

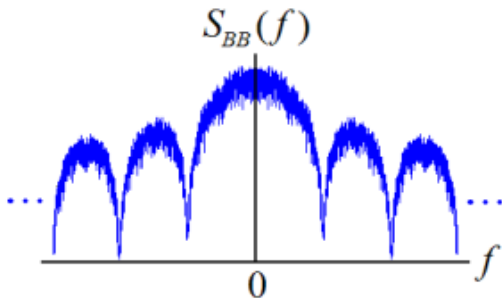
TP 547- Princípios de Simulação de Sistemas de Comunicação

Prof. Samuel Baraldi Mafra



Transmissão em banda-base

- Forma de transmissão que usa pulsos discretos, sem modulação;
- Em banda base a forma de onda tem seu espectro de frequência concentrado em torno de $f = 0$, não tendo necessariamente um componente cc diferente de zero.



Transmissão em banda-base

Transmissão em banda-base

- É adequada para canais de comunicação cuja resposta de frequência normalmente tem um efeito de filtragem passa-baixo, como cabos telefônicos de par trançado, cabos de rede de computadores e cabos coaxiais;
- Esses canais podem ser chamados de canais de banda base.

Transmissão em banda-base

- Os canais de banda base têm características que podem afetar os sinais transmitidos por eles. Por exemplo:
 - A frequência de corte específica do canal pode limitar a taxa de transmissão ou a largura de banda do sinal transmitido;
 - A atenuação passa-banda pode não ser constante ou a resposta da fase pode não ser linear, levando a distorções do sinal;
 - O tipo de dispositivo de acoplamento usado para conectar o sistema de comunicação ao canal pode ter suas características particulares de resposta em frequência que influenciam a transmissão.

Transmissão em banda-base

- Nesta análise vamos estudar várias formas de onda de banda base adequadas para uma variedade de canais de banda base. Essas formas de onda são normalmente chamadas de códigos de linha e destinam-se a remodelar a forma de onda dos bits de dados, a fim de torná-la adequada para transmissão através de um canal específico.

Códigos de linha

- Um código de linha é uma forma de onda representando os bits de dados, mas com suas características mais adequadas para transmissão em um determinado canal (ou para armazenamento em uma determinada mídia) do que os zeros e uns originais. Entre essas características, que podem diferir de um código de linha para outro, estão:
 - A densidade espectral de potência (PSD);
 - A regularidade nas transições de sinal;
 - A imunidade a ruídos;
 - A capacidade de detecção de erros.

Códigos de linha

- A PSD de um código de linha tem sua importância na adequação do conteúdo da frequência do sinal à resposta em frequência do canal;
- Além disso, um conteúdo de frequência cc pequeno ou inexistente pode ser interessante em aplicações nas quais os cabos de comunicação são usados para transportar informações e energia para equipamentos intermediários, como repetidores de linha, que podem ter transformadores.

Códigos de linha

- A regularidade nas transições de sinal permite a manutenção de sincronismo no receptor, mesmo que uma longa sequência de uns ou zeros seja transmitida;
- Alguns códigos de linha transportam mais energia por bit de informação do que outros, para a mesma potência média transmitida;
- Essas características podem levar a uma melhor imunidade a ruídos e, como consequência, a uma menor probabilidade de erros de bits;
- Alguns códigos de linha são construídos sob regras que criam padrões especiais na forma de onda, permitindo assim algum tipo de capacidade de detecção de erros se esses padrões forem violados.

Propriedades requeridas códigos de linha

- Banda de Transmissão: Ocupação da menor banda de transmissão possível;
- Eficiência Energética: A potência de transmissão deve ser a menor possível;

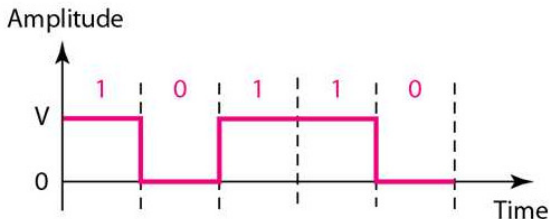
Códigos de linha

- Existem duas classes principais de códigos de linha binários: códigos de nível e códigos de transição.
 - Os códigos de linha de nível carregam informações em seu nível de tensão;
 - Códigos de linha de transição carregam informações nas alterações de nível que ocorrem na forma de onda.

Códigos de linha

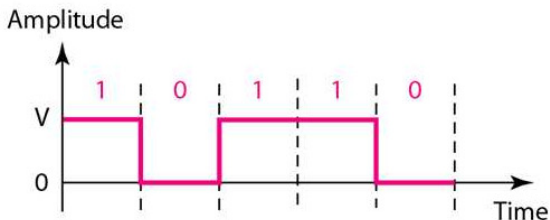
- os códigos de linha podem ser agrupados em bipolar e unipolar, embora alguns autores também usem um terceiro agrupamento chamado polar. Os códigos de linha bipolar e unipolar são códigos que usam pulsos bipolar e unipolar, respectivamente.
 - Um pulso bipolar é "um pulso que possui amplitude apreciável em ambas as direções a partir do eixo de referência".
 - Um pulso unipolar é "um pulso que possui amplitude apreciável em apenas uma direção"

Códigos de linha: Unipolar sem retorno a zero (NRZ-u)



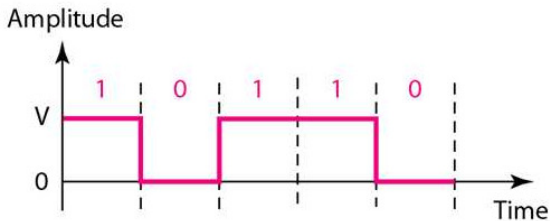
- Neste código de linha unipolar, um bit "1" é representado por um pulso de duração T_b e amplitude A , e um bit "0" é representado pela ausência de um pulso. A nomenclatura "não retornar a zero" refere-se ao fato de que existe um determinado pulso para todo o intervalo de bits T_b

Códigos de linha: Unipolar sem retorno a zero (NRZ-u)



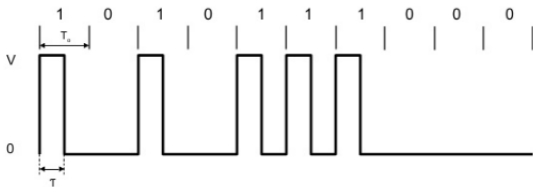
- O código de linha NRZ-u não é adequado para aplicações em que zero cc é motivo de preocupação e longas sequências de zeros ou outras não são permitidas, uma vez que essas longas execuções tendem a dificultar o processo de sincronização no receptor.

Códigos de linha: Unipolar sem retorno a zero (NRZ-u)



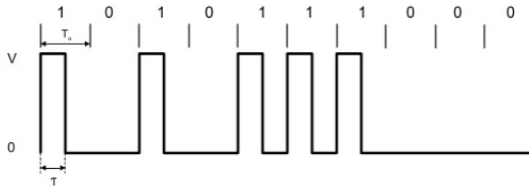
- Além disso, um componente cc representa um desperdício de energia, uma vez que o componente discreto em $f = 0$ não carrega nenhuma informação.

Códigos de linha: Código unipolar de retorno a zero (RZ-u)



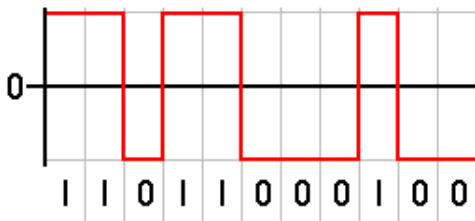
- Neste código de linha, um bit "1" é representado por um pulso de amplitude A e duração menor que o período de bit, e um bit "0" é representado pela ausência de um pulso.
- O termo "retorno a zero" significa que um pulso vai a zero antes do final do período de bit.

Códigos de linha: Código unipolar de retorno a zero (RZ-u)



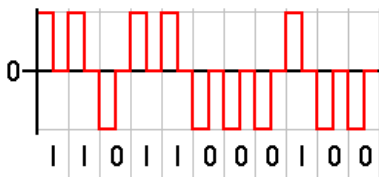
- Sequências longas de uns mantêm regularidade nas transições de sinal, mas sequências longas de zeros, em vez disso, correspondem a nenhuma atividade de sinal.

Códigos de linha: Bipolar sem retorno a zero (NRZ-b)



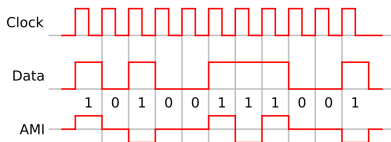
- Neste código, um bit "1" é representado por um pulso de duração T_b e amplitude A , e um bit "0" é representado por um pulso de duração T_b e amplitude $-A$;
- A componente cc do código NRZ-u pode ser eliminada usando um código de linha NRZ-b, quando os bits transmitidos são equiprováveis.

Códigos de linha: Código bipolar de retorno a zero (RZ-b)



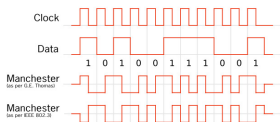
- O código de linha RZ-b representa um bit "1" por um pulso de amplitude A e duração menor que a duração do bit. Um bit "0" é representado por um pulso de amplitude $-A$ e a mesma duração do pulso positivo;
- Devido ao fato de que pulsos de duração menores que T_b são usados para representar os bits "1" e "0", o código RZ-b mantém as transições de sinal mesmo na ocorrência de execuções longas de zeros ou uns.

Códigos de linha: Inversão de marca alternada (AMI)



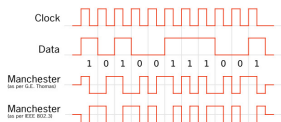
- O código AMI representa um bit "1" por um pulso de amplitude A , duração geralmente menor que T_b e polaridades alternadas. Um bit "0" é representado pela ausência de pulso.

Códigos de linha: Manchester



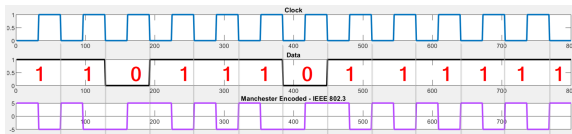
- No código de linha de Manchester, o bit "1" é representado por um par de pulsos com duração $T_b/2$ e amplitudes $+A$ e $-A$, nesta ordem. Um bit "0" é representado por um par de pulsos com duração $T_b/2$ e amplitudes $-A$ e $+A$, nesta ordem.
- os bits "1" são representados por transições de borda descendente (ou negativa) de $+A$ a $-A$ no meio do intervalo de bits e os bits "0" são representados por transições de borda ascendente (ou positiva) de $-A$ para $+A$ no meio do intervalo de bits.

Códigos de linha: Manchester



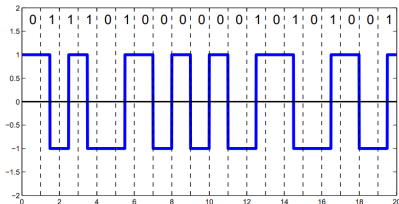
- Esta convenção pode ser invertida. O código Manchester possui uma ampla aplicação em redes locais (Ethernet) de área local com fio;
- Como o código AMI, para bits igualmente prováveis, o código Manchester não possui componente cc e possui componentes de frequência de baixa intensidade em torno de $f = 0$;
- O código Manchester é um dos códigos de linha com sincronização mais fácil, pois possui uma transição no meio de todos os intervalos de bits.

Códigos de linha: Manchester



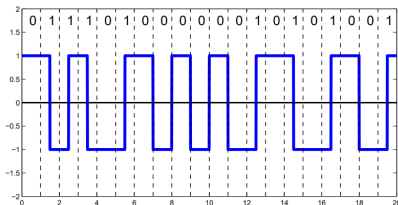
Código: `linecodes.py`

Códigos de linha: Miller



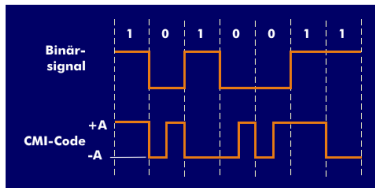
- O código Miller também é conhecido como código de atraso ou modulação de atraso;
- Nesse código de linha, um bit "1" é representado por uma transição no meio do intervalo de bits e um bit "0" é representado por nenhuma transição. Se um "0" for seguido por outro "0", também ocorrerá uma transição entre os dois zeros.

Códigos de linha: Miller



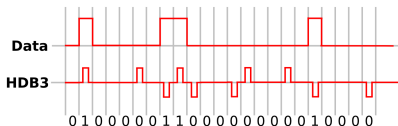
- O código Miller é usado principalmente para codificar sinais de rádio porque o espectro de frequência da forma de onda codificada contém menos energia de baixa frequência do que um sinal NRZ convencional e menos energia de alta frequência do que um sinal bifásico;
- Possui boas propriedades de sincronização, pois o sinal contém transições de nível, mesmo durante longas sequências de zeros ou uns.

Códigos de linha: Inversão de marca de código (CMI)



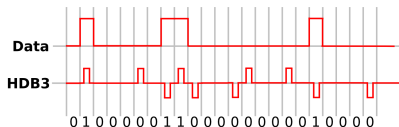
- No código CMI, um "1" binário é representado por um pulso AMI e um "0" binário é representado por uma transição no meio do intervalo de bits. Em outras palavras, o CMI é formado pela mistura de um código AMI com uma onda quadrada habilitada para zero com frequência $1/T_b$ Hz.

Códigos de linha: Bipolar de alta densidade n (HDBn)



- A principal desvantagem do código de linha AMI é a ocorrência de nenhuma atividade de sinal durante uma longa sequência de zeros. Essa desvantagem é eliminada na família de códigos HDBn.
- A codificação HDBn substitui uma sequência de $n + 1$ zeros consecutivos por padrões especiais que evitam a inatividade do sinal e, ao mesmo tempo, violam a regra da AMI de sempre ter pulsos alternados.

Códigos de linha: Bipolar de alta densidade n (HDBn)



- Essa violação é de valor especial, pois também oferece um recurso de detecção de erros para o código HDBn;
- Um dos principais códigos de linha da família HDBn é o HDB3. Nesse código, uma sequência de 4 zeros consecutivos é substituída pelos padrões B00V ou 000V.

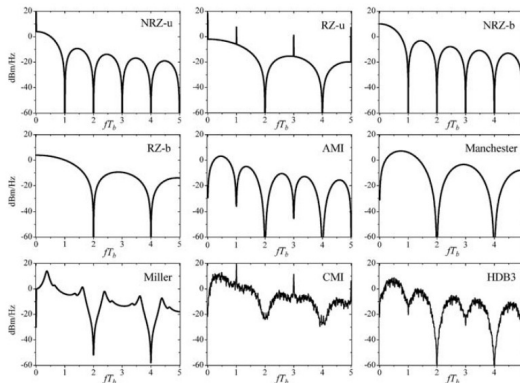
Códigos de linha: Bipolar de alta densidade n (HDBn)

Table 4.1 B00V and 000V patterns for zeroes replacement in the HDB3 line code

Polarity of the last violation	Polarity of the pulse before the sequence of 4 zeroes	
	Negative	Positive
Negative	B00V = +00+	000V = 000+
Positive	000V = 000-	B00V = -00-

- Aqui B é um pulso bipolar que é inserido para ajudar o pulso V violar a regra da AMI. Por exemplo, se o último pulso antes de uma sequência de 4 zeros for negativo e o último pulso V também for negativo, um pulso B positivo será inserido na primeira das posições de 4 bits e um pulso V positivo será inserido na posição de quarto bit .
- Isso garante que os pulsos V são de polaridades alternadas e que a violação AMI pode ser facilmente detectada e descartada pelo decodificador HDB3 quando pulsos das mesmas polaridades aparecerem.

Códigos de linha: Densidade espectral de potência (PSD)



As expressões do PSD para cada código de linha estão apresentadas na seção 4.1.1 do livro "Digital Transmission A Simulation-Aided Introduction with VisSim/Comm" do Prof. Dayan.

Alguns comentários sobre as PSDs dos códigos de linha:

- Os códigos NRZ-u e RZ-u apresentam uma componente cc. A componente cc representa um desperdício de energia, pois o componente discreto em $f = 0$ não carrega nenhuma informação;
- Para o código RZ-u existe uma componente discreta em $f = 1/T_b$, facilitando o processo de sincronização no lado do receptor;
- As componentes discretas no PSD do código RZ-u não carregam nenhuma informação e representam desperdício de energia. No entanto, o desperdício de energia no componente discreto em $f = 1/T_b$ pode ser compensado por um processo simplificado de sincronização.

Alguns comentários sobre as PSDs dos códigos de linha:

- Os códigos de linha NRZ-b e RZ-b não possuem componente cc quando os bits são equiprováveis;
- O PSD do código de linha AMI não contém componente cc e possui componentes de frequência com baixa intensidade em torno de $f = 0$;
- O código AMI é mais adequado para canais que possuem uma forte atenuação em torno de $f = 0$. Essa atenuação distorce a forma de onda desses códigos de linha nas frequências mais baixas;
- Como o código AMI, para bits igualmente prováveis, o código Manchester não possui componente cc e possui componentes de frequência de baixa intensidade em torno de $f = 0$. No entanto, o lóbulo principal de seu espectro é dobrado em comparação com o espectro do código AMI.