



Homework 19 referente à aula 14 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 25/10/2022
em modalidade REMOTA.



Homework 19

O diagrama abaixo mostra a etapa de demodulação de um receptor digital 16-QAM com detecção por correlador:

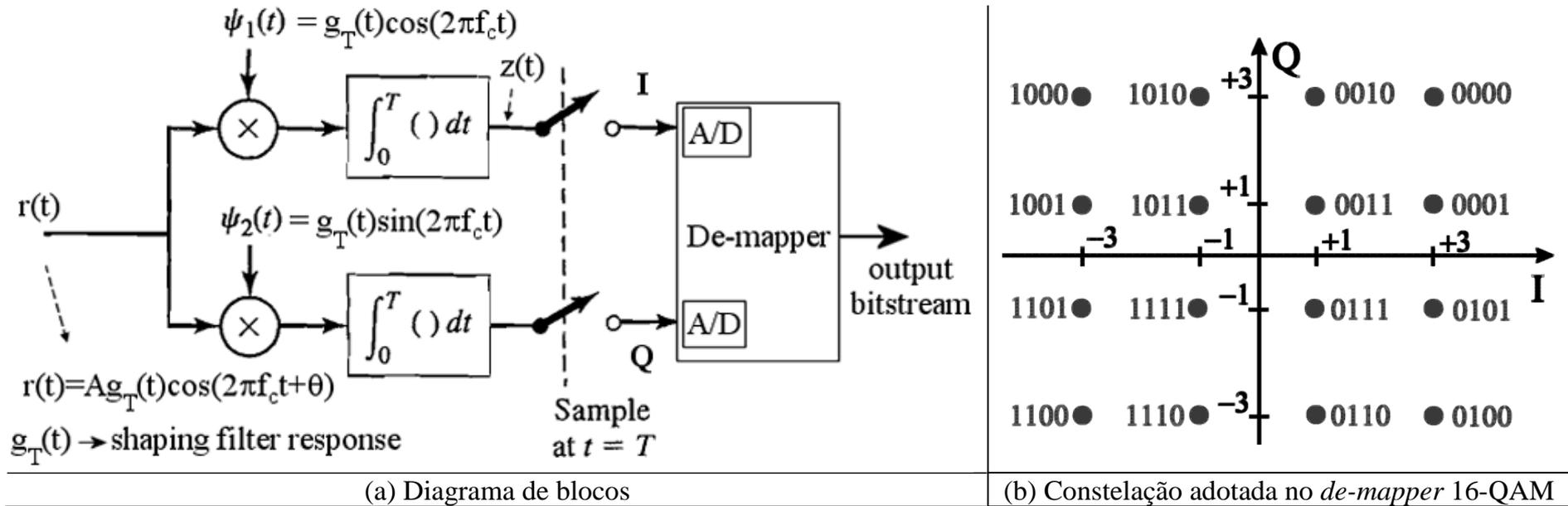


Figura 1: Etapa de demodulação de um receptor 16-QAM com detecção por correlador.

A taxa do *bitstream* na saída do *de-mapper* é 20Mbps e a frequência de portadora é $f_c = 750\text{MHz}$. Cada símbolo IQ tem uma duração $T = 1/\text{symbol rate}$, onde *symbol rate* é a taxa de símbolos na entrada do *de-mapper*. O sistema de *symbol recovery* deste receptor é tal que o *sampler* na Figura 1(a) amostra o sinal na saída dos integradores em um instante t correspondente ao ponto de amplitude máxima do sinal, maximizando assim a SNR na entrada do *de-mapper*, e, portanto, minimizando a BER (*bit error rate*) em sua saída na presença do ruído branco adicionado ao sinal no canal de transmissão.

Homework 19

Pede-se:

- Determine a frequência de amostragem f_s do A/D e o intervalo T entre as amostras na saída do *sampler* na Figura 1(a).
- Determine o *symbol rate* deste sistema.
- Assuma que o sistema de *carrier recovery* do receptor esteja inoperante mas que o AGC (*automatic gain control*) e o sistema de *symbol recovery* estejam ativos. Nesta situação operacional, a amplitude dos símbolos recebidos é correta com relação à constelação de referência do *de-mapper* mostrada na Figura 1(b) mas a fase residual ϕ não é compensada no sinal recebido $r(t) = Ag_T(t)\cos(2\pi f_c t + \theta + \phi)$. Sabe-se que os pontos nos quais estão localizados o TX e o RX encontram-se distantes entre si de $l = 1.0$ Km, não estando TX e RX em movimento relativo um ao outro nem tampouco havendo multipercurso presente no cenário de operação. Determine para esta situação qual palavra binária resultaria na saída do *de-mapper* do RX caso o TX transmitisse a palavra 1000. Considere $c = 2.99792458 \times 10^8$ m/s a velocidade de propagação da onda portadora (=onda eletromagnética que transporta os pulsos *passband* do *shaping filter* do TX ao RX).
- Assuma as mesmas condições operacionais do item d), exceto que o RX move-se com uma velocidade $v=120$ Km/h em relação ao TX. Nesta situação $r(t) = Ag_T(t)\cos(2\pi f_r t + \theta + \phi)$, sendo $f_r \neq f_c$ devido ao efeito Doppler ocasionado pelo movimento relativo entre TX e RX sob velocidade v . O efeito Doppler em um canal sem multipercurso (i.e, em um canal AWGN) faz o conjunto de símbolos IQ recebidos girar com uma velocidade angular $\omega_D = 2\pi f_{\text{doppler}}$ sobre o mapa da constelação de referência mostrado na Figura 1(b), sendo $f_{\text{doppler}} = vf/c$. Determine o quanto gira (em graus) por ação do efeito Doppler cada novo símbolo IQ recebido em relação ao símbolo recebido em instante imediatamente anterior.

Resposta item c): $S_{rx_0} = (3.341 + 2.615i) \rightarrow B_{rx_0} = "0000"$

Resposta item d): $\text{GiroAngularPorIntervaloDeSimbolo} = 6.004 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ$