IMPEDANCIA CONTROLADA

Definición, cálculo y certificación

Josep A. Sánchez

Responsable Dept. Comercial

IMPEDANCIA CONTROLADA

Definición genérica de impedancia controlada

Principales parámetros que influyen en la impedancia

Gestión de las placas de impedancia controlada

Certificación de la impedancia controlada en Lab Circuits

DEFINICION

La impedancia (Z) generalmente se define como la oposición total que ofrece un dispositivo o un circuito al flujo de una corriente a una frecuencia determinada.

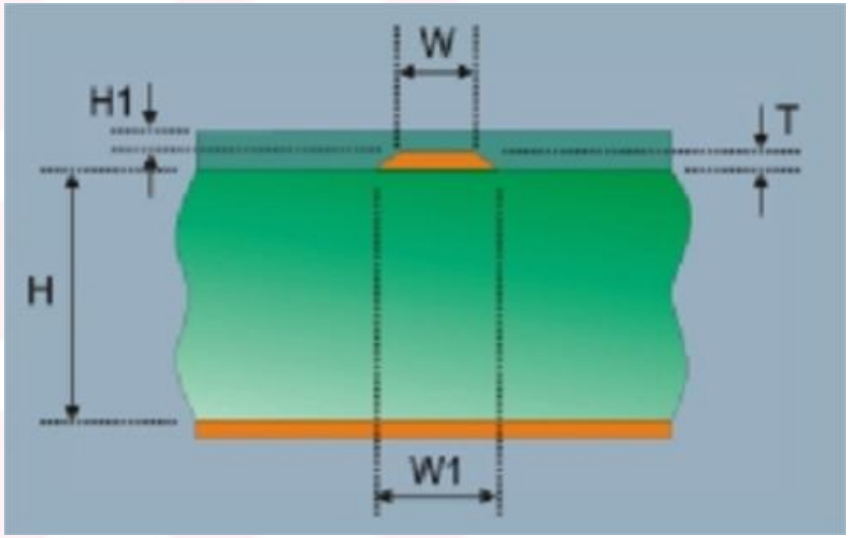
Una comparación que podríamos realizar sería entre un cable coaxial y un PCB. La malla circundante representaría el plano de referencia, el aislante sería el material dieléctrico entre capas o distancia entre la pista – plano y el conductor estaría representado por la pista.

PARAMETROS QUE INFLUYEN

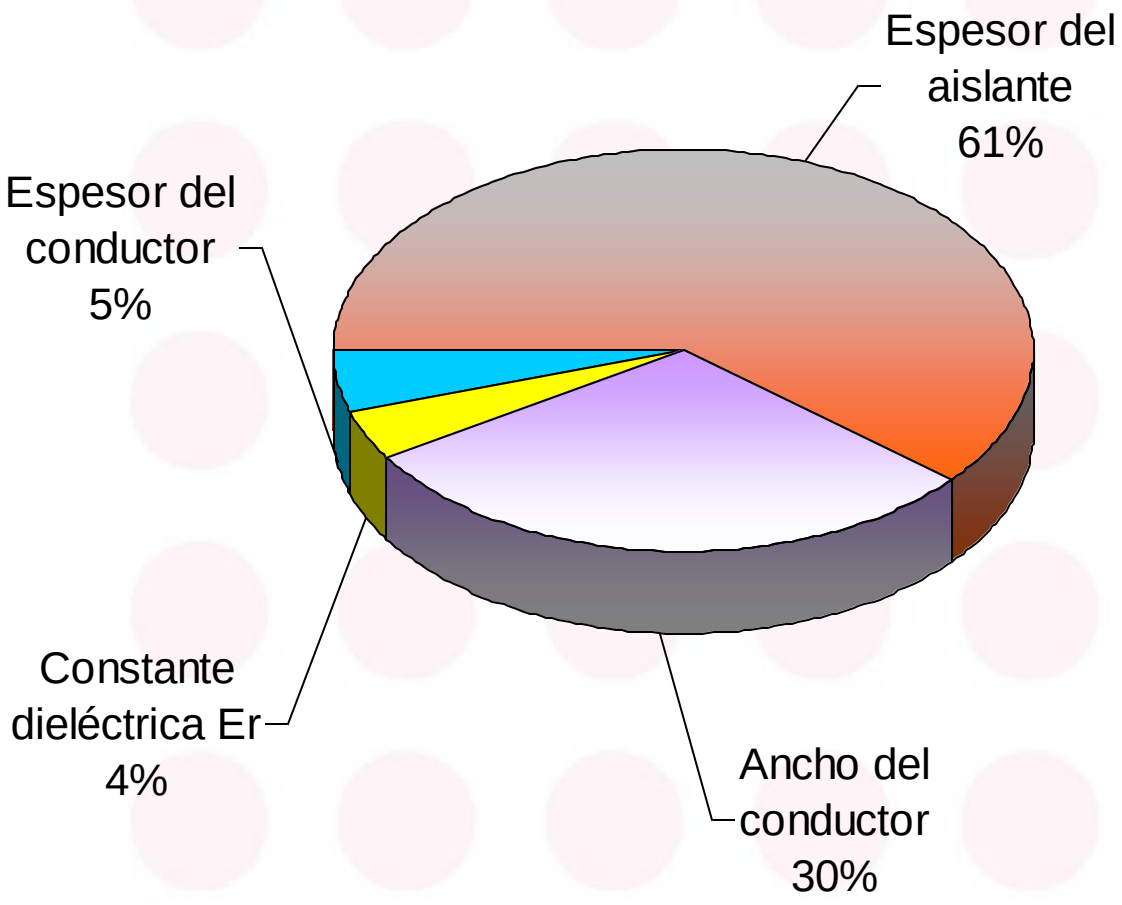
De igual forma que en un cable coaxial, los parámetros que influirán en la impedancia, corresponderán a los materiales y a las dimensiones que utilicemos de los mismos.

PARÁMETROS

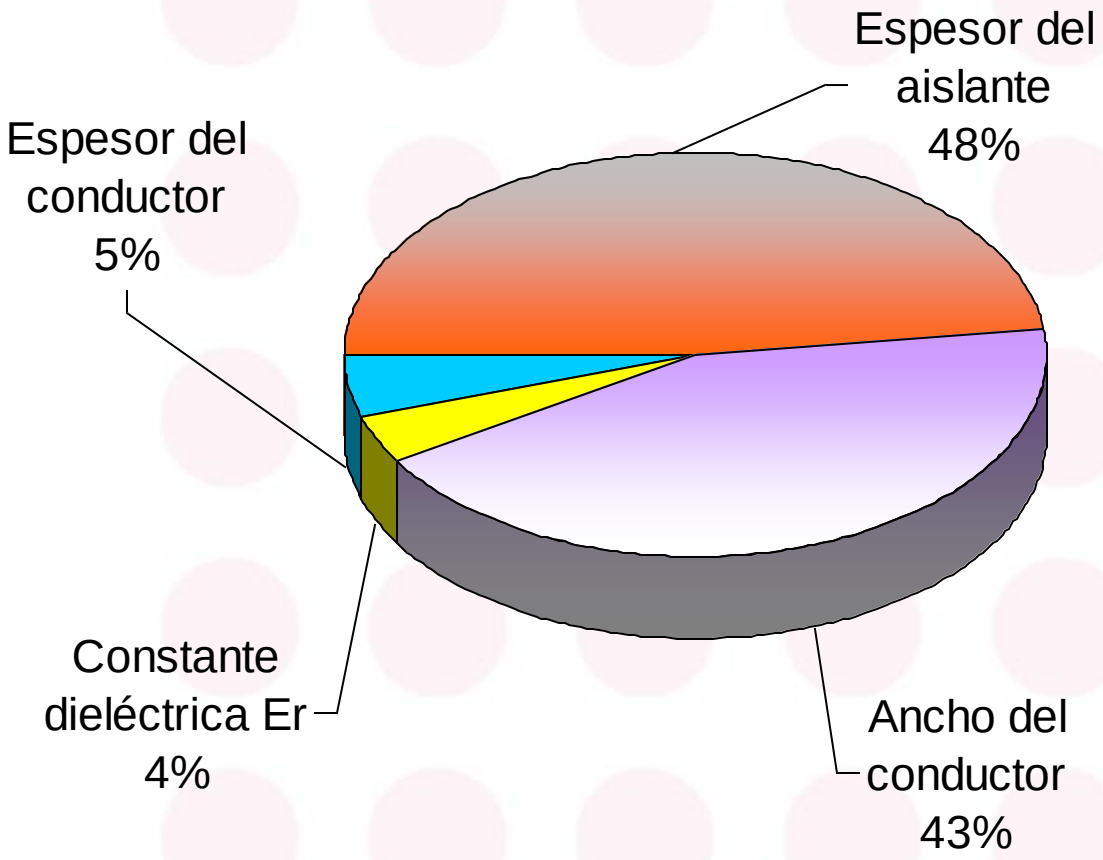
- Espesor del aislante.
- Ancho del conductor.
- Espesor del cobre.
- Constante dieléctrica.



Microstripline



Stripline



Fuente ISOLA

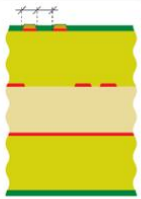
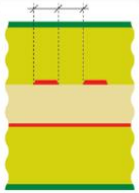
GESTION DE LA IMPEDANCIA CONTROLADA

PCB's de impedancia controlada ***sin certificación***

Son PCB's en las que no certificaremos el valor de la impedancia, solo tendremos en cuenta el stack up que el cliente nos haya definido y realizaremos la fabricación según los parámetros estándar de fabricación de Lab Circuits.

Tolerancias estándar de fabricación

IMPEDANCIA CONTROLADA

		ESTANDAR
Ancho/Espacio conductor en capas externas (grosor cobre base)		±25% (35-70 µm) ±20% (17 µm)
Ancho/Espacio conductor en capas internas (grosor cobre base)		±25% (70 µm) ±20% (17-35 µm)

GESTION DE LA IMPEDANCIA CONTROLADA

PCB's de impedancia controlada ***con certificación***

Son PCB's en los que además de tener en cuenta los parámetros que el cliente nos indica sobre el cálculo de la impedancia, mediremos y certificaremos que, después de la fabricación, el valor de dicha impedancia esté dentro de las tolerancias acordadas.

GESTION DE LA IMPEDANCIA CONTROLADA - PROCEDIMIENTO

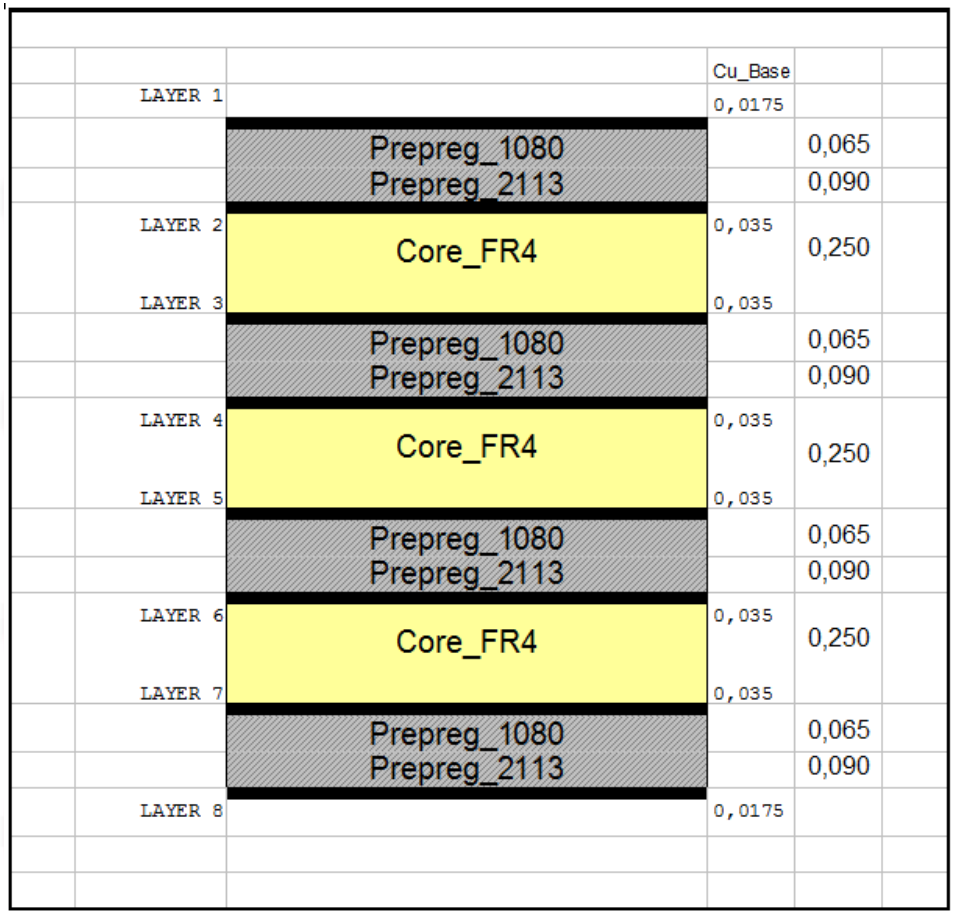
- Fase Departamento Comercial.
- Fase Dirección – Oficina Técnica.
- Fase Gestión de la Calidad.

Fase Departamento Comercial

- Solicitud de certificación de la impedancia controlada.

- Parámetros necesarios en la documentación:
  - Modelo de impedancia calculado (microstrip, stripline, dif.)
  - Stackup utilizado.
  - Identificación de las pistas (apertura) y planos implicados.
  - Valores con tolerancia de la impedancia final.

IMPEDANCIA CONTROLADA



LAYERS IMPEDANCE	IMPEDANCE (VALUE NOMINAL)	TRACKS WIDTH	SEPARATION BETWEEN TRACKS	PLANE REFERENCE
1	50 ± 10% Ω Microstripline	0.12mm		2
4	100 ± 10% Ω Differencial	0.12mm	0.18mm	5 - 3

Fase Dirección - Oficina Técnica

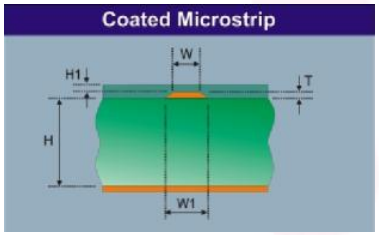
- Verificación de los parámetros implicados.
- Cálculo teórico del valor de la Impedancia Zo.
- Confirmación o ajuste de Dirección Técnica.
- Construcción del cupón de medida.

Fase Dirección - Oficina Técnica - Verificación de los parámetros

- Modelo de impedancia calculado.
- Identificación de las pistas a controlar (por aperturas).
- Valor final y tolerancia de la Impedancia.
- Espesor de los dieléctricos.
- Distancia entre pistas y entre pista-plano.
- Espesor final de cobre.
- Tipo de material (Er).
- Espesor de máscara antisoldante.

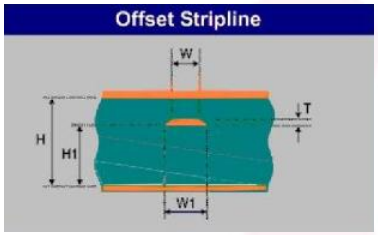
Fase Dirección - Oficina Técnica – Cálculo teórico Zo.

Una vez determinados los parámetros, realizamos la simulación del cálculo teórico mediante el soft SI6000 de Polar Instruments.



Capas Externas
Microstripline

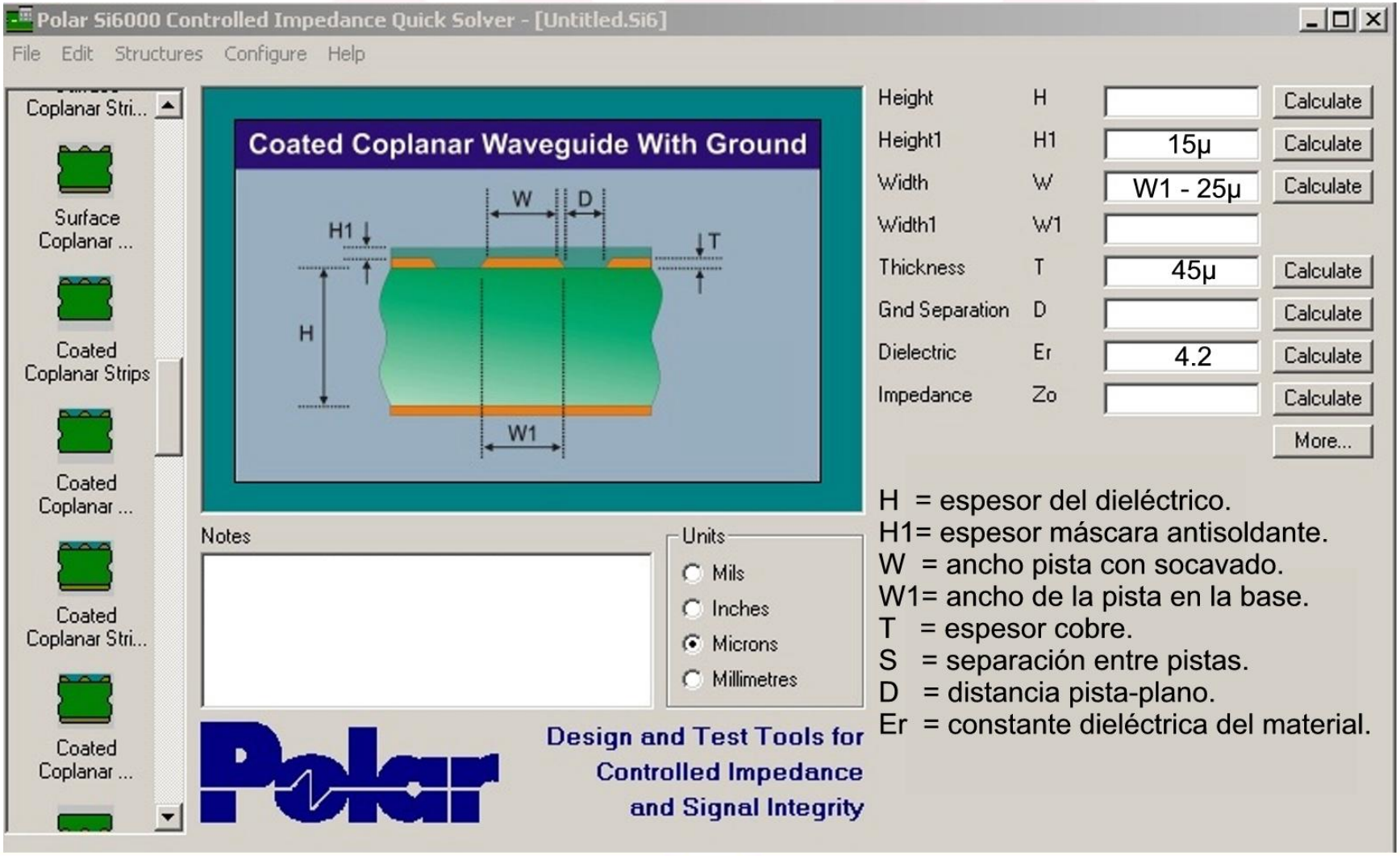
Coated Microstripline | Coated Coplanar | Edge-coupled Coated Microstripline



Capas Internas
Stripline

offset stripline | Edge-coupled Offset Stripline | Broadside coupled stripline

Fase Dirección - Oficina Técnica – Cálculo teórico capas externas

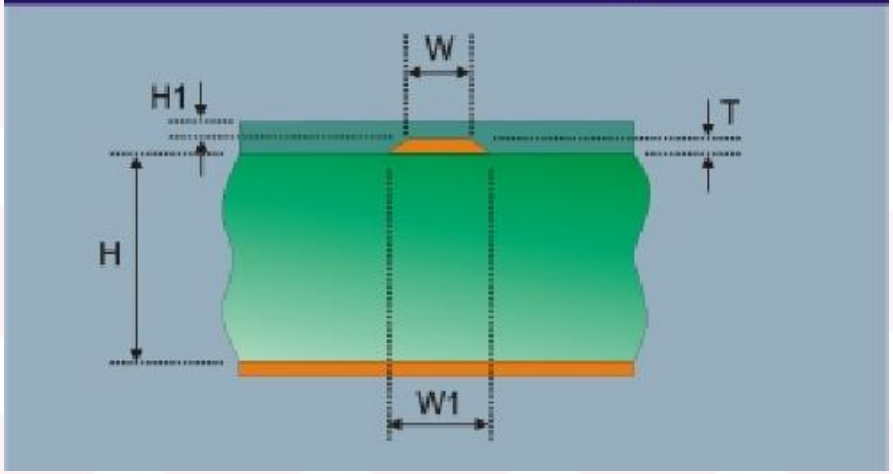


H = espesor del dieléctrico.
H1= espesor máscara antisoldante.
W = ancho pista con socavado.
W1= ancho de la pista en la base.
T = espesor cobre.
S = separación entre pistas.
D = distancia pista-plano.
Er = constante dieléctrica del material.

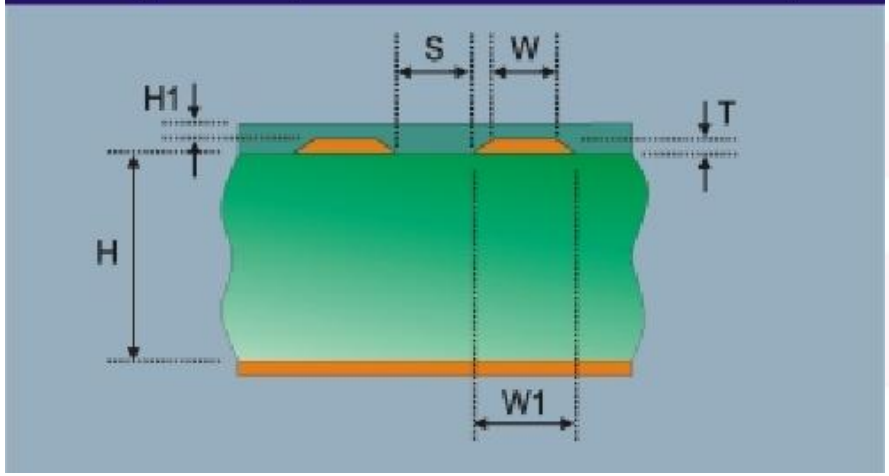
Fuente: Polar

IMPEDANCIA CONTROLADA

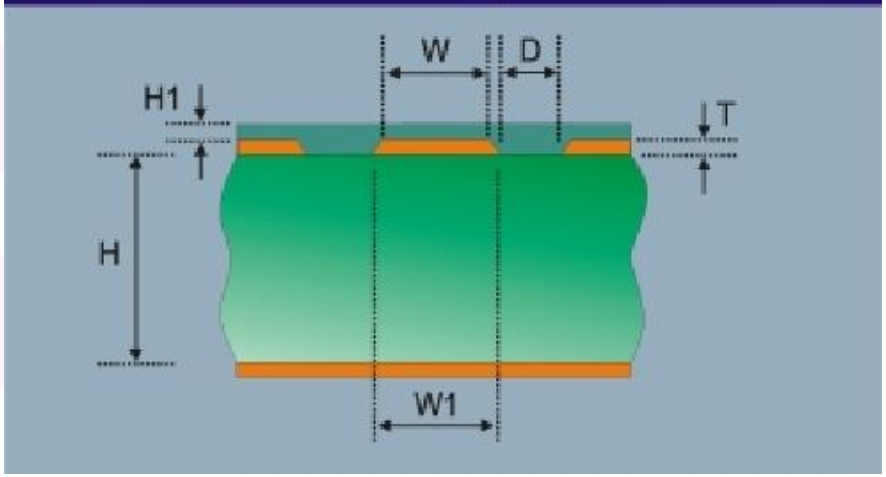
Coated Microstrip



Edge-coupled Coated Microstrip

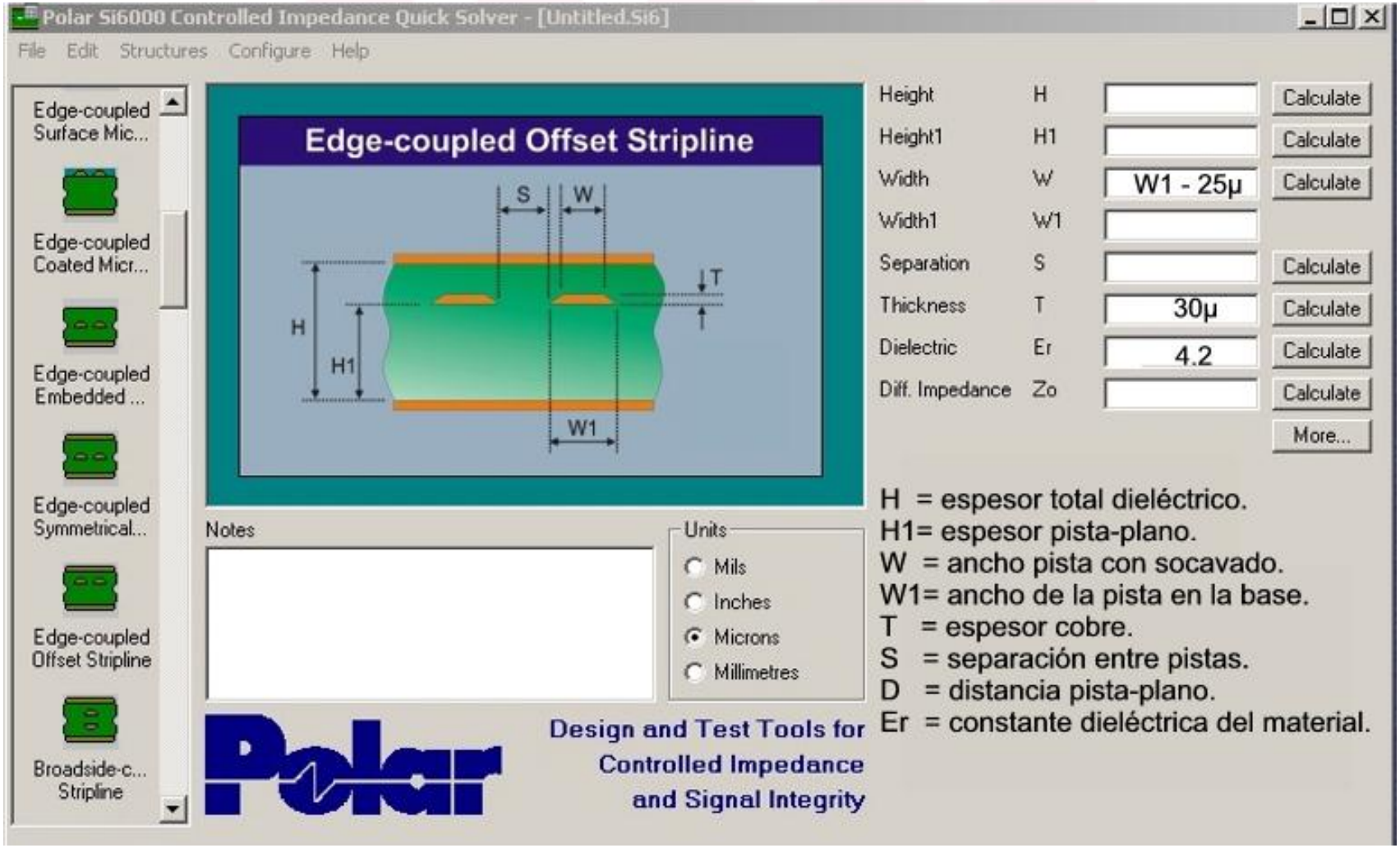


Coated Coplanar Waveguide With Ground



Fuente: Polar

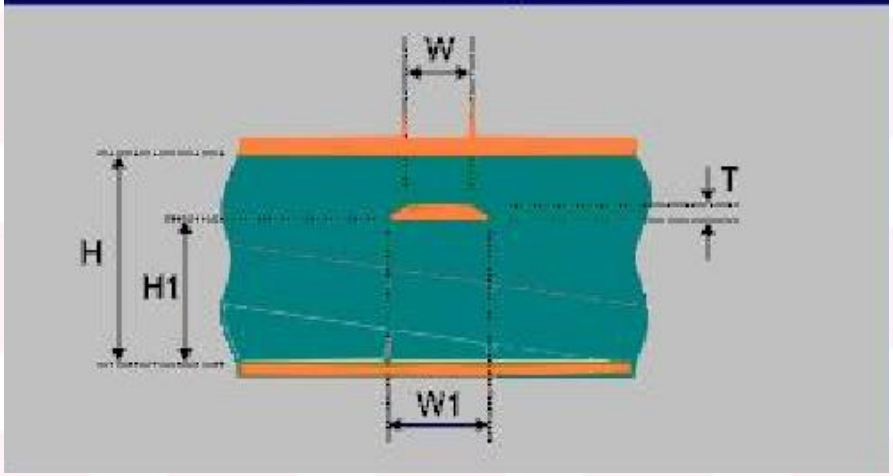
Fase Dirección - Oficina Técnica – Cálculo teórico capas internas



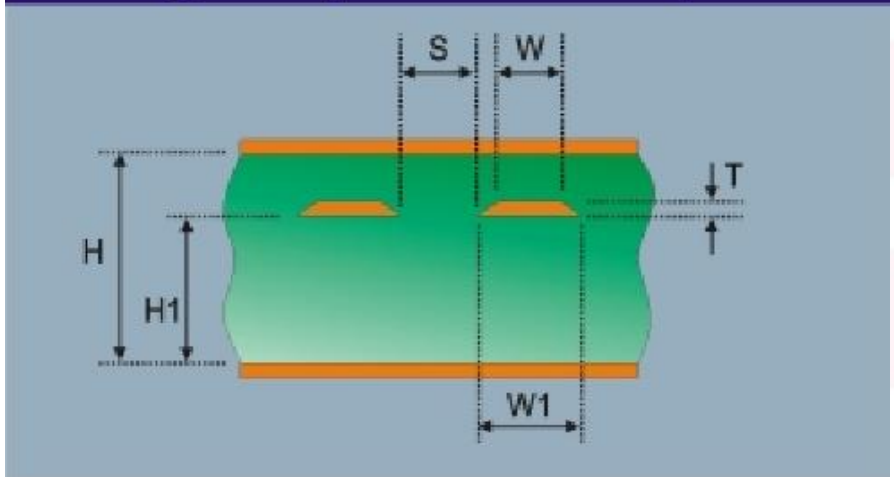
Fuente: Polar

IMPEDANCIA CONTROLADA

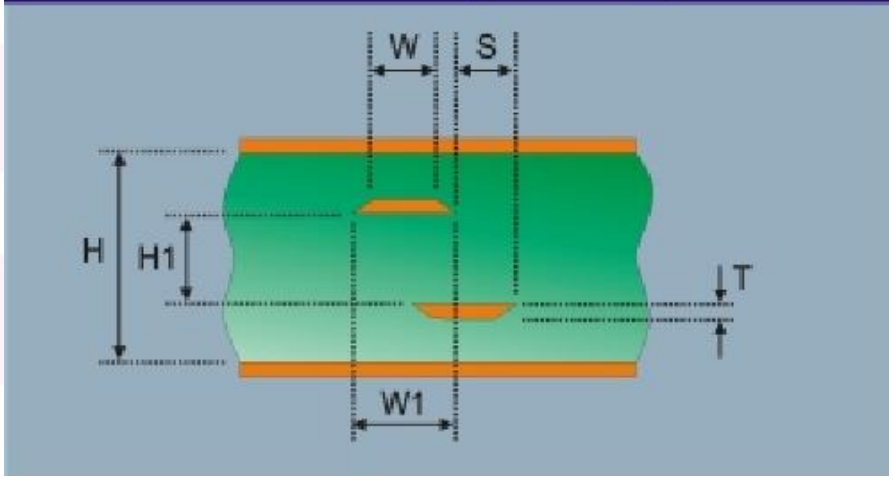
Offset Stripline



Edge-coupled Offset Stripline



Broadside-coupled Stripline



Fuente: Polar

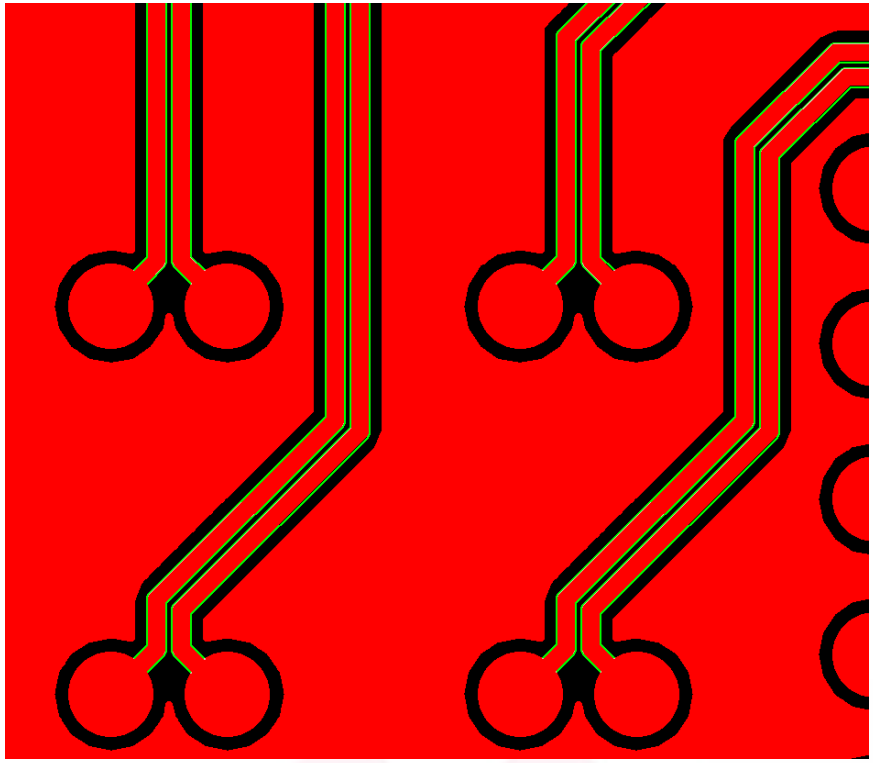
Fase Dirección - Oficina Técnica – Confirmación y/o ajustes

Entre el valor teórico solicitado por el cliente y el cálculo teórico realizado en Lab Circuits, es muy normal encontrar pequeñas diferencias.

- Realizaremos en este caso pequeños ajustes en el ancho del conductor o en la distancia al plano de referencia para conseguir el valor nominal solicitado.

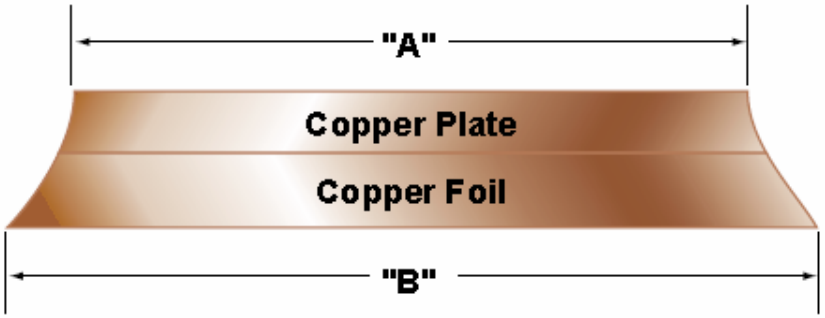
- Así mismo será necesario compensar en mayor o menor medida el socavado en el grabado de las pistas.

IMPEDANCIA CONTROLADA



Ajustes en los conductores

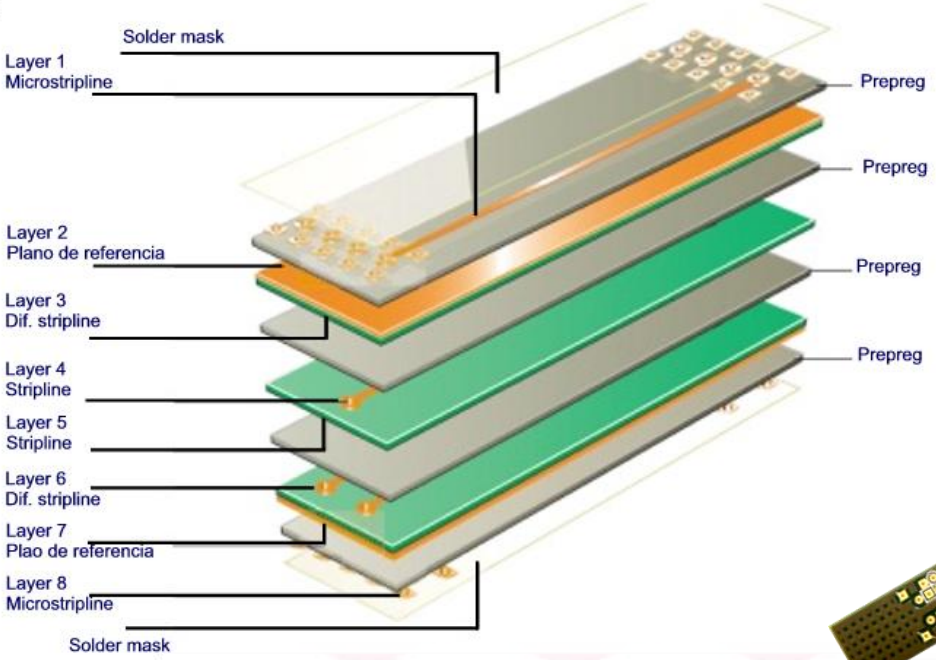
Grabado de los conductores



IPC-600g-321e

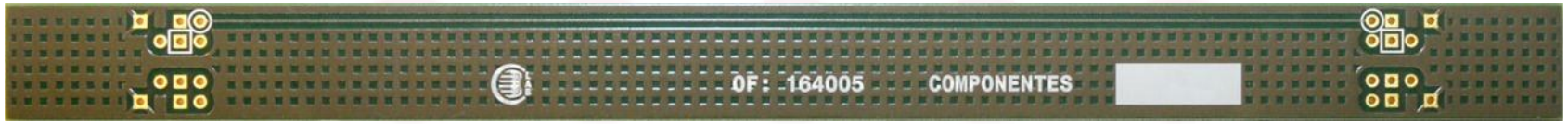
Fase Direc.- Oficina Técnica - Construcción del cupón de medida

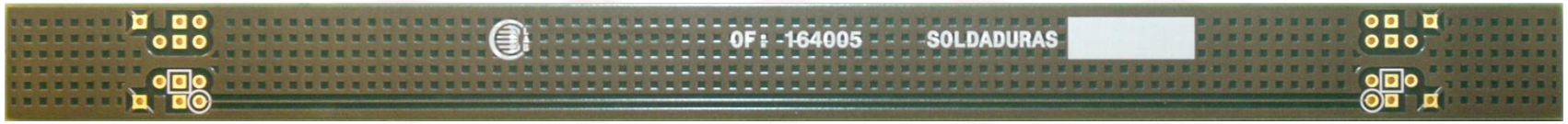
Una vez realizado y ajustado el cálculo teórico del valor de impedancia a certificar, se realizará la definición y construcción del cupón representativo y normalizado que será integrado en el montaje de cada panel de fabricación.



PORQUÉ UTILIZAMOS CUPONES DE TEST?

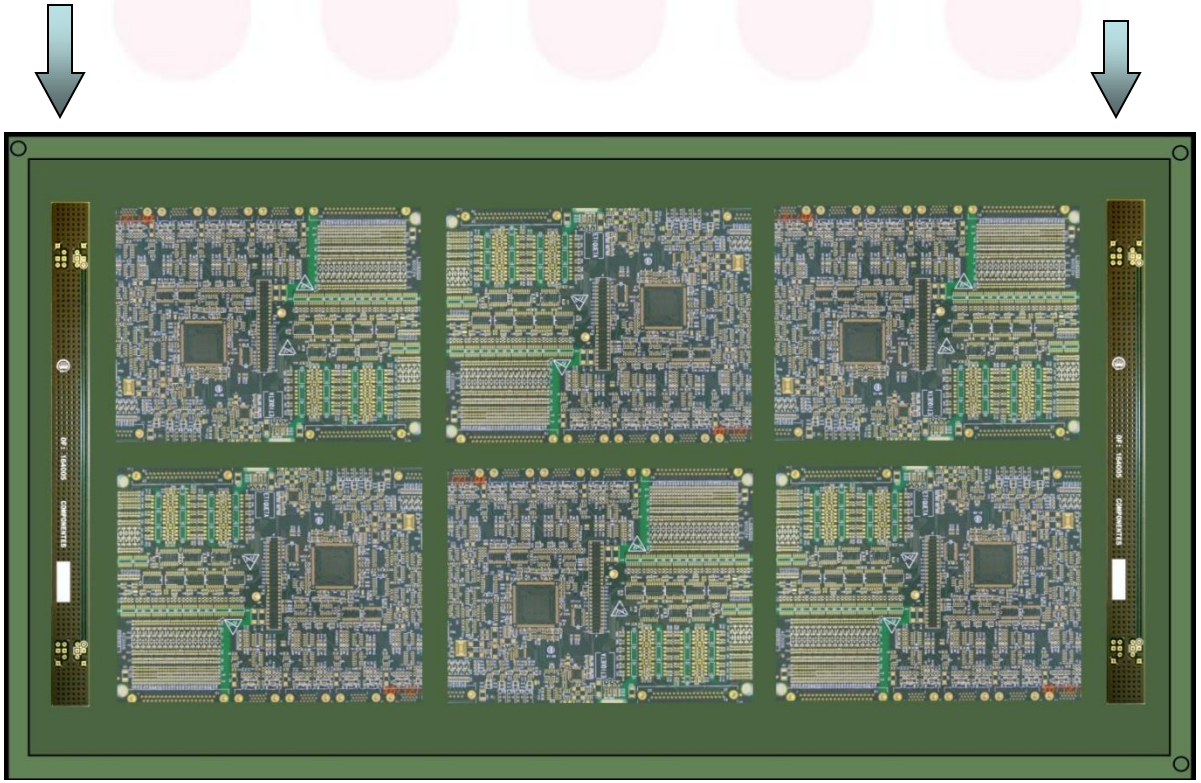
- Dificultad de acceso en placa para realizar las medidas.
- Pista necesaria para medir, deberá tener longitud aprox. 150mm.
- Los planos de masa y power han de estar conectados.
- Incluirlo en la placa requiere pads, vias, pistas extra, mayor dimensión…





Fase Direc.- Oficina Técnica - Construcción del cupón de medida

Las placas que integran un mismo panel de fabricación, tendrán como mínimo un cupón de test de impedancia representativo y que reproducen fielmente el diseño PCB.



Fase Gestión de la Calidad

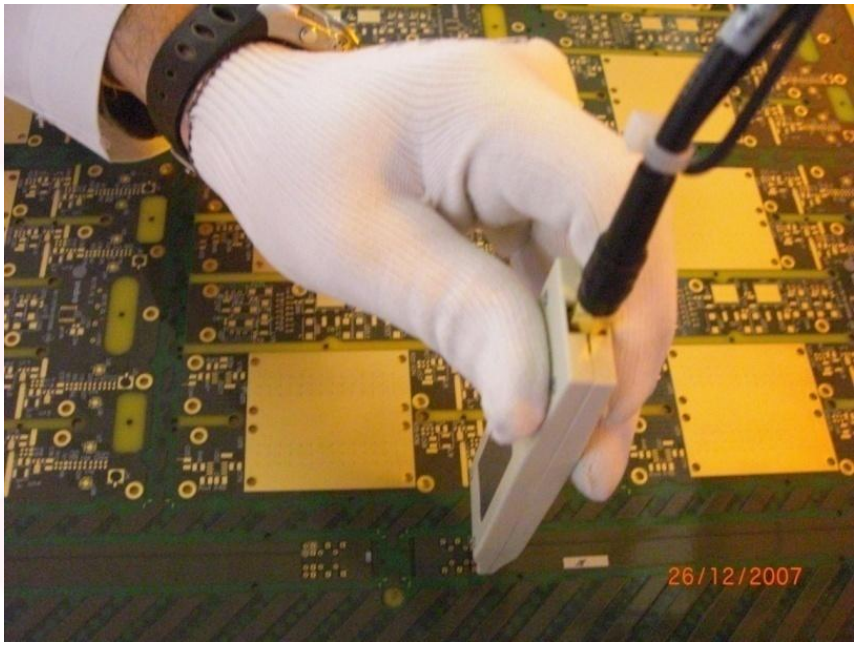
- Control y medición.
- Correspondencia cupones / placas.
- Certificación de la impedancia controlada.

Fase Gestión de la Calidad – Control y medición

Mediante el equipo de Polar Instruments control CITS 500s, se realiza el control y medición de los parámetros Average, SD, Max.Z, Min Z.

Fase Gestión de la Calidad – Correspondencia cupones/placas

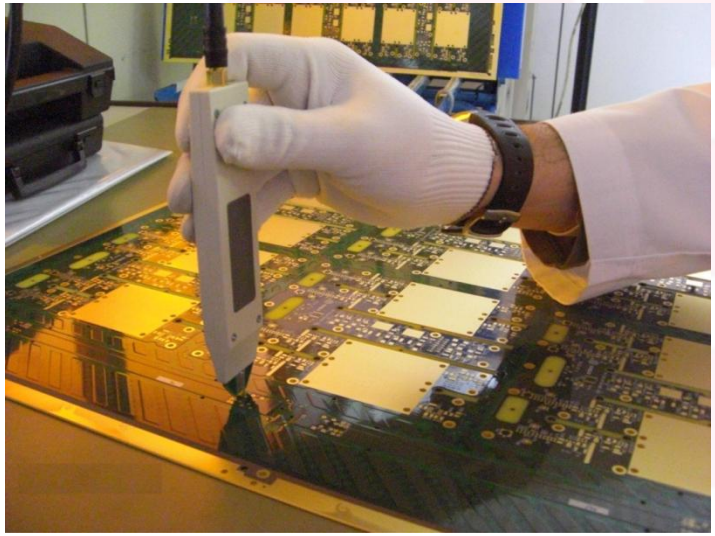
La medición del valor de la impedancia se realiza antes de la fase de fresado, por lo que la correspondencia entre los cupones y las placas está garantizada.



Fase Gestión de la Calidad

Medición de cada cupón representativo mediante el equipo TDR (Time Domain Reflectometry), inyectando una señal y midiendo el tiempo de respuesta.

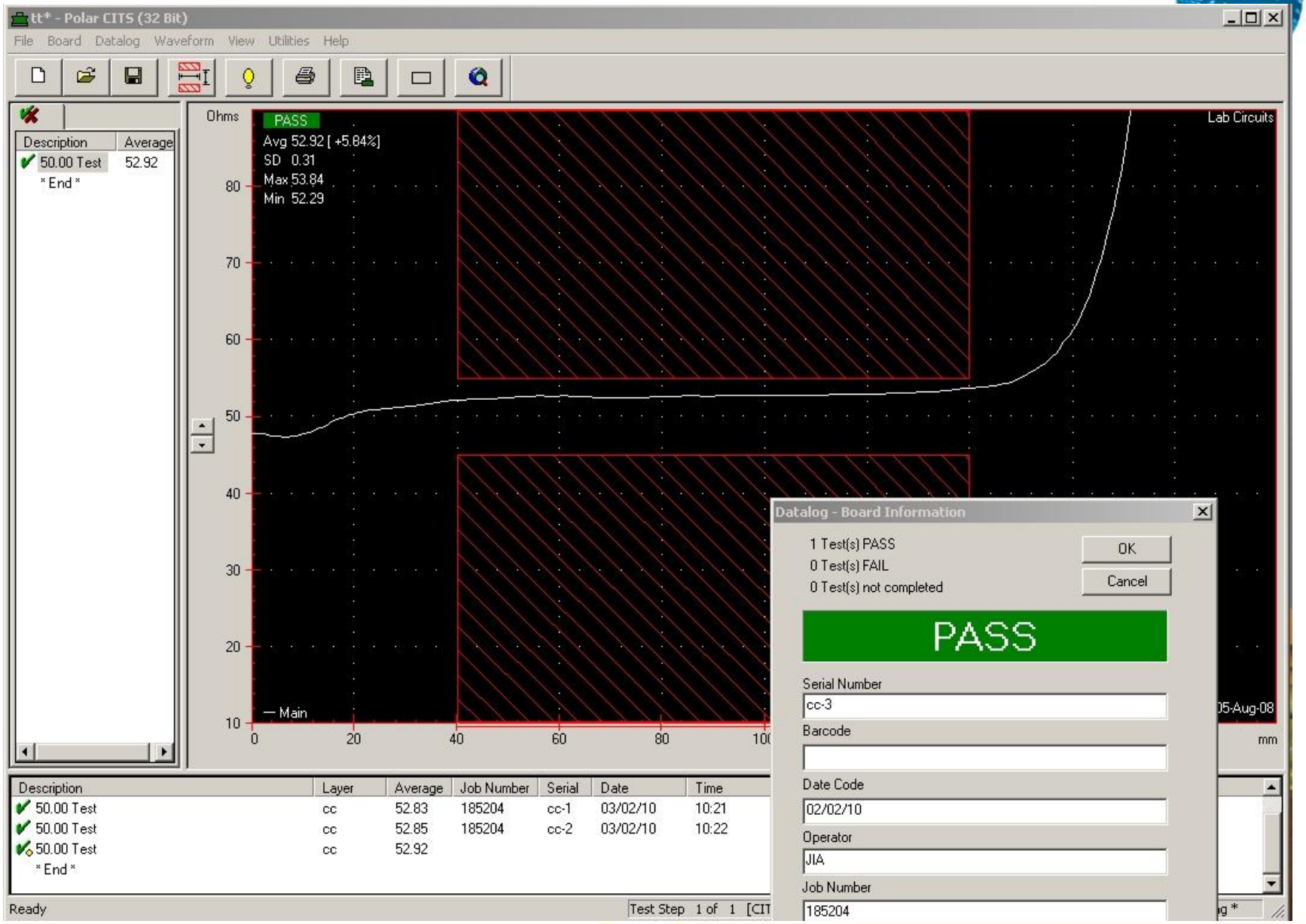
El valor de impedancia deberá estar dentro de la tolerancia admitida.



Resultado ok

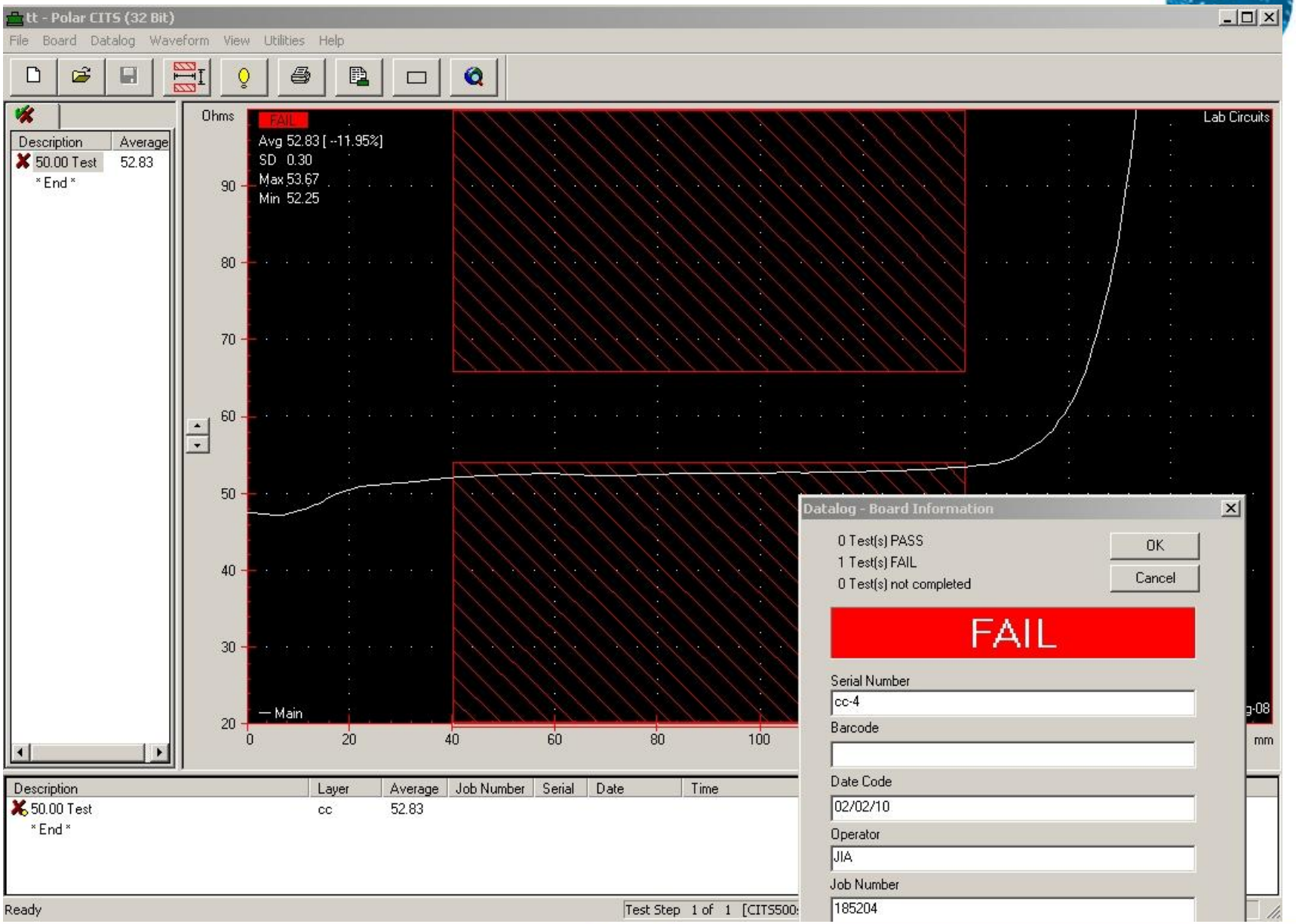
Resultado no ok

IMPEDANCIA CONTROLADA



Fuente: Polar

IMPEDANCIA CONTROLADA



Fuente: Polar

Fase Gestión de la Calidad - CERTIFICACION

• Después del análisis de los cupones, se retirarán las placas y cupones no ok para su análisis posterior mediante cross-section y determinación de la causa del valor fuera de la tolerancia especificada.

• A partir de los cupones correctos se generará el registro interno y certificado impedancia controlada para el cliente.

Certificado Impedancia

IMPEDANCIA CONTROLADA

LAB CIRCUITS

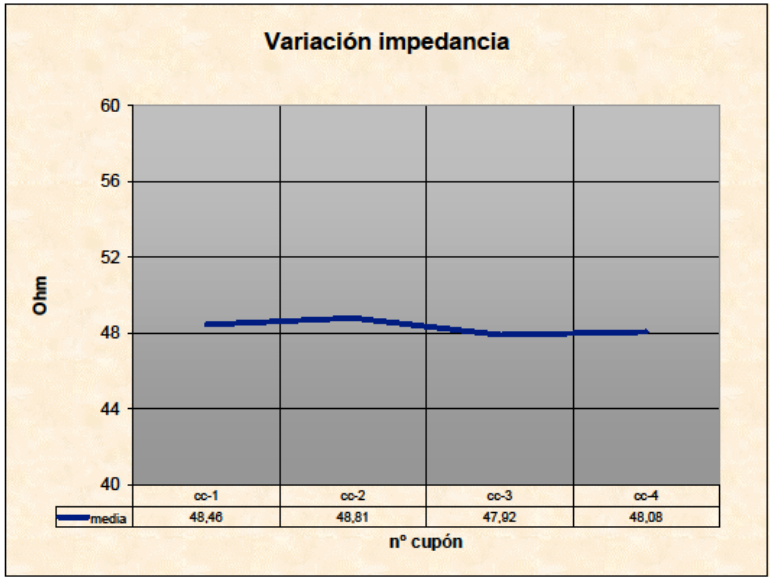
certificado de control de impedancia

1847XX

cliente	CLIENTE
ref.	CPU
re. LAB	999-999-99
nº OF	1847XX
controlador	MUG
fecha	22/01/2010
tipo de control	Coated coplanar waveguide with ground
capa	cc
nº de cupones	4
especificación	50 Ohm ± 10%
resultado final	48 ± 1 Ohm

Medición realizada en cupones normalizados de las mismas características que los PCBs, con instrumento POLAR CITS500S, calibrado el 14-12-09 y con un error máximo de 0.13%. Los resultados en los circuitos pueden variar ligeramente en función de la geometría de las pistas

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD



IMPEDANCIA CONTROLADA

LAB CIRCUITS

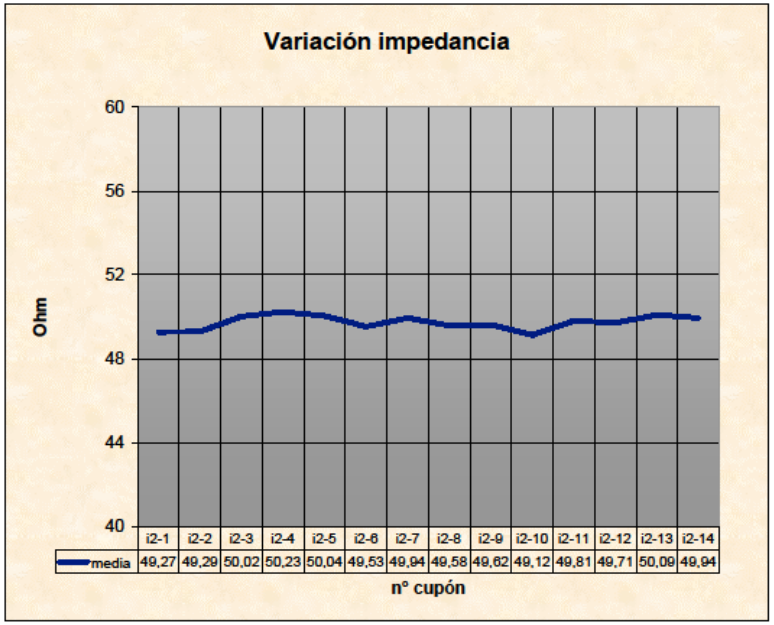
certificado de control de impedancia

1830XX

cliente	CLIENTE
ref.	PLACA MADRE TIGR.2
re. LAB	999-999-99
nº OF	1830XX
controlador	JIA
fecha	03/11/2009
tipo de control	pffset stripline
capa	i2
nº de cupones	14
especificación	50 Ohm ± 10%
resultado final	50 ± 1 Ohm

Medición realizada en cupones normalizados de las mismas carácterísticas que los PCBs, con instrumento POLAR CITS500S, calibrado el 06/08/07 y con un error máximo de 0.13%. Los resultados en los circuitos pueden variar ligeramente en función de la geometría de las pistas

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD



Fuente: Polar

CONSIDERACIONES

....EN LA DOCUMENTACION.

•Realizar previamente un cálculo teórico de la impedancia e indicar en la documentación todos los parámetros que se han tenido en cuenta en la realización del diseño de la PCB.

• El valor de la impedancia será más sensible a posibles variaciones cuanto menor es el ancho de la pista o el espesor del dieléctrico.

• Conocer el espesor real de los cores y prepregs que utiliza el fabricante en cada tipo de material.

ESPESORES ESTÁNDAR EN MULTICAPAS DE FR4

CAPAS INTERNAS (LAMINADOS)		
NOMENCLATURA	GRUESO REAL	CONST.DIELECTRICA (1 MHz)
0,1	0,10 ± 0,010 mm	4.4
0,127	0,13 ± 0,010 mm	4.4
0,15	0,15 ± 0,015 mm	4,5
0,178	0,18 ± 0,020 mm	4,7
0,254	0,24 ± 0,030 mm	4,5
0,356	0,35 ± 0,035 mm	4,7
0,508	0,50 ± 0,050 mm	4,7
0,8	0,73 ± 0,060 mm	4,7
1	0,89 ± 0,080 mm	4,7
1,2	1,14 ± 0,100 mm	4,7
1,5	1,50 ± 0,150 mm	4,7
2,4	2,42 ± 0,200 mm	4,7

PRE-PREG (AISLANTE)			
NOMENCLATURA	GRUESO TEORICO	GRUESO REAL (PRENSADO)	CONST.DIELECTRICA(1Mhz)
106	0,050 mm	0,048 ± 0,010 mm	4,3
1080	0,070 mm	0,065 ± 0,010 mm	4,4
2113	0,095 mm	0,088 ± 0,010 mm	4,5
2116	0,120 mm	0,110 ± 0,015 mm	4,6
7628	0,180 mm	0,178 ± 0,020 mm	4,7

ESPESOR COBRE BASE	
ESPESOR TEORICO	ESPESOR REAL
17 µm	15 ±2 µm
35 µm	31 ±2 µm
70 µm	62 ±2 µm

* Para frecuéncias de 1 GHz, la Constante dieléctrica (Er) tendrá un valor 0,2 inferior.

Fuente: ISOLA

CONSIDERACIONES

.....EN LA TOLERANCIA.

• La tolerancia estándar de la impedancia es de un ±10%, pudiendo ser necesario ampliarla en algunos diseños críticos.
Igualmente podrá solicitarse una impedancia < ±10%, siendo en ocasiones necesario realizar una placa previa de prueba, para realizar ajustes posteriores en el diseño.

• Los valores de los conductores deberán de ser constantes en la totalidad del diseño, la tolerancia de ±10% en el valor de la impedancia, corresponde a las variaciones en el proceso de fabricación.

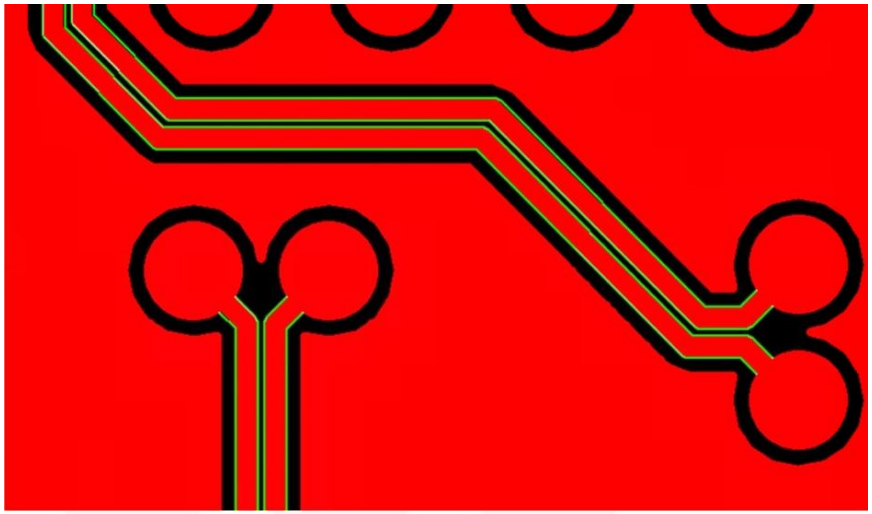
CONSIDERACIONES

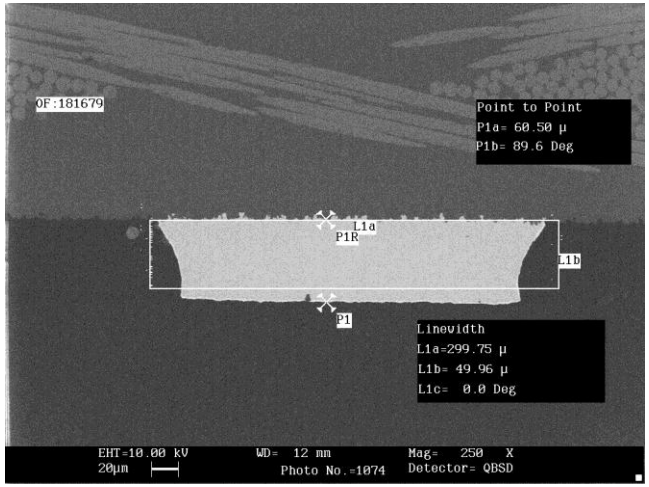
...EN EL DISEÑO.

- Para conseguir un espesor de cobre uniforme, es muy importante tener un área de metalización regular en todo el circuito, básicamente en sus capas exteriores. Deberemos blindar las pistas que queden aisladas.

- Posiblemente será necesario ajustar el ancho de la pista, bien para coincidir con el valor teórico o bien para compensar el grabado de las pistas, por lo que el diseño deberá permitirlo. No es conveniente diseñar con parámetros que estén al límite de la fabricabilidad, ya que no permitirán ajustes.

Ajustes conductores





Grabado de los conductores

CONSIDERACIONES

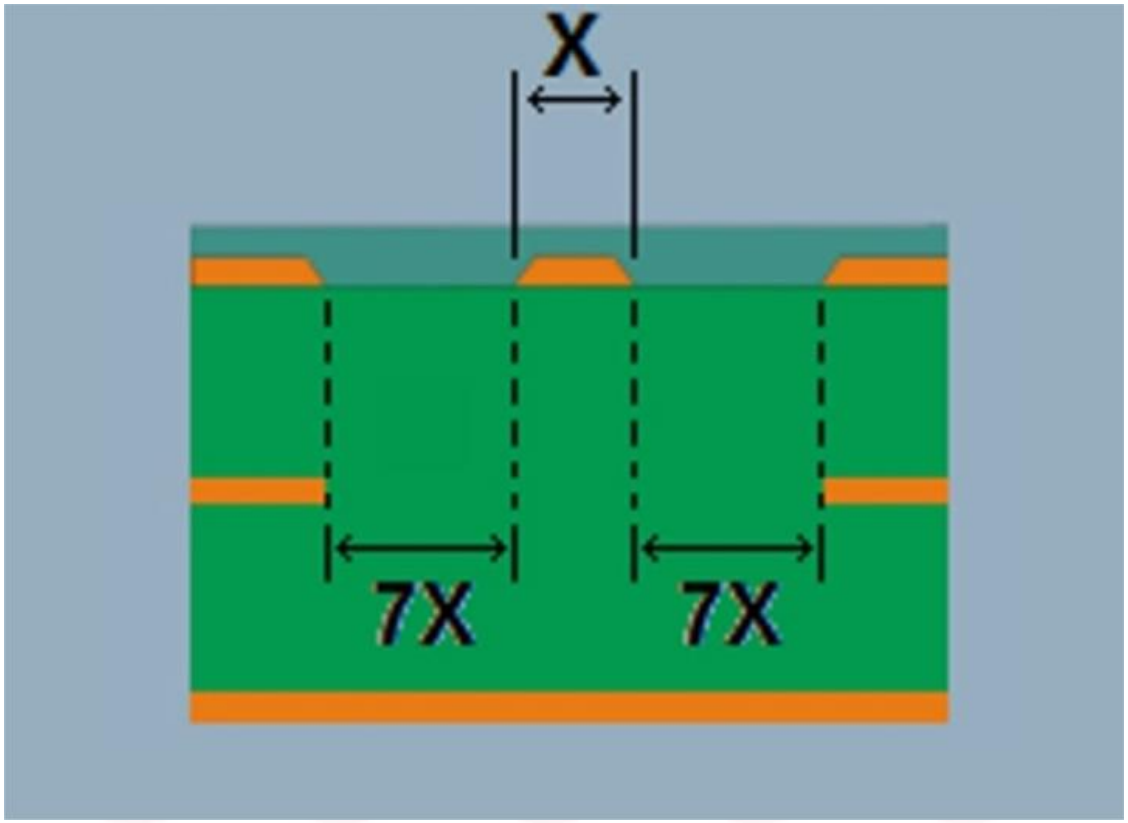
...EN EL DISEÑO.

- Deberemos tener en cuenta que para que un plano circundante o un plano de otra capa no influya en la impedancia, deberá estar a más de 7 veces el ancho de la pista de impedancia controlada.

- La proyección en Z de la zona de impedancia deberá estar libre de conductores.

- No realizar excesivos cortes en los planos de referencia.

IMPEDANCIA CONTROLADA



CONSIDERACIONES

...EN MATERIALES

• Es difícil dar un valor exacto a partir del cual se hace necesario utilizar materiales con mejores propiedades eléctricas.

Depende de muchos factores como: frecuencia o velocidad de la señal, longitud y ancho de la línea,...

• Generalizando mucho, se considera conveniente a partir de frecuencias superiores a los 3 GHz.

Tipo de Material	Er (1GHz)
FR4	4.2
Nelco 4000-13SI	3.4
ROGERS 4003	3.3

CONSIDERACIONES

...EN COSTES.

• El coste de la impedancia va directamente proporcional a la cantidad de valores de impedancia que debamos medir en una o diferentes capas y de la cantidad de cupones a realizar.

CONCLUSIONES

A partir del diseño del cliente y de las indicaciones de los parámetros que influyen en la impedancia controlada, Lab Circuits realizará, la ***verificación*** de dichos parámetros, la ***corrección*** de los mismos hasta conseguir el nominal teórico, la ***medición*** de los cupones de test representativos y la ***certificación*** del valor de la impedancia de las placas que estén dentro de las tolerancias acordadas.

Gracias por su atención