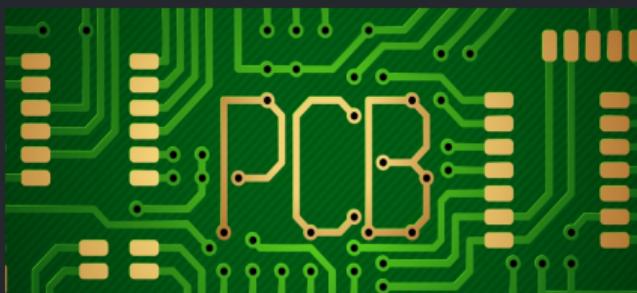


Fundamentos de diseño de circuitos impresos

Diseño de dispositivos para el IoT



Marco Teran

2023

Contenido

1 Circuitos impresos

- Terminología básica de la PCB
- Tipos de PCB

2 Partes de una PCB

- Componentes/partes
- Capas: Señales, enrutamiento, apilamiento
- Núcleos, pilas comunes, PCB multicapa
- Máscara de soldadura / Resistencia de soldadura
- PCB: pads
- Pasta de soldar y máscara de pasta
- Silkscreen: serigrafía

3 Flujo de diseño de circuitos impresos

- Planeación
- Diseñar

4 Pasos para diseñar una PCB

- Captura esquemática

5 Diseño de PCB manufacturables

6 Normas de diseño de circuitos impresos

7 Creación de componentes

Circuitos impresos

Printed Circuit Boards

Una estructura que:

- Soporte mecánico para los componentes
- Proporciona vías de conducción eléctrica entre los componentes electrónicos
 - Conecta los componentes electrónicos de forma significativa

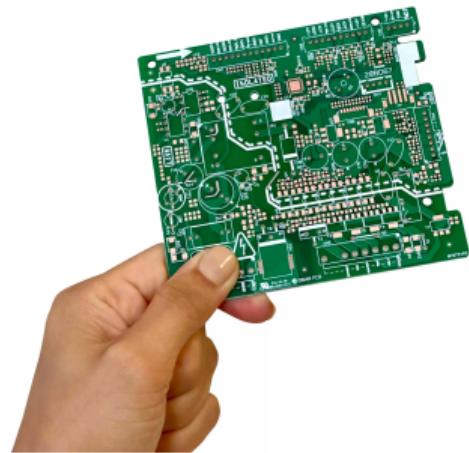
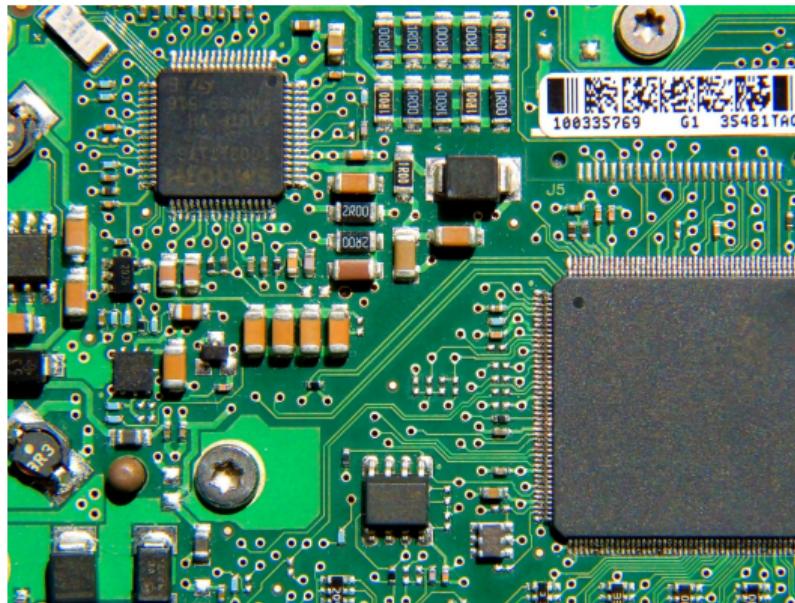


Figura 1: Placa de circuito impreso.

Printed Circuit Boards

La placa de circuito impreso con componentes electrónicos es un montaje de circuito impreso (PCA, printed circuit assembly)



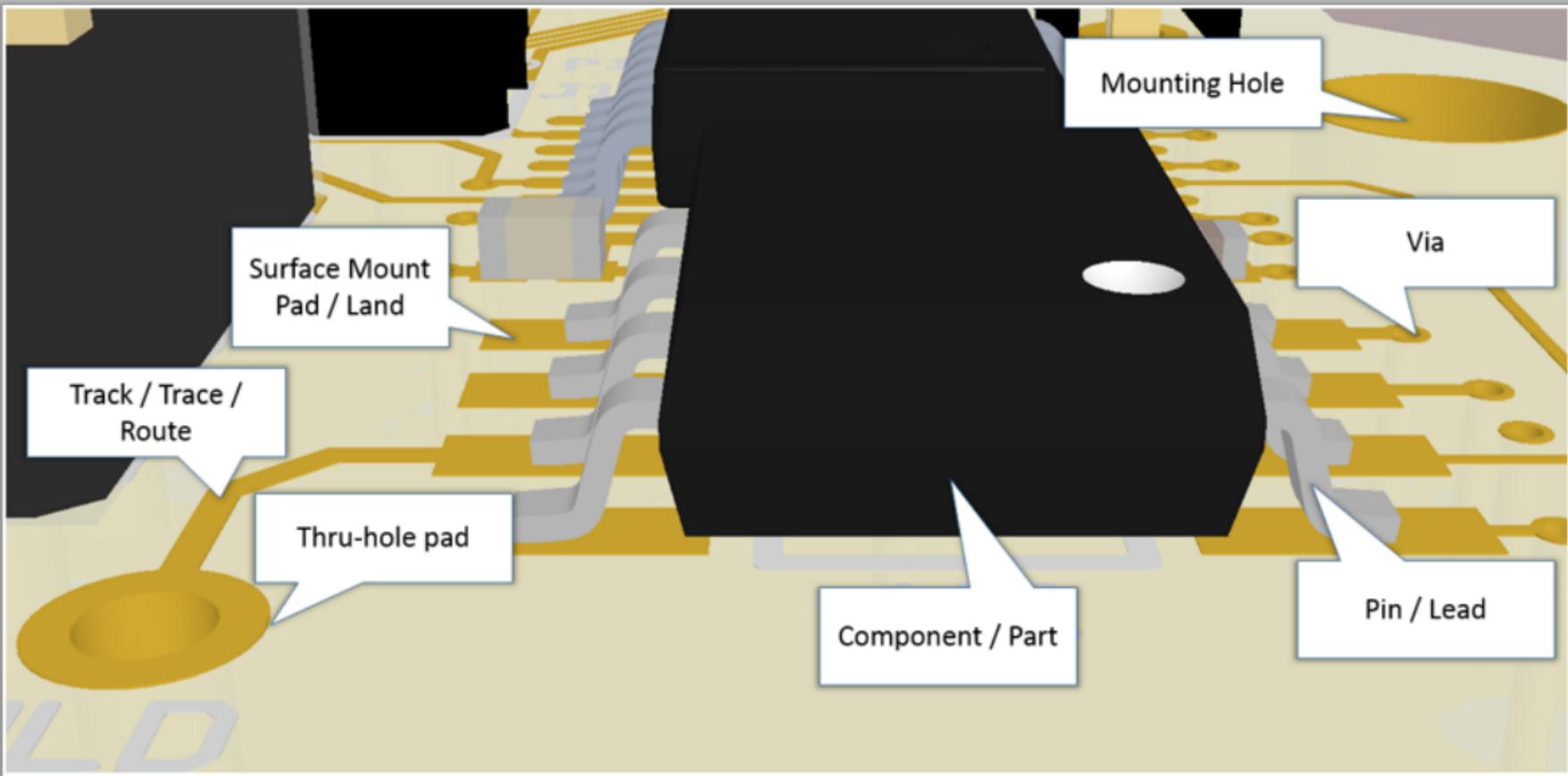
¿Por qué las PCB?

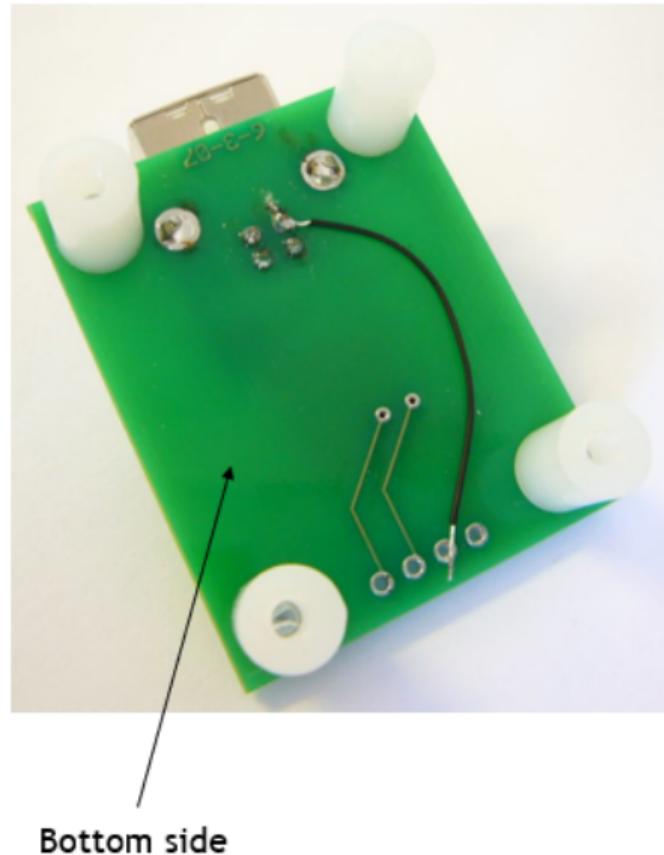
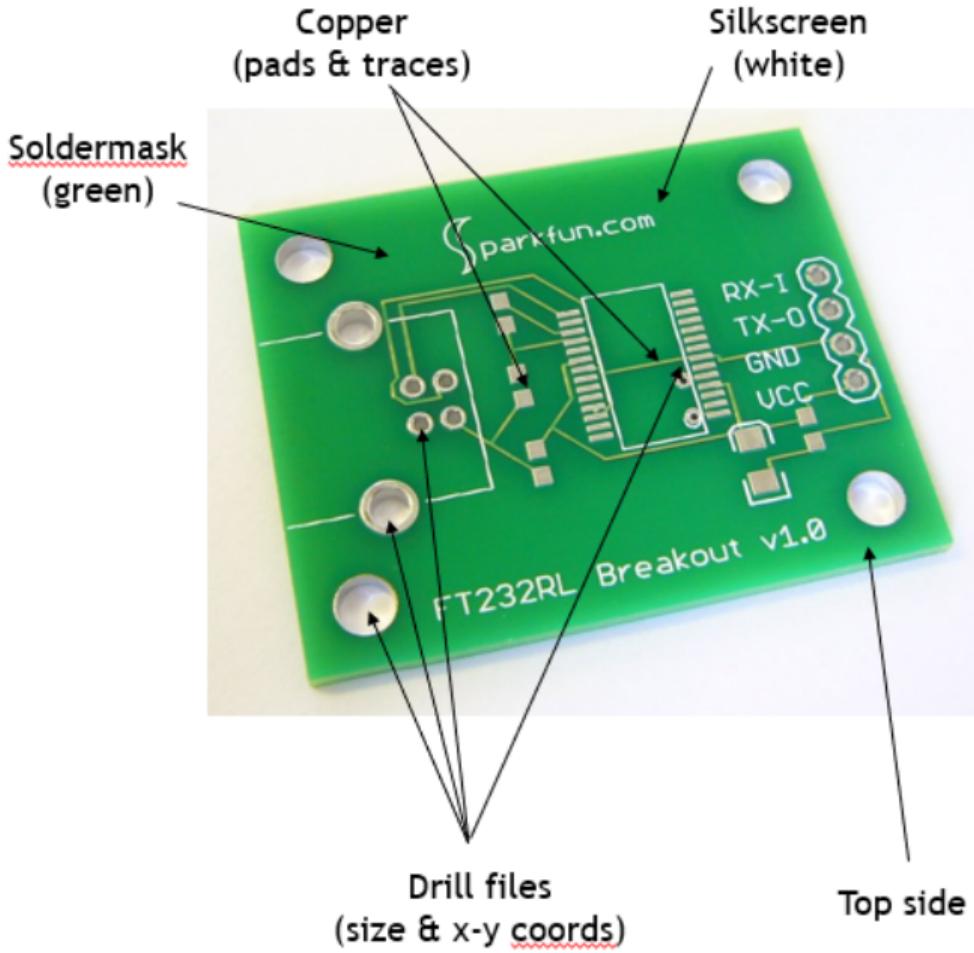
- Resistente, económica y puede ser muy fiable
- Más rápidas (gracias a la automatización) y consistentes en la producción de grandes volúmenes
- Profesional (aspecto más limpio)
- Una solución mecánica a un problema eléctrico

Terminología básica de la PCB

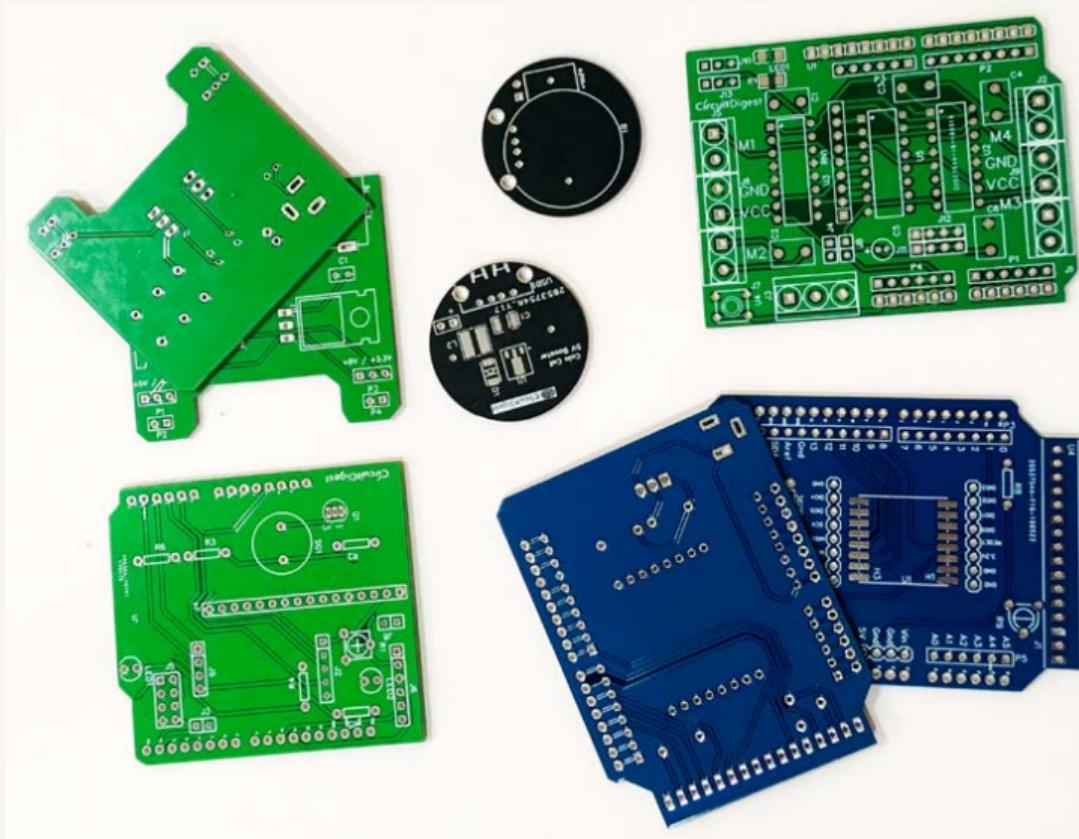
Terminología básica de la PCB

- **PCB** Printed Circuit Board (i.e., a “board”)
- **PWB** Printed Wiring Board (igual que PCB)
- **PCA** PCB Assembly, una placa de circuito impreso cargada de componentes
- **Fab** el proceso de creación del PCB
- **Load** el proceso de fijación de los componentes a la placa de circuito impreso





Tipos de PCB

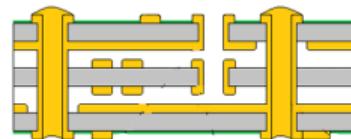




Single Sided PCB



Double Sided PCB



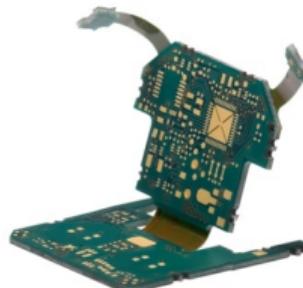
Multi-Layer PCB



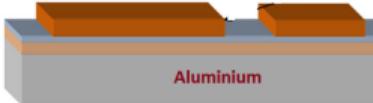
Rigid PCB



Flexible PCB

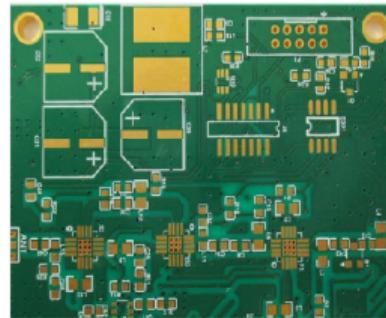


Rigid-Flex PCB



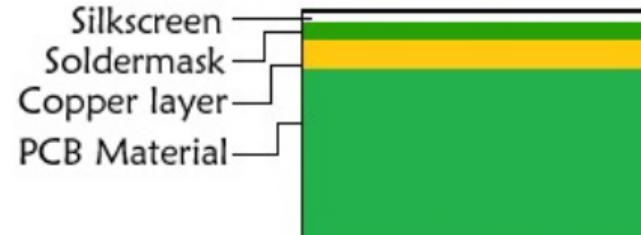
Aluminium

Aluminium Backed PCB

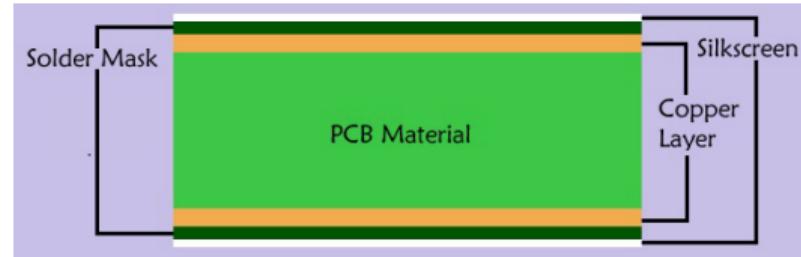


High Frequency PCB

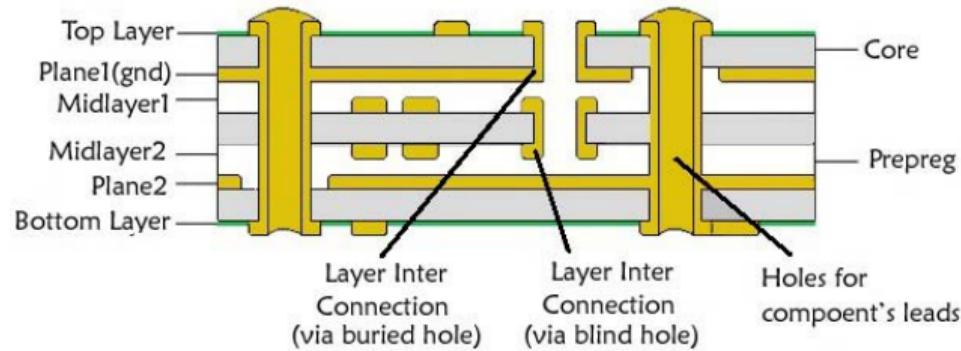
PCB de una capa



PCB de dos capas



PCB de múltiples capas

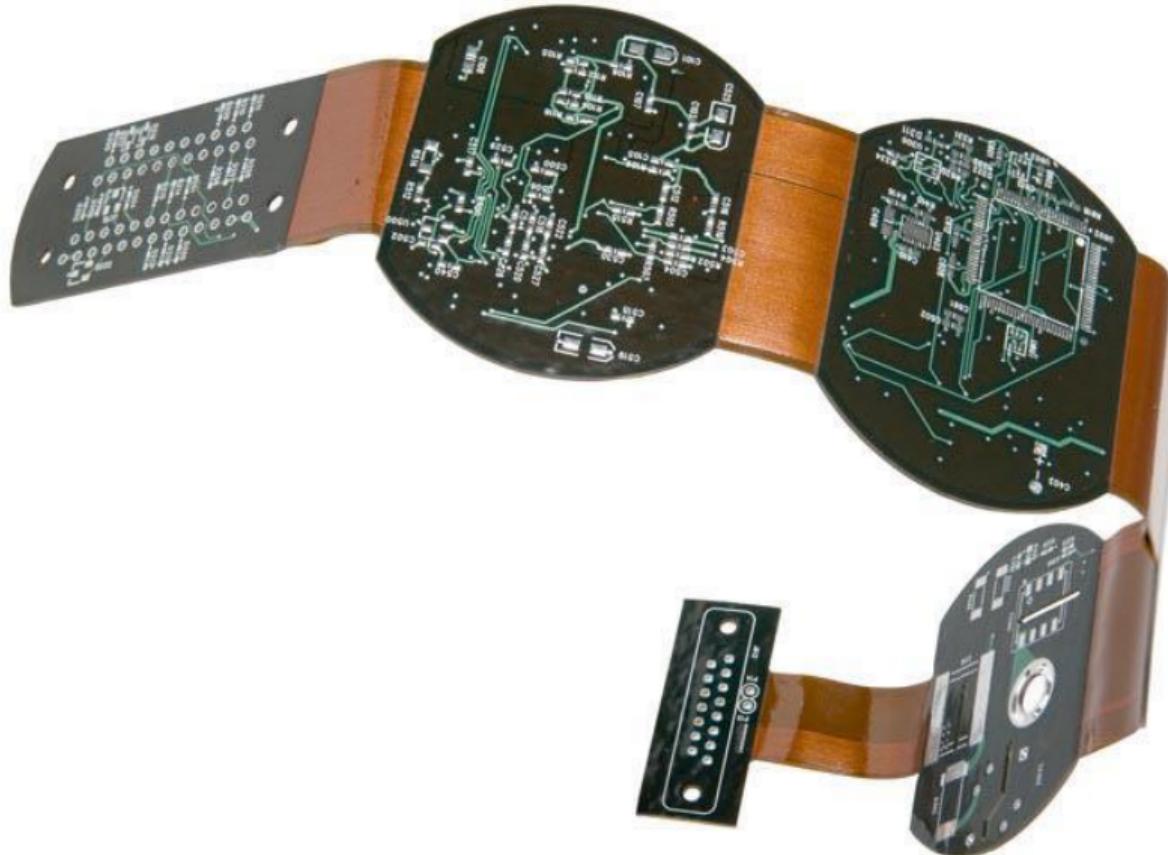


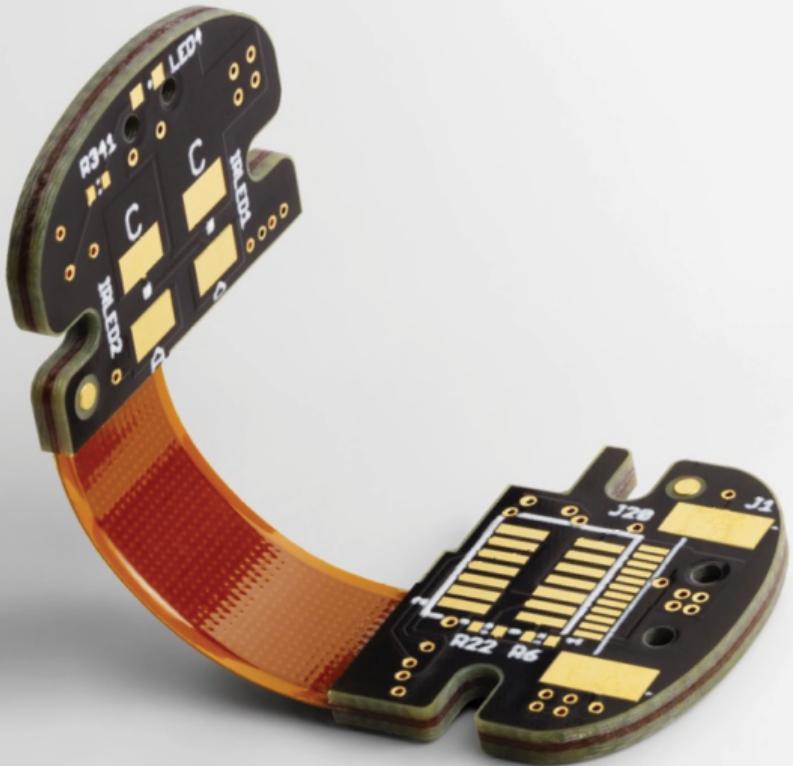
PCB rígida



PCB flexible

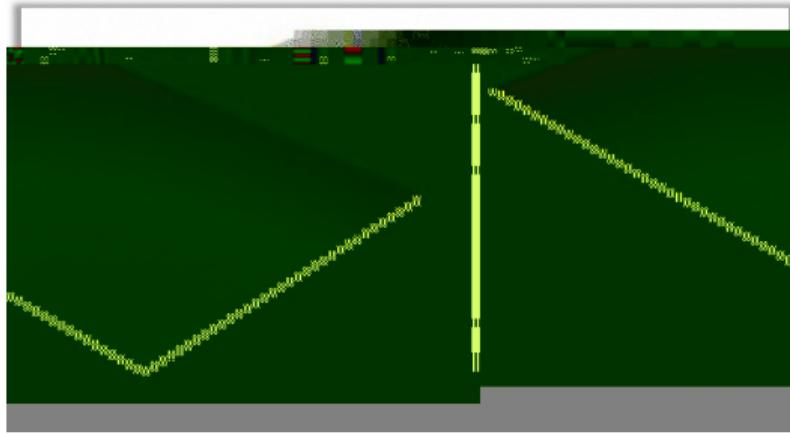


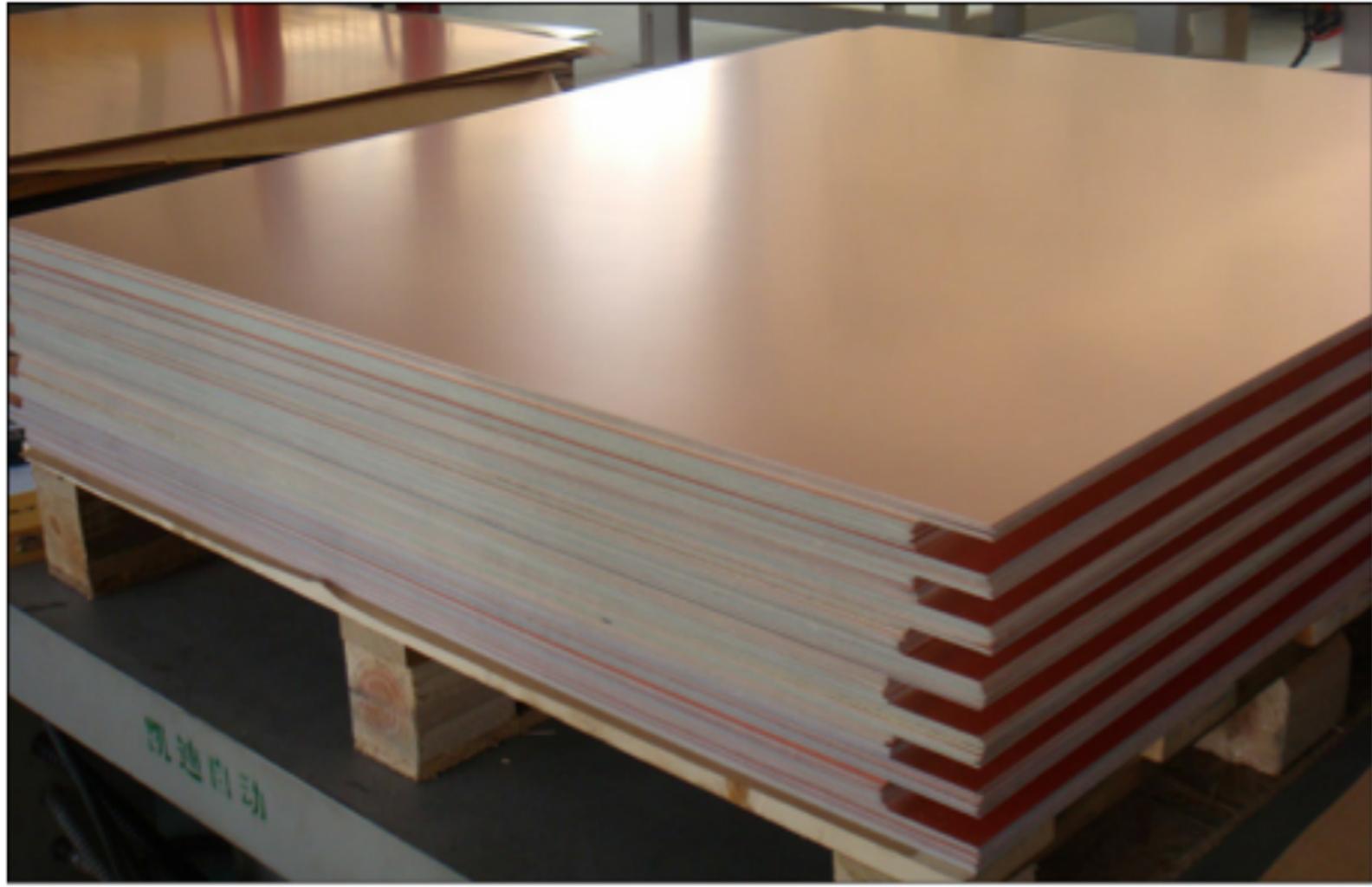




Partes de una PCB

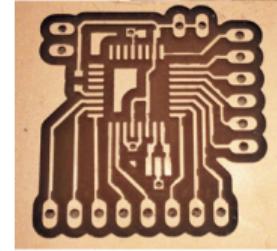
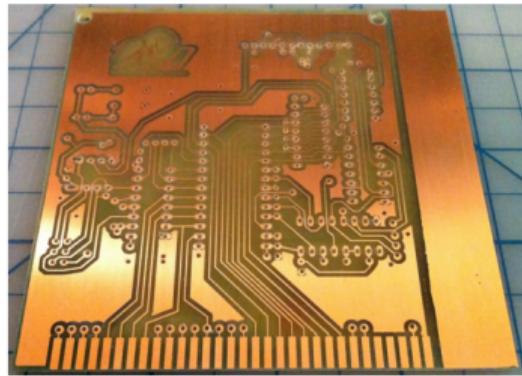
Panel de placa de circuito de cobre pre-clad





凯迪自动

Placas enrutadas



Componentes/partes

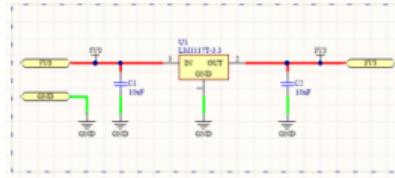
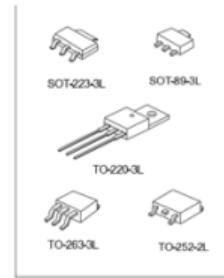
Componentes/partes

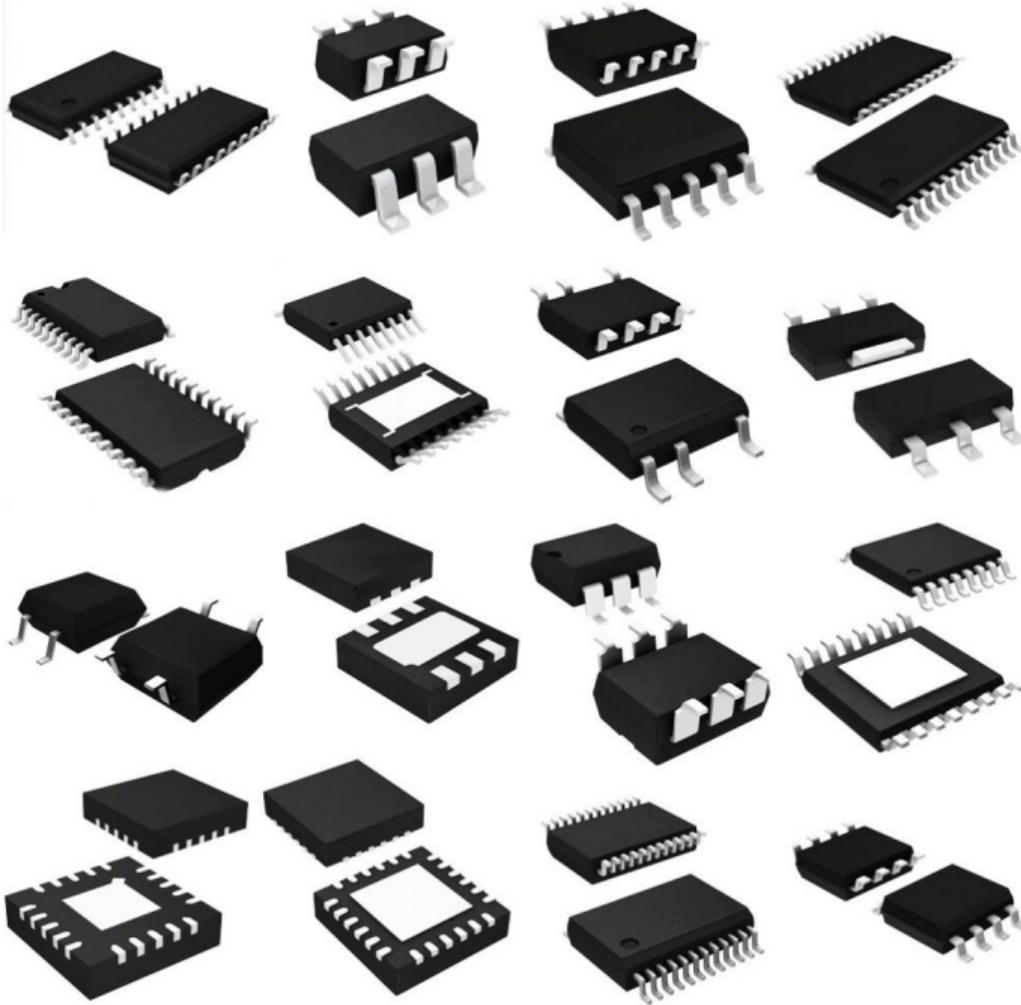
- Resistencias
- Condensadores
- Inductores
- Circuitos integrados: montaje superficial (SMT, SMD) o a través de orificios (THT, Through Hole)

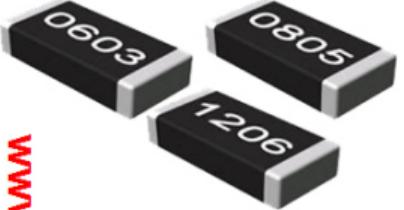
Componentes/partes

- Los componentes son los dispositivos reales utilizados en el circuito.
 - Esto incluye las conexiones de entrada/salida.
 - Los puertos de E/S, incluidas las conexiones de alimentación, también son importantes en el diseño de la placa de circuito impreso.

Linear Regulator ICs - 162		Other Regulators - 3		This is the public version of parts.io									
Select All	Search Part Number	Search Description	Search Manufacturer	Sort by: Price Part Number Description Manufacturer Package Type Pin Count Lead Free Qty									
109 results found												Use search to sort list	
Part Number	Manufacturer Part Number	Price	Stock	Description	Package Code	Pin Count	Lead Free	Regulation Type	Package Body				
LM317T-1#PBF	LM317T-1#PBF	\$1.4200	242	IC VREGS 2.25V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-2#PBF	LM317T-2#PBF	\$1.4900	343	IC VREGS 3.3V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-3#PBF	LM317T-3#PBF	\$0.7144	1,622	IC VREGS 1.25V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-3.3#PBF	LM317T-3.3#PBF	\$1.1700	1,201	IC VREGS 3.3V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-5#PBF	LM317T-5#PBF	\$1.1910	1,568	IC VREGS 5V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-3.125#PBF	LM317T-3.125#PBF	\$1.0340	3,714	IC VREGS 3.125V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-12.5#PBF	LM317T-12.5#PBF	\$0.0379	5,000	IC VREGS 1.25V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-1#PBF	LM317T-1#PBF	\$7.7700	21	IC VREGS 1.1V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-1#PBF	LM317T-1#PBF	\$1.0000	281	IC VREGS 1.25V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				
LM317T-0.0#PBF	LM317T-0.0#PBF	\$1.1750	10,742	IC VREGS 0.0V TO 37V 1A	LM317	8	Yes	RoHS	SOIC-8				



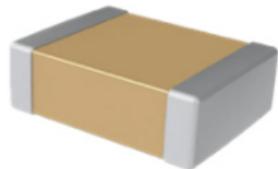




SMD Resistor



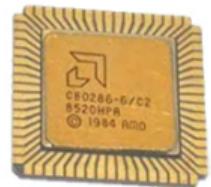
SMD Network Resistor



SMD Ceramic Capacitor



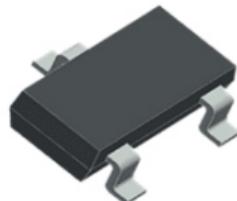
SMD Tantalum Capacitor



LCCC



CLCC



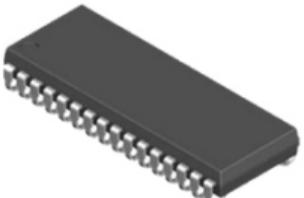
SOT



SOIC



PLCC



SOJ



QFT

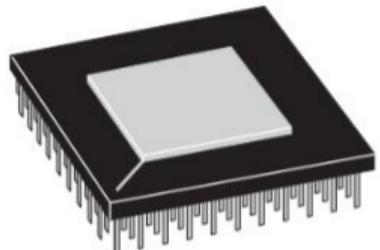


BGA

Packages

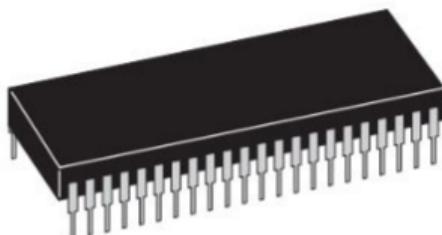
CPGA

Ceramic through-hole package



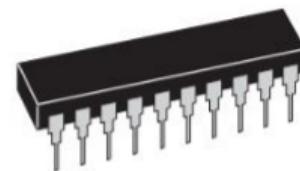
SDIP

Plastic through-hole package



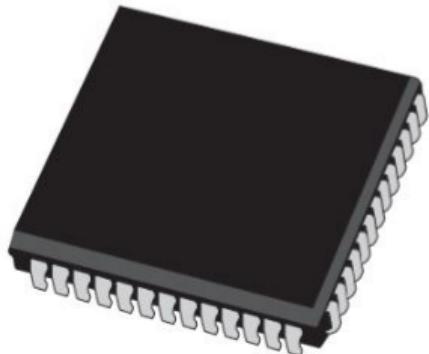
HDIP

Plastic through-hole package with higher heat dissipation rate



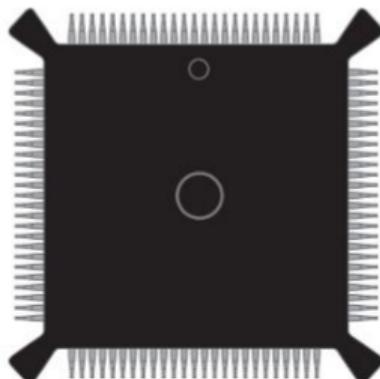
PLCC

Plastic leaded chip carrier



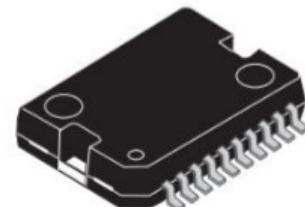
QFP

Quad flat package

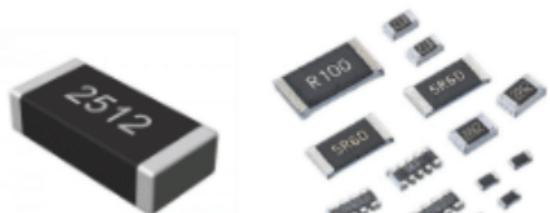


HSOP

Plastic dual-construction surface mount package with higher heat dissipation rate



Resistor



Capacitor



IC Types



Transistors



	Metric	Imperial
0402	-	01005
0603	-	0201
1005	-	0402
1608	-	0603
2012	-	0805
2520	■	1008
3216	■	1206
3225	■	1210
4516	■	1806
4532	■	1812
5025	■	2010
6332	■	2512

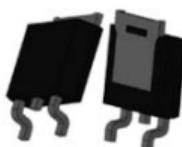
IC Package - Surface Mount



SOT23



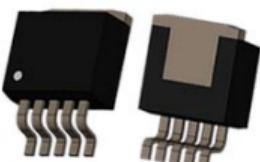
SOT223



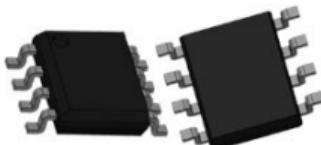
TO252



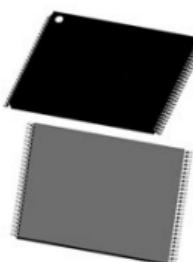
TO263



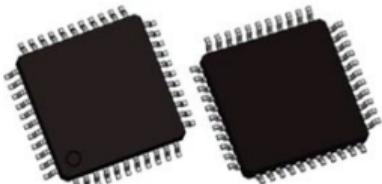
DDPAK



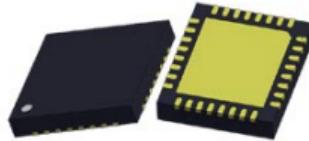
SOP



TSOP



TQFP



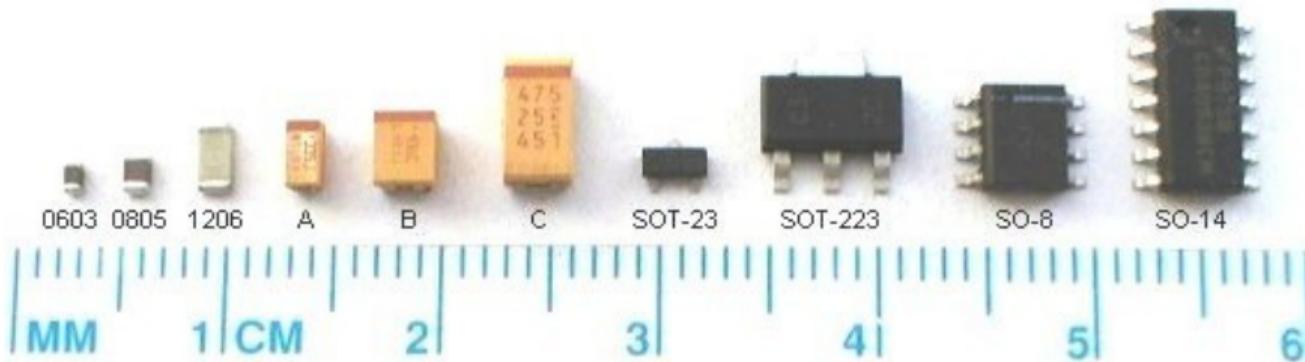
QFN



BGA

SURFACE MOUNT PACKAGE SIZES

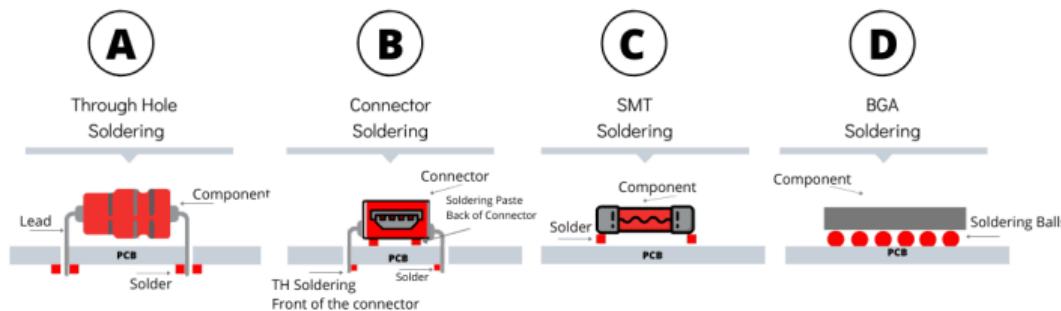
Package type	Size in inches	Size in mm
0201	0.024" × 0.012"	0.6 mm × 0.3 mm
0402	0.04" × 0.02"	1.0 mm × 0.5 mm
0603	0.063" × 0.031"	1.6 mm × 0.8 mm
0805	0.08" × 0.05"	2.0 mm × 1.25 mm
1206	0.126" × 0.063"	3.2 mm × 1.6 mm
1210	0.12" × 0.10"	3.2 mm × 2.6 mm
2020	0.20" × 0.20"	5.08 mm × 5.08 mm
2512	0.25" × 0.12"	6.35 mm × 3.0 mm



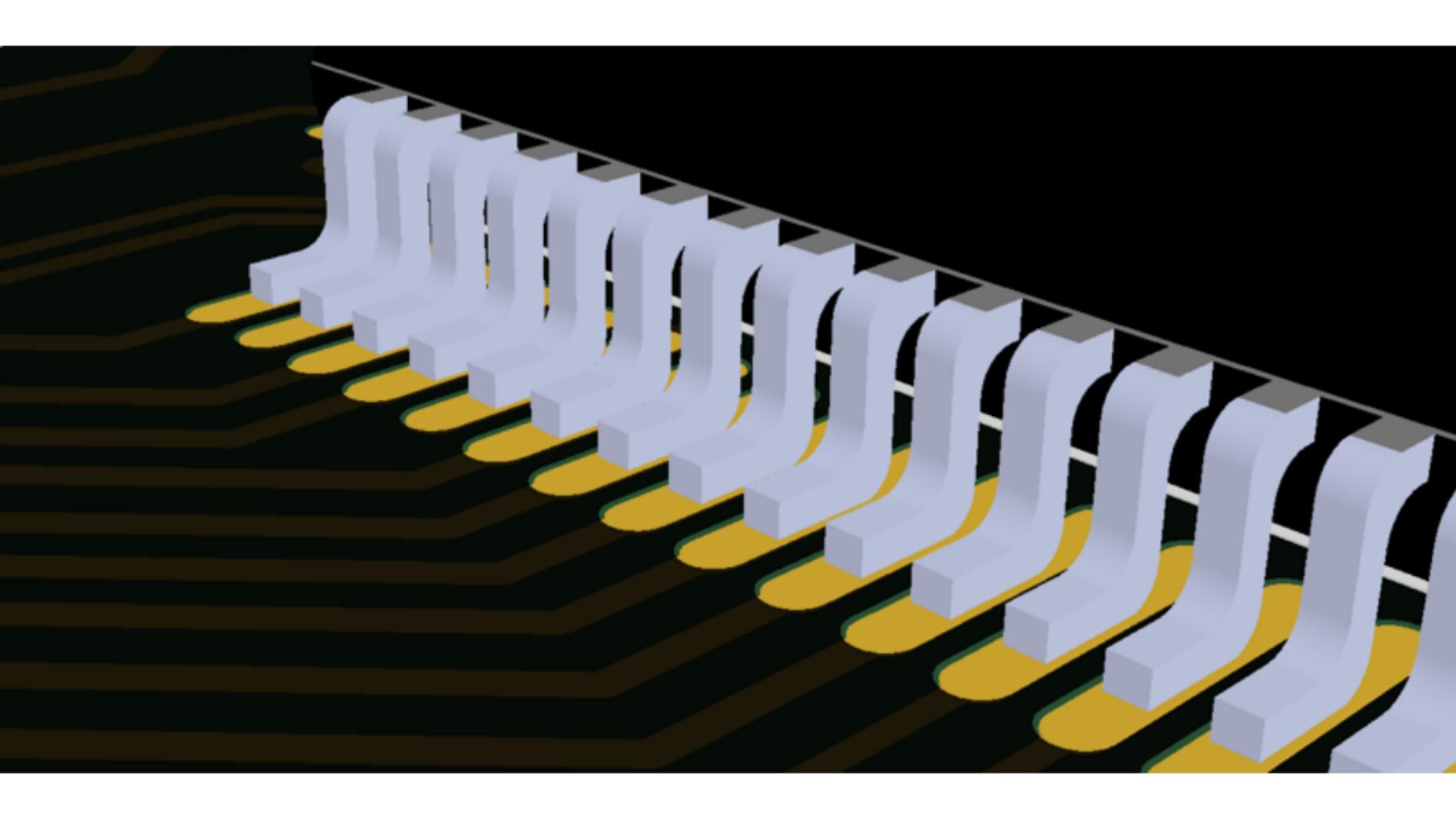
SMD vs SMT vs THT

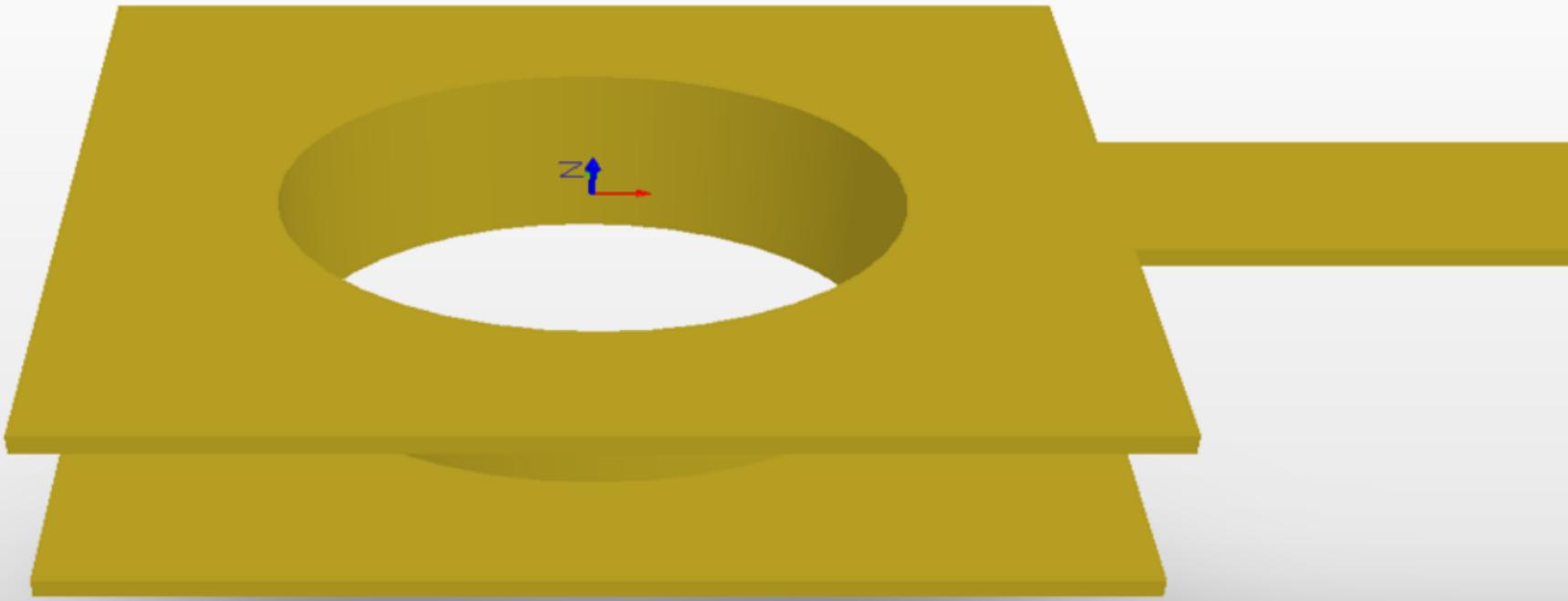
- **PTH** – Plated Thru Hole
- **TH** – Thru Hole
- **SMT / SMD** – Surface Mount Technology / Device

TITOMA
Design For Asian Manufacturing

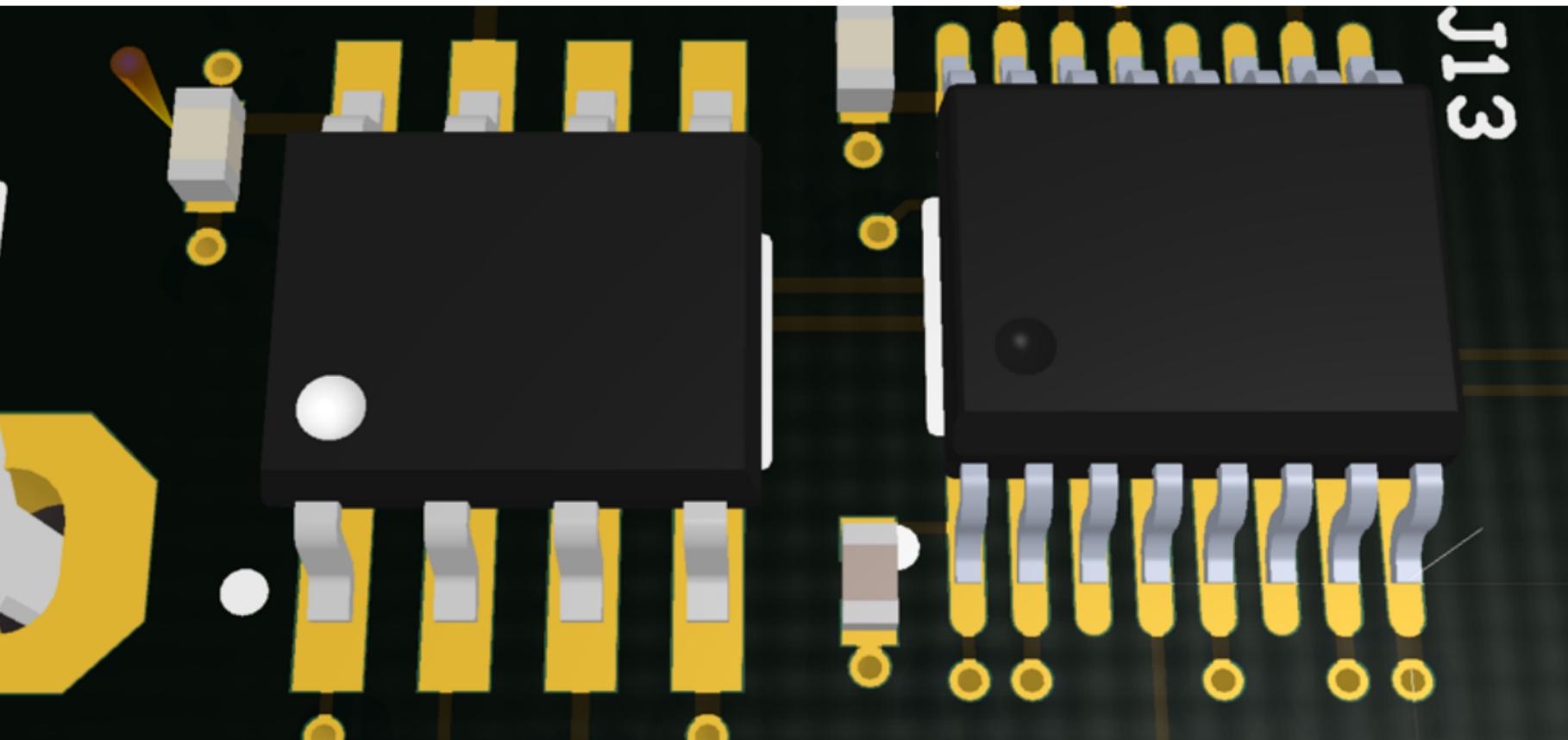


TITOMA
Design For Asian Manufacturing



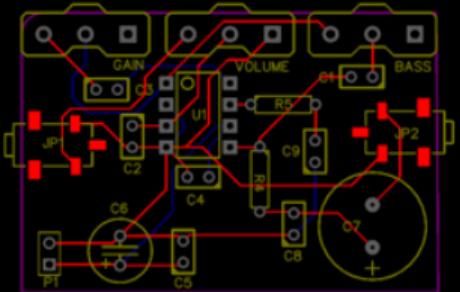


J13

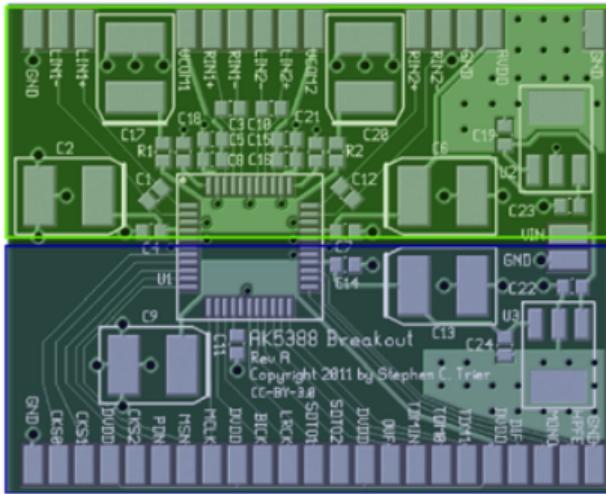
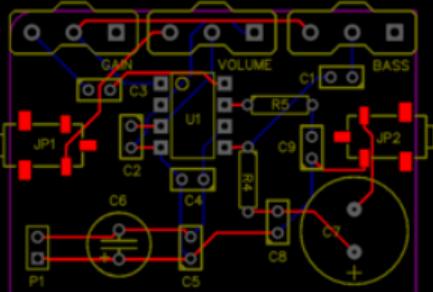


**Capas: Señales, enrutamiento,
apilamiento**

Manual Routing



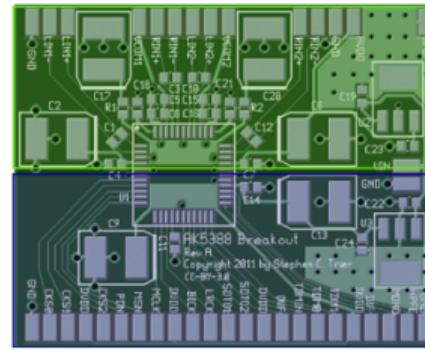
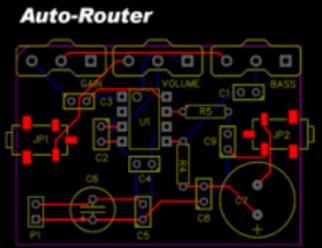
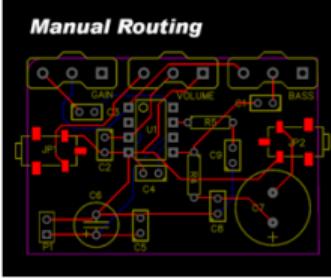
Auto-Router



Analog

Digital

Ruteo



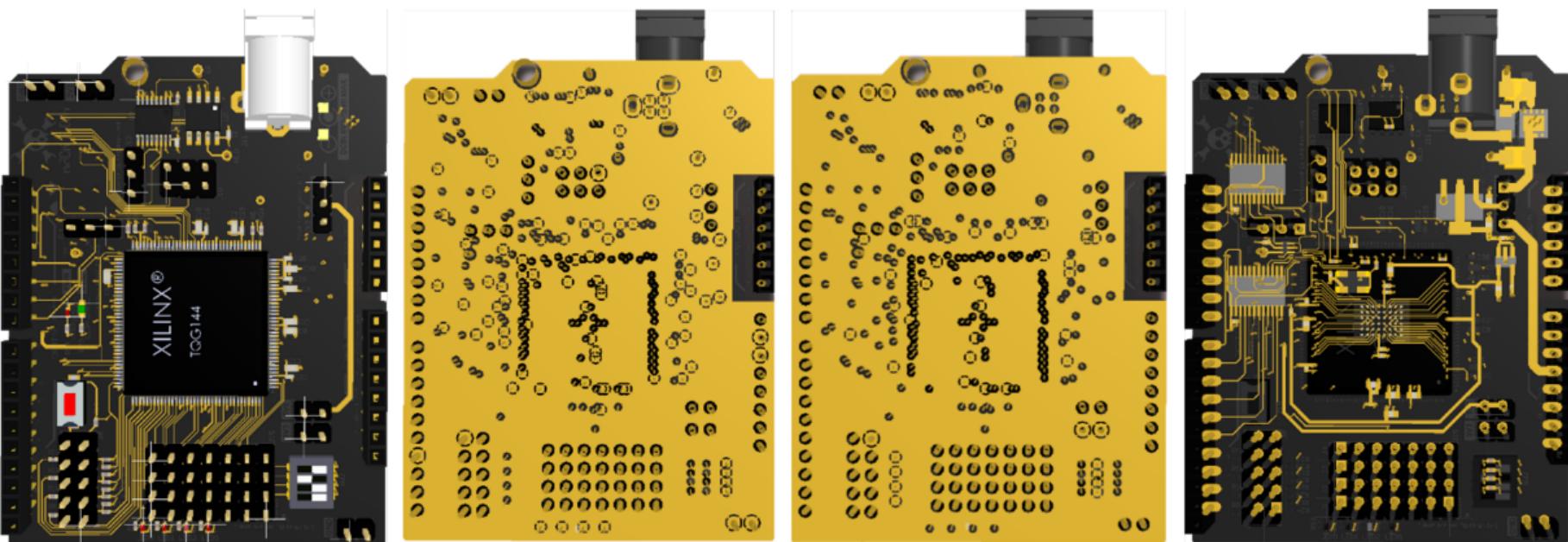
Analog

Digital

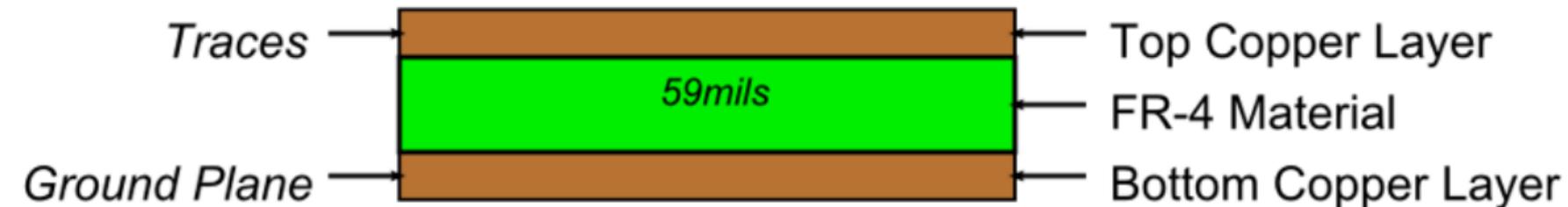
Núcleos, pilas comunes, PCB multicapa

PCBs multicapas

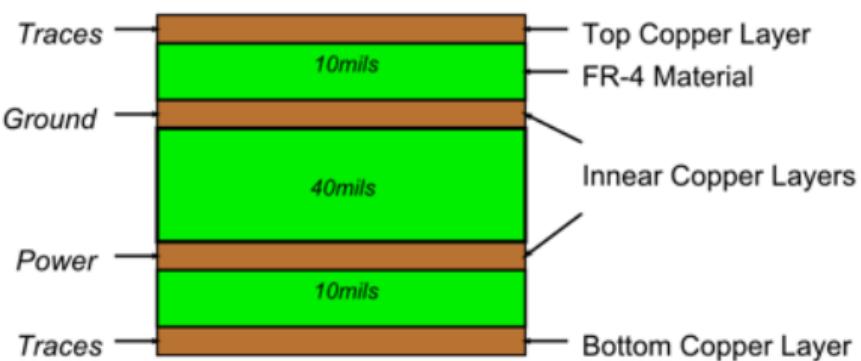
- Más que una capa superior e inferior.
- Lo normal es que haya un plano de potencia, un plano de tierra, una capa superior y una capa inferior.
- A veces se añaden capas de señal según sea necesario.
- A veces se añaden planos de RF fabricados con materiales más caros.



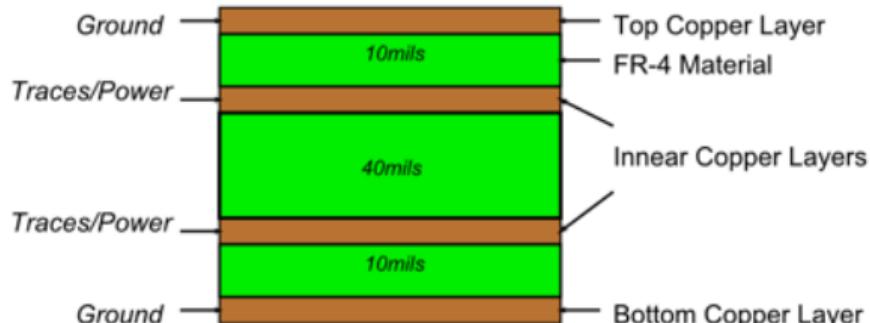
Two Layer Stackup



Four Layer Stackup



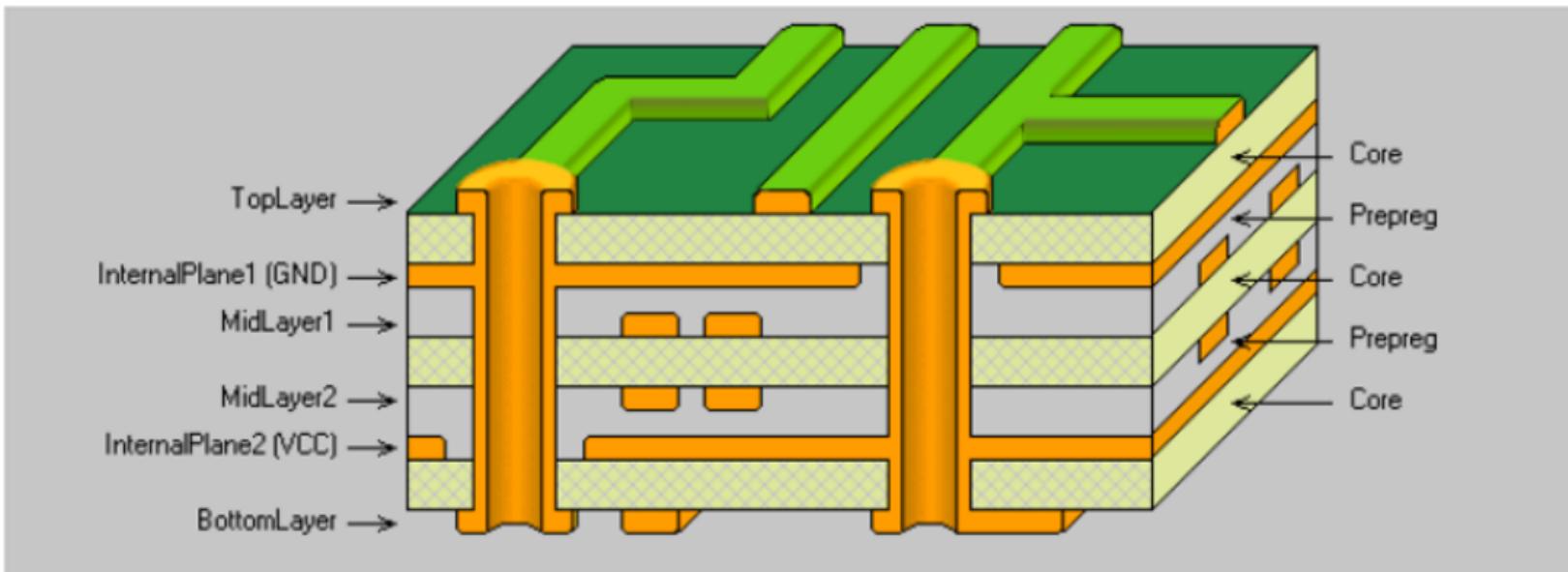
Alternative Four Layer Stackup





*More common

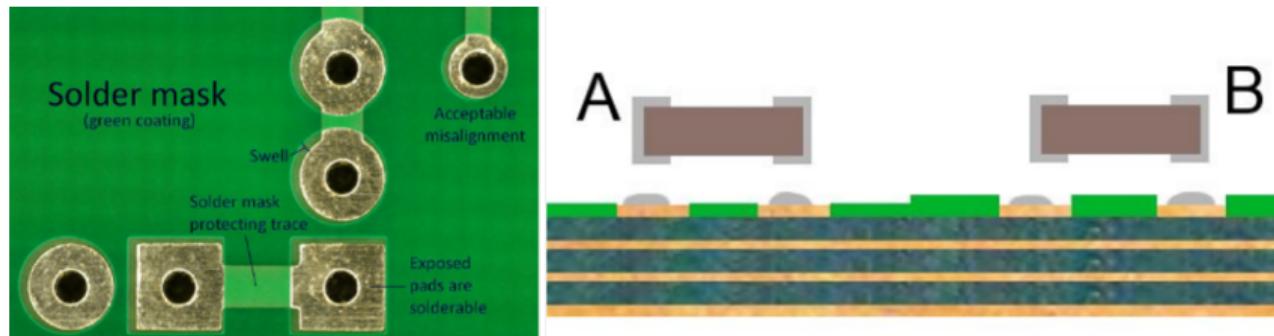
Multi layer Design



Typical 6 Layer PCB Construction

**Máscara de soldadura / Resistencia de
soldadura**

Mascara de soldadura

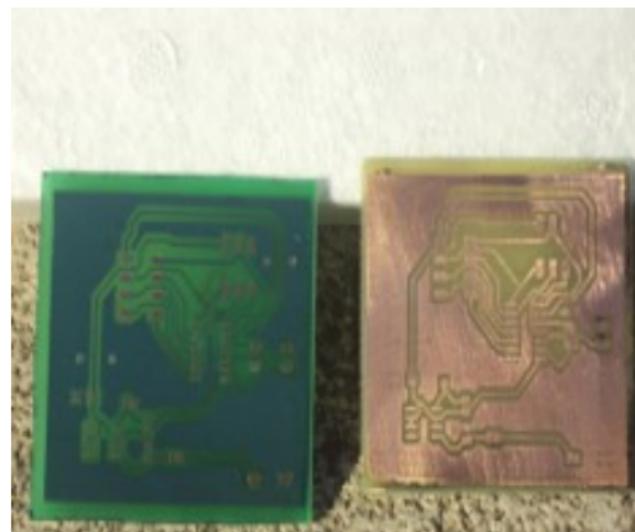


PCB: máscara de soldadura

- La máscara de soldadura es una capa aislante protectora que pasa por los lados externos de la PCB.
 - NOTA: este es típicamente el material verde que se ve en los tableros.
- El cobre es muy susceptible a la oxidación por lo que si el patrón va a estar expuesto al aire ambiente, necesitan recibir una capa adicional para protegerse contra la oxidación.
 - Oxidación es la reacción del oxígeno con el cobre. Durante este proceso, el cobre se consume realmente. Así que una fina capa de cobre en realidad puede ser completamente oxidada en un aislante.
- La máscara de soldadura es una capa de polímero que se puede aplicar usando un filtro de seda o un aerosol.
- La máscara de soldadura cubre todos los circuitos conductores de la placa, con la excepción de las almohadillas a las que se conectarán los componentes.

PCB: máscara de soldadura

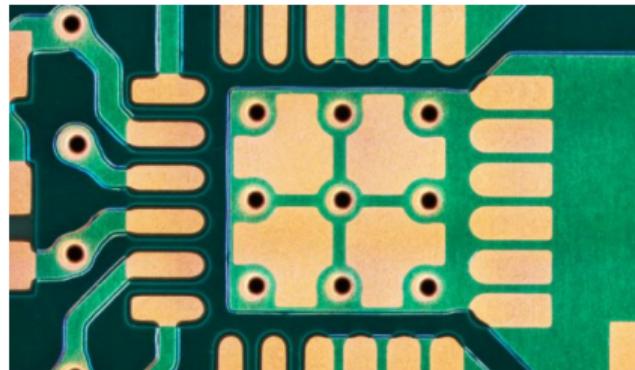
- Proteja las trazas de cobre en las capas exteriores de la corrosión
- Las áreas que no deben ser soldadas pueden estar cubiertas con un revestimiento de máscara de soldadura resistente a polímeros
- Diseñado para mantener la soldadura solo en ciertas áreas
- Evita la unión de la forma de soldadura entre conductores y, por lo tanto, crea cortocircuitos (es decir, oculta trazas de soldadura. Ej.)



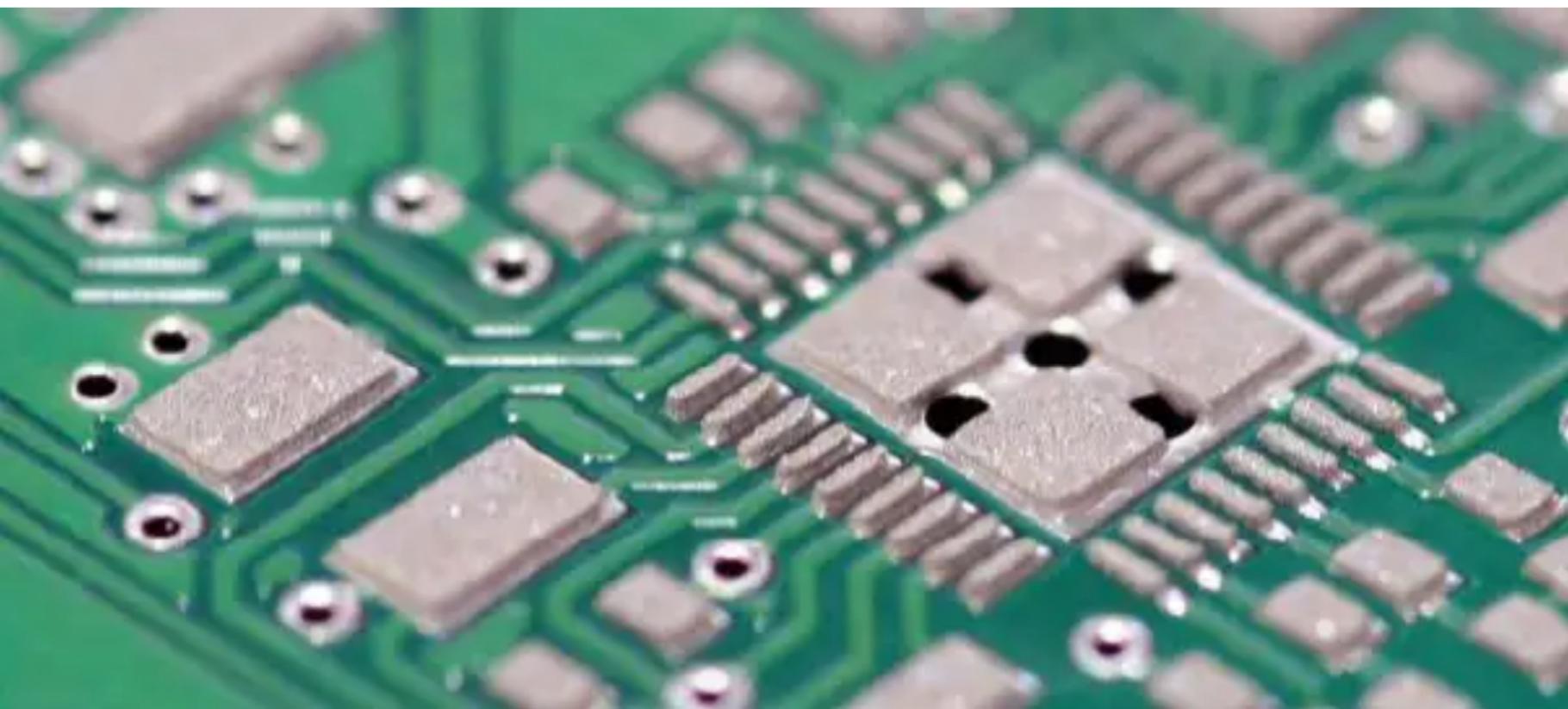
PCB: pads

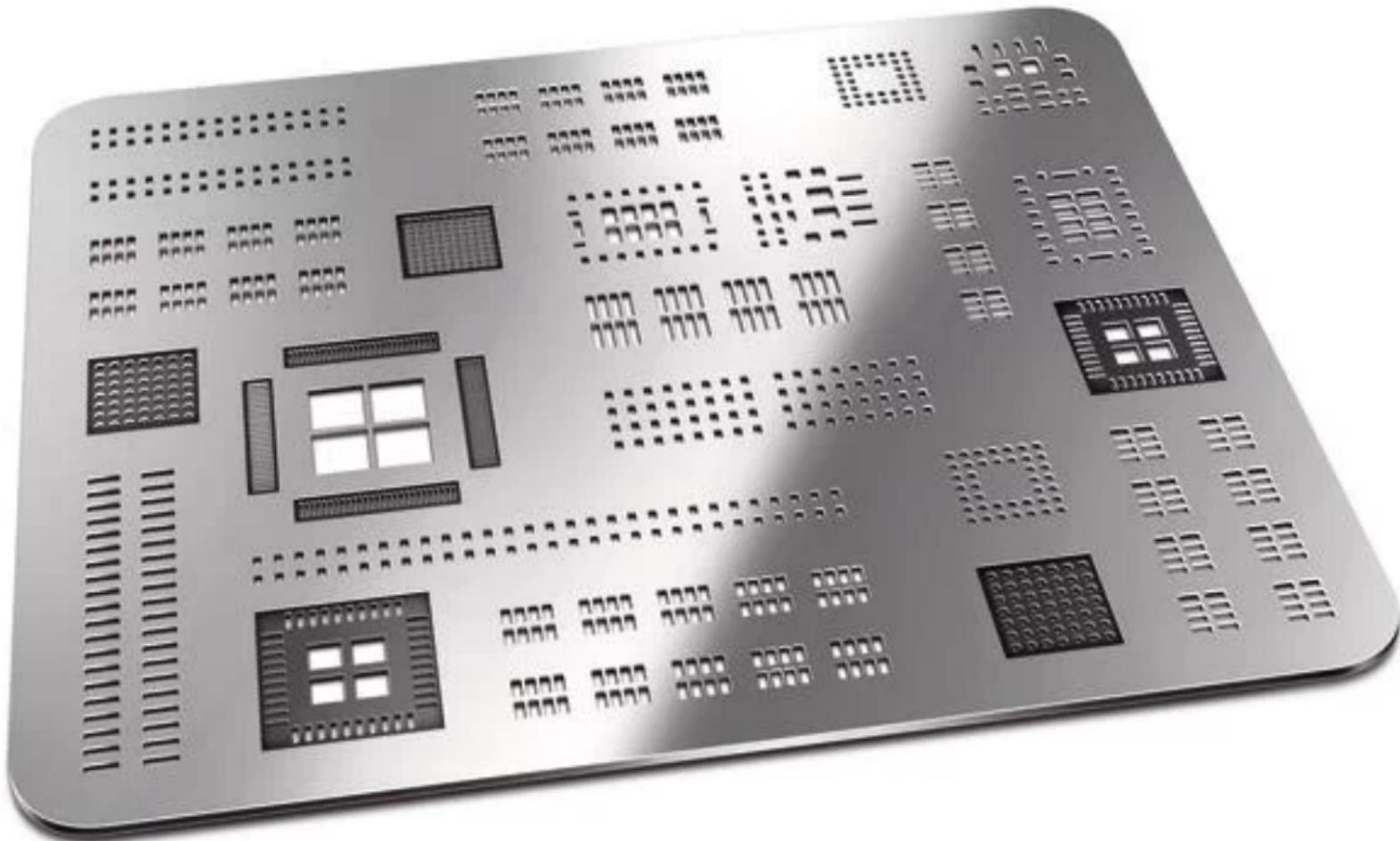
NOTA: La palabra "pad"tiene un significado especial en los PCB. Indica que una forma de metal:

- Se utilizará para conectarse a un componente
- No será cubierta por la máscara de soldadura
- Recibirá un acabado superficial (siguiente paso)
- Recibirá una capa de pasta de soldadura antes de la carga del componente (más tarde)



Pasta de soldar y máscara de pasta

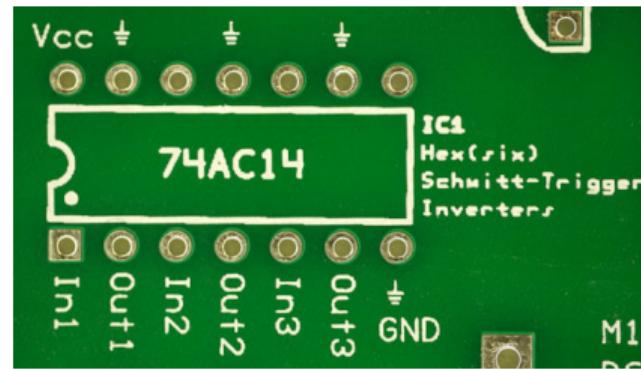


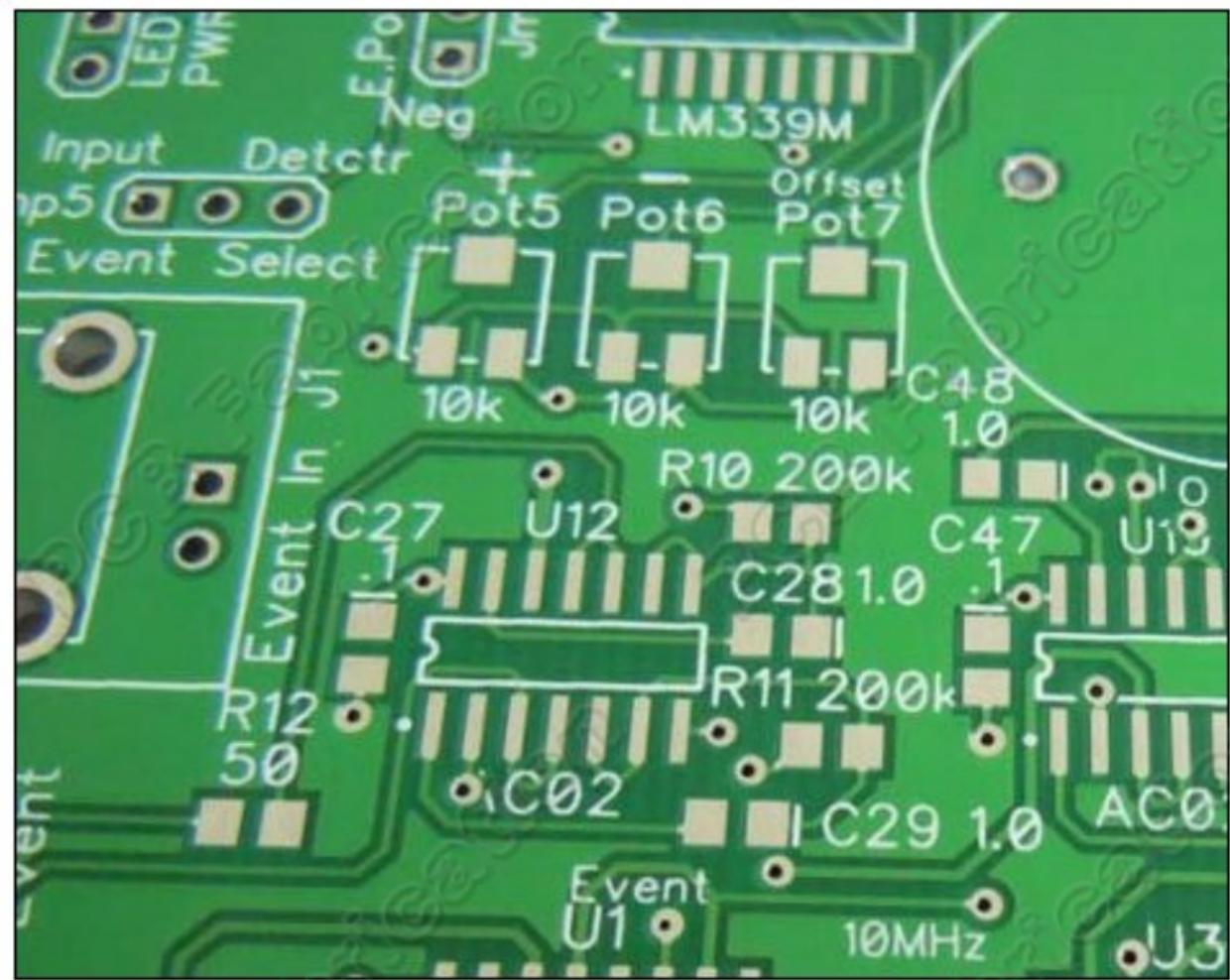


Silkscreen: serigrafía

Silkscreen: serigrafía

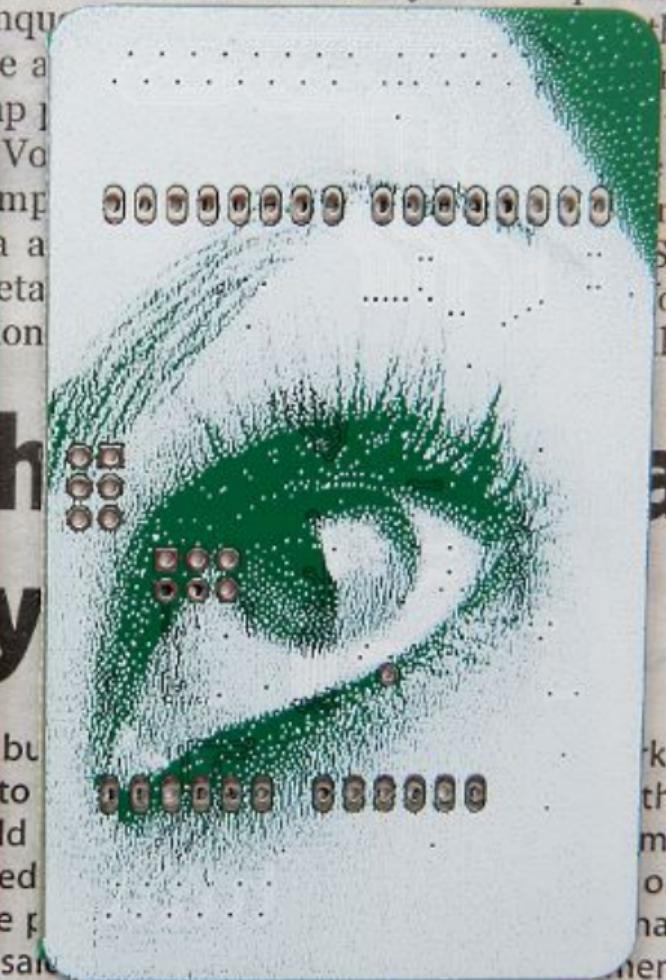
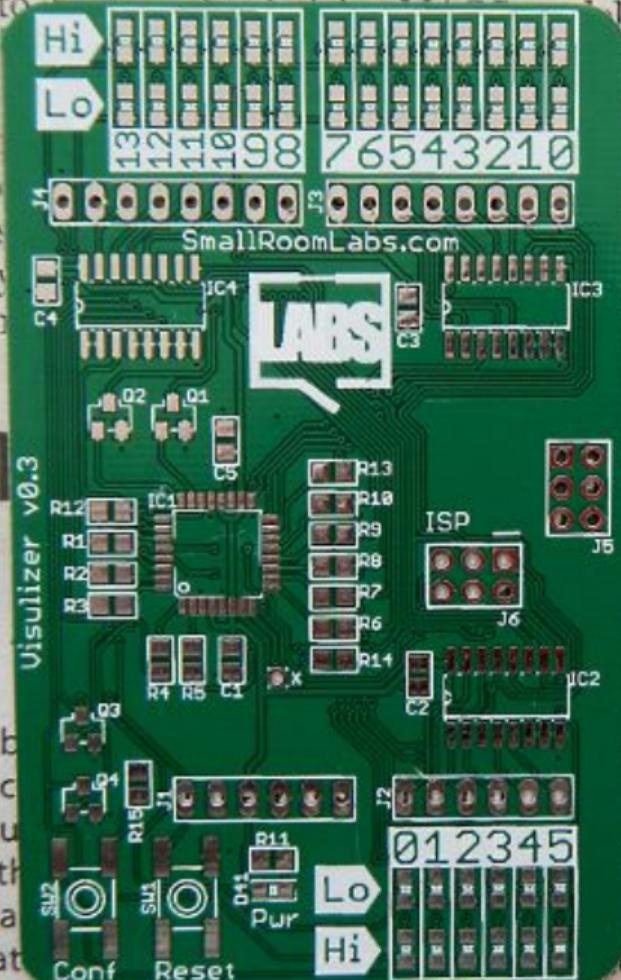
- Designadores: las notaciones son recomendadas
- Impresión en la máscara de soldadura para designar ubicaciones de componentes
- Información legible sobre los números de parte de los componentes y su ubicación.
- Útil en el montaje, prueba y mantenimiento de la placa de circuito.

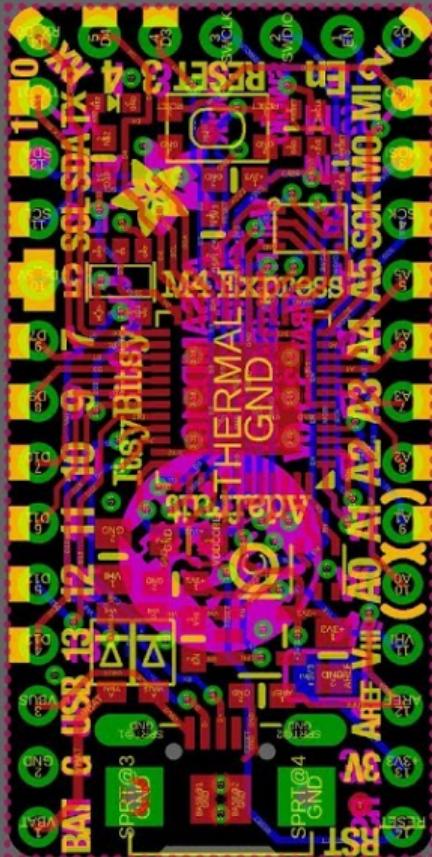


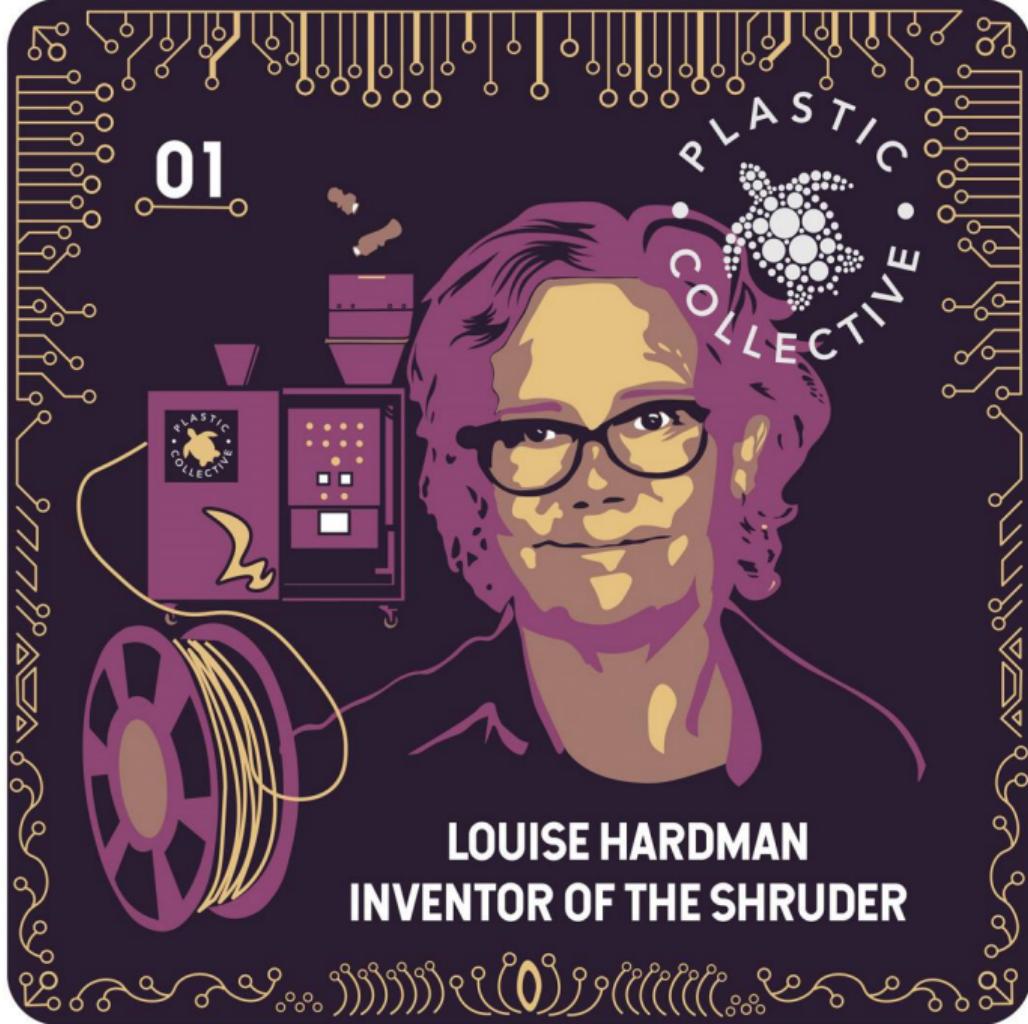


Silkscreen: serigrafía

- La serigrafía es el proceso de agregar documentación a la tarjeta.
- El término silkscreen se refiere al proceso de transferencia de un patrón utilizando una plantilla especial (stencil).
- El stencil es una hoja de material que tiene aberturas físicas en ella que representan el patrón a transferir.
- En una plantilla de serigrafía, las aberturas son típicamente un conjunto de pequeños puntos (es decir, una pantalla)
- El stencil se coloca en la parte superior de la placa y luego se aplica un material de documentación a toda la placa con un rodillo y pala o aerosol.
- Cuando se retira el stencil, el material de documentación permanece en el patrón de las aberturas en la plantilla.
- La tarjeta se hornea para endurecer el material de documentación.





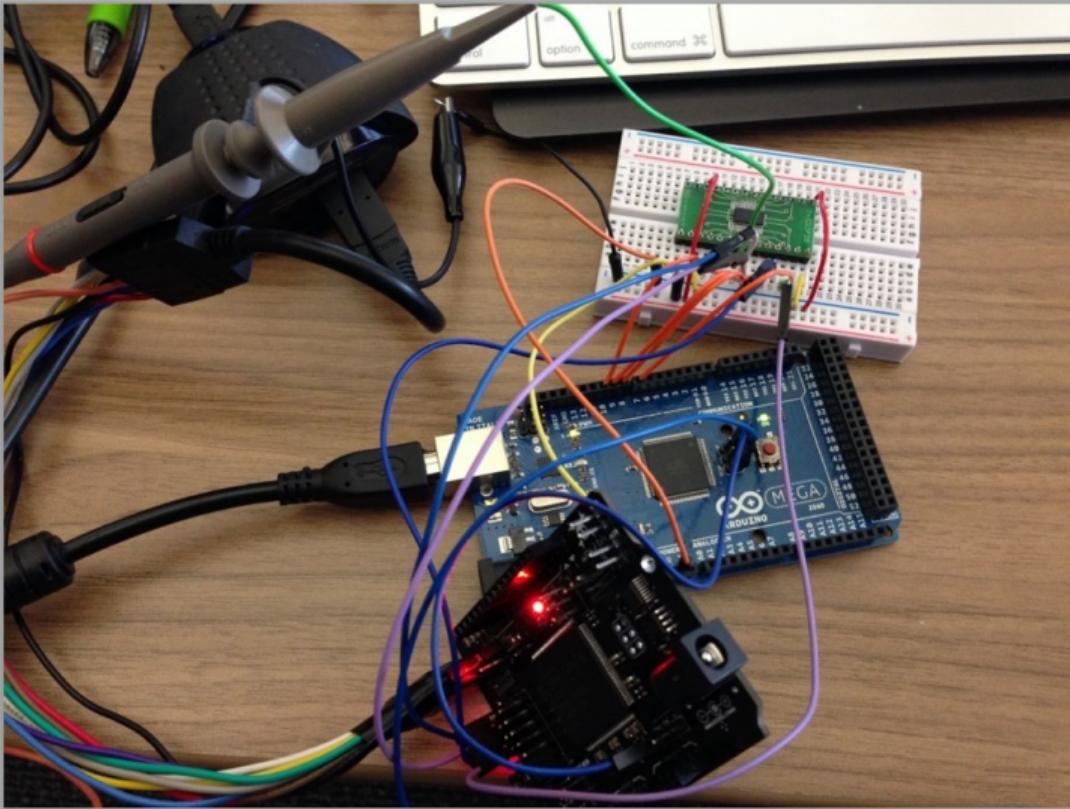


LOUISE HARDMAN
INVENTOR OF THE SHRUDER

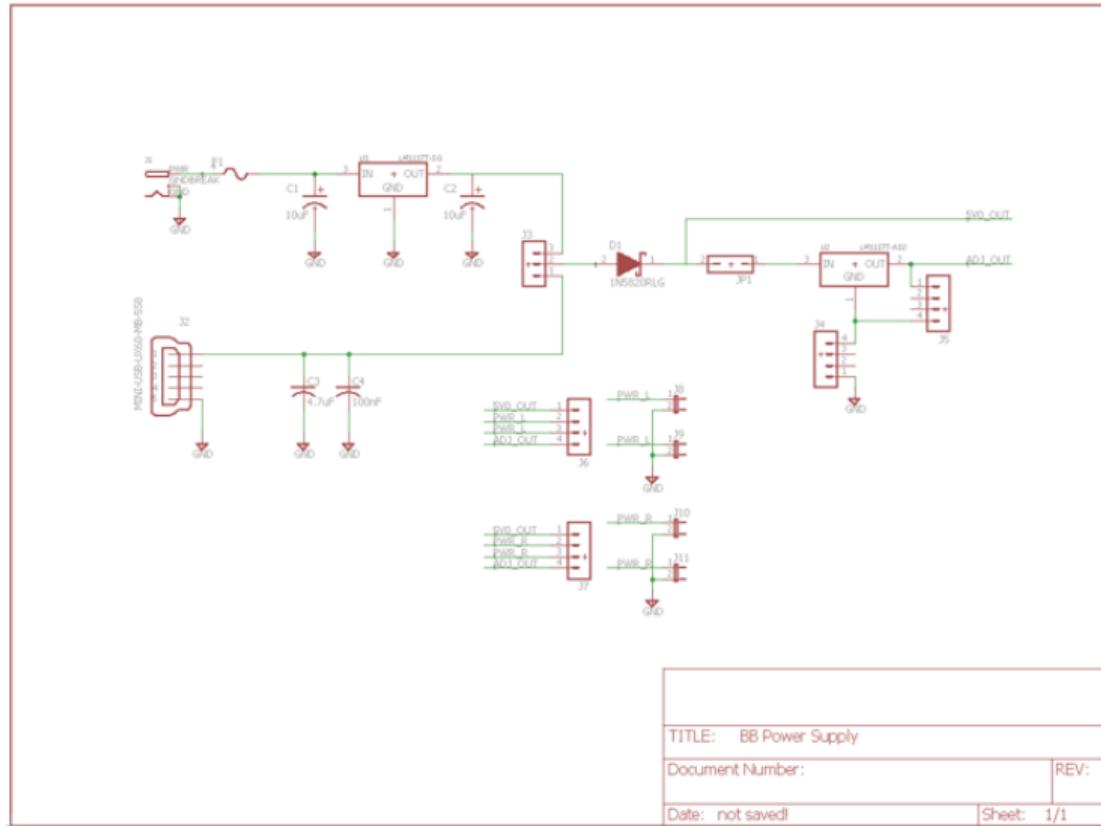
- Immersion Gold
- FR4 Fibreglass base
- Immersion Gold under soldermask
- Soldermask
- Silkscreen

Flujo de diseño de circuitos impresos

Donde todo comienza...



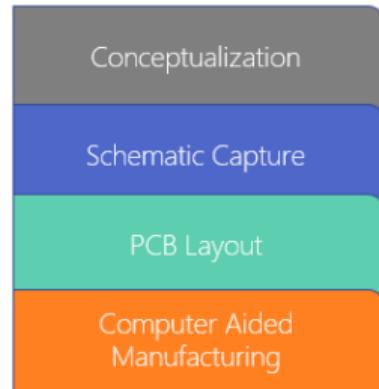
Diseño lógico (Flujo) - SCH



Diseño físico



El flujo de trabajo del diseño de circuitos



Protoboard

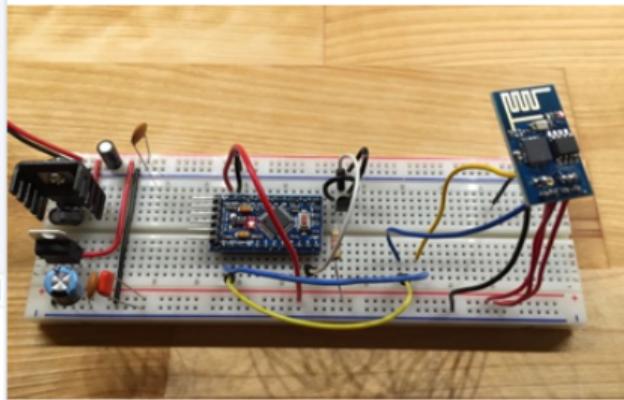
Video : The Capacitor 2 Basic Filtering B

All changes saved

Code Editor Components Stop Simulation

1 [Arduino uno] Upload & Run Libraries Download Code Serial Monitor

```
1 // Frequency, Period, and Duty Cycle
2 //
3 // Arduino sets pin 13 high/low based on user input via two potentiometers
4 // Pin 13 connects to pin 13 and ground displays waveform
5 // Circuit simulation available here:
6 // http://123d.circuits.io
7 //
8 int periodPin = 2; // set input pin for the LEPT potentiometer (duty cycle)
9 int dutyCyclePin = 3; // set input pin for the LAD potentiometer (period)
10 int ledPin = 13; // pin for the LED and potentiometers
11 long int period = 10; // variable to store the value coming from the LEPT potentiometer
12 float frequency; // frequency = how many full periods per second (or per 1000 milliseconds)
13
14 long int duty = 12;
15 long int high_time, low_time;
16
```



Planeación

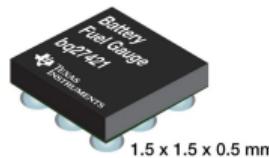
Brainstorming: lluvia de ideas

- **Objetivo:** generar tantas ideas como sea posible!
- Utilice las *necesidades* como guía aproximada
- No (todavía) estar limitado por restricciones o requisitos formales
- Idealmente, una lluvia de ideas en un grupo para que surja la diversidad de perspectivas



Ejemplo de lluvia de ideas: medición de energía en redes de sensores

- **Necesidad:** medir la energía consumida por un nodo.
- Lluvia de ideas
- Conceptos de diseño resultantes:
 - Batería de un solo chip *fuel gauge*
 - Resistive Current Sensing:
 - Resistencia de detección de lado alto + procesamiento de señal
 - Resistencia de detección de lado bajo + procesamiento de señal
 - Regulador de conmutación modulado por frecuencia de pulso

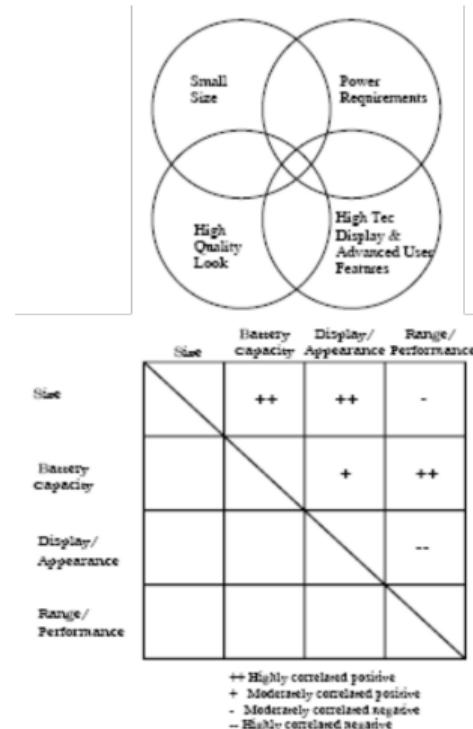


Los requisitos y las limitaciones a satisfacer

■ Clasificación de los requisitos:

- Funcionalidad
- Desempeño
- Usabilidad
- Fiabilidad
- Capacidad de mantenimiento
- Costos

■ Los requisitos pueden estar en desacuerdo



Los requerimientos y las limitaciones a satisfacer

- **Objetivo:** identificar a los mejores candidatos para llevar adelante
- Usar requisitos y restricciones como métrica
- Obtener la participación de las partes interesadas en las decisiones

Los requisitos y las limitaciones a satisfacer

Considerar también:

- Tiempo de salida al mercado
- Factores económicos
 - Costes de ingeniería no recurrente (NRE)
 - Unit cost
- Familiaridad
- Opciones de segunda fuente

Los requisitos y las limitaciones a satisfacer

Si ninguno de los candidatos pasa, dos opciones:

- Volver a la lluvia de ideas
- Ajuste los requisitos (aunque es difícil cambiar las necesidades)

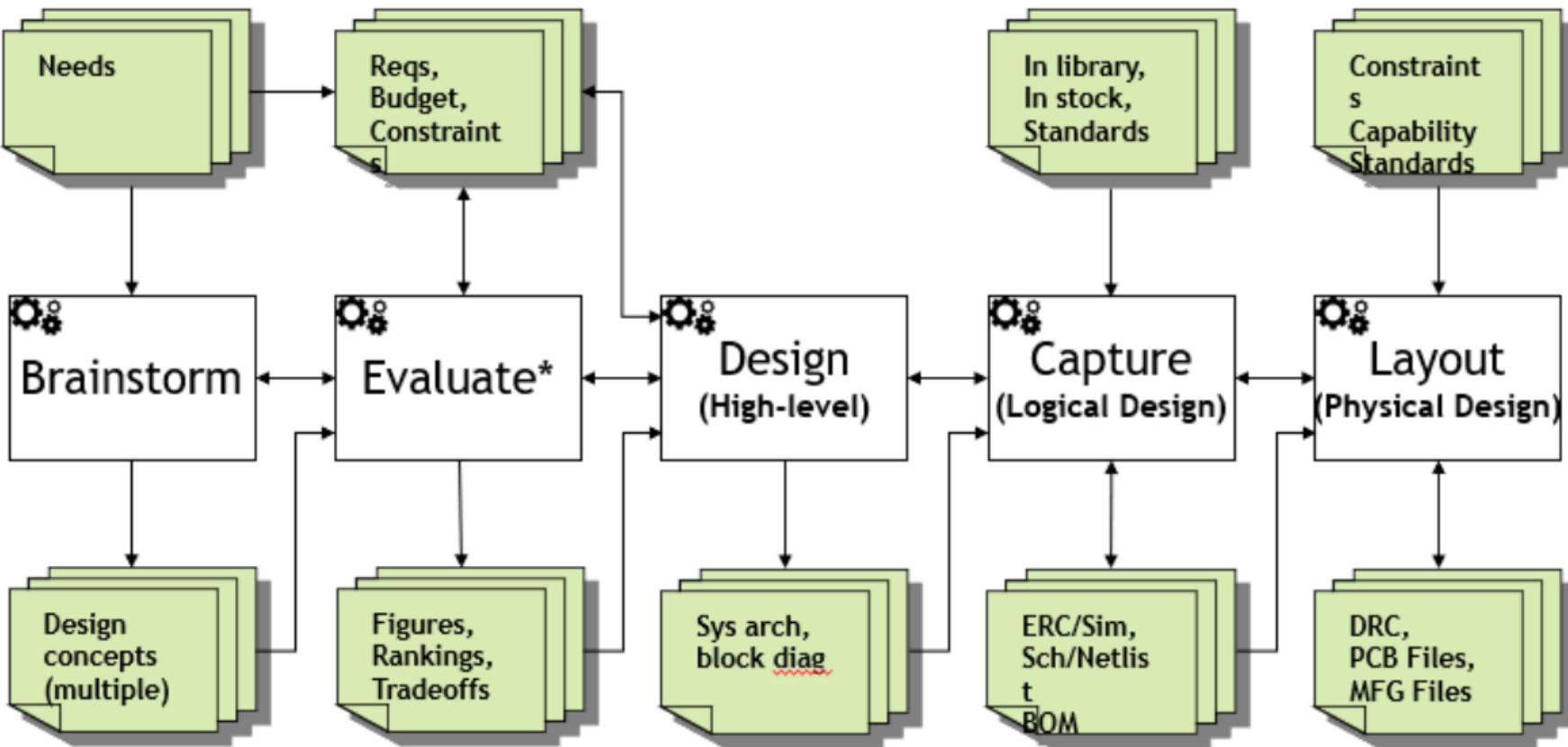
Diseñar

Diseñar

- Traducir un concepto en un diagrama de bloques
- Traducir un diagrama de bloques en componentes
- Jerarquía: de arriba hacia abajo
 - Comenzar a un alto nivel y descomposición recursiva
 - Definir claramente la funcionalidad del subsistema
 - Definir claramente las interfaces de subsistemas
- Ascienda
 - Comience con los bloques de construcción y el aumento de la integración
 - Añadir *pegamento lógico* entre los bloques del sistema
- Combinación
 - Para diseños complejos con subsistemas de alto riesgo

Diseñar

- El diseño puede ser difícil
- Se deben tomar muchas decisiones importantes
- ¿Sensado analógico o digital?
 - ¿Fuente de alimentación de 3.3V o 5.0V?
 - ¿Componentes single-chip o discretos?
- Hay que analizar muchas alternativas
 - ¿Mayor resolución o menor potencia?
 - ¿Mayor tasa de bits o mayor alcance, dada la misma potencia?
- Las decisiones pueden estar acopladas y ser de largo alcance
- Un cambio puede repercutir en todo el diseño
 - Evite estos diseños, si es posible
 - Difícil en diseños complejos y altamente optimizados



*evaluate through models,
prototypes, and discussions

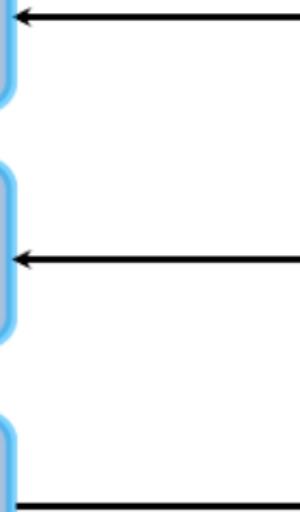
Schematic Capture

Place Components

Route Traces

Generate Gerbers

Fab!



Pasos para diseñar una PCB

Decida qué funcionalidad necesita

- Convierta cada funcionalidad en pequeños módulos
 - Sensado de movimiento -> IMU
 - Comunicarse con el teléfono -> módulo Bluetooth
- Investigue los componentes de cada módulo
 - Lea siempre las hojas de datos
 - Compruebe que las huellas son soldables
- Elija un procesador o embebido que pueda interactuar con sus módulos y que cumpla con otros requisitos
 - Intente no elegir algo demasiado complicado

Realice el esquemático del sistema

- Confirme que cada pieza tiene un símbolo esquemático y una huella (*footprint*)
 - Si no los tiene, haz los tuyos propios
- Coloque todas las piezas en el esquema y conéctelas
- Recuerda añadir muchos tapones de derivación
- Comprueba los errores para asegurarte de que todo está bien conectado

Realice la PCB

- Comprobar las normas y reglas de diseño
- Coloque las piezas en un lugar razonable (minimice las rats nest, conexiones incompletas entre huellas)
- Utilizar zonas de cobre para la alimentación y la tierra
- Rutear las rutas restantes (utilizar una anchura mayor para la corriente alta)
- Compruebe el DRC

Cosas que necesito para empezar

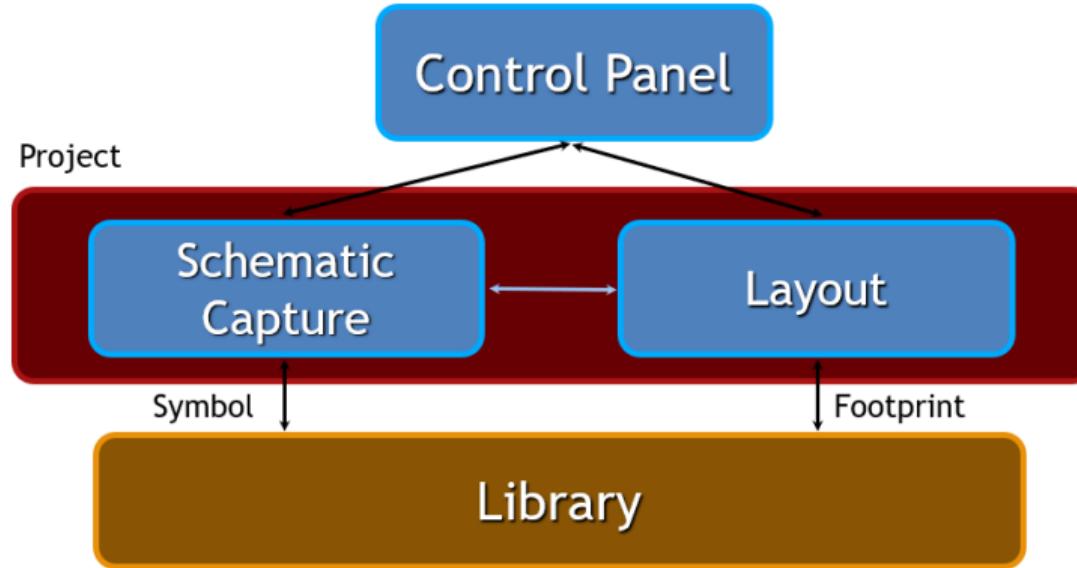
■ Un Plan

- Diagrama de bloque / Bosquejo de servilleta
- Selección de componentes
- Conexiones y consideraciones de prueba
- Consideraciones de potencia y rendimiento

■ Crear un nuevo proyecto

■ Acceso a las bibliotecas

Una herramienta CAD para diseñar un tablero



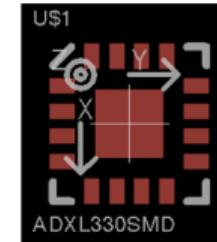
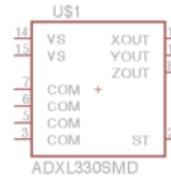
Componente

Símbolo + Huella + Dispositivo = Componente

Symbol
Sym

Device
Dev

Footprint
Pac



Captura esquemática

Captura esquemática

La captura esquemática convierte un diagrama de bloques en un diseño detallado

Captura esquemática

Proceso que permite al diseñador realizar una simulación de su circuito con el fin de validar su diseño y, a continuación, crear un diseño óptimo del PCB con el mínimo esfuerzo

Reglas de oro para la captura esquemática

A la hora de crear un esquemático, estos consejos le pueden ahorrar tiempo y evitar problemas en el futuro:

- **Flujo de señal:** Izquierda a derecha, entrada a salida.
- **Fuentes de alimentación:** De arriba a abajo.
- **Etiquetas coherentes:** Evitar problemas de ubicación.
- Evitar cruces y convergencias de líneas.
- Uso de símbolos universales para conexiones de alimentación.
- Separar diagramas grandes en páginas con bloques funcionales.
- No olvidar componentes no funcionales (condensadores, filtros, protección).
- Añadir notas explicativas para claridad futura.

Captura esquemática

Selección de piezas:

- ¿En la librería?

- **Sí:** genial, júsalo! (¡PERO VERIFICA PRIMERO!)
- **No:** debe crear un símbolo esquemático.

- ¿En stock?

- **Sí:** genial, puede usarlo!
- **No:** elige un parque diferente (VERIFICAR TIEMPO DE ESPERA)

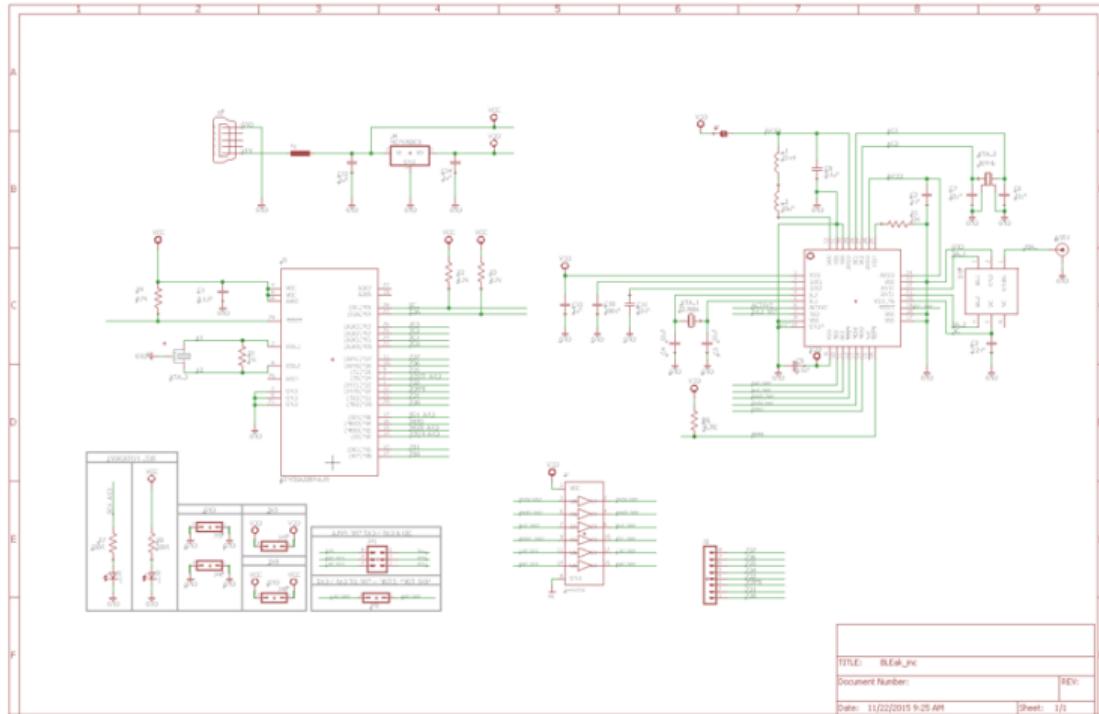
- ¿Bajo presupuesto?

- ¿Voltaje correcto? Cuidado: 1.8V, 3.3V, 5.0V

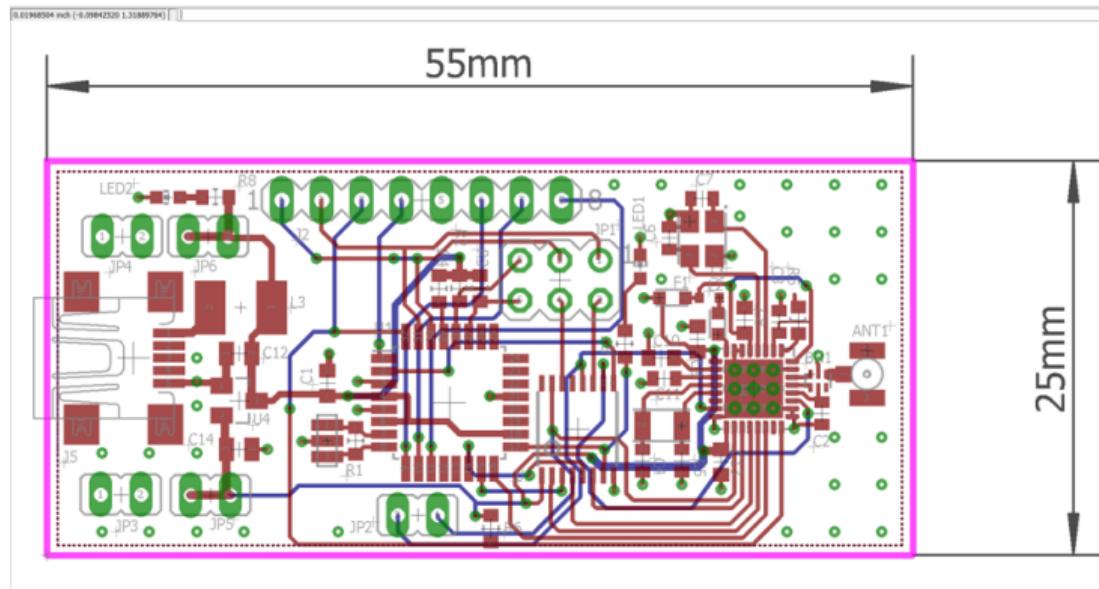
Captura esquemática

- Plan de trabajo aproximado
- Colocar los componentes
- Conectar los componentes
- Establecer pautas de diseño (ej., rutas de 50 ohmios, etc.)

El flujo de trabajo del diseño de circuitos: Captura de esquemáticos



El flujo de trabajo del diseño de circuitos: diseño de PCB



Diseño de PCB manufacturables

Enfoque: El mundo no es ideal

- El cobre NO es un súper conductor, ni es soldadura
- El cobre no puede llevar cantidades infinitas de corriente
- ¡Los pads tienen que ser soldables! Debe pensar en la línea de montaje
- Las rutas de la PCB tienen resistencia, impedancia, inductancia
- Los pines y pads tienen capacitancia, impedancia
- Las vías son inductivas, capacitivas

Enfoque: El mundo no es ideal

- El acoplamiento ocurre entre pistas, zonas de cobre, planos, etc.
- El ruido se propaga a lo largo de las rutas de señal, planos de tierra
- Cuidado con los amplificadores
- Señales y componentes digitales son ruidosos
- Un circuito analógico es susceptible al ruido
- Las antenas lo oyen todo

Diseño de PCB

El diseño es el proceso de transformación de un esquema (**netlist**) en un conjunto de Gerber y archivos de perforación adecuados para la fabricación

- **Entrada:** esquemático (o netlist)
- **Utiliza:** librerías de partes
- **Salidas**

Salidas

- Gerbers photoplots (capas top, bottom, middle layers)
 - Copper
 - Soldermask
 - Silkscreen
- Archivos de taladro (NC drill files)
 - Aperturas
 - Posiciones X-Y
- Dibujos de manufactura
 - Nombre del componente y ubicación
 - Archivo de selección y lugar (Pick and place)

Diseño de PCB

Acciones

- Crear piezas
- Definir el esquema de la junta
- Planificación del suelo
- Definir capas
- Colocación de piezas
- Enrutamiento manual (planos de tierra/suministro, señales de RF, etc.)
- Autoenrutamiento (señales no críticas)
- Verificación de las normas de diseño (RDC)

Diseño de PCB

Las restricciones de diseño pueden afectar el tamaño de la placa, la colocación de componentes y la selección de capas

- Las restricciones son requisitos que limitan el espacio de diseño (esto puede ser muy bueno)
- **Ejemplos:**

- El sensor de humedad debe estar expuesto
- El circuito debe ajustarse a una huella dada
- El sistema debe funcionar desde una fuente de alimentación de 3V

Diseño de PCB

Las restricciones de diseño pueden afectar el tamaño de la placa, la colocación de componentes y la selección de capas

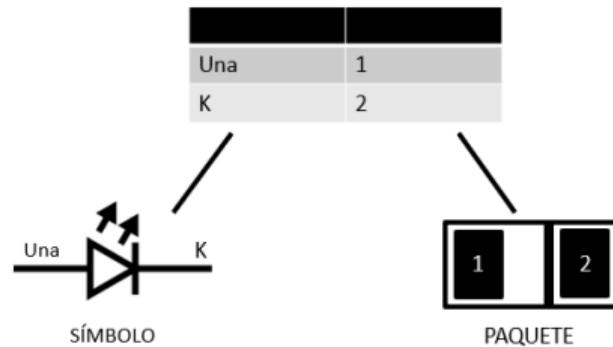
- Algunas restricciones son difíciles de satisfacer, pero fáciles de acomodar si hay buena negociación.
- **Consejo:** el requerimiento de *hacerlo lo más pequeño posible* no es una restricción. Más bien, es una receta para un diseño altamente denso y complejo.

Normas de diseño de circuitos impresos

Creación de componentes

Creación de componentes

Dispositivo - símbolo - Paquete



Construcción de símbolos impresionantes

- Pines de grupo significativamente
- Considere el cableado del esquema
- Considerar el flujo de diseño

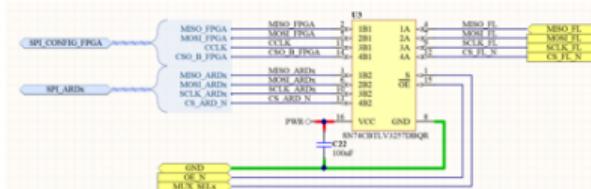
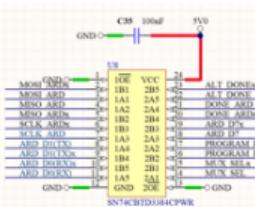
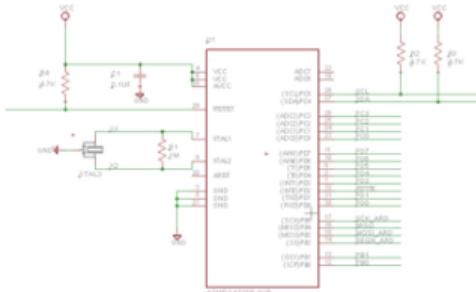
Construcción de símbolos impresionantes

Modelo tradicional:

- Pines de alimentación superior, fondo de tierra*
- Entradas izquierda, salidas derecha
- Tirar hacia arriba
- Tirar hacia abajo
- Los pasadores de reloj necesitan espacio
- Dejar espacio para el desacoplamiento
- Ahorre espacio para resistencias en serie

Creación de huellas

- Se trata de la geometría de almohadilla y serigrafía!
 - La norma **IPC-7351** define estándares para el patrón de tierra e incluye calculadora de terceros para la geometría del pad componente

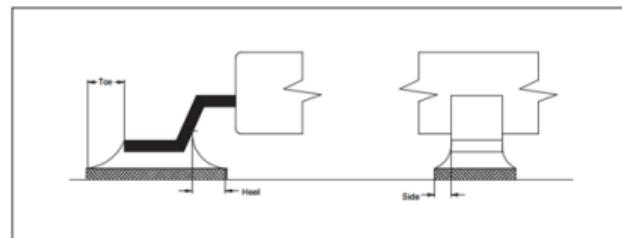


Algunos consejos de serigrafía:

- Silkscreen ancho de línea 10 mils (jugar seguro)
- Asegúrese de que la serigrafía es visible desde debajo del componente (ningún punto de adición de serigrafía debajo de una pieza, puede ser problemático)
- Asegúrese de que el límite de serigrafía es lo suficientemente amplio para dar cabida a la deriva comp
- Los detalles de orientación son críticos
 - Dirección, polaridad (ledes, casquillos polarizados)
 - Marcadores Pin-one (cada CI debe tener un punto)

Básicos de pads

- **Caer en una de dos categorías:** a través de agujeros pasantes (THT) o montaje en superficie
- Los pads son consistentemente más grandes que el pin del componente
- Los pads *Gullwing* tienen un dedo del pie, un talón y un lado, donde otras almohadillas cuadradas tienen pueden tener lados de igual tamaño
- Los pads pueden extenderse fuera del cuerpo del componente, o los cables pueden no ser visibles cuando se montan los componentes

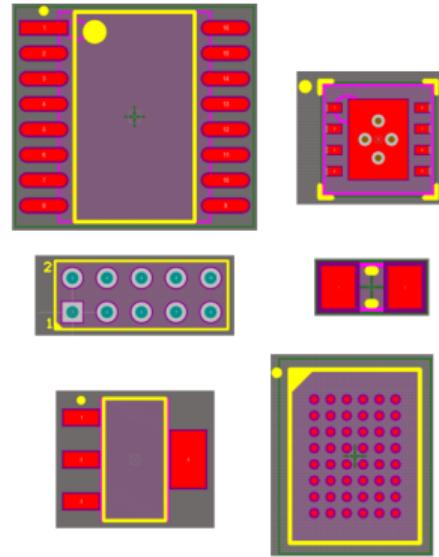


Forma del pad

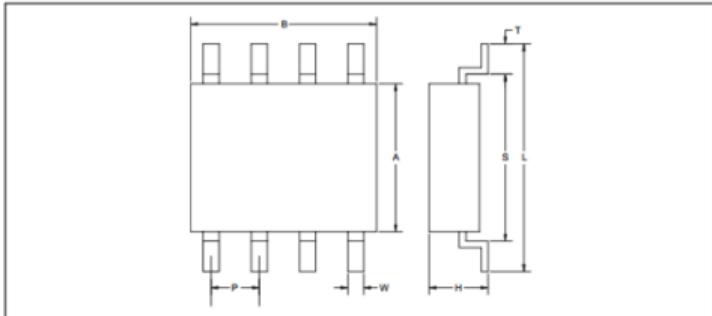
- Los pads SOIC y *Gullwing* con plomo (p. ej., QFP) deben ser oblongas (más largo que ancho), rectángulos redondeados
- Marca **Pin 1** con una almohadilla cuadrada y un punto de serigrafía al lado para mayor claridad
- Los pads de agujero pasante (THT) son circulares generales, aunque las clavijas son comúnmente cuadradas o rectangulares, aseguran espacio para colocar las clavijas (incluyen espesor de chapado en los cálculos)

Forma del pad

- Los paquetes SOT (p.ej. LDOs, transistores) usan almohadillas cuadradas, rectangulares
- Paquetes sin plomo incl. QFNs, diodos, etc. comúnmente usan almohadillas cuadradas y vías para el alivio térmico
- Los SMTs discretos (resistencias, tapas) usan almohadillas cuadradas
- Los paquetes Ball Grid Array (BGA) usan almohadillas redondas

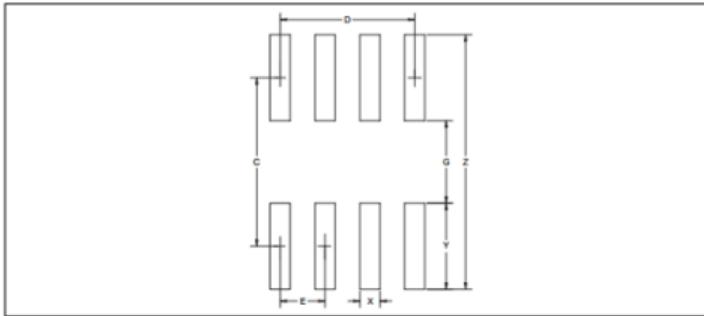


Dimensiones del pad



PACKAGE	PKG #	L MIN	L MAX	W MIN	W MAX	T MIN	T MAX	A MIN	A MAX	B MIN	B MAX	H MIN	H MAX	P NOM	LEAD COUNT
SOT-8	182	0.228	0.244	0.013	0.020	0.016	0.050	0.150	0.157	0.189	0.196	0.053	0.069	0.0500	8
SOT-14	235	0.228	0.244	0.013	0.020	0.016	0.050	0.150	0.157	0.186	0.194	0.053	0.069	0.0500	14
SOT-16	265	0.228	0.244	0.013	0.020	0.016	0.050	0.150	0.157	0.186	0.194	0.053	0.069	0.0500	16
SOT-16W	211	0.394	0.419	0.013	0.020	0.016	0.050	0.291	0.299	0.398	0.413	0.093	0.104	0.0500	16
SOT-18	219	0.394	0.419	0.013	0.020	0.016	0.050	0.291	0.299	0.447	0.463	0.093	0.104	0.0500	18
SOT-20	221	0.394	0.419	0.013	0.020	0.016	0.050	0.291	0.299	0.496	0.512	0.093	0.104	0.0500	20
SOT-24	239	0.394	0.419	0.013	0.020	0.016	0.050	0.291	0.299	0.595	0.614	0.093	0.104	0.0500	24
SOT-28	217	0.398	0.419	0.013	0.020	0.020	0.040	0.291	0.299	0.697	0.713	0.093	0.104	0.0500	28
SOT-23-5	331	0.102	0.118	0.010	0.020	0.014	0.022	0.059	0.069	0.110	0.118	0.035	0.057	0.0374	5
SOT-23-6	332	0.102	0.118	0.010	0.020	0.014	0.022	0.059	0.069	0.110	0.118	0.035	0.057	0.0374	6
SOT-23-8	348	0.102	0.118	0.011	0.018	0.004	0.024	0.059	0.069	0.110	0.118	0.035	0.057	0.0256	8
MSOP-8	337	0.189	0.197	0.011	0.015	0.018	0.026	0.114	0.122	0.114	0.122	0.032	0.048	0.0256	8
SSOP-20	334	0.291	0.323	0.009	0.016	0.022	0.037	0.197	0.220	0.272	0.295	0.077	0.079	0.0256	20
SSOP-24	338	0.291	0.323	0.009	0.016	0.022	0.037	0.197	0.220	0.311	0.338	0.077	0.079	0.0256	24
SSOP-28	324	0.291	0.323	0.009	0.016	0.022	0.037	0.197	0.220	0.390	0.413	0.077	0.079	0.0256	28
SSOP-16	322	0.228	0.244	0.009	0.012	0.016	0.050	0.149	0.157	0.188	0.197	0.053	0.069	0.0250	16
SSOP-48	333	0.395	0.420	0.009	0.013	0.020	0.040	0.291	0.299	0.613	0.630	0.053	0.069	0.0250	48
SSOP-56	346	0.395	0.420	0.008	0.013	0.020	0.040	0.291	0.299	0.720	0.730	0.095	0.110	0.0250	56

Figura 2: Dimensiones del empaquetado



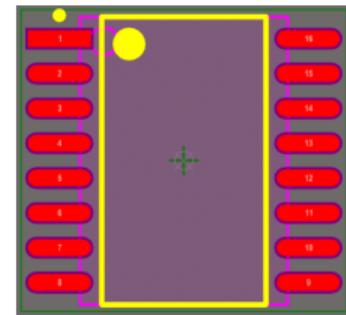
PACKAGE	PKG #	Z MIN	Z MAX	G MIN	G MAX	X MIN	X MAX	Y REF	C/C REF	D REF	E NOM
SOT-8	182	0.273	0.277	0.089	0.093	0.018	0.022	0.094	0.183	0.150	0.0500
SOT-14	235	0.273	0.277	0.089	0.093	0.018	0.022	0.094	0.183	0.200	0.0500
SOT-16	265	0.273	0.277	0.089	0.093	0.018	0.022	0.094	0.183	0.350	0.0500
SOT-16W	211	0.447	0.451	0.254	0.258	0.018	0.022	0.099	0.353	0.350	0.0500
SOT-18W	219	0.447	0.451	0.254	0.258	0.018	0.022	0.099	0.353	0.400	0.0500
SOT-20W	221	0.447	0.451	0.254	0.258	0.018	0.022	0.099	0.353	0.450	0.0500
SOT-24W	239	0.447	0.451	0.254	0.258	0.018	0.022	0.099	0.353	0.550	0.0500
SOT-28W	217	0.448	0.451	0.278	0.282	0.018	0.022	0.099	0.365	0.650	0.0500
SOT-23-5	331	0.147	0.151	0.034	0.038	0.017	0.021	0.058	0.093	0.075	0.0374
SOT-23-6	332	0.147	0.151	0.034	0.038	0.017	0.021	0.058	0.093	0.075	0.0374
SOT-23-8	348	0.147	0.151	0.015	0.019	0.016	0.020	0.068	0.083	0.077	0.0256
MSOP-8	337	0.226	0.230	0.097	0.101	0.014	0.018	0.066	0.164	0.077	0.0256
SSOP-20	334	0.351	0.355	0.177	0.181	0.013	0.017	0.069	0.266	0.230	0.0256
SSOP-24	338	0.351	0.355	0.177	0.181	0.013	0.017	0.069	0.266	0.281	0.0256
SSOP-28	324	0.351	0.355	0.177	0.181	0.013	0.017	0.069	0.266	0.333	0.0256
SSOP-16	322	0.273	0.277	0.089	0.093	0.011	0.015	0.094	0.183	0.175	0.0250
SSOP-48	333	0.448	0.452	0.275	0.279	0.012	0.016	0.069	0.364	0.575	0.0250
SSOP-56	346	0.448	0.452	0.275	0.279	0.012	0.016	0.069	0.364	0.675	0.0250

Figura 3: Dimensiones del pad

Ejemplo del pad SOIC

Uso de superficies de montaje redondeadas

- Liberación limpia de la plantilla de pasta de soldadura
- Reduce el volumen de soldadura
- Una forma más natural para soldar en su forma líquida
- Concentra la soldadura donde más se necesita



Ejemplo del pad SOIC

- Regla general -> tome el tamaño nominal de la almohadilla y agregue 40 mils a la longitud (20 dedos, 20 talón)
- Regla general -> tome el tamaño nominal de la almohadilla y:
 - Pitch = 50mils, añadir 10 mils a la anchura
 - Pitch = 0.8mm, utilice almohadillas de 20 mils de ancho
 - Pitch = 0.65mm, utilice almohadillas de 16 mils de ancho
 - Pitch = 0,5 mm, utilice almohadillas de 14 milímetros de ancho

Colocación de componentes

Colocación de componentes

Pensando en el futuro

- Tómate tu tiempo.
- Desenredar las líneas de vuelo.
- Piensa en los aviones.
- Consider testability.
- ¿Ajuste mecánico?
- Primero los componentes complejos.
- Mantenga la serigrafía.
- Piense detenidamente en los componentes de dos caras

Colocación de componentes

- Tienes que colocar los patrones en el tablero.
 - Es necesario no superponerlos para que los componentes puedan caber en la placa.
 - Quieres dejar espacio para que los rastros conecten todo.
- Esta es una forma de arte.
 - De hecho, encontrará personas que despotrican sobre las colocaciones "descuidadas." "poco profesionales".
- Algunas herramientas harán esto por ti. A nadie parece gustarle. (En realidad, algunos no son tan malos)

Colocación de componentes

- El mundo ama a las pequeñas ciudades... odia la expansión urbana (no sea LA, sea Shanghai)
- Agrupar circuitos analógicos y digitales en secciones separadas
- Mantenga las secciones (alimentación, MCU, transceptor, analógico, etc.) apretadas, aunque mantenga suficiente espacio para soldar, esp. si se suelda a mano

Colocación de componentes

- Mira las partes altas vs. partes cortas y no te pintes en una esquina cuando sueldas a mano (no puedes alcanzar algo)
- Los componentes se deslizan al soldar (flotador), mantienen las piezas separadas >10 mils para el ensamblaje de la máquina y >20 para el ensamblaje manual a menos que tenga cortes de soldadura graves

Colocación de componentes

- Mantenga el desacoplamiento a w/ en un minuto de 100 mil de los pines del componente, 50 mil es mejor
- Mantenga los circuitos analógicos cerca del IO del tablero
- Mantenga los componentes 150mils del borde del tablero para que las abrazaderas se puedan utilizar

Algunos consejos generales

- ¿Sus Reglas de Diseño están configuradas correctamente?
- Ejecute a menudo la verificación de reglas de diseño (DRC).
- Ejecute el Control de Reglas Eléctricas (ERC) con frecuencia.
- Guarde una instantánea de su archivo de ubicación.

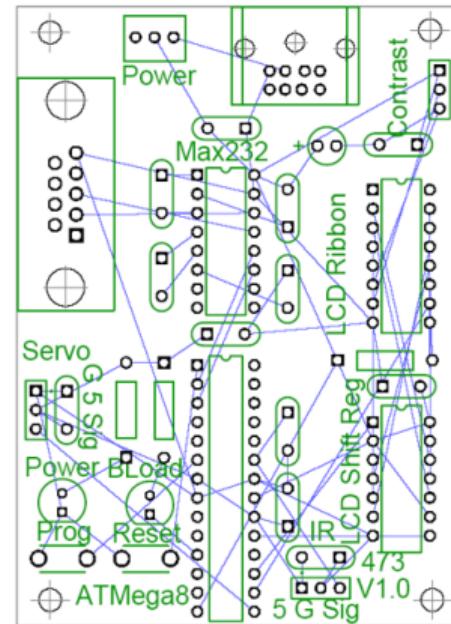
Ancho de pista y enrutamiento

Enrutamiento

- Una ruta (o net) es una conexión entre dispositivos.
 - Puede consistir en múltiples rutas
- Hay reglas de diseño que incluyen:
 - Anchura mínima de rutas
 - Espacio mínimo entre rutas y agujeros
 - Espacio mínimo entre agujeros y agujeros.
- Estas reglas varían según el fabricante.
 - ¡Aún mejor, las unidades variarán según el fabricante!

Rat's net

El rat's net muestra la ubicación de los dispositivos y las conexiones, pero no el enrutamiento



Autoruteo

Puede utilizar un autoroteo para enrutar tus pistas

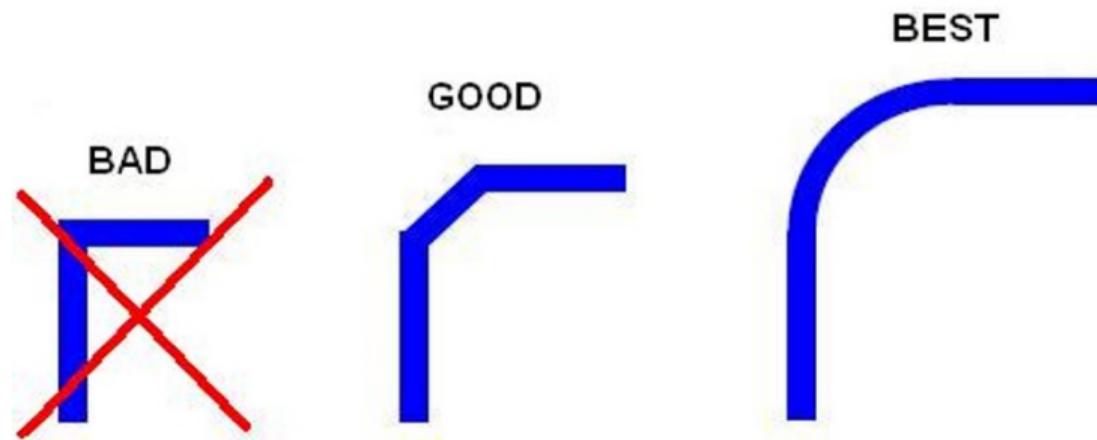
- Algunas personas odian estos como el diseño será "feo"
- Ahorra un montón de tiempo.
- Curiosamente, no es tan bueno como una persona puede hacerlo.
- Pero mucho más rápido.

Clearances

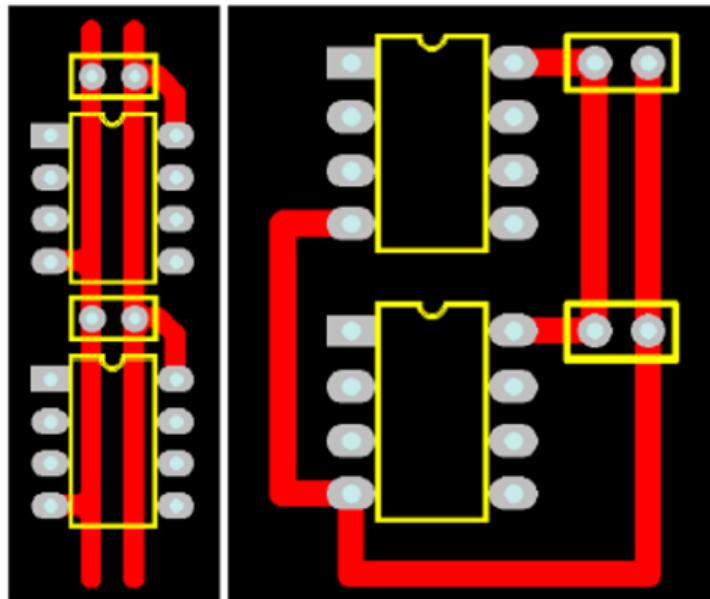
- De nuevo habrá espacio entre las huellas, los agujeros plateados y entre sí.
 - Hay que cumplir con los requisitos del fabricante.
 - 15 milésimas es una buena idea
 - A menudo se puede bajar a 6 o 10.
- Para los sistemas de alta potencia hay reglas sobre estas cosas.



Ruteo

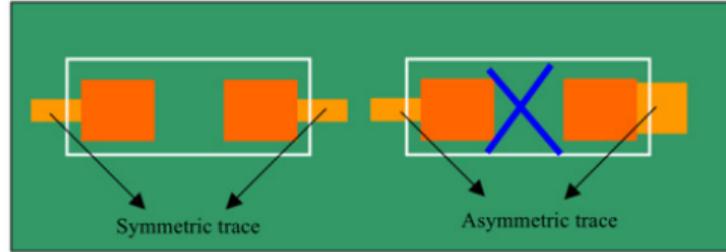
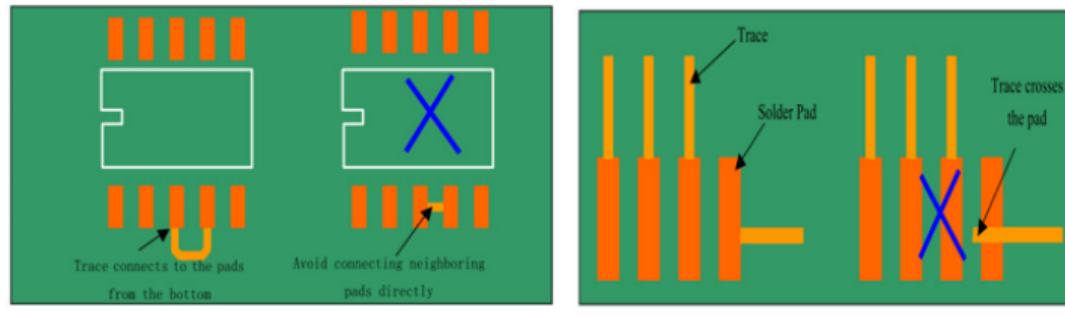


Calidad de ruteo



An example of GOOD power routing (Left) and BAD power routing (Right)

Conexión de rutas con pads



Ancho de vía

- En general, la mayoría de los fabricantes de PCB parecen tener mínimos de ancho de traza de 6-10 milésimas.
 - La mayoría están dispuestos a ir más pequeño por un precio.
- Una regla general es utilizar un mínimo de 50 milésimas de pulgada para la alimentación/tierra y 15-25 para todo lo demás.
 - Esto es para disminuir la resistencia de las trazas.
 - En general, usted está preocupado por la disipación de calor.
 - Hay muchas directrices para la anchura/potencia, pero en general se trata de:
 - Una traza de 10cm necesita ser de 10 milímetros de ancho si va a llevar 1 amperio.
 - 5 amperios a 10cm requerirían 110 milímetros.

Ancho de la pista

- El problema de las trazas anchas es que son difíciles de enrutar.
 - En particular, es posible que desee ir entre los pines de un dispositivo.
- Una solución es ser ancho normalmente y bajar el cuello cuando sea necesario.
 - Esto es más razonable de lo que se piensa.
 - Piensa en resistencias en serie.



Ancho de la pista

- Fuente de alimentación -> Mucho más científico... basado en la amperaje (corriente)
- Capacidad de transporte de corriente
 - Aumento de la temperatura
 - Espesor del cobre
 - Anchura de la pista
 - Necesidades de corriente

Track Width Reference Table (for 10deg C temp rise). Track Width is in Thous (mils)			
Current (Amps)	Width for 1oz	Width for 2 oz	milli Ohms/inch
1	10	5	52
2	30	15	17.2
3	50	25	10.3
4	80	40	6.4
5	110	55	4.7
6	150	75	3.4
7	180	90	2.9
8	220	110	2.3
9	260	130	2.0
10	300	150	1.7

Ancho de la pista

Formula IPC 2221

$$i = KT \times 0.44 \ Ac \times 0.725$$

Donde, i = corriente necesaria

$K = 0,048$ para las capas externas

$0,024$ para las capas internas

ΔT = aumento de la temperatura en C

Ac = área de la sección transversal (ancho x espesor)

Reglas de diseño

	Margen	Ancho de pista	Diam vía	Tdro vía	Diam microvía	Tdro microvía
Default	0,22	0,25	0,6	0,4	0,3	0,1
Colcircuitos	0,22	0,25	0,9	0,4	0,3	0,1

Reglas de diseño

Net Classes:						
	Clearance	Track Width	Via Dia	Via Drill	uVia Dia	uVia Drill
Default	0.2	0.25	0.6	0.4	0.3	0.1
Power	0.3	0.4	0.7	0.5	0.3	0.1

Add **Remove** **Move Up**

Reglas de diseño

Via Options:

Blind/buried Vias:

Do not allow blind/buried vias
 Allow blind/buried vias

Micro Vias:

Do not allow micro vias
 Allow micro vias

Minimum Allowed Values:

Min track width (mm): 0.1524
Min via diameter (mm): 0.4
Min via drill dia (mm): 0.254
Min uvia diameter (mm): 0.2
Min uvia drill dia (mm): 0.1

Specific via diameters and track widths, which can be used to replace default Netclass values on demand, for arbitrary vias or track segments.

Custom Via Sizes:

Drill value: a blank or 0 => default Netclass value

	Diameter	Drill
Via 1	0.4826	0.3302
Via 2	0.5	0.4
Via 3	1.905	0.254
Via 4		
Via 5		
Via 6		
Via 7		
Via 8		

Custom Track Widths:

	Width
Track 1	0.1524
Track 2	0.254
Track 3	0.381
Track 4	0.508
Track 5	0.8128
Track 6	
Track 7	
Track 8	

¡Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?



Contacto: Marco Teran
webpage: marcoteran.github.io/