



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo
Departamento de Ingeniería Electrónica

SISTEMAS DE COMUNICACIONES

OFDM

OFDM

OFDM

Motivación:

solucionar la
interferencia por
multitrayectoria.

Tecnología habilitante:

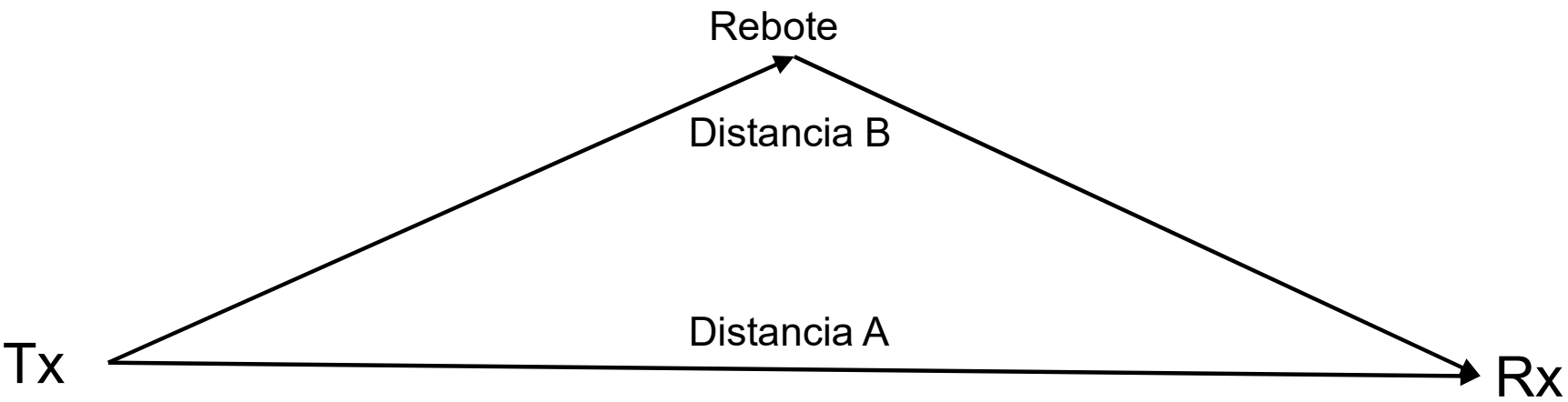
DSP: iFFT, FFT (a.k.a. DMT)

Desvanecimiento (fading) plano

Desvanecimiento Selectivo

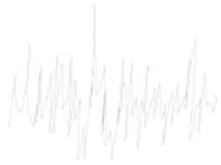
Interferencia intersimbólica

Multitrayecto



...

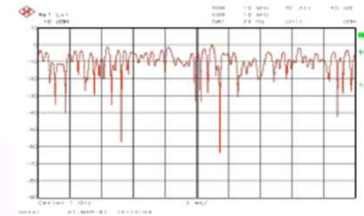
Propagation Models



Additive White Gaussian Noise (AWGN): When there is only a single RF path to the receiver, the system can be viewed as operating over an AWGN channel

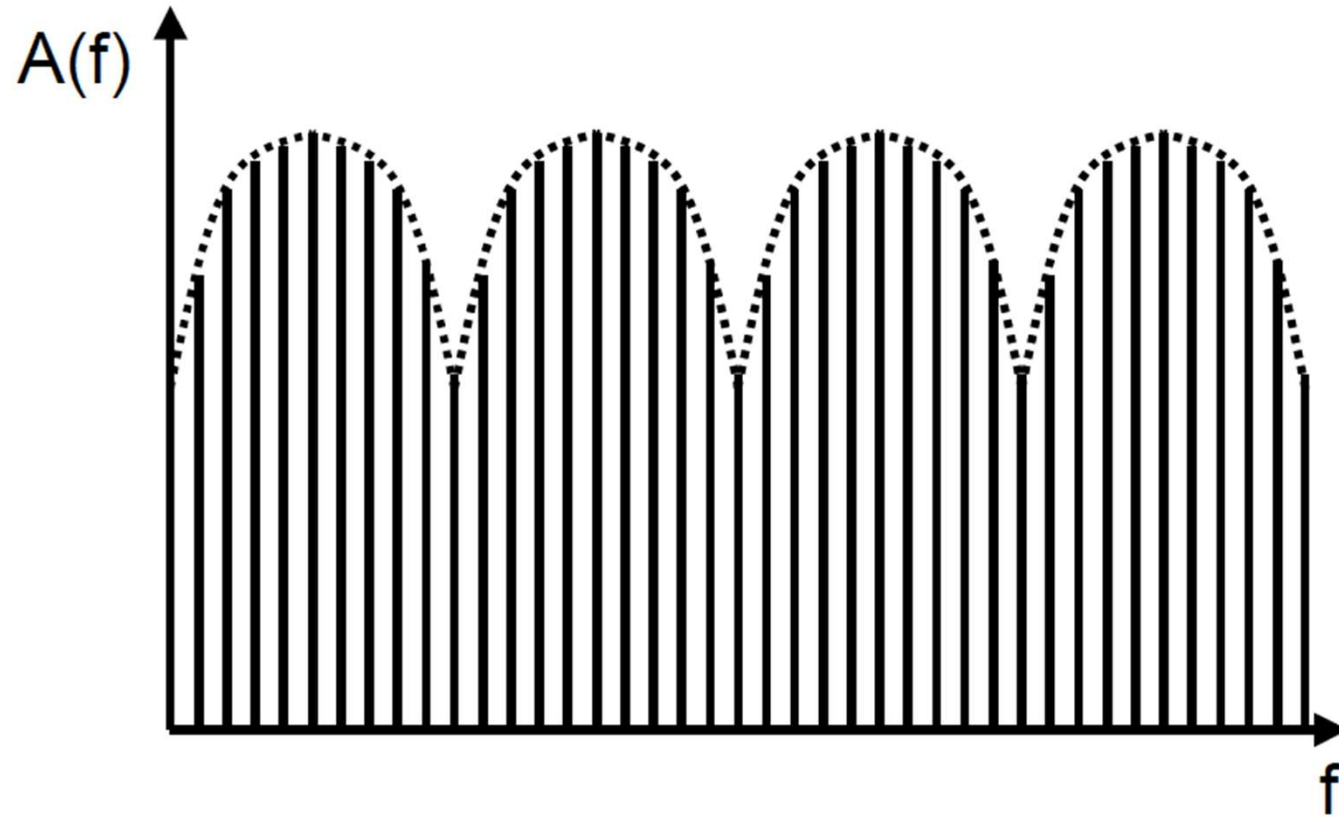


Rician Fading Channel: Consists of a direct RF path and one or more indirect paths that may be static or dynamic in nature. Most urban and indoor reception environments qualify.



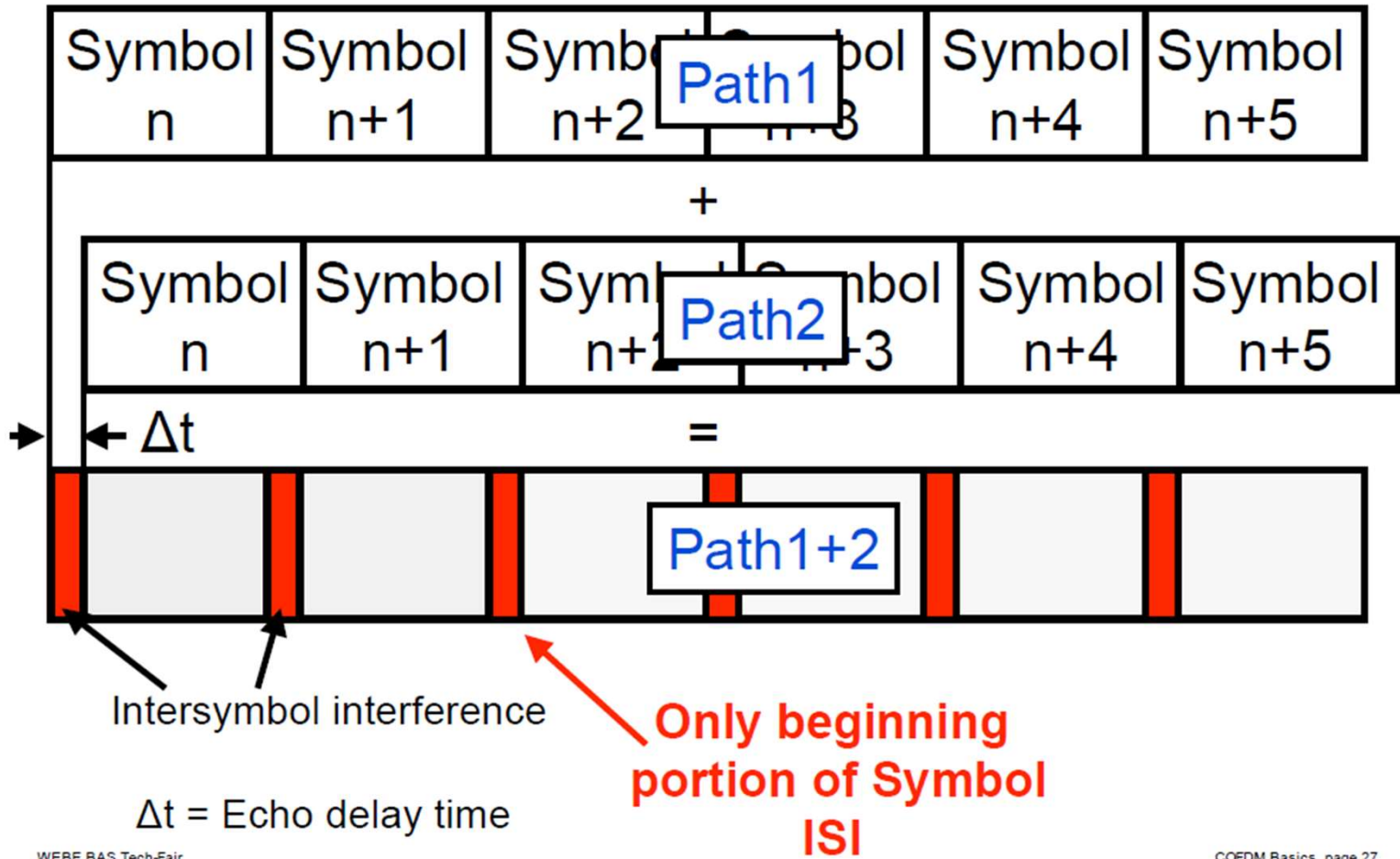
Rayleigh Fading Channel: When there is no direct RF path to the receiver, only echoes (static or time varying) are received. Applies to urban outdoor and all indoor sites when no direct RF path to the receiver exists. Also, a portable or mobile receiver if used, would most likely exhibit Rayleighian channel characteristics.

Fading selectivo



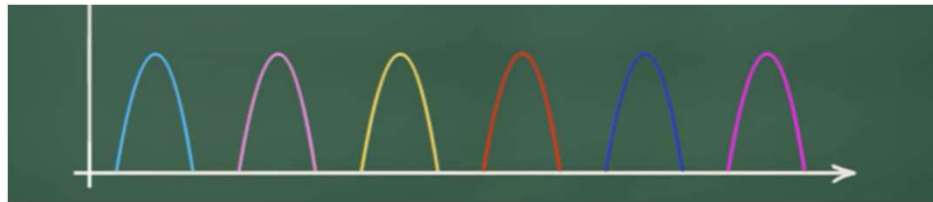
Se necesita redundar y distribuir la información

Intersymbol Interference (ISI)



Conviene un símbolo largo

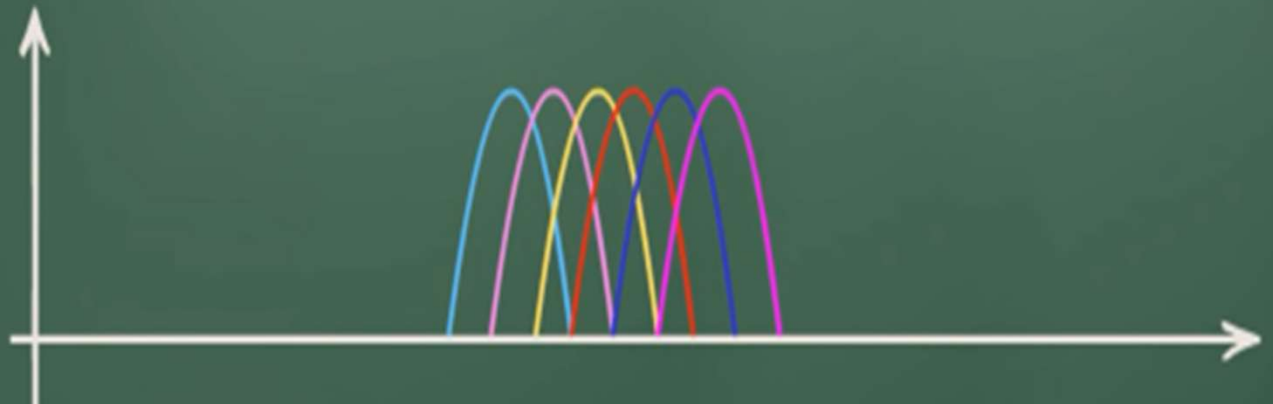
FDM



Las señales moduladas se separan para evitar solapamiento

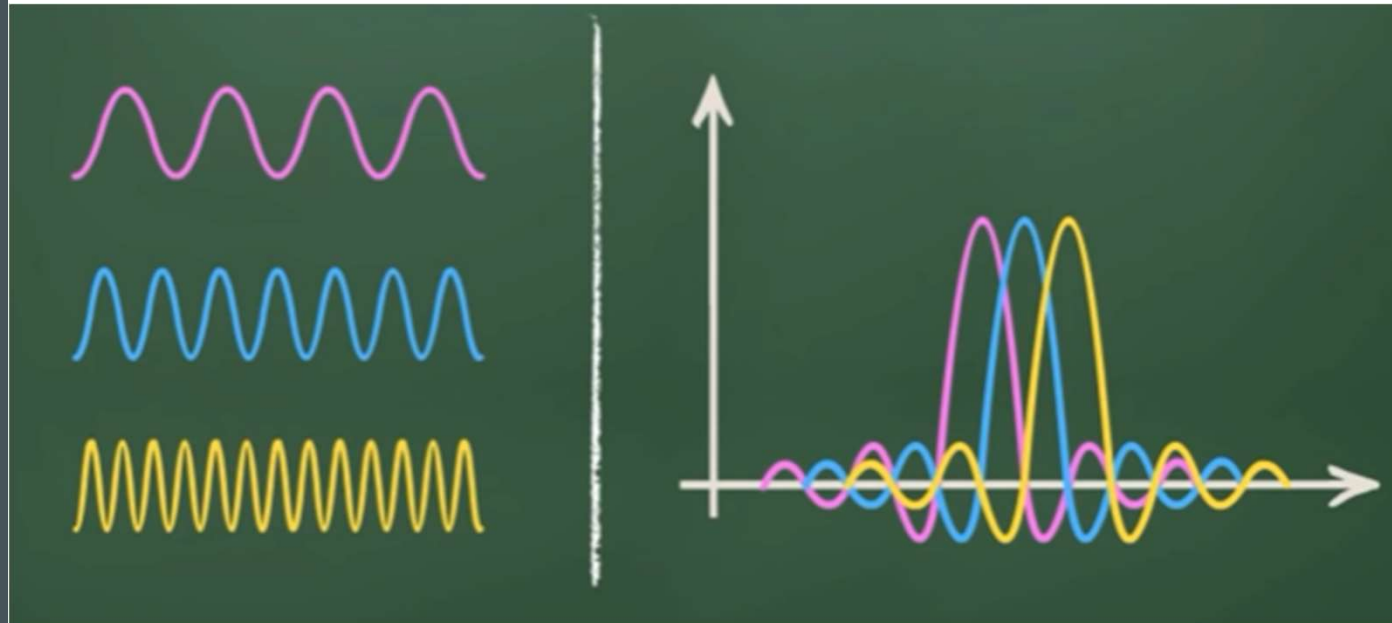
¿EN QUE CONSISTE OFDM?

- El sistema OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing o Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias *ortogonales* entre sí, donde cada una transporta información.



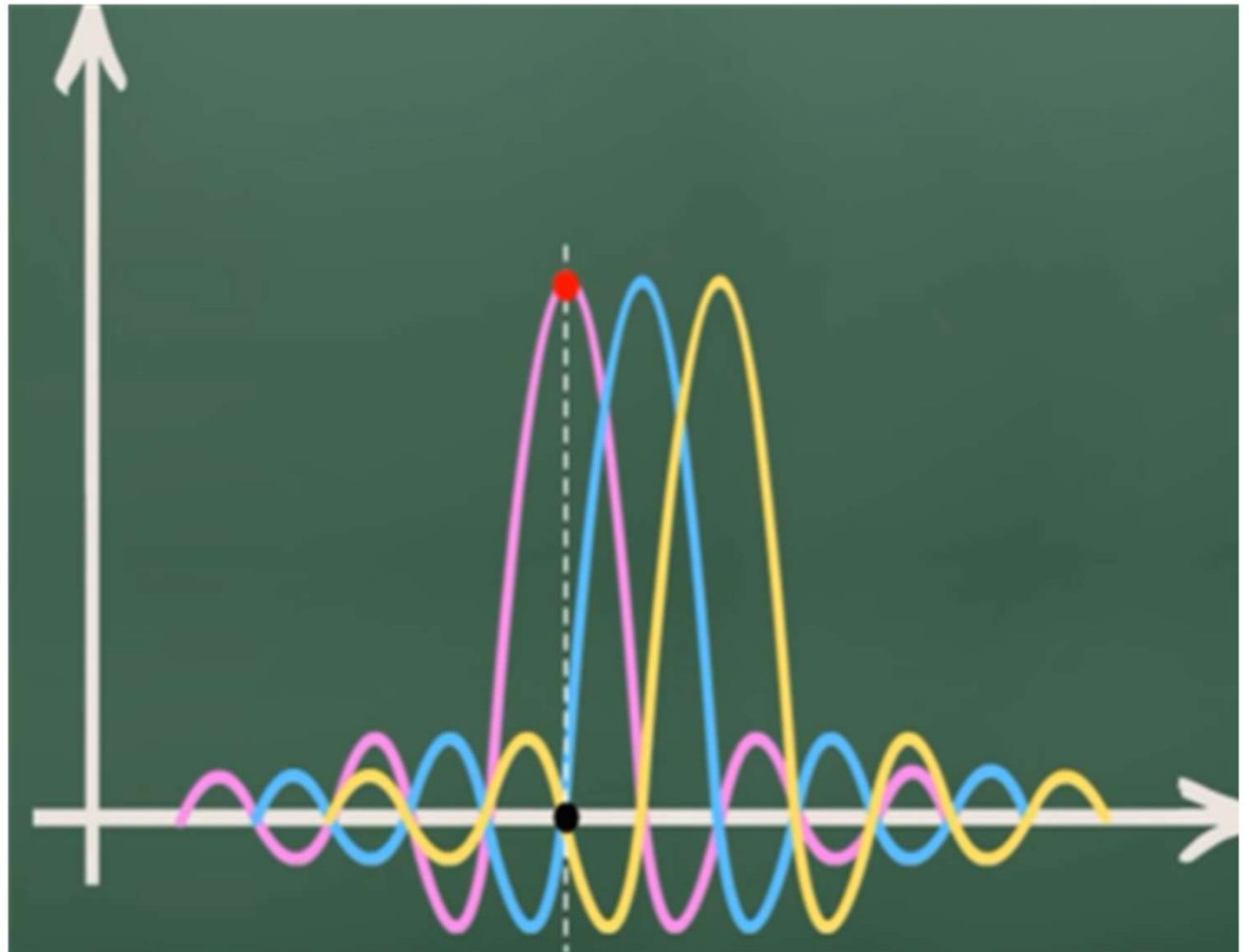
REPRESENTACIÓN POR ONDA Y REPRESENTACIÓN ESPECTRAL

Cuando la relación entre dos frecuencias es un número entero impar se dice que son armónicas y ortogonales.



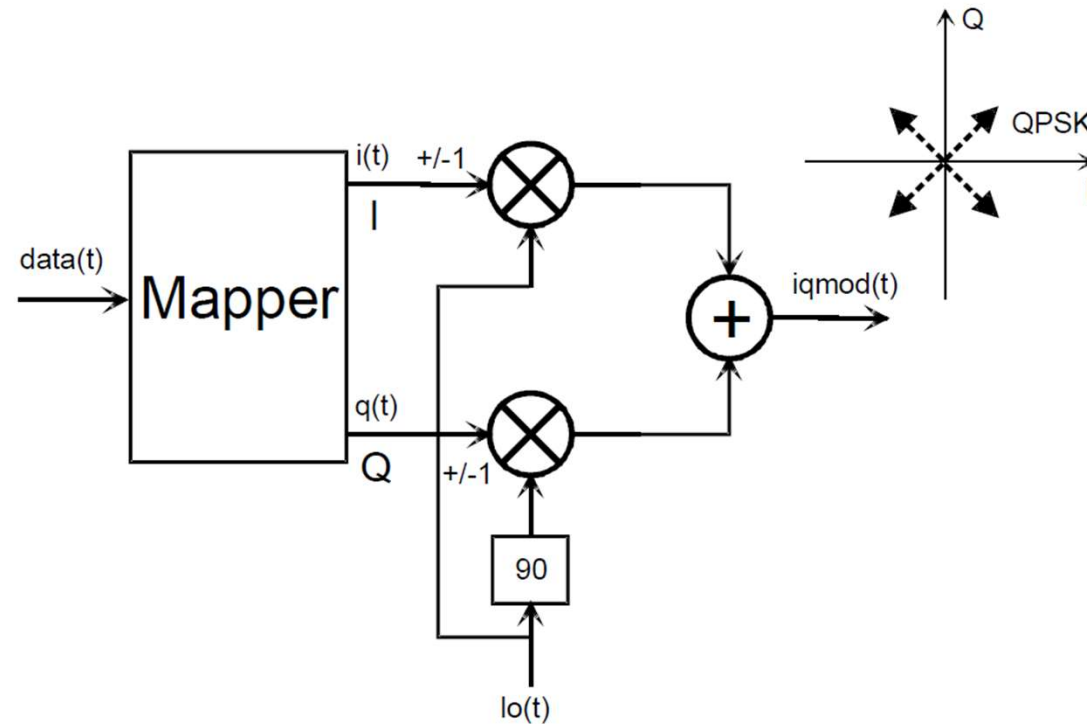
- Se puede ver visualmente que durante los picos de cada señal, las demás señales pasan por el eje x , es decir valen 0.

- Esto permitirá luego al multiplexor separar esta combinación en sus respectivas componentes gracias a esta característica.



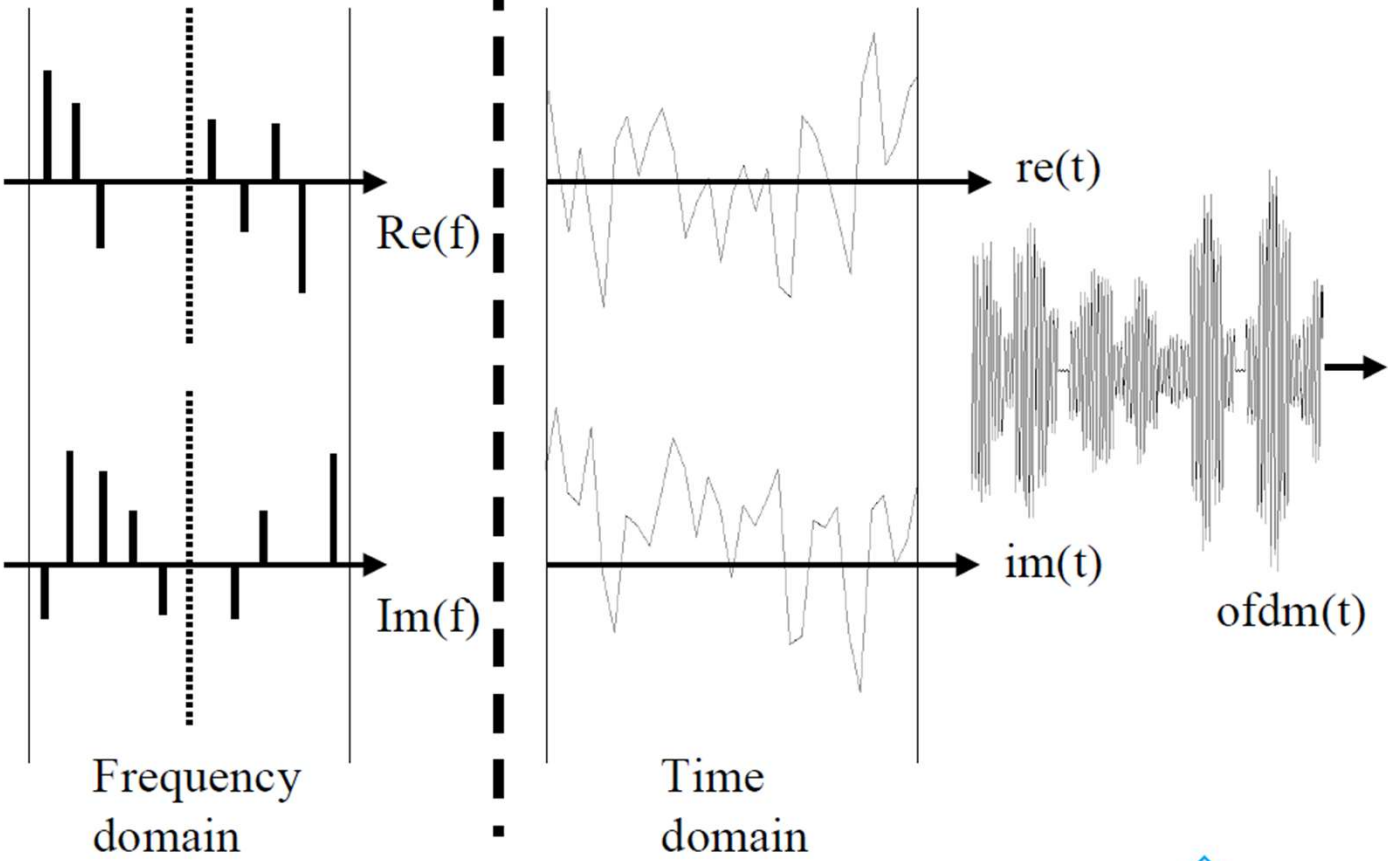
Modulador IQ

Los indican
Amplitud en
I, Q para una
Sola frecuencia



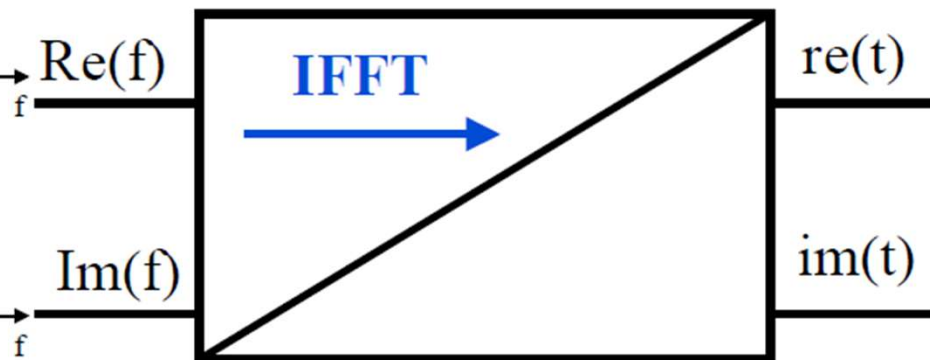
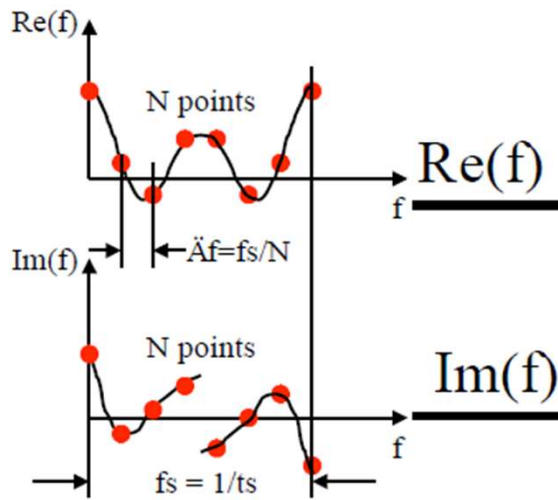
Algo que mapee datos de múltiples frecuencias a tiempo

....

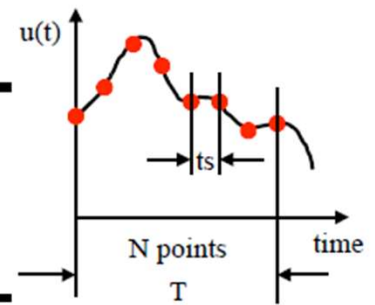


iFFT

Frequency domain



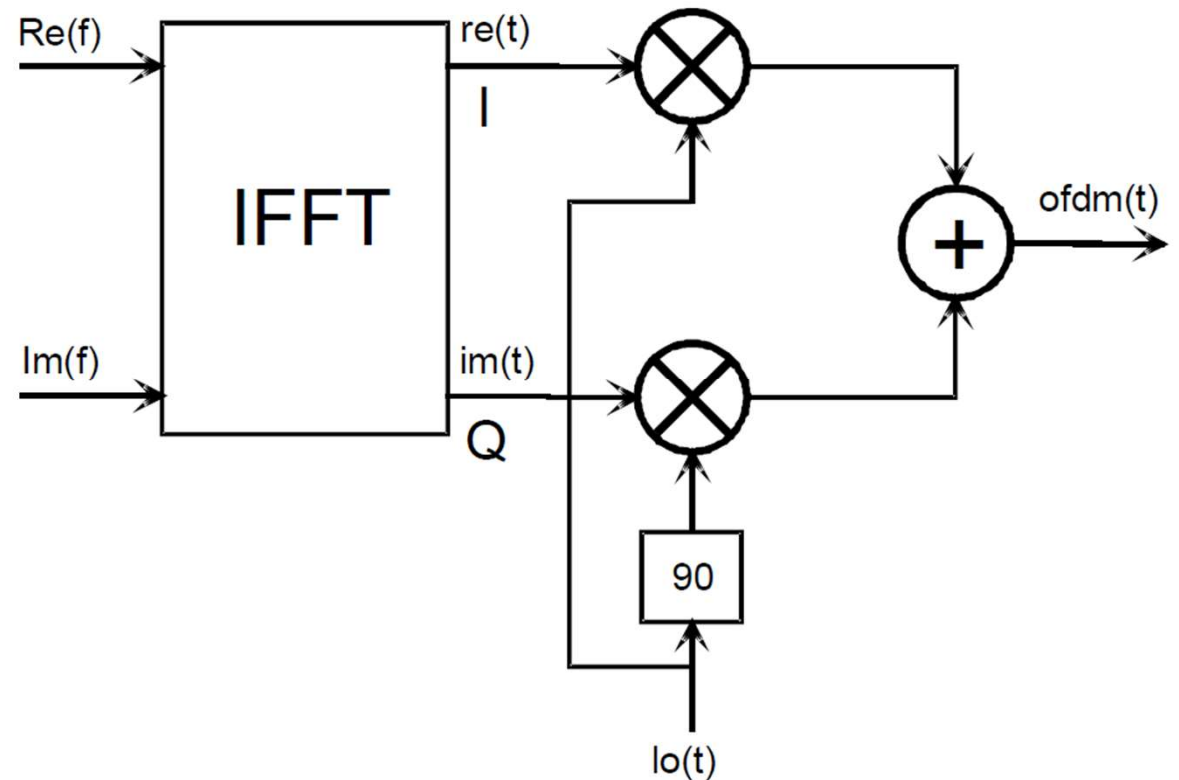
Time domain



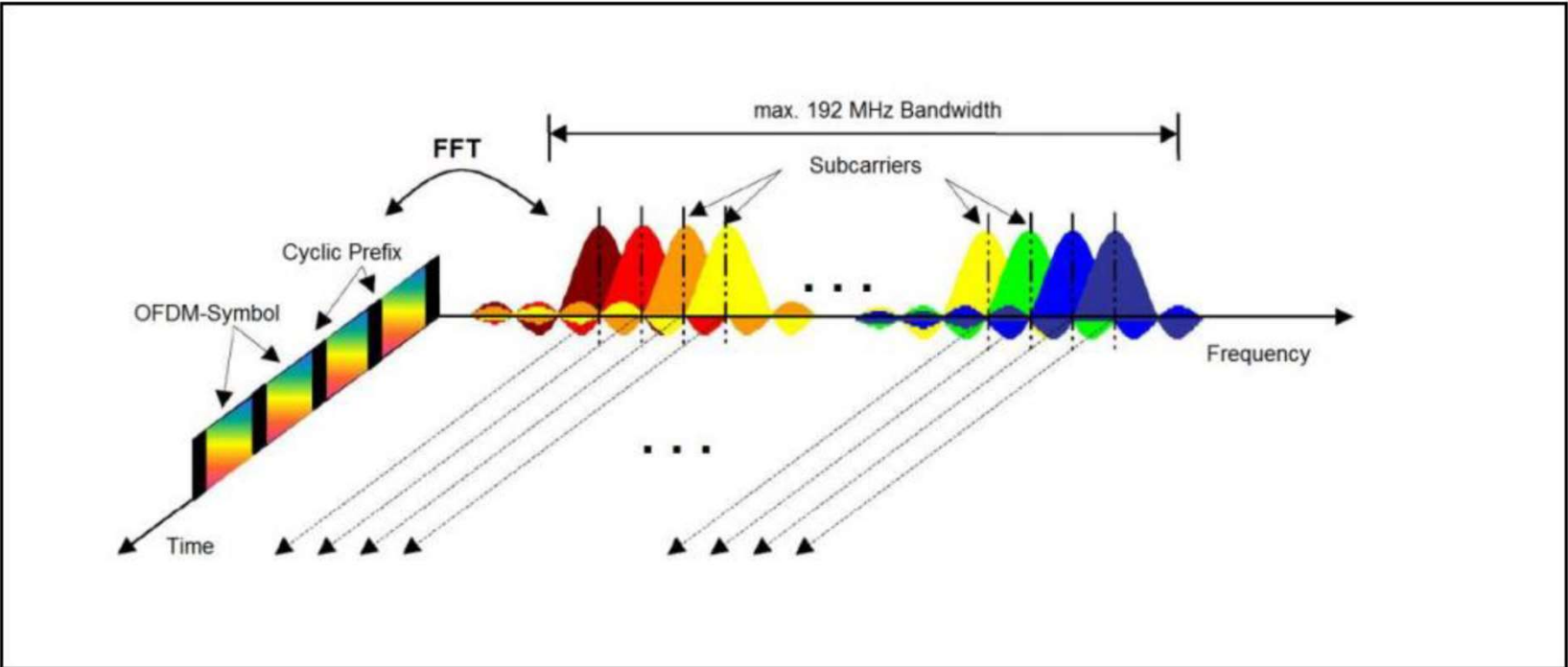
....

Generación de OFDM

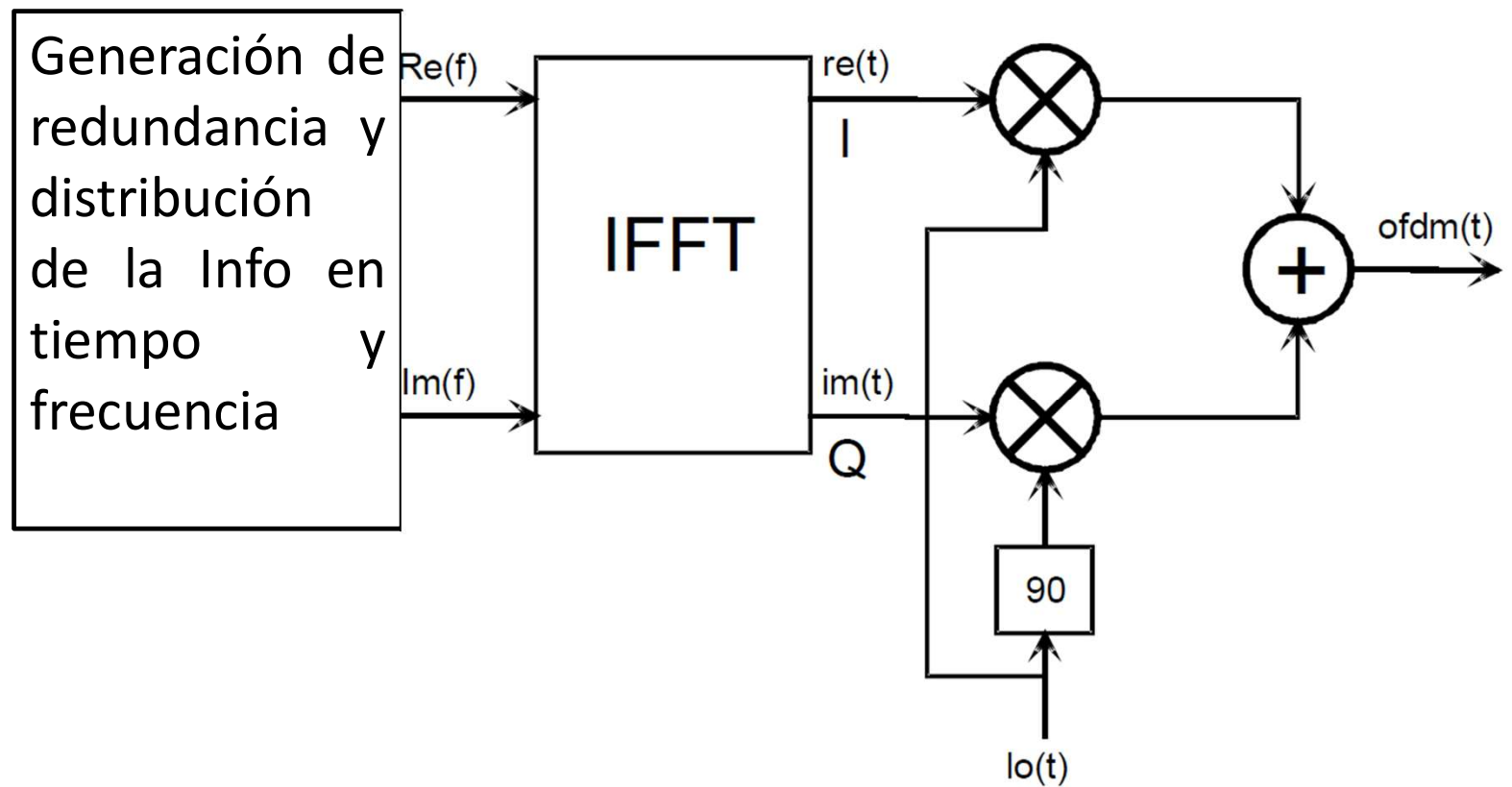
IFFT: recibe la definición de las amplitudes para cada frecuencia y entrega el valor de la magnitud temporal



OFDM en frecuencia y tiempo



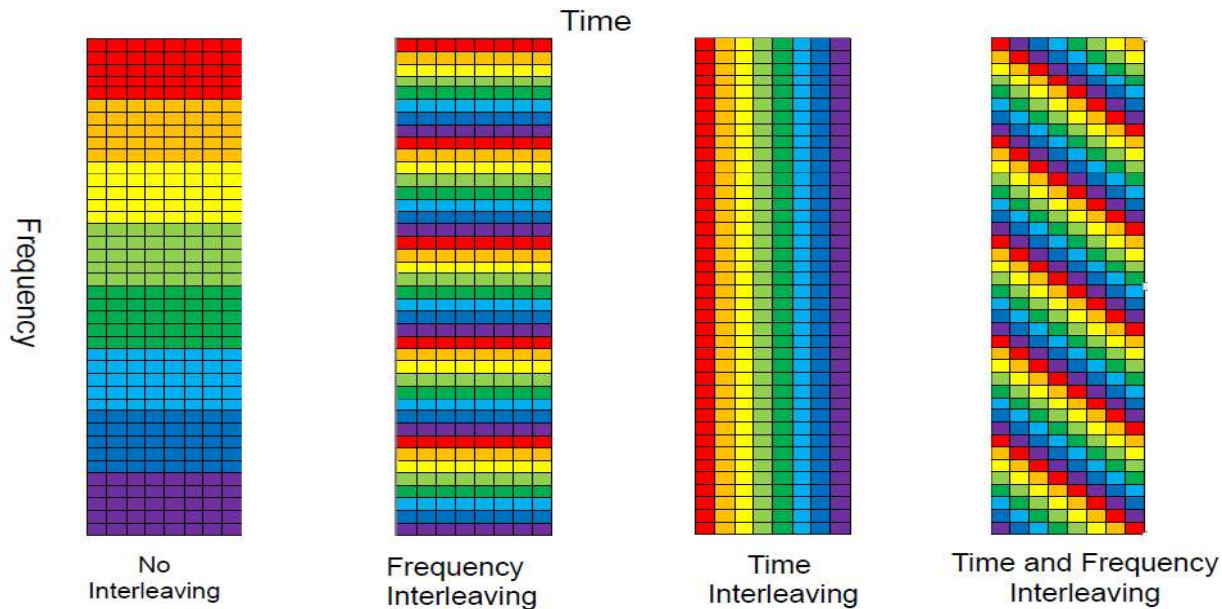
Generación de COFDM



Distribución de info

Ejemplo Docus

Transmisión de Codewords (el dato que se desea transmitir)

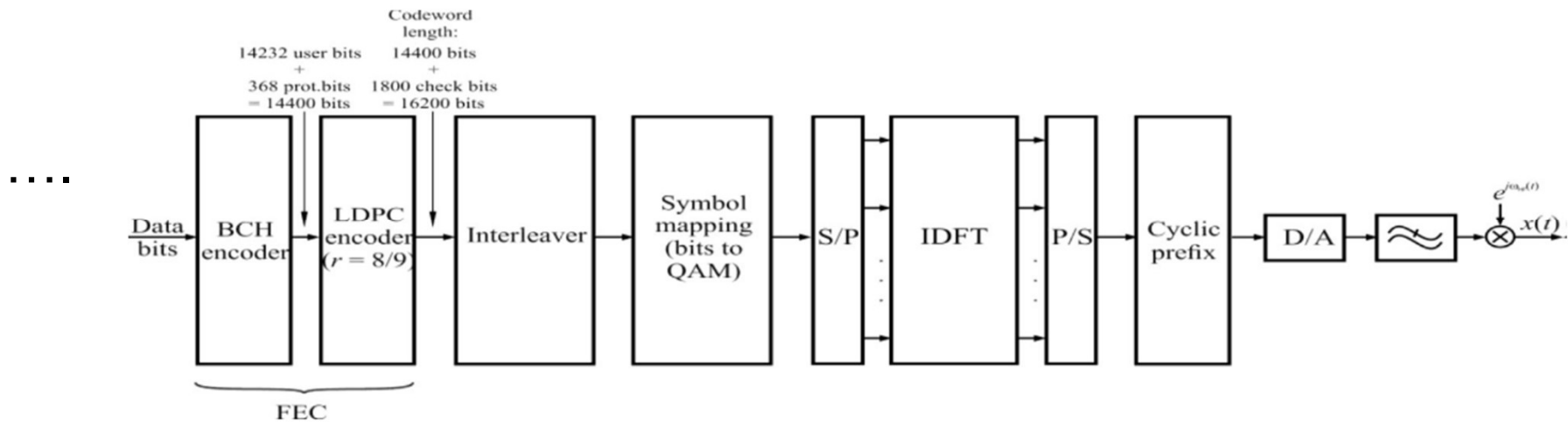


Están repartidos en:
Frecuencia
(entre subportadoras)

Tiempo
(entre Time Slots o
Símbolos)

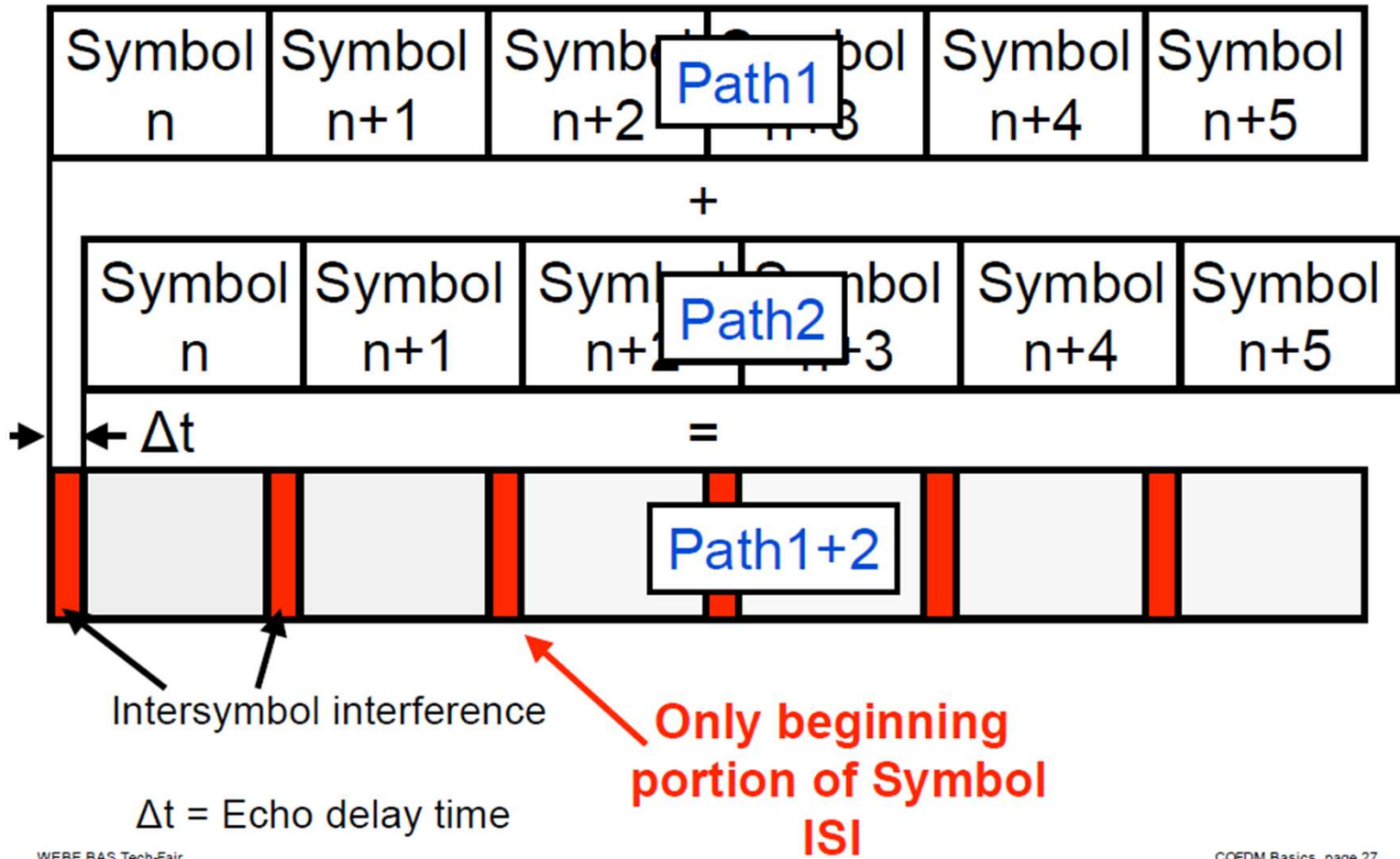
Modulación COFDM – Esquema del transmisor

Ejemplo Docsis



- BCH + LPDC: FEC (corrección de errores)
- Interleaver: Reducción de burst error
- Symbol mapping: crea la constelación de símbolos QAM
- S/P: Conversor Serie-Paralelo
- IDFT transformada inversa de Fourier Discreta (Frecuencia-Tiempo)

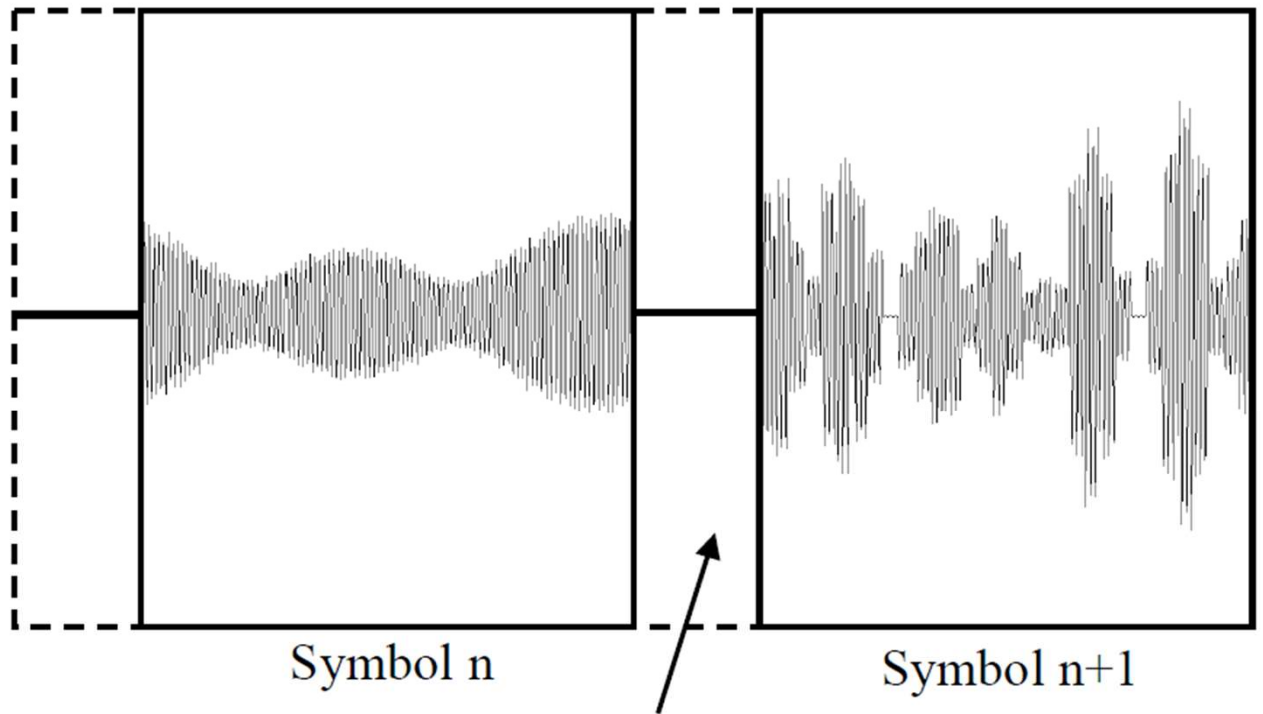
Intersymbol Interference (ISI)



Conviene un símbolo largo

Intervalo de guarda

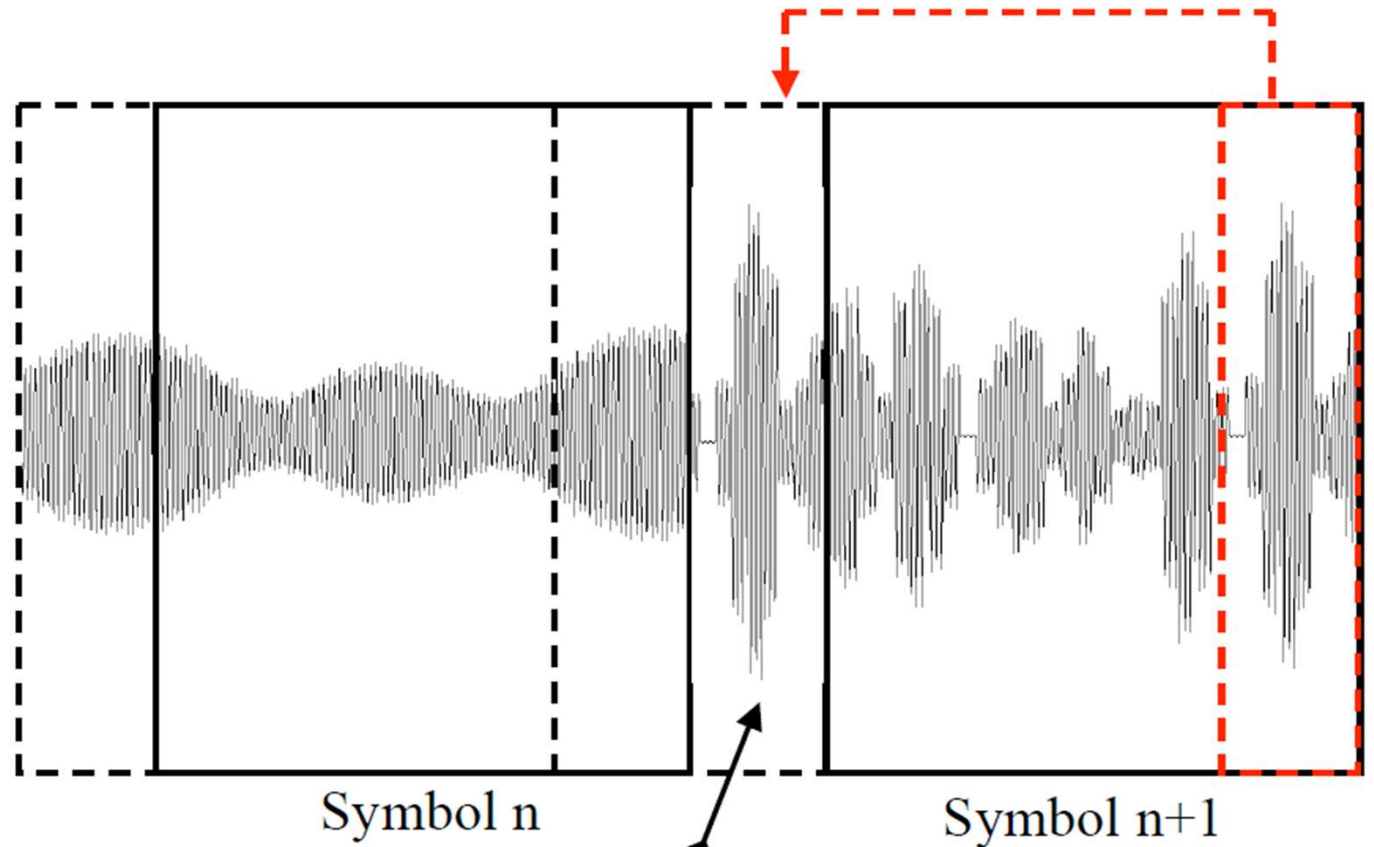
Si no se transmite nada se anula la ortogonalidad



Note: Can't be Blank
This will destroy Orthogonality

Prefijo cíclico

Se retransmite
al inicio el valor
final del simbolo

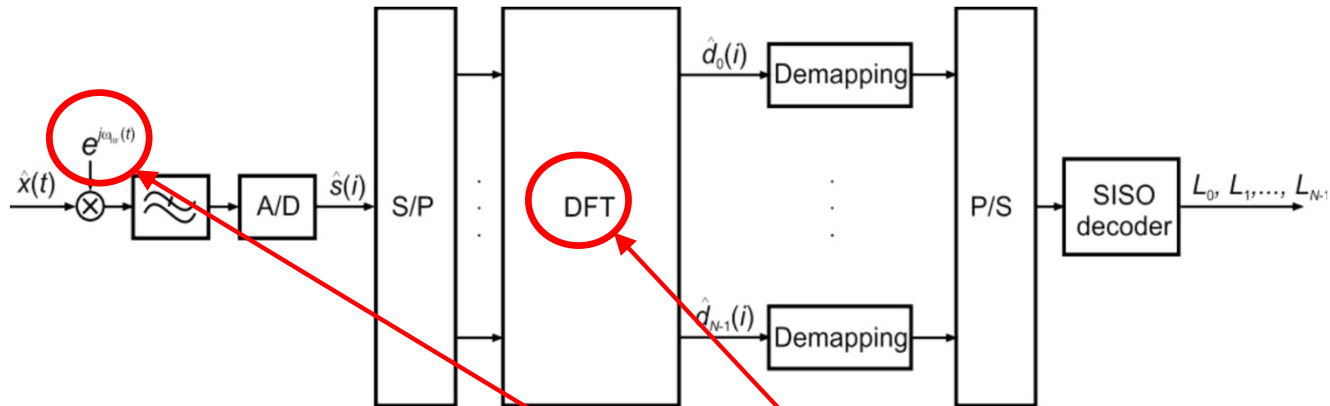


Guard Interval

Note: Cyclic Extension
Preserves Orthogonality

Modulación OFDM – Esquema del receptor

Ejemplo Docsis



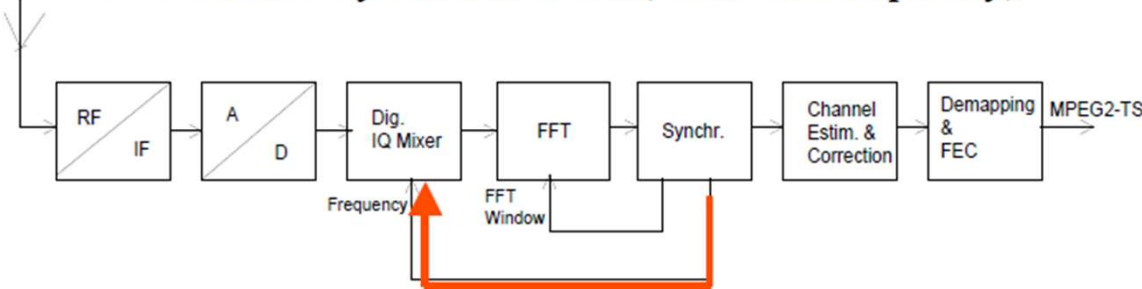
- SISO: Soft-in Soft-out – decodifica los bits de paridad del LDPC
- DFT: Discrete Fourier Transform
- P/S: Paralelo-serie

Sincro frecuencia y tiempo!!!

Sincronización frecuencia y tiempo

Receptor DVB-T

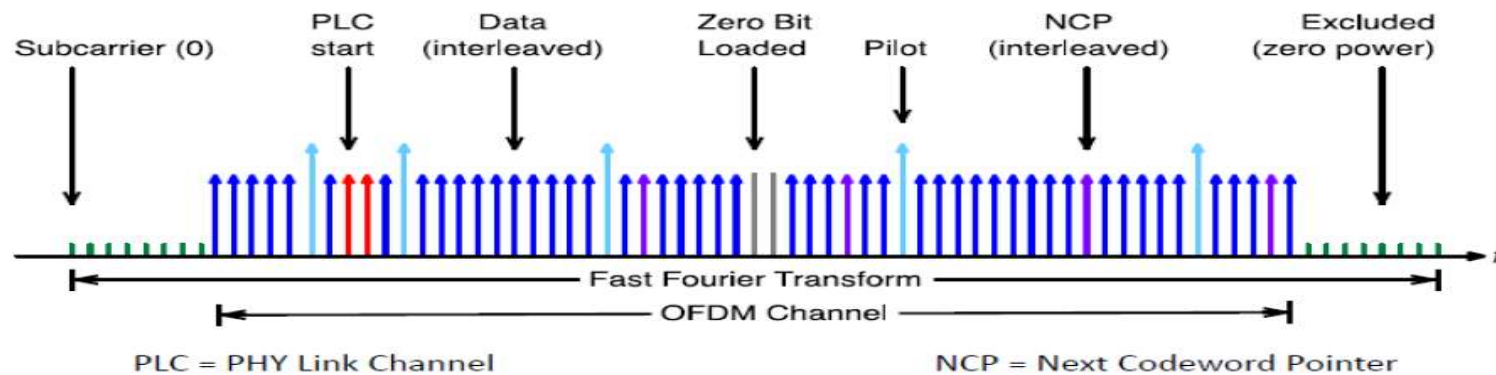
1. Receiver Synchronization (Time & Frequency)



DVB-T Receiver : simplified Block Diagram

Info en el símbolo para sincro

Ejemplo Docsis



Tipos de Señales:

- Data Subcarriers
- PLC (Physical Link Channel)
- NCP (Next Codeword Pointer)
- Continuous Pilots
- Scattered Pilots

Modulaciones posibles para las subportadoras:

- ▶ Subportadoras de datos en QAM: 16, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096
- ▶ Subportadoras de PLC: BPSK o QPSK
- ▶ Subportadoras de NCP: BPSK o QPSK

Parámetros de una señal OFDM

- Tasa de datos: De 6 Mbps a 48 Mbps
- Tipo de modulación: BPSK , QPSK , 16 QAM y 64 QAM
- Codificación: Convolutacional concatenado con Reed Solomon.
- Periodo de la FFT : También denominado periodo de símbolo , su valor típico es de $1/\Delta = 3.2 \mu\text{seg}$
- Tamaño de la FFT : 64 de los cuales se suelen usar sólo 52 , 48 para datos y 4 para señales piloto
- Separación de frecuencia entre subportadoras: 20 Mhz divididos en 64 portadoras de 0.3125 Mhz.
- Duración del periodo de guarda: Un cuarto de símbolo, es decir, $0.8 \mu\text{seg}$.
- Tiempo de símbolo: $4 \mu\text{seg}$.

Ejemplo

.....

