



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo:

Una fuente de información produce un mensaje digital binario de 256 kbps, como para su transmisión se dispone de un canal de 50 kHz de ancho de banda, se decide transformarlo en una señal digital de niveles múltiples. Determine:

- El número de niveles necesario y la cantidad de bits que deberán agruparse en cada símbolo de la señal a transmitir.
- Cual sería el sistema de modulación más ventajoso para la transmisión?. Justifique su elección.

Solución:

$R_b = 256 \text{ Kbps}$ (Velocidad de Transmisión)

a)- $A_{b_{\min}} = R_b / 2 = 256 / 2 = 128 \text{ KHz}$.

Tomamos por exceso **150 > 128 KHz**, esto nos permite obtener una relación de enteros para el número de bits.

Entonces:

$M = 150 / 50 = 3 \text{ bit} \rightarrow$ Grupos de 3 bits

Niveles = $2^3 = 8$ niveles.

Agrupando de a 3 bits el Ancho banda queda reducido $AB = 128 / 3 = 42 \text{ KHz}$ que pasa por el canal de 50 KHz



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo 2:

Una señal de audio $x(t)$, limitada en ancho de banda a 3600 Hz se debe transmitir, previa codificación en PCM, por un canal digital (binario) cuya velocidad de transmisión es de 40 kbps.

Calcular:

- La frecuencia (mínima) a que se debe tomar las muestras de $x(t)$,
- El número (máximo) de bits con que se puede codificar cada muestra,
- El valor eficaz del ruido de cuantificación suponiendo cuantización uniforme, suponiendo que $x(t)$ varía entre ± 3 volts.

Solución:

$F_s = 3600 \cdot 2 = 7200$ Hz, $AB = 40$ Kbaud = 40 KHz, $R_b = 2 \cdot 40 = 80$ Kbaud, $m = R_b / F_s = 80 \cdot 10^3 / 7,2 \cdot 10^3 = 10$, aprox. $2^{10} = 1024$ niveles

Codifico de a 10 bits

$\Delta = 6V / 1024 = 6$ mV, ruido o error cuantificación = $6 / \sqrt{12} = 3$ mV valor rms de ruido.



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo 3:

Una señal de aleatoria con función de densidad de probabilidad constante entre ± 10 volt y limitada en ancho de banda a 12 kHz debe codificarse para ser transmitida por un sistema PCM (supóngalo de cuantificación uniforme). Determinar:

- (a) La mínima frecuencia de muestreo,
- (b) El número de bits necesarios para codificar en forma binaria cada muestra, si se busca que la relación entre la potencia media de señal y la potencia media de ruido de cuantificación sea mejor que 30 dB,
- (c) La mínima velocidad de transmisión en baud.

Solución: $f_s = 2 \cdot 12 \text{ KHz} = 24 \text{ KHz}$, calculo delta = 0,5, 64 niveles, $m = 6$
 $R_b = f_s \cdot m = 24000 \cdot 6 = 144 \text{ Kbps}$, min veloc = $R_b / 2 = 72 \text{ Kbps}$. ABanda canal = 72 KHz



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo 4:

1. Los parámetros básicos de un sistema PCM de grabación de discos compactos de dos canales (estereofónico) son, para cada uno de ellos: Señal analógica de entrada, limitada a 15 kHz de ancho de banda, toma de muestras a 44 kHz y 16 bits disponibles para codificar cada muestra.. Suponiendo que la señal analógica de ambos canales no tiene componente continua y que el muestreo es ideal, calcular: (a) El número de niveles de la señal cuantificada, (b) La velocidad de transmisión por canal de la señal digital resultante y (c) El valor eficaz del ruido de cuantificación, suponiendo cuantización uniforme y que la amplitud de pico de la señal analógica es ± 5 volt.
2. Con los datos básicos del problema anterior, calcular la capacidad en bits que debe tener un disco compacto para almacenar una señal de una hora de duración.

Solución: $B=15\text{KHz}$, $f_s=44\text{KHz}$, $m=16$ bit, $N=2^{16}$, $\Delta V=10\text{V}/N=150$ uV, $\epsilon=45$ uV

Solución, $T_b=1/ R_b=1/m$. $R_b=1/44 \cdot 10^3$. $16=1,42 \cdot 10^{-6}$ seg, en 1 hora= 2,5 Gbits



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo 5:

1. Determinar los siguientes parámetros de un sistema PCM para que sea capaz de transmitir una señal analógica de 5 [kHz] de ancho de banda y excursión de tensión entre $\pm V_p$ [volts] bajo la condición de que el error de cuantificación máximo admisible es el 0.05% de V_p : (a) frecuencia de muestreo, (b) N° de bits y (c) velocidad (mínima) de transmisión de la señal digital.

Solución: $f_s=10\text{kHz}$, $A=2 \cdot V_p$, $\epsilon=5 \cdot 10^{-4} \cdot V_p$ (V), $\Delta V=17 \cdot 10^{-4} \cdot V_p$ (V), $N=4000$, $m=12$, $R_b=120\text{Kbps}$



Transmisión Digital de Señales Analógicas

Ejemplo 6:

Una tensión analógica definida por $v(t) = \sum_{n=1}^{n=10} 5 \cdot \text{sen}(2\pi n f_0 t + \varphi_n)$ [volt], donde $f_0 = 1$ [kHz] y

los φ_n pueden tener cualquier valor entre $-\pi$ y $+\pi$, debe ser transmitida por un sistema de PCM que transmite a 256 kbps. Si se debe diseñar el sistema para minimizar el error de cuantificación, determine (a) El número de muestras por segundo que deben tomarse, (b) El máximo error de cuantificación que tendrá cada muestra para la frecuencia de muestro calculada.

Ejemplo 6: solución, $f_s=20\text{kHz}$, $R_b=256\text{Kbps}$, $m=R_b/f_s=13$ bit, $N=2^{13}$, $\Delta V=100\text{V}/N=12$ mV, $\epsilon=3,5$ mV