

## บทที่ 8

### ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

#### 8.1 บทนำ

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เป็นวงจรภายในที่ช่วยเพิ่มความสามารถให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์จะมีลักษณะการทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือตัวนับสัญญาณ ซึ่งสามารถสร้างข้อมูลเกี่ยวกับฐานเวลา การสร้างสัญญาณพัลส์ การเปรียบเทียบค่าของเวลา การนับสัญญาณพัลส์ที่รับเข้ามาจากภายนอก รวมถึงการควบคุมการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย เนื้อหาในบทนี้ได้อธิบายการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

#### 8.2 พื้นฐานการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์อาจจะมีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ จำนวนต่างกันหรือมีความสามารถที่แตกต่างกัน เช่น เบอร์ AT89C51 มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ จำนวน 2 ตัว (T0 และ T1) ในขณะที่เบอร์ AT89C52 หรือเบอร์ AT89S8252 มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ จำนวน 3 ตัว (T0, T1 และ T2) เป็นต้น ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ แต่ละตัวอาจจะมีความสามารถที่แตกต่างกันในรายละเอียดทางฮาร์ดแวร์และการทำงาน แต่อย่างไรก็ตามโดยส่วนใหญ่จะมีหลักการการทำงานที่เหมือนกันคือถูกควบคุมจากซีพียูและใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นสัญญาณอินพุตในการทำงาน โดยพื้นฐานการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ประกอบด้วยโหมดการทำงาน ดังนี้

##### 8.2.1 การทำงานในโหมดไทม์เมอร์

เมื่อกำหนดให้มีการทำงานเป็นโหมดไทม์เมอร์หรือกำหนดเป็นตัวตั้งเวลา วงจรนับหรือเคาน์เตอร์ภายในจะทำการนับขึ้นโดยใช้สัญญาณนาฬิกาภายใน ซึ่งสัญญาณนาฬิกานี้จะเกิดขึ้นทุกๆ 1 แมกซ์ซีซีเคล โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกๆ ไป เช่น เบอร์ AT89C52 จะใช้เวลา 12 คาบสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำงาน 1 แมกซ์ซีซีเคล นั่นคือไทม์เมอร์จะเกิดการนับขึ้นทุกๆ 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา อย่างไรก็ตามไมโครคอนโทรลเลอร์บางเบอร์อาจใช้ 6 คาบสัญญาณนาฬิกาในการทำงาน 1 แมกซ์ซีซีเคล เช่น เบอร์ AT89C51RE2 เป็นต้น

##### 8.2.2 การทำงานในโหมดเคาน์เตอร์

เมื่อกำหนดการทำงานเป็นโหมดเคาน์เตอร์หรือกำหนดเป็นตัวนับ วงจรนับจะทำการนับขึ้นโดยใช้สัญญาณขอบขาลง (เปลี่ยนจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0) จากภายนอกที่เข้ามาทางขา T0 หรือ

ขา T1 โดยกระบวนการอ่านสัญญาณอินพุตเหล่านี้จะใช้เวลาทั้งสิ้น 2 แมกซ์ไซเคิล นั่นคืออัตราการนับจะมีค่าเท่ากับ 1/24 (กรณี 1 แมกซ์ไซเคิลใช้เวลา 12 คาบ) ของความถี่สัญญาณนาฬิกา ดังนั้นการทำงานในโหมดเคาน์เตอร์เพื่อนับสัญญาณนาฬิกามีค่าสูงสุดเท่ากับความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 24 เช่น หากใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz จะสามารถรับสัญญาณอินพุตที่มีความถี่สูงสุดได้เท่ากับ 500 KHz

### 8.3 เรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ในการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ประกอบด้วยเรจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่สำคัญสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงได้ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 สัญลักษณ์และรายชื่อของเรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

สัญลักษณ์	ชื่อเรจิสเตอร์	ตำแหน่ง
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH
TH0	Timer 0 High-byte	8CH
TH1	Timer 1 High-byte	8DH
TCON	Timer/Counter control	88H
TMOD	Timer/Counter mode control	89H

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

#### 8.3.1 เรจิสเตอร์ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1

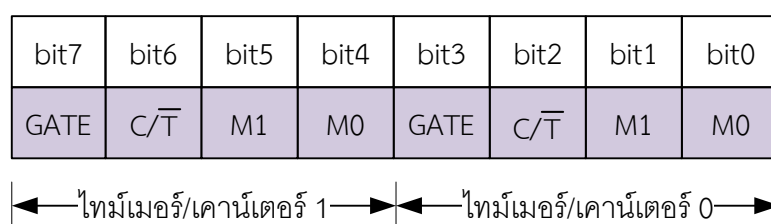
การกำหนดให้ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ทำงานตามความต้องการ จะต้องมีการกำหนดค่าข้อมูลและเลือกใช้งานเรจิสเตอร์อย่างเหมาะสม ซึ่งเรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. TL0 เป็นเรจิสเตอร์ไบต์ต่ำของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH
2. TL1 เป็นเรจิสเตอร์ไบต์ต่ำของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH
3. TH0 เป็นเรจิสเตอร์ไบต์สูงของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH
4. TH1 เป็นเรจิสเตอร์ไบต์สูงของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8DH

เรจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวนี้เป็นเรจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ดังนั้นเมื่อนำ TL0 มารวมกันกับ TH0 จะทำให้ได้เรจิสเตอร์ของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ขนาด 16 บิต ในลักษณะเดียวกันเมื่อนำ TL1 มารวมกันกับ TH1 จะทำให้ได้เรจิสเตอร์ของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ขนาด 16 บิต ซึ่งสามารถเก็บค่าได้สูงสุดถึง 65,536 ค่า

### 8.3.2 เรจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

เรจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (TMOD) เป็นเรจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 มีขนาด 8 บิต โดยมีแอดเดรสอยู่ที่ 89H แต่ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ เรจิสเตอร์นี้แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่ม 4 บิตบนจะใช้เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ส่วนกลุ่ม 4 บิตล่างจะใช้เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 โดยในแต่ละบิตจะมีหน้าที่แตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 8.1 และตารางที่ 8.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 8.1 รายละเอียดบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TMOD

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

ตารางที่ 8.2 การทำงานในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TMOD

ชื่อบิต	ไทม์เมอร์	ความหมาย
GATE	1	เลือกรูปแบบการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ว่าจะให้มีการควบคุมการทำงานแบบซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์
C/T	1	เลือกการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
M1	1	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1
M0	1	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1
GATE	0	เลือกรูปแบบการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ว่าจะให้มีการควบคุมการทำงานแบบซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์
C/T	0	เลือกการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
M1	0	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0
M0	0	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

การกำหนดค่าในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TMOD สามารถแสดงการทำงานของแต่ละบิตได้ ดังนี้

1. GATE ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกรูปแบบการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ว่าจะให้มีการควบคุมการทำงานแบบซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ โดยที่

1) ลอจิก 0 เป็นการเลือกรูปแบบการทำงานแบบซอฟต์แวร์ โดยที่ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์จะทำงานเมื่อบิต TR0 หรือ TR1 ในเรจิสเตอร์ TCON มีค่าเป็น 1

2) ลอจิก 1 เป็นการเลือกรูปแบบการทำงานแบบฮาร์ดแวร์ โดยที่ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์จะทำงานเมื่อบิต TR0 หรือ TR1 ในเรจิสเตอร์ TCON เป็นลอจิก 1 และที่ขาอินพุตของอินเทอร์รัพท์ INTO หรือ INT1 มีค่าเป็น 1

2.  $C/\bar{T}$  เป็นบิตเลือกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

1) ลอจิก 0 เป็นการเลือกรูปแบบการทำงานเป็นไทม์เมอร์

2) ลอจิก 1 เป็นการเลือกรูปแบบการทำงานเป็นเคาน์เตอร์

3) M1 และ M0 (Mode selector bit) เป็นบิตที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดการทำงานในแต่ละโหมด แสดงดังตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 รายละเอียดการเลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์โดยเรจิสเตอร์ TMOD

M1	M0	โหมด	ความหมาย
0	0	0	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เป็นแบบ 13 บิต
0	1	1	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เป็นแบบ 16 บิต
1	0	2	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เป็นแบบ 8 บิต
1	1	3	เลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ให้ทำงานแบบแยกส่วน

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

### 8.3.3 เรจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

เรจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (TCON) เป็นเรจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 หรือไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 มีขนาด 8 บิตและมีแอดเดรสอยู่ที่ 88H และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ โดยในแต่ละบิตจะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไปดังภาพที่ 8.2 และตารางที่ 8.4 ตามลำดับ

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ภาพที่ 8.2 รายละเอียดบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TCON

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

ตารางที่ 8.4 การทำงานในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TCON

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	8FH	แฟล็กแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1
TR1	8EH	บิตควบคุมการเปิด/ปิดการทำงานของไทม์เมอร์ 1
TF0	8DH	แฟล็กแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 0
TR0	8CH	บิตควบคุมการเปิด/ปิดการทำงานของไทม์เมอร์ 0
IE1	8BH	แฟล็กแสดงการอินเทอร์รัพต์จาก INT1
IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพต์จาก INT1
IE0	89H	แฟล็กแสดงการอินเทอร์รัพต์จาก INTO
IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพต์จาก INTO

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

การกำหนดค่าในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ TCON จะมีผลต่อการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ที่แตกต่างกันออกไป สามารถแสดงการทำงานของแต่ละบิตได้ดังนี้

1. TF1 (Timer 1 overflow flag) เป็นบิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 โดยจะเกิดการเซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ คือเมื่อการนับเพิ่มขึ้นจนเกิดการโอเวอร์โฟลว์ (เปลี่ยนจาก FFH ไปเป็น 00H ในกรณีที่เป็นแบบ 8 บิต และเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H กรณีที่เป็นแบบ 16 บิต) บิตนี้ถูกเคลียร์โดยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เช่นกัน โดยเคลียร์เมื่อซีพียูกระโดดไปทำงานในโปรแกรมบริการทางอินเทอร์รัพต์ของไทม์เมอร์ 1 โอเวอร์โฟลว์

2. TR1 (Timer 1 run control bit) เป็นบิตควบคุมการเปิด/ปิดการทำงานของไทม์เมอร์ 1 การเซตและการเคลียร์สามารถกระทำได้โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ โดยที่

- 1) ลอจิก 0 เป็นการปิดการทำงานของไทม์เมอร์ 0 (Disable)
- 2) ลอจิก 1 เป็นการเปิดการทำงานของไทม์เมอร์ 0 (Enable)

3. TF0 (Timer 0 overflow flag) เป็นบิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 0 โดยจะเกิดการเซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ ซึ่งเมื่อการนับเพิ่มขึ้นจนเกิดการโอเวอร์โฟลว์ บิตนี้จะถูกเคลียร์โดยซีพียูจะกระโดดไปทำงานในส่วนบริการการอินเทอร์รัพต์ของไทม์เมอร์ 0 โอเวอร์โฟลว์

4. TR0 (Timer 0 run control bit) เป็นบิตควบคุมการเปิด/ปิด การทำงานของไทม์เมอร์ 0 การเซตและการเคลียร์สามารถกระทำได้โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์เช่นเดียวกับ TR1

5. IE1 (External interrupt 1 edge flag) เป็นบิตใช้ในกระบวนการอินเทอร์รัพต์ คือ จะเกิดการเซตโดยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ นั่นคือเมื่อตรวจพบว่ามีสัญญาณอินเทอร์รัพต์เข้ามาที่ขา INT1 บิตนี้จะเซตลอจิกเป็น 1 และจะรีเซตลอจิกเป็น 0 เมื่อซีพียูกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมบริการทางอินเทอร์รัพต์จากภายนอก 1

6. IT1 (Interrupt 1 type control bit) เป็นบิตใช้ในกระบวนการทางอินเทอร์รัพท์ภายนอก 1 โดยเป็นตัวกำหนดว่าจะให้การอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นเมื่อตรวจพบสัญญาณที่เข้ามาทางขา INT1 เป็นการตรวจสอบสัญญาณขอบขาลงหรือระดับลอจิก 0 การเซตและการเคลียร์บิตนี้สามารถทำได้โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ โดยที่

- 1) ลอจิก 0 เกิดการอินเทอร์รัพท์เมื่อตรวจพบสัญญาณขอบขาลง (Falling edge)
- 2) ลอจิก 1 เกิดการอินเทอร์รัพท์เมื่อตรวจพบสัญญาณเป็นลอจิก 0 (Low level triggered)

7. IE0 (external interrupt 0 edge flag) ใช้ในกระบวนการอินเทอร์รัพท์ คือจะเกิดการเซตโดยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ นั่นคือเมื่อตรวจพบว่ามีสัญญาณอินเทอร์รัพท์เข้ามาที่ขา INTO บิตนี้จะเซตและจะเคลียร์เมื่อซีพียูกระโดดไปทำงานในโปรแกรมบริการทางอินเทอร์รัพท์ของอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 0

8. IT0 (interrupt 0 type control bit) ใช้ในกระบวนการอินเทอร์รัพท์ของอินเทอร์รัพท์จากภายนอก 0 โดยเป็นตัวกำหนดว่าจะให้การอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นเมื่อตรวจพบสัญญาณที่เข้ามาทางขา INTO เป็นการตรวจสอบสัญญาณขอบขาลงหรือระดับลอจิก 0 การเซตและการเคลียร์บิตนี้สามารถทำได้โดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์เช่นเดียวกับบิต IT1

## 8.4 การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ในโหมดต่างๆ

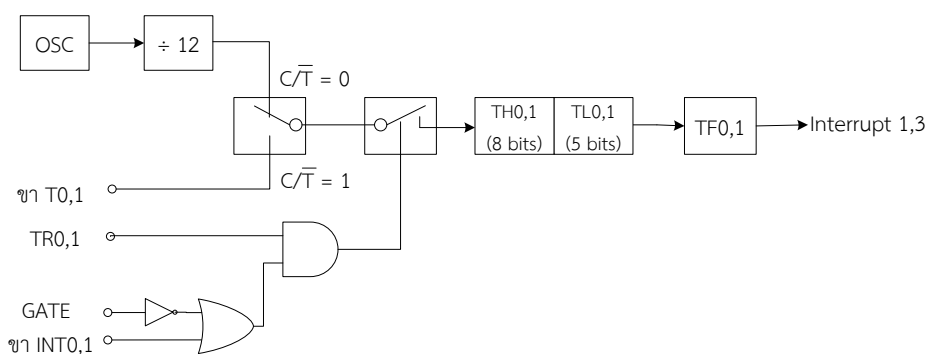
การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ประกอบด้วย 4 โหมดมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน โดยสามารถควบคุมการทำงานและเลือกโหมดการทำงานได้ อาศัย เรจิสเตอร์ TCON และเรจิสเตอร์ TMOD ดังนี้

### 8.4.1 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 0

การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ในโหมด 0 แสดงดังภาพที่ 8.3 โดยใช้เรจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 จำนวน 5 บิต และเรจิสเตอร์ TH0 หรือ TH1 จำนวน 8 บิตรวมเป็น 13 บิต ทำหน้าที่เป็นวงจรมับขึ้นขนาด 13 บิต โดยสามารถรับสัญญาณนาฬิกาได้จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 2 สัญญาณซึ่งถูกควบคุมจากบิต  $C/\bar{T}$  ในเรจิสเตอร์ TMOD นั่นคือเมื่อบิต  $C/\bar{T}$  มีค่าเป็นลอจิก 0 ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณ (ความถี่ออสซิลเลเตอร์/12) และเมื่อ  $C/\bar{T}$  เป็นลอจิก 1 จะใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกที่รับเข้ามาทางขา T0 หรือ T1 แต่สัญญาณนาฬิกาที่เลือกนี้ไม่สามารถส่งไปให้กับวงจรมับได้ถ้าหากบิต TR0 หรือ TR1 ในเรจิสเตอร์ TCON มีค่าเป็นลอจิก 0 ซึ่งการที่จะทำให้มีสัญญาณส่งไปให้ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เริ่มนับนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดให้บิต GATE ในเรจิสเตอร์ TMOD

มีค่าเป็นลอจิก 0 หรือให้ลอจิกที่ขา INTO หรือ INT1 มีค่าเป็นลอจิก 1 ซึ่งไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์พร้อมที่ทำงานและเริ่มทำงานทันทีเมื่อกำหนดให้ TR0 หรือ TR1 มีค่าเป็นลอจิก 1

เมื่อไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์เริ่มทำงานวงจรนับภายในเริ่มนับขึ้นไปเรื่อยๆ และเมื่อนับถึงค่าสูงสุดแล้ววนกลับมาเริ่มที่ 0000H ใหม่อีกครั้ง จึงหวนนี้เรียกว่าการเกิดโอเวอร์โฟลว์ ซึ่งสัญญาณโอเวอร์โฟลว์นี้ส่งผลให้บิต TF0 หรือ TF1 ในเรจิสเตอร์ TCON เกิดการเซตและถูกเคลียร์เมื่อซีพียูกระโดดไปหาขั้วโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์ 1 หรืออินเตอร์รัพท์ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งของการอินเตอร์รัพท์ของ ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ตามลำดับ

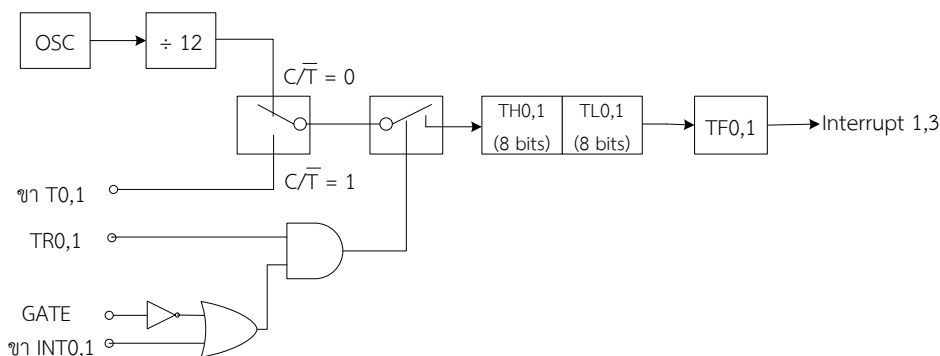


ภาพที่ 8.3 แผนภาพบล็อกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์โหมด 0

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

#### 8.4.2 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 1

การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ในโหมด 1 แสดงดังภาพที่ 8.4 โดยการทำงานมีลักษณะเดียวกันกับการทำงานในโหมด 0 แต่ต่างกันตรงที่ใช้เรจิสเตอร์ TL0 หรือ TL1 และเรจิสเตอร์ TH0 หรือ TH1 ตัวละ 8 บิต รวมเป็น 16 บิตทำหน้าที่เป็นวงจรนับขึ้นขนาด 16 บิต ส่งผลให้วงจรนับสามารถนับจำนวนแมกซ์ไซม์ของระบบได้ตั้งแต่ 0000-FFFFH

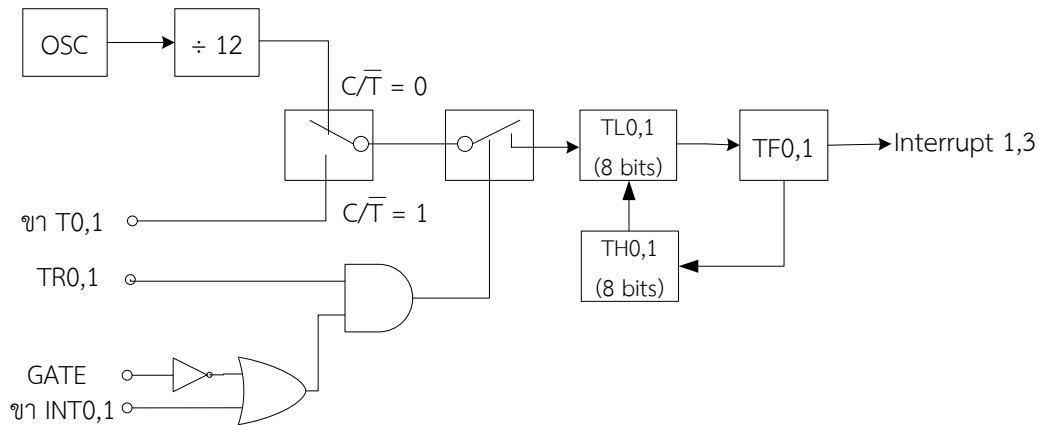


ภาพที่ 8.4 แผนภาพบล็อกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์โหมด 1

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

### 8.4.3 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 2

การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ในโหมด 2 แสดงดังภาพที่ 8.5 โดยการทำงานใช้ TL0 หรือ TL1 เป็นตัวเก็บค่าของการนับซึ่งเป็นวงจรมีขนาด 8 บิต และใช้ TH0 หรือ TH1 เป็นตัวเก็บค่าข้อมูลรีโหลด การทำงานในโหมดนี้จะเป็นวงจรมีขนาด 8 บิต ทำให้วงจรมีจำนวนแมกซ์ไซเคิลของระบบได้ตั้งแต่ 00-0FFH



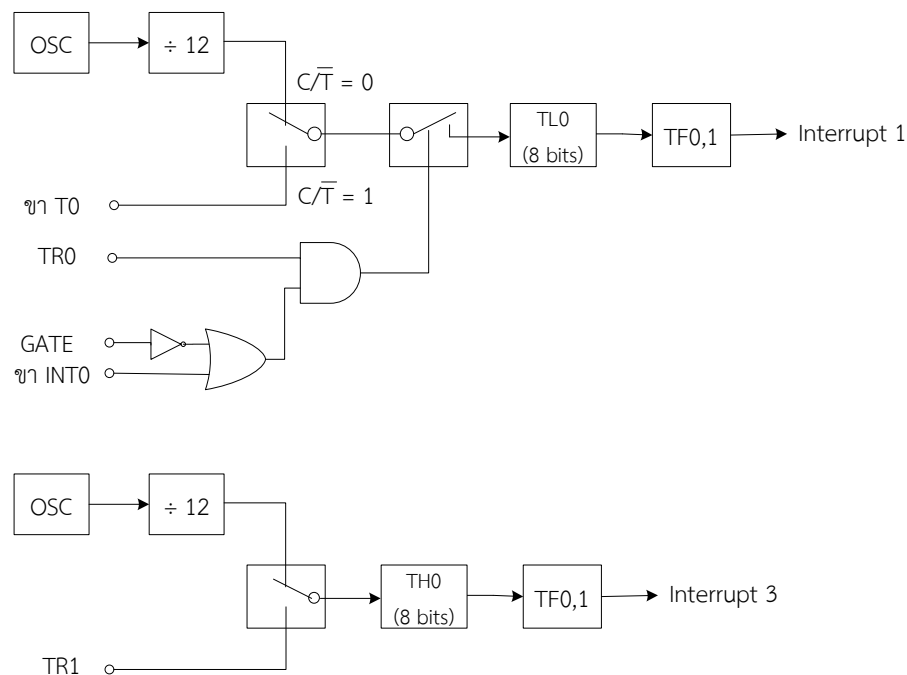
ภาพที่ 8.5 แผนภาพบล็อกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์โหมด 2

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

### 8.4.4 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 3

การทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ในโหมด 3 แสดงดังภาพที่ 8.6 โดยการทำงานในโหมดนี้จะแยกไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ออกเป็นสองตัวและการทำงานเป็นอิสระต่อกัน ตัวแรกจะใช้ TL0 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนกันกับการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ในโหมด 2 แต่ไม่มีการรีโหลดค่า ส่วนตัวที่สองจะใช้ TH0 ซึ่งจะรับสัญญาณนาฬิกาภายในเพียงอย่างเดียวและสามารถควบคุมการเปิด/ปิดการทำงานได้จากบิต TR1 ในเรจิสเตอร์ TCON เมื่อการนับถึงค่าสูงสุด (0FFH)





ภาพที่ 8.6 แผนภาพบล็อกการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์โหมด 3

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

## 8.5 สรุป

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ก็คือตัวนับและตัวตั้งเวลา หมายถึงความสามารถที่นำไปใช้เป็นการนับค่าต่างๆ หรือใช้ในการตั้งเวลาหรือกำหนดค่าเวลาที่ต้องการก็ได้ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้กำหนดเรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานที่สำคัญ ได้แก่ เรจิสเตอร์ TCON และ TMOD โดยเรจิสเตอร์ TCON ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ส่วนเรจิสเตอร์ TMOD ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โดยสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ทั้งสิ้น 4 รูปแบบ เนื้อหาในบทต่อไปจะนำไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ไปประยุกต์ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

## 8.6 แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดทุกข้อ

1. จงอธิบายการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 0
2. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ โหมด 1 และโหมด 2
3. จงเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาให้มีค่าเท่ากับ 1 วินาที โดยใช้ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ในโหมด 2
4. จงยกตัวอย่างการนำไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์สำหรับเป็นตัวนับและตัวตั้งเวลาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน