

Universidade Estácio de Sá – Engenharia Elétrica

ENG 0570 Teoria das Comunicações

Coletânea de Avaliações

Prof.: Manoel Gibson M. Diniz Navas

Esta coletânea de avaliações compreende as Provas Finais, Segundas chamadas, PR2 e PR1 aplicadas entre o segundo período de 2003 e o primeiro período de 2004 da disciplina Teoria das Comunicações. É uma indicação da forma e do conteúdo das avaliações desta disciplina. Observe no entanto que a disciplina, assim como a Engenharia, é dinâmica, se atualiza, se adapta, se modifica. Alguns assuntos crescem em importância e outros tornam-se secundários.

No momento, os Sistemas Móveis Pessoais, as redes sem fio, a TV digital bem como os enlaces digitais de alta velocidade empurram os limites da tecnologia digital. Os conceitos apresentados nesta disciplina são a base para a compreensão de tais tecnologias e os possíveis desenvolvimentos delas decorrentes. A ênfase da disciplina é no estudo do processamento da informação, ou a codificação. O que buscamos são ferramentas de análise e comparação. Os problemas refletem o estado da arte quanto à especificação dos equipamentos empregados e dos valores esperados. Caso seu trabalho como engenheiro seja nesta área certamente você vai encontrar os mesmos dados e requisitos apresentados em sala de aula e nas avaliações.

Como na maioria das atividades o resultados vem pela dedicação e domínio dos conteúdos. E isto requer dedicação e aprendizagem. Em sala de aula e em seu estudo individual e em grupo. Você tem, no livro texto da disciplina, a teoria e diversos exercícios resolvidos e outros propostos. Aqui, uma coletânea de provas. Aproveite o material disponível. Algumas das avaliações foram corrigidas ou modificadas durante a realização. Verifique com o professor da disciplina.

Boa sorte!

Avaliações do período 2004 / 1

Prova Final

1) As técnicas de compressão de dados são derivadas da Teoria da Informação. Em sistemas comerciais nos quais largura de banda é sempre uma limitação devido à imposições técnicas e de custo as técnicas de compressão experimentaram um grande desenvolvimento na década passada. É comum encontrarmos até mesmo em bancas de jornal publicações e programas sobre o assunto. Termos como compressão digital e MPEG são obrigatórios nos modernos sistemas digitais de transmissão de voz e vídeo. Um dos primeiros e mais simples códigos de compressão de dados é o código de Fano. Vejamos uma aplicação. Um sistema de transmissão de dados opera com 4 símbolos distintos, cujas probabilidades de ocorrência são mostradas na tabela abaixo. O sistema opera em 9600 bps. Determine o código de Fano para compressão dessa fonte e a taxa em símbolos por segundo para tal código. (valor 3,0 pontos)

| Símbolo | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| Probabilidade | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,1 |

2) Sabemos que o canal afeta os sinais que nele se propagam. Ruído, interferência, retardo e atenuação são alguns desses efeitos perturbadores. O resultado quase sempre é a ocorrência de erros na mensagem, ou seja, o bit é incorretamente detectado na recepção. Vejamos um exemplo. O sistema acima opera com pacotes de 8 bits. Medidas no canal indicaram que a cada 10^6 bits transmitidos tem-se em média 1000 bits errados. Determine a probabilidade de ocorrência de exatamente 1 bit errado na palavra e a probabilidade de ocorrência de 2 ou mais erros na palavra. (valor 2,0 pontos)

3) Nyquist apresentou uma equação que relaciona a taxa de dados com a largura mínima de banda de transmissão. O trabalho histórico e definitivo posterior de Shannon mostrou que mais uma variável deveria ser introduzida a fim de determinarmos a taxa máxima sem erros em um canal. O ruído. Vejamos uma aplicação. Um sistema opera com canalização E3, ou seja na taxa de 8,448 Mbps. A largura de banda disponível é 2,5 MHz. Determine a relação sinal ruído mínima em dB para atingir-se tal especificação considerando-se uma transmissão sem erros e o canal submetido à ruído branco aditivo Gaussiano. (valor 2,0 pontos)

4) O sistema acima opera com transmissão em 32 níveis, filtragem casada com pulsos retangulares NRZ. Deseja-se uma taxa BER mínima de 10^{-5} . Determine a largura de banda mínima de operação e a relação sinal-ruído para obter-se a especificação de taxa de erros acima. (valor 3,0 pontos)

Prova Final (manhã)

1) As técnicas de compressão de dados são derivadas da Teoria da Informação. Em sistemas comerciais nos quais largura de banda é sempre uma limitação devido às imposições técnicas e de custo as técnicas de compressão experimentaram um grande desenvolvimento na década passada. É comum encontrarmos até mesmo em bancas de jornal publicações e programas sobre o assunto. Termos como compressão digital e MPEG são obrigatórios nos modernos sistemas digitais de transmissão de voz e vídeo. Um dos primeiros e mais simples códigos de compressão de dados é o código de Fano. Vejamos uma aplicação. Um sistema de transmissão de dados opera com 4 símbolos distintos, cujas probabilidades de ocorrência são mostradas na tabela abaixo. O sistema opera em 9600 bps. Determine o código de Fano para compressão dessa fonte e a taxa em símbolos por segundo para tal código. (valor 3,0 pontos)

| Símbolo | m1 | m2 | m3 | m4 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| Probabilidade | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,3 |

1) Sabemos que o canal afeta os sinais que nele se propagam. Ruído, interferência, retardo e atenuação são alguns desses efeitos perturbadores. O resultado quase sempre é a ocorrência de erros na mensagem, ou seja, o bit é incorretamente detectado na recepção. Vejamos um exemplo. O sistema acima opera com pacotes de 4 bits. Medidas no canal indicaram que a cada 10^6 bits transmitidos tem-se em média 100 bits errados. Determine a probabilidade de ocorrência de exatamente 1 bit errado na palavra e a probabilidade de ocorrência de 2 ou mais erros na palavra. (valor 2,0 pontos)

2) Nyquist apresentou uma equação que relaciona a taxa de dados com a largura mínima de banda de transmissão. O trabalho histórico e definitivo posterior de Shannon mostrou que mais uma variável deveria ser introduzida a fim de determinarmos a taxa máxima sem erros em um canal. O ruído. Vejamos uma aplicação. Um sistema opera com canalização E3, ou seja na taxa de 34,368 Mbps. A largura de banda disponível é 2 MHz. Determine a relação sinal ruído mínima em dB para atingir-se tal especificação considerando-se uma transmissão sem erros e o canal submetido à ruído branco aditivo Gaussiano. (valor 2,0 pontos)

3) O sistema acima opera com transmissão em 64 níveis, filtragem casada com pulsos retangulares NRZ. Deseja-se uma taxa BER mínima de 10^{-5} . Determine a largura de banda mínima de operação e a relação sinal-ruído para obter-se a especificação de taxa de erros acima. (valor 3,0 pontos)

2ª Chamada

1) Em emissoras de radio difusão é determinado por lei a largura de banda máxima ocupada. Uma portadora em 97,1 MHz, com 15 volts de pico é modulada em

frequência por um tom de 2,7 kHz, produzindo um desvio de frequência (Δf) de 10 kHz. Determine:

- o índice de modulação;
 - a equação do sinal modulado;
 - a potência total das duas raias imediatamente adjacentes à portadora;
 - a largura de banda total pela regra de Carson.
- (valor 2,5 pontos)

2) Uma portadora em 750 kHz com 10 volts de pico é modulada por um tom 4,5 kHz com 5 volts de tensão de pico e índice de modulação de 80%. Determine a equação do sinal modulado, o espectro de potência e a distribuição de potência no espectro. (valor 2,5 pontos)

3) Projete um transmissor de FM desenhando os blocos constituintes. O canal de operação na faixa de radio difusão em FM é o canal 281, com desvio máximo de 75 kHz. Para isso use um modulador de FM m 21,4 MHz e em seguida um circuito duplicador e um triplicador de frequências. A frequência de saída deverá ser obtida pela heterodinagem com um oscilador local cuja frequência é superior ao sinal de saída. (valor 2,5 pontos)

4) Demonstre como é possível regenerar-se dois fluxos distintos de dados modulados em quadratura usando apenas uma portadora, por meio de um diagrama em blocos e das equações dos sinais de saída. Explique a função de cada bloco. (valor 2,5 pontos)

2ª Chamada (manhã)

1) Em emissoras de radio difusão é determinado por lei a largura de banda máxima ocupada. Uma portadora em 98,7 MHz, com 20 volts de pico é modulada em frequência por um tom de 3 kHz, produzindo um desvio de frequência (Δf) de 12 kHz. Determine:

- o índice de modulação;
 - a equação do sinal modulado;
 - a potência total das duas raias imediatamente adjacentes à portadora;
 - a largura de banda total pela regra de Carson.
- (valor 2,5 pontos)

2) Uma portadora em 670 kHz com 15 volts de pico é modulada por um tom 4,5 kHz com 7,5 volts de tensão de pico e índice de modulação de 80%. Determine a equação do sinal modulado, o espectro de potência e a distribuição de potência no espectro. (valor 2,5 pontos)

3) Projete um transmissor de FM desenhando os blocos constituintes. O canal de operação na faixa de radio difusão em FM é o canal 289, com desvio máximo de 75 kHz. Para isso use um modulador de FM m 21,4 MHz e em seguida um circuito duplicador e um triplicador de frequências. A frequência de saída deverá ser obtida pela

heterodinagem com um oscilador local cuja frequência é superior ao sinal de saída. (valor 2,5 pontos)

4) Demonstre como é possível regenerar-se dois fluxos distintos de dados modulados em quadratura usando apenas uma portadora, por meio de um diagrama em blocos e das equações dos sinais de saída. Explique a função de cada bloco. (valor 2,5 pontos)

PR – 2

1) O espectro de frequências é uma riqueza limitada, finita e regulada por leis federais em engenharia de Telecomunicações. Não é surpresa portanto que tantas vezes no Curso de Engenharia de Telecomunicações o uso eficiente do espectro é ressaltado, tanto na teoria quanto na prática. Os livros sobre transmissão de sinais enfocam na sua maior parte a distribuição espectral de energia e a respectiva taxa de erros na recepção para cada tipo de modulação empregada. Teoremas e equações são aplicadas para o judicioso emprego do espectro eletromagnético. Um exemplo é o teorema desenvolvido por Claude Shannon, que relaciona a taxa máxima teórica sem erros com a largura de banda do canal e a relação sinal – ruído desse canal. Considere um canal no qual a relação sinal – ruído é de 18 dB e deseja-se transmitir na taxa de 8,448 Mbps (E2). Determine inicialmente a largura de banda mínima necessária, segundo o teorema de Shannon. Considerando que o teorema não especifica o tipo de modulação e é um valor limite teórico, determine em seguida a largura de banda mínima para a operação nessa mesma taxa de dados, segundo o critério de Nyquist para um roll – off de 85%. Compare em seguida as duas larguras de banda e determine a modulação teórica que atenderia tal taxa. Explique como tal diferença poderia ser resolvida pela modulação OFDM e dê um exemplo para resolver esse problema. (valor 4,0 pontos)

2) Um determinado sistema de sinalização e controle opera em par metálico não blindado, (cabo telefônico) em ambiente industrial transmitindo 3 bits a cada transição do sinal, com taxa de 300 kbauds e “duty cycle” de 100%, pulsos retangulares NRZ, com filtragem casada. Determine a largura de banda mínima de transmissão. Considerando-se que medidas no canal indicaram uma relação sinal – ruído de recepção igual a 22 dB determine o número de bits errados esperado durante 1 hora contínua de transmissão. Segundo a especificação do sistema a taxa máxima esperada de erros é de 10^{-4} . Determine se a especificação está sendo atendida calculando a probabilidade de erro do sistema e caso a especificação de erro não estiver sendo atendida determine a nova relação sinal ruído mínima necessária. Cite um exemplo de meio de transmissão que poderia resolver o problema. (4,0 pontos)

3) Após o serviço na área de transmissão de dados você foi convidado e aceitou trabalhar na área de rádio difusão em AM. Uma das medidas realizadas mostrou um sinal $10\cos(2\pi \cdot 10^6 t)$ volts modulado por um sinal $5\cos(2\pi \cdot 10^3 t)$

volts. Determine o espectro de frequências deste sinal e a distribuição de potência pelas raias laterais. (valor 2,0 pontos)

PR – 2 (manhã)

1) O espectro de frequências é uma riqueza limitada, finita e regulada por leis federais em engenharia de Telecomunicações. Não é surpresa portanto que tantas vezes no Curso de Engenharia de Telecomunicações o uso eficiente do espectro é ressaltado, tanto na teoria quanto na prática. Os livros sobre transmissão de sinais enfocam na sua maior parte a distribuição espectral de energia e a respectiva taxa de erros na recepção para cada tipo de modulação empregada. Teoremas e equações são aplicadas para o judicioso emprego do espectro eletromagnético. Um exemplo é o teorema desenvolvido por Claude Shannon, que relaciona a taxa máxima teórica sem erros com a largura de banda do canal e a relação sinal – ruído desse canal. Considere um canal no qual a relação sinal – ruído é de 15 dB e deseja-se transmitir na taxa de 34,368 Mbps. Determine inicialmente a largura de banda mínima necessária, segundo o teorema de Shannon. Considerando que o teorema não especifica o tipo de modulação e é um valor limite teórico, determine em seguida a largura de banda mínima para a operação nessa mesma taxa de dados, segundo o critério de Nyquist para um roll – off de 85%. Compare em seguida as duas larguras de banda e determine a modulação teórica que atenderia tal taxa. Explique como tal diferença poderia ser resolvida pela modulação OFDM e dê um exemplo para resolver esse problema. (valor 4,0 pontos)

2) Um determinado sistema de sinalização e controle opera em par metálico não blindado, (cabo telefônico) em ambiente industrial transmitindo 3 bits a cada transição do sinal, com taxa de 300 kbauds e “duty cycle” de 100%, pulsos retangulares NRZ, com filtragem casada. Determine a largura de banda mínima de transmissão. Considerando-se que medidas no canal indicaram uma relação sinal – ruído de recepção igual a 22 dB determine o número de bits errados esperado durante 1 hora contínua de transmissão. Segundo a especificação do sistema a taxa máxima esperada de erros é de 10^{-4} . Determine se a especificação está sendo atendida calculando a probabilidade de erro do sistema e caso a especificação de erro não estiver sendo atendida determine a nova relação sinal ruído mínima necessária. Cite um exemplo de meio de transmissão que poderia resolver o problema. (4,0 pontos)

3) Após o serviço na área de transmissão de dados você foi convidado e aceitou trabalhar na área de rádio difusão em AM. Uma das medidas realizadas mostrou um sinal $20\cos(2\pi \cdot 10^6 t)$ volts modulado por um sinal $8\cos(2\pi \cdot 10^3 t)$ volts. Determine o espectro de frequências deste sinal e a distribuição de potência pelas raias laterais. (valor 2,0 pontos)

PR – 1

1) A área de análise de sinais é derivada dos trabalhos de Shannon, Fano, Huffman e de diversos outros pesquisadores. As técnicas de cifragem e compressão de dados aproveitam-se dos resultados obtidos pela Teoria da Informação. Sistemas como a telefonia móvel celular e televisão digital só puderam ser implantados à partir das técnicas de compressão e cifragem de sinais. Com o desenvolvimento dos sistemas digitais cresceu a importância de tal conhecimento. É por essa razão que um engenheiro de Telecomunicações deve dominar as técnicas básicas da teoria da informação. Considere a seguinte situação: você foi contratado(a) por uma empresa de telecomunicações cujo produto inclui o processamento da informação. No seu trabalho você foi chamado(a) para analisar os dados provenientes de um sistema cifrado. Você então deparou-se com a seqüência de símbolos mostrada abaixo. Como responsável pela área de análise de sinais você deve determinar as seguintes informações:

- a) o tamanho do alfabeto;
- b) o número mínimo de bits necessário para representá-lo por um código binário de comprimento constante;
- c) monte uma tabela com os símbolos do código, x_i , em ordem decrescente da respectiva probabilidade de ocorrência, P_i ; e o código de comprimento constante do item “b” acima;
- d) determine em seguida a auto informação respectiva de cada símbolo;
- e) determine a entropia da fonte;
- f) determine a eficiência do código de comprimento constante proposto no item “b” acima;
- g) obtenha um código de comprimento variável, empregando o algoritmo de Fano e preencha na tabela do item “c” acima;
- h) determine o tamanho médio da palavra do código do item “g” acima;
- i) determine a eficiência do código encontrado no item “g” acima;
- j) determine o tempo para transmitir-se a mensagem abaixo empregando o código de comprimento constante obtido no item “b” acima e em seguida determine o tempo necessário para transmitir-se a mesma mensagem empregando o código de comprimento variável obtido no item “g” acima. Considere uma taxa de 9600 bps para a transmissão da mensagem.

Mensagem recebida:

ABBDACBCAACACBABABDE

(0,7 cada item, valor total da questão 7,0 pontos)

2) Uma das maiores riquezas de uma operadora de telefonia fixa são os quilômetros de cabos estendidos das estações (centrais) até as residências dos usuários. Todo o esforço é realizado para o aproveitamento máximo de tal meio de comunicação, o par metálico. Um sistema de transmissão telefônica digital opera com palavras de 8 bits

com taxa de sinalização de 64 kbps em banda base NRZ, com 50% de “duty cycle”. Você foi encarregado(a) de estabelecer as características necessárias para o processamento do sinal. Para isso determine:

- a) a largura de banda teórica mínima para transmissão do sinal em banda base;
- b) a largura de banda mínima necessária para a transmissão do sinal considerando-se um roll-off de 80%;
- c) a largura de banda mínima para transmissão do sinal em modulação digital multinível com seis níveis, com um roll – off de 80%;
- d) a largura de banda mínima necessária para operação sem erros em um canal com relação sinal – ruído de 15 dB, para a transmissão deste sinal;
- e) a capacidade máxima teórica para transmissão sem erros em um canal cuja relação sinal – ruído é igual a 12 dB e cuja largura de banda é de 150 kHz.

(0,6 cada item, valor total da questão 3,0 pontos)

PR - 1

1) A área de análise de sinais é derivada dos trabalhos de Shannon, Fano, Huffman e de diversos outros pesquisadores. As técnicas de cifragem e compressão de dados aproveitam-se dos resultados obtidos pela Teoria da Informação. Sistemas como a telefonia móvel celular e televisão digital só puderam ser implantados à partir das técnicas de compressão e cifragem de sinais. Com o desenvolvimento dos sistemas digitais cresceu a importância de tal conhecimento. É por essa razão que um engenheiro de Telecomunicações deve dominar as técnicas básicas da teoria da informação. Considere a seguinte situação: você foi contratado(a) por uma empresa de telecomunicações cujo produto inclui o processamento da informação. No seu trabalho você foi chamado(a) para analisar os dados provenientes de um sistema cifrado. Você então deparou-se com a seqüência de símbolos mostrada abaixo. Como responsável pela área de análise de sinais você deve determinar as seguintes informações:

- a. o tamanho do alfabeto;
- b. o número mínimo de bits necessário para representá-lo por um código binário de comprimento constante;
- c. monte uma tabela com os símbolos do código, x_i , em ordem decrescente da respectiva probabilidade de ocorrência, P_i ; e o código de comprimento constante do item “b” acima;
- d. determine em seguida a auto informação respectiva de cada símbolo;
- e. determine a entropia da fonte;
- f. determine a eficiência do código de comprimento constante proposto no item “b” acima;
- g. obtenha um código de comprimento variável, empregando o algoritmo de Fano e preencha na tabela do item “c” acima;

- h. determine o tamanho médio da palavra do código do item “g” acima;
- i. determine a eficiência do código encontrado no item “g” acima;
- j. determine o tempo para transmitir-se a mensagem abaixo empregando o código de comprimento constante obtido no item “b” acima e em seguida determine o tempo necessário para transmitir-se a mesma mensagem empregando o código de comprimento variável obtido no item “g” acima. Considere uma taxa de 9600 bps para a transmissão da mensagem.

Mensagem recebida:

ABBADACBCAACACBABABD

(0,7 cada item, valor total da questão 7,0 pontos)

2) Uma das maiores riquezas de uma operadora de telefonia fixa são os quilômetros de cabos estendidos das estações (centrais) até as residências dos usuários. Todo o esforço é realizado para o aproveitamento máximo de tal meio de comunicação, o par metálico. Um sistema de transmissão telefônica digital opera com palavras de 8 bits com taxa de sinalização de 64 kbps em banda base NRZ, com 100% de “duty cycle” Você foi encarregado(a) de estabelecer as características necessárias para o processamento do sinal. Para isso determine:

- k. a largura de banda teórica mínima para transmissão do sinal em banda base;
- l. a largura de banda mínima necessária para a transmissão do sinal considerando-se um roll-off de 85%;
- m. a largura de banda mínima para transmissão do sinal em modulação digital multinível com seis níveis, com um roll – off de 85%;
- n. a largura de banda mínima necessária para operação sem erros em um canal com relação sinal – ruído de 15 dB, para a transmissão deste sinal;
- o. a capacidade máxima teórica para transmissão sem erros em um canal cuja relação sinal – ruído é igual a 15 dB e cuja largura de banda é de 50 kHz.

(0,6 cada item, valor total da questão 3,0 pontos)

Avaliações do período 2003 / 2

PRF

1) Ao analisar um trem de pulsos você constatou que a menor duração entre duas transições de sinal consecutivas é de 6,4516129 ns. O sinal excursiona de –1,5 volts a 3,5 volts, com apenas dois níveis, em uma linha de 1200 ohms. Testes posteriores indicaram que a taxa de erros é de 558 bits por hora. Este sinal deve ser transmitido por

um canal limitado em banda. A fim de otimizar a banda disponível é escolhido um roll – off de 85%. Determine.

- a) a taxa de transmissão do sinal, em Mbps;
- b) a largura de banda mínima de transmissão do sinal em banda base, em MHz;
- c) a largura de banda de transmissão do sinal após o roll – off, em MHz;
- d) a densidade espectral de ruído para uma temperatura de ruído de 2500 K, em W/Hz;
- e) a BER do sinal no canal;
- f) a potência mínima de sinal para alcançar-se a taxa de erros especificada no item “b” acima;
- g) porque a discrepância entre o nível do sinal transmitido e o sinal calculado no item “f” acima?
- (0,6 cada item, total 4,2 pontos)

2) Uma emissora cuja frequência da portadora é igual a 98,7 MHz, na faixa de rádio difusão sonora em FM, apresenta em determinado instante o sinal excursionando entre 98,75 MHz e 98,65 MHz, quando modulado por um sinal senoidal de 5 kHz. Determine:

- a. a excursão de frequência do sinal;
- b. o desvio de frequência do sinal;
- c. o índice de modulação β ;
- d. foi excedido o limite legal de desvio?

Justifique.

(0,6 cada item, total 2,4 pontos)

3) Um sistema de codificação consiste de 6 símbolos A,B,C,D,E, e F, com probabilidades de ocorrência respectivamente 25%, 25%, 20%, 15%, 10% e 5%. Determine:

- a) o código de Shannon - Fano para compressão do sinal. (1,0 ponto)
- b) a eficiência do código obtido. (1,4 pontos)
- c) a taxa transmitida, em símbolos/segundo quando a taxa de transmissão do canal é de 56 kbps. (1,0 ponto)
- (valor 3,4 pontos no total)

2ª Chamada

1) Um sinal modulado em amplitude é expresso por: $v(t) = 10 (1 + 0,6 \cos 2\pi 2500t) \times \cos(2\pi 1,1 \times 10^6 t)$ volts. Determine.

- a) o espectro de frequência do sinal;
- b) as componentes soma e diferença de frequências e o índice de modulação;
- c) a potência dissipada pela portadora sobre um resistor de 50 ohms;
- d) a potência dissipada por cada banda lateral, sobre uma carga de 50 ohms;
- e) a largura de banda total do sinal.
- (valor 2,5 pontos)

2) Uma emissora em 98,3 MHz, na faixa de rádio difusão sonora em FM, apresenta o sinal excursionando entre 98,2

MHz e 98,4 MHz, quando modulado por um sinal senoidal de 5 kHz. Determine:

- a excursão de frequência do sinal;
 - o desvio de frequência do sinal;
 - o índice de modulação β .
- (valor 1,5 pontos)

3) Desenhe o diagrama em blocos de um transmissor de FM, cujo modulador em 3,27 MHz é modulado por um tom de 2 kHz provocando um desvio de 4 kHz. A saída do transmissor é em 99,1 MHz e o desvio máximo permitido é 75 kHz. (valor 1,0 pontos)

4) Um sistema em FM é modulado por uma frequência máxima de 5 kHz. A largura de banda máxima permitida é de 60 kHz. Determine $\beta_{\text{máx}}$. (valor 1,0 ponto)

5) Um sistema de codificação consiste de 6 símbolos A,B,C,D,E, e F, com probabilidades de ocorrência respectivamente 30%, 25%, 20%, 10%, 10% e 5%. Determine o código de Shannon Fano para compressão do sinal. Determine a eficiência do código obtido. (valor 2,0 pontos)

6) Descreva o sistema de comunicações típico, as perturbações que podem ocorrer, e qual os efeitos dessas perturbações sobre sistema e sobre a mensagem, bem como descreva as limitações práticas impostas por tais perturbações. (valor 2,0 pontos)

PR - 2

1) Você foi contratado como consultor em uma empresa de TI que está se lançando no mercado. No primeiro dia de trabalho foi marcada uma reunião para o pessoal de vendas conhecer os novos produtos. Para isso você foi indicado para fornecer as informações requeridas. O serviço oferecido consiste em um feixe de 2,048 Mbps, transmitido por par metálico. Responda as perguntas abaixo, justificando-as.

- ‘Ouvi dizer que a largura do canal telefônico é de apenas 4 kHz. Como é possível oferecermos essa taxa?’;
- ‘Qual seria a largura de banda necessária se o serviço transmitisse o sinal em banda base com um roll – off de 85%?’;
- ‘Qual a relação sinal – ruído mínima necessária para operação com a largura e banda calculada acima?’;
- ‘E se tivéssemos que operar com o serviço telefônico comutado, qual seria a relação sinal ruído mínima necessária? Seria viável comercialmente?’;
- ‘Estamos prestes a mudar para um novo serviço com modulação multi nível. O serviço vai operar com níveis de tensão de –3,5V; - 1,5V; 1,5V e 3,5V. Qual será a nova largura de banda necessária caso mantenhemos o roll off de 0,85?’
- ‘Este sistema opera com pacotes de 8 bits. Medidas no canal indicam que a taxa de erro média é de 10^{-4} . O código corretor de erros empregado só corrige um erro e detecta até dois erros por palavra. Afinal, qual é a

probabilidade do código não corrigir o erro caso este ocorra?;

g) ‘E qual vai ser a média de bits errados em operação contínua durante uma semana, para a taxa de erro acima?’

(valor 3,5 pontos, 0,5 pontos cada item)

2) Depois da reunião você é chamado pela equipe de desenvolvimento de software de um novo sistema. ‘Sabemos que as mensagens transmitidas serão codificadas em apenas 5 símbolos distintos, S1, S2, S3, S4 e S5. A probabilidade de ocorrência de cada um é de respectivamente, 35%, 25%, 20%, 15% e 5%.

- ‘Qual a auto informação de cada símbolo?’;
- ‘Qual a entropia da fonte?’;
- ‘Qual a taxa de informação supondo uma transmissão de 2500 símbolos por segundo?’;
- ‘Qual é o código de Shannon – Fano mais apropriado para este sistema?’;
- ‘Qual a eficiência do código obtido acima?’

(valor 2,5 pontos, 0,5 pontos cada item)

3) Um sinal de AM emprega uma portadora em 950 kHz, com amplitude de pico igual a 50 volts, modulada por um tom de 3 kHz, com 1 volt de amplitude de pico. O índice de modulação é 80%.

- escreva a representação deste sinal no domínio da frequência e desenhe a composição espectral no domínio da frequência;
- determine a potência da portadora e de cada banda lateral, considerando-se uma carga de 50 ohms.

(valor 2,0 pontos, 1,0 ponto cada item)

4) Uma emissora em Frequência Modulada em um determinado instante ocupa a faixa de 99,07 MHz a 99,13 MHz, quando a portadora é modulada por uma frequência de 15 kHz. Determine.

- a frequência da portadora;
- a excursão da portadora em kHz;
- o índice de modulação neste caso;
- a composição espectral do sinal, com as amplitudes relativas.

(valor 2,0 pontos, 0,5 ponto cada item)

PR – 1

1) Ao analisar os dados provenientes de um sistema cifrado você deparou-se com a seqüência de símbolos mostrada abaixo. Como responsável pela área de análise de sinais você deve determinar as seguintes informações:

- o tamanho do alfabeto;
- o número mínimo de bits necessário para representá-lo por um código binário de comprimento constante;
- monte uma tabela com os símbolos do código, x_i , em ordem decrescente da respectiva probabilidade de ocorrência, P_i ; e o código de comprimento constante do item ‘b’ acima;

- d) determine em seguida a auto informação respectiva de cada símbolo;
- e) determine a entropia da fonte;
- f) determine a eficácia do código de comprimento constante proposto no item “b” acima;
- g) obtenha um código de comprimento variável, empregando o algoritmo de Shannon – Huffman e preencha na tabela do item “c” acima;
- h) determine o tamanho médio da palavra do código do item “g” acima;
- i) determine a eficiência do código ótimo encontrado;
- j) determine o tempo para transmitir-se a mensagem abaixo empregando o código de comprimento constante obtido no item “b” acima e em seguida determine o tempo necessário para transmitir-se a mesma mensagem empregando o código de comprimento variável obtido no item “g” acima. Considere uma taxa de 9600 bps para a transmissão da mensagem.
- (0,5 cada item, valor total 5,0 pontos)

Mensagem recebida:

QVVQTQSVSQQSQSVQVQVT

- 2) Um sistema de transmissão de dados digitais opera com palavras de 4 bits, onde o último bit é de paridade, obtido da operação EX-OR dos 3 bits de informação. Medidas no canal indicam uma BER igual a 10^{-5} . A fim de implementar um algoritmo de detecção de erro determine:
- as palavras de código;
 - as palavras que podem ser recebidas, independente da ocorrência de erro ou não;

Avaliações do período 2003 / 1

PRF

- 1) Um sinal modulado em amplitude é expresso por: $v(t) = 50(1 + 0,2 \cos 2\pi 500t) \times \cos(2\pi 1,3 \times 10^6 t)$ volts. Determine.
- o espectro de frequência do sinal;
 - as componentes soma e diferença de frequências e o índice de modulação;
 - a potência dissipada pela portadora sobre um resistor de 50 ohms;
 - a potência dissipada por cada banda lateral, sobre uma carga de 50 ohms;
 - a largura de banda total do sinal.
- (valor 2,5 pontos)
- 2) Uma emissora em 98,1 MHz, na faixa de rádio difusão sonora em FM, apresenta o sinal excursionando entre 98 MHz e 98,2 MHz, quando modulado por um sinal senoidal de 5 kHz. Determine:
- a excursão de frequência do sinal;

- estabeleça uma relação entre as palavras transmitidas e a ocorrência de 1, 2, 3 ou 4 erros nas palavras recebidas;
 - a probabilidade de ocorrência de exatamente 1 erro;
 - a probabilidade de não detectar-se a ocorrência de erro na palavra recebida, embora esteja com erro;
- (0,5 cada item, valor total 2,5 pontos)

3) Um sistema de transmissão telefônica digital opera com palavras de 8 bits, onde cada bit ocupa uma janela de tempo de $15,625 \times 10^{-6}$ segundos. Você foi encarregado de estabelecer as características necessárias para o processamento do sinal. Para isso determine:

- a largura de banda teórica mínima para transmissão do sinal em banda base;
- a largura de banda mínima necessária para a transmissão do sinal considerando-se um roll-off de 85%;
- a largura de banda mínima para transmissão do sinal em modulação multinível com quatro níveis, com um roll – off de 85%;
- a largura de banda mínima necessária para operação sem erros em um canal com relação sinal – ruído de 12 dB, para a transmissão deste sinal;
- a capacidade máxima teórica para transmissão sem erros em um canal cuja relação sinal – ruído é igual a 17 dB e cuja largura de banda é de 30 kHz.

(0,5 cada item, valor total 2,5 pontos)

- o desvio de frequência do sinal;
 - o índice de modulação β .
- (valor 1,5 pontos)

4) Desenhe o diagrama em blocos de um transmissor de FM, cujo modulador em 3,27 MHz é modulado por um tom de 2 kHz provocando um desvio de 4 kHz. A saída do transmissor é em 98,1 MHz e o desvio máximo permitido é 75 kHz.

(valor 1,5 pontos)

5) Um sistema é modulado por uma frequência máxima de 2 kHz. A largura de banda máxima permitida é de 20 kHz. Determine $\beta_{\text{máx}}$.

(valor 1,5 pontos)

6) Compare os sistemas AM-SC, AM-SSB, AM-VSB e AM-DSB-LC, quanto à largura de banda e custo.

(valor 1,5 pontos)

7) “A largura de banda de um sinal modulado em frequência é infinita”. Você concorda com esta afirmativa? Justifique. Quais as consequências em sistemas comerciais? Indique uma solução e justifique. Dê um exemplo numérico com valores que atendam a norma em vigor.

(valor 1,5 pontos)

2ª Chamada

- 1) Um sinal modulado em amplitude é expresso por: $v(t) = 50(1 + 0,2 \cos 2\pi 500t) \times \cos(2\pi 1,3 \times 10^6 t)$ volts. Determine:
- o espectro de frequência do sinal;
 - as componentes soma e diferença de frequências e o índice de modulação;
 - a potência dissipada pela portadora sobre um resistor de 50 ohms;
 - a potência dissipada por cada banda lateral, sobre uma carga de 50 ohms;
 - a largura de banda total do sinal.
- (valor 2,5 pontos)
- 2) Uma emissora em 98,1 MHz, na faixa de rádio difusão sonora em FM, apresenta o sinal excursionando entre 98 MHz e 98,2 MHz, quando modulado por um sinal senoidal de 5 kHz. Determine:
- a excursão de frequência do sinal;
 - o desvio de frequência do sinal;
 - o índice de modulação β .
- (valor 1,5 pontos)
- 3) Desenhe o diagrama em blocos de um transmissor de FM, cujo modulador em 3,27 MHz é modulado por um tom de 2 kHz provocando um desvio de 4 kHz. A saída do transmissor é em 98,1 MHz e o desvio máximo permitido é 75 kHz. (valor 3,0 pontos)
- 4) Um sistema é modulado por uma frequência máxima de 2 kHz. A largura de banda máxima permitida é de 20 kHz. Determine $\beta_{m\acute{a}x}$. (valor 1,5 pontos)
- 5) Compare os sistemas AM-SC, AM-SSB, AM-VSB e AM-DSB-LC, quanto à largura de banda e custo. (valor 1,5 pontos)

PR – 2

- 1) A modulação em amplitude com faixa lateral dupla com transmissão da portadora é um exemplo de desperdício de potência às custas da maior simplicidade e menor custo do receptor, o que ajudou na popularização da radio difusão nesta modalidade. Considere um sinal do tipo $v(t) = 10 \times (1 + 0,1 \times \cos 2\pi 1000t) \times \cos(2\pi 4000t)$ volts. Determine:
- a frequência da portadora;
 - a amplitude da portadora;
 - as raiais espectrais laterais, frequência e amplitude. Desenhe o espectro;
 - o índice de modulação;
 - a potência da portadora sobre uma carga de 50 ohms;
 - a potência total das bandas laterais sobre uma carga de 50 ohms.
- (valor 2,5 pontos)

- 2) Uma portadora em 1 MHz é modulada em amplitude por um sinal modulado em amplitude limitado em frequência de 30 Hz a 15 kHz. Desenhe o espectro resultante. Determine a largura de banda total. (valor 1,0 ponto)
- 3) Um receptor opera de 88 MHz a 108 MHz, com FI de 21,4 MHz e com a frequência do oscilador local acima do sinal de RF. Determine:
- a faixa do oscilador local;
 - a frequência imagem.
- (valor 1,0 ponto)
- 4) Um sinal com modulação angular é modulado por dois tons, 100 Hz e 135 Hz, respectivamente. A portadora é em 90,1 MHz, com amplitude de 10 volts. Os índices de modulação para os dois tons são respectivamente 5 e 10. Determine:
- a equação da onda no tempo;
 - o diagrama espectral do sinal modulado, indicando as raiais e níveis relativos;
 - o número de raiais significativas em ± 1000 Hz da portadora.
- (valor 3,0 pontos)
- 5) Um sinal de FM varia de 99,98 MHz a 100,02 MHz, modulado por um sinal senoidal de 3 kHz. Determine:
- a portadora, em MHz;
 - a excursão em frequência da portadora, em kHz;
 - o desvio de frequência do sinal, em kHz;
 - o índice de modulação, β ;
 - a largura de faixa para o sinal segundo a regra de Carson.
- (valor 2,5 pontos)

PR – 1

1) O ano é 2017. Pela primeira vez na história da humanidade são recebidos sinais de rádio de um planeta distante. Todos exultam pela possibilidade de troca de informações e descobertas para as doenças que afligem nosso mundo. È o início de uma nova era de paz e compreensão. Em todo o planeta lêem-se mensagens “Não estamos sós”. Após análise desse sinal os cientistas constatam que as mensagens são constituídas por cinco símbolos distintos que se repetem. Após a surpresa inicial da constatação de um alfabeto de cinco letras a mensagem recebida foi decodificada como: QY RSQ TQSQ YSTQ QTY S TQ Q.

Cada símbolo foi recebido por uma seqüência de três bits, conforme a tabela abaixo.

| | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Símbolo | Q | Y | R | S | T |
| Código | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 |

A velocidade de recepção dos sinais foi de 300 bps. A fim de estabelecer comunicação decidiu-se retransmitir a mensagem, desta vez com um código de compressão para reduzir-se o tempo de transmissão e indicar

a existência de vida inteligente em nosso planeta. Os símbolos foram transformados em:

| | | | | | |
|---------|---|------|-------|----|----|
| Símbolo | Q | Y | R | S | T |
| Código | 1 | 1000 | 10001 | 01 | 10 |

Determine:

- a probabilidade de ocorrência de cada símbolo na mensagem;
- quantidade de informação de cada símbolo;
- a informação contida na palavra YSTQ;
- o tempo para transmissão da mensagem original, considerando-se cada espaço como um bit;
- a nova taxa de transmissão, após a codificação;
- o tempo para transmissão da mensagem após a codificação, considerando-se cada espaço como um bit;

(0,5 cada item, total 3,0 pontos)

2) Um determinado sistema transmite um código formado por palavras de quatro bits, dos quais 3 bits de informação e um bit de paridade. A velocidade de transmissão é igual a 64kbps. O bit de paridade é obtido pela operação EX-OR dos três bits de informação. A probabilidade de erro de bit no canal é igual 10^{-4} . Determine:

- as palavras código do sistema;
- as palavras que podem ser recebidas;
- a probabilidade de recepção sem erro nos quatro bits;
- a probabilidade de recepção de pelo menos um bit errado na palavra;
- a probabilidade de recepção de menos de dois erros na palavra;
- o número esperado de erros em operação contínua durante 24 horas, sem interrupção entre as palavras.

(0,5 cada item, total 3,0 pontos)

3) Caso fosse imperativo transmitir – se um sinal RDSI na taxa de 144.000 bps por um canal com 3,1 kHz de largura de banda determine a relação sinal ruído mínima, em dB, necessária para a transmissão sem erros. Determine também a largura de banda mínima para transmitir-se este sinal em banda base considerando-se um roll off de 85%.

(0,5 cada item, total 1,0 ponto)

4) Um receptor de dados é composto por um amplificador com ganho igual a 10 dB e figura de ruído igual a 6 dB e largura de banda igual a 1,5MHz, com roll-off de 80%. Um sinal de -45 dBm é aplicado à entrada deste amplificador.

Considerando apenas o ruído térmico, determine:

- a taxa máxima de dados em banda base;
- o nível de ruído entrada, em dBm;
- o nível do sinal de saída, em dBm;
- a relação sinal-ruído de entrada, em dB;
- a relação sinal ruído de saída, em dB;
- o nível de sinal de saída, em dBm.

(0,5 cada item, total 3,0 pontos)