

Nota T	Nota P
--------	--------

Aluno(a): _____ Matrícula: _____.

- Prova sem consulta, com duração de **100 minutos**. A interpretação é parte integrante das questões. Solucione as questões de forma organizada.
- É proibido portar quaisquer aparelhos eletrônicos de comunicação e de gravação de sons e imagens, bem como óculos escuros, protetor auricular ou quaisquer acessórios de chapalaria durante a realização dessa avaliação. O aluno que desrespeitar essa determinação terá nota zero e será penalizado de acordo com o Artigo 63 do Regimento do Inatel.

1ª questão (20 pontos)

Descreva as maneiras de controlar a densidade espectral de potência de um sinal em banda base.

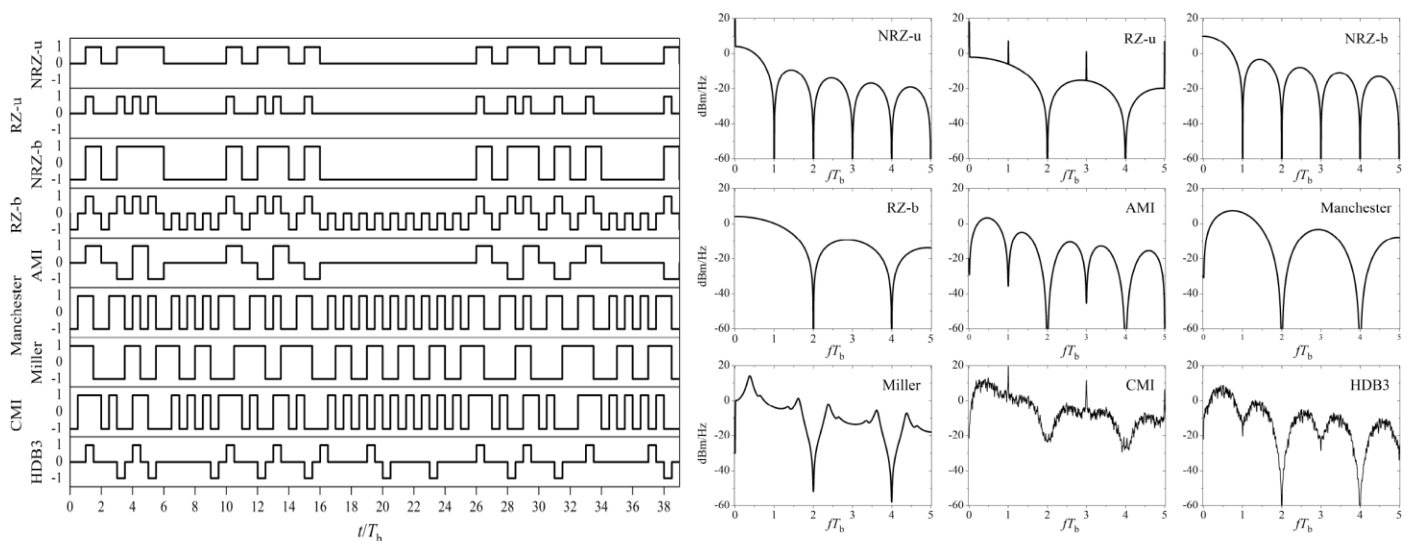
Resposta

Por meio da taxa de símbolos: alterando-a, altera-se a duração de símbolo, que por sua vez altera a largura de faixa dos lóbulos da densidade espectral de potência do sinal. Por meio do formato de símbolo: o formato dos pulsos transmitidos tem influência direta no formato da densidade espectral de potência do sinal. Por meio da duração dos pulsos: se os símbolos não se restringem a ficar confinados em T segundos, pode-se ter controle adicional da densidade espectral de potência do sinal, reduzindo-a se a duração dos pulsos for maior que T .

2ª questão (20 pontos)

Tomando como referência os códigos de linha dados a seguir, **primeiro marque** nas colunas a, b, c, d da tabela dada o(s) requisito(s) que é(são) atendido(s) por cada código (veja os requisitos a seguir). Em seguida, dentre os códigos que atendem a todos os requisitos, **escolha apenas um** que seja melhor que os demais e, na coluna da direita da tabela, **justifique** sua escolha. *Obs:* marcações corretas na tabela, mas sem a justificativa serão invalidadas.

Os **requisitos** para o código de linha são: $a)$ que ele possa ser transmitido com pequena distorção via um par de fios trançados acoplado ao transmissor e ao receptor por meio de transformadores; $b)$ que ele possua lóbulo principal do espectro com largura aproximada igual ao dobro da taxa de símbolos; $c)$ que ele seja adequado à extração de sincronismo no receptor; $d)$ que ele não seja facilmente identificável por um receptor não intencional que esteja querendo interceptar a comunicação.



Código	Requisito				Justificativas
	a	b	c	d	
NRZ-u					
RZ-u					
NRZ-b					

RZ-b					
AMI					
Manchester					
Miller					
CMI					
HDB3					

Solução

Código	Requisito				Justificativas
	a	b	c	d	
NRZ-u					Os códigos Manchester, Miller e CMI atendem a todos os requisitos, mas dentre eles o CMI é o que mais facilita o sincronismo por ter uma raia espectral na frequência $f = R = R_b = 1/T_b$. Portanto, a melhor escolha é o código CMI.
RZ-u		x			
NRZ-b					
RZ-b		x	x		
AMI	x				
Manchester	x	x	x	x	
Miller	x	x	x	x	
CMI	x	x	x	x	
HDB3	x		x	x	

3ª questão (20 pontos)

Filtro casado e correlator são dispositivos equivalentes por proporcionarem o mesmo desempenho em um sistema de comunicação digital. Mas se tais dispositivos são diferentes em termos de suas construções, porque são equivalentes?

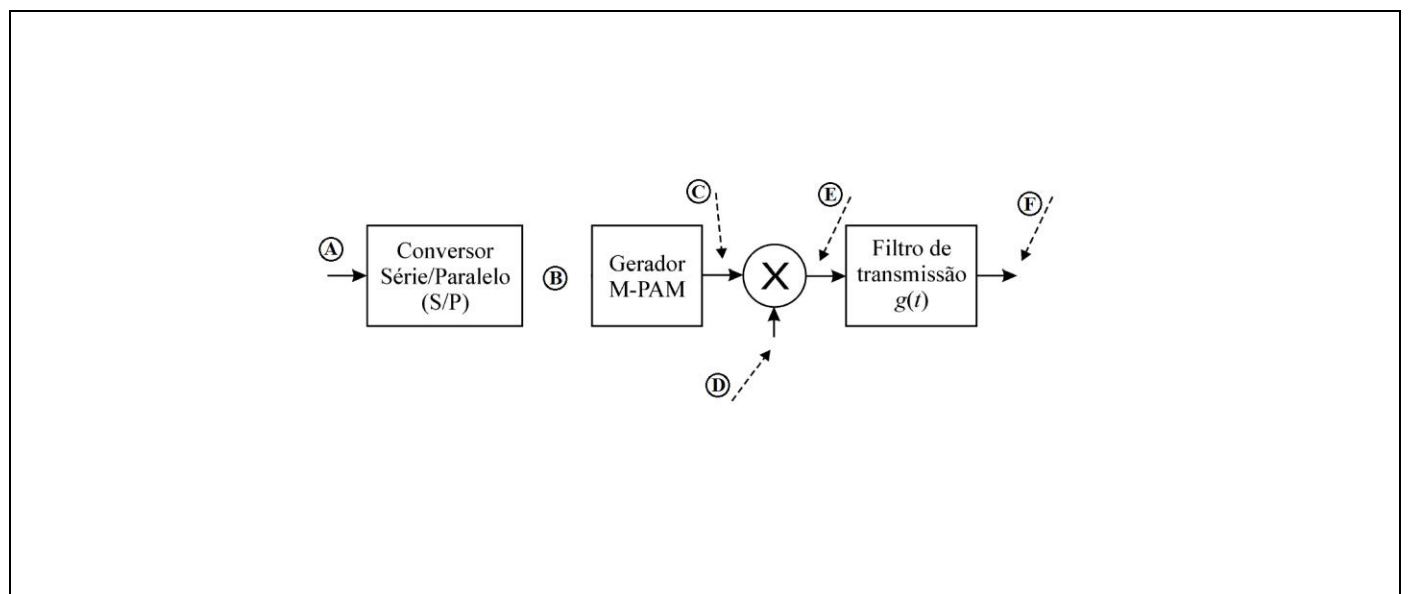
Resposta

Por serem dispositivos diferentes, produzirão formas de onda diferentes em suas saídas. No entanto, para um mesmo fator de escala k , tais formas de onda terão os mesmos valores nos instantes de decisão (instantes de amostragem), levando, portanto, ao mesmo desempenho do sistema em termos de taxa de erro de símbolo.

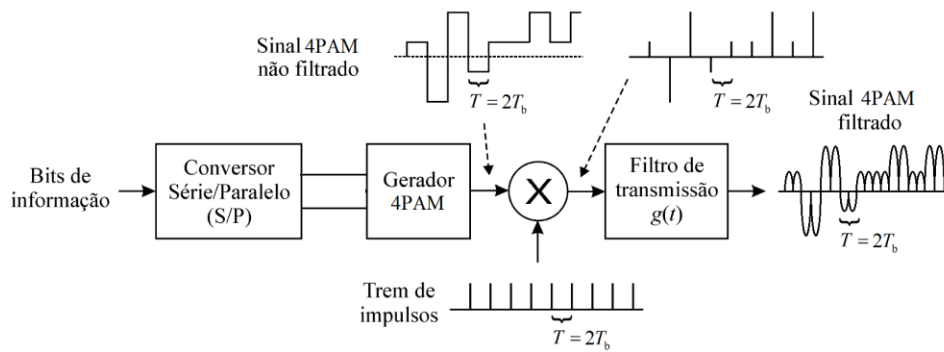
4ª questão (20 pontos)

Deseja-se projetar um sistema 4PAM cujo formato do pulso transmitido seja $g(t) = \begin{cases} |\text{sen}(2\pi t/T)|, & 0 \leq t < T \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$.

No espaço reservado à figura a seguir, **escreva** que tipo de sinal se aplica no ponto A, **insira** a parte que falta no ponto B e **desenhe** as formas de onda nos pontos C, D, E e F, admitindo que o mapeamento dos bits nos pulsos 4PAM siga a regra: 00 $\Rightarrow -3g(t)$, 01 $\Rightarrow -g(t)$, 11 $\Rightarrow g(t)$, 10 $\Rightarrow 3g(t)$. Admita ainda que os bits de informação transmitidos sejam 110010011111101110.

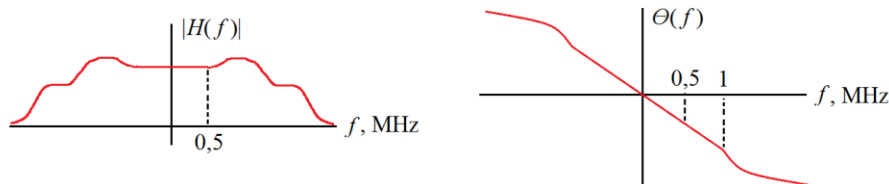


Solução



5ª questão (20 pontos)

Especifique os filtros de transmissão e de recepção de um sistema de comunicação em banda base, para que este opere no canal descrito a seguir sem que haja interferência intersimbólica (IIS). Considere uma taxa de símbolos de 769,23 kbauds (1 baud = 1 símbolo por segundo). A largura de faixa disponível do canal (para zero IIS) deve ser utilizada completamente.

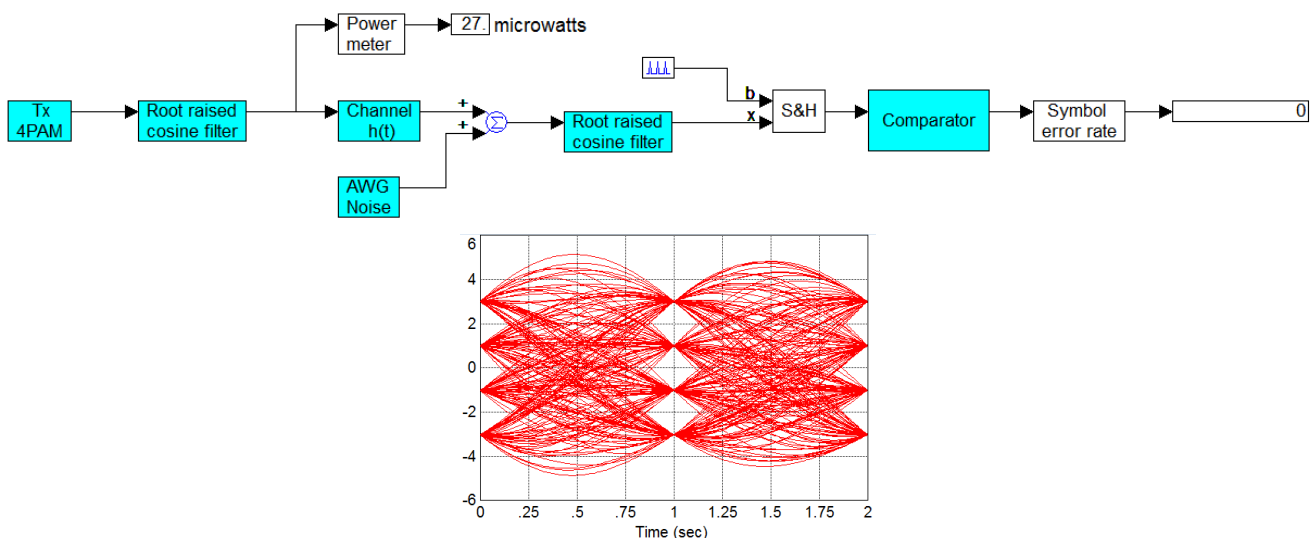


Solução

Os filtros de transmissão e de recepção devem ser iguais e do tipo raiz de cosseno elevado, ou outro que leve à simetria vestigial em $P(f)$. Como a banda para que não haja distorção é de 500 kHz (ganho constante e fase linear), então $B = B_{\min}(1+\alpha) = R(1+\alpha)/2 \Rightarrow \alpha = 2B/R - 1 = 2 \times 500000 / 769230 - 1 = 0,3$.

LABORATÓRIO

O diagrama a seguir se refere a todas as demais questões. Nele tem-se um sistema de comunicação em banda base com sinalização 4PAM e símbolos equiprováveis. Tal diagrama é similar àquele trabalhado em laboratório, porém aqui ele foi incrementado com o dispositivo de decisão sobre os símbolos transmitidos e com um estimador da taxa de erro de símbolo. Na figura também se tem o diagrama de olho referente à configuração inicial do sistema.



6ª questão (22 pontos)

Como deve ser projetado e como funciona o dispositivo de decisão do receptor, admitindo que os índices dos símbolos $s_1(t)$, $s_2(t)$, $s_3(t)$ e $s_4(t)$ estejam na ordem crescente de suas amplitudes?

Resposta

Como se trata de uma sinalização 4PAM, o dispositivo de decisão é um comparador com 3 limiares de decisão: do diagrama de olho dado obtém-se $\lambda_1 = -2$ volts, $\lambda_2 = 0$ volt e $\lambda_3 = 2$ volts. Seja y a amostra de saída do filtro casado a cada símbolo recebido. Se $y \leq \lambda_1$, decide-se pelo símbolo $s_1(t)$; se $\lambda_1 < y \leq \lambda_2$, decide-se pelo símbolo $s_2(t)$; se $\lambda_2 < y \leq \lambda_3$, decide-se pelo símbolo $s_3(t)$; se $y \geq \lambda_3$, decide-se pelo símbolo $s_4(t)$.

7ª questão (20 pontos)

Na prática, onde e como é gerado o ruído simulado pelo bloco *AWG Noise*? Por que ele prejudica o funcionamento do sistema no receptor e não prejudica no transmissor? Ainda, represente as suas características nos domínios do tempo e da frequência, bem como sua função densidade de probabilidade, por meio de desenhos. Faça outros comentários que julgar pertinentes sobre tal ruído.

Resposta

O ruído AWG (*additive White Gaussian noise*) é gerado em qualquer condutor, devido ao movimento aleatório de elétrons causado pela temperatura. É no receptor que ele é mais prejudicial, pois normalmente a intensidade dos sinais recebidos em sistemas de comunicação é pequena. O ruído AWG é aditivo, pois contamina o sinal recebido por adição. É branco por possuir todas as componentes de frequência, com mesma intensidade. É Gaussiano devido ao fato de sua função densidade de probabilidade ser Gaussiana. As Figuras B.1 e B.4 do Apêndice B do livro texto ilustram as características do ruído AWG.

8ª questão (22 pontos)

Calcule a taxa de bits e a energia média por símbolo 4PAM transmitido.

Solução

Pelo diagrama de olho dado, a duração de símbolo é de $T = 1$ segundo e, portanto, $R = 1/T = 1$ baud. Assim, $R_b = R \log_2 M = \log_2 4 = 2$ bit/s. Pelo diagrama, a potência média do sinal transmitido é de $27 \mu\text{W}$. Portanto, $E = PT = 27 \mu\text{J}$.

9ª questão (36 pontos)

a) Qual o valor de pico de ruído (margem de ruído) suportado pelo sistema, para que não haja erro de símbolo, na ausência de IIS? Justifique.

Resposta

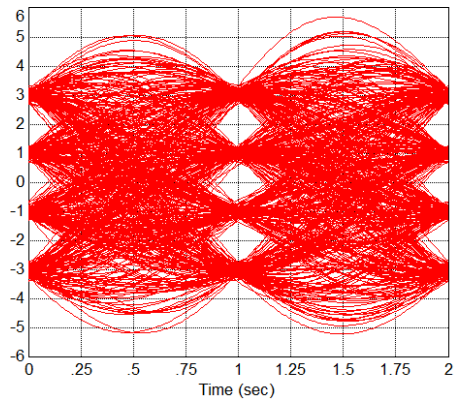
Pelo diagrama de olho percebe-se que a separação entre os níveis de decisão é de 2 volts e, portanto, o valor de pico de ruído suportado pelo sistema, para que não haja erro de símbolo, é de ± 1 volt.

b) De quanto se pode variar o instante de amostragem em relação ao instante ideal (margem de erro de amostragem), sem que se produza erro de símbolo na configuração inicial do sistema?

Resposta

Pelo diagrama de olho percebe-se que a abertura horizontal do olho é de cerca de 0,25 segundo. Portanto, a margem de erro no instante de amostragem é de $\pm 0,125$ segundo.

c) O que se pode dizer sobre a margem de ruído e sobre a margem de erro de amostragem se o sistema em questão apresentar o novo diagrama de olho a seguir?



Resposta

Pelo novo diagrama de olho percebe-se que a margem de ruído foi reduzida. O novo valor de pico de ruído suportado pelo sistema, para que não haja erro de símbolo, é de cerca de $\pm 0,7$ volt. A margem de erro de amostragem também sofreu redução, ficando por volta de $\pm 0,1$ segundo.
