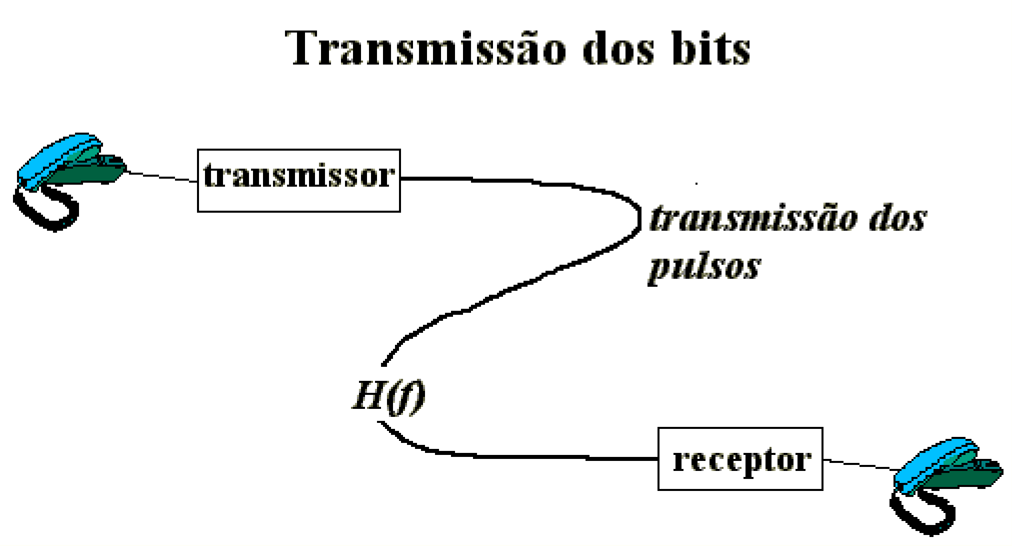
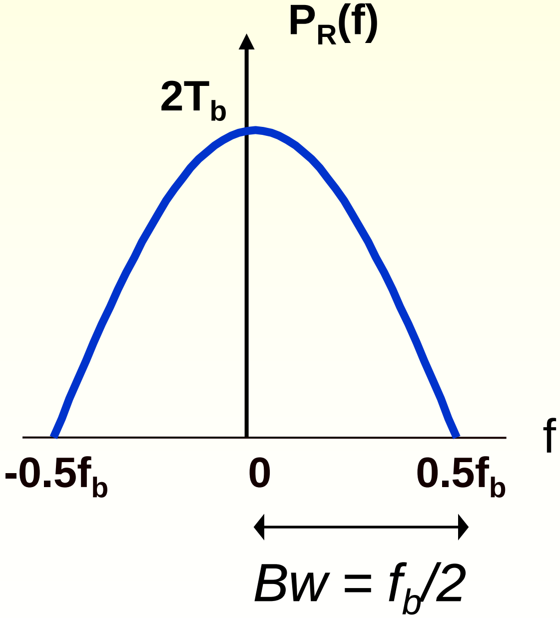
Sistemas de Resposta Parcial



1. Sistema Duobinário

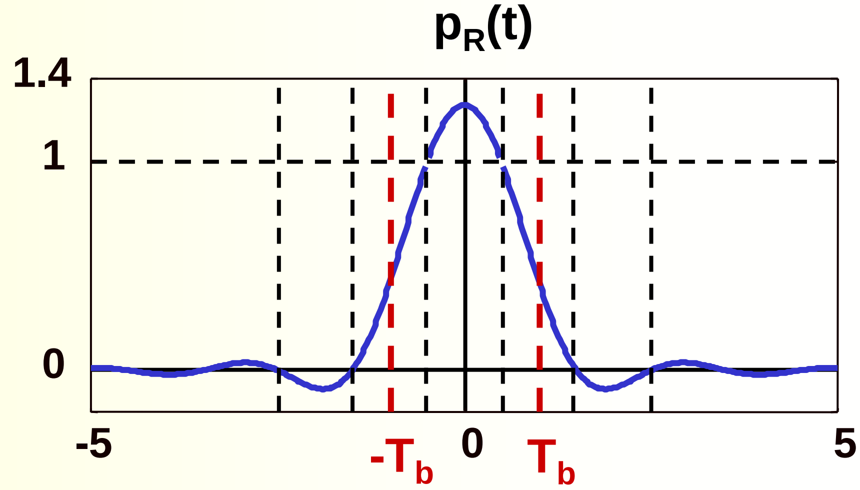
- Também chamado de sistemas de resposta parcial.
- Anteriormente a ies era um fenômeno indesejável (degradação).
- Sistema duobinário: permite a introdução de uma quantidade controlada de ies.
- **Benefício:** obtém-se largura de faixa mínima ($f_b/2$) para a transmissão dos dados.
- O sistema duobinário utiliza um pulso cujo espectro de amplitude tem a forma cossenoidal como abaixo:



$$P_R(f) = \begin{cases} 2T_b \cos(\pi f T_b), & |f| \le f_b/2 \\ 0, & |f| > f_b/2 \end{cases}$$

No domínio do tempo tem-se que:

$$p_R(t) = \frac{4}{\pi}\frac{\cos(\pi t/T_b)}{1-(2t/T_b)^2}$$



Note que: $\{p_R(0) = 4/\pi$ **e** $\begin{cases} p_R(\pm T_b/2) = 1 \\ p_R(\pm nT_b/2) = 0, \qquad n = 3, 5, \cdots \end{cases}$

Neste sistema a decisão deve ser feita no ponto médio entre dois símbolos
transmitidos:

Os instantes de decisão serão: $\mathbf{T_a = mT_b - T_b/2}$

Seja y(t) o trem de pulsos recebido. Desprezando o ruído tem-se:

$$y(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k p_R(t - kT_b)$$

Nos instantes de decisão: $T_a = mT_b - T_b/2$

$$y(mT_b - T_b/2) = \sum_k a_k p_R\left((m-k)T_b - T_b/2\right)$$

Válida para k = m e k = m-1

$$k = m \Rightarrow p_R(-T_b/2) = 1 \qquad k = m-1 \Rightarrow p_R(T_b/2) = 1$$

Portanto:

$$y(T_a) = y(mT_b - T_b/2) = \underbrace{a_m}_{\text{a ser detectado}} + \underbrace{a_{m-1}}_{\text{interferência}}$$

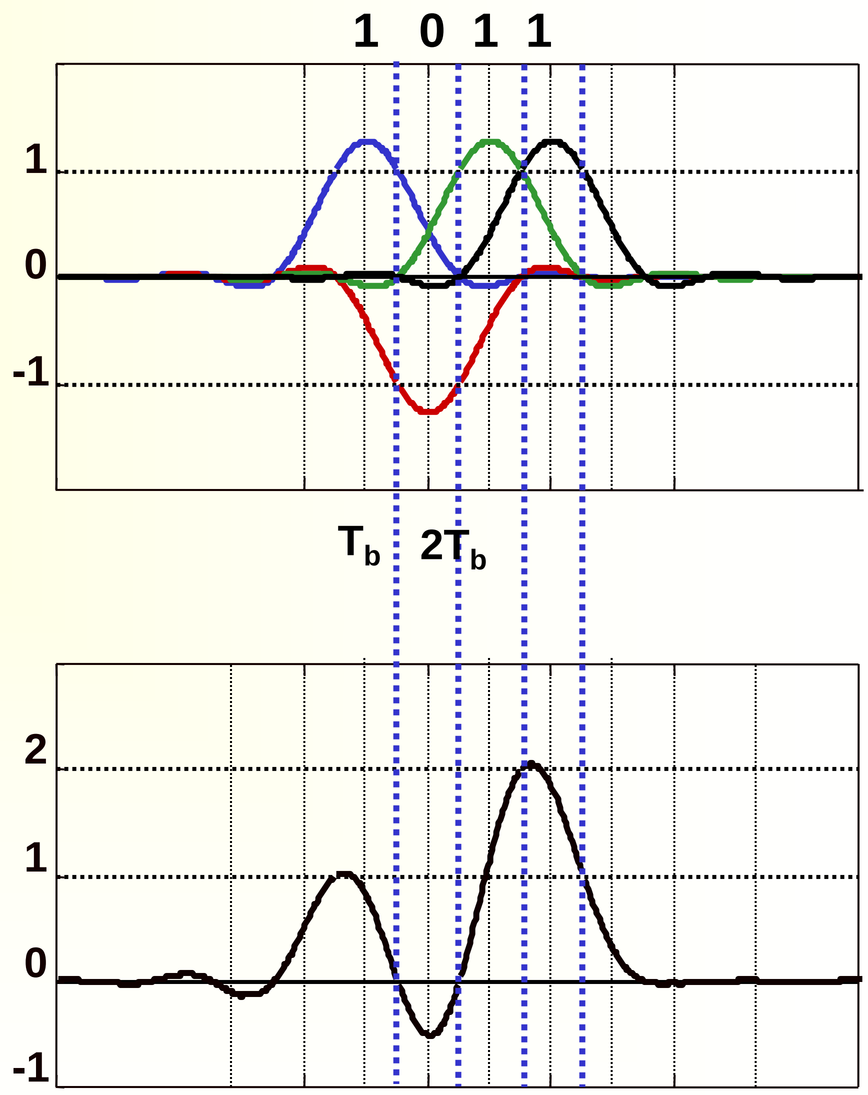
Somente o pulso precedente interfere no pulso atual.

Portanto a ies é controlada.

Admitindo que se conhece $a_{m-1} \Rightarrow$ pode-se reconhecer a_m.

- Considere pulsos polar [± p(t)]

- Quando: “1” é seguido por “0” ou vice versa a tensão no ponto médio é nula.
  - Portanto dois dígitos de polaridades opostas são reconhecidos por uma tensão nula.
- Quando de tem dois “1” consecutivos as tensões se somam e no ponto médio tem-se o valor 2 (dobro da tensão).
- Quando de tem dois “0” as tensões se somam e no ponto médio tem-se o valor -2 .
- Figura ao lado a forma de onda resultante



Na decodificação:

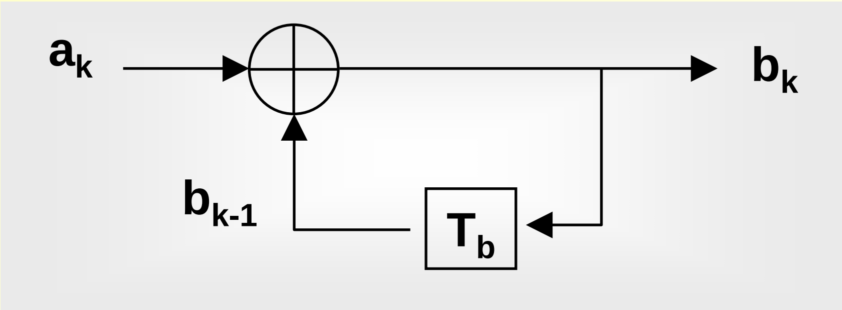
- Existem três valores possíveis para as amostras: 2, 0 e -2.
- Se a valor da amostra no instante de decisão for 2 ou -2 então o dígito detectado será “1” ou “0”, respectivamente.
- Se o valor da amostra detectada for zero então o dígito detectado valerá “1” ou “0”, dependendo do dígito anterior valer “0”ou “1”.

Pré-codificação

- Observe que: quando a amostra apresentar o valor zero o dígito detectado depende do anterior
- Portanto se ocorrer um erro no processo de detecção, ele pode se propagar.
- Uma maneira de se evitar esta propagação de erro é gerar uma nova seqüência b_k a partir através da seguinte regra:

$$b_k = a_k \oplus b_{k-1}$$

- onde o símbolo $\oplus$ indica soma módulo 2 (ou exclusivo)



$a_k \oplus$	b_{k-1}	b_k
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

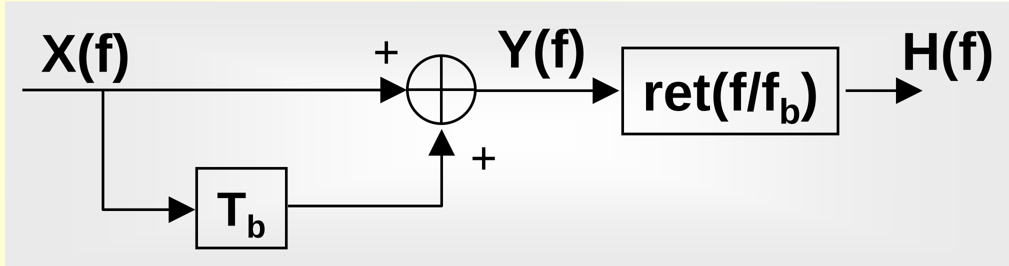
- Se a_k = 0 então b_k = b_{k-1} => dois símbolos consecutivos iguais => a_k = 0 => nível de tensão $\pm$ 2.
- Se a_k = 1 então b_k será o complemento de b_{k-1} => a k-ésima amostra terá o valor zero.

Regra de detecção

$$\begin{cases} a_k = 0 & se \ p_R(T_a) = \pm 2V \\ \\ a_k = 1 & se \ p_R(T_a) = 0V \end{cases}$$

- Observe que a propagação de erro foi eliminada pois, na detecção não se necessita mais do valor do dígito anterior.

Esquema de geração



$$Y(f) = X(f) + X(f)e^{-j2\pi f T_b} \Rightarrow H(f) = \frac{X(f)}{Y(f)} = 1 + e^{-j2\pi f T_b}$$

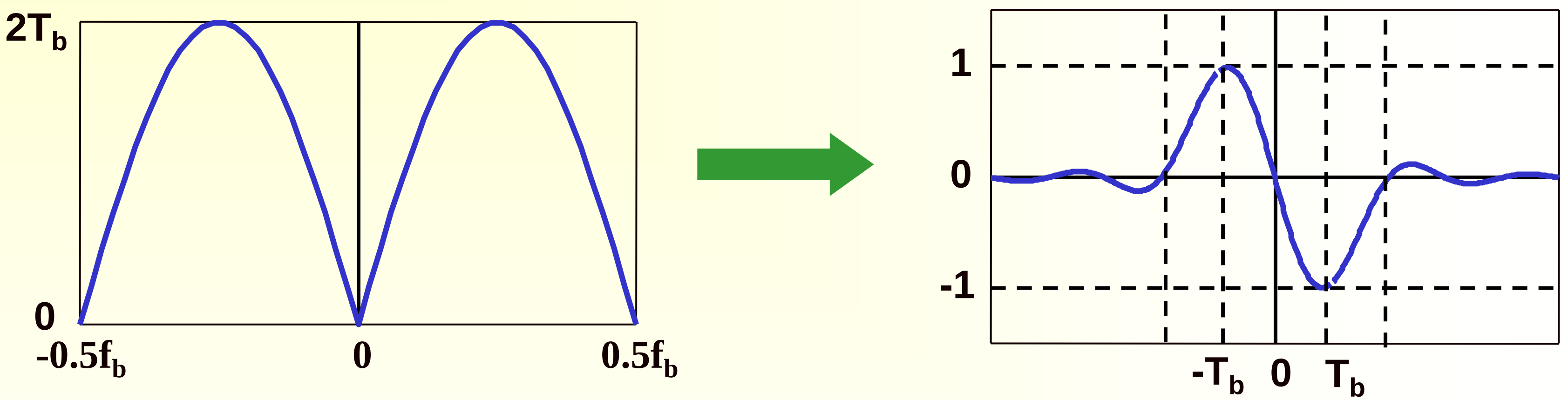
$$H(f) = 2e^{-j\pi f T_b}\cos(\pi f T_b)$$

Após o filtro passa baixas

$$P_R(f) = \begin{cases} 2e^{-j\pi f T_b}\cos(\pi f T_b), & |f| \leq f_b/2 \\ 0, & |f| > f_b/2 \end{cases}$$

2. Sistema duobinário modificado

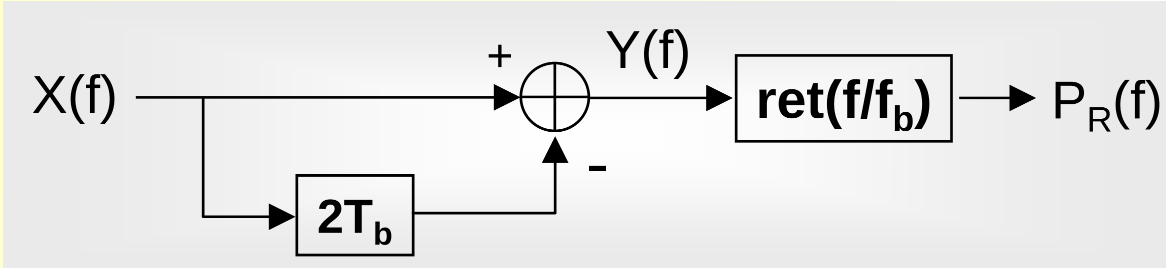
- No sistema duobinário o espectro densidade de potência apresenta componentes em baixas freqüências.
- O sistema duobinário modificado resolve este problema utilizando pulsos com espectro senoidal.



$$P_R(f) = \begin{cases} 2jT_b \,\mathrm{sen}\left(2\pi f T_b\right), & |f| \le f_b/2 \\ 0, & |f| > f_b/2 \end{cases}$$

$$p_R(t) = \frac{2}{\pi}\frac{\mathrm{sen}(\pi t/T_b)}{(t/T_b)^2 - 1}$$

Esquema de geração



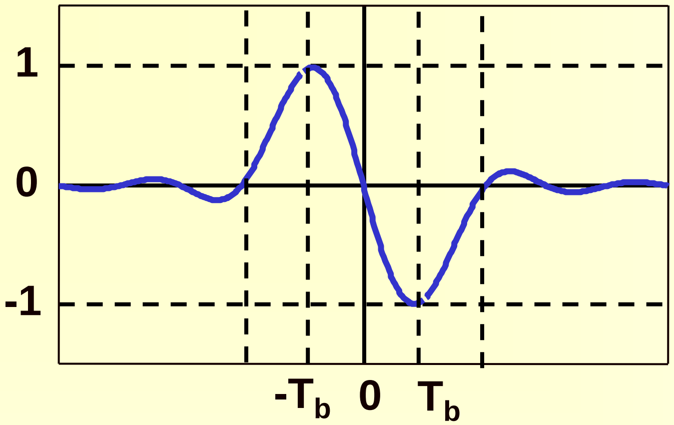
$$Y(f) = X(f) - X(f)e^{-j4\pi f T_b}$$

$$H(f) = \frac{X(f)}{Y(f)} = 1 - e^{-j4\pi f T_b}$$

$$H(f) = 2je^{-j2\pi f T_b}\,\mathrm{sen}(2\pi f T_b)$$

Após o filtro passa baixas

$$P_R(f) = \begin{cases} 2je^{-j2\pi f T_b}\,\mathrm{sen}\left(\pi f T_b\right), & |f| \leq f_b/2 \\ 0, & |f| > f_b/2 \end{cases}$$



$$\begin{cases} p_R(0) = 0 \\ p_R(-T_b) = 1 \quad e \quad p_R(T_b) = -1 \\ p_R(\pm nT_b) = 0, \qquad n = 2, 3, 4, \cdots \end{cases}$$

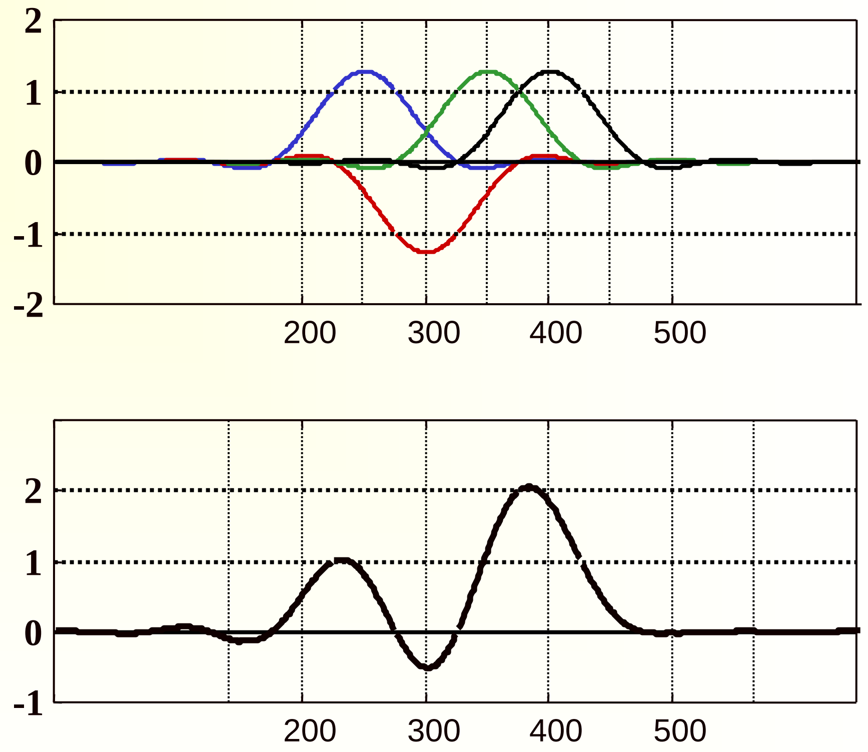
- Neste sistema os instantes de decisão serão: $\mathbf{T_a = mT_b - T_b}$
- Seja y(t) o trem de pulsos recebido. Desprezando o ruído tem-se:

$$y(mT_b - T_b) = \sum_k a_k p_R\big((m-k-1)T_b\big) = a_m p_R(-T_b) + a_{m-2} p_R(T_b)$$

Válida para k = m e k = m - 2

$$y(T_a) = y(mT_b - T_b) = a_m - a_{m-2}$$

a ser detectado — **interferência**


2
1
0
-1
-2
200
300
400
500
2
1
0
-1
200
300
400
500