

CAPACITACIÓN AGENCIA BOLIVIANA ESPACIAL - ABE

MATERIA: TELECOMUNICACIONES

**Docente: Ing. Félix Pinto
Macedo**

La Paz, Septiembre 2012

Satélite de Telecomunicaciones
TUPAK KATARI

Datos Generales

Nombre: Félix Pinto Macedo

Profesión: Ing. Electrónico Esp. Telecomunicaciones

Diplomados: Educación Superior, Telecomunicaciones, Sistemas y Telecomunicaciones.

Maestría: Administración de Empresas.

Docencia: Diplomado en Educación Superior UAGRM, Diplomado en Telecomunicaciones UAGRM, Maestría en Electrónica Analógica y Electrónica Digital UATF., Ingeniería de Telecomunicaciones (**Pregrado**).

Experiencia Laboral: ENTEL S.A., SITTEL, MARCONI Mex., ERICSSON Gua. Sal., NOKIA Bra., TELECEL S.A., NUEVATEL S.A., ATT.

Ing. Felix Pinto Macedo
Septiembre de 2012

CONTENIDO

- * Teoría de Información
- * Modulación (Digital)
- * Ondas Electromagnéticas
- * Cálculo de Enlaces
- * Satélites y Subsistemas de un Satélite
- * Servicios Satelitales

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

EVALUACIONES

- * Asistencia
- * Examen CLASE 2
- * Examen CLASE 3
- * Examen Final

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

INTRODUCCIÓN

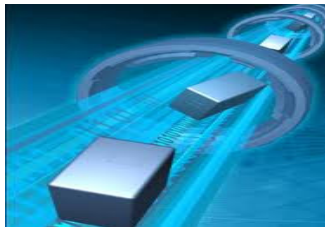
INGENIERÍA DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

- * La Ingeniería de Redes de Telecomunicaciones estudia el comportamiento de las señales a través del sistema de comunicación.
- * Las señales pueden ser análogas o digitales.
- * Idealmente interesa recibir señales sin distorsión.



TRANSMISIÓN DIGITAL

- * Es la parte de Ingeniería de Redes de Telecomunicaciones que estudia las características de las señales digitales, su estructura, conformación y comportamiento en el medio físico de transmisión, como base fundamental de la provisión de servicios de alta eficiencia y calidad.

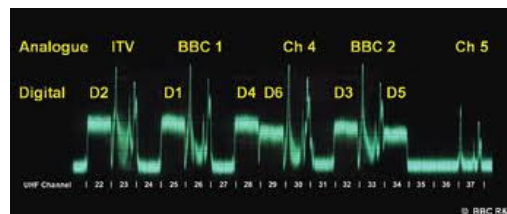


Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

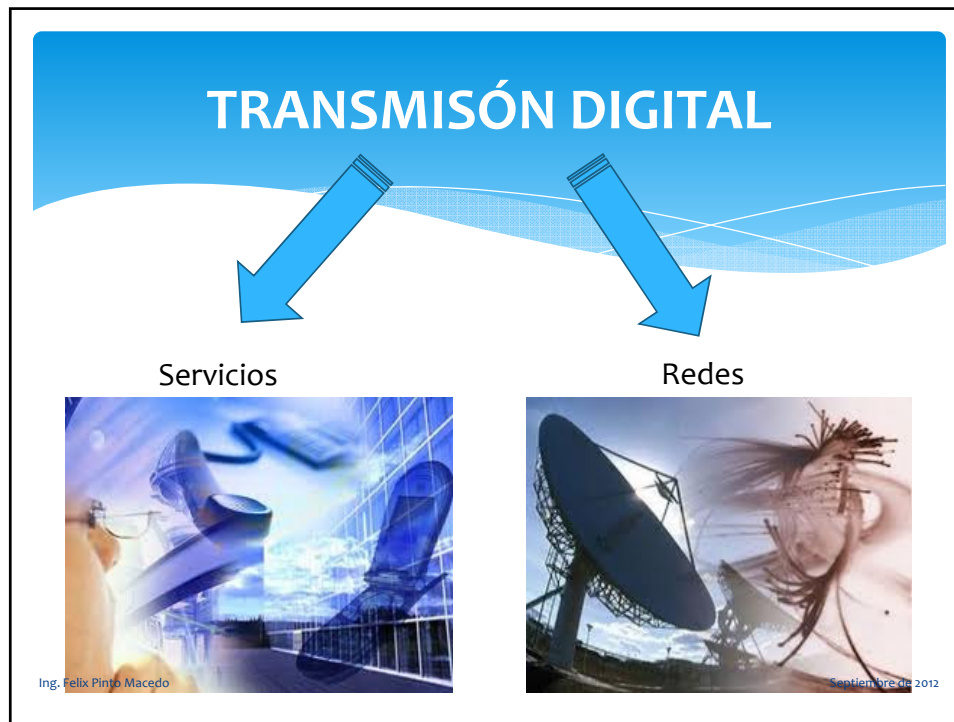
SEÑAL DIGITAL

- * Secuencia simbólica de unos y ceros lógicos que se han codificado en amplitud, fase, frecuencia o combinaciones de éstos y cuyo significado corresponde con la fuente de información.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012



SERVICIOS SOPORTADOS POR LAS REDES DE TRANSMISIÓN DIGITAL

Servicios de Carrier:

- * Están orientados al transporte masivo de señales digitales.
- * Normalmente son de larga distancia nacional o internacional
- * Utilizan plataformas establecidas de transporte (PDH, SDH)

Servicios de Acceso:

- * Orientados a cubrir distancias menores o metropolitanas
- * Pueden ser guiados o no guiados
- * Tienen capacidades y velocidades menores

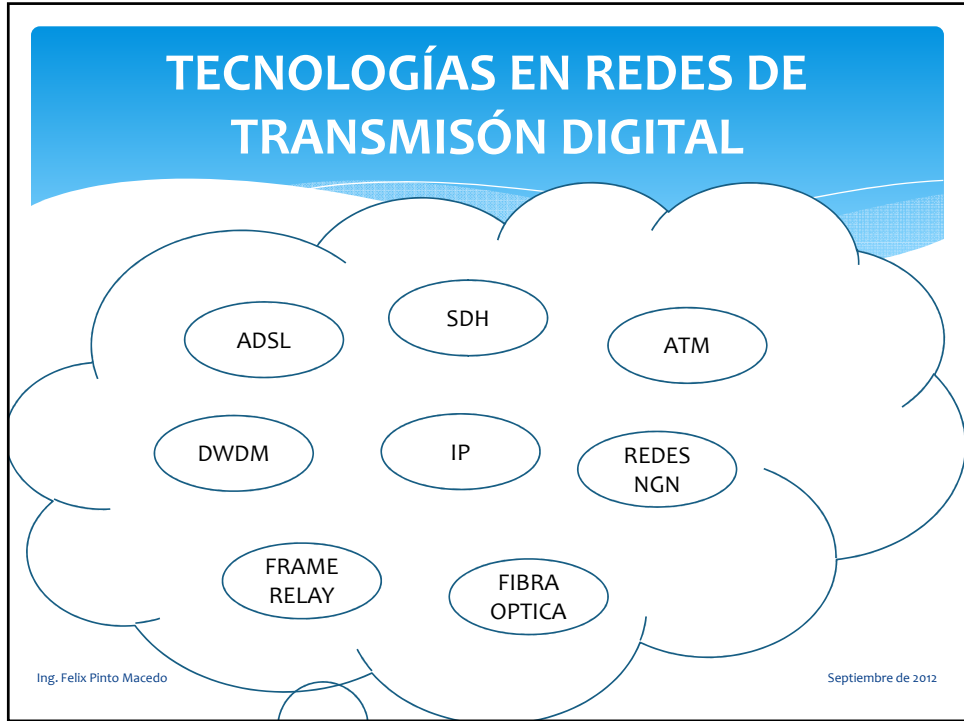
Ing. Felix Pinto Macedo Septiembre de 2012

REDES DE TRANSMISIÓN DIGITAL

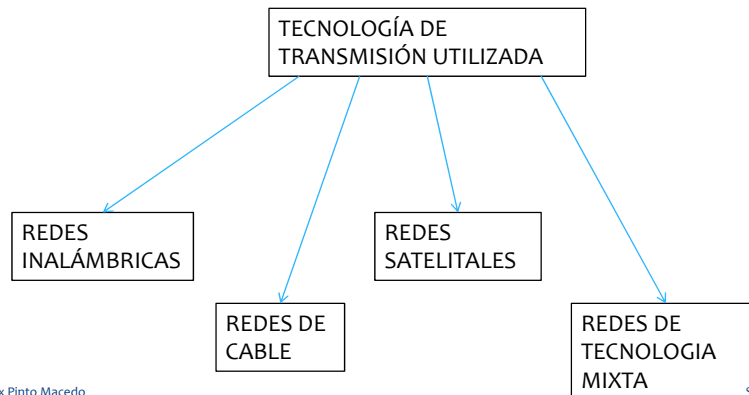


REDES DE TRANSMISIÓN DIGITAL

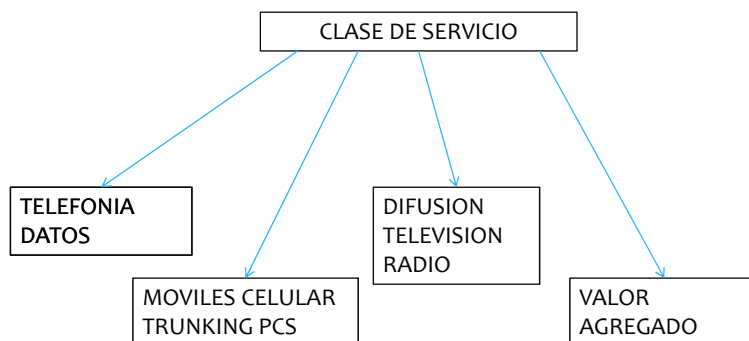
- * Red de transmisión Digital es el conjunto de recursos físicos y lógicos que permite el transporte de señales.
- * Existen varios tipos de redes de transmisión digital, **según el medio de propagación** que usan y la **aplicación a la cual están orientadas**.

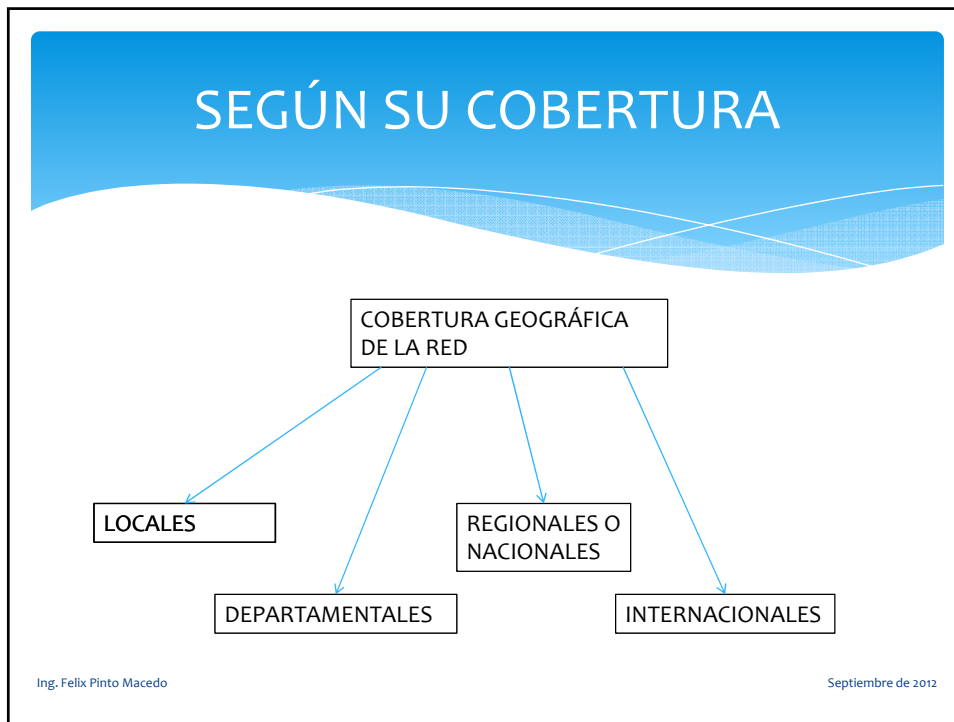


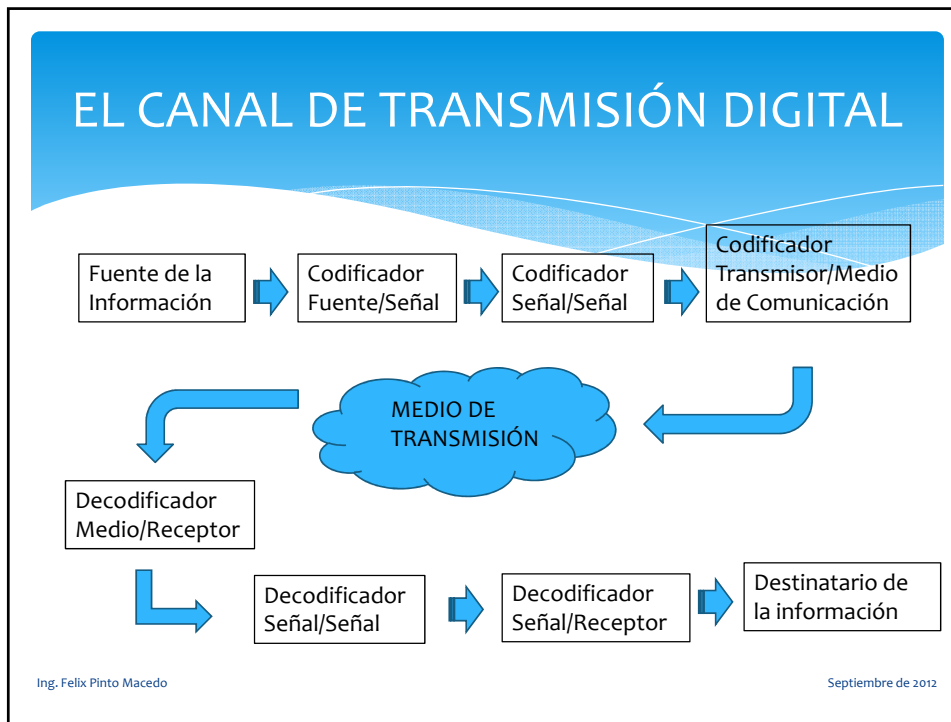
SEGÚN LOS MEDIOS FÍSICOS DE TRANSMISIÓN



SEGÚN LOS SERVICIOS QUE PRESTAN







Codificador de fuente

- * El codificador de fuente tiene la función de eliminar parte de la redundancia ofrecida por la fuente, ofreciendo a la vez una compresión en el código.
- * En la transmisión de señales vocales la información que genera la fuente es muy redundante ya que en su mayor parte la señal se compone de niveles bajos de tensión, dándose en escasas ocasiones los niveles altos.

Ing. Felix Pinto Macedo Septiembre de 2012

Codificador Señal/Señal

- * En los sistemas de comunicación actual surge la necesidad de proporcionar confidencialidad a las comunicaciones, para ello se utiliza este bloque.
- * Con el cifrado o la criptología se modifica la señal correspondiente a la información de forma que solamente el destinatario autorizado pueda descifrarla.
- * El proceso de cifrado debe de ser un proceso económico tanto para la fuente como para el destinatario, pero al mismo tiempo debe ser difícilmente descifrable para cualquier intruso.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Codificador Transmisor/Medio de Comunicación

- * La multiplexación permite compartir los recursos de un sistema de comunicación, por varias señales diferentes.
- * Dentro de los multiplexores se encuentra el FDM, TDM, CDM, etc.
- * El modulador realiza la operación de la modulación, que es el proceso por el cual se modifica alguna de las características de la portadora mediante la señal moduladora.
- * Los parámetros de la portadora susceptibles de ser modificados son la amplitud, la frecuencia y la fase, así, se obtienen modulaciones digitales como: ASK, FSK, PSK, QAM, etc.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

SEÑAL ANALÓGICA

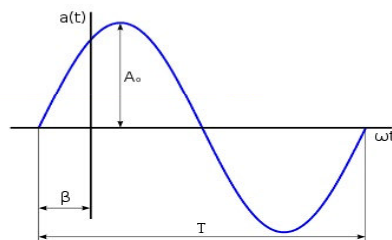
- * Una señal analógica es aquella en que la amplitud y la frecuencia varían dentro de un rango continuo.
- * Ejemplos: el sonido, la señal de transductores eléctricos de medida, las señales de vídeo, etc.
- * Características: ciclo, amplitud, período, frecuencia
- * Sonidos que perciben los humanos: 30 Hz a 20 kHz
- * Sonidos más comunes: 300 Hz a 3.4 kHz

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

SEÑAL ANALÓGICA

- * Una señal analógica en general se la puede considerar un conjunto de armónicos variando en amplitud, fase y frecuencia. Para el análisis se la representa por una señal senoidal (tono)

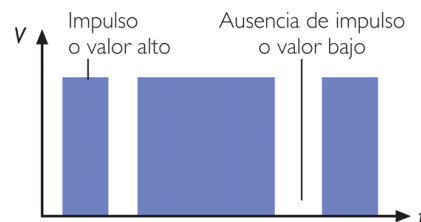


Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

- * Las señales digitales se representan con valores discretos
- * La amplitud es constante, pudiendo variar la duración y posición del pulso.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

- * La técnica utilizada para digitalizar señales de voz analógicas es la modulación PCM (Pulse Code Modulation) PCM está definido en la especificación ITU-T G.711
- * Paso 1: Filtro
- * Paso 2: Muestreo
- * Paso 3: Cuantización
- * Paso 4: Codificación

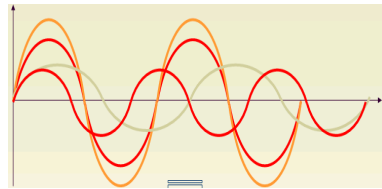
Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

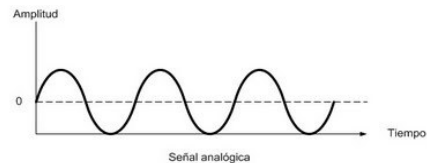
DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

Paso 1: Filtro

- * De un rango de frecuencias que varía entre 300 Hz a 20 KHz, se toma un rango que varía entre 300 Hz a 3.4 KHz (rango suficiente para reconocer tono y timbre de voz)



Ing. Felix Pinto Macedo

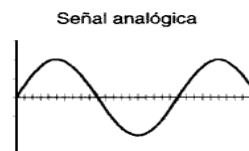


Septiembre de 2012

DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

Paso 2: Muestreo

- * Este segundo paso, también se conoce como modulación PAM.
- * Las muestra se toman cada 125 microsegundos.
- * Este valor es el inverso de la frecuencia de muestreo de 8 KHz, establecida por Nyquist.



Ing. Felix Pinto Macedo

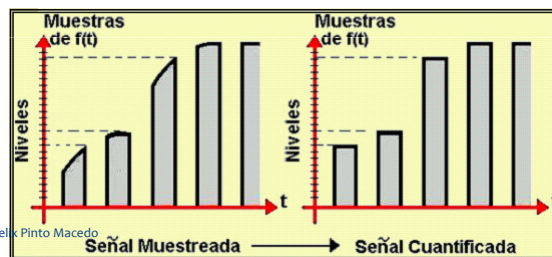


Septiembre de 2012

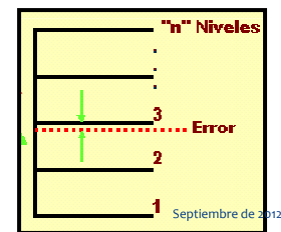
Cuantificación de Señales Discretas

Paso 3: Cuantificación

- * Existen 256 niveles de cuantificación, a los cuales se aproximan las muestras PAM.
- * Esta asociación, genera un error de cuantificación
- * En la práctica la separación entre niveles de cuantificación es no lineal para reducir el ruido de cuantificación
- * Existen dos normas de cuantificación no lineal: Ley A (Europa y latino América y Ley u (Norte América y Japón)



Ing. Felix Pinto Macedo



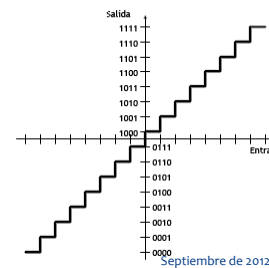
Septiembre de 2012

Cuantificación de Señales Discretas

- * Los niveles deben codificarse en dígitos binarios.
- * Cuantos mas niveles se tomen, menor será el error de cuantificación
- * En la cuantificación lineal el error de cuantificación es el mismo para todas las muestras.

Ej. Cuantificación Lineal de 8 bits

Cuantificación Lineal de 5 bits

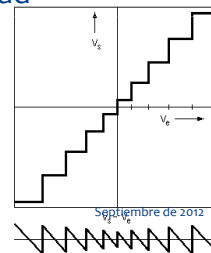


Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Cuantificación No Lineal de Señales Discretas

- * En la cuantificación no lineal, el ancho de los pasos entre niveles de cuantificación se hace cada vez más fino a medida que el voltaje de entrada se acerca a cero (0).
- * Este fenómeno se produce en el centro de la señal resultante.
- * Las aproximaciones no lineal logarítmica tiene base 2, es decir existe siempre una reducción de la mitad entre dos niveles consecutivos.

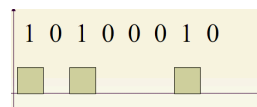


Ing. Felix Pinto Macedo

DIGITALIZACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

Paso 4: Codificación

- * Cada muestra PAM, se codificará en 8 bits, correspondientes a los 256 niveles establecidos.
- * Las muestras PAM, generan secuencias de bitios que se transmiten a una velocidad determinada.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DIGITAL

- * Para la señal de voz, el proceso de digitalización de la señal limitada en banda a 4 KHz:
- * Rango de frecuencias de voz para telefonía: 300 Hz a 3,4 KHz
- * Ancho de Banda del canal telefónico: $B_t = 4$ KHz.
- * Frecuencia de muestreo según Teorema de Nyquist: $F_s = 8000$ Muestras por segundo ($F_s \geq 2 B_t$), $T_s = 125 \mu s$
- * Cuantificación en 256 niveles
- * Codificación de 8 bits / muestra
- * Velocidad Binaria de la señal de voz digitalizada $V_b = 8000 \text{ Hz} \times 8 \text{ bits} = 64000 \text{ bps}$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

EL CANAL DIGITAL

INFORMACIÓN DIGITAL

- * Es un conjunto de símbolos binarios que agrupados bajo ciertos criterios, contienen un mensaje inteligente, desconocido e interesante para el receptor

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

EL CANAL DIGITAL

- * El estudio del canal digital de comunicación toma en cuenta el contenido de información de los mensajes, su codificación y propiedades estadísticas.
- * No realiza un estudio crítico sobre el valor subjetivo de los mensajes.
- * Se realiza tomando en cuenta el canal de comunicación que incluye todos los elementos intermedios entre el origen de la información y el receptor

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

CANAL DE INFORMACIÓN

Un canal de información es descrito como:

Un alfabeto de transmisión $A = \{a_i\}$, $i = 1, 2, \dots, r$;

Un alfabeto de recepción $B = \{b_j\}$, $j = 1, 2, \dots, s$;

Un grupo de probabilidades condicionales $P(b_j/a_i) \forall i, j$.

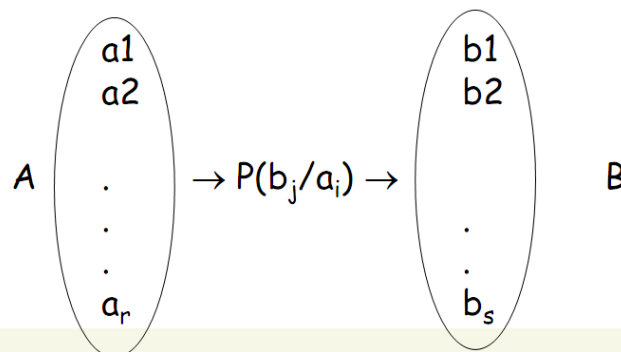
$P(b_j/a_i)$ es la probabilidad condicional de que habiendo enviado el símbolo a_i , el símbolo b_j ha sido recibido.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

CANAL DE INFORMACIÓN

* Se puede describir un canal de información como la aplicación de un conjunto sobre otro. Esta aplicación debería ser idealmente biunívoca. Sin embargo existe equivocación debido a factores de ruido.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

PROBABILIDADES A PRIORI

Son las que podemos conocer con anticipación y ayudan a establecer las condiciones del canal digital

$P(b_j/a_i)$ = La probabilidad de que el símbolo recibido sea b_j si sabemos que el símbolo de transmitido fue a_i

$P(a_i)$ = La probabilidad de que un símbolo transmitido a_i fue enviado. Esta probabilidad se establece de la información original a ser transmitida.

PROBABILIDADES A POSTERIORI

Son las que desconocemos y se evalúan en recepción. Representan el grado de certidumbre sobre la información recibida

$P(b_j)$ = La probabilidad de recibir el símbolo b_j sin saber el símbolo que fue transmitido.

$P(a_i/b_j)$ = La probabilidad de que habiendo recibido un símbolo recibido b_j corresponda al símbolo a_i enviado.

UNIDADES DE MEDIDA DEL CONTENIDO DE INFORMACIÓN

Consideremos un sistema de comunicación en el cual los mensajes son m_1, m_2, \dots , con probabilidades de ocurrencia p_1, p_2, \dots , ($p_1 + p_2 + \dots = 1$).

- * Shannon define que el contenido de información de un símbolo es inversamente proporcional a su probabilidad de ocurrencia
- * Adicionalmente se le aplican logaritmos para que sea posible sumar el contenido de información de varios símbolos
- * Cada símbolo tiene un contenido de información: “ I_k ” dado por:

$$I_k = \log_2 1/p_k$$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

UNIDADES DE MEDIDA DEL CONTENIDO DE INFORMACIÓN

$$I_k = \log_2 1/p_k$$

I_k es adimensional,
Si la base del logaritmos es dos, entonces la unidad que es asignada es el bit.

Por ejemplo, si:

$$p_k = 1/4 \dots \dots \dots \quad I_k = \log_2 4 = 2 \text{ bits}$$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

PROMEDIO DE INFORMACION, ENTROPIA

Si tenemos M diferentes mensajes m_1, m_2, \dots , con probabilidades de ocurrencia p_1, p_2, \dots y además que durante un largo periodo de transmisión ha sido generada una secuencia de L mensajes, entonces se requiere establecer un contenido promedio de información.

El contenido promedio de información, también recibe el nombre de entropía

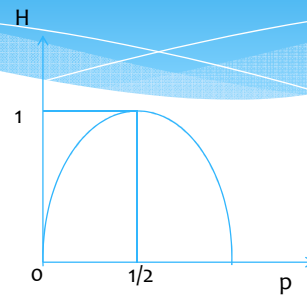
$$H \equiv \frac{I_{total}}{L} = p_1 \log_2 \frac{1}{p_1} + p_2 \log_2 \frac{1}{p_2} + \dots = \sum_{k=1}^M p_k \log_2 \frac{1}{p_k} \dots\dots\dots$$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

ENTROPÍA DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL

Consideremos el caso de solo dos mensajes con probabilidades "p" y "(1-p)".



Promedio de información H, para el caso de dos mensajes trazados como una función de la probabilidad p de uno de los mensajes

$$H = p \log_2 \frac{1}{p} + (1-p) \log_2 \frac{1}{1-p} \dots\dots\dots$$

$H_{max} = 1/2 \log_2 2 + 1/2 \log_2 2 = \log_2 2 = 1 \text{ bit / mensaje} \dots\dots\dots$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

TASA DE INFORMACIÓN

Si la fuente de mensajes genera mensajes a una tasa de r mensajes por segundo, entonces la tasa de información viene a ser:

$$R \equiv rH \dots\dots\dots$$

promedio de número de bits de información / segundo

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

TASA DE INFORMACIÓN

Ejemplo:

Para una señal cuantizada en 4 niveles Q_1 Q_2 Q_3 y Q_4 (mensajes) con probabilidades $p_1 = p_4 = 1/8$ y $p_2 = p_3 = 3/8$ y transmitida a una velocidad de 64 Kbps, encuentre la tasa de información de la fuente.

El promedio de información H es:

$$\begin{aligned} H &= p_1 \log_2 \frac{1}{p_1} + p_2 \log_2 \frac{1}{p_2} + p_3 \log_2 \frac{1}{p_3} + p_4 \log_2 \frac{1}{p_4} \\ &= \frac{1}{8} \log_2 8 + \frac{3}{8} \log_2 \frac{8}{3} + \frac{3}{8} \log_2 \frac{8}{3} + \frac{1}{8} \log_2 8 \dots\dots\dots \\ &= 1.8 \text{ bits / mensaje} \end{aligned}$$

La tasa de información R es: $R = rH = 115.2$ Kbps

Septiembre de 2012

TEOREMA DE SHANNON, CAPACIDAD DE CANAL

Teorema

Sea un canal discreto con capacidad C (bits por segundo) y una fuente discreta con entropía H (bits por segundo).

Si $H \leq C$ entonces hay un sistema de codificación que permitiría transmitir la salida de la fuente sobre el canal con una tasa de errores tan pequeña como se desee (o una equivocación arbitrariamente pequeña)

MODULACIÓN DIGITAL

MODULACIÓN

La modulación puede realizarse sobre portadora analógica o digital

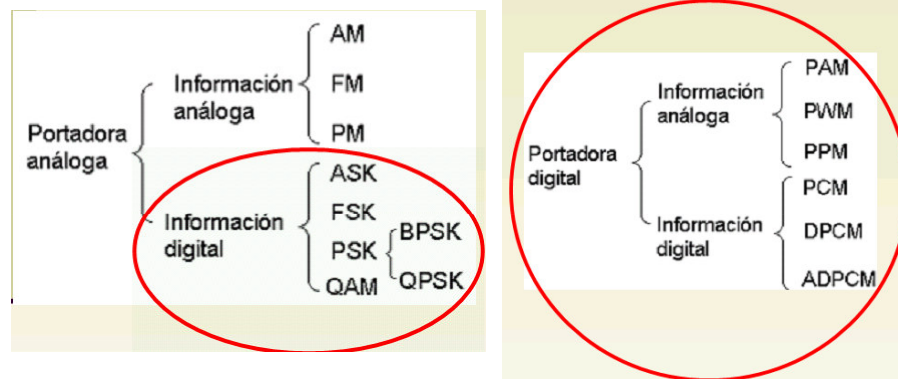
Moduladora analógica: modula un tren pulsos (portadora digital): PWM, PPM, PAM

Moduladora digital: se transforma señal digital a señal digital (codificación) y a la recepción se reconstruye (decodificación)

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

MODULACIÓN



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

MODULACIÓN DIGITAL

Ventajas

La amplitud de una señal analógica, varía en forma continua en el tiempo, y por lo tanto, es susceptible a cualquier perturbación que se superponga a ella, mientras que la señal digital varía entre amplitudes fijas y definidas en el tiempo, por lo que es menos sensible a los ruidos que se puedan añadir a la señal durante la transmisión.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Portadora analógica con
información digital

Modulación digital sobre portadora analógica

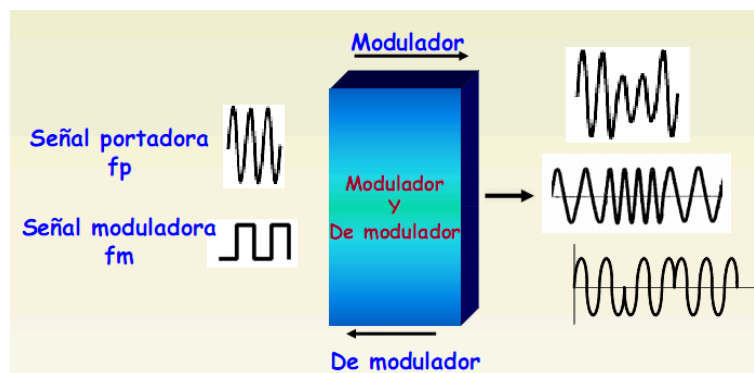
- * La modulación digital sobre portadora analógica es el proceso mediante el cual una señal de información se convierte a una forma de onda continua y periódica (típicamente senoidal)
- * Para la modulación digital, tal información senoidal de duración evaluada en amplitud fase y/o frecuencia en un instante determinado es conocida como símbolo digital.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación digital sobre portadora analógica

Modulación: (amplitud, frecuencia, fase)



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación digital sobre portadora analógica

La modulación paso banda puede ser definida como el proceso donde la amplitud, frecuencia o fase de una portadora de RF, o una combinación de ellas es variada de acuerdo con la información digital a ser transmitida.

La forma general de una portadora senoidal:

$$s(t) = A(t) \cos \theta(t)$$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación digital sobre portadora analógica

Donde $A(t)$ es la amplitud variante con el tiempo y $\theta(t)$ es el ángulo variante con el tiempo. Es conveniente escribir

de manera que

$$s(t) = A(t) \cos \theta(t)$$

$$\theta(t) = \omega_0 t + \phi(t)$$

Donde ω_0 es la frecuencia en radianes de la portadora y $\phi(t)$ es la fase. Los términos f y ω se usan para denotar la frecuencia. Cuando se usa f , la frecuencia es en hertz; cuando se usa ω la frecuencia esta en radianes por segundo.

Los dos parámetros están relacionados por $\omega = 2\pi f$.

$$s(t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \phi(t)]$$

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación ASK

Desplazamiento de Amplitud (ASK): En esta técnica de modulación los dos valores binarios se representan mediante dos amplitudes diferentes de la portadora. Es común que una de las amplitudes sea cero y es sensible a cambios repentinos de la ganancia, en líneas telefónicas, esta técnica se usa a 1200 bps como máximo.

La expresión general para la modulación digital en amplitud es

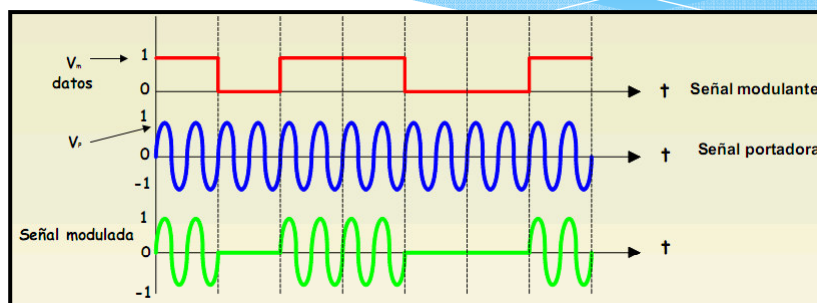
$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_i(t)}{T}} \cos(\omega t + \phi) \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, M \\ 0 \leq t \leq T \end{array}$$

Donde $E_i(t)$ representa la amplitud variante en el tiempo, ω la frecuencia constante de la portadora y ϕ la constante arbitraria de fase.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación ASK



La señal de la información varía la amplitud de la señal portadora

V_m : valor pico de la señal moduladora

V_p : valor pico de la señal portadora

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

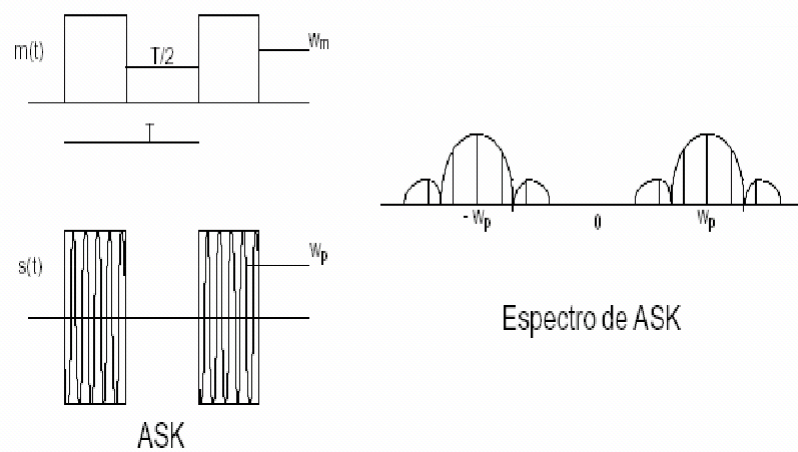
Modulación ASK

- El ruido y la atenuación afecta mucho a la señal
- La sobre modulación ($V_m > V_p$) genera interferencia en los canales adyacentes
- Se pueden utilizar varias amplitudes para codificar varios bits

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

ESPECTRO DE SEÑAL MODULADA ASK



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulacion FSK

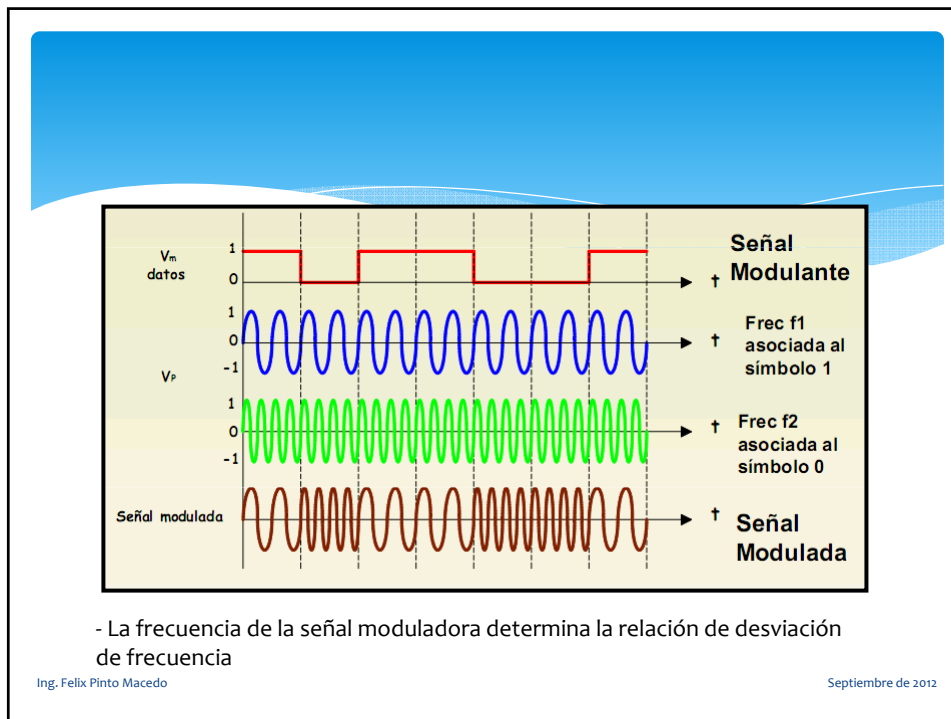
Modulacion FSK

Desplazamiento de Frecuencia (FSK): los dos valores binarios se representan por dos frecuencias diferentes próximas a la frecuencia de la portadora. Es menos sensible a errores que ASK. En líneas telefónicas, se utiliza típicamente a velocidades de hasta 1,200 bps.

La expresión analítica general para la modulación digital FSK es

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(\omega_i t + \phi) \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, M \\ 0 \leq t \leq T \end{array}$$

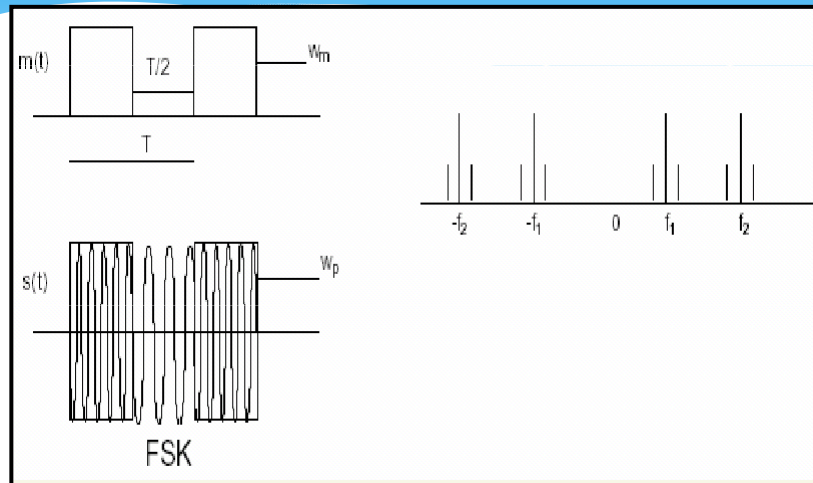
En donde el término de frecuencia, ω_i , contiene M valores discretos, y el término de fase, ϕ , es una constante arbitraria.



Modulación FSK

- Buena inmunidad al ruido
- Se pueden codificar varios bits (varias frecuencias)
- Se puede modular en varios canales (Banda ancha: FDM)
- Utilizada en primeros módems telefónicos, transmisión datos por radio y algunos enlaces punto-punto

ESPECTRO DE LA SEÑAL FSK



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulacion PSK

Modulación PSK

- * Desplazamiento de Fase (PSK): la fase de la señal portadora se deslaza para representar con ello datos digitales..
- * La expresión analítica general para PSK es

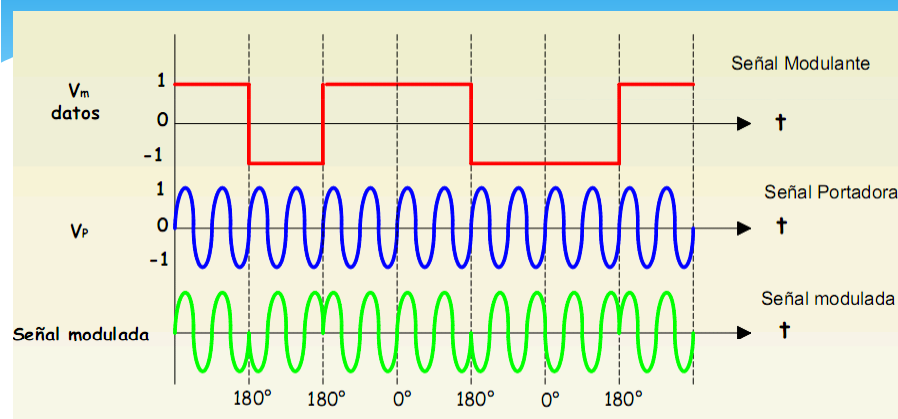
$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos[\omega_c t + \phi_i(t)] \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, M \\ 0 \leq t \leq T \end{matrix} \quad \phi_i = \frac{2\pi(i-1)}{M} \quad i = 1, \dots, M$$

- * la fase, $\phi_i(t)$, contiene M valores discretos.
- * El parámetro E es la energía del símbolo, T es la duración temporal del símbolo y $0 \leq t \leq T$.

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación PSK



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación PSK

- Mayor inmunidad al ruido que ASK, FSK
- Se pueden codificar varios bits (varios desfases)
- DPSK: desfases relativos a la fase anterior

Modulación QAM

Modulación QAM

Es una de las técnicas de modulación mas usadas para incrementar el numero de bits por baud.

- ☐ Usa modulación de amplitud y modulación de fase de una misma portadora.
- ☐ Se pueden enviar dos señales diferentes simultáneamente sobre la misma portadora, utilizando dos réplicas de la portadora, una de ellas desfasada 90 respecto a la otra (en cuadratura).
- ☐ Cada una de las portadoras se modula usando ASK
- ☐ Las dos señales independientes se transmiten por el mismo medio

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación QAM

☐ Los sistemas M-QAM utilizan dos portadoras en cuadratura, modulada cada una de ellas en amplitud con varios niveles.

☐ La señal transmitida es:

$$s(t) = \sum_k I_k m(t - kT) \cos 2\pi f_0 t + \sum_k Q_k m(t - kT) \sin 2\pi f_0 t.$$

$m(t)$: Es el pulso conformador;

T : Es el período de símbolo (inverso de la velocidad de modulación);

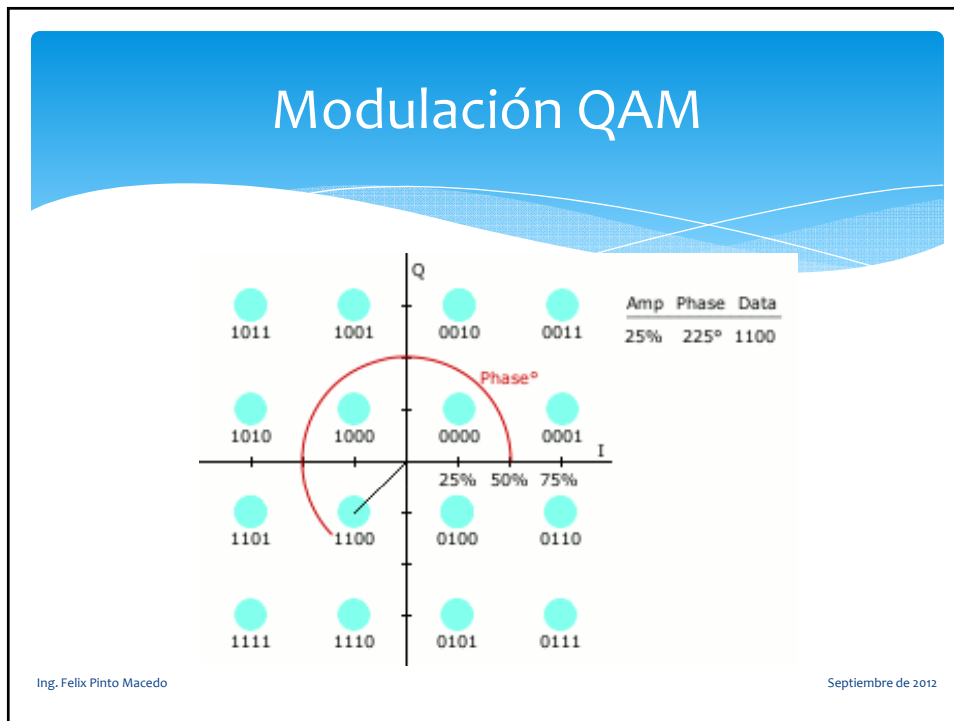
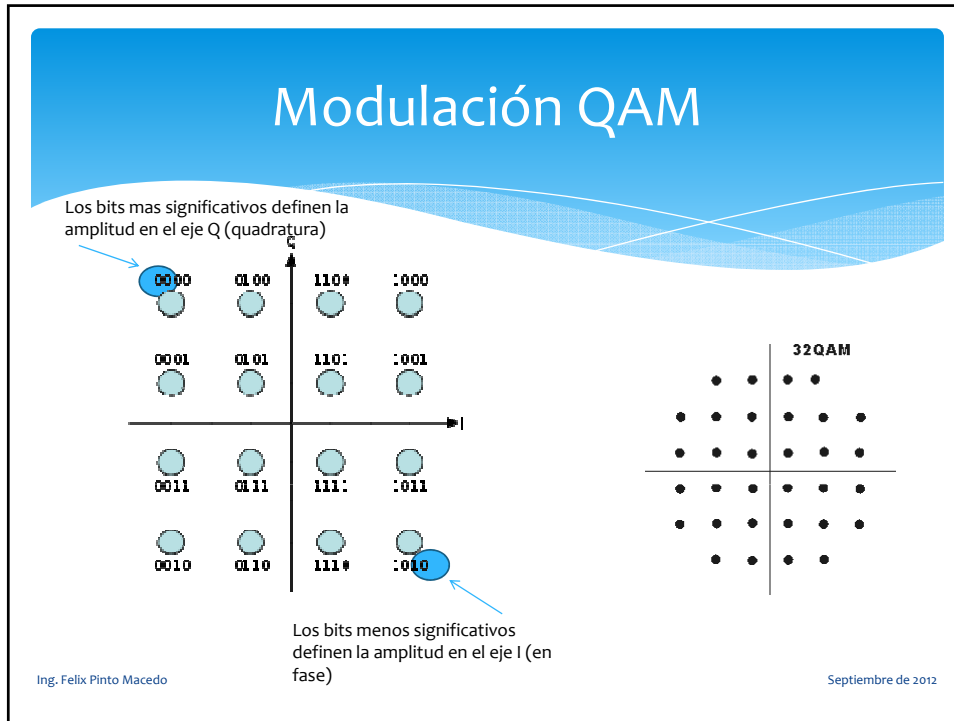
f_0 : Es la frecuencia de la portadora

I_k y Q_k :

Son los niveles de amplitud que toman las portadoras en fase y cuadratura, respectivamente ($\pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$).

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

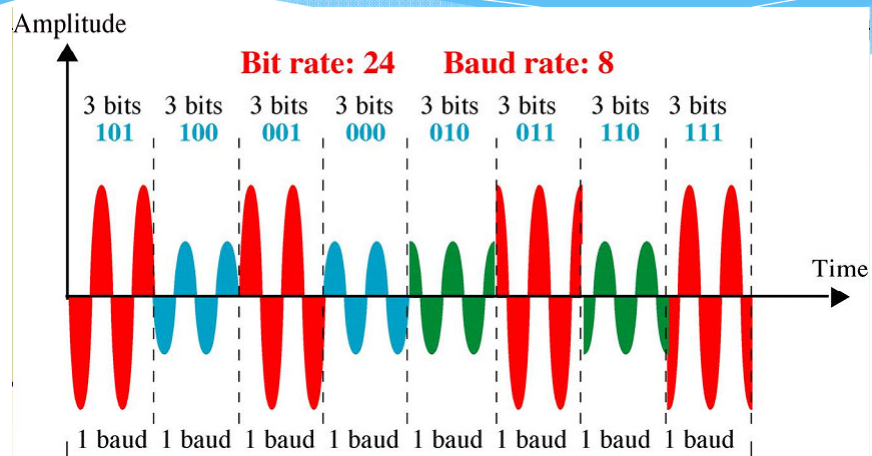


Modulación QAM

- En un sistema M-QAM, M es el número de puntos que contiene la constelación de símbolos (típicamente, $M = 8, 16, 64, 256$).
- El número de bits que representa cada símbolo es: $q = \log_2 M$ (típicamente, $q = 2, 4, 6, 8$);

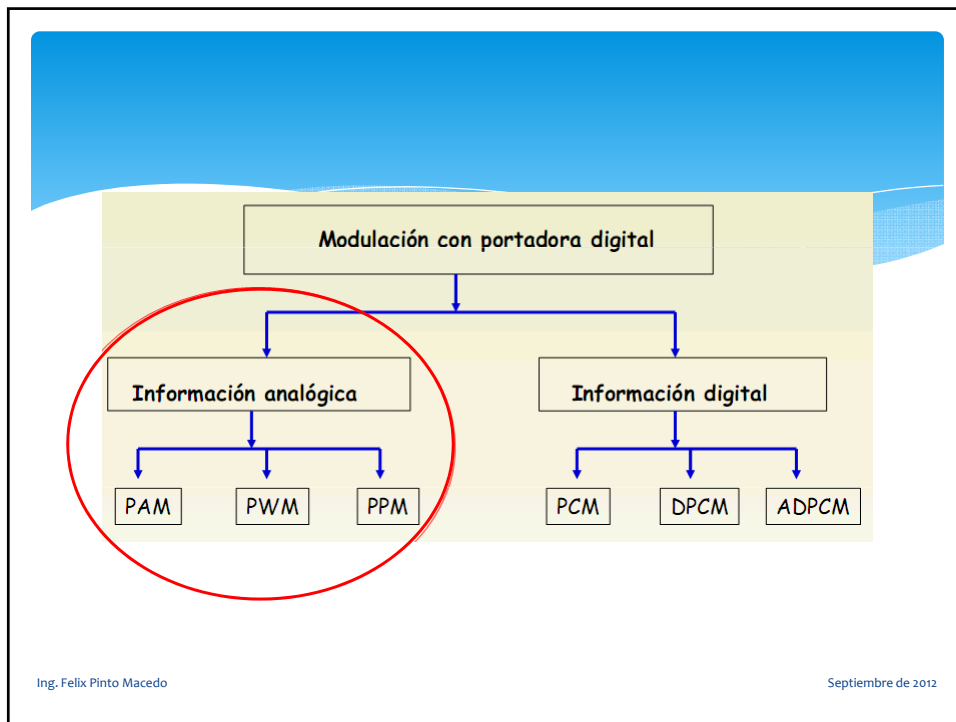
Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012



Modulación PAM

Este es el primer paso hacia la codificación PCM, los datos PCM se obtienen a partir de la cuantificación de las muestras de PAM.

Al cuantificar los impulsos PAM, la señal original solo se aproxima, por lo que no podrá ser recuperada con exactitud.

a. Analog signal

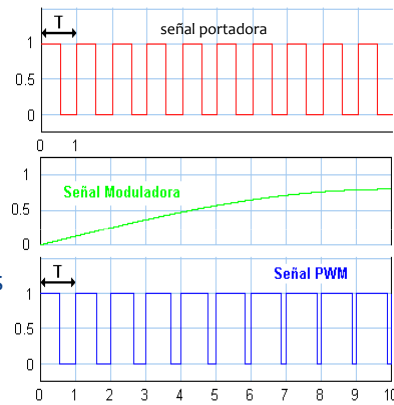
b. PAM signal

Ing. Felix Pinto Macedo Septiembre de 2012

Modulación por ancho de pulso PWM

Modulación de Anchura de Pulso

- tenemos un conjunto de pulsos de amplitud constante
- los flancos de subida están igualmente espaciados (ritmo constante)
- según el valor de la señal moduladora (línea discontinua), los pulsos cambian de anchura/ duración



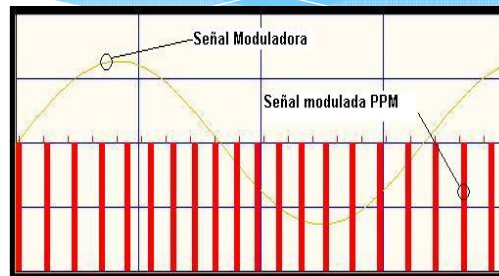
Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

PPM - Pulse Position Modulation

Modulación de Fase de Pulso

- tenemos un conjunto de pulsos de la misma anchura
- en ausencia de señal moduladora los pulsos están igualmente espaciados



según el valor de la señal moduladora (línea amarilla continua), los pulsos se atrasan o se adelantan respecto al instante que les correspondería aparecer

Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

Modulación PCM

La modulación PCM (Pulse Code Modulation) o Modulación por Código de Pulsos, es el método estándar de codificación de señales de audio. PCM es el formato básico de datos sin comprimir que utilizan ininidad de sistemas, tanto en telecomunicaciones como en proceso de señales.

Ing. Felix Pinto Macedo

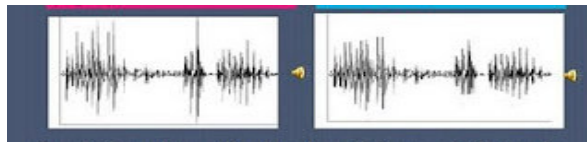
Septiembre de 2012

Modulación Adaptiva PCM

La compresión adaptiva por modulación de código de pulsos ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) comprime señales desde resoluciones altas a resoluciones inferiores.

Por ejemplo, en la compresión ADPCM de audio, se comprimen señales de 16 bits de resolución a 4 bits, resultando una relación de compresión de 4:1.

El formato Dialogic ADPCM se usa normalmente en aplicaciones de telefonía y ha sido optimizado para bajas tasas de muestreo de voz. Este formato solamente trabaja con señales simples (Monoaural) de 16 bits.



Ing. Felix Pinto Macedo

Septiembre de 2012

