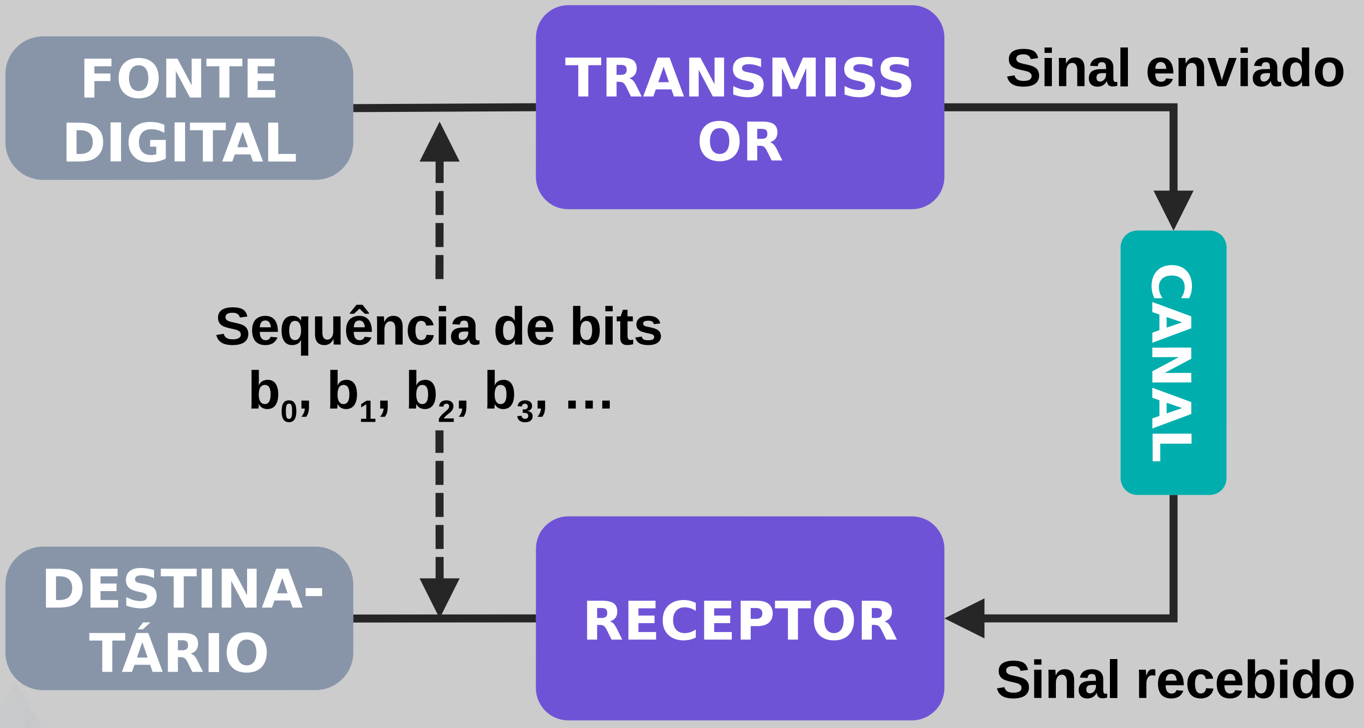
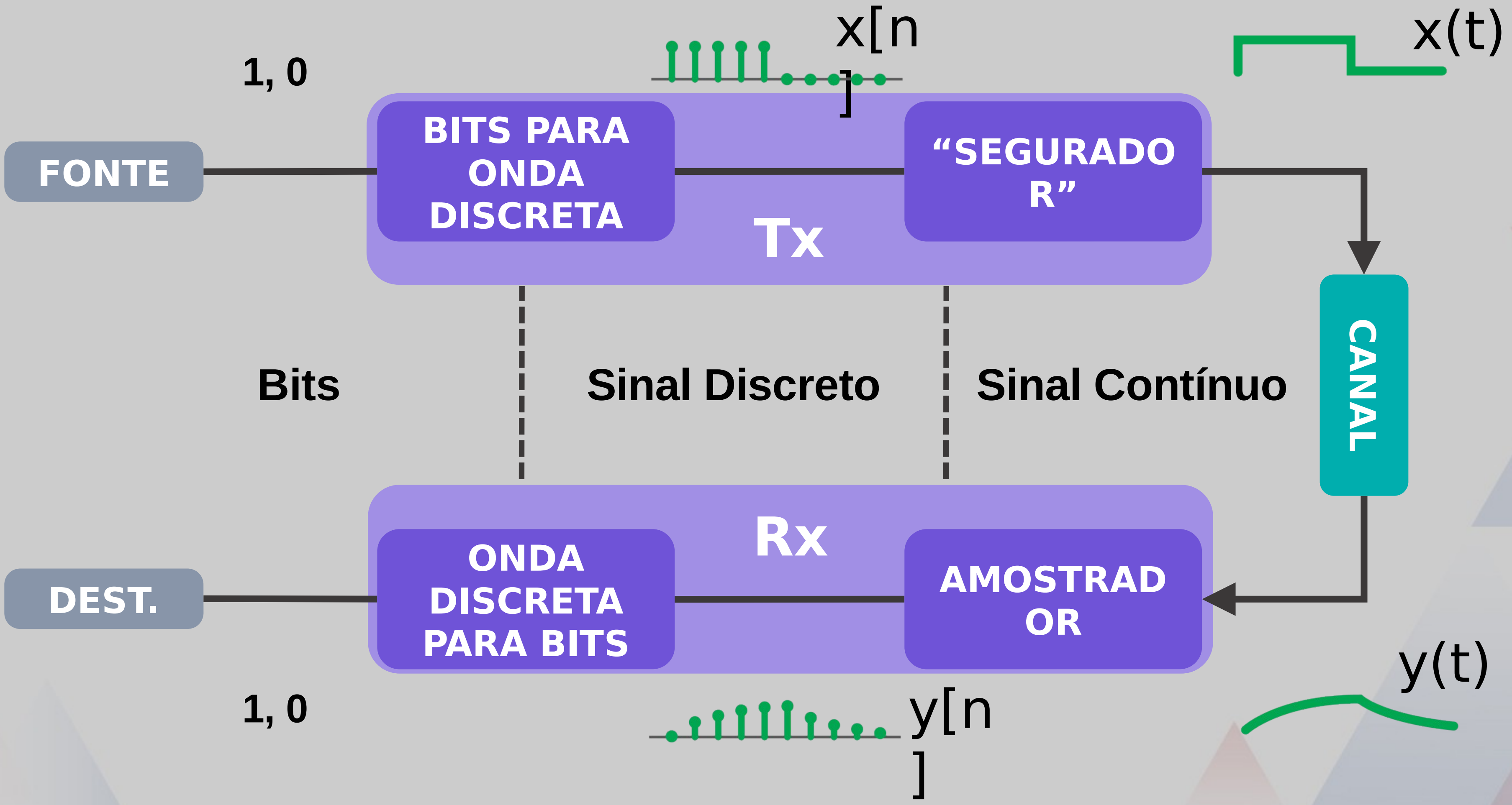
INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

O Canal de Comunicação e seus Efeitos

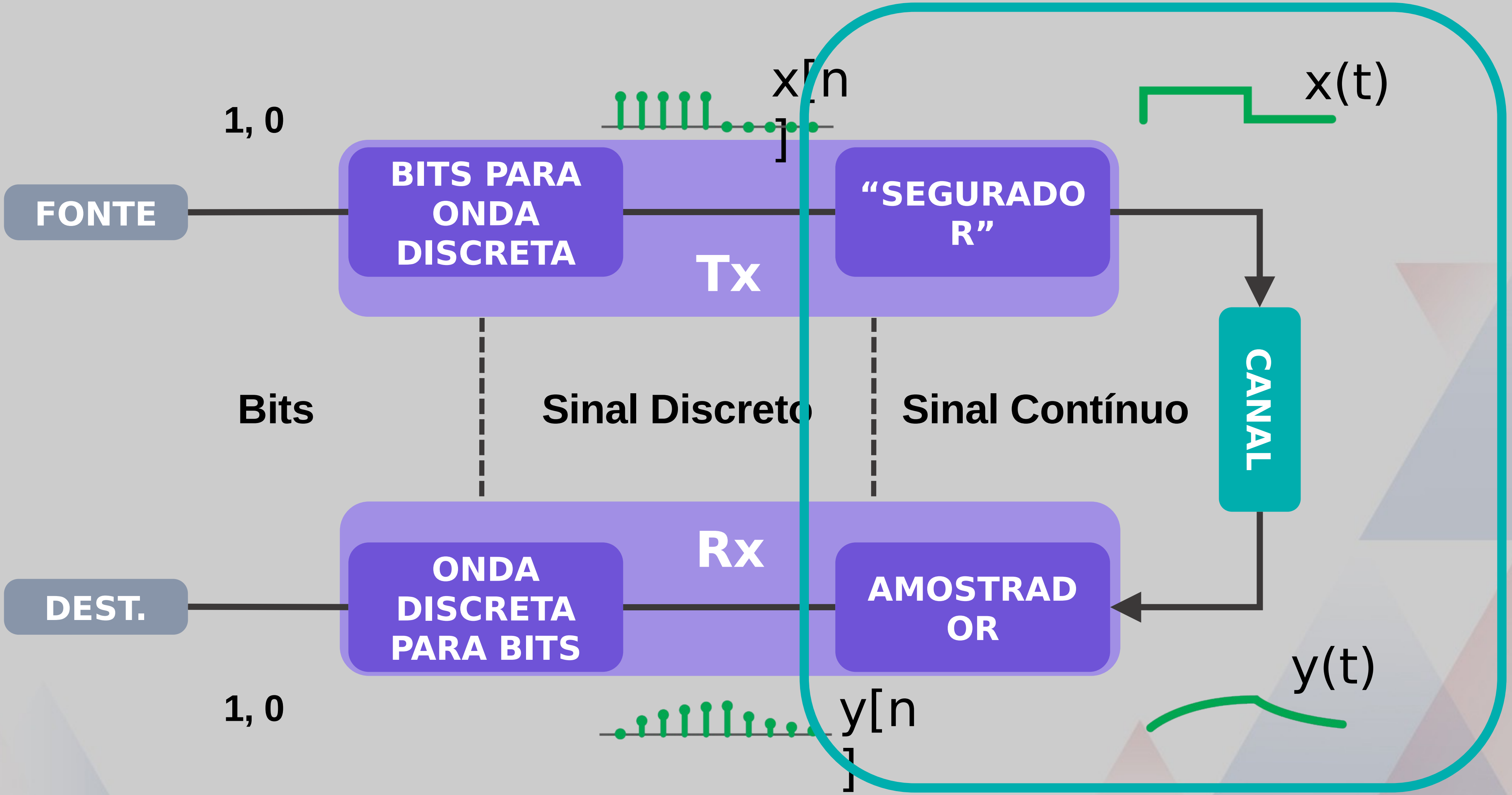
MODELO DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO DIGITAL



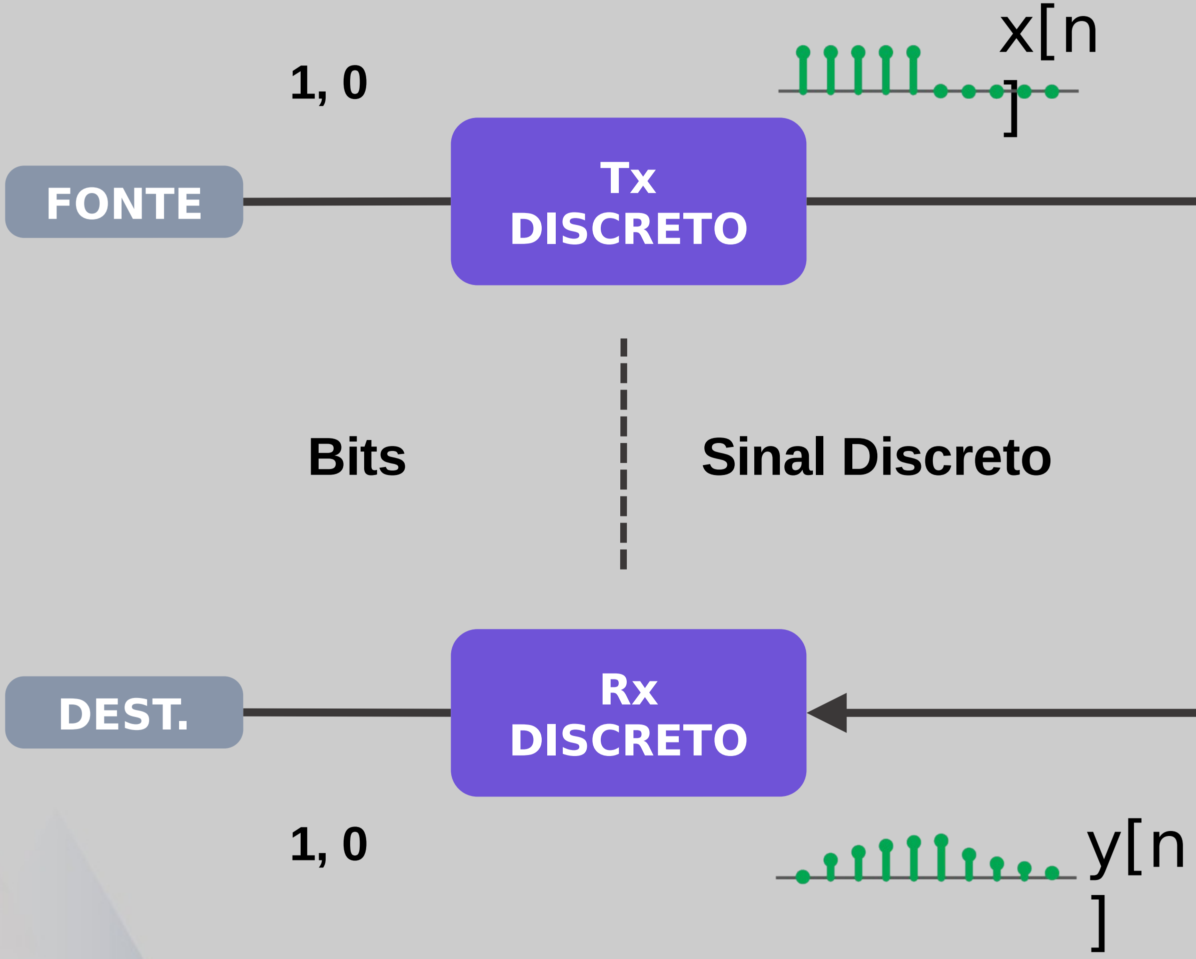
CANAL DE TEMPO CONTÍNUO



CANAL DE TEMPO CONTÍNUO



CANAL DE TEMPO DISCRETO



MODELO MATEMÁTICO

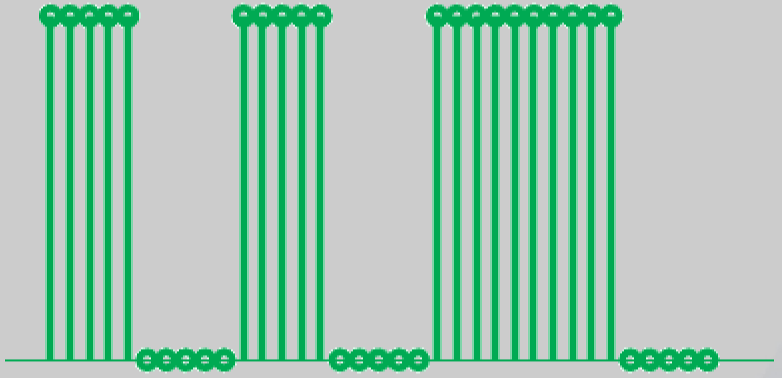
→ **CANAL FÍSICO** →

Resposta do canal

$x[n] = u[n] - u[n-5]$ → **MODELO MATEMÁTICO** → $y[n] = (1-a_{n+1})u[n] + \ldots$

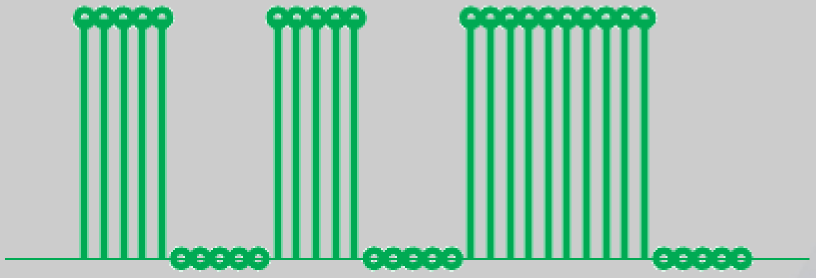
Resposta do modelo

EFEITOS DO CANAL



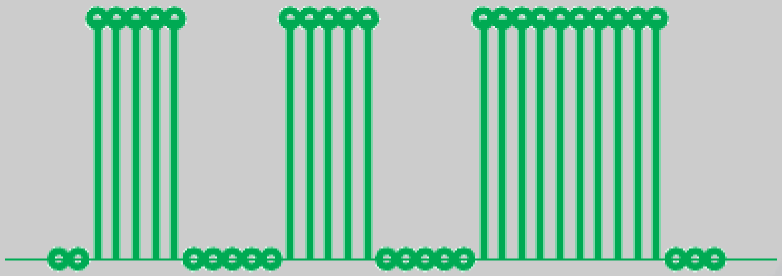
EFEITOS DO CANAL

- **Atenuação (diminuição da amplitude)**



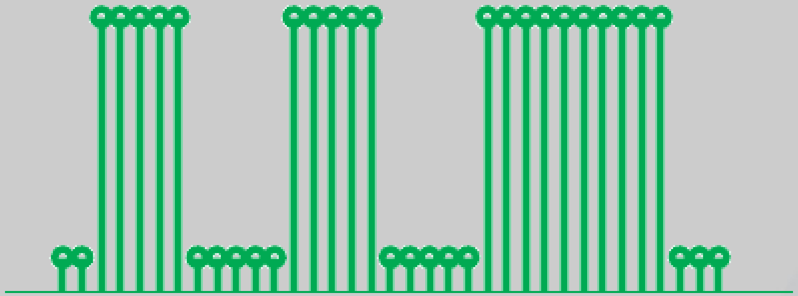
EFEITOS DO CANAL

- **Atenuação (diminuição da amplitude)**
- **Atraso**



EFEITOS DO CANAL

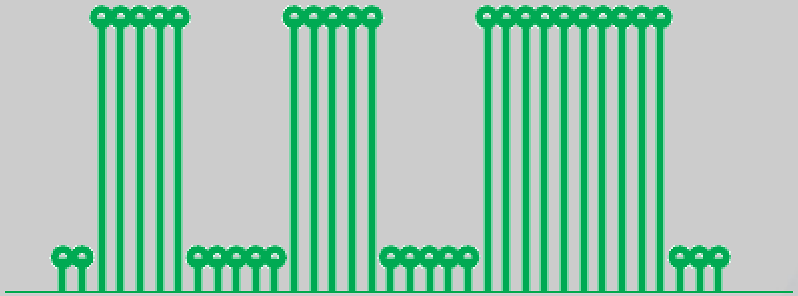
- Atenuação (diminuição da amplitude)
- Atraso
- Nível DC (*offset*)



EFEITOS DO CANAL

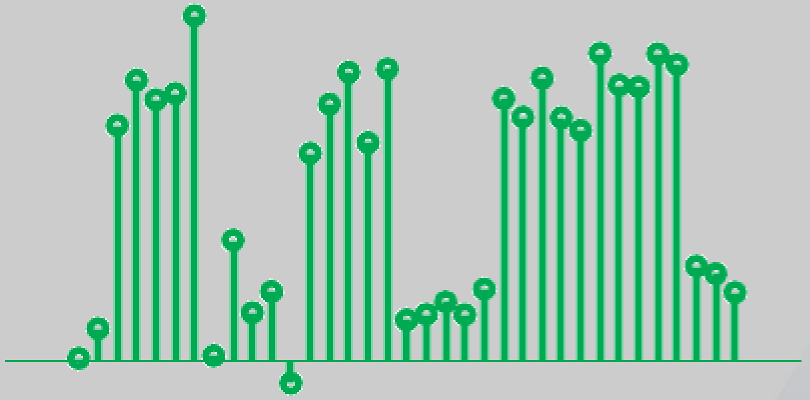
- **Atenuação:** **k**
- **Atraso:** **d**
- **Nível DC:** **c**

$$y[n]=kx[n-d]+c$$



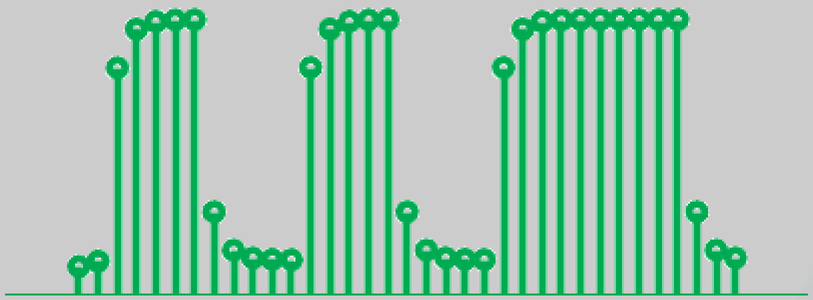
EFEITOS DO CANAL

- **Atenuação (diminuição da amplitude)**
- **Atraso**
- **Nível DC (*offset*)**
- **Ruído**



EFEITOS DO CANAL

- Atenuação (diminuição da amplitude)
- Atraso
- Nível DC (*offset*)
- Ruído
- Suavização das transições



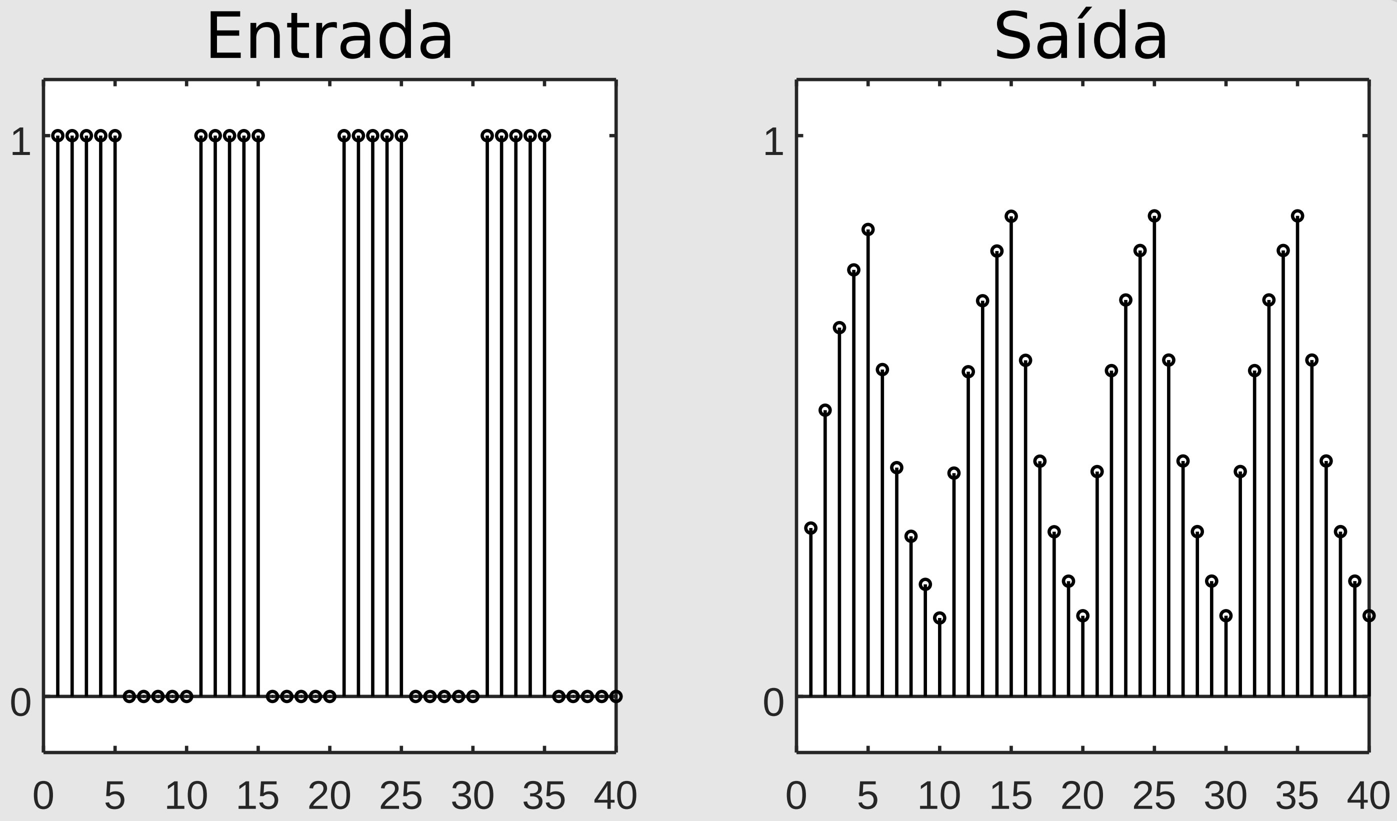
20 AMOSTRAS POR BIT

Entrada	Saída

10 AMOSTRAS POR BIT

Entrada	Saída

5 AMOSTRAS POR BIT



SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

$x[n] \rightarrow \boxed{\textbf{SLIT}} \rightarrow y[n]$

SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

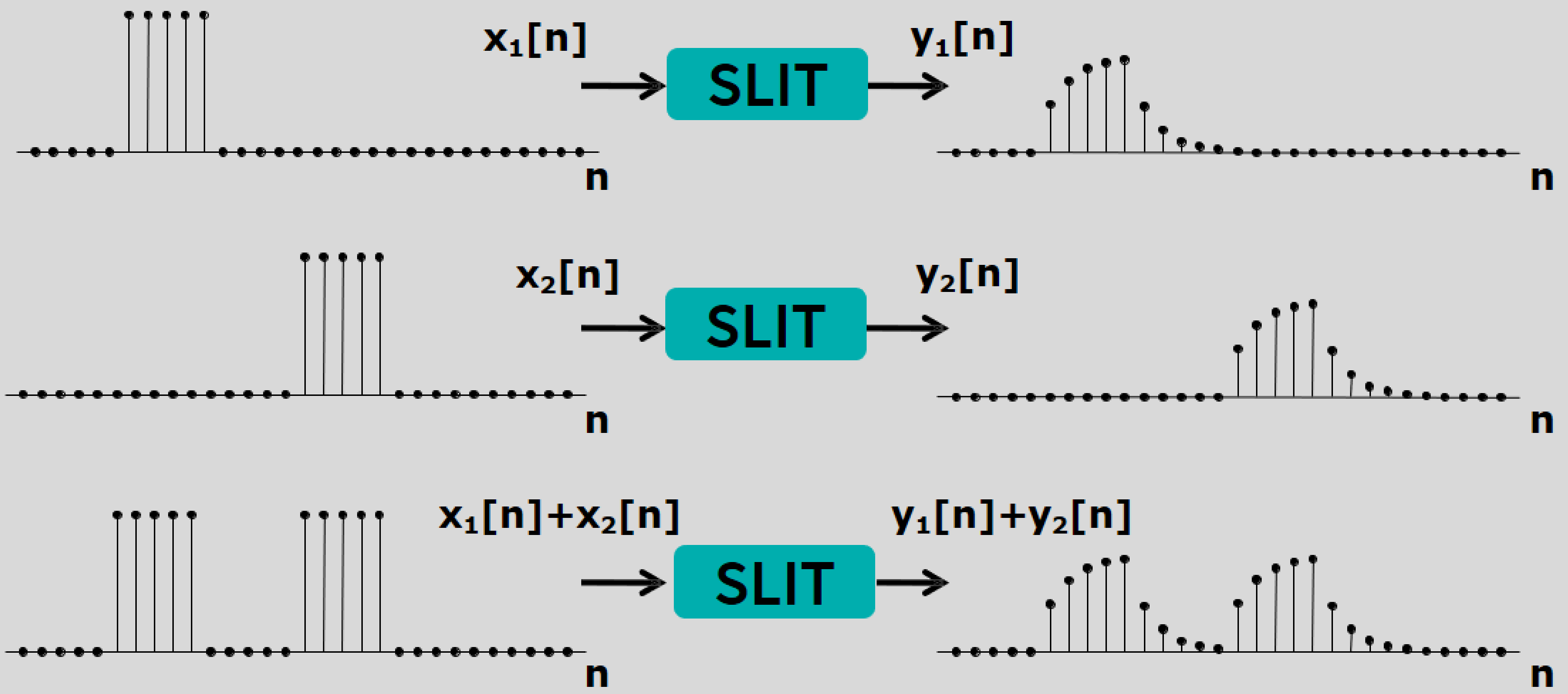
- **Um sistema é algo que recebe a forma de onda de entrada x[n] e produz uma forma de onda de saída y[n].**

SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

- **Um sistema linear é um sistema que satisfaz as mesmas duas propriedades de uma função linear:**
  - **Aditividade**
  - **Homogeneidade**

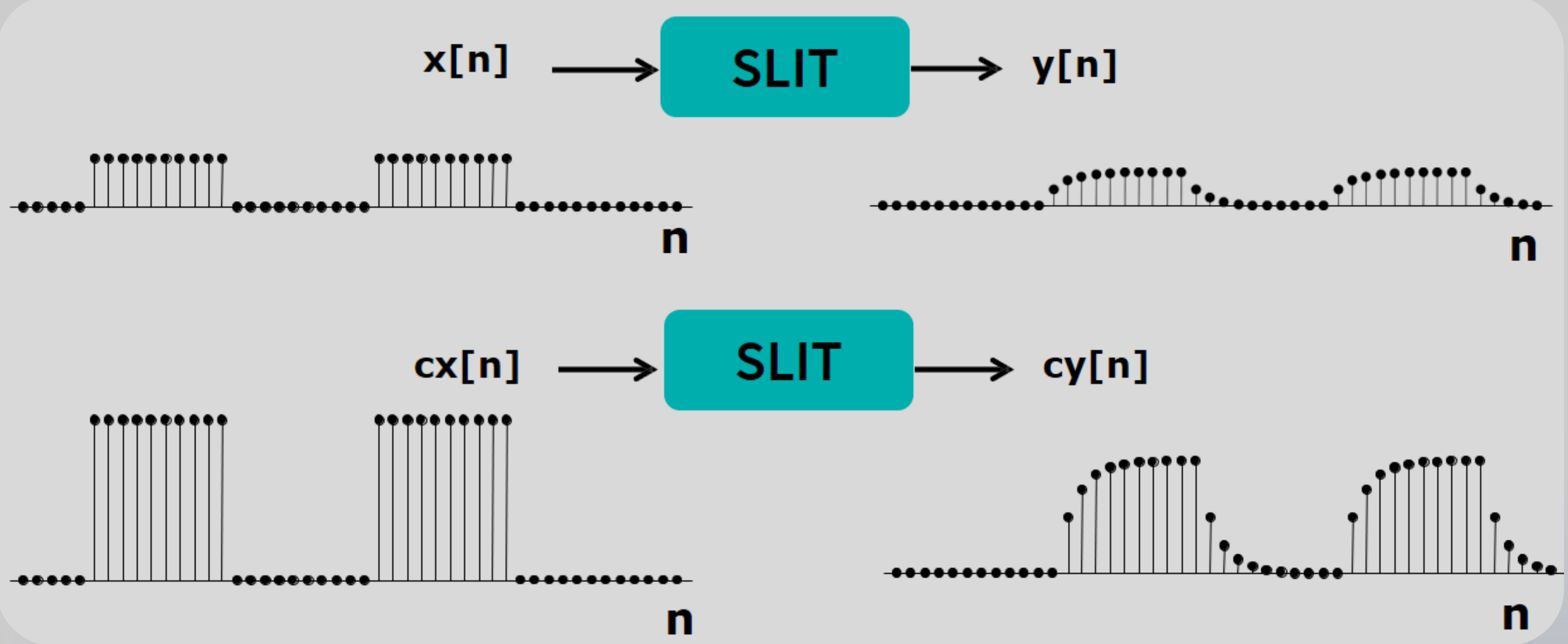
SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

- **Aditividade**

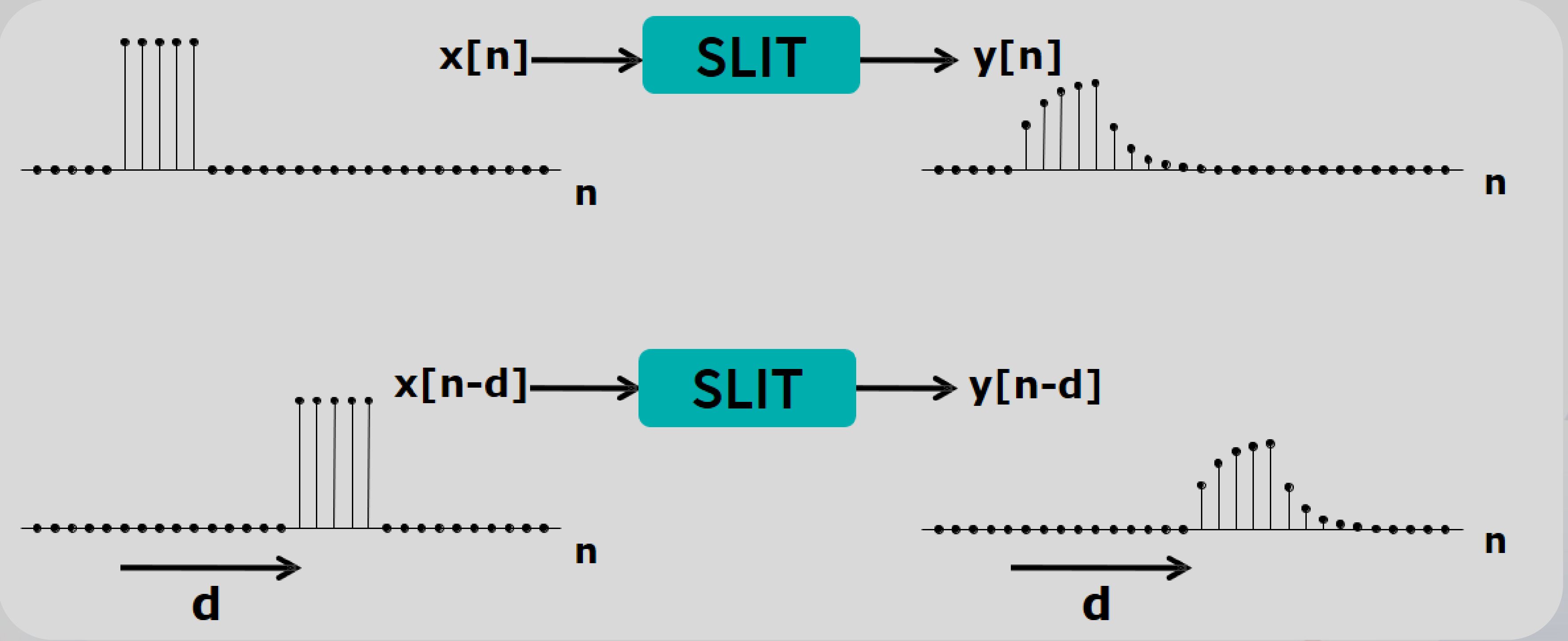


SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

- **Homegeneidade**



SISTEMA LINEAR E INVARIANTE NO TEMPO (SLIT)

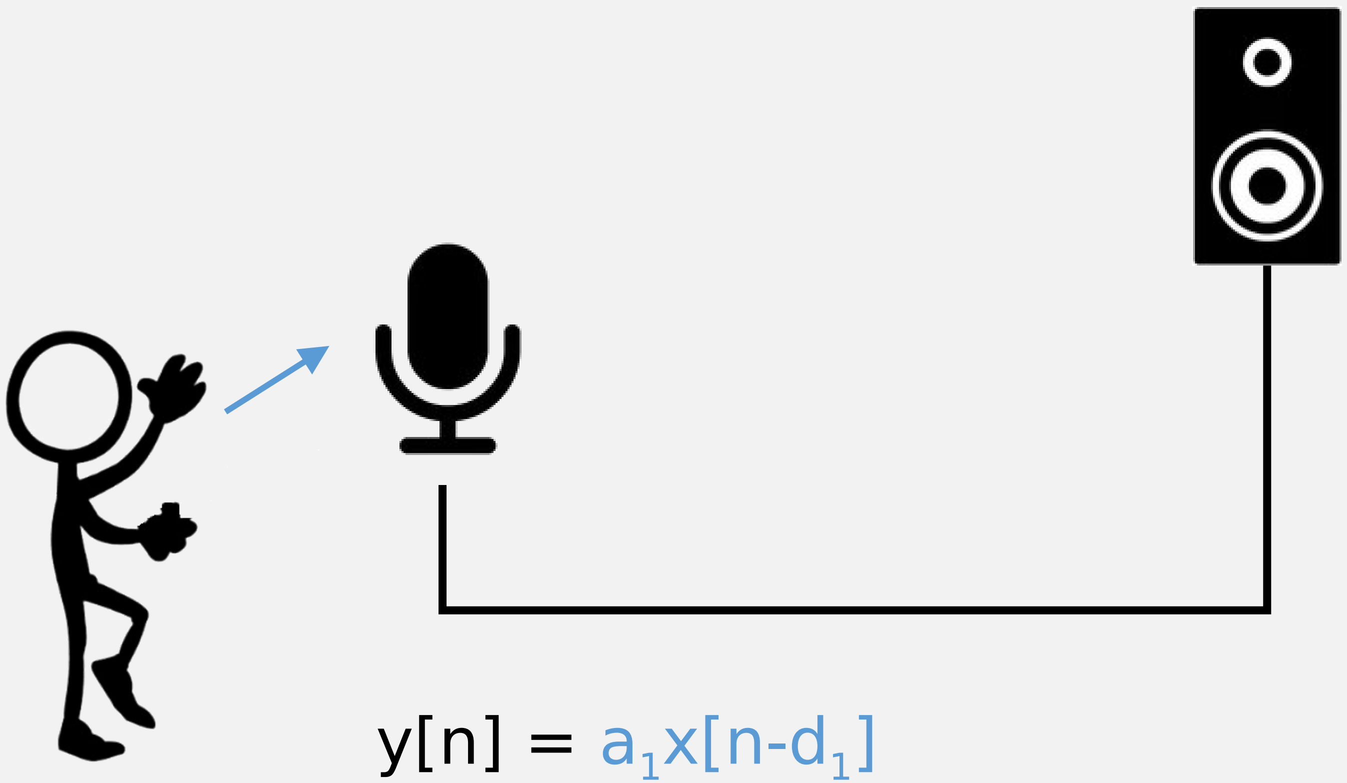


EXEMPLO

- **O Sistema abaixo é linear e invariante no tempo?**

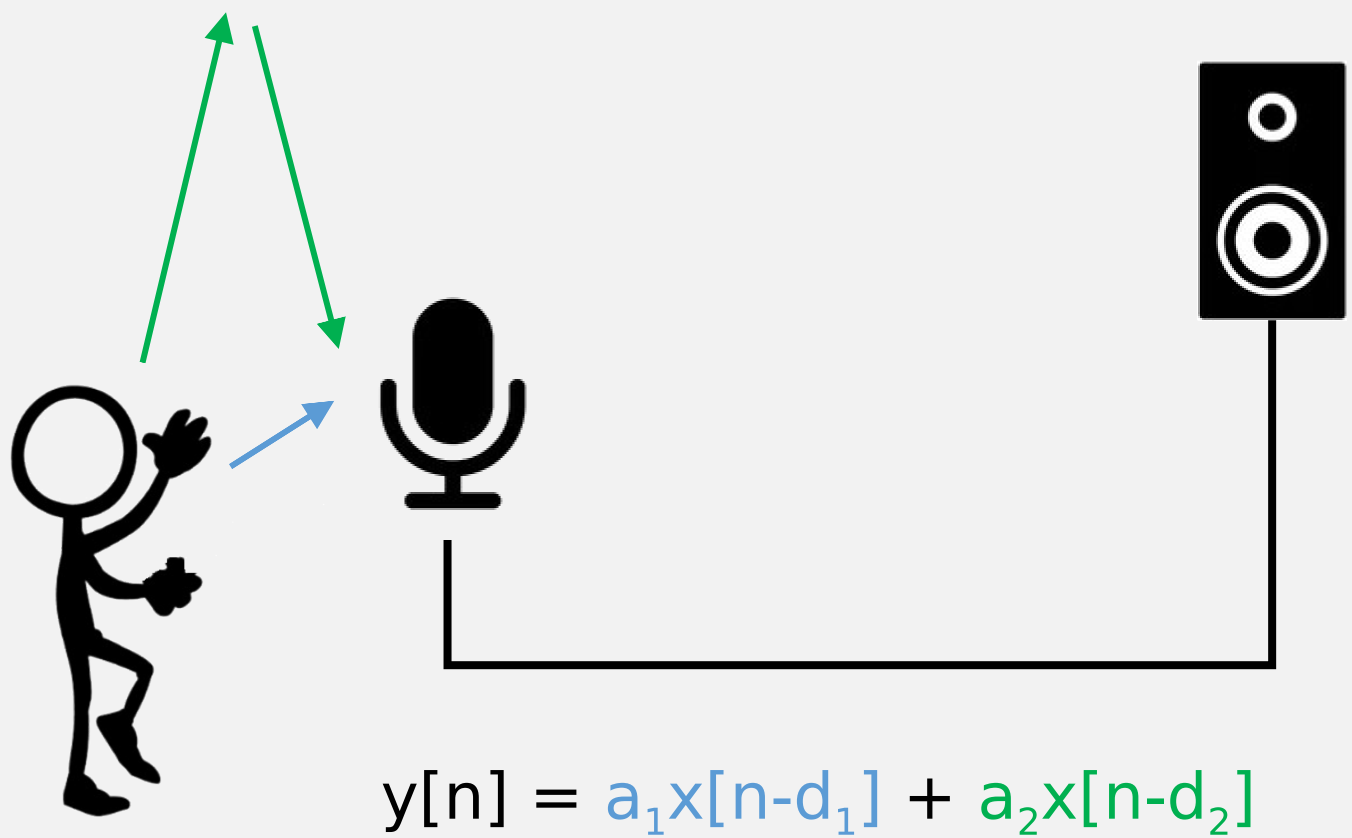
$$y[n] = kx[n-d] + c$$

MODELANDO O CANAL



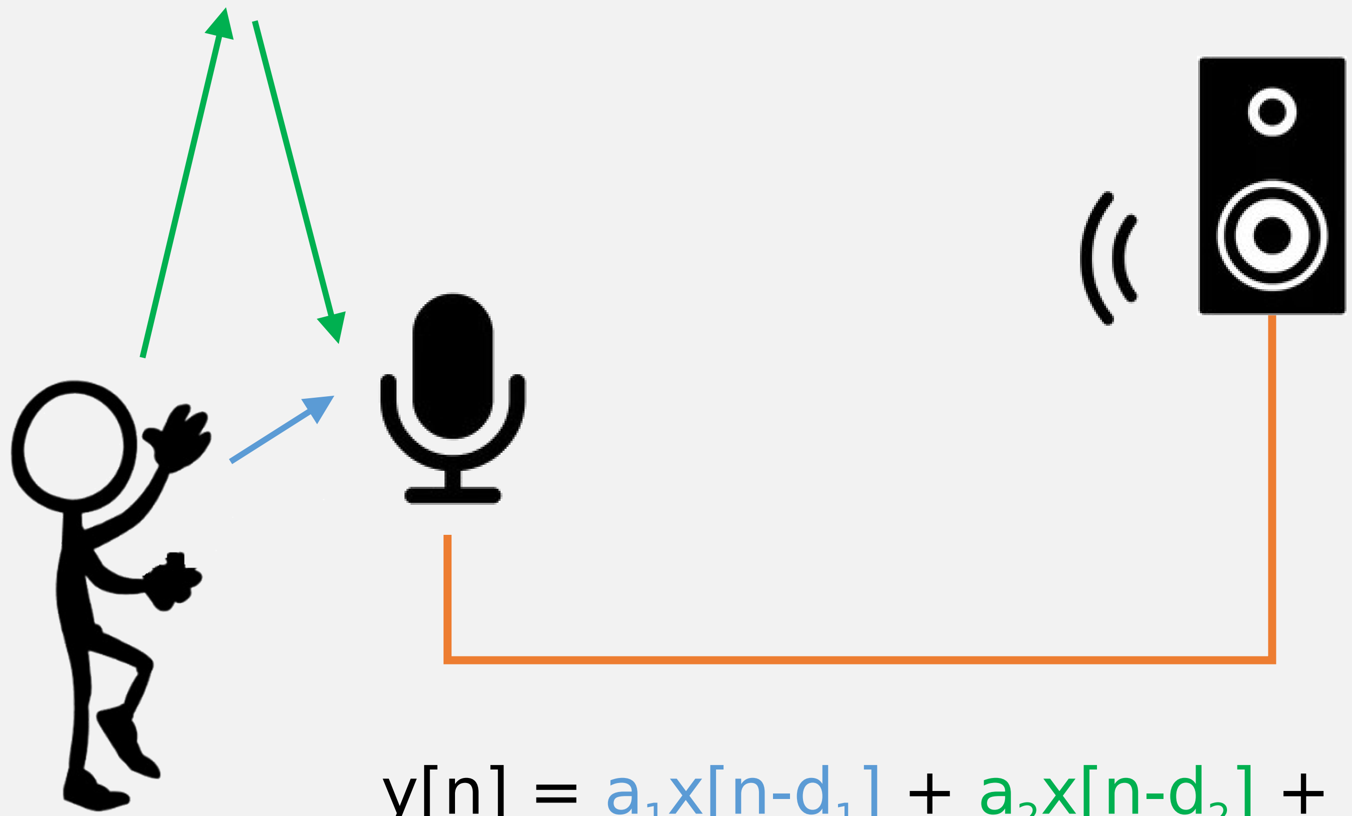
$$y[n] = a_1x[n-d_1]$$

MODELANDO O CANAL



$$y[n] = a_1 x[n-d_1] + a_2 x[n-d_2]$$

MODELANDO O CANAL



$$y[n] = a_1 x[n-d_1] + a_2 x[n-d_2] + q_3 y[n-d_3]$$

MODELANDO O CANAL

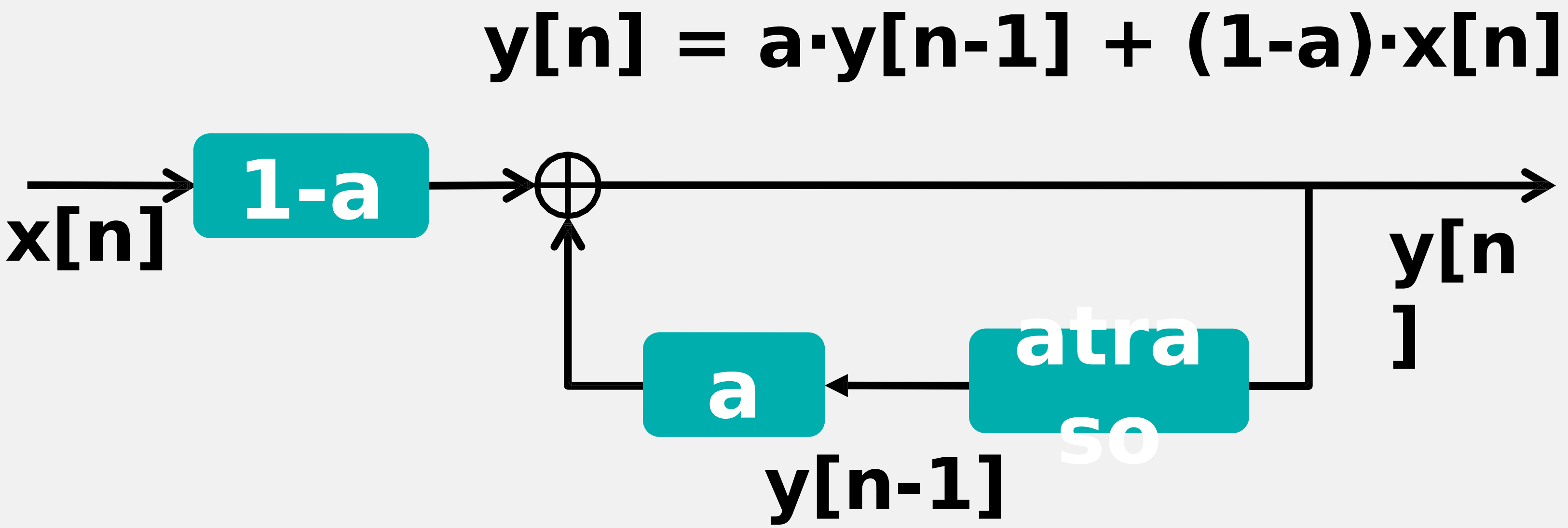
- **Modelo recursivo**

$$y[n]=\frac{1}{a_0}\left(\sum_{p=0}^{M} k_p x[n-p]-\sum_{p=1}^{N} a_p y[n-p]\right)$$

MODELO RECURSIVO É SLIT?

$$y[n]=\frac{1}{a_0}\left(\sum_{p=0}^{M} k_p x[n-p]-\sum_{p=1}^{N} a_p y[n-p]\right)$$

EXEMPLO: MODELO RECURSIVO



EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- Seja $a = \frac{1}{2}$ e $y[n<0] = 0$.
- $y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = \frac{1}{2} y[n-1] + \frac{1}{2} x[n]$
- $x[n] = [1, 0, 0, 0, ...]$

n
x[n]
y[n]

EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- **Seja $a = ½$ e $y[n<0] = 0$.**
- **$y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = ½\, y[n-1] + ½\, x[n]$**
- **$x[n] = [1, 0, 0, 0, ...]$**

n	0
x[n]	1
y[n]	½·0 + ½·1

EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- **Seja $a = ½$ e $y[n<0] = 0$.**
- **$y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = ½\, y[n-1] + ½\, x[n]$**
- **$x[n] = [1, 0, 0, 0, ...]$**

n	0	1
x[n]	1	0
y[n]	1/2	½·1/2 + ½·0

EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- **Seja $a = ½$ e $y[n<0] = 0$.**
- **$y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = ½\, y[n-1] + ½\, x[n]$**
- **$x[n] = [1, 0, 0, 0, ...]$**

n	0	1	2
x[n]	1	0	0
y[n]	1/2	1/4	½·1/4 + ½·0

EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- **Seja $a = ½$ e $y[n<0] = 0$.**
- **$y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = ½\, y[n-1] + ½\, x[n]$**
- **$x[n] = [1, 0, 0, 0, ...]$**

n	0	1	2	3
x[n]	1	0	0	0
y[n]	1/2	1/4	1/8	½·1/8 + ½·0

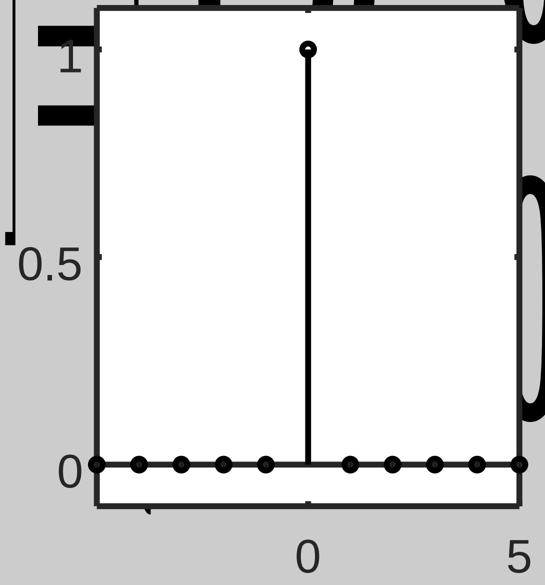
EXEMPLO: MODELO RECURSIVO

- Seja $a = ½$ e $y[n<0] = 0$.
- $y[n] = a \cdot y[n-1] + (1-a) \cdot x[n] = ½\, y[n-1] + ½\, x[n]$
- $x[n] = [1, 0, 0, 0, \ldots]$

n	0	1	2	3
x[n]	1	0	0	0
y[n]	1/2	1/4	1/8	1/16

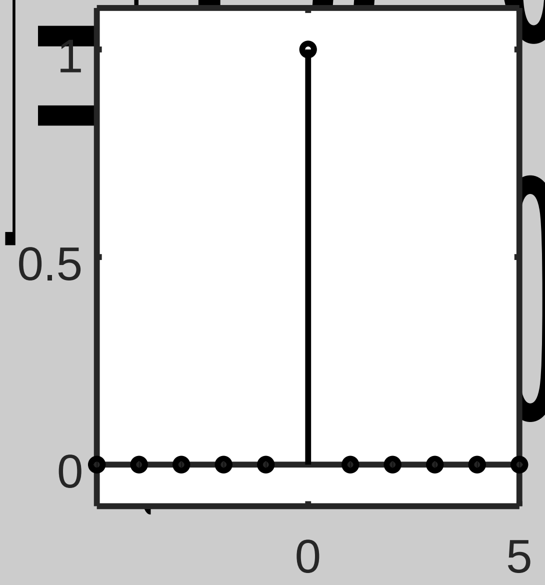
EXEMPLO: IMPULSO

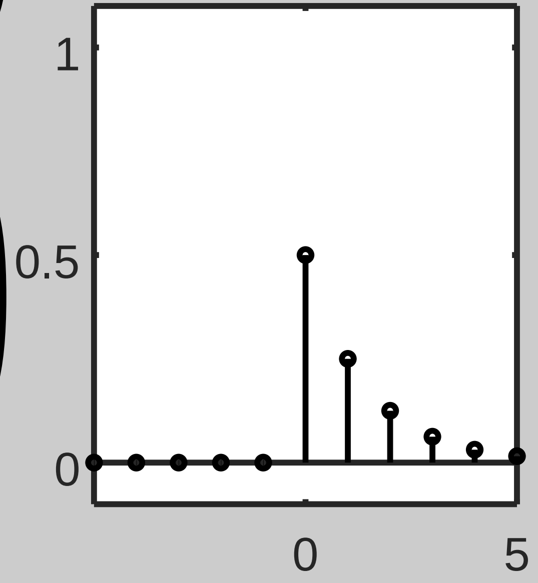
$$\delta[n] = \begin{cases} 1 & n=0 \\ 0 & \end{cases}$$



EXEMPLO:
RESPOSTA AO IMPULSO

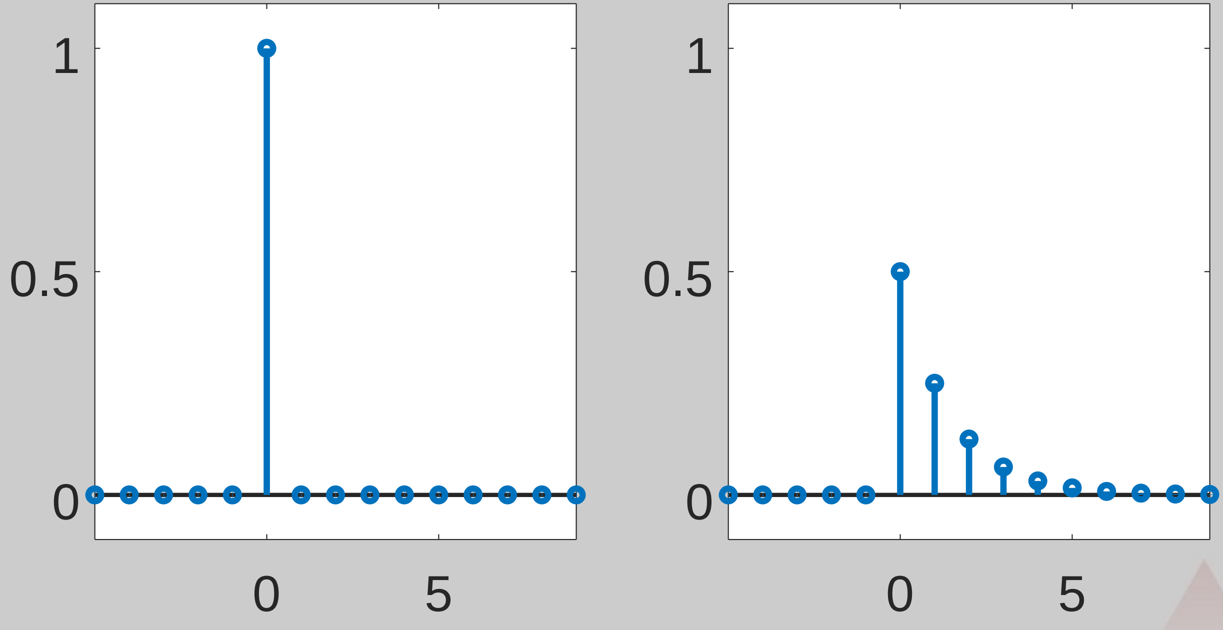
$$\delta[n] = \begin{cases} 1 & n=0 \\ 0 & \end{cases}$$





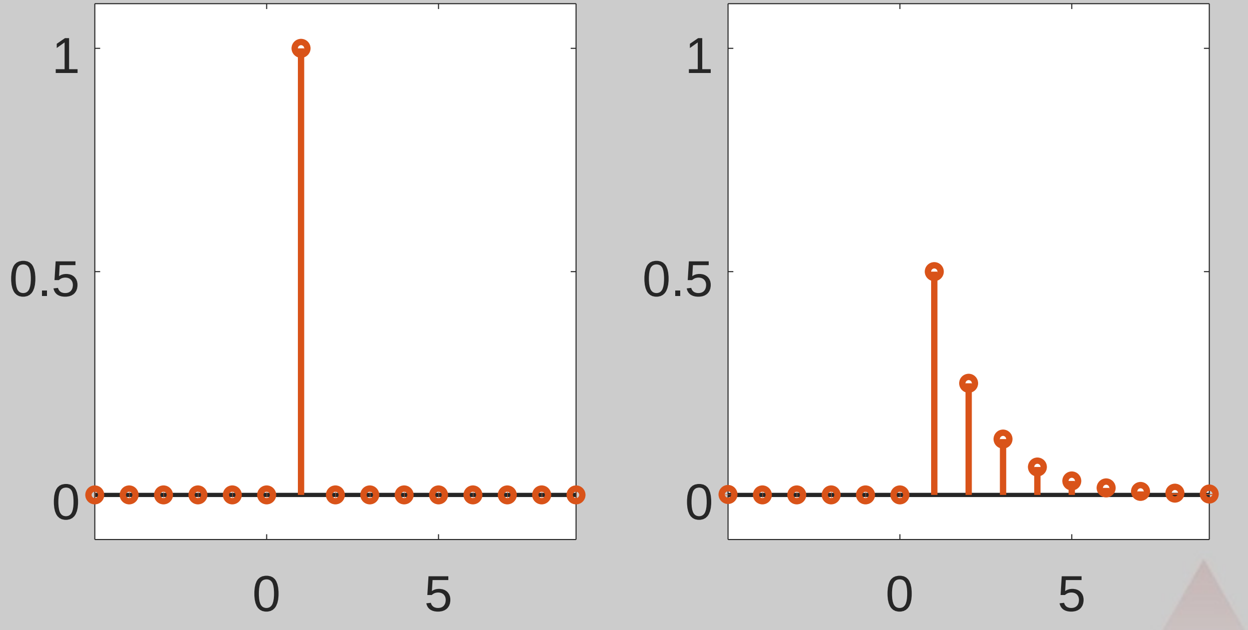
RESPOSTA AO IMPULSO

- Como o modelo recursivo é um SLIT, a resposta do sistema para qualquer sinal pode ser calculada a partir da resposta ao impulso



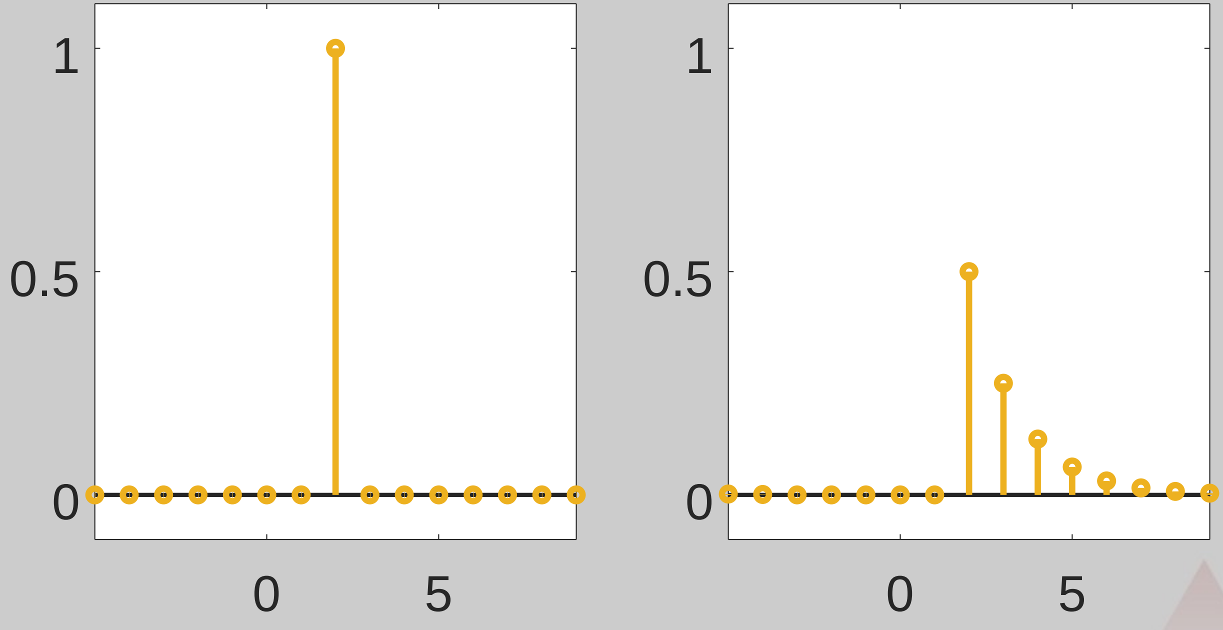
RESPOSTA AO IMPULSO

- Como o modelo recursivo é um SLIT, a resposta do sistema para qualquer sinal pode ser calculada a partir da resposta ao impulso



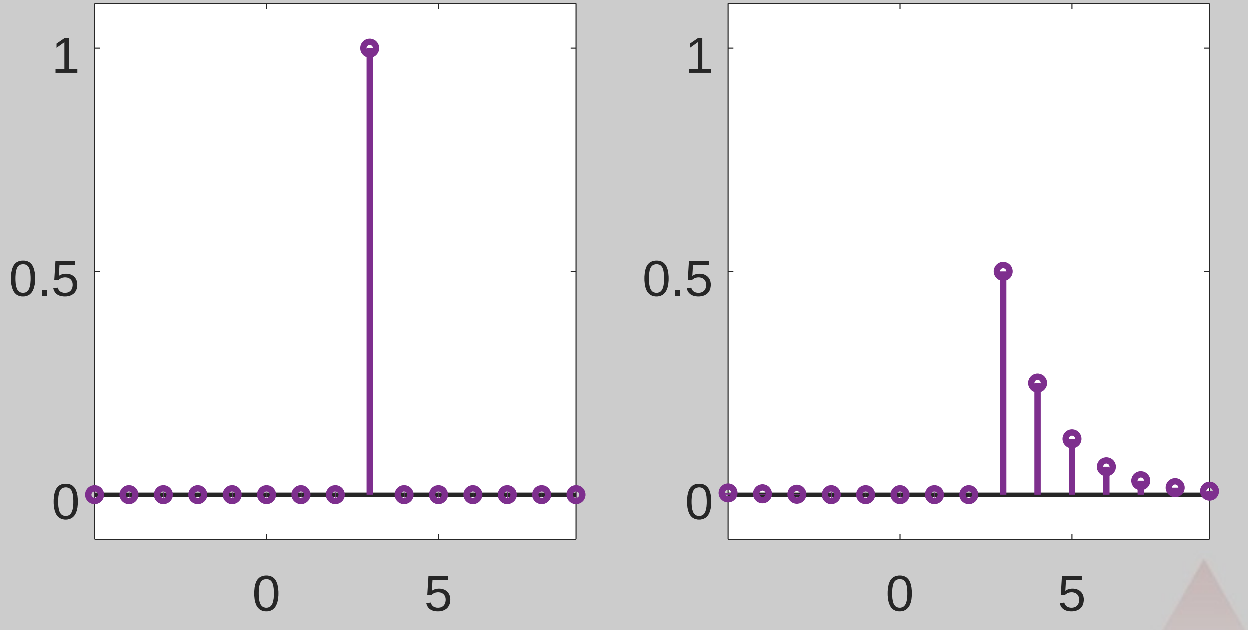
RESPOSTA AO IMPULSO

- **Como o modelo recursivo é um SLIT, a resposta do sistema para qualquer sinal pode ser calculada a partir da resposta ao impulso**



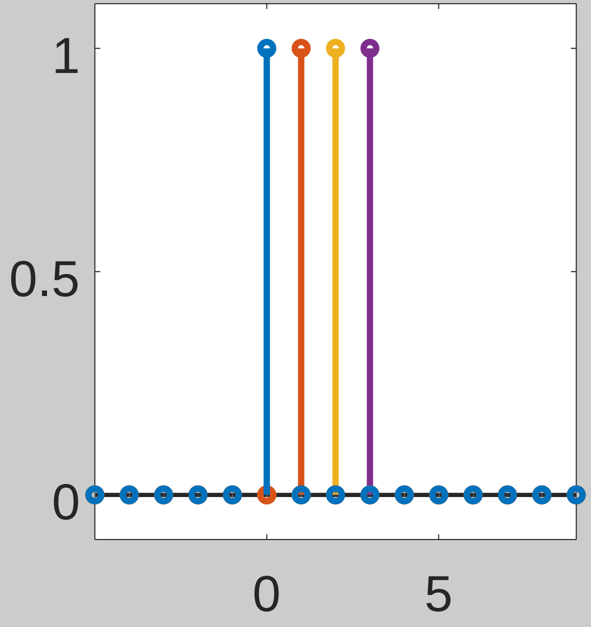
RESPOSTA AO IMPULSO

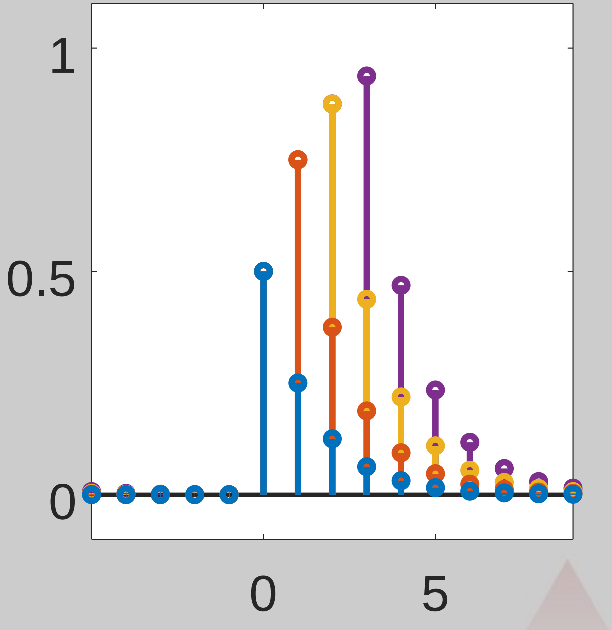
- Como o modelo recursivo é um SLIT, a **resposta** do sistema para **qualquer sinal** pode ser calculada a partir da **resposta ao impulso**



RESPOSTA AO IMPULSO

- **Como o modelo recursivo é um SLIT, a resposta do sistema para qualquer sinal pode ser calculada a partir da resposta ao impulso**

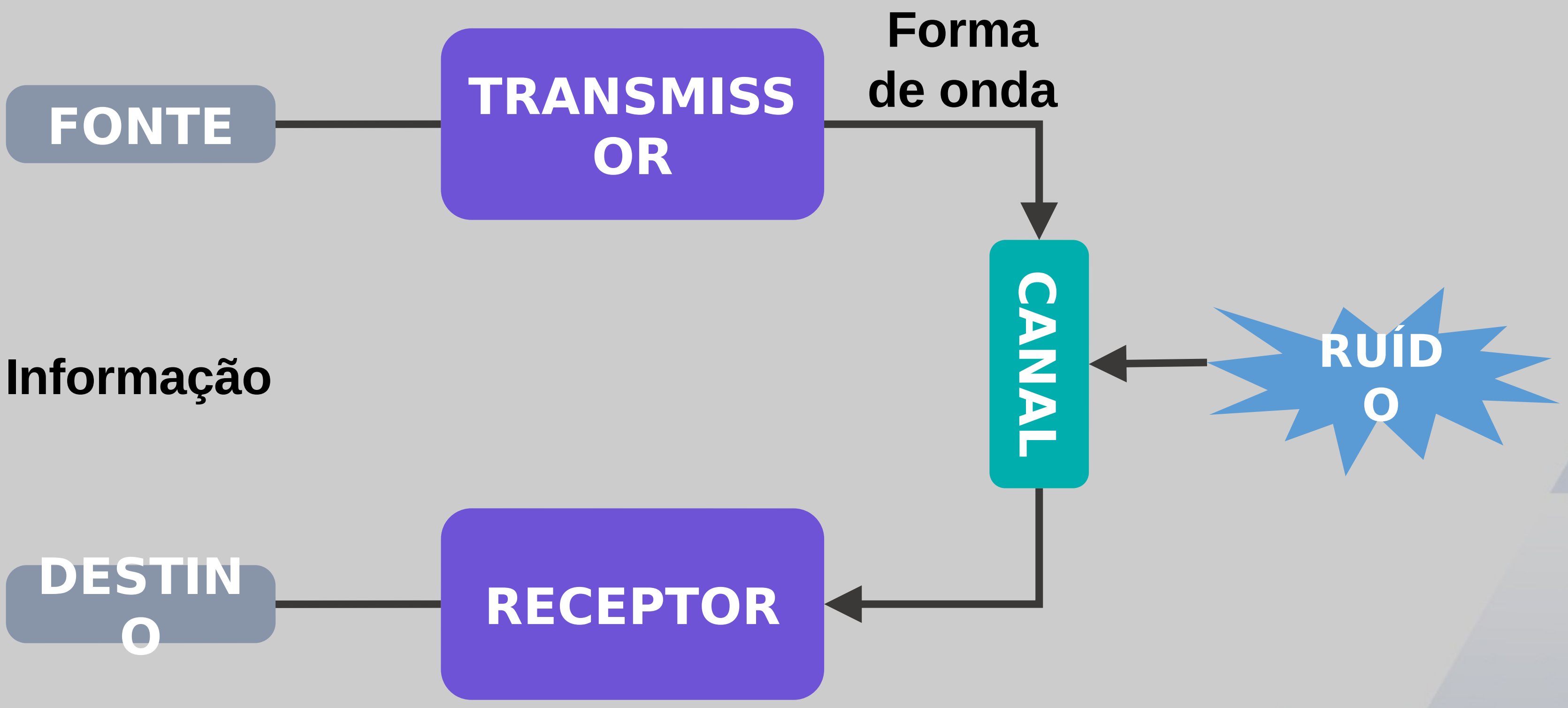




CONVOLUÇÃO

- Esta operação de deslocar e somar sinais é conhecida por convolução.

RESUMO



Forma
de onda
FONTE
TRANSMISS
OR
CANAL
RUÍD
O
Informação
DESTIN
O
RECEPTOR

INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

O Canal de Comunicação e seus Efeitos