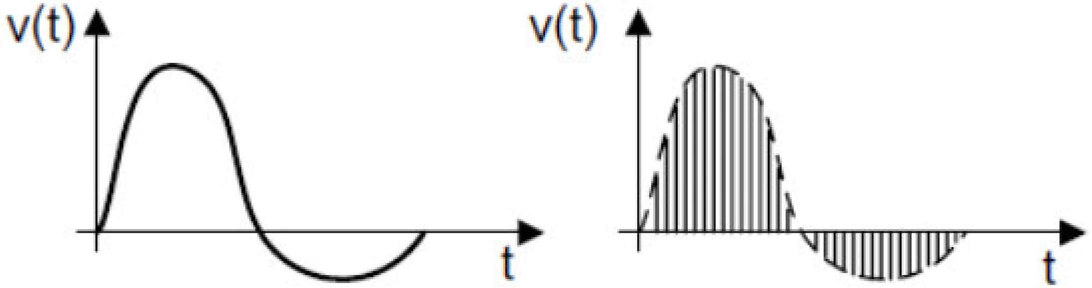
Tema 4 Mensajes y señales digitales

Formatos de transmisión.
Recuperación del mensaje.
Codificación de niveles múltiples.
Distorsión intersimbólica.
Ancho de banda ocupado por la señal digital. Señales digitales y ruido, probabilidad de error.
Transmisión de señales analógicas en forma digital. Muestreo. Sistemas PCM. Error de cuantificación.

Transmisión digital de señales analógicas

Se transmite la señal a intervalos regulares de tiempo



Tipos de modulación:

Cuantificada: la información se aproxima por un número finito de valores, PCM

No cuantificada: los parámetros que varían del impulso lo hacen de forma continua en función de la información: PAM, PWM, PPM

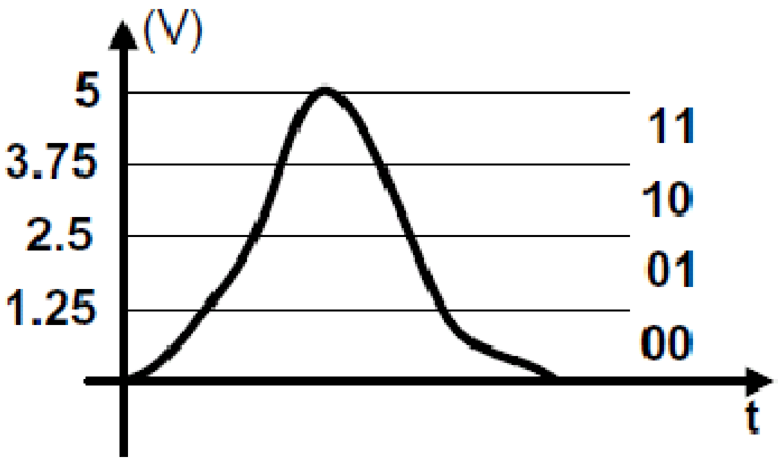
VENTAJA: MAYOR INMUNIDAD AL RUIDO QUE LA TRANSMISIÓN ANALÓGICA
PERMITEN TRANSMISIONES A MAYOR DISTANCIA
Circuitería digital de escaso coste
Pulsos digitales pueden ser almacenados
Pueden aplicarse circuitos de detección y corrección de errores

Transmisión digital de señales analógicas

<u>MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE IMPULSOS (PCM)</u>

Convertidor A/D

N: número de niveles
n: número de bits



Resolución $\boxed{\dfrac{V_{max}}{2^n}}$

Mínimo incremento de la variable analógica necesario ara modificar el bit menos significativo

MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE IMPULSOS (PCM)

La transmisión de una señal PAM es analógica pues se debe preservar a lo largo del canal de comunicación las amplitudes de los pulsos de muestra. Un sistema PCM codifica cada muestra en una serie de unos y ceros que se transmiten en el intervalo entre ellas. Para poder codificar cada muestra con un valor binario se debe:

a) disponer un T_p suficientemente pequeño para que la muestra represente el valor instantáneo de la señal *x(t)* en el momento de la muestra y

b) asimilar la muestra obtenida al valor mas próximo de un conjunto de valores fijos, que dependerá del número de dígitos disponibles para la codificación. Esto introduce un error (error de cuantificación) que será inversamente proporcional al número de bits disponibles, además impone otra limitación a la señal x(t): debe ser acotada en sus valores de tensión.

Ventajas:

- Permite efectuar numerosas transmisiones sin pérdidas por degradación
- Se presta para ser empleada en sistemas de multiplexado en el tiempo

Inconvenientes:

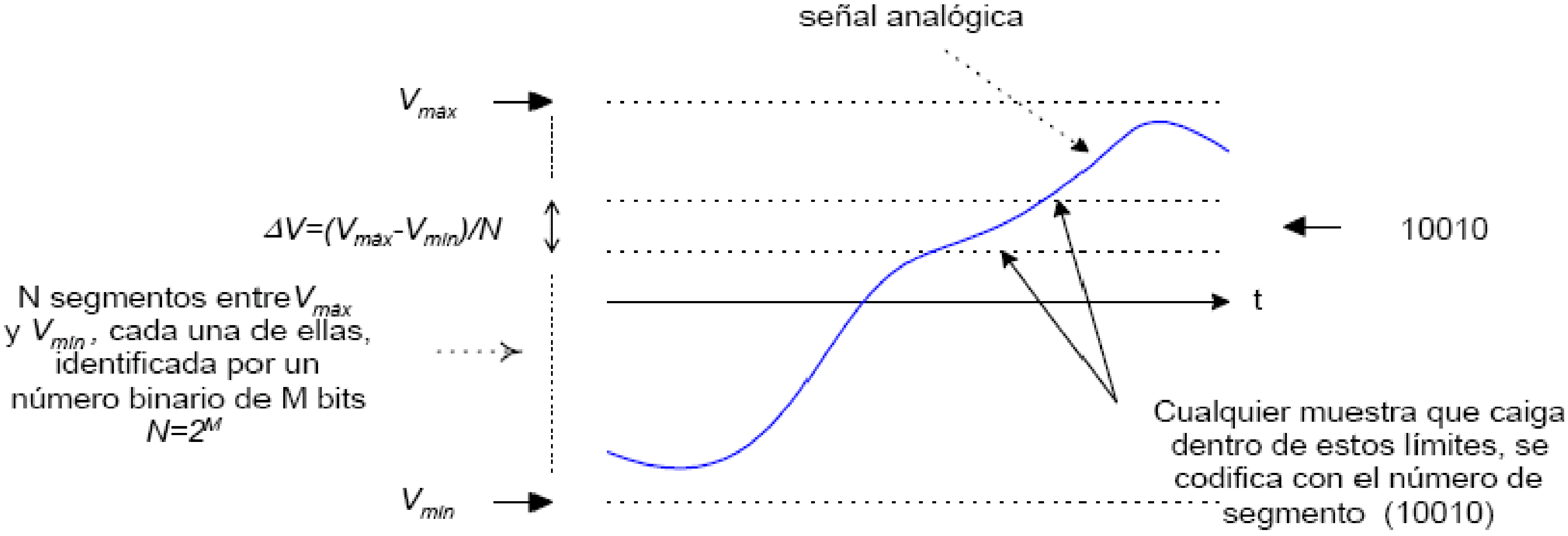
- Introduce un error ya que no se transmite el valor exacto, sino el discreto más próximo

Error de cuantificación

MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE IMPULSOS (PCM)

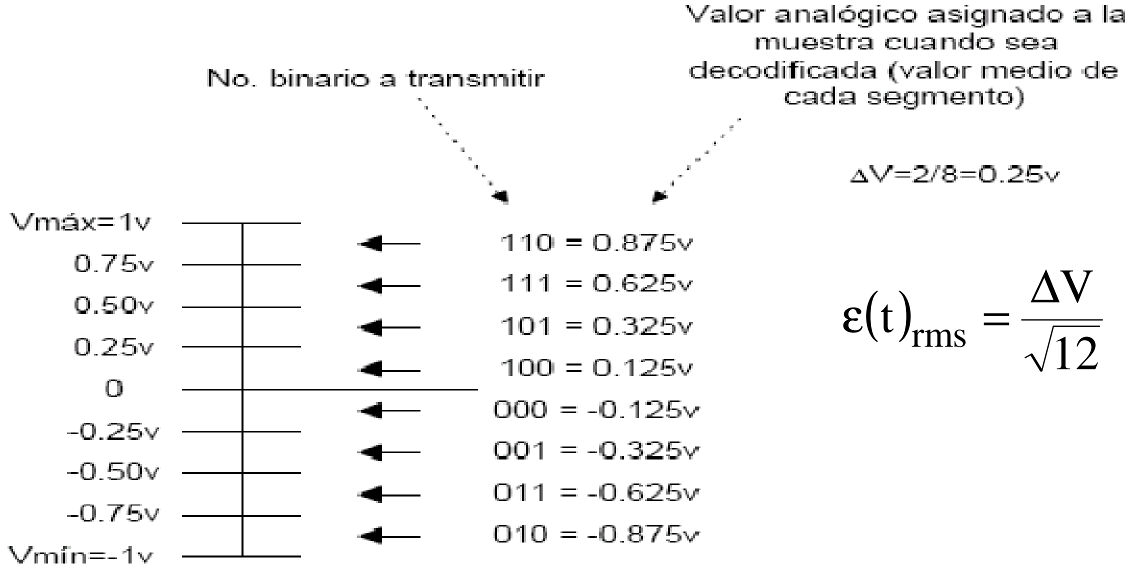
Si se supone que $x(t)$ está limitada en ancho de banda a +/-B Hz y en tensión a $+V_{máx}$ y $-V_{mín}$ volts. Se dispone para la codificación de las muestras de M bits.

Con M bits pueden codificarse $N = 2^M$ valores diferentes, esto significa que el intervalo entre $+V_{máx}$ y $-V_{mín}$ puede dividirse en N segmentos. El mecanismo de cuantización decide que, si una muestra está dentro de alguno de estos segmentos, se asigna a la muestra el valor binario correspondiente. (caso mas simple de cuantificación lineal).



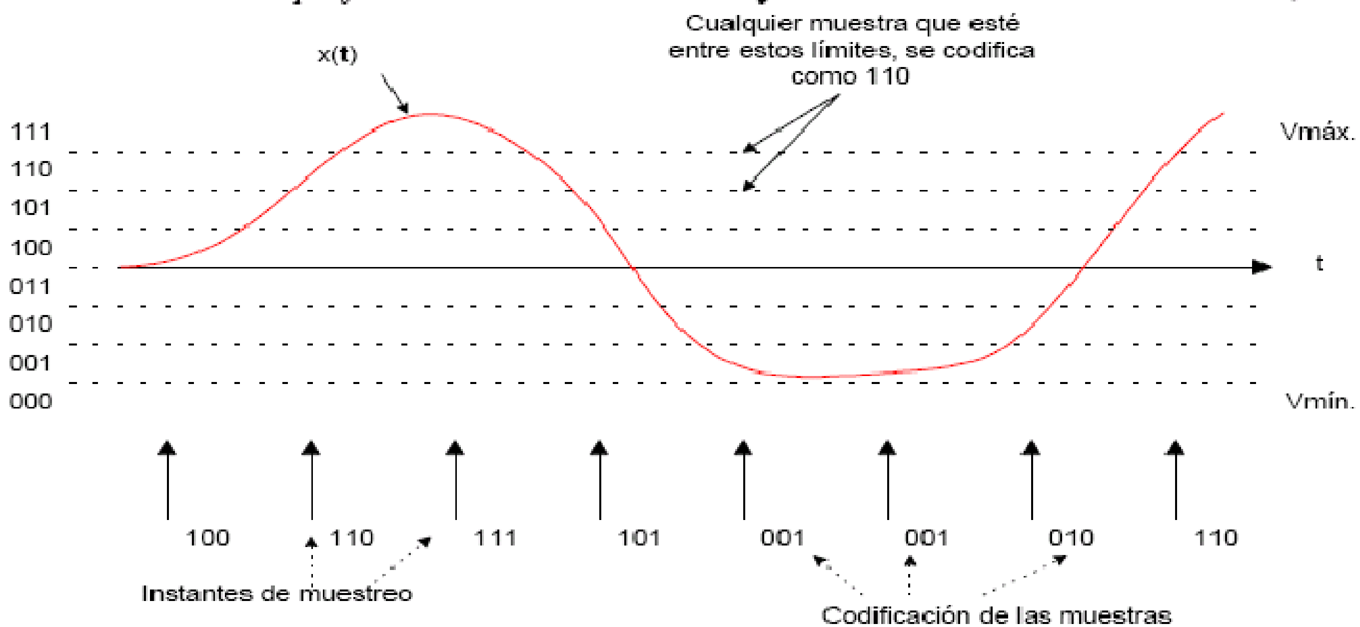
MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE IMPULSOS (PCM)

Ejemplo para $M=3$, $N=2^3=8$

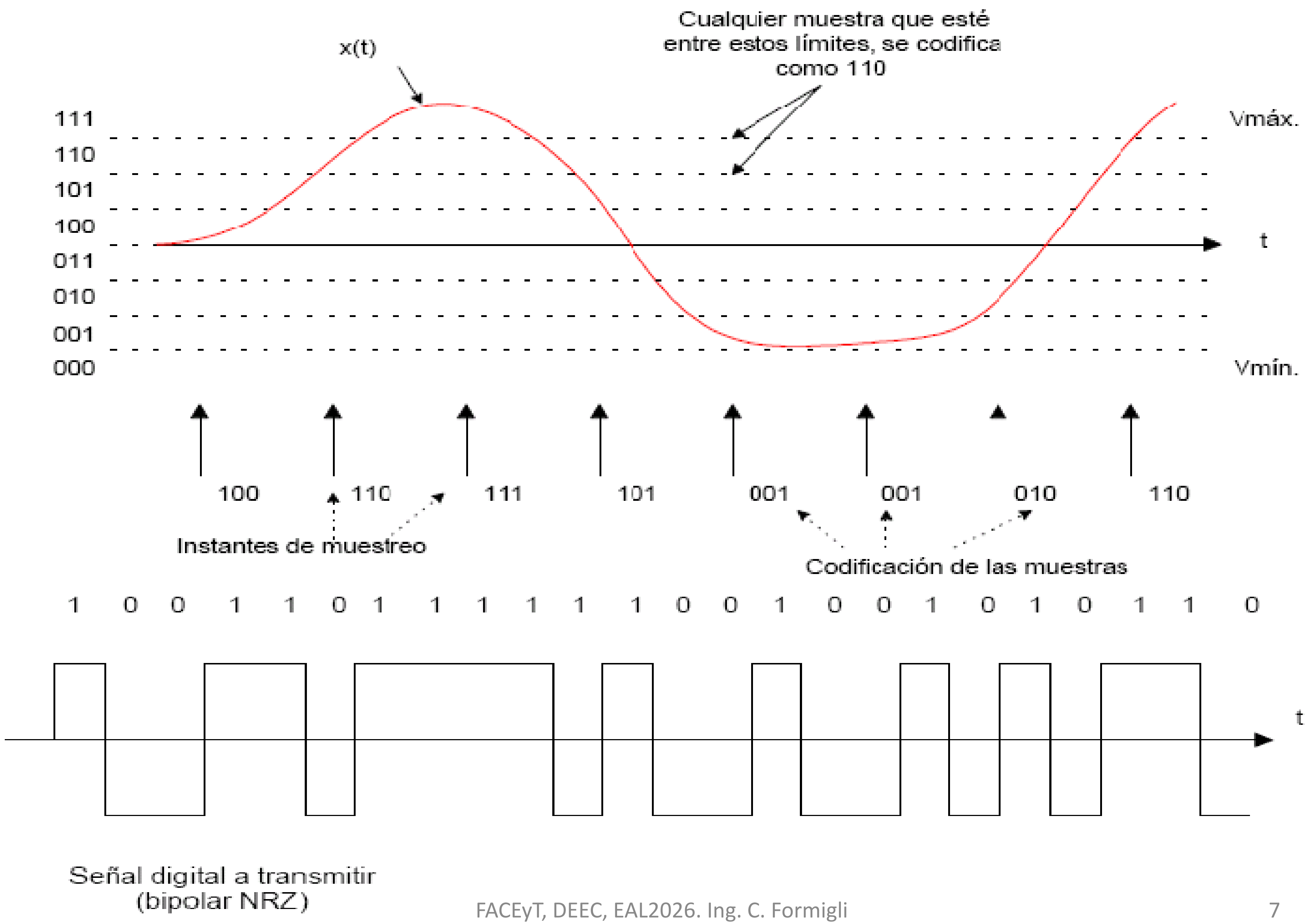


$$\varepsilon(t)_{rms} = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}}$$

Si una muestra determinada vale p.ej. 0.24v será codificada y reconstruida como de 0.125v, lo mismo que una de 0.05v , etc.

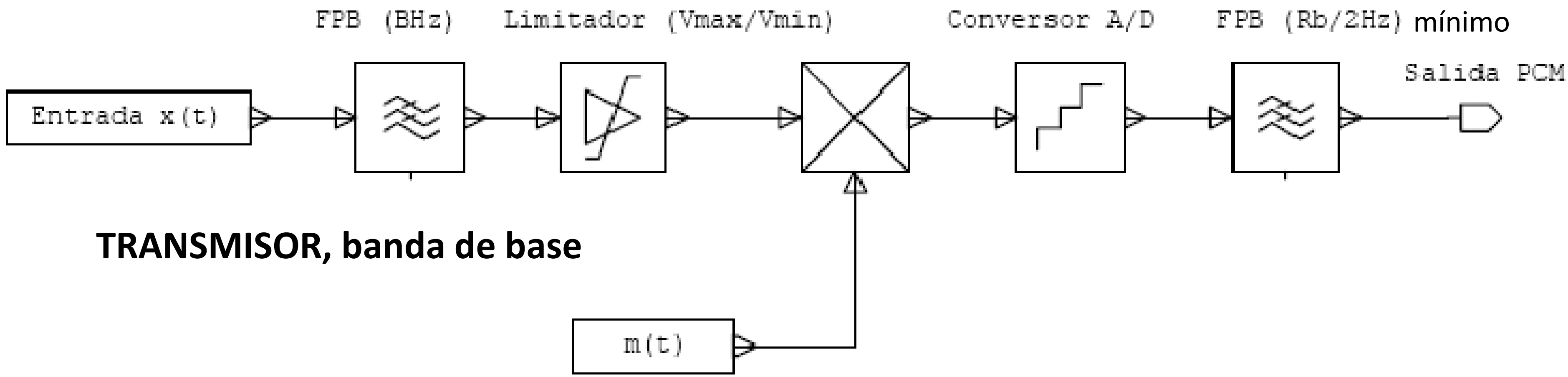


MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE IMPULSOS (PCM)

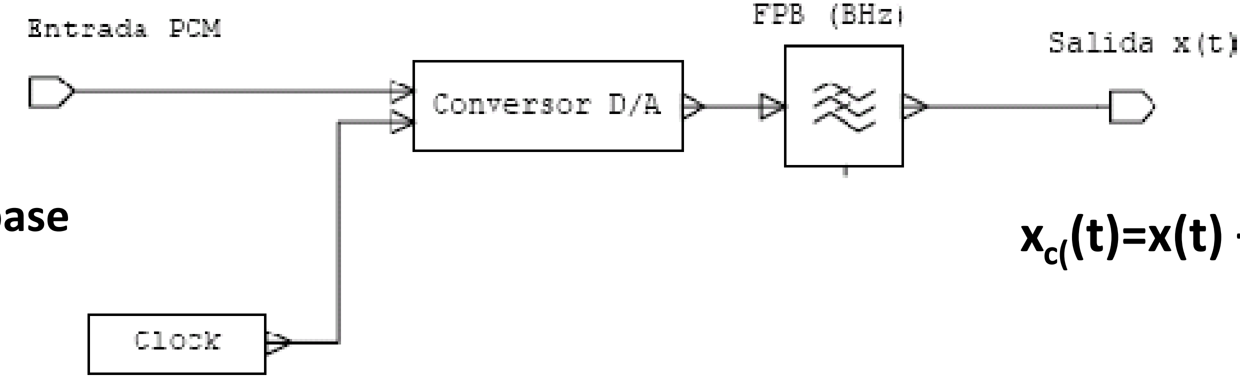


DETECCIÓN Y ERROR DE CUANTIZACIÓN

En el extremo receptor, un conversor D/A transforma el grupo de bits correspondiente a cada muestra en un pulso de amplitud correspondiente al valor binario de la muestra y se regenera, aproximadamente, la señal PAM original. Un posterior filtrado recupera la señal original *x(t)*. La diferencia entre las muestras originales y las reconstruidas puede tomarse, a los efectos del análisis del error de cuantificación, como una señal de ruido que altera el mensaje original. Las muestras decodificadas se consideran muestras exactas de una señal $x_c(t) = x(t) + \varepsilon(t)$, donde $\varepsilon(t)$ es el llamado ruido de cuantificación y $x_c(t)$ es una señal que únicamente toma los valores discretos del cuantizador.



TRANSMISOR, banda de base



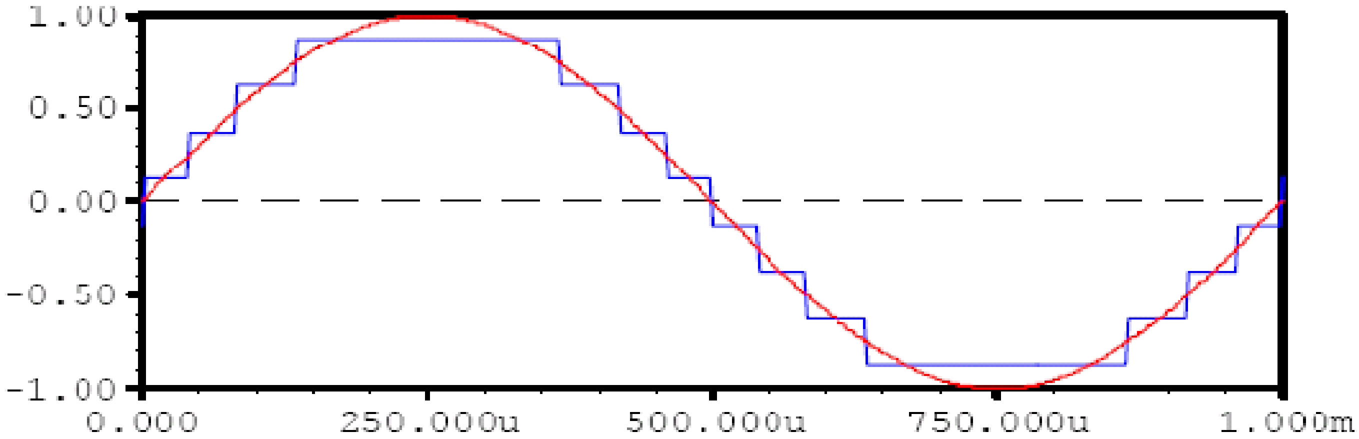
RECEPTOR banda de base

$$x_c(t)=x(t) + \varepsilon(t)$$

DETECCIÓN Y ERROR DE CUANTIZACIÓN

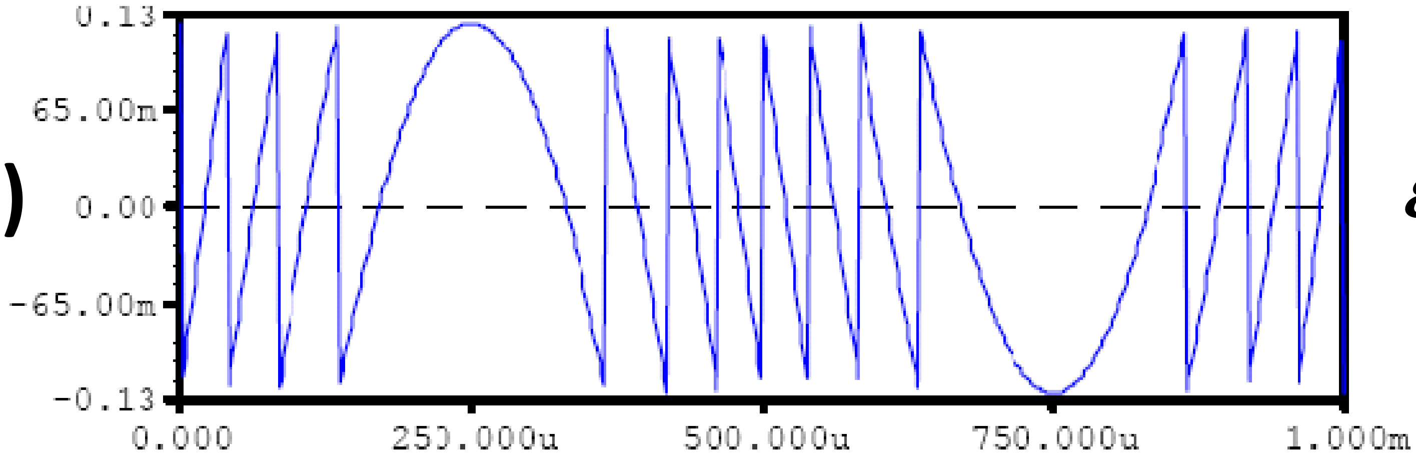
Ejemplo

Gráfico para $x(t)=sen(2\pi 1000Hz.t)$ y $x_c(t)$, cuantificación a 8 niveles (M=3)



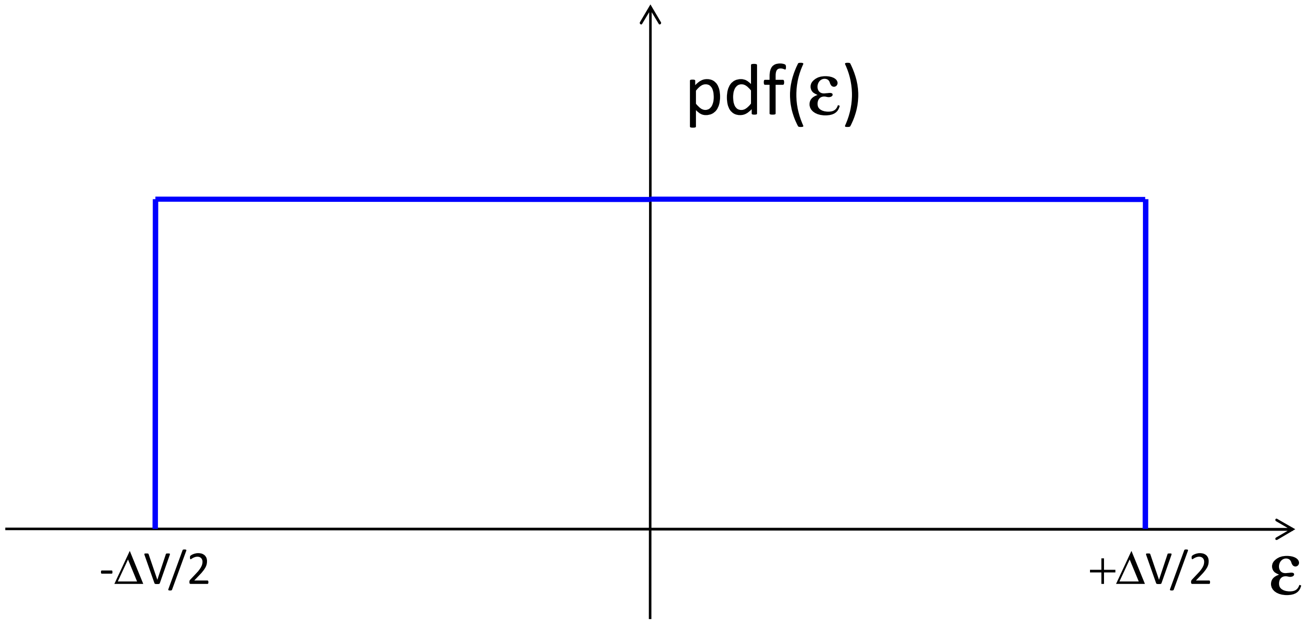
Error de cuantificación:

ε(t)



$$\varepsilon_{rms} = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}}$$

Error de cuantificación

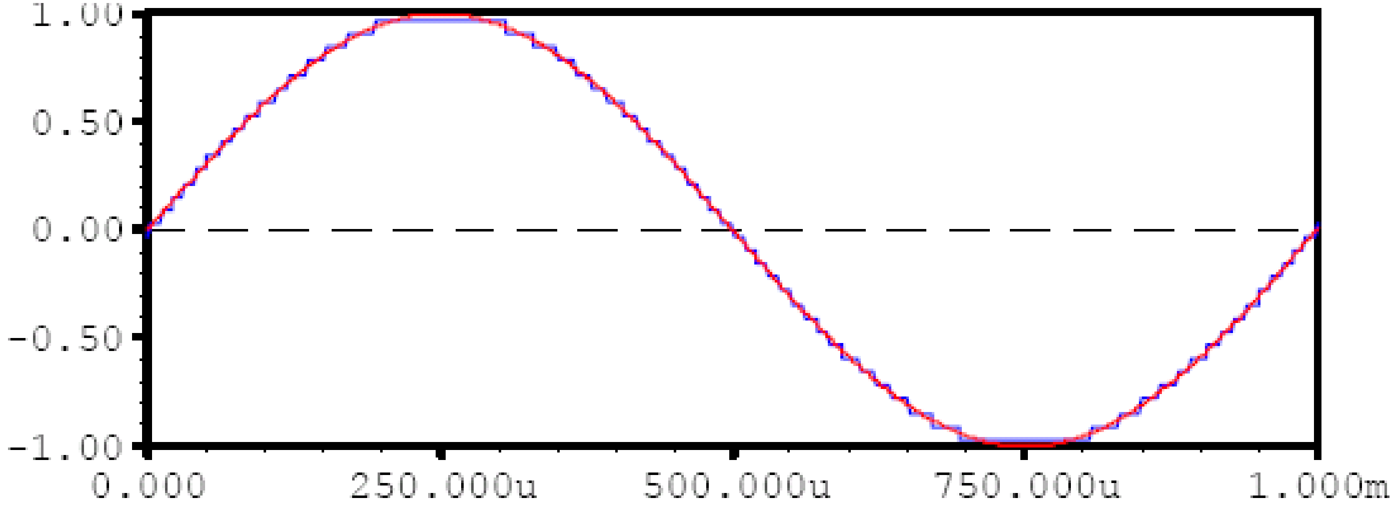


El error de cuantificación tiene distribución uniforme entre -ΔV/2 y +ΔV/2, la desviación estándar, que es igual al valor eficaz, resulta:

$$\sigma = \frac{\Delta V /_{2}}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}} \longrightarrow \varepsilon_{rms}$$

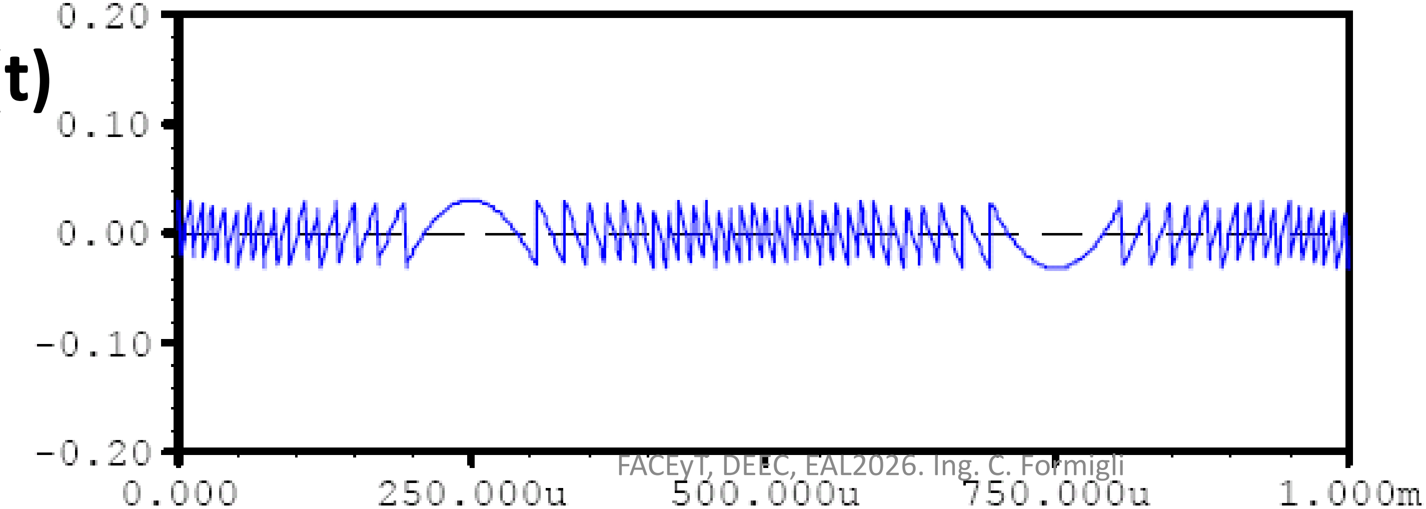
DETECCIÓN Y ERROR DE CUANTIZACIÓN

Idem que antes con 32 niveles de cuantificación (M=5)



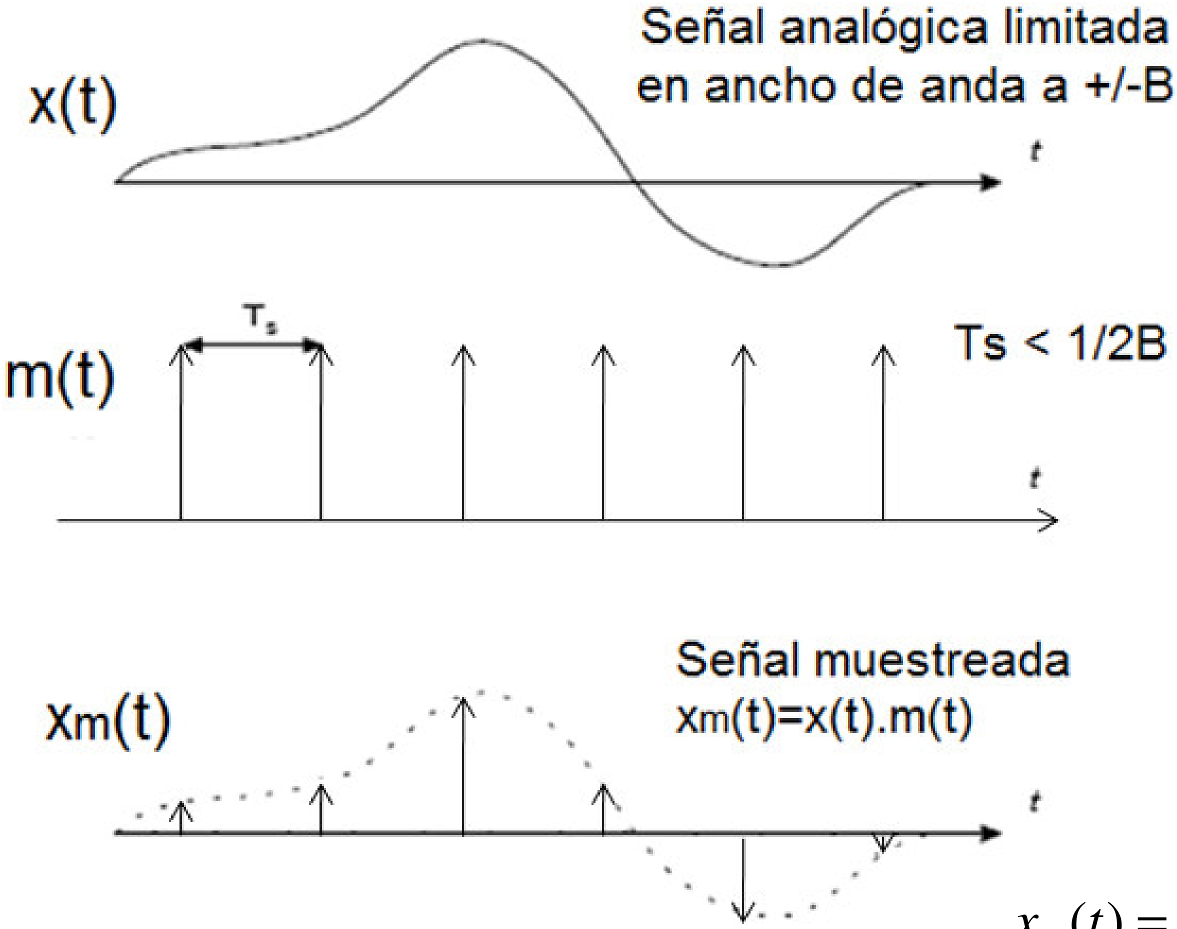
Error de cuantificación, notar disminución de amplitud con respecto a M=3

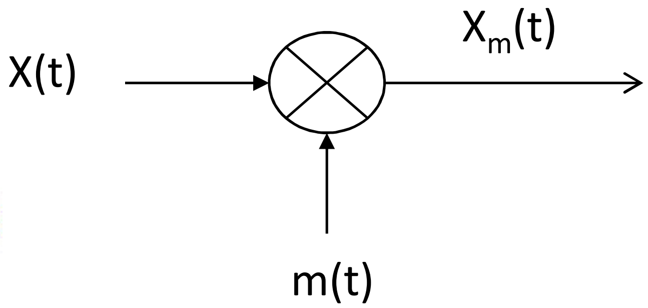
ε(t)



$$\varepsilon_{rms} = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}}$$

MUESTREO Y ANCHOS DE BANDA



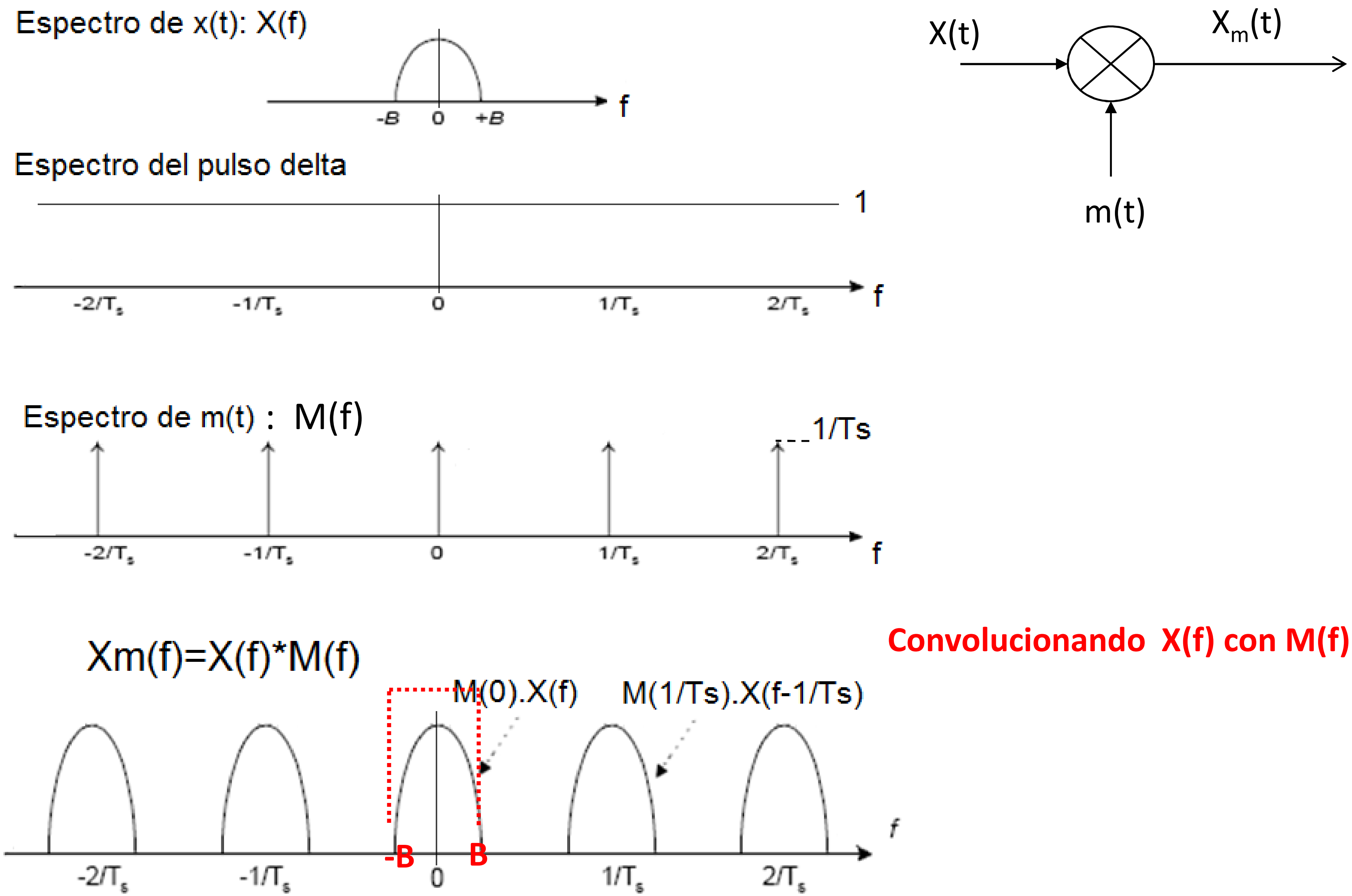


$$x_m(t) = x(t).m(t) = x(t).\left(\sum_k \delta(t - k.T_s) \right)$$

...y su espectro, la convolución de los espectros de x(t) y m(t):

$$X_m(f) = X(f) * M(f) = X(f) * \left(\sum_k \frac{1}{T_s}.\delta(f - \frac{k}{T_s}) \right) = \sum_k \frac{1}{T_s}.X\left(f - \frac{k}{T_s} \right)$$

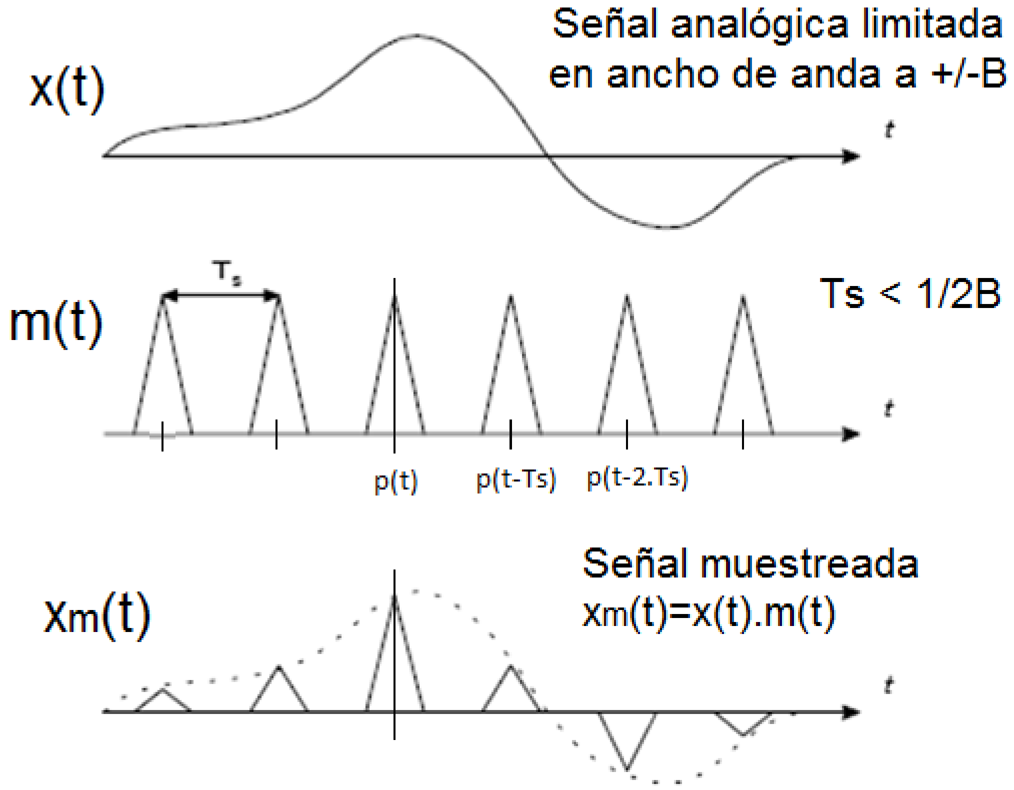
MUESTREO Y ANCHOS DE BANDA

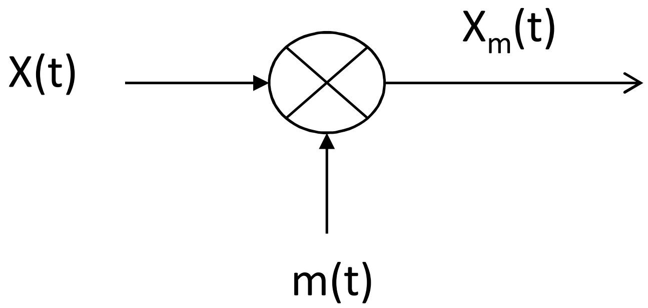


El mayor Ts admisible (frecuencia de muestreo) está limitado por el aliasing

MUESTREO Y ANCHOS DE BANDA

Con pulsos arbitrarios, "p(t)"...





$$x_m(t) = x(t).m(t) = x(t).\left(\sum_k p(t-k.T_s)\right) = x(t).\left(p(t) * \sum_k \delta(t-k.T_s)\right)$$

MUESTREO Y ANCHOS DE BANDA

m(t)

$$x_m(t) = x(t).m(t) = x(t).\left(\sum_k p(t-k.T_s)\right) = x(t).\left(p(t) * \sum_k \delta(t-k.T_s)\right)$$

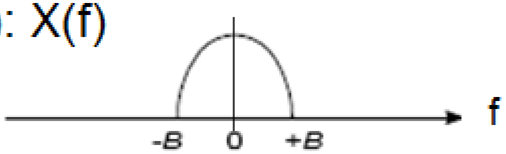
$$X_m(f) = X(f) * M(f) = X(f) * \left(P(f).\sum_k \frac{1}{T_s}.\delta(f-\frac{k}{T_s})\right) =$$

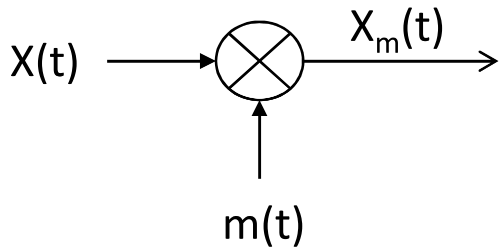
M(f)

$$= X(f) * \left(\sum_k P(\frac{k}{T_s}).\frac{1}{T_s}.\delta(f-\frac{k}{T_s})\right) = \sum_k \frac{1}{T_s}.P\left(\frac{k}{T_s}\right).X\left(f-\frac{k}{T_s}\right)$$

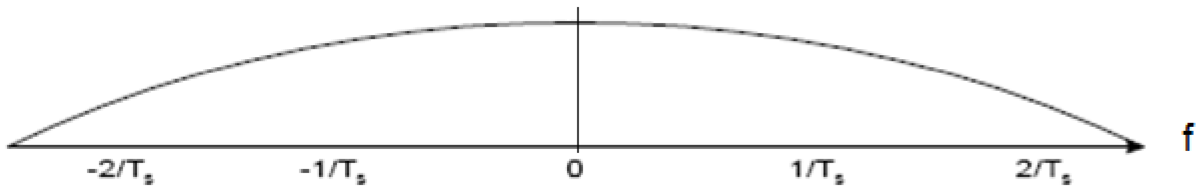
MUESTREO Y ANCHOS DE BANDA

Espectro de x(t): X(f)

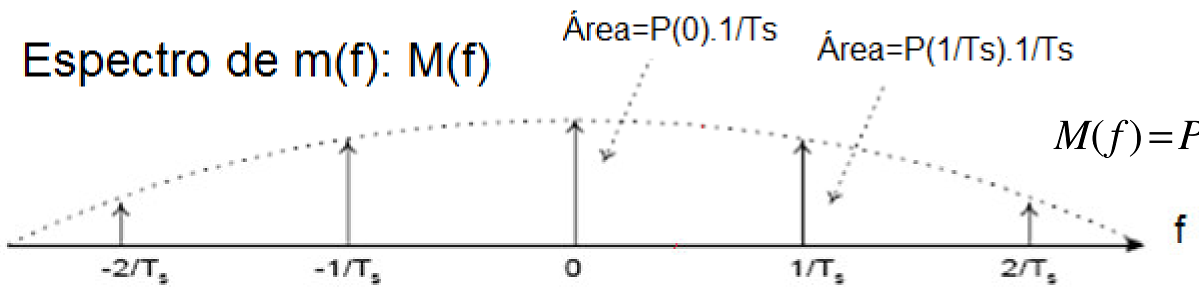




Espectro de p(t): P(f)

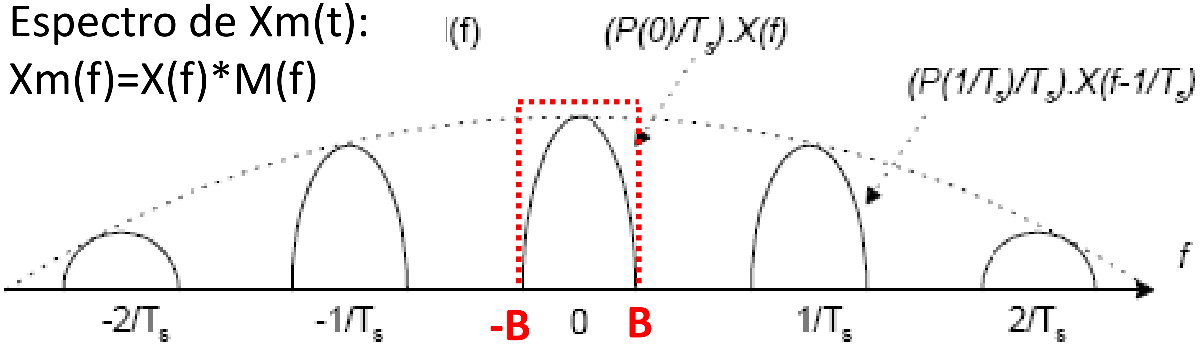


Espectro de m(f): M(f)

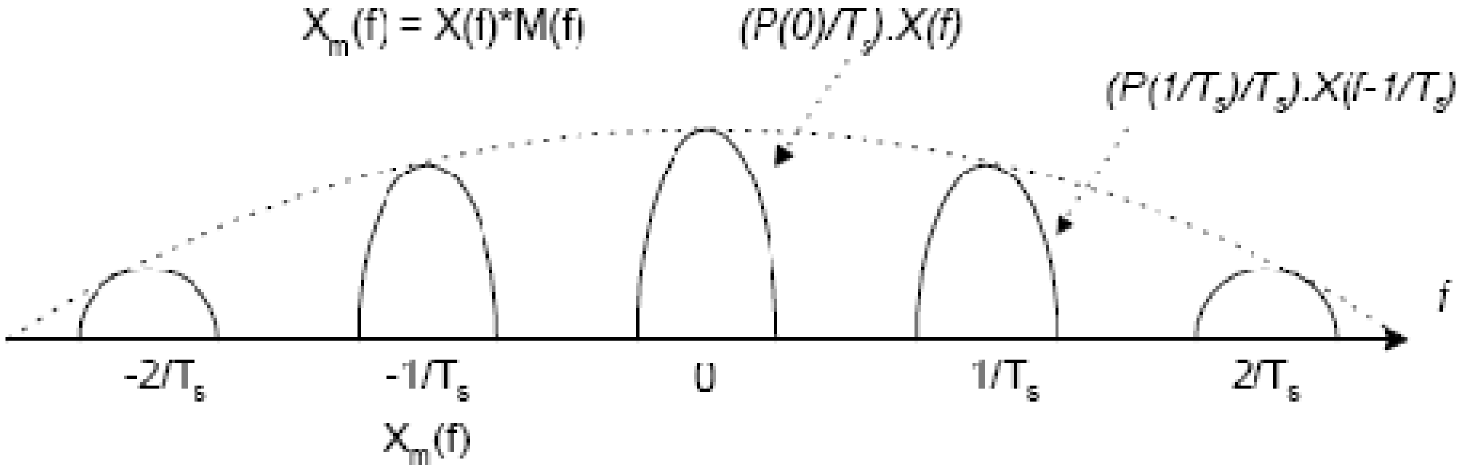


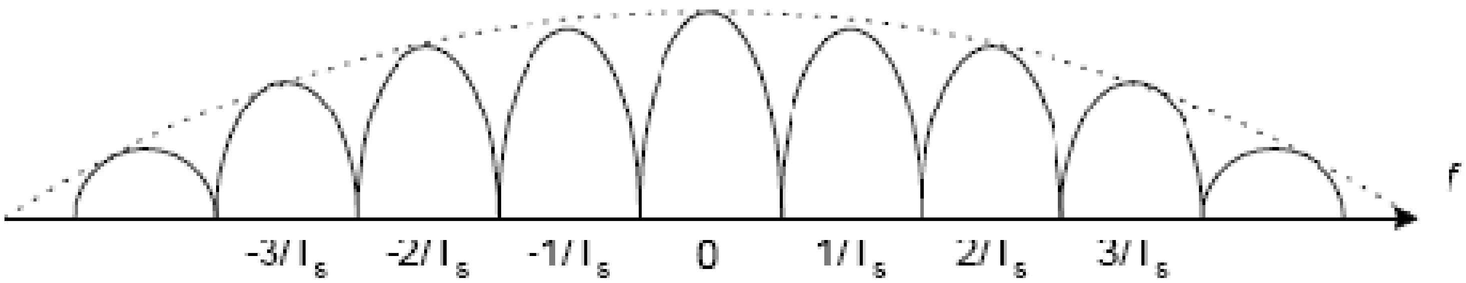
$$M(f)=P(f).\sum_k \frac{1}{T_s}.\delta(f-\frac{k}{T_s})=\sum_k P(\frac{k}{T_s}).\frac{1}{T_s}.\delta(f-\frac{k}{T_s})$$

Espectro de Xm(t):
Xm(f)=X(f)*M(f)

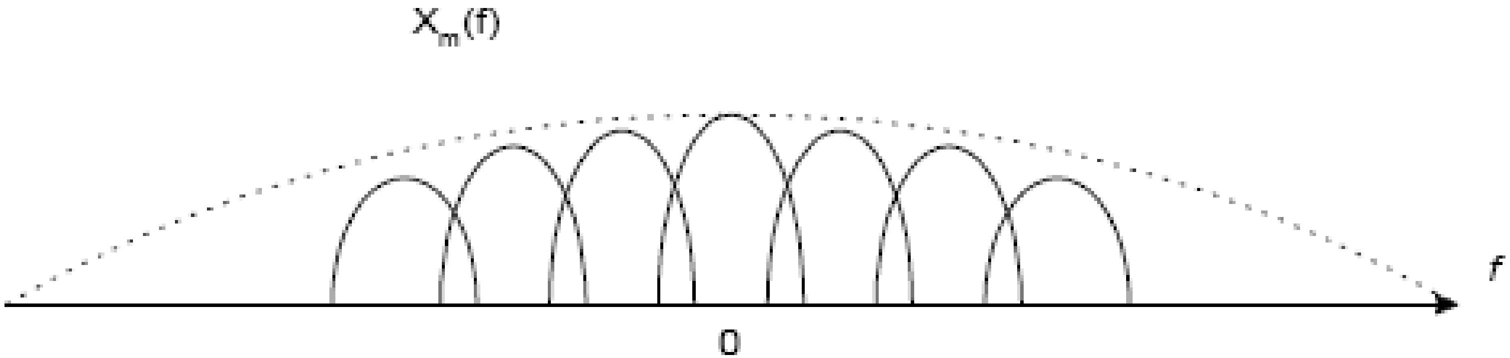


$$X_m(f)=X(f)*\left(\sum_k P(\frac{k}{T_s}).\frac{1}{T_s}.\delta(f-\frac{k}{T_s})\right)=\sum_k \frac{1}{T_s}.P\left(\frac{k}{T_s}\right).X\left(f-\frac{k}{T_s}\right)$$





Caso para $T_s=1/2B$



Caso para $T_s>1/2B$

RESUMEN

1. El muestreo ideal, hecho con un tren de deltas de Dirac, resulta en un espectro periódico, de energía infinita, constituido por repeticiones del espectro original de la señal muestreada. Aunque en extremo artificial, tal espectro resulta un buen modelo para ser asignado a la secuencia de números obtenidos por el muestreo.

2. En el caso de pulsos (no Dirac) modulados en amplitud… el espectro resultante, de energía finita, ya no es periódico sino que presenta lóbulos que van perdiendo amplitud al crecer la frecuencia.

3. La frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal muestreada para evitar el fenómeno de aliasing. El espectro con alias, contiene componentes no presentes en la señal original, o con amplitudes distorsionadas de manera irreversible.

4. La velocidad de muestreo puede estar por debajo de la frecuencia máxima de la señal, si se respeta que Fs>2B.

5. En algunos casos, como en los osciloscopios de muestreo, pueden usarse con provecho frecuencias de muestreo muy por debajo de la máxima contenida en la señal, y de 2B.