

Relatório da Escolha dos Blocos de Implementação no LTE

Faber Bernardo Júnior
Jamilly da Silva Pinheiro
Jéssica Gomes Carrico

16 de setembro de 2025

1 Introdução

Neste trabalho, foram selecionados três blocos fundamentais para a implementação do sistema LTE: **modulação QPSK**, **codificador turbo** e **OFDM**. A escolha desses blocos segue as especificações do **3GPP**, conforme definido nos documentos *TS 36.211 – Physical Channels and Modulation* e *TS 36.212 – Multiplexing and Channel Coding*. Além disso, na recepção do sinal, serão aplicadas as etapas inversas correspondentes: demodulação QPSK, decodificação Turbo e remoção do OFDM.

2 Modulação QPSK

A modulação **QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)** é utilizada para mapear pares de bits (b_i, b_{i+1}) em símbolos complexos $x = I + jQ$, conforme Tabela 1. Este mapeamento permite menor ruído e simplicidade de implementação, adequado para cenários de baixa relação sinal-ruído.

Tabela 1: Mapeamento da modulação QPSK

$b(i), b(i+1)$	I	Q
00	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$
01	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$
10	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$
11	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$	$-\frac{1}{\sqrt{2}}$

3 Codificação Turbo

A codificação de canal é realizada pelo **Turbo Encoder**, implementado como *Parallel Concatenated Convolutional Code (PCCC)*, com dois codificadores convolucionais de 8 estados e um interleaver interno. A taxa de codificação é de 1/3, garantindo bom desempenho na correção de erros, mesmo em condições adversas de canal (TS 36.212). A Figura a seguir demonstra o codificador.

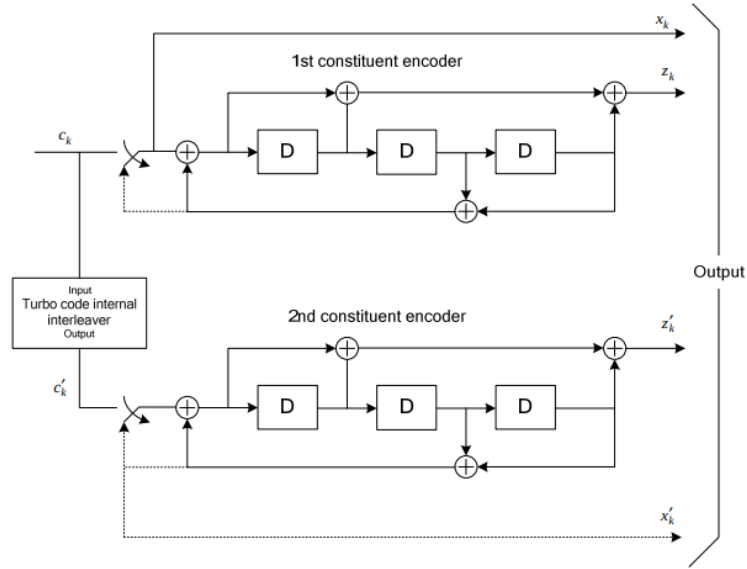


Figura 1: Estrutura do codificador turbo de taxa 1/3

4 OFDM

O OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) organiza o sinal transmitido em múltiplas subportadoras ortogonais. Para LTE:

- Cada recurso em *Resource Block (RB)* possui 12 subportadoras.
- O espaçamento entre subportadoras é $\Delta f = 15$ kHz (padrão LTE).
- O tamanho da FFT depende da largura de banda: 2048 pontos para 15 kHz, 4096 pontos para 7,5 kHz.
- O **prefixo cíclico (CP)** é usado para mitigar interferência intersimbólica (ISI), podendo ser normal ou longo dependendo do slot.

Essa configuração permite maior tolerância a desvanecimentos seletivos de frequência e garante eficiência espectral na transmissão LTE.

5 Conclusão

Foram selecionados os blocos QPSK, Turbo Encoder e OFDM, seguindo as especificações do 3GPP. Essa escolha garante transmissão eficiente, correção de erros e resistência a desvanecimentos, formando a base da cadeia de transmissão LTE.

6 Referências

1. **3GPP TS 36.211 V13.11.0 (2019-07)**. *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation*. ETSI. Disponível em: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136200_136299/136211/13.11.00_60/ts_136211v131100p.pdf.
2. **3GPP TS 36.212 V13.0.0 (2016-01)**. *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding*. ETSI. Disponível em: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136200_136299/136212/13.00.00_60/ts_136212v130000p.pdf.