

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número _____

	DIEGO MANZANO ARRANZ		MARIA ELENA MARTIN PEREZ	Firmas
	ALICIA TARTILAN GONZALEZ		IVAN JESUS PANIAGUA PASTOR	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido $(\frac{E_b}{N_0})$ de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$$B_T = 2W(D+1) = 2 \cdot 15K(5+1) = 180K$$

$$D = \frac{\Delta f}{W} = \frac{75K}{15K} = 5$$

Ancho de banda FM=

180 KHz

= Ancho de banda PCM

* ver otra cosa

Potencia mínima señal FM= $360 \cdot 10^{-4}$ vatios

=Potencia señal PCM

En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =

$$360 \cdot 10^3 \text{ bps}$$

En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =

$$142979 \text{ bps}$$

(vías restringidas)

¿desarrollo?

SNRo para FM= 2250

$$33'5 \text{ dB}$$

$$\Delta f = 10 \cdot 2$$

$$SNRo = \frac{P_S}{P_N}$$

¿desarrollo?

Amplitudes de la codificación NRZ $3A = 185'16 ; 2A = 123'44 ; A = 61'92$

~~Tm = 2 Tb ?~~ ← Nyquist ¿que es esto? Tb ?

Tasa muestreo PCM=

$$30000 \text{ Hz}$$

$$R_s = \frac{R_s}{2} ? \quad R_s = \frac{1/T_s}{2}$$

$$T_s = 2'7 \cdot 10^{-6} \rightarrow R_s = 185.185'18$$

$$T_s = 7 \cdot 10^{-6} \rightarrow R_s = 71.428'59$$

que son estas cifras?

Máxima tasa de símbolos PCM en canal=

Número de bits por muestra=

$$5 bps \text{ para } T_s = 7 \cdot 10^{-6} \text{ s } ; \quad 12 bps \text{ para } T_s = 12 \text{ ns}$$

¿desarrollo?

Energía media por bit=

$$9'72 \cdot 10^{-9} \text{ J}$$

¿Supera el umbral teórico? No

SNRo para PCM=

$$28'85 \text{ dB}$$

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una otra.

Si atendemos a la restricción E_b/N_0 vemos que no superamos el umbral, por lo que el que funciona es el de 5 bps

Miembros del grupo de trabajo: Grupo Número 1

	VICTOR GALLEGOS QUIROS		JOANA ALONSO ARRIBAS	Firmas
	RUBEN GARCIA CUBINO		EVA M SAEZ GUTIERREZ	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

Para calcular el ancho de banda en FM aplicaremos la Regla de Carson

$$B_T = 2W(D+1); \quad D = \frac{Af_{max}}{W} = \frac{75\text{ KHz}}{15\text{ KHz}} = 5; \quad B_T = 2 \cdot 15\text{ KHz}(5+1) = 180\text{ KHz}$$

Ancho de banda FM = 180 KHz Ancho de banda PCM

Para calcular la potencia mínima aplicaremos el efecto umbral $CNR = \frac{Ac^2}{2BTW} \geq 10\text{ dB}$

$$\frac{Ac^2}{2 \cdot 180 \cdot 2 \cdot 10^{-8}} \geq 10\text{ dB} \Rightarrow Ac = 0.2683 \quad P_s = \frac{Ac^2}{2} = 0.036\text{ W}$$

Potencia mínima señal FM = 0.036 W Potencia señal PCM

En PCM: Máxima velocidad binaria para ese $B_T = B_T = RS = 180\text{ K baudios}$

En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia = $E_b = P_s \cdot Ts = P_s \cdot \frac{1}{RS}; \frac{E_b}{N_0} = 11\text{ dB}; RS = 14.3\text{ K baudios}$

SNRo para FM = $Af = k_f \cdot Am$ $SNRo = \frac{3Ac^2 \cdot k_f^2 \cdot P_m}{2\pi \cdot W^3} = 33.5\text{ dB}$

$$P_m = \frac{\int_0^T A_f^2 dt + \int_0^T A_f^2 dt + \int_0^T A_f^2 dt}{3} = \frac{(A^2 + 4A^2 + A^2)T}{3} = 0.036 \rightarrow A = 61.72\text{ V} \quad 2A = 123.44\text{ V} \quad 3A = 185.16\text{ V}$$

Amplitudes de la codificación NRZ

$$P_s = 2f_c = 2 \cdot 15 = 30\text{ KHz} \quad Ts = \frac{1}{30\text{ KHz}} = 3.33 \times 10^{-4}$$

(OJO) → Ts sample no Tsimbolo

Tasa muestreo PCM = 3.33×10^{-4} segundos.

$$Ts = Tb \log_2(M) \rightarrow Tb = \frac{1}{2 \cdot 180\text{ K}} = \frac{1}{360\text{ K}} = \frac{1}{R_b} \quad R_b = 360\text{ K}$$

Máxima tasa de símbolos PCM en canal = $R_b = 180\text{ K baudios}$

Número de bits por muestra = $Tb = \frac{1}{360\text{ K}} \rightarrow T_{muestra} = \frac{1}{360 \cdot 10^3} = 2.7 \cdot 10^{-6} = 12\text{ bits}$ $Tb = 7.10^{-6} \rightarrow (5\text{ bits}) 5 \text{ o } 12$ $\frac{E_b}{N_0} = \frac{252 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-8}} = 126 = 11.83 \text{ dB OK!}$

Energía media por bit = $E_b = P_s \cdot Tb = 0.036 \cdot 2.7 \cdot 10^{-6} = 9.72 \cdot 10^{-7}$ ¿Supera el umbral teórico? $\frac{E_b}{N_0} = \frac{9.72 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-8}} = 4.86 = 6.86 \text{ dB NO!}$

SNRo para PCM = $SNRo = \frac{12 \cdot P_m}{Am \cdot A^2}$ 5 bits: $Am = \frac{5}{2^5} \rightarrow SNRo = \frac{12}{(1/32)} = 7.68 = 28.85 \text{ dB}$
12 bits: $Am = \frac{12}{2^{12}} \rightarrow SNRo = \frac{12}{(1/4096)} = 7.68 = 70.99 \text{ dB}$

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.

Para NRZ con 4 símbolos no supera el umbral teórico por lo que disminuye la calidad.

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número

	ALVARO HUASCAR HEKLER MERINO		FIDEL SALVADOR LLORENTE	Firmas
	CARLOS PALENCIA PINEDO		BEATRIZ BARGIELA FLOREZ	

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

Regra de Carson	$B_T = 2(D+1)W = 2 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 10^3 = 180 \text{ kHz}$	
$D = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{75 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 5$		
Ancho de banda FM=	180 kHz	= Ancho de banda PCM
$\frac{A_c^2/2}{10^{-8} \cdot 2 \cdot 180 \cdot 10^3} > 10 \text{ dB} \rightarrow A_c = 0,268$	$P_s = \frac{A_c^2}{2} = 36 \text{ mW}$	✓
Potencia mínima señal FM=	$P_s = 36 \text{ mW}$	=Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	360.000 bps	
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	$E_b = P \cdot T_b \rightarrow T_b = 7 \cdot 10^{-6} \rightarrow R_b = 142.979 \text{ bps}$	✓
SNRo para FM=	$SNRo = \frac{k_p \cdot P}{\text{Ruido}} = \frac{(75 \cdot 10^3)^2 \cdot 1 \text{ W}}{4 \cdot 625 \cdot 5 \cdot 10^3} = 33,52 \text{ dB}$	
	$\int_{T_b}^{T_s} 9A^2 dt + \int_{T_b}^{T_s} 4A^2 dt + \int_{T_b}^{T_s} A^2 dt + 0 = (9A^2 + 4A^2 + A^2)T_s = 36 \cdot 10^{-3}$	$T_b = 2,7 \cdot 10^{-6}$ $T_s = 2T_b$
Amplitudes de la codificación NRZ	$A = 61,72 \text{ V}$	$2A = 123,44 \text{ V}$
$f_s = 2BW = 30 \cdot 10^3 \text{ muestras/seg}$		✓
Tasa muestreo PCM=	$30 \cdot 10^3 \text{ muestras/seg}$	
$R_s = \frac{1}{T_b} ; T_b = 2,7 \cdot 10^{-6}$		✓
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	180.000 símbolos/seg	
Número de bits por muestra=	$\frac{T_s}{T_b} = \frac{30 \cdot 10^3}{2,7 \cdot 10^{-6}} = 12 \text{ bits/muestra}$	✓
Energía media por bit=	$E_b = P \cdot T_b = 36 \cdot 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} = 9,7 \cdot 10^{-3}$	¿Supera el umbral teórico? $E_b/N_0 < 11 \text{ dB}$ No supera el umbral para 12 bits
SNRo para PCM=	$SNR_Q = \frac{\Delta^2}{12} ; SNR_Q = \frac{P}{\sigma_Q^2} = \frac{12 \cdot 1}{12 \cdot \Delta^2}$	Con 12 bits vemos que no superamos el umbral luego la configuración g. sirve a lo que utiliza $T_b = 7 \cdot 10^{-6}$
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.		¿cuanto es?

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 3

	ROBERTO ANDRADE BENITEZ		EDUARDO MARTIN MEDIAVILLA	Firmas
	MARIO MORAIS MARCOS		RAUL SANZ GONZALEZ	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz .

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

Regla de Cauzon: $B_T = 2W(0+1) = 2(A_f + W) = 2(75\text{kHz} + 15\text{kHz}) = 2.90\text{kHz} = 180\text{kHz}$

$A_f \equiv$ desviación de frecuencia = 75kHz

$W \equiv$ ancho de banda = 15kHz

Ancho de banda FM=	180 kHz	= Ancho de banda PCM
$SNR_i = \frac{P_{SI}}{P_{NI}} = \frac{A_c^2 W}{2N_0 B_T} = 11 \text{ dB } (12.589)$	$P_{SI} = 180 \text{ kHz}$	$B_T = 180 \text{ kHz}$ D.E.P. = $N_0/2 \rightarrow N_0 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ W/Hz}$
$P_{SI} = A_c^2 P / 2$	$P_{SI} = B_T N_0$	$A_c = 0.301$ $P_{SI} = \frac{A_c^2}{2} = 0.045 \text{ W}$
Potencia mínima señal FM=	0.045 W	= Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	$T_s = 1/180 \text{ kHz}$	X
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =		X
SNR _{0,PCM} para FM=	$SNR_{0,PCM} = \frac{3A_c^2 k_f L P_m}{2N_0 W^3} = 1812 \text{ (2.58 dB)}$	✓
$D = k_f / W$	$k_f = 0.4W = 2 \cdot 15 \text{ kHz} = 30 \text{ kHz/V}$	✓
NRZ de 4 niveles (0, A, 2A, 3A). Amplitud en función de T_s .		X
0: 0	$2A: \frac{(2A)^L}{L} T_s$	✓
A: $\frac{A^2}{L} T_s$	$3A: \frac{(3A)^L}{L} T_s$	X
Amplitudes de la codificación NRZ		X

Para asegurar la reconstrucción de la señal original en recepción la tasa de muestreo debe de ser mayor o igual que la frecuencia de Nyquist, doble de la componente frecuencial W. $f_{Nyquist} = 2f_{MAX} = 2W = 2 \cdot 15 \text{ kHz} = 30 \text{ kHz}$

Tasa muestreo PCM=	30kHz
$B_T = R_s(1+\alpha)$	$R_s = B_T/2 = 90 \text{ kBandas}$
	No es cíclico alzado
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	90 kBandas
Número de bits por muestra=	$R_s = f_{n,n} = 2W_n \rightarrow n = R_s/2W = 90 \cdot 10^3 / 30 \cdot 10^3 = 3 \text{ bits}$
	$Energoa = \frac{P_{FM}}{R_s} = \frac{0.045}{90 \cdot 10^3} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
Energía media por bit=	$5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
SNR _{0,PCM} para PCM=	$SNR_{0,PCM} = \frac{12P}{A_s^2} = 48 \text{ (16.81 dB)}$
	$A_s = \frac{2 \cdot m(1+\alpha)}{2^n} = \frac{2 \cdot 2}{2^3} = \frac{2}{2^3}$ $\Delta \neq A$ (con 3 bits no)
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.	No comentar resultados!

Miembros del grupo de trabajo: Grupo Número _____

	ROBERTO FRECHILLA PRIETO		PABLO GONZALEZ CID	Firmas
	SONIA CANDELAS PLASENCIA		CARLOS RAMOS MAGDALENO	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$$\text{FM: Regla de Carson} \quad B_T = 2W(D+1) = 2(\Delta f_{\max} + W) = 180\text{KHz}$$

✓

Ancho de banda FM=	180KHz	= Ancho de banda PCM
--------------------	--------	----------------------

$$\text{SNR}_F = \frac{Ac^2}{2B+N_0} \geq 10\text{dB} \quad \text{Unidades lineales} \quad 10\text{dB} \Rightarrow 10 \\ Ac = 0,268\text{V}, P_m = \frac{Ac^2}{2} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{wattos}$$

Potencia mínima señal FM=	$3.6 \cdot 10^{-3}$ wattos	= Potencia señal PCM
---------------------------	----------------------------	----------------------

En PCM: Máxima velocidad binaria para ese $B_T = 360\text{KHz}$	$T_s = T_b \log_2(4)$	$T_b = \frac{T_s}{\log_2(4)} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} \text{seg}$
---	-----------------------	--

En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia = 142979 bits/seg	$E_b = P_m \cdot T_b$	$E_b = 10^{-8}$
--	-----------------------	-----------------

SNR _{PCM} para FM=	$\frac{3Ac^2 K_f^2 \cdot P_m}{2N_0 W^3} \text{ donde: } K_f = K_f \cdot Ac ; \text{ SNR}_{PCM(FM)} = \frac{(180)^2 \cdot 1}{62815 \cdot 10^3} = 2250 = 53,52\text{dB}$
-----------------------------	--

Pruido	$2 \cdot \frac{10^{-8}}{(0,268)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \cdot 2\pi f = \frac{4 \cdot 10^{-8}}{(0,268)^2} \cdot \frac{f}{3} \left \begin{array}{l} 10^{-8} \\ = 626,510^{-3} \text{ wattos} \\ \text{cuantos Wattos?} \end{array} \right. \quad \text{11}$
--------	---

Amplitudes de la codificación NRZ	$3A = 183 \text{ volt}, 2A = 122 \text{ volt}, A = 61,72 \text{ voltos}$
-----------------------------------	--

~~$$P_m = \sqrt{\int_0^{T_s} (2A)^2 dt + \int_0^{T_s} (0)^2 dt + \int_0^{T_s} (2A)^2 dt} = \sqrt{2A^2 T_s} = \sqrt{2 \cdot 122^2 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$~~

Tasa muestreo PCM=	
--------------------	--

~~$$2 \cdot B_T = 30,000 \text{ muestras/seg} \quad \text{¿que es esto?} \quad \text{X}$$~~

Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	$\frac{360}{T_b} = 360 \cdot 10^3$
---------------------------------------	------------------------------------

Número de bits por muestra=	$\frac{360 \cdot 10^3}{1/30,000} = 12 \quad \text{Con } T_b = 1/10^{-6} \text{ s;}$
-----------------------------	---

Energía media por bit=	$3.6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,72 \cdot 10^{-5} \quad \text{¿Supera el umbral teórico?} \quad \frac{0,72 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-8}} = 360 = 6,5 \text{dB} < 11$
------------------------	--

SNR _{PCM} para PCM=	$\frac{12}{1} \Rightarrow S6ts = 4/12 = 1/3 \text{ dB} \quad \text{con } S6ts : \quad \text{SNR}_{PCM} = \frac{12}{1} \cdot \frac{1}{10^{-5}} = 12 \cdot 10^5 = 768 = 28,65 \text{dB}$
------------------------------	--

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.
con 12?

abril de 2009

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 5

	MARIA ANGELES ENCINAS MOZO		DAVID HILARIO DOMINGUEZ	Firmas
	MARTA MERINO SAINZ		ISRAEL SURRIBAS PLANAS	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{P_s}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ±2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$D = \frac{\Delta f}{W} = \frac{75}{15} = 5$.		
$B_T = 2 \cdot (D+1) W = 12 \cdot 15 = 180 \text{ KHz}$	(Carson)	
Ancho de banda FM= <u>186 KHz</u>	= Ancho de banda PCM	
$P_{NI} = 2 B_T \frac{N_0}{2} = 180 \text{ K} \cdot 2 \cdot 10^{-8} = 360 \cdot 10^{-5} \text{ W}$		
$SNR_I = \frac{P_s}{P_N}^2$	$SNR_I \geq 10$; $P_s > CP_{NI}$	$P_s = 360 \cdot 10^{-4}$
Potencia mínima señal FM= <u>36 mW</u>	=Potencia señal PCM	
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	<u>$360 \cdot 10^3 \text{ bps}$</u>	
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	<u>142979 bps</u>	(NRZ + Restitutivo)
SNRo para FM= <u>2250</u> <u>33.5dB</u>	$A_f = k_f \cdot 2$	$SNR_E = \frac{P_S}{P_{N_0}}$
$P_{ot} = \int_0^{T_S} 9A^2 dt + \int_0^{T_S} 4A^2 dt + \int_0^{T_S} A^2 dt + \dots \rightarrow 36 \text{ mW. ?}$		X
Amplitudes de la codificación NRZ	<u>$3A = 185,16$</u> ; <u>$2A = 123,44$</u> ; <u>$A = 61,72$</u> ; <u>0</u>	
Nyquist $\rightarrow T_m = 2T_b$.		✓
Tasa muestreo PCM= <u>30.000 Hz</u>		
$R_S = \frac{2 \cdot k_f \cdot 2}{2 \cdot k_f} \cdot T_S = 2,7 \cdot 10^{-6} \rightarrow R_S = 185,185$	$R_S = \frac{1}{T_S}$ per definición	X
	$T_S = 7 \cdot 10^{-6} \rightarrow R_S = 71,428$	
Máxima tasa de símbolos PCM en canal= <u>71.428</u>		
Número de bits por muestra= <u>5 bps</u> $\rightarrow T_S = 7 \cdot 10^{-6}$	<u>12 bps</u> $\rightarrow T_S = 2,7 \cdot 10^{-6}$	¿Cómo?
Energía media por bit= <u>$9 \cdot 72 \cdot 10^{-8}$</u> ¿Cómo? ¿Supera el umbral teórico? No		
SNRo para PCM= <u>28.85dB</u> ¿Cómo?		
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.		

- El más restrictivo es 4-NRZ por lo que lo seleccionado siempre será con los parámetros de 4-NRZ y serán 5bps. Habría que hacerlo con limitación ancho de banda!

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 6A

	LORENA RODRIGUEZ ALEGRE		MARITZA SALOME LOPEZ DEL SOL	Firmas
	BEATRIZ ASENSIO VALVERDE		MIGUEL DE ANDRES LOZANO	

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ±2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$$\frac{B_T}{f_m} = 2 (\Delta f_{max} + \omega) = 2 (75 \text{ KHz} + 15 \text{ KHz}) = 180 \text{ KHz}$$

$$B_{PCM} = 2 \frac{R_s}{2} (1+\alpha) = 2 R_s = 180 \text{ KHz} \rightarrow R_s = 90 \text{ K baudios.}$$

$$\text{Ancho de banda FM} = 180 \text{ KHz.} \quad = \text{Ancho de banda PCM}$$

$$A_c^2/2 > 10 B_T N_0 \rightarrow A_c^2 > 10 \cdot 180 \text{ KHz} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \rightarrow A_c > \sqrt{4 \cdot 0.018} = \\ A_c = 0'268 \Rightarrow P_{min} = (A_c)^2/2 = (0'268)^2/2 = 0'036 \text{ W}$$

$$\text{Potencia mínima señal FM} = 0'036 \text{ W} \quad = \text{Potencia señal PCM}$$

$$\text{En PCM: Máxima velocidad binaria para ese } B_T = 360 \cdot 10^3 \text{ bits/seg} \quad \checkmark \text{ ¿cómo?}$$

$$\text{En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia} = 142,86 \cdot 10^3 \text{ bits/seg} \quad ? \quad \checkmark$$

$$SNR \text{ para FM} = \frac{3 A_c^2 K_F^2 P_m}{2 N_0 W^3} = 3315 \text{ dB} ; \quad K_F = \frac{\Delta f}{m \cdot 10^3 \text{ Hz}} = 37,5 \cdot 10^3$$

$$\text{La codificación 4-NRZ usa 4 niveles distintos, calculemos su potencia e igualaremos a la obtenida en FM: } P_{PCM} = \frac{1}{2} \left(\frac{(3A)^2}{2} + \frac{(2A)^2}{2} + \frac{A^2}{2} + 0 \right) D = 0,036 \text{ W} \quad \checkmark \text{ voltios?}$$

$$\text{Amplitudes de la codificación NRZ} \quad A=60,85 \quad 2A=121,7 \quad 3A=182,55 \quad (4A=0)$$

$$f_m = 2W = 2 \cdot 90 \cdot 10^3 \text{ Hz} \rightarrow T_m = \frac{1}{30 \cdot 10^3} \text{ seg}$$

$$\text{Tasa muestreo PCM} = 30 \text{ 000 muestras/seg}$$

$$B_T = \frac{R_s}{2} (1+\alpha) = \frac{2 R_s}{2} \rightarrow R_s = B_T = 180 \cdot 10^3 \text{ símbolos/seg} \\ R_b = 2 R_s = 360 \cdot 10^3 \text{ bits/seg.} \quad \text{No es asunto abierto!}$$

$$\text{Máxima tasa de símbolos PCM en canal} = 180 \text{ 000 símbolos/seg}$$

$$\text{Número de bits por muestra} = \frac{T_m}{T_b} = \frac{1/30 \text{ 000}}{1/360 \text{ 000}} = 12 \text{ bits/muestra.}$$

$$\text{Energía media por bit} = 10^{-7} \quad ? \quad \text{¿Supera el umbral teórico?} \quad \text{No}$$

$$SNR \text{ para PCM} = \frac{12 \cdot P_m}{\Delta^2} = 70,99 \text{ dB} \rightarrow \text{Continúa por detrás.} \\ \Delta = 4/2^{12} = 9177 \cdot 10^{-4}$$

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra. *¿No lo comentarás?*

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 7

	ANDRES ALVAREZ GAGO		LAURA MARTIN GONZALEZ	Firmas
	MARCOS GARCIA GARCIA			

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ±2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$B_{\text{W}} = 2(D + \delta)P_m = 180 \text{ KHz}$		
$D = \frac{\Delta f}{P_m} = \frac{75 \text{ KHz}}{15 \text{ KHz}} = 5$	180 KHz	180 KHz
Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM
$\text{SNR}_{\text{FM}} > 10 \text{ dB}$	$\text{SNR}_{\text{i}} > \frac{P_{\text{Si}}}{P_{\text{N0}}} \quad P_{\text{N0}} = \frac{N_0}{2} \cdot 2B_{\text{W}} = 2 \cdot 10^{-8} \cdot 180 \text{ KHz} = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ W}$	
	$P_{\text{Si}} > 0,036 \text{ W}$	
Potencia mínima señal FM=	$0,036 \text{ W}$	= Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese $B = 180 \text{ K}$	$R_s = B_T = \frac{1}{T_b} = 180 \text{ K}$	$R_b = 2R_s$
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	$E_b = P_{\text{Si}} \cdot T_b \quad (T_b = 10^{-7}) \quad R_b = \frac{1}{T_b} = 1429 \text{ bits/seg}$	
SNR ₀ para FM=	$33,52 \text{ dB}$	$\text{SNR}_0 = \frac{P_{\text{Si}}}{P_{\text{N0}}} = \frac{10^{\frac{33,52}{10}} P_m}{\frac{2}{3} N_0 2 P_m^3} = 2250 \quad (33,52 \text{ dB})$
$T_{\text{Simb}} = 2T_b = 5 \cdot 10^{-6}$	$\frac{0,12 + 4A^2 + A^2}{8D^2 \cdot 4T_b} = T_{\text{Simb}} = P_{\text{Si}}$	$P_{\text{Si}} = 0,036$
Amplitudes de la codificación NRZ	$A = 60,185 \text{ V}$	$2A = 123,4 \text{ V}$
$A = 123,4 \text{ V}$	$3A = 185,16 \text{ V}$	
Tasa muestreo PCM= $3,3 \cdot 10^9$	$T_s = \frac{1}{f_m} = \frac{1}{30 \text{ K}} = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ muestra/seg}$	
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	$B_f = ? \cdot R_s = \frac{R_b}{2} = 180 \text{ K}$	símbolos/segundo?
Número de bits por muestra=	$\frac{T_s}{T_b} = \frac{3,3 \cdot 10^{-5}}{1/360 \text{ K}} = 12 \text{ bits.}$	
Energía media por bit= 10^{-7}	$E_b = P_{\text{Si}} \cdot T_b = 0,036 \cdot \frac{1}{360 \text{ K}}$	¿Supera el umbral teórico? $\frac{E_b}{N_0} = 5 \quad (6,9 \text{ dB})$
SNR ₀ para PCM=	$\Delta = \frac{4}{2^{12}} = 9,76 \cdot 10^{-4}$	$\text{SNR}_0 = \frac{12 P_m}{\Delta^2} = 12582912 \quad (70,99 \text{ dB})$
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.		

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número _____

	RAUL MUÑOZ		RUBEN LORENZO ISIDRO	Firmas
	JOSE LUIS PEREZ NUEVO		DIEGO DE LA FUENTE CORTIJO	

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ±2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$W = 15 \text{ KHz}$	$D = \frac{\Delta f}{W} = 5$	$B_T = 2 \cdot 15 (5+1) = 180 \text{ KHz}$	✓
Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM	
$P_{hi} = 2 \cdot B_T \frac{N_0}{2} = 180 \text{ KHz} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ W/Hz} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ W}$			✓
Potencia mínima señal FM=	$36 \cdot 10^{-3} \text{ W}$	=Potencia señal PCM	
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	$180 \text{ K} \cdot 2 = 360 \text{ Kbit/seg.}$		✓
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	$\frac{1}{Tb} = \frac{P}{E_b} \approx 142.857 \text{ bits/seg} = 142.857 \text{ Kbit/seg.}$		✓
SNR para FM=	$SNR_D = \frac{3 \cdot A_c^2 \cdot K_f^2 \cdot P}{2 \cdot N_0 \cdot W^3} \approx 2250 \approx 33.52 \text{ dB}$		✓
$\int_0^{T_s} qA^2 dt + \int_0^{T_s} qA^2 dt + \int_0^{T_s} A^2 dt + 0$	$= \frac{(8A^2 + 4A^2 + A^2) T_s}{8} = 36 \cdot 10^{-3}$	$Tb = 2^{17} \cdot 10^6$	X
$T_s = 2 Tb$			X
Amplitudes de la codificación NRZ			X
$f_s = 2 B_W = 30 \cdot 10^3 \text{ muestras/seg.}$			✓
Tasa muestreo PCM=	$30 \cdot 10^3$		
$R_s = \frac{1/Tb}{2}$	$Tb = 2^{17} \cdot 10^6$		✓
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	180.000 símbolos/seg		
Número de bits por muestra=	$\frac{T_s}{Tb} = \frac{30 \cdot 10^3}{2^{17} \cdot 10^6} = 12 \text{ bits/muestra}$		✓
Energía media por bit=	$E_b = P \cdot Tb = 9 \cdot 7 \cdot 10^{-8}$	¿Supera el umbral teórico? $E_b < 11 \text{ dB}$ No, no supera el umbral	X
SNR para PCM=	$\sigma_a^2 = \frac{A^2}{12}, SNR_a = \frac{P}{\sigma_a^2} = \frac{12 \cdot 1}{A^2}$	Para 12 bits un se supera el umbral mejor utilizaran $Tb = 7 \cdot 10^6$	X
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.			X

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 3

	AGUSTIN MARTIN ARRANZ		JORGE CARLON GOMEZ	Firmas
	JAVIER MARTINEZ BENITO		ALBERTO DE LA FUENTE MU	

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de $10^{-8} W/Hz$.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

Aplicando la regla de Carson

$$B_T = \geq (4f_{max} + W)$$



= Ancho de banda PCM

Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM
--------------------	---------	----------------------

$$SNR_i = \frac{P_s}{P_{N_0}} \geq 10 \text{ dB} \quad P_{N_0} = \frac{1}{2} \cdot B_W f_m \quad \text{Despejando } P_s \quad \text{Obtenemos:} \\ \text{de donde?} \quad \checkmark$$

Potencia mínima señal FM=	35 mW	= Potencia señal PCM
---------------------------	-------	----------------------

En PCM: Máxima velocidad binaria para ese $B = 360 \text{ KHz}$	$T_b = 2^{17} \cdot 10^{-6}$	$R_b = 1/T_b = 860 \cdot 10^3 \text{ bps}$
---	------------------------------	--

En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	$E_b/N_0 = 11$	$E_b = T_b \cdot P_{N_0} \Rightarrow T_b = 719 \cdot 10^{-6} \Rightarrow R_b = \frac{1}{T_b} = 139000 \text{ bps}$
--	----------------	--

SNR ₀ para FM=	$SNR_0 = \frac{P_s}{P_{N_0}} = \frac{35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 10^3} = 1774 \text{ dB}$	✓
---------------------------	--	---

$\int_{-A/2}^{A/2} q_A^2 dt = \int_0^T q_A^2 dt = \int_0^T A^2 + \phi dt = 36 \cdot 10^{-3}$	$\Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^3 \text{ muestras por segundo}$	$T_s = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-6}$	$A^2 = 6172$
--	---	---	--------------

Amplitudes de la codificación NRZ	$3A = 185.16 \text{ V}, 2A = 133.44 \text{ V}, A = 61.72 \text{ V}, 0 \text{ V}$	✓
-----------------------------------	--	---

$f_s = 2 f_m = 2 \cdot 15 \cdot 10^3 = 30 \cdot 10^3 \text{ muestras por segundo}$	✓
--	---

Tasa muestreo PCM=	30.10 ³ muestras por segundo	✓
--------------------	---	---

$R_b = \frac{1}{T_b} = \frac{370870}{10^{-6}} \text{ bits por segundo}$	$\Rightarrow 2 \cdot \frac{R_b}{2} = 185185$	✓
---	--	---

Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	185185	✓
---------------------------------------	--------	---

Número de bits por muestra=	$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{3 \cdot 10^4} \text{ seg entre muestra y muestra}; \frac{T_s}{T_b} = 12 \text{ bits/muestra}$	✓
-----------------------------	---	---

Energía media por bit=	$E_b = P_T T_b = 36 \cdot 10^{-3} \cdot 2^{17} \cdot 10^{-6}$ ¿Supera el umbral teórico? $\frac{E_b}{N_0} = 6.86 \text{ dB}$ NO Claro	✓
------------------------	---	---

SNR ₀ para PCM=	$SNR_g = \frac{12 \cdot \Delta w}{42} \Rightarrow \Delta (12 \text{ bits}) = \frac{4}{12}; SNR_g = 70.99 \text{ dB}$	✓
----------------------------	--	---

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.
No supera umbral!!

Mínima potencia para transmitir la señal

abril de 2009

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número _____

		ABEL MARTINEZ GONZALEZ		ADRIAN RIOS FADON	Firmas
		LUIS HERNANDO CARDABA		ALEXANDER CURIEL ROBLES	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz .

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$B_T = 2(D+1)W$	$D = \frac{\Delta f}{W} = \frac{75}{15} = 5$	$B_T = 2(5+1) \cdot 15 \cdot 10^3 = 180 \text{ KHz}$	✓
Ancho de banda FM=		180 KHz	= Ancho de banda PCM
$SNR_i = \frac{P_{S1}}{P_{Ni}}$	$P_{Ni} = 2 \cdot B_T \cdot \frac{W}{2} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ W}$	$P_{S1} = P_{Ni} \cdot SNR_i = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	✓
Potencia mínima señal FM=	$3,6 \cdot 10^{-2} \text{ W}$	=Potencia señal PCM	
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =		$R_b = \frac{1}{T_b} = 14,286 \cdot 10^{-9} \text{ bit/seg}$?
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =		$R_b = 180000 \cdot \frac{2 \text{ bit}}{\text{seg}} = 360000 \text{ bit/seg}$	X
SNR ₀ para FM=	$SNR_0 = \frac{P_{S0}}{P_{Ni}} = \frac{3,6 \cdot 10^{-2} \text{ W}}{2 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot 180 \text{ KHz}} = 2244,5 \rightarrow SNR_0 = 10 \log(2244,5) = 33,5 \text{ dB}$		✓
$0 + \int_0^{T_s} \Delta^2 + \int_{T_s}^{2T_s} \Delta^2 + \int_{2T_s}^{3T_s} \Delta^2 = 3,6 \cdot 10^{-2}$	$\rightarrow \Delta = 61,7$		X
Amplitudes de la codificación NRZ	$0 \rightarrow \Delta = 61,7 \quad 2\Delta = 123,4 \quad 3\Delta = 185,1$		X
$f_{sample} = 2 \text{ W}$	$T_{sample} = \frac{1}{f_{sample}} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} \text{ seg/muestra}$?
Tasa muestreo PCM=	$0,333 \cdot 10^{-9} \text{ seg/muestra}$	$\frac{1}{T_s} = 14,286 \text{ bits/seg}$	esta es/
$T_{símbolos} = T \text{ bit} \cdot \log(N^{\circ} \text{ símbolos}) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ seg/símbolo}$			de donde?
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=		$\frac{1}{T_{símbolos}} = 185,185 \text{ símbolos/seg}$	
Número de bits por muestra=	$\frac{T_{muestra}}{T_{símbolo}} = \frac{1/3 \cdot 10^{-9}}{5,4 \cdot 10^{-6}} = 12,34 \text{ bits por muestra}$?
Energía media por bit=	$E_b = P_s \cdot T_b = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-9} = 7,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$	Supera el umbral teórico? $\frac{E_b}{N_0} = 6,86 \text{ dB} < 11 \text{ dB}$?
SNR para PCM=	$SNR = \frac{P_x}{P_{Nq}} = \frac{12 P_x}{\Delta^2} = \frac{12 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-12}} \Rightarrow$	$= 70,99 \text{ dB}$	V
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.		OK	V

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 5

	GONZALO PALENCIA PINEDO		ALBERTO CASERO DE LA CALLE	Firmas
	SAMUEL PARDAL HIGUERA		DIEGO DE MIGUEL RIVERO	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{P_s}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$B_f = 2(D+1) f_m = 180 \text{ kHz}$	$D_f = 75 \text{ kHz}$	$f_m = 15 \text{ kHz}$	✓
Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM	
$SNR_f > 10 \text{ dB}$ Criterio Umbral	$P_s \geq 10 \text{ mW}$	$SNR_f = \frac{P_s}{P_N} = \frac{P_s}{\frac{N_0}{2}} > 10$	✓
Potencia mínima señal FM=	36 mW	=Potencia señal PCM	✓
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_f =	$B_f = 120 \cdot 10^3 = R_s (\text{bitos/s})$	$R_s = 7 \text{ símbolos} \Rightarrow R_b = 360 \cdot 10^3 \text{ bits/ses}$	$\frac{f_m}{B_f} = \frac{15}{180} \cdot 10^3$
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	$P_s = 2^{\frac{1}{2}} \cdot 32 \cdot 10^3 = 36 \cdot 10^3 \text{ Jb}$	$T_b = 7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	✓
SNRo para FM=	$SNRo = \frac{P_s}{P_N} = \frac{P_s}{kT_b} = \frac{36 \cdot 10^3}{k \cdot 7 \cdot 10^{-6}} = 2250$	$N = \frac{1}{kT_b} = \frac{1}{7 \cdot 10^{-6}} = 142799 \text{ bps}$	✓
	$P_s = 36 \cdot 10^3 \text{ mW}$	$P_s = 2 \int_{-15}^{15} \frac{1}{2} (1 + \cos(2\pi f t)) dt = 6 \cdot 25 \cdot 10^3 \text{ mW}$	✓
	$P_s = 36 \cdot 10^3 \text{ mW}$	$k = \frac{15 \cdot 10^3}{2} = 36 \cdot 10^3 \text{ bits/ses}$	✓
	$T_b = 2 \cdot 7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	$A = 61'72$	✗
Amplitudes de la codificación NRZ	$A = 61'72$		✓
Tasa de muestreo = $2 \cdot B_f = 30.000 \text{ bits/ses}$			✓
Tasa muestreo PCM=	30.000 bits/ses		
Si uso $T_b = 7 \cdot 10^{-6} \Rightarrow [11 + 10^{-6}] / 2 = 71428'57$			✓
Si uso $T_b = 2'71 \cdot 10^{-6} \Rightarrow [11 / 2 \cdot 71 \cdot 10^{-6}] / 2 = 184501'845$?	✓
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	(con $T_b = 7 \cdot 10^{-6} \Rightarrow 71428'57$)	(con $T_b = 2'71 \cdot 10^{-6} \Rightarrow 184501'845$)	✓
Número de bits por muestra=	Para $T_b = 7 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \frac{130.000}{7 \cdot 10^{-6}} = 55 \text{ bits/muestra}$	$T_b = 2'71 \cdot 10^{-6} \text{ s}, E_Pt = 36 \cdot 10^3 \cdot 87 \cdot 10^{-6} \cdot 976 \cdot 10^{-3} = 9'72 \cdot 10^{-3} = 436 \Rightarrow 6'30 \text{ dB} < 11 \text{ dB}$	✓
	Para $T_b = 2'71 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \frac{130.000}{2'71 \cdot 10^{-6}} = 1235 \text{ bits/muestra}$	No NO SUPEREA EL UMBRAL	✓
Energía media por bit=	$1235'80 < 11 \text{ dB} \Rightarrow \text{NO SUPEREA}$	¿Supera el umbral teórico?	✓
SNRo para PCM=	$SNR_{q_{(5 \text{ bits})}} = \frac{12 \cdot 1}{4/15} = 2'85 \text{ dB}$	$SNR_{q_{(11 \text{ bits})}} = \frac{12 \cdot 1}{4/21} = 71 \text{ dB}$	✓
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.			

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número 6

	BEATRIZ HOYOS MARCOS		JOSE MARIA ALVAREZ TUNDIDOR	Firmas
	RAUL REY RENEDO		DANIEL MEDRANO DELGADO	 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a N_0 del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$B_T = 2(D+1)f_m \rightarrow B_T = 180 \cdot 10^3 \text{ Hz}$	
$D = \frac{4f}{f_m} = \frac{75 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 5$	✓
Ancho de banda FM= $180 \cdot 10^3 \text{ Hz}$	= Ancho de banda PCM
$\text{SNR}_0 \geq 10 \text{ dB} \rightarrow \frac{A_c^2/2}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 180 \cdot 10^3} = 10 \rightarrow A_c = 0'268 \rightarrow P = \frac{A_c^2}{2} = 36 \text{ mW}$	✓
Potencia mínima señal FM= 36 mW	=Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T = $360 \cdot 10^3 \text{ bps} \rightarrow T_b = 2'77 \cdot 10^{-6} \text{ seg.}$	✓
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia = $142.979 \text{ bps} \rightarrow T_b = 7 \cdot 10^{-6} \text{ seg.}$ <i>¿dónde?</i>	✓
SNR ₀ para FM= $P_{señal} = 2 \int_{0}^{15 \cdot 10^3} \frac{2 \cdot 10^{-8}}{(0'268)^2} f^2 df = 626'5 \cdot 10^3 \text{ W} ; \text{ SNR}_0 = \frac{14^2 \cdot P}{P_{señal}} = \frac{\left(\frac{75 \cdot 10^3}{2}\right)^2 \cdot 1}{626'5 \cdot 10^3} = 335 \text{ dB.}$	✓
$\int_0^{T_b} 9A^2 dt + \int_0^{T_b} 4A^2 dt + \int_0^{T_b} A^2 dt + 0 = \frac{(9A^2 + 4A^2 + A^2) T_b}{8} = 36 \cdot 10^{-3} \rightarrow T_b = 2 \cdot 2'7 \cdot 10^{-6} \rightarrow A = 61'72$	✗
Amplitudes de la codificación NRZ $0, 61'72 \text{ V}, 123'44 \text{ V}, 185'13 \text{ V}$	✗
TH.NYQUIST: $f_s = 2W = 2 \cdot 15 \cdot 10^3 = 30 \cdot 10^3 \text{ Hz}$	✓
Tasa muestreo PCM= $30 \cdot 10^3 \text{ muestras/seg.}$	✓
$R_s = \frac{R_b}{2} ; R_b = \frac{1}{T_b} = \frac{1}{2'77 \cdot 10^{-6}} \rightarrow R_s = \frac{360 \cdot 10^3}{2} = 180 \cdot 10^3$	✓
Máxima tasa de símbolos PCM en canal= $180 \cdot 10^3 \text{ símbolos/seg.}$	✓
Número de bits por muestra= $\frac{T_b}{T_s} = \frac{1/30 \cdot 10^3}{2'77 \cdot 10^{-6}} \approx 12 \text{ bits/muestra.}$	✓
Energía media por bit= $E_b = P \cdot T_b = 36 \cdot 10^{-3} \cdot 2'77 \cdot 10^{-6} = 9'72 \cdot 10^{-9}$	✓
¿Supera el umbral teórico? NO	✓
SNR ₀ para PCM= <i>Como no superamos el umbral teórico, no podemos calcular el SNR₀ para PCM con el $T_b = 2'77 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ [12 bits]. Podemos emplear $T_b = 7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ [5 bits]. Empleando este dato:</i>	✓
$\text{SNR}_0 = 12 \cdot P / A^2 = 12 \cdot 1 / \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 28'85 \text{ dB}$	✓
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.	No pido la teoría solo tus resultados

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número _____

	CRISTINA FOLGADO GALACHE		JORDAN JIMENEZ RODRIGUEZ	Firmas
	FRANCISCO JAVIER BLANCO GARCIA		CRISTINA MOLINERA RINCON	<input type="radio"/> 0 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 10

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ±2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz.

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

$$B_T = 2(\Delta f_{max} + W) \rightarrow B_T = 2(75 \text{ KHz} + 15 \text{ KHz}) = 180 \text{ KHz}$$

Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM
SNR_{FM} = $\frac{P_s}{2N_0 \cdot W/B_T}$	$\geq 10 \text{ dB} ; P_s = \frac{A_c^2}{2} ; P_s > 36 \text{ mV}$	$A_c = 0.268$
Potencia mínima señal FM=	36 mV	= Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	800000 bits/sig	424000 bits/sig RL = 27.10^6
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =	32000 bits/sig	$RL = 7.10^6 \Rightarrow RL = 14.9979 \text{ bits/sig}$
SNR _{FM} = $\frac{P_s^2 \cdot k_B \cdot T_m}{2 \cdot 10^3 \cdot N_0}$	$39.78 = 9.9 \text{ dB} ; A_f = K_g \cdot A_m \rightarrow 7.5 \text{ K} = K_g / 2 \rightarrow K_g = 37.5 \text{ KHz}$	$SNR_o = \frac{P_s^2 \cdot P_m}{N_0} = 33.92 \text{ dB}$

$$\Delta = \frac{2 \times \text{máx}}{2} = \frac{2 \cdot 2}{2^2} = 1 \quad 0 \rightarrow \frac{\Delta}{2} = 0.5 \text{ Pmido.} = 2 \int_0^{15K} \frac{2 \cdot 10^3}{(0.268)^2} t^2 dt = 626.5 \text{ K}$$

A →

Amplitudes de la codificación NRZ

$$36 \text{ mV} = \int_0^{T_1} A^2 dt + \int_0^{T_2} (A^2 + A_1^2) dt + \int_0^{T_3} A_1^2 dt \Rightarrow \frac{(9A^2 + 2A_1^2 + A_2^2) \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{8} = 36 \text{ m} \Rightarrow A = 6.172$$

Tasa muestra PCM=	30000
-------------------	-------

80 veces el ancho de banda de la señal muestrada

Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	$R_s = RL/2 = 7.10^6 / 2 = 3.5 \text{ K}$
---------------------------------------	---

Número de bits por muestra=	tiempo de muestra $\frac{1}{30000} = 3.3 \cdot 10^{-5}$ Nbits que caen = $\frac{3.3 \cdot 10^{-5}}{2.7 \cdot 10^6} = 12.8 \text{ bits/muestra}$
-----------------------------	---

Energía media por bit=	$E_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 10^3}{(0.268)^2} \cdot 10^{-12} = 1.21 \cdot 10^{-12} \text{ J}$	¿Supera el umbral teórico? No No
------------------------	---	---

SNR _{PCM} = $\frac{12.1}{0.121} = 100 \text{ dB}$	$D_s = \frac{4}{2^{12}} = 9.76 \cdot 10^{-4}$
--	---

(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra

$SNR_{FM} = \frac{12.1}{0.121} = 7.10 \text{ dB}$	$D_s = \frac{4}{2^{12}} = 9.76 \cdot 10^{-4}$
---	---

Miembros del grupo de trabajo Grupo Número

	FCO. JAVIER ALVEAR GRANJA		JUAN FRANCISCO HERNANDO ESTEBAN	Firmas
	HECTOR DEL REY PRIETO			

Caso práctico: Comparación FM-PCM

En este ejercicio vamos a calcular la calidad con que se recibe una señal analógica mediante los sistemas FM (con una desviación de frecuencia de 75KHz) y PCM con codificación 4-NRZ (de 4 niveles: 0, A, 2A, 3A voltios). En ambos casos vamos a utilizar el mismo ancho de banda y la misma potencia media de señal. Dicha potencia será la necesaria para que ambas comunicaciones se puedan realizar (El sistema PCM necesita una energía media por bit respecto a No del ruido ($\frac{E_b}{N_0}$) de 11dB). La señal a transmitir es una señal de audio con 15KHz de ancho de banda un margen dinámico de ± 2 voltios y 1W de potencia media. En el canal hay un ruido AWGN con una D.E.P. de 10^{-8} W/Hz .

Hay que obtener como resultado final la relación señal a ruido SNR con que la señal se entrega al destinatario.

Regla de Carson: $B_T = 2W(D+1)$		$B_T = 2(Af + W) = 2(75\text{KHz} + 15\text{KHz}) = 190\text{KHz}$
$D = \frac{Af}{W}$		$Af = 75\text{KHz} \quad W = 15\text{KHz}$
Ancho de banda FM=	180 KHz	= Ancho de banda PCM
$SNR_F = \frac{Ac^2}{2N_0B_T} = 11\text{dB}$	$Ac = 0.2814$! Factor desviación $D = \frac{Af}{W} \rightarrow Af = D \cdot W = 2 \cdot 15\text{KHz} = 30\text{KHz}$ $P_s = \frac{Ac^2}{2} = 0.0396$
Potencia mínima señal FM=	0,0396 W	=Potencia señal PCM
En PCM: Máxima velocidad binaria para ese B_T =	$t_s = 1/180\text{KHz} \quad ? R_b ?$	
En PCM: Máxima velocidad binaria para esa potencia =		
SNR _{FM} para FM=	$SNR_{FM} = \frac{3Ac^2 K_f^2 P_m}{2N_0 W^2} = 168 \quad (31.9\text{dB})$?
Amplitudes de la codificación NRZ	?	
$f_{Nyquist} = 2f_{máx} = 2 \cdot W = 2 \cdot 15\text{KHz} = 30\text{KHz}$	✓	
Tasa muestreo PCM=	30 KHz	
$B_T = \frac{R_s}{2}(1+\alpha) = 180\text{KHz} \rightarrow R_s = \frac{B_T}{2} = 90\text{Kbaudios}$! Es símbolo!	
Máxima tasa de símbolos PCM en canal=	90 Kbaudios	b1K0M110
Número de bits por muestra=	$n = \frac{R_b}{f_{Nyquist}}$	$n = \frac{90K}{30K} = 3 \text{ bits}$ $Energía = \frac{P_{ot FM}}{R_s} = \frac{0.0396}{90K} = 4.4 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
Energía media por bit=	$4.4 \cdot 10^{-7} \text{ Joules}$	¿Supera el umbral teórico? Umbral teórico: 10^{-8} J
SNR _{PCM} para PCM=	$SNR_o = \frac{12P_m}{As^2}$	$As = \frac{W}{2^n} = \frac{15\text{K}}{2^3} = \frac{15\text{K}}{8} \quad SNR_o = 48 \quad (16,81\text{dB})$
(Por detrás) Breve comparativa de los resultados obtenidos para ambas técnicas y las ventajas e inconvenientes de una y otra.		