

# E209

# Sistemas Microcontrolados e Microprocessados

Prof. João Magalhães

**Inatel**

CAMINHOS  
QUE CONECTAM  
COM O FUTURO

# Analog Digital Converter - ADC

## Introdução

Qualquer sistema que possua um microcontrolador, trabalha internamente apenas com dados digitais. Essas entradas digitais de um microcontrolador são “lidas” e interpretadas por apenas dois níveis lógicos: BAIXO e ALTO.

Como referências são usados os valores 0V e 5V.

Já, os dados lidos em uma entrada analógica podem assumir infinitos valores em uma faixa pré-estabelecida (normalmente entre 0V e 5V).

Variáveis analógicas são fundamentais pois representam medições de grandezas físicas, como tensão, temperatura, vazão, pressão, entre outras.



# Analog Digital Converter - ADC

## Introdução

Valores analógicos lidos por um pino devem ser convertidos para um valor digital que o represente.

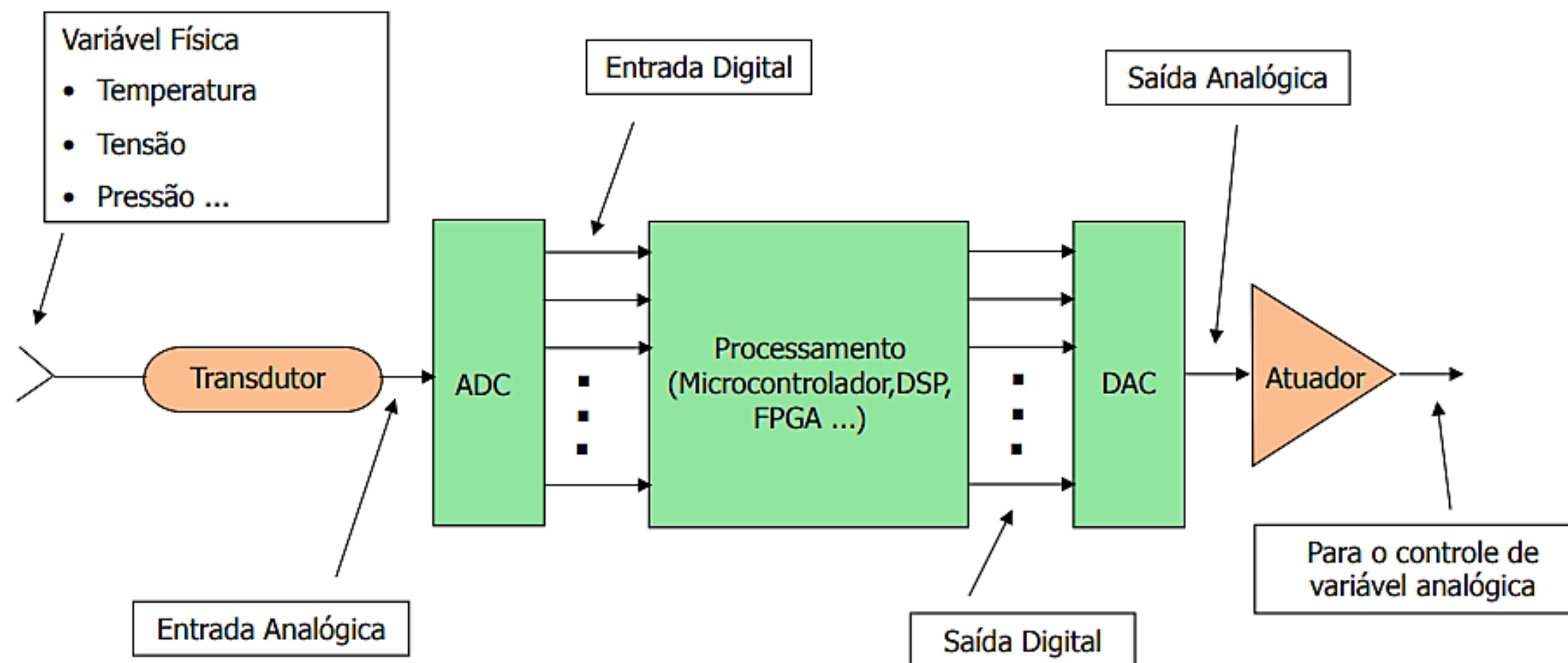
Este trabalho é feito por meio de um conversor Analógico - Digital (conversor A/D ou ADC).

Este tipo de conversor é encontrado tanto na forma de circuitos integrados quanto já embutidos dentro de microcontroladores, como é o caso do AVR.



# Analog Digital Converter - ADC

## Estrutura

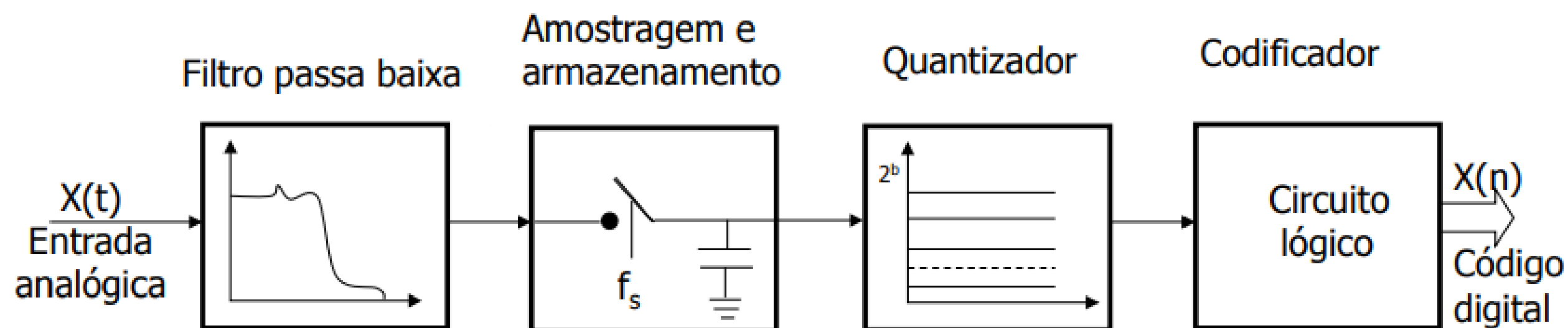






# Analog Digital Converter - ADC

Como é realizada a conversão?

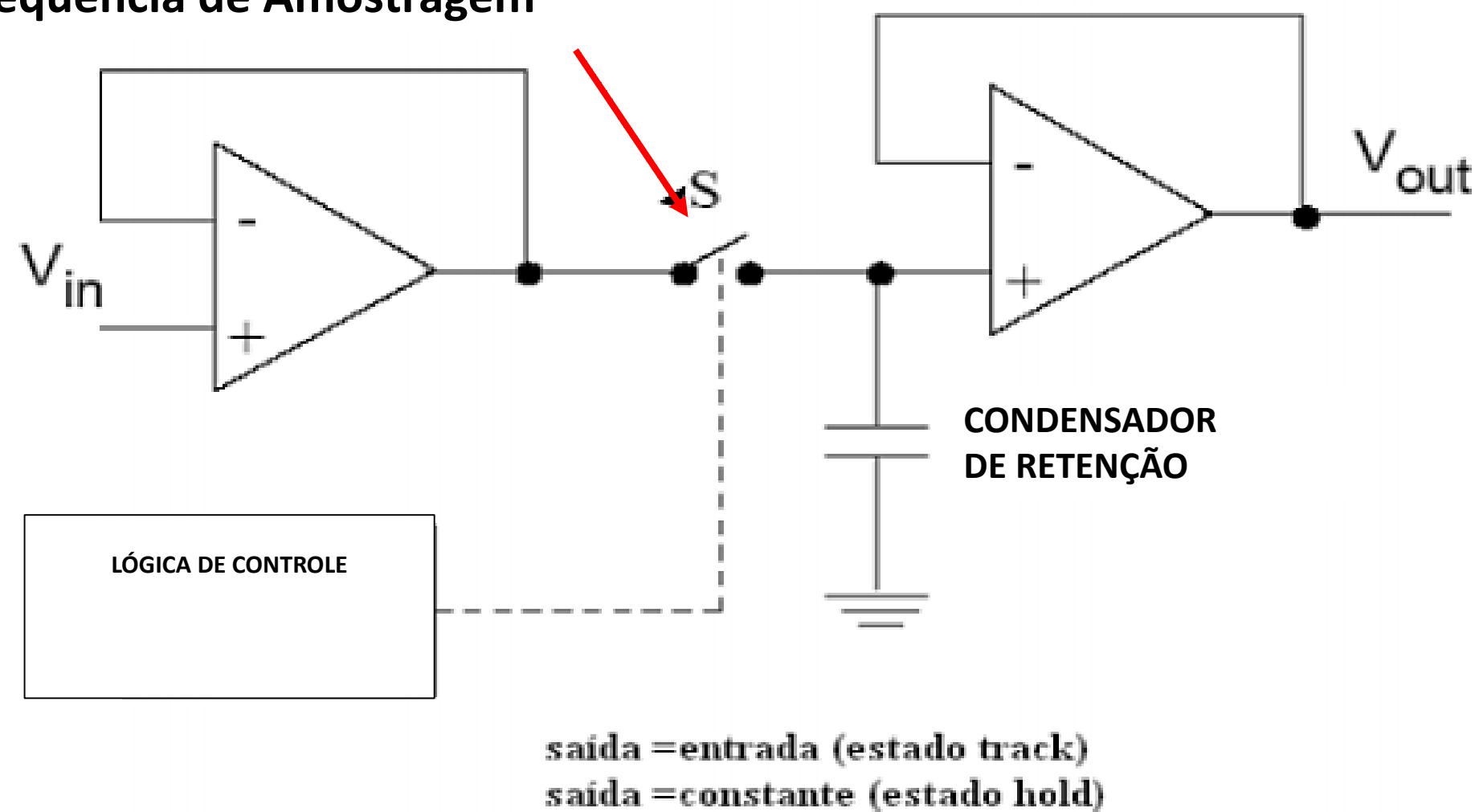




# Analog Digital Converter - ADC

Como é realizada a conversão?

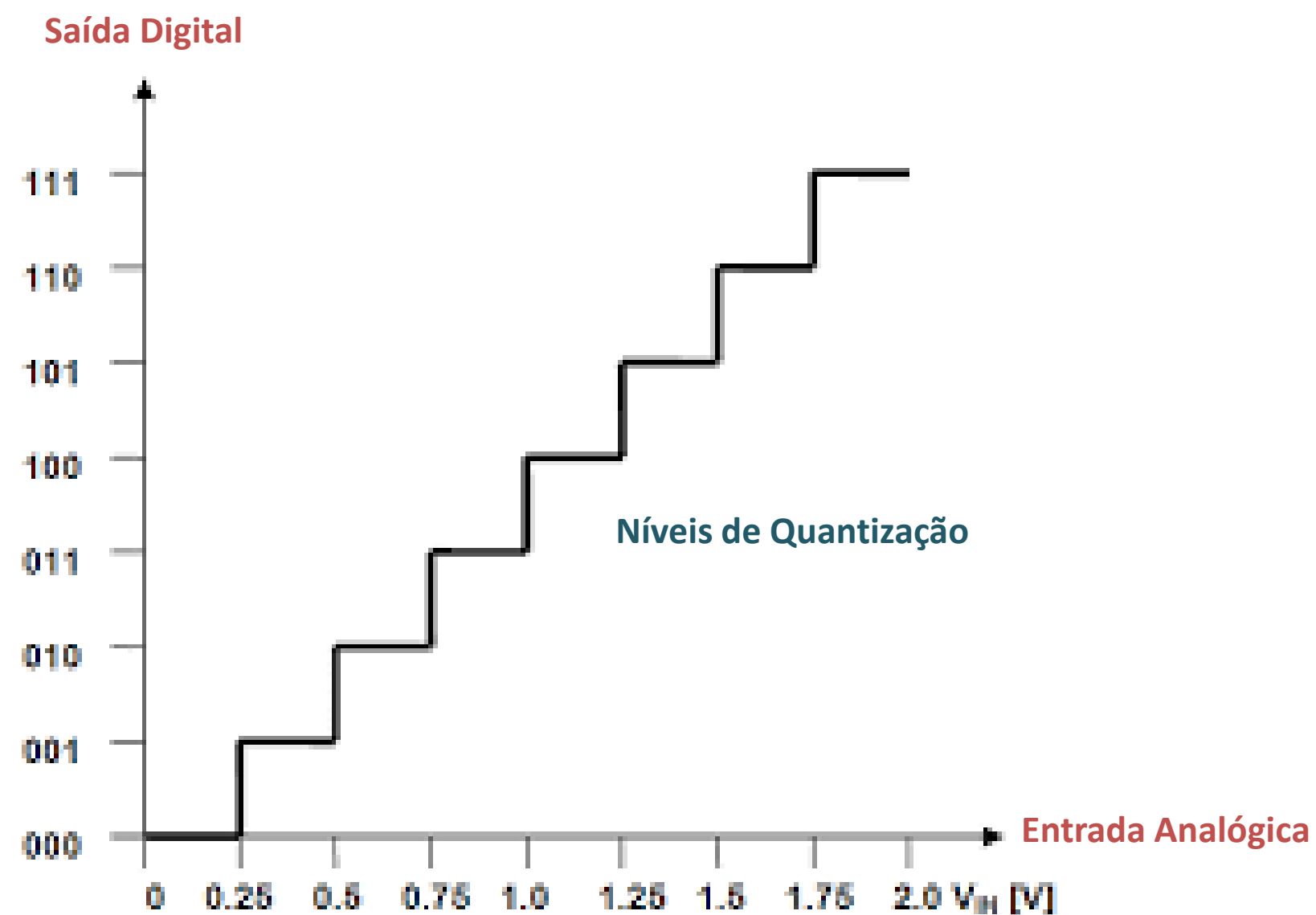
Frequência de Amostragem





# Analog Digital Converter - ADC

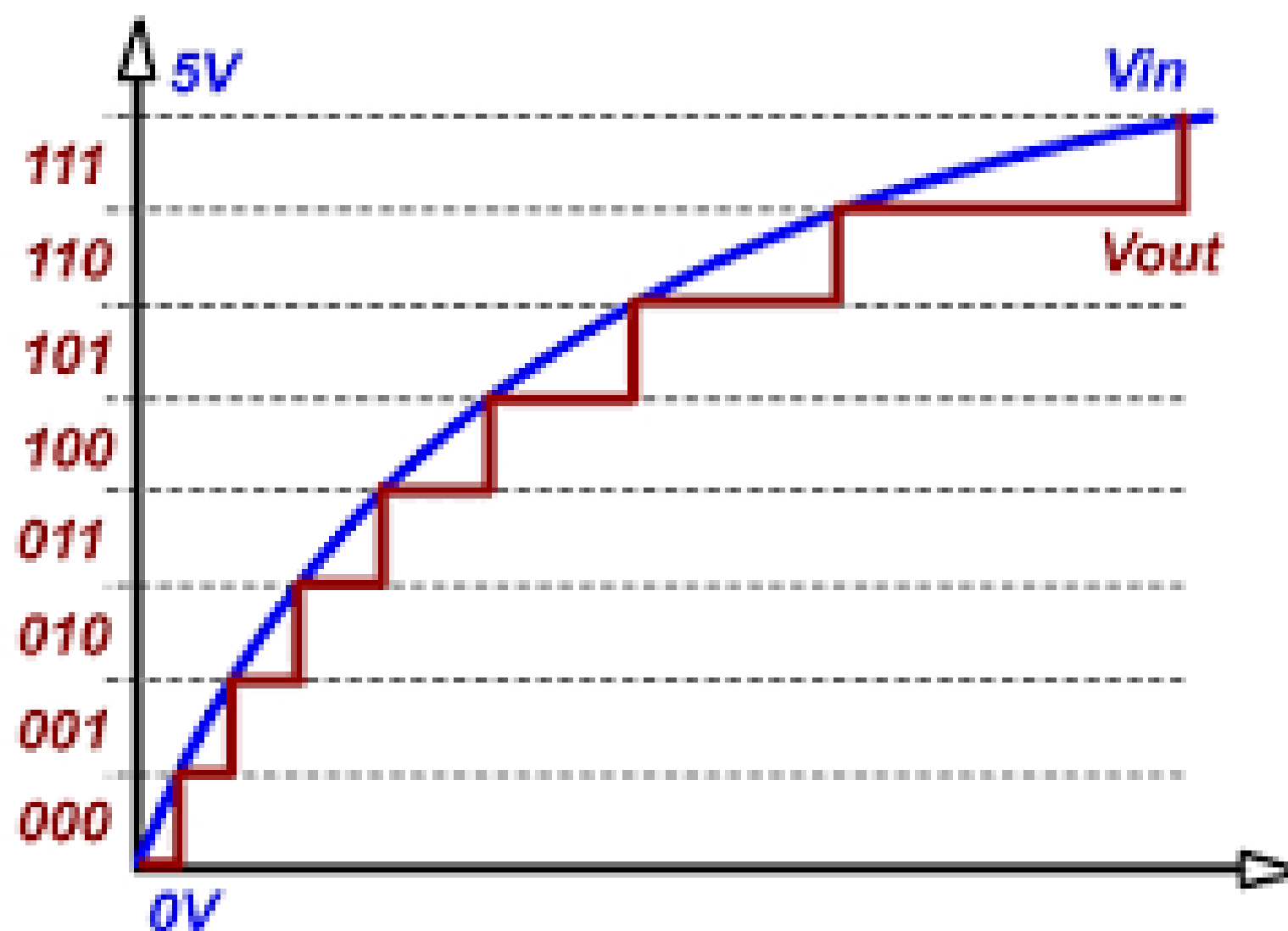
Como é realizada a conversão?





# Analog Digital Converter - ADC

Como é realizada a conversão?





# Analog Digital Converter - ADC

## Funcionamento no Microcontrolador

O ATMEGA328p dispõe de 6 pinos (PC0 – PC5) que podem realizar a leitura de uma tensão máxima de 5V.

Um conversor A/D quantifica o valor analógico conforme a quantidade de bits da sua resolução.

A resolução de um conversor A/D é dada pela seguinte equação:

$$Resolução = \frac{V_{ref}}{2^n - 1}$$

$V_{ref}$  → Tensão de Referência do conversor A/D (normalmente 5V)

$n$  → Número de bits do conversor



# Analog Digital Converter - ADC

## Funcionamento no Microcontrolador

O conversor A/D do AVR possui 10 bits de resolução, a sua tensão de entrada pode variar de 0V até o valor de VCC. Dessa forma, o menor valor que pode ser lido será:

$$Resolução = \frac{5}{2^{10} - 1} = 4,88[mV]$$

Este é o valor que representa o degrau para uma conversão em 10 bits com referência em 5V.





# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7C)	<b>REFS1</b>	<b>REFS0</b>	<b>ADLAR</b>	—	<b>MUX3</b>	<b>MUX2</b>	<b>MUX1</b>	<b>MUX0</b>	<b>ADMUX</b>
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal $V_{ref}$ turned off
0	1	$AV_{CC}$ with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 1.1V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADMUX

**ADLAR = 0**

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
(0x79)	—	—	—	—	—	—	ADC9	ADC8
(0x78)	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0
	7	6	5	4	3	2	1	0

**ADLAR = 1**

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
(0x79)	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2
(0x78)	ADC1	ADC0	—	—	—	—	—	—
	7	6	5	4	3	2	1	0

Bit  
(0x7C)  
Read/Write  
Initial Value

7	6	5	4	3	2	1	0	
REFS1	REFS0	ADLAR	—	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

ADCH  
ADCL

ADCH  
ADCL



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADMUX

MUX3...0	Single Ended Input
0000	ADC0
0001	ADC1
0010	ADC2
0011	ADC3
0100	ADC4
0101	ADC5
0110	ADC6
0111	ADC7
1000	ADC8 <sup>(1)</sup>
1001	(reserved)
1010	(reserved)
1011	(reserved)
1100	(reserved)
1101	(reserved)
1110	1.1V (V <sub>BG</sub> )
1111	0V (GND)

Note: 1. For Temperature Sensor.

Bit (0x7C)	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7A)	<b>ADEN</b>	<b>ADSC</b>	<b>ADATE</b>	<b>ADIF</b>	<b>ADIE</b>	<b>ADPS2</b>	<b>ADPS1</b>	<b>ADPS0</b>	<b>ADCSRA</b>
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	





# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADCSRA

- ADEN
  - 0 – Desliga o conversor
  - 1 – Liga o conversor
- ADSC
  - 1 – Inicia a conversão
  - 0 – Indica que a conversão foi finalizada

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7A)	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADCSRA

- ADIF
  - Flag de interrupção
- ADIE
  - 0 – Interrupção Desabilitada
  - 1 – Interrupção Habilitada

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7A)	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADCSRA

- ADPS2 a ADPS0
  - Prescaler

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7A)	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores – DIDR0

### DIDR0 – Digital Input Disable Register 0

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
0x7E	–	–	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D



# Analog Digital Converter - ADC

## Manipulação de Registradores - ADC

- Armazena o resultado de conversão no formato configurado.
- Podem ser utilizados os registradores ADCH e ADCL separadamente.

# Prof. João Magalhães

## Horário de Atendimento:

- Segunda-feira: 17h30
- Quinta-feira: 19h30

E-mail: [joao.magalhaes@inatel.br](mailto:joao.magalhaes@inatel.br)

Celular: (35) 99895-4450

Linkedin: <https://www.linkedin.com/in/joaomagalhaespaiva/>

