Transmissão Digital em Banda Base

Definições

- Mensagem – é uma sequência de bits
- Para evitar ISI
- Recuperação da mensagem

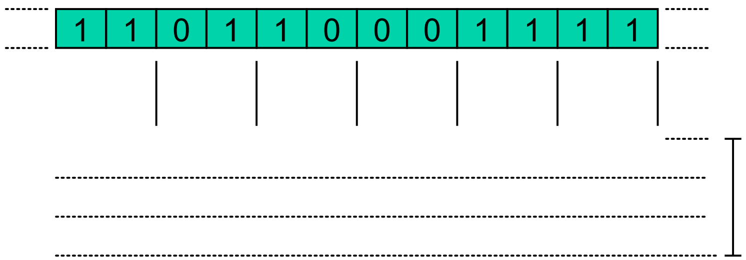
Bit stream

Unipolar RZ and NRZ

Polar RZ and NRZ

Bipolar NRZ or alternate mark inversion (AMI)

Split-phase Manchester



Polar quaternary NRZ

Transmissão Digital em Banda Base

Definições (cont)

- Signaling rate (símbolos por segundo ou Baud)
- Em binário (M=2) vem D=Tb bps
- Quaternário (M=4) D=2Tb
- Generalizando para sistemas M-ários
  - -É preciso aumentar a potência para manter a mesma diferença entre os M níveis

•Densidade Espectral de Potência (sinal polar)

- Sinal polar e símbolos não correlados
- Cálculo da sequência de autocorrelação
  - •- A é o evento intervalos adjacentes

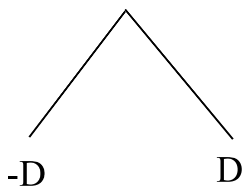
Transmissão Digital em Banda Base

- **Densidade Espectral de Potência (sinal polar (cont.))**
  - A aleatoriedade está no atraso Td considerado como uma v. a. contínua uniformemente distribuída em [0,D[, então:

t1>t2

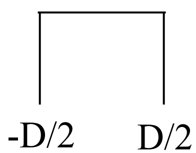
logo

  - Então:



F

  -



F

Transmissão Digital em Banda Base

- **Densidade Espectral de Potência (sinal unipolar)**
  - A média já não é nula e a correlação tb. pode não ser.

F

  - Então:

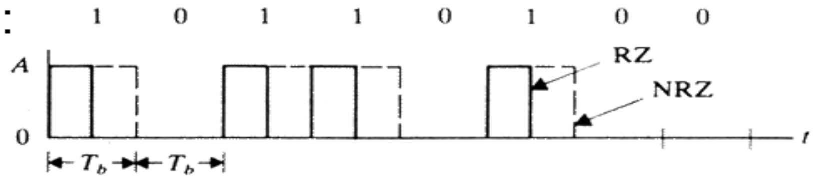
Transmissão Digital em Banda Base

Example

- For unipolar binary RZ signal:

$$P(f) = \frac{1}{2r_b}\,\text{sinc}\,\frac{f}{2r_b}$$

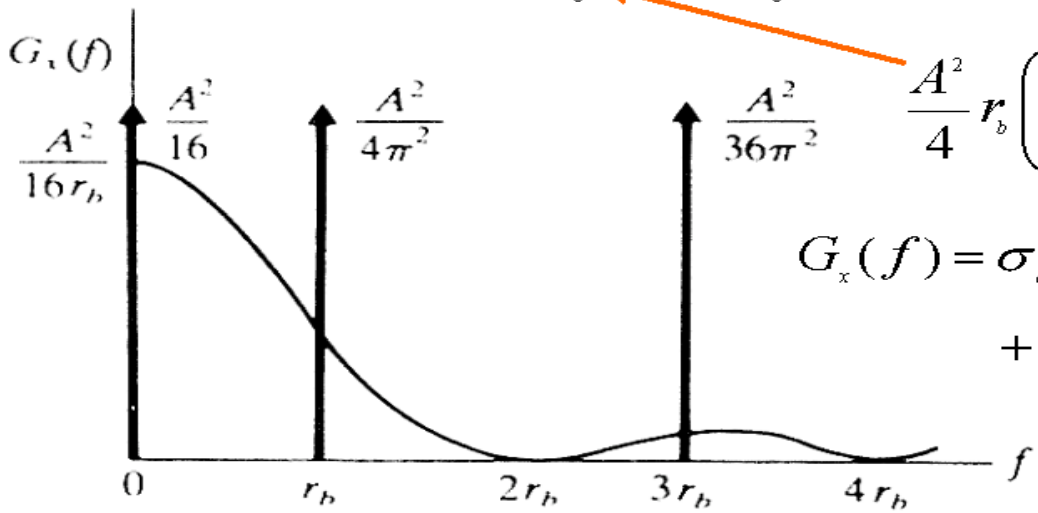
(a)



- Assume source bits are equally alike and independent, thus

$$\sigma_a^2 = (1/2T_b)\int_0^{T_b/2} A^2 dt = A^2/4,\ m_a^2 = \sigma_a^2$$

$$\Rightarrow G_x(f) = \frac{A^2}{16r_b}\text{sinc}^2\frac{f}{2r_b} + \frac{A^2}{16}\sum_{n=-\infty}^{\infty}\delta(f - nr_b)\,\text{sinc}^2\frac{n}{2}$$



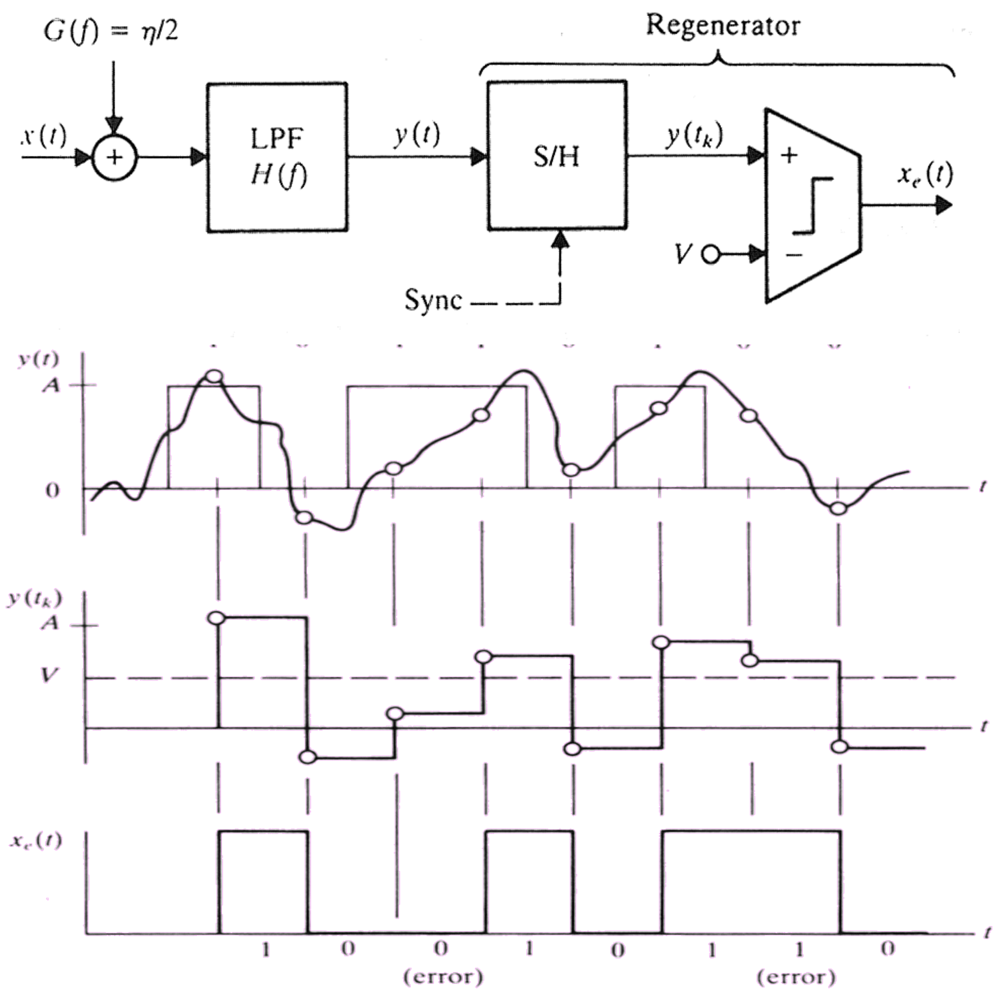
$$\frac{A^2}{4} r_b \left(\frac{1}{2r_b}\right)^2$$

$$G_x(f) = \sigma_a^2 r|P(f)|^2 + m_a^2 r^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty}|P(nr)|^2\,\delta(f - nr)$$

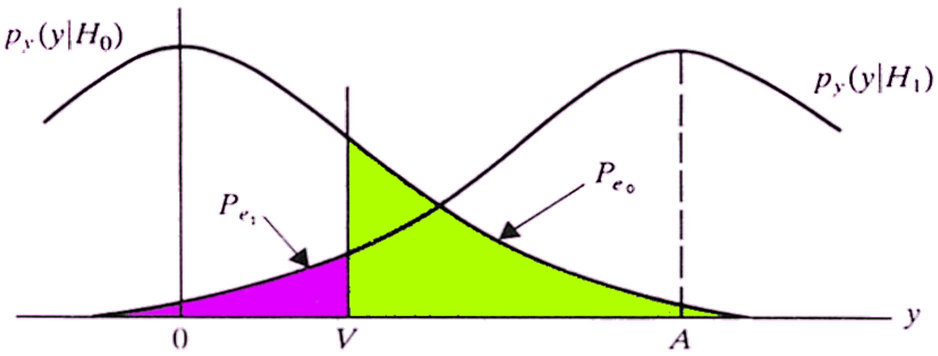
20 *Helsinki University of Technology, Communications Laboratory, Timo O. Korhonen*

Transmissão Digital em Banda Base

- **Ruído**
  - Se x(t) é binário e unipolar
  - a saída do S/H é
  - Estabelecendo as hipóteses:
  -



Transmissão Digital em Banda Base



Transmitido'0' detectado como '1'

- Probabilidade de erro:

Se

- Assumindo ruído Gaussiano

Transmissão Digital em Banda Base

- Vopt=A/2 se P0=P1=1/2

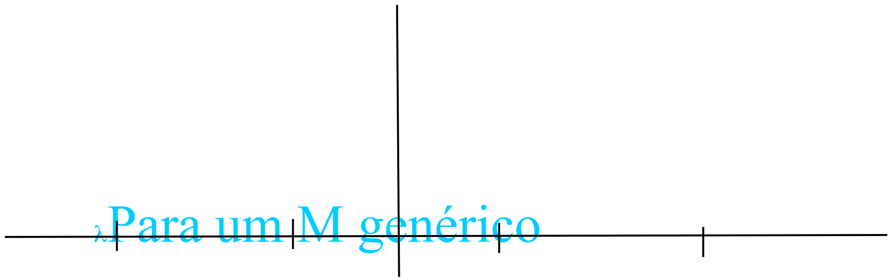
- Pe é a probabilidade mínima de erro para comunicação binária em ruído Gaussiano quando os dígitos são equiprováveis.
- Bits rectangulares (NRZ) e unipolar [0,A]

- Bits rectangulares (NRZ) e polar [-A/2,A/2]

- Para passar pulsos de duração Tb=1/rb o filtro limitador de ruído

Transmissão Digital em Banda Base

- **Ruído em sistemas M-ários**
  - Estes sistemas requerem menor largura de banda mas mais potência pelo que são bons para transmissão digital sobre canais de voz
  - M símbolos equiprováveis
  - Para um M genérico



50% superior ao binário

Transmissão Digital em Banda Base

- A energia média por dígito M-ário é:

- Se os M níveis são equiprováveis

- Probabilidade de erro por bit (BER)

Transmissão Digital em Banda Base

Problemas

- 1- Considere um sinal binário unipolar NRZ com $p(t)=\pi(r_b t)$. Mostre que o único impulso em $G_x(f)$ ocorre em $f=0$.

- 2- Esboce $G_x(f)$ para um sinal bipolar com $p(t)=\pi(r_b t)$. Verifique através do esboço que o valor quadrático médio do sinal é A2/2
- 3- Considere o sistema unipolar com dígitos equiprováveis e SNR=50. Calcule as probabilidades de errar cada dígito bem como a probabilidade total de erro quando o threshold é colocado a V=0.4A Compare a probabilidade de erro com o seu valor mínimo.

Quase 100 vezes menor

Transmissão Digital em Banda Base

- Sequência exponencial complexa

-Exponencial complexa => *C* e *a* são complexos
-Se *a* é imaginário puro

-Sequência sinusoidal

-Periodicidade das sequências exponenciais complexas e sinusoidais

-N é o período fundamental e Ώ0 a freq. Fundamental. Ώ0/2π deve ser um nº racional.

- λSeq. Periódica

- λSeq. não periódica

Transmissão Digital em Banda Base

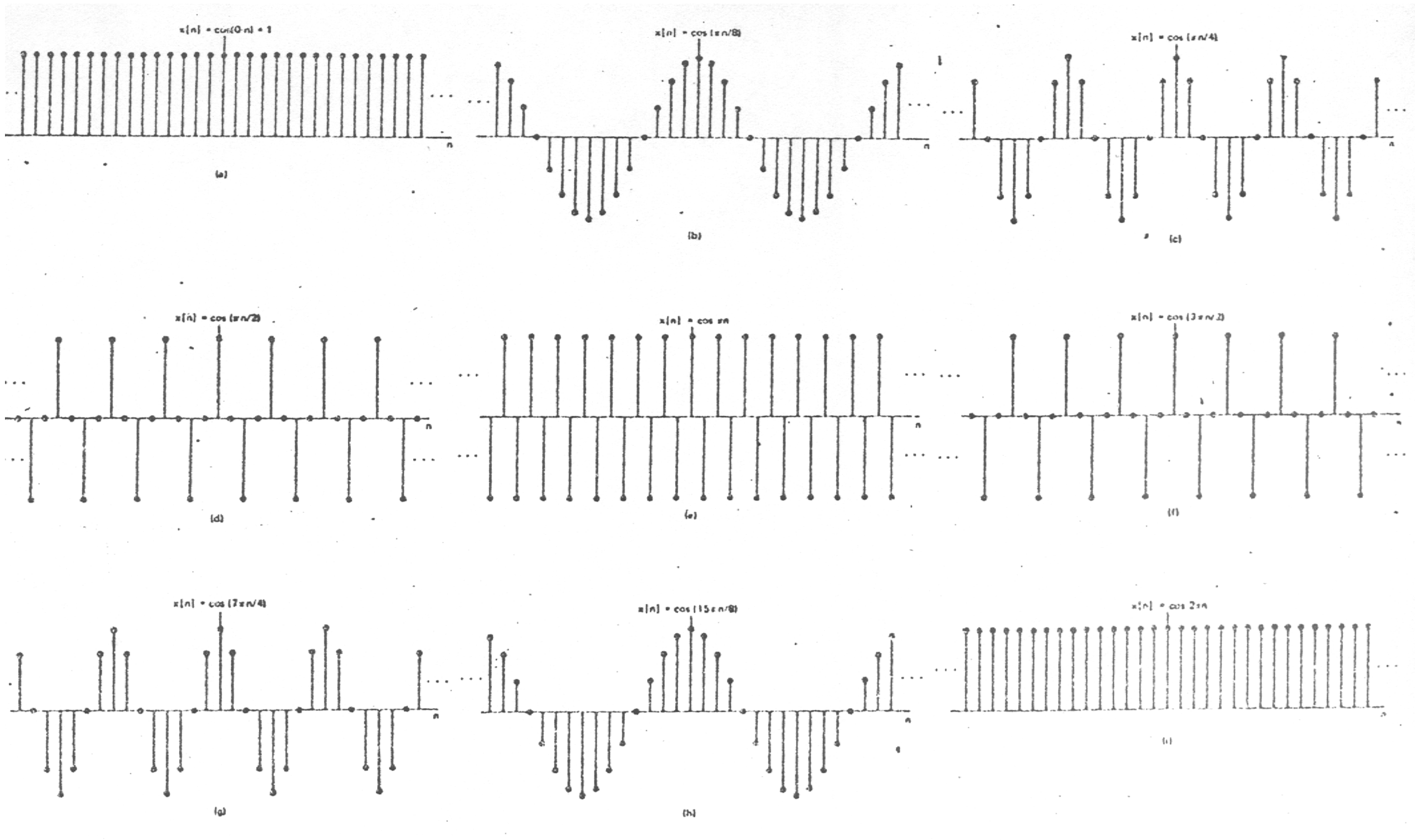


Figure 2.33 Discrete-time sinusoidal sequences for several different frequencies.

- Frequências $\Omega 0=0, \pi/8, \pi/4, \pi/2, \pi, 2\pi-\pi/2, 2\pi-\pi/4, 2\pi-\pi/8, 2\pi$

Transmissão Digital em Banda Base

TABLE 2.1 DIFFERENCES BETWEEN THE SIGNALS $e^{j\omega_0 t}$ AND $e^{j\Omega_0 n}$.

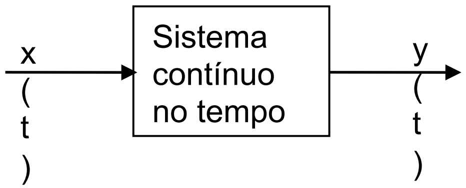
$e^{j\omega_0 t}$	$e^{j\Omega_0 n}$
Distinct signals for distinct values of ω_0	Identical signals for exponentials at frequencies separated by 2π
Periodic for any choice of ω_0	Periodic only if $\Omega_0 = \frac{2\pi m}{N}$ for some integers $N > 0$ and m.
Fundamental frequency ω_0	Fundamental frequency† $\frac{\Omega_0}{m}$
Fundamental period $\omega_0 = 0$: undefined $\omega_0 \neq 0$: $\frac{2\pi}{\omega_0}$	Fundamental period† $\Omega_0 = 0$: undefined $\Omega_0 \neq 0$: $m\left(\frac{2\pi}{\Omega_0}\right)$

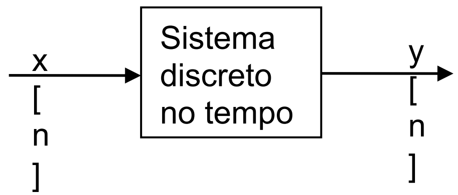
†These statements assume that m and N do not have any factors in common.

Transmissão Digital em Banda Base

Transformação de Sinais por Sistemas: Convolução

Sistemas





Sistemas Lineares e Invariantes no Tempo (LTI)

- Linearidade
  - Se y1(t) é a resposta do sistema a x1(t)
  - Se y2(t) é a resposta do sistema a x2(t)
  - Então a resposta do sistema a x(t)=a x1(t)+bx2(t) é y(t)=a y1(t)+by2(t)

- Invariância no tempo
  - Se y[n] é a resposta do sistema a x[n] então y[n-n0] será a resposta a x[n-n0]

Transmissão Digital em Banda Base

Resposta de um sistema LTI a x[n] arbitrário

- Verifique que

- Então y[n]=LTI{x[n]}, onde LTI representa um operador linear. Então

- Se a resposta impulsional for h[n] e o sistema for invariante no tempo

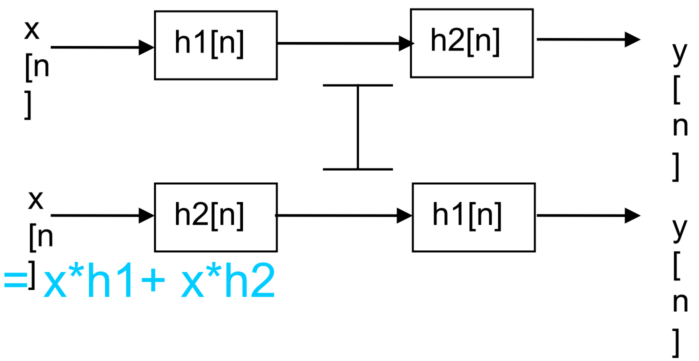
- Conclusão:
- O comportamento de um sistema LTI fica completamente caracterizado pela sua resposta impulsional h[n]

Transmissão Digital em Banda Base

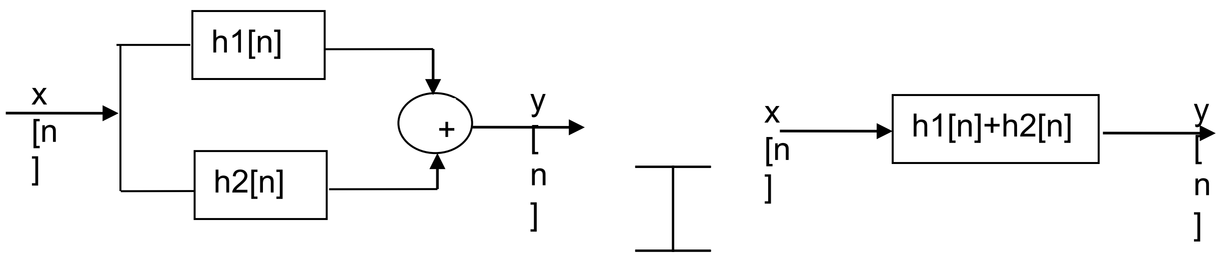
Propriedades da Convolução (soma e integral)

-Comutativa \ x*h=h*x

-Associativa \ x*(h1*h2)=(x*h1)*h2



-Distributiva \ x*(h1+h2)= x*h1+ x*h2



Transmissão Digital em Banda Base

Classificação de Sistemas LTI

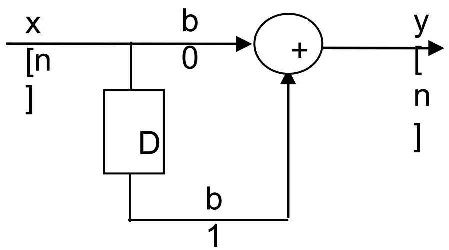
- Sem memória \ $h[n]=k\delta[n]$

- Causalidade (O efeito tem que suceder à causa \ $h[n]=0, \; n<0$

- Estabilidade \

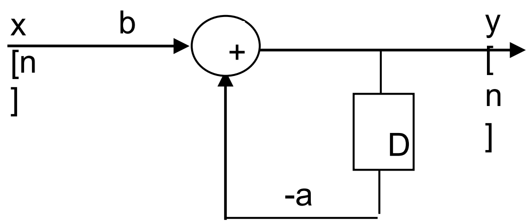
- Representação de Sistemas LTI descritos por eq. diferença

- Exemplo de um sistema não recursivo $y[n]=b0x[n]+b1x[n-1]$

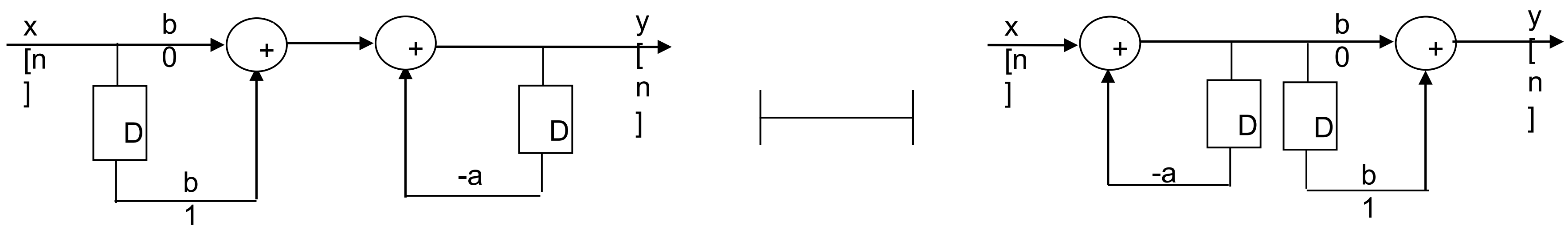


Transmissão Digital em Banda Base

- Exemplo de um sistema recursivo y[n]+*a*y[n-1]=*b*x[n]



- Exemplo de um sistema misto y[n]+*a*y[n-1]= b0x[n]+b1x[n-1]



Problemas para resolução em casa

λVerifique se os sistemas apresentados obedecem às propriedades de sem memória, invariância no tempo, linearidade e causalidade.

1) y(t)=e x(t)

2) y[n]=x[n].x[n-1]

3) c)

λ2)Verifique que a resposta a impulso de uma malha RC é h(t)=e-tu (t). Determine e esboce a resposta do sistema a um trem de impulsos.