



Teoria

Modulação OFDM e sua aplicação

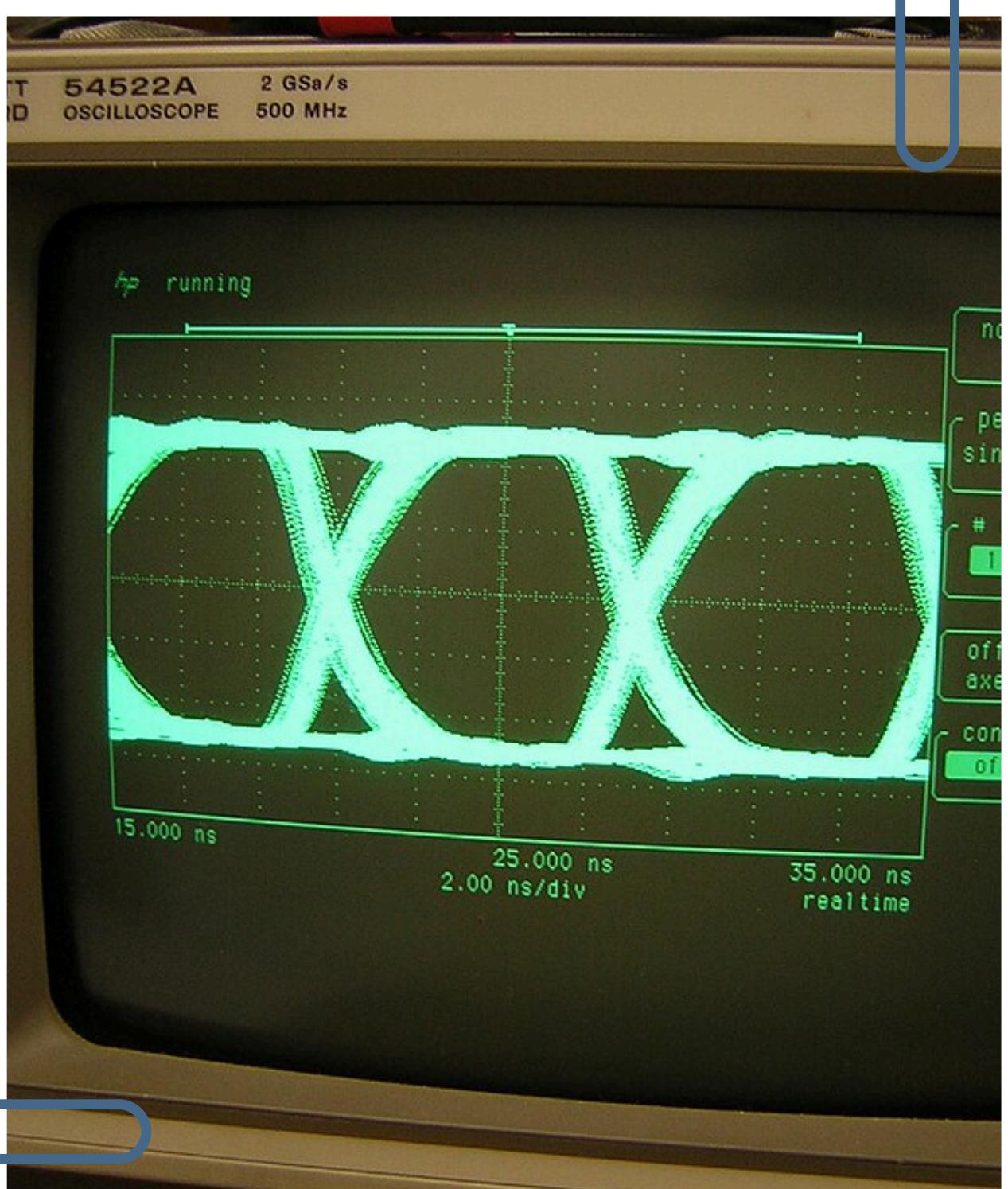
Laboratórios Didáticos para Ensino de Sistemas de
Comunicação em FPGA

Introdução

O Desafio da Comunicação Sem Fio

Em comunicações modernas, como Wi-Fi, 4G e 5G, o sinal transmitido pode refletir em prédios, paredes e objetos, chegando ao receptor por múltiplos caminhos, chamado efeito de multicaminho.

Isso causa interferência intersímbólica (ISI), em que ecos de símbolos anteriores interferem nos novos, distorcendo os dados e reduzindo a qualidade da transmissão.



O que é OFDM?

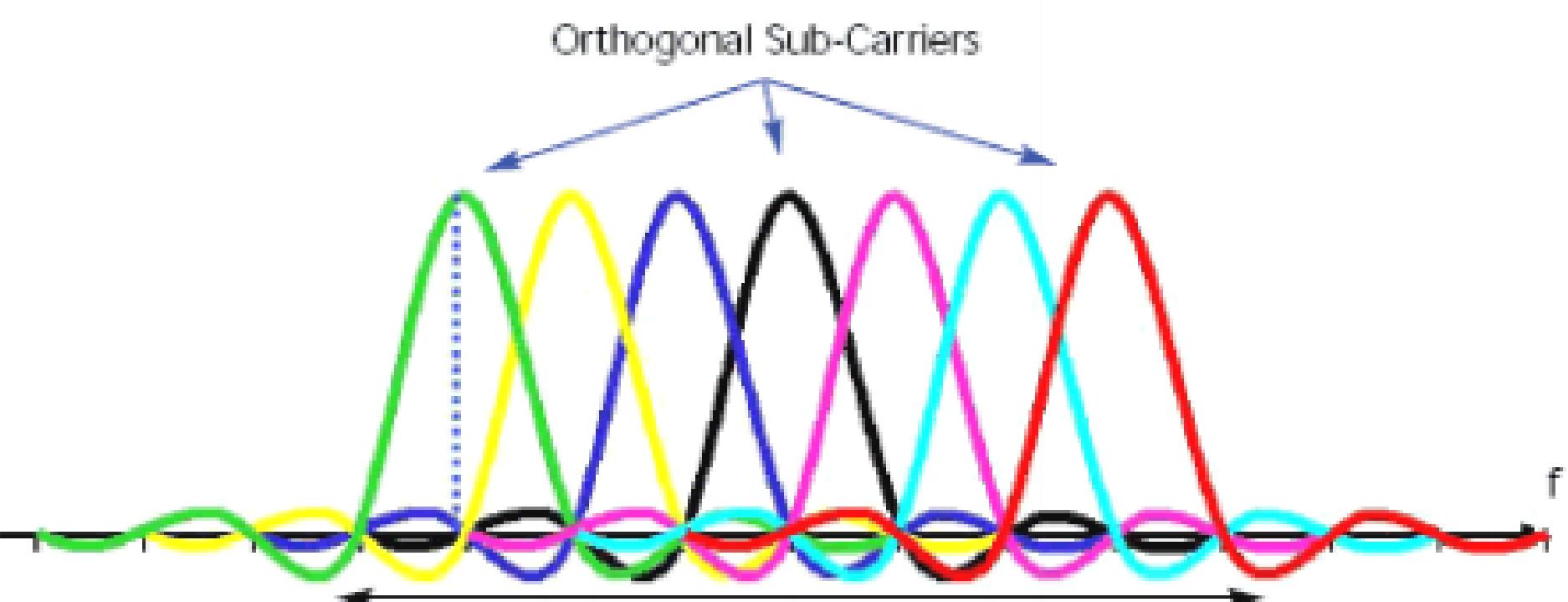
A Solução: Dividir para Conquistar

O OFDM é uma técnica de modulação digital multicarrier que divide o fluxo de dados em vários subfluxos paralelos, cada um transmitido por uma subportadora ortogonal.

Em vez de enviar um único sinal de alta taxa, o OFDM envia muitos sinais lentos simultaneamente, tornando-se mais resistente a interferências e eficiente em banda larga.

O OFDM é a base das comunicações modernas, pois combina alta eficiência espectral, robustez contra interferências e facilidade de implementação digital.

Ele solucionou o problema do multicaminho e permitiu a evolução das redes de alta velocidade que usamos hoje – do Wi-Fi ao 5G.

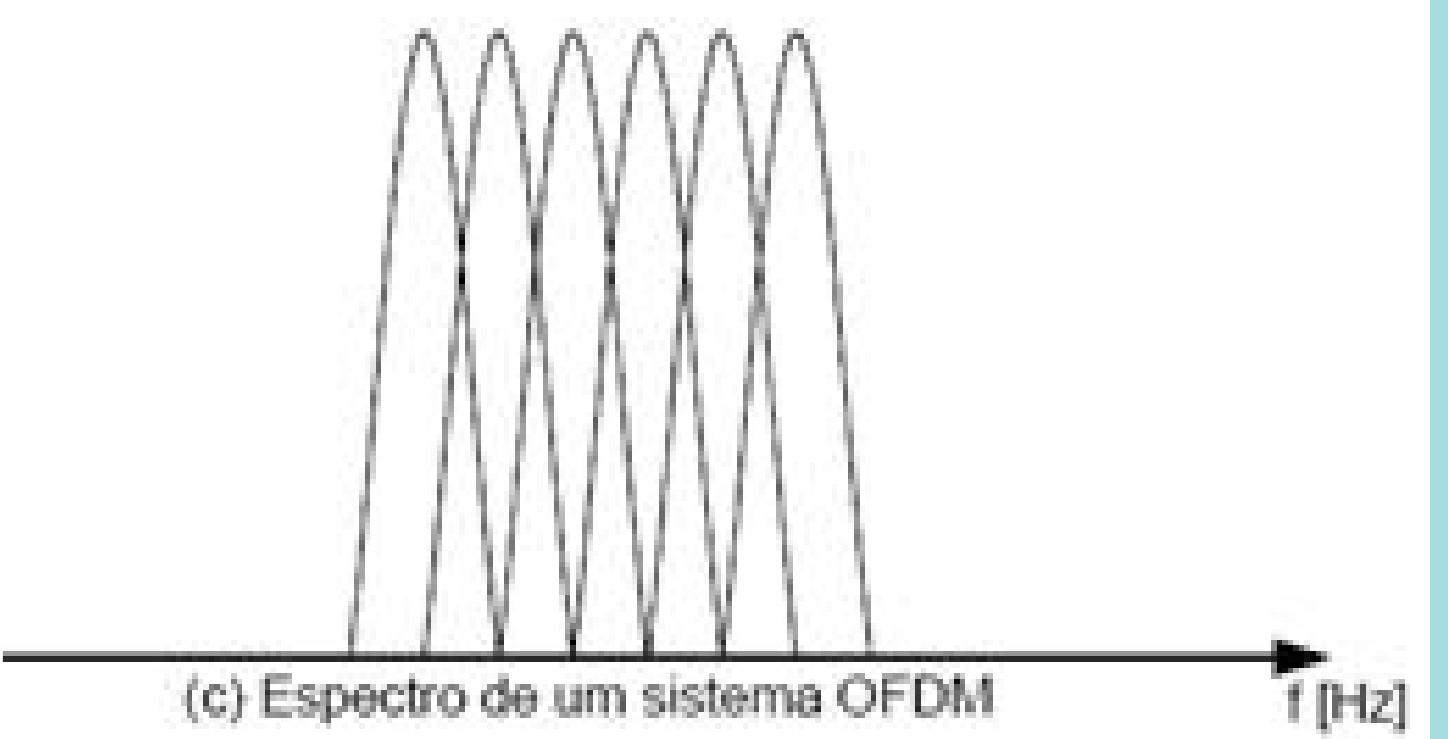


O Conceito Chave: Ortogonalidade

A ortogonalidade garante que as subportadoras não interfiram entre si.

O espaçamento entre elas é definido de forma que o pico de uma subportadora coincide exatamente com o zero das vizinhas.

Isso permite que o espectro seja aproveitado ao máximo, alcançando alta eficiência espectral – transmitindo mais informação em menos largura de banda.



FFT

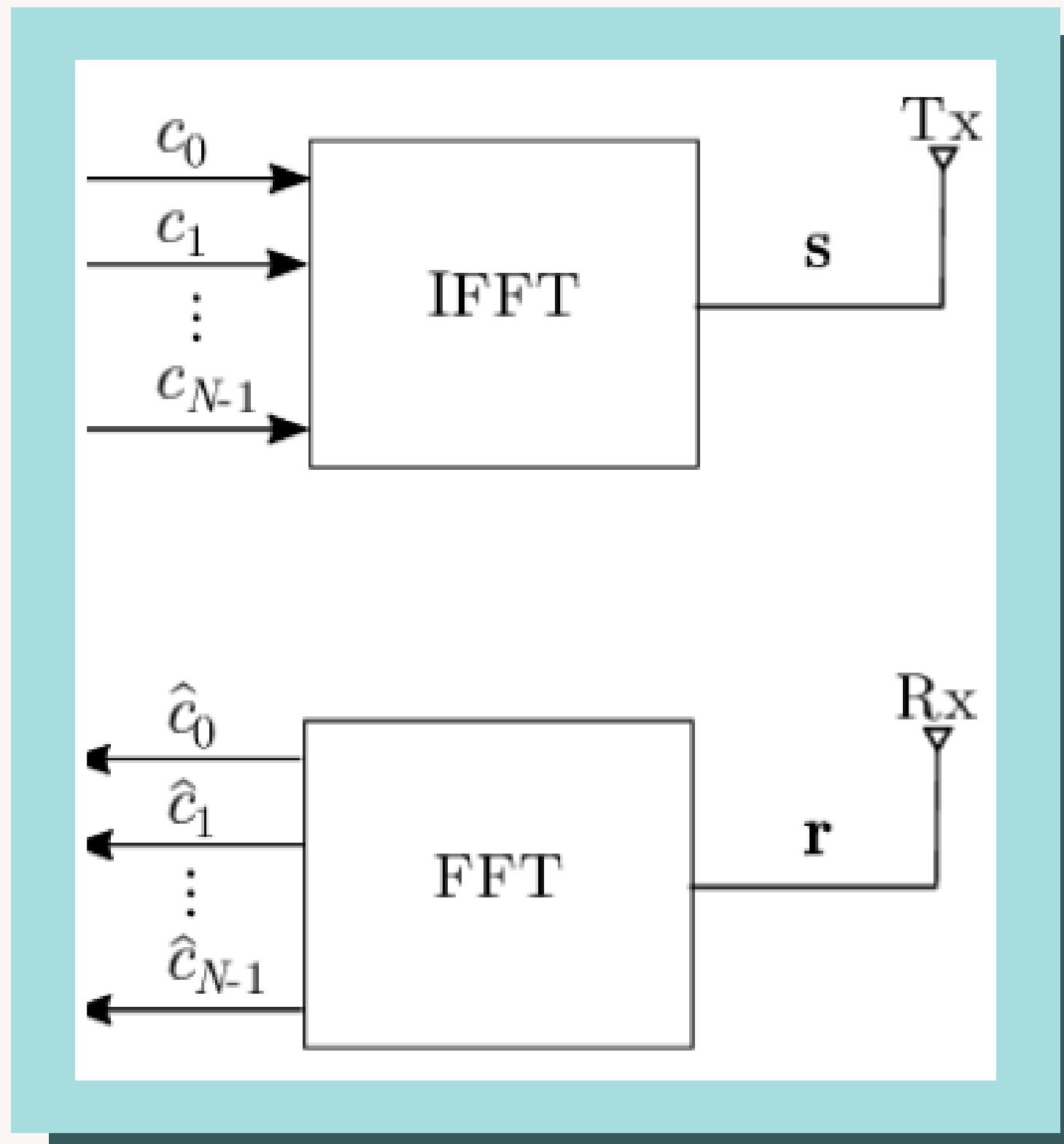
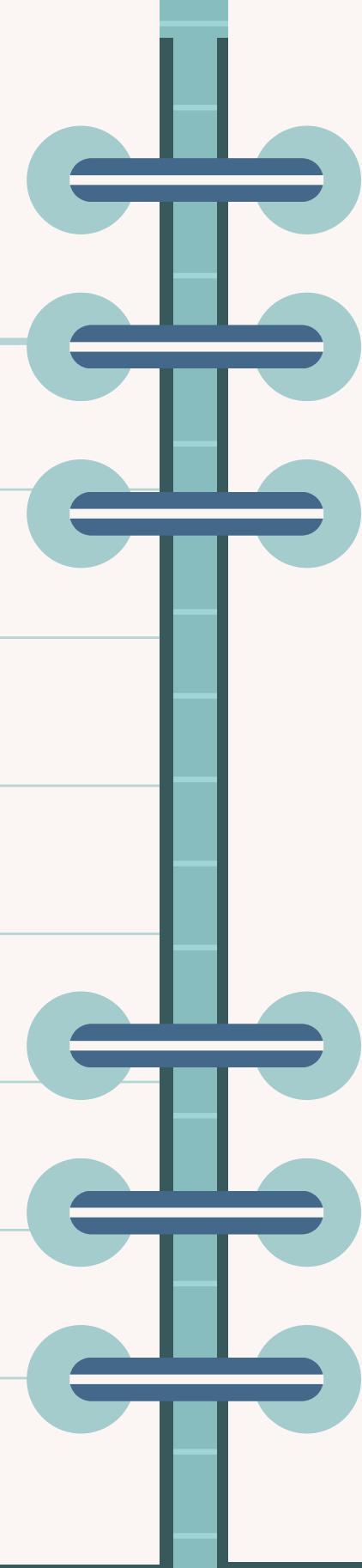
Como Funciona na Prática

Implementar milhares de subportadoras de forma analógica seria caro e complexo.

O OFDM resolve isso digitalmente:

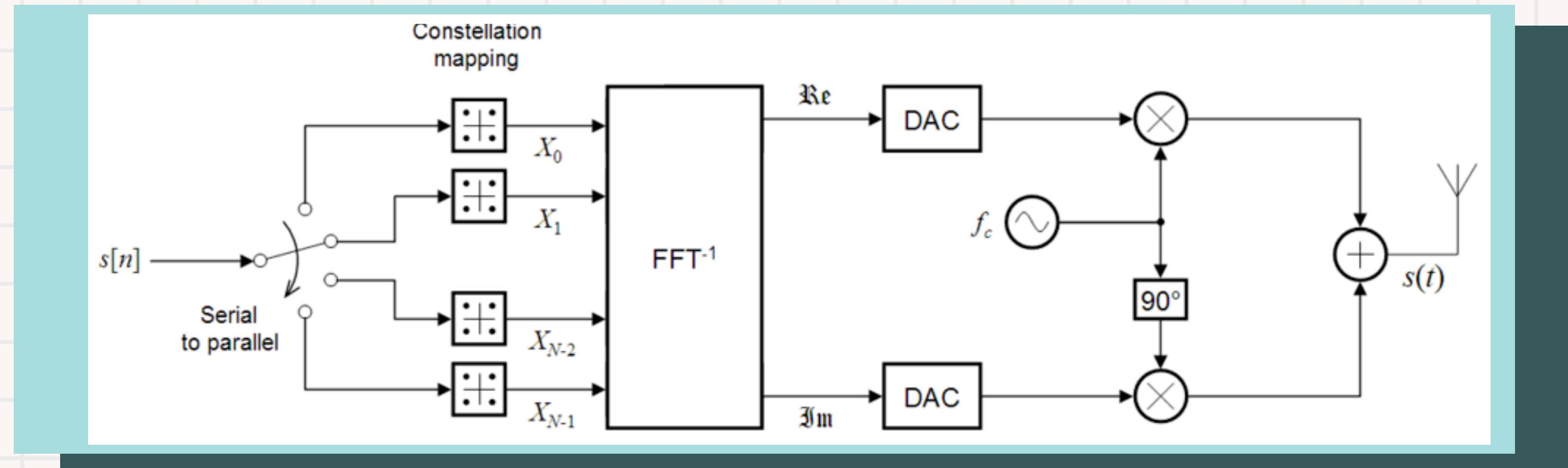
- **Transmissor:** usa a IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) para gerar o símbolo OFDM, combinando as subportadoras.
- **Receptor:** usa a FFT (Transformada Rápida de Fourier) para separar os componentes originais.

Esses algoritmos tornam o OFDM viável e eficiente em hardware digital.

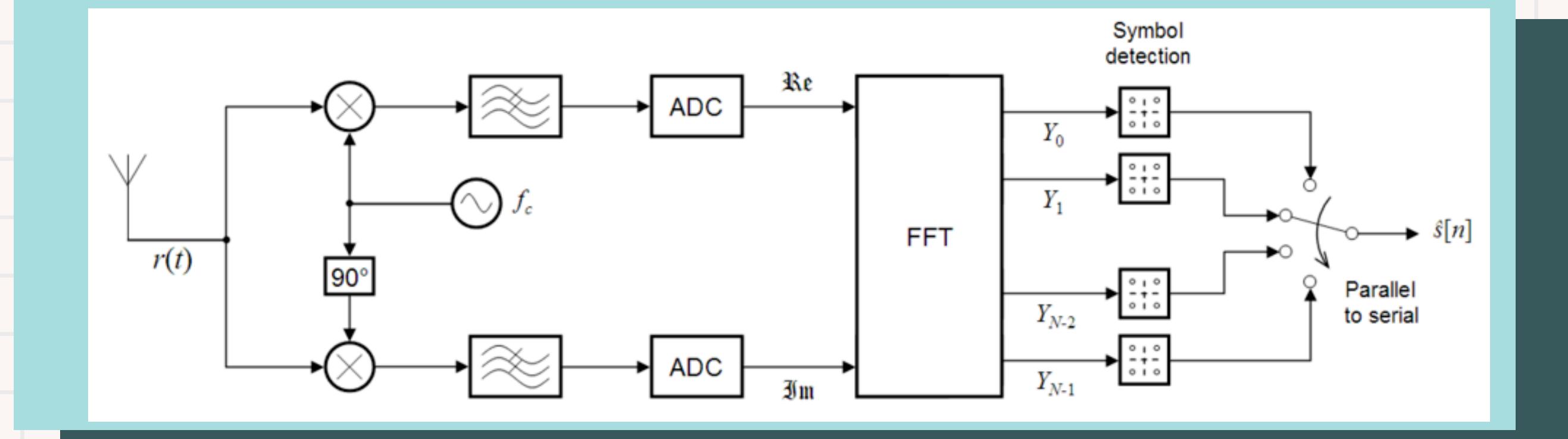


Diagramma

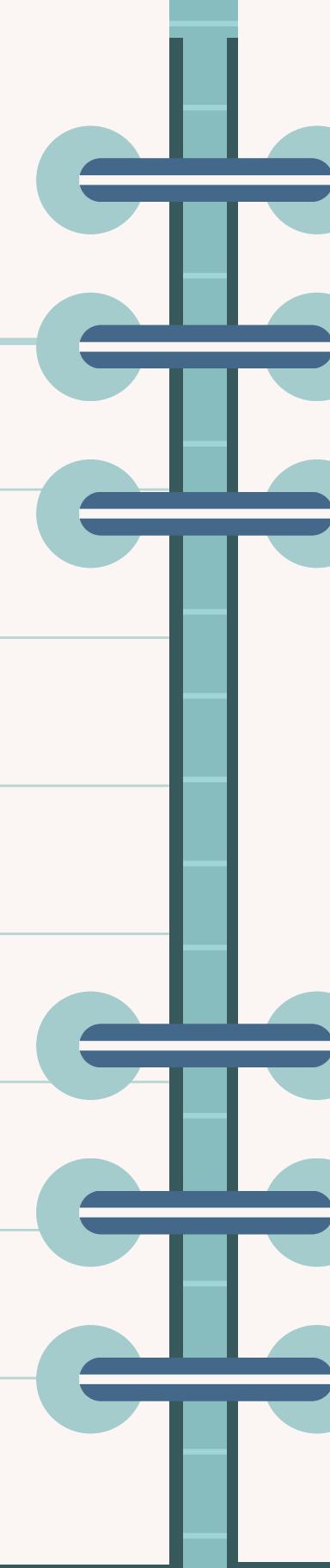
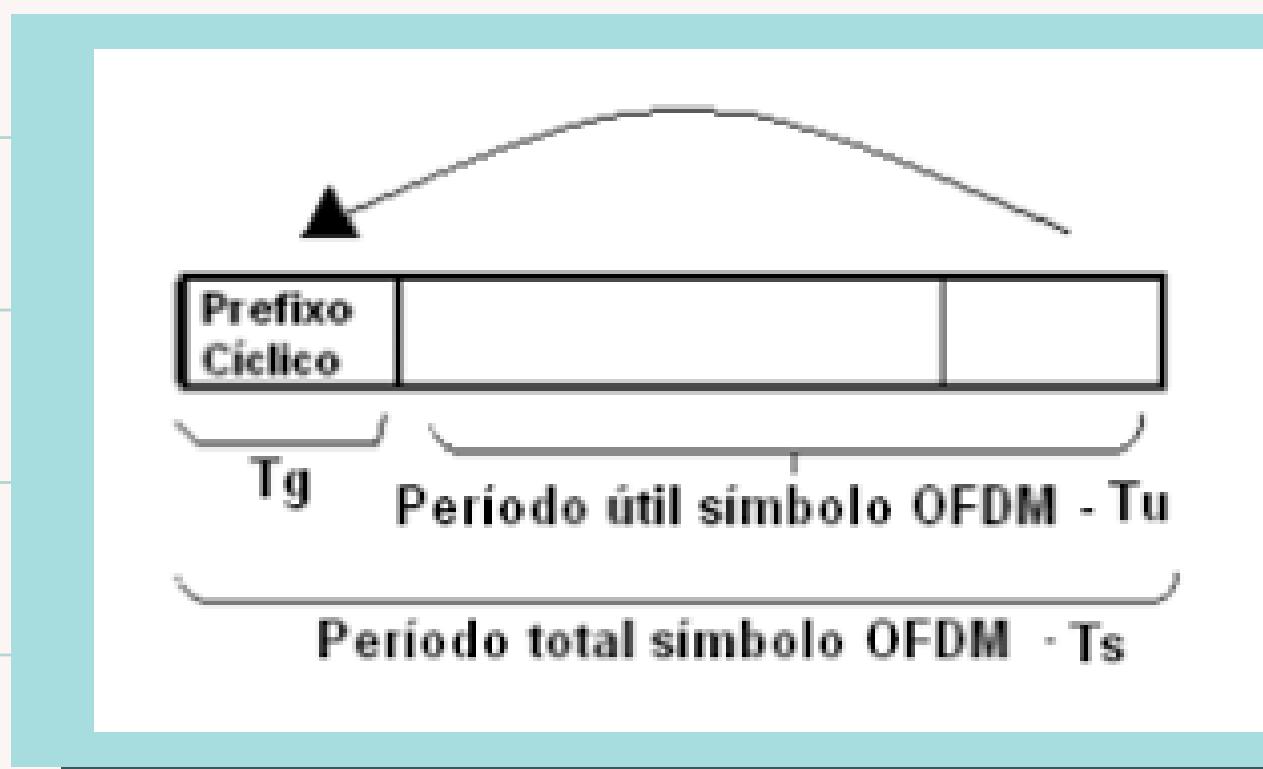
TX



RX



CP



1 O Prefixo Cílico

O prefixo cíclico é uma cópia do final do símbolo OFDM, inserida no início de cada símbolo transmitido.

Ele age como um período de guarda, absorvendo os atrasos causados pelo multicaminho e evitando a interferência entre símbolos.

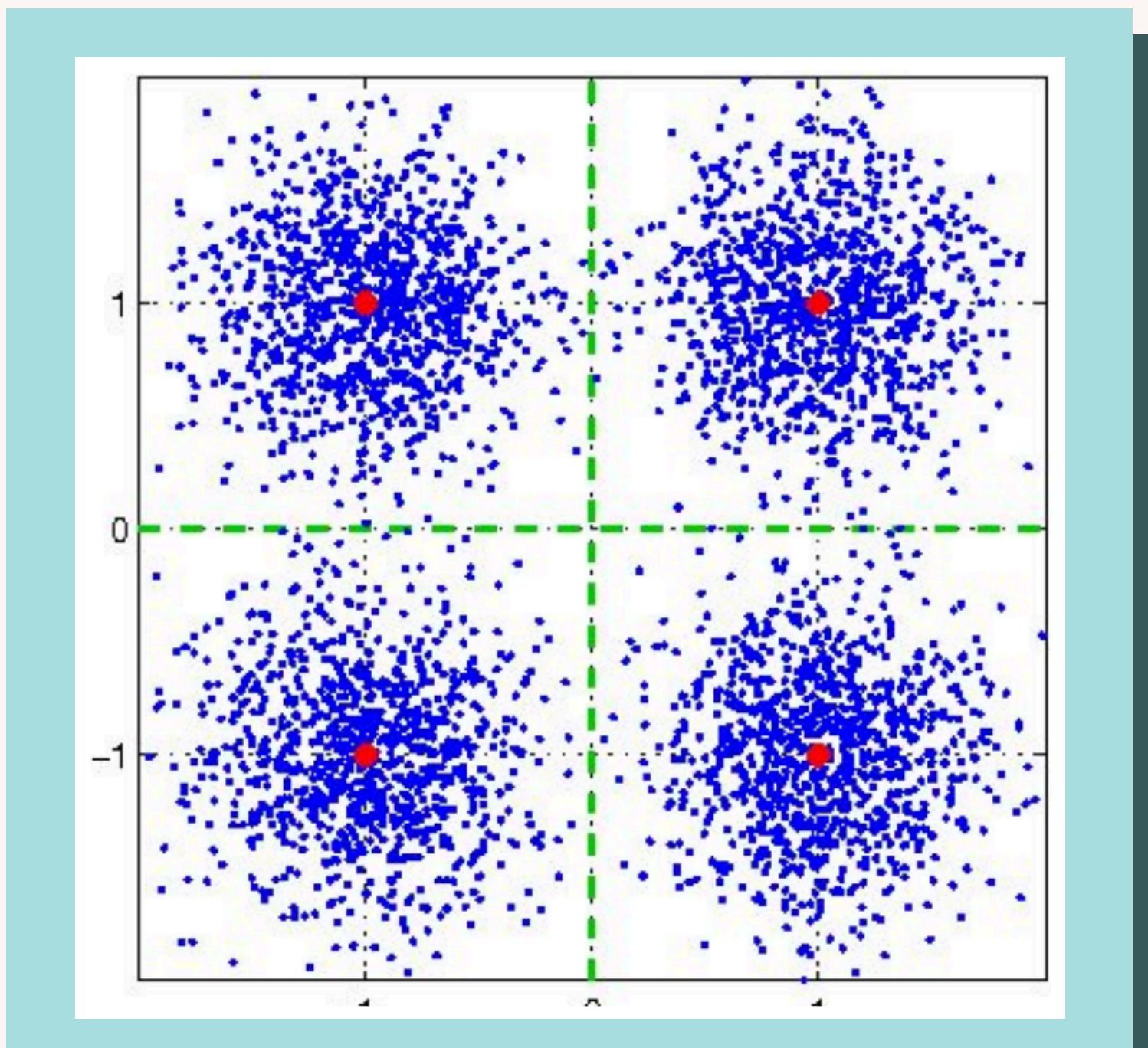
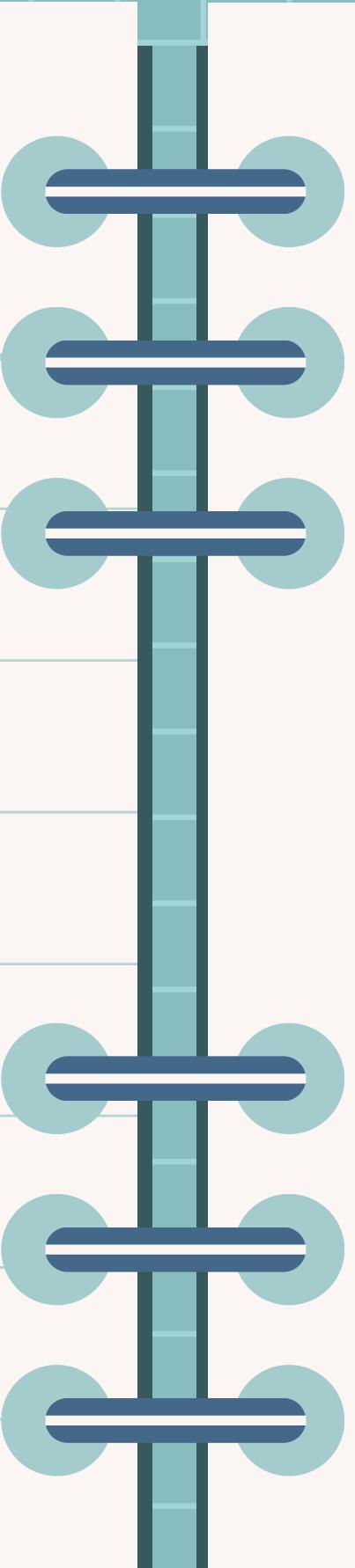
Com isso, o sistema consegue recuperar os dados corretamente, mesmo em canais com ecos e reflexões.

OFDM

Aplicações do OFDM

O OFDM está presente em praticamente todas as tecnologias modernas de transmissão digital:

- Wi-Fi: IEEE 802.11a/g/n/ac/ax
- 4G LTE e 5G NR
- TV Digital
- Rádio Digital: DAB, DRM
- Internet Banda Larga: ADSL, Power Line Communications
- Redes MIMO: múltiplas antenas com múltiplos fluxos OFDM simultâneos





Fim!