

PRÁCTICA 2

MODULACIONES

CONOCIMIENTOS PREVIOS:

- Representación temporal y frecuencial de señales AM, DBL, ASK, BPSK, QPSK
- Estructura de los distintos moduladores

OBJETIVOS DE LA PRACTICA:

- Analizar en tiempo real las señales moduladas actuando sobre los parámetros que caracterizan las mismas.
- Visualización en el dominio de la frecuencia y del tiempo de señales moduladas
- Caracterización eléctrica de moduladores y demoduladores
- Visualización efectos no ideales
- Familiarizarse con placas y montajes

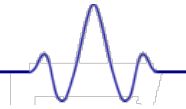
MODULACIÓN: Alteración sistemática de una forma de onda (portadora) de acuerdo a las características de otra forma de onda (moduladora, mensaje)

NECESIDAD DE LA MODULACIÓN: Para trasladar la señal de interés a una frecuencia más alta para su posterior transmisión (imposibilidad de transmitir la señal banda base por un medio no cableado)

LA MODULACIÓN IMPLICA TRASLACIÓN DE FRECUENCIAS

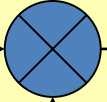
LA MODULACIÓN PERMITE:

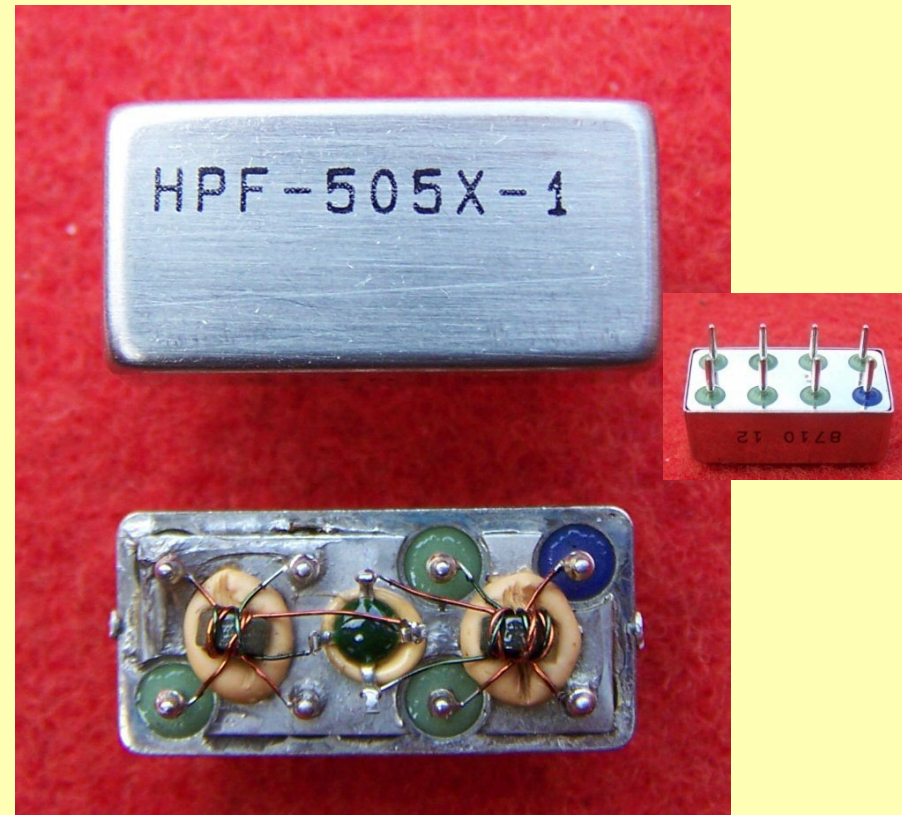
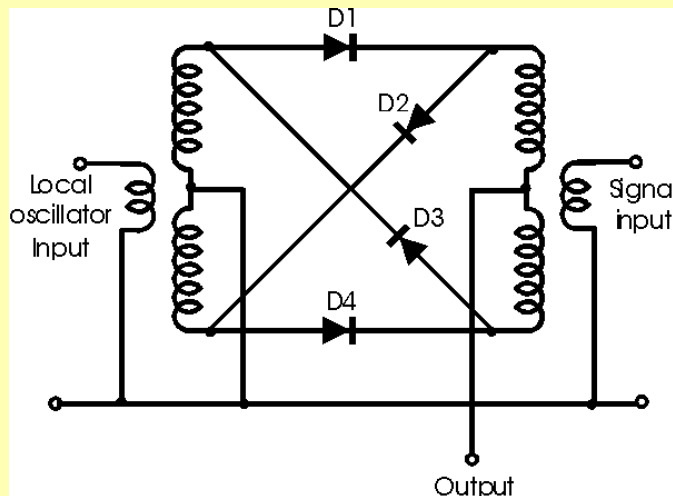
- Facilidad de transmisión (radiación de señales)
- Transmisión eficiente (según el canal radioeléctrico elegido)
- Multiplexado
- Asignación de frecuencias
- Mejora en S/N

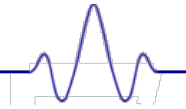


MEZCLADORES/MODULADORES BALANCEADOS

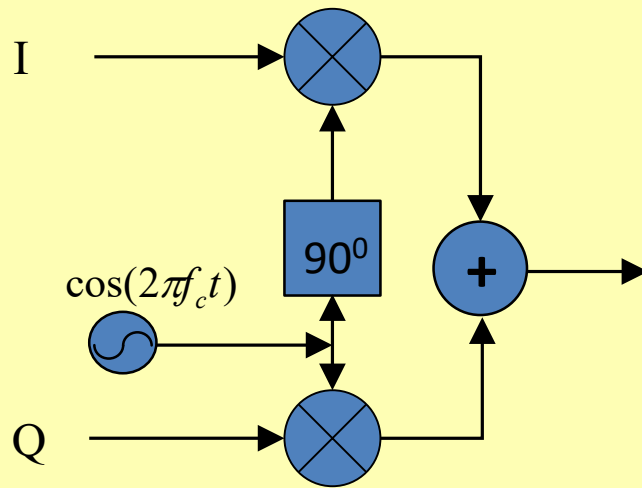
Permiten el producto analógico de dos señales

$\cos(2\pi f_m t)$  $\cos(2\pi f_c t)$ $\rightarrow u(t) = A[\cos(2\pi(f_c - f_m)t) + \cos(2\pi(f_c + f_m)t)]$

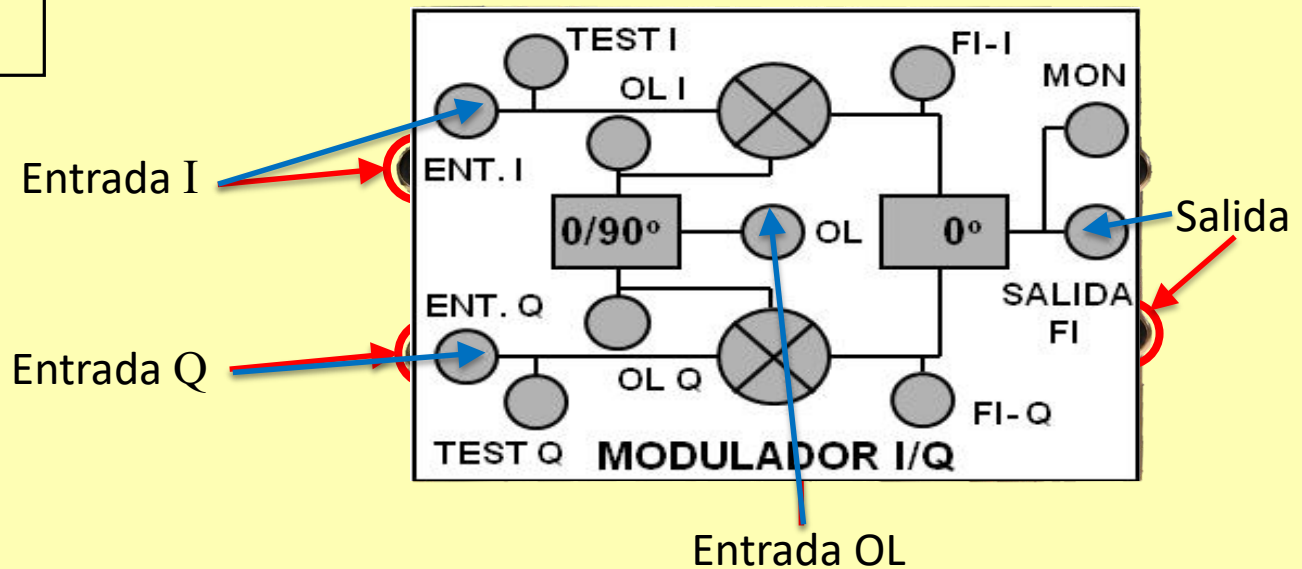




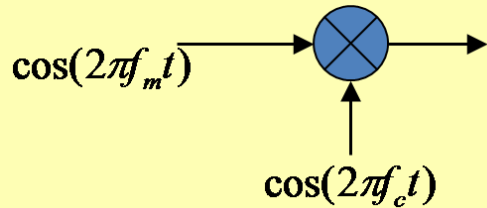
EL MODULADOR IQ



- Modulador universal
- En el laboratorio se utiliza para:
 - AM
 - DBL
 - ~~BLU~~
 - ASK
 - BPSK, QPSK



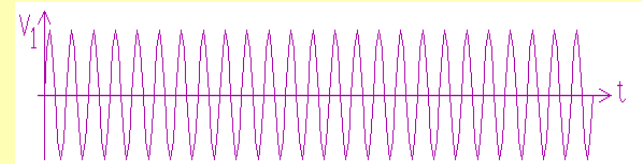
MODULACIÓN DBL



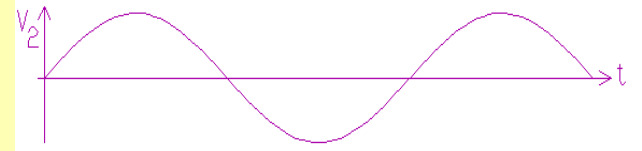
$$u(t) = \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_c t) = A[\cos(2\pi(f_c - f_m)t) + \cos(2\pi(f_c + f_m)t)]$$

Dominio del tiempo (osciloscopio)

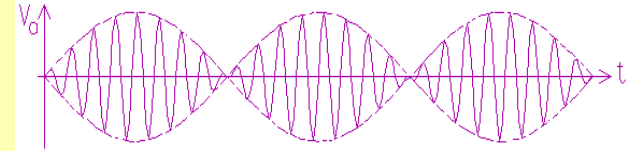
Portadora



Moduladora

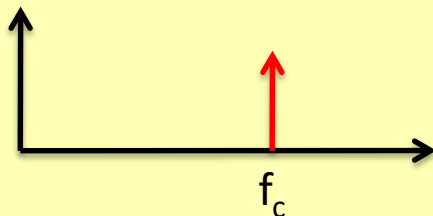


Modulada
(DBL)

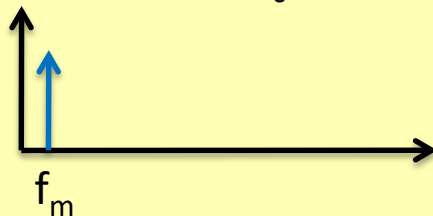


Dominio de la frecuencia (analizador de espectros)

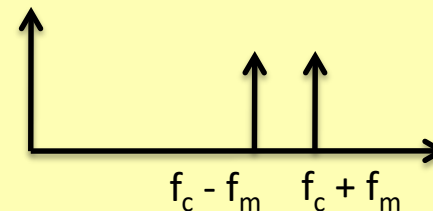
Portadora



Moduladora

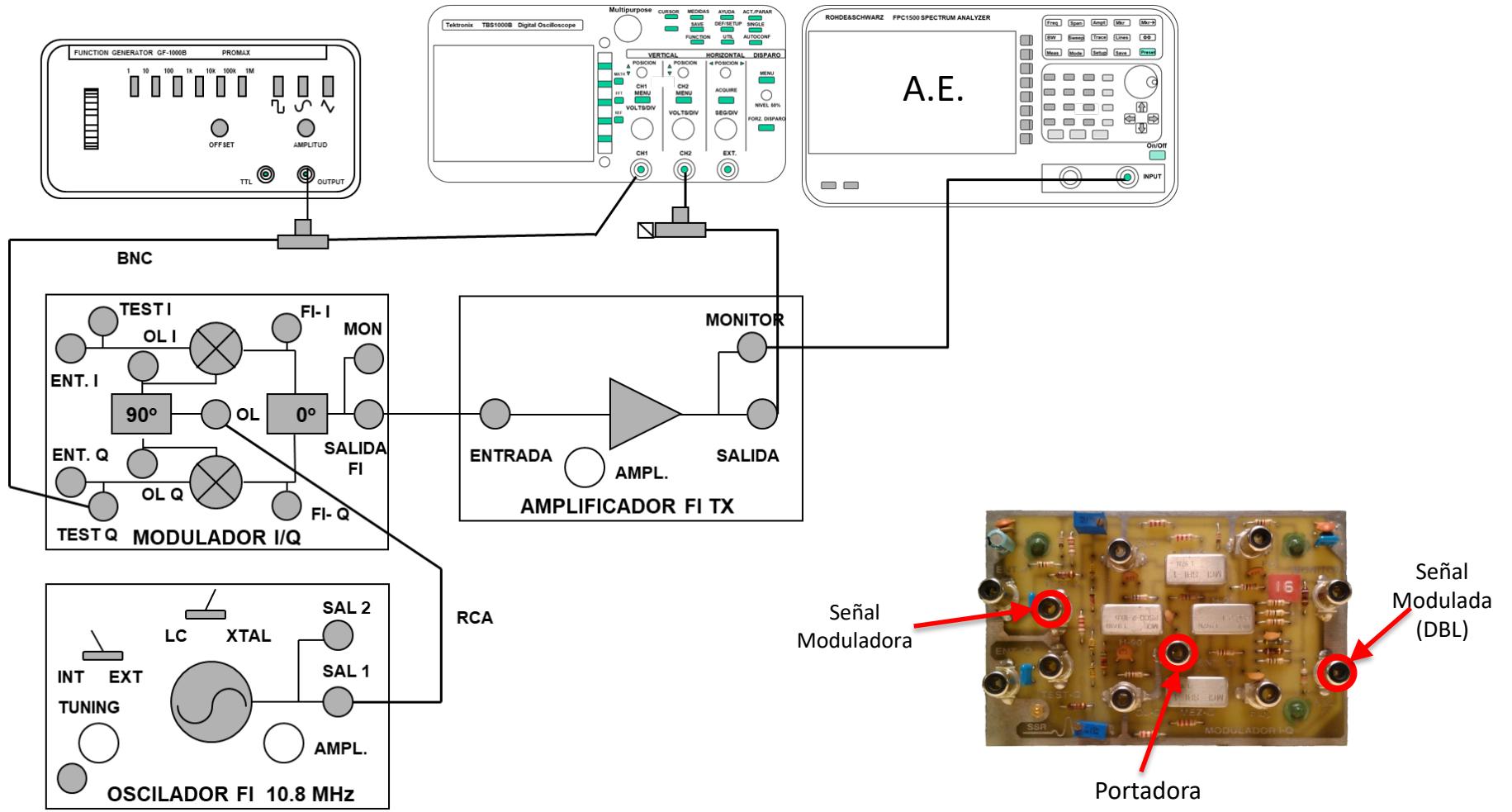


Modulada
(DBL)

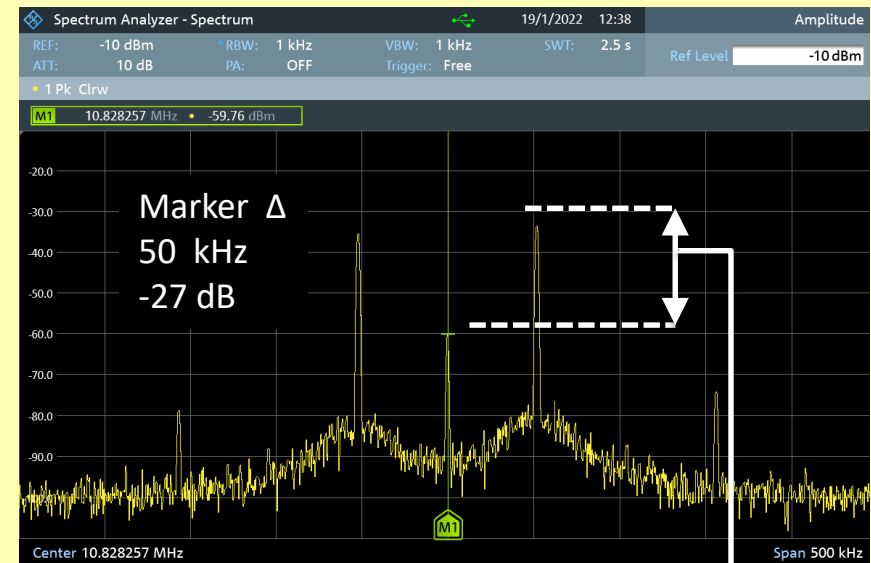
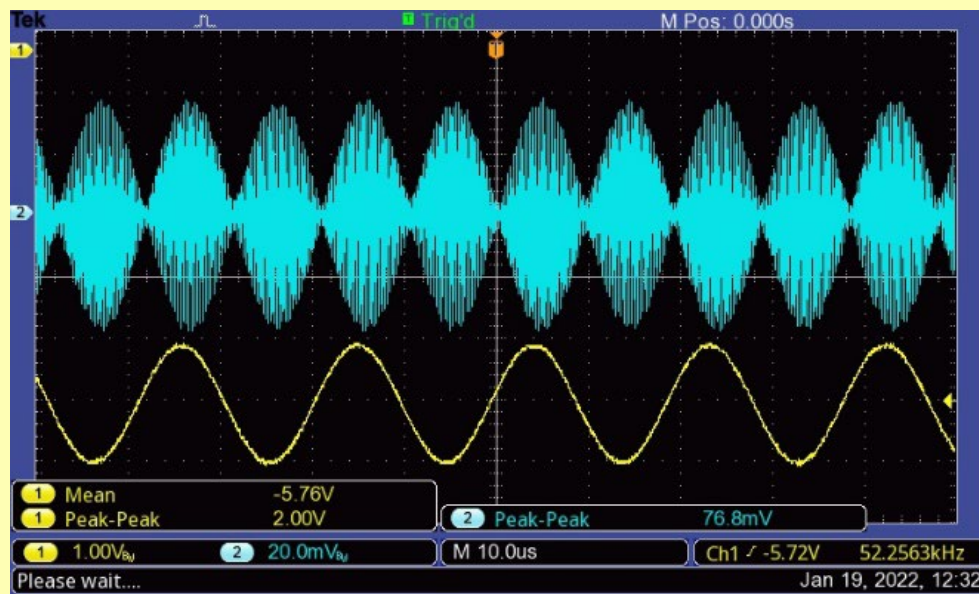


MODULACIÓN DBL: MEDIDAS

Sincronizar con CH1

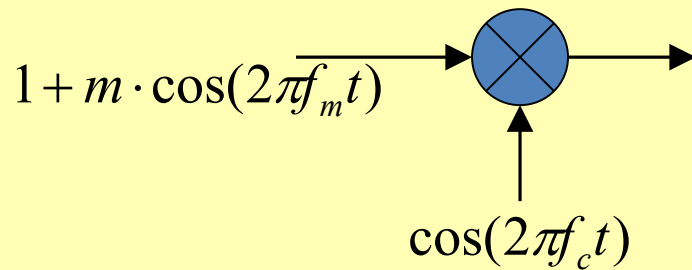


MODULACIÓN DBL: MEDIDAS



Rechazo de portadora

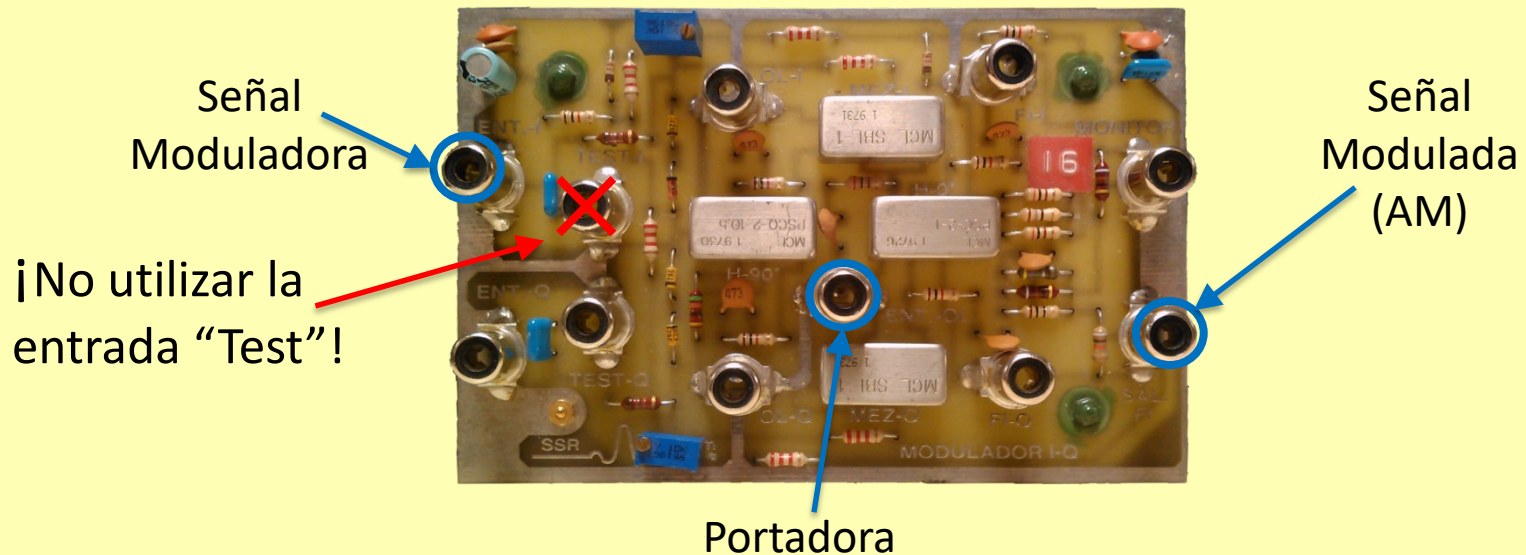
MODULACIÓN AM

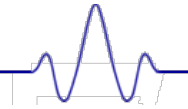


$$u(t) = A(1 + m \cos(2\pi f_m t)) \cos(2\pi f_c t) =$$

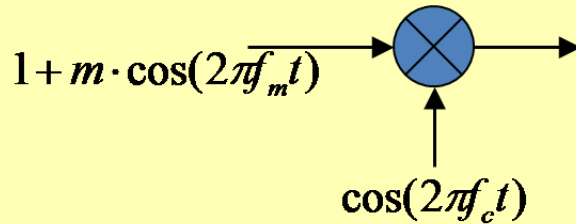
$$A \left(\cos(2\pi f_c t) + m \left[\cos(2\pi(f_c - f_m)t) + \cos(2\pi(f_c + f_m)t) \right] \right)$$

m : Índice de modulación





MODULACIÓN AM



Portadora

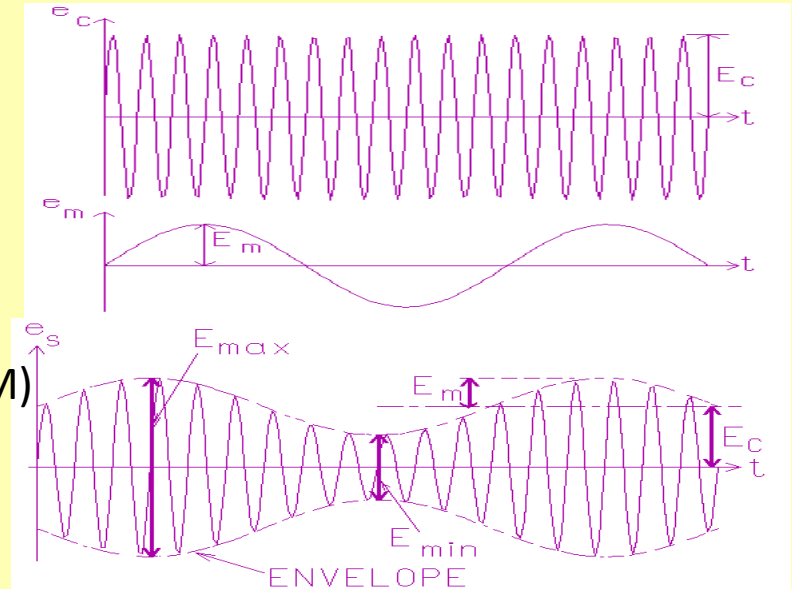
$$u(t) = A(1 + m \cos(2\pi f_m t)) \cos(2\pi f_c t) =$$

Moduladora

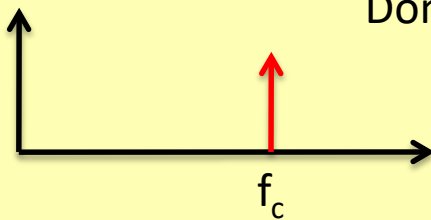
$$A \left[\cos(2\pi f_c t) + m \begin{bmatrix} \cos(2\pi(f_c - f_m)t) + \\ \cos(2\pi(f_c + f_m)t) \end{bmatrix} \right]$$

Modulada (AM)

Dominio del tiempo (osciloscopio)



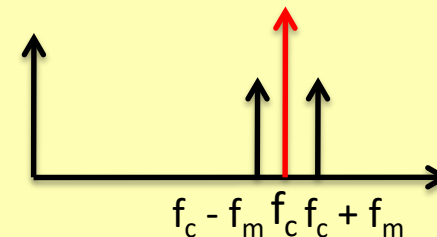
Dominio de la frecuencia (analizador de espectros)



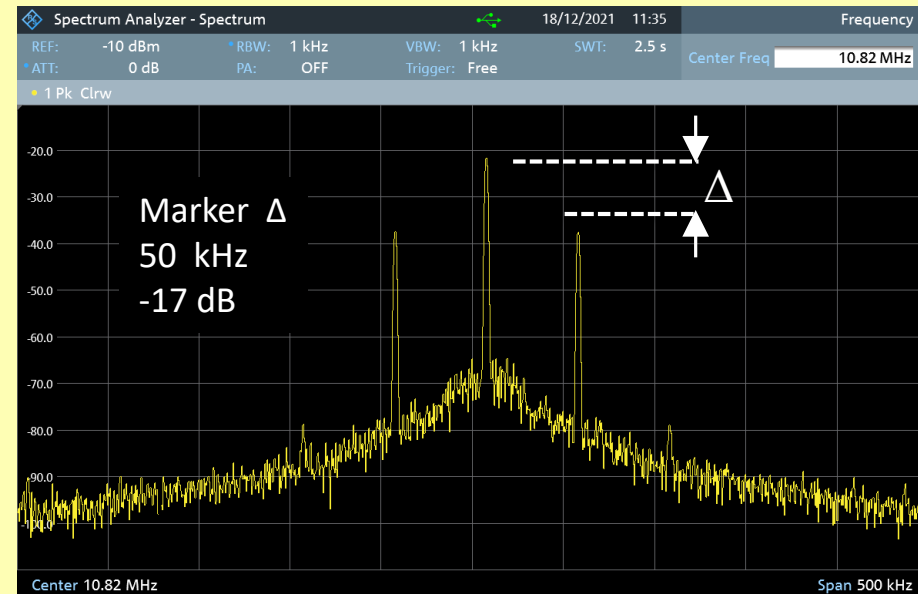
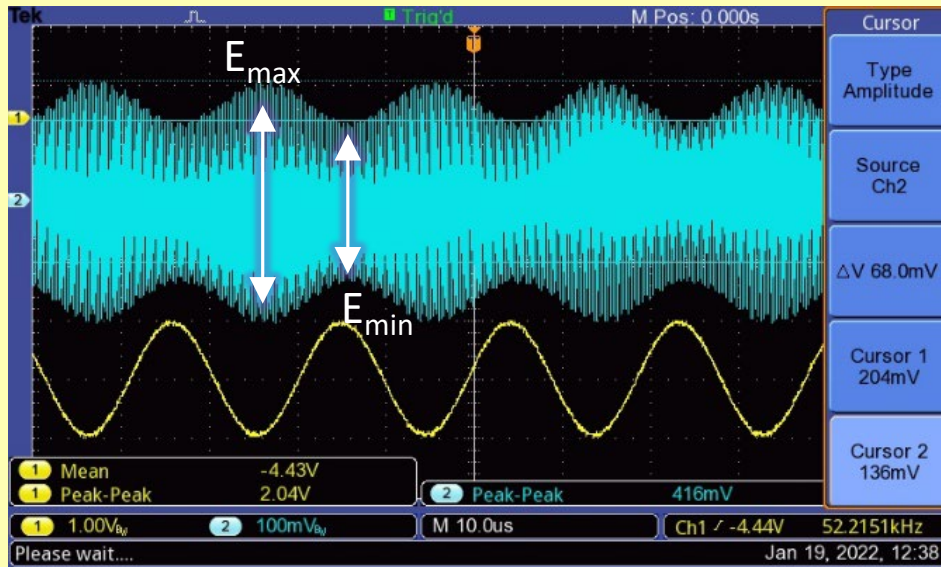
Portadora



Moduladora

Modulada
(AM)

MODULACIÓN AM: MEDIDAS

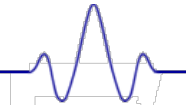


Índice de modulación:

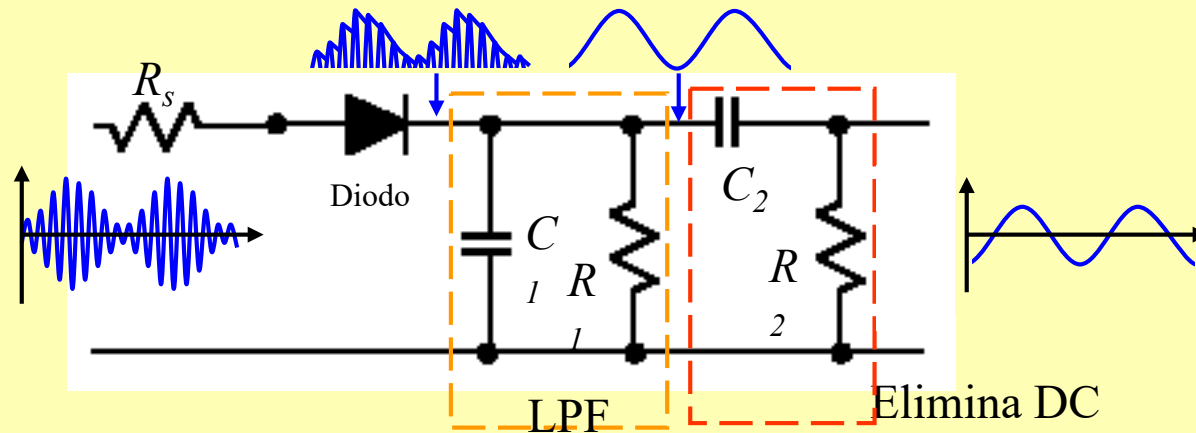
$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

Índice de modulación:

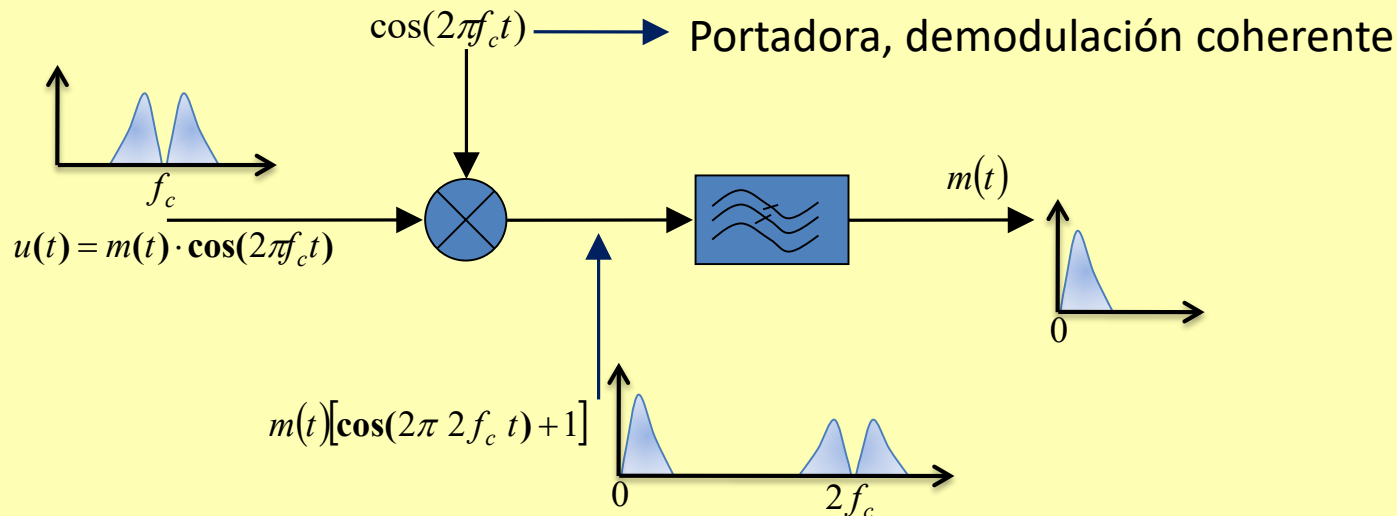
$$20 \log(m) = 6 \text{ dB} - \Delta$$

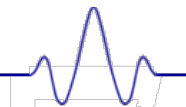


DEMODULACIÓN AM: detector de envolvente

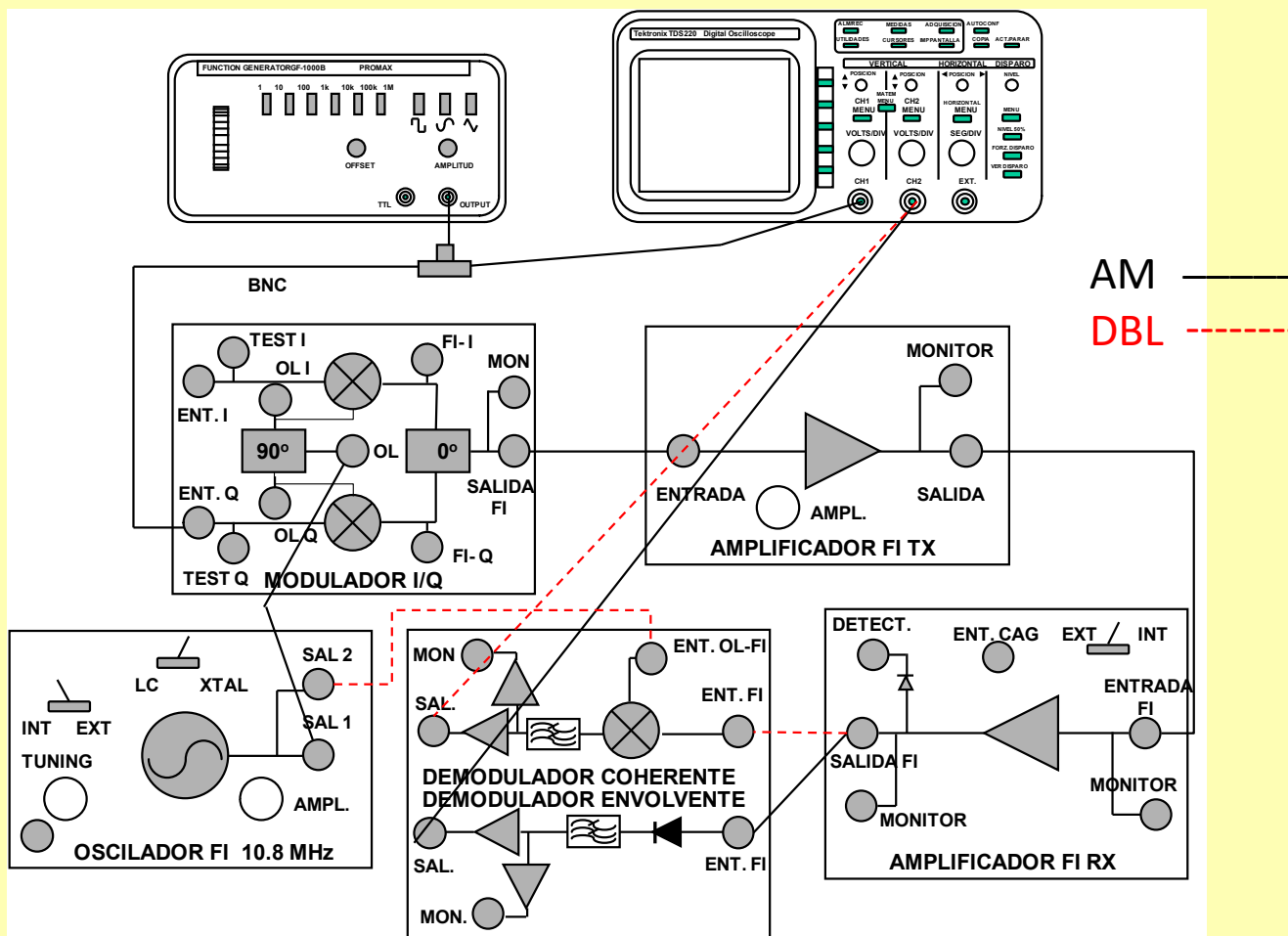


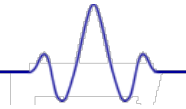
DEMODULACIÓN COHERENTE (DBL)



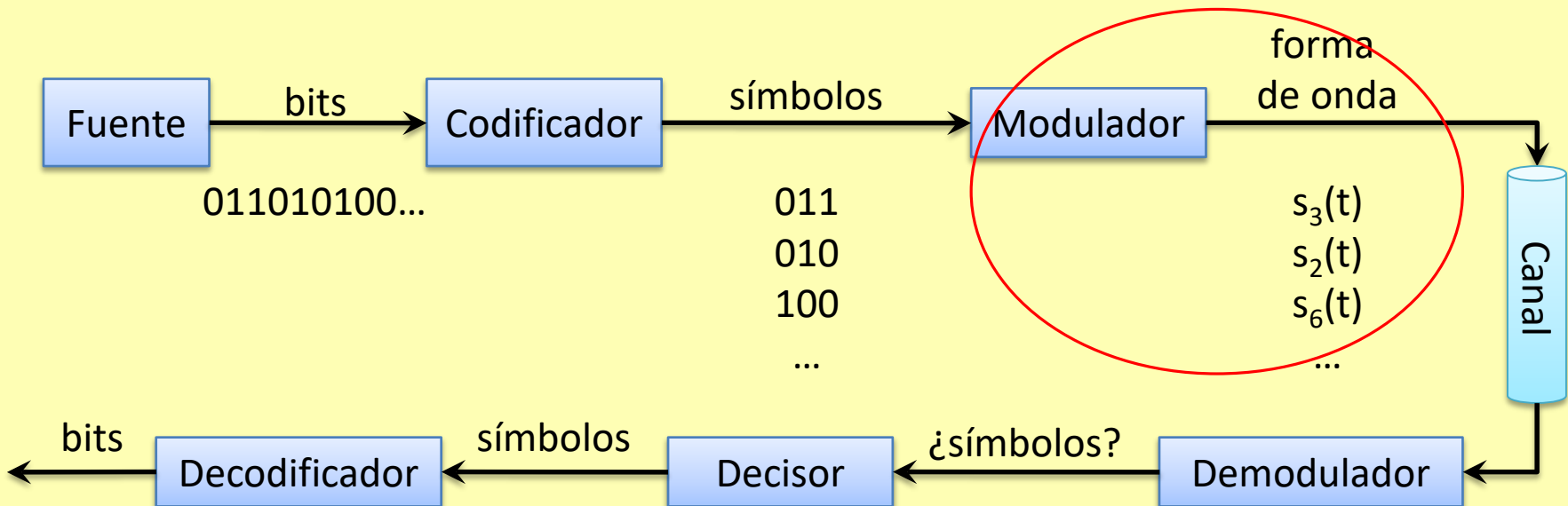


DEMODULACIÓN AM Y DBL





MOD. DIGITAL. DEFINICIONES GENERALES



$$V_s = \frac{1}{T} : \text{Velocidad de símbolo}$$

Símbolos: grupos de k bits

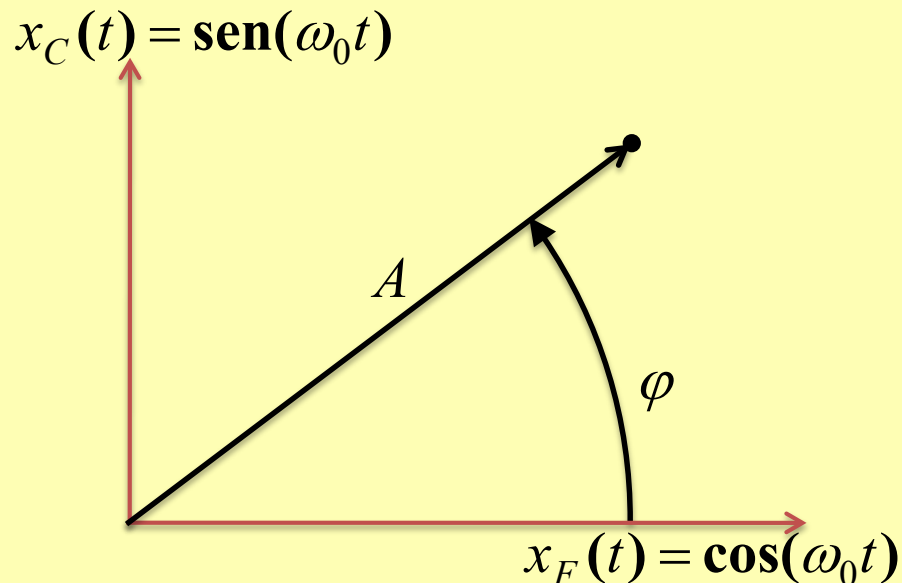
Alfabeto: $M=2^k$ símbolos

$$V_b = \frac{k}{T} : \text{Velocidad binaria}$$

CONSTELACIÓN

Las formas de onda asociadas a cada símbolo representan una senoide de la misma frecuencia, pero distinta amplitud y fase: basta determinar el extremo del fasor.

Constelación: Colección de fasores de una modulación



$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

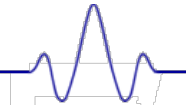
$$I = A \cos(\varphi)$$

$$Q = A \text{sen}(\varphi)$$

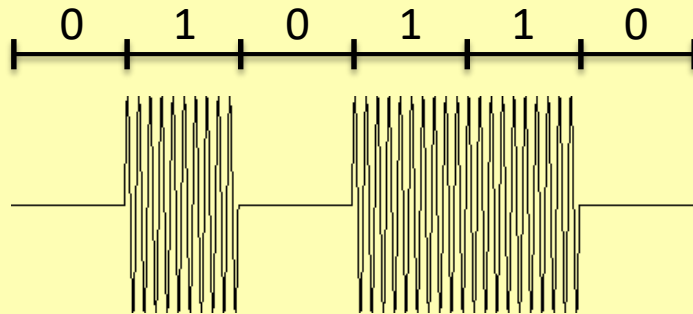
$$s(t) = I \cos(\omega_0 t) - Q \text{sen}(\omega_0 t)$$



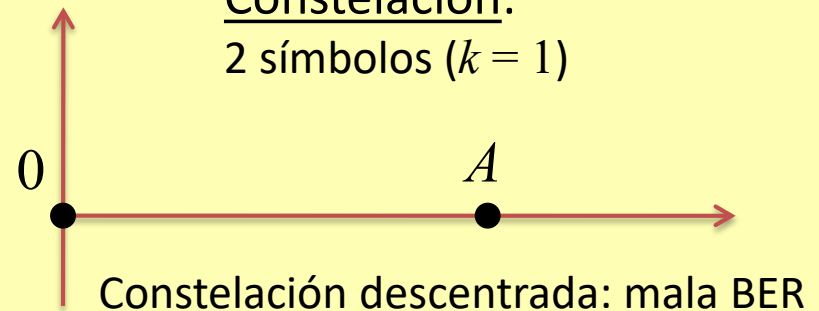
MODULADOR IQ



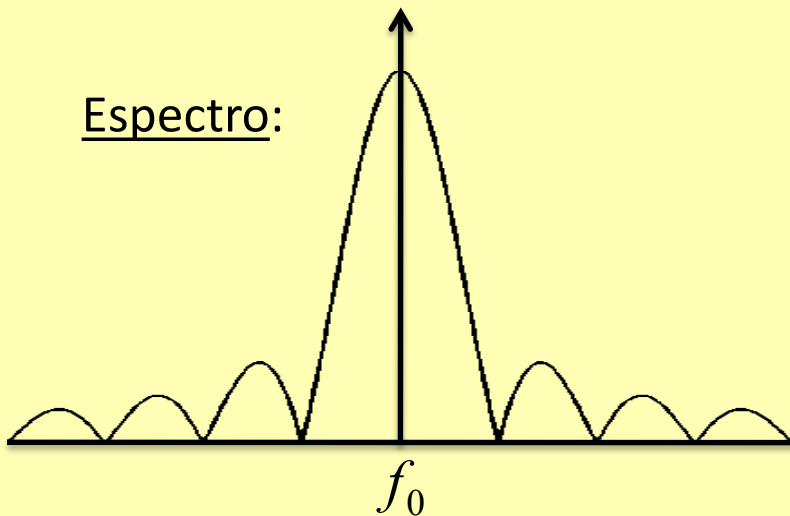
MODULACIÓN ASK



Constelación:
2 símbolos ($k = 1$)



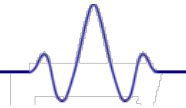
Espectro:



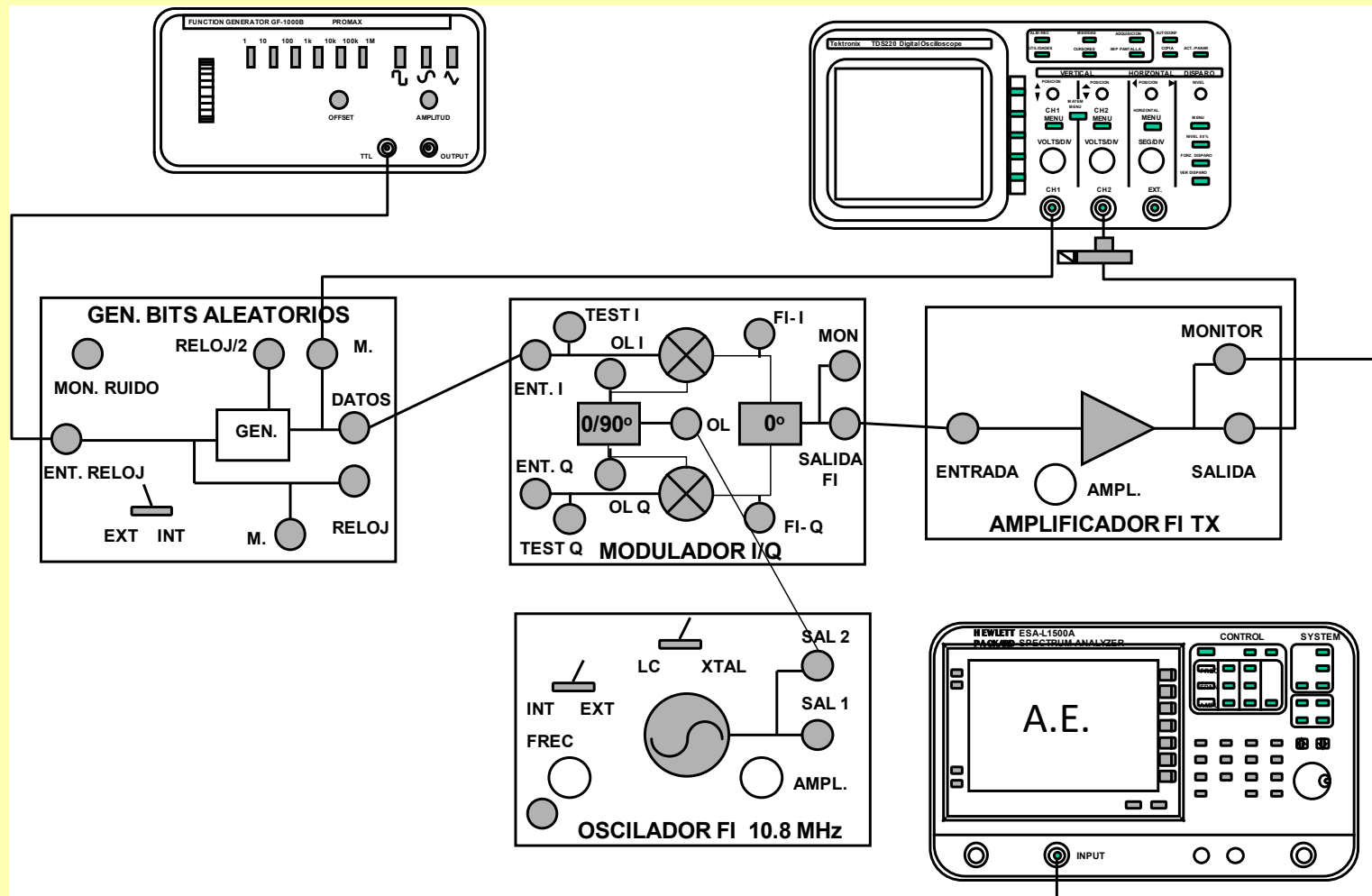
Eficiencia espectral:
(filtro en coseno alzado)

$$e_F = \frac{V_b}{BW} = \frac{V_b}{V_b(1+r)}$$

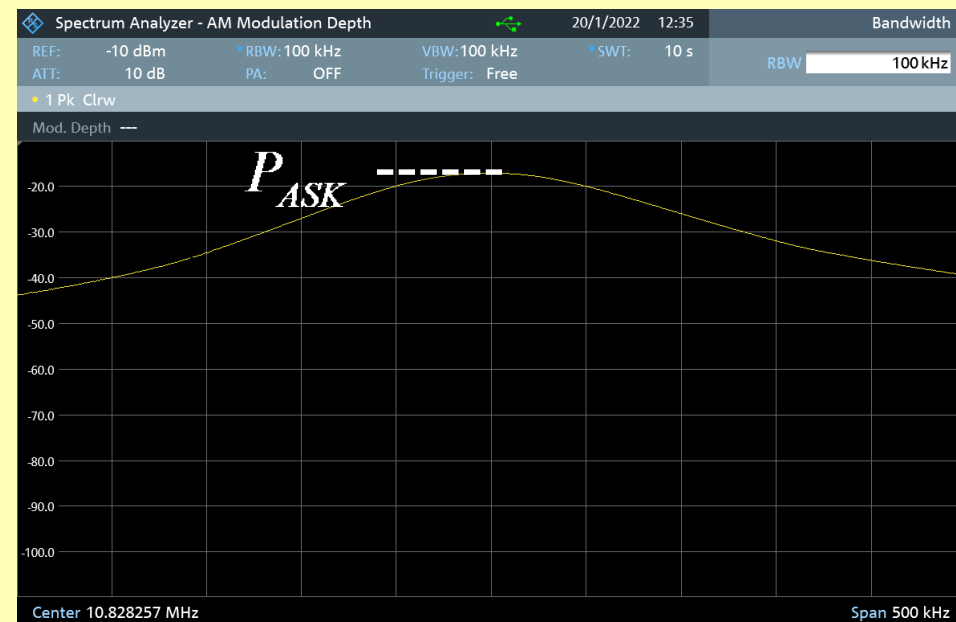
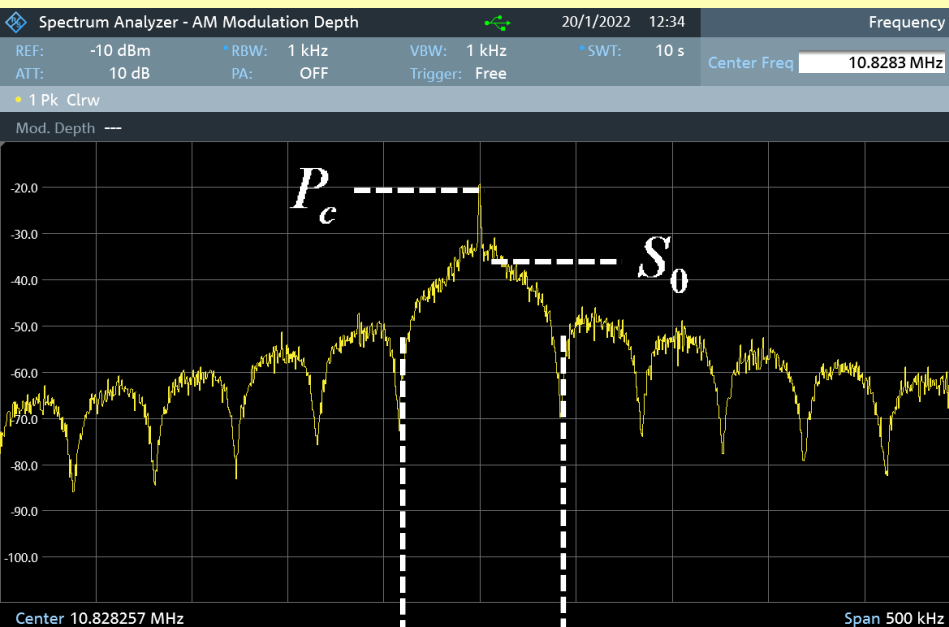
$$e_F = \frac{1}{1+r}$$



MODULACIÓN ASK: MEDIDAS



MODULACIÓN ASK: MEDIDAS



$$RBW \gg V_s$$

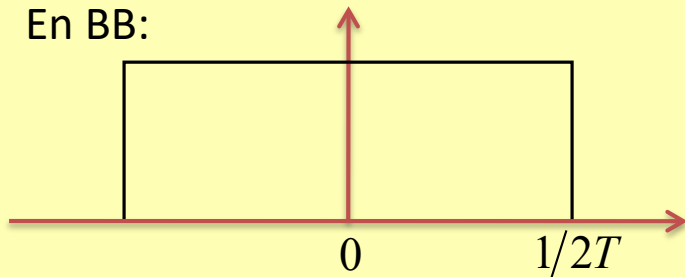
$$P_{BL} = S_0 - 10 \log_{10}(RBW) + 10 \log_{10}(V_s)$$

$$P_{ASK} = P_c + P_{BL}$$

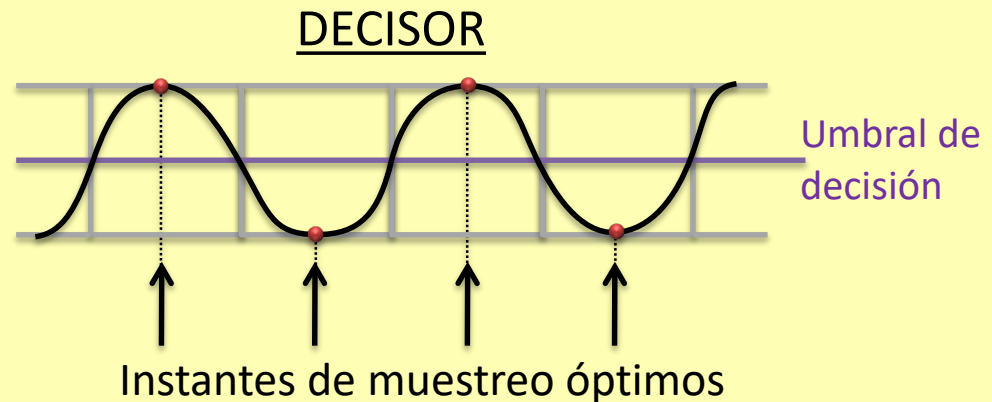
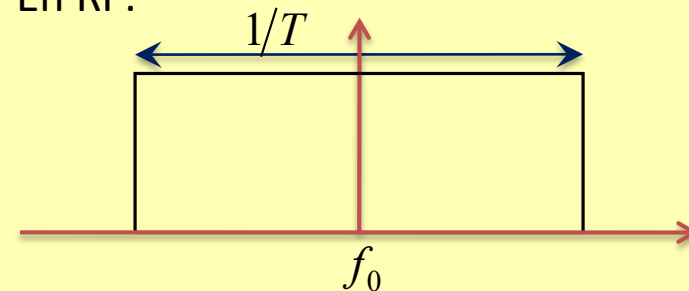
FILTRADO DE LA SEÑAL: ISI

- Las señales utilizadas en banda base (BB) son pulsos. Al limitar su ancho de banda se deforman y producen ISI.
- Es posible elegir el filtro para que en el instante de decisión no exista ISI. El filtro sin ISI más estrecho posible es un filtro ideal de anchura $1/2T$ ($V_s/2$)

En BB:



En RF:

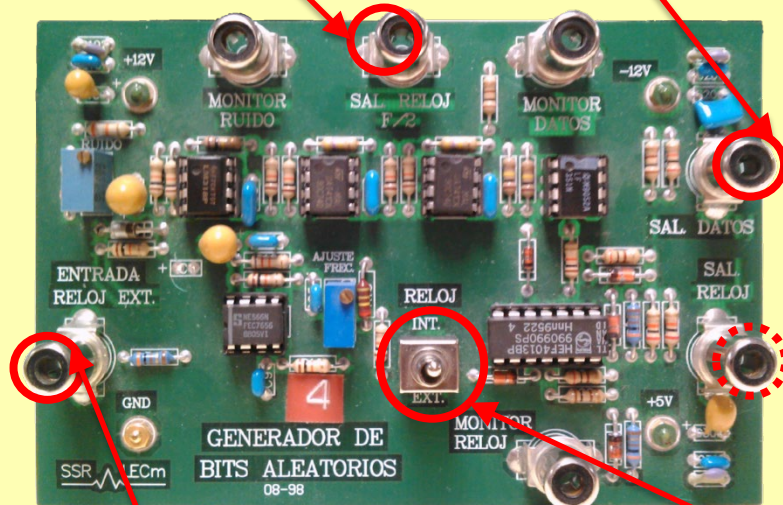


El ancho de banda disponible limita la VELOCIDAD DE SÍMBOLO

Salida “RELOJ/2”

Salida de DATOS
NRZ **unipolar**: ASK

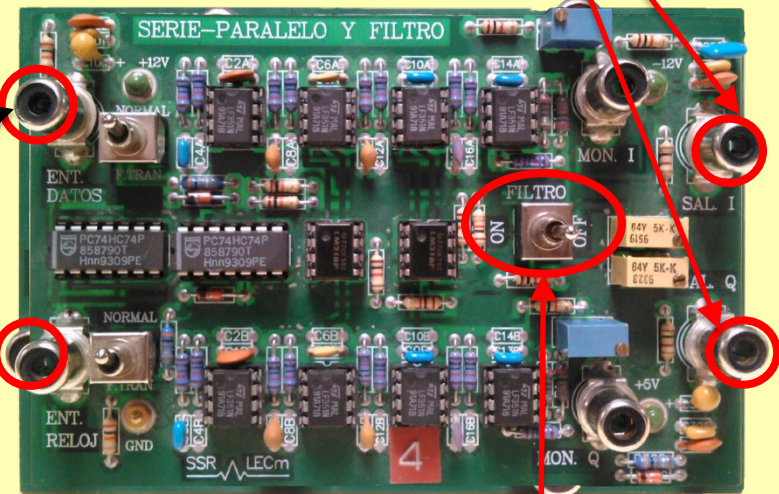
Salida de DATOS (RELOJ/2)
NRZ **bipolar**: BPSK y QPSK



Entrada “RELOJ”:
Salida **TTL** del
generador de funciones

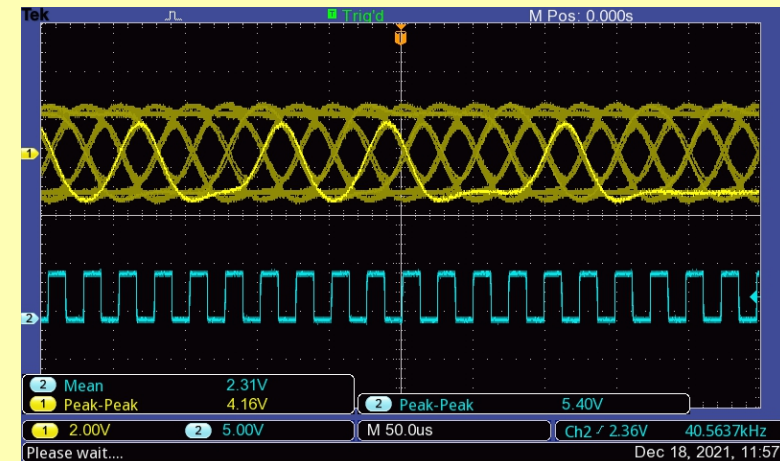
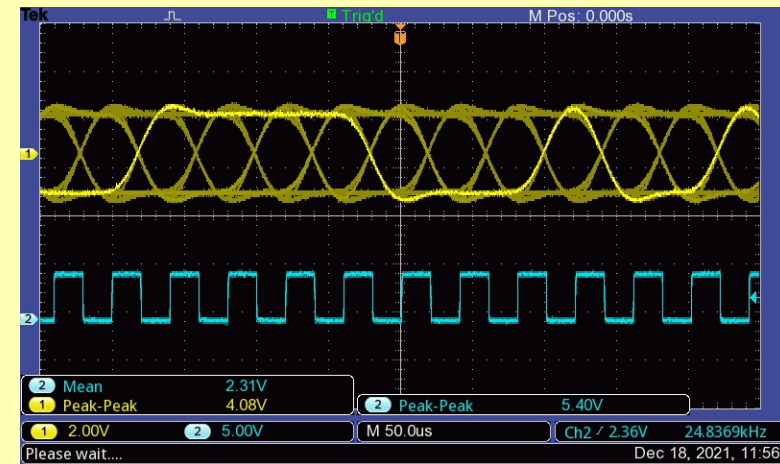
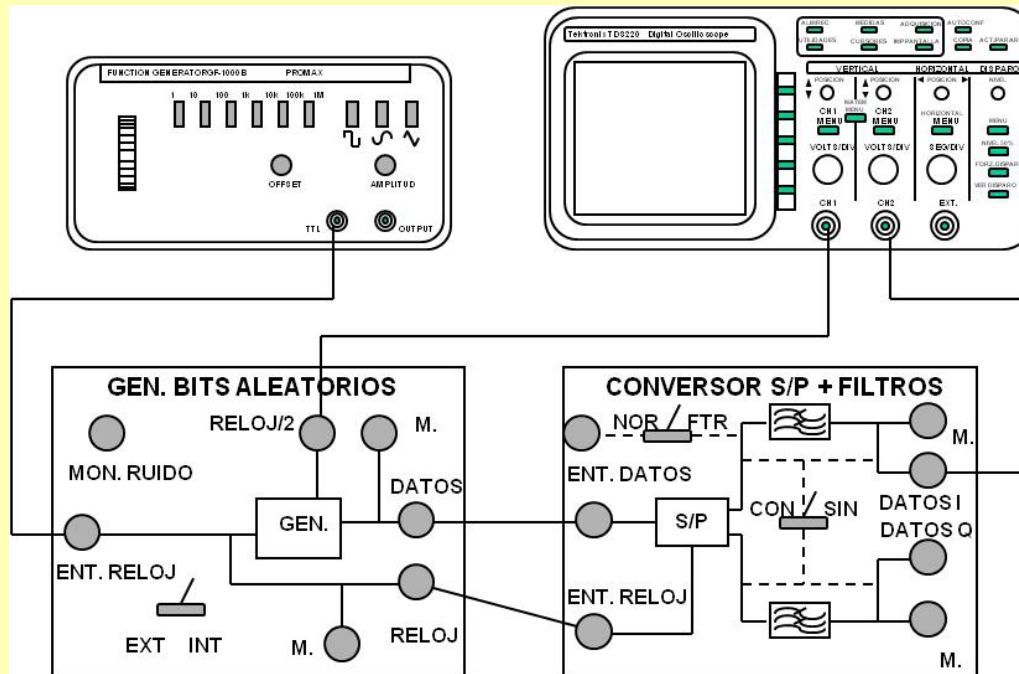
Interruptor:

- “INT”: reloj interno (64 KHz)
- “EXT”: reloj externo

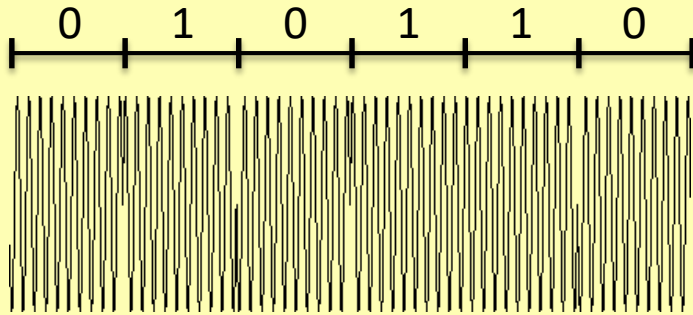


Interruptor filtro: “ON”/“OFF”

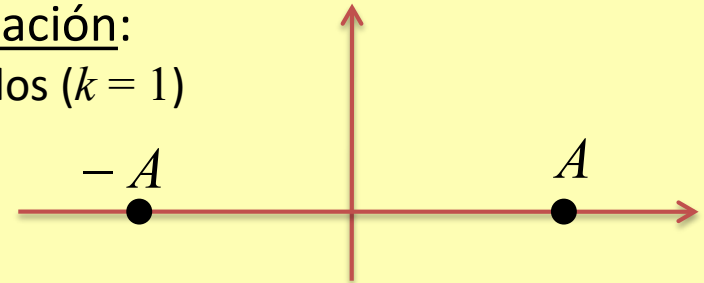
MEDIDA DEL DIAGRAMA DE OJO



MODULACIÓN BPSK

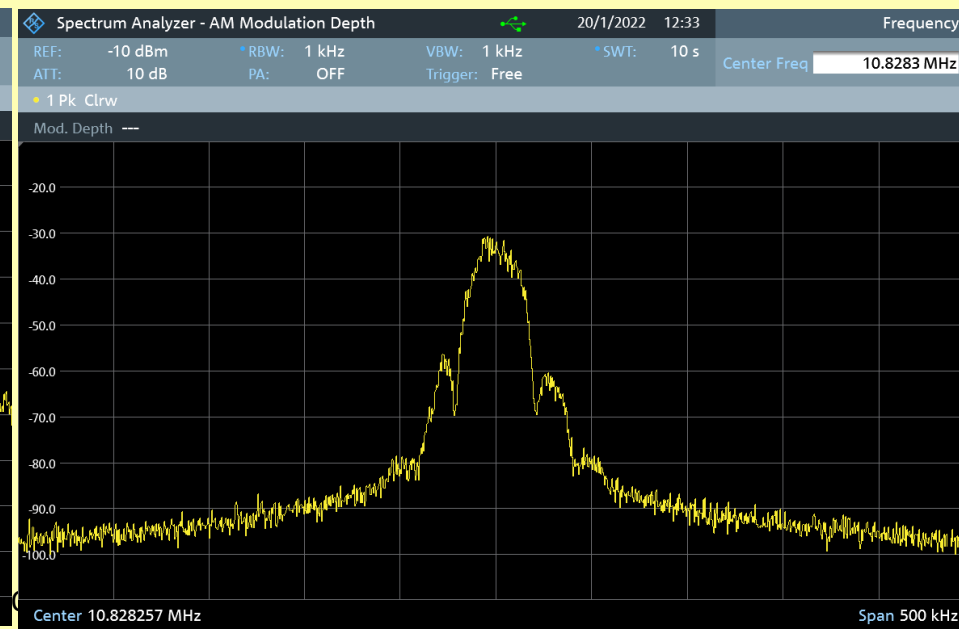
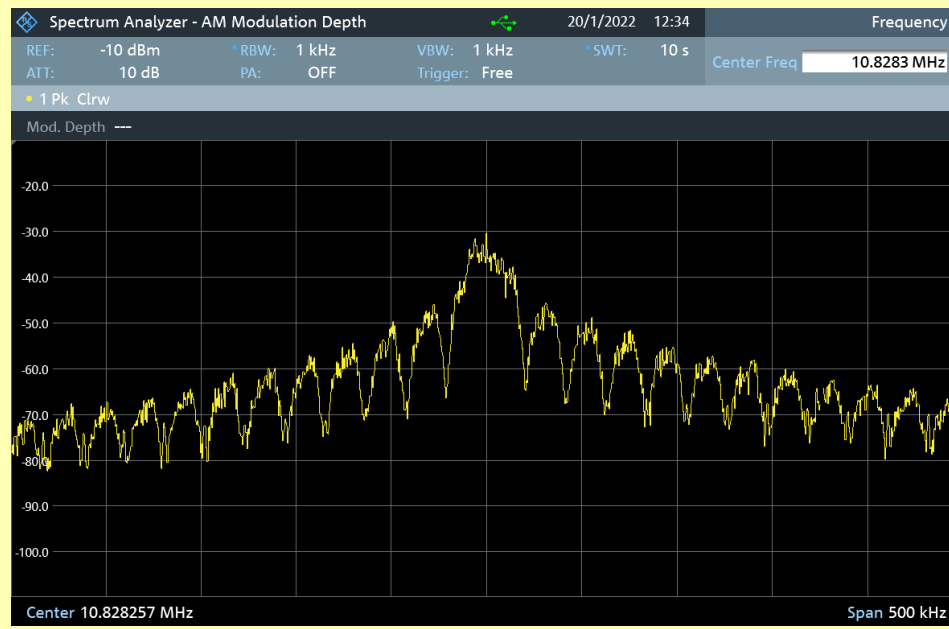


Constelación:
2 símbolos ($k = 1$)

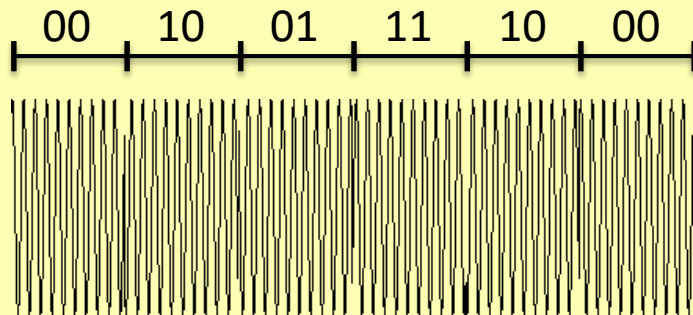


Eficiencia espectral:
(filtro en coseno alzado) $e_F = \frac{1}{1 + r}$

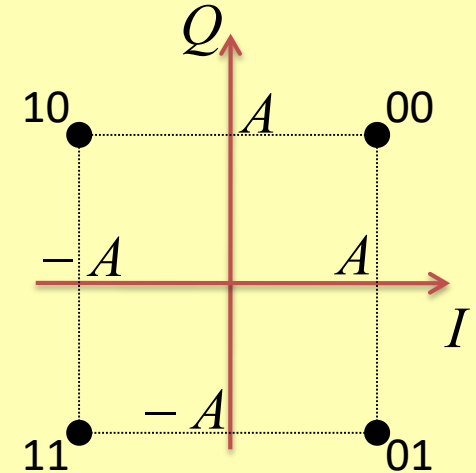
Efecto del filtrado BB en el ancho de banda (20 dB)



MODULACIÓN QPSK



Constelación:
4 símbolos ($k = 2$)



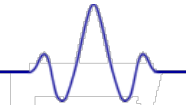
- Constelación centrada:
buena BER
(igual que BPSK)

- Pero más sensible a ruido de fase

Espectro: igual que BPSK para **mismo T**



Eficiencia espectral:
(filtro en coseno alzado)
$$e_F = \frac{2}{1+r}$$

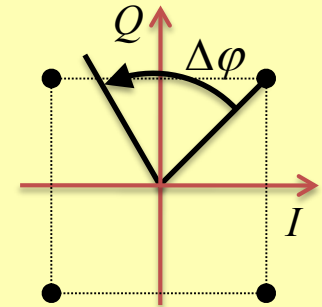
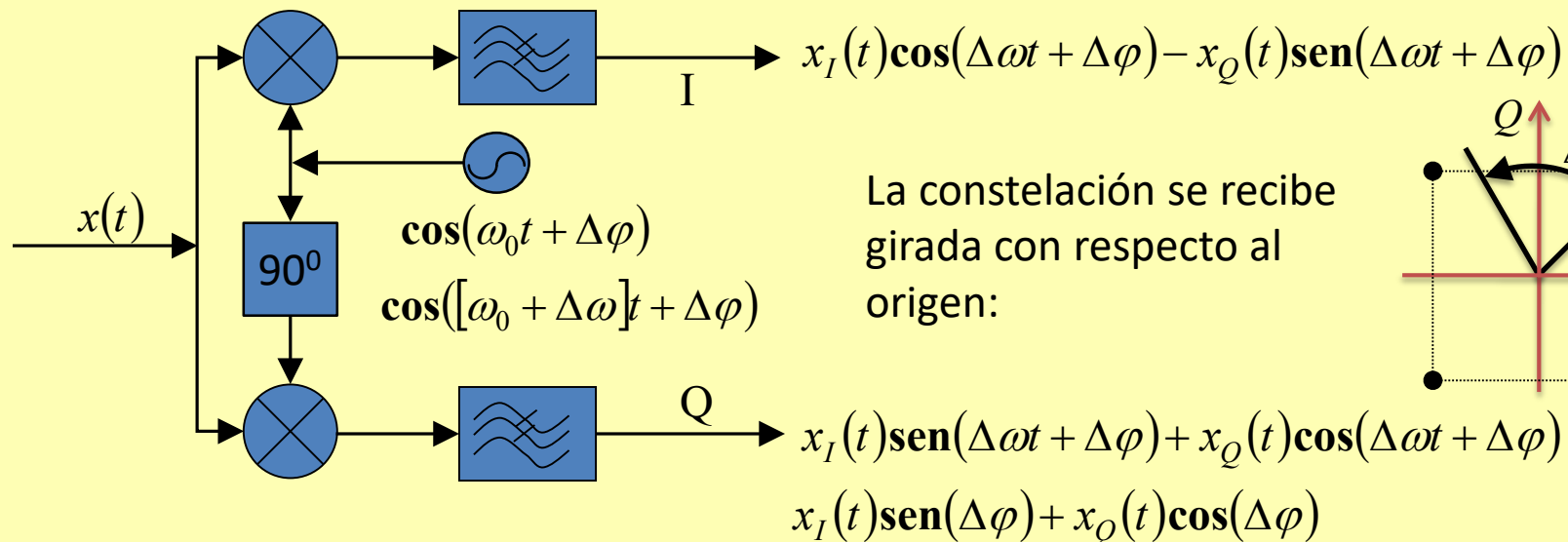


DEMODULADOR IQ

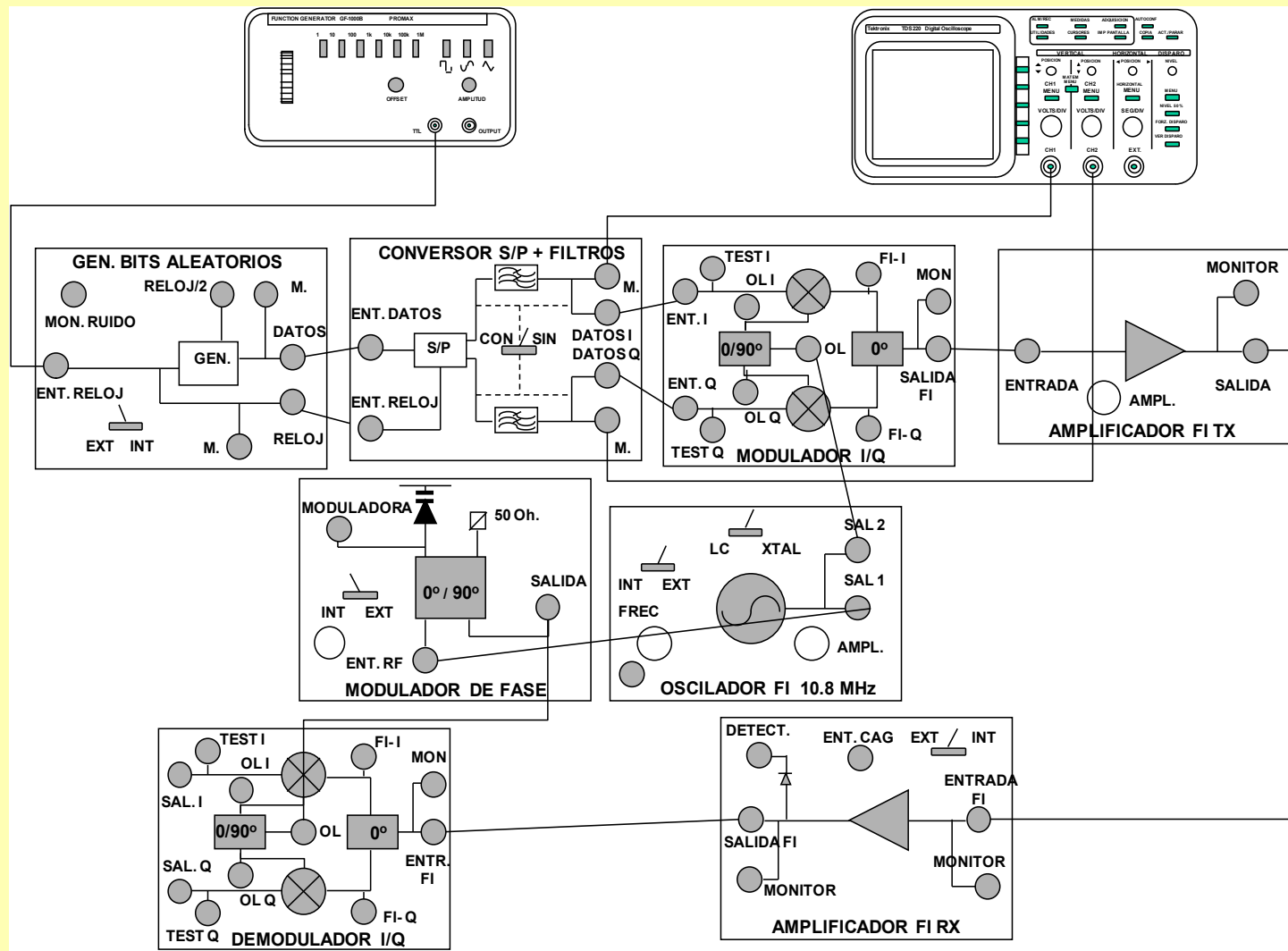
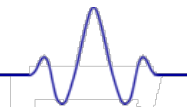
Cualquier señal **paso-banda** admite la expresión: $x(t) = x_I(t)\cos(\omega_0 t) + x_Q(t)\sen(\omega_0 t)$

El modulador IQ es universal, por tanto, el demodulador IQ también es universal

$$x_I(t)\cos(\Delta\varphi) - x_Q(t)\sen(\Delta\varphi)$$



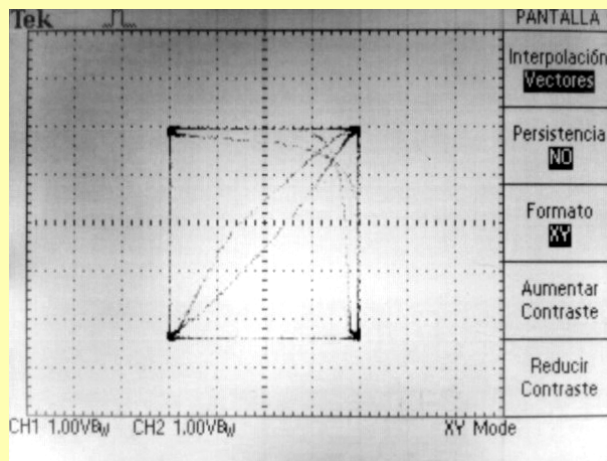
El demodulador IQ es coherente: **Recuperación de portadora**



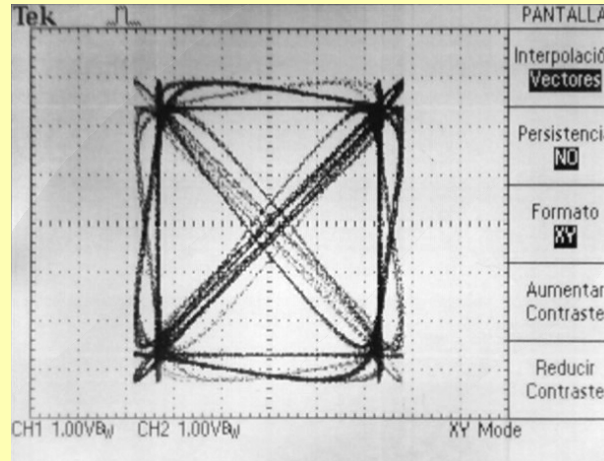
MEDIDAS: CONSTELACIÓN QPSK

Visualizando los canales I y Q en el osciloscopio, en modo XY

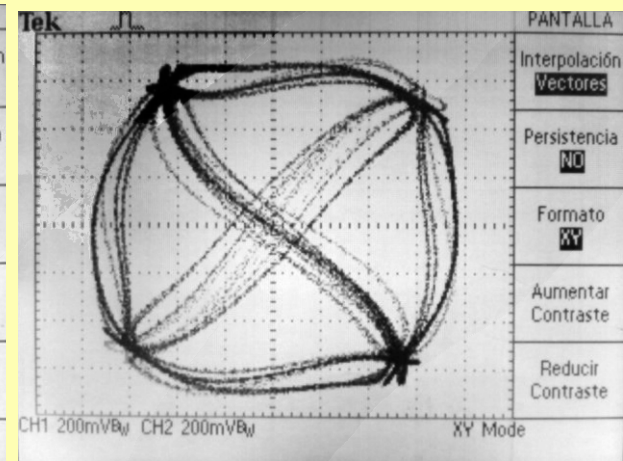
Tx sin filtro BB



Tx con filtro BB



Rx



Visualizar:

- Efecto del filtrado (banda base y canal)

NORMAS DE TRABAJO EN EL LABORATORIO

- Los cables se cogen de los conectores para conectarlos y/o desconectarlos
- No dejar cables / objetos metálicos en el bastidor: se pueden producir cortos (LEDs / fusibles rearmables)
- Cables cortos: entre placas
- Cables largos: instrumentos de medida (transiciones RCA-BNC / BNC-RCA)
- Los cables no pueden estar tirantes
- Señales en banda base: medidas en abierto
- Señales en FI/RF: carga de $50\ \Omega$ (excepto A.E.)
- Las salidas “MONITOR” están atenuadas 10 dB (usar A.E.)