

Modulación en amplitud por multiplexión de cuadratura (QAM)

Alfonso Cuesta Hernández

17 de abril de 2001

Como sabemos las señales DSB ocupan el doble del espectro de la señal del mensaje. Este problema se puede resolver transmitiendo dos señales DSB utilizando dos portadoras de la misma frecuencia pero desfasadas en cuadratura de fase.

Si las dos señales a transmitir son $m_1(t)$ y $m_2(t)$ entonces la señal QAM resultante es $\varphi_{\text{QAM}}(t)$, la suma de las dos señales DSB es:

$$\varphi_{\text{QAM}}(t) = m_1(t) \cos \omega_c t + m_2(t) \sin \omega_c t$$

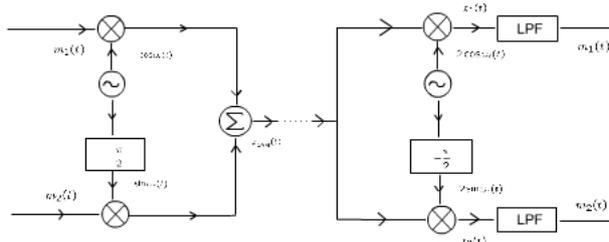


Figura 1: Multiplexor de cuadratura de amplitud

De esta forma dos señales de mensaje pueden ser separadas en el receptor utilizando detección síncrona con dos portadoras locales en cuadratura de fase. Esto puede mostrarse considerando la salida del multiplicador $x_1(t)$ de la parte rama superior de la figura.

$$\begin{aligned} x_1(t) &= 2\varphi_{\text{QAM}}(t) \cos \omega_c t = 2[m_1(t) \cos \omega_c t + m_2(t) \sin \omega_c t] \cos \omega_c t \\ &= m_1(t) + m_1(t) \cos 2\omega_c t + m_2(t) \sin 2\omega_c t \end{aligned}$$

Los dos últimos términos son suprimidos por un filtro pasa-bajas. Este esquema se conoce como **modulación de amplitud por cuadratura** o **QAM**, por sus siglas en inglés. De esta manera, dos señales cada una con un ancho de banda de B Hz, pueden ser transmitidas simultáneamente en un ancho de banda $2B$ utilizando señales DSB y multiplexión por cuadratura.

La QAM es un esquema un tanto riguroso. Un pequeño error en la fase o la frecuencia de la portadora en el demodulador no sólo resulta en pérdida o distorsión de las señales sino en interferencia entre ambos canales. Para mostrar esto, sea la portadora en el demodulador $2 \cos(\omega_c t + \theta)$.

$$\begin{aligned} x_1(t) &= 2[m_1(t) \cos \omega_c t + m_2 \sin \omega_c t] \cos(\omega_c t + \theta) \\ &= m_1(t) \cos \theta + m_1(t) \cos(2\omega_c t + \theta) - m_2(t) \sin \theta + m_2 \sin(2\omega_c t + \theta) \end{aligned}$$

El filtro pasabanda suprime las dos señales a frecuencia $2\omega_c$, resultando en la salida $m_1(t) \cos \theta - m_2 \sin \theta$. Por lo tanto, a parte de la señal $m_1(t)$ recibimos a la señal $m_2(t)$, ambas multiplicadas por un factor senoidal o cosenoidal, en la rama superior.

La QAM es utilizada en las transmisiones de televisión en color para multiplexar las señales de crominancia, que portan la información acerca del color. En este caso, la sincronización se logra por la inserción periódica de una muestra de la señal portadora.