



Homeworks 4 e 5 referente às aulas do Capítulo I de “Técnicas de Radar – ELC1149”, aulas disponibilizadas em <http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.

***Homeworks* referentes à matéria de ELC1149 até a aula de 03/10/2022 em modalidade REMOTA.**

Departamento de Eletrônica e Computação

Centro de Tecnologia

ELC1149 – Técnicas de Radar

Prof. Fernando DeCastro



Homework 4

Um radar *pulse-Doppler stepped frequency* opera na banda de VHF e o diagrama de radiação de seu *phased-array* ilumina 4 aeronaves que voam em formação, conforme mostrado em (A) abaixo. A tabela abaixo mostra o RCS na banda de VHF e o *range* de cada alvo (aeronave) em um determinado instante, identificando também a velocidade medida para cada alvo pelo processamento Doppler do radar. Para minimizar o efeito de dispersão no *range profile* da formação de aeronaves, o processamento Doppler refere a velocidade de todos os demais alvos em relação à velocidade do alvo mais próximo da antena (F35), conforme mostra a tabela.

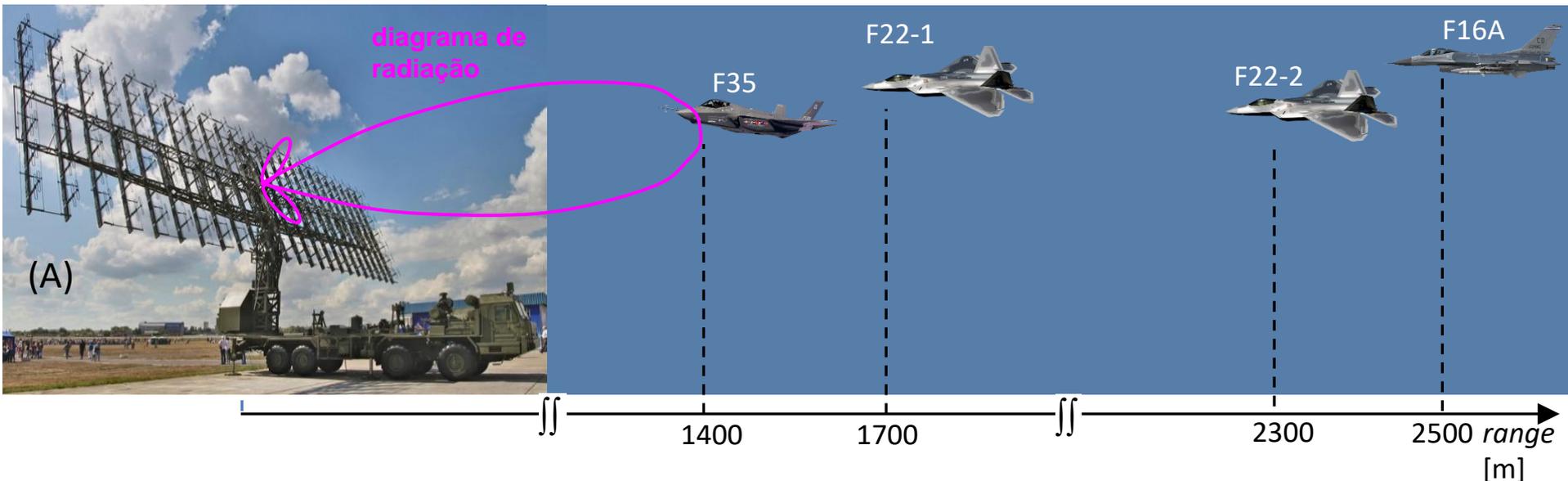
A forma de onda *stepped frequency* deste radar apresenta os seguintes parâmetros:

$$PRF = 120 \text{ [Hz]} \quad PW = 5.833 \text{ [ms]}$$

$$N_{\text{pulsos}} = 64 \quad \Delta f = 55 \text{ [KHz]}$$

Tipo de janela aplicada na sequência u_k :
Janela retangular.

Alvo	RCS [m ²]	Range [m]	Velocidade [m/s]	Velocidade relativa ao alvo "F35" [m/s]
F35	1	1400	411.6 (800 knots)	0
F22-1	5	1700	411.6 (800 knots)	0
F22-2	5	2300	463.0 (900 knots)	51.4
F16A	10	2500	463.0 (900 knots)	51.4



Homework 4

Pede-se:

- (a) Determine a sequência do domínio frequência $u_k = I_k + jQ_k$, $k = 1, 2 \dots N_{\text{pulsos}}$ (ver equação (54) em http://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Capl.pdf), para o cenário operacional que contempla 4 aeronaves voando em formação, conforme tabela dada no enunciado.
- (b) A partir do resultado de (a), plote o gráfico $|u_k|[\text{dBsm}] \times f_k[\text{KHz}]$.
- (c) A partir do resultado de (a), plote o gráfico $\angle u_k[^\circ] \times f_k[\text{KHz}]$.
- (d) Interprete os gráficos obtidos em (b) e (c) no contexto das ondas EM refletidas nos alvos e que retornam incidindo na antena do radar.
- (e) Determine e plote o *range profile* $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ deste cenário operacional (ver equação (55) em http://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Capl.pdf).
- (f) Determine numericamente o *range resolution* através da equação (44) em http://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Capl.pdf e compare com o *range resolution* obtido dos pontos de -3 dB em torno do máximo que ocorre para o alvo “F35” no gráfico $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ obtido em (e).
- (g) Determine o *range resolution* ΔR_0 dado pela equação (45) em http://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Capl.pdf o qual seria obtido com um único pulso de largura PW . Compare com o *range resolution* ΔR dado pela equação (44) que é obtido com o *stepped frequency waveform* especificado no enunciado.
- (h) Determine o fator de compressão de pulso ρ resultante de (g).

Homework 5

Um radar *pulse-Doppler stepped frequency* opera na banda L e o diagrama de radiação de sua antena ilumina 2 aeronaves que voam em formação, conforme mostrado em (A) abaixo. A tabela abaixo mostra o RCS na banda L e o *range* de cada alvo (aeronave) em um determinado instante, identificando também a velocidade medida para cada alvo pelo processamento Doppler do radar. Para anular o efeito de dispersão no *range profile* da formação de aeronaves, o processamento Doppler compensa a velocidade de todos os alvos, de modo que a velocidade radial compensada é zero, conforme mostra a tabela.

A forma de onda *stepped frequency* deste radar apresenta os seguintes parâmetros:

$$PRF = 1200 \text{ [Hz]}$$

$$PW = 0.583 \text{ [ms]}$$

$$N_{\text{pulsos}} = 256$$

$$\Delta f = 55 \text{ [KHz]}$$

Tipo de janela aplicada na sequência u_k : Janelas retangular, Hanning, Hamming e Kaiser – a que melhor permitir a detecção do F22.

Alvo	RCS [m ²]	Range [m]	Velocidade [knots]	Velocidade compensada [m/s]
F22	0.0001	2100	800	0
F15	25	2500	805	0



Homework 5

Pede-se:

- (a) Determine e plote o *range profile* $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ deste cenário operacional aplicando uma janela retangular na sequência do domínio frequência $u_k = I_k + jQ_k$, $k = 1, 2 \dots N_{\text{pulsos}}$.
- (b) Determine numericamente o *range resolution* através da equação (44) em http://www.fccdecastro.com.br/pdf/TR_Capl.pdf e compare com o *range resolution* obtido dos pontos de -3 dB em torno do máximo que ocorre para o alvo “F15” no gráfico $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ obtido em (a).
- (c) Determine o fator de compressão de pulso ρ .
- (d) Determine e plote o *range profile* $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ deste cenário operacional aplicando uma janela de Hanning na sequência $u_k = I_k + jQ_k$.
- (e) Determine e plote o *range profile* $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ deste cenário operacional aplicando uma janela de Hamming na sequência $u_k = I_k + jQ_k$.
- (f) Determine e plote o *range profile* $\Gamma[\text{dBsm}] \times \text{range}[\text{m}]$ deste cenário operacional aplicando uma janela de Kaiser com parâmetro $\text{Alpha} = \{3, 6, 12\}$ na sequência $u_k = I_k + jQ_k$.
- (g) Compare os resultados de (a), (d), (e) e (f). Qual janela é a recomendada para este cenário operacional do radar? Justifique a sua escolha.
- (h) Plote o gráfico $|u_k|[\text{dBsm}] \times f_k[\text{KHz}]$.
- (i) Plote o gráfico $\angle u_k[^\circ] \times f_k[\text{KHz}]$.
- (j) Interprete os gráficos obtidos em (h) e (i) no contexto das ondas EM refletidas nos alvos e que retornam incidindo na antena do radar.