

PROJETO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO COM O SOFTWARE EAGLE

$3^{\underline{A}}$ Parte: Operação do *Software* EAGLE



EWALDO LUIZ DE MATTOS MEHL Departamento de Engenharia Elétrica Universidade Federal do Paraná



Esta obra é licenciada sob as cláusulas Creative Commons – Common Deed: Atribuição – Uso Não-Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 2.5 Brasil

© creative commons

COMMON DEED

Atribuição-Uso Não-Comercial-Compatilhamento pela mesma licença 2.5 Brasil

Você pode:

- · copiar, distribuir, exibir e executar a obra
- criar obras derivadas

Sob as seguintes condições:



Atribuição

Você deve dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor ou licenciante.



Uso Não-Comercial

Você não pode utilizar esta obra com finalidades comerciais.



Compartilhamento pela mesma Licença

Se você alterar, transformar, ou criar outra obra com base nesta, você somente poderá distribuir a obra resultante sob uma licença idêntica a esta.

 Para cada novo uso ou distribuição, você deve deixar claro para outros os termos da licença desta obra.

 Qualquer uma destas condições podem ser renunciadas, desde que Você obtenha permissão do autor.

Qualquer direito de uso legítimo (ou "fair use") concedido por lei, ou qualquer outro direito protegido pela legislação local, não são em hipótese alguma afetados pelo disposto acima.

PROJETO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO COM O *SOFTWARE* EAGLE

EWALDO LUIZ DE MATTOS MEHL

3^A PARTE: OPERAÇÃO DO *SOFTWARE* EAGLE

OBS.: PARA ACOMPANHAR ESTA EXPLANAÇÃO, SUPÕE-SE QUE O USUÁRIO JÁ INSTALOU O EAGLE NO MICROCOMPUTADOR E ESTÁ FAZENDO A LEITURA DESSE MANUAL ACOMPANHADO DA ATUAÇÃO SOBRE O *SOFTWARE*.

1. O PAINEL DE CONTROLE E AS "BIBLIOTECAS"

Após iniciar o programa EAGLE, abre-se uma primeira janela que é chamada de *Control Panel*. Este módulo permite carregar e salvar os projetos, bem como controlar certos parâmetros do programa. Dê dois cliques sobre a parte à esquerda onde está escrito **Projects** e verifique que se abre uma árvore de opções que permite tanto a abertura de um novo projeto, ou trabalhar com um projeto já existente. A mesma estrutura em árvore permite que se verifique o conteúdo das "bibliotecas" (Libraries) pré-programadas no EAGLE. Dê dois cliques em uma das entradas de uma das **Libraries** e verifique que surge uma descrição da "biblioteca" e em seguida os vários componentes presentes nessa. A figura abaixo mostra como exemplo um circuito integrado digital 7410 da série TTL, que contém 3 portas NAND. Observe que o componente está disponível em diversos tipos de encapsulamento, inclusive SMD.

🟓 Control Panel					
<u>File View Options Window H</u> elp					
Name 🛆	Description	74140		74xx-eu.lt	br 📥
Ė-Ω 74xx-eu.lbr	TTL Devices, 74xx Series with European Symbols	74°10			
	Quad 2-input NAND gate	Triple 2 input NAND gate			- 1
<u>\$\$</u> 74*01	Quad 2-input NAND gate, open collector	Thiple 3-Input NAND gate			
	Quad 2-input NOR gate				- 11
	Quad 2-input NAND gate, open collector output			2000000	
	Hex INVERTER				
	Hex INVERTER, open collector			Z) >UALUE	
	Hex INVERTER, open collector high-voltage output	1 A 12 I		^ <u></u>	
	Hex BUFFER, open collector high-voltage output	S 13 SUALUE	LI SUALUE	0000000	
88 74*08	Quad 2-input AND gate	P	- VVILUE		
	Quad 2-input AND gate, open collector	18 <u>3</u> NB		Dual In Line	
<mark>88</mark> 74*10	Triple 3-input NAND gate	i i p			
<mark>88</mark> 74*11	Triple 3-input AND gate	2VALUE			
	Triple 3-input NAND gate, open collector				
	Dual 4-input NAND schmitt trigger				
	Hex schmitt trigger INVERTER	Davias	Daakago	Description	- 11
	Triple 3-input AND gate, open collector	74100	SO14	Small Outline package 150 mil	- 1
	Hex INVERTER, open collector, high-voltage	7410FK	LCC20	Leadless Chip Carrier Ceramic Package	
	Hex open collector, high-voltage	7410N ADD	DIL14	Dual In Line	
	Hex schmitt trigger INVERTER	74AC10D	SO14	Small Outline package 150 mil	
	Dual 4-input NAND gate	74AC10FK	LCC20	Leadless Chip Carrier Ceramic Package	
	Dual 4-input AND gate	74AC10N	DIL14	Dual In Line	
	Dual 4-input NAND gate, open collector	74ACT10D	SO14	Small Outline package 150 mil	
	Dual 4-input NOR gate, strobe	74ACT10FK	LUU2U DU 14	Leadless Uhip Carrier Ceramic Package	
	Quad 2-input high voltage interface NAND gate	74ACT10N 74AL\$10D	DIL14 \$014	Small Outline package 150 mil	_
	Triple 3-input NOR gate	74ALS10EK	LCC20	Leadless Chip Carrier Ceramic Package	
	8-input NAND gate	74ALS10N	DIL14	Dual In Line	
	Quad 2-input OR gate	74AS10D	SO14	Small Outline package 150 mil	
	Quad 2-input NOR buffer, open collector	74AS10FK	LCC20	Leadless Chip Carrier Ceramic Package	
	Quad 2-input NOR gate	74AS10N	DIL14	Dual In Line	
	Quad 2-input NAND buffer	74HC10D	SO14	Small Outline package 150 mil	
4	- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	74HC10FK	LCC20	Leadless Chip Carrier Ceramic Package	-
74×10@d:\eade.4.09r2\lbr\74w.ex.lbr		J 74MCTUN	UIL14	Duarin Line	-
74 TOWO: Veagle-4.03r2NDrV74XX-eu.IDr					- //

Figura 3-1: Verificação do conteúdo de uma das Libraries do EAGLE.

Observe que ao lado do nome de cada **Library** existe um pequeno círculo de cor verde. Ao se clicar sobre este círculo, o mesmo muda para um círculo menor, de cor preta. Esta ação permite "ligar" (verde) ou "desligar" a respectiva **Library**; ou seja, decide-se se os componentes existentes nessa **Library** serão ou não utilizados no projeto que está sendo executado.

O painel de controle possibilita também outras funções, tais como a execução de arquivos *script*, a programação de funções especiais e a geração de arquivos de fabricação (chamados *CAM jobs*). Experimente as diversas funções e verifique que, ao se dar um clique com o botão <u>da direita</u> do mouse, abre-se um menu que permite imprimir, abrir, copiar etc. cada um dos itens.

2. ARQUIVOS DO EAGLE

A Tabela 1 lista os arquivos mais importantes do programa EAGLE, associados aos diversos módulos que compõe o ambiente de projeto.

Тіро	Módulo do EAGLE	Nome do arquivo	
Board	Layout Editor	*.brd	
Schematic	Schematic Editor	*.sch	
Library	Library Editor	*.lbr	
Script File	Text Editor	*.scr	
User Language Program	Text Editor	*.ulp	
Any text file	Text Editor	*.*	

Tabela 1: Arquivos usados pelo EAGLE, associados a um projeto específico:

Obs.: Na versão Linux, o programa somente reconhece arquivos com a extensão escrita em letras minúsculas.

4. OPERAÇÃO DO MÓDULO SCHEMATICS: EDITANDO UM PROJETO JÁ EXISTENTE NO EAGLE

Observe que no **Control Panel**, abaixo das "bibliotecas", existem algumas entradas para arquivos de exemplo. Dê um clique sobre o símbolo + à frente de onde está escrito **Projects** e depois clique no símbolo + à frente de **examples**. Carregue o arquivo chamado **demo2.sch**. Para abrir o arquivo pode-se dar dois cliques rápidos sobre o nome do arquivo, ou usar o menu principal com a seqüência **File/Open/Schematics**. Após o arquivo ter sido carregado, expanda a janela de modo que ocupe toda a tela do monitor, conforme mostrado na Figura 3-2.



Figura 3-2: O arquivo demo2.sch carregado no módulo Schematics do EAGLE.

Observar que, logo abaixo do menu superior, existem alguns botões que permitem alterar a forma de visualização. A Tabela 3-1 mostra as funções desses botões.

Botão	Função	Alternativa
⊕ _	Zoom In: aproxima a visão do desenho	F3
9	Zoom out: afasta a visão do desenho	F4
ď	Fit: Ajusta o desenho para ser visualizado na janela toda	Alt + F2
đ	Amplia uma área determinada do desenho. Use o mouse para definir a área à ser visualizada.	
	Redraw : Durante algumas situações, o desenho pode ficar com "sujeiras". Este botão corrige o desenho.	F2

Tabela 3-1. Botões de	Visualização	disponíveis tanto n	o módulo Schematics	como no módulo Board
	visualização,	uisponivois tunto n	o modulo Schematics	

Info	÷ <	•	Show
Display	ŵ ł	40 +	Mark
Move	₩ ¥	£	Сору
Mirror	E3 -	Ρļ	Rotate
Group		5	Change
Cut	6	2	Paste
Delete	\times \pm	R.	Add
Pinswap	\$D	2	Gateswap
Name	R2 -	22	Value
Smash		-	Miter
Split	73	2	Invoke
	· ·		
Wire	11	Γ	Text
Circle	01	2	Arc
Rectangle	III (Polygon
Bus	٦ -	ì	Net
Junction	- -	BC	Label
ERC	€		

Figura 3-3: Menu de "botões" do módulo **Schematics**. As

funções também estão disponíveis no menu principal do programa.

Exercícios:

Após carregar o diagrama esquemático **demo2.sch**, acompanhe as seguintes ações:

a) Localizar no diagrama esquemático o resistor **R1**, de **2,2** k Ω . Modificar o valor desse resistor para **3,3** k Ω e a sua referência para **Rd**.

b) Observar no diagrama esquemático que a referência e o valor do resistor R1 estão escritos na <u>vertical</u>. Utilizar o comando **Smash** e mudar estes textos para a posição <u>horizontal</u>.

c) Localizar, junto ao regulador de tensão **78L05Z**, o capacitor eletrolítico **C4** de **47** μF . Adicione, em paralelo com esse capacitor, um novo capacitor também de **47** μF .



Atenção: a ligação entre os componentes do diagrama é feita com o comando **NET** e não com o comando **WIRE** !

d) Verificar que o microprocessador **PIC16F84** presente no circuito utiliza o encapsulamento tipo *dual-in-line* de 18 pinos (DIL-18). Mudar o encapsulamento desse componente para o tipo SMD e verificare que não há mudança no diagrama esquemático.



3. CRIANDO UM NOVO PROJETO NO EAGLE

Acompanhe a explicação sobre os procedimentos para iniciar um novo projeto:

- Inicie o programa
- Dê um clique no símbolo + existente em frente do item onde está escrito **Projects**
- Dê um clique no símbolo + existente em frente do item onde está escrito examples
- Dê um clique no símbolo + existente em frente do item onde está escrito **tutorial**. Irão surgir os vários itens associados com esta pasta. Clique sobre **tutorial** com o <u>botão direito</u> do mouse e selecione a opção **New Project** no menu.
- Mude o nome do novo projeto para um nome conveniente. Por exemplo, digite MeuProjeto e pressione a tecla Enter do teclado do microcomputador. Verifique que será criada uma nova pasta, agora com o nome MeuProjeto. Nessa pasta serão arquivados todos os arquivos associados com esse projeto.
- Selecione MeuProjeto e dê um clique com o botão <u>da direita</u> do mouse. Você verificará que no item New do menu existem as opções para se iniciar um novo diagrama esquemático do circuito (Schematics), ou uma nova placa de circuito impresso (Board) ou uma nova "biblioteca" de componentes (Library).
- No caso, vamos iniciar um novo diagrama esquemático, portanto escolhemos a opção **New** e em seguida **Schematics**.



Figura 3-3: Procedimentos para início de um novo projeto.

A figura 3-4 mostra a proposta de um circuito eletrônico que será usado como exemplo para a criação de um novo diagrama esquemático. Trata-se de uma fonte de alimentação com regulação linear através do regulador eletrônico LM7815.



Figura 3-4: Circuito eletrônico para exemplo de criação de um novo diagrama esquemático.

Supõe-se que o interruptor **Sw**, o fusível **F** e o transformador **Tr**, mostrados na Figura 3-4, serão colocados fora da placa de circuito impresso, de modo que tais componentes também não serão representados no diagrama esquemático. A Tabela 3-2 relaciona os componentes que serão usados e sua localização nas "bibliotecas" do EAGLE.

Referência	Descrição	Valor	Library	Componente
D1, D2, D3, D4	Diodo retificador	1N4001	Discrete	DIODE-10
C1	Capacitor de poliéster	10nF	Discrete	CAP-10
C2	Capacitor Eletrolítico	1000 µF	Discrete	ELC-45
7815	Regulador	LM7815	v-reg	78CXXL
R1	Resistor	680 Ω	Discrete	RESEU-12,5
LED	Diodo foto-emissor		Led – LED	LED5MM
C3	Capacitor Eletrolítico	100 µF	Discrete	ELC-5
	Conector de entrada	<i>Pinhead</i> de 4 pinos	Com-Istb	MA-04-1
	Conector de saída	<i>Pinhead</i> de 4 pinos	Com-Istb	MA-04-1

Tabela 3-3: Componentes eletrônicos para criação de um novo diagrama esquemático:

Acompanhe os passos iniciais e faça como exercício o desenho do diagrama esquemático com o EAGLE. Ao final do trabalho, você deverá ter um desenho semelhante à Figura 3-5. Não se preocupe se o seu desenho for ligeiramente diferente; o importante é que as ligações entre os componentes estejam corretas.



Figura 3-5: Resultado do desenho do circuito da Figura 3-4, feito no módulo Schematics do EAGLE.

Utilize os botões de **Name** e **Value** para alterar as referências e os valores dos componentes, de modo a ficarem de acordo com o que existe na Tabela 3-3. Ao final, grave o arquivo para ser usado em uma próxima etapa, com um nome conveniente.

4. CRIANDO A PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO COM O EAGLE

A principal vantagem de um sistema de projeto integrado como o EAGLE é a vinculação entre o diagrama esquemático e a respectiva PCI. No módulo **Schematics**, escolha no menu superior **File** e em seguida **Switch to Board**. Você obterá uma mensagem de confirmação da criação de um arquivo com o mesmo nome dado ao diagrama esquemático, porém com a extensão .brd, correspondente à PCI associada ao projeto. Clique em **Yes** para confirmar a criação do arquivo.

ĺ	📟 Warı	ning 🛛 🛛
	⚠	The board C:\EAGLE\projects\examples\tutorial\MeuProjeto\Fonte7800.brd does not exist. Create from schematic?
		<u>Y</u> es <u>N</u> o

Figura 3-6: Confirmação da criação do arquivo para o projeto da PCI.

Será aberta então a janela do módulo **Board** do EAGLE, onde se faz o projeto da PCI. A Figura 3-7 mostra que existe um retângulo correspondente à PCI e, à esquerda desse, os componentes que foram desenhados no módulo **Schematics**. Observe que existem alguns traços, como se fossem "arames", ligando os terminais dos componentes, em conformidade com as ligações executadas no módulo **Schematics**.



Figura 3-7: Na tela inicial do módulo **Board**, os componentes estão na área de coordenada negativa do desenho. O retângulo da direita é a PCI, com dimensões sugeridas de 8 cm x 10 cm.

Normalmente o primeiro trabalho a fazer é definir as dimensões da PCI. A versão *light* do EAGLE permite placas com dimensões máximas de 8 cm x 10 cm, sendo essa a sugestão existente na janela inicial do módulo **Board**. Para isso, é interessante ter-se um reticulado (*grid*) adequado.

Conforme visto anteriormente, o projeto de PCI é geralmente feito sobre um reticulado em polegadas, pois as dimensões dos componentes são padronizadas nesse sistema de medidas. O reticulado é acionado com o botão existente próximo do canto superior esquerdo da janela. Acionando este botão, obtém-se a janela da Figura 3-8, onde se tem a sugestão de um reticulado com quadrículas com **0,05** *inch* de lado; não é conveniente alterar este valor, sob pena de se ter problemas para se fazer o roteamento das trilhas. Portanto, acione simplesmente a opção **On**, na sessão onde está escrito **Display** e confirme clicando sobre **OK**.

Grid Grid	×
On Off	Style O Dots O Lines
Size: 0.05 Multiple: 1	inch 💌 <u>F</u> inest
Alt: 0.025	inch 💌 Finest
OK <u>D</u> efault	Last Cancel

Figura 3-8: Definição do reticulado. É conveniente aceitar os valores sugeridos.

No presente exemplo, vamos reduzir a largura da placa para 2 *inch*. Para isso, utilize o botão denominado **Move** e clique sobre o vértice superior direito do retângulo correspondente à placa, deslocando o vértice até obter-se a leitura de coordenadas **(3.19 2.00)**. Repita o procedimento para o vértice superior esquerdo, até obter as coordenadas **(0.00 2.00)**. A Figura 3-9 mostra o resultado obtido.



Figura 3-9: Nesse exemplo, a futura PCI teve as dimensões definidas como 2 inch x 3.19 inch.



Figura 3-10:

Menu de "botões" do módulo **Board**. As funções também estão disponíveis no menu principal do programa.

O próximo passo é mover os componentes para a placa, distribuindo-os de uma forma adequada. Para isso, utilize novamente o botão **Move** e use o botão da direita do *mouse* para girar o componente 90°. Cada clique do botão da direita do *mouse* promove um giro adicional de 90°. Nesse exercício, distribua os componentes de qualquer forma, apenas para verificar como se faz o autorroteamento. Verifique que não é possível colocar um componente fora do retângulo definido como as dimensões da futura PCI porque, obviamente, não seria possível que as trilhas ultrapassassem os seus limites. Um exemplo de resultado é mostrado na Figura 3-11; o seu desenho pode ser diferente, dependendo do local onde você tenha colocado os componentes na placa. Os terminais *pinhead* de entrada e saída, no entanto, normalmente devem estar próximos das bordas da PCI. Depois de todos os elementos terem sido posicionados sobre a placa, acione o botão denominado **Ratsnest**. Isto faz com que sejam calculados automaticamente os

botão denominado **Ratsnest** . Isto faz com que sejam calculados automaticamente os caminhos mais curtos entre os terminais interligados.



Figura 3-11: Aspecto da PCI com os componentes distribuídos, porém antes do autorroteamento.

O próximo passo é definir as regras de projeto, que incluem, entre outros itens, a largura mínima das trilhas. Para isso, aciona-se no menu a opção **Edit** e, em seguida, **Design Rules**. A Figura 3-12 mostra a janela obtida, onde se tem diversas opções a serem preenchidas, de acordo com as características elétricas do circuito (correntes e tensões existentes) e com o processo de fabricação à ser usado para se ter a futura PCI.



Figura 3-12: Janela das opções das Regras de Projeto.

No presente exemplo, vamos modificar somente a largura mínima das trilhas. Escolhe-se portanto no janela **Design Rules** o item correspondente a **Sizes**. Verifique que o valor da grandeza **Minimum Width** está especificada como **10mil**. Isso corresponde a 0,01 *inch*, ou seja, uma largura de trilha mínima de 0,254 mm. Esta janela aceita valores tanto em mil, como também em milímetros, de modo que vamos substituir o valor **10mil** por **2mm** (escrito dessa forma, sem espaço entre o algarismo e a unidade).

🔄 Design Rules (default)				6	×
File Layers Clearance Distance	e Sizes Restri	ng Shapes	Supply Masks	Misc	
Minimum Sizes of objects in signal layers Minimum Width and Minimum Drill ma Min. Micro Via applies to <i>bilind</i> vias that than Minimum Drill (e.g. the default value Min. Blind Via Ratio defines the minimum manufacturers usually give this "aspect rational states of the	Minimum Width Minimum Drill Min. Micro Via Min. Blind Via Ratio and of drill holes. y be overwritten by lar are exactly one layer of e of 9.99mm) means th im drill diameter of a bill o" in the form 1:0.5	10mil 24mil 9.99mm 0.5 ger values in the / deep. Typical valu lere are no micro v nd via must have i , where 0.5 would	Wet classes for specific es are in the range 50 rias. If it goes through a lay d be the value that ha	c signals.)100 micron. A value larger er of thickness <i>t</i> . Board is to be entered here.	
			ОК	Apply Cancel	

Figura 3-13: Especificações das Regras de Projeto.

Finalmente, acione no menu superior **Tools** e **Auto...** ou então o botão **m** para fazer o autorroteamento da placa. Você obterá uma janela adicional, ilustrada na Figura 3-14. Esta janela possibilita, entre outras opções, a escolher a direção preferencial das trilhas nas faces superior e inferior da placa. Permite também, se for o caso, tentar fazer o roteamento somente pela face inferior da placa, para se usar uma placa cobreada em uma única face.

🔤 Autorouter Setup					
General Busses Rou	te Optimize	1 Optimize2	Optimize3	Optimize4	
-Preferred Directions	Routing Grid	50			mil
1 Top 💌	Via Shape	Round			~
16 Bottom					
- N/A					
IN/A					
				Load	Save as
<u></u>					
		0	к	Select	Cancel



A Figura 3-15 mostra o resultado obtido após o autorroteamento ser completado. As trilhas desenhadas em cor vermelha correspondem à face superior da PCI, onde são normalmente fixados os componentes; as trilhas desenhadas em cor azul correspondem à face inferior da PCI, visualizadas nesse caso como se a PCI fosse transparente.



Figura 3-15: Resultado obtido no exemplo.

Observar que na região em torno do orifício de fixação do regulador **LM7815** existe um círculo hachurado. Trata-se de uma região proibida para o roteamento, ou seja, não é permitido que nenhuma trilha passe por esta região, pois se tal ocorresse o montador se defrontaria com um problema para instalar o parafuso e a porca de fixação do regulador. A título de exemplo, vamos supor que no canto inferior esquerdo deva existir uma outra região proibida, de forma retangular e atingindo a trilha que liga o terminal negativo do capacitor **C3** com o pino 4 do *pinhead* de saída.



Figura 3-16: Criação de uma região proibida na face superior da PCI.

Escolhe-se, portanto, o botão correspondente ao desenho de formas retangulares e, no menu superior onde se encontram as "camadas" do desenho, escolhe-se a camada de número **39**

denominada **tKeepout**. No caso, a letra *t* correesponde a **top**, ou seja, a face superior da PCI. Desenha-se então com o *mouse* um retângulo no local desejado, conforme mostrado na

Figura 3-16. Em seguida, usando o botão denominado **Ripup** a desfaz-se o roteamento dessa parte do circuito, ou seja, substitui-se a trilha que faz a ligação entre o terminal negativo do capacitor **C3** com o pino 4 do *pinhead* de saída pelo "arame" de conexão.



Figura 3-17: Com a ferramenta Ripup, desfez-se a trilha.

Acionando-se novamente o autorroteamento, observa-se que a ligação entre o terminal negativo do capacitor **C3** e o pino 4 do *pinhead* de saída foi refeita por um outro caminho, mantendo-se livre de trilhas a região proibida definida anteriormente.



Figura 3-18: resultado final obtido, onde a trilha foi removida da região proibida.