

# Microprocessadores e Aplicações

## *Acetatos de apoio às aulas teóricas*

Ana Cristina Lopes  
Dep. Engenharia Electrotécnica  
<http://orion.ipt.pt> [anacris@ipt.pt](mailto:anacris@ipt.pt)

- Introdução
- Registos Envolvidos
- Modos de Operação

## 1. Temporizadores/Contadores;

(a) Introdução;

(b) Registos Envolvidos;

(c) Modos de Operação;

(d) Exemplos.

O 8051 tem dois registos de 16 bits, denominados por Timer 0 e Timer 1, dedicados às funções de temporização e contagem.

- **Temporizador:** O registo é incrementado a cada ciclo de máquina (usa como base o cristal da CPU), a 1/12 da frequência de relógio.
- **Contador:** O registo é incrementado de acordo com o sinal colocado nas entradas T1 e T0, ou seja, o contador opera a cada transição de 1 para 0 (flanco de descida ↓) na entrada T0 (P3.4) ou T1 (P3.5).

## Cuidados a ter com a operação em Modo Contador:

- As entradas, tal como mencionado anteriormente, são amostradas no S5P2 de cada ciclo de máquina;
- Quando num determinado ciclo de máquina uma entrada altera o seu estado de 1 para 0, o contador é incrementado no ciclo de máquina seguinte;
- O incremento do contador acontece em S3P1 do ciclo de máquina seguinte (à ocorrência da transição);
- Para garantir que o nível correcto da entrada seja amostrado é necessário que o sinal de entrada (o sinal que vai accionar os contadores) se mantenha no nível alto durante um ciclo de máquina e que permaneça num nível baixo durante mais um ciclo de máquina;
- Isto significa que a máxima frequência a que o contador responde é a  $1/24$  da frequência do relógio;
- O sinal de entrada pode ter qualquer "duty cycle".

Temporizadores/Contadores

- Temporizadores/Contadores
- Introdução
- **Registos Envolvidos**
- Modos de Operação

Utilizam-se dois registos de funções especiais (SFRs) para controlar as funções e operações dos temporizadores/contadores:

- **TMOD:** Especifica o modo de operação;
- **TCON:** Controlo da Operação;

# Registo TMOD - Modo de Operação

Temporizadores/Contadores

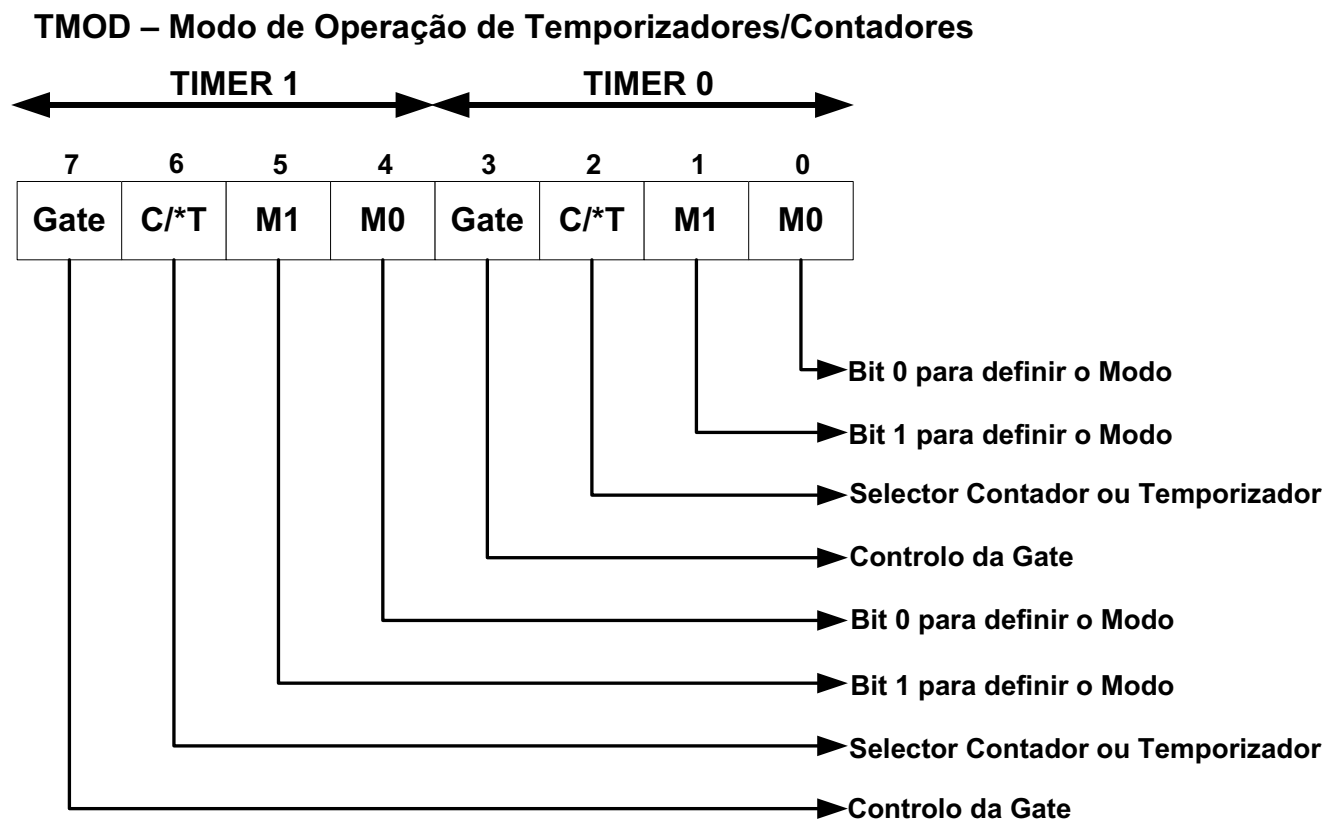
● Temporizadores/Contadores

● Introdução

● Registos Envolvidos

● Modos de Operação

A Figura seguinte mostra o conteúdo do registo TMOD, o qual especifica o modo de operação dos dois temporizadores/contadores.



De seguida apresenta-se a descrição do nibble  $i$ , o qual é respeitante ao Timer  $i$  (0 ou 1), do registo TMOD:

- **Gate:** Especifica como é feito o controlo:
  - ◆ Se  $\text{Gate} = 1 \Rightarrow$  conta quando  $\text{TR}_i = 1$  e  $\text{INT}_i = 1$ ;
  - ◆ Se  $\text{Gate} = 0 \Rightarrow$  conta quando  $\text{TR}_i = 1$  (o controlo é feito por software);

O bit Gate serve para especificar se as entradas de interrupções externas serão usadas no controlo dos temporizadores/contadores. Esse modo de controlo pode ser utilizado para medir a largura dos pulsos externos ligados a  $\text{INT}_1$  (associada ao Timer 1) ou  $\text{INT}_0$  (associada ao Timer 0).

- **C/\*T:** Selecciona o modo temporizador ou contador:
  - ◆ Se  $\text{C/*T} = 1 \Rightarrow$  Modo Contador (conta usando a entrada T1);
  - ◆ Se  $\text{C/*T} = 0 \Rightarrow$  Modo temporizador (conta a cada ciclo de máquina);

- **M1 M0:** Selecciona o modo de operação. A Tabela seguinte refere-se à configuração destes dois bits:

M1	M0	Descrição
0	0	THi é temporizador/contador de 8 bits e TL1 é um pre-scaler de 5 bits.
0	1	THi e TLi formam um temporizador/contador de 16 bits
1	0	Contador/temporizador de 8 bits com auto-recarga (TLi conta e THi valor de recarga)
1	1	TL0 contador/temporizador de 8 bits (utiliza TR0, *INT0 e TF0)
		TH0 contador/temporizador de 8 bits (utiliza TR1, *INT1 e TF1)
		TH1 e TL1 parado (mas pode operar noutros modos)



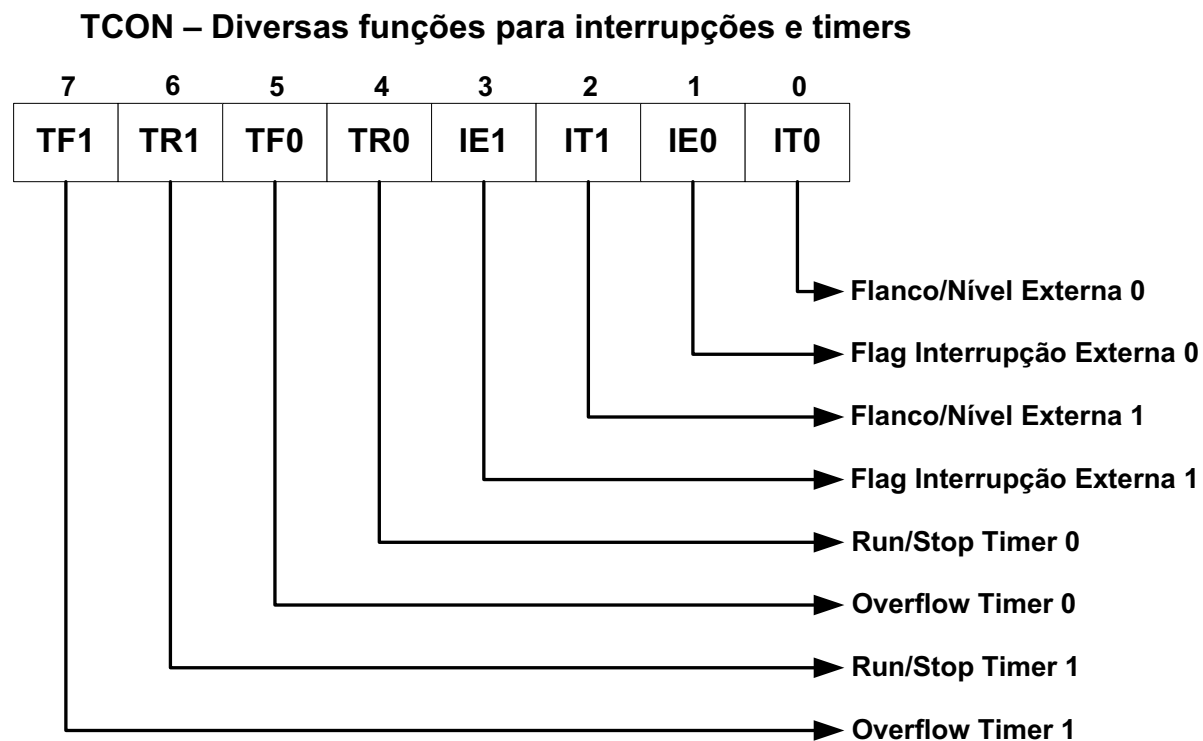
# TCON - Configuração dos Temporizadores

Temporizadores/Contadores

- Temporizadores/Contadores
- Introdução
- Registos Envolvidos
- Modos de Operação

Este registo integra flags e bits de configuração associados às interrupções externas e aos temporizadores.

A Figura seguinte mostra o conteúdo do registo TCON:



De seguida apresenta-se a descrição dos quatro bits mais significativos do registo TCON:

- **TF1:** Flag de transbordo (*overflow*) do contador/temporizador 1. É activado por hardware quando há transbordo no contador do timer 1 (timer/counter 1). É apagado por hardware quando o processador é desviado para a rotina de atendimento da interrupção.
- **TR1:** Bit de contagem/paragem do contador/temporizador 1.
- **TF0:** Flag de transbordo (*overflow*) do contador/temporizador 0. É activado por hardware quando há transbordo no contador do timer 0 (timer/counter 0). É apagado por hardware quando o processador é desviado para a rotina de atendimento da interrupção.
- **TR0:** Bit de contagem/paragem do contador/temporizador 0.

De seguida apresenta-se a descrição dos quatro bits menos significativos do registo TCON:

- **IE1:** Flag da interrupção externa 1. É activado (colocado a um) por hardware quando se detecta a interrupção externa 1. É apagado (colocado a zero) por hardware (só no modo flanco) quando o processador é desviado para a rotina de atendimento da interrupção.
- **IT1:** Indica se a interrupção externa 1 opera por flanco ou por nível:  $IT1 = 1 \rightarrow$  flanco descendente,  $IT1 = 0 \rightarrow$  nível.
- **IE0:** Flag da interrupção externa 0. É activado (colocado a um) por hardware quando se detecta a interrupção externa 0. É apagado (colocado a zero) por hardware (só no modo flanco) quando o processador é desviado para a rotina de atendimento da interrupção.
- **IT0:** Indica se a interrupção externa 0 opera por flanco ou por nível:  $IT0 = 1 \rightarrow$  flanco descendente,  $IT0 = 0 \rightarrow$  nível.

Tal como já fora mencionado anteriormente, a partir da configuração dos bits M1 e M0 do registo SFR TMOD é possível seleccionar quatro modos de operação distintos para os dois contadores/temporizadores (timer1 e timer0).

Os modos 0, 1 e 2 são iguais para os 2 contadores/temporizadores, porém o modo 3 é diferente, podendo apenas ser implementado com o Timer 0.

De seguida apresenta-se a descrição do funcionamento dos modos 0, 1, 2 e 3.

O modo 0 funciona de forma idêntica para os timers 0 e 1. O modo *i* funciona da seguinte forma:

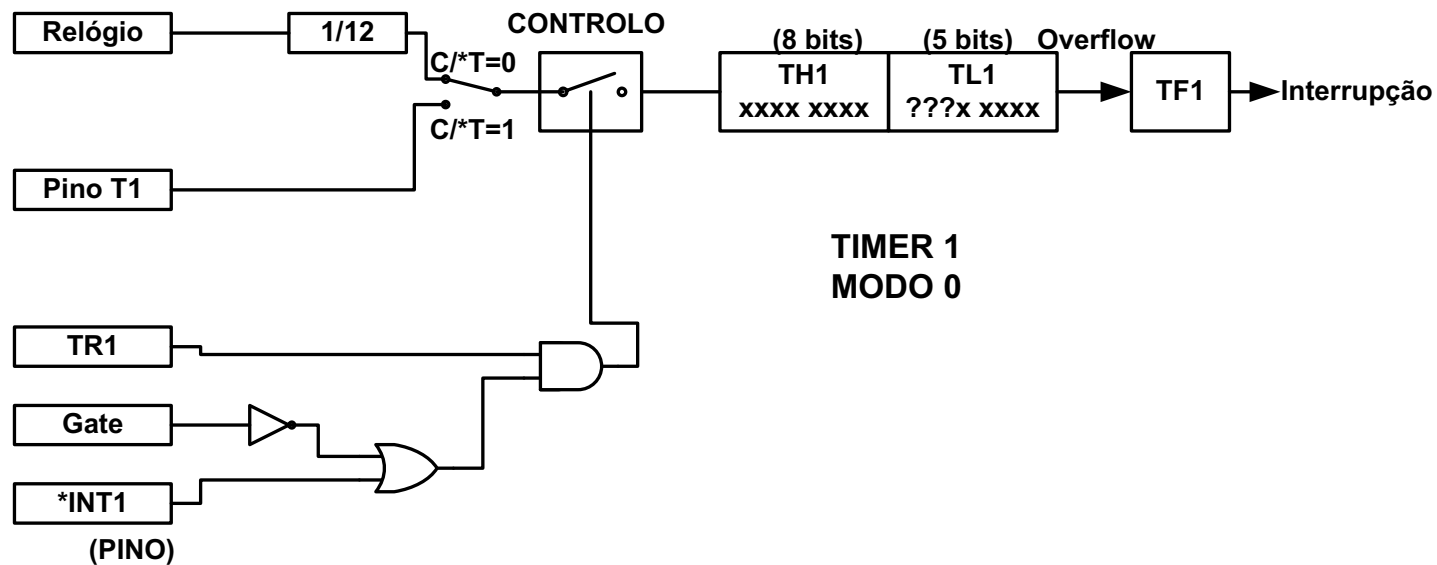
- Neste modo existe um contador/temporizador de 8 bits e um divisor (*pre-scaler*) de 5 bits.
- Isto resulta num contador/temporizador de 13 bits, formado pelos 8 bits de THi e pelos bits menos significativos do registo TLi. Os restantes 3 bits de TLi têm valor indeterminado.
- O transbordo (*overflow*) é gerado quando ocorre a passagem de 1FFFH para 0000;
- O controlo da contagem/temporização é feito da seguinte forma:
  - ◆ Se Gate = 0  $\Rightarrow$  TR1 controla o temporizador/contador (controlo por software);
  - ◆ Se Gate = 1  $\Rightarrow$  TR1 e INT1 controlam o temporizador/contador (permite o controlo externo por hardware);

# Modo 0 - Continuação

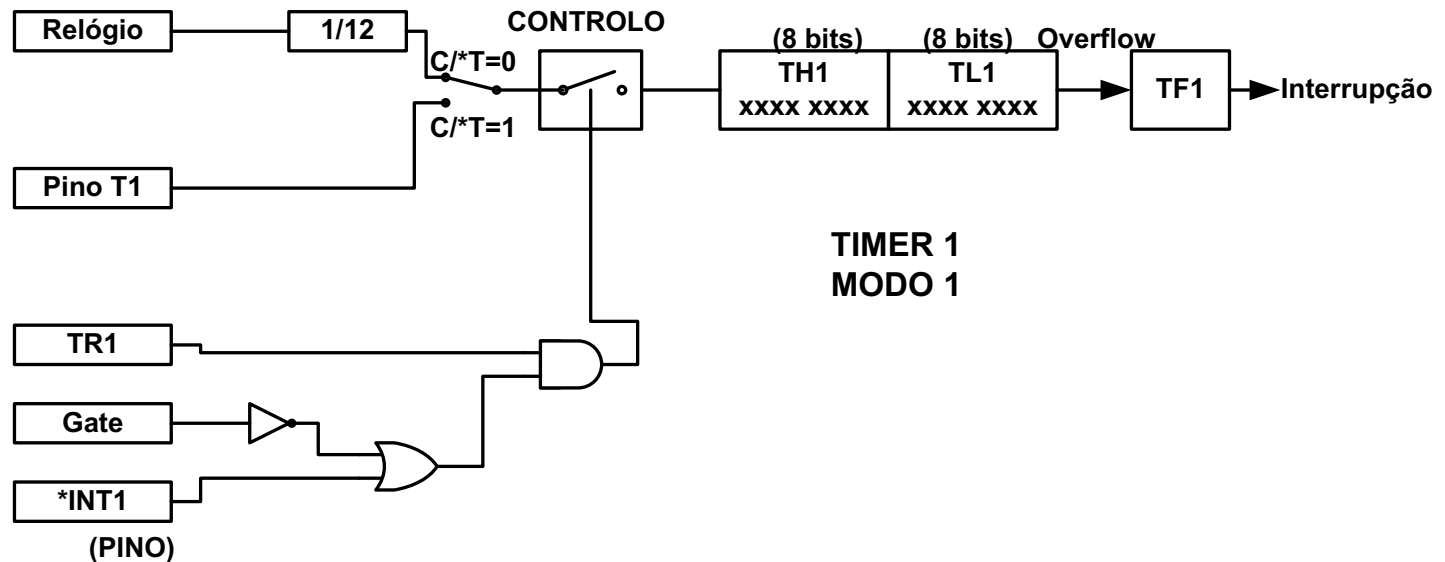
Temporizadores/Contadores

- Temporizadores/Contadores
- Introdução
- Registos Envolvidos
- Modos de Operação

A Figura seguinte mostra o diagrama de blocos do contador/temporizador 1 operando em modo 0. A mesma figura é válida para o contador/temporizador 0.



Este modo de operação é o mais simples e o mais utilizado. É idêntico ao modo 0, mas, neste caso, os temporizadores/contadores são de 16 bits. A Figura seguinte ilustra o diagrama de blocos referente a este modo. A mesma figura é válida para o contador/temporizador 0.



O modo 0 funciona de forma idêntica para os timers 0 e 1. O modo i funciona da seguinte forma:

- Este modo possui um contador/temporizador de 8 bits (que funciona no byte menos significativo de T0 ou T1 - TLi) e um registo de recarga (byte mais significativo de de T0 ou T1 - THi) utilizado sempre que ocorre um transbordo (*overflow*).
- O transbordo activa TFi e recarrega TLi com o valor armazenado previamente em THi.
- O valor de THi permanece sempre inalterado e deve ser fornecido por software.



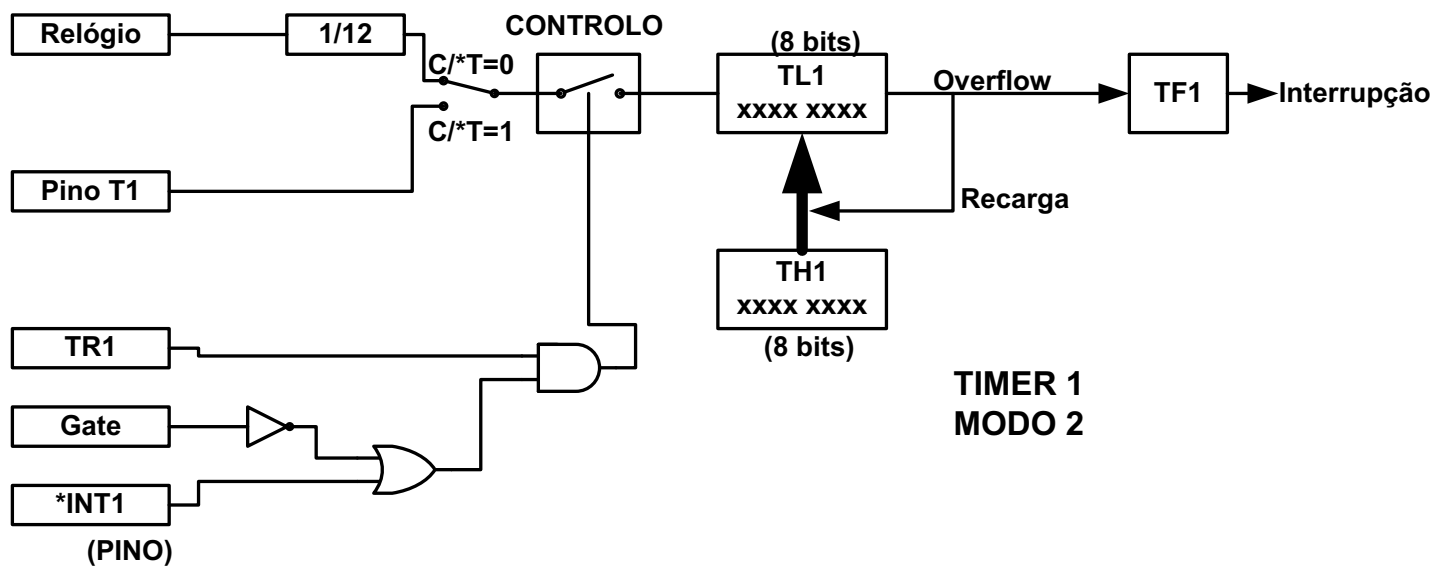
# Modo 2 - Continuação

Temporizadores/Contadores

- Temporizadores/Contadores
- Introdução
- Registos Envolvidos

● Modos de Operação

A Figura seguinte ilustra o diagrama de blocos referente ao modo 2. A mesma figura é válida para o contador/temporizador 0.



Este é o único modo de operação onde os contadores/temporizadores 0 e 1 têm um comportamento diferente, dado que:

- O contador/temporizador 1 simplesmente suspende a contagem - é como se  $TR1 = 0$ ;
- O contador/temporizador 0 divide-se em dois contadores/temporizadores de 8 bits:
  - ◆ TL0 - Contador/temporizador de 8 bits que utiliza C/\*T, GATE, TR0, \*INT0 e TF0;
  - ◆ TH0 - Contador/temporizador de 8 bits que utiliza TR1 e TF1 ou seja, é responsável por desencadear a interrupção do contador/temporizador 1;
- O contador/temporizador 1 pode ser usado para operar em qualquer outro modo (0,1 ou 2) - não há problema porque os modos operam de forma independente;
- Também se pode usar o contador/temporizador 1 (em modo 2) para gerar o "baud rate" da porta série.

# Modo 3 - Continuação

Temporizadores/Contadores

- Temporizadores/Contadores
- Introdução
- Registos Envolvidos
- Modos de Operação

A Figura seguinte ilustra o diagrama de blocos referente ao modo 3. A figura é válida apenas para o contador/temporizador 0.

