

Nombre y apellidos:

DNI:

Lea con detenimiento los enunciados. Si tiene cualquier duda consulte al profesor. Todas las respuestas deben razonarse y en los problemas debe incluirse el desarrollo necesario para obtener la solución. No se puntuarán las respuestas no justificadas. La duración del examen es de 3 horas.

Cuestión 1 (1 punto)

En un sistema receptor tenemos una antena con una temperatura de ruido de 290 K, un amplificador de bajo ruido ($f=1.05$) y baja ganancia ($g=10$ dB), y un amplificador de potencia ($f=3$, $g=40$ dB). ¿Qué amplificador podría ir justo después de la antena para conseguir un ruido menor al final de la cadena receptora (antena + amplificador 1 + amplificador 2)?

Cuestión 2 (1 punto)

Si la potencia de salida de un amplificador está 20dB por debajo de la del punto de cruce de intermodulación de tercer orden, los productos de intermodulación de dos tonos estarán:

- 20dB por debajo de la potencia de salida.
- 30dB por debajo del punto de cruce de intermodulación.
- 60dB por debajo del punto de cruce de intermodulación.
- 30dB por debajo de la potencia de salida.

Cuestión 3 (1 punto)

Para un sistema de modulación en banda lateral única por filtrado se usa un filtro de cristal estándar para la banda de 9 MHz. La atenuación en la banda de paso es de 6 dB. El filtro proporciona una atenuación de 60 dB a 2.5 KHz del canal. Si se requiere un rechazo de 24 dB para la banda no deseada, ¿cuál es la mínima separación requerida para los diferentes canales?

- 0.83 KHz.
- 2 KHz.
- 2.5 KHz.
- 1.3 MHz.

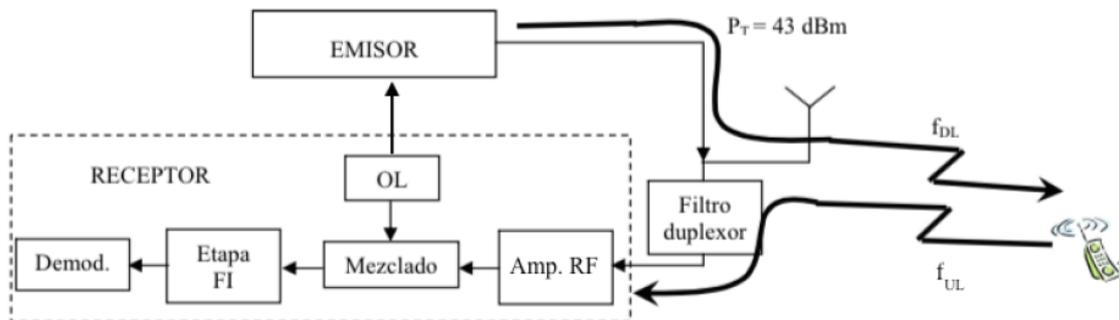
Cuestión 4 (1 punto)

En un modulador FSK mediante conmutadores se necesitan 2 sintetizadores para generar las dos frecuencias diferentes. La frecuencia de la portadora es de 2.4 GHz y la modulación se realiza con $\Delta f = \pm 20$ MHz. Si usamos sintetizadores de doble módulo con $f_0 = (N_p P + A) f_r$, y una frecuencia de referencia de 20 MHz, indique cuál sería la configuración correcta:

- $N_p = 40; A = 1 \dots 40; P = 2;$
- $N_p = 32; A = 1 \dots 25; P = 3;$
- $N_p = 16; A = 1 \dots 7; P = 7;$
- $N_p = 8; A = 1 \dots 14; P = 14;$

Problema 1 (3 puntos)

Se desea diseñar la estación base de un sistema de comunicaciones móviles GSM. Para ello, suponemos que se ubican en un mismo lugar, y compartiendo la misma antena, un receptor que recibe señales de los teléfonos (uplink) en el rango en el rango $f_{UL} \in [890.2 - 914.8]$ MHz, y un transmisor que emite señales (downlink) en el rango $f_{DL} \in [935.2 - 959.8]$ MHz. Tanto el uplink como el downlink están canalizados, teniendo cada canal 200 kHz de ancho de banda. Para aislar la señal transmitida de la recibida se emplea un filtro, denominado duplexor, que solo deja pasar hacia el receptor la señal de uplink (f_{UL}).



Los parámetros que caracterizan al receptor son los siguientes:

- Amplificador de RF: $G_{RF} = 30$ dB, $f_{RF} = 4$ dB, Modelo no lineal: $y(t) = a_1 x(t) - a_3 x^3(t)$, con $a_3 = 10^6$.
- Mezclador: $G_m = -6$ dB, $f_m = 20$ dB, $IP_{3,m} = 10$ dBm.
- Etapa de FI:
 - Frecuencia intermedia: 25MHz, oscilador local con conversión hacia abajo.
 - Amplificador FI : $G_{FI} = 30$ dB, $f_{FI} = 15$ dB, $IP_{3,FI} = 3$ dBm.
 - Filtro FI: $B_{FI} = 200$ kHz, sin pérdidas.
- Resistencia de entrada/salida de todos los cuadripolos: $R = 50 \Omega$.
- $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K, $T_0 = 290$ K.
- La tasa de error de bit a la salida del demodulador en función de la SNR a su entrada es $P_e = 3/(4SNR_E)$.

- Para un cuadripolo con distorsión cúbica: $IP_3 = \frac{2a_1}{3a_3R}$ (W), donde R es impedancia de entrada del cuadripolo.

En este primer problema nos centraremos en el diseño del sistema receptor:

1. Calcule la máxima potencia de ruido a la entrada del demodulador para tener una sensibilidad de -87 dBm a la entrada del receptor, con una probabilidad de error de bit de 10^{-3} en el demodulador. Deberá estimar también la temperatura de ruido de la antena. **(1 punto)**

$$T = T_0(f - 1) \qquad T = T_1 + \frac{T_2}{g_1} + \dots + \frac{T_k}{g_1 g_2 \dots g_{k-1}}$$

2. Determine el punto de intercepción de orden 3 del amplificador de RF, a partir de la ley de distorsión cúbica del cuadripolo. Determine el punto de intercepción total equivalente del sistema. **(1 punto)**

$$(PI_3)_{TOTAL} = 1 / \sqrt{\sum \left(\frac{1}{(PI_{3,i} \times g_{i+1} \times g_{i+2} \times \dots \times g_n)^2} \right)}$$

3. Queremos que el filtro duplexor sea capaz de eliminar tanto las frecuencias del downlink, como la banda imagen del receptor. ¿Qué banda de señal debería dejar pasar el filtro duplexor? ¿Qué bandas debería eliminar? Queremos diseñar un filtro Chebyshev que atenúe un mínimo de 40 dB las frecuencias de la banda eliminada. Calcule cuál es la frecuencia que limita la atenuación mínima. **(1 punto)**

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2} \qquad w = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \qquad \omega' = \frac{1}{w} \left| \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right|$$

Problema 2 (3 puntos)

En este problema llevaremos a cabo el diseño del bloque emisor y del sintetizador de frecuencia de la estación base del Problema 1. Para ello, supondremos que el transmisor del sistema es homodino y que comparte el sintetizador de frecuencia con el receptor.

Datos:

- Cristal de referencia: Frecuencia de 8 MHz.
 - Frecuencia máxima a la entrada de los divisores programables: $f_L = 100$ MHz.
 - Filtro orden 2 tipo 2 activo, $F(s) = (1 + \tau_2 s) / (\tau_1 s)$.
1. Dibuje el diagrama de bloques del emisor. Justifique la función que lleva a cabo cada bloque. ¿Qué frecuencias tendremos que ser capaces de sintetizar tanto para el emisor como para el receptor? **(1 punto)**
 2. Dibuje un esquema del sintetizador de frecuencia suponiendo un PLL de orden 2 tipo 2 activo y un divisor de doble módulo. Calcule la frecuencia de referencia y los valores de todos los divisores. Suponga que P tiene que ser potencia de 2. **(1 punto)**
 3. Desarrolle y obtenga la función de transferencia ideal del sintetizador. **(1 punto)**