



# ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS ELETRÔNICOS

PSI3214 LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO

## Aula Remota 01/09/2020 – Experiência 2

### Programação:

- **8:00 ~ 8:30** Introdução Teórica – Conversão AD
- **8:30 ~ 9:30** Orientação sobre atividade remota
- **9:30 ~ 10:00** Esclarecimento dúvidas
- **10:00 ~ 17:00** Plantão - atendimento via Fórum / Chat
- **Entrega do relatório: até 23hs / 02 setembro (quarta)**

Prof. Leopoldo Yoshioka / Esp. Lab. Manuel Cid

Objetivos

```
graph TD; A[Objetivos] --> B[conhecer]; A --> C[aprender]; A --> D[observar e analisar]; B --> E[Conceitos<br/>Conversão AD]; C --> F[Utilização de<br/>2 softwares]; D --> G[Comportamento<br/>do conversor AD];
```

conhecer

Conceitos  
Conversão AD

aprender

Utilização de  
2 softwares

observar e  
analisar

Comportamento  
do conversor AD

# Objetivos

```
graph TD; A[Objetivos] --> B[conhecer]; A --> C[aprender]; A --> D[observar e analisar]; B --> E[Conceitos<br/>Conversão AD]; C --> F[Utilização de<br/>2 softwares]; D --> G[Comportamento<br/>do conversor AD];
```

conhecer

**Conceitos**  
**Conversão AD**

aprender

Utilização de  
2 softwares

observar e  
analisar

Comportamento  
do conversor AD

# Conversão AD

```
graph TD; A[Conversão AD] --> B[faz parte]; A --> C[Primeiro faz-se]; A --> D[depois faz-se]; B --> E[Digitalização de sinais analógicos]; C --> F[Amostragem do sinal]; D --> G[Quantização do sinal];
```

faz parte

**Digitalização** de  
sinais analógicos

**10101001...**

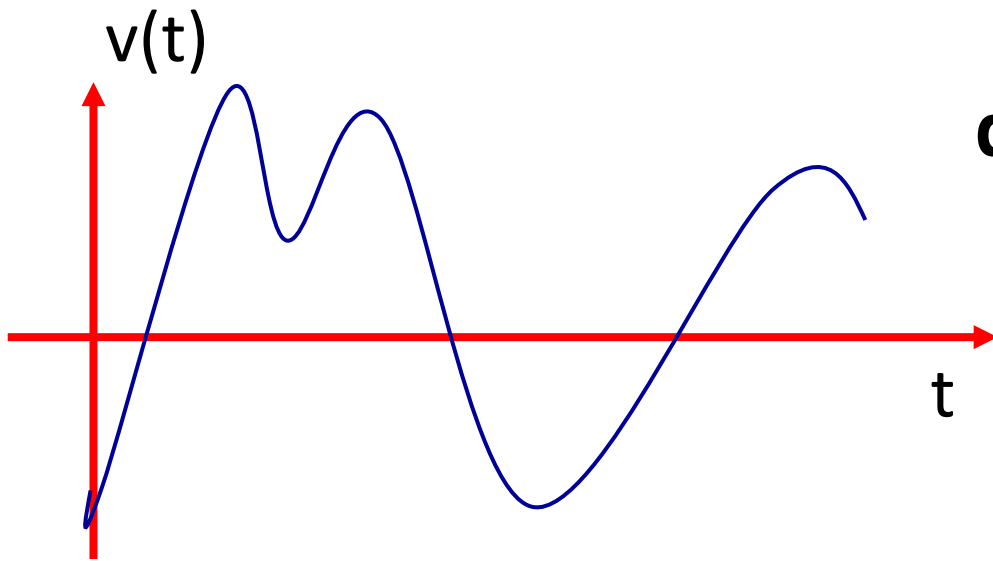
Primeiro faz-se

**Amostragem**  
do sinal

depois faz-se

**Quantização**  
do sinal

# Digitalização de sinais analógicos



sinal analógico  
(contínuo)

digitalização

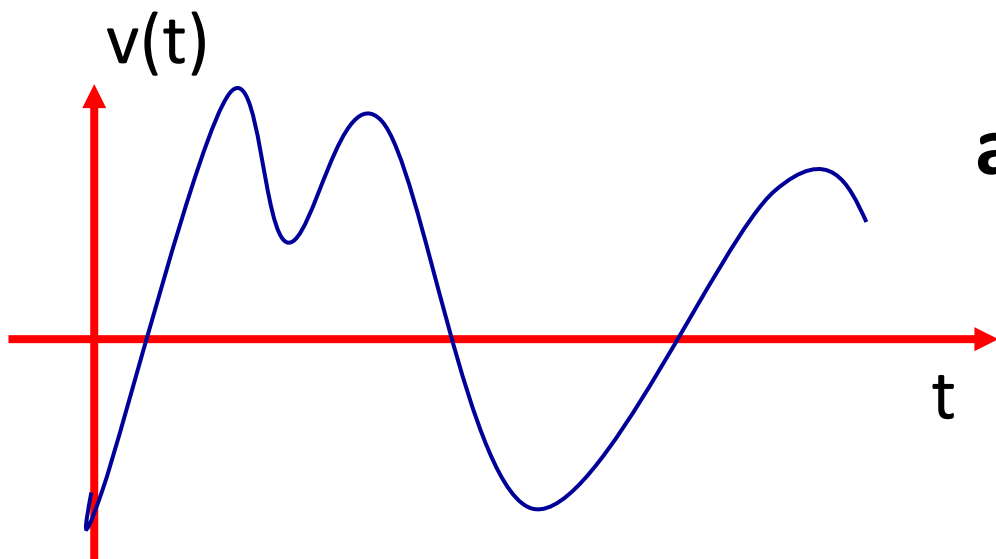


**110010 .....1100101**



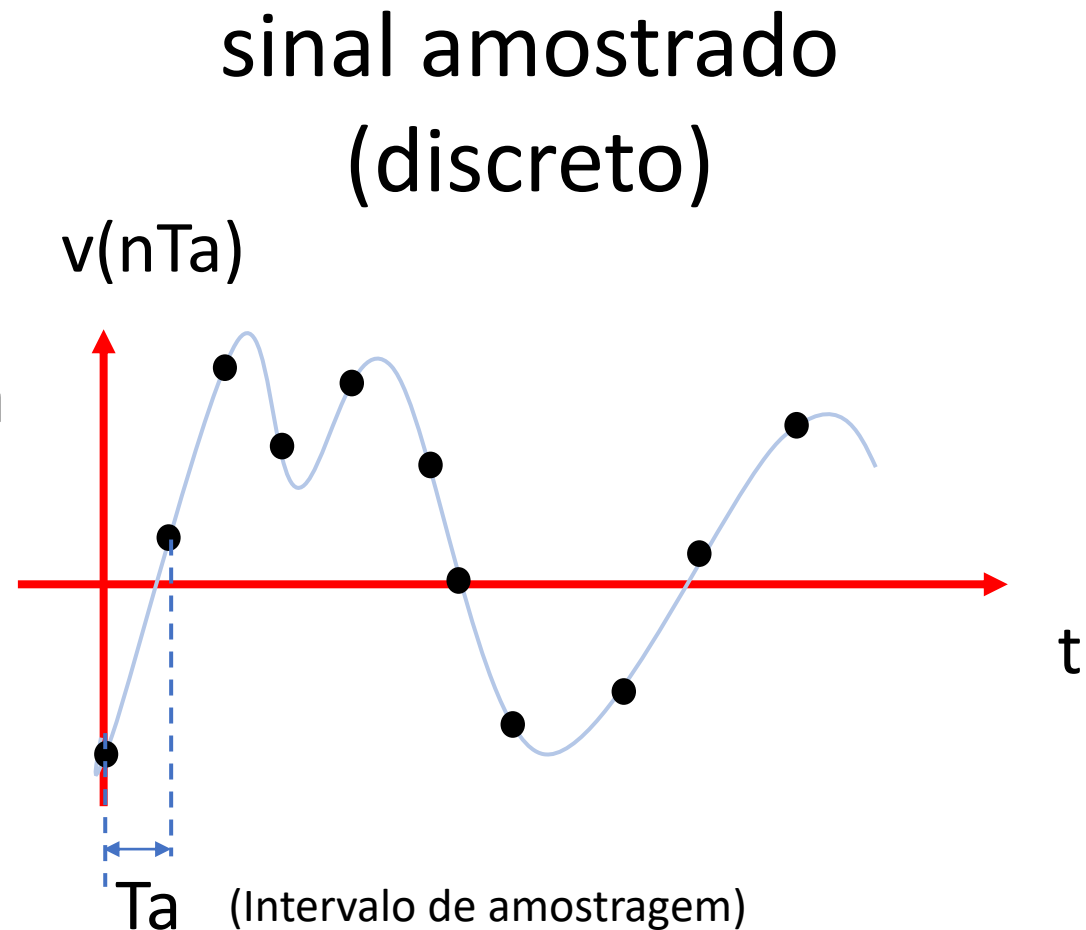
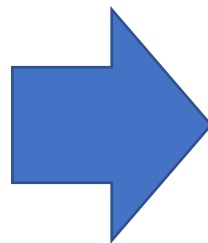
sinal digital  
(sequência de 0's e 1's)

# Amostragem do sinal



sinal analógico  
(contínuo)

amostragem

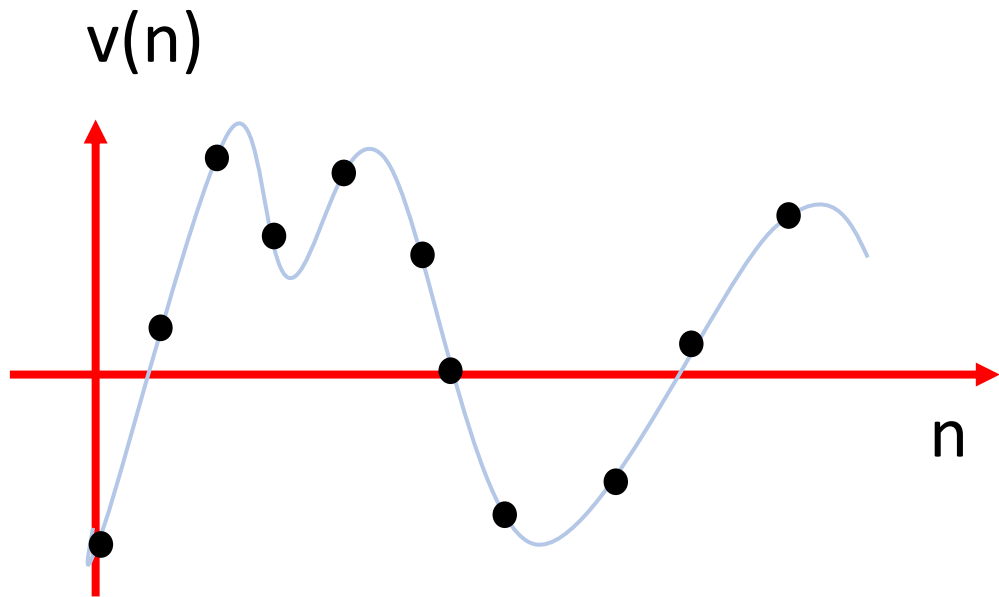


sinal amostrado  
(discreto)

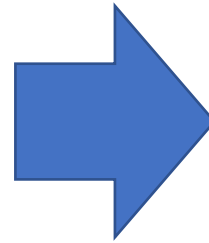
$$f_a = \frac{1}{T_a} \quad (\text{frequência de amostragem})$$

# Quantização do sinal

**sinal amostrado  
(discreto)**



**Quantização**



**sinal digital  
(binário)**

11001011  
01100101  
01101000  
01011001  
10101111

⋮



**8 bits  
(codificação)**

**Quantização é a conversão do valor discreto,  $v(n)$ , em valores digitais (binários), que também são chamados de códigos.**

**Quantização  
do sinal**

é definido para

**Faixa de tensão**  
(fundo de escala)

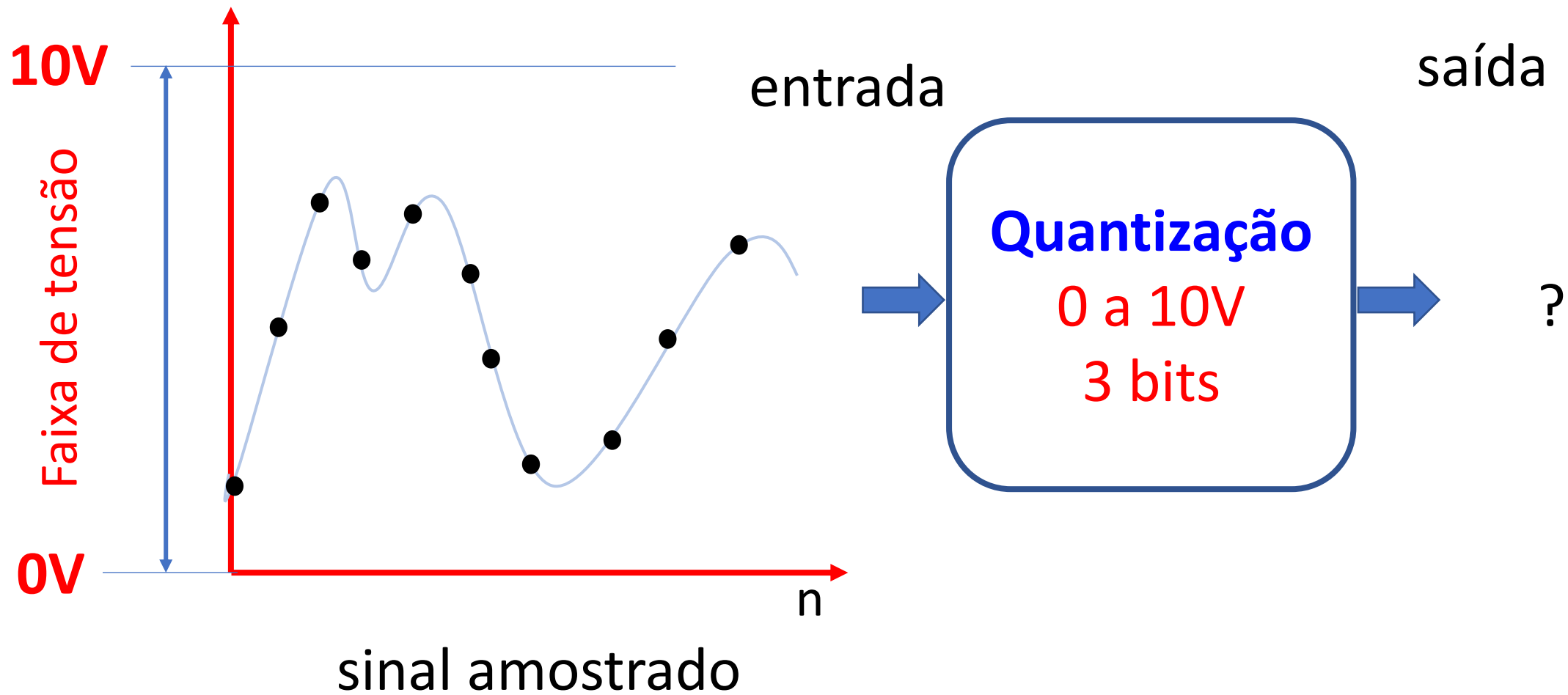
**(ex.: 0 a 5V)**

**Número de bits**  
(resolução)

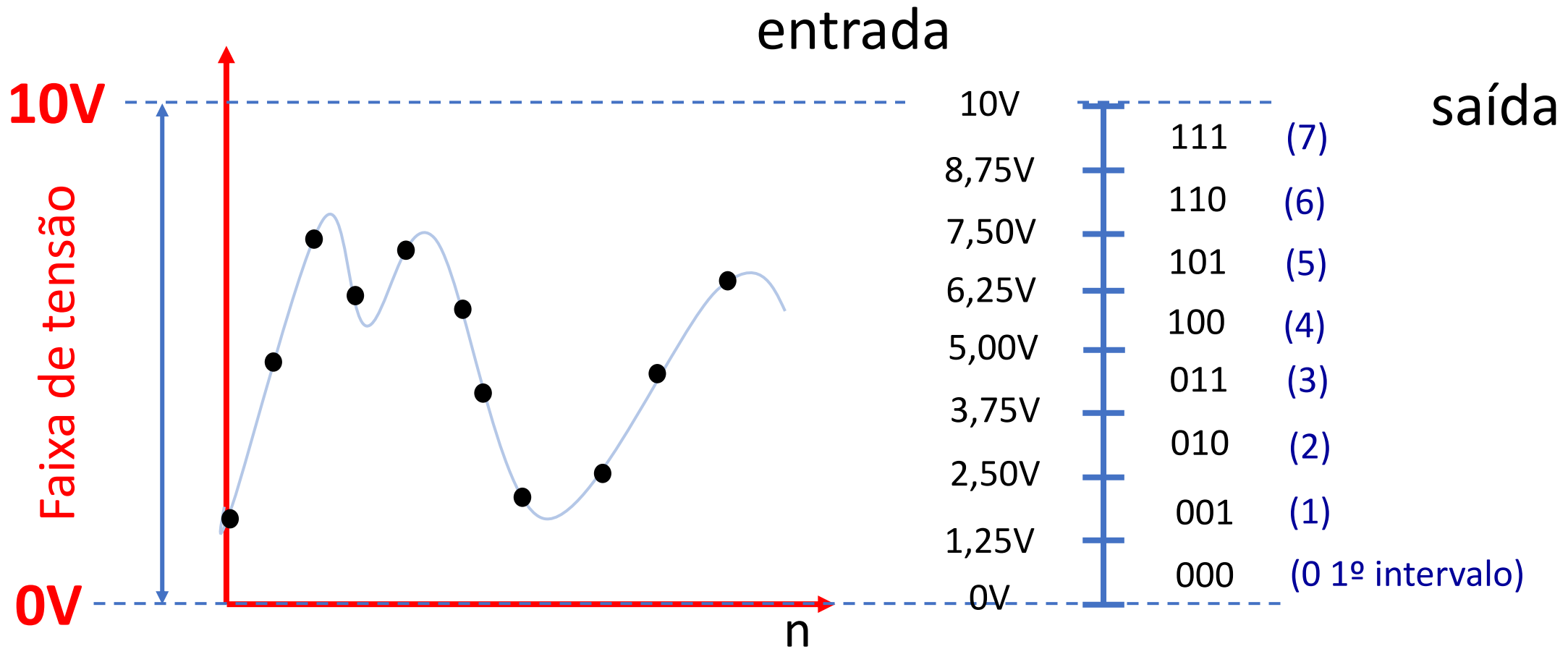
**(ex.: 8 bits  
Arduino → 10 bits)**



# Exemplo:



# Exemplo:

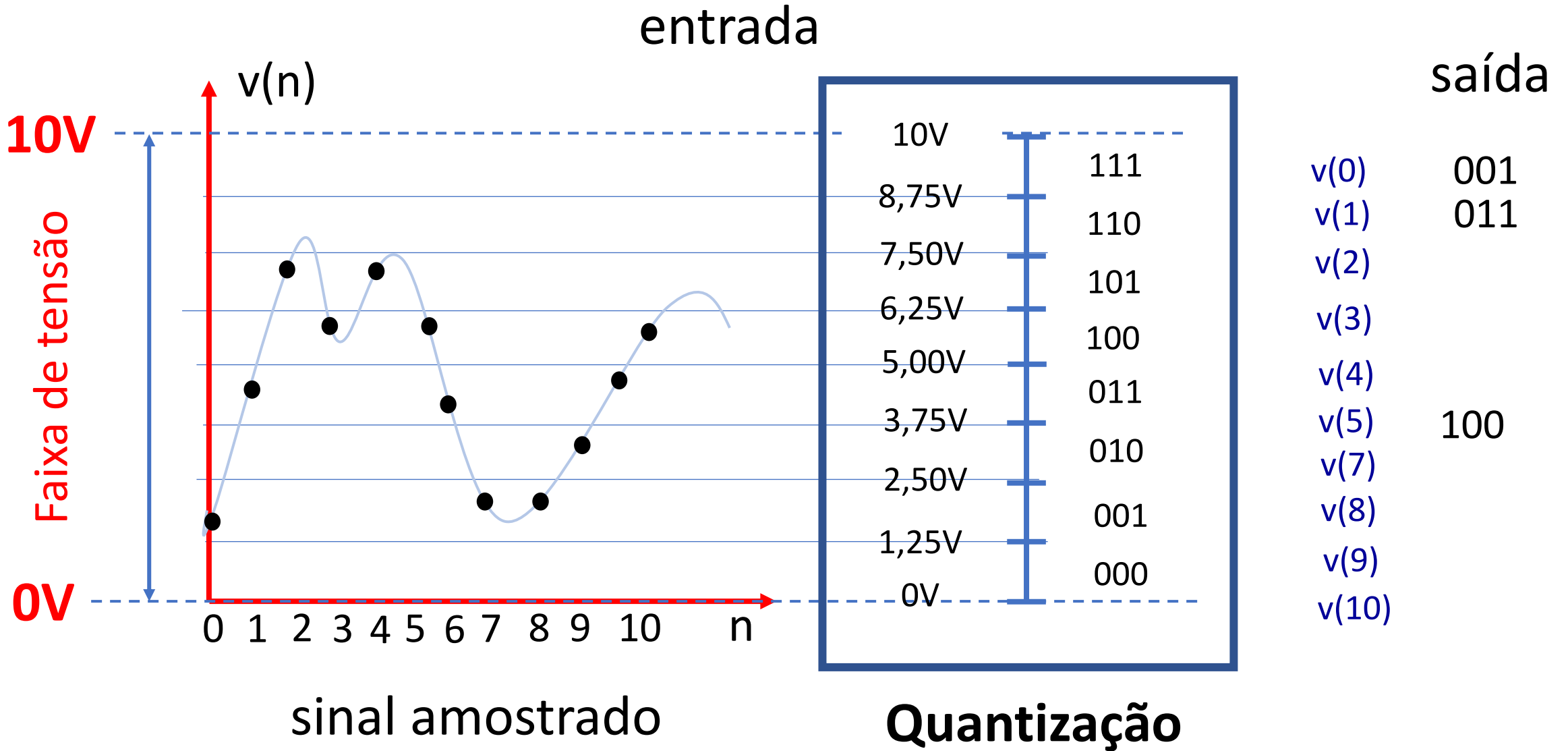


sinal amostrado

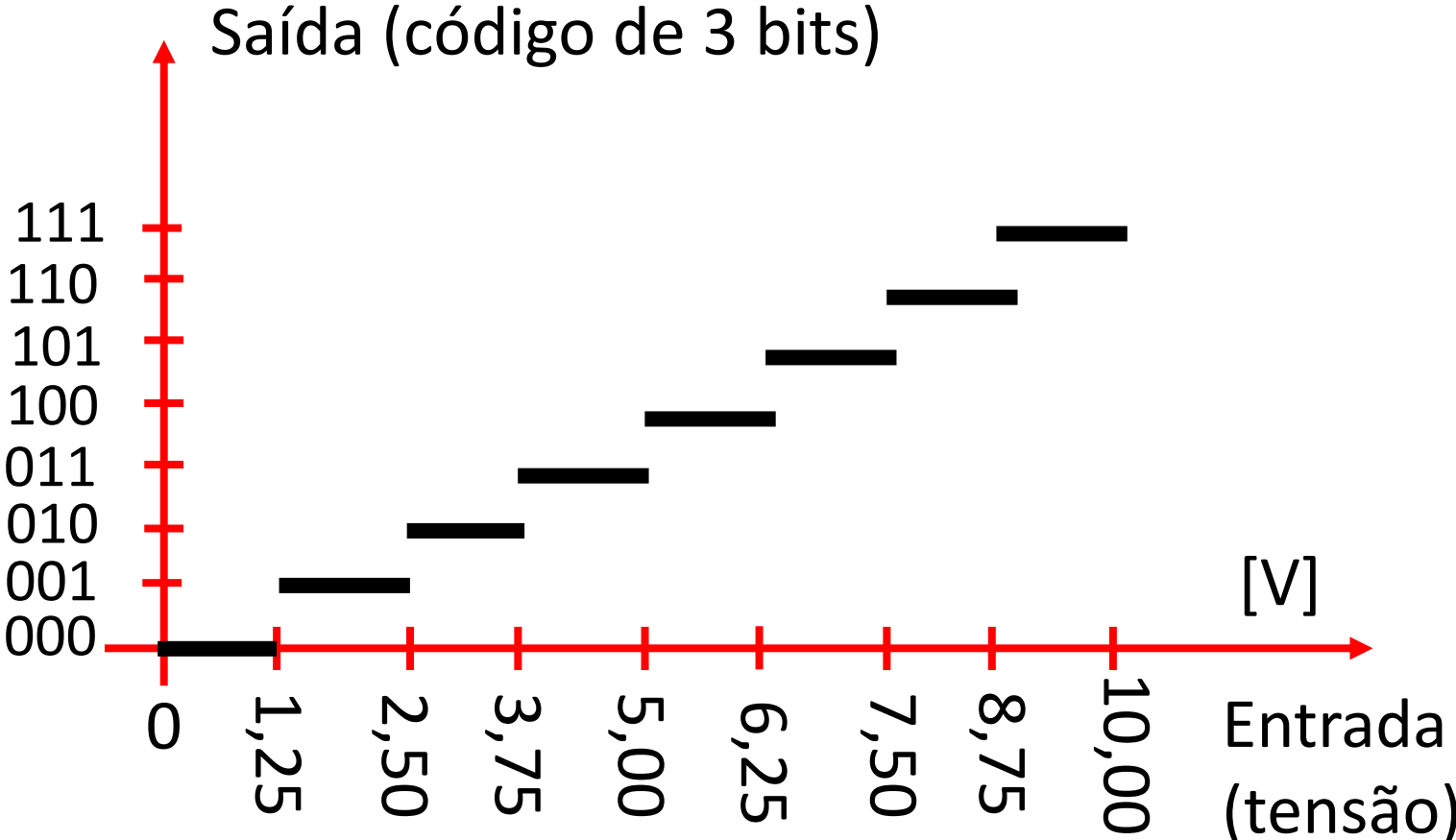
Dividi 10V em 8 partes

Critério de Nyquist =  $f_a > 2f_{Max}$

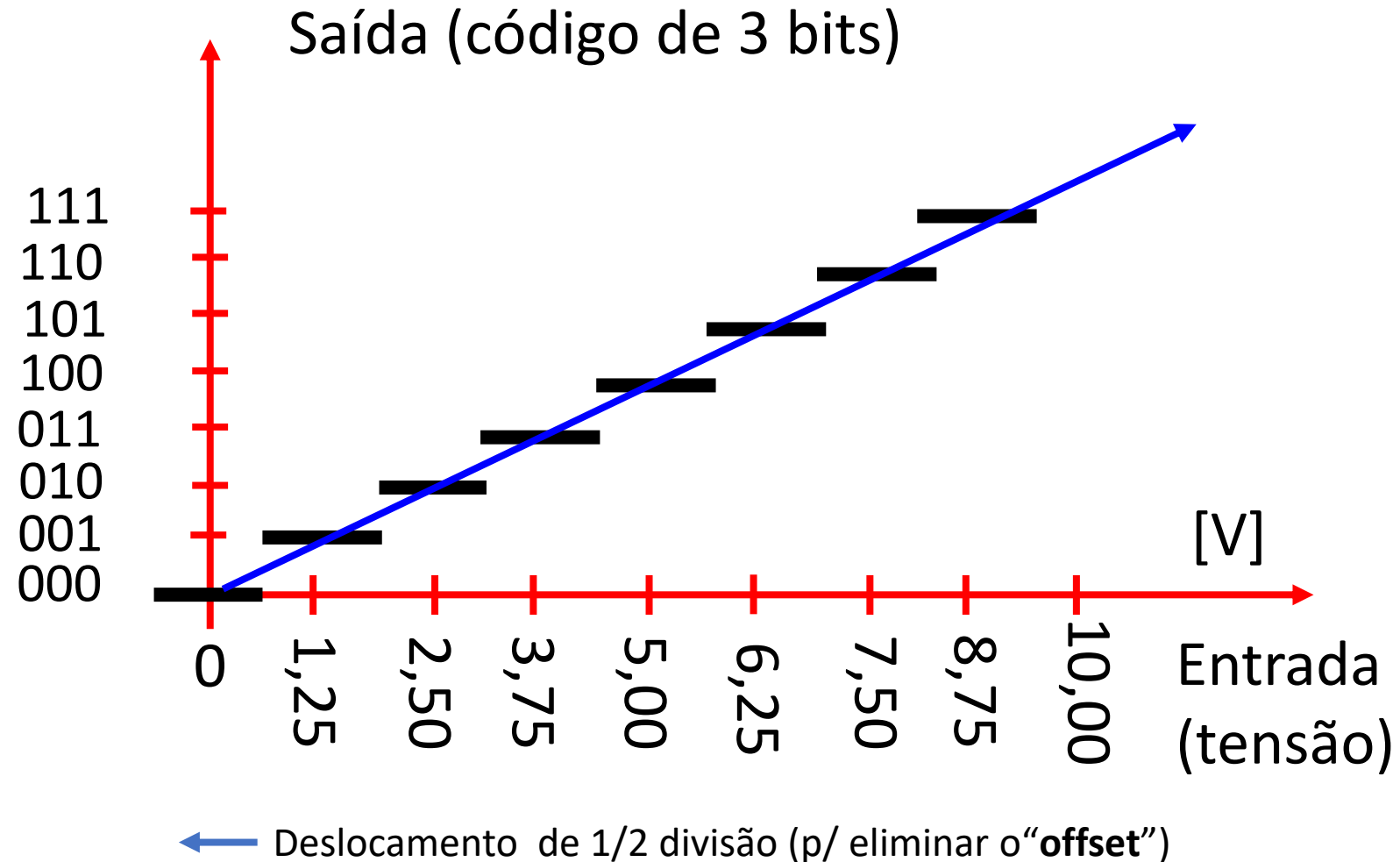
# Exemplo:



Representando o processo do exemplo anterior na forma de **função de transferência**:



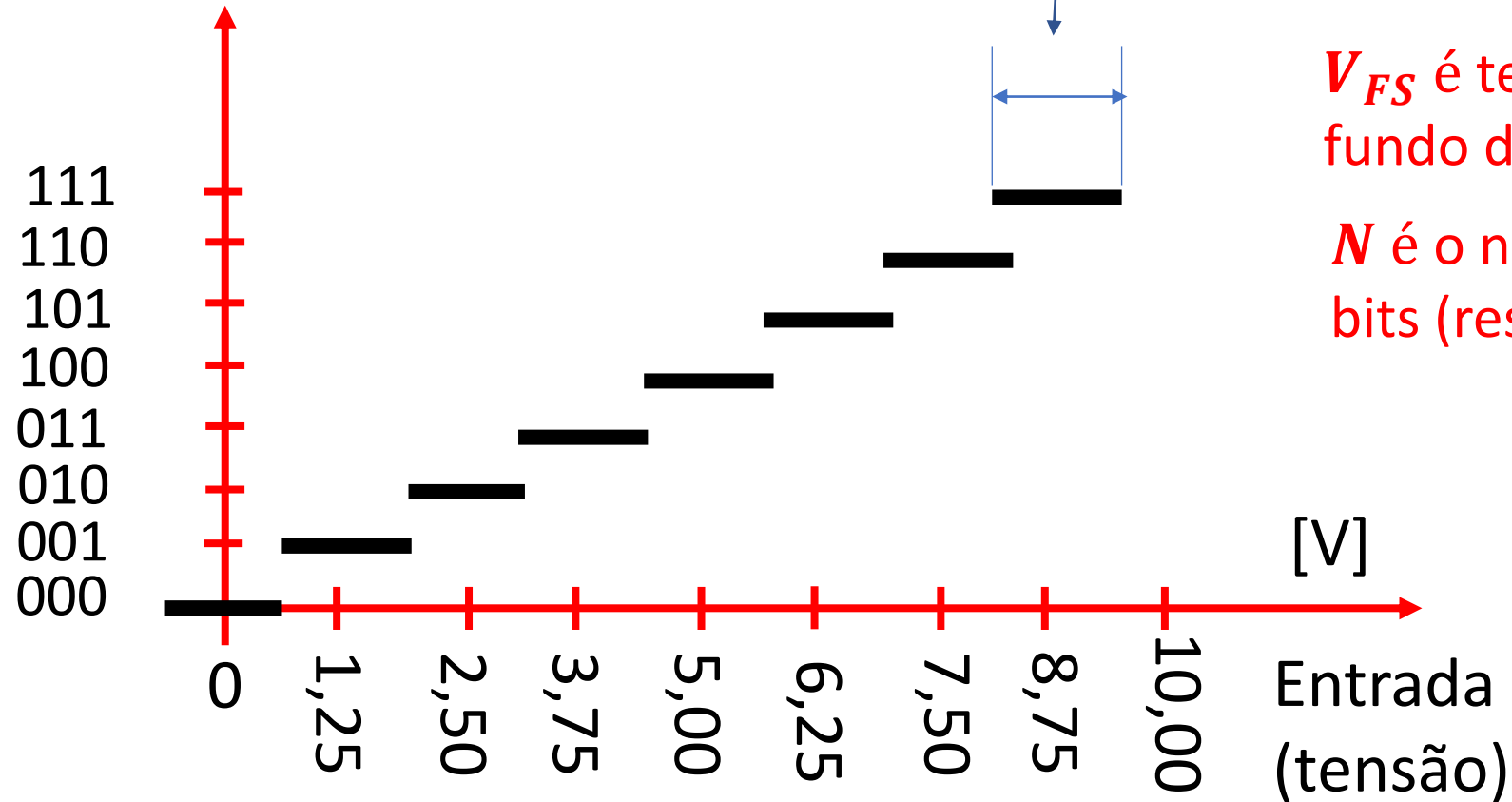
Representando o processo do exemplo anterior na forma de **função de transferência**:



# Passo de quantização ou LSB:

$$LSB = \frac{V_{FS}}{2^N} = \frac{10}{2^3} = 1,25V$$

Saída (código de 3 bits)



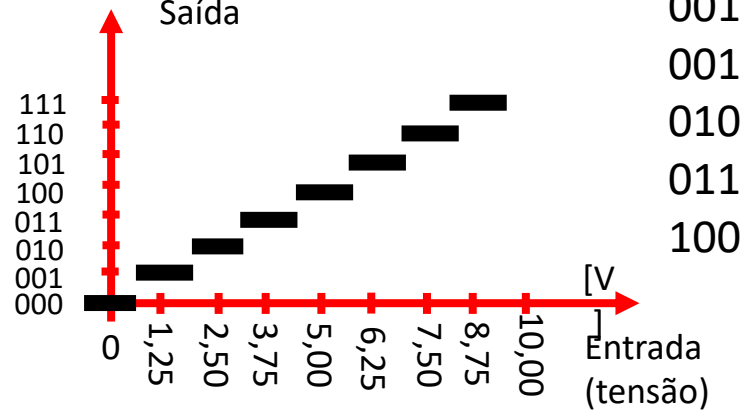
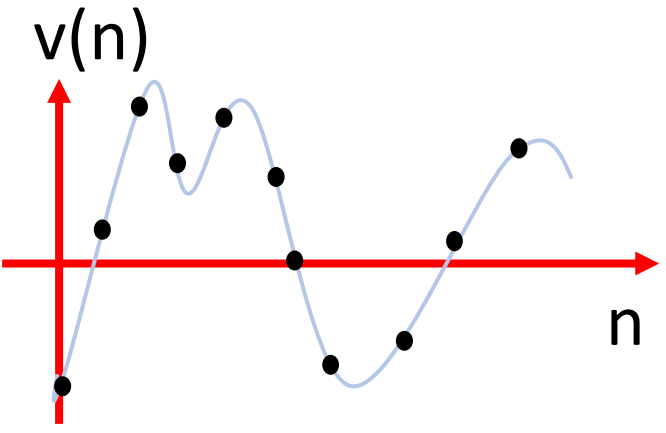
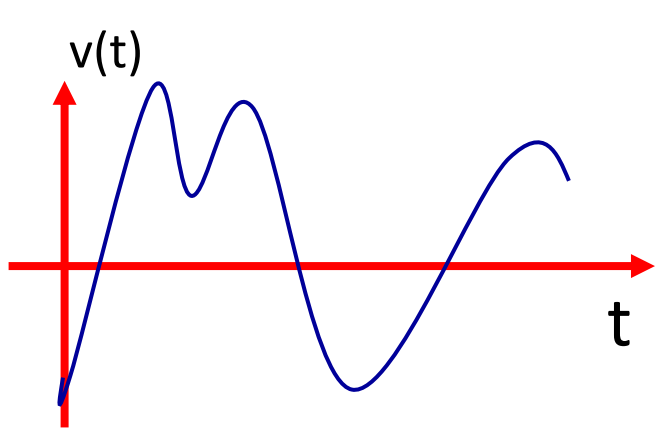
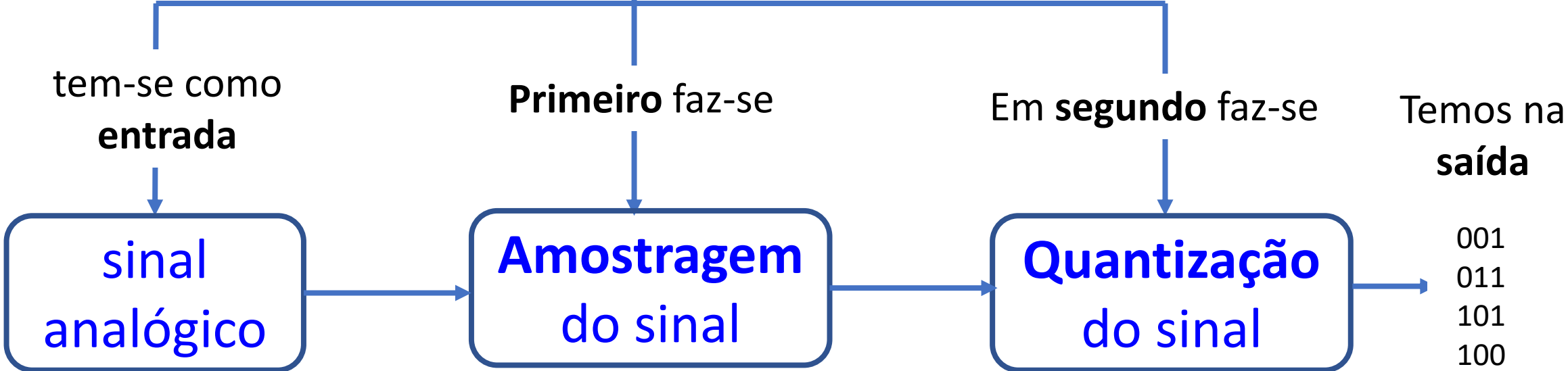
$V_{FS}$  é tensão de fundo de escala

$N$  é o número de bits (resolução)

← Deslocamento de 1/2 divisão (p/ eliminar o "offset")

# REVISÃO

## Conversão AD



- 001
- 011
- 101
- 100
- 011
- 001
- 001
- 010
- 011
- 100

Objetivos

```
graph TD; A[Objetivos] --> B[conhecer]; A --> C[aprender]; A --> D[observar e analisar]; B --> E[Conceitos<br/>Conversão AD]; C --> F[Utilização de<br/>2 softwares]; D --> G[Comportamento<br/>do conversor AD];
```

conhecer

Conceitos  
Conversão AD

aprender

Utilização de  
2 softwares

observar e  
analisar

Comportamento  
do conversor AD



# Objetivos

```
graph TD; A[Objetivos] --> B[conhecer]; A --> C[aprender]; A --> D[observar e analisar]; B --> E[Conceitos Conversão AD]; C --> F[Utilização de 2 softwares]; D --> G[Comportamento do conversor AD];
```

conhecer

Conceitos  
Conversão AD

aprender

Utilização de  
2 softwares

observar e  
analisar

Comportamento  
do conversor AD

SOFTWARE  
(Executável do LabVIEW)

utilizaremos

Tabela de  
Conversão

Conversão AD

# Tabela dos Valores do Conversor Analógico/Digital

Total = 128 Pág.

Fundo de Escala (V)

LSB (V)

0,00488281

1/2 LSB (V)

0,00244141

SAIR

Página

105

Cód.(int16)	Tensão (V)	Cód.( hex)	Cód .(Binário)	Cód.(int16)	Tensão (V)	Cód.( hex)	Cód .(Binário)
840	4,10156250	00348	001101001000	848	4,14062500	00350	001101010000
841	4,10644531	00349	001101001001	849	4,14550781	00351	001101010001
842	4,11132812	0034A	001101001010	850	4,15039062	00352	001101010010
843	4,11621094	0034B	001101001011	851	4,15527344	00353	001101010011
844	4,12109375	0034C	001101001100	852	4,16015625	00354	001101010100
845	4,12597656	0034D	001101001101	853	4,16503906	00355	001101010101
846	4,13085937	0034E	001101001110	854	4,16992187	00356	001101010110
847	4,13574219	0034F	001101001111	855	4,17480469	00357	001101010111

### Conversão AD

**XY** EIXO X Autoscale OFF  
EIXO Y Autoscale OFF



#### Cursores

<b>1</b>	Tempo	0
	Tensão	0
<b>2</b>	Tempo	0
	Tensão	0
dV	0	
dt	0	1/dt 0



ADC Signal Real Signal

