

Guía de problemas: Modulación Digital y Espectro Expandido

Requisitos para la aprobación

Esta guía de problemas posee nueve problemas, cuatro son de resolución obligatoria y se solicitan al menos siete ejercicios resueltos.

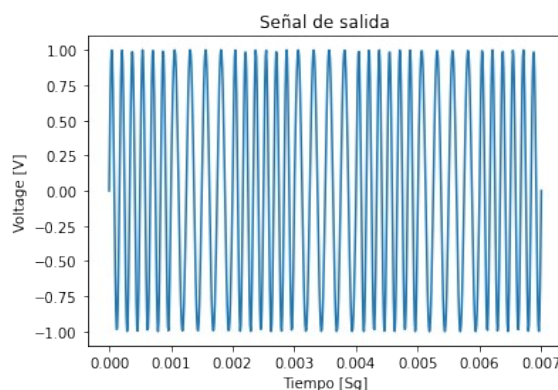
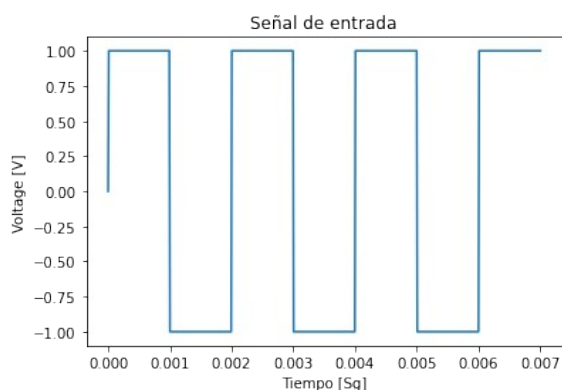
Problema 1

Dada una señal digital con tasa de 19.200 bits por segundo que modula una portadora en BPSK. Se pide:

- Calcular los anchos de banda mínimos necesarios para transmitir la señal en banda base y en BPSK.
- Si quisiera utilizar un canal de 8 KHz de ancho de banda. ¿Es suficiente para enviar esta señal BPSK? De no serlo proponga otra modulación de fase que lo permita.
- ¿Cuál es la relación entre tasas de bits y de baudios según la modulación utilizada en b)?

Problema 2

Dado un modulador digital al cual, al inyectarle una señal en la entrada, presenta la siguiente señal a su salida:

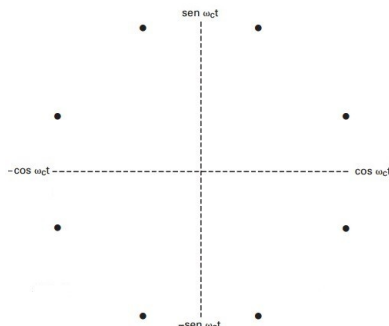


Considerando frecuencia de espacio (0 lógico) y marca (1 lógico) de 8 y 10 MHz, respectivamente. Se solicita:

- Indicar el tipo de modulación digital. Dibujar diagrama en bloques del modulador. Explicar funcionamiento.
- Indicar la velocidad de señalización (tasa de símbolos), en baudios.
- Indicar el ancho de banda mínimo requerido.
- Considerando la frecuencia central (de portadora) en 9 Mhz, proponga la frecuencia de espacio (0 lógico) y marca (1 lógico) tal que la señal pasabanda tenga el menor ancho de banda posible, sin considerar MSK.
- Idem d), para el caso de MSK
- Indicar relación de desviación de frecuencias ($\frac{\Delta f}{R b/2}$) para el caso enunciado y para los casos d) y e).

Problema 3

Dado el siguiente diagrama de constelación correspondiente una señal modulada:

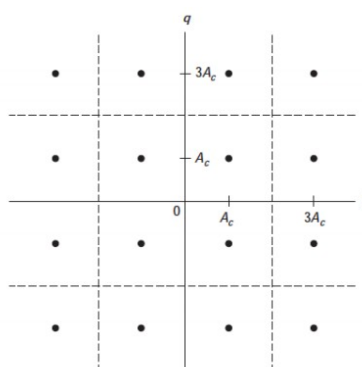


Considerando una frecuencia de portadora de 20 MHz y una tasa de 6 Mbps, se solicita:

- Indicar el tipo de modulación digital. Dibujar diagrama en bloques del modulador. Explicar funcionamiento.
- Proponer la tabla de verdad que relacione codificación de cada uno de los puntos del diagrama de constelación con su amplitud y/o fase, según corresponda.
- Determinar el ancho de banda de nulo a nulo.
- Dibujar el espectro de salida entre 14 y 26 MHz.
- Indicar la eficiencia espectral del sistema con filtro de coseno realzado con rolloff = 0,25.

Problema 4 (Obligatorio)

La siguiente figura muestra la constelación de una modulación digital multinivel:



Considerando $A_c = 1$ Volt, se pide:

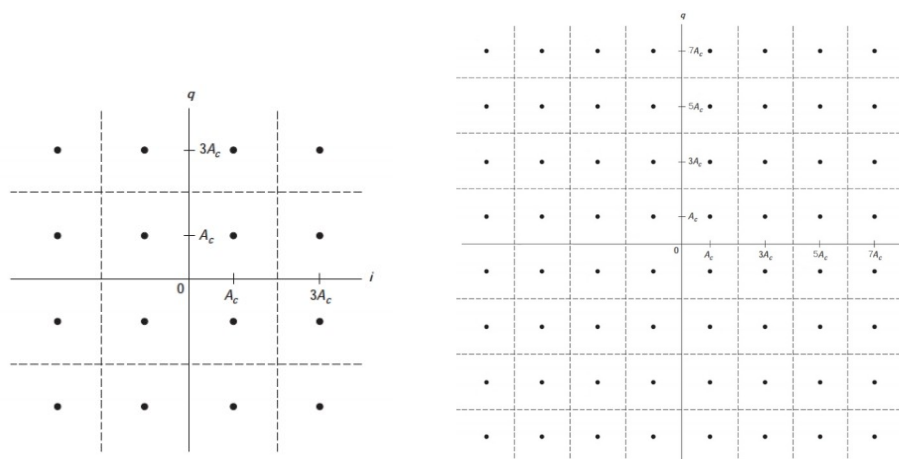
- Indicar el tipo de modulación digital. Dibujar diagrama en bloques del modulador. Explicar funcionamiento.
- Calcular la potencia media transmitida expresada en dBm, sobre una antena de $Z_0=50\Omega$, suponiendo a los datos aleatorios con igualdad de probabilidad de ocurrencia (equiprobables).

- Calcular la tasa de transmisión de información, en bits por segundo, supuesto que a la salida del modulador se obtiene una duración de símbolo de 4 microsegundos.
- Calcular el ancho de banda mínimo.
- Comparado con una modulación 16PSK e igual potencia media, ¿Qué ventajas y desventajas puede referir para cada sistema? (Inmunidad al ruido, factor de cresta y eficiencia energética).

Problema 5

Dada señal pasabanda digital 16-QAM de 250 Microwatts sobre 50 ohms, se pide:

- Determinar la potencia de una señal 64-QAM con la misma separación entre símbolos en la constelación. Suponiendo que todos los símbolos son equiprobables en ambos casos y sobre 50 ohms.
- Determine el factor de cresta de ambas modulaciones.



Problema 6 (Obligatorio)

Sobre un canal se transmite datos binarios en FSK. El ancho de banda útil del canal está comprendido entre 1000 y 2800Hz. Las frecuencias de transmisión son $f_1 = 1.600$ Hz, para señalar el "1" y $f_0 = 2.200$ Hz, para señalar el "0". Se utiliza un modem que trabaja a una velocidad de modulación de 300 baudios. La relación señal a ruido en la recepción es de 7,093dB y densidad espectral de ruido (η) igual a 10^{-17} Watts/Hz.

Nota: Asuma ancho de banda equivalente de ruido 50% por encima del Ancho de banda mínimo ideal.

Se pide:

- La frecuencia portadora utilizada y la desviación de la misma.
- Ancho de banda mínimo ideal de la señal BFSK.
- Verificar si la separación entre las frecuencias cumple con las condiciones de ortogonalidad.
- La potencia de señal a la entrada.
- Armar el diagrama en bloques de un sistema full duplex (300 baudios de transmisión y otros 300 de recepción) utilizando dos moduladores idénticos al del enunciado (manteniendo los valores de f_0 y f_1) y adecuando las frecuencias de

recepción y transmisión para hacer un uso apropiado del ancho de banda del canal.

- f) Si utilizo una modulación de 16 QAM calcule cual sería la tasa de transmisión máxima binaria utilizando el mismo ancho de banda de FSK, calculado en b).

Problema 7

Dada una señal OFDM con 64 portadoras, separadas cada 2 KHz y del mismo tipo de modulación. Se pide:

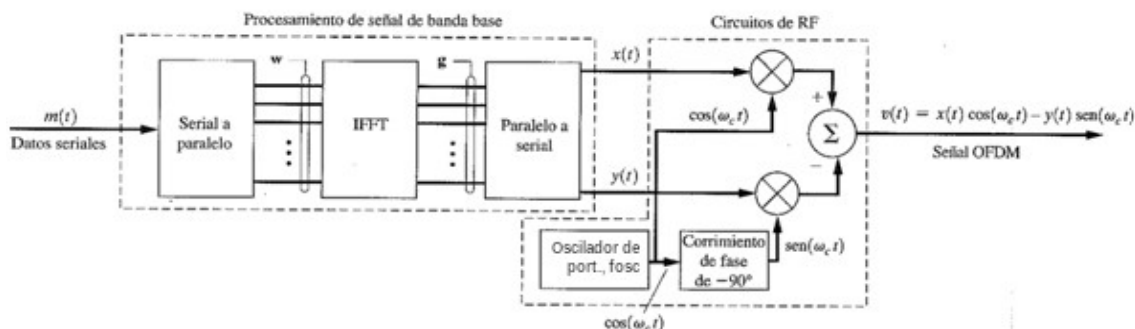
- Determinar el tipo de modulación en cada portadora tal que la tasa de información de conjunto de las portadoras sea 256 Kbps.
- Determinar la duración del tiempo de símbolo OFDM.
- Determinar el ancho de banda mínimo

Si en lugar de usar OFDM se emplea una sola portadora para transportar la misma cantidad de información y con el tipo de modulación calculado en a). Se pide:

- Determinar la duración del tiempo de símbolo.
- Determinar el ancho de banda mínimo.
- Compare la eficiencia espectral de una señal OFDM de 64 portadoras moduladas en 16 QAM versus una señal de portadora única modulada en 16 QAM, considerando en ambos casos la misma tasa de información. Indique las ventajas y desventajas de utilizar OFDM.

Problema 8 (Obligatorio)

Sea un sistema OFDM como el de la figura:



Siendo $m(t)$ el mensaje digital binario que ingresa a una tasa de bits $R_b=8$ Mbps, considerando que el sistema genera una señal OFDM de 2048 portadoras y la modulación de cada portadora es 16-QAM, se pide:

- Calcule el tiempo de símbolo de OFDM, T_s .
- Calcule el ancho de banda mínimo ideal (B_T) de la señal OFDM.
- Determine las frecuencias de las dos subportadoras inferiores, las dos centrales y las dos superiores. Todas relativas a una frecuencia de transmisión central f_c .
- Cómo quedaría el espectro de potencia de salida si la cadena de bits de entrada fuera una sucesión continua de "0's"?
- Siendo que la frecuencia central a la que va a ser transmitida esta señal es de 3,9GHz, proponga y justifique un valor adecuado para f_{osc} en el oscilador de portadora de la figura.

- f) Calcule el tiempo de símbolo T_s si la tasa de bits citada en vez de transmitir en OFDM, se envía con una sola portadora modulada en 1024-QAM.

Problema 9 (Obligatorio)

Considere un transmisor DS-BPSK-SS que utiliza para generar la secuencia pseudoaleatoria un registro de desplazamiento de realimentación lineal (LFSR) de longitud 10, que genera una secuencia máxima con un período de secuencia de $532,81 \cdot 10^{-6}$ Segundos y modula una señal BPSK con tasa de datos en de 19.2 Kbps. Se pide:

- a) ¿Cuál es la tasa de chips?
- b) ¿Cuál es el ancho de banda de la señal transmitida?
- c) ¿Cuánto vale la ganancia de procesamiento?
- d) Determinar qué modificaciones habría que realizar para obtener una ganancia de procesamiento de 30 dB, con la misma tasa de datos.
- e) Determinar el ancho de banda de la señal transmitida con las modificaciones propuestas en d).