

# Modulación de Señales en IoT

*Juan Luis Serradilla Tormos*

# Índice

1. Fundamentos Modulación de Señales
2. Tipos de Modulación
3. Ejemplos prácticos
4. Conclusiones

1

# Fundamentos de la Modulación

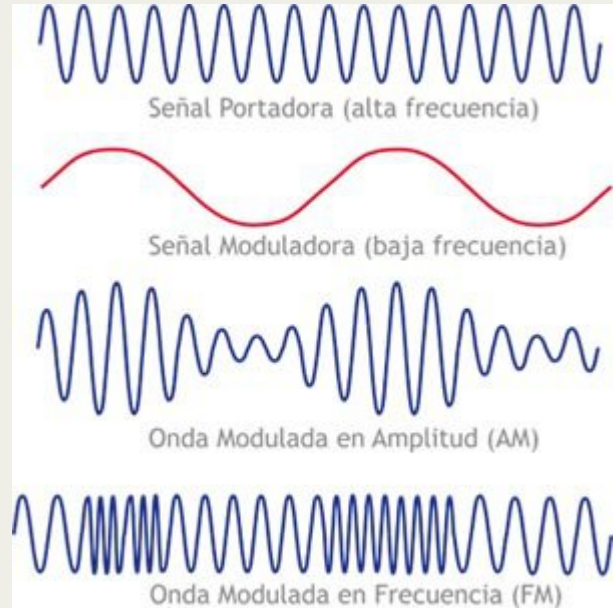
# Fundamentos de la Modulación

## 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

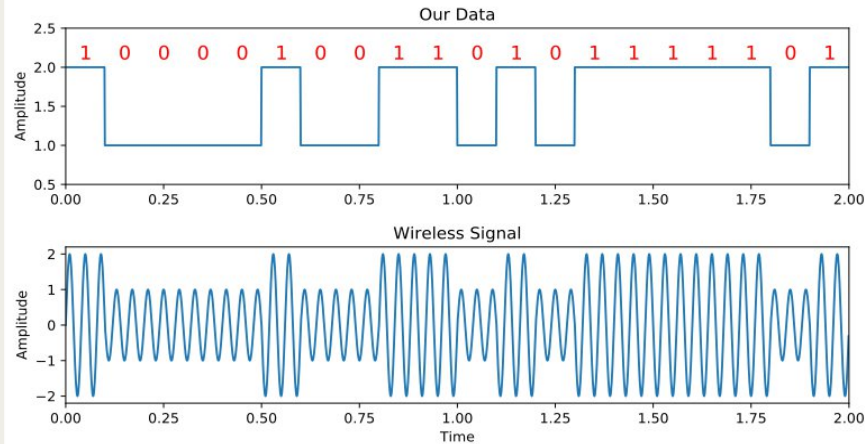
2

# 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

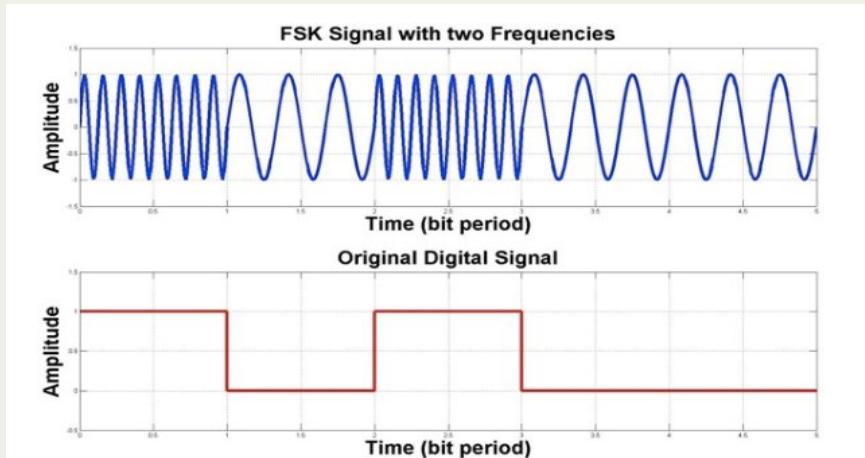
## Desventajas:

- 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:

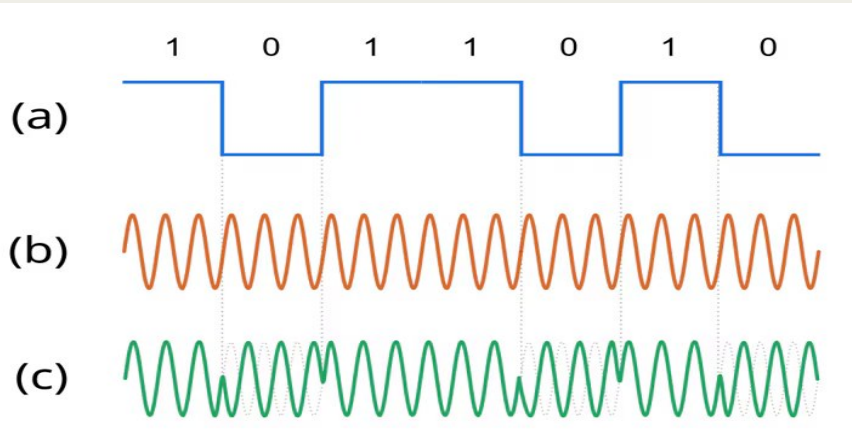
- Gran ancho de banda
- Velocidad de datos
- Sensible al desplazamiento



# 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

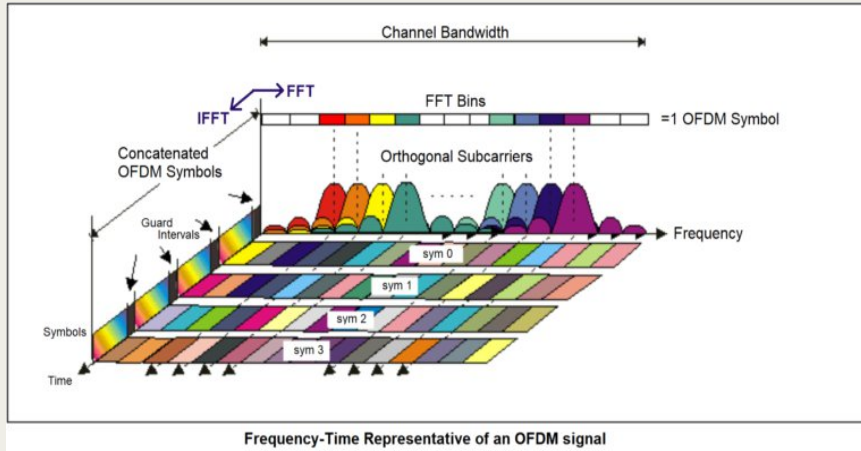
## Desventajas:

- 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:

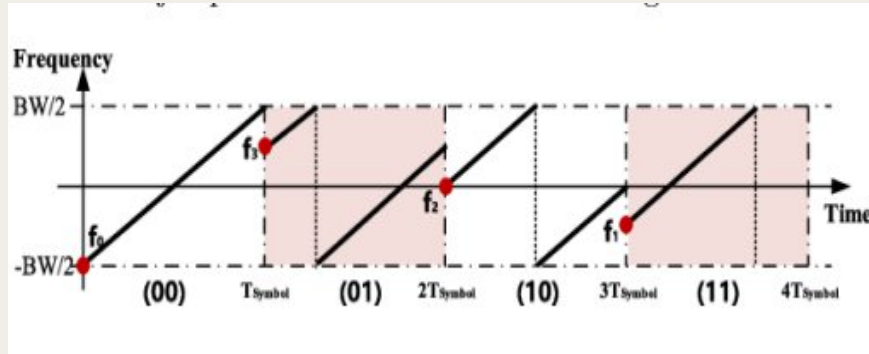
- Gran eficiencia espectral
- Resistencia al ruido
- Recepción sencilla

## 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 archivos y lectura contadoras -  $\pi/2$  BPSK, QPSK
4. Telemetría médica - ASK
5. Hogar Inteligente y termostatos - FSK
6. Sistemas buscapersonas - FSK

GRACIAS