

Sistemas de Comunicación Digital

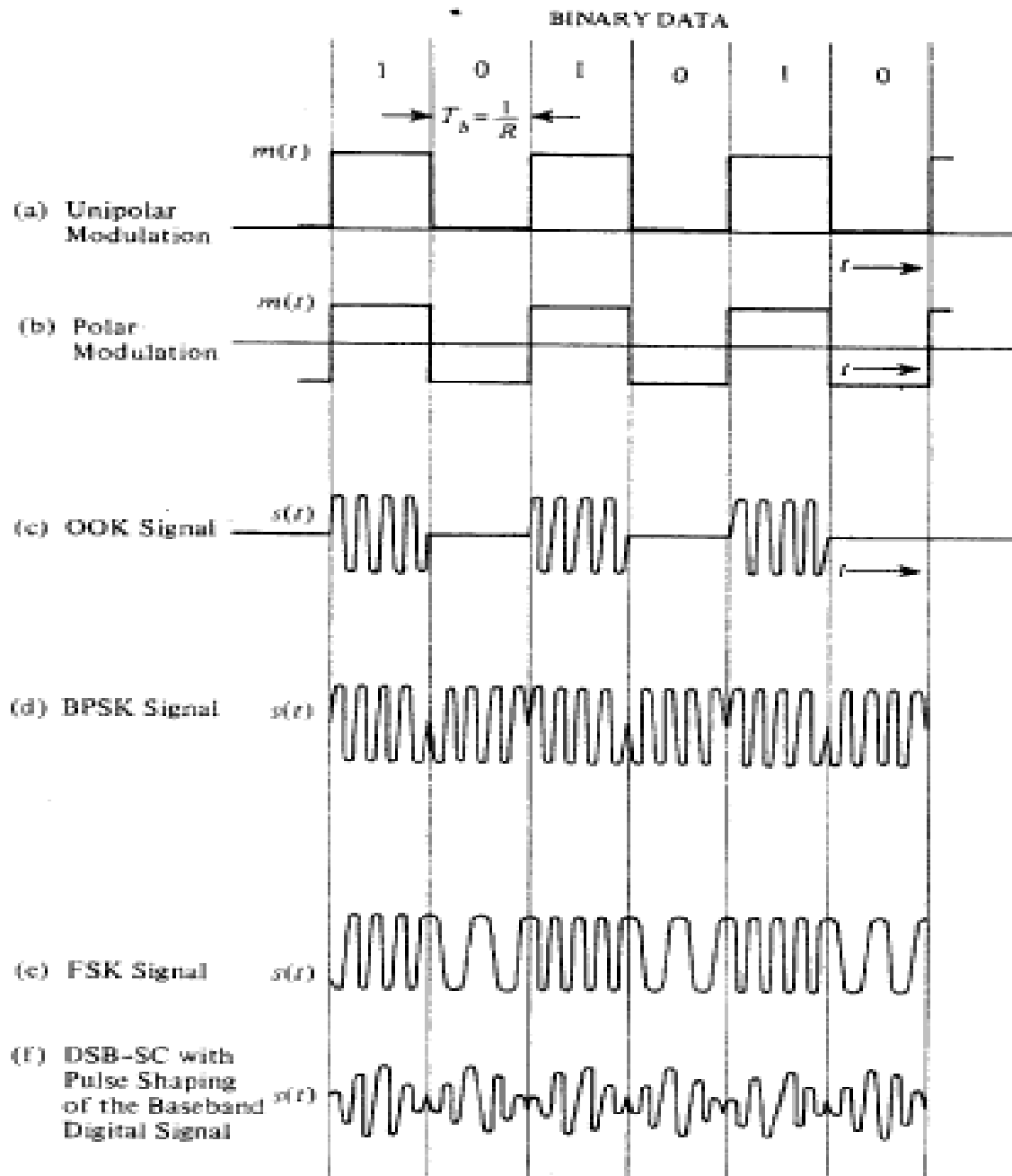
INF2010

Clase 9:
Sistemas de Modulación Digital (I)

Señalización binaria modulada pasabanda

- Las señales moduladas digitales son generadas por envolventes complejas para AM, PM, FM o QM (modulación en cuadratura).
- Suponemos que la modulante es una señal binaria o multinivel digital.
- Las señalizaciones más comunes son:
 - OOK
 - BPSK
 - FSK

Señalización binaria modulada pasabanda



Señalización binaria modulada pasabanda

- OOK (o ASK): Consiste en encender y apagar una portadora siguiendo la señal modulante.
- Es equivalente a una señal unipolar binaria modulando una DBLPS.
- Se usó originalmente para la transmisión inalámbrica de código morse.
- Está representada por:

$$s(t) = A_c m(t) \cos w_c t$$

Señalización binaria modulada pasabanda

- Entonces, la envolvente compleja es:

$$s(t) = A_c m(t)$$

- Y la densidad de la potencia del espectro es:

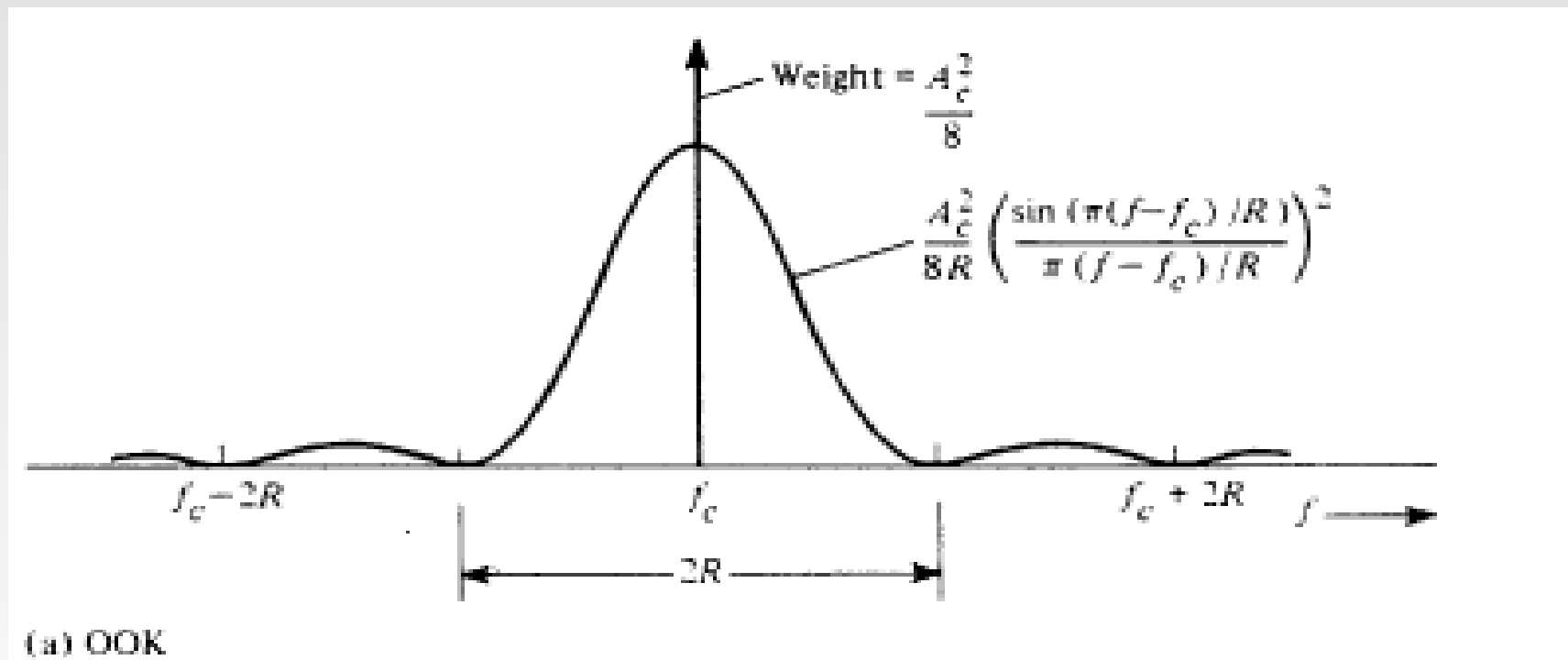
$$P_g(f) = \frac{A_c^2}{2} \left[\delta(f) + T_b \left(\frac{\sin \pi f T_b}{\pi f T_b} \right)^2 \right]$$

- Como la modulante $m(t)$ tiene un valor peak de $\sqrt{2}$ entonces $s(t)$ tiene un valor de potencia normalizado

$$\frac{A_c^2}{2}$$

Señalización binaria modulada pasabanda

- Usando $R=1/T_b$ como bit rate, el ancho de banda desde un nulo al siguiente es $2R$.



- Y $B_T=2B$ es la banda base, dado que OOK es una modulación AM.

Señalización binaria modulada pasabanda

- Si se usa filtrado con coseno realzado y rolloff r , el ancho de banda de la señal resultante se relaciona con el bit rate como:

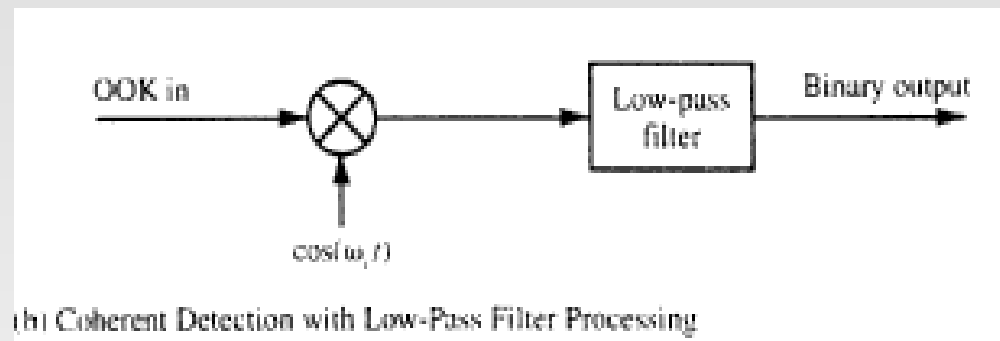
$$B = \frac{1}{2} (1 + r) R$$

- Finalmente, el ancho de banda de transmisión queda:

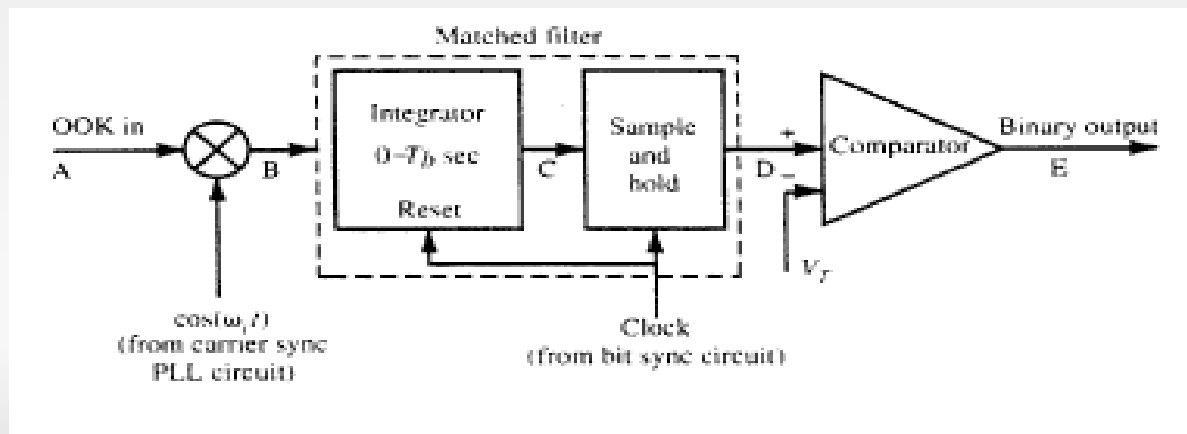
$$B = (1 + r) R$$

Señalización binaria modulada pasabanda

- Una forma de detectarlo es usando detección coherente, a través de un filtro pasabajo:

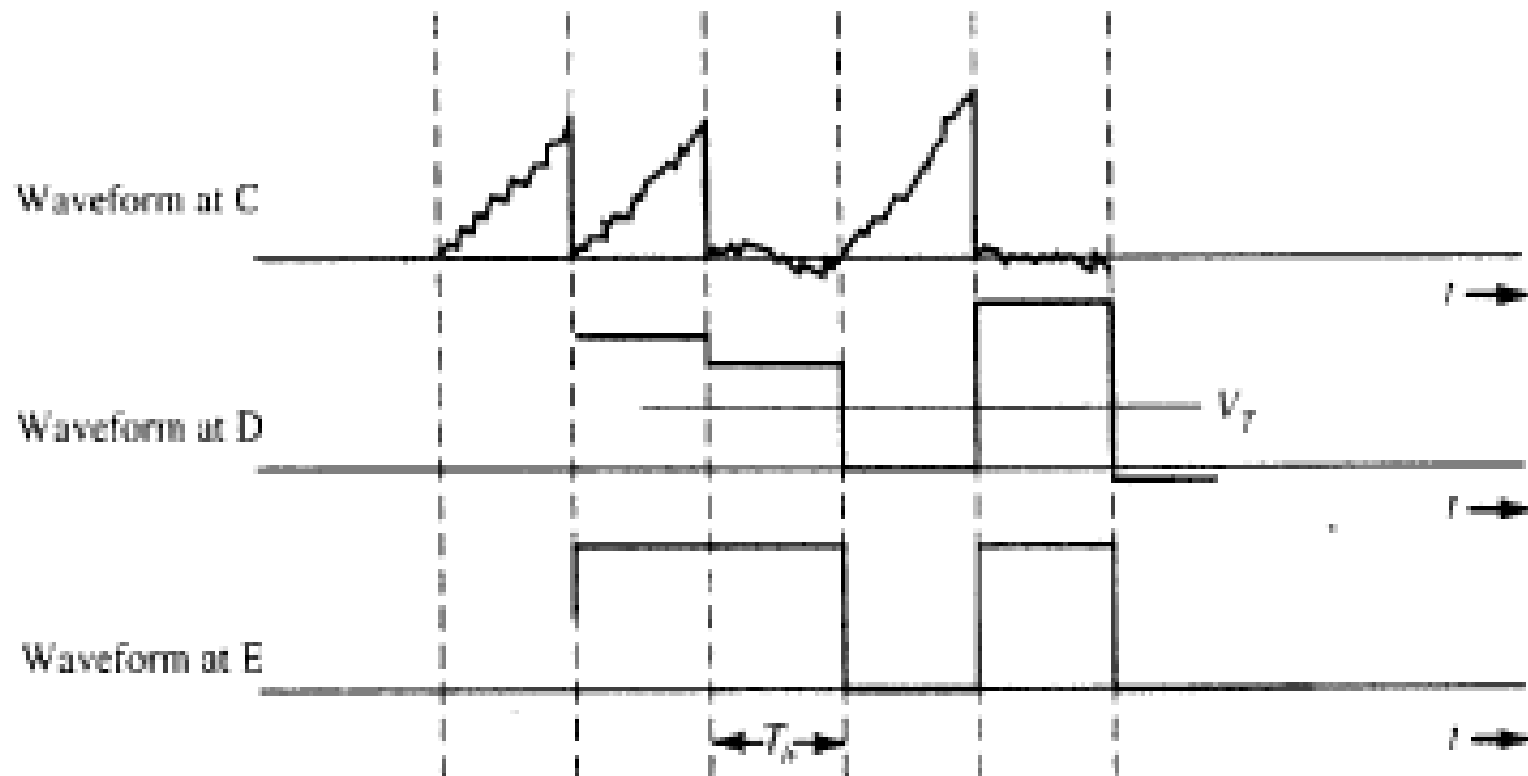


- Mientras que otra forma de detectarlo es usando detección coherente con filtro adaptado:



Señalización binaria modulada pasabanda

- Y las formas de onda correspondientes a los puntos C, D y E:



(c) Coherent Detection with Matched Filter Processing

Señalización binaria modulada pasabanda

- BPSK: Binary Phase Shift Keying
- La señal BPSK se representa como:

$$s(t) = A_c \cos[w_c t + D_p m(t)]$$

- Donde $m(t)$ es una señal polar, rectangular con máximos 1 y -1.
- Si expandimos la expresión anterior, nos queda:

$$s(t) = A_c \cos[D_p m(t)] \cos w_c t - A_c \sin[D_p m(t)] \sin w_c t$$

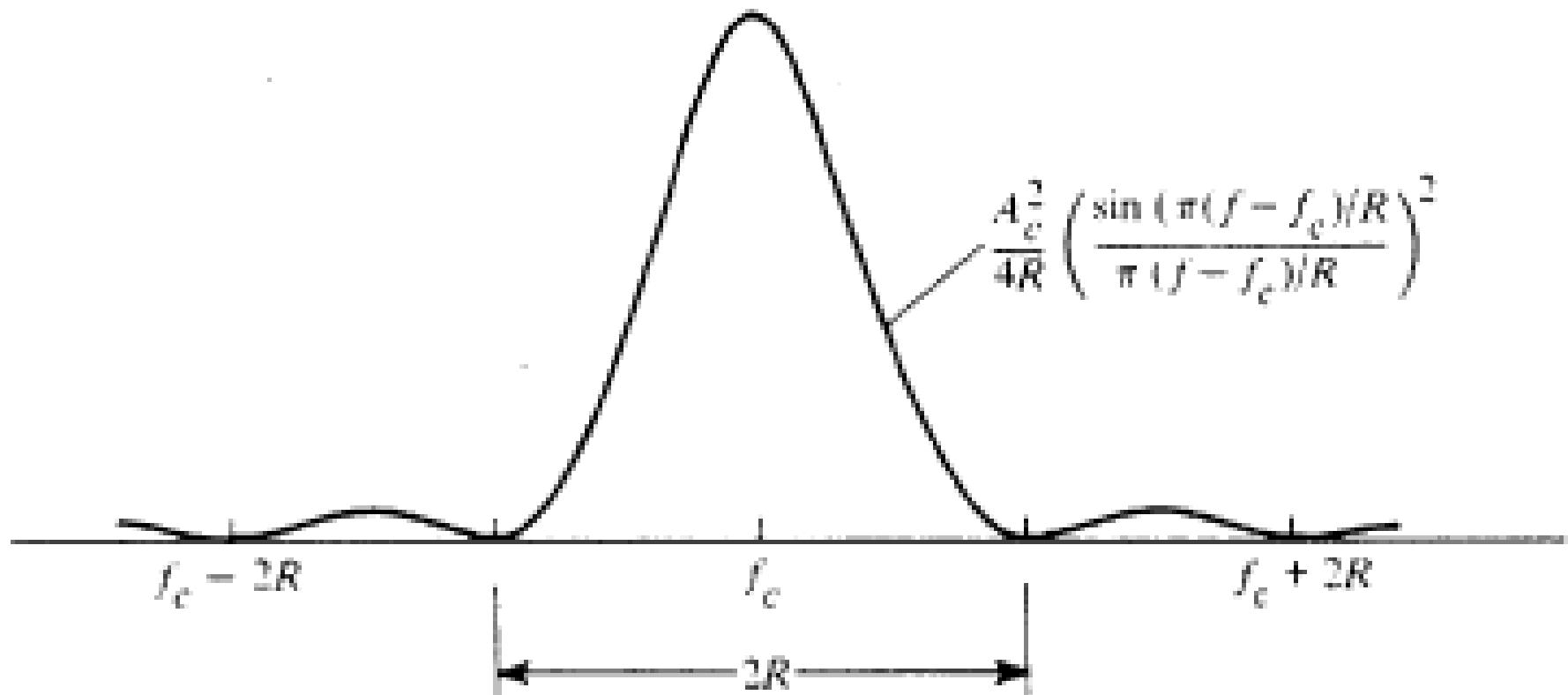
- Si usamos el hecho que $m(t)$ oscila entre 1 y -1, y que $\cos(x)$ y $\sin(x)$ son funciones par e impar obtenemos:

$$s(t) = (A_c \cos D_p) \cos w_c t - (A_c \sin D_p) m(t) \sin w_c t$$

- El primer término es la portadora y el segundo, los datos.

Señalización binaria modulada pasabanda

- BPSK: Binary Phase Shift Keying



(b) BPSK (see Fig 5-15 for a more detailed spectral plot)

Señalización binaria modulada pasabanda

- El nivel de la portadora se establece a través de la desviación PEAK

$$\Delta \phi = D_p$$

- Y se define el índice de modulación h como:

$$h = \frac{2 \Delta \phi}{\pi}$$

- Siendo el numerador la máxima desviación en fase durante el tiempo requerido para enviar 1 símbolo.

Señalización binaria modulada pasabanda

- El nivel de la portadora se establece a través de la desviación peak D_p .
- Si D_p es pequeña, la portadora tiene un valor alto respecto a los datos, y los datos (que es donde está la información) tienen poca potencia asociada.
- Para maximizar la potencia de transmisión de los datos, hace falta maximizar el término de la información.
- Esto sucede para

$$\Delta \phi = D_p = \pi / 2 \text{ radianes}$$

- Lo que da un índice de modulación $h=1$.

Señalización binaria modulada pasabanda

- Y la señal BPSK se convierte en:

$$s(t) = -A_c m(t) \sin \omega_c t$$

- La envolvente compleja de BPSK es:

$$g(t) = j A_c m(t)$$

- Lo que da una envolvente de:

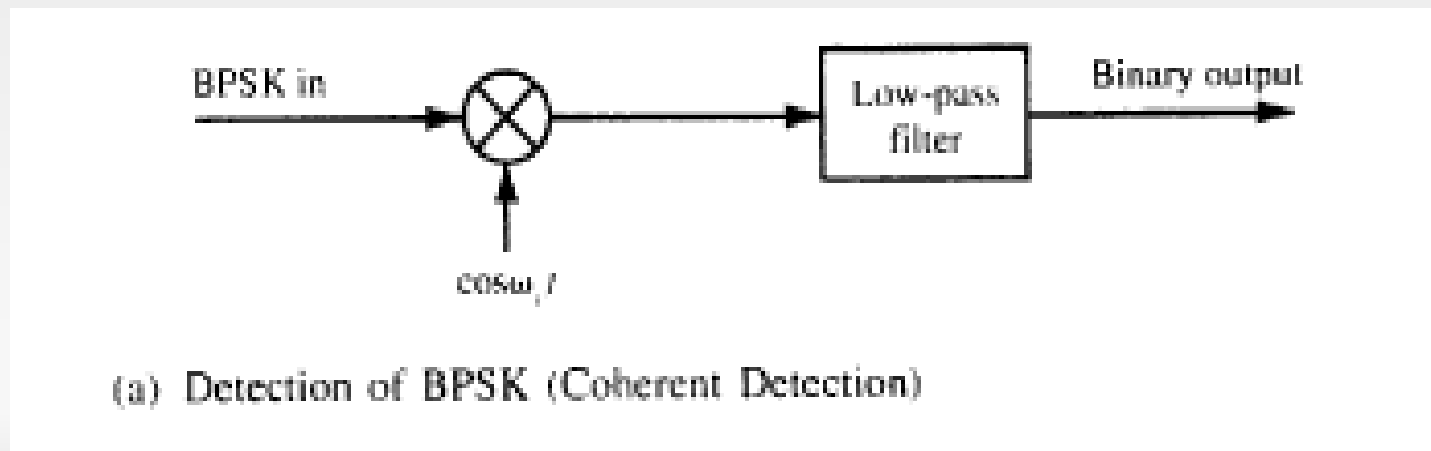
$$P_g(f) = A_c^2 T_b \left(\frac{\sin \pi f T_b}{\pi f T_b} \right)^2$$

Señalización binaria modulada pasabanda

- La potencia normalizada es entonces:

$$\frac{A_c^2}{2}$$

- Y el ancho de banda entre dos nulos para BPSK es también $2R$, el mismo de OOK.
- Para detectar BPSK se utiliza:



Señalización binaria modulada pasabanda

- Y la envolvente queda:

$$g(t) = A_c m(t)$$

- El espectro de potencia es:

$$g(t) = A_c m(t)$$