



1. Sobre o processo de conversão de um sinal banda passante (*bandpass*) para o seu equivalente passa-baixa (ou banda base) e vice-versa, responda
 - (a) Por quê se faz necessária esta conversão (*up-conversion* e *down-conversion*)?
 - (b) Equacione os processos de conversão no transmissor (*up-conversion*) e no receptor (*down-conversion*) e esboce seus respectivos diagramas de bloco.
2. Dado o sistema ilustrado na Figura 1. Mostre que a resposta de um sistema em banda passante $r(t)$ a um sinal de entrada em banda passante $s(t)$ pode ser obtida a partir dos equivalentes passa-baixa do sinal de entrada e da resposta ao impulso do sistema $h(t)$.

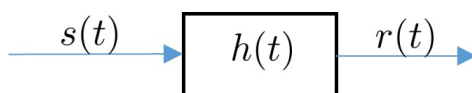


Figura 1: Exemplo sistemas.

3. Assumindo um sinal banda passante (*bandpass*) $x(t)$ e seu equivalente passa-baixa (ou banda base) $x_l(t)$, sabemos que estes estão relacionados pela seguinte expressão:

$$x(t) = \text{Re} \left[x_l(t) e^{j2\pi f_c t} \right].$$

Definindo a energia do sinal passa-faixa como $\mathcal{E}_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$, e a energia do sinal equivalente passa-baixa como \mathcal{E}_{x_l} , determine a relação entre \mathcal{E}_x e \mathcal{E}_{x_l} . Dados: $(\cos(\beta))^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos(2\beta))$.

4. Considere as duas constelações ilustradas na Figura 2. Determine:

- Uma expressão para energia média de cada constelação.
- Uma expressão para a probabilidade de erro média para cada constelação.
- Responda: Qual das duas constelações possui uma maior eficiência energética? Justifique sua resposta.

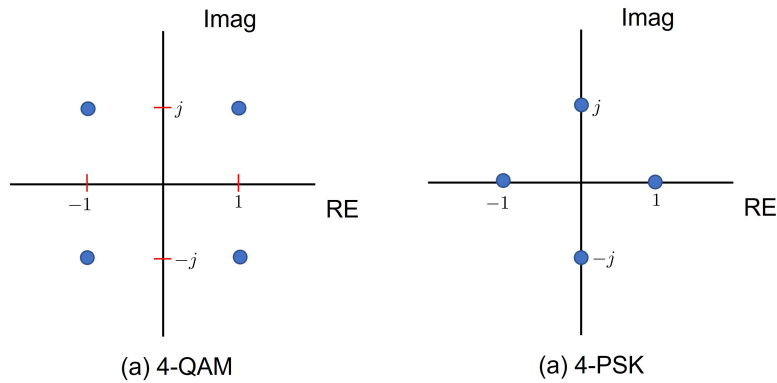


Figura 2: Constelação para diferentes modulações.

5. Considere o sinal PAM banda passante:

$$s_m(t) = A_m g(t) \cos(2\pi f_c t),$$

onde $g(t)$ é o pulso na transmissão e $A_m = (2m - 1 - M)$ é a amplitude do m -ésimo símbolo da constelação PAM, para $m = \{1, \dots, M\}$. Determine:

- A energia de $s_m(t)$
- Uma expressão para a probabilidade de erro média para os casos em que $M = 4$, e $M = 8$.
- Uma expressão para a energia média para os casos em que $M = 4$, e $M = 8$.
- A codificação de Gray para os casos em que $M = 4$, e $M = 8$.

5.4 6. Considere um sistema com modulação digital PAM em banda base. O sinal na saída do filtro de recepção Barry pode ser expresso por:

$$y(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k p(t - kT),$$

em que $1/T$ é a taxa de símbolos, $p(t)$ é o pulso equivalente (representando a convolução entre pulso de transmissão, canal e filtro de recepção), e a_k são os símbolos transmitidos. Supondo uma transmissão ideal sem ruído, o critério de Nyquist determina um modelo para o pulso de equivalente evitando-se interferência inter simbólica (ISI).

- Sob quais condições do pulso equivalente o critério de Nyquist é satisfeito? Forneça as condições no domínio do tempo e no domínio da frequência.
- Cite exemplos de pulsos que satisfaçam o critério de Nyquist.

7. Considere o modelo de sinal recebido:

$$r(t) = ah(t) + n(t),$$

onde a é o símbolo transmitido, $h(t)$ é o pulso recebido e $n(t)$ é o ruído na recepção. Explique o princípio do receptor de distância mínima, mostre que o filtro casado (MF) é o filtro que maximiza a relação sinal ruído (SNR)

8. Considere a constelação 8-PAM com o alfabeto $\{\pm 7c \pm 5c \pm 3c \pm 1c\}$, ilustrada na Figura 3. Considerando que a distância entre dois símbolos adjacentes seja igual a d , determine

- A energia média \mathcal{E}_m da constelação.
- Uma expressão para a probabilidade de erro em função da distância d .
- Se aumentarmos a distância d , aumentaremos a probabilidade de erro? Justifique.
- Uma expressão para a probabilidade de erro em função de $\frac{\mathcal{E}_m}{N_0}$, onde $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$.

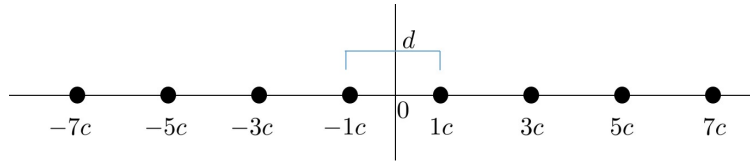


Figura 3: Constelações Sinais 8-PAM.

9. Considere a constelação M -PAM ilustrada na Figura 4. Determine

- A energia média \mathcal{E}_m da constelação.
- Desenvolva uma expressão para a probabilidade de erro em função da SNR, i.e., \mathcal{E}_m/N_0 , onde N_0 é a densidade espectral de potência do ruído dada por $\sigma^2 = N_0/2$.
- Desenvolva uma expressão para a probabilidade de erro em função da distância d entre dois símbolos.

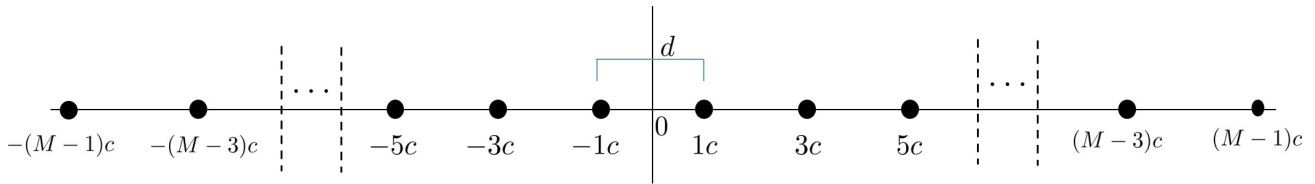


Figura 4: Constelações Sinais M -PAM.