

Modulación de Señales en IoT

Juan Luis Serradilla Tormos

Índice

1. Fundamentos Modulación
2. Tipos de Modulación
3. Ejemplos prácticos

1

Fundamentos de la Modulación

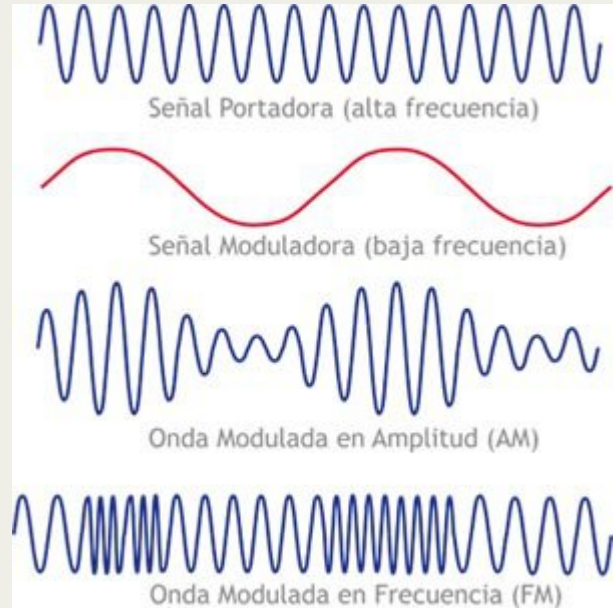
Fundamentos de la Modulación

Onda Portadora

Es la onda electromagnética que funciona como medio para transportar la información. Es la modificación de alguno de sus parámetros a través de la Onda Moduladora lo que codifica la información.

Onda Moduladora

La onda moduladora es la onda que contiene la información digital. Suele ser de una frecuencia más baja que la onda portadora. Su objetivo es modificar algún parámetro de la onda portadora para transmitir la información.



Fundamentos de la Modulación

Tipos de modulación

- **Modulación de Amplitud:** Consiste en modificar la amplitud de la onda.
- **Modulación Angular:** Consiste en modificar el ángulo de la onda.
 - Modulación de frecuencia
 - Modulación de fase

Formato de modulación

- **Modulación Analógica:**
 - AM
 - FM
 - PM
- **Modulación Digital:**
 - ASK
 - FSK
 - PSK

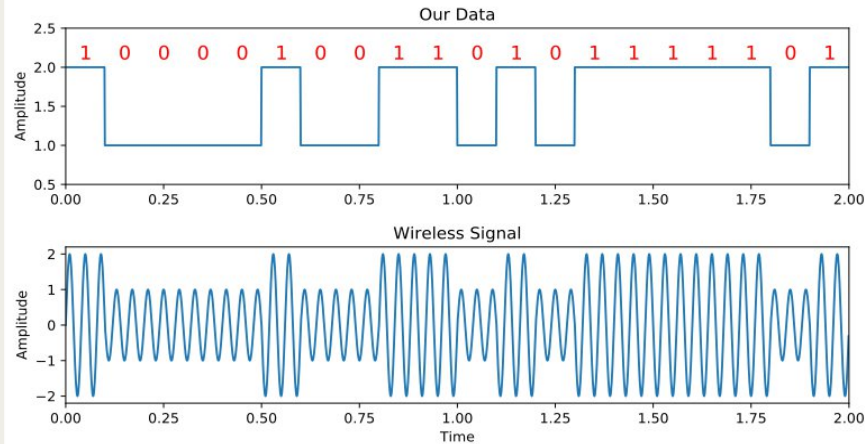
2

Tipos de Modulación

Modulación ASK

La presencia de una amplitud específica representa un 1 y la ausencia un 0 binario.

$$U_{ASK}(t) = A \left[1 \pm \frac{V(t)}{A} \right] \cos(2\pi\nu_p t) = A[1 \pm m(t)] \cos(2\pi\nu_p t)$$



Ventajas:

- Simpleza
- Eficiencia energética

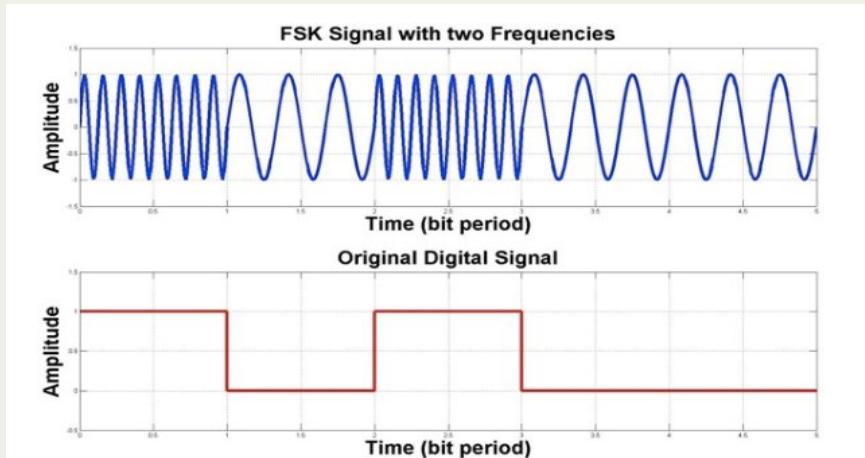
Desventajas:

- Susceptible al ruido
- Poca eficiencia espectral

Modulación FSK

Se usan dos frecuencias para representar 0 o 1 en binario.

$$U_{FSK}(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi\nu_1 t + \theta_p) & \text{si } \nu_1 = \nu_p + \Delta\nu_p \Leftrightarrow "1" \\ A \cos(2\pi\nu_2 t + \theta_p) & \text{si } \nu_2 = \nu_p - \Delta\nu_p \Leftrightarrow "0" \end{cases}$$



Ventajas:

- Resistencia al ruido
- Fácil de implementar
- Envolvente constante

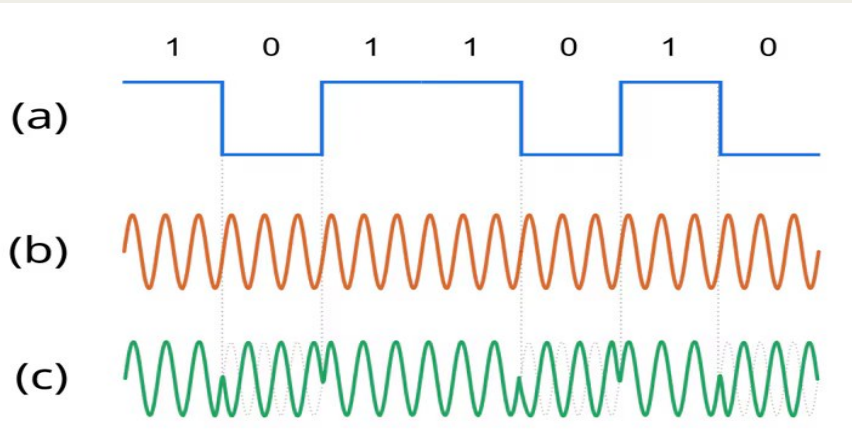
Desventajas:

- Gran ancho de banda
- Velocidad de datos
- Sensible al desplazamiento

Modulación PSK y órdenes mayores

Se usan dos fases para representar 0 o 1 en binario.

$$U_{PSK}(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi\nu_p t) \Leftrightarrow \text{"1"} \\ A \cos(2\pi\nu_p t + \pi) \Leftrightarrow \text{"0"} \end{cases}$$



Ventajas:

- Gran eficiencia espectral
- Resistencia al ruido
- Envolvente constante

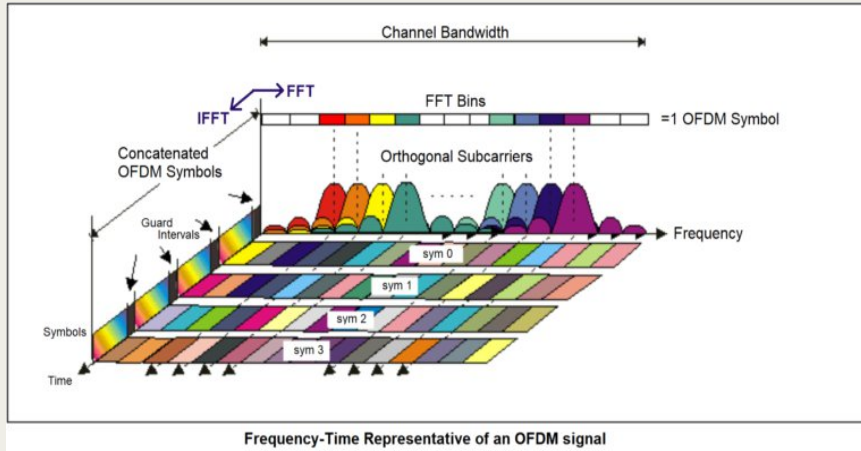
Desventajas:

- Implementación compleja
- Receptor complejo
- Ruido en órdenes mayores

Modulación OFDM

Se usan múltiples subportadoras ortogonales para transmitir la información.

$$\int_0^T \Phi_1(t) \Phi_2(t) dt = 0$$



Ventajas:

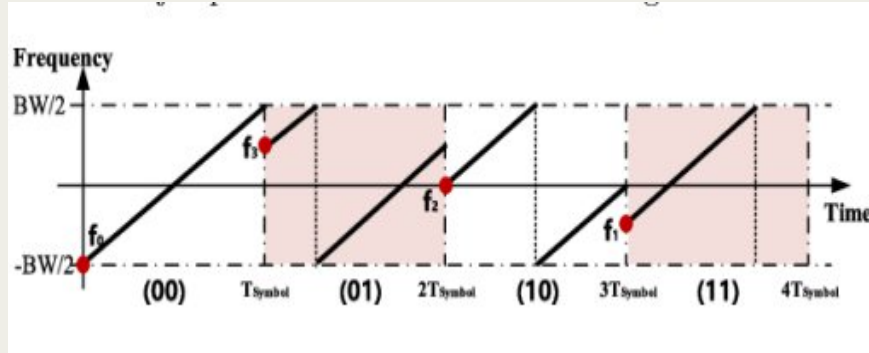
- Gran eficiencia espectral
- Resistencia al ruido
- Recepción sencilla

Desventajas:

- Alta relación potencia pico
- Sensible al desplazamiento de frecuencias y deriva
- Necesidad de FFT e IFFT

Modulación CSS

Se utilizan chirps para representar símbolos que enviarán la información. Se usa la frecuencia inicial del chirp para saber el símbolo codificado.



Ventajas:

- Resistente al ruido
- Alta eficiencia energética
- Varios dispositivos

Desventajas:

- Velocidad de datos baja
- Procesamiento de chirp complejo

2

Ejemplos Prácticos

Ejemplos prácticos

1. Cámaras de seguridad Wi-Fi – OFDM, QAM
2. Agricultura Inteligente – LoRaWAN (CSS)
3. Seguimiento activos y lectura contadores - $\pi/2$ BPSK, QPSK
4. Telemetría médica - ASK
5. Hogar Inteligente y termostatos - FSK

GRACIAS