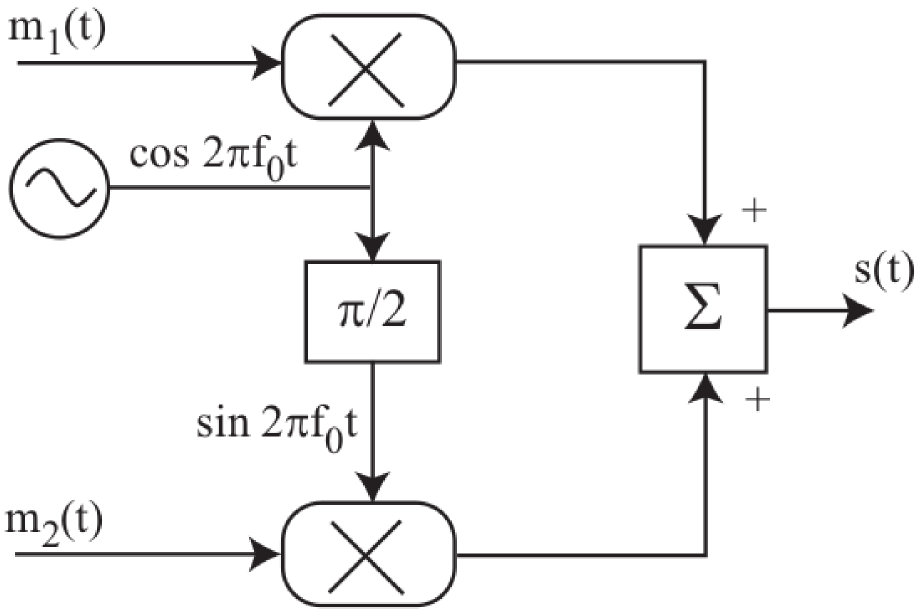
Modulação QAM

Modulação de amplitude em quadratura (QAM)

- Modulação de onda contínua que opera com dois sinais modulantes em quadratura (defasados de 90°)
- possibilita uma maior capacidade de transmissão usando a mesma banda espectral (se comparada ao AM-DSB)
- Caso particular da modulação AM DSB-SC
- Usada na codificação de sinais analógicos e digitais

Modulação QAM

Diagrama em blocos do modulador:



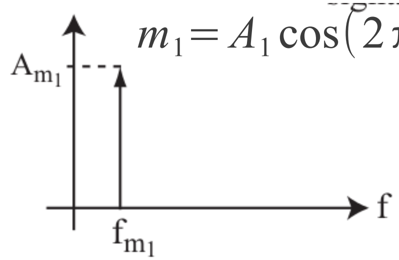
$$s(t) = m_1(t)\cos 2\pi f_0 t + m_2(t)\sin 2\pi f_0 t$$

Modulação QAM

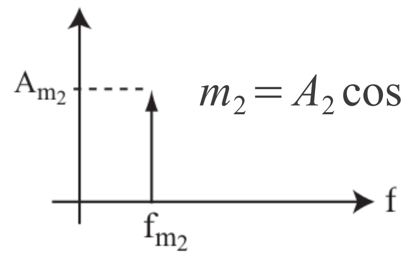
Análise espectral do mudulador:

Sinais modulantes:

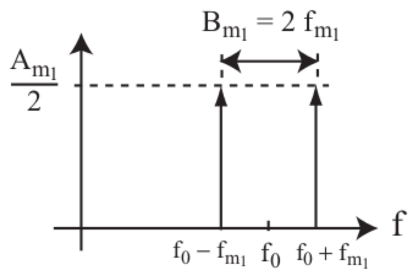
$$m_1 = A_1 \cos(2\pi f_1 t)$$

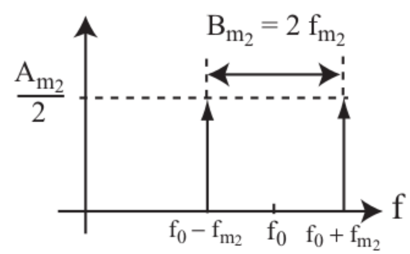


$$m_2 = A_2 \cos(2\pi f_2 t)$$

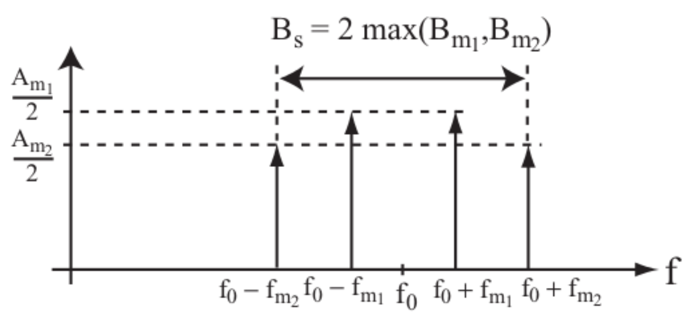


Sinais modulados:





Sinais transmitidos:



Modulação QAM

Análise espectral:

- Banda espectral ocupada:

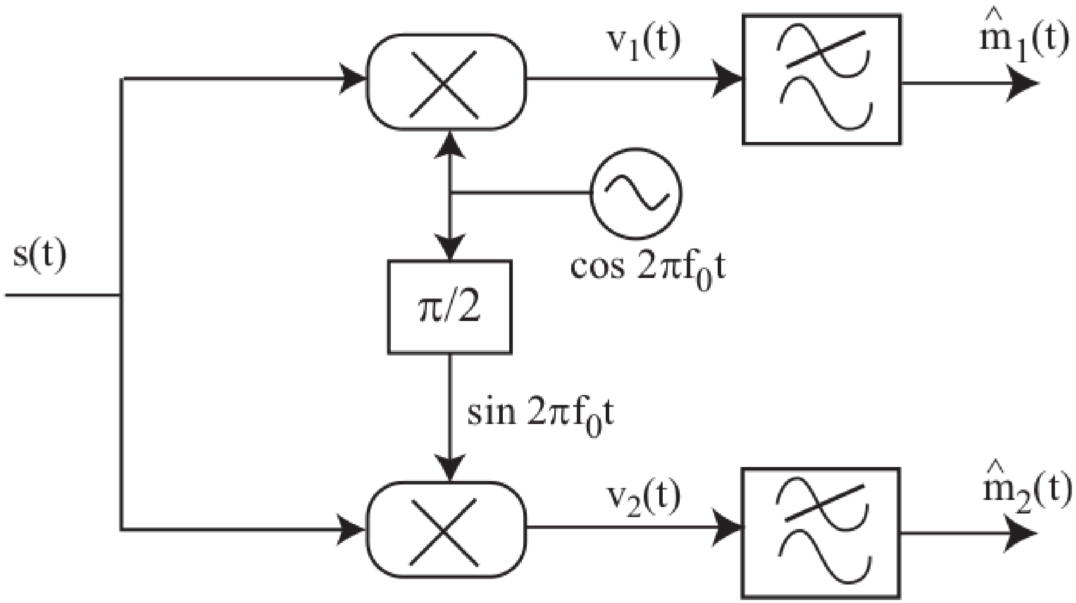
$$B_s = 2 \times max(B_{m1}, B_{m2})$$

- Banda equivalente à do AM-DSB com um único sinal modulante

- A modulação QAM permite a transmissão do dobro de informação com a mesma banda passante do AM-DSB

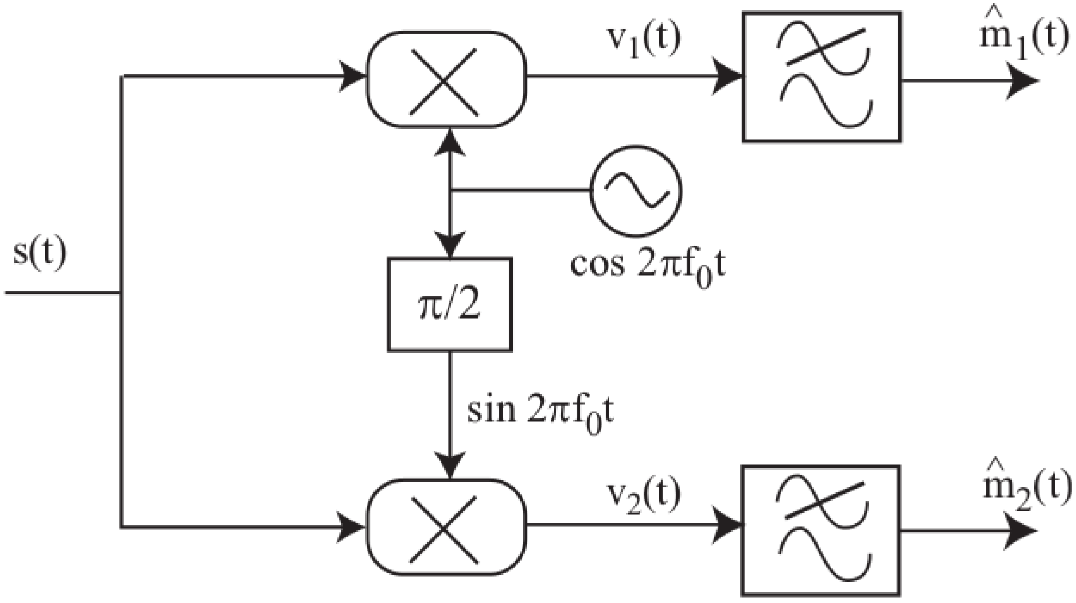
Modulação QAM

Diagrama em blocos do demodulador:



Modulação QAM

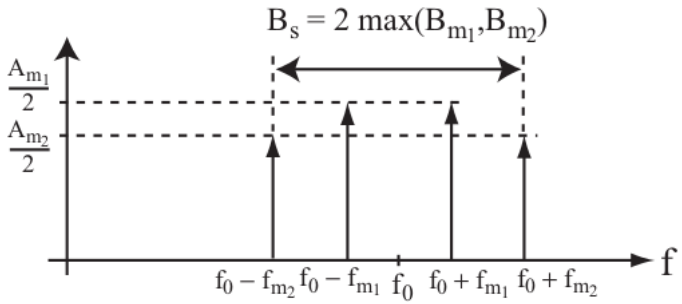
Diagrama em blocos do demodulador:



Modulação QAM

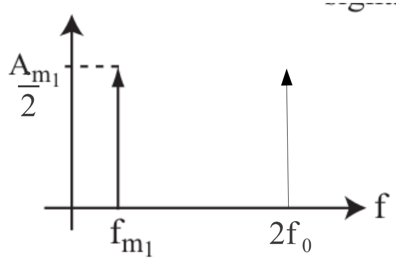
Análise espectral do demodulador:

Sinail recebido:

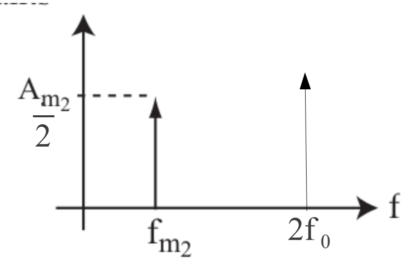


Sinais demodulados:

$v_1(t)$

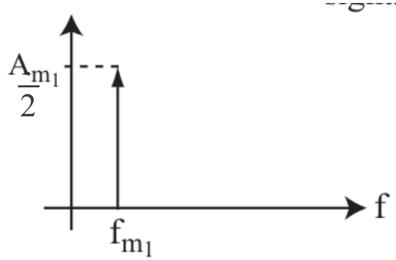


$v_2(t)$

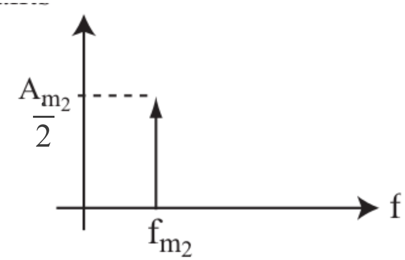


Sinais filtrados:

$\hat{m}_1(t)$



$\hat{m}_2(t)$



Modulação QAM

Exercício 1:

Deduza matematicamente a expressão para obtenção dos sinais demodulados QAM a partir do sinal de entrada:

$$s(t) = m_1(t)\cos 2\pi f_0 t + m_2(t)\sin 2\pi f_0 t$$

Onde: $m_1(t) = A_1 \cos(2\pi f_1 t)$ $m_2(t) = A_2 \cos(2\pi f_2 t)$

Determine a largura de faixa espectral necessária para transmissão de dois sinais em QAM, com as seguintes características:

$m_1(t) = 1\cos(2\pi 2000 t)$ $m_2(t) = 2\cos(2\pi 1000 t)$

Modulação QAM

Exercício 1:

$$v_1(t) = s(t)\cos 2\pi f_0 t = m_1(t)\cos^2 2\pi f_0 t + m_2(t)\sin 2\pi f_0 t \cos 2\pi f_0 t$$

$$= \frac{1}{2}m_1(t)(1+\cos 4\pi f_0 t) + \frac{1}{2}m_2(t)\sin 4\pi f_0 t$$

$$= \frac{1}{2}m_1(t) + \underbrace{\frac{1}{2}m_1(t)\cos 4\pi f_0 t}_{2f_0} + \underbrace{\frac{1}{2}m_2(t)\sin 4\pi f_0 t}_{2f_0}$$

$$v_2(t) = s(t)\sin 2\pi f_0 t = m_1(t)\cos 2\pi f_0 t \sin 2\pi f_0 t + m_2(t)\sin^2 2\pi f_0 t$$

$$= \frac{1}{2}m_1(t)\sin 4\pi f_0 t + \frac{1}{2}m_2(t)(1-\cos 4\pi f_0 t)$$

$$= \underbrace{\frac{1}{2}m_1(t)\sin 4\pi f_0 t}_{2f_0} + \frac{1}{2}m_2(t) - \underbrace{\frac{1}{2}m_2(t)\cos 4\pi f_0 t)}_{2f_0}$$