

### Chương 3: BỘ ĐỊNH THỜI VÀ BỘ ĐẾM

Bộ đếm/Bộ định thời được dùng để thực hiện một nhiệm vụ đơn giản là đếm các xung nhịp. Mỗi khi có thêm một xung nhịp tại đầu vào đếm thì giá trị của bộ đếm sẽ được tăng lên 01 đơn vị (trong chế độ đếm tiến/đếm lên) hay giảm đi 01 đơn vị (trong chế độ đếm lùi/đếm xuống). Xung nhịp đưa vào đếm có thể là một trong hai loại:

+ Xung nhịp bên trong vi điều khiển: trong trường hợp sử dụng xung nhịp loại này, người ta gọi là các **bộ định thời (timers)**.

+ Xung nhịp bên ngoài vi điều khiển: đó là các tín hiệu logic thay đổi liên tục giữa 02 mức 0-1 và không nhất thiết phải là đều đặn. Trong trường hợp này người ta gọi là các **bộ đếm (counters)**.

Chương này chúng ta sẽ tìm hiểu về cách lập trình cho chúng và sử dụng chúng như thế nào trong vi điều khiển 8051

#### 3.1 Các thanh ghi cơ sở của bộ định thời

8051 có 02 bộ đếm/bộ định thời là **Timer 0** và **Timer 1**. Trong Cả hai bộ định thời **Timer 0** và **Timer 1** đều có độ dài **16 bit**. Chúng ta sẽ tìm hiểu kỹ về từng thanh ghi.

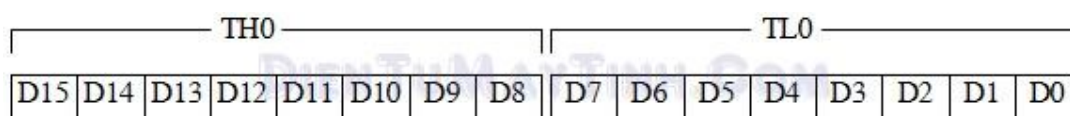
##### 3.1.1 Các thanh ghi của bộ Timer 0

Thanh ghi 16 bit của bộ **Timer 0** được truy cập như byte thấp và byte cao:

+ Thanh ghi byte thấp được gọi là **TL0** (Timer0 Low byte).

+ Thanh ghi byte cao được gọi là **TH0** (Timer0 High byte).

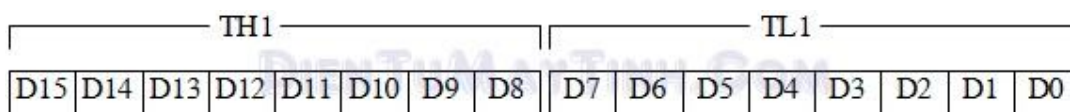
Các thanh ghi này có thể được truy cập như mọi thanh ghi A, B, R0, R1, R2 v.v...



Hình 3.1: Các thanh ghi của bộ Timer 0

##### 3.1.2 Các thanh ghi của bộ Timer 1

Giống như **timer 0**, bộ định thời gian **Timer 1** cũng dài 16 bit và thanh ghi 16 bit của nó cũng được chia ra thành hai byte là **TL1** và **TH1**. Các thanh ghi này được truy cập và đọc giống như các thanh ghi của bộ Timer 0 ở trên.

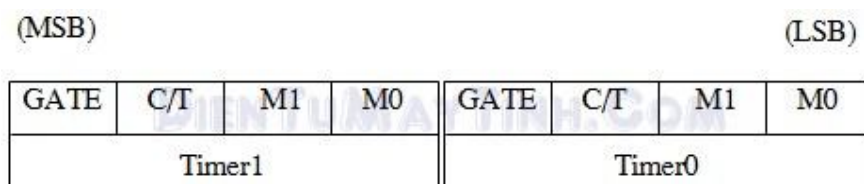


Hình 3.2: Các thanh ghi của bộ Timer 1.

##### 3.1.3 Thanh ghi TMOD

Cả hai bộ định thời **Timer 0** và **Timer 1** đều dùng chung một thanh ghi được gọi là **TMOD**. Thanh ghi này dùng để thiết lập các **chế độ làm việc khác nhau của bộ định thời**.

Thanh ghi **TMOD** là **thanh ghi 8 bit** gồm có: 4 bit thấp để thiết lập cho bộ **Timer 0** & 4 bit cao để thiết lập cho **Timer 1**.



Hình 3.3: Thanh ghi TMOD.

**a. Chức năng bit M1, M0**

Là các bit chọn chế độ của các bộ Timer 0 và Timer 1. Các chế độ hoạt động của Timer0 hay Timer 1 được thiết lập theo trạng thái của M1 và M0 như sau:

M1	M0	Chế độ	Chế độ hoạt động
0	0	0	Bộ định thời 13 bit: 8 bit là bộ định thời/bộ đếm, 5 bit đặt trước.
0	1	1	Bộ định thời 16 bit: không có đặt trước.
1	0	2	Bộ định thời 8 bit: tự nạp lại.
1	1	3	Chế độ bộ định thời chia tách.

Bảng 3.1: Các chế độ hoạt động của bộ đếm/bộ định thời

**b. Chức năng Bit C/T (Counter/Timer)**

Bit này trong thanh ghi TMOD được dùng để quyết định xem bộ định thời được dùng như một máy tạo độ trễ hay bộ đếm sự kiện. Nếu bit C/T = 0 thì nó được dùng như một bộ định thời tạo độ trễ thời gian.

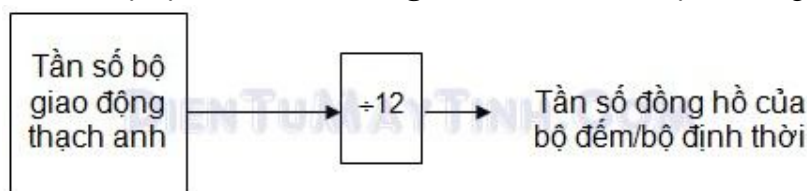
Ví dụ 1:

**Mov TMOD,#01h** ; Nghĩa là TMOD = 0000 0001 - chế độ 1 của bộ định thời Timer 0 được chọn.

**Mov TMOD,#02h** ; Nghĩa là TMOD = 0010 0000 - chế độ 2 của bộ định thời Timer 1 được chọn.

**Mov TMOD,#12h** ; TMOD = 0001 0010 - chế độ 1 của bộ định thời Timer 1 và chế độ 2 của Timer 0 được chọn.

Nguồn đồng hồ cho chế độ trễ thời gian là tần số thạch anh của 8051. Điều đó có nghĩa là độ lớn của tần số thạch anh đi kèm với 8051 quyết định tốc độ nhịp của các bộ định thời trên 8051. Tần số của bộ định thời luôn bằng 1/12 tần số của thạch anh gắn với 8051.



Hình 3.4: Tần số của bộ đếm/bộ định thời

Ví dụ 2:

Tần số thạch anh	Tần số bộ định thời	Chu kỳ bộ định thời
20MHz	20MHz/12=1,6666MHz	1/1,6666MHz=0,6us
12MHz	12MHz/12=1MHz	1/1MHz=1us

11,0592MHz	$11,0592\text{MHz}/12=0,9216\text{MHz}$	$1/0,9216\text{MHz}=1,085\mu\text{s}$
------------	---	---------------------------------------

**Bảng 3.2:** Một số tần số thông dụng

Mặc dù các hệ thống 8051 có thể sử dụng tần số thạch anh từ 10 đến 40MHz, song ta thường dung tần số thạch anh **12MHz** vì mỗi chu kỳ máy sẽ là 1 us, điều đó thuận lợi cho việc tính toán thời gian trễ của bộ định thời.

### c. Chức năng bit cổng GATE

Mỗi bộ định thời thực hiện điểm khởi động và dừng. Một số bộ định thời thực hiện điều này bằng phần mềm, một số khác bằng phần cứng và một số khác vừa bằng phần cứng vừa bằng phần mềm. Các bộ định thời trên 8051 có cả hai:

Việc **khởi động** và **dừng** bộ định thời được khởi động bằng phần mềm bởi các **bit khởi động bộ định thời TRx là TR0 và TR1**. Điều này có được nhờ các lệnh Set bit **TR0** lên **1** (khởi động bộ định thời) hoặc Clear bit **TR0** (dừng bộ định thời) đối với **Timer 0**, và tương tự **TR1** đối với **Timer 1**. Các lệnh này có tác dụng khi bit **GATE = 0** trong thanh ghi **TMOD**.

Việc khởi động và ngừng bộ định thời bằng **phần cứng từ nguồn ngoài** bằng cách đặt bit **GATE = 1** trong thanh ghi **TMOD**. Tuy nhiên, để tránh sự lẫn lộn ngay từ bây giờ ta đặt **GATE = 0** có nghĩa là không cần khởi động và dừng các bộ định thời bằng phần cứng từ bên ngoài.

#### Ví dụ 3:

**TMOD = 0000 0010:** Bộ định thời là Timer0, chế độ 2, C/T = 0 dùng nguồn XTAL, **GATE = 0** dùng phần mềm để khởi động và dừng bộ định thời.

## 3.2. Chế độ của Bộ đếm/bộ định thời

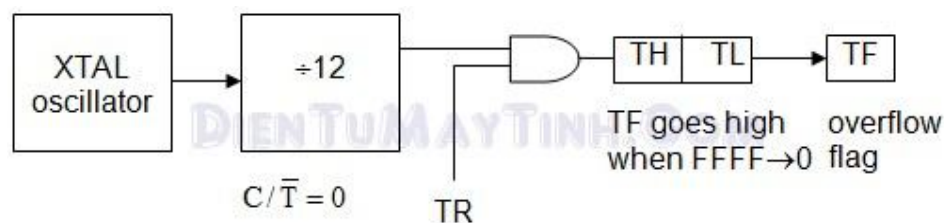
### 3.2.1. Lập trình cho chế độ 1 (M1 = 0 và M0 = 1)

Đây là bộ định thời **16 bit**, do vậy nó cho phép các giá trị **0000** đến **FFFFH** được nạp vào các thanh ghi **TLx** và **THx** của bộ định thời.

Sau khi **TLx** và **THx** được nạp một giá trị khởi tạo 16 bit thì bộ định thời phải được **khởi động**. Điều này được thực hiện bởi việc SET bit **TR0** đối với **Timer 0** và SET bit **TR1** đối với **Timer 1**.

Sau khi bộ định thời được khởi động, nó bắt đầu đếm lên. Nó đếm lên cho đến khi đạt được giới hạn **FFFFH** của nó. Sau đó, khi nó quay từ **FFFFH** về **0000** thì nó bật bit cờ **TFx** được gọi là **cờ bộ định thời**.

Khi cờ bộ định thời này được thiết lập, **để dừng bộ định thời:** ta thực hiện xóa các bit **TR0** đối với **Timer 0** hoặc **TR1** đối với **Timer 1**. Sau khi bộ định thời đạt được giới hạn của nó là giá trị **FFFFH**, muốn lặp lại quá trình thì các thanh ghi **TH** và **TL** phải được nạp lại với giá trị ban đầu và cờ **TF** phải được xóa về 0.



Hình 3.5: Timer/counter chế độ 1

### Các bước lập trình ở chế độ 1

Để tạo ra một độ trễ thời gian dùng chế độ 1 của bộ định thời thì cần phải thực hiện các bước dưới đây:

- B1. Nạp giá trị **TMOD** cho thanh ghi báo bộ định thời nào (Timer0 hay Timer1) được sử dụng và chế độ nào được chọn.
- B2. Nạp các thanh ghi **TLx** và **THx** với các giá trị đếm ban đầu.
- B3. **Khởi động** bộ định thời bằng cách thiết lập giá trị **TRx** lên 1
- B4. **Duy trì kiểm tra cờ** bộ định thời **TFx** bằng một vòng lặp để xem nó được bật lên 1 không. Thoát vòng lặp khi **TFx** được lên cao.
- B5. **Dừng** bộ định thời bằng cách thiết lập **TRx** về 0
- B6. **Xoá cờ TFx** cho vòng kế tiếp.
- B7. Quay trở lại bước 2 để **nạp lại TLx và THx**.

Công thức tính toán độ trễ sử dụng **chế độ 1** (16 bit) của bộ định thời đối với tần số thạch anh XTAL = f (MHz):

a) Tính theo số Hex	b) Tính theo số thập phân
$(FFFF - YYXX + 1) * 12 / f$ (ms) trong đó YYXX là các giá trị khởi tạo của TH, TL tương ứng. Lưu ý rằng các giá trị YYXX là theo số Hex.	Chuyển đổi các giá trị YYXX của TH, TL về số thập phân để nhận một số thập phân NNNNN sau đó lấy $(65536 - NNNNN) * 12 / f$ (ms).

Bảng 3.3: Công thức tính độ trễ thời gian theo tần số XTAL (f)

### Ví dụ 4:

```

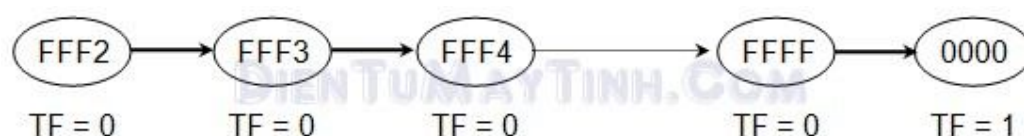
Mov TMOD, #01h;    //chọn timer0, chế độ 1, 16Bit
Mov TLO, #0F2h;    //nạp giá trị cho TL0
Mov TH0, #0FFh;    //nạp giá trị cho TH0
Setb TR0;          //khởi động timer0
Here: Jnb TF0, Here; //vòng lặp kiểm tra cờ TF0
      Clr TR0;       //ngừng timer0
      Clr TF0;       //xóa cờ TF0
    
```

Giải thích chương trình

1. Nạp giá trị cho thanh ghi TMOD để chọn timer 0 và chế độ hoạt động của timer 0
2. Nạp giá trị #0FFh và #0F2h cho thanh ghi TH0 và TL0 (Giá trị ban đầu cho thanh ghi timer 0)

3. Khởi động bộ định thời Timer0 bằng lệnh Set bit TR0.
4. Bộ Timer0 đếm lên 01 sau mỗi chu kỳ của timer ( $T = 12/f_{\text{thạch anh}}$ ). Khi bộ định thời đếm tăng qua các trạng thái FFF3, FFF4 ... cho đến khi đạt giá trị FFFFh là nó quay về 0000h và bật cờ bộ định thời  $TF0 = 1$ . Tại thời điểm này vòng lặp kiểm tra cờ TF0 mới được thoát ra.
5. Bộ Timer0 được dừng bởi lệnh clear bit TR0.
6. Cờ TF0 cũng được xóa, sẵn sàng cho chu trình tiếp theo.

Lưu ý rằng để lặp lại quá trình trên ta phải nạp lại các thanh ghi TH và TL và khởi động lại bộ định thời.



**Hình 3.6:** Một chu trình đếm của timer0

Tính toán độ trễ tạo ra bởi bộ định thời ở chương trình trên với tần số  $XTAL = 12\text{MHz}$ . Bộ định thời làm việc với tần số đồng hồ bằng  $1/12$  tần số  $XTAL$ , do vậy ta có  $12\text{MHz}/12 = 1\text{MHz}$  là tần số của bộ định thời. Kết quả là mỗi nhịp xung đồng hồ có chu kỳ  $T=1/1\text{MHz} = 1\text{us}$ . Hay nói cách khác, bộ Timer0 tăng 01 đơn vị sau 1us. Số đếm bằng  $FFFFH - FFF2H = 0DH$  (13 theo số thập phân). Tuy nhiên, ta phải cộng 1 vào 13 vì cần thêm một nhịp đồng hồ để nó quay từ  $FFFFH$  về  $0000H$  và bật cờ TF. Do vậy, ta có  $14 \times 1\text{us} = 14\text{us}$  là thời gian trễ được tạo ra bởi bộ định thời.

Tuy nhiên, trong tính toán độ trễ ở trên ta đã không tính đến tổng phí các lệnh cài đặt timer0, các lệnh kiểm tra trong vòng lặp, gọi hàm con... Chính các câu lệnh này làm cho độ trễ dài hơn, để tính toán chính xác ta phải tính cả tổng phí từng dòng lệnh ASM.

### 3.2.2 Tìm các giá trị cần được nạp vào bộ định thời

Giả sử rằng chúng ta biết lượng **thời gian trễ** mà ta cần thì câu hỏi đặt ra là làm thế nào để tìm ra được các **giá trị** cần thiết cho các thanh ghi **TH** và **TL**. Để tính toán các giá trị cần được nạp vào các thanh ghi TH và TL chúng ta hãy nhìn vào ví dụ sau với việc sử dụng tần số dao động  $XTAL = 12\text{MHz}$  đối với hệ thống 8051.

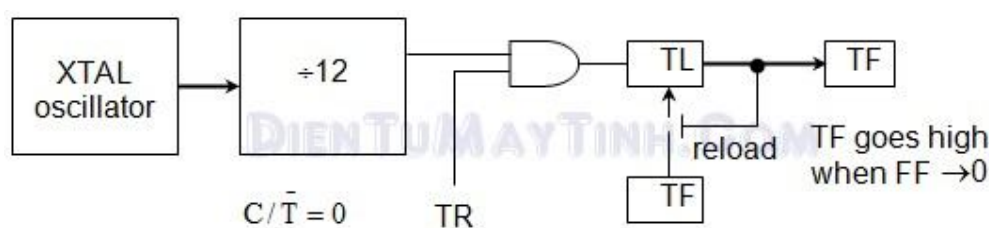
Các bước để tìm các giá trị của các thanh ghi **TH** và **TL**:

1. Chia thời gian trễ cần thiết cho 1 us ta được giá trị n (hệ thập phân)
2. Thực hiện  $65535 - n + 1$  với n là giá trị thập phân nhận được từ bước 1.
3. Chuyển đổi kết quả ở bước 2 sang số Hex: ta có YYXX là giá trị Hexa ban đầu cần phải nạp vào các thanh ghi bộ định thời.
4. Đặt  $TL = XX$  và  $TH = YY$ .

### 3.2.3. Lập trình cho chế độ 2

Chế độ này là chế độ định thời **8 bit**, do vậy nó chỉ cho phép các giá trị từ **00** đến **FFH** được nạp vào thanh ghi **THx** của bộ định thời.

- Sau khi 2 thanh ghi **THx** và **TLx** được nạp giá trị ban đầu thì bộ định thời phải được **khởi động**.
- Sau khi bộ định thời được khởi động, nó bắt đầu đếm tăng lên bằng cách **tăng thanh ghi TLx**. Nó đếm cho đến khi đạt giá trị giới hạn **FFH** của nó. Khi nó quay trở về **00** từ **FFH**, cờ của bộ định thời **TFx** được thiết lập. Nếu ta sử dụng bộ định thời **Timer0** thì đó là cờ **TF0**, còn **Timer1** thì đó là cờ **TF1**.
- Khi thanh ghi **TLx** quay trở về **00** từ **FFH**, cờ **TFx** được bật lên 1 thì thanh ghi **TLx** được tự động nạp lại với giá trị sao chép từ thanh ghi **THx**. Để lặp lại quá trình chúng ta đơn giản chỉ việc **xoá cờ TFx** và để cho nó chạy mà không cần sự can thiệp của lập trình viên để nạp lại giá trị ban đầu. Điều này làm cho **chế độ 2 được gọi là chế độ tự nạp lại** so với chế độ 1 (phải nạp lại các thanh ghi TH và TL).



Hình 5.7: Timer/counter chế độ 2

**Cần phải nhấn mạnh rằng:** chế độ 2 là bộ định thời 8 bit. Tuy nhiên, nó lại có khả năng tự nạp, khi tự nạp lại thì **giá trị ban đầu của TH được giữ nguyên, còn TL được nạp lại giá trị sao chép từ TH.**

### 3.2.4. Các bước lập trình cho chế độ 2

Để tạo ra một thời gian trễ sử dụng chế độ 2 của bộ định thời cần thực hiện các bước sau:

1. Nạp thanh ghi giá trị **TMOD** để báo bộ định thời gian nào (Timer0 hay Timer1) được sử dụng và chế độ làm việc nào của chúng được chọn.
2. Nạp giá trị ban đầu cho thanh ghi **THx**
3. **Khởi động** bộ định thời.
4. **Duy trì kiểm tra cờ** bộ định thời **TFx** bằng cách sử dụng một vòng lặp để xem nó đã được bật chưa. Thoát vòng lặp khi **TFx** lên cao.
5. **Dừng bộ định thời.**
6. **Xoá cờ TFx.**
7. **Quay trở lại bước 3.** Vì chế độ 2 là chế độ tự nạp lại.

### Ví dụ 5:

```
Mov TMOD, #20h;           //chọn timer1, chế độ 2, 8Bit, tự nạp lại
Mov TH1, #00h;           //nạp giá trị cho TH1
Setb TR1;                //khởi động timer1
Here: Jnb TF1            //vòng lặp kiểm tra cờ TF1
```

```
Clr TR1;           //ngừng timer1
Clr TF1;           //xóa cờ TF1
```

Chương trình trên sẽ tạo một độ trễ bằng 256 lần (FF - 00 + 1) chu kỳ của timer (không tính tổng phí các lệnh) kể từ chu trình thứ 2.

### 3.3. Bộ đếm

Phần trên đây ta đã sử dụng các bộ định thời của 8051 để tạo ra các độ trễ thời gian. Các bộ định thời này cũng có thể được dùng như các **bộ đếm (counter)** các sự kiện xảy ra bên ngoài 8051. Công dụng của bộ đếm sự kiện sẽ được trình bày ở phần này. Chừng nào còn liên quan đến công dụng của bộ định thời như bộ đếm sự kiện thì mọi vấn đề mà ta nói về lập trình bộ định thời ở phần trước cũng được áp dụng cho việc lập trình như là một bộ đếm ngoại trừ nguồn tần số.

Đối với bộ định thời/bộ đếm khi dùng nó như **bộ định thời** thì nguồn tần số là **tần số thạch anh** của 8051. Tuy nhiên, khi nó được dùng như một **bộ đếm** thì nguồn xung để tăng nội dung các thanh ghi TH và TL là từ **bên ngoài 8051**.

Ở chế độ bộ đếm, hãy lưu ý rằng các thanh ghi **TMOD** và **TH, TL** cũng giống như đối với bộ định thời được bàn ở phần trước, thậm chí chúng vẫn có cùng tên gọi. Các chế độ của các bộ đếm cũng giống nhau.

#### 3.3.1. Bit C/T trong thanh ghi TMOD

Xem lại phần trên về bit **C/T** trong thanh ghi **TMOD**: ta thấy rằng nó quyết định nguồn xung đồng hồ cho bộ đếm:

- Nếu bit **C/T = 0** thì bộ định thời nhận các xung đồng hồ từ bộ giao động thạch anh của 8051.

- Nếu bit **C/T = 1** thì bộ định thời được sử dụng như bộ đếm và nhận các xung đồng hồ từ nguồn bên ngoài của 8051.

Do vậy, nếu bit **C/T = 1** thì bộ đếm tăng lên khi các xung được đưa đến chân P3.4 (**T0**) đối với **counter0** và chân P3.5 (**T1**) đối với **counter1**.

Chân	Chân cổng	Chức năng	Mô tả
14	P3.4	T0	Đầu vào ngoài của <b>bộ đếm 0</b>
15	P3.5	T1	Đầu vào ngoài của <b>bộ đếm 1</b>

**Bảng 3.4:** Các chân cổng P3 được dùng cho bộ đếm 0 và 1

#### Ví dụ 6:

Chương trình sau sử dụng bộ đếm 1, đếm các xung ở chân P3.5 và hiển thị số đếm được (trong thanh ghi TL1) lên cổng P2:

```
Mov TMOD, #60h; //0x60=0110 000: C/T=1, bộ đếm 1, chế độ 2 tự nạp
Mov TH1, #00h; //xóa bộ đếm ban đầu
Setb P3_5; //set chân vào cho bộ đếm
Setb TR1=1; //khởi động bộ đếm 1
Here: Mov P2,TL1; //hiển thị số đếm được ra cổng P2
Jnb TF0,Here;
Clr TR1;
```

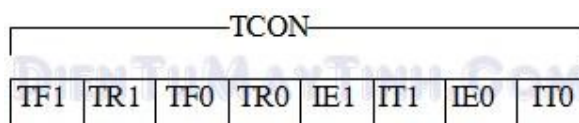
Clr TF1;

Trong **ví dụ 6** chúng ta sử dụng bộ **counter1** như bộ đếm sự kiện để nó đếm lên mỗi khi các xung đồng hồ được cấp đến chân **P3.5**. Các xung đồng hồ này có thể biểu diễn số người đi qua cổng hoặc số vòng quay hoặc bất kỳ sự kiện nào khác mà có thể chuyển đổi thành các xung.

### 3.3.2 Thanh ghi TCON

Trong các ví dụ trên đây ta đã thấy công dụng của các cờ **TR0** và **TR1** để bật/tắt các bộ đếm/bộ định thời. Các bit này là một bộ phận của thanh ghi **TCON**. Đây là thanh ghi **8 bit**, như được chỉ ra trong **hình 3.8**:

- 4 bit trên được dùng để lưu cất các bit **TF** và **TR** cho cả Timer/counter 0 và Timer/counter 1.
- 4 bit thấp được thiết lập dành cho điều khiển các **ngắt** mà ta sẽ bàn ở chương sau.



**Hình 3.8:** Thanh ghi TCON – Điều khiển bộ đếm/bộ định thời