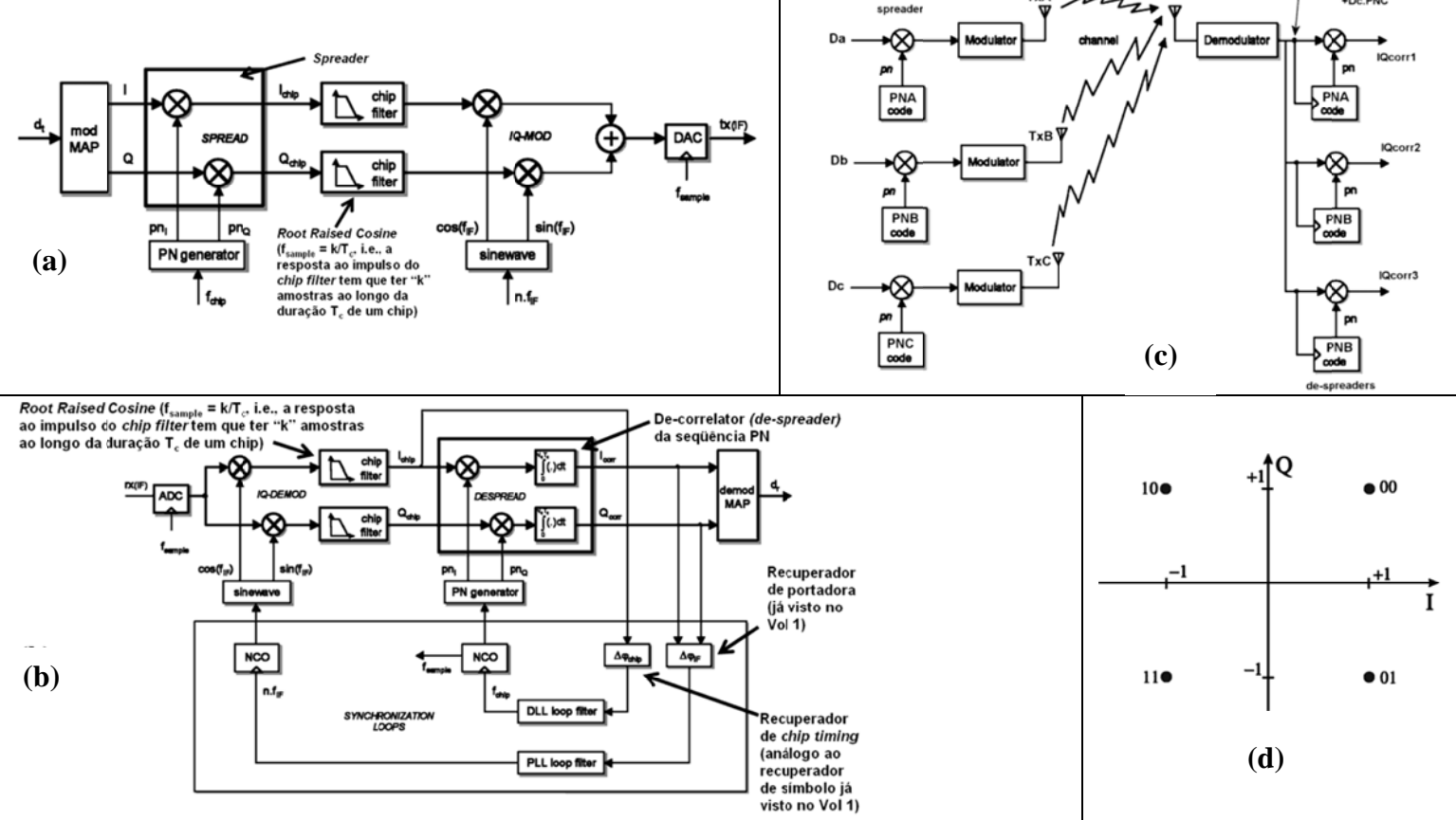
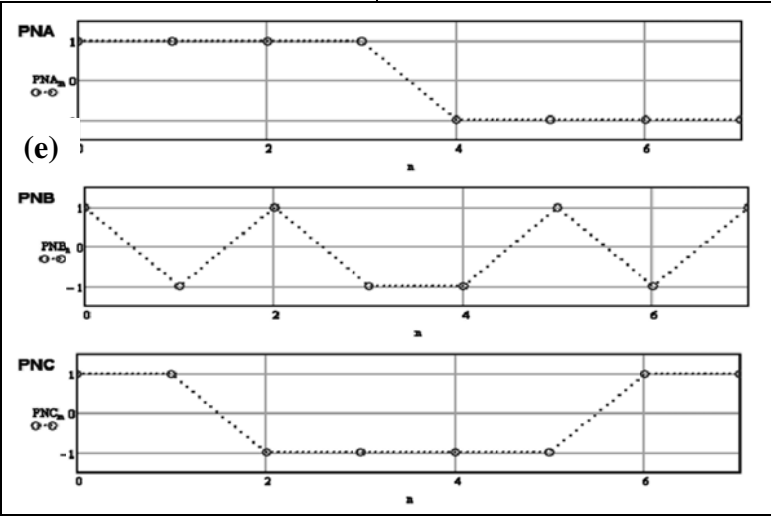


A Figura 1 abaixo mostra aspectos de implementação de uma rede wireless DS-Spread Spectrum QPSK:

**Figura 1:**

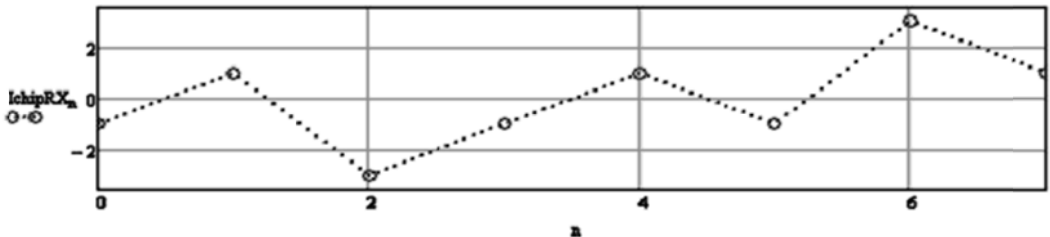


- (a) Etapa de modulação do TX de cada um dos usuários da rede.
- (b) Etapa de demodulação do RX de uma das *basestations* da rede.
- (c) Tráfego hipotético em determinado instante de operação da rede em que entre 3 usuários A, B e C transmitem para o RX de uma das *basestations*. Sabe-se que durante esta situação de operação hipotética o sistema encontra-se perfeitamente sincronizado, não havendo nem ruído nem multipercurso no canal.
- (d) IQ mapper & de-mapper. O sistema utiliza  $N_C = 8$  chips por símbolo IQ, sendo o “de-spreader” do RX da *basestation* implementado por meio de um *matched-filter* para a seqüência de chips gerada no “spreader” do TX de cada usuário.
- (e) Seqüências PN usadas nos *spreaders* dos TXs dos usuários A,B e C durante a situação mostrada em (c).



Pede-se:

- a) Para a situação descrita pela Fig. 1(c), determine a seqüência  $I_{chip}$  na entrada do *despreader* do RX da *basestation* – vide Fig. 1(b) – sabendo que o valor de I na entrada dos *spreaders* do TX das estações A,B e C – ver Fig. 1(a & c) – são respectivamente  $\text{Re}\{D_a\} = +1$ ,  $\text{Re}\{D_b\} = -1$  e  $\text{Re}\{D_c\} = -1$ , onde  $\text{Re}\{\bullet\}$  é o operador que denota a parte real do argumento de valor complexo  $I+jQ$ .
- b) Determine o valor I (parte real) das seqüências nas saídas IQcorr1, IQcorr2 e IQcorr3 da Fig. 1(c) sabendo que, no instante considerado, a seqüência  $I_{chipRX} = \text{Re}\{IQ_{chipRX}\}$  – vide Fig. 1(c) – é conforme o gráfico abaixo:



$$I_{chipRX}^T = (-1 \ 1 \ -3 \ -1 \ 1 \ -1 \ 3 \ 1)$$

# Solução:

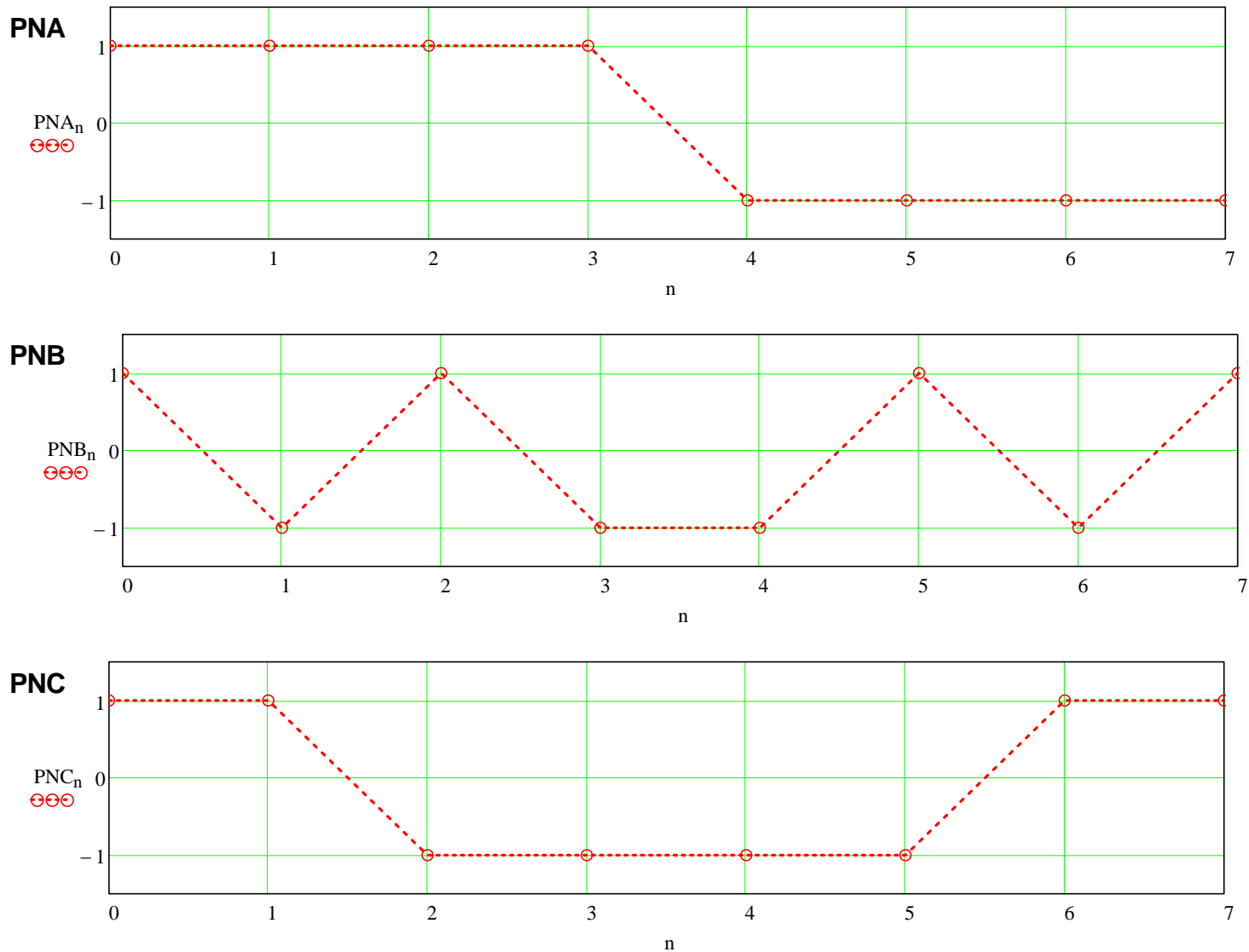
a) Do enunciado, é dado:

$D_a := 1$  ← valor de  $I$  na entrada do *spreaders* do TX da estação **A** - ver Figura 1(a & c) do enunciado.

$D_b := -1$  ← valor de  $I$  na entrada do *spreaders* do TX da estação **B** - ver Figura 1(a & c) do enunciado.

$D_c := -1$  ← valor de  $I$  na entrada do *spreaders* do TX da estação **C** - ver Figura 1(a & c) do enunciado.

As seqüências  $pn_i$  na saída do "PN generator" na Figura 1(a), utilizadas nos respectivos *spreaders* das estações transmissoras A,B e C - ver Figura 1(c) do enunciado - são



Convertendo as seqüências  $pn_i$  das estações transmissoras A,B e C para o formato vetorial (para efeito de adequar a representação ao processo de correlação numérica a ser efetuada na solução da questão **b**), temos:

$$\text{PNA} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \text{PNB} = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{PNC} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

É afirmado no enunciado que não há multipercurso nem ruído no canal e que o sistema encontra-se perfeitamente sincronizado. Desta maneira, é válido afirmar que  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  na entrada do *de-spreader* do RX – ver Figura 1(b) do enunciado – é a soma das respectivas saídas  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  dos *spreaders* dos TXs das estações **A**, **B** e **C** - ver Figura 1(a & c) do enunciado. Calculando desta maneira o  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  na entrada do *de-spreader* do RX, obtemos:

$$\mathbf{I}_{\text{chip}} := \mathbf{D}_a \cdot \mathbf{P}_{NA} + \mathbf{D}_b \cdot \mathbf{P}_{NB} + \mathbf{D}_c \cdot \mathbf{P}_{NC} \quad \mathbf{I}_{\text{chip}}^T = (-1 \ 1 \ 1 \ 3 \ 1 \ -1 \ -1 \ -3)$$

**b)** Do enunciado, é dado:

$$\mathbf{I}_{\text{chipRX}}^T = (-1 \ 1 \ -3 \ -1 \ 1 \ -1 \ 3 \ 1)$$

Ainda, do enunciado, é dado que o *de-spreader* do RX é implementado por meio de um *matched-filter* para a seqüência de *chips* gerada no “*spreader*” do TX.

Vimos no exercício da aula anterior que, nesta implementação, a saída  $\mathbf{I}_{\text{corr}}$  do *de-spreader* do RX é o resultado da convolução da seqüência  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  na entrada do *de-spreader* com a resposta ao impulso do *matched-filter* dada pela *m-sequence* reversa (imagem) da usada no *spreader* do TX.

Vimos também que os pontos de máximo absoluto da função correlação resultante na saída do *de-spreader* recuperam uma aproximação dos símbolos na seqüência  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  originalmente transmitida pelo TX.

Mas, o enunciado afirma que o sistema encontra-se perfeitamente sincronizado. Logo, o sistema já determinou os instantes em que ocorrem os valores de máximo absoluto da função correlação resultante na saída do *de-spreader* (valores que recuperam os símbolos da seqüência  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  originalmente transmitida pelo TX). Nestes instantes já determinados, o valor da correlação pode ser calculado simplesmente efetuando o produto escalar entre o vetor que representa a seqüência PN de um determinado usuário e o vetor que representa  $\mathbf{I}_{\text{chipRX}}$  na entrada do *de-spreader* do RX da *basestation*. Normalizando por  $N_c=8$  este valor de correlação assim obtido, recupera-se o símbolo da seqüência  $\mathbf{I}_{\text{chip}}$  originalmente transmitido pelo TX do usuário em questão no instante em consideração.

Desta maneira, temos:

$$\mathbf{I}_{\text{corr1}} := \frac{1}{N_c} \mathbf{I}_{\text{chipRX}}^T \cdot \mathbf{P}_{NA} \quad \mathbf{I}_{\text{corr1}} = -1$$

$$\mathbf{I}_{\text{corr2}} := \frac{1}{N_c} \mathbf{I}_{\text{chipRX}}^T \cdot \mathbf{P}_{NB} \quad \mathbf{I}_{\text{corr2}} = -1$$

$$\mathbf{I}_{\text{corr3}} := \frac{1}{N_c} \mathbf{I}_{\text{chipRX}}^T \cdot \mathbf{P}_{NC} \quad \mathbf{I}_{\text{corr3}} = 1$$

Note que os valores acima obtidos para  $\mathbf{I}_{\text{corr1}}$ ,  $\mathbf{I}_{\text{corr2}}$ ,  $\mathbf{I}_{\text{corr3}}$  resultantes na saída dos *de-spreaders* do RX da *basestation* - ver Figura 1(c) do enunciado - correspondem aos valores da parte real de  $\mathbf{D}_a$ ,  $\mathbf{D}_b$  e  $\mathbf{D}_c$ , isto é, aos valores das entradas  $\mathbf{I}$  dos *spreaders* dos TXs das estações A, B e C - ver Figura 1(a) do enunciado.