

Joaquín Luque Rodríguez

TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES

Problemas

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

Joaquín Luque Rodríguez

TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES

Problemas

Universidad de Sevilla
Departamento de Tecnología Electrónica
Servicio de Publicaciones
Sevilla, 2003

✉ Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Avenida Reina Mercedes s/n
41012-Sevilla. SPAIN.
☎ 95 455 27 64

Tecnología de las Comunicaciones

Enunciados de problemas

TRANSMISIÓN DE DATOS

1. Problema PTC0003-34

- Calcular el tiempo necesario en enviar un mensaje de 128 bytes con 8 bits de datos, paridad impar y 2 bits de stop, si la velocidad usada para ello es la máxima permitida por la V.24.
- Repetirlo en caso de transmisión a 9.600 bps.

ANÁLISIS ESPECTRAL DISCRETO

2. Problema PTC0003-30

Demostrar que

- $\int_{-T/2}^{T/2} \cos(\omega_i t) \cos(\omega_j t) dt = 0 \quad \forall i \neq j$
- $\int_{-T/2}^{T/2} \sin(\omega_i t) \cos(\omega_j t) dt = 0 \quad \forall i, j$

siendo

$$\omega_n = \frac{2\pi n}{T}$$

3. Problema PTC0003-25

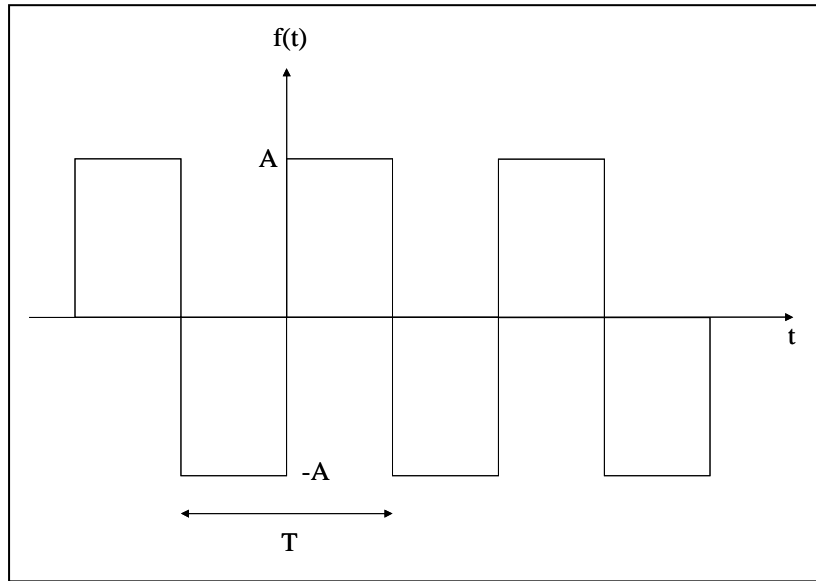
Demostrar que

$$a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t = k_n \cos(\omega_n t + \varphi_n)$$

calculando la relación que debe verificarse entre los parámetros para que la expresión sea cierta.

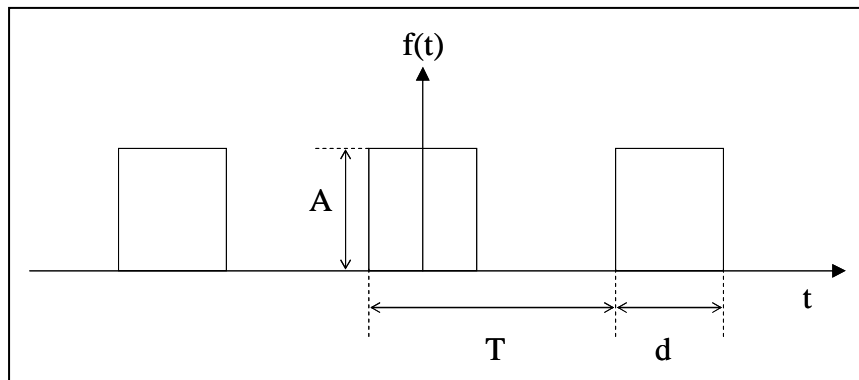
4. Problema PTC0003-28

Dibujar las aproximaciones de 1°, 3°, 5°, 7° y 9° orden de una onda cuadrada, según su desarrollo en serie trigonométrica de Fourier.



5. Problema PTC0003-26

Calcular el desarrollo en serie trigonométrica de Fourier, con términos en senos y cosenos, de una onda cuadrada como la de la figura. Determinar su espectro de amplitud y fase.



6.

Un tren de pulsos cuadrados es introducido en un analizador de espectros. En la pantalla se visualiza el espectro de amplitud de la señal, apareciendo:

- en horizontal, las distintas frecuencias espectrales en Khz.,
- y en vertical, la amplitud de la componente espectral, expresada en dB sobre el valor de la máxima componente espectral.

Los resultados obtenidos presentan, sobre un valor general de -40dB , algunos valores significativos que se recogen en la siguiente tabla:

Khz.	1	3	5	7	9	11	13	15
DB	0	-9'1	-13'6	-17'0	-19'3	-21'5	-22'6	-24'1

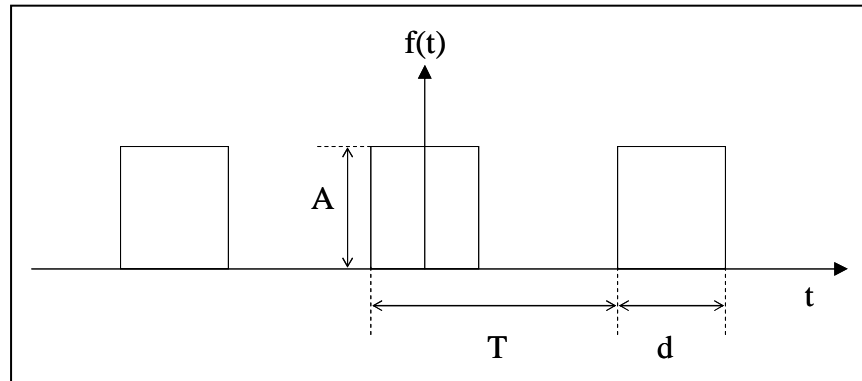
Teniendo en cuenta los posibles errores experimentales determinar:

- a) La frecuencia de la señal cuadrada.

- b) El porcentaje de tiempo que dura el pulso cuadrado (duty-cycle).
- c) Si existe algún valor incorrecto en todos o algunos de los valores de la tabla anterior, indicando, en su caso, a que puede ser debido.

7. Problema PTC0003-29

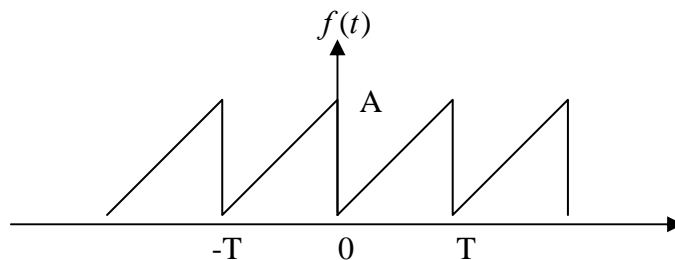
Calcular el desarrollo en serie exponencial compleja de Fourier de un tren de pulsos como el de la figura. Determinar su espectro de amplitud y fase.



8.

- a) Obtener la expresión compleja de Fourier de la función diente de sierra de la figura, que viene definida por:

$$f(t) = \frac{A}{T}t ; 0 < t < T ; f(t+T) = f(t)$$

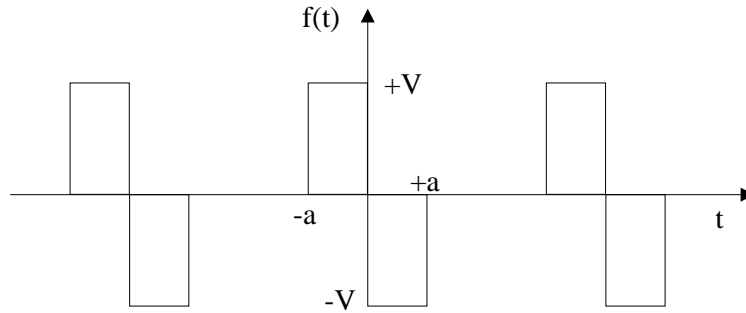


- b) A partir de la expresión obtenida en el apartado anterior obtener el resultado en la forma trigonométrica de la serie de Fourier.

9. Problema PTC0003-01

En un determinado sistema de comunicaciones, los unos se transmiten como un pulso positivo (ancho a y altura $+V$), seguido de un pulso negativo (ancho a y altura $-V$); mientras que los ceros se transmiten como ausencia total de pulsos. El mensaje M está formado por una secuencia alternada de unos y ceros.

- a) Calcular y dibujar los espectros de amplitud y fase de la señal correspondiente.
- b) Comparar razonadamente la conveniencia de usar este sistema frente al NRZ polar para comunicación a través de canales telefónicos.



ANÁLISIS ESPECTRAL CONTINUO

10. Problema PTC0003-14

Demostrar que las siguientes transformadas de Fourier son correctas:

- $a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t) \leftrightarrow a_1 F_1(\omega) + a_2 F_2(\omega)$
- $F(t) \leftrightarrow 2\pi f(-\omega)$
- $f(t - t_0) \leftrightarrow F(\omega) e^{-j\omega t_0}$
- $f(t) e^{j\omega_0 t} \leftrightarrow F(\omega - \omega_0)$
- $\frac{df(t)}{dt} \leftrightarrow j\omega F(\omega)$
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx \leftrightarrow \frac{F(\omega)}{j\omega} + \pi F(0) \delta(\omega)$
- $-jtf(t) \leftrightarrow \frac{dF(\omega)}{d\omega}$

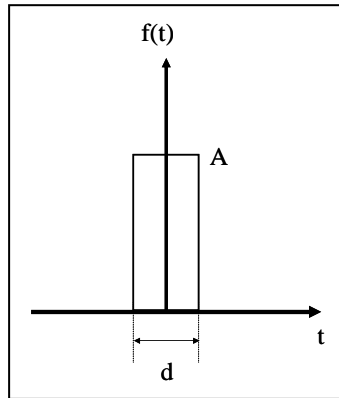
11. Problema PTC0003-12

Calcular las transformadas de Fourier de las siguientes funciones:

- Impulso unitario: $\delta(t)$
- Constante: I
- Exponencial en semieje positivo: $e^{-at} u(t)$
- Escalón unitario: $u(t)$
- Vibración cosenoidal: $\cos \omega_0 t$
- Vibración senoidal: $\sen \omega_0 t$

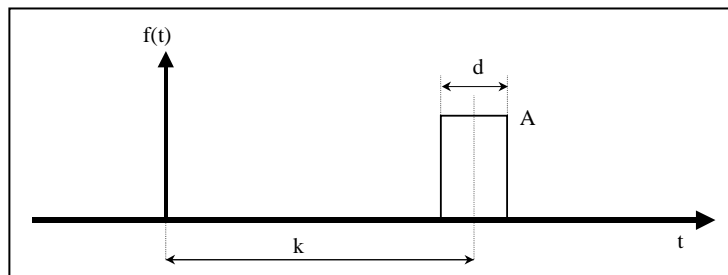
12. Problema PTC0003-33

Calcular el espectro de amplitud y fase de la función de la figura.



13. Problema PTC0001-02

- a) Calcular y dibujar los espectros de amplitud y fase de la función de la figura.
- b) Aplicarlo al caso en que $k = 0$.

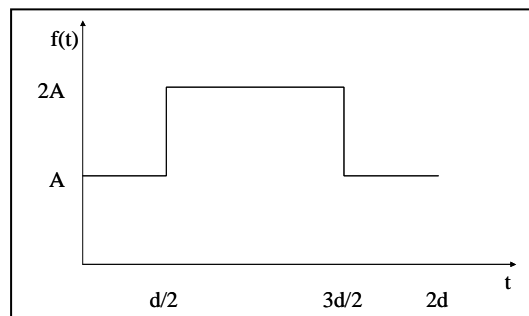


14. Problema PTC0003-22

Obtener la transformada de Fourier de un pulso triangular centrado en el origen de amplitud θ a A y de ancho $2d$.

15.

Para la función $f(t)$ de la figura, determinar la frecuencia o frecuencias con componente espectral nulo.



16. Problema PTC0003-19

Obtener el producto de la convolución de las siguientes funciones

$$f_1 = ae^{-at}u(t) \quad f_2 = u(t)$$

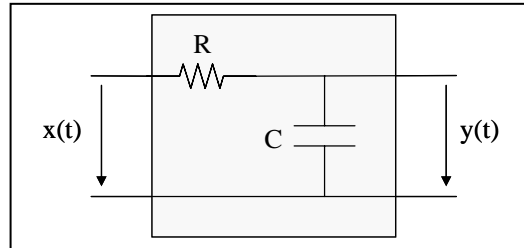
ANÁLISIS ESPECTRAL DE SISTEMAS

17. Problema PTC0003-24

En el circuito RC de la figura la salida $y(t)$ ante un escalón de entrada de A voltios viene dado por

$$y(t) = A(1 - e^{-t/RC})u(t)$$

donde $u(t)$ es un escalón unitario.



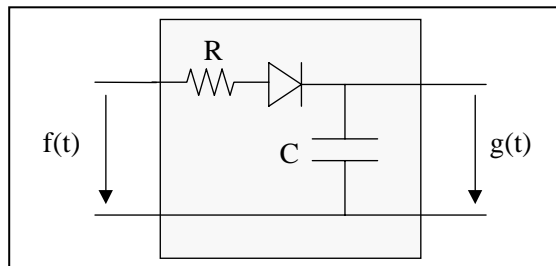
a) Comprobar que se verifica

$$Y(\omega) = X(\omega) \cdot H(\omega)$$

b) Comprobar la atenuación de los componentes de alta frecuencia

18. Problema PTC0003-15

Calcular la función de transferencia del sistema de la figura:



19. Problema PTC0003-32

Determinar el desfase (en grados de ángulo y en segundos de tiempo) que sufre una señal senoidal de 1Khz al atravesar un filtro cuya función de transferencia es:

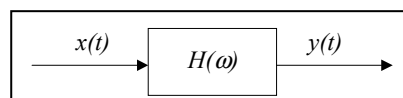
$$|H(\omega)| = \omega$$

$$\arg[H(\omega)] = \frac{-\omega}{5000}$$

20. Problema PTC0002-05

Se sabe que un sistema determinado produce una salida $y(t)$ cuando se le excita con una entrada $x(t)$. Determinar y dibujar su función de transferencia $H(\omega)$. ¿Qué tipo de función realiza el sistema?

$$\left. \begin{array}{l} x(t) = 0; \quad t < 0 \\ x(t) = 1; \quad t \geq 0 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} y(t) = 0; \quad t < 0 \\ y(t) = e^{-at}; \quad t \geq 0 \end{array} \right\}$$



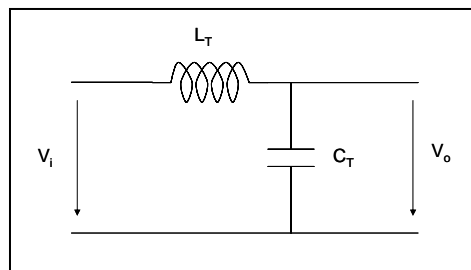
21.

Un sistema lineal, que se caracteriza por su función de transferencia $H(w)$, responde ante un impulso unitario en su entrada, con un pulso unitario en su salida. Cuando el sistema es excitado por una pulso unitario, responde a su salida con una señal $g(t)$. Determinar analítica y gráficamente el espectro de dicha salida.

22. Problema PTC0003-43

Un cable de corta longitud y resistencia despreciable puede modelarse según el circuito de la figura.

- Determinar y dibujar su función de transferencia sin utilizar fasores.
- Calcular el valor máximo de dicha función de transferencia y la frecuencia a la que se produce.
- Explicar qué ocurre si se excita el cable anterior con una tensión sinusoidal, a la frecuencia anteriormente calculada, proporcionada por una fuente convencional de laboratorio.



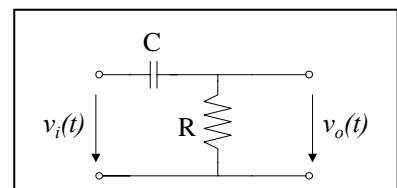
23.

La entrada a un sistema lineal es $v_i(t)$. La salida correspondiente es

$$v_o(t) = \tau \frac{dv_i(t)}{dt}$$

siendo τ constante.

- Determinar la función de transferencia del sistema.
- La señal $v_i(t)$ se aplica a la entrada de un circuito como el de la figura cuya constante de tiempo es $\tau = RC$. La componente espectral de $v_i(t)$ con máxima frecuencia cumple que $f \ll 1/\tau$. En esas circunstancias mostrar que la salida del circuito es

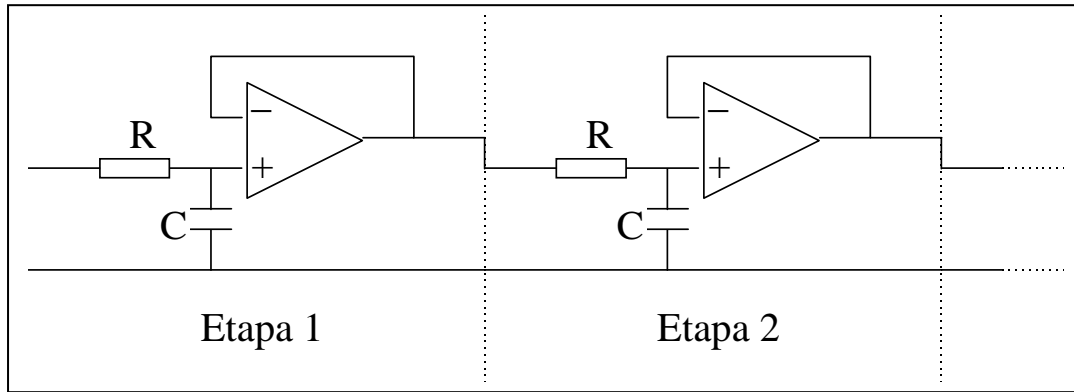


$$v_o(t) \approx \tau \frac{dv_i(t)}{dt}$$

24.

Para un circuito como el de la figura con N etapas

- Calcular la expresión que define el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo.
- Calcular la expresión que define el comportamiento del sistema en el dominio de la frecuencia.
- Calcular el ancho de banda de 3dB de 1 etapa ($N=1$; $R=10K\Omega$; $C=10nF$).
- Calcular el ancho de banda de 3dB de 3 etapas ($N=3$; $R=10K\Omega$; $C=10nF$).



25.

Se pretende utilizar un ecógrafo para determinar la distancia a la que se encuentra determinado objeto. Para ello se emite una onda sonora que, tras rebotar en el objeto, vuelve al ecógrafo un cierto tiempo después. La distancia buscada se obtiene en función de la diferencia entre el momento de salida de la señal y el de su llegada. Para generar la onda sonora se emplea un altavoz excitado por un pulso de tensión $f(t)$ de forma arbitraria. Para recibir la onda reflejada se emplea un micrófono que, a su salida, produce un pulso de tensión $g(t)$ de la misma forma que $f(t)$ pero atenuado y retrasado en el tiempo. Teniendo en cuenta que la velocidad de propagación del sonido en el medio bajo estudio es de 1.000 Km/h., determinar y dibujar la función de transferencia $H(w)$ del conjunto formado por altavoz, medio físico, objeto y micrófono, si la atenuación de la señal es de 20 dB y el objeto se halla situado a 5 centímetros de la sonda que contiene al conjunto altavoz-micrófono. Considérese que el altavoz y el micrófono no introducen distorsión alguna en el sistema.

26. Problema PTC0001-12

Una señal de CATV (televisión por cable) se distribuye utilizando un cable coaxial. Al llegar a una comunidad de vecinos la señal se separa en varios coaxiales (uno por vecino) mediante un dispositivo denominado separador (splitter). Considérese que el separador no tiene pérdidas y que la potencia de la señal entrante se distribuye uniformemente entre los coaxiales de salida.

- Determinar cuantos decibelios cae la señal al pasar por un splitter 1:2 (1 entrada y 2 salidas). Nota: la caída en decibelios se entiende entre la potencia de la señal en cada una de las salidas y la potencia de la señal de entrada.
- Repetir los cálculos anteriores para un splitter 1:n
- Teniendo en cuenta el resultado anterior, si la señal de entrada tiene una potencia de 100 dBm, calcular la potencia en dBm de cada una de las dos salidas de un splitter 1:2.

27. Problema PTC0003-17

Una señal cuadrada TTL de 1 KHz. se introduce en un canal que se comporta como un filtro paso de baja ideal, cuyo ancho de banda es B. Indicar que condición debe cumplir B para que la atenuación de la señal debida al filtrado sea inferior a 0.3 dB.

28. Problema PTC0003-07

Considere una señal $f(t)$ de ancho de banda B con espectro de amplitud plano de valor unitario y espectro de fase nulo. La señal atraviesa un sistema que la eleva al cuadrado.

- a) Determine el espectro de la señal de salida.
- b) Determine las expresiones temporales de la entrada y la salida
- c) Determine la función de transferencia del sistema, comentando el efecto que el sistema produce en el espectro de salida.

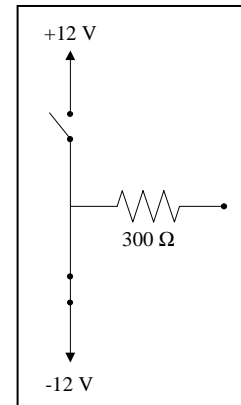
29. Problema PTC0003-42

Demostrar que no pueden existir filtros de paso de baja ideales.

INTERFACES

30. Problema PTC0002-06

- a) La norma RS-232-C y su equivalente V.28 fijan un SLEW RATE máximo de 30 V/ μ s. Explique las razones de ello.
- b) La etapa de salida de un 1488 (driver de interfaz entre TTL y V.28) es esquemáticamente igual a la de la figura. Como los tiempos de conmutación del circuito son muy pequeños (considerarlos cero), el uso directo de dicho circuito viola el límite del apartado anterior. Razonar que solución habría para ello y, si procede, dar su valor numérico.

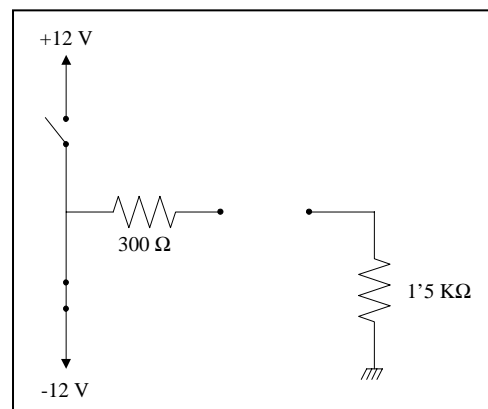


31. Problema PTC0003-03

Las figuras esquematizan respectivamente las etapas de salida del transmisor y de entrada del receptor de la norma V.24

- a) ¿Se pueden conectar varios receptores a un transmisor?
- b) ¿Se pueden conectar varios transmisores a un receptor?
- c) ¿Se pueden conectar en multipunto ordenadores a través de V.24?

Razone las respuestas e indique limitaciones en su caso.

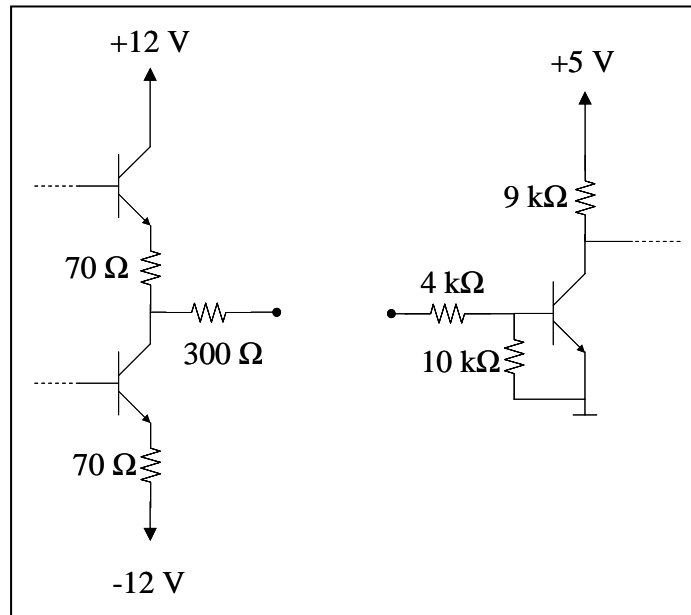


32. Problema PTC0003-06

Para una transmisión en V.24 se usa un 1488 en el transmisor y un 1489 en el receptor. Considérense los transistores en las etapas de salida y entrada de los dispositivos como interruptores ideales (ver figura). La toma de tierra del edificio donde se halla el transmisor tiene una resistencia de 100 ohmios. Lo mismo ocurre en el receptor. La diferencia de potencial entre ambas tomas de tierra (tensión de la tierra del transmisor menos tensión de la tierra del receptor) es V_T . Calcúlense la tensión a la entrada del 1489 y el valor lógico que dará a su salida cuando el 1488 esté transmitiendo un cero lógico, en los siguientes casos:

- a) - Fuente de alimentación del transmisor (F.A.T.): lineal.
- Fuente de alimentación del receptor (F.A.R.): lineal.
- 1) $V_T = 0$.
- 2) $V_T = -20 V$.

- b) -F.A.T.: Conmutada (Sin aislamiento galvánico).
 -F.A.R.: Conmutada (Sin aislamiento galvánico).
 1) $V_T = 0$.
 2) $V_T = -20 V$.
- c) -F.A.T.: Lineal.
 -F.A.R.: Conmutada (Sin aislamiento galvánico).
 1) $V_T = 0$.
 2) $V_T = -20 V$.



33. Problema PTC0003-18

Se ha construido un bucle de corriente usando el circuito de la figura.

- Determinar el valor de R.
- Determinar la máxima tensión de ruido que se puede introducir en la línea sin que se produzca un error de comunicaciones. (Se induce el mismo ruido en los 2 hilos del cable).
- Determinar el número máximo de receptores que se pueden conectar en serie.
- Determinar el número máximo de receptores que se pueden conectar en paralelo.
- Determinar el número máximo de transmisores que se pueden conectar en serie.
- Determinar el número máximo de transmisores que se pueden conectar en paralelo.

Datos:

$$V_1 = V_2 = 5 \text{ Volt.}$$

Resistencia del cable de conexión: 20 ohmios.

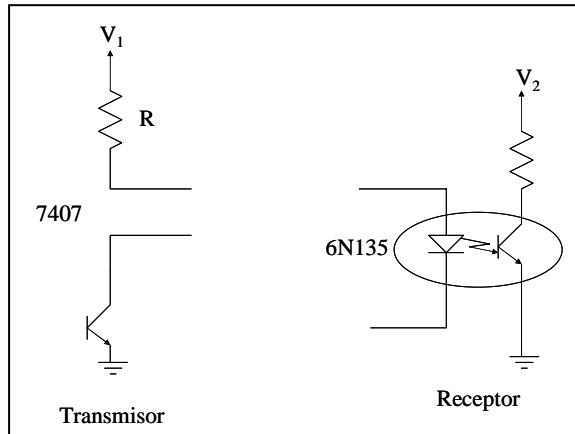
7407: Driver de colector abierto con $V_{OL} = 0,4 \text{ Voltios}$.

6N135: Optoacoplador con

$$V_f = 1,5 \text{ Volt.}$$

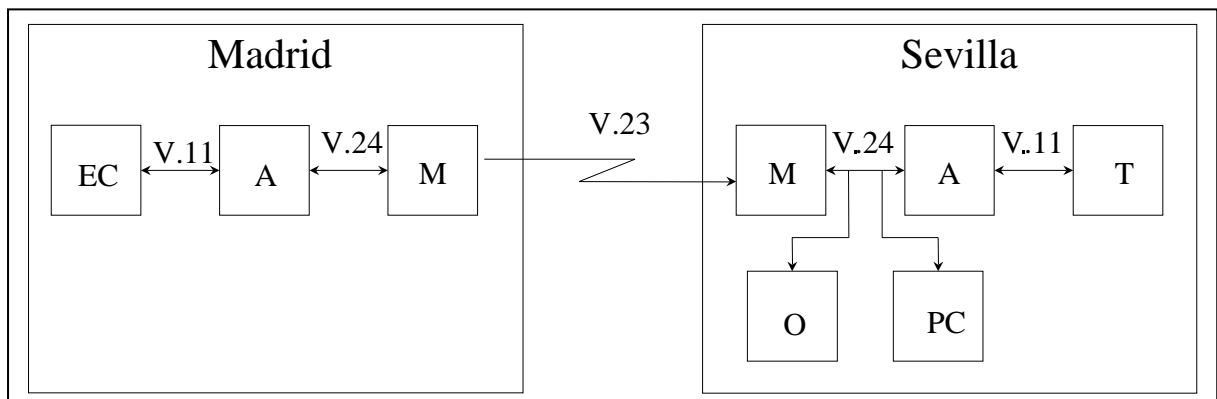
Intensidad mínima para la conducción $I_f = 15 \text{ mA}$.

Intensidad máxima para corte $I_f = 5 \text{ mA}$.



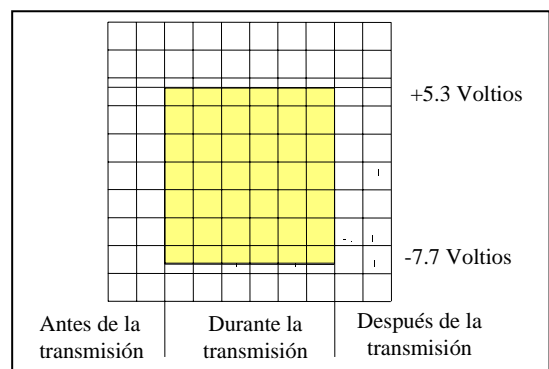
34.

Se quiere acceder en half-duplex a un equipo de comunicaciones (EC) ubicado en Madrid, usando un terminal (T) en Sevilla. La conexión entre ambos debe establecerse con niveles eléctricos V.11 (RS-422), transmisión asíncrona con 8 bits de datos, paridad par y 1 bit de parada. Se dispone de una canal telefónico privado y de dos modems (M) con entrada V.24 (RS-232) y salida V.23 (FSK, 1200 bps). Para poder conectar el terminal y el equipo de comunicaciones a los modems se utilizan sendos adaptadores (A) de V.11 a V.24, tal como recoge la figura.



La comunicación se establece de esta forma y funciona correctamente. Para poder observar el tráfico de información por la línea se conecta en paralelo un ordenador personal (PC) tal como indica la figura. Sin embargo en este caso, aunque la comunicación entre terminal y equipo de comunicación remoto sigue funcionando correctamente, el PC detecta continuos errores de trama sea cual fuere la configuración de las UART. Conectando un osciloscopio (O) en la línea de transmisión se observa una imagen como la de la figura.

- Si se utiliza la configuración mínima, ¿cuántos hilos debe tener el cable entre T y A?. ¿Y entre A y M?. ¿A qué pines del conector RS-232 corresponde?
- Haga un esquema, con todos los hilos necesarios, de la conexión entre A y M con las derivaciones en paralelo para el PC y el osciloscopio.
- ¿Es posible conectar derivaciones en



paralelo en la V.24?. ¿En qué condiciones?. Justifíquelo.

d) ¿Observa algo incorrecto en la descripción hecha anteriormente que explique el problema de comunicaciones en el PC?. Explíquelo.

e) ¿Cuál cree que puede ser la causa del problema?. ¿Cómo lo solucionaría?.

RUIDO

35. Problema PTC0003-04

Una tensión senoidal $e(t) = A \cdot \cos(\omega_c t)$ se inyecta a un canal en el que se le añade un ruido aditivo y blanco de amplitud espectral $N(\omega) = B$. La salida del canal se hace pasar por un filtro paso de baja, cuyo punto de corte es $\omega_f > \omega_c$.

- ¿Qué unidades tendrá B en el sistema internacional?
- Calcular las relaciones señal-ruido mínima y máxima en decibelios, así como los instantes en los que se producen.
- Particularizarlo para $A = 10 \text{ Volt.}$; $\omega_c = 1000 \text{ rad/seg}$; $\omega_f = 2000 \text{ rad/seg}$; y $B = 10^{-3}$ en las correspondientes unidades.

36. Problema PTC0003-27

Un sistema de comunicaciones codifica los bits en NRZ polar ($+A$ voltios para el 1 y $-A$ voltios para el cero). Dicha transmisión se ve afectada por un ruido aleatorio con función de densidad uniforme entre $-b$ y $+b$ voltios. Determinar analítica y gráficamente la probabilidad de que se produzca un error en un bit en función exclusivamente de la relación señal-ruido en el canal.

DIGITALIZACIÓN

37. Problema PTC0001-10

Una cámara de cine filma una carreta, a 24 imágenes por segundo. Las ruedas de la carrera miden 1 metro de diámetro. Determinar la máxima velocidad a la que se puede desplazar la carreta para que no se observen fenómenos extraños en la reproducción del film.

38. Problema PTC0003-05

Determinar razonadamente la frecuencia a la que hay que muestrear una señal

- Senoidal de 1 KHz.
- Cuadrada de 1 KHz.
- Telefónica (300-3000 Hz.)

39. Problema PTC0001-07

Determinar la mínima velocidad de muestreo necesaria para digitalizar y reconstruir correctamente la señal

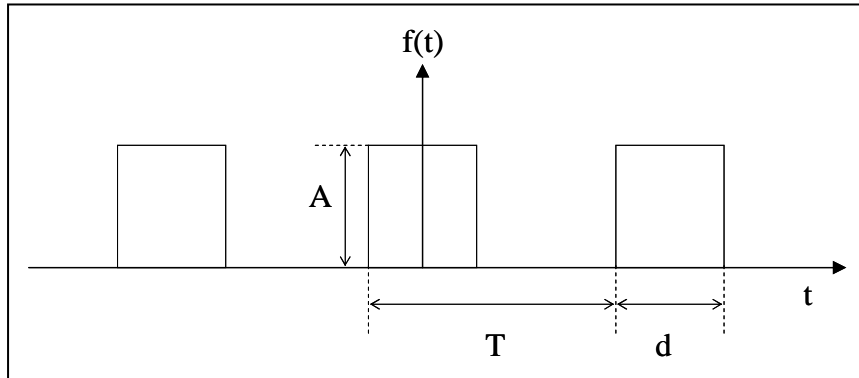
$$x(t) = \frac{\text{sen}(6280 \cdot t)}{6280 \cdot t}$$

40. Problema PTC0003-44

Determinar a qué velocidad hay que muestrear la señal de la figura para que no resulte alterado:

- a) El 100% de la potencia de la señal.
- b) El 90%.
- c) El 80%.

Datos: $A = 1$ Voltio. $T = 1$ ms. $d = 200 \mu s$.



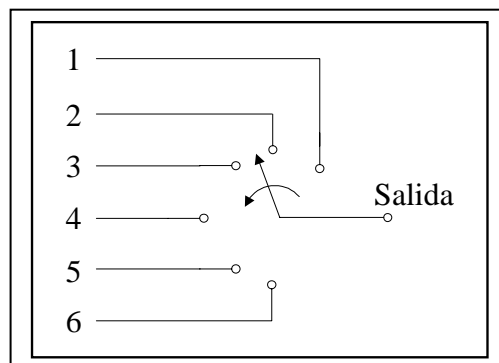
41. Problema PTC0003-21

Un pulso de 5 voltios de amplitud y 5 milisegundos de ancho, se hace pasar por un filtro paso de baja con frecuencia de corte de 3'5 KHz, a continuación por un muestreador de 8 kilomuestras por segundo y, por último, por un segundo filtro paso de baja con frecuencia de corte de 4 KHz. Determinar analíticamente y gráficamente el espectro a la salida de cada uno de los filtros y del muestreador.

42.

Se desea multiplexar en el tiempo las cuatro señales siguientes: $m_1(t) = \cos(\omega_0 t)$, $m_2(t) = 0'5 \cos(\omega_0 t)$, $m_3(t) = 2\cos(2\omega_0 t)$, $m_4(t) = \cos(4\omega_0 t)$. Se dispone para ello de un conmutador rotativo como el de la figura.

- a) Si todas las señales se muestrean a la misma velocidad, determinar la mínima frecuencia de muestreo f_s .
- b) Calcular la velocidad de giro del conmutador en revoluciones por segundo.
- c) Repetir los apartados anteriores para un conmutador con 8 entradas.
- d) Diseñar un conmutador, de velocidad de giro más lenta, que permita muestrear correctamente las cuatro señales.

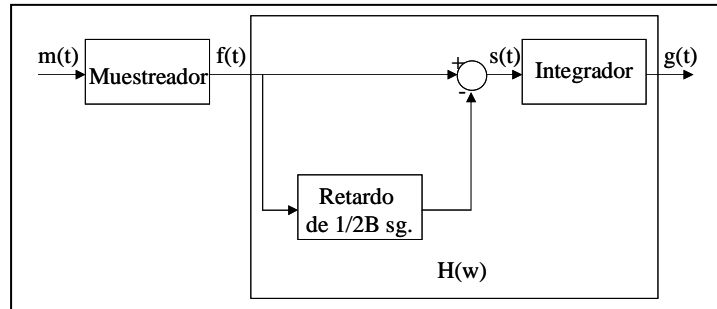


43.

En el circuito de la figura:

- a) Mediante análisis en el dominio del tiempo, dibujar la salida $g(t)$ cuando la entrada $f(t)$ es un impulso unitario.

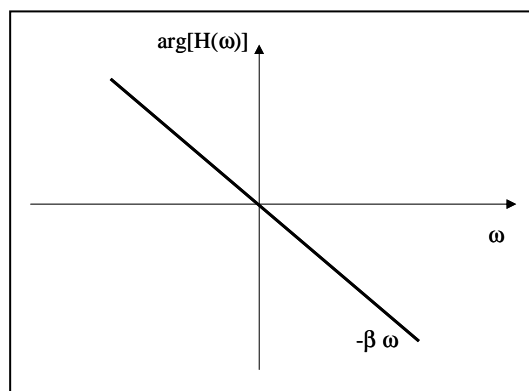
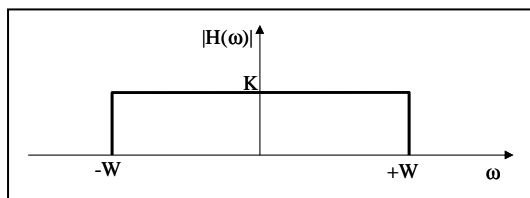
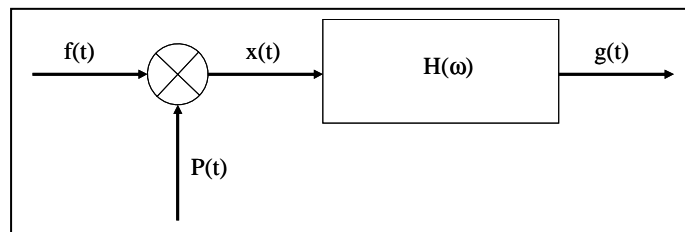
- b) Determinar las transformadas de $f(t)$, $r(t)$, $s(t)$ y $g(t)$.
- c) Con ayuda del resultado anterior, determinar la función de transferencia $H(\omega)$ del sistema.
- d) Dibujar la salida $g(t)$ si la entrada $f(t)$ es un tren de impulsos de valores (K_1, K_2, K_3, \dots) resultado del muestreo a la velocidad de Nyquist de una señal $m(t)$ de ancho de banda B .
- e) Comentar que función puede desempeñar el circuito.

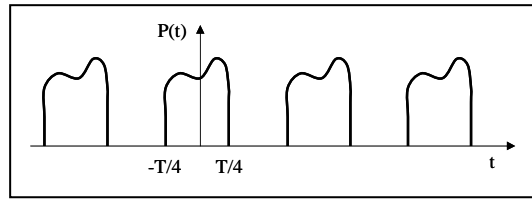
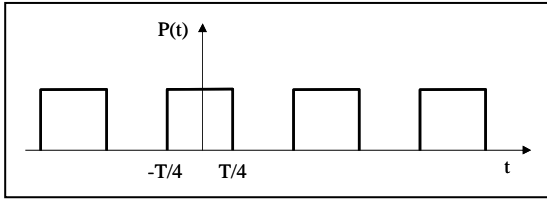


44. Problema PTC0001-05

Considérese el sistema de la figura.

- a) $P(t)$ es un tren de pulsos cuadrados con un periodo $T = \pi / W$, y $f(t)$ es una señal que no tiene armónicos más allá de la pulsación angular W . Determinéense los parámetros K y β del filtro ideal de manera que $g(t) = f(t)$.
- b) Debido a un fallo en el generador de pulsos, los pulsos $P(t)$, aunque todavía periódicos, comienzan a salir no planos y de formas arbitrarias tal como se muestra en la figura. Suponiendo $\beta = 0$ indicar razonadamente si, en estas circunstancias, podrá recuperarse la señal original $f(t)$.

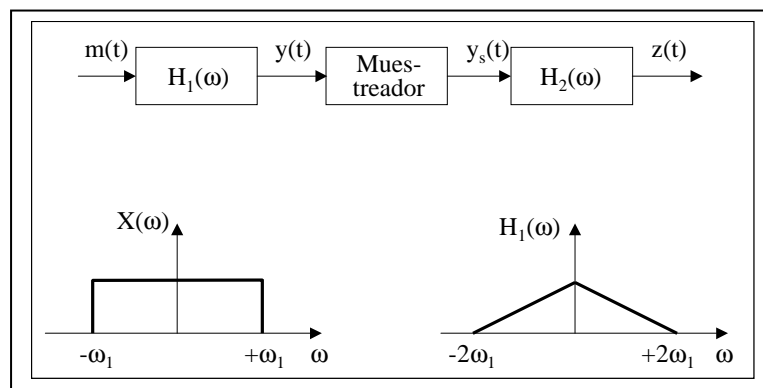




45.

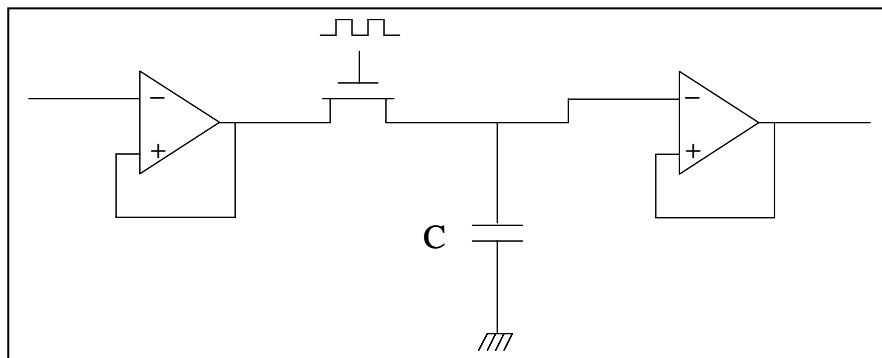
Para el sistema de la figura, siendo $\omega_1 = 2\pi \cdot 10^3$ rad/seg:

- Determinar los valores de la frecuencia de muestreo f_s que permitirán la reproducción exacta de $y(t)$.
- Elegir uno de estos valores de f_s . Para el valor elegido, dibujar el espectro de la señal muestreada $y_s(t)$.
- Determinar $H_2(\omega)$ para que la salida $z(t)$ coincida con la entrada $x(t)$.



46. Problema PTC0003-48

En el circuito de muestro y retención (sample&hold) de la figura se sabe que la resistencia en conducción del transistor MOSFET es de 10 ohmios. La entrada al circuito es una señal de 10 voltios pico a pico y es muestreada durante 10 μ seg. Calcular que condición debe cumplir el condensador para tener a la salida del circuito un error inferior al 1%



47.

La señal $v(t) = \cos \omega_0 t + \cos 2\omega_0 t + \cos 3\omega_0 t$, se usa en una aplicación para la que sólo son significativas sus tres primeras componentes espectrales. Dicha señal se transmite en PAM muestreándola a una frecuencia $5f_0$. En el receptor la señal PAM es filtrada por un filtro ideal paso de baja con ancho de banda $B=2f_0$.

- a) Dibujar los espectros de $v(t)$, de la señal PAM y de la señal PAM filtrada.
- b) Determinar si se recupera correctamente la parte significativa de $v(t)$.
- c) Considérese ahora que $v(t)$ es una señal vocal con componentes espectrales hasta 20 KHz., siendo significativos sólo hasta 15 KHz. ¿Puede muestrearse a 30 KHz. sin pérdida de información significativa?.
- d) Comentar los resultados anteriores.

48. Problema PTC0003-37

- a) Un sistema transmite una señal PAM de 0 a 1 voltio con posibilidad de distinguir variaciones de 3.9 mV. La separación entre dos pulsos es de 1 msg. Suponiendo el caso más favorable calcular la velocidad de transmisión de información y el ancho de banda del canal.
- b) Si la señal se convierte en PCM calcular lo mismo.
- c) Ventajas e inconvenientes de ambos métodos.

49. Problema PTC0001-08

Considere una señal de audio con componentes espectrales limitados a la banda de frecuencia comprendida entre 300 y 3300 Hz.

- a) Para su digitalización se utiliza se utiliza una frecuencia de muestreo de 8000 Hz. Determinar si se cumplen los requisitos exigidos por el teorema de muestreo.
- b) Si la señal de audio está en el rango de ± 5 voltios, y se utilizan 8 bits para codificarla, calcular el ruido introducido por el proceso de cuantización, indicando claramente las unidades en que se expresa dicho ruido.
- c) Calcular el número mínimo de bits necesarios para digitalizar la señal, si se desea que la relación de la potencia pico de la señal frente al ruido medio de cuantización sea al menos de 30dB.
- d) Calcular el ancho de banda necesario para transmitir la señal resultante del apartado anterior.

50. Problema PTC0001-09

Un canal simple de información lleva frecuencias de voz en el intervalo de 50 a 3.300 Hz. El canal se muestrea a una velocidad conveniente y los pulsos resultantes se transmiten ya sea por PAM o PCM.

- a) Calcúlese el mínimo ancho de banda requerido por el sistema PAM.
- b) En el sistema PCM los pulsos muestreados se cuantizan en 8 niveles y se transmiten como dígitos binarios. Encuéntrese el ancho de banda de transmisión en el sistema PCM y compárese con el obtenido en a).
- c) Repítase la parte b) con 128 niveles de cuantización. Compárese el ruido de cuantización en los dos casos.

51. Problema PTC0001-11

Una señal, que evoluciona en un rango de amplitud de 2 voltios pico a pico y contiene componentes significativos hasta una frecuencia de 15kHz, se transmite utilizando un sistema PCM. Se desea distinguir diferencias de amplitud de 1/64 voltios.

- a) Determinar la capacidad de información del canal necesario.
- b) Determinar el ancho de banda del canal necesario.

52. Problema PTC0002-01

Un sistema de "compact disc" codifica en PCM una señal con las siguientes características:

- Señal de audio entre 0 y 20 kHz.
 - Convertidores A/D, D/A de 16 bits.
 - Frecuencia de muestreo 10'25% superior a la mínima requerida.
- a) Explicar como influye cada uno de los parámetros anteriores en la calidad de audición.
 - b) Determinar el ancho de banda necesario en la etapa digital del reproductor.
 - c) Repetir el apartado anterior si limitamos la señal de audio de 100 Hz a 20 KHz.

53. Problema PTC0002-03

Explicar la diferencia entre comunicar a 1200 bps. y hacerlo a 1200 baudios.

54. Problema PTC0003-16

Una tarjeta gráfica tiene una resolución de 640 x 350 pixels con 16 colores cada pixel. Calcular el ancho de banda ideal del monitor suponiendo transmisión PCM y 24 imágenes por segundo. Determinar el tiempo que se tardaría en comunicar el contenido de la tarjeta a través de una línea síncrona a 9.600 bits/sg.

55. Problema PTC0003-35

Una señal transmitida en PCM, atraviesa un sistema de comunicación de ancho de banda 1 MHz (considerarlo un circuito RC). En el receptor se decide si el bit es un uno o un cero si en el final del pulso, la tensión está por encima o por debajo del umbral de decisión $V=1$ voltio. El pulso se transmite como 0 voltios para el "0" y 2 voltios para el "1".

- a) Calcular el mínimo ancho del pulso que se puede transmitir.
- b) Calcular la máxima velocidad de transmisión de información.
- c) Si se usan 256 niveles de cuantización calcular el máximo SNR de cuantización.
- d) Calcular cuántos canales de voz de 4 KHz se pueden multiplexar en tal sistema.

56.

La figura muestra una sección parcial de un transmisor digital en el que aparece un compresor (compansor en transmisión) denominado "compansor de ley- μ ", el cual se expresa según la ecuación

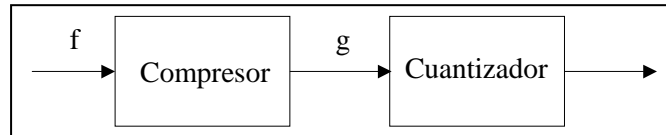
$$y = \pm \frac{\log(I + \mu |x|)}{\log(I + \mu)}$$

En esta expresión, el signo + se aplica cuando el valor de x es positivo y el signo - cuando el valor de x es negativo. Se definen los valores de x e y de la siguiente forma:

$$x = \frac{f}{V} \quad y = \frac{g}{V}$$

El rango de variación de la entrada f es de -V a +V. El parámetro μ determina el grado de compresión, y en este caso vale 255.

- a) Dibujar la función del compresor.
- b) Siendo $V=40$ voltios y 256 el número de niveles del cuantizador, determinar el máximo y mínimo error de cuantización de las señales f y g. Indicar las unidades en que se expresan dichos errores.
- c) A la vista de los resultados obtenidos, comentar la utilidad de utilizar un compansor como el estudiado.



57. Problema PTC0001-03

Una señal de tensión $e(t)$ varía en el rango de $-V$ a $+V$. Esta señal se introduce en un compansor del que se obtiene la señal $f(t)$. El compansor sigue una ley μ de la forma

$$f(t) = V \frac{\text{Ln}\left(1 + \mu \frac{e(t)}{V}\right)}{\text{Ln}(1 + \mu)}$$

Esta nueva señal $f(t)$ se introduce en un convertidor analógico digital con una resolución de n bits del que se obtiene una señal digital $g(t)$ afectada por un ruido de cuantización. Calcular la expresión que liga la relación señal-ruido de cuantización (SNR) con respecto a la potencia de la señal de entrada $e(t)$ en los siguientes casos:

- Suponiendo que el compansor no actúa.
- Suponiendo que el compansor actúa.
- Suponiendo que $V=10$, $\mu=255$ y $n=8$, trazar la gráfica de SNR en dB frente a la potencia de $e(t)$ en dBm para los dos casos anteriores.

58. Problema PTC0003-41

Un canal tiene un ancho de banda de 3KHz y una relación señal ruido de 34dB. Determinar la máxima capacidad de transmisión de información por dicho canal, sea cual sea la técnica elegida para ello.

59. Problema PTC0003-36

En una RDSI se quieren multiplexar 10 canales de televisión de 6 MHz cada uno, 1000 canales telefónicos de 4KHz cada uno y la salida de 1000 computadores a 9600 bits/sg. cada uno. Suponiendo el uso de PCM calcular el ancho de banda necesario para la transmisión suponiendo una resolución de 8 bits en cada canal.

60. Problema PTC0003-02

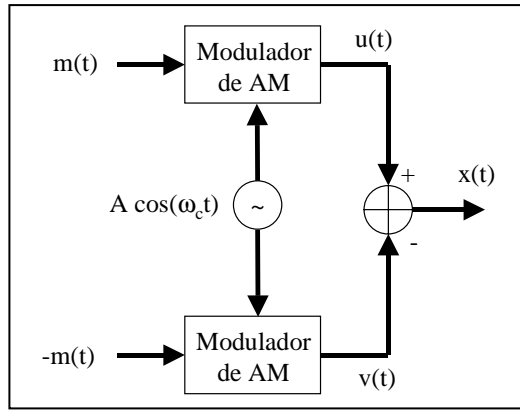
Diez canales de señal de 10 KHz. se muestrean y multicanalizan a una velocidad de 25.000 muestras/sg. por canal. Cada muestra se codifica entonces en seis dígitos binarios.

- Encuéntrese la velocidad de salida de PCM en bits/sg. Estímese el ancho de banda necesario para transmitir la hilera PCM.
- Usando el mismo número de niveles de cuantización que antes, cada muestra se transmite ahora como una secuencia de pulsos de cuatro niveles. ¿Cuál es la velocidad de salida de bits/sg.? Estímese el ancho de banda requerido para la transmisión.
- Repítase la parte b) para el caso en que cada muestra cuantizada se transmite como un pulso multinivel sin ninguna codificación posterior.

MODULACIÓN ANALÓGICA

61. Problema PTC0003-13

El circuito de la figura muestra el esquema de un modulador equilibrado de AM. Calcule el espectro de la señal de salida.



62.

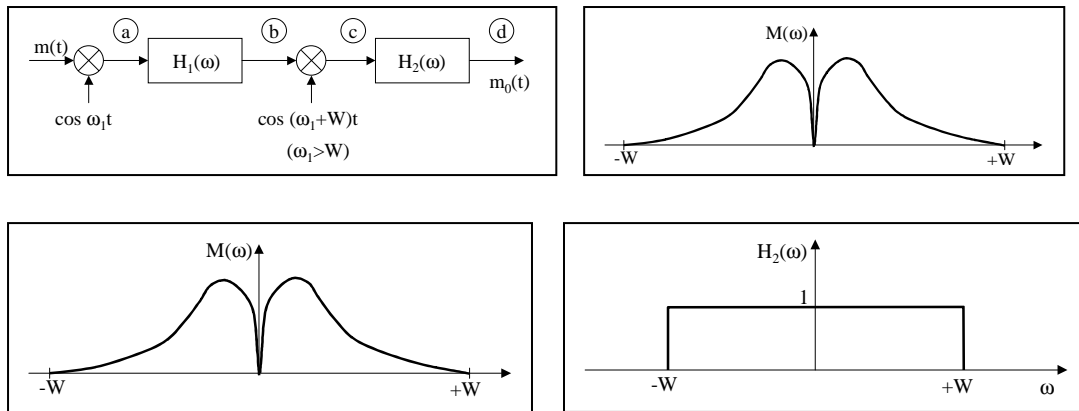
La señal en banda base $m(t)$ se traslada en frecuencia, multiplicándola por la portadora $\cos \omega_c t$, y se transmite. En el receptor, de la señal $v(t)$ resultante, se desea extraer la información $m(t)$. Para ello se multiplica $v(t)$ por una portadora local $\cos(\omega_c t + k)$, y la señal $r(t)$ obtenida, es filtrada paso de baja hasta generar la señal $g(t)$.

- Determinar los valores de $v(t)$, $r(t)$ y $g(t)$.
- Calcular el máximo valor posible del ángulo k si se desea que la señal $g(t)$ no sea en ningún caso inferior al 90% de su máximo valor posible.
- Si la señal $m(t)$ está limitada en banda a 10 KHz., calcular el mínimo valor de la frecuencia de la portadora que permite recuperar $m(t)$.

63.

El circuito de la figura se utiliza para dificultar que la información que circula por un medio físico pueda ser captada e interpretada por intrusos.

- Dibujar los espectros en los puntos a, b, c y d.
- Comparando la salida con la entrada del circuito, diseñe un circuito que sea capaz, en el receptor, de recuperar la señal original.

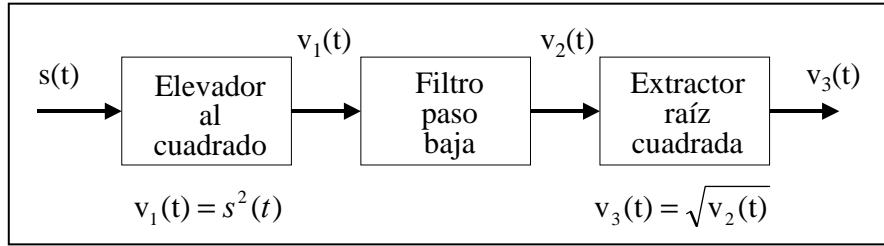


64. Problema PTC0001-13

La señal de AM

$$s(t) = A_c [1 + k_a m(t)] \cos(2\pi f_c t)$$

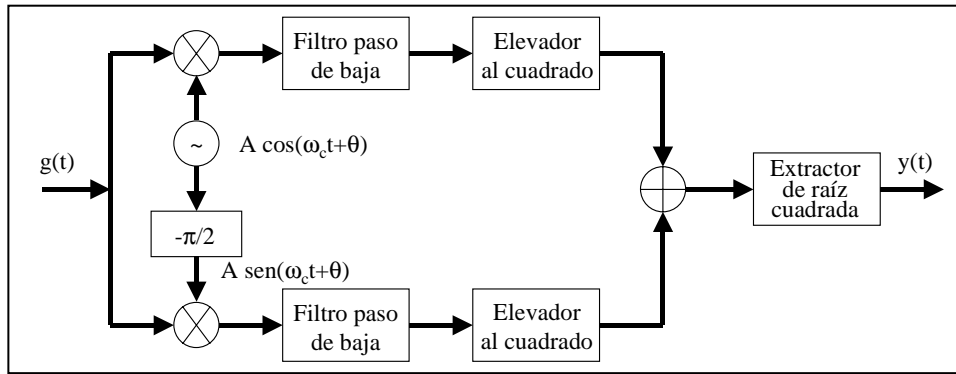
se aplica al sistema de la figura. Asumiendo que $|k_a m(t)| < 1$ para todo t , que la señal $m(t)$ está limitada en frecuencia al intervalo $-W \leq f \leq W$, y que la frecuencia de la portadora cumple $f_c > 2W$, demostrar que se puede obtener $m(t)$ a partir de la salida $v_3(t)$.



65. Problema PTC0003-08

Demuestre que el circuito de la figura actúa como detector de envolvente para una señal AM, limitada en banda, del tipo

$$g(t) = K[1 + m \cdot f(t)] \cdot \cos \omega_c t$$



66. Problema PTC0003-11

Un detector de AM de *ley cuadrada* utiliza un dispositivo no lineal cuya característica esta definida mediante la ecuación

$$y(t) = ax(t) + bx^2(t)$$

en la que a y b son constantes, $x(t)$ es la entrada e $y(t)$ la salida. La entrada consiste en una señal de AM de la forma

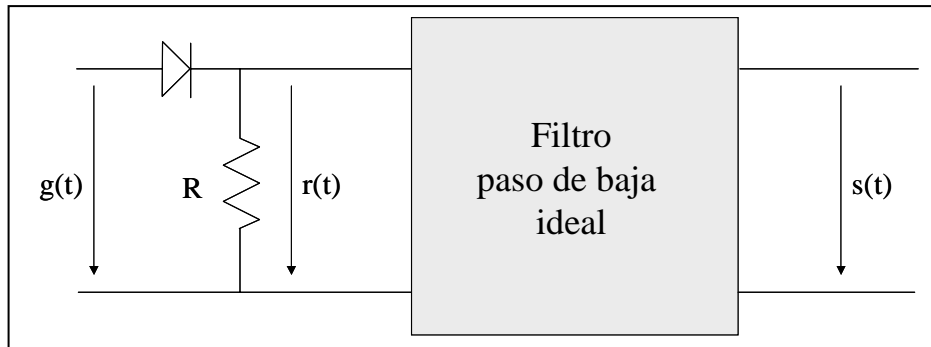
$$x(t) = A[1 + km(t)]\cos(\omega_c t)$$

- a) Calcule la salida $y(t)$.
- b) Determine en qué condiciones puede recuperarse la señal en banda base $m(t)$.

67. Problema PTC0003-39

Demostrar que el circuito de la figura (detector de envolvente) sirve para demodular señales de AM. Considerar el diodo ideal y la impedancia de entrada del circuito infinita, siendo

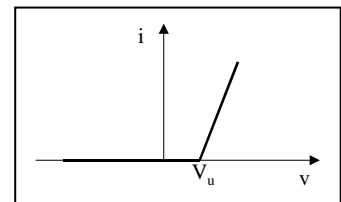
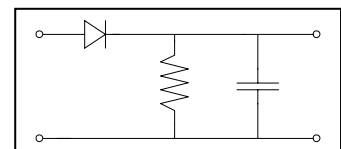
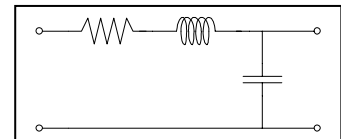
$$g(t) = K[1 + mf(t)]\cos \omega_c t$$



68.

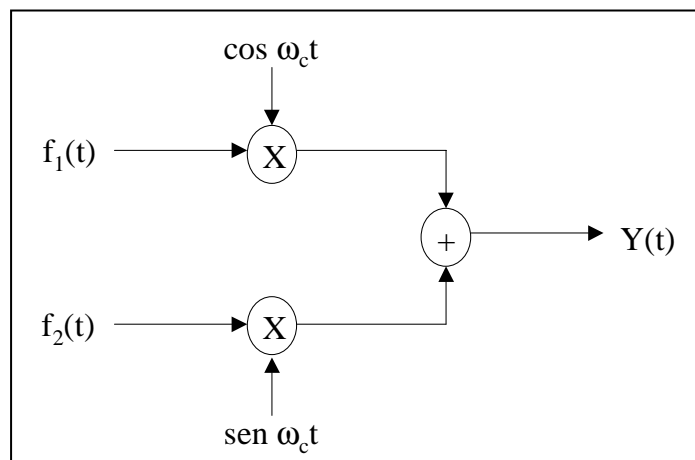
Una línea de comunicaciones de corta longitud puede modelarse de forma aproximada por el circuito de la figura. Considerando que tanto la excitación como la respuesta son tensiones eléctricas:

- Caracterizar la línea de comunicaciones en el dominio del tiempo (ecuación diferencial temporal).
- A partir del resultado anterior, caracterizar la línea de comunicaciones en el dominio de la frecuencia (función de transferencia), **demostrando** la expresión que liga la representación espectral con la temporal.
- Repetir los apartados anteriores para un detector de envolvente de AM (ver figura) en el que el comportamiento del diodo se ha linealizado en un modelo con una tensión umbral V_u y una resistencia dinámica r (ver figura).



69. Problema PTC0001-04

Dadas las características de la función seno y coseno es posible transmitir y recibir dos señales diferentes $f_1(t)$ y $f_2(t)$ de manera simultánea en la misma frecuencia portadora ω_c según el esquema de la figura. Demuestre que cada señal se puede recuperar en el receptor por detección síncrona de la señal recibida $Y(t)$ usando portadoras de igual frecuencia y fase que las del transmisor.



70.

Un sistema multiplexa y transmite doce señales diferentes, cada una de ellas con un ancho de banda de 10 KHz. Determine el mínimo ancho de banda que se necesita para cada uno de los casos siguientes, suponiendo que los métodos de multiplexión y modulación usados son:

- a) FDM, SSB
- b) TDM, PAM
- c) TDM, PCM de 8 bits.

71.

Una portadora es modulada en frecuencia por una señal modulante sinusoidal de 2 KHz. de frecuencia, resultando una desviación de frecuencia de 5 KHz.

- a) Calcular el ancho de banda ocupado por la señal modulada.
- b) Repetir el cálculo si se duplica la amplitud de la senoide y su frecuencia se reduce a 1 KHz.

72. Problema PTC0003-38

- a) La AM comercial usa la banda de 550 a 1600 KHz. Si las señales de voz son filtradas por encima de 5KHz, calcular el número de emisoras diferentes que pueden operar en una misma zona. Repetir el cálculo si las señales de voz son además filtradas por debajo de 500 Hz.
- b) La FM comercial usa la banda de 88 a 108 Mhz, con 200 KHz para cada canal. Determinar el número de emisoras de FM que pueden operar en una zona.

73. Problema PTC0003-31

Una señal de 10 KHz y 20 Vpp (Voltios de pico a pico), modula una portadora de 107.6 KHz y 50 Vpp. Determinar las componentes de mayor y menor frecuencia si:

- a) Se usa AM.
- b) Se usa FM con 20 KHz de desviación de frecuencia.

74. Problema PTC0003-10

Una portadora de 100 MHz se modula en frecuencia con una señal sinusoidal de 10 kHz de manera que la desviación máxima de frecuencia es de 5 kHz.

- a) Calcular el ancho de banda aproximado de la señal FM.
- b) Si la amplitud de la señal modulante se duplica, encontrar el ancho de banda de la señal FM.

75. Problema PTC0003-09

Una portadora de 10 MHz se modula en fase con una señal sinusoidal de 10 kHz, y amplitud unitaria. La desviación máxima de fase es de 1 radián para la amplitud unitaria de la señal modulante.

- a) Calcular el ancho de banda aproximado de la señal PM.
- b) Si la frecuencia de la señal modulante cambia a 5 kHz, encontrar el nuevo ancho de banda de la señal PM.
- c) Si la frecuencia es la original (10 kHz), pero la amplitud se duplica, encontrar el ancho de banda de la señal PM.

76. Problema PTC0001-01

Un determinado coaxial presenta una atenuación de 10 dB/km en la banda de 5 a 40 MHz, y de 20 dB/km en la banda de 50 a 550 MHz. En dicho cable se inyecta:

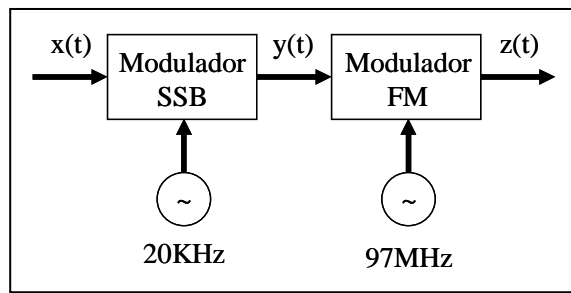
- d) Una señal de telefonía de 4KHz de ancho de banda que está modulada en amplitud con un portadora de 10MHz de frecuencia y 20dBm de potencia.
- e) Una señal de televisión de 6 MHz de ancho de banda que está modulada en frecuencia con una portadora de 200 MHz de frecuencia y 1 dBm de potencia.

En el receptor, situado a 2 km, se coloca un demultiplexor de tipo FDM y dos amplificadores, uno para la señal telefónica y otro para la de televisión. Caracterizar espectralmente los dos amplificadores para que la señal a la salida del demultiplexor compense la actuación del coaxial.

NOTA: Si necesita algún dato no suministrado suponga un valor razonable del mismo e indique claramente el valor elegido.

77. Problema PTC0003-46

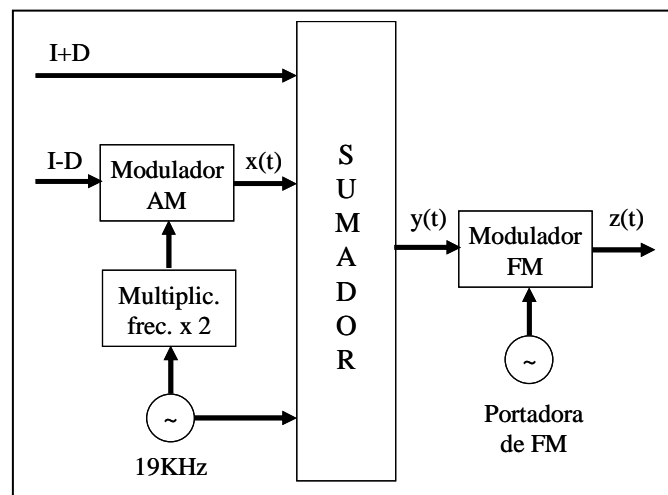
Una señal telefónica (entre 300 y 3.400 Hz) modula en AM-SSB de banda superior (modulación en amplitud con banda lateral única) a una portadora de 20KHz con un índice de modulación unidad. La señal resultante se utiliza para modular en FM a una senoide de 97 MHz con índice de modulación 2. Determinar si la señal así obtenida se acomoda al ancho de banda de una señal FM comercial (200 KHz por canal).



78. Problema PTC0003-47

La FM estéreo comercial funciona según el esquema adjunto. Cada una de las señales izquierda (I) y derecha (D) tienen un ancho de banda de 15 KHz

- a) Dibujar el espectro típico a la entrada del modulador de FM
- b) Calcular el índice de modulación y la desviación de frecuencia si el ancho de banda ha de mantenerse en 240 KHz.



MODULACIÓN DIGITAL

79. Problema PTC0003-40

Comprobar si un canal telefónico de 2.400 Hz de ancho de banda efectivo puede albergar transmisiones con módem según,

- a) V.23
- b) V.26
- c) V.27
- d) V.29

80. Problema PTC0002-02

Determinar y justificar si pueden existir modems telefónicos con los siguientes tipos de modulación y velocidades de transmisión:

- a) FSK y 1200 bps.
- b) FSK y 2400 bps.
- c) PSK y 1200 bps.
- d) PSK y 2400 bps.
- e) PSK y 4800 bps.

81. Problema PTC0001-06

Un multiplexor TDM tiene 4 entradas de 600 bps y una salida de 2400 bps. Esta salida se introduce en un módem. Compárense los anchos de banda de transmisión que se requieren a la salida del módem para los siguientes métodos de modulación:

- a) FSK, con una desviación de frecuencia de ± 2400 Hz alrededor de la portadora.
- b) Transmisión OOK
- c) PSK de ocho fases.

82. Problema PTC0002-04

Una línea telefónica tiene un ancho de banda útil efectivo de 2400 Hz. entre 600 y 3000 Hz., el cual se va a utilizar para transmitir datos entre dos computadores. Para conectarlos a la línea se utiliza un módem.

- a) Se transmite a 1200 bps y se usa un módem en FSK. Elíjanse dos frecuencias adecuadas para la transmisión si el índice de modulación m debe ser tan grande como sea posible. ¿Cuáles son las dos frecuencias? ¿Cuál es la m resultante?
- b) Se transmite a 4800 bps. Especifique una técnica apropiada de modulación y seleccione una frecuencia portadora.

83. Problema PTC0003-20

La salida de un multicanalizador por división de tiempo de 2400 bps se alimenta a un módem. Compárense los anchos de banda de transmisión que se requieren a la salida del módem para los siguientes esquemas de modulación:

- a) FSK con desviación de frecuencia de 2400 Hz.
- b) ASK.
- c) PSK de ocho fases.

84.

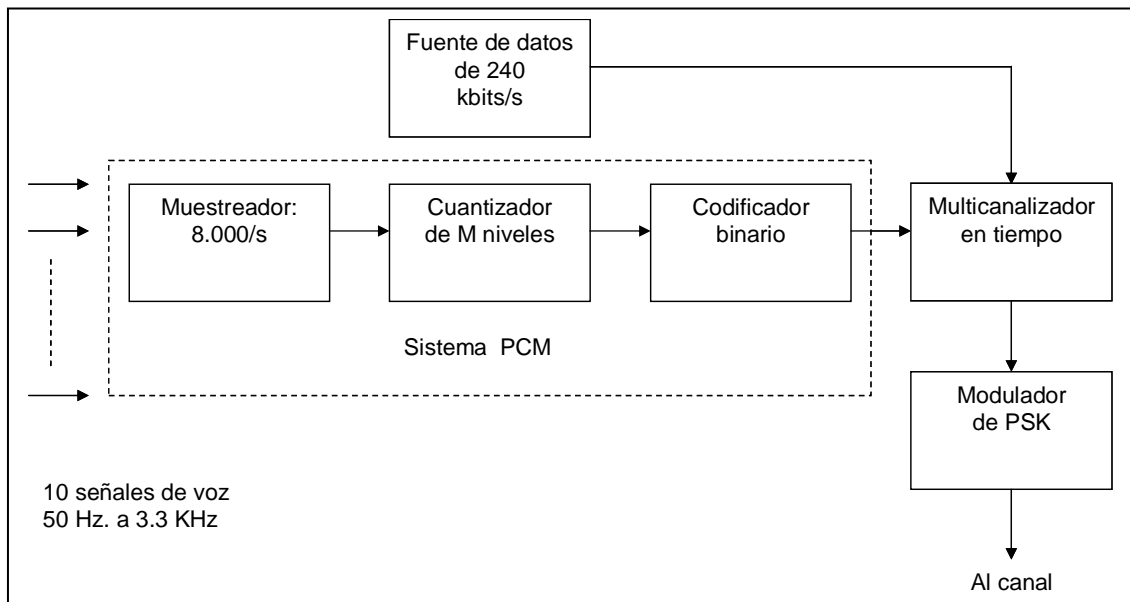
Determinado sistema experimental de televisión de alta definición (TVAD) utiliza 1920 x 1080 pixels, siendo explorado cada cuadro 50 veces por segundo. La cámara genera tres señales analógicas para cada uno de los colores básicos (R-Rojo; G-Verde; y B-Azul). Por compatibilidad con sistemas de televisión anteriores, esas señales se transforman en una

señal L de luminancia (R+G+B) y dos de crominancia (G y B). Cada una de esas señales es muestreada y codificada en 8 bits. Adicionalmente existe una fuente de sonido estereofónico (señales I y D) en el rango de 100 Hz. a 20 KHz que es muestreado a la velocidad de Nyquist (la mínima posible) y codificado en 16 bits. Las cinco señales digitales resultantes son multiplexadas, y el canal PCM así obtenido, es inyectado en un sistema de modulación en frecuencia con índice de modulación unidad. Determinar:

- La frecuencia de muestreo de la señal de luminancia.
- La frecuencia de muestreo de las señales de crominancia.
- La frecuencia de muestreo de las señales de audio.
- La velocidad de cada una de las 5 señales digitalizadas.
- La velocidad de la señal multiplexada.
- El ancho de banda de la señal modulada.

85. Problema PTC0003-23

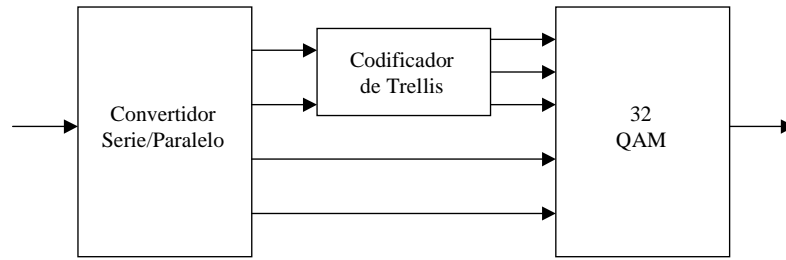
Un canal de transmisión de 1 MHz. de ancho de banda, centrado en 100 Mhz., se encuentra disponible para la transmisión de información. En dicho canal se inyecta la salida del modulador PSK de la figura. Calcular el máximo número de niveles PCM que pueden usarse.



86. Problema PTC0001-14

Una señal $f(t)$ digital a 9600 bps lleva una secuencia alternada de ceros y unos. La señal se modula en frecuencia con una portadora de 10 kHz y un índice de modulación unidad. La señal modulada $g(t)$ se transmite por un cable de ancho de banda B_c . Tras demodular la señal $g(t)$ se vuelve a enviar por un modem V.32 (modulación TCM) como el de la figura. Determinar.

- El ancho de banda necesario para transmitir la señal FM.
- El ancho de banda necesario para transmitir la señal TCM.



87. Problema PTC0003-45

Un sistema de modulación digital utiliza un aleatorizador (scrambler) de polinomio característico $(1 + x^{-6} + x^{-7})$. La señal digital de entrada del aleatorizador es la secuencia 1010 0010 0001 1010.

- Dibujar el esquema del aleatorizador y determinar su salida.
- Dibujar el esquema del desaleatorizador y demostrar que es capaz de recuperar la señal digital original.

Nota: Supónganse a cero todos los registros iniciales de los dispositivos.

Soluciones a los problemas

Ver cada problema individual en
<http://www.personal.us.es/jluque/tc/Problemas%20TC.htm>