

TEMA 4

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE PCBs CON EAGLE (EASILY APPLICABLE GRAPHICAL LAYOUT EDITOR)

José Manuel Blanes Martínez
jmblanes@umh.es
Área de Tecnología Electrónica

1. Introducción

Este tutorial está dirigido a los alumnos de la asignatura Tecnología de Circuitos Impresos. El objetivo es presentar a los alumnos una introducción al software de diseño de PCBs Eagle. Se mostrará el funcionamiento de las tres herramientas contenidas en el software:

- Schematic Editor: Para el diseño de los esquemático.
- Layout Editor: Para el diseño de la placa.
- Autorouter: Para el ruteado automático de la placa.

Este tutorial no pretende ser un manual completo de manejo de EAGLE, ya al instalar el programa se instalará el manual oficial del programa. El manual oficial es de indispensable consulta para el dominio de software.

Las prácticas de la asignatura se realizarán con la versión Freeware del programa, esta versión dispone de todas las funcionalidades del programa pero con las siguientes restricciones:

- El tamaño de la placa a diseñar está limitado a 100x80mm. Fuera de esta área no se pueden colocar componentes ni enrutar pistas.
- El máximo número de capas para enrutado a usar está limitado a 2 (Top y Bottom)
- El esquemático está limitado a una hoja

2. Panel de Control

Cuando se inicia el EAGLE se abre el panel de control. Este permite abrir y grabar distintos archivos, también permite cambiar algunas configuraciones básicas del programa. Además de esto tendremos una visión tipo "árbol" de todos los directorios configurados del programa, en esta visión podremos ver los diferentes archivos agrupados en 5 familias:

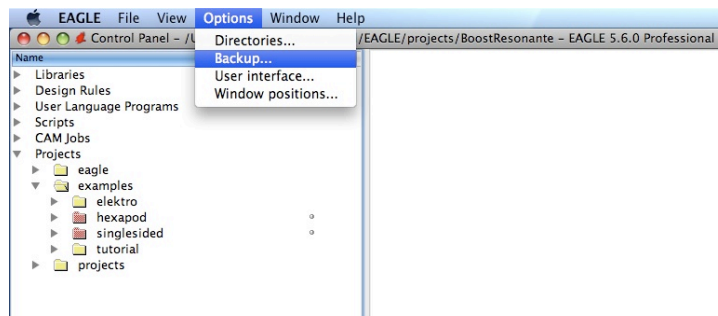
- Libraries: Librerías de componentes.
- Design Rules: Reglas de diseño.
- User Language Programs: Programas en lenguaje de usuario.
- Scripts: Scripts.
- CAM Jobs: Trabajos de post-procesado.
- Proyectos.

En el panel de control se permite el "Drag&Drop" y el Copy&Paste. Varias opciones nos aparecerán dependiendo del archivo al pinchar con el botón derecho sobre él.

Las extensiones de los archivos de Eagle se muestran a continuación:

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	*.*

Del menú tipo texto superior los menús File y View contienen las opciones clásicas de los programas basados en Windows. Desde el menú File crearemos los nuevos proyectos.



Dentro del menú Options, podemos definir nuestra configuración individualizada de EAGLE.

- Directories: Aquí se puede configurar los directorios de trabajo en nuestro ordenador.
- Backup: Por defecto Eagle irá haciendo copias de seguridad de los ficheros con los que estamos trabajando. En este menú se configura el intervalo de tiempo entre dos copias de seguridad y el número de ficheros a almacenar.
- User interface: Nos permite configurar la apariencia visual del programa.
- Windows position: Permite decir si queremos que por defecto guarde la posición de las ventanas al cerrar el programa.

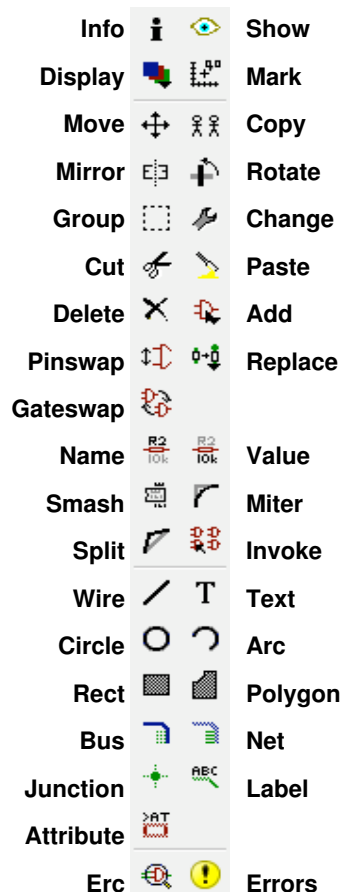
Las teclas de función configuradas en Eagle por defecto son las siguientes:

Alt+BS	UNDO	undo action
Shift+Alt+BS	REDO	redo action
F2	WINDOW;	redraw window content
Alt+ F2	WINDOW FIT;	zoom to fit
F3	WINDOW 2	zoom in with factor 2
F4	WINDOW 0.5	zoom out with factor 0.5
F5	WINDOW (@);	center cursor position
F6	GRID;	display/hide grid lines
F7	MOVE	activate MOVE
F8	SPLIT	activate SPLIT
F9	UNDO	undo action
F10	REDO	redo action

3. Creación de un esquemático

En este apartado se mostrarán los conceptos básicos para crear un esquemático. En el Panel de Control definimos un nuevo proyecto y una vez creado el proyecto definimos un esquemático dentro del proyecto.

La barra de herramientas lateral que aparece en el schematic editor se muestra a continuación:



Una vez creado el esquemático, tenemos que definir la rejilla para el posicionado de los componentes y los márgenes de la página:

Definir la rejilla: pinchar sobre el icono *REJILLA* y seleccionar el tamaño de la misma (normalmente 0.1") y si queremos que sea visible o no.

Definir los márgenes de página, para ello cargamos una de las páginas predefinidas en la librería *frames.lbr*, por ejemplo *DINA4-L*.

El primer paso sería insertar los distintos componentes que forman el circuito que se quiere realizar. Para ello utilizaremos la herramienta *ADD* buscando cada uno de los componentes por el nombre del dispositivo e indicando el encapsulado a usar. Se pueden copiar componentes ya insertados para no tener que realizar siempre la búsqueda en las librerías.

Además de los componentes necesitaremos los puntos de tierra y de alimentación. Estos componentes los podemos encontrar en la librería *supply*

Una vez insertados los componentes procedemos a la conexión de los mismos, para ello es conveniente habilitar la capa de los pines para que sean visibles.

La conexión eléctrica se realiza mediante la herramienta *NET*.

En placas con muchas conexiones nos será útil el uso de la herramienta *Name/Label* para unir distintas partes del circuito sin necesidad de realizar una conexión con la herramienta *NET*.

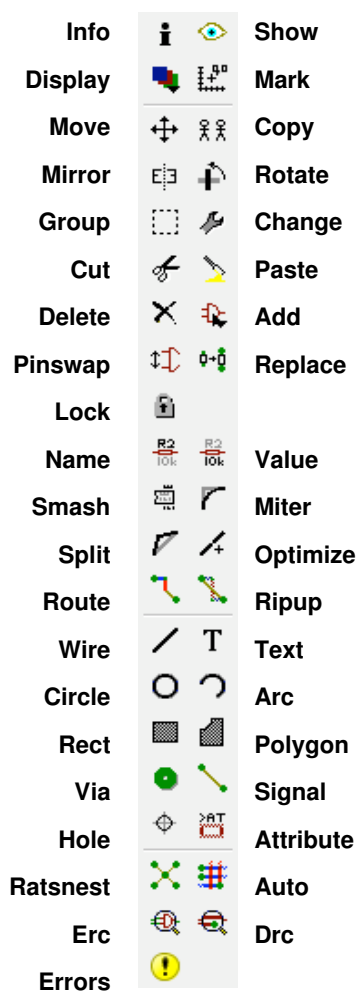
Una vez conectados los componentes comprobamos que todas las conexiones son correctas y que realmente el programa ha realizado la conexión. Para ello utilizaremos las herramientas *SHOW* y *ERC*.

Por último, cambiaremos los nombres y los valores de los distintos componentes. Para ello utilizaremos las herramientas *NAME*, *VALUE* y *SMASH*.

4. Creación la placa

Una vez realizado el esquemático del circuito a fabricar, procedemos a crear la placa de circuito impreso. Para crear esta placa tenemos que pinchar el icono *BOARD* de editor de esquemas. Al hacerlo se abre el editor de placas con todos los componentes que hemos insertado en el esquemático y con las conexiones entre ellos. Por defecto, el esquemático y la placa están relacionados, de forma que cualquier cambio que se realice en los componentes o en las conexiones afectará a ambos. Para mantener esta relación deben de estar abiertas tanto la ventana del Schematic Editor como la ventana del Board editor en todo momento.

La barra de herramientas lateral que aparece en el schematic editor se muestra a continuación:



4.1 Borde de la placa:

Definimos el tamaño de la placa que queremos realizar. Lo podemos hacer de dos formas, manualmente (tanto seleccionando distintos iconos como insertando comandos) o con un script. El tamaño de la placa con la que vamos a trabajar es de 60x80mm. Vemos a continuación las dos formas de definir esta placa:

- Manualmente:

Como las dimensiones de la placa están en milímetros, cambiamos las unidades del grid a mm. Definimos el borde de la placa con la herramienta *WIRE*, definiendo el contorno de la misma. Para asignar a este contorno que sea el borde de la placa debemos asignar este contorno a la capa *DIMENSION*.

Por último volvemos a dejar las unidades del grid en pulgadas.

- Definimos el tamaño de la placa mediante un script

Para ello, debemos crear un nuevo script con las instrucciones para crear la placa de unas dimensiones determinadas. Para ello, ir al panel de control y crear un nuevo script y guardarlo con un nombre, por ejemplo placa.scr. Escribir en el editor de texto:

```
GRID MM 1;
LAYER DIMENSION;
WIRE 0 (0 0) (80 0) (80 60) (0 60) (0 0);
GRID LAST;
```

Guardar Script y ejecutarlo en línea de comando \Rightarrow “script placa”

El mismo efecto se podría haber obtenido introduciendo línea a línea los comandos vistos en el script en la línea de comandos del editor de placas

Una vez tenemos las dimensiones de la placa, ajustamos el grid. Un tamaño normal de grid para el diseño de PCBs es 0.05”.

4.2 Reglas de diseño y posicionado de componentes

El siguiente paso a realizar sería el posicionado de los componentes que forman la placa. El correcto posicionado de los componentes es muy importante, ya que dependiendo del mismo, el enrutado posterior será más o menos complicado.

Definir las características que queremos en el enrutado de nuestro circuito. Para ello debemos pinchar en el icono *DRC* y modificar adecuadamente los valores que se muestran por defecto. Estos valores dependen de la tecnología que se pretenda usar y del tipo de placa que se utilice.

Una vez definidos los nuevos valores comprobamos si nuestra placa los cumple, para ello seleccionamos el botón *CHECK*. Si tenemos errores, aparecerá una ventana indicando el tipo de error y donde se encuentra.

4.3 Enrutado

Una vez posicionados los componentes procedemos al enrutado de los mismos. Esto se puede realizar de dos formas, de forma manual por el diseñador o de forma automática con la herramienta *AUTOROUTER*.

Para definir el enrutado automático por parte del programa debemos seleccionar la herramienta *AUTOROUTER*. Se abrirá una ventana donde podemos modificar los criterios de realización del enrutado. Si ejecutamos esta aplicación, el programa realizará las pistas de conexión siguiendo las limitaciones impuestas en el *DRC*.

Para el enrutado manual de las pistas seleccionaremos la herramienta *ROUTE* y realizaremos la pista con el ratón, modificando el tipo de trazado con el botón derecho del mismo. Antes de realizar las pistas de forma manual debemos modificar adecuadamente la anchura de la misma con la herramienta *CHANGE*.

La herramienta *RIPUP* permite desenrutar una pista y volver a las conexiones de hilo. Si se desea desenrutar toda la placa seleccionamos *RIPUP* y escribimos ; en la línea de comandos.

4.4 Definición de zonas en la placa donde no se pueden trazar pistas.

Esta opción es muy interesante para no permitir que el *AUTOROUTER* trace pistas o vías en zonas no deseadas del circuito.

- Definimos un rectángulo o polígono en la zona de interés.

- Asignamos este nuevo elemento a la capa tRestrict, bRestrict, vRestrict según corresponda, en función de si la prohibición está en la capa top o en la bottom o queremos que no se pongan vias. En nuestro caso, lo asignamos a la capa top.
- Comprobar el funcionamiento de las zonas de restricción de enrutado ejecutando *AUTORUTER*

4.5 Generación de planos de masa

Esta opción nos permite realizar planos metálicos de conexión en el circuito. A modo de ejemplo, vamos a realizar un plano metálico de conexión en la capa bottom de nuestra placa, que conectaremos con el terminal de tierra (GND). Para ello, debemos seguir los siguientes pasos:

- Definimos un nuevo polígono en la capa correspondiente, top o bottom. En nuestro caso en la bottom. En la barra de herramientas de la aplicación, aparecen distintas opciones para este polígono como puede ser el relleno, el tipo de conexión que queremos que realice con los pads asociados, si queremos control de elementos huérfanos, etc.
- Seleccionamos el icono RATSNETS para realizar el metalizado del polígono
- Asociamos el plano metálico a la conexión de tierra del circuito. Para ello, seleccionamos la herramienta NAME y modificamos el nombre del polígono a GND.
- Comprobar, modificando las capas visibles en la capa las características del plano realizado.

4.5 Comprobación de reglas de diseño.

El último paso siempre ha de ser comprobar las reglas de diseño y resolver los errores.

5. Impresión de fotolitos

Una vez terminadas el enrutado de nuestro circuito, lo imprimiremos para ver el resultado. En nuestro caso, como el circuito lo vamos a fabricar con insoladora y ataque químico, resulta que algunos de los pads de los componentes son demasiado pequeños, mientras que los drills son demasiado grandes. Podemos usar el ULP drill-aid para “rellenar los taladros”.

Una vez terminado realizaremos la impresión de la cara TOP y BOTTON seleccionando sólo las siguientes capas:

CARA TOP: TOP, PADs, VIAS, DIMENSION y CENTERDRILL

CARA BOTTOM: BOTTOM, PADs, VIAS, DIMENSION y CENTERDRILL

Se recomienda la impresión en PDF (Cuidado con el autoescalado)

6. Generación de archivos CAM para la fabricación de los circuitos

Los pasos a seguir para obtener los archivos necesarios son los siguientes desde el Board editor:

- Primero necesitamos generar un archivo que contiene la lista de instrumentos para el taladrado. Seguir los siguientes pasos:

Ejecutar icono *RUN*

Seleccionar el archivo correspondiente, en nuestro caso drillcfg.ulp

Seleccionar unidades y herramientas

Generar archivo nombre.drl

- Seguidamente generamos los archivos Gerber

Pinchar icono *CAM* en el editor de placas. Aparecerá una ventana donde debemos seleccionar el tipo de estándar que queremos: Open/Job/Gerber274x

Ver las distintas opciones que nos permite elegir para cada uno de los archivos que genera

Generamos el trabajo pinchando Process Job

Al ejecutar el comando se generan una serie de archivos asociados al proyecto actual de trabajo:

Nombre.cmp → capa top o de componentes

Nombre.sol → capa bottom o de soldadura

Nombre.plc → capa de serigrafía top

Nombre.stc → máscara de soldadura de la capa top

Nombre.sts → máscara de soldadura de la capa bottom

- Por último, necesitamos el archivo con los datos de taladro, que se genera utilizando el trabajo excellon.cam:

Pinchar el icono *CAM*

Seleccionamos el trabajo excellon: Open/Job/Excellon

Procesamos el trabajo: "Process Job"

En este caso, se genera el archivo nombre.drd

7. Librerías

Todos los componentes que se han añadido a la placa y esquemas están almacenados en librerías. El Editor de librerías tiene los mismo interfaces que hemos visto anteriormente. Sólo hace falta conocer algunos conceptos para definir nuevos componentes.

En una librería hay tres tipos de elementos:

- Package: Es el encapsulado “footprint” que se coloca en la placa.
- Symbol: Es el símbolo que se coloca en el esquema.
- Device: El componente real, está compuesto por un símbolo y uno o varios encapsulados.

Ejemplo de creación de una resistencia (extraído de tutorial de EAGLE).

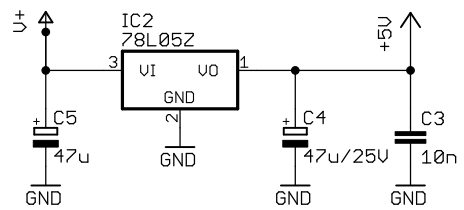
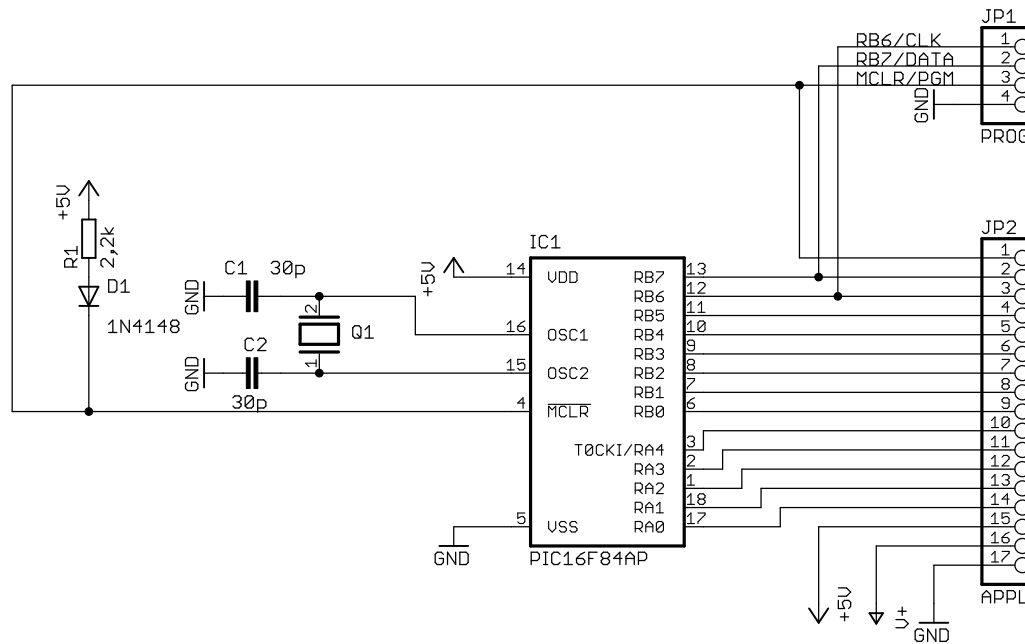
8. Placa Ejemplo

El listado de los componentes que utilizaremos se muestra en la siguiente tabla:

Elemento	Valor	Dispositivo	Encapsulado	Librería
R1	2.2K	R-EU_R1206	R1206	rlc
C1	30p	C-EUC1206	C1206	rlc
C2	30p	C-EUC1206	C1206	rlc
C3	10n	C-EU025-025X050	C025-025X050	rlc
C4	47u	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rlc
C5	47u	CPOL-EUTAP5-45	TAP5-45	rlc
D1	1N4148	1N4148	DO35-10	diode
JP1	PROG	PINHD-1X4	1X04	pinhead
JP2	CONEX	PINHD-1X17	1X17	pinhead
XTAL	XTAL	XTAL/S	QS	special
IC1	PIC	PIC16F84AP	DIL18	microchip
IC2	78L05	78L05Z	TO92	linear

Valores de DRC:

- *Clearance:* El margen de separación entre pistas, pads y vias lo pondremos a 12mil.
- *Distance:* Separación pistas – borde de la placa: 40mil
Separación drill/hole: 12mil
- *Size:* Mínima anchura de pista: 16mil (Mínimo 16mil para insoladora)
Mínimo diámetro drill: 31.5mil (8mm)
- *Restricting:* Para los Pads tanto en la capa Top como en la Bottom ponemos el tamaño máximo y el mínimo iguales: 16mil
Para las vías ponemos las externas a 20mil
- *Shapes:* Definimos los Pads en la capa Top y Bottom como en la librería correspondiente.



TITLE: demo1	
Document Number:	REV:
Date: not saved!	Sheet: 1/1

17 Libraries

The components you are adding to schematics and boards are stored in libraries. The Library Editor has the same user interface as the Schematic and the Layout Editor. Therefore, you only need to know a few additional commands for defining your own components.

A library normally consists of three basic elements:

- ◆ **Package:** The footprint in the layout
- ◆ **Symbol:** The drawing for the schematic
- ◆ **Device:** The real component, consisting of symbols and packages

In case your EAGLE license has a single Schematic Editor or a single Layout Editor module, you nevertheless are able to define complete components in the Libraries.

Here a short example for library creation:

Open a new library file via the menu *File/New/Library* in the Control Panel. The Library Editor windows opens.

Resistor Package



Select the package editing mode via the icon in the action toolbar, and enter the package name *R-10* in the *New* field. Answer the question *Create new package 'R-10'?* with *Yes*. Later when creating a new symbol and a new device you will again have to answer the corresponding questions with *Yes*.



Use the GRID command to set an appropriate grid size for the pad placement. 0.05 inch (i.e. 50 mil) is usual for standard components with lead wires.



For a resistor with lead-wires, select PAD, and set the pad shape and the drill diameter in the parameter toolbar. Default value for pad diameter is *auto*. It should not be changed. The final diameter in the layout results from the values given in the Design Rules. Then place two pads at the desired distance. The origin of the drawing will later be the identifying point with which a component is selected. For this reason it should be somewhere near the center of the device.



For a SMD resistor, select SMD, and set the pad dimensions in the parameter toolbar. You can either select one of the offered values, or directly type the length and breadth into the entry field.

Select *Top* as the layer, even if the component will later be placed on the underside of the board. SMD components are located on the other side of a board using the MIRROR command. This moves the objects in all the *t..*-layers into the corresponding *b..*-layers.

Place the two SMD pads (which in EAGLE are just called SMDs) at the desired distance.

To use round SMDs (BGAs) define a square one first, then CHANGE the value for *Roundness* = 100 %.



You can now enter the names, such as *1* and *2*, for the pads or SMDs using the NAME command.

A different procedure is however recommended for components with many sequentially numbered pads:

Select the PAD command, type in the name of the first pad, e.g. '*1*' (the inverted commas must also be entered), then place the pads in sequence.



Now use the WIRE command to draw the silkscreen symbol in layer 21 *tPlace*. This layer contains what will be printed on the board. It is up to you how much detail you give to the symbol. Set a finer grid size if it helps.

Take the information provided in *library.txt* (in *eagle/doc*) as a guideline for the design of components. You may also use the ARC, CIRCLE, RECT and POLYGON command to draw silkscreen symbols.

Please take care in layer 21 *tPlace* not to cover any areas that have to be soldered. In layer 51 *tDocu* a more realistic appearance can be given which is not subject to this limitation. Layer 51 *tDocu* is not used to print onto the board itself, but is a supplement to the graphical presentation which might be used for print documentation. In the example of the resistor, the symbol can be drawn in layer 21 *tPlace*, but the wires, which go over the pads, are drawn in layer 51 *tDocu*.



With the TEXT command you place the texts *>NAME* in layer 25 *tNames* and *>VALUE* in layer 27 *tValues* in those places where in the board the actual name and the actual value are to appear.

SMASH and MOVE can be used later to change the position of this text relative to the package symbol on the board.

We recommend to write these texts in vector font. So you can be sure that it looks exactly the same on the printed board as it looks in the Layout Editor.



The CHANGE command can be used at a later stage to alter object properties such as the stroke thickness of texts (*ratio*), text height, or the

layer in which the object is located.

If you want to change the properties of several objects at one go, define a group with the GROUP command, click the CHANGE command, select the parameter and the value, and click into the group with the right mouse button while the *Ctrl* key is pressed.

Example: Use GROUP to define a group that contains both pads, then select CHANGE and SHAPE/SQUARE. Press the *Ctrl* key and click on the drawing surface with the right mouse button. The shape of both pads changes.

The DESCRIPTION command allows an info text about the package. This text and the package's name will be taken in consideration by the search function of the ADD command.

Resistor Symbol



Select the symbol editing mode, and enter the symbol name *R* in the *New* field. This name only has a meaning internal to the program, and does not appear in the schematic.

Now check that 0.1 inch is set as the grid size. The pins in the symbol **must** be placed on this grid, since this is what EAGLE expects.



Select the PIN command. You can now set the properties of these pins in the parameter toolbar, before placing them with the left mouse button. All these properties can be changed at a later stage with the CHANGE command. Groups can again be defined (GROUP) whose properties can then be altered with CHANGE and *Ctrl* key plus the right mouse button. See help function for further details.



The NAME command allows you to name pins after they have been placed.



The schematic symbol is drawn in layer 94 *Symbols* using WIRE and the other drawing commands. Place the texts *>NAME* and *>VALUE* in the layer 95 *Names* and 96 *Values* with the TEXT command. Place them where the name and value of the component are to appear in the schematic.

For fine adjustment choose a finer grid. This can be done while the TEXT command is active. Afterwards change the grid to default value 0.1 inch again. Layer 97 *Info* can be used for further information, for example, descriptive text.

Resistor Device



Create the new device *R-10* with this icon. When you later use the ADD command to fetch the component into the schematic, you will select it by using this name. It is only a coincidence that in this case the name of the

package and the name of the device are the same.

To define devices that are available in several technologies and package variants you have to use wild cards in the device name to determine the position of these names.

* represents the position of the technology name, ? the package name. Defining for example a device like a 7400 in two technologies (**L**, **LS**) the correct device name is *74*00*. The name of the package variant will be added at the end of the name automatically. If you wish to see the package variant's name, for example, at the beginning of the device name you have to use the ? like this: *?74*00*.

Click the *New* button on the right lower area of the Device Editor window to assign a package. For our example, please choose the package *R-10*. To allow further package variants click *New* again.

The **PREFIX** command is used to specify a prefix for a name. The name itself will initially be automatically allocated in the schematic. For a resistor this would, naturally enough, be *R*. The resistors will then be identified as *R1*, *R2*, *R3* etc.. The names can be altered at any time with the **NAME** command.

You can specify with the **VALUE** command whether the device's value can be altered in the schematic or in the board. Value must be *On* for resistors. For other devices it may be wise to set value *Off*.



The previously defined resistor symbol is fetched into the device with the **ADD** command.

If a device consists of several schematic symbols which can be placed independently of one another in the circuit (in EAGLE these are known as *gates*) then each gate is to be individually brought into the schematic with the **ADD** command.

Set an *Addlevel* of *Next* and a *Swaplevel* of 0 in the parameter toolbar, and then place the gate near the origin.

The *Swaplevel* of a gate behaves very much like the *Swaplevel* of a pin. The value of 0 means that the gate cannot be exchanged for another gate in the device. A value greater than 0 means that the gate can be swapped within the schematic for another gate in the same device and having the same *Swaplevel*. The command required for this is **GATESWAP**.



You can change the name of the gate or gates with the **NAME** command.

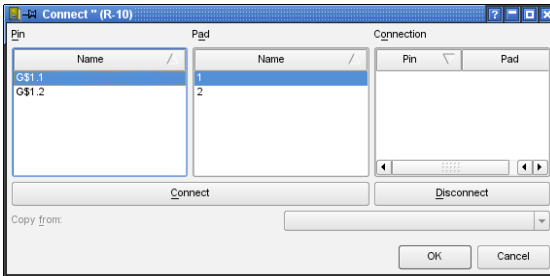
The name is unimportant for a device with only one gate, since it does not appear in the schematic. If a device consists of several gates the element's name in the schematic will be expanded by the gate name.

Example:

The gates are called *A*, *B*, *C* and *D*, and the name of the component in the schematic is *IC1*, so the names which appear are *IC1A*, *IC1B*, *IC1C* and *IC1D*.

With the **CONNECT** command you specify which pins are taken to which package pads.

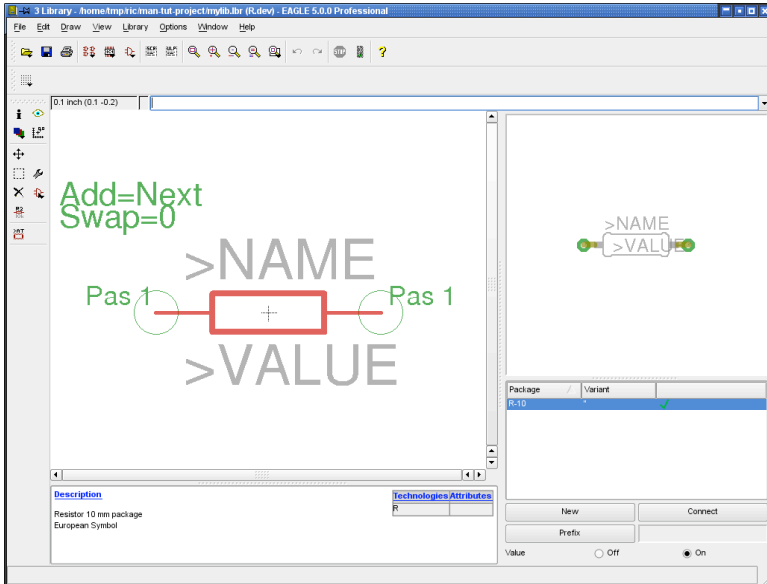
Click the *Connect* button now.



➤ *The Connect window*

In this example the resistor gate has been named *G\$1* automatically. This is the reason why you see the pin name *G\$1.1* and *G\$1.2* in the column *Pins*. The column *Pad* shows the pads placed in the package. Click on a pin and a pad entry and click the *Connect* button. If you want to disconnect a pin from a pad, select the pair in the *Connection* column and click *Disconnect*. *OK* ends this command and closes the window.

You can enter descriptive text for your Device clicking the *DESCRIPTION* command. The entered text will be displayed in the Control Panel, when you select the device in the tree view. It will also be checked by the search function of the *ADD* command.



➤ *The Device Editor*

Now the definition of the resistor is complete. You can use it in a schematic now.

Keep in mind to load the new library with the USE command. Otherwise it is not available for ADD.