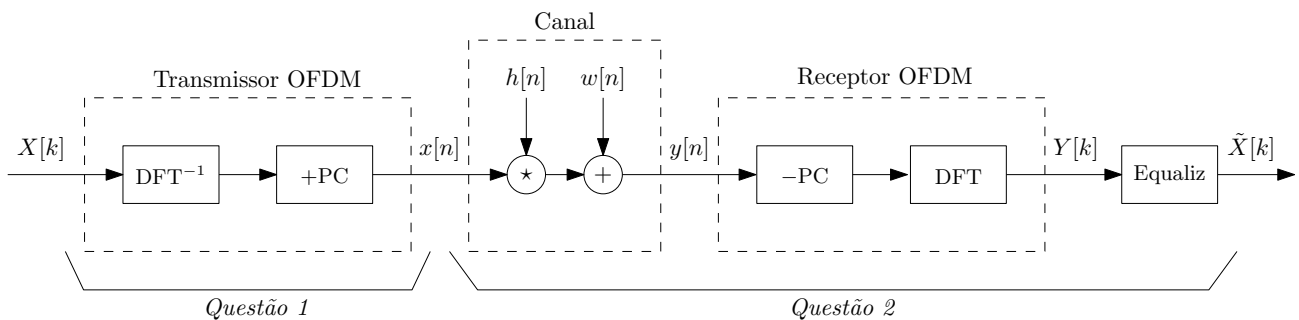


Considere um sistema de comunicação OFDM, como ilustrado na figura abaixo.



1. Escreva uma função que implementa um **transmissor OFDM**, tendo como entradas:

- A sequência de símbolos da modulação, $X[k]$.
- O número de subportadoras, N .
- O comprimento do prefixo cíclico, μ .

E como saída:

- A sequência a ser enviada pelo canal, $x[n]$.

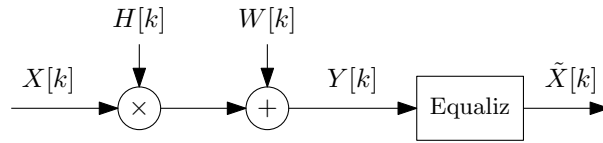
Para testar a sua função, utilize como entradas:

- $X[k] = [+1, +1, -1, -1, -1, +1, -1, +1]$.
- $N = 4$.
- $\mu = 2$.

A saída deverá ser:

- $x[n] = [0, \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2} + j\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}, -1, 0, 0, 0, -1, 0]$.

2. Lembre-se de que, devido ao prefixo cíclico, a relação entre a entrada $X[k]$ e a saída $Y[k]$ se simplifica para $Y[k] = H[k]X[k] + W[k]$, em que $H[k]$ é o ganho do k -ésimo subcanal e $W[k]$ é ruído. Assim, tem-se o modelo mostrado na figura abaixo.



Portanto, a equalização pode ser feita no domínio da frequência, apenas invertendo o ganho do subcanal, ou seja, o sinal equalizado, $\tilde{X}[k]$, pode ser calculado como

$$\tilde{X}[k] = \frac{Y[k]}{H[k]}.$$

Escreva uma função que implementa o **receptor OFDM seguido de equalização**, tendo como entradas:

- A sequência recebida do canal, $y[n]$.
- O número de subportadoras, N .
- O comprimento do prefixo cíclico, μ .
- Os coeficientes do canal, $h[n]$.

E como saída:

- A sequência na saída do equalizador, $\tilde{X}[k]$.

Para testar sua função, considere o caso sem ruído e utilize os mesmos parâmetros da Questão 1 com os seguintes canais:

- $h[n] = [1]$.
- $h[n] = [1 \ 0,25]$.
- $h[n] = [1 \ 0,25 \ 0,50]$.
- $h[n] = [1 \ 0,25 \ 0,50 \ 0,25]$.

O que ocorre no último caso? Explique.

3. Utilizando as funções escritas nas Questões 1 e 2, simule o desempenho de erro de bit de um sistema OFDM com as especificações abaixo.

- Modulação BPSK.
- Número de subportadoras: $N = 16$.
- Comprimento do prefixo cíclico: $\mu = 4$.
- Número de blocos OFDM transmitidos: $L = 50\,000$.
- Canal de comunicação dado por $h[n] = [2 \quad -0,5 \quad 0,5]$.
- E_b/N_0 no RX variando de 0 a 10 dB, com passo de 1 dB.

Figura de saída:

- P_b vs E_b/N_0 obtido via simulação com as especificações acima.
- P_b vs E_b/N_0 teórico para o caso sem ISI, isto é, $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$.

4. Plote as envoltórias instantâneas no tempo (isto é, o módulo da representação em banda base do sinal) e os espectros na frequência dos sinais $x(t)$ e $y(t)$, que são as versões em tempo contínuo de $x[n]$ e $y[n]$, respectivamente. Utilize as especificações abaixo.

- Modulação BPSK.
- Taxa de bits de informação: $R_b^{\text{info}} = 16$ Mbps.
- Número de subportadoras: $N = 64$.
- Comprimento do prefixo cíclico: $\mu = 16$.
- Número de blocos OFDM transmitidos: $L = 100$.
- Canal de comunicação dado por $h[n] = [2/\sqrt{5} \quad 0 \quad 1/\sqrt{5}]$.
- Ausência de ruído.

Sugestão: Execute uma interpolação nos sinais em tempo discreto para obter os sinais em tempo contínuo.