

ETSETB TELECOMUNICACIÓN
RADIACIÓN Y ONDAS GUIADAS
OTOÑO 2005-2006

A. Camps, I. Corbella, X. Fabregas, A. Heldring, J. Pérez, E. Úbeda, M. Vall-llossera
11 de enero de 2006. 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.
- Las notas provisionales saldrán el 18 de enero. Alegaciones hasta el 20 de enero a las 12h.

Problema 1

Un cable de distribución de TV que pasa por una calle debajo la acera se ha dañado en un punto desconocido entre dos puntos de acceso separados 500 metros, produciendo una discontinuidad en la línea. Para encontrar el punto de dicha discontinuidad, en lugar de desenterrar el cable, se conecta un generador de pulsos en uno de los puntos de acceso. En el instante $t_0 = 0$ s, se manda un pulso único de duración $0.5 \mu\text{s}$, y se mide el voltaje V_e en la entrada del cable en función del tiempo. El resultado se muestra en la figura adjunta.

Sabiendo que:

Tensión del generador: $V_g = 9 \text{ V}$

Impedancia característica del cable $Z_0 = 75 \Omega$

Velocidad de propagación del cable $v_p = 0.8 c_0$

Pérdidas en el cable: 1dB/km

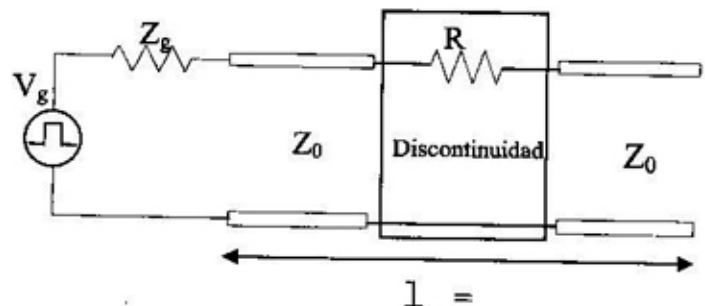
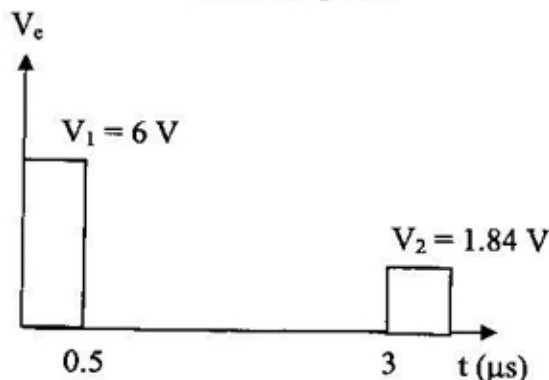
a) ¿A qué distancia del punto de medida está la discontinuidad?

b) Calcular la impedancia equivalente Z_d de la discontinuidad.

En el segundo punto de acceso (extremo final de la línea), se desconecta la línea dejándola en circuito abierto. Continuando la medida hasta medir un tercer pulso, se concluye que sólo hay un punto dañado.

c) Calcule el tiempo de llegada del tercer pulso.

d) Suponiendo que la discontinuidad se modela como una resistencia en serie, calcule la tensión del tercer pulso.



Problema 2

La primera etapa de una unidad externa de TV por satélite en polarización circular a la frecuencia de 10 GHz consta de un alimentador formado por una bocina piramidal y una guía de ondas cuadrada de lado $a = 2.5$ cm terminada en un plano metálico como se indica en la figura 1. A unas distancias l_1 y l_2 del plano entran ortogonalmente en las paredes de la guía las almas de dos cables coaxiales perfectamente adaptados a la guía (sondas) que captan los modos TE_{10} y TE_{01} , respectivamente. Todos los cables tienen una impedancia característica $Z_0 = 50 \Omega$, y $\epsilon_r = 2.25$.

- Calcule las distancias al plano metálico (l_1 y l_2) y la diferencia entre las longitudes (l_3 y l_4) de cables para que el desfase entre las señales recibidas en cada uno sea de 90° (figura 1). Justifique las respuestas.
NOTAS: Para calcular las distancias l_1 y l_2 tenga presente que la impedancia presentada por el plano metálico en la posición de las sondas no debe afectar las señales captadas por las mismas y que estas señales deben estar en fase.
- Las salidas A y B de los cables coaxiales se combinan mediante dos líneas de transmisión en paralelo como se muestra en la figura 2. Calcule el valor de la impedancia característica de las líneas (Z'_0) y su longitud (l_5) para que $Z_c = Z_0$.
- Finalmente, la salida combinada (C) se conecta a un amplificador que presenta una impedancia de entrada $Z_i = 10 - j30 \Omega$. Para adaptar tanto la entrada como la salida se utilizará una topología de línea de transmisión en serie, seguida de un stub en circuito abierto en paralelo (ver figura 3). Calcule las longitudes l_6 y l_7 en términos de la longitud de onda en el coaxial y en centímetros. Si existieran varias soluciones seleccione razonadamente una.
NOTA: Puede utilizar la Carta de Smith.
- Calcule las pérdidas por desadaptación a la entrada del amplificador anterior en el caso de que no se pusiera la red de adaptación de la figura 3. Exprese los resultados en dB's.

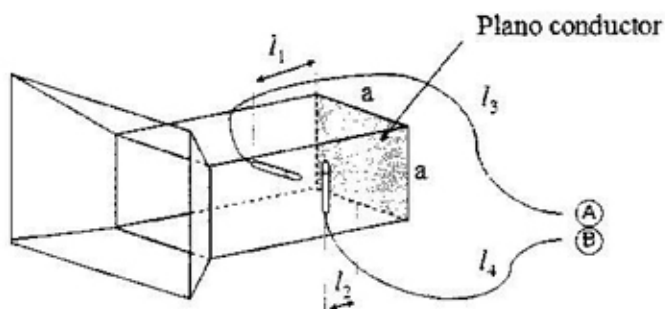


Figura 1.

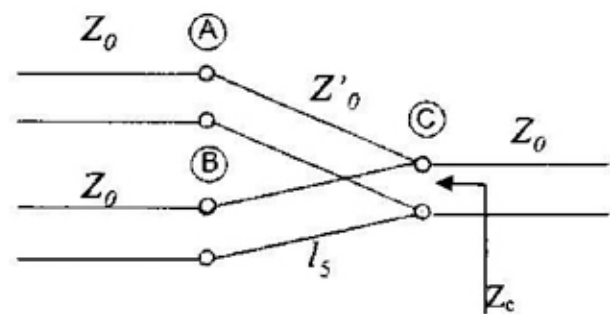


Figura 2.

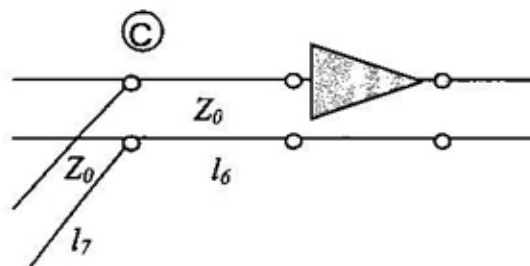


Figura 3.

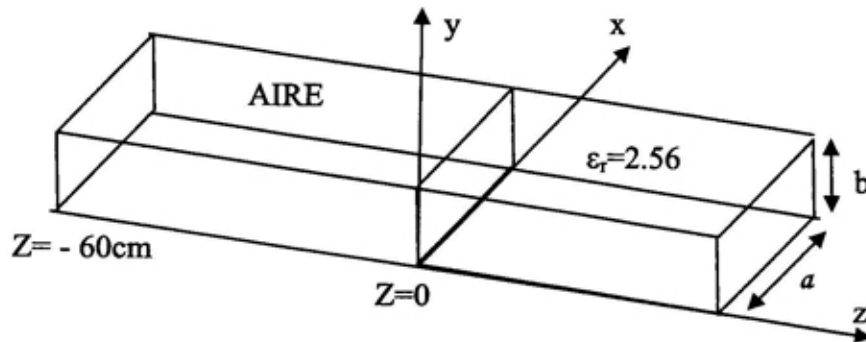
Problema 3

Una guía rectangular con $a = 3.485$ cm y $b = 1.580$ cm está rellena de aire para $z < 0$ y rellena de dieléctrico ($\epsilon_r = 2.56$) para $z > 0$, como se muestra en la figura adjunta.

- Si se excita la guía en la posición $z = -60$ cm, debido al cambio de medio en $z=0$, se produce una onda estacionaria en $z < 0$. Determine qué modo se está propagando y, sabiendo que la distancia entre dos mínimos consecutivos es de 11.820 cm, obtener la frecuencia de trabajo.
- Si la frecuencia de trabajo fuera 4.5 GHz, obtener el coeficiente de reflexión de una onda TE_{10} incidente en el interfaz desde $z < 0$.
- Obtener la constante de propagación en cada medio.
- Determinar la expresión del campo eléctrico para $z < 0$ y para $z > 0$, en función de (x, y, z) . La amplitud máxima del campo eléctrico de la onda progresiva es $E_0^+ = 10 \frac{V_{ef}}{m}$.

Indicar la polarización de la onda. ¿Cuál es el valor de $E(a, 0, 0)$?

- Determinar la potencia de la onda progresiva en los dos medios.



DATOS:

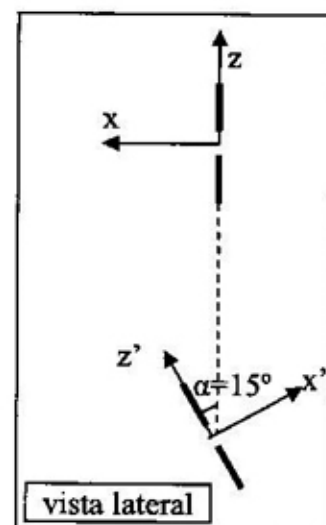
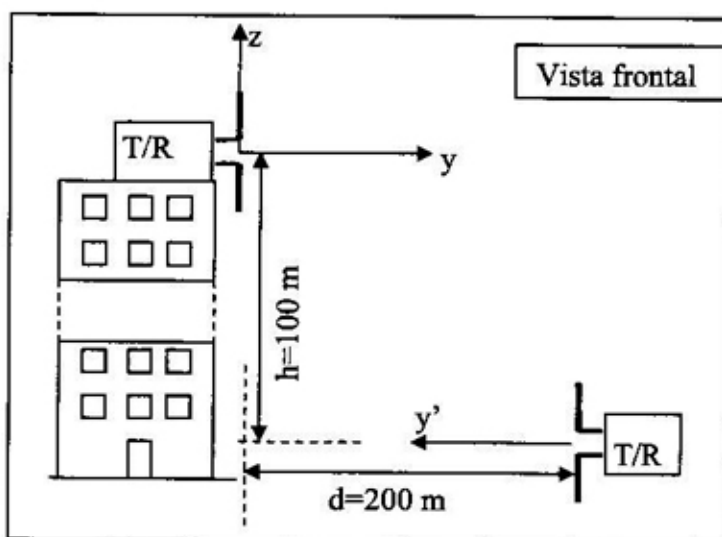
$$\begin{aligned} E_x &= \frac{-j}{k_c^2} \left(\beta \frac{\partial E_z}{\partial x} + \omega \mu \frac{\partial H_z}{\partial y} \right) \\ E_y &= \frac{j}{k_c^2} \left(-\beta \frac{\partial E_z}{\partial y} + \omega \mu \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) \\ H_x &= \frac{j}{k_c^2} \left(\omega \epsilon \frac{\partial E_z}{\partial y} - \beta \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) \\ H_y &= \frac{-j}{k_c^2} \left(\omega \epsilon \frac{\partial E_z}{\partial x} + \beta \frac{\partial H_z}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

Problema 4

Es vol dissenyar un sistema de comunicacions a curta distància utilitzant l'estàndard PMR446 ($f=446\text{MHz}$, $B=12.5\text{KHz}$, $\text{EIRP}<0.5\text{W}$). Com que ha de ser un sistema de baix cost la potència disponible del transmissor és només de 0 dBm i s'utilitzen dues antenes idèntiques de tipus "dipol $\lambda/2$ " amb una directivitat de 2.15dB i una eficiència del 89% . Aquest sistema es fa servir per establir una comunicació terrestre entre dos punts amb un abast màxim de 2 km . La temperatura d'antena en aquest entorn s'estima en 250K i la temperatura física pot arribar als 40°C .

- Calculeu el factor de soroll del receptor màxim necessari per tal que la relació senyal/soroll sigui sempre superior a 40dB .
- Si el receptor es modela com un amplificador, calculeu el seu guany necessari per tal que la potència que dissipa la seva càrrega sigui com a mínim de 0 dBm .

Considereu ara que el sistema s'utilitza com indica la figura següent, en què el terminal situat al terra és portàtil i les antenes no estan correctament alineades ni orientades.



- Per cada una de les dues antenes, suposada a l'origen local, calculeu les coordenades de l'altra antena i expresseu els resultats en coordenades esfèriques (r, θ, ϕ) i (r', θ', ϕ').
- Sabent que el camp radiat per un dipol $\lambda/2$ orientat segons z ve donat per la fórmula següent, calculeu la directivitat de cada antena en la direcció de l'altra.

$$\vec{E} = j60 \frac{e^{-jkr}}{r} I_e \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \hat{\theta}$$

- Tenint en compte l'expressió anterior, escriviu el vector unitari de camp elèctric de cada antena. Expressu els dos vectors en el sistema de coordenades de l'antena de l'esquerra (x, y, z). Calculeu el coeficient de desacoblament de polarització en dB .
- Quina degradació en la relació S/N produeix la manca d'alineament i orientació de les antenes?

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

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

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

$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}; T_0=290 \text{ K}; 0^\circ\text{C}=273.15\text{K}$$

