UFCG – Universidade Federal de Campina Grande
CEEI – Centro de Engenharia Elétrica e Informática
DEE – Departamento de Engenharia Elétrica
Disciplina: Princípios de Comunicações
Professor: Waslon Terllizzie Araújo Lopes

1ª Lista de Exercícios: Semestre 2014.1

1. Dado o sinal $g(t)$ ilustrado na Figura 1, esboce os gráficos dos sinais $g(t+2)$, $g(-t+2)$, $g(-t-2)$, $g(t/2)$ e $g(t)/2$.

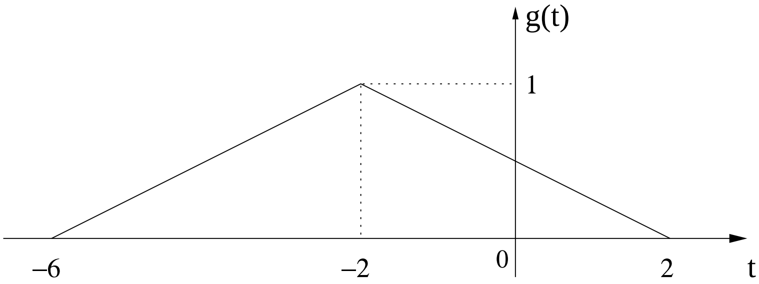

Figura 1: Sinal da Questão 1.

2. Dado o sinal $g(t)$ ilustrado na Figura 2. Esboce os gráficos dos seguintes sinais: $g(t-2)$, $g(-t+2)$, $g(-t/2-2)$, $g(2t+2)$ e $g(-t)/2$.

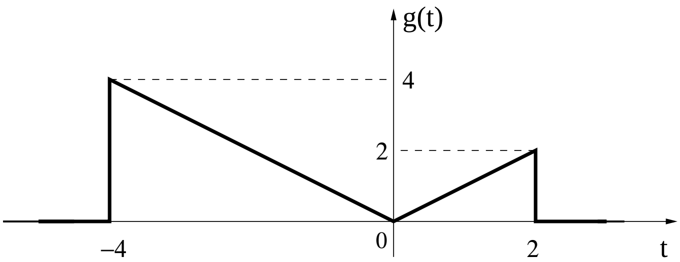

Figura 2: Sinal da Questão 2.

3. Represente as funções da Figura 3 utilizando o degrau unitário.

4. Calcule ou simplifique cada um dos seguintes ítens abaixo.

   (a) $\int_{-\infty}^{\infty} t^2\delta(t-3)dt$
   (b) $[t^2] * [\delta(t-3)]$
   (c) $t^2\delta(t-3)$
   (d) $[t^2] * [\delta(3t)]$

5. Determine a potência e o valor eficaz dos sinais abaixo:

   (a) $x(t) = C\cos(\omega_0 t + \theta)$;
   (b) $x(t) = C_1\cos(\omega_1 t + \theta_1) + C_2\cos(\omega_2 t + \theta_2)$.

6. Uma emissora de rádio transmite um sinal senoidal de potência 50 kW. Em virtude das perdas de propagação, o sinal recebido por uma antena com impedância 50 Ω é senoidal mas com valor eficaz (RMS) igual a 0,002 volts. Determine a atenuação do sinal em dB.

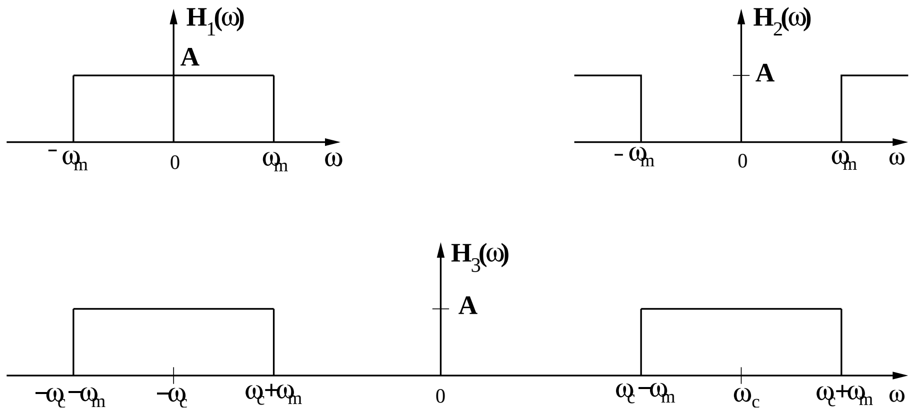

Figura 3: Funções a serem representadas pelo degrau unitário.

7. Determine a constante, A tal que $f_1(t)$ e $f_2(t)$ sejam ortogonais para todo t, em que: $f_1(t) = e^{-|t|}$ e $f_2(t) = 1 - Ae^{-2|t|}$.

8. Dado o conjunto de funções $f_n(t)$, como ilustrado na Figura 4, mostre que

   (a) Este conjunto de funções forma um conjunto ortogonal no intervalo (0,1). O conjunto é ortonormal?

   (b) Represente um dado sinal $f(t) = 2t$ no intervalo (0,1), usando este conjunto de funções ortogonais.

   (c) Esboce a função $f(t)$ e sua representação no mesmo gráfico.

   (d) Determine a energia do sinal de erro após a aproximação.

9. Um sinal real $g(t)$ pode ser aproximado em termos de outro sinal real $x(t)$ num intervalo $[t_1, t_2]$ pela seguinte expresssão:

$$g(t) \simeq c\,x(t), \qquad t_1 \leq t \leq t_2.$$

   Nesse caso, o erro na aproximação $e(t)$ é dado por

$$e(t) = \begin{cases} g(t) - c\,x(t), & t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

   (a) Mostre que a energia do erro é minimizada quando

$$c = \frac{\int_{t_1}^{t_2} g(t)x(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} x^2(t)dt} = \frac{1}{E_x}\int_{t_1}^{t_2} g(t)x(t)dt.$$

   (b) Use o resultado anterior para determinar o valor da constante c quando o sinal

$$g(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < \pi \\ -1, & \pi \leq t \leq 2\pi, \end{cases}$$

   é aproximado em termos de $\mathrm{sen}(t)$, *i.e.*, $g(t) \simeq c\,\mathrm{sen}(t)$.

10. Considere o sinal

$$x(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < \pi \\ -1, & \pi \leq t \leq 2\pi, \end{cases}$$

   que é aproximado por $\tilde{x}(t) = \frac{4}{\pi}\mathrm{sen}(t)$, no intervalo considerado.

   (a) Mostre que o erro é ortogonal à função $\tilde{x}(t)$.

   (b) Mostre que a energia de $x(t)$ é a soma da energia do sinal de erro com a do sinal $\tilde{x}(t)$.

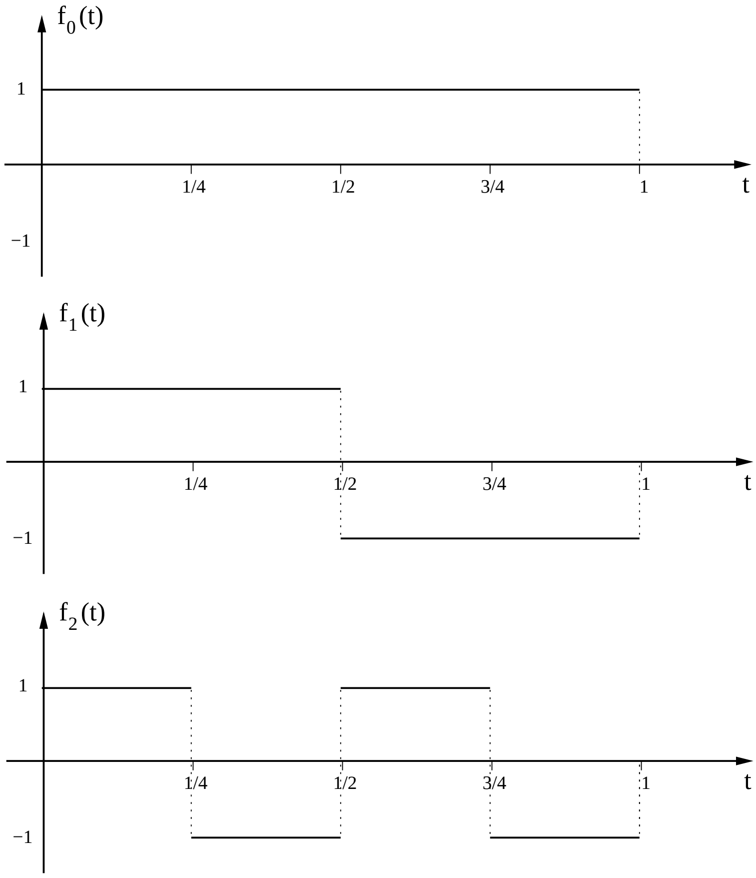

Figura 4: Conjunto de funções ortogonais.

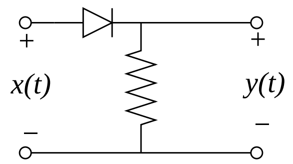

Figura 5: Circuito retificador de meia-onda (15ª Questão).

11. Considerando que a tensão $x(t) = \text{sen}(\pi t)$ é aplicada à entrada do circuito retificador da Figura 7, determine os coeficientes (a_0, a_n e b_n) da Série Trigonométrica de Fourier da tensão de saída $y(t)$.

12. Determine os coeficientes a_6 e a_7 da Série Trigonométrica de Fourier do sinal

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} (-1)^n g(t - 4n),$$

em que $g(t)$ é dado por

$$g(t) = \frac{1}{2}\, t\, [u(t) - u(t-2)].$$

13. Determine o módulo e a fase (em graus) do sétimo termo (F_7) da Série Exponencial de Fourier da função $g(t) = f(t - \pi/2)$, sendo $f(t)$ a função ilustrada na Figura 6.

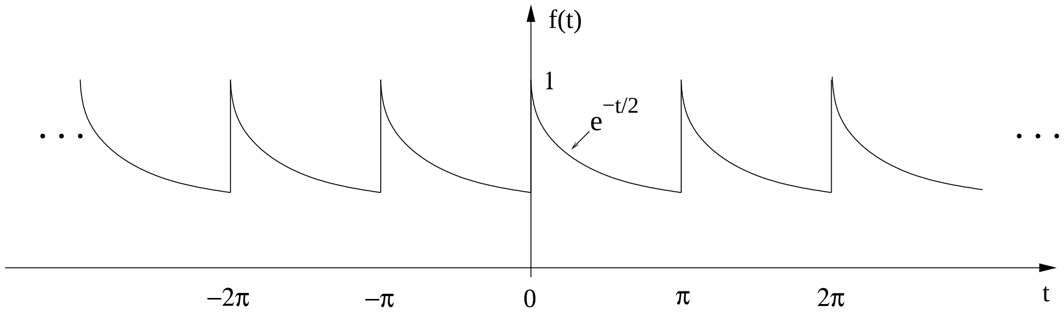

Figura 6: Sinal para determinação do sétimo termo da Série de Fourier.

14. Determine os coeficientes F_6 e F_7 da série Exponencial de Fourier do sinal

$$x(t) = A|\text{sen}(2\pi t/T_0)|.$$

15. Considerando que a tensão $x(t) = \text{sen}(\pi t/T_0)$ é aplicada à entrada do circuito retificador da Figura 7, determine os coeficientes (a_0, a_n e b_n) da Série Trigonométrica de Fourier da tensão de saída $y(t)$.

16. Seja $x(t)$ um sinal periódico com período fundamental T e F_n os coeficientes de sua respectiva série exponencial de Fourier. Dertermine uma fórmula para os coeficientes da série exponencial de Fourier do sinal $y(t) = x(t - t_0) - x(t + t_0)$ em termos dos coeficientes F_n. O que acontece quando $t_0 = T/2$. Explique esse resultado.

17. Calcule os coeficientes (a_0, a_n e b_n) da série de Fourier do sinal da Figura 8.

18. Considere o sinal periódico $f(t)$ dado por

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} g(t - 2n),$$

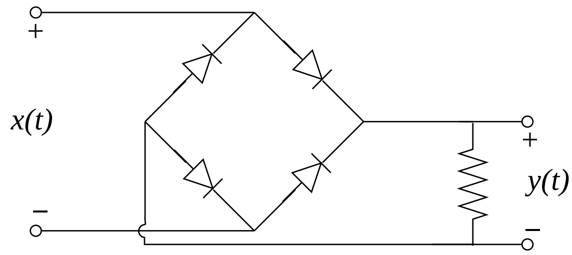

Figura 7: Circuito retificador de onda completa.

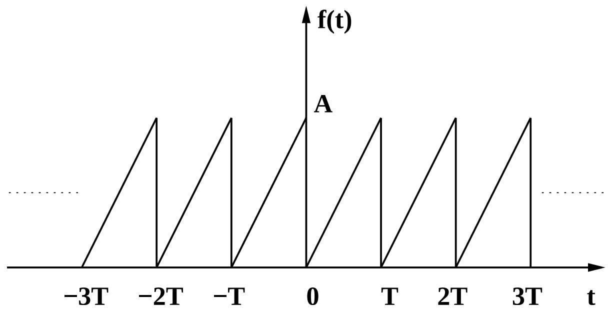

Figura 8: Sinal "dente-de-serra".

em que $g(t)$ é dado por

$$g(t) = \frac{1}{2}\, t\, [u(t+1) - u(t-1)].$$

Esboce o sinal $f(t)$ e determine o valor de n para o qual

$$\frac{F_n}{F_{n+1}} = -\frac{4}{3},$$

em que F_n e F_{n+1} são dois coeficientes consecutivos da Série Exponencial de Fourier do sinal $f(t)$.

19. Dado o sinal $x(t) = At\,[u(t) - u(t-T)]$, determine os coeficientes da série trigonométrica de fourier do sinal

$$y(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(t - nT).$$

20. Se as duas metades de um período de um sinal periódico tem formato idêntico sendo diferenciadas apenas pelo fato de que uma metade é o negativo da outra, diz-se que o sinal periódico apresenta *simetria de meia-onda*. Assim, se o sinal periódico $f(t)$ com período T_0 satisfaz a condição de *simetria de meia-onda* tem-se

$$f\left(t - \frac{T_0}{2}\right) = -f(t).$$

(a) Mostre que neste caso os coeficientes da Série de Fourier das harmônicas de ordem par são nulos enquanto que os coeficientes de ordem ímpar são dados por

$$a_n = \frac{4}{T_0}\int_0^{T_0/2} f(t)\cos(n\omega_0 t)dt \quad \text{e} \quad b_n = \frac{4}{T_0}\int_0^{T_0/2} f(t)\text{sen}(n\omega_0 t)dt.$$

(b) Usando estes resultados, determine os coeficientes da Série Trigonométrica de Fourier do sinal

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} (-1)^n g(t - 4n),$$

em que $g(t)$ é dado por

$$g(t) = \frac{1}{2}\ t\ [u(t) - u(t-2)].$$

21. Considere $f(t)$ um sinal periódico consistindo de pulsos alternados (positivos e negativos) do tipo *cosseno levantado*. Assim, o sinal $f(t)$ é dado por

$$f(t) = \begin{cases} +(1-\cos(2\pi t)), & \text{para} \quad 2m \leq t \leq 2m+1 \\ -(1-\cos(2\pi t)), & \text{para} \quad 2m-1 \leq t \leq 2m, \end{cases}$$

sendo $m \in \mathbb{Z}$. Esboce o sinal $f(t)$ e determine o seu período. Calcule os coeficientes F_n da Série Exponencial de Fourier de $f(t)$.

22. Mostre a transformada de uma função periódica

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} F_n e^{jn\omega_0 t}$$

é

$$F(\omega) = 2\pi \sum_{n=-\infty}^{+\infty} F_n \delta(\omega - n\omega_0).$$

Use esse resultado para determinar a transformada de Fourier de $\text{sen}(\omega_0 t)$.

23. Mostre que a transformada de Fourier do sinal $f(t) = e^{-at}\cos(\omega_0 t)u(t)$ é dada por

$$F(\omega) = \frac{a + j\omega}{(a+j\omega)^2 + \omega_0^2}.$$

24. Considere o sinal

$$x(t) = \begin{cases} 0, & t < -\frac{1}{2} \\ t + \frac{1}{2}, & -\frac{1}{2} \leq t \leq \frac{1}{2}. \\ 1, & t > \frac{1}{2} \end{cases}$$

   (a) Use a propriedade da integração no tempo e a transformada de Fourier da função porta para encontrar uma fórmula fechada para $X(\omega)$;
   (b) Qual é a transformada de Fourier de $g(t) = x(t) - \frac{1}{2}$?

25. Considere o seguinte par de transformadas de Fourier:

$$e^{-|t|} \leftrightarrow \frac{2}{1+\omega^2}.$$

   (a) Use a propriedade da diferenciação em frequência da transformada de Fourier para calcular a transformada de $te^{-|t|}$.
   (b) Use o resultado do item anterior conjuntamente com a propriedade da simetria para determinar a transformada de Fourier de

$$\frac{4t}{(1+t^2)^2}.$$

26. Considere um sistema linear invariante no tempo cuja resposta ao impulso é dada por

$$h(t) = \frac{1}{2}e^{-t}u(t) + \frac{1}{3}e^{-3t}\delta(t).$$

Determine a resposta desse sistema à entrada $x(t) = e^{-4t}u(t)$ usando:

   (a) Convolução no domínio do tempo;
   (b) Teorema da convolução.

27. Use o Teorema da Convolução para encontrar a Série de Fourier de $\cos^3(t)$ e, então, escreva $\cos^3(t)$ como uma soma ponderada de cossenos.

28. O sinal $x(t) = A[u(t + \tau/2) - u(t - \tau/2)]$ é aplicado na entrada de um filtro cuja resposta ao impulso é dada por $h(t) = \delta(t + \tau/2) - \delta(t - \tau/2)$, gerando como saída o sinal $y(t)$. Esboce o gráfico do sinal $y(t)$ e calcule a sua transformada de Fourier.

29. Calcule o módulo e a fase de $G(7)$, sabendo que $G(\omega)$ é a transformada de Fourier do sinal

$$g(t) = e^{-2t}\cos(2\pi t)u(t).$$

30. Usando a propriedade da integração no tempo, mostre que a transformada de Fourier do sinal $f(t)$ ilustrado na Figura 9 é $F(\omega) = 8\text{sinc}(4\omega) - 4\text{sinc}(2\omega)$, em que $\text{sinc}(x) = \frac{\text{sen}(x)}{x}$.

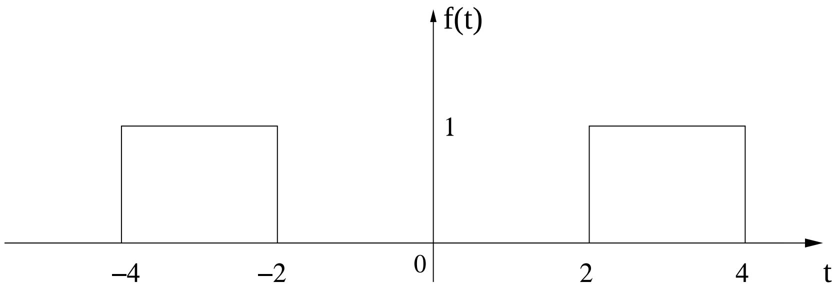

Figura 9: Sinal para determinação da transformada de Fourier.

31. Determine $g(7)$, sabendo que $g(t)$ é a transformada inversa de Fourier da função

$$G(\omega) = \begin{cases} j, & -2 \leq \omega < 0, \\ -j, & 0 \leq \omega \leq 2. \end{cases}$$

32. Determine a transformada inversa de Fourier do sinal $G(\omega)$ ilustrado na Figura 10.

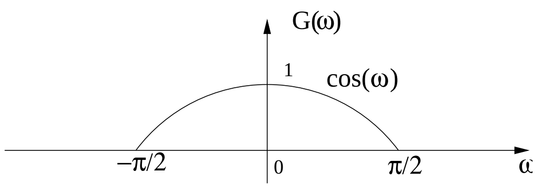

Figura 10: Sinal para determinação da transformada inversa de Fourier.

33. A função sinal, $\text{sgn}(t)$, é dada por

$$\text{sgn}(t) = \begin{cases} -1, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0. \end{cases}$$

Use a propriedade da integração no tempo para determinar a trasnformada de Fourier da função sinal.

34. A transformada de Hilbert é um operador linear com várias aplicações na área de processamento de sinais. Em se tratando de esquemas de modulação, ganhos em termos de eficiência espectral podem ser obtidos por meio do uso desse tipo de transformada. Dado um sinal $m(t)$, a sua transformada de Hilbert é dada por

$$\hat{m}(t) = m(t) * \frac{1}{\pi t} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{m(t-\tau)}{\pi\tau} d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{m(\tau)}{\pi(t-\tau)} d\tau.$$

Desta forma, a transformada de Hilbert de um sinal consiste basicamente na convolução deste sinal com $\frac{1}{\pi t}$. Use o resultado da questão anterior em conjunto com a propriedade da simetria para calcular a transformada de Fourier de $f(t) = \frac{1}{\pi t}$. Qual a relação entre o espectro (módulo e fase) de $m(t)$ e o espectro de sua transformada de Hilbert, $\hat{m}(t)$? Determine a transformada de Hilbert de $m(t) = \cos(\omega_0 t)$.

35. Os gráficos de módulo e fase do espectro $G(\omega)$ estão ilustrados na Figura 11. Determine a transformada inversa de Fourier desse sinal. Esboce o gráfico de $g(t)$.

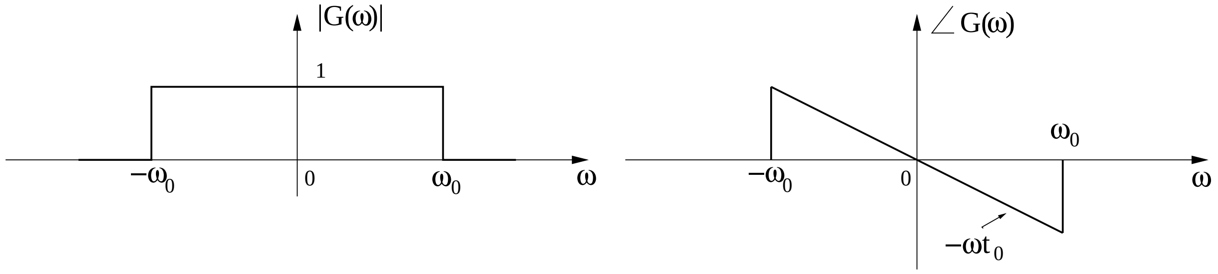

Figura 11: Sinal para determinação da transformada inversa de Fourier.

36. Use o resultado da questão anterior para determinar a frequência de Nyquist, em kHz, dos sinais

$$f(t) = \frac{\operatorname{sen}(At) + \operatorname{sen}(Bt)}{\pi t} \quad \text{e} \quad g(t) = \frac{\operatorname{sen}(At) \cdot \operatorname{sen}(Bt)}{\pi^2 t^2},$$

em que $A = 4\pi \times 10^3$ rad/s e $B = 8\pi \times 10^3$ rad/s.

37. Cabos elétricos de linhas de transmissão estão sujeitos a vibrar sob efeito do vento. Estas vibrações podem alcançar algumas dezenas de Hertz. Um sistema projetado para monitorar, com boa precisão, este fenômeno capta um sinal elétrico analógico, proporcional à aceleração instantânea do cabo e com as seguintes características:
- faixa de frequência: 0 a 100 Hz
- excursão em amplitude: -10 V a +10 V
Este sinal é digitalizado com uma resolução de 50 mV e transmitido para uma central de processamento, onde é analisado.

Do ponto de vista teórico, qual é a mínima taxa de transmissão destes dados digitalizados, em bits/s?[Fonte: Enade–2005]

(a) 200 (b) 800 (c) 1400 (d) 1600 (e) 1800

38. Um sistema de gravação em CD (*Compact Disc*) visa codificar sinais com frequência de até 22,05 kHz utilizando um conversor analógico-digital (A/D) de 16 bits. Determine o que se pede:

(a) A taxa de amostragem para não haver perda de informação.

(b) Aos bits codificados são adicionados bits para correção de erros, bits de sincronismo e bits de controle. Esses bits adicionais representam uma sobrecarga (*overhead*) de 100%, *i.e.*, para cada bit gerado no conversor A/D, 1 bit de sobrecarga é adicionado. Determine a taxa de bits do sistema de gravação em CD.

(c) Suponha que o CD possa armazenar 1 hora de música e determine o número de bits gravados no CD.

(d) Uma comparação pode ser feita considerando que um bom dicionário contém 1500 páginas, 2 colunas por página, 100 linhas por coluna, 7 palavras por linha, 6 letras por palavra e 6 bits por letra. Usando o resultado do item anterior, estime a quantidade de dicionários que podem ser armazenados em um CD.

39. Um concerto de um famoso pianista, com duração de 1 hora, foi digitalizado e armazenado em um site de músicas clássicas. A faixa de áudio considerada para digitalização foi de 0 a 10 kHz, utilizando como taxa de amostragem 10 vezes a frequência de Nyquist e amplitude quantizada em 512 níveis. Para realizar transferências de dados deste site, o computador utilizado consegue manter uma taxa constante de 4 Mbits/s. Com base nas informações acima, o tempo estimado, em segundos, para a completa transferência do arquivo para esse computador é [Fonte: Enade 2008]

    (a) 1.620 (b) 1.000 (c) 810 (d) 720 (e) 405

40. Um sinal de vídeo apresenta frequência máxima igual a 6 MHz e deve ser amostrado à taxa de Nyquist para posterior codificação binária, usando 256 níveis (ou seja, oito bits por palavra-código) de quantização. Qual a frequência de amostragem? Qual a taxa de transmissão (em megabits por segundo, Mbps) do sinal digital?

41. Considere uma variável aleatória X uniformemente distribuída entre 0 e 1 com probabilidade 1/4, assumindo o valor 1 com probabilidade 1/4 e uniformemente distribuída entre 1 e 2 com probabilidade 1/2. Determine a função cumulativa de probabilidade (FCP) de X.

42. Considere uma variável aleatória definida pela seguinte função densidade de probabilidade (fdp) dada por
$$p_X(x) = ae^{-b|x|}, \qquad -\infty < x < \infty,$$
na qual a e b são constantes.

    (a) Determine a relação entre a e b de modo que $p_X(x)$ represente uma fdp.
    (b) Determine a função cumulativa de probabilidade $P_X(x)$ correspondente.
    (c) Calcule a probabilidade da variável aleatória estar entre 1 e 2.

43. 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) Prob($X > 5$) para $\alpha = 1$.

44. Mostre que a função
$$p_X(x) = \frac{\text{sen}(x)}{2}[u(x) - u(x - \pi)]$$
pode representar uma função densidade de probabilidade (fdp) e calcule o valor médio e a potência da variável aleatória associada a essa fdp.

45. A variável aleatória X tem função densidade de probabilidade dada por
$$p_X(x) = A\delta(x + 2) + B\,x\,[u(x) - u(x - 3)],$$
em que A e B são constantes. Considerando que $E[X] = 0$ (média nula), determine o valor das constantes A e B.

46. Calcule a probabilidade de que o sinal $X(t)$, com função densidade de probabilidade $p_X(x) = \frac{1}{2}\delta(x + 1) + \frac{1}{2}e^{-x}u(x)$ não exceda o valor $\frac{1}{2}$.

47. Determine a média e potência total da variável aleatória X cuja função densidade de probabilidade é dada por
$$p_X(x) = \frac{1}{2}\,\delta(x+2) + K \cdot [u(x+1) - u(x-3)],$$
em que K é uma constante.

48. A distribuição de Cauchy apresenta a seguinte função densidade de probabilidade
$$p_X(x) = \frac{1}{\pi}\frac{1}{1+x^2}, \qquad -\infty < x < \infty.$$
Determine o valor médio de X.

49. A variável aleatória X tem função densidade de probabilidade dada por
$$p_X(x) = A[u(x+4) - u(x+2)] + \left(\frac{1}{64}x - \frac{1}{32}\right)[u(x-2) - u(x-10)],$$
em que A é uma constante. Considerando que $E[X] = 0$ (média nula), determine o valor da constante A.

50. Determine a média e potência total da variável aleatória X cuja função densidade de probabilidade é dada por
$$p_X(x) = (x/16 + K)[u(x+1) - u(x-3)],$$
em que K é uma constante.

51. Determine o valor da constante K para que a função
$$p_X(x) = K(x+1) \cdot [u(x+1) - u(x-3)],$$
represente uma função densidade de probabilidade. Determine o valor médio da variável aleatória X.

52. Considere que um sinal de tensão $x(t)$ seja aleatório e uniformemente distribuído entre -12 V e +12 V. O sinal $x(t)$ é aplicado à entrada do circuito retificador da Figura 12 gerando a tensão de saída $y(t)$. Determine a função densidade de probabilidade (fdp) e o valor médio de $y(t)$.

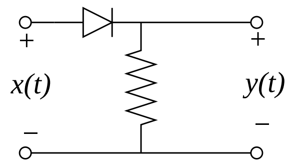

Figura 12: Circuito retificador de meia-onda.

53. 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 média e a potência do ruído de quantização.

54. Um sinal aleatório uniformemente distribuído entre -12 V e +12 V deve ser digitalizado atendendo a restrição que a relação sinal-ruído de quantização deve ser, no mínimo, igual a 40 dB. Quantos intervalos de quantização uniformemente espaçados são necessários? Quantos bits devem ser utilizados para codificar cada amostra?

55. Um sinal com banda passante 10 kHz é aplicado à entrada de um conversor analógico-digital (A/D) sendo amostrado à taxa de Nyquist e gerando uma taxa de saída de 160 kbps. Contudo, a relação sinal-ruído de quantização (SQNR) é de apenas 43 dB, bem abaixo da SQNR mínima para dada aplicação: 55 dB. Considerando a mesma taxa de amostragem qual deve ser a nova taxa de bit que atenda a especificação supracitada?

56. Este problema trata da conversão analógico-digital (A/D). Considere um sinal $m(t)$ com frequência 5 kHz e faixa dinâmica de 24 volts, *i.e.*, -12 V $\leq m(t) \leq 12$ V .

    (a) O sinal é amostrado com o dobro da taxa de Nyquist. Qual a taxa de amostragem?

    (b) Depois, as amostras são quantizadas. Qual o menor número de bits por amostra que garantem que o erro de quantização ϵ satisfaça a condição $-0,25$ V $\leq \epsilon \leq 0,25$ V .

    (c) Qual a taxa de bits resultante?

57. Em se tratando de comunicações móveis celulares em que o meio de propagação é o espaço-livre, os sinais transmitidos podem sofrer fortes atenuações. Esse fenômeno é chamado de desvanecimento. Na ausência de visada direta entre a antena transmissora e a antena receptora, o desvanecimento é usualmente modelado por meio de uma variável aleatória com distribuição de Rayleigh, cuja função densidade de probabilidade (fdp) é dada por

$$p_R(r) = re^{-r^2/K}u(r),$$

em que $u(\cdot)$ é a função degrau unitário e K é uma constante positiva. Determine:

    (a) O valor da constante K;

    (b) A potência total do processo estocástico associado a variável aleatória R.

58. A função geratriz de momentos ($P_X(\omega)$) é a transformada de Fourier da função densidade de probabilidade ($p_X(x)$) de uma variável aleatória. Mostre que

$$E[X^n] = \frac{1}{(-j)^n} \left.\frac{\partial^n P_X(\omega)}{\partial \omega^n}\right|_{\omega=0}.$$

Use esse resultado para determinar a média e a variância de uma variável aleatória uniformemente distribuída no intervalo $(-a, a)$.

59. A Figura 13 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 $-A$. O atraso T_b é uma variável aleatória uniformemente distribuída entre zero e T. Determine o que se pede:

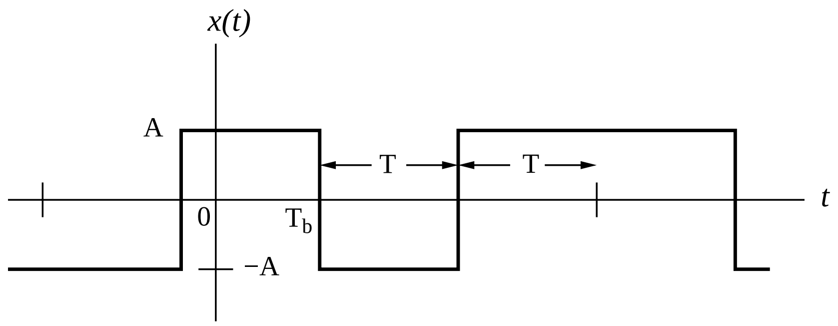

Figura 13: Sinal binário aleatório.

    (a) Mostre que a função de autocorrelação do sinal $x(t)$, $R_X(\tau) = E[x(t) \cdot x(t+\tau)]$, é dada por

$$R_X(\tau) = \begin{cases} A^2\left[1 - \frac{|\tau|}{T}\right], & |\tau| < T, \\ 0, & |\tau| > T; \end{cases}$$

(b) Calcule a potência total do sinal $x(t)$;

(c) Calcule a potência DC do sinal $x(t)$;

(d) Calcule a potência AC do sinal $x(t)$;

(e) Calcule e esboce a densidade espectral de potência de $x(t)$.

60. Determine o valor médio ($\bar{X}$), o valor eficaz (X_{rms}), a autocorrelação ($R_X(\tau)$), e a densidade espectral de potência ($S_X(\omega)$) do sinal aleatório senoidal $x(t) = A\cos(\omega_c t + \theta)$, em que θ é uma variável aleatória uniformemente distribuída entre zero e 2π.

61. Considere o diagrama de blocos da Figura 14 em que um sinal $m(t)$ com densidade espectral de potência (DEP) dada por $S_m(\omega) = \beta[u(\omega + \alpha) - u(\omega - \alpha)]$ 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?

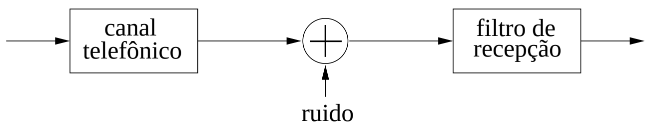

Figura 14: Diagrama de blocos de um canal telefônico sujeito ao ruído aditivo.

62. Um sinal senoidal tem amplitude 15 V e frequência 12 kHz. Esse sinal deve digitalizado atendendo a restrição que a relação sinal-ruído de quantização (SQNR) deve ser, no mínimo, igual a 40 dB. Quantos intervalos de quantização uniformemente espaçados são necessários? Quantos bits devem ser utilizados para codificar cada amostra? Qual mínima taxa de dados necessária para transmissão do sinal digitalizado?