

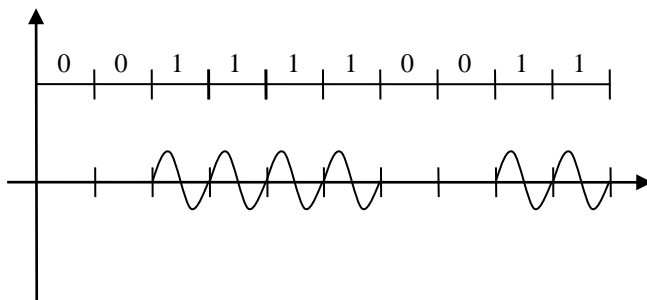
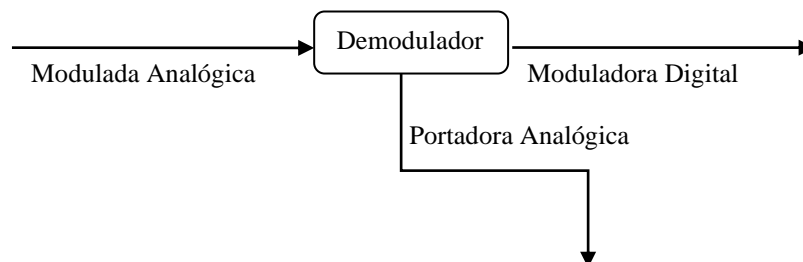
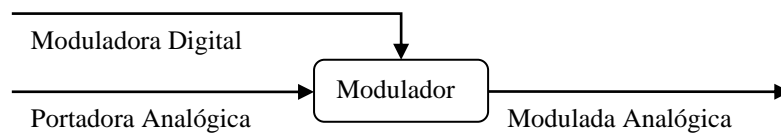
**COMUNICACIONES K4051  
AÑO 2020 – VIRTUAL**

**GUIA TRABAJO PRACTICO NRO 8  
PARTE TEORICA**

**Modulación, multiplexación digital**

**NOTA:** Las preguntas en azul son las obligatorias que deben contestarse para la presentación del Trabajo Practico

1. Construir el esquema de un modulador ASK por supresión de portadora y graficar la señal de salida del mismo suponiendo que a su entrada tenemos la siguiente señal: 0011110011.



2. Suponer una señal analógica que se muestrea a una  $f_{\text{muestreo}} = 3 \Delta f_{\text{máx}}$ , existiendo 64 niveles de cuantificación. Si consideramos que el ancho de banda del canal es la mitad del necesario. ¿Cuál será la relación S/N?

$$\text{Bits x muestra} = \log_2(64) = 6 \text{ bits}$$

$$\text{Velocidad de transmisión} = 3\Delta f \cdot \log_2(64) = 18\Delta f$$

$$\Delta f' = \Delta f/2 \text{ [*]}$$

$$\text{Capacidad de Canal} = 2\Delta f' \cdot \log_2(1+S/N)^{1/2}$$

$$18\Delta f = 2\Delta f/2 \cdot \log_2(1+S/N)^{1/2}$$

$$18\Delta f = 2\Delta f/4 \cdot \log_2 (1+S/N)$$

$$18\Delta f = \Delta f/2 \cdot \log_2 (1+S/N)$$

$$18\Delta f / (\Delta f/2) = \log_2 (1+S/N)$$

$$(18\Delta f \cdot 2) / \Delta f = \log_2 (1+S/N)$$

$$36 = \log_2 (1+S/N)$$

$$2^{36} - 1 = S/N$$

$$\mathbf{68719476735 = S/N}$$

$$S/N \text{ [dB]} = 10 \cdot \log_{10} (68719476735)$$

$$\mathbf{S/N \text{ [dB]} = 108.37 \text{ dB}}$$

3. Una portadora de 100 Mhz se modula en frecuencia con una señal sinusoidal de 10 Khz (fm) de manera tal que la desviación máxima de frecuencia ( $\Delta f$ ) es de 1 Mhz. Determinar el ancho de banda aproximado de la señal de FM en este caso y en el de una amplitud doble de la señal modulante.

**Corregido**

$\omega_a$  = Velocidad Angular Moduladora

$A_a$  = Amplitud Moduladora

$f_a$  = Frecuencia Moduladora

$\Delta\omega = k \omega_a A_a$

$\Delta f$  = Desviación Máxima de la frecuencia =  $\Delta\omega / 2\pi$

Fórmula de aproximación del Ancho de Banda:

$$AB = 2 \times (\text{DesviaciónMáximaDeFrecuencia} + \text{FrecuenciaModuladora})$$

a) Caso 1:

$$\Delta f = \text{DesviaciónMáximaDeFrecuencia} = 1 \text{ Mhz}$$

$$f_a = \text{Frecuencia Moduladora} = 10 \text{ Khz}$$

$$AB = 2 \times (1 \text{ Mhz} + 10 \text{ Khz})$$

Ancho de Banda:

$$\mathbf{AB = 2020 \text{ Khz}}$$

b) Caso 2 ( $A_a' = 2 A_a$ ):

$$\Delta\omega' = k \omega_a A_a'$$

$$\Delta\omega' = k \omega_a 2 A_a$$

$$\Delta\omega' = 2 k \omega_a A_a$$

$$\Delta\omega' = 2 \Delta\omega$$

$$\Delta f = \text{DesviaciónMáximaDeFrecuencia} = 2 \text{ Mhz}$$

$$f_a = \text{Frecuencia Moduladora} = 10 \text{ Khz}$$

$$AB = 2 \times (2 \text{ Mhz} + 10 \text{ Khz})$$

Ancho de Banda:

$$AB = 4020 \text{ KHz}$$

4. Dada una señal senoidal representada por  $e(t) = E \sin \omega_m t$  donde  $E = 7$  Voltios y  $\omega_m = 2000 \pi$  radianes/seg, debe ser digitalizada mediante un CODEC. Este dispositivo utiliza 15 niveles cuánticos uniformes.

Hallar:

- La  $f$  de muestreo necesaria mínima para reconstruir la señal original.
- ¿Cuál es el  $T_m$  (período de la señal moduladora) y cuál el  $TM$  (período de muestreo)? Indicar el significado de cada uno.
- Proponer el valor en voltios de los niveles de cuantificación y el código en bits correspondiente a cada uno.
- Dejar una combinación disponible del código para reserva.

a)  $\omega_m = 2000 \pi$  radianes/seg  
 $\omega_m = 2 \pi f_m$

$$f_m = \omega_m / 2 \pi$$

$$f_m = 1000 \text{ Hz}$$

Por Nyquist (Frecuencia Muestreo):  
 $FM = 2 \Delta f$

$$FM = 2000 \text{ muestras por segundo}$$

b) Período Moduladora:  
 $T_m = 1 / f_m$   
 $T_m = 0.001 \text{ Seg}$

Período Muestreo:  
 $TM = 1 / FM$   
 $TM = 0.0005 \text{ Seg}$

c) Tabla de asignación:

Nivel	Amplitud	Código
1	- 7 Volt	0000
2	- 6 Volt	0001
3	- 5 Volt	0010
4	- 4 Volt	0011
5	- 3 Volt	0100
6	- 2 Volt	0101
7	- 1 Volt	0110
8	0 Volt	0111
9	1 Volt	1000
10	2 Volt	1001
11	3 Volt	1010
12	4 Volt	1011
13	5 Volt	1100
14	6 Volt	1101
15	7 Volt	1110

d) Código disponible de reserva: **1111**

5. Partiendo del ejercicio anterior: ¿Cuál es el tiempo de bit y la velocidad de transmisión de la señal digital a la salida del CODEC? **Corregido**

A la salida del CODEC:

$$\text{VelocidadDeTransmisión} = \text{FrecuenciaMuestreo} * \text{BitsPorMuestra}$$

$$\text{TiempoBit} = \text{DuraciónBit} = 1 / \text{VelocidadDeTransmisión}$$

Entonces tenemos:

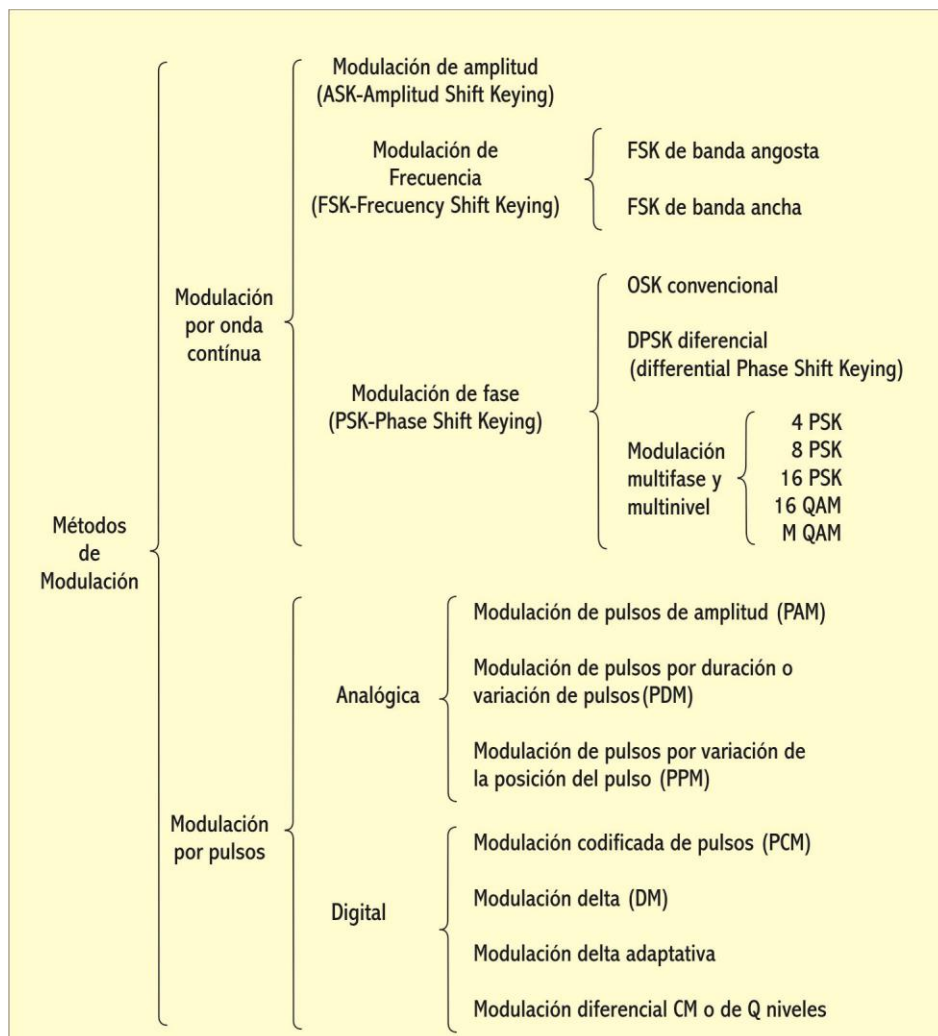
$$V_{\text{PCM}} = \text{FrecuenciaMuestreo} * \text{BitsPorMuestra}$$

$$V_{\text{PCM}} = 2000 * \log_2(16) = 8.000 \text{ bps}$$

$$\text{TiempoBit} = \text{DuraciónBit} = 1 / 8.000 \text{ bps}$$

$$\text{TiempoBit} = \text{DuraciónBit} = 125 \mu\text{seg (micro segundos)}$$

6. Confeccione un cuadro resumen de los tipos de modulación especificando para cada uno si la señal moduladora, portadora y modulada son analógicas o digitales.



7. ¿Qué diferencia a la modulación MIC del resto de los tipos de modulación?

**La Modulación MIC o Modulación por Impulsos Codificados (también conocido como PCM) se diferencia del resto de los tipos de modulación, en que este se basa en la representación de la información de la señal digitalizada mediante códigos discretos y determinados para cada nivel de cuantificación asignado.**

8. ¿Qué tipos de modulación se ven menos afectados por el ruido y por qué?

**El tipo de modulación que se ve menos afectado por el ruido es el FM ya que este al enviar información a través de variaciones en la frecuencia y no en la amplitud, cambios repentinos en la misma introducidos por el ruido son de baja o nula relevancia para este tipo de modulación.**

9. ¿Qué tipo de señales (analógicas o digitales) se obtienen después de un proceso de multiplexión FDM y TDM?

- **Multiplexación por División de la Frecuencia (FDM)**
  - Se puede utilizar para el envío de señales analógicas y digitales.
  - La señal resultante de este proceso es Analógica.
- **Multiplexación por División del Tiempo (TDM)**
  - Se puede utilizar para el envío de señales digitales.
  - La señal resultante de este proceso es digital.

10. Confeccione un cuadro comparativo entre el multiplexor con sus variantes FDM, TDM y STDM, y el concentrador.

- **Multiplexación por División de la Frecuencia (FDM)**
  - Se puede utilizar para el envío de señales analógicas y digitales.
  - La señal resultante de este proceso es Analógica.
  - Asigna parte del ancho de banda en forma constante a cada subcanal.
  - Costo de implementación bajo.
  - Más apto para transmisiones a largas distancias.
  - No se puede utilizar todo el ancho de banda debido a la necesidad de separar los canales para disminuir la posibilidad de ruidos de intermodulación.
- **Multiplexación por División del Tiempo (TDM)**
  - Se puede utilizar para el envío de señales digitales.
  - La señal resultante de este proceso es Digital.
  - Asigna todo el ancho de banda en intervalos de tiempo fijo a cada subcanal.
  - Costo de implementación más elevado.
  - Menos apto para transmisiones a largas distancias.
  - Uso más eficiente del ancho de banda.
- **Multiplexación por División del Tiempo Estadístico (STDM)**
  - Se puede utilizar para el envío de señales digitales.
  - La señal resultante de este proceso es Digital.
  - Asigna todo el ancho de banda en intervalos de tiempo variables según estadística de uso a cada subcanal.
  - Costo de implementación mucho más elevado.
  - Menos apto para transmisiones a largas distancias.
  - Uso mucho más eficiente del ancho de banda.
- **Concentrador**
  - Se puede utilizar para el envío de señales digitales.

- La señal resultante de este proceso es Digital.
- Asigna toda la capacidad del canal en intervalos de tiempo variables según requerimientos de uso de cada subcanal, dando la posibilidad al detrimento de la calidad del servicio.
- Reducción de costos a costa de una reducción de la calidad del servicio.
- Pensado para el uso de terminales con baja densidad de mensajes.
- Uso mucho más eficiente respecto a costos de la capacidad del canal de salida.

11. Plantear la inecuación que mejor describiría la característica de asignación dinámica en un multiplexor STDM. Pueden las velocidades máximas entrantes al MPX superar a la velocidad saliente.

La inecuación que mejor la representa es:

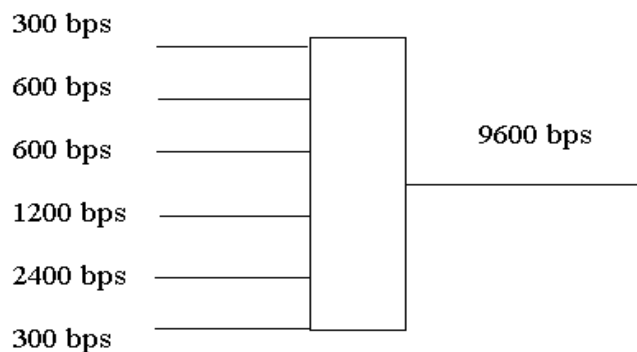
$$s < n$$

Donde “s” es la cantidad de slots que tiene la trama saliente y “n” es la cantidad de canales entrantes al multiplexor.

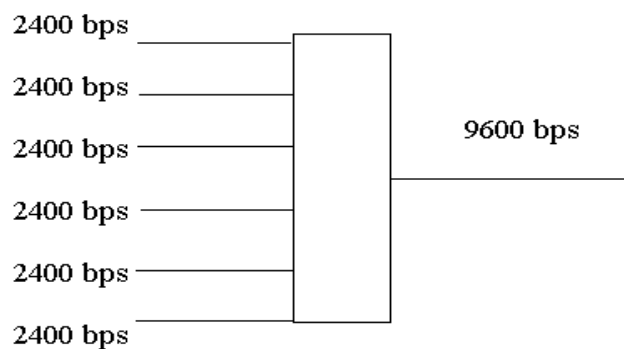
La sumatoria de las velocidades máximas entrantes al multiplexor puede superar a la velocidad saliente del mismo.

12. ¿De los siguientes esquemas determinar que casos representan multiplexores o concentradores En el caso de ser multiplexores, de qué técnica se trata? Justificar las respuestas. Las velocidades enunciadas son las máximas para las líneas entrantes y la saliente.

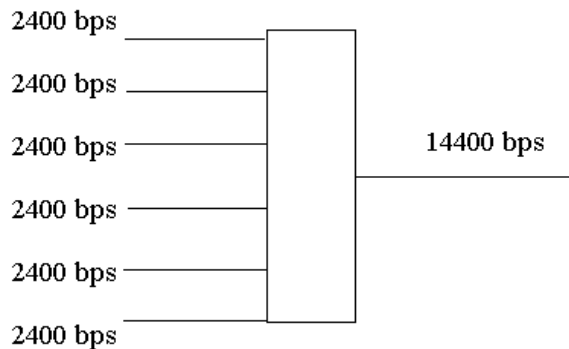
a.



b.



c.



**Respuestas:**

- a) **Multiplexor - STDM.**  
Este multiplexor asigna slots de tiempo a cada canal de entrada según las necesidades de cada terminal, dividiendo el uso del medio compartido según las estadísticas del uso de las mismas.
- b) **Concentrador.**  
El concentrador es un dispositivo que reparte, según una ley fija en el tiempo, un único canal de comunicaciones entre  $n$  subcanales de entrada cuya capacidad acumulada es mayor que la capacidad total del canal compartido de salida. De esta forma, cuanto menor sea la capacidad del canal de salida, más habilitará a reducir costos a costa de una reducción de la calidad del servicio.
- c) **Multiplexor - TDM.**  
Este multiplexor asigna slots de tiempo fijos a cada canal de entrada sin importar si este realiza un uso activo del mismo. La capacidad efectiva otorgada de cada canal multiplexado es fija sin importar si este lo utiliza o no, llevando a costos innecesarios si el medio es infrautilizado.

13. Del problema anterior, en qué casos y bajo qué condición se representa un multiplexor STDM.

**Los casos en los que se puede representar un multiplexor STDM son cuando los requerimientos de capacidades de los subcanales entrantes no son homogéneos y se busca aprovechar al máximo la capacidad del canal saliente.**

14. Respecto a la inecuación definida para representar un concentrador. ¿Qué reflexión cabe respecto a la calidad del servicio y ahorro para el caso en que el primer término sea igual al segundo?

**Inecuación de concentradores:**

$$C_c \leq \sum_i C_i$$

Donde  $C_c$  es la capacidad saliente del concentrador y  $C_i$  es la capacidad del subcanal  $i$ ésimo entrante.

El ahorro y funcionamiento del concentrador se basa en que cuanto menor sea la capacidad del canal de salida, más habilitará a reducir costos a costa de una reducción de la calidad del servicio. Siendo esto así, si el primer término es igual al segundo, en este caso no habría un aprovechamiento en el ahorro de costos pero la calidad del servicio, QoS, se mantendría inalterada y óptima para cada uno de los subcanales.

**NOTA: Las preguntas en azul son las obligatorias que deben contestarse para la presentación del Trabajo Practico**