UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Departament d'Enginyeria Electrònica

Diseño de circuitos impresos

Laboratori d'Instrumentació i Bioenginyeria

Documento elaborado por Alfonso Méndez

Tècnic de Laboratori

v 1.9 – Noviembre de 2023

Introducción

El diseño de un circuito impreso consta básicamente de los siguientes pasos:

- Dibujo del esquema electrónico
- Establecer los elementos mecánicos: dimensiones del circuito, dimensiones de la caja y elementos adicionales, método de fabricación, etc…
- Elaborar la lista de materiales para que el personal técnico del laboratorio inicie los procesos de compras.
- Disponer de todos los componentes que formarán el diseño.
- Introducir la información en un programa de diseño de circuitos impresos y dibujar el trazado del circuito.

Si el método de fabricación es por procedimiento químico en el laboratorio, el circuito electrónico lo dibujaremos con cualquier software de los siguientes:

- **Orcad (en cualquiera de sus versiones: Capture 9.2, Capture 9.3, Cadence PSD 14.2, …**
- **Multisim de la "Circuit design suite" de National Instruments.**
- **Schematics editor de Kicad 7.0**

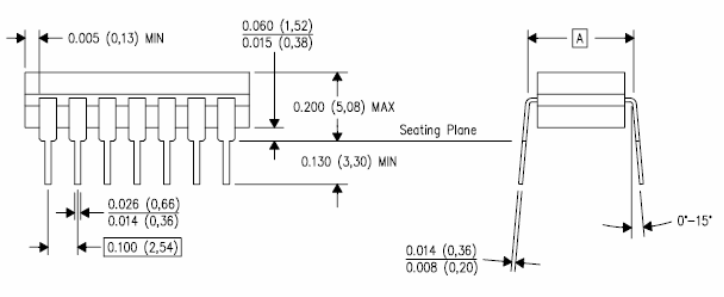
Y el circuito impreso lo trazaremos con:

- **Ultiboard 14.3 o superior de National Instruments (tenemos licencia en la UPC)**
- **PCB editor de Kicad 7.0**

Conceptos

Clearance: Espacio de seguridad alrededor de un objeto. Un objeto es un área de cobre que puede ser un pad (circular, rectangular, ...) una pista, un plano de masa, una figura geométrica, ...

Componentes TH/SMD: Los componentes TH (through hole) son aquellos cuyas patas atraviesan el PCB mediante un agujero. Los componentes SMD (surface mount device) son los que sus terminales van en superficie y no necesitan un agujero en el PAD.



Dispositivo en cápsula PDIP (TH)



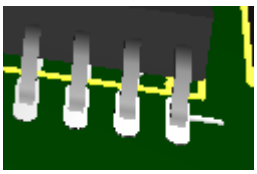
Circuito integrado SMD cápsula 8-SOIC

Pad: Forma de cobre dónde se suelda un terminal del componente.

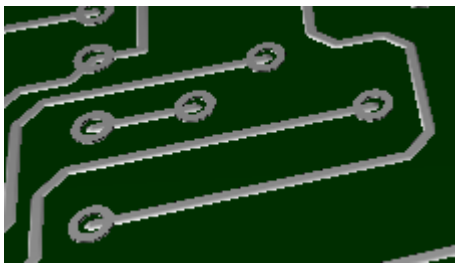
Pads TH



Pads SMD



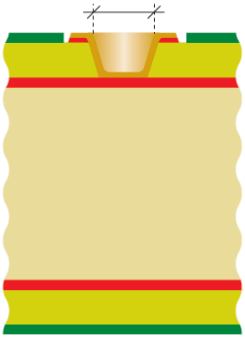
Vias: Pad TH, más pequeño que el de los componentes, que sirve para que una pista pueda seguir por otra cara.



El agujero se realiza mediante taladrado convencional

En clase 5, el taladro de una vía es de 0,4 mm

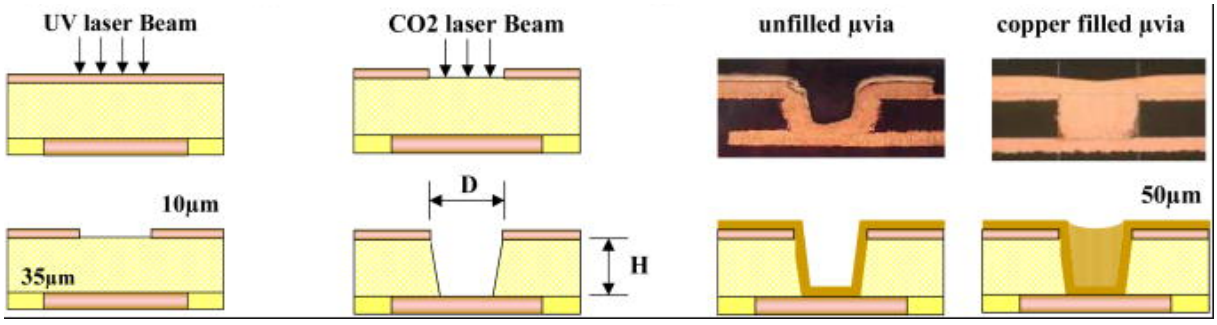
Micro vía: Cuando el diseño es de alta densidad se utilizan micro vías en lugar de vías convencionales. Las micro vías se realizan mediante máquinas de impacto láser y se ha de realizar en empresas externas.



En clase 5, el taladro mínimo de una micro vía es de 0,10 mm, el pad superior es de 0,35 mm y el inferior de 0,30 mm

Una de las principales ventajas de las micro vías es que se pueden ubicar en el centro de cualquier pad SMD.

Fabricación de una micro vía:



Eliminación de cobre mediante un láser UV	Eliminación de dieléctrico mediante un láser CO2	Metalización	Rellenado de cobre por electro-plateado

Consideraciones sobre las vías y micro vías:

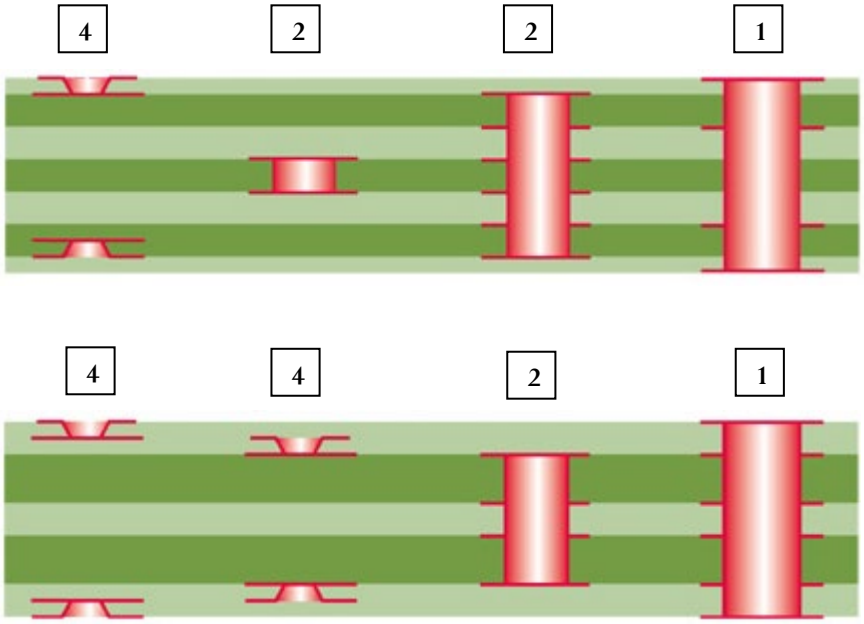
Las capas externas suelen ser la TOP y la BOTTOM y, en el caso de necesitar micro vías, sobre éstas van las capas Stack-up TOP, BOTTOM, … Las micro vías unirían estas capas.

1- Vía normal trough hole, conecta todas las capas de un circuito.

2- Vía buried, conecta capas internas.

3- Vía blind, conecta la cara TOP o BOTTOM con una capa interna.

4- Micro vía, conecta una capa externa Stack-up TOP o Stack-up BOTTOM con la contigua TOP o BOTTOM respectivamente. También puede conectar la Stack-up1 con la Stack-up2 tanto TOP como BOTTOM



Grid: Rejilla que usaremos como patrón para mover objetos. En Ultiboard podemos establecer varias rejillas:

Part Grid: Rejilla para mover componentes.

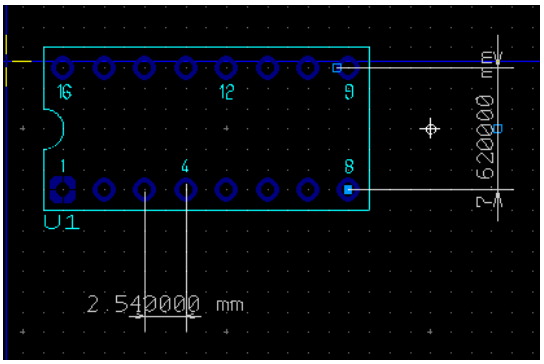
Copper Grid: Para trazar/mover pads (TH), pistas y planos de masa.

Via Grid: Para trazar/mover vías.

SMD Grid: Para trazar/mover pads (SMD) y componentes SMD.

Paso (pitch, raster): El paso es el patrón en las dimensiones de los componentes electrónicos. En los componentes tradicionales este patrón es de **1/10" (2,54 mm)**

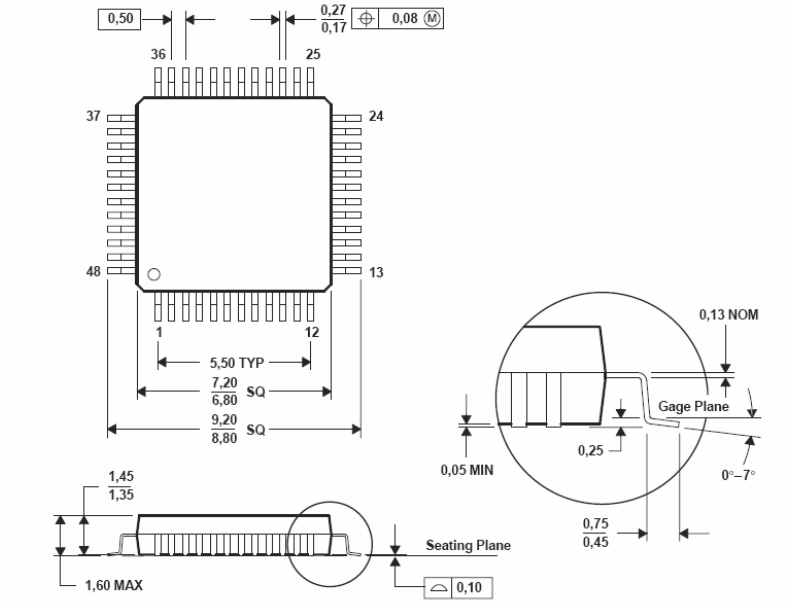
Ejemplos:



Circuito integrado convencional TH:

Distancia entre centros de pads adyacentes: 1/10" (2,54 mm)

Distancia entre filas: 3/10" (7,62 mm)



A medida que se ha ido adoptando el encapsulado SMD, las dimensiones se han ido reduciendo y se trabaja con otros pasos. En este ejemplo, el pitch entre terminales es de 0,50 mm

Circuito integrado SMD cápsula S-PQFP-G48

Capas (Layers): Se suelen trabajar con varias capas. Éstas, para comodidad de diseño, se pueden hacer visibles, atenuadas o no visibles. Cuando se genere la documentación, se pueden hacer salidas con capas sumadas o por separado.

Ultiboard:



(Copper Top - Copper bottom - Copper Inner 1 ...):

Capas de pistas, pads, texto, ...

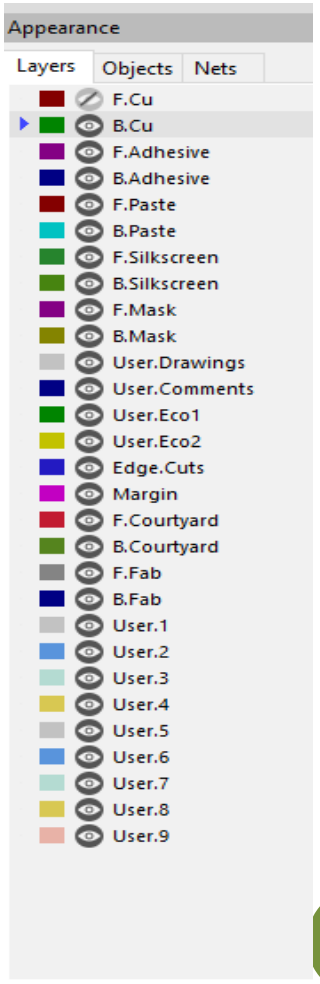
Board outline: Contorno del circuito impreso

Silkscreen Top: Siluetas de los encapsulados TOP

Silkscreen Bottom: Siluetas de los encapsulados BOTTOM

Solder Mask ...: Máscara de soldadura (en caso de hacer la placa en un fabricante externo).

Kicad:



F.Cu – B.Cu: Front-back capas de pistas, pads, texto, ...

Edge.Cuts: Contorno del circuito impreso

F.Silkscreen: Siluetas de los encapsulados TOP

B.Silkscreen: Siluetas de los encapsulados BOTTOM

F.Mask – B.Mask: Máscara de soldadura (en caso de hacer la placa en un fabricante externo).

Stack-up de las capas:

El CAD puede trabajar con un número elevado de capas de cobre. Al iniciar el diseño, se ha de decidir correctamente el número de capas, ya que incide enormemente en los costes de fabricación; por ejemplo: un diseño con 6 capas y que contenga blind y buried vías es mucho más caro que un diseño de 4 capas con todas las vías through hole.

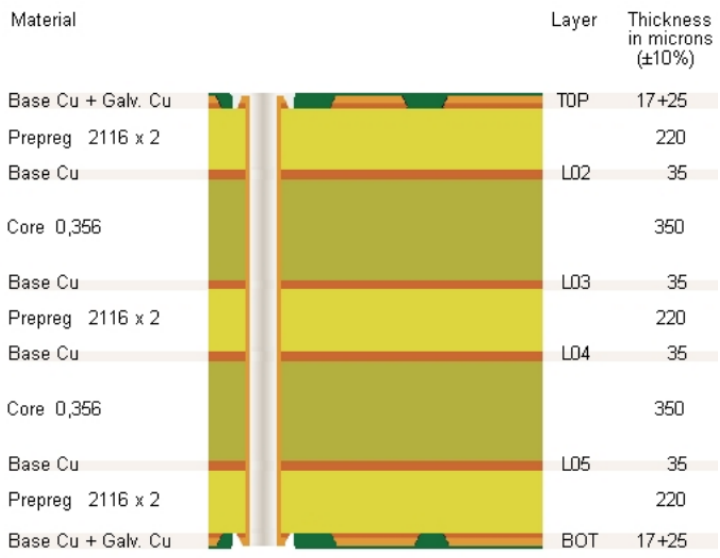
Al seleccionar el número de capas, también se seleccionan los parámetros de laminación que se usarán para su fabricación. La **laminación** es el proceso de "pegado" de las capas de cobre con capas de sustrato (resina y fibra de vidrio parcialmente curados, denominado Prepeg) Mediante calor y presión mecánica se produce la activación del Prepeg y el conjunto queda ensamblado.

Existen básicamente dos métodos de fabricación de circuitos multicapa:

- Cada pareja de capas de cobre contiguas se une con un sustrato de fibra de vidrio/resina curada. Se cogen dos parejas y se unen con el sustrato Prepeg y se laminan. Y así hasta el número total de capas.
- Se usa una pareja de capas de cobre como núcleo, unido con un sustrato de fibra de vidrio/resina curada. Se van añadiendo capas individuales usando Prepeg a ambos lados hasta el número total de capas. Normalmente se añaden igual número de capas a la TOP y a la BOTTOM.

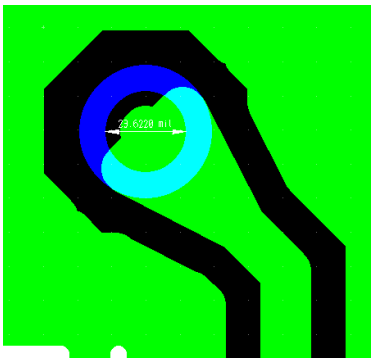
El Stack-up mostraría el orden de las capas, el tipo de capa (masa, alimentación, señal o sin definir) y los tipos de vías que hay entre las capas.

En la figura se puede apreciar un stack-up típico de 6 capas y 1,6 mm de grosor total.



Thermal relief: Los pads que quedan dentro de un plano de masa y van conectados al mismo, pueden unirse al plano con tres formas geométricas diferentes: una cruz, un aspa o sólido. Las dos primeras sirven para hacer una ruptura térmica con el plano de masa para facilitar la soldadura.

Teardrops: Objeto con forma de lágrima que rodea a los pads, vias y ángulos de pista. Los teardrops aumentan la cantidad de cobre alrededor de estos objetos para minimizar los posibles errores de taladrado y metalización, ya que podrían cortar conexiones. Estos efectos son muy notables a partir de la clase 6.



1 - Flujo de diseño

Los pasos generales a seguir en el diseño de un circuito impreso son los que se detallan a continuación:

2 Creación de la estructura de archivos y copia de seguridad

3 Dibujo del esquema electrónico

4 Definición mecánica del PCB

5 Decidir el método de fabricación de la placa

6 Lista de componentes

7 Compras

8 Conversión esquema → Ultiboard/Kicad

9 Dibujo del PCB

10 Test de conectividad y de reglas de diseño

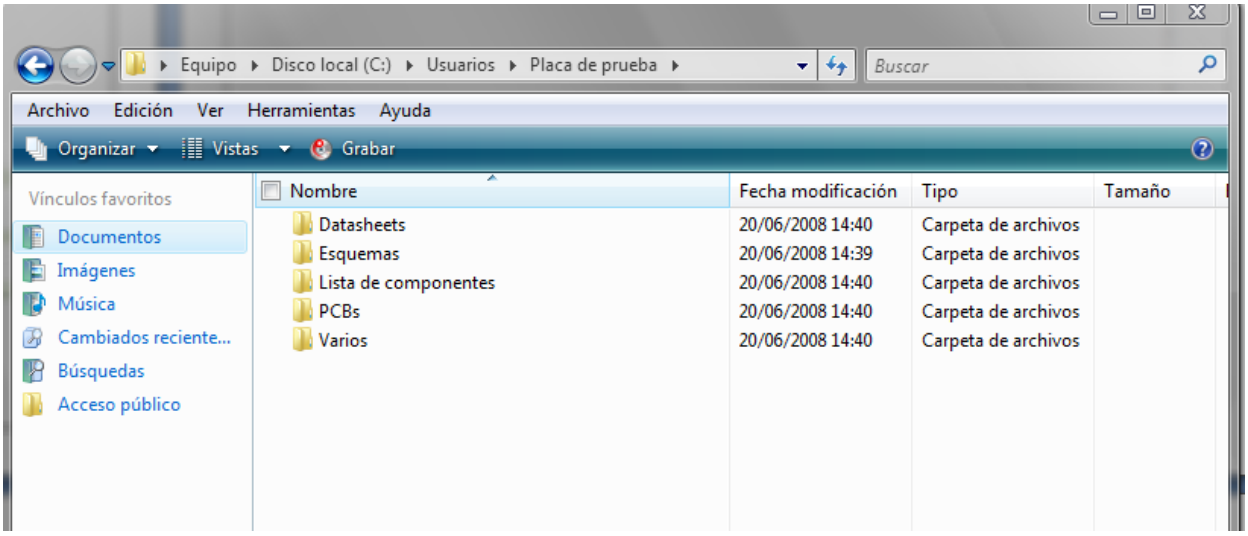
11 Recomendaciones de diseño

12 Documentación

2 - Creación de la estructura de archivos y copia de seguridad

Hay que crear una estructura de directorios en el disco duro local/nube para ir almacenando toda la información que se genere durante el proceso. Un ejemplo habitual sería:

Datasheets / Esquemas / Lista de componentes /PCBs / Varios



El diseñador tendría que realizar frecuentemente una copia de estos datos en el servidor del grupo, dentro de su carpeta personal. Se realizan copias de seguridad a diario de las carpetas personales.

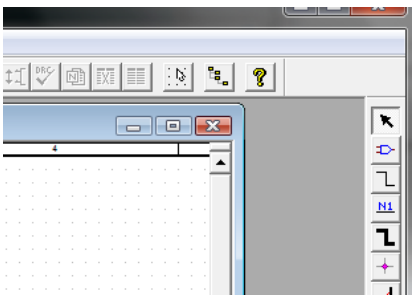
3 - Dibujo del esquema electrónico

Ejemplo con Orcad (***Capture CIS*** desde cualquiera de sus versiones: Capture 9.2, Capture 9.3, Cadence PSD 14.2, ...)

Hacemos click sobre ***Nuevo*** y en la ventana que nos aparece ponemos un nombre de proyecto y seleccionamos la opción de ***schematic,*** indicamos el ***path*** de nuestro proyecto (apuntamos a la estructura que nos habíamos creado) Nos aparecerán dos ventanas, una con la estructura del proyecto y otra con el editor de esquemas.

3.1 - Inserción componentes

Place / Part... o icono de puerta AND



3.2 - Conexiones

Place / Wire... o icono de wire (debajo puerta AND)

3.3 - Edición de componentes

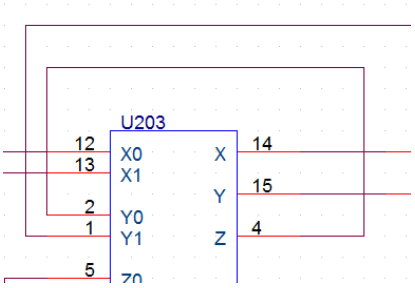
Si no encontráramos un componente en las librerías de Orcad, debemos seleccionar el más parecido y editarlo. La edición se realiza:

Colocando el componente en la zona de dibujo

Seleccionando el componente con un click izquierdo y con el botón derecho seleccionar la opción ***Edit part***

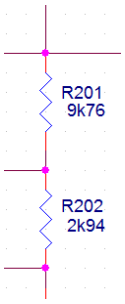
Una vez editado, cerrar la ventana de edición y hacer click sobre la opción ***Update current***

3.4 - Normas y consejos de diseño

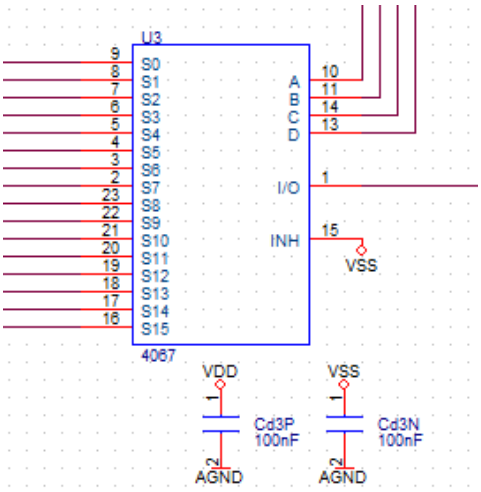


3.4.1 - Las conexiones deben empezar y acabar en el extremo de un terminal o en un "wire"

3.4.2 - En un punto donde haya 3 o más "wires" unidos se ha de poner una "junction"



3.4.3 - Todos los componentes han de tener una referencia única. Este proceso se puede automatizar usando la herramienta ***Tools / Annotate*** (esta opción aparece al seleccionar el diseño)



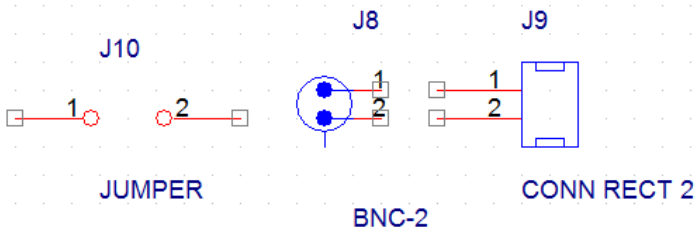
3.4.4 - A los circuitos integrados se les suele poner condensadores cerámicos de desacoplo de 100 nF, próximos a los terminales de alimentación. Es una práctica muy aconsejable poner los condensadores cerca del dispositivo que vayan a filtrar y con referencias coherentes: Circuito integrado U3 / CD3P y CD3N, así se facilita mucho el posicionamiento y localización de los componentes.

3.4.5 - Cualquier señal/tensión que entre o salga del circuito impreso debe conducirse mediante un conector.

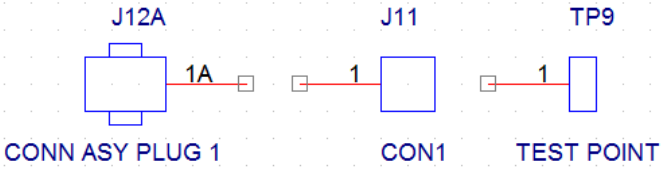
El número de terminales de los conectores debe definirse exactamente, la forma del dibujo no es importante.

Ejemplos:

- Se necesita un conector coaxial; con poner cualquier símbolo con dos terminales sería suficiente.



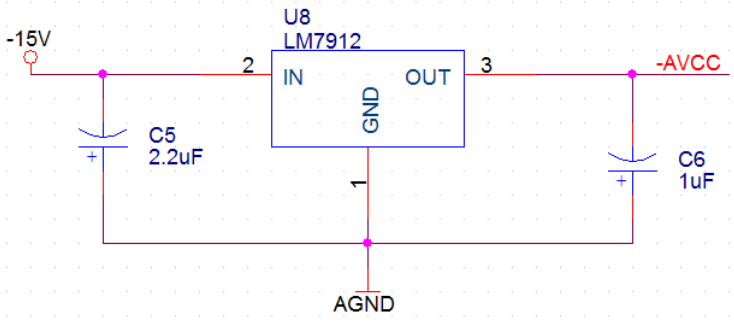
- Se necesita un punto de test, con poner cualquier símbolo con un terminal sería suficiente.



3.4.6 - Hemos adoptado definir las alimentaciones con el símbolo del círculo y la barra.

Seleccionar ***Place / Power*** o clic sobre los iconos laterales de Power. Seleccionar la librería ***capsym***. Usamos el círculo para alimentaciones positivas y negativas y la barra para la masa. Al crear la lista de conexiones, Orcad unirá las alimentaciones con el mismo símbolo y etiqueta.

Ejemplo:



3.4.7 - Si el diseño es muy grande o hay bloques muy diferenciados, existe la posibilidad de crear diseños jerárquicos. Este tipo de diseño requiere una "sintaxis especial", refiéranse a la ayuda del programa para más detalles.

3.4.8 – En Ultiboard, asignar los encapsulados de forma manual a cada componente. Existen dos formas:

1 - En el campo ***PCB footprint*** de cada componente se puede escribir el nombre de la cápsula de Ultiboard. Una manera de saber el nombre es, con Ultiboard abierto, mostrar el listado de cápsulas.

2 - Cuando se realiza la conversión de Orcad a Ultiboard, en el fichero de texto de extensión ***.cmp*** se pueden escribir los nombres de los encapsulados.

4 - Definición mecánica del PCB

¡Salvo excepciones, todos los conectores deben ir en la periferia de la placa!

4.1 - PCB sin poner en caja

Para PCBs de prueba que no necesiten ir dentro de una caja, tan sólo se necesita conocer las dimensiones de la placa. Las medidas estándar que tenemos en el laboratorio son: 75 x 100,100 x 160, 100 x 200 y 140 x 240 mm de los proveedores RS y Circuitos Electrónicos Granollers.

4.2 - PCB en caja

Decidir la caja teniendo en cuenta las necesidades del circuito. Elegir la caja de los catálogos de los proveedores habituales: Onda Radio, Diotronic, RS Amidata, OKW y Farnell y deducir las medidas del circuito impreso.

5 - Método de fabricación de la placa

Hay que decidir, junto a su director de proyecto o tesis, el sistema de fabricación del circuito impreso. Existen tres métodos:

- Fabricación en el Laboratori d'Instrumentació i Bioenginyeria por métodos químicos.
  Pros: Coste reducido – Tiempo de fabricación corto
  Cons: Sin agujeros metalizados – Limitado a 2 capas – Taladrado manual – Limitado a clase IV

- Fabricación en los laboratorios docentes de l'ETSETB mediante una máquina de fresado, este método tiene un pequeño coste económico.
  Pros: Coste reducido – Tiempo de fabricación corto – Taladrado por control numérico
  Cons: Sin agujeros metalizados – Limitado a 2 capas - Limitado a clase IV

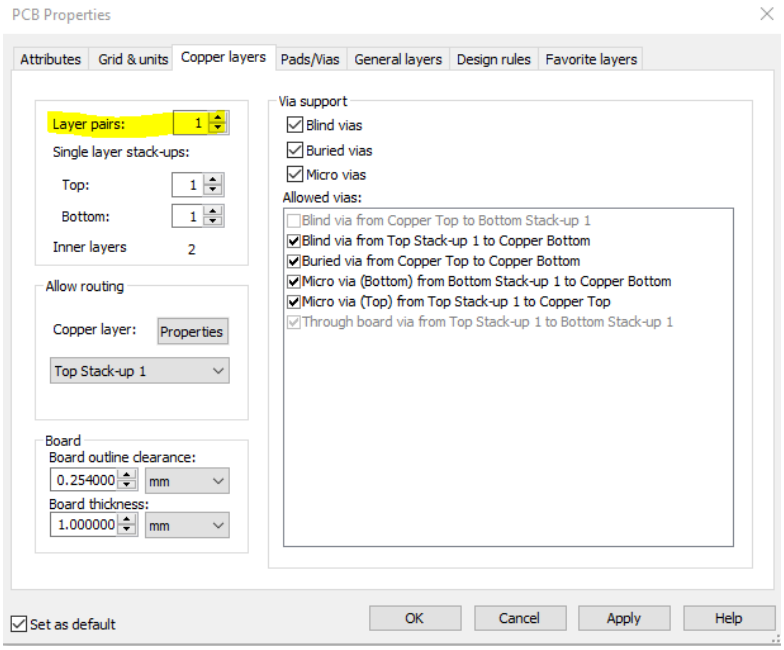
- Fabricación en una empresa externa. Tiene un coste económico.
  Pros: Taladrado por control numérico – Multicapa – Metalización agujeros – Hasta Clase VII – Máscara antisoldante - Serigrafía
  Cons: Coste medio/medio-alto

Dependiendo del método elegido, el diseño de la placa se deberá realizar con unas reglas determinadas.

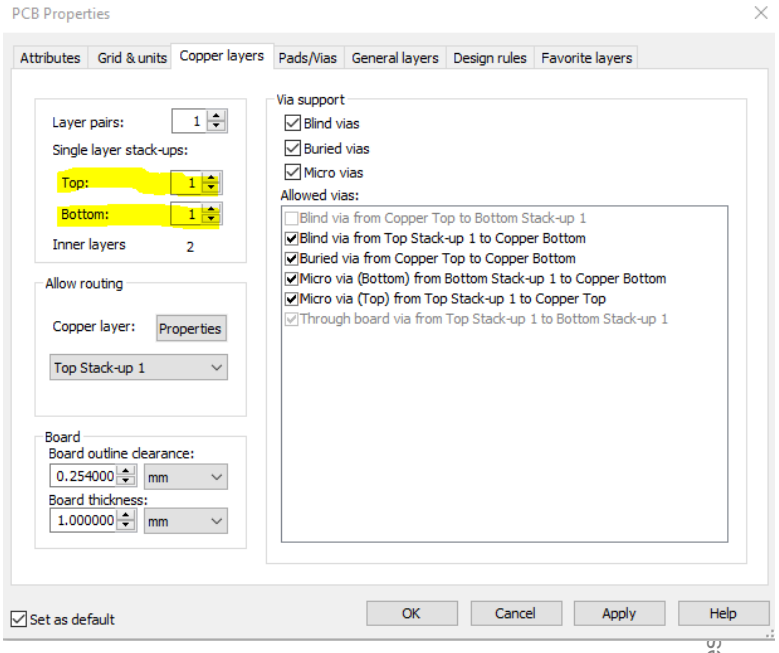
En el caso de un diseño multicapa hay que definir el tipo de vías y el número de capas que vamos a utilizar.

En Ultiboard, en ***Options – PCB Properties - Copper Layers*** hay que definir:

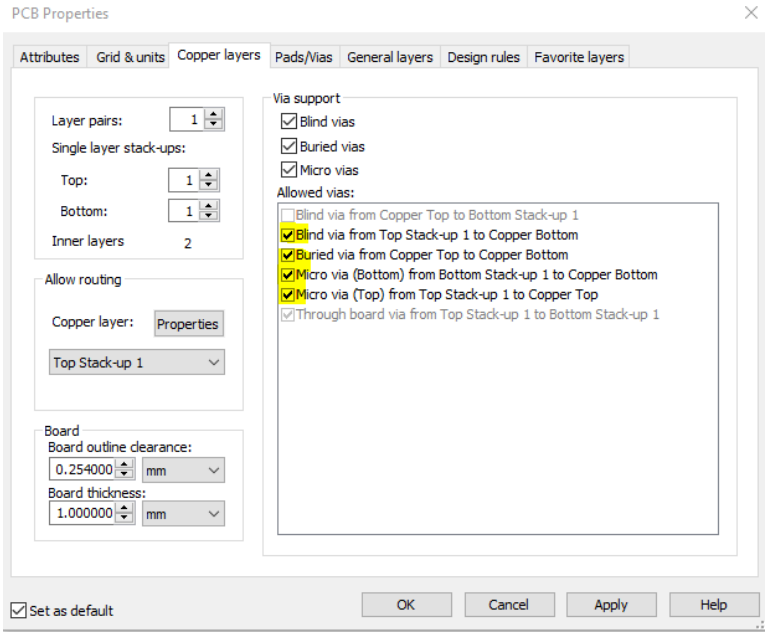
- El número de pares de capas internas (incluyendo la TOP y BOTTOM:



- El número de pares de capas Stack-up. Éstas permitirán las micro vías con las capas TOP y BOTTOM



- El tipo de vías (buried, blind o micro vías) opcionales con los que se quiere trabajar. Las vías through hole ya están preseleccionadas.



6 - Lista de componentes

- En Orcad, crear la lista de componentes:

  - En la vista de Proyecto, seleccionar el esquema y en ***Tools***, seleccionar ***Bill of materials***. Se creará un fichero de texto con extensión ***.bom*** con la lista de componentes del esquema.

- Importar el fichero en una hoja de cálculo y añadir tantas columnas como hagan falta con referencia, proveedor, ...

- Añadir las referencias de elementos que no están en el esquema: caja, placa fotosensible, tornillería, etc ...

- Apartar los componentes que haya en el laboratorio.

- De los componentes que no haya en el laboratorio, anotar todas las referencias, cantidades, precio unitario, ... según el siguiente orden de preferencia de proveedores:

  Onda Radio - Diotronic - RS Amidata - Farnell – Otros

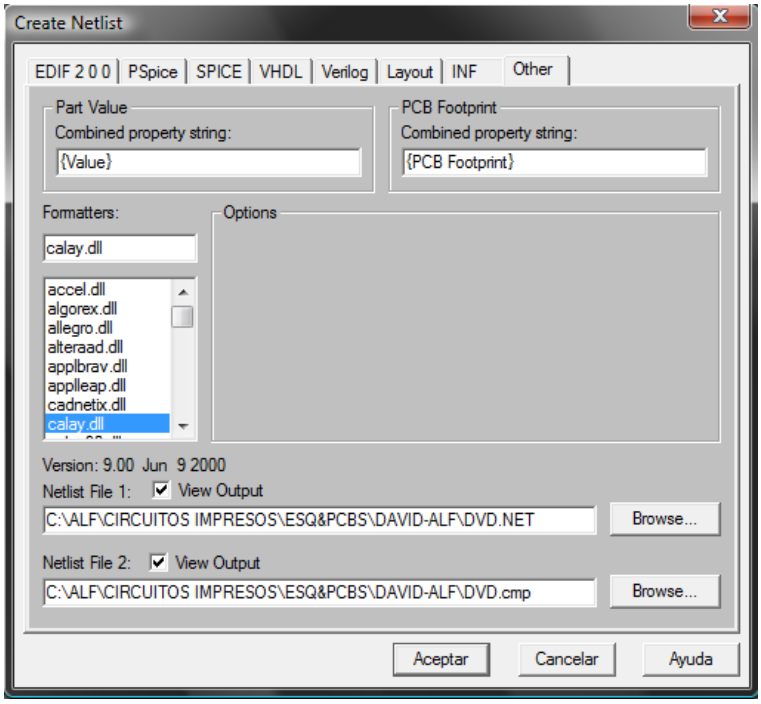
7 - Compras

- Con la autorización del director de proyecto o tesis, pasar la lista de material al personal técnico del laboratorio para que gestione las compras.

El objetivo es: Hacer el mínimo número de pedidos y un único pedido por proveedor

8 - Conversión esquema → Ultiboard/Kicad

- En Orcad, en la vista proyecto, hacer click sobre el esquema y seleccionar ***Tools / Create netlist***

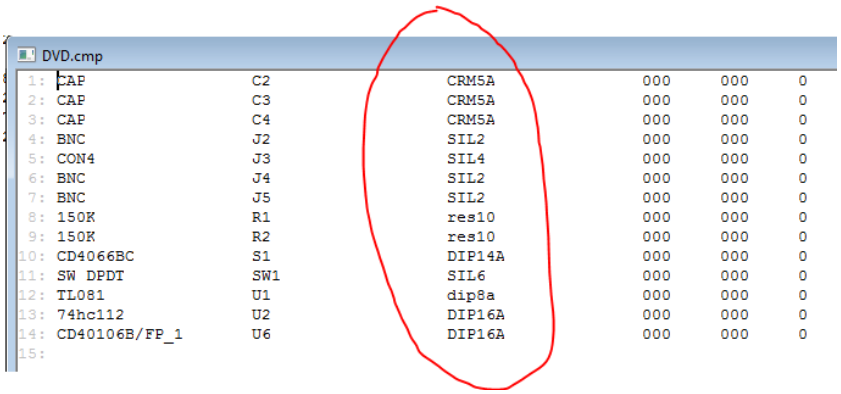


- Seleccionar el formato ***calay.dll*** y, tras presionar Aceptar, si no hay errores, se generarán dos ficheros: el ***.net*** (lista de conexiones) y el ***.cmp*** (referencias y listas de encapsulados)

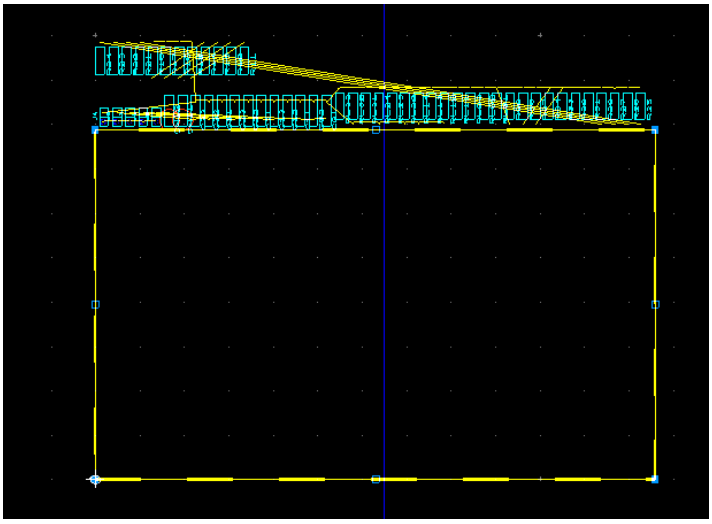
Si durante la generación del netlist apareciera algún ***Error***, Orcad no generará los ficheros. Hay que examinar el fichero de logs, ver la descripción de los errores y arreglarlos. Si aparecieran ***Warnings***, Orcad sí que generará el fichero. Habría que revisarlos igualmente.

- En el fichero .cmp, en la tercera columna, están los nombres de las cápsulas que se han introducido en el campo ***PCB footprint*** de cada componente. ***En este fichero se deben poner todos los nombres de cápsula. Estos nombres deben existir en las librerías de Ultiboard, de lo contrario, la importación no se realizará correctamente.***

- Iniciar Ultiboard 14.3 y seleccionar ***File - Open***. Apuntar al fichero con la extensión ***.net*** que les haya creado Orcad. Se les abrirá una ventana donde deben seleccionar las unidades ***(mm)*** y la anchura de pistas por defecto (se suele dejar la de defecto)



- Las cápsulas aparecerán junto al borde de la placa. Los terminales con conexión aparecerán en un azul más brillante.



9 – Trazado del PCB

9.0 - "Reglas de oro"

Al diseñar cualquier placa de circuito impreso habría que:

Usar la clase más baja posible

Usar el menor número de capas posible

Las coronas de PADS y vías deben ser lo más grandes posibles.

Diámetro de PAD o vía >= 3·(diámetro agujero)

Trazar las alimentaciones manualmente

Las pistas deben ser lo más cortas posibles

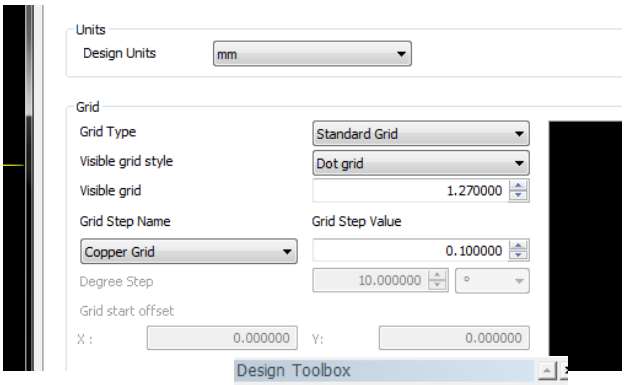
Distribuir uniformemente los componentes

En diseños multicapa, las capas internas adyacentes y exteriores deberían tener una distribución y cantidad de cobre parecidas

Si se trabaja con una clase muy alta, hay que añadir ***teardrops***. Ultiboard dispone de un método automatizado de creación de teardrops para vías, pads y pistas

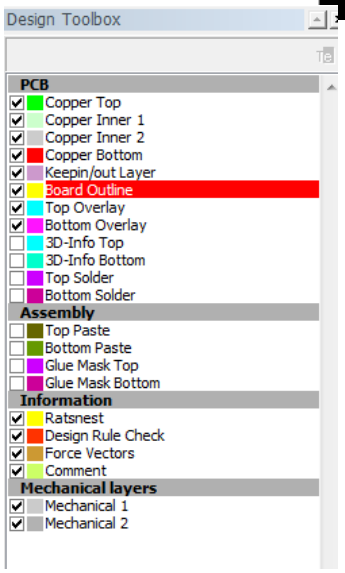
9.1 - Definición mecánica y de la clase del diseño

Fijar el Copper grid en 0,1 mm en ***Options - PCB properties - Grid & units***

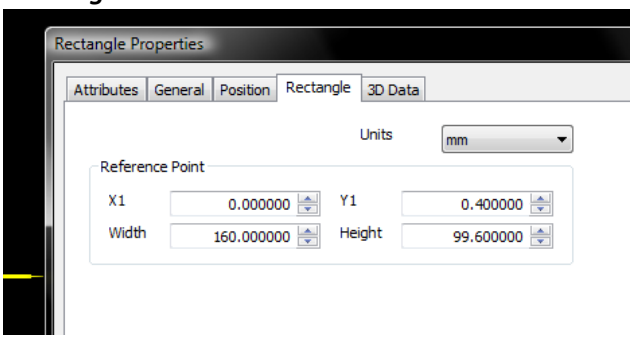


Para cambiar las medidas del rectángulo de la placa:

- Seleccionar la capa ***Board outline*** de la ***Design Toolbox***



- Hacer doble clic sobre el rectángulo y cambiar las medidas en la pestaña ***Rectangle***



- Si se quiere hacer una forma compleja, se pueden usar los iconos de dibujo de la barra:



La clase viene definida generalmente por el objeto o componente más pequeño que vayamos a utilizar.

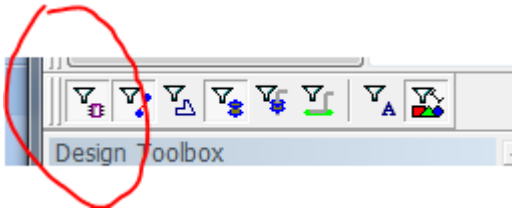
Para establecer la clase de diseño, en el siguiente enlace hay información sobre los distintos parámetros de cada una, en función de si se fabrica en el laboratorio o través de un fabricante externo: http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecniques/Files/Par%C3%A1metros_Ultiboard_v11.pdf

He creado unos ficheros de tecnología con las clases más habituales para que sea más fácil, los pueden encontrar en: http://ieb-srv1.upc.es/gieb/tecniques/Files/

En Ultiboard, la clase se carga con ***File - Load technology setting…***

En circuitos bicapa, la clase más habitual es la 5 para hacer en un fabricante externo y la 4 para hacer en el LAB

9.2 - Edición de cápsulas



- Preseleccionar la opción ***Enabling selecting parts***

- **Asignar una nueva cápsula:** Seleccionar el componente y ***Tools - Change shape.*** En la lista que aparece, navegar hasta encontrar la adecuada.

- **Editar una cápsula:** Botón derecho del mouse sobre el componente y seleccionar ***In-place Part edit***. Se entra en una pantalla de edición donde se puede cambiar la silueta, pads, ..

Para editar la silueta de la cápsula, fijar el Copper Grid en 0,1 mm

Para editar la distancia entre PADS, fijar el Copper Grid en un submúltiplo del PITCH.

¡Comprobar la coherencia de los nombres o números de los terminales entre Orcad y Ultiboard en los componentes polarizados (electrolíticos, diodos, transistores, ...)!

9.3 - Colocación de componentes

- **Mover componente:** Arrastrar con botón izquierdo

- **Rotar:** Mientras se mueve, pulsar ***R***

- **Ayudas de diseño:**

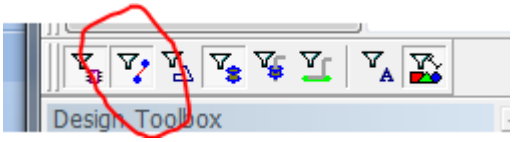
Ratsnets: Líneas de color amarillo intenso que salen de cada terminal hacia la conexión más próxima.

Design rule check: Círculos de color rojo que señalan las zonas con errores de reglas de diseño.

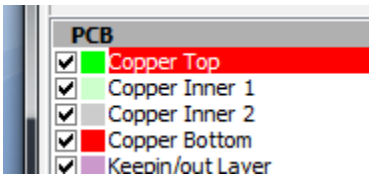
Force vectors: Líneas de color amarillo que indican en forma de vector hacia donde hay que mover ese componente para que la longitud media de pistas a su alrededor sea lo más pequeña y parecida posible.

9.4 - Trazado de pistas

Marcar el icono de ***Enabling selecting traces***



Seleccionar la cara de trazado



Seleccionar la herramienta ***Line***

Hacer clic sobre un terminal, se encenderán los terminales que estén en ese mismo net, e ir trazando las pistas.



Las pistas de alimentación se deben trazar primero y con un grosor superior a las de señal.

9.4.2 - Cambio de cara (vias)

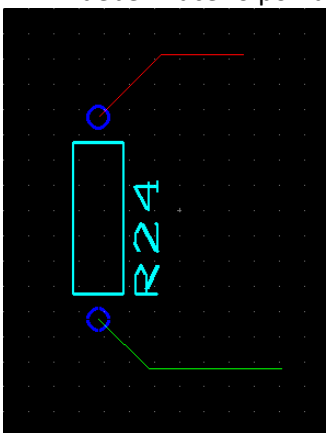
Si se necesita cambiar de cara, presionar ***F2*** durante el trazado, se dibujará automáticamente una vía y se continuará por la otra cara.

9.4.3 - Caras Top / Bottom

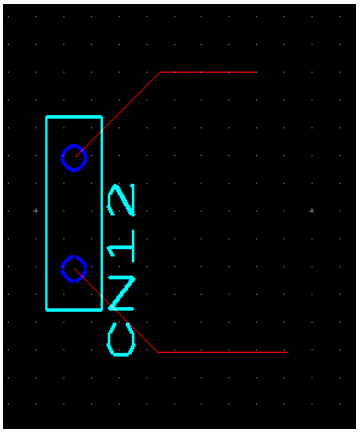
El trazado de pistas para los componentes TH es diferente si se envía a hacer fuera o si se hace en el laboratorio.

Los fabricantes externos metalizan los agujeros con lo que podemos hacer llegar una pista tanto por la cara TOP como por la BOTTOM. Con una única soldadura, el terminal del componente queda unido a los pads y a las pistas TOP y BOTTOM.

Si la placa se hace en el laboratorio (agujeros sin metalizar), las pistas que lleguen por ambas caras a un terminal necesitarán dos soldaduras. Hay componentes que no se pueden soldar por la cara TOP, con lo que las pistas que lleguen a sus terminales deben hacerlo por la BOTTOM.



Se puede soldar por ambas caras

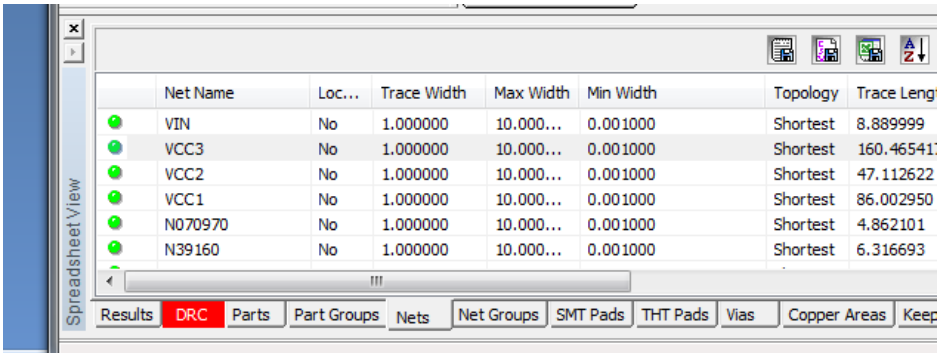


Se puede soldar sólo por la BOTTOM

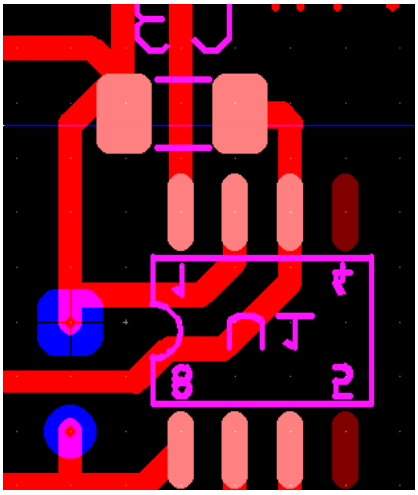
9.4.4 - Trazado de alimentaciones

Las pistas de alimentación deberían ser más anchas que las de señal. Una anchura de 1 mm es una medida estándar.

En la ***Spreadsheet View*** se puede cambiar el ancho de una net entera.



9.4.5 - Condensadores de desacoplo

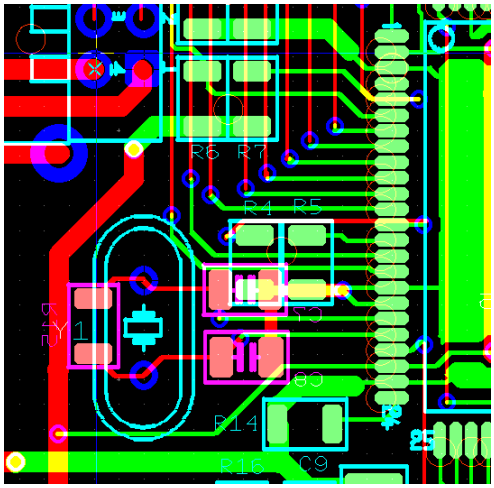


Los condensadores de desacoplo se deben colocar lo más cerca posible del punto que se quiere filtrar, normalmente es el terminal de alimentación de un circuito integrado.

Es preferible utilizar condensadores de montaje superficial (SMD)

9.4.6 - Pistas lo más cortas posibles

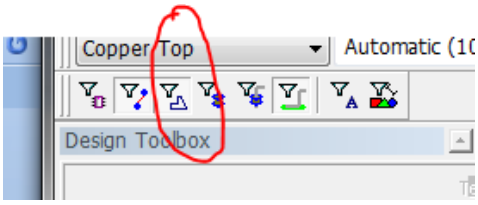
Las pistas deben ser lo más cortas posible y, si el diseño es denso, es mejor que las pistas de cada cara estén trazadas perpendicularmente a las de la otra, con vías en cada vértice.

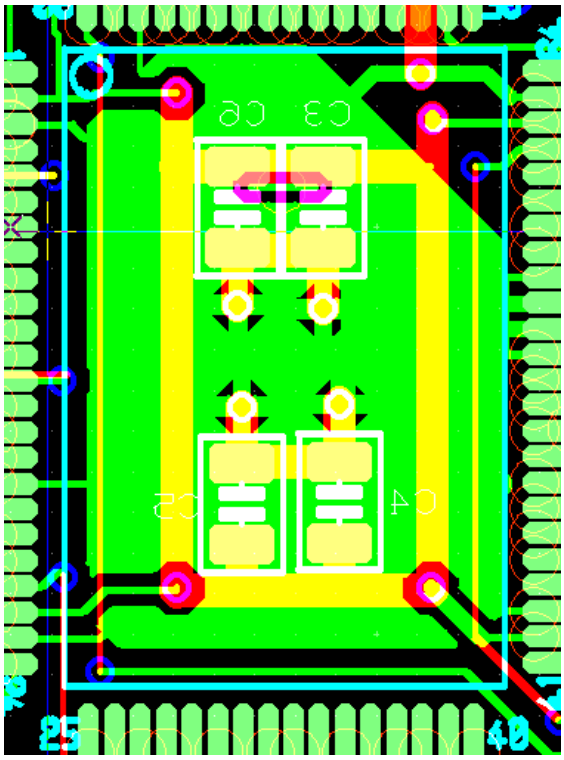


9.4.7 - Planos de masa

Los planos de masa se realizan mediante la opción ***Place - Copper Area,*** al delimitar y cerrar un polígono.

Para cambiar las propiedades del plano hay que preseleccionar la herramienta ***Enable Selecting Copper Area*** y con el botón derecho sobre el plano, seleccionar ***Properties***





Se puede cambiar/asignar el net asociado al plano, la ***clearance***, los ***thermal relief***, ...

10 - Test de conectividad y de reglas de diseño

Antes de generar la documentación hay que realizar algunos test para asegurarnos de que no haya errores.

- Test de conectividad ***(Design - Connectivity Check)*** Nos aparece una **ventana que nos** pregunta si queremos hacer el test de un solo net o de todos. En la pestaña ***Results*** de la ***Spreadsheet View*** nos aparecerá el resultado, haciendo doble clic sobre el error nos llevará hasta su ubicación.

- Test de reglas de diseño ***(Design - Netlist and DRC Check)*** En la pestaña ***Results*** de la ***Spreadsheet View*** nos aparecerá el resultado, haciendo doble clic sobre el error nos llevará hasta su ubicación. Los errores de DRC también se indica con un círculo rojo en el mismo diseño.

11 - Recomendaciones generales

11.1 - Grid

Trabajar con un grid submúltiplo del pitch general (1/10”). Ejemplos:

- Trazado de pistas con mayoría de componentes convencionales TH, pitch base: 1/10" → **Copper grid: 1,27 ó 0,635 mm**

- Dibujo/edición del contorno de la placa y de las siluetas de los componentes → **Copper grid de 0,1 mm**

- Trazado de pistas con componentes SMD → **Copper grid 0,635 mm o submúltiplo**

11.2 - Conectores

- Todos los conectores deben ir en el borde de la placa.

- Los conectores de entrada/salida es preferible que sean acodados (90^{o}), aguantan mejor las inserciones.

- Hay que poner un texto explicativo de la función del conector o su referencia. Este texto hay que ponerlo donde el conector sea visible:

  - Cara **“copper”** si las placas se hacen en el laboratorio.

  - Cara **“silkscreen”** si las placas se envían a hacer fuera.

11.3 - Definición Top/Bottom

La disposición natural del diseño es que la cara de componentes sea la TOP y la de soldadura la BOTTOM. Si hubiera tantos componentes por una cara como por la otra y muchos SMDs, nos podría ser indiferente cual definamos como TOP y BOTTOM, entonces deberíamos definir una posición natural del circuito: Tal como la veríamos dentro de la caja, entrada/izquierda, salida/derecha, ...

11.4 - Test points

Es recomendable poner puntos de test en las señales a monitorizar. Se pondrán por la cara "de trabajo" y con un texto al lado con la función, referencia, señal, ...

11.5 - Referencia de la placa

En un hueco de la placa habría que poner texto en la cara TOP con la referencia de la misma. Como en el apartado conectores, cara **“copper”** o **“silkscreen”** según el método de fabricación.

Este texto debería contener como mínimo:

UPC - DEE - GIEB

Nombre y función de la placa / versión / Diseñador / Fecha

11.6 - Alimentaciones

Como ya se ha comentado, las alimentaciones se han de trazar manualmente y al principio del diseño. Su anchura debe ser superior a las de señal (transporte de corriente e identificación visual rápida)

11.7 - Disponibilidad de componentes

El inicio del diseño y la compra de los componentes se han de realizar a la par. Hay que estar seguro de que todos los componentes que vayamos a usar estén disponibles en el mercado.

11.8 - Colocación de componentes

La distribución de los componentes debería ser homogénea.

Todos los circuitos integrados deberían estar orientados en el mismo sentido.

11.9 - Texto auxiliar

- Habría que identificar con un texto (en la cara TOP, BOTTOM, Silkscreen TOP o Silkscreen Bottom) según convenga, el terminal significativo de los componentes polarizados:

- **ICs y conectores** > un **punto** o un **1**, ... en el pin 1

- **Diodos** > una **k** en el cátodo

- **Transistores** > una **b, c y e** en los terminales correspondientes

- **Electrolíticos y tántalos** > un **+** en terminal positivo.

11.10 - Serigrafía

Si el circuito impreso se lleva a fabricar a una empresa externa, nos puede interesar que nos hagan una serigrafía de componentes. La serigrafía son las capas **Silkscreen TOP** o **BOTTOM** en color blanco. Debemos editar la capa silkscreen para que:

- Queden todos los textos iguales, de un tamaño razonable y orientados en el mismo sentido.

- Los textos no sean tapados al soldar los componentes.

11.11 - Pistas

- Las pistas deben ser lo más cortas posibles.

- No hacer ángulos de 90º

- Distribuir lo más uniformemente posible el cobre en ambas caras ayudándose de planos de masa, así conseguiremos que los tamaños de las pistas y pads sean lo más parecidos al diseño.

- La distancia entre pistas y planos de masa no debería ser inferior a 0,25 mm

11.12 - Vías

- No poner vías debajo de componentes si la placa se hace en el laboratorio.

- La vía más pequeña que podemos hacer en el laboratorio es de unos 0,8 mm de diámetro de pad y 0,5 mm de agujero.

11.13 - Teardrops

Si se usan vías, pads y pistas pequeñas, es interesante poner ***teardrops***. Ultiboard dispone un método de colocación automática de teardrops ***Design - Add teardrops ...***

11.14 - Taladros

- Revisar que el diámetro de los taladros del diseño sean los correctos, si se envía a hacer fuera.

12 - Documentación

12.1 - Fabricante externo

Los fabricantes externos trabajan con el formato Gerber 274-X. Pueden fabricar varias capas de cobre (con pistas, pads, ...), dos capas de solder mask (máscara antisoldante de color verde con los PADS descubiertos), dos capas de serigrafía blanca con la silueta de los componentes, texto, etc ...

Hemos de generar un fichero de salida Gerber por cada una de las capas que necesitemos:

PCB una capa: Copper BOTTOM - Solder MASK TOP - Silkscreen TOP
PCB dos capas: Copper TOP y BOTTOM - Solder MASK TOP y BOTTOM - Silkscreen TOP y BOTTOM, si hicieran falta.

En ambos casos, han de generarse dos ficheros adicionales:

- Fichero de taladros (en formato texto) en el estándar Excellon drill o compatible
- Fichero con los códigos de herramienta (diámetro de las brocas e informe en formato texto)

PCB > dos capas: Stack-up TOP y BOTTOM, Copper TOP, BOTTOM, Copper INNER1 ...
- Solder MASK TOP y BOTTOM. Silkscreen TOP y BOTTOM, si hicieran falta.

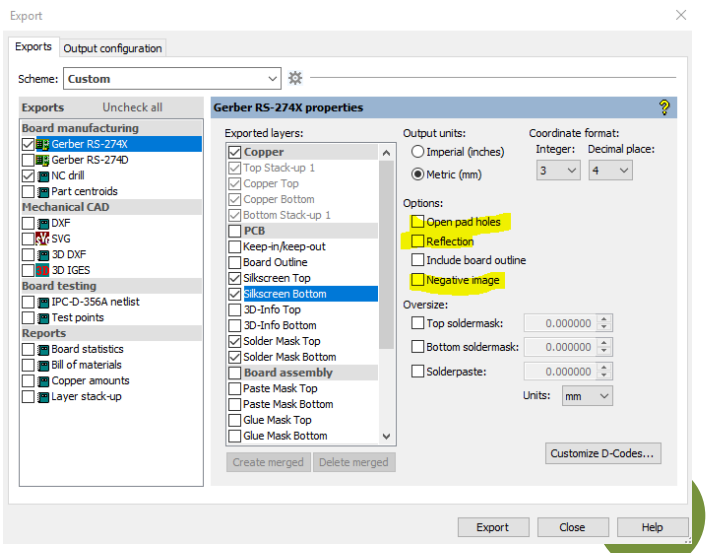
Han de generarse los ficheros adicionales:

- Fichero de taladros pasantes (vías pasantes y agujeros TH) (en formato texto) en el estándar Excellon drill o compatible.
- Fichero de taladros (micro vías):
Entre la capa externas (Stack-up TOP y TOP y entre la Stack-up BOTTOM y BOTTOM) en formato texto, en el estándar Excellon drill o compatible.
- Fichero de taladros (vías buried) entre las capas internas (en formato texto) en el estándar Excellon drill o compatible
- Fichero con los códigos de herramientas (diámetros de las brocas e informe en formato texto)

En todos los casos, se ha de editar el fichero donde salgan los códigos de herramienta y redondear el diámetro de broca a la décima de milímetro.

12.1.1 - Generación de la documentación

En ***File - Export - Gerber RS-274X***



Marcar las capas a procesar y asegurarse de desmarcar:

Open Pad holes

Reflection

Negative Image

Se generarán tantos ficheros como salidas seleccionadas.

En el siguiente enlace hay información complementaria sobre la construcción de circuitos impresos en fabricantes externos:

http://ieb-srv1.upc.es/gieb/Tecniques/pdf/fabricacio_PCBS_ex.pdf

12.2 - Fabricación en el laboratorio por medios químicos

En el siguiente enlace está la información sobre la construcción de circuitos impresos en el laboratorio y la documentación necesaria:

http://ieb-srv1.upc.es/gieb/Tecniques/pdf/fabricacio_PCBS_LAB.pdf

Enlaces web de interés:

Técnicas de soldadura:

http://www.epemag.wimborne.co.uk/solderfaq.htm (5-10-2012)

http://www.planetaelectronico.com/cursillo/tema1/tema1.4.html (5-10-2012)

http://www.technick.net/public/code/cp_dpage.php?aiocp_dp=how_to_solder (5-10-2012)

http://www.infidigm.net/articles/ (5-10-2012)

Cables y conexiones:

http://www.allpinouts.org/index.php/Main_Page (5-10-2012)

Información sobre directiva RoHS:

http://es.wikipedia.org/wiki/Rohs (5-10-2012)

Estaciones de soldadura:

http://www.jbc.es (5-10-2012)

http://www.paceworldwide.com/ (5-10-2012)

Laboratorio del Grup d'Instrumentació Electrònica i Biomèdica:

Lab d'Instrumentació Electrònica i Bioenginyeria (3-2018)

- **Encapsulados y dimensiones de pasivos SMD:**

  - Componentes pasivos rectangulares (principalmente resistencias y condensadores):
    - 01005 (métrica 0402) : 0.016" × 0.008" (0.4 mm × 0.2 mm) Potencia típica para resistencias 1/32 W
    - 0201 (métrica 0603) : 0.024" × 0.012" (0.6 mm × 0.3 mm) Potencia típica para resistencia 1/20 W
    - 0402 (métrica 1005) : 0.04" × 0.02" (1.0 mm × 0.5 mm) Potencia típica para resistencia 1/16 W
    - 0603 (métrica 1608) : 0.063" × 0.031" (1.6 mm × 0.8 mm) Potencia típica para resistencia 1/16 W
    - 0805 (métrica 2012) : 0.08" × 0.05" (2.0 mm × 1.25 mm) Potencia típica para resistencia 1/10 or 1/8 W
    - 1206 (métrica 3216) : 0.126" × 0.063" (3.2 mm × 1.6 mm) Potencia típica para resistencia 1/4 W
    - 1806 (métrica 4516) : 0.177" × 0.063" (4.5 mm × 1.6 mm)
    - 1812 (métrica 4532) : 0.18" × 0.12" (4.5 mm × 3.2 mm) Potencia típica para resistencia 1/2 W
    - 2010 (métrica 5025) : 0.2" × 0.1" (5.0 mm × 2.5 mm)
    - 2512 (métrica 6332) : 0.25" × 0.12" (6.35 mm × 3.0 mm)
  - Condensadores de Tantalio:
    - EIA 3216-12 (Kemet S, AVX S): 3.2 mm × 1.6 mm × 1.2 mm
    - EIA 3216-18 (Kemet A, AVX A): 3.2 mm × 1.6 mm × 1.8 mm
    - EIA 3528-12 (Kemet T, AVX T): 3.5 mm × 2.8 mm × 1.2 mm
    - EIA 3528-21 (Kemet B, AVX B): 3.5 mm × 2.8 mm × 2.1 mm
    - EIA 6032-15 (Kemet U, AVX W): 6.0 mm × 3.2 mm × 1.5 mm
    - EIA 6032-28 (Kemet C, AVX C): 6.0 mm × 3.2 mm × 2.8 mm
    - EIA 7260-38 (Kemet E, AVX V): 7.2 mm × 6.0 mm × 3.8 mm
    - EIA 7343-20 (Kemet V, AVX Y): 7.3 mm × 4.3 mm × 2.0 mm
    - EIA 7343-31 (Kemet D, AVX D): 7.3 mm × 4.3 mm × 3.1 mm
    - EIA 7343-43 (Kemet X, AVX E): 7.3 mm × 4.3 mm × 4.3 mm