



UFCEG – Universidade Federal de Campina Grande
CEEI – Centro de Engenharia Elétrica e Informática
DEE – Departamento de Engenharia Elétrica
Disciplina: Princípios de Comunicações (2012.1)
Professor: Waslon Terllizzie Araújo Lopes
Aluno(a): _____

Segunda Avaliação

1ª Questão: (2,0 pontos) Considere um sinal aleatório cuja amplitude é modelada pela seguinte função densidade de probabilidade

$$p_X(x) = \frac{\alpha}{2} e^{-\alpha|x|}.$$

Determine o que se pede:

- (a) A função cumulativa de probabilidade da amplitude do sinal aleatório;
- (b) A potência e desvio-padrão do sinal;
- (c) $\text{Prob}(X > 5)$ para $\alpha = 1$.

2ª Questão: (2,0 pontos) Sendo $X(t)$ um processo aleatório, mostre que $E[(X - E[X])^2] = E[X^2] - (E[X])^2$, em que $E[\cdot]$ representa o operador valor esperado. Explique o significado deste resultado em termos da potência de $X(t)$.

3ª Questão: (2,0 pontos) A Figura 1 ilustra uma amostra do sinal binário aleatório $x(t)$. Para qualquer intervalo de tempo $(n-1)T < t - T_b < nT$, $x(t)$ assume um dos valores $+A$ ou $-A$, com mesma probabilidade. O atraso T_b é uma variável aleatória uniformemente distribuída entre zero e T . Determine o que se pede:

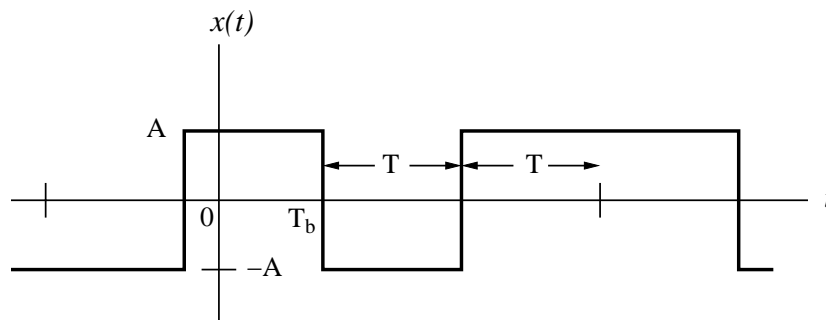


Figura 1: Sinal binário aleatório.

- (a) Calcule a função de autocorrelação do sinal $x(t)$, $R_X(\tau) = E[x(t) \cdot x(t + \tau)]$
- (b) Calcule a potência total, a potência DC e a potência AC do sinal $x(t)$;
- (c) Calcule e esboce a densidade espectral de potência (DEP) de $x(t)$.

4ª Questão: (2,0 pontos) A digitalização de sinais pode ser dividida em três etapas básicas: amostragem, quantização e codificação. As etapas de amostragem e codificação não introduzem distorção significativa no processo de conversão analógico-digital (A/D). Por outro lado, o ruído decorrente da etapa de quantização afeta significativamente o desempenho da conversão A/D. Admitindo o processo de quantização uniforme, no qual o passo de quantização é único em toda faixa dinâmica do sinal de entrada, é usual supor que o ruído de quantização é uniformemente distribuído entre $-d/2$ e $d/2$, em que d é o passo do quantizador. Determine a potência do ruído de quantização. Qual a melhoria (em

dB) na relação sinal-ruído de quantização quando se adiciona 1 bit às palavras-código no processo de codificação?

Dica 1: A relação sinal-ruído de quantização (SQNR) é dada por $SQNR = 10 \log(P_X/P_N)$, em que P_X é a potência do sinal original (analógico) e P_N é a potência do ruído de quantização.

Dica 2: Quando se adiciona 1 bit às palavras-código o número de níveis de quantização é multiplicado por 2.

5ª Questão: (2,0 pontos) Considere o diagrama de blocos da Figura 2 em que um sinal $m(t)$ com DEP $S_m(\omega) = \beta[u(\omega + \alpha) - u(\omega - \alpha)]$ e $\alpha = 8000\pi$ é transmitido por um canal telefônico com função de transferência $H_c(\omega) = 10^{-1}/(j\omega + \alpha)$. O sinal transmitido também é afetado pelo ruído aditivo cuja DEP é dada por $S_n(\omega) = 10^{-14}$. Para compensar a distorção do canal, o filtro de recepção apresenta a seguinte função de transferência

$$H_d(\omega) = \left(\frac{j\omega + \alpha}{\alpha} \right) [u(\omega + \alpha) - u(\omega - \alpha)].$$

Qual deve ser o valor de β para garantir uma relação sinal-ruído mínima de 35 dB na saída do receptor? Para este valor de β calcule a correspondente potência do sinal $m(t)$.

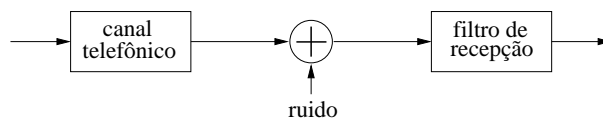


Figura 2: Diagrama de blocos de um canal telefônico sujeito ao ruído aditivo.

Respostas

1ª Questão: (a) $P_X(x) = e^{\alpha x}/2$ para $x < 0$ e $P_X(x) = 1 - e^{-\alpha x}/2$ para $x \geq 0$.

(b) $P_X = 2/\alpha^2$ e $X_{\text{RMS}} = \sqrt{2}/\alpha$

(c) $3,37 \cdot 10^{-3}$

2ª Questão: A potência AC ($E[(X - E[X])^2]$) pode ser obtida subtraindo-se a potência DC ($(E[X])^2$) da potência total ($E[X^2]$) do sinal $X(t)$.

3ª Questão: (a) $R_X(\tau) = A^2 \left[1 - \frac{|\tau|}{T}\right]$ para $|\tau| < T$ e $R_X(\tau) = 0$ para $|\tau| > T$

(b) $P_X = A^2$, $P_{\text{DC}} = 0$ e $P_{\text{AC}} = A^2$.

(c) $S_X(\omega) = A^2 T \text{sinc}^2(\omega T/2)$

4ª Questão: $P_N = d^2/12$ e 6,02 dB

5ª Questão: $\beta = 2,66$ e $P_M = 21,28$ kW