

## Experimento 2 - Interrupções Externas

### Fundamentação

#### Interrupções

Interrupções são desvios realizados no programa pelo hardware do microcontrolador, ou seja, uma sub-rotina do programa é chamada quando algum evento acontece no hardware do microcontrolador.

Existem aproximadamente 20 fontes de interrupção nos microcontroladores AVR, com variações dependendo do modelo, as principais são listadas a seguir.

Nome do Vetor	Descrição
ADC_vect	Conversão completa do ADC
ANA_COMP_vect	Comparador Analógico
EE_RDY_vect	EEPROM pronta
INT0_vect	Interrupção externa 0
INT1_vect	Interrupção externa 1
SPI_STC_vect	Transferência serial completa na SPI
SPM_RDY_vect	Memória de programa pronta
TIMER0_OVF_vect	Estouro Timer/Counter 0
TIMER1_CAPT_vect	Captura Timer/Counter
TIMER1_COMPA_vect	Comparação do Timer/Counter 1 A
TIMER1_COMPB_vect	Comparação do Timer/Counter 1 B
TIMER1_OVF_vect	Estouro Timer/Counter 1
TIMER2_COMP_vect	Comparação do Timer/Counter 2
TIMER2_OVF_vect	Estouro Timer/Counter 2
USART_RXC_vect	Caractere recebido na USART
USART_UDRE_vect	Registrador de dados vazio na USART
USART_TXC_vect	Caractere transmitido na USART
TWI_vect	Interface Serial 2-wire

Como exemplo podemos citar a interrupção que ocorre quando o conversor analógico / digital termina sua conversão.

Para que possamos fazer uso das interrupções nos microcontroladores é necessário que o software faça alguns ajustes no hardware. Inicialmente devemos incluir a biblioteca <avr/interrupt.h> e providenciar a sub-rotina de interrupção. As sub-rotinas de interrupção tem o seguinte formato.

```
ISR(vetor de interrupção)
{
}

```

Após construir a sub-rotina de interrupção é necessário habilitarmos a interrupção desejada através do registrador de controle do hardware em questão. Cada dispositivo de hardware tem um registrador de controle específico, cujos detalhes podem ser encontrados no manual do dispositivo.

E o último passo na utilização das interrupções é habilitar o microcontrolador para executar as interrupções. Isto é feito chamando a função sei().

A seguir temos um exemplo onde as interrupções externas 0 e 1 são utilizadas.

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

int cont;

ISR(INT0_vect)
{
    cont++;
}

ISR(INT1_vect)
{
    cont--;
}

int main()
{
    MCUCR|=0b00001111; // int0 e int1 na subida do sinal
    GICR|=0b11000000; // ativa int0 e int 1
    sei(); // ativa todas as interrupções

    cont=0;

    while(1)
    {
    }
}
```

Neste exemplo foi utilizado o registrador “MCUCR”, onde são ajustados os níveis de tensão em que a interrupção deve acontecer. E o registrador GICR onde as interrupções são habilitadas. As tabelas a seguir detalham estes registradores.

O registrador MCUCR é o registrador de controle do microcontrolador.

Registrador MCUCR	
Bit	Significado
0	ISC00 - Sensibilidade INT0 bit 0
1	ISC01 - Sensibilidade INT0 bit 1
2	ISC10 - Sensibilidade INT1 bit 0
3	ISC11 - Sensibilidade INT1 bit 1
4	Modo de hibernação bit 0
5	Modo de hibernação bit 1
6	Modo de hibernação bit 2
7	Habilita a hibernação

Neste exemplo foram utilizados os 4 primeiros bits, as tabelas a seguir apresentam o significado dos registradores ISC00 a ISC11.

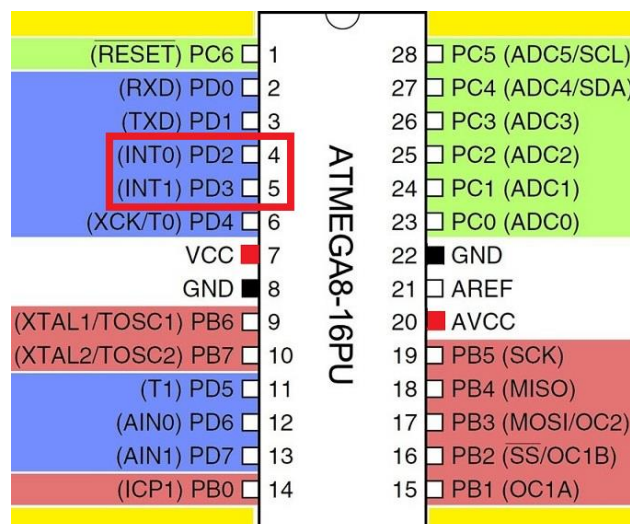
ISC01	ISC00	Significado
0	0	O nível baixo em INT0 gera a interrupção
0	1	Qualquer mudança em INT0 gera a interrupção
1	0	Uma borda de descida em INT0 gera a interrupção
1	1	Uma borda de subida em INT0 gera a interrupção

ISC11	ISC10	Significado
0	0	O nível baixo em INT1 gera a interrupção
0	1	Qualquer mudança em INT1 gera a interrupção
1	0	Uma borda de descida em INT1 gera a interrupção
1	1	Uma borda de subida em INT1 gera a interrupção

O registrador GICR é o registrador de controle geral das interrupções.

Registrador GICR	
Bit	Significado
0	IVSEL – escolha do vetor de interrupção
1	IVCE – Habilita troca de vetor de interrupção
2	-
3	-
4	-
5	-
6	INT0 - Habilita interrupção externa 0
7	INT1 - Habilita interrupção externa 1

No exemplo foram utilizados os bits 6 e 7, para habilitar as interrupções externas. Para realizarmos os testes neste programa utilizaremos os pinos PD2 e PD3, cujas segundas funções são as interrupções externas 0 e 1.



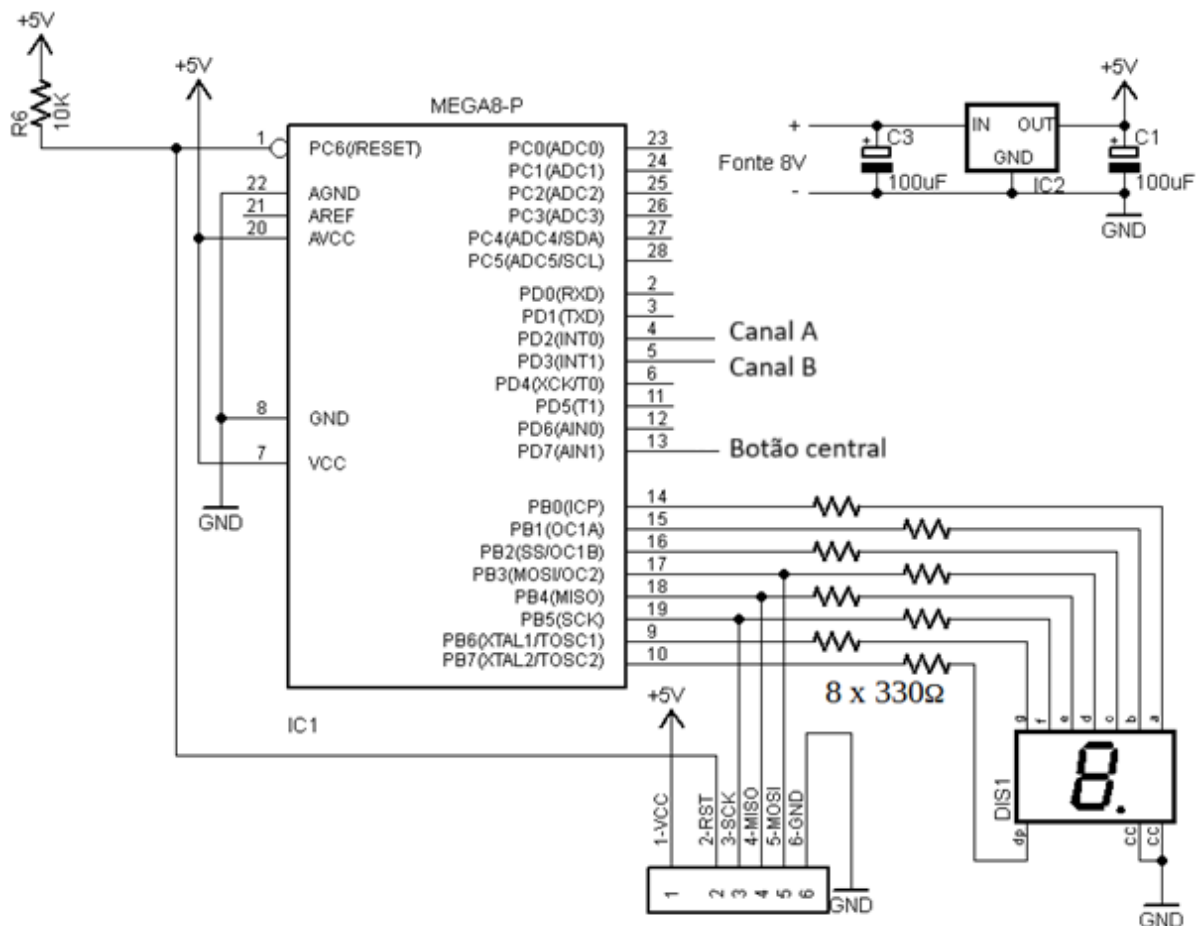
## Parte experimental

### Introdução

O objetivo deste experimento é exercitar com os alunos a montagem de circuitos microcontrolados que utilizem as interrupções externas. As interrupções são dispositivos de hardware e software importantes pois permitem aos microcontroladores receber de forma rápida sinais digitais externos.

### Experimento

Construa o circuito conforme diagrama a seguir, conectando as saídas A e B de um botão do tipo encoder aos pinos PD2 e PD3, e um display de 7 segmentos a porta B.



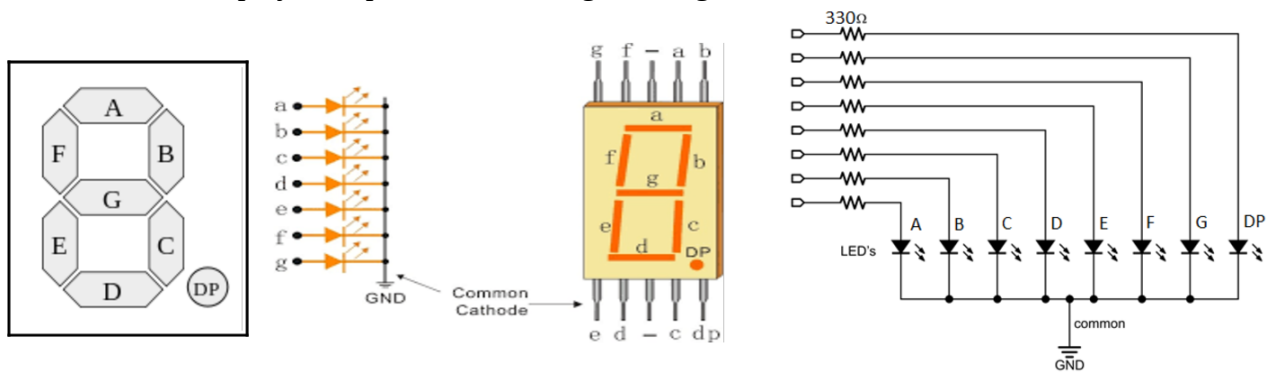
Para este circuito desenvolva um programa, utilizando como modelo o exemplo de programa apresentado na fundamentação, que utiliza as interrupções externas 0 e 1.

O programa deve fazer a leitura dos sinais de rotação do encoder. Estes sinais devem ser lidos pelo microcontrolador através de interrupções externas. O display deve apresentar um valor numérico entre 0 e 9, iniciando em 0. Quando o encoder é rotacionado no sentido horário o display deve incrementar o valor apresentado, sem ultrapassar 9. Quando o encoder é rotacionado no sentido anti-horário o display deve decrementar o valor apresentado, sem ultrapassar 0. Quando o botão central do encoder é pressionado o display deve voltar a 0.

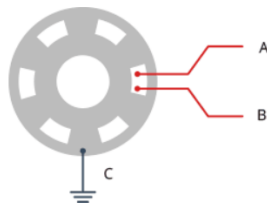
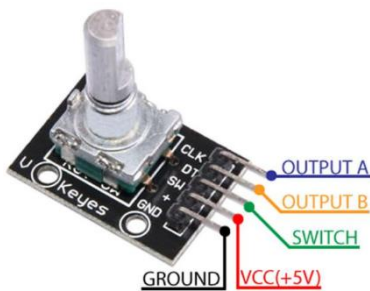
O programa deve ser corretamente desenvolvido e implementado no microcontrolador, demonstrando o funcionamento do conjunto hardware e software.

## Informações auxiliares:

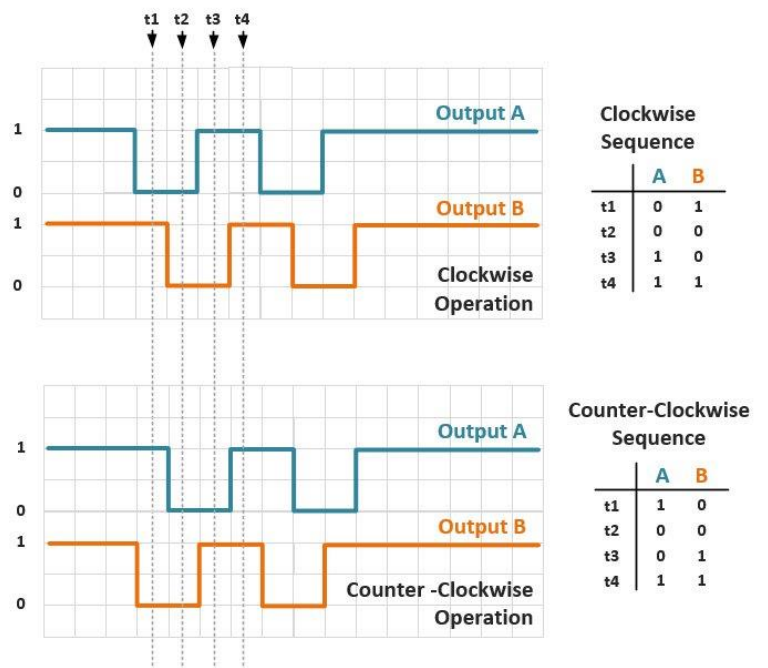
As conexões do display são apresentadas na figura a seguir.



Características do botão tipo encoder:



Quando pressionado o eixo do encoder uma chave conecta a saída SW ao GND.



## Relatório

Após a realização dos experimentos deve ser elaborado um relatório seguindo o modelo disponibilizado. Este relatório deve ser submetido via sistema SIGAA para avaliação, em formato PDF, até a data estipulada em aula.

O modelo do relatório pode ser encontrado em: <https://professor.luzerna.ifc.edu.br/ricardo-kerschbaumer/microcontroladores-experimental/>

### Serão avaliados os seguintes itens no relatório:

- Introdução
- Objetivo
- Fundamentação teórica
- Desenvolvimento
- Componentes utilizados
- Circuito eletrônico
- Código fonte do programa
- Resultados e discussões
- Conclusão