



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  $h(t)$ .

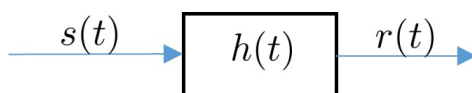


Figura 1: Exemplo sistemas.

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.

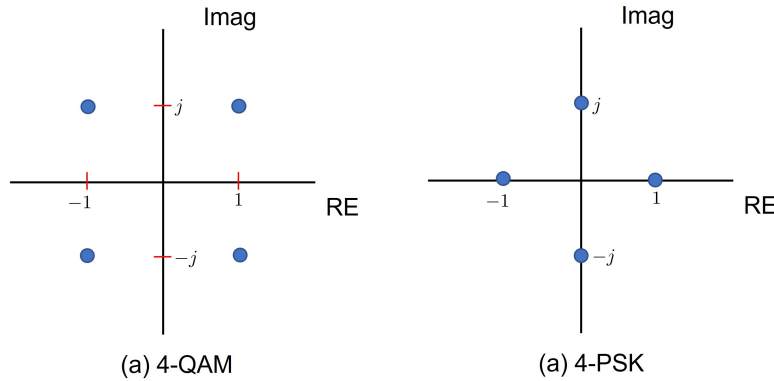


Figura 2: Constelação para diferentes modulações.

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  $M = 8$ .

6. Considere um sistema com modulação digital PAM em banda base. O sinal na saída do filtro de recepção 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  $\sigma^2 = \frac{N_0}{2}$ .

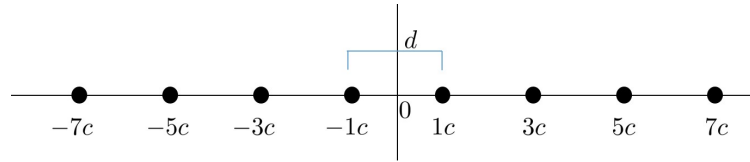


Figura 3: Constelações Sinais 8-PAM.

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.

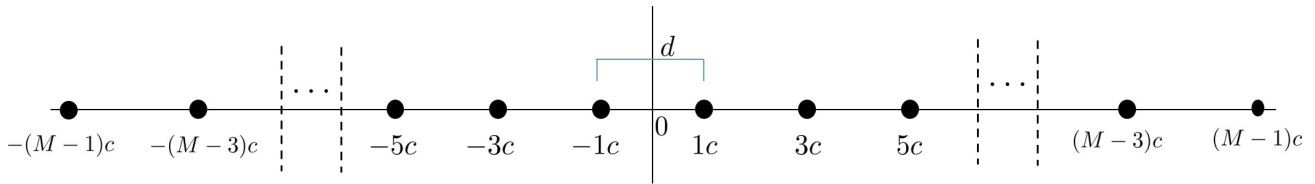


Figura 4: Constelações Sinais  $M$ -PAM.