

Arquitetura de Computadores

PROF. ISAAC

Mecanismos de Interrupção e Exceção

Interrupções externa

Interrupções

- Acontecem quando o controlador recebe um sinal requisitando a execução de uma sub-rotina específica;
- O controlador troca a execução do código principal pelo da interrupção e depois retorna ao código principal

Interrupções

➤ Temos 4 tipos de interrupções:

○ Interrupção externa;

○ Temporizador (timer);



○ Contador;



○ Serial.

Interrupções do 8051

➤ 2 temporizadores/contadores: TF0 e TF1;



➤ 2 interrupções externas: INT0 e INT1;

➤ 1 comunicação serial: SI

Configuração das interrupções

É necessário usar registradores especiais:

- IE: Interrupt Enable Register;
- IP: Interrupt Priority Register;
- TCON: Timer/Counter Control Register;
- TMOD: Timer/Counter Modes Register;
- TLx e THx: registradores de timers;

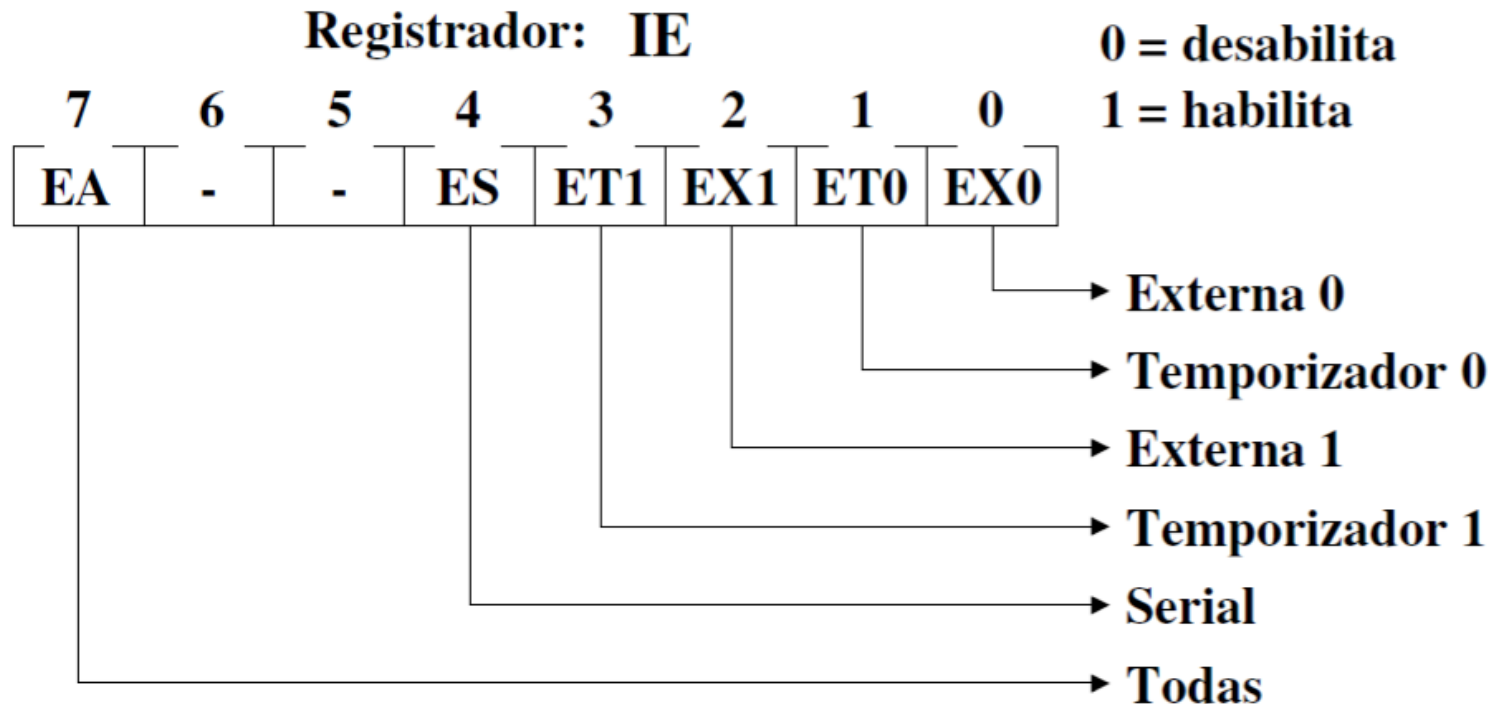
Registrador: IE (Interrupt Enable)

O registrador IE (Interrupt Enable) permite um controle completo e individual sobre a habilitação e a desabilitação das interrupções.

Existe um bit de habilitação geral, denominado **EA**, sendo que as interrupções só podem acontecer se esse bit estiver em 1.

<i>bit</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
	IE.7	IE.6	IE.5	IE.4	IE.3	IE.2	IE.1	IE.0
(IE) =	EA	---	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Registrador: IE (Interrupt Enable)



Descrição dos bits do registrador IE, responsável pela habilitação e desabilitação das interrupções.

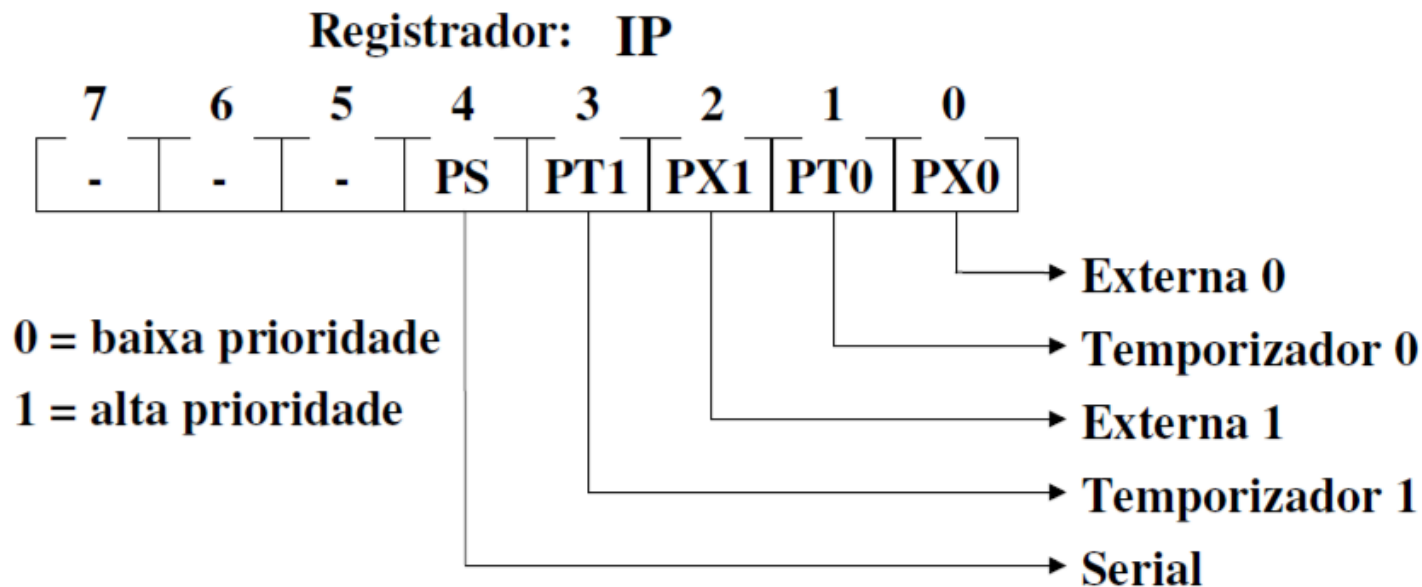
Registrador: IE (Interrupt Enable)

<i>bit</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
	IE.7	IE.6	IE.5	IE.4	IE.3	IE.2	IE.1	IE.0
(IE) =	EA	----	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Símbolo	Posição	Função
EA	IE.7	Desabilitador geral de todas as interrupções 0: nenhuma interrupção é vetorizada 1: cada fonte de interrupção é individualmente habilitada ou desabilitada por setar ou limpar seu correspondente <i>bit</i> habilitador
-	IE.6	Reservada
ET2	IE.5	Habilita/desabilita a fonte de interrupção de <i>overflow</i> ou captura do <i>timer</i> /contador 2
ES	IE.4	Habilita/desabilita a fonte de interrupção da interface do canal de comunicação serial
ET1	IE.3	Habilita/desabilita a fonte de interrupção de <i>overflow</i> do <i>timer</i> /contador 1
EX1	IE.2	Habilita/desabilita a fonte de interrupção externa 1
ET0	IE.1	Habilita/desabilita a fonte de interrupção de <i>overflow</i> do <i>timer</i> /contador 0
EX0	IE.0	Habilita/desabilita a fonte de interrupção externa 0

Registrador: IP (Interrupt Priority)

A prioridade das interrupções é definida pelo registrador IP (Interrupt Priority). Estão disponíveis dois níveis de prioridade: o alto e o baixo.



Descrição dos bits do registrador IP, responsável por especificar a prioridade de cada interrupção.

Registrador: IP (Interrupt Priority)

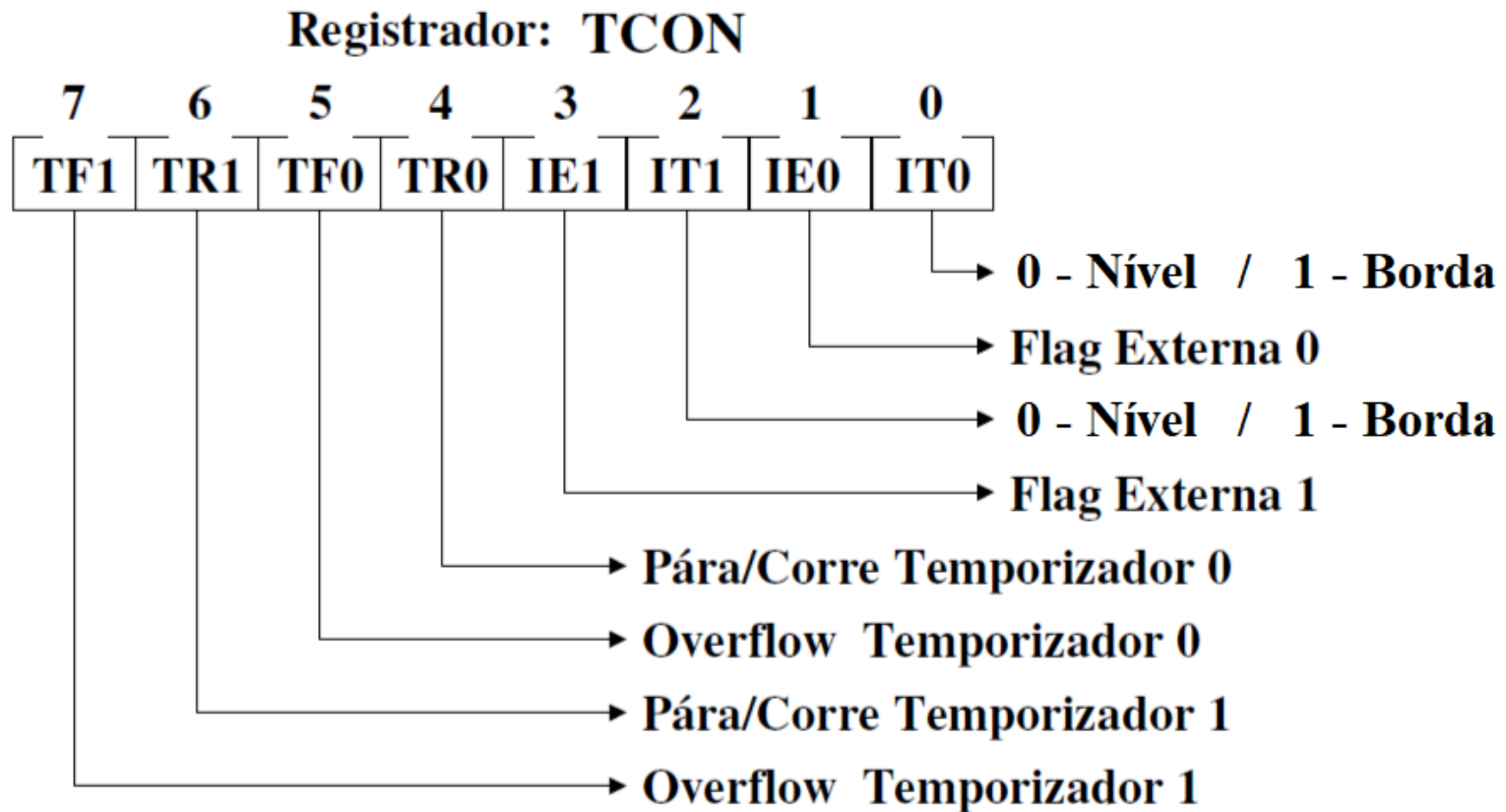
<i>bit</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
	IP.7	IP.6	IP.5	IP.4	IP.3	IP.2	IP.1	IP.0
IP=	-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

Bit de prioridade = 1 \Rightarrow atribui alta prioridade;

Bit de prioridade = 0 \Rightarrow atribui baixa prioridade;

Símbolo	Posição	Função
-	IP.7	Reservada
-	IP.6	Reservada
PT2	IP.5	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 2
PS	IP.4	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção do canal de comunicação serial
PT1	IP.3	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 1
PX1	IP.2	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção externa 1
PT0	IP.1	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 0
PX0	IP.0	<i>Bit</i> de prioridade da fonte de interrupção externa 0

Registrador: TCON (Timer Controller)



Registrador TCON, onde se especifica se as interrupções externas trabalharão por nível ou por flanco.

Registrador: TCON (Timer Controller)

Os quatro *bits* menos significativos do registrador de controle dos *timers*/contadores chamado de TCON gerenciam o funcionamento das interrupções externas.

<i>bits</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
	TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

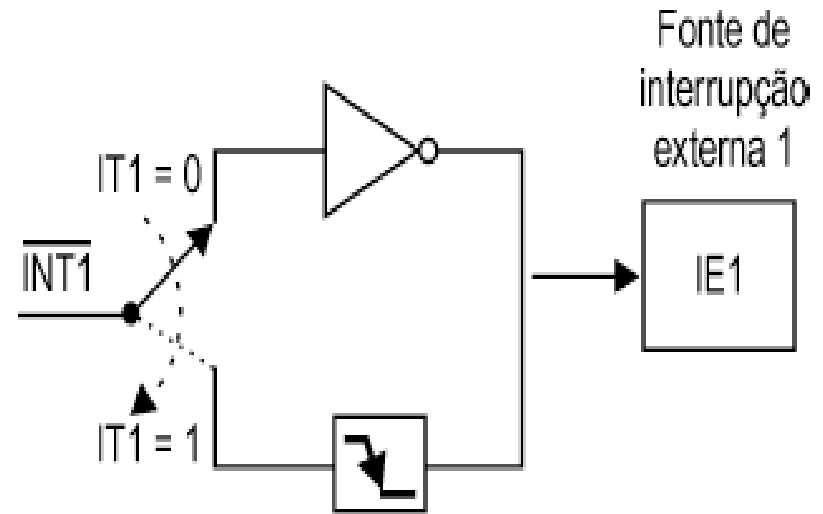
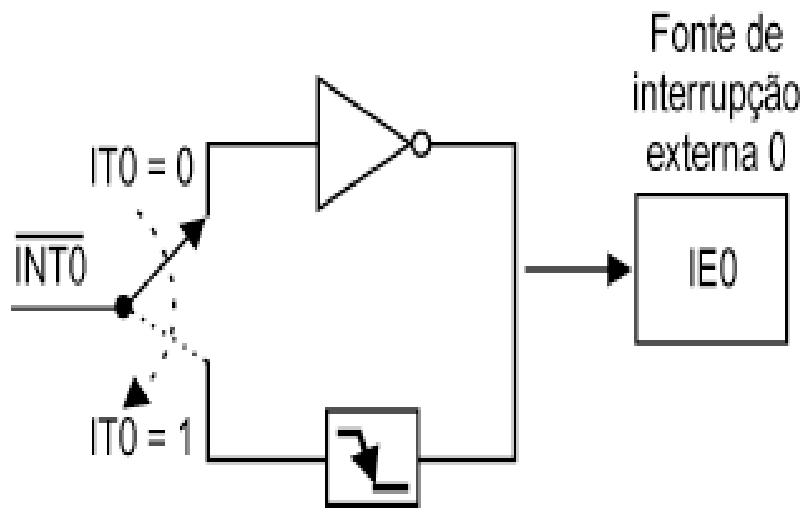
São 2 entradas de interrupção externas:

- interrupção 0 (P3.2/ INT0)
- interrupção 1 (P3.3/ INT1)

Flag IT0 do TCON

bits	7	6	5	4	3	2	1	0
	TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

IT0 (TCON.0): especifica se o sinal elétrico vindo da interface externa ativa a interrupção por nível lógico zero ou por borda de descida, respectivamente.



Flag IE0 do TCON

bits	7	6	5	4	3	2	1	0
	TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Caso a interrupção externa 0 for programada para gerar interrupções quando o seu nível lógico for igual a zero, esse *bit* não é resetado quando a sub-rotina de atendimento a essa fonte de interrupção é atendida e deve ser resetado na rotina de atendimento a essa fonte de interrupção.

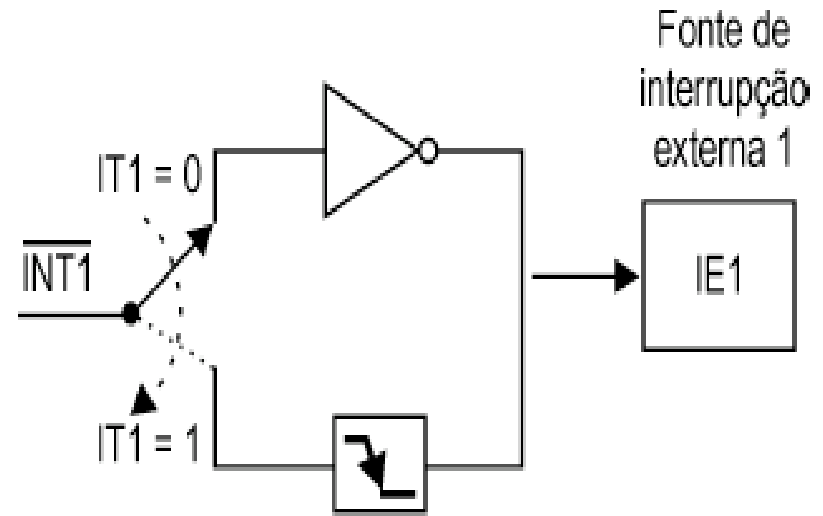
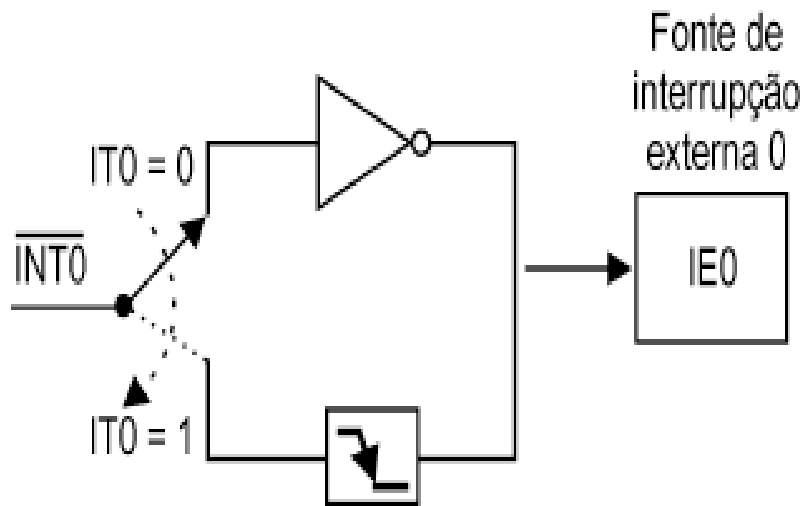
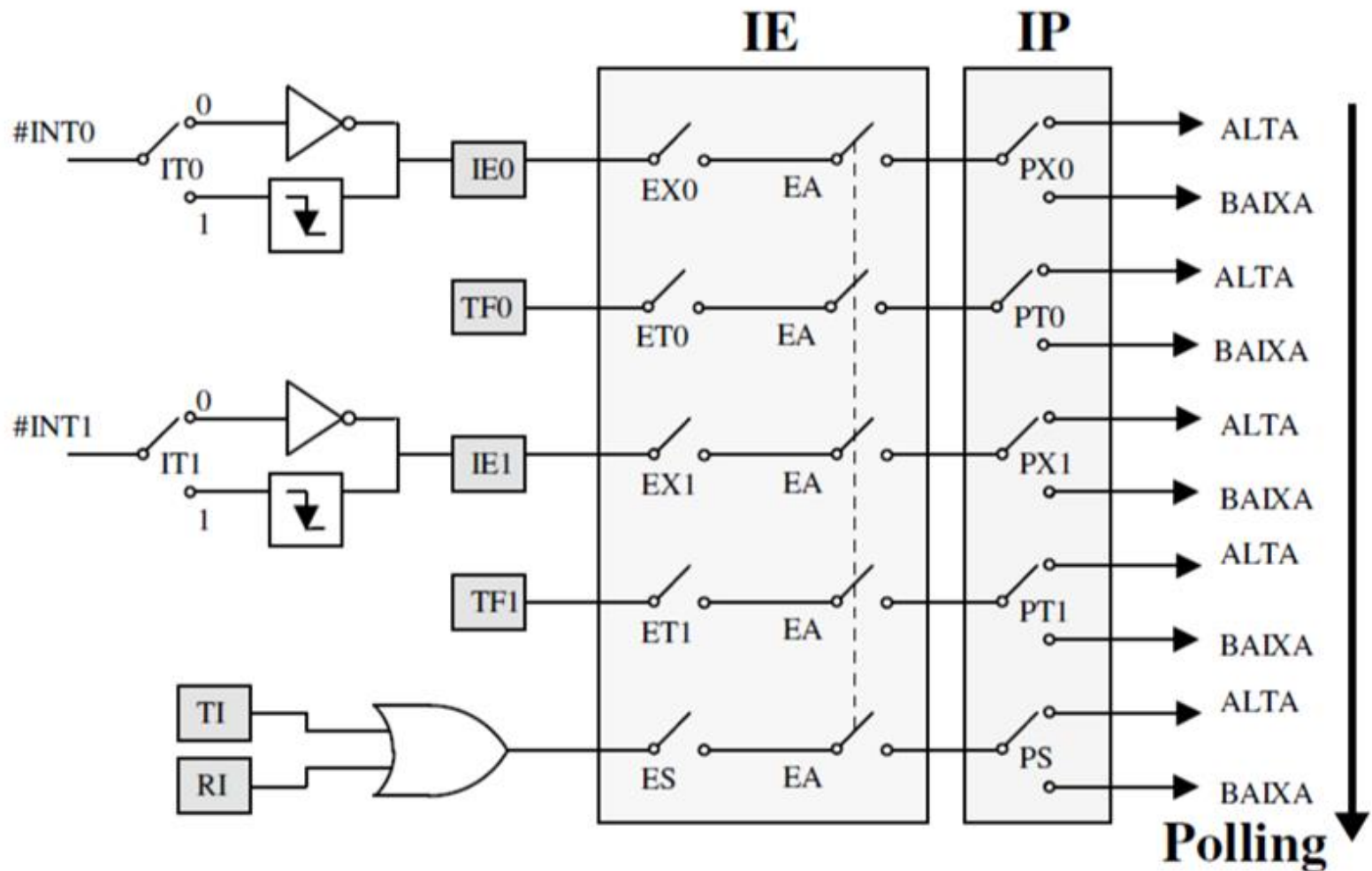


Diagrama das interrupções



Endereço de desvio das interrupções

Fonte de interrupção	Nome da fonte de interrupção	Endereço vetor
RESET	<i>Reset</i>	0000h
IE0	Fonte de interrupção externa 0	0003h
TF0	Fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 0	000Bh
IE1	Fonte de interrupção externa 1	0013h
TF1	Fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 1	001Bh
RI + TI	Fonte de interrupção do canal de comunicação serial	0023h
TF2 + EXF2	Fonte de interrupção do <i>timer</i> /contador 2 + externa 2	002Bh

Passos para configurar e escrever rotina de interrupções

Em adicional, para as interrupções externas, os pinos INT0 e INT1 (P3.2 e P3.3) devem ficar inicialmente em 1 lógico (as interfaces devem ser projetadas para inicialmente operarem em 1 lógico e quando tiver alguma ocorrência, ela deve ir para 0 lógico), e dependendo se a fonte de interrupção é ativada por nível ou borda de descida, os *bits* IT0 e IT1 no registrador TCON podem precisar ser setados para 1 lógico (IT0 e IT1=0 \Rightarrow ativado por nível e IT0 e IT1=1 \Rightarrow ativado por transição).

Exemplo de Interrupção Externa

Registrador: TCON (Timer Controller)

Os quatro *bits* menos significativos do registrador de controle dos *timers*/contadores chamado de TCON gerenciam o funcionamento das interrupções externas.

<i>bits</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
	TCON.7	TCON.6	TCON.5	TCON.4	TCON.3	TCON.2	TCON.1	TCON.0
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

São 2 entradas de interrupção externas:

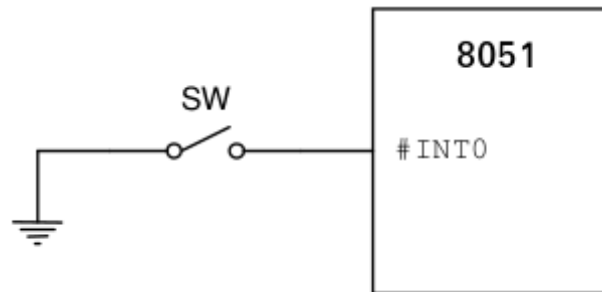
- interrupção 0 (P3.2/ INT0)
- interrupção 1 (P3.3/ INT1)

Pinagem do 8051

Pino	Descrição
P3.2 (#INT0)	Usado como entrada para o pedido de interrupção 0.
P3.3 (#INT1)	Usado como entrada para o pedido de interrupção 1.
P3.4 (T0)	Entrada de contagem para CT0, quando operando no modo contador.
P3.5 (T1)	Entrada de contagem para CT1, quando operando no modo contador.

Exemplo 1

Crie um programa com interrupção externa INT0 (pino P3.2) que realize o complemento do pino P1.0 cada vez que a interrupção for acionada.



Exemplo 1

Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB IT0

;Trabalhando com borda de descida

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1

Solução:

```
org 0000h
    LJMP START           ;Pula incondicionalmente para START
```

```
org 0003h
INT_0:
    CPL P1.0             ;complementa P1.0
    RETI                 ;Retorna da interrupção
```

```
org 0080h
START:
    SETB EA              ;Habilita as interrupções
    SETB EX0             ;Habilita a interrupção 0
    SETB IT0             ;Trabalhando com borda de descida
    SJMP $               ;Laço de repetição
```

Exemplo 1

Pedido	Interrupção	Endereço
IE0	Externa 0	0003H
TF0	Temporizador 0	000BH
IE1	Externa 1	0013H
TF1	Temporizador 1	001BH
TI ou RI	Serial	0023H

Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB IT0

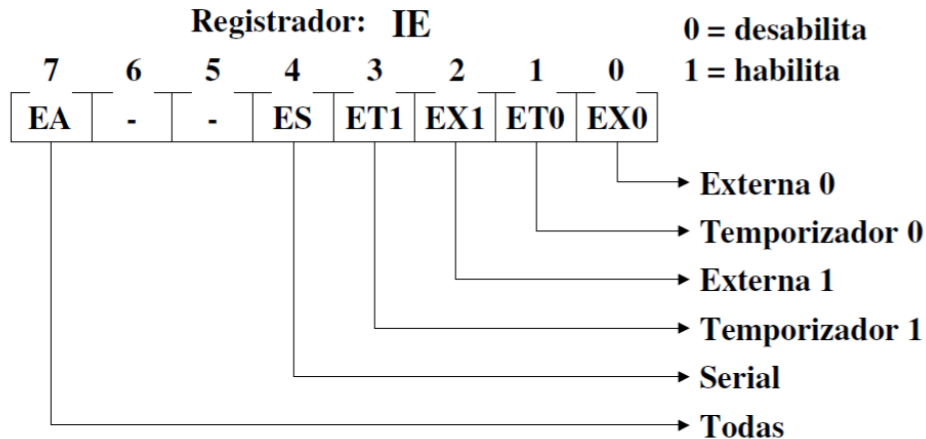
;Trabalhando com borda de descida

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1

Solução:



org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

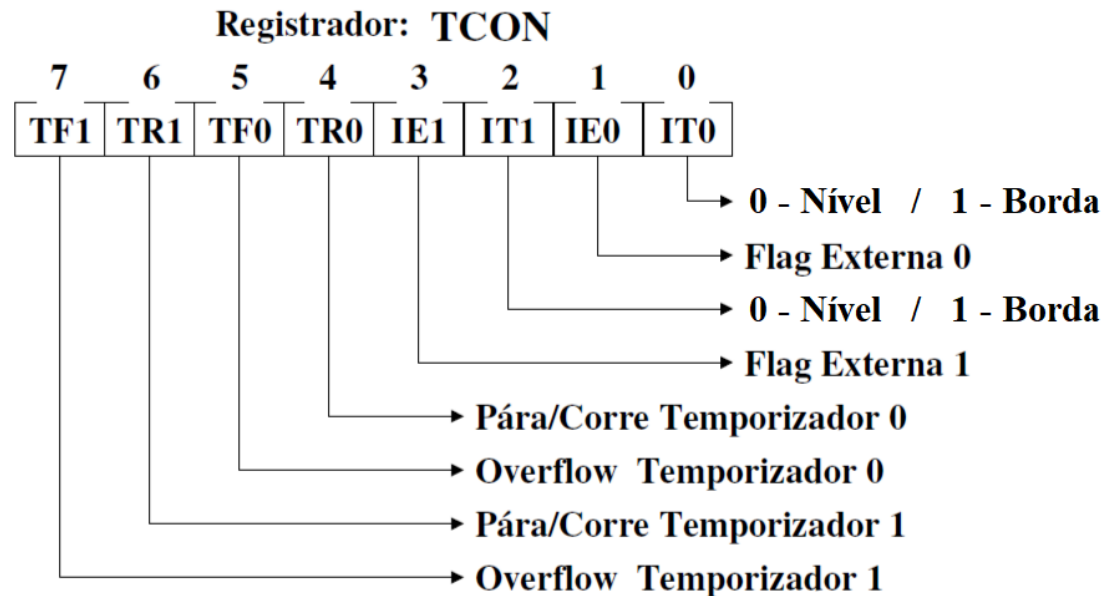
SETB IT0

;Trabalhando com borda de descida

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1



Solução:

```
org 0000h
    LJMP START                ;Pula incondicionalmente para START

org 0003h
INT_0:
    CPL P1.0                 ;complementa P1.0
    RETI                     ;Retorna da interrupção

org 0080h
START:
    SETB EA                  ;Habilita as interrupções
    SETB EX0                 ;Habilita a interrupção 0
    SETB IT0                 ;Trabalhando com borda de descida
    SJMP $                   ;Laço de repetição
```

Exemplo 1

Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB IT0

;Trabalhando com borda de descida

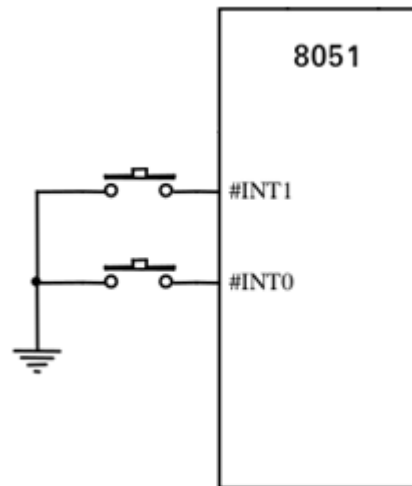
SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo de Interrupção Externa

Exemplo 2

Para o esquema apresentado na figura e considerando a chave SW0 e SW1, INT0 (pino P3.2) que realize o complemento do pino P1.0, INT1 (pino P3.3) que realize o complemento do pino P1.7.

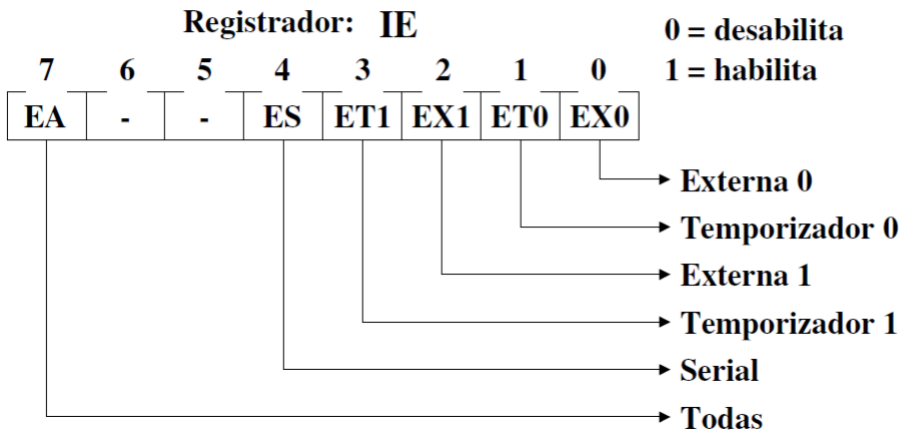


Exemplo 1

Solução:

org 0000h	
LJMP START	;Pula incondicionalmente para START
org 0003h	
INT_TEMP0:	
CPL P1.0	;complementa P1.0
CLR IE0	
RETI	;Retorna da interrupção
org 0013h	
INT_TEMP1:	
CPL P1.7	;complementa P1.7
CLR IE1	
RETI	;Retorna da interrupção
org 0080h	
START:	
SETB EA	;Habilita as interrupções
SETB EX0	;Habilita a interrupção 0
SETB EX1	;Habilita a interrupção 1
SJMP \$;Laço de repetição

Exemplo 1



Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

CLR IE0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0013h

INT_TEMP1:

CPL P1.7

;complementa P1.7

CLR IE1

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB EX1

;Habilita a interrupção 1

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1

Pedido	Interrupção	Endereço
IE0	Externa 0	0003H
TF0	Temporizador 0	000BH
IE1	Externa 1	0013H
TF1	Temporizador 1	001BH
TI ou RI	Serial	0023H

Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

CLR IE0

RETI

;Retorna da interrupção

org 0013h

INT_TEMP1:

CPL P1.7

;complementa P1.7

CLR IE1

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

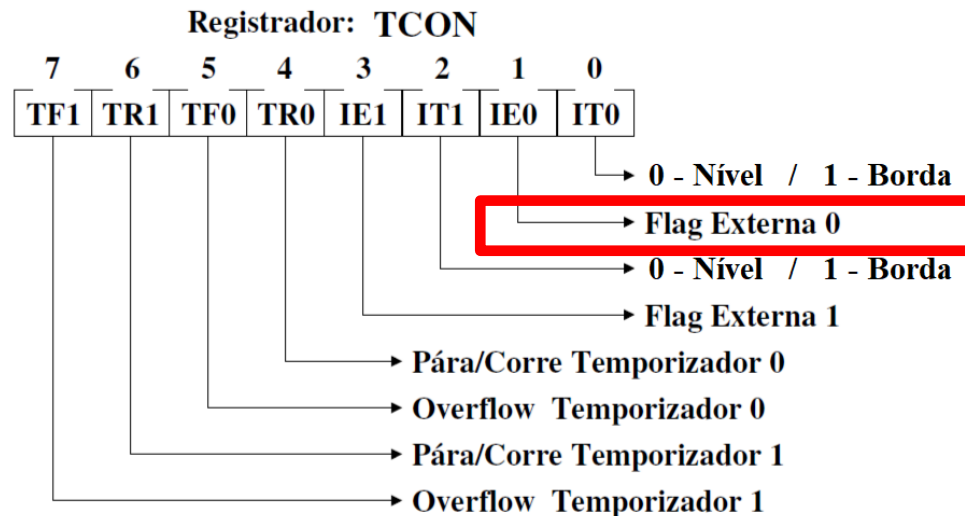
SETB EX1

;Habilita a interrupção 1

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1



Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

CLR IE0

;Zera a Flag da interrupção

RETI

;Retorna da interrupção

org 0013h

INT_TEMP1:

CPL P1.7

;complementa P1.7

CLR IE1

;Zera a Flag da interrupção

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB EX1

;Habilita a interrupção 1

SJMP \$

;Laço de repetição

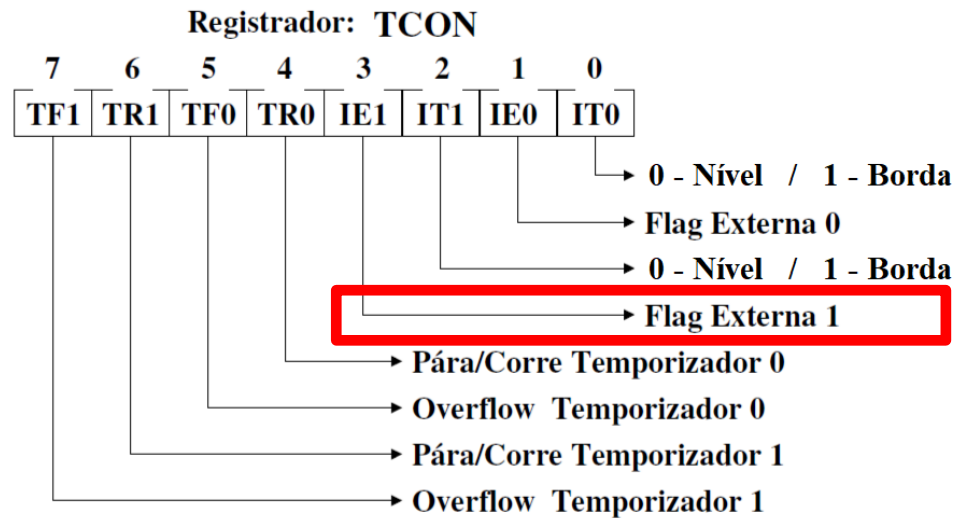
Exemplo 1

Pedido	Interrupção	Endereço
IE0	Externa 0	0003H
TF0	Temporizador 0	000BH
IE1	Externa 1	0013H
TF1	Temporizador 1	001BH
TI ou RI	Serial	0023H

Solução:

```
org 0000h
    LJMP START           ;Pula incondicionalmente para START
org 0003h
INT_TEMP0:
    CPL P1.0             ;complementa P1.0
    CLR IE0
    RETI                 ;Retorna da interrupção
org 0013h
INT_TEMP1:
    CPL P1.7             ;complementa P1.7
    CLR IE1
    RETI                 ;Retorna da interrupção
org 0080h
START:
    SETB EA              ;Habilita as interrupções
    SETB EX0             ;Habilita a interrupção 0
    SETB EX1             ;Habilita a interrupção 1
    SJMP $               ;Laço de repetição
```

Exemplo 1



Solução:

org 0000h

LJMP START

;Pula incondicionalmente para START

org 0003h

INT_TEMP0:

CPL P1.0

;complementa P1.0

CLR IE0

;Zera a Flag da interrupção

RETI

;Retorna da interrupção

org 0013h

INT_TEMP1:

CPL P1.7

;complementa P1.7

CLR IE1

;Zera a Flag da interrupção

RETI

;Retorna da interrupção

org 0080h

START:

SETB EA

;Habilita as interrupções

SETB EX0

;Habilita a interrupção 0

SETB EX1

;Habilita a interrupção 1

SJMP \$

;Laço de repetição

Exemplo 1

Solução:

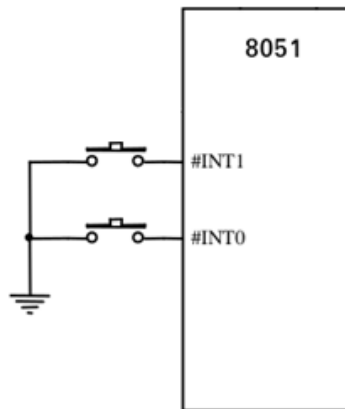
org 0000h	
LJMP START	;Pula incondicionalmente para START
org 0003h	
INT_TEMP0:	
CPL P1.0	;complementa P1.0
CLR IE0	
RETI	;Retorna da interrupção
org 0013h	
INT_TEMP1:	
CPL P1.7	;complementa P1.7
CLR IE1	
RETI	;Retorna da interrupção
org 0080h	
START:	
SETB EA	;Habilita as interrupções
SETB EX0	;Habilita a interrupção 0
SETB EX1	;Habilita a interrupção 1
SJMP \$;Laço de repetição

Exemplo de Interrupção Externa

Exemplo 2

Para o esquema apresentado na figura e considerando a chave SW0 e SW1, INT0 (pino P3.2) que realize o complemento do pino P1.0, INT1 (pino P3.3) que realize o complemento do pino P1.7.

Faça com que os LEDs no P1.0 e P1.7 só sejam acionados quando o botão é pressionado e solto.



Para resolver esse problema, temos que utilizar por borda

Exemplo 1

Solução:

org 0000h	
LJMP START	;Pula incondicionalmente para START
org 0003h	
INT_TEMP0:	
CPL P1.0	;complementa P1.0
RETI	;Retorna da interrupção
org 0013h	
INT_TEMP1:	
CPL P1.7	;complementa P1.7
RETI	;Retorna da interrupção
org 0080h	
START:	
SETB EA	;Habilita as interrupções
SETB EX0	;Habilita a interrupção 0
SETB EX1	;Habilita a interrupção 1
SETB IT0	;Trabalhando com borda de descida
SETB IT1	;Trabalhando com borda de descida
SJMP \$;Laço de repetição

Bibliografia

ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. Microcontroladores Programação e Projeto com a Família 8051. MZ Editora, RJ, 2005.

Gimenez, Salvador P. Microcontroladores 8051 - Teoria e Prática, Editora Érica, 2010.