

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Elétrica

Princípios de Comunicações

Transmissão em Banda Base
Semestre Letivo 2020/1

Prof.: Jair A. Lima Silva

DEL - UFES

Índice

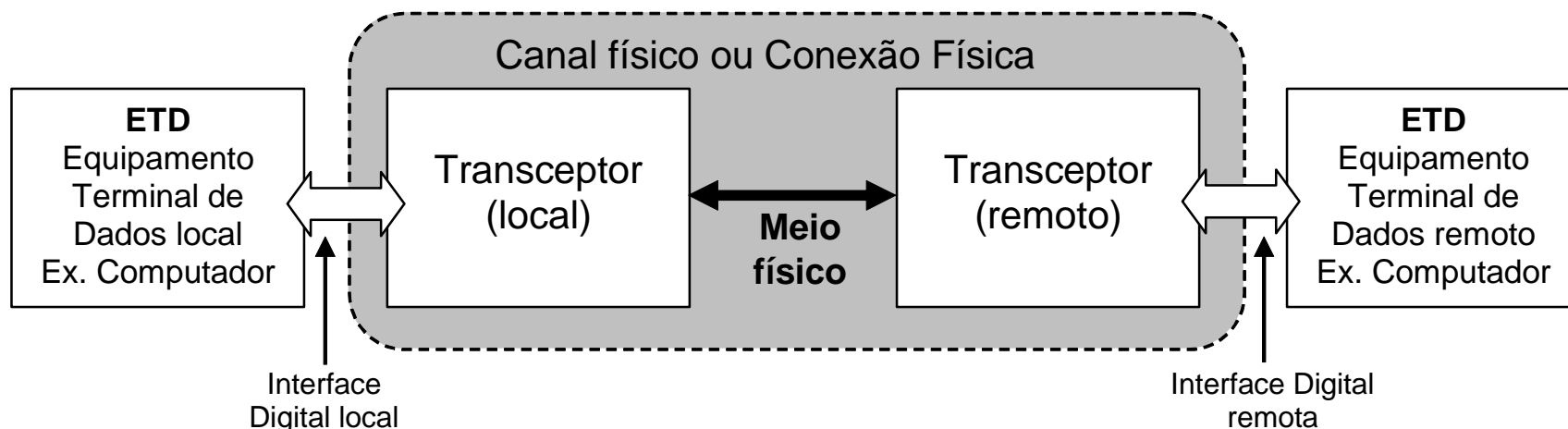
I. O Canal de Transmissão

II. Transmissão em Banda Base

III. Codificação de Linha

I. O Canal de Transmissão

Canal de transmissão

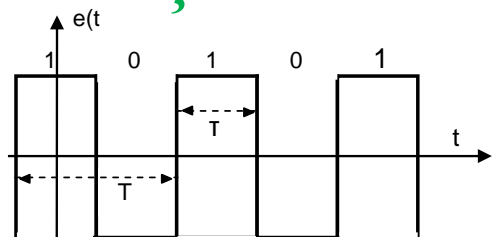


Parâmetros que caracterizam o canal de transmissão a nível físico:

- Largura de banda B , em [Hz];
- Capacidade máxima teórica do canal C , em [bit/s]
- Taxa de dados na interface digital R , em [bit/s];
- Taxa de símbolos nas interfaces analógicas, R_s [baud];
- Taxa de erro de bits **BER**.

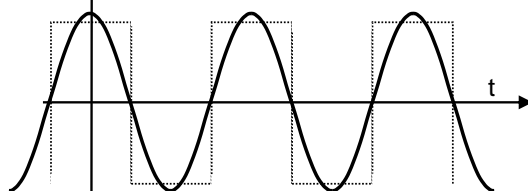
I. O Canal de Transmissão

Exemplo de influência da largura de banda em relação à distorção do sinal



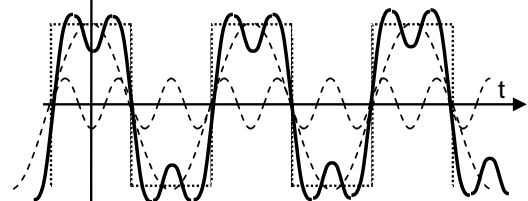
Trem de pulsos original representado por um padrão de bits determinístico do tipo 1 e 0.

Período: T e Largura pulso: τ
 $T=2\tau$



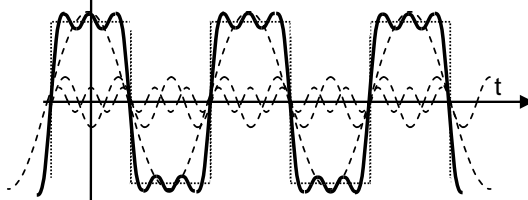
Banda passante B do meio deixa passar somente a frequência fundamental.

$$B = 1/T = 1/2\tau$$



Banda passante do meio igual a três vezes a fundamental (banda passante B deixa passar duas raíes espectrais)

$$B = 3/T = 3/2\tau$$



Banda passante do meio igual a cinco vezes a fundamental (Banda passante do meio deixa passar as 3 primeiras raíes espectrais).

$$B = 5/T = 5/2\tau$$

Capacidade de Canal

Teorema de Shannon

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

I. O Canal de Transmissão

- **Exercício Exemplo**: Determinar a capacidade máxima de um canal usado para a transmissão de um **signal de voz**. Considere que a relação entre a potência de sinal e a potência do ruído é de **30 dB**.

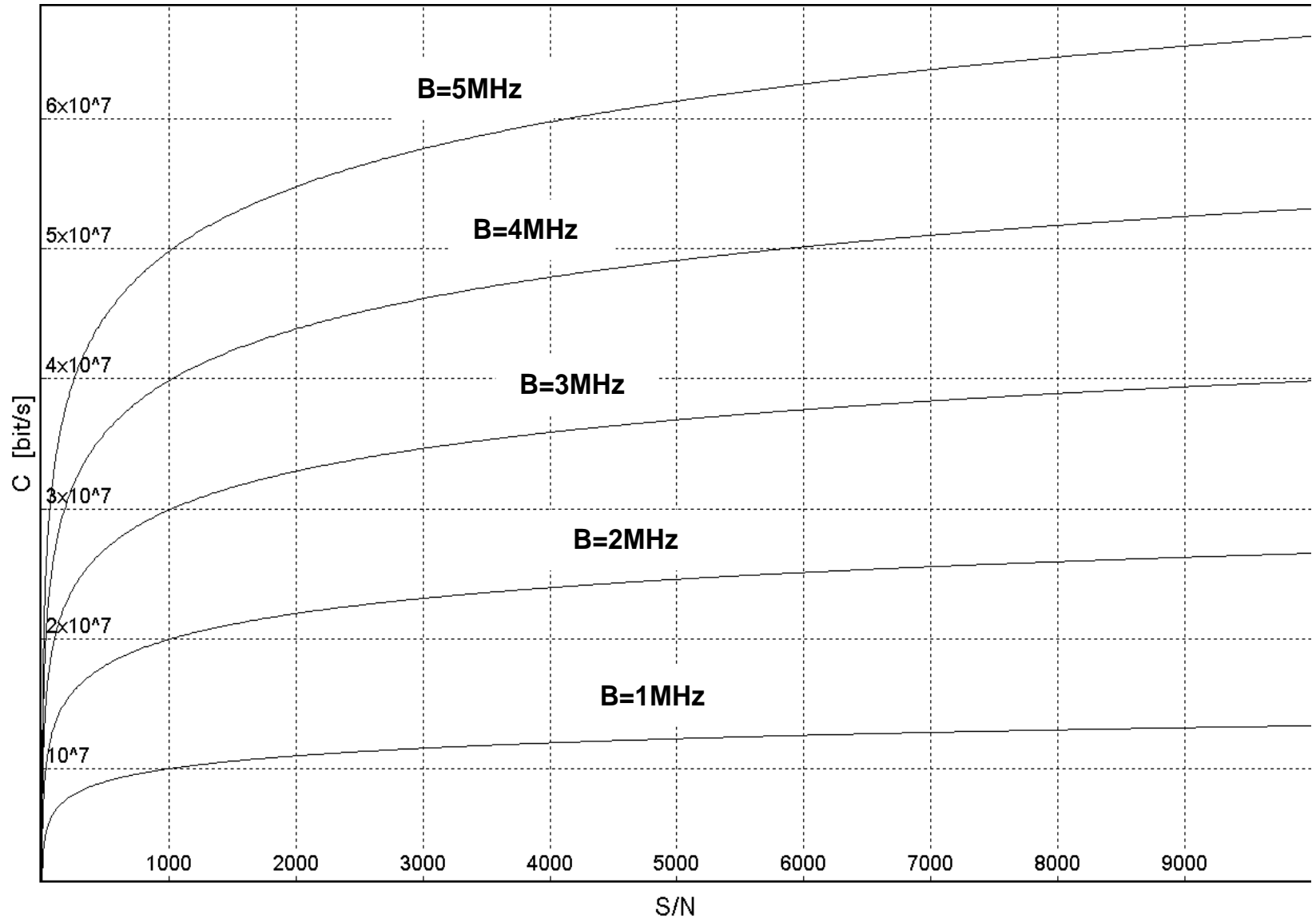
Solução: A unidade dB é definida como $[dB] = 10\log_{10} (S/N)$, portanto, $30 \text{ dB} = 10\log_{10}(S/N) \Rightarrow 30/10 = \log_{10}(S/N) \Rightarrow \log_{10}(S/N) = 3 \Rightarrow S/N = 1000$.

Substituindo na expressão de Shannon **C** resulta:

$$C = 3100 \cdot \log_2 (1 + 1000) = 3100 \cdot \log_2 (1001)$$

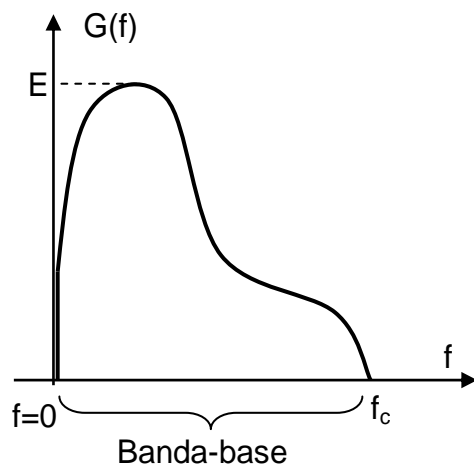
$$C = 31.000 \text{ bit/s}$$

I. O Canal de Transmissão

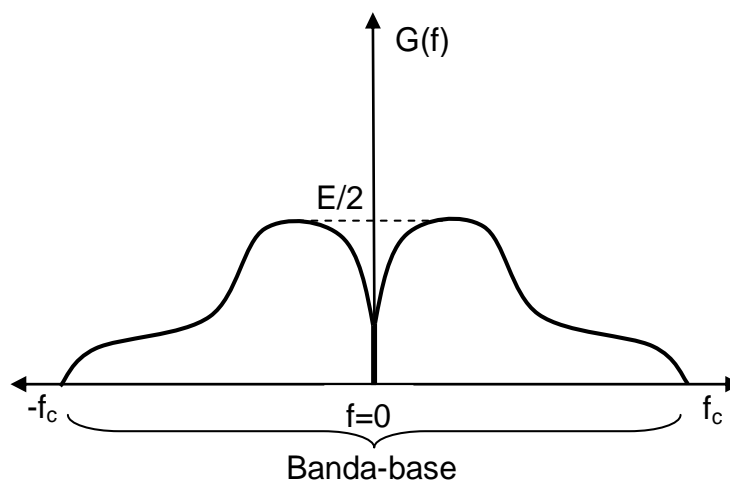


II. Transmissão de um Sinal em Banda Base

Um sinal é chamado de banda base quando o seu espectro possui como **eixo de simetria a frequência 0**.



(a) Espectro banda Base real de um sinal



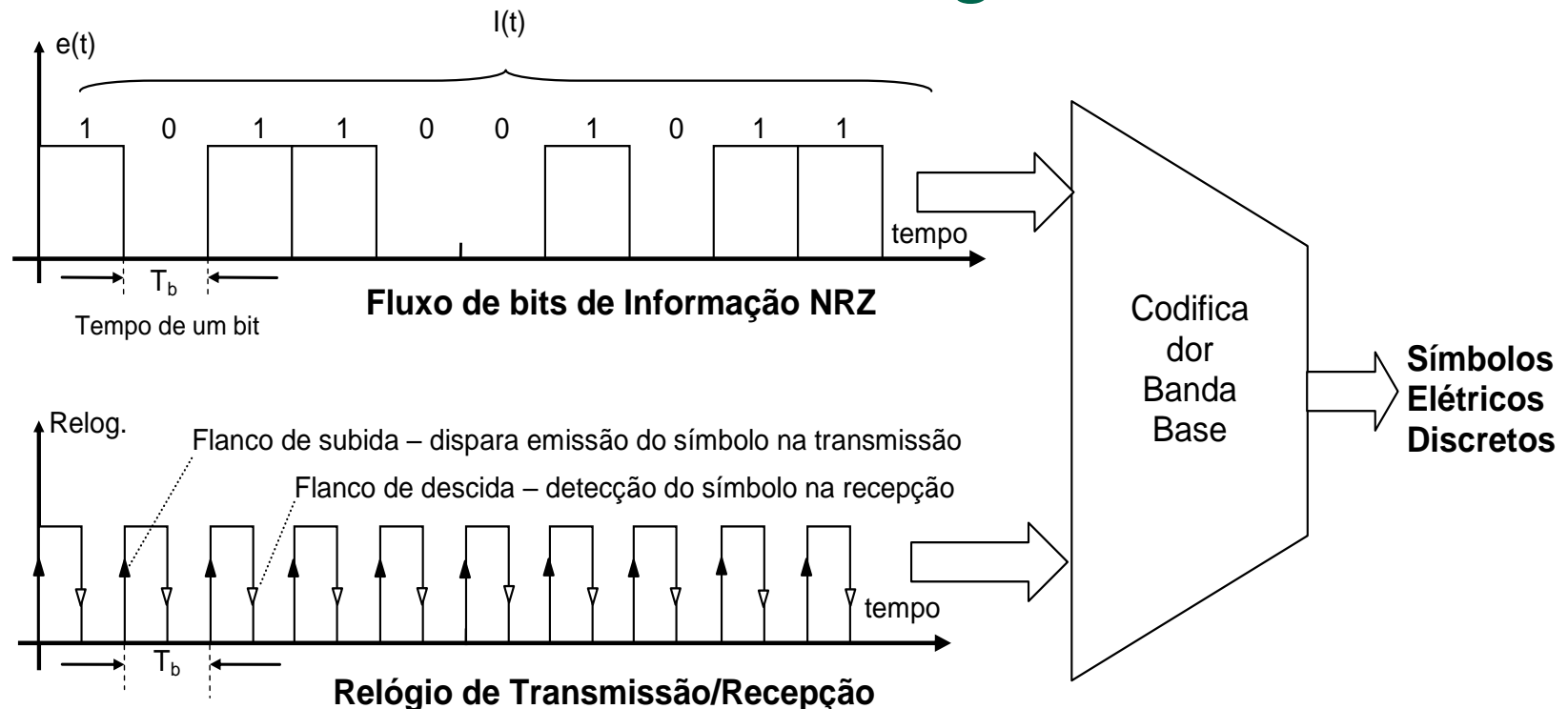
(b) Espectro complexo do mesmo sinal

Ao contrário da **transmissão em banda-passante**, não utiliza-se um processo de modulação de uma portadora para transmitir os dados.

II. Transmissão de um Sinal em Banda Base

Nesta transmissão executa-se somente um processo de codificação banda-base, também chamado de **codificação de linha**.

Codificador banda base genérico



III. Codificação de Linha

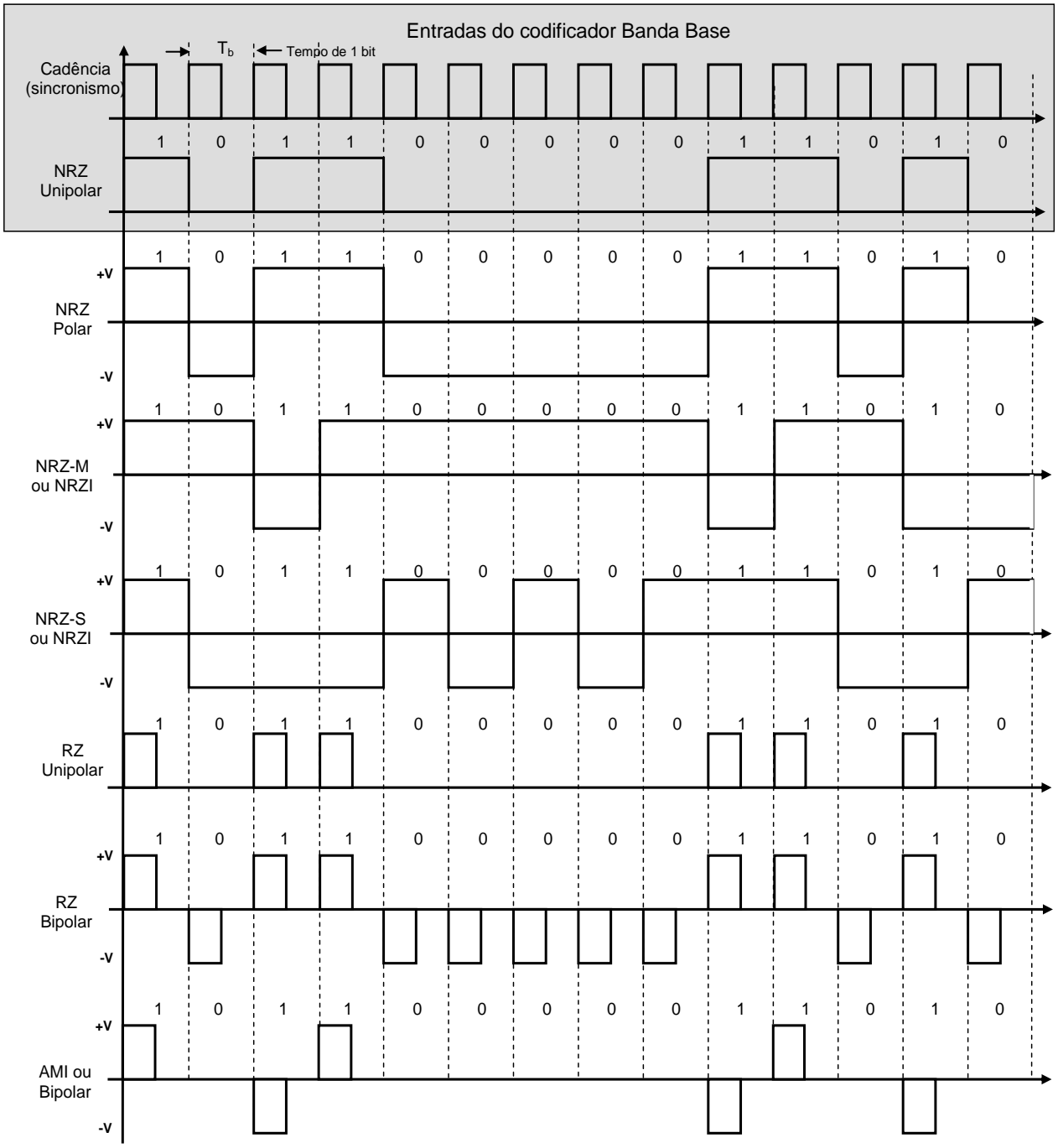
Podemos caracterizar um código a partir de:

1. Sua distribuição espectral, ou seja, quanto de sua energia total está concentrado na largura de banda do meio.
2. O código não deve possuir componentes espectrais próximos à frequência zero (DC) tendo em vista a exigência de acoplamento indutivo entre linha e ECD.
3. Simplicidade de implementação, tanto do codificador como do decodificador (custo).
4. Simplicidade de recuperação da cadência no receptor a partir do sinal codificado.
5. Robustez em relação ao ruído e à interferência entre símbolos.

III. Codificação de Linha

Códigos banda base podem ser classificados em 3 grandes Classes:

- 1ª. Códigos binários *sensíveis* ao nível do sinal**
- 2ª. Códigos binários *sensíveis* à fase do sinal**
- 3ª. Códigos em blocos**



Entrada

Códigos sensíveis à amplitude do sinal

Principais características e aplicações dos códigos banda base sensíveis ao nível do sinal

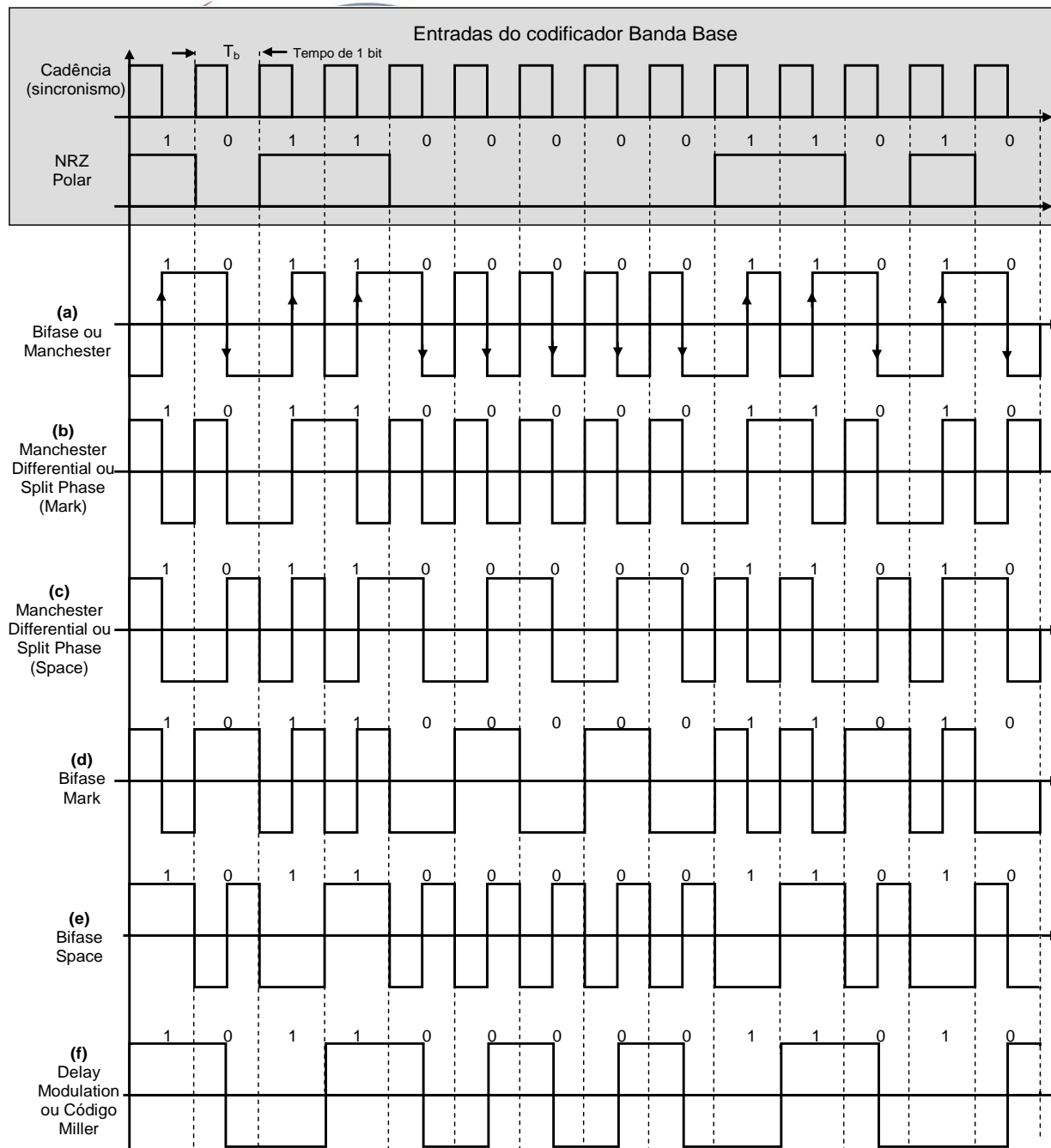
Código	Lei de formação	Sincronismo	Componente de DC	Aplicação
NRZ Polar	Dígitos binários <i>um</i> , +V, dígitos binários <i>zero</i> , - V.	Longas cadeias de zeros ou uns, linha fica sem transições	DC aumenta com longas cadeias de <i>zeros</i> ou <i>uns</i>	Interface RS232 e ITU-T, Rec. V.24/V.28
NRZ-M ou NRZI	Inverte a polaridade se próximo bit é <i>Marca</i> (1), caso contrário mantém.	Longas cadeias de <i>zeros</i> linha fica sem transições	DC aumenta com longas cadeias de <i>zeros</i> .	Uso geral
NRZ-S ou NRZI	Inverte a polaridade se próximo bit é <i>Space</i> (0), caso contrário mantém	Longas cadeias de <i>uns</i> , linha fica sem transições	DC aumenta com longas cadeias de <i>uns</i> .	Uso geral
RZ Bipolar	Dígito binário <i>um</i> , pulso positivo, dígito binário <i>zero</i> , pulso negativo	Facilidade na recuperação do sincronismo	DC aumenta com longas cadeias de <i>zeros</i> ou <i>uns</i>	Uso geral
AMI, Bipolar ou Pseudo ternário	Dígitos binários <i>um</i> codificados como pulsos positivos e negativos alternados. Dígito zero sem atividade	Longas cadeias de zeros, linha fica sem transições	DC bem controlado. Somente em intervalo de bit	Entroncamento de Centrais telefônicas

III. Codificação de Linha

Códigos banda base sensíveis à fase do sinal

A lei de formação dos códigos sensíveis à fase do sinal é baseada em quatro tipos de eventos:

- a) Transição positiva (\uparrow) no início do tempo de bit (T_b)
- b) Transição positiva (\uparrow) no meio do tempo de bit (T_b)
- c) Transição negativa (\downarrow) no início do tempo de bit (T_b)
- d) Transição negativa (\downarrow) no meio do tempo de bit (T_b)

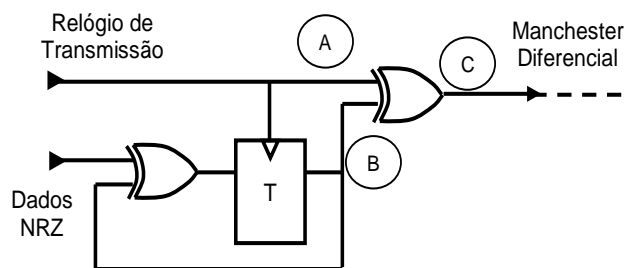


Entrada

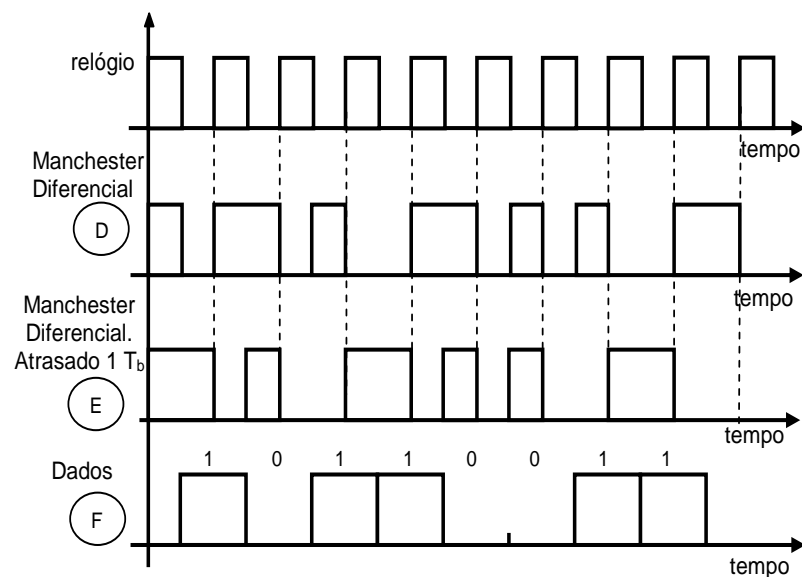
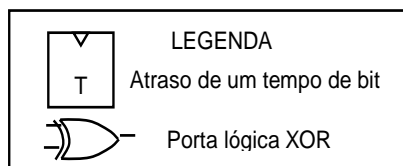
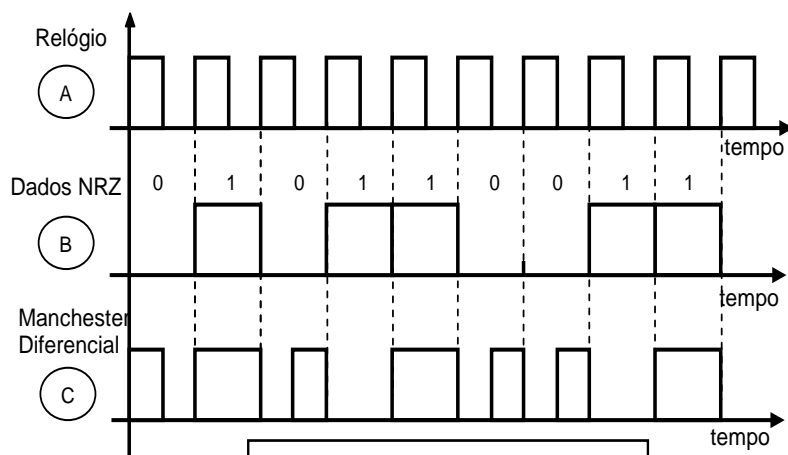
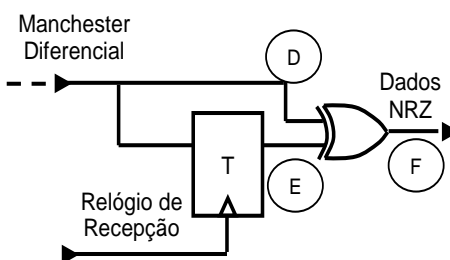
Códigos
sensíveis à
fase do sinal

Exemplo de circuito lógico de um codificador e de um decodificador Manchester

Codificador Manchester Diferencial



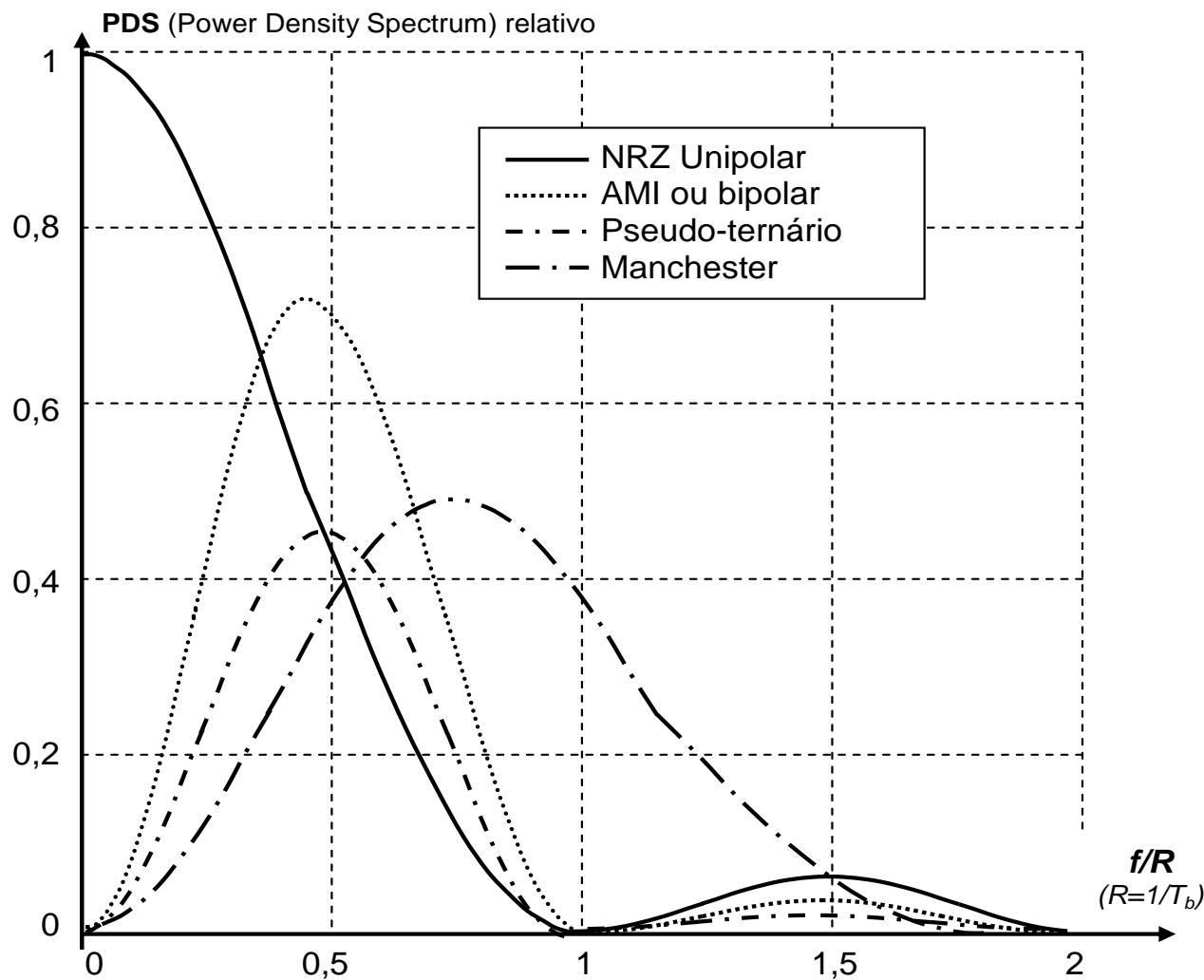
Decodificador Manchester Diferencial



(a)

(b)

Análise Espectral de alguns códigos banda base



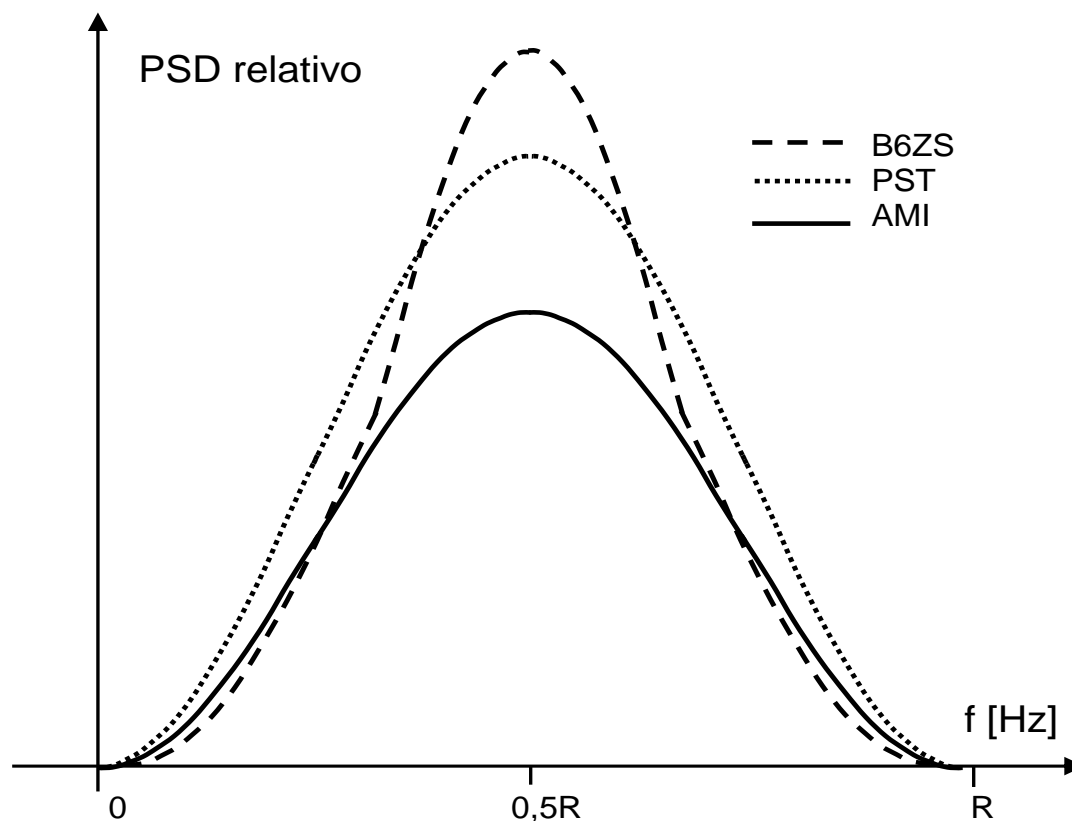
Códigos banda base em blocos

- Neste tipo de códigos um conjunto de **N bits** é substituído por um conjunto de símbolos ternários que podem ser **+** (pulso positivo), **-** (pulso negativo) ou **0** (tensão nula).
- A combinação é heurística e visa especificamente o controle do nível de DC no sinal e/o conteúdo de sincronismo.
- São códigos que devido à sua complexidade são utilizados em médias a longas distâncias (abrangência metropolitana) em que, devido ao custo desses meios, a eficiência espectral é o parâmetro mais importante nesses sistemas de transmissão.

Exemplo de alguns destes códigos:

- ***Pair Selected Ternary (PST)***
- ***4 Binary 3 Ternary (4B3T)***
- ***High Density Bipolar N (HDBN)***
- ***Binary N Zero Sustitution (BNZS)***

Power Spectral Density de alguns códigos utilizados em telecomunicações



Observações importantes:

- Potência concentrada no primeiro lóbulo do espectro, $B = R$ (R em bit/s)
- Os três códigos tem DC aproximadamente nulo.