



# CAPITULO 4

## DISEÑO DEL PCB

### 4.1 INTRODUCCION

El diseño presentado es una plataforma básica, debido a que cuenta con opciones especiales que solo son usadas en la fase de diseño y prueba del sistema, tal es el caso del puerto *JTAG*, que sirve para hacer pruebas en tiempo real para poder hacer correcciones o cambios al sistema antes de tener un sistema completo. En el sistema final (versión para el usuario), únicamente incluye el puerto host (DB25-F). Además, la programación del sistema (DSP, GAL, PAL) no es cubierta en ésta documentación.

### 4.2 CONCEPTO DE HERRAMIENTAS CAD

Las herramientas CAD (Diseño Asistido por Computadora, de sus siglas en ingles Computer Aided Design) son asociadas por la mayoría con el dibujo, sin embargo, dado que el diseño incluye otras fases, el término CAD es empleado tanto para el dibujo, como para el resto de las herramientas que ayudan al diseño.

El gran impacto que han producido las herramientas CAD sobre el diseño de circuitos electrónicos ha producido que un gran numero de compañías dedicadas a la fabricación de software hayan sacado al mercado programas dedicados a esta rama. Las primeras de éstas tenían una interfaz de usuario poco amigable, pero la adición de interfases gráficas de los actuales programas, hace que cualquier usuario intermedio, sin un gran conocimiento sobre este tipo de programas, sea capaz de aprenderlos en un par de horas.

La producción de hardware tenía una gran desventaja en comparación con la producción de software, este era el alto coste del ciclo(*Ver figura 4.1*).

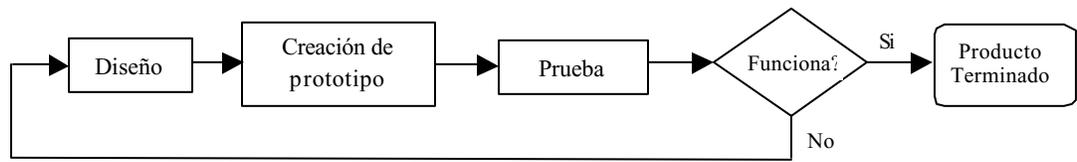


Figura 4.1 Antiguo proceso en la producción de hardware.

Como se puede apreciar en la figura anterior, una vez teniendo un diseño se pasaba a la etapa de creación de prototipo y posteriormente a la etapa de pruebas y era aquí donde se sabía si el producto funcionaba o no. Como se puede imaginar, este tipo de proceso era muy costoso debido a que si en la etapa de prueba se encontraba algún error, esto significaba regresar al diseño y crear otro prototipo.

Por eso los diseñadores de herramientas CAD tuvieron la idea de incluir dentro de éstas, herramientas que permitieran al usuario simular el funcionamiento que tendría el producto sin necesidad de ser armado, con esto abaratando la producción de hardware. En la figura 4.2 se muestra el proceso actual:

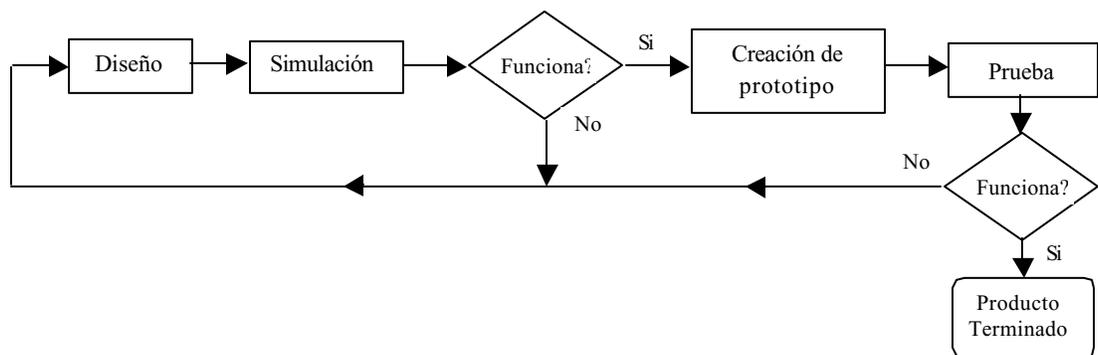


Figura 4.2 Proceso actual en la producción de hardware.

En el ciclo actual de diseño de hardware las herramientas CAD están presentes en todos los pasos; en el primer paso donde se captura un esquema del circuito, en la simulación (cabe mencionar que estas herramientas permiten atender un nivel de simulación, dependiendo de que tan apegada a la realidad quiera el usuario que sea tal) y por último las herramientas que sirven para la realización de PCBs.

### 4.3 DISEÑO

La primera tarea a realizar dentro del diseño de hardware, después de haber concebido una idea, es realizar una descripción de lo que se pretende desarrollar. Las computadoras ofrecen hoy en día herramientas especiales para la creación y verificación de los diseños. Con dichas herramientas es posible describir tanto un circuito sencillo que represente una compuerta lógica hasta un complejo diseño electrónico.

La figura 4.3 muestra el flujo del diseño de un PCB el cual será descrito a lo largo de este capítulo.

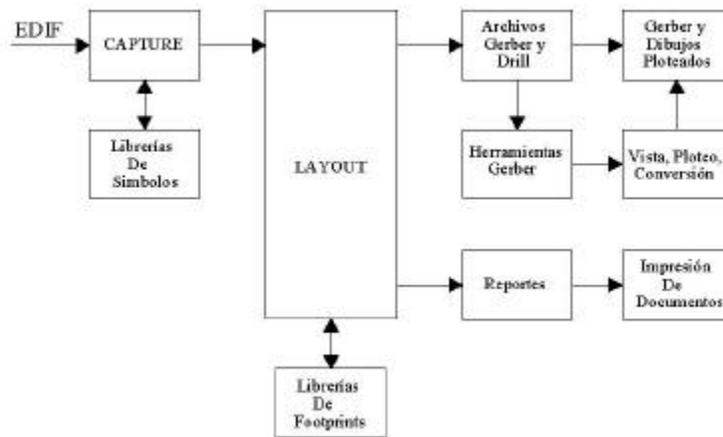


Figura 4.3 Flujo del diseño de un PCB

¿Por qué utilizar el OrCAD?. A continuación se enlistarán algunos de los beneficios mostrados por OrCAD, los cuales fueron tomados en cuenta para la selección de ésta herramienta CAD.

- La interfase basada en ventanas permite editar y compartir fácilmente, ya que se puede compartir datos y esquemáticos con otros programas de Windows utilizando las características de cortar, copiar y pegar. También se pueden tener varias ventanas in CAPTURE para editar entre páginas de esquemáticos, o copiar y pegar diseños entre proyectos.
- Es compatible con aplicaciones populares de PCB. CAPTURE proporciona alrededor de 30 formatos del NETLIST incluyendo OrCAD Layout, Allegro®, PADS P2K, y Mentor Graphics BoardStation sin costo extra.

- CAPTURE es una herramienta avanzada de diseño de selección para los usuarios de PSpice®, Orcad Layout, y Allegro.
- CAPTURE proporciona librerías de esquemáticos para seis vendedores de PLD: Xilinx, Altera, Actel, Lattice, Lucent, y Atmel. Lo cual permite contar con una herramienta avanzada para aplicaciones de seis diferentes vendedores.
- LAYOUT cuenta con múltiples niveles de auto ruteadores, los cuales pueden ir de tarjetas simples, hasta complejas para altas velocidades.
- LAYOUT cuenta con la capacidad para hacer y editar ruteo manualmente.
- LAYOUT combinado con CAPTURE, los diseños correctos son mantenidos a través del proceso de diseño.
- La integración de CAPTURE / LAYOUT, proporciona una funcionalidad poderosa.
- LAYOUT cuenta con una amplia librería de footprints combinado con un manejador de librería gráfica y fácil de usar.
- LAYOUT tiene soporte completo CAM para la preparación de fabricación.
- Numerosas funciones de reducción de tiempo para el ciclo de diseño.

#### 4.3.1 EDIF

Dada la gran proliferación de lenguajes para la comunicación de descripciones del diseño entre herramientas, fue necesario crear un formato que fuera estándar y que todas las herramientas pudieran entender. Así es como apareció el formato **EDIF**.

El formato EDIF (Electronic Design Interchange Format) es un estándar industrial para facilitar el intercambio de datos de diseño electrónico entre sistemas EDA (Electronic Design Automation). Este formato de intercambio está diseñado para tener en cuenta cualquier tipo de información eléctrica, incluyendo diseño de esquemas, trazado de pistas (físicas y simbólicas), conectividad, e información de texto, como por ejemplo las propiedades de los objetos de un diseño.

El formato EDIF fue originalmente propuesto como estándar por Mentor Graphics, Motorola, National Semiconductor, Texas Instruments, Daisy Systems, Tektronix, y la Universidad de California en Berkeley, todos ellos embarcados cooperativamente en su desarrollo. Desde entonces, el EDIF ha sido aceptado por más y más compañías. Fue aprobado como estándar por

la Electronic Industries Association (EIA) en 1987, y por el American National Standards Institute (ANSI) en 1988.

La sintaxis de EDIF es bastante simple y comprensible, sin embargo, no se pretende que sea exactamente un lenguaje de descripción de hardware con el cual los diseñadores puedan definir sus circuitos, aunque hay algunos que lo utilizan directamente como lenguaje de descripción. La filosofía del formato EDIF es más la de un lenguaje de descripción para el intercambio de información entre herramientas de diseño que un formato para intercambio de información entre diseñadores. En cualquier caso, siempre es posible describir circuitos utilizando este lenguaje.

### **4.3.2 CAPTURA DE ESQUEMAS (CAPTURE).**

Con captura de esquemas (capture) se entiende el proceso de descripción, mediante un dibujo de un circuito eléctrico. El dibujo del esquema puede incluir más de un simple diagrama de líneas, además puede incluir información sobre tiempos, cables, conectores, notas del usuario y muchas otras propiedades y valores necesarios por el resto de aplicaciones para la interpretación del mismo.

Un esquema viene especificado en la base de datos por dos partes fundamentales: las **hojas** y los **símbolos**. En principio, un esquema puede estar formado por varias hojas que es donde se *dibujan* los diversos componentes o símbolos que forman el circuito. En las hojas se especifican también las interconexiones así como informaciones adicionales para el uso posterior del esquema en otras aplicaciones.

Los símbolos son cajas que se interconectan unas con otras en la hoja de diseño. Un símbolo es un objeto que contiene un conjunto de modelos usados para describir los aspectos funcionales, gráficos, temporales y tecnológicos del diseño.

El método clásico para la interconexión de los distintos símbolos de una hoja son las **mallas** o **nets**. Una malla en el esquema tiene una correspondiente inmediata con el circuito real, se trata de un cable físico que conecta un pin de un chip con un pin de otro. Sin embargo, dado que un esquema puede representar un nivel de abstracción elevado dentro de una jerarquía, un cable puede representar una conexión con un sentido más amplio, como por ejemplo una línea telefónica.

Un cable en un esquema es un elemento que indica conexión, y en principio, puede ser tanto un hilo de cobre, como una pista en un circuito impreso, como un conjunto de hilos, como un cable de una interfase serie, etc. Sin embargo, en los comienzos del diseño electrónico, donde los esquemas correspondían en la mayoría de los casos al nivel más bajo de una jerarquía, los cables eran siempre hilos conductores, y para representar un conjunto de hilos conductores se introdujo otro elemento adicional, el **bus**. Un bus es una conexión que une dos componentes al igual que un cable, sin embargo se caracteriza por representar, no un único hilo, sino múltiples. La introducción de este elemento fue inmediata a partir del desarrollo de circuitos digitales, donde la conexión entre procesadores, memorias, etc. era fácilmente agrupable.

Actualmente, dada la gran complejidad de los diseños electrónicos, con miles de conexiones en una misma hoja, se hace necesario el uso de otras técnicas de interconexión de componentes. Una posibilidad que ofrecen la mayoría de herramientas CAD es la utilización de etiquetas. Es posible poner etiquetas a los pines o a los cables, de manera que dos pines o cables con la misma etiqueta o nombre están físicamente interconectados. Esto evita el tener que trazar múltiples conexiones entre componentes, evitando así una aglomeración de hilos que harían ilegible cualquier esquema.

Otro elemento importante dentro de una hoja o esquema son los **puertos**. Los puertos son conexiones al exterior de la hoja, y realizan la labor de interfase del circuito con el mundo exterior. En general, un esquema se puede ver como una caja negra donde los puertos son la única información visible. Esta caja negra, junto con sus puertos, forma un componente que puede ser usado en otra hoja, que a su vez es un componente que puede formar parte de otra hoja y así sucesivamente. Los puertos pueden ser de entrada, de salida, o de entrada/salida, dependiendo de la dirección del flujo de la información.

OrCAD CAPTURE (que a partir de este momento nos referiremos a él como CAPTURE) permite la captura de esquemas en una interfaz de usuario sencilla, permitiendo al usuario manejar los componentes anteriormente mencionados.

Una vez teniendo un bosquejo del circuito, lo primero que se tiene que hacer es crear una lista de todos los símbolos que se vayan a utilizar. CAPTURE permite personalizar las librerías, con lo cual se hace más fluido el trabajo. Pero, porque crear una nueva librería y no utilizar las ya

existentes? Bueno, las principales razones son que así se tendrá un mayor control sobre los componentes y en caso de una actualización se tiene el(los) componente(s) al alcance.

### Creación de una nueva librería:

- 1 En el Menú *File* seleccione *New* y dé clic en *Library*. OrCAD le asigna el nombre de *LIBRARY1.OPJ* por default (ver figura 4.4) . La extensión *.OPJ* hace referencia a un archivo que es una librería de componentes en CAPTURE.

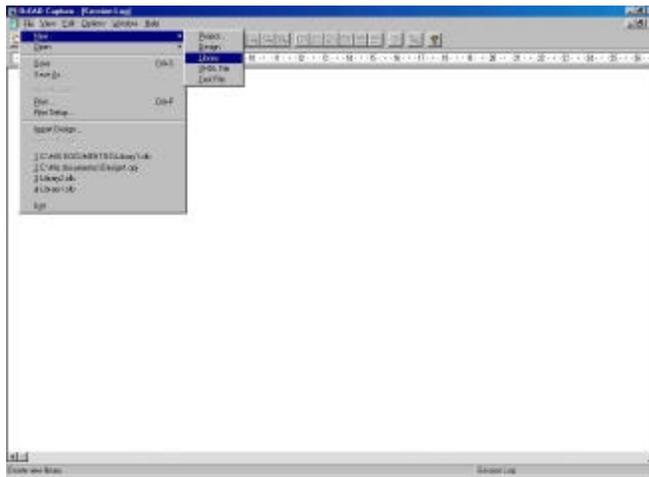


Figura 4.4 Creación de una nueva librería.

Una vez hecho esto el siguiente paso es crear los símbolos, los cuales se tienen que hacer uno por uno. Es recomendable tener a la mano las hojas de datos de los componentes (*datasheet*) por si surgiera alguna duda sobre la configuración de alguno(s) de ellos.

### Crear un componente:

- 1 En el Menú *Design* seleccione *New part...*
- 2 Llene el cuadro de propiedades del nuevo componente (ver figura 4.5).

A continuación se verá una pequeña descripción de algunas propiedades que se le pueden asociar a el componente:

**Name:** es el nombre con el que se va a distinguir a éste componente. Es aconsejable asignarle un nombre que sea fácil de relacionar con dicho componente. Por ejemplo, si se requieren dos

Amplificadores Operacionales, sería muy confuso asignarles el nombre de AmpOp1 y AmpOp2, pero no así la serie ó nomenclatura de tales: TLC2272 y TLC2275.

**Part Reference Prefix:** es el prefijo que se le va a asignar a cada instancia de este componente dentro del diseño. Por ejemplo, si se asigna el prefijo R para las resistencias, la resistencia número uno sería R1, la resistencia número dos R2, y así sucesivamente.

**PCB Footprint:** es la clave del tipo de encapsulado del componente, el cual describe las longitudes de dicho componente. Por ejemplo, para las resistencias de montaje superficial se podría utilizar el footprint 1206. (*Nota:* Para ver mas detalles sobre que tipos de encapsulados se pueden encontrar en el mercado de tal componente, consultar las hojas de datos de los fabricantes).

**Part per Pkg:** es el número de partes por empaquetado. Algunos Circuitos Integrados contienen mas de un elemento por empaquetado. Por ejemplo, el Circuito Integrado 74LS00 contiene cuatro compuertas NAND.

**Nota:** para conocer mas detalle sobre los demás campos, ver la documentación adjunta proporcionada en la compra de OrCAD Capture® ó en la ayuda del programa.



Figura 4.5 Creación de un nuevo componente.

Las propiedades de los símbolos son modificables en cualquier momento, por lo que no hay que estar preocupados si no se tiene toda la información al momento de asignarlas.

El siguiente paso es dibujar el componente. Pero antes de pasar a dibujarlo se dará un vistazo a la barra de herramientas del editor de partes (Tabla 4.1.)

HERRAMIENTA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Selección	Selecciona objetos. Éste es el modo normal.
	Símbolo IEEE	Coloca un símbolo IEEE en una parte.
	Pin	Coloca pines en una parte
	Arreglo de Pines	Coloca múltiples pines en un parte
	Línea	Dibuja líneas.
	Poli línea	Dibuja poli líneas
	Rectángulo	Dibuja rectángulos.
	Elipse	Dibuja elipses.
	Arco	Dibuja arcos.
	Texto	Coloca texto.

Tabla 4.1 Herramientas de dibujo

### Creación de una parte:

1 Dé clic en el botón *Pin*,  o en el *Menú Place* seleccione *Pin...*

2 Asigne las propiedades del pin (ver figura 4.6) :

**Name:** nombre del pin dentro del componente

**Number:** número de pata o pin dentro del componente

**Shape:** forma del pin (ver tabla 4.2).

**Type:** tipo de pin (ver tabla 4.3)

FORMA	DESCRIPCIÓN.
Dot	Una burbuja de inversión.
Clock	Un símbolo de reloj.
Dot-Clock	Un símbolo de reloj con una burbuja de inversión.
Zero	Un pin normal con una longitud de cero unidades.
Short	Un pin normal con una longitud de una unidad.
Line	Un pin normal con una longitud de tres unidades.

Tabla 4.2 Forma de los pines

TIPO	DESCRIPCIÓN
3-state	Este pin tiene tres posibles estados: bajo, alto y alta impedancia. En el estado de alta impedancia el pin es considerado como un circuito abierto.
Bidireccional	Un pin bidireccional actúa como entrada y salida.
Input	Un pin de entrada es aquel al cual se le puede aplicar una señal.
Open collector	
Open Emitter	
Output	Un pin de salida es aquel al cual la parte aplica una señal de salida.
Passive	Un pin pasivo es comúnmente conectado a un elemento pasivo. Un elemento pasivo no tiene fuente de energía.
Power	En un pin de poder se espera que se conecte una fuente de voltaje o tierra.

Tabla 4.3 Tipos de pines



Figura 4.6 Propiedades del pin.

- 2 Coloque el pin
- 3 Repita los pasos 1 y 2 hasta haber colocado todos los pines del componente.
- 4 Dé clic en el botón *line*  o en el Menú *Place* seleccione *Line* y dibuje la forma del símbolo.
- 5 Si se desea que no aparezcan los nombres y números de los pines, en el Menú *Options* seleccione *Part Properties* y asigne a los campos *Pin Number Visible* y *Pin Number Visible* el valor *False* (falso). Con esto se ha indicado al programa que no serán visibles los nombres y números de los pines de este parte.

Ahora el componente está listo para ser utilizado (ver figura 4.7).



buena división del circuito en etapas nos permite un mejor manejo del mismo, por lo que no sería mala idea crear varias páginas.

### Creación de las páginas :

- 1 En el administrador de proyecto, seleccione la carpeta SCHEMATIC (ver figura 4.9)
- 2 En el Menú *Design* seleccione *New Schematic Page* y asigne un nombre a la nueva pagina.
- 3 Repita los pasos 1 y 2 tantas veces como páginas necesite añadir.

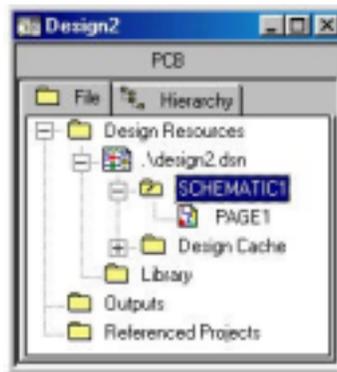


Figura 4.9 Administrador de Proyectos.

El siguiente paso es cargar la(s) librería(s) de componentes dentro del diseño Para lograr esto existen dos maneras de hacerlo: una dentro del administrador del proyecto y la otra estando dentro de una página.

### Carga de la(s) librería(s) desde el administrador del proyecto:

- 1 En el administrador de proyectos dé un clic con el botón derecho sobre la carpeta *Library* y seleccione *Add file...* (ver figura 4.10)
- 2 Seleccione la librería a cargar.
- 3 Repita los pasos 1 y 2 hasta haber cargado todas las librerías necesarias.

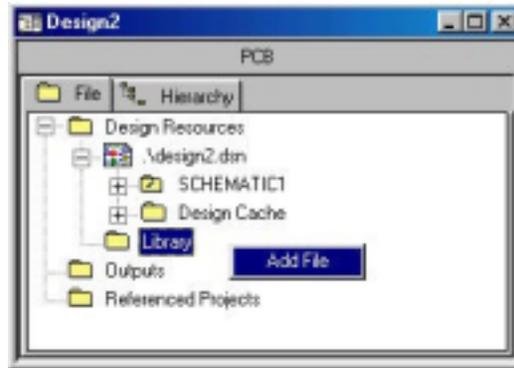


Figura 4.10 Carga de una librería dentro del diseño.

### Carga de una librería dentro de una página:

- 1 En la carpeta SHCEMATIC (en el administrador de proyectos), dé doble clic sobre cualquier página.
- 2 Dé clic en el botón *part*  o en el Menú *Place* seleccione *Part*.
- 3 Seleccione la opción *Add Library...* (ver figura 4.11).
- 4 Seleccionamos la(s) librería(s) a cargar.

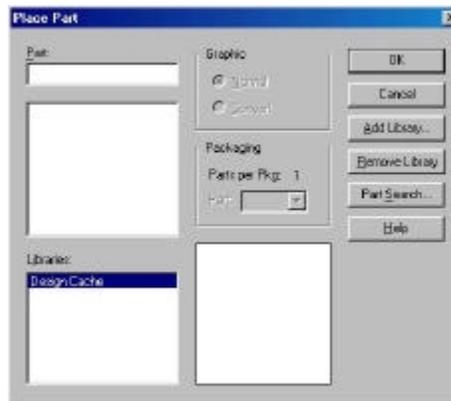


Figura 4.11 Carga de una librería dentro de una página.

No es necesario repetir esto en cada página, CAPTURE automáticamente asigna la(s) librería(s) cargadas en un hoja a todas las demás.

Una vez creadas las páginas y cargadas todas las librerías, llega el momento de dibujar los circuitos. CAPTURE ofrece una interfaz muy amigable, por lo que cualquier usuario con conocimiento intermedio de programas en base de menús, ventanas y barras de herramientas se familiariza rápidamente con éste.

### Insertar componentes en una página:

- 1 En la carpeta SHCEMATIC (en el administrador de proyectos), dé doble clic sobre cualquier página.
- 2 Dé un clic en el botón *part*  o en el Menú *Place* seleccione *Part*
- 3 Seleccione el componente que quiera insertar y dé clic en el botón *OK* (ver figura 4.12).
- 4 Coloque el componente sobre la página dando un clic con el botón derecho del mouse sobre la hoja.

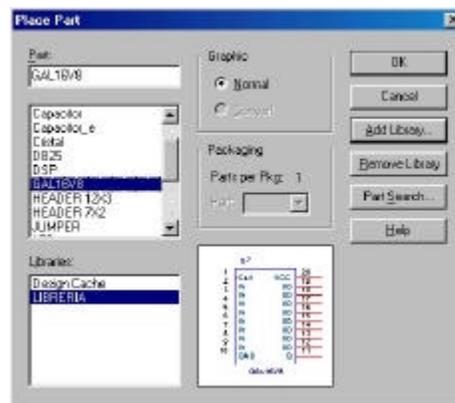


Figura 4.12 Selección del componente a insertar.

Una vez insertados los componentes es posible cambiar sus propiedades. Por ejemplo, asignarles valores a las resistencias, capacitores, etc.

### Cambiar las propiedades de un componente:

- 1 Dé clic en el botón *selection* 
- 2 Seleccione la parte que desea modificar.
- 3 En el Menú *Edit* seleccionamos *Properties*, o dé doble clic sobre la parte seleccionada y modifique las propiedades (ver figura 4.13).

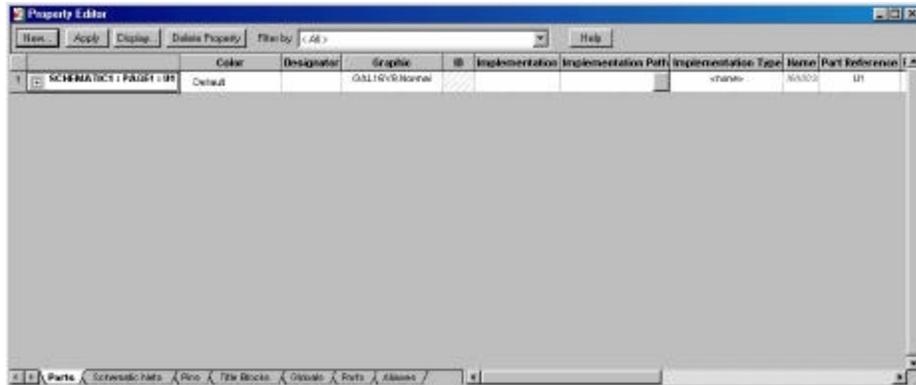


Figura 4.13 Propiedades de la instancia.

En la tabla 4.4 se describen las propiedades más comunes.

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Value	Especifica el valor de nombre la parte. Por omisión, el valor es establecido como el nombre de la parte si no fue especificado en la librería
Reference	Especifica la referencia de la parte
Designator	Indica cual parte del empaquetado multiparte está siendo editado
PCB Footprint	En nombre del empaquetado físico PCB que va a ser incluido para ésta parte en el netlist
Power Pins Visible	Especifica la visibilidad de los pines de poder de la parte

Tabla 4.4 Propiedades de un componente.

Una vez insertados todos los componentes lo único que queda por hacer es unirlos.

**Unir los componentes:**

- 1 Dé clic en el botón *wire*  o en el Menú *Place* seleccione *Wire*
- 2 Dibuje una línea entre los pines que quiera unir (*ver figura 4.14*).

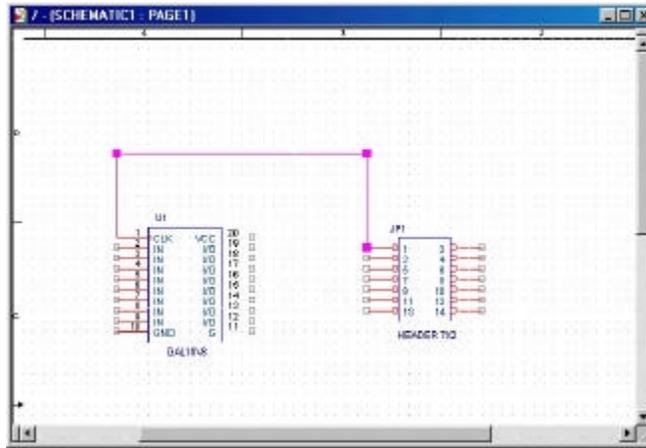


Figura 4.14 Unión de las instancias .

**Nota:** para conocer mas detalle sobre el uso de buses, puertos y etiquetas, ver la documentación adjunta proporcionada en la compra de OrCAD Capture® ó en la ayuda del programa.

Una vez finalizado el paso de captura de esquemas, lo siguiente es crear un NETLIST. El NETLIST es la primera forma de describir un circuito mediante un lenguaje, y consiste en dar una lista de componentes, sus interconexiones y las entradas y salidas. No es un lenguaje de alto nivel por lo que no describe como funciona el circuito sino que simplemente se limita a describir los componentes que posee y las conexiones entre ellos.

CAPTURE permite la creación del NETLIST sin tener conocimiento alguno acerca de éste lenguaje. A continuación se muestra como crear tal archivo, el cual servirá posteriormente para el trazado de las pistas.

Antes de la creación del NETLIST es necesario hacer un chequeo de las reglas de diseño para buscar posibles fallas como pueden ser: pines sin conexión, puertos sin referencia, cortocircuitos, etc.

### Chequeo de las reglas de diseño

- 1 Seleccione la carpeta SCHEMATIC en el administrador de proyectos
- 2 Dé clic en el botón *design rules check*  o en el Menú *Tools* seleccione *Design Rules Check*

En caso de existir algún error CAPTURE desplega una lista donde se observa el tipo de error, la pagina, en que componente o malla se encuentra, etc. Se debe asegurar que no exista ningún

error antes de pasar a la creación del NETLIST debido a que si los hubiera, habría errores en la creación de las pistas.

### Creación del NETLIST:

- 1 Seleccione la carpeta SCHEMATIC en el administrador de proyectos
- 2 Dé clic en el botón *create netlist*  o en el Menú *Tools* seleccione *Create Netlist*
- 3 Elija las propiedades del NETLIST, si las medidas son en pulgadas o milímetros y el nombre del archivo que se va a crear, CAPTURE asigna por omisión el mismo nombre del proyecto con extensión MNL, y dé clic en el botón *OK* (ver figura 4.15).

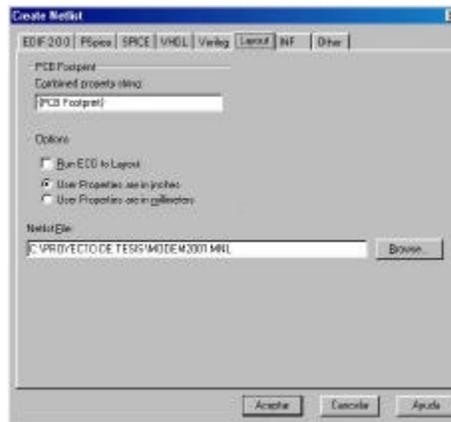


Figura 4.15 Configuración del NETLIST

**Listo!** Ya se ha finalizado la fase de captura de esquemas.

### 4.3.3 DISEÑO DE LA TARJETA.

Se le llama “*tarjeta*” a una base donde serán montados y soldados los componentes del circuito, comúnmente denominadas baquelitas, las cuales tienen una o varias capas de cobre sobre las cuales son trazadas las pistas para la conexión de los componentes. Una tarjeta requiere las siguientes definiciones:

- **Board Outline:** en esta capa se da la forma de la tarjeta especificando los límites de ella.
- **Placement Outline:** especifica el límite fuera del cual no es posible colocar componentes.

- **Drill:** o perforaciones para montaje: son los orificios con los que se sujetara la tarjeta, los cuales se utilizan algunas veces para conectar a chasis o tierra.
- **Reglas de Diseño:** son aquellas que definen las dimensiones de las pistas, los pads, las conexiones “T”, las separaciones entre las pistas, etc.

Dentro del diseño de la tarjeta están incluidas las siguientes tareas (*figura 4.16*).

- **Creación de la tarjeta:** usando CAPTURE, se puede crear un NETLIST desde los esquemáticos, que puede incluir las reglas de diseño para guiar el colocado y ruteo lógico.
- **Especificación de los parámetros de la tarjeta:** se especifican la configuración global de la tarjeta, incluyendo unidades de medición, cuadrículado y espaciado. En suma, se puede crear el board outline y definir las capas, los pads y las vías.
- **Colocación de los componentes:** se utiliza la herramienta de componentes para colocar manualmente los componentes en la tarjeta individualmente o en grupos.
- **Ruteado de la tarjeta:** se puede rutear la tarjeta y tomar ventaja de la tecnología de ruteo “*push and shove*”, la cual mueve las pistas para crear un espacio para las pistas que se están actualmente ruteando.
- **Finalizado de la tarjeta:** LAYOUT proporciona una progresión ordenada de comandos en el menú Auto para el finalizado del diseño. Estos comandos incluyen: chequeo de las reglas de diseño, limpieza del diseño, renombrado de componentes, creación de reportes, etc.



*Figura 4.16 Tareas en el diseño de una tarjeta.*

Para el diseño de la tarjeta se utiliza OrCAD Layout Plus<sup>®</sup> (que a partir de este momento nos referiremos a él como LAYOUT). A continuación se dará una breve explicación de los pasos a seguir para conseguir tal objetivo.

### **Creación de la tarjeta:**

Existen varios métodos para la creación de una tarjeta: desde cero, utilizando una plantilla, importando la tarjeta hacia LAYOUT utilizando un traductor de archivos DXF o de archivos PRO-E.

En éste documento únicamente se describirá el método empezando desde cero.

- 1 En el Menú *File* seleccione *New*
- 2 Cargue el archivo donde se encuentra dibujada la tabla donde se van a montar los componentes. OrCAD proporciona una gran cantidad de “plantillas de tecnología” (.TCH) que especifican las características de la tarjeta, incluyendo la complejidad de la manufactura y tipos de componentes, así como también puede incluir la estructura de las capas, los ajustes del cuadrículado, instrucciones de espaciado y una variedad de criterios para la tarjeta. Dentro de éstas se encuentra una plantilla vacía, para que el usuario dibuje su propia tabla con dimensiones y características anteriormente mencionadas deseadas. Este último archivo se llama DEFAULT.TPL (ver figura 4.17).
- 3 Cargue el archivo NETLIST del proyecto (anteriormente creado en CAPTURE).
- 4 Guarde el archivo, seleccionando la ruta y asigne un nombre a éste. El archivo guardado tendrá la extensión .MAX. Un archivo con dicha extensión es un “archivo de tarjeta” el cual contiene la información físicas y eléctrica de la tarjeta.

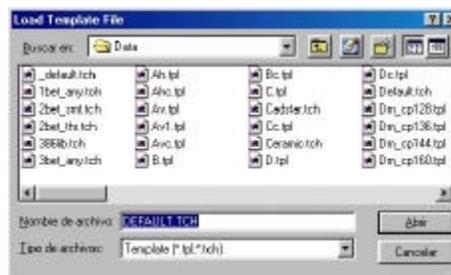


Figura 4.17 Carga de la plantilla.

El entorno de trabajo tiene un aspecto como el mostrado en la figura 4.18.

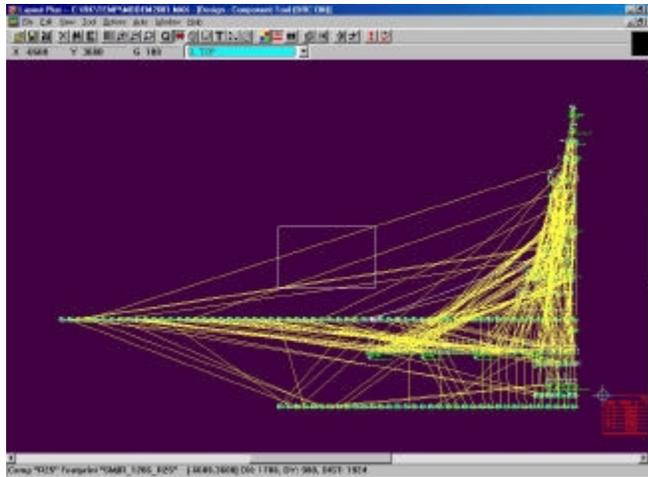


Figura 4.18 Vista del entorno de trabajo.

Como se puede observar, aparecen todos los componentes utilizados en el proyecto y las conexiones entre ellos sin rutear (conocidas como “nido de ratas”).

#### Creación del *Board Outline*:

- 1 Seleccione *Global Layer* como capa activa (figura 4.19)
- 2 Dé clic en el botón *Obstacle Tool*  o en el Menú *Tools* seleccione *Obstacle* y dé clic en *New*.
- 3 Dé clic con el botón derecho sobre el área de trabajo y seleccione *new*. Dibuje el contorno de la tabla (ver figura 4.20)
- 4 Una vez finalizada la tabla dé un clic con el botón derecho y seleccione *End Command*.

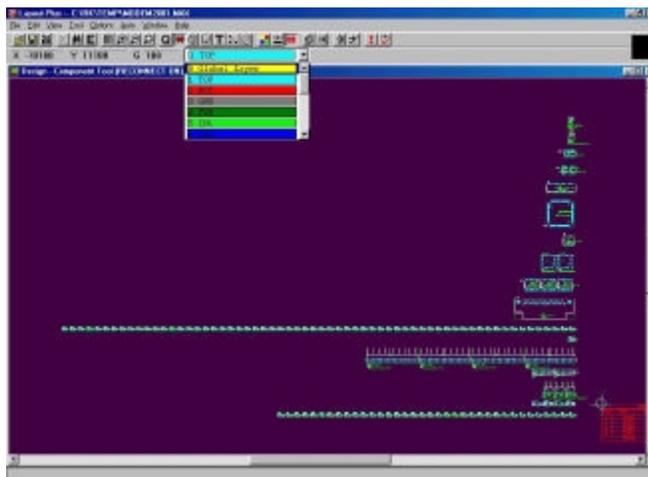


Figura 4.19 Selección del Layer.

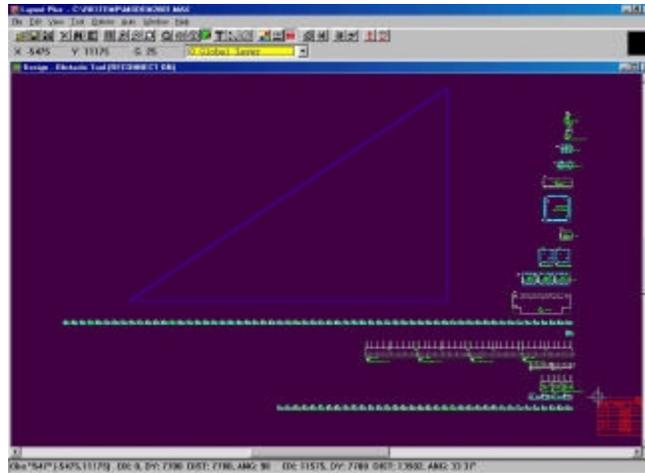


Figura 4.20 Creación de la Tabla

Antes de colocar los componentes dentro del *Board Outline* es preciso configurar los parámetros de la tarjeta.

### Configuración del sistema y del área de trabajo

- 1 En el Menú *Tools* seleccione *System Settings*.
- 2 Modifique los valores en el cuadro de propiedades (ver figura 4.21).
- 3 Dé clic en el botón *Workspace Settings...* para modificar el área de trabajo (ver figura 4.22).

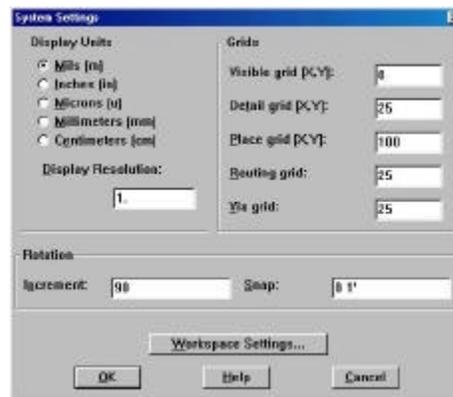


Figura 4.21 Configuración del sistema.



Figura 4.22 Configuración del área de trabajo.

En la tabla 4.5 se describen las propiedades del *System Settings*.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Display Units	En LAYOUT puedes establecer los datos numéricos en diferentes sistemas de medición y rangos.
Visible Grid (X,Y)	Asigna un cuadrículado basado en las coordenadas X y Y. Por ejemplo, si se están usando milímetros, una configuración de 200 colocaría un punto de cuadrículado cada 200 milímetros.
Detail grid (X,Y)	Asigna un cuadrículado de dibujo para líneas y texto, basado en las coordenadas X y Y.
Place grid (X,Y)	Asigna un cuadrículado para la colocación de los componentes, basado en las coordenadas X y Y.
Routing grid	Asigna un cuadrículado usado para el ruteo.
Via grid	Asigna un cuadrículado en el cual el usuario o el ruteador puede colocar vías.

Tabla 4.5 Propiedades del Sistema.

### Colocación de orificios para montaje (mounting holes)

- 1 Dé clic en el botón *Select Tool* 
- 2 Dé clic con el botón derecho sobre el área de trabajo y seleccione *new...* Aparecerá la caja de dialogo *Add Component*.
- 3 Dé clic en el botón *Footprint...* Aparecerá la caja de dialogo *Select Footprint*.
- 4 En el recuadro de *Libraries* seleccione LAYOUT.LLB
- 5 En el recuadro de *Footprints* seleccione un orificio para montaje (OrCAD proporciona tres: MTHOLE1, MTHOLE2, MTHOLE3). Dé clic en el botón *OK*.
- 6 Seleccione la opción *non-electrical* (no-eléctrica) y después seleccione *OK*.

- 7 Coloque el orificio de montaje dando clic dentro del *Board Outline* (ver figura 4.23).
- 8 Repita los pasos 2 al 7, según sea necesario.

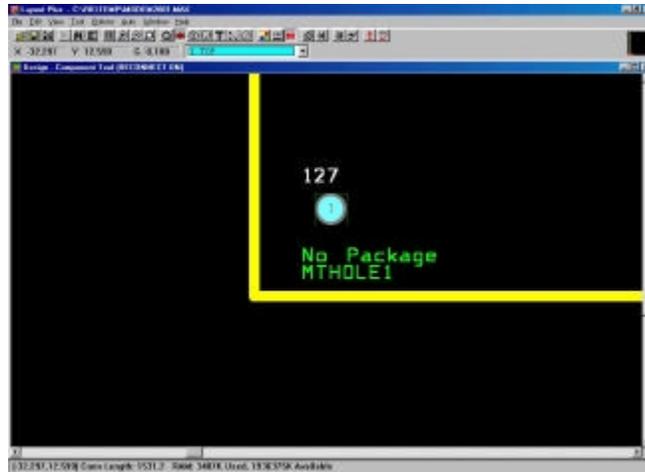


Figura 4.23 Colocación de orificios de montaje.

### Definición de las capas de ruteo.

- 1 En el Menú *Tool* seleccione *layer* y dé clic en *Select from Spreadsheet...*
- 2 Revise el tipo de asignación para las capas de ruteo y dé doble clic en la columna *Layer Name* si desea modificarla (ver figura 4.24).
- 3 En la caja de dialogo *Layer Type*, seleccione la opción deseada (por ejemplo: para deshabilitar una capa para ruteo, seleccione *Unused Routing*).
- 4 Dé clic en el botón *OK*.

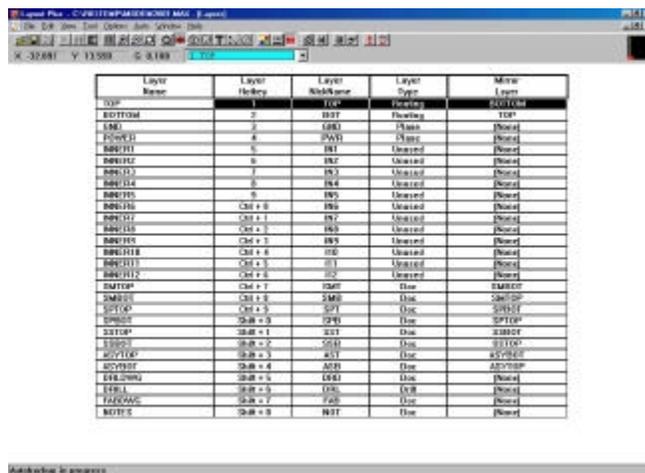


Figura 4.24 Ventana de propiedades de las capas.

**Precaución:** No borre capas desde *Layers Spreadsheet*. Para deshabilitar una capa de doble clic en ésta y especifíquela como *Unused Routing* en la ventana *Edit Layer*.

### Definición del tamaño de las vías

- 1 En el Menú *Tool* seleccione *Padstack* y dé clic en *Select from Spreadsheet...*
- 2 Dé doble clic en el recuadro *Padstack or Layer Name* sobre la capa a modificar.
- 3 En la caja de dialogo *Edit Padstack Layer* modifique las propiedades de las vías (ver figura 4.25).



Figura 4.25 Ventana de propiedades de las vías.

En la tabla 4.6 muestra algunas de las propiedades que se le pueden asignar a las vías.

PROPIEDAD	DESCIPCION
Pad Shape	Define la forma de la vía (redonda, cuadrada, etc.)
Pad Width	Define el ancho de la vía.
Pad Heigth	Define la altura de la vía.
X FOCET	Define la separación entre vías en el eje X
Y FOCET	Define la separación entre vías en el eje Y

Tabla 4.6 Propiedades de las vías.

### Definición de la separación entre pistas.

- 1 En el Menú *Tool* seleccione *Net* y dé clic en *Select from Spreadsheet...*

- 2 Dé doble clic en el recuadro *Width Min Con Max* para seleccionar todas las mallas (nets)
- 3 En la caja de dialogo *Edit Net* modifique las propiedades de las pistas (ver figura 4.26).

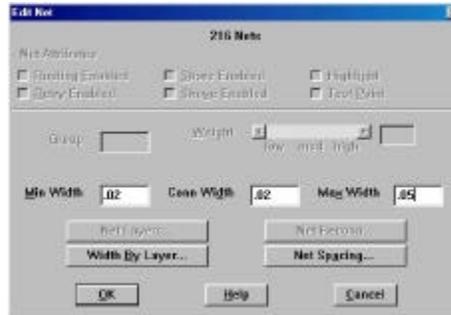


Figura 4.26 Ventana de edición de las pistas.

La tabla 4.7 muestra las propiedades de las pistas.

PROPIEDAD	DESCIPCION
Min Width	Especifica la anchura mínima de las pistas ruteadas.
Max Width	Especifica la anchura máxima de las pistas ruteadas.
Conn Width	Especifica la separación entre las pistas ruteadas.

Tabla 4.7 Propiedades de las pistas.

Una vez finalizada la configuración de la tarjeta se puede iniciar la colocación de los componentes.

#### Montar un componente manualmente:

- 1 Dé clic en el botón *Select Tool*  o en el Menú *Tool* seleccione *Component* y dé clic en *Select Tool*
- 2 Seleccione el componente que desea montar dando un clic con el botón izquierdo, arrastrelo dentro del límite del *Board Outline*. Se puede modificar las propiedades del componente dando un clic con el botón derecho sobre dicho componente, por ejemplo: fijar el componente en la tarjeta seleccionando *lock* (en el caso de combinar las técnicas manual y automática), rotación, footprint alternativo, etc.

3 Repita el paso 2 tantas veces como componentes tengamos.

### Montar componentes automáticamente:

Ésta técnica de montaje automático generalmente se combina con la técnica de montaje manual, es decir, primero se montan algún(os) componente(s) manualmente y se fijan, por ejemplo: los conectores que comúnmente van al borde de la tarjeta, y dejar que el resto de los componentes LAYOUT los acomode automáticamente.

1 En el Menú *Auto* seleccione *Place* y dé clic en *Board* (ver figura 4.27).

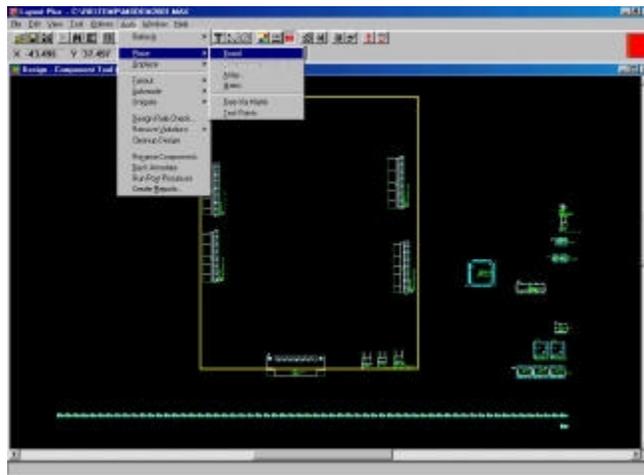


Figura 4.27 Montado de componentes automáticamente.

**Listo!** Ya se tienen todos los componentes montados en la tarjeta.

El siguiente paso es el ruteado de las pistas. Al igual que el montaje de componentes, también hay dos formas de hacerlo: manual y automático. Pero debido a la complejidad que presenta el ruteado manual, es conveniente utilizar el modo automático.

### Ruteo automático de las pistas:

1 En el Menú *Auto* seleccione *AutoRoute* y dé clic en *Board*.

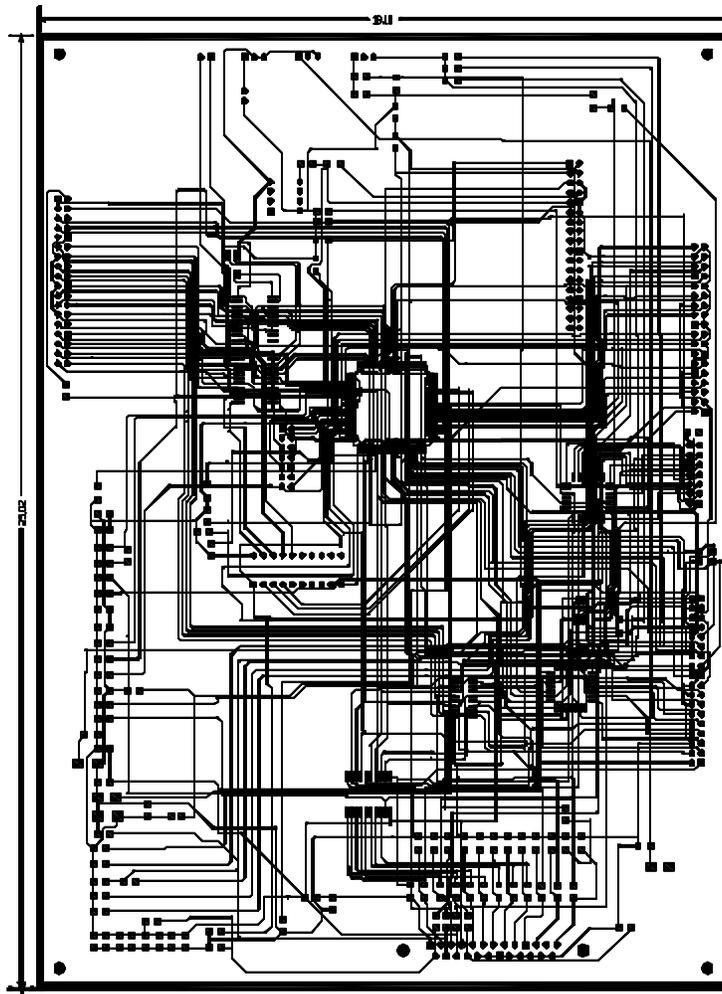


Figura 4.28 Tarjeta Ruteada.

La figura 4.28 muestra la tarjeta completamente ruteada. El proceso de ruteo automático de las pistas puede tardar varias horas antes de ser finalizado, y en algunas ocasiones será necesario rutear de manera manual las pistas que no fueron posibles rutear de forma automática.

*Nota:* para conocer mas detalle sobre el método de ruteo manual ver la documentación adjunta proporcionada en la compra de OrCAD Layout<sup>®</sup> ó en la ayuda del programa.

Una vez finalizada la etapa de ruteo, el siguiente paso es comprobar la integridad del diseño de la tarjeta para asegurar se manufactura, para lo cual se tienen que verificar las reglas de diseño, remover las violaciones y limpiar el diseño.

#### **Verificación de las reglas de diseño:**

- 1 En el Menú *Auto* seleccione *Design Rule Check*. Aparecerá la caja de dialogo *Design Rule Check*.
- 2 Seleccione las reglas a verificar y dé clic en el botón OK. (ver figura 4.29)



Figura 4.29 Ventana de las Reglas de Diseño

La tabla 4.8 muestra las reglas de diseño.

REGLA	DESCIPCION
Placement Spacing Violations	Verifica las violaciones de espacio componente-componente.
Net Rule Violations	Verifica los parámetros de las mallas que están fuera de las Reglas de las Mallas.
Copper Continuity Violations	Verifica la continuidad de las pistas.
Via Location Violations	Verifica las vias que violan cualquier Regla de Localización de Vias
Pad Exit Violations	Verifica que las pistas ruteadas no se adhieran a pads de salida.
SMD Fanout Violations	Verifica que cada malla habilitada provenga de pads SMD y que no termine en via u orificio de perforación.
Test Point Violations	Verifica que cada malla habilitada para un punto de prueba actualmente tenga un punto de prueba.

Tabla 4.8 Reglas de Diseño

Una vez verificadas las reglas de diseño, las violaciones son marcadas en la tarjeta con círculos. Es necesario remover las violaciones en la tarjeta para un buen funcionamiento de la misma. Después de haber sido removidas las violaciones, el usuario es capaz de volver a rutear el área del problema.

**Remover violaciones:**

- 1 En el Menú *Auto* seleccione *Remove Violations* y dé clic en *Board* (ver figura 4.30).

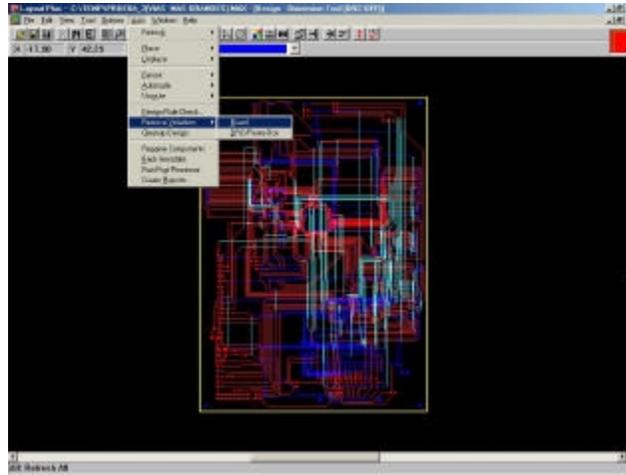


Figura 4.30 Removiendo las violaciones.

La limpieza del diseño sirve para remover problemas de manufactura y estéticos, tales como solapamiento de vias, ángulos agudos, etc., que pudiesen ser ocasionados en el proceso de ruteo.

**Limpieza del diseño:**

- 1 En el Menú *Auto* seleccione *Cleanup Design* (ver figura 4.31).

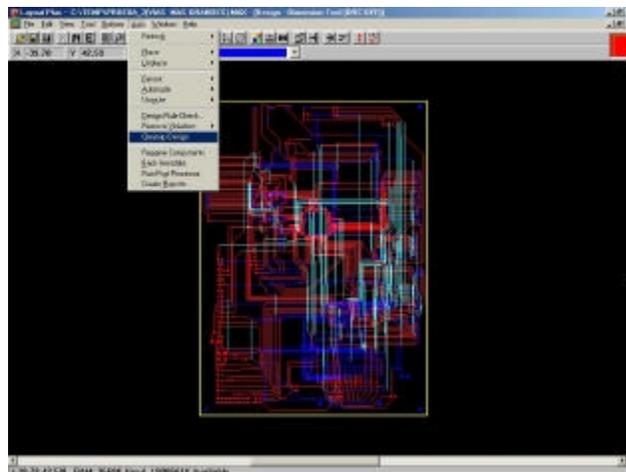


Figura 4.31 Limpieza del Diseño.

#### 4.3.4 POSTPROCESO

La etapa de postproceso comprende todos los pasos a seguir para la finalización de la tarjeta: renombrado de componentes, documentación de las dimensiones de la tarjeta, previsualización de las capas, correr el postproceso y la creación de reportes.

El renombrado de componentes es solo necesario cuando el usuario desea cambiar el nombre a alguna(s) de la(s) instancia(s) o componente(s) del proyecto, por consiguiente éste paso ha sido omitido en éste documento, debido a que no fue necesario.

La *herramienta de documentación* permite crear un completo achurado de la tarjeta. Dicha herramienta puede ser usada para mostrar las dimensiones de la tarjeta o de un objeto en la tarjeta.

##### Documentación de las dimensiones:

- 1 En el Menú *Tool* seleccione *Dimension* y dé clic en *New*.
- 2 Posicione el cursor sobre las coordenadas de inicio y dé clic.
- 3 Arrastre el cursos hasta posicionarse sobre las coordenadas de fin y dé clic (*ver figura 4.32*).
- 4 Repita los pasos 2 y 3 tantas veces como objetos desee dimensionar.

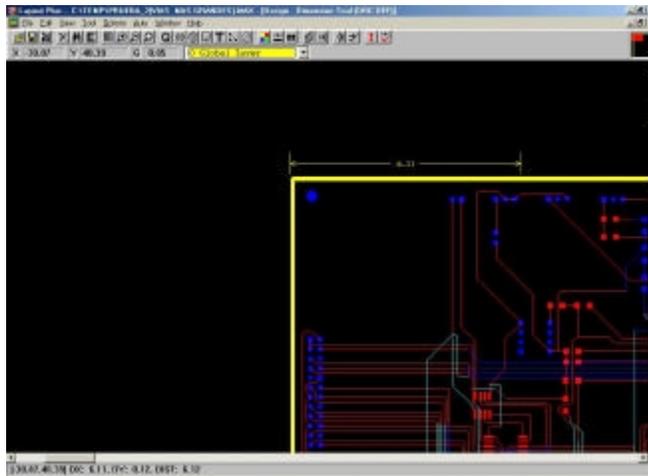


Figura 4.32 Dimensionado de la tarjeta.

Al momento de crear la tarjeta, se generan los documentos de fabricación, denominados *artworks*, los cuales son los dibujos finales del PCB para cada una de las capas que se requieren

pasa su fabricación; éstos dibujos se hacen en formato denominado *GERBER*. Antes de implementar el postproceso, se debe de previsualizar cada capa para asegurarse que todos los elementos necesarios estén presentes y visibles en el film que será mandado al fabricante. Si un elemento es visible en la previsualización, éste aparecerá en el Gerber o en la salida DXF. Si el elemento es invisible, éste no aparecerá en la salida. Se debe previsualizar la tarjeta capa por capa.

### Previsualización de las capas:

- 1 En el Menú *Options* seleccione *Post Process Settings*. Aparecerá la caja de dialogo *Post Process*.
- 2 Dé clic con el botón derecho sobre la capa a previsualizar (en la columna *Plot Output*), aparecerá un menú desplegable, seleccione *Preview*.
- 3 Cerciórese que todos los elementos que deberían ser visibles lo sean (Ver figura 4.33).
- 4 Repita los pasos 2 y 3 con todas las capas.

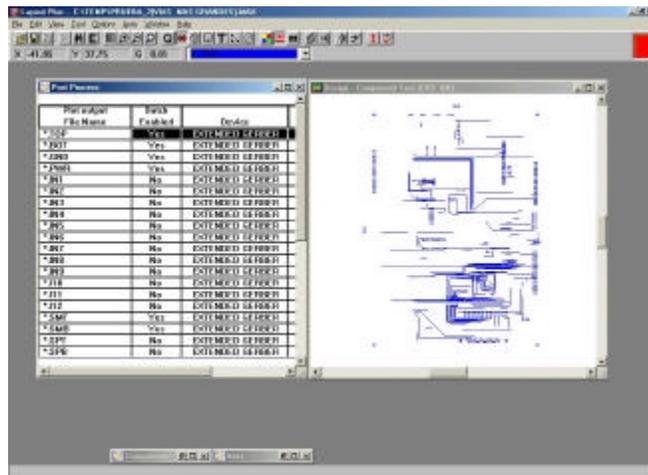


Figura 4.33 Previsualización de las capas.

Al correr el comando de postproceso, se crean archivos para las capas que han sido habilitadas. Una extensión apropiada es dada a los archivos de salida correspondiente al tipo de salida. Si el formato de salida es Gerber RS-274D o Gerber Extendido, un archivo adicional es creado, el cual es un archivo especial de preconfiguración para la herramienta Gerber.

**Realización del postproceso:**

- 1 En el Menú *Options* seleccione *Post Process Settings*. Aparecerá la caja de dialogo *Post Process*.
- 2 Seleccione la(s) capas que desea configurar, dé clic con el botón derecho. Aparecerá un menú desplegable, seleccione *Properties*.
- 3 Seleccione un formato de salida y las opciones apropiadas y dé clic en el botón *OK* (ver figura 4.34).
- 4 Si es necesario, en el Menú *Options* seleccione *Gerber Preferences*, y seleccione las opciones deseadas en el cuadro de dialogo *Gerber Preferences* y dé clic en el botón *OK*.

**Precaución:** en la caja de dialogo *User Preferences*, asegúrese de que la opción *Enabled Copper Pour* este seleccionada antes de crear un Gerber plot. De otra manera, el Gerber plot no contendrá zonas sin cobre.

- 5 En el Menú *Auto* seleccione *Run Post Processor*. Layout crea los archivos de postproceso.

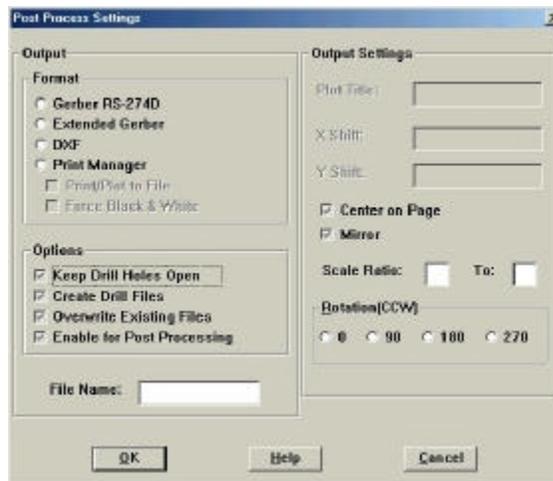


Figura 4.34 Configuración del Postproceso.

La tabla 4.9 muestra las mascararas que generalmente son generadas en la generación de los *artworks*.

MASCARA	DEFINICIÓN
Copper	Capa de cobre.
Power Planes	Capa de cobre comúnmente dedicada a una señal que es considerada como suplemento de poder.
Silkscreen	Texto o líneas de salida en las mascarar <i>Solder</i> y <i>Top</i> , y algunas veces en <i>Bottom</i> . Usadas para la identificación de los componentes y su colocación en la tarjeta.
Solder mask	Negativo de los trazos de los pads con una banda alrededor de los mismos. Sirve para prevenir que la soldadura se adhiera a zonas no deseadas de la tarjeta.
Assembly drawing	Dibujo que contiene los límites de la tarjeta y de los componentes.
Solder paste	Dibujo que sirve como plantilla a la aplicación que se encarga de soldar cuando la tarjeta es manufacturada.
Drill drawing	Dibujo de las perforaciones que serán hechas sobre la tarjeta.

Tabla 4.9 Máscaras en la generación de documentos.

En las siguientes figuras (4.35 a 4.43) se muestran las mascarar generadas en éste proyecto.

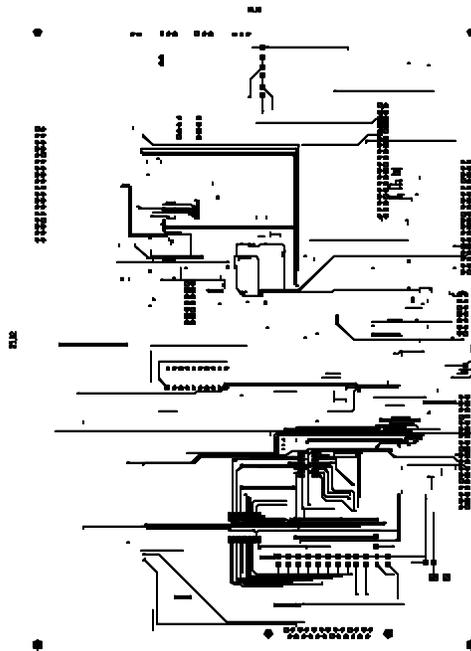


Figura 4.35 Layer "TOP"

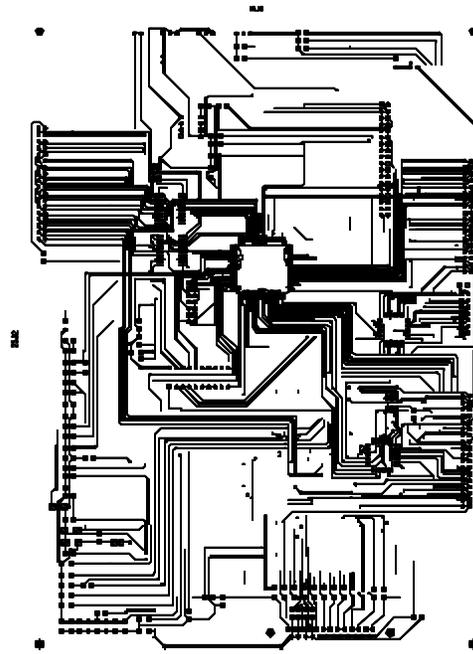


Figura 4.36 Layer "BOTTOM"

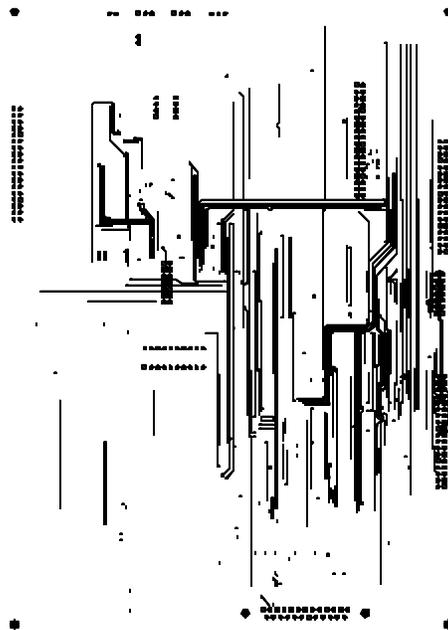


Figura 4.37 Layer "INNER1"

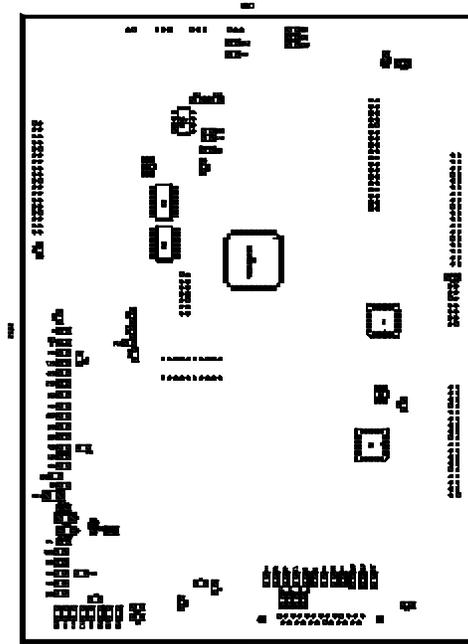


Figura 4.38 Layer "ASSAMBLY BOTTOM"

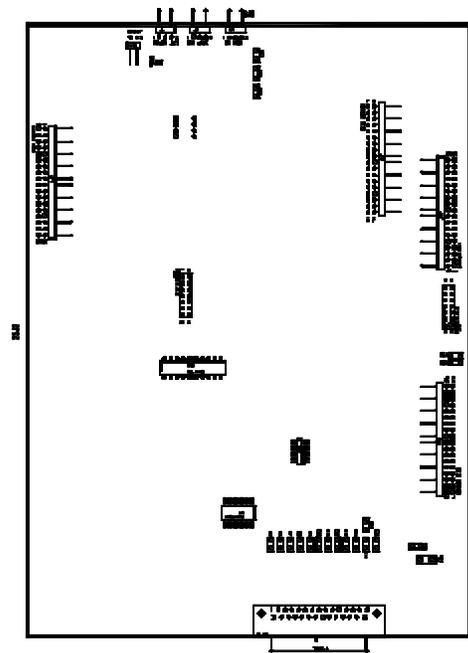


Figura 4.39 Layer "ASSAMBLY TOP"



Figura 4.40 Layer "SOLDERMASK BOTTOM"

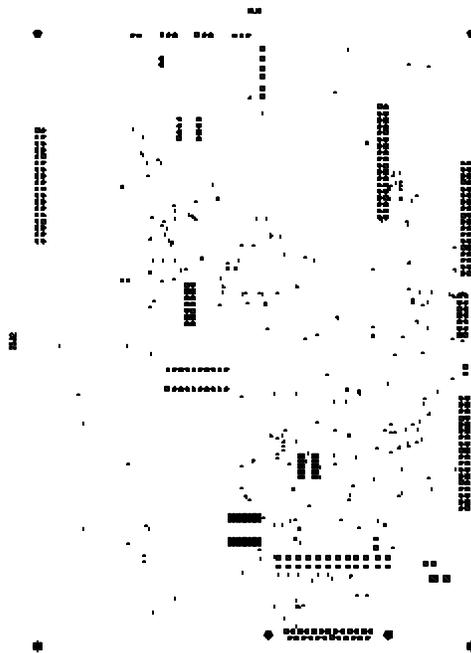


Figura 4.41 Layer "SOLDERMASK TOP"

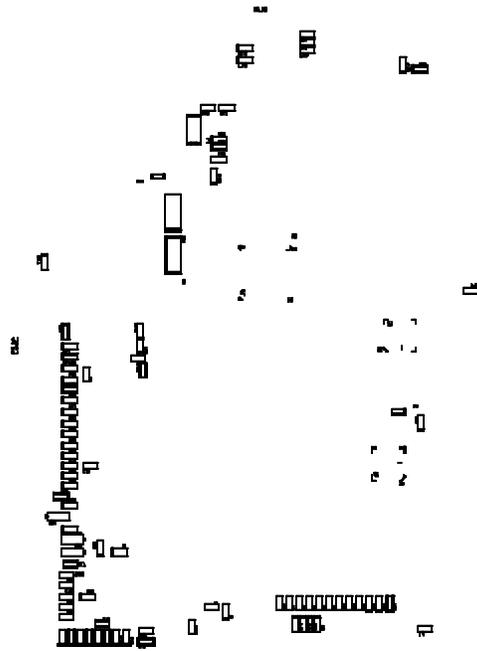


Figura 4.42 Layer "SILKSCREEN BOTTOM"

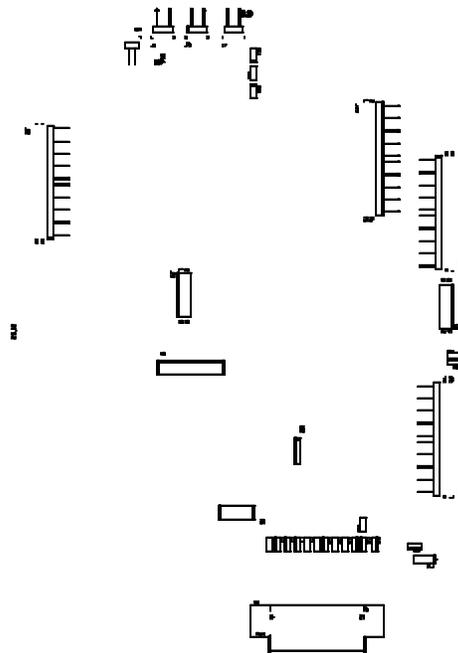


Figura 4.43 Layer "SILKSCREEN BOTTOM"

## Creación de Reportes:

- 1 En el Menú *Auto* seleccione *Create Reports*. Aparecerá la caja de dialogo *Generate Reports*.
- 2 Seleccione los reportes que desee generar y dé clic en el botón *OK* (ver figura 4.44).

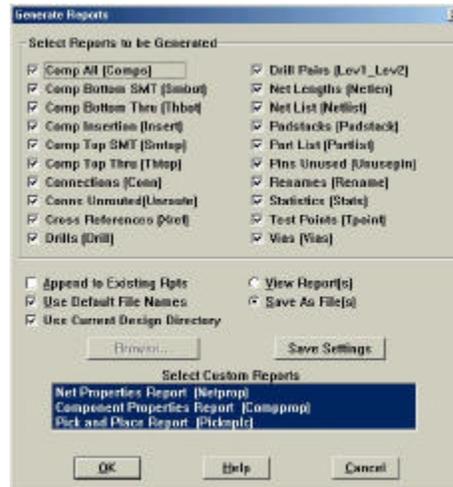


Figura 4.44 Generación de reportes.

Con esto se da por terminada la etapa de diseño, el siguiente paso es enviar la documentación creada a la empresa manufacturadora, la cual se encargara de la fabricación de la tarjeta y/o montaje de los componentes.