



Homeworks 24 a 27 referentes às aulas 21 a 26 de “Telecomunicações II ELC1120-316”, aula disponibilizada em

<http://www.fccdecastro.com.br/download.html>

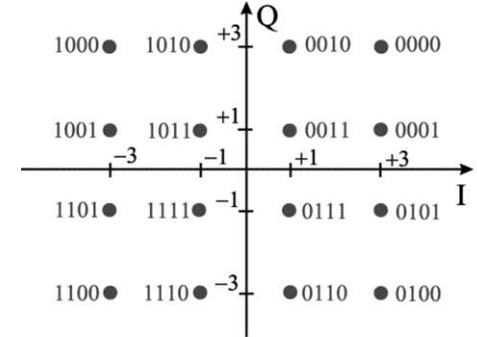
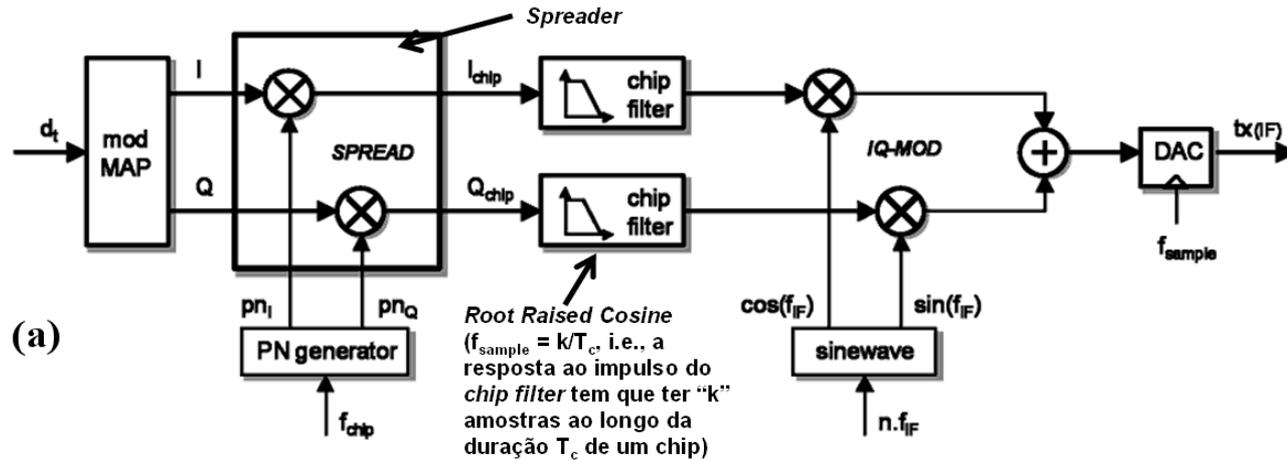
Departamento de Eletrônica e Computação
Centro de Tecnologia
ELC1120 – Telecomunicações II
Prof. Fernando DeCastro

Homeworks referentes à matéria de ELC1120 até a aula de 03/01/2023 em modalidade REMOTA.

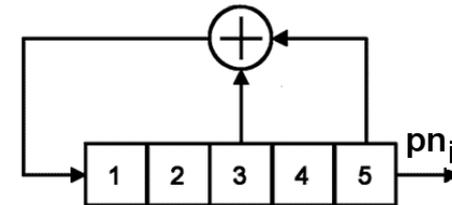
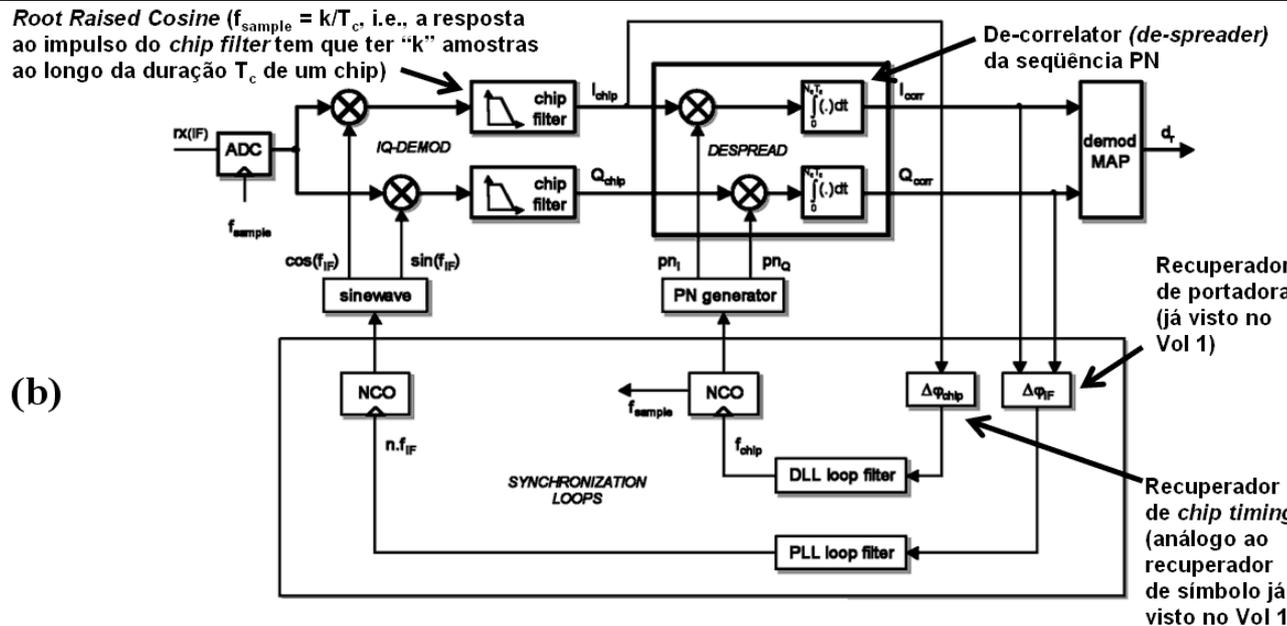


Homework 24

O diagrama na Figura 1 abaixo mostra a etapa de modulação de um sistema de comunicação digital DS-Spread Spectrum 16-QAM:



(c) mod e demod MAP



(d) PN generator SSRG[5,3] p/ a seqüência de símbolos I. A cada novo símbolo I (e Q) o SSRG é inicializado conforme segue:

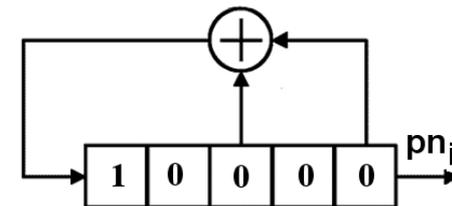


Figura 1: (a) TX DS-Spread Spectrum 16-QAM. (b) RX DS-Spread Spectrum 16-QAM (c) IQ mapper & de-mapper (d) "PN generator" usado no "Spreader" da seqüência de símbolos I em (a).

Homework 24

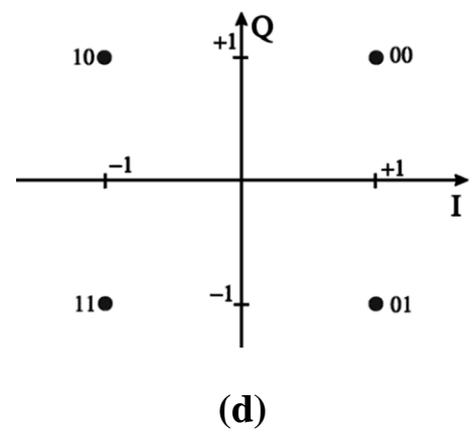
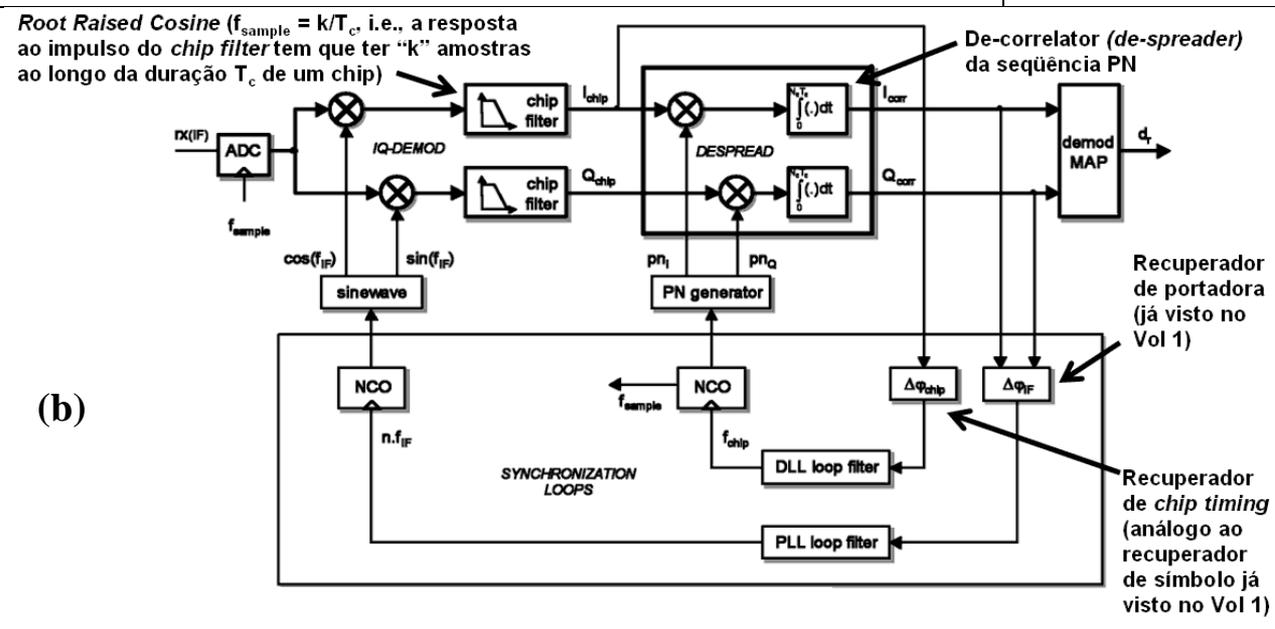
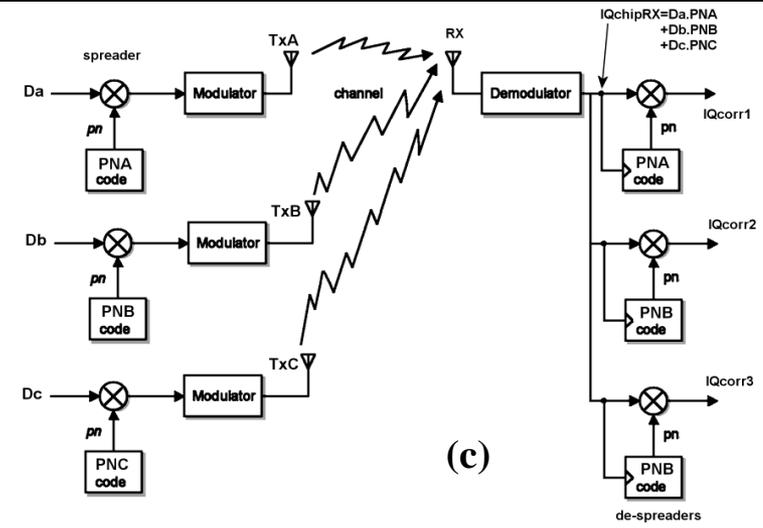
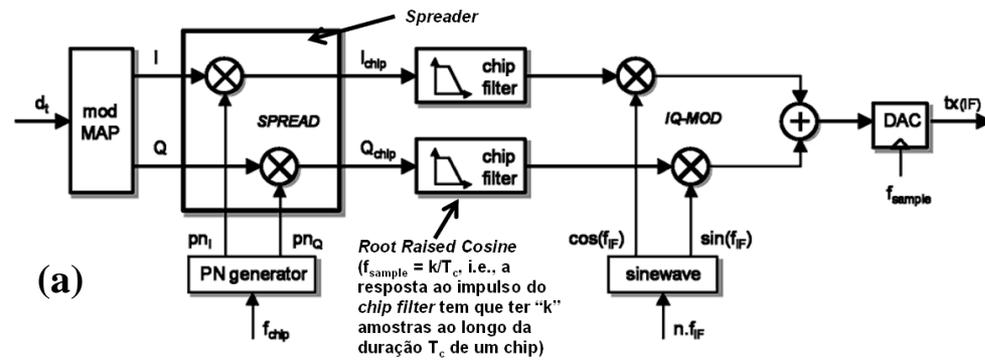
O sistema utiliza $N_C = 31$ chips por símbolo IQ e o “*de-spreader*” do RX é implementado por meio de um *matched-filter* para a sequência de chips gerada no “*spreader*” do TX. Sabendo que o sistema não apresenta erros de sincronização nem no recuperador de portadora nem no recuperador de *chip timing*, pede-se:

- Determine o gráfico da sequência \mathbf{pn}_i na saída do “PN generator” na Figura 1 (a) para cada símbolo I na entrada do “*Spreader*” do TX.
- Determine o gráfico da sequência \mathbf{pn}_i reversa (imagem) da sequência gerada em a), a ser utilizada no “*de-spreader*” do RX.
- Determine o balanceamento (nível DC) da sequência \mathbf{pn}_i gerada em a).
- Determine o gráfico da auto-correlação da sequência de chips \mathbf{pn}_i gerada no “*Spreader*” do TX.
- Determine o gráfico da correlação cruzada entre a sequência de chips \mathbf{pn}_i gerada no “*Spreader*” do TX e a a sequência de chips \mathbf{pn}_i gerada no “*de-spreader*” do RX.
- Dois símbolos consecutivos I_1 e I_2 são gerados no *mapper* do TX respectivamente pelas palavras binárias “0000” e “1111”. Assumindo que não haja multipercurso nem ruído no canal, determine a saída \mathbf{l}_{corr} do “*de-spreader*” do RX para estas palavras binárias.

Homework 25

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

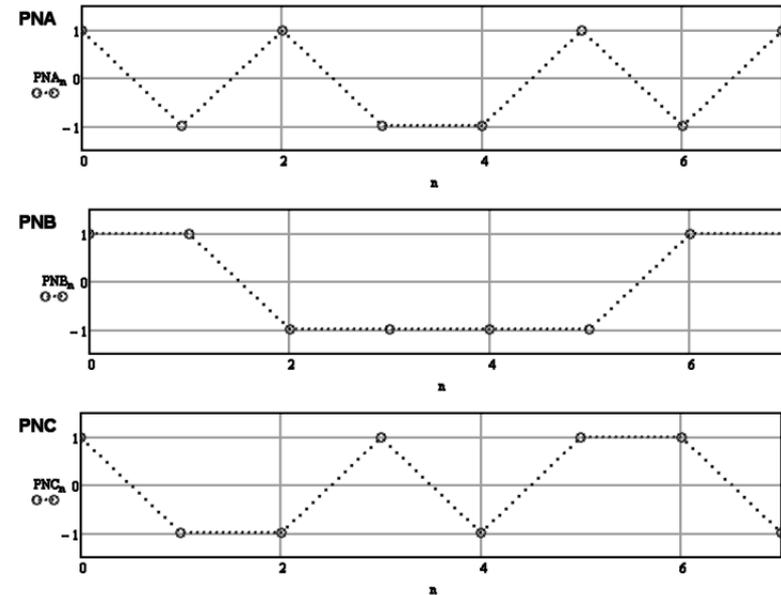
Figura 1:



Homework 25

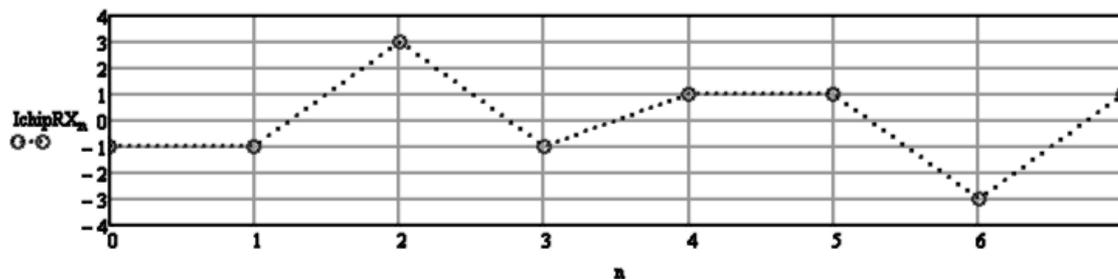
- (a) Etapa de modulação do TX de cada um dos usuários da rede.
- (b) Etapa de demodulação do RX de uma das *basestations* da rede.
- (c) Tráfego hipotético em determinado instante de operação da rede em que entre 3 usuários A, B e C transmitem para o RX de uma das *basestations*. Sabe-se que durante 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).

(e)



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 $Re\{D_a\}=+1$, $Re\{D_b\}=+1$ e $Re\{D_c\}=-1$, onde $Re\{\bullet\}$ 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 IQ_{corr1} , IQ_{corr2} e IQ_{corr3} da Fig. 1(c) sabendo que, no instante considerado, a seqüência $I_{chipRX}=Re\{IQ_{chipRX}\}$ – vide Fig. 1(c) – é conforme o gráfico abaixo:



Homework 26

O diagrama na Figura 1 abaixo mostra a etapa de modulação de um sistema de comunicação digital OFDM 16-QAM:

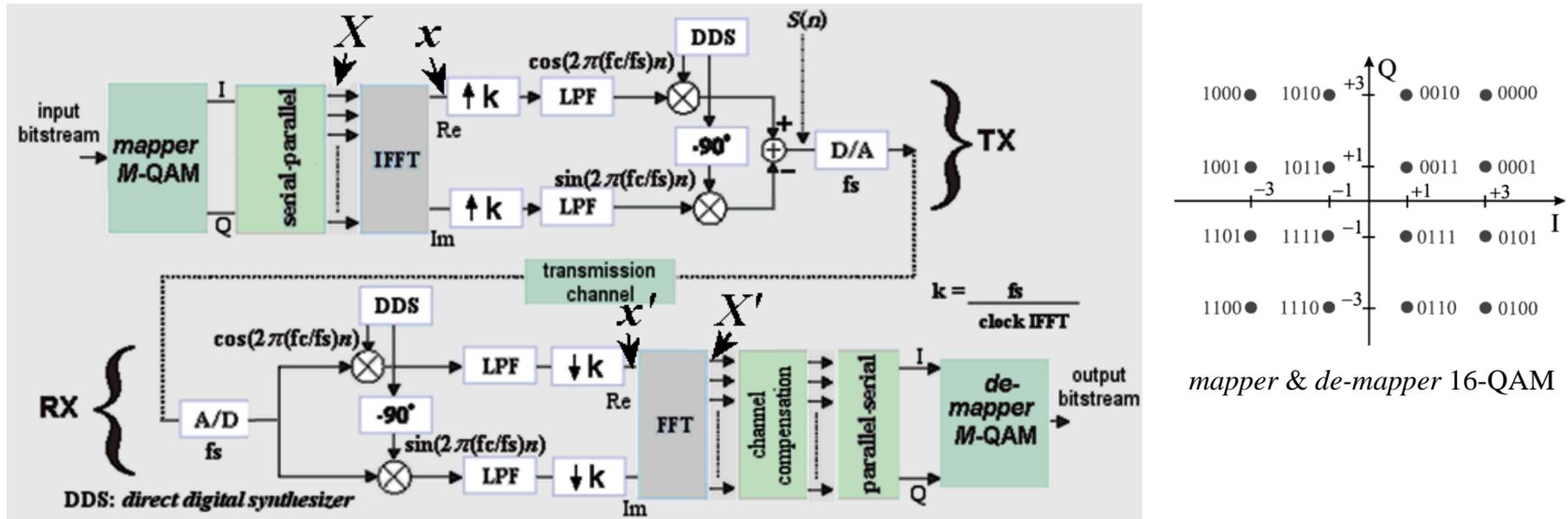


Figura 1: Etapa de modulação de um sistema de comunicação digital OFDM 16-QAM. Note que a entrada da IFFT são valores $X=I+jQ$ da constelação de referência do *mapper*. Da mesma forma, a saída da FFT corresponde a valores $X'=I'+jQ'$ da constelação de referência do *de-mapper*, caso não haja degradação de sinal no canal de transmissão. Note ainda que a saída da IFFT no TX e entrada da FFT no RX são valores complexos $x=Re+jIm$ mas que não são os valores da constelação de referência 16-QAM.

Homework 26

O bloco IFFT no TX executa a operação $x(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi n \frac{k}{N}}$, onde X pode assumir qualquer um dos valores $I+jQ$ da constelação do *mapper*, de acordo com a palavra binária de 4 bits a ser transmitida.

O bloco FFT no RX executa a operação inversa da executada no TX, isto é, $X'(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x'(n) e^{-j2\pi k \frac{n}{N}}$, e, se não ocorre qualquer degradação de sinal no bloco *transmission channel*, recupera em X' os valores $I+jQ$ originalmente transmitidos em X .

Pede-se:

- a) Sabendo que o sistema utiliza $N= 8$ portadoras e que em um determinado instante o *buffer* de entrada da IFFT do TX armazena os valores dados pelo vetor $\underline{X} = [X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4 \ X_5 \ X_6 \ X_7 \ X_8]^T$, resultantes do *input bitstream* $B=\{00101100010111110101101011111010\}$, determine os valores resultantes no *buffer* de saída da IFFT dado pelo vetor $\underline{x} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8]^T$.
- b) A partir do resultado anterior prove numericamente que o bloco FFT no RX recupera em X' os valores $I+jQ$ originalmente transmitidos em X . Assuma que não ocorre ruído nem multipercurso no canal de transmissão.

Homework 27

O diagrama na Figura 1 abaixo mostra a etapa de modulação de um sistema de comunicação digital OFDM 16-QAM:

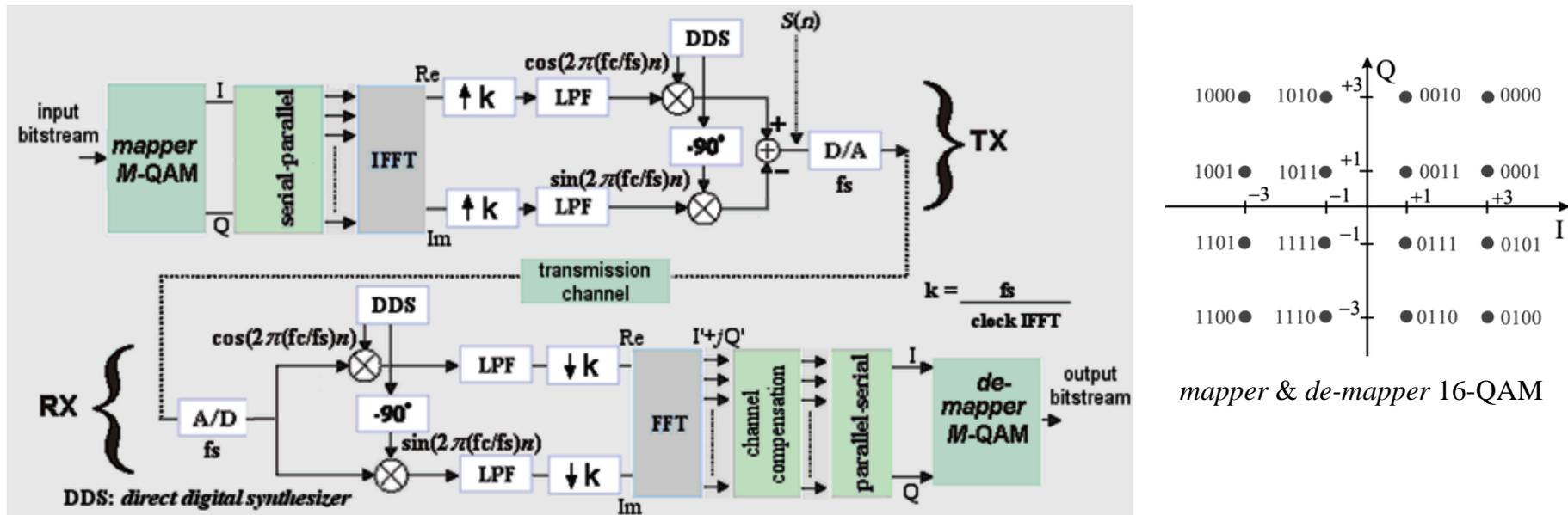


Figura 1: Etapa de modulação de um sistema de comunicação digital OFDM 16-QAM

O sistema utiliza $N_{port}=8$ portadoras com um *clock* de 10.0 MHz na IFFT e FFT. A frequência central do canal de transmissão é $fc=430$ MHz, e o *delay profile* do canal é conforme Tabela 1 abaixo. Sabe-se que as portadoras de índices zero e 7 correspondem respectivamente às frequências mais baixa e mais alta da banda ocupada do canal.

Tabela 1 <i>Channel Delay Profile</i>	
Amplitude do percurso [dB]:	Atraso do percurso [μ s]:
0	0
-6	4.0
-12	6.0

Homework 27

Pede-se:

- Plote na faixa de Nyquist o gráfico do módulo em dB da resposta em frequência deste canal *bandpass*.
- Plote na faixa de Nyquist o gráfico do ângulo de fase em graus da resposta em frequência deste canal *bandpass*.
- Sabe-se que o *input bitstream* na entrada do *mapper* é $ibstream = \{10110011111100110111111001110111\}$ e que o primeiro símbolo 16-QAM gerado na saída do *mapper* é armazenado no *buffer* na entrada da IFFT do TX na posição correspondente à portadora de índice zero. Determine o conteúdo $I'+jQ'$ do *buffer* na saída da FFT do RX antes do bloco *channel compensation*.
- Determine o conjunto de coeficientes de compensação *CoefComp* que o bloco *channel compensation* multiplicará as respectivas amostras $I'+jQ'$ do *buffer* na saída da FFT, para efeito de compensar os efeitos do *delay profile* do canal. Efetue a multiplicação dos coeficientes de *CoefComp* pelas respectivas amostras de $I'+jQ'$ e obtenha a sequência s_{comp} de amostras compensadas dos efeitos do *delay profile* do canal. Compare s_{comp} com a sequência $s=I+jQ$ armazenada no *buffer* na entrada da IFFT no TX e verifique se o multipercurso foi efetivamente compensado pelo conjunto de coeficientes *CoefComp*.
- Para as condições operacionais deste sistema, determine a duração mínima T_{cp} do prefixo cíclico no início de cada símbolo OFDM. Apresente arrazoado justificando analiticamente o processo de determinação de T_{cp} .
- Determine o *overhead* T_{cp}/T_s gerado pelo prefixo cíclico na taxa de transmissão útil global do sistema, onde $T_s = N_{port}/\text{ClockFFT} + T_{cp}$ é a duração do símbolo OFDM.
- Determine a taxa de transmissão em Kbps em cada portadora.
- Determine a taxa de transmissão de dados úteis em Mbps para o *output bitstream* da Figura 1, sabendo que das N_{port} portadoras totais, $N_{port}/4$ não transportam dados úteis e são utilizadas como portadoras piloto para transportar a sequência de símbolos de referência I_r+jQ_r para o bloco *channel compensation* no RX visando determinar a função de transferência do canal.