Princípios de Comunicações

CETUC/PUC-Rio - Prof. Rodrigo de Lamare

Lista de Exercícios - 6

1. Considere as formas de onda mostradas abaixo.



1. Determine a dimensionalidade dos sinais e um conjunto de funções de base ortogonais.
2. Empregue as funções ortogonais para representar os sinais como vetores $s\_{1},s\_{2},s\_{3},s\_{4}$.
3. Determine a menor distância entre quaisquer pares de vetores.
4. O sinal recebido em um sistema de comunicações que usa sinais antipodais é descrito por

$$r\left(t\right)=s\left(t\right)+n\left(t\right),$$

em que $s\left(t\right)$ é mostrado abaixo e $n(t)$ é ruído AWGN com densidade espectral de potência $\frac{N\_{0}}{2}$ W/Hz.



1. Esboce a resposta ao impulso do filtro casado a $s\left(t\right)$.
2. Esboce a saída do filtro casado $s\left(t\right)$.
3. Determine a variância do ruído na saída do filtro casado em $t=3$.
4. Determine a probabilidade de erro como função de $A$ e $N\_{0}$.
5. Em um sistema de comunicações PAM binário os sinais $s\_{1}(t)$ e $s\_{2}(t)$ com probabilidades $p$ e $1-p$, o detector ótimo compara a saída do correlator, que apresenta os valores

$$y=\pm \sqrt{ε\_{b}}+n,$$

em que um limiar $α$ é usado para a detecção.

1. Determine o valor teórico do limiar $α$ e calcule o valor $α^{\*}$ para $p=0,3, ε\_{b}=1 e N\_{0}=0$.
2. Desenvolva uma expressão para a probabilidade de erro do sistema.
3. Determine a probabilidade de erro para $α^{\*}$.
4. O sinal descrito por

$$s\left(t\right)=\left\{\begin{matrix}e^{-t},&0\leq t<T\\0,&caso contrário\end{matrix}\right.$$

é aplicado a um filtro casado ao sinal, $h\left(t\right)=s(T-t)$.

1. Determine matematicamente a saída do filtro casado.
2. Esboce os sinais e a saída do filtro.
3. Considere as constelações de sinais com 4 e 8 pontos mostradas na figura abaixo.



1. Determine os raios $r\_{1}$ e $r\_{2}$ dos círculos de modo que a distância entre os pontos adjacentes nas duas constelações seja $d$.
2. Calcule a energia transmitida adicional requerida por um sinal PSK-8 para conseguir o mesmo desempenho em probabilidade de erro de um sinal QPSK para valores de SNR altas, em que a probabilidade de erro é determinada por erros na seleção de pontos adjacentes.
3. Considere uma constelação QAM de 8 pontos conforme mostrado abaixo em que os pontos são dispostos em círculos concêntricos com raios iguais a $a $ e $b$.



1. Aplique a codificação de Gray de modo que pontos adjacentes da constelação sejam diferentes em apenas um bit.
2. Determine a taxa de símbolos necessária para atingir 90 Mbps.
3. Compare a SNR necessária para que essa modulação QAM de 8 pontos tenha o mesmo desempenho em probabilidade de erro que uma modulação PSK-8.
4. Qual constelação entre PSK-8 e QAM-8 mostrada acima é mais resistente a erros? Explique a razão.
5. Considere um sistema de comunicações em que a informação digital é transmitida usando modulação por portadora através de um canal AWGN com largura de faixa de $100$ kHz e $N\_{0}=10^{-10}$ W/Hz. Descreva um diagrama em blocos do sistema e determine a máxima taxa de informação que pode ser transmitida por um esquema de:
6. Modulação QPSK.
7. Modulação FSK binária.
8. Modulação FSK quaternária com detecção não-coerente.