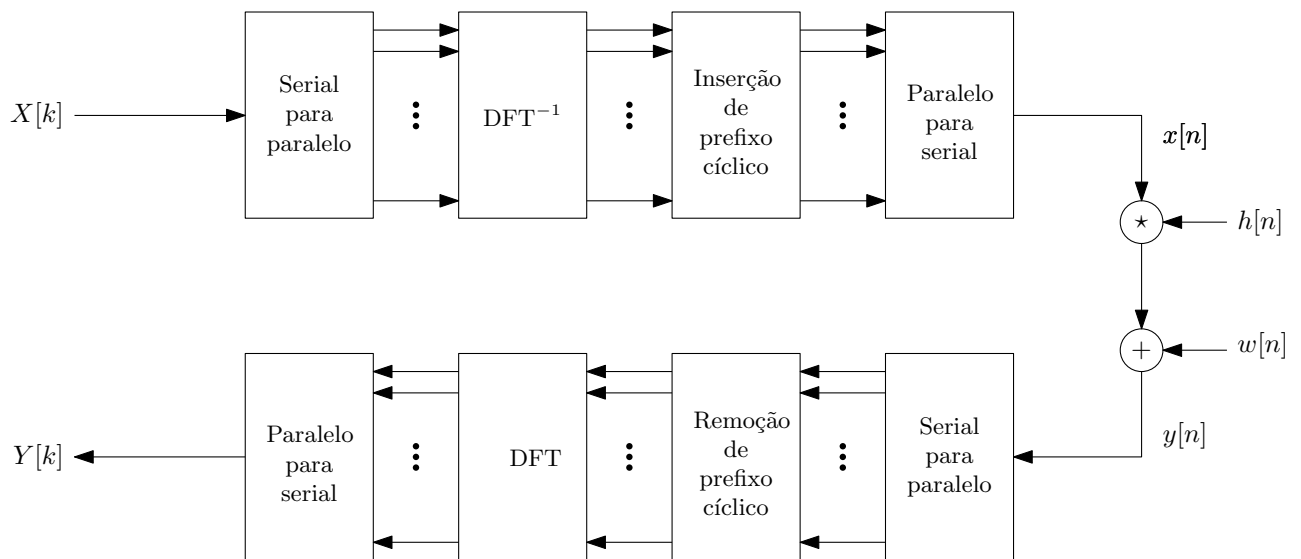


1. (2,0) Considere um sistema de comunicação OFDM, como ilustrado na figura abaixo.



Suponha que a sequência de símbolos a ser transmitida seja

$$X[k] = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ -1 & -1 \\ -1 & +1 \\ -1 & +1 \end{bmatrix}.$$

Assumindo  $N = 4$  subportadoras e um prefixo cíclico de tamanho  $\mu = 2$ , determine (no papel) a sequência  $x[n]$  na saída do transmissor OFDM. Em seguida, escreva as funções abaixo, que implementam um transmissor e um receptor OFDM.

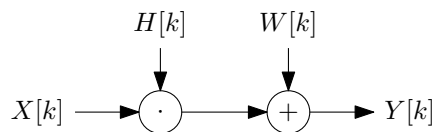
```
function x = ofdm_tx(X, N, mu)
## Entradas:
## X: conteúdo de cada subportadora (matrix complexa N por L).
## N: numero de subportadoras.
## mu: comprimento do prefixo cíclico.
## Saída:
## x: saída do transmissor OFDM (vetor coluna complexo).
...
end
```

```

function Y = ofdm_rx(y, N, mu)
## Entradas:
## y: sinal recebido do canal (vetor coluna complexo).
## N: numero de subportadoras.
## mu: comprimento do prefixo cíclico.
## Saída:
## Y: saída do receptor OFDM (matrix complexa N por L).
...
end

```

2. (2,0) Lembre-se de que, devido ao prefixo cíclico, a relação entre  $X[k]$  e  $Y[k]$  se simplifica como abaixo.



O sinal  $Y[k]$  ainda deve ser equalizado. Escreva a função abaixo, que realiza a equalização de canal (apenas inversão do canal).

```

function X1 = ch_equalizer(Y, N, h)
## Entradas:
## Y: saída do receptor OFDM (matrix complexa N por L).
## N: numero de subportadoras.
## h: coeficientes do canal.
## Saída:
## X1: saída do equalizador (matrix complexa N por L).
...
end

```

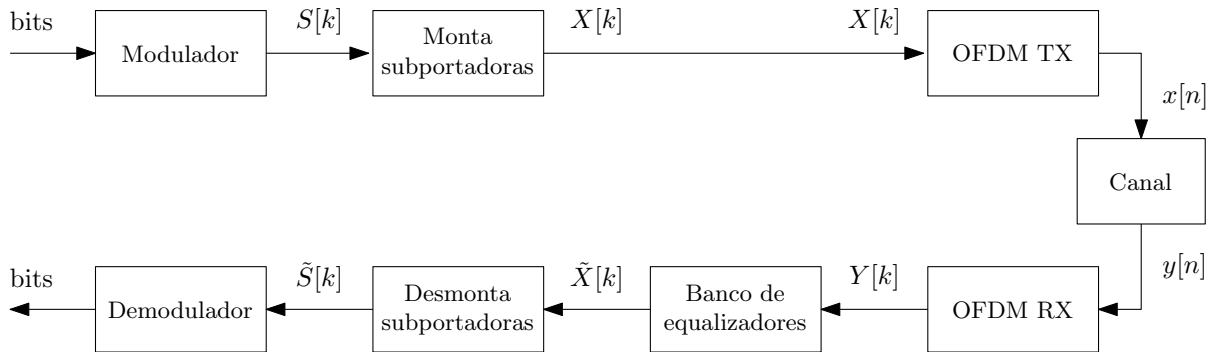
3. (2,0) Utilizando as funções escritas nas Questões 1 e 2, simule o desempenho de erro de bit de um sistema OFDM.

- Modulação BPSK.
- Número de subportadoras:  $N = 16$ .
- Comprimento do prefixo cíclico:  $\mu = 4$ .
- Número de blocos OFDM transmitidos:  $L = 10000$ .
- Canal de comunicação dado por  $h[n] = [1,00 \ 0,25 \ -0,25]$ .
- $E_b/N_0$  variando de  $-2$  a  $10$  dB, com passo de  $1$  dB.

Figura de saída:

- $P_b$  vs  $E_b/N_0$ .

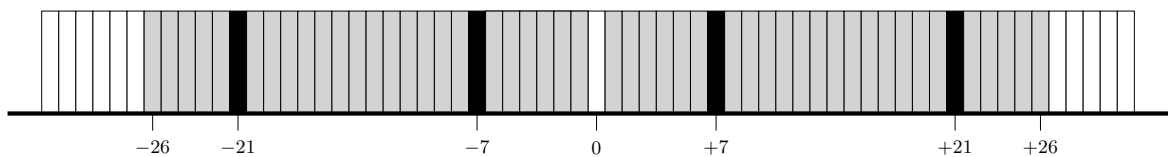
4. Considere o esquema de comunicação abaixo, o qual é aproximadamente baseado no padrão IEEE 802.11a.



Dados:

- Número de subportadoras:  $N = 64$ .
- Comprimento do prefixo cíclico:  $\mu = 16$ .

Assuma que as 64 subportadoras se subdividem da seguinte forma: 48 de dados (cinza), 4 pilotos (preto) e 12 zeradas (branco), conforme figura a seguir. Assuma também que os símbolos piloto (localizados nas portadoras  $-21, -7, +7, +21$  sejam, respectivamente,  $+1, +1, +1, -1$ ).



Escreva as funções abaixo. Considere que as entradas e saídas sejam matrizes com  $L$  colunas, onde  $L$  é o número de blocos OFDM a serem transmitidos.

```
function X = monta_subportadoras(S)
## Entrada:
## S: símbolos complexos contendo informação (48 por L).
## Saída:
## X: conteúdo de cada subportadora (64 por L).
...
end

function S = desmonta_subportadoras(X)
## Entrada:
## X: conteúdo de cada subportadora (64 por L).
## Saída:
## S: símbolos complexos contendo informação (48 por L).
...
end
```

5. (2,0) Utilizando as funções escritas nas Questões 1, 2 e 4, plote as formas de onda no tempo (envoltória instantânea) e os espectros na frequência dos sinais  $x(t)$  e  $y(t)$ , que são as versões analógicas de  $x[n]$  e  $y[n]$ , respectivamente. Além dos parâmetros apresentados na Questão 4, considere:

- Modulação BPSK.
- Número de blocos OFDM transmitidos:  $L = 100$ .
- Canal de comunicação dado por  $h[n] = [1,00 \ 0,50 \ -1,25 \ 0,25 \ -1,25]$ .
- Ausência de ruído.
- Taxa de símbolos na saída:  $R_s = 20$  Mbaud.