

Comunicaciones Eléctricas I

Examen parcial 2 — EL5513

Práctica de examen

con respuestas

1 Parcial 2 1S08

1. Se tiene el siguiente espectro (asuma simetría) de una señal FDM:

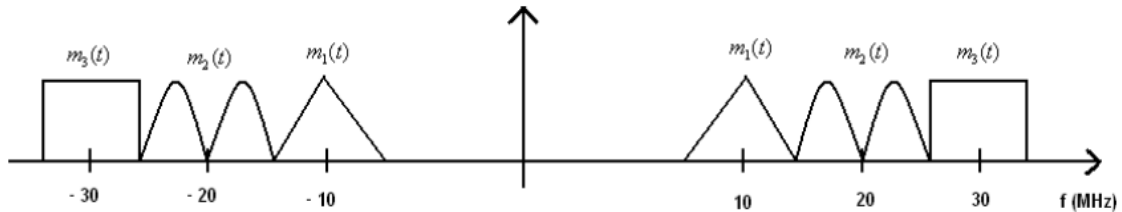


Figure 1: Espectro de señal FDM.

El sistema se pretende demodular con el siguiente sistema:

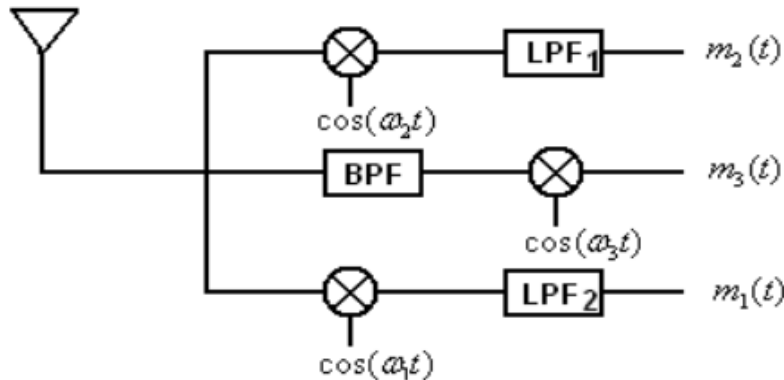


Figure 2: Sistema demodulador.

Calcule:

- Las frecuencias ω_1 , ω_2 y ω_3 tal que se obtengan los espectros indicados en banda base a la salida de cada parte del circuito.
- Las especificaciones de frecuencia de los filtros tal que se obtenga solo el espectro indicado a la salida. Dibuje la respuesta del filtro. Considere filtros ideales.

Solución: Ver respuesta en [8.1.1](#)

2. La señal $f(t) = \cos(2000\pi t)$ se aplica a la entrada de un sistema de modulación de ángulo. La señal modulada es: $\phi(t) = 100\cos(2\pi \times 10^7 t + 4\sin(2000\pi t))$ a través de una carga de 50Ω .
- a) ¿El modulador es PM o FM? Calcule la K_p o K_f según el modulador definido por usted.
 - b) Calcule la desviación de frecuencia pico en Hz.
 - c) Calcule la desviación de fase pico en grados.
 - d) Calcule el ancho de banda aproximado en Hz, del sistema según el criterio de Carson.
 - e) Si $\phi(t) = 100\cos(2\pi \times 10^7 t + K_p 4\sin(2000\pi t))$, calcule K_p para que $\Delta\theta = 90^\circ$

Solución: Ver respuesta en [8.1.2](#)

2 Examen de Reposición 1S08

3. Se tiene la siguiente onda moduladora: $f(t) = 4\cos(8000\pi t)$ [V]. Esta señal modula con una portadora de 50 kHz. Determine, especificando los criterios usados:
- a) La constante K_p para que la señal modulada sea NBPM.
 - b) La constante K_p para que la señal modulada sea WBPM.
 - c) Calcule la K_p para que el ancho de banda sea de 15 kHz según Carson.
 - d) ¿Qué parámetro se debe ajustar a la señal modulada para transmitir con una potencia de 10W con una antena acoplada de 50Ω ? Calcúlelo

Solución: Ver respuesta en [8.2.1](#)

3 Parcial 2 1S2010

4. Para un modulador de FM con desviación máxima de frecuencia $\Delta f = 10 \text{ kHz}$, una frecuencia de señal moduladora $f_m = 10 \text{ kHz}$ (un tono cosenoidal), $A = 10 \text{ [V]}$ y una portadora de 500 kHz , determinar:
- El ancho de banda mediante funciones de Bessel.
 - El ancho de banda aproximado según la regla de Carson.
 - Comente la similitud o diferencia de los resultados en a) y b). Justifique su comentario.
 - Haga un bosquejo del espectro de la señal según el resultado con Bessel.

Solución: Ver respuesta en [8.3.1](#)

4 Parcial 2 1S2018

5. Se transmiten datos binarios en un canal a 10 Mbps y se mide la densidad espectral de potencia de ruido a la entrada del receptor de $0,1 \text{ nW/Hz}$. Bajo esas condiciones, seleccione la o las potencias medias de la o las portadoras que mantendrían la probabilidad de error inferior a 10^{-4} para MSK y DPSK. Considere potencia normalizada.
- $\bar{P}_{MSK} = 703 \text{ [pW]}$ $\bar{P}_{DPSK} = 8,51 \text{ [mW]}$
 - $\bar{P}_{MSK} = 7,03 \text{ [mW]}$ $\bar{P}_{DPSK} = 851 \text{ [pW]}$
 - $\bar{P}_{MSK} = 703 \text{ [pW]}$ $\bar{P}_{DPSK} = 851 \text{ [pW]}$
 - $\bar{P}_{MSK} = 7,03 \text{ [mW]}$ $\bar{P}_{DPSK} = 8,51 \text{ [mW]}$

Solución: Ver respuesta en [8.4.1](#)

6. En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques de un modulador 16QAM. Se adjuntan también las tablas de conversión de binaria a PAM de 4 niveles. Con la información dada, grafique la constelación correspondiente en el diagrama provisto, indicando los valores de tensión de cada eje y las combinaciones binarias de cada punto de la constelación. Utilice el orden dado por el "Bit splitter" de la figura.

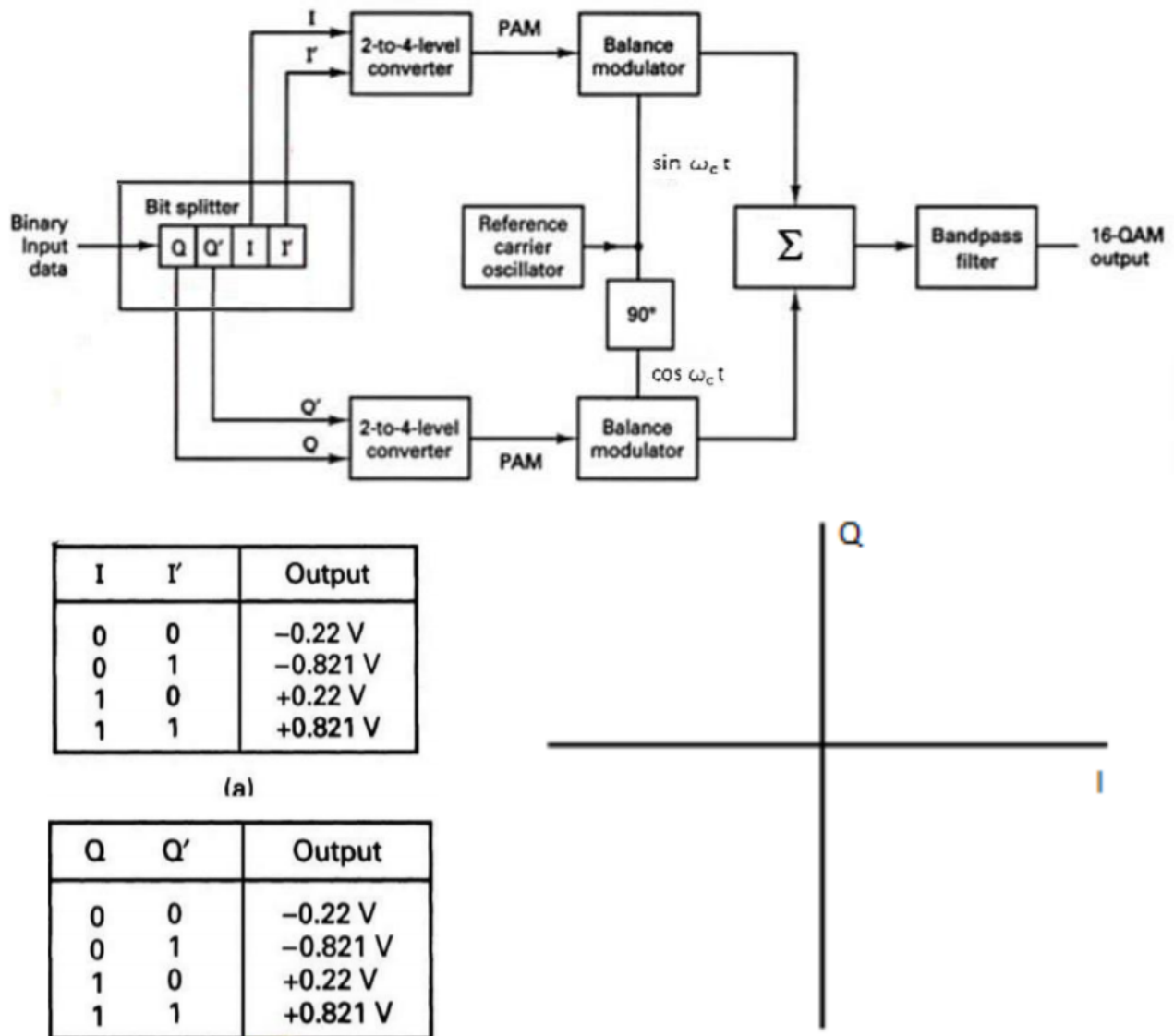


Figure 3: Diagrama de bloques y tabla de conversión para ejercicio 6

Solución: Ver respuesta en [8.4.2](#)

5 Parcial 2 2S2018

7. Complete los códigos de línea indicados para la secuencia dada en la figura 4.

0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	BS
												NRZ
												PRZ
												MAN
												DIFF

Figure 4: Espacio para la resolución del ejercicio 7.

Solución: Ver respuesta en [8.5.1](#)

8. Un circuito QPSK experimental se diseña a partir de señales I-Q. El diseño involucra diferente asignación de niveles lógicos para las señales en fase y cuadratura, según se muestra en la siguiente tabla 1:

Nivel lógico	Amplitudes de las portadoras (V)	
	Señales en fase (I)	Señales en cuadratura (Q)
0	-1	-2
1	+1	+2

Table 1: Tabla para el ejercicio 8.

- Escriba la ecuación de la señal trigonométrica de salida para cada fase. Debe expresarse como un tono donde se exprese numéricamente la magnitud y la fase.
- Dibuje la constelación asociada al sistema de modulación y especifique en la gráfica los valores binarios de cada punto de la constelación.
- Bajo condiciones de ruido intenso, ¿Cuáles combinaciones de bits tienen más probabilidad de confundirse entre sí?
- ¿Qué diferencia tendría una constelación de un sistema donde las señales I-Q tengan las mismas amplitudes? Por ejemplo ± 2 V.

Solución: Ver respuesta en [8.5.2](#)

6 Parcial 2 1S2020

9. Una estación comercial de FM alterna su programación entre música y programas de entrevista. La música transmitida se limita a un ancho de banda de 15KHz según la convención usada. Asumiendo $\beta = 5$ (note que no se modula un tono) tanto para música como para voz, responda:
- ¿Qué porcentaje, del ancho de banda de transmisión total disponible, se usa durante el programa de entrevistas, si se asume que el ancho de banda para señales de voz es de 5KHz?
 - Si la estación cambia su esquema de modulación a PM, ¿cambiará la relación de anchos de banda calculada en a)? Explique su respuesta.

Solución: Ver respuesta en [8.6.1](#)

10. La detección coherente de MSK tiene la misma probabilidad de error que la BPSK coherente, y la detección MSK no coherente tiene la misma probabilidad de error que la detección BFSK no coherente. Si se requiere una probabilidad de error de 10^{-3} o menor, ¿en cuántos dBs se debe incrementar la razón E_b/N_0 de la detección no coherente de MSK con respecto a la detección coherente MSK para conseguir la probabilidad de error solicitada?

Solución: Ver respuesta en [8.6.2](#)

11. En muchas aplicaciones de comunicaciones, una probabilidad de error (BER) de 10^{-5} o menos es aceptable. Calcule la razón E_b/N_0 mínimo en dB para lograr dicha probabilidad de error en los siguientes esquemas de modulación:

- a) BPSK
- b) BFSK coherente
- c) BFSK no coherente
- a) DPSK

Solución: Ver respuesta en [8.6.3](#)

12. Se requiere transmitir una secuencia binaria a una velocidad de 10Mbps. Si la señal digital a utilizar tiene una amplitud de $\pm 2V$, calcule las energías de bit si la codificación utilizada es bipolar NRZ y bipolar RZ, y explique cuál de las dos señales requiere mayor ancho de banda.

Solución: Ver respuesta en [8.6.4](#)

13. Considere una señal senoidal de 1kHz que modula en FM una portadora, también senoidal, de amplitud unitaria y frecuencia f_c , con una desviación de frecuencia de 5kHz.
- Escoja una f_c en el rango de 140,00 MHz - 150,00 MHz. Determine el ancho de banda de transmisión de la señal modulada tanto por medio de la regla de Carson como utilizando las funciones de Bessel.
 - Dibuje la magnitud del espectro de la señal modulada (por conveniencia, solamente dibuje la parte positiva del espectro) e indique qué parte del espectro no se toma en consideración al aproximar el ancho de banda con la regla de Carson. Rotule bien la gráfica.
 - Calcule la potencia promedio total de la señal modulada, así como el porcentaje de dicha potencia promedio total que se obtiene al calcular el ancho de banda de transmisión tanto con la regla de Carson como con las funciones de Bessel.
 - ¿Cuál es el factor de mejora sobre una transmisión banda-base que ofrece la modulación FM considerada?

Solución: Ver respuesta en [8.6.5](#)

14. Para el PLL que se muestra en la figura 5, calcule el valor de $v(t)$ en Voltios si la señal de entrada es una función seno que tiene una amplitud de 3 [V], la señal del VCO es una señal coseno de 3 [V] y la señal de entrada atrasa por 45° a la del VCO. Además, comente qué acción tomará el VCO en este caso.

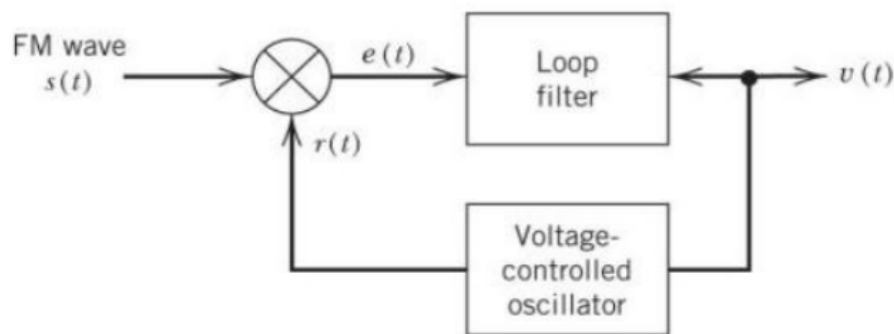


Figure 5: Diagrama de bloques del PLL para el ejercicio [14](#)

Solución: Ver respuesta en [8.6.6](#)

15. Un señal analógica tiene un ancho de banda de 10 kHz . Inicialmente es muestreada a 24 kHz para generar una señal PAM, la cual es discretizada en 256 niveles representados inicialmente en binario por un código PCM. Luego, estos son codificados con un sistema 16-ario de múltiples amplitudes. Este proceso de digitalización y codificación se aplica a varias señales analógicas de la misma naturaleza, para transmitir las en un sistema TDM.
- ¿Cuál es la tasa de bits por segundo que se transmitiría de la señal analógica?
 - ¿Cuál es la tasa de símbolos por segundo (*baudrate*) que se transmitiría el código 16-ario de múltiples niveles de la señal analógica?
 - ¿Cuál es el ancho de banda mínimo necesario para transmitir los pulsos PCM del sistema 16-ario de múltiples niveles de la señal analógica?
 - Si para su transmisión en un sistema TDM se agrupan 5 canales codificados con el sistema 16-ario, ¿Cuál es el ancho de banda mínimo necesario para la transmisión de las señales agrupadas y su *baudrate*?

Solución: Ver respuesta en [8.6.7](#)

16. Suponga que la señal $x(t)$ tiene el espectro mostrado en la figura, con $f_u = 25\text{ kHz}$ y $W = 10\text{ kHz}$.

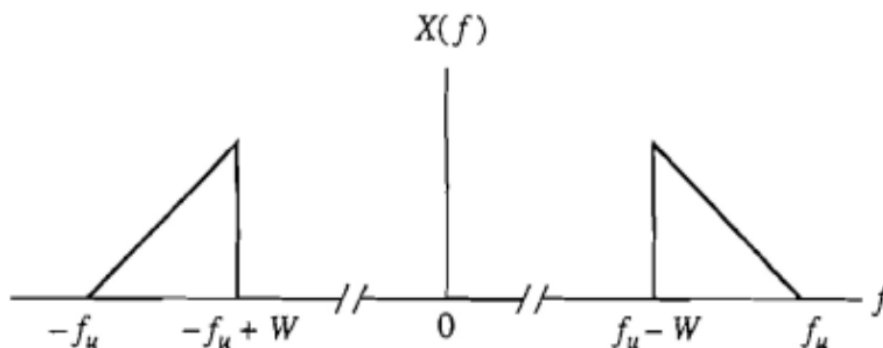


Figure 6: Señal para el ejercicio [16](#)

Suponga que la señal muestreada con pulsos ideales (con la función impulso $\delta(t)$), con una frecuencia de muestreo de 45 kHz .

- Realice un bosquejo de la señal muestreada para $0 < f < 80\text{ kHz}$.
- Comente sobre la conveniencia o inconveniencia de usar esta frecuencia de muestreo para luego recuperar la señal original en banda base.

Solución: Ver respuesta en [8.6.8](#)

17. En el intervalo $|t| \leq 1$, una señal modulada por ángulo dad por: $s(t) = 10\cos(13000t)$. Se sabe que la frecuencia portadora es de: $\omega_c = 10000\text{rad/s}$.
- Si $s(t)$ fuera una señal PM con $k_p = 1000$, determine la función de la señal moduladora $m(t)$ en el intervalo $|t| \leq 1$.
 - Si $s(t)$ fuera una señal FM con $k_f = 1000$, determine la función de la señal moduladora $m(t)$ en el intervalo $|t| \leq 1$.
 - ¿Cuál es el ancho de banda de la señal PM en el intervalo $|t| \leq 1$ con un índice de modulación de 2? Use la regla de Carlson.
 - ¿Cuál es el ancho de banda de la señal FM en el intervalo $|t| \leq 1$ con un índice de modulación de 2? Use la regla de Carlson.
 - ¿Cuál es la desviación máxima de fase en ambos casos?

Solución: Ver respuesta en [8.6.9](#)

18. El espectro típico de una señal binaria digital FSK se muestra en la figura. Consiste en la traslación de los pulsos digitales banda base a las frecuencias de modulación (f_0 y f_1). Se está transmitiendo en total una secuencia binaria de 10Mbps , y el ancho de banda de la señal modulada se toma del primer nulo antes del primer máximo al primer nulo después del segundo máximo del espectro.

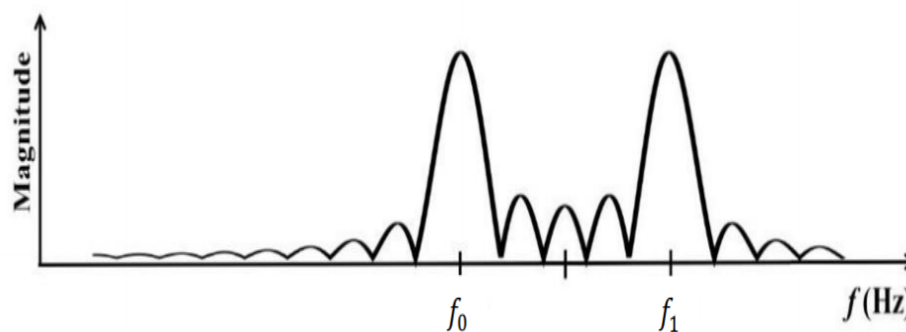


Figure 7: Señal para el ejercicio [18](#)

- Calcule el ancho de banda de la señal FSK mostrado en la figura.
- Si los lóbulos menores no existieran, ¿Cuál sería la mínima separación entre las frecuencias f_0 y f_1 que podría utilizarse para evitar traslapes espectrales?
- En el caso planteado en b), ¿Será posible su implementación en un sistema real? Justifique su respuesta.
- ¿De cuánto sería el ancho de banda aproximado para transmitir la secuencia de 10Mbps si se utilizara una señal BPSK o una ASK en lugar de la FSK?
- Mencione una ventaja y desventada de usar FSK sobre ASK.

Solución: Ver respuesta en [8.6.10](#)

7 Parcial 2 2S2020

19. Una señal modulada en frecuencia presenta una desviación de frecuencia de 6kHz un tono modulador de 2kHz potencia total es de 10W aplicada a una resistencia de 50Ω . La portadora tiene una frecuencia de 300MHz . Para los cálculos que se le solicitan a continuación, exprese las tensiones en valores RMS.
- Obtenga una expresión para la señal modulada $s_{FM}(t)$ expresando todos sus valores en forma numérica.
 - Escriba una expresión de la señal $s_{FM}(t)$ como la sumatoria de los primeros dos pares de bandas laterales $-2 \leq n \leq 2$, o sea, incluye la portadora).
 - Calcule el porcentaje de potencia contenido en los primeros dos pares de bandas laterales respecto a la potencia total.
 - ¿Qué índice de modulación utilizaría para maximizar la potencia en las bandas laterales?
 - Realice un esbozo del espectro de potencia unilateral, en la resistencia mencionada, de la señal para la expresión calculada en b).

Solución: Ver respuesta en [8.7.1](#)

20. En un sistema PCM/TDM se lleva a cabo la multiplexación de 24 canales de banda de voz. Cada muestra se codifica en 7 bits, y una trama consiste en la suma de una muestra de cada canal. A cada trama se le agrega un bit adicional (bit de trama). La tasa de muestreo de las señales analógicas es de 9000 muestras por segundo.
- Realice un diagrama de bloques del sistema desde el muestreo de la señal original hasta su entrega. Este debe contemplar al menos lo siguiente (y no necesariamente en este orden): convertidor digital-analógico y analógico-digital, convertidor serial-paralelo y paralelo-serial, canal de comunicaciones, multiplexor, demultiplexor, sistema de muestreo y retención, codificador PCM. Dibuje el proceso completo solo para un canal.
 - Para las señales analógicas, calcule el ancho de banda máximo a transmitir. ¿Qué ocurre si la señal analógica tiene un ancho de banda superior a este?.
 - Calcule el ancho de banda requerido en canal multiplexado (canal TDM) y su tasa de transmisión de bits.
 - Si para el canal TDM se utiliza un sistema 8-ario para la transmisión de información, ¿de cuánto es la tasa de baudios del canal?
 - ¿Qué ancho de banda se requeriría en el canal TDM con el sistema 8-ario? ¿Qué retos conlleva usar este sistema?

Solución: Ver respuesta en [8.7.2](#)

21. Para la constelación de la figura 8 como referencia, se genera la siguiente secuencia binaria:

111100101010001110011000

¿Cuál es la secuencia de pares de valores de las señales I-Q que dan lugar a esa secuencia?

Se expresan de la forma (I,Q) (I,Q) (I,Q) ...

- a) (2,2) (-1,1) (-2,2) (1,-1) (-2,-2) (1,1) (2,-2) (-1,-1)
- b) (-2,-2) (1,-1) (2,-2) (-1,1) (2,2) (-1,-1) (-2,2) (1,1)
- c) (2,2) (1,-1) (2,-2) (-1,1) (-2,-2) (1,1) (-2,2) (-1,-1)
- d) (-2,-2) (-1,1) (-2,2) (1,-1) (2,2) (-1,-1) (2,-2) (1,1)

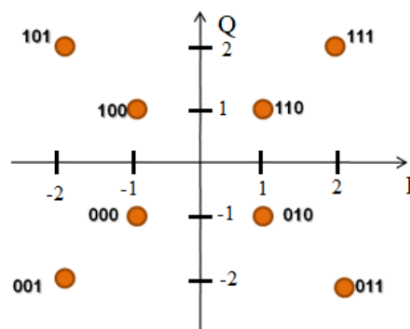


Figure 8: Constelación para el ejercicio 21

Solución: Ver respuesta en [8.7.3](#)

22. Para los sistemas binarios de modulación DPSK y Coherente binario FSK, si se trabaja con una potencia de ruido $N_0 = 1\mu W/Hz$, ¿Qué valor de energía de bit hará que la probabilidad de error de ambos sistemas sea aproximadamente igual? ¿Cuál es el valor aproximado de esta probabilidad de error?

Solución: Ver respuesta en [8.7.4](#)

23. En la figura se presentan varios espectros correspondientes a una modulación FM con tono. Estos se obtuvieron realizando variaciones progresivas de los parámetros de la señal modulada, los cuales también se muestran.

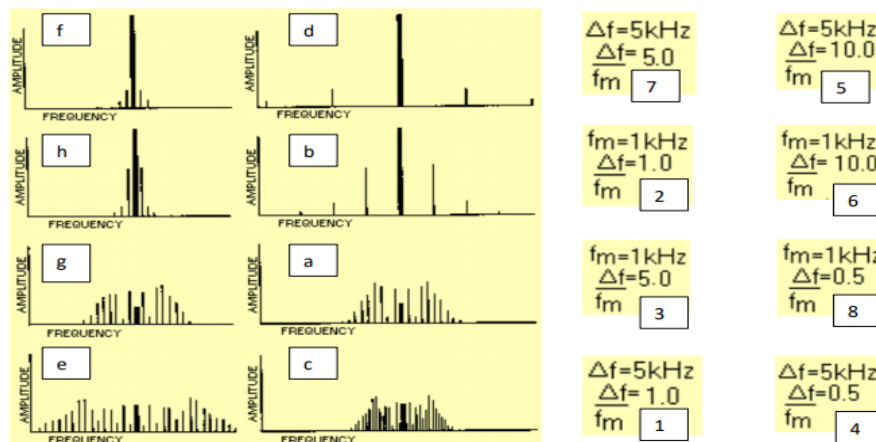


Figure 9: Espectros para el ejercicio 23

Elija la opción que asocie los parámetros con cada señal de manera correcta.

- a) f-8, h-2, g-3, e-6 d-4, b-1, a-7, c-5
- b) f-4, h-1, g-7, e-5 d-8, b-2, a-3, c-6
- c) f-8, h-2, g-3, e-6 d-5, b-7, a-1, c-4
- d) f-5, h-7, g-1, e-4 d-8, b-2, a-3, c-6

Solución: Ver respuesta en [8.7.5](#)

24. ¿De qué manera o maneras se pueden aproximar a un mismo valor las figuras de mérito de un receptor DSB-SC y DSB-LC?
- a) Haciendo que $k_a^2 P \gg 1$ (aproximación)
 - b) Es imposible.
 - c) Haciendo que $k_a^2 P \ll 1$ (aproximación)
 - d) Aumentando la potencia de la señal DSB-LC hasta igualar los niveles de la señal DSB-SC.

Solución: Ver respuesta en [8.7.6](#)

25. ¿De qué manera o maneras se pueden aproximar a un mismo valor las figuras de mérito de un receptor DSB-LC y uno FM? Considere ambos modulados por tono.
- a) Haciendo que $\beta = \frac{\sqrt{2}}{3}$ si $\mu = 1$ (aproximación)
 - b) Eliminando la portadora en el caso FM.
 - c) Es imposible.
 - d) Igualando sus índices de modulación.

Solución: Ver respuesta en [8.7.7](#)

26. De las siguientes afirmaciones elija aquellas falsas respecto a la modulación de amplitud.
- a) La modulación digital no usa en absoluto los principios de la modulación de amplitud.
 - b) La modulación de amplitud es la técnica menos susceptible al ruido, por llevar la información en su amplitud.
 - c) La fase de la señal modulada en amplitud es irrelevante para la demodulación con detector de envolvente.
 - d) El demodulador síncrono es mejor en términos de ruido que el demodulador de envolvente

Solución: Ver respuesta en [8.7.8](#)

27. En la figura [10](#) se muestra un típico código de Manchester.

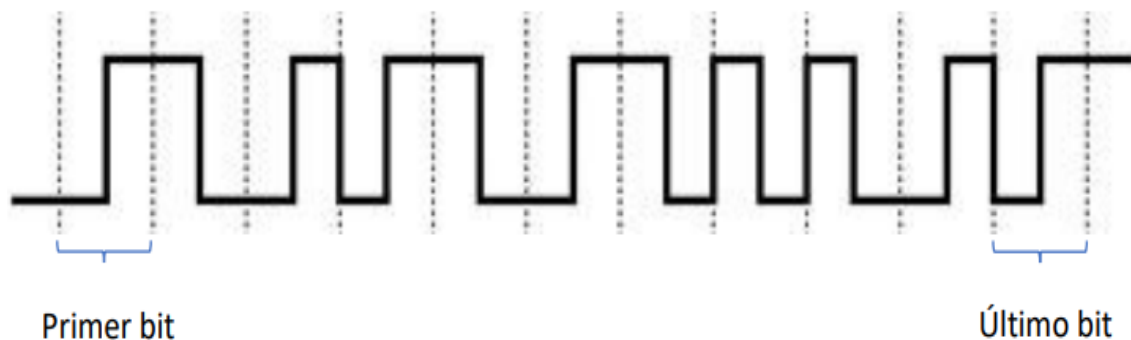


Figure 10: Código Manchester para el ejercicio [27](#)

Escriba de manera estricta (sin espacios ni guiones) el código binario que representa.

Solución: Ver respuesta en [8.7.9](#)

28. Una señal FM tiene una frecuencia portadora de $1MHz$ y está dada por:

$$s(t) = 10\cos(2\pi f_c t + 0,1\sin 2000\pi t)$$

Calcule la potencia de la señal modulada y la desviación de frecuencia en Hz.

Solución: Ver respuesta en [8.7.10](#)

29. Cierta mensaje se envía por un canal de comunicaciones y la relación señal-a-ruido del canal es de 20×10^3 . ¿Cuál es la relación señal-a-ruido en la salida del receptor si la modulación utilizada es AM DSB-LC con $k_a = 0,8$ y la potencia promedio del mensaje es de $100mW$?

Solución: Ver respuesta en [8.7.11](#)

30. Cierta mensaje se envía por un canal de comunicaciones y la relación señal-a-ruido del canal es de 20×10^3 . ¿Cuál es la relación señal-a-ruido en la salida del receptor si la modulación utilizada es FM con $k_f/W = 9$ y la potencia promedio del mensaje es de $100mW$?

Solución: Ver respuesta en [8.7.12](#)

31. Se desea modular un tono puro utilizando modulación delta. La frecuencia del tono es de $3,1kHz$ y su amplitud de $10V$. El tono se muestrea a una frecuencia de $64kHz$. ¿Cuál es el valor mínimo del escalón Δ para evitar distorsión por sobrecarga de pendiente?

Solución: Ver respuesta en [8.7.13](#)

32. Se desea modular un tono puro utilizando modulación delta. La frecuencia del tono es de $3kHz$ y el valor de escalón utilizado es $\Delta = 0,1V$. El tono se muestrea a una frecuencia 10 veces el criterio de Nyquist. ¿Cuál es el valor máximo de amplitud del tono para evitar distorsión por sobrecarga de pendiente?

Solución: Ver respuesta en [8.7.14](#)

33. Se desea utilizar DPSK para transmitir la secuencia binaria $b_k = 11100101$, se sabe que el bit codificado inmediatamente anterior fue un 1. Determine la secuencia codificada d_k y la correspondiente secuencia de valores de fase, en radianes, que se transmitirán.

Solución: Ver respuesta en [8.7.15](#)

34. Se busca comparar dos sistemas de transmisión pasa-banda. Uno es 16-PSK y el otro 16-QAM. Ambos sistemas deben trabajar con una probabilidad de error de 10^{-3} . Calcule la razón señal-a-ruido de ambos sistemas y juzgue cual es más efectivo en términos energéticos.

Sugerencia: Las probabilidades de error para M-PSK y M-QAM son respectivamente:

$$P_e = 2Q\left(\sqrt{2}\sin\left(\frac{\pi}{M}\right)\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right)$$

$$P_e = 4\left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}}\right)Q\left(\sqrt{2}\sqrt{\frac{3E}{2(M-1)N_0}}\right)$$

Solución: Ver respuesta en [8.7.16](#)

35. DM-PSK es la versión M-aria del DPSK. Compare la razón señal-a-ruido de M-PSK y DM-PSK, y juzgue cual es más efectivo en términos energéticos.

Sugerencia: Las probabilidades de error para M-PSK y DM-PSK son respectivamente:

$$P_e = 2Q\left(\sqrt{2}\sin\left(\frac{\pi}{M}\right)\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right)$$

$$P_e = 2Q\left(2\sin\left(\frac{\pi}{2M}\right)\sqrt{\frac{E}{N_0}}\right)$$

Solución: Ver respuesta en [8.7.17](#)

36. Un tono puro de $6kHz$ se modula en frecuencia y se desea transmitir con un ancho de banda de $50kHz$.

a) Utilizando la regla de Carson, calcule el índice de modulación, especifique si se trata de NBFM o WBFM y calcule la desviación de frecuencia en Hz.

b) Esboce la parte positiva del espectro bilateral para $-2 \leq n \leq 2$. Señale las amplitudes en términos de A_c y las frecuencias de las espigas en términos de f_c .

c) Suponga que el canal por el que se quiere realizar la transmisión ya no es ideal, sino que tiene una atenuación de $40dB$ y a la entrada del receptor hay una densidad espectral de potencia de ruido de $\frac{N_0}{2} = 10^{-10}W/Hz$. Además, se sabe que $\frac{P_m}{A_m^2} = 1/3$. Si el objetivo es que la razón señal-a-ruido a la salida del receptor sea de al menos $40dB$, ¿cuál es la potencia mínima con que se debe transmitir la señal?

Sugerencia: recuerde que la potencia a la entrada del receptor es $P_s = A_c^2/2$.

Solución: Ver respuesta en [8.7.18](#)

37. En preparación para el examen de CE1, usted está estudiando de forma virtual en grupo con sus compañeros. Al llegar al tema de PAM, repasan el demodulador presentado en clase: un filtro de reconstrucción, seguido de un ecualizador. Entonces, usted, haciendo una analogía con AM sugiere al grupo que una señal PAM debería poder demodularse con un demodulador de producto; sus compañeros no le creen.
- a) Exponga, de forma narrativa y clara, el razonamiento, en el dominio de la frecuencia, que le permite concluir que la demodulación planteada es, por lo menos, viable.
 - b) Diseñe el demodulador de producto que permita recuperar el mensaje original en una señal PAM utilizando un multiplicador y un LPF; sea claro a la hora de especificar el diseño (frecuencias de osciladores, anchos de banda de filtros, etc.)

Solución: Ver respuesta en [8.7.19](#)

8 Respuestas

8.1 Parcial 2 1S08

8.1.1 Ejercicio 1

a) $\omega_1 = 63 \text{ Mrad/seg}$

$\omega_2 = 126 \text{ Mrad/seg}$

$\omega_3 = 189 \text{ Mrad/seg}$

b) $LPF_1 = LPF_2 \rightarrow @ 31 \text{ Mrad/seg}$

$BPF \rightarrow @ 180 \text{ Mrad/seg}$

$BW = 63 \text{ Mrad/seg}$

8.1.2 Ejercicio 2

a) $K_f = 8000\pi$

b) $\Delta f = 4 \text{ kHz}$

c) $\Delta\theta = 229,18^\circ$

d) $BW = 10 \text{ kHz}$

e) $K_p = \frac{\pi}{8}$

8.2 Examen de Reposición 1S08

8.2.1 Ejercicio 3

a) $K_p \leq 0,125$

b) $K_p \geq 0,125$

c) $K_p \simeq 0,25$

d) $A = 31,62 \text{ [V]}$

8.3 Parcial 2 1S2010

8.3.1 Ejercicio 4

a) $BW = 60 \text{ kHz}$

b) $Bw = 40 \text{ kHz}$

c) Bessel es más exacto que Carson.

d) Ver figura [11](#)

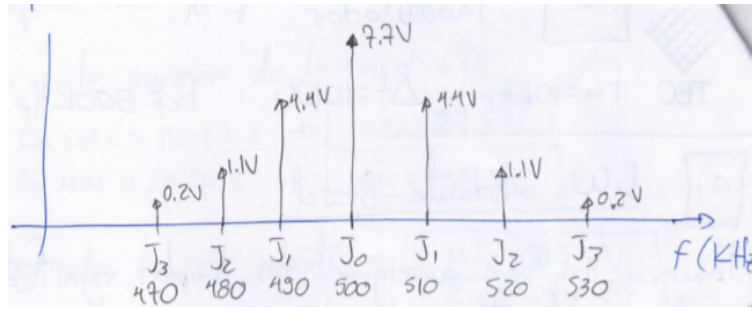


Figure 11: Espectro de frecuencia para ejercicio 4

8.4 Parcial 2 1S2018

8.4.1 Ejercicio 5

Opción d.

8.4.2 Ejercicio 6

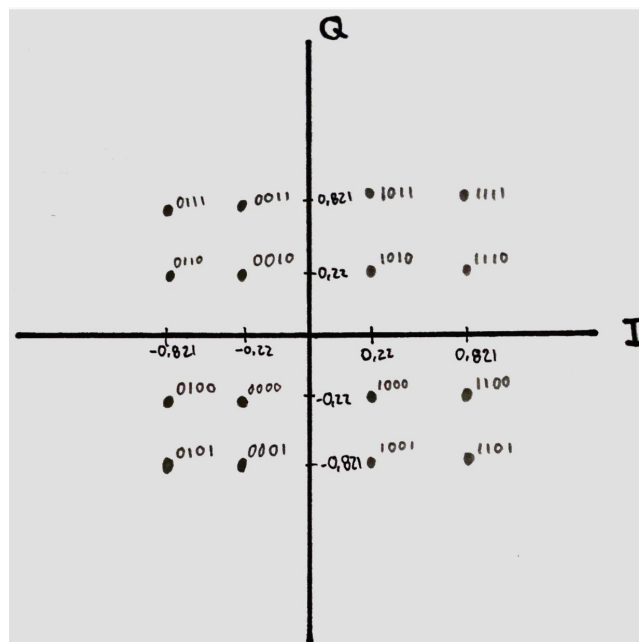


Figure 12: Constelación del ejercicio 6.

8.5 Parcial 2 2S2018

8.5.1 Ejercicio 7

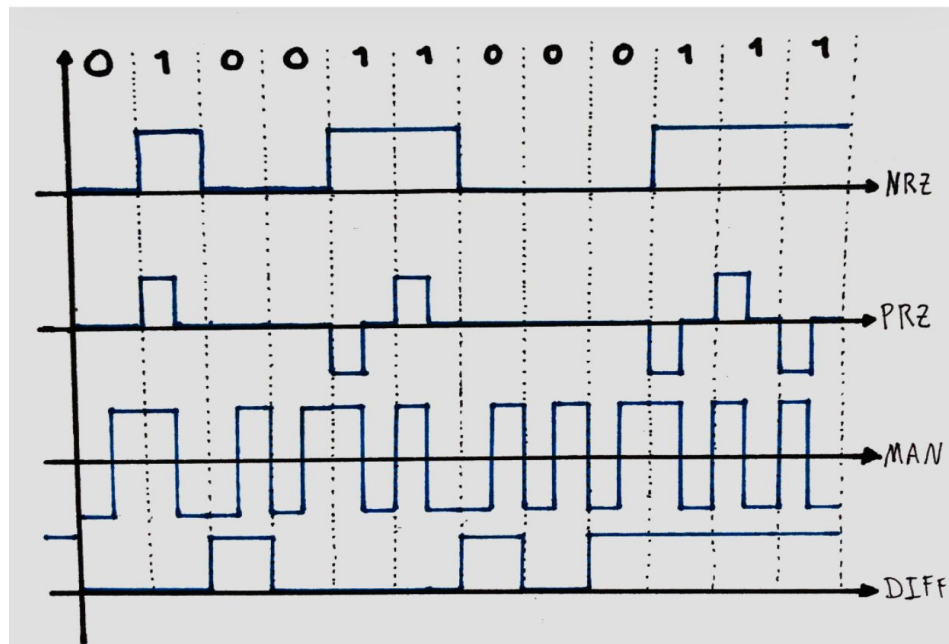


Figure 13: Codificaciones del ejercicio 7.

8.5.2 Ejercicio 8

a) $S_0(t) = 2,22A_c \cos(2\pi f_c t + 4,26)$

$S_1(t) = 2,22A_c \cos(2\pi f_c t + 1,12)$

b) Ver figura 14

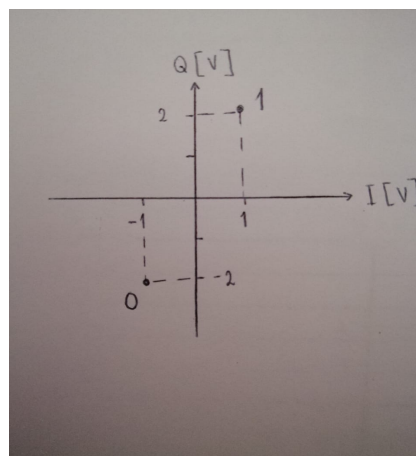


Figure 14: Constelación del ejercicio 8.

- c) Con ruido intenso se podrían confundir los símbolos del mismo valor lógico dependiendo del valor de decisión. Por ejemplo, las combinaciones "00" y "11".
- d) La amplitud sería de $\sqrt{2}A_c$ y las fases de $\frac{\pi}{4}$ y $\frac{5\pi}{4}$

8.6 Parcial 2 1S2020

8.6.1 Ejercicio 9

- a) Porcentaje = 33%
- b) Siendo $B_T \cong \Delta f + 2\omega$ y siendo $\Delta f = \frac{k_p}{2\pi} \frac{dm(t)}{dt} \big|_{max}$ se ve que el B_T es proporcional a la señal misma, por lo que la relación se mantiene.

8.6.2 Ejercicio 10

4,13 dB

8.6.3 Ejercicio 11

- a) 9,659 dB
- b) 12,669 dB
- c) 13,352 dB
- d) 10,342 dB

8.6.4 Ejercicio 12

- Energía de bit NRZ = 400nW
- Energía de bit RZ = 200nW
- La señal NRZ tiene pulsos más anchos, esto hace que requiera menos ancho de banda. Por lo que la señal bipolar RZ requiere más ancho de banda.

8.6.5 Ejercicio 13

- a) Ancho de banda con Carson = 12KHz
Ancho de banda con Bessel = 16KHz
- b) Ver figura 15

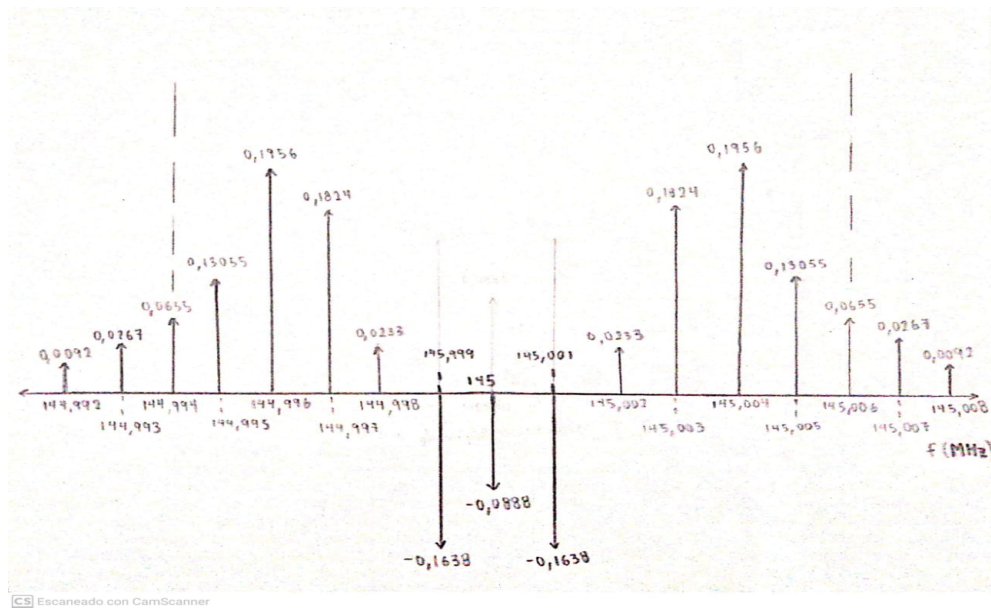


Figure 15: Espectro de frecuencia para ejercicio 13

Por regla de Carson solo se toman las magnitudes de frecuencias entre [144,994 MHz - 145,006 MHz].

c) $P_{avg} = 5mW$

8.6.6 Ejercicio 14

$v(t) = -3,182 [V]$ por lo que la frecuencia del VCO disminuye.

8.6.7 Ejercicio 15

- a) Tasa = 192 kbps
- b) Baudrate = 48 kbaudios/s
- c) $AB_{min} = 24kHz$
- d) $AB_{TDM} = 120 kHz$ y Baudrate = 240 kbaudios/s

8.6.8 Ejercicio 16

- a) Ver figura 16. Quedan réplicas de $X(f)$ en nf_s con $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

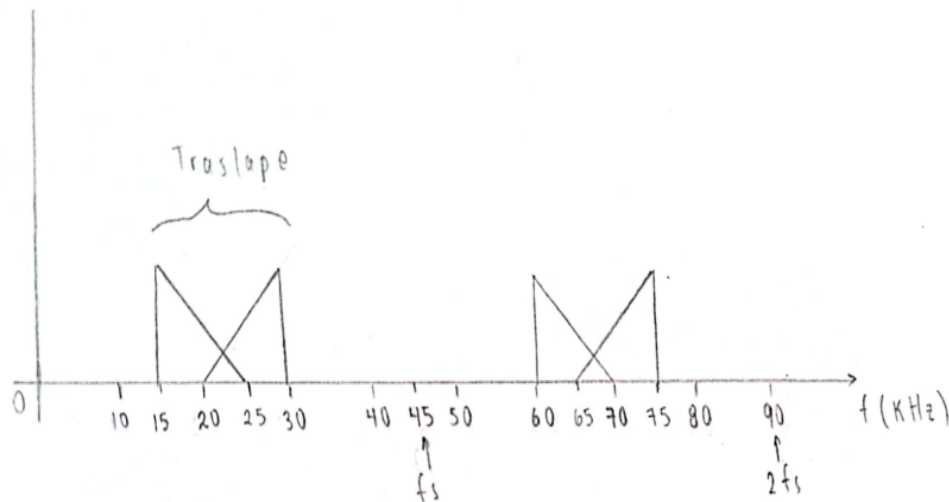


Figure 16: Señal muestreada del ejercicio 16

b) Es inconveniente usar esta frecuencia de muestreo ya que hay un traslape de señales que distorsiona la señal. Se debe a que f_s no cumple Nyquist.

8.6.9 Ejercicio 17

- a) $m_{PM}(t) = 3t$
- b) $m_{FM}(t) = \frac{3}{2\pi}$
- c) $B_{PM}(t) \cong 9kHz$
- d) $B_{FM}(t) \cong 1,43kHz$
- e) $\Delta\theta_{PM} = \Delta\theta_{FM} = 3000rad$

8.6.10 Ejercicio 18

- a) $BW = 70MHz$
- b) La mínima separación debe ser de $20MHz$
- c) Como el filtrado nunca es ideal, con esa separación irremediabilmente habría traslape de espectros entre símbolos.
- d) $AB_{ASK} = 20MHz$
 $AB_{BPSK} \cong 20MHz$
- e) Ventaja = ASK requiere menos ancho de banda que FSK.
 Desventaja = ASK es más susceptible al ruido que FSK.

8.7 Parcial 2 2S2020

8.7.1 Ejercicio 19

- $s_{FM}(t) = 22,36\cos(600\pi \times 10^6 t + 3\sin(4\pi \times 10^3 t))V_{RMS}$
- $s_{FM}(t) = 10,73\cos(2\pi 299,996 \times 10^6 t) + 7,37\cos(2\pi 299,998 \times 10^6 t) - 5,81\cos(2\pi 300 \times 10^6 t) + 7,37\cos(2\pi 300,002 \times 10^6 t) + 10,73\cos(2\pi 300,004 \times 10^6 t)V_{RMS}$
- Los dos primeros pares de bandas laterales tienen un 67,7% de la potencia total de la señal.
- Se utiliza uno que haga $J_o \rightarrow 0$. De la tabla se ve que $\beta \cong 2,45$.
- Ver figura 17.

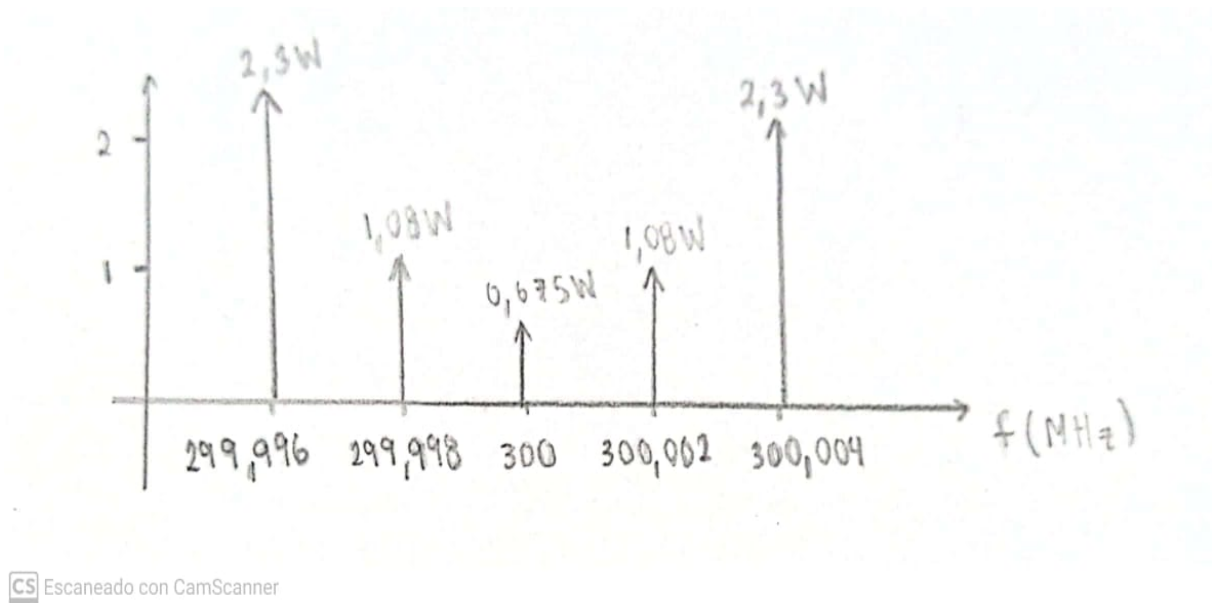


Figure 17: Señal muestreada del ejercicio 19.

8.7.2 Ejercicio 20

- Ver figura 18.

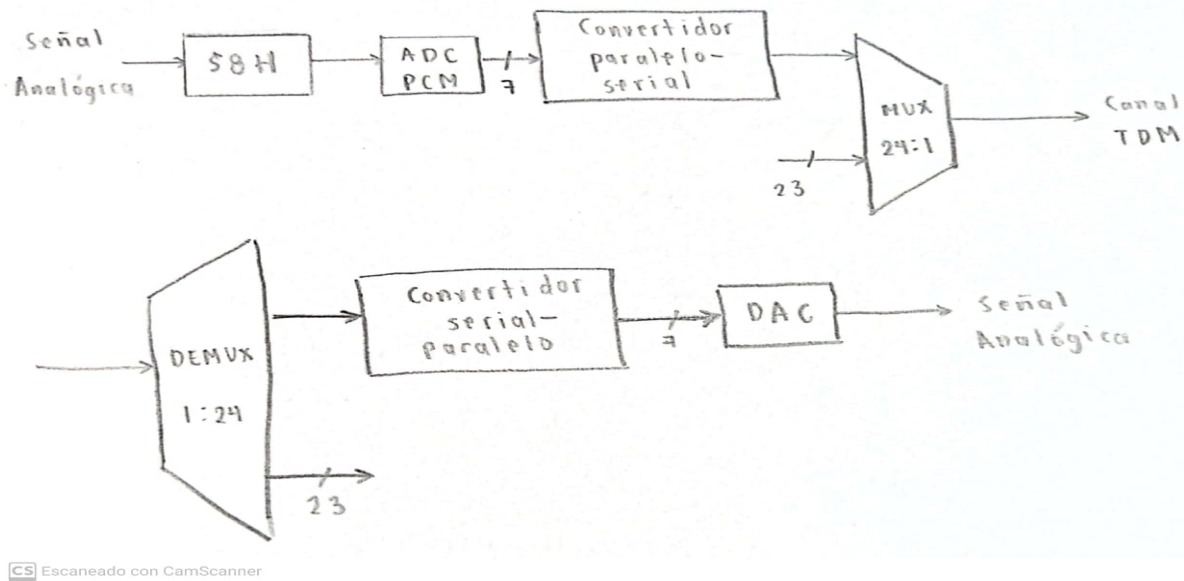


Figure 18: Diagrama de bloques del ejercicio 20.

b) $AB = 4,5kHz$

Todas las componentes superiores a $4,5kHz$ se pierden.

c) $AB = 760,5kHz$

Tasa de transmisión de bits= $1,521Mbps$

d) Tasa de baudios= $507kbaudios$

e) $AB = 253,5kHz$

Este sistema impone retos a nivel de SNR.

8.7.3 Ejercicio 21

Opción a)

8.7.4 Ejercicio 22

$$E_{b-FSK} = 680nJ$$

$$E_{b-DPSK} = 916nJ$$

$$P_e \cong 0,2$$

8.7.5 Ejercicio 23

Opción a)

8.7.6 Ejercicio 24

Opción a)

8.7.7 Ejercicio 25

Opción a)

8.7.8 Ejercicio 26

Opción a) y b)

8.7.9 Ejercicio 27

01001011100

8.7.10 Ejercicio 28

$$P = 50W$$

$$\Delta f = 100Hz$$

8.7.11 Ejercicio 29

$$SNR_o = 1203$$

8.7.12 Ejercicio 30

$$SNR_o = 486000 = 56.86dB$$

8.7.13 Ejercicio 31

$$\Delta_{min} = 3,043V$$

8.7.14 Ejercicio 32

$$A_{m-max} = 318,31mV$$

8.7.15 Ejercicio 33

$$d_k = 11101100$$

$$fase = 000\pi 00\pi\pi$$

8.7.16 Ejercicio 34

$$16 - PSK : \frac{E}{N_0} \approx 144(21,58dB)$$

$$16 - QAM : \frac{E}{N_0} \approx 57,8(17,61dB)$$

16-QAM es casi 4dB más efectiva que 16-PSK.

8.7.17 Ejercicio 35

$$\frac{E/N_{0DMPSK}}{E/N_{0MPSK}} = 1,7$$

Es más eficiente el MPSK.

8.7.18 Ejercicio 36

a) $\beta = 3,1667 \rightarrow$ WBFM

$$\Delta f = 19kHz$$

b) Ver figura 19

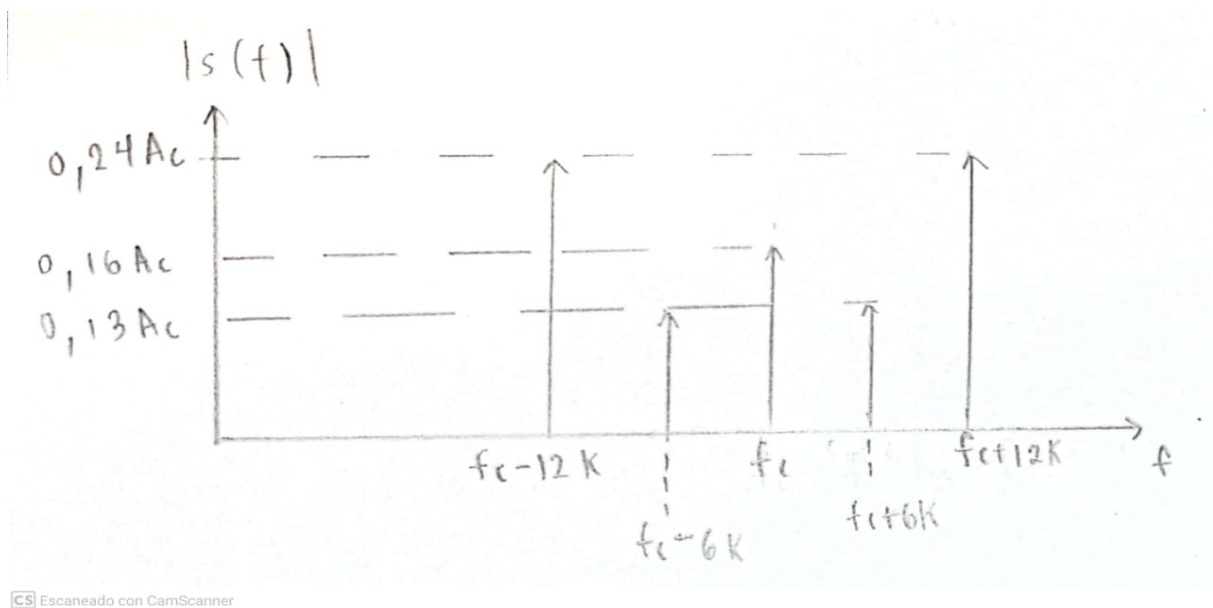


Figure 19: Espectro del ejercicio 36.

$$c) P_T = 11,96W$$

8.7.19 Ejercicio 37

a) El espectro de una señal PAM:

$$s(f) = f_s \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - kf_s)H(f)$$

Puesto que $H(f)$ no depende de k se puede sacar de la sumatoria:

$$s(f) = f_s H(f) \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - kf_s)$$

Para recuperar el mensaje, se debe tener una salida prop. a $M(f)$, por lo que el multiplicador debe tener un oscilador @ f_s . $M(f)$ se traslada @ $H(f \pm f_s)$ que se puede filtrar junto con las copias espectrales de $M(f)$.

b) Multiplicador:

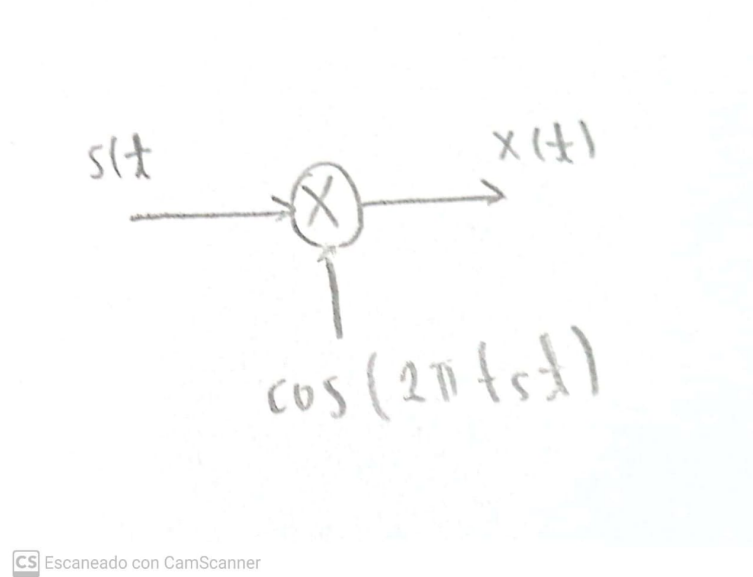


Figure 20: Multiplicador del ejercicio 37.

$$X(f) = f_s H(f \pm f_s) \frac{1}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f \pm f_s - X(f)kf_s)$$

$$X(f) = \frac{f_s}{2} H(f \pm f_s) \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - (k \mp 1)f_s)$$

Los k útiles; $k \mp 1 = 0 \implies k = \pm 1$

Solo interesan 2 términos de la sumatoria.

El LPF:

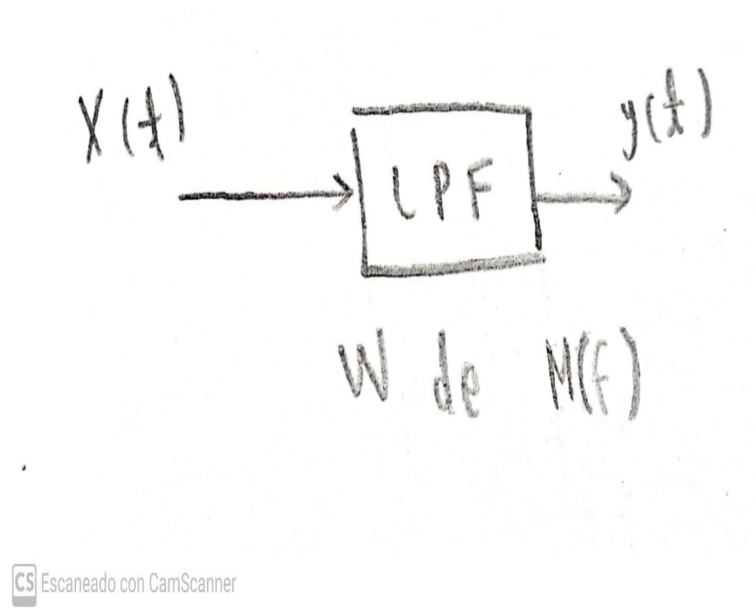


Figure 21: LPF del ejercicio 37.

$$y(f) = f_s \left[\frac{1}{2}M(f) + \frac{1}{2}M(f) \right]$$

$$y(f) = f_s M(f)$$