




# Microcontroladores

## Sistemas Digitais Microprocessados (SDM) INT ( Interrupção)

Profa. Ana T. Y. Watanabe  
[atywata@gmail.com.br](mailto:atywata@gmail.com.br)



“O Senhor é o meu refúgio”  
Salmos 91:9

# Int – Interrupção

## Agenda:

- Conceito de Interrupção;
- Interrupção no ATMEGA328P;
- Modo de funcionamento;
- Interrupção Externa e seus registradores;
- Exercício de Aplicação: exercícios do laboratório
- Interrupção Interna: timer
- Exercício da Máquina de Lavar com ADC/INT


# Conceito de Interrupção:

- **Interrupção** é um processo pelo qual um **dispositivo externo ou evento interno** pode **interromper o curso normal de uma determinada tarefa do microcontrolador**.
- Permite que um determinado evento no momento em que ocorre possa executar um conjunto de instruções saindo do curso normal de um programa. Exemplos: acionamento de botão de emergência, overflow de uma contador interno, sair do modo de economia de energia...

# Interrupção no ATMEGA 328P :

1) As interrupções são **vetoradas**, ou seja, tem endereços: pg. 158

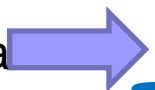
Tab. 6.1 – Interrupções do ATmega328 e seus endereços na memória de programa.

Vetor	End.	Fonte	Definição da Interrupção	Prioridade
1	0x00	RESET	Pino externo, Power-on Reset, Brown-out Reset e Watchdog Reset	
2	0x01	INT0	interrupção externa 0	
3	0x02	INT1	interrupção externa 1	
4	0x03	PCINT0	interrupção 0 por mudança de pino	
5	0x04	PCINT1	interrupção 1 por mudança de pino	
6	0x05	PCINT2	interrupção 2 por mudança de pino	
7	0x06	WDT	estouro do temporizador Watchdog	
8	0x07	TIMER2 COMPA	igualdade de comparação A do TC2	
9	0x08	TIMER2 COMPB	igualdade de comparação B do TC2	
10	0x09	TIMER2 OVF	estouro do TC2	
11	0x0A	TIMER1 CAPT	evento de captura do TC1	
12	0x0B	TIMER1 COMPA	igualdade de comparação A do TC1	
13	0x0C	TIMER1 COMPB	igualdade de comparação B do TC1	
14	0x0D	TIMER1 OVF	estouro do TC1	
15	0x0E	TIMER0 COMPA	igualdade de comparação A do TC0	
16	0x0F	TIMER0 COMPB	igualdade de comparação B do TC0	
17	0x10	TIMER0 OVF	estouro do TC0	
18	0x11	SPI, STC	transferência serial completa - SPI	
19	0x12	USART, RX	USART, recepção completa	
20	0x13	USART, UDRE	USART, limpeza do registrador de dados	
21	0x14	USART, TX	USART, transmissão completa	
22	0x15	ADC	conversão do ADC completa	
23	0x16	EE_RDY	EEPROM pronta	
24	0x17	ANA_COMP	comparador analógico	
25	0x18	TWI	interface serial TWI – I2C	
26	0x19	SPM_RDY	armazenagem na memória de programa pronta	

Maior prioridade

Menor prioridade

Int. externa



Mudança de pino



Timer 1



# Interrupção no ATMEGA 328P :

- 2) Cada interrupção pode individualmente ser habilitada ou desabilitada, através de um bit específico, a isso chamamos de mascaráveis.
- 3) Há um bit (I) no registrador **SREG** que pode habilitar ou desabilitar **todas** as interrupções de uma só vez. Instruções sei() ou cli().
- 4) Quando o microcontrolador é inicializado o **PC** inicia com o valor de endereço 0 (endereço do reset).

## MODO DE FUNCIONAMENTO de uma interrupção no ATMEGA328P :

- a) Ocorre uma **interrupção**;
- b) A CPU **completa a instrução em andamento**;
- c) Carrega na pilha o endereço da **próxima instrução** que seria executada;
- d) Desvia para a posição de memória correspondente à interrupção;
- e) O código escrito no endereço da interrupção é executado até encontrar um **RETI**;
- f) O PC recebe o valor armazenado na pilha;
- g) O programa roda a partir do ponto em que parou antes da interrupção.



## Algumas características:

- 1) Ao atender uma interrupção, o microcontrolador desabilita todas as outras interrupções através do bit I (zerando) do SREG;
- 2) Ao retornar da interrupção (RETI) , o bit I é colocado em 1 no SREG;
- 3) O microcontrolador vai tratar a interrupção pela ordem de prioridade;
- 4) Antes de atender qualquer interrupção, o AVR **sempre** executará uma instrução do programa principal.



# TIPOS de INTERRUPÇÕES NO AVR:

**1º. Tipo)** O bit de sinalização é ativado indicando que a interrupção ocorreu e é mantido até que a interrupção é atendida, sendo zerado automaticamente pelo hardware;

Característica: Várias interrupções podem ficar ativas enquanto uma está sendo atendida, e permite que sejam processadas por ordem de prioridade.

# TIPOS de INTERRUPÇÕES NO AVR:

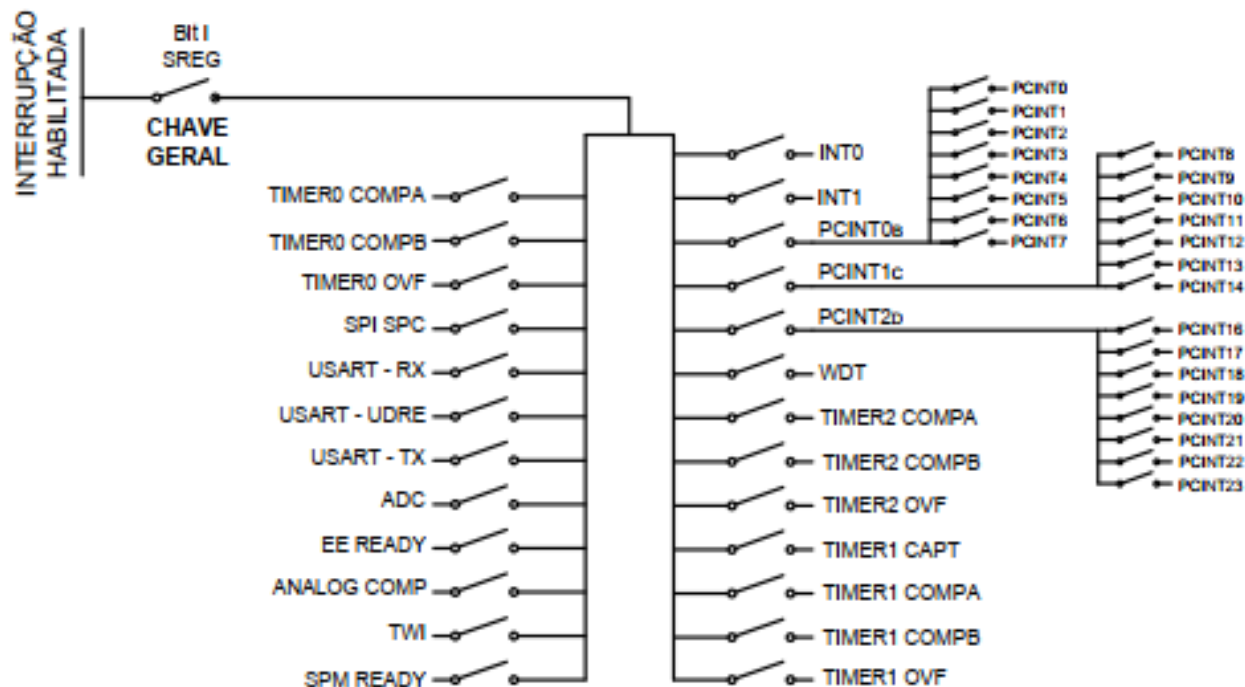
**2º. Tipo)** Não existe bit de sinalização e a interrupção é disparada quando o evento que a gera está presente. Este é o caso de uma interrupção externa por nível.

Característica: A interrupção só é atendida se sua condição existir quando a chave geral estiver ativa.

PORTB	
PB0	ICP1 – entrada de captura para o Temporizador/Contador 1. CLKO – saída de clock do sistema. PCINT0 – Interrupção 0 por mudança no pino.
PB1	OC1A – saída da Igualdade de comparação A do Temporizador/Contador 1 (PWM). PCINT1 – Interrupção 1 por mudança no pino.
PB2	SS – pino de seleção de escravo da SPI (Serial Peripheral Interface). OC1B – saída da Igualdade de comparação B do Temporizador/Contador 1 (PWM). PCINT2 – Interrupção 2 por mudança no pino.
PB3	MOSI – pino mestre de saída e escravo de entrada da SPI. OC2A – saída da Igualdade de comparação A do Temporizador/Contador 2 (PWM). PCINT3 – Interrupção 3 por mudança no pino.
PB4	MISO – pino mestre de entrada e escravo de saída da SPI. PCINT4 – Interrupção 4 por mudança no pino.
PB5	SCK – pino de clock da SPI. PCINT5 – Interrupção 5 por mudança no pino.
PB6	XTAL1 – entrada 1 do oscilador ou entrada de clock externa. TOSC1 – entrada 1 para o oscilador do temporizador (RTC). PCINT6 – Interrupção 6 por mudança no pino.
PB7	XTAL2 – entrada 2 do oscilador. TOSC2 – entrada 2 para o oscilador do temporizador (RTC). PCINT7 – Interrupção 7 por mudança no pino.
PORTC	
PC0	ADC0 – canal 0 de entrada do conversor AD. PCINT8 – Interrupção 8 por mudança no pino.
PC1	ADC1 – canal 1 de entrada do conversor AD. PCINT9 – Interrupção 9 por mudança no pino.
PC2	ADC2 – canal 2 de entrada do conversor AD. PCINT10 – Interrupção 10 por mudança no pino.
PC3	ADC3 – canal 3 de entrada do conversor AD. PCINT11 – Interrupção 11 por mudança no pino.
PC4	ADC4 – canal 4 de entrada do conversor AD. SDA – entrada e saída de dados da Interface a 2 fios (TWI – I2C). PCINT12 – Interrupção 12 por mudança no pino.
PC5	ADC5 – canal 5 de entrada do conversor AD. SCL – clock da Interface a 2 fios (TWI – I2C). PCINT13 – Interrupção 13 por mudança no pino.
PC6	RESET – pino de Inicialização. PCINT14 – Interrupção 14 por mudança no pino.

PORTD	
PD0	RXD – pino de entrada (leitura) da USART. PCINT16 – Interrupção 16 por mudança no pino.
PD1	TXD – pino de saída (escrita) da USART. PCINT17 – Interrupção 17 por mudança no pino.
PD2	INT0 – entrada da Interrupção externa 0. PCINT18 – Interrupção 18 por mudança no pino.
PD3	INT1 – entrada da Interrupção externa 1. OC2B – saída da Igualdade de comparação B do Temporizador/Contador 2 (PWM) PCINT19 – Interrupção 19 por mudança no pino.
PD4	XCK – clock externo de entrada e saída da USART. T0 – entrada de contagem externa para o Temporizador/Contador 0. PCINT 20 – Interrupção 20 por mudança no pino.
PD5	T1 – entrada de contagem externa para o Temporizador/Contador 1. OC0B – saída da Igualdade de comparação B do Temporizador/Contador 0 (PWM). PCINT 21 – Interrupção 21 por mudança no pino.
PD6	AIN0 – entrada positiva do comparador analógico. OC0A – saída da Igualdade de comparação A do Temporizador/Contador 0 (PWM). PCINT 22 – Interrupção 22 por mudança no pino.
PD7	AIN1 – entrada negativa do comparador analógico. PCINT 23 – Interrupção 23 por mudança no pino.

# CHAVES DE HABILITAÇÃO DAS INTERRUPTÕES:



# INTERRUPÇÃO EXTERNA:

- Todos os pinos de I/O do ATMEGA328 podem gerar interrupções externas por mudança de estado lógico no pino PCINT0 a PCINT23:
- **PCINT0B:** PCINT0 – PCINT7
- **PCINT1C:** PCINT8 – PCINT14
- **PCINT2D:** PCINT16 – PCINT23
- É necessário testar qual pino gerou a interrupção!
- INT0 e INT1 podem gerar interrupções na borda de subida, descida ou na manutenção do nível do estado lógico do pino.

# REGISTRADORES:

- EICRA (INT0 e INT1): pg. 163
- EIMSK (INT0 e INT1): pg. 164
- PCICR (Int. Externa): pg. 165
- PCMSK0 (Int. Externa): pg. 165
- PCMSK1 (Int. Externa): pg. 166
- PCMSK2 (Int. Externa): pg. 167



# **Exemplo de Interrupção externa por mudança de pino:**

## **Exercício do laboratório (Atmel Studio)**

- int\_mudança de pino





# **Exemplo de Interrupção externa nos pinos INT0 e INT1**

## **Exemplo no Atmel Studio:**

- `int_INT0_INT1`

# INTERRUPÇÃO INTERNA: timer

Configuração do temporizador/contador:

modo normal para gerar interrupção de timer    Página 211

**ISR(TIMER1\_OVF\_vect); // Protótipo da Interrupção TIMER1 do TC1.**

```
main() {
```

```
...
```

```
    TCCR1A = 0; // timer oper.Normal OC1A e OC1B desconect. pg.217
```

```
    TCCR1B = 0; // TOP=0xffff, limpa registrador
```

```
    TCCR1B |= (1<<CS10)|(1 << CS12); // configura prescaler 1024
```

```
    TCNT1 = 0xC2F7; // valor para que estouro ocorra em 1 segundo
```

```
        //  $65536 - (16\text{MHz}/1024)/1\text{Hz} = 65536 - 15.625 =$ 
```

```
        // 49911(0xC2F7), pois a contagem inicia de
```

```
        // TCNT1 até 65535
```

```
    TIMSK1 |= (1 << TOIE1); // habilita interrupção do TC1
```

```
}
```