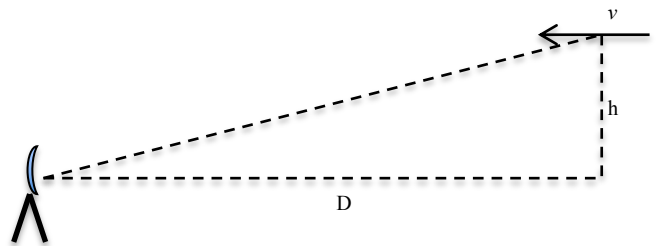


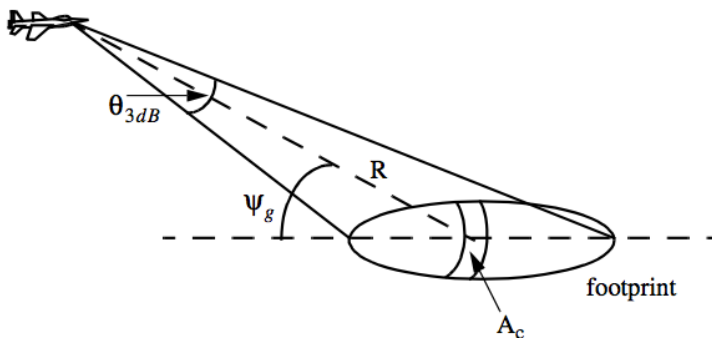
## SISTEMAS DE RADAR PROBLEMAS

### Capítulo 4: Processamento MTI

1. Admita que os alvos a detetar com um radar têm velocidades até  $1000 \text{ km/h}$  e que se usa um filtro cancelador MTI obtenha a *prf* máxima e a distância de não-ambiguidade para as frequências de transmissão de  $1, 3$  e  $10 \text{ GHz}$ .
2. Considere um radar que utiliza impulsos escalonados na proporção  $25:30:27:31$ . Calcule a 1ª velocidade cega quando  $\langle T \rangle = 1.33 \text{ ms}$  e  $f = 1.5 \text{ GHz}$ .
3. Um alvo desloca-se paralelamente ao solo com uma velocidade de  $v = 900 \text{ km/h}$  aproximando-se de um radar em terra. A altitude é constante e igual a  $3000 \text{ m}$ . O radar transmite impulsos a uma cadência de repetição de  $2000 \text{ pps}$  que modulam uma portadora de  $f = 5.25 \text{ GHz}$ , e efetua uma filtragem MTI com um cancelador simples. Obtenha as distâncias sobre o solo que correspondem à primeira, segunda, e terceira velocidades cegas.



4. Considere um radar em plataforma aérea, como representado na figura



A largura de feixe a  $-3\text{dB}$  do lobo principal da antena é de  $0.02\text{rad}$ , a duração dos impulsos é  $\tau = 2\mu\text{s}$ , a distância radar-footprint é de  $R = 20\text{Km}$ , e o ângulo rasante é  $\psi_g = 20^\circ$ . Admitindo que a RCS do alvo é  $\sigma_t = 1\text{m}^2$ , e que o coeficiente de reflexão do clutter é  $\sigma^0 = 0.0136$ , estime a relação sinal/ clutter.

5. Considere um alvo com RCS  $\sigma_t = 0.1\text{m}^2$  visto por um radar. A duração dos impulsos transmitidos é  $\tau = 0.2\mu\text{s}$ , e as larguras de feixe da antena em azimute e elevação são

$\theta_a = \theta_e = 0.02$  rad (feixe com secção circular). Admitindo que a distância é  $R = 50$  Km, e que  $\sum \sigma_i = 1.6 \times 10^{-8} (\text{m}^2/\text{m}^3)$ , estime a relação sinal/ clutter.

6. Obtenha a resposta impulsiva e a função de transferência de um filtro transversal com 7 malhas de atraso  $T_p$  e coeficientes  $w_i = e^{j\frac{2\pi}{N}(i-1)}$ ,  $i = 1 \dots N$ ,  $N = 8$ .

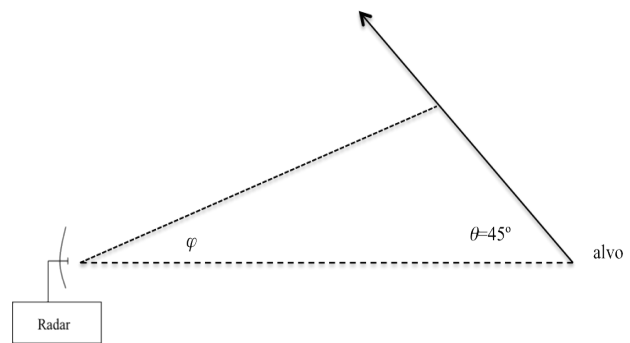
a) Mostre como se pode realizar um banco de filtros transversais para determinar a frequência doppler até à primeira velocidade cega.

Sendo a frequência de transmissão do radar  $5.25$  GHz e o valor de  $prf$  usado de  $3000$  pps,

b) Qual o filtro que apresenta maior amplitude se o alvo tiver velocidade radial de  $100$  km/h ?

c) Qual a atenuação relativa do clutter móvel correspondente à velocidade de  $5$  km/h ? (Admita que só tem output no 1º filtro).

7. Considere um radar com processamento MTI que segue um alvo que se desloca com uma velocidade de  $720$  km/h seguindo a trajetória indicada na figura. A frequência de operação é de  $3$  GHz, e a frequência de repetição de impulsos é de  $1200$  pps e se usa um filtro cancelador simples.

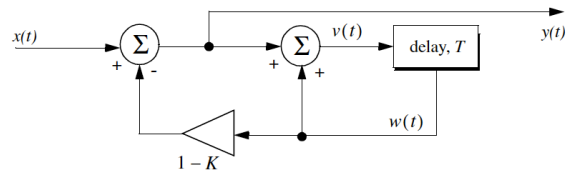


a) Verifique se para que ponto(s) da trajetória a saída do cancelador não permite distinguir o alvo em movimento de um alvo estacionário e determine as possíveis soluções para o ângulo  $\varphi$  (positivo).

b) Admita agora que a deteção do alvo é afetada por clutter com uma densidade espectral gaussiana com um desvio padrão  $\sigma_c = 5$  Hz. Estime o valor de  $prf$  mínimo que permitiria obter uma atenuação do clutter de  $30$  dB.

8. Considere um radar que usa um cancelador com um filtro recursivo com função de transferência

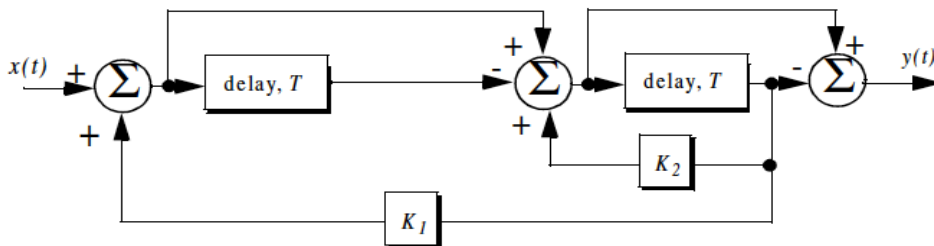
$$|H(f)|^2 = \frac{2(1 - \cos 2\pi fT)}{(1 + K^2) - 2K \cos 2\pi fT}$$



onde  $1-K$  é o ganho de uma malha de realimentação. Admitindo que  $K=0.9$ , a frequência de repetição é  $f_p=1000$  pps, e a frequência de transmissão é de 5 GHz, obtenha a máxima velocidade do espectro clutter que é rejeitada a menos de -10 dB, relativamente à resposta máxima.

9. Um cancelador duplo com realimentação pode ser realizado como se indica na figura

- Obtenha a função de transferência.
- Represente graficamente a função de transferência para  $k_1=k_2=0$ , e interprete o resultado.
- Represente graficamente a função de transferência para  $k_1=0.3$  e  $k_2=0.5$ .



10. Estime o fator de melhoria na relação Sinal/ Clutter quando se usa um cancelador simples ou um cancelador duplo nos seguintes casos:

- clutter com espectro gaussiano com valores *rms* da velocidade  $\sigma_v = 1, 10 \text{ ms}^{-1}$
- $prf = 1000, 3000$
- frequência  $f = 1, 3, 10 \text{ GHz}$

11. Considere um radar que usa um cancelador simples para o processamento *MTI* que usa um conversor *A/D* de 8 bits. O radar funciona em  $f_0 = 3 \text{ GHz}$  tem uma largura de feixe em azimute de  $1.2^\circ$ , velocidade de exploração angular de  $10 \text{ rpm}$ , e  $prf = 1000 \text{ pps}$ . Os osciladores locais garantem uma estabilidade de fase de  $0.6^\circ$ . O desvio padrão das flutuações internas do clutter é de  $\sigma_v = 0.3 \text{ m/s}$ . Admita que o efeito de modulação da antena é contabilizado por  $0.72n_B^2$ , sendo  $n_B$  o número de impulsos de retorno que correspondem a uma “passagem de uma largura de feixe pelo alvo”. Verifique qual o efeito que mais limita o fator de melhoria da relação Sinal/ Clutter.

12. Considere um radar Doppler de impulsos destinado a ser utilizado em plataforma aérea (AMTI).
- a) Procure quantificar valores mínimos adequados de PRF quando  $f_0 = 5.25$  GHz, a velocidade relativa ao solo do radar é  $v = +600$  km/h, e a velocidade de um alvo a detetar entreposto entre o radar e o solo é de  $v_a = -120$  km/h.
  - b) Verifique em que posição no espectro se encontram dois alvos, um com  $v_{a1} = +250$  km/h e outro com  $v_{a2} = -250$  km/h e discuta a possibilidade de um cancelamento efetivo do clutter que permita observar estes alvos.