

ETSI Telecomunicación

Laboratorio de Radiocomunicaciones

Laboratorio de Radiocomunicaciones

Apuntes de Pak (Francisco José Rodríguez Fortuño)
ETSI Telecomunicación. Universidad Politécnica de Valencia.
Primer cuatrimestre de 3^{er} curso
Curso 2005/2006

Nota: Éstos apuntes sólo incluyen una pequeña “referencia rápida” útil como resumen de cada práctica para estudiar previo al examen práctico. El resto de detalles de la asignatura están en los dos libros (Laboratorio de Radiocomunicaciones Tomo I y II)

Fecha de última actualización: 24 Agosto 2007

EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO (sesiones 1 y 5)

OSCILOSCOPIO

Señales temporales

- SOURCE → Ch 1
- AUTOSET

en reparo no iba nada por no hacer esto!!



y TRIGGER MENU > TYPE EDGE

Menu vertical:

- Acoplamiento CA: solo CA
- Acoplamiento CC: CC+CA

Boton MEASURE

medidas automáticas



FFT

MATH > FFT

CHI > WAVEFORM OFF

Frec muestreo:

MENU HORIZONTAL > Ruedecilla

Señales TV

TRIGGER MENU → TYPE VIDEO

TRIGGER ON $\begin{cases} \text{Field 1} \\ \text{Field 2} \end{cases}$ } para ver todo un campo
 $\searrow$ Lines } para ver las líneas

ANALIZADOR DE ESPECTROS

SPAN → FULL SPAN

FREQUENCY } Tedor o
AMPLITUDE } rueda

PICOS:

- PEAK SEARCH
- SPAN > PEAK ZOOM → Introducir SPAN mediante teclado

Video average

TRACE > NEXT PAGE > VID AVG

Filtro de Resolución

Esquina Inferior Izquierda : RES BW $\propto$ MHz

Para modificarlo: BW > RES BW → manual

Cursores (MARKERS)

MKR ↗ normal
↘ diferencial

Generador de seguimiento



→ TRACK GEN → SRC PWR = ON

← No olvidar!

- Ocultar trazas:

TRACE > TRACE A > BLANK A

- Guardar trazas

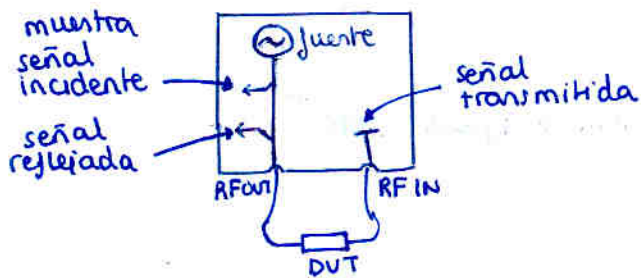
TRACE > TRACE B > CLEAR/WRITE B

- Para hacer la 'resta':

TRACE > MORE > A-B → A



Analizador de cables



Procedimiento Automatizado:

- Comprobar cable analizador $\leftrightarrow$ PC
- Comprobar analizador encendido

(aun nada conectado en RF IN / OUT)
aunque no hace falta desconectar cable cada vez, puedes dejarlo conectado (p123).

1. conexión analizador $\leftrightarrow$ PC

Analizador > Conexión

2. PRESET

Analizador > Reset

3. calibración desde disco duro

Calibración > Recuperar

C:\PRACTICAS\Calibraciones :

caltrx.cal $\rightarrow$ Medida de transmisión: para medir coef. atenuación (γ): $\alpha(\gamma)$

calimp.cal $\rightarrow$ Medida de reflexión: para medir imp. característica Z_c

calfl.cal $\rightarrow$ Fault Location: permite identificar fallas simples

cal srl.cal $\rightarrow$ Structural Return Loss (p101)

4. medida

medida $\begin{cases} \text{atenuación} \\ \text{impedancia} \\ \vdots \end{cases}$

- El programa pide conectar cable a medir.
- ACEPTAR

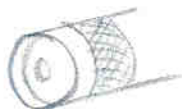
Conectores

pag 110

BNC: típico de instrumentos laborat.



N: el más grande



SMA: pequeñitos



F: tamaño igual a BNC

TV:



• Hembra / Macho



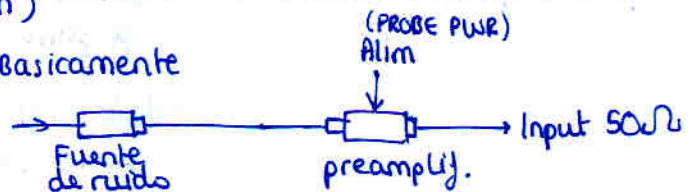
• Transiciones de un tipo a otro

• medida automatizada de ganancia y factor de ruido de cuadripolos

- Práctica > Comenzar
- Configuración > ... ACEPTAR
(el ordenador envia configuracion)

Hacer montaje para calibración:

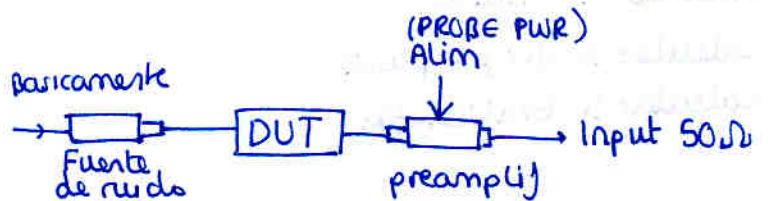
Basicamente



- Calibración
(comienza la calibración)

Hacer montaje para medida

Basicamente



- Medida > Visualizar
(realiza la medida y la visualiza)

La caja donada es el ~~per~~ preamp.

No enchufar la fuente si están los cables conectados.

1) configurar

2) Calibrar (no hay que repetir
a no ser que cambiemos
algún param de config).

4) Medir.

Programa de cálculo de ruido

pag 186 tomo 1

(click boton, click poner)

• Caja herramientas: ir pulsando  componentes

• Para agrupar: Editar > Insertar (2 a 4)

• Para introducir datos: elegir flecha  (o boton derecho) y doble clic

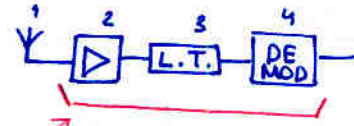
• Lo que se quiere calcular:

- doble clic detras de linea del bloque 4 y poner interrogante donde pone S/N
- doble clic en el grupo poner interrogante en Teg

• Calcular > Ruido

Calcular > ver por pasos

Calcular > Grafica S/N



Comprobar si sonda balanceada:



poner capucha con gancho en sonda
(sin adaptador BNC)

conectar a patilla metálica osciloscopio

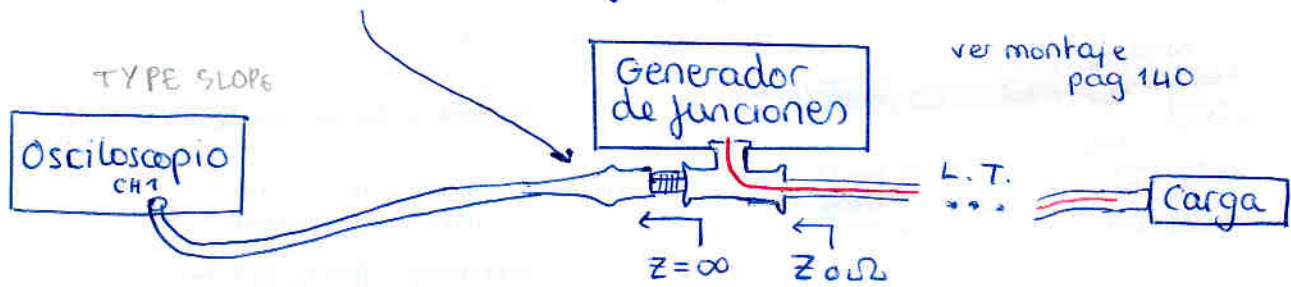
5V Probe Comp

se debe ver escala de voltios cuadrada (ver pag 152)



Medida:

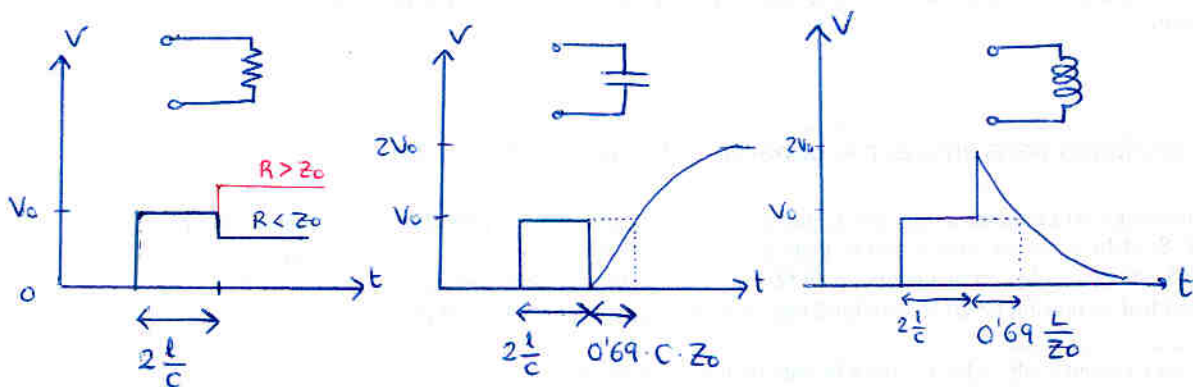
sonda con adaptador BNC (sin gancho)



sin usar la sonda (directamente osciloscopio)
se tenía $Z_0/2$ y había oscilaciones

Configurar generador de funciones: ver detrás.

Formas de onda: pag 141 Tomo 1



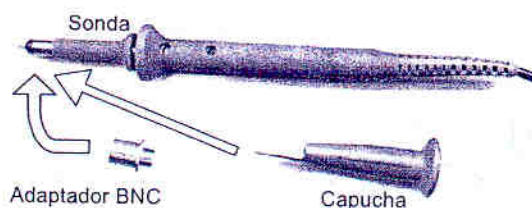
$$RG 058 \rightarrow PE \rightarrow \epsilon = 2'3$$

$$C = \frac{C_0}{\sqrt{2'3}}$$

PRÁCTICA 3: TRANSITORIOS - HOJA ADICIONAL

Instrucciones para el balanceo de la sonda

En esta práctica únicamente se va a comprobar, utilizando la señal de test del osciloscopio, que la sonda está balanceada. La sonda incluye el cuerpo principal que finaliza en un conductor en forma de punta, una capucha y un adaptador BNC. SÓLO SE DEBE EMPLEAR UNO DE LOS DOS ACCESORIOS SIGUIENTES: capucha para balancear o adaptador BNC para conectar al generador de funciones. En el caso del adaptador BNC el conductor central debe quedar a la misma altura que el conductor externo.



Bien se emplea la configuración de sonda
(para la patilla del osciloscopio):



O bien se emplea la configuración con conector
BNC (montaje del reflectómetro temporal):



Para comprobar que la sonda está bien balanceada, tomaremos como accesorio el capuchón de plástico y conectaremos su extremo (gancho) a la patilla metálica del osciloscopio que señala $\approx 5V$ Probe Comp. $\perp$ (cercana al canal 1 del osciloscopio). La capucha debe estar bien ajustada y si la sonda está en modo 1x se debe ver una escala de Voltios y cuadrada. Si el modo es 10x, la amplitud será 10 veces más baja y también cuadrada. Si no es así, se debe ajustar mejor la capucha a la sonda, porque no está haciendo buen contacto.

Instrucciones para emplear el generador de funciones AFG310

Instrucciones para generar la función de pulsos cuadrados de frecuencia 200 kHz y 10 V (amplitud pico a pico). Se debe tener en cuenta que el generador indica en su display el voltaje que entrega a la salida cuando está adaptado con una carga de 50 Ω . Por lo tanto, internamente para ello estará formado por una fuente ideal de tensión de 20 V (amplitud pico a pico). y una resistencia de 50 Ω en serie.

- 1- Se conecta pulsando la tecla ON en la esquina inferior izquierda.
- 2- Se pulsa el botón **[CH 1]** situado encima de la salida OUTPUT quedando iluminado (**IMPORTANTE**).
- 3- Para ajustar el tipo de forma de onda, primero se pulsa **[FUNC]** en el área de menú.
- 4- Con los cursores **[∇]** y **[Δ]** se selecciona la función SQUARE.
- 5- Pulsar **[ENTER]** para cerrar la operación de selección de función (**IMPORTANTE**).
- 6- Para ajustar la frecuencia, primero se pulsa **[FREQ]** en el área de menú.
- 7- En el teclado numérico introducir 200 (o bien con los cursores **[∇]** y **[Δ]**).
- 8- Para cerrar la operación de selección de función pulsar la tecla de unidades seleccionando la de **[kHz]** (tecla central de unidades).
- 9- Para ajustar la amplitud, primero se pulsa **[AMPL]** en el área de menú.
- 10- En el teclado numérico introducir 10 (o bien con los cursores **[∇]** y **[Δ]**).
- 11- Para cerrar la operación de selección de función pulsar la tecla de unidades seleccionando la de **[V]** (la de más abajo de las unidades).

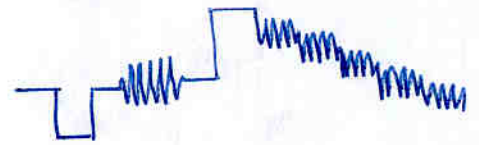
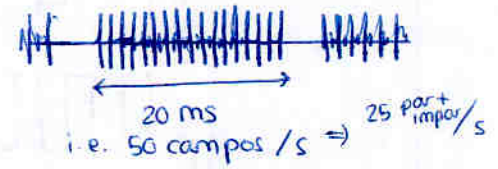
Visualizar en osciloscopio

TRIGGER MENU → TYPE → VIDEO

→ TRIGGER ON → Field 1
→ Field 2

→ Lines

Para ver campo entero

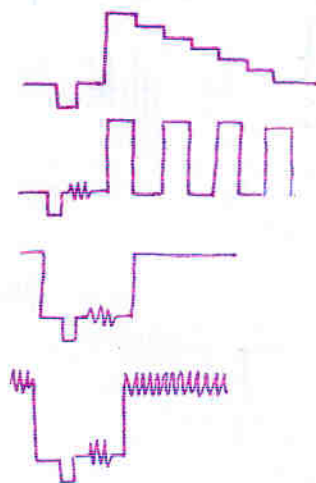


viejo: MENU HORIZONTAL > DELAY
nuevo: DELAY

Laboratorio de Radiocomunicaciones
Practica 6. Canales de Televisión

A) Estudio de la señal de televisión en el dominio del tiempo

1)



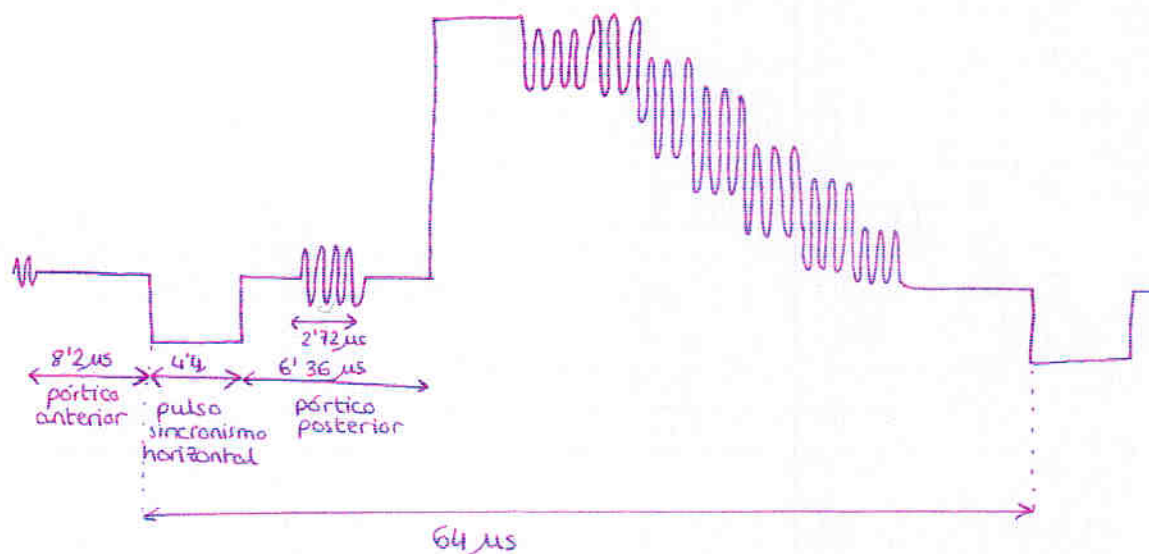
Lineas verticales de
luminancia decreciente

Lineas verticales blancas
y negras

Blanco

Rojo

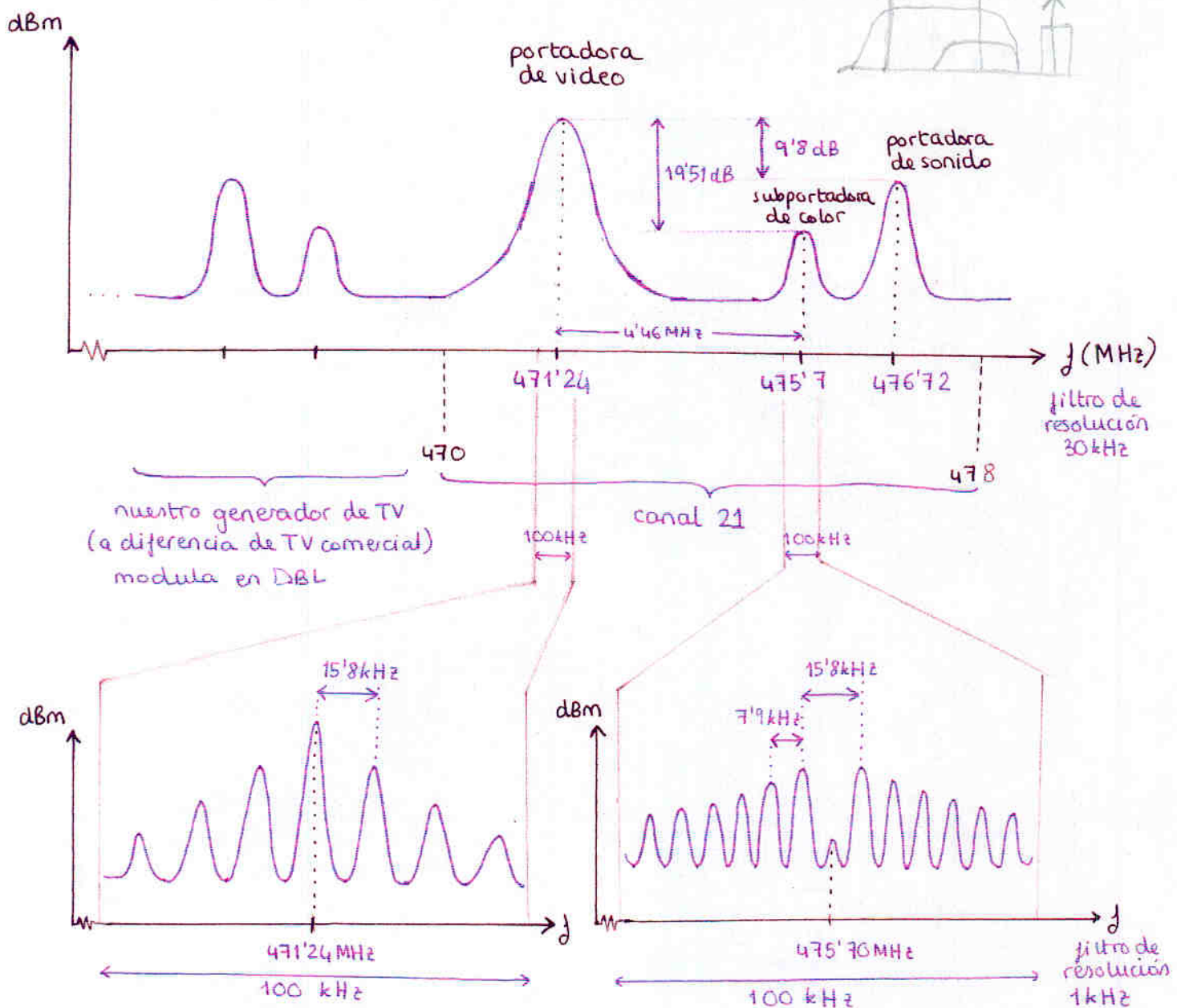
2)



Duración total de la línea : 64 μ s

$f_L = 15'625 \text{ kHz}$

B) Estudio de la señal de TV en el dominio de la frecuencia



Al disminuir el span, podemos disminuir el filtro de resolución y distinguir 'las deltas'

Aparecen 'deltas' porque la señal es pseudoperiódica de periodo de línea.

⇒ Aparecen deltas cada f_L

Aparecen deltas cada $f_L/2$

Esto se debe a que están intrincados los espectros; el de crominancia (que no abarca tanto ancho de banda) está dentro del de la luminancia, ambos de señales pseudoperiódicas de periodo de línea.

Recomendado:

SPAN > FULL SPAN

PEAK SEARCH

SPAN > PEAK ZOOM → span por teclado

Recomendado

BW > VIDEO AVERAGE

Recuerda: Filtro de resolución

exp. en inf 12g: RES BW

cambiarlo: BW > RES BW > manual

C) Medidas sobre la red de distribución

Nivel recibido sin amplificación

Canal	Nivel Real (dBuV)
22	83'1
51	68'5

(mantener STEP para entrar en modo canal)

Nivel recibido con amplificación

Canal	Nivel Real (dBuV)
22	97
51	97

Canal	Ganancia Amplificador (dB)
22	13'9
51	28'5

Nivel de Potencia en cada toma para las portadoras de video y de sonido

Planta	Canal 22			Canal 51		
	Video (dBuV)	Audio (dBuV)	Diferencia (dB)	Video (dBuV)	Audio (dBuV)	Diferencia (dB)
1ª	70	64	6	64	36	28
2ª	47	67	20	57	58	1
3ª	48	65	17	64	56	8
4ª	66	63	3	68	54	14
5ª	66	65	1	69	56	13

Para cada medida:

- ajustábamos la frecuencia:

del anexo:

Video canal 22 : 479'25 MHz
 Audio canal 22 : 484'75 MHz
 Video Canal 51 : 711'25 MHz
 Audio Canal 51 : 716'75 MHz

pag 82
Tomo II

- Calculábamos:

Nivel Real (dBuV)	=	Nivel medido (dBuV)	+	Att. RF (0 ó 40dB)	+	Att. FI (0 ó 20dB)	+	Corrección (dB)
		↓ marcado por la aguja del medidor		↓ según si estaba o no pulsado cada uno de los botones de atenuación		↓		↓ Video 22 ≈ -4 dB Audio 22 ≈ -4 dB Video 51 ≈ +6 dB Audio 51 ≈ +5 dB

1. ¿La señal está dentro de los límites establecidos por la administración?

- Administración: El nivel de señal en todas las tomas de usuario debe estar entre 60 y 80 dBuV

Canal 22 : No se cumple en plantas 2ª y 3ª

Canal 51 : No se cumple en planta 2ª

En todas las demás tomas si que estamos dentro de los límites.

2. ¿Cuál es la diferencia entre la peor y la mejor relación de portadoras?

en el canal 22 es $20 - 1 = 19 \text{ dB}$

en el canal 51 es $28 - 1 = 27 \text{ dB}$

¿se cumplen los requisitos legales?

Requisitos legales: La diferencia entre la peor y la mejor relación de portadoras debe ser no más de 3 dB

No se cumplen los requisitos en ninguno de los canales.

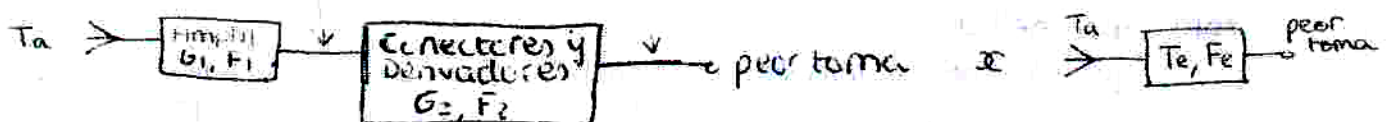
3. ¿Cuál es la peor toma de cada canal?

Canal 22; peor toma: la 2ª planta

Canal 51; peor toma: la 2ª planta

calcule la atenuación que sufre la señal entre la salida de los amplificadores y la peor toma

	Nivel señal a salida de amplif.	Nivel señal en peor toma	Atenuación sufrida por la señal $= \frac{1}{G_2}$
Canal 22	97 dBuV	47 dBuV	50 dB
Canal 51	97 dBuV	57 dBuV	40 dB



↑ medir L_2 y G

$F = L$

Sabiendo Factor de ruido de los amplificadores :

7'5dB

Obtenga la relación señal a ruido en la peor toma

Temperatura de Antena :

70 K

$$F_1 = 7'5 \text{ dB} = 5'62$$

G_1

$$(T_f = T_0) \Rightarrow F_2 = \text{perdidas } L_2 = \frac{1}{G_2}$$

$$F_e = F_1 + \frac{F_2}{G_1}$$

$$T_e = (F - 1) \cdot T_0$$

Ruido en peor toma

$$N = K(T_e + T_a)B \cdot G$$

$$G = G_1 \cdot G_2 = G_1 \cdot \frac{1}{F_2}$$

Canal 22

5'62

13'7 dB = 24'55

50 dB = 100000

$$5'62 + \frac{100000}{24'55} = 40'79$$

$$(40'79 - 1) \cdot 290 = 1182'620 \text{ K}$$

$$1'38 \cdot 10^{-23} (1182'620 + 70) \cdot 5'5 \cdot 10^6 \cdot 24'55 \cdot \frac{1}{100000}$$

$$= 2'2038 \cdot 10^{-11} \text{ mW}$$

$$= -106'56 \text{ dBm}$$

Canal 51

5'62

28'5 dB = 70'7'9

40 dB = 10000

$$5'62 + \frac{10000}{70'7'9} = 19'74$$

$$(19'74 - 1) \cdot 290 = 5434'6 \text{ K}$$

$$1'38 \cdot 10^{-23} (5434'6 + 70) \cdot 5'5 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{10000}$$

$$= 1'8649 \cdot 10^{-11} \text{ mW}$$

$$= -187'29 \text{ dBm}$$

Medida de ROE: con el medidor

- Encontrar máximo
- COARSE Y FINE $\rightarrow$ 0 dB
- Moverse por la línea hasta encontrar un mínimo
 usar escala de abajo del todo en dB $\rightarrow$ sumarle en dB las veces que cambiemos de botón de amplificación 10dB.
 $\downarrow$
 en directamente el valor de la ROE

Práctica

- medida de long. de onda

pag 108 tomo 2

- Terminar en cortocircuito

 $\lambda/2 \rightarrow$ obtenemos λ_g

(a = 22'86mm)?

- medida de ROE pag 111

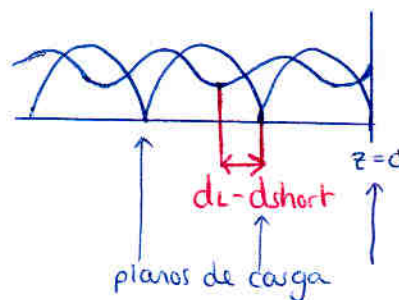
- carga adaptada
- cortocircuito
- guía abierta $\neq$ circuito abierto

$$d = c \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda_g}\right)^2 + \left(\frac{1}{2a}\right)^2}$$

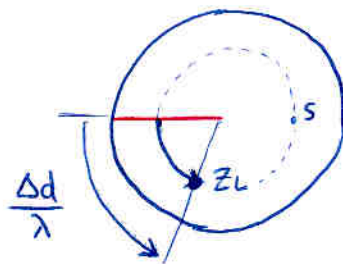
$$|\rho_c| = \frac{s-1}{s+1}$$

- Medida de la impedancia

- Comparar cortocircuito y carga
- Carta de Smith:
 $\rightarrow$ radio igual a la ROE
 $\rightarrow$ nos situamos en un mínimo de tensión



- nos desplazamos $\frac{\Delta d}{\lambda}$ (hacia carga o generador según corresponda) para situarnos en el plano de carga = plano donde $u=0$ para el cortocircuito.
 Ese valor de impedancia será Z_L



- Adaptación

tornillo de penetración variable (introduce $j\omega L$)

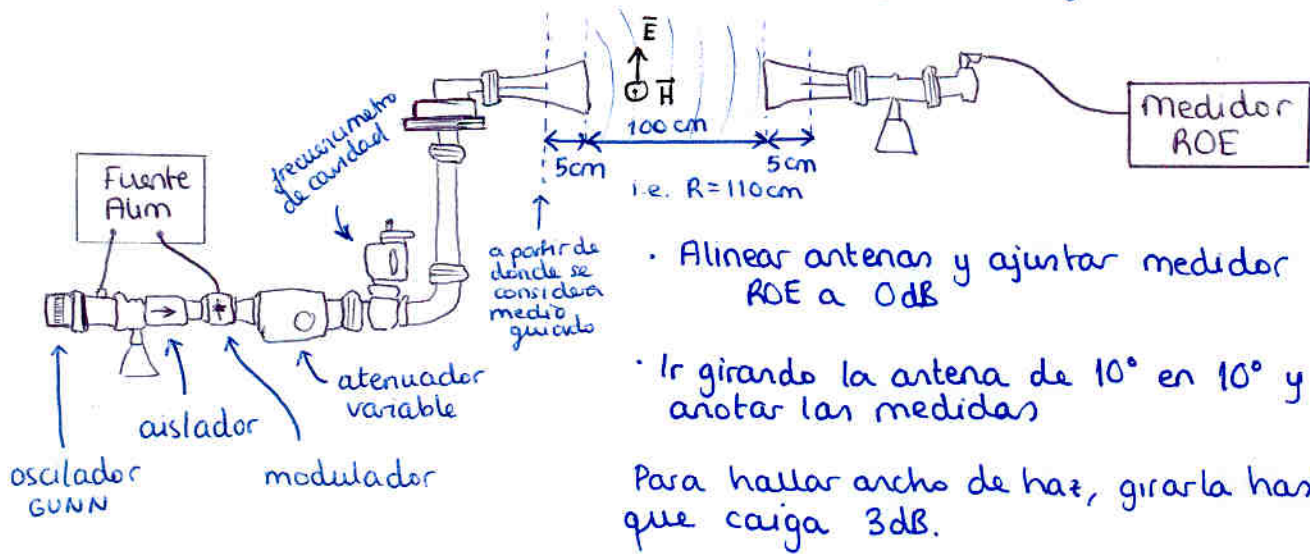
p. 114 tomo 2

Adaptación en la carta de Smith como en líneas de Tx.

Simulador del medidor

Diagrama de radiación: corte plano H

ver pag 46 tomo 2

medida de ganancia

teoria pag 40 tomo 2

paso a paso: pag 49 tomo 2

- montaje para medir plano H (i.e. el mismo)

- Alinear antenas, poner medidor ROE a 0dB i.e. $P_r \rightarrow 0$ dB
- Quitar medidor ROE y quitar antena transmisora (poner la chapa en TX)
poner medidor ROE donde antes estaba la antena transmisora

→ estaremos midiendo: $\frac{P_e}{P_r}$ dB → (habrá que poner atenuación 30dB menor ya que habrá mucha más potencia)

(no ajustar medidor de ROE, tiene que estar con P_r en 0dB)

• Pasar $\frac{P_e}{P_r}$ a lineal y:

$$G_T G_R = \frac{P_r}{P_e} \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2$$

↑
como son iguales es G^2

110cm (recuerda los 5cm extra de cada bocina)
↓
 $\frac{c}{f}$

polarización ortogonal

 $C_p = 0$

medir corte plano E

SIMULADOR LINEAS DE TX | Sesión 9

MEFISTO 2D

Elementos de la simulación

Source Point
y/o
Source Region

Se controla mediante Source Waveform

Magnetic Wall → Electric Wall →  cortocircito ($\rho = 0$)

Reflection Wall

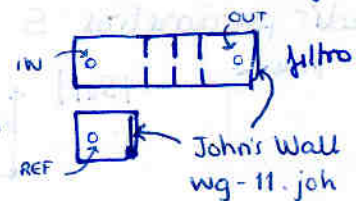
John's Wall → permite adaptar

Importante:

Fallejo del programa.
Nada más abrir un
archivo no simula
bien: Hacer
Source waveform y
aceptar → ya va

Probe } se pueden poner hasta 3 :

Reference → (incidente sin reflexión)

Input
Outputsin
animation:
region

Al simular

Podemos visualizar señal en
las probes, módulo/faseGRAPH > Port attributes: permite elegir que Probe
es ref, in y out. $S_{21}(f)$ es
básicamente
 $H(f)$

S_{11} > los dibuja basándose en
 S_{21} > los probes IN, OUT y REF

Permite ver los parámetros en función de la frecuencia

Animation Region

Permite ver evolución temporal

Linea: 2D → útil para medir por ejemplo ROE



$$S = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

FIELD
└ 2D
└ 3D

Area: verlo en 3D

No olvidar la computation region → permite definir σ y ϵ

Simulación

++ → simular

-- → volver



Simulation Control > Control Data

Permite configurar

 t_{ini} , t_{fin} , Δt ←

se refiere al intervalo de REPRESENTACION (ya sea 2D o 3D)

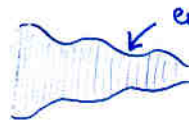
 f_{ini} , f_{fin} , Δf ←no tiene sentido si no estamos con probes (i.e. S_{11} , S_{21})
por tanto está desactivado si hay animation region

ejemplos: transparencias simulador pag 19

- Transmission TEM $\rightarrow$ magnetic wall
 - línea microstrip $\begin{cases} \text{sinusoide} \\ \text{pulso gaussiano} \\ \text{pulso gaussiano con cortocircuito} \end{cases}$

onda estacionaria $\rightarrow$ prac 5

con pérdidas $\rightarrow$ prac 8



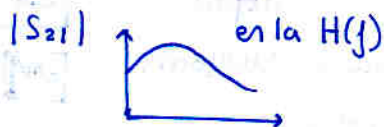
envolvente: nota para
dibujar envolvente
en modo 2D
Botón Show Signal
Envelope

- transmisión TE₁₀ $\rightarrow$ guía ondas

$\rightarrow$ pulso gaussiano $\rightarrow$ atenua $f < f_c$

$\rightarrow$ reflexiones con discontinuidad dieléctrica

- medir parámetros S



$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \rightarrow \text{relación de TENSION} \rightarrow 0.84$$

$$\frac{b_2}{a_1} \text{ dB} = 20 \log \left(\frac{b_2}{a_1} \right) \\ = -1.51 \text{ dB}$$

Activar generador de seguimiento:

calibrarlo:

conectar RFOUT con RFIN con ^{cable para} 50Ω

CAL > more > CAL TRK GEN

VER pasos pag 190 tomo 2

AUX CTRL → TRACK GEN → SRC POWER ON

Recuerda: Trazasej: para S_{11}

TRACE B

BLANK B (ocultar la B)

(montaje sin DUT)

CLEAR / WRITE B (almacena en B)

BLANK B (ocultar B)

TRACE A

(montaje con DUT)

CLEAR / WRITE A

NEXT PAGE

NORMALIZE ON (A - B)

NORMALIZE POSITION → muestra línea 0dB

ajustar banda de frecuencias

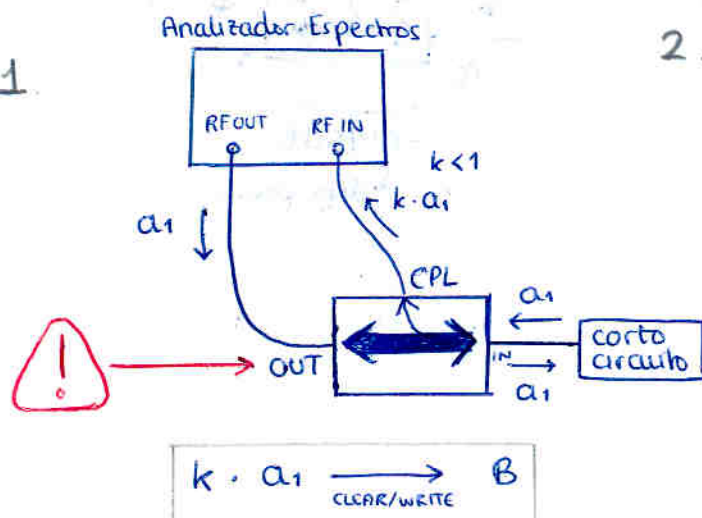
Recuerda, vamos a obtener

 $S_{ij}(f)$ ↑
en función de la frecuencia

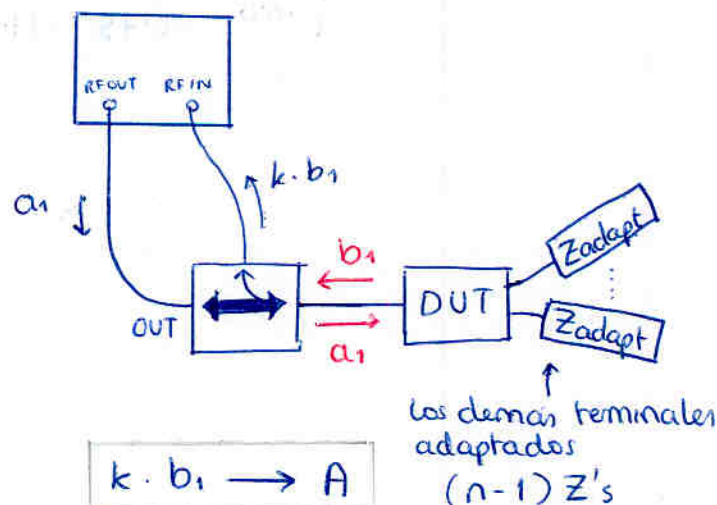
Acoplador direccional

Reflexión: $S_{11} = b_1/a_1$

1.



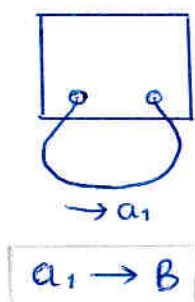
2.



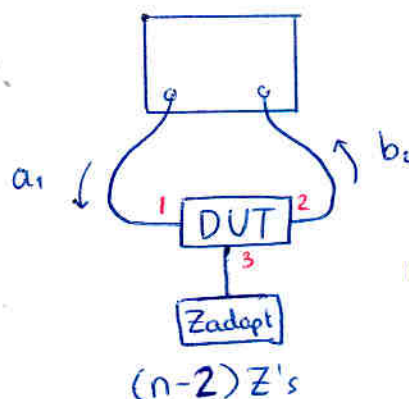
Esta traza B nos sirve para cualquier DUT (siempre que no cambiemos banda de frec)

al hacer $(A-B)_{dB} = \frac{b_1}{a_1} = S_{11}$ Transmisión: $S_{21} = b_2/a_1$ (MUCHISIMO mas sencillo)

1.



2.

 $(A-B)_{dB} = \frac{b_2}{a_1} = S_{21}$

ejemplos

- Carga de 50 Ω $S = (S_{11})$ pero recuerda, $S_{11}(f)$

$$S_{11}(100\text{MHz}) \approx -20'5\text{dB}$$

$$S_{11}(500\text{MHz}) \approx -12'5\text{dB}$$

$$S_{11}(1000\text{MHz}) \approx -7'5\text{dB}$$

- Cortocircuito $S_{11} = 0 \quad \forall f$

- FPB

$$S(100\text{MHz}) = \begin{pmatrix} 0 & -51 \\ -51 & 0 \end{pmatrix} \text{dB}$$

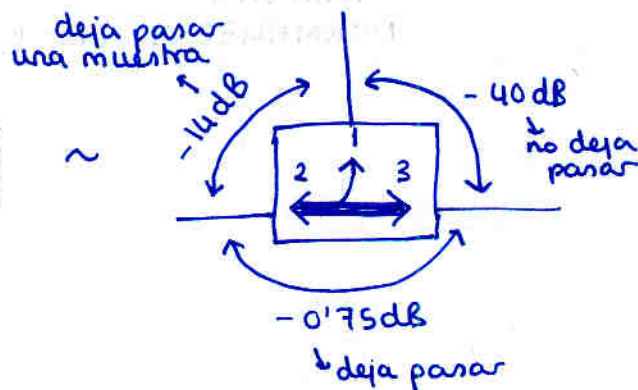
$$S(500\text{MHz}) = \begin{pmatrix} 0 & -42 \\ -42 & 0 \end{pmatrix} \text{dB}$$

$$S(1000\text{MHz}) = \begin{pmatrix} -10'5 & -3'9 \\ -3'9 & -10'5 \end{pmatrix} \text{dB}$$

$$S(1250\text{MHz}) = \begin{pmatrix} -0'9 & -30 \\ -30 & -0'9 \end{pmatrix} \text{dB}$$

- Cuadripolo de 3 puertos

$$S(100\text{MHz}) = \begin{pmatrix} -17'6 & -14'7 & -40 \\ -14'7 & -16'4 & -0'75 \\ -40 & -0'75 & -17'5 \end{pmatrix}$$



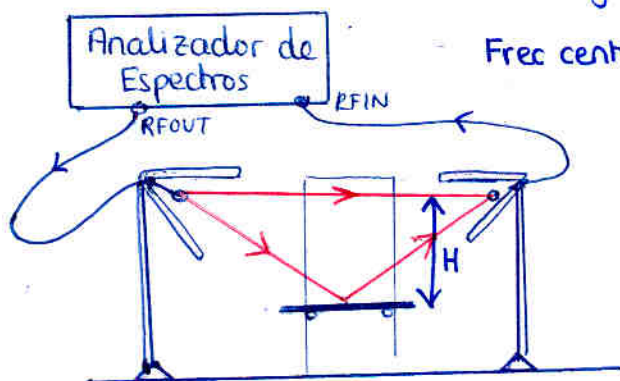
PROPAGACIÓN Sesión 11

p 158 tomo 2

Pot por defecto -10dBm



Esquema:



Encender generador segunmiento

AUX → TRACK → SRC
CTRL → GEN → PWR

Frec central:

1'558 GHz

segun puesto

Consejo: ZERO SPAN
para ver única frecuencia

y BW → VID AVG → 10 → ENTER
(10 muestras)

1. Medir en espacio libre (sin plano de masa)

2. Reflexión

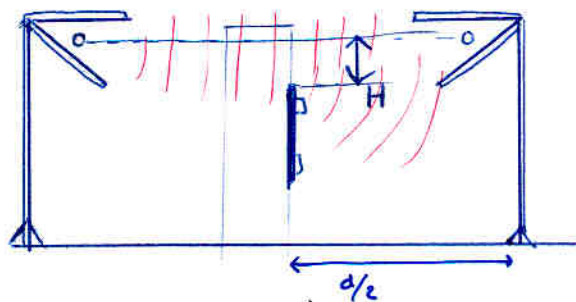
nota $H(\text{cm}) = \text{escala} + x$

corrección de escala,
se da en cada soporte

	escala (cm)	Pr (dBm)	Amr = Pr - Pr
abajo del todo →	70		
	⋮		
arriba →	5		

3. Difracción

$H(\text{cm}) = \text{escala} + x$



escala (cm)	Pr (dBm)	Amd
30		
⋮		
-10		

ocultación