

# TE111 – Comunicação Digital

## Exercício de Simulação N° 2 Estimação de Taxa de Erro de Bits (devolver em 06/09/2019)

---

26 de agosto de 2019

Evelio M. G. Fernández

O trabalho consiste em estimar a taxa de erro de bits (BER: *Bit Error Rate*) na recepção em sistemas de transmissão digital em banda base com modulação M-PAM.

- O sistema de transmissão será baseado no script de simulação de um sistema 4-PAM em banda base visto em sala de aula. Será estimada a taxa de erro de bits das modulações 2-PAM, 4-PAM e 8-PAM.
- Deverá ser estimada a BER através de simulação de Monte Carlo considerando a transmissão através de um canal Gaussiano.
- O resultado da simulação deve ser apresentado por meio de curvas de desempenho de erro (BER vs.  $E_b/N_0$ ). No mesmo gráfico mostrar as curvas analíticas correspondentes. Como referência, na Figura 1 são mostradas as curvas de desempenho de erro de modulações M-PAM (com mapeamento Gray) no canal Gaussiano. Sugere-se a utilização das funções `awgn` e `biterr` nas simulações em Matlab.

Na figura, a curva correspondente à constelação 4-PAM foi obtida com o seguinte script Matlab:

```
M=4; EbN0=[0:1:15];
for k=1:length(EbN0)
    EavN0=(log2(M))*(10^(EbN0(k)/10));
    Pe(k)=(1-1/M)*erfc(sqrt(3*EavN0/(M^2-1)));
    BER(k)=Pe(k)/log2(M);
end
semilogy(EbN0,BER);
xlabel('Eb/N0 (dB)');
ylabel('BER');
grid
```

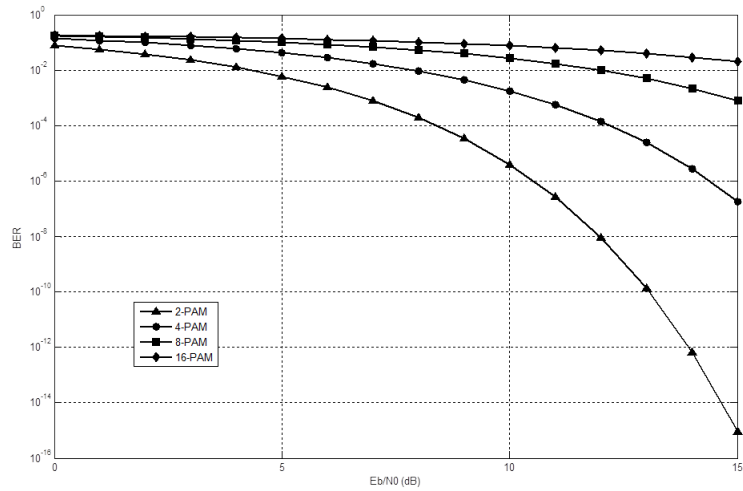


Figura 1: Desempenho de Erro de Modulações M-PAM no Canal Gaussiano

- Na configuração dos parâmetros do sistema utilize um fator de *rolloff*  $\alpha = 0,5$  nos filtros de transmissão e recepção e considere um filtro de Butterworth de segunda ordem para simular o canal de comunicação passa baixas. Os demais parâmetros (frequência de amostragem, fator de oversampling e tamanho da resposta impulsiva dos filtros) podem ser mantidos como no script de simulação visto em sala de aula;
- Tenha em conta que as simulações consomem tempo. Como definir o critério de parada da simulação? Na medida em que a relação sinal ruído aumenta, será necessário transmitir um volume maior de dados para poder atingir uma contagem de erros adequada para se estimar a taxa de erro de bits. Valores muito pequenos de BER somente poderão ser atingidos através de simulação se o bloco de informação for suficientemente grande. Considere a opção de transmitir dados aleatórios.