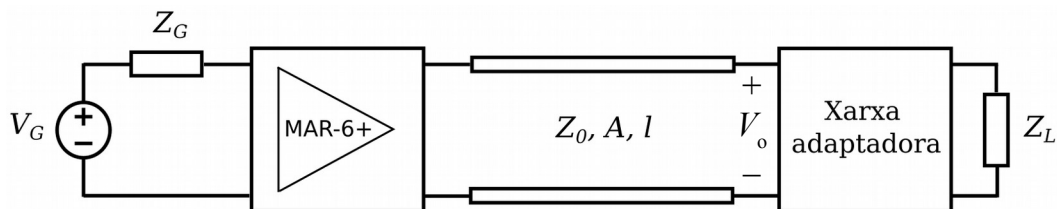


CIRCUITS I SISTEMES DE RADIOFREQUÈNCIA

EXAMEN FINAL - 30 de juny de 2021

Temps: 2,5 hores

1 - (4 punts) La Figura 1 mostra el diagrama d'un sistema de radiofreqüència que incorpora un amplificador de microones integrat (MMIC, *monolithic microwave integrated circuit*), model MAR-6+.



Amplitud de $V_G = 0,5 \text{ V}$, $f = 2 \text{ GHz}$, $Z_G = 50 \Omega$, $Z_0 = 50 \Omega$, $V_p = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $A = 0.5 \text{ dB/m}$, $l = 5 \text{ m}$, $Z_L = 20 - 60j \Omega$

Figura 1

Taula 1

| freq. (GHz) | S11 (dB) | S11 (Deg) | S21 (dB) | S21 (Deg) | S12 (dB) | S12 (Deg) | S22 (dB) | S22 (Deg) |
|-------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| 1.0 | -18.04 | -37.05 | 19.32 | 130.97 | -22.88 | 3.28 | -22.74 | -70.11 |
| 2.0 | -19.90 | -97.28 | 17.31 | 91.78 | -22.04 | 4.20 | -22.27 | -156.84 |
| 3.0 | -16.46 | -134.61 | 15.33 | 60.15 | -21.23 | 2.65 | -19.30 | 172.90 |
| 4.0 | -14.05 | -164.51 | 13.69 | 32.35 | -20.33 | -1.64 | -16.95 | 151.69 |
| 5.0 | -12.83 | 161.90 | 12.09 | 6.86 | -19.79 | -9.44 | -15.05 | 124.55 |

El fabricant proporciona una llista amb els valors dels paràmetres de dispersió (paràmetres S) de l'amplificador a diferents freqüències, segons es mostra a la Taula 1.

- Determineu quina és la relació d'ona estacionària (ROE) associada al conjunt xarxa adaptadora-càrrega i compareu-la amb la que s'obté sense la xarxa adaptadora, amb la càrrega Z_L connectada directament a la línia. Interpreteu els resultats.
- Suposant que V_G té un desfasament nul, doneu l'expressió matemàtica de la tensió a la sortida de la línia de transmissió en funció del temps, $v_o(t)$.
- Calculeu la potència transferida a la càrrega Z_L .
- Dissenyu la xarxa adaptadora d'impedàncies utilitzant línies de transmissió de 50Ω d'impedància característica i velocitat de propagació $V_p = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Dibuixeu com quedarà l'esquema complet del circuit.

2 - (3 punts) La Figura 2 mostra el diagrama de blocs del sistema de comunicació de dades per radiofreqüència estudiat a l'examen final de Senyals i Sistemes de 2021. Aquest consta d'un transmissor i d'un receptor, on totes les etapes operen amb adaptació d'impedàncies a 75Ω . La Taula 2 recull alguns dels paràmetres més rellevants dels diferents blocs.

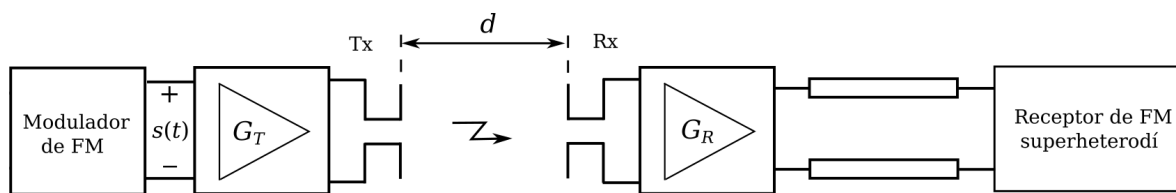


Figura 2

Taula 2

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Modulador de FM | → | Amplitud de sortida: 0,275 V Freqüència portadora: $f_0 = 2,45 \text{ GHz}$ |
| Amplificador de potència G_T | → | Guany: $G_T = 23 \text{ dB}$ |
| Antenes | → | Dipols de longitud $\lambda / 2$, impedància $Z_a = 75 \Omega$ |
| Amplificador de baix soroll G_R | → | Guany: $G_R = 18 \text{ dB}$ |
| Línia de transmissió | → | Longitud: 12 m Impedància característica $Z_0 = 75 \Omega$ Atenuació característica: $A = 0,5 \text{ dB/m}$ |

El modulador de FM actua com a generador de senyal. Com que les variacions en la freqüència d'oscil·lació del senyal de sortida $s(t)$ són petites comparades amb la freqüència portadora, podeu suposar que el sistema opera en règim permanent sinusoidal a l'esmentada freqüència portadora.

- a) Tenint en compte que el modulador de FM presenta una amplitud de sortida fixa, demostreu que la potència transferida a l'entrada de l'amplificador G_T és igual a $-2,97 \text{ dBm}$. Quina és la potència disponible del modulador?

A l'examen de Senyals i Sistemes es va calcular la potència de soroll a l'entrada del receptor i la potència de senyal útil necessària per mantenir una determinada relació senyal soroll, i per tant, un mínim de qualitat en la recepció. Aquest requisit es tradueix en tenir una potència de senyal útil a l'entrada del receptor de FM superheterodí de com a mínim $-68,09 \text{ dBm}$.

- b) Sabent que transmissor i receptor es troben separats per una distància de 3 km, calculeu quina serà la potència transferida a l'entrada del receptor de FM superheterodí. Es produirà una recepció correcta del senyal?

(Nota: suposeu propagació en l'espai lliure ignorant possibles reflexions al terra)

- c) Calculeu l'abast (distància d màxima) a la qual aquest sistema pot operar.
- d) Suposeu ara que es vol garantir una recepció correcta fins a 15 km de distància sense incrementar la potència transmesa, per a la qual cosa es proposa substituir les antenes de tipus dipol per antenes *Yagi*, més directives. Quina directivitat expressada en dBi hauran de tenir les noves antenes?

3- (2 punts) Una línia de transmissió amb pèrdues de velocitat de propagació $v_p = 2 \cdot 10^8$ m/s i impedància característica $Z_0 = 50 \Omega$ uneix un generador de polsos d'impedància $Z_G = 50 \Omega$ a una impedància de càrrega resistiva $Z_L = R$. A l'entrada de la línia s'ha connectat un oscil·loscopi d'alta impedància que ha capturat l'oscil·lograma mostrat a la Figura 3, on el primer pols correspon a l'incident mentre que el segon pols és el reflectit. Se sap també que l'amplitud del pols generat a la càrrega és de 4,04 V. Determineu:

- La longitud de la línia;
- El coeficient de reflexió de la càrrega;
- El valor de R ;
- L'atenuació característica A de la línia en dB/m.

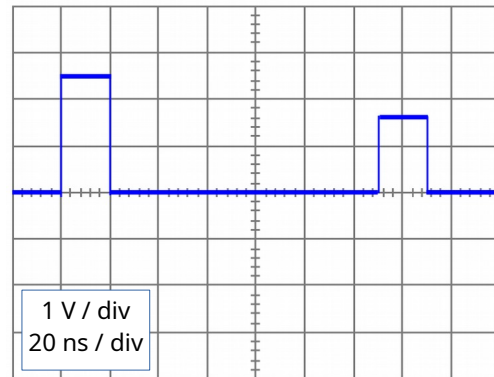


Figura 3

4- (1 punt) Expliqueu el principi de funcionament de la fibra òptica, pel qual la llum que hi ha en el seu interior es propaga sense escapar a l'exterior. Expliqueu també breument els principals fenòmens que limiten la velocitat de transferència de dades a través de la fibra.