



Microcontroladores

Sistemas Digitais Microprocessados (SDM)

ADC (Analogic Digital Conversor)

Profa. Ana T. Y. Watanabe
atywata@gmail.com.br



“Eu e a minha casa serviremos
ao Senhor”

Josué 24:15

ADC – Conversor Analógico Digital

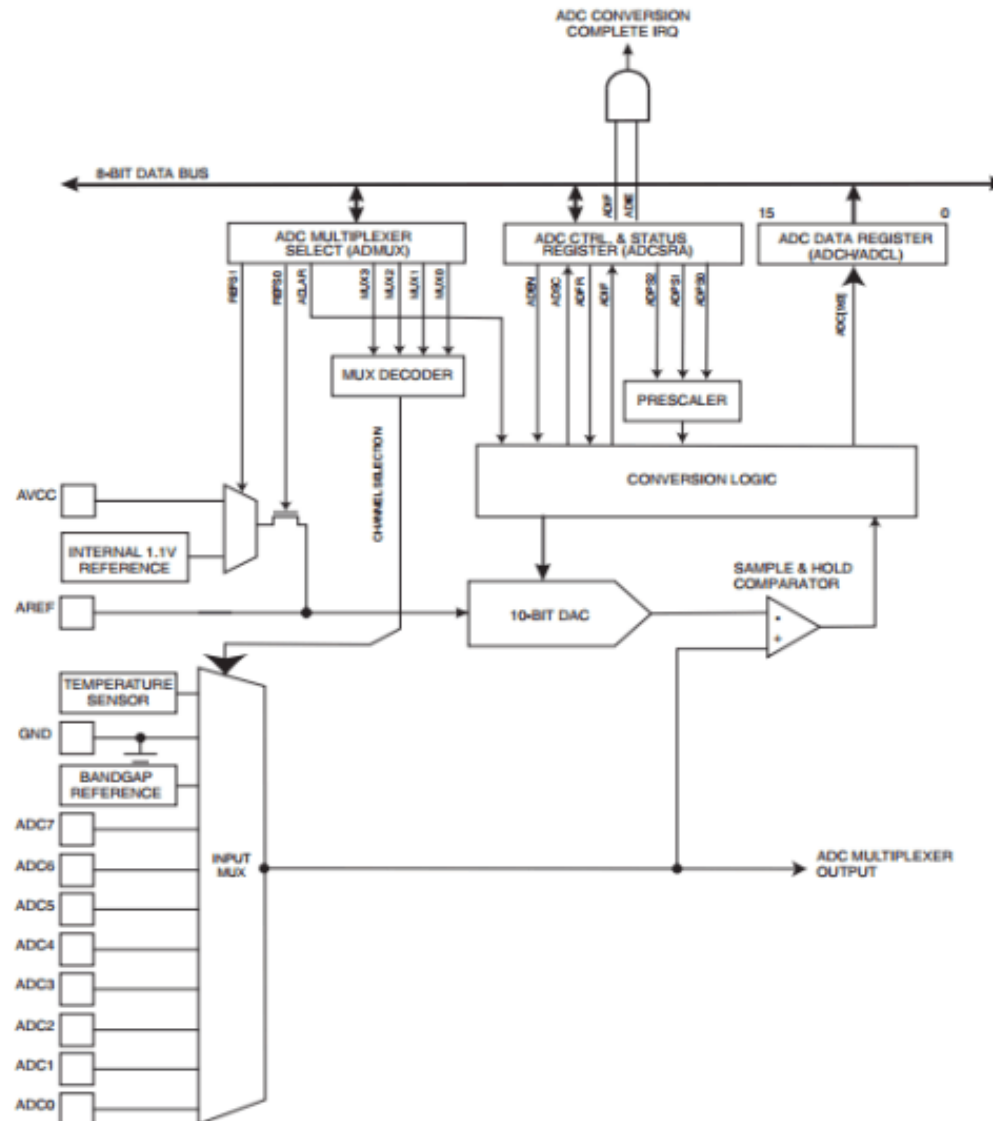
Agenda:

- Principais características;
- Registradores de configuração;
- Modos de operação;
- Clock;
- Resolução;
- Exercício de Aplicação: Controle da janela com ADC.

Características:

- O Atmega328 possui até 8 canais de entradas multiplexados, dependendo do encapsulamento. No caso do Atmega328 PDIP, do Arduino UNO, apresenta apenas 6 canais, como pode-se verificar na placa.
- Possui internamente **um conversor A/D de aproximação sucessivas de 10 bits de resolução;**
- Por existir apenas 1 conversor A/D, só poderá ser selecionado **1 canal por vez para conversão**, isso é feito através da configuração dos registradores internos. O diagrama de blocos do conversor A/D é exibido a seguir:

ADC – Conversor Analógico Digital



ADC – Conversor Analógico Digital

- O bloco do conversor A/D possui fonte separada para a parte analógica, o pino AVcc. Essa tensão não pode variar mais do que $\pm 0,3V$ de Vcc.
- O Atmega328 possui também uma tensão de referência interna de 1,1V, que pode ser selecionada por software.
- Apresenta também um pino externo para uma tensão de referência diferente de VCC ou a referência interna de 1,1V.



ADC – Conversor Analógico Digital

- O valor de tensão de entrada deve estar entre 0V e o valor de tensão de referência, não ultrapassando o valor de VCC.
- Ao final da conversão pode ser gerada uma interrupção, caso a mesma esteja habilitada.
- A conversão gera um resultado de 10 bits, necessitando assim de 2 registradores, **ADCH** e **ADCL**.

ADC – Conversor Analógico Digital por Aproximação Sucessiva

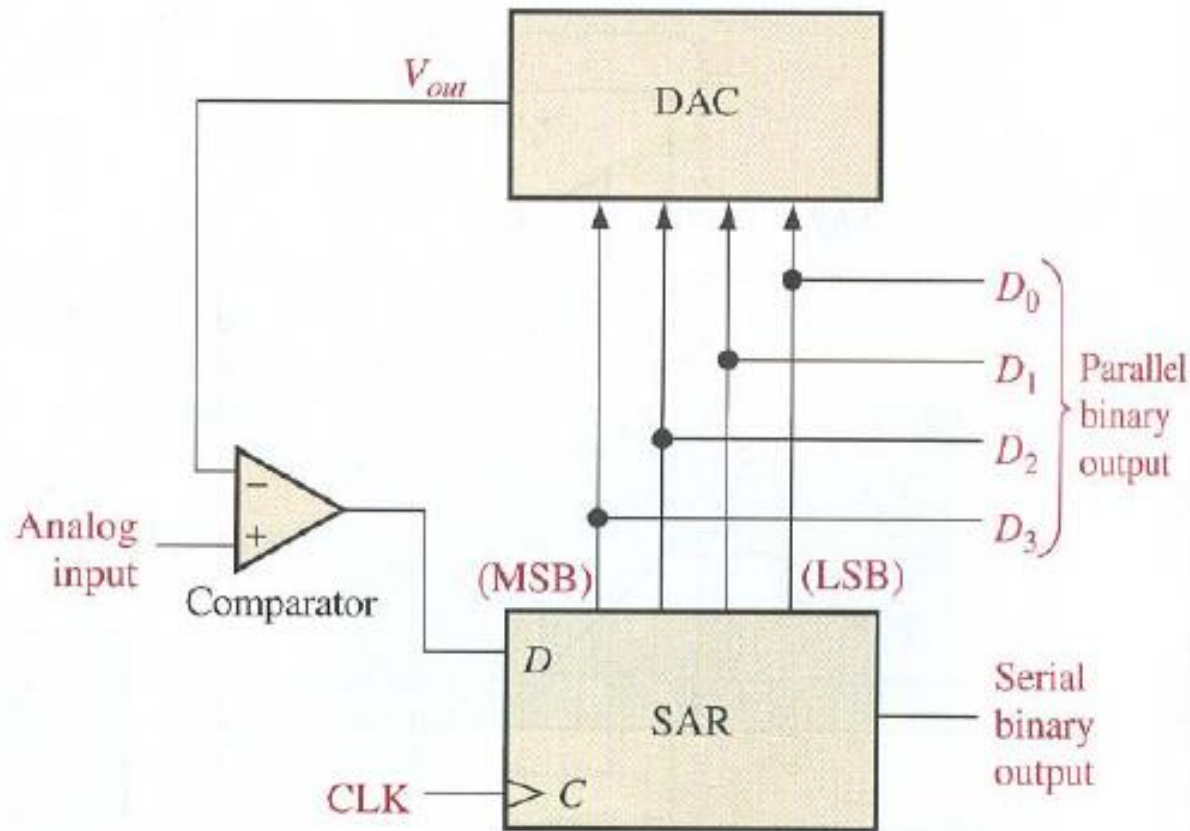
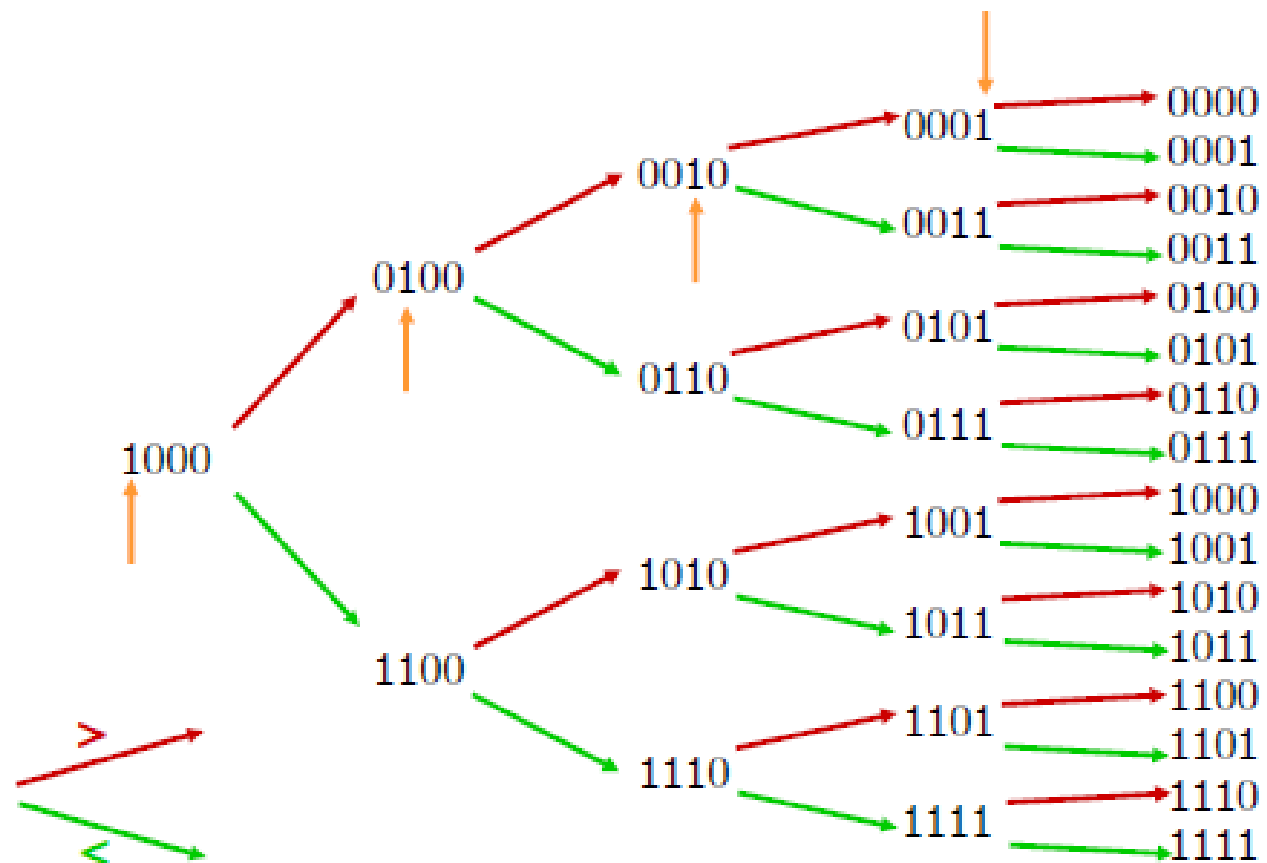


Diagrama de blocos do ADC de Aproximações Sucessivas.

ADC – Conversor Analógico Digital por Aproximação Sucessiva



ADC – Conversor Analógico Digital por Aproximação Sucessiva

Exemplo: Supondo ADC de 4 bits:

0000 \Rightarrow 0 (0V)

1111 \Rightarrow 15 (3.3V)

Supondo entrada lida do ADC: 3V \Rightarrow $x = 13,63$

Como o conversor por aproximação sucessiva funciona:

1xxx \Rightarrow $8 < 13,63$ (mantém 1)

11xx \Rightarrow $12 < 13,63$ (mantém 1)

111x \Rightarrow $14 > 13,63$ (deixa 0)

1101 \Rightarrow $13 < 13,63$ (mantém 1)

valor do ADC (4 bits) = 13

ADC – Conversor Analógico Digital

A seguir serão apresentados os registradores de configuração do conversor A/D do ATmega328:

DIDR0 – Digital Input disable Register 0
(pag. 448)

ADMUX - ADC Multiplexer selection Register
(pg. 444)

ADCSRA – ADC Control and Status Register A
(pg. 445)

ADCSRB – ADC Control and Status Register B
(pg. 447)

ADC – Conversor Analógico Digital

O conversor AD do Atmega328 possui dois modos de operação: **conversão simples e conversão contínua**.

Conversão simples

- 1) No modo de conversão simples é necessário a inicialização de cada conversão.
- 2) Quando a conversão é finalizada os registradores de dados são preenchidos e o bit **ADIF** é colocado em 1.
- 3) Para iniciar uma conversão deve-se ligar o bit **ADSC**. Esse bit permanecerá em 1 enquanto a conversão está em processo, e passará para 0 no final da conversão.



ADC – Conversor Analógico Digital

Conversão contínua

No modo de conversão contínua, você iniciará a primeira conversão e o conversor iniciará automaticamente as próximas conversões, logo após ser completada a anterior.

ADC – Conversor Analógico Digital

Clock

- O clock recomendado para o conversor AD do Atmega328 é de **50kHz a 200kHz** para uma resolução de **10 bits**.
- O bloco **prescaler** controla o clock do conversor A/D, assim o clock do conversor A/D será uma fração do clock do oscilador principal, conforme o fator do prescaler.

ADC – Conversor Analógico Digital

- Os valores são selecionados no registrador **ADCSA** nos bits **ADPS2:0**.
- No caso de selecionar um cristal de **16MHz**, o clock do conversor A/D pode assumir os seguintes valores:

$$16 \text{ MHz} / 2 = 8 \text{ MHz}$$

$$16 \text{ MHz} / 4 = 4 \text{ MHz}$$


$$16 \text{ MHz} / 8 = 2 \text{ MHz}$$


$$16 \text{ MHz} / 16 = 1 \text{ MHz}$$

$$16 \text{ MHz} / 32 = 500 \text{ kHz}$$

$$16 \text{ MHz} / 64 = 250 \text{ kHz}$$

$$\mathbf{16 \text{ MHz} / 128 = 125 \text{ kHz}}$$

- 
- Como mencionado anteriormente o clock do conversor A/D deve estar entre **50kHz e 200kHz** para garantir a precisão de 10 bits na resolução.
 - Assim, observando os valores anteriores só se pode usar o **prescaler de 128**.

- 
- Uma conversão normal necessita de 13 pulsos de clock no conversor A/D.
 - A primeira conversão para conversão contínua necessita de 25 pulsos de clock, conforme exibido nas figuras da pag. 441.
 - Dessa forma o valor de amostragem do conversor A/D depende do pulsos de clock de cada conversão, ou seja, o valor do clock deve ser dividido por 13 para calcular a quantidade de amostras por segundo.

Conclusão:

- Conforme exibido anteriormente, o prescaler com 128, provendo um clock de 125kHz para o ADC, considerando frequência de 16MHz, a taxa de amostragem será: $125\text{kHz} / 13 = 9600$ amostras por segundo.

Resolução

O conversor A/D do Atmega328 possui 10 bits de resolução, ou seja, os valores entre 0 e **Vref** serão convertidos entre 0 e 1023.

$$ADC = \frac{V_{in} \times 1023}{VREF}$$