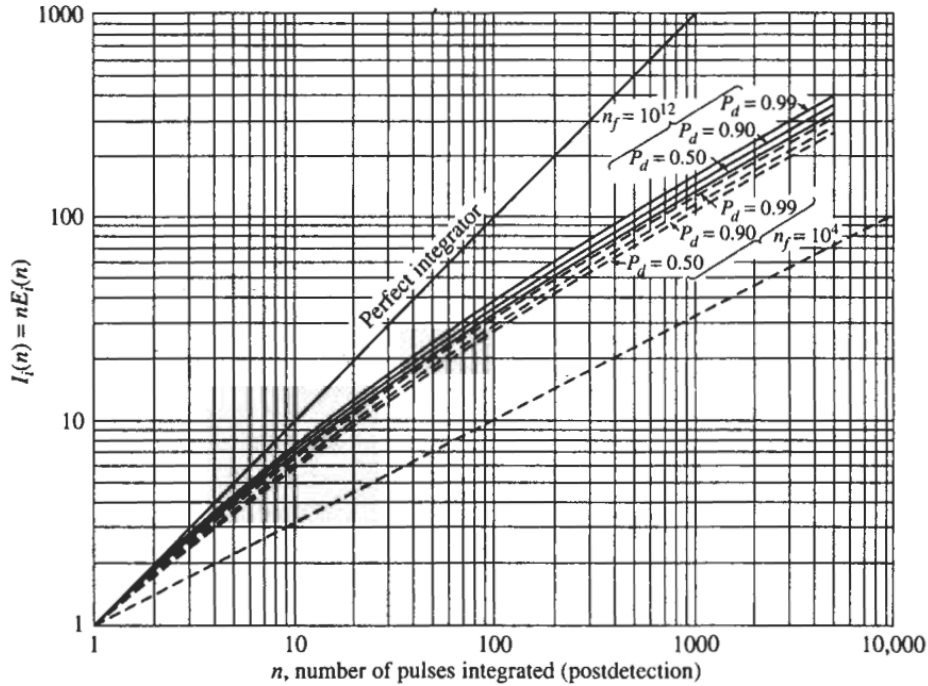


SISTEMAS DE RADAR PROBLEMAS

Capítulo 2: Radar de impulsos, detecção e alcance

1. Um radar detecta um alvo às distâncias aparentes de $R_1=12.5 \text{ km}$ e $R_2=18.5 \text{ km}$ quando utiliza as frequências de impulsos $prf_1=4000 \text{ pps}$ e $prf_2=3125 \text{ pps}$. Determine a que distância se encontra o alvo.
2. Obtenha a probabilidade de falso alarme e a tensão de limiar de detecção de um impulso com um radar com 1 MHz de largura de banda no sistema de detecção. Admita que o valor do *rms* do ruído à saída do receptor é de $1 \mu\text{V}$. Obtenha o limiar de detecção e a relação sinal/ruído de limiar que conduz a tempos de falso alarme de 6 min , 15 min e de 10000 h .
3. Considere um receptor de radar com 1 MHz de largura de banda. Obtenha o valor mínimo de SNR à saída do detector que conduz às probabilidades de detecção de um impulso de $P_d = 0.50$, 0.90 e 0.999 para um tempo de falso alarme de $T_{fa} = 15 \text{ min}$.
4. Considere um alvo com 1 m^2 de área refletora equivalente situado a 50 km de um radar monoestático. Admita que o limiar de detecção é fixado em $60 \mu\text{V}$, o valor expectável da tensão de ruído à saída do detector é de $10 \mu\text{V}$, o receptor funciona à temperatura ambiente de 290 K , o fator de ruído é de 6 dB , a frequência do transmissor é de 2.4 GHz , o ganho da antena é de 30 dB_i , e os impulsos transmitidos têm a duração de $\tau = 2.5 \mu\text{s}$ e $B\tau \approx 1$, sendo B a largura de banda do receptor. Estime a potência necessária no transmissor para detectar um impulso recebido do alvo com probabilidades de detecção de 50% , 90% e 99% ; estime ainda o tempo de falso alarme.
5. Admitindo iguais probabilidades de detecção e de falso alarme, calcule quanto aumenta o alcance de um radar que usa um integrador ideal. Dados: $prf = 300 \text{ Hz}$, $\theta_B = 1.5^\circ$, $\omega_s = 5 \text{ rpm}$.
6. Considere um integrador com pós-deteção com desempenho representado na figura. Estime o fator de melhoria, a eficiência e as perdas de integração, quando se integram 10 ou 20 impulsos e compare os resultados com os que obteria usando uma expressão empírica (referida no slide 50). Obtenha a relação a relação sinal/ ruído por impulso antes da integração necessária para uma detecção com $P_{fa} = 10^{-12}$ e $P_d = 0.5$ e 0.99 .



7. Considere um sinal com a forma de um impulso retangular com 1 pW de potência e $1 \mu\text{s}$ de duração. Admita que este sinal é detetado com recurso a :

- Filtro adaptado.
- Filtro passa-banda ideal com frequência de corte B que maximiza $(S/N)_{\text{pico}}$
- Filtro RLC passa-banda com frequência de queda a -3dB de 1 MHz .

Estime a relação sinal/ ruído de pico à saída de cada filtro, admitindo que a temperatura de ruído total equivalente é de 290 K .

8. Considere um radar de impulsos com as seguintes características:

- Antena: 6 rpm , ganho 36 dB_i , largura de feixe horizontal $\theta_B = 1.5^\circ$
- Transmissor: frequência 3 GHz , impulsos de duração $\tau = 1.5 \mu\text{s}$ e opção $\text{prf} = 1000$ ou 3000 pps .
- Recetor: temperatura ambiente 300 K , fator de ruído 10 dB , tensão de ruído $\text{rms} = 5 \mu\text{V}$ à saída do AFI , integrador de impulsos com eficiência 50% .
- Fontes externas de ruído com temperatura equivalente $T_S = 100 \text{ K}$

a) Determine a largura de banda a “meia potência” do AFI de modo a otimizar a relação sinal/ ruído de pico à saída do detetor tendo em conta que os impulsos são retangulares e que o AFI é constituído por dois andares em cascata com sintonia simples.

b) Com as prf disponíveis, quais as distâncias de deteção não ambíguas ?

c) Quais as potências de pico e média mínimas do transmissor para ser possível a deteção de alvos com 10 m^2 a 60 km garantindo probabilidade de falso alarme inferior a 10^{-10} e

de detecção superior a 95% ?

d) Nas condições da alínea anterior qual o valor a utilizar para limiar da tensão de detecção?

e) Admitindo que se mantém o limiar de detecção e que se recorria a um filtro adaptado estime a probabilidade de detecção.

9. Estime o alcance de um radar sujeito à condição $P_d \geq 0.90$ e $P_{fa} = 10^{-8}$ quando os impulsos recebidos não têm flutuações, e quando exibem flutuações dos tipos Swerling 1 e 3.

Dados:

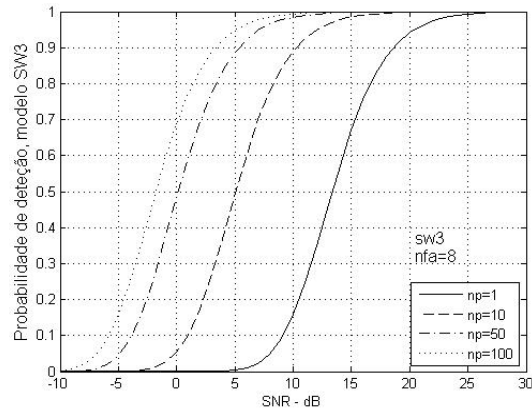
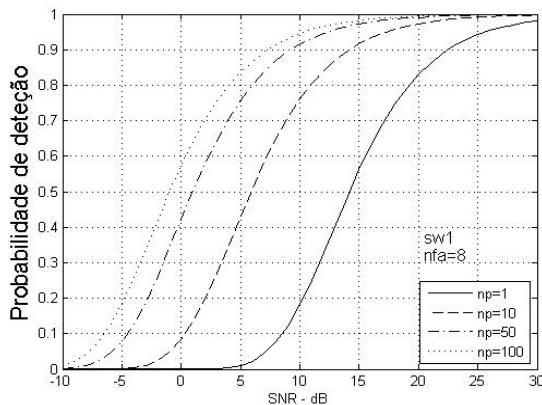
Alvo $\sigma_{av} = 10 m^2$

Transmissor: potência de pico $P_t = 100 kW$; frequência $1.3 GHz$

$prf = 720 pps$; impulsos retangulares de duração $1.5 \mu s$

Antena: ganho, $30 dB_i$; largura de feixe $\theta = 1^\circ$; $\omega_s = 12 rpm$; temperatura de ruído equivalente da antena, $T_A = 200 K$

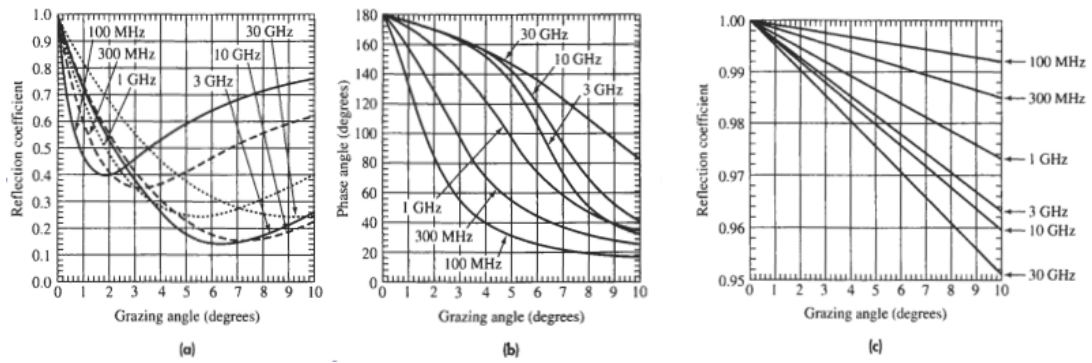
Recetor: 5 andares de sintonia em cascata, fator de ruído $10 dB$, temperatura ambiente $290^\circ K$; integrador de impulsos coerente.



10. Considere um alvo a $50 km$ elevado $1 km$ sobre a terra. A antena de radar está situada a $10 m$ de altura sobre o solo e a frequência de operação é $3 GHz$.

a) Estime o coeficiente de reflexão e o fator de propagação admitindo a superfície na zona de reflexão corresponde a mar calmo. Considere polarização vertical.

b) Obtenha a elevação do alvo que corresponderia ao 1º máximo do fator de propagação originado pelo efeito da reflexão considerando apenas polarização horizontal. Estime o efeito do terreno na potência recebida, em comparação com a inexistência de reflexões.



Coeficiente de reflexão para um mar calmo em função do ângulo (“grazing”). Polarização linear vertical: a) magnitude, b) fase. Polarização linear horizontal: c) magnitude (a fase é sempre muito próxima de 180°)

11. Considere um alvo situado à distância de 60 km de uma antena elevada de 12 m sobre a terra. Calcule a elevação mínima do alvo para poder ser detetado em linha de vista admitindo que a frequência de transmissão 1.3 GHz , que se podem ignorar os efeitos de difração, e que a refratividade da atmosfera segue o modelo exponencial, $N = N_S e^{-h/H_S}$, com $N_S = 310$ e $H_S = 7.5 \text{ km}$.
12. Uma célula de chuva de 2 km com precipitação de 100 mm/hr é atravessada pelo sinal de um radar que funciona na frequência de 10 GHz . Usando o modelo ITU-R P.838-2 estime a redução no alcance do radar.