

SEL413-Telecomunicações. Exercícios Resolvidos Ruído, Antenas, Modulação, Friis

Exercício 1: Uma antena parabólica, cujo diâmetro é 60 cm, é utilizada em sistema DBS (direct broadcast system) operando em 12 GHz. Calcular: (a) o comprimento de onda no vácuo; (b) a distância de campo distante, R_{ff} ; (c) o ganho da antena, G , em dB; (d) os ângulos de $\frac{1}{2}$ potência (HPBW) e do primeiro nulo (FNBW), em graus.

Solução: O comprimento de onda no ar é $\lambda_0 = c/f = 3 \times 10^8 / (12 \times 10^9)$ e $\lambda_0 = 2,5$ cm. É considerado campo distante a partir de $R_{ff} = 2D^2/\lambda_0 = 2(60)^2/2,5$ e $R_{ff} = 28,8$ m. O ganho é $G = 6(D/\lambda_0)^2 = 6(60/2,5)^2$; $G = 3,46 \times 10^3$ ou $G = 10 \log(3,46 \times 10^3)$ e $G = 35,4$ dB. O ângulo HPBW é $HPBW = 58(\lambda_0/D) = 58(2,5/60)$ e $HPBW = 2,42^\circ$. O ângulo FNBW é $FNBW = 70(\lambda_0/D) = 70(2,5/60)$ e $FNBW = 2,92^\circ$.

Exercício 2: Um satélite geoestacionário opera em frequência $f = 20$ GHz. A potência do transmissor do satélite é $P_t = 2$ W e o ganho da antena é $G_t = 37$ dB. O ganho da antena receptora na Terra é $G_r = 45,8$ dB. Calcular a potência recebida pela estação terrestre.

Solução: A potência recebida é $P_r = (G_t G_r P_t \lambda^2) / (4\pi r^2)$ e em dB é $P_r(dB) = G_t(dB) + G_r(dB) + P_t(dBm) - 20 \log(4\pi r/\lambda)$. O comprimento de onda é $\lambda = 3 \times 10^5 / (20 \times 10^9) = 1,5 \times 10^{-5}$ km. e $20 \log(4\pi r/\lambda) = 20 \log(4\pi \times 36 \times 10^3 / 1,5 \times 10^{-5}) = 209,6$ dB. A potência em dBm é $10 \log(2/10^{-3}) = 33$ dBm. Portanto, $P_r(dB) = 37(dB) + 45,8(dB) + 33(dBm) - 209,6(dB)$ e $P_r = -94$ dBm, que corresponde a $P_r = 10^{-94/10}$ e $P_r = 4 \times 10^{-13}$ W.

Exercício 3: Dois amplificadores estão conectados em cascata. O primeiro amplificador possui figura de ruído de 10 dB e ganho de potência de 17 dB. O segundo amplificador possui figura de ruído de 9 dB e ganho de potência de 15 dB. (a) calcular a figura de ruído da associação de amplificadores; (b) se a potência de sinal na entrada do primeiro amplificador é $P_1 = -10$ dBm, calcular a potência na saída do segundo amplificador, em watt.

Solução: O amplificador 1 possui figura de ruído e ganho $F_1 = 10$ dB e $G_1 = 17$ dB, respectivamente, e o amplificador 2 figura de ruído e ganho, $F_2 = 9$ dB e $G_2 = 15$ dB. A figura de ruído global é $F = F_1 + (F_2 - 1)/G_1$. Notar que os valores de F_1 , F_2 e G_1 não podem ser computados em dB nesta expressão. A conversão é $F_1 = 10^1 = 10$; $F_2 = 10^{9/10} = 7,94$ e $G_1 = 10^{17/10} = 50,1$. Assim, $F = 10 + (7,94 - 1)/50,1 = 10,14$ ou $F = 10 \log(10,14)$ e $F = 10,1$ dB. A potência de saída é $P_s = G_1 G_2 P_e$ ou $P_s(dBm) = P_e(dBm) + G_1(dB) + G_2(dB) = -10(dBm) + 17(dB) + 15(dB) = 22$ dBm. A potência correspondente em watts é $P_s(mW) = 10^{22/10}$ ou $P_s = 0,16$ W.

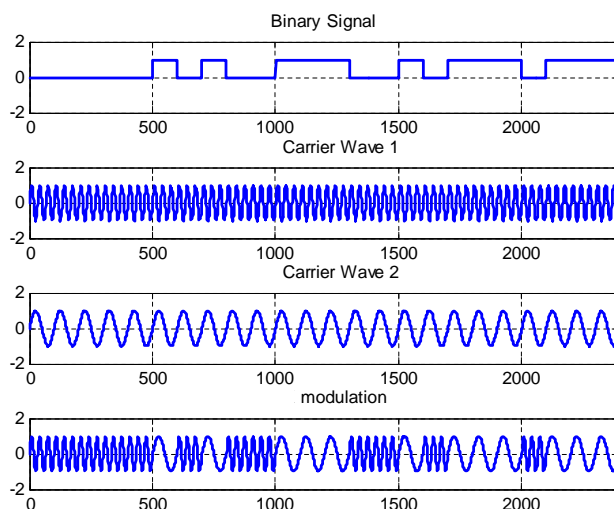
Exercício 4: Um amplificador de microondas opera em 10 GHz com largura de faixa $BW = 1$ MHz e ganho de potência $G_p = 12$ dB. A temperatura do sistema é $T_s = 25$ C⁰ e a contribuição de ruído do amplificador na saída é $P_{Namp} = 2 \times 10^{-3}$ pW. Calcular: (a) a relação sinal-ruído na entrada (SNR_i), em dB; (b) a relação sinal-ruído na saída (SNR_o), em dB; (c) a figura de ruído do amplificador, em dB.

Solução: A relação sinal-ruído na entrada é $SNR_i = S_i/N_i$ e na saída é $SNR_o = S_o/N_o$, nas quais S é a potência de sinal e N a de ruído. A figura de ruído é $F = SNR_i/SNR_o = (S_i/N_i) / (S_o/N_o) = (S_i N_o) / (S_o N_i) = (N_o/N_i) / (S_o/S_i)$. Mas, $S_o/S_i = G_p$ e $F = N_o / (G_p N_i)$.

A potência total de ruído na saída é $N_o = N_{o,a} + G_p N_i$, na qual $N_{o,a}$ é a potência de ruído gerado pelo amplificador. Portanto, $F = (N_{o,a} + G_p N_i) / (G_p N_i) = 1 + N_{o,a} / G_p N_i$. A potência de ruído na entrada é $N_i = 1,38 \times 10^{-23} \times (25 + 273) \times 10^6 = 4,11 \times 10^{-3}$ pW. O ganho de potência é $G_p = 10^{-12/10} = 15,85$.

A figura de ruído é $F = 1 + (2 \times 10^{-3} \times 10^{-12}) / (15,85 \times 4,11 \times 10^{-3} \times 10^{-12})$ e $F = 1,03$ ou $F = 10 \log(1,03)$ e $F = 0,13$ dB. Como a figura de ruído mínima é 0 dB, esta figura de ruído é baixíssima. Para calcular a figura de ruído vamos adotar um valor para a potência de sinal na entrada. Por exemplo, $S_1 = 1$ mW. Assim, $SNR_i = 10^{-3} / (4,11 \times 10^{-3} \times 10^{-12}) = 0,243 \times 10^{12}$ ou $SNR_i = 10 \log(0,243 \times 10^{12})$ e $SNR_i = 113,9$ dB. A relação sinal-ruído na saída é $SNR_o = S_o / N_o = 0,23 \times 10^{12}$, na qual $S_o = 15,85 \times 10^{-3}$ e $N_o = 2 \times 10^{-3} \times 10^{-12} + 15,85 \times 4,11 \times 10^{-3} \times 10^{-12}$ ou $SNR_o = 113,73$ dB. A figura de ruído é $F(dB) = SNR_i(dB) - SNR_o(dB) \approx 0,17$ (a diferença fica por conta das aproximações feitas nos dois cálculos).

Exercício 5: A figura mostra um sinal modulado. A escala horizontal é tempo e a vertical é amplitude. Determinar: A sequência de bits; o tipo de modulação (PSK etc); se o código de linha é não retorna ao zero (NRZ) ou retorna ao zero (RZ).



Solução: Sequência de bits: 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1; Modulação FSK; NRZ.