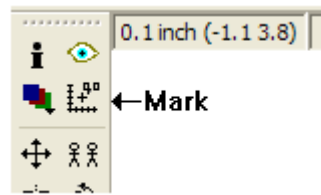


A opção visível deve preferencialmente estar ativada (On) no caso de haver uma área de chapado (copper area) isolada, é possível visualizá-la.

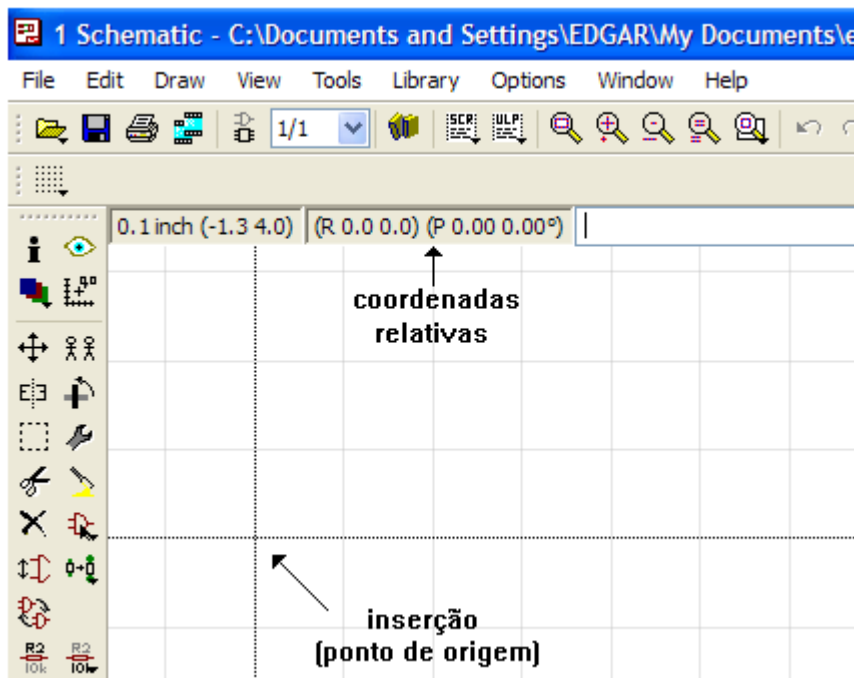
O termo chapado (copper area) se refere a película cobreada que geralmente interliga os pontos comuns de terra.

Mais adiante veremos sua aplicação.

MARK – serve para criar coordenadas relativas.



- 1 – clicar no botão *Mark*
- 2 – posicionar o cursor do mouse em qualquer ponto da área de trabalho e clicar



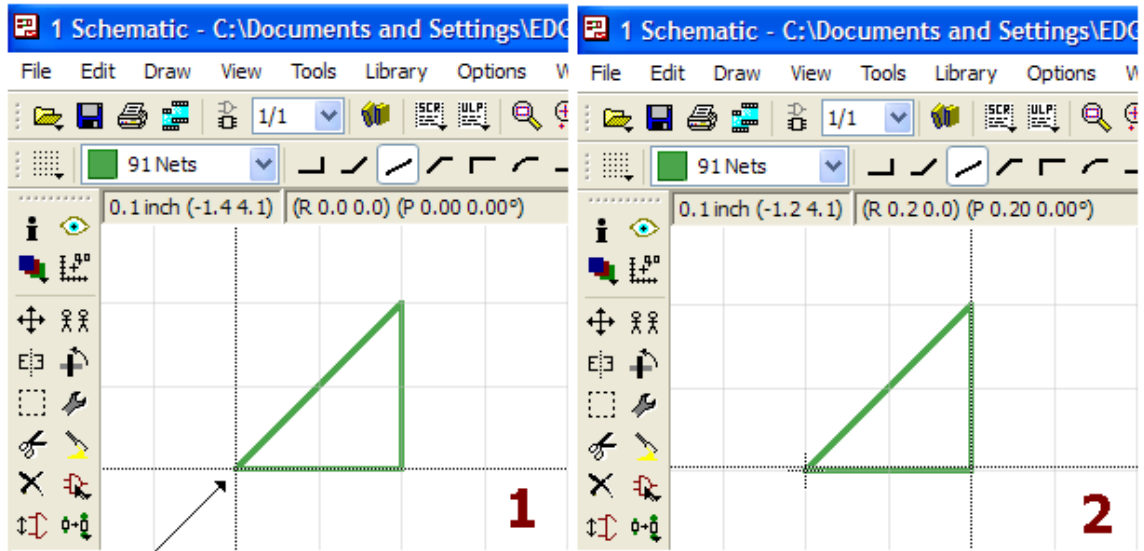
Nas coordenadas relativas representada por R, temos os valores de x e y no primeiro grupo, entre parêntesis, enquanto que no segundo grupo representado por P, temos o comprimento e o ângulo, no caso de alguma figura geométrica ser desenhada.

Observe que as coordenadas normais e relativas mudam de acordo com o posicionamento do cursor do mouse, porém a referência são as coordenadas relativas.

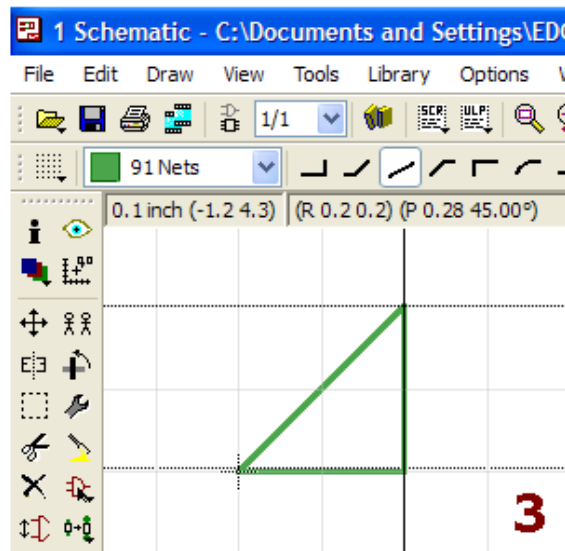
Para entender melhor as coordenadas relativas, tomaremos como referência o triângulo retângulo desenhado na área de trabalho a partir do ponto de inserção das coordenadas relativas.

O triângulo retângulo desenhado tem os lados iguais que correspondem a 0,2inch. Unindo os vértices temos a hipotenusa.

Essa ferramenta é muito útil para definir outro ponto de origem dentro de um projeto.



ponto de ordem das coordenadas relativas



O triângulo retângulo desenhado tem as coordenadas de 0,2inch em “x” e em “y”.

Analisando o comportamento das coordenadas relativas pelas figuras 1, 2 e 3:

figura 1 – cursor na posição inicial: R (0.0 0.0) (P 0.00 0.00°)

figura 2 – cursor à direita: R (0.2 0.0) (P 0.20 0.00°)

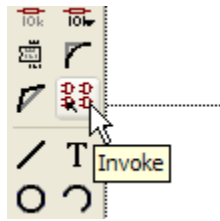
figura 3 – cursor no vértice superior: R (0.2 0.2) (P 0.28 45.00°)

Para eliminar as coordenadas relativas:

1 – clicar em *Mark*

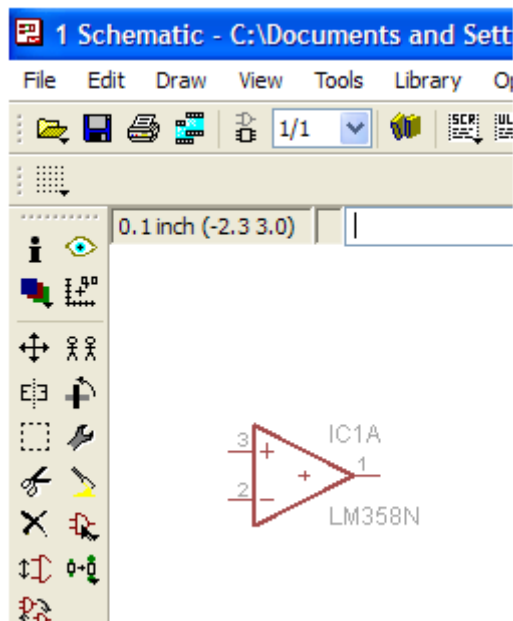
2 – clicar em *Go* na barra de ações

INVOKE – convocar parâmetros



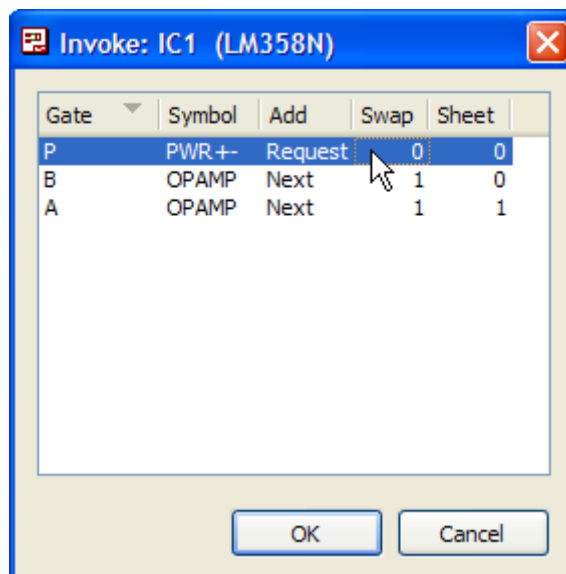
É um comando que permite convocar parâmetros, como alimentação ou outras funções de um componente. Alguns componentes ao serem inseridos na área de trabalho não mostram, por exemplo, os pinos de alimentação.

Tomemos como exemplo o CI comercial LM358N

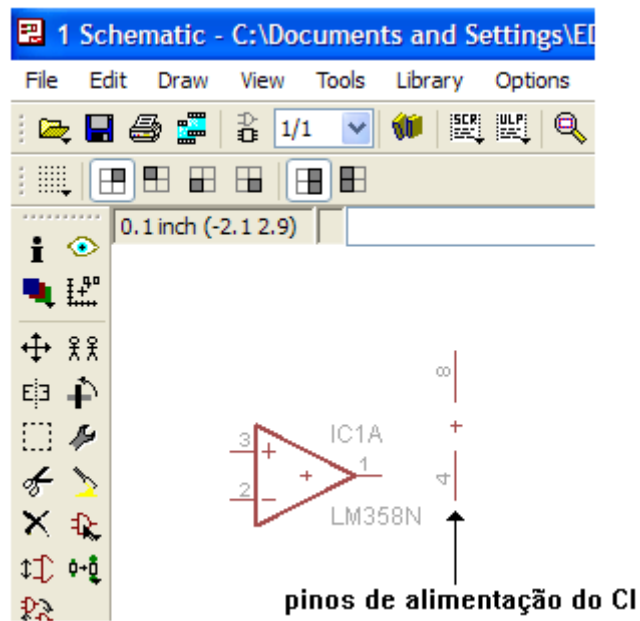


Para visualizar os pinos de alimentação para permitir as ligações em um esquema:

- 1 – clicar no botão *Invoke*
- 2 – clicar no componente

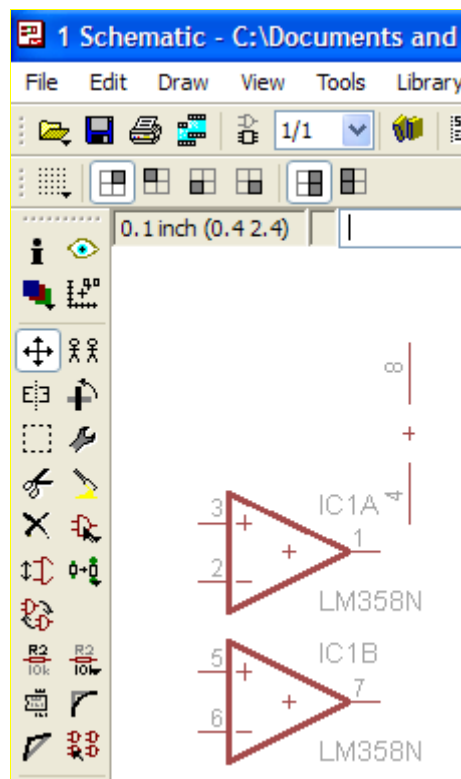


3 – ao abrir a janela de diálogo, selecionar PWR +/-



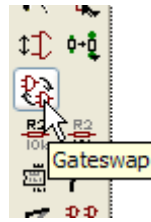
Os pinos de alimentação do CI ficam então disponíveis para as ligações no *Schematic*. Esses pinos podem ser colocados em qualquer parte do esquema, não necessariamente ao lado do CI.

Observe que na caixa de diálogo aberta existe a opção de inserir também a parte 2 do CI LM358N (o mesmo é composto de 2 partes). Selecionando essa opção, no caso Gate B, a segunda parte é inserida.



Observe que todos os 8 pinos estão disponíveis para ligação.

GATESWAP – troca ou inversão de portas (gates) equivalentes



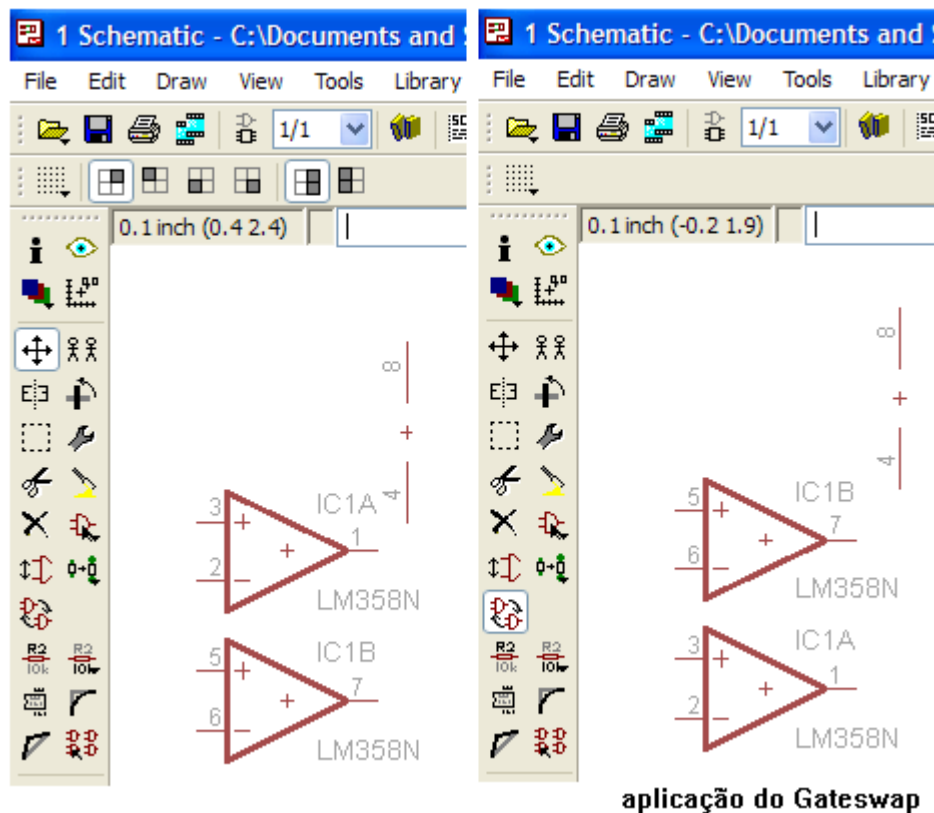
Tomemos como exemplo a figura anterior, com as duas partes do CI LM358N, e que os pinos 2 e 3 devam estar no lugar dos pinos 5 e 6, para aperfeiçoar uma ligação.

Neste caso a ferramenta *Gateswap* é a indicada.

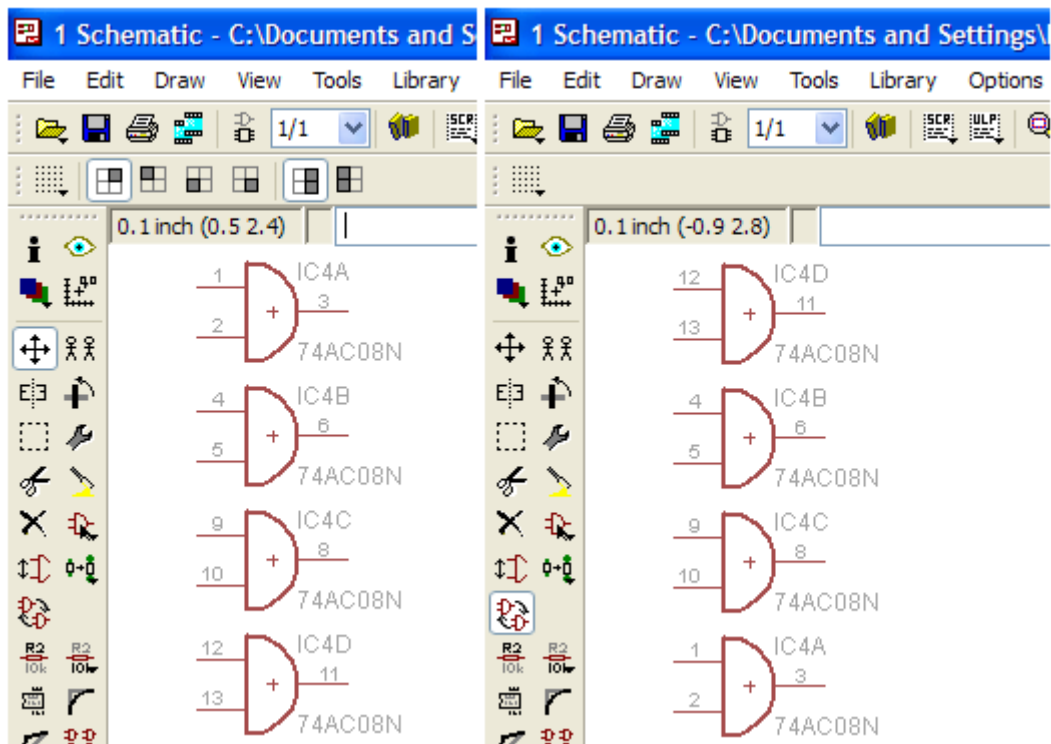
- 1 – clicar no botão *Gateswap*
- 2 – clicar na parte IC1A onde estão os pinos 2 e 3 e logo em seguida em IC1B.

Imediatamente ocorrerá a troca (barganha) entre os pinos 2 e 3 com 5 e 6 e ocorrerá também a troca entre os pinos de saída 1 e 7.

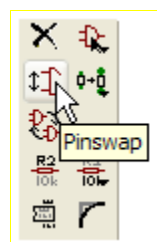
Veja a figura a seguir.



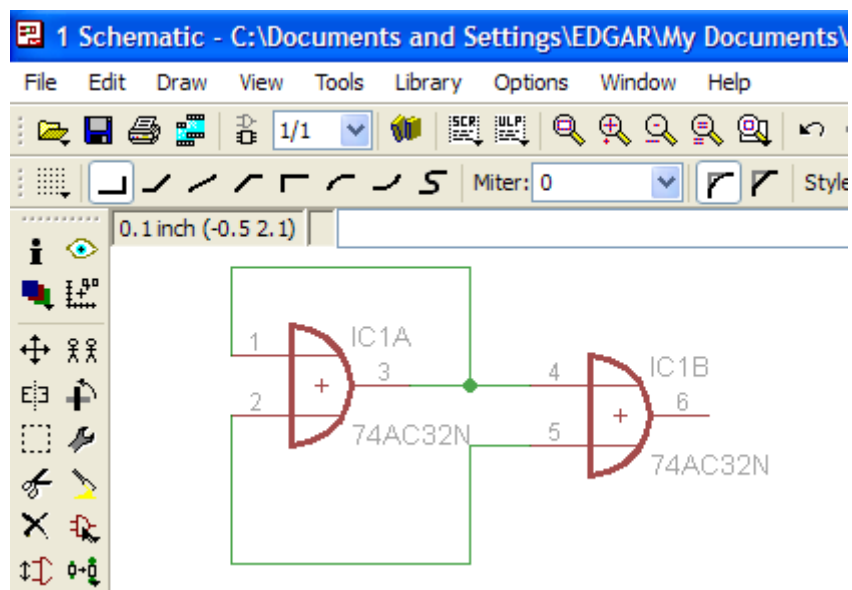
Na figura a seguir usando o mesmo procedimento, trocamos a posição dos pinos do IC4A com IC4D.



PINSWAP – troca ou inversão de pinos equivalentes



Neste caso é possível trocar os pinos da parte de um CI, mas apenas de uma parte, ou seja, não é possível efetuar a troca de pinos entre as partes diferentes de um CI.



Vamos supor que na figura acima haja a necessidade de trocar os pinos 4 e 5 do IC1B (74AC32N)

1 – clicar no botão *Pinswap*

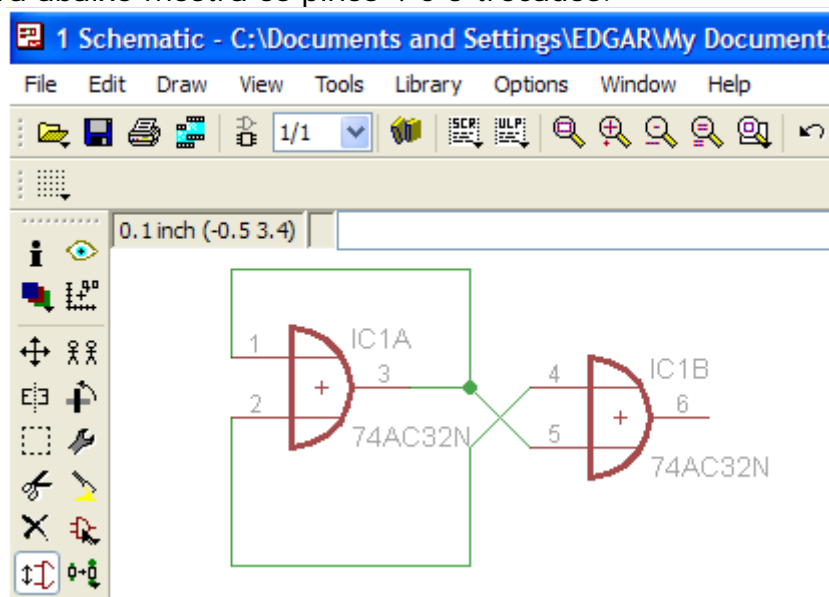
2 – clicar no pino 4 e em seguida no pino 5

Imediatamente ocorrerá a troca entre os pinos.

OBS: não é possível trocar a posição dos pinos 1 e 5, por exemplo, por pertencerem a partes diferente, embora sendo o mesmo CI.

Da mesma forma, não é possível trocar os pinos de entrada com os pinos de saída.

A figura abaixo mostra os pinos 4 e 5 trocados.



INICIANDO O SCHEMATIC

A partir de agora faremos uso do Schematic, muitas ferramentas e comandos vistos anteriormente serão aplicados.

A construção da placa de circuito impresso é possível apenas após o desenho do esquema.

Segue um resumo dos comandos e respectivas páginas para a pesquisa, caso esta for necessária.

Zoom – 22

Stop – 23

Text – 24

Add – 25

Move, Rotate – 30

Name, Value – 34

Smash – 36

Copy - 37

Cut, Paste – 39

Mirror – 42

Wire, Circle, Rect, Arc, Polygon – 43

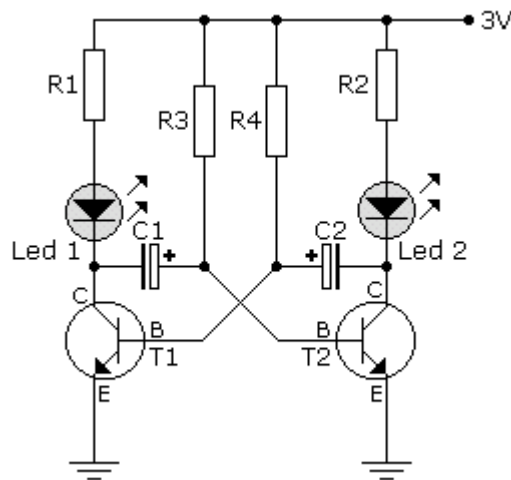
Mark – 45

Invoke – 46

Gateswap – 49

Pinswap – 50

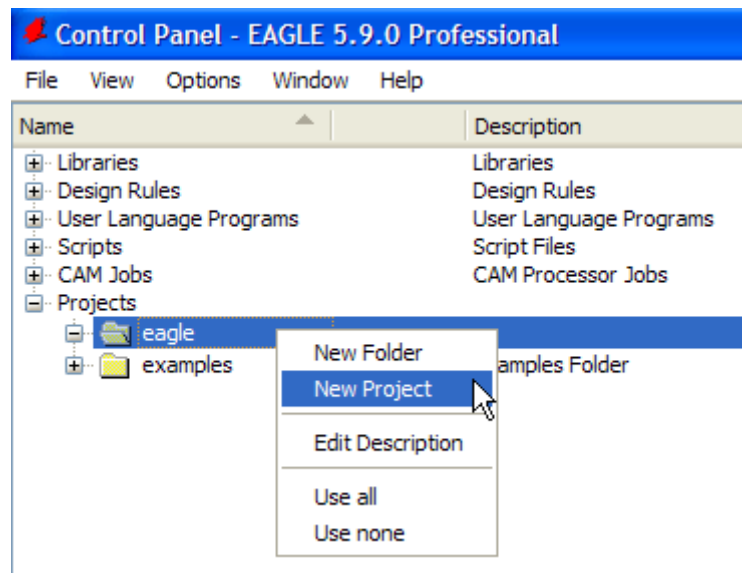
Iniciaremos com um circuito simples, um multivibrador astável o qual denominaremos Vagalume Biônico, conforme mostra o circuito abaixo.



Lembre-se: somente será possível a construção da placa de circuito impresso depois de estar concluído o desenho do esquema.

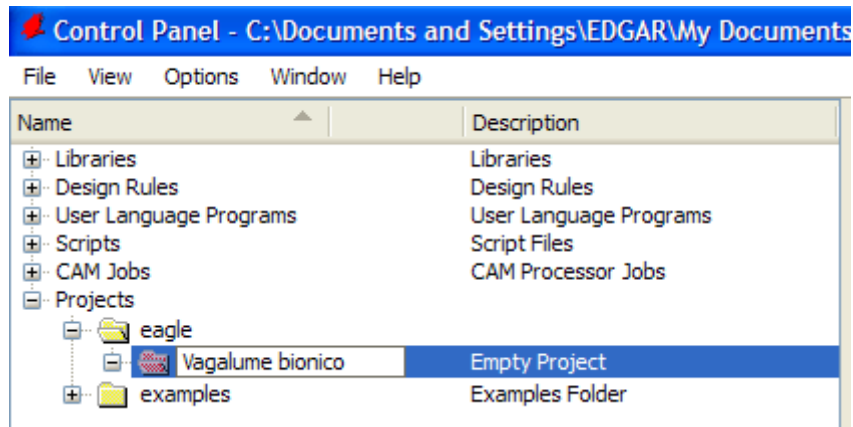
Vamos nomear nosso projeto como: Vagalume bionico

- 1 – abra o programa Eagle
- 2 – no Painel de Controle, dê um duplo clique *Projects*
- 3 – clique com o botão direito do mouse em *eagle* e em seguida em *New Project*.



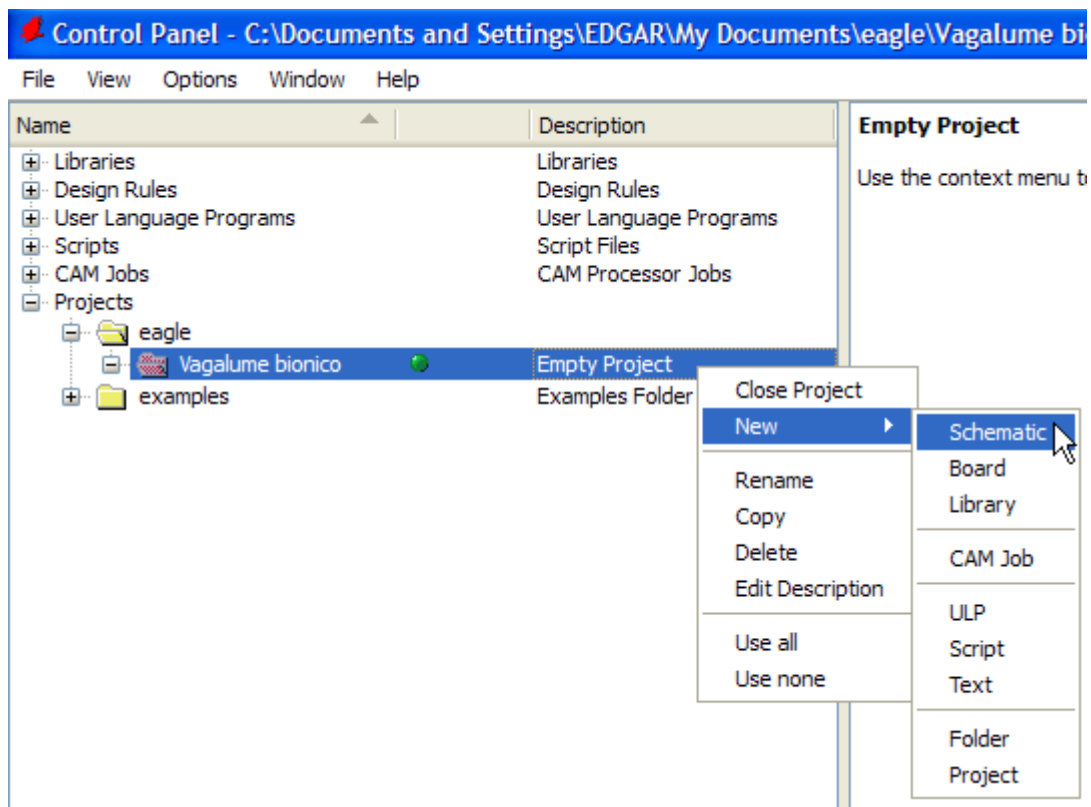
4 – digite no campo que aparece: Vagalume bionico

5 – tecle ENTER



6 – clique com o botão direito do mouse em *Empty Project* escolha *New* e clique em *Schematic*.

Veja a sequência na figura abaixo:



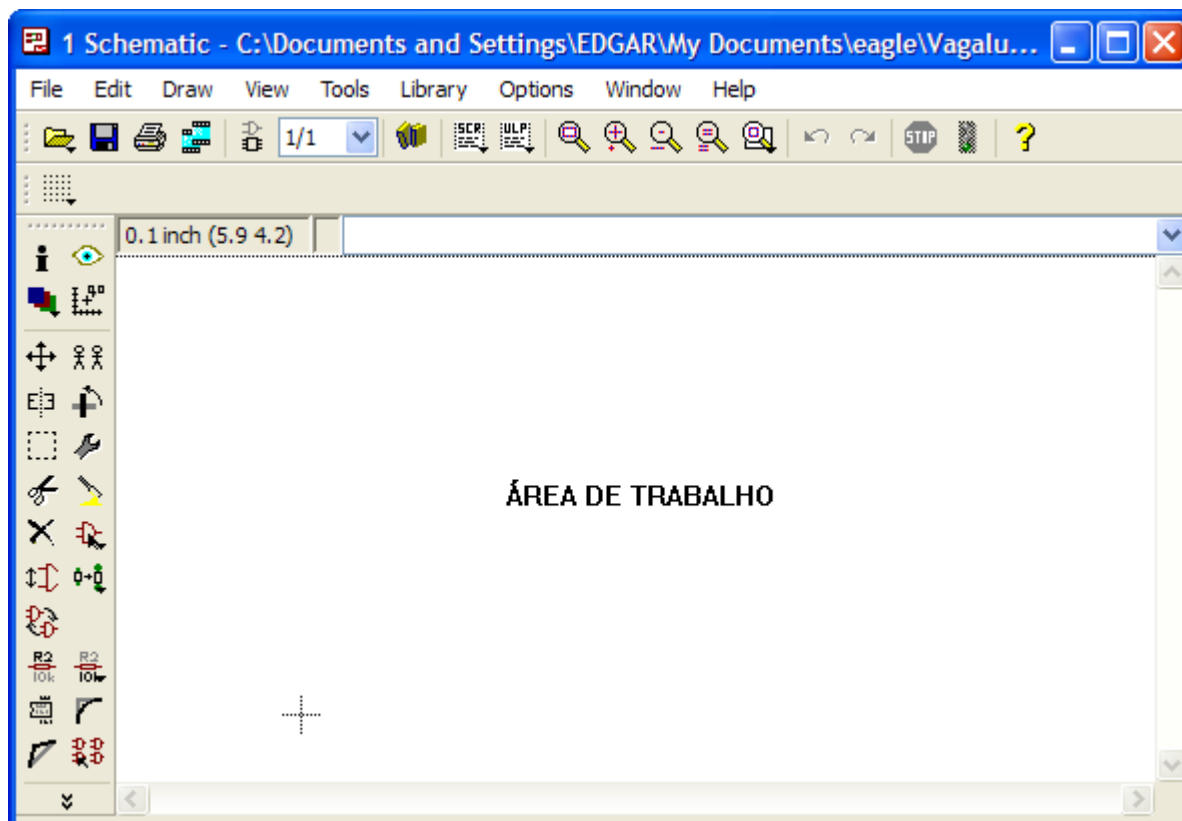
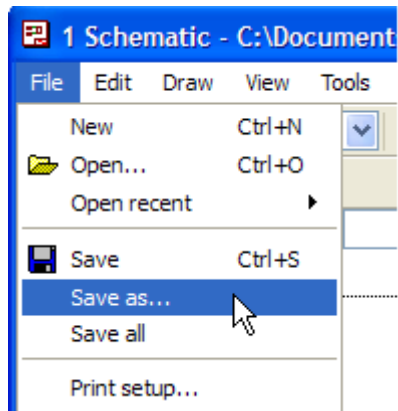
Ao clicar em *Schematic*, deverá abrir a área de trabalho para desenhar o esquema.

Podemos agora salvar o esquema, com o nome *vagalume* (sugestão).

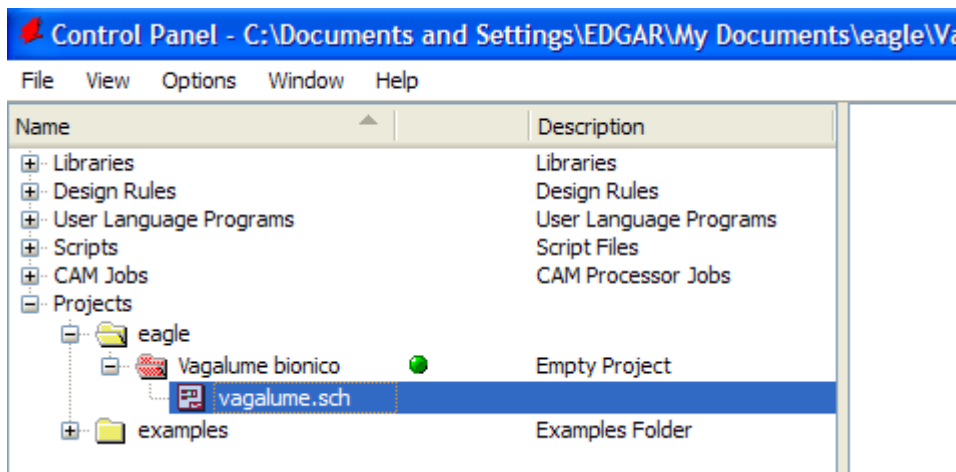
Não se preocupe em colocar a extensão, pois o próprio Eagle se encarrega disso.

Lembrar que a extensão para o *Schematic* é *.sch*

Observe que quando abrir a janela *Save as*, já está definida a pasta do nome do projeto: *Vagalume bionico*



Caso esteja tudo correto, a Painel de controle deverá ter o aspecto abaixo:



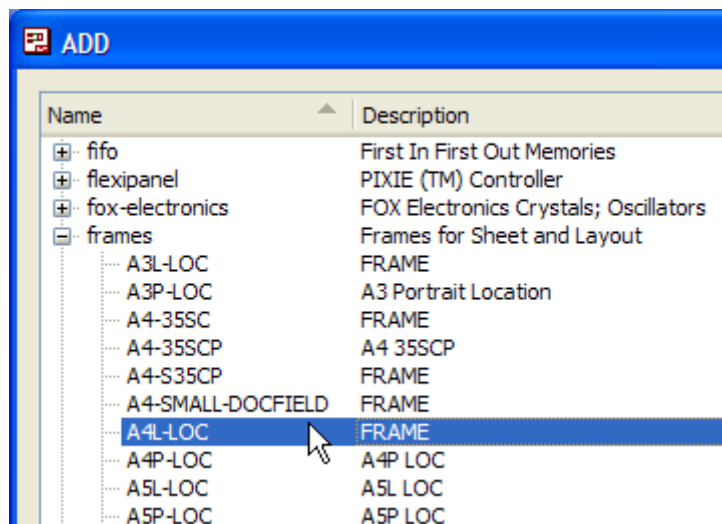
Antes de iniciar a inserção dos componentes, colocaremos uma moldura na área de trabalho.

1 – clique em no botão *Add*

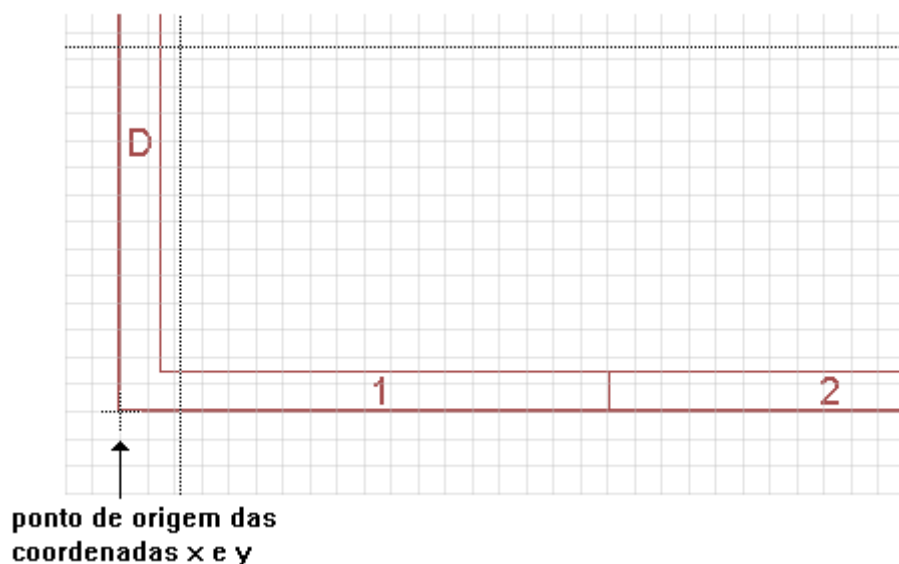
2 – ao abrir a biblioteca, procure em frames por A4L-LOC e clique em OK

A4L refere-se a folha tamanho A4 em landscape (paisagem)

A4P refere-se a folha tamanho A4 em portrait (porta-retrato)



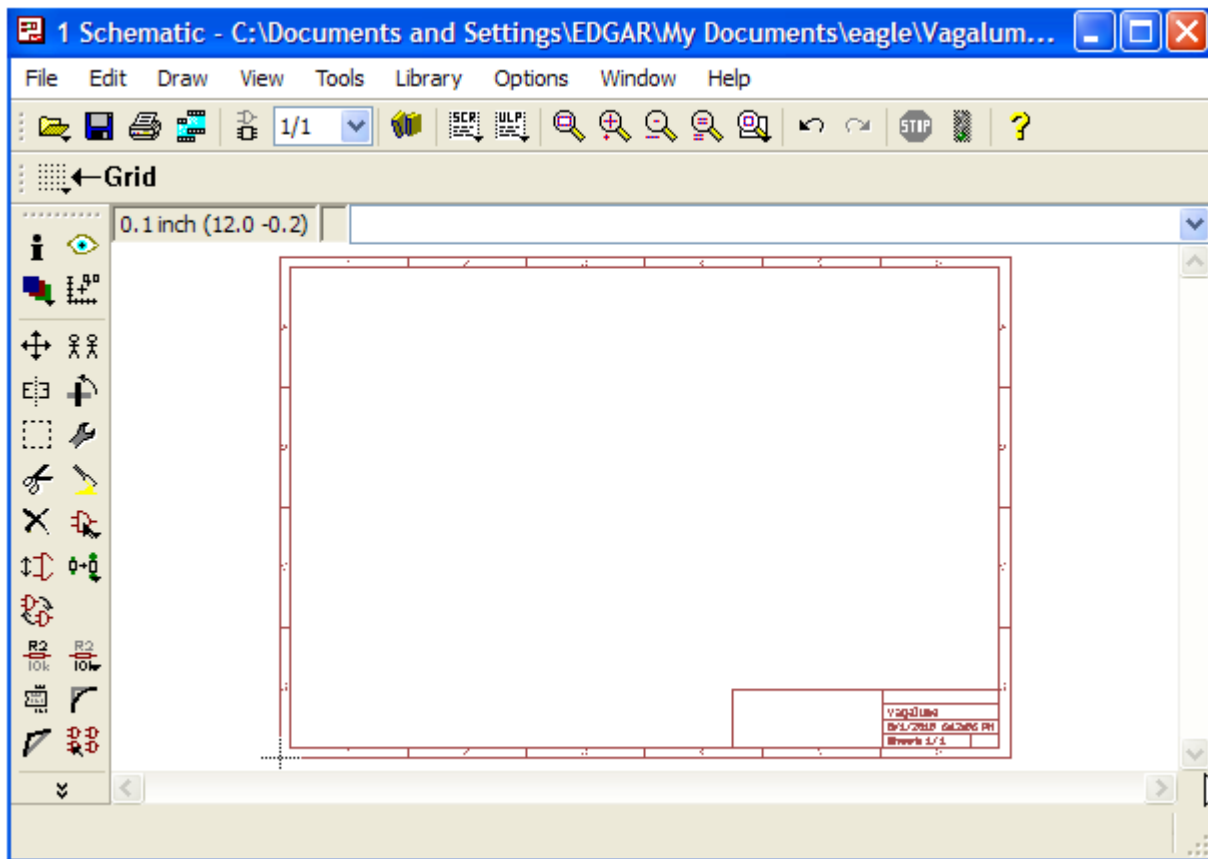
3 – ao abrir a moldura, fixe-a no ponto de origem das coordenadas x e y, conforme ilustra a figura:



4 – na barra de ações clique no botão *Zoom Fit*

A moldura deverá preencher toda a tela

Ajuste o fundo da área de trabalho para o estilo linhas (lines). Use o ícone *Grid*, conforme visto anteriormente.

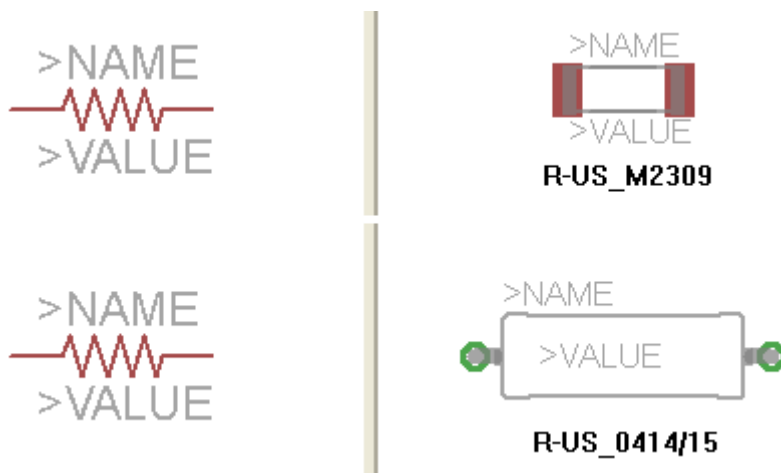


Posicionando os componentes

É muito importante ao inserir um componente na área de trabalho para compor um esquema, que este seja escolhido em função do seu “package” (embalagem) pois esta última será determinante na elaboração do layout (board).

Isto quer dizer que se for escolhido um resistor, embora os símbolos sejam iguais podemos ter package para tecnologia SMD ou para fixação através de ilhas.

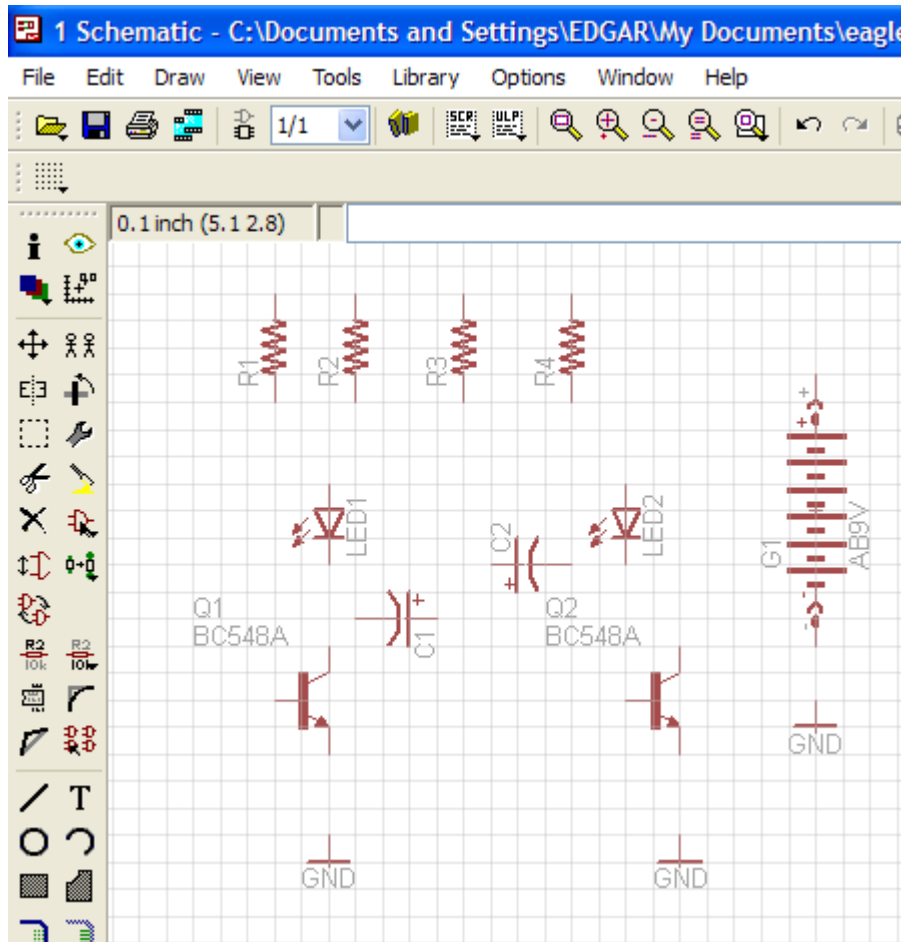
Veja:



Esta observação vale não só para resistores como para qualquer tipo de componente.

No nosso exemplo não utilizaremos a tecnologia SMD.

A figura abaixo mostra os componentes posicionados provisoriamente.



Os códigos dos componentes e bibliotecas são:

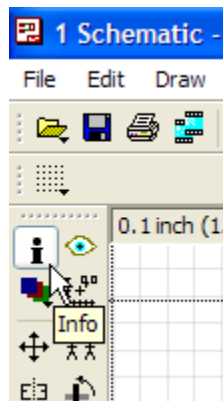
COMPONENTE	CÓDIGO/DEVICE	PACKAGE	BIBLIOTECA
resistores	R-US_0414/15 (R-US_)	0414/15	resistor
transistores	BC548A (BC548*)	TO92-EBC	transistor-npn
capacitores	CPOL-USE5-6 (CPOL-US)	E5-6	rcl
leds	LED5MM (LED)	LED5MM	led
terra - GND	GND	-	supply1
bateria	AB9V	AB9V	battery

Veja que na área de trabalho foi introduzida uma bateria de 9V, pois na biblioteca não tem bateria de 3V.

No entanto a bateria de 9V possui um “package” que atende plenamente os requisitos.

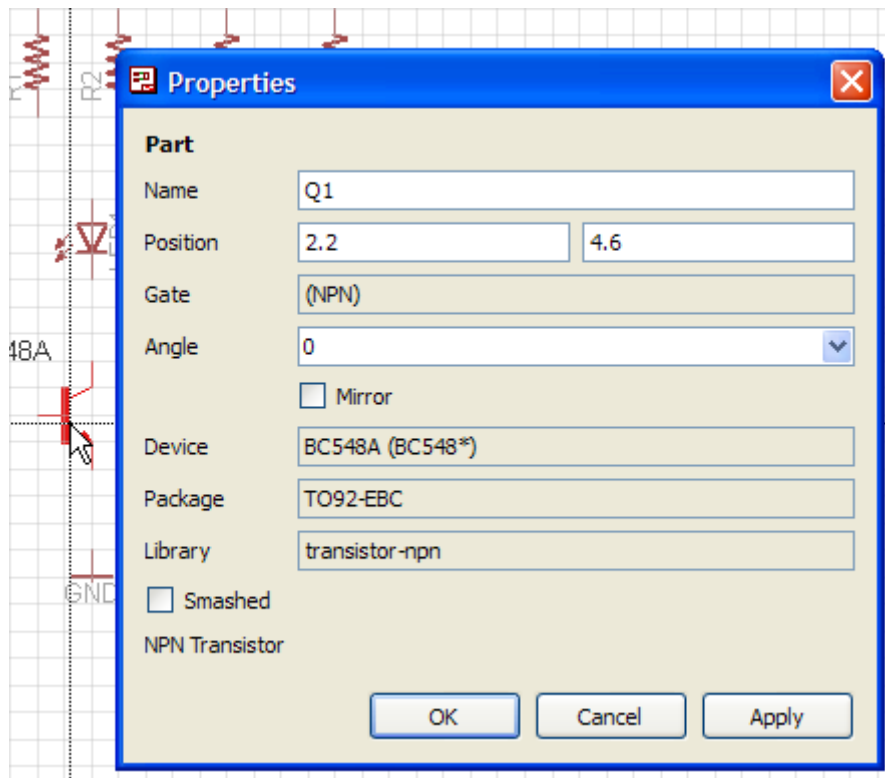
É possível ainda, após os componentes serem inseridos na área de trabalho, verificar suas características.

O botão *Info*, tem essa finalidade.



Clique em *Info* e depois em cada componente, que será aberta uma caixa com todas as informações sobre o componente.

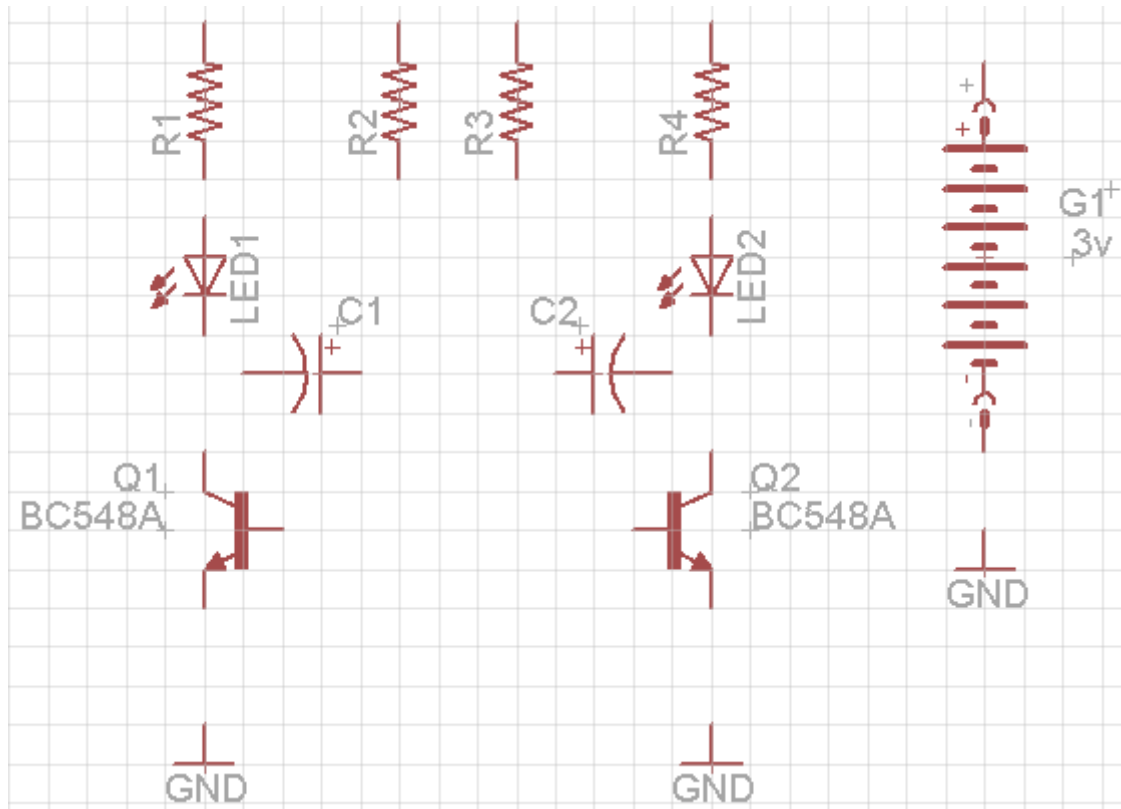
A figura a seguir ilustra as informações do transistor Q1



Utilizando as ferramentas adequadas vistas anteriormente, vamos posicionar os componentes, de tal forma a ficar com o aspecto do circuito proposto.

Observe que os resistores R1, R2, R3 e R4 não estão na mesma sequência do esquema, isto porque, ao serem posicionados na área de trabalho o programa atribui automaticamente o nome em ordem crescente.

A figura a seguir mostra os componentes em sua disposição final, para receber as ligações.



Dicas:

- 1 – para reposicionar Q1, use a ferramenta *Mirror*
- 2 – C2 pode ser reposicionado (sinal de + para cima) usando os comandos *Rotate* e *Mirror*
- 3 – para modificar o valor da bateria use a ferramenta *Value*

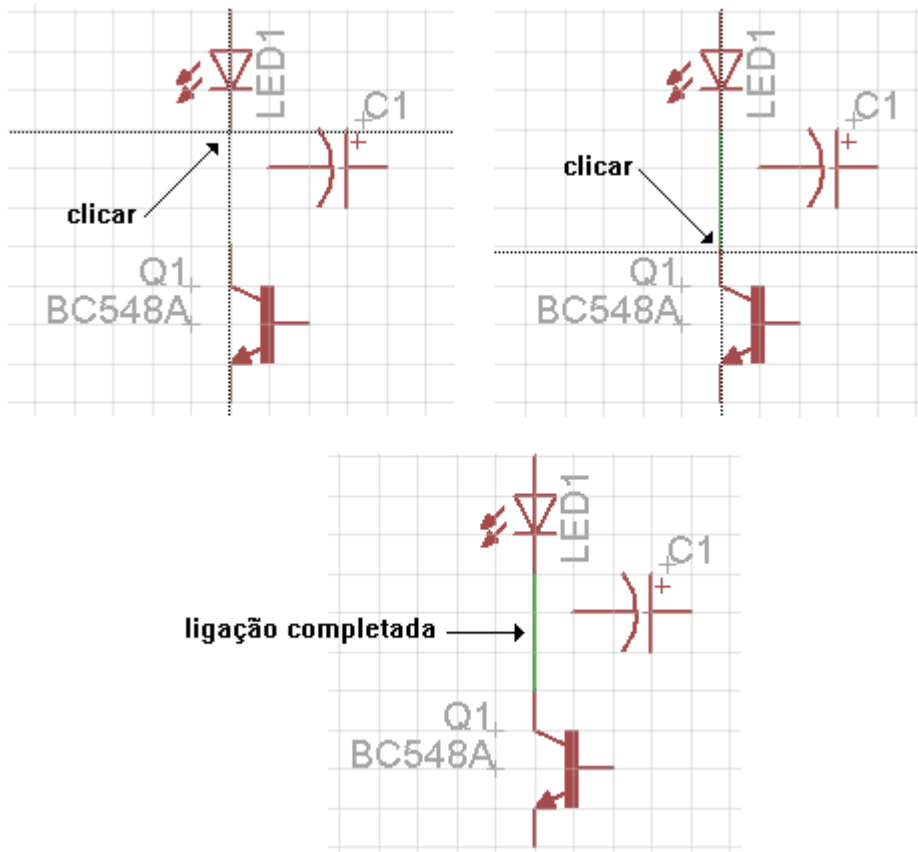
Interligando os componentes

A interligação de componentes deve ser feita com a ferramenta *Net*.

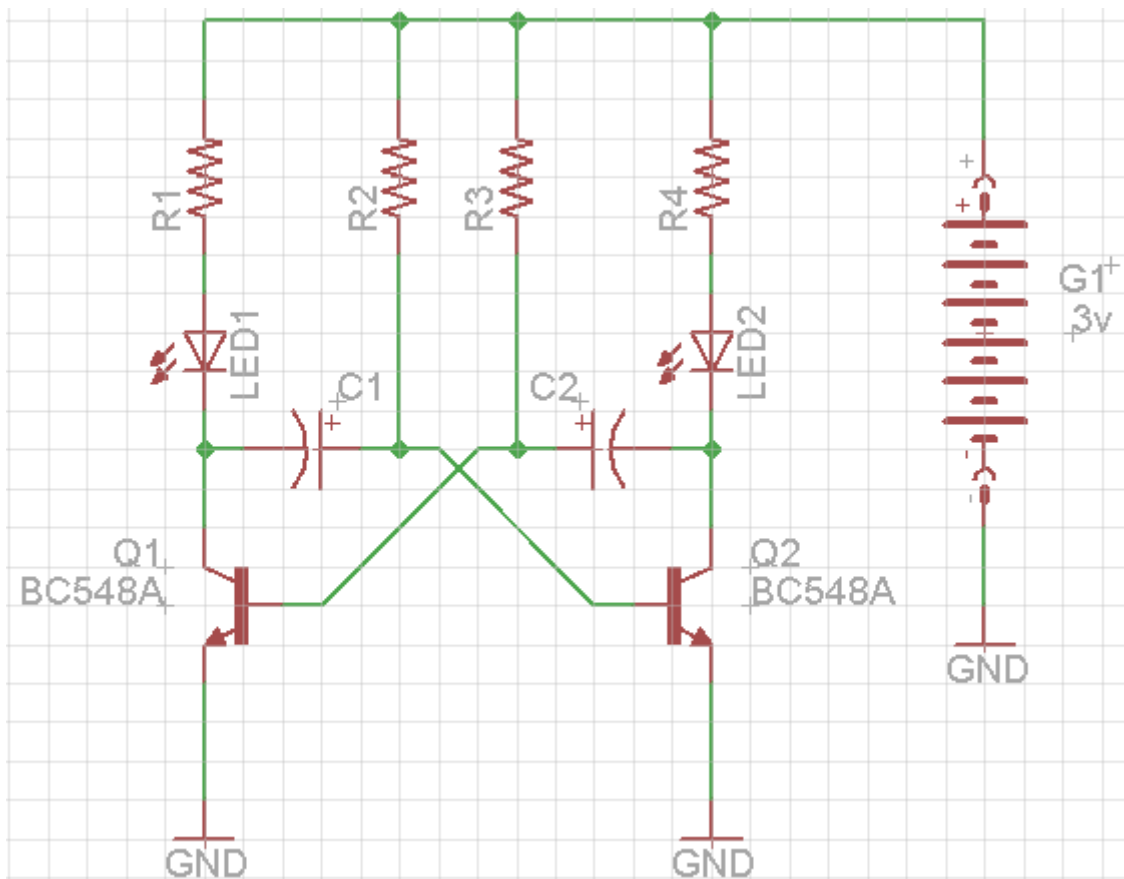


Ao clicar no botão correspondente a ferramenta estará ativa, bastando clicar nos terminais do componente para interligação.

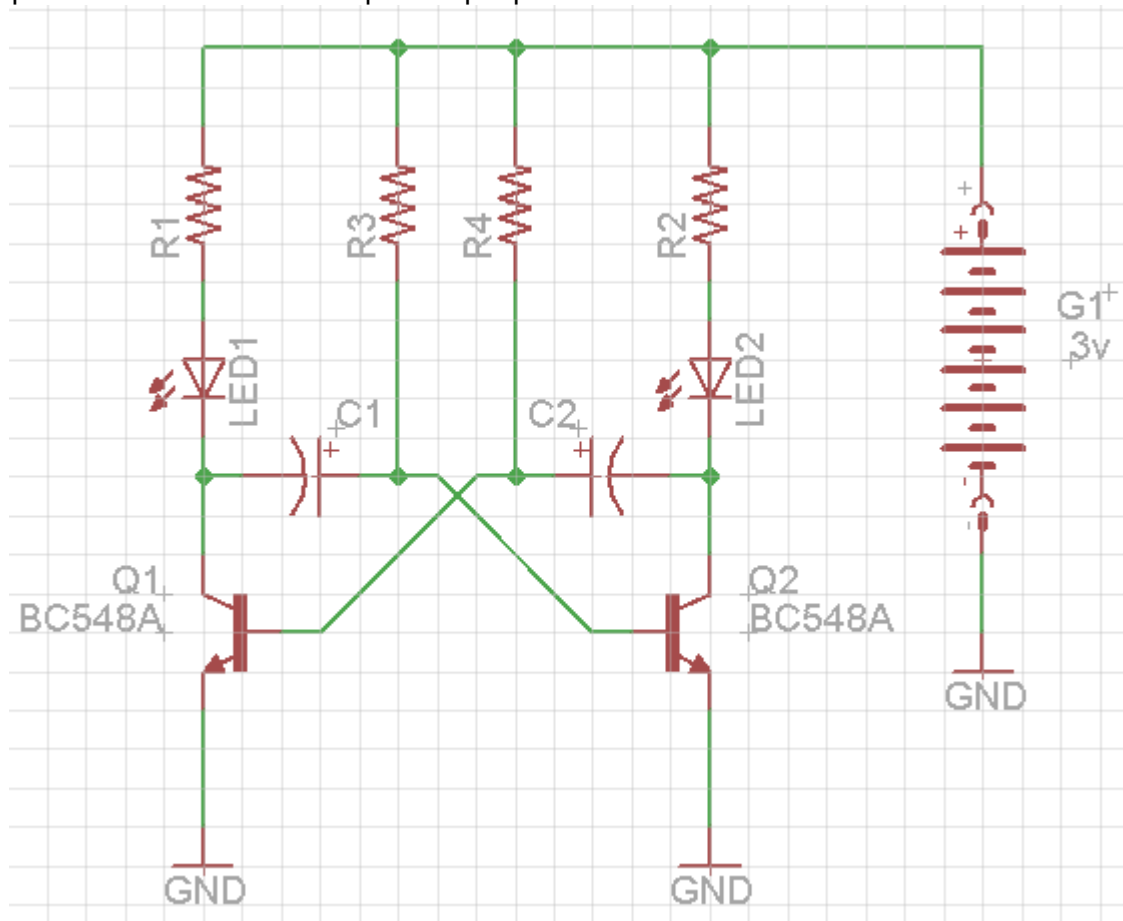
Veja na figura a seguir, as instruções para essa interligação.



Veja na figura abaixo as interligações completadas.

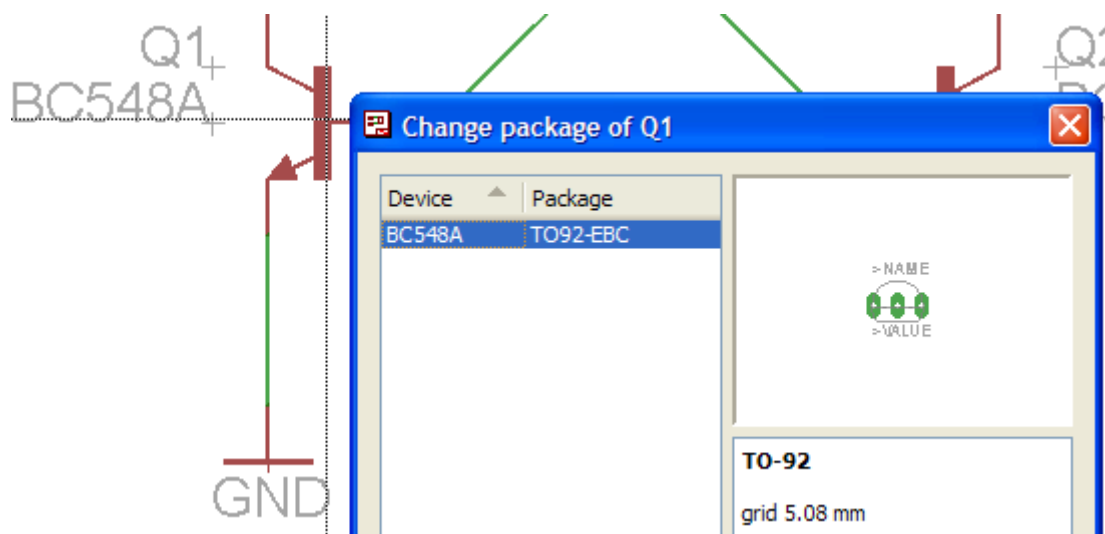


Com a ferramenta *Name*, vamos alterar os labels dos resistores R2, R3 e R4 para coincidir com o esquema proposto.



Dica: como o Eagle não permite duplicação de nomes, atribua aos resistores R2 nome 3, R3 nome 4, e R4 nome 2. Depois nomeie 3, 4 e 2 como R3, R4 e R2.

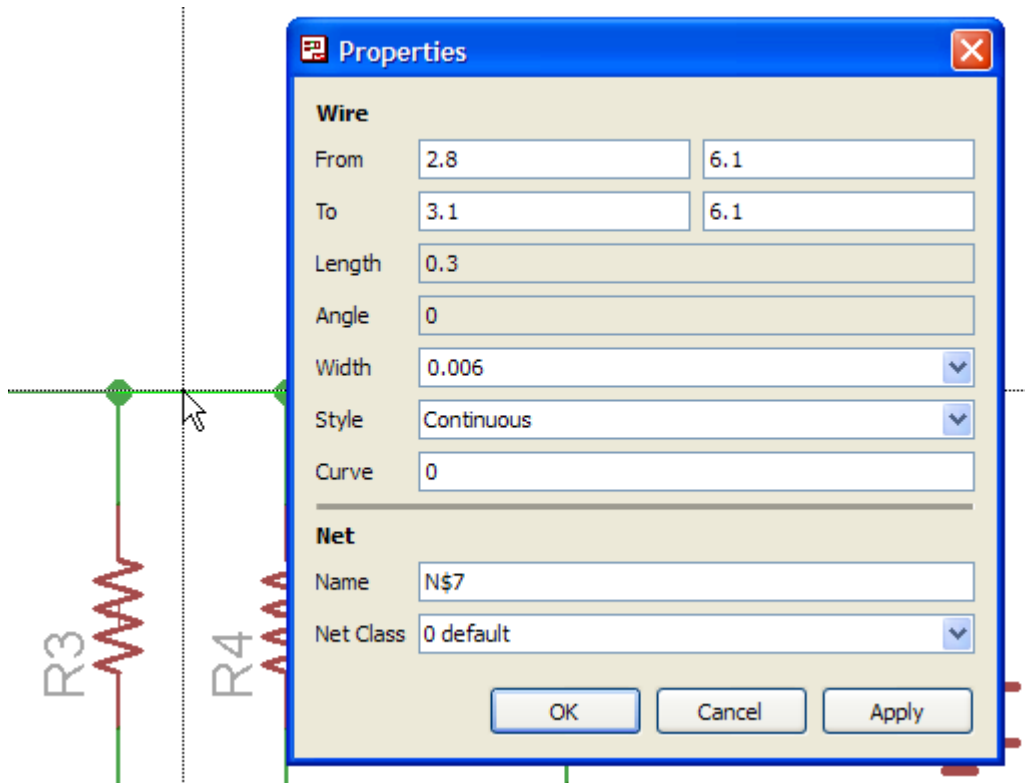
É possível visualizar o package dos componentes no esquema. Basta clicar no componente com o botão direito do mouse e em seguida clicar em "package" na janela pop-up que irá abrir.



É possível também obter informações sobre o comprimento das ligações, sua localização (início e fim) bem como das junções.

Para isto é só clicar no botão *Info* e depois sobre a ligação ou junção.

Veja um exemplo na figura abaixo, onde são obtidas as informações da ligação entre os resistores R3 e R4 (parte superior):



Outra maneira de obter informações sobre um componente, ligação ou junção é clicar com o botão direito do mouse sobre o objeto e ao abrir a janela pop-up, escolher e clicar na opção Properties.

→ Interpretando as informações:

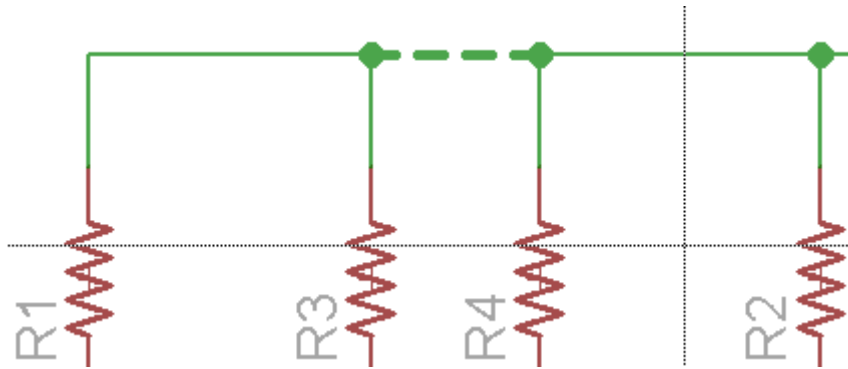
2.8 to 3.1 refere-se a coordenada x

6.1 é a coordenada y (observe que não se altera)

Observe ainda que é mostrado o nome do nó (*Net*) e sua classe

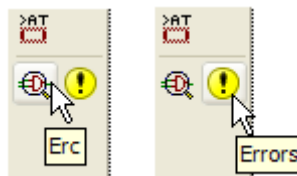
É possível ainda mudar a largura (*Width*) e o estilo (*Style*) nesse intervalo.

Só para exemplificar, veja na figura a seguir as modificações de *Width* para 0.016 e *Style* para ShortDash.



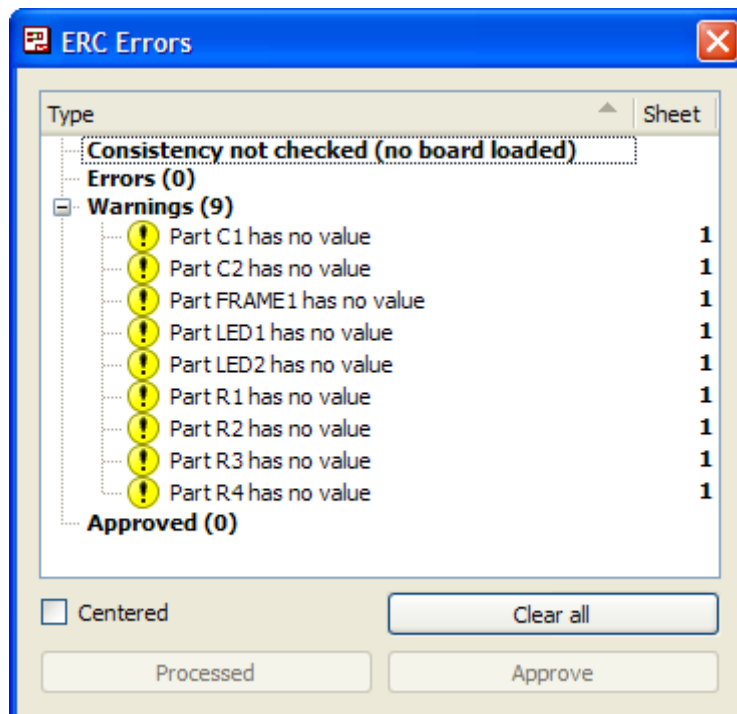
Antes de iniciarmos o Board para a confecção da placa de circuito impresso, vamos verificar se existem erros no esquema.

Para isso é utilizada a ferramenta *Erc* (Electrical Rule Check)



O comando *Errors* a princípio tem o mesmo efeito, no entanto, esse comando serve para mostrar os erros detectados pelo *Erc*.

A figura a seguir ilustra as informações do nosso projeto *vagalume.sch*

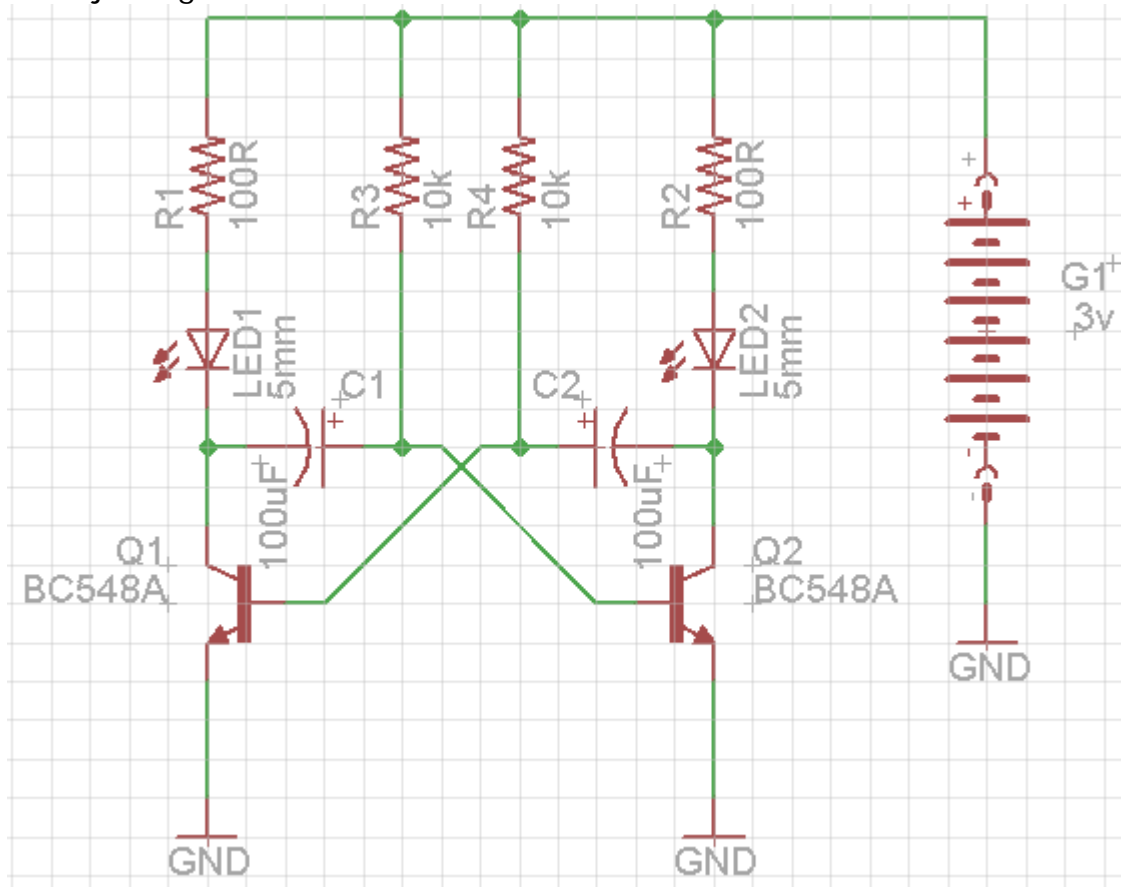


Pelas informações, não existem erros (Errors 0), mas apenas avisos (warnings) do tipo: falta nomear componentes (part).

Se quisermos prosseguir não haverá problemas.

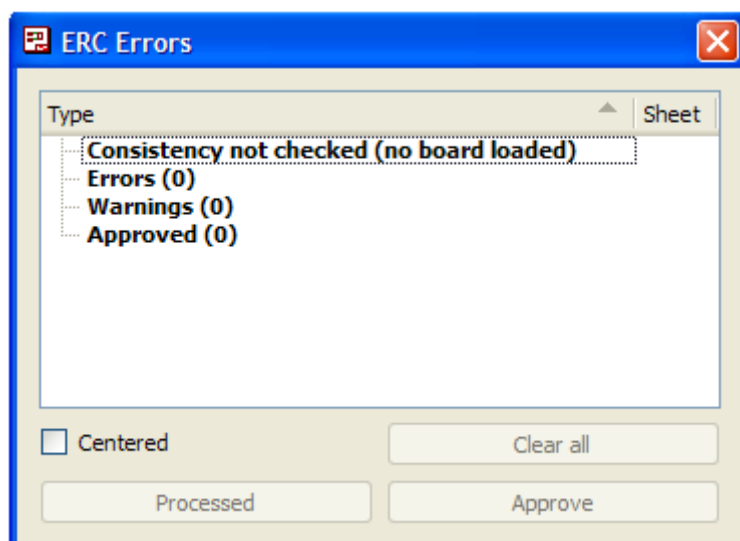
Como o objetivo é mostrar as funcionalidades e os recursos do Eagle, vamos colocar os valores nos componentes, de acordo com o esquema proposto.

Veja a figura abaixo:



Foram colocados os valores em todos os componentes conforme mostrado na caixa de diálogo *ERC Errors*.

Se você clicar em *Erc* agora, provavelmente nada acontecerá pois não existem mais erros ou avisos. Aí então é só clicar no botão *Errors* que aparecerá uma caixa de diálogo com as informações.

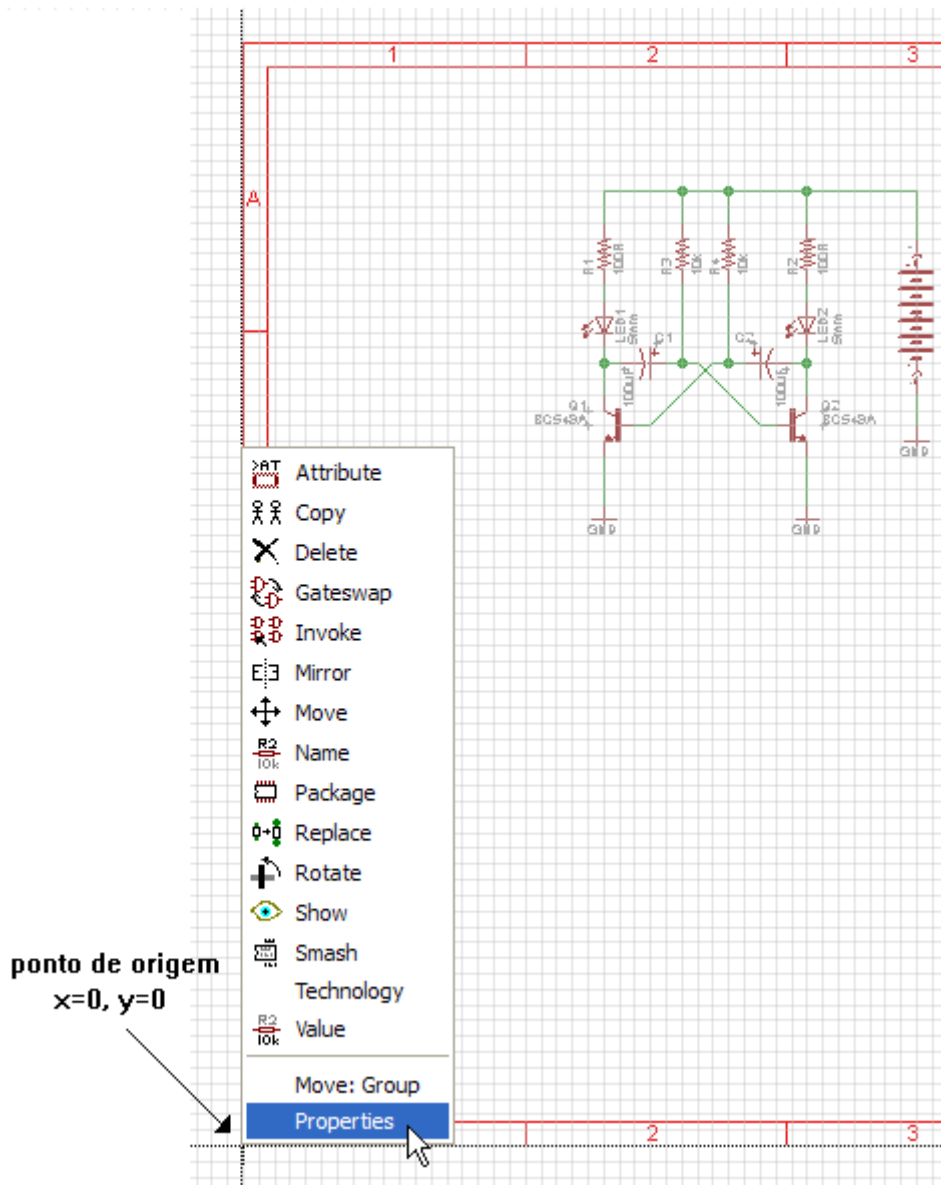


O valor atribuído à moldura (FRAME 1) foi Treinamento.

Dica:

Para atribuir um valor à moldura (FRAME 1) clique com o botão direito do mouse no ponto de origem (x,y) em que a mesma foi introduzida.

Esse ponto de origem pode ser facilmente encontrado diminuindo-se caso necessário, a visualização pelo controle *Zoom* no botão de rolagem do mouse.

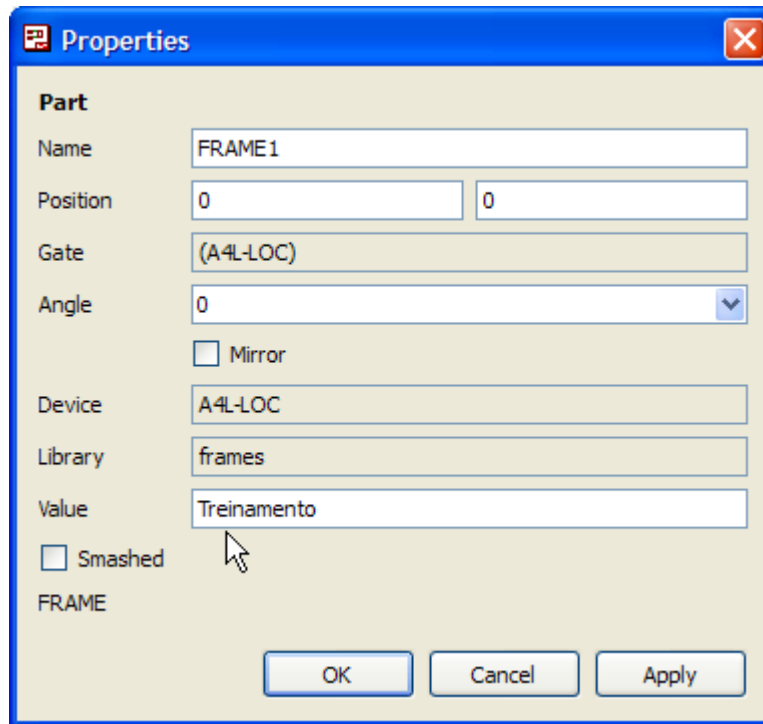


Ao abrir o menu pop-up selecione a opção *Properties*

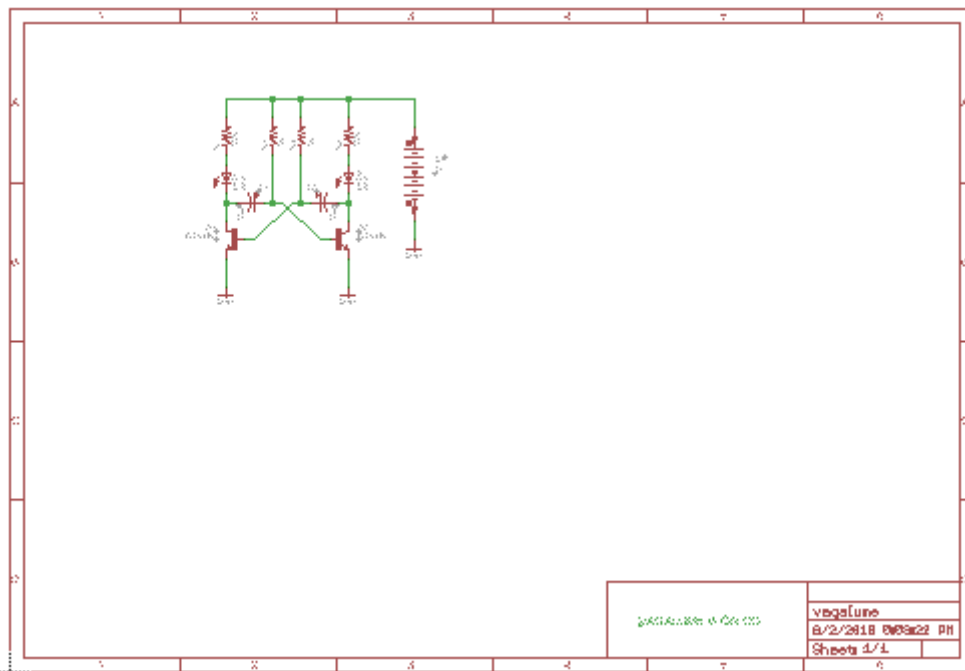
Ao clicar em *Properties* surgirá a caixa de diálogo mostrada a seguir

Em Value, digite Treinamento

Clique OK (veja a figura a seguir)



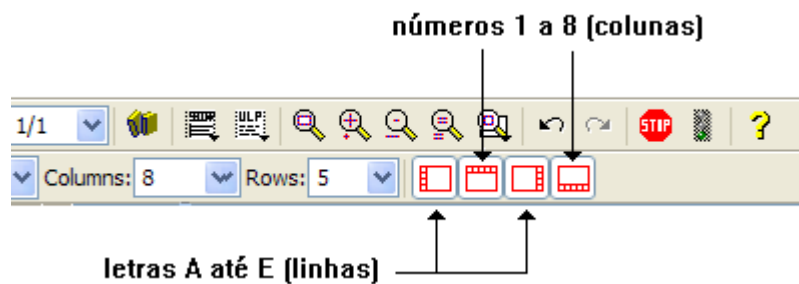
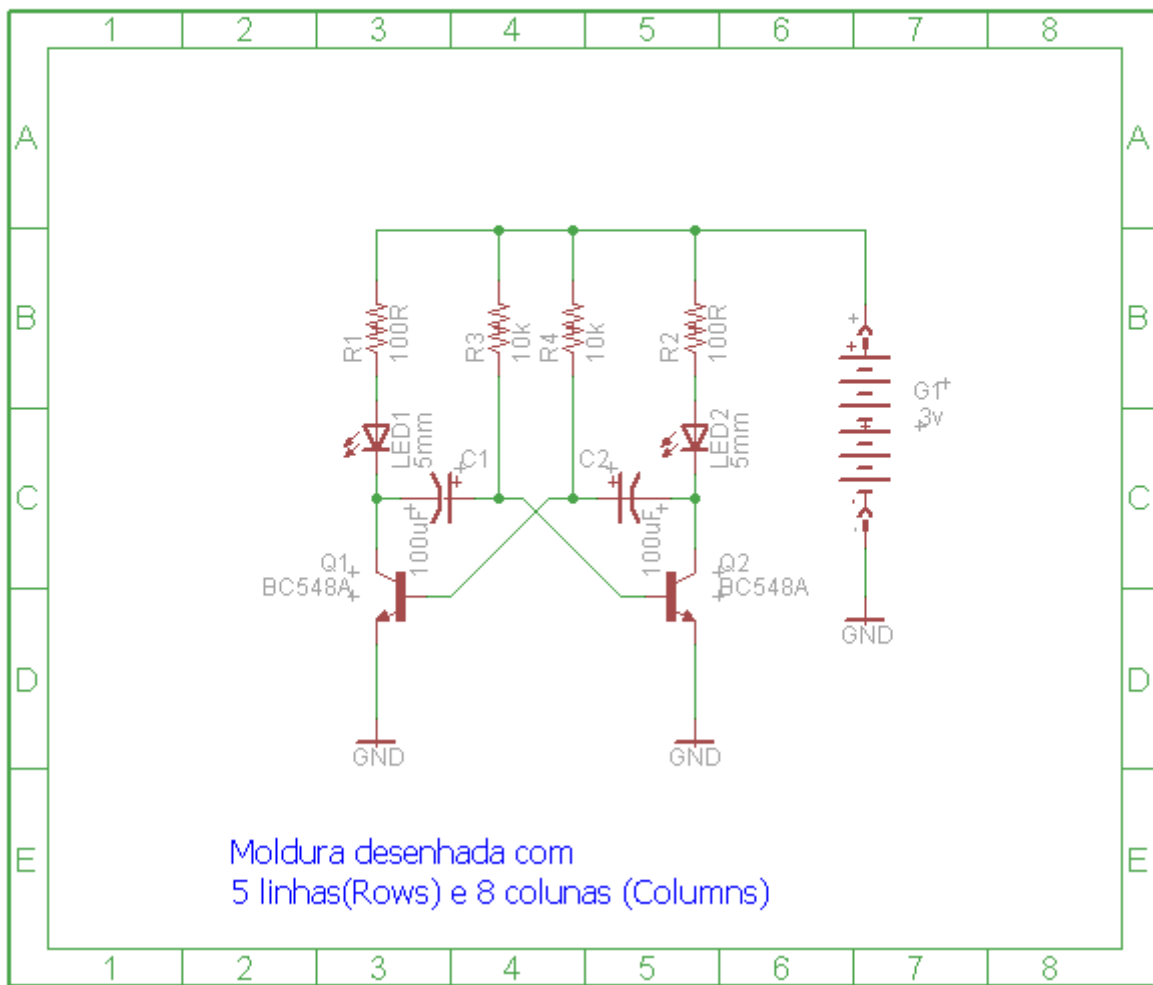
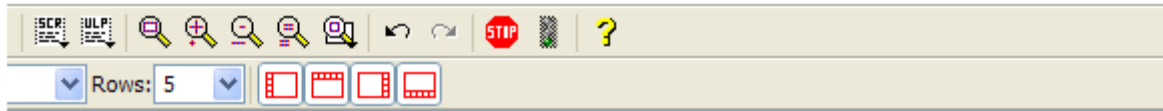
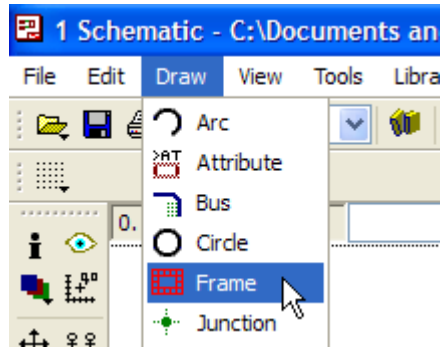
Nota-se que o circuito tem dimensões pequenas se comparado à moldura inserida na área de trabalho.



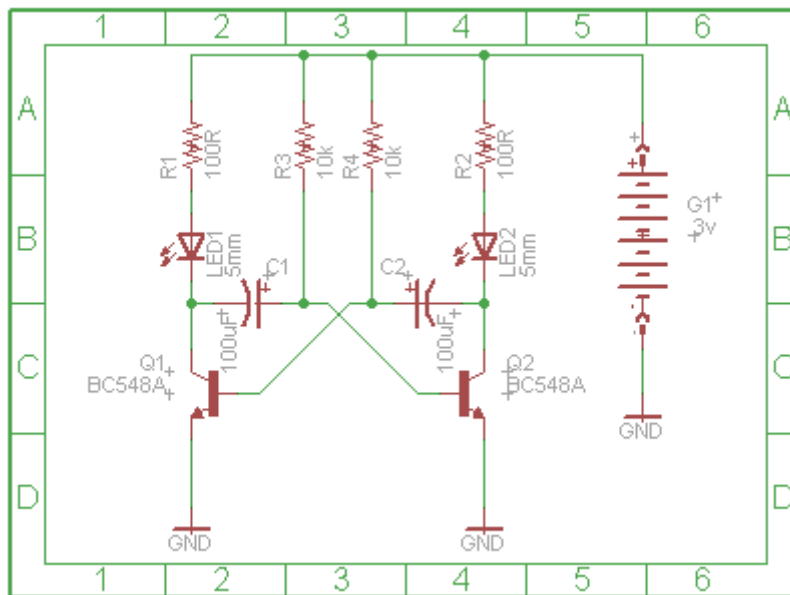
Outra opção é após o circuito estar pronto, desenhar uma moldura (frame) envolvendo o circuito.

Para isso utiliza-se o comando *Draw – Frame* que se encontra no Menu, conforme mostra a figura a seguir:

A moldura pode ser desenhada a partir de qualquer ponto da área de trabalho, não necessariamente a partir do ponto de origem.

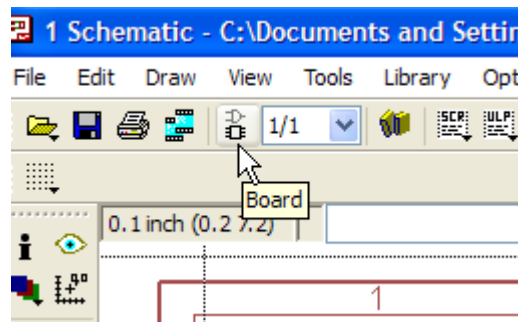


A figura abaixo mostra uma moldura com 4 linhas e 6 colunas.

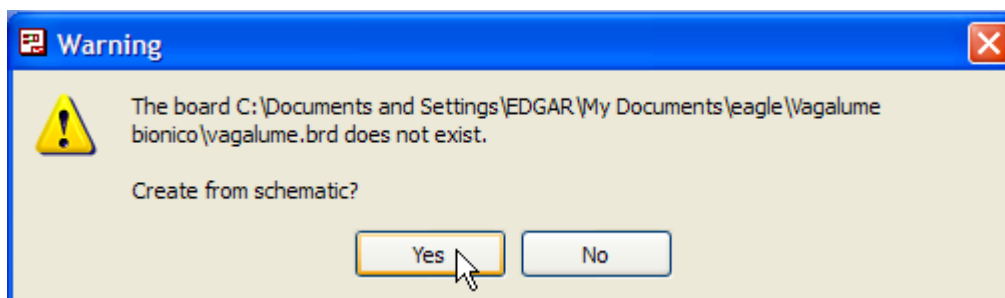


INICIANDO O BOARD

Agora podemos iniciar a confecção da placa de circuito impresso, clicando em *Board*.



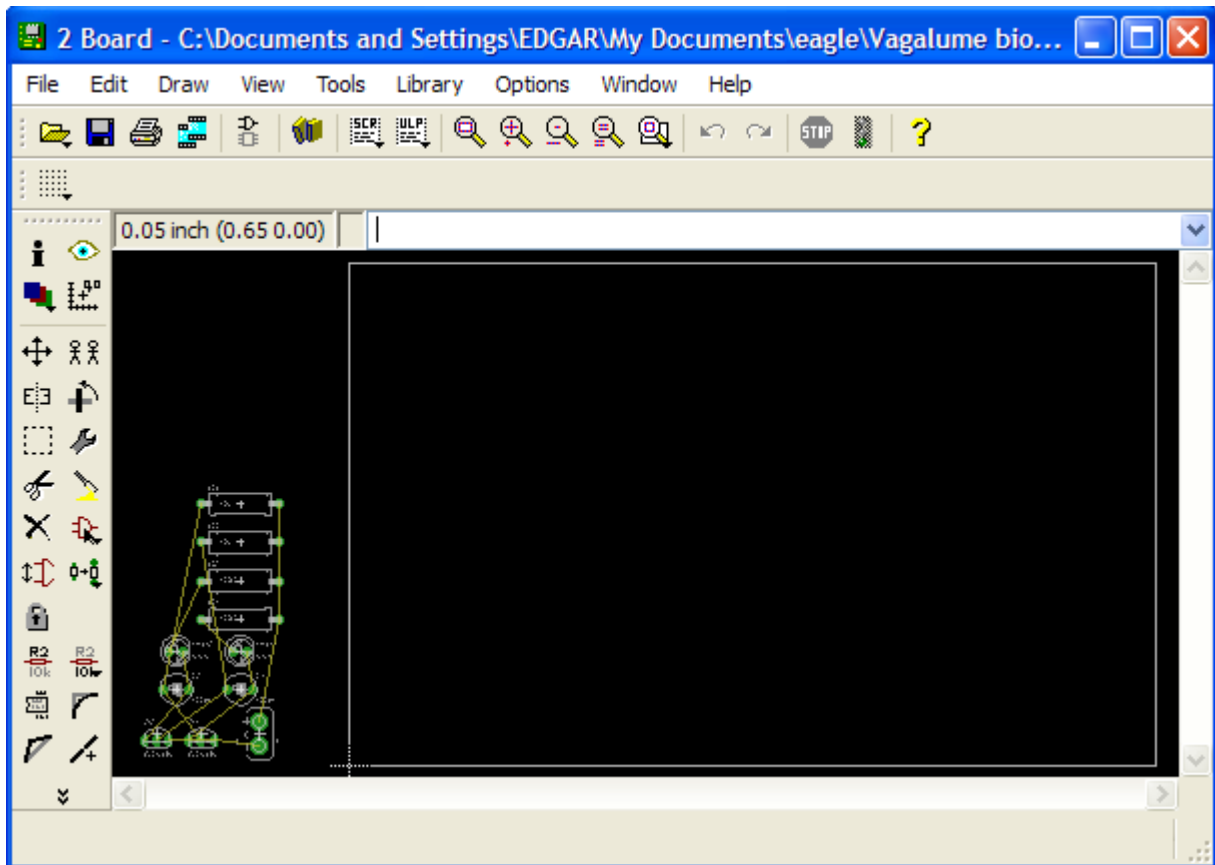
Ao clicar em *Board* aparecerá a mensagem mostrada na figura abaixo:



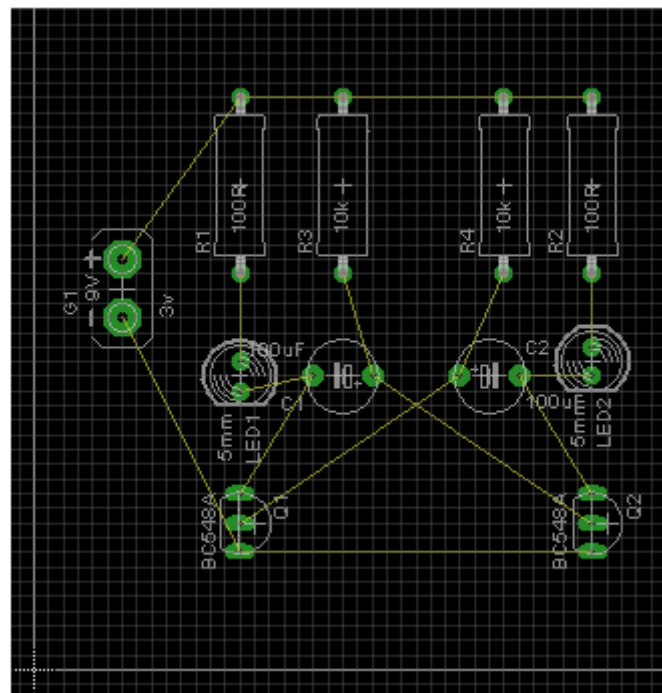
O programa está avisando que o arquivo não existe no diretório padrão e pede para criá-lo com o nome *vagalume.brd*

Clique Yes.

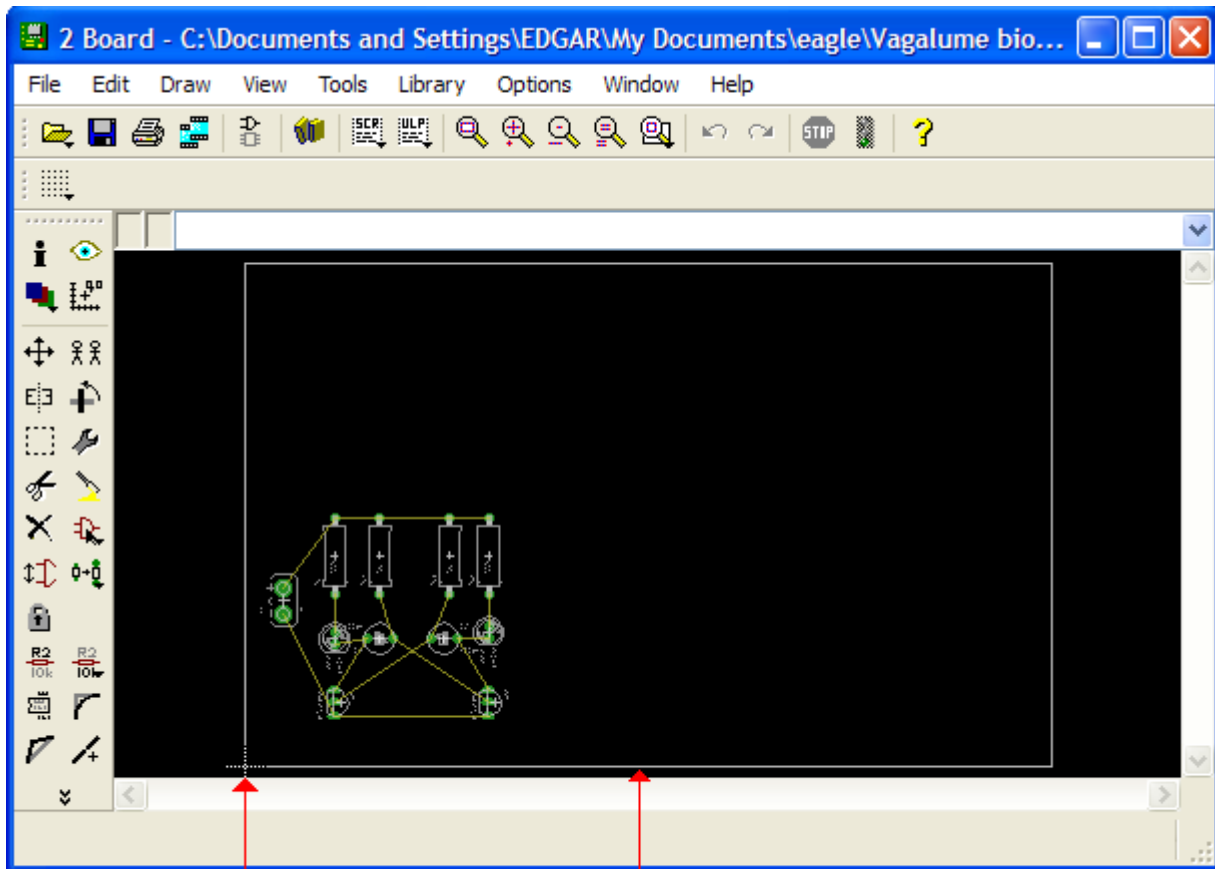
Surgirá então uma nova área de trabalho para a construção do layout da placa de circuito impresso.



Orientando-se pelo esquema, arrastar os componentes para a área de trabalho. Utilize sempre que necessário a ferramenta *Zoom* para melhor orientar o posicionamento e ative a visualização do *Grid*.



A figura a seguir mostra uma visão geral (a área de trabalho foi minimizada)



Ponto de origem

Borda da placa

Observe que o tamanho da placa (orientando-se pela borda) é muito grande em relação ao circuito, mas isto não é problema, pois veremos mais adiante como fazer o reajuste do tamanho.

Considerações:

No Schematic o *Grid* tem um ajuste padrão de 0.1inch (ótimo para trabalhar)

No Board esse ajuste padrão (ótimo para trabalhar) é 0.05inch

A partir do ponto de origem, podemos estimar o tamanho da placa: 6.300mils x 3.950mils (algo em torno de 16 x 10cm)

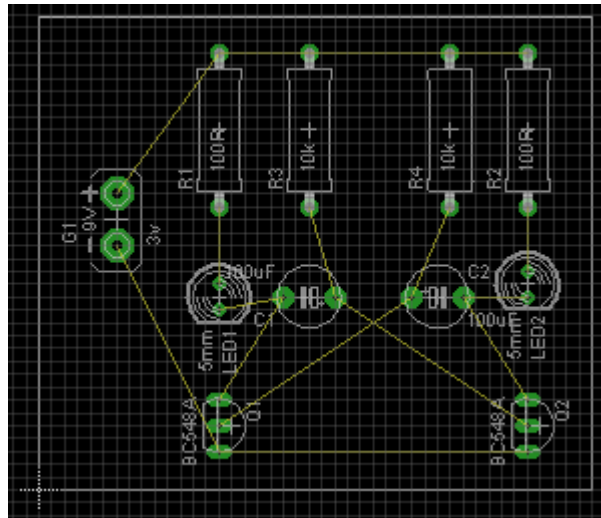
6.300 x 0.0254 = 160,02mm = 16cm
ou 6.3 x 2.54 = 16,002cm

3.950 x 0,0254 = 100,33mm = 10cm
ou 3.95 x 2,54 = 10,03cm

Para ajustar o tamanho da placa ao circuito, clicar no botão *Move* e com o botão esquerdo do mouse arrastar as bordas até ajustar-se adequadamente.

Observe na figura ampliada anterior que o circuito está um pouco afastado da borda. É recomendável aproximá-lo mais da borda, mas sem exagero, pois isto poderá ocasionar erro ao rodar o DRC.

Veja na figura abaixo a borda ajustada e o circuito reposicionado adequadamente.



Dica: procure sempre reposicionar o circuito e redimensionar a borda tendo como referência o ponto de origem.

Orientando-se pelas coordenadas x e y, vemos que essa placa tem as medidas de aproximadamente 5,46 x 4,7cm (2.15inch x 1.85inch)

Vamos agora otimizar as linhas usando uma ferramenta chamada Ratsnest

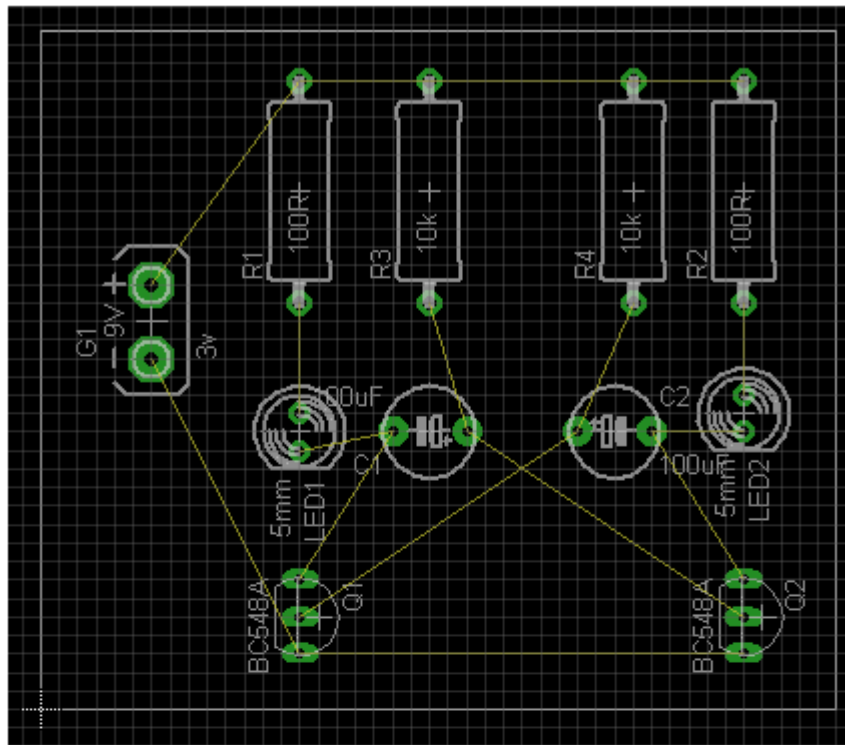


Essa ferramenta faz a atualização das linhas que interligam os componentes (linhas amarelas que são as "nets").

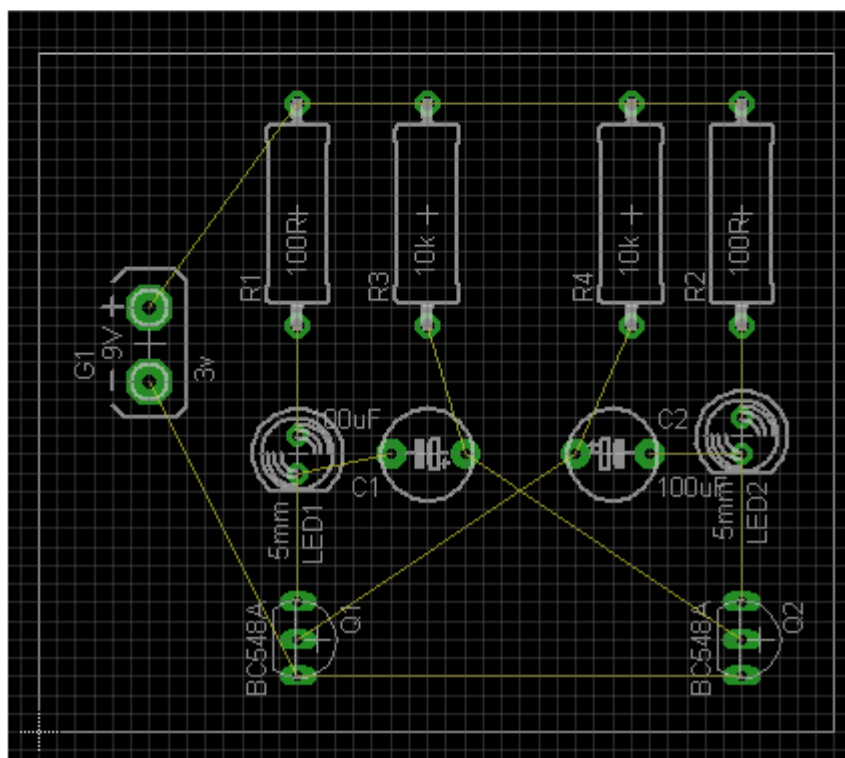
Funciona como um *Redraw*, isto é, procurar encurtar o máximo possível o comprimento das nets (linhas amarelas).

Isto é muito importante quando se faz um roteamento manual.

As figuras abaixo mostram as diferenças. Na figura inferior foi aplicado o comando *Ratsnest*. Como o circuito é pequeno somente duas linhas foram otimizadas: Q1 e Q2 em relação ao Led1 e Led2.



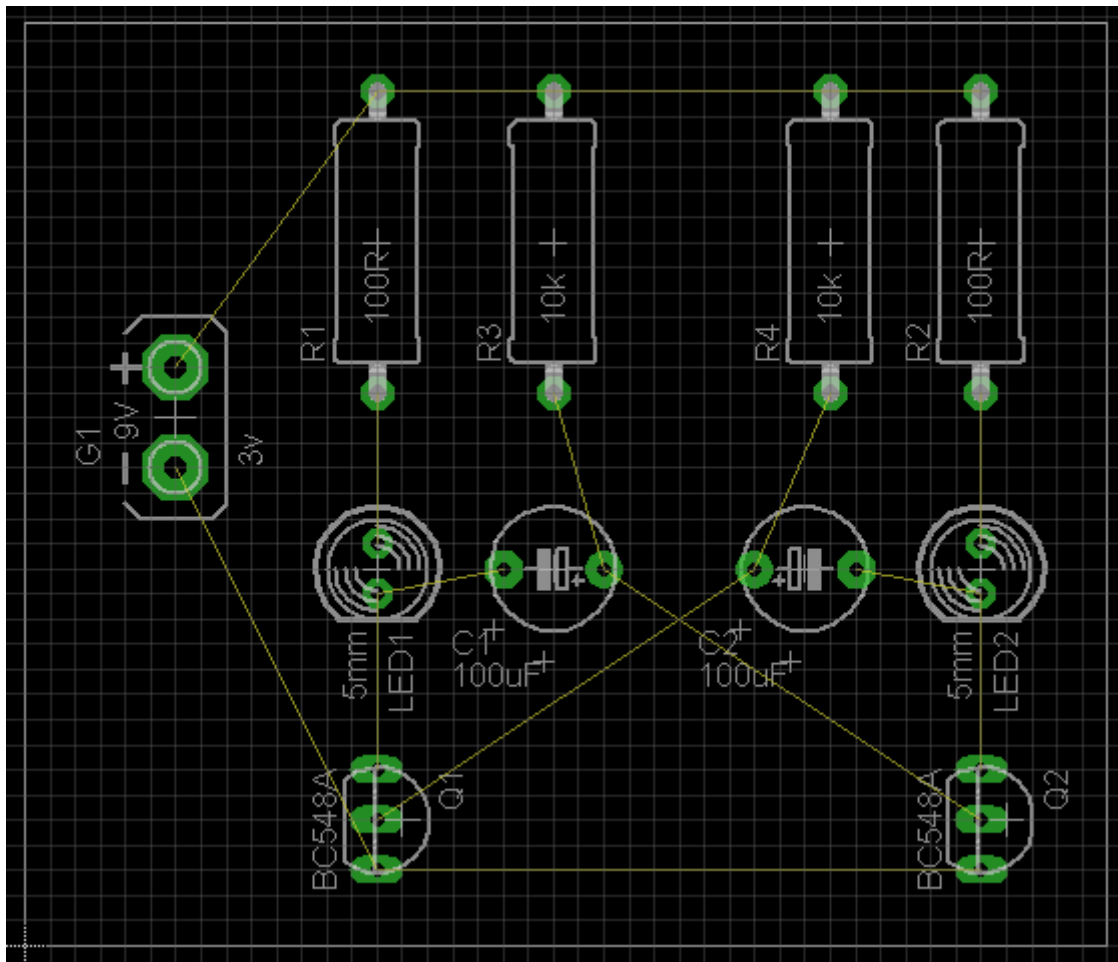
Ratsnest aplicado



Observando a figura acima, vemos que o Led2 está desalinhado em relação ao Led1 e que os nomes e valores de C1 e C2 estão se sobrepondo, ocasionando dificuldades na sua identificação.

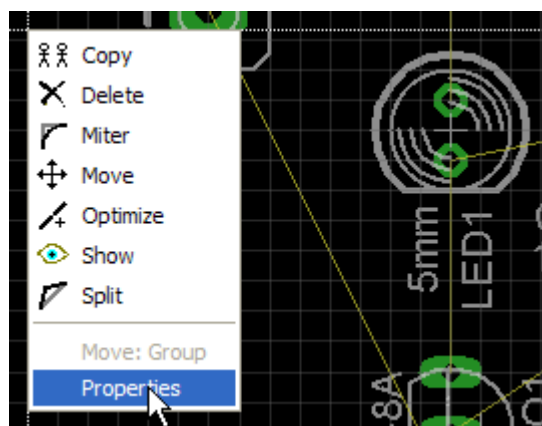
Tudo isto pode ser acertado usando as mesmas ferramentas comuns ao Schematic: *Move, Smash, Rotate e Mirror*.

Veja a figura abaixo com o reposicionamento:

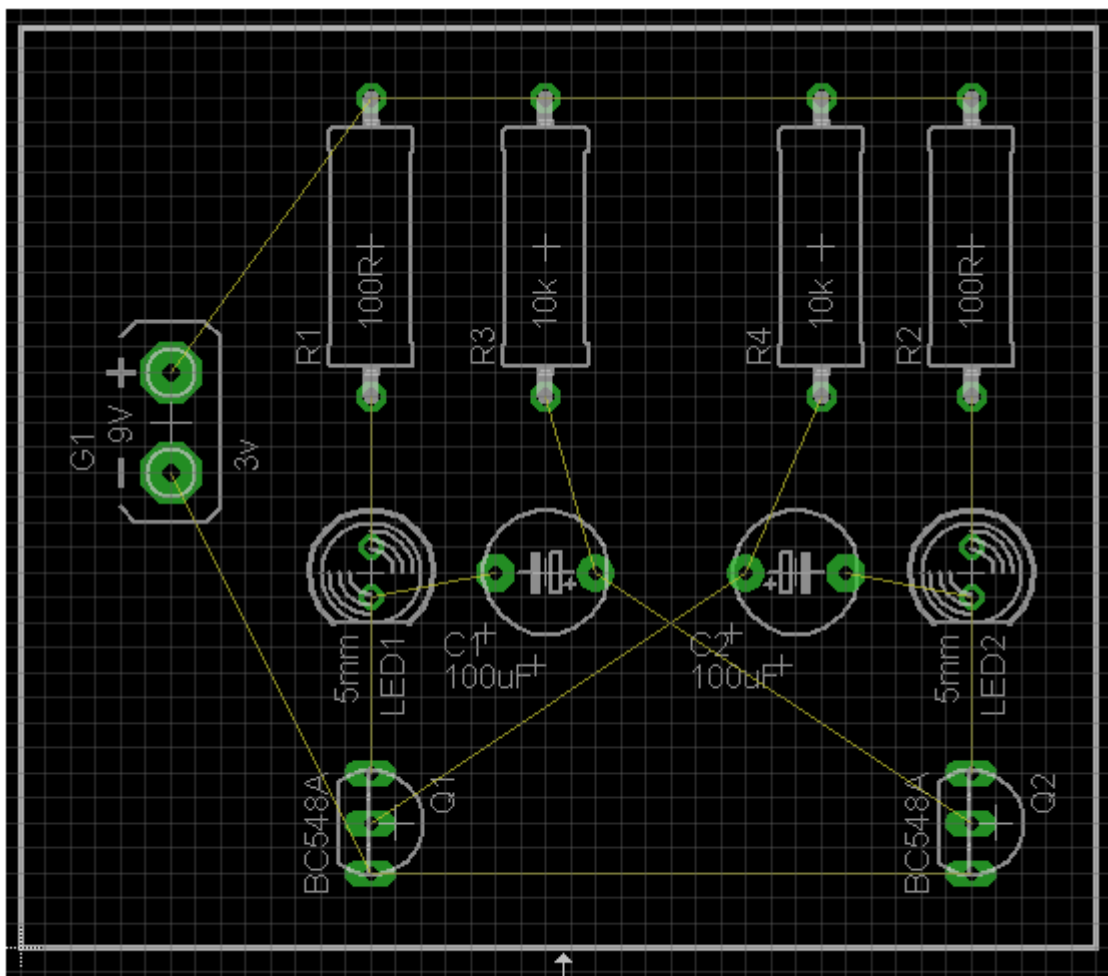
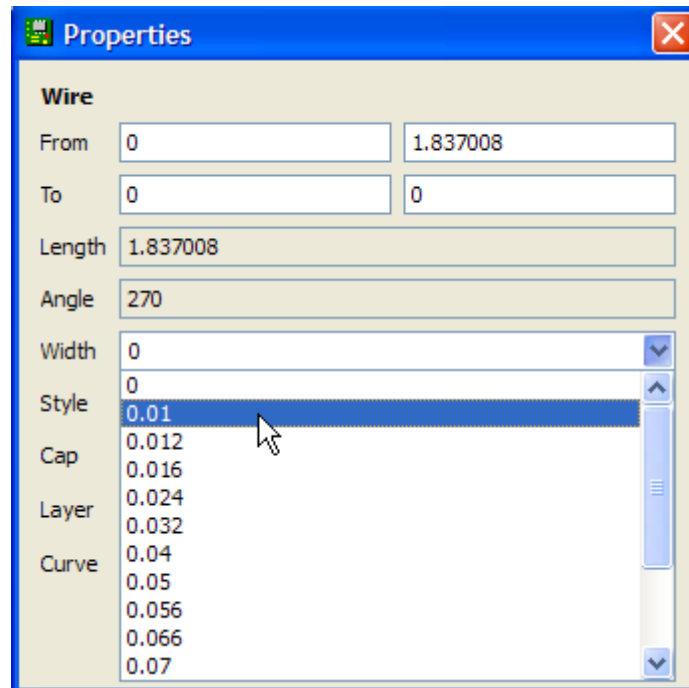


O próximo passo é definir a largura da linha da borda, que por default é 0.

- 1 – clique com o botão direito do mouse sobre a linha (wire) que define a borda
- 2 – no menu pop-up selecione *Properties*



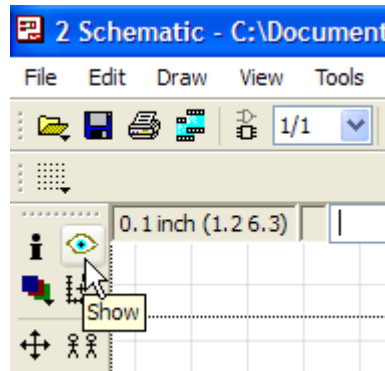
Na caixa de diálogo que se abre, ajuste *Width* para 0.01inch. Repita esse procedimento para todos os lados.



bordas redimensionadas

Roteando manualmente:

Ferramenta *Show*:



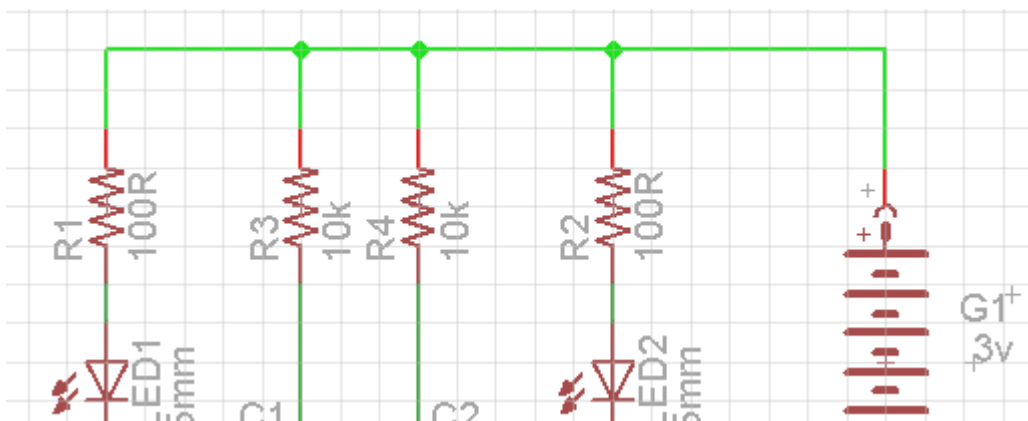
Antes de iniciarmos o roteamento, um breve comentário da ferramenta *Show*, que está disponível tanto no Schematic como no Board.

A mesma tem por objetivo mostrar os pontos de ligação comuns, tanto para o Schematic como para o Board.

Normalmente o roteamento manual deve começar pelas trilhas críticas, como VCC e GND.

No Schematic, ao clicar no botão *Show* e no terminal + da bateria, todos os componentes pertencentes a esse net serão destacados e estarão visíveis também no Board.

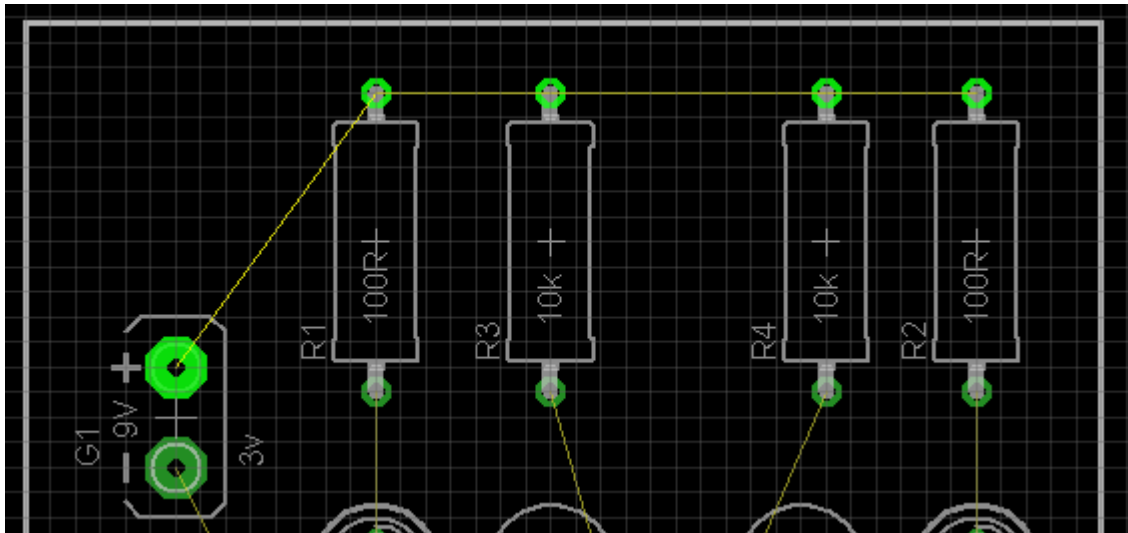
Veja na figura abaixo que as ligações pertencentes a esse net estão destacadas com um verde mais claro e os terminais dos componentes em vermelho.



Alternando para o arquivo *Board*, veremos que esses pontos estão destacados com verde claro.

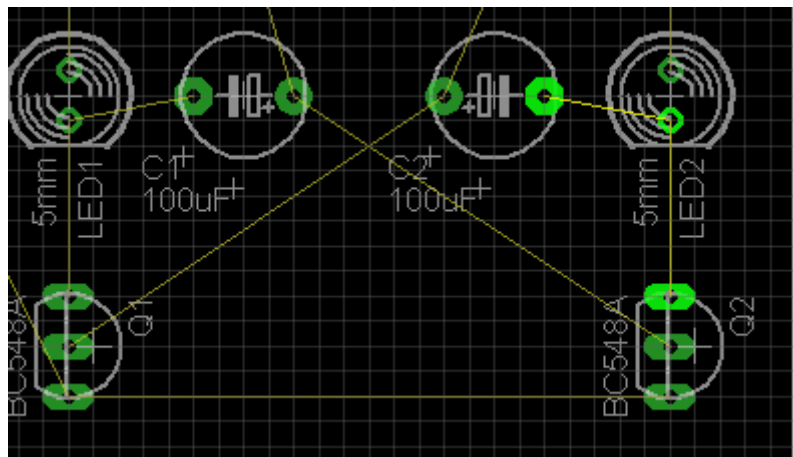
Dica: mantenha sempre os arquivos Board e Schematic disponíveis na barra de status, pois a alternância entre os mesmos é fundamental para o bom desenvolvimento do projeto.

Veja na figura a seguir os mesmos pontos destacados no Board.

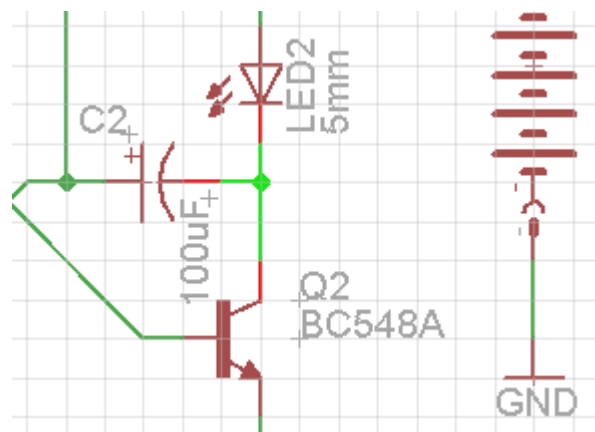


No entanto, a ferramenta *Show* poderá ser usada no *Board*.

Por exemplo, se quisermos verificar os pontos comuns a partir do polo negativo de C2, basta clicar no botão *Show* e no terminal negativo de C2, que serão destacados os pontos comuns, conforme mostra a figura abaixo.



Alternando para o Schematic, veremos esses pontos em destaque.

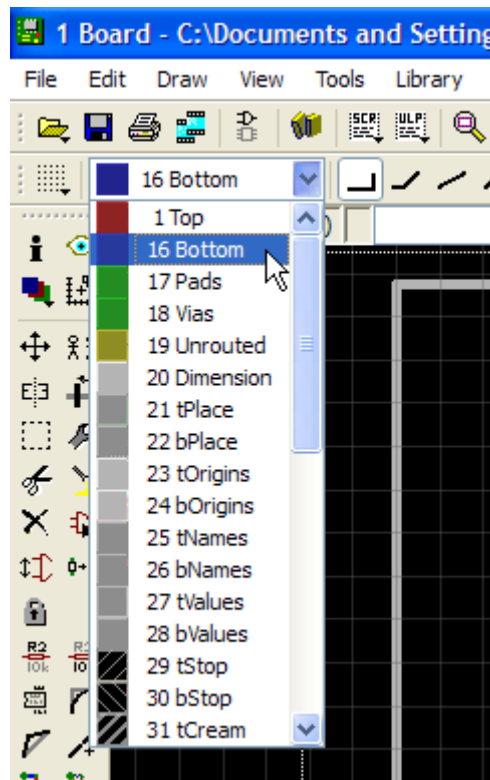


terminal negativo de C2 – catodo do Led2 e coletor de Q2

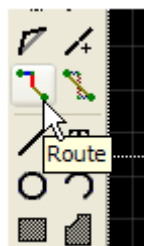
Antes de traçar as trilhas, temos que verificar em qual layer o processo será desenvolvido.

Nossa placa é de face simples, portanto, as trilhas devem ser traçadas no lado cobreado. Neste caso o layer é *Bottom*.

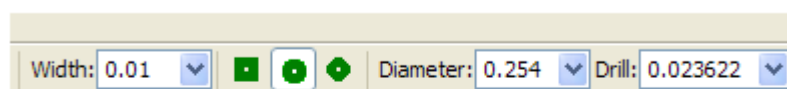
Ao clicar na caixa pop-up várias opções de layers são oferecidas.



Para traçar as trilhas utiliza-se a ferramenta *Route*

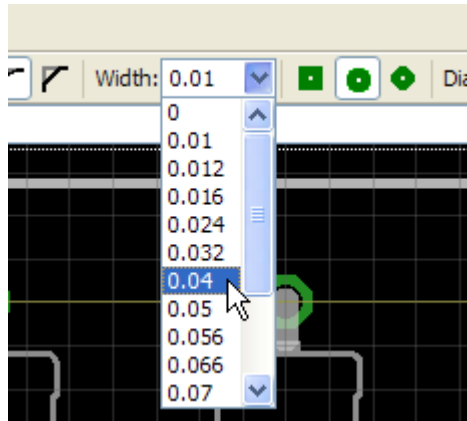


Ao ativar essa ferramenta surgem alguns parâmetros inerentes a mesma, sendo o mais importante o ajuste da largura da trilha.



**ajuste da largura
das trilhas**

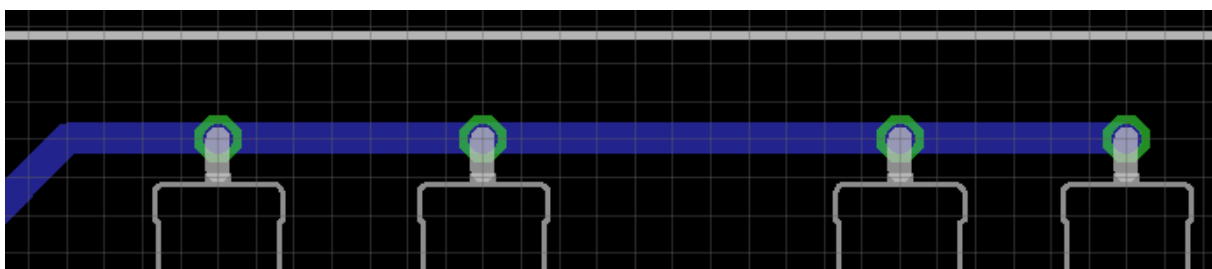
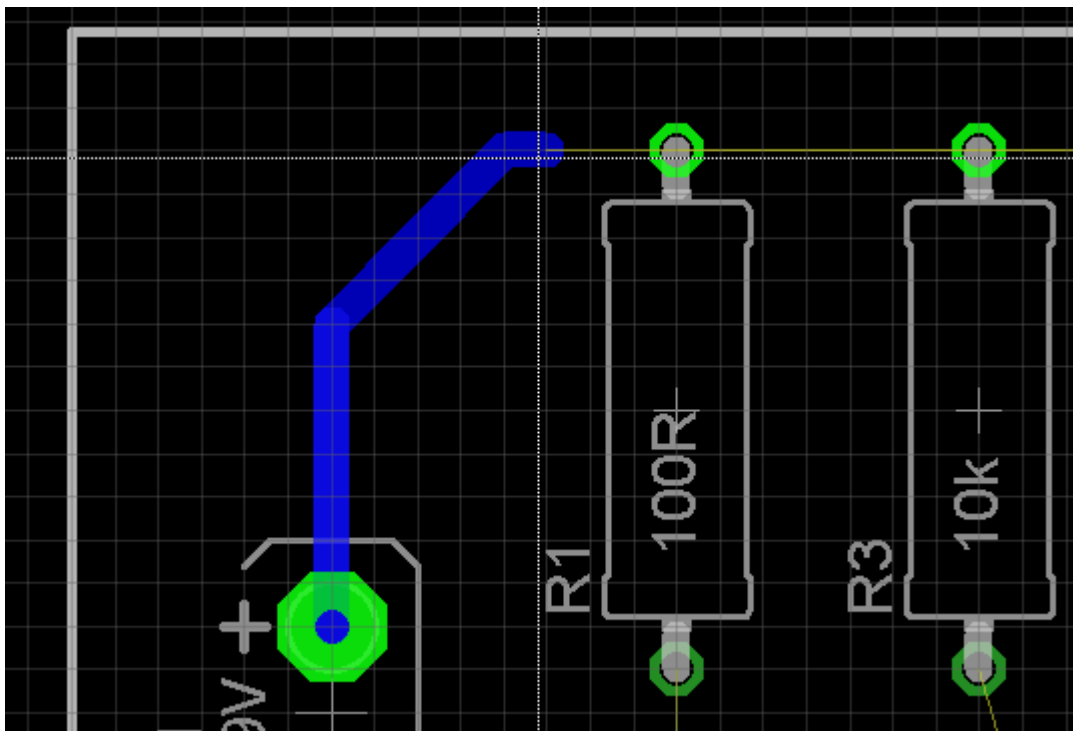
Vamos iniciar pelo VCC. Ajustaremos Width para 0.04inch.



1 - com o botão esquerdo clique na ilha + (no centro da mesma) e arraste, acompanhando a linha amarela (*Ratsnest*) até a próxima ilha e clique ou então, até ao fim do último componente pertencente a esse net, no caso R2 e clique, pois as ligações serão feitas automaticamente.

2 - a linha amarela deve desaparecer, indicando ligação OK.

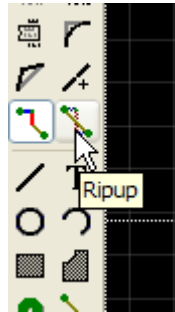
3 - a partir daí comece nova ligação como no item 1 até terminar a ligação dos componentes do VCC.



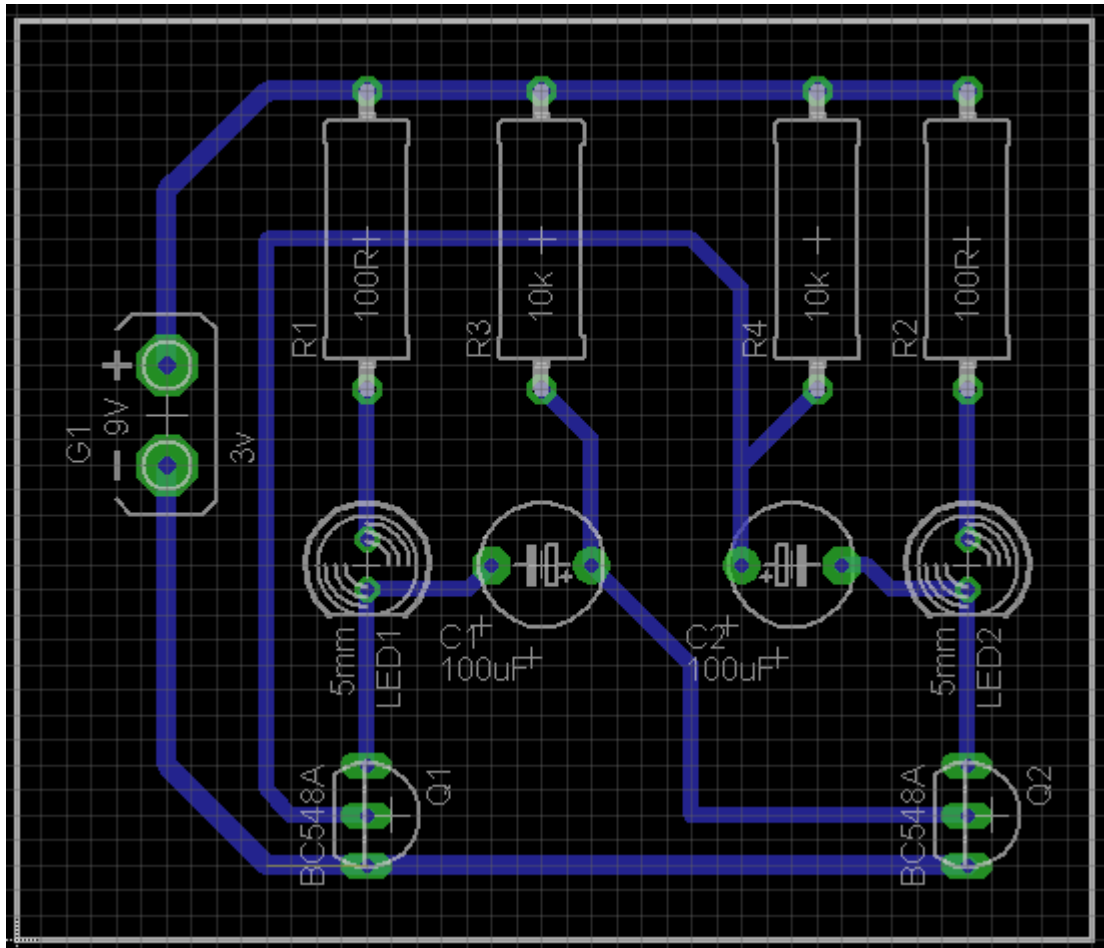
4 – ligue agora os componentes de GND (sinal de -) conforme orientado anteriormente.

Para as demais ligações, altere a largura (*Width*) para 0.032 e proceda da mesma forma.

No caso de errar alguma linha de roteamento, para deletar use a ferramenta *Ripup*.



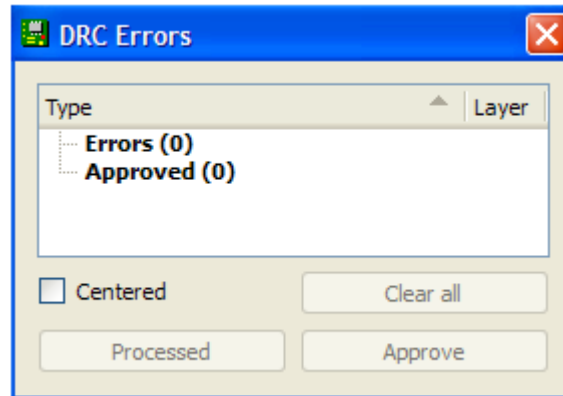
A figura abaixo mostra o circuito roteado.



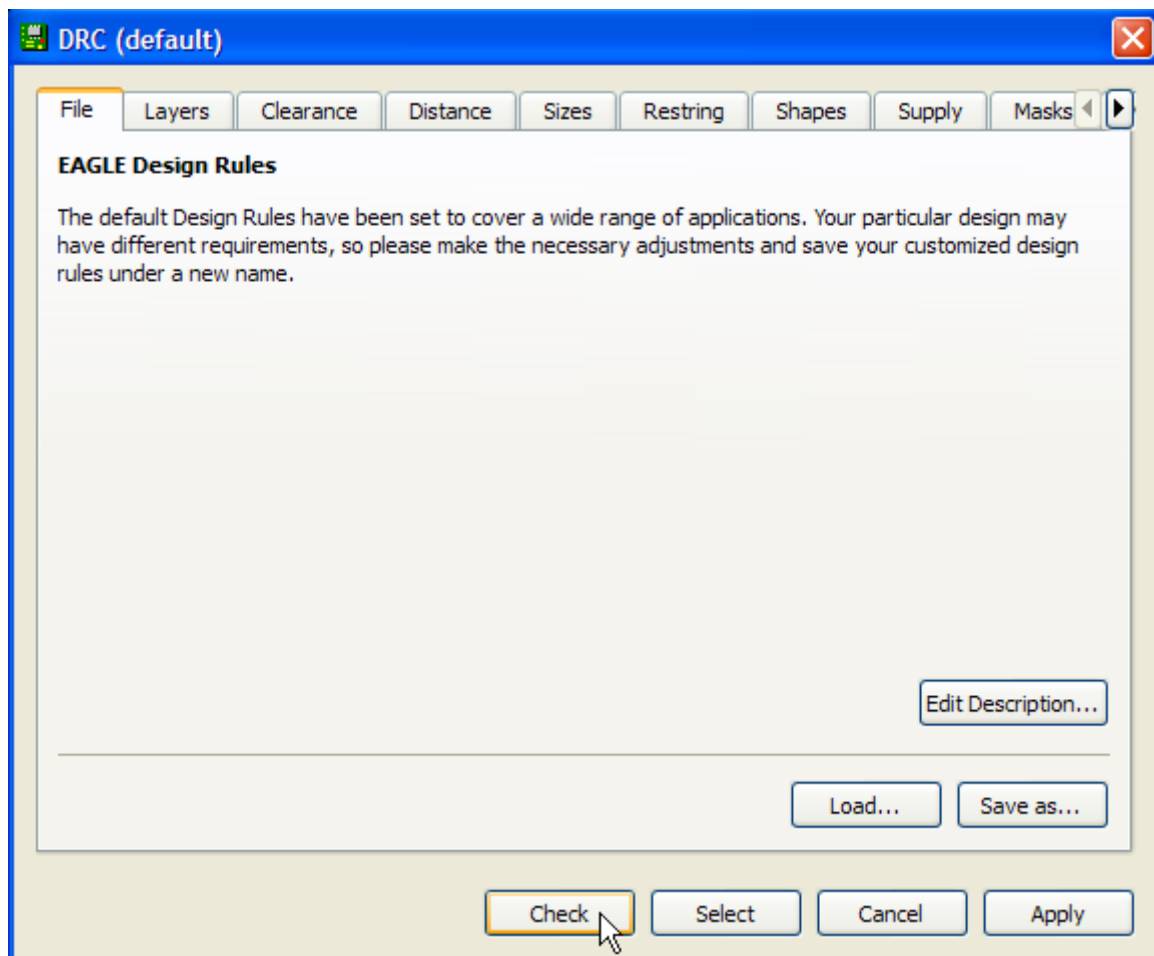
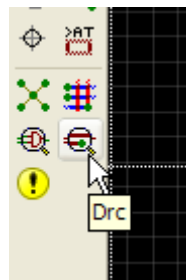
O próximo passo é verificar se existem erros no roteamento.

Basta clicar no botão *Errors*, como no Schematic e será exibida uma caixa de diálogo *Drc* (Design Rule Check) apontando os mesmos, ou caso não haja erros, avisos referentes a operacionalização.

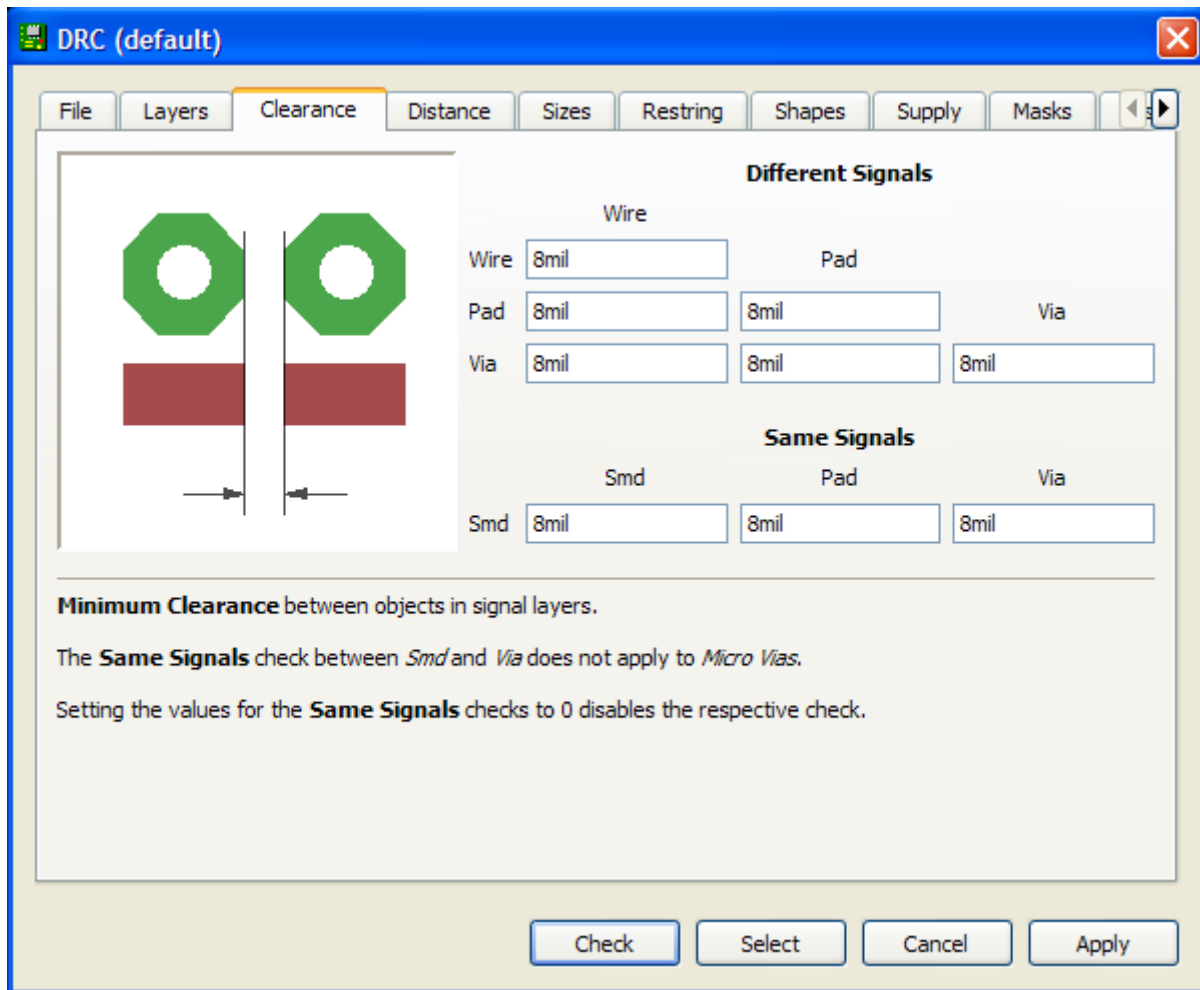
Verifica-se que não existem erros.



Outra opção é clicar no botão *Drc* e ao abrir a caixa de diálogo, clicar no botão Check.

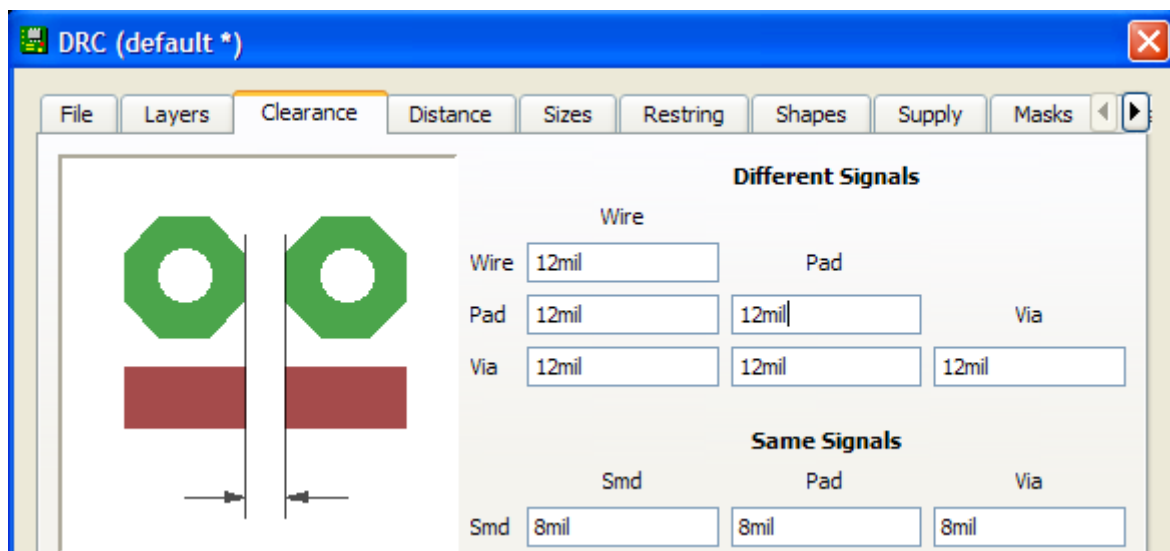


Na caixa de diálogo DRC, existem vários parâmetros que podem ser ajustados no caso de erros.



No momento vamos dar atenção especial ao parâmetro *Clearance*, que é a distância (folga) entre trilhas, ilhas e vias.

Atualmente o padrão considerado ideal e adotado pela maioria das indústrias é de 12mil. Então vamos ajustar todos para 12mil.

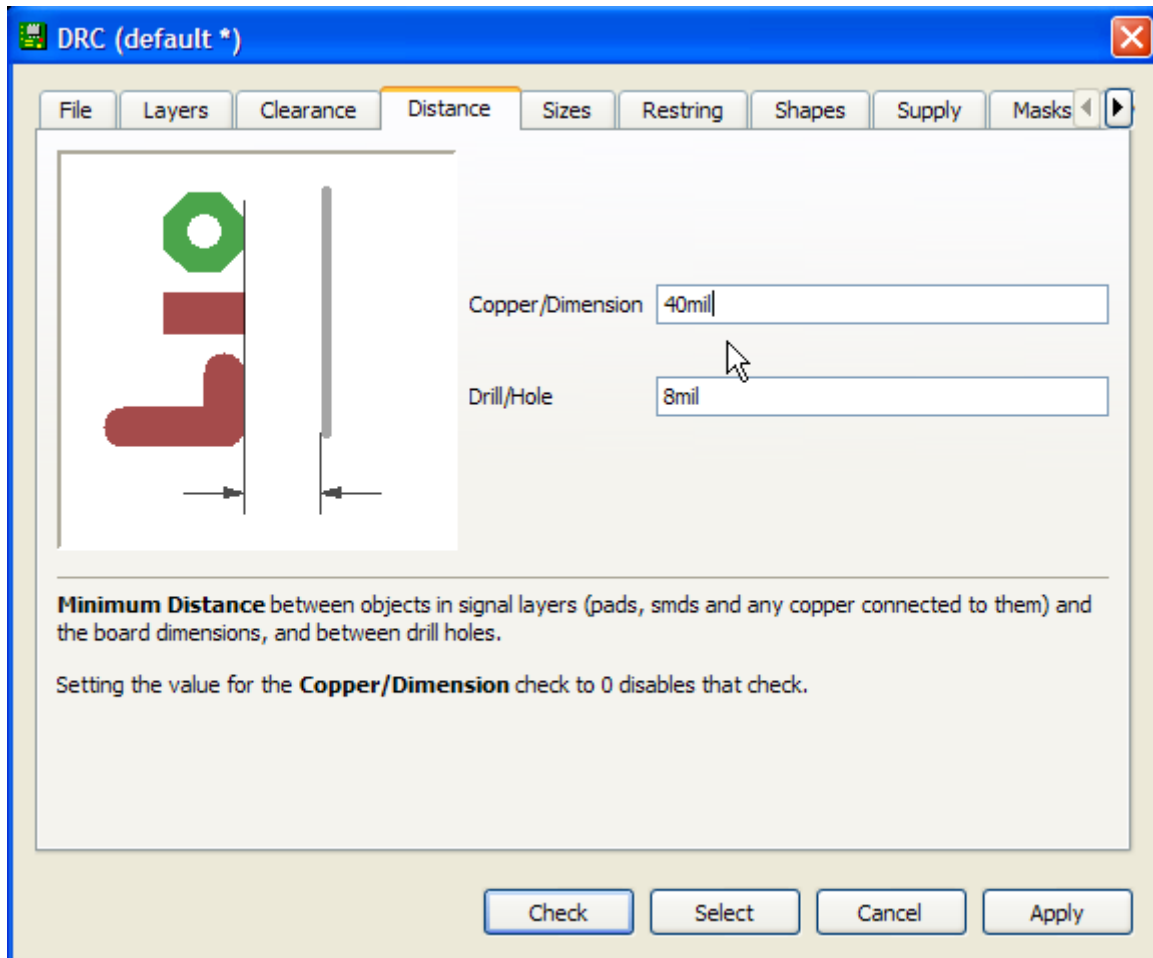


Clique em *Apply* e execute mais uma vez o DRC e em *Errors* certifique-se de que não existem erros.

Outro parâmetro importante é o *Distance*, que determina a mínima distância entre trilhas, ilhas, e trilhas e ilhas em relação a borda da placa.

Os padrões do programa na instalação são:

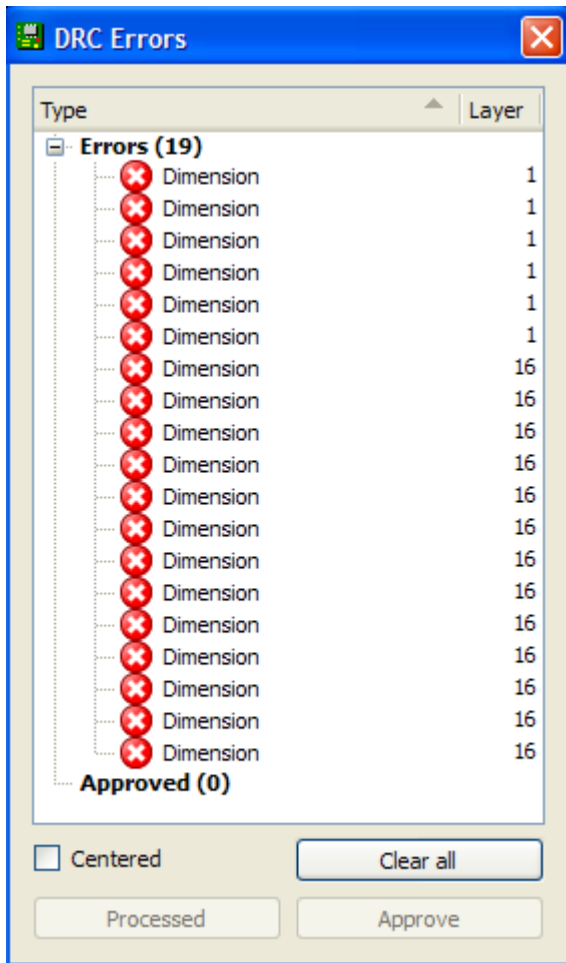
Copper/Dimension = 40mil
Drill/Hole = 8mil



Vamos alterar o campo Copper/Dimension para 150mil somente a título de exemplo, para verificar como atua a ferramenta Drc.



1 – clique no botão *Check*

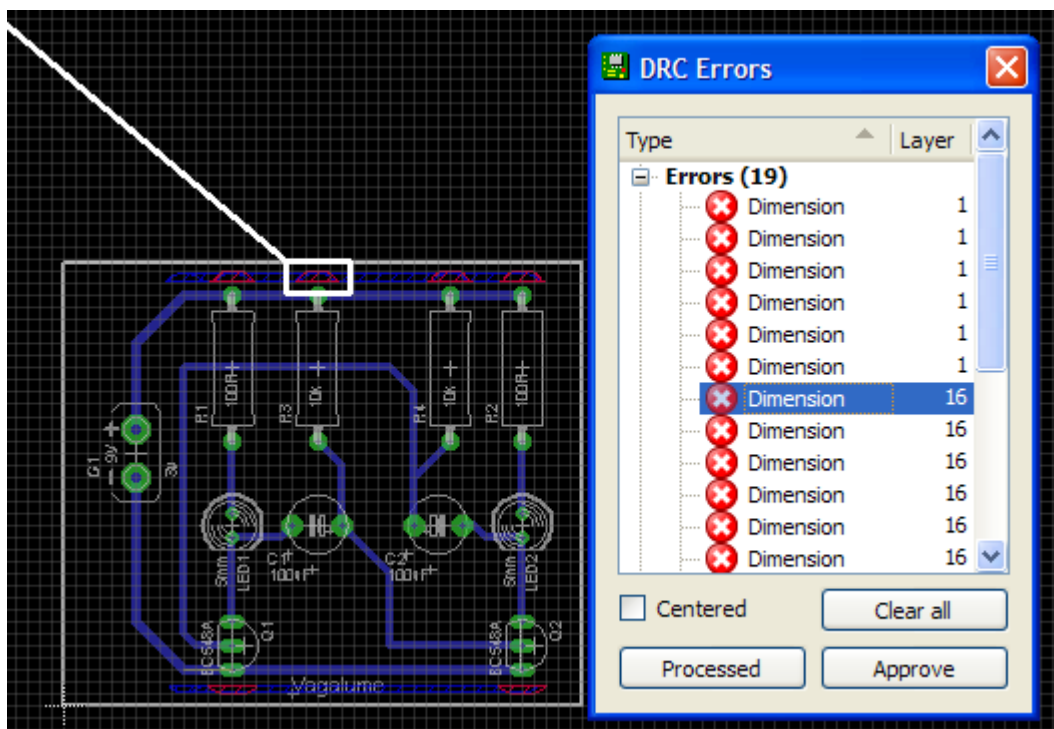


Observe que existem 19 erros devido a modificação feita no campo *Distance*.

Essa modificação exagerada foi forçada apenas para mostrar a eficiência dessa ferramenta.

Ao clicar em uma das linhas o erro será apontando.

Dimension refere-se ao layer da borda da placa.

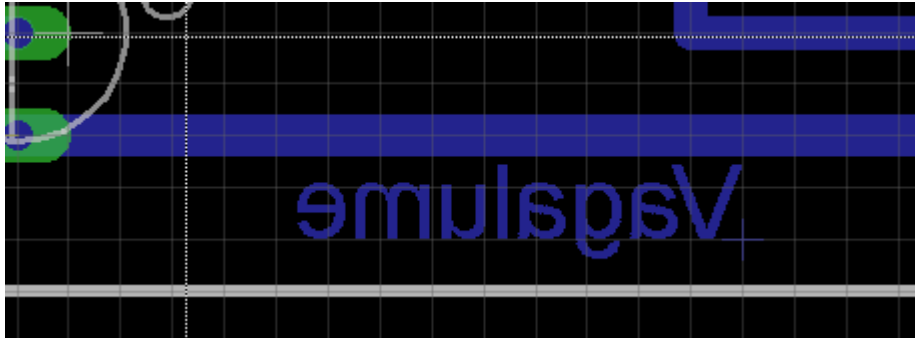


Se voltarmos ao valor original de 40mil, os erros desaparecerão.

Identificando o projeto:

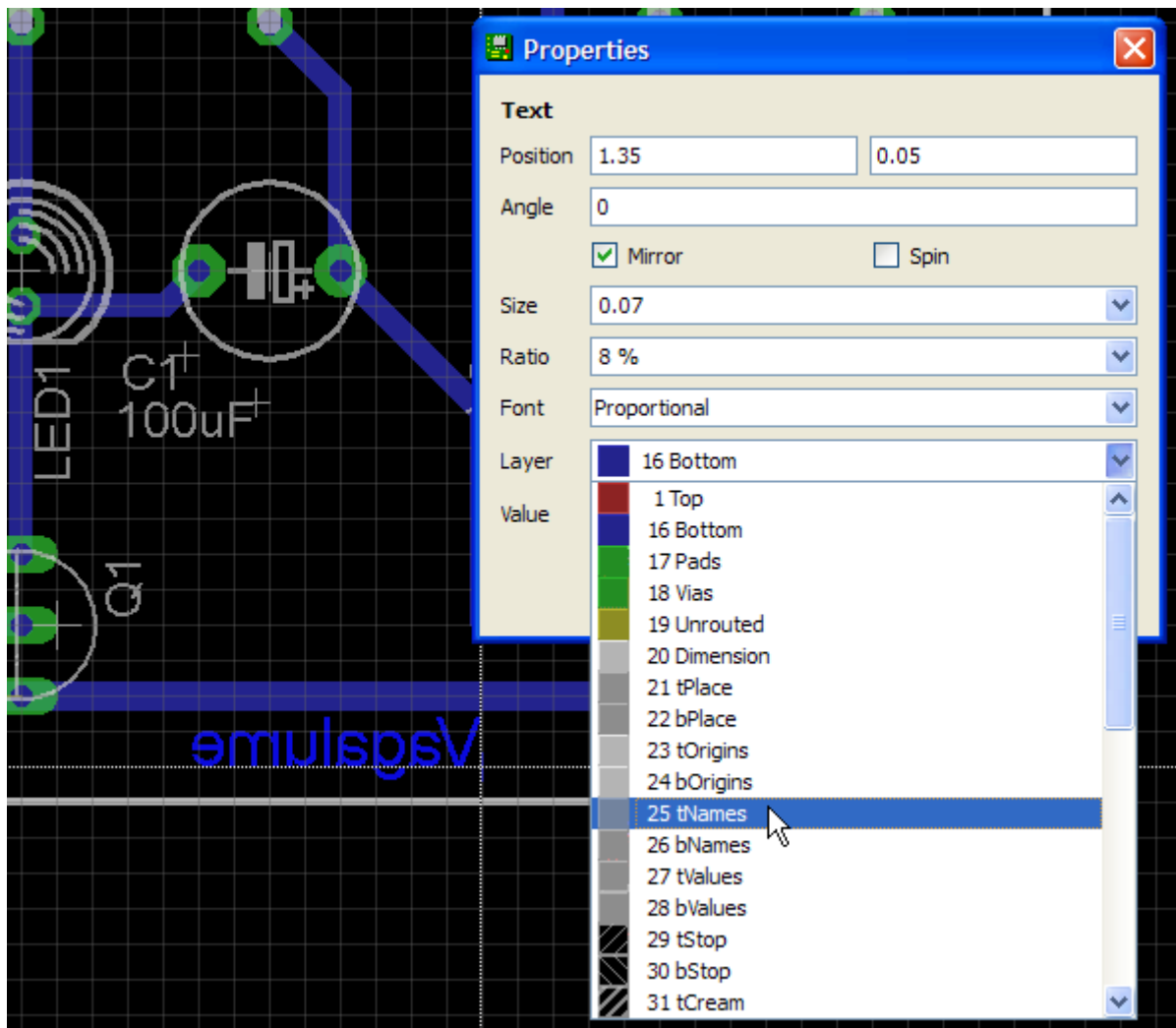
Vamos colocar um nome na nossa placa, como sugestão: Vagalume

Use a ferramenta *Text*



Porém não queremos que o nome fique no layer Bottom e sim no layer do lado do componente (Top).

Clique com o botão direito do mouse no texto e em propriedades. Selecione o layer *tNames* e clique em Apply



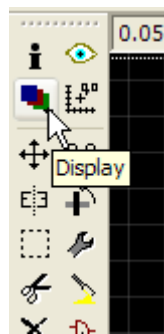
Lembrar que:

t = top = lado dos componentes
b = bottom = lado da solda

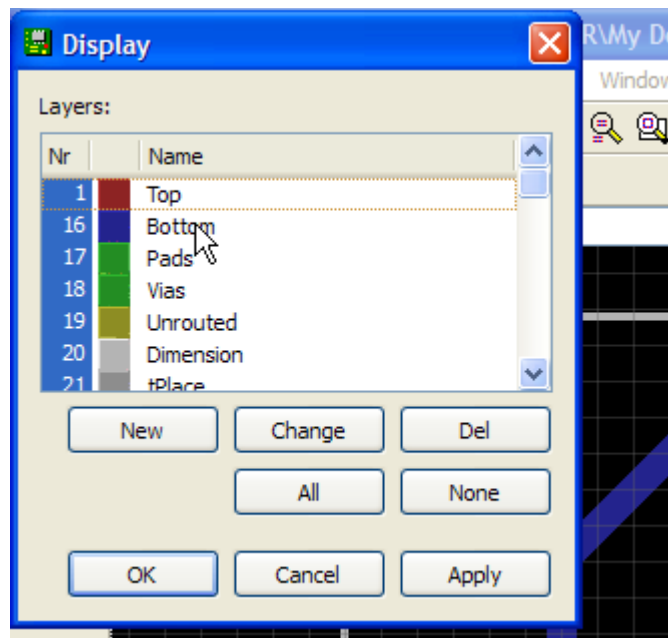
Desmarque a opção *Mirror* e reposicione o texto com a ferramenta *Move*.



Usando o comando *Display*



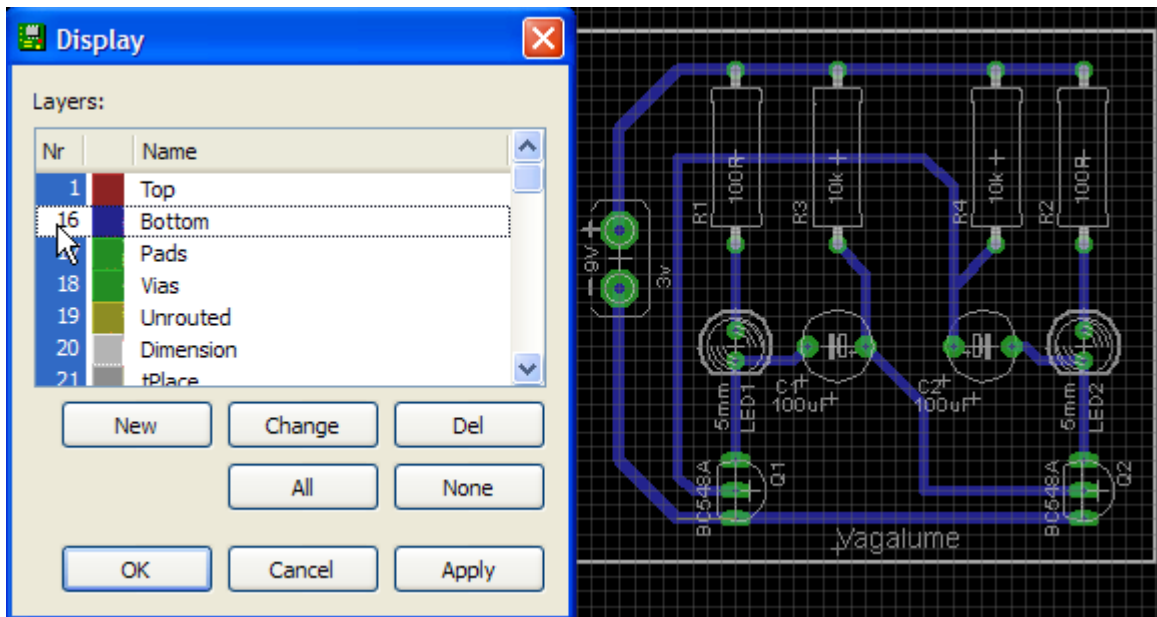
O comando display permite visualizar os layers separadamente, apenas como sendo uma ferramenta auxiliar. Ao clicar no mesmo um menu pop-up mostra os layers disponíveis.



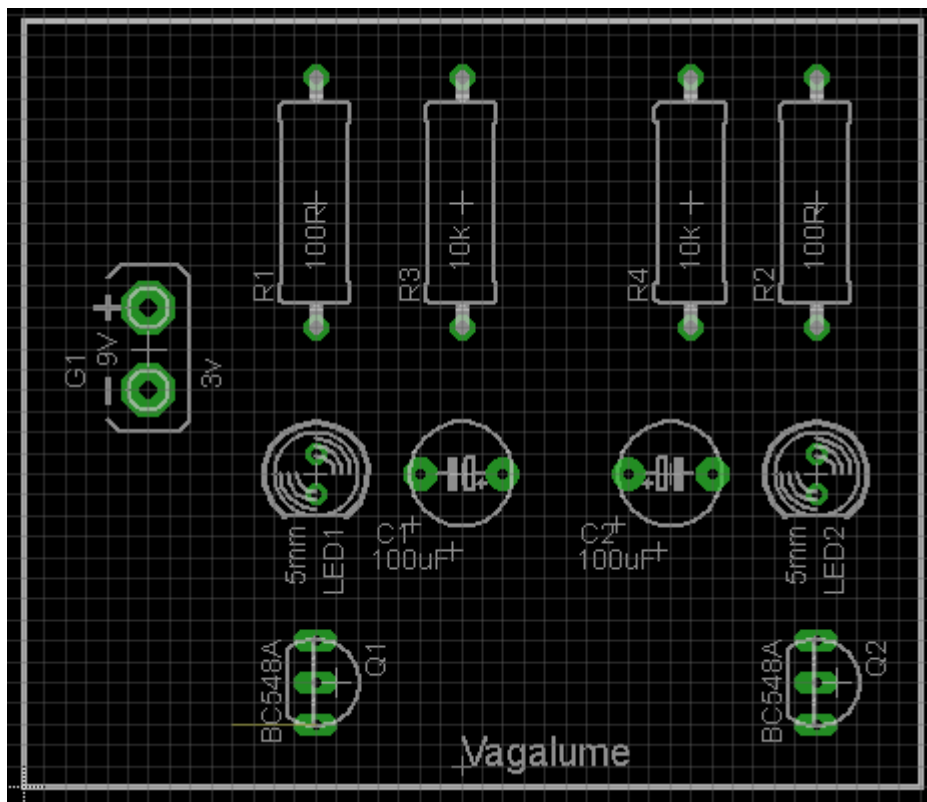
Os layers com fundo azul estão ativos, isto é, visíveis desde estejam sendo usados no projeto. Por default todos são habilitados.

A título de exemplo vamos desabilitar o layer *Bottom*.

É só clicar no número 16 e em seguida em Apply.



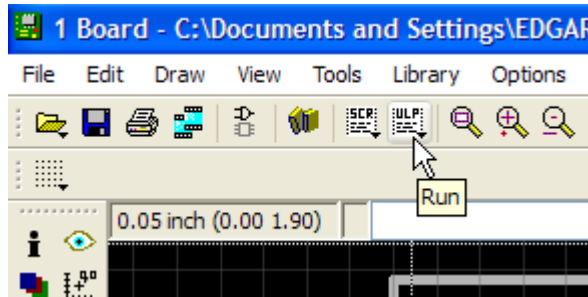
Observe que as trilhas desenhadas no layer *Bottom* não estão mais visíveis.



O mesmo procedimento deve ser adotado para a não visualização de outros layers que pertencem ao projeto.

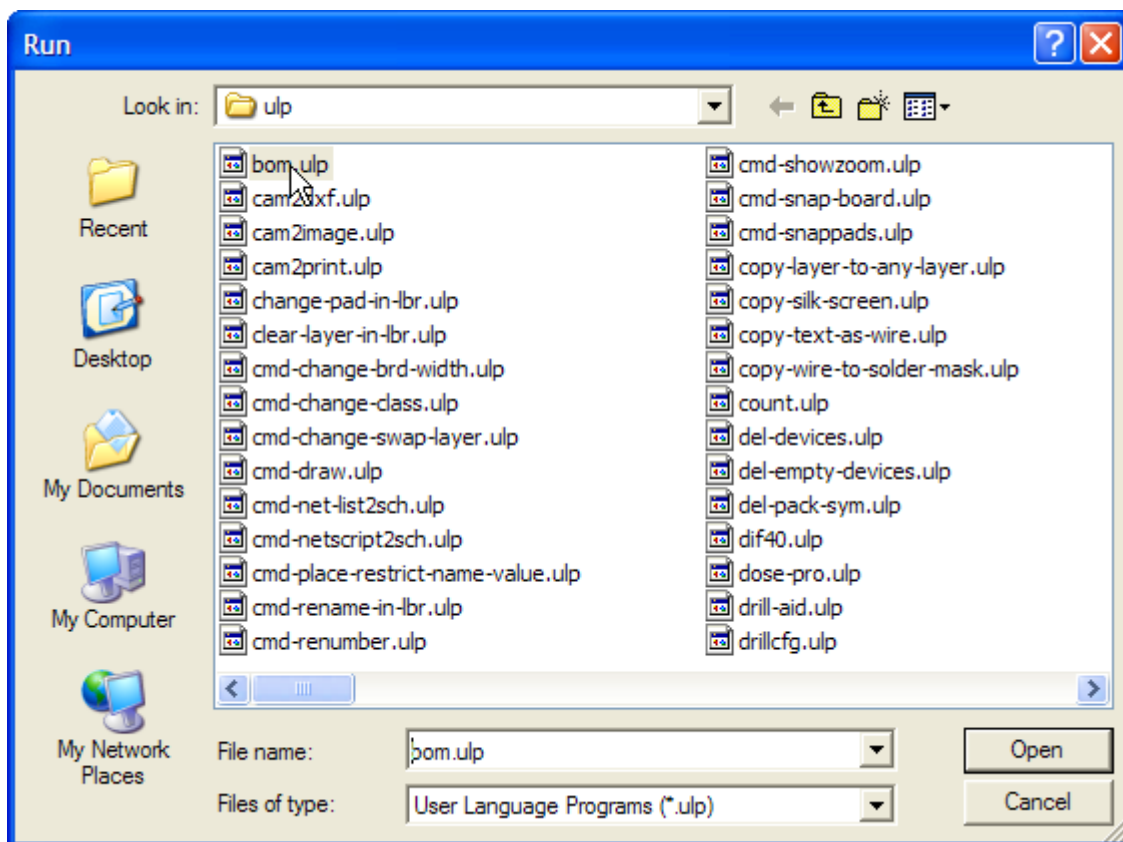
Gerando lista de materiais:

A ferramenta para essa finalidade é *Run*.



A extensão desse arquivo é *.ulp* (user language program) e funciona só para o Schematic.

Ao clicar em *Run* vários programas serão abertos. Para a lista de materiais selecione *bom.ulp* e clique em *Open*.

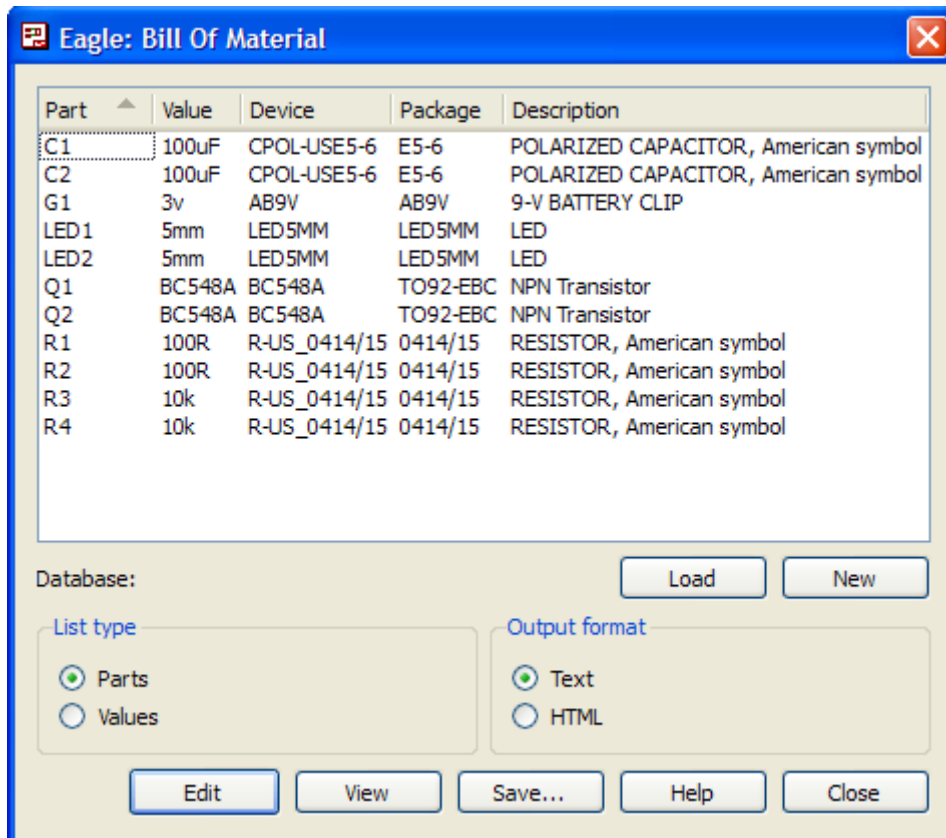


Será aberta então a caixa Bill of Materials (lista de materiais) contendo os parâmetros:

Part
Value
Device
Package
Description

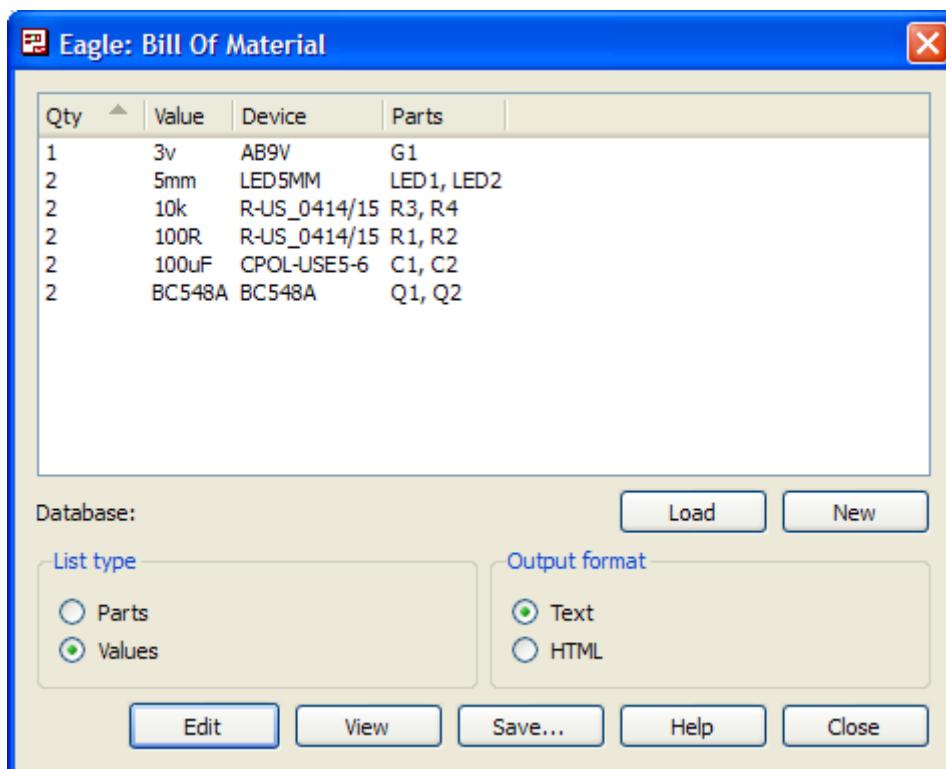
Clique em *Save* e salve como "vagalume"

Desta forma essa lista estará disponível na pasta do projeto Vagalume biônico com o nome *vagalume.bom*



Esse arquivo poderá ser salvo também com formato HTML recebendo o nome de *vagalume.htm* (Output format)

O tipo de lista gerado acima é *Parts* (componentes e características), no entanto, pode ser gerada a partir dos valores (*Values*) em List type. Clicando em *Values* e gerando nova lista.

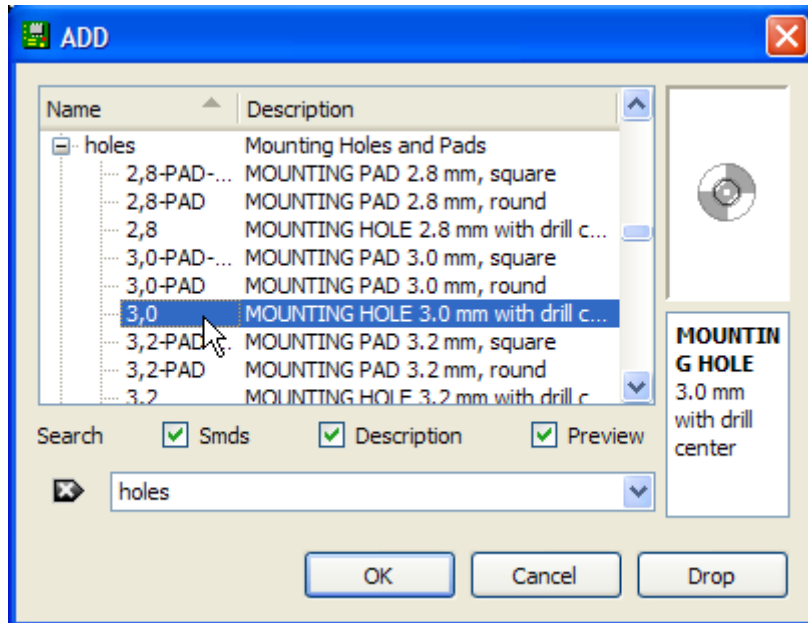


A lista salva com a opção *Values*, tem como vantagem mostrar as quantidades.

Colocando furos para fixação da placa:

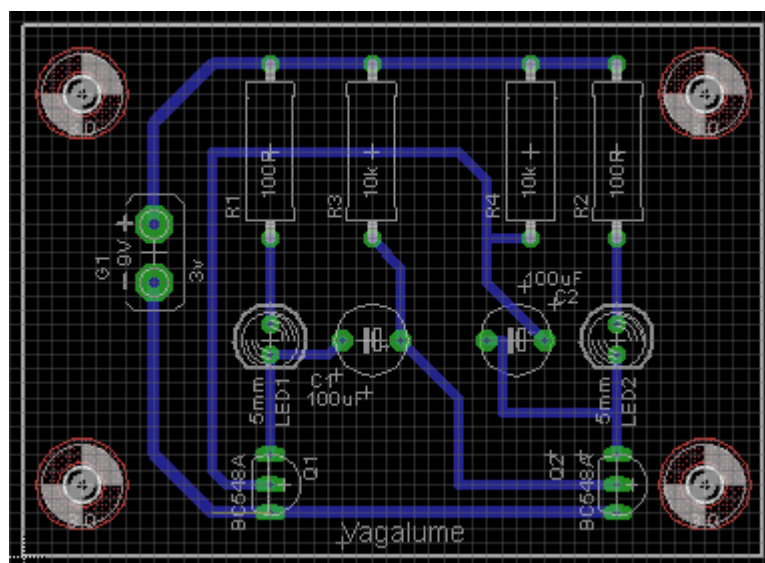
Considerando o layout do Vagalume biônico, vamos inserir símbolo de furação para a fixação da placa.

Esses furos estão presentes na biblioteca Holes:



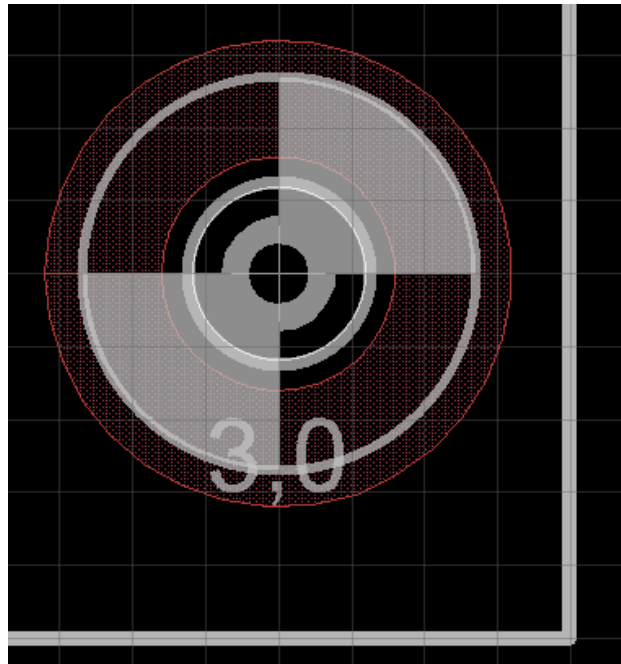
Clique no botão *Add* e ao abrir a caixa de diálogo, digite no campo de pesquisa holes.

Vamos selecionar o símbolo para furo de 3mm.



Observe que a borda da placa teve que ser redimensionada e reposicionado também o nome do Q2.

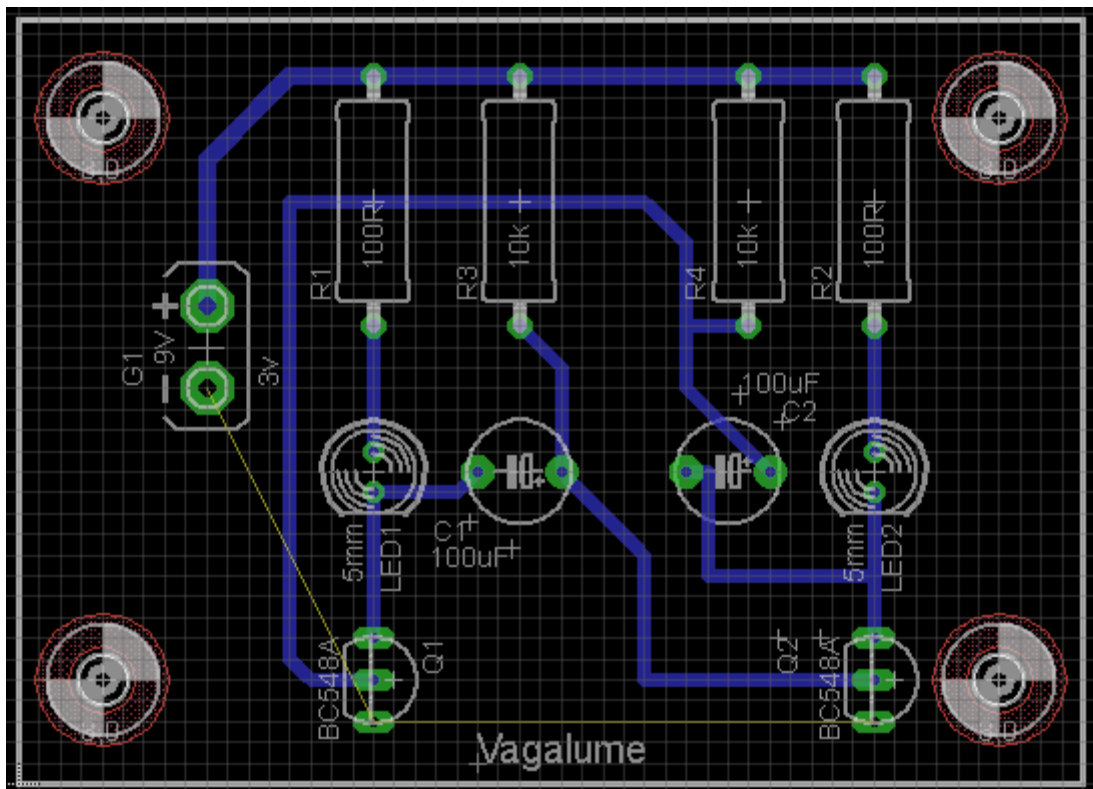
A figura abaixo mostra os detalhes do símbolo para furação, onde se observa a medida do seu diâmetro.



Construindo um ponto comum de terra (chapado ou *copper area*)

Conforme comentários da página 41, vamos aplicar a ferramenta de desenho *Polygon* para interligação comum dos pontos de terra. O chapado ou *copper area* ocupa toda a área da placa delimitada pela ferramenta *Polygon*.

Consideremos o layout do Vagalume biônico, sem a interligação dos pontos de terra:



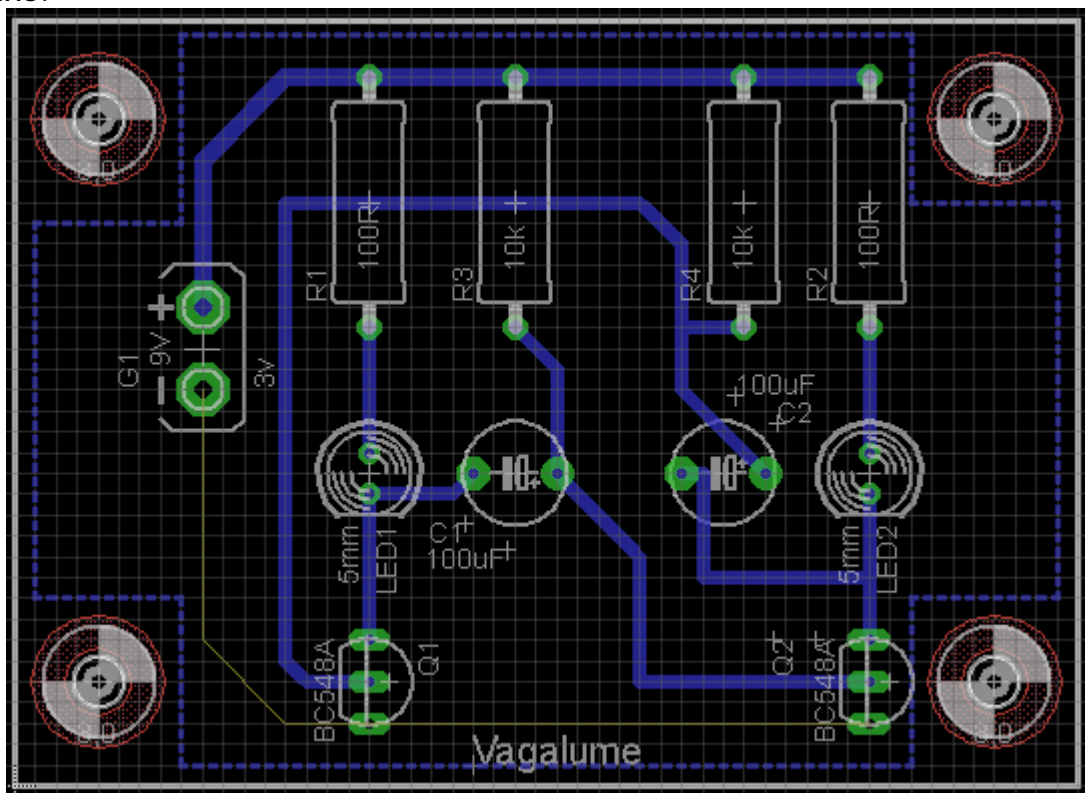
Siga os passos a seguir:

1 – clique no botão *Polygon* e ajuste os parâmetros conforme ilustra a figura abaixo:

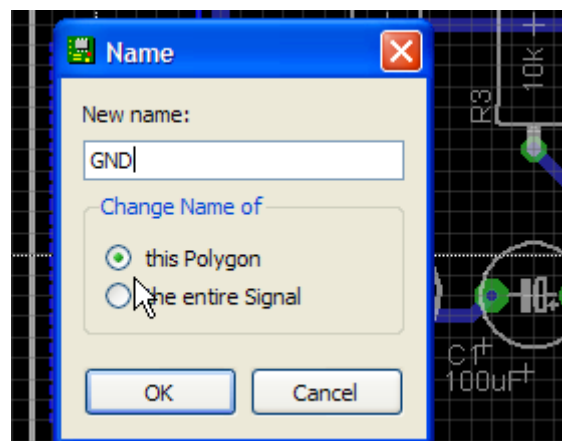
largura da linha (width) = 0.012
solid em ON
alívio térmico em ON
visibilidade em ON
isolate = 0.012



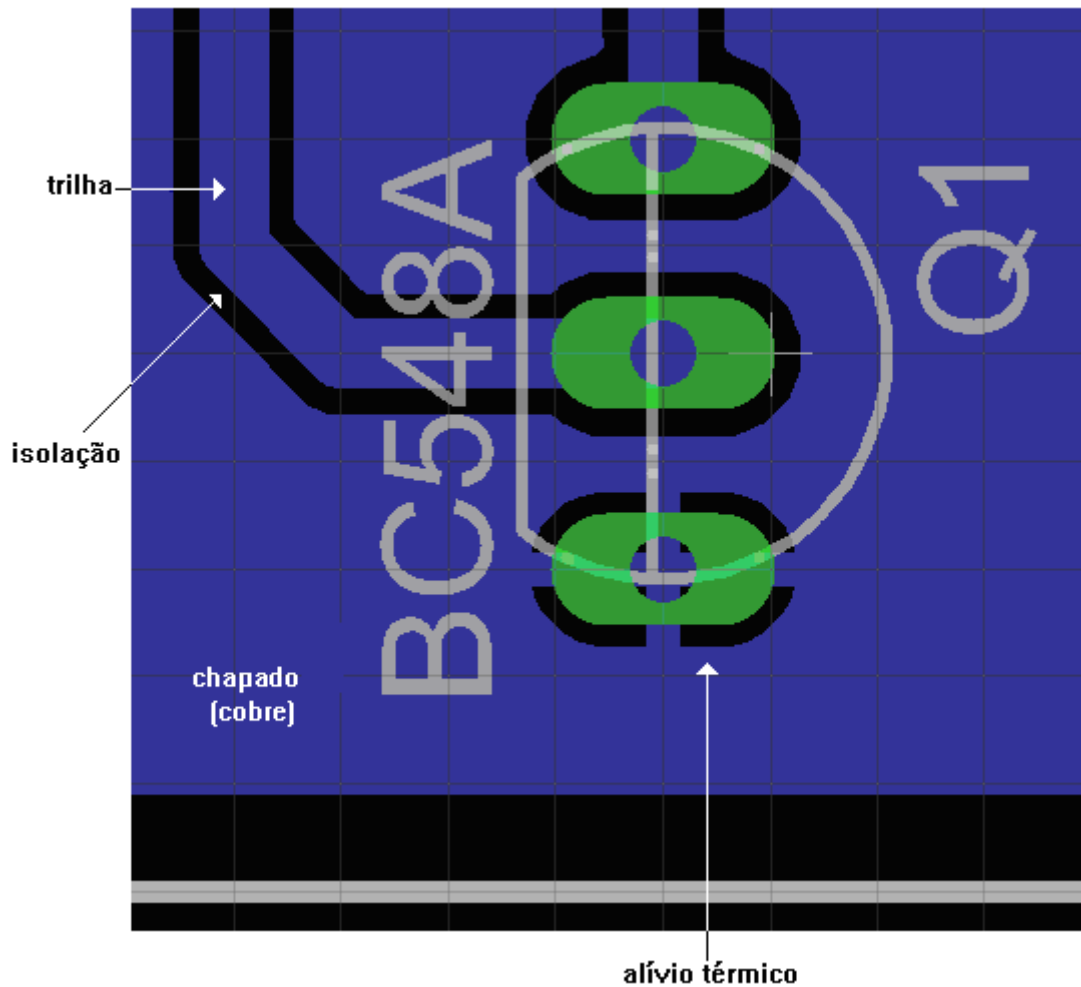
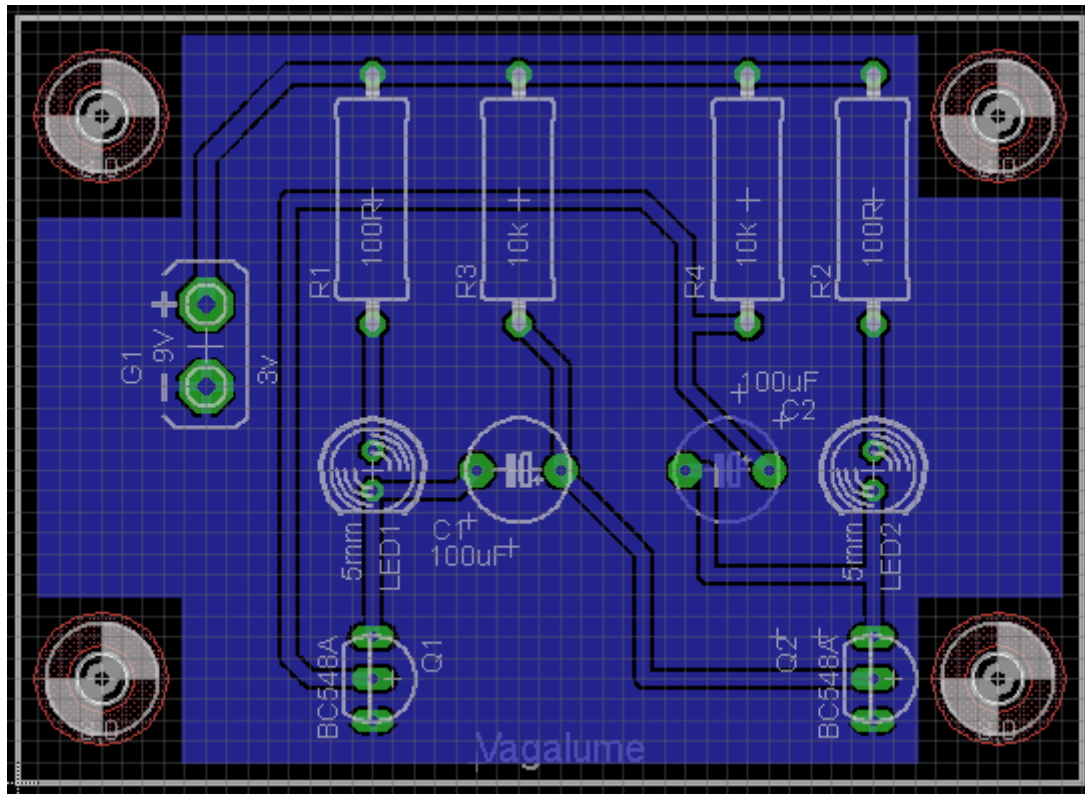
2 – trace o polígono cobrindo a área de placa, conforme sugerido na figura abaixo:



3 - clique no botão *Name* e no polígono e nomeie como GND e clique OK.



4 – clique agora no botão *Ratsnest*.

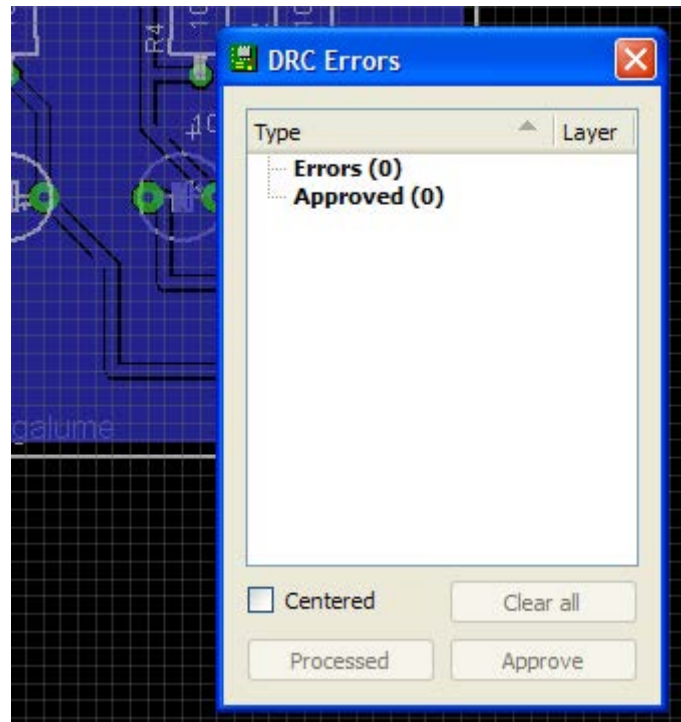


Toda a área do cobre (chapado ou *copper area*) passa a ser o terra, uma vez que interliga o polo negativo da bateria com emissores de Q1 e Q2.

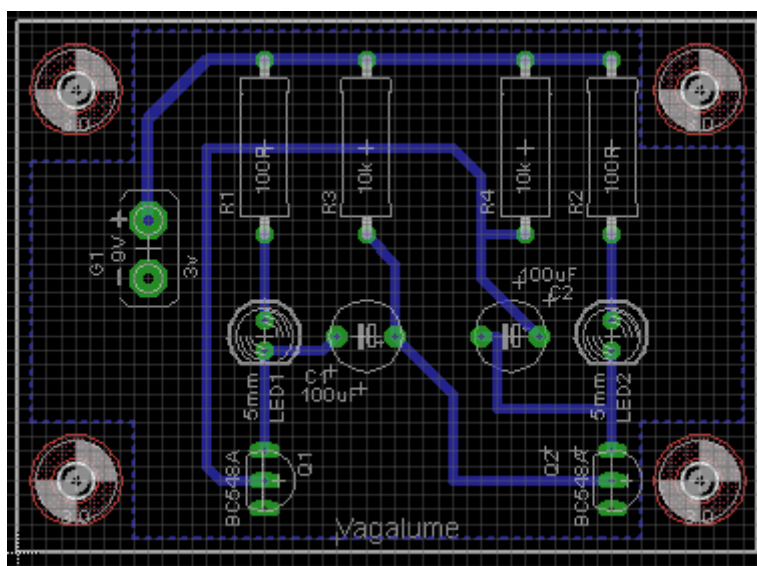
Verifique que a isolamento separa as trilhas e ilhas de toda a parte cobreada a qual denominamos popularmente "copper area" (chapado).

O valor de 0.012inch (12mil) é considerado bom pelas indústrias que fabricam placas de circuito impresso.

É preciso verificar se durante esse processo não ocorreram erros. Basta clicar no botão *Errors*.

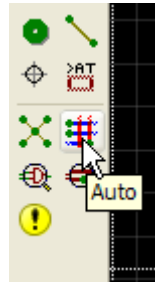


OBS: ao abrir o arquivo vagalume.brd, o "copper area" (chapado) não é visível sendo preciso clicar no botão *Rastnest* para torná-lo visível.

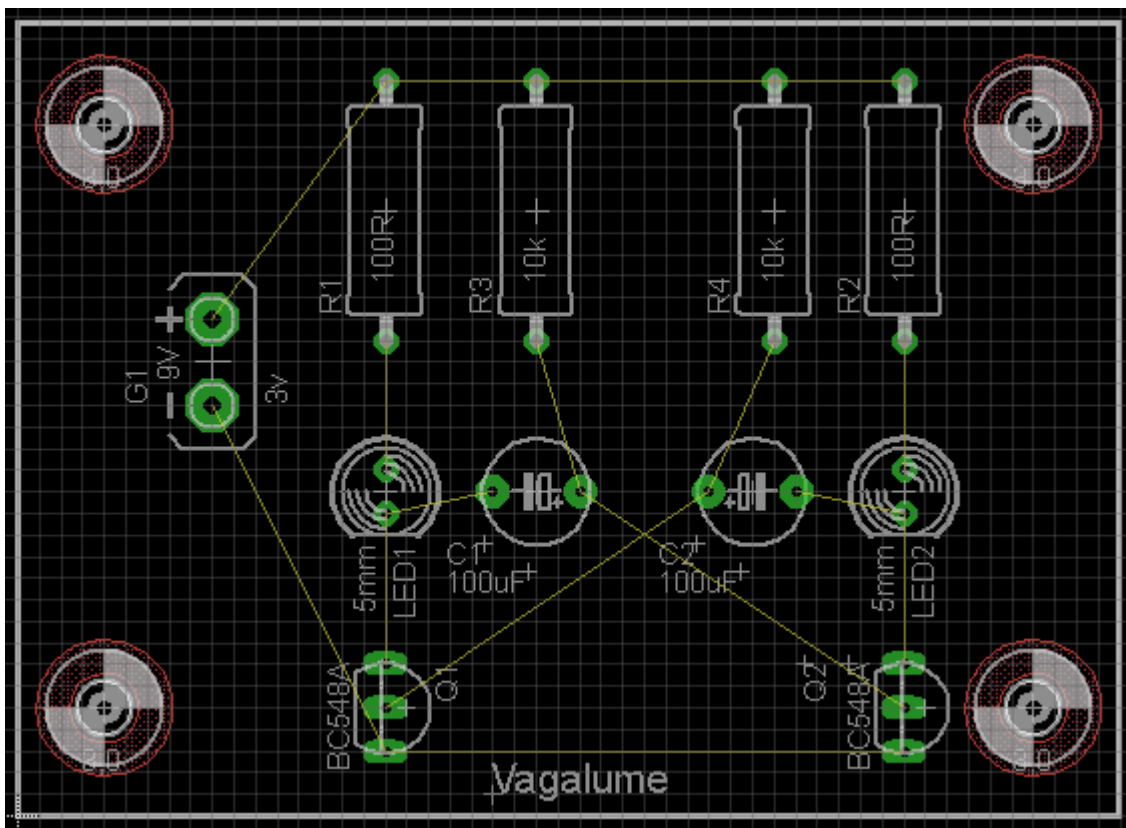


Roteamento automático:

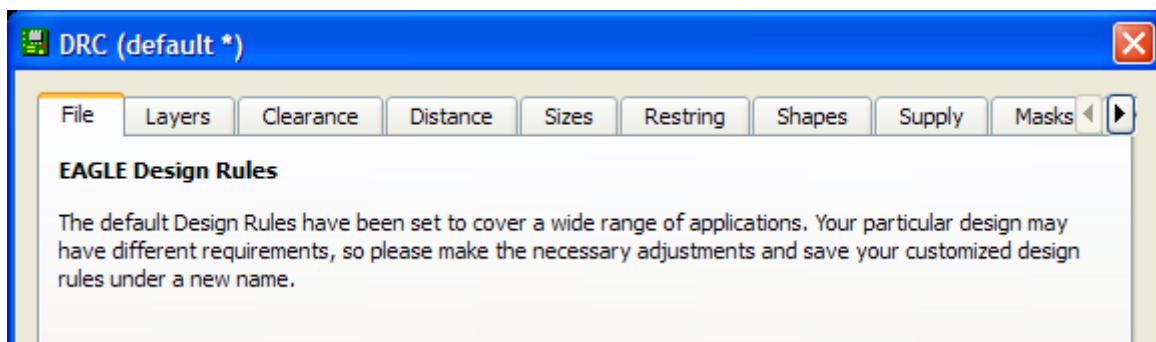
Outra opção que o Eagle oferece é o roteamento automático, que muitas vezes pode ser útil.



Vamos utilizar o mesmo circuito, conforme mostra a figura abaixo:

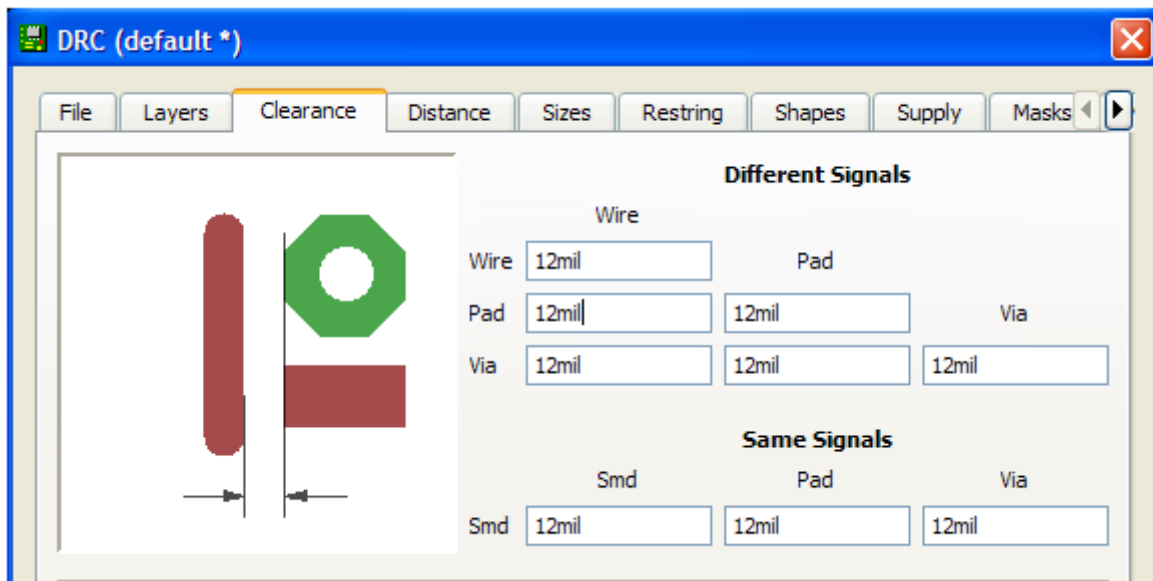


Antes faremos algumas alterações usando o comando o *Drc*.



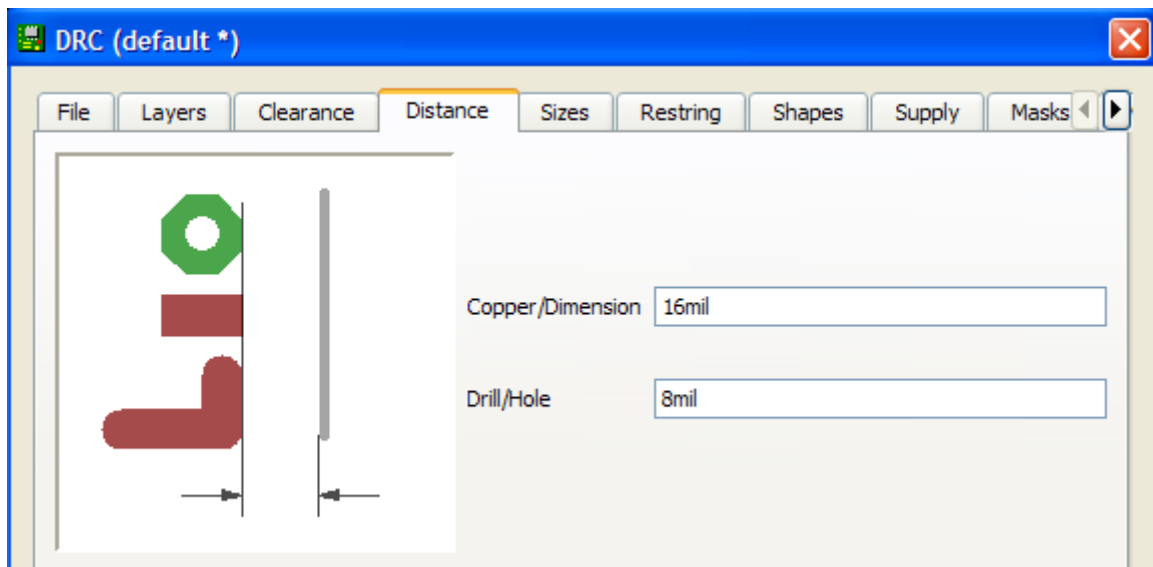
Clearance = distância mínima entre objetos (trilhas, ilhas, etc.)

Ajuste tudo para 12mil (é um valor ótimo) adotado pela maioria das indústrias de placas de circuito impresso.



Clique em Apply

Outro parâmetro importante é *Distance* – distância entre os objetos (trilhas, vias, pads, etc.) e a borda.



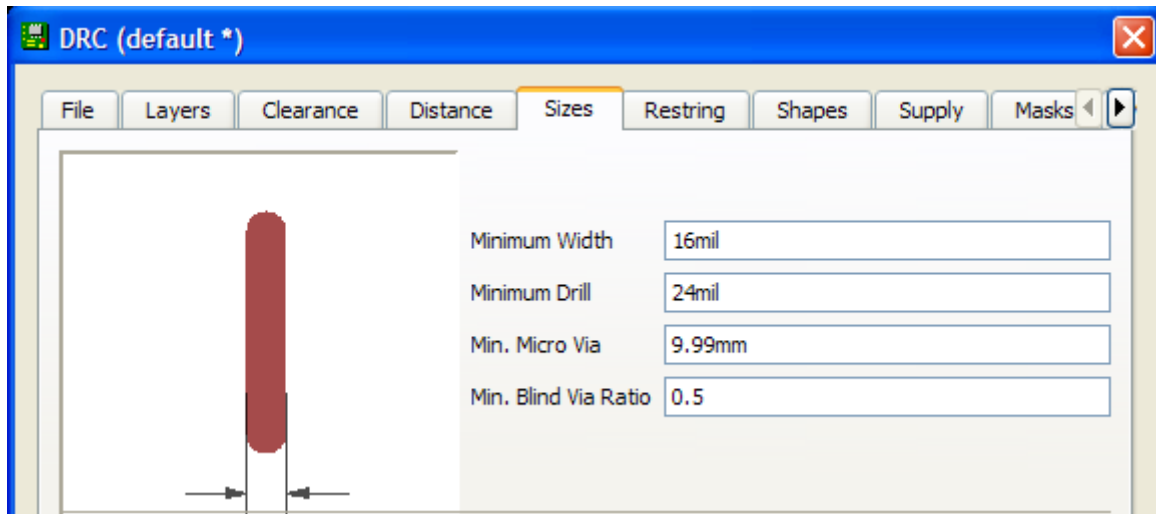
Clique em Apply

E finalmente faremos um ajuste em *Sizes*

Um valor mínimo de 16mil é bastante aceitável.

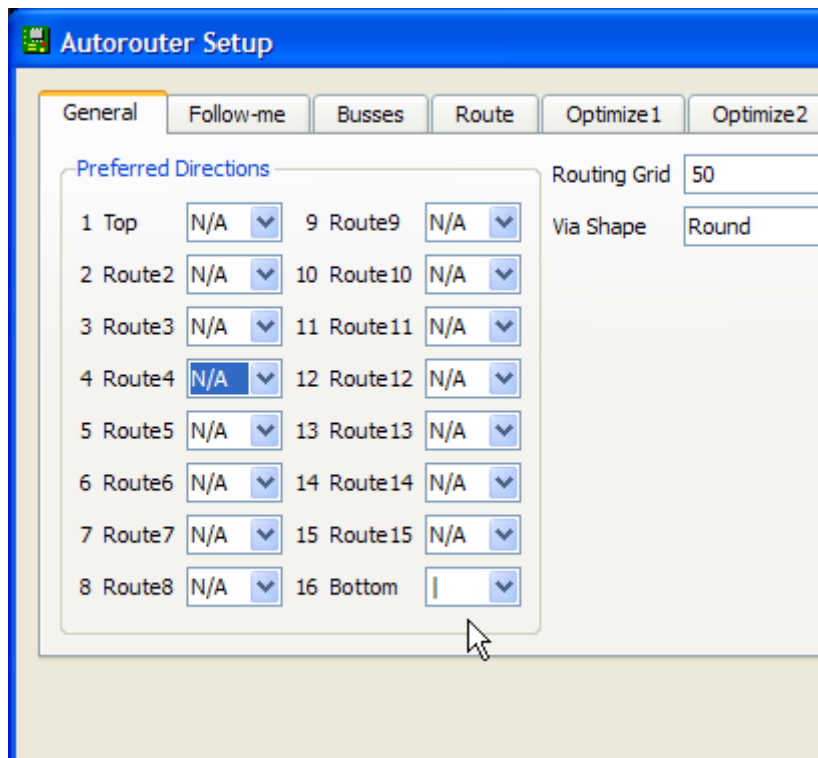
Esse valor corresponde a largura das trilhas que interligam os objetos podendo ser ajustadas conforme a preferência do projetista.

Um valor muito alto pode provocar erros durante o roteamento.



Os demais parâmetros sem alterações por enquanto.

Agora é só clicar no botão *Auto*



Surgirá uma caixa de diálogo para a configuração final mostrando as direções preferenciais de roteamento:

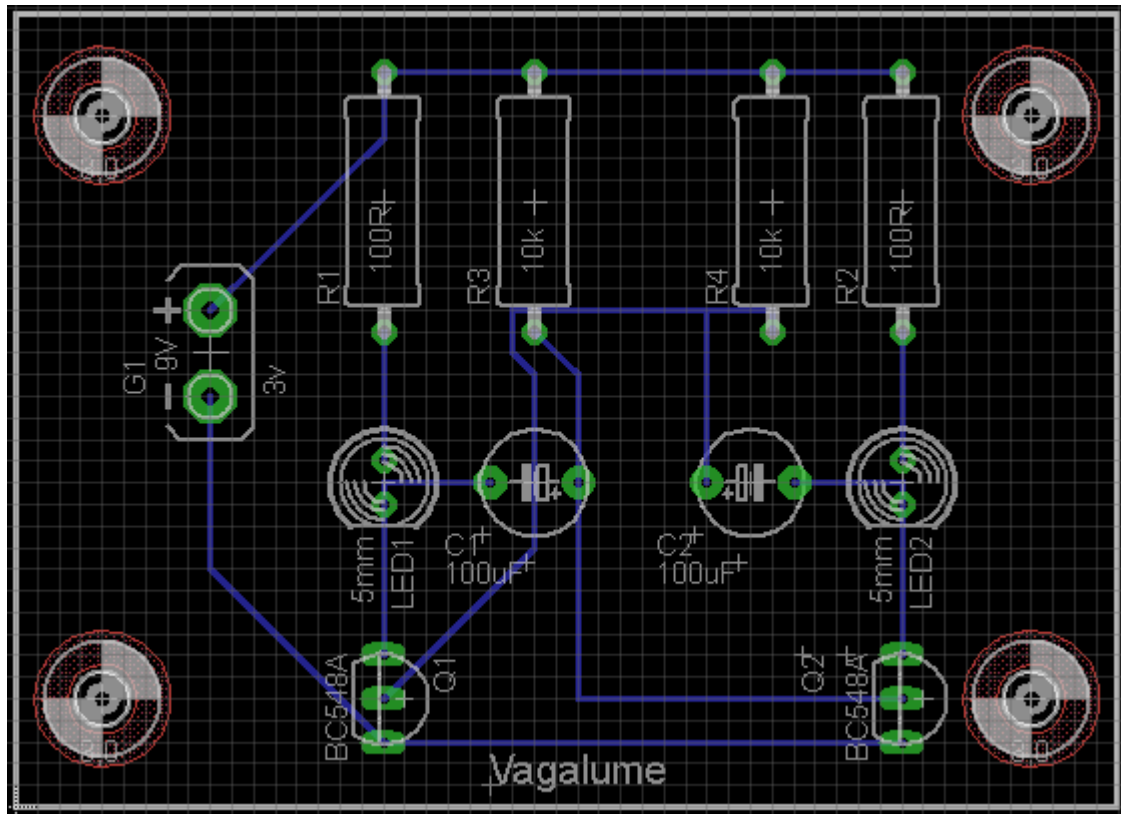
vertical: |

horizontal: -

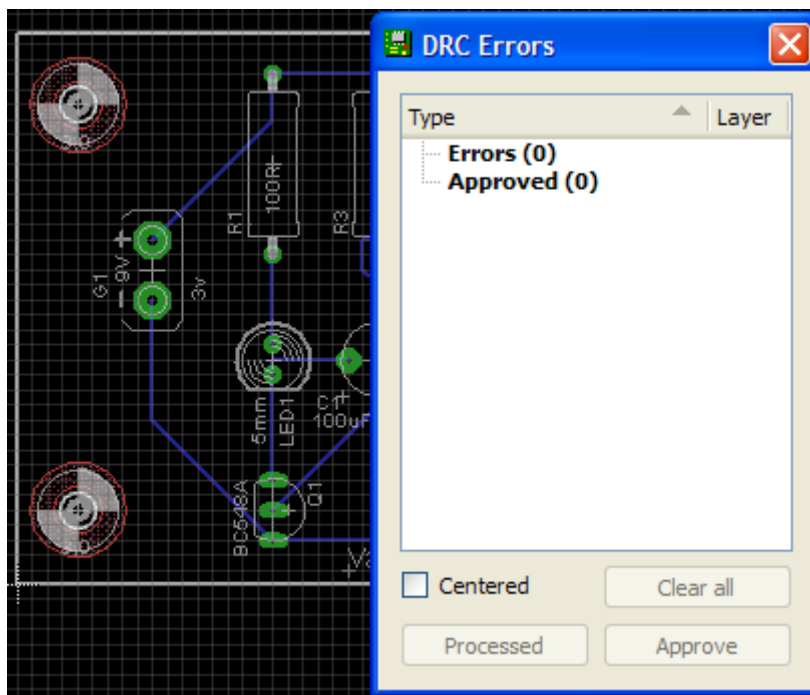
diagonais: / ou \

qualquer um: *

Vamos deixar no sentido vertical (|) em *16 Bottom*, pois é onde queremos fazer o roteamento (lado da solda) e clicar em OK.



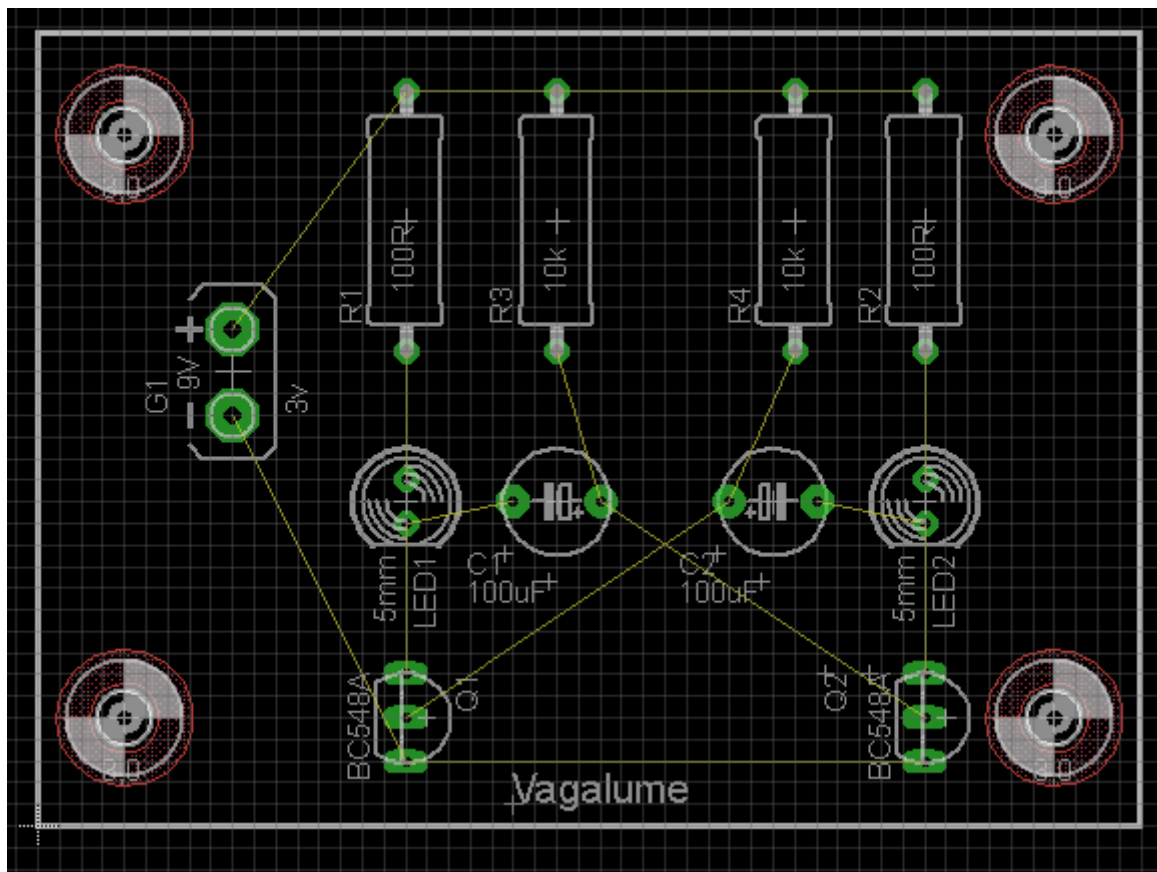
Verificando erros clicando no botão *Errors*.



Tudo em ordem, sem erros. No caso de erros, os parâmetros ajustados anteriormente deverão ser revistos e reajustados.

Roteamento automático na área de cobre (chapado)

Vamos utilizar o mesmo esquema do vagalume e fazer o roteamento automático sobre uma área de cobre (chapado), com o objetivo de interligar somente os pontos de terra.



O objetivo como anteriormente descrito é interligar os pontos de terra através de área de cobre.

É interessante salientar que esse tipo de procedimento tem como principal objetivo evitar a interferência elétrica, em muitos casos prejudicial ao bom funcionamento do circuito.

O processo é exatamente o descrito anteriormente.

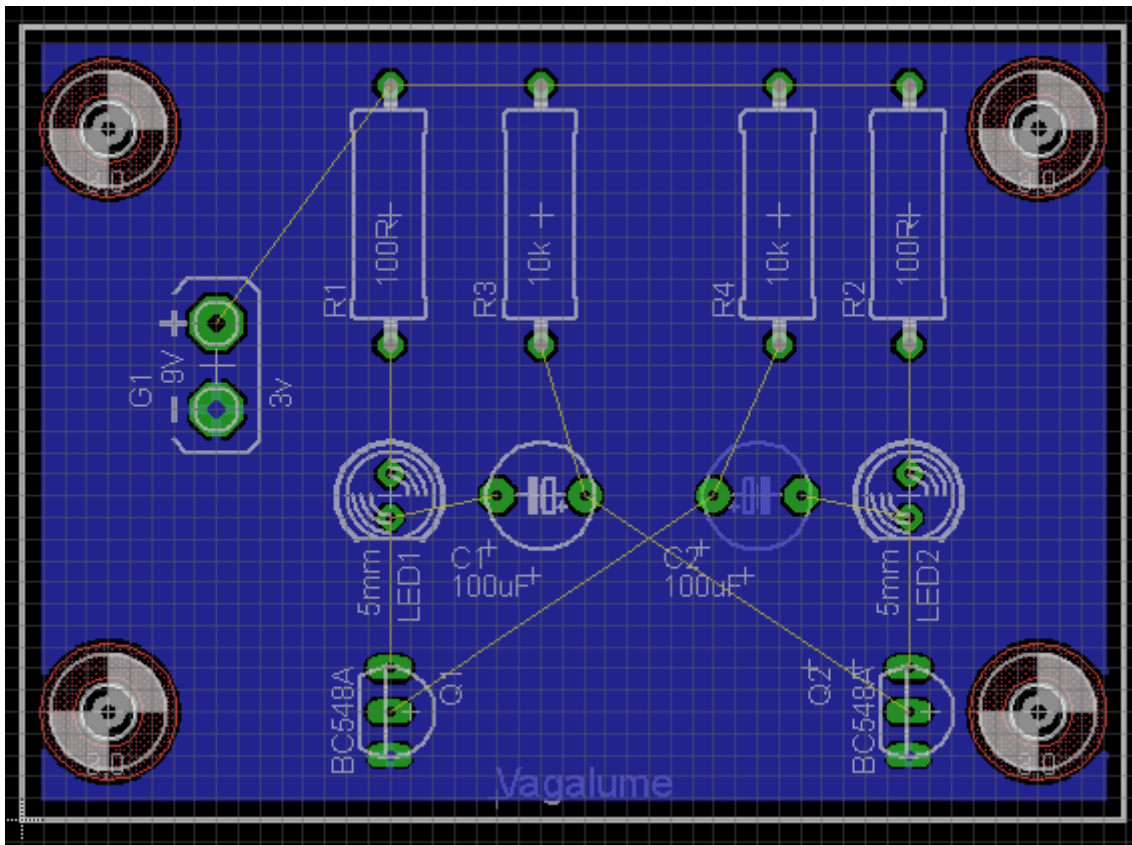
1 – desenhe com a ferramenta *Polygon* um polígono que cubra a área do circuito

2 – ajuste *Width* em 0.01 e *Isolate* em 0.012

3 – nomeie o polígono como GND

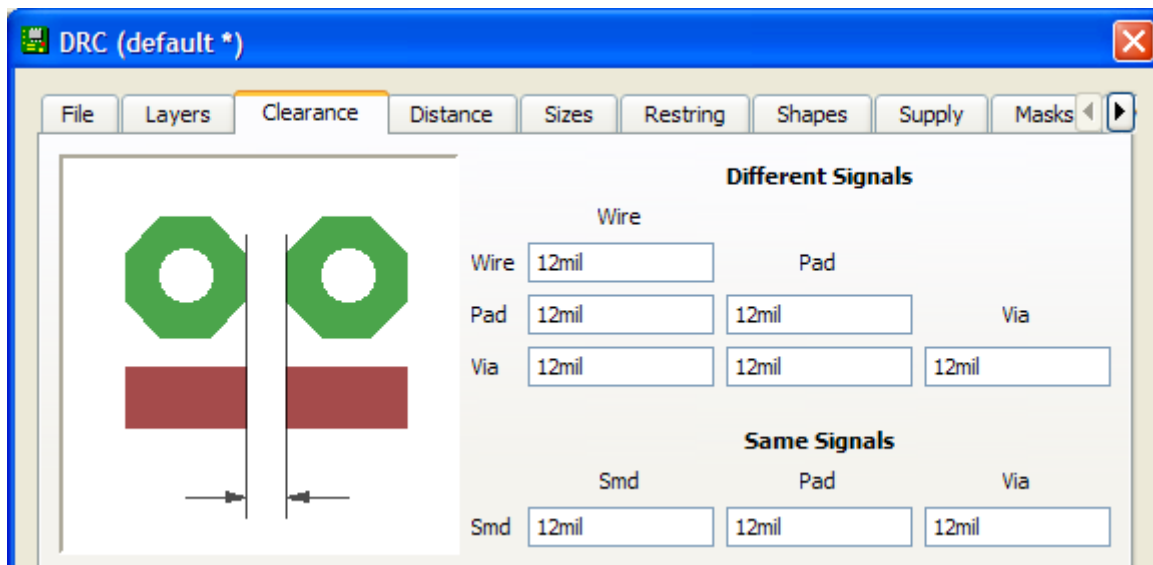
4 – clique no botão *Ratsnest*

Observe na figura a seguir, que as linhas que interligam os pontos de terra desaparecem, faltando apenas executar o roteamento automático.



5 – clique no botão *Drc*

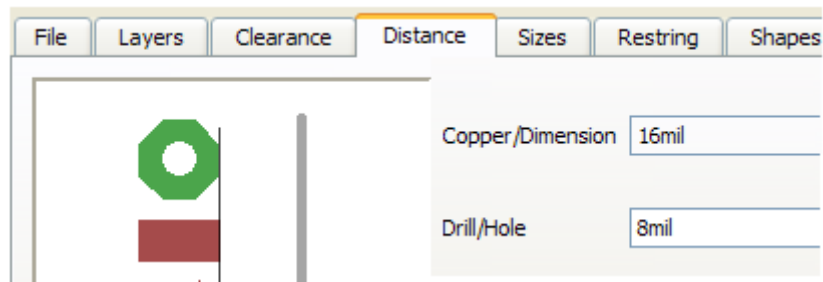
6 – ajuste os parâmetros de *Clearance* para 12mil



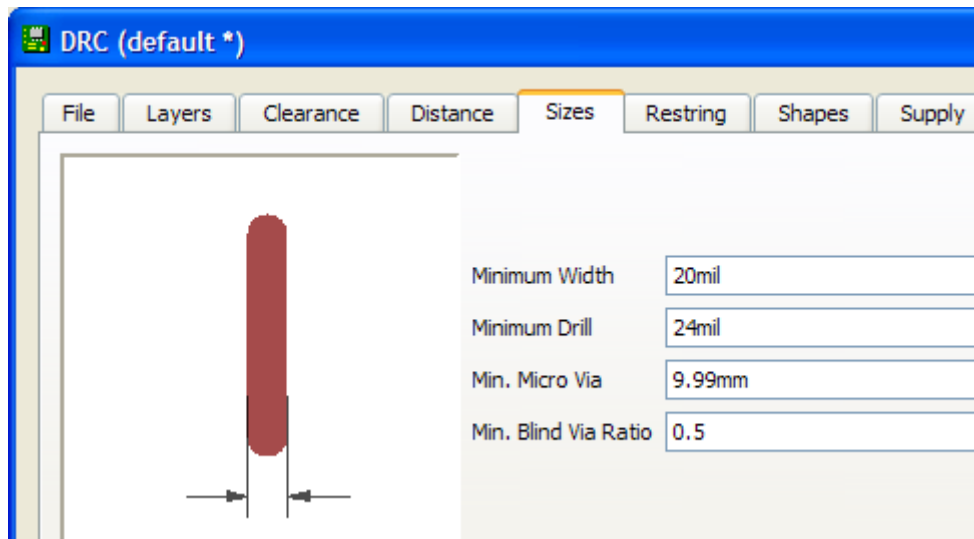
7 – ajuste em *Distance* o parâmetro *Copper/Dimension* em 16mil e clique em *Apply*

Clearance é a folga que deve existir entre os objetos como trilhas, ilhas, vias, etc.

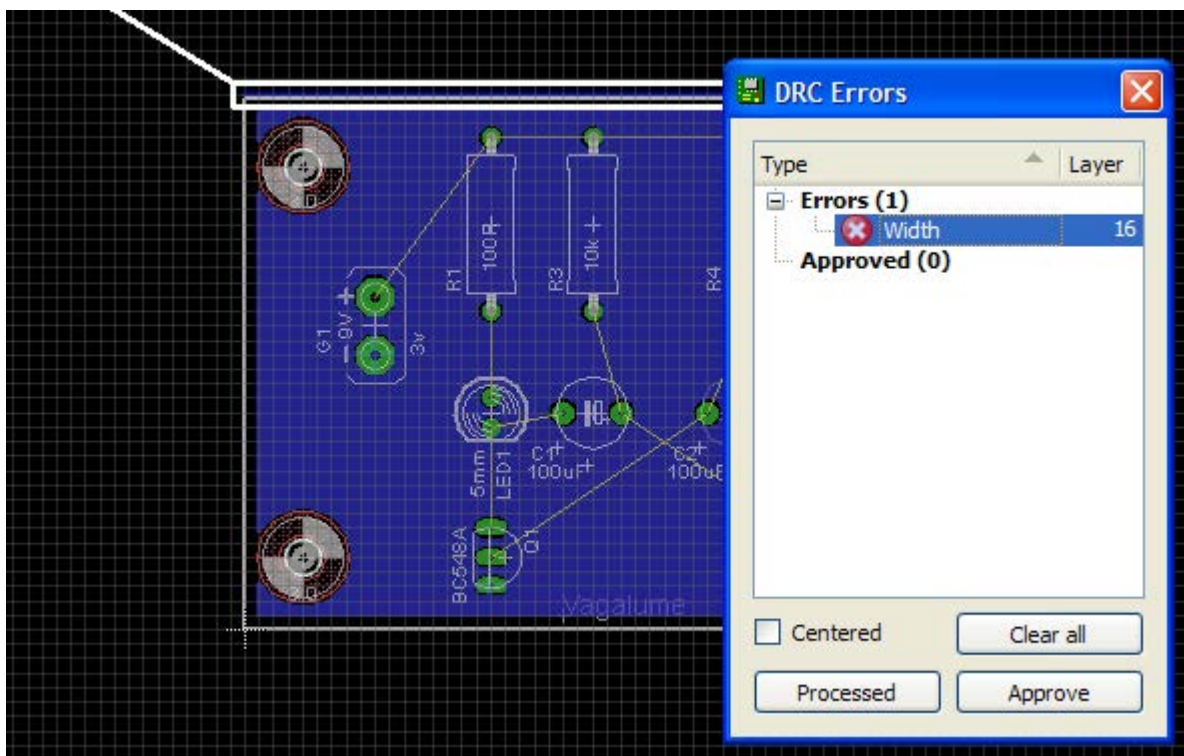
O valor 12mil é considerado ótimo para trabalho.



8 – ajuste em *Sizes* o parâmetro *Minimum Width* em 20mil. Esta será a largura da trilha a ser traçada no roteamento automático.



Como esse parâmetro define a largura da trilha, após clicar em *Apply* é recomendável clicar no botão *Check* para verificar possíveis conflitos ou erros.



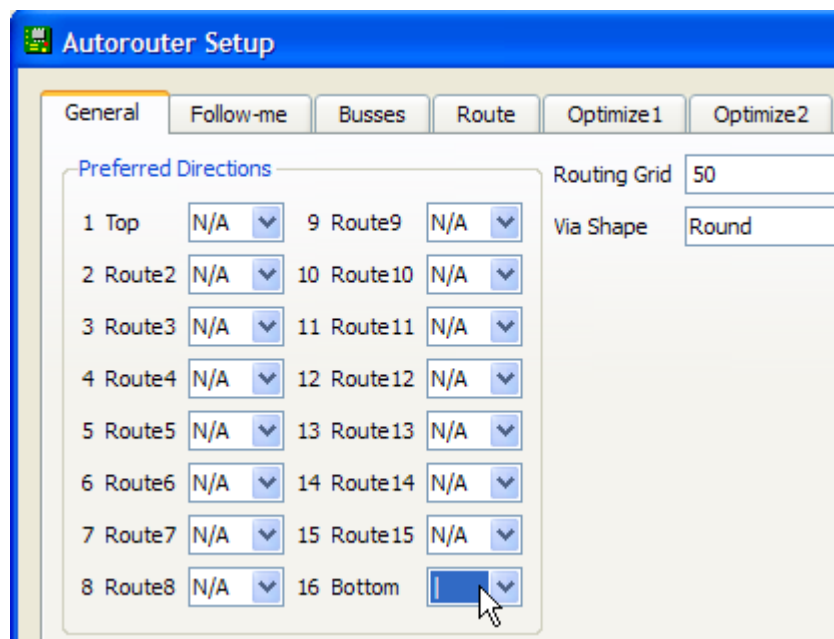
Observe que quando o botão Check foi acionado, foi mostrado um erro em relação a borda e o chapado.

Existem duas opções:

1 – alterar o *Minimum Width* para 10mil

2 – por se tratar de erro sem significado importante, é só clicar no botão *Approve*.

Vamos optar pela opção 2 e em seguida clicar no botão *Auto* para o roteamento automático.



Como nos interessa o roteamento do lado da solda, o layer a ser escolhido é o *Bottom*.

Como dito anteriormente existem várias opções de direção de roteamento:

vertical: |

horizontal: -

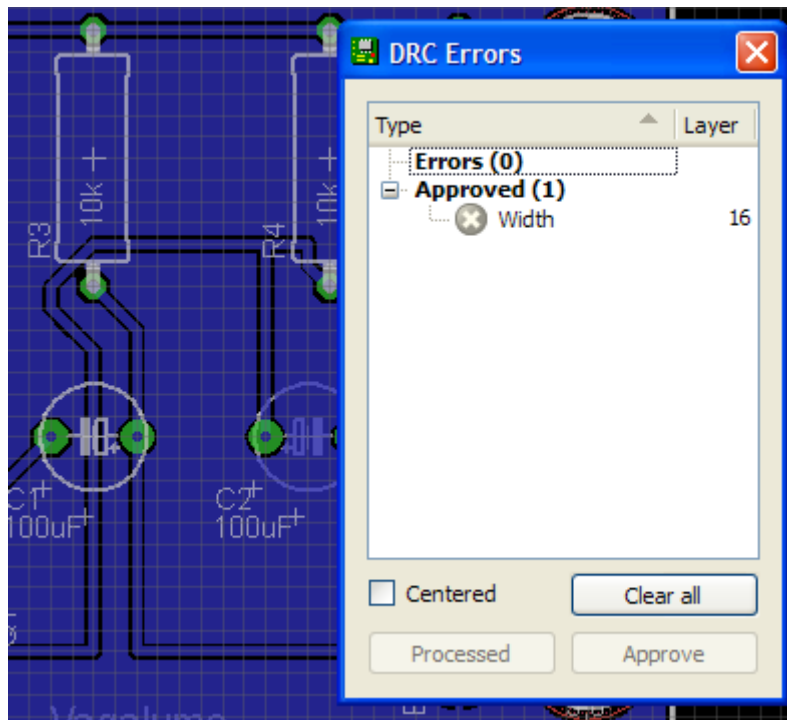
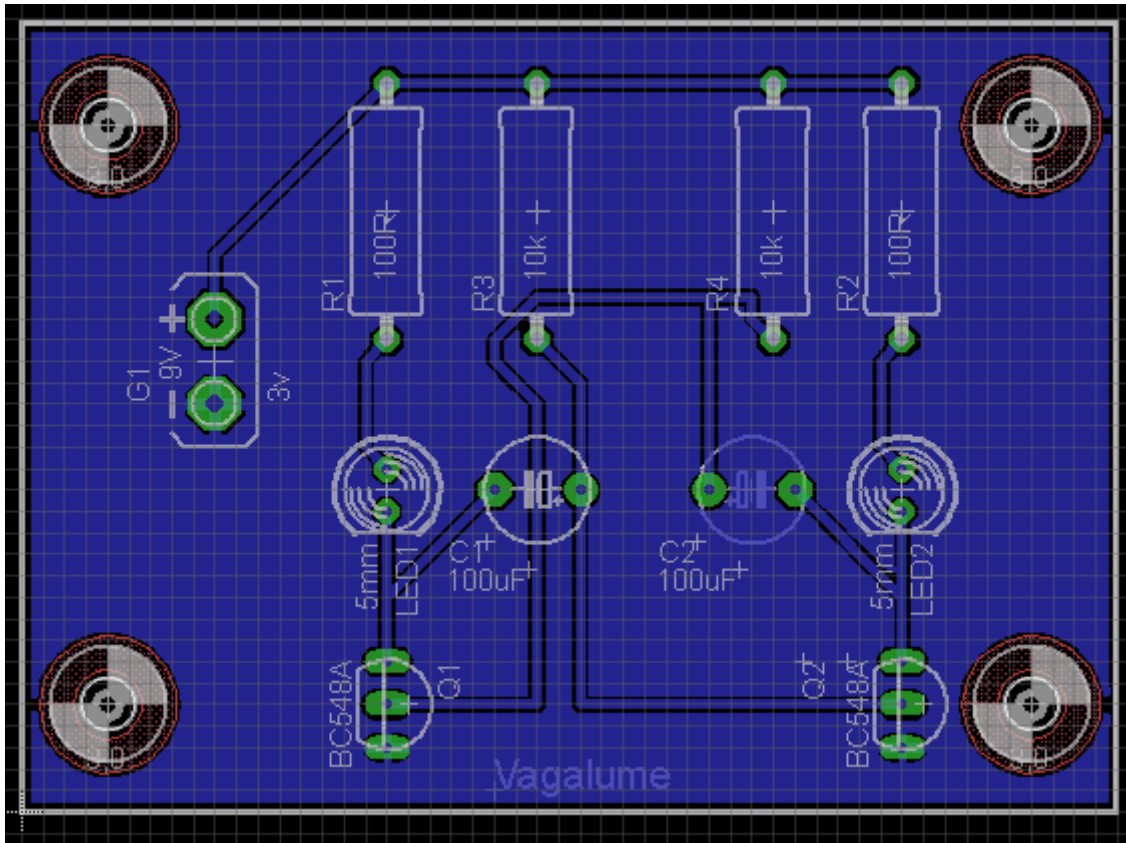
diagonais: / ou \

qualquer um: *

Vamos optar pelo direcionamento vertical, mas outras tentativas podem ser feitas no sentido de verificar o melhor resultado.

Depois de concluídos os ajustes dos parâmetros é só clicar em OK.

Depois de concluído o roteamento verificar se ocorreram erros, clicando no botão *Errors*.



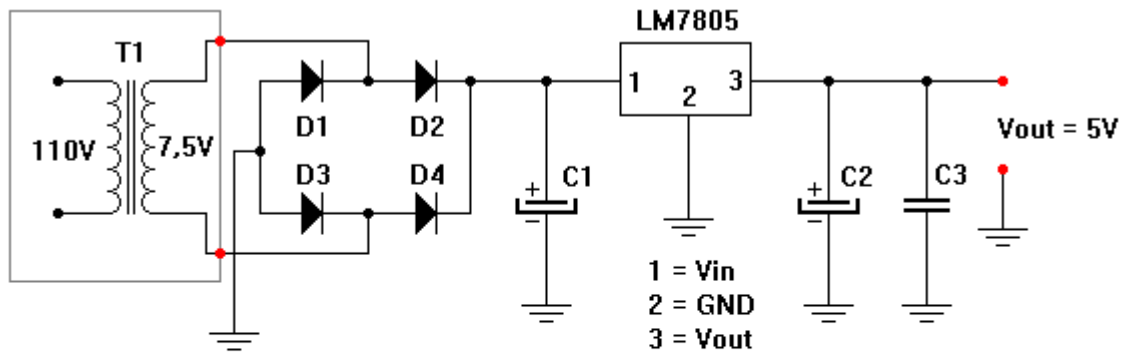
A mensagem mostra que não ocorreram erros no processo de roteamento automático.

Observe que aparece a informação de que o erro ocorrido anteriormente é mencionado como aprovado "Approved".

PROJETO A PARTIR DO BOARD

Vamos executar um projeto de confecção de placa de circuito impresso a partir do *Board*, isto é, sem o Schematic.

Vamos desenhar a placa de circuito impresso do esquema abaixo:



D1 = D2 = D3 = D4 = 1N4001

C1 = 1.000uF / 16V

C2 = 100uF / 16V

C3 = 10nF / 16V (SMD)

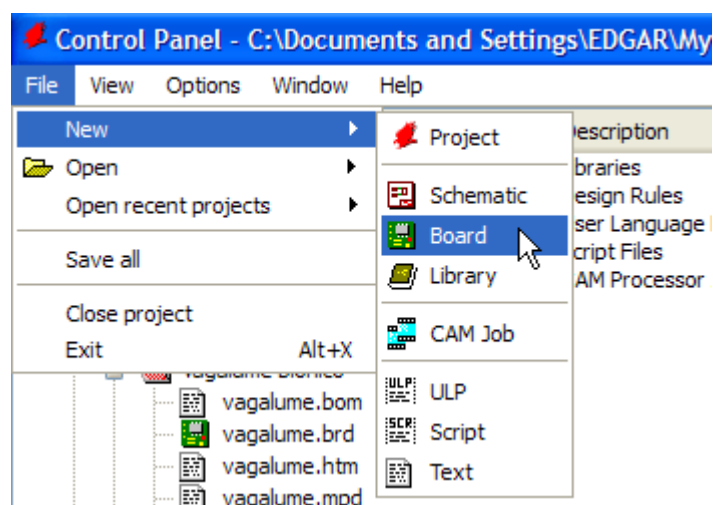
Trata-se de um regulador eletrônico com o CI 7805.

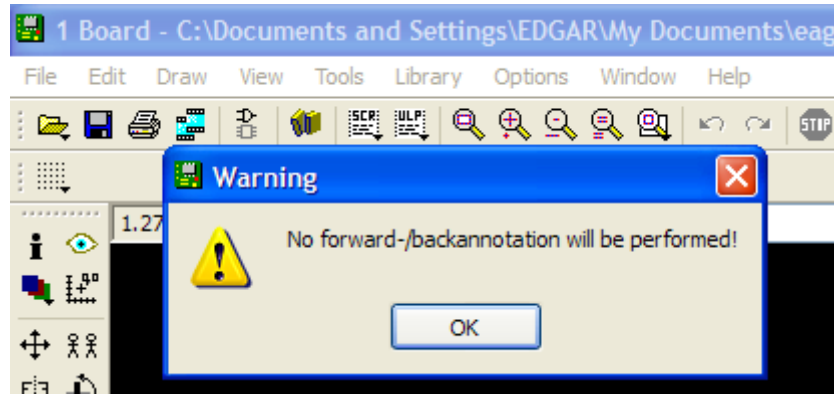
A placa deverá ter a dimensão de 4,6 x 3,6cm, sendo que o transformador ficará fora da placa e os pontos em vermelho correspondem aos conectores de entrada e saída.

Observe ainda, que o capacitor C3 é um componente SMD.

Procedimentos:

1 - abra o programa Eagle e em *File* escolha *New* → *Board*

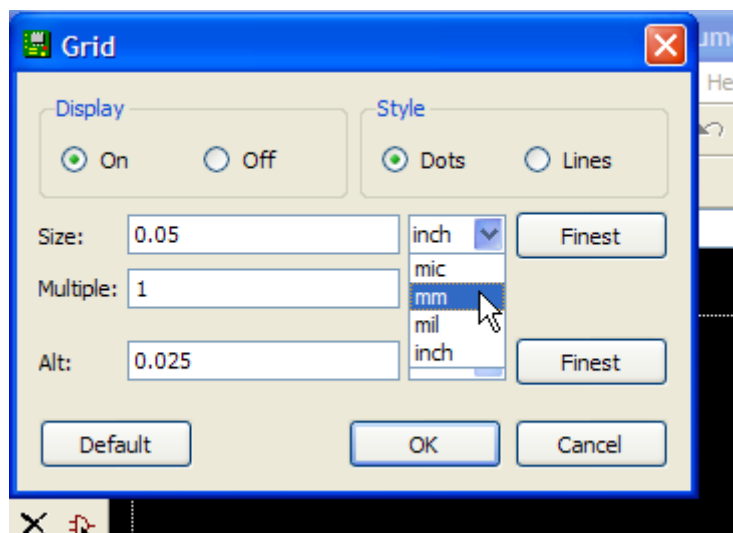




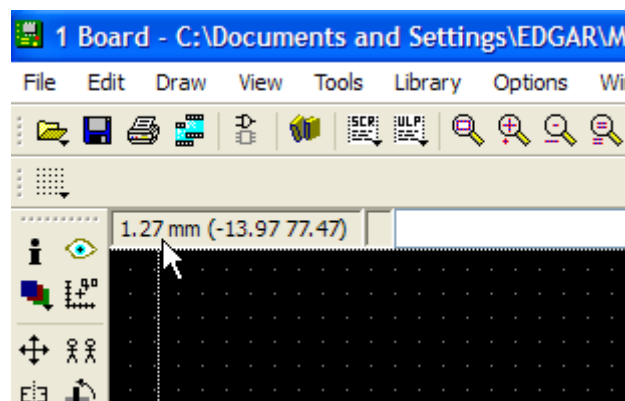
A informação acima aparece porque não estamos iniciando o Board a partir do Schematic, ou seja, as funções *forward-/backannotation* não serão executadas.

Essas funções tem a finalidade de atualizar qualquer alteração entre o Schematic e o Board. Click em OK

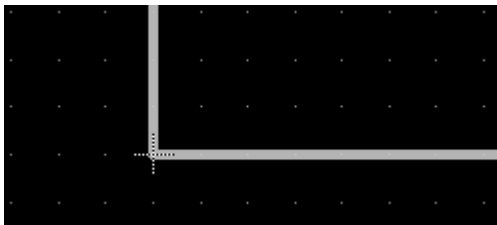
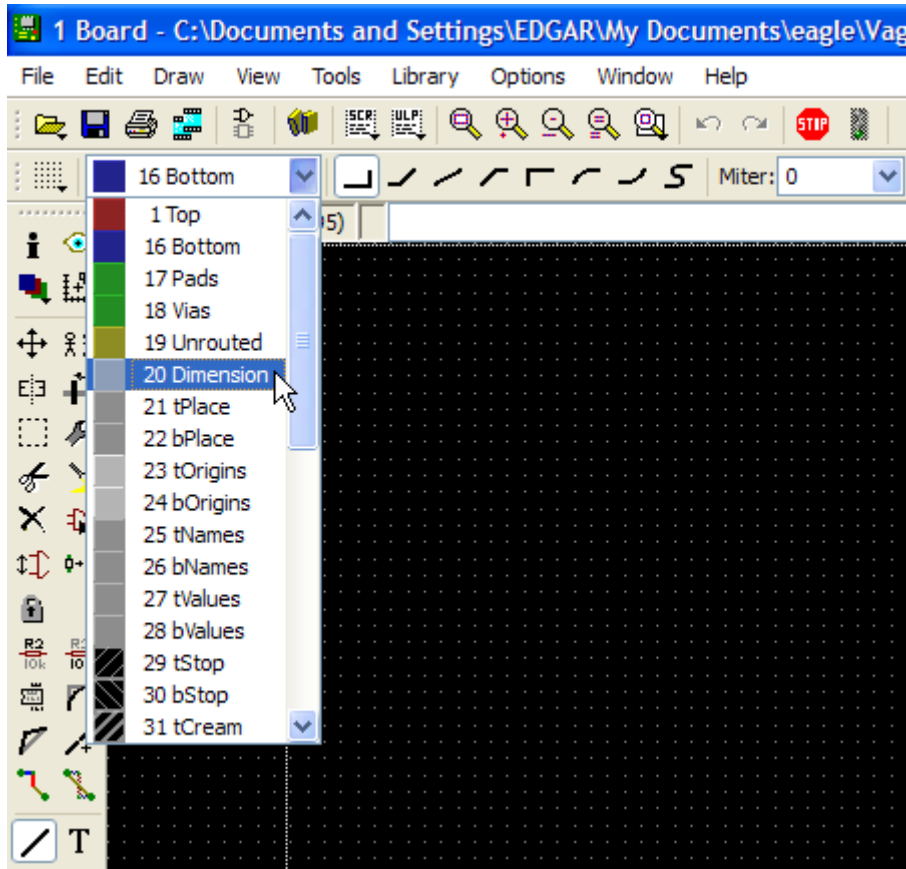
2 – em *Grid* altere as medidas para milímetros (mm), e habilite a opção Grid visível (Display On) e estilo (Style) Dots.



Observe que o referencial do Grid que era de 0.05inch passa para 1.27mm.



3 – clique no botão *Wire* e no layer *Dimension* e a partir do ponto de origem desenha a borda da placa: 46mm x 36mm (4,6cm x 3,6cm)

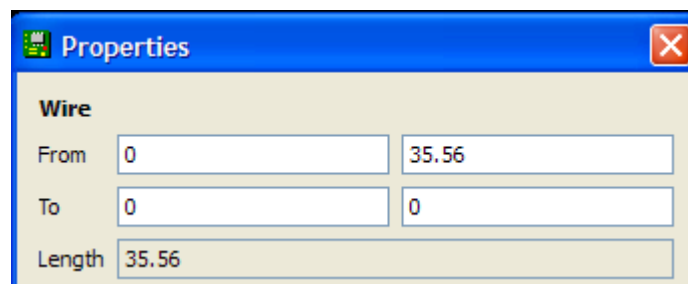


Devido as conversões dos sistemas métricos e do ajuste do Grid, foi obtida a dimensão de 45.72 x 35.56mm.

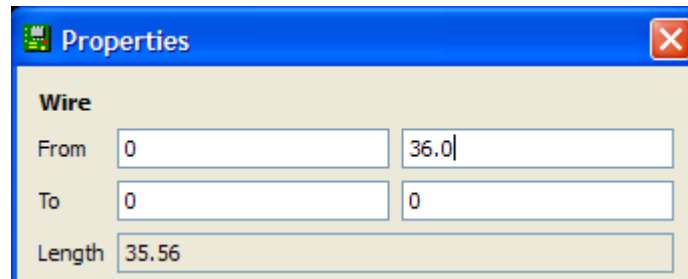
Como desejamos exatamente 46.0 x 36.0mm devemos fazer as alterações através da ferramenta *Info*.

4 – clique no botão *Info* e em seguida no ponto de origem da borda ($x = 0$ e $y=0$)

A caixa das propriedades mostrará a coordenada **y** From 0 to 35.56. Altere esse valor para 36.0 e clique *Apply*



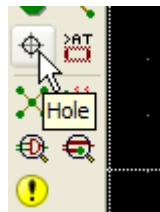
Length = comprimento



5 – proceda de forma idêntica para os demais cantos, lembrando que nas coordenadas y devemos ter 36.0 (esquerda e direita) e em x devemos ter 46.0 (inferior e superior).

6 – seguindo o esquema clique em *Add* para adicionar os packages.

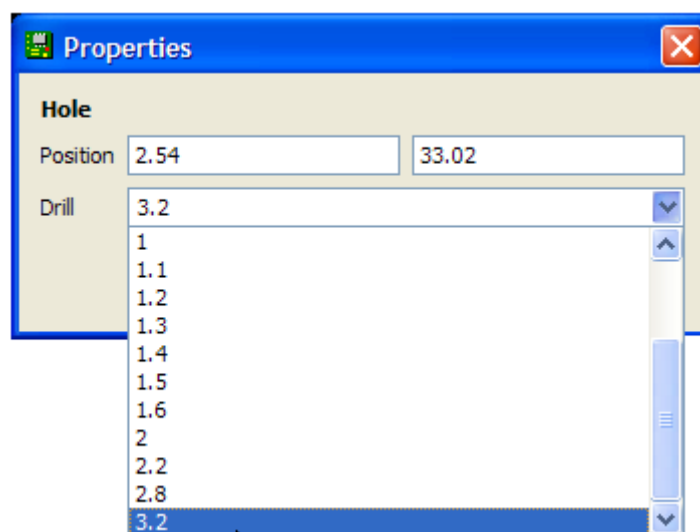
7 – clique no botão *Hole* e posicione quatro furos para a fixação da placa.



8 – clique no botão *Info* e nos furos posicionados na placa.

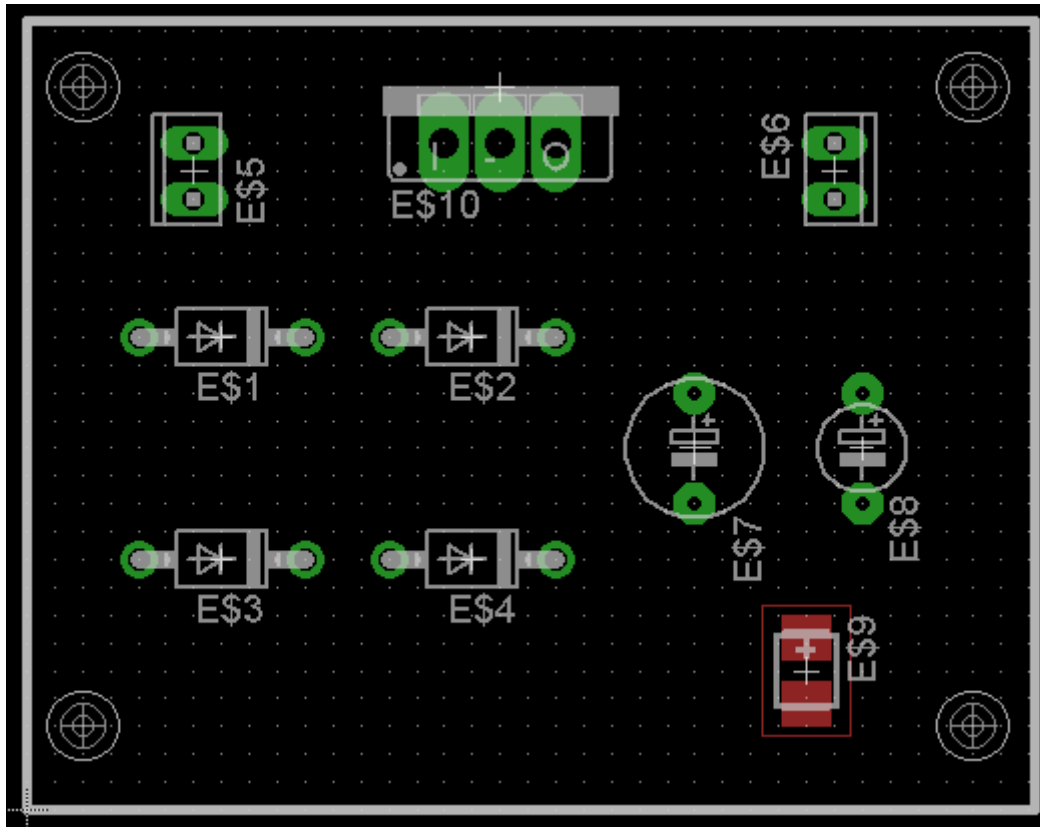
9 – ao abrir a caixa *Properties* ajuste o *Drill* (diâmetro da broca) para 3.2

Lembrar que o *Grid* foi ajustado para mm, portanto, a unidade de medida do diâmetro da broca é 3.2mm



Neste projeto foram escolhidos os *Packages*:

diodos → DO41-7
C1 → E5-6
C2 → E5-4
C3 → CT3528 (SMD)
LM7805 → 78XXS_
Conectores de entrada e saída → 10X02MTA

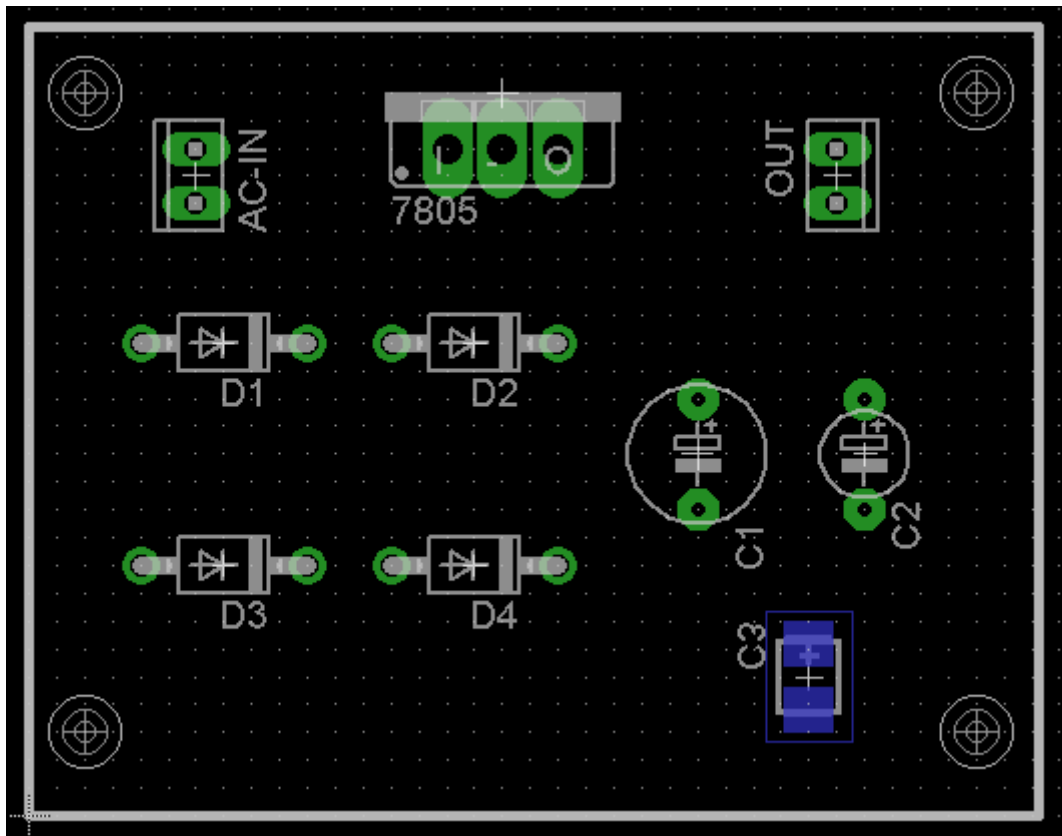


10 – clique no botão Name e nomeie todos os componentes da placa:

E\$1 = D1
E\$2 = D2
E\$3 = D3
E\$4 = D4
E\$5 = AC-IN
E\$6 = OUT
E\$7 = C1
E\$8 = C2
E\$9 = C3
E\$10 = 7805

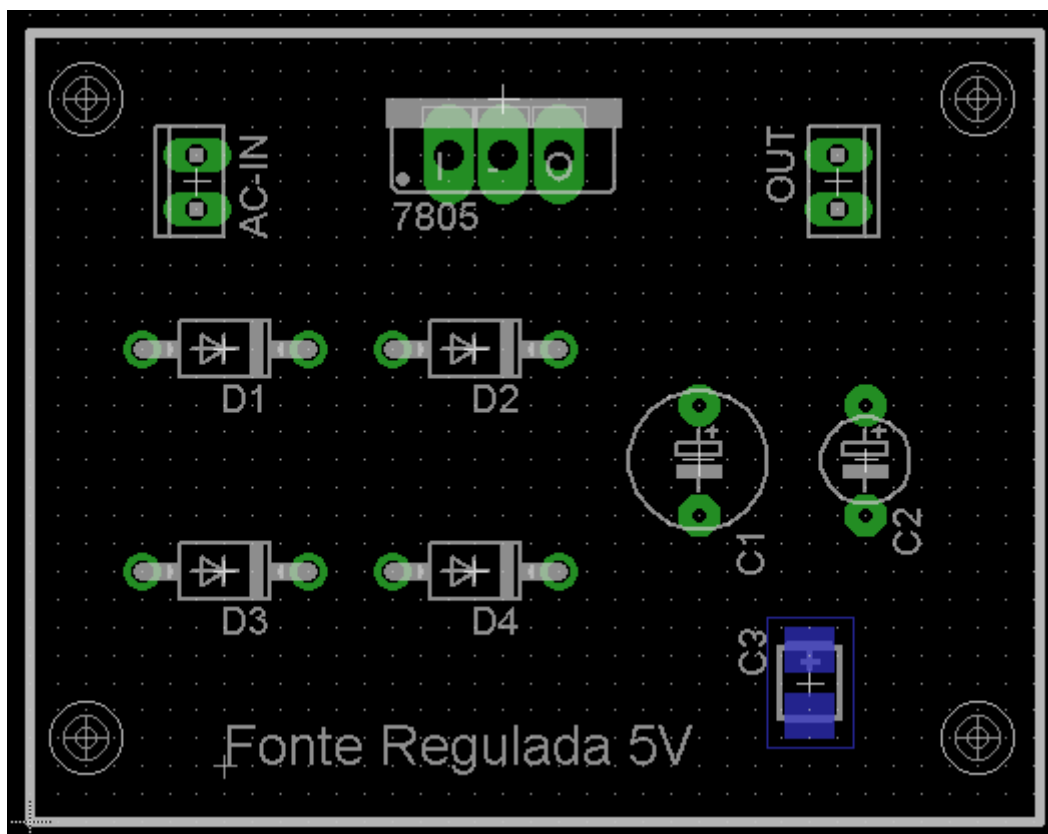
Observe que o *Package* SMD referente ao C3 está com outra cor, pois automaticamente ele é inserido no layer Top.

Como utilizaremos uma placa de face simples, para corrigir devemos espelhar o componente, clicando no botão *Mirror* e em seguida sobre o componente.



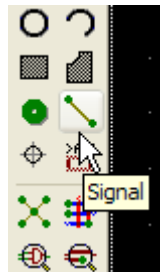
Observe que o Package do C3 já está espelhado para o lado da solda (layer Bottom).

11 – coloque um nome no projeto: Fonte Regulada 5V, no layer *tNames*.

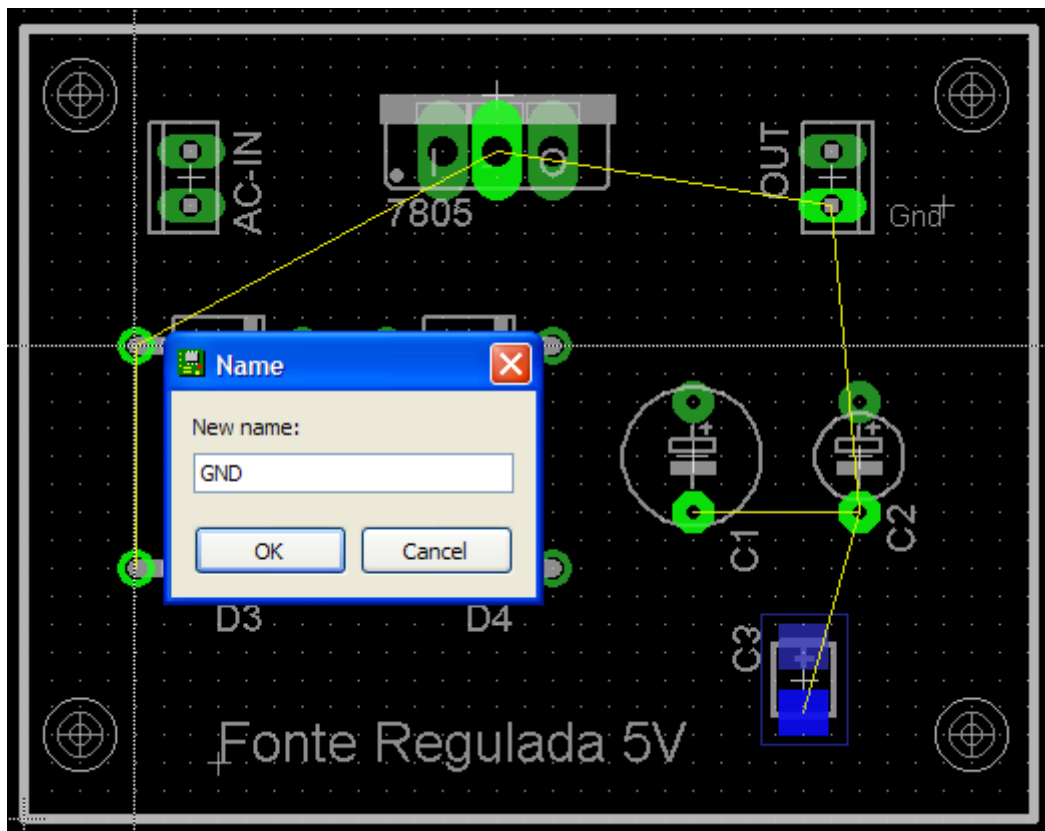


12 – o próximo passo é a criação das “nets” com o auxílio da ferramenta *Signal*.

Para criar as “nets” utiliza-se a ferramenta *Signal*, que serve para estabelecer uma conexão elétrica entre os componentes. Em outras palavras, essa ferramenta serve para traçar as “nets”.



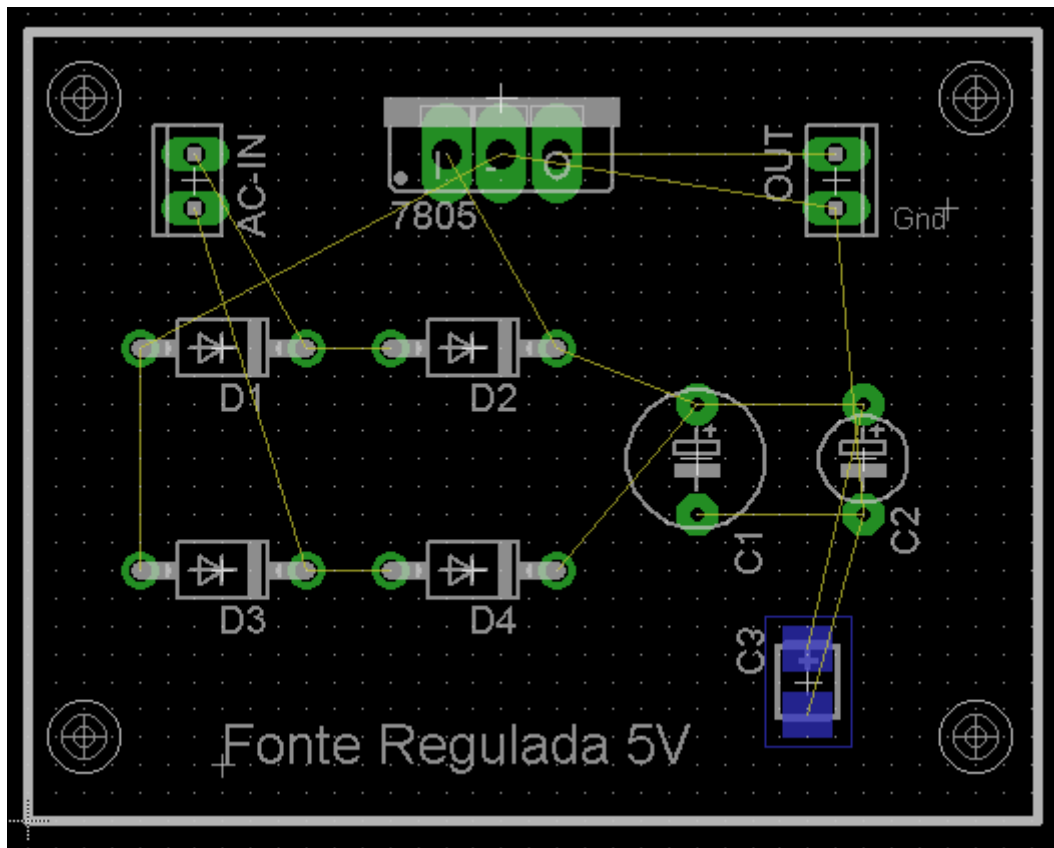
A figura abaixo mostra a net do GND devidamente nomeada. Esse procedimento deverá ser adotado também para o VCC (pino 3 do LM7805 para o conector de saída).



Observe ainda que, o conector OUT tem o seu terminal inferior ligado ao GND e para isso o terminal inferior foi nomeado como Gnd no layer *tNames*, objetivando deixar bem claro o posicionamento das polaridades no conector de saída.

Sempre que traçar alguma “net” é aconselhável clicar no botão *Ratsnest* para a atualização.

A figura a seguir mostra as "nets" interligadas.



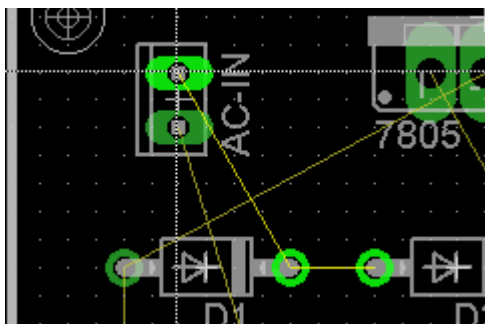
13 – clique no botão *Route* e trace as trilhas.

Não traçar as trilhas do terra, pois será feita a interligação através da área de cobre (copper area ou chapado).

Atenção: traçar as trilhas no layer *Bottom*, ajustando a largura da mesma para 1.016mm.

Observações:

Ao iniciar o traçado de uma "net" verifique sempre suas conexões através da mudança da cor dos "pads".

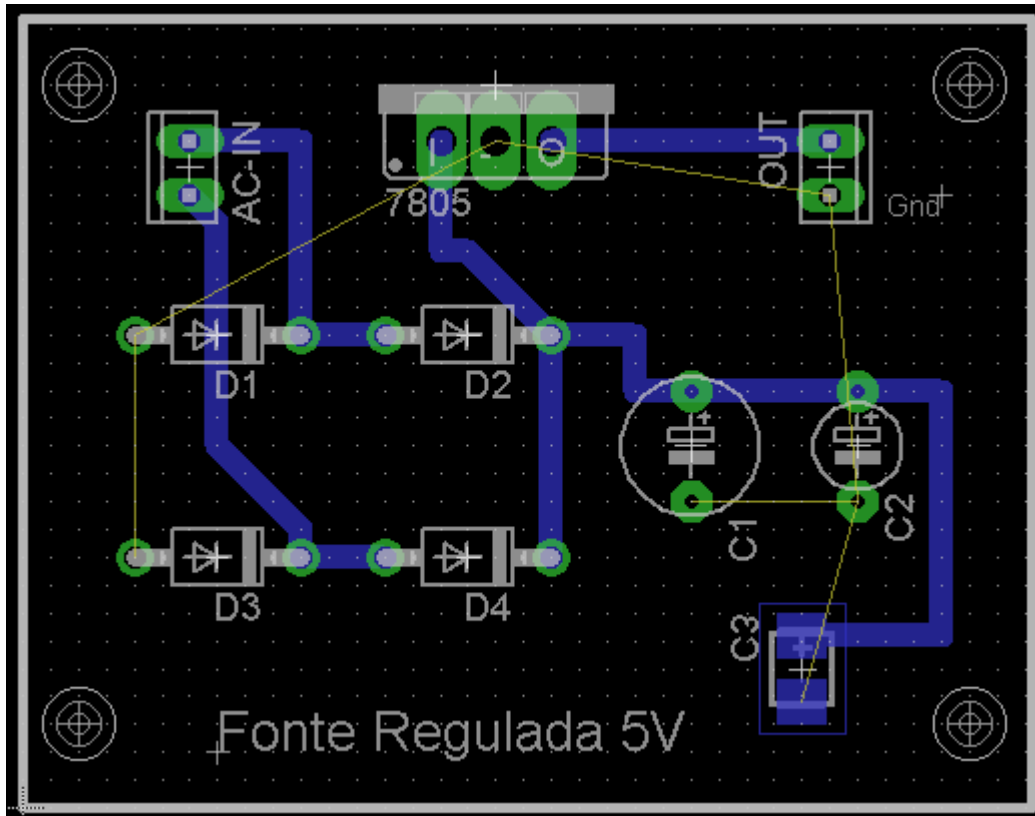


Observe na figura ao lado que os pontos que formam a "net" a partir do terminal superior de AC-IN são constituídos pelo catodo e anodo de D1 e D2 respectivamente.

Veja que estes pontos estão com uma cor verde mais clara.

Para terminar a ligação entre pontos de uma "net" é só clicar com o botão esquerdo do mouse.

A figura abaixo mostra as trilhas interligadas com exceção dos pontos comuns de terra.



Vamos interligar todos os terras com a área de cobre (chapado).

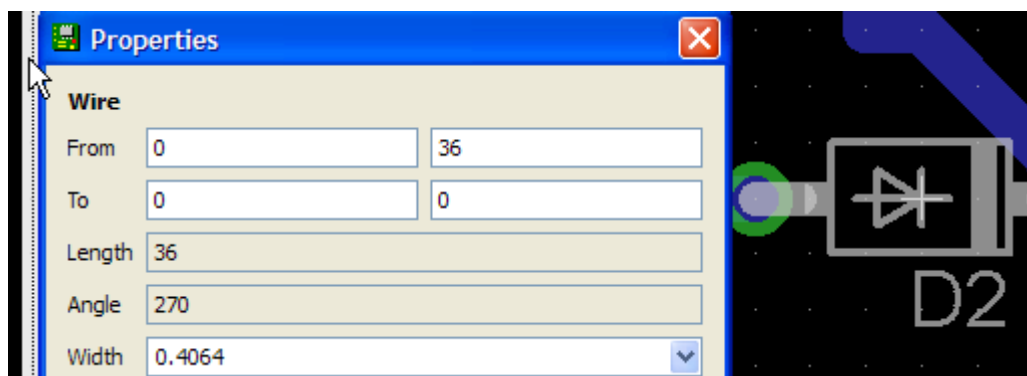
14 – com a ferramenta Polygon trace um polígono cobrindo a área da placa.

Dica:

Ao traçar o polígono procure sempre utilizar a mesma largura da linha que foi utilizada na borda.

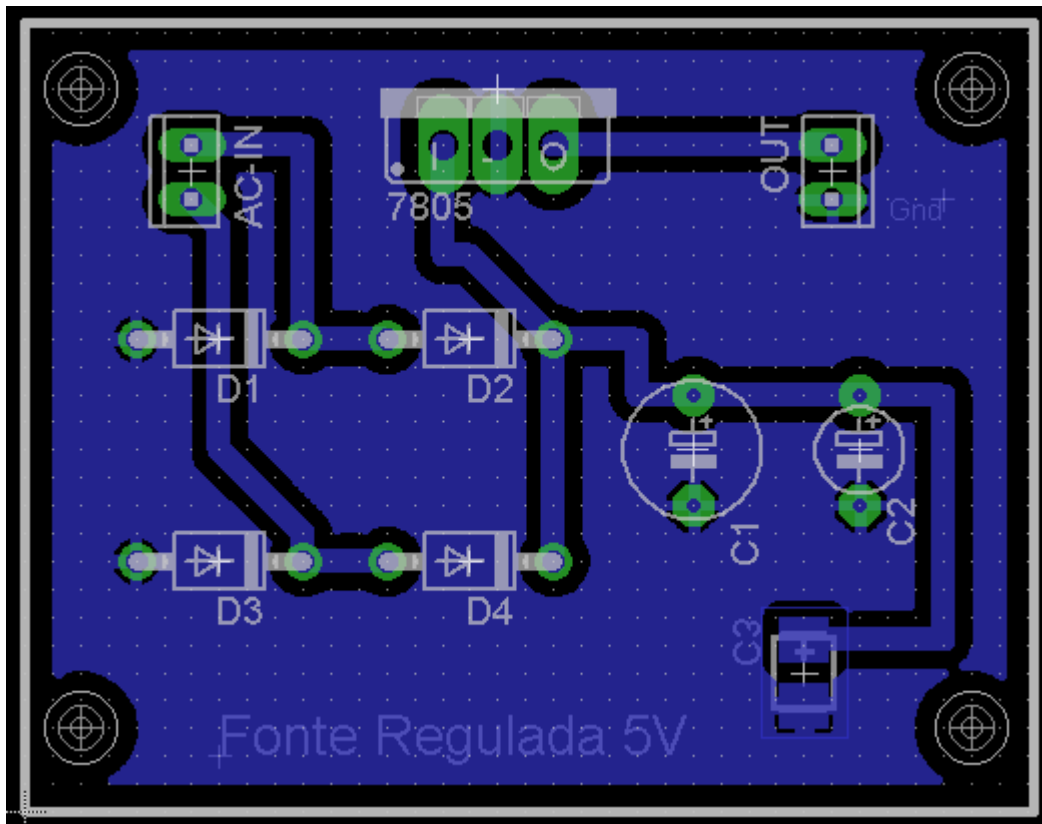
Se você clicar em *Info* e na linha da borda obterá essa informação.

No nosso projeto adotaremos a largura de .04064mm que é a mesma largura da borda.

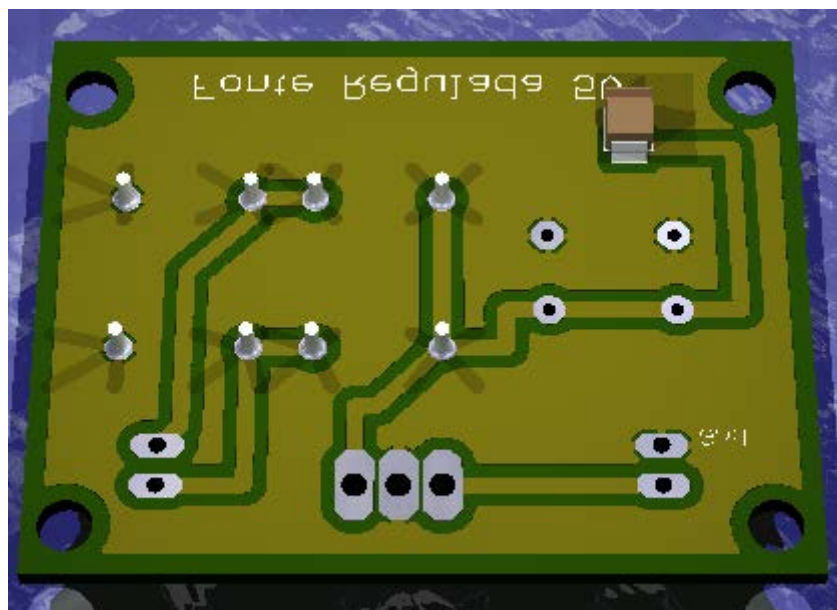


A figura abaixo mostra a placa terminada. Os parâmetros adotados foram:

Isolate: 0.8128mm
Spacing: 1.27mm

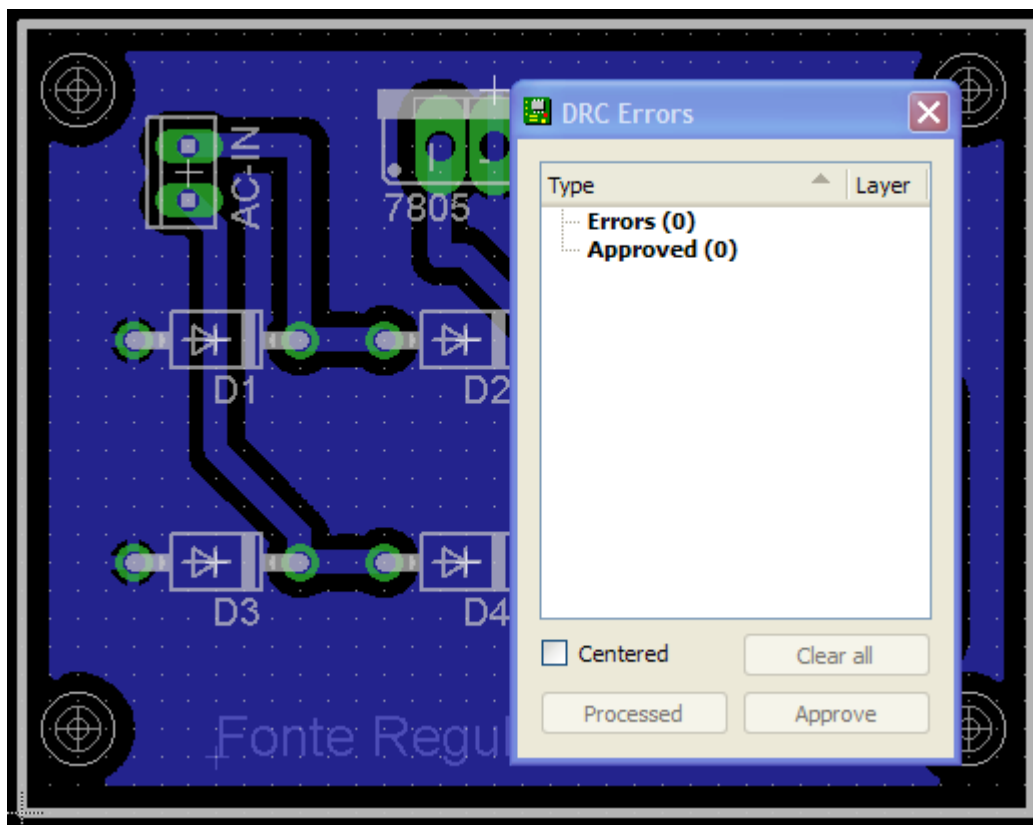


A figura abaixo mostra o aspecto da placa do lado da solda, gerada em 3D pelo programa Eagle 3D e visualizado pelo programa POV-Ray.

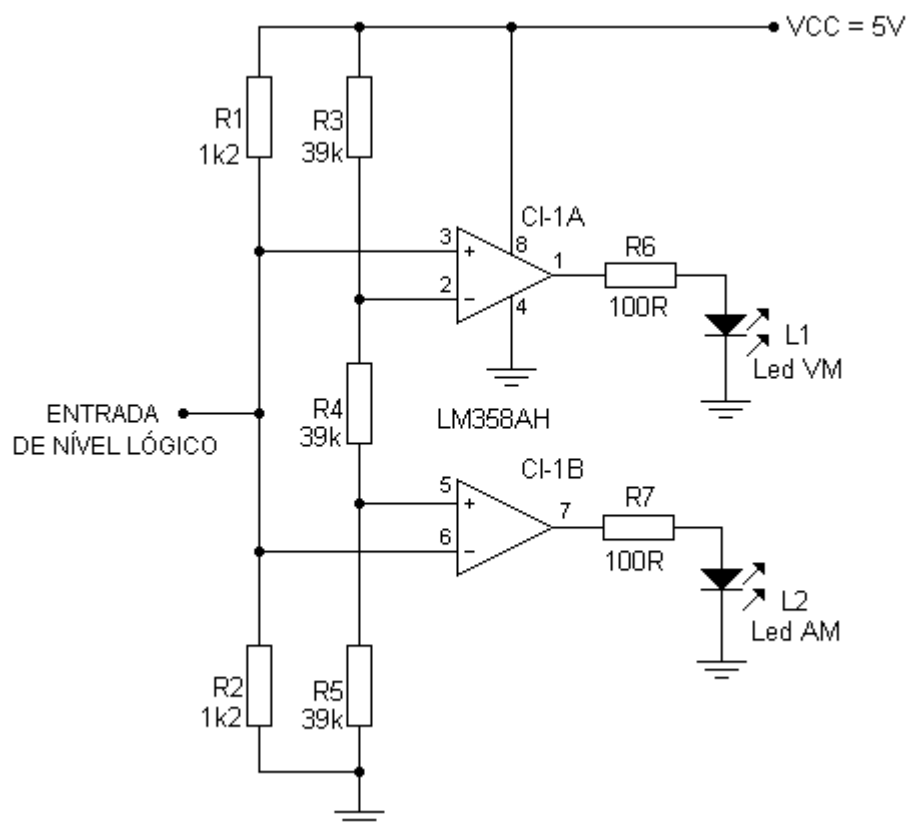


Observe que o capacitor C3 (SMD) está do lado da solda.

Finalmente, a verificação de possíveis erros.



PROJETO: DETECTOR DE NÍVEL LÓGICO



O projeto consiste em construir uma placa de circuito impresso para o circuito em questão.

Trata-se de um detector de nível lógico, ou seja, quando na entrada for aplicado nível lógico 1 o led vermelho acenderá e o led amarelo ficará apagado.

No caso de ser aplicado nível lógico 0, ocorre o contrário, ou seja, o led amarelo acenderá enquanto que o led vermelho estará apagado.

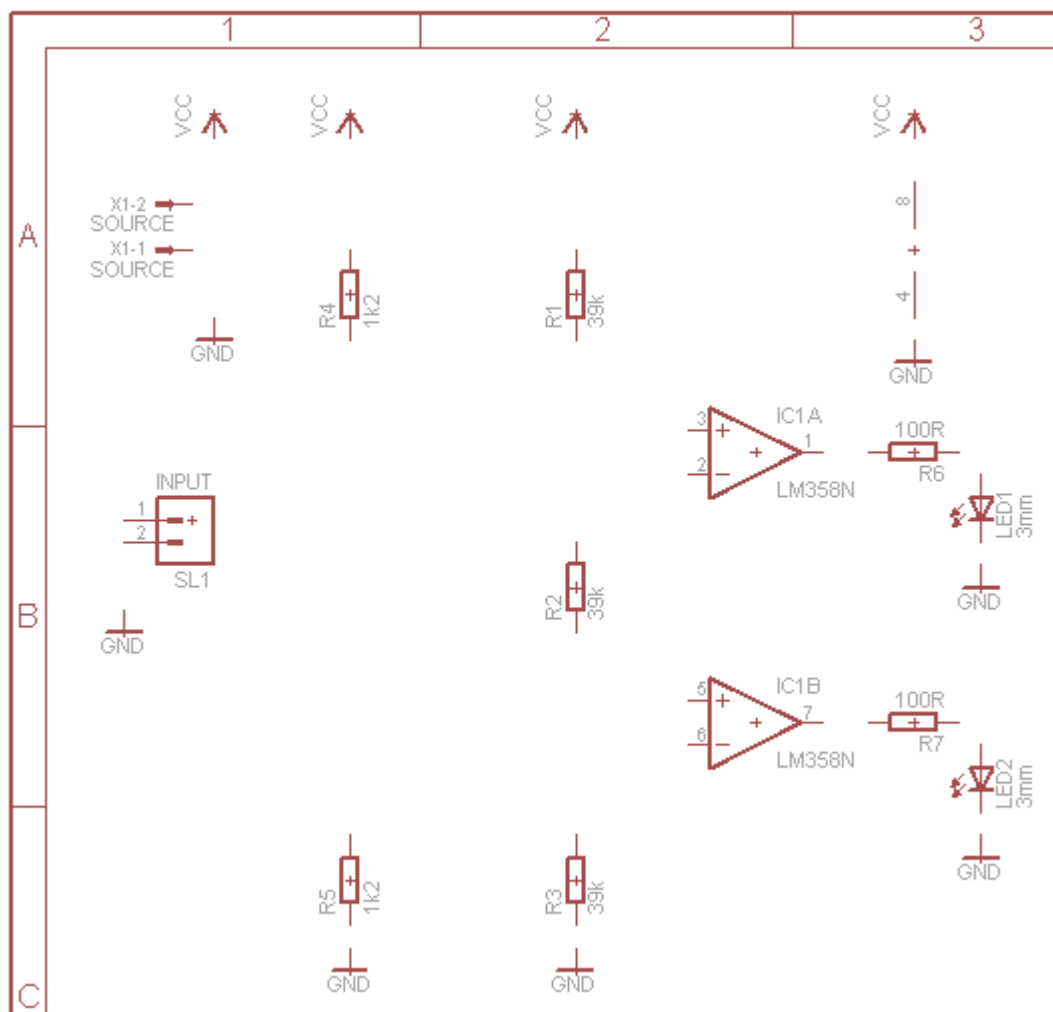
O primeiro passo é construir o esquema.

Abrir o programa Eagle → (File – New – Project)

Nomear o projeto como Detector de Nível Lógico

Utilizando os procedimentos anteriores, desenhe o esquema escolhendo o *Package* compatível para cada componente. Vamos construir uma placa de circuito impresso de face simples.

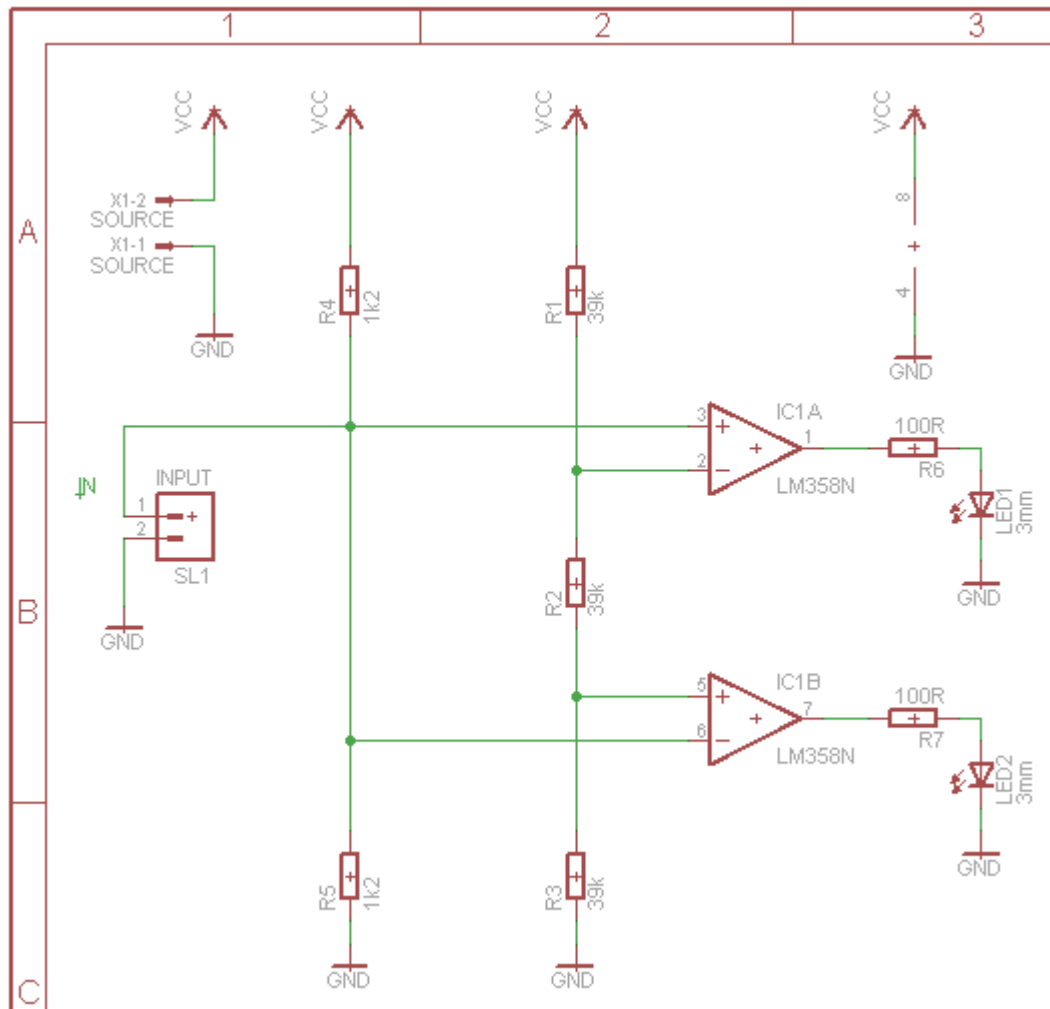
A figura abaixo mostra os componentes na área de trabalho com os respectivos valores e nomes.



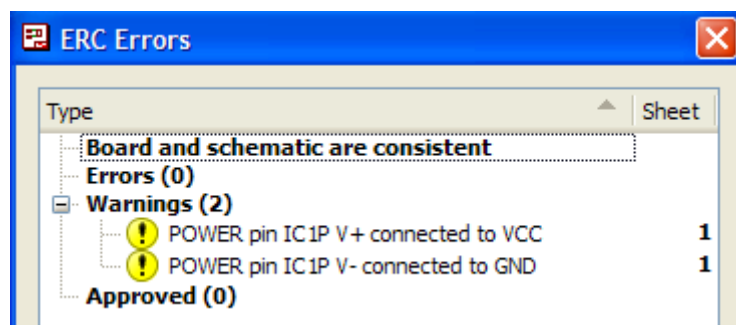
Salvar o esquema como *Detector N. Lógico*

Packages usados:

moldura – A4L-LOC
LM358N – DIL08
Resistor (símbolo europeu) – 0204/7
Led – Led3mm
Conector VCC (X1-1/X1-2) – KK156-2
Conector de entrada de sinal (SL1) – 02P

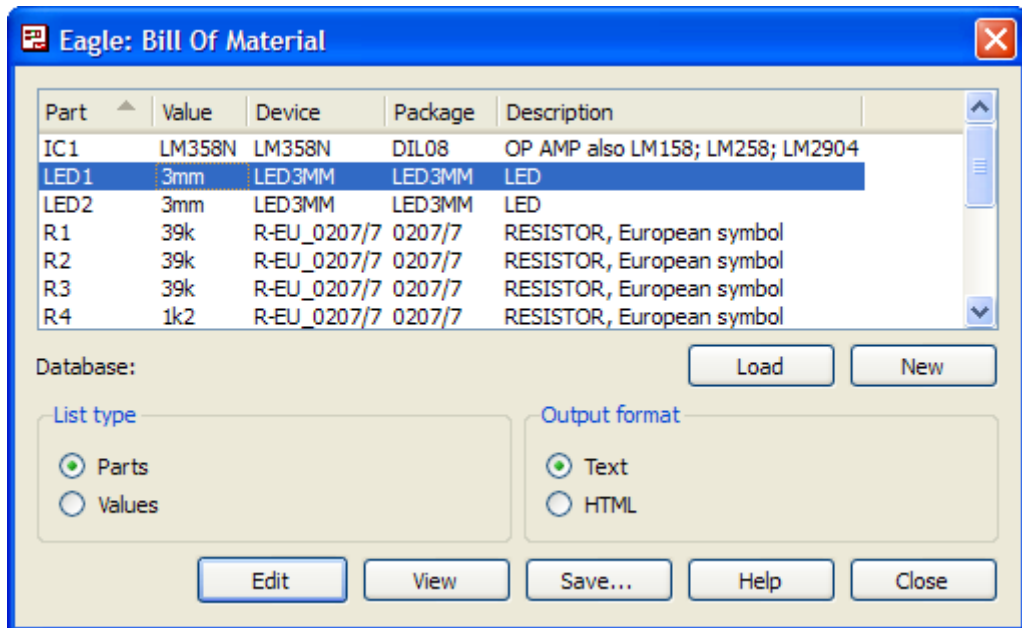


A figura acima mostra as conexões com a ferramenta Net
A figura abaixo mostra o Erc (Electrical Rule Check)



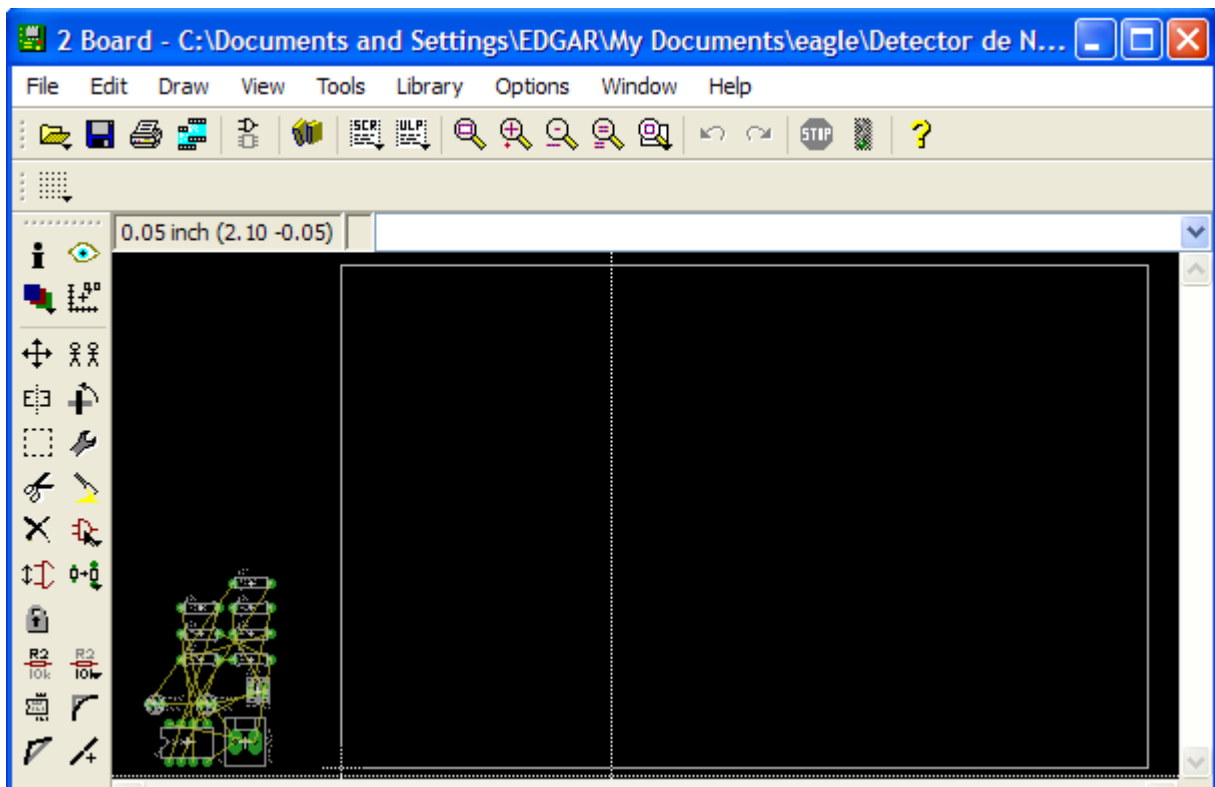
Interpretando as informações do ERC: não existem erros, apenas 2 avisos:

→ conexões do VCC e GND com os pinos correspondentes do circuito integrado (é exatamente isso que queremos). Veja na figura abaixo a lista de materiais, salva como Detector N. lógico.bom



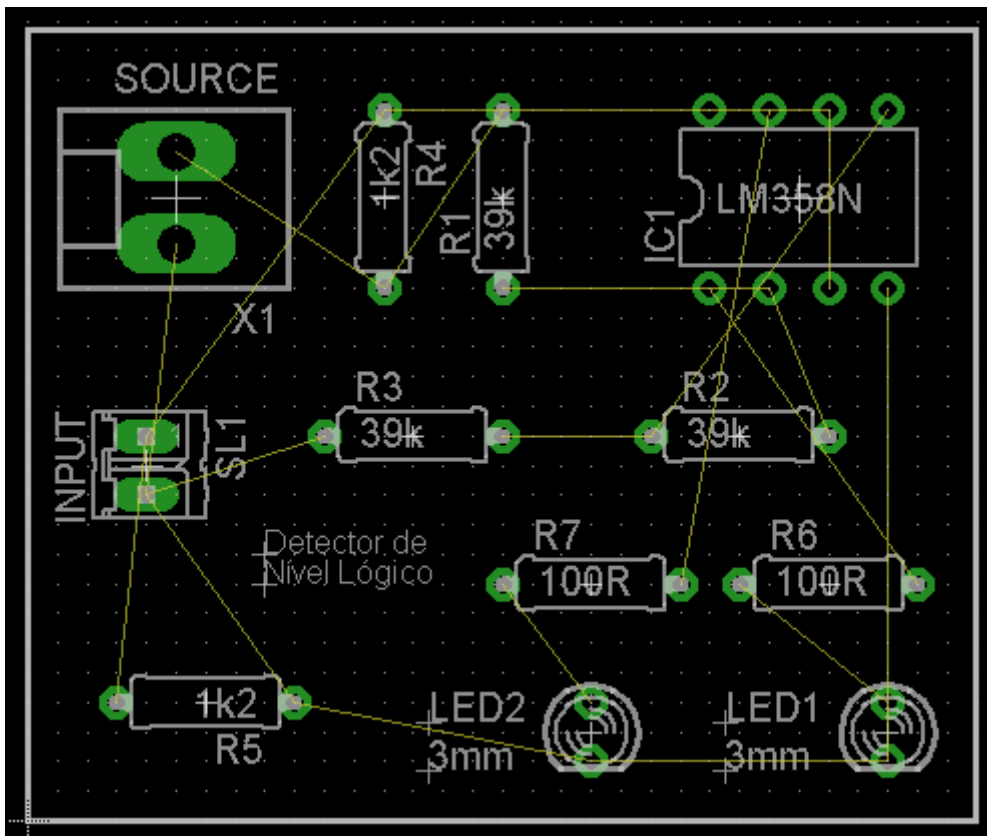
Podemos então considerar o esquema finalizado.

Partiremos agora para a confecção da placa de circuito impresso, clicando no botão Board e em OK para salvar o arquivo dentro do projeto Detector de Nível Lógico.

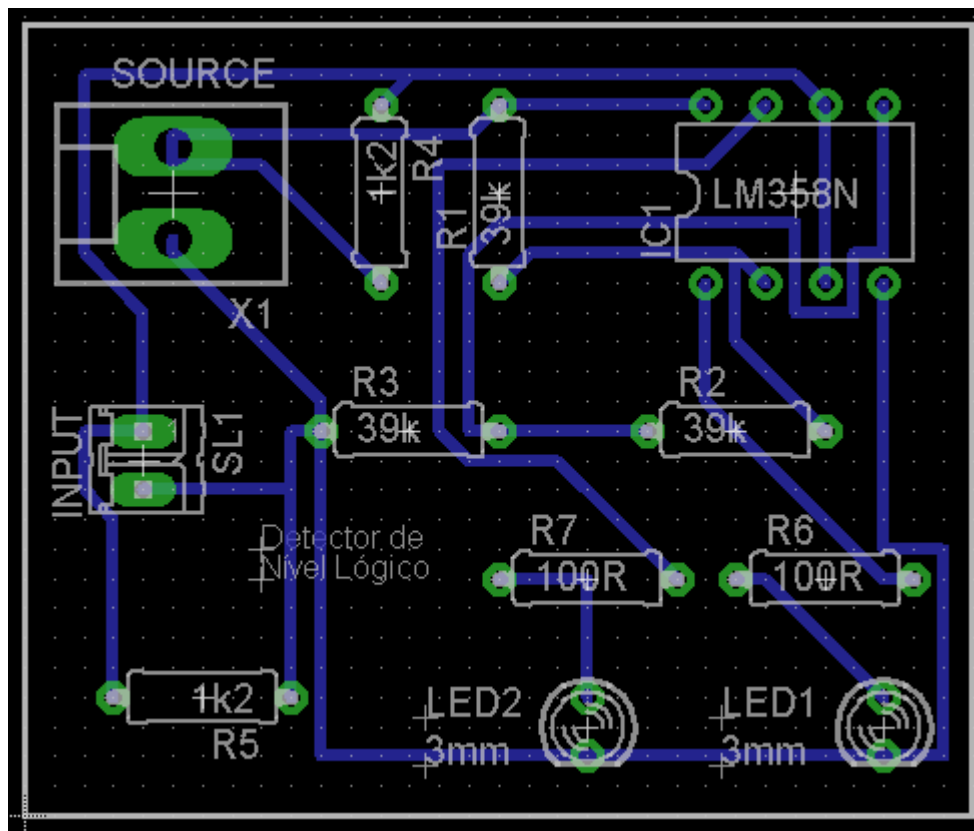


A figura a seguir mostra os componentes posicionados dentro da área da placa de circuito impresso.

A largura da borda foi ajustada em: width = 0.01inch



A figura abaixo mostra a placa com o roteamento automático:

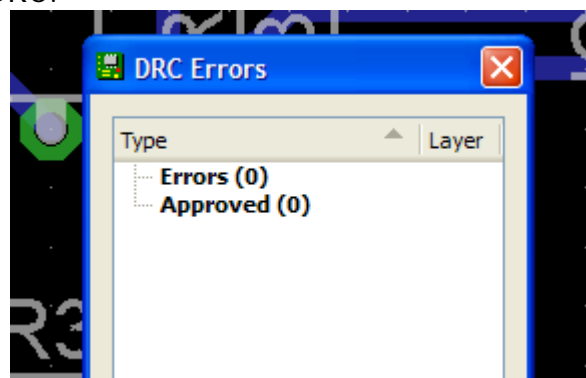


Configurações do DRC:

Clearance → 12mil
Distance → 16mil
Sizes → 20mil



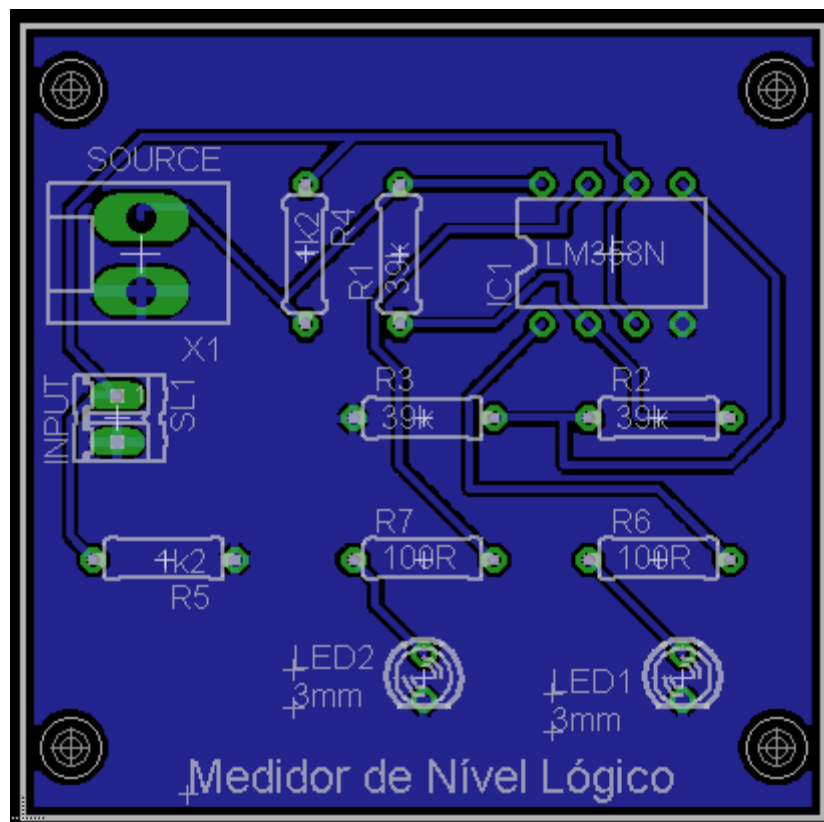
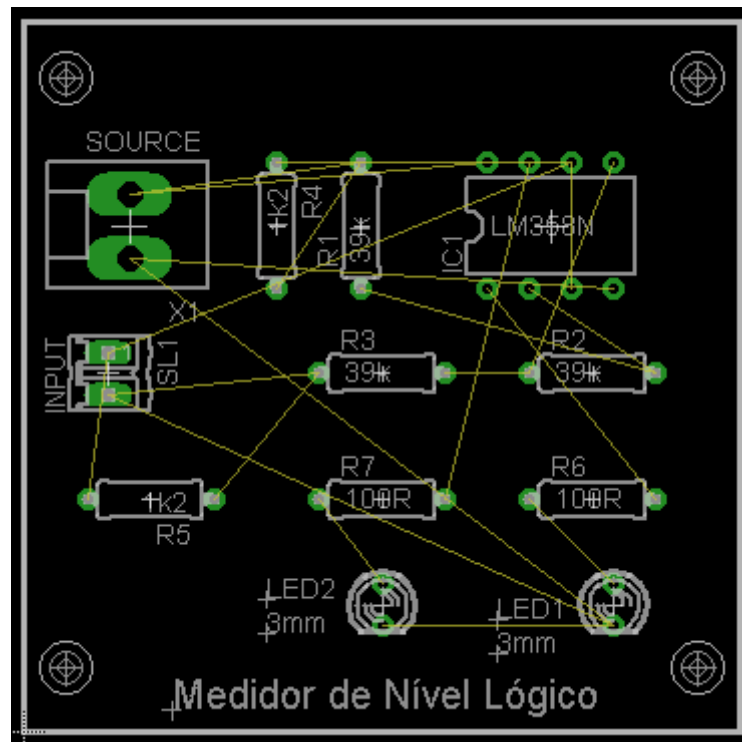
Acionando o DRC:



Dimensões da placa: 4 x 3,5cm aproximadamente.

O mesmo circuito roteado automaticamente com área de cobre (copper area ou chapado) para interligação dos pontos de terra.

Introduzir também os furos de fixação. Por isso as dimensões da placa serão levemente maiores.



Medidas da placa: 4,3 x 4,3cm

Parâmetros usados:

Configurações do DRC:

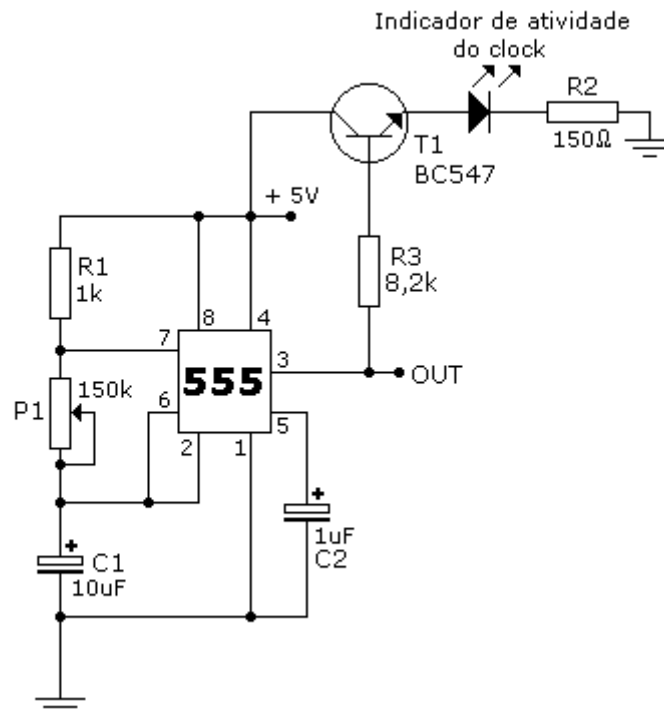
Clearance → 12mil
Distance → 16mil
Sizes → 20mil

Configurações do *Polygon*:

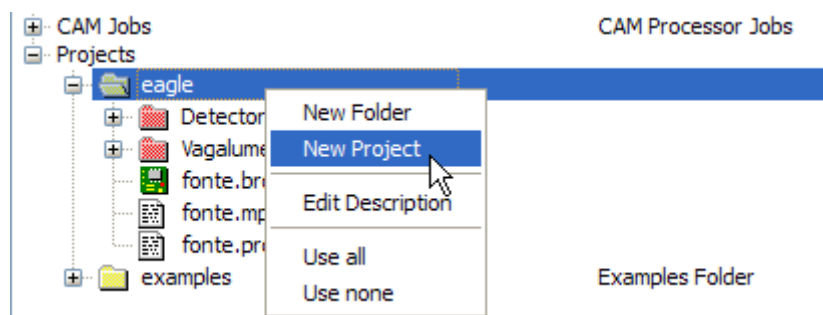
Isolate → 0.012
Spacing → 0.012

PROJETO - GERADOR DE CLOCK

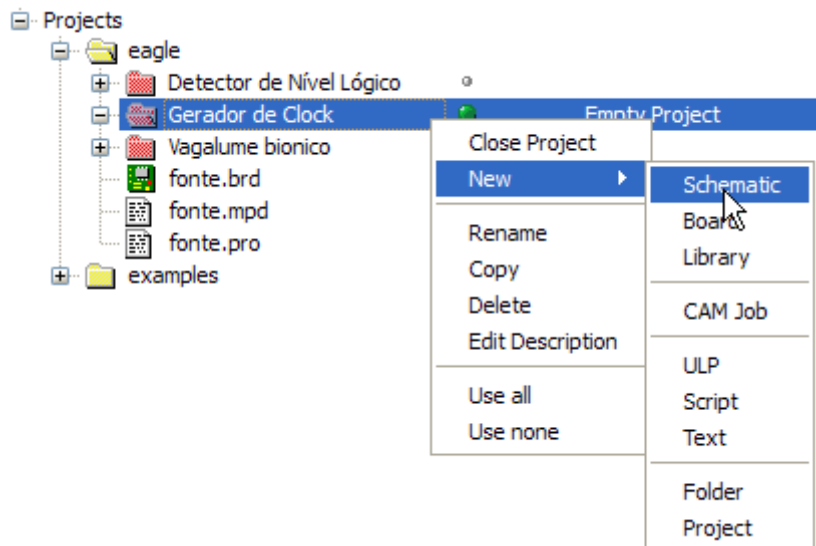
Desenvolver a partir do Schematic uma placa “dupla face” com componentes convencionais e SMD de um gerador de clock.



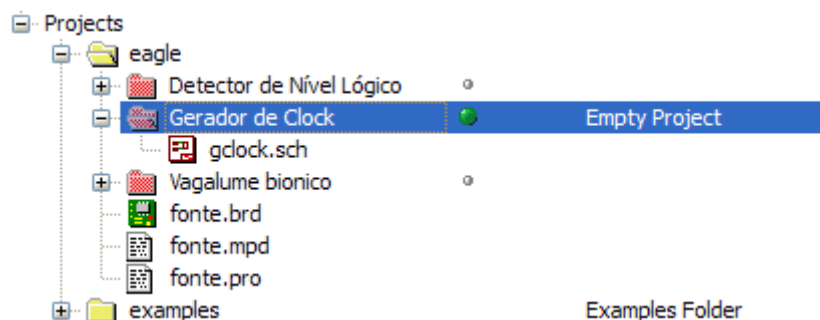
Vamos iniciar um novo projeto



Nomeie como Gerador de Clock



Ao abrir a área de trabalho do Schematic, salve como *gclock*



Posicionando os componentes.

Bibliotecas usadas e respectivos *Packages*:

resistores – R-US_M0805 – Package – M0805 (SMD)

capacitores – CPOL-USE2.5-5 – Package E2,5-5

transistor – BC547 – Package – TO92

circuito integrado – LM555D – Package – SO08

trimpot – TRIM_US-ST10 – Package – ST10

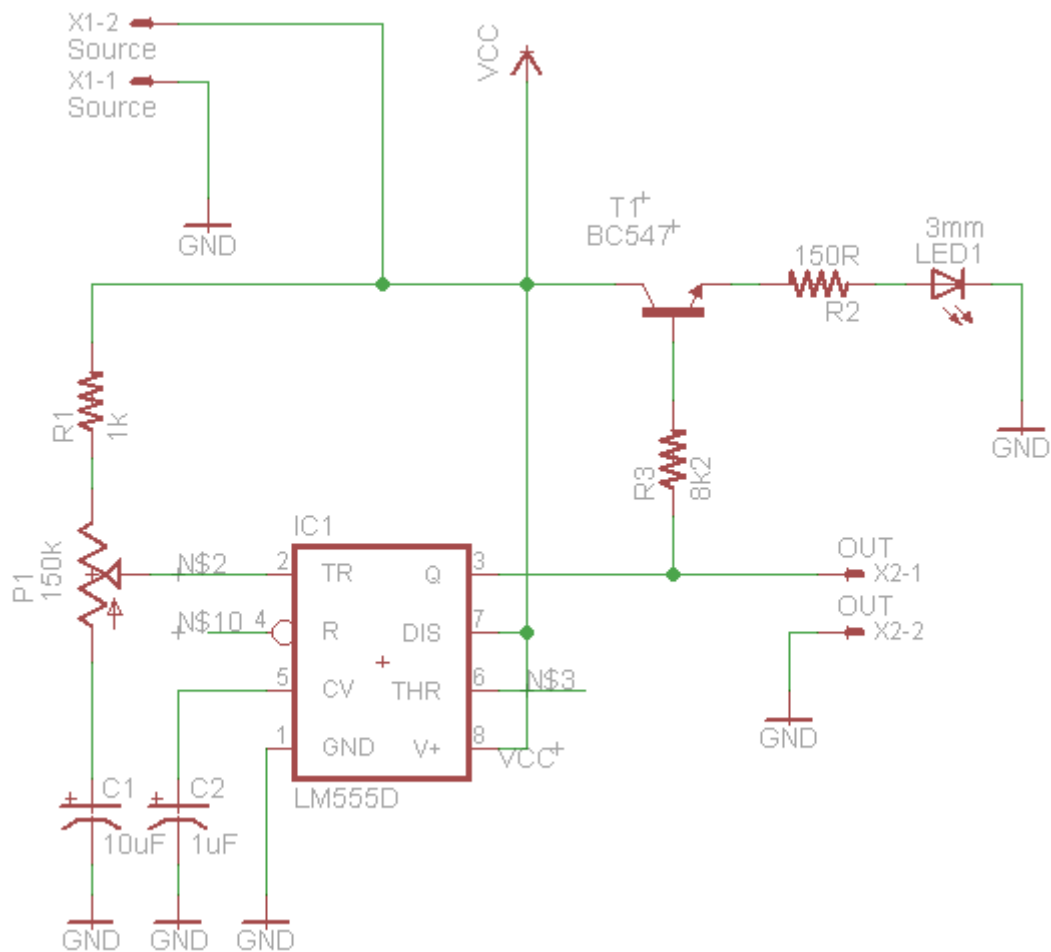
led – LED3mm – Package – LED3mm

conector de alimentação – KK-156-2 – Package – KK-156-2

conector de saída – KK-156-2 – Package – KK-156-2

A figura a seguir mostra os componentes posicionados e interligados.

Observe que os pinos 2 – 6 e 4-8 não existe uma ligação com fio, mas labels que identificam a "net".



Usando a ferramenta Label (rótulo):

Observe que ao invés de interligarmos os pinos 2 – 6 e os pinos 4 – 8, utilizamos um recurso para evitar a sobreposição de fios no esquema. Esse recurso é o uso da ferramenta *Label* que serve para identificar a “net”.



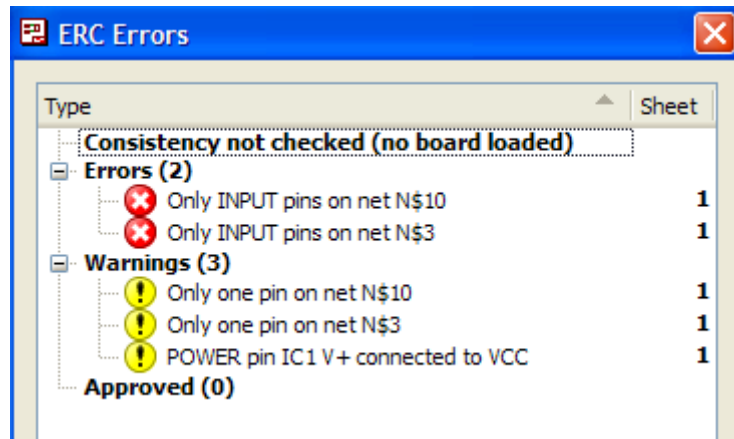
Por exemplo, ao invés de ligar o pino 6 com o pino 2, no pino 6 traçamos um pequeno segmento e colocamos um label. No pino 2 o procedimento é o mesmo.

Para colocar um label, clicar no botão *Label* e clicar sobre o fio de ligação (net). Automaticamente a “net” será identificada.

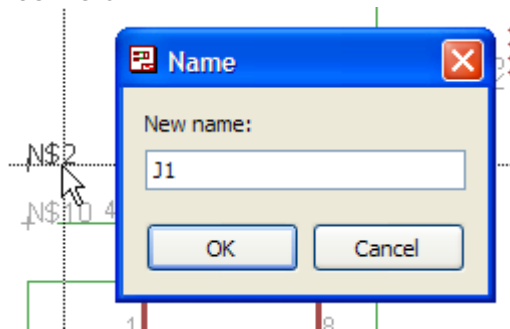
O mesmo procedimento deverá ser adotado para os pinos 4 – 8.

Como as “nets” são diferentes não ocorrerá interligação. Assim, devemos com a ferramenta *Name*, nomear essas “nets” com nomes iguais para que ocorra a ligação.

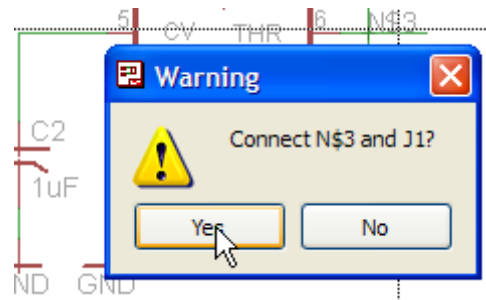
A figura abaixo mostra os erros de ligação em virtude da discordância dos nomes das “nets”.



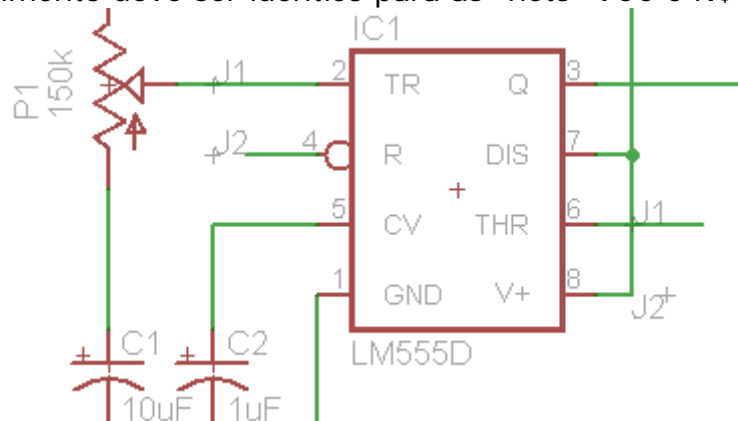
Clicar no botão *Name* e renomear as “nets” N\$2 e N\$3 como J1 (jumper 1) e as “nets” N\$10 e VCC como J2.



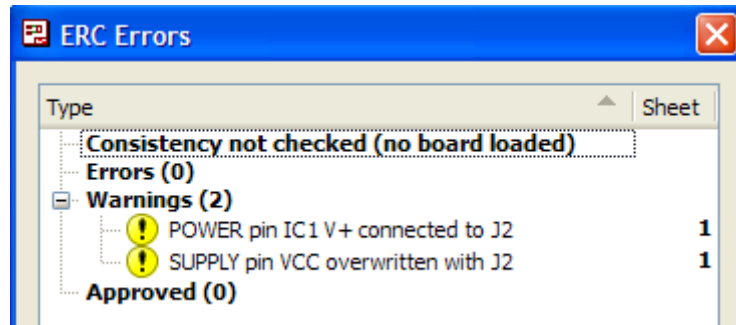
Ao renomear a “net” N\$3 será pedida a confirmação da interligação com J1.



O procedimento deve ser idêntico para as “nets” VCC e N\$10.

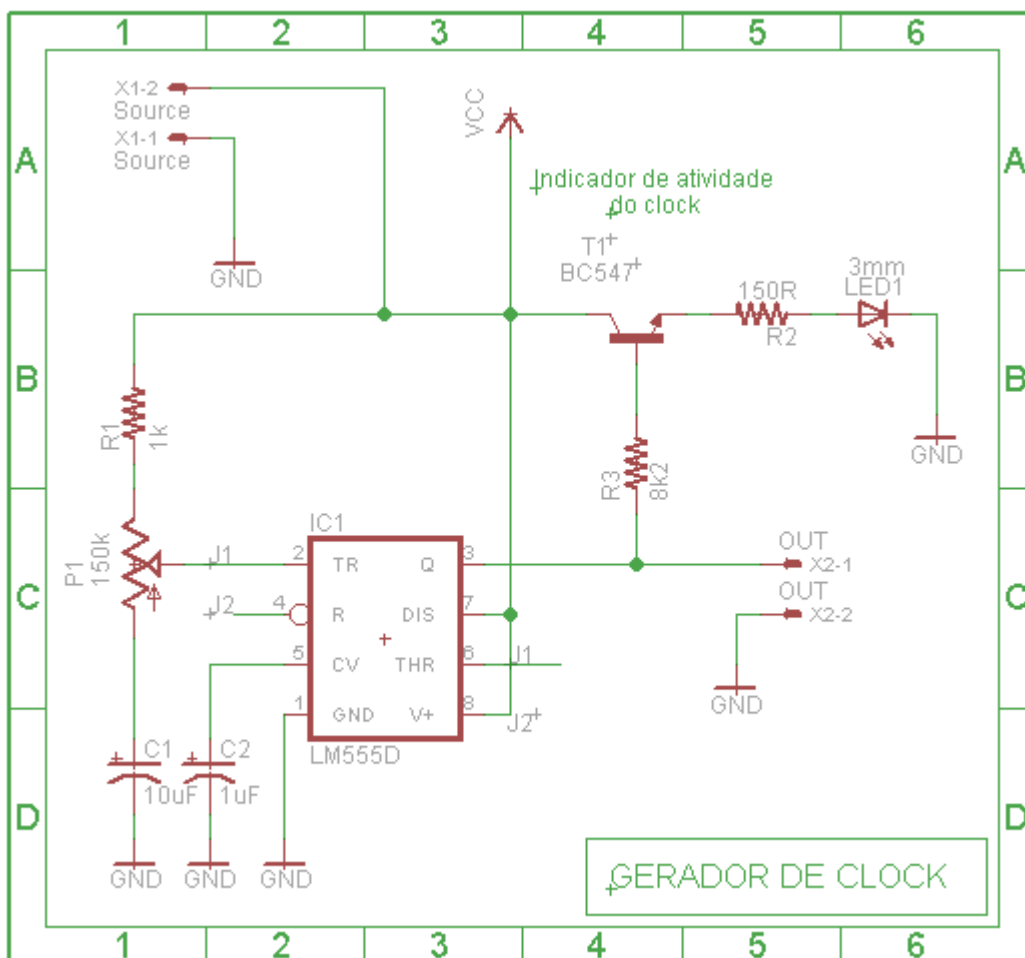


Verificando erros no Erc, a figura abaixo mostra apenas o aviso de interligação do VCC que é o que desejamos.



No caso, a alimentação VCC está sendo feita no pino do circuito integrado que está interligado ao VCC.

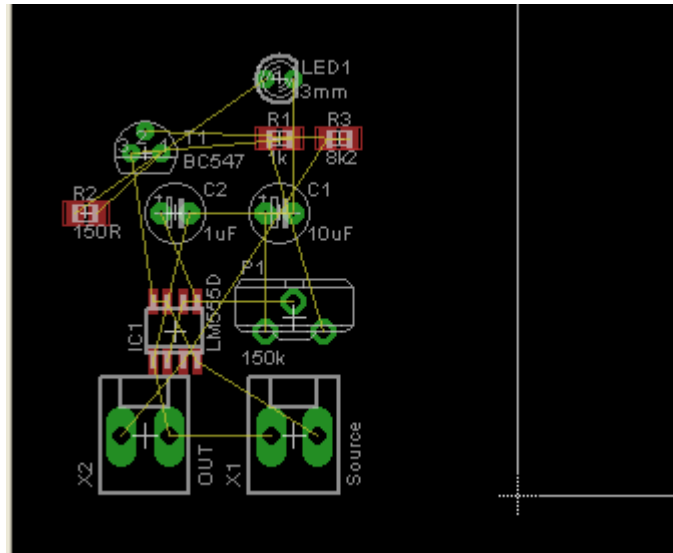
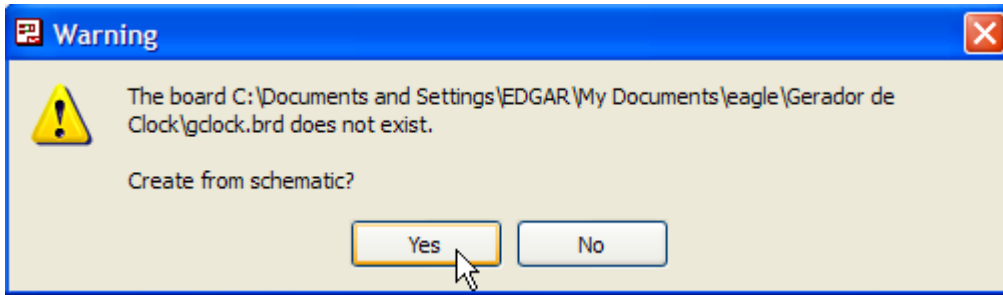
A figura abaixo mostra o esquema na moldura e respectiva identificação.



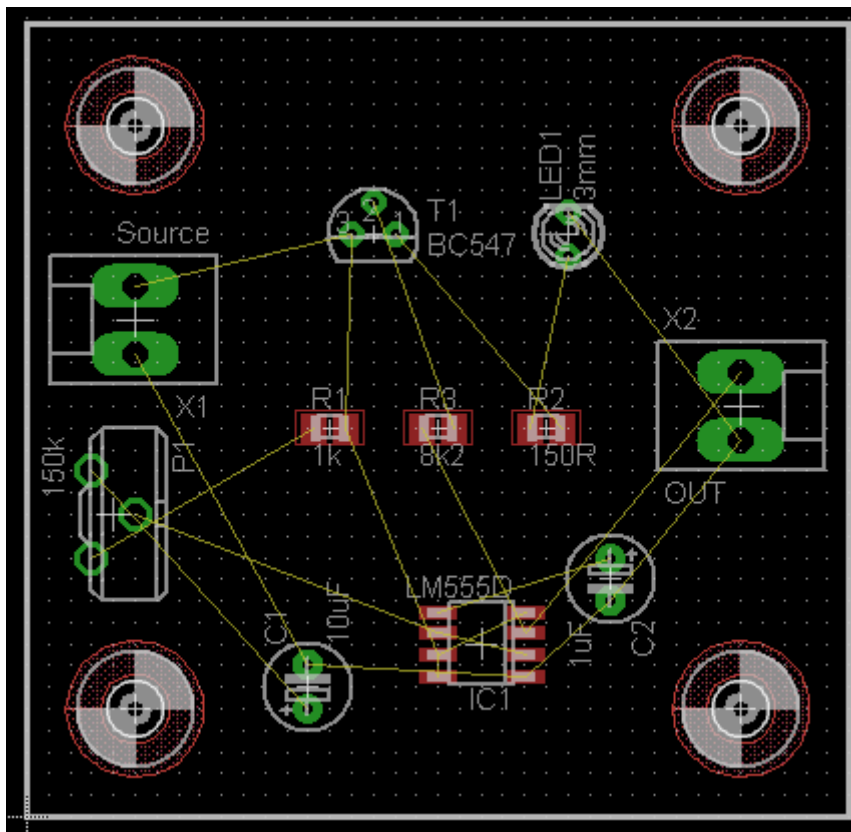
A moldura foi desenhada com o auxílio da ferramenta *Draw Frame*, cujo procedimento é mostrado na página 66 deste tutorial.

Projeto da placa de circuito impresso (Board):

Clicar em Board e clicar em Yes para salvar automaticamente o arquivo dentro da pasta do projeto Detector de Nível Lógico.

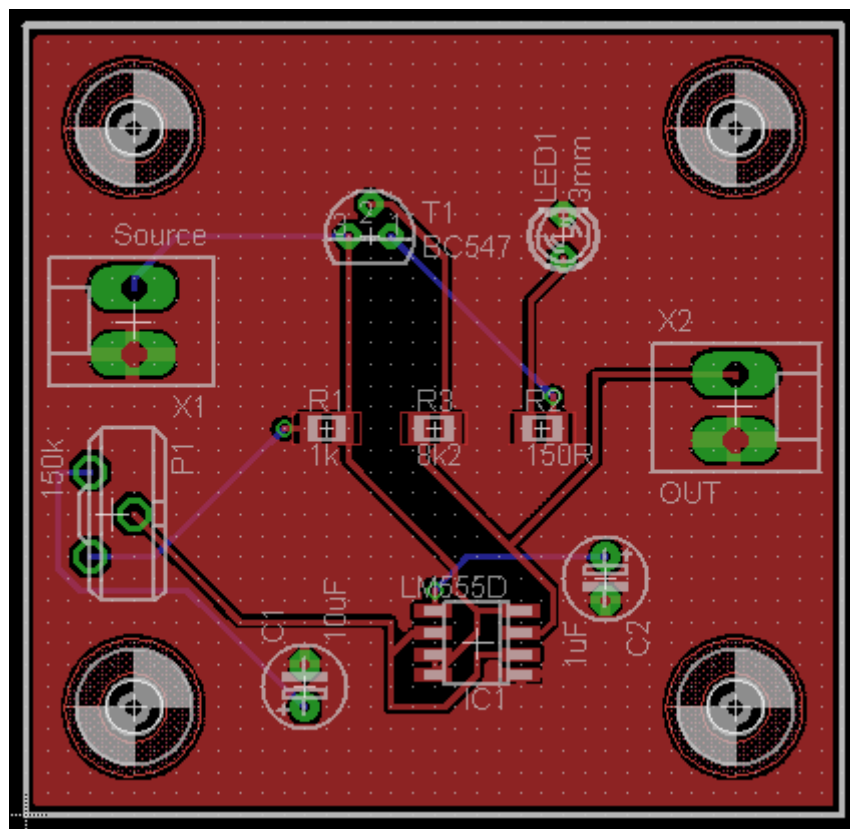
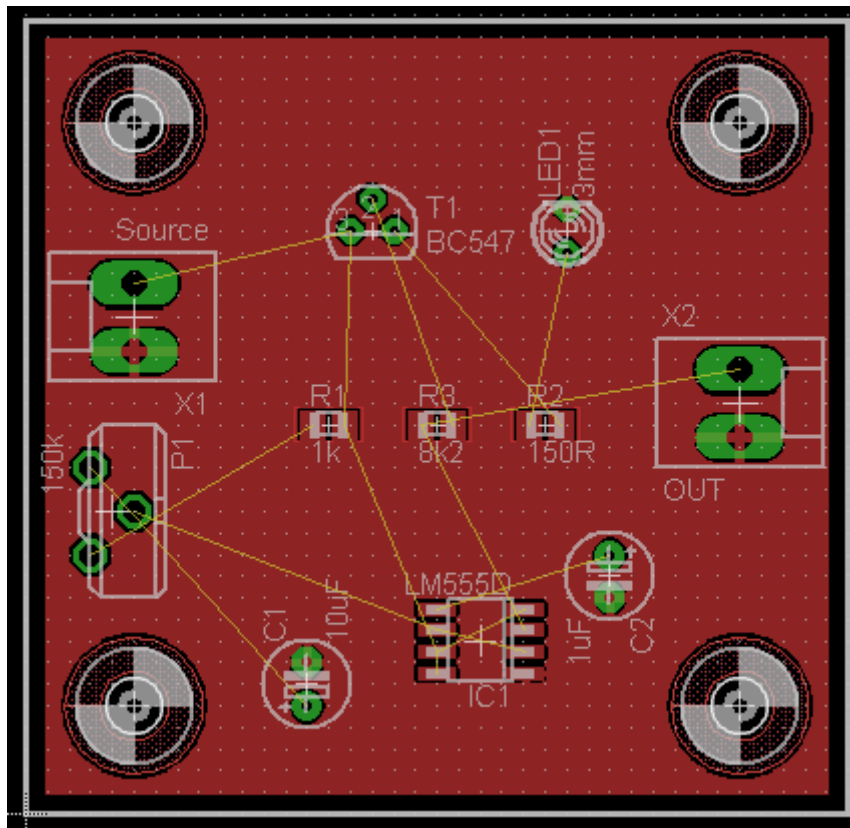


Os componentes em vermelho são os com Package SMD, pois estes são roteados automaticamente no layer *Top*.



Vamos fazer um chapado no layer *Top*, para os componentes SMD.

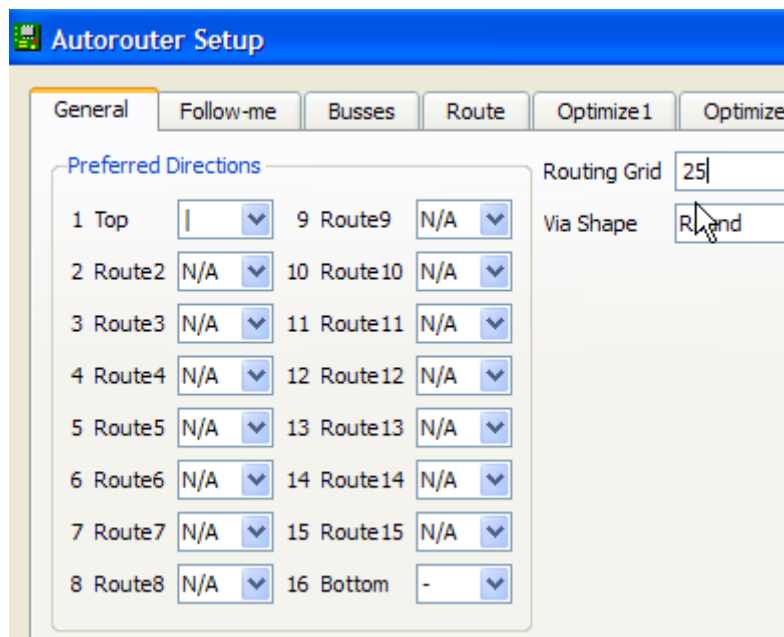
Usar para o polígono *Width* = 0.016, *Isolate* 0.012 e *Spacing* 0.05 e nomeá-lo como GND.



Parâmetros usados do Drc:

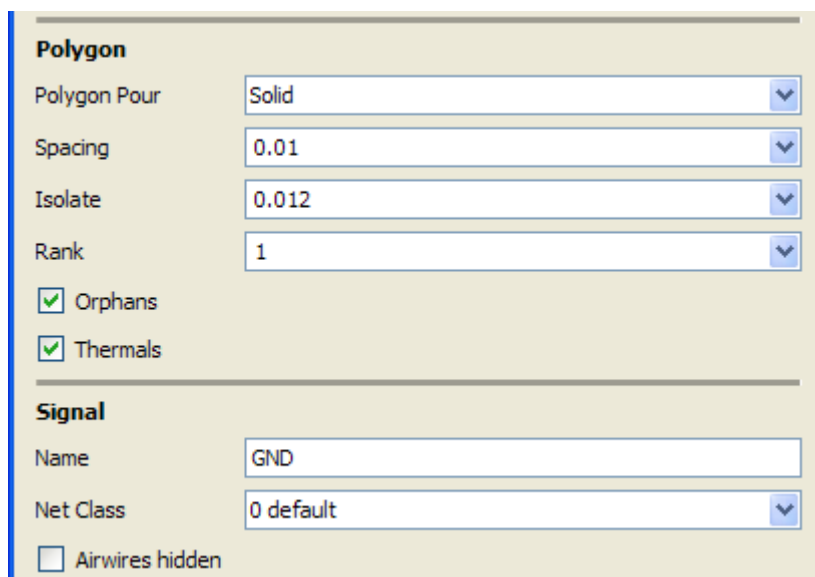
Clearance = 12mil
Distance = 16mil
Sizes = 12mil

A figura abaixo mostra o ajuste do *Routing Grid* (grade para roteamento) para 25. Outros valores podem ser tentados e verificar os resultados, bem como os layers *Bottom* e *Top* habilitados, por se tratar de uma placa dupla face.

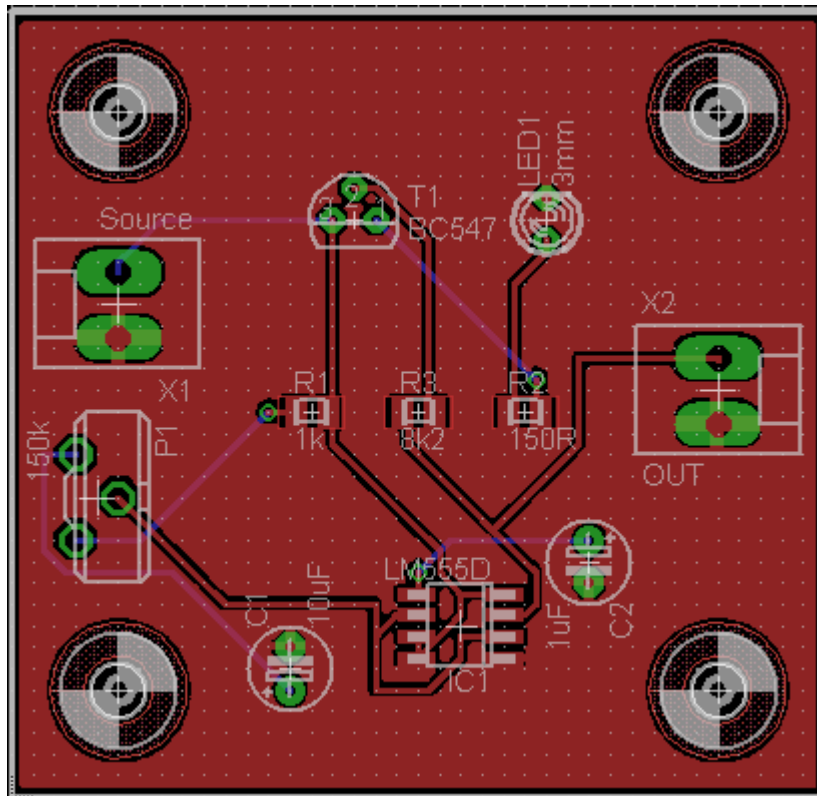


Observe também que existe uma área escura no centro da placa. Isto ocorreu devido ao campo *Orphans* nas propriedades do polígono estar desabilitada.

Veja a figura abaixo:

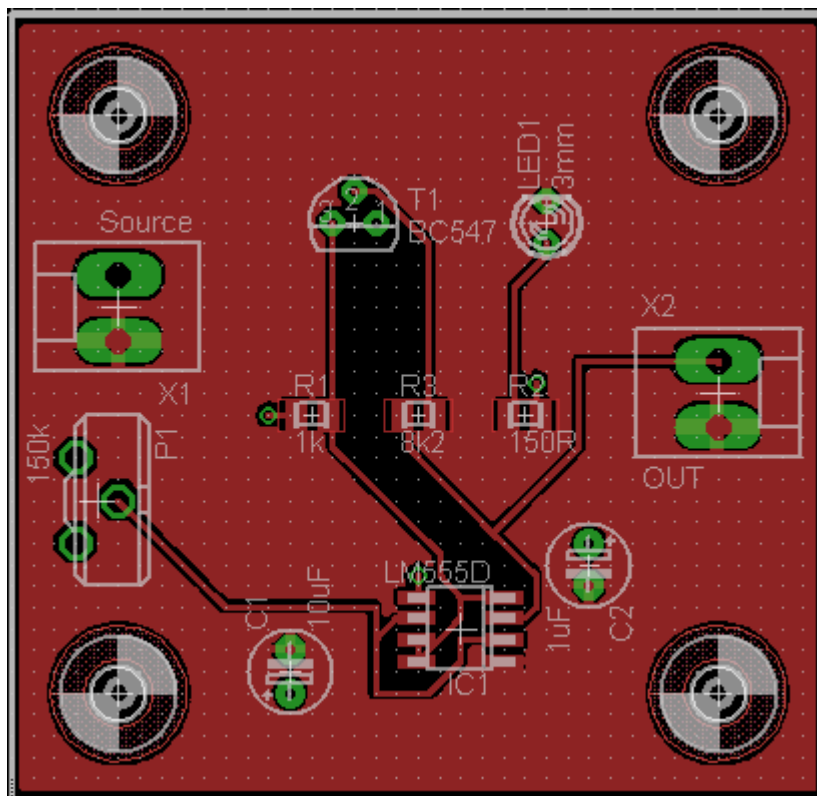


Veja o resultado na placa:

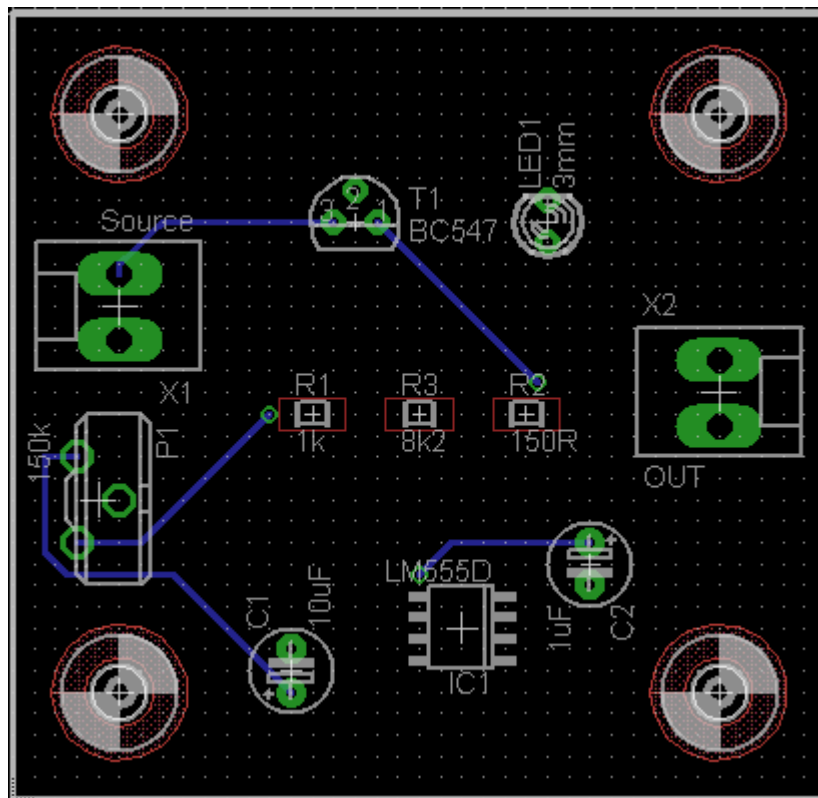


Orphans (órfãos) são áreas da placa de cobre sem conexão elétrica. Vamos deixar esse campo desabilitado.

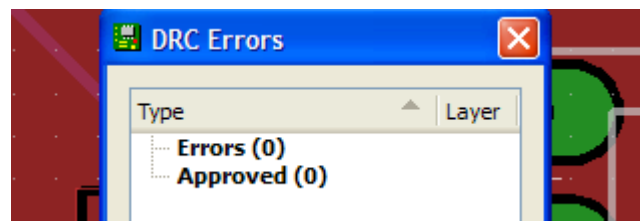
Somente o layer *Top* visível:



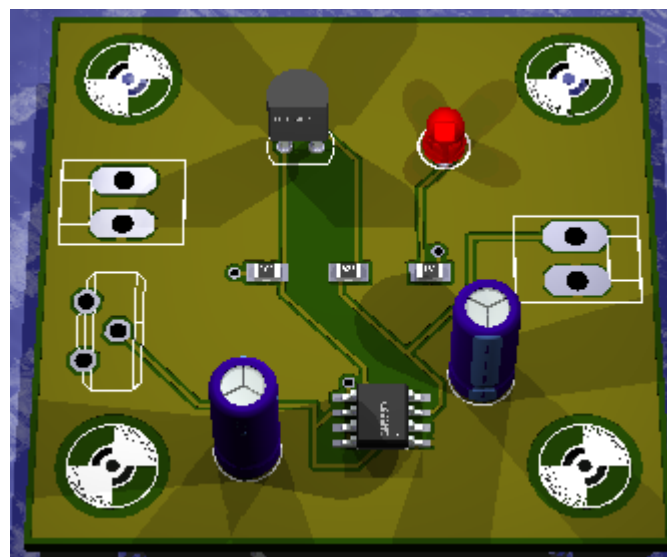
Somente o layer *Bottom* visível:



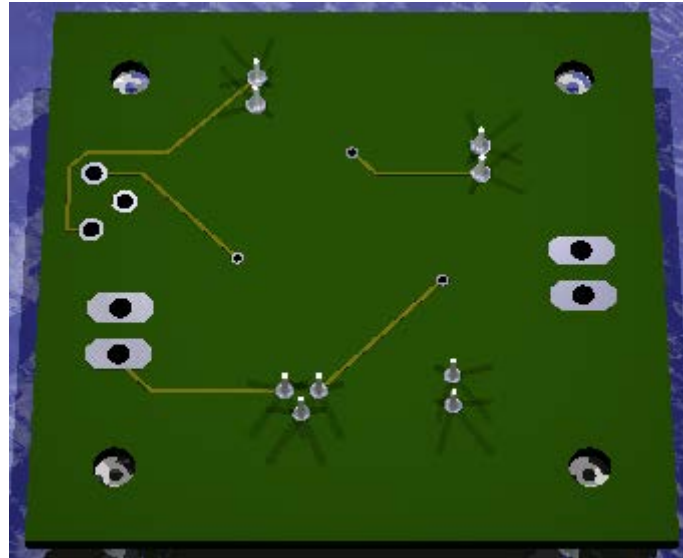
Relatório de erros (DRC):



Layer *Top*



Layer *Bottom*



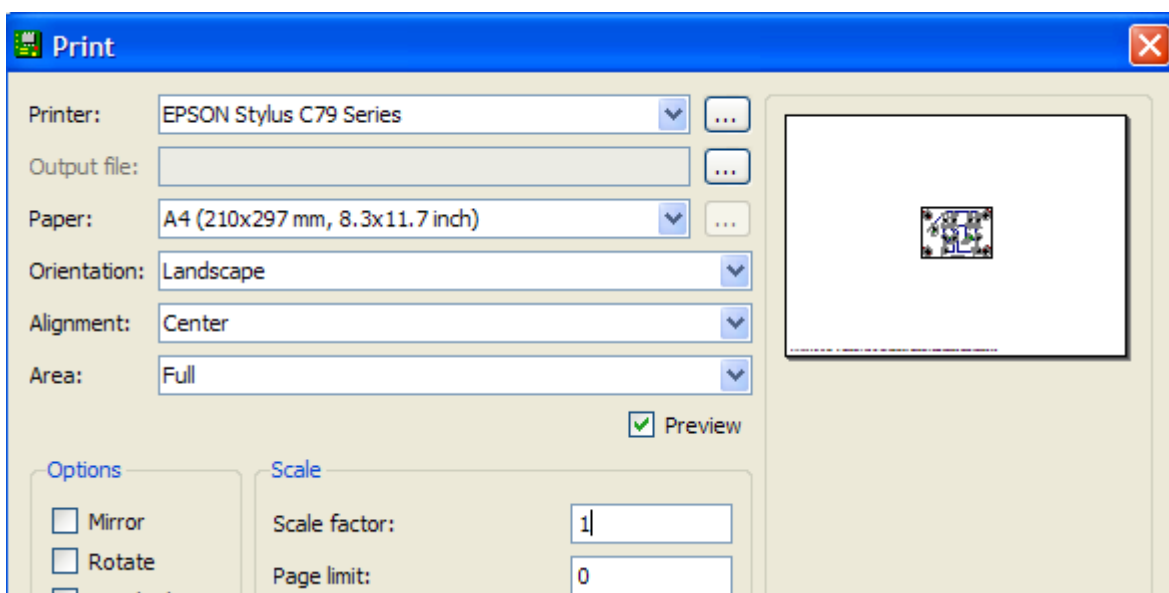
IMPRESSÃO

A impressão dos layouts bem como do esquema não apresenta qualquer dificuldade. No entanto é preciso ficar atento a uma configuração importante: *a escala*.

A figura a seguir mostra a caixa de diálogo para a impressão onde vários parâmetros podem ser configurados. Trata-se do layout do projeto visto anteriormente, o Vagalume Biônico.

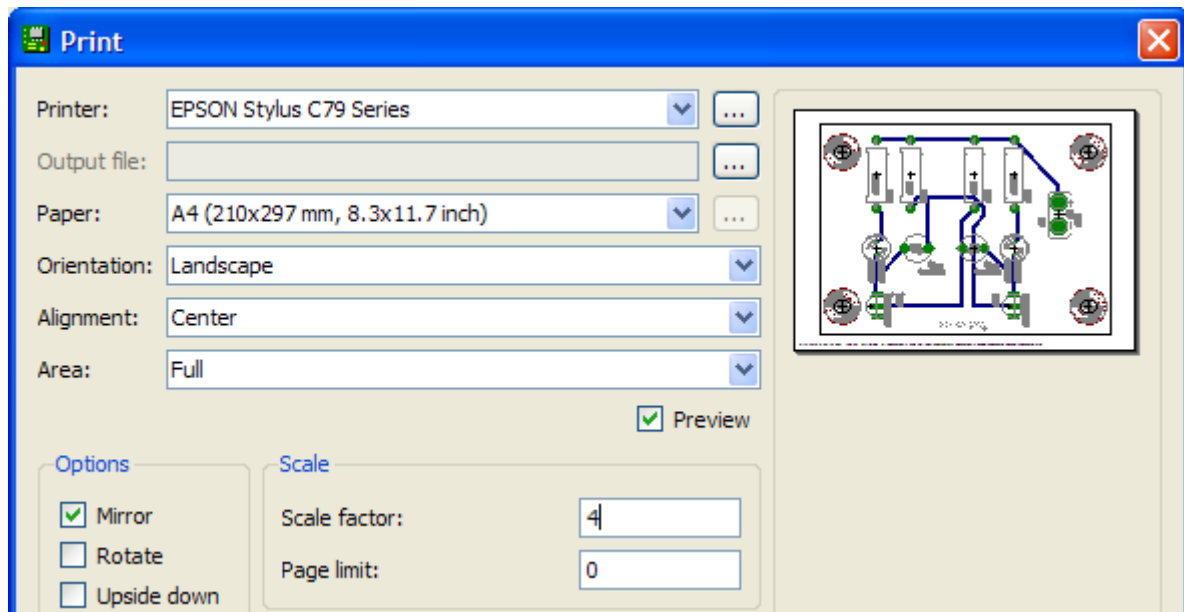
Para o Schematic o fator de escala pode ser alterado, no entanto para o Board, esse fator deve permanecer em 1, pois o resultado da impressão poderá ser utilizado para a confecção da placa de circuito impresso.

Uma escala maior ou menor afetará o dimensionamento real dos Packages, tornando inviável a confecção da placa de circuito impresso.



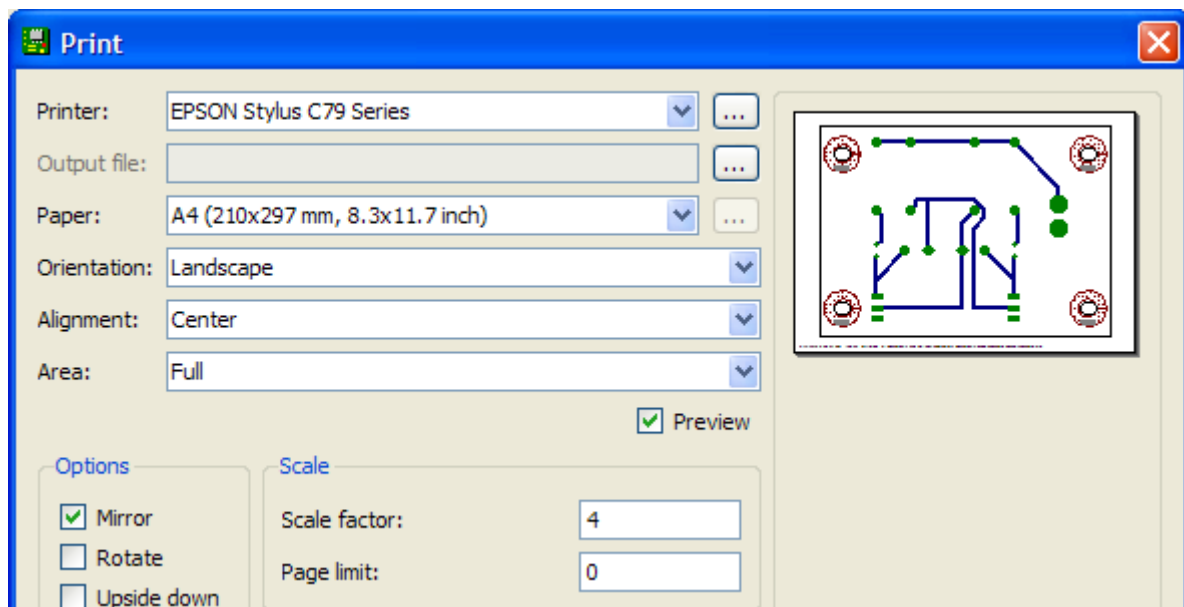
Outra opção importante é o *Mirror* (espelhamento), dependendo da forma como o layout será transferido (serigrafia, fotolito, etc.)

Veja na figura abaixo o mesmo circuito para um fator de escala 4 e a opção *Mirror* habilitada.



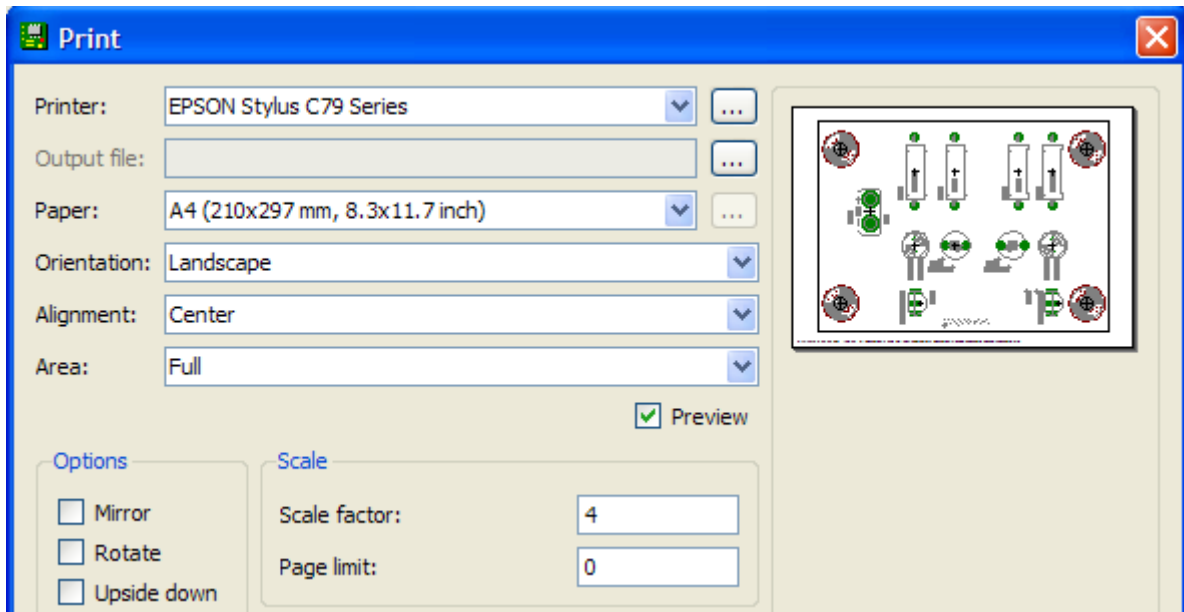
A figura acima mostra uma pré-visualização de todos os layers. Através da ferramenta *Display* podemos imprimir os layers que nos interessam.

Apenas a título de visualização (fator de escala 4) a figura abaixo mostra apenas as trilhas e ilhas, também com a opção *Mirror* habilitada.



Da mesma forma, a figura abaixo mostra apenas os componentes para uma impressão no layer *Top*, com o objetivo de orientar a inserção dos componentes durante o processo de montagem.

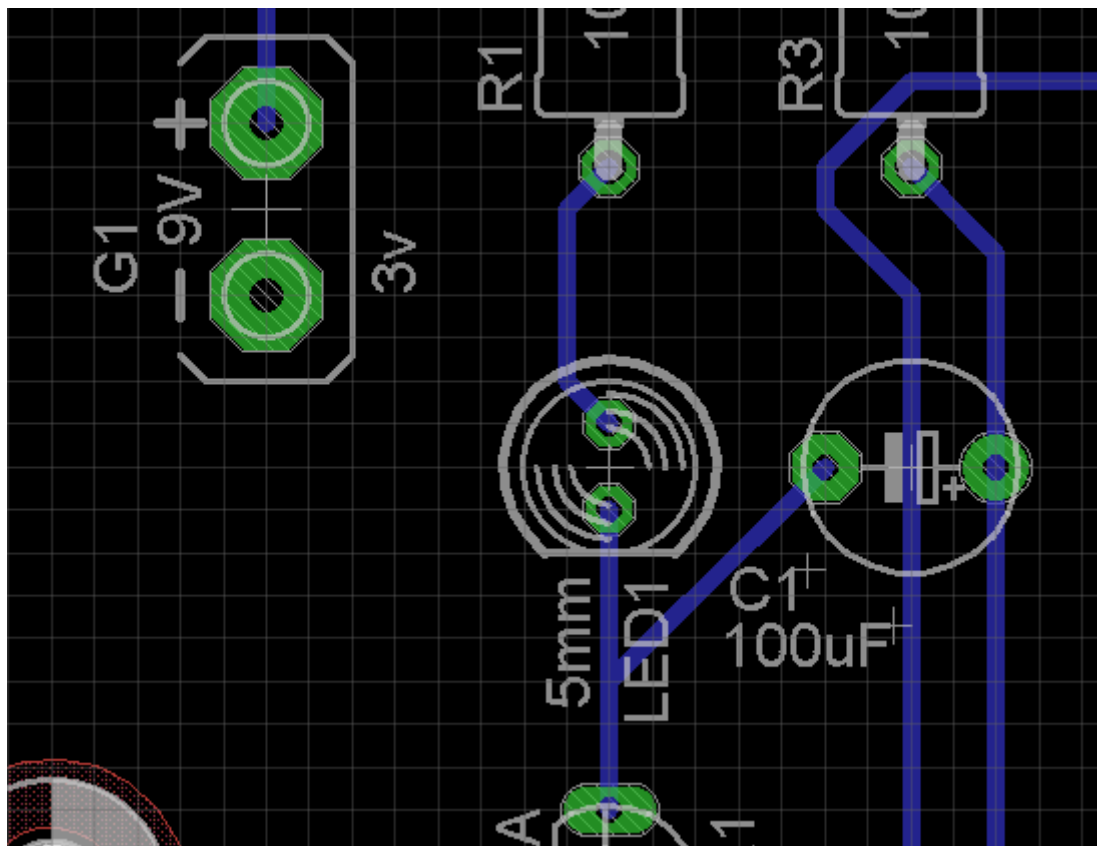
Neste caso, a opção *Bottom* foi desabilitada na ferramenta *Display*.



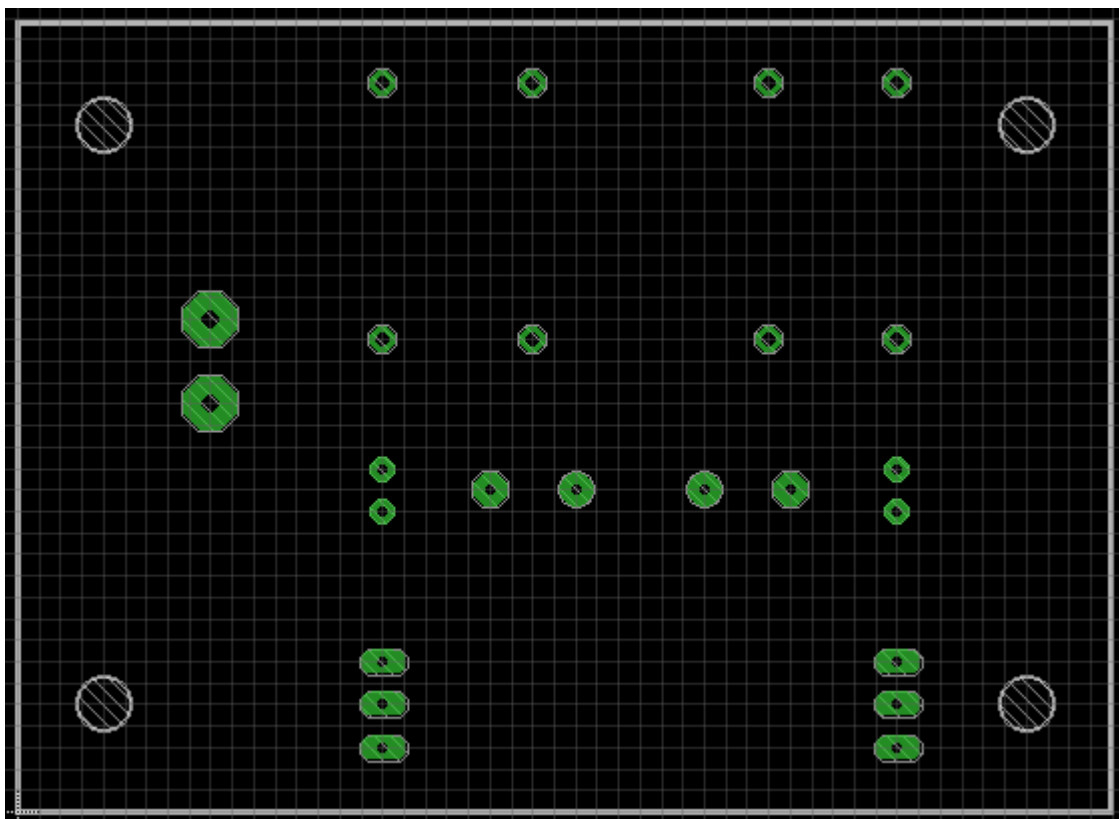
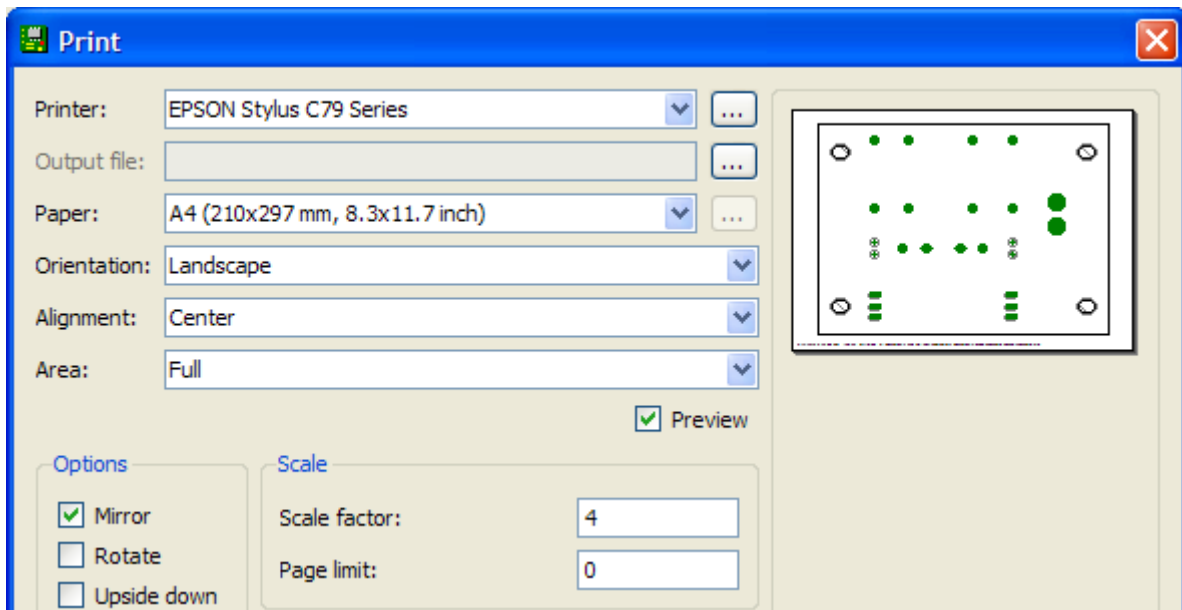
Visualização da máscara de solda:

A máscara de solda é acionada pelos layers *tStop* (Top) e *bStop* (Bottom)

Quando o layer referente a máscara de solda é habilitado (*tStop* ou *bStop*) os pontos de solda aparecem hachurados, tanto do lado dos componentes (no caso de placa dupla face) como do lado da solda conforme mostra a figura abaixo:



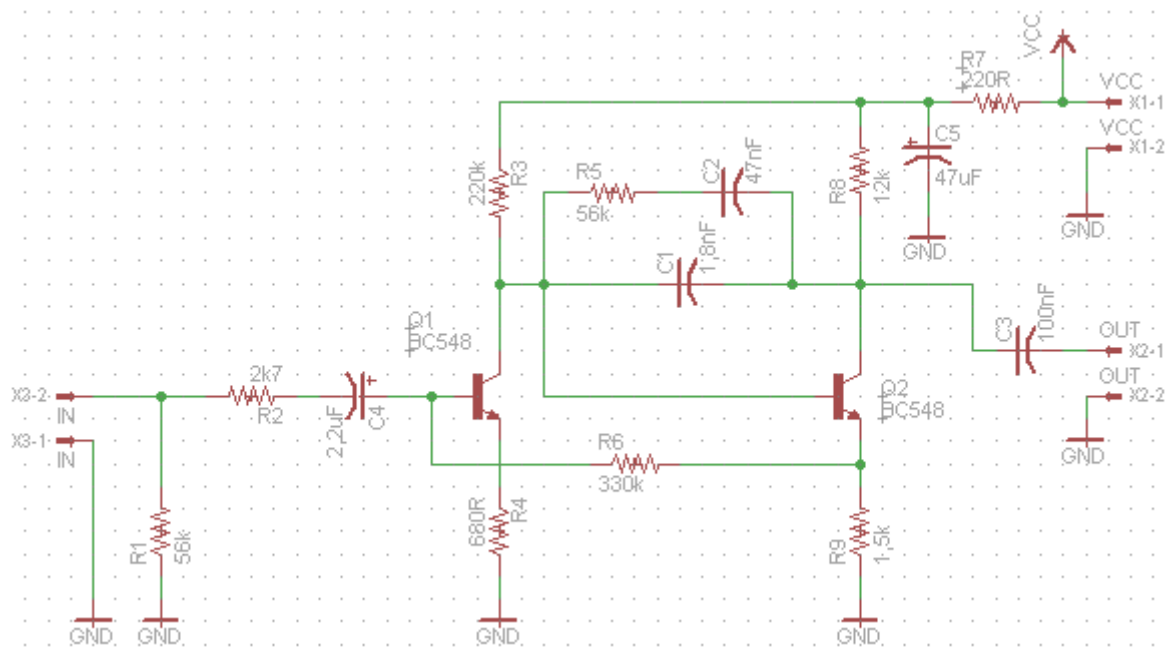
A figura abaixo mostra a pré-visualização da impressão da máscara de solda:



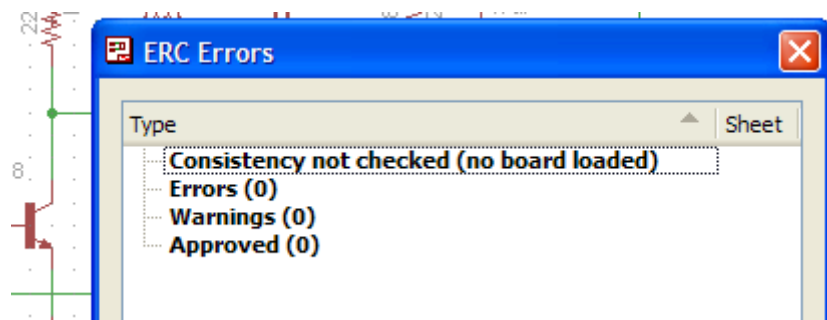
AUTO ROTEAMENTO SELETIVO

No auto roteamento podemos selecionar a largura das trilhas para determinadas "nets", como por exemplo, VCC, GND, sinal, etc.

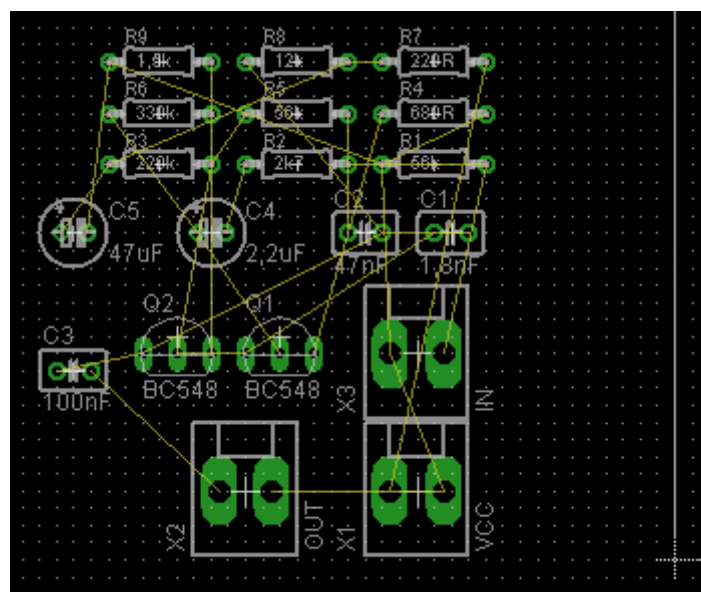
1 - Vamos exemplificar através do esquema de um pré-amplificador de áudio.



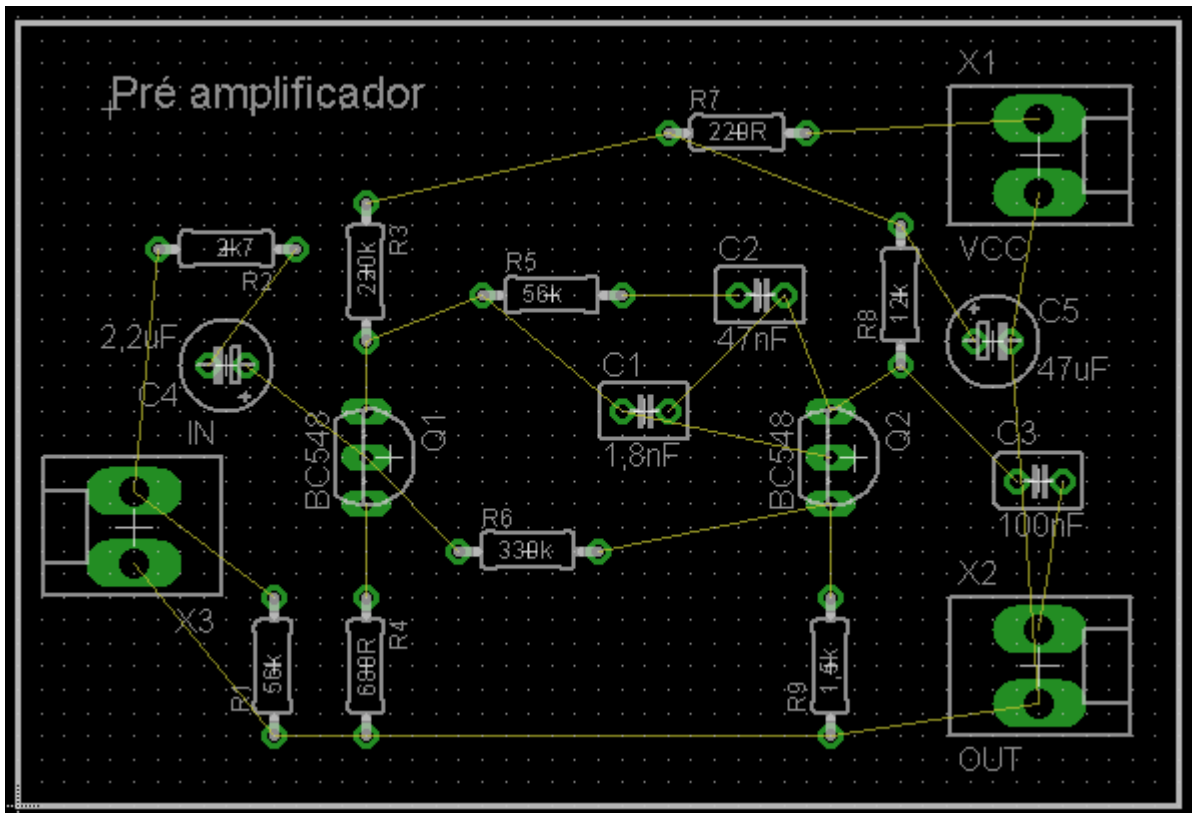
2 - Verificação de erros – ERC



3 - Iniciando o Board:



4 – Posicionando os Packages:



5 – Roteando as trilhas de GND com 40mil

Passos:

a – clicar no botão *Show* do Schematic e clicar na “net” GND (esta deverá ficar destacada tanto no Schematic como no Board)

b – em *Board* ajustar o DRC:

Clearence = 12mil
Distance = 20mil
Size = 40mil

c – ainda em *Board* após o ajuste do DRC, clicar no botão *Auto* e ajustar:

→ desabilitar *Top*

→ escolher qualquer modo de direção de roteamento (preferencialmente -)

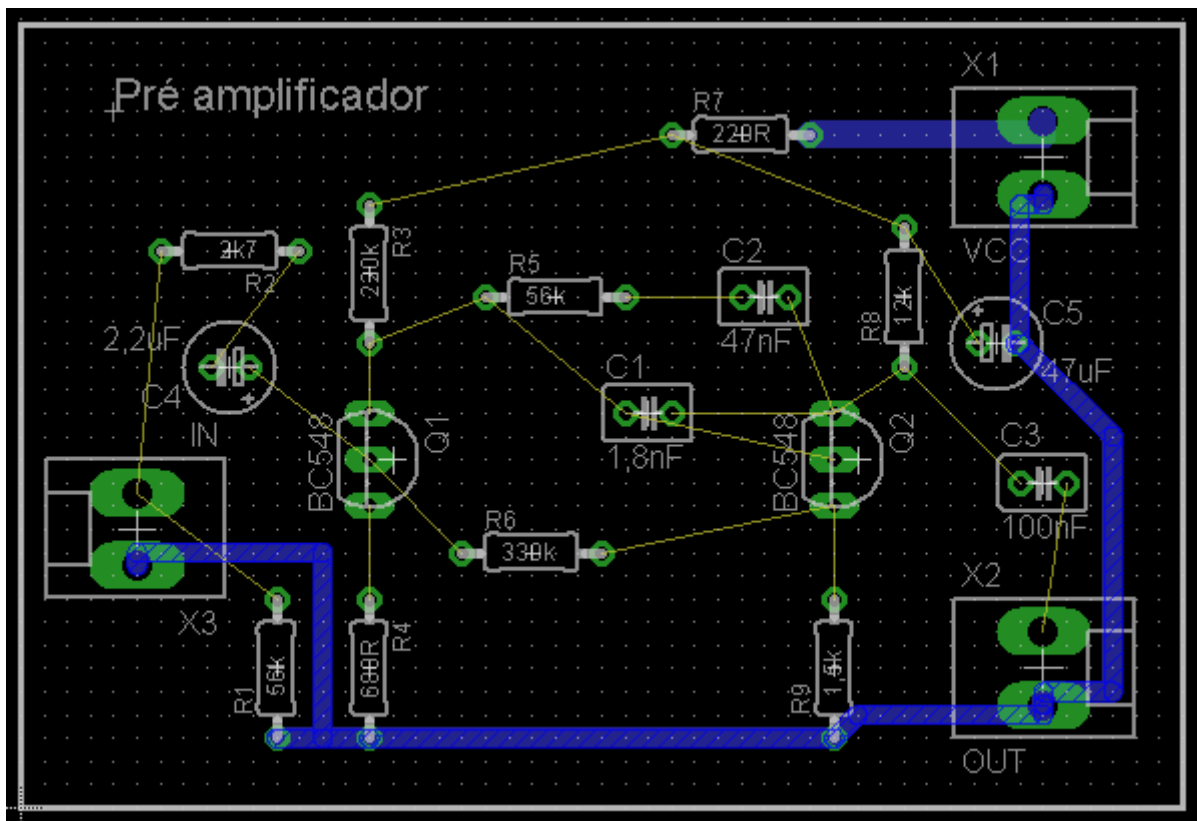
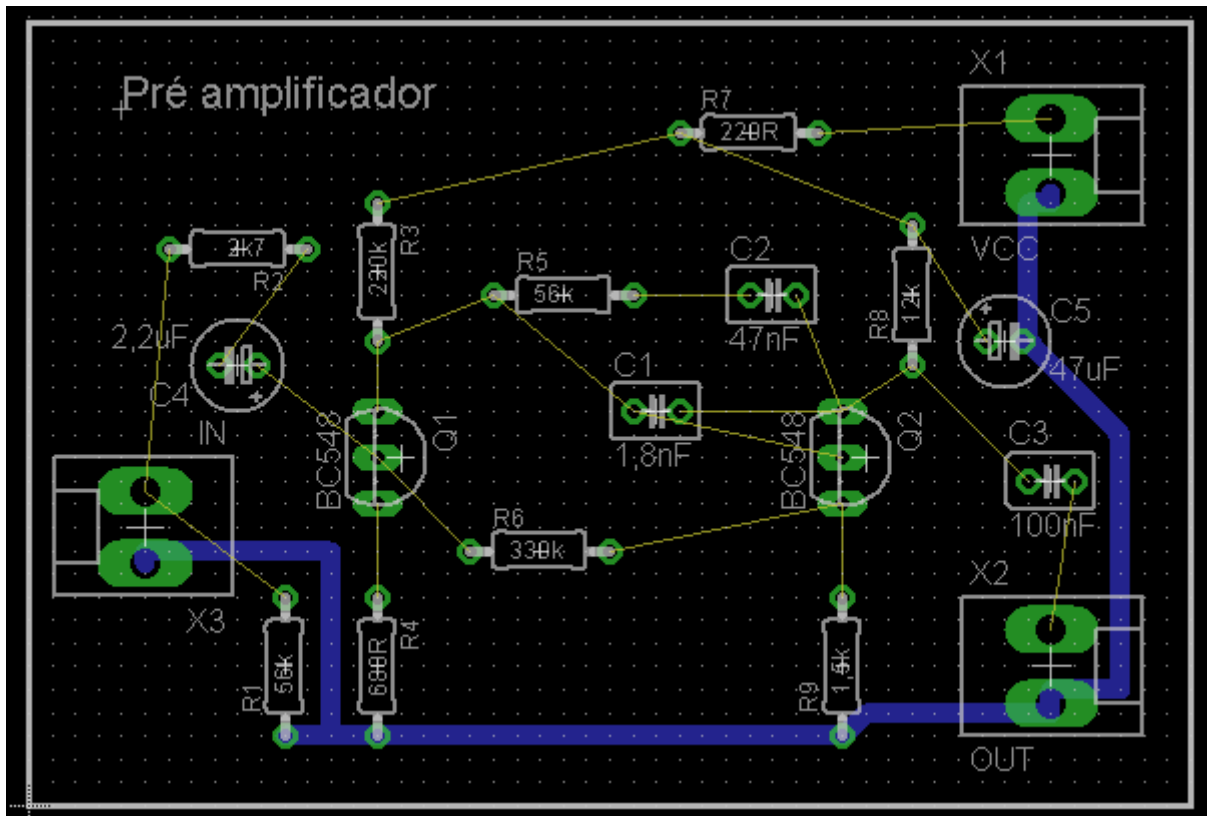
d – clicar em *Select*

e – Clicar na “net” que foi identificada anteriormente pela ferramenta *Show*

f – Clicar em *GO*.

A figura a seguir mostra apenas a “net” GND roteada automaticamente.

Para rotear, por exemplo, a “net” VCC com 60mil, é só seguir os procedimentos acima. Veja os resultados nas figuras a seguir:

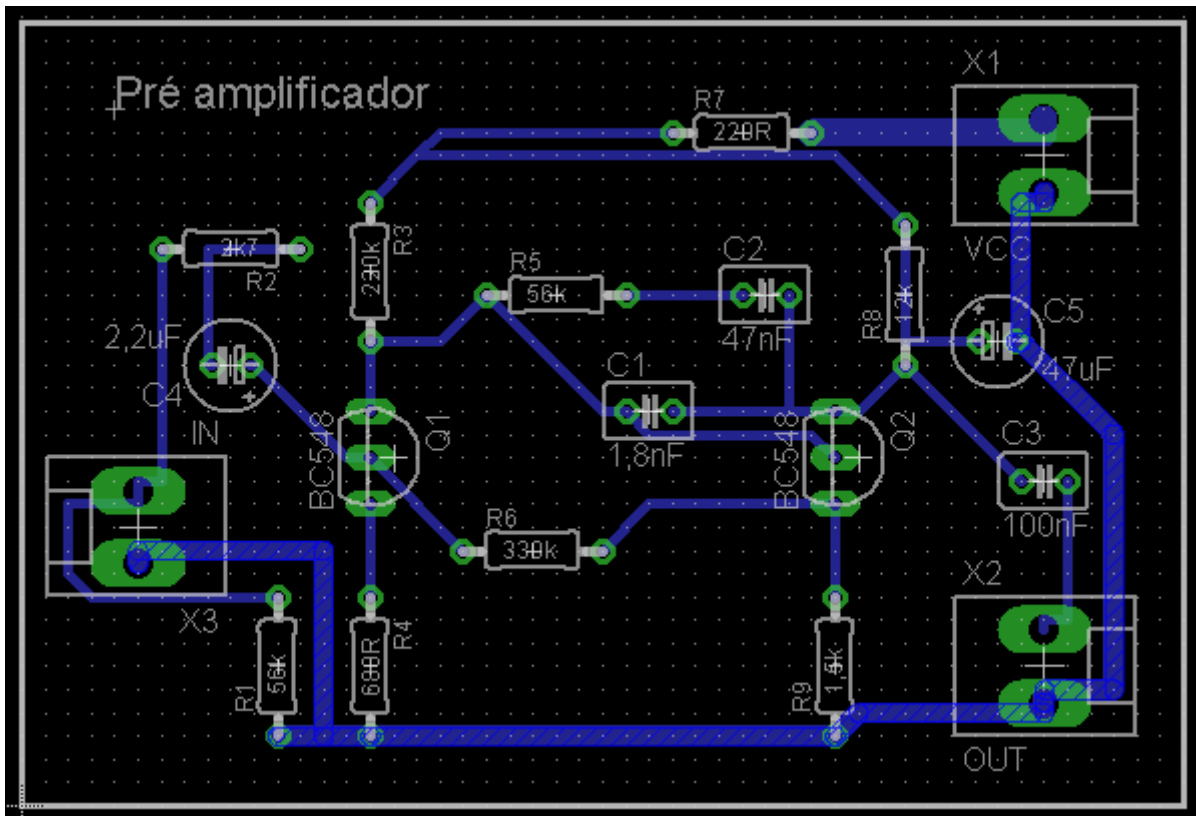


As demais trilhas poderão ser roteadas automaticamente com Size = 20mil. Neste caso é só fazer os ajustes não havendo mais a necessidade de fazer qualquer tipo de seleção das "nets".

Trata-se apenas de um exemplo, apenas para demonstrar a funcionalidade de se utilizar o roteamento automático seletivo.

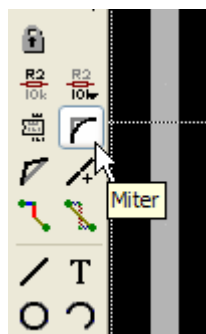
Evidentemente é preciso verificar a existência de erros antes de cada etapa.

A figura abaixo mostra o final do roteamento automático seletivo, sem a preocupação da verificação de erros.

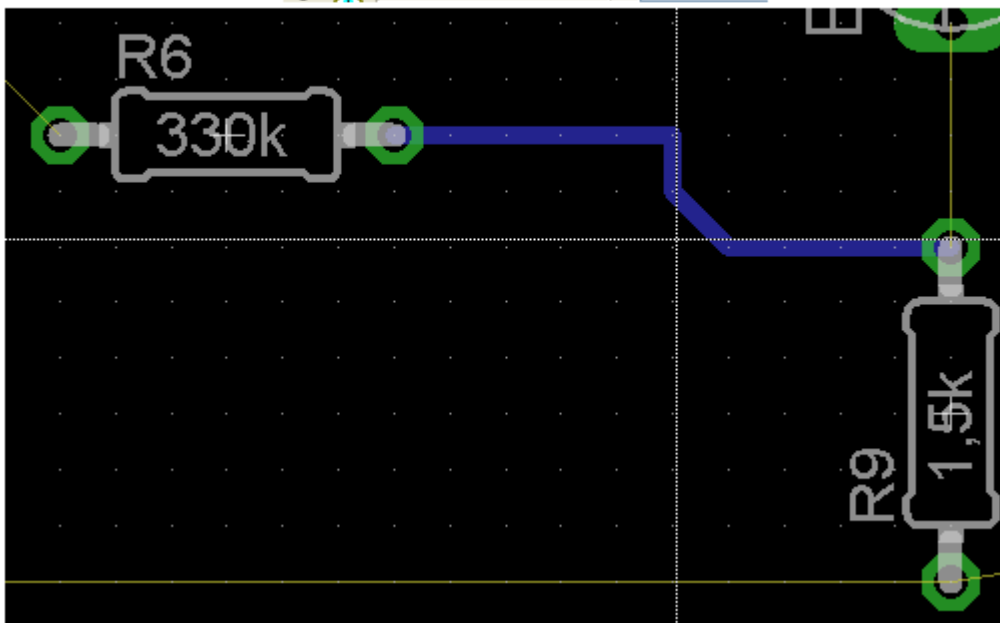
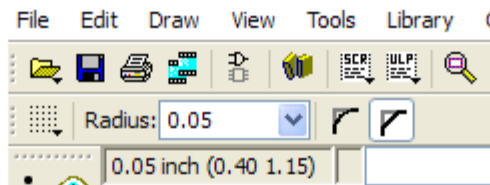
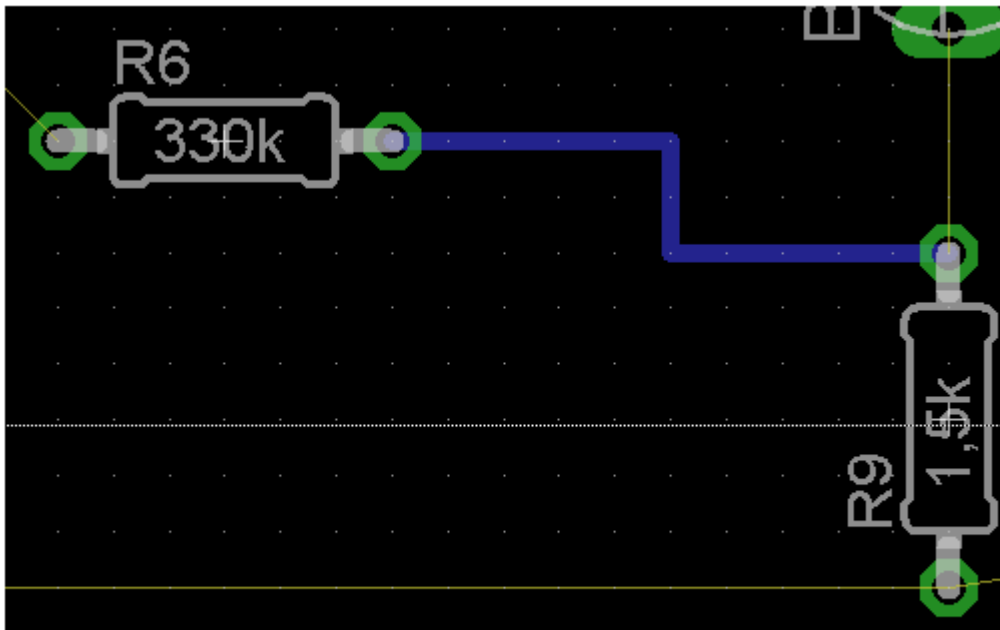


Observe que existem algumas trilhas traçadas com ângulo de 90°, o que não é conveniente devido a problemas de interferências em determinados tipos de circuitos.

Uma forma para solucionar esse inconveniente é a utilização da ferramenta *Miter*.



As figuras a seguir mostram a praticidade dessa ferramenta.

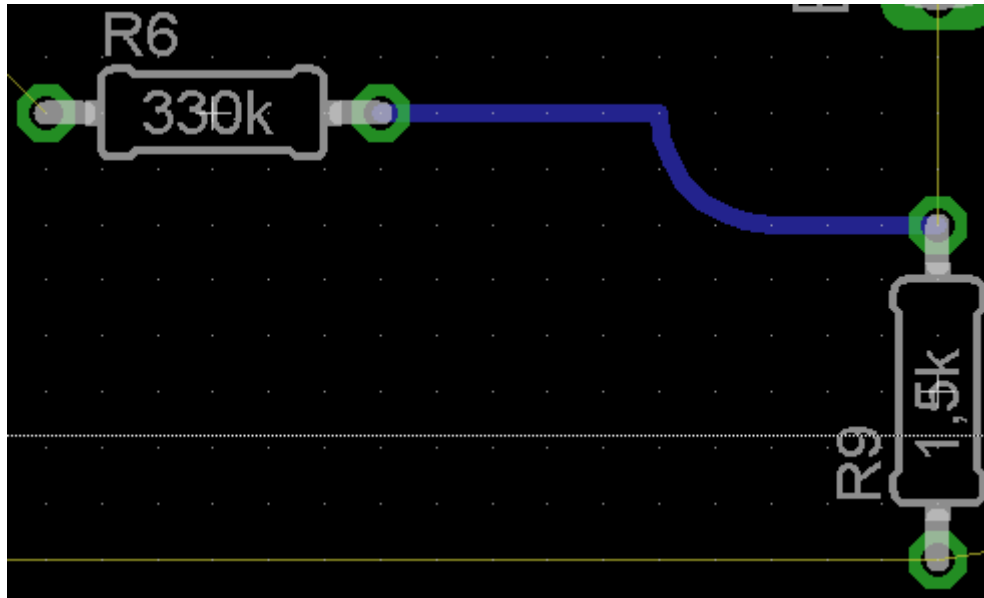


O ângulo de 90° foi quebrado com o ajuste da ferramenta *Miter* na opção *Straight* e *Radius* de 0.05inch.

Quando maior for o valor de ajuste do *Radius* mais acentuada se torna a quebra do ângulo.

Outra opção de ajuste para a ferramenta *Miter* é *Round*, que deixa os cantos arredondados.

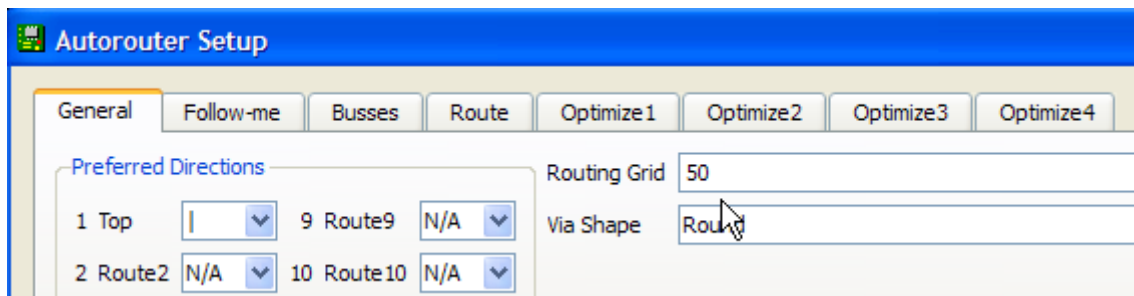
A figura a seguir mostra o uso da opção de ajuste *Round* para o valor de *Radius* de 0.1



Dica:

Um parâmetro muito importante no roteamento automático (Autorouter) é o Routing Grid (padrão 50mil).

No caso de não ocorrer o roteamento é conveniente alterá-lo para 25mil ou 12.5mil ou em último caso, reposicionar os *Packages*.



CAM PROCESSOR – GERAÇÃO DOS ARQUIVOS GERBER

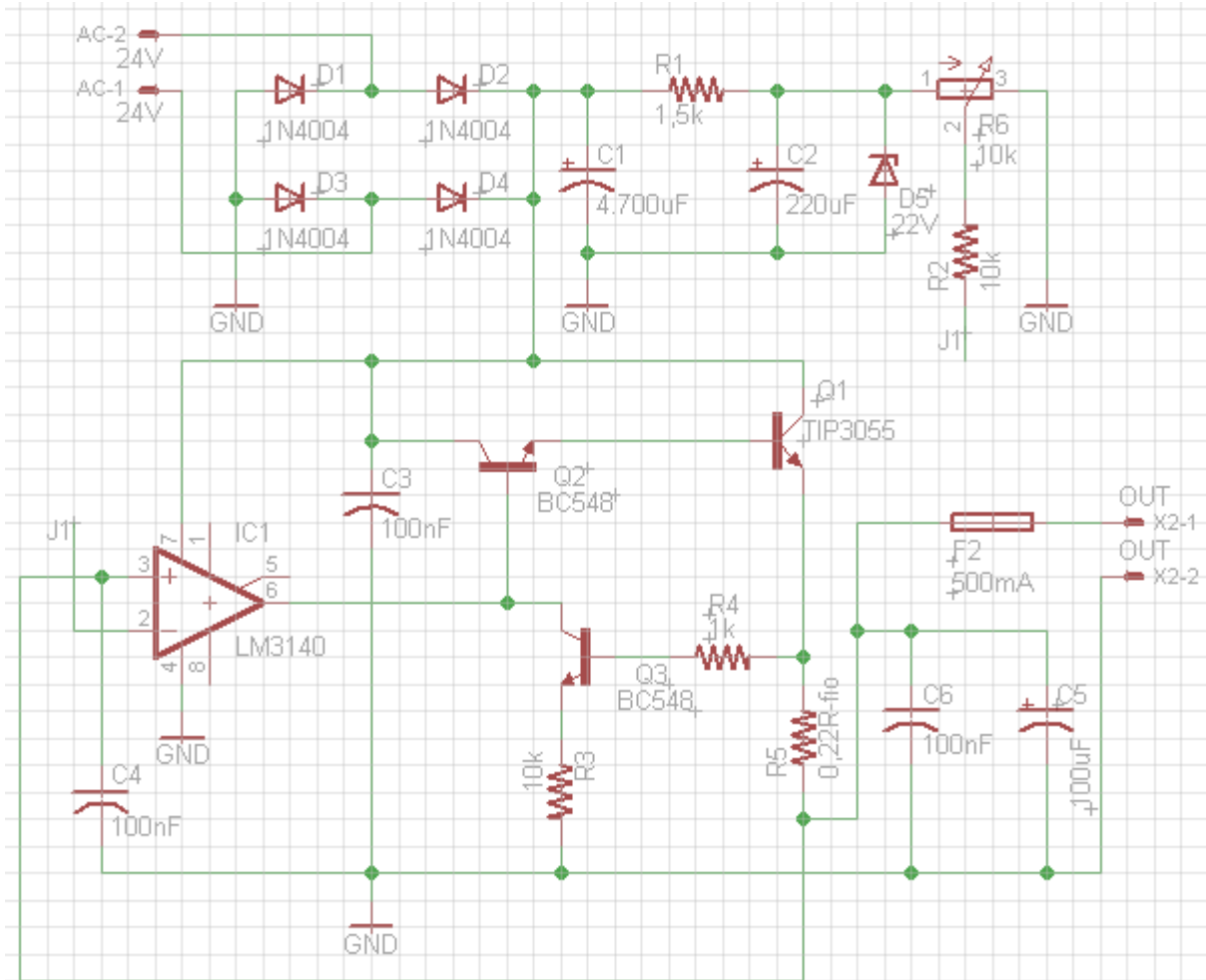
Os arquivos *Gerber* são arquivos que são enviados às indústrias de placas de circuitos impressos, contendo todas as informações das coordenadas para a geração de fotolitos, geralmente em um aparelho denominado PHOTOPLOTTER.

Nestes fotolitos estão contidas as informações de furação, máscara de solda, serigrafia, etc.

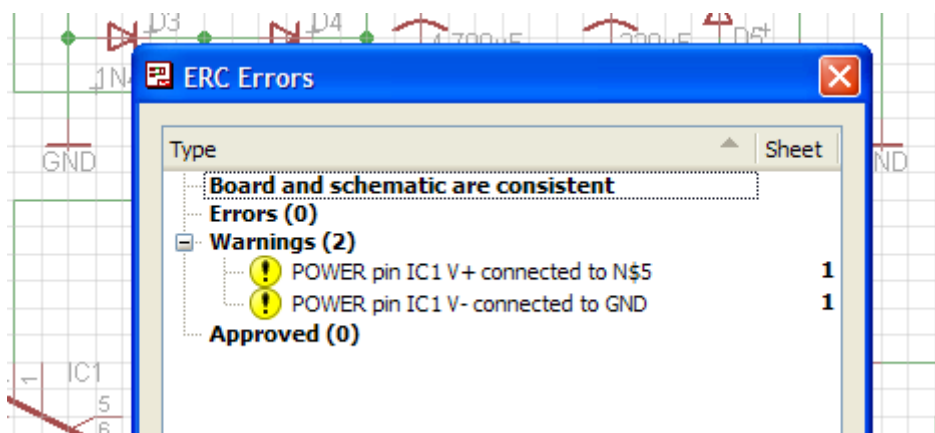
Para cada *Gerber* é gerado um fotolito. Assim podemos ter arquivos *Gerber* do Top (lado dos componentes), Bottom (lado da solda), Máscara de solda, Furação (Drill), Serigrafia (Silk), etc.

Para a demonstração de como gerar esses arquivos, vamos iniciar um projeto novo: Fonte regulada, pois todos os arquivos serão gerados dentro desse projeto, facilitando sua visualização e compreensão.

Tomemos então como exemplo o esquema abaixo.

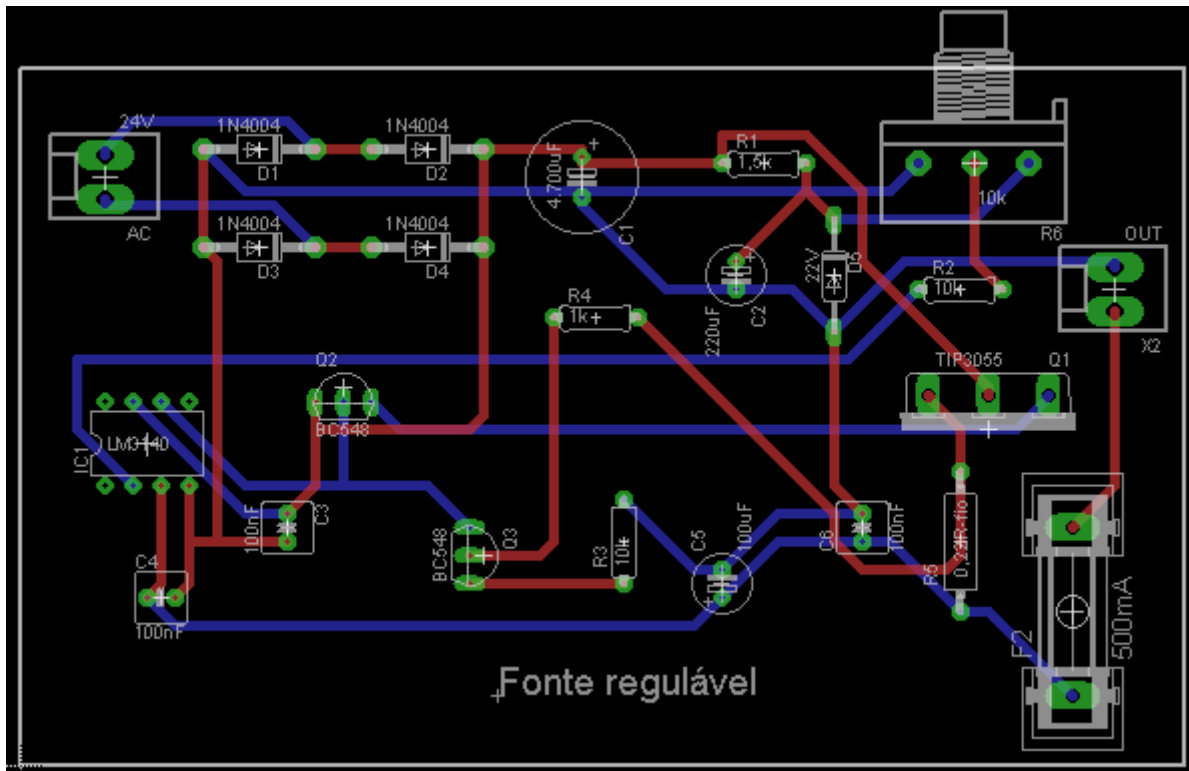


Verificando erros em ERC:



Não existem erros, a não ser dois avisos de interligação dos pinos de entrada em +V e GND. Exatamente o que precisamos.

A figura abaixo mostra os Packages posicionados e interligados nos layers *Top* e *Bottom*.



Arquivos salvos como:

Schematic = freg.sch
Board = fregtb.brd

Lembrar que *t* = Top e *b* = Bottom

GERANDO OS ARQUIVOS GERBER:

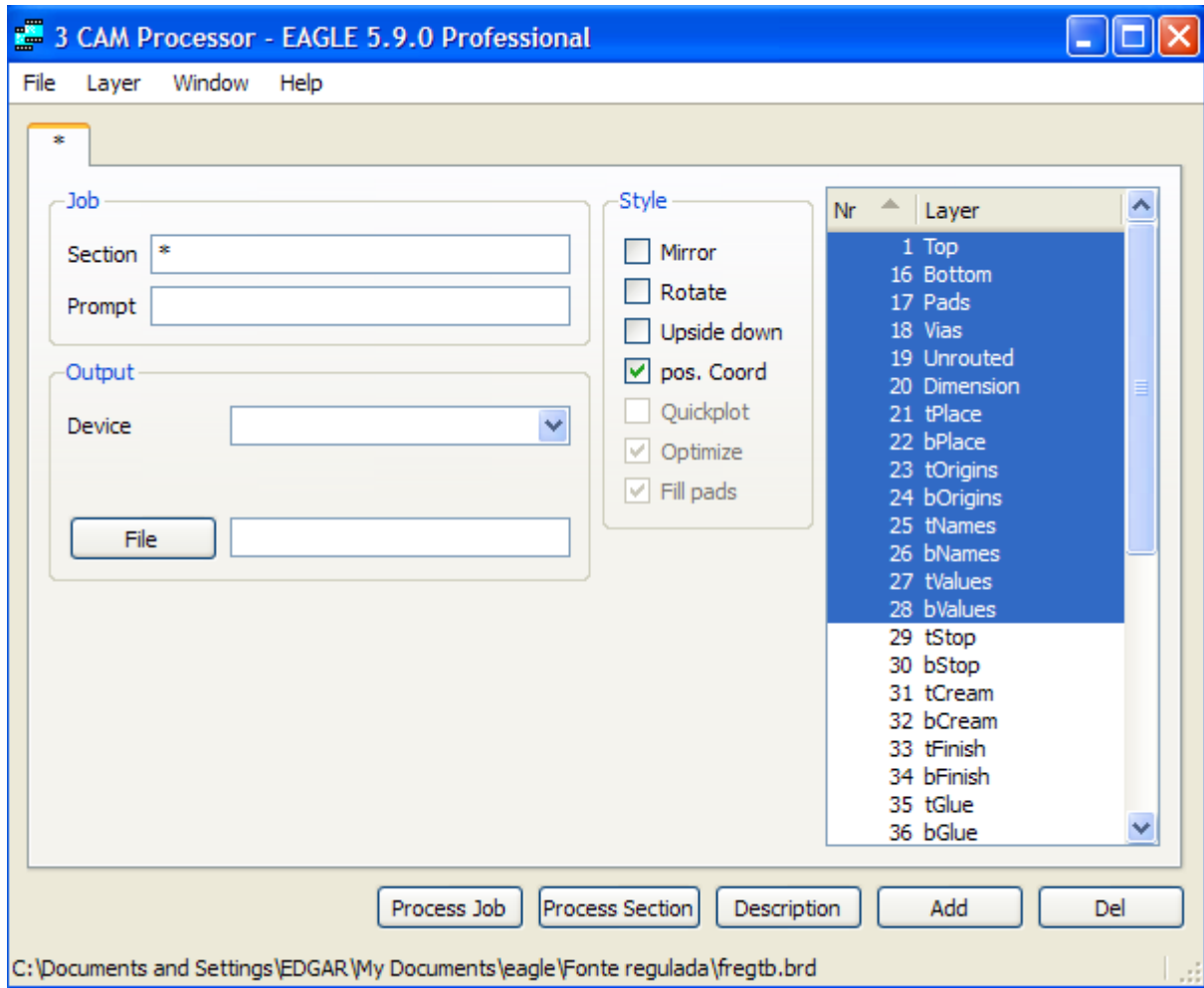
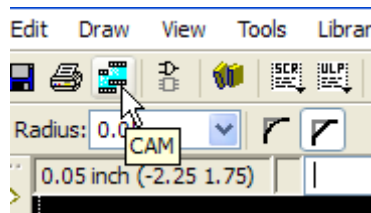
Antes vamos alterar o estilo da fonte do texto "Fonte regulável" para Vector. Tal procedimento é recomendado para textos mais longos para evitar possíveis desproporções no Gerber da serigrafia em relação ao que é visualizado. Como os demais textos que identificam os Packages são pequenos, não haverá problemas.

Clicar com o botão direito do mouse no texto "Fonte regulável" e em Propriedades, alterar o campo *Font* para *Vector*.



Procedimento para gerar os arquivos Gerber:

1 – clicar em CAM (CAM Processor)



Cada aba representa um arquivo Gerber. Vamos criar um Gerber (Section) para o layer Top, preenchendo os campos:

em Section → Top

em Device → GERBER_RS274X

em File → fregtb.top

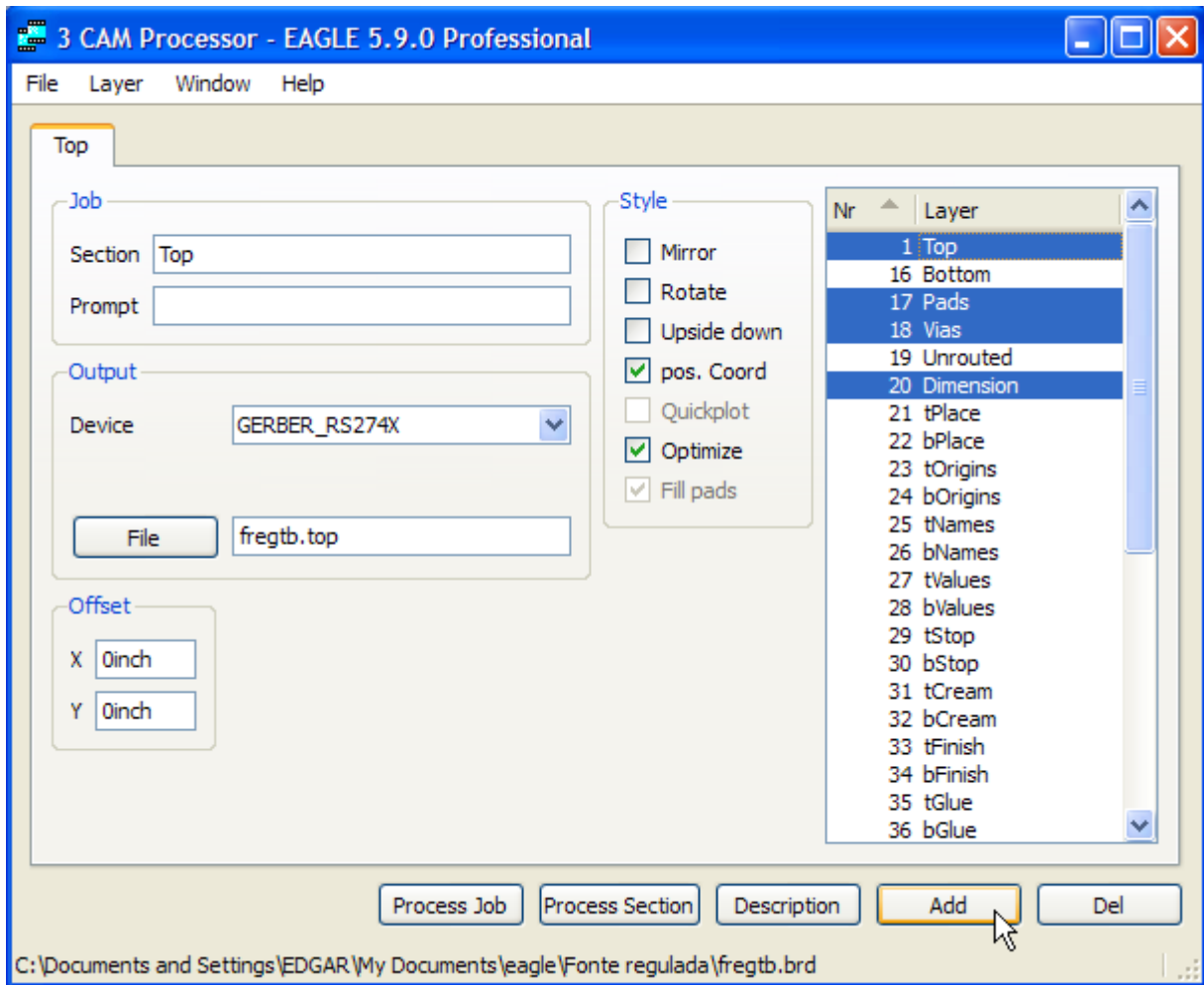
2 - selecionar os layers:

Top (1) → lado dos componentes

Pads (17) - ilhas

Vias (18) – conexão elétrica entre Top e Bottom

Dimension (20) – tamanho da placa



Ao clicar em *Add*, poderá ser criado outro arquivo (Section) Gerber seguindo o mesmo procedimento e assim por diante.

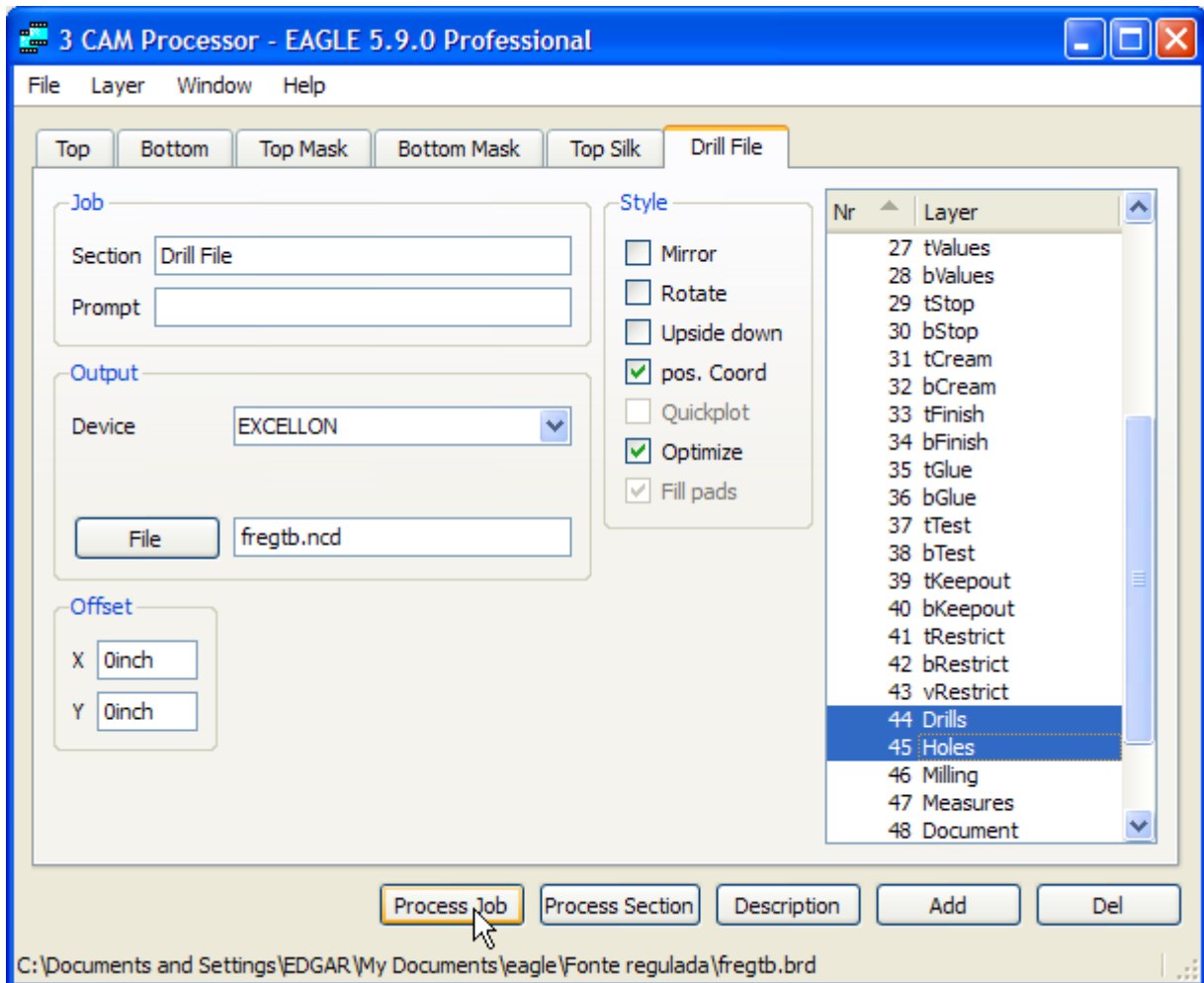
A tabela abaixo mostra os arquivos Gerber a serem criados para este exemplo e seus parâmetros.

Gerber	Section	Layer (s)	Extensão	Device
Top	Top	1, 17, 18, 20	.top	GERBER_RS274X
Bottom	Bottom	16, 17, 18, 20	.bot	GERBER_RS274X
Top Mask	Top Mask	29	.tsm	GERBER_RS274X
Bottom Mask	Bottom Mask	30	.bsm	GERBER_RS274X
Top Silk	Top Silk	20, 21, 25	.tsk	GERBER_RS274X
Drill File	Drill File	44, 45	.ncd ou .txt	EXCELLON

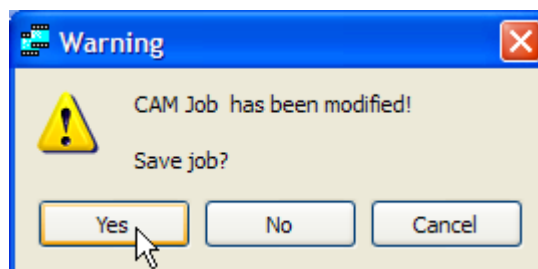
A figura a seguir mostra os arquivos Gerber criados. Cada aba corresponde a um Gerber.

Depois de concluída a criação do último arquivo Gerber, no caso Drill File, clicar em *Process Job*.

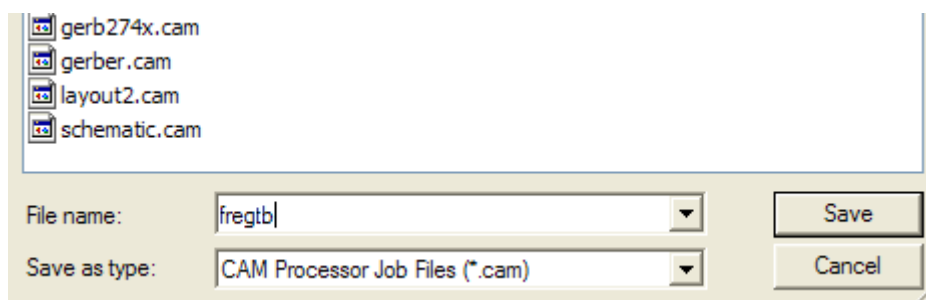
Nenhuma alteração será necessária no campo Style, deixando habilitadas as opções: *pos. Coord* e *Optimize*.



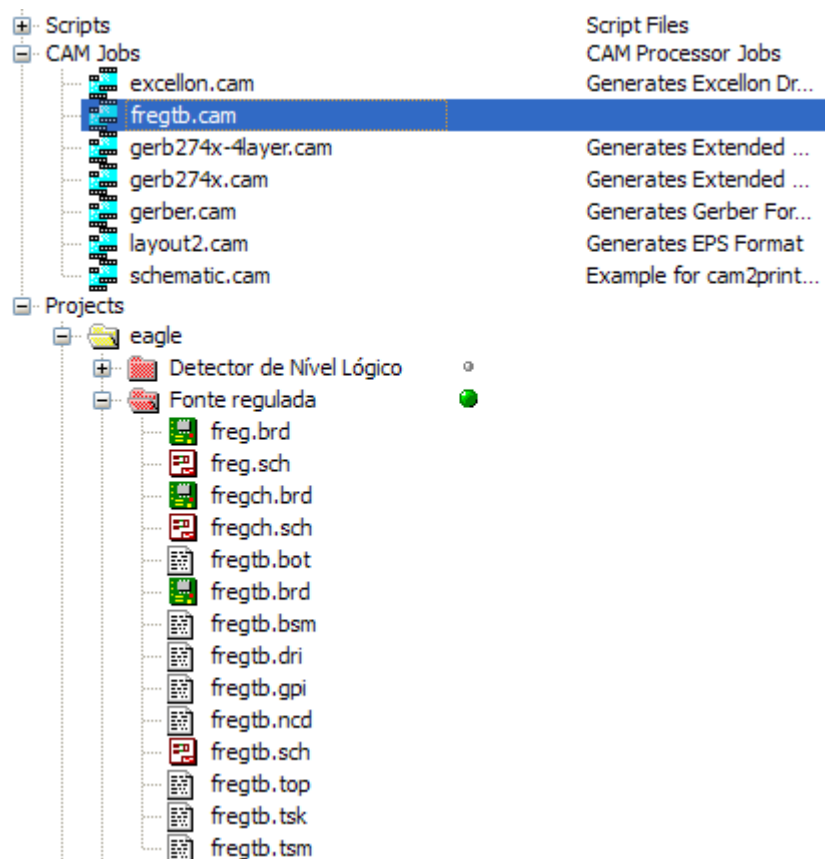
Ao fechar a janela (window) acima, será solicitado o salvamento do arquivo com a extensão *.cam*



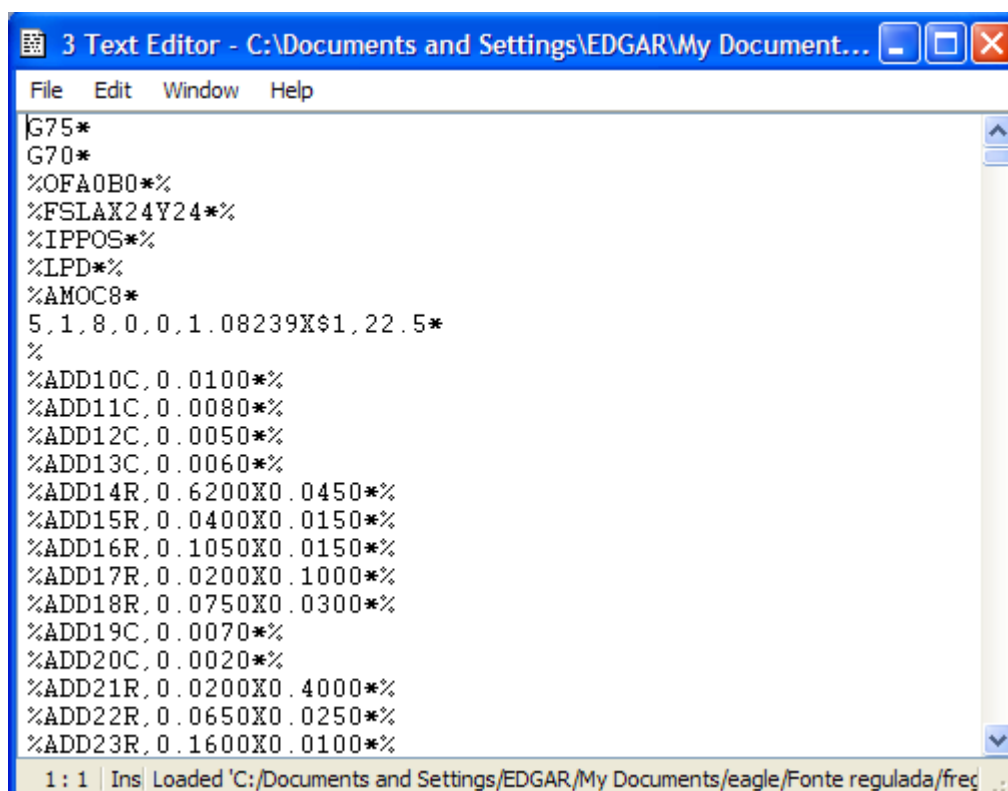
Basta salvar como *fregtb* (que é o nome dado a este projeto exemplo) que automaticamente será adicionada a extensão *.cam* e o mesmo será salvo na pasta CAM Jobs.



A figura abaixo mostra os arquivos Gerber na pasta do projeto "Fonte regulada" e o arquivo *fregtb.cam* na pasta CAM Jobs.



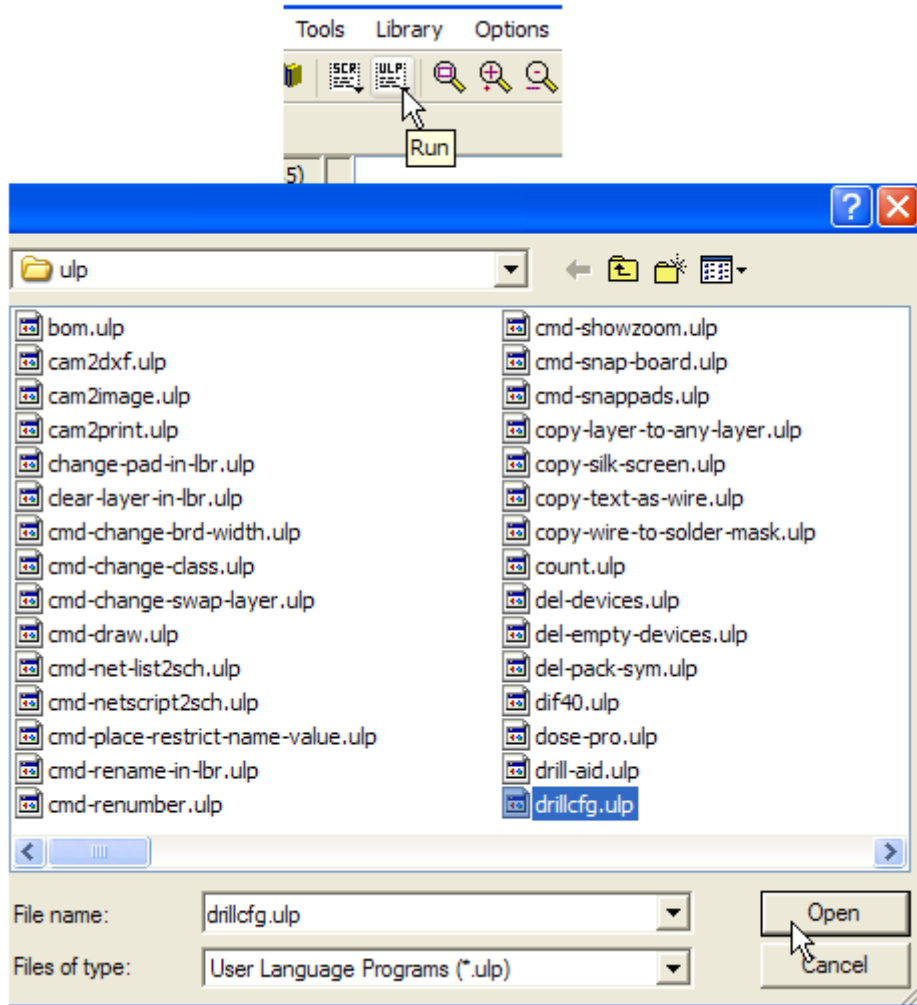
A título de ilustração, vamos clicar (duplo clique) em *fregtb.tsk* e visualizar o editor de texto (Text Editor).



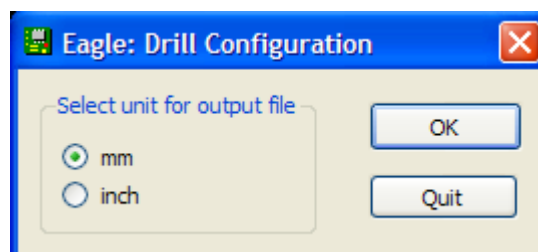
CRIANDO OS ARQUIVOS DE FURAÇÃO:

O arquivo de furação é criado a partir do arquivo Gerber Drill File.

1 – clicar em Run e abrir *drillcfg.ulp*



2 - manter a unidade de medida em milímetros

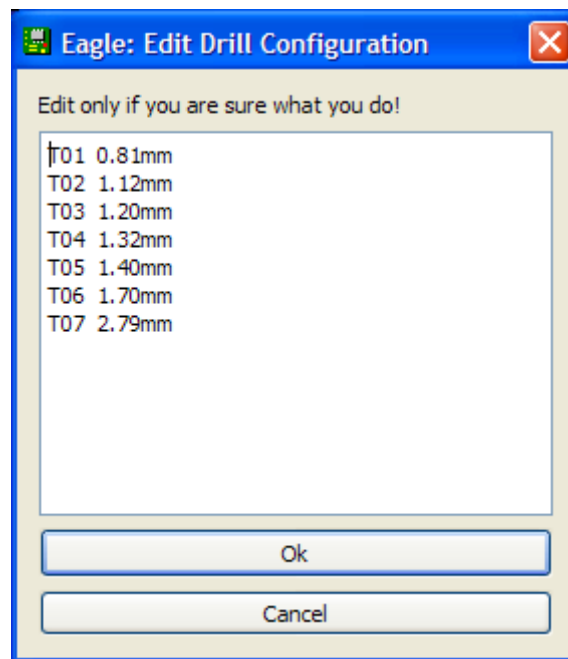


3 – a próxima janela mostra as configurações de furação.

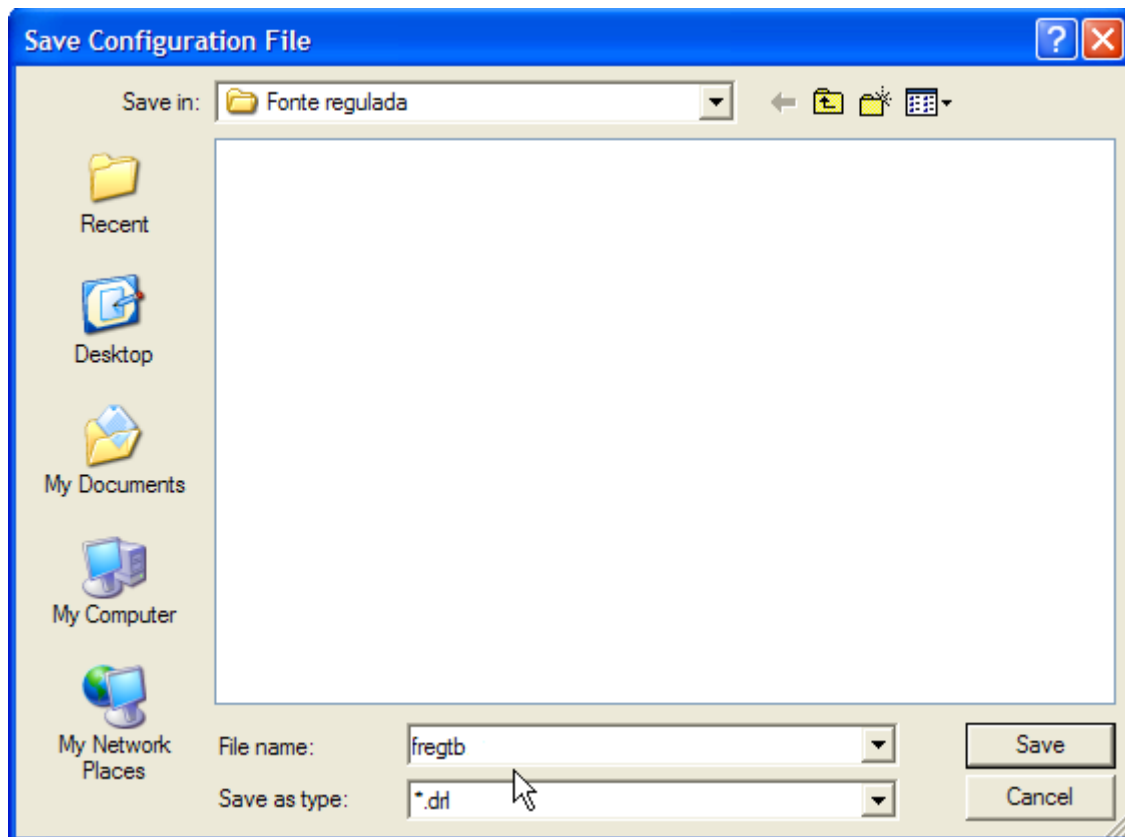
São padrões predefinidos e só devem ser alterados por projetistas muito experientes, tanto que, a mensagem é bastante clara:

Edite somente se você tiver certeza do que fazer!

Vamos deixar inalterado, clicando em OK.

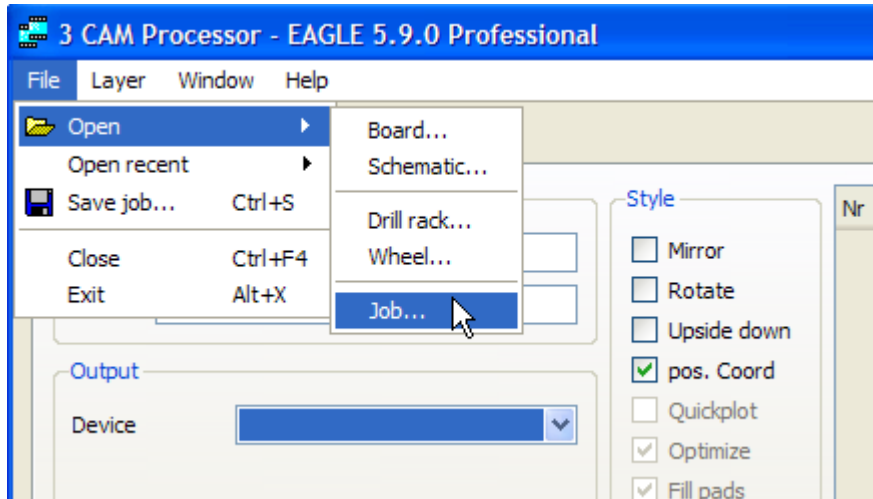


Salvar na mesma pasta do projeto Fonte regulada, com o nome *fregtb.drl* (o próprio Eagle se encarrega de colocar a extensão).

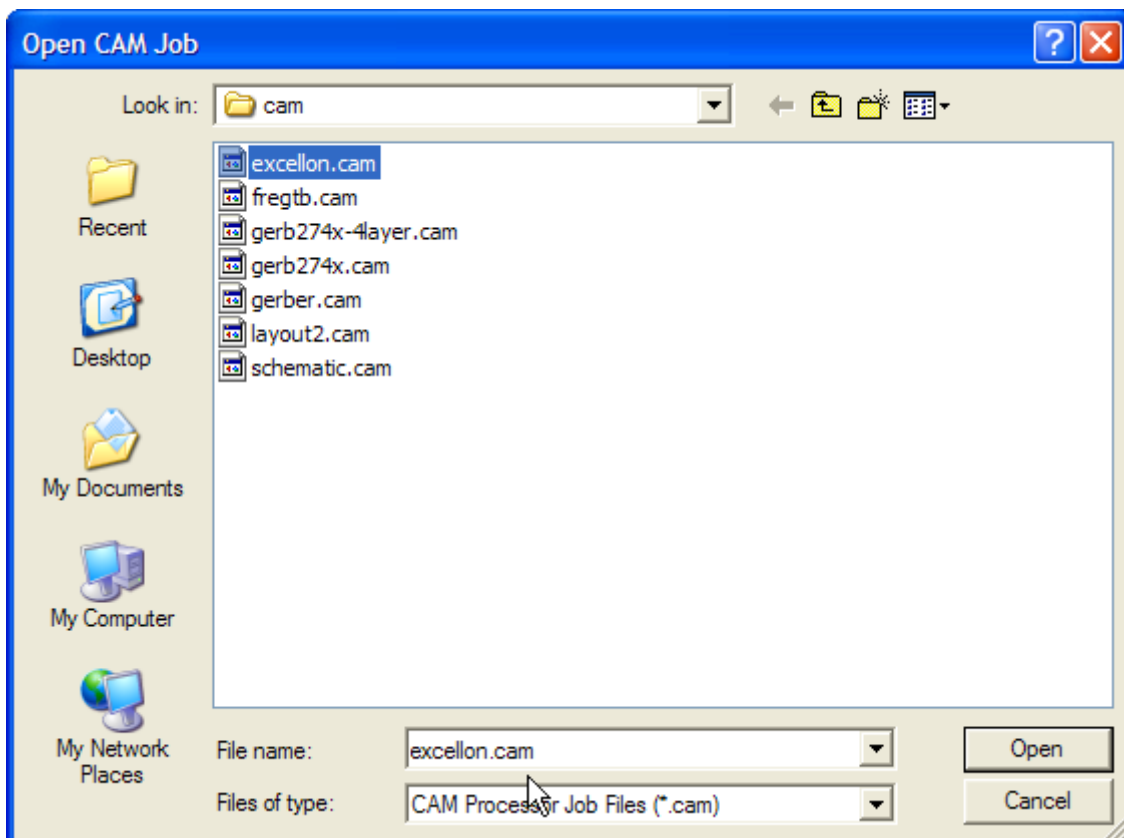


4 - no Menu clicar na ferramenta CAM e ao abrir a janela clicar em:

File → Open → Job



5 – abrir o arquivo *excellon.cam*



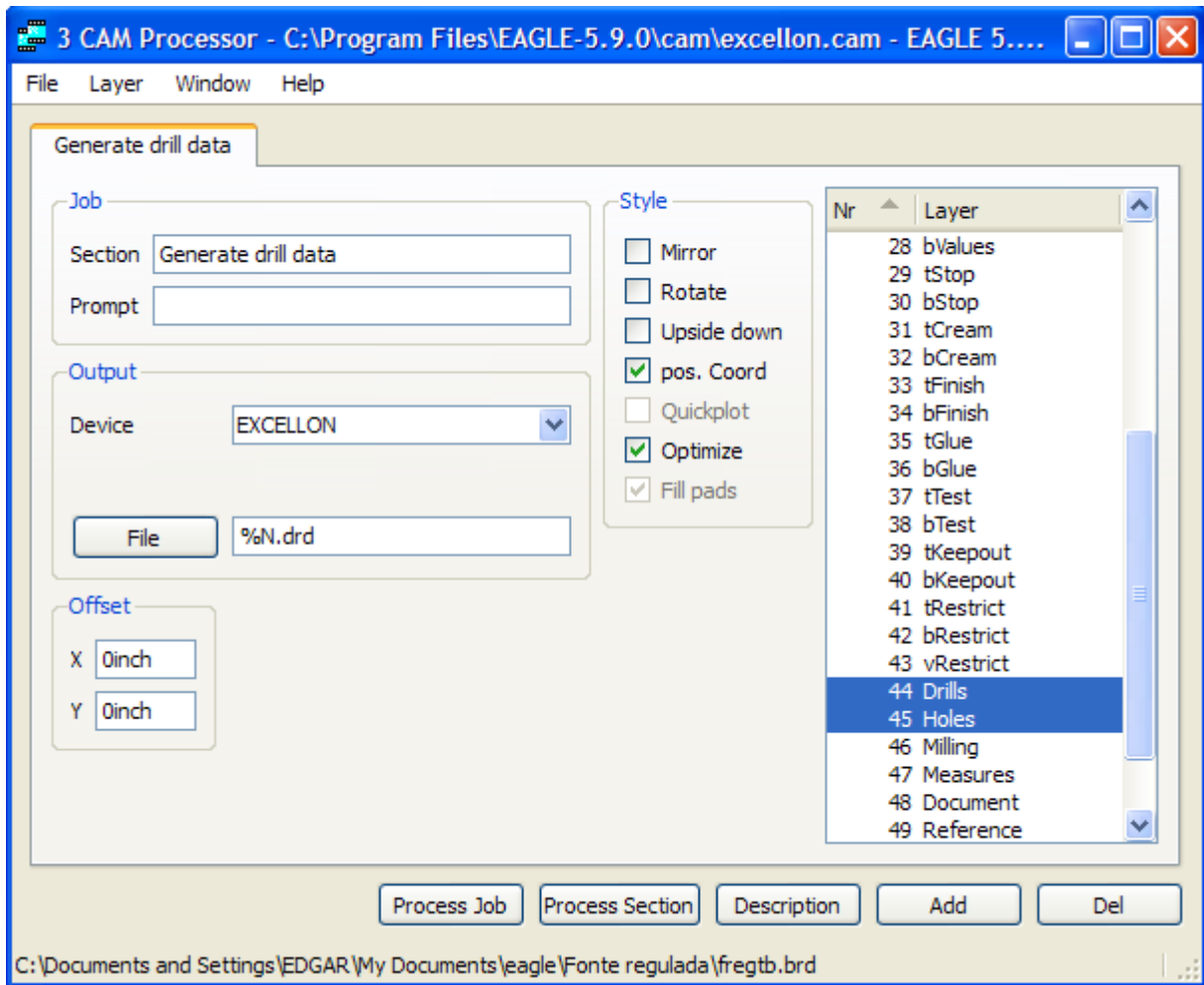
A janela que se abrirá nos dará as informações:

Section: Generate drill data

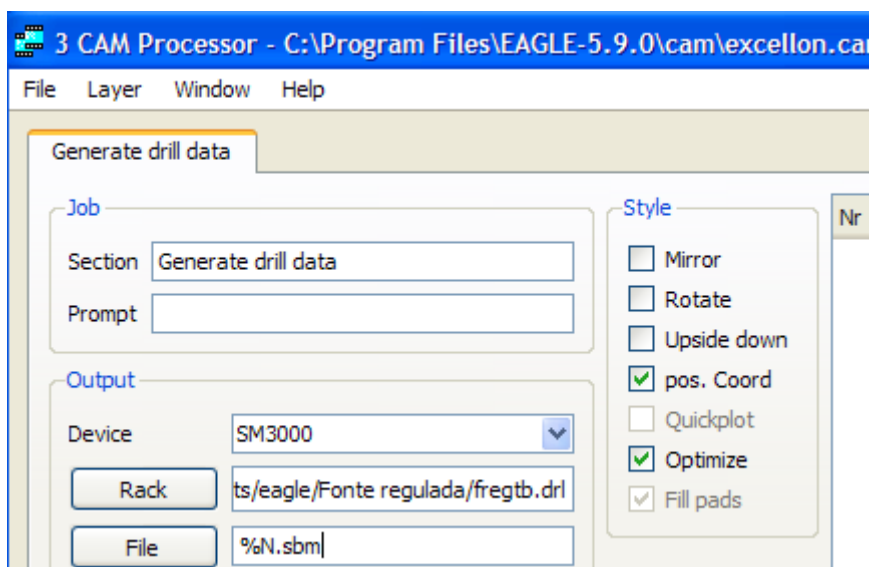
Device EXCELLON

File: %N.drd

Layer: 44 (Drills) e 45 (Holes)



6 – fazer as alterações:

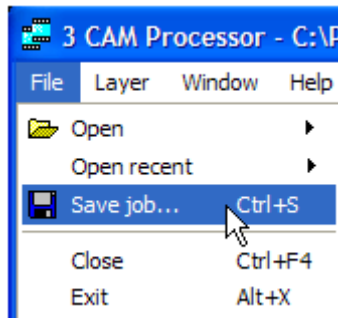


Ao mudar para o campo *Device* para SM3000, surgirá um botão com o label Rack.

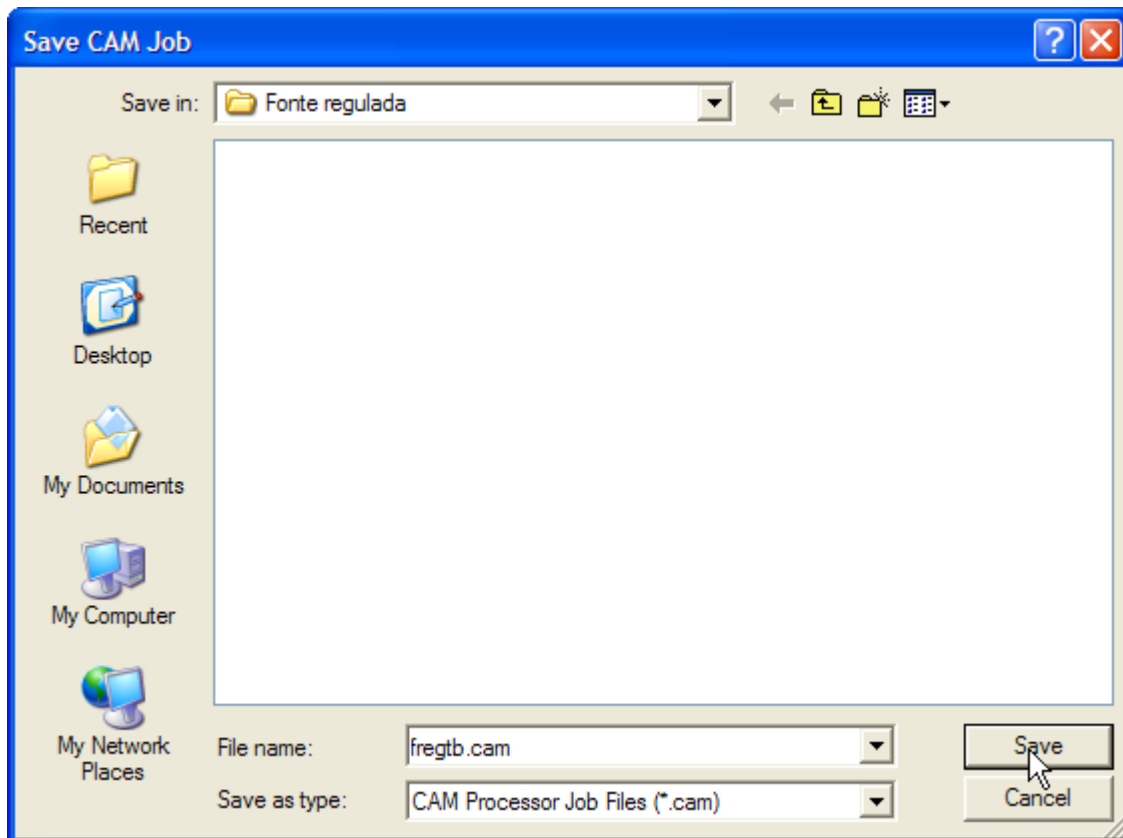
Clicar no mesmo e abrir o arquivo com extensão *.drl* que está na pasta projetos "Fonte regulada".

7 – depois de alterado o campo do file de %N.drd para %N.sbm, clicar em Process Job

8 – clicar em *File* → *Save Job*



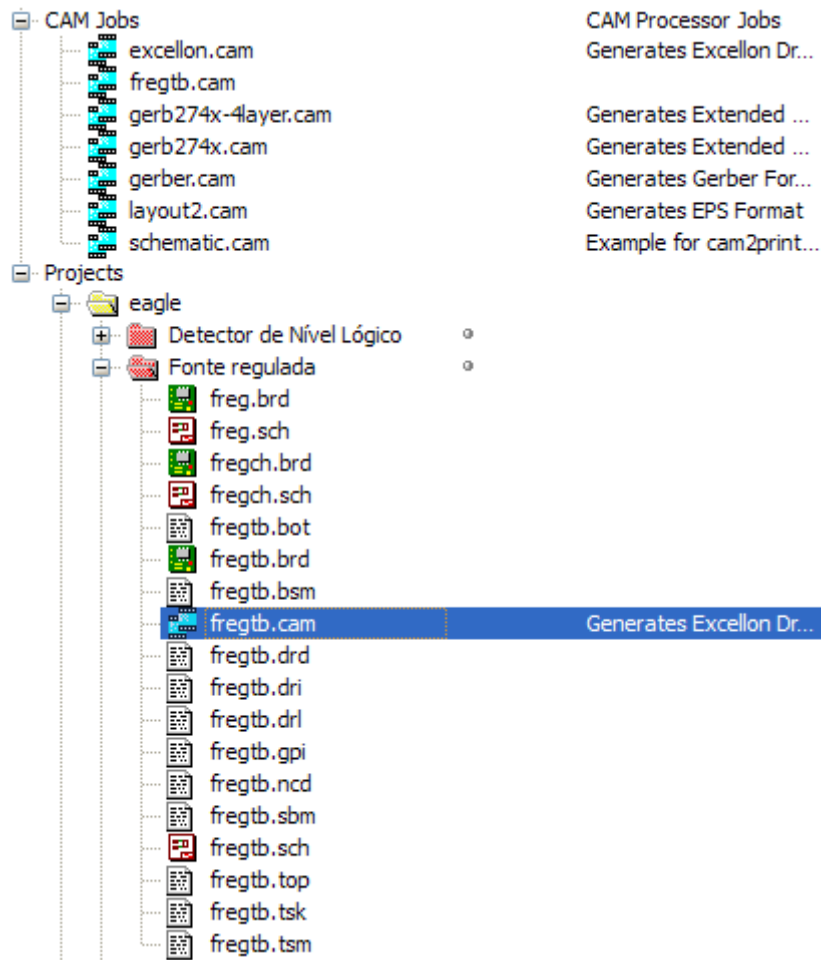
9 – salvar na mesma pasta de projetos “Fonte regulada”



OBS: na pasta CAM Jobs existe um arquivo com o nome *freg.cam*, mas este se refere aos arquivos Gerber criados anteriormente.

Caso opte por salvar o trabalho nessa pasta, para evitar sobrescrever adicione um ou mais caracteres para diferenciar (por exemplo: *fregdrill.cam*) até porque é interessante manter os arquivos Gerber criados anteriormente para eventuais consultas.

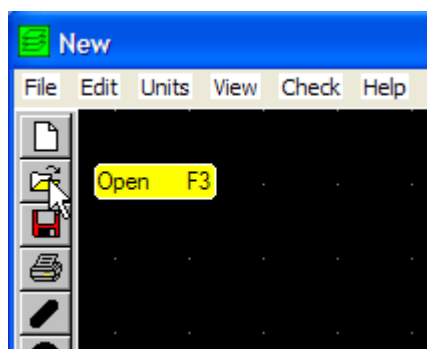
Com isto o processo de geração dos arquivos Gerber está concluído. A figura a seguir mostra uma visão geral, a partir do painel de controle do Eagle.



VISUALIZAÇÃO DOS ARQUIVOS GERBER COM O PROGRAMA VIEWPLOT

O programa VIEWPLOT permite visualizar todos os arquivos Gerber criados.

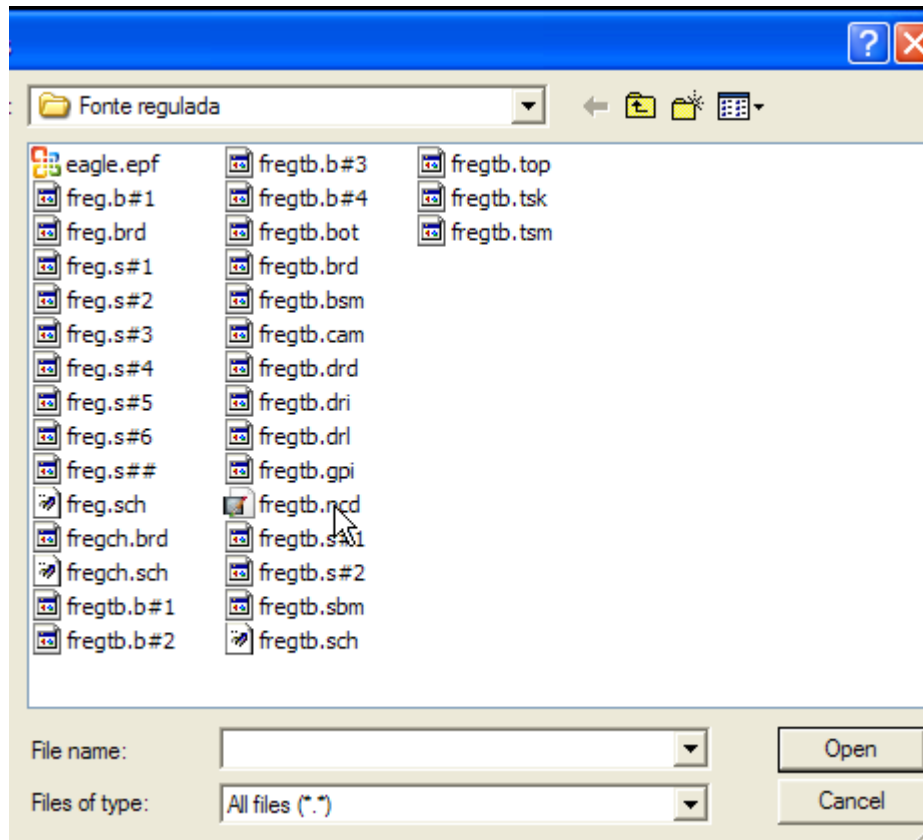
1 – clique no ícone Open para carregar os arquivos Gerber, ou tecle F3



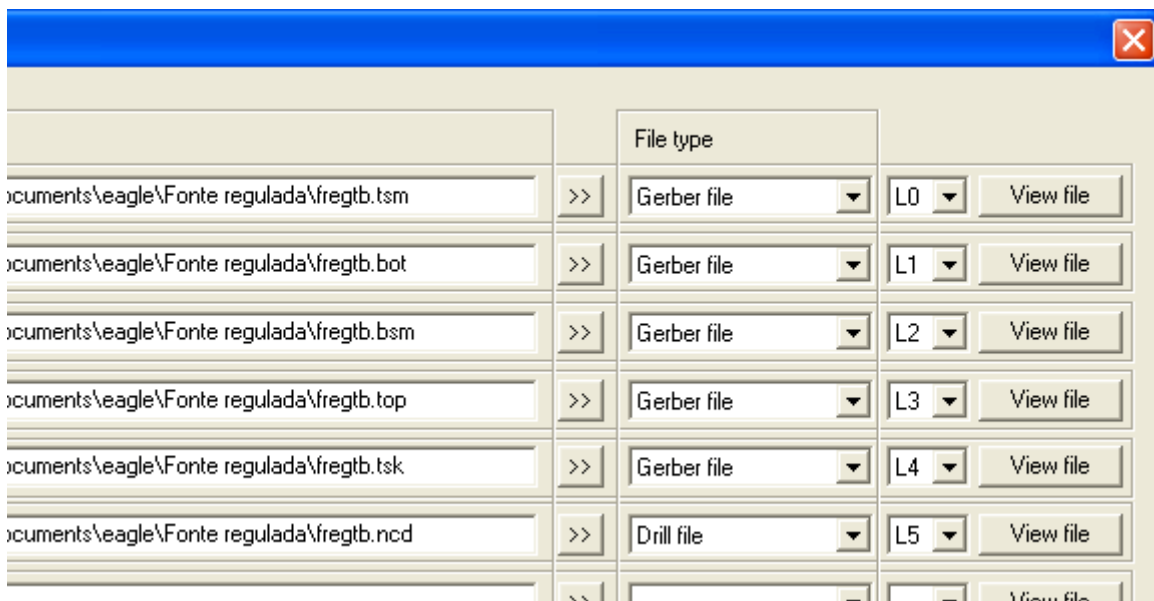
2 – selecionar na pasta de projetos “Fonte regulada” os arquivos Gerber com as extensões:

.bot - .bsm - .top - .tsk - .tsm - .ncd

Veja a figura a seguir:



3 – clique em open:



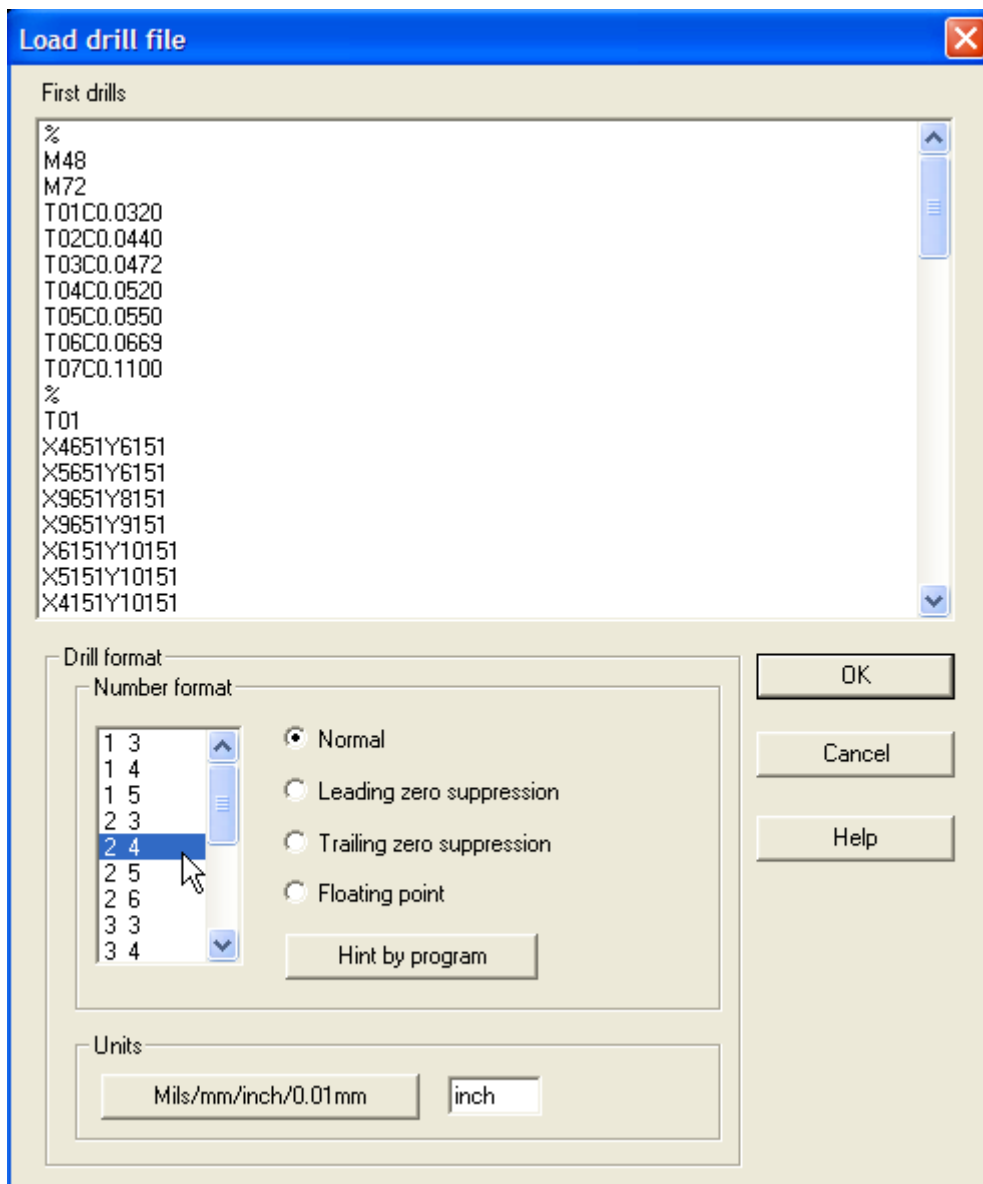
A figura acima mostra os arquivos Gerber e o Drill file.

L0 a L5 representam os layers.

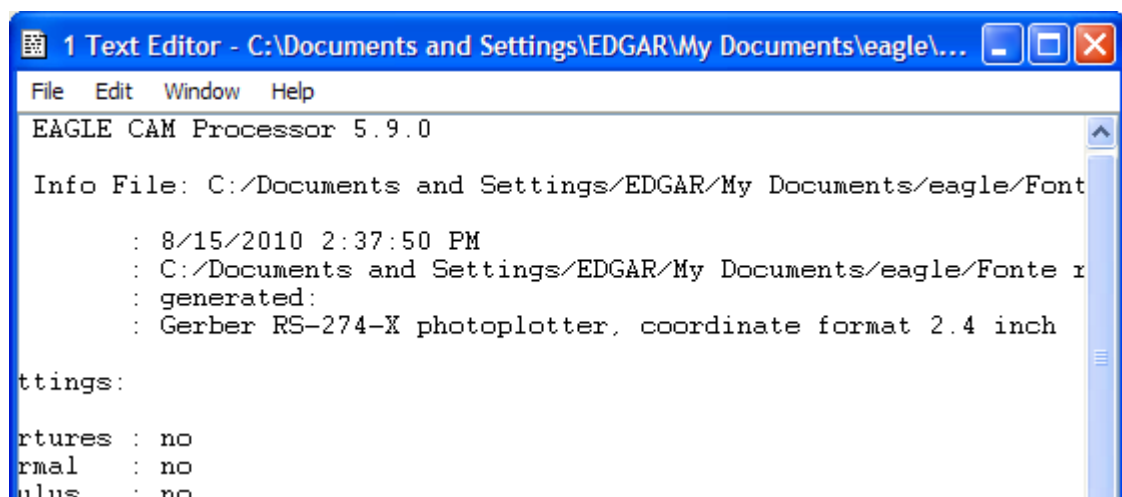
Clicando em View pode-se visualizar o conteúdo de cada um dos arquivos.

4 – clique em OK.

Ao abrir a janela altere o Number format para 2 4

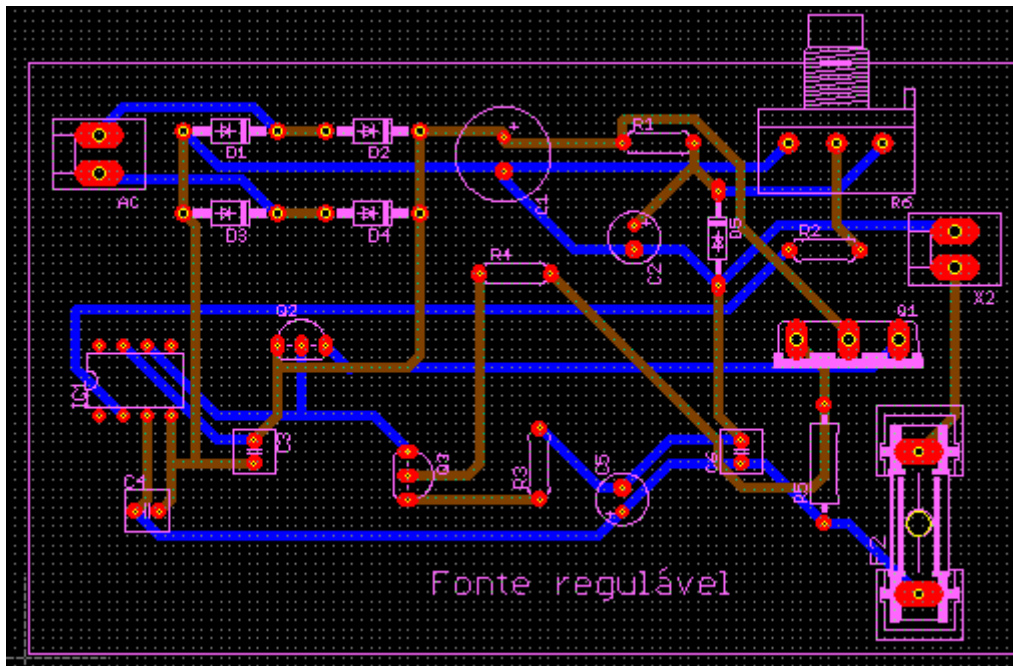


Para justificar esse ajuste, veja a correlação na figura abaixo, no editor de texto de *freg.gpi*

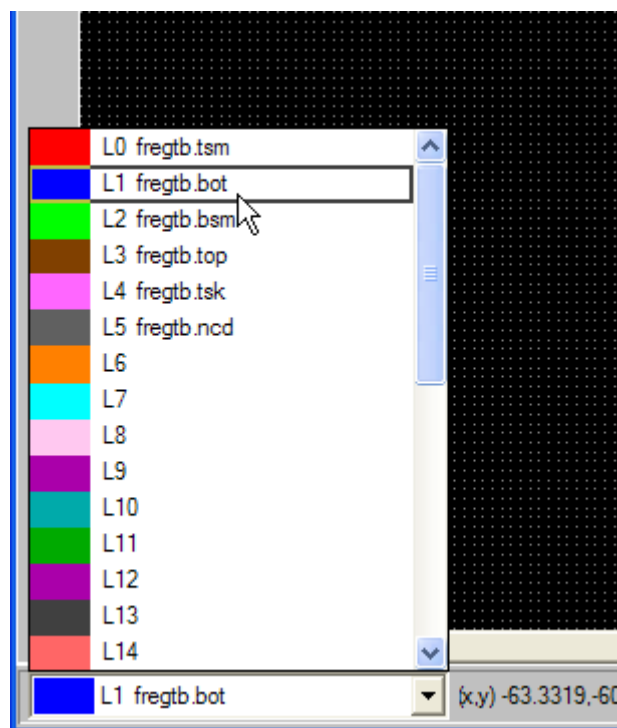


5 – clique em OK.

Todos os layers serão visualizados

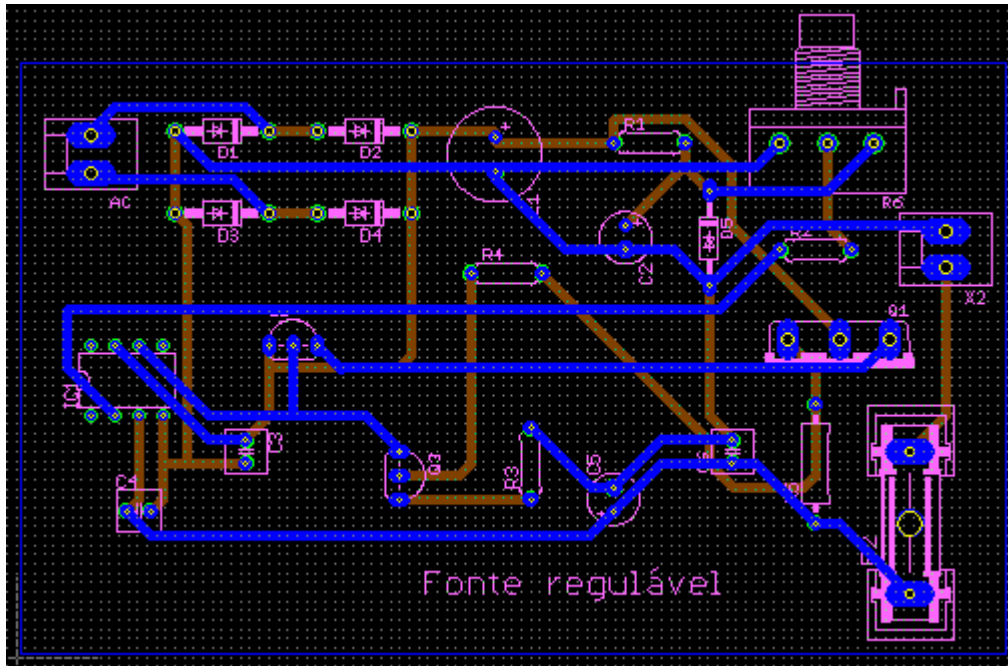


Clicando na barra de status é possível destacar cada um dos layers

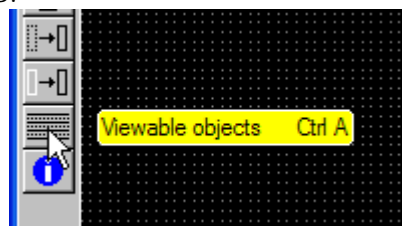


A figura a seguir mostra o layer Bottom (*fregtb.bot*) em destaque.

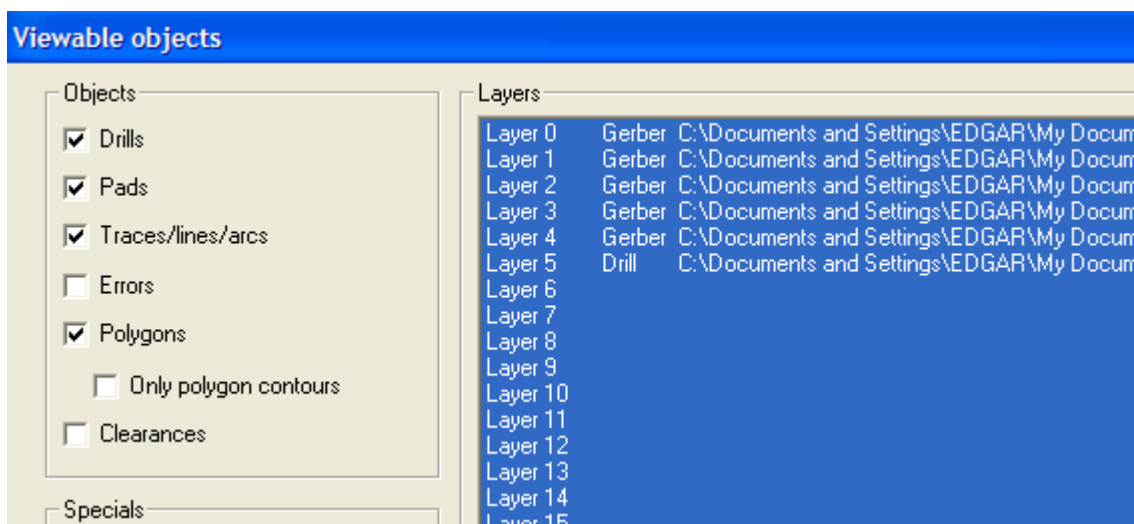
Observe que as trilhas traçadas no layer Bottom se sobrepõem as demais.



É possível visualizar separadamente os layers, com o uso da ferramenta para visibilidade de objetos.



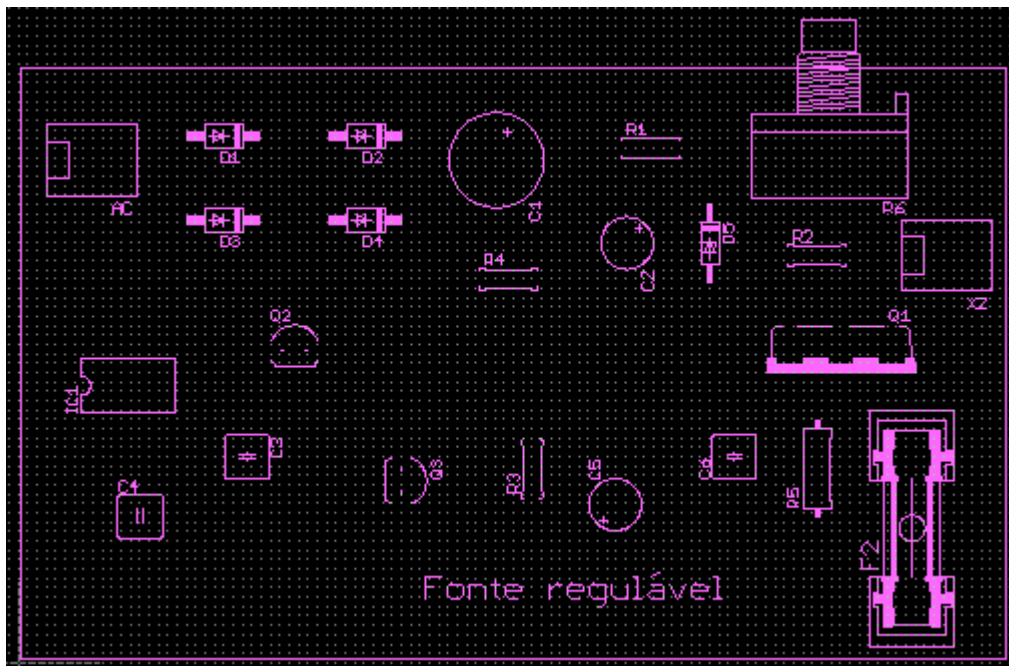
Ao clicar no botão ou pelo atalho CTRL A, aparecerão as opções mostradas na figura abaixo.



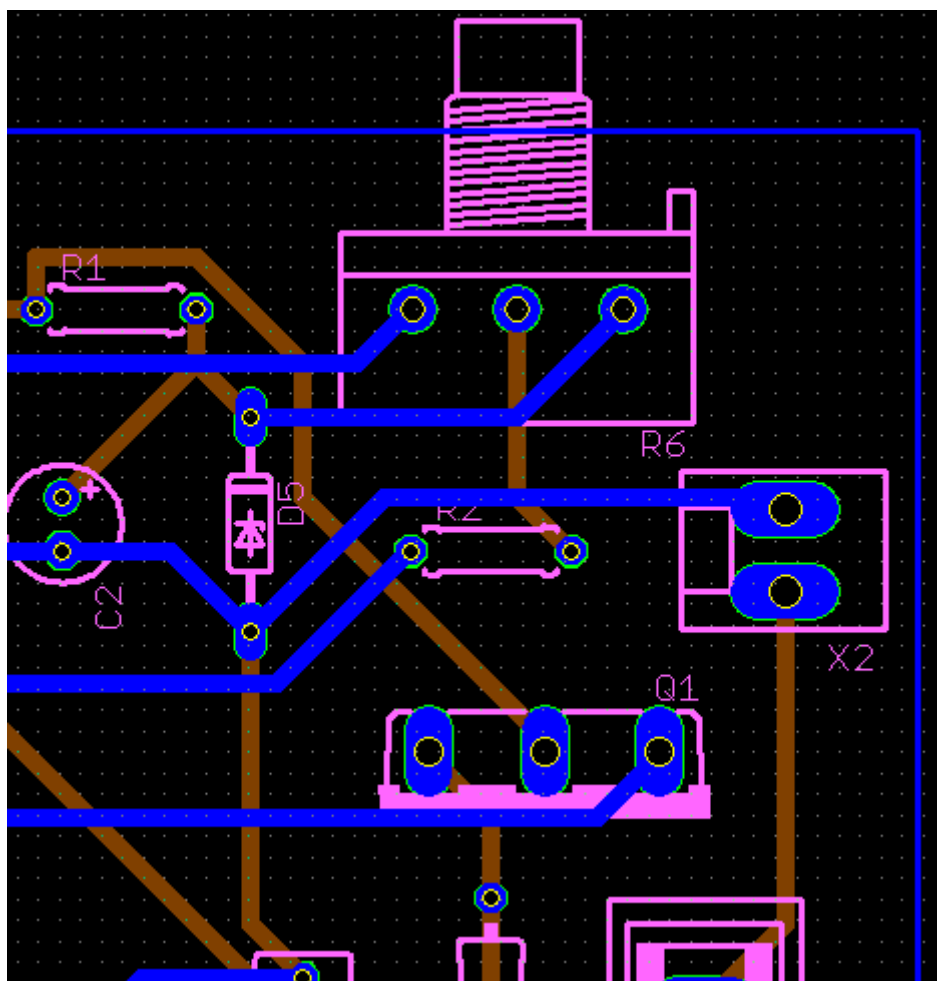
Clique em *Deselect All* e clique somente no layer que desejar visualizar



A figura abaixo mostra apenas o layer de serigrafia visível (*fregtb.tsk*)



Veja em destaque todos os layers selecionados:



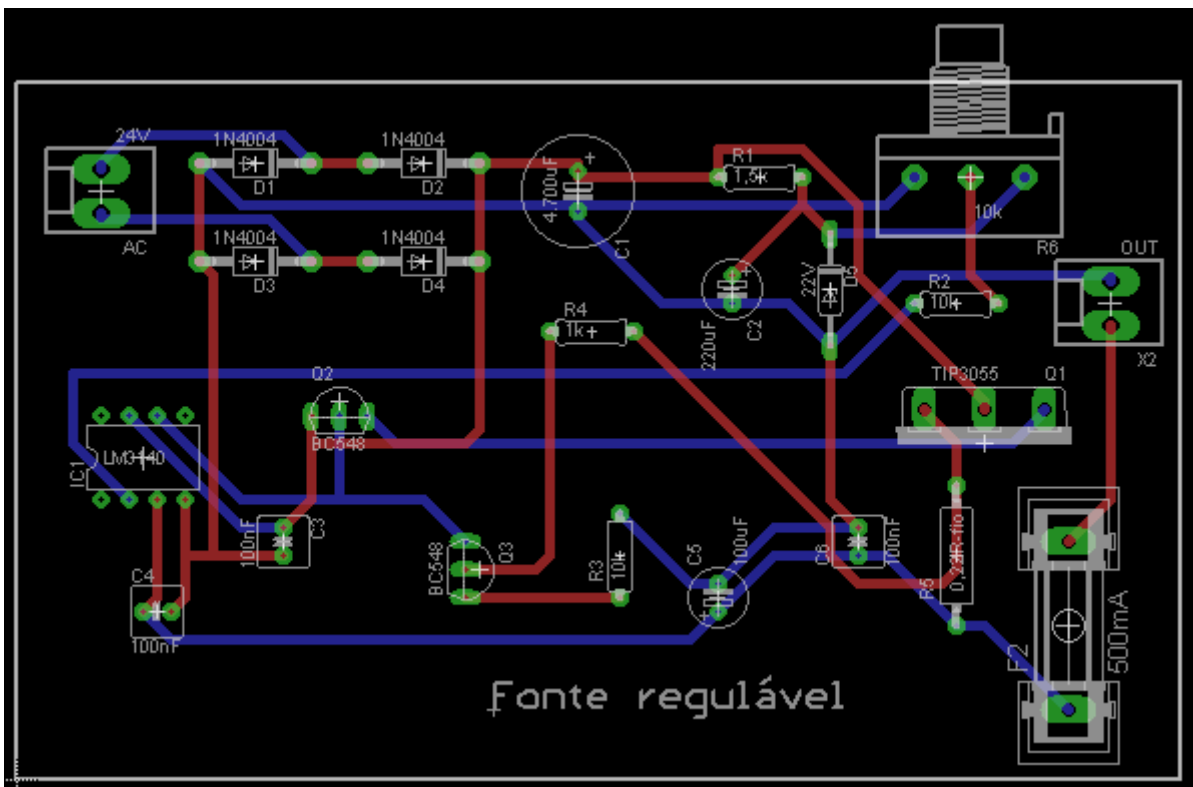
GERANDO IMAGEM NEGATIVA DO LAYOUT PARA IMPRESSÃO

É possível gerar uma imagem negativa de um layout e imprimi-la em uma transparência, papel vegetal, etc.

A partir dessa imagem negativa pode-se gerar um fotolito para a confecção de placas de circuito impresso.

Vamos utilizar o projeto Fonte regulada (*fregtb.brd*) para demonstrar como isso pode ser feito.

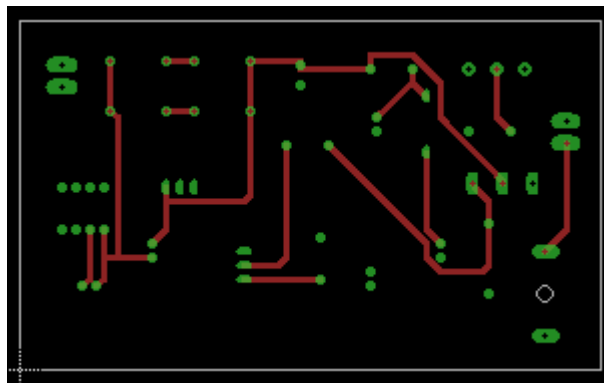
Neste caso vamos gerar uma imagem negativa dos layers Top e Bottom.



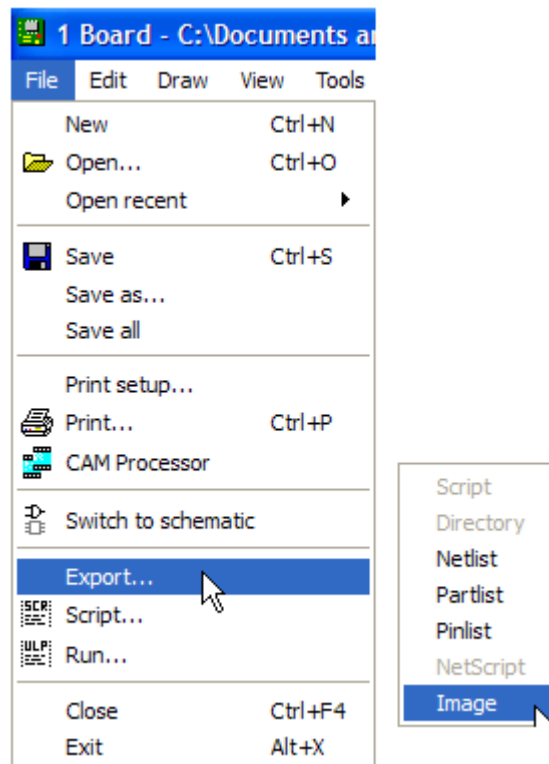
Iniciando pelo Top:

Vamos esconder os layers que não nos interessam:

Bottom; tPlace; tNames; tValues; tOrigins; tDocu

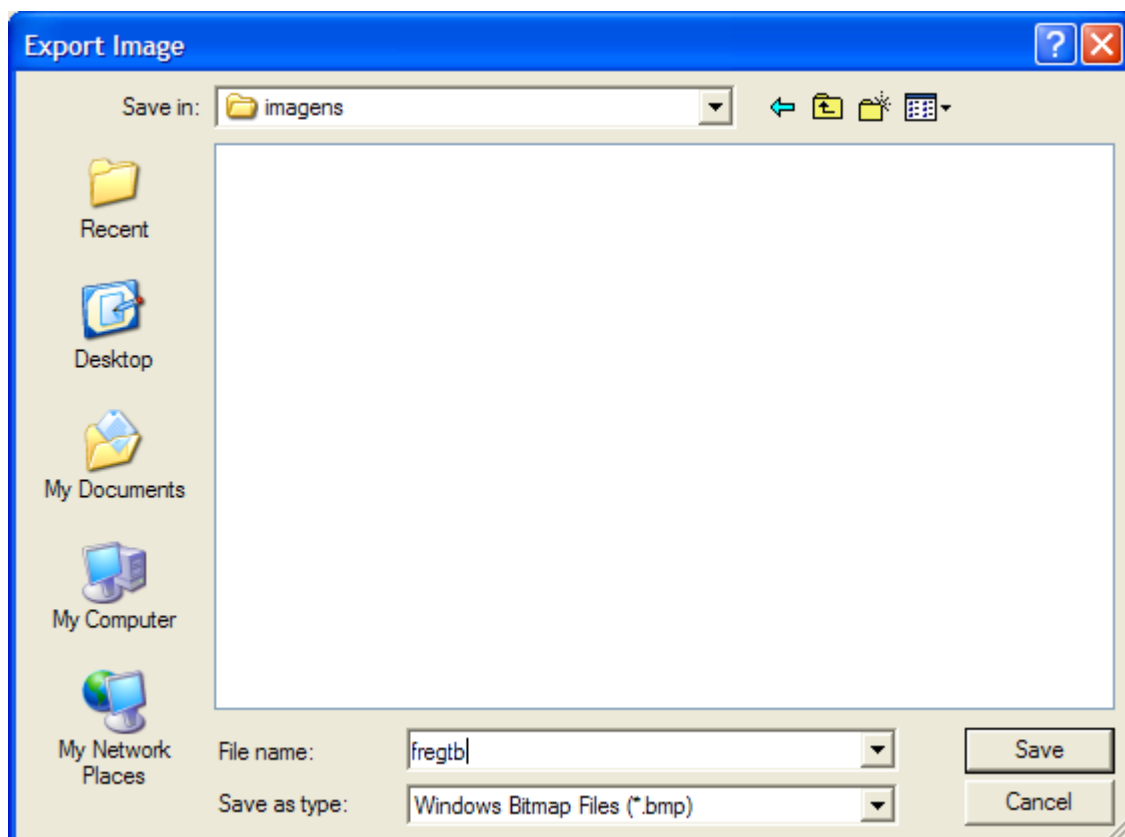


1 – no Menu, em File, clique Export → Image

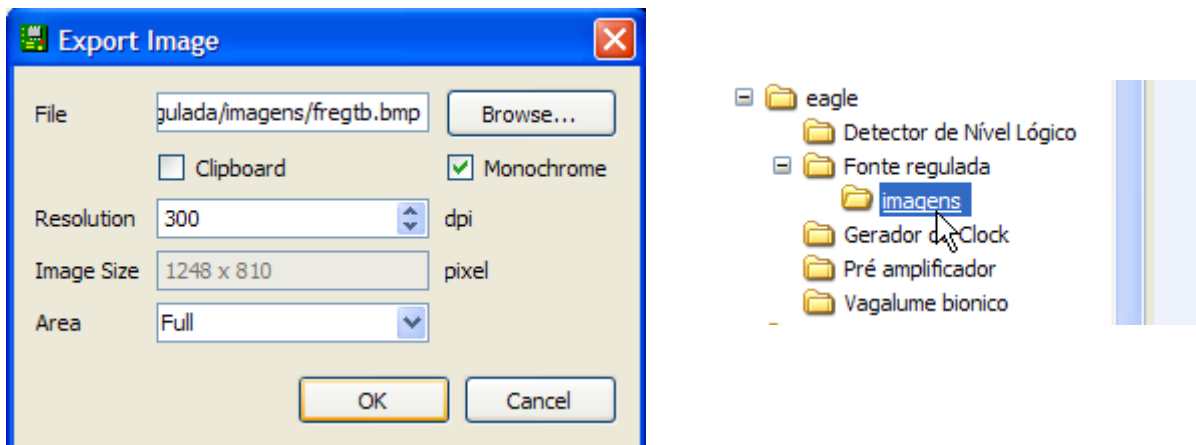


2 – salve na pasta de projetos, no caso, Fonte regulada, preferencialmente com a extensão *.bmp*

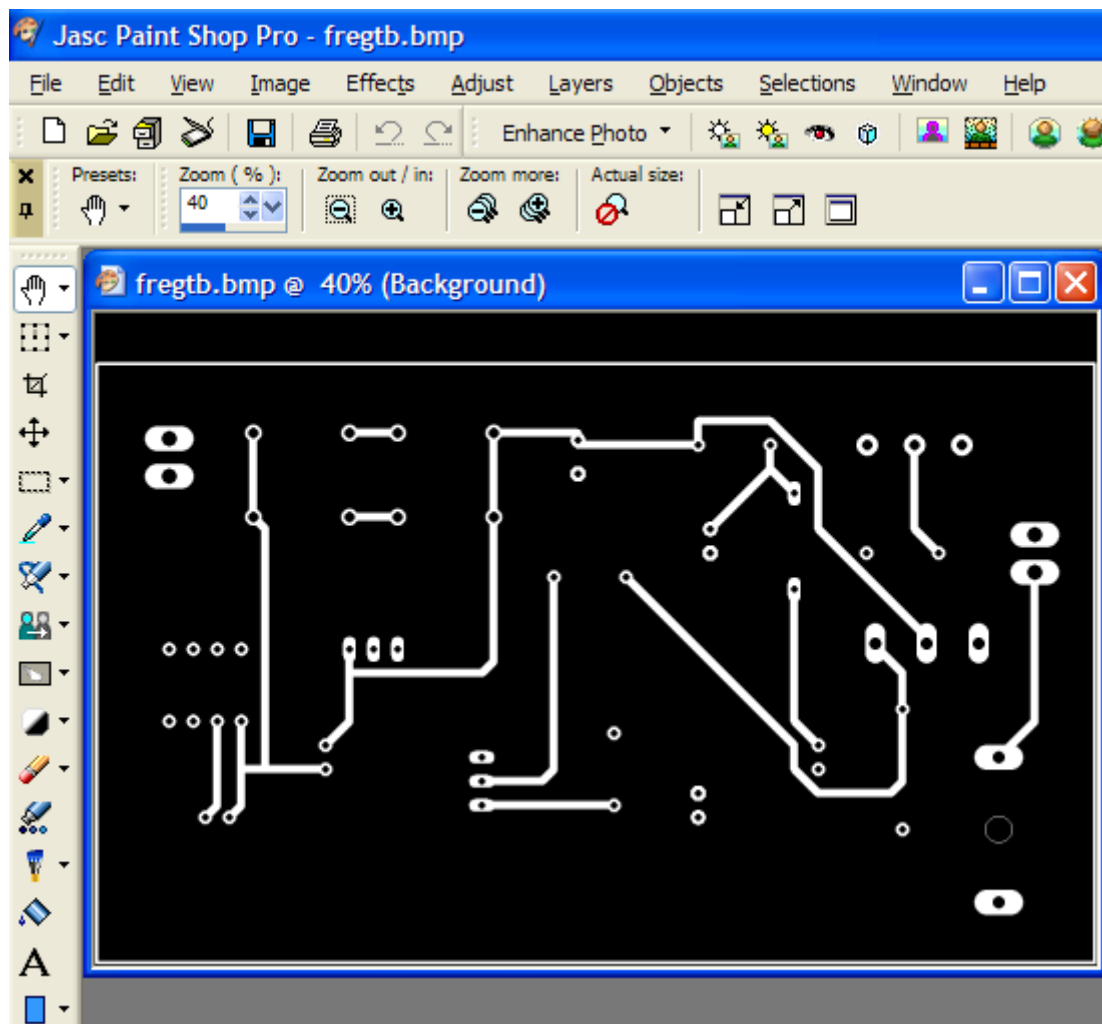
Crie uma pasta para salvar essas imagens



3 – ajuste os parâmetros conforme indica a figura abaixo: Monochrome e Resolution – 300 (pode ser outra) e clique em OK



A figura abaixo mostra a imagem criada, no editor de imagens PaintShop PRO



Outra opção é a captura da imagem para o Clipboard e a mesma poderá ser colada em qualquer documento de texto ou editor de imagem.

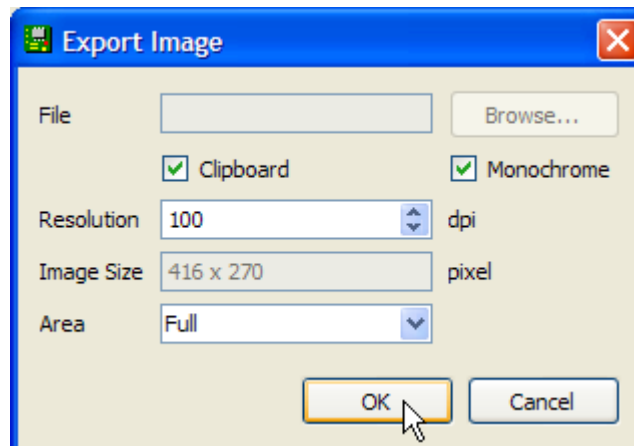
Neste caso, basta selecionar apenas a opção *Clipboard* e *Monochrome*.

Vejamos um exemplo, capturando o layout no layer Bottom.

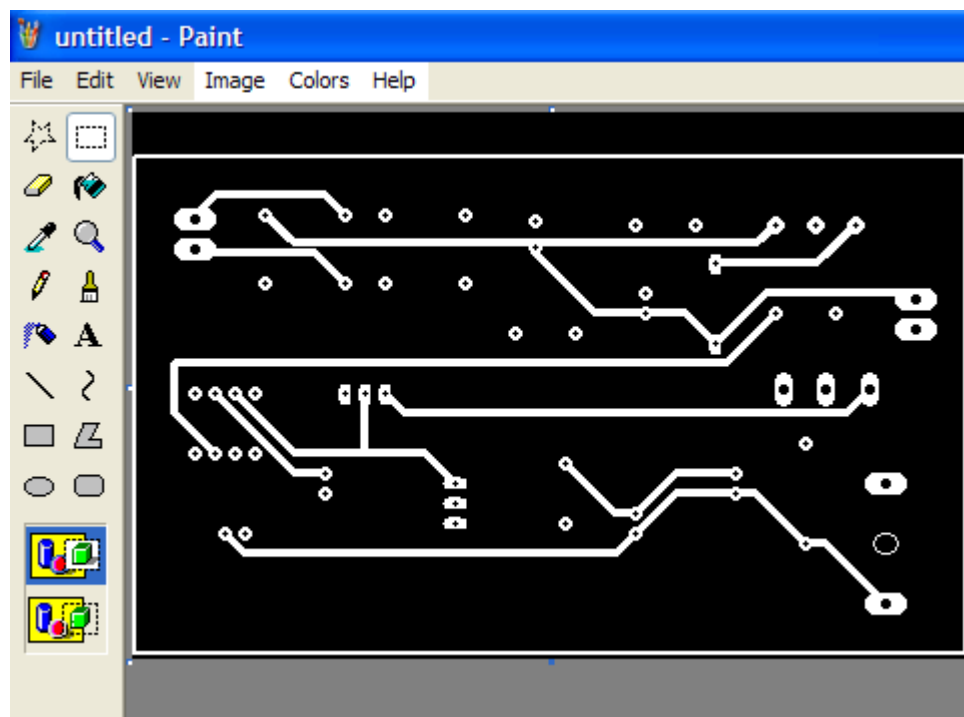
Como no caso anterior esconder os layers:

Top; tPlace; tNames; tValues; tOrigins; tDocu

Vamos capturar com uma resolução = 100



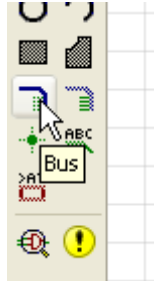
A figura abaixo mostra a imagem colada no Paint do Windows.



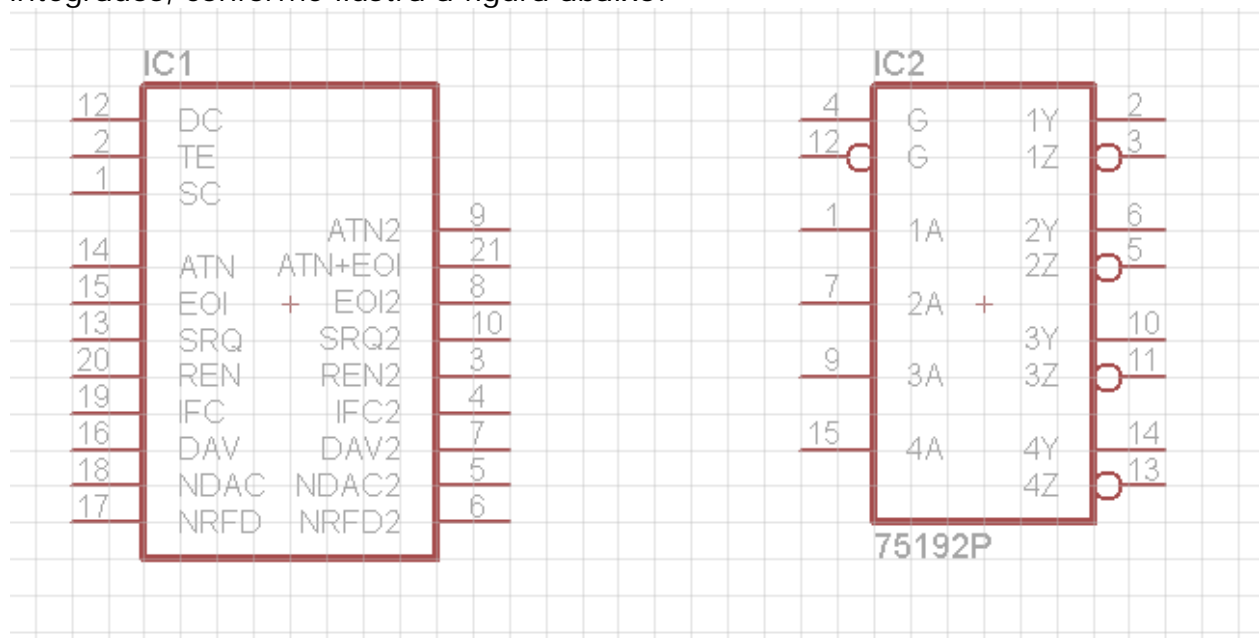
APÊNDICE 1

Barramentos no EAGLE:

A ferramenta "Bus" auxilia na identificação de contactos elétricos entre componentes.

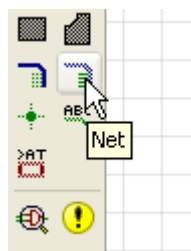


Tomemos como exemplo a interligação de alguns pinos entre dois circuitos integrados, conforme ilustra a figura abaixo:

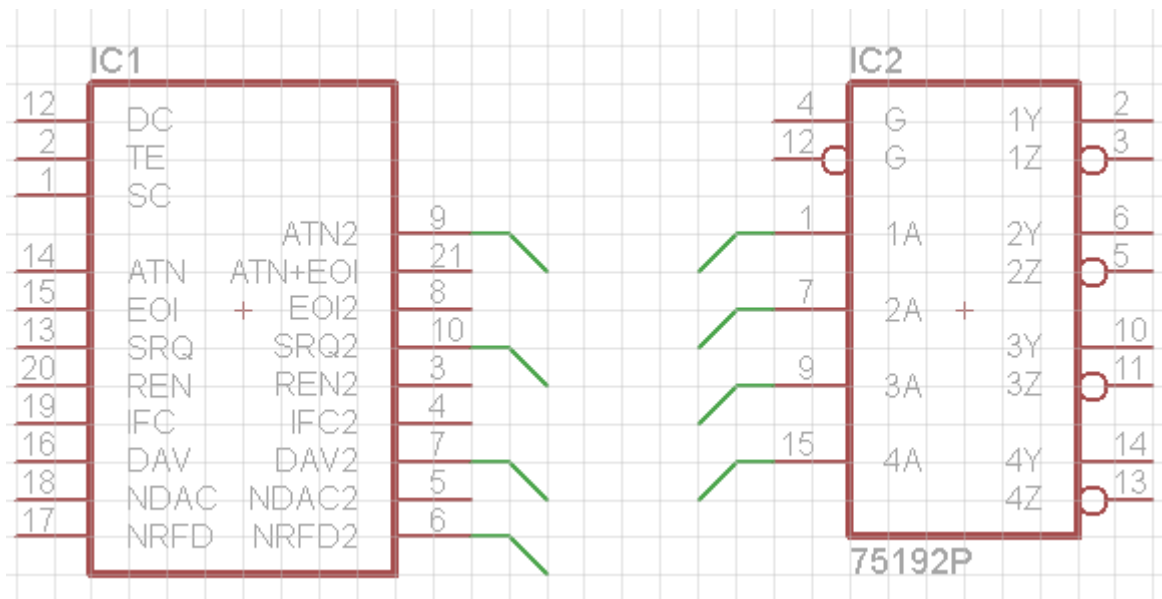


Vamos através do comando Bus desenhar uma linha que permite visualizar as ligações elétricas entre os pinos 9, 10, 7 e 6 do IC1 com os pinos 1, 7, 15 e 13 o IC2.

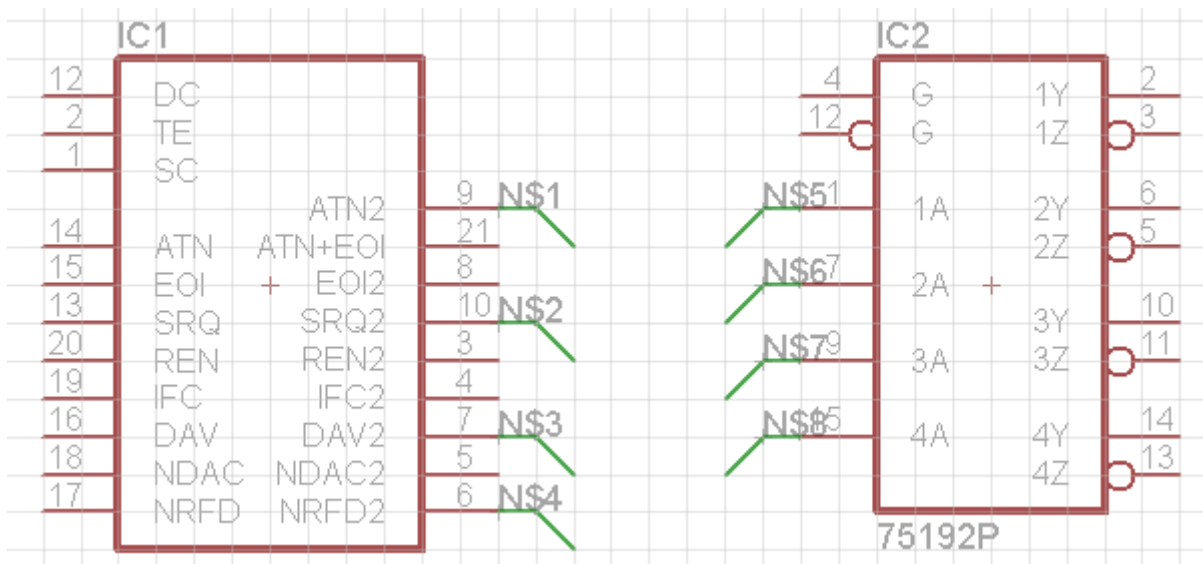
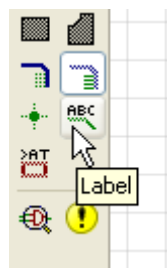
Usando a ferramenta Net.



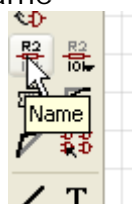
A primeira providência é desenhar ligações em aberto nos referidos pinos, conforme ilustra a figura a seguir:



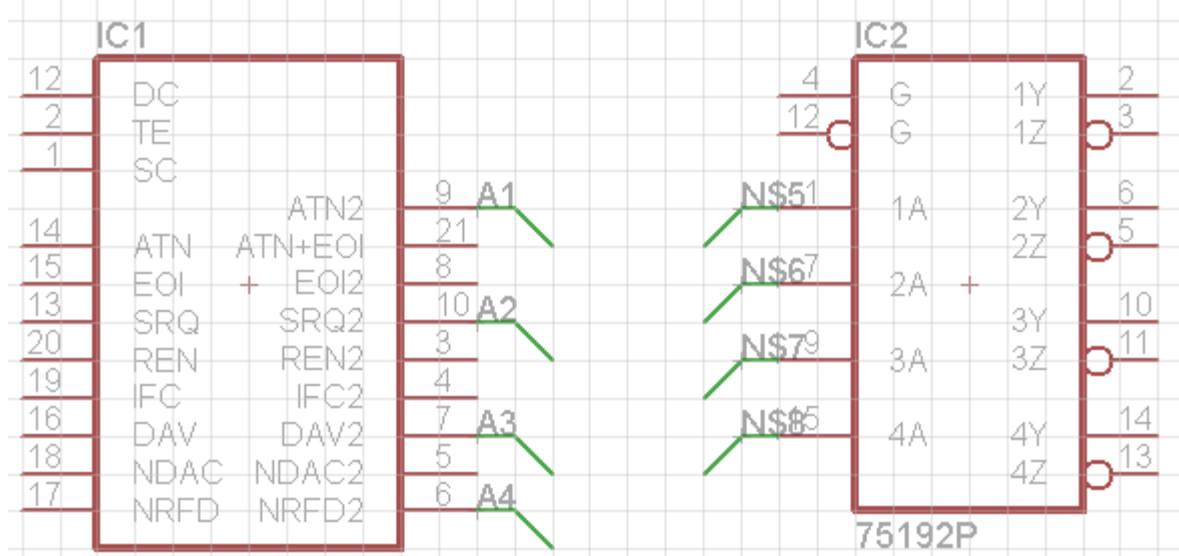
O próximo passo é atribuir os nomes para essas ligações através da ferramenta "Label".



Com as ligações identificadas devemos agora renomear as mesmas. Para isso devemos usar a ferramenta "Name"



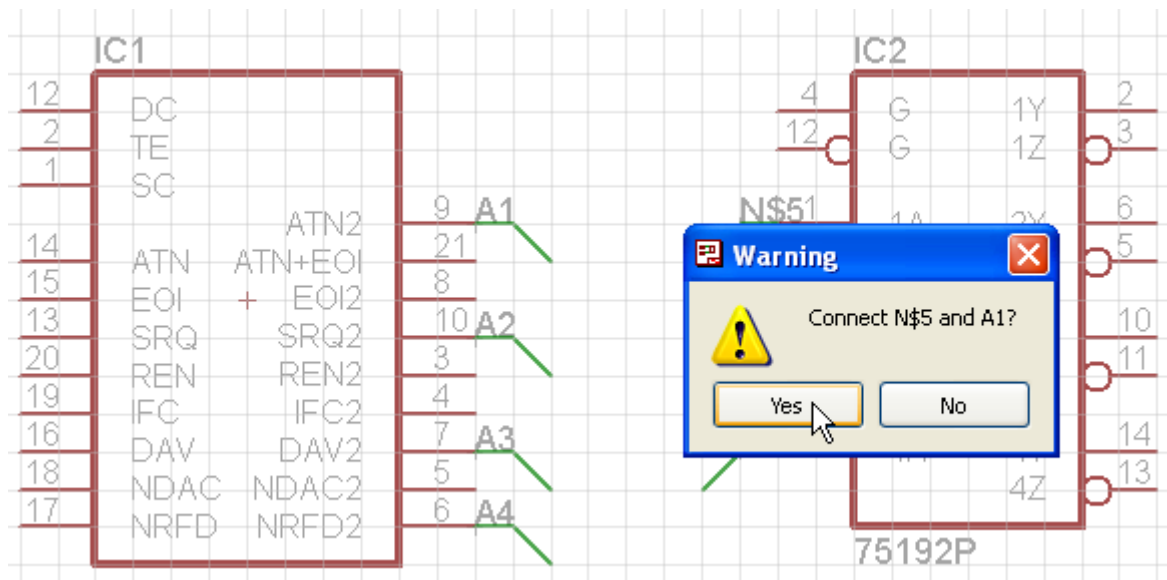
Observe que o IC1 teve suas ligações renomeadas como A1, A2, A3 e A4:



Vamos utilizar o mesmo procedimento e renomear as ligações em aberto do IC2.

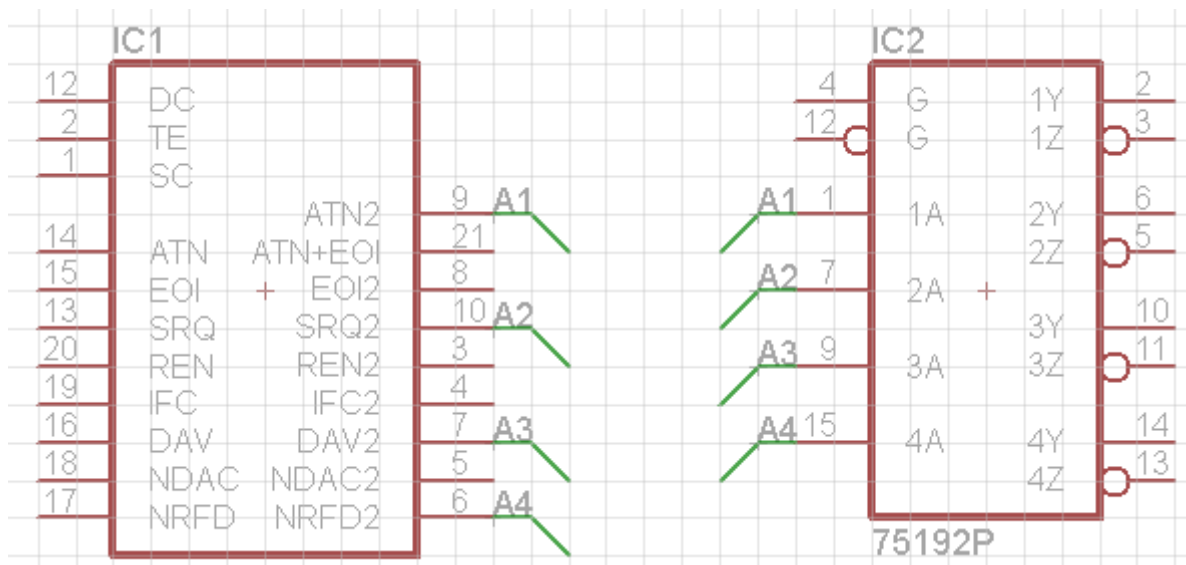
Se quisermos que o pino 9 do IC1 seja interligado eletricamente com o pino 1 do IC2, devemos atribuir o mesmo nome para este último, ou seja, A1.

Assim procedendo o Eagle mostrará uma caixa de diálogo para confirmar a ligação elétrica entre esses pontos.

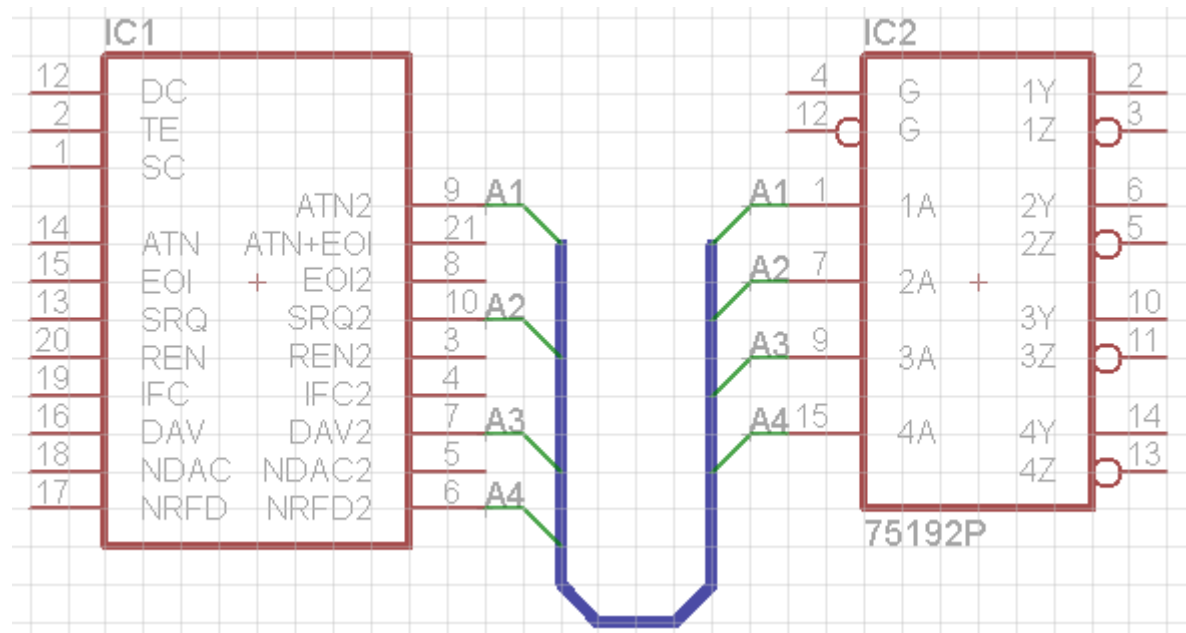
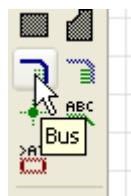


Basta proceder de forma idêntica para os demais pinos, usando a sequência das ligações desejadas.

A figura a seguir mostra as ligações entre os dois componentes identificada.



Com o auxílio da ferramenta “Bus”, podemos identificar essas ligações. Embora essas ligações elétricas já estejam concretizadas, a identificação tem por objetivo permitir uma visualização mais rápida das mesmas.

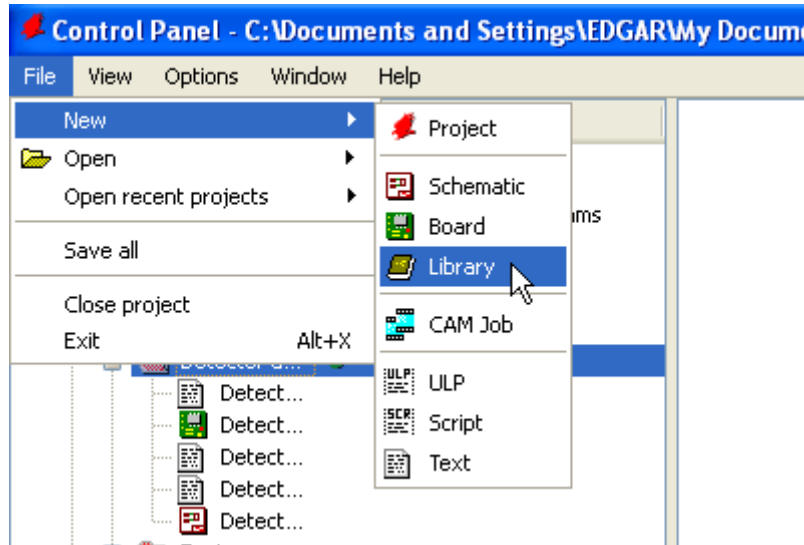


APÊNDICE 2

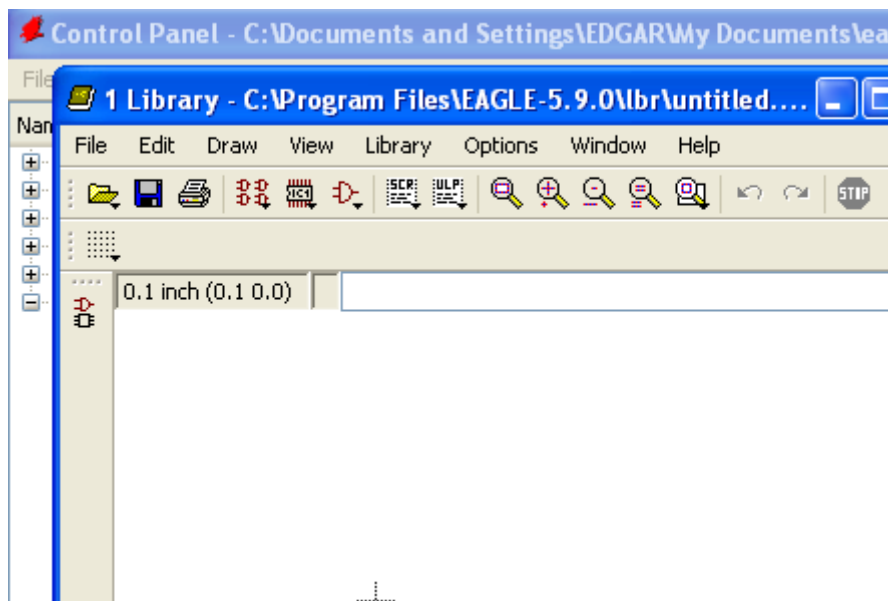
CRIAÇÃO DE BIBLIOTECA DE COMPONENTES

O Eagle permite a criação de biblioteca de componentes, tanto para símbolos como para o encapsulamentos.

No painel de controle (Control Panel) siga a sequência mostrada na figura abaixo:

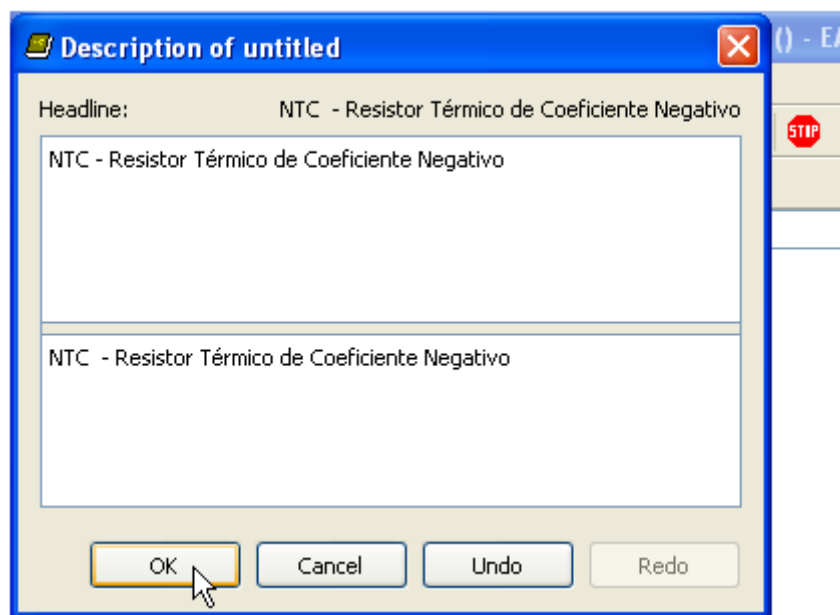
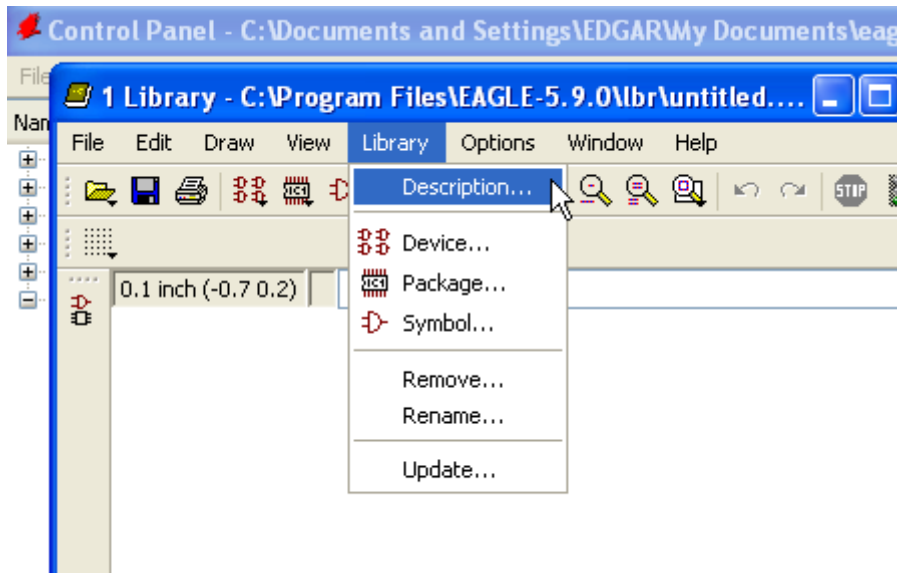


File → New → Library



Selecione no menu Library a opção *Description* na qual deverá constar a descrição do componente que irá compor a biblioteca.

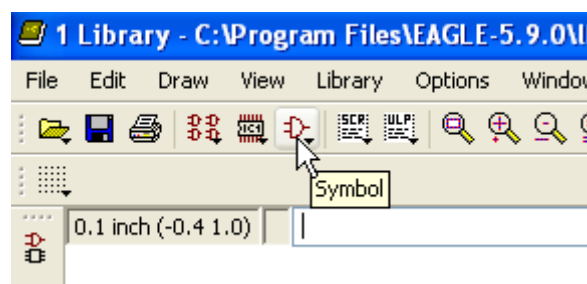
Neste exemplo, vamos criar o símbolo e o encapsulamento para um NTC – Resistor Térmico de Coeficiente Negativo.



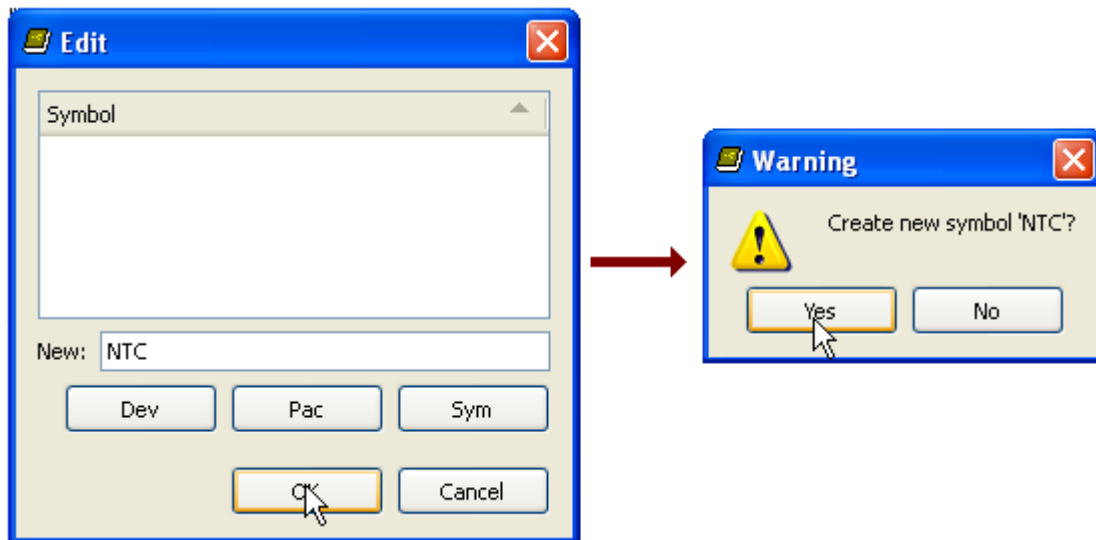
Clique em OK.

Esta descrição irá aparecer ao selecionar a biblioteca pelo comando Add no Schematic ou no Board.

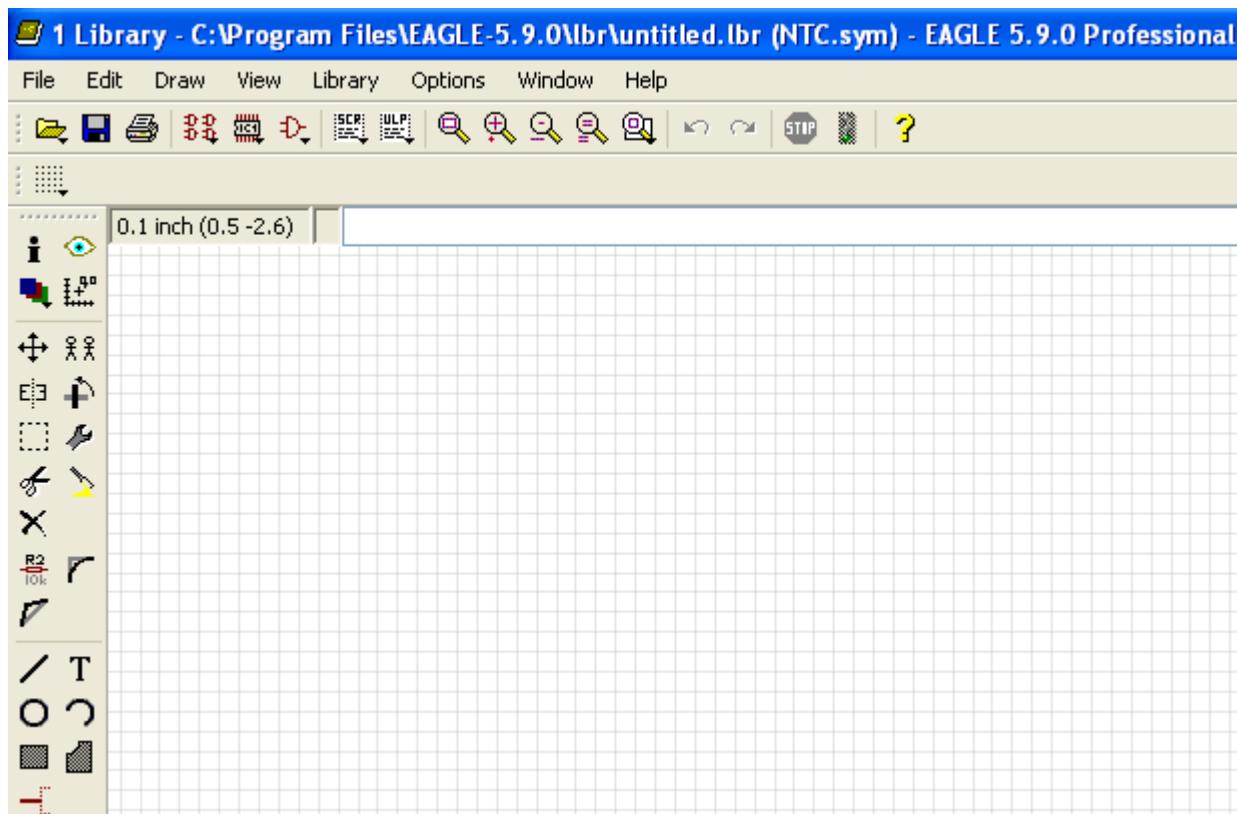
O próximo passo é identificar o símbolo, conforme indica a figura abaixo:



Basta digitar o nome do símbolo, no caso, NTC.



Ao aceitar a criação do símbolo surgirá então a área para desenhar o mesmo, com as respectivas ferramentas. Esta área é o Editor do Símbolo.



Basta desenhar o símbolo nesta área usando os recursos disponíveis.

DICA: procure sempre usar o Grid adequado para tal, conforme já visto em aulas anteriores.

Procure tomar como base as medidas de componentes que já existem.

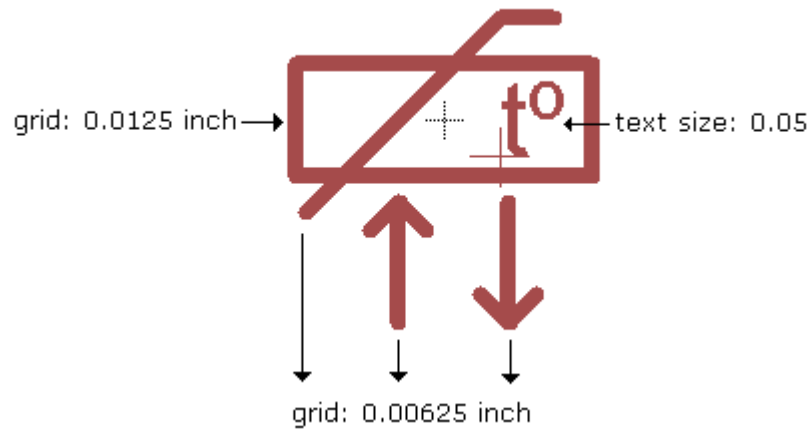
A figura a seguir mostra o componente desenhado. A ferramenta para essa finalidade é *Wire*, já vista anteriormente.



Para isso foram usados os seguintes valores de Grid:

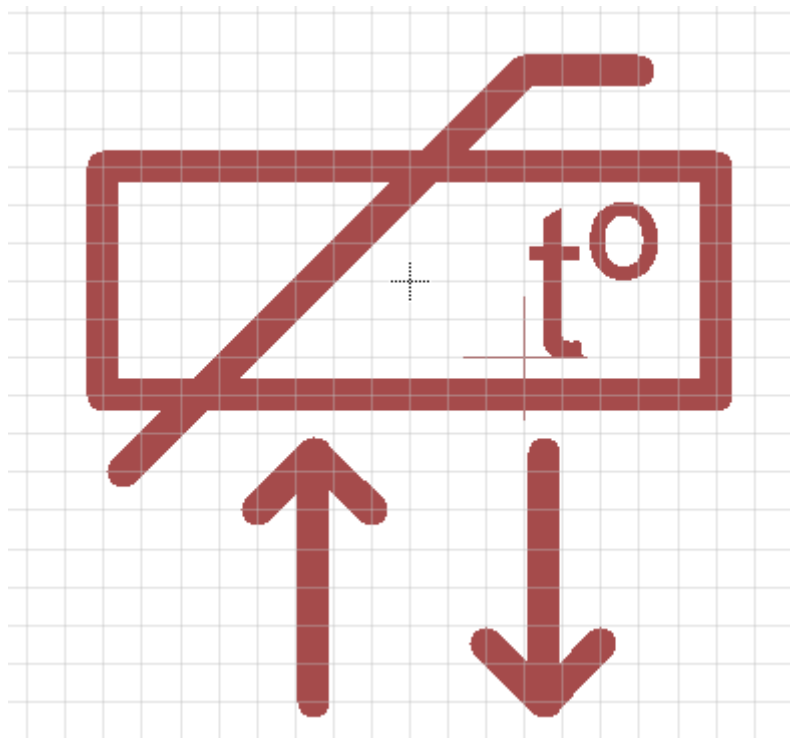
Com grid = 0.0125 inch → corpo do NTC

Com grid = 0.00625 inch → setas e t°



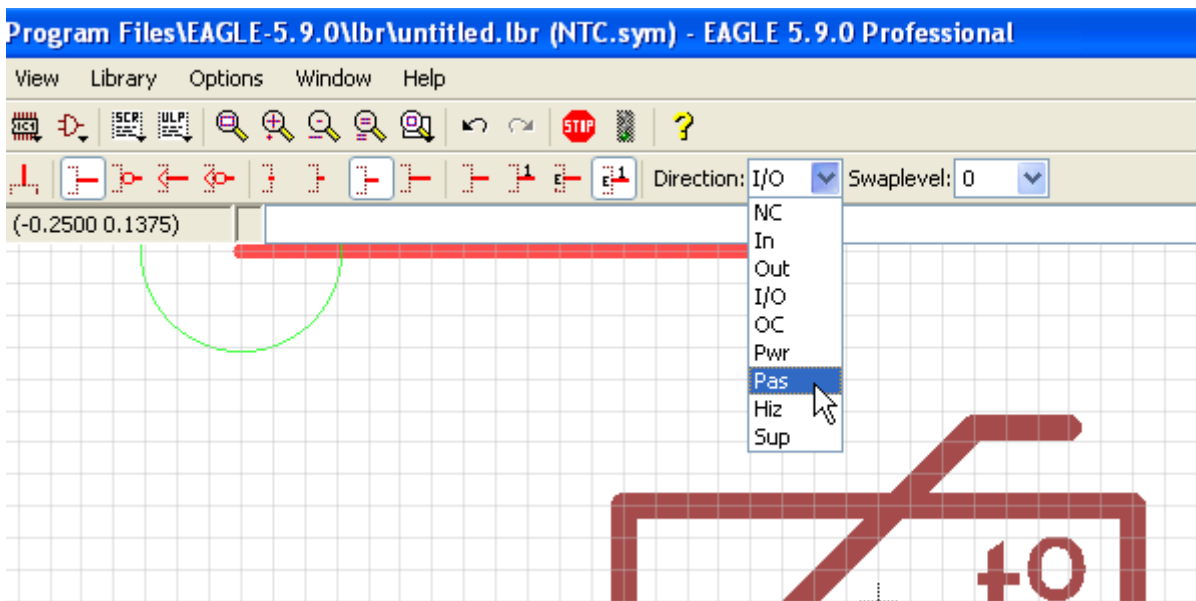
Por padronização de medidas em relação aos componentes já existentes na biblioteca, o corpo foi desenhado com a ferramenta *Wire* com o grid 0.0125 (16 x 6)

A figura a seguir mostra o grid visível 0.0125 inch.



O próximo passo é a fixação dos pinos para conexão elétrica.

Para isso usa-se o comando/ferramenta "Pin".

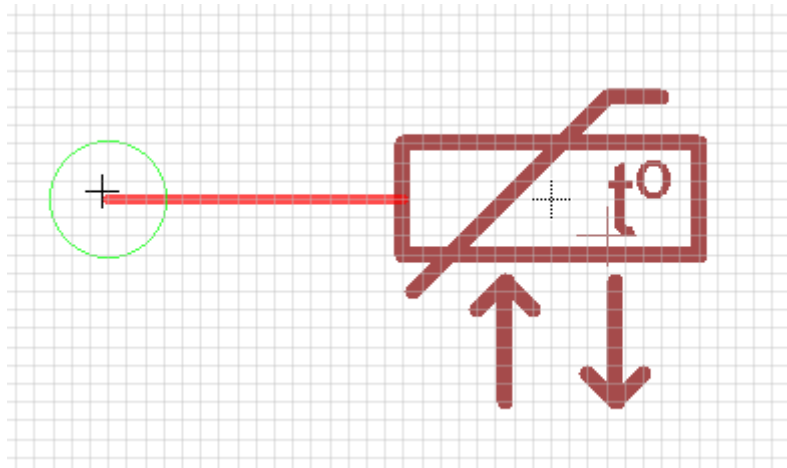


Durante a colocação dos pinos devem-se respeitar as características elétricas do sinal, que é usada na checagem elétrica do esquema através do ERC.

No menu suspenso do campo *Direction*, temos as opções:

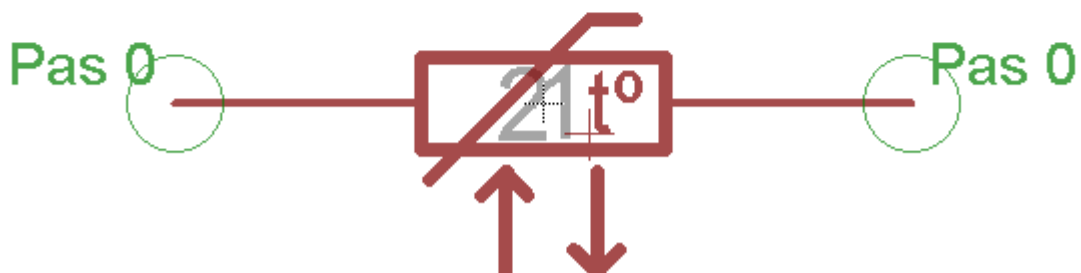
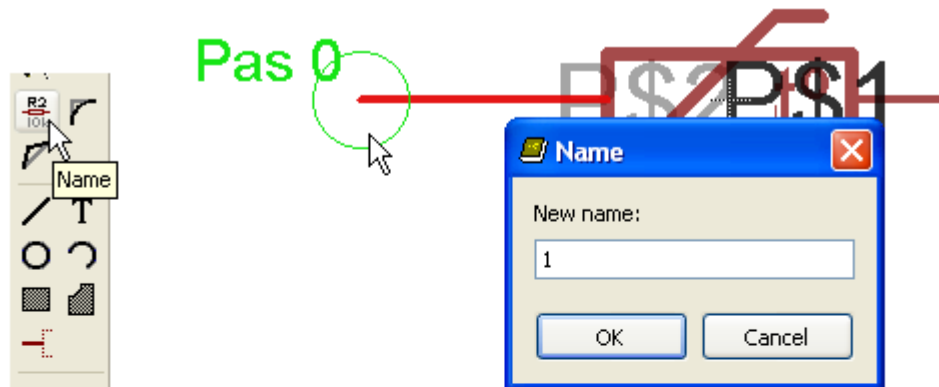
- NC – não conectado
- In – Entrada
- Out – Saída
- I/O – Entrada e saída (bidirecional)
- OC – Coletor ou dreno aberto
- Pwr – Pino de alimentação (VCC, GND, VSS, VDD, etc.)
- Pas – Passivo (resistores, capacitores, etc.)
- Hiz – Saída de alta impedância (tri-state)
- Sup – Pino de neutro

Para o símbolo em questão a direção é *Pas*, por se tratar de um resistor.



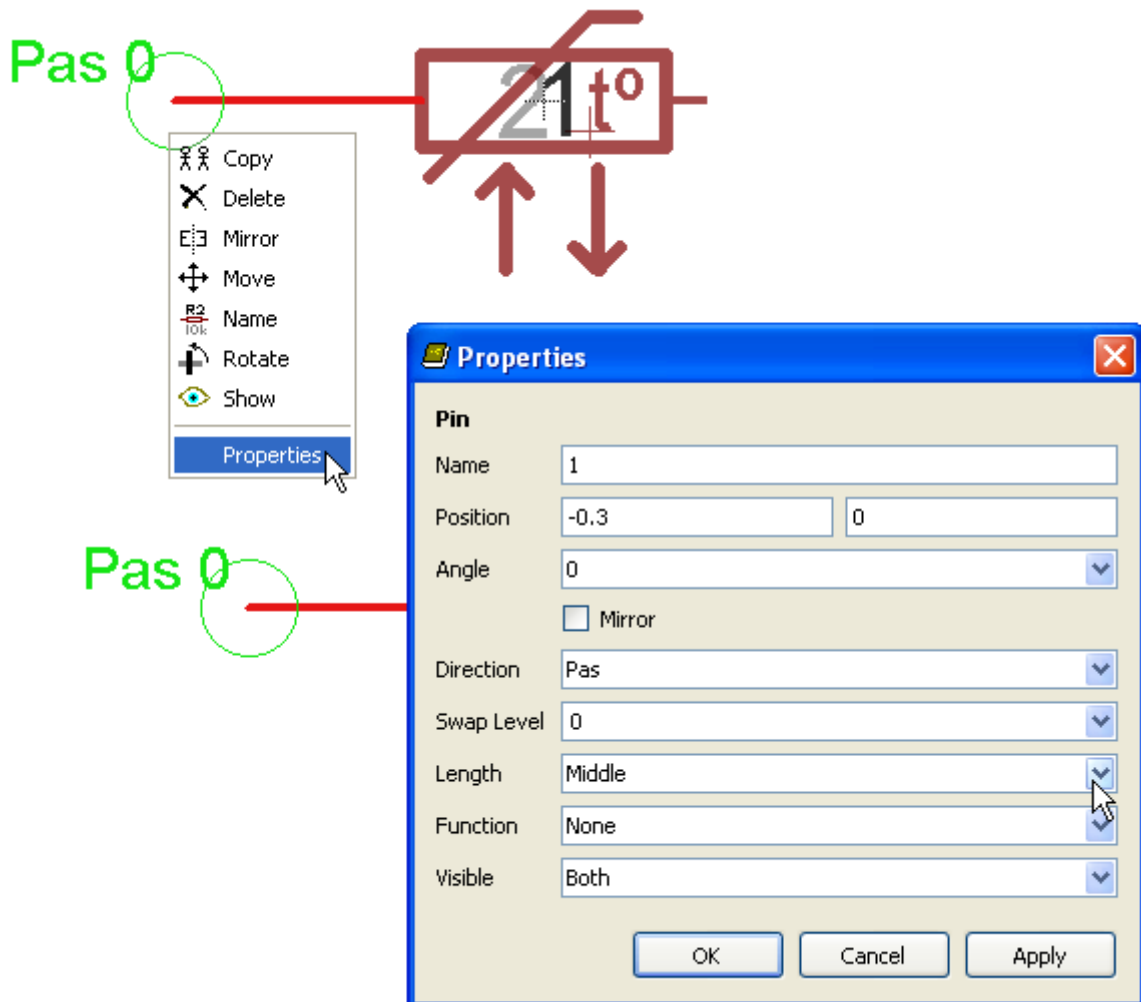
Depois de desenhado os pinos os mesmos deverão ser renomeados para posterior associação com o encapsulamento.

Os mesmos poderão ser renomeados como 1 e 2 através do comando *Name*.

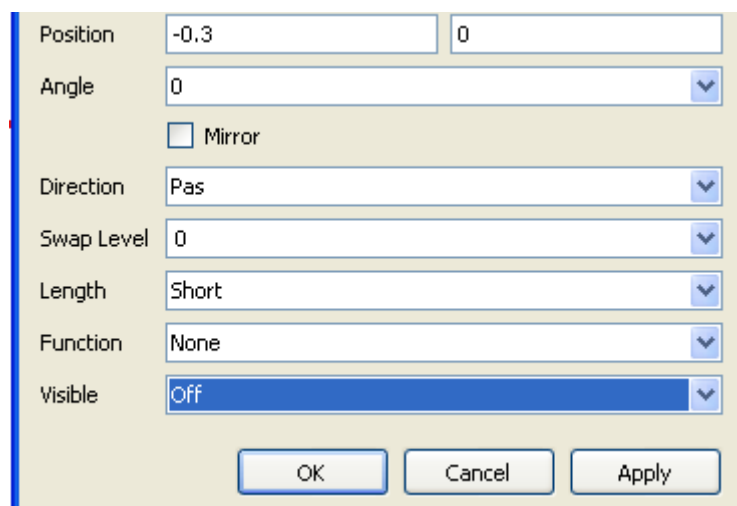


Podemos por questões estéticas esconder a identificação dos pinos, bem como alterar o seu comprimento.

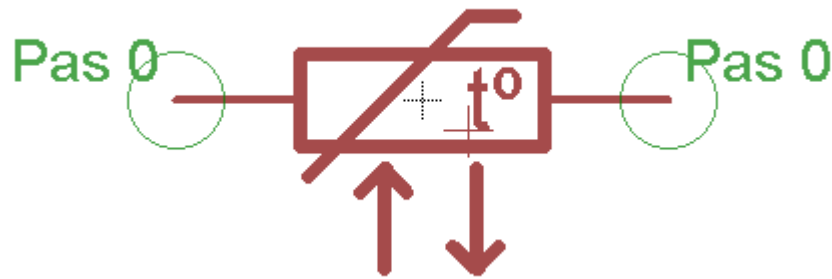
Basta clicar com o botão direito do mouse sobre o círculo verde que envolve o extremo dos pinos e alterar as propriedades que desejamos.



Vamos alterar o campo Length para *Short* e Visible para *Off*.



A figura abaixo mostra o componente e as modificações.



Finalizando, devemos inserir os rótulos:

>NAME para identificação seqüencial no circuito

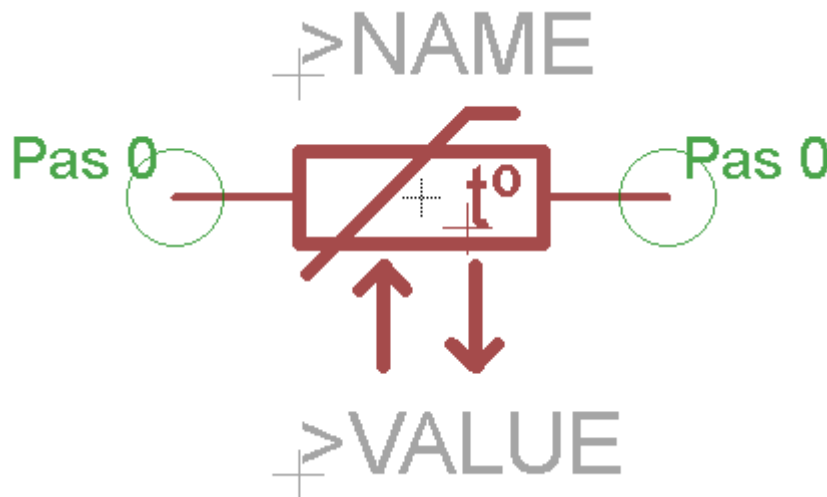
>VALUE para a identificação dos valores para componentes passivos e código de identificação nos circuitos integrados.

Essa identificação deve ser feita pela ferramenta Text, respeitando-se os layers correspondentes.

A identificação >NAME deve ser inserida no layer 95 (Names)

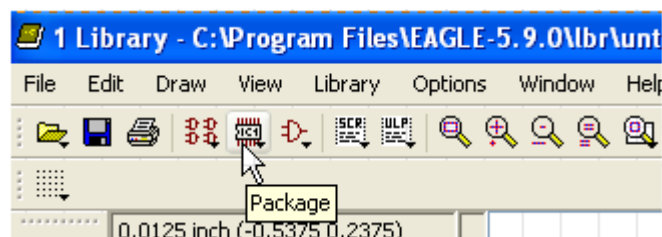
A identificação >VALUE deve ser inserida no layer 96 (Values)

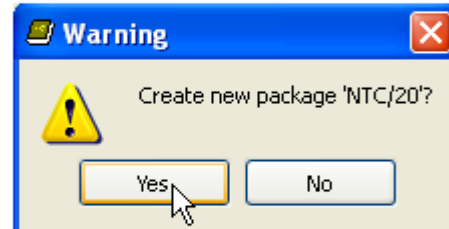
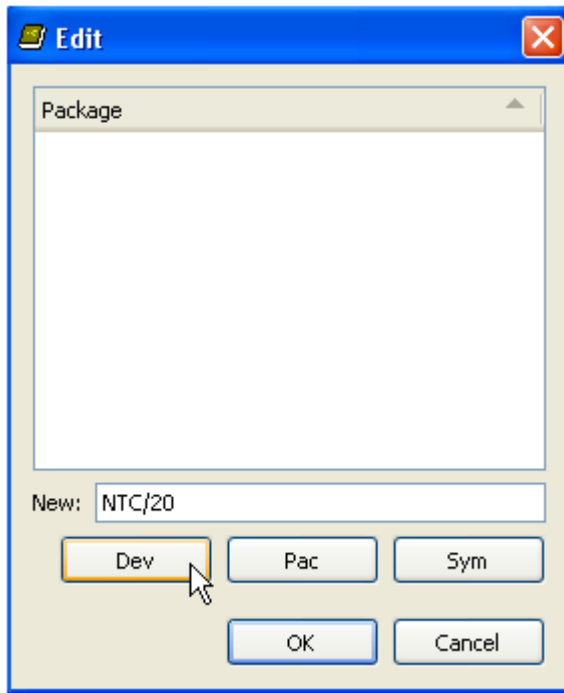
A figura a seguir mostra o símbolo do NTC finalizado. Os rótulos >NAME e >VALUE foram inseridos com Size: 0.05



Construindo o encapsulamento (Package)

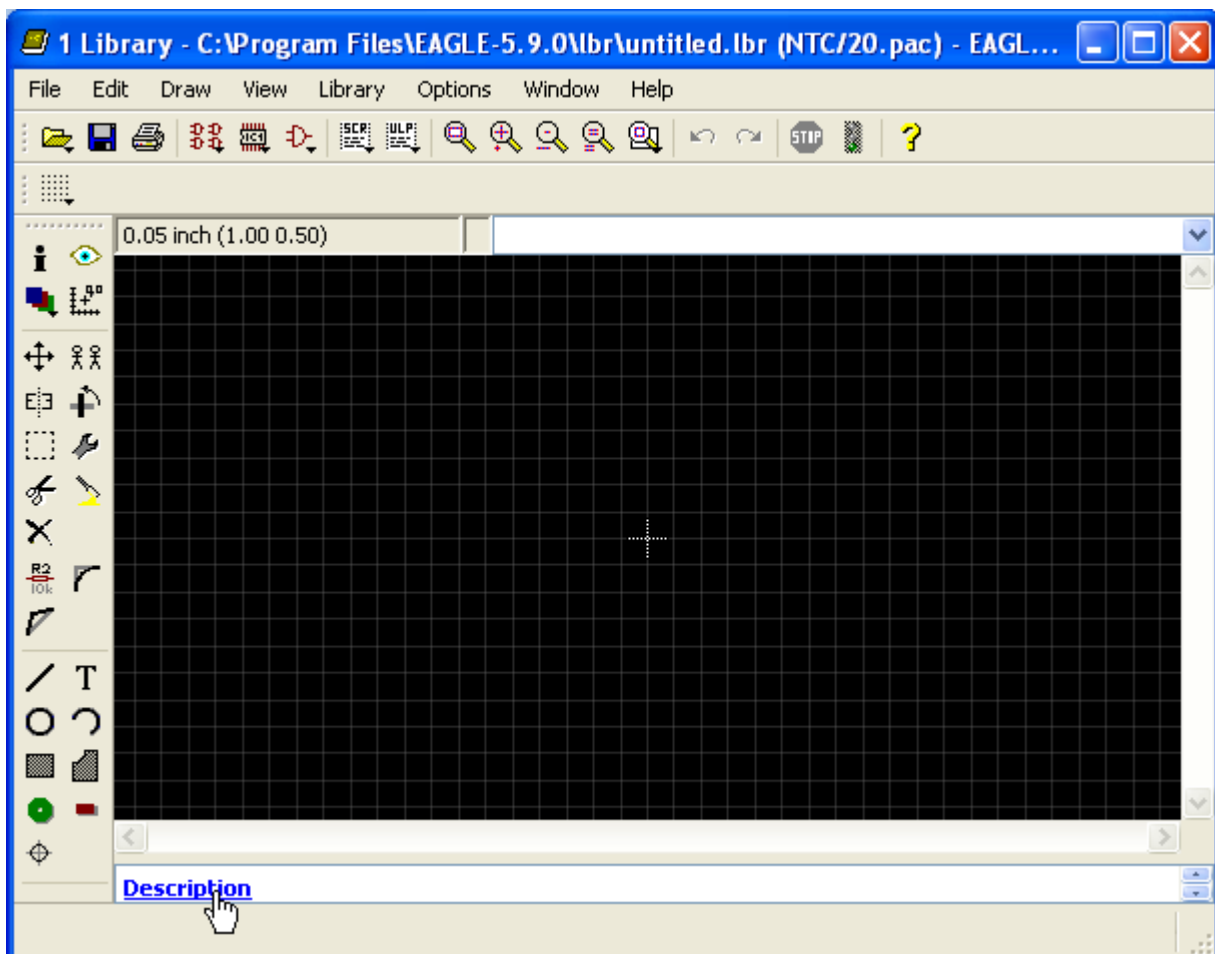
Para construir o encapsulamento do componente utilizamos a ferramenta Package.



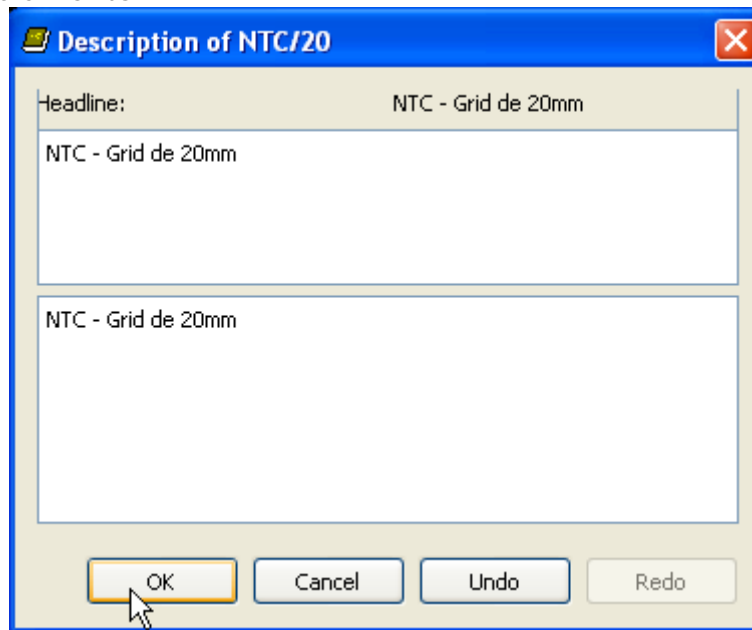


Observe que foi digitado NTC/20, onde /20 pode representar, por exemplo, um grid de 20mm.

Após aceita a criação do encapsulamento, surgirá então a tela destinada a elaboração do mesmo.

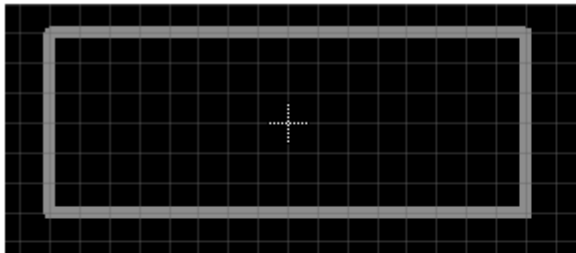


Clicando em *Description*, no canto esquerdo inferior podemos identificar o tipo de encapsulamento.

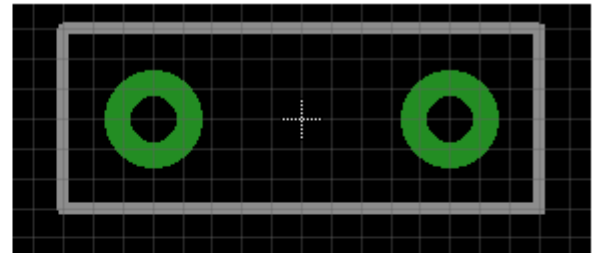


A figura acima mostra apenas uma sugestão, pois outras informações poderão ser adicionadas.

Isto feito, basta desenhar o encapsulamento com as ferramentas adequadas. O grid usado foi 0.0125 inch.



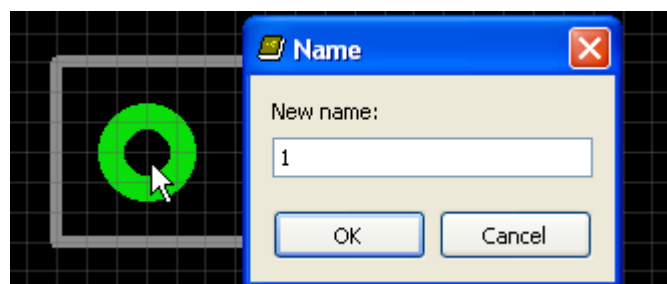
Desenho do contorno com a ferramenta Wire



Colocação dos Pads com a ferramenta Pad

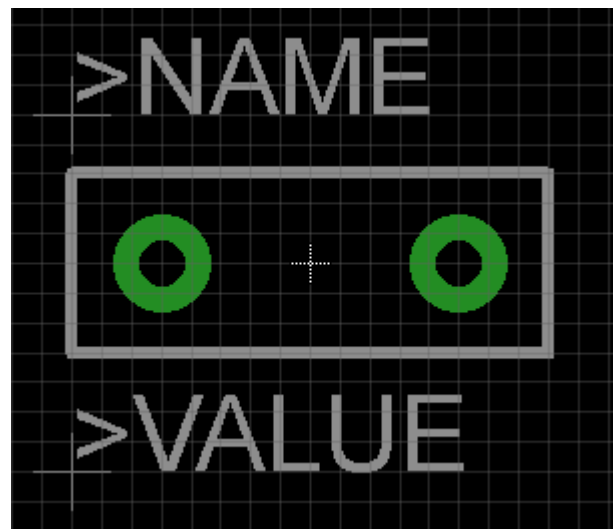
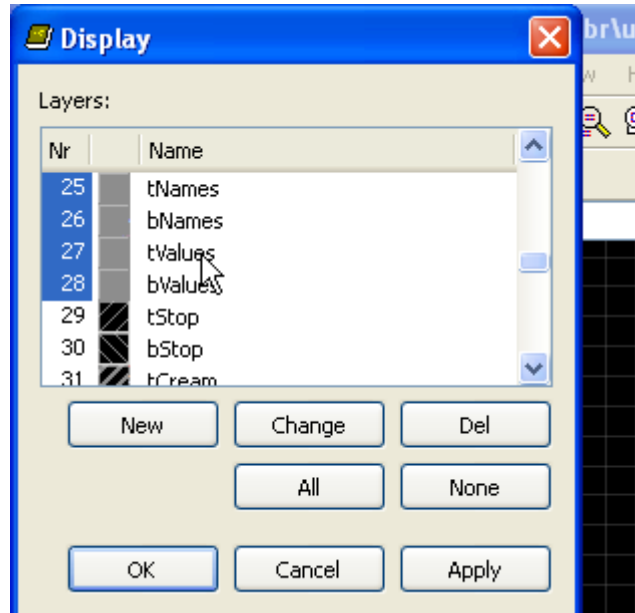


Torna-se necessário renomear os Pads, de forma a coincidir com os pinos do símbolo do Schematic, no caso, 1 e 2.



A exemplo da construção do símbolo do NTC, no encapsulamento devemos também colocar rótulos, para identificação de sequência e valores.

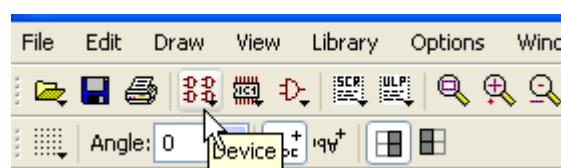
No entanto ao invés de usarmos os layers 95 e 96, usaremos os layers 25 (tNames) e 27 (tValues), lembrando que "t" representa o layer top.

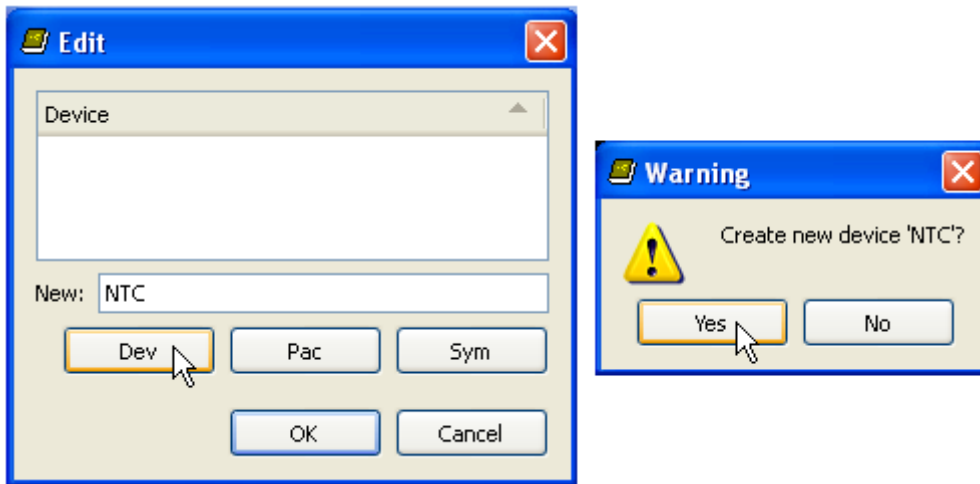


Os rótulos foram introduzidos com Size: 0.032.

As dimensões do PAD (diâmetro e furação) ficam a critério do projetista, bem como a posição dos rótulos >NAME e >VALUE.

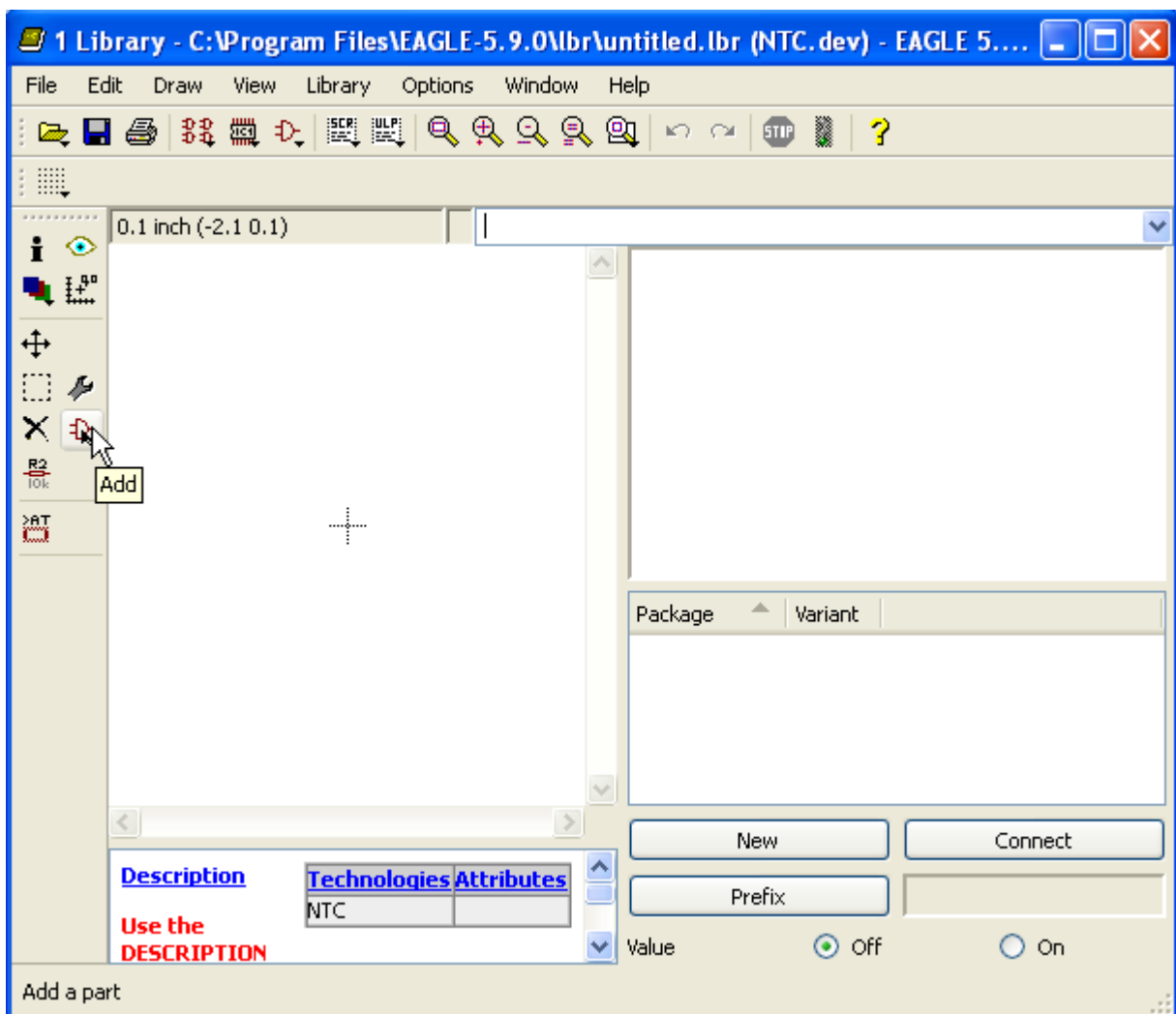
Estando pronto o símbolo e o encapsulamento, resta agora criar o dispositivo através do comando *Device*.



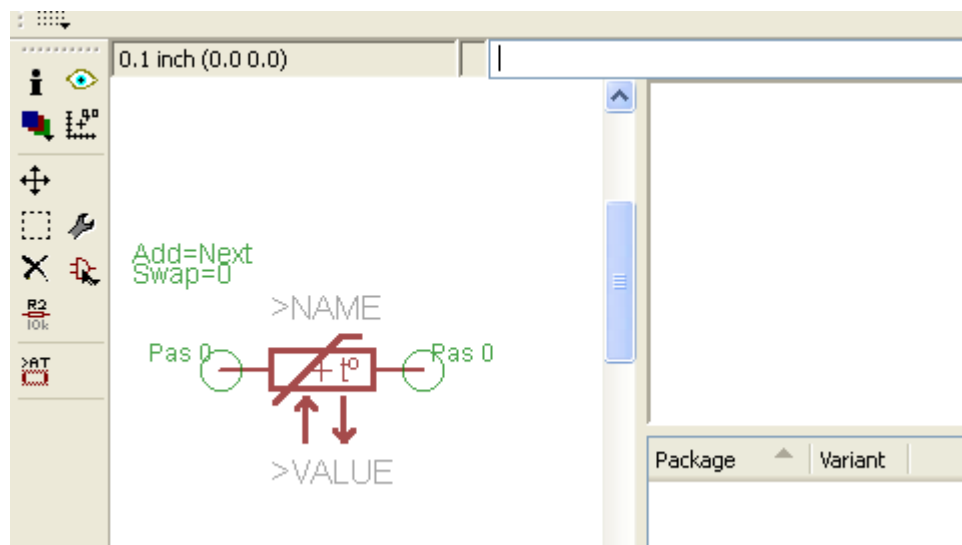
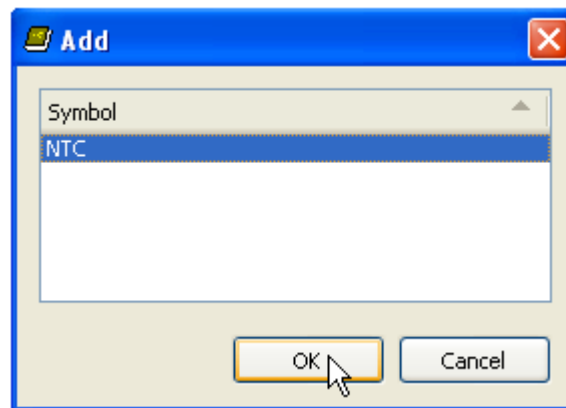


Vamos digitar no campo New – NTC, que é o nome que queremos dar ao dispositivo.

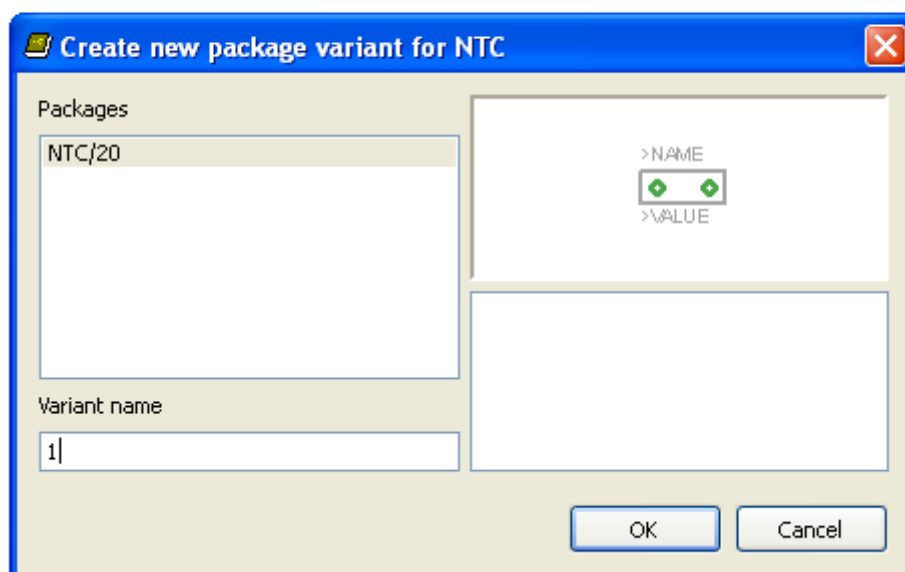
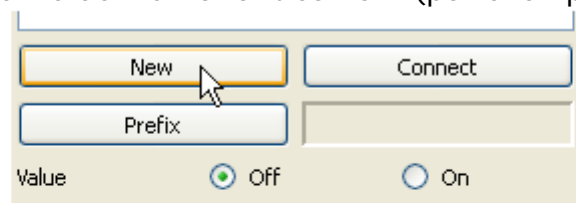
Ao aceitar a criação do dispositivo, abrirá uma tela mostrada na figura abaixo.



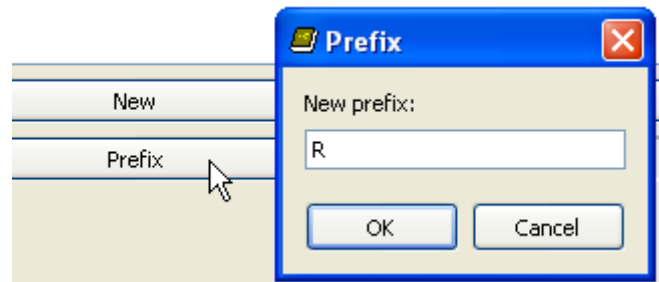
Clique em Add para adicionar o símbolo criado.



Clique em New e defina *Variant* como 1 (por exemplo) e clique OK.

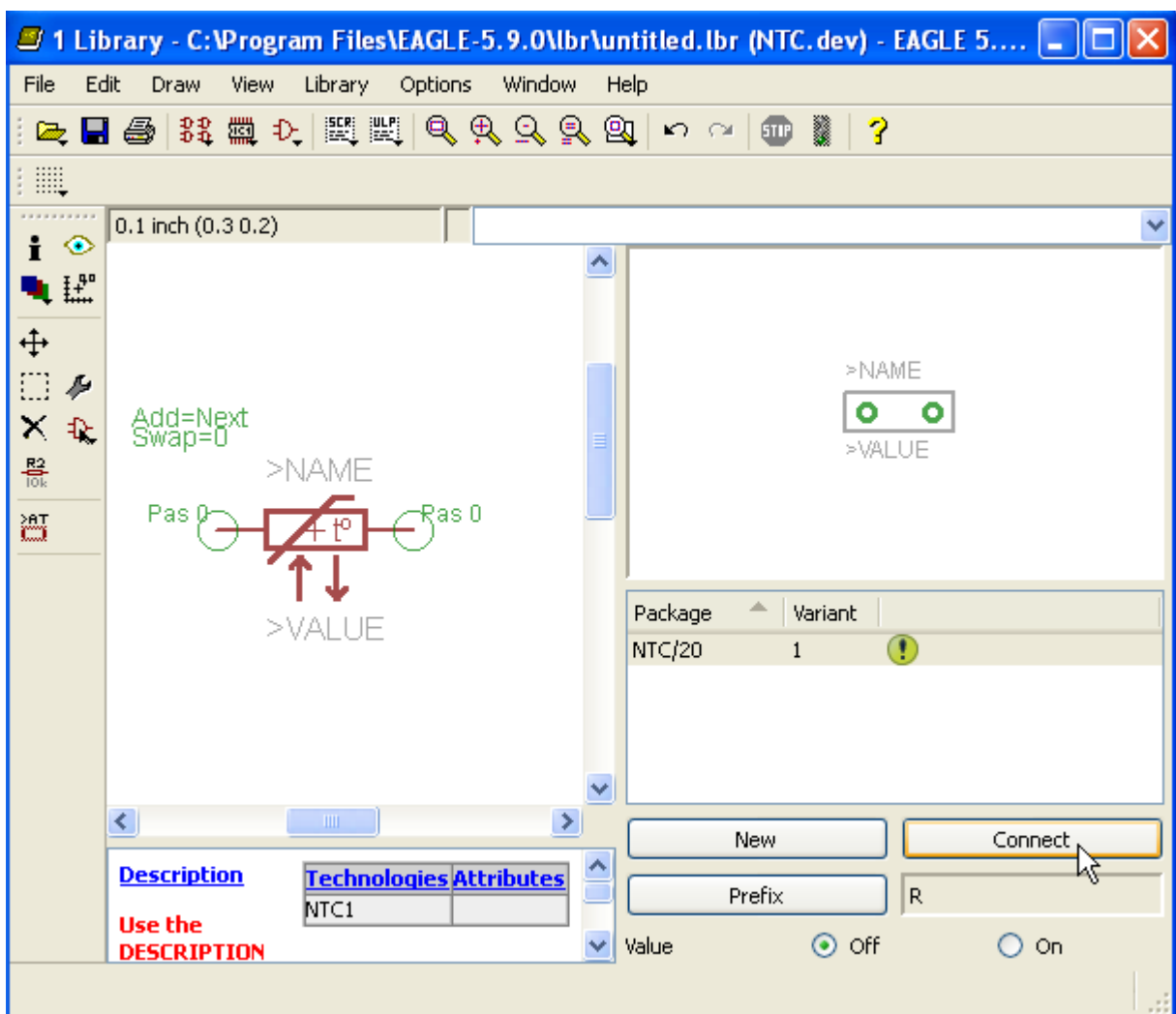


Defina o prefixo (Prefix) como R → no caso, R de resistor, pois o NTC é na realidade um resistor.



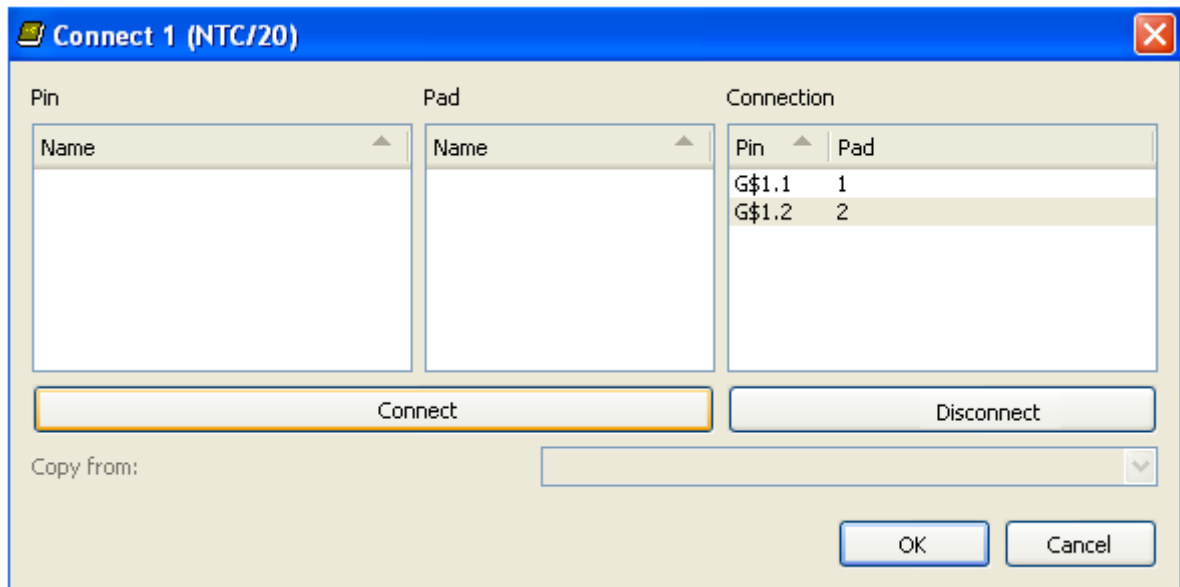
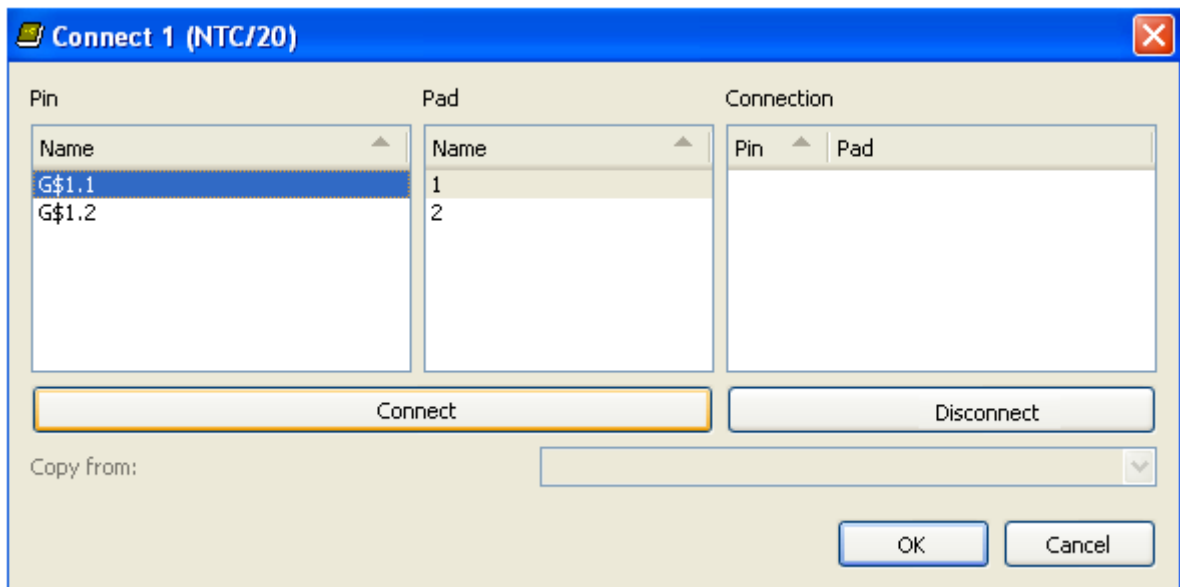
Resta agora fazer a conexão símbolo/encapsulamento.

Clique em Connect

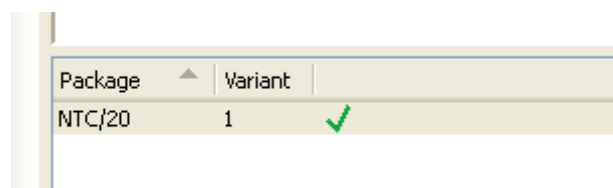


Ao clicar em Connect surgirá uma caixa de diálogo mostrando que existem duas ligações a serem conectadas, entre o símbolo e o encapsulamento (Package), conforme ilustra a figura a seguir.

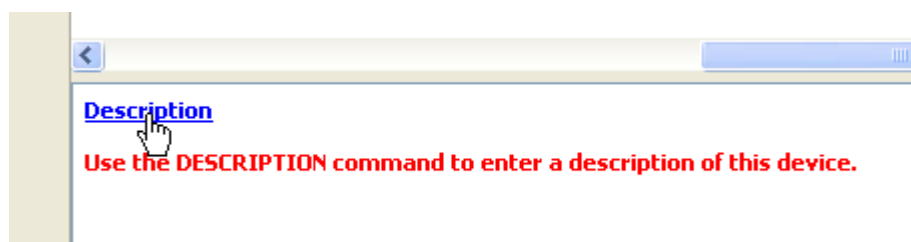
Basta clicar duas vezes no botão Connect dessa caixa para estabelecer então a ligação.

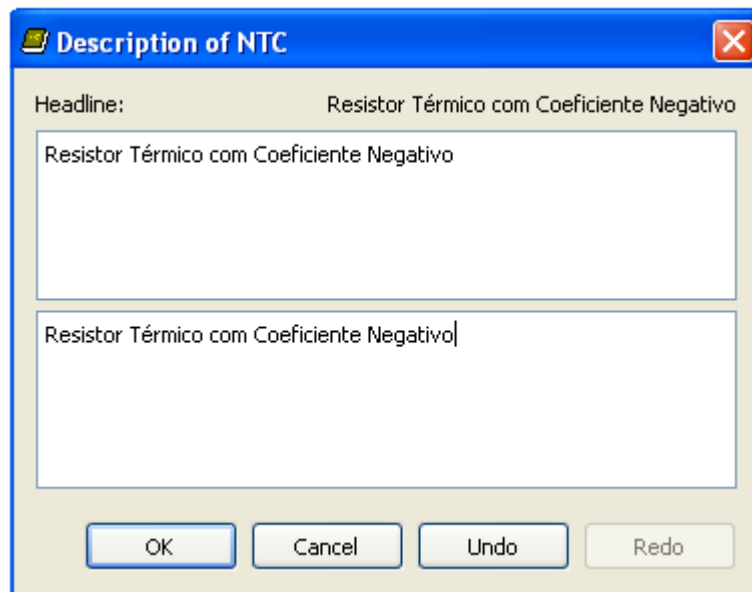


A figura abaixo mostra que a conexão foi executada com êxito.

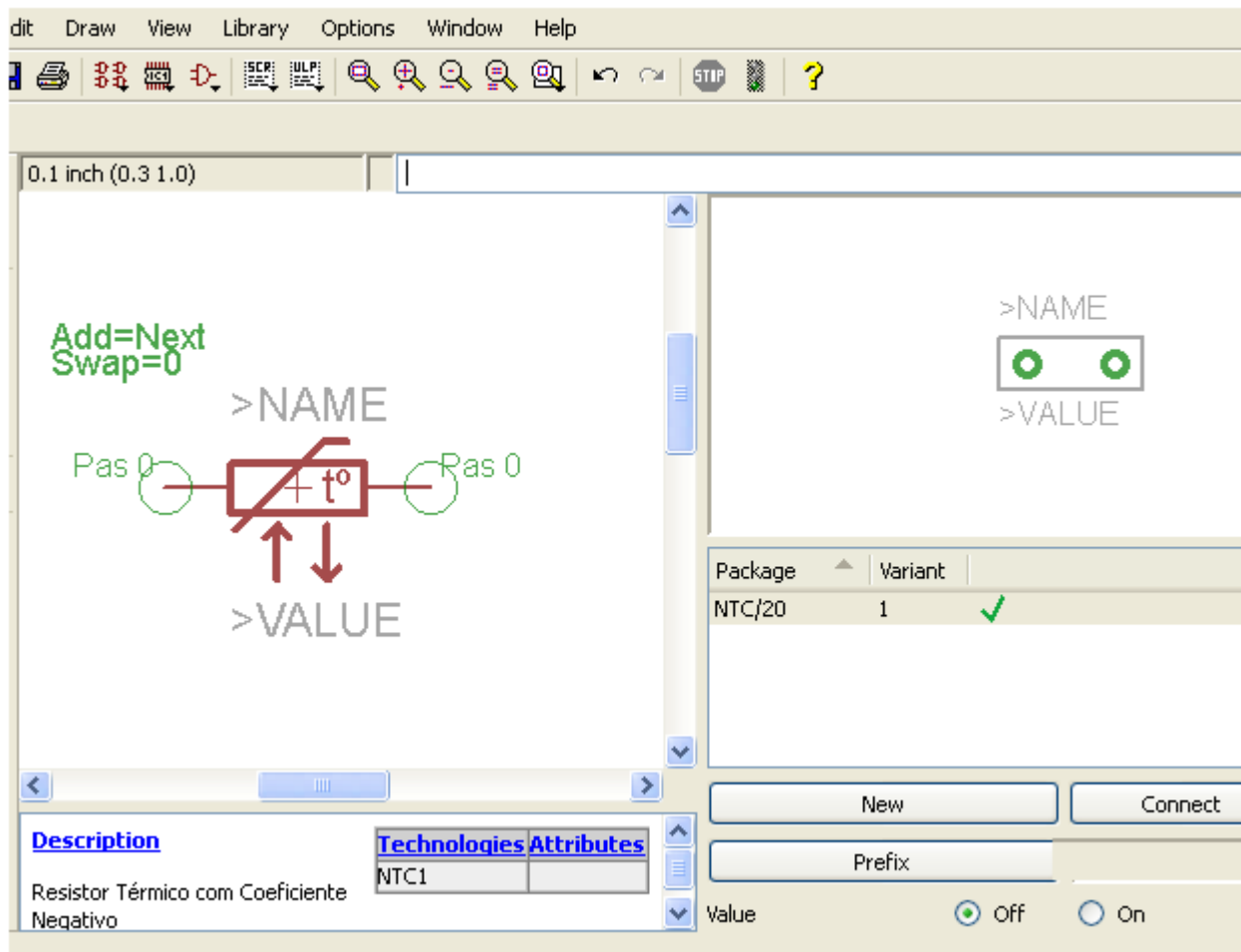


Vamos digitar uma descrição para o dispositivo.





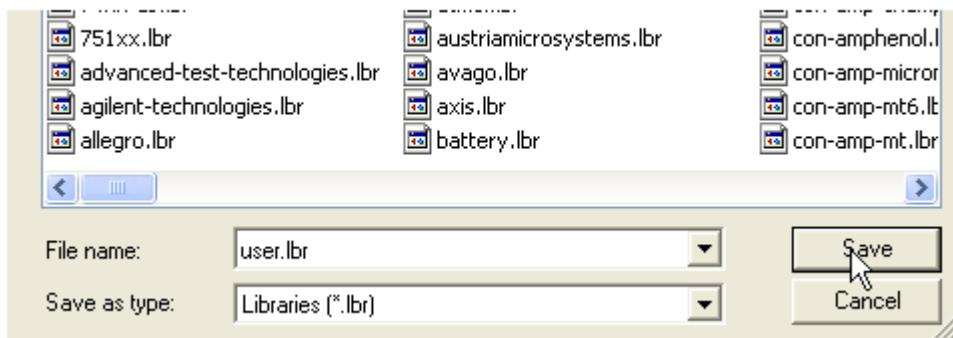
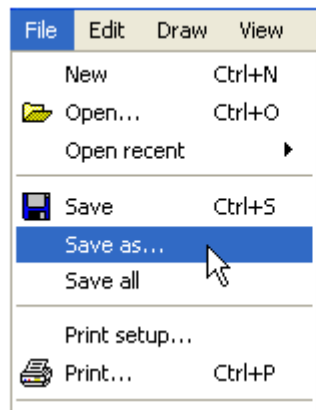
A figura abaixo mostra uma visão geral.



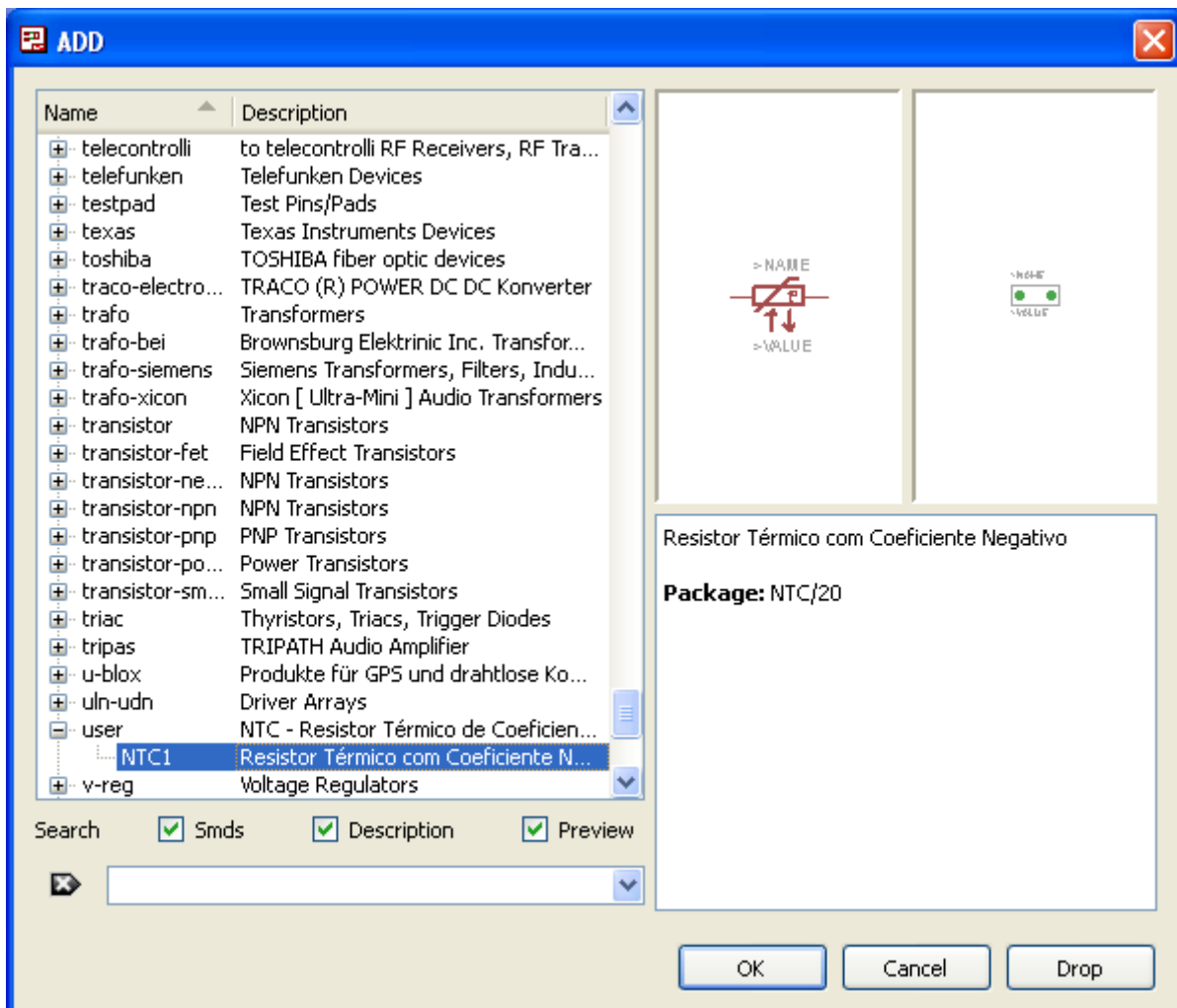
Para finalizar, basta salvar o trabalho, cuja extensão é *.lbr*

No Menu → File → Save as

Vamos salvar como user.lbr (poderá ser outro nome)

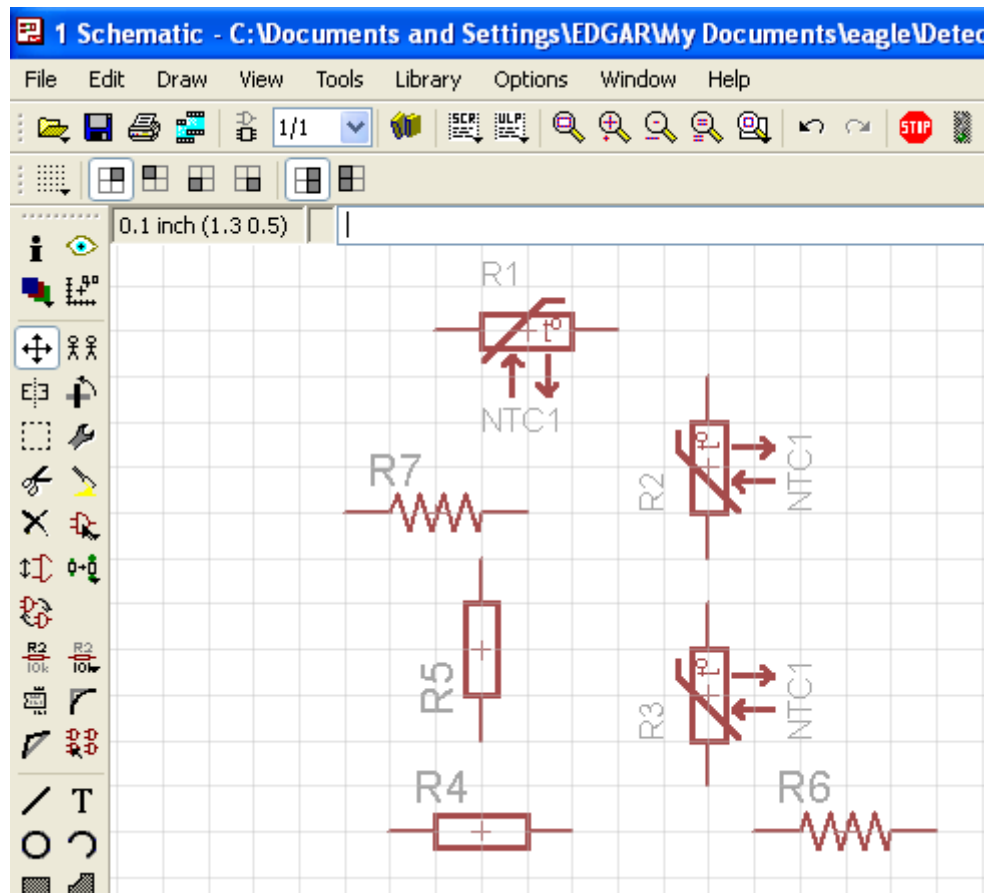


A figura abaixo mostra a biblioteca criada

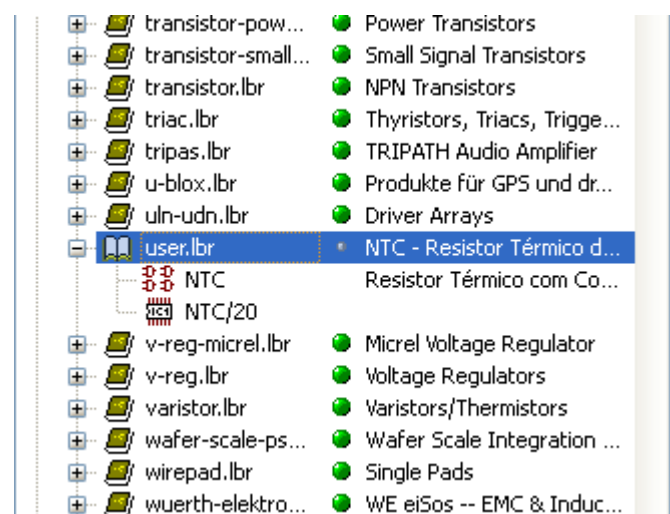


Observe no Schematic que as dimensões do componente criado está condizente em relação aos resistores existentes no banco de dados.

Portanto, é importante observar esse detalhe na criação de bibliotecas de componentes.



A figura a seguir mostra a biblioteca *user.lbr* no painel de controle.



DICA: Você pode se valer das ferramentas copiar, recortar e colar para aproveitar os desenhos de símbolos e encapsulamentos de outras bibliotecas existentes.