

Circuitos de Radiofrecuencia Curso 2022 Presentación

Instituto de Ingeniería Eléctrica
Universidad de la República

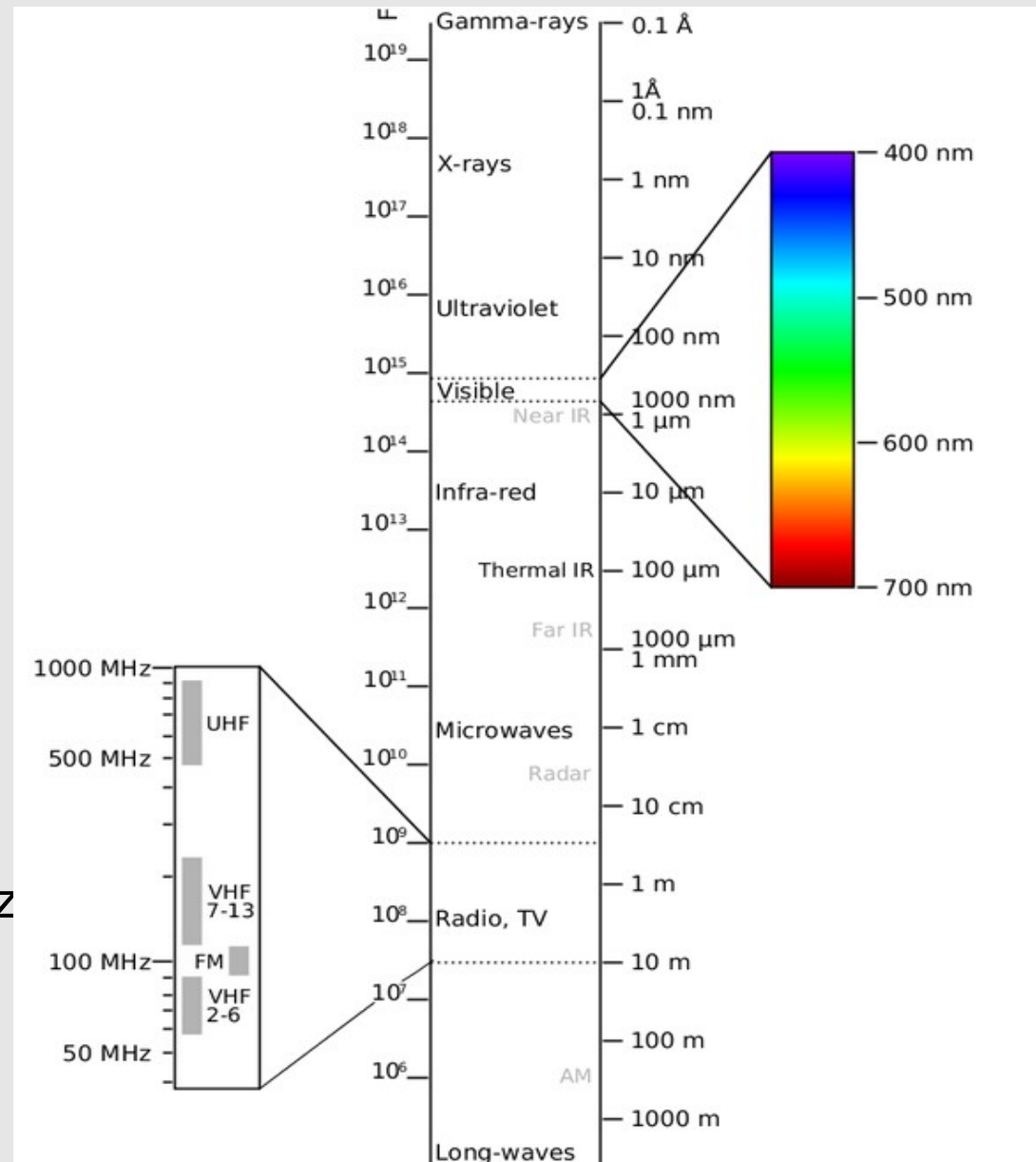
Equipo e Información del Curso

- Leonardo Barboni
- Fernando Silveira
- Gonzalo Gutierrez

- Sitio del curso en : **eva.fing.edu.uy**
(<https://eva.fing.edu.uy/course/view.php?id=617>)

Radiofrecuencia

- Algunos kHz (3) a 300GHz
- $\lambda = v / f$ $v = 1/\sqrt{\mu\epsilon}$
 $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (en el vacío)
 - 300 MHz: 1m
 - 1 GHz: 30 cm
 - 3 GHz: 10 cm
 - 300GHz: 1mm
- Celular: 0.45GHz – 2.5GHz
- WiFi: 2.4GHz, 5GHz
- Bluetooth: 2.4GHz
- 802.15.4: 868 / 915MHz, 2.4GHz
- Tendencia a seguir subiendo:
 - Radar, WiGig, 60GHz: $\lambda = 5\text{mm}$



Radiofrecuencia de Baja Potencia

IEEE 802.15.4

- ▶ Low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs)
- ▶ Unlicensed, ISM 0.9/2.4 GHz
- ▶ Application Data rate ~ 0.1 Mbit/s
- ▶ Max. distance ~ 100 m

Applications

- ▶ Remote control and monitoring – Zigbee
- ▶ Wireless Sensor Networks

Bluetooth Low Energy

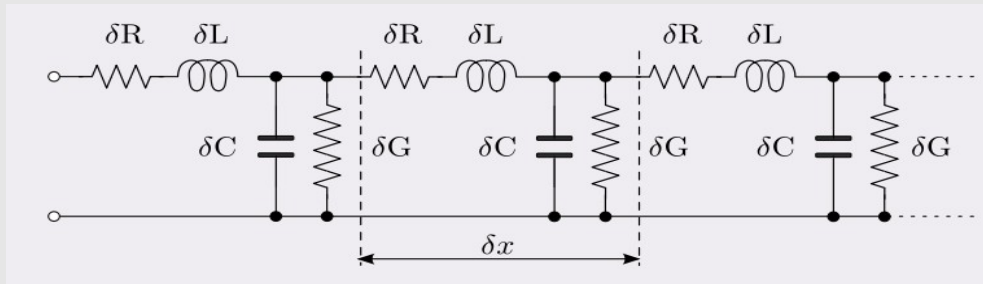
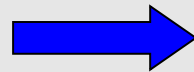
- ▶ Low power version of Bluetooth
- ▶ Unlicensed, ISM 2.4 GHz
- ▶ Application Data rate ~ 0.27 Mbit/s
- ▶ Max. distance ~ 100 m

Applications

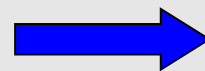
- ▶ Wearable devices
- ▶ Indoor positioning: iBeacon

Cuando dimensiones comparables a λ ...

- $E_j > \lambda / 20$ (300MHz: 5cm, 1 GHz: 1.5cm, 3 GHz: 0.5cm)
- Circuitos distribuidos



• V, I, Leyes de Kirchoff, ganancia, impedancias, parámetros h, ...



• Potencia, Ondas, Campos, Leyes de Maxwell, parámetros S, ...

Dimensiones $\ll \lambda$	Dimensiones comparables a λ	Dimensiones $\gg \lambda$
Electrónica de parámetros concentrados, Leyes de Kirchoff	Este curso	Óptica

Cuando subimos la frecuencia ...

- ωL aumenta \Rightarrow pequeñas inductancias ya no son un cortocircuito
 - $1/(\omega C)$ baja \Rightarrow pequeñas capacidades ya no son un circ. Abierto
 - No idealidades de componentes, estructuras y técnicas de circuito particulares (ej. circs. Resonantes, circuitos distribuidos)
 - Fuente de señal (ej. líneas) presentan impedancia no nula
- \Rightarrow Adaptación de impedancias para máxima transferencia de potencia

Algunas consecuencias (1)

6 Examples of things not to do

This section details commonly-made mistakes on a RF layout.

6.1 Long RF Trace lengths and mismatched traces in differential RF sections

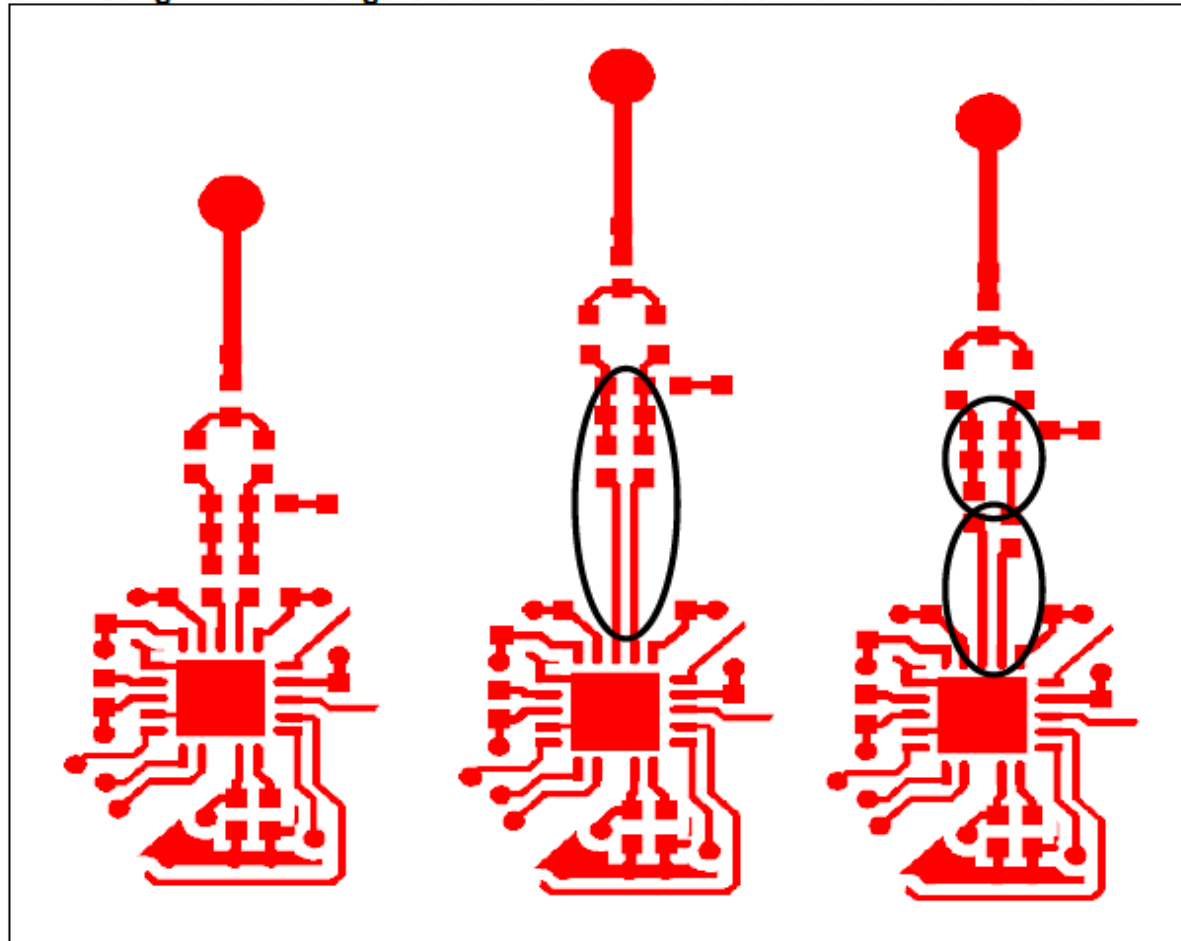


Figure 5: (a) Ideal Case (b) Extended RF Transmission Lines (c) Mismatched RF Lines

Layout Review
Techniques for
Low Power RF
Designs, Suyash
Jain, AN098, TI

Algunas consecuencias (2)

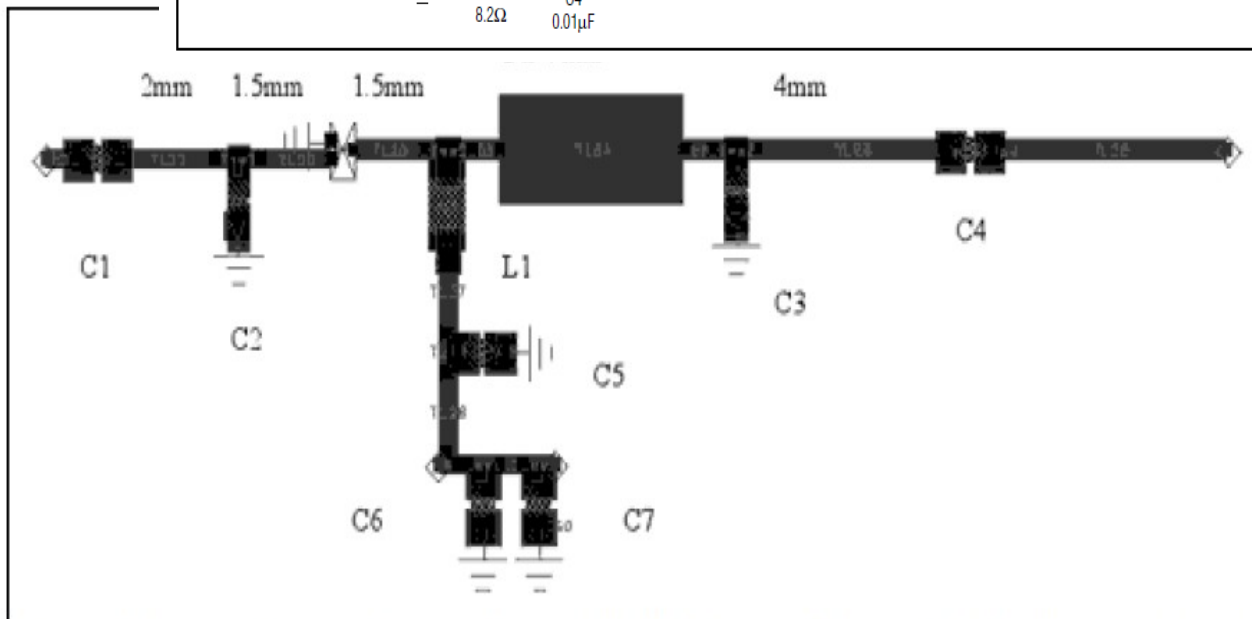
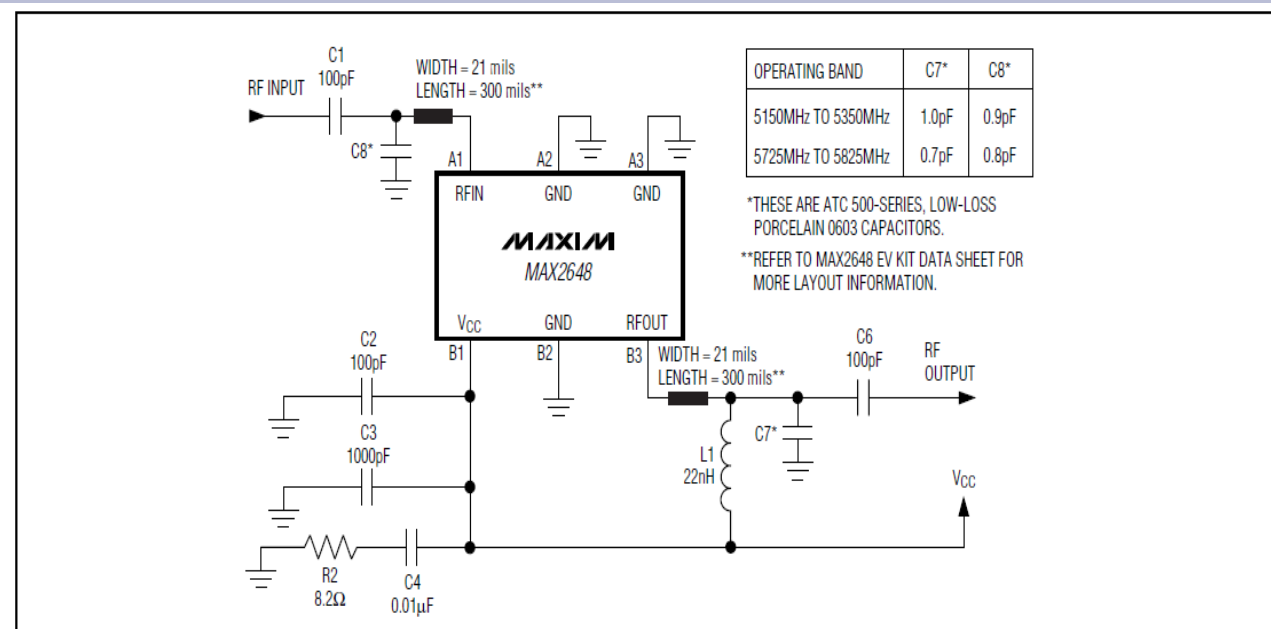
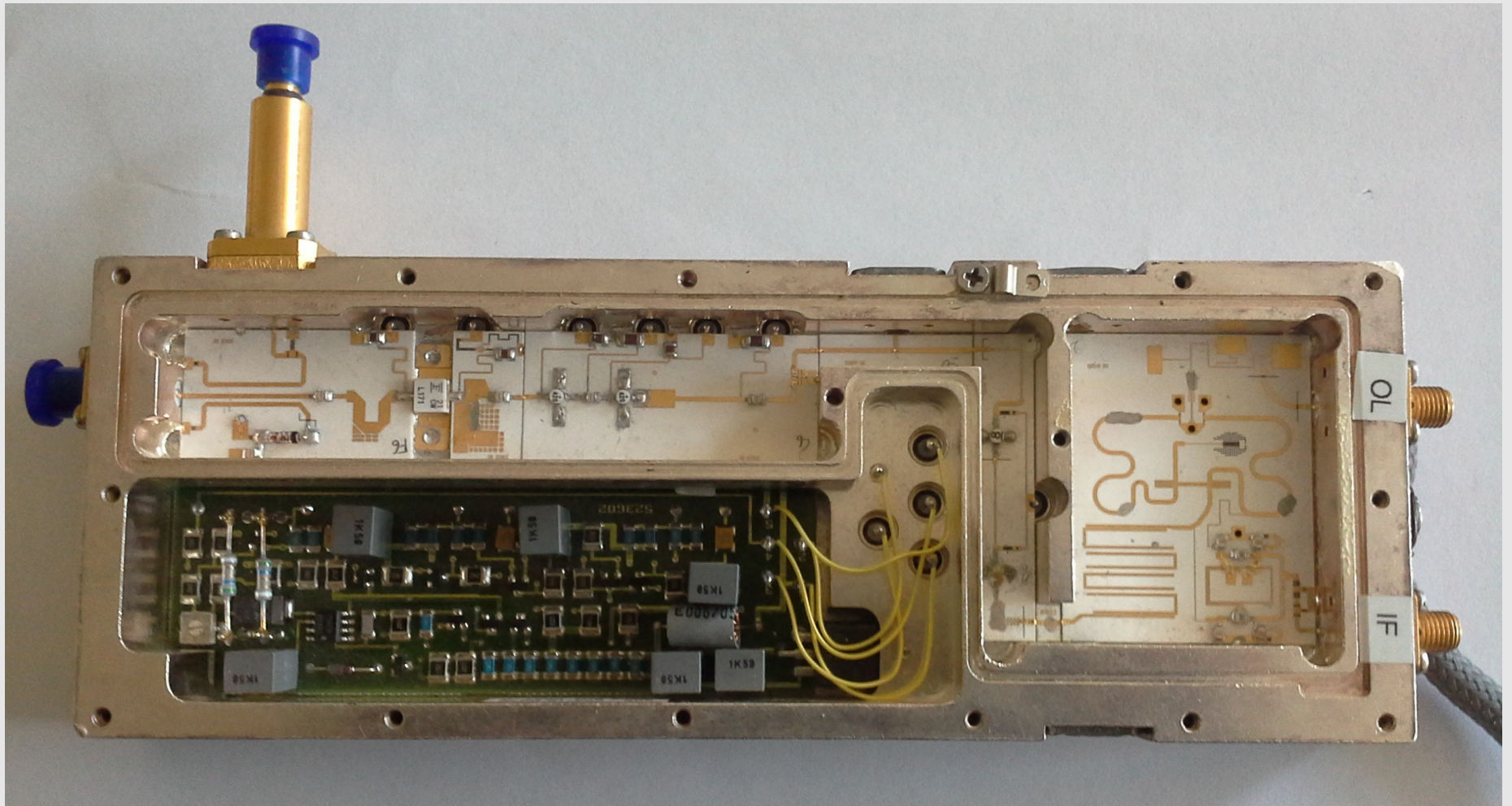


Figure 4. Layout showing 2mm x 4mm stub (50Ω line is 0.4mm. Individual microstrip section lengths are noted above.)

AN 1756

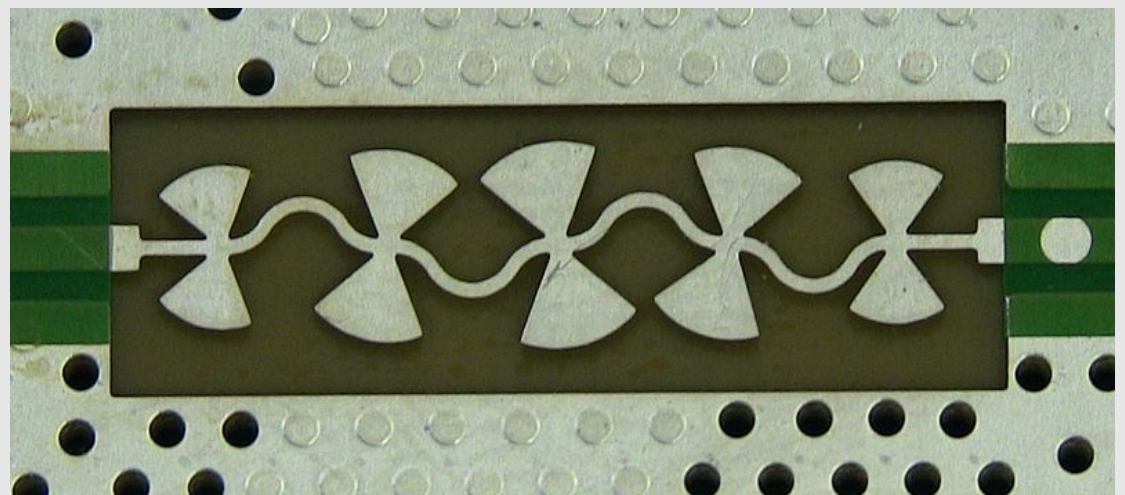
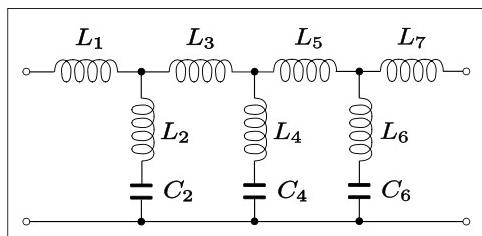
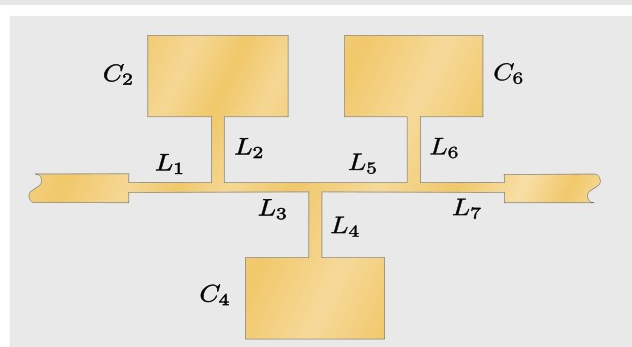
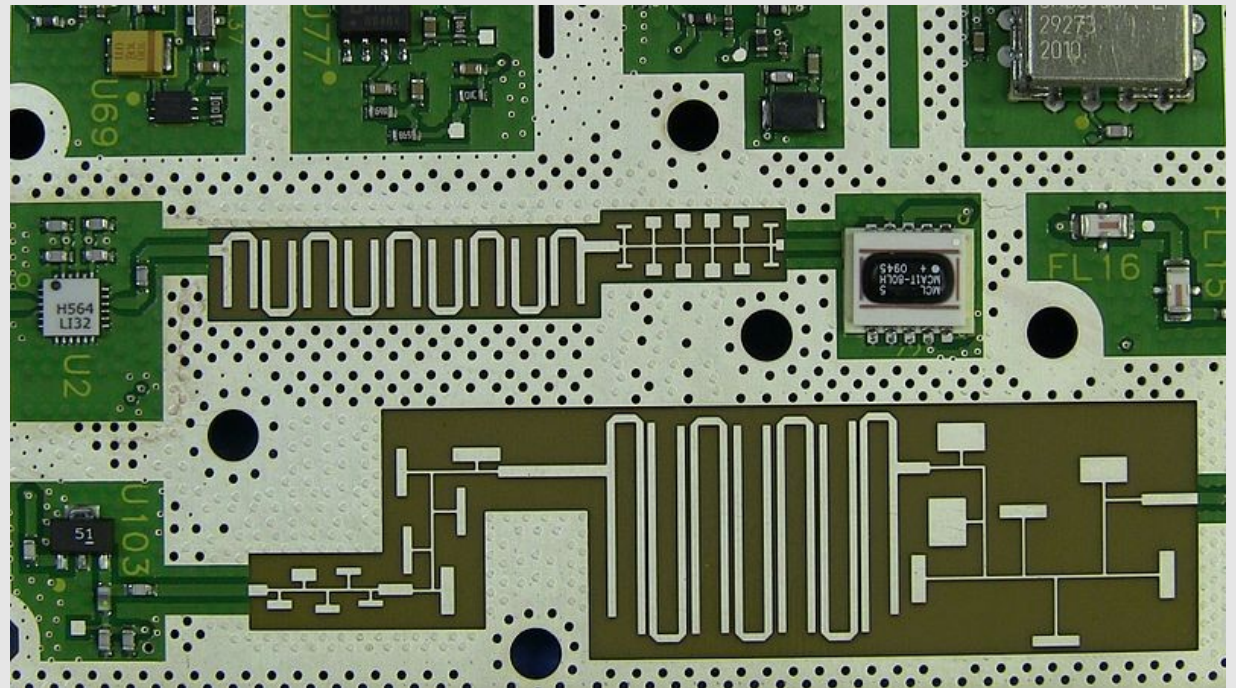
Designing with the
 MAX2648 5GHz
 LNA for High-
 Frequency
 Stability, Maxim.

Algunas consecuencias (3)



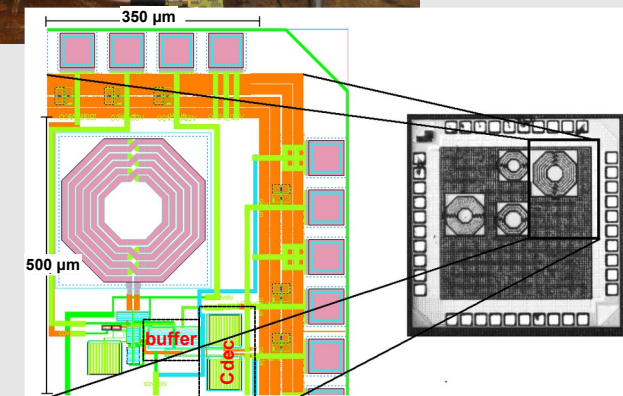
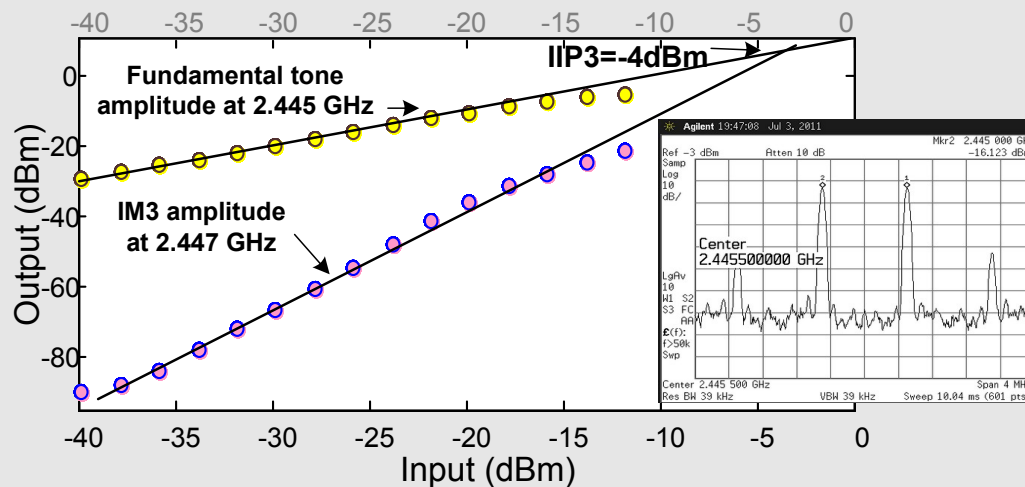
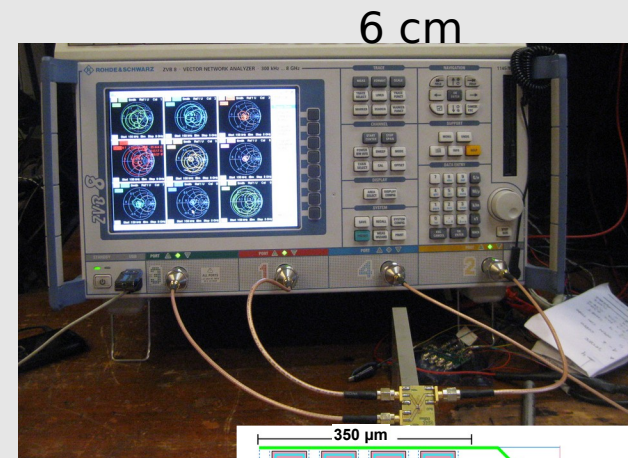
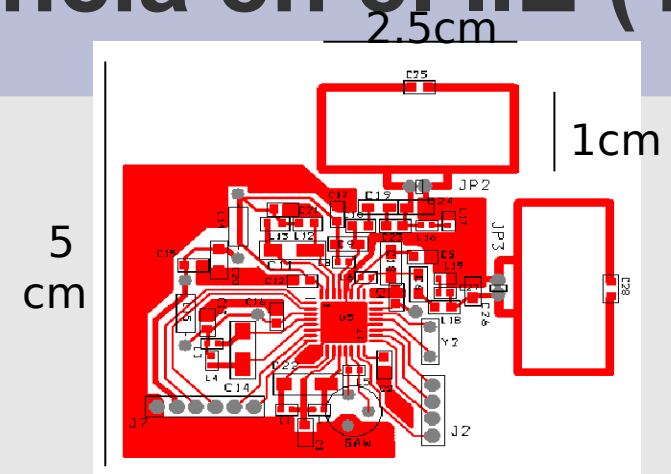
Algunas consecuencias (4)

The PCB inside a 20GHz Agilent N9344C spectrum analyser showing various microstrip distributed element filter technology elements, wikipedia, Distributed element filter



Circuitos de Radiofrecuencia en el IIE (1)

- 2002 – 2003: Proyecto Fin de Carrera (sistema a 433 MHz)
- tesis de maestrías y tesis de doctorado, varios proyectos de fin de carrera concluidos
- AntelSat
- Investigación en sistemas WuRx



Circuitos de Radiofrecuencia en el IIE (2)

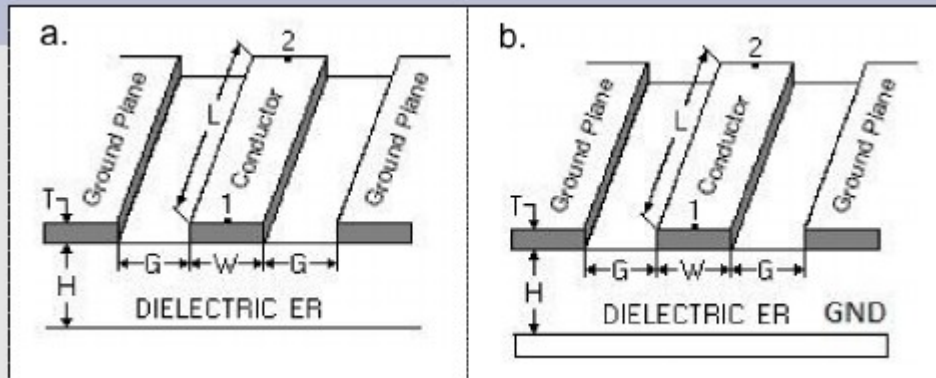
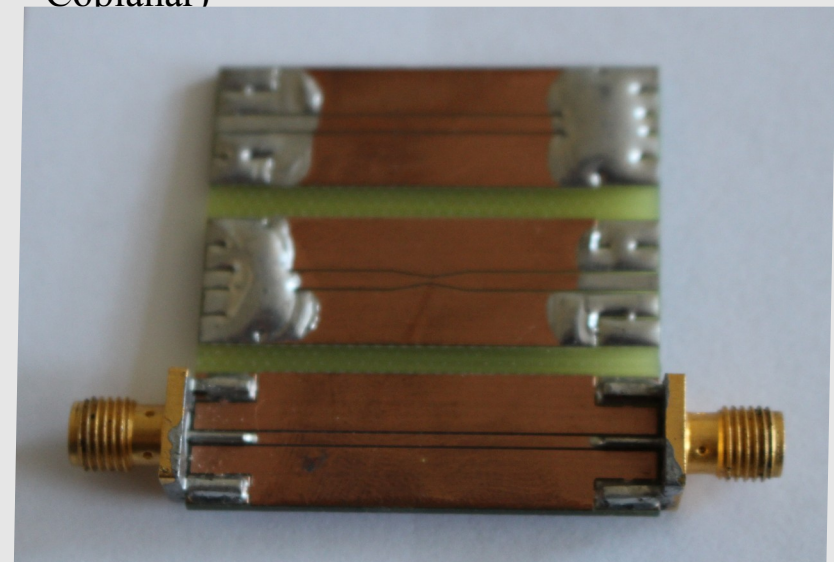
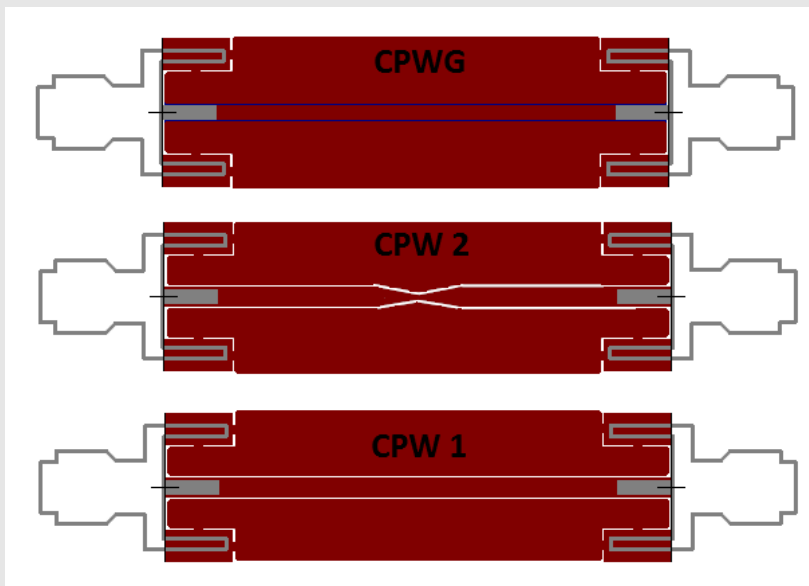


Fig. 1. Coplanar (a) and (b) Grounded Coplanar Waveguides

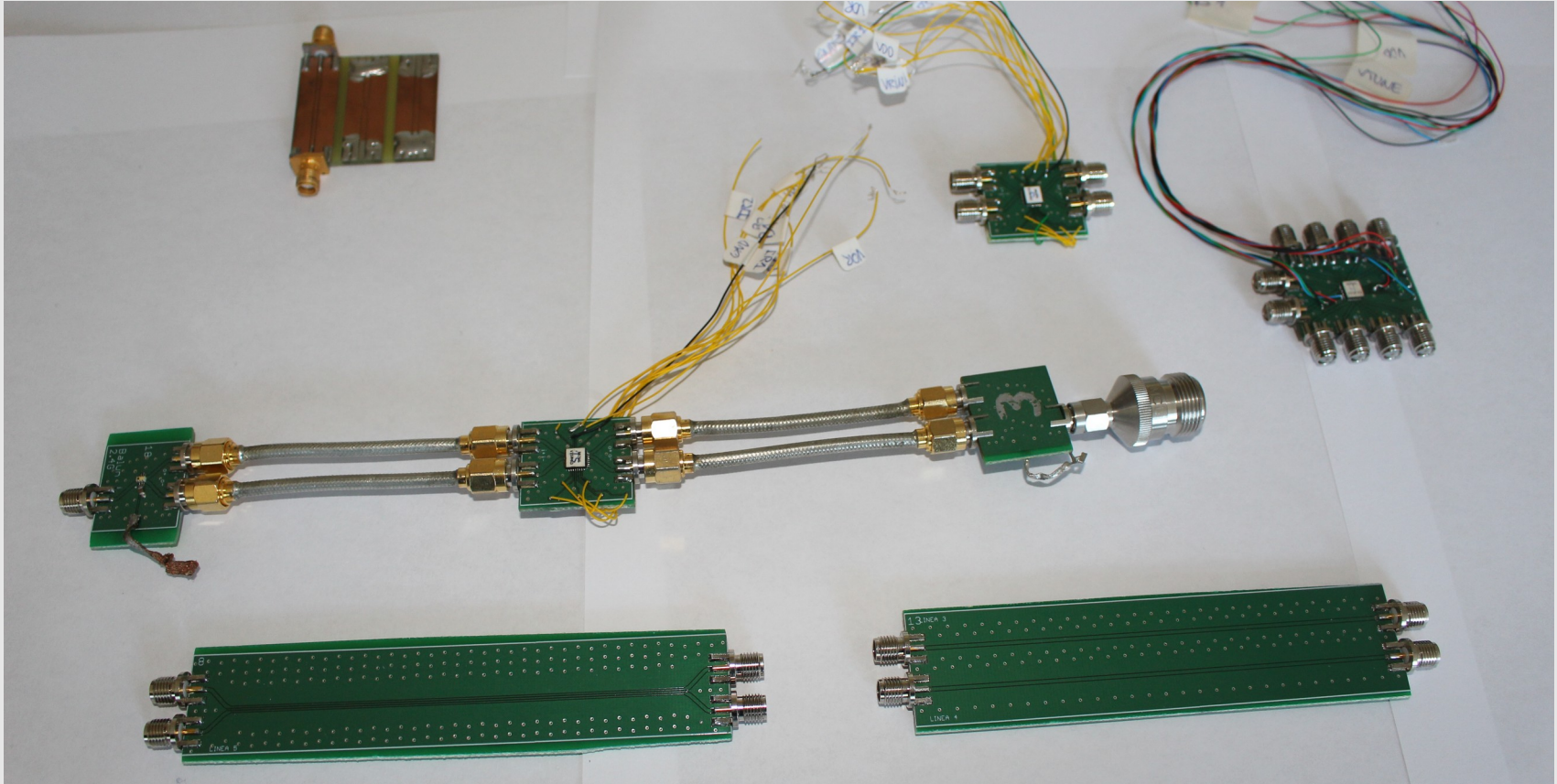
	H(mm)	G(mm)	W(mm)	L(mm)	Zo(Ohm)
CPW 1	1.6	0.22	1.47	38.4	50
CPW 2	1.6	0.22	1.47	38.4	50
CPWG	1.6	0.20	1.00	38.4	50

TABLE I. Design parameters of the tested lines (CPW: Coplanar, CPWG: Grounded Coplanar)



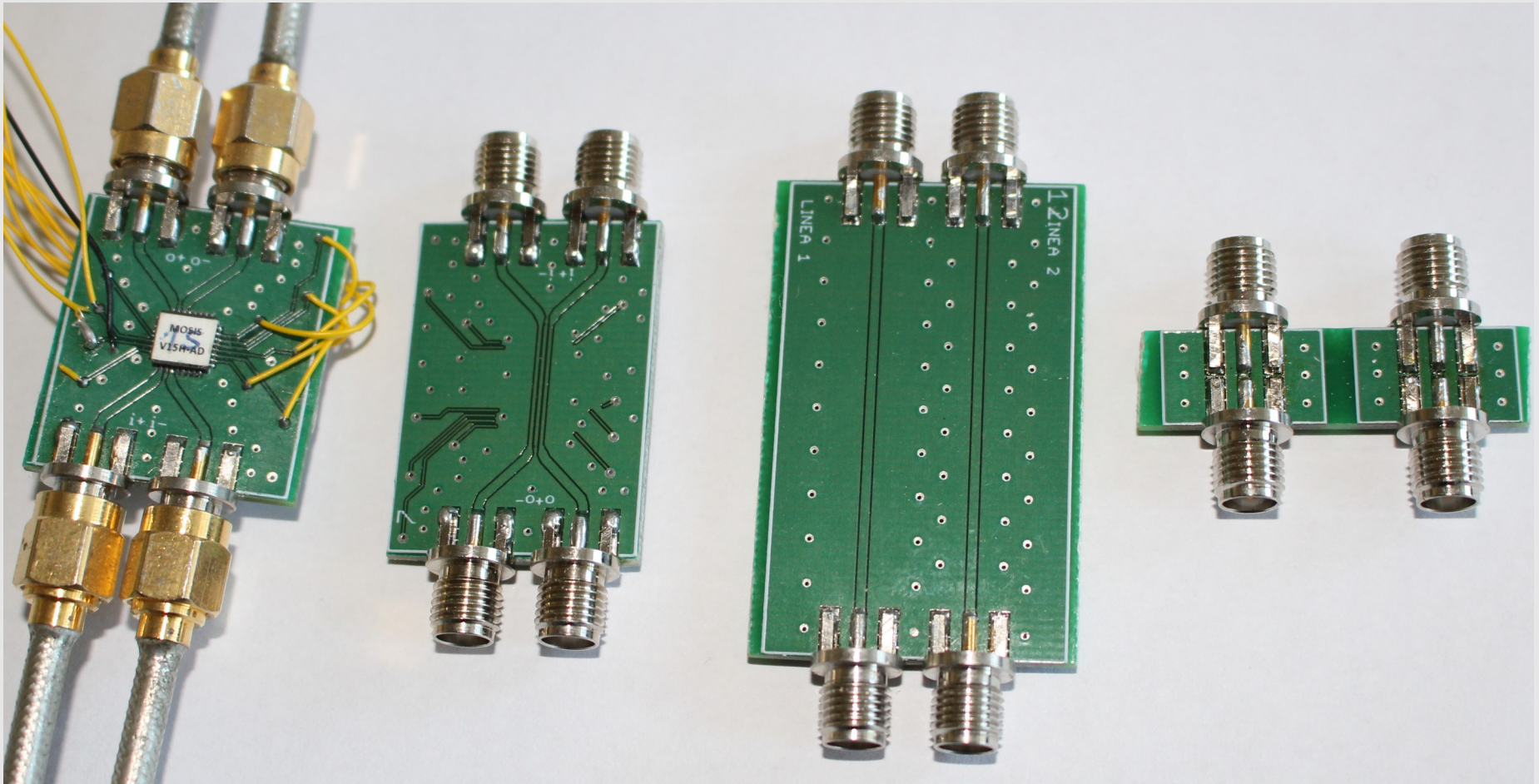
Design and characterization of PCB transmission lines for 2.45 GHz, F. Olivera, N. Barabino, F. Silveira, R. Fiorelli, Student Poster EAMTA / CAMTA 2011, Buenos Aires

Circuitos de Radiofrecuencia en el IIE (3)



De trabajo de tesis de doctorado de Nicolás Barabino

Circuitos de Radiofrecuencia en el IIE (4)



De trabajo de tesis de doctorado de Nicolás Barabino

Objetivos Formativos

- Entender las particularidades de los circuitos de radio frecuencia y sistemas con parámetros distribuidos.
- Resolver circuitos con líneas de transmisión analíticamente y usando la Carta de Smith
- Diseñar redes de adaptación reactivas combinando elementos concentrados y líneas de transmisión
- Usar parámetros S para el análisis de circuitos
- Calcular ruido en una cascada de bloques con 2 puertos
- Definir parámetros importantes usados para caracterizar amplificadores
- Diseñar amplificadores simples
- Manejar alguna herramienta de software para verificar diseños manuales

Otros Objetivos Cualitativos

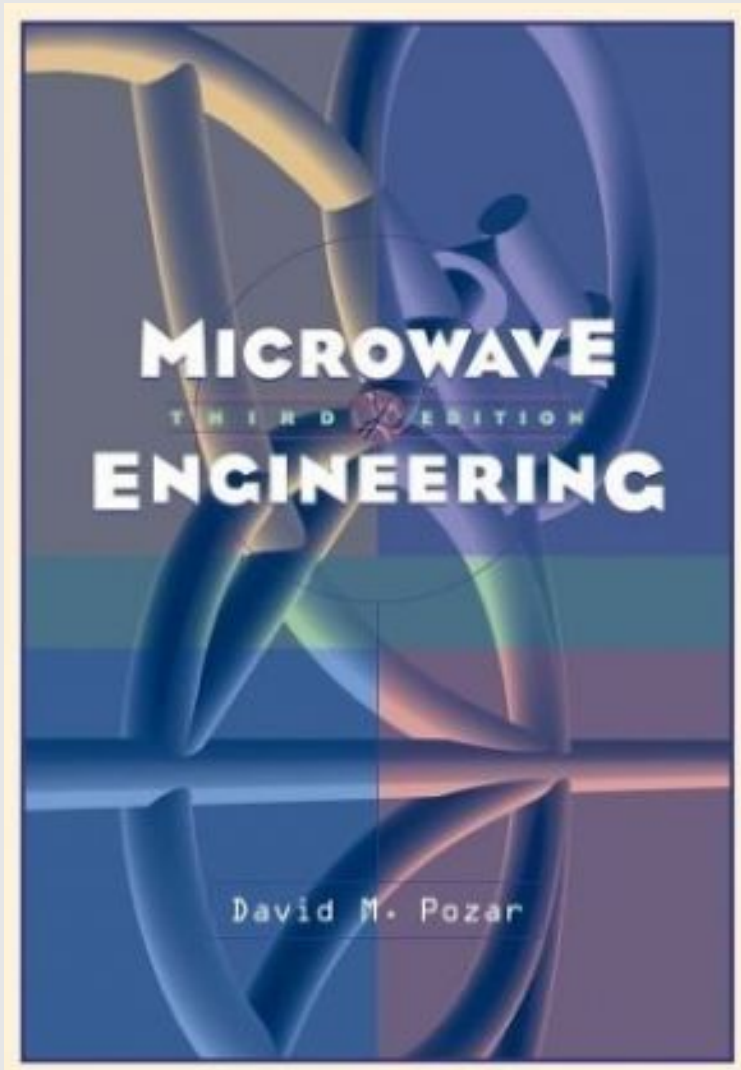
- Saber discernir cuando es necesario considerar efectos distribuidos (ej. efectos de línea de transmisión en un impreso).
- Entender, al menos básicamente, guías o reglas para diseño de PCBs en RF. Porqué y cómo influyen los tamaños, ancho de pista, espesor de placa.
- Cómo influyen características de los cables en un sistema de RF.
- Entender especificaciones de amplificadores y sistemas de radio frecuencia
- Conocer características de los componentes en RF

Programa

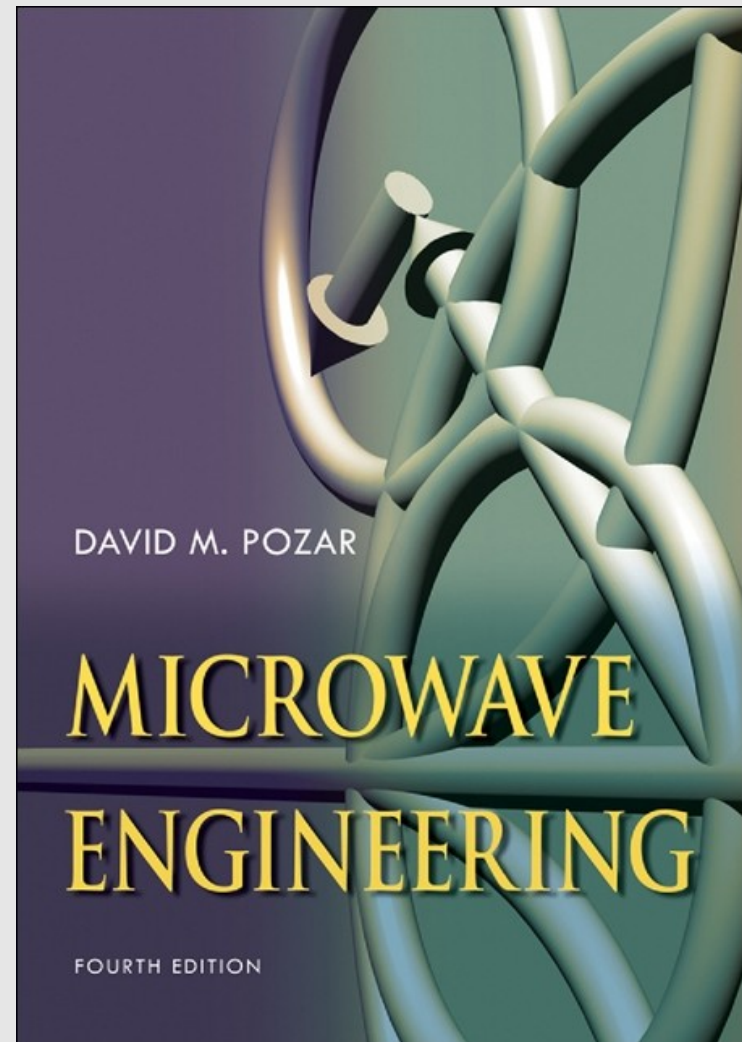
1. Líneas de Transmisión. Diagrama de Smith
2. Análisis de Redes de Microondas
Parámetros S.
3. Adaptación de Impedancias.
4. Ruido y Distorsión
5. Componentes de RF
6. Amplificadores.

Texto

3ra Edición, Wiley, 2005

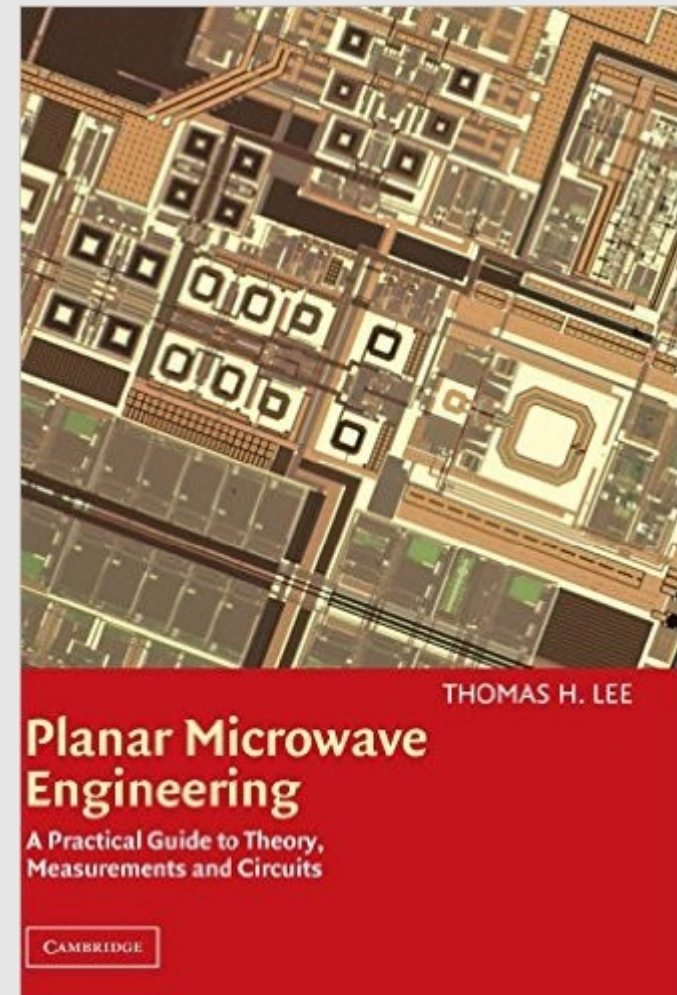
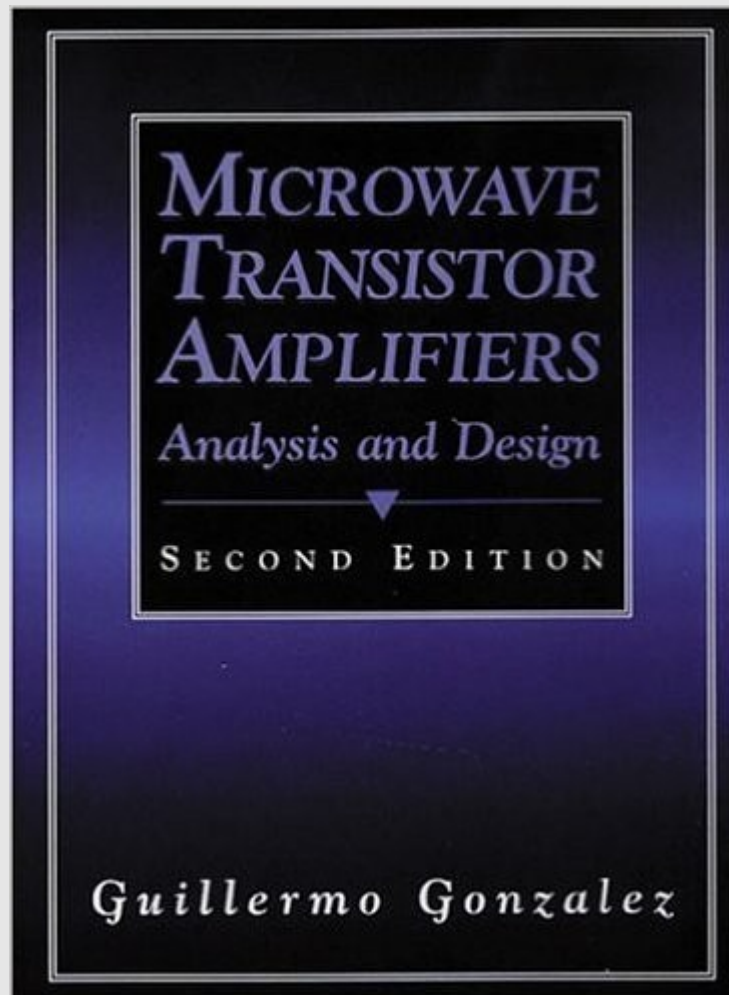


4ta Edición, Wiley, 2011



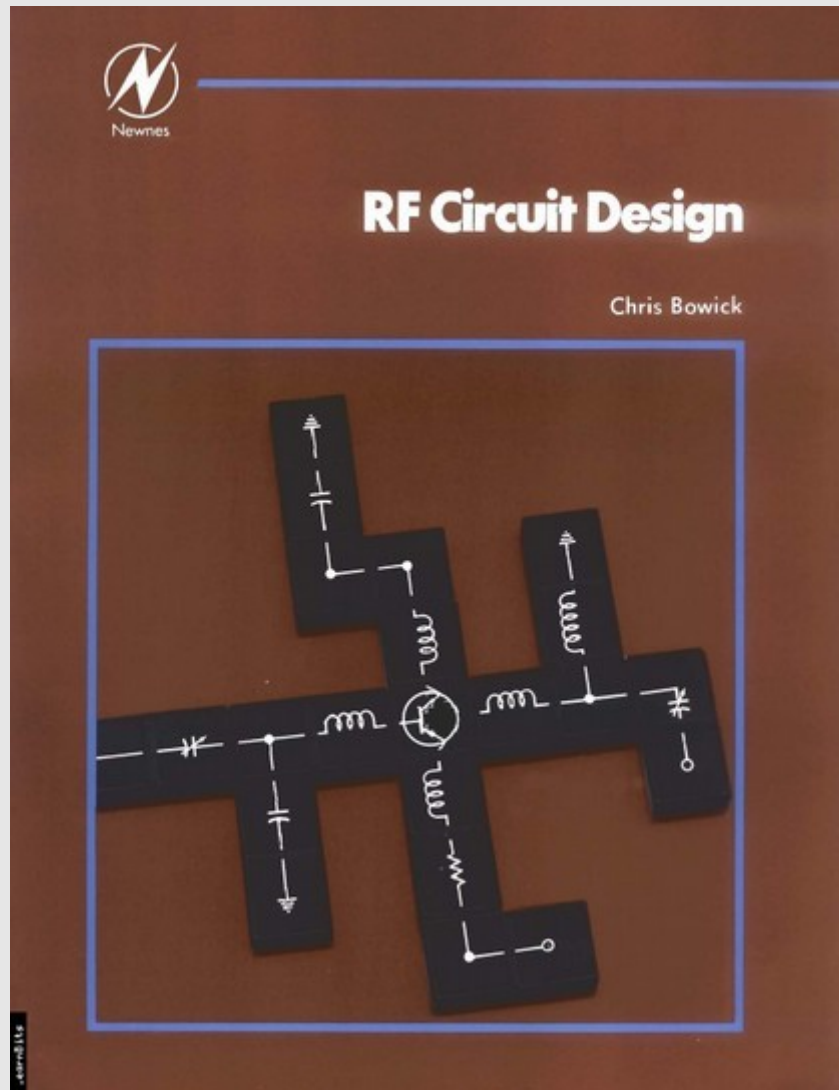
Otras referencias claves

2da Edición, Prentice Hall, 1996 1ra Ed, Cambridge University Press, 2004

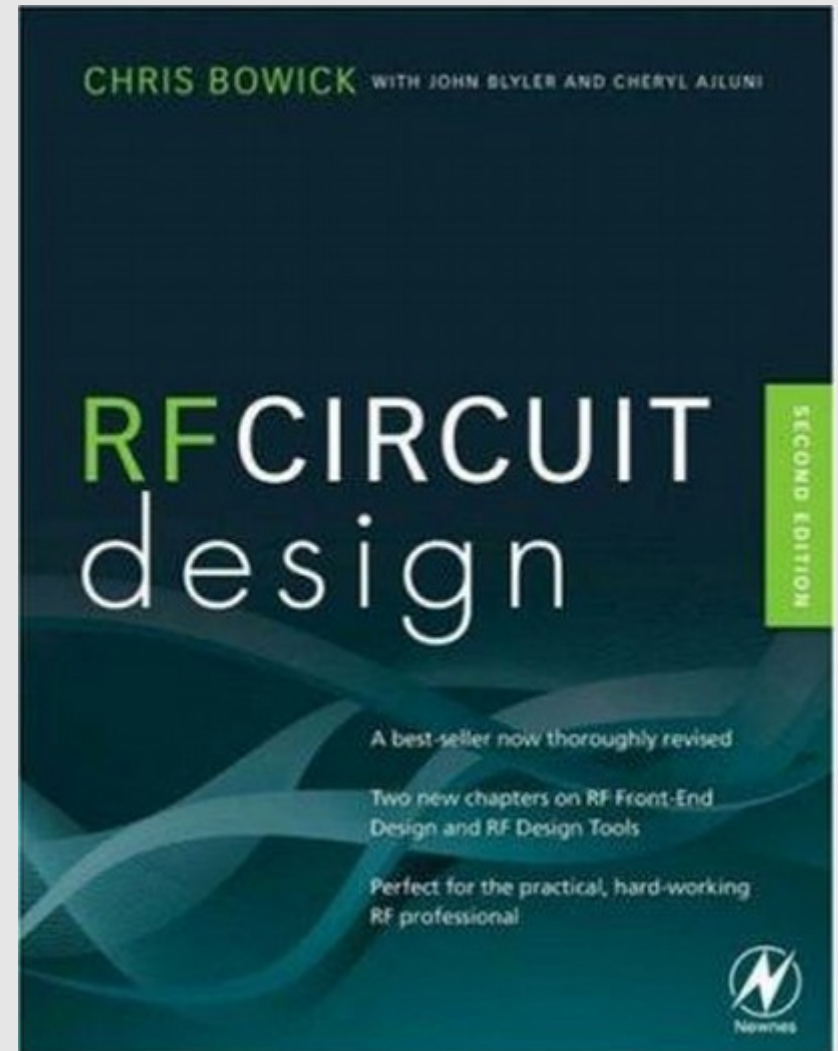


Otra Referencia

1ra Edición, Newnes, 1982



2da Edición, Newnes, 2007



Organización (I)

- Téorico + Ejercicios a resolver + 1 sesión de Laboratorio + sesión con CST + Trabajo
- 15 a 18 clases de 2hs entre esta semana y el 28/10 y 1 sesión de Laboratorio por Grupo + sesión de CST

Organización (II)

Ejercicios

- 2 a 3 hojas de ejercicios a entregar en forma individual dos semanas luego de entregada la letra.

Trabajo

- Individual o grupos de a 2.
- Dedicación de 56hs.
- A entregar en Diciembre
- Diseño + Simulación (o implementación + medidas).

Simulador: QUCS

Quite Universal Circuit Simulator (Qucs) <http://qucs.sourceforge.net/>

The image displays two versions of the QUCS software interface. The top window, QUCS 0.0.5, shows simulation results for a circuit. The bottom window, QUCS 0.0.17, shows a schematic diagram of a circuit with a Lambda/4 stub and various components.

Simulation Results (QUCS 0.0.5):

frequency	StabK
1e9	1.09678
1.29e9	1.09099
1.58e9	1.08344
1.87e9	1.07498
2.16e9	1.06615
2.45e9	1.0574
2.74e9	1.04906
3.03e9	1.0414
3.32e9	1.03463
3.61e9	1.02888
3.9e9	1.02424
4.19e9	1.02077

Schematic Diagram (QUCS 0.0.17):

The schematic shows a circuit with the following components and parameters:

- MS1:** Subst=Alumina, W=1 mm, L=10 mm
- MS2:** Subst=Alumina, W=1 mm, L=10 mm
- MS4:** Subst=Alumina, W1=1 mm, W2=1 mm, W3=0.5 mm
- Stub:** Subst=Alumina, W=0.5 mm, L=10 mm
- P1:** Num=1, Subst=Alumina, Z=50 Ohm
- P2:** Num=2, Subst=Alumina, Z=50 Ohm
- P3:** Num=3, Subst=Alumina, Z=50 Ohm
- C1:** C=30 pF

Simulation Parameters:

SP1
 Type=lin
 Start=1 GHz
 Stop=5 GHz
 Points=39

Alumina Properties:

er=9.8
 h=1 mm
 t=35 um
 tand=1e-3
 rho=0.022e-6
 D=0.15e-6

Text Description:

Schematic shows a Lambda/4 stub that is often used to bias active elements. Port 1 to 2 is a short, Port 1 and 3 is decoupled. The bandwidth increases with decreasing line width of "Stub".

Aprobación

- Exoneración por:
 - Entrega y aprobación de ejercicios
 - Realización de trabajo final
 - Instancia de presentación del trabajo final y preguntas sobre el mismo y el resto de los temas del curso

	Peso	Mínimo
Ejercicios	30 %	15 %
Trabajo	40 %	20 %
Defensa	30 %	15 %