

SENYALS I SISTEMES

EXAMEN FINAL - 23 de juny de 2021

Temps: 2,5 hores

1 - (8 punts) Un sistema de comunicació de dades per radiofreqüència consta d'un transmissor i d'un receptor amb els blocs mostrats a la Figura 1, on totes les etapes operen amb adaptació d'impedàncies a 75Ω . La Taula 1 recull alguns dels paràmetres més rellevants dels diferents blocs.

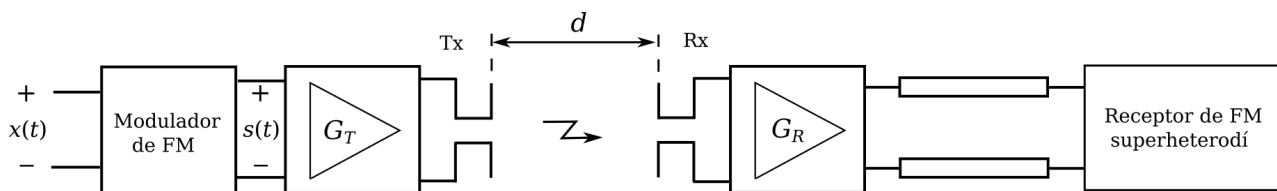


Figura 1

Taula 1

Modulador de FM	Amplitud de sortida: 0,275 V Freqüència portadora: $f_0 = 2,45$ GHz
Amplificador de potència G_T	Guany: $G_T = 23$ dB
Antenes	Dipols de longitud $\lambda / 2$
Amplificador de baix soroll G_R	Guany: $G_R = 18$ dB Figura de soroll: $NF = 1.7$ dB
Línia de transmissió	Longitud: 12 m Atenuació característica: $A = 0,5$ dB/m Figura de soroll: $NF = 6$ dB

El senyal $x(t)$ és digital i s'utilitza per generar una modulació de freqüència FSK. El senyal $x(t)$ pren el valor $x = +1$ quan el bit transmès és un '1' lògic i el valor $x = -1$ quan el bit transmès correspon a un '0' lògic. El temps utilitzat per transmetre cada bit és $T_b = 1 \mu s$.

ESTUDI DEL TRANSMISSOR (4 punts)

- a) Sabent que el senyal $x(t)$ prové de mostrejar i digitalitzar un senyal analògic $x_a(t)$ generant 8 bits per cada mostra obtinguda, quina és la màxima amplada de banda que pot tenir el senyal $x_a(t)$ per tal que no es perdi informació?
- b) Calculeu la transformada de Fourier d'un dels polsos que conformen el senyal digital $x(t)$ (per exemple un pols centrat en $t = 0$) i representeu gràficament i amb detall el seu espectre d'amplitud.
- c) A la vista del resultat anterior, justifiqueu perquè és raonable suposar que l'amplada de banda del senyal modulador $x(t)$ és $B_x = f_b$, sent f_b la velocitat de transferència de dades en bit/s.
(Noteu que aquest criteri és diferent del de l'amplada de banda a -3 dB; també es podrien utilitzar altres criteris)
- d) Sabent que l'amplada de banda del senyal modulad $s(t)$ calculada segons la regla aproximada de Carson i utilitzant el valor de B_x definit a l'apartat anterior és $B_s = 12$ MHz, determineu la desviació de freqüència de la modulació f_Δ i l'índex de modulació β .
- e) Compareu l'amplada de banda B_s obtinguda amb la que s'obtindria en cas d'utilitzar una modulació AM de doble banda lateral. Indiqueu avantatges i inconvenients d'utilitzar una o altra modulació.
- f) Doneu l'expressió matemàtica del senyal modulad en freqüència $s(t)$ en funció de $x(t)$ i representeu-lo gràficament en funció del temps per a la seqüència de bits $\{1, 1, 1, 0, 0, 1, 0\}$.
- g) Calculeu la potència mitjana del senyal $s(t)$ (sortida del modulador) en V^2 i la corresponent potència en W.
- h) Calculeu la potència que es transferirà a l'antena transmissora en W.

ESTUDI DEL RECEPTOR (4 punts)

- i) Calculeu la figura de soroll del conjunt format per l'amplificador de baix soroll G_R i la línia de transmissió.
- j) Valoreu si l'impacte de la línia de transmissió en la figura de soroll calculada a l'apartat anterior és gran o baix. Justifiqueu per què.
- k) Sabent que la densitat espectral de soroll proporcionada per l'antena és $G_n(f) = \eta / 2$ amb $\eta = 8 \cdot 10^{-19} V^2 / Hz$, i que el receptor de FM superheterodí requereix una relació senyal soroll a la seva entrada $SNR = 17$ dB, determineu quina és la mínima potència de senyal útil en V^2 i en W que haurà de proporcionar l'antena receptora a l'amplificador G_R .

(Nota: realitzeu tots els càlculs considerant l'amplada de banda ocupada pel senyal útil, $B_s = 12$ MHz)

- l) Dibuixeu amb detall un possible diagrama de blocs del receptor de FM superheterodí, identificant clarament cadascun dels blocs i fent una breu descripció de la funció que realitza.
- m) Sabent que la freqüència intermèdia (FI) del receptor de FM és $f_i = 110.5$ MHz i que l'oscillador local utilitza una freqüència superior a la portadora, quina és la freqüència de l'oscillador local? Quina ha de ser l'amplada de banda del filtre de FI?
- n) Expliqueu el concepte de freqüència imatge. Quin valor pren en aquest cas?
- o) Supposeu que voleu augmentar la velocitat de transferència de dades del sistema i modifiqueu el bloc de FI adequadament per aconseguir-ho. Quina repercussió tindria aquest augment de velocitat en els següents paràmetres?
- o.1) La relació senyal-soroll SNR a l'entrada del receptor de FM superheterodí mantenint la mateixa distància entre transmissor i receptor.
- o.2) L'abast (distància màxima) del sistema de comunicació.
- p) Supposeu que voleu incrementar l'abast (distància màxima) del sistema de comunicació modificant el guany d'un dels amplificadors. Quin dels guanys modificaríeu, G_T o G_R ? Raoneu la resposta considerant la relació senyal-soroll SNR generada a l'entrada del receptor de FM superheterodí.

2 - (2 punts) Donada la plantilla d'especificacions mostrada a la Figura 2.

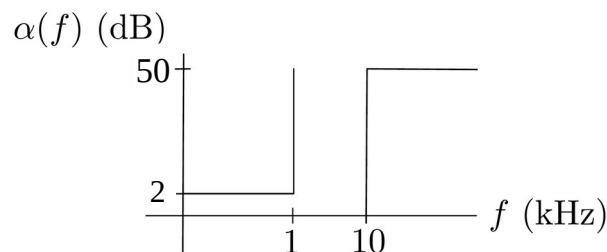


Figura 2

- a) Determineu la freqüència de tall a 3 dB i l'ordre que ha de tenir un filtre passabaix de *Butterworth* per complir la plantilla.
- b) Dibuixeu qualitativament la resposta que tindria el filtre de *Butterworth* amb els paràmetres calculats anteriorment. Dibuixeu també qualitativament quina seria la resposta d'un filtre el·líptic (*Cauer*) que complís aquesta plantilla. Indiqueu possibles avantatges i inconvenients del filtre el·líptic respecte del de *Butterworth*.