

Taller de Comunicaciones Eléctricas

Introducción Laboratorio 5

Ing. Sergio Arriola-Valverde. M.Sc
Ing. Néstor Hernández Hostaller. M.Sc
Ing. Alexander Barrantes Muñoz. M.Sc

Escuela de Ingeniería Electrónica
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Contenidos y Cronograma

- Introducción
- Modulación Digital con Señales Vectoriales
- Métricas

Cronograma del Curso

Semana		Tema	Lugar
1		Introducción Laboratorio 1-Búsqueda Tema Proyecto Final	Virtual
2		Medición Laboratorio 1	Virtual
3		Exposición 1, Informe 1, Quiz 1, Introducción Laboratorio 2, Exposición Teórica	Virtual
4		Medición Laboratorio 2	Virtual
5		Exposición 2, Informe 2, Quiz 2, Introducción Laboratorio 3, Anteproyecto, Exposición Teórica	Virtual
6		Medición Laboratorio 3	Virtual
7		Exposición 3, Informe 3, Quiz 3, Introducción Laboratorio 4, Exposición Teórica	Virtual
8		Medición Laboratorio 4	Virtual
9		Exposición 4, Informe 4, Quiz 4, Introducción Laboratorio 5, Avance 1, Exposición Teórica	Virtual
10		Medición Laboratorio 5	Virtual
11		Exposición 5, Informe 5, Quiz 5, Introducción Laboratorio 6, Exposición Teórica	Virtual
12		Medición Laboratorio 6	Virtual
13		Exposición 6, Informe 6, Quiz 6, Avance 2 ,Exposición Teórica	Virtual
14		Trabajo en proyecto	Virtual
15-16-17		Trabajo en proyecto, Tutorial	Virtual
18		Presentación del proyecto	Virtual

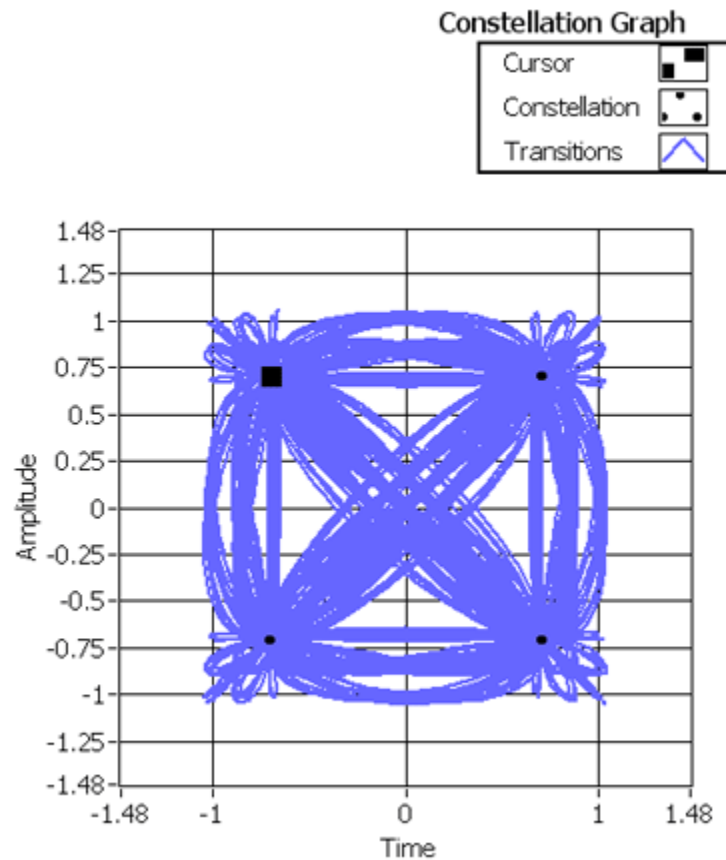
Cronograma del Curso

Semana		Tema	Lugar
1		Introducción Laboratorio 1-Búsqueda Tema Proyecto Final	Virtual
2		Medición Laboratorio 1	Virtual
3		Exposición 1, Informe 1, Quiz 1, Introducción Laboratorio 2, Exposición Teórica	Virtual
4		Medición Laboratorio 2	Virtual
5		Exposición 2, Informe 2, Quiz 2, Introducción Laboratorio 3, Anteproyecto, Exposición Teórica	Virtual
6		Medición Laboratorio 3	Virtual
7		Exposición 3, Informe 3, Quiz 3, Introducción Laboratorio 4, Exposición Teórica	Virtual
8		Medición Laboratorio 4	Virtual
9		Exposición 4, Informe 4, Quiz 4, Introducción Laboratorio 5, Avance 1, Exposición Teórica	Virtual
10		Medición Laboratorio 5	Virtual
11		Exposición 5, Informe 5, Quiz 5,Introducción Laboratorio 6, Exposición Teórica	Virtual
12		Medición Laboratorio 6	Virtual
13		Exposición 6, Informe 6, Quiz 6, Avance 2 ,Exposición Teórica	Virtual
14		Trabajo en proyecto	Virtual
15-16-17		Trabajo en proyecto, Tutorial	Virtual
18		Presentación del proyecto	Virtual

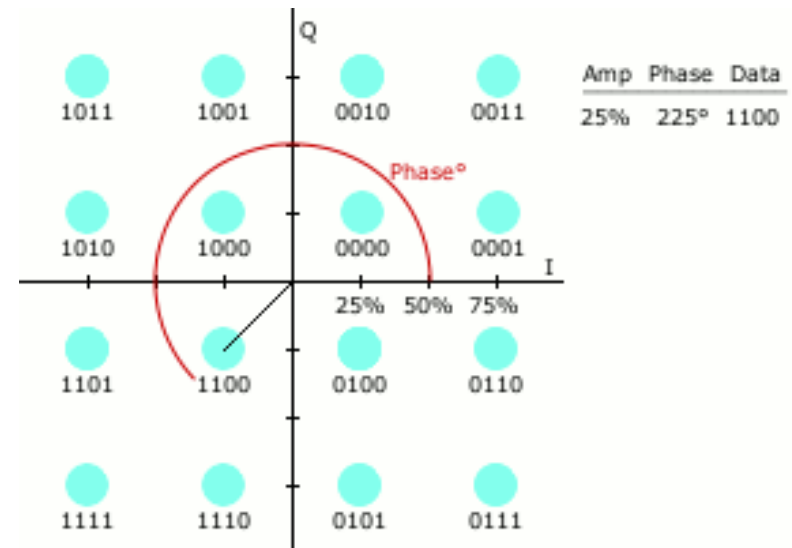
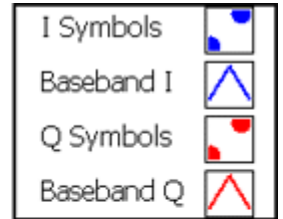
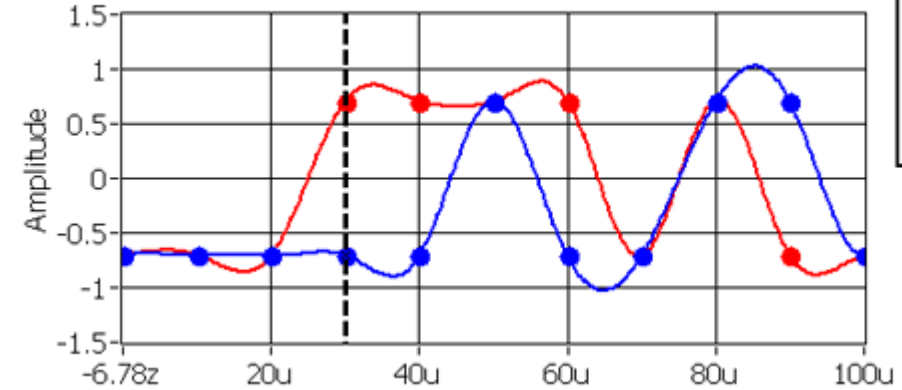
Contenidos y Cronograma

- Introducción
- Modulación Digital con Señales Vectoriales
- Métricas

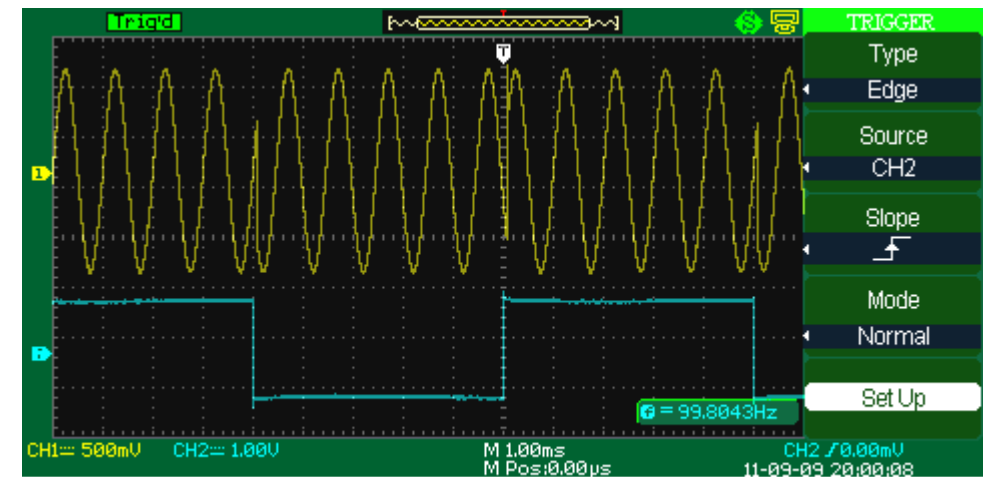
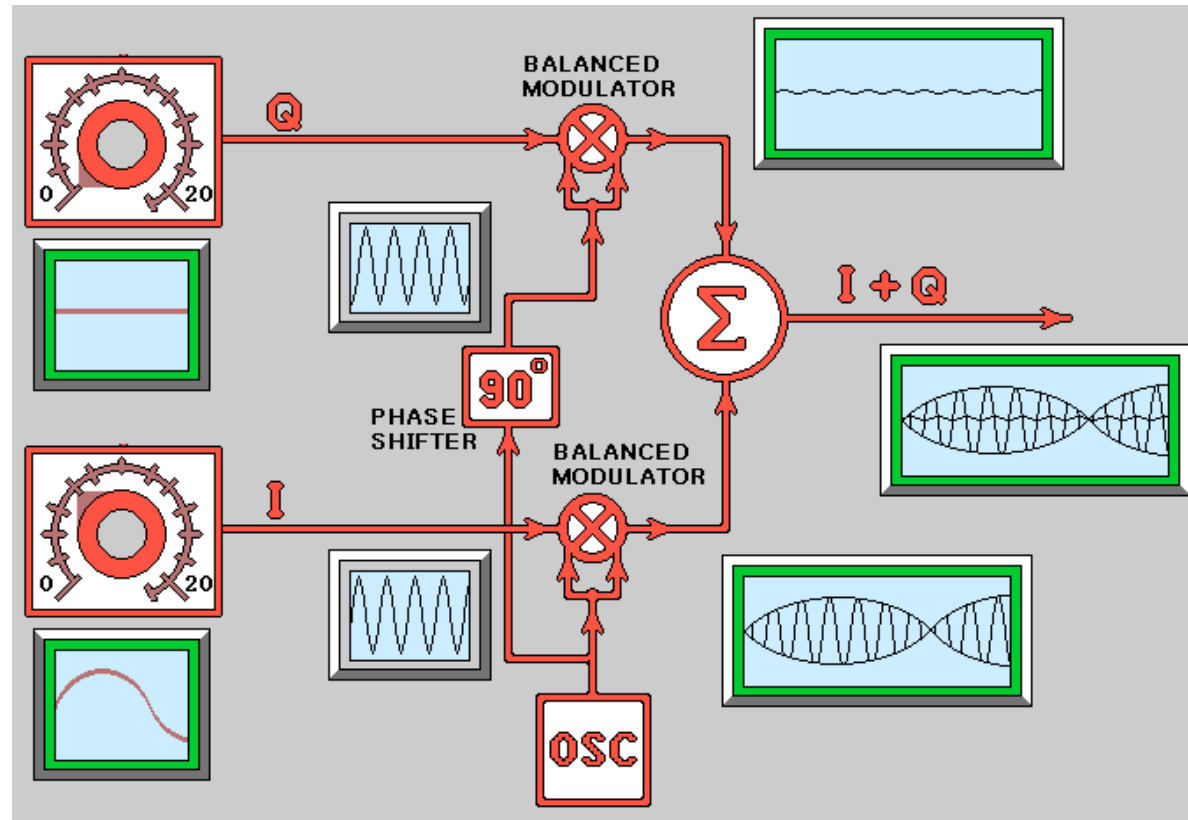
Introducción



Baseband I and Q (Time Domain)



Introducción



www.tmatlantic.com

Contenidos y Cronograma

- Introducción
- **Modulación Digital con Señales Vectoriales**
- Métricas

Modulación Digital

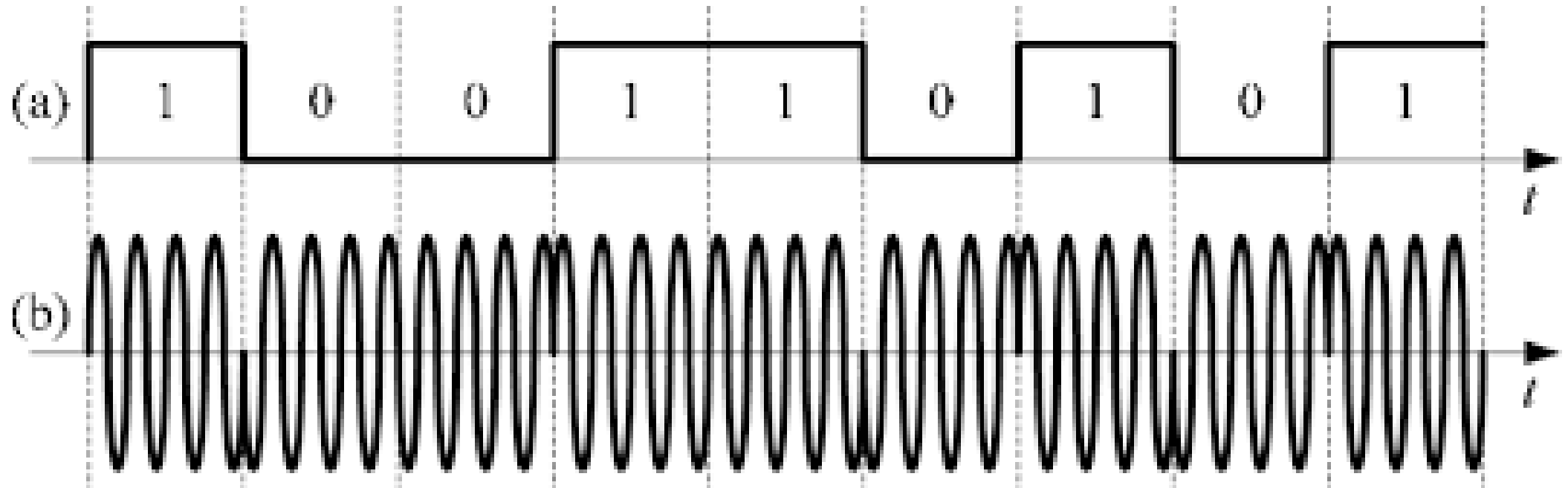
¿Qué son Modulaciones Digitales?

Modulación Digital

¿Qué son Modulaciones Digitales?

La modulación digital es el proceso de codificar una señal de información digital en la amplitud, fase o frecuencia de la señal transmitida

Modulación Digital



Modulación Digital

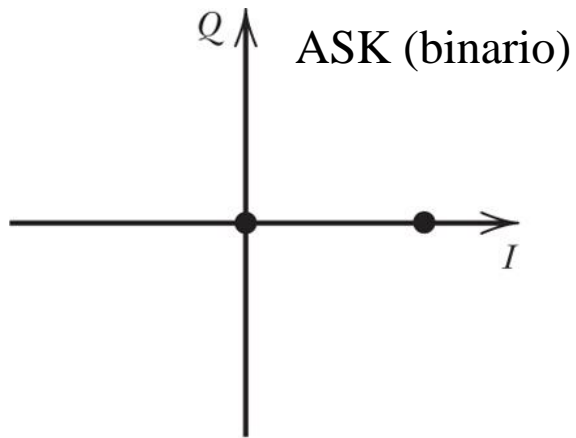
El proceso de codificación afecta el ancho de banda de la señal transmitida y su solidez a las degradaciones del canal.

En general, una técnica de modulación codifica varios bits en un símbolo, y la velocidad de transmisión del símbolo determina el ancho de banda de la señal transmitida.

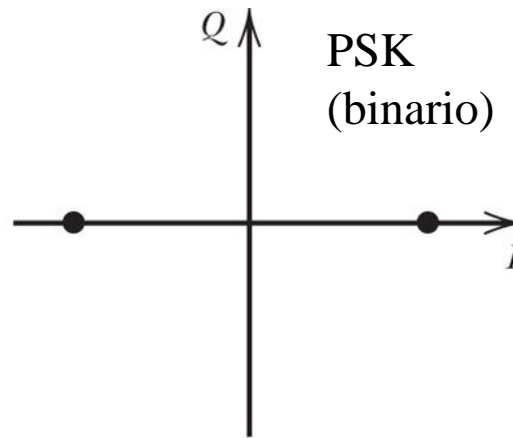
Dado que el ancho de banda de la señal está determinado por la velocidad del símbolo, tener una gran cantidad de bits por símbolo generalmente produce una velocidad de datos más alta para un ancho de banda de señal dado.

Sin embargo, cuanto mayor sea el número de bits por símbolo, mayor será el SNR requerida para un BER objetivo dado.

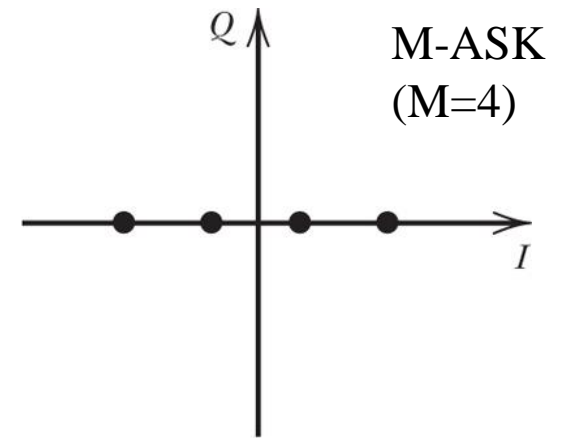
Sistemas M-arios



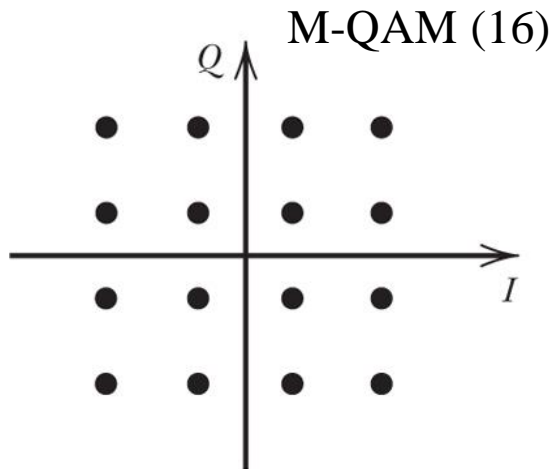
(a)



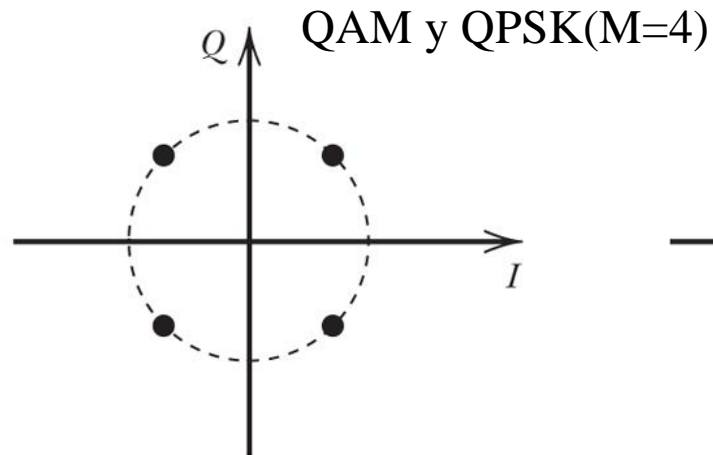
(b)



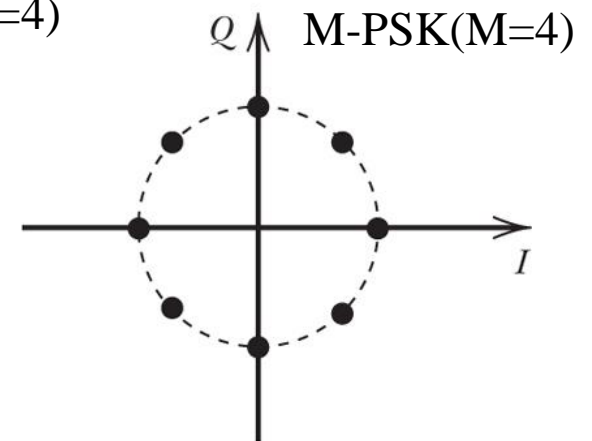
(c)



(d)

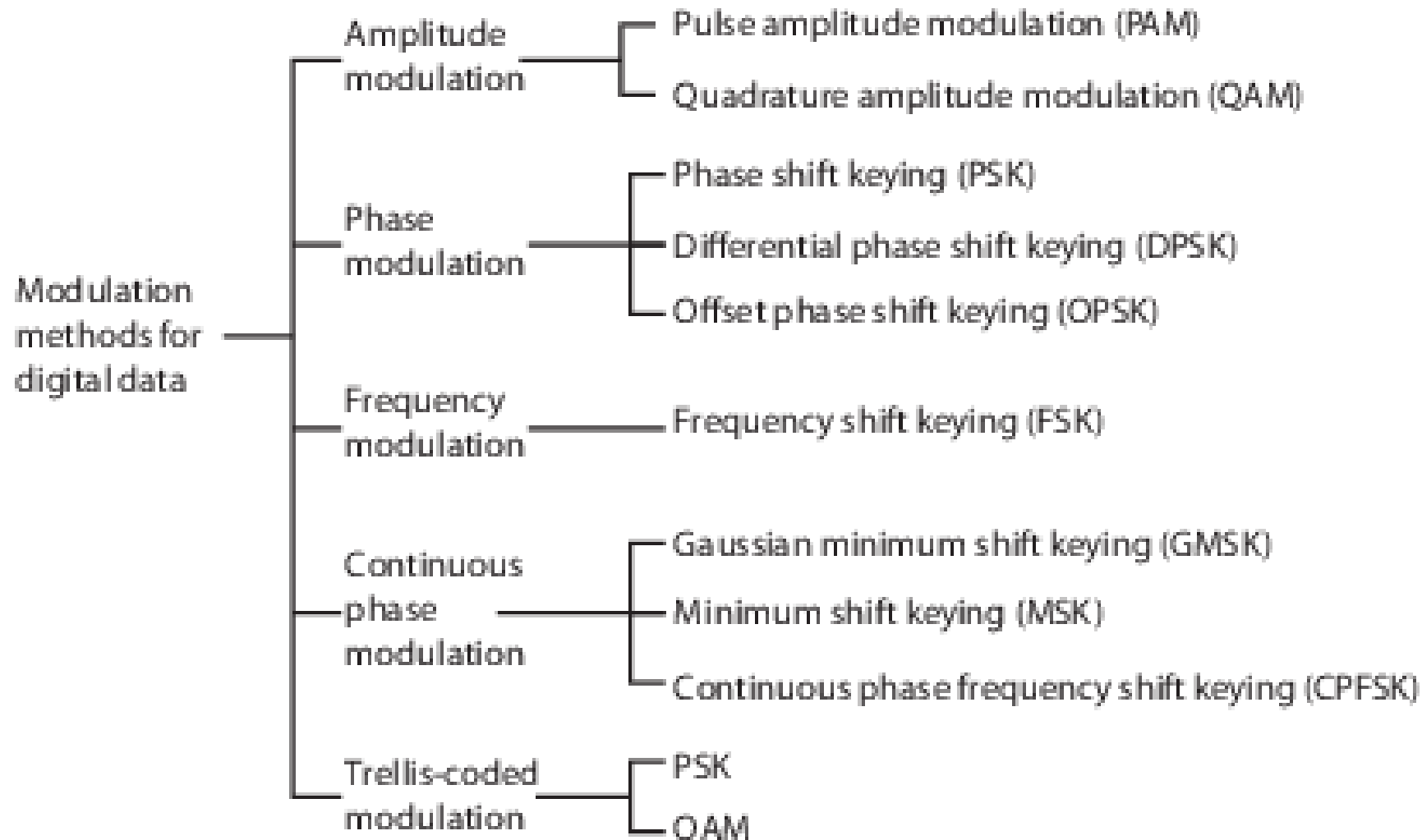


(e)



(f)

Modulación Digital



Modulaciones Digitales

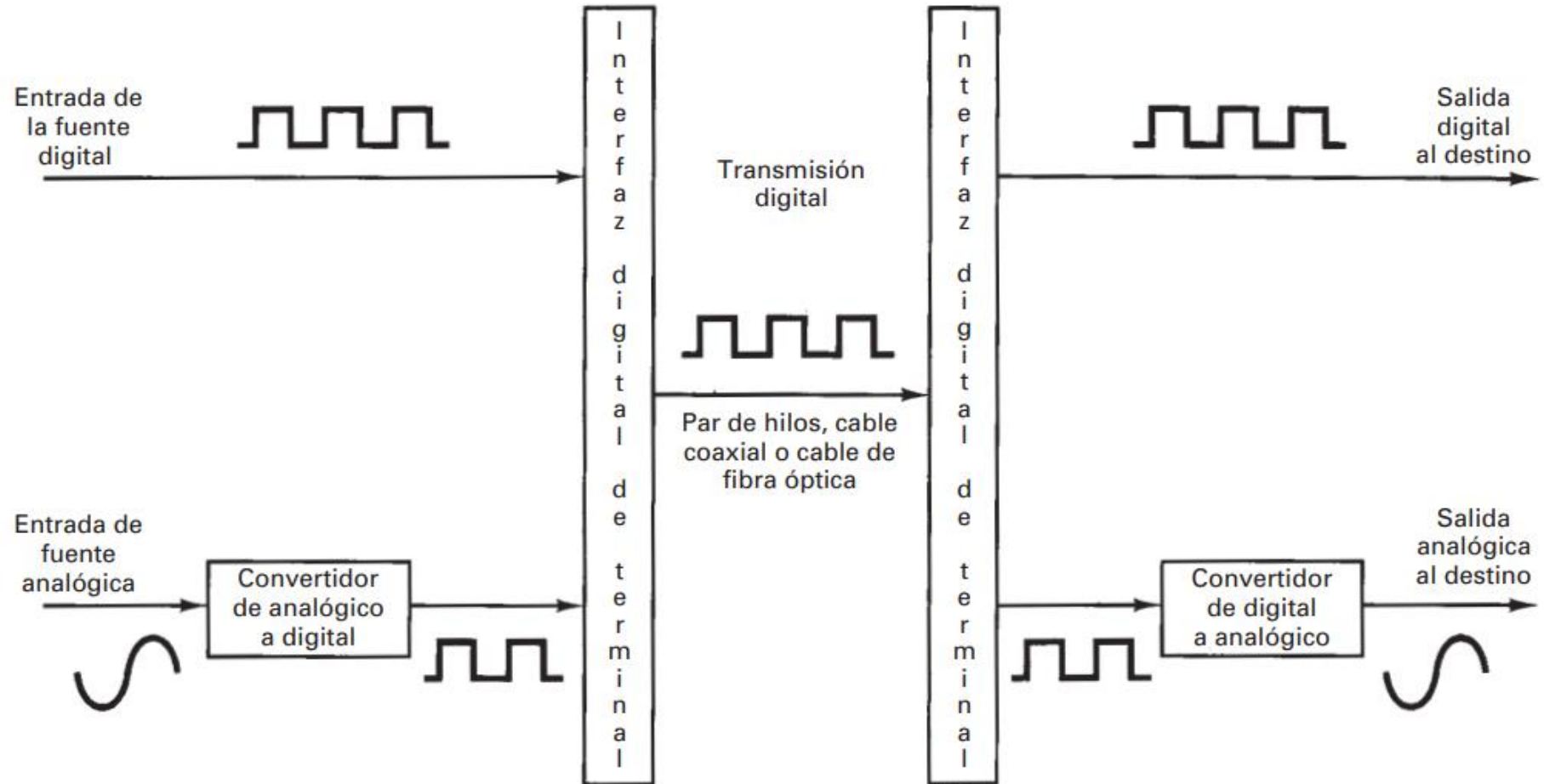
¿Por qué son importantes la comunicaciones digitales?

Modulaciones Digitales

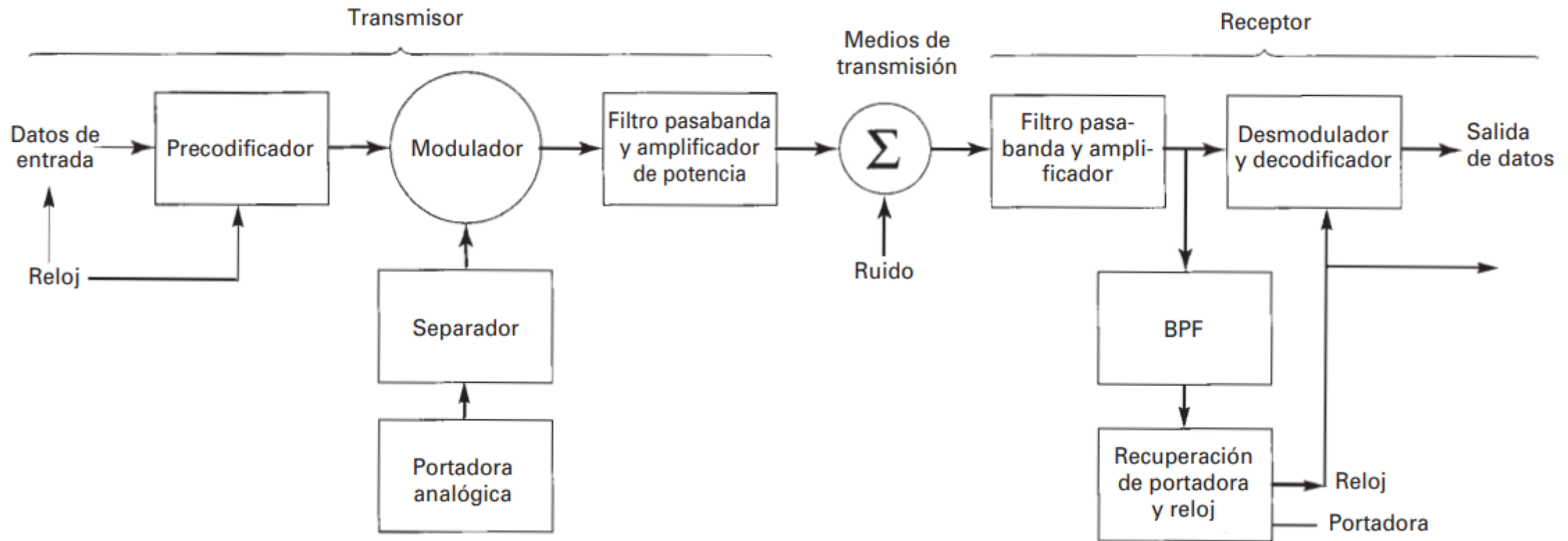
El términos generales las *comunicaciones digitales* se puede decir:

- Abarca una gran área de técnicas de comunicaciones, que incluyen la *transmisión digital*.
- Sistemas digitales requieren de conexión física entre el transmisor y receptor.

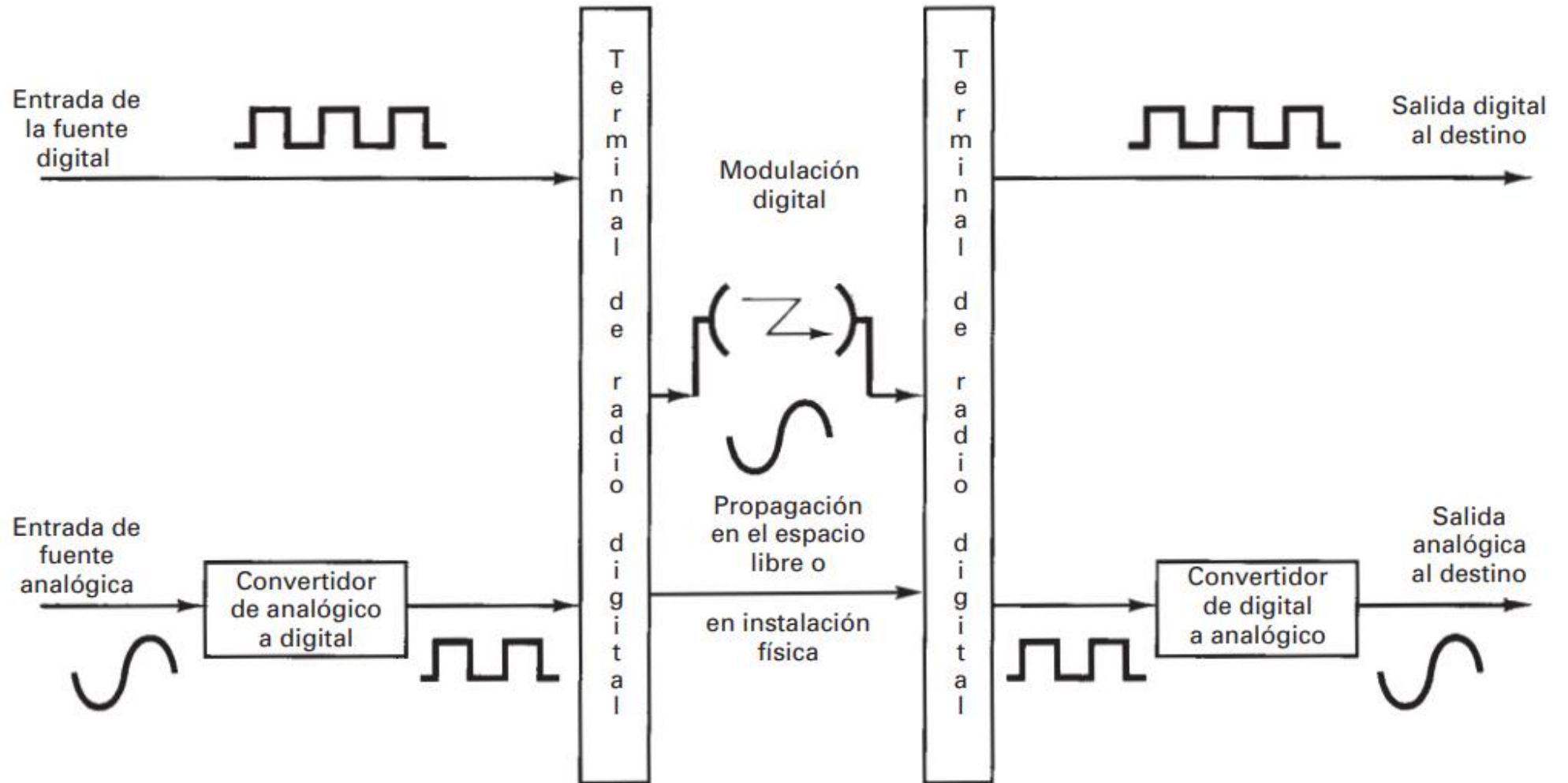
Modulaciones Digitales



Modulaciones Digitales



Modulaciones Digitales



Modulaciones Digitales

Recordando un poco sobre capacidad de canal se tiene que:

La capacidad de información de sistema de comunicaciones representa la cantidad de símbolos independientes que pueden transportarse por el sistema en determinada unidad de tiempo, donde el símbolo binario más básico es el bit.

$$I \propto B \times T$$

Donde:

I = capacidad de información (bits por segundo)

B = amplitud de banda (Hz)

T = tiempo de transmisión (segundos)

Modulaciones Digitales

Simplificando la expresión anterior se tiene que:

$$I = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Donde:

I = capacidad de información (bits por segundo)

B = amplitud de banda (Hz)

$\frac{S}{N}$ = relación de potencias de señal a ruido (adimensional)

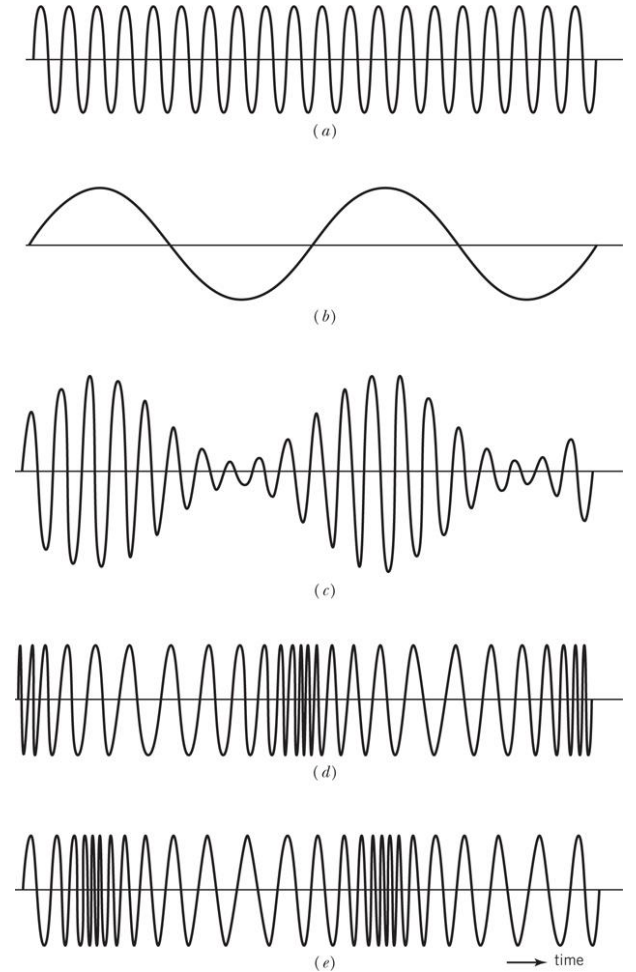
Modulaciones Digitales

Tipos:

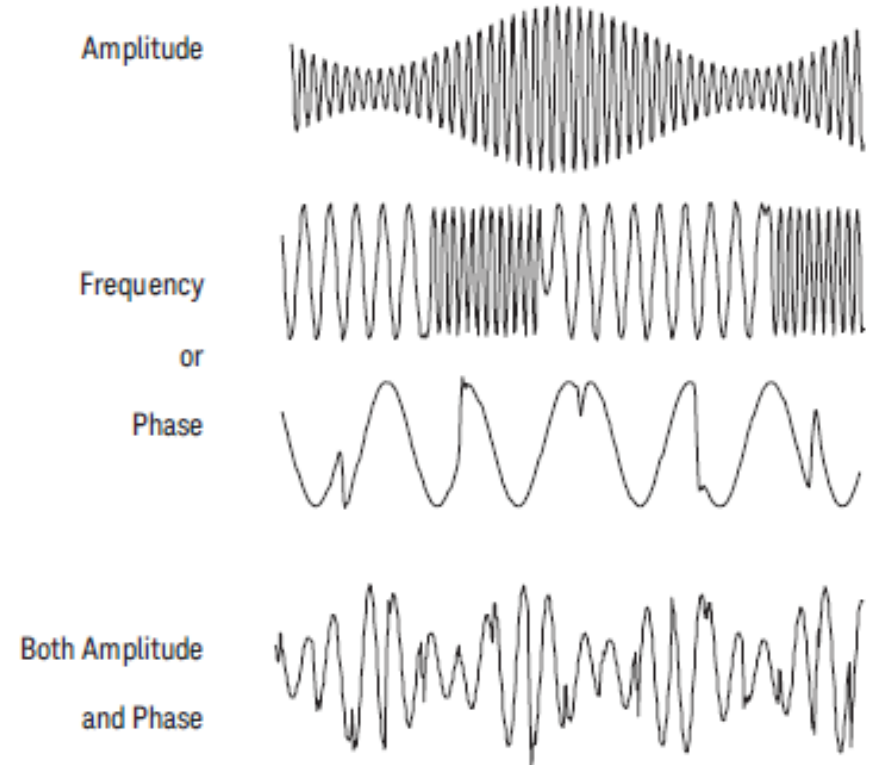
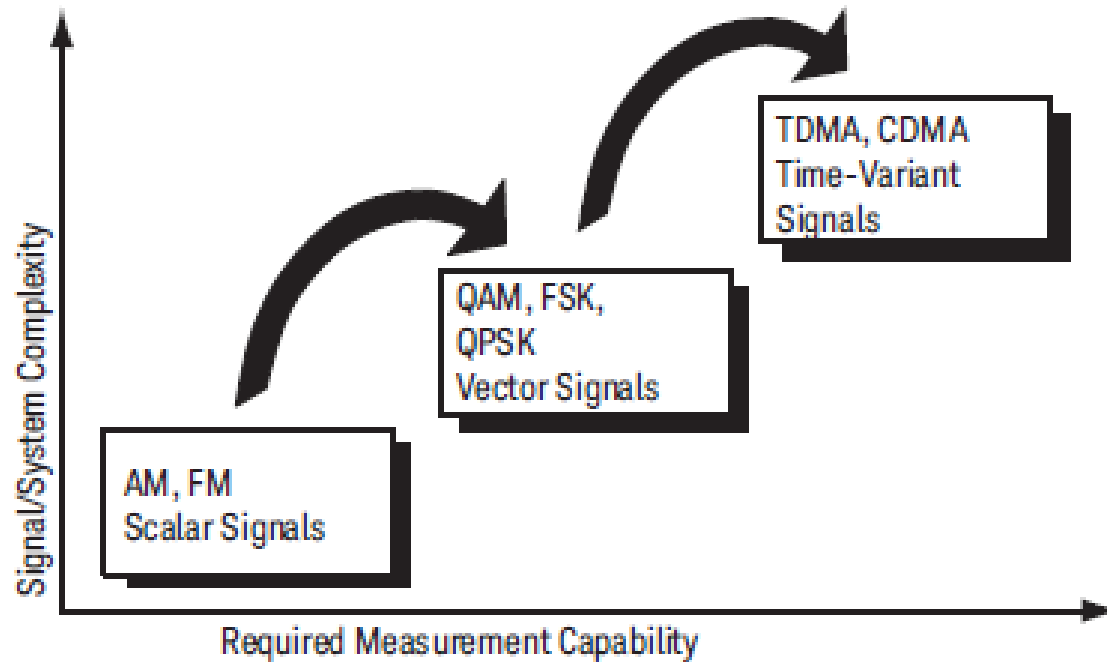
- Diferentes acercamientos basados en ASK, PSK o FSK, coherentes y no coherentes.

Características:

- Mejor utilización del ancho de banda e inmunidad a ruido.
- Eficiencia en potencia más alta y hardware más simple.
- Posible utilización en sistemas de múltiples símbolos y canales (multiplexación).



Modulaciones Digitales



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulación Digital

PSK (Phase-Shift Keying)

- Esquema de modulación digital que consiste en parámetros de una señal periódica en una fase.
- Los datos se representan utilizando cambios discretos en la fase de una señal portadora.
- El numero de cambios puede ser aleatorio y generalmente igual a un potencia de 2.

Modulación Digital

Sistema M-ary

- M-ario derivado de la palabra binario
- Donde M sólo es un dígito que representa la cantidad de combinaciones o condiciones posibles.

- Se tiene que:

$$N = \log_2 M$$

Donde:

N = cantidad de bits codificados

M = cantidad de condiciones posibles de salida con N bits.

N	M
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32

Modulación Digital

BPSK (Binary Phase Shift Keying)

- Llamado a veces PRK (Phase Reversal Keying ó 2PSK).
- Usa dos fases las cuales están separadas por 180° .
- Su diagrama de constelación solo comprende el eje real.
- Tiene solo disponible 1 bit/símbolo.

Modulación Digital

BPSK (Binary Phase Shift Keying)

La ecuación anterior se puede simplificar como:

$$s_n(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi ft + \pi(1 - n)), \quad n = 0, 1.$$

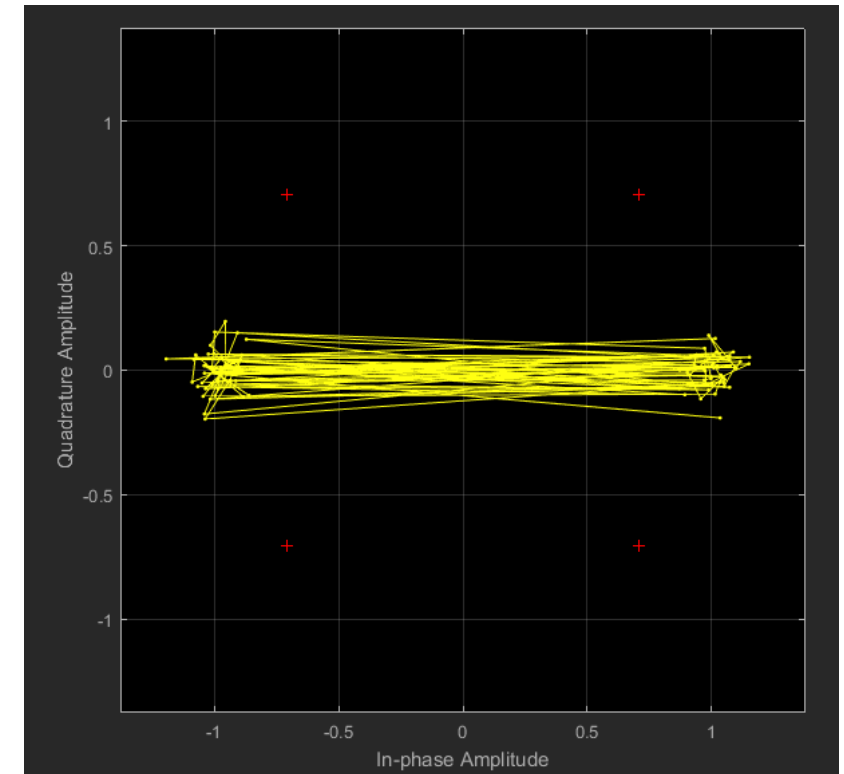
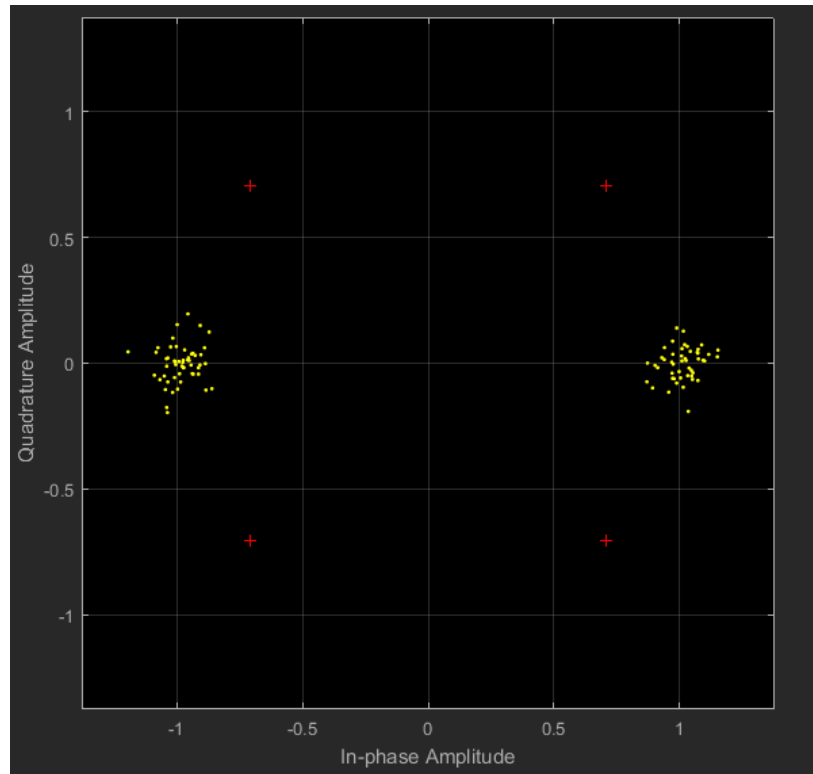
Donde para un “0”

$$s_0(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi ft + \pi) = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi ft)$$

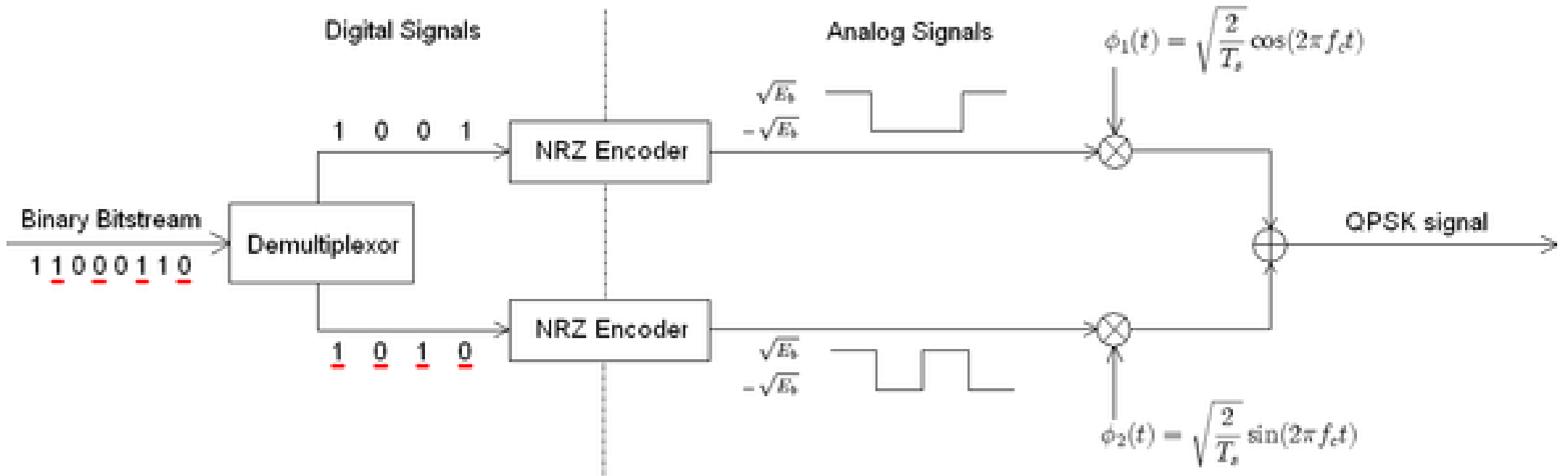
Donde para un “1”

$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi ft)$$

Modulación Digital

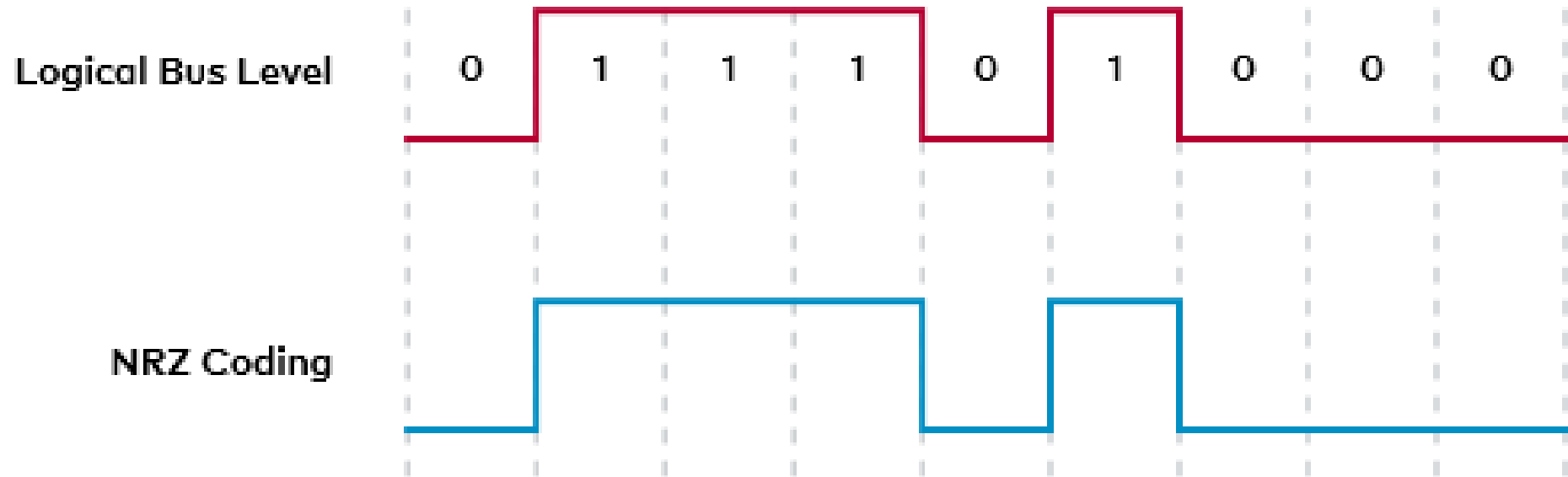


Modulación Digital



Modulación Digital

NRZ Coding

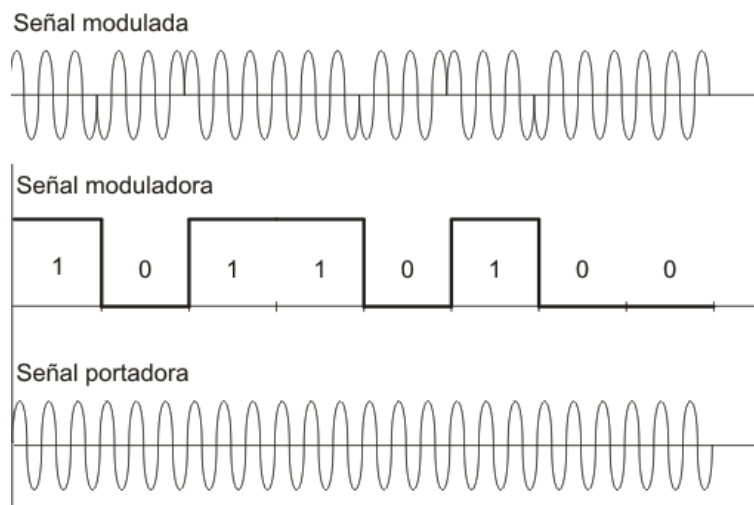
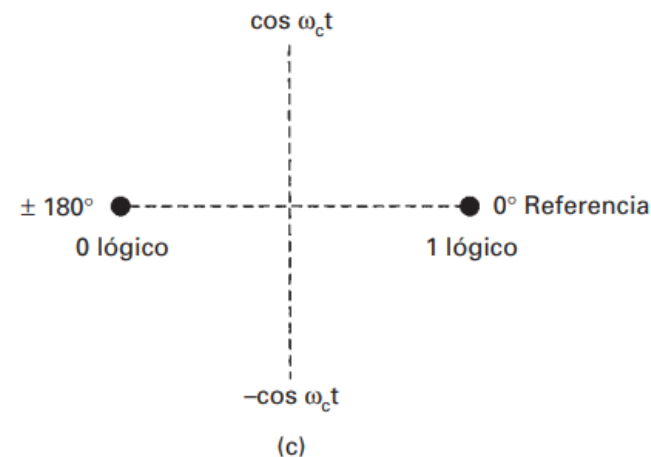
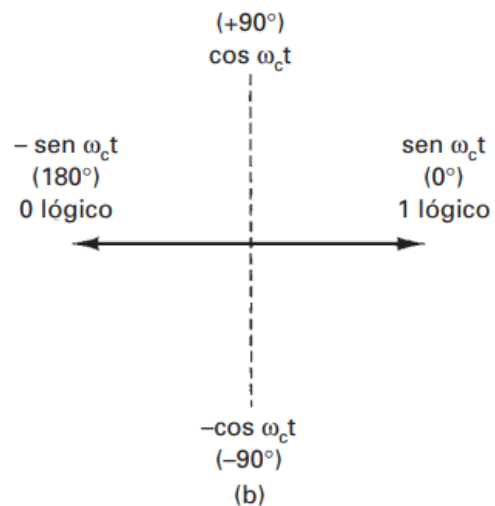


NRZ evita que el voltaje no vuelva a cero entre bits consecutivos de valor uno. Mediante la asignación de un nivel de tensión a cada símbolo se simplifica la tarea de decodificar un mensaje.

Modulación Digital

Entrada binaria	Fase de salida
0 lógico	180°
1 lógico	0°

(a)



Tomado de:

https://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_desplazamiento_de_fase#/media/Archivo:Modulacion-PSK.gif y

W. Tomasi Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

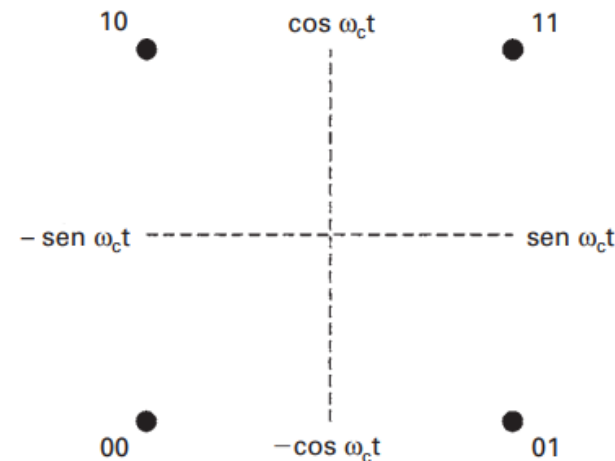
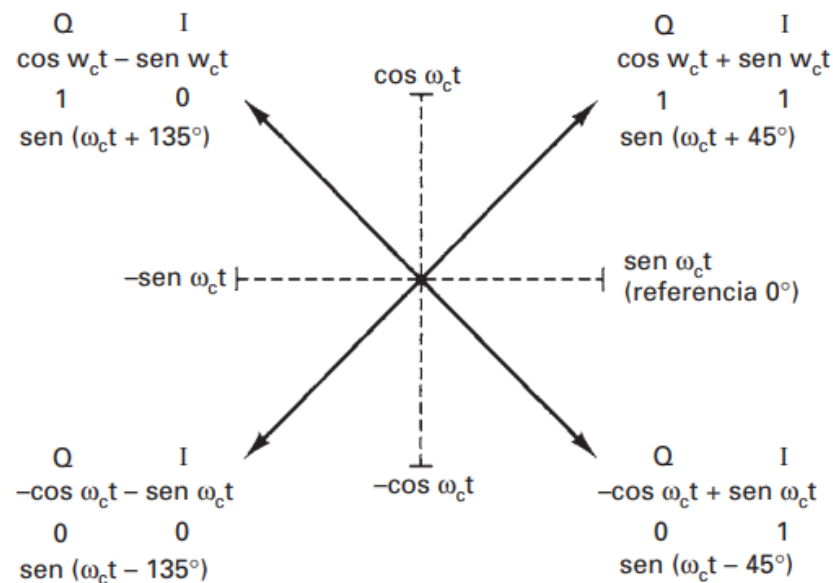
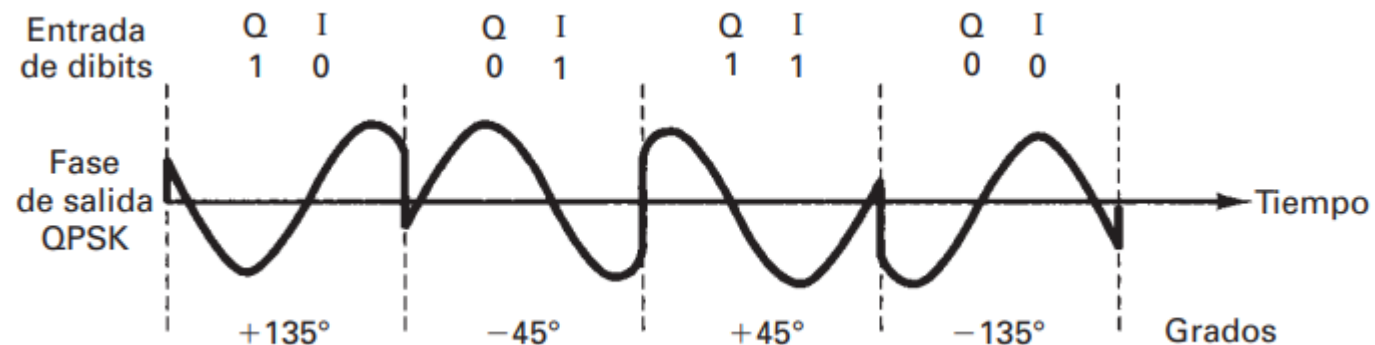
Modulación Digital

QPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

- Llamado también con PSK de cuadratura.
- Cuaternario hace referencia a que $M = 4$.
- Son posibles nada más cuatro fases distintas
- Datos de entrada acomodados por dos bits ó *dibits*.

Modulación Digital

Entrada binaria		Fase de salida QPSK
Q	I	
0	0	-135°
0	1	-45°
1	0	$+135^\circ$
1	1	$+45^\circ$



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

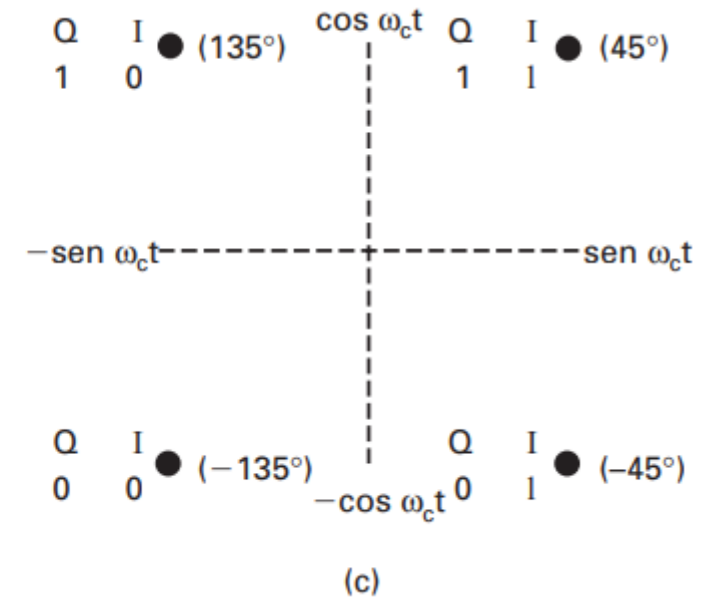
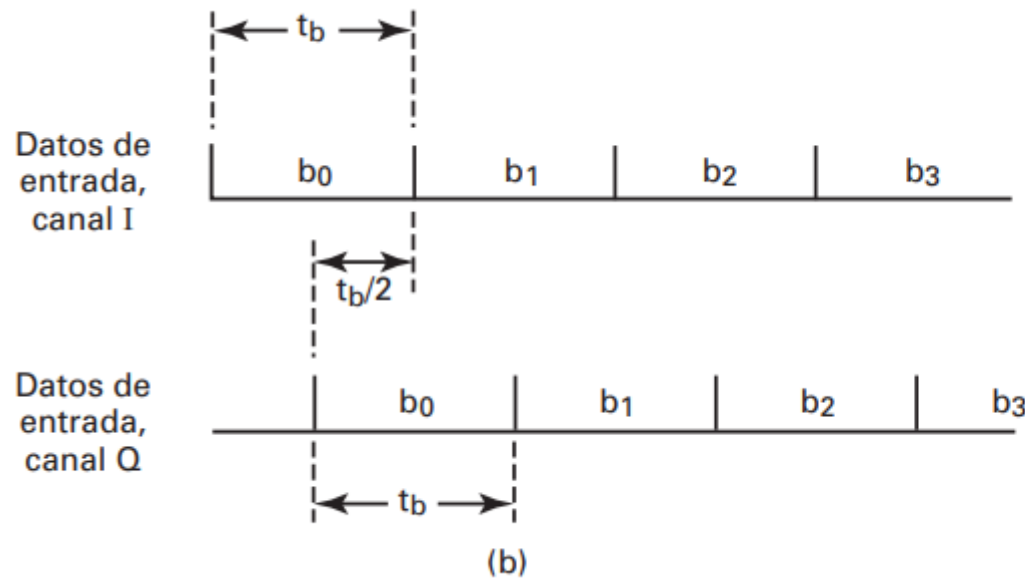
- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulación Digital

OQPSK (Quaternary Phase Shift Keying)

- Llamado también como QPSK compensada.
- Formas de onda de bits en los canales I/Q se desfasan en fase en la mitad del tiempo de bit.
- Son posibles nada más cuatro fases distintas.
- Datos de entrada acomodados por dos bits ó *dibits*.

Modulación Digital



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

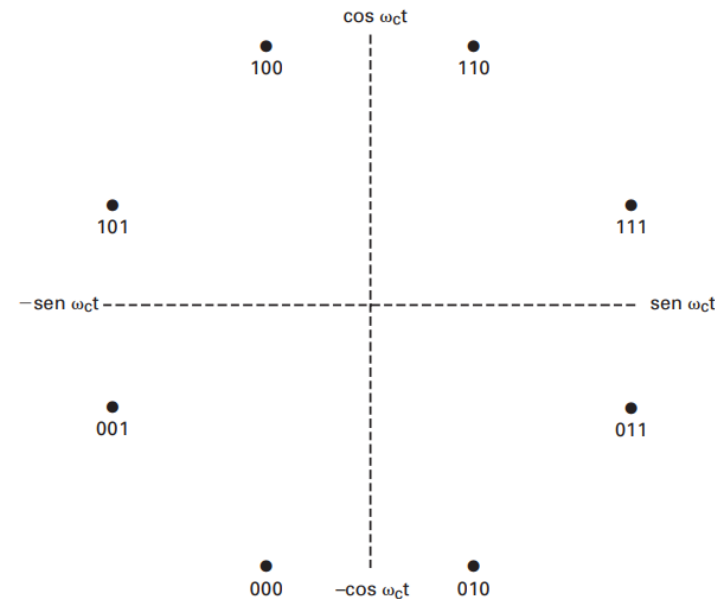
- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulación Digital

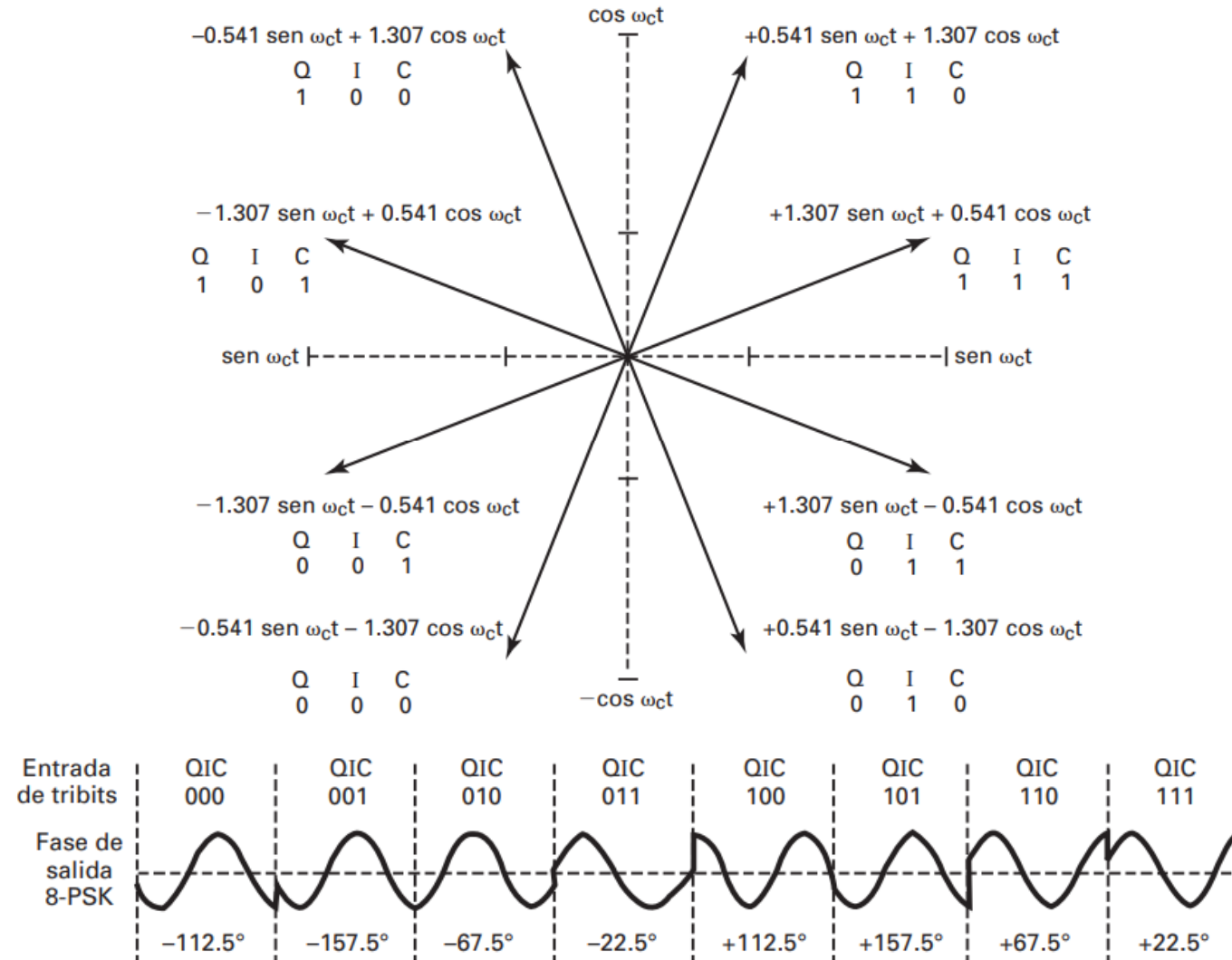
8-PSK (8 - Phase Shift Keying)

- Posee ocho fases posibles debido a que $M = 8$.
- Se consideran a los bits en grupos de tres o llamados *tribits*

Entrada binaria			Fase de salida 8-PSK
Q	I	C	
0	0	0	-112.5°
0	0	1	-157.5°
0	1	0	-67.5°
0	1	1	-22.5°
1	0	0	$+112.5^\circ$
1	0	1	$+157.5^\circ$
1	1	0	$+67.5^\circ$
1	1	1	$+22.5^\circ$



Modulación Digital



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

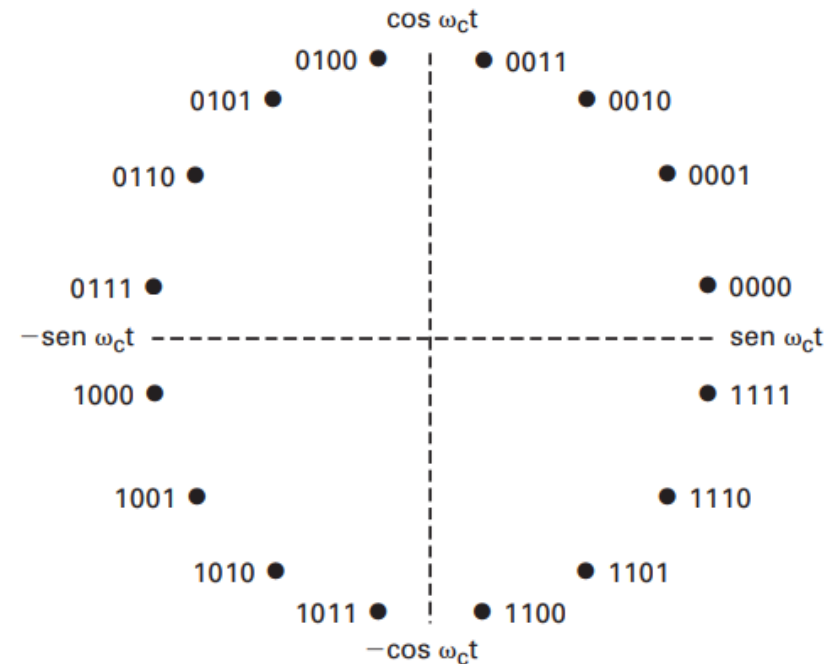
- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulación Digital

16-PSK (16 - Phase Shift Keying)

- Posee dieciséis fases posibles debido a que $M = 16$.
- Se consideran a los bits en grupos de tres o llamados *cuadbits*

Bits de código	Fase	Bits de código	Fase
0000	11.25°	1000	191.25°
0001	33.75°	1001	213.75°
0010	56.25°	1010	236.25°
0011	78.75°	1011	258.75°
0100	101.25°	1100	281.25°
0101	123.75°	1101	303.75°
0110	146.25°	1110	326.25°
0111	168.75°	1111	348.75°



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulación Digital

$\frac{\pi}{4}$ -DQPSK ($\frac{\pi}{4}$ - Differential Quadrature Shift Keying)

- Posee ocho fases posibles debido a que $M = 4$.
- Formato diferencial donde los bits tiene sus símbolos donde hay cambios de fase.
- Existen offset de cambio de fase de $\frac{\pm\pi}{4}$.

Phase Change

$$\pi/4$$

$$3\pi/4$$

$$-\pi/4$$

$$-3\pi/4$$

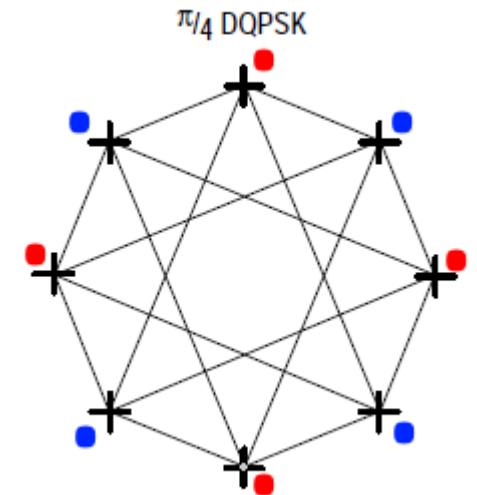
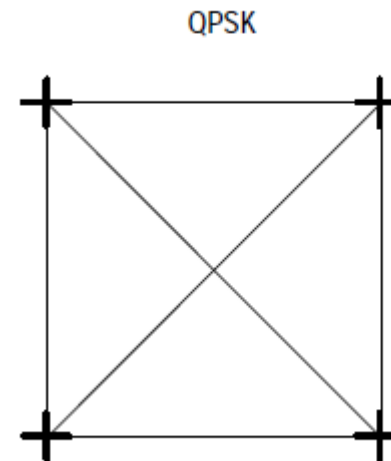
Bit Pattern

00

01

10

11



Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

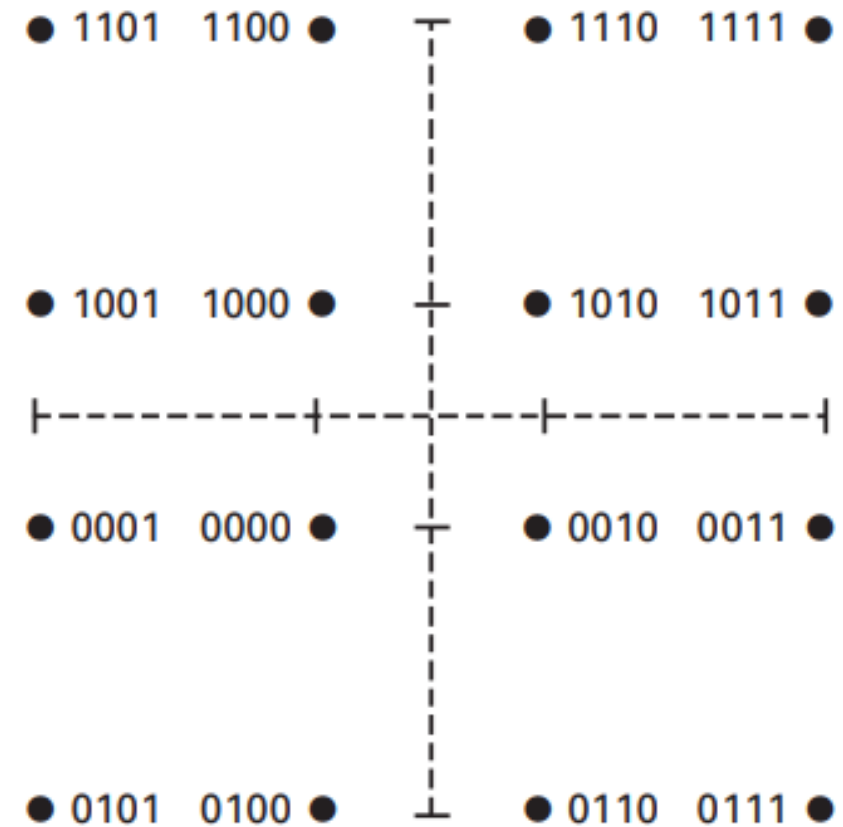
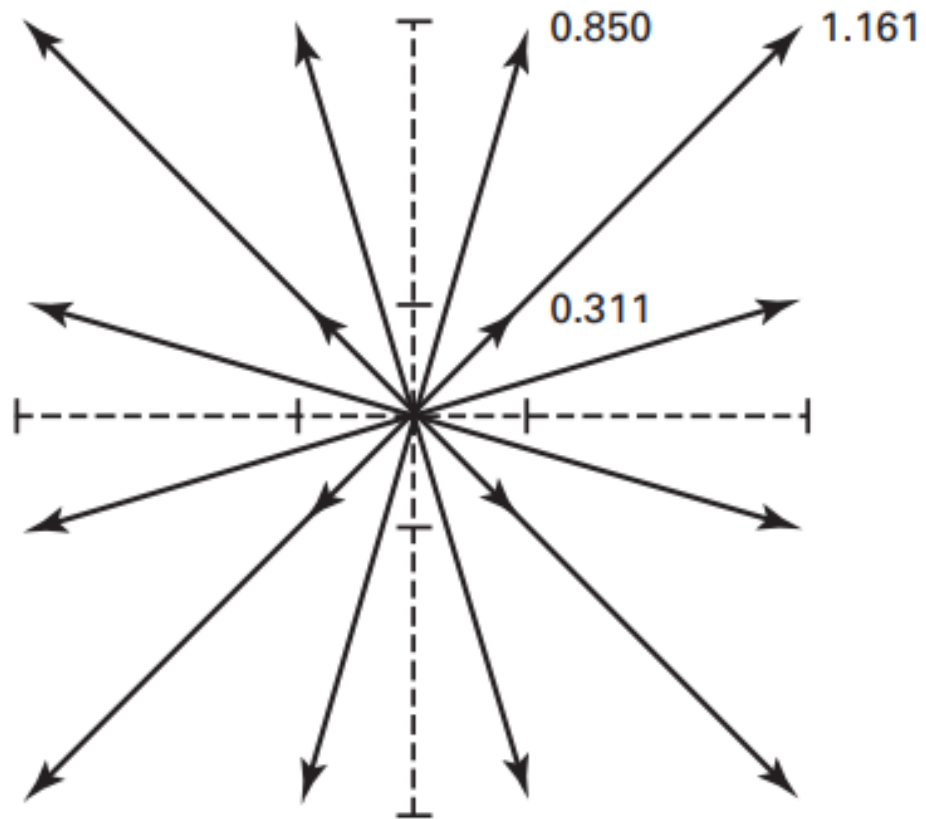
Modulación Digital

16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

- Posee dieciséis fase y amplitud posibles debido a que $M = 16$.
- Datos binarios se dividen en cuatro I, I', Q y Q' .

Entrada binaria				Salida 16-QAM	
Q	Q'	I	I'		
0	0	0	0	0.311 V	-135°
0	0	0	1	0.850 V	-165°
0	0	1	0	0.311 V	-45°
0	0	1	1	0.850 V	-15°
0	1	0	0	0.850 V	-105°
0	1	0	1	1.161 V	-135°
0	1	1	0	0.850 V	-75°
0	1	1	1	1.161 V	-45°
1	0	0	0	0.311 V	135°
1	0	0	1	0.850 V	165°
1	0	1	0	0.311 V	45°
1	0	1	1	0.850 V	15°
1	1	0	0	0.850 V	105°
1	1	0	1	1.161 V	135°
1	1	1	0	0.850 V	75°
1	1	1	1	1.161 V	45°

Modulación Digital

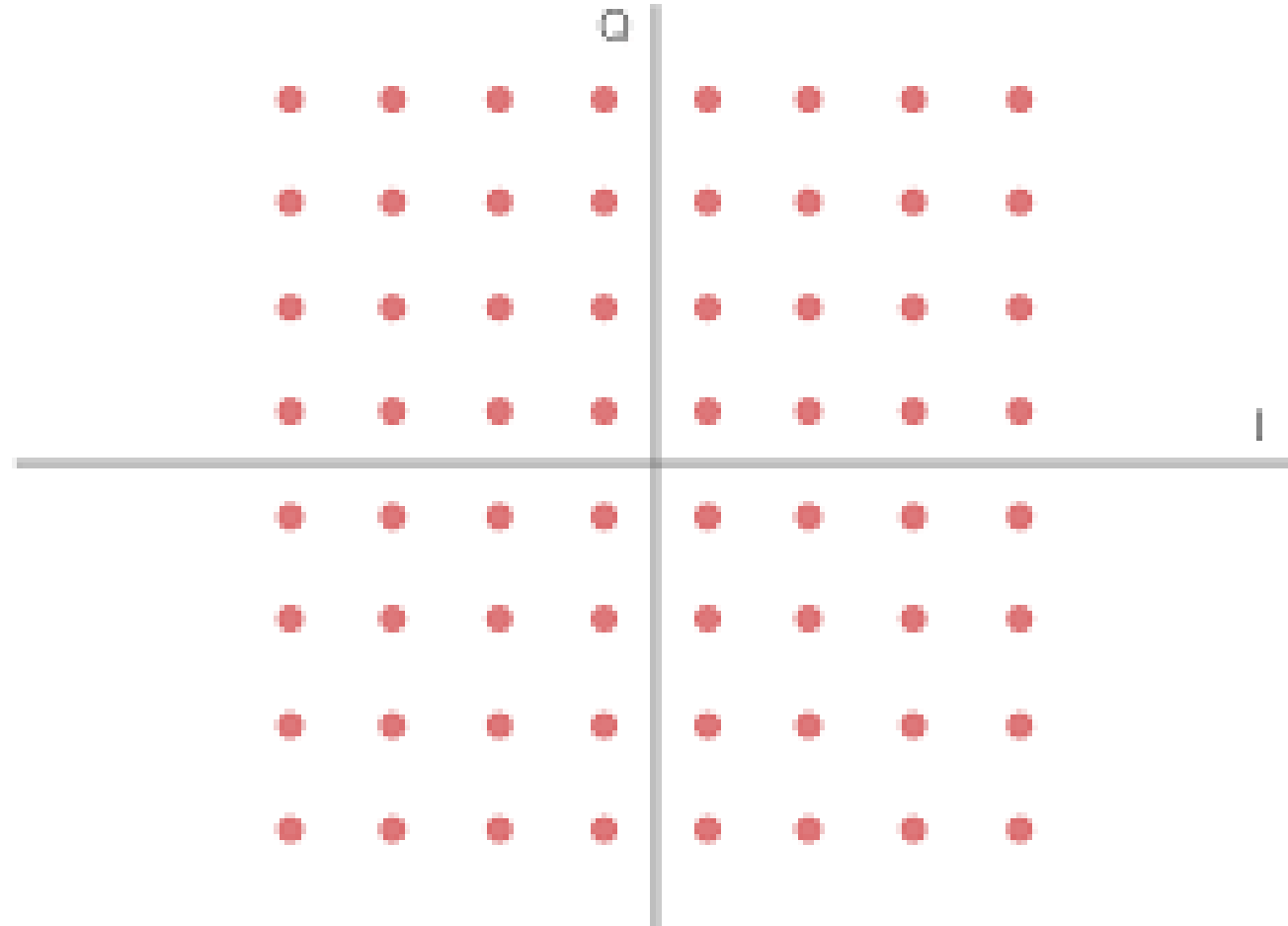


Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

Modulaciones Digitales

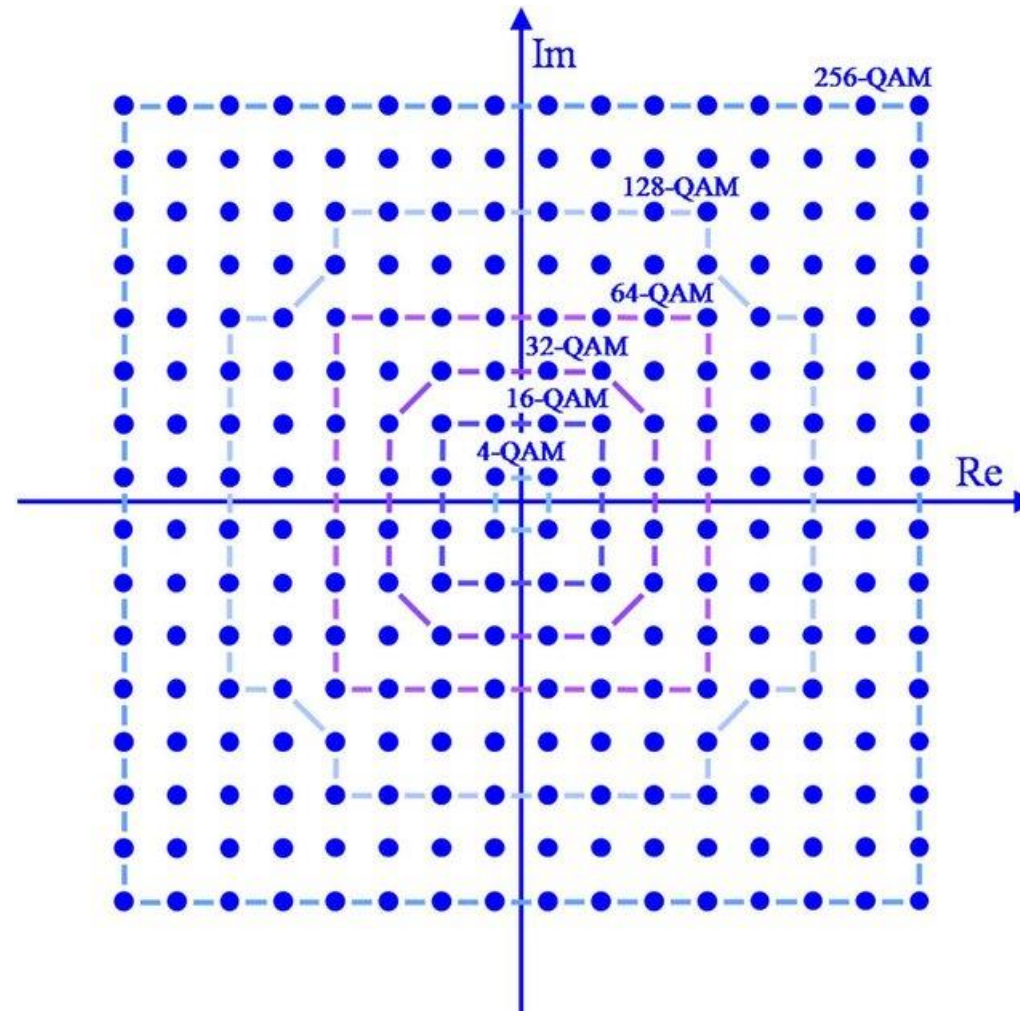


Modulaciones Digitales

Algunas modulaciones importantes para esta práctica se encuentran:

- M-Ary PSK
 - 2-PSK ó BPSK
 - QPSK
 - OQPSK
 - 8-PSK
 - 16-PSK
 - $\frac{\pi}{4}$ DQPSK
- M-ary QAM
 - 16-QAM
 - 64-QAM
 - 128-QAM
 - 256-QAM

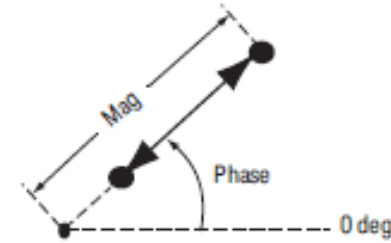
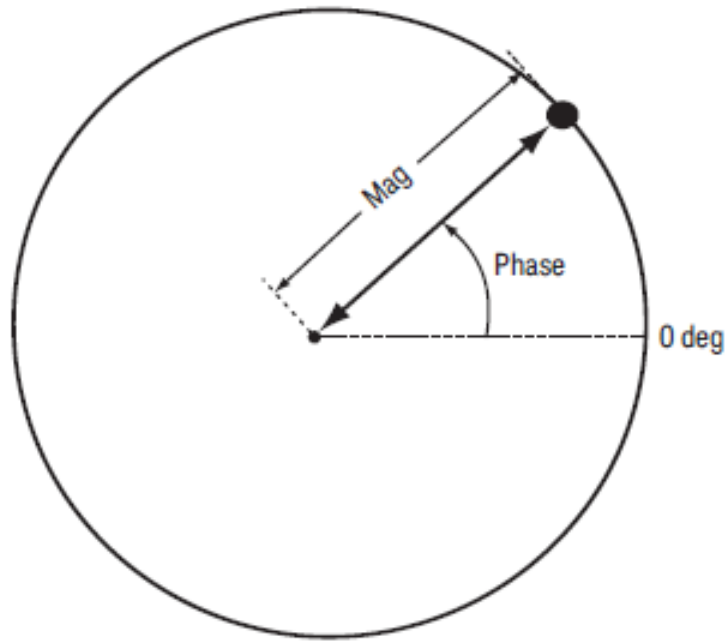
Modulaciones Digitales



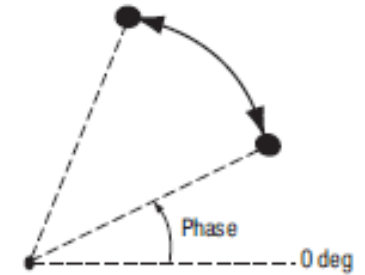
Contenidos y Cronograma

- Introducción
- Modulación Digital con Señales Vectoriales
- Métricas

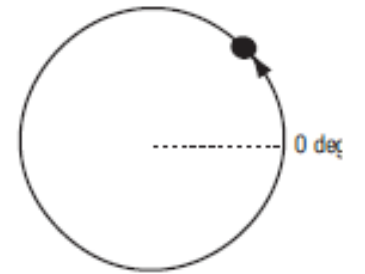
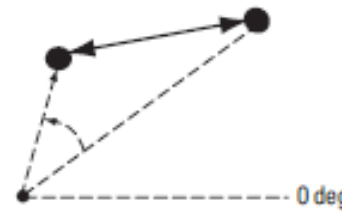
Modulación I, Q



Magnitude Change

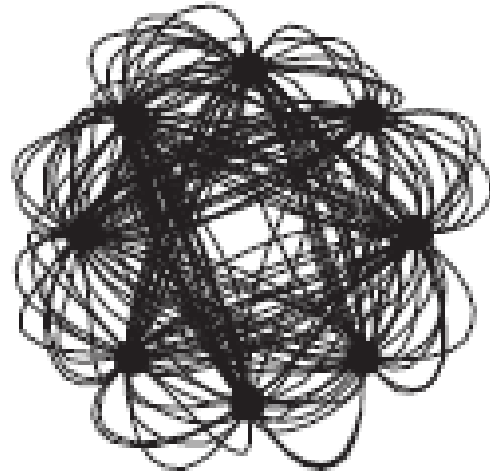


Phase Change



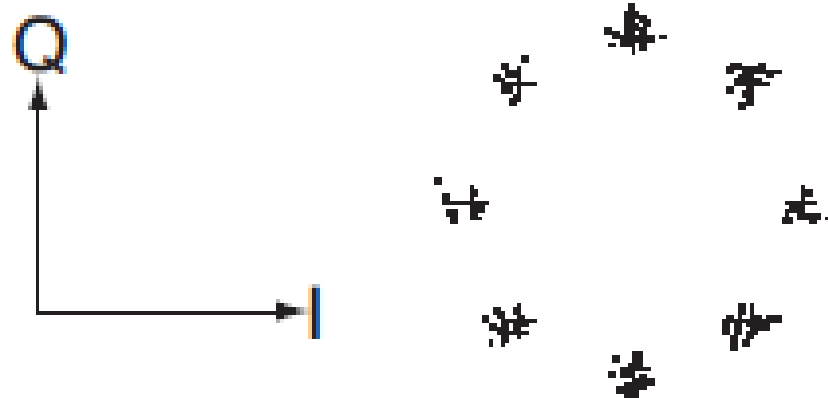
Visualización de Señales Moduladas

Polar Diagram



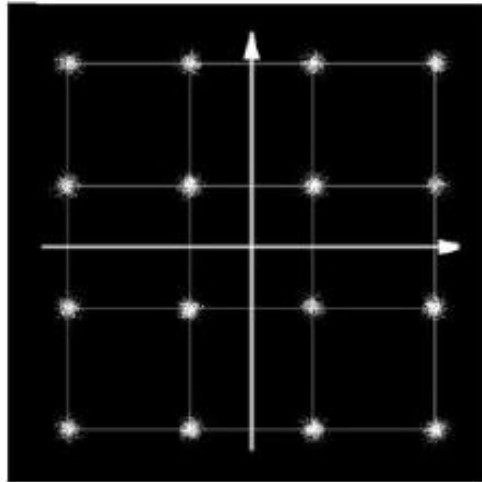
DQPSK, 157 Symbols
and "Trajectory"

Constellation Diagram

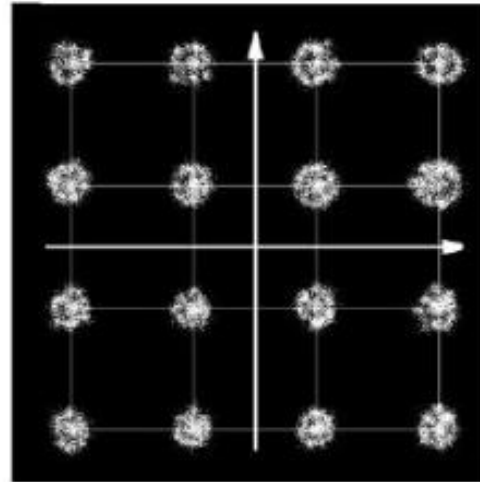


DQPSK, 157 Symbol
Constellation with Noise

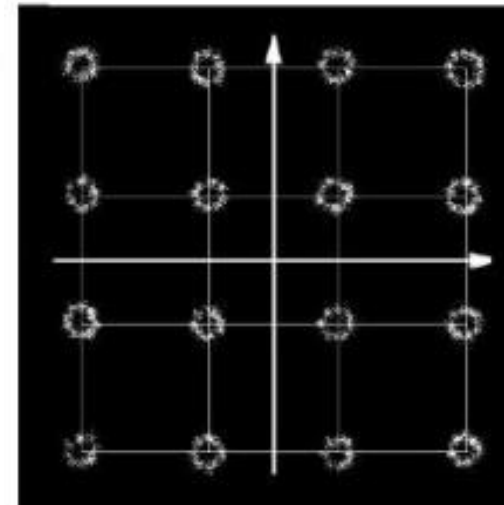
Visualización de Señales Moduladas



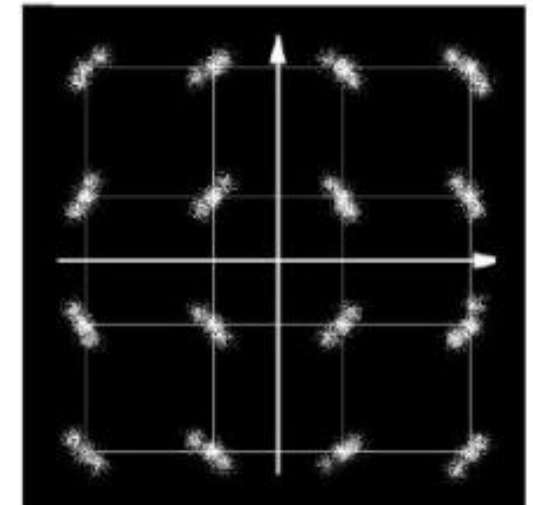
Señal Normal



Degradación por S/N

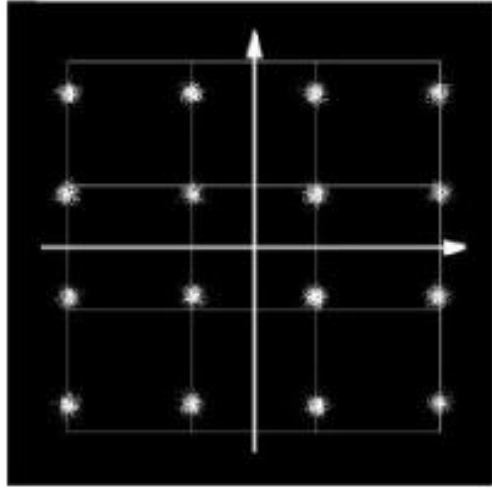


Interferencia discreta

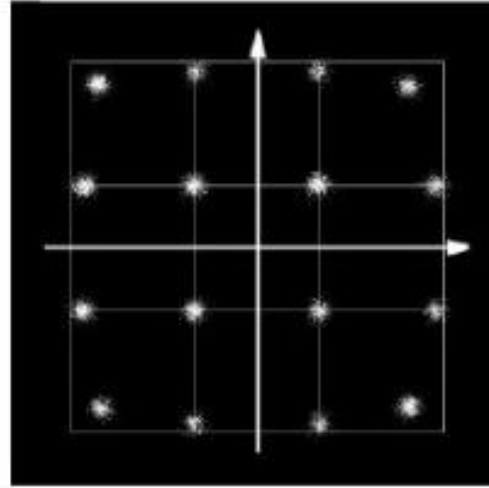


Ruido en la Fase

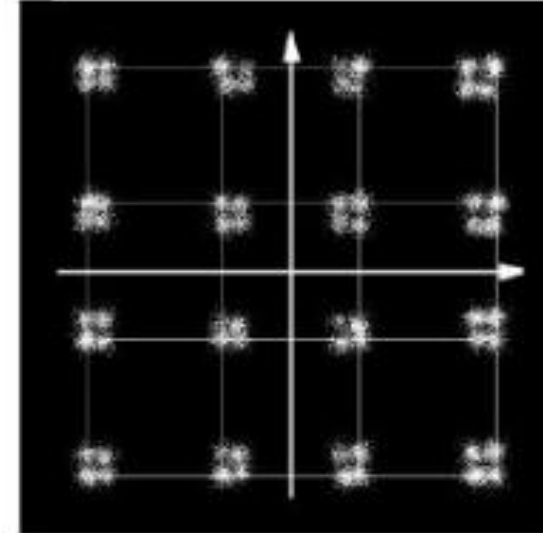
Visualización de Señales Moduladas



Asimetría entre I y Q



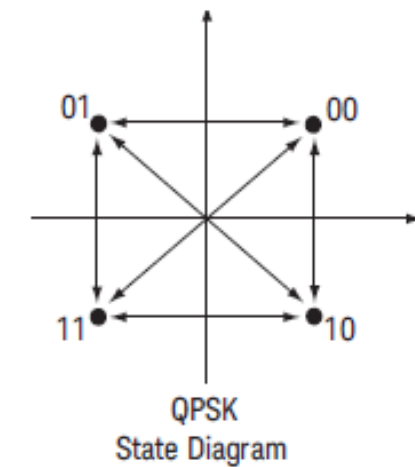
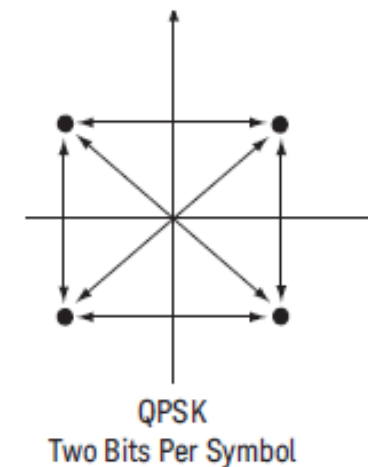
Compresión



Micro-Reflexiones en la red

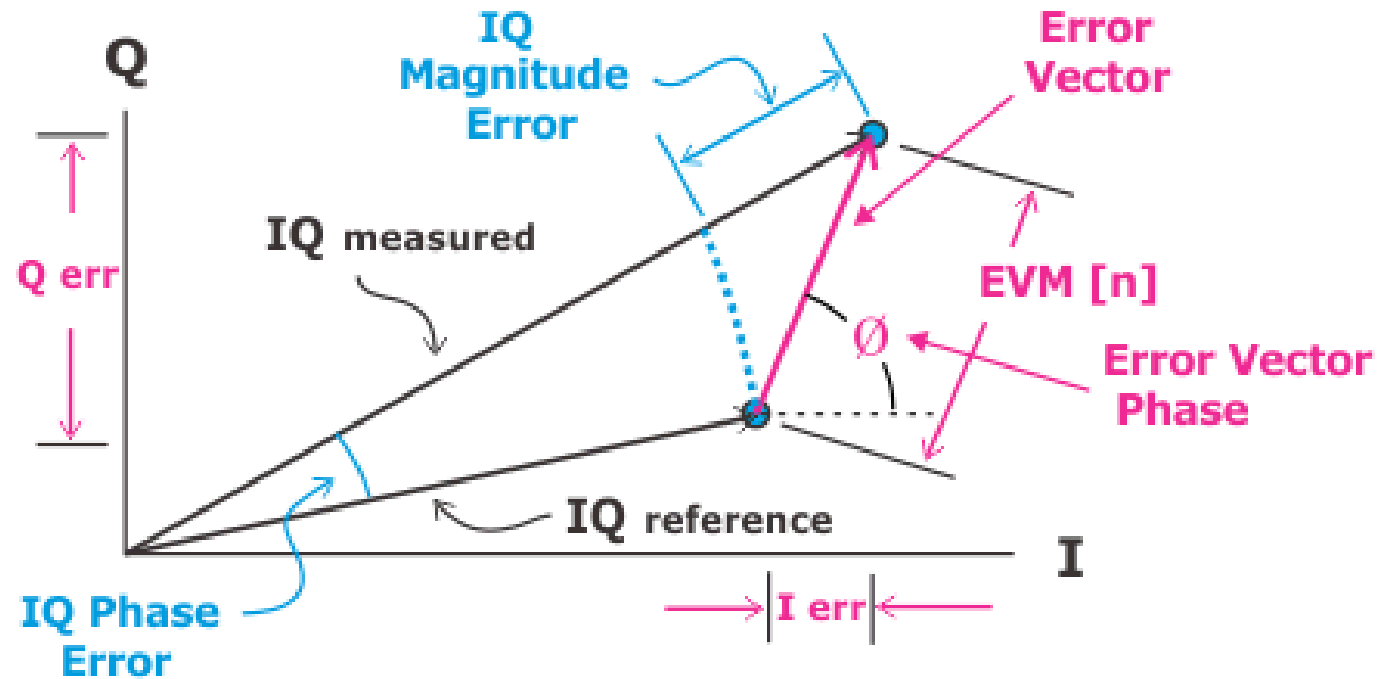
Visualización de Señales Moduladas

Modulation format	Application
MSK, GMSK	GSM, CDPD
BPSK	Deep space telemetry, cable modems
QPSK, $\pi/4$ DQPSK	Satellite, CDMA, NADC, TETRA, PHS, PDC, LMDS, DVB-S, cable (return path), cable modems, TSTS
OQPSK	CDMA, satellite
FSK, GFSK	DECT, paging, RAM mobile data, AMPS, CT2, ERMES, land mobile, public safety
8, 16 VSB	North American digital TV (ATV), broadcast, cable
8PSK	Satellite, aircraft, telemetry pilots for monitoring broadband video systems
16 QAM	Microwave digital radio, modems, DVB-C, DVB-T
32 QAM	Terrestrial microwave, DVB-T
64 QAM	DVB-C, modems, broadband set top boxes, MMDS
256 QAM	Modems, DVB-C (Europe), Digital Video (US)



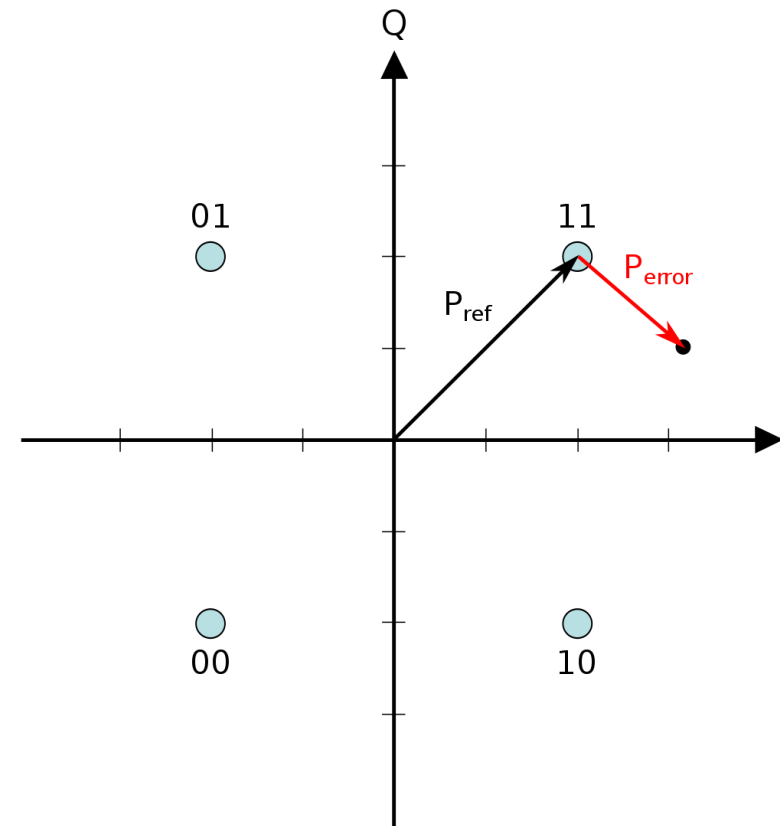
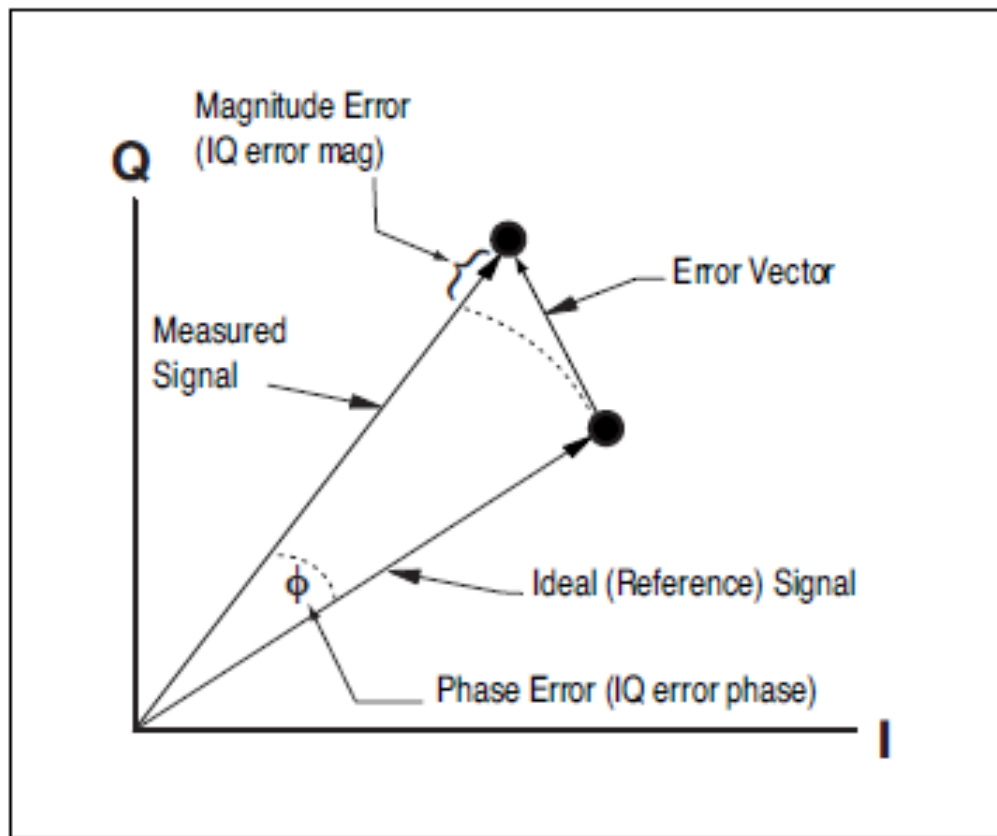
Visualización de Señales Moduladas

Error Magnitude Vector



$$\% \text{ EVM} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \text{Ierr}[n]^2 + \text{Qerr}[n]^2}}{\text{EVM Normalization Reference}} \times 100\%$$

Visualización de Señales Moduladas



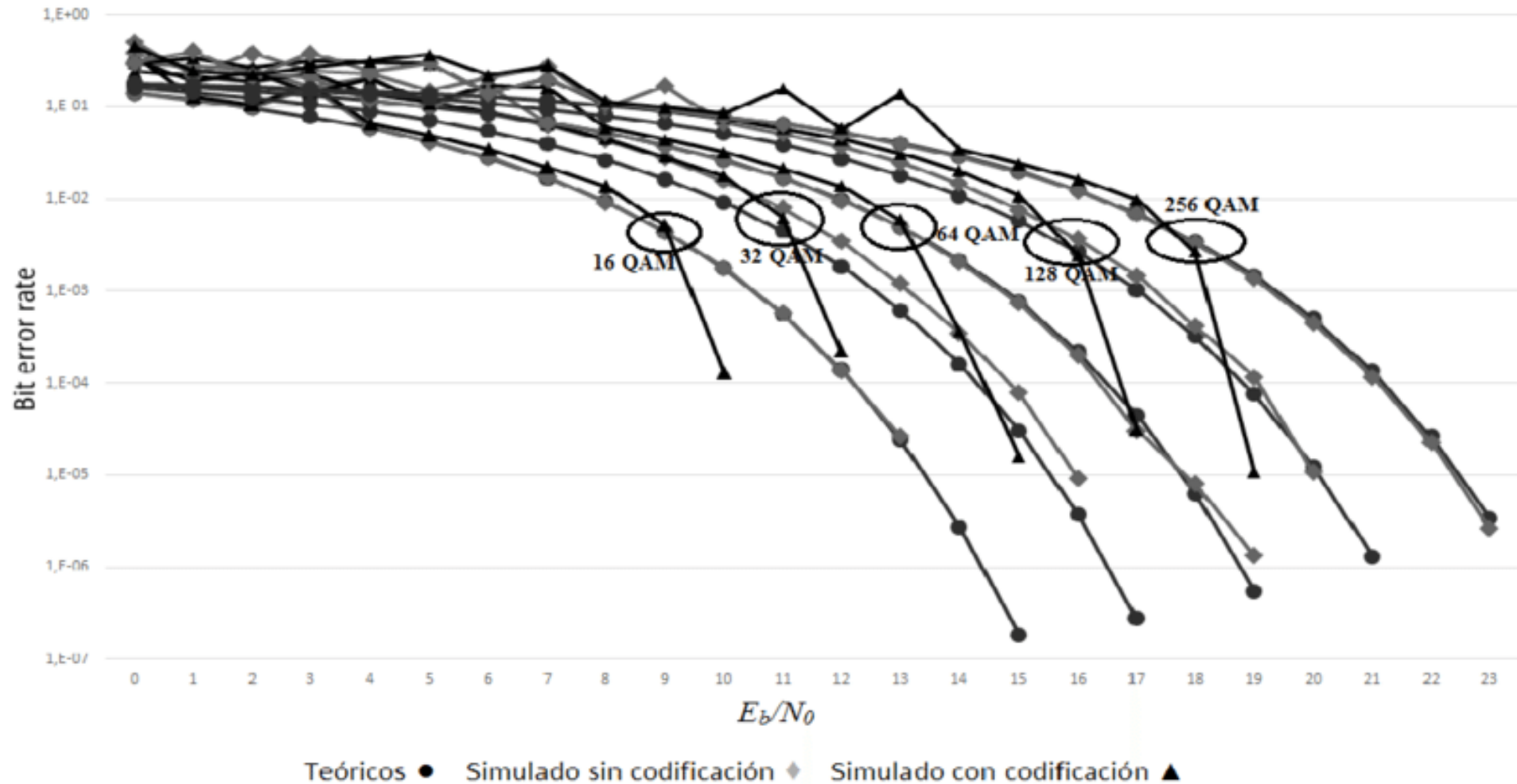
$$EVM(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{EVM(\%)}{100(\%)} \right)$$

Visualización de Señales Moduladas

Bit Error Rate (BER)

- Por sus siglas del inglés significa Bit Error Rate.
- Se define con la cantidad de bits recibidos de manera incorrecta sobre la cantidad de bits enviados.
- Valor idea para este caso debería ser de 0.

Visualización de Señales Moduladas



Visualización de Señales Moduladas

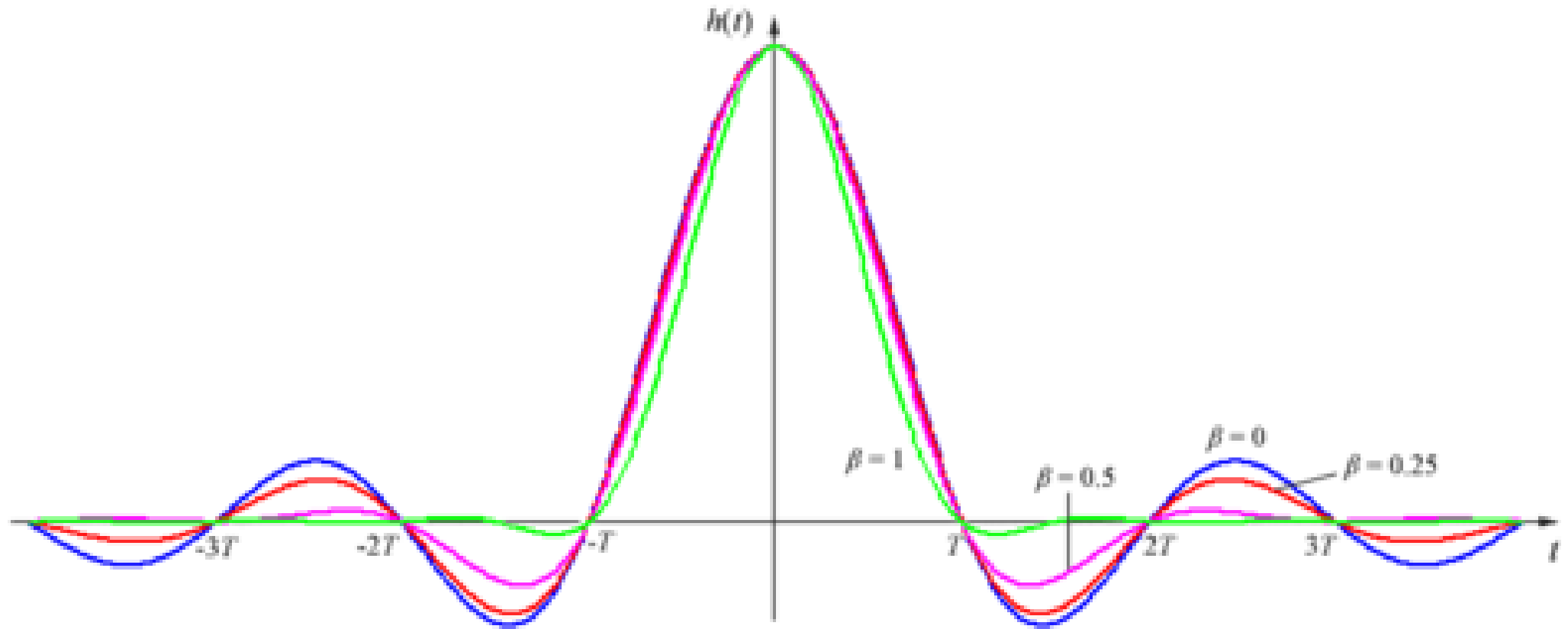
Filtro Raised Cosine

- Es un filtro utilizado en el área de comunicaciones eléctricas.
- Es ampliamente utilizado debido a que ayuda a minimizar de manera eficaz el ISI interferencia entre símbolos (No haya traslapes entre símbolos).
- Se denomina Raised-Cosine debido a que la parte espectral nula es un coseno.

$$|H(f)| = \begin{cases} 1.0, & |f| \leq \frac{1-\beta}{2T} \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{\pi T}{\beta} \left[|f| - \frac{1-\beta}{2T} \right] \right) \right], & \frac{1-\beta}{2T} < |f| \leq \frac{1+\beta}{2T} \\ 0, & \text{resto} \end{cases}$$

$0 \leq \beta \leq 1$

Visualización de Señales Moduladas



Visualización de Señales Moduladas

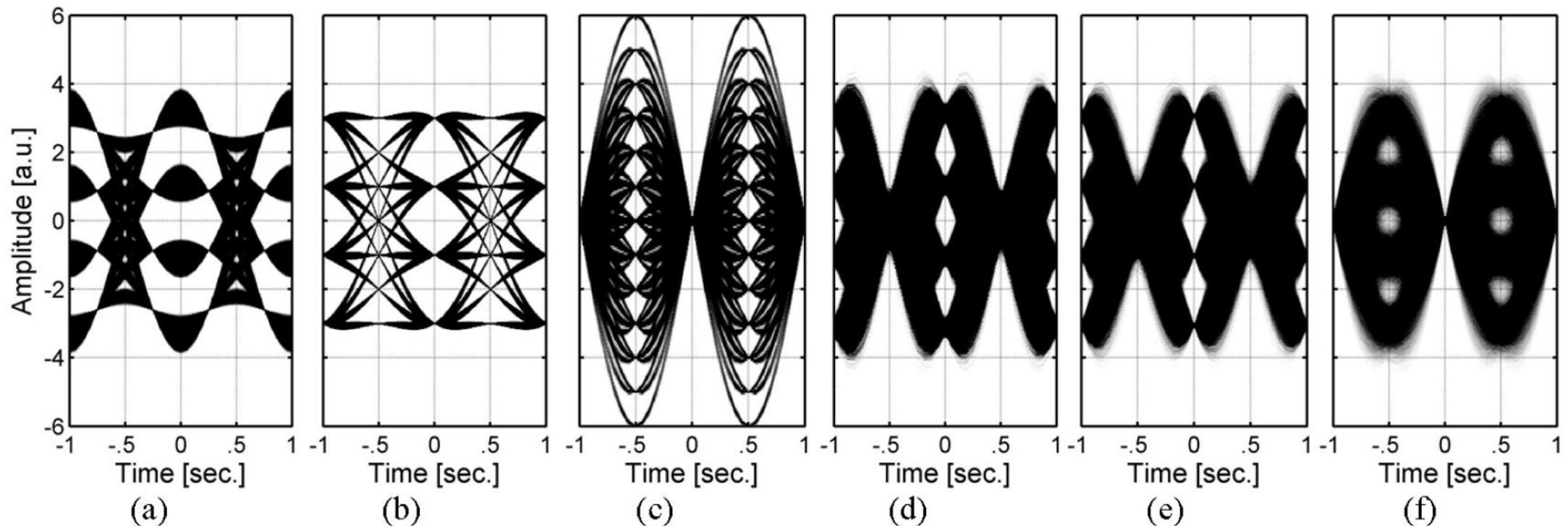


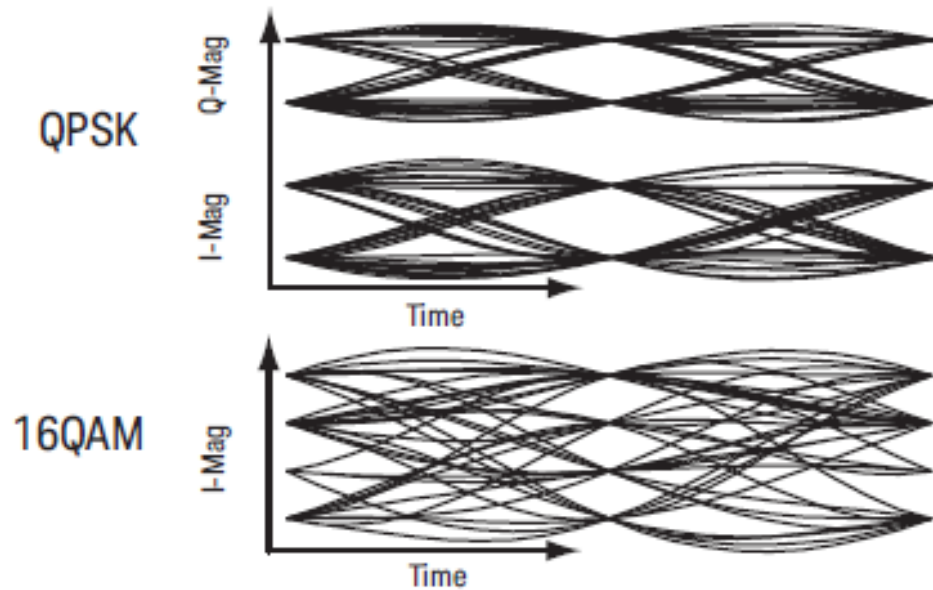
Fig. 15. Theoretical 16-QAM eye diagrams taken after the pulse shaper filter (a), after the matched filter (b), and after the prefilter (c), when using the RRC pulse. Theoretical 16-QAM eye diagrams taken after the pulse shaper (d), after the matched filter (e), and after the prefilter (f), when using the proposed pulse. $T = 1$, $N = 16$, $M = 64$ and $\alpha = 1$.

Tomado de

https://www.researchgate.net/publication/224708155_A_family_of_Nyquist_pulses_for_coherent_optical_communications?enrichId=rgreq-fafe1b85ea5e191c4cbd446709f25634-

XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIyNDcwODE1NTtBUzo5OTUwODg4NTEzMTI3NEAxNDAwNzM2MTc1NTMx&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf

Visualización de Señales Moduladas



GMSK Signal
(GSM) Phase
vs.
Time

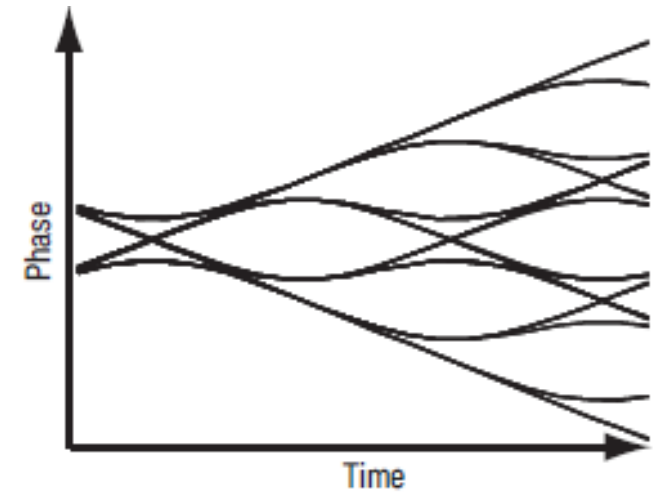


Figure 28. Trellis Diagram

Visualización de Señales Moduladas

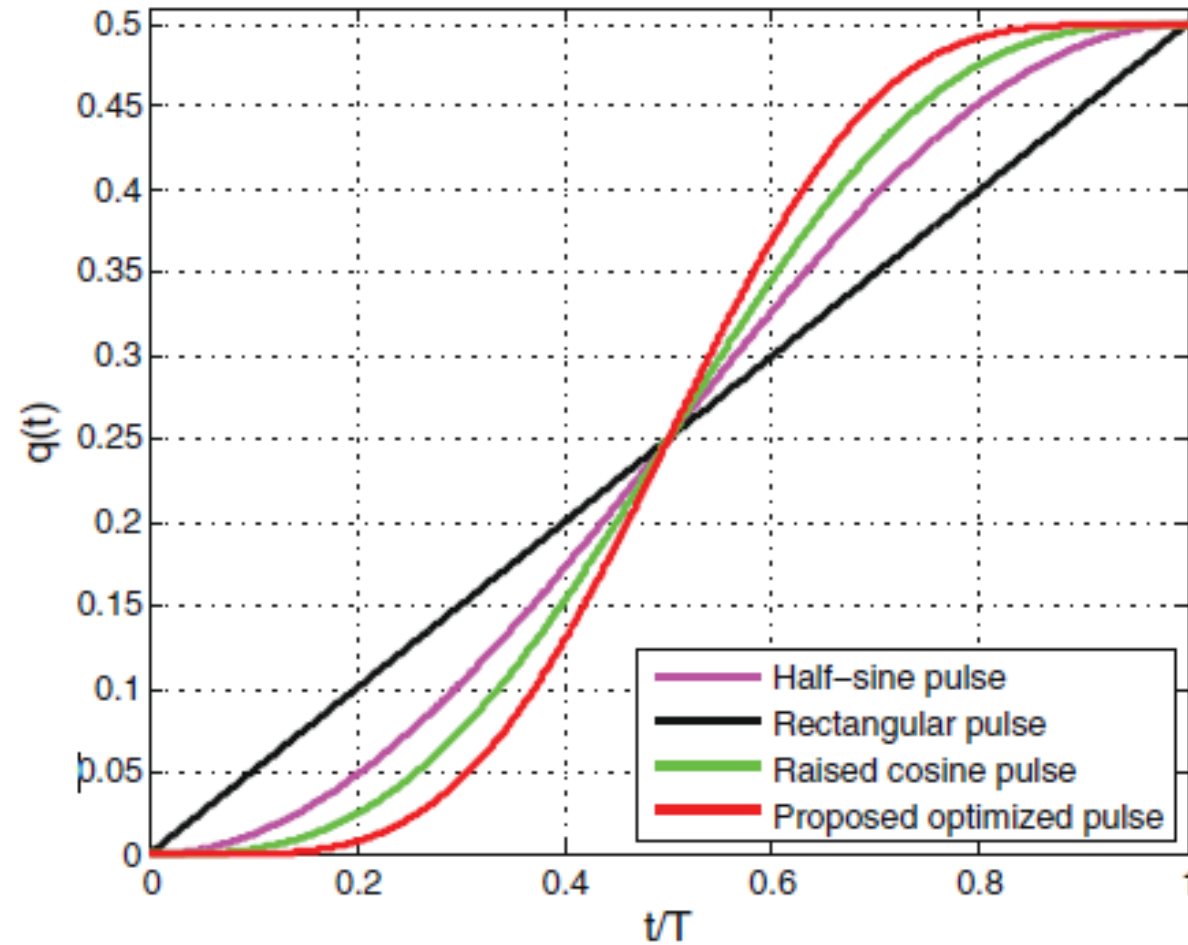


Fig. 3 Phase pulses for full response CPM scheme with different frequency pulses

Visualización de Señales Moduladas

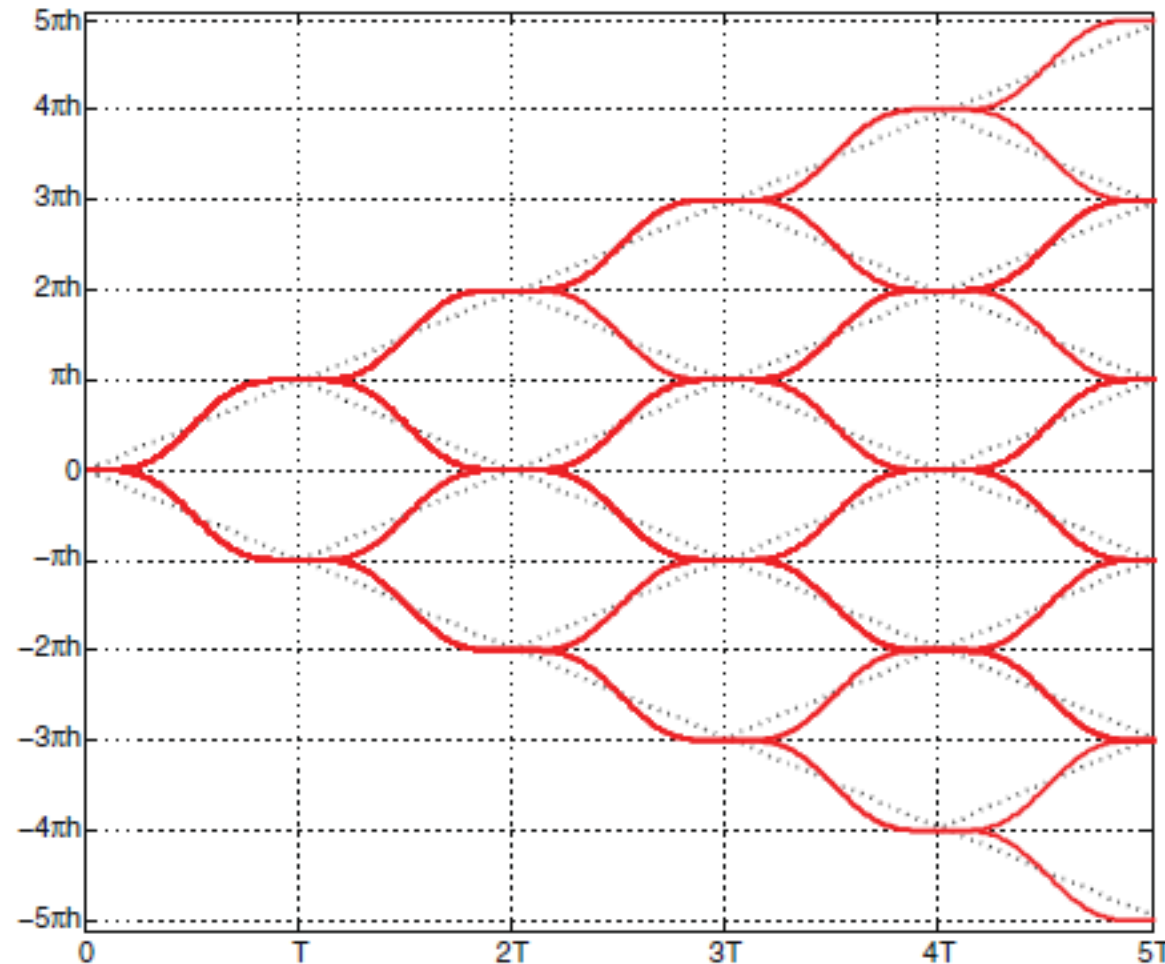
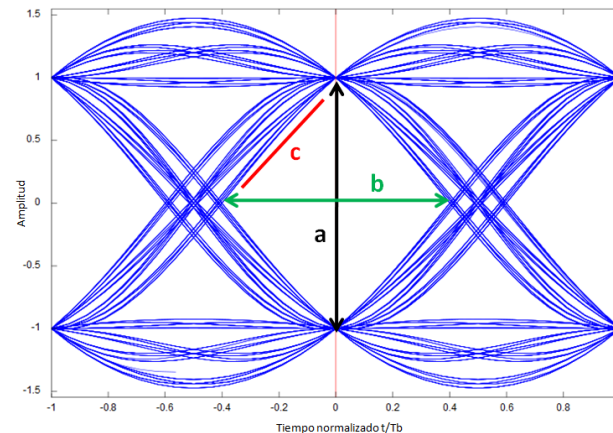


Fig. 5 Phase tree for MSK (*dashed*) and binary, full response CPM with optimized frequency pulse (*solid*)

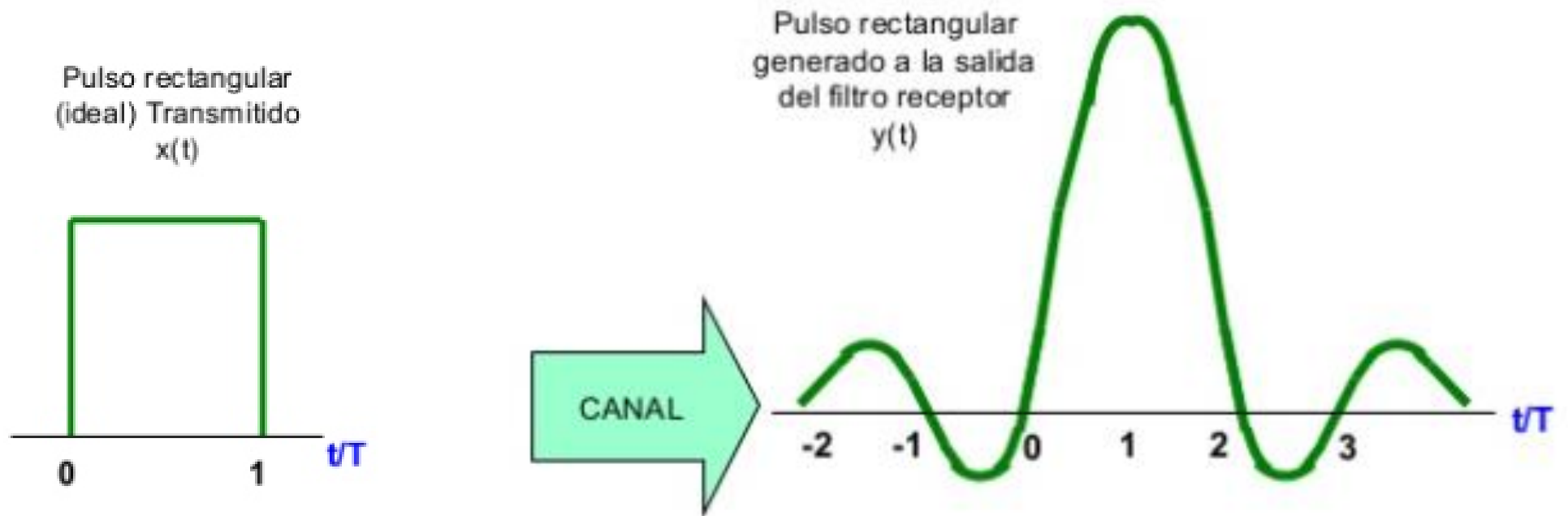
Modulación Digital

Diagrama de Ojo

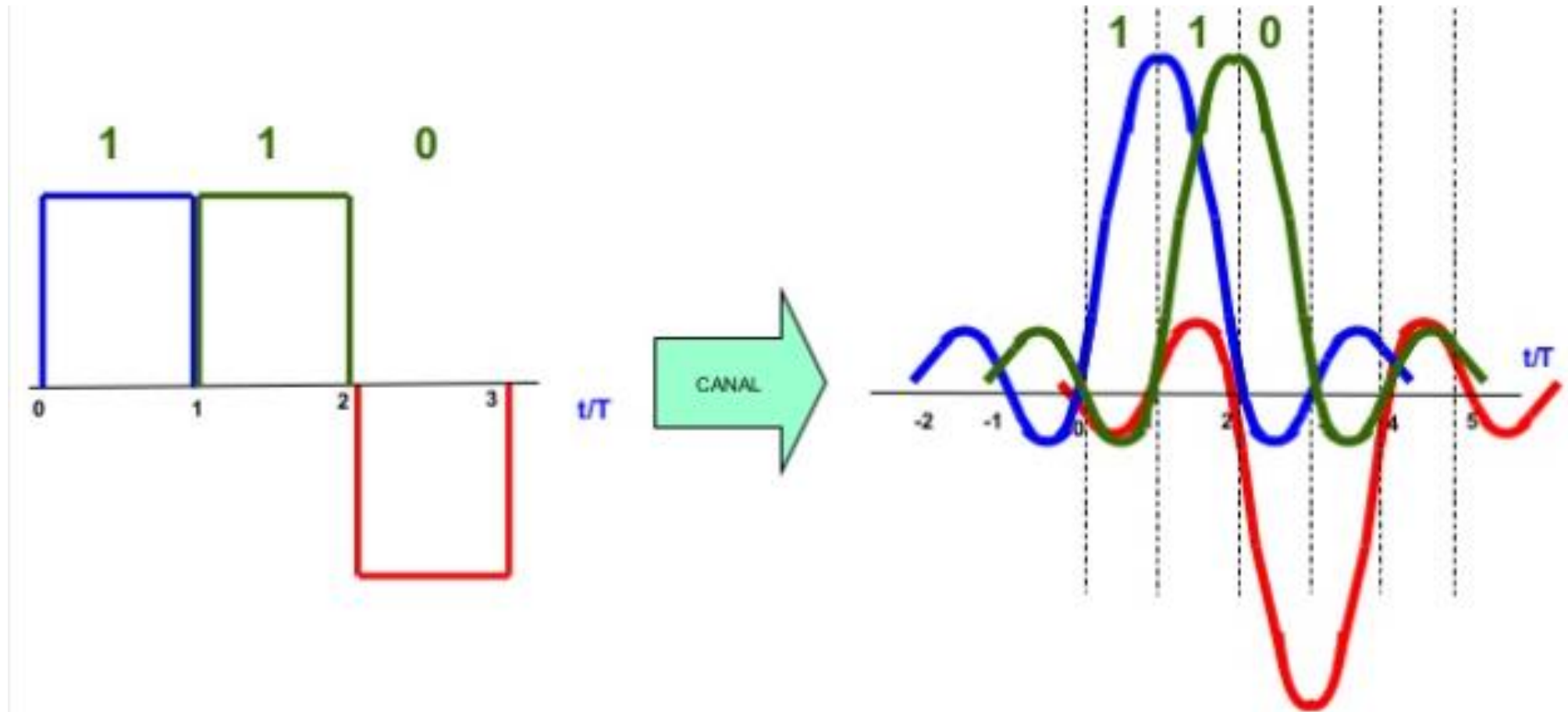
- Se define como una representación que permite analizar el comportamiento de los enlaces de transmisión.
- Permite determinar muchas características en enlaces de transmisión.
- Es posible analizar la distorsión del canal debido a ISI.



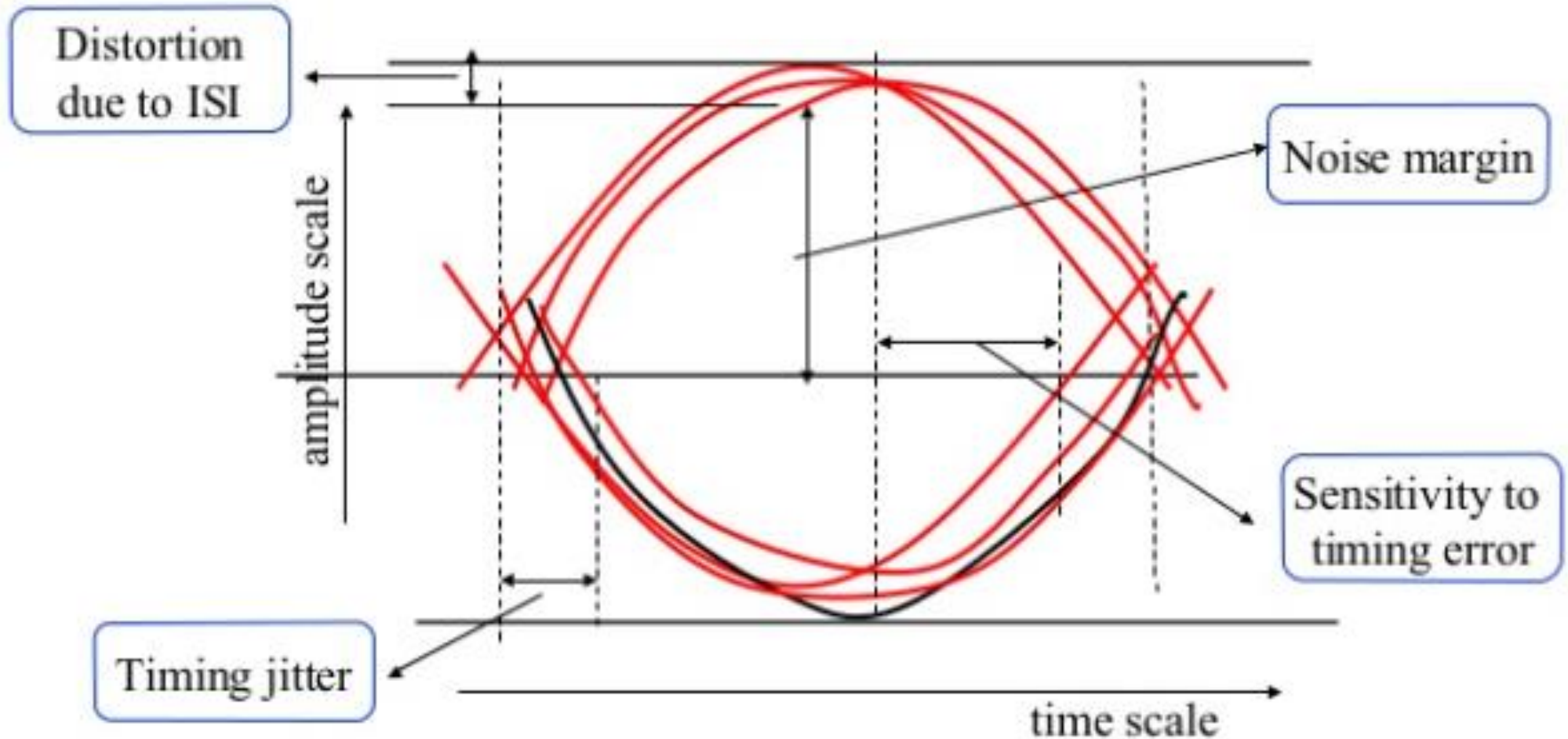
Modulación Digital



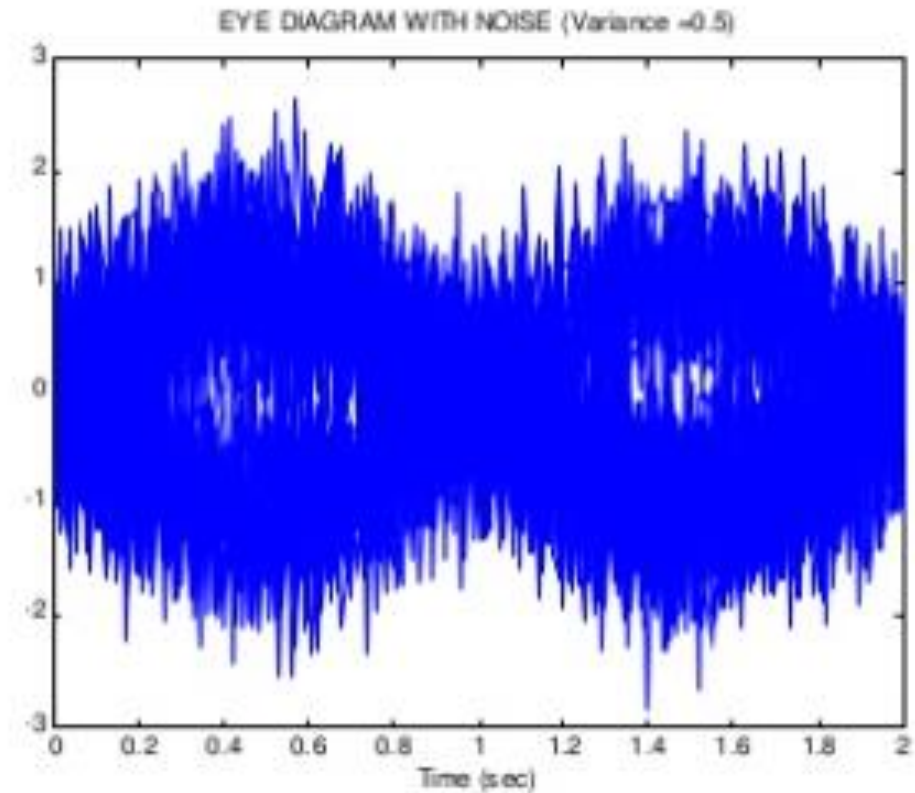
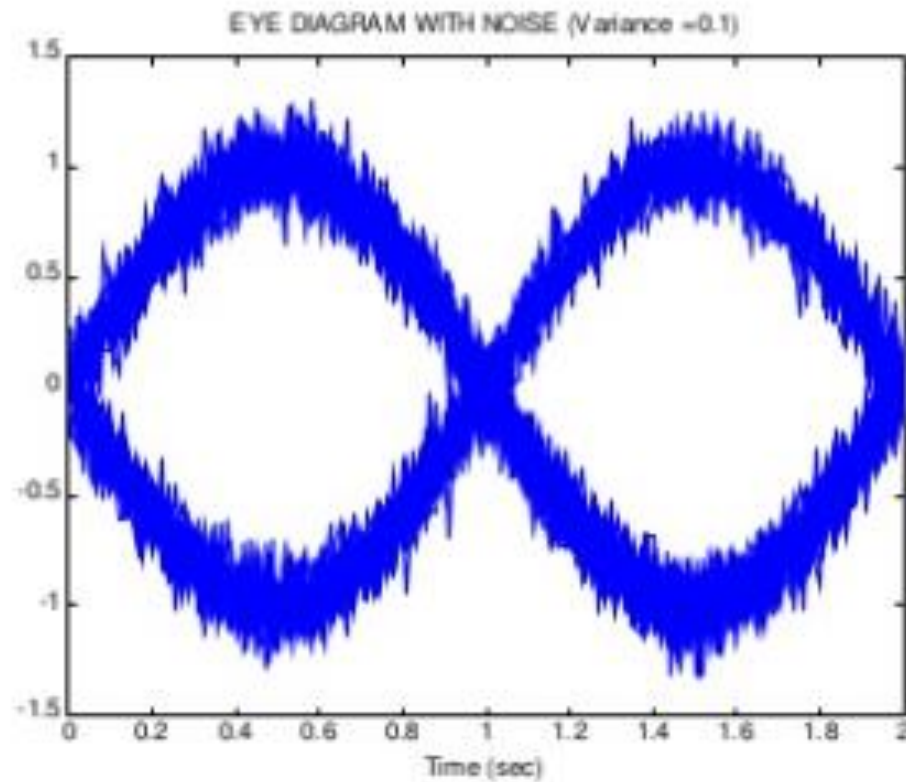
Modulación Digital



Modulación Digital



Modulación Digital



Modulación Digital

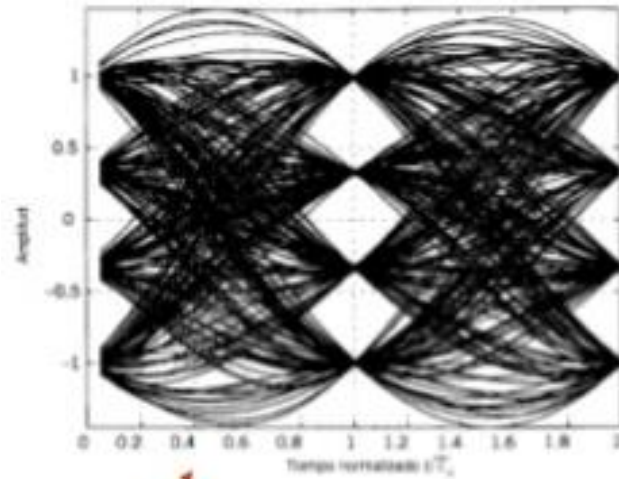


Diagrama de ojo sin ruido
Cuaternario (M=4)

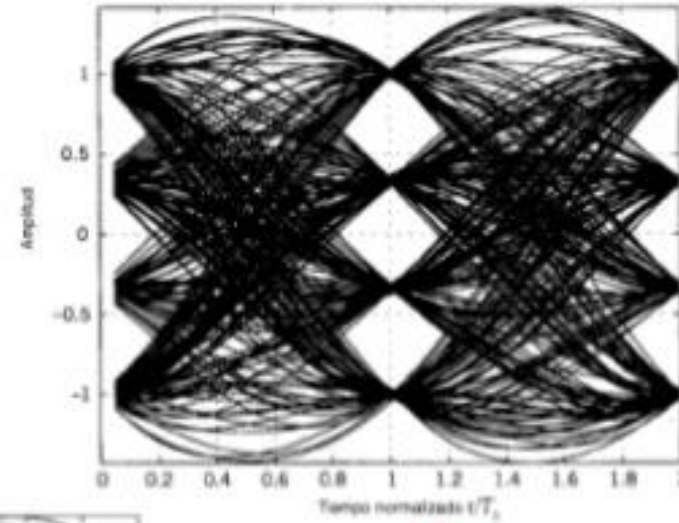


Diagrama de ojo para un
sistema cuaternario con
SNR=20dB

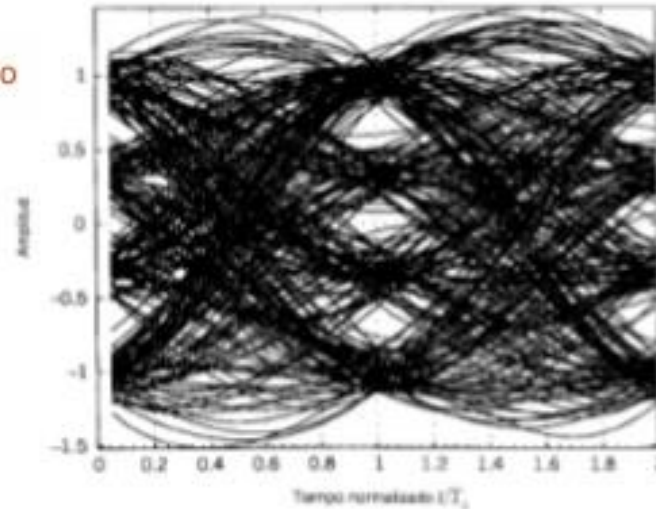
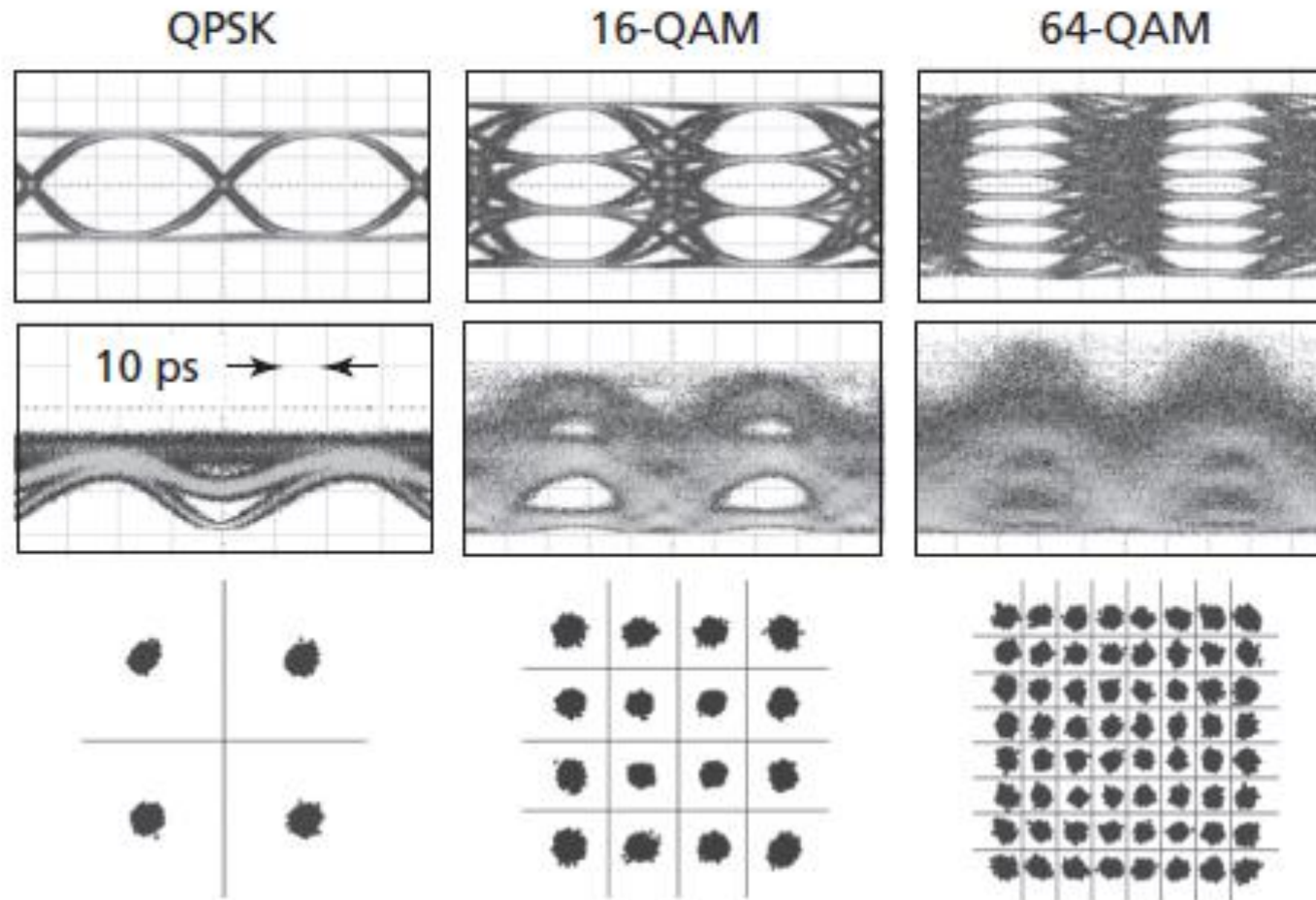


Diagrama de ojo para un
sistema cuaternario con
SNR=10dB

Modulación Digital



Modulación Digital

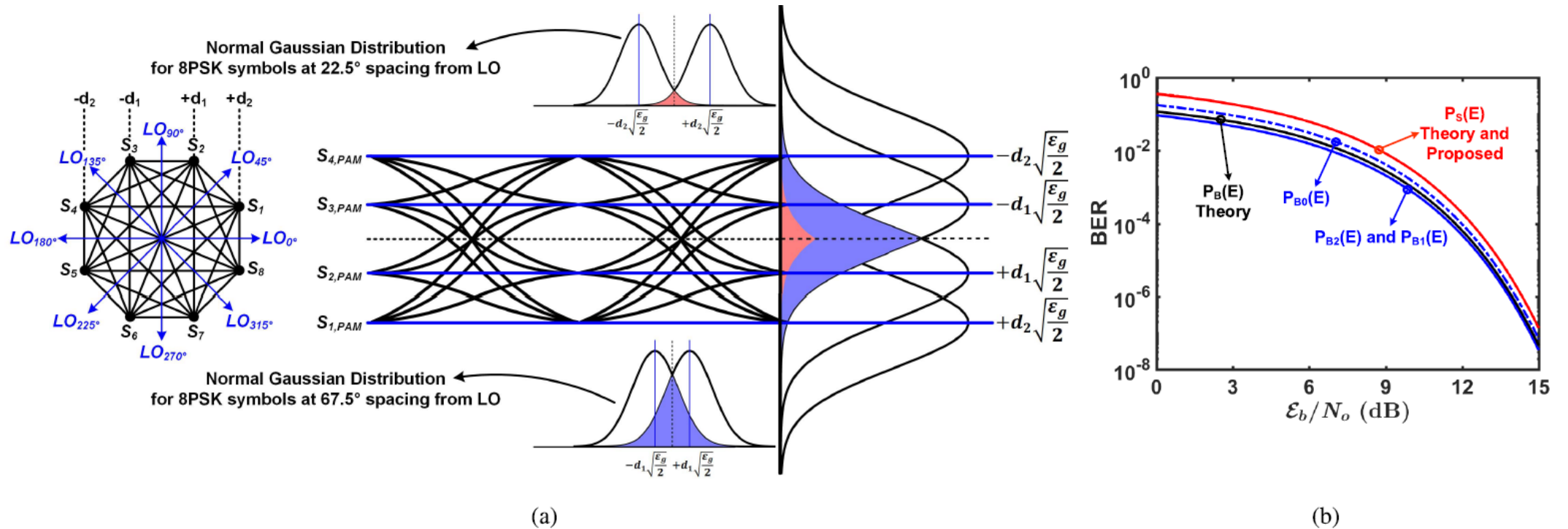
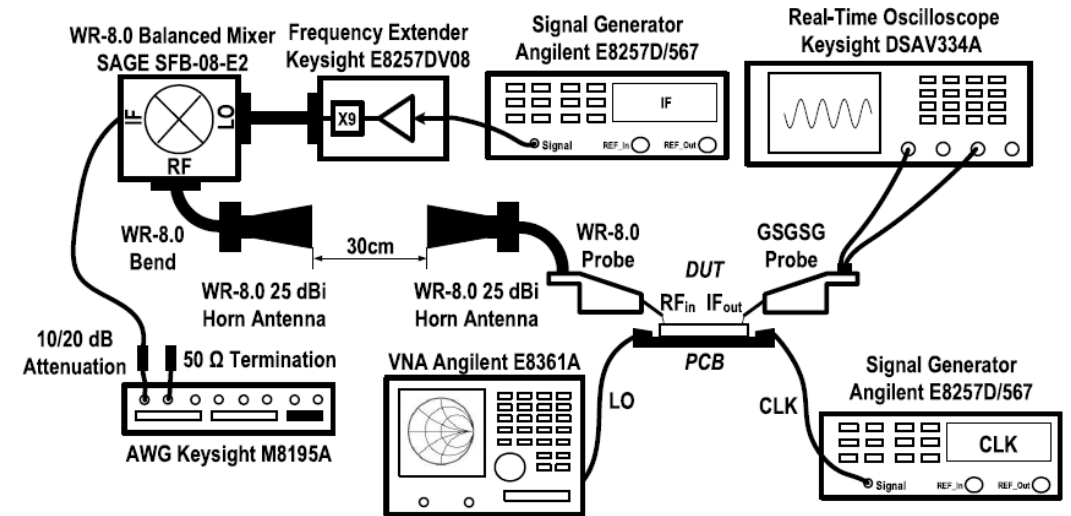
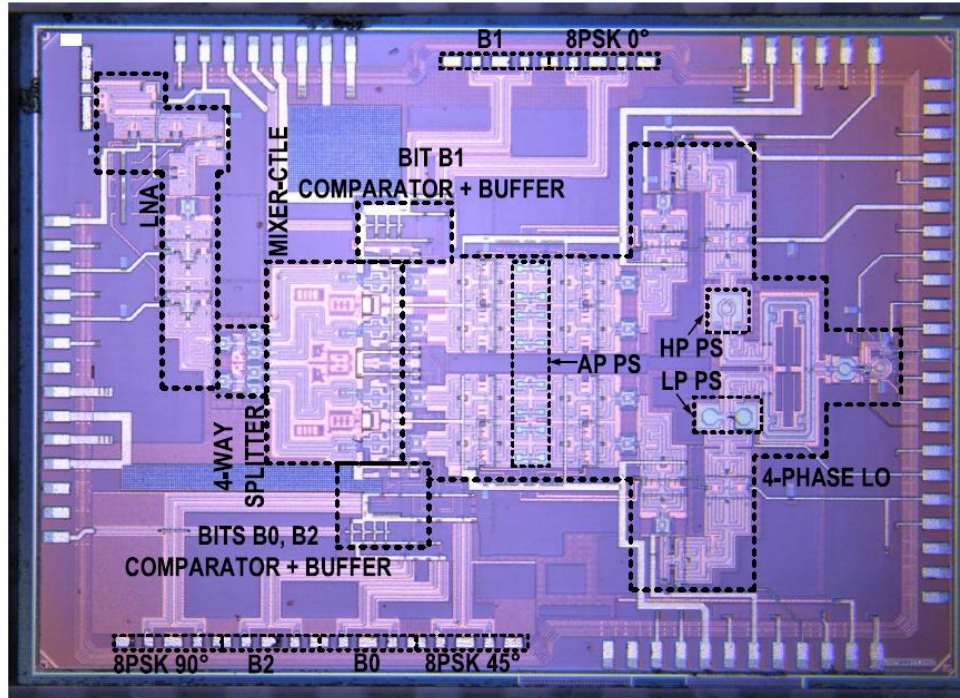


Fig. 3. (a) Equivalent baseband PAM-4 eye diagram and four-level normal Gaussian distribution. (b) 8PSK bit and symbol error probabilities of the proposed direct-demodulation scheme and theory.

Modulación Digital



Modulación Digital

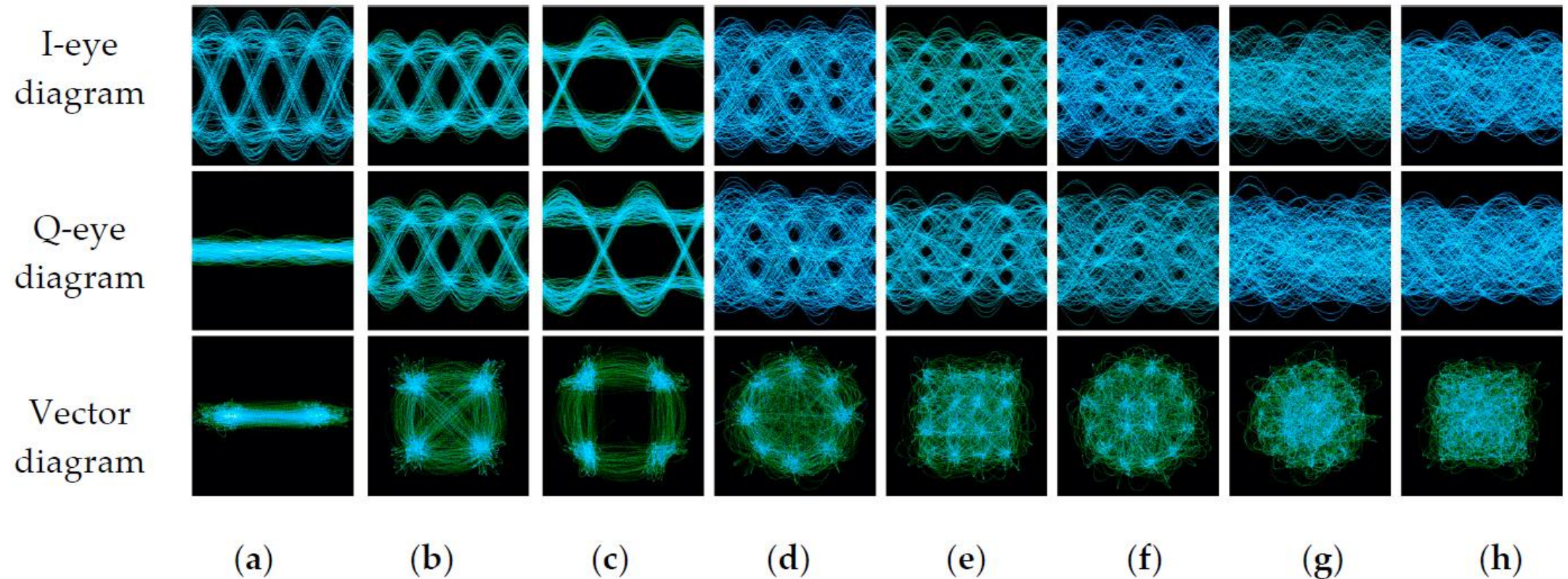


Figure 2. The eye diagram and vector diagram of different modulation signals in 15dB (a) BPSK; (b) QPSK; (c) OQPSK; (d) 8PSK; (e) 16QAM; (f) 16APSK; (g) 32APSK; (h) 64QAM.

Modulación Digital

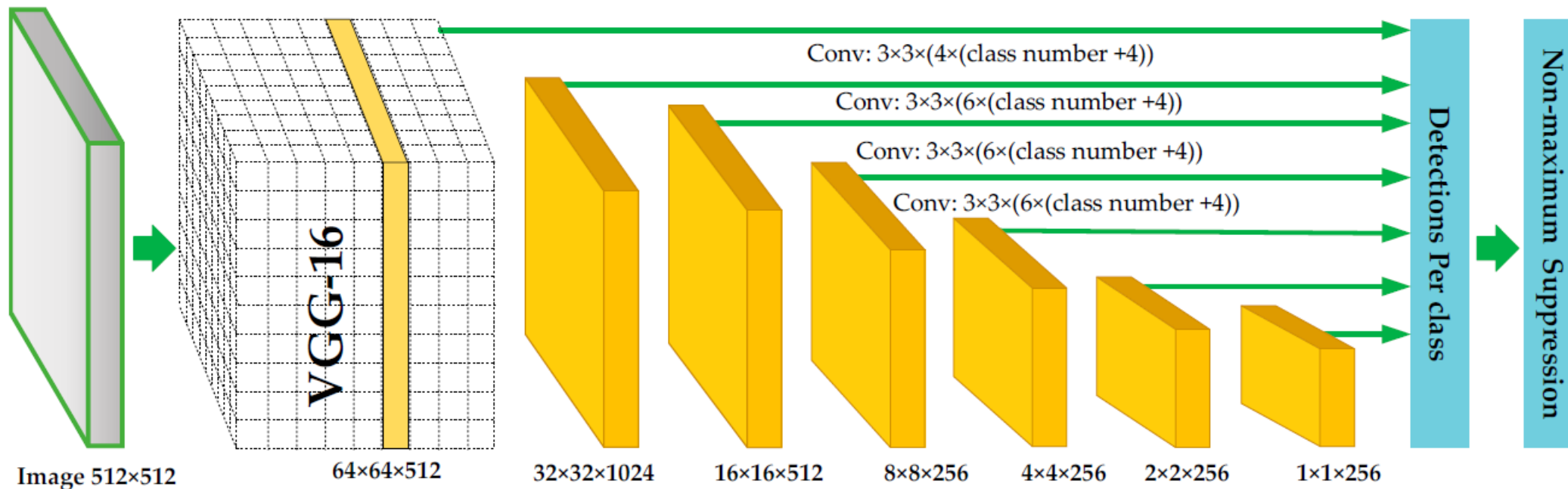


Figure 5. The network model for signal modulation recognition.

Analizador Vectorial de Señales



Brochure of MS2690A/MS2691A/MS2692A Signal Analyzer

Bibliografía

- [1] Hayt, W. *Teoría Electromagnética*, Mc Graw-Hill, Octava Edición, 2013.
- [2] Sadiku M. *Elementos de Electromagnetismo*, Alfaomega, Traducción de la tercera edición en inglés, México, 2004.
- [3] Pozar, D.M., *Microwave Engineering*, 3 Ed. Wiley. 2005
- [4] Caspers, F, *Basic Concepts: The Smith Chart*, 2010.

Para más información pueden ingresar a: tec-digital ó <http://www.ie.tec.ac.cr/sarriola/>

Esta presentación se ha basado parcialmente en compilación para semestre anteriores de cursos de Laboratorio de Teoría Electromagnética II y Laboratorio de Comunicaciones Eléctricas por Aníbal Coto-Cortés, Renato Rimolo-Donadio, Sergio Arriola-Valverde y Luis Carlos Rosales.

