

II-3

Transmissão em banda base

Comunicações

(16 Dezembro de 2008)



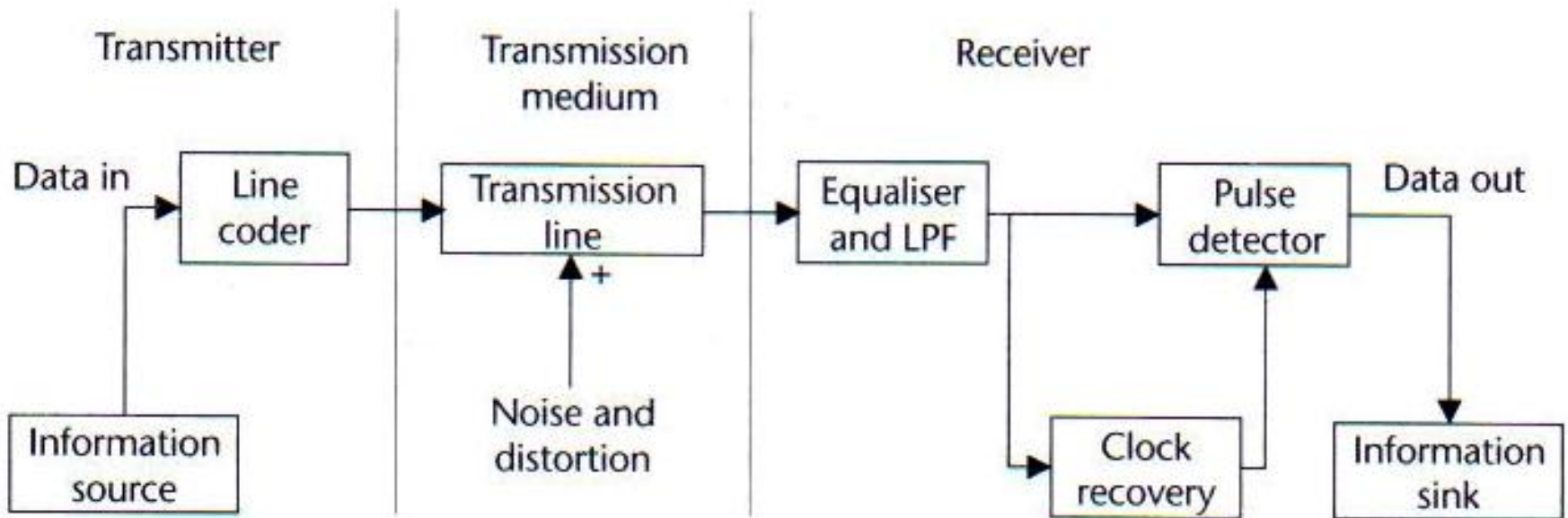
Sumário

1. Transmissão em banda base
2. Códigos de linha
 1. NRZ Level e Diferencial
 2. RZ AMI
 3. Bifásicos Manchester
3. Interferência Intersimbólica
4. Diagrama de Olho
5. Formatação do Espectro
6. Aplicações



Transmissão digital em banda de base

- **Banda base** - o meio de transmissão admite componentes de frequência em torno de 0 Hz



Códigos de linha: características desejadas

- Codificação de linha (*line coding*) é o uso de pulsos eléctricos para codificar os bits 1 e 0
- Estes pulsos são colocados directamente no meio de transmissão
- Tipicamente são “ondas quadradas”



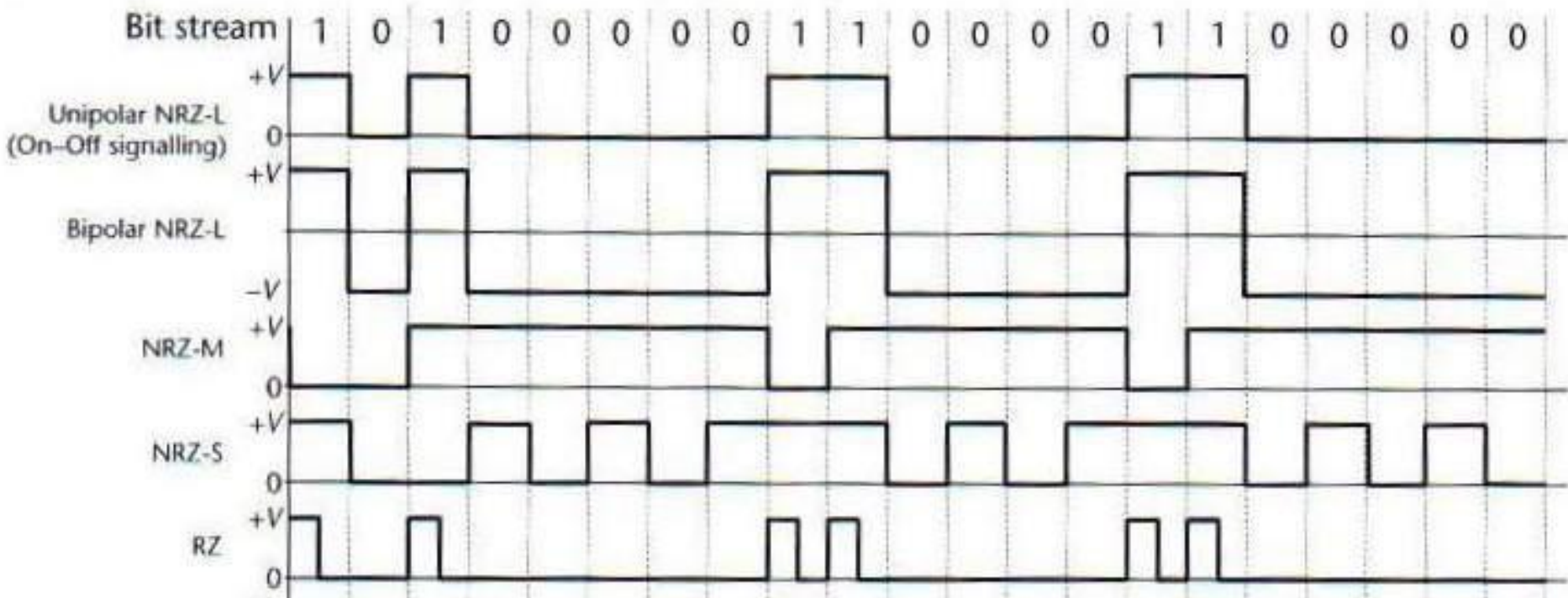
Códigos de linha: características

- Espectro dos dados codificados adaptado à resposta em frequência do canal de transmissão
- Dados com informação de temporização combinada
 - Necessidade de transições
 - Clock embebido
- Vulnerabilidade dos dados ao ruído e interferência inter-simbólica



Códigos de linha NRZ e RZ

- NRZ – Non-Return to Zero, não retorna a zero dentro do tempo de bit
- RZ – Return to Zero, retorna a zero dentro do tempo de bit



NRZ-Unipolar

- A componente DC (valor médio) não é nula; depende do número de bits 1
- O meio de transmissão não pode bloquear a componente DC (frequência 0 Hz)
- Codificação TTL



NRZ-Bipolar

- A componente DC (valor médio) é nula quando temos igual número de bits 1 e 0 na mensagem
- Melhor desempenho do que o NRZ Unipolar



NRZ-Level (Unipolar e Bipolar)

- Formato básico (“níveis TTL”)
- Transmissão a curta distância
- Permite transmissão sem erros (eficiência de 100%)
- Necessita de sinal de “clock” em separado
- Inversão dos níveis (troca dos fios) na transmissão resulta na descodificação errada de todos os símbolos (solução: NRZ diferencial)



NRZ-Diferencial

- Os bits são codificados com alternância de nível no início do tempo de bit (transições), em vez de valores de amplitude absolutos
- NRZ-M (Mark)
 - Mudança de nível no início de tempo de bit para o bit 1
 - Mantém o nível, caso o bit seja 0
- NRZ-S (Space)
 - Mudança de nível no início de tempo de bit para o bit 0
 - Mantém o nível, caso o bit seja 1

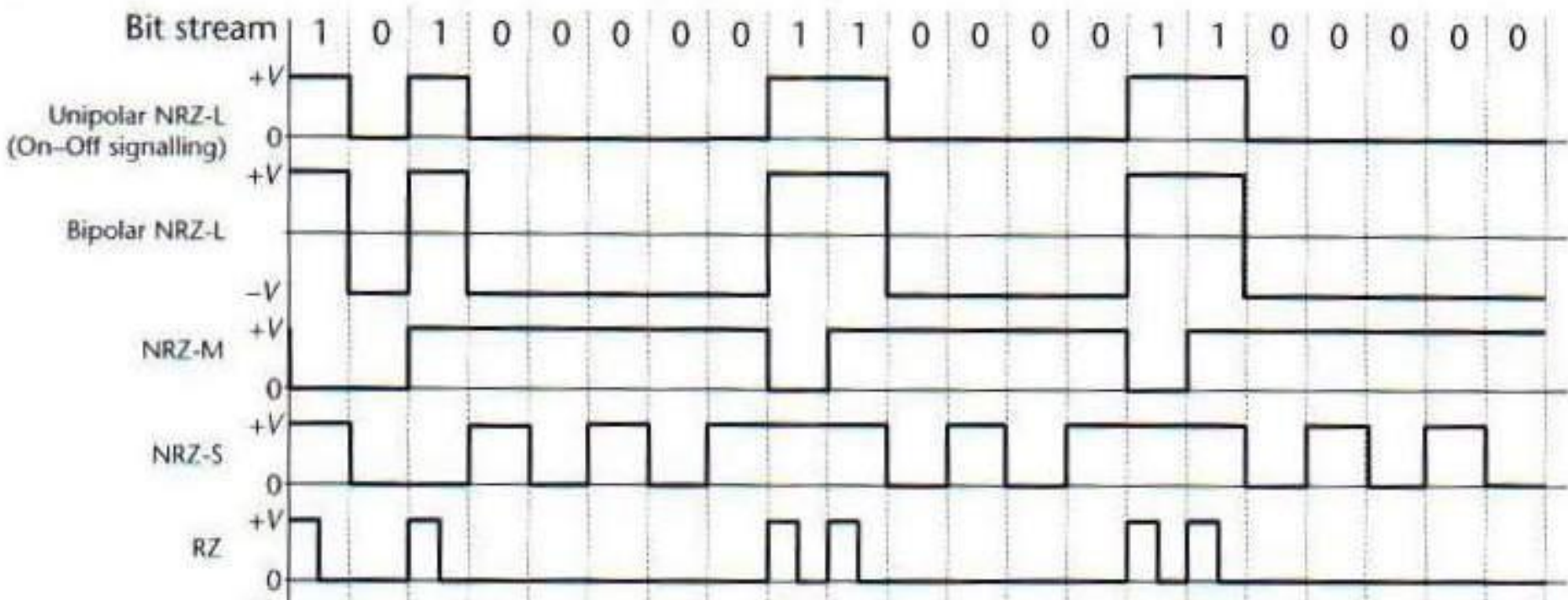


NRZ-Diferencial

- Os bits são codificados com alternância de nível no início do tempo de bit (transições), em vez de valores de amplitude absolutos
- NRZ-M (Mark)
 - Mudança de nível no início de tempo de bit para o bit 1
 - Mantém o nível, caso o bit seja 0
- NRZ-S (Space)
 - Mudança de nível no início de tempo de bit para o bit 0
 - Mantém o nível, caso o bit seja 1



NRZ-M e NRZ-S



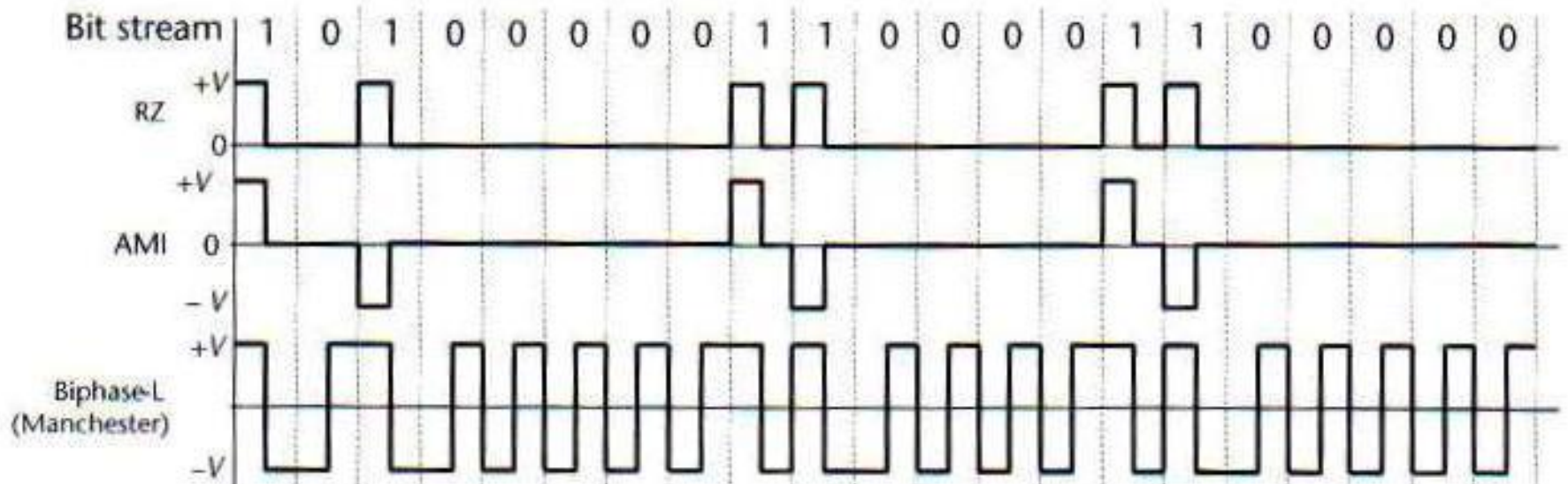
NRZ-Level e NRZ-Diferencial

■ Problemas:

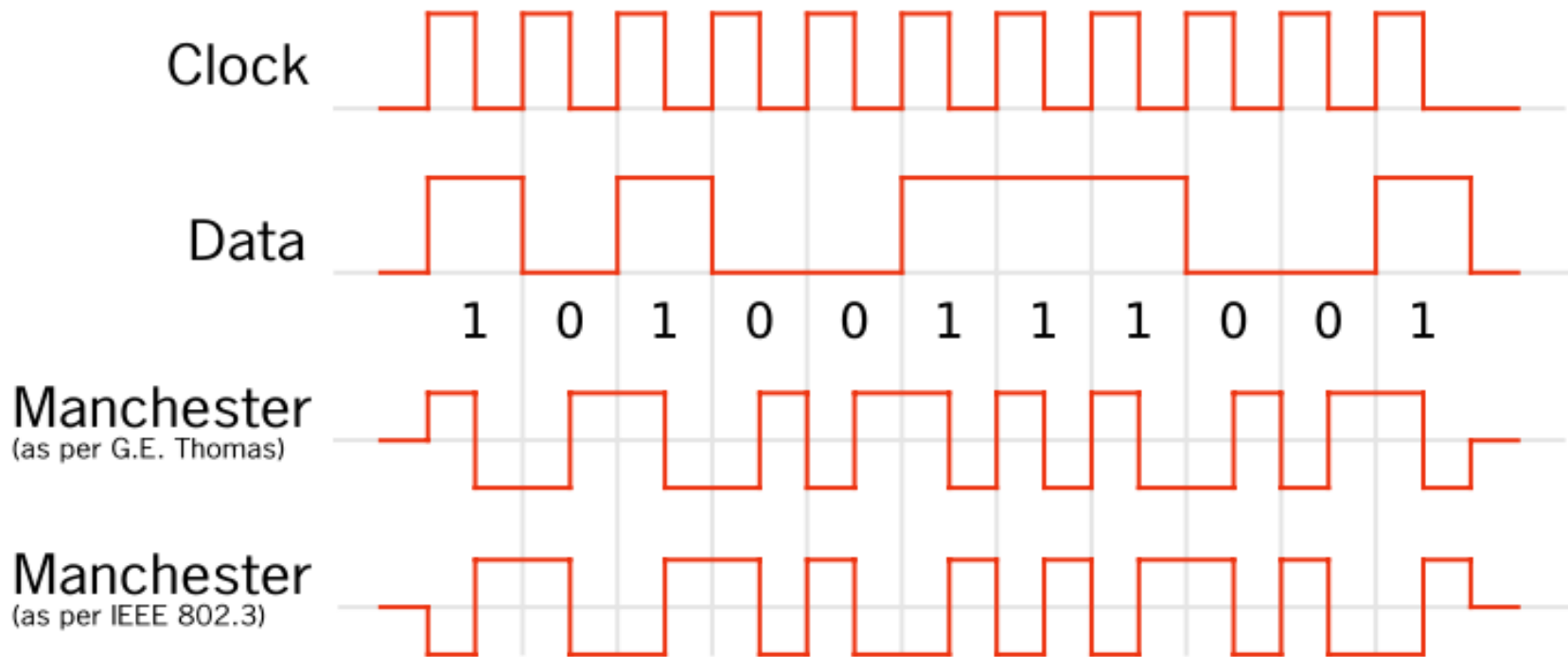
- Longas sequências de bits provocam falta de sincronismo
 - Longa sequência do mesmo bit em NRZ Unipolar e NRZ Bipolar
 - Longa sequência de zeros em NRZ-M
 - Longa sequência de uns em NRZ-S
-
- Para não perder sincronismo, é necessária a existência de transições -> códigos RZ!



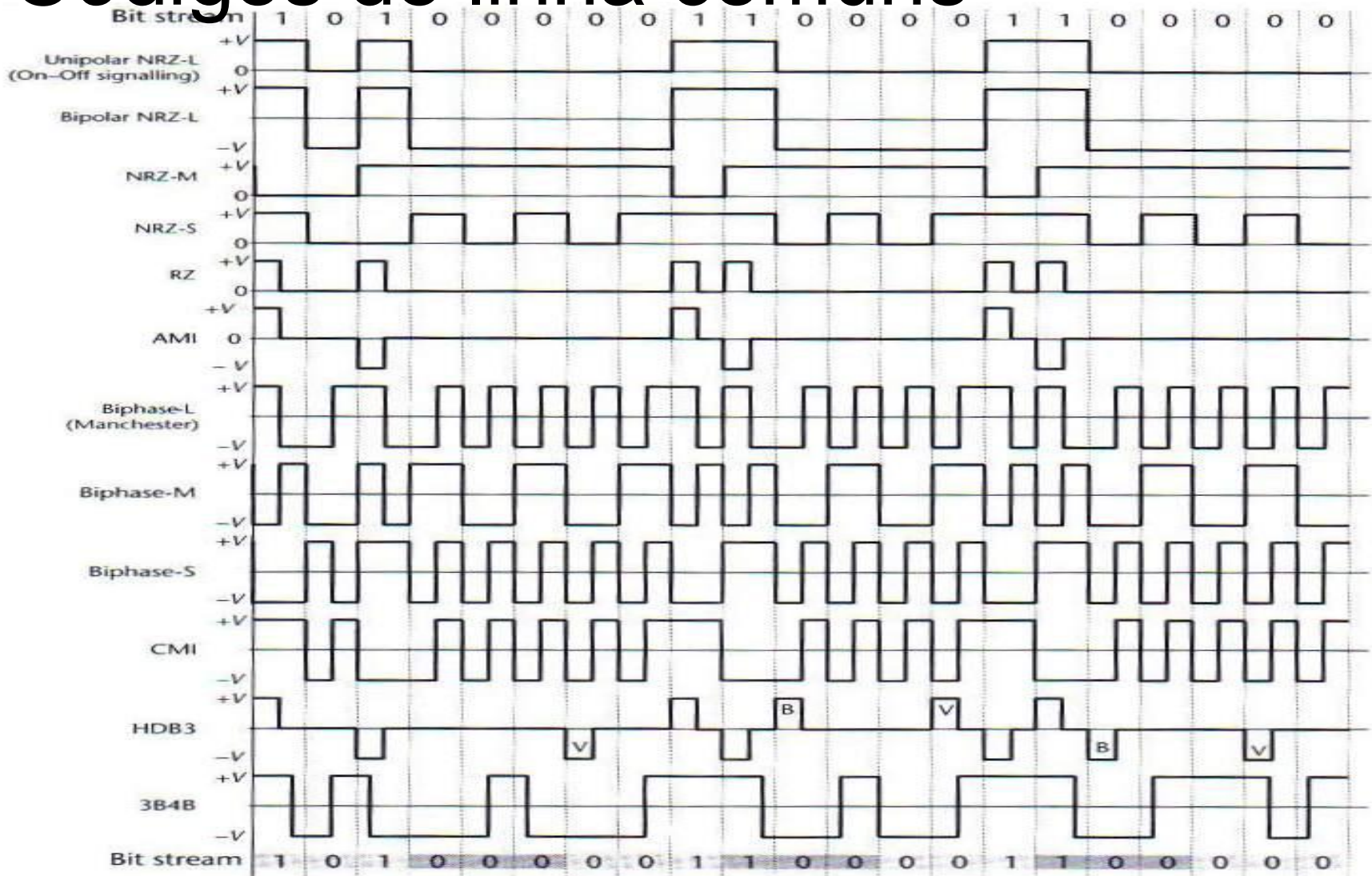
Códigos de linha RZ e Bifásicos



Código Manchester



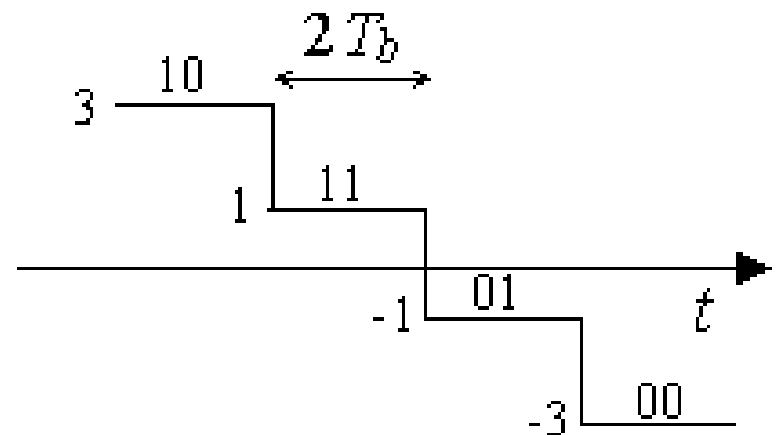
Códigos de linha comuns



Código 2B1Q (4 níveis)

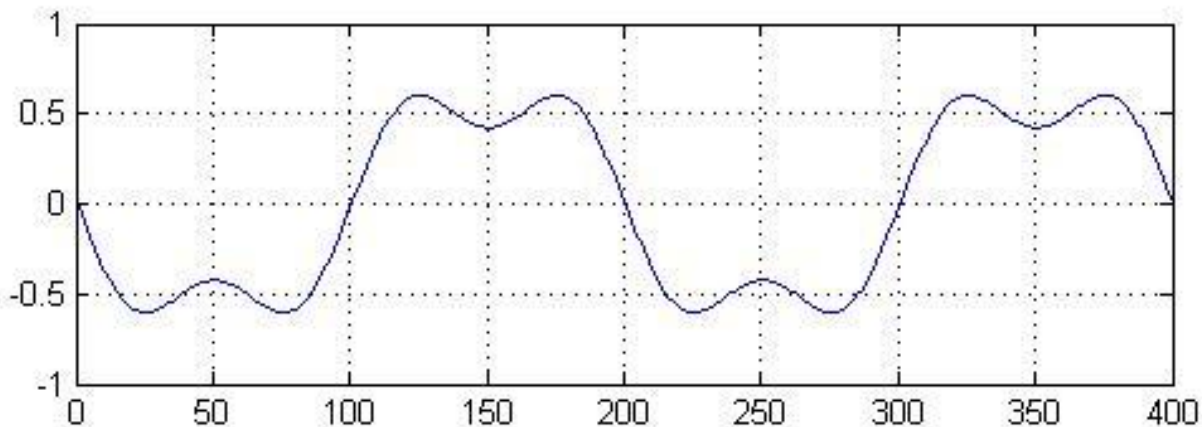
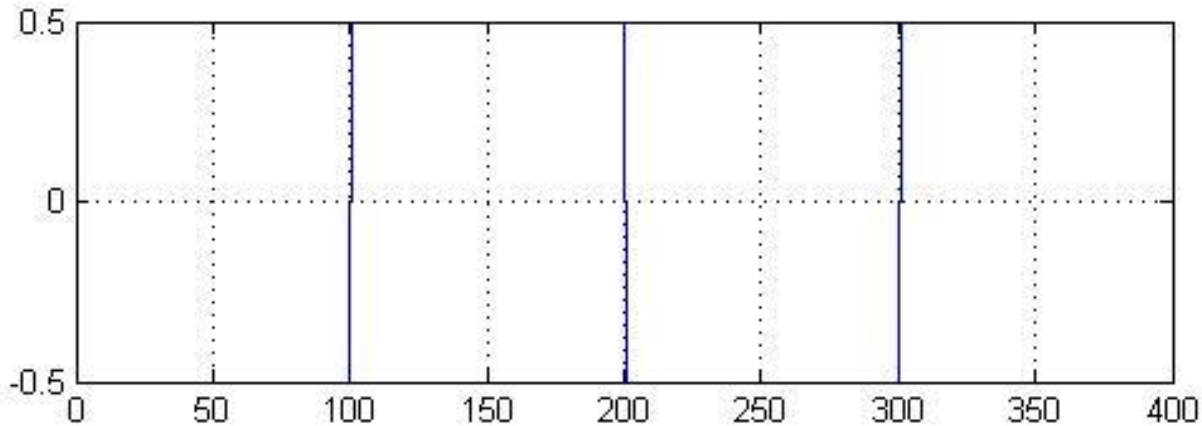
- Utilizado na codificação de linha da RDIS-Rede Digital de Integração de Serviços ou ISDN-Integrated Services Digital Network
- Por cada tempo de símbolo, codifica 2 bits

Dibit	Signal level	
10	+450 mV	3 V
11	+150 mV	1 V
01	-150 mV	-1 V
00	-450 mV	-3 V



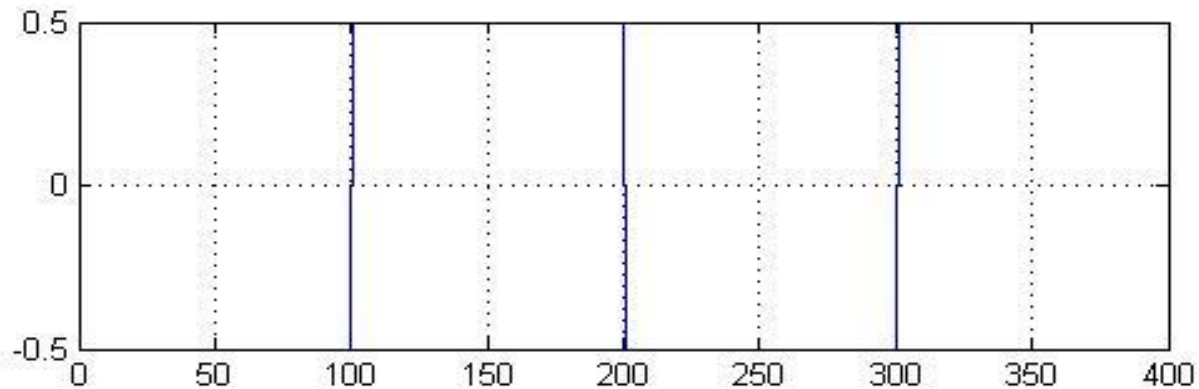
ISI – InterSymbolic Interference

- Causada pela limitação da largura de banda do meio de transmissão
- O meio actua como um filtro (tipicamente, passa-baixo)

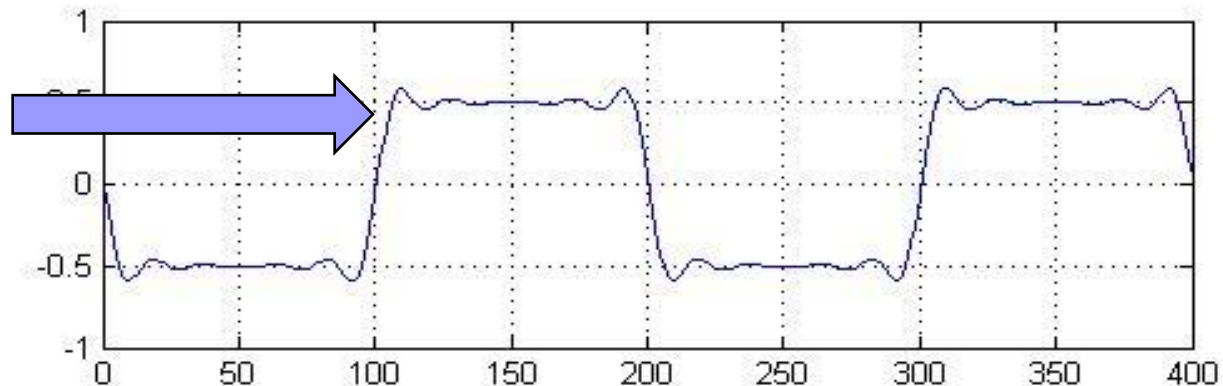


ISI – InterSymbolic Interference

- Truncatura das componentes de frequência
- Expansão do sinal no domínio do tempo



Menor
interferência



Diagrama/Padrão de Olho

- Avalia a ISI num sistema de comunicação digital

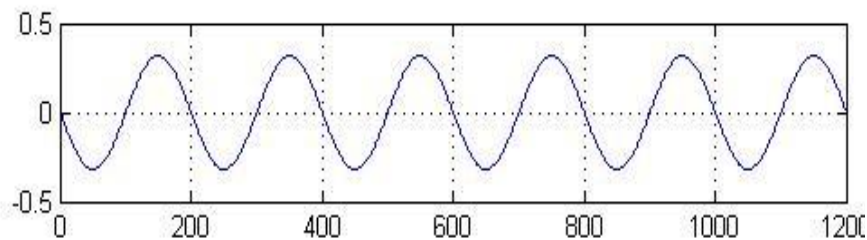
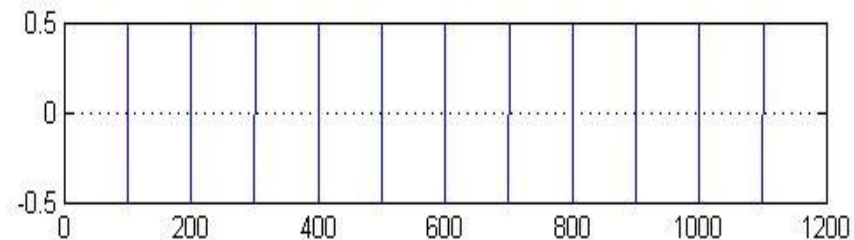
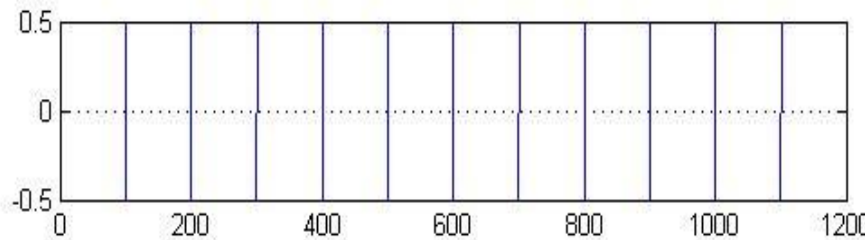


Diagrama de olho 2

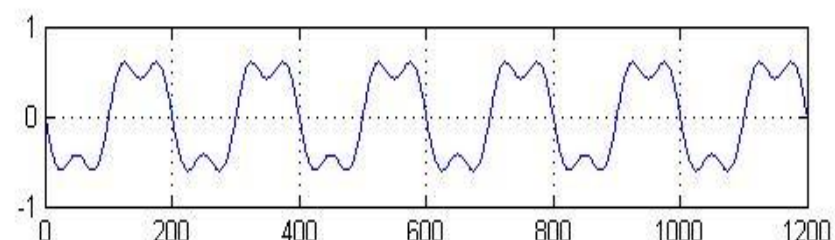
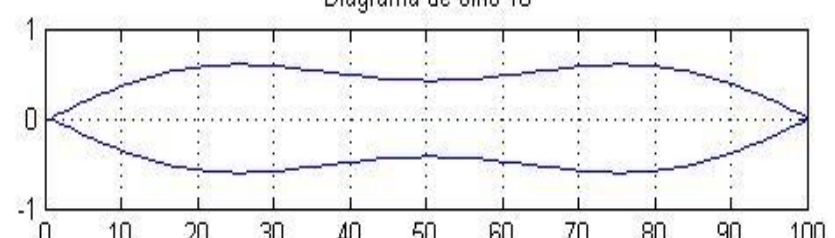
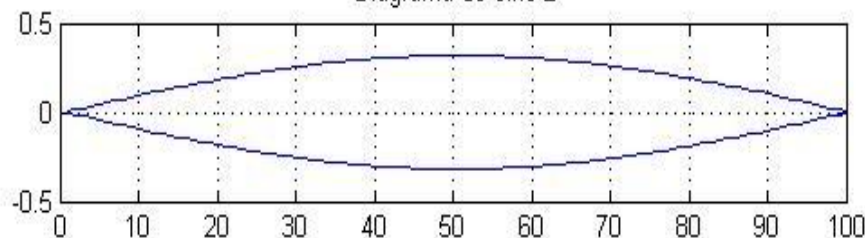


Diagrama de olho 10



Ausência de ruído



Diagrama/Padrão de Olho

- Avalia a ISI num sistema de comunicação digital

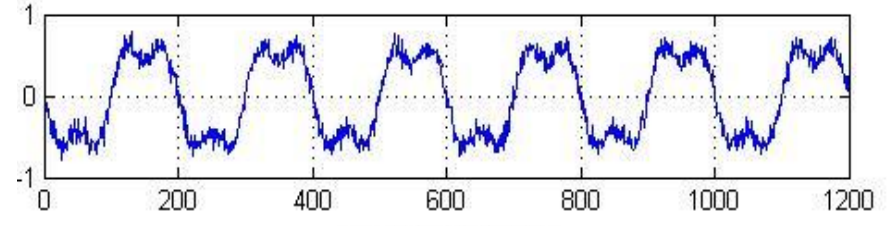
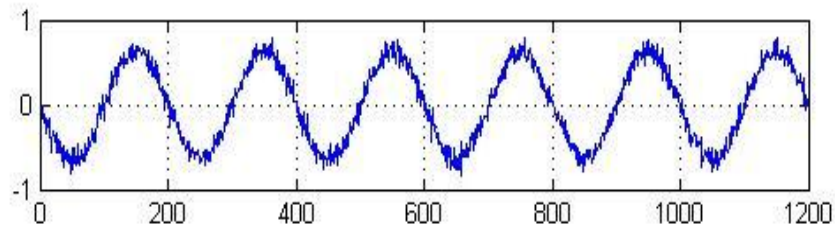
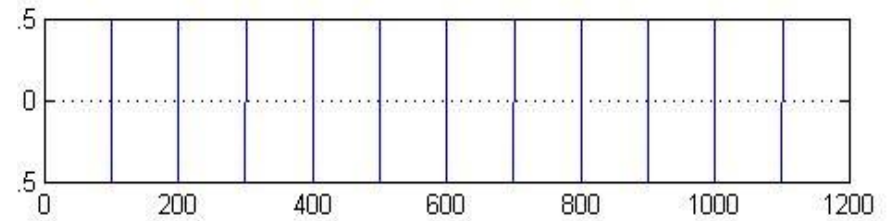
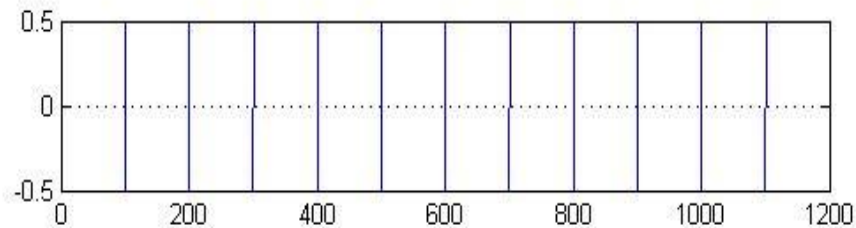
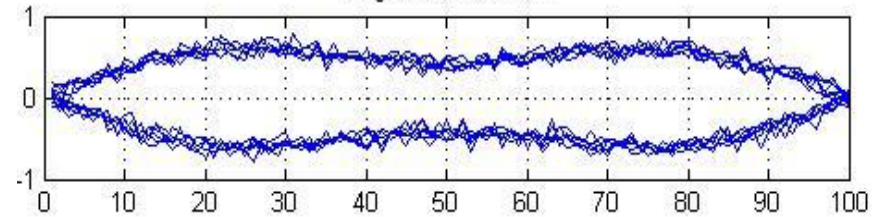
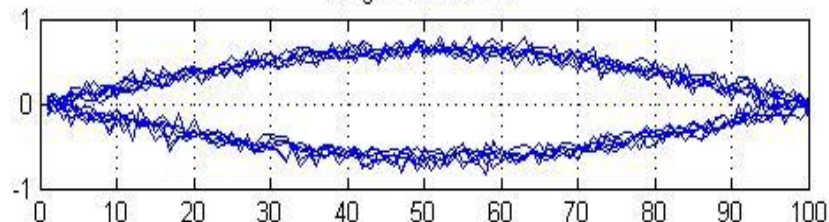


Diagrama de olho 7

Diagrama de olho 10

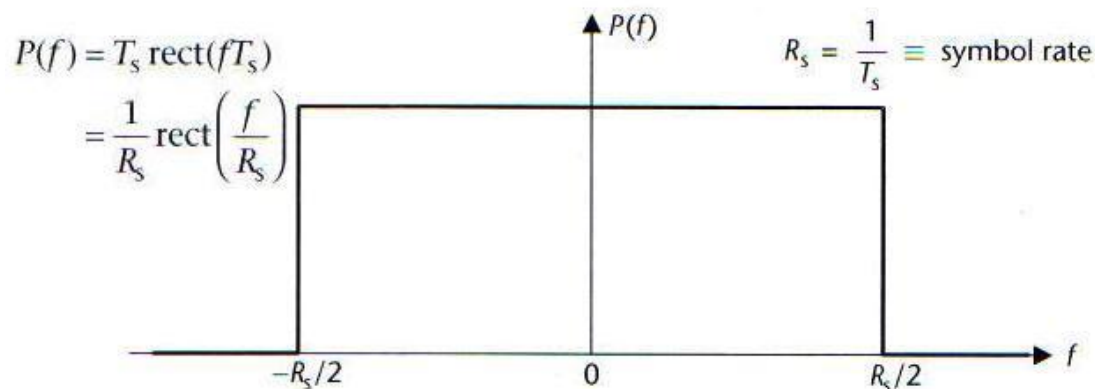
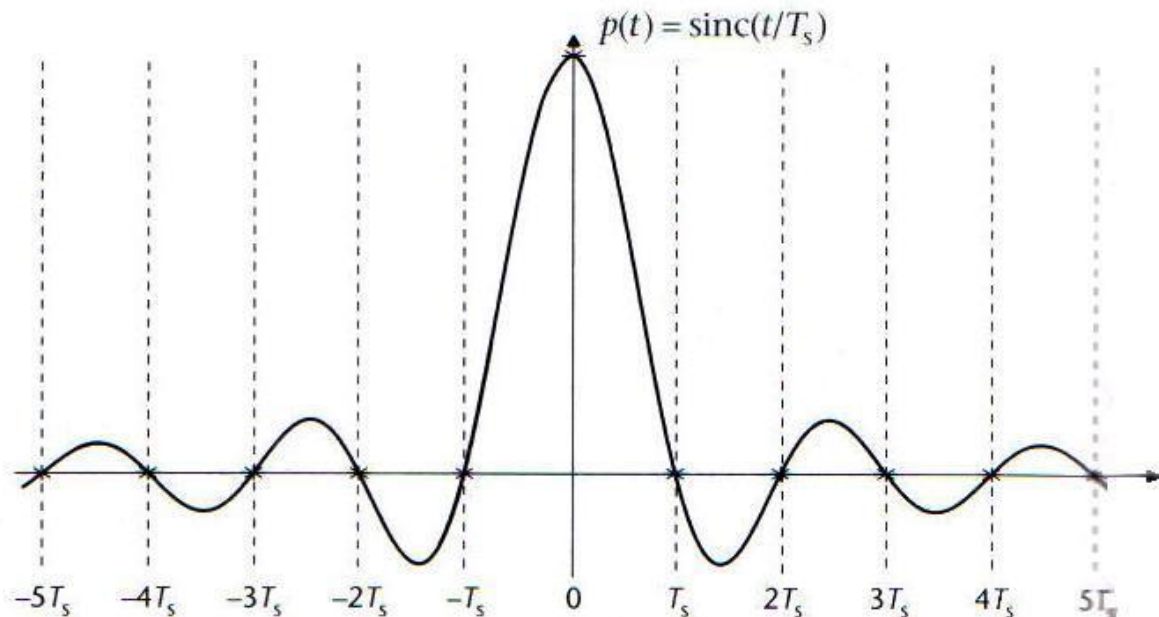


Com ruído



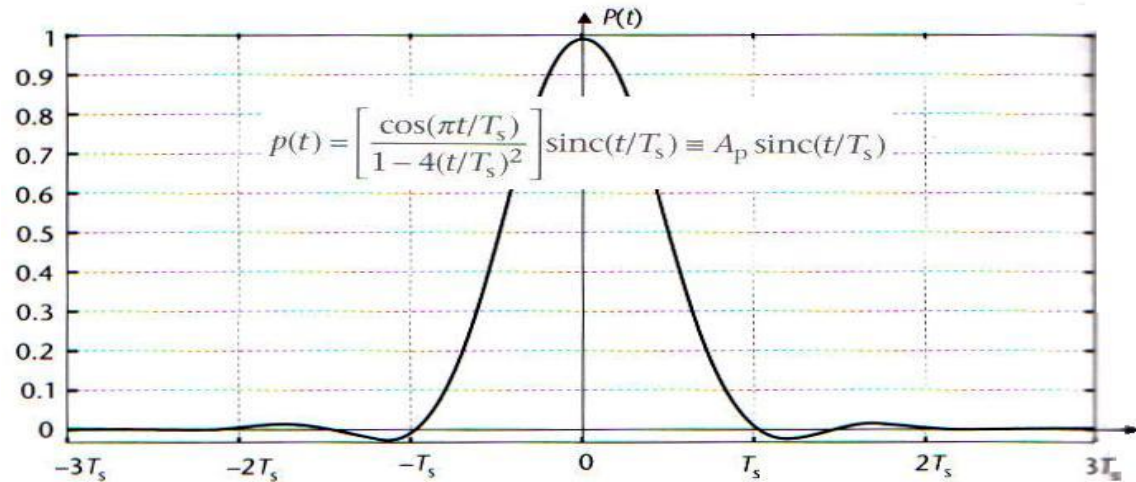
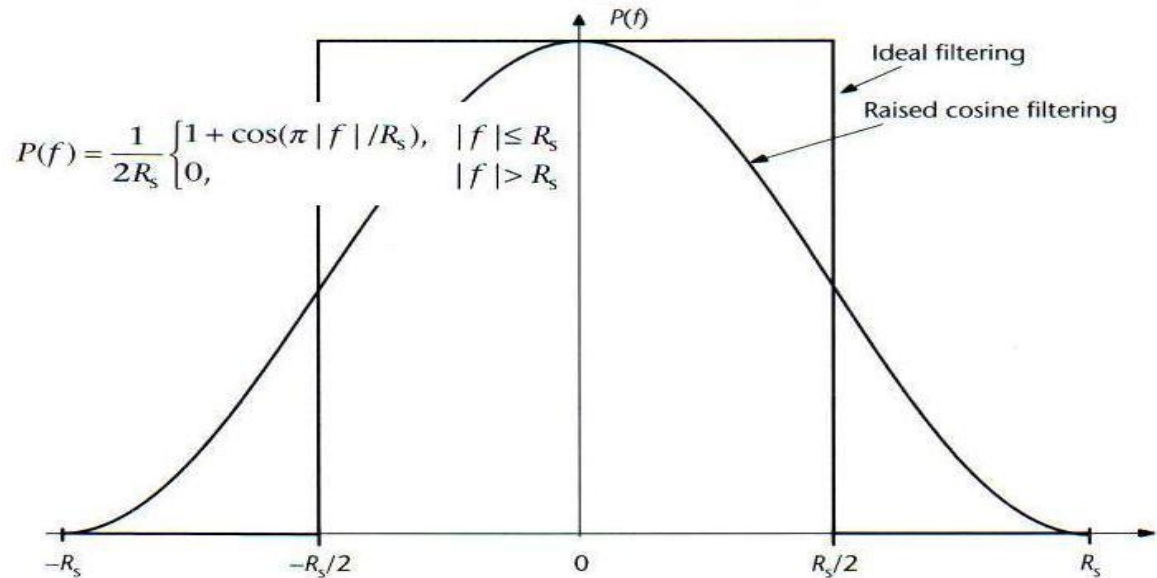
ISI – InterSymbolic Interference

- Pulso sinc, com largura de banda limitada
- Tem amplitude nula nos instantes múltiplos de T_s
- Ausência de ISI



ISI – InterSymbolic Interference

- Filtro raised-cosine
- Formata o espectro e minimiza a ISI



Filtragem *raised cosine*: caso geral

Resposta em
frequência

$$P(f) = \frac{1}{R_s} \times \begin{cases} 1, & |f| \leq f \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\pi \frac{|f| - f_1}{f_2 - f_1} \right) \right], & f_1 \leq |f| \leq f_2 \\ 0, & |f| > f_2 \end{cases}$$

■ factor de roll-off α

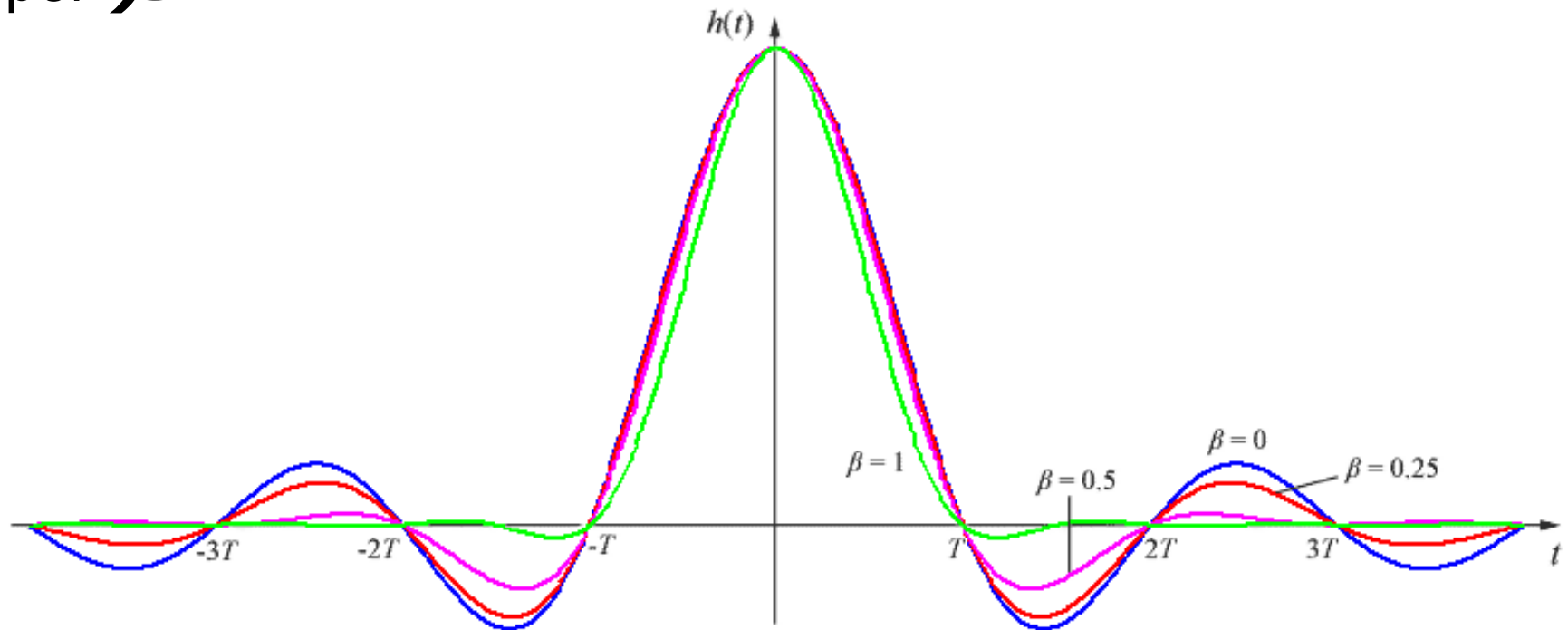
$$f_1 = \frac{R_s}{2} - \Delta f \equiv \frac{R_s}{2} - \alpha \frac{R_s}{2} = (1 - \alpha) \frac{R_s}{2}$$
$$f_2 = \frac{R_s}{2} + \Delta f \equiv \frac{R_s}{2} + \alpha \frac{R_s}{2} = (1 + \alpha) \frac{R_s}{2}$$

$$p(t) = \left[\frac{\cos(\pi\alpha t/T_s)}{1 - 4(\alpha t/T_s)^2} \right] \text{sinc}(t/T_s) \equiv A_p \text{sinc}(t/T_s)$$



Filtragem *raised cosine*

- Resposta impulsional com factor de *roll-off* designado por β



Domínio do tempo



Filtragem *raised cosine*

- Resposta em frequência com factor de *roll-off* designado por β

