**Princípios de Comunicações**

**CETUC/PUC-Rio - Prof. Rodrigo de Lamare**

**Prova 3**

1. Um sistema de modulação digital emprega os seguintes sinais abaixo:

 $s\_{1}\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}1,&0\leq t\leq 1\\-1,&1<t\leq 2\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.$, $s\_{2}\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}2,&0\leq t\leq 1\\1,&1<t\leq 3\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.,$ $s\_{3}\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}-1,&0\leq t\leq 1\\1,&1<t\leq 2\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.$, $s\_{4}\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}2,&2\leq t\leq 3\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.$

1. Desenhe os sinais e calcule um conjunto de funções ortogonais para esses sinais. (1,0 ponto)
2. Obtenha a representação vetorial para essa constelação de sinais e diga qual é a dimensionalidade deste conjunto de vetores. (1,0 ponto)
3. Calcule as energias médias do símbolo e do bit para essa constelação de sinais. (0,5 ponto)
4. Desenhe um esquema de conversão de sinais em vetores e vice-versa com os sinais e funções obtidas. Explique o funcionamento. (0,5 ponto)
5. Considere um sistema de modulação digital binário cujos sinais transmitidos são descritos por

$$s\_{m}\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}s\_{1}\left(t\right)=A,&0\leq t\leq T\\s\_{2}\left(t\right)=-A,&0\leq t\leq T\end{matrix}\right.,$$

que são processados por um receptor de filtro casado cuja resposta ao impulso é dada por

$$h\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}c,&0\leq t\leq T\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.$$

1. Descreva a estrutura do receptor de filtro casado para esse sistema e a saída dos filtros casados para as diferentes mensagens. (1,0 ponto)
2. Calcule e esboce a resposta do filtro casado aos sinais transmitidos. (1,0 ponto)
3. Determine a regra de decisão ótima e o limiar ótimo de decisão para símbolos equiprováveis. (1,0 ponto)
4. Calcule a probabilidade de erro de símbolo para esse sistema em função de $A, T e c$. (1,0 ponto)
5. Considere um sistema de modulação FSK M-ário cujo sinal transmitido é descrito por

$$s\_{m}\left(t\right)=\sqrt{\frac{2ε\_{s}}{T}}\cos(\left(2πf\_{c}t+2πm∆ft\right),   m=0,1,…,M-1,  0\leq t\leq T),$$

em que $ε\_{s}=kε\_{b}$ é a energia por símbolo, $T=kT\_{b}$ é o intervalo de símbolo e $∆f=f\_{m}-f\_{m-1} $é a separação de frequências com $f\_{m}=f\_{c}+m∆f$.

1. Descreva as estruturas de recepção coerente e não coerente para esses sinais em presença de ruído AWGN de média zero e variância $σ^{2}=\frac{N\_{0}}{2}$. Explique as diferenças. (1,0 ponto)
2. Suponha recepção coerente e determine as saídas dos correlatores com ruído AWGN. (1,0 ponto)
3. Suponha novamente recepção coerente e mostre que a mínima separação de frequências que garante ortogonalidade entre os sinais quando a estimativa de fase é diferente da fase verdadeira $\hat{ϕ}\_{m}\ne ϕ\_{m}$ no receptor é $∆f=\frac{1}{T}$ . (Dica: considere as saídas dos correlatores e ruído AWGN). (1,0 ponto)