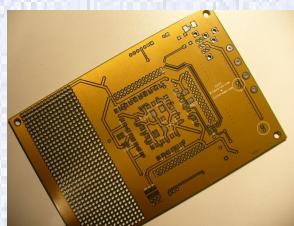
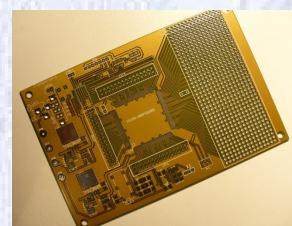


Nociones sobre Diseño de Circuitos Impresos



Circuitos Electrónicos II (66.10)
Departamento de Electrónica

Ing. Fabián Acquaticci



FI-UBA

Proceso de Diseño

- Dibujar el diagrama esquemático o circuito
- Generar la lista de conexiones (netlist)
- Diagramar el circuito impreso
- Fabricar las plaquetas

! Existen diferentes procesos de fabricación, los cuales se deben tener en mente a la hora de realizar los diseños.

Sistemas para Diseño con PC

Fabricante	Página Web
Advanced Microcomputer Systems	www.advancedmsinc.com
Altium	www.acceltech.com
CadSoft (EAGLE)	www.cadsoft.de
ExpressPCB	www.expresspcb.com
Interactive Imaging Technologies	www.interactiv.com
Ivex Design	www.ivex.com
KiCad	kicad.sourceforge.net/
Orcad	www.orcad.com
Protel Technology	www.microcode.com

Circuitos impresos

Los circuitos impresos se puede clasificar según el número de capas en los siguientes tipos:

- Circuitos de una sola capa conductora o simple faz
- Circuitos de dos capas conductoras o doble faz
- Circuitos de cuatro o más capas conductoras o multicapa

! Los circuitos de una sola capa tienden a desaparecer debido a los compromisos y dificultades en la realización de impresos EMC.

Circuitos impresos

Composición de un circuito impreso:

- Lado de componentes (top side)
- Lado de soldaduras (bottom side)
- Islas (pads)
- Pistas de cobre (tracks)
- Texto e inscripciones
- Símbolos de montaje de los componentes
- Máscara antisoldante (antisolder masks)

Circuitos impresos

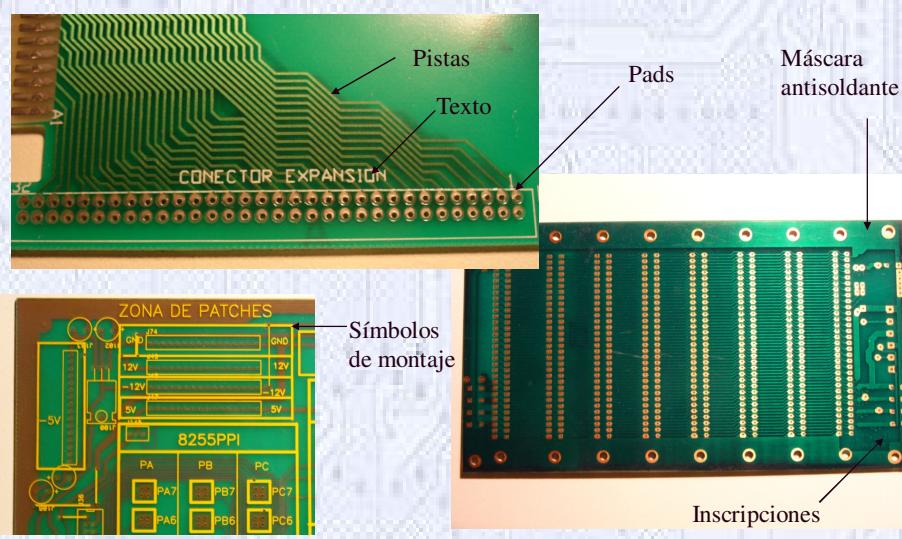
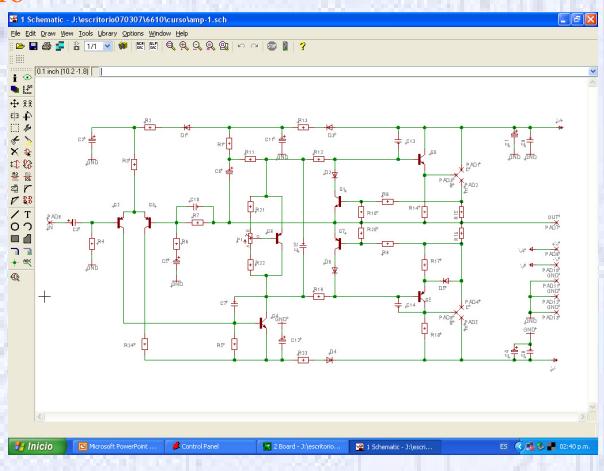


Diagrama esquemático

Está compuesto por cuatro clases de elementos:

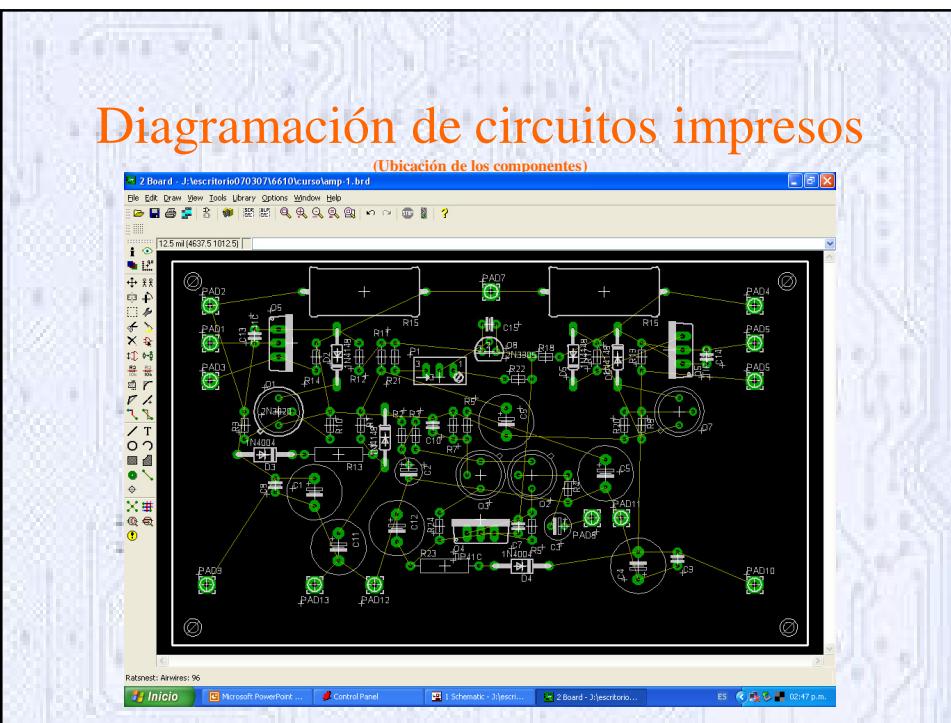
- Componentes
- Símbolos
- Conexiones
- Anotaciones



Diagramación de circuitos impresos

Para diagramar un circuito impreso, se debe:

- Importar la lista de conexiones (netlist).
- Colocar los contenedores para cada uno de los componentes.
- Asignar a cada contenedor el nombre correspondiente al componente que identifica en el esquema.
- Recorrer la lista de conexiones e ir trazando las pistas para unir todos los pads indicados.
- Reorganizar las pistas para que no se entrecrucen.
- Optimizar las conexiones y el tamaño.



Diagramación de circuitos impresos

(Ruteo manual. La diagramación se hace a medida de los requerimientos de diseño)

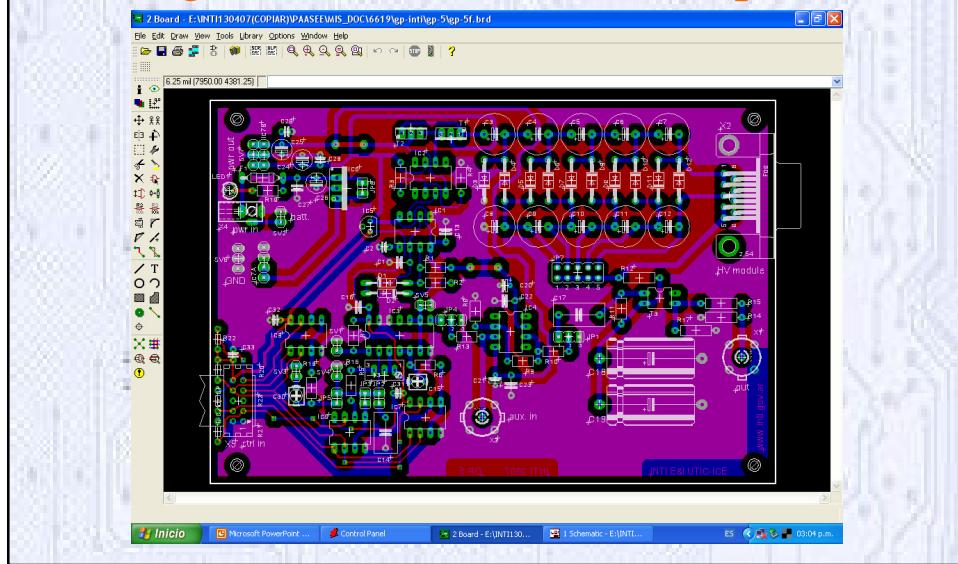


Diagramación de circuitos impresos

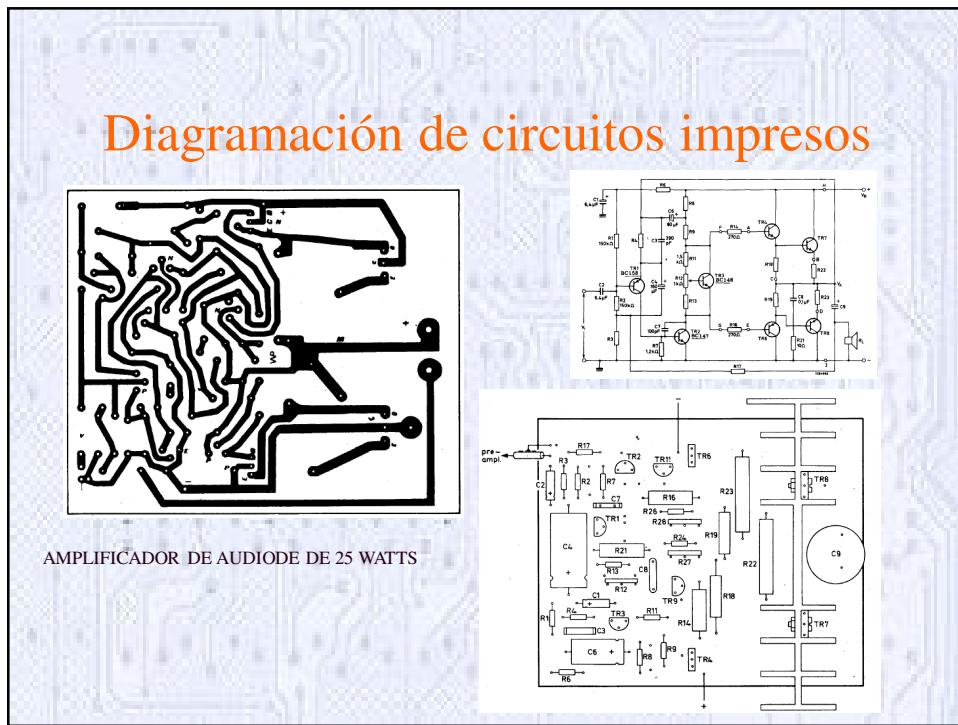
(Autoruteo. No se lanza optimizar las conexiones y la organización de las pistas de acuerdo con los requerimientos)



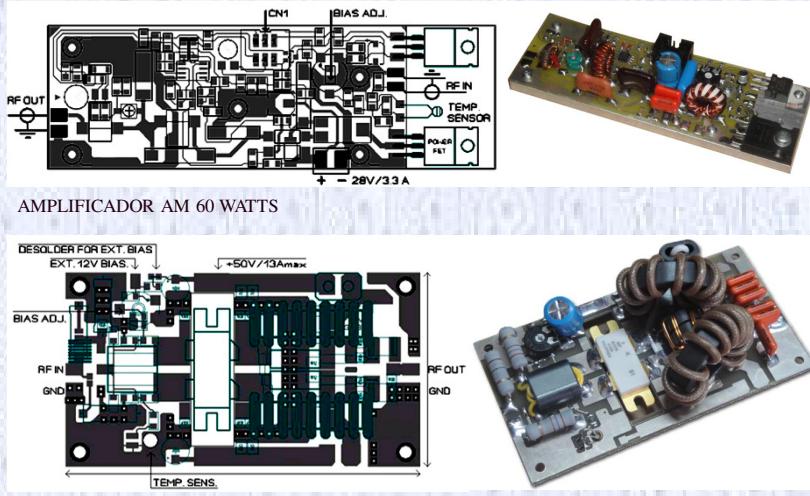
Diagramación de circuitos impresos



Diagramación de circuitos impresos



Diagramación de circuitos impresos



Diagramación de circuitos impresos

Las múltiples Capas:

Cada capa agrupa un conjunto de elementos que tienen algo en común.

- **Serigrafía** (silkscreen): Incluye los símbolos de montaje de los componentes, textos e inscripciones. Se imprime del lado de componentes
- **Cobre inferior** (bottom copper): Incluye los pads y las pistas de cobre del lado inferior (lado de soldaduras) de la placa.
- **Cobre superior** (top copper): Incluye los pads y las pistas del lado superior (lado de componentes de la placa).

Diagramación de circuitos impresos

En la aplicación cada capa aparece como un color diferente, para que se puedan diferenciar. En base a estas capas, la aplicación genera otras dos en forma automática:

- **Máscara inferior** (bottom solder mask): Cubre todos los pads del lado inferior (lado de soldaduras) de la placa, indicando que esas zonas son las que no se deben cubrir con la laca protectora de la máscara antisoldante (antisolder mask). Pues, estas son las partes en donde se deben realizar las soldaduras.
- **Máscara superior** (top solder mask): Idem anterior, pero para los pads del lado superior (lado de componentes) de la placa.

! Durante la diagramación, la vista de las diferentes capas es desde el lado superior.

Diagramación de circuitos impresos

Grosores de las pistas:

Corriente (A)	Grosor (mil)	Corriente (A)	Grosor (mil)
0.30	10	4.0	100
0.40	15	6.0	150
0.70	20	8.0	200
1.0	25	10.0	250
2.0	50	16.0	400

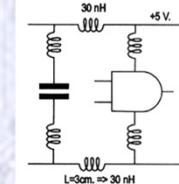
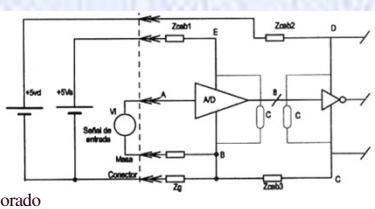
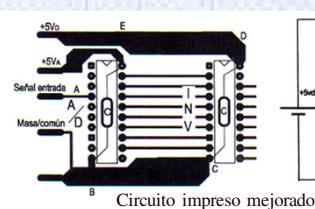
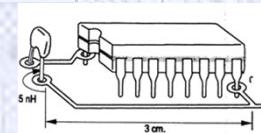
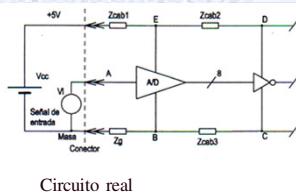
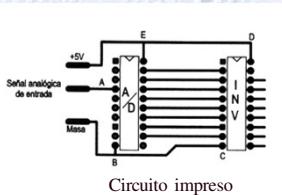
Diagramación de circuitos impresos

Durante la diagramación del impreso se debe considerar:

- Ubicación de los componentes
- Trazado de las pistas de alimentación y masa
- Trazado de las pistas de señales

Diagramación de circuitos impresos

Ejemplo de interconexión de componentes:



Capacitor de desacople

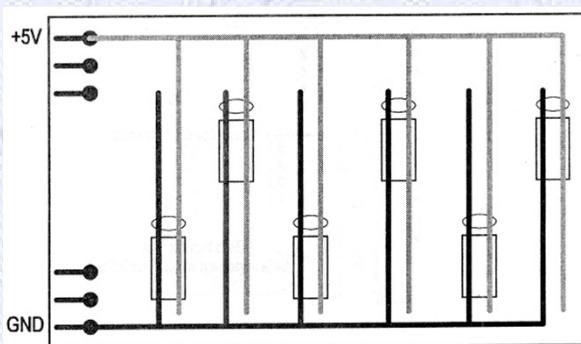
Diagramación de circuitos impresos

Circuitos impresos simple faz:

- Disminuir la impedancia de los caminos, ensanchándolos cuando sea posible.
- Hacer los caminos lo más cortos posibles.
- Colocar capacitores de desacople entre masa y alimentación.
- Utilizar fuentes de alimentación separadas para circuitos digitales y analógicos.
- Unir la masa digital y analógica en un único punto.

Diagramación de circuitos impresos

Distribución errónea de masa y alimentación:

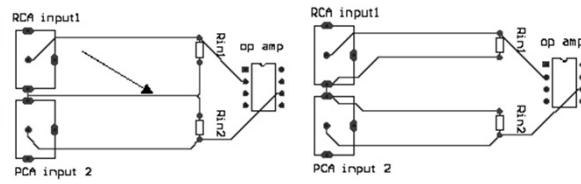


Los acoplamientos inductivos son origen de ruido. Cuando un campo magnético variable atraviesa el área encerrada por una espira conductora, en los extremos de ésta se obtiene una diferencia de potencial, cuya magnitud es directamente proporcional al área involucrada.

- Trazos largos y finos, con elevada inductancia y resistencia.
- Gran distancia entre caminos de alimentación y su retorno, por lo tanto capacidades pequeñas e inductancias elevadas.
- Espiras de corriente a través de los integrados.
- Acoplamiento inductivo y capacitivo entre caminos de distintas ramas de alimentación y su retorno.

Diagramación de circuitos impresos

Problemas de tierra y PCBs



Incorrecto. La tierra no es "limpia".

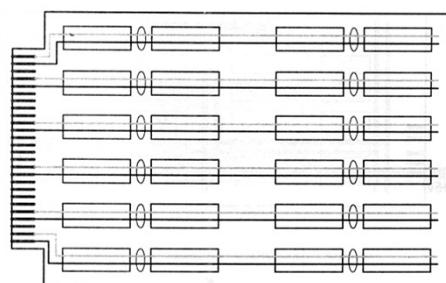
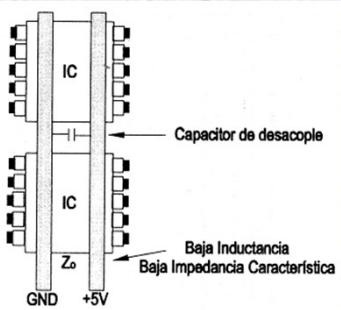
Correcto. Al dividir la pista crítica en dos ya no hay interacción de una pista con otra.

Una pista de 10 mils y 10 cm de longitud, cuyo cobre posee un espesor de 35 um y una resistividad de 0.016 ohm.mm²/m tiene una resistencia de 0.18 ohm y presenta una inductancia de 1 uH.

En diseños de bajo ruido debe prestarse especial atención a la tierra. Todas las tierras deben partir de un único punto y desde el dirigirse a todos los demás. Esta técnica se llama interconexión en estrella. Recordar que las pistas introducen efectos parásitos capacitivos, inductivos y resitivos.

Diagramación de circuitos impresos

Distribución mejorada de masa y alimentación:



- La velocidad de propagación en un circuito impreso típico es de 150 mm/ns.

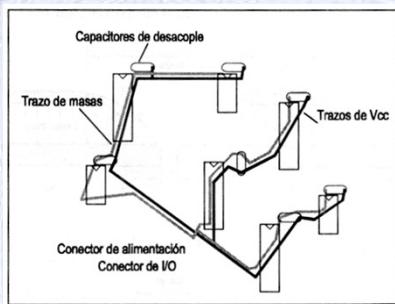
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

- Las pistas de un circuito impreso se comportan como líneas de transmisión cuando el tiempo de propagación es mayor que 1/10 del período de una señal senoidal, como por ejemplo, la señal portadora en un sistema de comunicación. De igual modo, si el tiempo de propagación es mayor que el tiempo de transición en un circuito digital.

Diagramación de circuitos impresos

Circuitos impresos doble faz:

Distribución masa y alimentación:



• Se obtienen menores impedancias que con los circuitos simple faz.

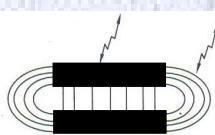
• A pesar de las posibilidades de conexión por el uso de through holes, se debe ser cuidadoso puesto que este tipo de unión posee alta impedancia.

• Las líneas de alimentación pueden ser ruteadas en sendas caras, una sobre otra, lo cual conduce a una menor impedancia característica, reduciéndose aún más las posibilidades de radiación.

! Las líneas por sí mismas funcionan como antenas y con solo dos capas es imposible confinar más el campo magnético.

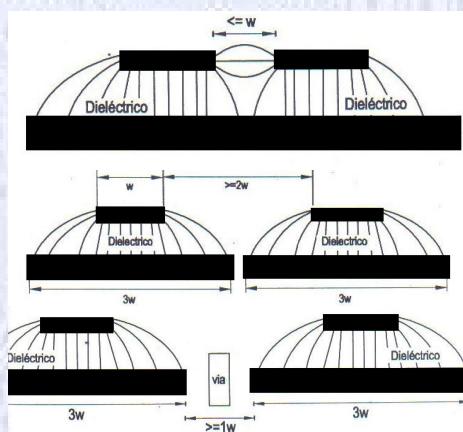
Diagramación de circuitos impresos

Dimensionamiento Práctico de Microstrips



Distorsión del campo eléctrico

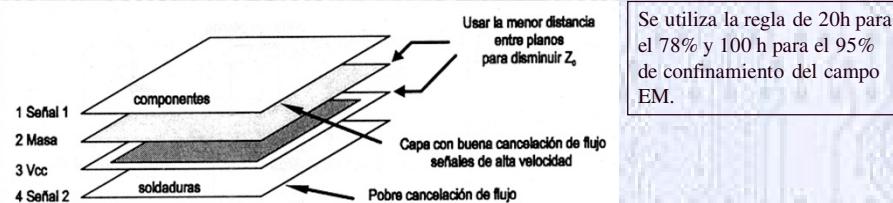
1. Toda línea de estar a $1w$ del borde del plano más pequeño
2. La separación entre líneas internas debe ser $2w$ en ausencia de obstáculos.
3. Los trazos diferenciales se rutean con $1w$ y a $2w$ de los demás.



Diagramación de circuitos impresos

Circuitos impresos multicapa:

Ejemplo de circuito impreso de cuatro capas:



! El uso de más de dos capas aumenta las posibilidades de conexión por unidad de área, pero al mismo tiempo se pueden obtener grandes beneficios desde el punto de vista EMC.

Diagramación de circuitos impresos

Resumen

- En general, en un circuito simple faz, los caminos de los conductores de alimentación deben ser lo más ancho posibles y estar dispuestos uno próximo al otro con el objetivo de disminuir el área efectiva y por lo tanto la impedancia característica.
- Los capacitores de desacople deben ser los adecuados, de modo que funcionen a la frecuencia correspondiente debiendo estar ubicados lo más cerca posible de los circuitos integrados.
- Las líneas de señal deben crear la menor área compatible con la distribución de los elementos con su camino de retorno. Esta consideración es muy importante tanto para los caminos de alta corriente y/o velocidad como para líneas de gran sensibilidad.

Diagramación de circuitos impresos

Resumen

- En los circuitos de baja frecuencia es más conveniente lograr una buena distribución de componentes que mantener el control de impedancia.
- Siempre se debe reducir el área efectiva y evitar bucles de masa o alimentación.
- Todas las superficies no utilizadas de impreso deben ser completadas con cobre y conectadas a masa.
- Minimizar las capacidades parásitas entre masa y las líneas de señal.
- Los PCB de dos capas tienen aplicación en circuitos sencillos de baja frecuencia con un mínimo de líneas críticas y donde el cumplimiento de las normas es fácilmente obtenible.
- Cuando se desea realizar un circuito de excelente prestación en términos de EMC y en alta frecuencia, es necesario recurrir a circuitos multicapa.

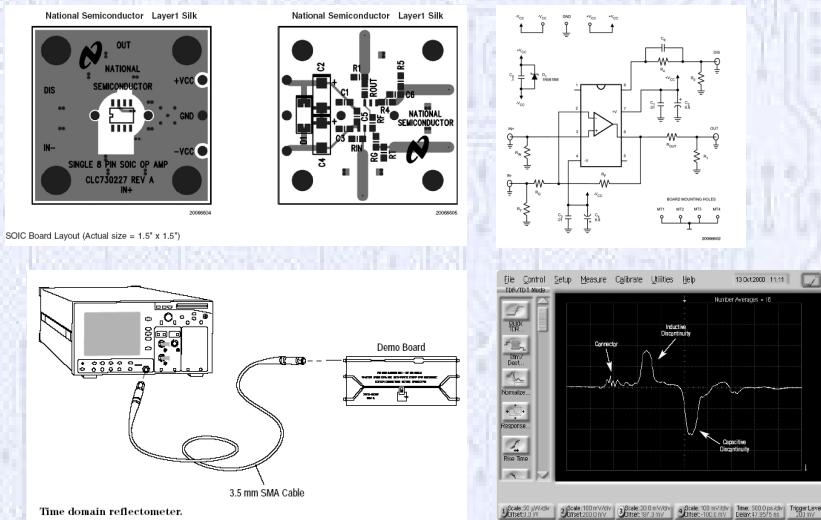
Diagramación de circuitos impresos

Resumen

1. Puesta a tierra de PCBs (regla de $\lambda/20$)
2. Separación de zonas
3. Capacitores de filtro
 1. En la entrada de alimentación para asegurar la entrega de corriente instantánea y una variación mínima de tensión.
 2. En la salida hacia circuitos auxiliares.
 3. Adyacentes a circuitos que consuman mucha corriente.
 4. En el lugar más lejano del punto de alimentación.
 5. Adyacentes a circuitos muy rápidos
 6. En zonas de gran densidad.
4. Líneas a 45°

Diagramación de circuitos impresos

(Ejemplo: LMH6624)



Diagramación de circuitos impresos

(Ejemplo: LMH6624)

Features

VS = $\pm 6V$, TA = $25^\circ C$, AV = 20, (Typical values unless specified)
 Gain bandwidth (LMH6624) 1.5GHz
 Input voltage noise 0.92nV/ \sqrt{Hz}
 Input offset voltage (limit over temp) 700uV
 Slew rate 350V/ μs
 Slew rate (AV = 10) 400V/ μs
 HD2 @ f = 10MHz, RL = 100 Ω -63dBc
 HD3 @ f = 10MHz, RL = 100 Ω -80dBc
 Supply voltage range (dual supply) $\pm 2.5V$ to $\pm 12V$
 Supply voltage range (single supply) +5V to +12V
 Improved replacement for the CLC425 (LMH6624)
 Stable for closed loop |AV| ≥ 10

Applications

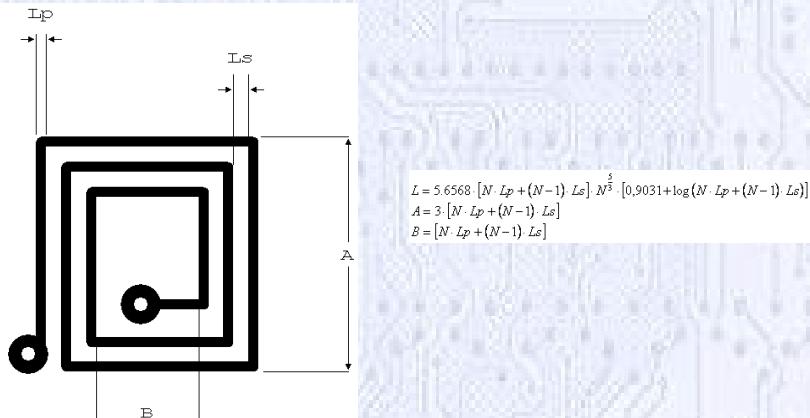
Instrumentation sense amplifiers
 Ultrasound pre-amps
 Magnetic tape & disk pre-amps
 Wide band active filters
 Professional Audio Systems
 Opto-electronics
 Medical diagnostic systems

LAYOUT CONSIDERATION

National Semiconductor sugiere los patrones de cobre en las placas de evaluación listadas a continuación como guía para la disposición de alta frecuencia. Estas placas también son útiles como ayuda en la prueba y caracterización del dispositivo. Como es el caso con todos los amplificadores de alta velocidad, el diseño aceptado-práctica de RF es fundamental. La disposición de la PCB es obligatoria. Generalmente, una buena disposición de alta frecuencia exhibe una separación entre las trayectorias de suministro de energía y tierra y las trayectorias de los pin de entrada inversor y salida. Las capacitancias parásitas entre estos nodos y tierra pueden causar respuestas de frecuencia y posibles oscilaciones de circuito (vea la aplicación OA-15 para más información). Utilice capacitors de alta calidad de chip con valores en el rango de 1000pF a 0.1F para el bypass de la fuente de alimentación. Una terminal de cada capacitor de chip debe estar conectada a la placa de tierra y la otra terminal debe estar conectada a un punto tan cercano como sea posible a cada pin de suministro de alimentación, según lo permitido por las reglas de diseño del fabricante. Además, conecte un capacitor de tantalio con un valor entre 4.7uF y 10uF en paralelo con el capacitor de chip. Las líneas de señal que conectan el feedback y los resistores de ganancia deben ser tan cortas como sea posible para minimizar la inductancia y el efecto de la línea microstrips. Coloque los resistores de terminación de entrada/salida tan cerca como sea posible de los pin de entrada/salida. Las trayectorias más largas que 1 pulgada de longitud deben ser impedance matched a la correspondiente carga de terminación.

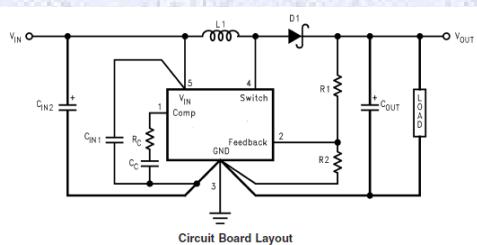
Diagramación de circuitos impresos

(Ejemplo: Pancake Coils)



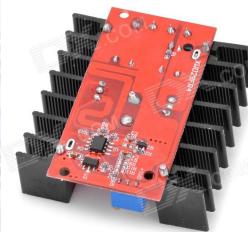
Diagramación de circuitos impresos

(Ejemplo: Switching Regulator)



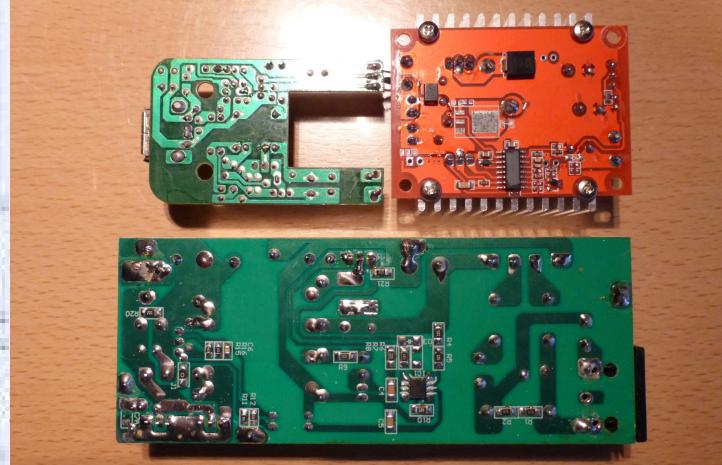
CIRCUIT LAYOUT GUIDELINES

As in any switching regulator, layout is very important. Rapidly switching currents associated with wiring inductance generate voltage transients which can cause problems. For minimal inductance and ground loops, keep the length of the leads and traces as short as possible. Use single point grounding or ground plane construction for best results. Separate the signal grounds from the power grounds. When using the Adjustable version, physically locate the programming resistors as near the regulator IC as possible, to keep the sensitive feedback wiring short.



Diagramación de circuitos impresos

(Ejemplo: Switching Regulator)



Diagramación de circuitos impresos

Recomendaciones para el diseño.

Pautas para lograr circuitos impresos prolíjos, funcionalmente correctos y un armado y puesta en marcha más eficiente:

- Trabajar con un snap-grid de 25 mills.
- Trabajar con grillas más pequeñas solo cuando sea imprescindible y volver inmediatamente a 25 mills.
- Las pistas deben comenzar y terminar en el centro del pad, nunca sobre el borde.
- Los bordes de la placa se deben definir con un trazo de 12 mils en el lugar de corte. De igual forma se deben indicar las caladuras.
- Dejar una franja de 0.4 mm sin cobre en todo el contorno del circuito impreso.
- Si el tamaño del circuito impreso es crítico se debe tener en cuenta el método de corte o panelización utilizado.

Diagramación de circuitos impresos

Recomendaciones para el diseño.

Pautas para lograr circuitos impresos prolíjos, funcionalmente correctos y un armado y puesta en marcha más eficiente:

- Definir los diámetros de perforado. Tener en cuenta los incrementos mínimos entre valores.
- Mantener la cantidad de diámetros de perforado distintos en un número mínimo sin perder funcionalidad.
- Verificar las medidas reales de los componentes para evitar dificultades durante el proceso de armado, especialmente en diseños de dimensiones reducidas o posicionamientos muy cercanos.
- Utilizar una relación diámetro pad/diámetro perforado (corona) adecuada al tipo de PCB. Mayor corona, mayor resistencia mecánica del pad, y facilidad en los procesos de soldadura y reparación.

Diagramación de circuitos impresos

Recomendaciones para el diseño.

Pautas para lograr circuitos impresos prolíjos, funcionalmente correctos y un armado y puesta en marcha más eficiente:

- Estandarizar los puentes de alambre para agilizar los procesos de armado al poder performar el mismo como cualquier componentes axial.
- Verificar antes de enviar el diseño a producción los layers definidos para las máscaras antisoldantes y la legibilidad de los layers de impresión de componentes. Muchas veces es necesario reordenar las leyendas.

Diagramación de circuitos impresos

Elección del tamaño del Pad

! La posibilidad de reparar exitosamente una placa electrónica que necesite el reemplazo de algún componente dañado, está dada entre otras cosas por el diámetro de sus pads y su relación con respecto al diámetro de perforado. Durante los procesos de soldadura o reparación de un circuito impreso, el calor es destructivo si no se lo disipa adecuadamente.

Posibilidad de reparación	Densidad de componentes	Tamaño Pad	Relación pad / diámetro perforado
Alta	Baja	Ideal	x 2
Alta	Media	Ideal	x 2
Alta	Alta	Nominal	x 1.75
Media	Baja	Ideal	x 2
Media	Media	Ideal	x 2
Media	Alta	Nominal	x 1.75
Baja	Baja	Ideal	x 2
Baja	Media	Nominal	x 1.75
Baja	Alta	Mínimo	x 1.5

Diagramación de circuitos impresos

Especificaciones de fabricación

PLACAS PTH	
Espacio Mínimo isla una isla	0,010 "(0,25 mm)
Espacio Mínimo conductor una isla	0,010 "(0,25 mm)
Espacio Mínimo Entre Conductores	0,010 "(0,25 mm)
Ancho Mínimo de pista	0,010 "(0,25 mm)
Pad Mínimo	0,050 "(1,27 mm)
Pad Mínimo párrafo vías	0,050 "(1,27 mm)
Corona pad	0,012 "(0,30 mm)
Diámetro Mínimo de perforado	0,27 "(0,70 mm)
Distancia Mínima Entre Perforaciones	> R1 + R2
Distancia pista Borde (routing)	0,015 "(0,38 mm)
Distancia pista Borde (scoring y guillotina)	0,030 "(0,75 mm)
Espacio Mínimo párrafo Planos de masa	0,012 "(0,3 mm)
Ancho Mínimo traza leyenda Componentes	0,006 "(0,15 mm)
Altura Mínima Carácter	0,050 "(1,30 mm)
Apertura Mínima mascara antisoldante	0,008 "(0,20 mm)

Diagramación de circuitos impresos

Especificaciones de fabricación

PLACAS CONVENCIONALES

Espacio Mínimo isla una isla	0,012 "(0,3 mm)
Espacio Mínimo conductor una isla	0,012 "(0,3 mm)
Espacio Mínimo Entre Conductores	0,012 "(0,3 mm)
Ancho Mínimo de pista	0,012 "(0,30 mm)
Pad Mínimo	0,070 "(1,77 mm)
Corona pad	0,016 "(0,40 mm)
Diámetro Mínimo de perforado	0,027 "(0,70 mm)
Distancia Mínima Entre Perforaciones	> R1 + R2
Distancia pista Borde (routing)	0,015 "(0,38 mm)
Distancia pista Borde (scoring y guillotina)	0,030 "(0,75 mm)
Espacio Mínimo párrafo Planos de mesa	0,012 "(0,3 mm)
Ancho Mínimo traza leyenda Componentes	0,006 "(0,15 mm)
Altura Mínima Carácter	0,040 "(1,0 mm)
Apertura Mínima mascara antisoldante	0,008 "(0,20 mm)

Fabricación “casera” de impresos

Los pasos básicos para generar un circuito impreso son:

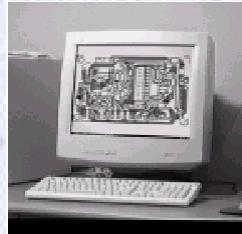
- Preparación de la placa
- Transferencia del dibujo del circuito impreso a la placa
- Procesado químico
- Perforado
- Protección del circuito impreso

! Antes de proceder a la fabricación del circuito impreso, es conveniente probar el montaje de los componentes reales sobre el papel.

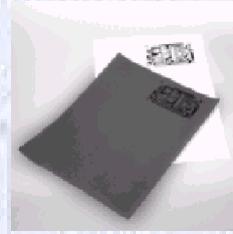


Fabricación “casera” de impresos

Sistema de transferencia térmica



Diseñar el circuito impreso



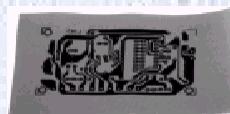
Imprimir una imagen especular del PCB (mediante impresora láser) sobre papel de transferencia térmica



Recortar la impresión

Fabricación “casera” de impresos

Sistema de transferencia térmica



Es conveniente dejar un margen alrededor del circuito impreso



Limpiar la placa cobreada



Apoyar la impresión de manera que la cara activa, que es la que contiene el “toner” esté en contacto con el cobre

Fabricación “casera” de impresos

Sistema de transferencia térmica



Pasar la plancha caliente (170°C a 190°C)

Dejar enfriar y separar el papel de la placa

Fabricación “casera” de impresos

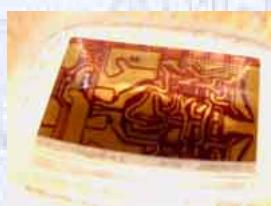
Sistema Fotosensible



Máscaras positivas



Insolación



Revelado con metasilicato de sodio

DURANTE EL REVELADO TENER EN CUENTA QUE:

EL METASILICATO DE SODIO ES ALTAMENTE CÁUSTICO.

•ES NECESARIO UTILIZAR GUANTES DE LÁTEX Y ANTEOJOS PROTECTORES.

•A PESAR DE UTILIZAR GUANTES, PUEDEN TENER POROS. DEBEN UTILIZARSE PINZAS DE PLÁSTICO PARA MANIPULAR LA PLACA Y PROCURAR NO INTRODUCIR LOS DEDOS EN LA MEZCLA.

•SE DEBE HACER EN UNA CUBETA DE PLÁSTICO.

•NO SE DEBE ARROJAR EL REVELADOR EN EL DESAGÜE. GUARDARLO EN UN RECIPIENTE DE PLÁSTICO OPACO.

Fabricación “casera” de impresos

Sistema Fotosensible



Fotopolímero laminado negativo



Insolación



Revelado con
metasilicato de sodio

DURANTE EL REVELADO TENER EN CUENTA QUE:

EL METASILICATO DE SODIO ES ALTAMENTE CÁUSTICO.

- ES NECESARIO UTILIZAR GUANTES DE LÁTEX Y ANTEOJOS PROTECTORES.
- A PESAR DE UTILIZAR GUANTES, PUEDEN TENER POROS. DEBEN UTILIZARSE PINZAS DE PLÁSTICO PARA MANIPULAR LA PLACA Y PROCURAR NO INTRODUCIR LOS DEDOS EN LA MEZCLA.
- SE DEBE HACER EN UNA CUBETA DE PLÁSTICO.
- NO SE DEBE ARROJAR EL REVELADOR EN EL DESAGÜE. GUARDARLO EN UN RECIPIENTE DE PLÁSTICO OPACO.

Fabricación “casera” de impresos

Ataque Químico



Tricloruro de hierro



Ataque químico. Sumergir la placa en el ácido para
eliminar el cobre innecesario

DURANTE EL ATAQUE QUÍMICO:

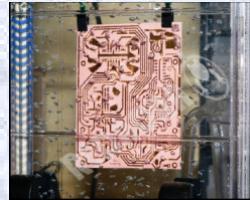
- ES NECESARIO UTILIZAR GUANTES DE LÁTEX Y ANTEOJOS PROTECTORES.
- A PESAR DE UTILIZAR GUANTES, PUEDEN TENER POROS. DEBEN UTILIZARSE PINZAS DE PLÁSTICO PARA MANIPULAR LA PLACA Y PROCURAR NO INTRODUCIR LOS DEDOS EN LA MEZCLA.
- SE DEBE HACER EN UNA CUBETA DE PLÁSTICO.
- NO DEBE REALIZARSE EN RECIENTOS CERRADOS Y DEBE HABER VENTILACIÓN.
- NO ARROJAR EL TRICLORURO DE HIERRO AL DESAGÜE.

Fabricación “casera” de impresos

Ataque Químico



Persulfato de Amonio



Ataque químico. Sumergir la placa en el ácido para eliminar el cobre innecesario

DURANTE EL ATAQUE QUÍMICO:

- ES NECESARIO UTILIZAR GUANTES DE LÁTEX Y ANTEOJOS PROTECTORES.
- A PESAR DE UTILIZAR GUANTES, PUEDEN TENER POROS. DEBEN UTILIZARSE PINZAS DE PLÁSTICO PARA MANIPULAR LA PLACA Y PROCURAR NO INTRODUCIR LOS DEDOS EN LA MEZCLA.
- SE DEBE HACER EN UNA CUBETA DE PLÁSTICO.
- NO DEBE REALIZARSE EN RECIENTOS CERRADOS Y DEBE HABER VENTILACIÓN.
- NO ARROJAR EL PERSULFATO DE AMONIO AL DESAGÜE.

Fabricación “casera” de impresos

Terminación



Taladrado



Limpieza



Elección del material

- Material FR2 (Resina fenólica / Papel)
 - Productos de producción masiva
 - Se debe tener en cuenta:
 - grado de absorción de humedad
 - Resistencia de aislación
 - Constante dieléctrica
- Material FR4 (Resina epoxi / Fibra de vidrio)
 - Productos de alto grado tecnológico
 - Alta estabilidad dimensional
 - Bajo coeficiente de absorción de humedad
 - Buena resistencia a la temperatura

Elección del material

Características FR2

PROPERTY	TEST METHODS IEC-248.1	TEST CONDITIONING	UNIT	REQUIRED VALUE	STANDARD VALUE
Surface resistance	2.2	C-95/40/90	MΩhm	MINIMUM 1000	60000
Volume resistivity	2.3	C-95/40/90	MΩhm x m	MAX 0.07	4000
Dissipation factor	2.7	C-95/40/90	—	MAX 0.07	0.04
Dielectric constant	2.7	C-95/40/90	—	MAX 5.5	4.6
Bow	3.1	A	mm	d MAX 38	3
Twist	3.3	A	mm	d MAX 20	4
Shear strength	3.6.2	260°C/10s	N/mm	MIN 1.0	1.71
Blooming (Solder Float)	3.7.2	260°C	sec.	MIN 10	35
Dimensional stability	3.11	E-6/5/150	mm/m²	2.0	0.6
Flexural strength	4.1	A	N/cm²	MINIMUM 30000	12500
Flammability UL-94 (Vertical Burning Test)	4.3.4	A E-24/125 D-24/23	—	FV 0 or FV 1 VO 94 VO	
Water absorption	4.4	E-24/50 D-24/23	mg	MAX 60	35
Punching probability (Bubble penetrable)	*	MTL-0043	—	°C	—
Comparative tracking index	IEC-112	—	V	—	250
Shear strength	DIN 7735	—	N/mm²	—	64
Approvals:	Underwriters Laboratories Inc. File nr. E 90646				

Note: Test panel thickness is 1.6 mm/1 oz, single side.

* MTL - 0043 - Internal test method based on DIN rules

Designation of Conditioning Number code:

1st number: Duration of conditioning in hours
2nd number: Conditioning Temperature in °celsius
3rd number: Relative humidity

A: As received
B: Humidity conditioning
C: Immersion conditioning in distilled water
D: Temperature conditioning

Características FR4

PROPERTY	TEST METHODS MIL-S-13949	TEST CONDITIONING	UNIT	REQUIRED VALUE	STANDARD VALUE
Bow	3.7.2.1	A	%	MAXIMUM 1.5	0.40
Twist	3.7.2.1	A	%	MAXIMUM 1.5	0.50
Peel strength after solder float	0.5 oz 1 oz 2 oz	3.7.4	288°C/10s	Ib/in	≥ 4.5 ≥ 8 ≥ 11
Peel strength after elevated temperature	0.5 oz 1 oz 2 oz	3.7.4	E-2/125	Ib/in	≥ 4.5 ≥ 5 ≥ 6
Peel strength after exposure to plating solution	0.5 oz 1 oz 2 oz	3.7.4	—	Ib/in	≥ 4.5 ≥ 8 ≥ 11
Surface resistivity	3.7.5	C-95/35/90	MΩhm	MINIMUM 1.0	10 E7
Volume resistivity	3.7.5	C-95/35/90	MΩhm x cm	MINIMUM 10 E9	10 E9
Water absorption	3.7.7	E-01/105 + D-24/23	%	MAX 0.35	0.15
Dielectric Breakdown parallel to lamination (step by step)	3.7.8	D-48/50 + D-0.5/23	kV	> = 40	> = 45
Dissipation factor	3.7.10	D-24/23	—	MAX 0.030	0.02
Dielectric constant	3.7.10	D-24/23	—	MIN 4.4	4.5
Flexural strength	3.7.12	A	Ib/in²	MINIMUM 50000	60000
Arc Resistance	3.7.13	D-48/50 + D-0.5/23	sec	> = 60	80
Flammability UL-94 (Vertical Burning Test)	3.7.14	E-24/125	—	VO	94 VO

Approvals: Underwriters Laboratories Inc. File nr. E 90646
Defense Logistics Agency (MLI-S 13949)

Note: Test panel thickness is 1.6 mm/1 oz, single side.

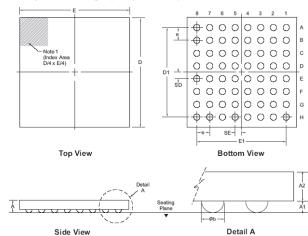
LCI FI-UBA

<http://laboratorios.fi.uba.ar/lci/especificaciones.html>

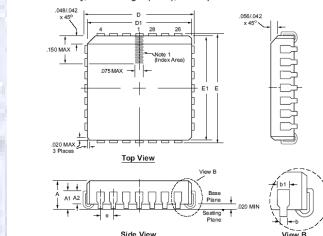
- El tamaño máximo de placa que se puede hacer es de 29cm x 19cm. Los materiales utilizados son en simple faz FR2 y en doble faz FR4.
- **Pistas (tamaños mínimos):** 12 mils de ancho de pista.
- 12 mils de separación entre pistas.
- 12 mils de separación entre pads y pistas.
- Diámetro del pad o vía= Diámetro del agujero + 24 mils.
- Tamaños de mechas para realizar los agujeros en la placa: 0,7mm; 0,8mm; 1mm; 1,1mm; 1,3mm; 3mm.
- El laboratorio no cuenta con el proceso de PTH (Plated Through Hole).
- **Archivos necesarios:**
 - Gerber del bottom.
 - Gerber del top (en el caso que sea doble faz).
 - Drill
 - PDF o PS del bottom en negativo.
 - PDF o PS del top en negativo (en el caso que sea doble faz).

Soldadura y Desoldadura de Componentes Electrónicos

64-Ball FCBGA Package Outline
8x8mm body, 2.45mm height (max.), .80mm pitch



28-Lead PLCC Package Outline
.453x.453in body, .180in height (max.), .050in pitch



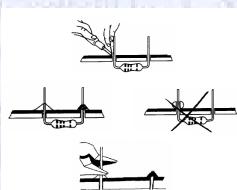
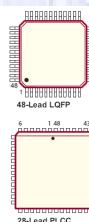
Selección de la temperatura de la punta

Fusión rápida y controlable sobre la soldadura.

Fusión completa de 2 a 5 seg.

Temperatura entre 315° a 400° (según la aplicación)

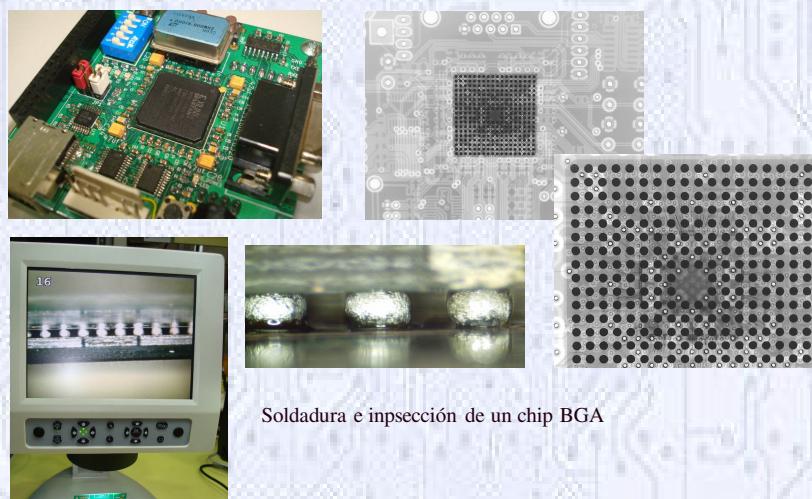
64-Ball FCBGA
(top view)



Soldadura y Desoldadura de Componentes Electrónicos



Soldadura y Desoldadura de Componentes Electrónicos



CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

DISEÑO CONCEPTUAL

- 1.Comprende el problema a resolver
- 2.Análiza los requerimientos del usuario
- 3.Define los requerimientos técnicos
- 4.Define y Analiza las especificaciones funcionales y de diseño*
- 5.Releva y Analiza soluciones existentes
- 6.Propone alternativas de diseño y selecciona una solución adecuada
- 7.Tiene en cuenta qué mediciones deberán realizarse, cómo se realizarán y los recursos necesarios
- 8.Plantea los diagramas en bloques del sistema y sub-sistemas*
- 9.Explica y Comprende el funcionamiento del sistema y sub-sistemas.*

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

DISEÑO CIRCUITAL

- 1.Explora distintos circuitos y analiza CORRECTAMENTE su funcionamiento*
- 2.Calcula CORRECTAMENTE TODOS los componentes de circuitos individuales y las condiciones de funcionamiento*
- 3.Investiga y selecciona los componentes
- 4.Valida y optimiza el diseño mediante simulaciones y mediciones, y determina todos los parámetros de funcionamiento de los circuitos
- 5.Determina si las especificaciones del circuito son alcanzables*
- 6.Realiza las simulaciones, indica y explica los circuitos simulados, los puntos de medición, los parámetros utilizados y los resultados obtenidos
- 7.Realiza mediciones, indica y explica los circuitos implementados, las mediciones realizadas, los instrumentos utilizados y los resultados obtenidos*
- 8.Realiza los diagramas esquemáticos con las referencias de todos sus componentes
- 9.Realiza el listado de componentes indicando referencia, descripción, valor, parámetros, fabricantes y posibles proveedores para cada componente.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

INTEGRACIÓN

1. Analiza mínimamente los condicionantes eléctricos (SE y CEM), mecánicos (vibraciones y rigidez) y térmicos (dissipación de los componentes)*
2. Diseña los circuitos impresos de acuerdo a las reglas básicas de ruteo*
3. Dimensiona el montaje de los distintos módulos, los puntos de fijación, los mecanismos de dissipación y el conexionado
4. Muestra en detalle la localización de los componentes, el diagrama de conexión y el ensamblado del prototipo
5. Presenta el diagrama esquemático COMPLETO, listado de componentes y partes COMPLETO y el listado de proveedores*
6. Realiza pruebas funcionales y ambientales básicas, indicando el procedimiento de ensayo y los resultados obtenidos
7. Analiza los modos y efectos de falla de cada componente
8. Determina la confiabilidad de los componentes
9. Optimiza el diseño en base a los resultados de los puntos anteriores.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

MEDICIONES Y OPTIMIZACIÓN

1. Diseña un plan de ensayos funcionales y ambientales*
2. Diseña un plan de ajustes y verificaciones para la puesta en marcha*
3. Realiza correctamente las mediciones de todos los parámetros de funcionamiento *
4. Presenta los instrumentos utilizados, los bancos de medición, procedimientos y los resultados
5. Analiza los resultados de las mediciones
6. Compara las especificaciones técnicas con los parámetros caracterizados de acuerdo al plan de ensayos
7. Compara valores calculados, simulados y medidos
8. Analiza los objetivos alcanzados y hace recomendaciones para futuros diseños
9. Optimiza el diseño en base a los resultados de las mediciones para cumplir con las especificaciones.

Ver EVALUACIÓN DEL PROYECTO en <https://dce2015.wordpress.com>