

PRINCIPIOS BASICOS EN TELECOMUNICACIONES

TRANSMISION DE INFORMACION

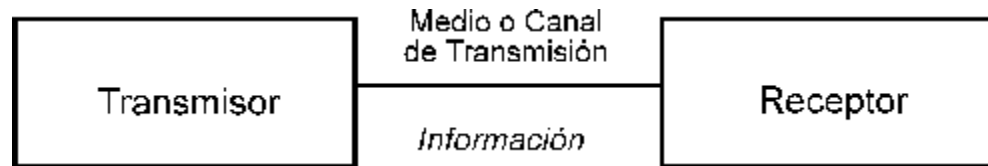
Ing. Rodrigo Silva T.





ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACION

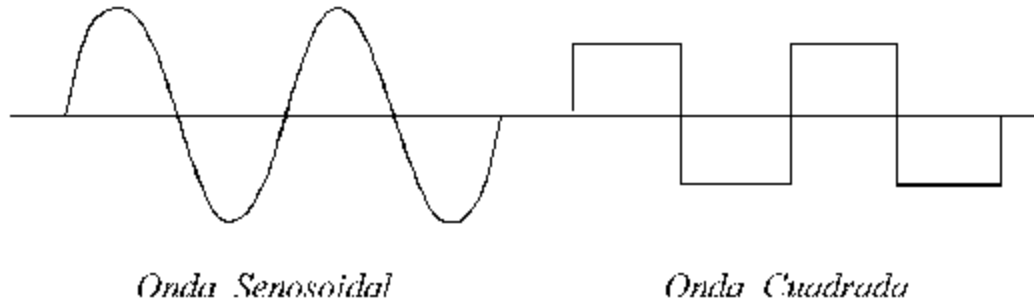
La **comunicación** es la transferencia de **información** desde un lugar a otro.



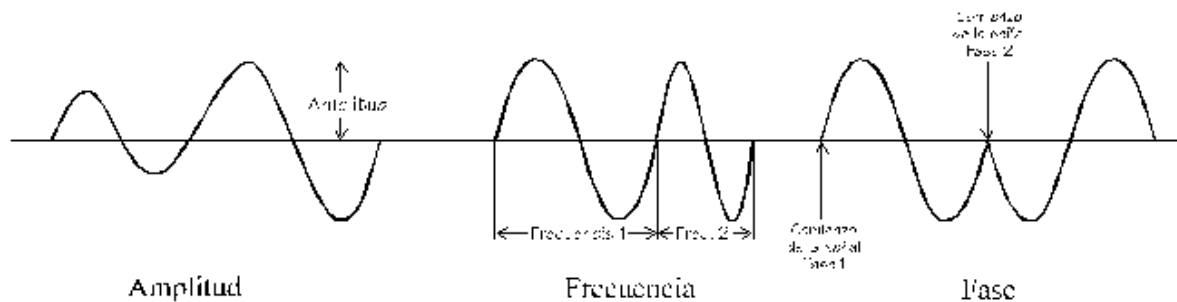
La información se transmite en forma de sonido, luz o patrones de textura en forma tal que pueda ser detectada por los sentidos primarios del oído, vista y tacto.



COMUNICACIÓN POR MEDIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS



$$s(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$





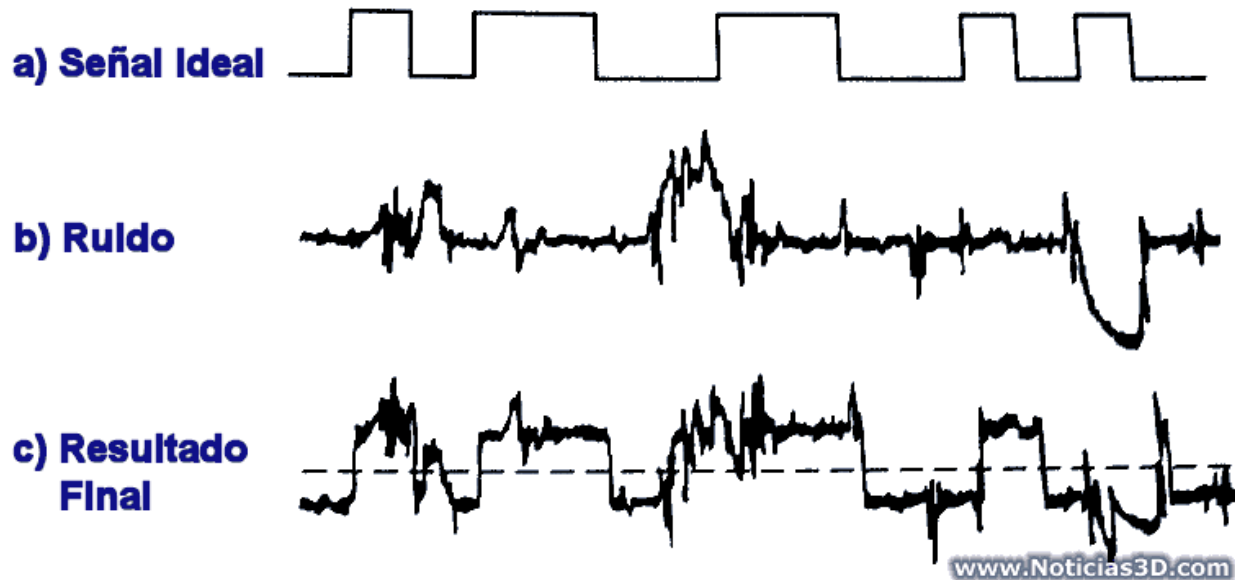
CONTAMINACION DE LA SEÑAL

Atenuación: reduce la intensidad de la señal

Distorsión: Es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma

Interferencia: Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal.

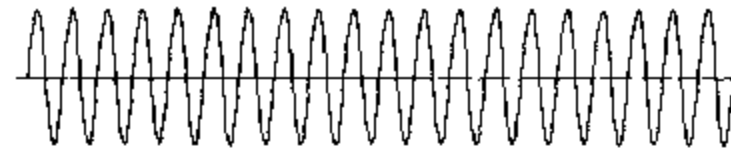
Ruido: Por ruido se debe de entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema



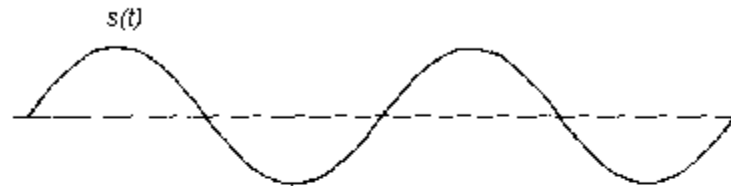


MODULACION

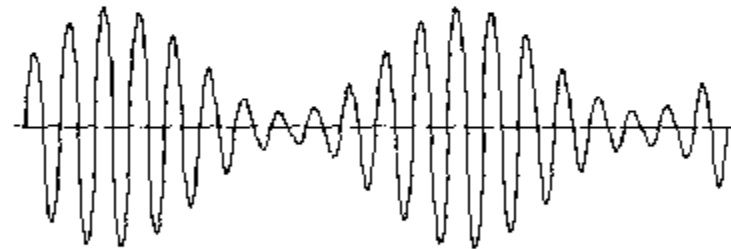
La modulación es la alteración sistemática de los parámetros de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal moduladora)



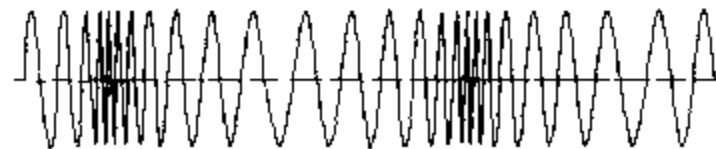
Señal Portadora



Señal moduladora (Banda Base)



Onda modulada en Amplitud



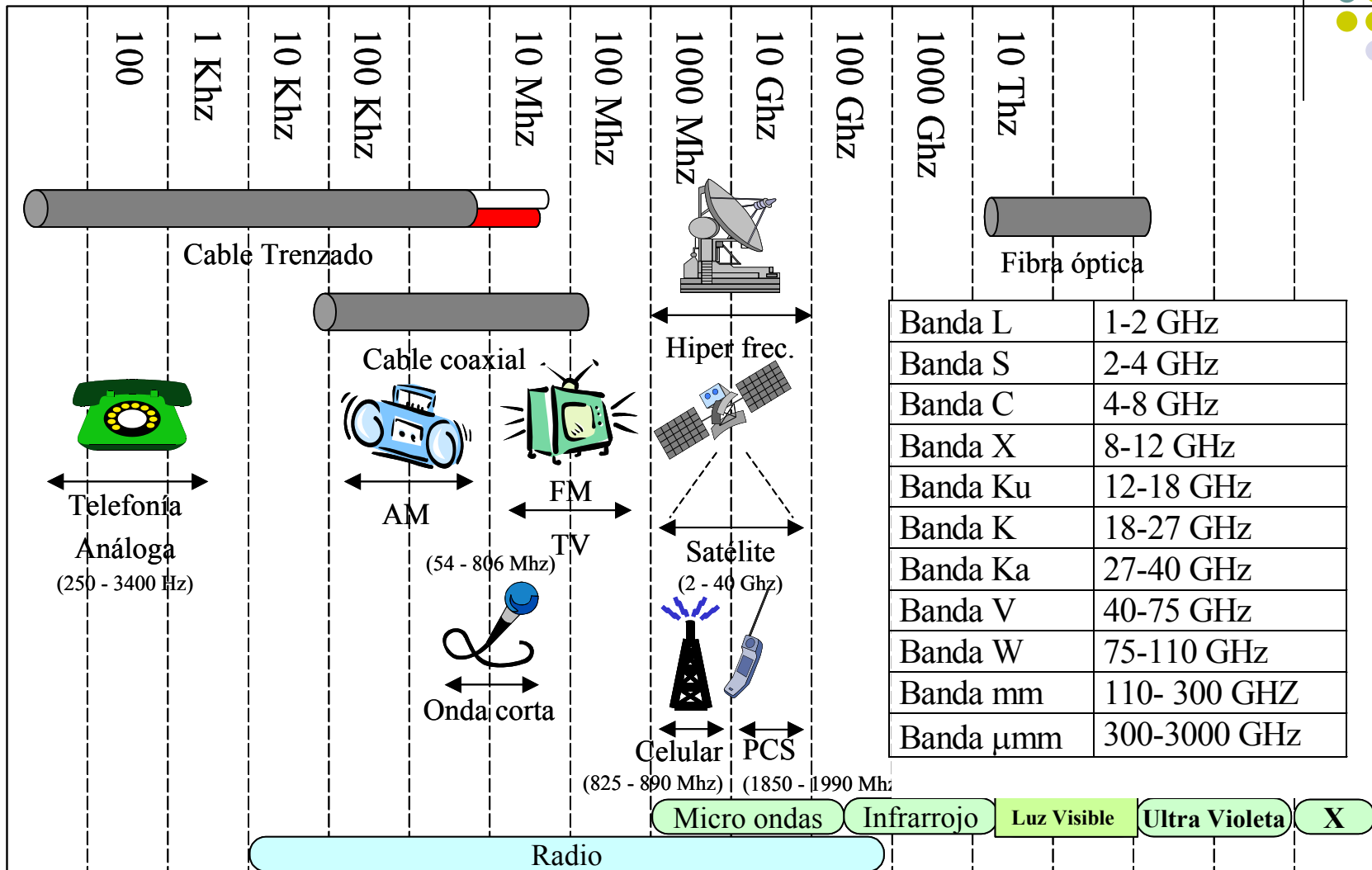
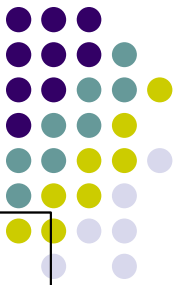
Onda modulada en frecuencia

¿PORQUE SE MODULA?



- Facilita la PROPAGACIÓN de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordena el ESPECTRO RADIOELECTRICO, distribuyendo *canales* a cada información distinta.
- Disminuye DIMENSIONES de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal
- Evita INTERFERENCIA entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones po RUIDO.
- Define la CALIDAD de la información trasmitida.

¿PORQUE SE MODULA?





¿ QUE TIPOS DE MODULACIÓN EXISTEN ?

La modulación **ANALÓGICA**, en la cual se varían los parámetros de la señal sinusoidal con señales de información en formato analógico

Modulación Analógica: AM, FM, PM

La modulación **DIGITAL**, que se lleva a cabo a partir de la información representada a través de símbolos digitales normalmente expresados con códigos binarios.

Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM, TCM, OFDM, etc.



MODULACION DE SEÑALES

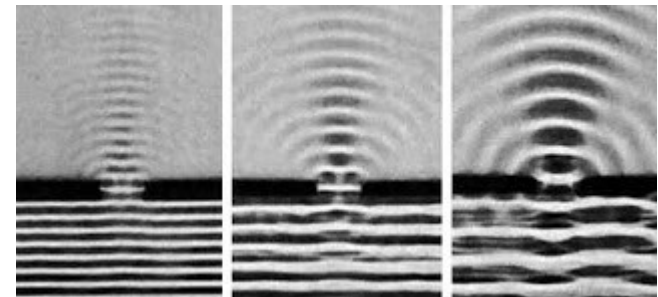
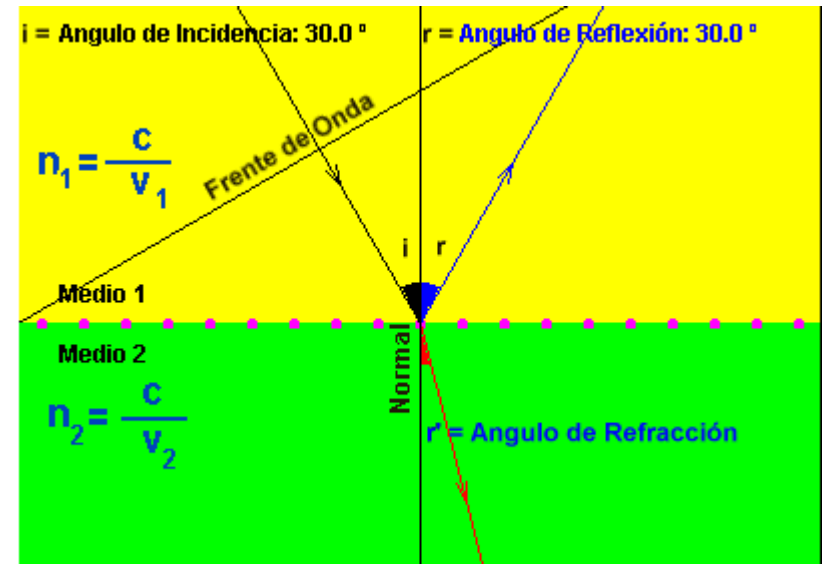
- MODULACION ANALOGICA
 - AM
 - FM
 - PM
- MODULACION DIGITAL
 - ASK
 - MFSK
 - MPSK: QAM
 - SPREAD SPECTRUM: DS/SS, FH/SS: Wireless y Comunicaciones móviles (WiFi, CDMA2000, UMTS)
 - OFDM: WiMax, LTE

¿ COMO AFECTA EL MEDIO DE TRANSMISION (CANAL) A LA SEÑAL ?



Los principales efectos que sufre la señal al propagarse son:

- Atenuación
- Desvanecimiento
- Ruido Blanco aditivo
- Interferencia externa
- Ruido de fase
- Reflexión de señales
- Refracción
- Difracción es un fenómeno característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo





¿ QUE RELACIÓN EXISTE ENTRE LA MODULACIÓN Y EL CANAL ?

El canal influye fuertemente en la elección del tipo de modulación de un sistema de comunicaciones, principalmente debido al ruido.

- CANAL: Ruido, Distorsión, Interferencia y Atenuación.
- MODULACIÓN: Inmunidad al ruido, Protege la calidad de la información, Evita interferencia.

LIMITACIONES FUNDAMENTALES EN LA COMUNICACIÓN ELÉCTRICA

Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son el *ancho de banda y el ruido*.



LIMITACIÓN DEL ANCHO DE BANDA

La **capacidad de transporte** de un medio de transmisión es expresada en términos del ancho de banda.

El **ancho de banda** de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad

Las señales de TV tienen un ancho de banda de alrededor de 6 MHz

La señal de voz tiene un ancho de banda de 4 KHz.

Estas pueden acomodarse de una manera limitada en sistemas de microondas y cables de cobre o fibra cuyos anchos de banda oscilan en el orden de los GigaHertz y TeraHertz

La ingeniería busca **optimizar** el uso del ancho de banda, así como también nuevos materiales para utilizarlos como [medios de transmisión](#)



LA LIMITACIÓN RUIDO

El éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con la que el receptor pueda discriminar la información desde la señal recibida. Normalmente la señal recibida inevitablemente se encuentra contaminada con ruido, lo cual dificulta este proceso.

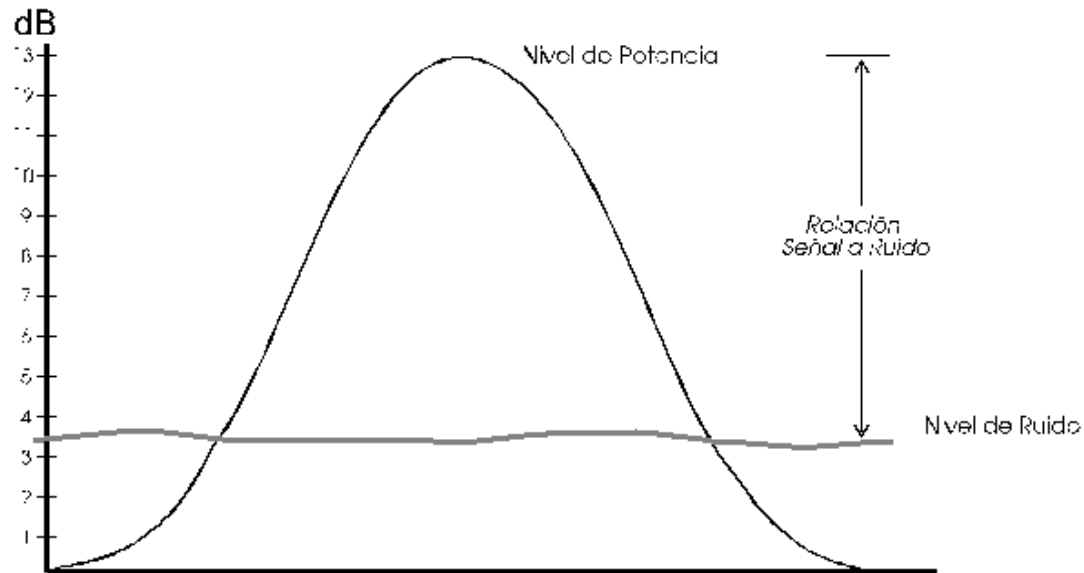
Si la intensidad de la señal recibida es insuficiente, amplificar en el receptor no resuelve nada; el ruido sería amplificado junto con la señal, lo cual no mejora la relación señal a ruido.

Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida por razón de problemas tecnológicos y de normativa de operación.

El diseño de sistemas de comunicaciones es un asunto de compromiso entre **potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido**; compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.



LA RELACIÓN SEÑAL A RUIDO (S/N)



La relación señal ruido (S/N) es la diferencia entre el nivel de la señal y el nivel de ruido.

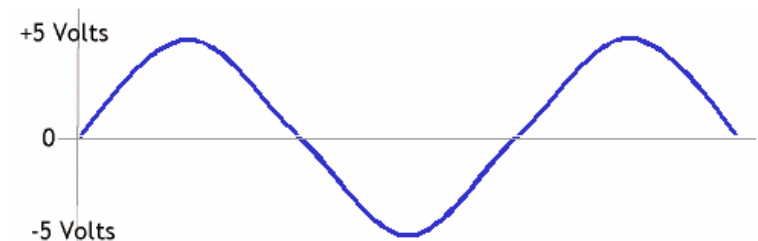


ANALOGICO vs DIGITAL

ANALÓGICO en la industria de las telecomunicaciones y el cómputo significa todo aquel proceso entrada/salida cuyos valores son **continuos**. Algo continuo es todo aquello que puede tomar una infinidad de valores dentro de un cierto límite, superior e inferior.

DIGITAL involucra valores de entrada/salida **discretos**. Algo discreto es algo que puede tomar valores fijos. En el caso de las comunicaciones digitales y el cómputo, esos valores son el CERO (0) o el UNO (1) o Bits (Binary DigiTs).

Un evento analógico



Un evento digital





PORQUE FORMATO DIGITAL?

VENTAJAS

- Facilidad para regenerar señales
- Circuitos menos susceptibles a la distorsión e interferencia
- Circuitos digitales más confiables y menos costosos que los analógicos
- Implementación flexible (modular)



PORQUE FORMATO DIGITAL?

- TDM resulta más simple que FDM
- Tratamiento de distintos tipos de señales bajo el mismo formato (voz, datos, video)
- Permite procesamiento de señales para garantizar privacidad (encriptación)
- Permite protección contra interferencias (jamming)

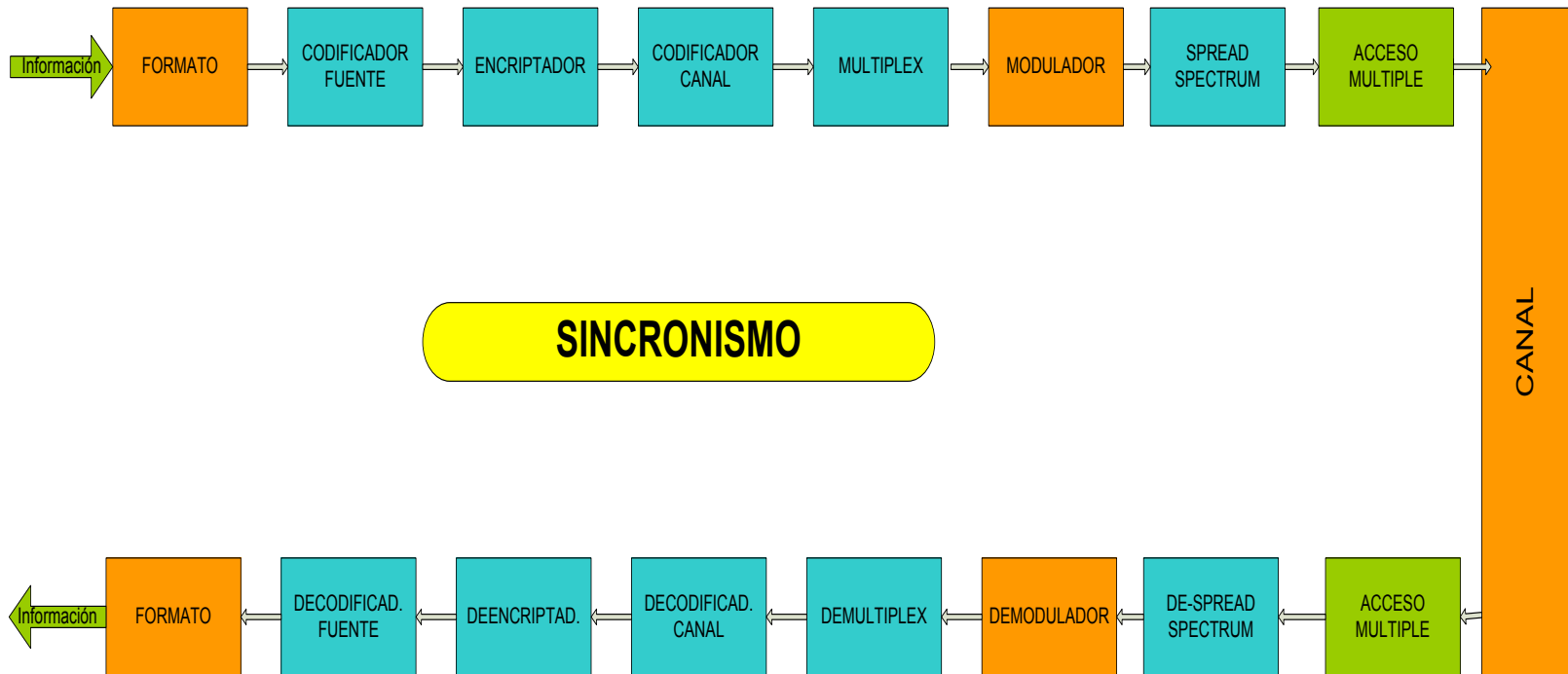


PORQUE FORMATO DIGITAL?

DESVENTAJAS

- Típicamente requiere mayor ancho de banda que el formato analógico equivalente.
- Necesidad de sincronización (costo, tiempo y energía extras)

DIAGRAMA GENERAL (DCS)



Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Formato

- Transforma la información de la fuente en símbolos digitales cuyo proceso se denomina también conversión A/D y luego selecciona la forma de onda adecuada para la compatibilizar los símbolos con el medio de transmisión. El formato involucra los siguientes procesos: muestreo, cuantización y codificación.

Codificador de fuente

- Es una optimización del formato, puesto que se trata de eliminar redundancias en la información para optimizar uso de ancho de banda requerido para su posterior transmisión. En este proceso se incluyen técnicas tales como DPCM, ADPCM, codificación lineal predictiva, codificación sub-banda, algoritmos de representación efectiva de la información, etc.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Encriptación

- La encriptación de la información es una necesidad básica de ciertos sistemas tales como los de aplicaciones militares. Con la encriptación se consigue dos objetivos importantes la privacidad y la autenticidad de la información transmitida. Existen algoritmos de encriptación de dominio público tales como el DES el PKC los cuales resultan efectivos si no se dispone del sistema de recuperación de la información encriptada.

Codificador de canal

- La codificación de canal tiene como objetivo mejorar el desempeño de los sistemas de comunicaciones, es decir mejorar la confiabilidad de la información recibida. La estrategia es buscar señales ó también secuencias binarias que al ser transmitidas a través de un canal (medio de transmisión) sean menos vulnerables a efectos de ruido, interferencias y desvanecimiento, los cuales constituyen fuentes de error para el sistema. Se pueden anotar dos métodos generales de codificación de canal: Diseño de señal e inserción de bits redundantes.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Multiplex

- La multiplexación ó también llamada multicanalización de señales es el proceso de combinar señales de tal manera que se utilice el mismo medio para transmitir las simultáneamente. La técnicas de múltiplex más importantes en la actualidad son FDM, TDM, WDM, DWDM, con las cuales se han logrado transmitir grandes cantidades de información en el orden de Mega y Giga bits por segundo a través de medios de transmisión tales como cable, radio ó fibra óptica. JERARQUIAS DIGITALES PDH Y SDH

Modulador pasabanda.

- Las técnicas binarias y multinivel más utilizadas son FSK, PSK, ASK y ciertas modificaciones de las mencionadas tales como OQPSK, MSK, QAM, TCM, OFDM con las cuales se han conseguido diversas aplicaciones sobre canales limitados en potencia, canales limitados en ancho de banda, así como también utilizarlas con dispositivos de potencia no lineales.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Spread Spectrum

- Mientras las técnicas convencionales se esmeran por utilizar eficientemente el ancho de banda, SS hace un derroche del mismo a cambio de conseguir señales que ofrezcan cierta resistencia a interferencias ya sean éstas provocadas o no.
- Su energía puede estar distribuida con niveles de amplitud tan bajos que se los puede confundir con señales de ruido. Esta característica hace a estas señales muy difíciles de ser detectadas e incluso presentan cierto rechazo a señales de interferencia, propiedades que son muy bien aprovechadas para resolver problemas tales como canales con propagación multitrayecto, sistemas de acceso múltiple y comunicaciones seguras.
- Las técnicas más importantes de SS son: SS/DS, SS/FH, SS/TH, sistemas híbridos y podemos resaltar la aplicación más importante de SS en la actualidad denominada CDMA y muy utilizada en sistemas móviles de segunda 2G, tercera generación 3G, cuarta generación 4G y quinta generación 5G.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Acceso Múltiple

- Es una forma también de combinar señales, pero a diferencia de la multiplexación el acceso múltiple casi siempre es referido a la **manera como se comparte un recurso de comunicaciones** tales como antenas, canales de radio de estaciones fijas ó también transponders en sistemas de radio satelitales. Es decir, es como si se tratara de una multiplexación remota de señales que llegan a un mismo dispositivo.
- Las técnicas de acceso múltiple más importantes son: FDMA, TDMA , CDMA , SDMA, PDMA utilizadas muy ampliamente en sistemas de comunicaciones móviles y satelitales.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



Canal de comunicaciones.

- El término canal es referido a cualquier medio físico utilizado para transmitir señales eléctricas con contenido de información. Tecnológicamente podemos identificar algunos tipos importantes de medios de transmisión, estos son: cables de cobre, cables de fibra óptica, espacio libre y luz LASER.

Transmisor y Receptor

- Una vez que se tienen las señales senoidales moduladas y operando con frecuencias llamadas frecuencias intermedias, es necesario que en el dispositivo transmisor se desplacen dichas frecuencias intermedias hacia frecuencias de radio RF **up/down converter** para luego de ello si amplificarlas y enviarlas a la antena. En la parte de recepción, se incorporan dispositivos tales como el **amplificador de bajo ruido LNA**, antena y **up/down converter** con los cuales se efectúa el proceso contrario al del transmisor.

Sistema Digital de Comunicaciones (DCS)



SINCRONISMO.

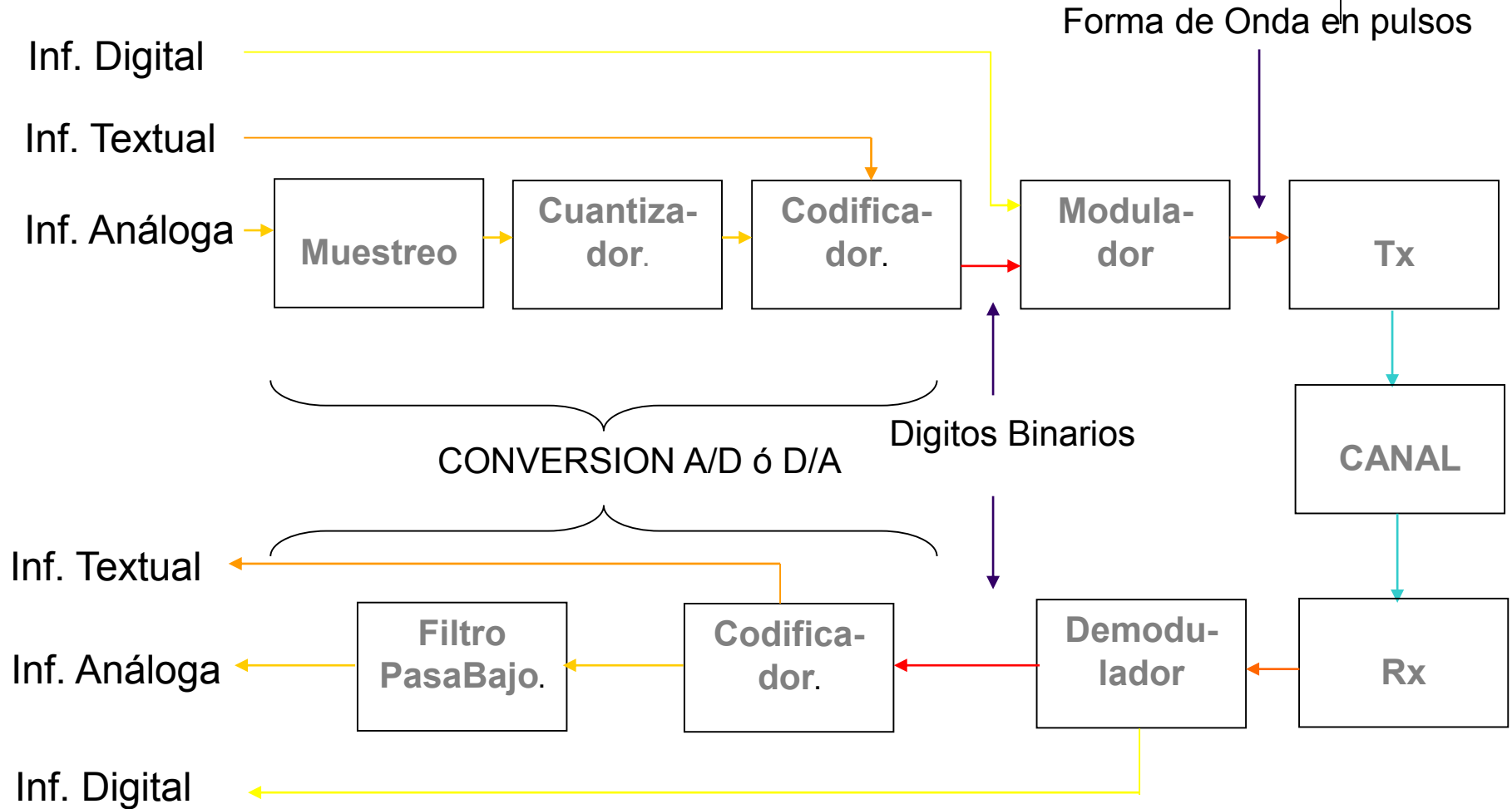
- El sincronismo gobierna prácticamente todos los procesos ejecutados dentro del sistema y como tal en el caso que éste fallara, el receptor simplemente perdería completamente la información.
- El proceso de sincronismo debe desarrollarse en distintos niveles, por lo que los sistemas más sofisticados como aquellos que transmiten grandes cantidades de información necesitarán de al menos cuatro niveles de sincronismo tales como: sincronismo de portadora, de símbolo, de trama y de red, para lo cual serán necesarias referencias de reloj muy precisas que estarán en el orden de stratum uno, dos ó tres de precisión.

TRANSMISION DIGITAL



- **BANDA BASE:** la información se modula a través de señales tipo pulso.
 - Utilizada en sistemas de comunicaciones que usan protocolos tipo serial (RS232), sistemas de almacenamiento de datos y transmisión con fibra óptica.
- **PASABANDA:** la información se modula con ondas sinusoidales (portadora). Utilizada principalmente en los sistemas de radiocomunicaciones

SISTEMA DE TRANSMISION BANDABASE



SEÑALES DE INFORMACIÓN



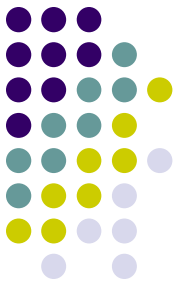
Cualquier fenómeno de la naturaleza tiene implícitamente algún tipo de información. Ejemplo: nivel de luminosidad, temperatura, caudales, etc.

Para poder manipular la información, es necesario representarla a través de señales eléctricas.

Las señales eléctricas se las obtienen utilizando dispositivos sensores y transductores eléctricos. Estas se presentan generalmente en forma de señales analógicas, cuyo espectro se extiende desde **dc** hasta un valor finito usualmente menor que unos cuantos MHz. **(señales pasabajas)**

Ejemplo: Voz (speech), video, imágenes

REPRESENTACION DIGITAL DE SEÑALES



El paso esencial para realizar la transmisión digital de señales es:

**LA TRANSFORMACIÓN DE LA SEÑAL
ANALOGICA PROVENIENTE DE LA FUENTE DE
INFORMACION
EN SIMBOLOS DIGITALES**



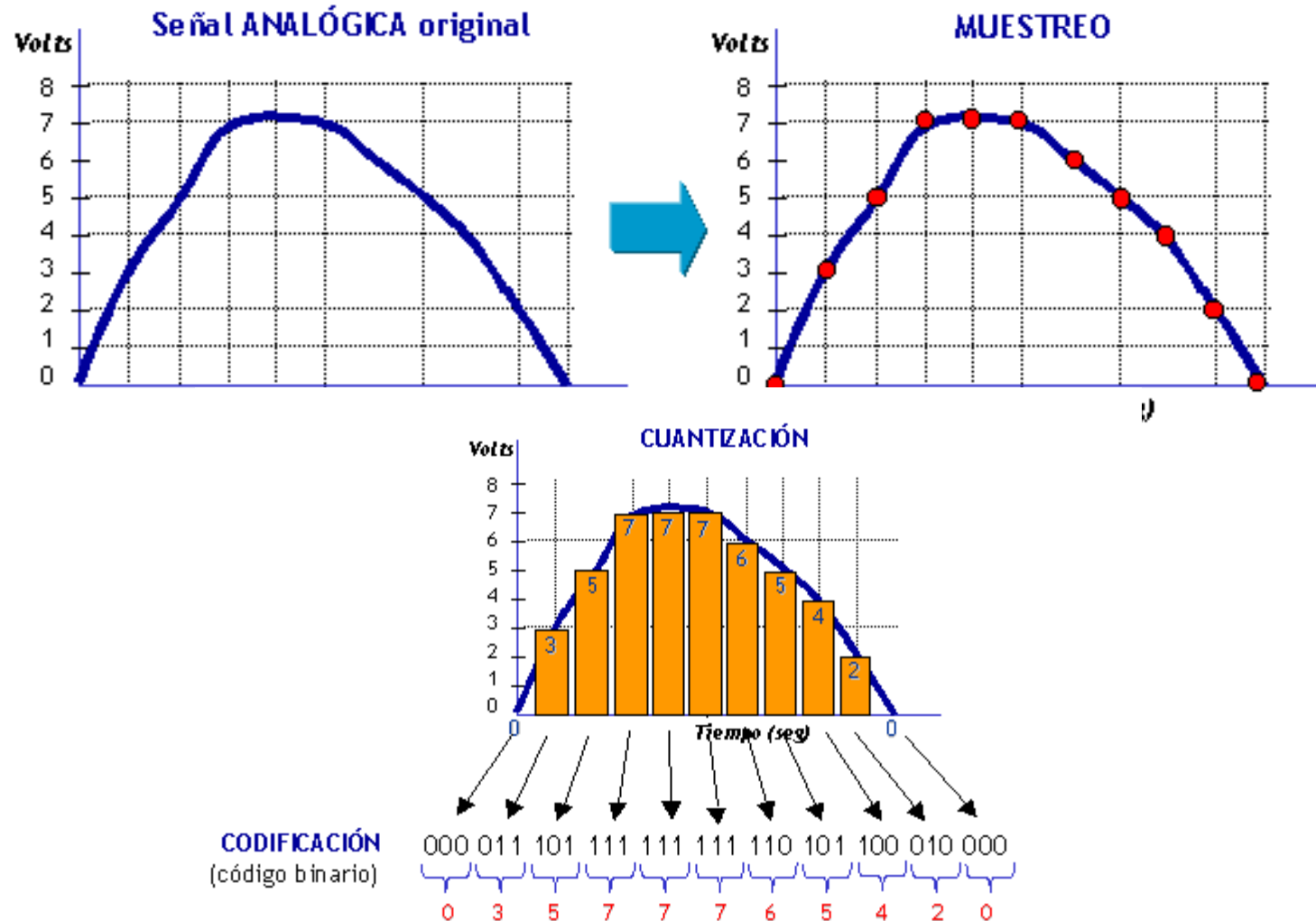
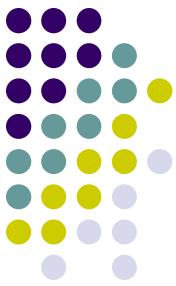
INFORMACION TEXTUAL

Los mensajes textuales (caracteres y símbolos) son codificados con uno de los varios formatos estándares (ASCII), transformándolo de esta manera a formato digital.



Secuencia binaria bandabase 10001110101100010.....

FORMATO- CONVERSION ANALOGICO/DIGITAL





PROCESOS CONVERSION A/D

- MUESTREO: Discretiza la señal en el dominio del tiempo.
- CUANTIZACION: Discretiza la señal en amplitud.
- CODIFICACION: asigna códigos binarios a los distintos niveles cuantizados

Secuencia binaria bandabase

10001110101100010.....

EL TEOREMA DEL MUESTREO



$$T_s = \frac{1}{2f_m}$$

T_s : tiempo de muestreo

f_s : tasa de muestreo

f_m : frecuencia máxima de la señal

TASA DE NYQUIST:

$$f_s \geq 2f_m$$

*Condición suficiente para
reconstruir la señal original*



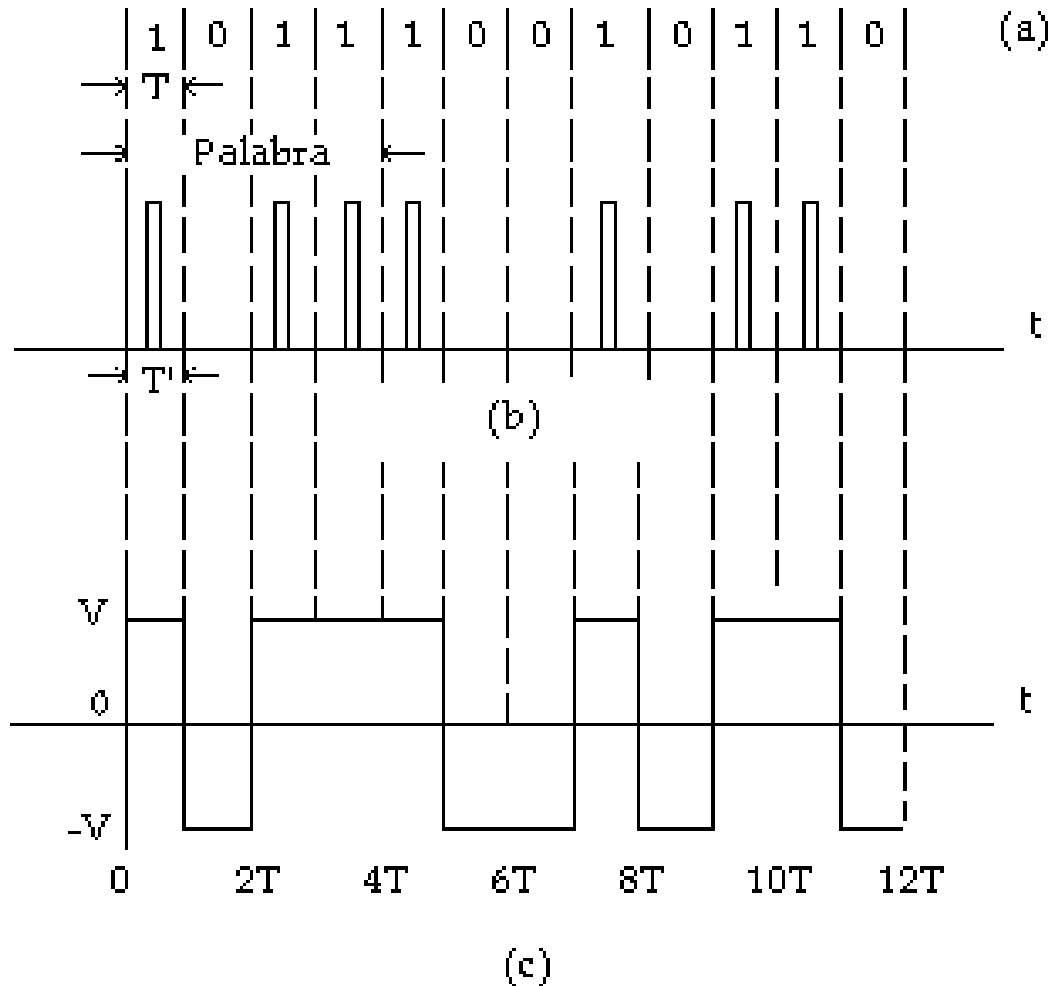
MODULACION DIGITAL BANDABASE



Representación de secuencias binarias.

Existe la necesidad de representar las secuencias de dígitos binarios utilizando pulsos eléctricos para lograr la transmisión a través de un medio que eventualmente podría ser cable de cobre, fibra óptica ó espacio libre.

Por ejemplo un “1” binario se representará por un pulso y un “0” por la ausencia de pulso, esta información se usará para transmitir la información como un flujo de bits conocido como **PCM** (Pulse Coded Modulation).



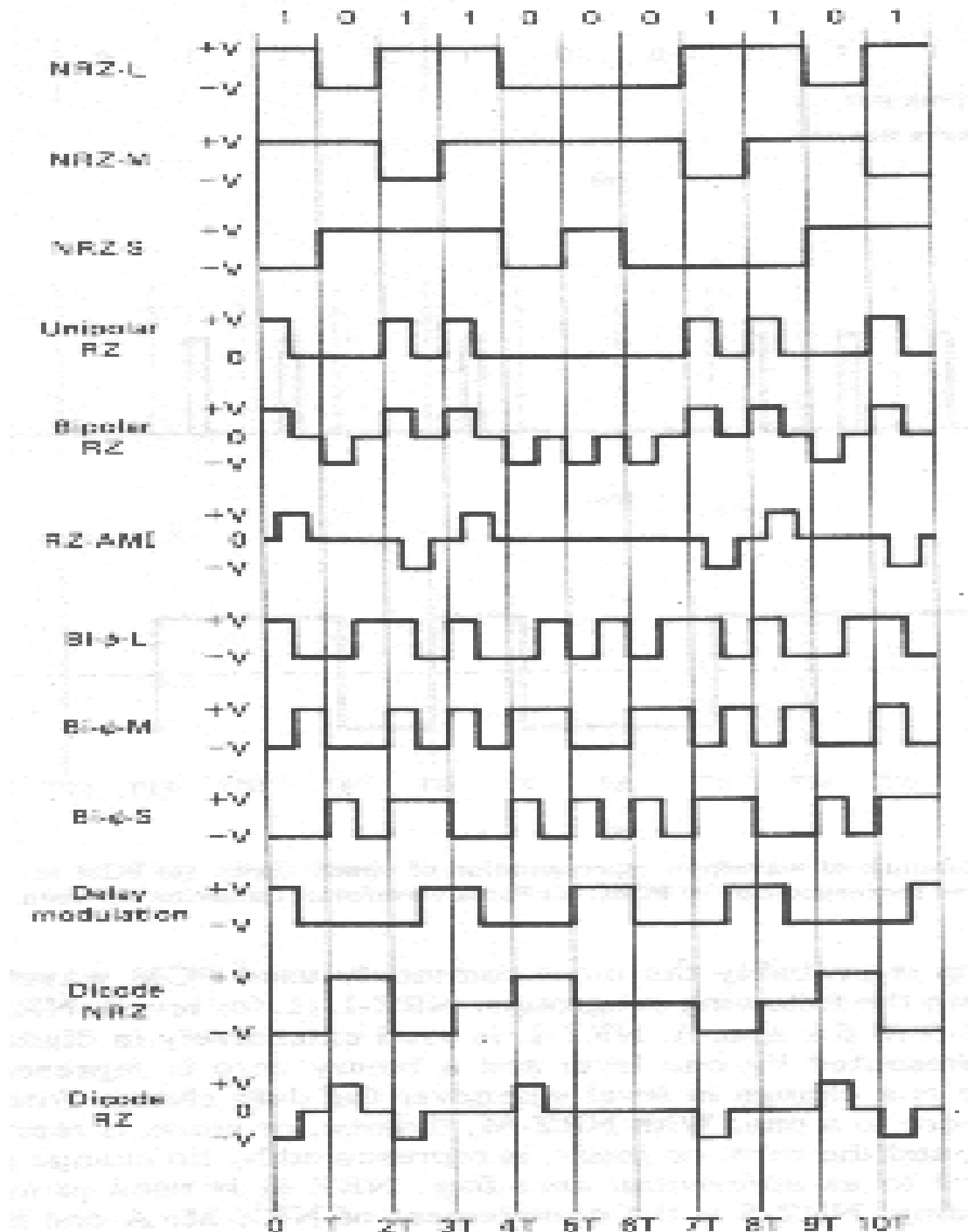
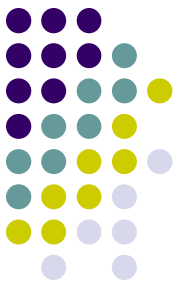
Ejemplo de representación de formas de onda de dígitos binarios. (a)secuencia binaria (b)representación de pulsos PCM
(c) Forma de onda del pulso

FORMAS DE ONDA PCM



Se clasifican en cuatro grupos principales:

- * No retorno a cero (NRZ)
- * Retorno a cero (RZ)
- * Fase codificada (Phase encoded)
- * Binario Multinivel (Multilevel binary)



ATRIBUTOS ESPECTRALES EN LAS SEÑALES PCM



Los criterios más comunes para la comparación y selección de algún tipo de forma de onda son:

- **Características espectrales**
- **Capacidades de sincronización de bits**
- **Capacidades de detección de errores**
- **Inmunidad a las interferencias y al ruido**
- **Complejidad y costo de la implementación**

Los esquemas de NRZ y duobinaria tienen componentes espectrales largas a bajas frecuencias.

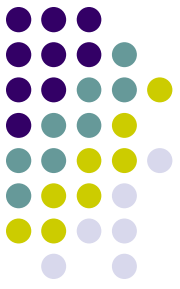
Los esquemas de bi-phase no tienen energía en d.c. Sin embargo, bi-phase requiere relativamente un largo ancho de banda del sistema.

Los métodos que son particularmente eficientes en su ancho de banda son el duobinaria y la modulación con retraso.

Modulación Digital Pasabanda



Qué es la modulación digital pasabanda?



- La modulación digital es el proceso en el cual los símbolos digitales son representados a través de formas de onda compatibles con las características del canal.
- La información se modula variando los parámetros de onda sinusoidal llamada *portadora*.



Porqué Modular?

- Reduce el tamaño de antenas. Las antenas son eficientes si su longitud física es comparable a la longitud de onda electromagnética transmitida.
- La modulación pasabanda permite compartir un canal usando *multiplexación por división en frecuencia* (FDM).



Modulación Pasabanda

- La forma general de la portadora $s(t)$ en el intervalo $0 \leq t \leq T$ es:

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

$$\text{pero } \theta(t) = \omega_0 t + \phi(t)$$

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



Detección Coherente:

- Si el receptor utiliza el conocimiento de la fase de la portadora para detectar la señal.
- En forma ideal el receptor dispone un prototipo de todas las posibles señales presentes en su entrada.
 - Se dice que el receptor está enganchado a la fase (phase locked) de la señal entrante.

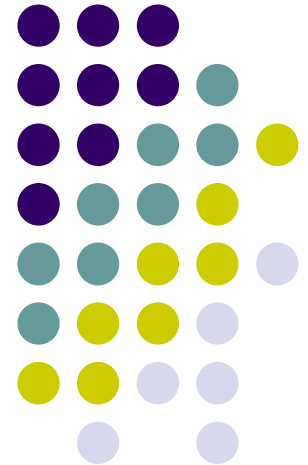


Detección No Coherente:

- Si el sistema opera sin conocimiento del valor absoluto de la fase de la señal entrante.
 - No se necesita estimar la fase de la señal.
- Reduce la complejidad
- Incrementa la probabilidad de error.

TIPOS DE MODULACIÓN

PSK FSK ASK APK





Coeficiente de Amplitud

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

$$s(t) = \sqrt{2} A_{rms} \cos \omega t$$

$$s(t) = \sqrt{2 A_{rms}^2} \cos \omega t$$

$$s(t) = \sqrt{2P} \cos \omega t$$

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos \omega t$$



Phase Shift Keying (PSK)

- Expresión Analítica General:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\{\omega_0 t + \phi_i(t)\} \quad 0 \leq t \leq T$$
$$i = 1, 2, \dots, M$$

donde el término de fase $\phi_i(t)$ tiene M valores discretos

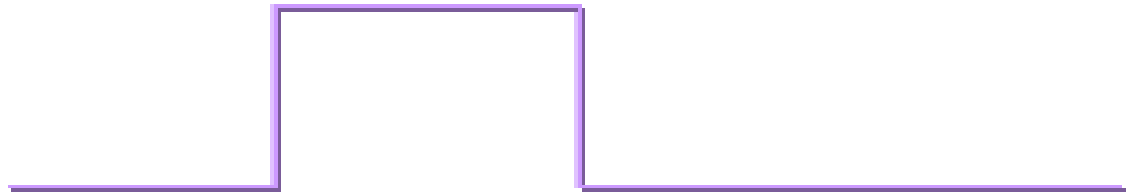
$$\phi_i = \frac{2\pi i}{M} \quad i = 1, \dots, M$$



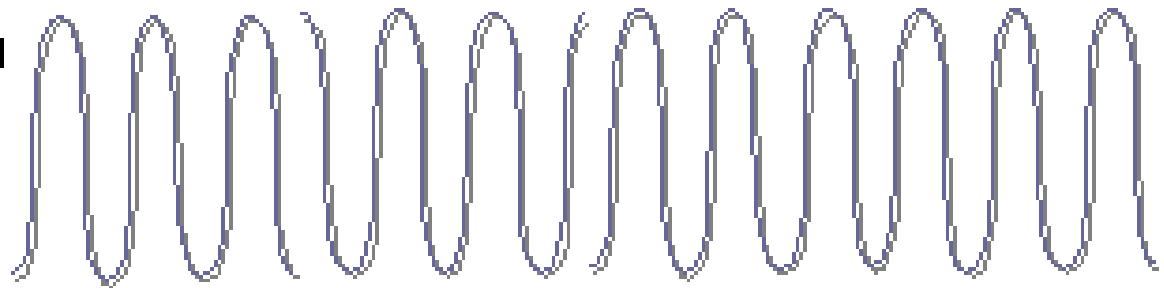
Modulación PSK

0 1 0 0

**Fuente de datos
digitales**



**Señal modulada
por fase**





Frequency Shift Keying (FSK)

- Expresión Analítica General:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\{\omega_i t + \phi\} \quad 0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, 2, \dots, M$$

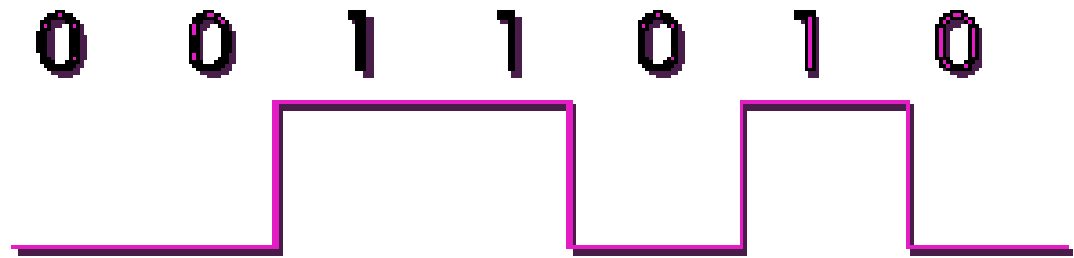
El término de frecuencia ω_i tiene M valores discretos

El término de fase ϕ es una constante arbitraria.

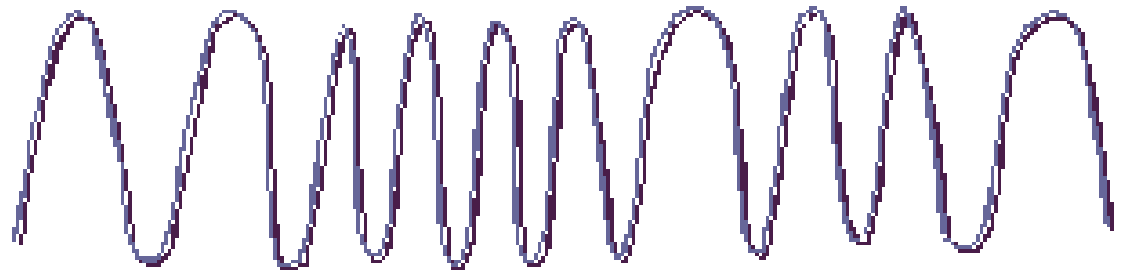


Modulación FSK

**Fuente de datos
digitales**



**Señal modulada
por frecuencia**





Amplitude Shift Keying

- Expresión Analítica General:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E_i(t)}{T}} \cos\{\omega_0 t + \phi\} \quad 0 \leq t \leq T$$
$$i = 1, 2, \dots, M$$

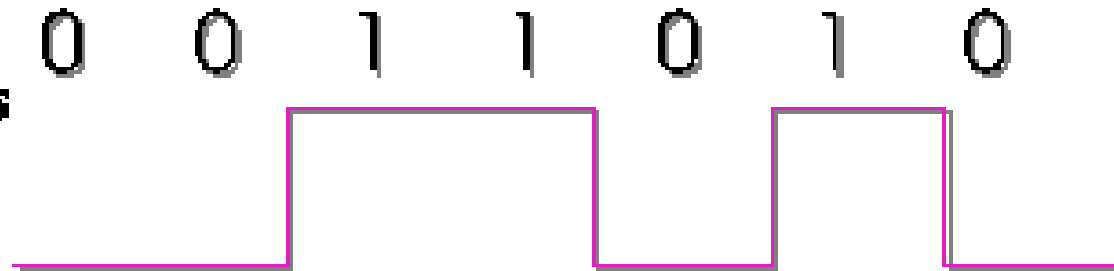
El término de amplitud $\sqrt{\frac{2E_i(t)}{T}}$ tiene M valores discretos

El término de fase ϕ es una constante arbitraria.

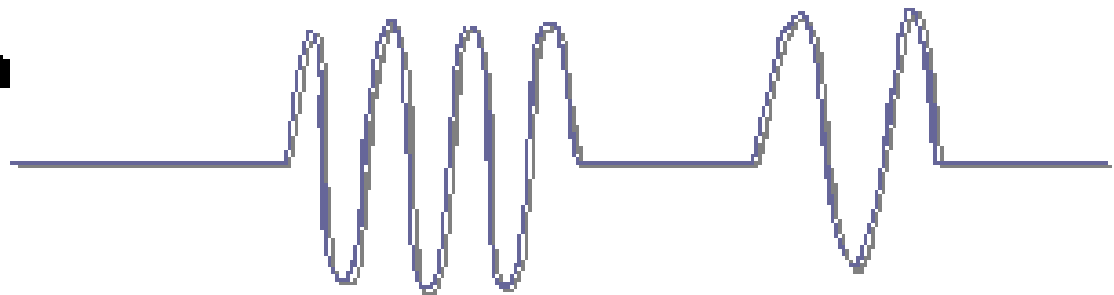


Modulación ASK

**Fuente de datos
digitales**



**Señal modulada
por amplitud**



Amplitude Phase Keying (APK)



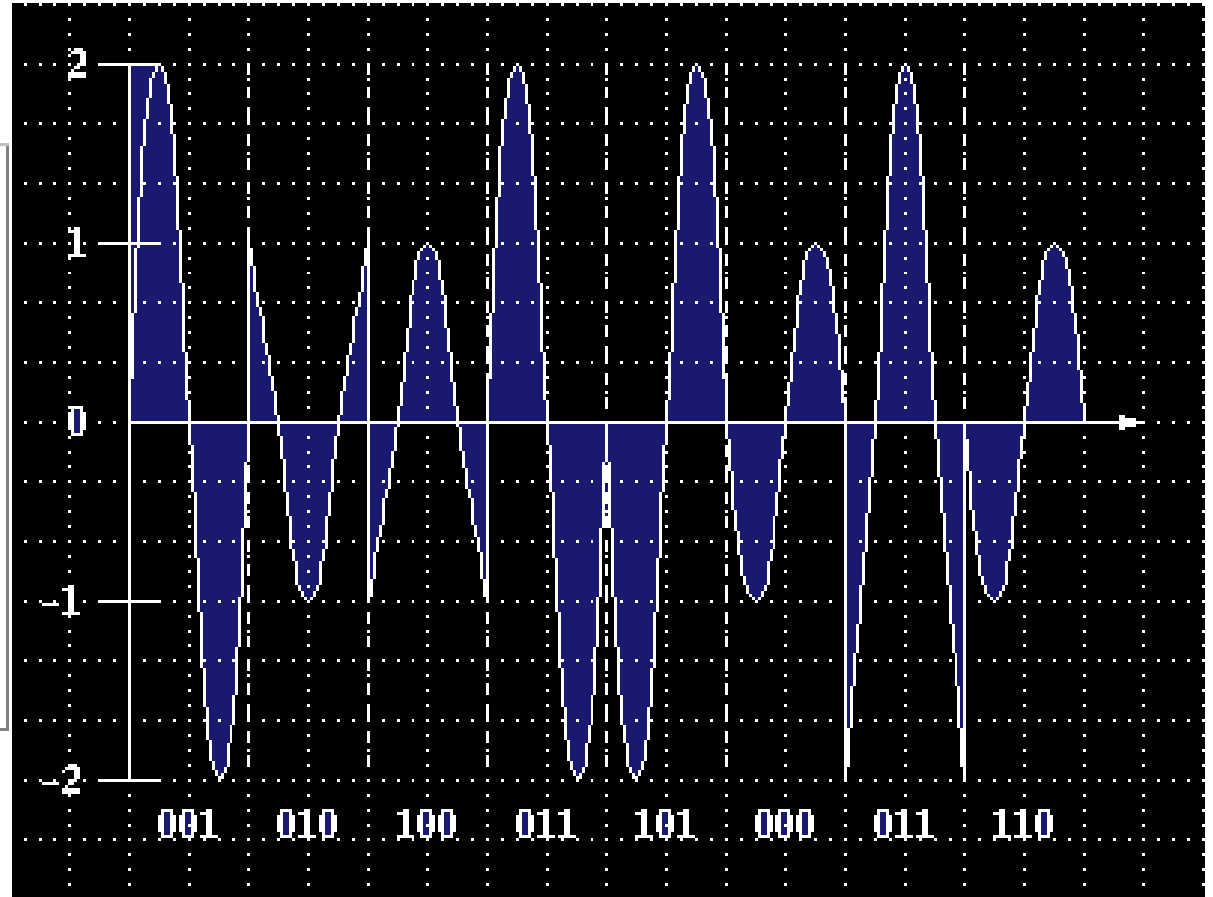
- Expresión Analítica General:

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E_i(t)}{T}} \cos \{ \omega_0 t + \phi_i(t) \} \quad 0 \leq t \leq T$$
$$i = 1, 2, \dots, M$$

Modulación APK



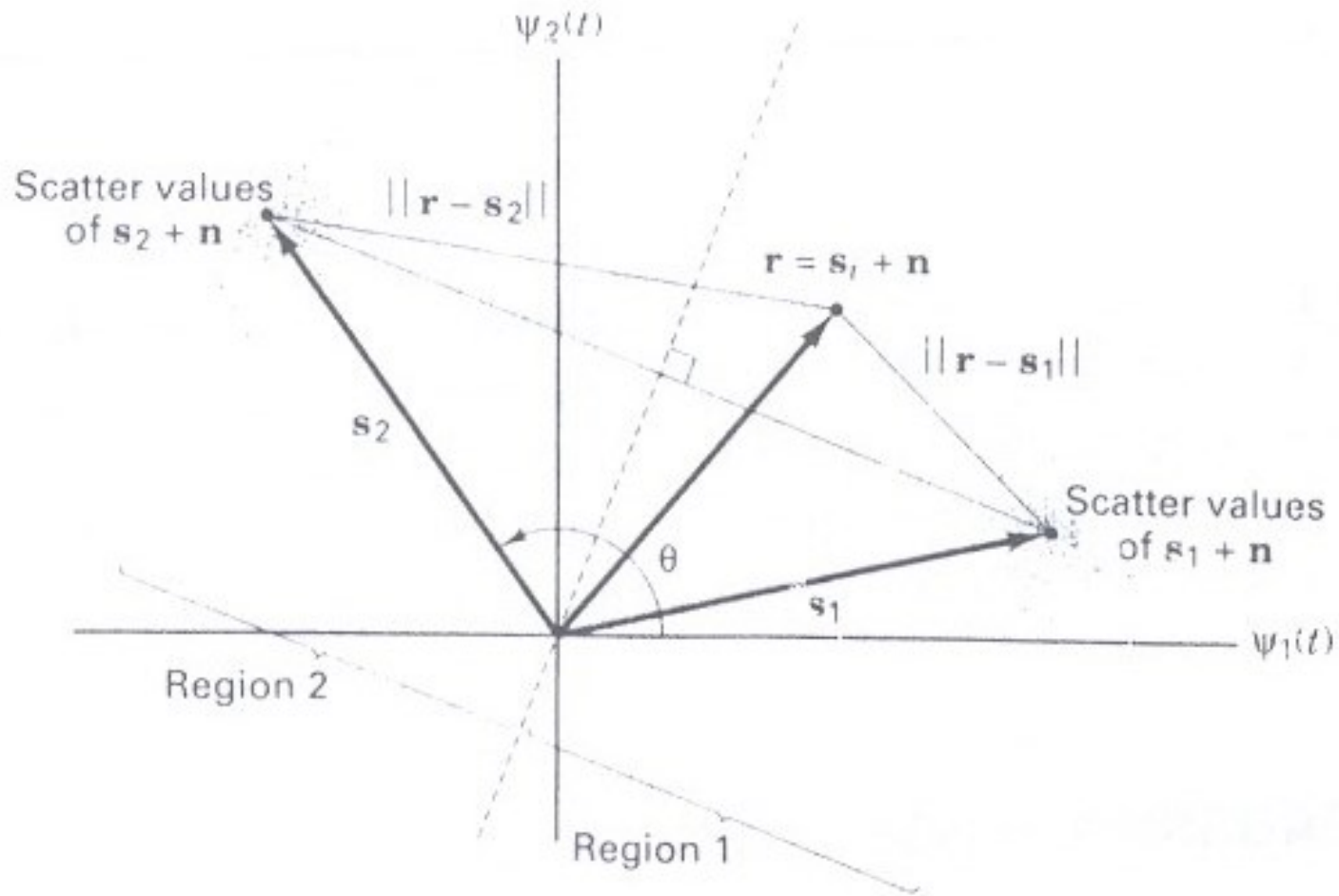
Bit value	Amplitude	Phase shift
000	1	None
001	2	None
010	1	$1/4$
011	2	$1/4$
100	1	$1/2$
101	2	$1/2$
110	1	$3/4$
111	2	$3/4$



DETECCIÓN DE SEÑALES PASABANDA CON RUIDO GAUSSIANO



Regiones de Decisión (1)





Regiones de Decisión (2)

- La tarea del detector después de recibir \mathbf{r} es decidir cual de las señales (\mathbf{s}_1 o \mathbf{s}_2) fue transmitida actualmente.
- El método es usualmente decidir sobre la clasificación de la señal que produzca la mínima probabilidad de error P_E .
- La regla de decisión del mínimo error es equivalente a seleccionar la clase de señal tal que la distancia $d(\mathbf{r}, \mathbf{s}_i) = \|\mathbf{r} - \mathbf{s}_i\|$ es minimizada, donde $\|\mathbf{x}\|$ es llamada la norma o magnitud del vector \mathbf{x} .



Receptor de Correlación (1)

- Suponiendo que la única degradación de la señal se debe al ruido AWGN, la señal recibida es:

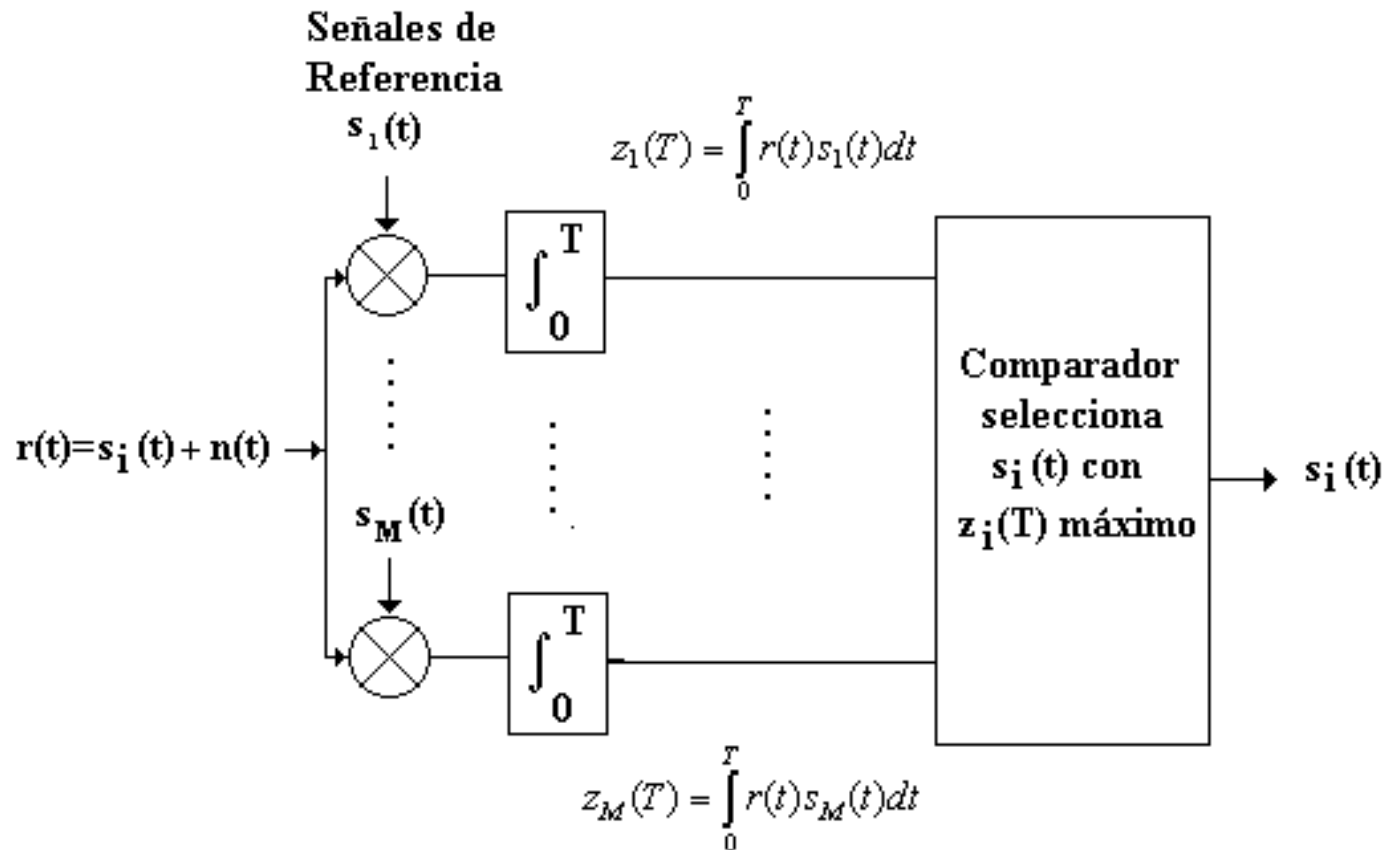
$$r(t) = s_i(t) + n(t) \quad 0 \leq t \leq T$$
$$i = 1, \dots, M$$

Receptor de Correlación (2)

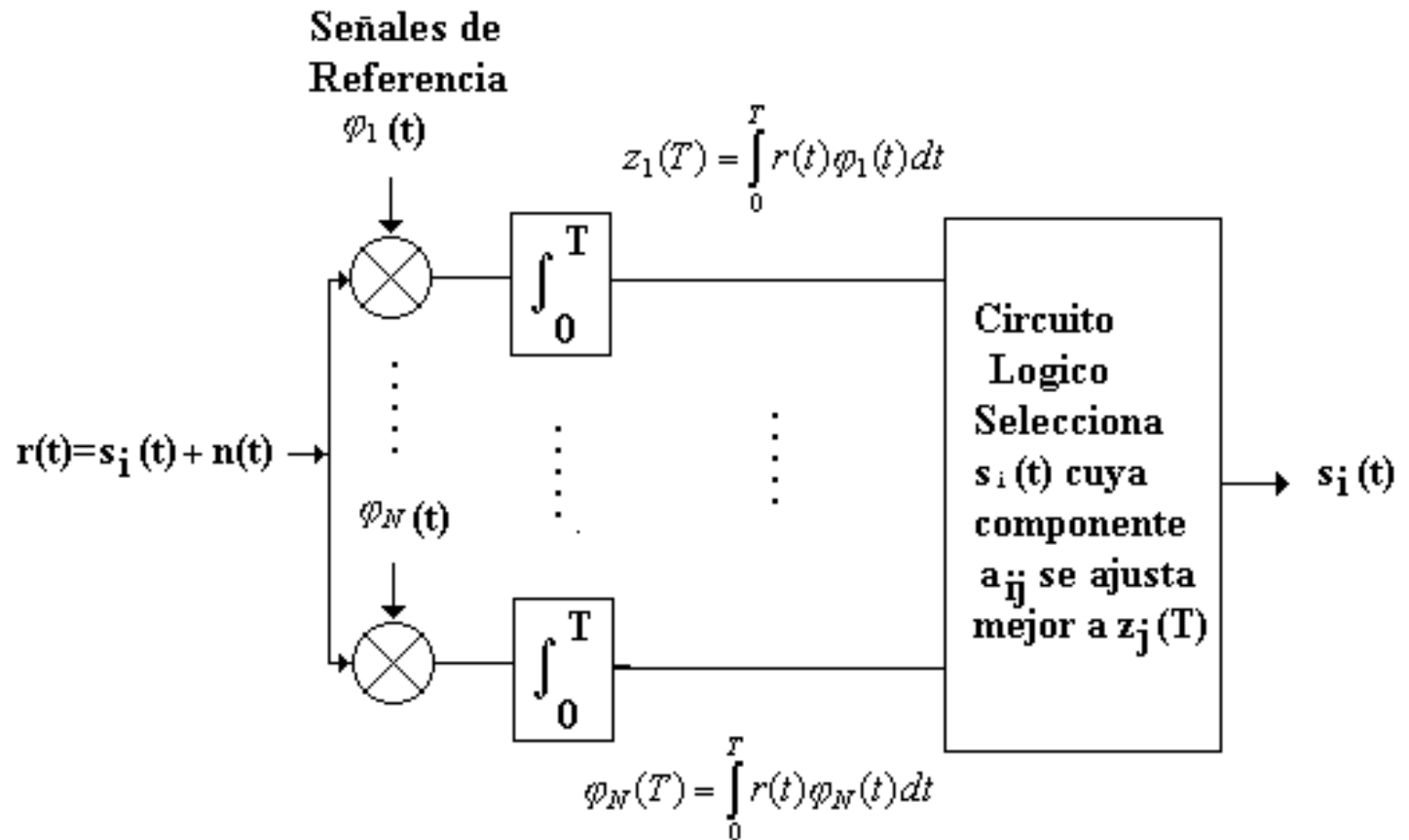


- Consiste de dos pasos:
 1. Reducir la señal recibida $r(t)$ a una única variable aleatoria $z(T)$ o un conjunto de variables aleatorias $z_i(T)$ ($i=1, \dots, M$).
 2. Decidir el símbolo en base a la comparación de $z(T)$ con un umbral o en base a la elección del máximo $z_i(T)$.

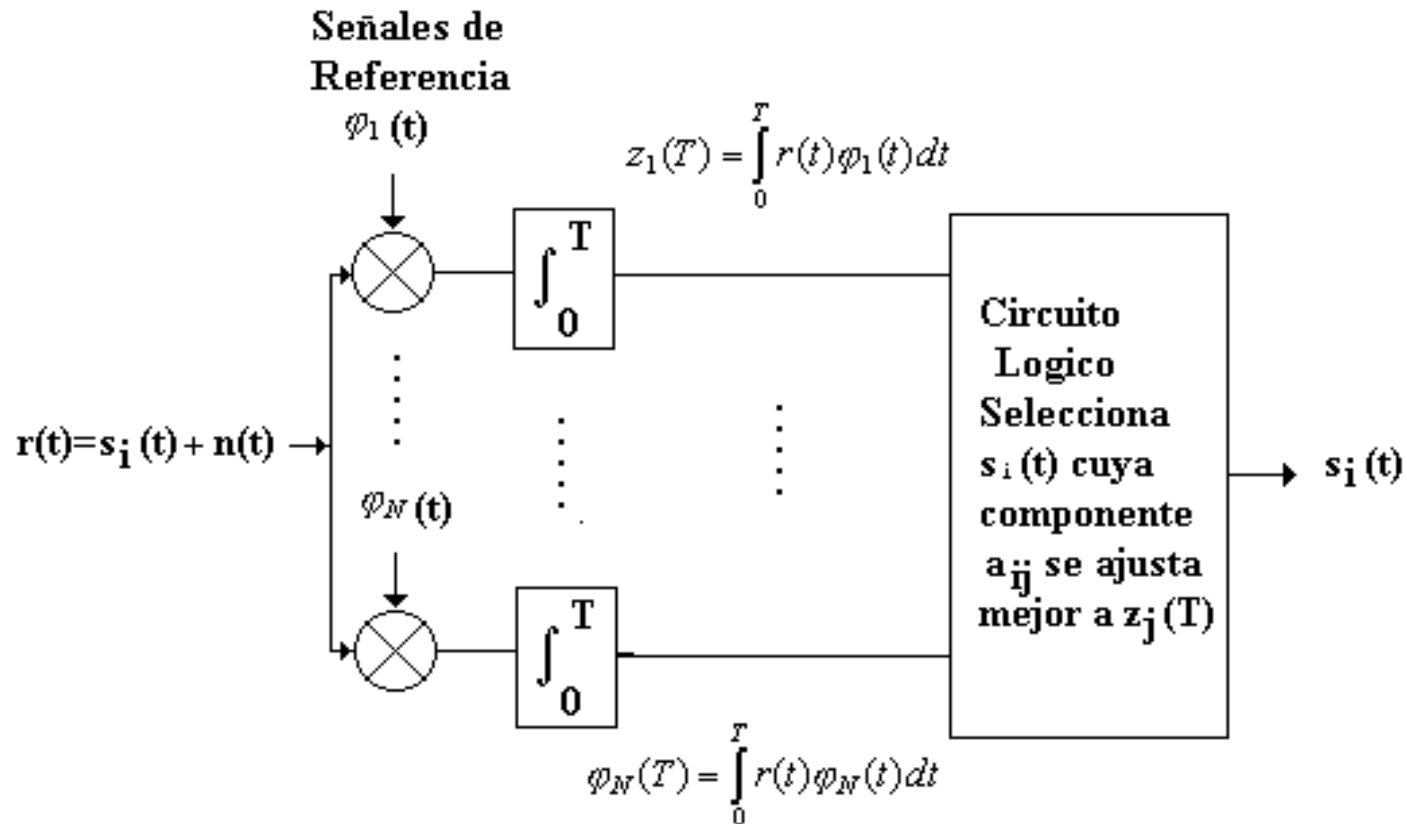
Receptor de Correlación (3)



Receptor de Correlación (4)



Detección coherente de MPSK



Detección Coherente de MPSK



Sistema QPSK (M=4)

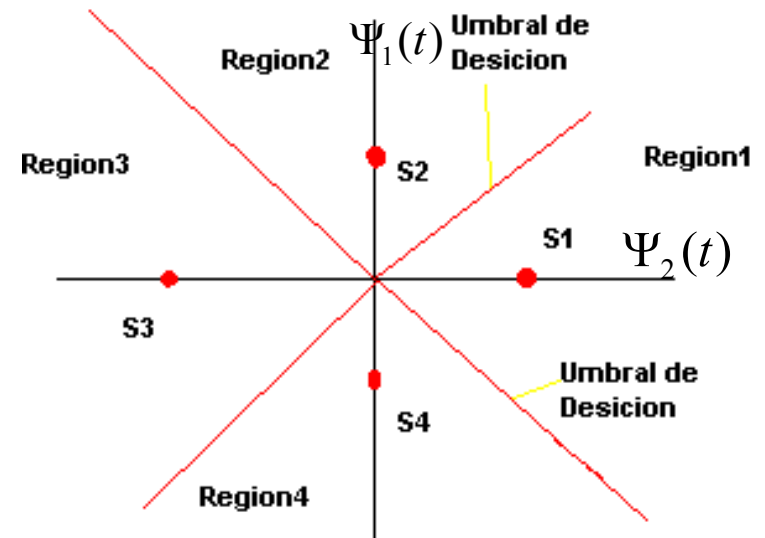
Para cualquier sistema M-ario PSK

$$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\left(\omega_0 t - \frac{2\pi i}{M}\right)$$

$$0 \leq t \leq T$$

$$i = 1 \dots M$$

Donde: E es la energía contenida en cada símbolo. T duración del símbolo. ω_0 frecuencia de envío.



Detección Coherente de MPSK



- Considere el siguiente espacio ortonormal de señales:

$$\Psi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \cos w_o t$$

$$\Psi_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \sin(w_o t)$$

Detección Coherente de MPSK

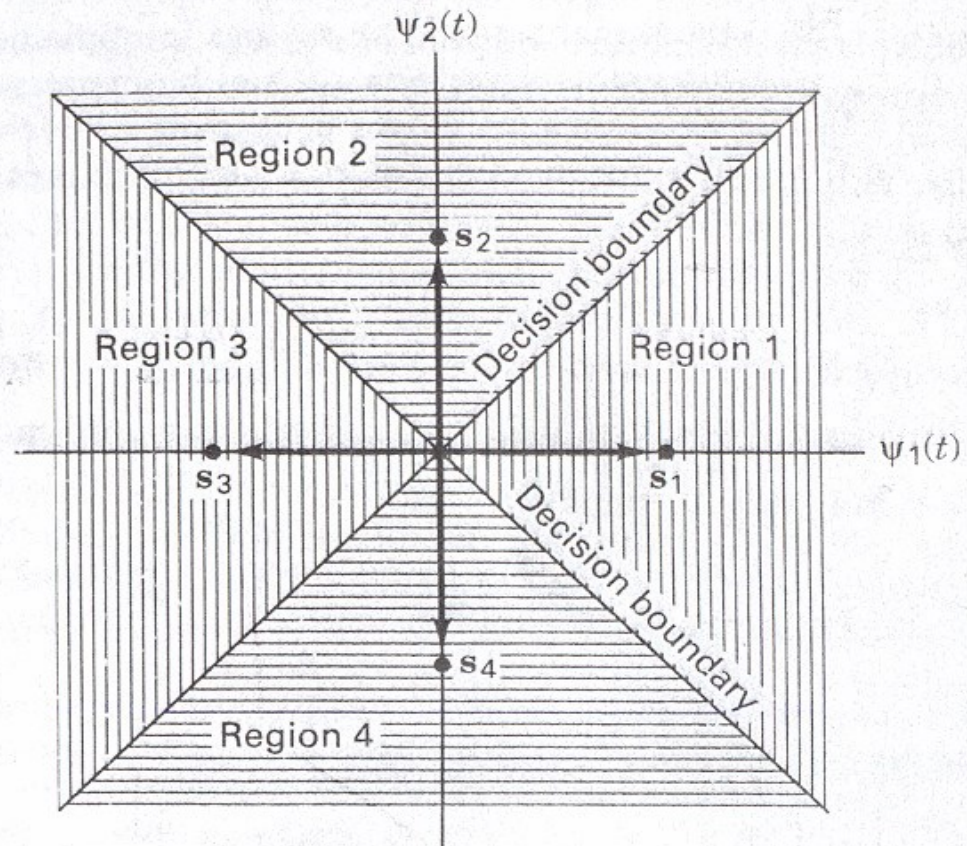


Figure 4.11 Signal space and decision regions for a QPSK system.

Detección Coherente de MPSK



- La implementación de un MPSK requiere solo $N=2$ integradores de productos considerando el tamaño de la señal .
- Una forma de onda puede ser expresada como una combinación lineal de forma de ondas ortogonales.

$$r(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} (\cos \phi_i \cos w_o t + \sin w_o t) + n(t)$$

$$0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, \dots, M$$

Deteccción Coherente de MPSK

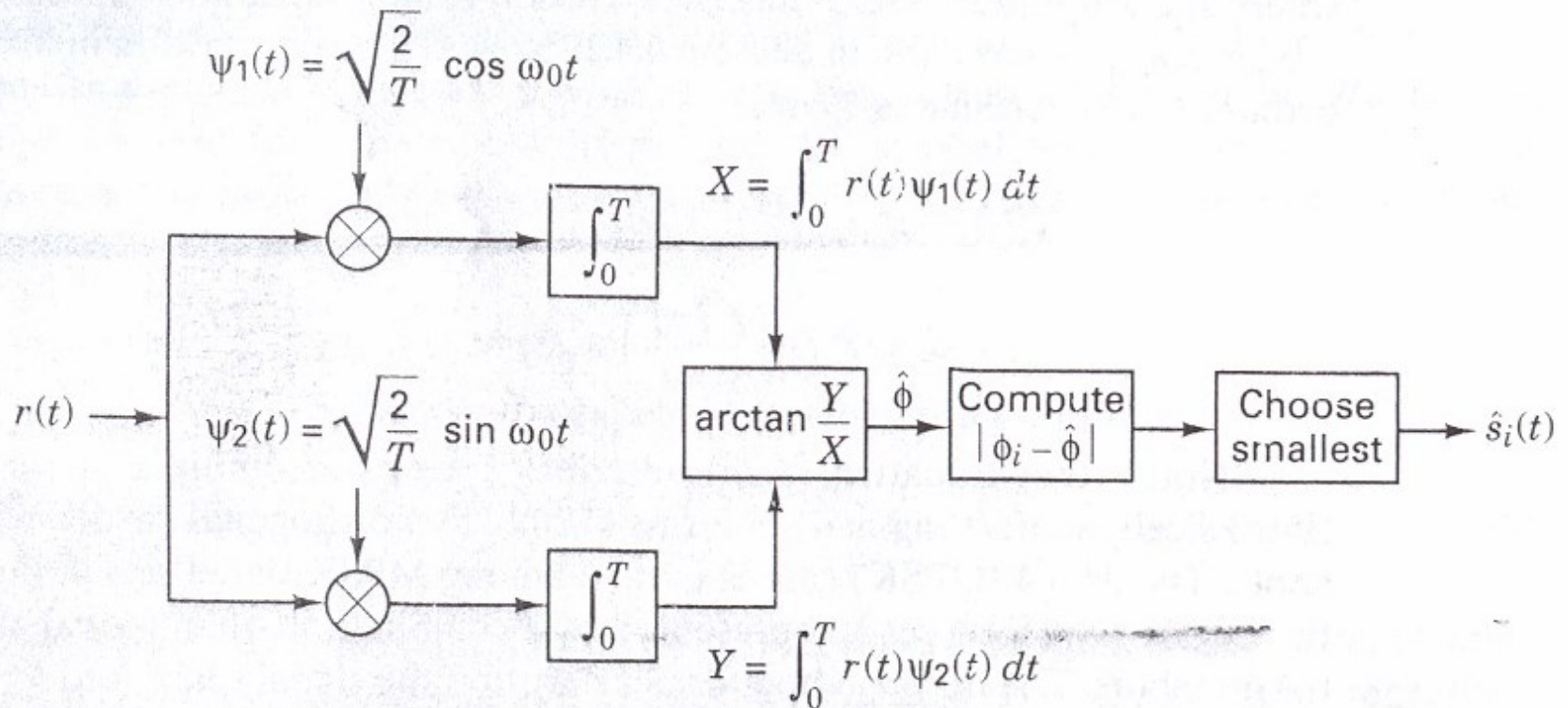
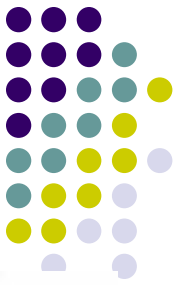


Figure 4.12 Demodulator for MPSK signals.

Detección Coherente de MFSK



- La información esta contenida en la frecuencia de la portadora.

$$s(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\{\omega_i t + \phi\} \quad 0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, 2, \dots, M$$



Detección Coherente MFSK

Las funciones $\psi_j(t)$ forman un conjunto ortonormal de funciones base

$$\Psi_j(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \cos w_j t$$

$$j = 1, 2, \dots, N$$

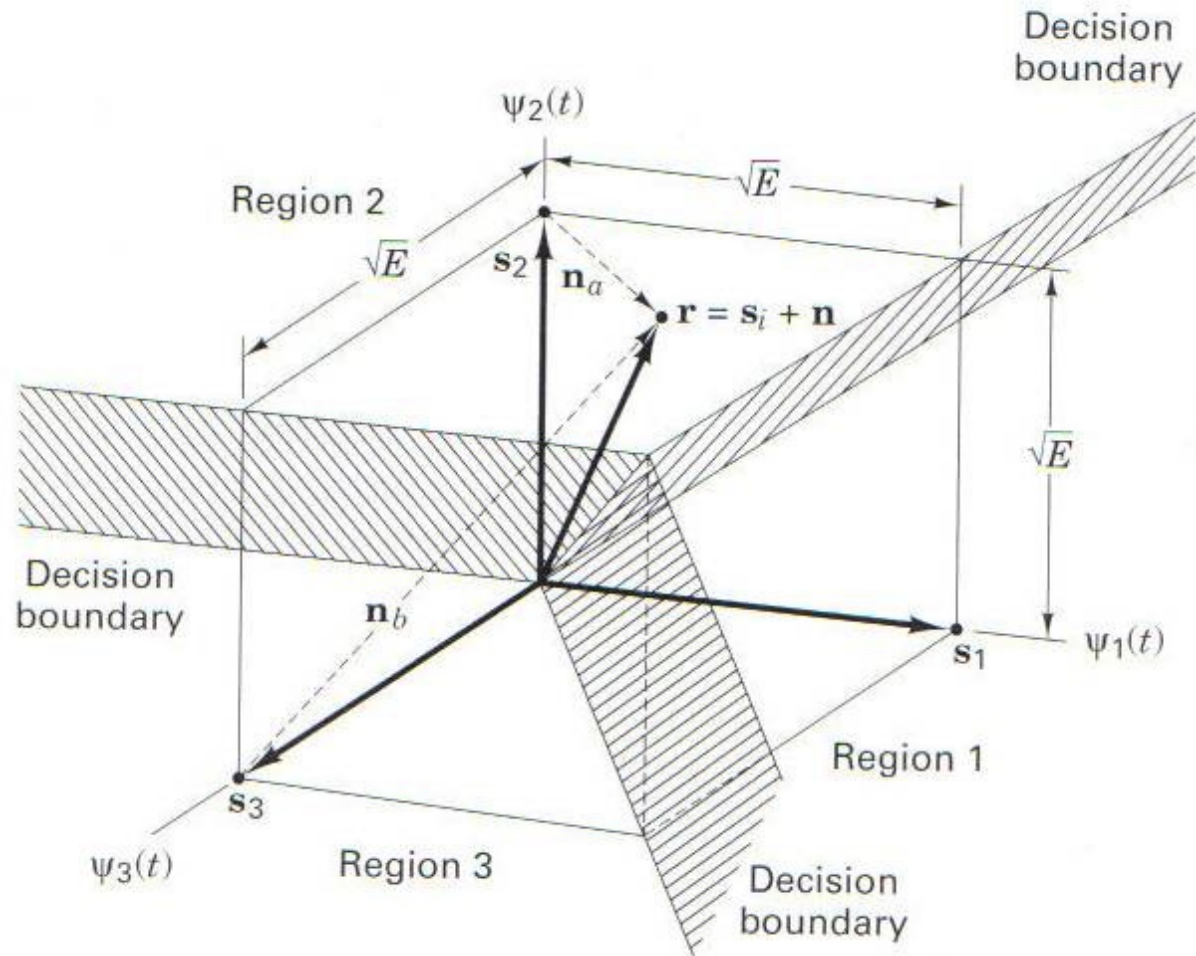
$$a_{ij} = \int_0^T \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(w_i t) \sqrt{\frac{2}{T}} \cos(w_j t) dt$$

$$a_{ij} = \sqrt{E} \quad \text{para } i = j$$

$$a_{ij} = 0 \quad \text{para otro caso}$$

$$d(s_i, s_j) = \|s_i - s_j\| = \sqrt{2E} \quad \text{para } i \neq j$$

Detección Coherente MFSK





Detección no coherente

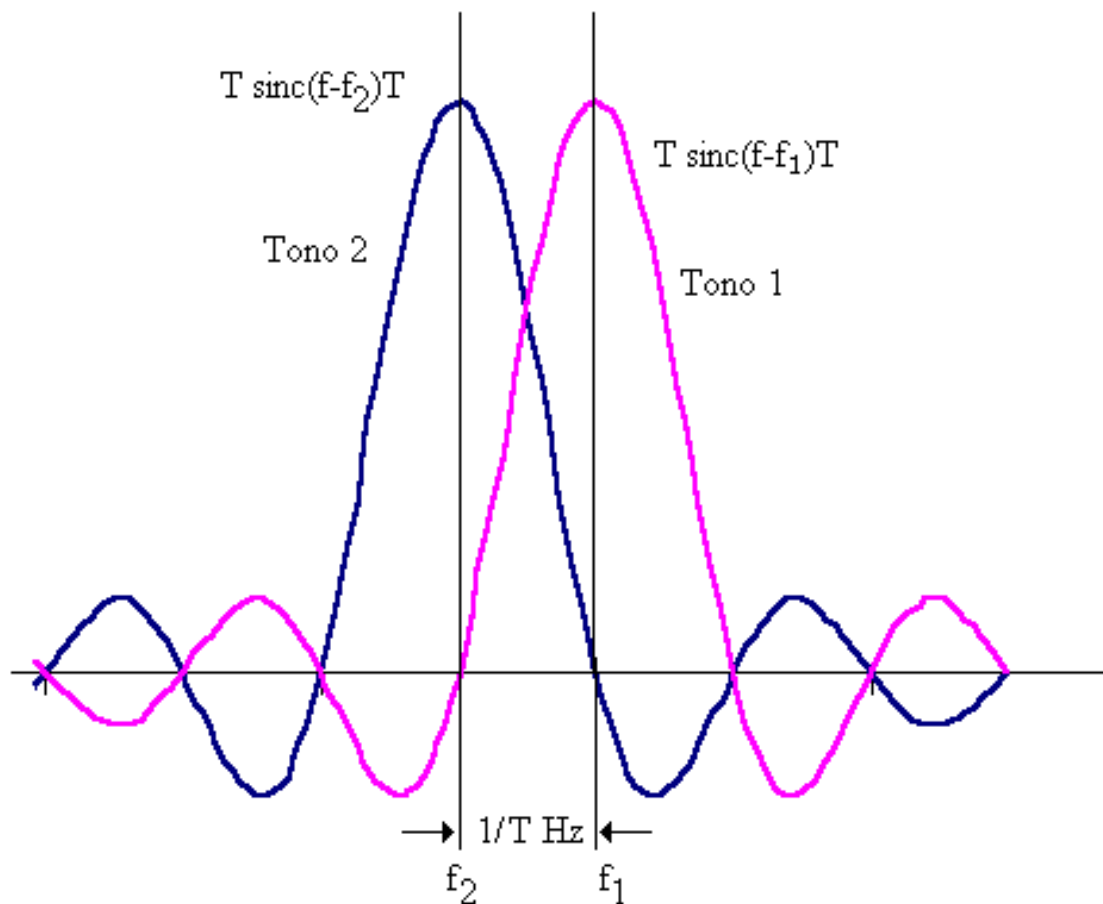
- Para detección no coherente, la señal recibida puede ser modelada como:

$$r(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos[\omega_o t + \theta_i(t) + \alpha] + n(t) \quad 0 \leq t \leq T$$

$$i = 1, 2, \dots, M$$

Donde α es considerada como una variable aleatoria uniformemente distribuida sobre el intervalo $(0, 2\pi)$ y que varía muy lentamente con respecto a la tasa de bits.

Espacio Mínimo entre tonos FSK no coherentes.





Ancho de Banda MFSK

- Para FSK los requerimientos de ancho de banda están relacionados al espaciamiento espectral entre tonos.
- Para el caso M-ario, el ancho de banda de un MFSK no coherentemente detectado es igual a M / T .



Esquemas de modulación

- BPSK, QPSK, OQPSK, DQPSK
- BFSK, MSK, GMSK
- M-QAM
- OFDM
- SPREAD SPECTRUM SECUENCIA DIRECTA **SS/DS**
- SPREAD SPECTRUM SALTO DE FRECUENCIA **SS/FH**



MODULACION OFDM

- Muy robusta frente al multitrayecto (*multi-path*), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.
- Debido a las características de esta multiplexación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (*fading*) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.



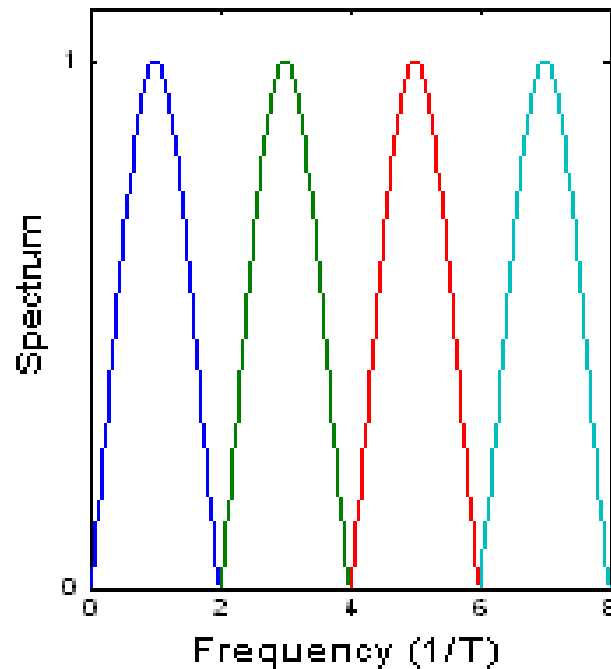
MODULACION OFDM

- Si se compara a las técnicas de espectro expandido como CDMA, OFDM genera una alta tasa de transmisión al dividir el flujo de datos en muchos canales paralelos o subportadoras que se transmiten en igual numero de portadoras de banda estrecha y con tiempos de símbolo (uno o varios bits) mayores al caso de usar banda ancha donde para lograr la misma tasa de transmisión los tiempos de símbolo son más cortos.
- Los canales de banda estrecha de OFDM son ortogonales entre sí, lo que evita el uso de bandas de guarda y así proporciona un uso eficiente del espectro

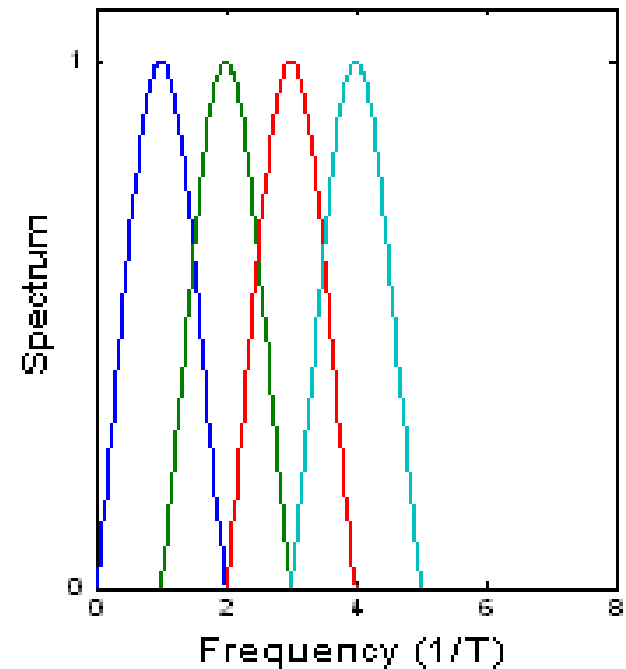


MODULACION OFDM

(a) Conventional FDM

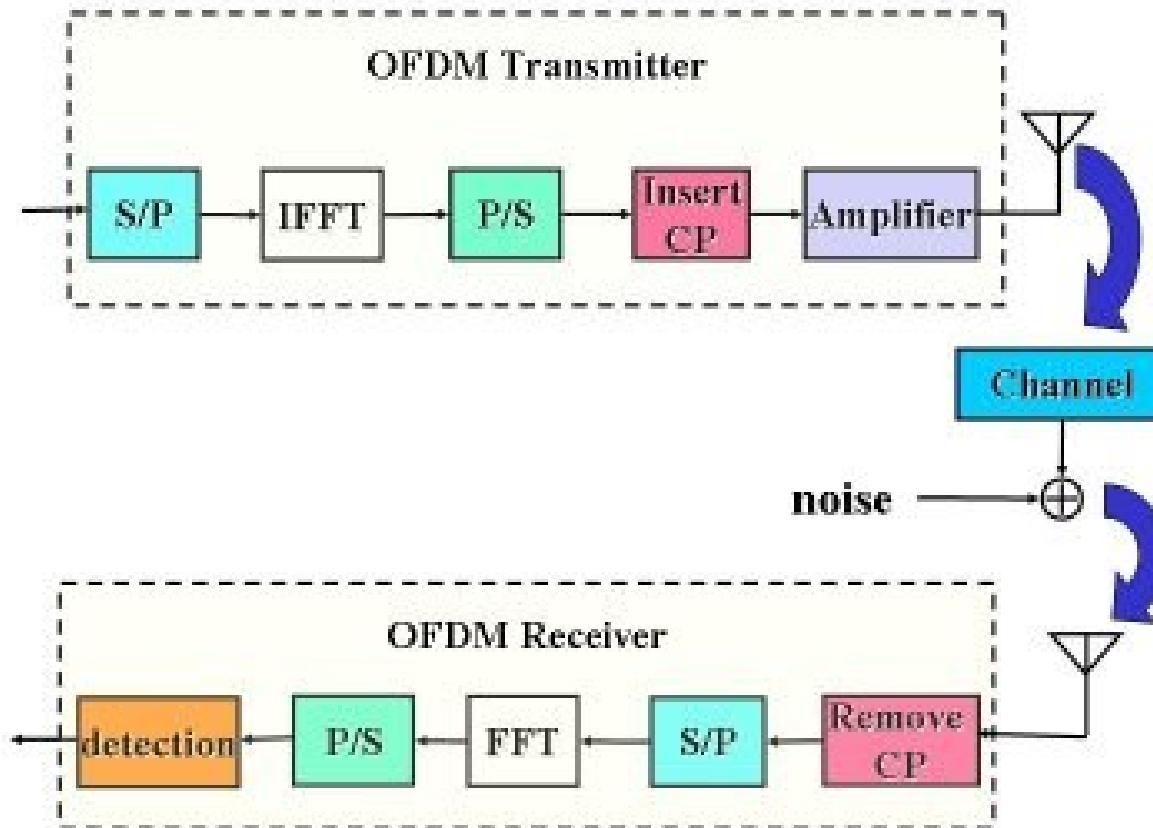


(b) OFDM



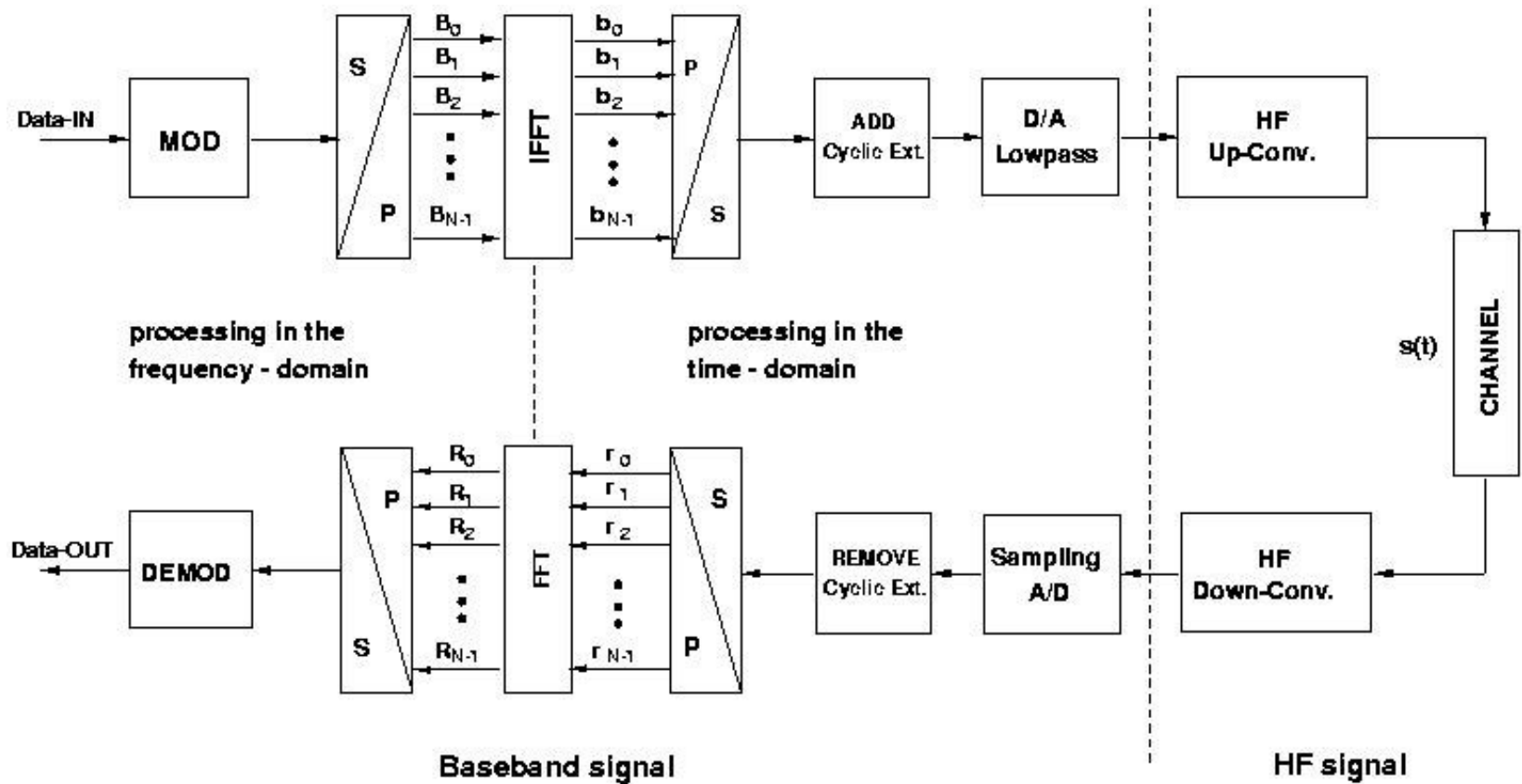


SISTEMA OFDM



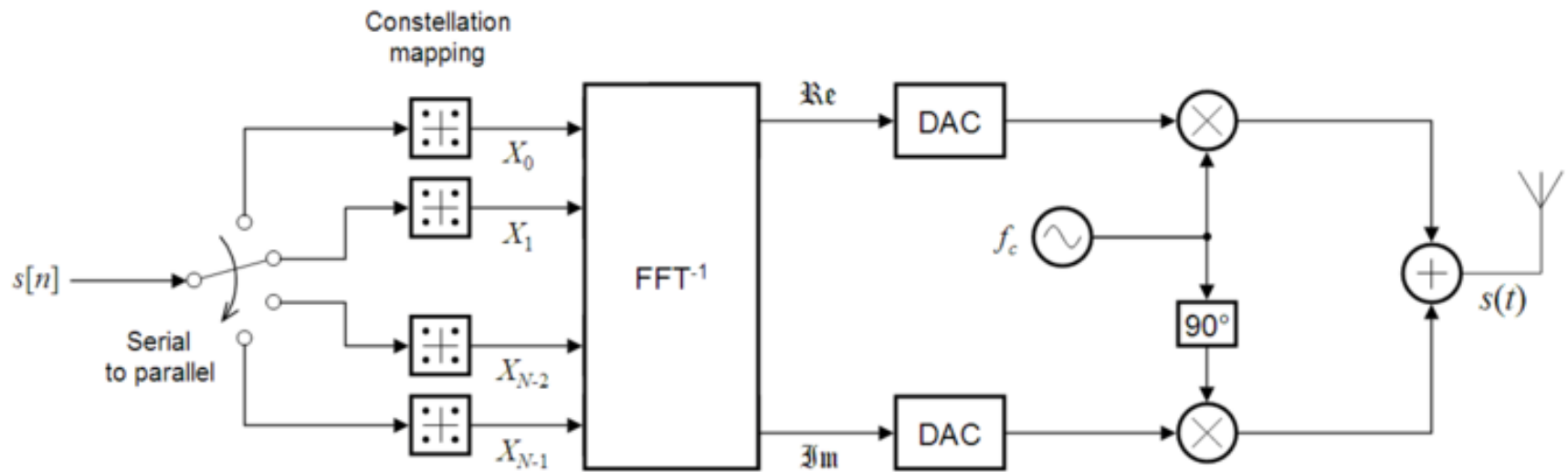


SISTEMA OFDM



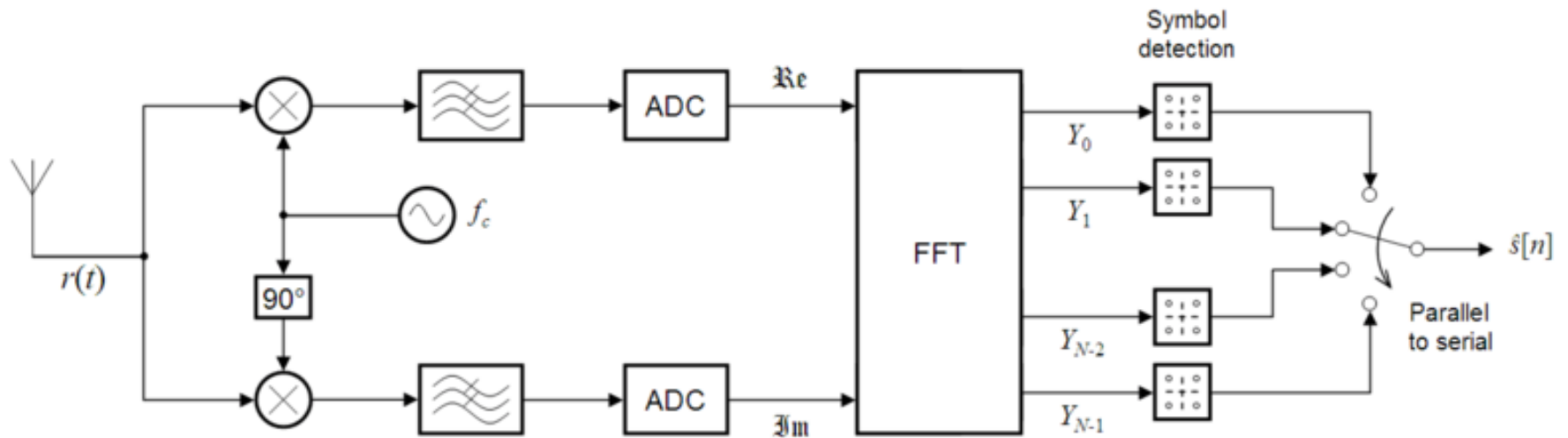


TRANSMISOR OFDM





RECEPTOR OFDM





MODULACION OFDM

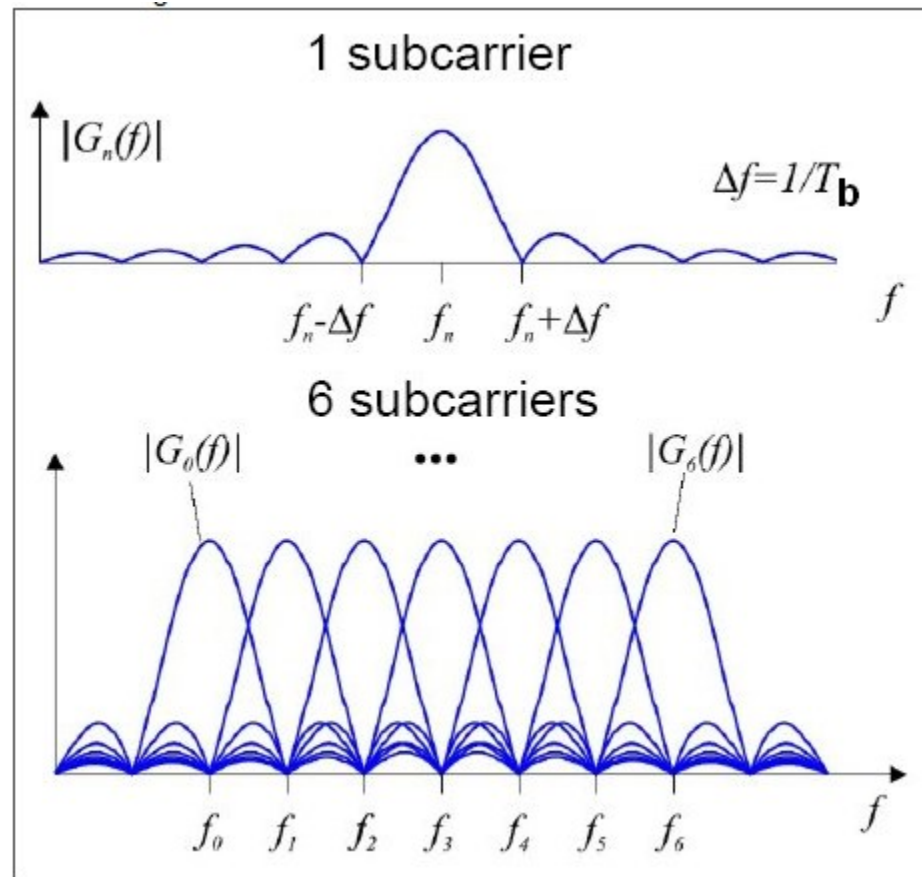
- En este sistema de modulación, el flujo de bits se divide en N trenes de bits que modulan N portadoras ortogonales con algún tipo de modulación digital de M estados.
- Cada portadora transporta $\log_2 M$ bits, por lo que el total de de ellas cursa $N \log_2 M$ bits. Si la duración de un bit es T_b , el período de la modulación conjunta (período de símbolo OFDM) será :

$$T_s = T_b N \log_2 M$$

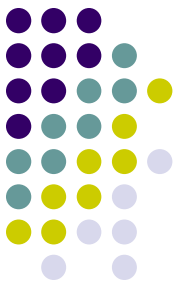
Si la tasa de bits es R_b , la anchura de banda teórica de modulación será :

$$B = \frac{R_b / N}{\log_2 M} N = \frac{N}{T_s}$$

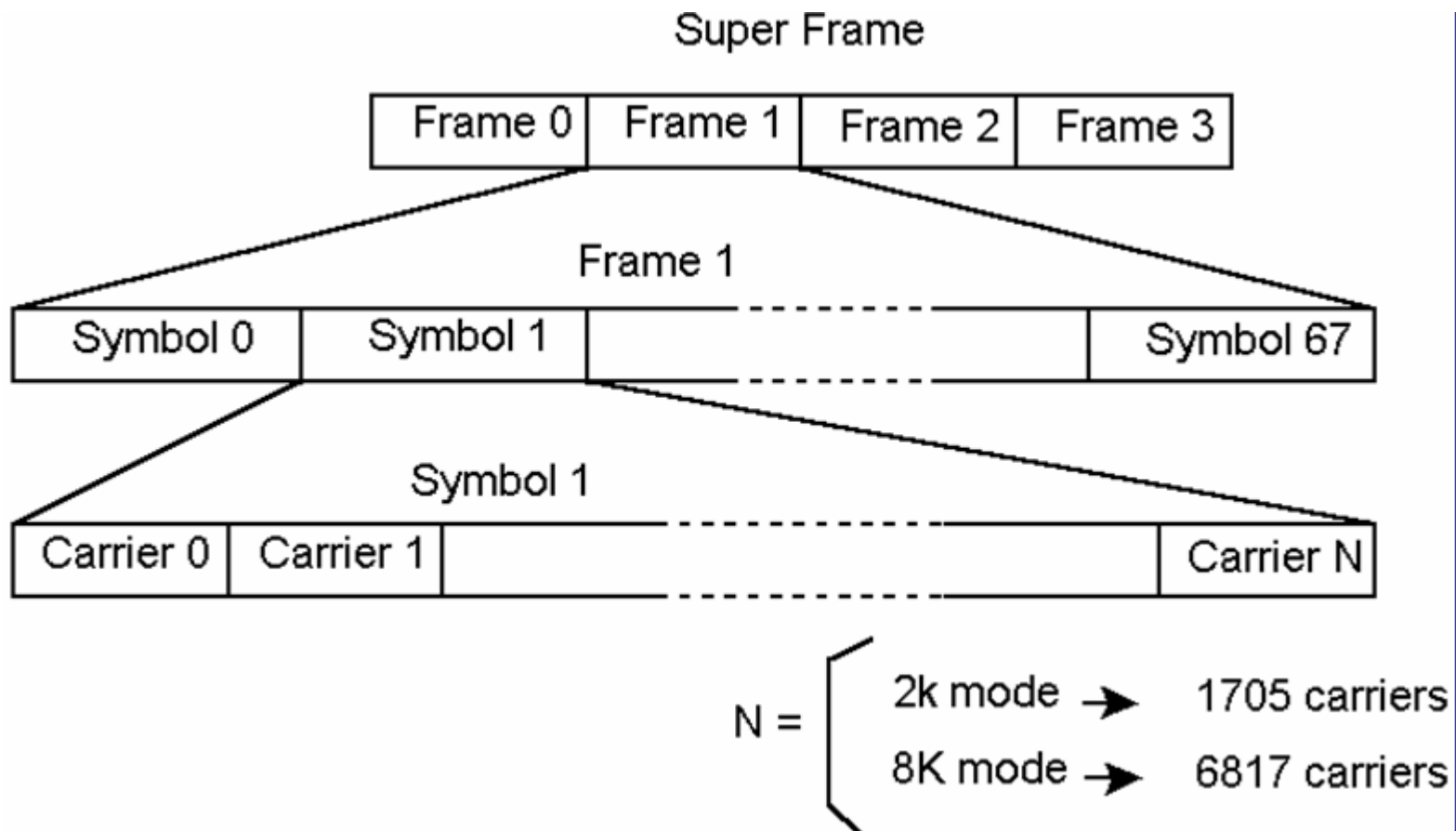
OFDM



La base del OFDM reside en la combinación de multiples portadoras moduladas solapadas espectralmente, pero manteniendo las señales moduladas ortogonales, de manera que no se producen interferencias entre ellas.

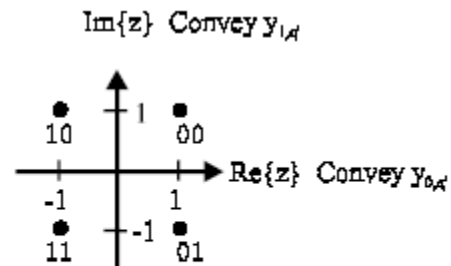


Símbolos OFDM





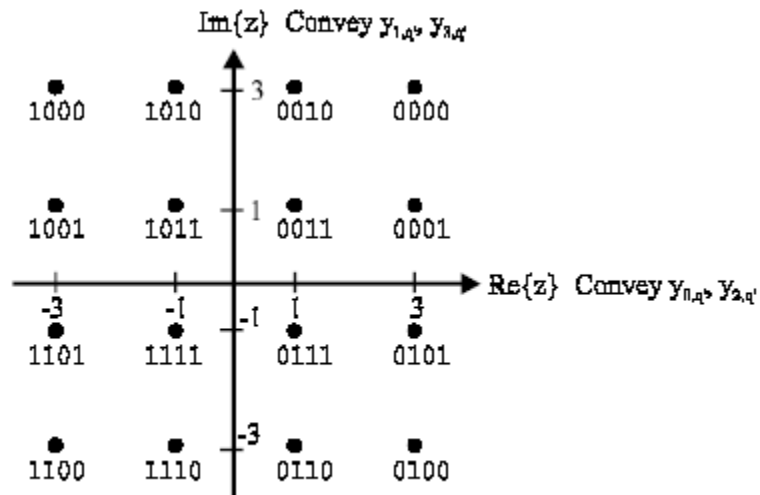
Modulación QPSK y 16-QAM



QPSK

Bit ordering:

$y_{0,q} y_{1,q}$

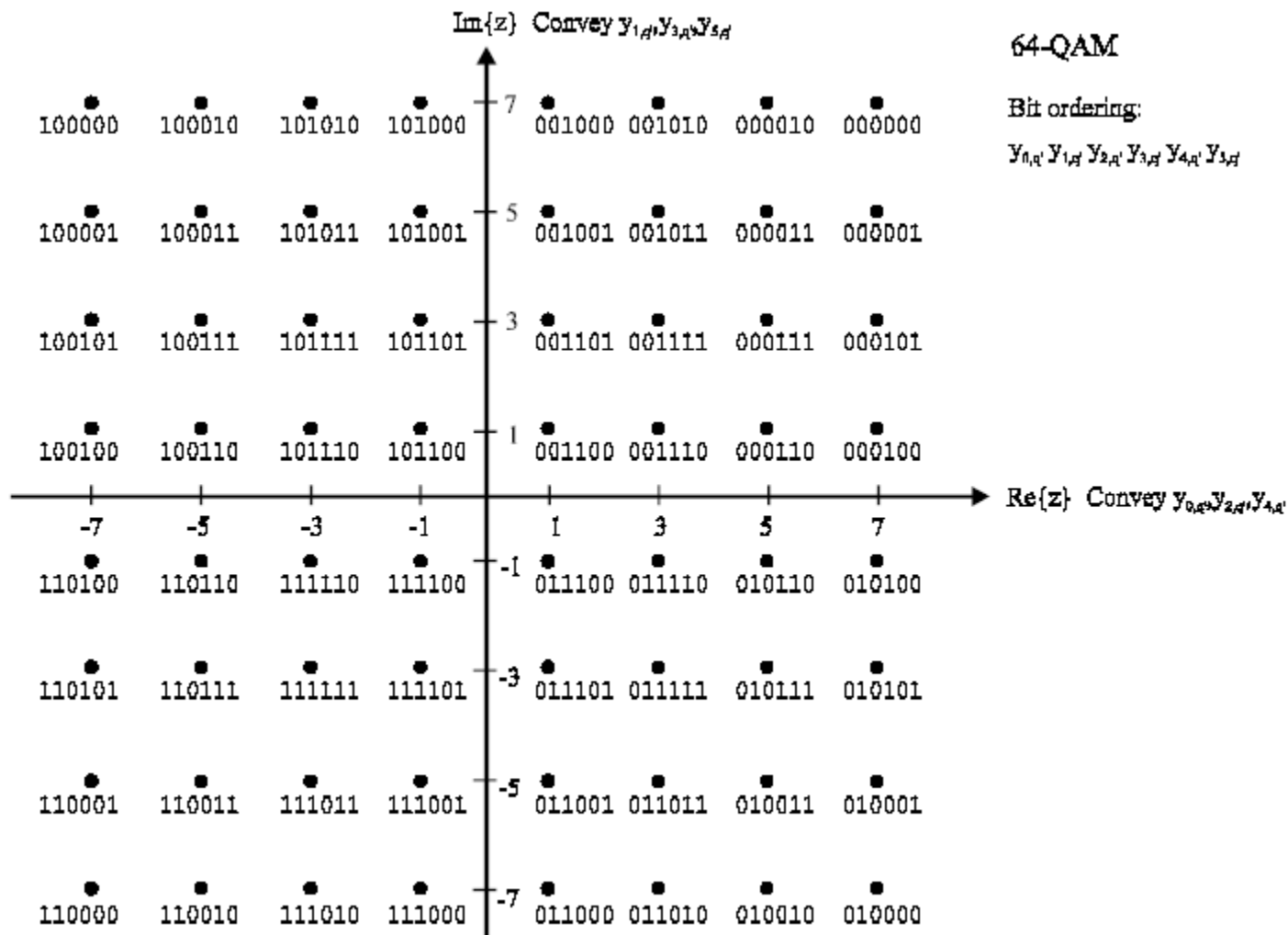


16-QAM

Bit ordering:

$y_{0,q} y_{1,q} y_{2,q} y_{3,q}$

Modulación 64-QAM



Tasas binarias útiles



Useful bitrate (Mbit/s) for all combinations of guard interval, constellation and code rate for non-hierarchical systems

Modulation	Code rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	<i>4,98</i>	<i>5,53</i>	<i>5,85</i>	<i>6,03</i>
	2/3	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
	3/4	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
	5/6	<i>8,29</i>	<i>9,22</i>	<i>9,76</i>	<i>10,05</i>
	7/8	<i>8,71</i>	<i>9,68</i>	<i>10,25</i>	<i>10,56</i>
16-QAM	1/2	<i>9,95</i>	<i>11,06</i>	<i>11,71</i>	<i>12,06</i>
	2/3	<i>13,27</i>	<i>14,75</i>	<i>15,61</i>	<i>16,09</i>
	3/4	<i>14,93</i>	<i>16,59</i>	<i>17,56</i>	<i>18,10</i>
	5/6	<i>16,59</i>	<i>18,43</i>	<i>19,52</i>	<i>20,11</i>
	7/8	<i>17,42</i>	<i>19,35</i>	<i>20,49</i>	<i>21,11</i>
64-QAM	1/2	<i>14,93</i>	<i>16,59</i>	<i>17,56</i>	<i>18,10</i>
	2/3	<i>19,91</i>	<i>22,12</i>	<i>23,42</i>	<i>24,13</i>
	3/4	<i>22,39</i>	<i>24,88</i>	<i>26,35</i>	<i>27,14</i>
	5/6	<i>24,88</i>	<i>27,65</i>	<i>29,27</i>	<i>30,16</i>
	7/8	<i>26,13</i>	<i>29,03</i>	<i>30,74</i>	<i>31,67</i>

NOTE: Figures in italics are approximate values.

For the hierarchical schemes the useful bit rates can be obtained from table 19 as follows:

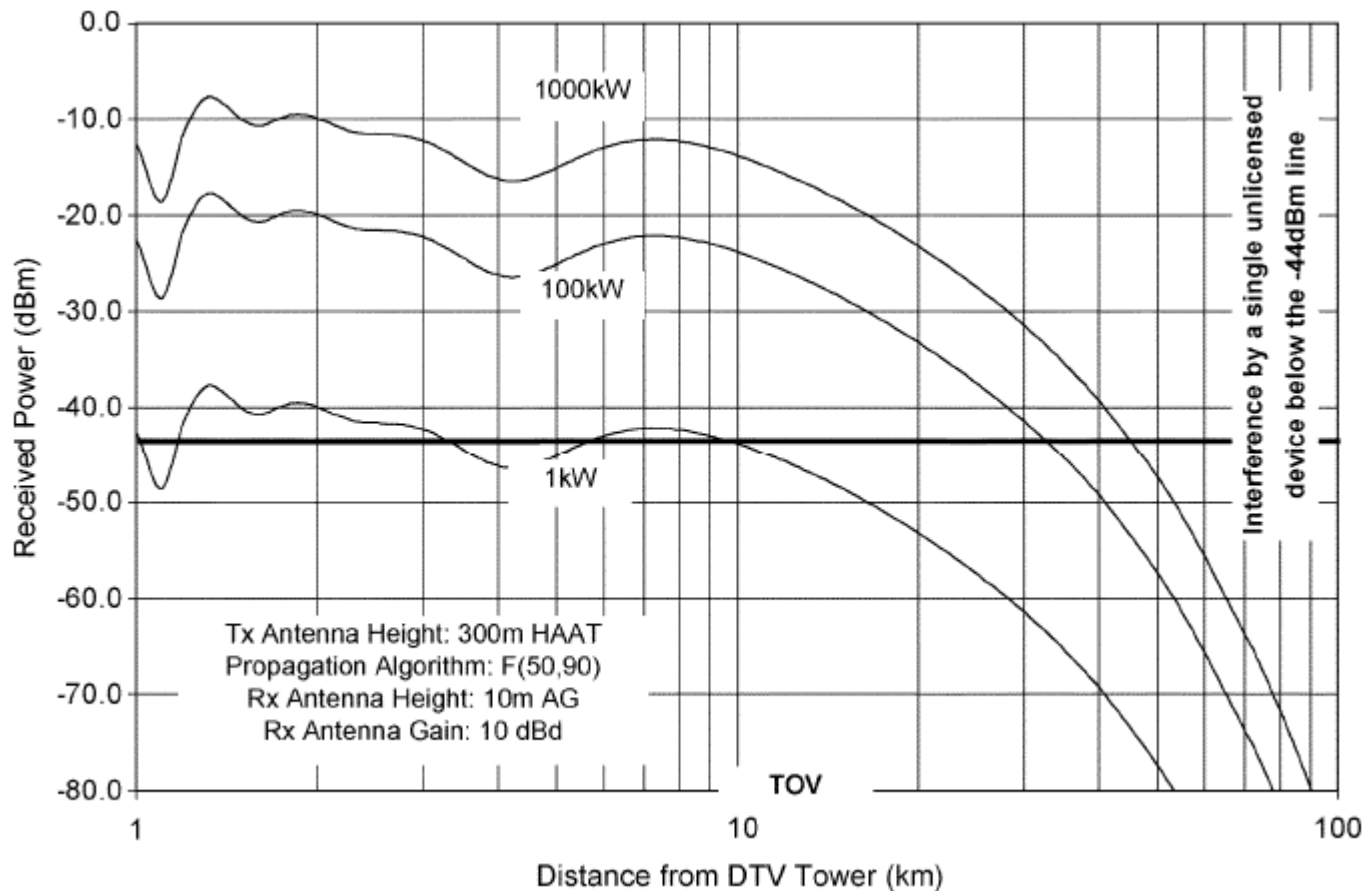
HP stream: figures from QPSK columns;

LP stream, 16 QAM: figures from QPSK columns;

LP stream, 64 QAM: figures from 16 QAM columns.

Relación radio de trabajo-potencia pire

Para una sensibilidad de -75 dBm, la potencia pire necesaria para conseguir un radio de trabajo de (60-65) Km. es de (15-20) KW.





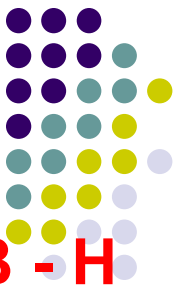
Especificaciones de transmisor y receptor

Potencia pire = (10 - 40) KW.

NF del receptor =(5 - 7) dB.

Ganancia de LNA =(20 - 30) dB.

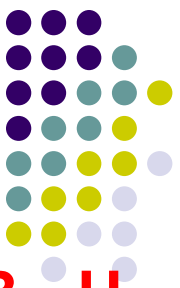
NF de LNA = (2 - 4) dB.



Parámetros de Televisión Digital Terrestre Móvil DVB - H

Parameters of the various possible DVB-H OFDM transmission modes

OFDM parameter	Mode		
	2K	4K	8K
Overall carriers (= FFT size)	2048	4096	8192
Modulated carriers	1705	3409	6817
Useful carriers	1512	3024	6048
OFDM symbol duration (μ s)	224	448	896
Guard interval duration (μ s)	7,14,28,56	14,28,56,112	28,56,112,224
Carrier spacing (kHz)	4.464	2.232	1.116
Maximum distance of transmitters (km)	17	33	67

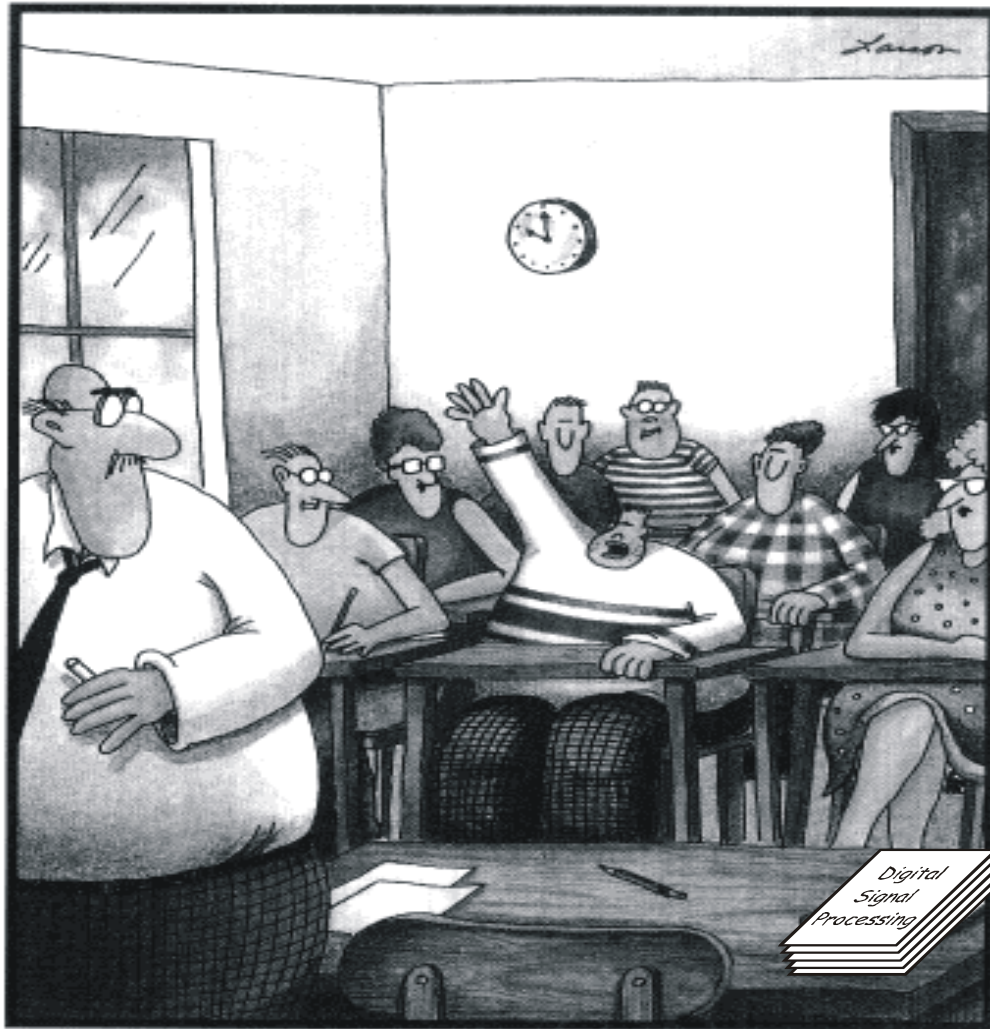


Parámetros de Televisión Digital Terrestre Móvil DVB - H

Parameter	2K mode	4K mode	8K mode
Number of active carriers	1705	3409	6817
Number of data carriers	1512	3024	6048
Individual carrier spacing	4464 Hz	2232 Hz	1116 Hz
Channel width	7.61 MHz	7.61 MHz	7.61 MHz

Signal parameters for DVB-H OFDM Signal (8MHz Channel)

That's all Folks



Professor harris, may I be excused?
My brain is full.



Rodrigo Silva T.
rsilva@espe.edu.ec