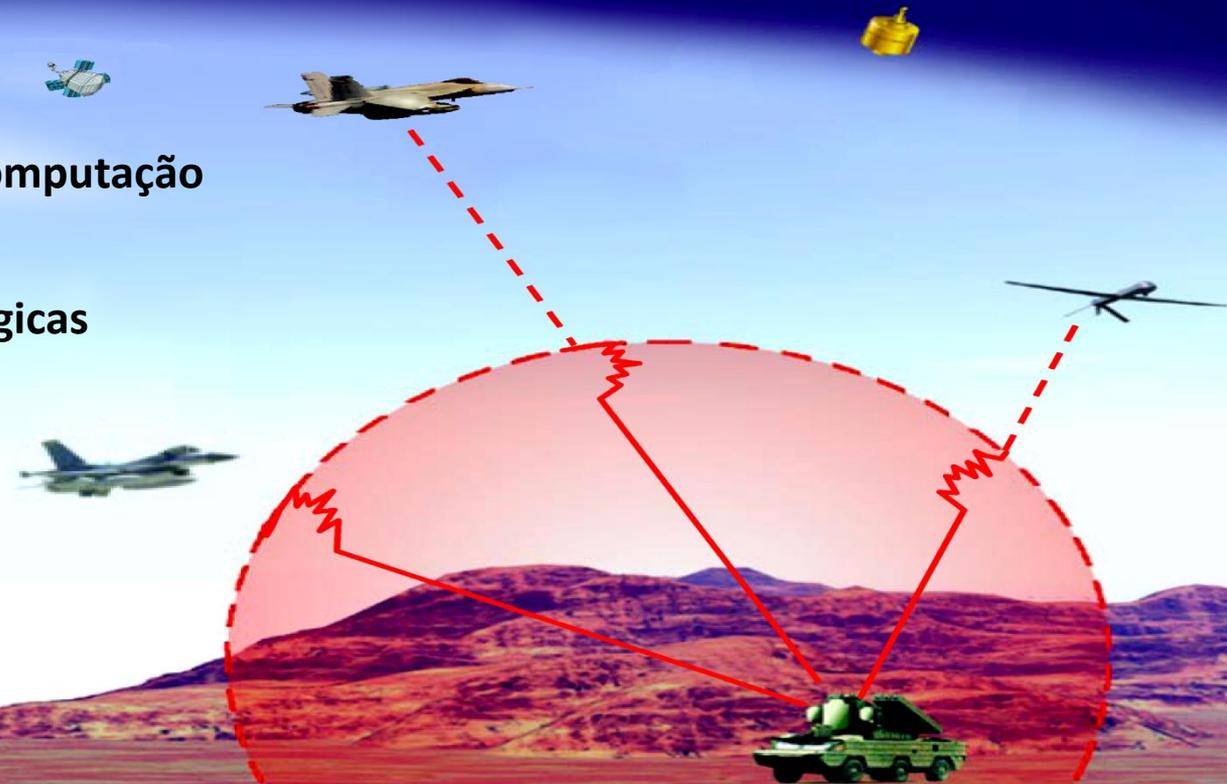




Homework 24 referente às aulas 19 e 20 de
“Comunicações Estratégicas – ELC1148”, aulas
disponibilizadas em
<http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.

Departamento de Eletrônica e Computação
Centro de Tecnologia
ELC1148 – Comunicações Estratégicas
Prof. Fernando DeCastro

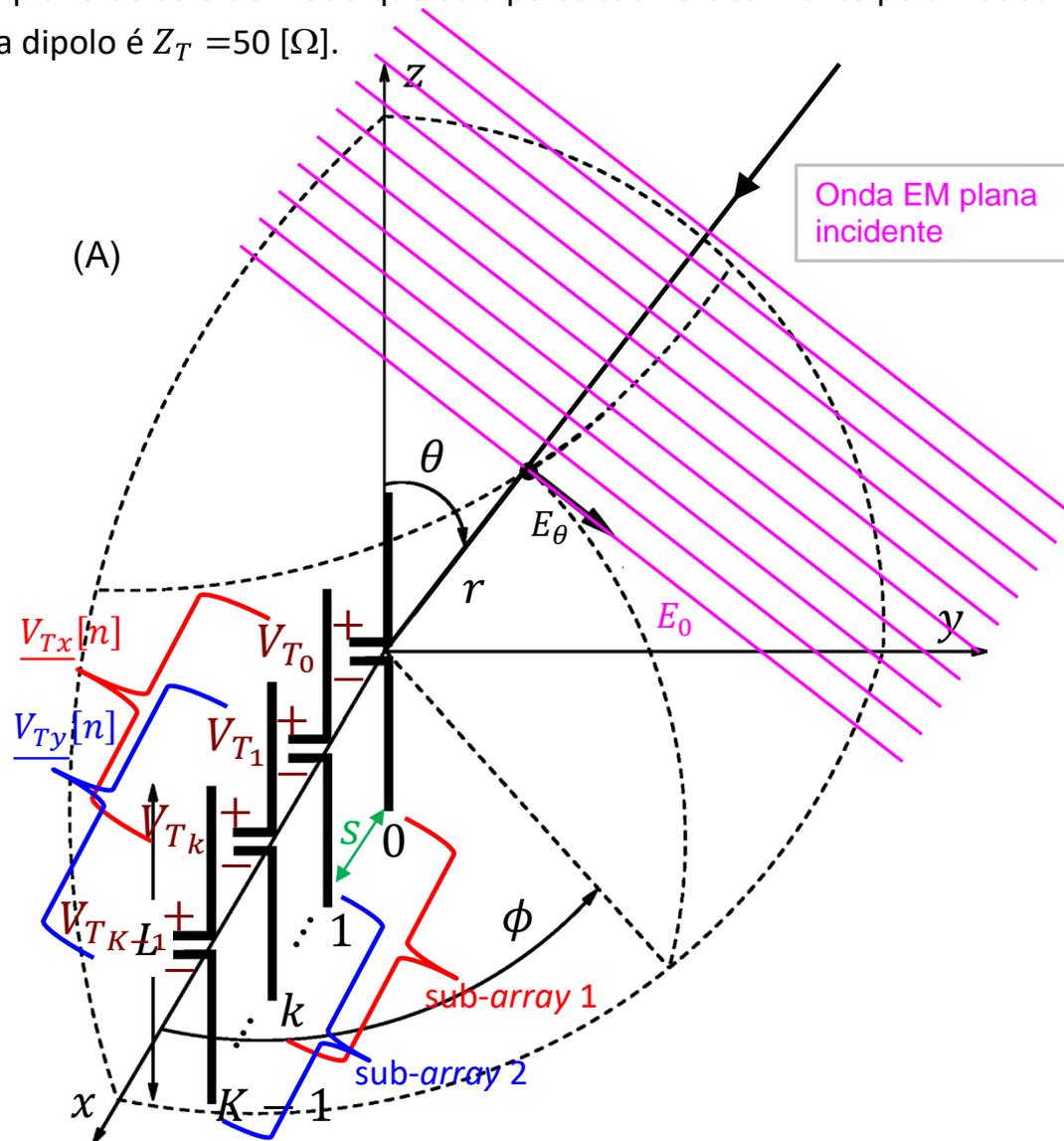
Homework referente à matéria de
ELC1148 até a aula de 15/07/2022
em modalidade EAD.



Homework 24

Considere o *phased-array* do tipo *Uniform Linear Array* (ULA) mostrado em (A), operando em $f_0 = 980\text{MHz}$ e constituído por 6 dipolos cilíndricos de tamanho $L = 0.75\lambda$ e de raio $a=5\text{mm}$, separados entre si de $s=0.5\lambda$, sendo λ o comprimento de onda em f_0 . O plano xy é paralelo ao plano do solo de modo que os dipolos são verticalmente polarizados.

A impedância de carga de cada dipolo é $Z_T = 50 [\Omega]$.



Homework 24

Um conjunto de ondas EM originadas em transmissores localizados em coordenadas distintas incidem no ULA com amplitudes Mag relativas e DOAs (θ, ϕ) conforme tabela em (A). Os transmissores utilizam modulação 16-QAM com um alfabeto da modulação dado pelo mapa IQSymbolMap em (B), sendo cada um dos 16 símbolos IQ em IQSymbolMap mapeado em uma palavra de 4 bits (ver http://www.fccdecastro.com.br/pdf/T2_Aula10&11_22042020.pdf).

(A) Mag:	DOA θ :	DOA ϕ :
1.0	80°	150°
0.7	85°	70°
0.5	90°	20°

$$(B) \quad \text{IQSymbolMap} = \begin{pmatrix} -3 + 3i & -1 + 3i & 1 + 3i & 3 + 3i \\ -3 + i & -1 + i & 1 + i & 3 + i \\ -3 - i & -1 - i & 1 - i & 3 - i \\ -3 - 3i & -1 - 3i & 1 - 3i & 3 - 3i \end{pmatrix}$$

Para efeito de eficiência espectral, como é usual em qualquer sistema digital, os transmissores adotam um *scrambler* na entrada do modulador (*energy dispersal scrambler* - ver <https://en.wikipedia.org/wiki/Scrambler>) que torna aleatória e uniforme a distribuição dos símbolos IQ na sequência de símbolos IQ extraídos do mapa IQSymbolMap em função da sequência de palavras binárias de 4 bits na entrada do *scrambler*, sequência que corresponde à informação digital a ser transmitida pelo transmissor.

As tensões nos terminais dos 6 dipolos resultantes da incidência das ondas EM são digitalizadas e convertidas para banda-

base pelos respectivos receptores (RX) do *array* de dipolos e são armazenadas no vetor $\underline{V}_T[n] = \begin{bmatrix} V_{T_0}[n] \\ V_{T_1}[n] \\ \vdots \\ V_{T_5}[n] \end{bmatrix}$.

Uma sequência de $NSmpl = 2000$ vetores $\underline{V}_T[n]$, $n = 0, 1 \dots NSmpl - 1$, é processada pelo algoritmo ESPRIT para efeito de determinar o DOA ϕ das ondas EM incidentes.

A relação sinal-ruído do canal no local onde o ULA situa-se é $SNR = 25$ [dB].

Homework 24

Pede-se:

(a) Determine as sequências de vetores $\underline{V_{Tx}}[n]$ e $\underline{V_{Ty}}[n]$ geradas respectivamente nos terminais dos dipolos do *sub-array 1* e nos terminais dos dipolos do *sub-array 2*, conforme mostrado em (A) no slide 2.

(b) Forme a sequência $\underline{V_{Tz}}[n] = \begin{bmatrix} \underline{V_{Tx}}[n] \\ \underline{V_{Ty}}[n] \end{bmatrix}$, determine a matriz de covariância \mathbf{CovZ} da sequência $\underline{V_{Tz}}[n]$, efetue a sua *eigen*-decomposição e determine os autovetores de sinal.

(c) Utilizando o algoritmo **LS-ESPRIT** determine os DOAs (θ_m, ϕ_m) das M ondas EM que incidem no *array*, com $m = 0, 1 \dots M - 1$.

(d) Utilizando o algoritmo **TLS-ESPRIT** determine os DOAs (θ_m, ϕ_m) das M ondas EM que incidem no *array* e compare com os resultados obtidos em (c).

(e) Refaça os itens (a) a (d) para a situação em que o processamento digital do RX não efetua a compensação do acoplamento mútuo entre os dipolos do *array*. Analise comparativamente e interprete os resultados.