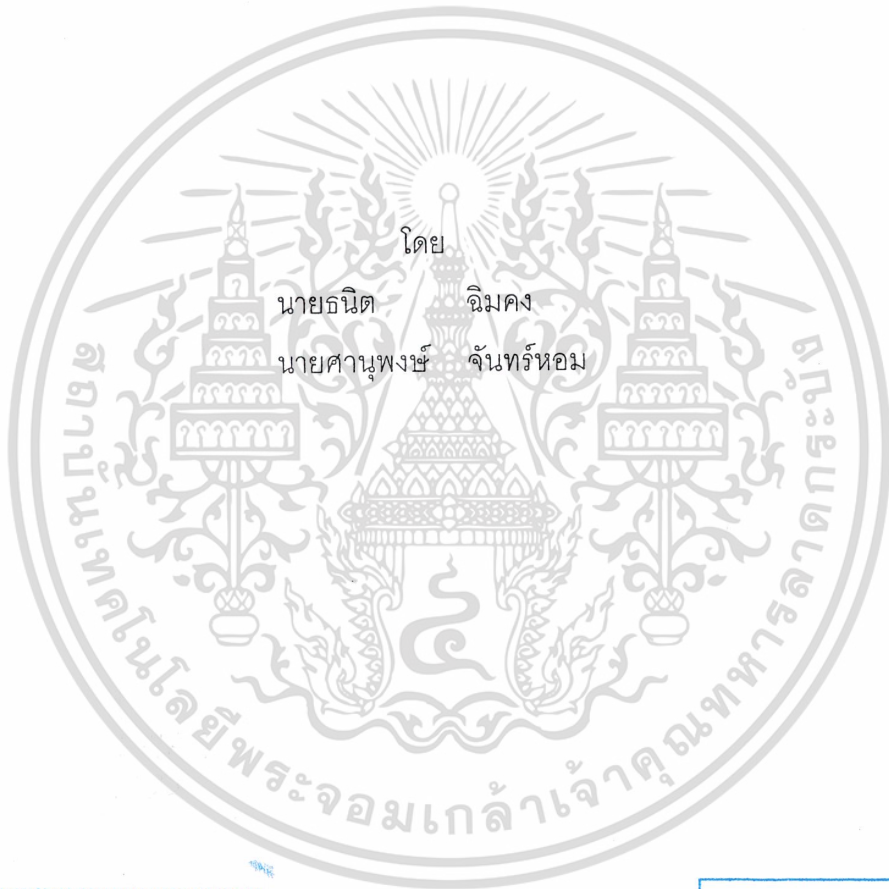


ที่จอดรถระบบอัตโนมัติ
AUTOMATION CAR PARK SYSTEM



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 46266
วัน, เดือน, ปี... 21 ส.ค. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จอดรถระบบอัตโนมัติ
AUTOMATION CAR PARK SYSTEM



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำในการทำโครงการชิ้นนี้โดยตลอด และขอขอบคุณคำปรึกษาเกี่ยวกับวงจรและโปรแกรม จากรุ่นพี่ อท.30 และขอขอบคุณ คุณเอกชัย น้อยแก้ว ที่เอื้อเฟื้อเครื่องโปรแกรม MCS-51 และคุณวรางคณา สมิทธิโยวกุล ที่ช่วยพิมพ์รายงานจนสำเร็จ ที่สำคัญที่สุดคือเงินทุนและกำลังใจจากพ่อแม่



(นายธนิต ฉิมคง)

(นายศานุพงษ์ จันทรหอม)

ผู้จัดทำ

วันที่ 15 / 03 / 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ที่จอดรถระบบอัตโนมัติ

AUTOMATION CAR PARK SYSTEM

จัดทำโดย

1. นายธนิต ฉิมคง 42515729
2. นายศานูพงษ์ จันทร์หอม 42515741



ลงชื่อ.....*[Signature]*.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิญานิพนธ์เรื่อง

ที่จัดระบบอัตโนมัติ

AUTOMATION CAR PARK SYSTEM

จัดทำโดย

นายธนิต ฉิมคง


42515729

นายศานุพงษ์ จันทรหอม

42515741



ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ..........อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

วันที่ 15 / 03 / 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จอดรถระบบอัตโนมัติ

นายธนิต ฉิมคง
นายศานุพงษ์ จันทร์หอม
รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย
ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปัจจุบันรถยนต์เปรียบเสมือนปัจจัยที่ 5 ของการดำรงชีวิตในเมืองใหญ่ๆ ทำให้มีความต้องการที่จอดรถจำนวนมากและมีความปลอดภัย โครงการนี้จึงได้นำเสนอที่จอดรถระบบอัตโนมัติ โดยปราศจากพนักงาน ระบบดังกล่าวสามารถให้ความปลอดภัยแก่รถ ด้วยระบบปิดกั้นรถและระบบตรวจจับรถ ตัวเครื่องจะสามารถรับค่าบริการโดยอัตโนมัติด้วยระบบหยอดเหรียญซึ่งจะคิดตามเวลาที่จอด และออกแบบมาเพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATION CAR PARK SYSTEM

Tanit Chimkhong 42515729

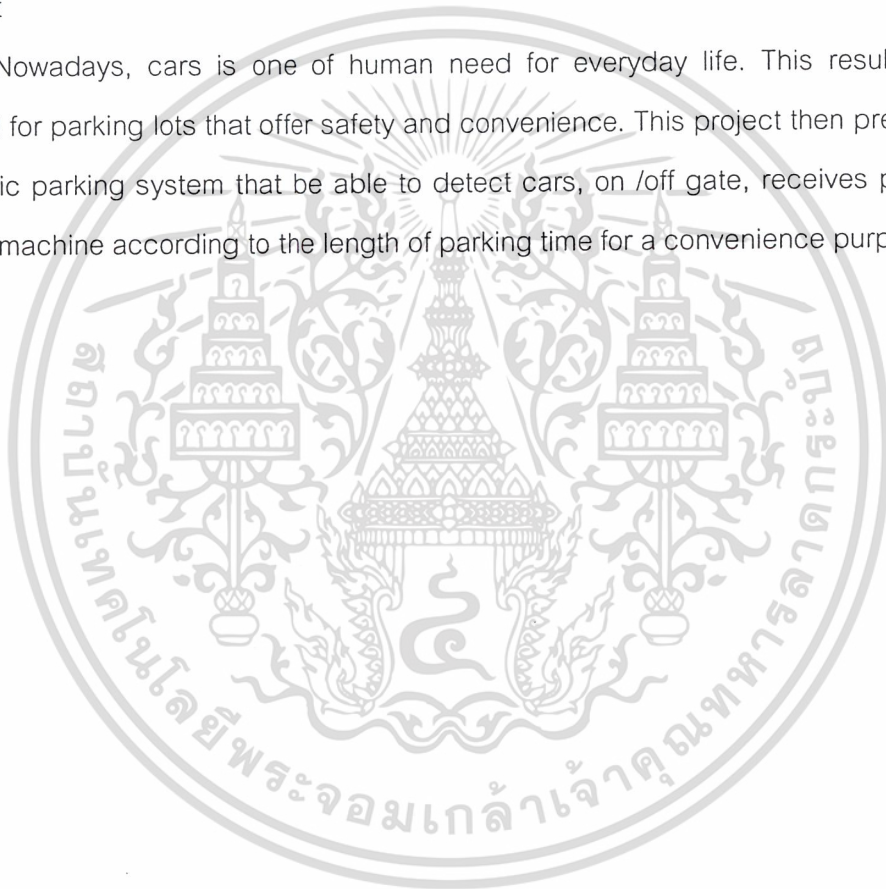
Sanupong Chanhom 42515741

Mr.Ittichai Arunsrisangchai Adviser

2001

Abstract

Nowadays, cars is one of human need for everyday life. This results in the demand for parking lots that offer safety and convenience. This project then presents an automatic parking system that be able to detect cars, on /off gate, receives payments using a machine according to the length of parking time for a convenience purpose.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อ

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการทำงานเบื้องต้น	1
บทที่ 2 การใช้งาน MCS-51	3
2.1 จัดหาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	3
2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051	5
2.3 TIMER	10
2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)	12
2.3.2 Timer Control Register (TCON)	14
2.3.3 Timer Mode And Overflow Flag	15
2.3.4 Clocking Source	16
2.3.5 การเริ่ม , หยุด และการควบคุม Timer	18
2.3.6 Initializing And Accessing Timer Register	19
2.3.7 Short Intervals And Long Intervals	20
2.4 การอินเทอร์รัพท์	21
2.4.1 ขบวนการเกิดอินเทอร์รัพท์	21
2.4.2 สัญญาณอินเทอร์รัพท์	22
2.4.3 การทำงานของระบบหลังถูกอินเทอร์รัพท์	25
2.4.4 การออกแบบโปรแกรมอินเทอร์รัพท์	26
บทที่ 3 การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร	30
3.1 การทำงานและการออกแบบตัวควบคุมหลัก	30
3.1.1 Display	30
3.1.2 วงจรตรวจจับรถ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 วงจรขับมอเตอร์และเครื่องหยุดเหรียญ	30
3.1.4 แหล่งจ่ายไฟ	32
3.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง	32
3.2.1 อุปกรณ์ส่งผ่านทางแสง	33
3.2.2 เลเซอร์	34
3.2.3 เลเซอร์ไดโอด	35
3.3 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ของโรงจอดรถอัตโนมัติ	36
3.4 ผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์	37
3.5 การออกแบบลายวงจร	40
3.5.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของซอฟต์แวร์และขั้นตอนการออกแบบ	40
บทที่ 4 หลักการเขียนโปรแกรม	41
4.1 หลักการเขียนโปรแกรม	41
4.2 ขั้นตอนการโปรแกรม	42
บทที่ 5 ผลการทดลอง	43
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 หลักการทำงานของระบบ	1
รูปที่ 2.1 การจัดขาของ 8051	5
รูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051	6
รูปที่ 2.3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051	6
รูปที่ 2.4 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน	7
รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register	8
รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจิสเตอร์ SFR	10
รูปที่ 2.7 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	11
รูปที่ 2.8 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง	15
รูปที่ 2.9 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer	17
รูปที่ 2.10 การใช้บิตควบคุม TR	18
รูปที่ 2.11 ระบบทั้งหมดของ Timer 1	19
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเทอร์รัพท์	22
รูปที่ 2.13 รีจิสเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รัพท์	24
รูปที่ 2.14 การจัดตำแหน่งโปรแกรมในหน่วยความจำ	27
รูปที่ 3.1 การตรวจจับรถ	31
รูปที่ 3.2 วงจรการใช้รีเลย์	31
รูปที่ 3.3 การตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องกีดขวางขณะปิดกั้น	37
รูปที่ 3.4 การตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องกีดขวางขณะไม่ปิดกั้น	38
รูปที่ 3.5 วงจรรวมของระบบ	39
รูปที่ 4.1 การทำงานของโปรแกรม	41
รูปที่ 5.1 การตรวจจับรถเข้าจอด	43
รูปที่ 5.2 การทำงานของระบบปิดกั้นรถ	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 หน้าทีพิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3	4
ตารางที่ 2.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	6
ตารางที่ 2.3 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)	13
ตารางที่ 2.4 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	13
ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)	14
ตารางที่ 2.6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	21
ตารางที่ 2.7 บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ IE	23
ตารางที่ 2.8 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ IP	24
ตารางที่ 2.9 แฟล็กที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์	25
ตารางที่ 2.10 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ	26
ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาต์พุทของวงจรถ่วงจับ	36
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการปิดกั้นแสง	43

บทที่ 1

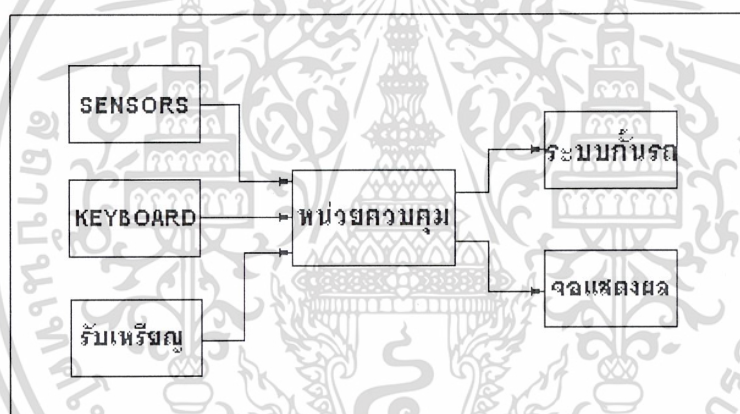
บทนำ

ปัจจุบันมีผู้นิยมใช้รถยนต์ส่วนตัวในการคมนาคมเป็นจำนวนมาก และกำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันปริมาณความต้องการที่จอดรถก็เพิ่มขึ้นด้วย รถแต่ละคันล้วนมีราคา จึงจำเป็นที่เจ้าของรถจะต้องจอดรถไว้ในที่ที่ปลอดภัย ที่จอดรถส่วนใหญ่จะใช้พนักงานในการเดินเก็บค่าจอดรถและดูแลรักษาความปลอดภัยไปพร้อม ๆ กัน

ในโครงการนี้ เราได้นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ เพื่อสร้างที่จอดรถ ซึ่งมีความสามารถในการรักษาความปลอดภัยและการชำระเงินผ่านทางเครื่องหยอดเหรียญ ซึ่งจะคิดราคาตามเวลาที่จอด

1.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

การทำงานของที่จอดรถสามารถแบ่งเป็นส่วน ๆ ได้ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 หลักการทำงานของระบบ

1.1.1 หน่วยควบคุม จะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานหรือเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ คือ รับสัญญาณจากส่วนของเซ็นเซอร์เข้ามา เพื่อเช็คสถานะการมีรถเข้า-ออก ถ้ามีรถเข้ามาจอดก็จะเริ่มนับเวลา ซึ่งจะอยู่ในส่วนนี้ด้วย และรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด แล้วเก็บไว้เพื่อประโยชน์ในการรักษาความปลอดภัย ซึ่งเมื่อมีการนำรถออกจะต้องป้อนข้อมูลทางคีย์บอร์ดให้ตรงกับข้อมูลเดิมในตอนแรก ถ้าตรงกันส่วนควบคุมจะเซตให้เครื่องหยอดเหรียญทำงาน และส่งข้อมูลหรือจำนวนเงินที่ต้องจ่ายไปแสดงที่หน่วยแสดงผล ในหน่วยนี้จะมี Microcontroller 40 ขา เป็นตัวควบคุม และเป็น Timer ด้วย

1.1.2 หน่วยตรวจจับ จะทำหน้าที่เช็ครถเข้า-ออก ซึ่งมีเลเซอร์ไดโอดส่งแสงออกไปกระทบกับตัวรับ ซึ่งเป็น LDR ถ้ามีรถมาจอดแสงที่ส่งจาก LDR จะถูกกั้นไว้ ทำให้ Output ที่ส่งไปให้ หน่วยควบคุม

คุมเป็น 0 และถ้าไม่มีรถเข้ามาจอด จะไม่มีอะไรกันแสงไว้ ทำให้ Output ที่ส่งให้หน่วยควบคุมเป็น 1 ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุม

1.1.3 คีย์บอร์ด ทำหน้าที่รับข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งเป็นคีย์บอร์ดขนาด 3 x 4 ปุ่ม

1.1.4 แสดงผล ทำหน้าที่แสดง Function และผลการทำงาน ต่าง ๆ ที่ใช้งาน ซึ่งจะเป็นจอแสดงผลแบบ 7 Segment 5 หลัก

1.1.5 เครื่องรับเหรียญ ทำหน้าที่รับเหรียญค่าบริการ ซึ่งจะรับได้เฉพาะเหรียญที่ตั้งค่าไว้ โดยจะมีสัญญาณ pulse ส่งไปยังหน่วยควบคุมเมื่อมีการหยอดเหรียญ ซึ่งจะถูกเซตให้ทำงานโดยหน่วยควบคุม โดยจะทำงานเฉพาะเวลาที่ต้องการใช้งาน เวลาอื่นจะไม่ยอมรับเหรียญ

1.1.6 ระบบปิดกั้นรถ ทำหน้าที่ป้องกันการนำรถออกแบบไม่ถูกต้อง โดยไม่จ่ายเงิน และเพื่อความปลอดภัยของรถที่เข้าจอด ซึ่งจะถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุม

ซึ่งระบบทุกระบบจะทำงานอย่างสัมพันธ์กัน โดยมีระบบควบคุมเป็นหน่วยที่ควบคุมและประมวลผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การใช้งาน MCS -51

2.1 จัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

V_{ec} : สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5v.)

V_{ss} : สำหรับต่อกราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ 8051 ที่มีขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทาง ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น โดยแต่ละบิตเมื่อเป็นเอาต์พุตจะสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และยังเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณ Address 8 บิตแรก ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้พอร์ต 2 นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใด ๆ ไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 3 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับขาพอร์ต 1 และพอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางที่ 2.1

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	R x D (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	T x D (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุตของ Timer 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุตของ Timer 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3

ดังนั้น เมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าว จึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานของ 8051 ผิดพลาดได้

RST : เป็นขาสำหรับรีเซ็ตการทำงานของ 8051 โดยการให้ลอจิกหนึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ช่วง Machine Cycle

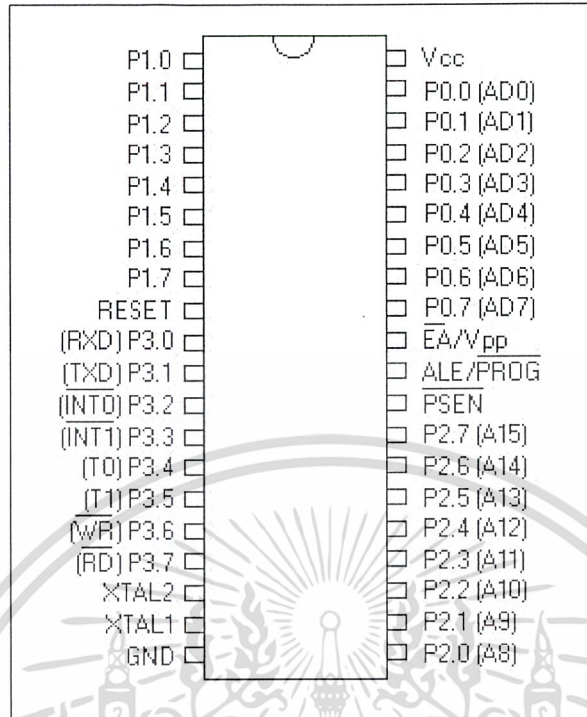
ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขา พอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

PSEN : เป็นขาสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : เป็นขาใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ให้ลอจิก 0 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรถูกกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

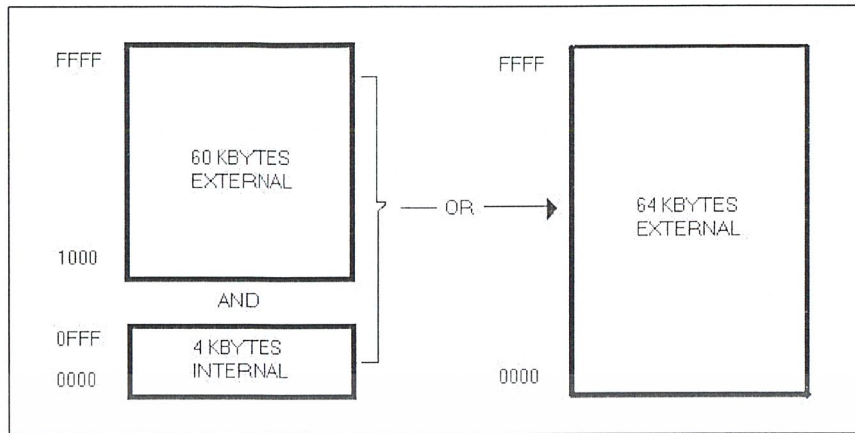
XTAL2 : ขาออกของวงจรถูกกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051



รูปที่ 2.1 การจัดขาของ 8051

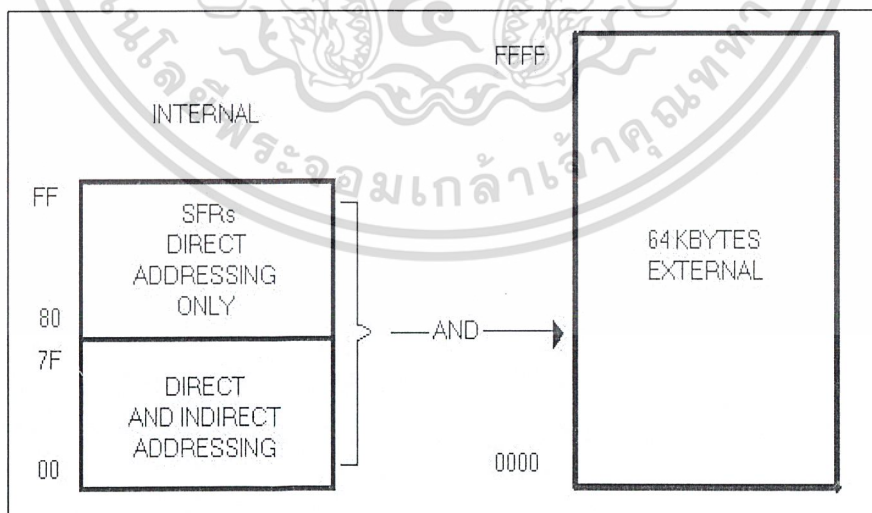
2.2 สร้างหน่วยความจำของ 8051

ดังที่กล่าวมาแล้ว 8051 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ 64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียว โดยที่ 8051 จะใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 จะสามารถอ่านและเขียนได้ โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถรวมหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลเข้าด้วยกันได้ โดยนำสัญญาณ RD และ PSEN มาต่อเข้าวงจร AND GATE สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำ นอกจากนี้หน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.2 รูปที่ 2.3 โดยรูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกให้หน่วยความจำภายนอกและภายใน ในด้านซ้ายมือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ของ 8051 ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด



รูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สามารถแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในโดยหน่วยความจำภายนอกแสดงไว้ด้านขวามือของรูปที่ 2.3 ซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงไว้ด้านซ้ายของรูปที่ 2.3 โดยหน่วยความจำภายในของ 8051 แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบ Direct และ Indirect ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะแบบ Direct หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Function Register) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้

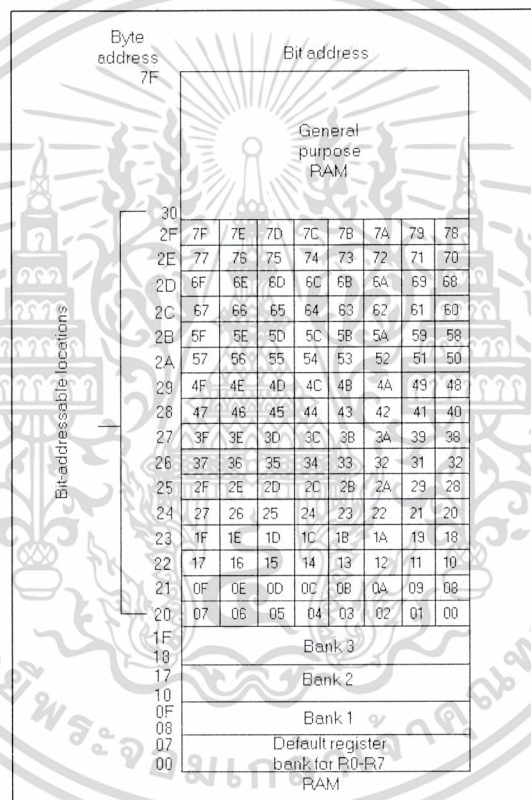


รูปที่ 2.3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ direct และ Indirect นั้นจะสามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 เรียกว่า Register Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยจะแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 8 ไบต์จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 จะเป็น Register ที่ใช้งาน โดยเมื่อ 8051 ถูกรีเซ็ต Register Bank 0 จะถูกเลือกใช้
- ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Addressable Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง 2FH ในส่วนนี้สามารถที่จะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิตถึง 128 บิต โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิต ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH



รูปที่ 2.4 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

- ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในเอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรงนอกจากนี้ยังสามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ Stack ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรับเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นส่วนหนึ่งของเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 เท่านั้น หากผู้ใช้อ้างตำแหน่งนอกเหนือจากนี้จะได้ข้อมูลที่คาดเดาไม่ได้ โดยแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์สำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์หรือระดับบิตได้

B : เป็นรีจิสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

PSW : เป็นรีจิสเตอร์ Program Status Word หรือแฟล็กจะแสดงสถานะการทำงานของ 8051 สำหรับการตรวจสอบซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในภายหลัง

8 Bytes							
F8							FF
F0	B						F7
E8							EF
E0	ACC						E7
D8							DF
D0	PSW ^(1,2)						D7
C8	T2CON ⁽¹⁾⁽²⁾	T2MOD ⁽²⁾	RCAP2L ⁽²⁾	RCAP2H ⁽²⁾	TL2 ⁽²⁾	TH2 ⁽²⁾	CF
C0							C7
B8	IP ^(1,2)						BF
B0	P3						B7
A8	IE ^(1,2)						AF
A0	P2						A7
98	SCON ^(1,2)	SBUF					9F
90	P1						97
88	TCON ^(1,2)	TMOD ^(1,2)	TL0	TL1	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH		PCON ^(1,2)	87

↑ Bit Addressable

Notes : 1. SFRs converting mode or control bits
2. AT89C52 only

รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register

SP : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการเก็บแบบ Stack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPTR : เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

P0 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 0 ของ 8051

P1 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 1 ของ 8051

P2 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 2 ของ 8051

P3 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 3 ของ 8051

IP : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์ของ 8051

IE : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดการรับหรือไม่รับการอินเทอร์รัพท์ของ 8051

TMOD : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ 8051

TCON : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ 8051

T2CON : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 2 ของ 8052

TH0 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตบน

TL0 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตล่าง

TH1 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตบน

TL1 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตล่าง

TH2 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

TL2 : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตล่างของ 8052

RCAP2H : เป็น Capture Register ของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

SCON : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

SBUF : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

PCON : เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

ในส่วนของรีจิสเตอร์ SFR นี้สามารถที่จะอ้างอิงในระดับบิตได้โดยตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

Byte address	Bit address								
FF									
F0	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
E0	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
D0			D5	D4	D3	D2	-	D0	PSW
B8	-	-	-	BC	BB	BA	B9	B8	IP
B0	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
A8	AF	-	-	AC	AB	AA	A9	A8	IE
A0	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99	not bit addressable								SBUF
98	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8D	not bit addressable								TH1
8C	not bit addressable								TH0
8B	not bit addressable								TL1
8A	not bit addressable								TL0
89	not bit addressable								TMOD
88	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87	not bit addressable								PCON
83	not bit addressable								DPH
82	not bit addressable								DPL
81	not bit addressable								SP
80	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจิสเตอร์ SFR

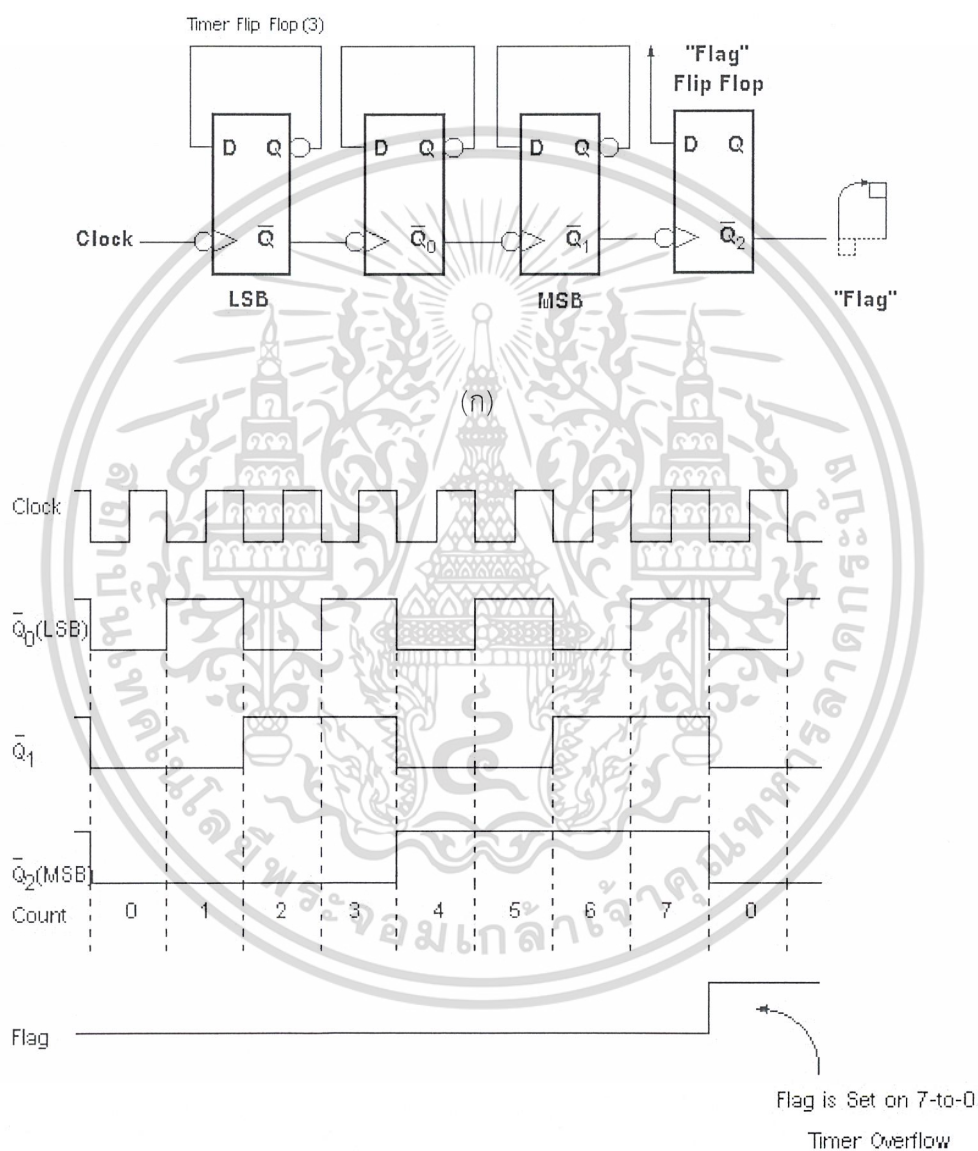
2.3 TIMER

ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่าย ๆ ว่าเป็นตัวฟลิปฟลอปมาต่อเรียงกันโดยมี Clock เป็นอินพุต สำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อฟลิปฟลอปตามรูปที่ 2.7 ถ้าใส่ Clock เข้าไปในฟลิปฟลอปตัวแรก ความถี่ของ Clock ที่ออกมาจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับฟลิปฟลอปตัวที่สอง และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้น ถ้ามีฟลิปฟลอปต่ออยู่ n Stages จะหารสัญญาณนาฬิกาได้ 2^n ถ้าให้เอาต์พุต Stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มีฟลิปฟลอปต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH เมื่อฟลิปฟลอปเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H จะให้บิต Overflow ออกมา

พิจารณารูป 2.7(ก) เป็น 3-bit Timer โดยฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะนำขา Q มาต่อกับ D ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ฟลิปฟลอปแบบ Divide-by-two Mode โดยความถี่ของสัญญาณที่ได้จากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะมีค่าหารสองจากสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา เมื่อนับไปถึงค่า 111 (หรือ $Q_2 = 1, Q_1 = 1, Q_0 = 1$) และเปลี่ยนกลับมาเป็น 000 จะให้บิต Flag ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.7(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ใดเห็นประโยชน์ประการใด ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน MCS - 51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในชิพ ถ้าเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8031 จะมี 2 ตัว คือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงได้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นว่ารีจิสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ (Counter) ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD



(ข)

รูปที่ 2.7 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

* มีในเบอร์ 8032 / 8052

ตารางที่ 2.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 2.3 ซึ่งตัวรีจิสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใด และเป็น Timer หรือ Counter รีจิสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ (Not Bit-Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะมีโปรแกรมเข้าไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	Gate bit ถ้าบิตนี้เซตวงจรถะทำงาน เมื่อ INT1 เป็น High
A	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter / Timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1 (ดูตาราง 5-3)
4	Mo	1	Mode bit 0 (ดูตาราง 5-3)
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter / Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	Mo	0	Timer 0 Mo bit

ตารางที่ 2.3 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

M1	Mo	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13-bit (8048 Mode)
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16-bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8-bit Auto-reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 บิตสองตัวคือ TLo และ THo โดยไม่ใช้ Timer 1

ตารางที่ 2.4 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

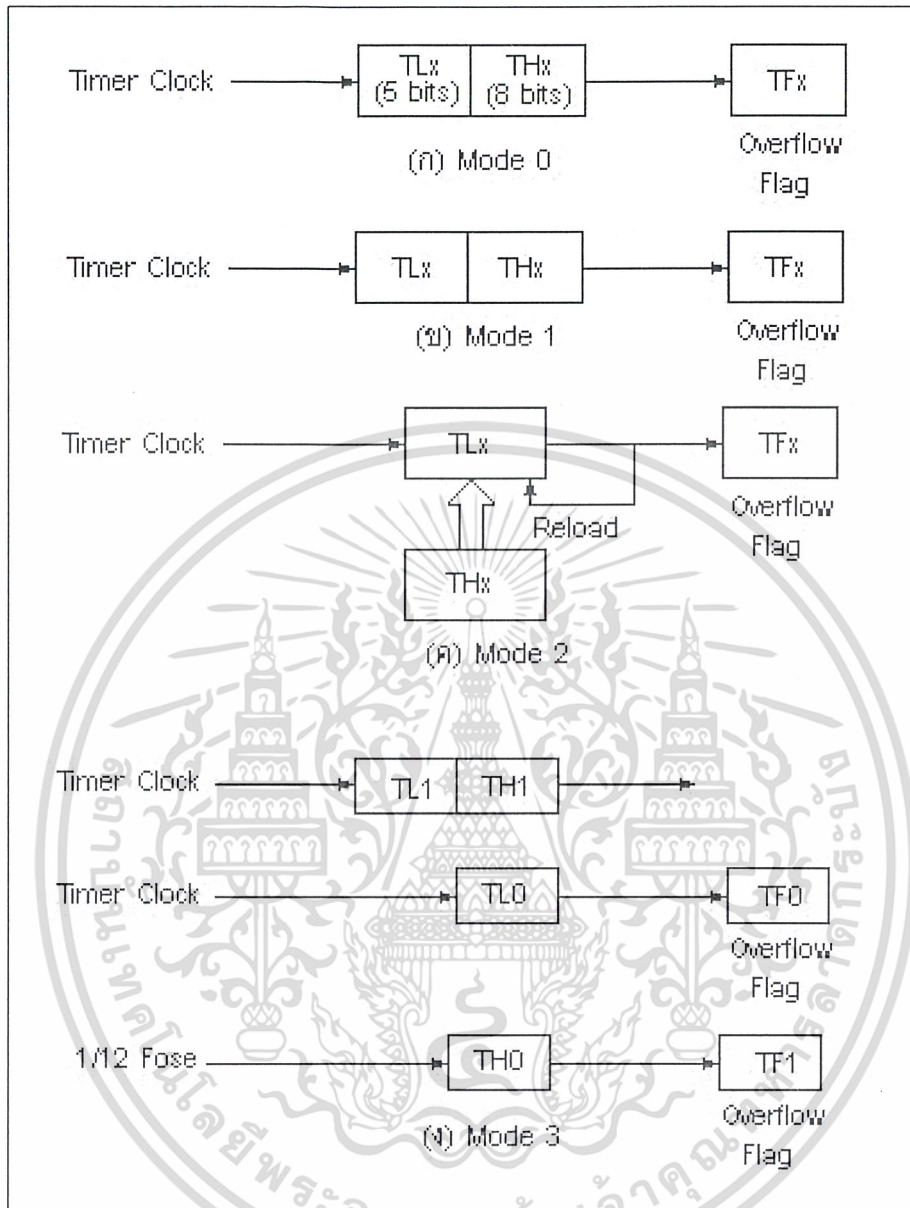
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Timer Control Register (TCON)

รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer 0 และ Timer 1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2.5 รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลคแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลคแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลคแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลคแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INTO
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INTO

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)



รูปที่ 2.8 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง

2.3.3 Timer Mode And Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer 0 และ Timer 1 จะต้องใช้รีจิสเตอร์คู่ TLx และ THx โดยค่า x จะเป็นตัวบอกว่า เป็น Timer 0 หรือ Timer 1 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ซึ่งเราสามารถเซตค่าโหมดการทำงานได้ โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD

13-Bit Timer Mode (Mode 0)

การทำงานในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้ Timer แบบ 13 บิต ดังแสดงในรูป 2.8(ก) ซึ่งจะให้ 5 บิต แยกต่างหากของ TLx โดยไม่สนใจ 3 บิตที่เหลือ และ 8 บิต ของ THx การทำงานในโหมดนี้ เมื่อบิตของ TLx นับค่า ไม่ว่าจะกี่ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปจนเป็น "1" ทุกบิตจะส่ง Clock 1 ลูกให้ หนึ่งลูกให้ THx นับต่อและเมื่อนับเป็น "1" ทุกบิต และเปลี่ยนกลับเป็น "0" จะเกิด Overflow Flag เกิดขึ้น

16-Bit Timer Mode (Mode 1)

การทำงานในโหมดนี้จะเหมือนกับการทำงานในโหมด 0 แต่เป็น Timer แบบ 16 บิต ซึ่งการนับ จะเริ่มตั้งแต่ 0000H, 0001H, 0002H ไปเรื่อย ๆ และจะเกิด Overflow ขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ดังรูปที่ 2.8(ข) ซึ่งเป็นการเซต Overflow Flag และค่านี้จะเกิดขึ้นในบิต TFx ของรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถอ่านและเขียนด้วยโปรแกรม

การใช้ตัว Timer นี้ค่าของบิตสูงสุด (MSB) คือค่าบิต 7 ของ THx ส่วนบิตต่ำสุด (LSB) คือบิต 0 ของ TLx บิต LSB จะเป็น Toggles เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามา ถูกหารด้วย 2 ดังนั้นจะพบว่าบิต MSB จะ Toggles ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตหารด้วย 65,536 (2^{16}) และค่า Timer รีจิสเตอร์นี้ (TLx/THx) สามารถอ่านและเขียนได้ด้วยการโปรแกรม ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ

8-Bit Auto – Reload Mode (Mode 2)

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8-bit Auto – reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำ (TLx) เป็น Timer แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflows หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในไบต์สูง (THx) ไปเก็บไว้ในไบต์ต่ำ (TLx) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้ การทำงานในโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 2.8(ค)

Split Timer Mode (Mode 3)

การทำงานในโหมด 3 นี้ ตัว Timer 1 จะไม่ทำงาน ตัว Timer 0 จะแยกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต คือ TLo และ THo เมื่อ Timer เกิด Overflows จะมีการเซตบิต TFO และ TF1 ดังแสดงในรูปที่ 2.8(ง)

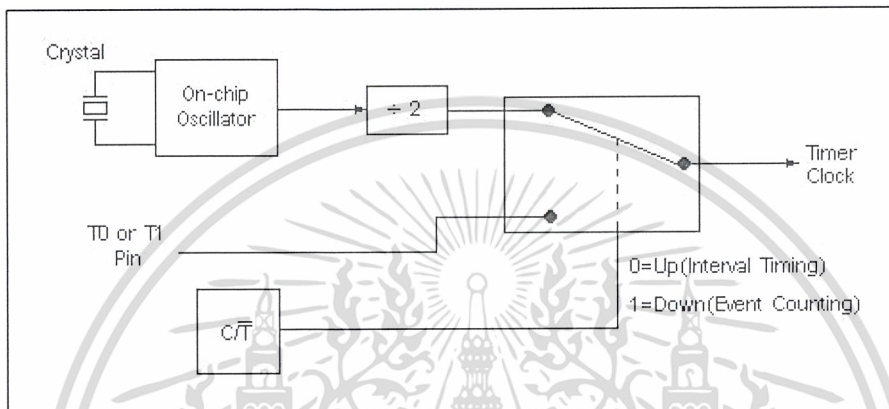
การทำงานในโหมด 3 นี้ Timer 1 จะไม่ถูกใช้งานแต่เราสามารถสวิตช์ให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่นได้ แต่การทำงานของ Timer 1 จะไม่มีการอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น เพราะบิต TF1 ถูกใช้ในการนับของ THo ในการทำงานของโหมด 3 ไปแล้ว เราอาจมองว่าถ้าให้ Timer ทำงานในโหมด 3 ทำให้เรามี Timer เพิ่มขึ้น คือ THo และ TLo ใน Timer 0 โหมด 3 และโปรแกรมให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่น ๆ

2.3.4 Clocking Source

ในรูปที่ 2.8 ไม่ได้แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้า ที่ คือเป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซตหรือรีเซต บิต C / T ในรีจิสเตอร์ TMOD

การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C / T ใน TMOD เป็นลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุก ๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ $1/12$ ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ถ้า MCS - 51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz



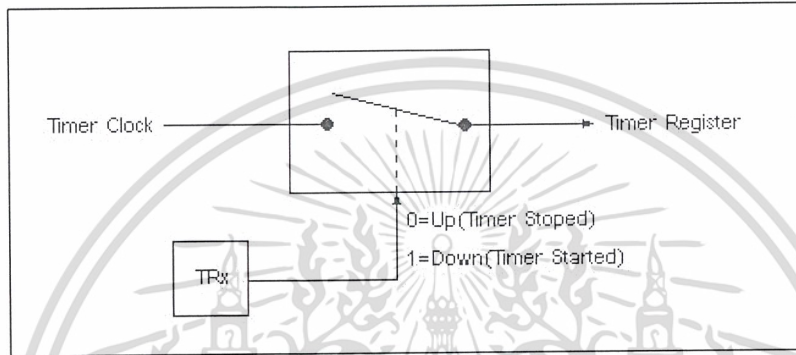
รูปที่ 2.9 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าหา Timer

การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C / T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ To เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer 0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer 1 ดังรูปที่ 2.9 หรืออาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา To และ T1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS - 51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต To และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นได้ว่า การนับ 1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 kHz ถ้า MCS - 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz

2.3.5 การเริ่ม , หยุด และการควบคุม Timer

ในรูปที่ 2.8 จะแสดงลักษณะของ Timer Registers ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วย TLx และ THx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFX สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Time จะมาจาก 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.9 ต่อไปจะกล่าวถึงว่าเราจะควบคุมให้เริ่ม , หยุดตัว Timer ได้อย่างไร วิธีเริ่มและหยุดตัว Timers สามารถควบคุมได้ที่บิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะเคลียร์หลังจากที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะเซตได้จากชุดคำสั่ง หรือการโปรแกรม พิจารณารูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การใช้บิตควบคุม TR

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable) ในรีจิสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ TIMER 0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
SETB TR0
```

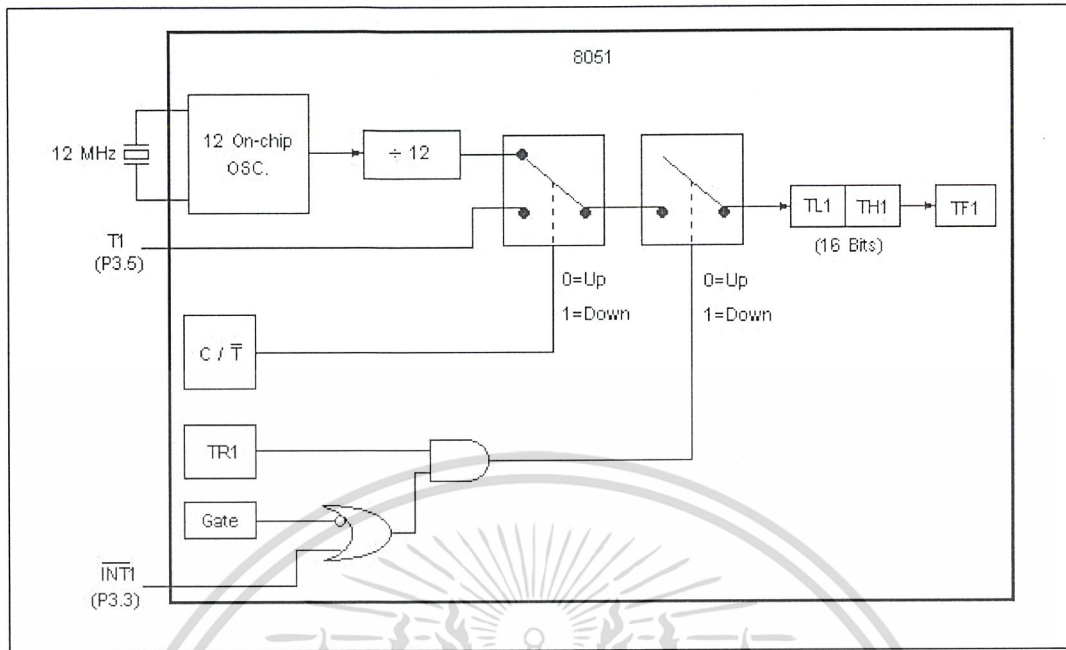
ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
CLR TR0
```

ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 ได้ เพราะตัวแอสเซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

วิธีควบคุม Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต GATE ใน TMOD และขาอินเทอร์รัพท์จากภายนอก INTx ถ้า INTO เป็นลอจิก "0" และโปรแกรมให้ Timer 0 ทำงานในโหมด 2 เมื่อ TL0/TH0 = 0000H, GATE = 1 และ TR0 = 1 เมื่อ INTO ขึ้นเป็นลอจิก "1" ตัว Timer จะ "Gate On" และจะให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 MHz เมื่อ INTO ลงเป็น "0" ตัว Timer " Gate Off " สัญญาณที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณนาฬิกา 1 μS ส่งเข้าไปใน TL0/TH0

รูปที่ 2.11 จะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของ Timer 1 เมื่อทำงานในโหมด 1 ซึ่งเป็น 16-bit Timer โดยใช้รีจิสเตอร์ TL1 / TH1 และ Overflow Flag TF1 ในรูปจะเห็นถึงการควบคุมแหล่งกำเนิด Clock การเริ่มทำงาน และการหยุดทำงาน



รูปที่ 2.11 ระบบทั้งหมดของ Timer 1

2.3.6 Initializing And Accessing Timer Register

การใช้งาน Timer เริ่มแรกจะต้องโปรแกรมเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer ก่อนเมื่อเริ่มใช้งานก็โปรแกรมให้ เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, อ่าน และ เคลียร์ค่า Flag Bits อ่านค่า Timer Registers ตามลำดับ เพื่อนำไปประยุกต์การใช้งานต่อไป

TMOD คือ รีจิสเตอร์ที่ต้องโปรแกรม โดยเซตโหมดการทำงานก่อน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ Timer 1 เป็น 16-bits Timer (โหมด 1) นับสัญญาณนาฬิกาบนชีพ สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TMOD, #00010000B
```

ผลที่ได้จากคำสั่งข้างบนคือ เซตบิต M1 = 0 และ M0 = 1 ซึ่งเป็นการเลือกโหมด 1 และให้ C / T = 0 และ GATE = 0 ซึ่งเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือใช้เป็น Timer และตัว Timer นี้จะยังไม่ทำงาน ถ้าบิตควบคุม TR1 ยังไม่ได้เซต

ถ้าให้ Timer นับขึ้นโดยใช้รีจิสเตอร์ TL1 / TH1 และจะเซตบิต Overflow Flag เมื่อรีจิสเตอร์ เปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H โดยให้นับเวลาไป 100 μ s หรือให้ TL1 / TH1 นับสัญญาณนาฬิกาได้ 100 ลูก ดังนั้นค่าเริ่มต้นของ TL1 / TH1 จะไม่เริ่มที่ 0000H จะต้องเริ่มที่ FFFFH ลบด้วย 100 ลูก หรือ FF9CH เพื่อให้นับไปถึง FFFFH และเปลี่ยนเป็น 0000H ได้สัญญาณนาฬิกา 100 ลูกพอดี สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TL1, #9CH
```

```
MOV TH1, #0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้ Timer เริ่มทำงานก็ให้บิตควบคุมดังนี้

SETB TR1

จากนั้นบิต Overflow Flag จะส่งออกมาหลังจากเวลาผ่านไป 100 μ S ซึ่งเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมวนลูป 100 μ S ได้ โดยตรวจสอบบิต TF1 ว่าถูกเซตหรือไม่ ถ้าไม่เซตก็ให้วนลูปต่อไปดังนี้

CLR TR1

CLR TF1

การใช้แบบ Reading a Timer “On the Fly”

การใช้งานแบบประยุกต์บางงานจะต้องอ่านค่าจาก Timer Register เนื่องจากตัว Timer Register มีขนาด 2 ไบต์ ถ้าหากไบต์ต่ำเกิด Overflow จะทดเข้าไบต์สูง ถ้าหากเขียนโปรแกรมให้อ่านค่าจากไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงอ่านไบต์สูงข้อมูลที่ได้ อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากไบต์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าไบต์สูง การอ่านข้อมูลควรอ่านจากไบต์สูงก่อน แล้วจึงกลับมาอ่านไบต์ต่ำ จากนั้นอ่านข้อมูลไบต์สูงอีกครั้ง ถ้าค่าไบต์สูงที่อ่านได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ค่านั้นได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้อ่านอีกครั้ง ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจาก TL1 / TH1 เข้าในรีจิสเตอร์ R6 / R7 อาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
AGAIN : MOV A, TH1
        MOV R6, TL1
        CJNE A, TH1, AGAIN
        MOV R7, A
```

2.3.7 Short Intervals And Long Intervals

ถ้า MCS - 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ถ้าให้ Timers ใช้วงจร Oscillator บนชิพ สัญญาณนาฬิกาจะถูกหารด้วย 12 และ Timer จะทำงานด้วยความถี่ 1 MHz ถ้าต้องการใช้โปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาอาจทำได้โดยง่าย ซึ่งพิจารณาจากการทำงานชุดคำสั่งต่าง ๆ ของ MCS - 51 ใน 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1 μ S ในตารางที่ 2.6 จะแสดงความกว้างของสัญญาณที่สร้างขึ้นจาก MCS - 51 ที่ทำงานด้วย Crystal ความถี่ 12 MHz

Maximum Interval in Microseconds	Technique
≈ 10	Software Tuning
256	8 – bit Timer with Auto-reload
65536	8 – bit Timer
No Limit	16 – bit Timer Plus Software Loops

ตารางที่ 2.6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

2.4 การอินเทอร์รัพท์

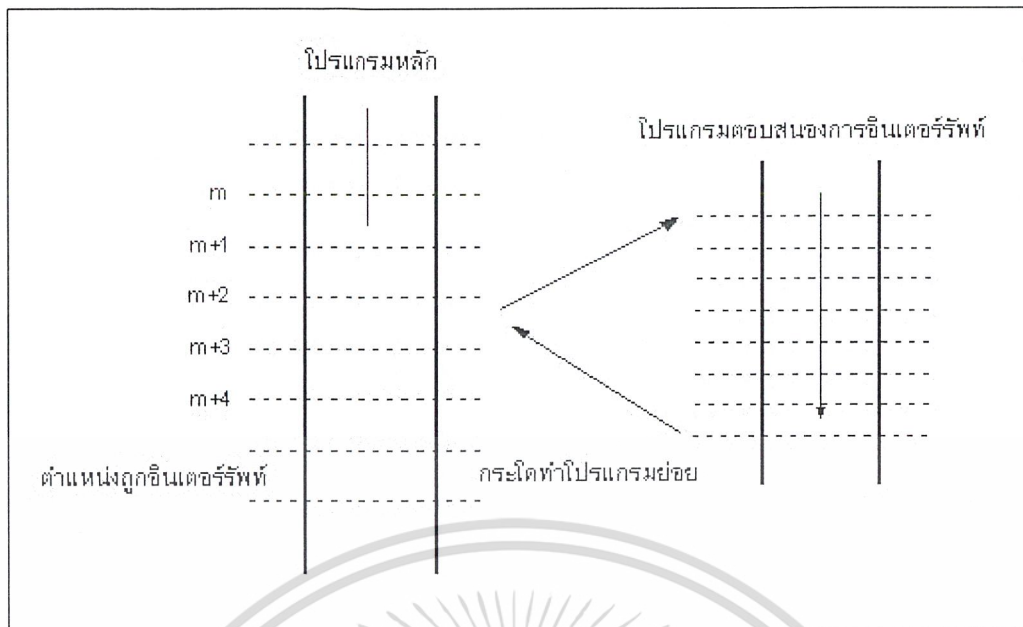
การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมักมีอุปกรณ์ภายนอกต่อร่วมอยู่ ถ้าคอมพิวเตอร์ต้องการทำงานกับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์เหล่านั้นเสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากให้คอมพิวเตอร์พอร์ทหนึ่งต่ออยู่กับหลอด LED 7 ส่วน อีกพอร์ทหนึ่งต่อกับสวิทช์ ถ้าระบบของเราทำงานเป็นนาฬิกาเดินไปให้คอยตรวจสอบสวิทช์ด้วยว่ามีการกดหรือยัง การทำงานแบบนี้เรียกว่า Polling Method คือตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์อื่นตลอดเวลาว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือยัง การทำงานแบบนี้ ถ้ามีอุปกรณ์ภายนอกหลายตัวระบบต้องตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกหลายตัว ทำให้เสียเวลาในการทำงานหลักไป การทำงานอีกแบบหนึ่งจะให้ CPU ทำงานหลัก ถ้ามีการกดสวิทช์เมื่อไรให้นาฬิกาหยุดเดินทันที การทำงานในลักษณะนี้ CPU ไม่ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอก ถ้าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ CPU อุปกรณ์ภายนอกจะส่งสัญญาณมาบอก CPU เอง ระบบนี้เรียกว่า การอินเทอร์รัพท์ (Interrupt)

2.4.1 ขบวนการเกิดอินเทอร์รัพท์

ถ้าหากคอมพิวเตอร์กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามาคอมพิวเตอร์จะละทิ้งโปรแกรมหลัก แต่ไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Service Routine) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองอินเทอร์รัพท์เสร็จคอมพิวเตอร์จะกลับมาทำโปรแกรมเดิมพิจารณารูปที่ 2.12

ถ้า CPU กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่ เช่นกำลังทำคำสั่งในตำแหน่งของหน่วยความจำที่ m , $m+1$, $m+2$ ไปเรื่อย ๆ โดย PC จะชี้ที่ตำแหน่งที่จะอ่านค่าคำสั่งถัดมา เมื่อโปรแกรมทำงานมาถึงตำแหน่งที่ $m+3$ แล้วเกิดการอินเทอร์รัพท์ขึ้น (ขณะนั้น PC อยู่ที่ $m+4$) โปรแกรมจะต้องทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ โดยย้าย PC ไปที่ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ จากนั้นจะเก็บค่า PC เดิมลงในหน่วยความจำสแตค เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เสร็จสิ้นลง จะคืนค่าใน สแตค ($m+4$) ให้กับ PC ทำโปรแกรมหลักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



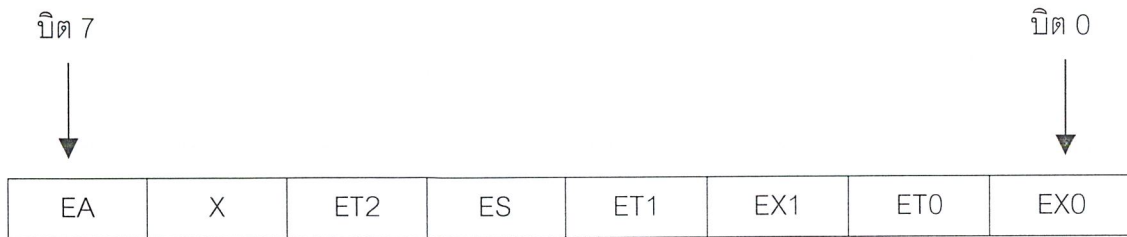
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเทอร์รัพท์

2.4.2 สัญญาณอินเทอร์รัพท์

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ที่ใช้กับ MCS - 51 มีสองชนิดคือ อินเทอร์รัพท์ภายในและภายนอก โดยอินเทอร์รัพท์ภายในจะเกิดขึ้นจากภายในตัว MCS - 51 เอง ได้แก่สัญญาณจาก ไทเมอร์แฟล็ก 0 (TF0) ไทเมอร์แฟล็ก 1 (TF1) และพอร์ทอนุกรม สำหรับอินเทอร์รัพท์ภายนอกเกิดจากสัญญาณที่กระตุ้นเข้ามาทางขา INT0 และ INT1 เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ เข้ามา เราสามารถโปรแกรมได้ว่าจะให้ MCS - 51 ยอมให้มีการอินเทอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมไปที่ รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable) และถ้ามีสัญญาณอินเทอร์รัพท์มาจากแหล่งต่าง ๆ หลายแหล่งพร้อมกันเราสามารถจัดลำดับได้ว่า จะให้อินเทอร์รัพท์ใดเกิดก่อน โดยการโปรแกรมไปที่ อินเทอร์รัพท์ไพอริตี IP (Interrupt Priority) รีจิสเตอร์ทั้งสองตัวมีรายละเอียดดังนี้

Interrupt Enables

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้สำหรับกำหนดค่าว่าถ้าเกิดการอินเทอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ จะทำอินเทอร์รัพท์เหล่านั้นหรือไม่ โดยรายละเอียดของบิตต่าง ๆ มีดังตารางที่ 2.7



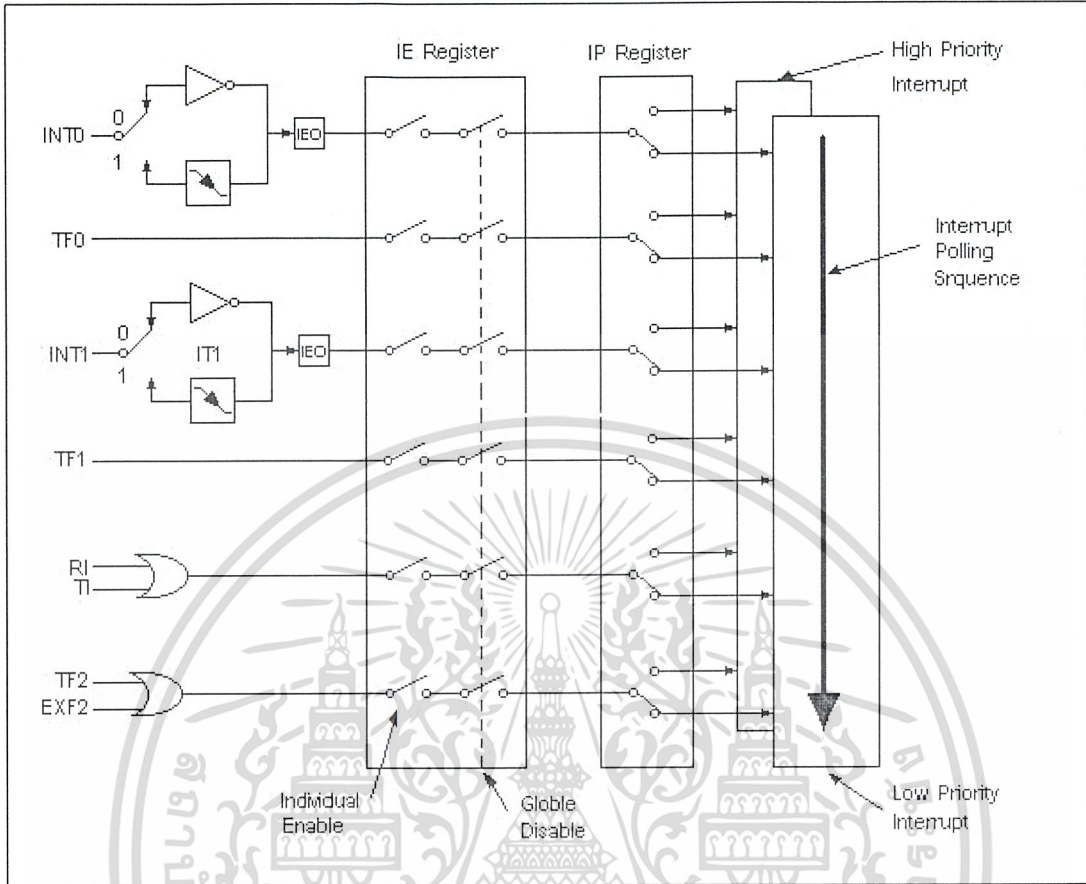
บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IE.7	EA	AFH	ถ้าเซตยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์
IE.6	-	AEH	ไม่ใช้งาน
IE.5	ET2	ADH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 2 (ใช้กับ 8052)
IE.4	ES	ACH	Enable อินเตอร์รัพท์จากพอร์ทอนุกรม
IE.3	ET1	ABH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 1
IE.2	EX1	AAH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT1
IE.1	ET0	A9H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 0
IE.0	EX0	A8H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INTO

ตารางที่ 2.7 บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ IE

Interrupt Priority

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ซึ่งสามารถจัดได้สองลำดับ ถ้าเป็น "1" หมายความว่ามีความสำคัญสูงสุด ถ้าเป็น "0" หมายความว่ามีความสำคัญต่ำสุด ความหมายของบิตต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.8 ถ้าหากกำหนดให้มีความสำคัญเป็น "1" เหมือนกันหมด MCS-51 จะจัดลำดับความสำคัญใหม่ดังนี้

ลำดับ	อินเตอร์รัพท์
1 (สูงสุด)	IE0
2	TF0
3	IE1
4	TF1
5 (ต่ำสุด)	Serial Port



รูปที่ 2.13 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รัพท์

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IP.7	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.6	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.5	PT2	0BDH	ใช้กับ Timer 2 (8052)
IP.4	PS	0BCH	ใช้กับพอร์ตอนุกรม
IP.3	PT1	0BBH	ใช้กับ Timer 1
IP.2	PX1	0BAH	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT1
IP.1	PT0	0B9H	ใช้กับ Timer 0
IP.0	PX0	0B8H	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2.8 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.13 แสดงการอินเทอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ที่มีผลกับ MCS – 51 ถ้าเป็นเบอร์ 8051 8031 จะถูกอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง ถ้าเป็นเบอร์ 8052,8032 จะถูกอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง โดยเพิ่มอินเทอร์รัพท์จาก Timer 2 ในรูปที่ 2.13 จะแสดงให้เห็นว่า ถ้า MCS – 51 จะถูกอินเทอร์รัพท์ได้จะต้องเซตค่า Global Enable ในรีจิสเตอร์ IE นอกจากนี้ยังกำหนดได้ว่าจะให้อินเทอร์รัพท์ใดเกิดได้ โดยการเซตค่า Interrupt Enable ของอินเทอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ IE จากรูปยังแสดงให้เห็นอีกว่าเมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามาจะมีผลต่อแฟล็กใด เช่นถ้า INTO เป็น “1” บิต IE0 จะเป็น “1” หมายความว่าถูกอินเทอร์รัพท์ โดยแฟล็กต่าง ๆ ที่มีผลจากการถูกอินเทอร์รัพท์แสดงได้ดังตารางที่ 2.9

อินเทอร์รัพท์	แฟล็ก	ประกอบอยู่ในรีจิสเตอร์
External 0	IE0	TCON.1
External 1	IE1	TCON.3
Timer 1	TF1	TCON.7
Timer 0	TF0	TCON.5
Serial port	T1	SCON.1
Serial port	RI	SCON.0
Timer 2	TF2	T2CON.7 (8052)
Timer 2	EXF2	T2CON.6 (8052)

ตารางที่ 2.9 แฟล็กที่จะทำงานเมื่อถูกอินเทอร์รัพท์

จากตารางจะเห็นว่า ถ้ามีการอินเทอร์รัพท์จากภายนอกเข้ามา ตัวที่จะอินเทอร์รัพท์ MCS – 51 คือ บิตแฟล็ก IE0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON ถ้ามีการสื่อสารแบบอนุกรม เมื่อข้อมูลถูกส่งไปหมดแล้วจะอินเทอร์รัพท์ MCS – 51 ทางบิตแฟล็ก TI ถ้ารับข้อมูลหมดแล้วจะอินเทอร์รัพท์ MCS – 51 ทางบิตแฟล็ก RI ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ SCON และถ้าใช้ Timer 0 ในการนับเมื่อเกิด Overflow สามารถอินเทอร์รัพท์ MCS – 51 ได้ทางบิต TF0

2.4.3 การทำงานของระบบหลังถูกอินเทอร์รัพท์

เมื่อ MCS – 51 ถูกอินเทอร์รัพท์จะต้องกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์โดยตำแหน่งที่จะกระโดดไปเรียกว่า อินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ (Interrupt Vectors) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เรียบร้อยแล้ว MCS – 51 จะกระโดดมาทำงานยังตำแหน่งเดิม โดยก่อนที่จะกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์จะต้องเก็บค่าตำแหน่งเดิมไว้โดยเก็บค่า PC ลงหน่วยความจำสแต็คซึ่งอยู่ที่หน่วยความจำที่ถูกชี้โดยรีจิสเตอร์ SP เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จแล้วจะคืนค่าในหน่วยความจำสแตคให้ PC ตามเดิม ค่าอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ของ MCS – 51 แสดงได้ดังตารางที่ 2.10

อินเทอร์รัพท์	อินเทอร์รัพท์เวกเตอร์
System Reset	0000H
External 0	0003H
Timer 0	000BH
External 1	0013H
Timer 1	001BH
Serial Port	0023H
Timer 2	002BH

ตารางที่ 2.10 อินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเทอร์รัพท์ต่าง ๆ

จากตารางจะเห็นว่าถ้าระบบถูกอินเทอร์รัพท์จากภายนอกทาง INTO ตัว MCS – 51 จะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าระบบถูกอินเทอร์รัพท์จาก Timer 0 จะกระโดดไปทำงานตำแหน่ง 000BH

2.4.4 การออกแบบโปรแกรมอินเทอร์รัพท์

ในการเขียนโปรแกรมหลัก (Main Program) จะต้องกำหนดค่าว่าจะให้ MCS – 51 ถูกอินเทอร์รัพท์ด้วยอะไร และจะให้ MCS – 51 ถูกอินเทอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมค่าต่าง ๆ ใน IE รีจิสเตอร์ ถ้ามีการอินเทอร์รัพท์จากสองแหล่งขึ้นไปควรมีการจัดลำดับความสำคัญในรีจิสเตอร์ IP ดังนั้นในโปรแกรมหลักจะต้องมีการโปรแกรมต่อไปนี้

1. โปรแกรมค่าในรีจิสเตอร์ IE
2. โปรแกรมค่าในรีจิสเตอร์ IP

สำหรับโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ถือว่าเป็นโปรแกรมย่อยโปรแกรมหนึ่ง แต่จะต้องจบโปรแกรมย่อยด้วยค่า RETI (Return From Interrupt)

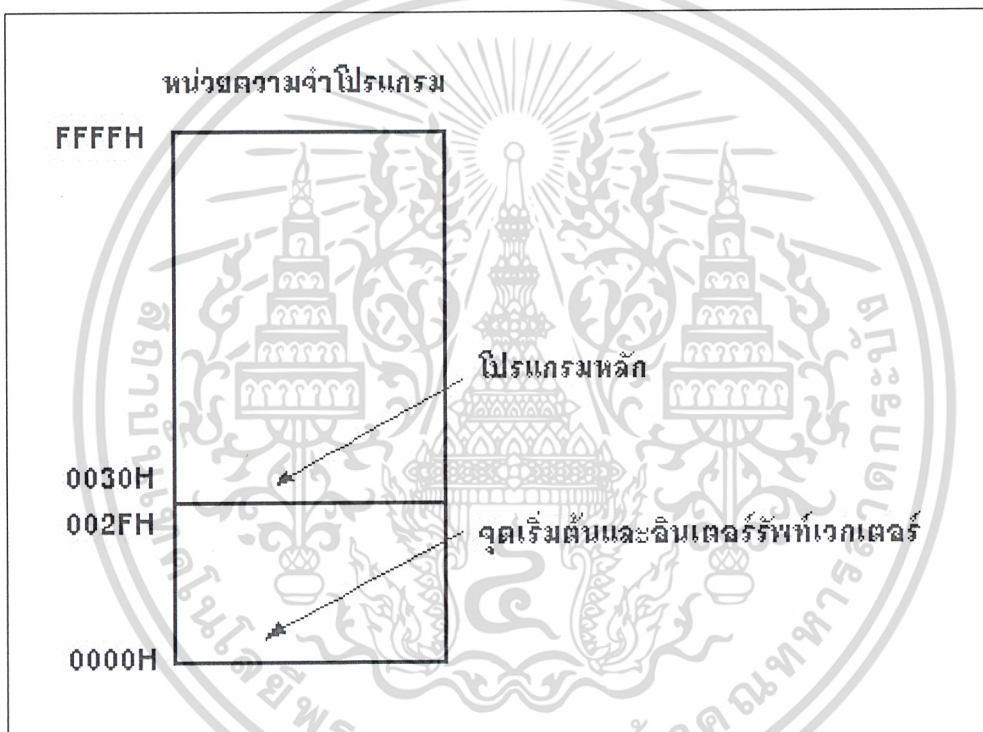
จากตารางอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ จะเห็นว่าถ้ากด Reset หรือให้ระบบเริ่มทำงาน โปรแกรมจะเริ่มทำงานที่ตำแหน่ง 0000H และจะเห็นว่า ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมหลักมีโอกาส อย่างมากที่จะทับกับหน่วยความจำโปรแกรมที่เก็บค่าอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าโปรแกรมยาวมากอาจจะไปทับตำแหน่ง 000BH ได้ซึ่งเป็นตำแหน่งของอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ของ Timer 0 ดังนั้นในการเขียนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหลัก ภายใน 3 ตำแหน่งแรก คือ 0000H,0001H,0002H จะต้องกระโดดไปที่อื่นก่อนเพื่อให้ข้ามอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ไป ซึ่งอาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```

ORG 0000H           ; เริ่มต้นโปรแกรม
LJMP MAIN          ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
.....            ; เพื่อหนีอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์
.....
ORG 0030H          ; ตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม
MAIN : .....      ; เริ่มต้นโปรแกรมหลัก
.....

```



รูปที่ 2.14 การจัดตำแหน่งโปรแกรมในหน่วยความจำ

จากตัวอย่างโปรแกรมจะเห็นว่า เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมหรือระบบถูกรีเซต ระบบจะทำงานตำแหน่งแรก คือคำสั่งกระโดดไปโปรแกรมหลัก ซึ่งอยู่ต่อจากโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ที่อยู่ตำแหน่ง 0030H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์แบบสั้น

จากตารางอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ จะเห็นว่าที่เก็บโปรแกรมอินเทอร์รัพท์แต่ละแหล่งจะห่างกัน 8 ไบต์ ดังนั้นถ้ามีการอินเทอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ หลาย ๆ แหล่งและโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์บางโปรแกรมมีขนาดยาวเกิน 8 ไบต์ จะทำให้โปรแกรมไปทับกับตำแหน่งของโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ของอินเทอร์รัพท์ถัดไป แต่ถ้าโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ไม่ยาวมากเกินไปเราสามารถเขียนไปในตำแหน่งนั้นได้เลยดังโปรแกรมต่อไปนี้

```

ORG      0000H
LJMP     MAIN ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
ORG      000BH ; ตำแหน่งเริ่มต้นของอินเทอร์รัพท์ Timer 0
TOISR : .....
        .....
RETI     ; กลับโปรแกรมหลัก
MAIN : ..... ; โปรแกรมหลัก
        .....

```

จากตัวอย่างโปรแกรมจะใช้อินเทอร์รัพท์จาก Timer 0 เมื่อระบบเริ่มทำงานจะทำตำแหน่ง 0000H โดยกระโดดไปโปรแกรมหลักซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งต่อจากโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์ Timer 0 ระบบจะทำโปรแกรมตำแหน่งที่ 000BH ซึ่งเป็นอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ของ Timer 0 โดยโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์จะจบด้วยคำสั่ง RETI เพื่อกลับสู่โปรแกรมหลักต่อไป

โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ขนาดใหญ่

ในกรณีที่มีการอินเทอร์รัพท์จากหลายแหล่ง และโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์แต่ละโปรแกรมยาวเกิน 8 ไบต์ เราไม่สามารถเขียนโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ไว้ที่ตำแหน่งของอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ได้ ซึ่งจะแก้ปัญหานี้ได้โดยกำหนดให้ตำแหน่งของอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์ให้ทำโปรแกรมกระโดด โดยกระโดดไปที่ตำแหน่งเก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ที่เขียนไว้ที่ตำแหน่งอื่นดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

```

ORG      0000H ; เริ่มโปรแกรมของระบบ
LJMP     MAIN ; กระโดดไปโปรแกรมหลัก
ORG      000BH ; ตำแหน่งของอินเทอร์รัพท์ Timer 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LJMP LED1 ; กระโดดไปโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ชื่อ LED1
ORG 0030H ; ตำแหน่งหลังอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์
MAIN : ..... ; โปรแกรมหลัก
.....
LED1 : ..... ; โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ Timer 1
.....
RETI ; กลับสู่โปรแกรมหลัก

```

จากโปรแกรมจะเห็นว่า เมื่อระบบทำงาน จะต้องทำที่ตำแหน่ง 0000H โดยกระโดดไปทำโปรแกรมหลักที่ตำแหน่งต่อจาก 0030H เพราะตำแหน่งดังกล่าวข้ามอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์จากแหล่งต่าง ๆ ไปแล้ว เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์จาก Timer 0 โปรแกรมจะต้องทำงานที่ตำแหน่ง 000BH แต่โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ยาวมาก ที่ตำแหน่ง 000BH จึงให้ทำโปรแกรมกระโดด โดยกระโดดไปที่โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์ชื่อ LED1 ซึ่งอยู่ท้ายโปรแกรม เมื่อจบโปรแกรมจะจบด้วยคำสั่ง RETI เพื่อกลับไปโปรแกรมหลักต่อไป



บทที่ 3

การออกแบบและหลักการทำงานของวงจร

3.1 การทำงานและการออกแบบตัวควบคุมหลัก

ตัวควบคุมหลักทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ซึ่งจะทำการควบคุมมอเตอร์และแสดงเวลารวมทั้งอัตราค่าบริการที่ผู้ใช้งานต้องชำระ และจะควบคุมการทำงานของระบบเซ็นเซอร์

สวิตช์คีย์บอร์ดจะต่ออยู่ที่ P1.0 – P1.6 ซึ่งคีย์บอร์ดนี้รับ Password จากผู้ใช้งานมาทำการบันทึกไว้ในตัวของ CPU ซึ่ง CPU จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ การทำงานของสวิตช์คีย์บอร์ดเป็นดังนี้ เมื่อมีการกดคีย์สวิตช์ จะทำให้ CPU จะได้รับลอจิก "0" ซึ่งปกติ ลอจิกจะเป็น "1"

3.1.1 Display

ตัวแสดงผลของระบบจะใช้ seven segment ใช้ segment ชนิด Common Cathode ซึ่ง P0.0 – P0.6 เป็นตัวป้อนข้อมูลว่าจะแสดงเป็นตัวเลขใด ส่วน P2.1 และ P2.4 – P2.7 ควบคุมว่าจะให้หลักใดของ segment ทั้ง 5 หลัก แสดงออกมา ซึ่ง Display ที่ใช้ seven segment นี้จะแสดง Password และค่าบริการของผู้ใช้งาน

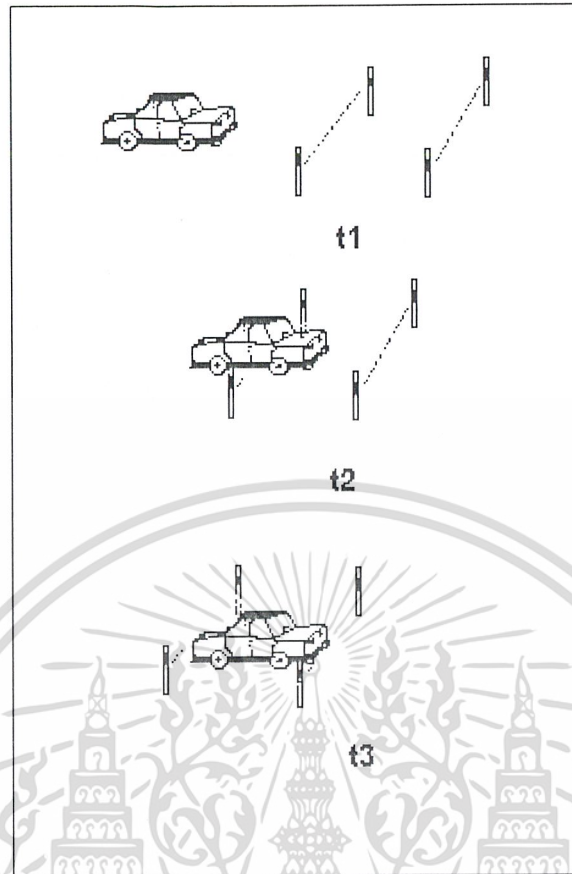
3.1.2 วงจรตรวจจับรถ

ในการตรวจจับว่ามีรถเข้ามาในโรงจอดรถหรือไม่ จำเป็นต้องใช้ตัวตรวจจับ 2 จุด และต้องกำหนดระยะพอดีกับตัวถังของรถ เพื่อป้องกันไม่ให้สวิตช์ลำแสงทำงานเมื่อวัตถุที่ไม่ใช่รถผ่าน

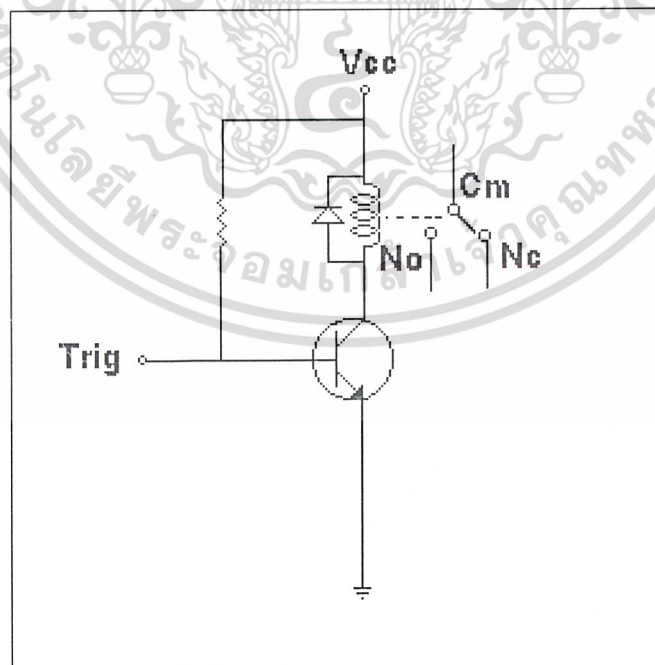
หลักการทำงานของสวิตช์ลำแสง จะใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นแหล่งกำเนิดแสง และใช้ LDR เป็นตัวตรวจจับแสง เราไม่จำเป็นต้องเปิดสวิตช์ลำแสงทุกเวลา อาจจะเปิดทุก 10 วินาทีก็ได้ เพื่อป้องกันหลอดไฟขาด โดยกำหนดการทำงานดังนี้คือ ถ้าเลเซอร์ไดโอดทำงาน ตัวของ LDR ต้องพร้อมรับแสงด้วย โดยการส่งและการรับแสงขึ้นอยู่กับการควบคุมของ CPU

3.1.3 วงจรขับมอเตอร์และเครื่องหยอดเหรียญ

มอเตอร์และเครื่องหยอดเหรียญจะใช้ Relay เป็นตัวควบคุมให้ทำงาน โดยมอเตอร์จะให้ Trig Relay ที่ P2.2 และ P2.3 จะใช้แหล่งจ่าย 5V จากภายนอกเป็นตัวขับมอเตอร์ ส่วนเครื่องหยอดเหรียญจะ Trig Relay ที่ P3.0 ซึ่งจะใช้แหล่งจ่าย 12V เป็นไฟเลี้ยงให้กับเครื่องหยอดเหรียญ



รูปที่ 3.1 การตรวจจذبรถ



รูปที่ 3.2 วงจรการใช้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ใช้ในการเชื่อมต่อหรือเป็นสวิตช์ควบคุมการจ่ายไฟให้กับเครื่องหยุดเหรียญ และควบคุมการทำงานของมอเตอร์แสดงผล

3.1.4 แหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้ CPU และวงจรทั้งหมดโดยจะมี 3 ส่วน

- แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC ซึ่งผ่าน IC Regulator 7805 เป็นไฟเลี้ยงแก่ CPU และวงจรส่วนต่าง ๆ
- แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC จาก Power Supply โดยตรงเพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับมอเตอร์
- แหล่งจ่ายไฟ 12 VDC จาก Power Supply เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับเครื่องหยุดเหรียญ

3.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

ความสำคัญของอุปกรณ์ที่มีความไวต่อแสงนับวันยังมีบทบาทมีการใช้งานมากเพิ่มขึ้นทุกขณะ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงได้ถูกนำมาใช้งานเพิ่มมากขึ้น โดยได้พยายามที่จะค้นคว้าทดลองเพื่อผลิตอุปกรณ์เหล่านี้ออกมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ สื่อด้านโฆษณา ตัวช่วยนำเสนอในด้านต่าง ๆ มักนิยมใช้อุปกรณ์ที่ให้กำเนิดแสงมาเป็นตัวนำเสนอ เพื่อให้เกิดความน่าสนใจและมีความแปลกใหม่ รูปแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงจึงถูกพัฒนาใช้งานเพิ่มมากขึ้นทุกขณะ แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง มีความยาวคลื่นแสงหลายย่านแสงในย่านที่ตาคนมองเห็นมีความยาวคลื่นแสงระหว่าง 390 – 780 nm. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงส่วนใหญ่ทำงานในย่านใกล้แสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นแสงระหว่าง 780 – 3,000 nm. แสงที่ส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดจะอยู่ในรูปที่เรียกว่า โฟตอน (Photons) มีระดับและทิศทางของความถี่ในการเดินทางของคลื่นแสง สามารถหาออกมาได้จากสมการดังนี้

$$W = hf$$

เมื่อ W = กำลังงานของแสงที่เกิดขึ้น หน่วยจูล (J)

$$h = \text{ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's Constant)}$$

$$= 6.624 \times 10^{-34} \text{ จูล - วินาที (J-s)}$$

$$f = \text{ความถี่ของคลื่นแสง หน่วยเฮิรตซ์ (Hz)}$$

ความยาวของคลื่นแสงสามารถหาได้จากความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นแสงและความถี่ของคลื่นแสง เขียนออกมาเป็นสมการได้ดังนี้

$$\lambda = v/f$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่นแสง หน่วยเมตร (m)

$$v = \text{ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นแสง} = 3 \times 10^8 \text{ เมตรต่อวินาที (m/s)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f =$ ความถี่ของคลื่นแสง หน่วยเฮิรตซ์ (Hz)

สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงต่างชนิดกัน จะมีสัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนแสง ที่มีความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน ความยาวคลื่นแสงปกติทั่วไปวัดค่าออกมาในหน่วยแองสตรอม (Anstrom Unit ; \AA) หรือไมโครเมตร (Micrometers ; μm) สามารถเปรียบเทียบหน่วยกันได้ดังนี้

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m และ } 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

ความยาวคลื่นแสงถือว่ามีความสำคัญต่อการนำไปใช้งาน เพราะเป็นตัวบอกถึงชนิดของสารกึ่งตัวนำมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง สารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันจะให้การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงแตกต่างกันไป

จำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่กำเนิดขึ้นมาในแต่ละชนิดวัสดุที่ใช้ผลิต เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ ความเข้มของแสงถูกวัดออกมาในรูปความเข้มของการส่องสว่างที่ตกกระทบเฉพาะพื้นที่ผิว ความเข้มของการส่องสว่างปกติวัดออกมาเป็นลูเมน (Lumen ; lm) หรือ (Watt ; W) หน่วยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$1 \text{ lm} = 1.496 \times 10^{-10} \text{ W} \quad (2.3)$$

ส่วนความเข้มของแสงถูกวัดค่าออกมาเป็นลูเมนต่อตารางฟุต (lm/ft^2) , ฟุต-แคนเดิล (Foot-Candles ; fc) หรือวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) เขียนเปรียบเทียบค่าได้ดังนี้

$$1 \text{ lm/ft}^2 = 1 \text{ fc} = 1.609 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad (2.4)$$

3.2.1 อุปกรณ์ส่งผ่านทางแสง

คุณสมบัติของแสง คือ เดินทางเป็นเส้นตรง โดยเคลื่อนที่ออกไปเป็นคลื่นตามขวางรอบแหล่งกำเนิดแสง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแสงในอากาศประมาณ 3×10^8 เมตรวินาที จากทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ (Maxwell's Electromagnetic Theory) กล่าวว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) และมีอัตราความเร็วเท่ากับคลื่นความร้อน คลื่นวิทยุ ผิดกันตรงที่มีช่วงความยาวคลื่นไม่เท่ากัน

แสงที่กำเนิดขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดแสง แบ่งออกได้เป็นแสง 2 ลักษณะ คือ แสงสีเดียวล้วน (Monochromatic Light) และแสงประกอบ (Compound Light)

แสงสีเดียวล้วนเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นขนาดเดียวอยู่ในแสงนั้น และมีสีเดียว โดยไม่สามารถแยกแสงนั้นออกเป็นสีต่าง ๆ ได้อีก เช่น แสงที่เกิดจากการนำเกลือแกงเผาด้วยไฟฟ้า เรียกว่าแสงโซเดียม แสงที่ได้เป็นแสงสีเหลืองชนิดเดียวล้วน แม้จะผ่านไปในตัวกลางใด ๆ หรือปริซึมก็ไม่แยกออกเป็นสีอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงประกอบเป็นแสงที่เกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นขนาดต่าง ๆ กันหลายขนาดมาผสมกัน เกิดเป็นแสงสีใดสีหนึ่งขึ้น เช่น แสงขาวจากดวงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟฟ้า ฯลฯ แสงเหล่านี้เกิดจากแสงสีอื่น ๆ ที่มีความยาวคลื่นหลายขนาดมาผสมกัน แสงประกอบเมื่อฉายผ่านแก้วปริซึม (Prism) แล้วจะกระจายออกเป็นสีต่าง ๆ อย่างสีรุ้ง เช่น แดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน ฯลฯ ต่างมีความยาวคลื่นแสงไม่เท่ากัน นัยน์ตาคอนมีความไวที่สุดต่อแสงสีเขียว หรือสีเขียวแกมเหลือง ความไวของตาต่อแสงสีต่าง ๆ

3.2.2 เลเซอร์

เลเซอร์ (LASER) มาจากคำว่า ไลท์ แอมพลิฟิเคชัน สติมูเลต อิมิสชัน เรดิเอชัน (Light Amplification Stimulated Emission Radiation) คือ การแผ่รังสีที่เกิดจากการเปล่งแสงแบบมีการกระตุ้นและมีการขยายสัญญาณคลื่นแสง เลเซอร์สามารถกำเนิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดหลายลักษณะ ซึ่งถูกค้นคิดขึ้นมาได้ในปี พ.ศ. 2500 โดย ซี เอช ทาวน์ส (C.H. Townes) ได้ประดิษฐ์เครื่องกำเนิดเลเซอร์ในย่านไมโครเวฟ เรียกว่า เมเซอร์ (MASER) เกิดขึ้นจากโมเลกุลของแอมโมเนียสามารถนำหลักการนี้ไปใช้กำเนิดแสงเลเซอร์จากตัวกลางอื่นอยู่ในช่วงคลื่นแสงได้ เช่น เลเซอร์ทับทิม (Ruby Laser) เลเซอร์ฮีเลียม – นีออน (He – He Laser) เป็นต้น เลเซอร์แต่ละชนิดมีลักษณะสมบัติแตกต่างกันไปทั้งด้านสีของแสงที่กำเนิดขึ้น ค่าความยาวคลื่น เช่น

เลเซอร์ฮีเลียม – นีออน มีสีแดง ค่า $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$.

เลเซอร์อาร์กอน มีสีเขียวและสีฟ้า ค่า $\lambda = 0.488 \mu\text{m}, 0.5145 \mu\text{m}$.

เลเซอร์แย็ก ไม่มีสี (อยู่ในย่านอินฟราเรด) ค่า $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$.

ลักษณะสมบัติของเลเซอร์มีให้เลือกใช้งานได้มากมาย แล้วแต่การใช้งานในแต่ละประเภท แต่ละสาขางาน ภาพรวมของแสงเลเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน

เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างไปจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วไป ทำให้สามารถนำเลเซอร์ไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายด้านดังนี้

- 1) ด้านสื่อสารทางแสง ทั้งแบบฉายแสงผ่านบรรยากาศและแบบฉายแสงผ่านเส้นใยนำแสง ช่วยให้ระบบสื่อสารมีประสิทธิภาพสูง มีความจุและความเชื่อถือได้สูง
- 2) ด้านการวัดที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง เช่น วัดขนาดการสั้นไหวของวัตถุ วัดระยะทางระหว่างโลกกับดวงจันทร์ วัดด้านวิศวกรรมสำรวจ
- 3) ด้านการตัดเจาะเชื่อมตักแต่งวัสดุต่าง ๆ เช่น เจาะรูแผ่นเซรามิก แต่งค่าความต้านทานของตัวต้านทานแบบฟิล์มบาง แก้วตบกร่องในผลึกเพชร
- 4) ด้านถ่ายภาพ 3 มิติ เป็นประโยชน์มากทั้งด้านวิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม-ศาสตร์ และด้านศิลปกรรมศาสตร์
- 5) ด้านการทหารนำไปใช้งานด้านเรดาร์ ใช้ในการนำวิถี ใช้ในการทำลายล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6) ด้านการแพทย์ ใช้ในการผ่าตัด รักษาเนื้อเยื่อ การรักษาตา การรักษาฟัน
- 7) ด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการผลิต IC ใช้ในอุตสาหกรรมตัวผ้า
- 8) ด้านอิเล็กทรอนิกส์ทางแสง ใช้เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ ใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เช่น เลเซอร์ดีสก์ ทั้งเสียงและภาพ

3.2.3 เลเซอร์ไดโอด

เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถให้กำเนิดแสงเลเซอร์ออกมาได้ เลเซอร์ไดโอดได้รับการพัฒนาให้มีลักษณะสมบัติแตกต่างกัน ตามลักษณะของการใช้งาน โดยเลือกใช้วัสดุสารกึ่งตัวนำและโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ได้ค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ต่างกัน มีค่าความเชื่อถือได้สูง ให้ค่าเสถียรภาพและความคมชัดของสเปกตรัมดีมาก และมีค่ากระแสรั่วซึมต่ำ

สารกึ่งตัวนำ PN ต่อชนกันอาจเป็นได้ทั้ง LED และ เลเซอร์ไดโอด เพื่อที่จะให้ได้เลเซอร์ไดโอดขึ้นมา ต้องเพิ่มการให้กระแสแก่หัวต่อ PN ให้พอเพียงจนเกิดสภาพการย้อนกลับ และใส่กระจกเพื่อป้องกันพลังงานแสง โดยใช้สารกึ่งตัวนำผิวทำหน้าที่เป็นกระจกสะท้อนสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด โครงสร้างพื้นฐานของเลเซอร์ไดโอด ผลิตขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำผสมชนิดแกลเลียม อาร์ซีไนต์ (GaAs) หรืออาจใช้สารกึ่งตัวนำผสมอื่น ๆ เช่น แกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์ซีไนต์ (GaAlAs) อินเดียมฟอสไฟด์ (InP) เป็นต้น ด้วยการผลิตที่ถูกต้องเหมาะสม มีความยาวของสารกึ่งตัวนำเป็น L ความยาวของรอยต่อต้องมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นแสงที่กำเนิดขึ้นมา ปลายของรอยต่อทุกด้านขัดเป็นเงาเหมือนผิวกระจกและอาจเพิ่มการเคลือบผิวเพื่อให้เกิดการสะท้อนเข้าไปด้วย จุดประสงค์ดังกล่าวเพื่อต้องการสะท้อนแสงที่กำเนิดขึ้นมาจากภายในให้กลับออกมาภายนอก

เลเซอร์ไดโอดชนิดแกลเลียม อาร์ซีไนต์ (GaAs) ปกติต้องการระดับกระแสไบอัสตรงค่าสูงโดยประมาณ 100 mA ถึง 10 A ถ้าใช้กระแสที่ระดับต่ำ แสงที่ได้ออกมาจะเหมือนกับ LED การเพิ่มกระแสเทสโธลด์ (Threshold Current) ทำให้แสงมีความเข้ม และมีความคมชัดมากขึ้น และแบนด์วิดท์มีขนาดลดลง เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีพลังงานและความเข้มสูง จึงมีอันตรายต่อนัยน์ตา ต้องระมัดระวังและควรใส่เครื่องป้องกันตาเมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวกับแสงเลเซอร์

แสงเลเซอร์ที่กำเนิดขึ้นมาจากเลเซอร์ไดโอดมีหลายลักษณะ จึงมักเรียกชื่อเลเซอร์ไดโอดแตกต่างกัน เช่น เลเซอร์ไดโอดที่กำเนิดแสงเป็นพัลส์ จะเรียกว่า อินเจกชัน เลเซอร์ไดโอด (Injection Laser Diode) หรือเลเซอร์ไดโอดที่กำเนิดแสงแบบต่อเนื่องหรือคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) จะเรียกว่า ซีดับบลิวเลเซอร์ไดโอด (CW Laser Diode) แต่ละชนิดของเลเซอร์ไดโอดมีส่วนในการผลิตและเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปอุปกรณ์ส่งผ่านทางแสง

แสงแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือแสงสีเดียวกัน ไม่สามารถแยกสีของแสงไปเป็นสีอื่นได้ และแสงประกอบเป็นแสงที่เกิดจากแสงที่มีความยาวคลื่นหลายขนาดรวมกัน เกิดเป็นแสงสีใดสีหนึ่งขึ้นเมื่อฉายผ่านปริซึมแสงจะกระจายออกเป็นสีรุ้ง

แสงเลเซอร์เป็นแสงสีเดียวกัน เกิดจากการเปล่งแสงแบบมีการกระตุ้นแสงเลเซอร์สามารถประดิษฐ์ขึ้นมาได้จากตัวกลางที่เป็นทั้งของแข็งของเหลวก๊าซ ประโยชน์ของแสงเลเซอร์มีมากมายเช่น ด้านการสื่อสารทางแสง ด้านการวัดที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงด้านการเจาะ ตัด เชื่อม และตกแต่งวัสดุต่าง ๆ ทำภาพ 3 มิติ ด้านการทหาร ด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น

เลเซอร์ไดโอดเป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงเลเซอร์ออกมาได้ ผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำผสมหลายชนิด เช่น GaAs, GaAlAs, InP เป็นต้น เลเซอร์ไดโอดกำเนิดแสงขึ้นได้ โดยจ่ายไบอัสตรงค่ากระแสสูง ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์เปลี่ยนไปตามวัสดุที่ใช้ผลิต

3.3 ผลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ของโรงจอตลอดอัตโนมัติ

เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ของลานจอตลอดที่จัดทำขึ้นนี้ เป็นลักษณะของการศึกษา เพื่อนำไปใช้งานจริง โดยเฉพาะตัวควบคุมหรือตัวลอจิก จะใช้แบบจำลอง โดยใช้ DC มอเตอร์ เป็นตัวแสดงผล

การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับทางแสง ใช้วิธีการจำลองอุปกรณ์ โดยนำสัญญาณ หรือเอาต์พุตของสวิตช์แล้วต่อเข้ากับ AND Gate เพื่อทดสอบการทำงานของ ตัวตรวจจับ มีผลการทดลอง ดังนี้

ตัวรับ1	ตัวรับ2	O/P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของวงจรตรวจจับ

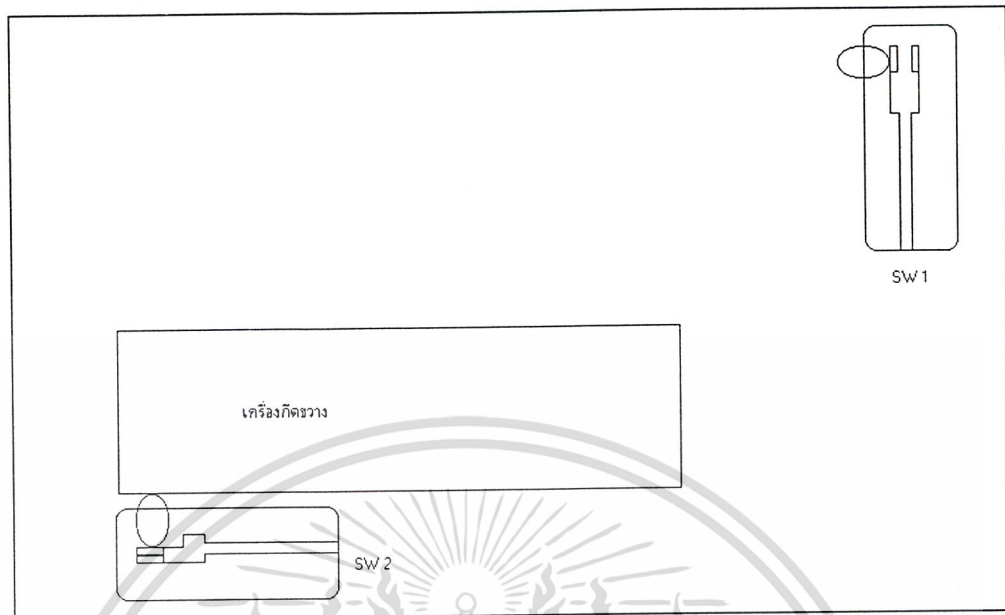
ถ้าตัวรับแสงได้รับแสงที่สถานะของตัวรับจะเป็นลอจิก " 1" ถ้าไม่ได้รับแสงจะเป็นลอจิก "0" ดังนั้นจะต้องให้รถเข้าไปจอดทับหรือบังแสงไม่ให้แสงทั้งสองจุดผ่านไปยังตัวรับได้พร้อมกันนั้น จึงนำสัญญาณส่งให้กับ CPU ทำการประมวลผล แล้วควบคุมการทำงานเป็นลำดับขั้นต่อไป

3.4 ผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์

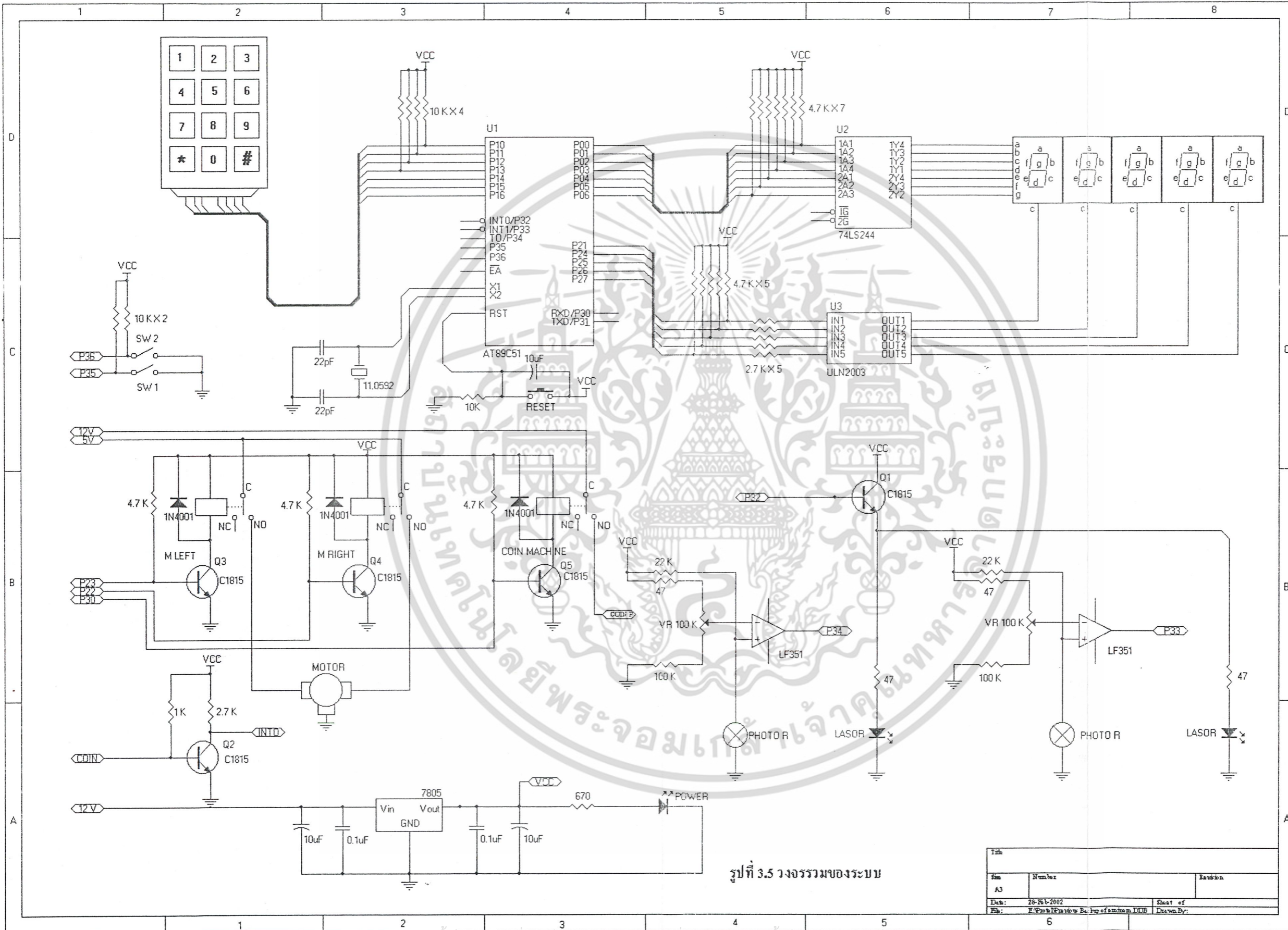
ผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการปิดกั้นรถ โดยการจ่ายแรงดันเข้าที่ขั้วของคอยล์ รีเลย์ ตัวที่ 1 เพื่อทดสอบให้ระบบทำการกั้นรถเมื่อมอเตอร์หมุนจนถึงระยะที่กำหนดไว้ จะมีสวิตช์เป็นตัวตรวจจับเมื่อสวิตช์ทำงานทำให้มอเตอร์หยุดหมุนแล้วระบบจะหยุดจ่ายไฟให้มอเตอร์ ซึ่งสวิตช์ตรวจจับตัวที่ 1 (SW 1) จะต่ออยู่กับพอร์ท 3.5 ดังรูปที่ 3.3 เมื่อจ่ายไฟให้กับคอยล์ของ รีเลย์ ตัวที่ 2 เพื่อทดสอบให้ระบบอนุญาตให้รถออกได้โดยมอเตอร์จะหมุนกลับทิศทางกับครั้งแรกเมื่อมอเตอร์หมุนจนถึงระยะที่กำหนดไว้จะมีสวิตช์เป็นตัวตรวจจับเมื่อสวิตช์ทำงานทำให้มอเตอร์หยุดหมุนแล้วระบบจะหยุดจ่ายไฟให้มอเตอร์ ซึ่งสวิตช์ตรวจจับตัวที่ 2 (SW 2) จะต่ออยู่กับพอร์ท 3.6 ดังรูปที่ 3.4 เพื่อทดสอบว่าระบบรีเลย์และมอเตอร์ทำงานสอดคล้องกันแล้วจึงนำวงจรควบคุมมอเตอร์ไปต่อร่วมกับระบบแสดงผลระบบตรวจสอบเวลาโดยมี CPU เป็นตัวควบคุมการทำงานตามโปรแกรม ผลที่ออกมาเป็นไปตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.3 การตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องกีดขวางขณะปิดกั้น



รูปที่ 3.4 การตรวจสอบตำแหน่งของเครื่องกีดขวางขณะไม่ปิดกั้น
ซึ่งวงจรรวมทั้งหมดแสดงไว้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรรวมของระบบ

Title		
File	Number	Revision
A3		
Date:	28-Feb-2002	Drawn by
File:	E:\Pspice\Project\Ex. Jsp of asm\asm.DOC	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบลายวงจร

3.5.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของซอฟต์แวร์และขั้นตอนการออกแบบ

Protel99-SE เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรและลายวงจรของระบบจอตลอดอัตโนมัติ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสมบูรณ์สำหรับการออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์

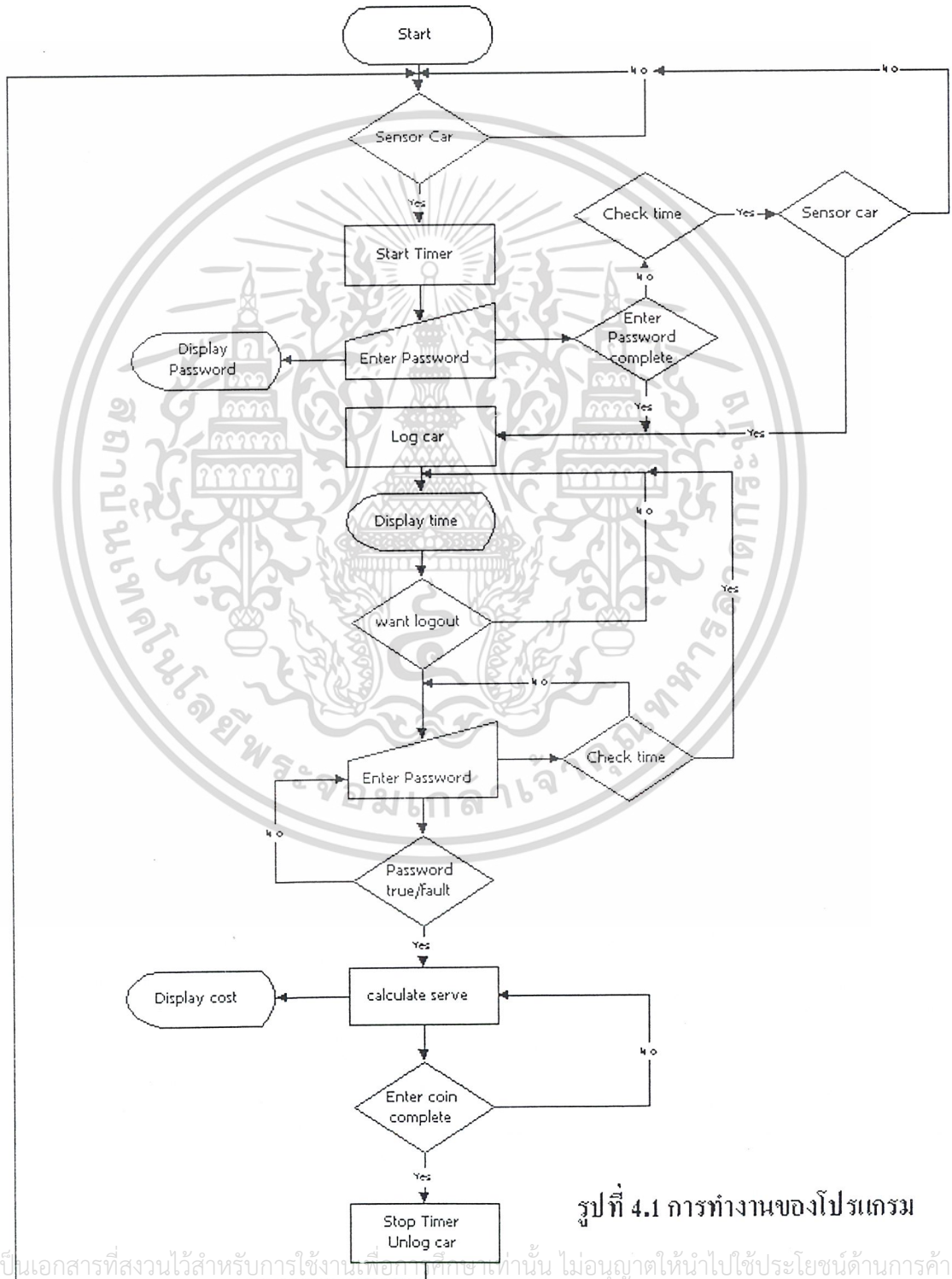
เริ่มต้นทำการวาดวงจรซึ่งประกอบด้วยรายการของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรในส่วนของ Schematic Design ซึ่งตัวอุปกรณ์ที่ใช้ต้องกำหนด footprint เพื่อใช้ในการออกแบบลายวงจรเมื่อทำการวาดวงจรเรียบร้อยแล้วจะทำการสร้าง Netlist หรือรายชื่อของเน็ตเป็นไฟล์สำหรับการเชื่อมต่อกับ PCB ภายในระบุชื่อ Footprint หรือรูปร่างของอุปกรณ์จะมีขนาดเท่ากับอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงเพราะเป็นตัวแทนของอุปกรณ์ระหว่างการออกแบบลายวงจรและข้อมูลในเน็ตจะระบุการเชื่อมต่อระหว่างขาของอุปกรณ์ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่าวงจรที่ต่อถูกต้องตามกำหนดหรือไม่ถ้ามีปัญหาสามารถแก้ไขได้ หลังจากตรวจสอบวงจรใน Netlist ถูกต้องแล้วขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบลายวงจรต้องกำหนดรายละเอียดของวงจรใน Design Rules เช่นกำหนดขนาดเส้นลายทองแดงและจำนวนชั้นของลายวงจรวิธีการเดินเส้นที่มุมกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขาและรูเจาะ และกำหนดขนาดของวงจรให้เหมาะสมกับตัวอุปกรณ์และวงจรเพื่อให้ข้อมูลและการเชื่อมต่อจากวงจรมาปรากฏอย่างถูกต้องหลังจากนั้นมาสู่ขั้นตอนการออกแบบโดยนำอุปกรณ์มาใน PCB และจัดวางอุปกรณ์ให้เหมาะสมแนวทางการวางอุปกรณ์จะพยายามวางให้เดินเทร็คเข้าหากันได้ง่ายพยายามให้เส้นเชื่อมต่อระหว่างขาถึงขามีความซับซ้อนน้อยที่สุด และเข้ามาสู่ขั้นตอนของการเดินเส้นอัตโนมัติ Auto Routing เมื่อโปรแกรมทำการเดินเส้นเรียบร้อยแล้วจะได้ลายวงจรออกมา ถ้าโปรแกรมทำการ Auto Routing ไม่สำเร็จ จะต้องมาทำการแก้ไขโดยการเดินเส้นวงจรใหม่หรือแก้ไขโดยใช้ เครื่องมือที่มีอยู่ใน PCB โดยใช้ความสามารถของผู้ใช้โปรแกรม

เมื่อได้ลายวงจรเรียบร้อยแล้วก็ทำการกัดลายปริ้นเพื่อใช้ในการประกอบวงจรที่ออกแบบไว้

บทที่ 4

หลักการเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน จะใช้ชุดคำสั่งของ MCS – 51 ซึ่งหลักการเขียนจะต้องดูการทำงานของวงจรและเขียนโปรแกรมที่ต้องการ ซึ่งหลักการเขียนโปรแกรมและกระบวนการต่าง ๆ ดังแสดงด้วย Flowchart



รูปที่ 4.1 การทำงานของโปรแกรม

4.2 ขั้นตอนการโปรแกรม

1. เขียนโปรแกรมที่ต้องการ แล้ว SAVE เป็น file.asm
2. นำ file.asm มา compiler ใน MS-DOS Prompt เพื่อให้ได้ file.hex ด้วยโปรแกรม ASM51 ซึ่งมีรูปแบบคือ

C:\ASM51 file.asm

3. นำ file.hex มาโปรแกรมลงตัว MCS-51 ด้วย โปรแกรม mf1 ใน MS-DOS Prompt ซึ่งตัว MCS-51 ต้องเป็น flash memory

วิธีการคือ

- 3.1 พิมพ์กำหนดการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องโปรแกรม โดย

C:\MODE COM1,96,n,8,1,p

- 3.2 เข้าในโปรแกรม mf1

- 3.3 กด "A" เพื่อเลือกอุปกรณ์อัตโนมัติ

- 3.4 กด "E" เพื่อลบข้อมูลเดิม

- 3.5 กด "H" แล้วพิมพ์ชื่อ file.hex

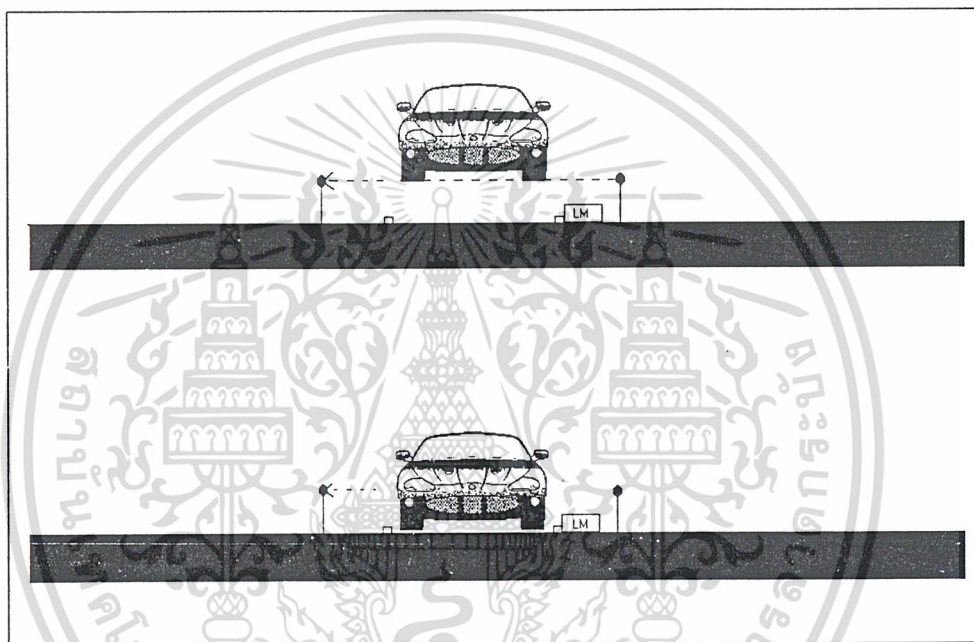
- 3.6 กด "P" ทำการโปรแกรม

เครื่องที่ใช้โปรแกรม คือ MPG-1 (Atmel MCS-51/AVR Microcontroller Programmer)

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ในการทดสอบทำโดยการนำวัตถุที่บดแสงไปขวางแนวการส่งแสงของเลเซอร์ไดโอด ซึ่งเปรียบเสมือนเมื่อนำรถเข้ามาจอด ดังแสดงในรูปที่ 5.1 เมื่อลองขวางแนวส่งแสงของเลเซอร์ไดโอดแค่ดวงเดียว ผลคือไม่มีอะไรเกิดขึ้นซึ่งก็เปรียบกับการมีคนเดินผ่าน หรือมีอะไรที่ไม่ใช่รถมาขวางแนวส่งแสงของเลเซอร์ไดโอดไว้ และเมื่อทำการขวางแนวส่งแสงของเลเซอร์ไดโอดทั้ง 2 ดวง ผลคือที่จอแสดงผลจะรอรับ Password และจะทำการ Set Timer ให้ทำงานแต่ยังไม่แสดงเวลา



รูปที่ 5.1 การตรวจจบริดรถเข้าจอด

และจากการทดลองวัดค่าต่างๆ จะได้ดังตารางที่ 5.1

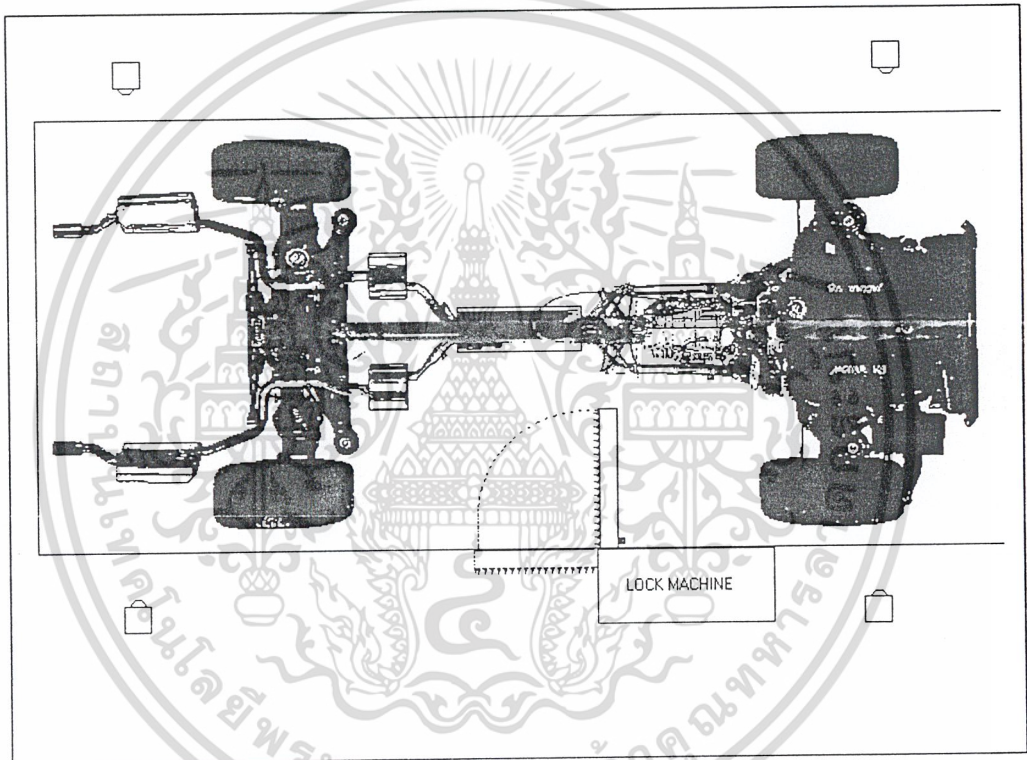
การปิดกั้นแสง	ค่าความต้านทานของ LDR	แรงดันที่ O/P ของ LF351
มีสิ่งกีดขวาง	1.5 M Ω	1.8 Volt
ไม่มีสิ่งกีดขวาง	1 K Ω	4.3 Volt

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการปิดกั้นแสง

การใส่ Password ทำโดยการใช้ คีย์บอร์ดในการกด Password โดย Password จะเป็นตัวเลข 0-9 จำนวน 4 หลัก และเมื่อใส่ครบ 4 หลัก ให้กด # ตาม หมายถึงตกลงจะใช้ Password ที่ใส่ไว้ซึ่งจะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงที่จอแสดงผล จะเสร็จขั้นตอนการใส่ Password หรือถ้าภายในเวลาที่กำหนดไว้ยังไม่มีการใส่ Password ระบบจะตรวจสอบรอบอีกครั้งว่ายังอยู่หรือไม่ กรณีเข้ามาแล้วแต่ตัดสินใจไม่จอด ระบบจะกลับไปทำงานใหม่ตั้งแต่เริ่มอีกครั้ง แต่ถ้าตรวจสอบแล้วยังมีรถอยู่ ซึ่งเป็นกรณีลืมใส่ Password หรือไม่ต้องการใส่ Password กรณีจะทำงานขั้นตอนต่อไปเหมือนกับการใส่ Password

เมื่อใส่ Password เสร็จ ระบบปิดกั้นรถจะทำงานโดย มอเตอร์จะหมุนจนกว่าจะไปแตะสวิตช์ ที่มีไว้เพื่อจำกัดการหมุนของมอเตอร์ ผลที่ออกมาคือมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อมาแตะกับสวิตช์ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ต่อจากนั้นที่จอแสดงผลก็จะแสดงเวลาที่จอดรถ ซึ่งเวลาจะนับไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะกดปุ่ม * ก็คือการต้องการรถออก



รูปที่ 5.2 การทำงานของระบบปิดกั้นรถ

ถ้าตอนแรกที่เข้ามาจอดรถไม่ได้ใส่ Password ระบบจะรอรับเงินค่าจอดรถเลยโดยไม่ต้องใส่ Password ตอนออก แต่ถ้าตอนแรกที่เข้าจอดรถมีการใส่ Password ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงการรอรับ Password และเมื่อใส่ตัวเลขที่ไม่ตรงกับ Password ตอนเข้าจอด ที่จอแสดงผลก็จะรอรับ Password ใหม่ ซึ่งก็เปรียบเทียบกับกรณีที่ใส่ Password ผิด และเมื่อใส่ Password ที่เหมือนกับตอนแรกที่เข้าจอด ซึ่งประกอบด้วยตัวเลข 0-9 จำนวน 4 หลัก แล้วกดปุ่ม # ต่อท้าย ก็จะทำให้เสร็จสิ้นการใส่

Password Logout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จอแสดงผลจะแสดงตัวเลขขึ้นมา เช่น 10,20,30 บาท เป็นต้น ซึ่งก็คือจำนวนเงินที่ต้องจ่าย ค่าจอดรถ การคิดค่าจอดรถจะคิด ชั่วโมงละ 10 บาท ถ้ามีเศษก็จะคิดเป็นอีก 1 ชั่วโมง เช่น 1 ชั่วโมง 20 นาที จะคิด 20 บาท การจ่ายเงินโดยการหยอดเหรียญ 1 บาท ที่เครื่องหยอดเหรียญ ตามจำนวนเงิน เมื่อหยอด 1 เหรียญ ที่จอแสดงผลก็จะแสดงจำนวนที่เหลือที่ต้องจ่าย เช่น ถ้าตอนแรกต้องจ่าย 50 บาท ที่หน้าจอแสดงผลก็จะแสดง 50 บาท แต่เมื่อหยอดเหรียญ 10 บาทไป 1 เหรียญ ที่หน้าจอแสดงผลจะแสดงจำนวนเงิน 40 บาท และถ้าเวลาผ่านไปเท่ากับที่กำหนดแต่ยังหยอดเหรียญไม่ครบระบบจะกลับไปทำงานที่ การแสดงผล เวลาที่จอดอีกครั้ง เพื่อสะดวกในกรณีที่เงินไม่พอจ่าย และเวลาที่แสดงก็จะเป็นเวลาจริงที่นำจำนวนเงินที่จ่ายซึ่งจะเทียบเป็นชั่วโมงมาลบออกจากเวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มเข้าจอด เช่น ถ้าจอด 3 ชั่วโมง 20 นาที แล้วจ่ายไป 10 บาท โดยเวลาในการจ่ายที่กำหนดเท่ากับ 3 นาที เวลาที่แสดงใหม่คือ 2 ชั่วโมง 23 นาที และการทำงานก็จะเหมือนเดิม แต่ในกรณีที่จ่ายเงินจนครบระบบปิดกั้นรถจะหมุนกลับยอมให้นำรถออกได้ การนำรถออกต้องนำรถออกภายในเวลาที่กำหนด เช่น 5 นาที, 10 นาที แล้วแต่กำหนด แล้วระบบจะกลับไปทำงานใหม่อีกครั้ง

ในการทดลองจะกำหนดเวลา จากชั่วโมงเป็นนาที และนาทีเป็นวินาที เพื่อความสะดวกในการดูผลการทดสอบ

จากการทดลองสามารถสรุปการใช้งานได้ดังนี้

1. เมื่อนำรถเข้าจอดเรียบร้อยแล้ว ให้กำหนด Password 4 หลัก แล้วตามด้วย # เพื่อยืนยัน Password หรือกด * เพื่อที่จะใส่ Password ใหม่
2. เมื่อต้องการนำรถออกให้ กด * แล้วตามด้วย Password ซึ่งได้กำหนดไว้ในข้อ 1 และกด # เพื่อยืนยัน Password
3. หยอดเหรียญตามอัตราบริการที่แสดงไว้ โดยใช้เฉพาะเหรียญ 10 บาท
4. นำรถออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

โครงการนี้เป็นโครงการออกแบบที่จอตระระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะออกแบบและทดสอบระบบเบื้องต้น โดยจะเน้นการทำงานที่สัมพันธ์กันของทั้งระบบ ซึ่งผลที่ออกมาก็เป็นไปตามที่วางไว้

อุปสรรคและปัญหาในการทำโครงการ ก็มีอยู่บ้าง เช่น เรื่องของ Port 0 ของ Microcontroller ซึ่งเป็นแบบ Open drain การออกแบบจะต้องต่อ Resistor Pull up จะต่อเป็น Resistor Pull down ไม่ได้ และในส่วนของการทำงานมอเตอร์ซึ่งจะใช้รีเลย์ในการตัดต่อการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งการ Trig รีเลย์ จะต้องขับด้วย Transistor โดยการทดลองตอนแรกจะใช้แหล่งจ่ายเดียวกันทั้งหมด คือที่ผ่าน Regulate ซึ่งเมื่อมอเตอร์ทำงานจะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายมาก จะทำให้ Transistor หยุดทำงาน และมอเตอร์ก็ไม่ทำงานไปด้วย จึงต้องต่อแหล่งจ่ายให้กับมอเตอร์แยกกับส่วนอื่น ส่วนในส่วนของระบบตรวจจับ จะใช้เลเซอร์ไดโอดเป็นตัวส่ง ซึ่งจะส่งตลอดเวลาไม่ได้ เพราะอาจทำให้ตัวเลเซอร์เสียหายได้ จึงต้องส่งแบบกะพริบ ซึ่งจะถูควบคุมด้วยโปรแกรม และในส่วนของสัญญาณจากเครื่องหยุดเหรียญ จะต้องต่อมาเข้าขา INTO หรือ INT1 แล้วใช้วิธีการรับค่าแบบอินเตอร์รัพจากภายนอก เพราะสัญญาณที่รับเข้ามาตอนมีการหยุดเหรียญจะเป็นพัลส์ ซึ่งจะเร็วมาก การรับทาง Port อาจจะทำให้โปรแกรมวนมารับค่าไม่ทัน และอุปสรรคอีกอย่างคือ เรื่องคุณภาพของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น คีย์บอร์ด โดยหน้าสัมผัสของคีย์บอร์ดไม่มีความเที่ยงตรง คือกดครั้งเดียวอาจจะมีการแตะของหน้าสัมผัสหลายครั้ง แต่ก็ไม่ได้เป็นปัญหาใหญ่ในทดสอบระบบ

เอกสารอ้างอิง

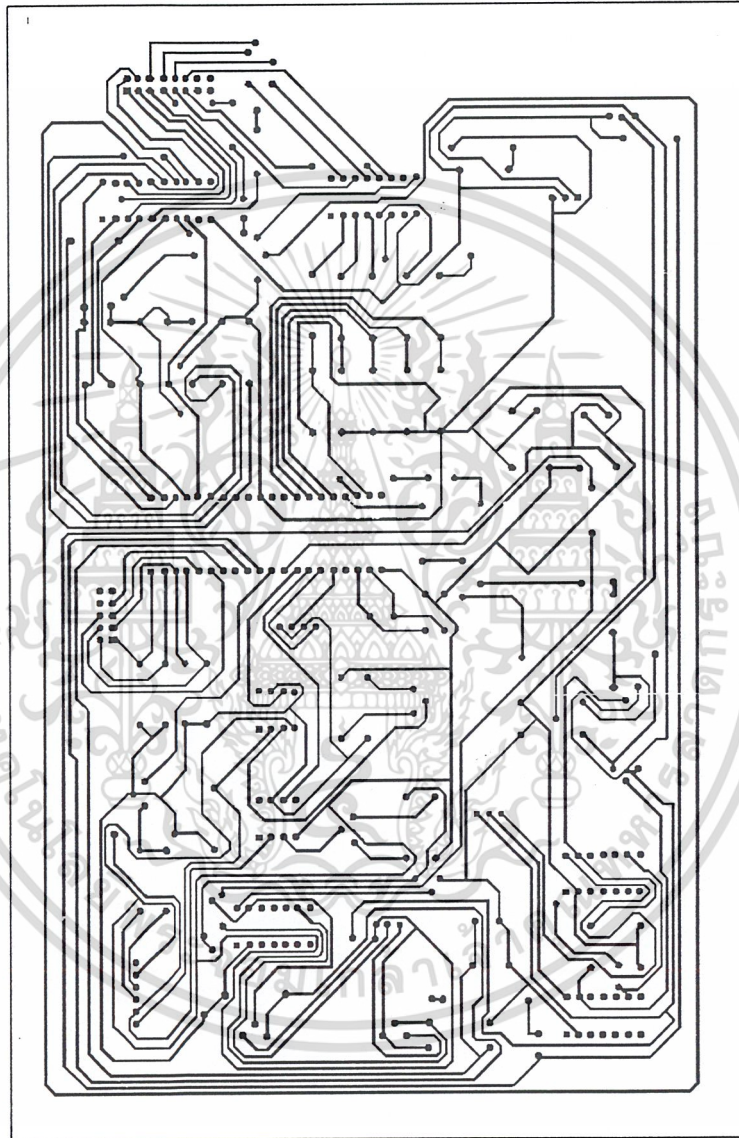
1. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด , “ไมโครโปรเซสเซอร์ 2” , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , กรุงเทพฯ 2539 , หน้า 169.
2. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตระวิไล , “คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์” , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , กรุงเทพฯ 2538 , หน้า 125 - 128
3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล , “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , บริษัทแซทไฟร์ พรินติ้ง จำกัด , กรุงเทพฯ 2541 , หน้า 77 - 89
4. พรชัยศ ศรีปัญญาพงศ์ , “เอกสารประกอบการอบรม เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051” , ศูนย์บริหารและพัฒนาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , หน้า 4 – 10.
5. สมยศ จุณณะปิยะ , “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51” , ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , หน้า 145.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LF351 Wide Bandwidth JFET Input Operational Amplifier

General Description

The LF351 is a low cost high speed JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF351 is pin compatible with the standard LM741 and uses the same offset voltage adjustment circuitry. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM741 designs.

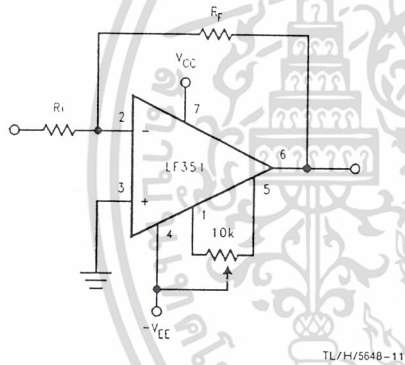
The LF351 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift, but for applications where these requirements are critical, the LF355 is recommended. If maximum supply

current is important, however, the LF351 is the better choice.

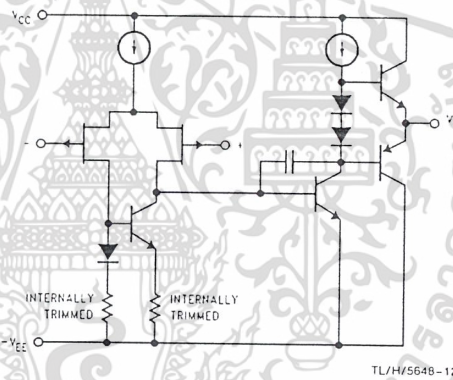
Features

- Internally trimmed offset voltage 10 mV
- Low input bias current 50 pA
- Low input noise voltage 25 nV/√Hz
- Low input noise current 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth 4 MHz
- High slew rate 13 V/μs
- Low supply current 1.8 mA
- High input impedance 10¹²Ω
- Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10k$, $V_O = 20$ Vp-p, BW = 20 Hz–20 kHz < 0.02%
- Low 1/f noise corner 50 Hz
- Fast settling time to 0.01% 2 μs

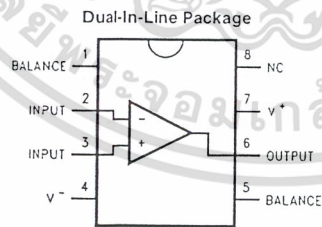
Typical Connection



Simplified Schematic



Connection Diagrams



Order Number LF351M or LF351N
See NS Package Number M08A or N08E

TL/H/5648-13

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	± 18V
Power Dissipation (Notes 1 and 6)	670 mW
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
T _i (MAX)	115°C
Differential Input Voltage	± 30V
Input Voltage Range (Note 2)	± 15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 sec.)	
Metal Can	300°C
DIP	260°C

θ_{jA}		
N Package		120°C/W
M Package		TBD
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 sec.)		260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 sec.)		215°C
Infrared (15 sec.)		220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

ESD rating to be determined.

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	LF351			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω , T _A = 25°C Over Temperature		5	10 13	mV mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω		10		$\mu V/^\circ C$
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq 70°C		25	100 4	pA nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J \leq 70°C		50	200 8	pA nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = $\pm 15V$, T _A = 25°C V _O = $\pm 10V$, R _L = 2 k Ω Over Temperature	25	100		V/mV V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = $\pm 15V$, R _L = 10 k Ω	± 12	± 13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = $\pm 15V$		± 15 ± 11		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S \leq 10 k Ω	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	70	100		dB
I _S	Supply Current			1.8	3.4	mA

AC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	LF351			Units
			Min	Typ	Max	
SR	Slew Rate	$V_S = \pm 15V, T_A = 25^\circ C$		13		$V/\mu s$
GBW	Gain Bandwidth Product	$V_S = \pm 15V, T_A = 25^\circ C$		4		MHz
e_n	Equivalent Input Noise Voltage	$T_A = 25^\circ C, R_S = 100\Omega, f = 1000\text{ Hz}$		25		nV/\sqrt{Hz}
i_n	Equivalent Input Noise Current	$T_j = 25^\circ C, f = 1000\text{ Hz}$		0.01		pA/\sqrt{Hz}

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on the thermal resistance, θ_{JA} .

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: These specifications apply for $V_S = \pm 15V$ and $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$. V_{OS} , I_B and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.

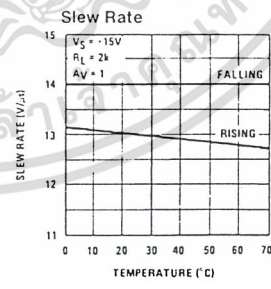
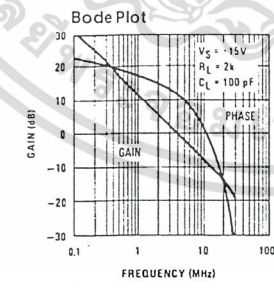
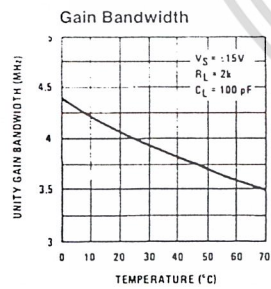
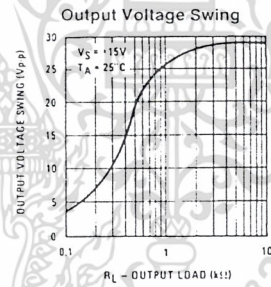
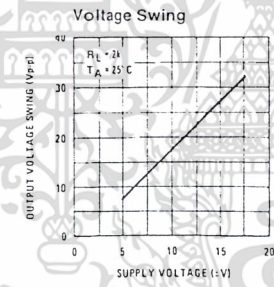
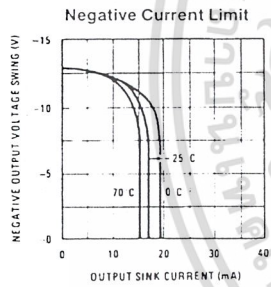
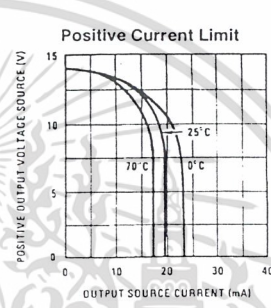
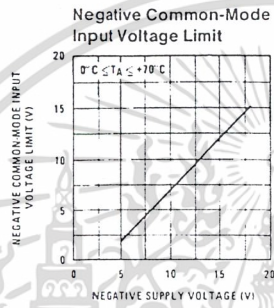
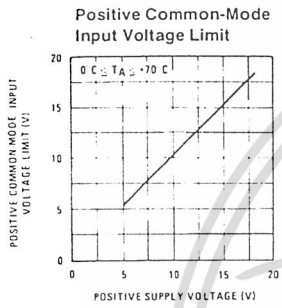
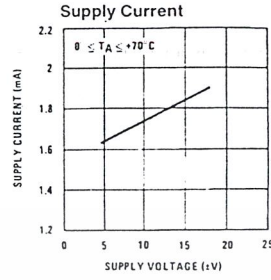
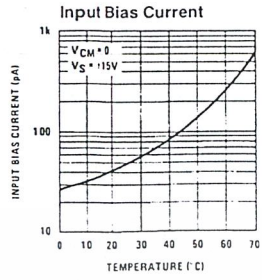
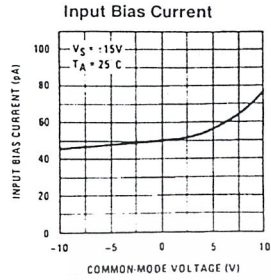
Note 4: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every $10^\circ C$ increase in the junction temperature, T_j . Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D . $T_j = T_A + \theta_{JA} P_D$ where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 5: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice. From $\pm 15V$ to $\pm 5V$.

Note 6: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.



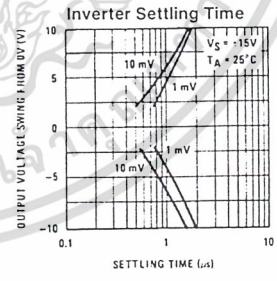
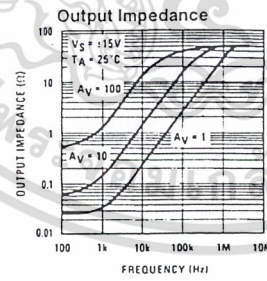
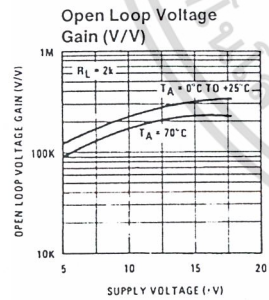
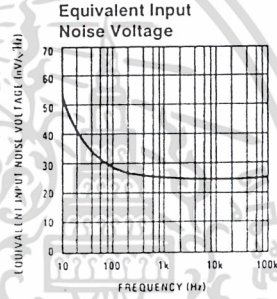
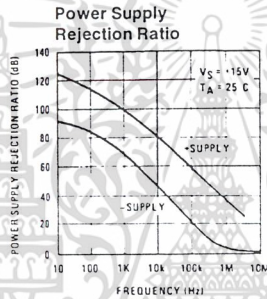
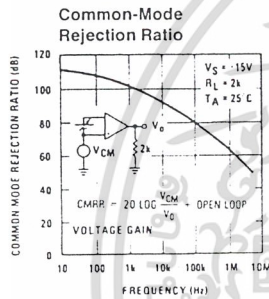
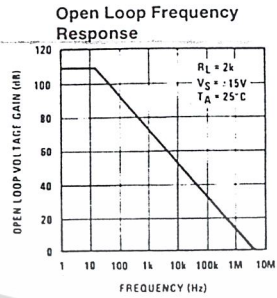
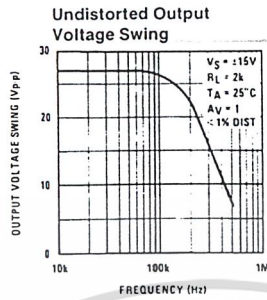
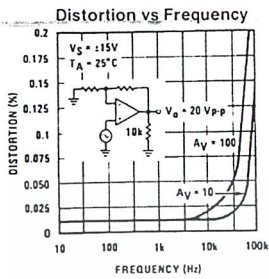
Typical Performance Characteristics



TL/H/5648-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

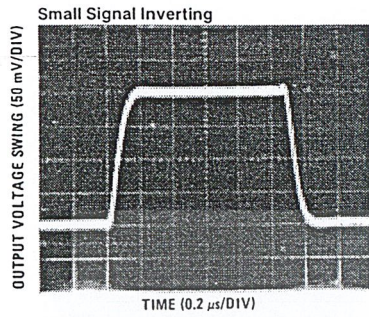
Typical Performance Characteristics (Continued)



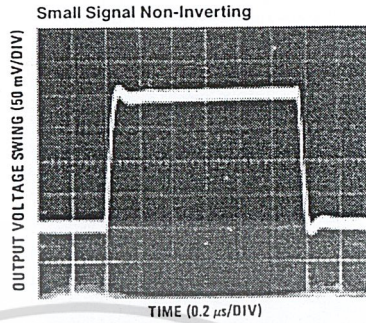
TL/H/5648-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

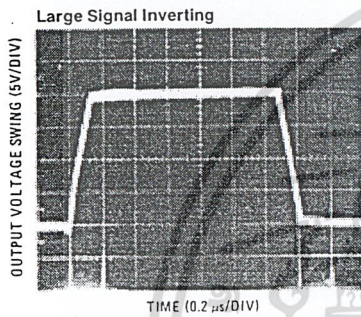
Pulse Response



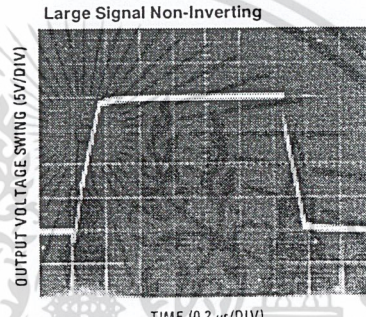
TL/H/5648-4



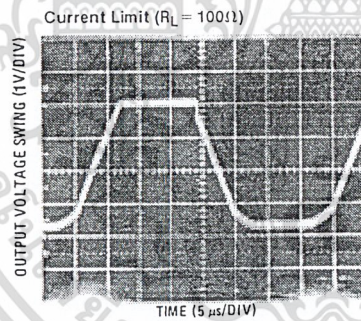
TL/H/5648-5



TL/H/5648-6



TL/H/5648-7



TL/H/5648-8

Application Hints

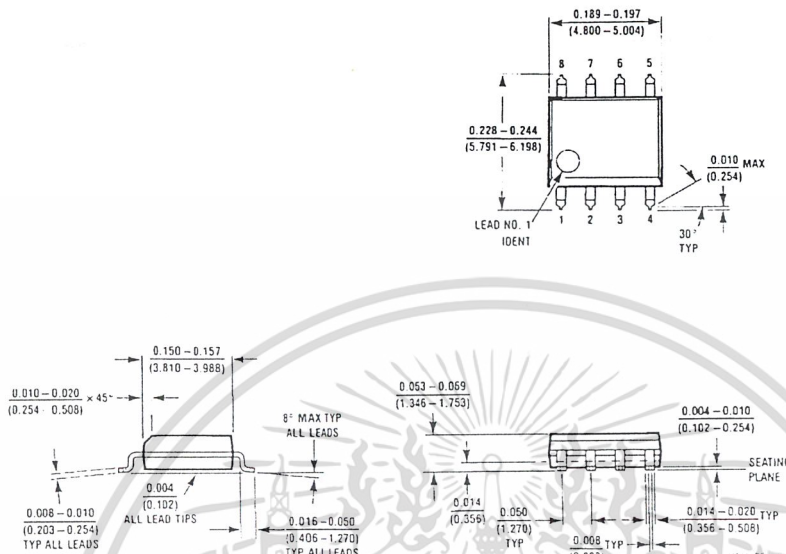
The LF351 is an op amp with an internally trimmed input offset voltage and JFET input devices (BI-FET II™). These JFETs have large reverse breakdown voltages from gate to source and drain eliminating the need for clamps across the inputs. Therefore, large differential input voltages can easily be accommodated without a large increase in input current. The maximum differential input voltage is independent of the supply voltages. However, neither of the input voltages should be allowed to exceed the negative supply as this will

cause large currents to flow which can result in a destroyed unit.

Exceeding the negative common-mode limit on either input will force the output to a high state, potentially causing a reversal of phase to the output.

Exceeding the negative common-mode limit on both inputs will force the amplifier output to a high state. In neither case does a latch occur since raising the input back within the

Physical Dimensions inches (millimeters)



SO Package (M)
 Order Number LF351M
 NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54LS244/DM74LS244 Octal TRI-STATE[®] Buffers/Line Drivers/Line Receivers

General Description

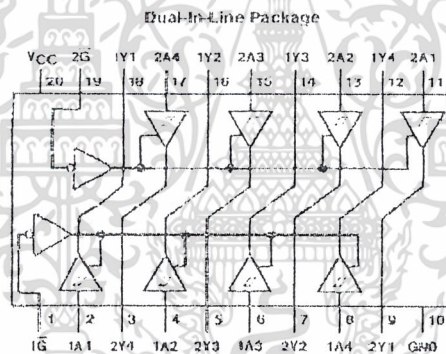
These buffers/line drivers are designed to improve both the performance and PC board density of TRI-STATE buffers/drivers employed as memory-address drivers, clock drivers, and bus-oriented transmitters/receivers. Featuring 400 mV of hysteresis at each low current PNP data line input, they provide improved noise rejection and high fanout outputs and can be used to drive terminated lines down to 133Ω.

Features

- TRI-STATE outputs drive bus lines directly
- PNP inputs reduce DC loading on bus lines
- Hysteresis at data inputs improves noise margins

- Typical I_{OL} (sink current)
 - 54LS 12 mA
 - 74LS 24 mA
- Typical I_{OH} (source current)
 - 54LS -12 mA
 - 74LS -15 mA
- Typical propagation delay times
 - Inverting 10.5 ns
 - Noninverting 12 ns
- Typical enable/disable time 18 ns
- Typical power dissipation (enabled)
 - Inverting 130 mW
 - Noninverting 135 mW

Connection Diagram



Order Number 54LS244DMCB, 54LS244FMCB, 54LS244LMCB,
DM74LS244WM or DM74LS244N
See NS Package Number E20A, J20A, M20B, N20A or W20A

Function Table

Inputs		Output
\bar{G}	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

L -- Low Logic Level
H -- High Logic Level
X -- Either Low or High Logic Level
Z -- High impedance

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corporation

Absolute Maximum Ratings (Note)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	54LS244			DM74LS244			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-12			-15	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			12			24	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 1)	Max	Units	
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V	
HYS	Hysteresis (V _{T+} - V _{T-}) Data Inputs Only	V _{CC} = Min	0.2	0.4		V	
V _{O+}	High Level Output Voltage	V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = Max, I _{OH} = -1 mA	DM74	2.7			
		V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = Max, I _{OH} = -3 mA	54LS/DM74	2.4	3.4	V	
		V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = 0.5V, I _{OH} = Max	54LS/DM74	2			
		V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = Max, I _{OH} = Max	54LS/DM74	2			
V _{O-}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min V _{IL} = Max V _{IH} = Min I _{OL} = 12 mA	54LS/DM74		0.4	V	
		V _{CC} = Min V _{IL} = Max V _{IH} = Min I _{OL} = Max	DM74		0.5		
I _{OZ+}	Off-State Output Current, High Level Voltage Applied	V _{CC} = Max V _{IL} = Max V _{IH} = Min V _O = 2.7V			20	μA	
I _{OZ-}	Off-State Output Current, Low Level Voltage Applied	V _{CC} = Max V _{IL} = Max V _{IH} = Min V _O = 0.4V			-20	μA	
I _I	Input Current at Maximum Input Voltage	V _{CC} = Max V _I = 7V (DM74) V _I = 10V (54LS)			0.1	mA	
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max V _I = 2.7V			20	μA	
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max V _I = 0.4V	-0.5		-200	μA	
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 2)	54LS	-50		mA	
			DM74	-40			
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = Max, Outputs Open	Outputs High		13	23	mA
			Outputs Low		27	46	
			Outputs Disabled		32	54	

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

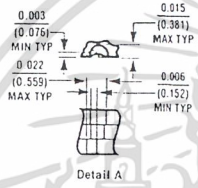
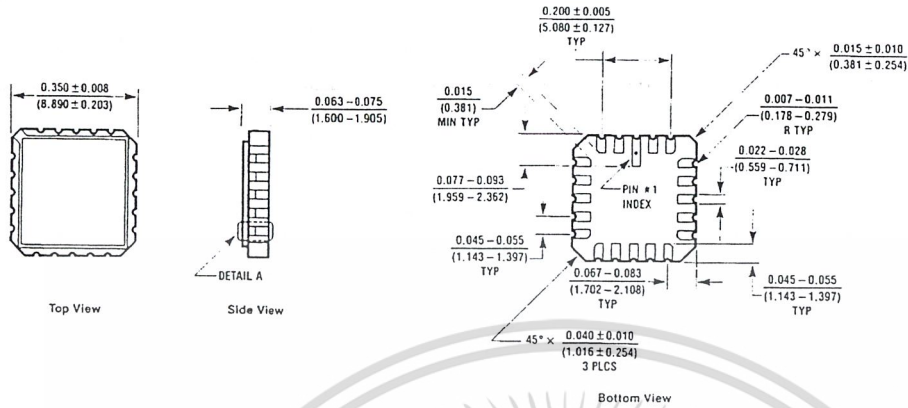
Switching Characteristics at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$ (see Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	Conditions	54LS Max	DM74LS Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	30	30	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	23	23	ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from Low Level	$C_L = 5 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	25	25	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from High Level	$C_L = 5 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		21	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		22	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		33	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		26	ns

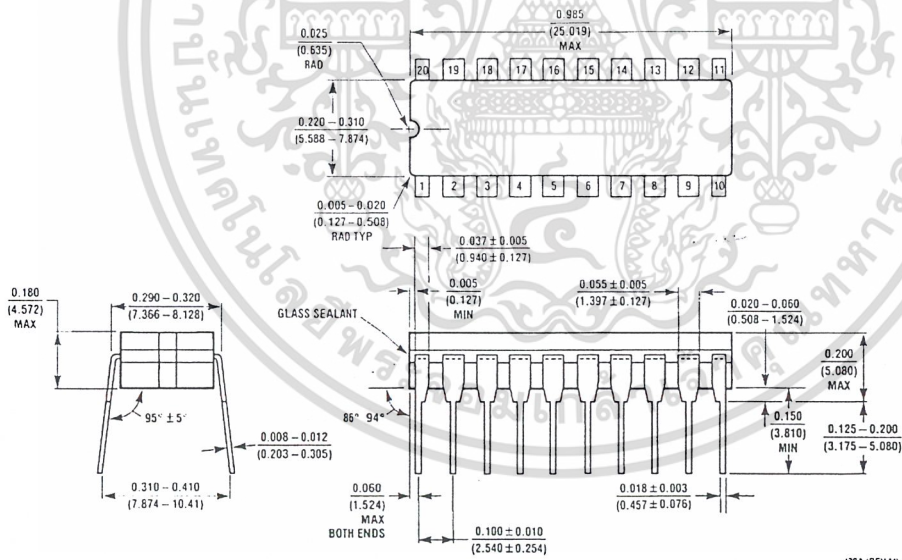
Note: 54LS Output Load is $C_L = 50 \text{ pF}$ for t_{PLH} , t_{PHL} , t_{PZL} and t_{PZH} .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



Ceramic Leadless Chip Carrier Package (E)
 Order Number 54LS244LMQB
 NS Package Number E20A

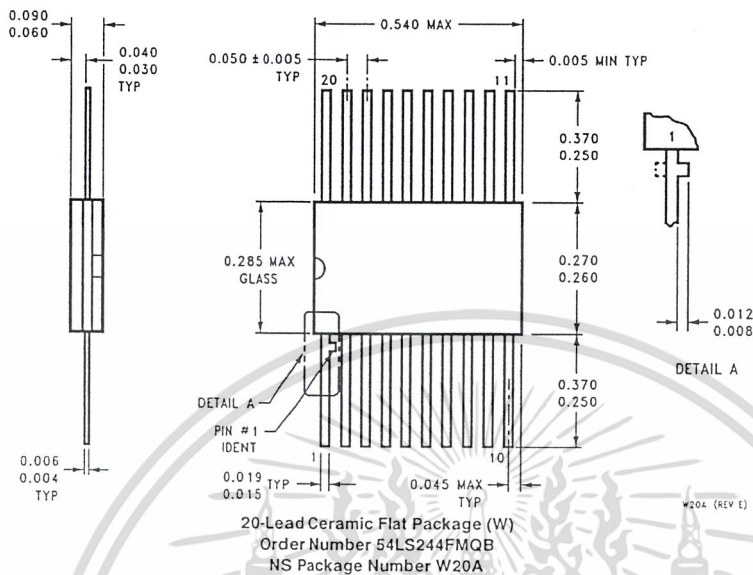


20-Lead Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number 54LS244DMQB
 NS Package Number J20A

J20A (REV M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 National Semiconductor Corporation
 1111 West Bardin Road
 Arlington, TX 76017
 Tel: (1800) 272-9959
 Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
 Fax: (+49) 0-180-530 85 86
 Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
 Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 65 85
 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
 Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
 13th Floor, Straight Block,
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.
 Tsimshatsui, Kowloon
 Hong Kong
 Tel: (852) 2737-1600
 Fax: (852) 2736-9960

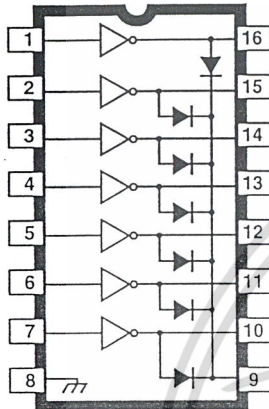
National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-043-299-2309
 Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

2003 THRU 2024

Data Sheet
29304F

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Dwg. No. A-9594

Note that the ULN20xxA series (dual in-line package) and ULN20xxL series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, V_{CE}	
(ULN200xA and ULN200xL)	50 V
(ULN202xA and ULN202xL)	95 V
Input Voltage, V_{IN}	30 V
Continuous Output Current,	
I_C	500 mA
Continuous Input Current, I_{IN}	25 mA
Power Dissipation, P_D	
(one Darlington pair)	1.0 W
(total package)	See Graph
Operating Temperature Range,	
T_A	-20°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
T_S	-55°C to +150°C

Ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads, the Series ULN20xxA/L high-voltage, high-current Darlington arrays feature continuous load current ratings to 500 mA for each of the seven drivers. At an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously, typical power loads totaling over 230 W (350 mA x 7, 95 V) can be controlled. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULN2003A/L and ULN2023A/L have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN2004A/L and ULN2024A/L have series input resistors for operation directly from 6 to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULN2003A/L and ULN2004A/L are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULN2023A/L and ULN2024A/L will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 16-pin dual in-line plastic packages (suffix "A") and 16-lead surface-mountable SOICs (suffix "L"). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. All devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C. Most (see matrix, next page) are also available for operation to -40°C; to order, change the prefix from "ULN" to "ULO".

FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS-Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Plastic Package or Small-Outline IC Package

x = digit to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

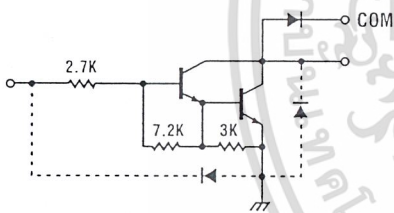
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_{C(MAX)}$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2003A* ULN2003L*	ULN2023A* ULN2023L
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2004A* ULN2004L*	ULN2024A ULN2024L

*Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from "ULN" to "ULQ".

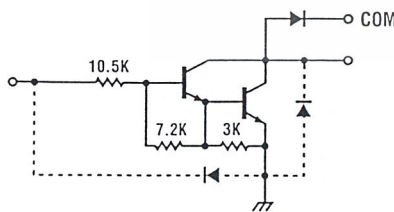
PARTIAL SCHEMATICS

ULN20x3A/L (Each Driver)

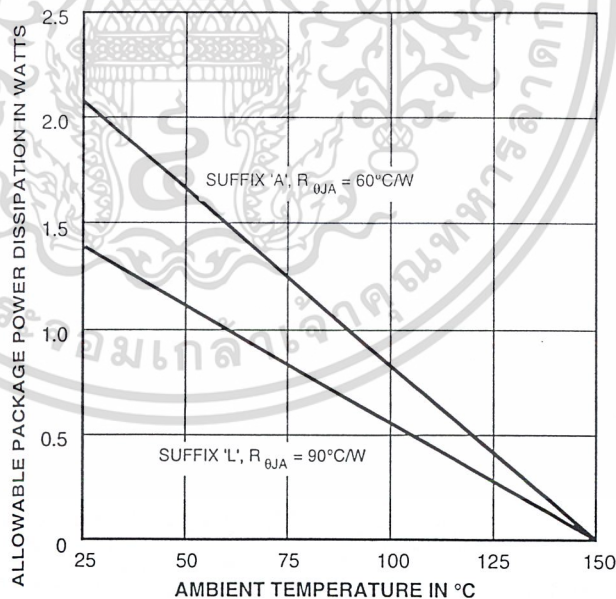


Dwg. No. A-9651

ULN20x4A/L (Each Driver)



Dwg. No. A-9898A



Dwg. GP-006A

X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000
Copyright © 1974, 1998 Allegro MicroSystems, Inc.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2004A, and ULN2004L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			Units
					Min.	Typ.	Max.	
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	μA
				$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2004A/L	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2003A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
			ULN2004A/L	$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	μA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2003A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULN2004A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	$V_R = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	μA
				$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

Types ULN2023A, ULN2023L, ULN2024A, and ULN2024L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	μA
				$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	μA
		1B	ULN2024A/L	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2023A/L	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULN2024A/L	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	μA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2023A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULN2024A/L	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	$V_R = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	μA
				$V_R = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.



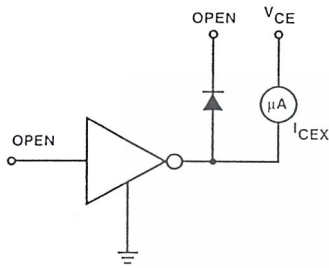
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

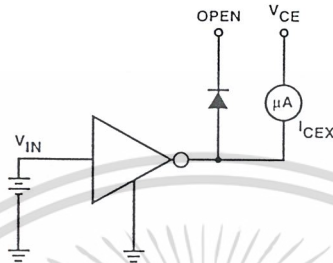
TEST FIGURES

FIGURE 1A



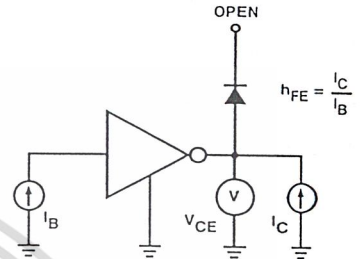
Dwg. No. A-9729A

FIGURE 1B



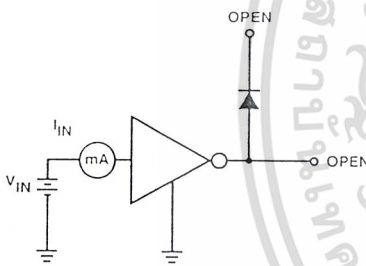
Dwg. No. A-9730A

FIGURE 2



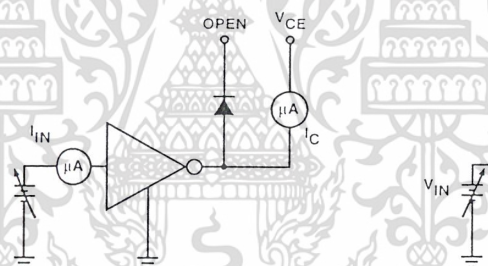
Dwg. No. A-9731A

FIGURE 3



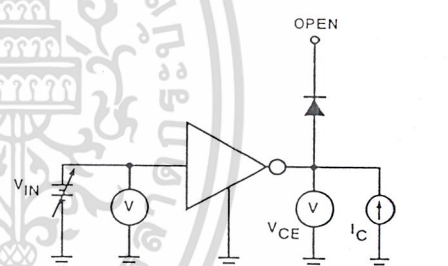
Dwg. No. A-9732A

FIGURE 4



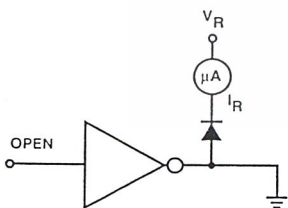
Dwg. No. A-9733A

FIGURE 5



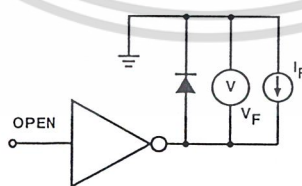
Dwg. No. A-9734A

FIGURE 6



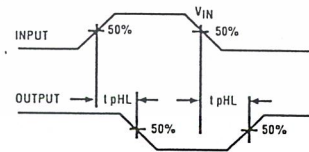
Dwg. No. A-9735A

FIGURE 7

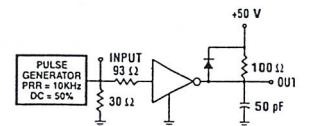


Dwg. No. A-9736A

FIGURE 8



	V_m
ULN20X3*	3.5 V
ULN20X4*	12 V

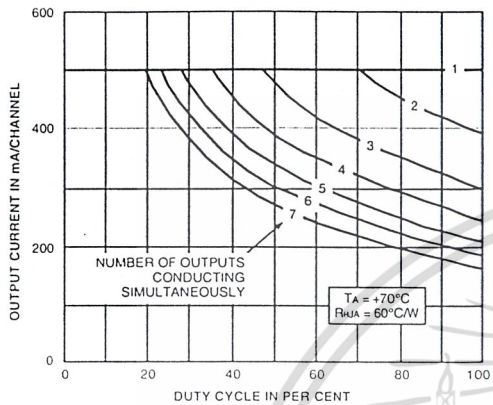


* Complete part number includes a final letter to indicate package.

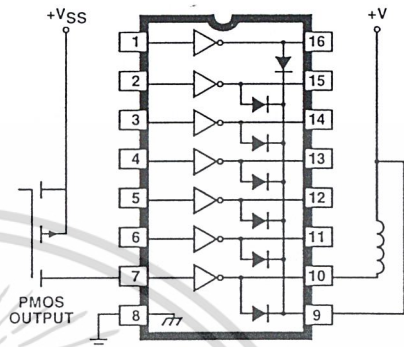
X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

2003 THRU 2024 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE (Dual In-line-Packaged Devices, Suffix 'A')

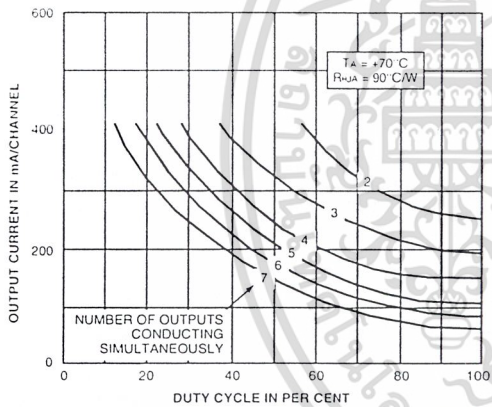


TYPICAL APPLICATIONS



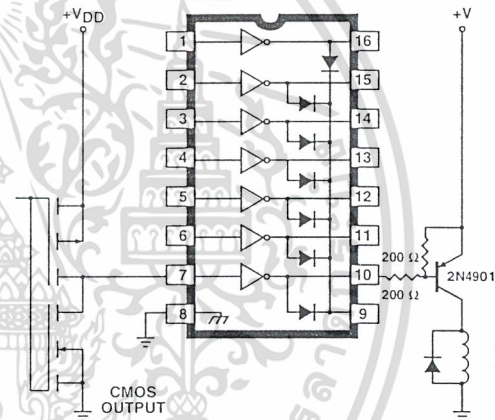
Dwg. No. A-9652

(Small-Outline-Packaged Devices, Suffix 'L')



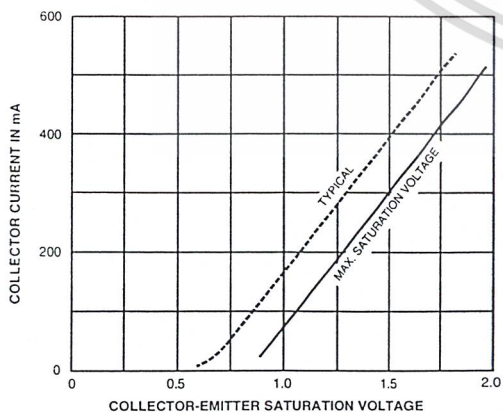
Dwg. GP-070

Dwg. GP-044A



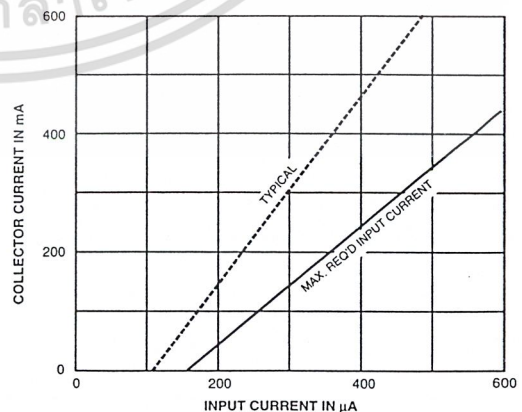
Dwg. No. A-9654A

SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT



Dwg. GP-067

COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT



Dwg. GP-066

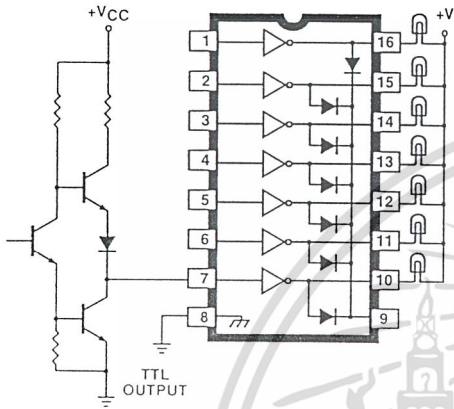


115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

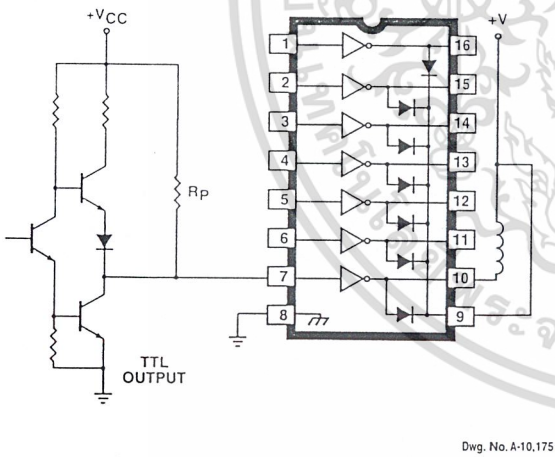
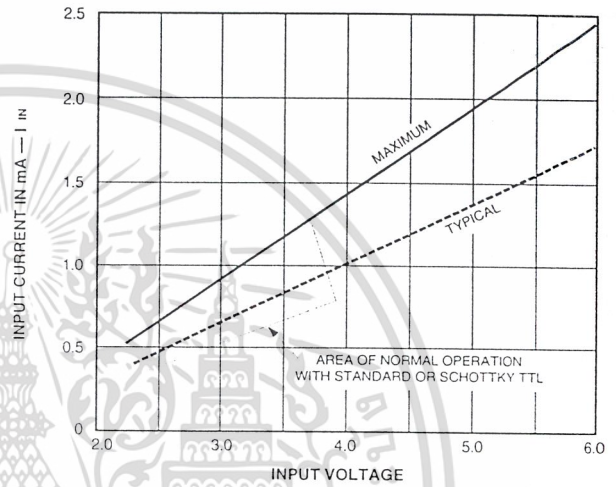
2003 THRU 2024
**HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

TYPICAL APPLICATIONS

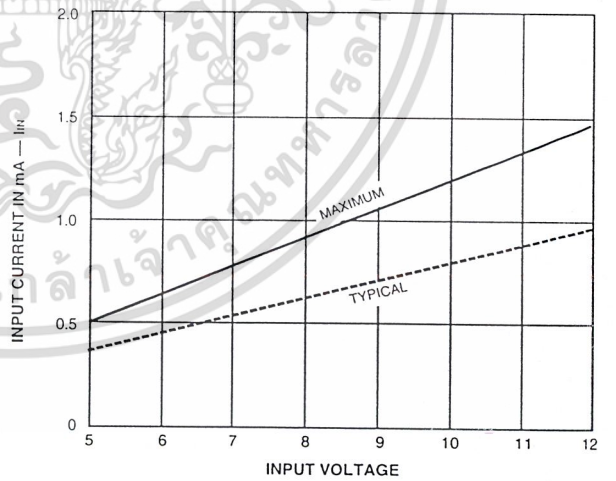


INPUT CURRENT
AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2023A, and
ULN2023L



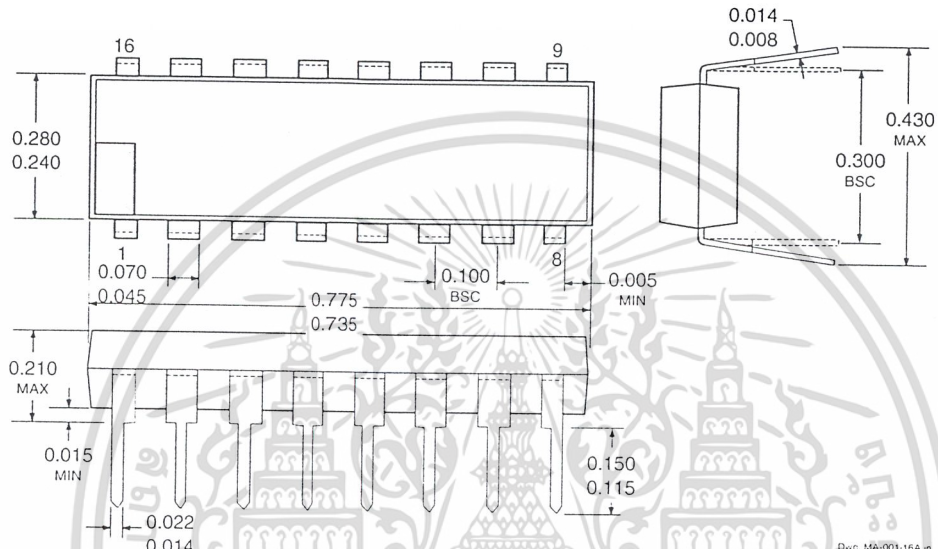
Types ULN2004A, ULN2004L, ULN2024A, and
ULN2024L



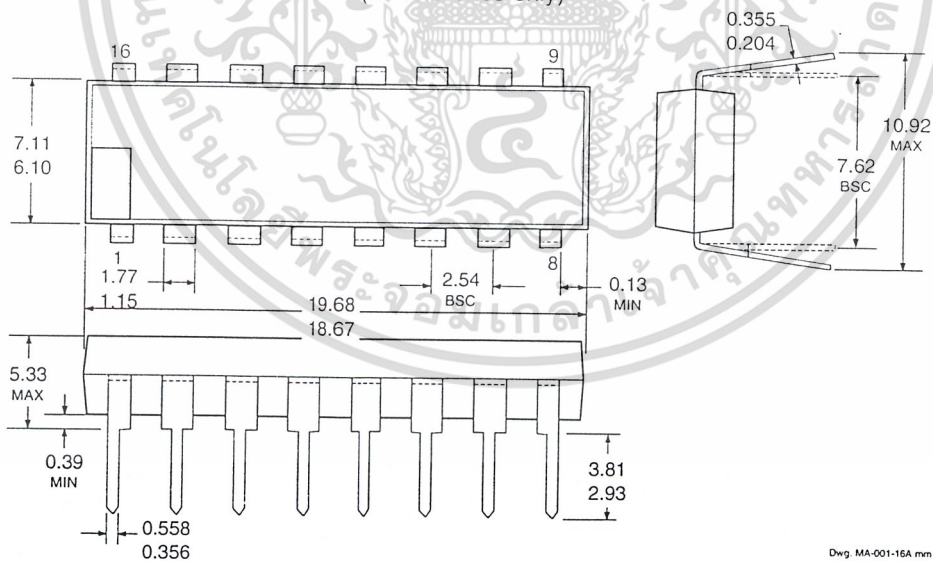
**2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

PACKAGE DESIGNATOR "A"

Dimensions in Inches
(controlling dimensions)



Dimension in Millimeters
(for reference only)



Dwg. MA-001-16A mm

- NOTES: 1. Leads 1, 8, 9, and 16 may be half leads at vendor's option.
2. Lead thickness is measured at seating plane or below.
3. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
4. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.



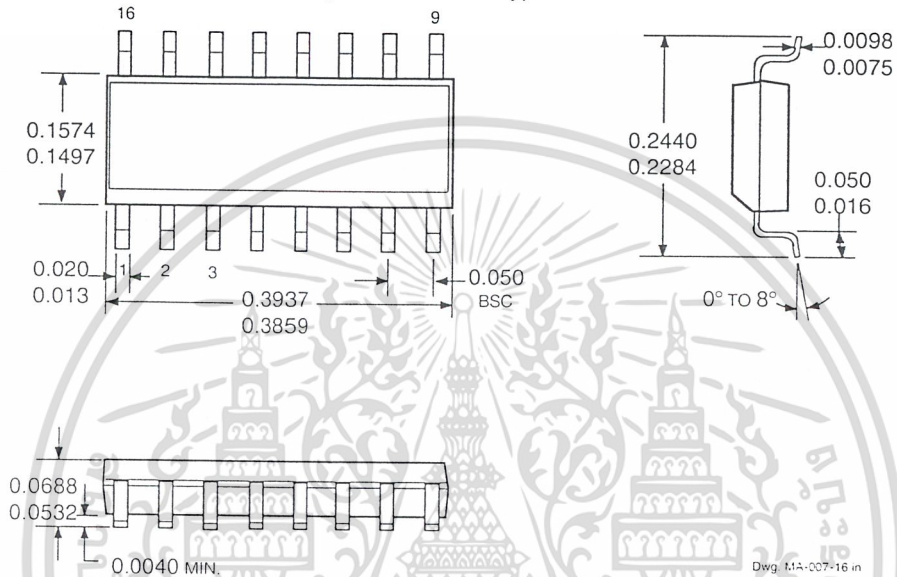
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

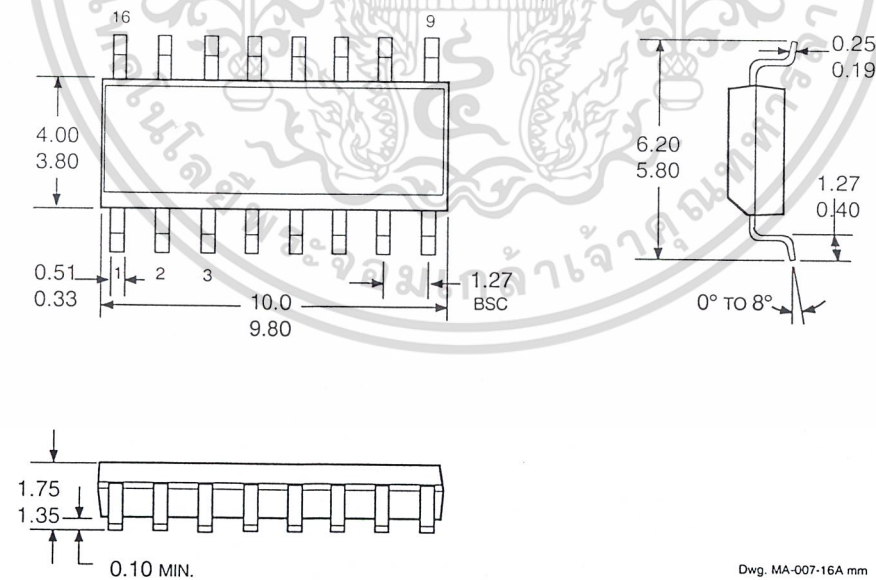
2003 THRU 2024
**HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS**

PACKAGE DESIGNATOR "L"

Dimensions in Inches
(for reference only)



Dimension in Millimeters
(controlling dimensions)



- NOTES: 1. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
2. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE,
HIGH-CURRENT
DARLINGTON ARRAYS



The products described here are manufactured under one or more U.S. patents or U.S. patents pending.

Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Allegro products are not authorized for use as critical components in life-support devices or systems without express written approval.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.



115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้