

5197 - Sistema Digitais

Bacharelado de Informática

UEM – DIN - Prof. Elvio

2016

Roteiro

- Comparador Analógico

Comparador Analógico

- Utilizado para comparar as entradas analógicas AIN0 (positiva) e AIN1 (negativa)
 - AIN0 compartilha a PD6 (pino 6 do Arduino Uno R3)
 - AIN1 compartilha a PD7 (pino 7 do Arduino Uno R3)
- Se $AIN0 > AIN1$, o comparador dispara
 - Uma interrupção pode ser gerada na **borda de subida**, ou na **borda de descida** ou em **ambas as bordas**
 - Um evento no Temporizador/Contador 1 pode ser disparado
- Qualquer entrada analógica do Conversor AD (ADC0-5) pode ser usada no lugar de AIN1 (desde que o Conversor AD esteja desligado)

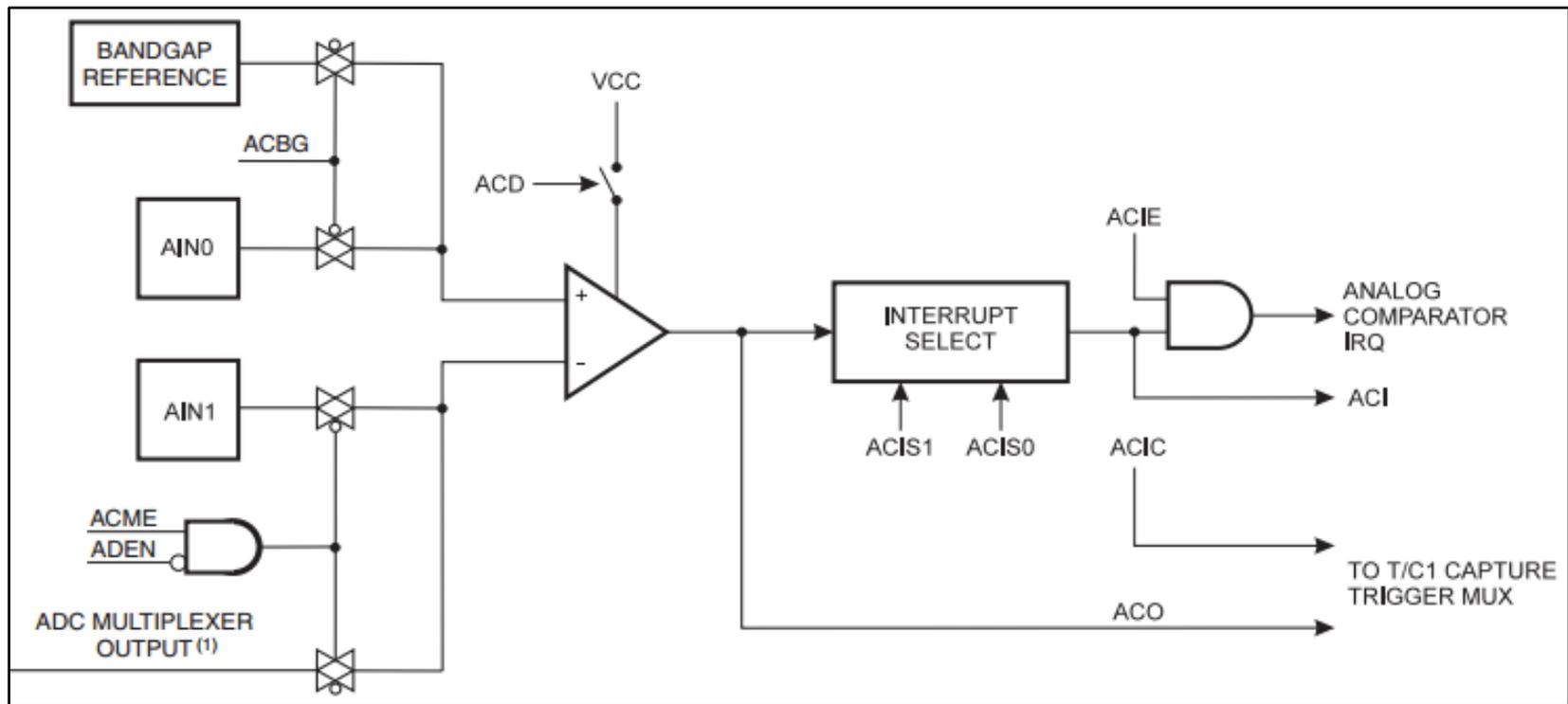
Comparador Analógico

- Entrada multiplexada para AIN1
 - ACME é *Analog Comparator Multiplexer Enable*
 - ADEN é *ADC Enable*
 - Note que o ATmega328 tem apenas 6 entradas analógicas

ACME	ADEN	MUX2...0	Analog Comparator Negative Input
0	x	xxx	AIN1
1	1	xxx	AIN1
1	0	000	ADC0
1	0	001	ADC1
1	0	010	ADC2
1	0	011	ADC3
1	0	100	ADC4
1	0	101	ADC5
1	0	110	ADC6
1	0	111	ADC7

Comparador Analógico

- Diagrama em blocos do comparador



Comparador Analógico

- Registrador *ADC Control and Status B (ADCSR)*

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
(0x7B)	–	ACME	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- *Analog Comparator Multiplexer Enable (ACME)*

- Seleciona a entrada negativa do comparador entre AIN1 e ADC0-5

- Registrador *AC Control and Status (ACSR)*

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
0x30 (0x50)	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	N/A	0	0	0	0	0

- *Analog Comparator Disable (ACD)*

- Liga ou desliga o Comparador Analógico

Comparador Analógico

- Registrador *AC Control and Status (ACSR)*
 - *Analog Comparator Bandgap Select (ACBG)*
 - Permite a seleção de um valor de tensão fixa (= 1,1 V) ao invés da entrada AIN1
 - *Analog Comparator Output (ACO)*
 - Saída do Comparador Analógico
 - *Analog Comparator Interrupt Flag (ACI)*
 - *Bit* é setado por *hardware* no caso de evento no Comparador Analógico
 - *Bit* é ressetado por *hardware* se a rotina de interrupção for executada
 - *Bit* pode ser ressetado por *software*

Comparador Analógico

- Registrador *AC Control and Status (ACSR)*
 - *Analog Comparator Interrupt Enable (ACIE)*
 - Habilita a interrupção do Comparador Analógico
 - *Analog Comparator Input Capture Enable (ACIC)*
 - Permite que a função de captura do Temporizador/Contador 1 seja disparada pelo Comparador Analógico
 - O modo de captura permite medir o tempo entre duas interrupções consecutivas
 - *Analog Comparator Interrupt Mode Select (ACIS1-0)*
 - Define evento do Comparador Analógico

ACIS1	ACIS0	Interrupt Mode
0	0	Comparator Interrupt on Output Toggle.
0	1	Reserved
1	0	Comparator Interrupt on Falling Output Edge.
1	1	Comparator Interrupt on Rising Output Edge.

Comparador Analógico

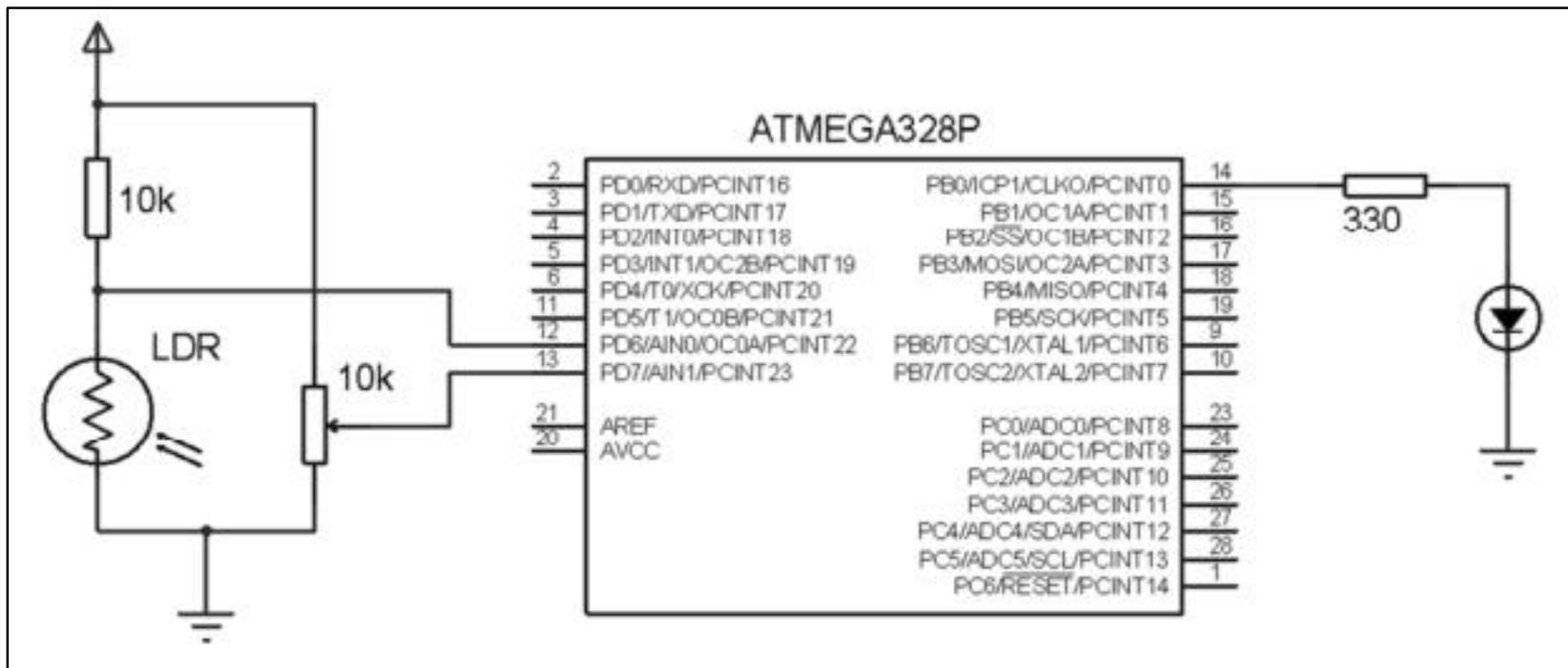
- Registrador *Digital Input Disable 1* (DIDR1)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
(0x7F)	–	–	–	–	–	–	AIN1D	AIN0D
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

- *AIN1, AIN0 Digital Input Disable* (AIN1D, AIN0D)

- Liga ou desliga a entrada digital para os pinos AIN1 e AIN0
- Com o Comparador Analógico em uso, estes pinos devem estar em 1 (entrada digital desligada)

Medidor de Luminosidade



Medidor de Luminosidade

- Função `Comp_analog_LDR.c`

```
//===== //
//          SENSOR DE LUZ EMPREGANDO UM LDR          //
//===== //
#define F_CPU 16000000UL
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define set_bit(Y,bit_x) (Y|=(1<<bit_x)) //ativa bit
#define clr_bit(Y,bit_x) (Y&~(1<<bit_x)) //limpa bit
#define tst_bit(Y,bit_x) (Y&(1<<bit_x)) //testa bit

#define LED PB0
//-----
int main()
{
    DDRB = 0x01; //pino do LED como saída
    DDRD = 0x00; //PORT do comparador como entrada
    PORTD = 0xFF; //habilita pull-ups
    PORTB = 0xFE; //apaga LED e habilita pull-ups

    DIDR1 = 0b00000011; //desabilita as entradas digitais nos pinos AIN0 e AIN1
    ACSR = 1<<ACIE; //habilita interrup. por mudança de estado na saída do comparador
    sei(); //habilita a chave geral de interrupções

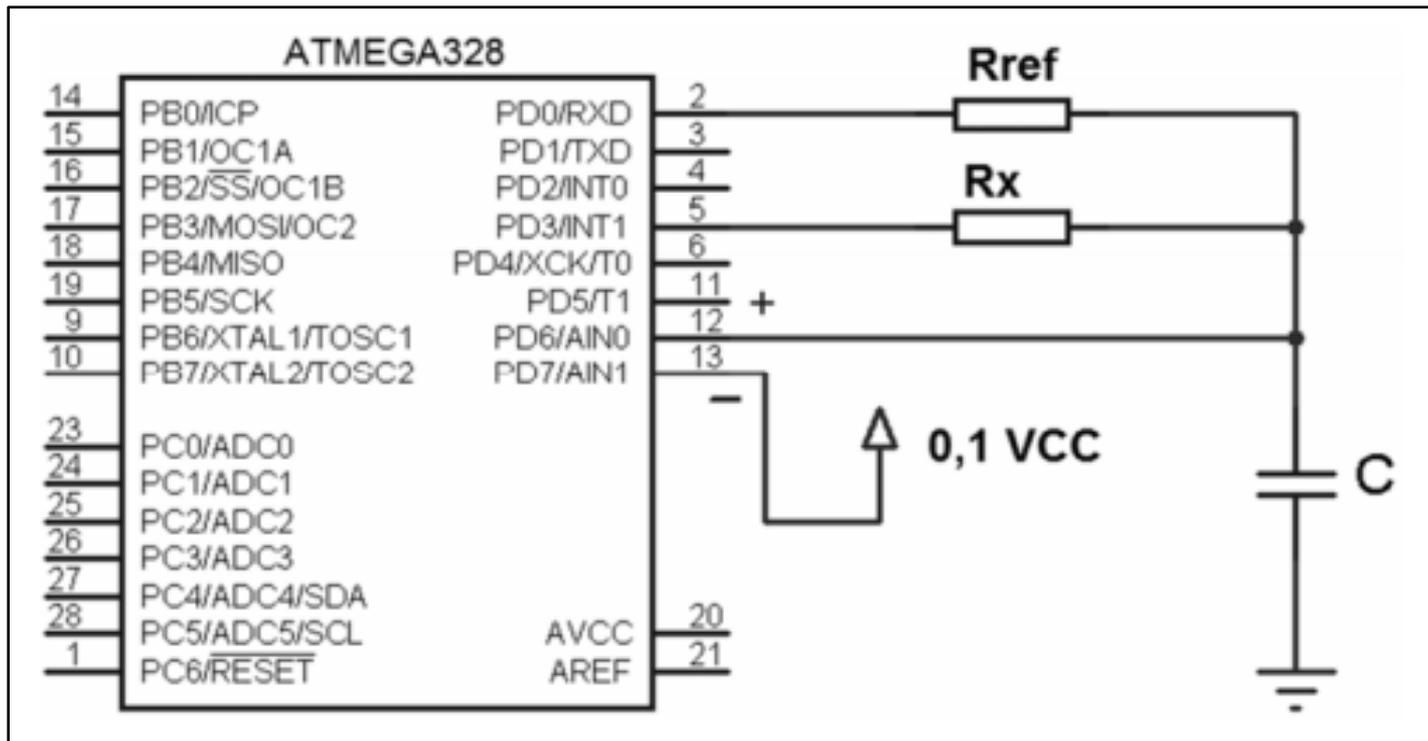
    while(1);
}
```

Medidor de Luminosidade

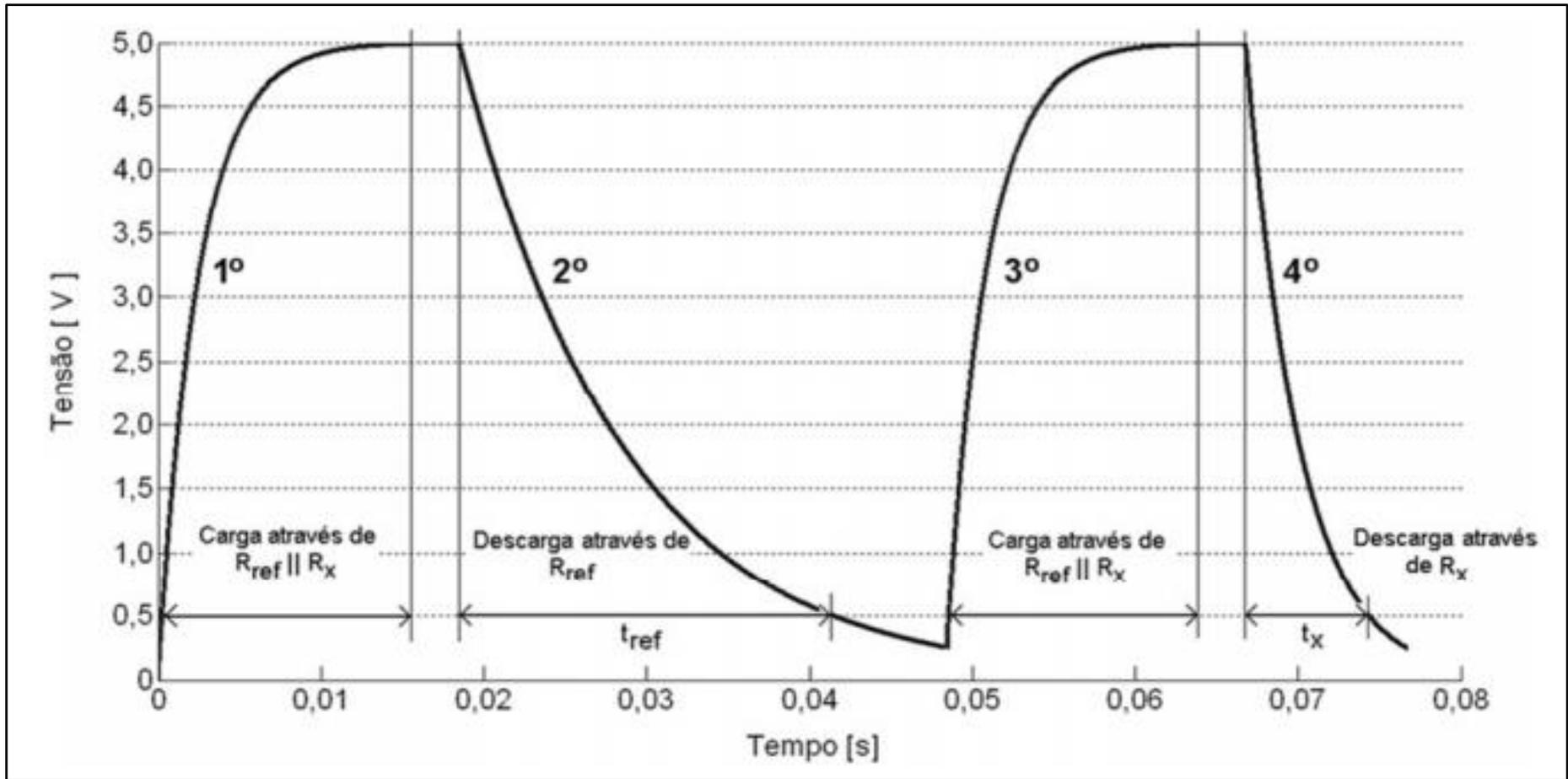
- Função `Comp_analog_LDR.c`

```
//-----  
//Interrupção do Comparador Analógico  
//-----  
ISR(ANALOG_COMP_vect)//O LED ficará ligado quando houver pouca luz (tensão maior no  
{ //terminal positivo do comparador  
  
    if(tst_bit(ACSR,ACO)//verifica qual mudança ocorreu na saída do comparador  
        set_bit(PORTB,LED);  
    else  
        clr_bit(PORTB,LED);  
}  
//=====
```

Medidor de Resistência



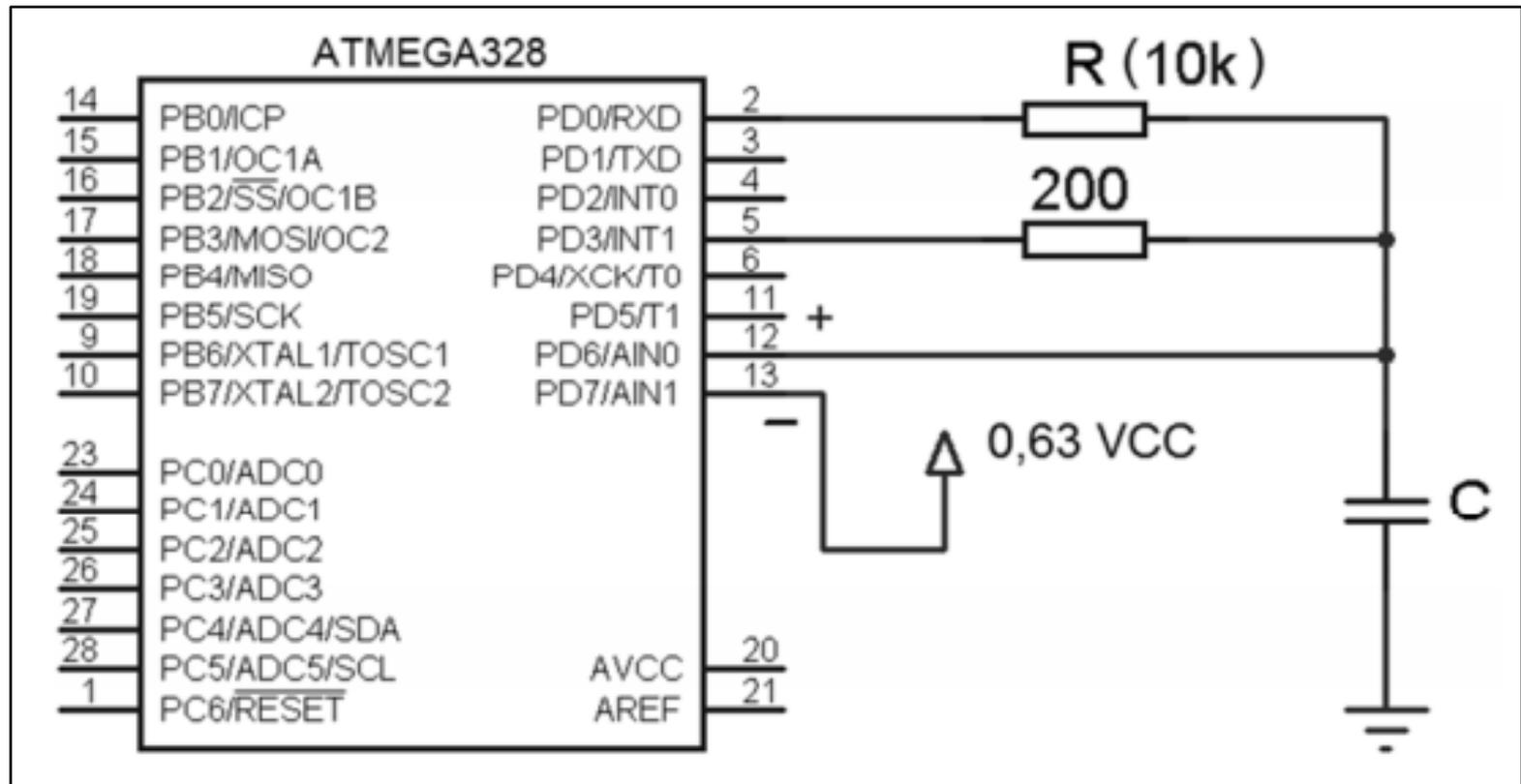
Medidor de Resistência



Medidor de Resistência

- Comparador Analógico deve disparar captura em Temporizador/Contador 1 (TC1)
- Com TC1 pode-se medir o tempo de descarga do capacitor, entre VCC e 10% de VCC
 - Descarga deve ser feita para Rref e Rx separadamente
 - Tempos de descarga devem ser medidos (tref e tx)
 - O valor da resistência desconhecida é
$$R_x = R_{ref} \frac{t_x}{t_{ref}}$$

Medidor de Capacitância



Medidor de Capacitância

- Comparador Analógico deve disparar captura em Temporizador/Contador 1 (TC1)
- O tempo de carga do capacitor até 0,63 VCC deve ser medido
 - Carga deve ser realizada apenas por R
 - O valor do capacitor desconhecido é

$$C = t_{\text{carga}}/R$$