

ETSETB- TELECOMUNICACIÓN  
RADIACIÓN Y ONDAS GUIADAS  
OTOÑO 2004/2005

X. Fábregas, J. Miranda, J. Pérez, F. Torres, M. Vall-llossera  
25 de enero de 2005. Duración 3 horas

- 
- No se permiten libros ni apuntes. Resuelva cada problema en hoja aparte.
  - El nombre del alumno debe constar en todas las hojas del examen que se vayan a utilizar.
  - No se permite el intercambio de calculadoras programables.
  - Se valorará el orden y la claridad en las respuestas.
  - Notas provisionales 31 de enero 2005 por la tarde
- 

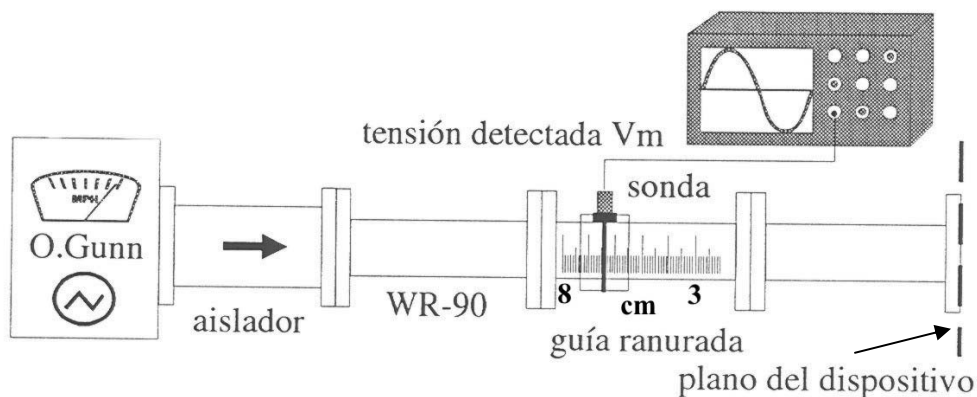
**Problema 1**

En la figura adjunta se muestra el diagrama de bloques correspondiente a un montaje con guía ranurada intercalada con dos tramos de guía WR90. El plano del dispositivo es el lugar donde se conectan las diferentes cargas y el aislador se utiliza para proteger el generador de forma que esté siempre adaptado independientemente de la onda estacionaria existente en la guía.

Se conecta una placa conductora (cortocircuito) en el plano del dispositivo y desplazando la sonda por la guía ranurada se encuentra que las posiciones de dos mínimos consecutivos de campo eléctrico son 3.7 cm y 5.5 cm (nótese que cuanto mayor es el valor de la posición del mínimo más cerca se encuentra éste del generador).

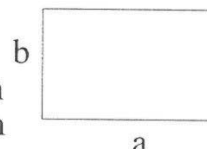
Tras sustituir la placa conductora por una antena se encuentran los siguientes datos sobre la guía ranurada:  $|V|_{\max}=2.88 \text{ V}$ ,  $|V|_{\min}=0.72 \text{ V}$ , posición de un mínimo de tensión 4.9 cm.

- a) Calcular la frecuencia de trabajo, las pérdidas de retorno (dB) y el porcentaje de la potencia suministrada por el generador que está radiando la antena (se suponen despreciables sus pérdidas óhmicas).
- b) Calcular la impedancia normalizada de la antena. Indicar claramente los movimientos en la Carta de Smith.
- c) Si entre la antena y el plano del dispositivo colocamos un elemento reactivo (diafragma), ¿cuál debería ser su admitancia normalizada para cancelar la parte reactiva de la antena? ¿Qué tipo de diafragma colocará: inductivo o capacitivo?
- d) ¿Cuál será la mejora de adaptación que se conseguirá en dB al cancelar la parte reactiva?
- e) Si en un tramo de 10 m de longitud de guía WR90, inyectamos una señal con pulsos de 100 ns de duración, prf de 1 KHz y portadora la calculada en el apartado a), ¿cuál será el retardo que sufrirá la señal?



$$ROE = \frac{|E_0|_{\max}}{|E_0|_{\min}} = \sqrt{\frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}}}$$

WR-90  
a=22,86 mm  
b=10,16 mm



## Problema 2

En relación al cable coaxial CCF SAT **84102** de FAGOR

- Calcular el valor nominal de la inductancia por unidad de longitud **en  $\mu\text{H}/\text{m}$**  y la constante dieléctrica del PE expando.
- A la entrada de un tramo de cable de 30 m de longitud se inyecta una señal de frecuencia  $f = 2150 \text{ MHz}$  y tensión eficaz  $V_f = 60 \text{ dB}\mu\text{V}$ . Calcular la potencia de señal  $P_o$  a la salida del cable, **en  $\text{dBm}$** . Considerar que el sistema está perfectamente adaptado.
- Demostrar la equivalencia entre la expresión de la atenuación del cable en dB y en Neper. Un tramo de cable de longitud  $\ell = 200\lambda$  a  $f = 2150 \text{ MHz}$  se termina con una impedancia de valor  $Z_L = 50\Omega$ . Calcular la impedancia que presentara a su entrada. Utilizar la expresión que da la variación del coeficiente de reflexión en una línea de transmisión, teniendo en cuenta sus pérdidas.
- La expresión de la impedancia característica de un cable coaxial viene dada por  $Z_o = \frac{\eta}{2\pi} \ln(b/a)$  con  $\eta$  la impedancia de onda en el medio dieléctrico y  $b/a$  la relación de radios. Determinar el valor **de  $b$  en  $\text{mm}$** . ¿Cuál es el valor mínimo de adaptación (pérdidas de retorno o return loss) **expresado en dB**, que garantiza el fabricante si el cable se conecta a una carga de  $75\Omega$ ?
- Teniendo en cuenta que a  $f = 2150 \text{ MHz}$  la atenuación del cable se puede considerar exclusivamente debida a las pérdidas en el conductor, calcular el valor de  $R$  en  $\Omega/\text{m}$  utilizando la aproximación de pérdidas bajas. Verificar si dicha aproximación se cumple.

Serie **CCF**

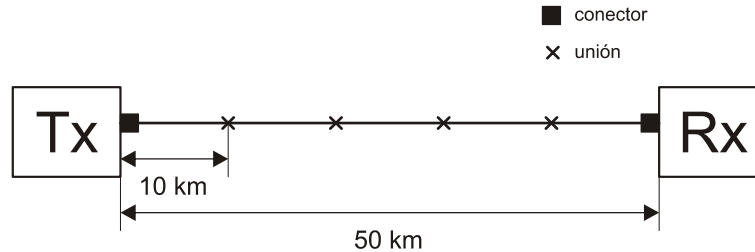


**FAGOR**

MODELO	CCF TRN	CCF SAT	CCF SAT-N	CCF 017	CCF 017 N	CCF 020	
Referencia	84110	84102	84103	84104	84106	84107	84109
Aplicaciones	Semitrónica	Reparto 1ª FI SAT			Distribución general		
Impedancia característica	Ω	75 ± 3					
Capacidad	pF / m	54	54	55			
Velocidad de propagación	%	84	80	82			80
Atenuación / 100 m a:							
5MHz		1,5	1,8	1,9	2,2		
10 MHz		2,8	4	4,38	4,9		
50 MHz		4	5,5	6,2	7		
100 MHz		5,5	8,5	8,7	9,8		
200 MHz		7	10	10,7	11,7		
300 MHz		8,9	12,5	13	14,7		
470 MHz		10,5	14,5	14,8	16,6		
600 MHz		12,7	17,2	18,5	20,3		
860 MHz		13,7	19,6	20,3	23,5		
1000 MHz		16,2	22,8	23,6	29,4		
1350 MHz		19,5	26	26,9	33,5		
1750 MHz		21	27,8	30,6	37,6		
2050 MHz		21,5	28,5	31,3	38,2		
2150 MHz							
Eficiencia apantallamiento (30 ÷ 900 MHz)	dB	100	75				
Diámetro conductor interno Cu	mm	1,63	1,1				1
Dieléctrico		PE expando físico					
Conductor externo		Cu				Al	
Cubierta exterior		PE Negro	PE Negro	PVC Blanco	PE Negro	PVC Blanco	
Diámetro exterior	mm	10,2 ± 0,1	6,8 ± 0,15				

### Problema 3

Para comunicar dos puntos se utiliza una fibra óptica de  $50 \text{ km}$  de longitud en 3ª ventana ( $1.55 \mu\text{m}$ ) con un parámetro de dispersión  $\beta_2 = -28 \text{ ps}^2/\text{km}$ . La fuente del transmisor tiene un ancho de banda  $\delta f = 1.25 \text{ GHz}$  y utiliza pulsos gaussianos de ancho  $2T_0 = 120 \text{ ps}$ . Se utilizan 5 tramos de fibra que atenúan  $0.035 \text{ Nep/km}$  según se muestra en la figura. Cada unión entre fibras introduce unas pérdidas de  $0.4 \text{ dB}$  y cada conector  $1.5 \text{ dB}$ .



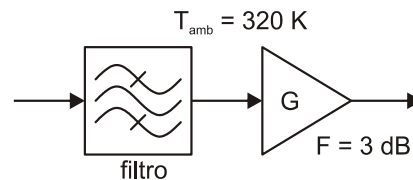
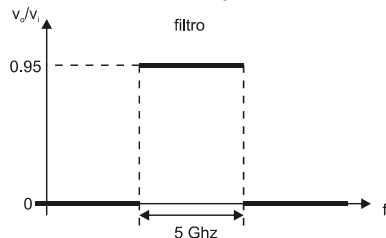
a) Si la potencia media óptica que suministra el transmisor es de  $-3 \text{ dBm}$ , ¿qué potencia media óptica en  $\text{dB}\mu\text{W}$  habrá a la entrada del receptor?

b) Calcule el ancho de banda en longitud de onda  $\delta\lambda$  de la fuente y el parámetro de dispersión  $D$  en  $\left[\frac{\text{ps}}{\text{km} \cdot \text{nm}}\right]$  de la fibra.

c) Halle la máxima tasa de transmisión en  $\text{Gb/s}$

La señal que llega al receptor es trasladada a frecuencia intermedia mediante un fotoreceptor cuya potencia de salida, en el peor caso, es de  $85 \text{ nW}$ . Esta señal se conecta a un filtro con la respuesta frecuencial de la gráfica y un amplificador con una figura de ruido de  $3 \text{ dB}$ . Sabemos que la  $\text{SNR}_i$  a la entrada del sistema es de  $30 \text{ dB}$  y la temperatura a la que se encuentra el circuito es  $320 \text{ K}$ . La temperatura de ruido a la entrada del amplificador se puede expresar como  $T_{\text{input}} = (T'_i + T_e)$  donde  $T_e$  es la temperatura equivalente de ruido a la entrada del amplificador debido al filtro y al propio amplificador.

d) Calcule el valor de  $T_e$  en  $\text{K}$  y la  $\text{SNR}_o$  [dB] a la salida.



\*Nota: Modele el filtro como un atenuador con  $\frac{V_o}{V_i} = 0.95$  en la banda de paso.

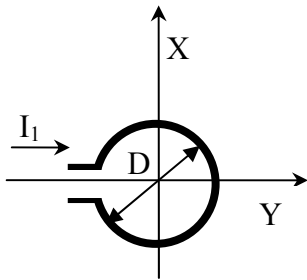
$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2} = 1 + \left( \frac{\beta_2 \cdot L}{T_0^2} \right)^2 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\delta f}{\Delta f} \right)^2 \right]$$

$$4 \cdot \sigma \cdot B = 1$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$$

#### Problema 4

Uno de los principales inconvenientes de las antenas de espira es su baja eficiencia, la cual está relacionada con una resistencia de radiación baja. Para poner de manifiesto este problema se propone el análisis de la espira elemental de la figura adjunta.



DATOS ESPIRA:

$$D = 2 \cdot a = 1 \text{ m}$$

$$d = 10 \text{ mm (diámetro cable espira)}$$

$$\sigma = 5.7 \cdot 10^7 \text{ S/m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

$$\text{Frecuencia} = 10 \text{ MHz}$$

$I_1$  es la corriente que circula por la espira

a) Sabiendo que la expresión del campo radiado por dicha espira es:

$$\vec{E}_\phi = A \cdot I_1 \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta \hat{\phi}; \quad \text{con} \quad A = k^2 \eta \pi a^2 = 13$$

a.1) Obtener la directividad de la antena en la dirección del máximo.

a.2) Obtener la resistencia de radiación

b) Sabiendo que la resistencia ofrecida por un conductor de longitud  $\ell$  es  $R_L = \frac{\ell}{\sigma \pi d \delta} (\Omega)$  donde  $\sigma$  es la conductividad del hilo,  $d$  su diámetro (ver datos espira, arriba) y  $\delta = \frac{1}{\sqrt{f \pi \mu \sigma}}$  la profundidad de penetración.

b.1) Determinar la resistencia de pérdidas (resistencia óhmica) de la espira a la frecuencia  $f=10$  MHz.

b.2) Determinar la eficiencia de antena.

b.3) Cuando se sitúan  $N$  espiras en paralelo la resistencia de pérdidas aumenta en un factor  $N$  mientras que la resistencia de radiación lo hace en un factor  $N^2$ . Por tanto, al aumentar el número de espiras mejora la eficiencia de la antena. ¿Cuál es el número mínimo de espiras para conseguir incrementar la eficiencia y llegar a obtener una eficiencia del 60%?

Para conseguir un nulo de radiación en la dirección (+y) se sitúa al lado de la espira en el eje x un dipolo elemental ( $L=0.253$ m) orientado según x (ver esquema de la figura adjunta). El campo total radiado es la superposición de los campos radiados por los dos elementos: El campo radiado por la espira se indica en el apartado a) y el campo radiado por el dipolo elemental es:

$$\vec{E}_{\text{dipolo}} = -jB \cdot I_2 \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} (\cos \theta \cos \phi \hat{\theta} - \sin \phi \hat{\phi}); \quad \text{con} \quad B = k\eta L = 20$$

c) Obtener la relación entre las corrientes del dipolo ( $I_2$ ) y de la espira ( $I_1$ ) para que en la dirección (+y) realmente exista un nulo de radiación.

d) Obtener en las condiciones del apartado c) la expresión del campo total radiado por el conjunto espira-dipolo en el plano YZ  $\left( \phi = \pm \frac{\pi}{2} \right)$ .

Sabiendo que el máximo de radiación está en la dirección (-y), dibujar de manera aproximada el corte ZY del diagrama de radiación y obtener el ancho de haz a -3dB.

e) Obtener el coeficiente de polarización cuando sobre la antena formada por el conjunto espira-dipolo incide cada una de las siguientes ondas:

$$1) \vec{E}_1 = (\hat{x} + \hat{z}) e^{-jky}$$

$$2) \vec{E}_2 = (2j\hat{x} + \hat{z}) e^{-jky}$$

Cambio de coordenadas cartesianas a esféricas:

$$\hat{r} = \sin \theta \cos \phi \hat{x} + \sin \theta \sin \phi \hat{y} + \cos \theta \hat{z}$$

$$\hat{\theta} = \cos \theta \cos \phi \hat{x} + \cos \theta \sin \phi \hat{y} - \sin \theta \hat{z}$$

$$\hat{\phi} = -\sin \phi \hat{x} + \cos \phi \hat{y}$$

