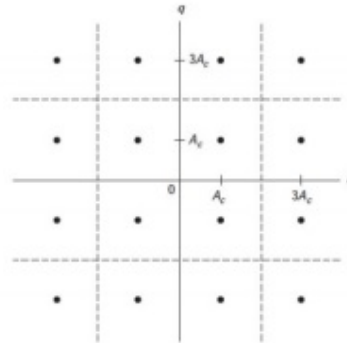


Ejercicio 4

La siguiente figura muestra la constelación de una modulación digital multinivel:



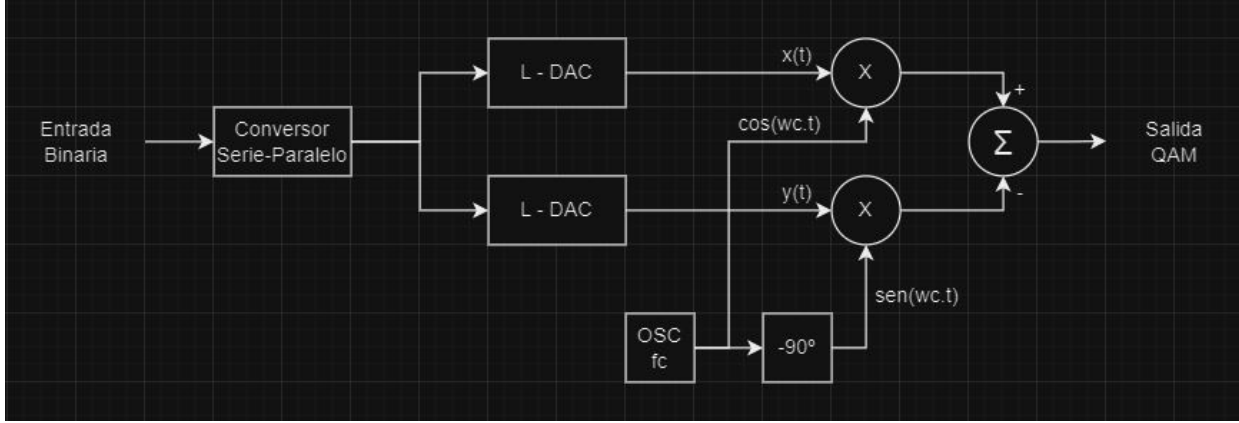
Considerando $A_c = 1$ Volt, se pide:

- Indicar el tipo de modulación digital. Dibujar diagrama en bloques del modulador. Explicar funcionamiento.
- Calcular la potencia media transmitida expresada en dBm, sobre una antena de $Z_0 = 50\Omega$, suponiendo a los datos aleatorios con igualdad de probabilidad de ocurrencia (equiprobables).
- Calcular la tasa de transmisión de información, en bits por segundo, supuesto que a la salida del modulador se obtiene una duración de símbolo de 4 microsegundos.
- Calcular el ancho de banda mínimo.
- Comparado con una modulación 16PSK e igual potencia media, ¿Qué ventajas y desventajas puede referir para cada sistema? (Inmunidad al ruido, factor de cresta y eficiencia energética).

a)

Se trata de modulación digital 16QAM.

Diagrama en bloques del modulador:



La señal modulada $s(t)$ está conformada por la resta:

$$s(t) = x(t) \cdot \cos(\omega_c \cdot t) - y(t) \cdot \sin(\omega_c \cdot t)$$

Donde las señales $x(t)$ e $y(t)$ son señales multinivel (pulsos rectangulares, si no hay filtro de premodulación).

Se definen las señales como:

$$x(t) = \sum_{i=0}^n x_n \cdot h\left(t - \frac{n}{D}\right)$$

$$y(t) = \sum_{i=0}^n y_n \cdot h\left(t - \frac{n}{D}\right)$$

Donde:

- $D = \frac{R}{T}$.
- Los valores de x_n e y_n quedan determinados por los valores permitidos de x_i e y_i .
- $h(t)$ será el pulso utilizado para cada símbolo, rectangular en el caso de que no se utilice LPF.
- La duración del símbolo será T_s y el instante de ocurrencia se centra en $n \cdot T_s = \frac{n}{D}$.

b)

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{1}{16 \cdot 50} \left[4 \cdot \frac{\left(\sqrt{A_c^2 + A_c^2}\right)^2}{2} + 4 \cdot \frac{\left(\sqrt{(3 \cdot A_c)^2 + (3 \cdot A_c)^2}\right)^2}{2} + 8 \cdot \frac{\left(\sqrt{A_c^2 + (3 \cdot A_c)^2}\right)^2}{2} \right]$$

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{1}{800} \left[2 \cdot \left(\sqrt{A_c^2 + A_c^2}\right)^2 + 2 \cdot \left(\sqrt{9 \cdot A_c^2 + 9 \cdot A_c^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\sqrt{A_c^2 + 9 \cdot A_c^2}\right)^2 \right]$$

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{1}{800} \left[2 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot A_c^2}\right)^2 + 2 \cdot \left(\sqrt{18 \cdot A_c^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\sqrt{10 \cdot A_c^2}\right)^2 \right]$$

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{1}{800} [2 \cdot 2 \cdot A_c^2 + 2 \cdot 18 \cdot A_c^2 + 4 \cdot 10 \cdot A_c^2]$$

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{1}{800} [80 \cdot A_c^2]$$

$$P_{s(t)|50\Omega} = \frac{A_c^2}{10} = 0,1W = 20dBm$$

c)

Duración de símbolo:

$$T_s = 4\mu S$$

Tasa de señalización:

$$D = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{4\mu S} = 250Kbauds$$

Tasa de transmisión de información:

$$R = l \cdot D = 4.250 \times 10^3 = 1Mbps$$

d)

El ancho de banda mínimo de transmisión es:

$$B_{Tmin} = \frac{R}{l} = D = 250KHz$$

e)

- Una señal 16PSK necesita una mayor potencia de portadora para obtener la misma potencia media.
- Para la señal 16PSK, al tener todos los datos sobre una misma circunferencia de radio A_c , la constelación estará más agrupada, obteniendo una menor SNR.
- Desde el punto de vista de eficiencia espectral, el comportamiento es el mismo.