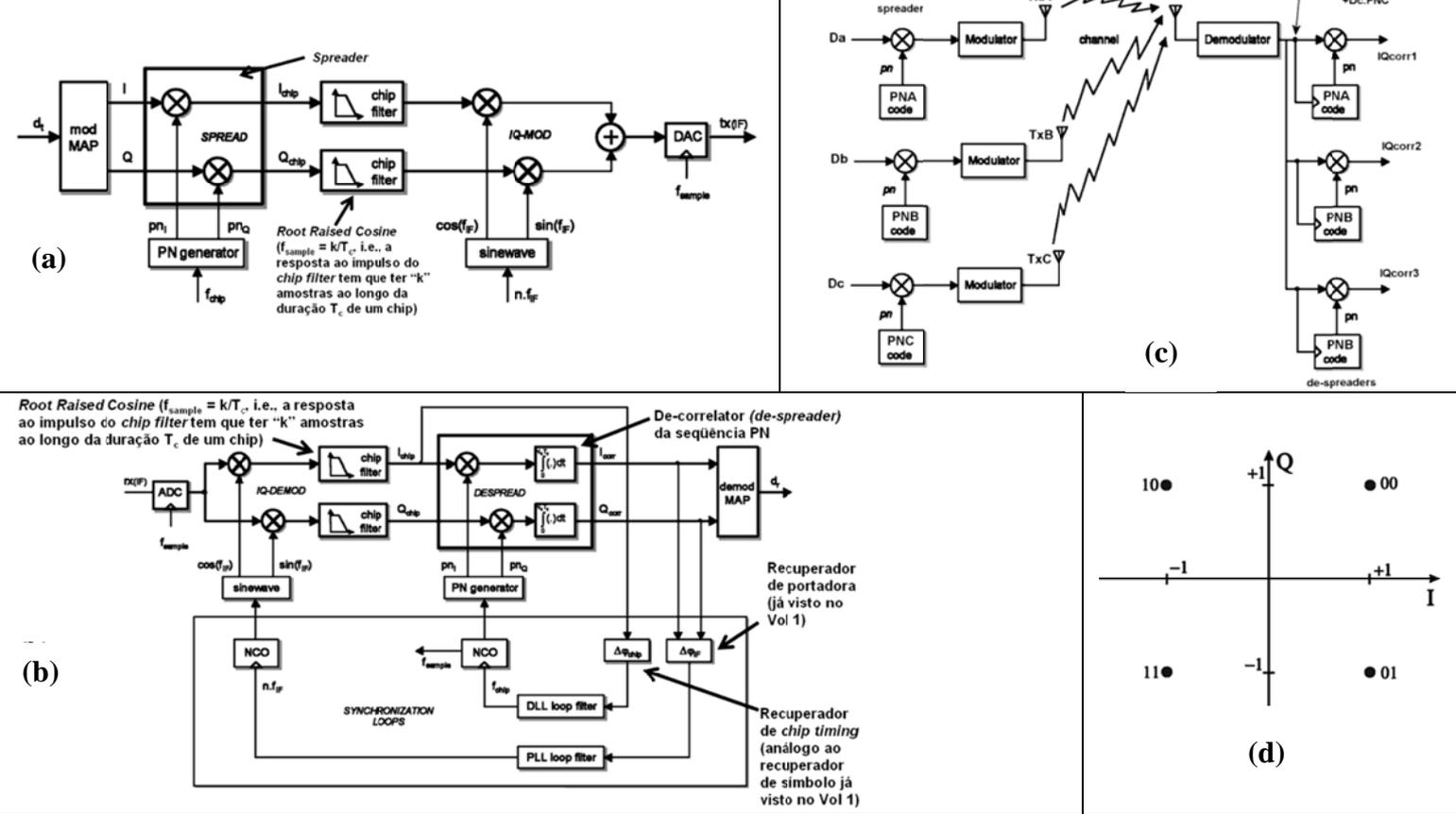
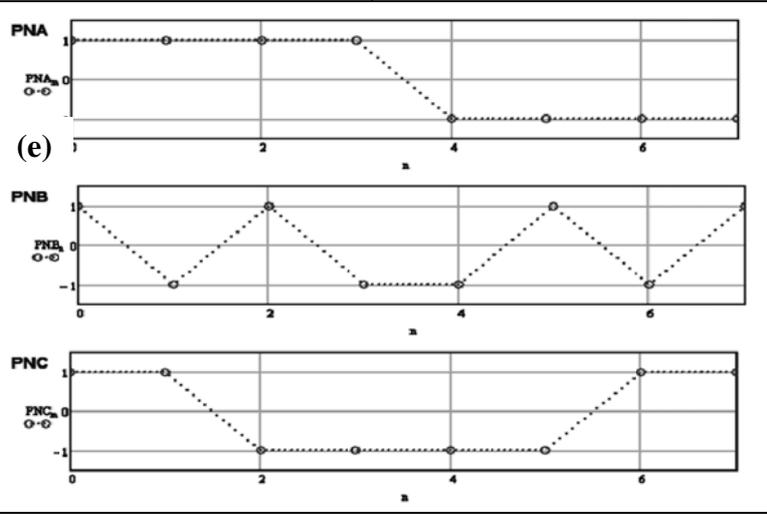


A Figura 1 abaixo mostra aspectos de implementação de uma rede wireless DS-Spread Spectrum QPSK:

Figura 1:

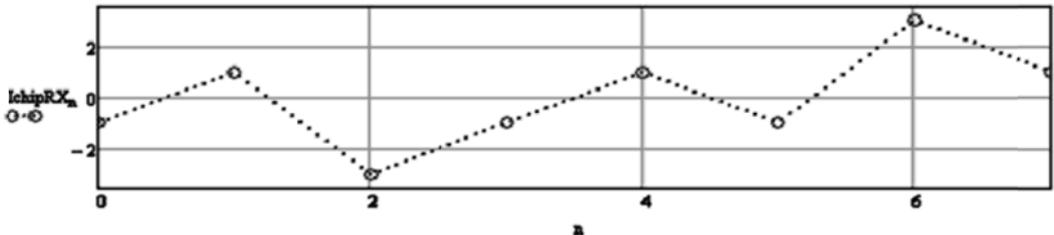


- (a) Etapa de modulação do TX de cada um dos usuários da rede.
- (b) Etapa de demodulação do RX de uma das *basestations* da rede.
- (c) Tráfego hipotético em determinado instante de operação da rede em que entre 3 usuários A, B e C transmitem para o RX de uma das *basestations*. Sabe-se que durante esta situação de operação hipotética o sistema encontra-se perfeitamente sincronizado, não havendo nem ruído nem multipercursos 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 $I_{chipRX} = \text{Re}\{I_{QchipRX}\}$ – vide Fig. 1(c) – é conforme o gráfico abaixo:



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

Solução:

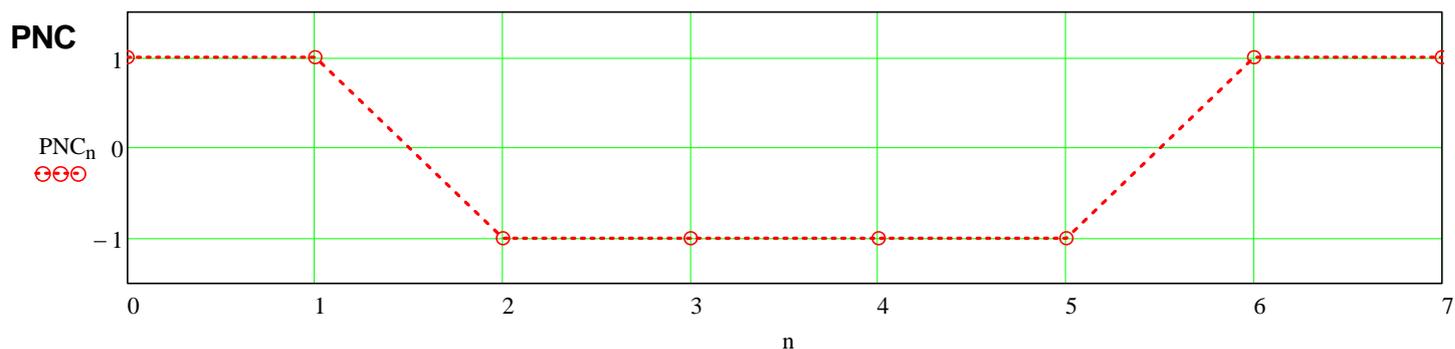
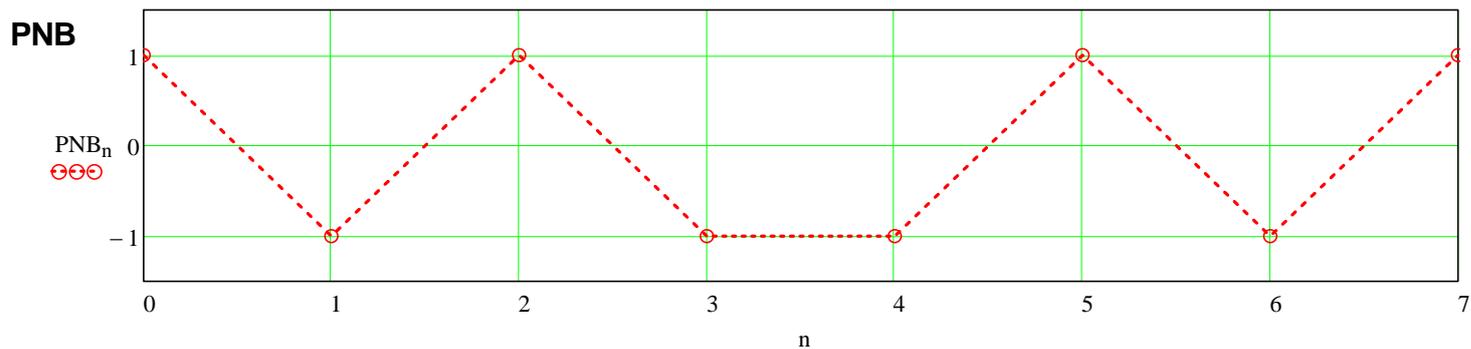
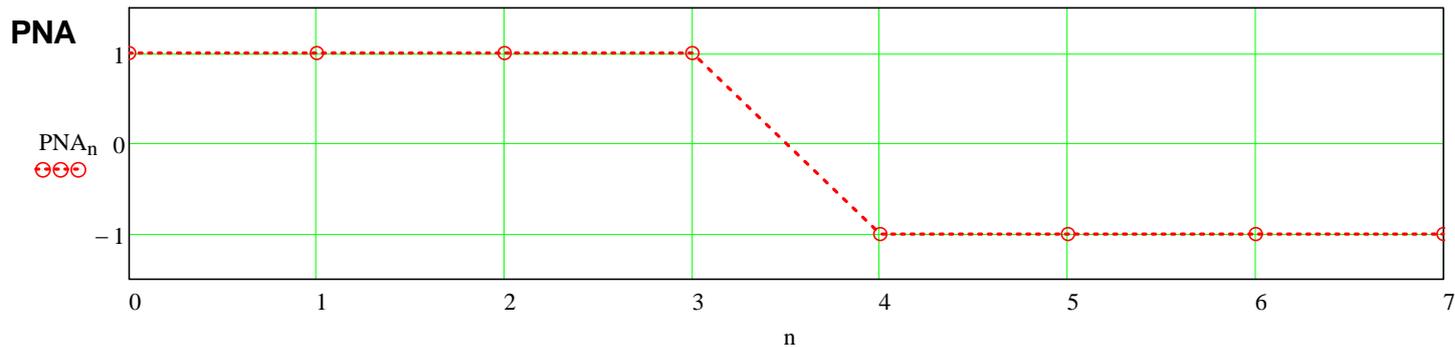
a) Do enunciado, é dado:

$D_a := 1$ ← 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:

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

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}_{chip} na entrada do *de-spreader* do RX – ver Figura 1(b) do enunciado – é a soma das respectivas saídas \mathbf{I}_{chip} dos *spreaders* dos TXs das estações **A**, **B** e **C** - ver Figura 1(a & c) do enunciado. Calculando desta maneira o \mathbf{I}_{chip} na entrada do *de-spreader* do RX, obtemos:

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

b) Do enunciado, é dado:

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

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}_{corr} do *de-spreader* do RX é o resultado da convolução da seqüência \mathbf{I}_{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}_{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}_{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}_{chip} originalmente transmitido pelo TX do usuário em questão no instante em consideração.

Desta maneira, temos:

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

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

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

Note que os valores acima obtidos para **Icorr1**, **Icorr2**, **Icorr3** resultantes na saída dos *de-spreaders* do RX da *basestation* - ver Figura 1(c) do enunciado - correspondem aos valores da parte real de **Da**, **Db** e **Dc**, isto é, aos valores das entradas **I** dos *spreaders* dos TXs das estações A, B e C - ver Figura 1(a) do enunciado.