

## GP Modulación por Codificación de Pulsos

**Requisitos para la aprobación:** Esta guía de problemas posee nueve problemas, cuatro son de resolución obligatoria y se solicitan al menos siete ejercicios resueltos.

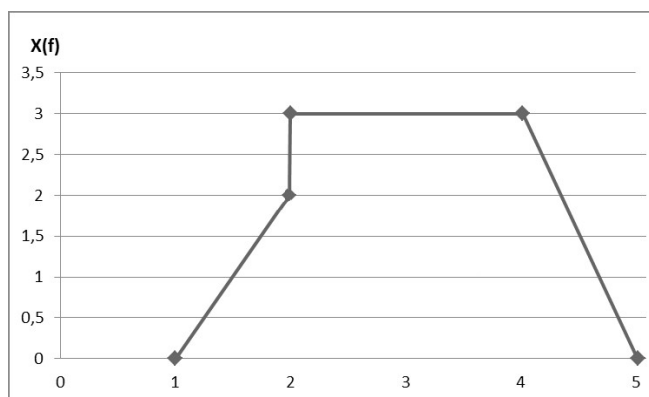
### Problema 1

Una señal  $x(t) = 2.\cos(2.\pi.130.t) + 4.\cos(2.\pi.300.t)$  es multiplicada por un tren de deltas de Dirac de valor uno y frecuencia  $f_s = 530$  Hz, la salida del multiplicador se pasa por un filtro pasabajos de 350 Hz de ancho de banda.

- Representar el espectro de amplitudes de la señal de salida del multiplicador entre  $-3.f_s$  y  $3.f_s$ .
- Representar el espectro de amplitudes de la señal de salida del filtro pasabajos y extraer conclusiones.
- Repita a) y b) para el caso de una frecuencia de muestreo  $f_s = 600$  Hz. Indique si tendría alguna ventaja aumentar la frecuencia de muestreo a 800 Hz.
- Representar el espectro de amplitudes hasta 3 KHz para el caso de multiplicar  $x(t)$  por un tren de pulsos rectangulares de amplitud unitaria (unipolar) con ciclo de actividad del 50% y frecuencia 800 Hz. Compare las amplitudes con las obtenidas anteriormente. En caso de encontrar diferencias cómo se compensa o cancela.

### Problema 2

En la siguiente figura puede observarse el espectro de una señal limitada en banda. La misma es muestreada a la frecuencia " $f_s$ ", por medio un multiplicador ideal utilizando una señal tren de deltas de Dirac de valor unitario.



Elabore el espectro de frecuencia para los siguientes casos:

- $f_s = 8$  KHz
- $f_s = 10$  KHz
- $f_s = 15$  KHz
- Determinar en cuales de los casos anteriores la señal original puede ser recuperada, utilizando un filtro pasa bajos y caracterice el mismo. Explique el criterio utilizado.
- Si la señal a la salida del multiplicador se envía por un medio que tiene un delay de 1microsegundo uniforme para todo el espectro de frecuencias. ¿Se debe modificar la frecuencia de muestreo?, justifique la respuesta.

**Problema 3 (Obligatorio)**

Considere que la señal  $1V \cos(2\pi \cdot 500 \cdot t)$  es cuantificada en 8 niveles uniformemente distribuidos. Se pide:

- Graficar la señal, los niveles de cuantificación, asignar una palabra código a cada nivel, determinando la cantidad de bits por palabra de código y una frecuencia de muestreo adecuada.
- Determinar la cantidad de bits mínima tal que el error de cuantificación sea menor que el 1,2% de la señal pico. (Puede resultar cuantificación diferente a 8 niveles).
- Para los dos casos anteriores, determine el máximo error de cuantificación, la potencia de ruido de cuantificación y el ancho de banda mínimo de transmisión. Asuma señalización binaria polar NRZ.
- Utilizando una señalización multinivel proponga una solución para poder reducir el ancho de banda mínimo,  $B_T$ , por debajo de 1 KHz para la cantidad de bits determinada en el punto b).
- En base a lo propuesto en el punto d), vuelva a calcular máximo error de cuantificación, la potencia de ruido de cuantificación.

**Problema 4**

Modulación por codificación de pulsos (PCM): Un sistema PCM T1 (24 canales telefónicos más información de alineación y señalización telefónica, codificación de línea binaria), donde la velocidad de muestreo de cada canal es de 8 KHz y cada muestra es de 8 bits, calcular:

- Cantidad de bits por trama.
- Duración de la trama.
- Tasa de información total expresada en bits por segundo de la trama T1.
- Tasa de información de cada uno de 24 canales.
- Tasa de información de señalización de cada uno de 24 canales.
- Ancho de banda mínimo necesario para transmitir una señal T1.
- Reitere cada uno de estos cálculos pero para un sistema PCM E1 (30 canales telefónicos más información de alineación y señalización telefónica, codificación de línea binaria)

**Problema 5 (Obligatorio)**

Diseñar un sistema múltiplex en el tiempo, TDM-PAM de muestro natural, que combine tres canales TIPO 1 de 4 KHz cada uno, tres canales TIPO 2 de 8 KHz cada uno y un canal TIPO 3 de 12 KHz cada uno. La señal PAM de salida será transmitida a través de un cable.

- Se pide realizar el diagrama de multiplexación utilizando un conmutador de siete canales (tal que todas la señales sean muestreadas a la misma tasa) y determinar el ancho de banda mínimo de la señal de salida.
- Si previo a la transmisión se cuantifica la señal con 7 bits, determine el número de niveles de cuantificación y el ancho de banda mínimo a la salida considerando una transmisión binaria con señalización unipolar NRZ.
- Determine el ancho de banda mínimo si se transmite con una señal digital multinivel de 16 niveles polar NRZ.
- Repetir a, b y c utilizando un conmutador que permita que cada uno de los canales sea individualmente muestreado a su tasa mínima de muestreo respectiva.

- e) Si en vez de armar un multiplex en el tiempo (TDM) se emplea uno en frecuencia (FDM), ¿Cuál sería el ancho de banda mínimo ideal? (Considere filtros ideales, Brickwall)
- f) Implementar (Diagrama en bloques sólo del transmisor) de lo propuesto en e)

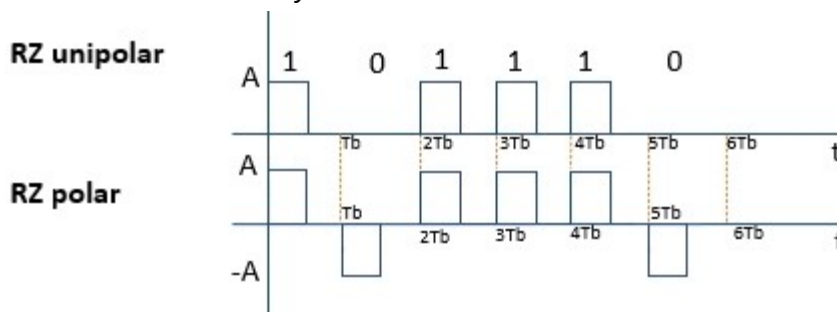
### Problema 6 (Obligatorio)

En un sistema de telemetría se multiplexan cuatro señales banda base:  $m_{1(t)}$ ,  $m_{2(t)}$ ,  $m_{3(t)}$  y  $m_{4(t)}$  de ancho de banda 200 Hz cada una,  $m_{5(t)}$  y  $m_{6(t)}$  con ancho de banda de 400 Hz y  $m_{7(t)}$  de 800 Hz. Se solicita:

- a) Dibujar el diagrama en bloques de un sistema transmisor y receptor PAM/TDM, tal que el ancho de banda a la salida sea mínimo. (Asuma que el sincronismo está resuelto por otra vía)
- b) Calcular el ancho de banda mínimo del punto a).
- c) Si la señal multiplexada del punto a) se cuantifica en 64 niveles con un rango dinámico de  $\pm 1V$ . Calcule el error máximo y la relación señal a ruido de cuantificación para un comportamiento estadístico uniforme.
- d) La señal cuantificada y codificada en c) (PCM/TDM empleando 6 bits por muestra) se transmite por un servicio de comunicación de 31.200 bits por segundo. Proponga un sistema que permita enviar las señales y el sincronismo.

### Problema 7

En la figura se muestra una señal digital codificada con señalización RZ unipolar y polar. La frecuencia de muestreo es de 20 KHz y las muestras son de seis bits.



Se pide:

- a) Calcular la energía del bit 1 y la energía del bit 0 para cada caso de codificación exhibida si  $A=0,5V$ .
- b) Calcular la tasa de bits y el ancho de banda hasta el primer nulo en cada caso.
- c) Calcular la energía promedio de una muestra para cada caso de codificación exhibida, sabiendo que la probabilidad del bit 1 es de  $2/3$  y la del bit 0 de  $1/3$ .
- d) Dibujar como sería la codificación NRZ de acuerdo con la secuencia establecida.

## Problema 8 (Obligatorio)

Para las codificaciones citadas en la tabla se pide:

- Representación temporal de la cadena de 16 bits **0x8E10** en formato hexadecimal
- Graficar el espectro genérico.
- Determinar si posee componente de continua (CC).
- Procedimiento para recuperar el sincronismo de bit (Clock).
- Ancho de Banda al primer nulo ( $B_{NaN}$ ) [Hz].

Codificación	0		1	Representación Temporal (0x8E10)	PSD	CC	Clock	BNaN	
a) Unipolar NRZ (Unipolar with No Return to Zero)									
b) Polar NRZ (Polar with No Return to Zero)									
c) Unipolar RZ (Unipolar with Return to Zero)									
d) Polar RZ (Polar with Return to Zero)									
e) Manchester (Manchester IEEE 802.3)									
Codificación	0	1	1 inv	Representación Temporal (0x8E10)	PSD	CC	Clock	BNaN	
f) Bipolar NRZ (Bipolar with No Return to Zero) Cada 1 invierte la polaridad del anterior.									
Codificación	00	01	11	10	Representación Temporal (0x8E10)	PSD	CC	Clock	BNaN
g) 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary) Se genera un símbolo por cada par de bits.									

## Problema 9

Grafique la densidad espectral de potencia (normalizada) de cero a 256 KHz, para los siguientes codificaciones, considerando tasa de transmisión de 64.000 símbolos binarios (equiprobables) por segundo:

- Unipolar NRZ de 4 Volts de amplitud
- Polar RZ de  $\pm 2$  Volts de amplitud
- Bipolar NRZ de  $\pm 2$  Volts de amplitud
- 2B1Q  $\pm 3$  y  $\pm 1$  Volts de amplitud