

FIAP GRADUAÇÃO

ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Microcontroladores e Microprocessadores

PROF. Tiago Henrique

CONTEÚDO DO CURSO

OBJETIVO

- Conhecer o conceito de sinais analógicos;
- Conhecer o conceito de sinais digitais;
- Saber a conversão entre sinal analógico e digital (A/D);
- Aplicar a conversão A/D no PIC18F

1. Introdução

1. Introdução

Conversor Analógico para Digital.



1. Introdução

Situação Prática:

- Um Engenheiro da Computação responsável pela produção de música que envolve diversos artistas, precisa processar as gravações originais, feitas por meio de um microfone, para que possuam a melhor qualidade possível.
- Para isso, o engenheiro utilizará para melhoramento do sinal adquirido (voz e instrumentos); softwares que possam manipular tais sinais.
- Como converter os sinais gerados. para que, dentro de um sistema microprocessado possam, ser analisados e modificados de modo a melhorar a qualidade da música ?
- A resposta para essa e outras perguntas estão nessa aula sobre conversores “analógicos para digital”, mais conhecidos como A/D.

1. Introdução

Situação Prática:

- Um Engenheiro da Computação responsável pela produção de música que envolve diversos artistas, precisa processar as gravações originais, feitas por meio de um microfone, para que possuam a melhor qualidade possível.
- Para isso, o engenheiro utilizará para melhoramento do sinal adquirido (voz e instrumentos); softwares que possam manipular tais sinais.
- Como converter os sinais gerados. para que, dentro de um sistema microprocessado possam, ser analisados e modificados de modo a melhorar a qualidade da música ?
- A resposta para essa e outras perguntas estão nessa aula sobre conversores “analógicos para digital”, mais conhecidos como A/D.

1. Introdução

Situação Prática:

- Um Engenheiro da Computação responsável pela produção de música que envolve diversos artistas, precisa processar as gravações originais, feitas por meio de um microfone, para que possuam a melhor qualidade possível.
- Para isso, o engenheiro utilizará para melhoramento do sinal adquirido (voz e instrumentos); softwares que possam manipular tais sinais.
- Como converter os sinais gerados. para que, dentro de um sistema microprocessado possam, ser analisados e modificados de modo a melhorar a qualidade da música ?
- A resposta para essa e outras perguntas estão nessa aula sobre conversores “analógicos para digital”, mais conhecidos como A/D.

1. Introdução

Situação Prática:

- Um Engenheiro da Computação responsável pela produção de música que envolve diversos artistas, precisa processar as gravações originais, feitas por meio de um microfone, para que possuam a melhor qualidade possível.
- Para isso, o engenheiro utilizará para melhoramento do sinal adquirido (voz e instrumentos); softwares que possam manipular tais sinais.
- Como converter os sinais gerados. para que, dentro de um sistema microprocessado possam, ser analisados e modificados de modo a melhorar a qualidade da música ?
- A resposta para essa e outras perguntas estão nessa aula sobre conversores “analógicos para digital”, mais conhecidos como A/D.

1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

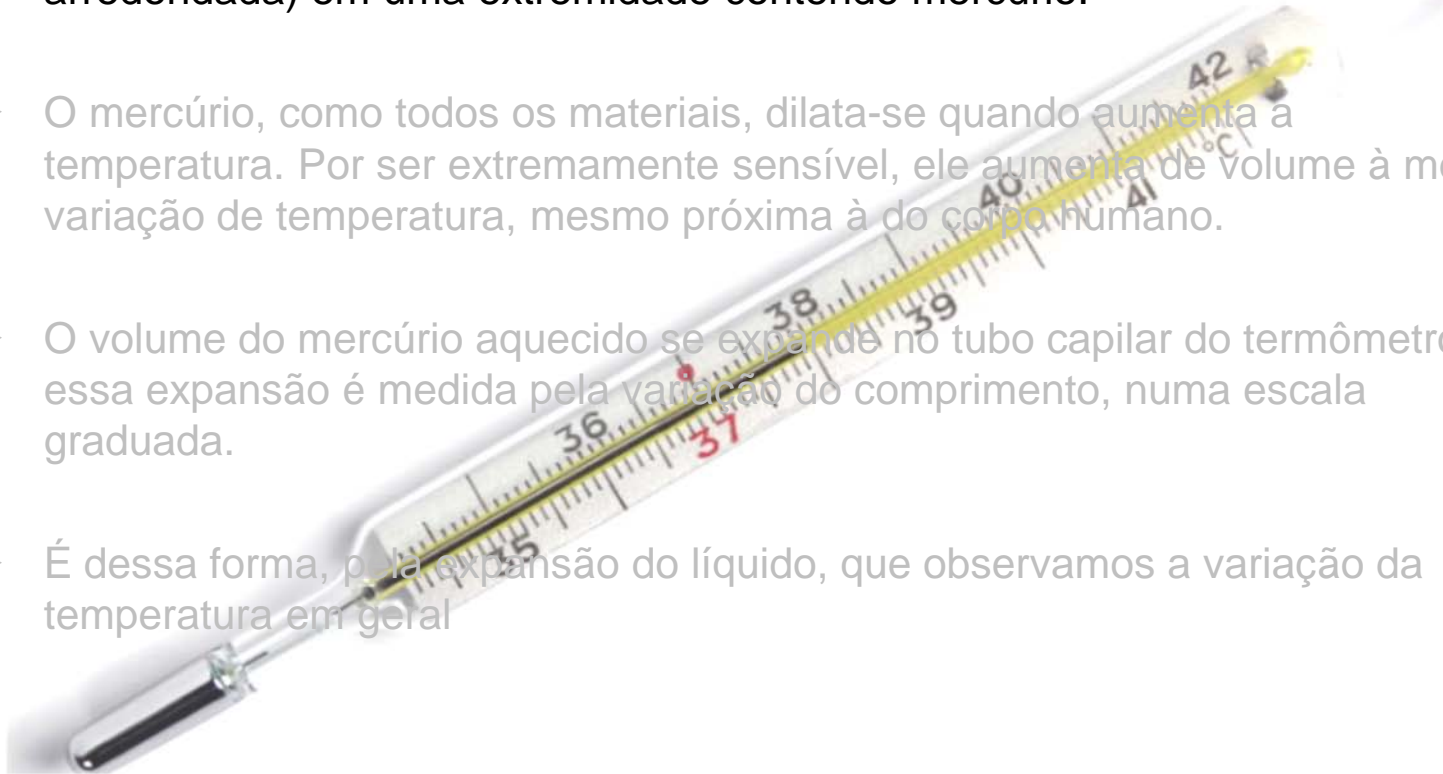
- Imagine a medição de temperatura ambiente utilizando um termômetro;
- Pode-se para isso utilizar um termômetro a base de mercúrio, como o mostrado a seguir:



1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

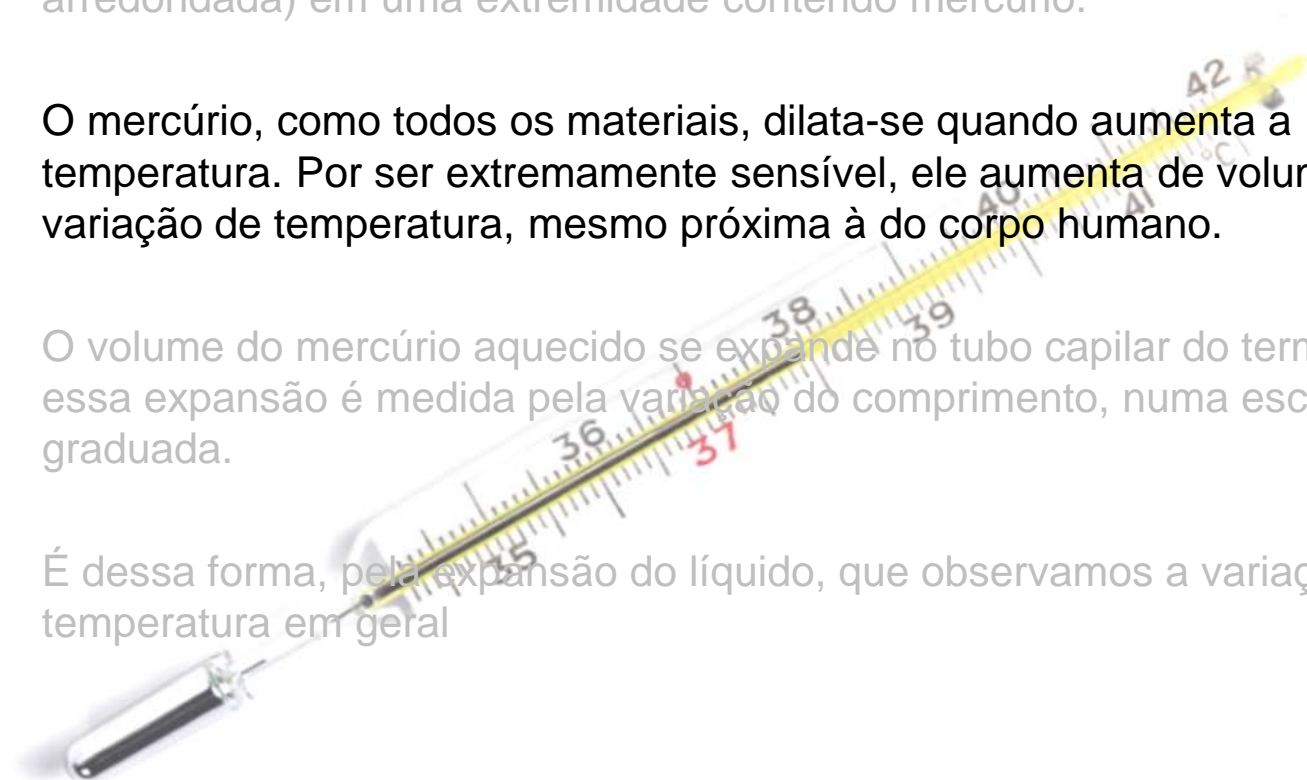
- O termômetro de mercúrio é consiste basicamente de um tubo capilar (fino como o cabelo) de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo (espécie de bolha arredondada) em uma extremidade contendo mercúrio.
- O mercúrio, como todos os materiais, dilata-se quando aumenta a temperatura. Por ser extremamente sensível, ele aumenta de volume à menor variação de temperatura, mesmo próxima à do corpo humano.
- O volume do mercúrio aquecido se expande no tubo capilar do termômetro. E essa expansão é medida pela variação do comprimento, numa escala graduada.
- É dessa forma, pela expansão do líquido, que observamos a variação da temperatura em geral



1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

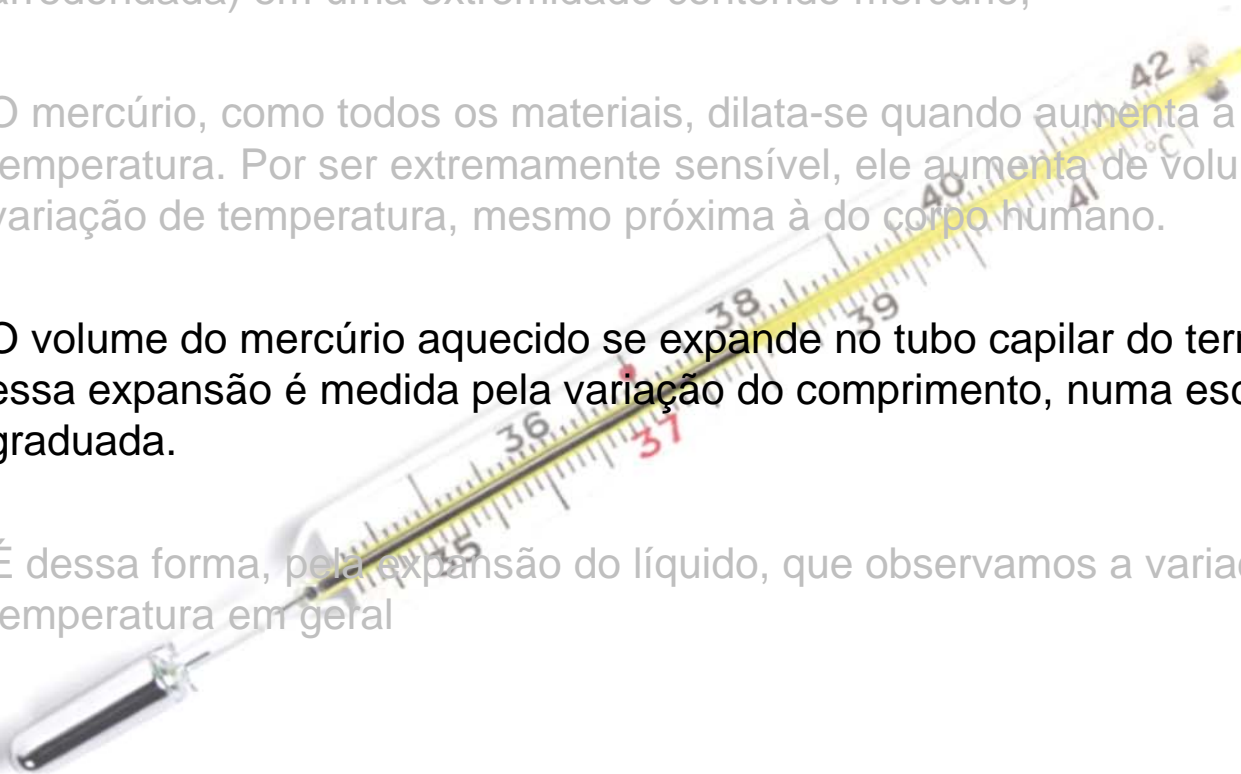
- O termômetro de mercúrio consiste basicamente de um tubo capilar (fino como o cabelo) de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo (espécie de bolha arredondada) em uma extremidade contendo mercúrio.
- O mercúrio, como todos os materiais, dilata-se quando aumenta a temperatura. Por ser extremamente sensível, ele aumenta de volume à menor variação de temperatura, mesmo próxima à do corpo humano.
- O volume do mercúrio aquecido se expande no tubo capilar do termômetro. E essa expansão é medida pela variação do comprimento, numa escala graduada.
- É dessa forma, pela expansão do líquido, que observamos a variação da temperatura em geral



1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

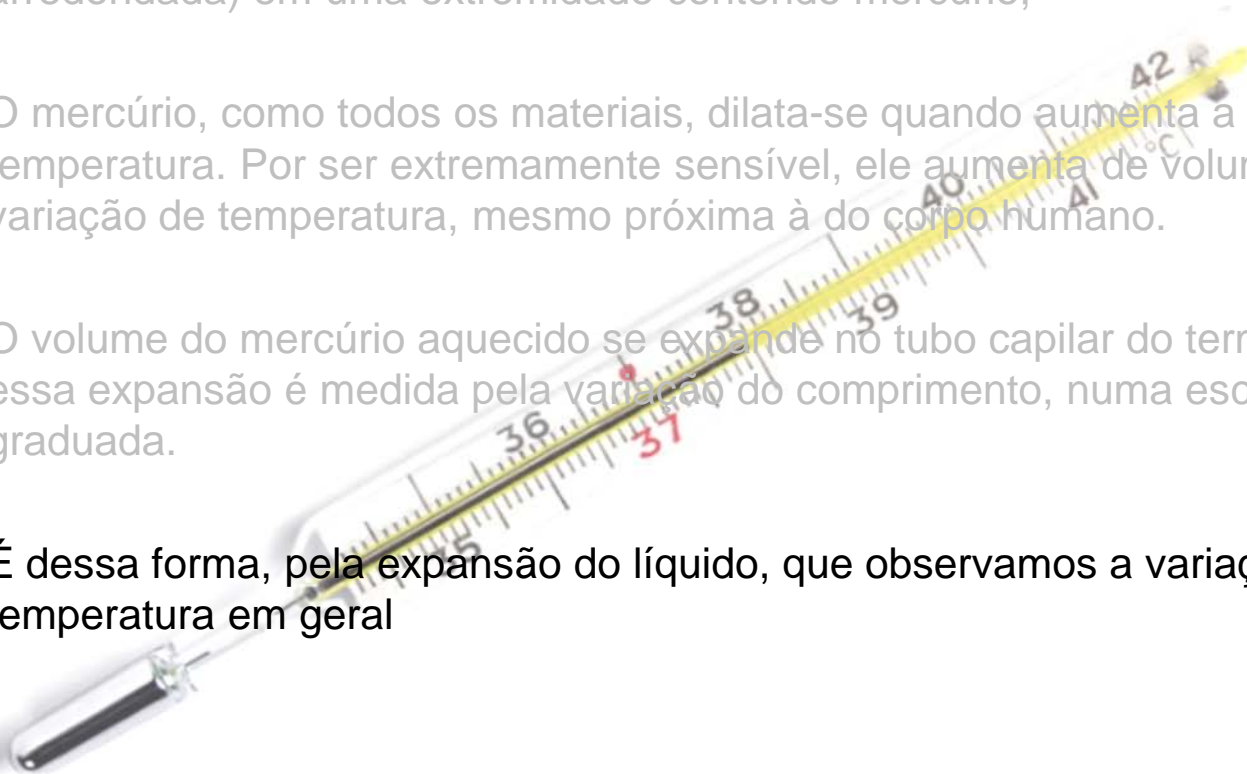
- O termômetro de mercúrio consiste basicamente de um tubo capilar (fino como o cabelo) de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo (espécie de bolha arredondada) em uma extremidade contendo mercúrio;
- O mercúrio, como todos os materiais, dilata-se quando aumenta a temperatura. Por ser extremamente sensível, ele aumenta de volume à menor variação de temperatura, mesmo próxima à do corpo humano.
- O volume do mercúrio aquecido se expande no tubo capilar do termômetro. E essa expansão é medida pela variação do comprimento, numa escala graduada.
- É dessa forma, pela expansão do líquido, que observamos a variação da temperatura em geral



1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

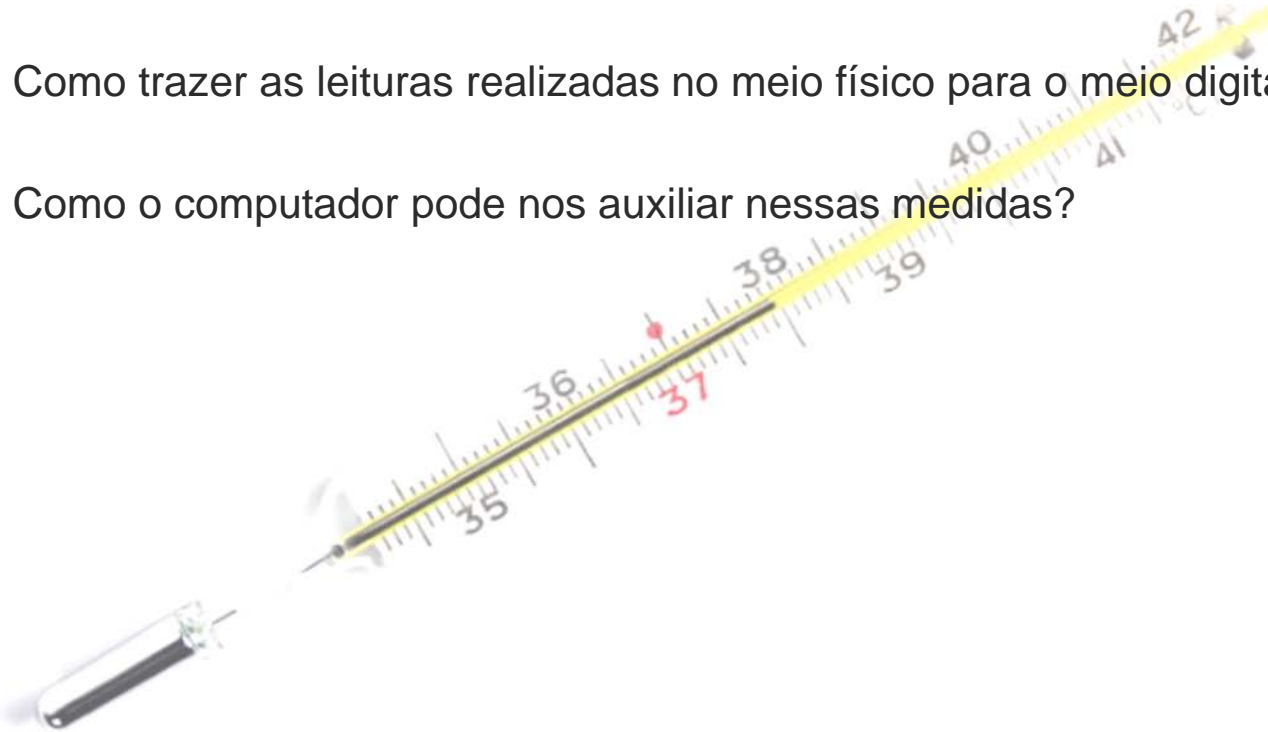
- O termômetro de mercúrio consiste basicamente de um tubo capilar (fino como o cabelo) de vidro, fechado a vácuo, e um bulbo (espécie de bolha arredondada) em uma extremidade contendo mercúrio;
- O mercúrio, como todos os materiais, dilata-se quando aumenta a temperatura. Por ser extremamente sensível, ele aumenta de volume à menor variação de temperatura, mesmo próxima à do corpo humano.
- O volume do mercúrio aquecido se expande no tubo capilar do termômetro. E essa expansão é medida pela variação do comprimento, numa escala graduada.
- É dessa forma, pela expansão do líquido, que observamos a variação da temperatura em geral



1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

- Como “Engenheiros da Computação”, nosso objetivo é realizar tal leitura, utilizando um dispositivo computacional;
- Como trazer as leituras realizadas no meio físico para o meio digital?
- Como o computador pode nos auxiliar nessas medidas?



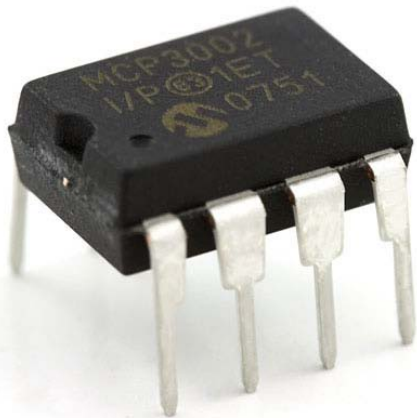
1. Introdução

Conceitos Fundamentais:

- **A resposta para essas perguntas está no: Conversor Analógico Digital.(A/D).**
- **Consiste em um dispositivo (componente eletrônico, ou parte de um microcontrolador) responsável por realizar a conversão de números analógicos (1; 1,5; 2.34; etc) para a forma como o computador os entende: (0001, 00010,10; etc.)**

1. Introdução

Exemplos:

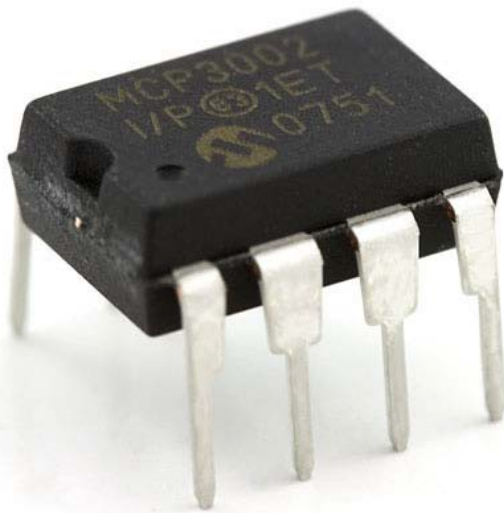


Características:

- Alimentação de 2,7V a 5,5V
- Resolução de 10-bits
- Encapsulamento DIP de 8 pinos
- Interface SPI de 3 contatos
- Até 75.000 amostras por segundo

1. Introdução

Exemplos:



Características:

- Alimentação de 2,7V a 5,5V
- Resolução de 10-bits
- Encapsulamento DIP de 8 pinos
- Interface SPI de 3 contatos
- Até 75.000 amostras por segundo

1. Introdução

Exemplos:

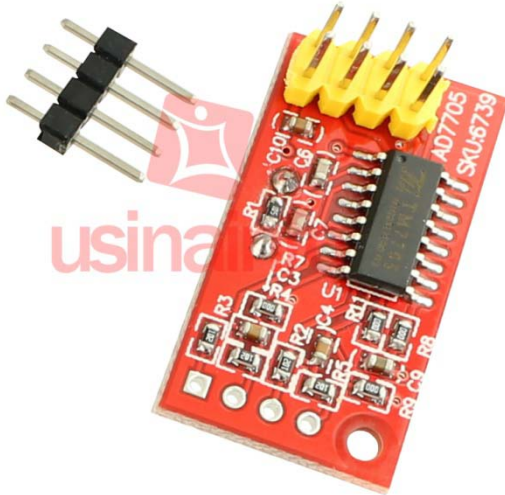


➤ **AD7705** Conversor Analógico Digital de 16 Bits;

➤ Pequeno dispositivo digital capaz de realizar a conversão de sinais analógicos em sinais digitais quando aplicado em projetos com microcontroladores;

1. Introdução

Exemplos:

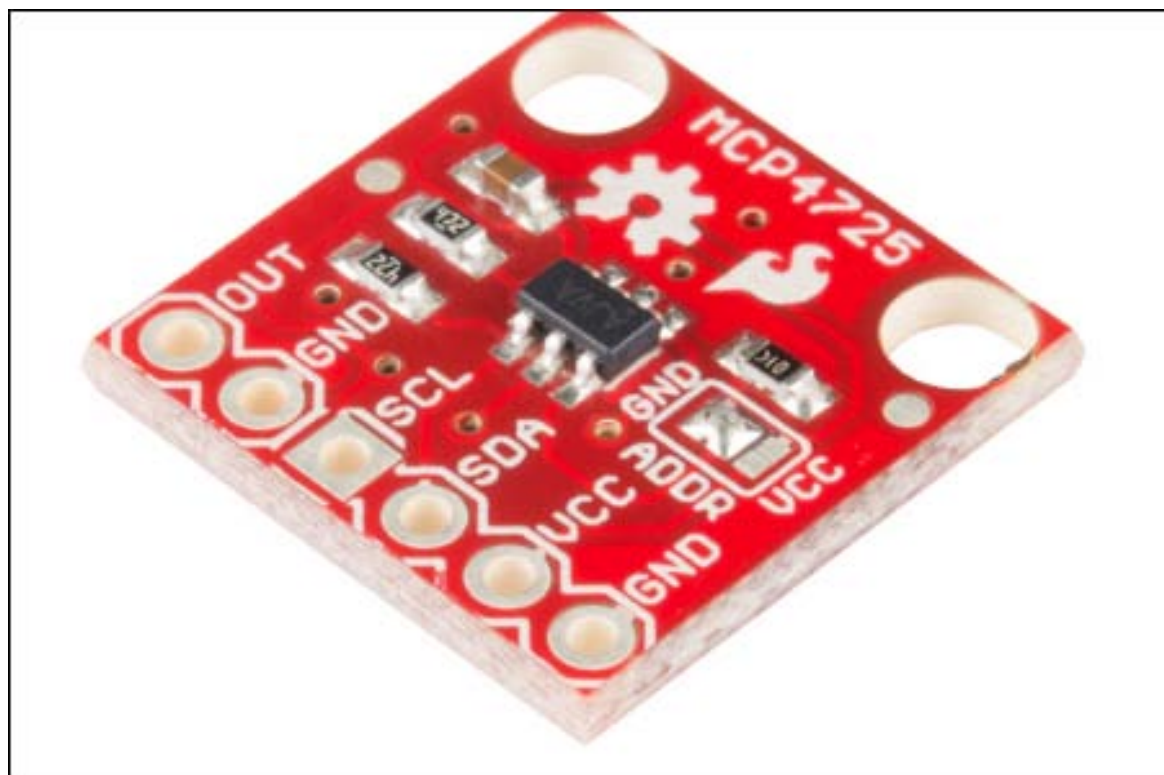


Características:

- Ideal para microcontroladores sem conversor integrado;
- Converte sinais analógicos em digitais;
- Resolução de 16-bits;
- Amplificador de ganho programável de até 128X integrado;
- Tensão de operação: 3.3V-5VDC;
- Comunicação: SPI;
- Resolução: 16-bits;

1. Introdução

Exemplos:



Exemplo: DAC - MCP4725

1. Introdução

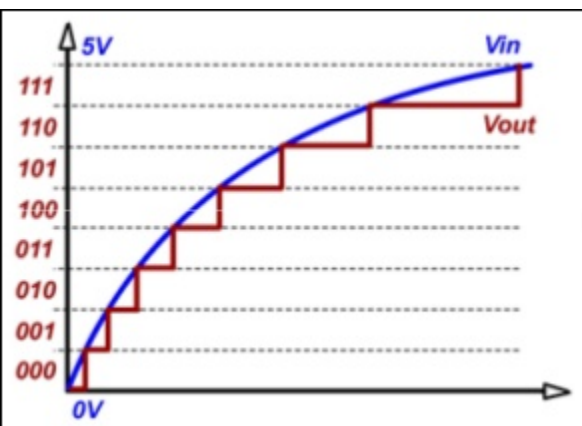
Dados Analógicos x Dados Digitais.



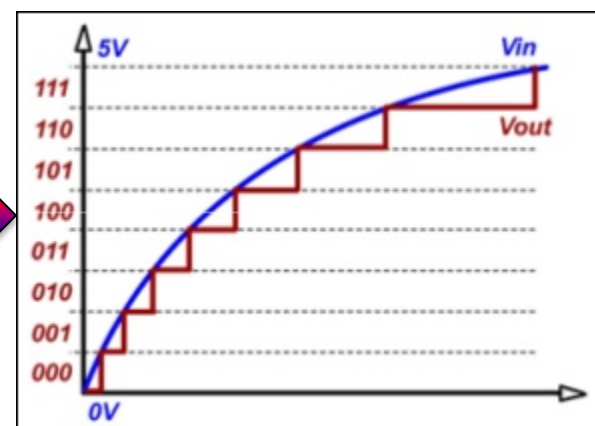
1. Introdução

Exemplos:

Dados Analógicos x Dados Digitais.



Conversor
A/D

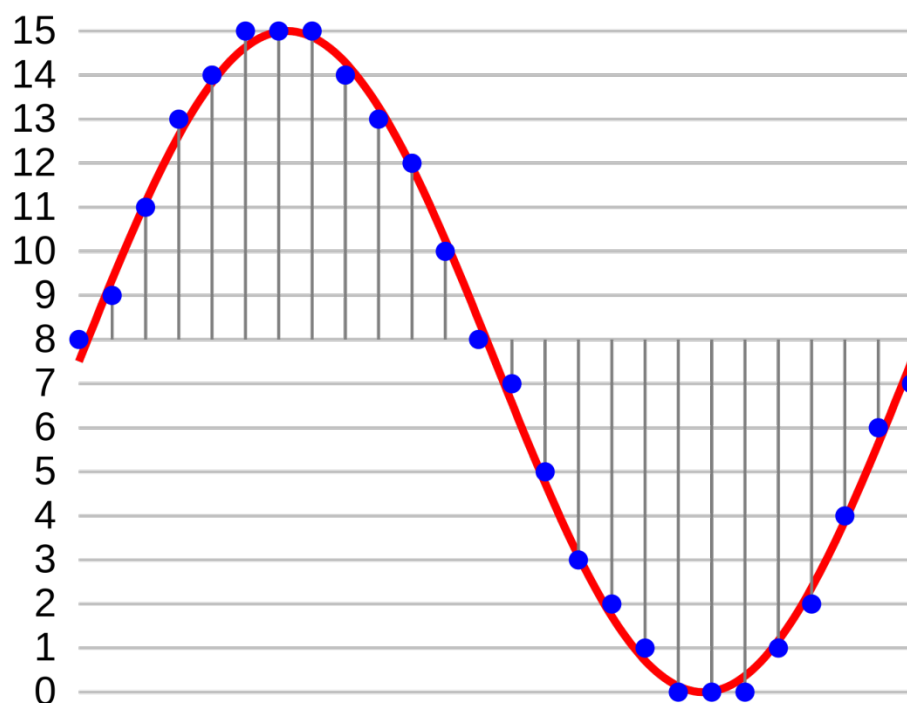


Sinal analógico, em azul, é lido pelo A/D.

Sinal digitalizado, em vermelho, pelo A/D.

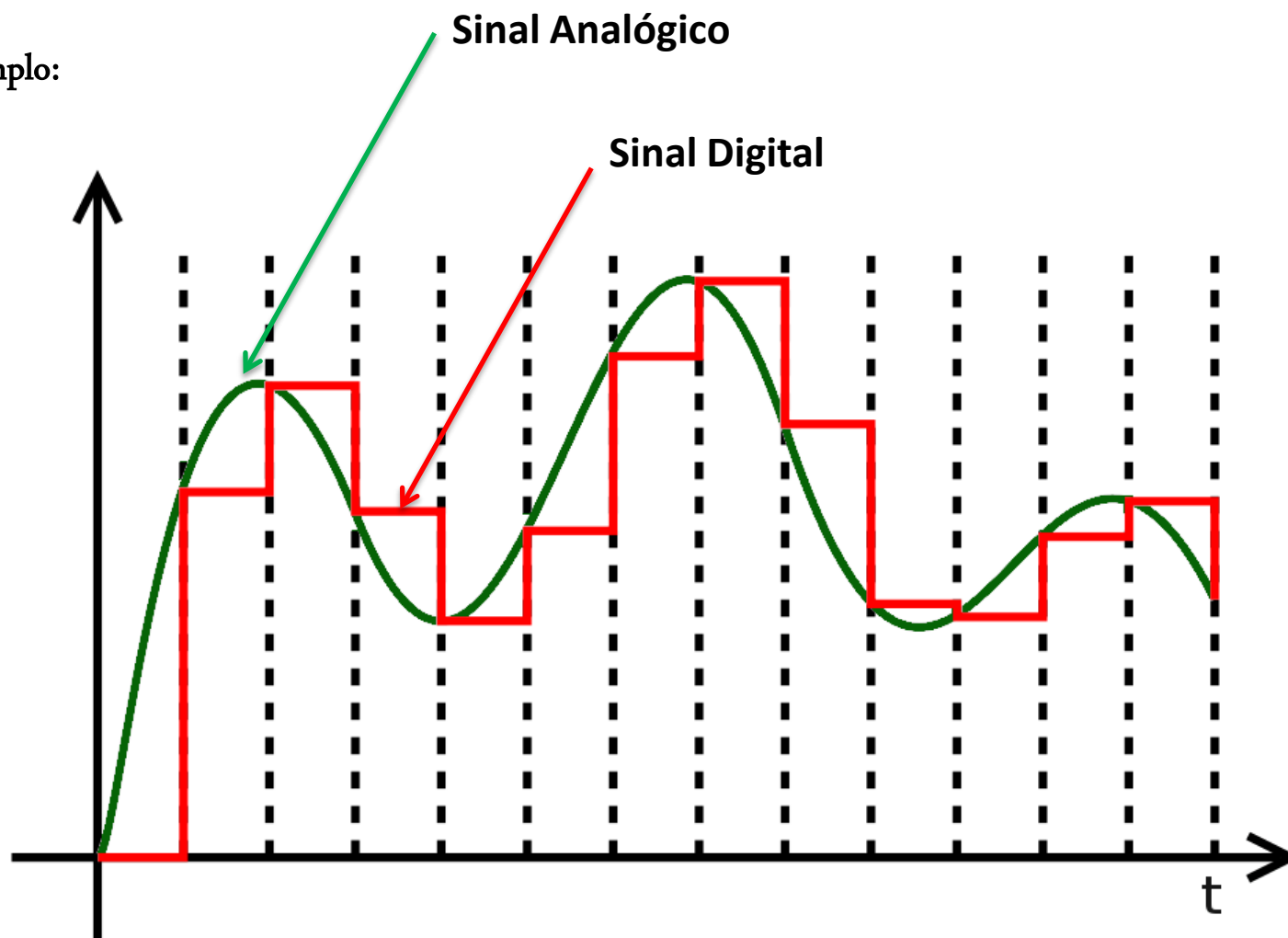
1. Introdução

Exemplo:



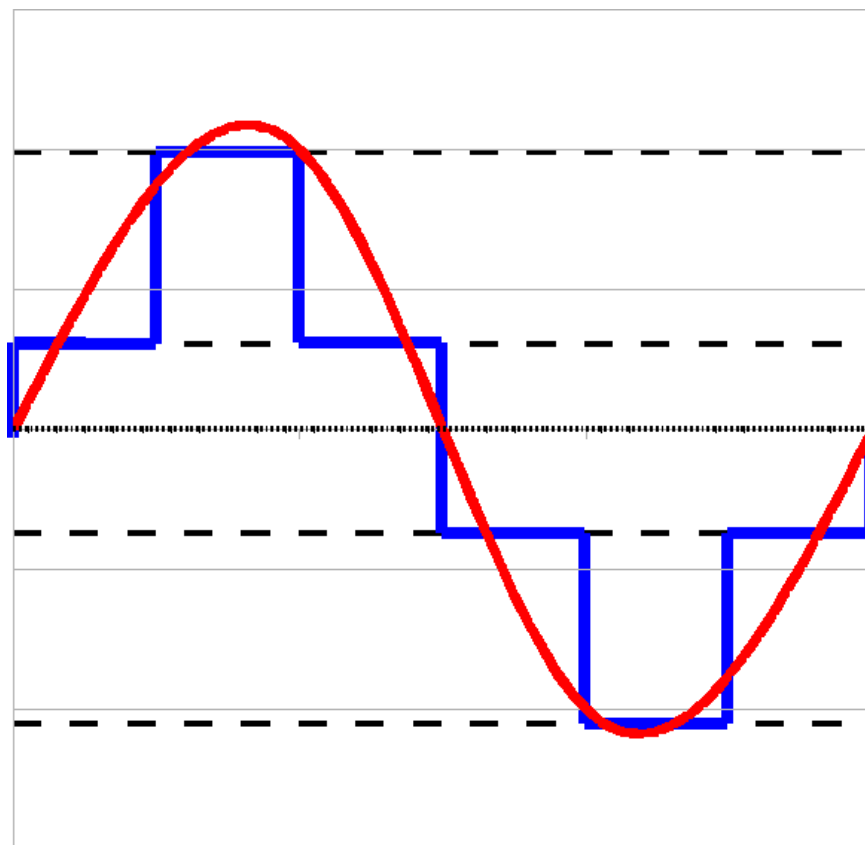
1. Introdução

Exemplo:



1. Introdução

Exemplo:



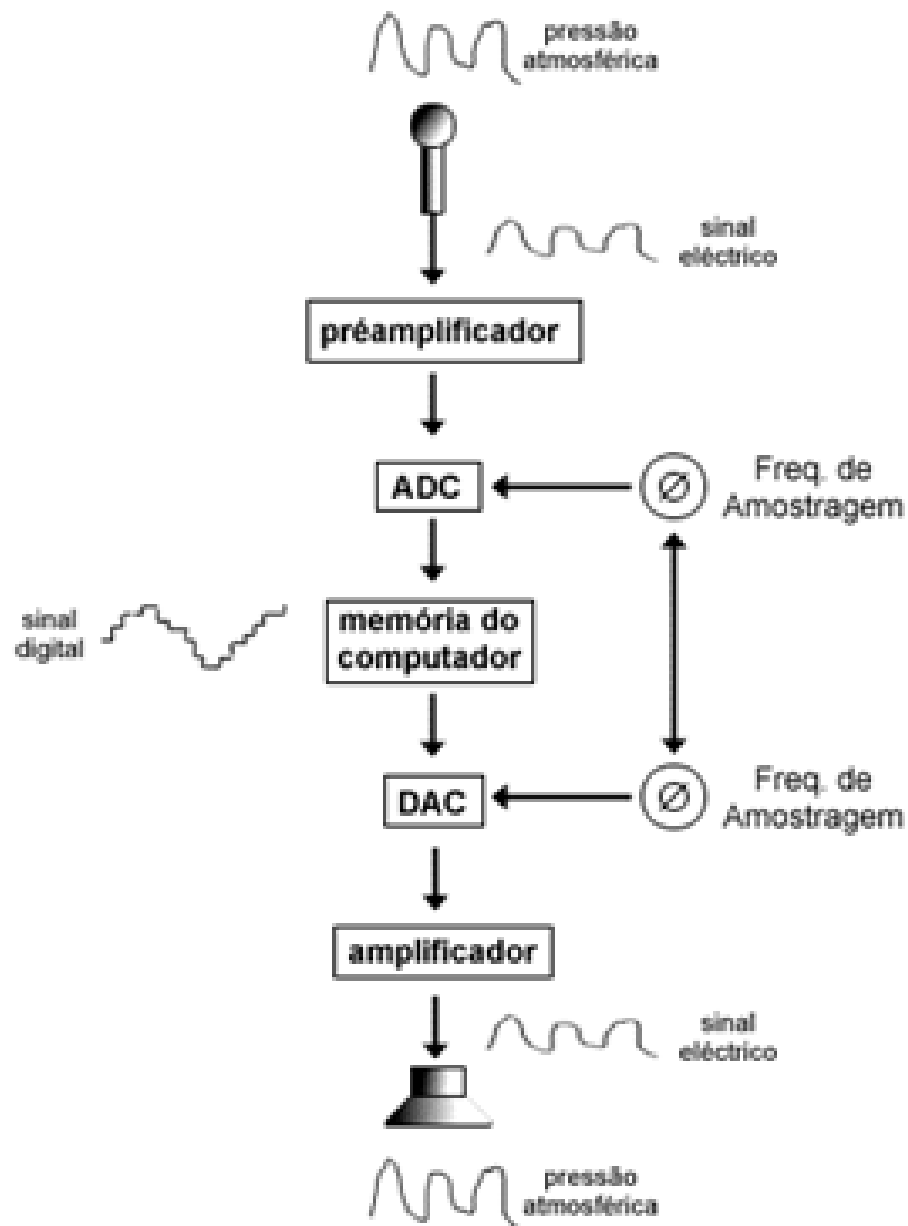
11
10
01
00

1. Introdução

Voltando ao estúdio de gravação...



1. Introdução



PIC18F452

Conversor A/D

2. A/D – PIC18F452

- O microcontrolador PIC18F452 possui um conversor A/D embarcado.
- Permite a conversão de um sinal analógico de entrada ao seu correspondente digital com resolução de 10 bits.
- Registradores IMPORTANTES:
 - ADRESH – Armazena o resultado dos bits mais significativos.
 - ADRESL – Armazena o resultado dos bits menos significativos.
 - ADCON0 – Registrador de controle nº 0
 - ADCON1 – Registrador de controle nº1

2. A/D – PIC18F452

- O microcontrolador PIC18F452 possui um conversor A/D embarcado.
- Permite a conversão de um sinal analógico de entrada ao seu correspondente digital com resolução de 10 bits.
- **Registadores IMPORTANTES:**
 - **ADRESH** – Armazena o resultado dos bits mais significativos.
 - **ADRESL** – Armazena o resultado dos bits menos significativos.
 - **ADCON0** – Registrador de controle nº 0
 - **ADCON1** – Registrador de controle nº1

2. A/D – PIC18F452

➤ **ADCON0:**

- **Controla a operação do módulo A/D;**

➤ **ADCON1:**

- **Configura a função dos pinos de entrada.**

2. A/D – PIC18F452

➤ADCON0:

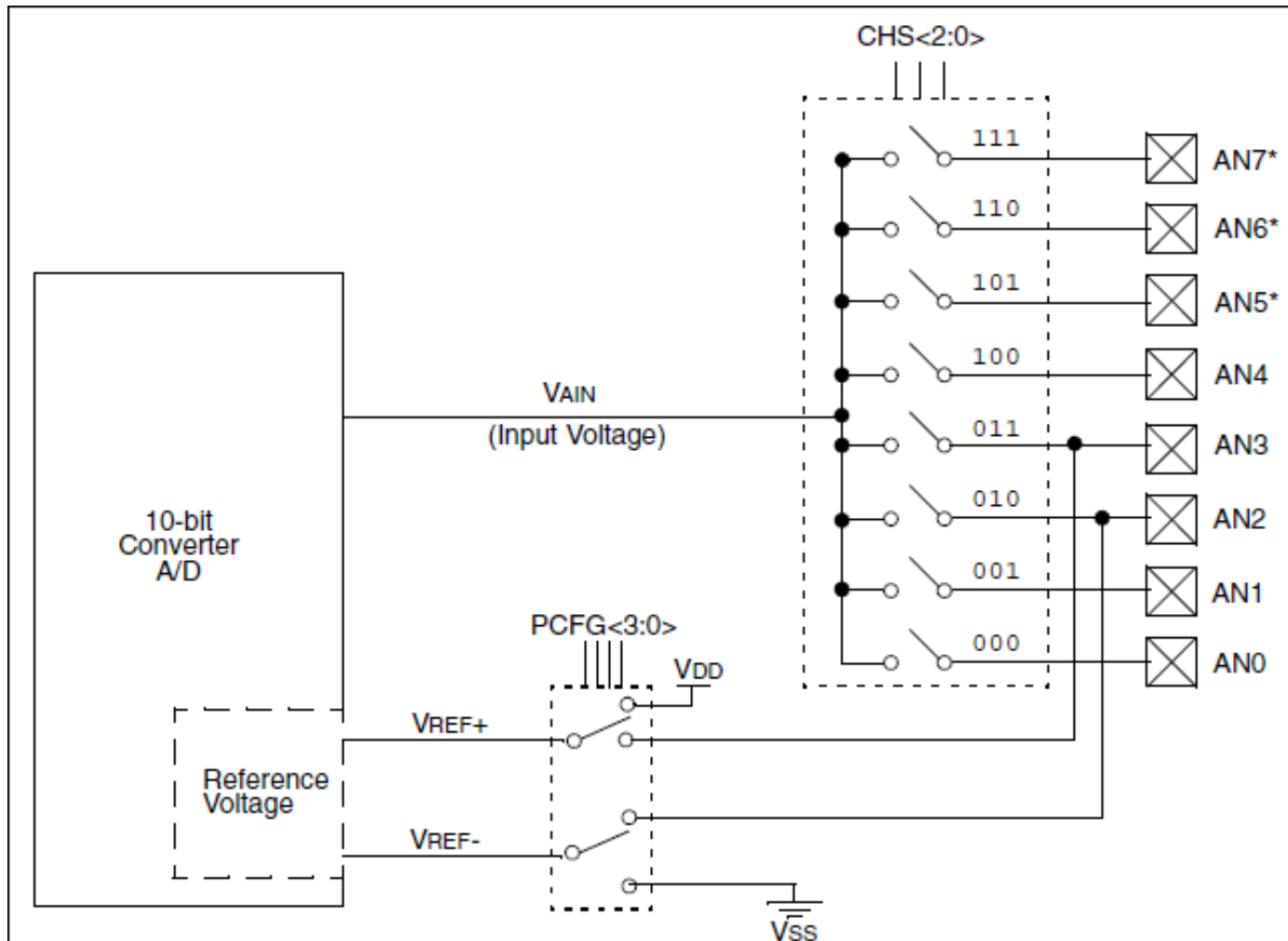
- Controla a operação do módulo A/D;

➤ADCON1:

- Configura a função dos pinos de entrada.

2. A/D – PIC18F452

Diagrama de Blocos (A/D)



* These channels are implemented only on the PIC18F4X2 devices.

2. A/D – PIC18F452

REGISTRADOR ADCON0

ADCON0 REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

2. A/D – PIC18F452

ADCON0 REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

ADCON0 - bits 7:6 e bit 6 ADCON1

ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	$F_{osc}/2$
0	01	$F_{osc}/8$
0	10	$F_{osc}/32$
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	$F_{osc}/4$
1	01	$F_{osc}/16$
1	10	$F_{osc}/64$
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

2. A/D – PIC18F452

ADCON0 REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							
						bit 0	

Bits utilizados para seleccionar o canal desejado:

ADCON0 – bits 5 a 3 <CHS2>, <CHS1>, <CHS0>

CHS2:CHS0: Analog Channel Select bits

000 = channel 0, (AN0)

001 = channel 1, (AN1)

010 = channel 2, (AN2)

011 = channel 3, (AN3)

100 = channel 4, (AN4)

101 = channel 5, (AN5)

110 = channel 6, (AN6)

111 = channel 7, (AN7)

2. A/D – PIC18F452

ADCON0 REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/ $\overline{\text{DONE}}$	—	ADON
bit 7							bit 0

Bit de *status* da conversão:

ADCON0 – bit 2 <GO/ $\overline{\text{DONE}}$ >

1 = Processo de conversão em andamento;

0 = Não há processo de conversão

2. A/D – PIC18F452

ADCON0 REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

Bit de *Habilitação* do A/D:

ADCON0 – bit 0 <ADON>

1 = Conversor A/D ligado;

0 = Conversor A/D desligado.

2. A/D – PIC18F452

REGISTRADOR ADCON1

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

Bit de *formatação* do resultado

ADCON1 – bit 7 <ADFM>

1 = Justificado à direita. Os 6 bits mais significativos do Reg. ADRESH têm valor = 0

2 = Justificado à esquerda. Os 6 bits menos significativos do Reg. ADRESL têm valor = 0

2. A/D – PIC18F452

REGISTRADOR ADCON1

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

ADCON1 – bit 6 <ADCS2> - Utilizado em conjunto com <ADCS1:ADCS0>

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

2. A/D – PIC18F452

REGISTRADOR ADCON1

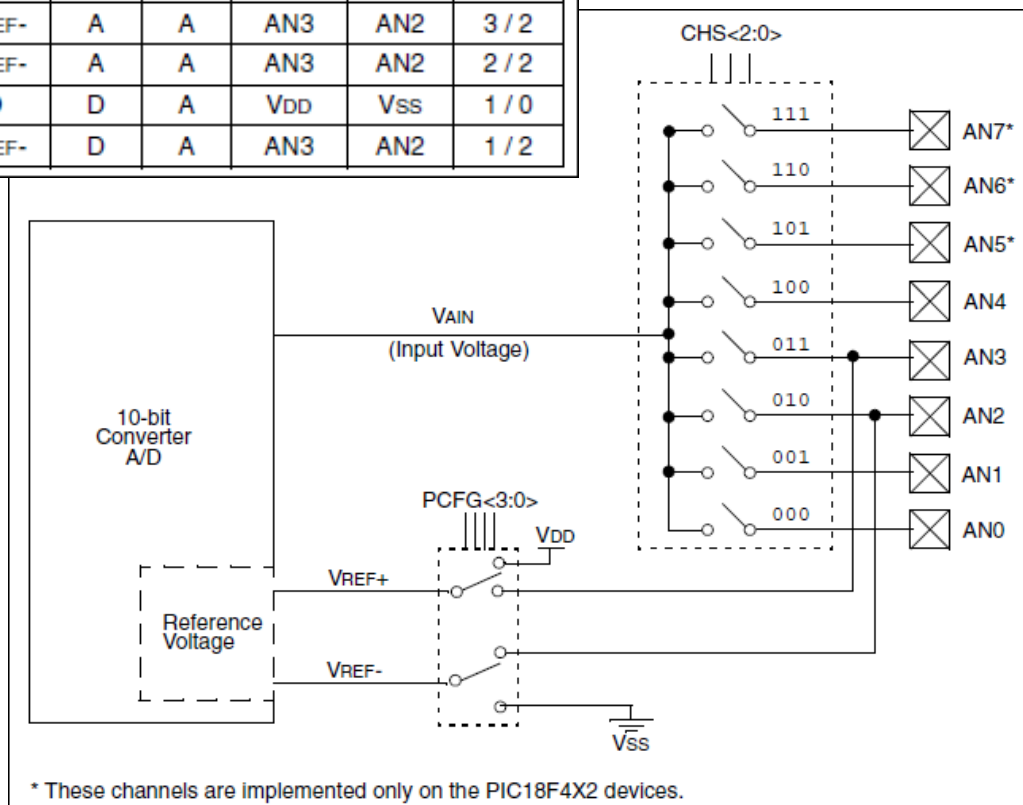
R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

Bits de controle para configuração dos pinos do A/D:

ADCON1 – bits 3 ao 0 - <PCFG3:PCFG0>

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2

PCFG<3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C / R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8 / 0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7 / 1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5 / 0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4 / 1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3 / 0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2 / 1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0 / 0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6 / 2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6 / 0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5 / 1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4 / 2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3 / 2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2 / 2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1 / 0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1 / 2



2. A/D – PIC18F452

Fórmula da Conversão:

$$\text{Resultado} = (V_{in} - V_{ref-}) * 1023 / (V_{ref+} - V_{ref-})$$

Onde:

V_{in} = tensão de entrada no pino do A/D;

V_{ref+} = Valor de tensão de referência máxima;

V_{ref-} = Valor de tensão de referência mínima;

Lembrete:

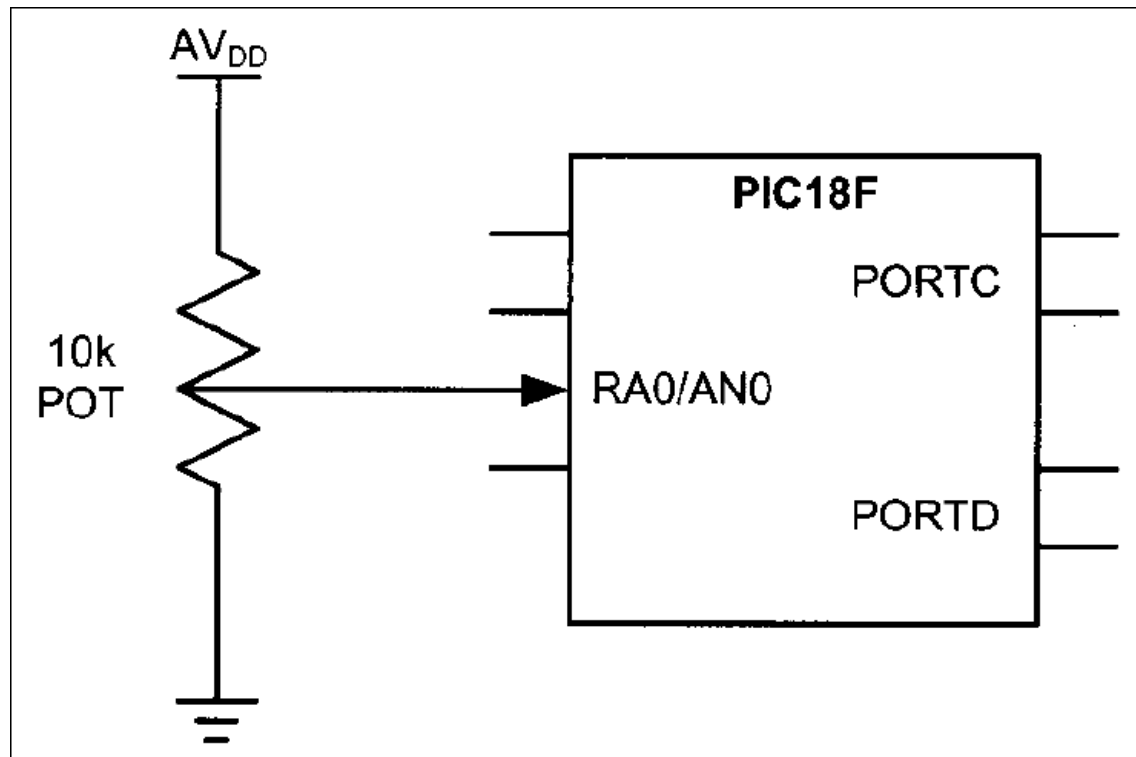
1023 é o valor máximo de conversão do A/D (10 bits).

Os valores convertidos sempre estarão entre 0 e 1023.

2. A/D – PIC18F452

Exemplo:

Implementar um trecho programa que efetue a leitura do sinal analógico proveniente do potenciômetro ligado a RA0 (canal 0) e mostrar o resultado de forma binária no PORTC e PORTD. O programa deverá efetuar a leitura e mostrar o resultado a cada 250ms.



2. A/D – PIC18F452

```

ORG      0X00
          GOTO      INICIO

ORG      0X08
          RETFIE

ORG      0X18
          RETFIE

INICIO    CLRF      TRISC
          CLRF      TRISD
          BSF       TRISA,0 ;   RA0=ENTRADA
          MOVLW     B'10000001'
          MOVWF     ADCON0;   FOSC/64, canal 0,
                               ;A/D habilitado

          MOVLW     B'11001110'
          MOVWF     ADCON1;

ESPERA_1  CALL      ESPERA_CONF; aprox. 13us para conf.

          BSF       ADCON0, GO; inicia conversão
ESPERA    BTFSC     ADCON0, DONE; aguarda fim da conversão
          GOTO      ESPERA
          MOVFF     ADRESL, PORTC ; byte baixo para o PORTC
          MOVFF     ADRESH, PORTD; byte alto para o PORTD
          CALL      DELAY_250ms;
          GOTO      ESPERA_1
          END

```



Copyright © 2018 Prof. Tiago

Todos direitos reservados. Reprodução ou divulgação total ou parcial deste documento é expressamente proibido sem o consentimento formal, por escrito, do Professor (autor).