

# Proyecto CIAA - FSL: Cálculo de impedancias

Autor: INTI CMNB - Laboratorio CEA (Circuitos Electrónicos Avanzados)

Fecha: Agosto 2014

## Stack up del circuito impreso

- El stack-up de la CIAA-FSL es el siguiente:
  - Top layer: Señal con plano de GND.
  - Inner layer 1: Señal con plano de power con +3.3VDC. En los sectores con señales analógicas utilizar como referencia la tensión +3.3VADC.
  - Inner layer 2: Plano de GND. En los sectores con señales analógicas utilizar como referencia GNDA.
  - Bottom layer: Señal con plano de GND.

De acuerdo a lo informado por [Ernesto Mayer S.A.](#), la empresa que fabricará los primeros prototipos del circuito impreso, los espesores de los materiales a utilizar son:

- L1: 1 oz (0,035 mm)
- PP: 15,75 mils (0,4 mm)
- L2: 1 oz (0,035 mm)
- PP: 31,50 mils (0,8 mm)
- L3: 1 oz (0,035 mm)
- PP: 15,75 mils (0,4 mm)
- L4: 1 oz (0,035 mm)
- El espesor final del impreso es de 1,6 mm.
- El material a utilizar es del fabricante [Isola](#), con el código DURAVER-E-Cu quality 104 ML. Con los espesores indicados, se puede determinar el material exacto que se utilizará y su correspondiente contenido de resina. Con el porcentaje de resina y la frecuencia de trabajo, se obtiene la permitividad aproximada a usar en los cálculos de impedancia. Ver la hoja de datos del material en [datasheets/laminates/prepregs/IsolaDuraverE104MLMultilayer.pdf](#). El prepreg a utilizar es el 2 x 7628AT05, con un espesor de 0,173 mm y un contenido de resina del 47 %. Según el gráfico de permitividad del material, para una frecuencia de 200 MHz y un contenido de resina de 47 %, la permitividad aproximada es de 4,45.

## Cálculo de las líneas diferenciales USB

- Según la especificación USB, las líneas diferenciales deben tener una impedancia característica diferencial de 90 ohm +/- 15 %. Para cumplir con este requerimiento, debe calcularse el ancho de las pistas y la distancia entre las mismas en base al stackup presentado. Un software que realiza este cálculo es la herramienta Transline de la calculadora del Kicad.
- Los datos a ingresar son:
  - $\epsilon_r = 4,45$
  - $H = 0,346 \text{ mm}$  (0,173 mm x 2)
  - $T = 0,035 \text{ mm}$
  - $S = 7 \text{ mils}$
  - $L = 50 \text{ mm}$
  - $Z_{0o} = 45 \text{ ohm}$  (90 ohm / 2)
  - $\text{Ang\_l} = 0$
  - $Z_{0e} = 75$
- Presionar el botón Synthesize y luego ajustar S a 7 mils, redondear W a 18 mils e ingresar L = 50 mm. Presionar Analyze.
- Resultados:
  - Ancho de pistas (W) = 18 mils
  - Distancia entre pistas (S) = 7 mils
  - $Z_{diff} (Z_{0o} * 2) = 92 \text{ ohm}$
- Consultar las definiciones de impedancia par, impar y de modo común en: [Even mode and odd mode impedance - an introduction](#)

**Pcb Calculator**

Regulators | Track Width | Electrical Spacing | **TransLine** | RF Attenuators | Color Code | Board Classes

Transmission Line Type:

☐ Microstrip Line  
☐ Coplanar wave guide  
☐ Grounded Coplanar wave guide  
☐ Rectangular Waveguide  
☐ Coaxial Line  
☒ Coupled Microstrip Line  
☐ Stripline  
☐ Twisted Pair

Substrate Parameters

Er 4,45

TanD 0,02

Rho 1,72e-08

H 0,346 mm

H\_t 1e+20 mm

T 0,035 mm

Rough 0 mm

MurC 1

Physical Parameters

W 18 mil

S 7 mil

L 50 mm

Analyze Synthetize

Electrical Parameters:

Z0e 74,3692 Ohm

Z0o 46,0933 Ohm

Ang\_l 1,87475 Radian

Component Parameters:

Frequency 1 GHz

Results:

ErEff Even 3,48583

ErEff Odd 2,93865

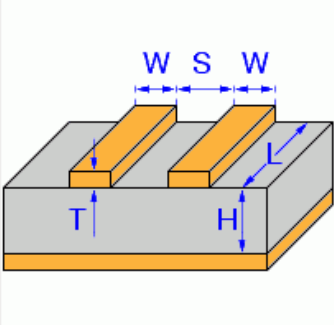
Conductor Losses Even 0,0636072 dB

Conductor Losses Odd 0,102526 dB

Dielectric Losses Even 0,156193 dB

Dielectric Losses Odd 0,13277 dB

Skin Depth 2,0873



### Cálculo de las líneas diferenciales Ethernet

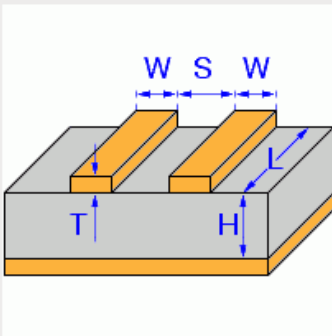
- Para el caso de Ethernet, las líneas diferenciales deben tener una impedancia característica diferencial de 100 ohm.
- Los datos a ingresar son:
  - Er = 4,45
  - H = 0,346 mm (0,173 mm x 2)
  - T = 0,035 mm
  - S = 8 mils
  - L = 50 mm
  - Z0o = 50 ohm (100 ohm / 2)
  - Ang\_l = 0
  - Z0e = 75
- Presionar el botón Synthetize y luego ajustar S a 8 mils, cambiar W a 15 mils (para que no quede tan ancha) e ingresar L = 50 mm. Presionar Analyze.
- Resultados:
  - Ancho de pistas (W) = 15 mils
  - Distancia entre pistas (S) = 8 mils
  - Zdiff (Z0o \* 2) = 102 ohm

# Pcb Calculator

Regulators Track Width Electrical Spacing **TransLine** RF Attenuators Color Code Board Classes

## Transmission Line Type:

- ☐ Microstrip Line
- ☐ Coplanar wave guide
- ☐ Grounded Coplanar wave guide
- ☐ Rectangular Waveguide
- ☐ Coaxial Line
- ☒ Coupled Microstrip Line
- ☐ Stripline
- ☐ Twisted Pair



## Substrate Parameters

Er	<input type="text" value="4,45"/>	...
TanD	<input type="text" value="0,02"/>	...
Rho	<input type="text" value="1,72e-08"/>	...
H	<input type="text" value="0,346"/>	mm <input type="button" value="v"/>
H_t	<input type="text" value="1e+20"/>	mm <input type="button" value="v"/>
T	<input type="text" value="0,035"/>	mm <input type="button" value="v"/>
Rough	<input type="text" value="0"/>	mm <input type="button" value="v"/>
MurC	<input type="text" value="1"/>	

## Component Parameters:

Frequency	<input type="text" value="1"/>	GHz <input type="button" value="v"/>
-----------	--------------------------------	--------------------------------------

## Physical Parameters

W	<input type="text" value="15"/>	mil <input type="button" value="v"/>	<input checked="" type="radio"/>
S	<input type="text" value="8"/>	mil <input type="button" value="v"/>	<input type="radio"/>
L	<input type="text" value="50"/>	mm <input type="button" value="v"/>	

## Electrical Parameters:

Z0e	<input type="text" value="81,7988"/>	Ohm <input type="button" value="v"/>
Z0o	<input type="text" value="51,1461"/>	Ohm <input type="button" value="v"/>
Ang_l	<input type="text" value="1,86446"/>	Radian <input type="button" value="v"/>

## Results:

```

ErEff Even 3,43522
ErEff Odd 2,91701
Conductor Losses Even 0,0670972 dB
Conductor Losses Odd 0,107193 dB
Dielectric Losses Even 0,154148 dB
Dielectric Losses Odd 0,131772 dB
Skin Depth 2,0873
    
```