

รตว้งตามแสงอินฟราเรด  
INFRARED NAVIGATOR



โดย

นายเฉลิมพล ชัยศักดิ์เลิศ รหัส 40010154

นายชินวร ลิมาวัฒน์ชัย รหัส 40010185

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พลผดุง ผดุงกุล

เลขหม้.....  
เลขทะเบียน..... 42708  
วัน, เดือน, ปี..... 6 ส.ย. 2545

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

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา Electronics Circuit Application 3  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543



## รตว่วงตามแสงอินฟราเรด

นายเฉลิมพล ชัยศักดิ์เลิศ 40010154

นายชินวร ลิมาวัฒนชัย 40010185

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศศ. พลผดุง ผดุงกุล

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2543

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นกรนำแสงอินฟราเรดมาใช้ในการควบคุมสเตปมอเตอร์ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวประมวลผล ที่ตัวรถจะมี sensor รับแสงอินฟราเรดอยู่รอบๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด จากสัญญาณที่ได้จาก sensor ที่ตำแหน่งต่างๆ และจะออกคำสั่งไปควบคุมสเตปมอเตอร์

## INFRARED NAVIGATOR

Mr. CHALERMPHON CHAISAKLERT

Mr. CHINNAVORN LIMAWATTANACHAI

Assist.Prof PHONPADUNG PHADUNGKUL

(ADVISOR)

2<sup>nd</sup> Semester ,Educational Year 2000

### Abstract

This project uses Infrared light application to control stepping motor. A robot can move with wheels by using stepping motor and it is controlled by microcontroller. Typical robot has many infrared detectors around it. Microcontroller will find the location of infrared emission at different positions. Movement in different directions and speeds is defined by programming.

# สารบัญ

เรื่อง

หน้าที่

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
บทนำ	1
บทที่ 1 ทฤษฎีอินฟราเรด	2
บทที่ 2 ทฤษฎีสเตปมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.1 สเตปมอเตอร์	13
2.2 ประเภทสเตปมอเตอร์	14
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	19
2.4 โครงสร้างของ 8051	20
2.5 การจัดหน่วยความจำ	22
2.6 สถาปัตยกรรมของ 8051	24
2.7 การทำงานของ 8051	31
2.8 รายละเอียดของคำสั่ง 8051	34
บทที่ 3 โครงสร้างและหลักการ	42
3.1 การทำงานเบื้องต้น	42
3.2 ส่วนของวงจรมอเตอร์อินฟราเรด	43
3.3 ส่วนของวงจรมอเตอร์อินฟราเรด	44
3.4 การทำงานส่วนวงจรเข้ารหัส	45
3.5 การทำงานส่วนวงจรถอดรหัส	46
3.6 Drive Circuit and Motor	47
3.7 Controller	48
3.8 Supply	49
บทที่ 4 การสร้าง และการออกแบบ	50
4.1 Microcontroller	51
4.2 Drive Circuit	51

4.3 Power Supply	52
4.4 โปรแกรมการทำงาน (FLOW CHART)	53
4.5 รูปวงจรของโครงงาน	60
4.6 โปรแกรมของโครงงาน	66
บทที่ 5 การทดสอบ	75
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	77
ภาคผนวก	ค
กิตติกรรมประกาศ	78
เอกสารอ้างอิง	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

ในอุปกรณ์เชิงกลต่างๆ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลเคลื่อนที่ 2 แบบหลักคือ การเคลื่อนที่เชิงมุม (หรือการหมุน) และการเคลื่อนที่เชิงเส้น (การเคลื่อนที่) แล้วนำการเคลื่อนที่ 2 ส่วนมาทำงานสัมพันธ์กันโดยมีการควบคุม ผู้ออกแบบต้องออกแบบทั้ง Hardware และ Software

สเตปปีงมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงอินพุตไปเป็นการเคลื่อนที่ ไปเป็นสเตปที่เป็น การหมุนที่เพลลาของมอเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมความเร็วหรือจำนวนรอบของการหมุนได้ เพราะเป็นการควบคุมแบบ Open Loop และเหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดสูง

ในการใช้งานสเตปปีงมอเตอร์โดยทั่วไป มักใช้การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพราะสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ง่าย ในโครงการนี้จึงเป็นการประยุกต์การใช้งานของสเตปปีงมอเตอร์ โดยเราจะนำแสงอินฟราเรดมาใช้ในการควบคุมสเตปปีงมอเตอร์ โดยเราจะสร้างรูดขึ้นมาที่ตัวรูดจะมี sensor รับแสงอินฟราเรดอยู่รอบ ๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะหาค่าแห่งของแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด จากสัญญาณที่ได้จาก sensor ที่ ค่าแห่งต่าง ๆ และจะออกคำสั่งไปควบคุมสเตปปีงมอเตอร์ การสร้าง ผู้ออกแบบต้องมีความรู้ทางด้านกาเขียนโปรแกรมแอสเซมบลีและวงจรอิเล็คทรอนิกส์ เพื่อใช้ในการออกแบบวงจรควบคุมที่เหมาะสม และวงจรต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ รายละเอียดทั้งหมดจะอยู่ในบทต่อไป

## บทที่ 1

### ทฤษฎีอินฟราเรด

#### 1.1 LED อินฟราเรดกำลังสูง

เหตุผลที่เราเลือกใช้แสงในการสื่อสารทางโทรคมนาคมนั้นมีเหตุผลใหญ่ ๆ 2 ข้อคือ

- 1) สามารถป้องกันการสอดแทรกต่าง ๆ ทั้งยังทำให้เกิดความปลอดภัยในการสื่อสาร
- 2) สัญญาณภายนอกต่าง ๆ เช่นจากมอเตอร์ไม่สามารถที่จะรบกวนได้

สำหรับย่านความถี่แสงที่เราใช้ส่งนี้จะใช้แสงในย่านอินฟราเรด

##### 1.1.1 LED กำลังสูงที่ให้แสงย่านอินฟราเรด

รอยต่อ P-N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ดีมากแต่ก็ไม่สามารถปล่อยโฟตอนออกมาได้ทั้งหมด เช่น รอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดทำให้เกิดโฟตอนประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นเนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากรอยต่อส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชั้นสาร

##### 1.1.2 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเทอร์มิสโตนจึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียว จะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรด ทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะให้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลต์ พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอด และต้องระวังไม่ให้เกิดความร้อนสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำอันตรายต่อชั้นไดโอด

ซิลิกอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ที่กระแสไบอัสตรงค่าเดียวกัน ส่วนข้อดีของ LED ชนิด AlGaAs คือมี Rise time และ Fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิกอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีอีกประการหนึ่งคือ การเปล่งแสงของ LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร (AlGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรแทน LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

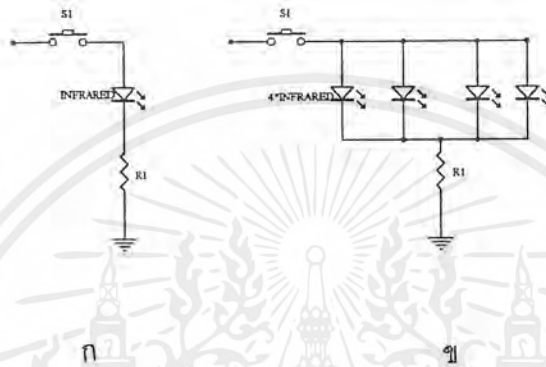
นอกจากนั้นแล้ว LED ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรไม่สามารถถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ชนิดที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศได้

### 1.1.3 ระบบอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมสามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่น ๆ ลงไปได้ ยิ่งกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อนมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งาน



ก) การไปอัลสอินฟราเรดธรรมดา

ข) การไปอัลสอินฟราเรดเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของแสง

รูปที่ 1.1 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

การส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรง่าย ๆ ดังรูปที่ 1.1 (ก) ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟโดยมีความต้านทาน  $R1$  ทำหน้าที่จำกัดกระแส

สัญญาณแสงที่ส่งออกมาโดย LED เพียงตัวเดียวจะเหมาะกับการใช้งานในระยะใกล้ไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันดังรูป 1.1 (ข) ปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูงพอช่วยให้สัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิม

## 1.2 เครื่องส่งและเครื่องรับอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.2.1 เครื่องส่งอินฟราเรด

การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดนอกเหนือจากการเพิ่มจำนวน LED แล้ว อาจจะทำให้ได้โดยเพิ่มกระแสขั้ว LED ให้สูงสุดโดยใช้ความต้านทานที่มีค่าต่ำลง แต่ต้องระวังในเรื่องของกำลังงานเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัว LED ต้องไม่เกินขอบเขตที่ LED จะทนได้ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการจำกัดช่วงเวลาในการทำงานของ LED ให้สั้นลงด้วยการใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวขับเคลื่อนกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ให้ LED ซึ่งสัญญาณพัลส์นี้สามารถนำมาจากเอาต์พุตของไอซี 555

### 1.2.2 เครื่องรับอินฟราเรด

วงจรรับสัญญาณอินฟราเรดพื้นฐานจะประกอบด้วยส่วนของตัวรับแสงที่ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในการติดตั้งโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อรับแสงควรมีแผ่นกรองแสงชนิดที่ให้แสงอินฟราเรดผ่านได้วางไว้ด้านหน้าเพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นแสงความถี่อื่นที่อาจตกกระทบเข้ามา ซึ่งวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดพื้นฐานจะมี บล็อกไดอะแกรม (BLOCK DIAGRAM) ดังนี้



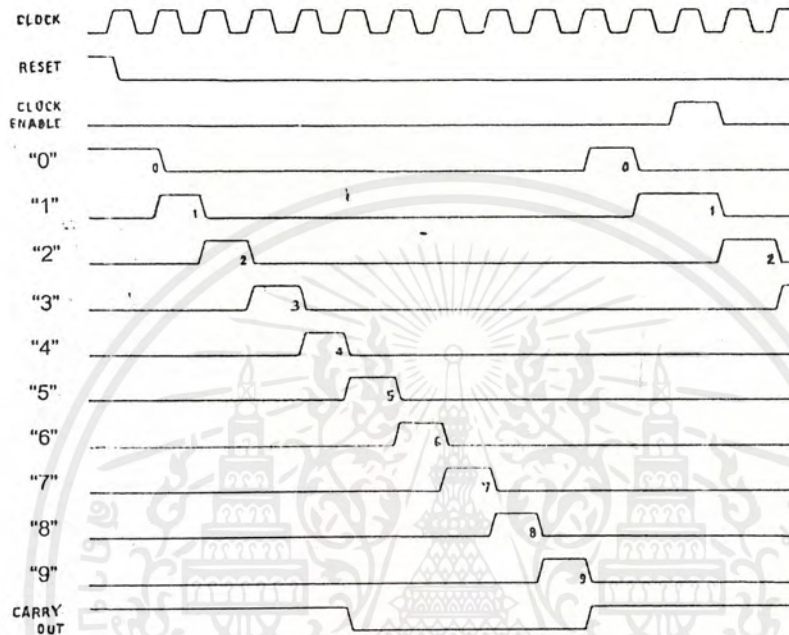
รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับอินฟราเรด

จากบล็อกไดอะแกรมด้านบนพบว่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากโฟโตทรานซิสเตอร์จะถูกขยายด้วยวงจรปรีแอมป์ต่อจากนั้นสัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะถูกควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติและผ่านวงจรกรองความถี่ผ่านหลังจากนั้นจะถูกคิมอคคูเลเตอร์สัญญาณความถี่คลื่นพาหะออกจากสัญญาณข้อมูล ทำให้เราได้สัญญาณข้อมูลที่เครื่องรับเหมือนกับที่เครื่องส่งทำการส่งมา

### 1.3 การเพิ่มฟังก์ชันการควบคุม

เราสามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของระบบได้มากมายโดยใช้วงจรมีโมมิ้งไดอะแกรม (Timing Diagram) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



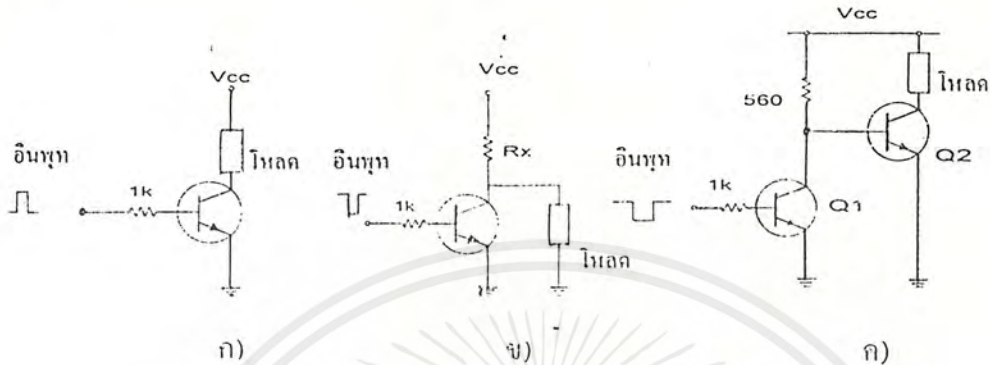
รูปที่ 1.3 ไทม์มิงไดอะแกรมของวงจรรนับ

จากไทม์มิงไดอะแกรมจะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกแรกเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะออกที่ Q1 และเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกต่อไปเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะออกที่ Q2, Q3, Q4, ... ต่อไปเรื่อย ๆ จน Q9 แล้วจะวนกลับมาที่ Q0 ใหม่เป็นเช่นนี้เรื่อยไป

#### 1.4 วงจรจ่ายกำลังหรือวงจรขับเอาต์พุต

การนำสัญญาณควบคุมไปใช้จำเป็นต้องอาศัยชุดวงจรจ่ายกำลังสำหรับโหลดหรือวงจรขับโหลดทางอินพุต เพื่อจ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับโหลดแต่ละชนิด หากสัญญาณควบคุมถูกใช้เพียงแค่สำหรับขับ LED ให้สว่างหรือดับเพื่อแสดงสถานะการทำงานก็อาจนำ LED ต่อเข้าโดยตรงกับสัญญาณควบคุมได้เลย (อาจเพิ่มตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสอีกตัวหนึ่ง) แต่ถ้าหากต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสและแรงดันมากกว่าที่ไอซีจะขับได้ต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์หรือ

เป็นตัวขยายกระแสให้กับโหลด โดยใช้สัญญาณควบคุมเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์อีกทอดหนึ่งโดยปกติสัญญาณควบคุมที่เรากล่าวถึงมักจะมีอยู่ในรูปสัญญาณดิจิทัลที่ขับออกมาจากไอซี



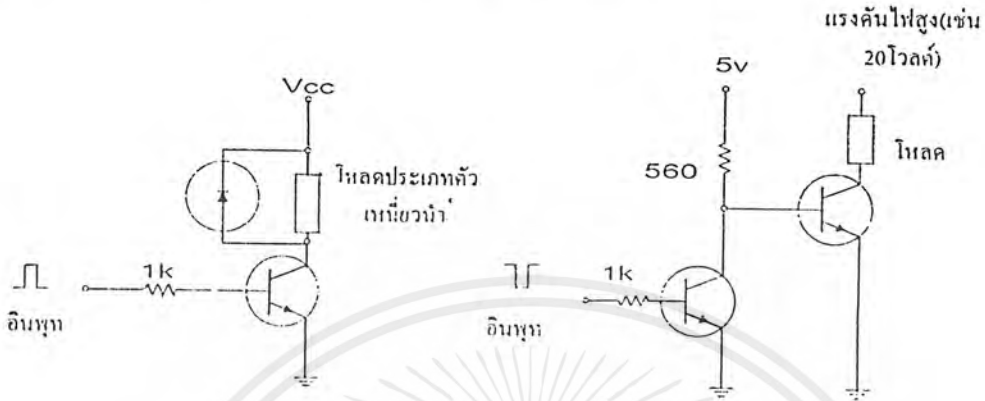
รูปที่ 1.4 วงจรจ่ายกำลังอย่างง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์

จากวงจรจ่ายกำลังอย่างง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในรูป ก) จะพบว่าโหลดจะทำงานเมื่ออินพุตเป็น "1" และค่าของกระแสที่โหลดต้องการจะต้องไม่เกินค่าของกระแสคอลเลคเตอร์ที่ถูกควบคุมโดยกระแสเบสซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมในรูปดิจิทัล วงจรนี้สามารถใช้กับโหลดที่กินกระแสได้หลายแอมแปร์ เช่น ทรานซิสเตอร์กำลังสูงเบอร์ 2N3055 สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้มากถึง 15 แอมแปร์

สำหรับวงจรในรูป ข) มีหลักการการทำงานตรงข้ามกับรูป ก) คือโหลดจะทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "0" ซึ่งทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน ทำให้มีแรงดันตกคร่อมโหลดสูงเกือบเท่าแหล่งจ่าย  $V_{CC}$  ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_x$  ผ่านโหลดครบวงจร ในขณะที่อินพุตเป็น "1" ทรานซิสเตอร์จะทำงานทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดเป็นศูนย์จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด

ส่วนวงจรในรูป ค) นั้นเป็นการรวมการทำงานในรูป ก) และ ข) เข้าด้วยกันคือเมื่ออินพุตเป็น "0" ทำให้  $Q_1$  ไม่ทำงานจะมีแรงดันตกคร่อม  $V_{CE}$  สูงเกือบเท่าแหล่งจ่ายทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน 560 โอห์ม ไบอัสให้ขาเบสของ  $Q_2$  ทำให้  $Q_2$  ทำงานมีกระแสไหลผ่านโหลดครบวงจรแต่เมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "1" จะทำให้  $Q_1$  ทำงาน มีแรงดันตกคร่อม  $V_{CE}$  ของ  $Q_1$  เป็น 0 โวลต์ ทำให้  $Q_2$  ที่ขาเบสได้รับไบอัสกลับ จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด

ข้อสังเกต ในการใช้ทรานซิสเตอร์กำลังสูงกับโหลดที่ต้องการค่าแรงดันหรือกระแสมาก ๆ อาจต้องมีการใส่แผ่นระบายความร้อน (Heatsink) ให้กับทรานซิสเตอร์ด้วย



รูปที่ 1.5 แสดงวงจรขับโหลด

ในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทตัวเหนี่ยวนำ เช่น ขดลวดในรีเลย์ มอเตอร์ไฟฟ้าหรือกระดิ่งไฟฟ้าเมื่อมีการป้อนไฟเข้าไปมันจะทำงานทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบขดลวดนั้นและขณะที่ขดลวดเริ่มทำงานหรือหยุดทำงาน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กกระทันหันขึ้นที่ขดลวดและจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า electromotive force (EMF) หรือเกิดการไหลย้อนกลับของแรงดันไฟฟ้านั้นเองซึ่งจะมีขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่สูงมาก อาจเป็นอันตรายต่อวงจรควบคุมได้โดยเฉพาะตัวทรานซิสเตอร์ที่ขับโหลดนั่นเองจะเป็นตัวที่เสียหายก่อน เนื่องจากกระแสแรงดันที่ไหลย้อนกลับมานั้นมีทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสและแรงดันเดิม จึงทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับขดลวดได้รับความเสียหาย

แต่ก็มีวิธีแก้ไขได้โดยการดิสชาร์จกระแสที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกไปโดยใช้ไดโอดต่อคร่อมกับโหลดประเภทตัวเหนี่ยวนำ ในทางปฏิบัติอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมมีความต้องการใช้แรงดันที่สูงกว่าแรงดันที่ใช้ควบคุม เช่น ใช้ไฟบ้าน 220 โวลท์ จึงมักนิยมใช้โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทรีเลย์เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อ

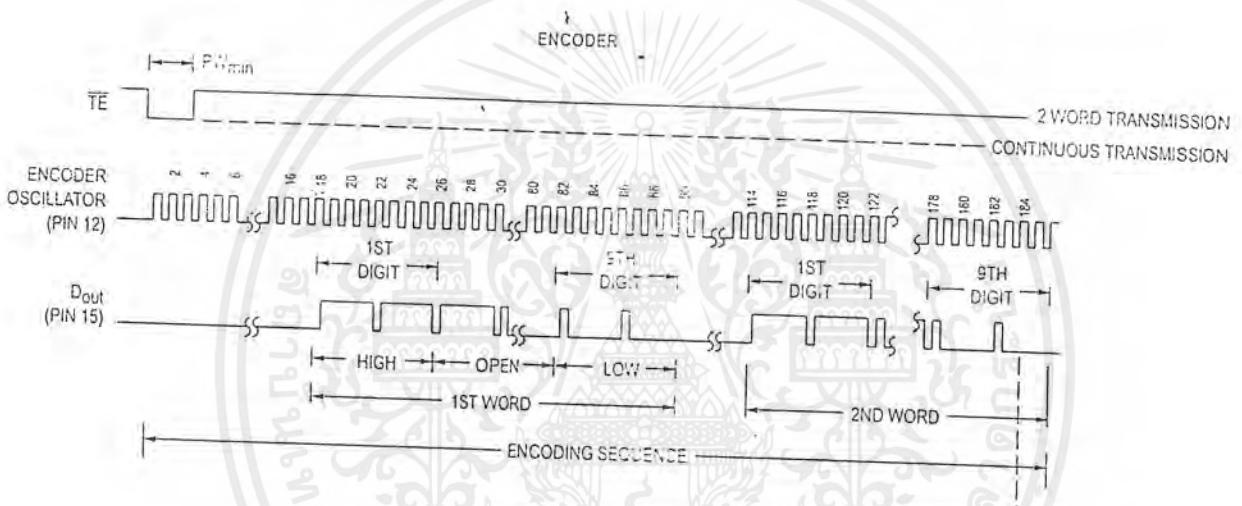
## 1.5 MC145026

MC145026 นี้เป็นไอซีที่ใช้เป็นตัวเข้ารหัสสำหรับการประยุกต์ใช้งานในด้านการควบคุมระยะไกลซึ่งมีรายละเอียดทั่ว ๆ ไปดังนี้

### 1.5.1 การทำงานของ MC145026

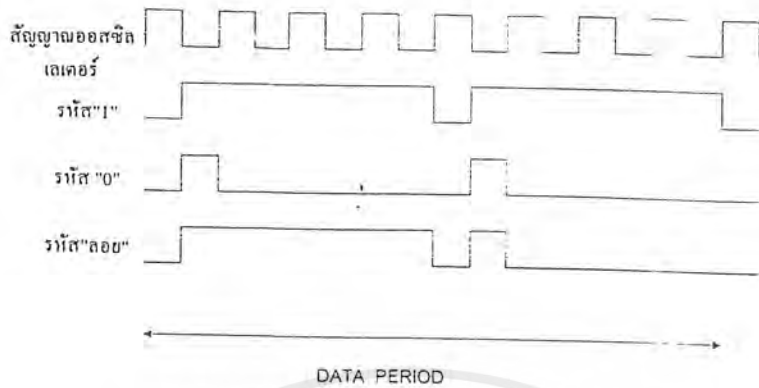
อินพุทของภาคส่งนั้นจะรับเข้ามาที่ขา A1-A9 ของไอซี MC145026 ซึ่งมีการรับข้อมูลเข้ามาแบบขนานแล้วจะทำการเข้ารหัสข้อมูลแบบ 9 บิต รหัสทางอินพุทของ MC145026 นี้จะสามารถเอกลำโพงเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ารหัสได้ถึง 3 สถานะคือ เป็นได้ทั้งระดับลอจิก '0' ระดับลอจิก '1' และสถานะอิมพีแดนซ์สูงคือปล่อยลอยไว้ จากคุณสมบัตินี้เราจึงสามารถจะเข้ารหัสได้ถึง  $3^9 = 19,683$  ที่ไม่ซ้ำกันและจะส่งข้อมูลนี้ออกไปเป็นแบบอนุกรม โดยข้อมูลจะสามารถส่งออกไปได้ทันทีที่ขา TRANSMIT ENABLE (TE) มีสถานะต่ำ (LOW) ซึ่งเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อเรากดสวิทช์ที่ขา TE ลงกราวนด์จากไม้มิ่งไดอาแกรมด้านล่างจะเห็นว่าเมื่อขา TRANSMIT ENABLE (TE) มีสถานะต่ำ MC145026 จะส่งข้อมูลออกไป 2 words จนกระทั่งขา TRANSMIT ENABLE (TE) นี้กลับมีสถานะสูงอีกครั้งหรือก็คือปล่อยสวิทช์



รูปที่ 1.6 ไม้มิ่งไดอาแกรมของ MC145026

ลักษณะของเอาต์พุตที่เป็นรหัสข้อมูลแบบอนุกรมที่ขา 15 (คือขา data out) จะมีลักษณะเป็น WORD จำนวน 2 DATA WORDS โดยข้อมูลลอจิก '0' จะมีลักษณะเป็นพัลส์สั้น ๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกัน , ลอจิก '1' จะมีลักษณะเป็นพัลส์ยาว ๆ 2 พัลส์ต่อเนื่องกัน, สถานะ open จะมีลักษณะเป็นพัลส์ยาวและสั้นต่อกันแสดงดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 1.7 ลักษณะสัญญาณข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัส

โดยข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากขา 15 ของ MC145026 นี้จะถูกส่งต่อเข้าไปยังส่วนมอดคูเลเตอร์เพื่อทำการมอดคูเลทเข้ากับคลื่นพาหะความถี่สูงเพื่อที่จะได้ส่งข้อมูลนี้ไปได้ไกล ๆ

#### 1.5.2 คุณสมบัติของ MC145026

- แอดเดรสสามารถเป็นไปได้อันหนึ่งและไดรอนันนั้นคือขาอินพุท A1-A9 สามารถต่อเข้าไฟ Vcc , ต่อดงกราวนด์หรือลอยไว้ก็ได้
- ทำงานในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง +80 องศาเซลเซียส
- จะส่งข้อมูล 2 ครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง
- สามารถจ่ายไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2.5 – 18 โวลต์
- ต้องการกระแสไฟสำรองอย่างมากสุด 300 nA ที่ 25 องศาเซลเซียส
- สามารถติดต่อกับ RF, อัลตราโซนิคหรืออินฟราเรดมอดคูเลเตอร์และดีมอดคูเลเตอร์
- ในตัวประกอบด้วย RC Oscillator จึงไม่ต้องต่อคริสตอลเพิ่ม
- สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่มีค่าความผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

RC Oscillator สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f = 1/(2.3 * R_{TC} * C_{TC}) \quad \text{Hz}$$

โดย  $C_{TC} = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ Pf}$

$$R_s = 2R_{TC}$$

$$R_s \geq 20K$$

$$R_{TC} \geq 10K$$

$$100\text{pF} < C_{TC} < 15\text{uF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5.3 รายละเอียดขาต่างๆ ของ MC145026

-A1-A5, A6/D6-A9/D9

เป็นขาอินพุทของ MC145026

-Rs, Ctc, Rtc

เป็นส่วนของวงจรรอสซิทิลเลเตอร์ ถ้าใช้แหล่งกำเนิดความถี่ภายนอกแทนออสซิลเลเตอร์ ขา Ctc, Rtc จะต้องลอยไว้

-Transmit Enable (TE)

เมื่อขา TE มีสถานะต่ำรหัสข้อมูลจะถูกส่งออกไป

-Dout

เป็นขาเอาต์พุทของ MC145026 ซึ่งข้อมูลที่ออกมาจากขา TE จะเป็นแบบอนุกรม

-Vss

ขานี้ต่อกับกราวนด์

-Vdd

เป็นขาที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

### : 1.6 MC145027

MC145027 เป็น ไอซีที่ใช้งานเป็นตัวถอดรหัสที่เป็นคู่ของ MC145026 มีรายละเอียดทั่วไปดังนี้

#### 1.6.1 การทำงานของ MC145027

MC145027 ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณข้อมูลอนุกรมที่ได้จากตัวเข้ารหัสซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกตรวจสอบที่ละบิตระหว่างการรับข้อมูลโดย 5 บิตแรกเป็นแอดเดรส ถ้า 5 บิตแรกนี้ตรงกับแอดเดรสที่ตั้งไว้ที่ตัวถอดรหัส (MC145027) 4 บิตที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในจะยังไม่ถูกส่งออกไปยัง output data latch ต่อจากนั้นเมื่อ word ที่ 2 จากตัวเข้ารหัสถูกส่งเข้ามาถ้าแอดเดรสบิตแรกตรงกันอีก 4 บิตที่เหลือจะถูกเปรียบเทียบกับ 4 บิตที่เก็บไว้ในถ้าตรงกันขา VT จะเป็น 1 ข้อมูลจะถูกส่งออกไปยัง output data latch ซึ่งจะคงสถานะอยู่จนกระทั่งมีข้อมูลใหม่เข้ามา

#### 1.6.2 คุณสมบัติของ MC145027

- แอดเดรสสามารถเป็นไปได้อันหนึ่งและไตรนารีนั่นคือขา A<sub>1</sub>-A<sub>5</sub> สามารถต่อเข้าไฟ Vcc ,ต่อลงกราวนด์หรือลอยไว้ก็ได้
- ทำงานในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง +80 องศาเซลเซียส
- จะตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมา 2 ครั้งแล้วจึงให้ขา VT มีสถานะสูง
- สามารถจ่ายไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 4.5 - 18 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้องการกระแสไฟฟ้าสำรองอย่างมากสุด 300 nA ที่ 25 องศาเซลเซียส
- สามารถติดต่อกับ RF, อัลตราโซนิกหรืออินฟราเรดมอดูเลเตอร์และดีมอดูเลเตอร์
- ในตัวประกอบด้วย RC Oscillator จึงไม่ต้องต่อคริสตอลเพิ่ม
- สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่มีค่าความผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

### 1.6.3 รายละเอียดขาต่างๆ ของ MC145027

-A1-A5 (Address input)

สถานะของขาทั้ง 5 นี้ต้องตรงกับสัญญาณอินพุตที่เข้ามาจึงจะทำให้ขา VT มีสถานะสูง

-D6-D9 (Data Output)

เอาต์พุตเหล่านี้จะถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบของเลขฐาน 2 ในกรณีที่สถานะที่ขา D6-D9 ของตัวเข้ารหัสเป็นสถานะอิมพีแดนซ์สูงจะถูกถอดรหัสเป็นสถานะ "1"

-R1, C1 (Pin 6, Pin 7)

ค่าเวลาของ  $R_1 * C_1$  จะถูกเซทให้เป็น 1.72 ของคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาจากตัวเข้ารหัส

$$R_1 * C_1 = 3.95 R_{TC} * C_{TC}$$

-R2/C2 (Pin 10)

ค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุนี้ต่อเพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบการสิ้นสุดของ word และการสิ้นสุดของการส่งสัญญาณที่รับมาจากตัวเข้ารหัสโดย

$$R_2 * C_2 = 77 R_{TC} * C_{TC}$$

-VT (Pin 11)

ขานี้จะเป็นสถานะสูงเมื่อแอดเดรสที่รับเข้ามาตรงกับแอดเดรสที่ตั้งไว้และข้อมูลที่รับเข้ามาทั้ง 2 ครั้งตรงกัน

-Vss (Pin 8)

ขานี้เป็นกราวด์ของวงจร

-Vdd (Pin 16)

ขานี้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

### 1.6.4 MC 145027 Timing



รูปที่ 1.8 ไทม์มิ่งไคอาแกรมของ MC145027

จากไทม์มิ่งไคอาแกรมของ MC145027 จะเห็นว่าเมื่อขา VT เป็น 1 MC145027 จะหยุดส่งสัญญาณเอาท์พุทออกมาเราสามารถตรวจสอบ MC 145027 Timing โดยการตรวจสอบคลื่นสัญญาณที่ C1 (Pin7) และ R2/C2 (Pin10) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับคลื่นสัญญาณของข้อมูลอนุกรมที่ถูกส่งมาจากตัวเข้ารหัสที่ Din (Pin9) โดยค่าการลดลงของแรงดันที่ C1 ในขณะที่มีการคายประจุจะลดลงจาก  $V_{dd}$  เป็น  $1/3V_{dd}$  ที่จุดนี้เป็นจุดรีเซตในขณะที่อินพุทค่าเปลี่ยนสถานะจาก "0" เป็น "1" หรือจาก "1" เป็น "0"

การตรวจสอบ Timing สามารถตรวจสอบได้ที่ R2/C2 (Pin10) ได้เช่นเดียวกันโดยที่แรงดันที่ขา ini จะมีค่า  $V_{dd}$  ในขณะที่การส่งข้อมูลสิ้นสุดลง (EOT) แรงดันที่ขา ini จะลดมาเป็น  $1/3V_{dd}$  และจุดสิ้นสุดของ WORD (EOW) จะมีแรงดันที่ pin10 ลดลงมาเป็น  $2/3V_{dd}$  เมื่อตรวจสอบ Timing ได้ดังที่กล่าวมาแล้วจึงแน่ใจได้ว่าตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส match กัน

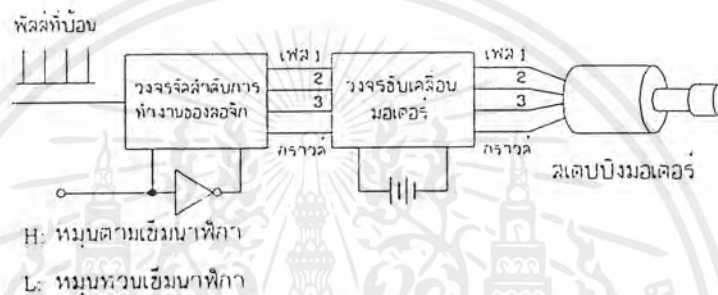
## บทที่ 2

### ทฤษฎีสเตปปีงมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 2.1 สเตปปีงมอเตอร์

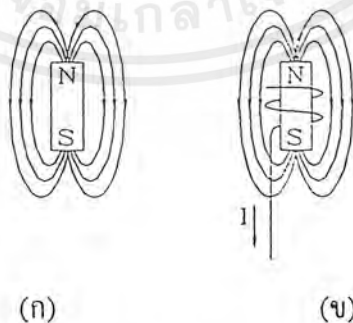
##### หลักการดำเนินงานทั่วไปของสเตปปีงมอเตอร์

สเตปปีงมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิดหนึ่ง ซึ่งการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าพัลส์(Pulse) ที่ป้อนให้กับขดลวดเฟสของมอเตอร์ในลำดับที่ถูกต้องด้วยวงจรลอจิกสำหรับจัดลำดับและกระแสที่พอเพียงโดยวงจรขับ



รูป 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของตัวควบคุมสำหรับวงจรควบคุมการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์

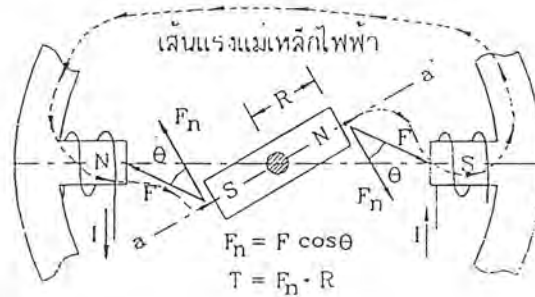
จากบล็อกไดอะแกรมแสดงถึงหลักการดำเนินงานพื้นฐานของสเตปปีงมอเตอร์ ซึ่งตัวควบคุมประกอบด้วยวงจรขับสัญญาณความถี่อินพุทและสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุน



รูป 2.2 แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

ในรูปที่ 2.2 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก โดยภาพ (ก) แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวร ส่วนภาพ (ข) แสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส(I)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงถึงแรงดึงดูดซึ่งทำให้เกิดแรงบิด (Torque) หมุนโรเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่สมดุล

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าแท่งแม่เหล็กที่ติดอยู่กับเพลา (Shaft) จะสามารถหมุนได้โดยอิสระแม้ว่าจะไม่มีขั้วไฟฟ้ามากระตุ้นที่มอเตอร์ ซึ่งถ้าก่อนที่จะมีกระแสมากระตุ้นที่สเตเตอร์ตำแหน่งของโรเตอร์แม่เหล็กจะอยู่ตามแกน  $a-a'$  ซึ่งทำมุม  $\theta$  กับแกนของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นจะได้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงบิดตามปกติ

$$F_n = F \cos \theta \quad (\text{แรงนี้ตั้งฉากกับแกน } a-a') \quad (1)$$

- เมื่อ
- $F$  คือแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน
  - $F_n$  คือแรงปกติที่เป็นผลมาจากแรงแม่เหล็ก
  - $\theta$  คือมุมที่เกิดจากตำแหน่งแกนของอิมพีเยอร์แม่เหล็กกับตำแหน่งแกนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้า

จะได้ผลรวมของแรงบิดดังนี้

$$T = F_n \times R \quad (2)$$

ทำให้โรเตอร์หมุนไปตามเข็มนาฬิกา จนกว่าแกนของโรเตอร์  $a-a'$  จะอยู่ในแกนเดียวกับแกนของสเตเตอร์ ถ้าหากมีขั้วของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลายๆขั้ววางอยู่ตำแหน่งรอบๆสเตเตอร์ และถ้าหากขั้วแม่เหล็กเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลส์ ในลักษณะที่เรียงลำดับและต่อเนื่องก็จะทำให้หมุนไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการเปิดปิดวงจรที่เรียงลำดับของขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

## 2.2 ประเภทของสเตปมิ่งมอเตอร์

### สเตปมิ่งมอเตอร์แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor)

สเตปมิ่งมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้แม่เหล็กถาวรเป็นโรเตอร์ และมีขั้วของสเตเตอร์ล้อมรอบ รูปที่ 4 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า เป็นตัวอย่างของสเตปมิ่งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร 4 เฟส โดยที่โรเตอร์เป็นแบบทรงกระบอกสเตเตอร์ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มากรุณาไปใช้

มีซี่ฟัน 4 ซี่โดยที่แต่ละซี่จะมีขดลวดพันโดยรอบ เพื่อทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อต้องการให้สเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมีขนาดมุมสเตปป์ที่เล็กลง จะต้องจำนวนซี่แม่เหล็กของโรเตอร์ เนื่องจากการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีโครงสร้างแบบมีซี่แม่เหล็กหลายๆซี่นั้นทำได้ยาก

ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์แบบนี้คือ โรเตอร์จะถูกยึดอยู่กับที่ แม้ว่าจะไม่มีการกระตุ้นเฟส ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ดีเทนท์แมคคาไนคซึม (Detent Mechanism) ข้อเสียคือมีขนาดมุมสเตปป์ที่ใหญ่ ทำให้ความละเอียดของสเตปป์ต่อรอบน้อยมากเนื่องจากว่าโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร การสร้างแม่เหล็กถาวรนั้นทำได้ยากทำให้ไม่สามารถสร้างสเตปป์ที่มีขนาดเล็กได้ทำให้ค่าของแรงบิดที่ได้ต่อหน่วยปริมาตรมีค่าต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของแรงบิด แม่เหล็กถาวรที่ใช้ต้องทำมาจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง

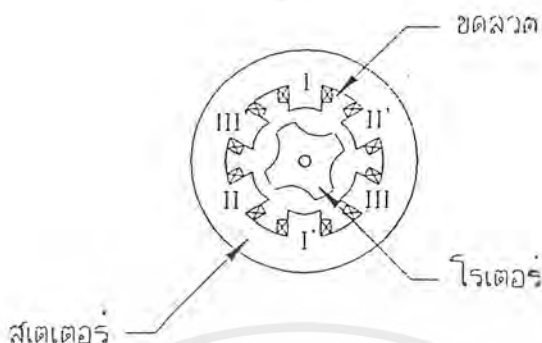


รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร 4 เฟส

สเตปป์มอเตอร์แบบแปรค่าตามความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้

(Variable Reluctance Stepping Motor)

สเตปป์มอเตอร์ชนิดนี้เรียกว่า วีอาร์สเตปป์มอเตอร์ (VR Stepping Motor) โดยมีโครงสร้างโรเตอร์และสเตเตอร์ทำจากโลหะซิลิกอน (Silicon) ซึ่งเป็นสารแม่เหล็กที่มีสภาพซึมซาบทางแม่เหล็ก (Permeability) สูง และสามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มากโดยโรเตอร์อยู่กับแกนของมอเตอร์ และสเตเตอร์จะติดอยู่กับโครงของตัวมอเตอร์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของ วอเตอร์ซิงโคร

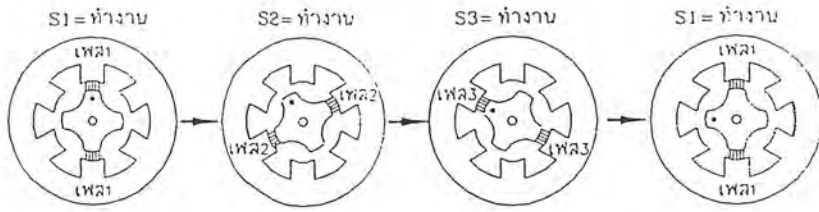
ในรูปเป็นภาพตัดขวางของสเตปิงมอเตอร์ซึ่งเป็นแบบ 3 เฟส โดยมีโรเตอร์มีขั้ว 4 ขั้ว และสเตเตอร์มีขั้ว 6 ขั้วอยู่ตำแหน่งตรงข้ามและทำมุม 180 องศาต่อกันเป็นอนุกรมหรือขนานกันได้แต่ในรูปต่อลักษณะอนุกรม จะเห็นว่าขั้วของสเตเตอร์ 2 ขั้วที่มีเฟสเดียวกันจะมีขั้วแม่เหล็กตรงข้ามซึ่งกันและกัน สมมติว่าขั้ว I, II และ III มีขั้วเป็นขั้วเหนือ และ I', II' และ III' เป็นขั้วใต้เมื่อมีการกระตุ้นกระแสแต่ละเฟสทำให้เกิดเส้นแม่เหล็กขึ้นดังรูปที่ 2.6

นอกจากนี้ขั้วของโรเตอร์จะมีตำแหน่งในเดียวกับขั้วของสเตเตอร์ มีผลทำให้ความต้านทานทางแม่เหล็กมีค่าน้อยที่สุด โดยจะถือว่าสถานะนี้เป็นสถานะที่สมดุล และเป็นตำแหน่งที่มีเส้นแรงแม่เหล็กสั้นที่สุดดังรูปที่ 2.7

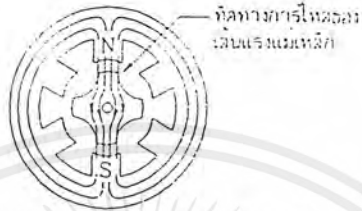
โครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะดังนี้

1. ช่องว่างอากาศควรมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งหมายถึงช่องว่างอากาศระหว่างขั้วของโรเตอร์กับสเตเตอร์ควรห่างกันน้อยมาก เพื่อให้เกิดค่าแรงบิดสูงสุด และมีตำแหน่งที่แน่นอนมากขึ้น เนื่องจากระดับแรงเคลื่อนแม่เหล็กมีระดับเดียวกันช่องว่างอากาศขนาดเล็กจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กสูงกว่าทำให้แรงบิดมีค่ามากขึ้น
2. สำหรับมุมสเตปเล็กๆจากรูปที่ 8 (ก) แสดงมอเตอร์ 3 เฟสที่ สเตเตอร์มีขั้ว 12 ขั้วและขั้วที่โรเตอร์ 8 ขั้ว โดยรูปที่ 8 (ข) เป็นมอเตอร์ 4 เฟสที่สเตเตอร์มีขั้ว 8 ขั้วและโรเตอร์มีขั้ว 6 ขั้ว โดยทั้ง 2 ภาพมีมุมสเตป 15 องศา
3. ในการสร้างโครงสร้างสเตปิงมอเตอร์ ให้มีโครงสร้างแบบหลายขั้ววางซ้อนกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องของแรงบิด ขั้วแต่ละขั้วที่วางซ้อนกันถูกกำหนดเป็น 1 เฟส โดยโรเตอร์และสเตเตอร์จะมีขั้วเหมือนกัน ทำให้เกิดการเพิ่มแรงบิดต่อปริมาตรของโรเตอร์เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร

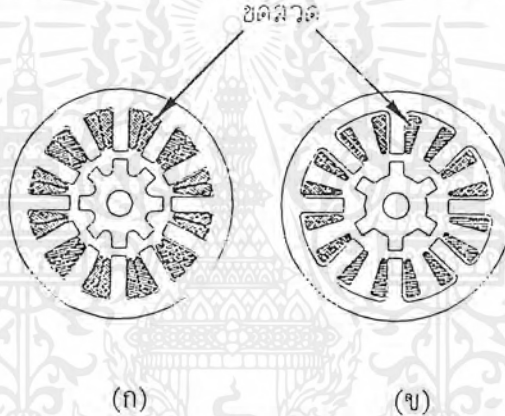
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งของสถานะที่สมดุลย์เมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดเฟสหนึ่ง



รูปที่ 2.8 แสดงโรเตอร์และสเตเตอร์ของมอเตอร์สามเฟสและสี่เฟส

โดยที่จำนวนตอรอบ(S) หาได้จากสมการ

$$S = 360/\phi - mNr \quad (3)$$

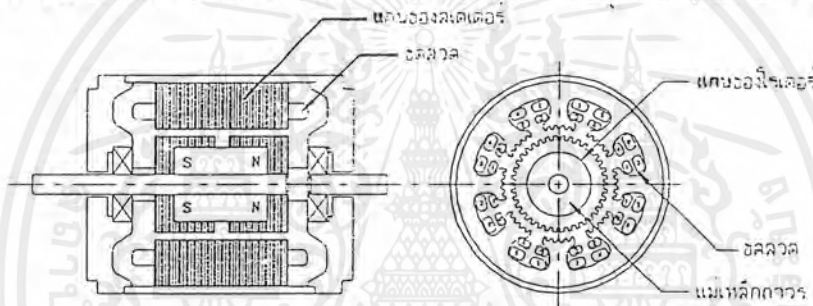
- เมื่อ  $\phi$  ความสัมพันธ์ระหว่างมุมสเตเตอร์
- $m$  คือมุมเฟส
- $Nr$  คือจำนวนฟันของโรเตอร์

ในการลดขนาดมุมสเตปให้เล็กลง จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ต้องเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.9



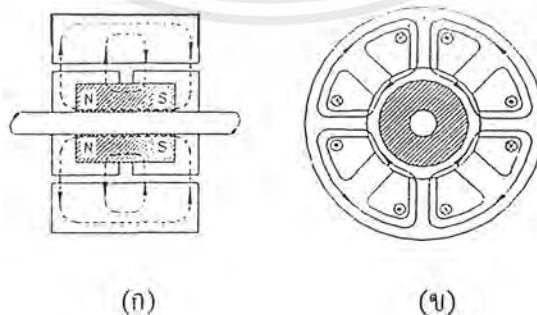
รูปที่ 2.9 แสดงภาพหน้าตัดของมอเตอร์สี่เฟส ที่มีฟันโรเตอร์ 50 ซี่ มุมสลับ 1.8 องศา สเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์ (Hybrid Stepping Motor)

เป็นสเตปป์มอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร การใช้ชื่อไฮบริดจ์ได้มาจากการรวมหลักสำคัญๆของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร และแบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้เข้าด้วยกัน สเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์ จะมีโครงสร้างสเตเตอร์คล้ายกับโครงสร้างสเตปป์มอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานสนามแม่เหล็กได้ จะมีขดลวดอยู่ 2 ขดและขดลวดทั้ง 2 จะพันอยู่ที่ขั้วเดียวกันในลักษณะของสภาพ 2 ขั้ว ซึ่งทำให้ขั้วแม่เหล็กมีความต่างกันขณะที่มีการกระตุ้นแต่ละครั้งดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของสเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์

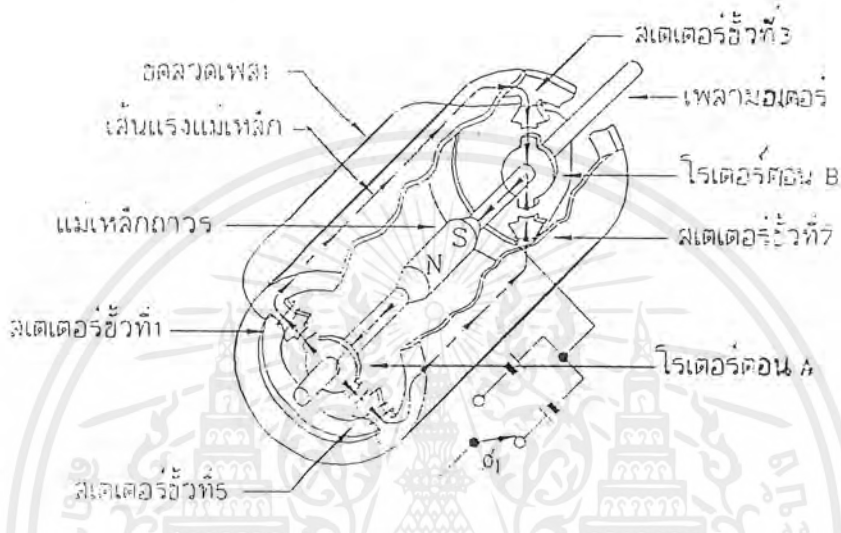
ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือตัวโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร รูปทรงกระบอกตามยาว อยู่ในแกนเหล็กของโรเตอร์เพื่อใช้สร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียวกัน ดังรูปที่ 2.11 โดยที่แต่ละขั้วของแม่เหล็กจะถูกล้อมรอบด้วยฟันเหล็กอ่อน ฟันของโรเตอร์กับสเตเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่เหลื่อมกันอยู่ 90 องศา



รูปที่ 2.11 แสดงการวางโรเตอร์ตามยาวเพื่อใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเดียวกัน

หลักการการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้ ที่แตกต่างจากแบบแปรค่าความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้คือ ทั้งแรงบิดที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กจะไม่ขึ้นกับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเพียงอย่างเดียว แต่

ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของซีพินด้วย ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.12 ข้อดีของสเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์คือมีขนาดของสเตปป์เล็ก ทำให้มีความละเอียดค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีค่าแรงบิดที่สูงกว่า สเตปป์มอเตอร์แบบแปรค่าตามความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ แต่สเตปป์มอเตอร์แบบแปรค่าตามความต้านทานของสนามแม่เหล็กได้ มีแรงเฉื่อยทางกลไกน้อยกว่า



รูปที่ 2.12 แสดงหลักการทำงานของสเตปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์

### 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวมเพียงชิพเดียวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่นแบบอัตโนมัติ เพราะสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ตามต้องการ MCS-51 มีข้อดีดังนี้

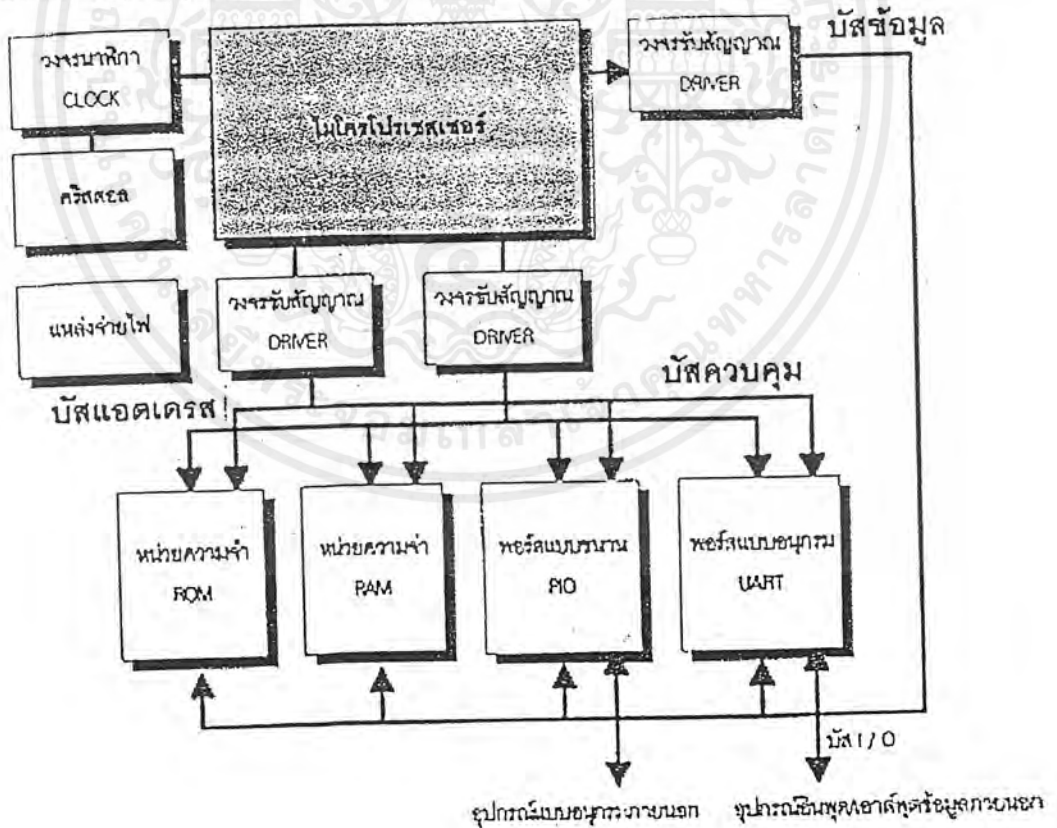
1. สามารถนำข้อมูลมา AND,OR หรือทำการ COMPLEMENT ทั้งทีละ 8 บิต หรือ 1 บิต
2. สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บชุดคำสั่งที่จะทำให้ MCS-51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมได้มาก
3. สามารถติดต่อหน่วยความจำสำหรับข้อมูล ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
4. ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบต์ อยู่ภายในวงจรทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก ระบบรวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและมีสัญญาณรบกวนภายนอกน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีพอร์ทแบบขนาน สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิต ที่ข้อมูลแต่ละบิตเป็นอิสระต่อกัน
  6. มีวงจรถ่าย Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด ที่ทำงานได้ 4 โหมด
  7. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอ Interrupt 6 แหล่งซึ่งสามารถกระโดดไปทำงานได้ 5 ตำแหน่ง
- ที่กล่าวมานี้ถูกบรรจุรวมอยู่ในวงจรรวมขนาด 40 ขา ซึ่งสามารถออกแบบระบบการทำงานให้มีขนาดเล็กและสามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดได้ง่าย

### 2.4 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 ประกอบด้วย gate ต่างๆ ซึ่ง gate เหล่านี้ถูกนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 2.13



รูป 2.13 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

จากไดอะแกรมโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 ประกอบด้วย ส่วนหลักๆ 3 ส่วนคือ CPU (Central Processor Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม สัญญาณที่สร้างจากวงจร

ควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์ รับข้อมูลหรือส่งข้อมูล ออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ( Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้ จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกส่วนในวงจร ทำงานประสานกัน(Synchronize) อย่างถูกต้อง ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วน ที่เรียกว่าส่วนประมวลผล(ALU) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก ลบ คูณ หรือหารแล้วนำผลที่ได้เก็บไว้ใน Register หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

2. หน่วยความจำ มีไว้สำหรับจัดจำข้อมูล ถ้าต้องการที่จะใช้หน่วยความจำ จำเป็นที่จะต้องรู้ ตำแหน่งของหน่วยความจำ การนำเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียนข้อมูล และการนำเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่าการอ่านข้อมูล ซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียว ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 ดังนั้นในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 (00000000-11111111 ในเลขฐาน2) แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

- 1) ค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำใน 8051 จะติดต่อหน่วยความจำ ประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง ดังนั้น การอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น
- 2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อที่ 1
- 3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล สัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจาก วงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง

3. อุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุท เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุทและเอาต์พุทได้แก่ 4 I/O Port, Timer0, Timer1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

- 1) 4 I/O Port คำว่า Port หมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 พอร์ตมีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น P0 และ P2 จะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลา

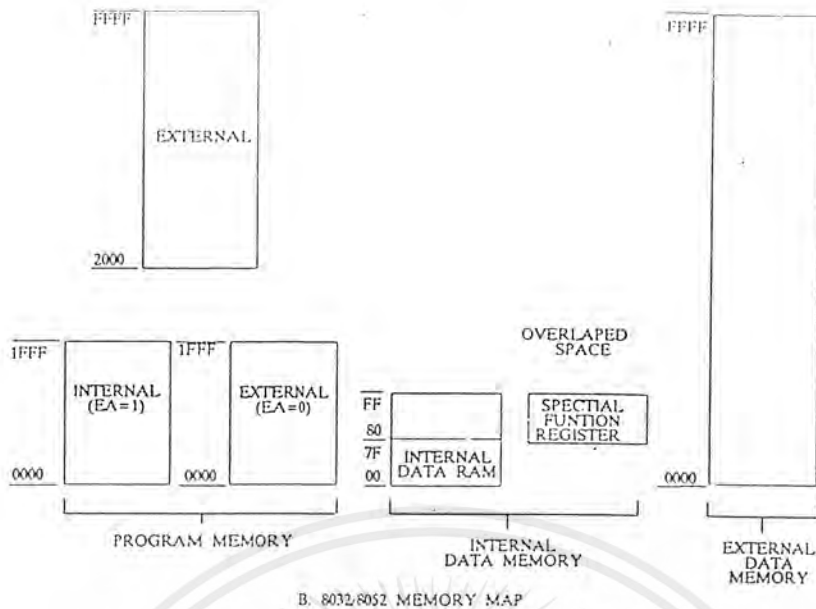
เดียวกัน แต่จะทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

- 2) Timer0 และ Timer1 เป็นวงจรมีหน้าที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU
- 3) Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกไปที่ละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาที่ละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งาน

## 2.5 การจัดการหน่วยความจำ

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้ต้องเป็นแบบ Read Only Memory และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatile ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลไม่มีการสูญเสียน) การเขียนข้อมูลลงใน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ในระหว่างการทำงานของ 8051 ผู้ใช้ไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่งจะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้ตั้งแต่ 0000H-FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-0FFFH จำนวน 4 กิโลไบต์นั้น ผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก 8051 ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณสถานะ Logic High (1) เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ก็ให้ต่อ Logic Low (0) เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH-FFFFH จะต้องอยู่ภายนอก 8051 เสมอ ดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memory Map) ในรูปที่



รูป 2.14 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน 8051 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031, 8051 และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการ แตกต่างกันที่

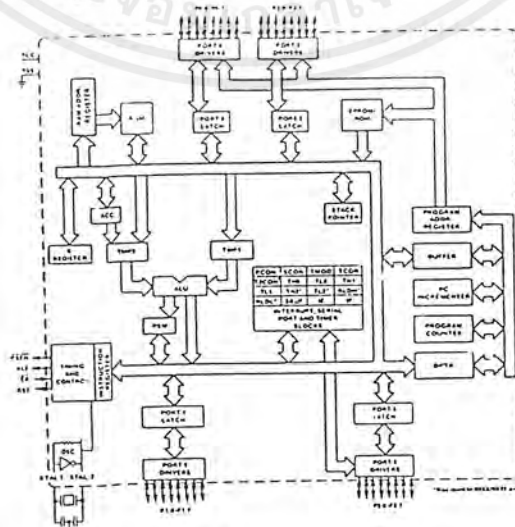
- 1) 8031 ไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ที่อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบต์
- 2) 8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ที่อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ จะต้องส่งโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ ROM ให้ตั้งแต่ในขั้นตอนการผลิตวงจรรวม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง ถ้าจะนำไปใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบต์แรก อยู่ภายนอกก็สามารถทำได้โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอก แล้วต่อขา EA ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสถานะ Logic เป็น 0
- 3) 8751 จะมีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบต์ เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวมเอาไว้ ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงานผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงใน EPROM ได้เอง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องโปรแกรม EPROM (Eprom programmer) และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมที่อยู่ใน EPROM ได้โดยการล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ EPROM ออกด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตผ่านกระจกใสบนแผ่นวงจรรวมเข้าไปยังวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดในคู่มือเฉพาะ ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้ สะดวกมากมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพักเก็บข้อมูลแล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่

เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะไม่สูญหาย การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่ข้อมูลมีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาแทนที่ เช่นเดิมเก็บข้อมูล 18H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H แต่เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1900H จะไม่ใช่ 18H อาจจะเป็นค่าอะไรก็ได้เกิดลักษณะแบบนี้เรียกว่า ข้อมูลสูญหายไป หน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051 จะมี 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 00H-7FH และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่กับภายนอกของวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536 ไบท์ อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H-FFFFH ดังแสดงในรูปที่ 2.14 หน่วยความจำแบบ Data Memory ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H-FFH นั้นไม่ได้มีอยู่ทุกตำแหน่งจะมีเฉพาะในบางตำแหน่ง ซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function Register (SFR) เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น แต่ละหน่วยความจำของตำแหน่งแบบ SFR อาจเป็น RAM หรือวงจรรับวงจรตั้งเวลาก็ได้ เช่นเป็น Timer0, Timer1 ดังนั้นใน 8051 จึงไม่ถือว่าเป็น SFR เป็น Data Memory ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256 กิโลไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำช่วงตำแหน่ง 80H-FFH เป็น SFR ส่วนตำแหน่งอื่นที่เหลือก็เป็น RAM เหมือนกับหน่วยความจำ ช่วง 00-7FH นั้นเอง

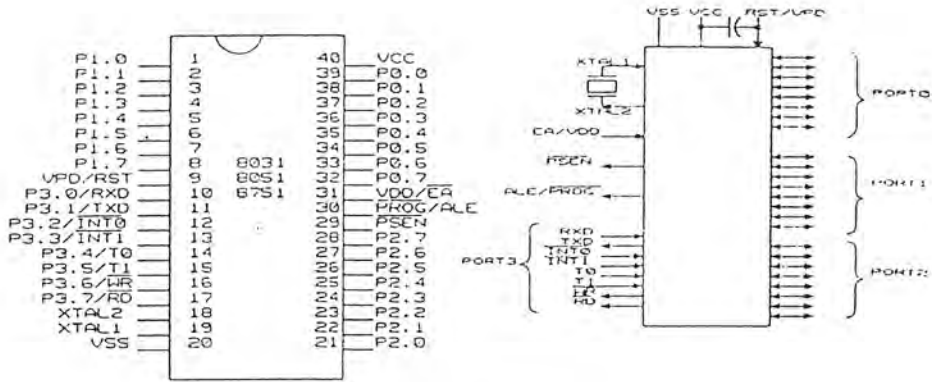
## 2.6 สถาปัตยกรรมของ 8051

ในส่วนที่ผ่านมาได้กล่าวถึงไดอะแกรมภายใน 8051 อย่างกว้างๆ ซึ่งพอจะบอกได้โดยสังเขปว่า ประกอบด้วยส่วนใหญ่อะไรบ้างในรูปที่ 2.15 เป็นสถาปัตยกรรมของ 8051 ซึ่งเป็นการอธิบายถึงส่วนย่อยๆของภายใน 8051 เพียงชีพเดียว และสัญญาณจากภายใน จะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

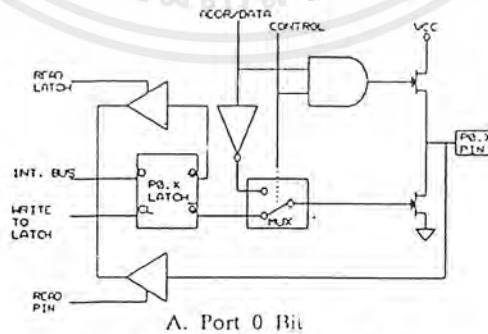
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.16 ไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

8051 ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละขาของ 8051 มีอยู่ข้างละ 20 ขารวมทั้งหมด 40 ขา จะใช้งานต่างกันดังนี้

- Vcc ขา 40 เป็นขาที่ต้องไฟเลี้ยง +5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ ระดับของโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL โดยตรง
- Vss ขา 20 เป็นขาที่ต่อกับกราวนด์ ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวนด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน
- Port 0 เป็น พอร์ตขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 32-39 เริ่มจากบิตที่ 7-0 ตามลำดับดังรูปที่ 2.16 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1, ..., P0.7 P0.7 หมายถึงบิตที่ 7 ของ พอร์ต 0 เป็นบิตที่สำคัญสูงสุด และ P0.0 หมายถึงบิตที่ 0 พอร์ต 0 เป็นบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับการส่งตำแหน่ง และข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ต 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ตโครงสร้างของแต่ละบิตของพอร์ต 0 เป็นแบบ Open Drain Bidirectional ดังรูปที่ 2.17



รูป 2.17 โครงสร้างของพอร์ต 0

ในรูปที่ 2.17 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.15 ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 2.17 ก็คือ Port 0 Driver ของรูปที่ 2.15 นั้นเอง จากโครงสร้างในรูปที่ 2.17 เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ต 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ "Write to latch" ที่ถูกสร้างมาจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ส่วน Timing and Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ต 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ตก็นับว่ามีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal

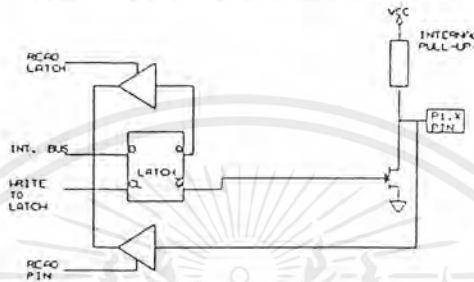
Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสถานะของสัญญาณที่เข้ามาทางพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read PIN มาควบคุมการอ่าน พอร์ท 0 จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่ได้คือ 64 กิโลไบท์ จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิท ของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่าง จะถูกส่งออกทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะส่งออกทางพอร์ท 2
2. ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับ-ส่งข้อมูลทางพอร์ทโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data Memory ภายนอก

วงจรภายในส่วน Timing and Control จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมในวงจร เพื่อการทำงานแต่อย่างข้างต้น เมื่อแต่ละบิทของพอร์ท 0 ทำงานตามข้อ 1 และข้อ 2 ข้างต้น วงจร Timing and Control จะทำให้สถานะของลอจิกของขา Control เป็น 1 ซึ่งทำให้สวิตช์ MUX อยู่ในตำแหน่งข้างบน เมื่อพอร์ท 0 จะส่งข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกไปยังหน่วยความจำภายนอกก็จะค่าดังกล่าวมายัง ADDR/DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมาเป็น 1 จะทำให้สัญญาณที่ส่งออกมาจาก AND GATE เป็น 1 และสัญญาณที่ออกมาจาก Inverter เป็น 0 ดังนั้น FET ตัวบน ON ส่วน FET ตัวล่าง OFF สถานะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งออกมามายัง ADDR/DATA เป็น 0 ก็จะทำให้สัญญาณจาก AND GATE เป็น 0 และสัญญาณที่ออกมาจาก Inverter เป็น 1 นั้น FET ตัวบนจะ OFF FET ตัวล่างจะ ON ทำให้สถานะลอจิกที่ขา P0.X PIN เป็น 0 เมื่อ 8051 ต้องการใช้พอร์ท 0 สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก หรือใช้งานใน 3 ข้อข้างบนก็จะทำได้โดยวงจร Timing and Control ทำให้สถานะลอจิกของสัญญาณ Control เป็น 0 ทำให้เอาท์พุทจาก AND GATE เป็น 0 FET ตัวบนจะ OFF และสวิตช์ MUX จะอยู่ตำแหน่งข้างล่าง ดังนั้น FET ตัวข้างล่างจะ ON หรือ OFF ก็แล้วแต่ข้อมูลที่ขา Q ของ D-FF เมื่อมีการเขียนข้อมูลจาก Internal Data Bus มายัง D-FF ก็จะมีสัญญาณ "Write to latch" มายัง D-FF ด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 ก็จะทำให้ขา Q มีสถานะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง OFF ดังนั้นขา P0.X จะอยู่สถานะ High Impedance เพราะ FET ทั้ง 2 ตัว OFF แต่ถ้าข้อมูลที่เขียนมายัง D-FF เป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง ON แต่ตัวบน OFF ทำให้สถานะลอจิกที่ขา P0.X เป็น 1 ดังนั้นพอร์ท 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ทส่งข้อมูลจะไม่สามารถแสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ จึงต้องต่อตัวต้านทาน Puk Up ไว้ภายนอก ระหว่างขา P0.X กับไฟเลี้ยงวงจร ถ้าใช้พอร์ท 0 สำหรับรับข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 เก็บไว้มายัง D-FF ก่อน เพื่อให้ขา P0.X อยู่ในสถานะ High Impedance แล้วจึงใช้คำสั่งอ่านสถานะลอจิกเข้าไปยัง Internal Data Bus ต่อไป โดยคำสั่งอ่านสถานะลอจิกทางพอร์ท 0 ก็จะทำให้วงจร Timing and Control สร้างสัญญาณ Read Pin สำหรับการสถานะลอจิกข้างต้น ถ้าไม่เขียน 1 มาเก็บไว้ที่ D-FF ก่อนที่จะอ่านข้อมูลแล้วอาจมีข้อมูลค้างอยู่ที่ D-FF ทำให้ Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ON สัญญาณที่ต่อเข้ามาที่ขา P0.X ไม่ว่าจะ มีสถานะลอจิกใดจะถูกดึงลงกราวด์ ดังนั้นเมื่อ

อ่านข้อมูลเข้าไปก็พบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกนั้นวงจร Timing and Control ก็เขียนข้อมูลมายัง D-FF ให้เป็น 1 และสร้างสัญญาณ Control ให้มีลอจิกเป็น 0 ก่อนอ่านข้อมูลเข้าไปด้วย

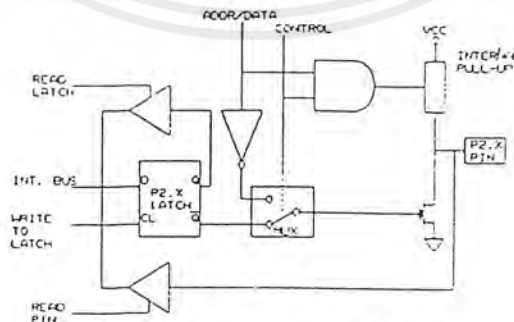
- Port1 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต . ในรูปที่ 2.16 คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา1-8) P1.0 หมายถึงบิต 0 พอร์ท 1 เป็นบิต Least Significant Bit และ P1.7 หมายถึงบิต 7 พอร์ท 1 เป็นบิต Most Significant Bit โครงสร้างของพอร์ท 1 แต่ละบิตมีดังรูปที่ 2.18



รูป 2.18 โครงสร้างของพอร์ท 1

ส่วนที่ 1 คือ Port 1 Latch ในรูปที่ 2.15 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 2.18 ส่วนที่ 2 คือ Port 1 Driver ในรูปที่ Port 1 Driver นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้ก่อนแล้วจึงส่งออกไปแต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิตของพอร์ท 1 เสียก่อนเพื่อให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ก่อน มิฉะนั้นถ้ามีข้อมูล 0 ส่งออกมาค้ำที่ D-FF จะทำให้ FET อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นถ้าสัญญาณภายนอกส่งเข้ามาที่ขานี้ก็จะถูกลัดวงจรลงกราวนด์ โดยไม่สนใจว่าเป็นลอจิกอะไรข้อมูลที่ผ่านจึงเป็น 0

- Port 2 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต คือขา P2.0ถึง P2.7 โครงสร้างของพอร์ท 2 จะมีดังรูปที่ 2.19



รูป 2.19 โครงสร้างของพอร์ท 2

ลักษณะจะเหมือนกับ Port0 แตกต่างกันใน พอร์ท 2 นั้น ภาค Driver จะใช้งานเพียง 2

ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิตบนไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุตบแต่งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ของค่าตำแหน่ง

## 2. ใช้เป็นพอร์ตรับส่งข้อมูลจากภายนอก

ดังนั้นภาค Driver ของ พอร์ต 2 จึงแตกต่างจาก Driver ของ พอร์ต 0 โดยที่พอร์ต 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDR(ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX (Multiplexer) เท่านั้น นอกนั้นการทำงานจะเหมือนกันและที่เอาท์พุทของพอร์ต 2 จะมี Internal Pull Up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ต 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่สถานะ OFF บางครั้งเรียกว่า "Quasi-bidirectional" เมื่อใช้เป็นพอร์ตอินพุทก็สามารถทำได้ โดยการต่อสัญญาณจากภายนอกเข้ามาโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ต (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ตนี้เป็นพอร์ตข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิตก่อน

- Port 3 คือขา P3.0-P3.7 หรือขา 10-17 มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.20



รูป 2.20 โครงสร้างของพอร์ต 3

ส่วนที่ 1 ในรูปที่ 2.20 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ต 3 ทาง Internal Data Bus เหมือนกับพอร์ตอื่นๆและพอร์ต 3 จะมี Internal Pull Up อยู่ทุกบิต แต่พอร์ต 3 นี้แต่ละบิตจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงาน ในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and Control สัญญาณ Alternative Output Function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ต 3 ในการทำงานฟังก์ชันอื่น และจุด Alternative Input Function เป็นจุดที่เอาสัญญาณไปเข้าส่วนอื่นตามการทำงานของบิตนั้น แต่ละบิตของพอร์ต 3 จะมีฟังก์ชันอื่นดังนี้

- P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.2/INT0 (External Interrupt) .ใช้รับสัญญาณ Interrupt ภายนอก
- P3.3/INT1 (External Interrupt) .ใช้รับสัญญาณ Interrupt ภายนอก
- P3.4/T0 (Timer / Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาได้
- P3.5/T1 (Timer / Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 1 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T1 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีผู้ใดนำเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขารับสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

- RST ขา Reset จะใช้ทำการ Reset การทำงานของ 8051 ที่ขา Reset ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับกราวด์ ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสถานะลอจิกเป็น 1 ที่ขานี้จะเป็นการ Reset การทำงานของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง เพื่อให้เกิดการ Reset เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power On Reset การ Reset จะทำให้ค่าใน Register ต่างๆ เปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังตารางรูปที่ 2.21

Register	มีค่าข้อมูลเป็น	Register	มีค่าข้อมูลเป็น
PC	00H	T2CON	00H
ACC	00H	TH0	00H
B	00H	TL0	00H
PSW	00H	TH1	00H
SP	07H	TL1	00H
DPTR	00H	TH2	00H
P0-P3	0FFH	TL2	00H
IP(8051)	XXX00000B	RLDH	00H
IP(8052)	XX000000B	RLDL	00H
IE(8051)	0XX00000B	SCAN	00H
IE(8052)	0X000000B	SBUF	INDETERMINATE
TMOD	00H	PCON(HMOS)	0XXXXXXB
TCON	00H	PCON(CMOS)	0XXX0000B

รูปที่ 2.21 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซต 8051

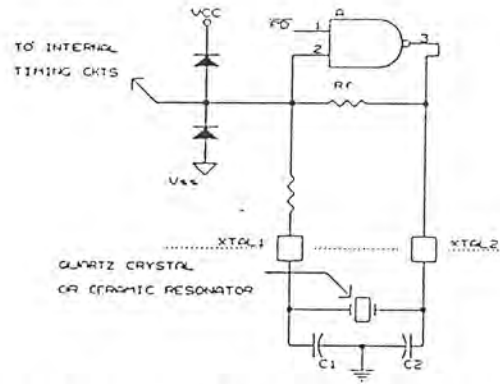
ในตารางรูปที่ 2.21 ช่องทางขาเป็นค่าของ Register ที่อยู่ทางซ้ายสุดเมื่อเกิดการ Reset ใน Register SBUF เมื่อสิ้นสุดการ Reset จะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสถานะลอจิก 1 ทุกบิต ตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็ออกจากการ Reset 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program Memory ตำแหน่ง 00H เพราะค่าของ Register PC (Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 00H

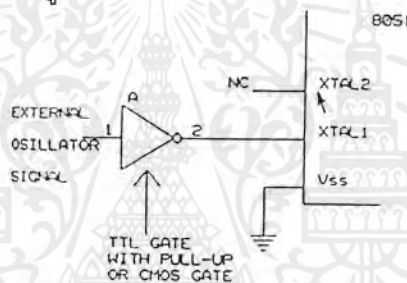
- ALE Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งสัญญาณออกมาตลอดเวลา ยกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะบอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิตล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์จะใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ข้อมูลไว้เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท
- PSEN Program Strobe Enable เป็นขาที่ 29 ขานี้ปกติจะให้ลอจิกเป็น 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่งที่จะนำไปทำงานจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่ง ซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายใน 8051 แล้ว สัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา PSEN นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุท TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท
- EA External Access เป็นขาที่ 31 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PSEN ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA นี้ แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H-0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานถูกเก็บไว้ภายนอก 8051 จะต้องสร้างสัญญาณ PSEN ออกไปยังภายนอก เพื่อทำการ FETCH คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่สัญญาณที่ป้อนให้ขา EA เป็น 1 หมายความว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H-0FFFH ถูกเก็บไว้ใน 8051 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆจาก ROM ภายใน 8051
- XTAL 1 เป็นขาที่ 19 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 2.22 จะเห็นว่าวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND GATE จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณที่ควบคุมให้มีการออสซิลเลตหรือไม่ ขึ้นกับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิต PD ของ Register PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานของ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้ แต่ถ้าต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในก็ให้ต่อ Crystal หรือ เซรามิกโซเนเตอร์ ดังรูปที่ ตัวเก็บประจุควรมีค่าประมาณ 20 pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.22 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

- XTAL 2 เป็นขาที่ 18 ขานี้เป็นจุดเอาต์พุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (อินพุตคือขา XTAL 1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขา XTAL 2 ว่างแล้วบ่อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้าที่ขา XTAL 1 ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่มาจากภายนอก

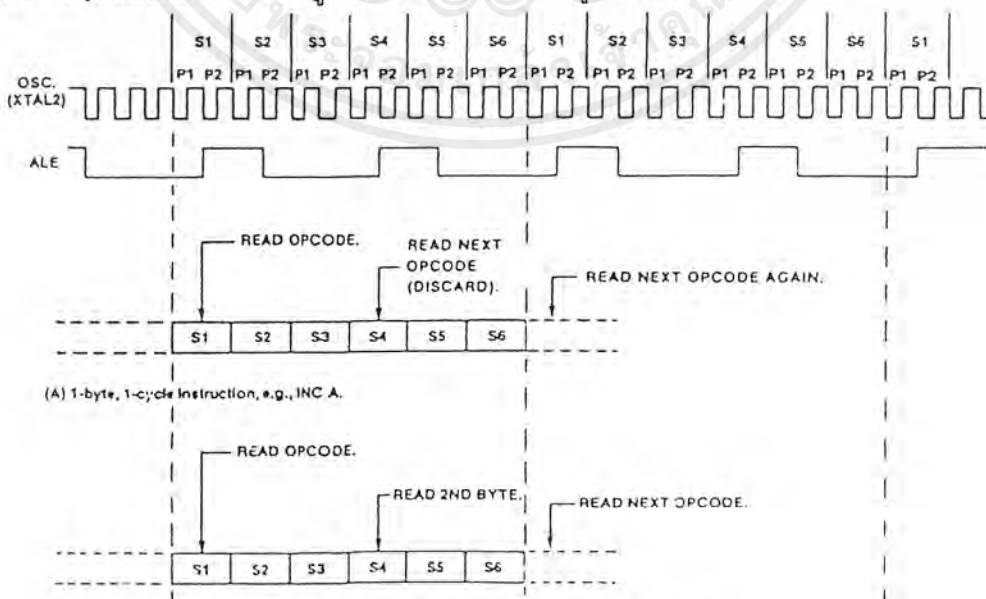
## 2.7 การทำงานของ 8051

จากรูปที่ 2.15 เมื่อบ่อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งมีวงจร Power On Reset ต่ออยู่ จะมีการ Reset เกิดขึ้น การทำงาน 8051 จะเริ่มจากบล็อก Program Counter ซึ่งเป็นวงจรนับชนิดหนึ่งส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงบนบัสหมายเลขหนึ่ง บัสนี้มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ที่เป็นวงจร Latch ข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏที่บัส 16 บิตหมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรกหลังจาก Reset ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายนอกหรือภายใน 8051 โดยการบ่อนสถานะลอจิกเข้าไปที่ 8051 ขา EA ซึ่งอยู่กับส่วน Timing and Control ทำหน้าที่เป็นวงจรถอตรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมต่อไป ถ้าบ่อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าที่ขา EA จะเป็นการเลือกใช้ ROM ภายใน 8051 โดยที่วงจร Timing and Control จะสร้างสัญญาณไปยัง ROM ภายในให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาทางบัสหมายเลข 2 ข้อมูลจาก ROM จะถูกส่งไปยังบัสหมายเลข 3 ที่เรียกว่า Internal Data Bus แล้วไปเก็บไว้ที่ Instruction Register (เป็นวงจร Latch) เพื่อส่งต่อไปให้กับวงจร Timing and Control ทำการถอตรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไปแล้วแต่จะให้ทำอะไร

ไม่ในกรณีที่เลือก ROM ภายนอก 8051 โดยการบ่อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าที่ขา EA จะทำให้วงจร

Timing and Control ส่งสัญญาณไปยังพอร์ท 0 และพอร์ท 2 เพื่อส่งตำแหน่งหน่วยความจำบนบัสหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ท 0 ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บไว้ที่ Instruction Register เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจาก ROM ภายในการทำงานในช่วงส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกับเข้ามาเก็บไว้ใน Instruction Register เรียกว่าเป็นช่วงของการ Fetch Cycle ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า Execute Cycle เช่นถ้าเป็นคำสั่งให้บวกข้อมูลใน Register Accumulator กับข้อมูลจากหน่วยความจำ Data Memory ภายใน RAM ตำแหน่ง 23H วงจร Timing and Control ก็จะส่งสัญญาณให้ Instruction Register ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 23H ไปยัง Internal Data Bus แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ RAM ADDR Register เพื่อชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ RAM จากนั้น Timing and Control จะสั่งให้ RAM ส่งข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 23H ลงมายัง Internal Data Bus แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ TMP1 (วงจร Latch) ขณะเดียวกันวงจร Timing and Control ก็จะส่งสัญญาณไปยัง ACC ให้ส่งข้อมูลไปยัง TMP2 (วงจร Latch) วงจร ALU ซึ่งโครงสร้างเป็นวงจรทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (บวก,ลบ,คูณ,หาร) และยังสามารถทำงานทางลอจิก (AND,OR,NOT,XOR) จะทำการบวกเลขจาก TMP1 และ TMP2 เข้าด้วยกันผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผ่าน Internal Data Bus กลับไปเก็บยัง ACC PSW (Program Status Word) ซึ่งจะทำหน้าที่เก็บสถานะผลลัพธ์ของการทำงานใน ALU เช่นผลลัพธ์การบวกมีค่าเกิน 8 บิตก็จะทำให้บิตหนึ่งใน PSW ถูก SET เป็น 1

การทำงานที่กล่าวมาข้างต้นจะขึ้นกับสัญญาณควบคุมที่สร้างมาจากวงจร Timing and Control และสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้จะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากวงจร Oscillator ทำให้การทำงานต่างๆเป็นไปตามลำดับที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 2.24



รูป 2.24 ลำดับสถานะการทำงานใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งแต่ละคำสั่งใน 8051 จะใช้เวลาในการทำงาน 1,2 หรือ 3 ไชเคิลของเครื่อง (Machine Cycle) แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 12 Cycles ของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นในแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 12,24หรือ 36 ไชเคิลของสัญญาณนาฬิกา นั่นเอง แต่ละ Machine Cycle จะถูกแบ่งออกเป็น 6 State คือ S1,S2,S3,S4,S5 และ S6 แต่ละ State จะประกอบด้วย 2 ไชเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในไชเคิลแรกเรียกว่าเฟส 1 (P1) และ ไชเคิลที่ 2 เรียกว่าเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาของสัญญาณนาฬิกาจนถึงขอบขาของสัญญาณนาฬิกาถัดไปดังที่เห็นในรูปที่ 2.24 เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 Machine Cycle ก็จะมีเริ่มทำงาน State1 Phase1(S1P1) ของไชเคิลต่อไปใน 1 ไชเคิลของวงจร Timing and Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไชเคิล เพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ ที่บริเวณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE คำสั่งใดจะมีไชเคิลหรือใช้เวลากการทำงานก็ไชเคิลสามารถดูได้จากตารางชุดคำสั่ง 8051

คำสั่งประเภท 1 ไชเคิล 1 ไชเคิลของเครื่องได้แก่ คำสั่ง INCA จะมีการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 2 ครั้งใช้เวลาประมาณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE เมื่อคำสั่งแรกถูกอ่านเข้าไปที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE แรก แล้วนำไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อให้วงจร Timing and Control ถอดรหัสและเข้าสู่การ Execute ขณะเดียวกันก็จะเริ่มการ Fetch คำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งถัดไปเข้ามาและคำสั่งที่ 2 จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ถัดไป วงจร Timing and Control เมื่อถอดรหัสคำสั่งแรกก็จะทราบว่าการทำงานคำสั่งนี้ให้สิ้นสุดจะใช้คำสั่งเพียง 1 ไชเคิล ดังนั้นคำสั่งที่ถูกอ่านมาในไชเคิลที่ 2 จะไม่ถูกนำมาทำงานเพียงแต่อ่านเข้ามาแล้วทิ้งไปในรูปที่ 2.24a

คำสั่งประเภท 2 ไชเคิล 1 ไชเคิลของเครื่องได้แก่คำสั่ง ADD A,#Data ใน 1 Machine Cycle นี้ จะมีการคำสั่งเข้ามา 2 ไชเคิล เหมือนกับคำสั่งประเภท 1 ไชเคิลของเครื่อง แตกต่างกันในไชเคิลที่ 2 จะถูกนำมาใช้งานด้วยไม่ได้ถูกทิ้งไป ตัวอย่าง ADD A,#33H จะเขียนเป็นภาษาเครื่องได้ 2 ไชเคิลคือ 24 33 เมื่ออ่านคำสั่งไชเคิลแรกคือ 24 ไปเก็บไว้ที่ Instruction Register แล้ว Timing and Control จะถอดรหัสพบว่าเป็นคำสั่งบวกเลขก็จะส่งสัญญาณไปที่ Accumulator ให้เอาข้อมูลไปไว้ที่ TMP1 เมื่อคำสั่งที่ 2 ถูกเข้ามาไว้ที่ Instruction Register แล้ว Timing and Control จะสั่งให้เอาข้อมูลไชเคิลที่ 2 ส่งไปยัง Internal Data Bus ไปเก็บยัง TMP1 จากนั้นวงจร ALU จะนำเอาข้อมูล TMP1 และ TMP2 มาบวกกันผลที่ได้จาก ALU ไปยัง Internal Data Bus แล้วไปเก็บไว้ที่ Accumulator

คำสั่งประเภท 1,2 และ 3 ไชเคิลที่ใช้เวลาการทำงาน 2 ไชเคิลของเครื่อง เช่นคำสั่ง INC DPTR จะมีการคำสั่งเข้าไป 4 ครั้งทุกๆขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ที่มี 2 ครั้ง ต่อ 1 ไชเคิลของเครื่อง ถ้าเป็นคำสั่งประเภท 1,2 และ 3 ไชเคิล วงจร Timing and Control จะเอาคำสั่งประเภท 1,2 และ 3 ไชเคิลแรกเท่านั้นไปทำงานส่วนคำสั่งที่เหลือทิ้งไป คำสั่ง 1 ไชเคิลที่ใช้เวลาการทำงาน 2 ไชเคิลของเครื่องที่กล่าวมาแล้วจะไม่รวมถึงคำสั่ง MOVX ซึ่งใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ Data Memory ภายนอก การทำงานของคำสั่งนี้จะมีการ fetch คำสั่งเข้าไปแต่จะเป็นช่วงคำสั่ง

นั้นเสร็จสิ้นก่อนจึงจะเริ่มการ Reset ได้ โดย 8051 จะดูสถานะของสัญญาณที่ขา RST ของ S5P2 ใน ไชเคิลของเครื่องสุดท้ายเท่านั้น ดังนั้นใน S5P2 ของไชเคิลเครื่องแรกๆ ในคำสั่งอาจมีสถานะลอจิกที่ขา RST เป็น 1 แต่ที่ S5P2 ของไชเคิลเครื่องสุดท้ายมีสถานะลอจิกที่ขา RST เป็น 0 ก็จะไม่เกิดการ Reset ขึ้นที่เวลา S5P2 เมื่อตรวจสอบสถานะสัญญาณที่ขา RST แล้วพบว่าเป็น 1 จะต้องรอจนถึงเวลา S4P2 ที่ตรวจพบสัญญาณ RST มีลอจิกเป็น 1 จนถึง S4P2 ของ Machine Cycle ถัดไปจะยังคงมีการ Fetch คำสั่งเข้าไปทำงานอีก 2 คำสั่งเมื่อสัญญาณ Reset ภายในเปลี่ยนเป็น 1 ก็เริ่ม Reset โดยการเขียนข้อมูล 0. ไปยัง Special Function Register ทุกตัว ยกเว้นพอร์ท 0 ถึงพอร์ท 3 Stack Pointer และ Register SBUF ดังตารางรูปที่ 2.21 ระหว่างนี้ข้อมูลใน RAM ภายใน 8051 จะไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลในระหว่างการเขียนข้อมูลลงไปยัง SFR จะมีการ Fetch คำสั่งเข้ามาทำงานอีก คำสั่งจนกว่าจะถึง S3P1 ของไชเคิลที่ 2 (นับตั้งแต่ไชเคิลของเครื่องที่ตรวจพบลอจิก 1 ที่ขา RST) ก็จะทำให้สถานะลอจิกที่ขา ALE และ PSEN ค้างอยู่ที่สถานะลอจิก 1 และจะเป็นอย่างนี้ไปจนกว่าสถานะลอจิกที่ขา RST เป็น 0 เวลานั้นนับตั้งแต่พบสัญญาณลอจิก 1 ที่ขา RST ที่เวลา S5P2 จนถึงเวลาที่ ALE และ PSEN ค้างอยู่ที่ 1 จะเท่ากับ 19 ไชเคิลของ Oscillator เมื่อสัญญาณที่ขา RST ถูกเปลี่ยนกลับเป็นลอจิก 0 8051 จะรออีก 1-2 ไชเคิลของเครื่องสัญญาณ ALE และ PSEN จะเริ่มเปลี่ยนแปลงเพื่อเริ่มกระบวนการ Fetch คำสั่งเข้าไปทำงานเริ่มจากคำสั่งในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ตำแหน่ง 0000H

## 2.8 รายละเอียดของคำสั่ง MCS-51

ความหมายของคำย่อ

Rn	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้น
direct	ข้อมูลขนาด 8 บิตที่ใช้กำหนดค่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51
@Ri	รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 หรือ R1 ของกลุ่มรีจิสเตอร์ที่ใช้งานโดยทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ใช้เข้าถึงหน่วย ความจำทางอ้อม
#data	ข้อมูลขนาด 8 บิตที่ระบุรวมในคำสั่ง
#data16	ข้อมูลขนาด 16 บิตที่ระบุรวมในคำสั่ง addr16 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำขนาด 16 บิต ใช้เป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำปลายทางของคำสั่ง LCALL และ LJMP
addr11	ค่าตำแหน่งหน่วยความจำขนาด 11 ใช้เป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำปลายทางของคำสั่ง ACALL และ AJMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rel ข้อมูลขนาด 8 บิตที่ติดเครื่องหมายในรูป 2'S complement มีค่าตั้งแต่ -128 ถึง 127  
ใช้ในคำสั่ง SJMP และคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข  
bit ค่าของตำแหน่งบิตข้อมูลในหน่วยความจำที่เข้าถึงได้ระดับบิต

### คำสั่งของ MCS-51

#### ACALL addr11

ใช้สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยมาทำงาน โดยระบุตำแหน่งของโปรแกรมย่อยในตัวคำสั่งด้วย  
คำสั่งนี้จะทำการเพิ่มรีจิสเตอร์ PC 2 ครั้ง เพื่อชี้ตำแหน่งหน่วยความจำที่เก็บคำสั่งถัดไปจากนั้นจะ  
เก็บค่ารีจิสเตอร์ PC ไว้ในสแตคพร้อมทั้งเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP 2 ครั้ง ดังนั้นตำแหน่งของ โปรแกรม  
ย่อยจะอยู่ภายในขอบเขต 2 กิโลไบต์กับคำสั่งถัดไปของคำสั่ง ACALL

#### \*ADD A, <SRC-byte>

ใช้บวกข้อมูลขนาด 8 บิต ที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ในคำสั่งกับค่าใน รีจิสเตอร์ A ผลลัพธ์ที่  
ได้เก็บในรีจิสเตอร์ A

#### \*ADDC A, <src-byte>

ใช้บวกข้อมูลขนาด 8 บิตที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ของคำสั่งกับข้อมูลในรีจิสเตอร์ A และ  
Carry flag ผลที่ได้เก็บในรีจิสเตอร์ A AJMP ให้เปลี่ยนลำดับการทำงานของโปรแกรมไป ยังตำแหน่ง  
อื่นอย่างไม่มีเงื่อนไข โดยการกำหนดตำแหน่งที่ต้องการย้ายไปทำงานรวมในคำสั่งด้วย

#### \*ANL <dest-byte>

ใช้กระทำคำสั่งทางตรรกศาสตร์ AND ระหว่างข้อมูลที่ระบุ โดยโอเปอเรนด์ในคำสั่ง ผลที่ได้  
เก็บไว้ในตำแหน่งซึ่งกำหนดจากโอเปอเรนด์ตัวแรก (<dest-byte>)

#### ANL c, <src-byte>

ใช้กระทำคำสั่ง AND ระหว่างข้อมูลขนาด 1 บิตที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ของคำสั่งกับ carry flag ผลที่  
ได้เก็บไว้ใน carry flag โดยหากข้อมูลขนาด 1 บิต มีค่าเป็น 0 ภายหลังกระทำคำสั่งนี้ carry flag จะมีค่าเป็น 0  
ด้วย คำสั่งนี้สามารถระบุเครื่องหมาย "/" ไว้หน้าข้อมูลขนาด 1 บิตได้ โดยเป็นการกำหนดให้ MCS-51 เปลี่ยน  
ข้อมูลเป็นตรงกันข้ามก่อนที่จะนำมา AND กับ carry flag

#### CJNE <dest-byt>, <src-byte>, rel

ใช้เปรียบเทียบขนาดของโอเปอเรนด์ทั้ง 2 ที่ระบุในคำสั่ง หากมีค่าไม่เท่ากันคำสั่งนี้จะ  
ทำให้ MCS-51 ย้ายการทำงานไปยังตำแหน่งอื่นตามที่กำหนด ถ้าหากมีค่าเท่ากันจะทำคำสั่งถัดไป

#### CLR A

ใช้ในการเคลียร์ข้อมูลในรีจิสเตอร์ A เป็น 0

#### CLR bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*CPL A*

มีผลทำให้แต่ละบิตในรีจิสเตอร์ A ถูกเปลี่ยนค่าเป็นตรงกันข้าม

*CPL bit*

มีผลทำให้ข้อมูลแต่ละบิตที่กำหนดในคำสั่งถูกเปลี่ยนเป็นตรงกันข้าม

*DA A*

ใช้ปรับค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ภายหลังจากการบวกเลขที่ใช้รหัส BCD โดยจะทำหลังบวกในกรณีที่เป็น BCD เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ได้จากการบวกถูกเปลี่ยน กลับเป็น BCD

*\*DEC byte*

ใช้ลดค่าข้อมูลขนาด 8 บิต ที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ในคำสั่งทีละหนึ่ง

*DIV AB*

ใช้สำหรับการหารข้อมูลขนาด 8 บิต แบบไม่คิดเครื่องหมายในรีจิสเตอร์ A ด้วยค่าในรีจิสเตอร์ B และเก็บผลที่ได้ในรีจิสเตอร์ A และเก็บเศษในรีจิสเตอร์ B carry flag และ overflow flag ถูกเคลียร์

*DJNZ <byte>, <rel-addr>*

ใช้ลดขนาดโอเปอเรนด์ตัวแรกที่กำหนดในคำสั่ง(<byte>) ครั้งละหนึ่ง หากโอเปอเรนด์ที่ถูกลดแล้วยังมีค่าไม่เท่ากับ 0 MCS-51 จะย้ายการทำงานไปยังตำแหน่งอื่นของหน่วยความจำที่กำหนดโดยค่าของ โอเปอเรนด์ตัวที่สอง หากโอเปอเรนด์ตัวแรกมีค่าเป็น 0 MCS-51 จะข้ามไปทำงานต่อ

*\*INC <byte>*

ใช้สำหรับเพิ่มค่าขนาดข้อมูลขนาด 8 บิตที่กำหนดในตัวคำสั่งด้วย 1

*INC DPTR*

ใช้เพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ DPTR ขนาด 16 บิต ด้วย 1

*JB bit,rel*

ใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข โดยตรวจสอบเงื่อนไขจากสถานะของบิตที่กำหนดในตัวคำสั่ง

*JBC bit ,rel*

ใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข โดยตรวจสอบเงื่อนไขจากสถานะของบิตที่กำหนดในตัวคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*JC rel*

หาก carry flag ถูกเซตก่อนกระทำคำสั่ง MCS-51 จะย้ายการทำงานไปยังหน่วยความจำตำแหน่งที่ได้จากค่าของโอเปอเรนด์ตัวที่สองของคำสั่งรวมกับค่าในรีจิสเตอร์ PC ที่ชื่ออยู่ ณ คำสั่งถัดไปแบบไม่คิด เครื่องหมาย มิฉะนั้นให้กระทำคำสั่งถัดไป

*JMP @A+ DPTR*

ใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบไม่มีเงื่อนไข โดยจะรวมค่าของรีจิสเตอร์ A กับค่าในรีจิสเตอร์ DPTR แบบไม่คิดเครื่องหมายจากนั้นนำค่าที่ได้ไปไว้ในรีจิสเตอร์ PC

*JNB bit , rel*

คำสั่งนี้จะตรวจค่าของข้อมูลขนาด 1 บิต หากมีค่าเป็น 0 โปรแกรมจะย้ายการทำงานต่อยังหน่วยความจำตำแหน่งที่กำหนด โดยค่าของโอเปอเรนด์ตัวที่ 2 ด้วยการบวกค่าของโอเปอเรนด์ตัวที่สองเข้ากับค่าของรีจิสเตอร์ PC ที่ถูกเพิ่มค่า 3 ครั้งแล้วแบบคิดเครื่องหมาย

*JNC rel*

ถ้า carry flag มีค่าเป็น 0 โปรแกรมจะย้ายไปทำงานต่อยังหน่วยความจำที่กำหนดโดยค่าของโอเปอเรนด์ด้วยการบวกค่าของโอเปอเรนด์กับค่าใน PC ที่ถูกเพิ่ม 2 ครั้งแบบคิดเครื่องหมาย

*JNZ rel*

ถ้ารีจิสเตอร์ A มีค่าไม่เท่ากับ 0 โปรแกรมจะไปทำงานยังหน่วยความจำที่กำหนดโดยค่าของโอเปอเรนด์ ด้วยการบวกค่าของโอเปอเรนด์กับค่าใน PC ที่ถูกเพิ่ม 2 ครั้งแบบคิดเครื่องหมาย

*JZ rel*

ถ้ารีจิสเตอร์ A มีค่าเท่ากับ 0 โปรแกรม จะไปทำงานยังหน่วยความจำที่กำหนดโดยค่าของโอเปอเรนด์ ด้วยการบวกค่าของโอเปอเรนด์กับค่าใน PC ที่ถูกเพิ่ม 2 ครั้งแบบคิดเครื่องหมาย

*LCALL addr16*

ใช้สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยมาทำงาน โดยระบุตำแหน่งของโปรแกรมย่อยในตัวคำสั่งด้วย คำสั่งนี้จะทำการเพิ่มรีจิสเตอร์ PC 3 ครั้ง เพื่อชี้ตำแหน่งหน่วยความจำที่เก็บคำสั่งถัดไป จากนั้นจะเก็บค่ารีจิสเตอร์ PC ไว้ในสแต็กพร้อมทั้งเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP 2 ครั้ง ดังนั้นตำแหน่งของ โปรแกรมย่อย จะอยู่ภายในขอบเขต 2 กิโลไบต์กับคำสั่งถัดไปของคำสั่ง ACALL

*LJMP addr16*

เอกสารนี้เป็นใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบไม่มีเงื่อนไขซึ่งจะบังคับให้โปรแกรมย้ายการทำงานไปยังตำแหน่งที่กำหนดโดยการแทนค่าในรีจิสเตอร์ PC ด้วยค่าของโอเปอเรนด์ขนาด 16 บิต

*MOV <Dest byte>, < src byte >*

ใช้เคลื่อนย้ายข้อมูลจากที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ตัวที่ 2 <src byte> ไปไว้ยังที่กำหนดด้วยโอเปอเรนด์ตัวแรก <dest byte>

*MOV <dest bit>, < src bit>*

ใช้เคลื่อนย้ายข้อมูลขนาด 1 บิต จากที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ตัวที่ 2<src bit>ไปไว้ยังที่กำหนดด้วย โอเปอเรนด์ตัวแรก <dest bit > โอเปอเรนด์ตัวหนึ่งต้องเป็น carry flag เสมอ

*MOV DPTR , #data16*

ใช้เปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์ DPH และ DPL ด้วยค่าที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ของคำสั่ง โดยรีจิสเตอร์ DPH ถูกแทนที่ด้วยไบนารีที่ 2 ของคำสั่ง ส่วนรีจิสเตอร์ DPL ถูกแทนที่ด้วยไบนารีที่ 3 ของคำสั่ง

*MOVC A,@A+ <base reg>*

ใช้สำหรับการนำค่าคงที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมมาที่รีจิสเตอร์ A ค่าคงที่ที่เกิดจากการบวกค่าในรีจิสเตอร์ A กับค่าที่มีขนาด 16 บิตแบบไม่คิดเครื่องหมาย ในกรณีที่ใช้ค่าใน PC ค่าของ PC จะถูกเพิ่ม 2 ครั้งเพื่อชี้ไปที่คำสั่งถัดไปก่อนจะรวมกับค่าในรีจิสเตอร์ A

*MOVX <dest byte>, < src byte>*

ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายนอกชิปกับรีจิสเตอร์ A สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- ใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป ดังนั้นขนาดของ address มีขนาด 8 บิต เก็บข้อมูลได้ 256 ไบต์
- ใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป ในกรณีนี้ PORT 0 จะส่งค่าของรีจิสเตอร์ DPL ส่วน PORT 2 จะส่งค่าของรีจิสเตอร์ DPH สามารถเก็บข้อมูลได้ 64 Kbyte

*MUL AB*

ใช้สำหรับคูณค่าในรีจิสเตอร์ A และ B ผลลัพธ์ที่ได้บิตแรกเก็บรีจิสเตอร์ A บิตหลังเก็บรีจิสเตอร์ B

*NOP*

เป็นการปล่อยให้ค่า PC เพิ่มขึ้นเพื่อชี้ตำแหน่งคำสั่งถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ORL <dest byte> ,<src byte>*

ใช้กระทำคำสั่ง OR ทางตรรกศาสตร์ระหว่างข้อมูลที่กำหนด โดยโอเปอเรนด์ผลที่ได้เก็บไว้ที่โอเปอเรนด์ตัวแรก

*ORL <src bit>*

ใช้กระทำคำสั่ง OR ทางตรรกศาสตร์ระหว่างข้อมูลขนาด 1 บิต กับ carry flag ผลที่ได้เก็บไว้ใน carry flag โดยหากข้อีค่าเป็น 1 carry flag เป็น 1 หน่วย หากมีค่าเป็น 0 carry flag มีค่าคงเดิม คำสั่งนี้สามารถใส่เครื่องหมาย “/” ไว้หน้าข้อมูลขนาด 1 บิต โดยเป็นการกำหนดให้เปลี่ยนเฉพาะข้อมูลขนาด 1 บิตเป็นตรงกันข้าม

*POP direct*

คำสั่งนี้ให้นำข้อมูลที่ เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปใน MCS-51 ตำแหน่งที่ถูกชี้โดยรีจิสเตอร์ SP มาไว้ที่ตำแหน่งที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ของคำสั่ง โดยก่อนย้ายข้อมูล จะลดค่ารีจิสเตอร์ SP ลงหนึ่งค่าก่อน

*PUSH direct*

คำสั่งนี้จะทำการเพิ่มค่าของรีจิสเตอร์ SP อีกหนึ่งจากนั้นจะนำข้อมูลที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ของคำสั่งไปไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ณ ตำแหน่งที่ตรงกับรีจิสเตอร์ SP

*RET*

คำสั่งนี้จะทำให้ MCS-51 กระทำคำสั่ง POP 2 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 มาไว้ในรีจิสเตอร์ PC โดยครั้งแรกจะนำข้อมูลมาไว้ใน PC ไบต์ต่ำก่อนจากนั้นลดค่า SP 2 ครั้ง และโปรแกรมจะทำงานต่อ ณ ตำแหน่งที่กำหนดจากรีจิสเตอร์ PC ซึ่งถูกเปลี่ยนค่าแล้ว

*RETI*

จะทำให้ MCS-51 กระทำคำสั่ง POP 2 ครั้งเพื่อนำข้อมูลที่เก็บไว้ใน MCS-51 ณ ตำแหน่งที่กำหนดโดย SP มาไว้ใน PC ไบต์ต่ำ จากนั้นลดค่า SP ลงอีกหนึ่งแล้วนำข้อมูลมาที่ PC ไบต์สูง MCS-51 กลับไปทำงานต่อที่หน่วยความจำซึ่งกำหนดจาก PC ที่ได้จากสแตค ซึ่งเป็นคำสั่งที่ต้องทำงานก่อนได้รับสัญญาณ Interrupt

*RL A*

ใช้เลื่อนข้อมูลแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ A ไปทางซ้ายโดยบิต 7 จะถูกไปเลื่อนไว้ในบิต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*RLC A*

ใช้เลื่อนข้อมูลแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ A รวมทั้ง carry flag ไปทางซ้ายโดยบิต 7 ถูกเลื่อนไว้ใน carry flag และ carry flag จะถูกไปเลื่อนไว้ในบิต 0

*RR A*

ใช้เลื่อนข้อมูลแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ A ไปทางขวาโดยบิต 0 จะถูกไปเลื่อนไว้ในบิต 7

*RRC A*

ใช้เลื่อนข้อมูลแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ A รวมทั้ง carry flag ไปทางขวาโดยบิต 0 ถูกเลื่อนไว้ใน carry flag และ carry flag จะถูกไปเลื่อนไว้ในบิต 7

*SETB <bit>*

ใช้เซตบิตข้อมูลที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ของคำสั่งให้เป็น 1

*SJMP rel*

ใช้ควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรมแบบไม่มีเงื่อนไข โดยจะบังคับให้ MCS-51 ย้ายการทำงานไปยังตำแหน่งที่กำหนดจากโอเปอเรนด์ของคำสั่ง ตำแหน่งที่ MCS-51 จะย้ายไปทำงานต่อจะได้จากการบวกค่า PC ที่ถูกเพิ่มค่า 2 ครั้ง ด้วยโอเปอเรนด์ของคำสั่งแบบคิดเครื่องหมาย

*SUBB A, <src byte>*

ใช้ลบข้อมูลที่กำหนดโดยโอเปอเรนด์ของคำสั่งออกจากรีจิสเตอร์ A โดยลบ carry flag ออกด้วย เพื่อใช้ในการลบเลขที่มีขนาดมากกว่า 1 ไบต์) และเก็บค่าที่ได้ไว้ในรีจิสเตอร์ A

*XCH A, <byte>*

ใช้สำหรับสลับที่ข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ A กับข้อมูลที่กำหนดในโอเปอเรนด์ของคำสั่ง

*XCHD A, @Ri*

ใช้สำหรับสลับที่ข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ A กับข้อมูลในหน่วยความจำภายใน MCS-51 ที่ถูกกำหนดตำแหน่งจากรีจิสเตอร์ R0 หรือ R1 เฉพาะ 4 บิตล่าง โดยข้อมูล 4 บิตของรีจิสเตอร์ A และหน่วยความจำไม่เปลี่ยนแปลง

XRL <dest-byte> , <src-byte>

ใช้กระทำคำสั่ง Exclusive-OR ในทางตรรกศาสตร์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้ในโอเปอเรนด์ของคำสั่ง

\*หมายเหตุ

โอเปอเรนด์คำสั่งนี้ <src-byte> ใช้ข้อมูลแตกต่างกัน 4 ประเภท

- ข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7
- ข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลตำแหน่งที่กำหนดโดยตรง
- ข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลตำแหน่งที่กำหนดโดยรีจิสเตอร์ R0 หรือ R1
- ข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง

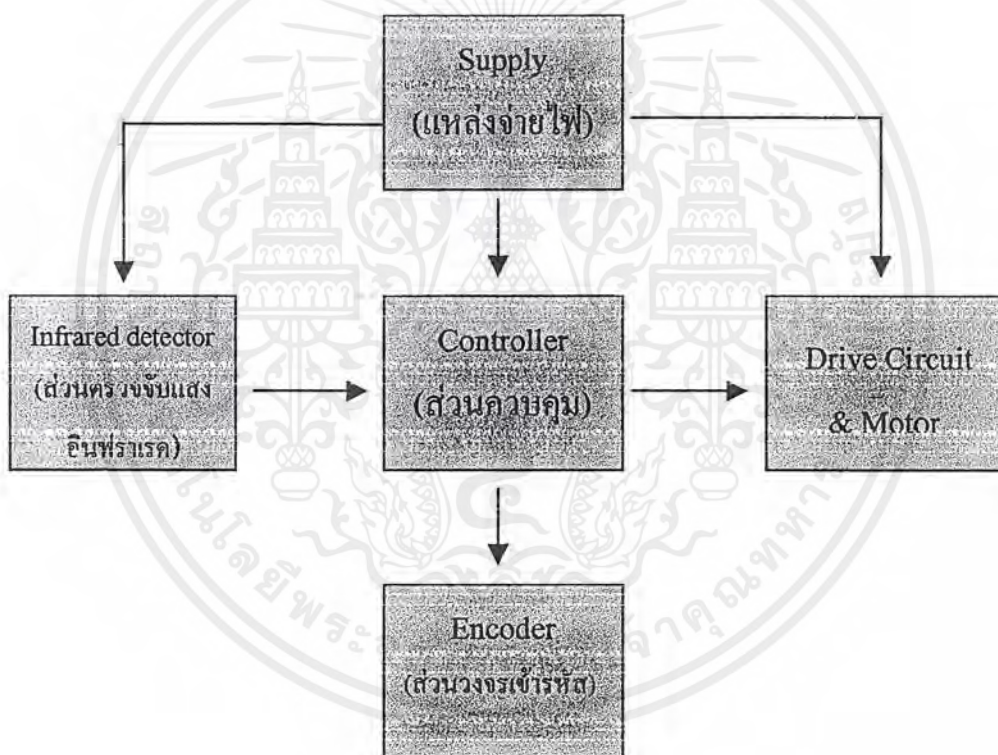


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## โครงสร้างและหลักการ

โครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ขับเคลื่อนที่สำคัญประกอบด้วย ส่วนตรวจจับแสงอินฟราเรด ส่วนกำลังของสเต็ปมอเตอร์ซึ่งมีวงจรกระแสให้พอเพียงกับขนาดของมอเตอร์ ส่วนควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งเป็น Microcontroller และแหล่งจ่ายไฟ ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ทุกตัว จาก Block-Diagram ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 Block Diagram Of Robot

#### การทำงานเบื้องต้น

#### การออกแบบวงจรภาคส่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

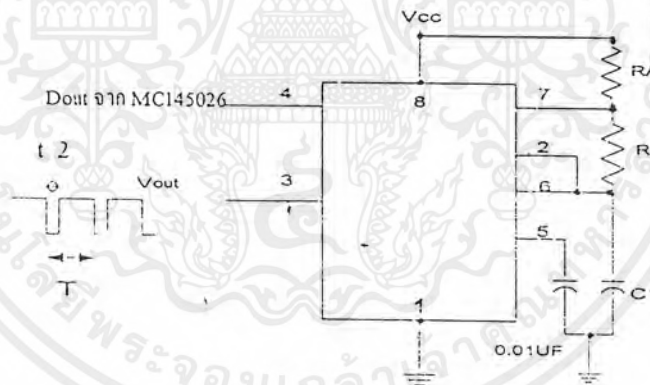
### 3.1 ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่งอินฟราเรด

จากบล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่งอินฟราเรด ส่วนของวงจรสร้างคลื่นพาหะและมอดดูเลต ได้นำ LM555 มาประยุกต์ใช้ และส่วนของวงจรส่งอินฟราเรดใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ซึ่งมีหลัก การออกแบบดังนี้

- 1) วงจรสร้างความถี่คลื่นพาหะ 1 kHz โดยใช้ไอซี 555 มาประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติ ไวเบเรเตอร์สามารถคำนวณหาค่า  $R_A$  และ  $R_B$  ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 แสดงการต่อใช้งานไอซี 555

จาก data sheet ของไอซี 555

$$t_2/T = \text{duty cycle} = \text{ช่วงเวลาขณะ off} / \text{คาบเวลา}$$

$$t_2 = 0.693R_B C$$

$$t_1 = 0.693(R_A + R_B)C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้ duty cycle = 7.0 เปอร์เซ็นต์และ  $f = 1 \text{ kHz}$  จะได้  $R_A = 1 \text{ k}\Omega$  และ  $R_B = 13 \text{ k}\Omega$

- 2) BD139 เป็น npn transistor จะทำหน้าที่ในการช่วยขับกระแสให้กับ infrared diode โดยเราจะเลือกความต้านทาน  $15 \Omega$  ขับกระแสเบสของ BD139
- 3) ความต้านทานที่ต่ออยู่กับขาอิมิตเตอร์ของ BD139 จะช่วยจำกัดกระแสให้กับ infrared diode สำหรับโครงการนี้เลือกใช้  $2 \Omega$  จะทำให้ได้กระแส  $300 \text{ mA}$

### การทำงานของวงจรภาคส่ง

เมื่อแหล่งจ่ายกำลังงานคือแบตเตอรี่ จ่ายกำลังงานให้กับ LM555 ซึ่งถือเป็นวงจระอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตของไอซี 555 จะมีลักษณะ on เท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปขับ LED ที่ต่อขนานกัน 2 ชุดเพื่อให้ LED ส่งสัญญาณออกไป

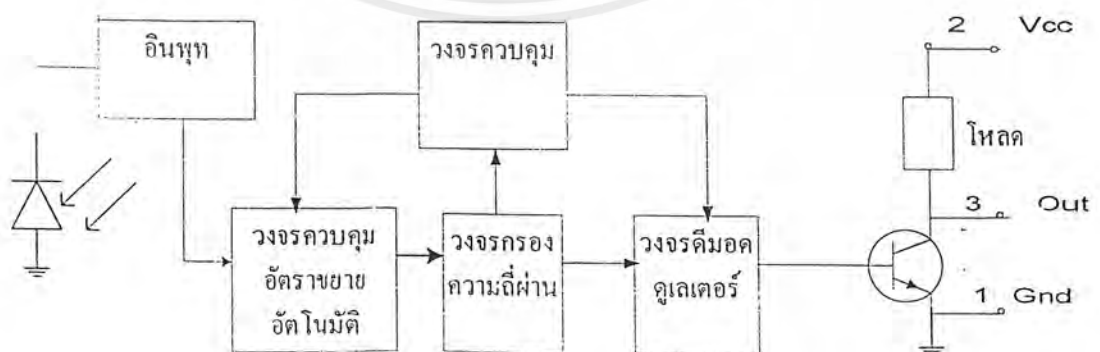
### 3.2 ส่วนของวงจรภาครับอินฟราเรด



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาครับอินฟราเรด

#### 3.2.1 การออกแบบวงจรภาครับอินฟราเรด

โมดูลรับอินฟราเรดเป็นการนำ TSOP4838 มาใช้ซึ่งภายในมีองค์ประกอบดังนี้



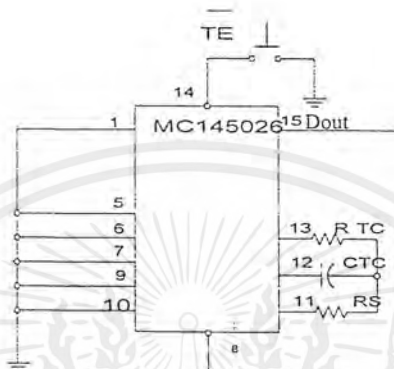
รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของโมดูลรับอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบส่วนวงจรเข้ารหัส

MC145026 ทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสโดยกำหนดความถี่ออสซิลเลเตอร์ไว้ที่ 500 Hz ซึ่งสามารถคำนวณค่า  $R_{TC}$  ,  $C_{TC}$  ได้ดังนี้

จาก data sheet ของ MC145026



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อใช้งาน MC145026

$$F_{osc} = 1/(2.3 * R_{TC} * C_{TC}) \quad \text{Hz}$$

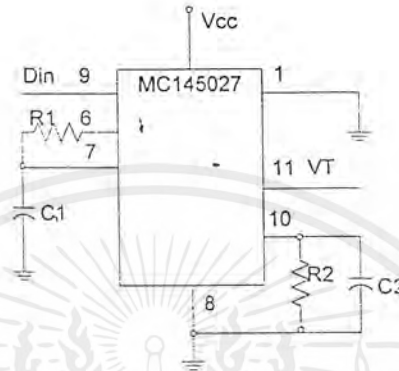
ได้  $R_{TC} * C_{TC} = 0.00087$  จึงเลือกใช้  $R_{TC} = 10 \text{ k}\Omega$   $C_{TC} = 100 \text{ nF}$

#### การทำงานของวงจรเข้ารหัส

เมื่อตัวรถเข้าไปถึงที่ฐานแล้วลิวิตสวิทช์ถูกกด จะทำให้สัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต 1.6จะมีค่าเป็น 0 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับสัญญาณที่พอร์ต 1.6 ได้เป็น 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สัญญาณที่พอร์ต 2.0 ซึ่งต่ออยู่กับขา TE ของ MC145026 มีค่าเป็น 0 จึงทำให้ MC145026 ทำการเข้ารหัสจากข้อมูลที่เรารับไว้ที่ขา D6 – D9 ของรถแต่ละคันโดยสัญญาณของข้อมูลที่ส่งออกมาจาก MC145026 จะมีความถี่ขึ้นอยู่กับค่า  $R_{TC}$  ,  $C_{TC}$  และ  $R_S$  ที่ต่ออยู่ที่ขา 11, 12 และ 13 ตามลำดับซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดความถี่ให้แก่วงจรภายใน MC145026 ซึ่งมีสมการคำนวณค่าของอุปกรณ์เหล่านี้ตามที่กล่าวไว้ในทฤษฎี MC145026 สัญญาณของข้อมูลที่ส่งออกมาจะไปเข้าขา 4 ของไอซี 555 ซึ่งต่อเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยวงจรออสซิลเลเตอร์จะทำงานเมื่อมีพัลส์ของสัญญาณข้อมูลจาก MC145026 เท่านั้นสัญญาณเอาต์พุตของไอซี 555 จะไปขับหลอด Infrared เพื่อให้หลอด Infrared ส่งข้อมูลออกไป

### 3.4 การออกแบบวงจรส่วนถอดรหัส

ในโครงงานนี้จะนำไอซี MC145027 ซึ่งเป็นตัวถอดรหัสมาใช้งาน จาก data sheet ของ MC145027



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อใช้งาน MC145027

$$R_2 * C_2 = 77 R_{TC} * C_{TC}$$

$$R_1 * C_1 = 3.95 R_{TC} * C_{TC}$$

และ  $R_{TC} * C_{TC} = 0.00087$

จึงเลือกใช้

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad \text{และ} \quad C_1 = 320 \text{ nF}$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega \quad \text{และ} \quad C_2 = 690 \text{ nF}$$

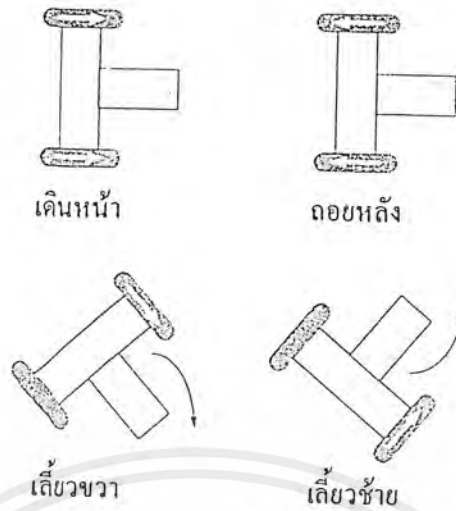
#### การทำงานของส่วนวงจรถอดรหัส

เมื่อรหัสข้อมูลที่เข้ามาที่ขา Data in ของ MC145027 มี address ตรงกับตัวเข้ารหัสที่ตั้งไว้ขา VT ของ MC145027 จะมีสถานะสูง ข้อมูลที่ขา D6 – D9 ของส่วนถอดรหัสจะตรงกับข้อมูลที่ขา D6 – D9 ของส่วนเข้ารหัส รหัสที่ได้จะเป็นอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรหัสจากส่วนถอดรหัส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปแสดงผลที่ 7 – SEGMENT

### 3.5 การทำงานส่วนมอเตอร์

มอเตอร์ขับเคลื่อนจัดได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์ จะต้องพิจารณาจุดติดตั้งรวมทั้งต้องคำนึงถึงน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ด้วย การออกแบบโดยทั่วไปใช้มอเตอร์ 2 ตัวในการขับเคลื่อนโดยอาศัยการหมุนของล้อ ดังแสดงดังรูป 3.10

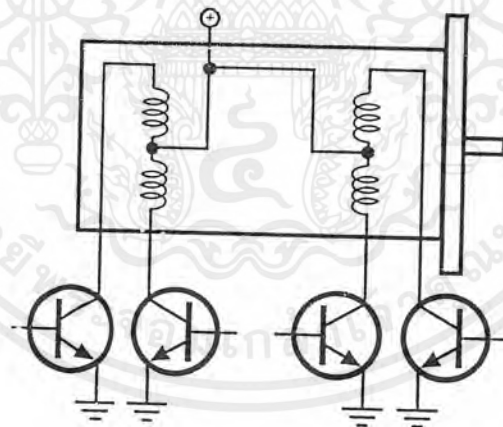
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.8 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การเลียขวาหรือขวาทำได้โดยการหยุดล้อตัวหนึ่งเพื่อเป็นจุดหมุนทำให้หุ่นยนต์เลียขวาทางด้านเดียวกับล้อที่หยุด การติดตั้งล้อต้องคำนึงถึงความสมดุลย์ของตัวหุ่นยนต์ และน้ำหนักที่ต้องรับด้วย

3.6 Drive circuit & Motor



รูป 3.9 แสดงการขับสเตปป์มอเตอร์

จากรูปจะเห็นว่าใช้ทรานซิสเตอร์ขับลวดมอเตอร์ในลักษณะ 1 ขด ต่อทรานซิสเตอร์ 1 ตัว การทำงาน เมื่อมีลอจิก 1 จากส่วนควบคุมมาป้อนให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นการไม่อัลส ทำให้ทรานซิสเตอร์ ON ทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดได้ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ มอเตอร์จึงสามารถหมุนได้ การหมุนของมอเตอร์จะช้าหรือเร็วขึ้นกับความถี่ของการป้อนลอจิก 1 ให้กับตัวทรานซิสเตอร์ครั้งละ 1

ครั้งจากส่วนควบคุมให้แต่ละเฟสทำงาน การกระตุ้นเพื่อควบคุมการหมุนของสเตปป์มอเตอร์แบ่งเป็น 3 แบบคือ แบบแรก เป็นแบบ full step เป็นการกระตุ้นที่ละเฟสของมอเตอร์ แบบที่ 2 เป็นแบบ 2 เฟส เป็นการกระตุ้นที่ละ 2 เฟส ได้แรงบิดมากกว่าแบบแรก แต่ใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น แบบที่ 3 เป็นแบบครึ่งสเตปเป็นแบบที่ผลระหว่างแบบแรกกับแบบที่ 2 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก

### 3.7 Controller

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Mcs-51 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยมีสายอินพุตและเอาต์พุต บัฟเฟอร์อินเตอร์เฟสและสายควบคุมอื่นๆ ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับแอดเดรส และยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลแถมท้ายด้วยวงจรถ่วงเวลากับวงจรมับด้วย

โครงสร้างภายในของ MCS-51

- ขาที่ 1-8 (P1.0-P1.7) ทำหน้าที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตของ พอร์ท 1
- ขาที่ 9 (RST) ทำหน้าที่รับสัญญาณรีเซ็ตจากภายนอก เพื่อให้ MCS-51 เริ่มทำงานใหม่ทั้งหมด
- ขาที่ 10-17 (P3.0-P3.7) ทำหน้าที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตของ พอร์ท 3
- ขาที่ 18-19 (XTAL1/XTAL2) เป็นขาสำหรับรับสัญญาณจากคริสตอลเพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCS-51
- ขาที่ 20 (GND) ใช้ต่อ 0 โวลต์ของระบบ
- ขาที่ 21-28 (P2.0-P2.7) ทำหน้าที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตของ พอร์ท 2
- ขาที่ 29 (PSEN) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ เพื่อสั่งให้หน่วยความจำภายนอกชิพซึ่งเก็บชุดคำสั่งไว้ทำงาน
- ขาที่ 30 (ALE) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมการแลทซ์ส่งบัสแอดเดรสไปตั่วจากพอร์ท 0 ในการติดต่อกับส่วนที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งภายนอก
- ขาที่ 31 (EA) ผู้ใช้สามารถเลือกให้ MCS-51 ทำงานชุดคำสั่งภายในหรือนอกได้ ถ้าขาที่ต่อ 5 โวลต์ MCS-51 จะทำงานจากโปรแกรมภายใน ถ้าต่อ 0 โวลต์ MCS-51 จะทำงานจากโปรแกรมภายนอก
- ขาที่ 32-39 (P0.0-P0.7) ทำหน้าที่เป็นอินพุต/เอาต์พุตของ พอร์ท 0
- ขาที่ 40 (Vcc) ต่อไฟ 5 โวลต์เพื่อจ่ายพลังงาน MCS-51

การจัดการหน่วยความจำของ MCS-51 ให้ดูทฤษฎีบทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 Supply

เป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ



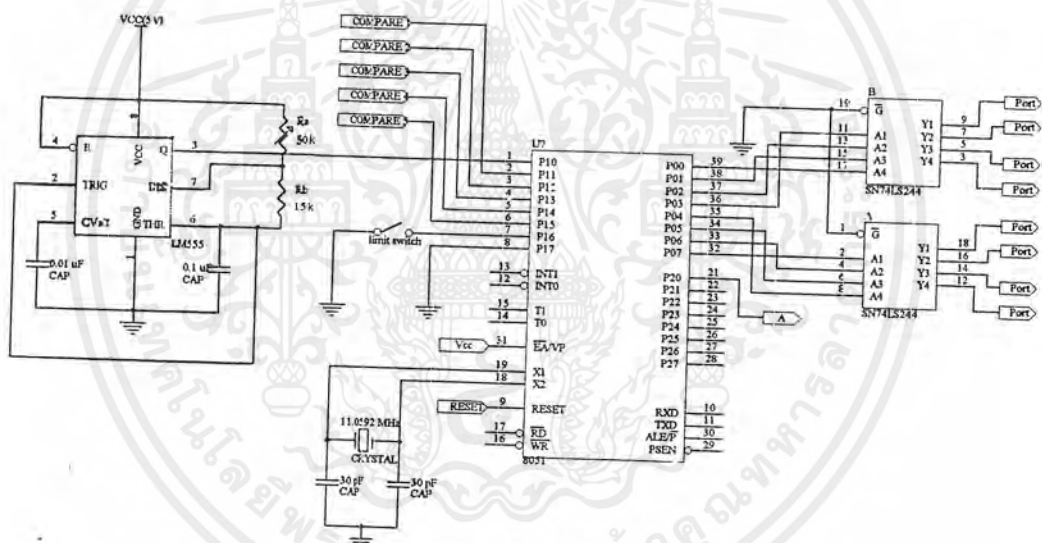
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

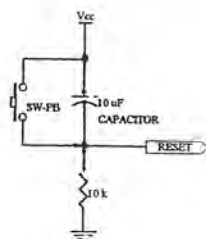
### การสร้างและการออกแบบ

การสร้างรถประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วน Hardware และ ส่วน Software ส่วนของ Hardware จะประกอบด้วย โครงรถ และส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีโครงสร้างของวงจรมีบอกในบทที่ 3 ซึ่งการสร้างนี้ต้องคำนึงถึง ความสมดุลย์และน้ำหนักที่พอเหมาะกับความขนาดของมอเตอร์ที่ส่งกำลังขับเคลื่อน

โครงการนี้เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาควบคุมการทำงานของสเตปปีงมอเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89S8252 วงจรส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 และ 4.1.1



4.1 แสดงวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.1.1 แสดงวงจรรีเซ็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

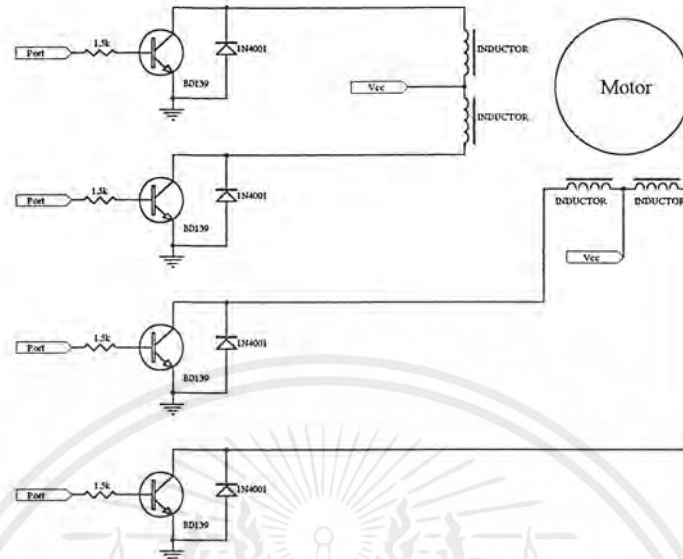
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทำงานของวงจรถ่วงไมโครคอนโทรลเลอร์

- ส่วนของอินพุตจะอยู่ที่พอร์ต 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีวงจรถ่วงเบิลมีลดีไวเวอร์เตอร์ต่ออยู่ที่ขา 1 ซึ่งเป็นตัวกำหนดความเร็วของสเตปมอเตอร์ โดยการปรับค่าความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร ที่ขา 2-6 จะเป็นสัญญาณที่มาจากวงจรถ่วงเทียบแรงดันของ sensor จุดต่าง ๆ
- อินพุตอีกส่วนคือ ส่วนของวงจรถ่วงกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะมีคริสตอล ความถี่ 11.0592 Mhz ต่ออยู่ระหว่างขา 18 และ 19 ของไมโครคอนโทรลเลอร์และจะมีตัวเก็บประจุ 30 pF 2 ตัว ต่อจากขาคริสตอลลงกราวด์
- การจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ถูกต้อง ไม่เกิดความผิดพลาด หรือเมื่อผิดพลาดก็สามารถเริ่มต้นทำงานได้ใหม่ เราจำเป็นต้องคำนึงถึงขั้นตอนการรีเซ็ตตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยวงจรรีเซ็ต แสดงดังรูปที่ 4.1.1 จากวงจรถ่วงจะเห็นว่าเป็นการต่อวงจร R และ C ในการรีเซ็ต การต่อวงจรถ่วงรูปที่สภาวะปรกติยังไม่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบ C จะถูก discharge ประจุออกจนหมด จากนั้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบจะทำให้มีกระแสไหลผ่าน C ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ขณะที่มีการไหลผ่าน C ก็จะมีการไหลผ่าน R ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R ขึ้นเป็นผลให้สภาวะที่ขารีเซ็ต เป็น high เมื่อ C ถูก charge ประจุเต็มที่แล้วแรงดันตกคร่อม R จะมีค่าเป็น 0 ทำให้ขารีเซ็ตเปลี่ยนสภาวะจาก high เป็น low เราจึงต่อ switch ขนานกับ C เพื่อทำการรีเซ็ตครั้งต่อไป
- ส่วนของเอาต์พุตถูกกำหนดโดย พอร์ต 0 พัลส์ที่ออกจากขานี้จะถูกกำหนดโดยลำดับการทำงานของโปรแกรม

#### 4.2 Drive Circuit

##### วงจรถ่วงรูปที่ 4.2

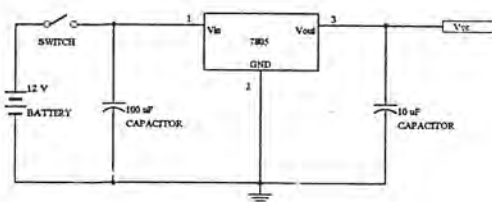


รูปที่ 4.2 วงจรขับมอเตอร์

จากรูปเป็นการนำทรานซิสเตอร์ BD139 มาเพื่อช่วยขับกระแสให้กับมอเตอร์โดยที่เมื่อมีลอจิก 1 เข้ามาจะเป็นการไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ ON ทำให้ขดลวดมีกระแสไหลผ่านเกิดการเหนี่ยวนำได้ โรเตอร์เคลื่อนไปยังอีกที่หนึ่งได้ มอเตอร์สามารถหมุนได้โดยการป้อนลำดับลอจิกต่อเนื่องกันไปโดยขึ้นกับความถี่ของการป้อนพัลส์การป้อนลอจิก 1 ให้กับตัวทรานซิสเตอร์ครั้งละ 1 ครั้งจากส่วนควบคุมให้แต่ละเฟสทำงาน ถ้าต้องการให้หยุดย่นต์เดียวให้ป้อนลอจิก 0 ที่มอเตอร์หัวใดตัวหนึ่ง และถ้าต้องการให้ล้อนหมุนกลับทิศทาง ให้ป้อนลอจิก 1 กลับลำดับการป้อน เช่น เป็นสเตปปีงมอเตอร์แบบ 4 เฟส ตอนแรก ป้อนลอจิก 1 ให้ทรานซิสเตอร์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ถ้าให้หมุนกลับทิศ ต้องลอจิก 1 ให้กับทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4,3,2 และ 1

#### 4.3 Power Supply

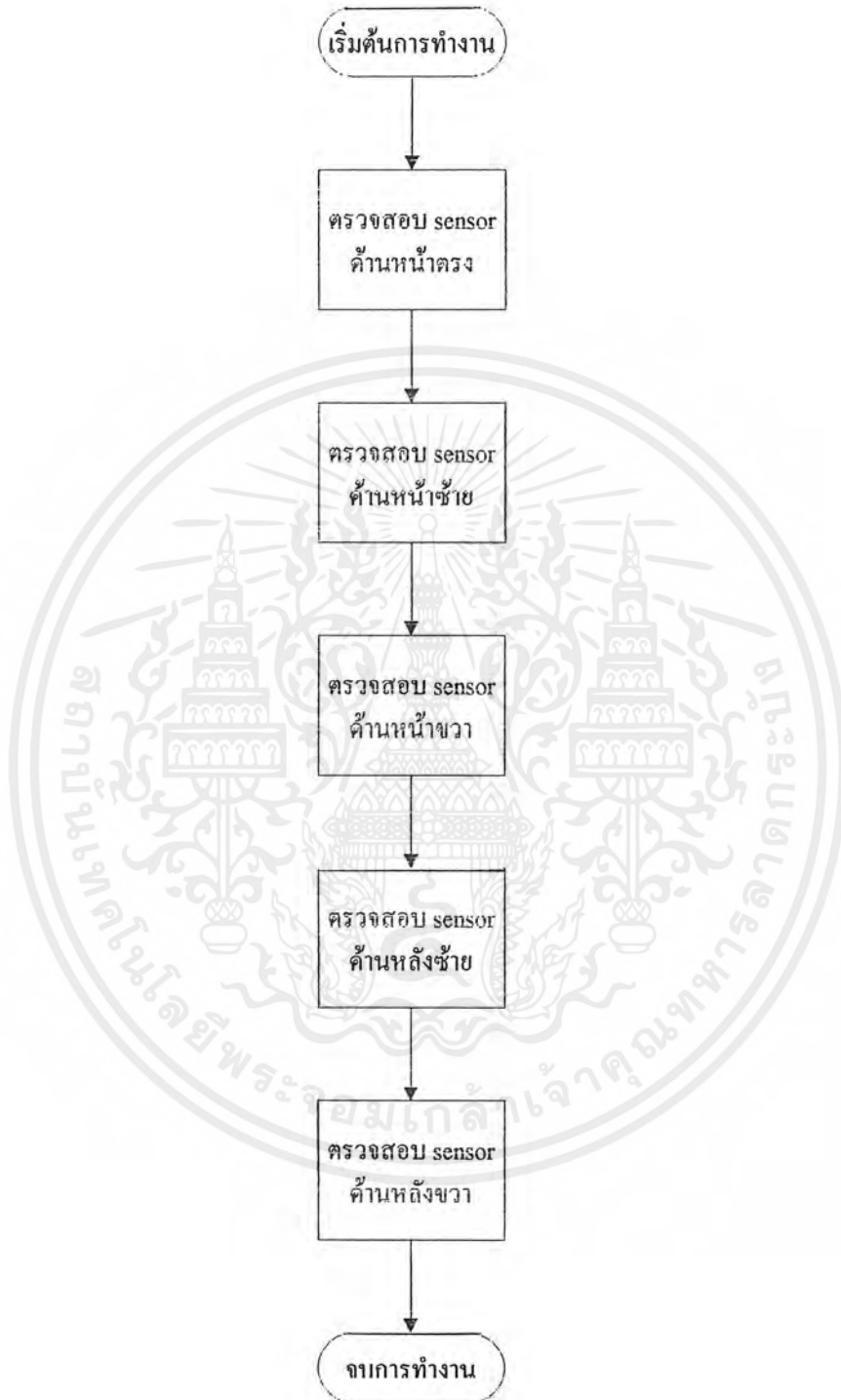
ใช้แบตเตอรี่ 12V ป้อนให้กับ IC 7805 โดยมีตัวชั่งต่อระหว่าง Battery กับ IC ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ภาคจ่ายไฟของวงจร

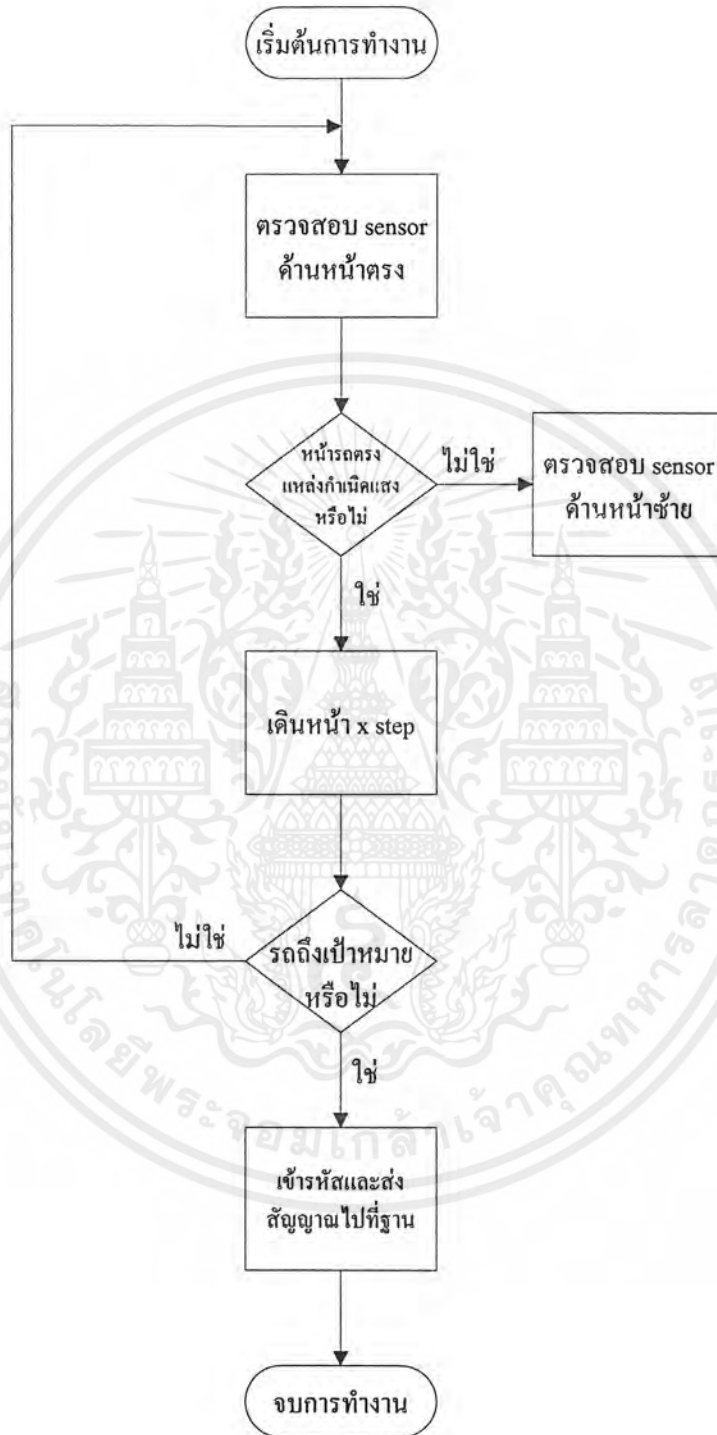
#### 4.4 FLOW CHART ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



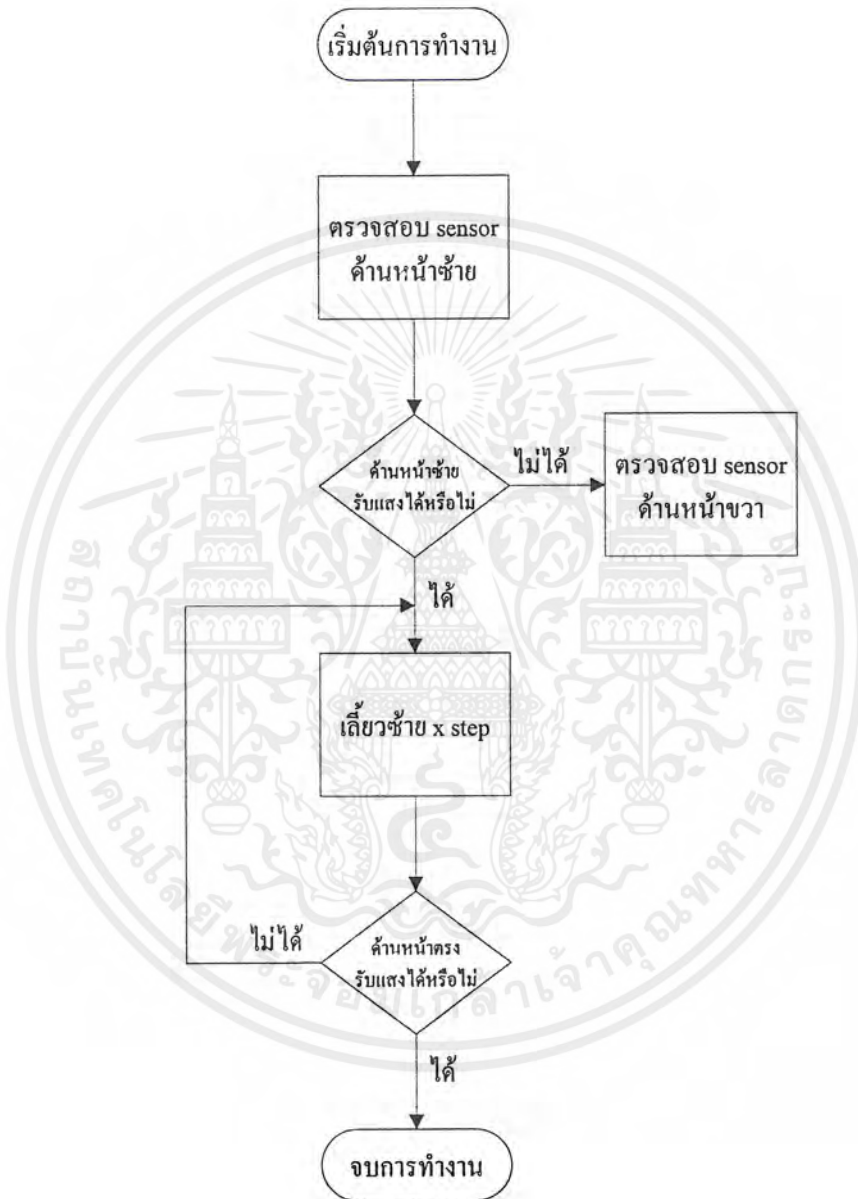
รูปที่ 4.4 แสดง FLOW CHART โปรแกรมหลักของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



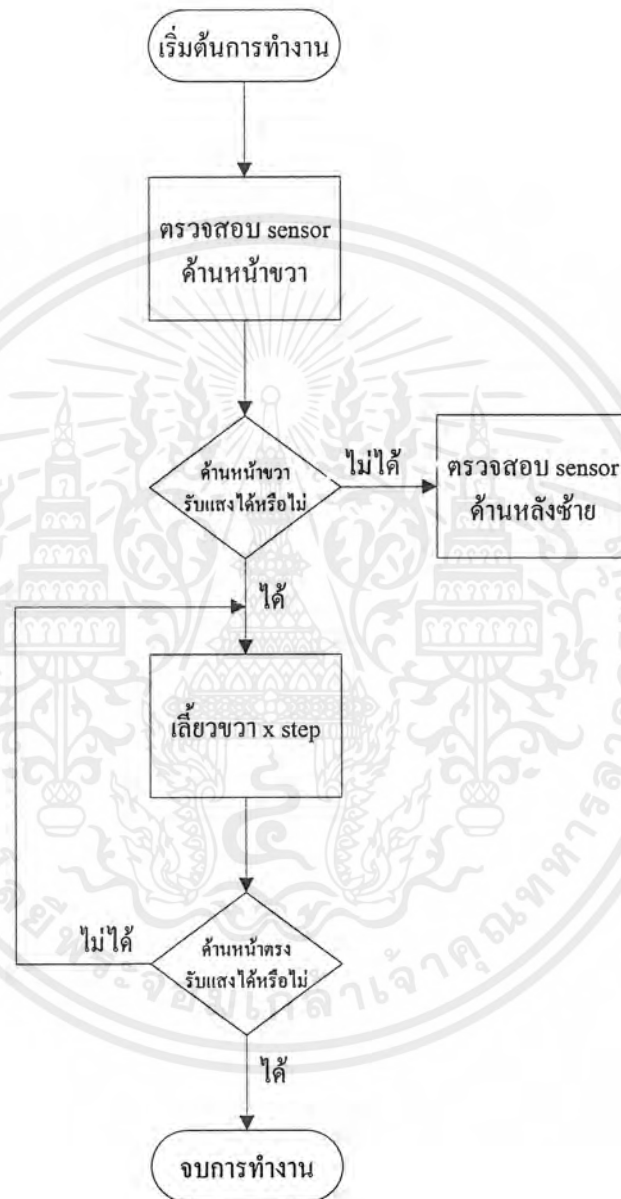
รูปที่ 4.5 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมตรวจจับแสงด้านหน้าตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



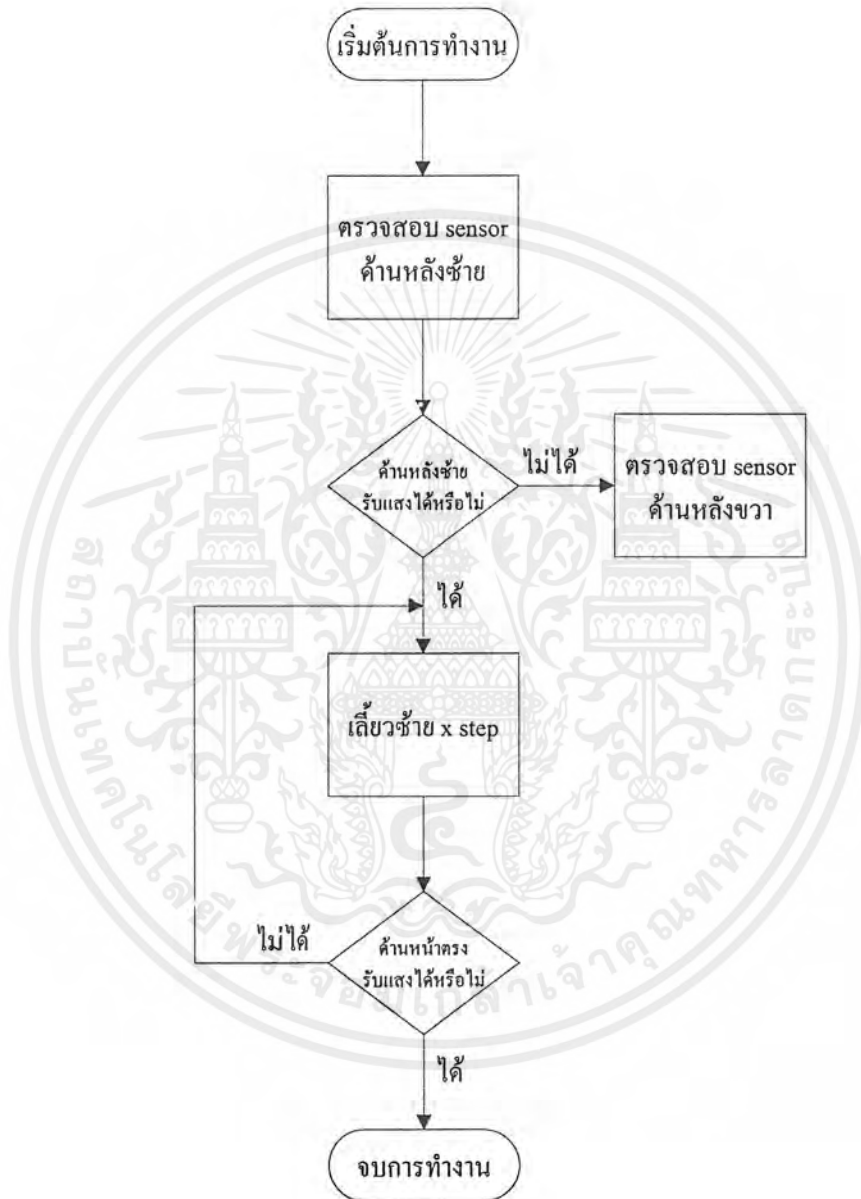
รูปที่ 4.6 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมตรวจจับแสงด้านหน้าซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



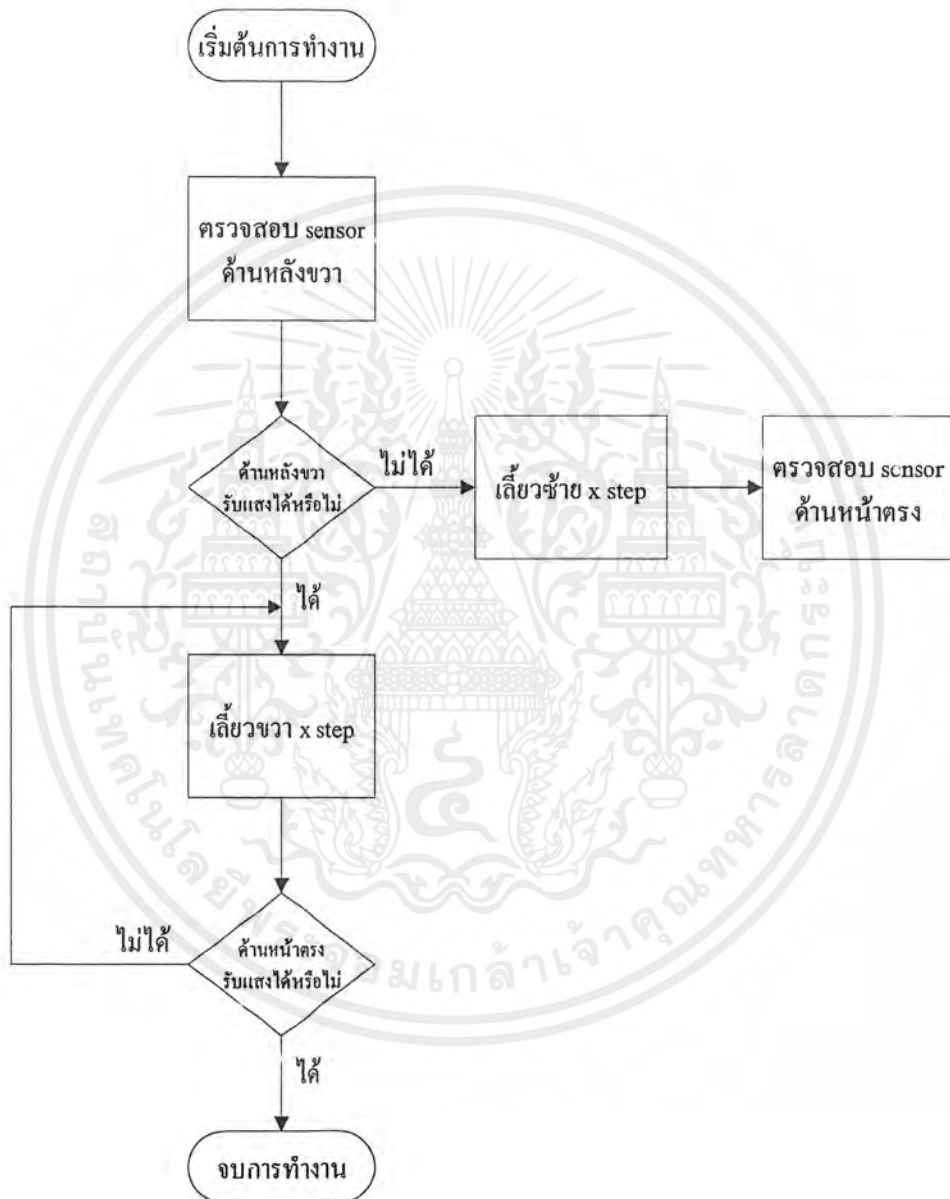
รูปที่ 4.7 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมตรวจจับแสงด้านหน้าขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



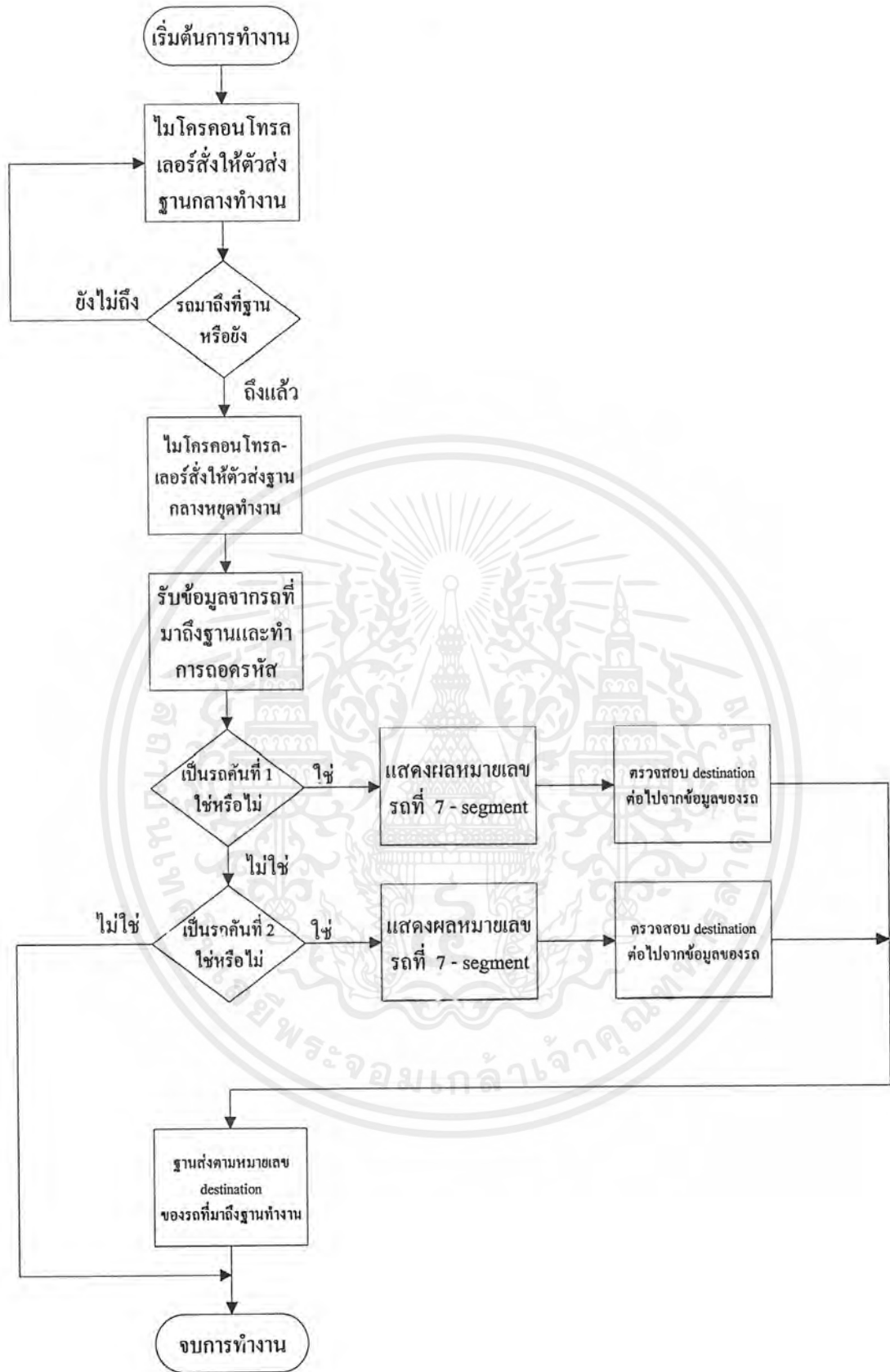
รูปที่ 4.8 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมตรวจจับแสงค้านหลังซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมตรวจจับแสงด้านหลังขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



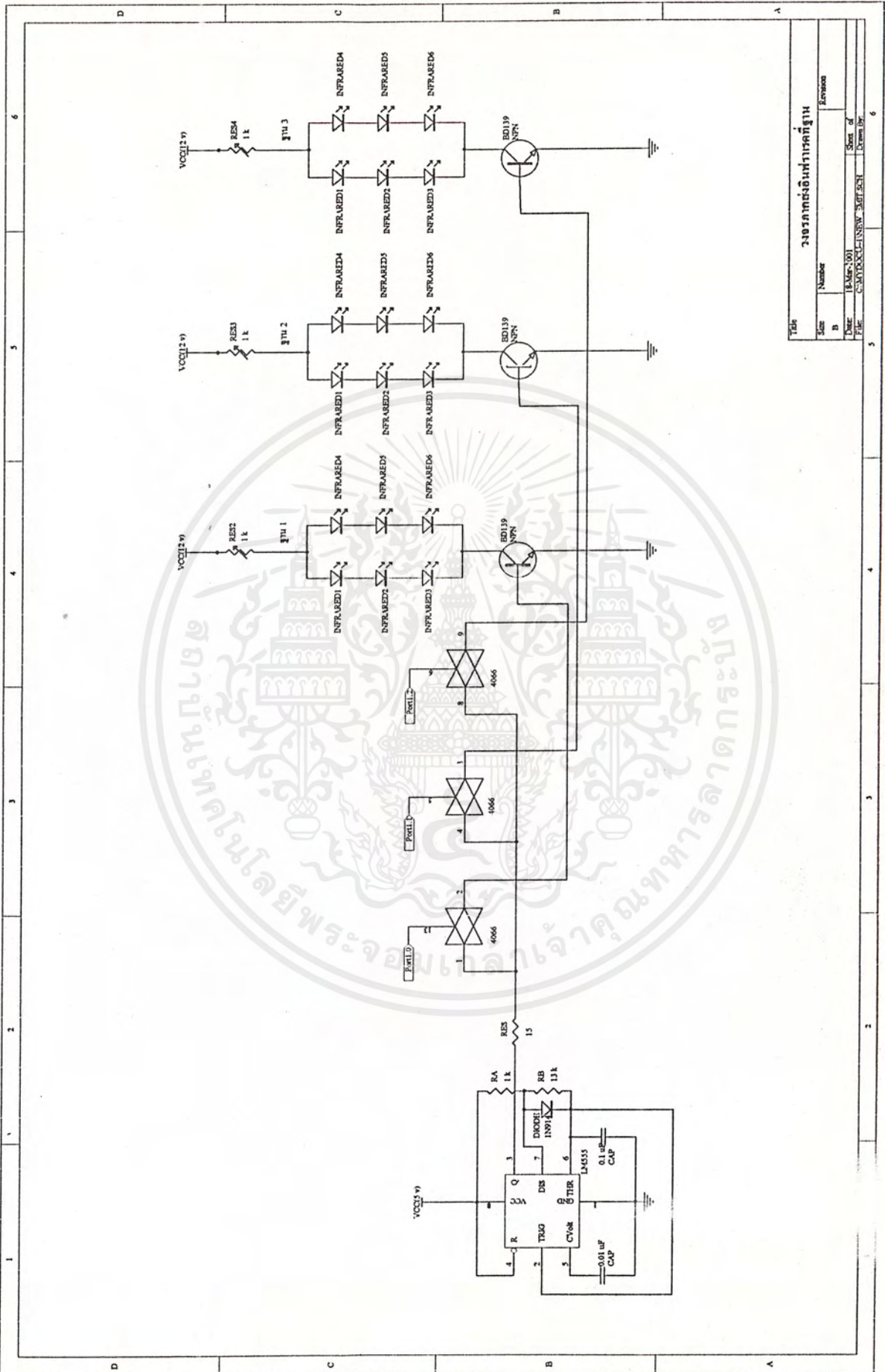
รูปที่ 4.10 แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมการทำงานที่ฐานส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



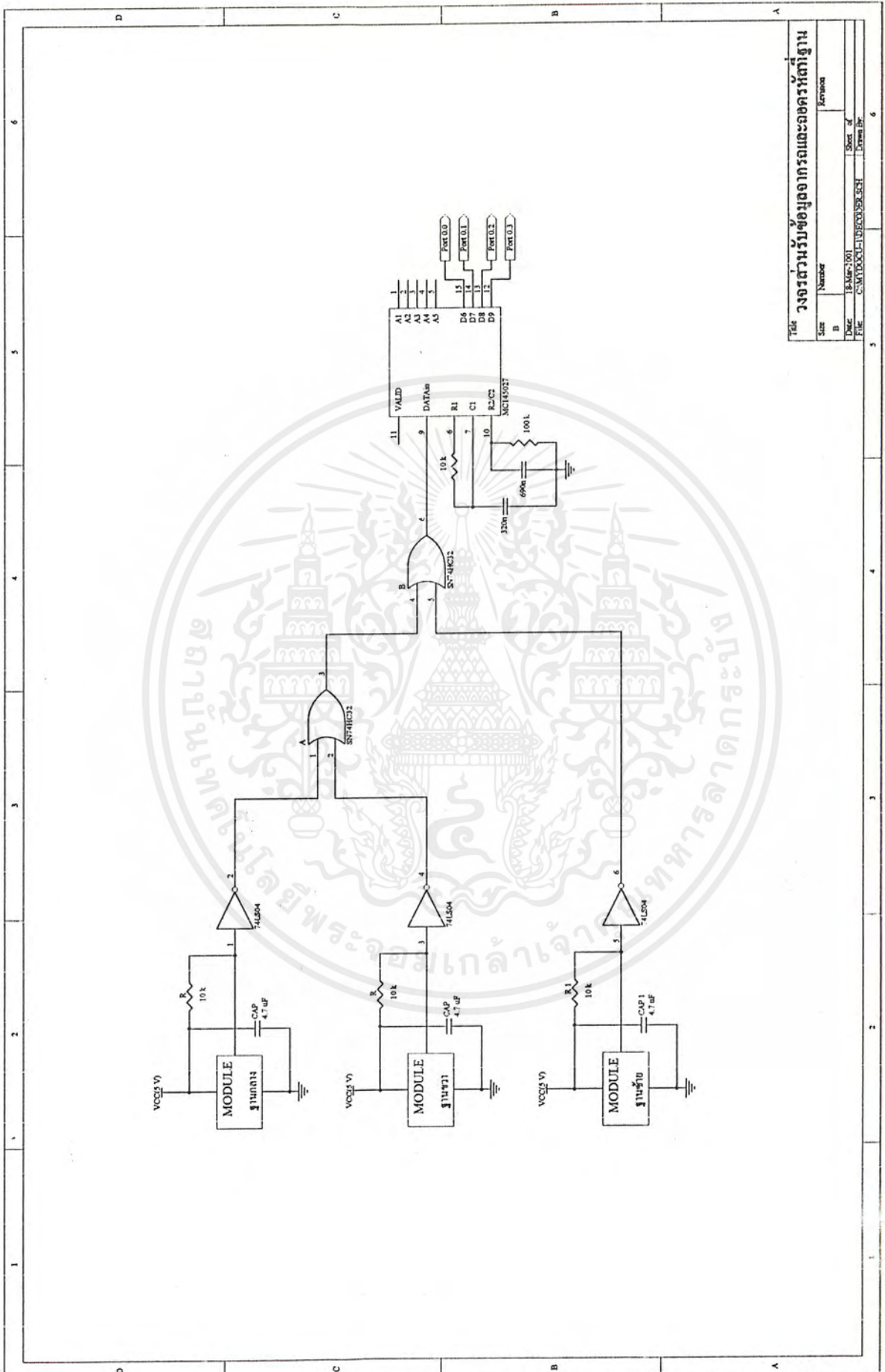
## รูปวงจรของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		วงจรถ่ายส่งอินฟราเรด 3 ช่อง	
Size	Number	Revision	
B			
Date	18-Mar-2001	Sheet of	6
File	C:\WORK\NEW\SETUP	Drawn by	

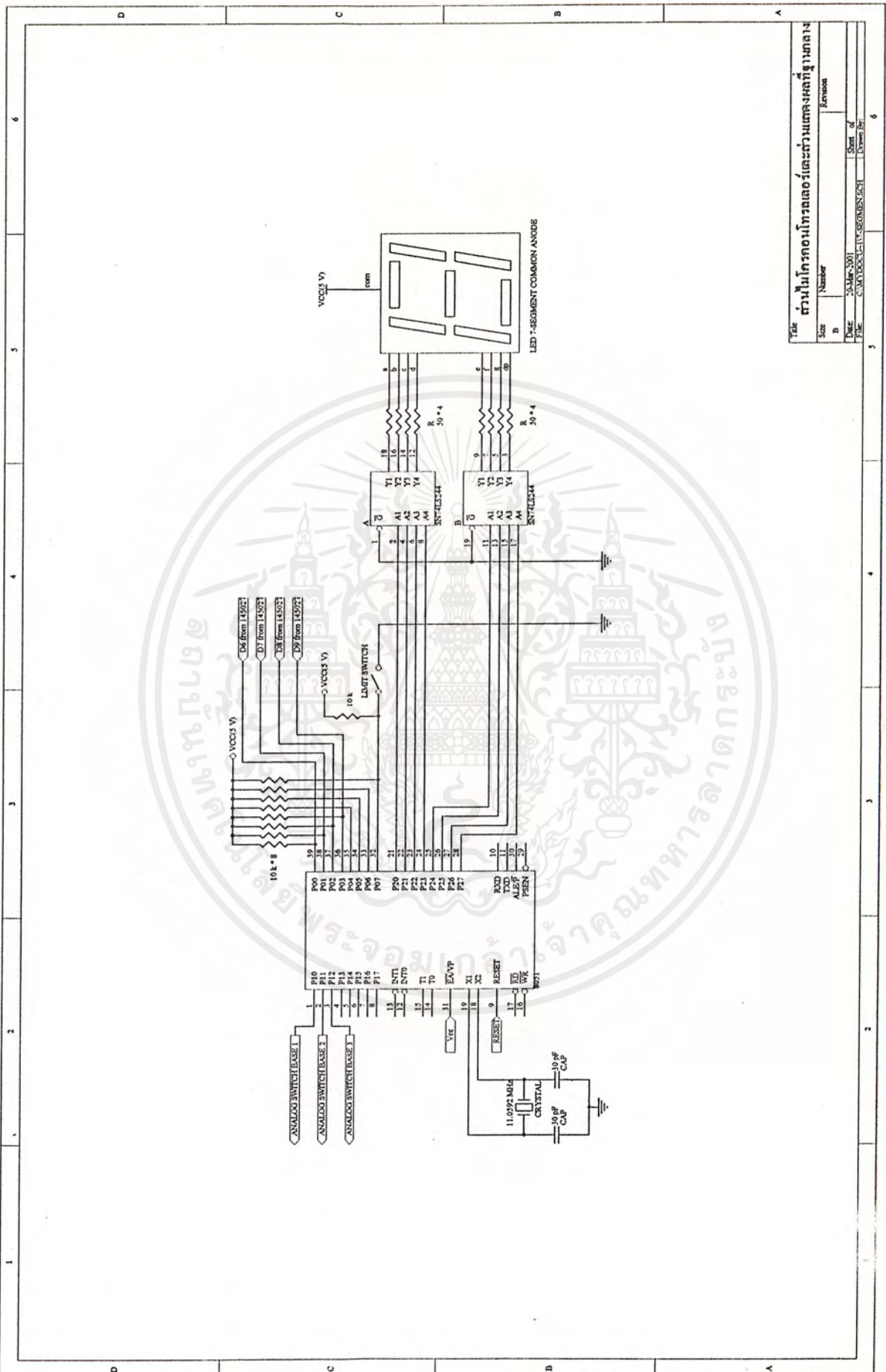
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อโครงการ: วงจรส่วนรับข้อมูลการและถอดรหัสที่ฐาน

Size	Number	Revision
B		
Drawn By	IRAMEE-101	Sheet of
File	C:\MYDOCU~1\GHEPDS\BUCHE	Drawn By

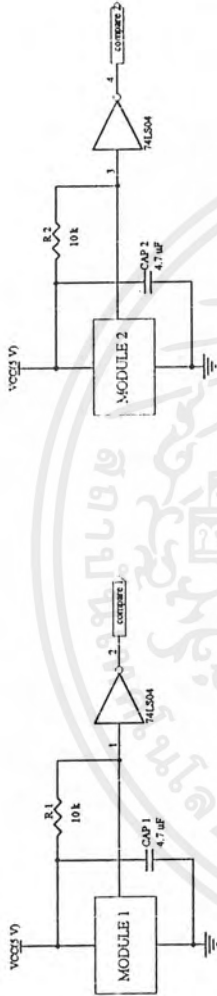
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



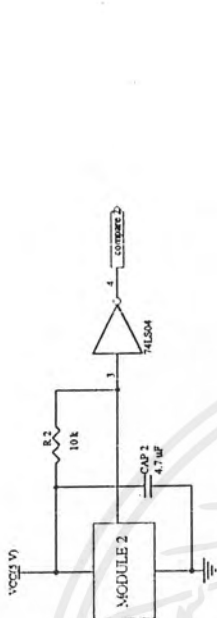
Title: **ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวแสดงผล 7-segment**

Size	Number	Revision
B	1	1
Date	24-Mar-2001	Sheet of 6
File	C:\PROJ\2001\LED-SEGMENT.SCH	Drawn by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

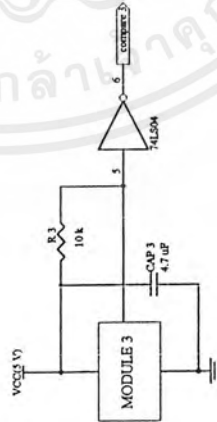


รูปที่ 1.1 วงจรตรวจอับแสงด้านหน้าซ้าย

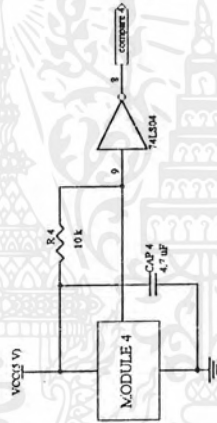


รูปที่ 1.2 วงจรตรวจอับแสงด้านหลังขวา

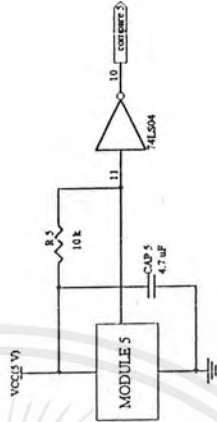
รูปที่ 1 วงจรตรวจอับแสงอินฟราเรดด้านหลัง



รูปที่ 2.1 วงจรตรวจอับแสงด้านหน้าซ้าย



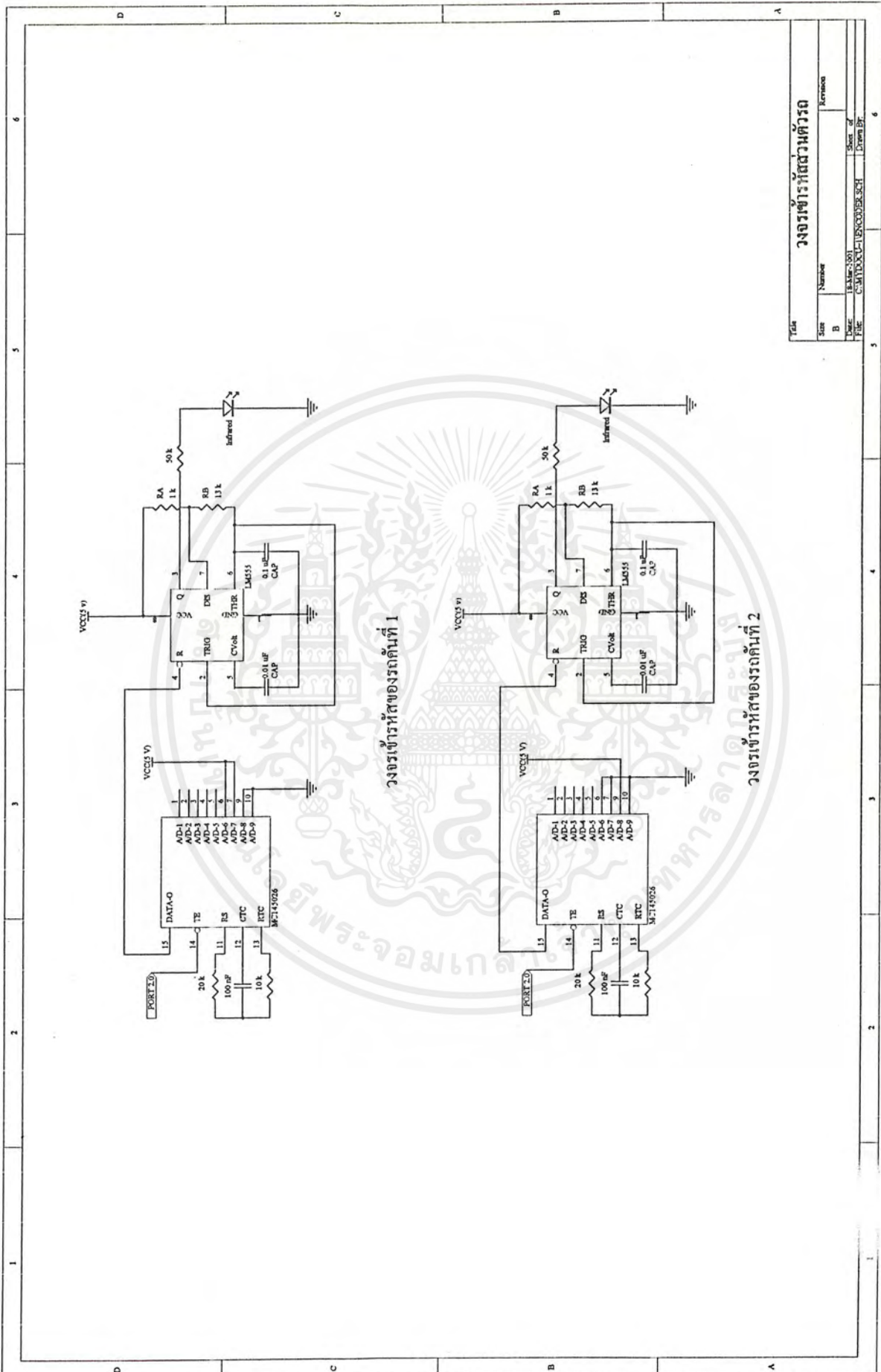
รูปที่ 2.2 วงจรตรวจอับแสงด้านหน้าตรง



รูปที่ 2.3 วงจรตรวจอับแสงด้านหน้าขวา

รูปที่ 2 วงจรตรวจอับแสงอินฟราเรดด้านหน้า

Title		Revision	
วงจรตรวจอับแสงอินฟราเรดด้านหน้าและด้านหลัง			
Size	Number		
B			
Date	18-Mar-2001	Sheet	of
File	C:\ATX\DCU-1\SCHEM\MOSSCH	Drawn by	6



Title	วงจรเข้ารหัสของรถคันที่ 1		
Size	B	Name	Acronson
Date	14/10/2551	Sheet of	1
File	C:\ADCON1-1\ENCODER.SCH	Drawn By	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## โปรแกรมของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมที่ฐานส่งอินฟราเรด

```

ORG 0000H
;*****
mov a,#00000001b
mov p1,a
mov a,#11111111b
mov p2,a

;***scan car arrive at base***

scancar:jb p0.7,scancar
    call delay
    mov a,#00000000b
    mov p1,a
    call delay
;*****scan code*****
scan: mov a,p0
    call delay1
    anl a,#00000111b
    cjne a,#00000100b,scan1

;****out 7seg=1 and switch base 2*****

    mov a,#11111001b
    mov p2,a
    mov a,#00000010b
    mov p1,a

scan1: mov a,p0
    anl a,#00000111b
    cjne a,#00000011b,scancar

;*****out 7seg=2 and switch base3*****

```

```

mov a,#00100100b
mov p2,a
mov a,#00000100b
mov p1,a

```

```

*****

```

```

jmp scancar

```

```

***** delay *****

```

```

DELAY:MOV R4,#2
DE_4:MOV R1,#200
DE_3:MOV R2,#200
DE_2:MOV R3,#11
DE_1:DJNZ R3,DE_1
      DJNZ R2,DE_2
      DJNZ R1,DE_3
      DJNZ R4,DE_4
      RET

```

```

*****

```

```

*****delay1*****

```

```

DELAY1:MOV R1,#18H
DE_7:MOV R2,#0AH
DE_6:MOV R3,#01FH
DE_5:DJNZ R3,DE_5
      DJNZ R2,DE_6
      DJNZ R1,DE_7
      RET

```

```

end

```

## โปรแกรมที่ตัวรถ

```

ORG 0000H
;*****SCAN CAR'S SENSOR*****
SCFC:JNB P1.4,SCFL
    JMP FCEN
SCFL:JNB P1.5,SCFR
    JMP FLEFT
SCFR:JNB P1.3,SCBL
    JMP FRIGHT
SCBL:JNB P1.1,SCBR
    JMP BLEFT
SCBR:JNB P1.2,SEEK
    JMP BRIGHT
;*****
;*****IF SEN NOT SENSE*****
SEEK:CALL TURNL
    JMP SCFC
;*****
;*****IF SCFC ON*****
FCEN:CALL FORWARD
    JMP SCFC
;*****
;*****IF SCFL ON*****
FLEFT:CALL TURNL
    JMP SCFC
;*****
;*****IF SCFR ON*****
FRIGHT:CALL TURNR
    JMP SCFC
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
.;*****IF SCBL ON*****
```

```
BLEFT:CALL TURNL
```

```
    JNB P1.4,BLEFT
```

```
    JMP SCFC
```

```
.;*****
```

```
.;*****IF SCBR ON*****
```

```
BRIGHT:CALL TURNR
```

```
    JNB P1.4,BRIGHT
```

```
    JMP SCFC
```

```
.;*****
```

```
.;*****MOVE AHEAD*****
```

```
FORWARD:MOV A,#11001100B
```

```
    MOV P0,A
```

```
    LCALL DELAY
```

```
    MOV P0,#00H
```

```
    LCALL SCANH
```

```
    JNB P1.6,REACH
```

```
    MOV A,#01100110B
```

```
    MOV P0,A
```

```
    LCALL DELAY
```

```
    MOV P0,#00H
```

```
    LCALL SCANH
```

```
    JNB P1.6,REACH
```

```
    MOV A,#00110011B
```

```
    MOV P0,A
```

```
    LCALL DELAY
```

```
    MOV P0,#00H
```

```
    LCALL SCANH
```

```
    JNB P1.6,REACH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV A,#10011001B
```

```
MOV P0,A
```

```
LCALL DELAY
```

```
MOV P0,#00H
```

```
LCALL SCANH
```

```
JNB P1.6,REACH
```

```
RET
```

```
;*****END FORWARD*****
```

```
;*****TURN LEFT*****
```

```
TURNL:MOV A,#00111100B
```

```
MOV P0,A
```

```
LCALL DELAY
```

```
MOV P0,#00H
```

```
LCALL SCANH
```

```
MOV A,#01100110B
```

```
MOV P0,A
```

```
LCALL DELAY
```

```
MOV P0,#00H
```

```
LCALL SCANH
```

```
MOV A,#11000011B
```

```
MOV P0,A
```

```
LCALL DELAY
```

```
MOV P0,#00H
```

```
LCALL SCANH
```

```
MOV A,#10011001B
```

```
MOV P0,A
```

```
LCALL DELAY
```

```
MOV P0,#00H
```

```
LCALL SCANH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RET

;*****END TURN LEFT*****
REACH:JMP REACH_1

;*****TURN RIGHT*****
TURNR:MOV A,#11000011B

MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

MOV A,#01100110B
MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

MOV A,#00111100B
MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

MOV A,#10011001B
MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

RET

;*****scan speed*****
SCANH:JNB P1.0,SCANH
SCANL:JB P1.0,SCANL

RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****END SCAN LOOP*****
```

```
;*****DELAY LOOP*****
```

```
DELAY:MOV R1,#17H
```

```
DE_3:MOV R2,#0AH
```

```
DE_2:MOV R3,#01FH
```

```
DE_1:DJNZ R3,DE_1
```

```
    DJNZ R2,DE_2
```

```
    DJNZ R1,DE_3
```

```
    RET
```

```
;*****END DELAY LOOP*****
```

```
;****when car reach base****
```

```
REACH_1:MOV A,#00H
```

```
    MOV P2,A
```

```
    call delay
```

```
LIMIT:JNB P1.6,reach
```

```
    MOV A,#00000001B
```

```
    MOV P2,A
```

```
BACK:MOV B,#40H
```

```
BACK_1:CALL BACKWARD
```

```
    DJNZ B,BACK_1
```

```
    JMP SCFC
```

```
*****
```

```
;*****BACKWARD*****
```

```
BACKWARD:MOV A,#00110011B
```

```
    MOV P0,A
```

```
    LCALL DELAY
```

```
    MOV P0,#00H
```

```
    LCALL SCANH
```

```
    MOV A,#01100110B
```

```
    MOV P0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

MOV A,#11001100B
MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

MOV A,#10011001B
MOV P0,A
LCALL DELAY
MOV P0,#00H
LCALL SCANH

RET

END
```



## บทที่ 5

### การทดสอบ

#### วงจรภาครับอินฟราเรด

ตำแหน่งsensor\ ระยะจากตัวส่ง	0.5 m	1.0 m	1.5 m	2.0 m	2.5 m	3.0 m	3.5 m	4.0 m	4.5 m	5.0 m
คัลมกน้ำตรง	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	0 v
คัลมกน้ำซ้าย	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	0 v	0 v
คัลมกน้ำขวา	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	0 v	0 v
คัลมกถังซ้าย	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v
คัลมกถังขวา	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	5 v	0 v	0 v

รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเอาต์พุตของโมดูลรับแสงอินฟราเรด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กับระยะทางจากตัวส่งแสงอินฟราเรดถึงตัวรับแสงอินฟราเรด

จากตารางที่ 5.1 สัญญาณเอาต์พุตจากโมดูลรับแสงอินฟราเรดจะมีค่าเป็น 0 v เมื่อโมดูลไม่สามารถรับแสงอินฟราเรดได้ และจะมีค่าสัญญาณเอาต์พุตเป็น 5 v เมื่อโมดูลสามารถรับแสงอินฟราเรดได้

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะที่ไกลที่สุดที่โมดูลรับแสงอินฟราเรดสามารถรับได้ คือ ระยะประมาณ 4 เมตร

### วงจรขับสเตปปีงมอเตอร์

จากการวัดความเร็วของมอเตอร์ที่ได้จากการปรับค่าความต้านทานของวงจรอะสเตเลมัลติไวเบรเตอร์เราจะได้  $R_a = 5 \text{ k}\Omega$  และ  $R_b = 15 \text{ k}\Omega$

จากสัญญาณคลื่นพหุที่ได้จากไอซี 555 เราสามารถคำนวณ Charge time (output high) ได้ดังนี้

$$t_1 = 0.693(R_a + R_b)C$$

และ Discharge time (output low) จะมีค่า

$$t_2 = 0.693(R_b)C$$

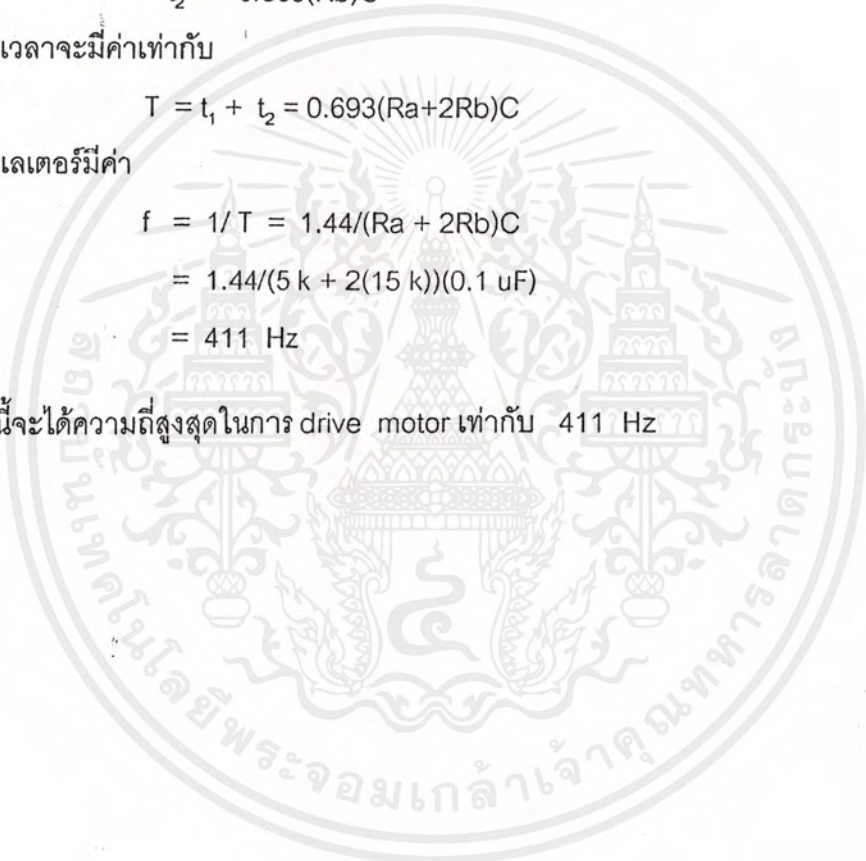
ดังนั้น 1 คาบเวลาจะมีค่าเท่ากับ

$$T = t_1 + t_2 = 0.693(R_a + 2R_b)C$$

ความถี่ของสัญญาณจะมีค่า

$$\begin{aligned} f &= 1/T = 1.44/(R_a + 2R_b)C \\ &= 1.44/(5 \text{ k} + 2(15 \text{ k}))(0.1 \text{ }\mu\text{F}) \\ &= 411 \text{ Hz} \end{aligned}$$

ดังนั้นโครงงานนี้จะได้ความถี่สูงสุดในการ drive motor เท่ากับ 411 Hz



## บทที่ 6

### สรุปและวิจารณ์

จากการทำโครงการนี้จะมีปัญหาเกิดขึ้นคือ

- ส่วนของวงจรรับอินฟราเรดจะมีปัญหาเกี่ยวสัญญาณรบกวนเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ ตลอดจนเกิดสัญญาณรบกวนเนื่องมาจากสเตปป์มอเตอร์ ทำให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีค่าผิดเพี้ยน นอกจากนี้สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จะมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อระยะทางจากตัวส่งแสงอินฟราเรดถึงตัวรับมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่เราต้องการส่งสัญญาณได้ระยะทางที่มากขึ้นก็จำเป็นที่จะต้องเพิ่มกำลังส่งให้กับตัวส่งอินฟราเรดให้มีค่าสูงขึ้น
- ตัวโครงสร้างหากตัวหุ่นยนต์มีน้ำหนักมากเกินไป จะกินพลังงานมากเพราะต้องใช้กำลังขับเคลื่อนที่ขับเคลื่อนมอเตอร์มากขึ้นจึงทำให้มีการใช้งานสั้นต้องคอย Charge Battery ตลอดเวลา
- มอเตอร์ เป็นสเตปป์มอเตอร์ที่ใช้เป็นตัวขับเคลื่อนมีกำลังไม่มากพอที่จะใช้ในการขับเคลื่อน และวงจรขับ ต้องจ่ายกระแสให้มากพอที่มอเตอร์ต้องการ
- ตัวโครงสร้าง มีรูปแบบที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ ต้อง ทำการเปลี่ยนขนาดของมอเตอร์ให้มีกำลังมากขึ้น

### สรุป

หุ่นยนต์ที่เราสร้างขึ้นมานั้น สามารถตรวจจับแสงอินฟราเรดได้ แต่เนื่องจากยังมีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบทำให้ค่าของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีค่าผิดพลาด ส่งผลให้การวิ่งตามแสงอินฟราเรดยังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งผู้จัดทำจะได้ทำการแก้ไขวงจรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

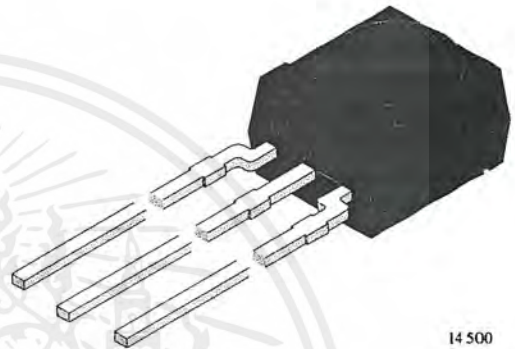
# Photo Modules for PCM Remote Control Systems

## Available types for different carrier frequencies

Type	fo	Type	fo
TSOP4830	30 kHz	TSOP4833	33 kHz
TSOP4836	36 kHz	TSOP4837	36.7 kHz
TSOP4838	38 kHz	TSOP4840	40 kHz
TSOP4856	56 kHz		

## Description

The TSOP48.. – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter. The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP48.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.

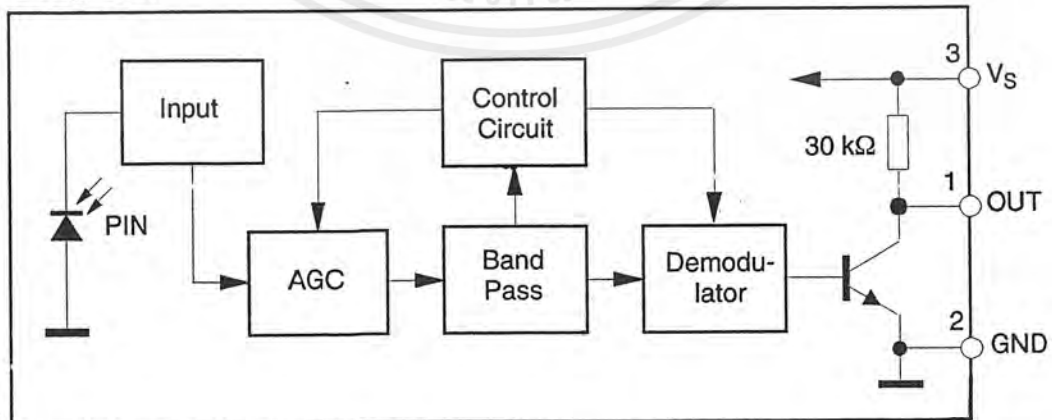


14 500

## Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- Improved shielding against electrical field disturbance
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Low power consumption
- High immunity against ambient light
- Continuous data transmission possible (800 bit/s)
- Suitable burst length  $\geq 10$  cycles/burst

## Block Diagram



9612226

**Absolute Maximum Ratings**

T<sub>amb</sub> = 25°C

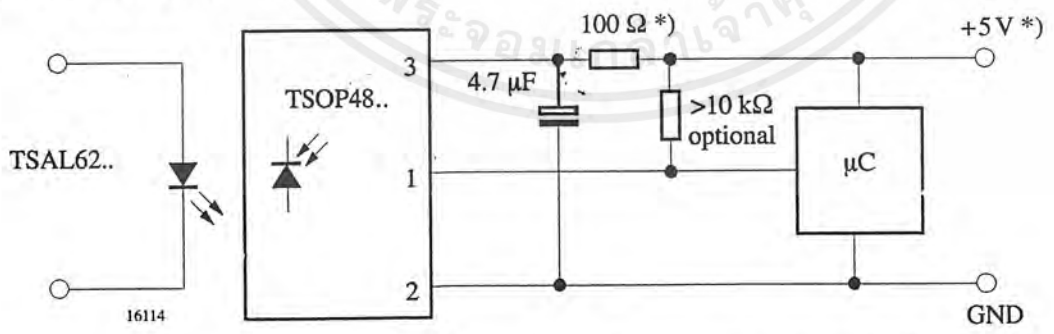
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	V <sub>S</sub>	-0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	I <sub>S</sub>	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	V <sub>O</sub>	-0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 1)	I <sub>O</sub>	5	mA
Junction Temperature		T <sub>j</sub>	100	°C
Storage Temperature Range		T <sub>stg</sub>	-25...+85	°C
Operating Temperature Range		T <sub>amb</sub>	-25...+85	°C
Power Consumption	(T <sub>amb</sub> ≤ 85 °C)	P <sub>tot</sub>	50	mW
Soldering Temperature	t ≤ 10 s, 1 mm from case	T <sub>sd</sub>	260	°C

**Basic Characteristics**

T<sub>amb</sub> = 25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	V <sub>S</sub> = 5 V, E <sub>v</sub> = 0	I <sub>SD</sub>	0.8	1.1	1.5	mA
	V <sub>S</sub> = 5 V, E <sub>v</sub> = 40 klx, sunlight	I <sub>SH</sub>		1.4		mA
Supply Voltage (Pin 3)		V <sub>S</sub>	4.5		5.5	V
Transmission Distance	E <sub>v</sub> = 0, test signal see fig.7, IR diode TSAL6200, I <sub>F</sub> = 250 mA	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	I <sub>O</sub> SL = 0.5 mA, E <sub>e</sub> = 0.7 mW/m <sup>2</sup>	V <sub>O</sub> SL			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub> , test signal see fig.7	E <sub>e</sub> min		0.2	0.4	mW/m <sup>2</sup>
Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub> , test signal see fig.7	E <sub>e</sub> min		0.3	0.6	mW/m <sup>2</sup>
Irradiance	t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub>	E <sub>e</sub> max	30			W/m <sup>2</sup>
Directivity	Angle of half transmission distance	φ <sub>1/2</sub>		±45		deg

**Application Circuit**



\*) recommended to suppress power supply disturbances

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Suitable Data Format

The circuit of the TSOP48.. is designed in that way that unexpected output pulses due to noise or disturbance signals are avoided. A bandpassfilter, an integrator stage and an automatic gain control are used to suppress such disturbances.

The distinguishing mark between data signal and disturbance signal are carrier frequency, burst length and duty cycle.

The data signal should fulfill the following condition:

- Carrier frequency should be close to center frequency of the bandpass (e.g. 38kHz).
- Burst length should be 10 cycles/burst or longer.
- After each burst which is between 10 cycles and 70 cycles a gap time of at least 14 cycles is necessary.
- For each burst which is longer than 1.8ms a corresponding gap time is necessary at some time in the data stream. This gap time should be at least 4 times longer than the burst.
- Up to 800 short bursts per second can be received continuously.

Some examples for suitable data format are:

NEC Code, Toshiba Micom Format, Sharp Code, RC5 Code, RC6 Code, R-2000 Code.

When a disturbance signal is applied to the TSOP48.. it can still receive the data signal. However the sensitivity is reduced to that level that no unexpected pulses will occur.

Some examples for such disturbance signals which are suppressed by the TSOP48.. are:

- DC light (e.g. from tungsten bulb or sunlight)
- Continuous signal at 38kHz or at any other frequency
- Signals from fluorescent lamps with electronic ballast with high or low modulation (see Figure A or Figure B).

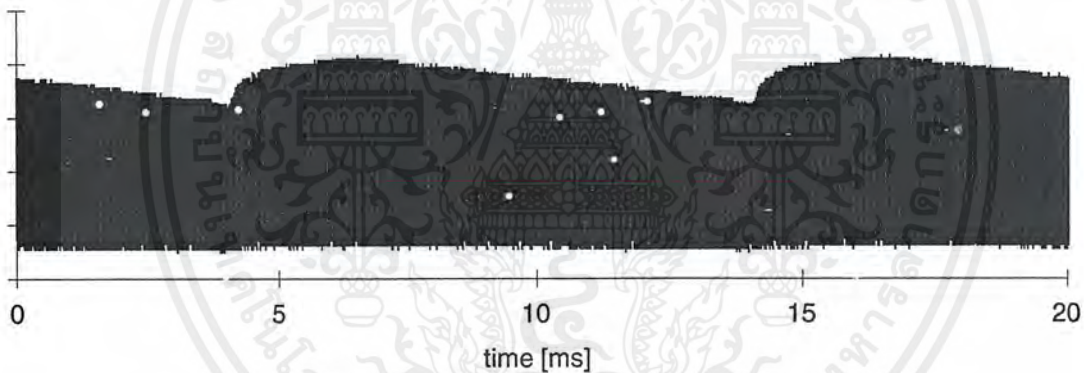


Figure A: IR Signal from Fluorescent Lamp with low Modulation

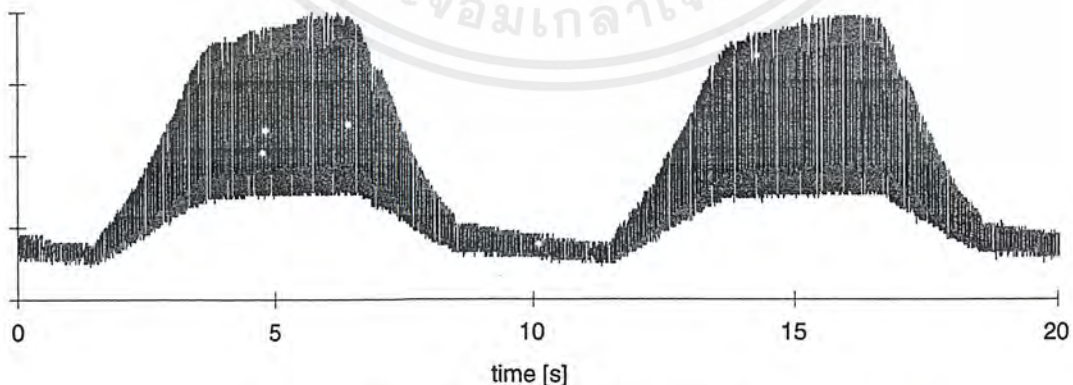


Figure B: IR Signal from Fluorescent Lamp with high Modulation

Typical Characteristics ( $T_{amb} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)

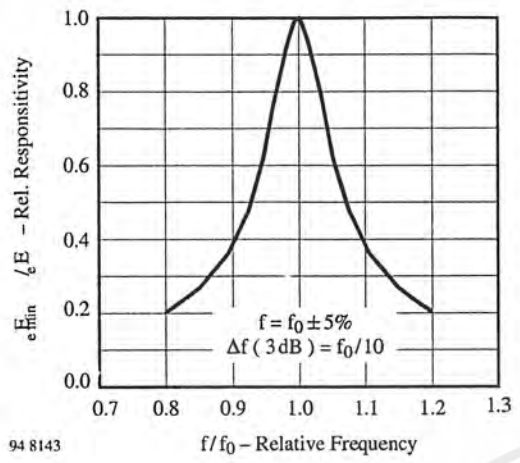


Figure 1. Frequency Dependence of Responsivity

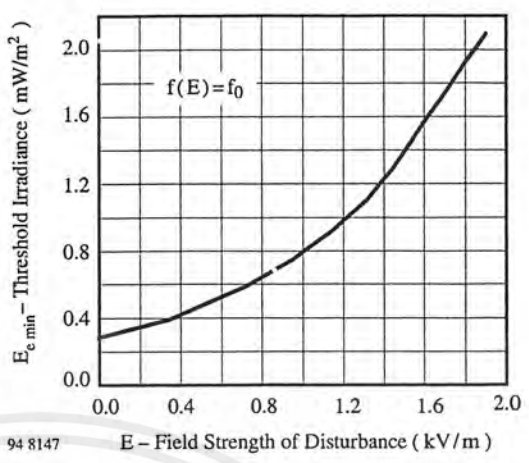


Figure 4. Sensitivity vs. Electric Field Disturbances

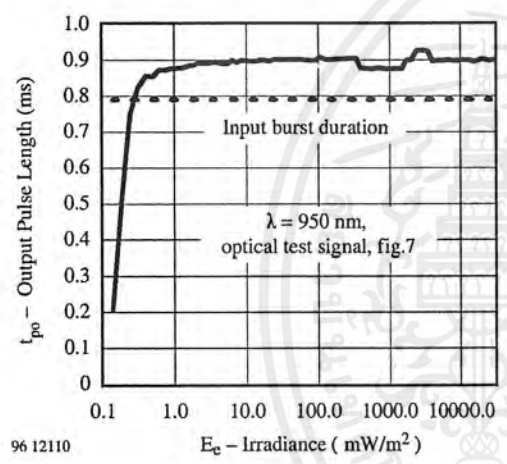


Figure 2. Sensitivity in Dark Ambient

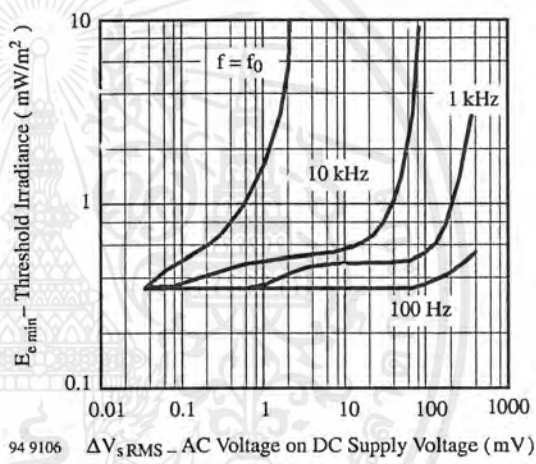


Figure 5. Sensitivity vs. Supply Voltage Disturbances

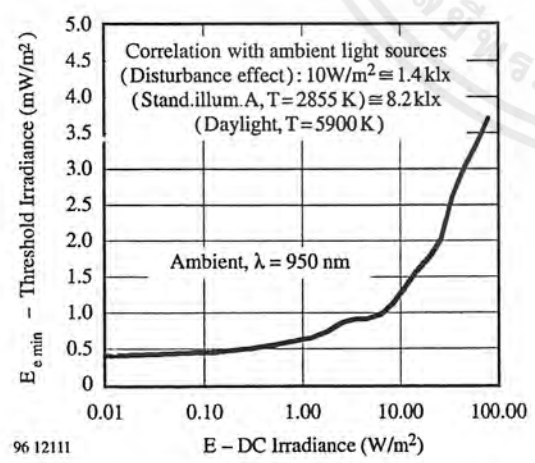


Figure 3. Sensitivity in Bright Ambient

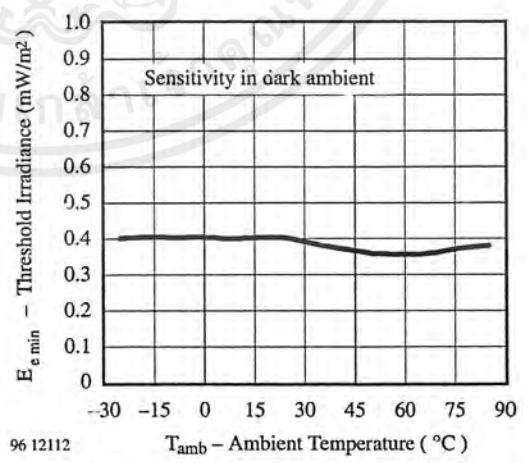


Figure 6. Sensitivity vs. Ambient Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

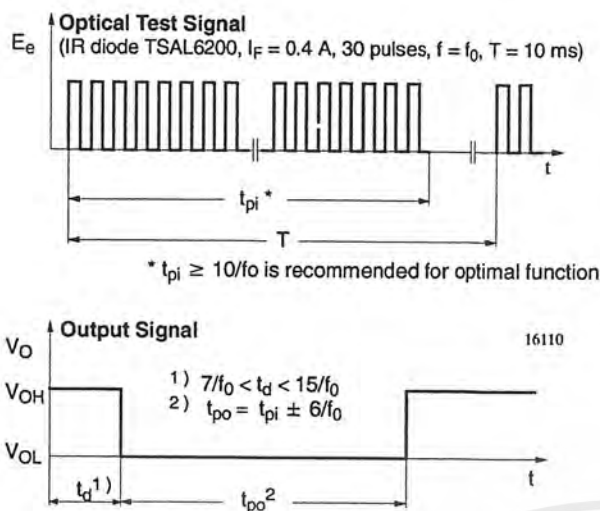


Figure 7.

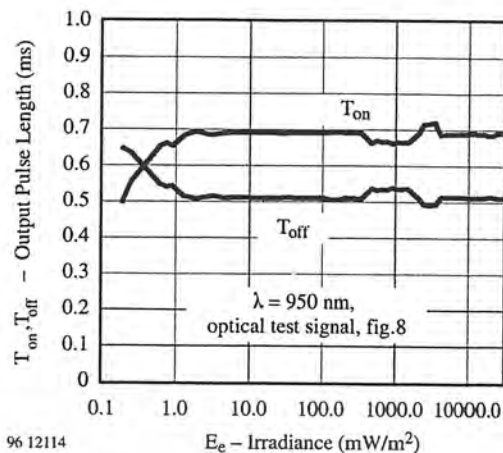


Figure 10. Output Pulse Diagram

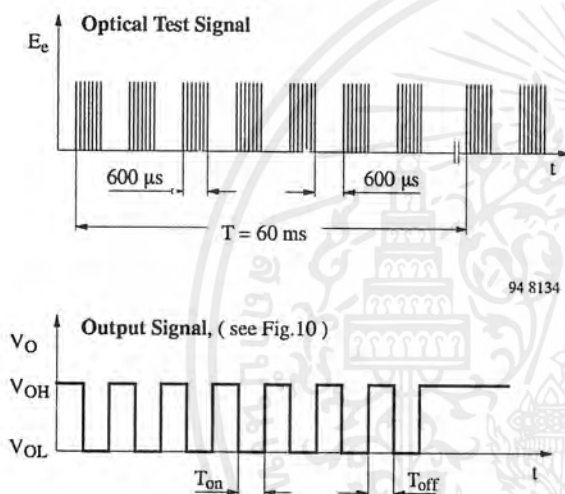


Figure 8. Output Function

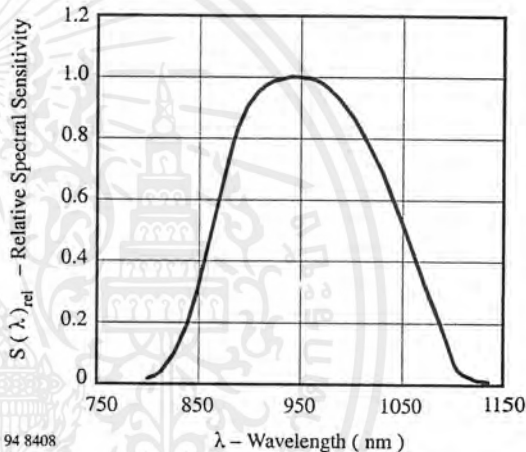


Figure 11. Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

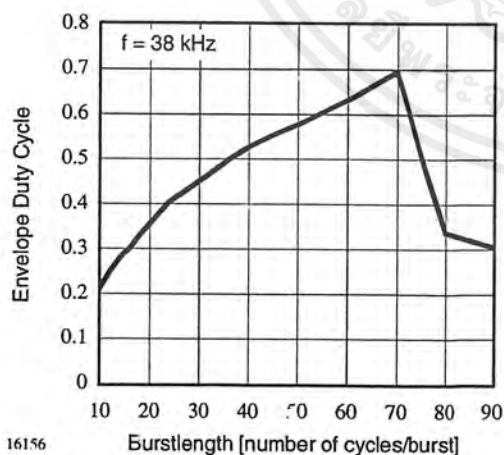


Figure 9. Max. Envelope Duty Cycle vs. Burstlength

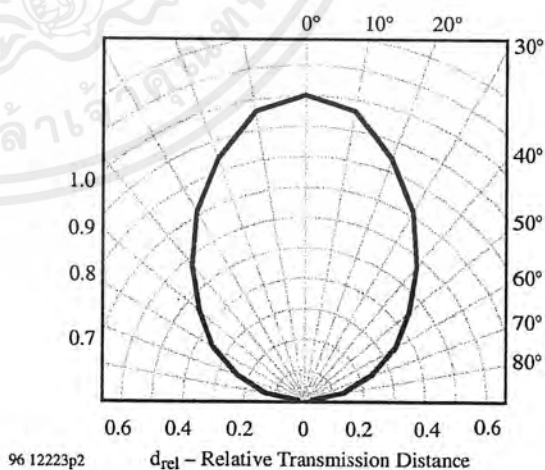


Figure 12. Directivity



## Ozone Depleting Substances Policy Statement

It is the policy of **Vishay Semiconductor GmbH** to

1. Meet all present and future national and international statutory requirements.
2. Regularly and continuously improve the performance of our products, processes, distribution and operating systems with respect to their impact on the health and safety of our employees and the public, as well as their impact on the environment.

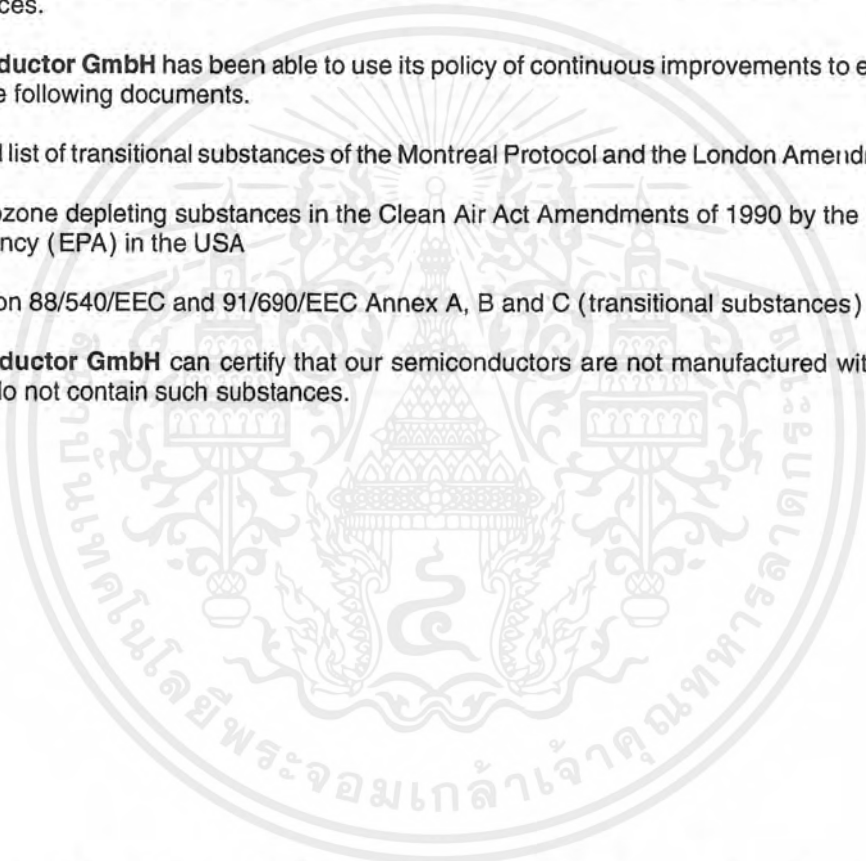
It is particular concern to control or eliminate releases of those substances into the atmosphere which are known as ozone depleting substances (ODSs).

The Montreal Protocol (1987) and its London Amendments (1990) intend to severely restrict the use of ODSs and forbid their use within the next ten years. Various national and international initiatives are pressing for an earlier ban on these substances.

**Vishay Semiconductor GmbH** has been able to use its policy of continuous improvements to eliminate the use of ODSs listed in the following documents.

1. Annex A, B and list of transitional substances of the Montreal Protocol and the London Amendments respectively
2. Class I and II ozone depleting substances in the Clean Air Act Amendments of 1990 by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA
3. Council Decision 88/540/EEC and 91/690/EEC Annex A, B and C (transitional substances) respectively.

**Vishay Semiconductor GmbH** can certify that our semiconductors are not manufactured with ozone depleting substances and do not contain such substances.



**We reserve the right to make changes to improve technical design and may do so without further notice.**

Parameters can vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by the customer. Should the buyer use Vishay-Telefunken products for any unintended or unauthorized application, the buyer shall indemnify Vishay-Telefunken against all claims, costs, damages, and expenses, arising out of, directly or indirectly, any claim of personal damage, injury or death associated with such unintended or unauthorized use.

Vishay Semiconductor GmbH, P.O.B. 3535, D-74025 Heilbronn, Germany  
Telephone: 49 (0)7131 67 2831, Fax number: 49 (0)7131 67 2423

## Encoder and Decoder Pairs CMOS

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable ( $\overline{TE}$ ) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

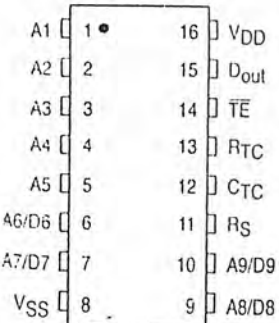
The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

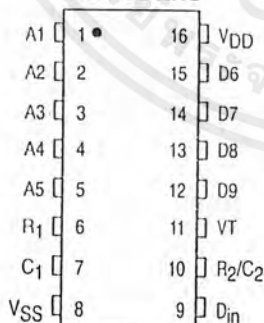
- Operating Temperature Range:  $-40$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @  $25^{\circ}\text{C}$
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use  $\pm 5\%$  Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V\*  
MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D

### PIN ASSIGNMENTS

#### MC145026 ENCODER



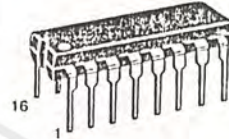
#### MC145027 DECODERS



#### MC145028 DECODERS



**MC145026**  
**MC145027**  
**MC145028**



P SUFFIX  
PLASTIC DIP  
CASE 648



D SUFFIX  
SOG PACKAGE  
CASE 751B



DW SUFFIX  
SOG PACKAGE  
CASE 751G

### ORDERING INFORMATION

MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P	Plastic DIP
MC145027DW	SOG Package
MC145028P	Plastic DIP
MC145028DW	SOG Package

REV 3  
88

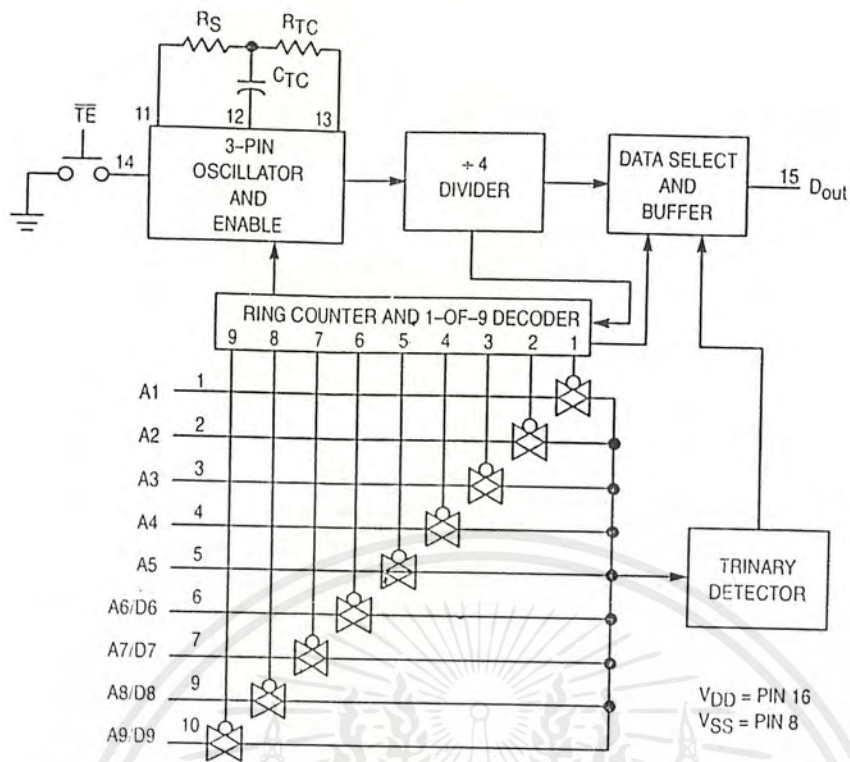


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

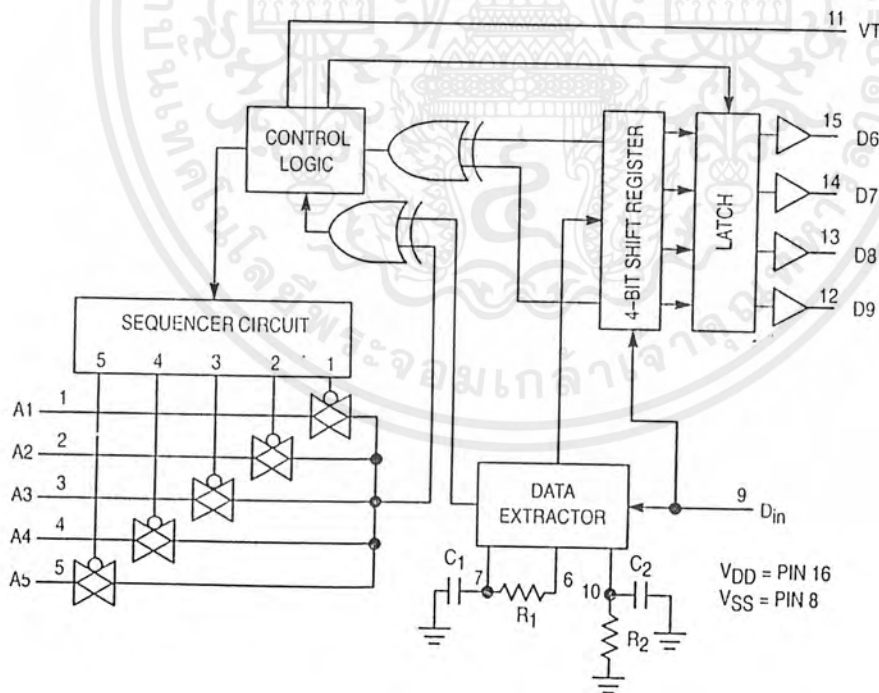


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram



ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028 (Voltage Referenced to V<sub>SS</sub>)

Symbol	Characteristic	V <sub>DD</sub> V	Guaranteed Limit						Unit
			- 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V <sub>OL</sub>	Low-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = V <sub>DD</sub> or 0)	5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
V <sub>OH</sub>	High-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 or V <sub>DD</sub> )	5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	V
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	—	14.95	—	
V <sub>IL</sub>	Low-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 4.5 or 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 9.0 or 1.0 V) (V <sub>out</sub> = 13.5 or 1.5 V)	5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	V
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	4.0	—	4.0	
V <sub>IH</sub>	High-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 or 4.5 V) (V <sub>out</sub> = 1.0 or 9.0 V) (V <sub>out</sub> = 1.5 or 13.5 V)	5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	V
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
		15	-11	—	11	—	11	—	
I <sub>OH</sub>	High-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 2.5 V) (V <sub>out</sub> = 4.6 V) (V <sub>out</sub> = 9.5 V) (V <sub>out</sub> = 13.5 V)	5.0	-2.5	—	-2.1	—	-1.7	—	mA
		5.0	-0.52	—	-0.44	—	-0.36	—	
		10	-1.3	—	-1.1	—	-0.9	—	
		15	-3.6	—	-3.0	—	-2.4	—	
I <sub>OL</sub>	Low-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 0.4 V) (V <sub>out</sub> = 0.5 V) (V <sub>out</sub> = 1.5 V)	5.0	0.52	—	0.44	—	0.36	—	mA
		10	1.3	—	1.1	—	0.9	—	
		15	3.6	—	3.0	—	2.4	—	
I <sub>in</sub>	Input Current — $\overline{TE}$ (MC145026, Pull-Up Device)	5.0	—	—	3.0	11	—	—	μA
		10	—	—	16	60	—	—	
		15	—	—	35	120	—	—	
I <sub>in</sub>	Input Current R <sub>S</sub> (MC145026), D <sub>in</sub> (MC145027, MC145028)	15	—	± 0.3	—	± 0.3	—	± 1.0	μA
I <sub>in</sub>	Input Current A1 – A5, A6/D6 – A9/D9 (MC145026), A1 – A5 (MC145027), A1 – A9 (MC145028)	5.0	—	—	—	± 110	—	—	μA
		10	—	—	—	± 500	—	—	
		15	—	—	—	± 1000	—	—	
C <sub>in</sub>	Input Capacitance (V <sub>in</sub> = 0)	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current — MC145026	5.0	—	—	—	0.1	—	—	μA
		10	—	—	—	0.2	—	—	
		15	—	—	—	0.3	—	—	
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	50	—	—	μA
		10	—	—	—	100	—	—	
		15	—	—	—	150	—	—	
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current — MC145026 (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	5.0	—	—	—	200	—	—	μA
		10	—	—	—	400	—	—	
		15	—	—	—	600	—	—	
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028 (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	5.0	—	—	—	400	—	—	μA
		10	—	—	—	800	—	—	
		15	—	—	—	1200	—	—	

Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026 (Voltage Referenced to V<sub>SS</sub>)

Symbol	Characteristic	V <sub>DD</sub> V	Guaranteed Limit						Unit
			- 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V <sub>OL</sub>	Low-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
V <sub>OH</sub>	High-Level Output Voltage (V <sub>in</sub> = 0 V or V <sub>DD</sub> )	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
V <sub>IL</sub>	Low-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
V <sub>IH</sub>	High-Level Input Voltage (V <sub>out</sub> = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
I <sub>OH</sub>	High-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 1.25 V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
I <sub>OL</sub>	Low-Level Output Current (V <sub>out</sub> = 0.4 V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
I <sub>in</sub>	Input Current ( $\overline{TE}$ — Pull-Up Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	μA
I <sub>in</sub>	Input Current (A1–A5, A6/D6 <sup>1/2</sup> , A9/D9)	2.5	—	—	—	± 25	—	—	μA
I <sub>DD</sub>	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	μA
I <sub>dd</sub>	Dynamic Supply Current (f <sub>c</sub> = 20 kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	μA

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028 (C<sub>L</sub> = 50 pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Characteristic	Figure No.	V <sub>DD</sub>	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	Output Transition Time	4, 8	5.0 10 15	—	200 100 80	ns
t <sub>r</sub>	D <sub>in</sub> Rise Time — Decoders	5	5.0 10 15	—	15 15 15	μs
t <sub>f</sub>	D <sub>in</sub> Fall Time — Decoders	5	5.0 10 15	—	15 5.0 4.0	μs
f <sub>osc</sub>	Encoder Clock Frequency	6	5.0 10 15	0.001 0.001 0.001	2.0 5.0 10	MHz
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	5.0 10 15	1.0 1.0 1.0	240 410 450	kHz
t <sub>w</sub>	$\overline{TE}$ Pulse Width — Encoders	7	5.0 10 15	65 30 20	— — —	ns

Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026 (C<sub>L</sub> = 50 pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Characteristic	Figure No.	V <sub>DD</sub>	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	Output Transition Time	4, 8	2.5	—	450	ns
f <sub>osc</sub>	Encoder Clock Frequency	6	2.5	1.0	250	kHz
t <sub>w</sub>	$\overline{TE}$ Pulse Width	7	2.5	1.5	—	μs

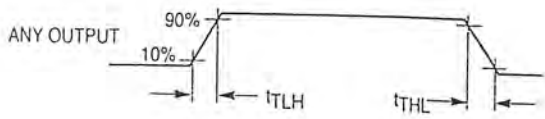


Figure 4.

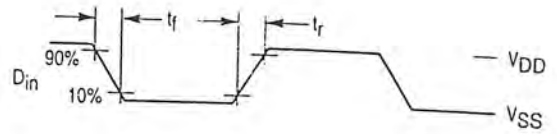


Figure 5.

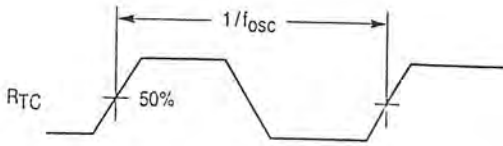


Figure 6.

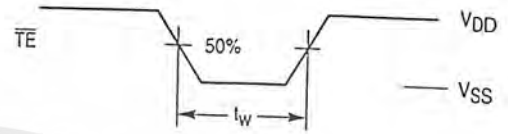
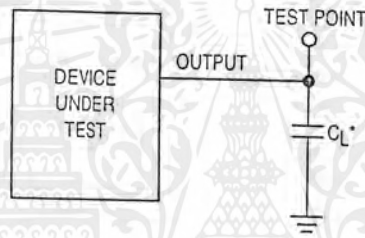


Figure 7.



\* Includes all probe and fixture capacitance.

Figure 8. Test Circuit

## OPERATING CHARACTERISTICS

### MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 – A5 and A6/D6 – A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the  $\overline{TE}$  input pin. Upon power-up, the MC145026 can continuously transmit as long as  $\overline{TE}$  remains low (also, the device can transmit two-word sequences by pulsing  $\overline{TE}$  low). However, no MC145026 application should be designed to rely upon the first data word transmitted immediately after power-up because this word may be invalid. Between the two data words, no signal is sent for three data periods (see Figure 10).

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (see Figure 11). A logic 0 (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic 1 (high) as two consecutive long pulses, and an open (high impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input high then low. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to VDD. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to VSS. If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics table. The weak "output" device sinks/sources up to 110  $\mu$ A at a 5 V supply level, 500  $\mu$ A at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The  $\overline{TE}$  input has an internal pull-up device so that a simple switch may be used to force the input low. While  $\overline{TE}$  is high and the second-word transmission has timed out, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When  $\overline{TE}$  is brought low, the oscillator is started and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the Dout pin.

### MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, the next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods (see Figure 10).

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a 1 or 0. A trinary (open) data line is decoded as a logic 1.

### MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a VT output signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

## PIN DESCRIPTIONS

### MC145026 ENCODER

A1 – A5, A6/D6 – A9/D9

Address, Address/Data Inputs (Pins 1 – 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the Dout pin.

RS, CTC, RTC  
(Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder (see Figure 9).

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the RS input and the RTC and CTC pins should be left open.

$\overline{TE}$   
Transmit Enable (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pull-up device keeps this input normally high. The pull-up current is specified in the Electrical Characteristics table.

Dout  
Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

VSS  
Negative Power Supply (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

VDD  
Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

### MC145027 AND MC145028 DECODERS

A1 – A5, A1 – A9

Address Inputs (Pins 1 – 5) — MC145027,  
Address Inputs (Pins 1 – 5, 15, 14, 13, 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

D6 – D9  
Data Outputs (Pins 15, 14, 13, 12) — MC145027 Only

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is

acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

#### Din Data In (Pin 9)

This pin is the serial data input to the decoder. The input voltage must be at CMOS logic levels. The signal source driving this pin must be dc coupled.

#### R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> Resistor 1, Capacitor 1 (Pins 6, 7)

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant  $R_1 \times C_1$  should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 \text{ RTC CTC}$$

#### R<sub>2</sub>/C<sub>2</sub> Resistor 2/Capacitor 2 (Pin 10)

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant  $R_2 \times C_2$  should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11):  $R_2 C_2 = 77 \text{ RTC CTC}$ . This time

constant is used to determine whether the Din pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods ( $0.4 R_2 C_2$ ) to detect the dead time between received words within a transmission.

#### VT Valid Transmission Output (Pin 11)

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

1. the received addresses of both words match the local decoder address, and
2. the received data bits of both words match.

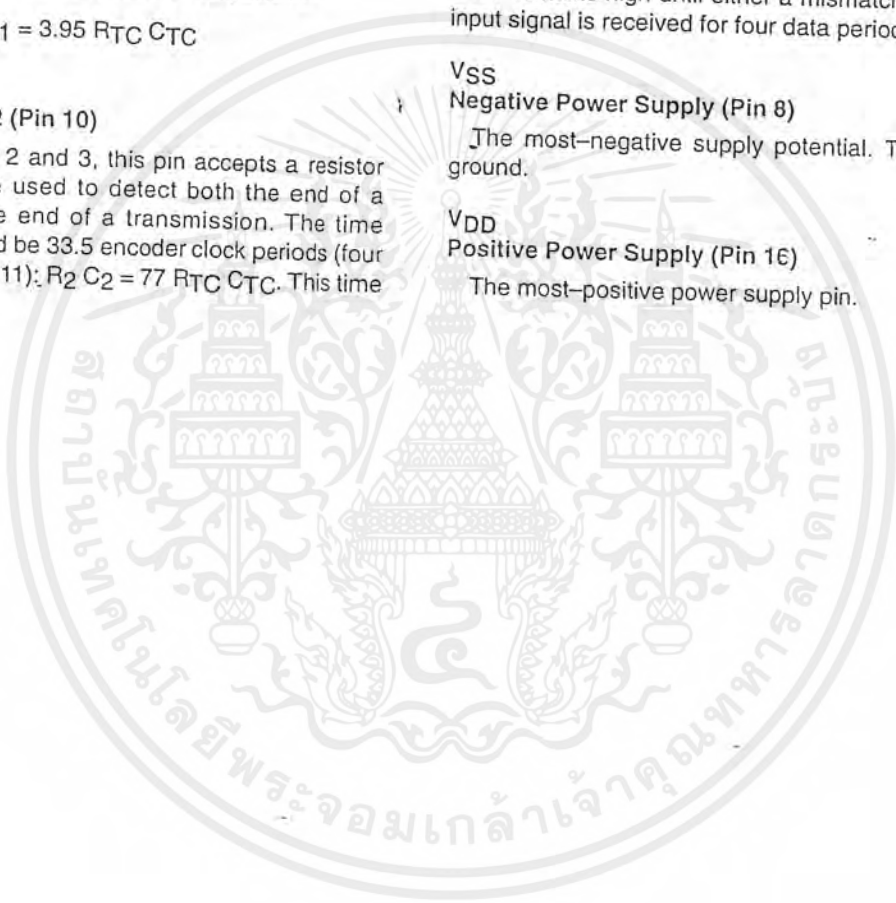
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

#### VSS Negative Power Supply (Pin 8)

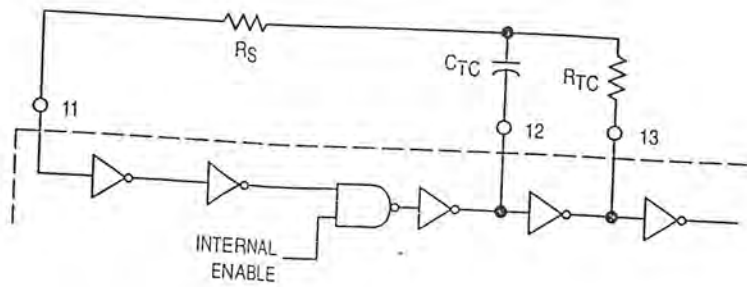
The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

#### VDD Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f = \frac{1}{2.3 R_{TC} C_{TC}'} \text{ (Hz)}$$

for  $1 \text{ kHz} \leq f \leq 400 \text{ kHz}$

where:  $C_{TC}' = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ pF}$

$R_S = 2 R_{TC}$

$R_S \geq 20 \text{ k}$

$R_{TC} \geq 10 \text{ k}$

$400 \text{ pF} < C_{TC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$

The value for  $R_S$  should be chosen to be  $\geq 2$  times  $R_{TC}$ . This range ensures that current through  $R_S$  is insignificant compared to current through  $R_{TC}$ . The upper limit for  $R_S$  must ensure that  $R_S \times 5 \text{ pF}$  (input capacitance) is small compared to  $R_{TC} \times C_{TC}$ .

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 M $\Omega$ .

Figure 9. Encoder Oscillator Information

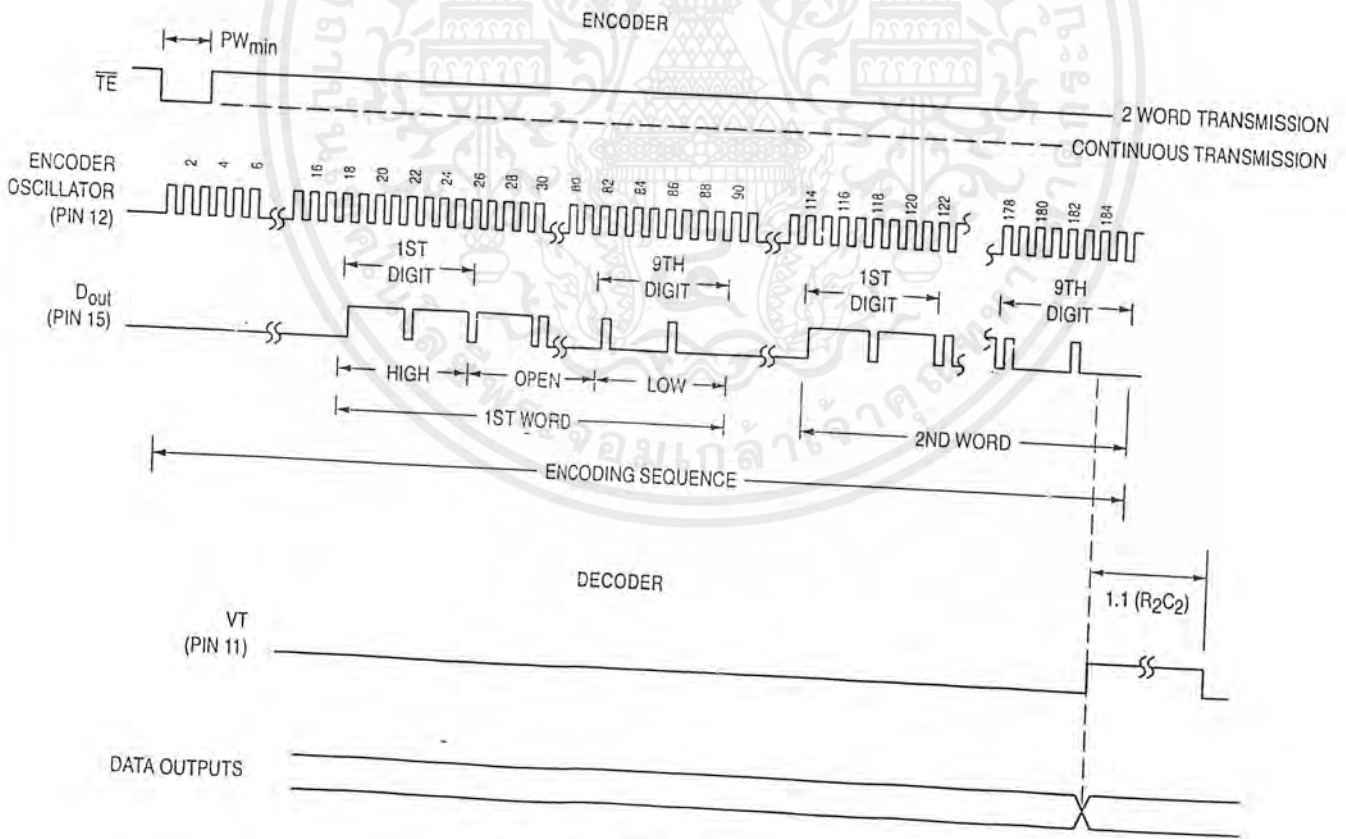


Figure 10. Timing Diagram

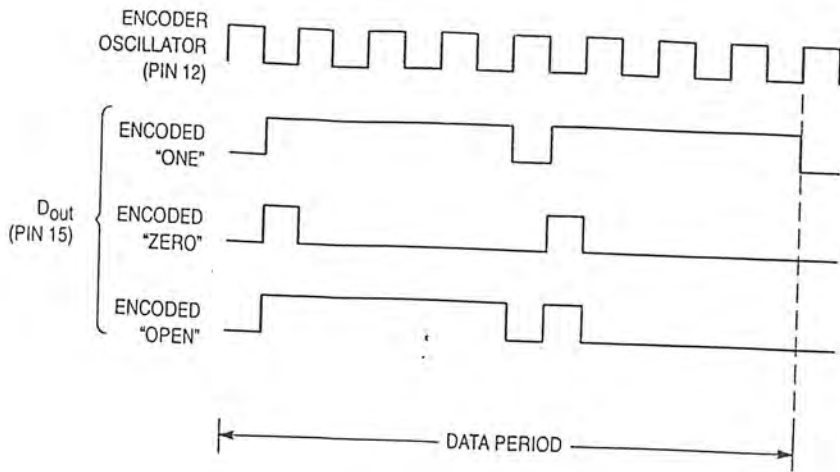


Figure 11. Encoder Data Waveforms

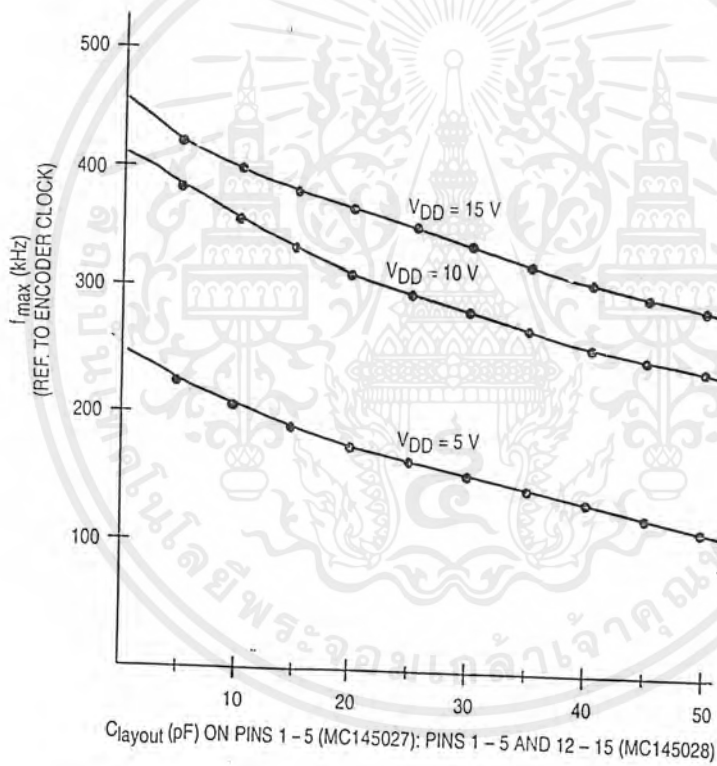


Figure 12.  $f_{max}$  vs  $C_{layout}$  — Decoders Only

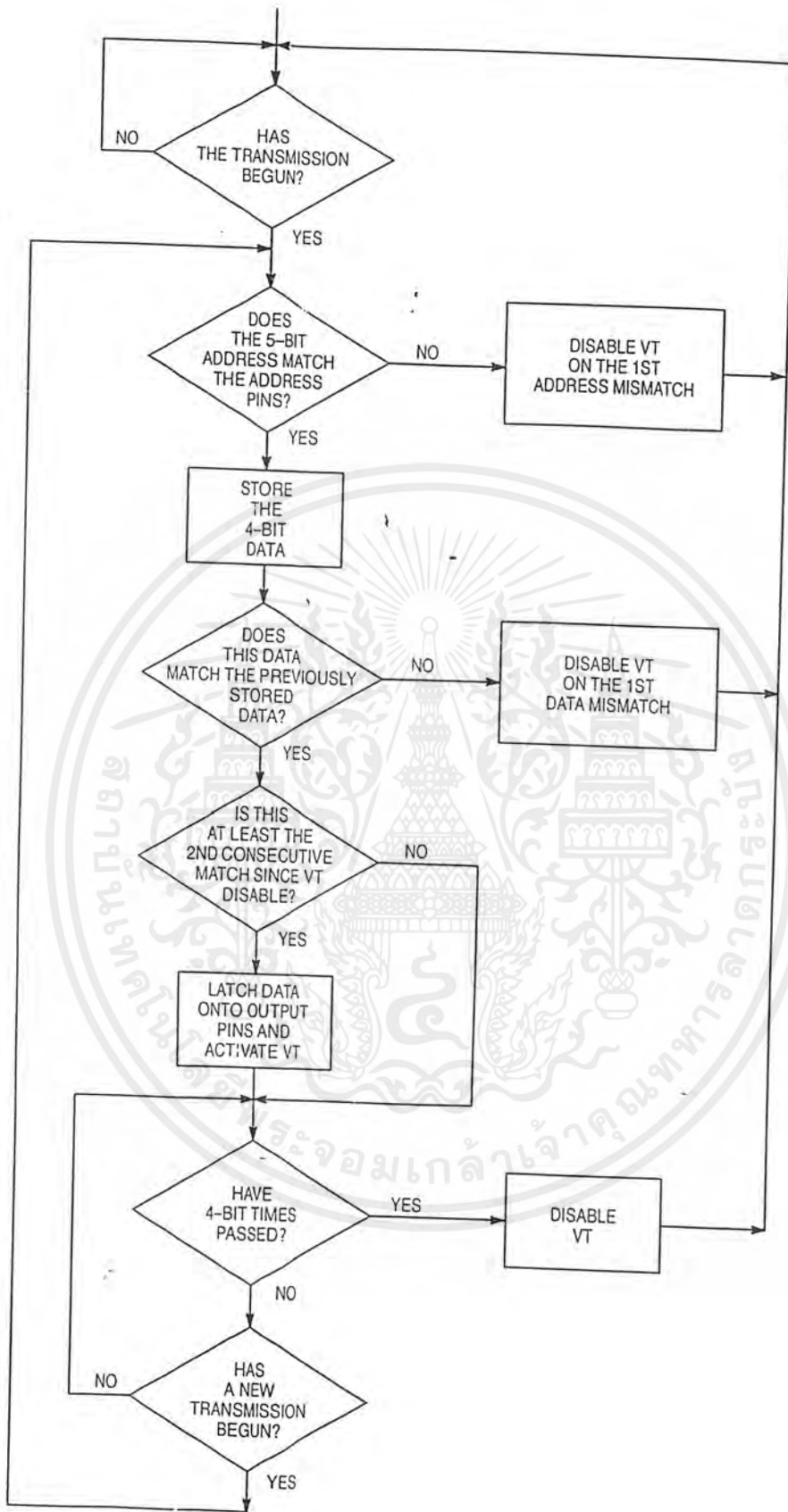


Figure 13. MC145027 Flowchart

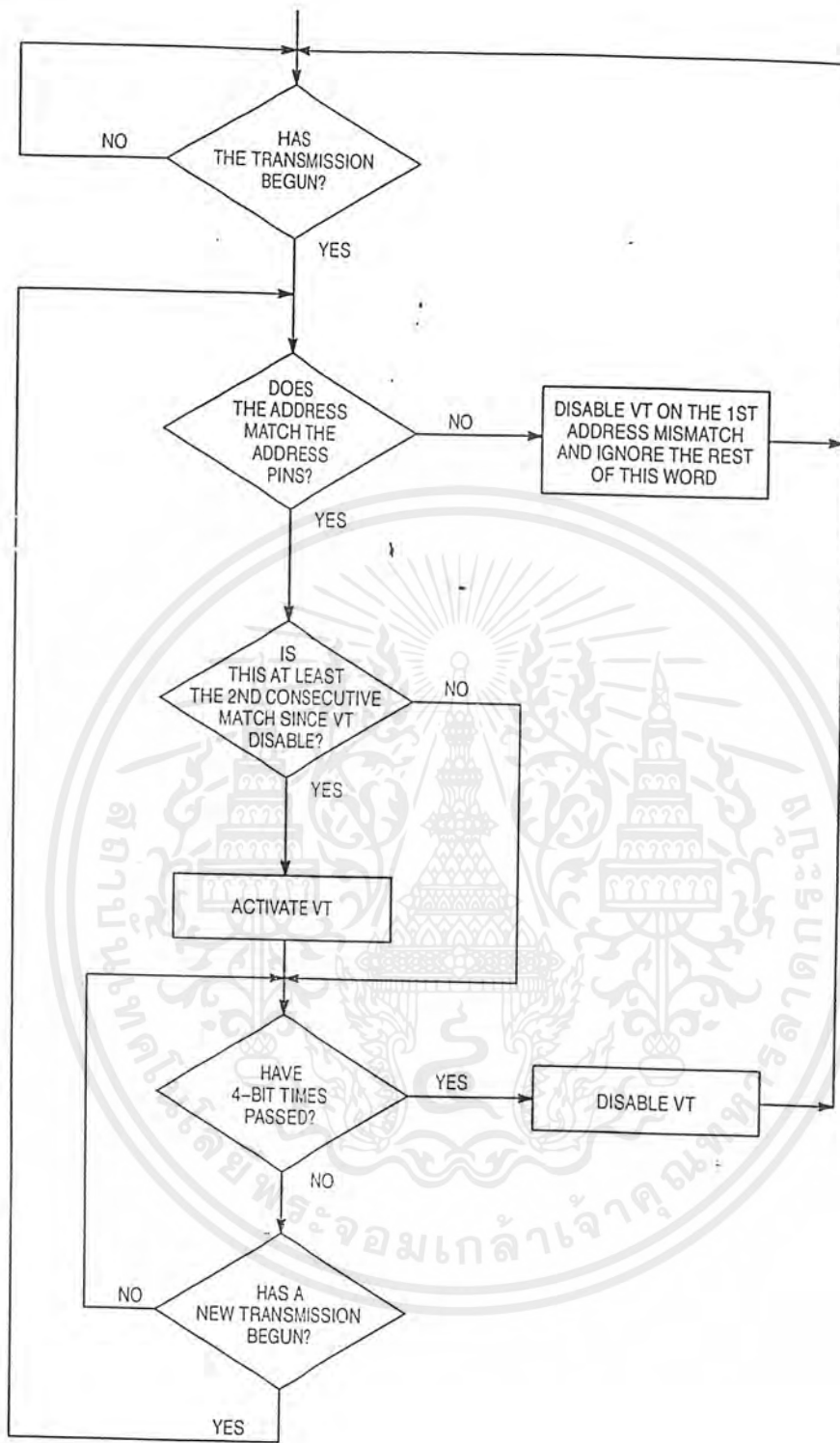


Figure 14. MC145028 Flowchart

## MC145027 AND MC145028 TIMING

To verify the MC145027 or MC145028 timing, check the waveforms on C1 (Pin 7) and R2/C2 (Pin 10) as compared to the incoming data waveform on  $D_{in}$  (Pin 9).

The R-C decay seen on C1 discharges down to  $1/3 V_{DD}$  before being reset to  $V_{DD}$ . This point of reset (labelled "DOS" in Figure 15) is the point in time where the decision is made whether the data seen on  $D_{in}$  is a 1 or 0. DOS should not be too close to the  $D_{in}$  data edges or intermittent operation may occur.

The other timing to be checked on the MC145027 and MC145028 is on R2/C2 (see Figure 16). The R-C decay is continually reset to  $V_{DD}$  as data is being transmitted. Only does R2/C2 decay significantly from  $V_{DD}$ . R2/C2 can be used to identify the internal end-of-word (EOW) timing edge which is generated when R2/C2 decays to  $2/3 V_{DD}$ . The internal EOT timing edge occurs when R2/C2 decays to  $1/3 V_{DD}$ . When the waveform is being observed, the R-C decay should go down between the  $2/3$  and  $1/3 V_{DD}$  levels, but not too close to either level before data transmission on  $D_{in}$  resumes.

Verification of the timing described above should ensure a good match between the MC145026 transmitter and the MC145027 and MC145028 receivers.

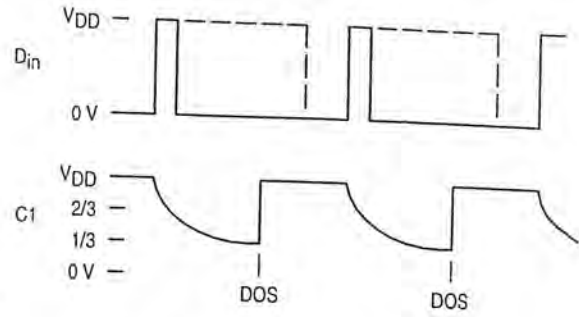
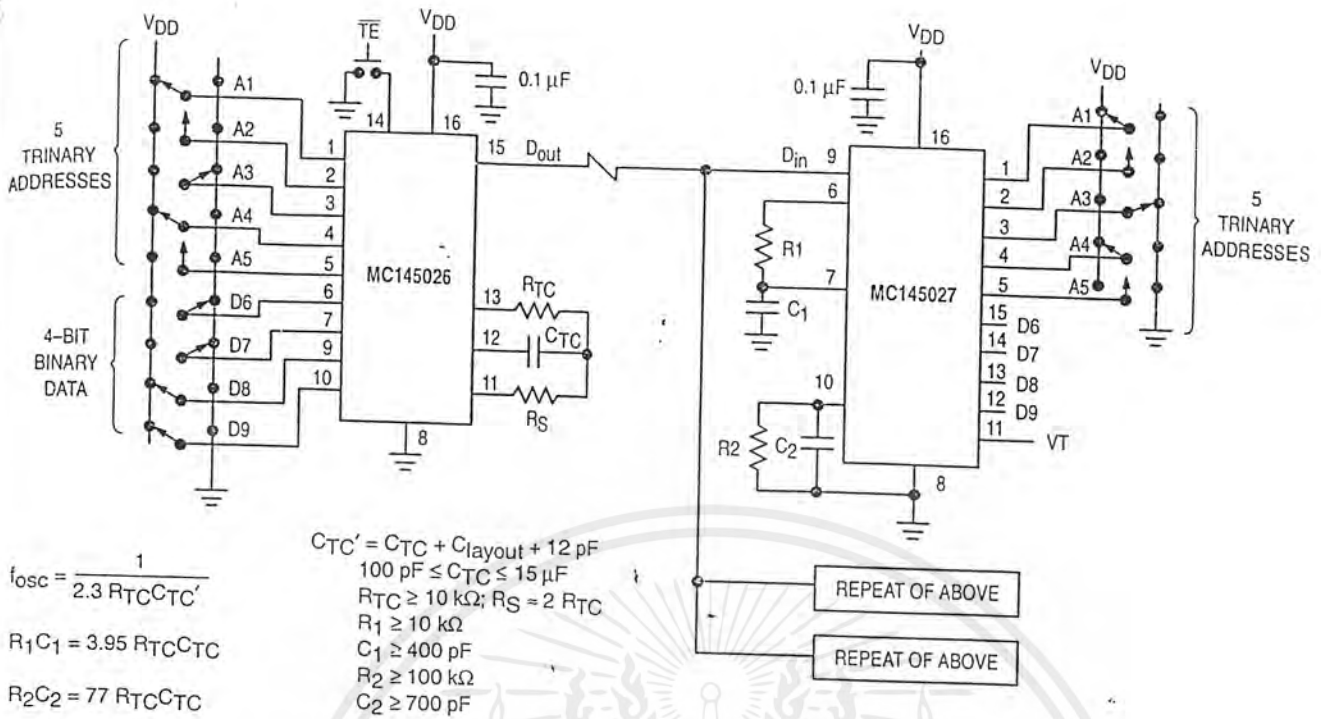


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)



Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



Example R/C Values (All Resistors and Capacitors are  $\pm 5\%$ )

( $C_{TC}' = C_{TC} + 20 \text{ pF}$ )

$f_{osc}$ (kHz)	$R_{TC}$	$C_{TC}'$	$R_S$	$R_1$	$C_1$	$R_2$	$C_2$
362	10 k	120 pF	20 k	10 k	470 pF	100 k	910 pF
181	10 k	240 pF	20 k	10 k	910 pF	100 k	1800 pF
88.7	10 k	490 pF	20 k	10 k	2000 pF	100 k	3900 pF
42.6	10 k	1020 pF	20 k	10 k	3900 pF	100 k	7500 pF
21.5	10 k	2020 pF	20 k	10 k	8200 pF	100 k	0.015 $\mu\text{F}$
8.53	10 k	5100 pF	20 k	10 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.02 $\mu\text{F}$
1.71	50 k	5100 pF	100 k	50 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.1 $\mu\text{F}$

Figure 17. Typical Application

## APPLICATIONS INFORMATION

### INFRARED TRANSMITTER

Figure 18, the MC145026 encoder is set to run at an oscillator frequency of about 4 to 9 kHz. Thus, the time required for a complete two-word encoding sequence is about 20 to 40 ms. The data output from the encoder gates an RC oscillator running at 50 kHz; the oscillator shown starts rapidly enough to be used in this application. When the "send" button is not depressed, both the MC145026 and oscillator are in a low-power standby state. The RC oscillator has to be trimmed for 50 kHz and has some drawbacks for frequency stability. A superior system uses a ceramic resonator oscillator running at 400 kHz. This oscillator feeds a divider as shown in Figure 19. The unused inputs of the MC14011UB must be grounded.

The MLED81 IRED is driven with the 50 kHz square wave at about 200 to 300 mA to generate the carrier. If desired, two IREDs wired in series can be used (see Application Note AN1016 for more information). The bipolar IRED switch, shown in Figure 18, offers two advantages over a FET. First, a logic FET has too much gate capacitance for the MC14011UB to drive without waveform distortion. Second, the bipolar drive permits lower supply voltages, which are an advantage in portable battery-powered applications.

The configuration shown in Figure 18 operates over a supply range of 4.5 to 18 V. A low-voltage system which operates down to 2.5 V could be realized if the oscillator section of a MC74HC4060 is used in place of the MC14011UB. The data output of the MC145026 is inverted and fed to the RESET pin of the MC74HC4060. Alternately, the MC74HCU04 could be used for the oscillator.

Information on the MC14011UB is in book number DL131/D. The MC74HCU04 and MC74HC4060 are found in book number DL129/D.

### INFRARED RECEIVER

The receiver in Figure 20 couples an IR-sensitive diode to an input preamp A1, followed by band-pass amplifier A2 with a gain of about 10. Limiting stage A3 follows, with an output of about 800 mV p-p. The limited 50 kHz burst is detected by comparator A4 that passes only positive pulses, and peak-

detected and filtered by a diode/RC network to extract the data envelope from the burst. Comparator A5 boosts the signal to logic levels compatible with the MC145027/28 data input. The  $D_{in}$  pin of these decoders is a standard CMOS high-impedance input which must *not* be allowed to float. Therefore, direct coupling from A5 to the decoder input is utilized.

Shielding should be used on at least A1 and A2, with good ground and high-sensitivity circuit layout techniques applied.

For operation with supplies higher than +5 V, limiter A4's positive output swing needs to be limited to 3 to 5 V. This is accomplished via adding a zener diode in the negative feedback path, thus avoiding excessive system noise. The biasing resistor stack should be adjusted such that  $V_3$  is 1.25 to 1.5 V.

This system works up to a range of about 10 meters. The gains of the system may be adjusted to suit the individual design needs. The 100  $\Omega$  resistor in the emitter of the first 2N5088 and the 1 k $\Omega$  resistor feeding A2 may be altered if different gain is required. In general, more gain does not necessarily result in increased range. This is due to noise floor limitations. The designer should increase transmitter power and/or increase receiver aperture with Fresnel lensing to greatly improve range. See Application Note AN1016 for additional information.

Information on the MC34074 is in data book DL128/D.

### TERNARY SWITCH MANUFACTURERS

Midland Ross—Electronic Connector Div.  
Greyhill  
Augat/Alcoswitch  
Aries Electronics

The above companies may not have the switches in a DIP. For more information, call them or consult *sem Electronic Engineers Master Catalog* or the *Gold Book*. Ask for SPDT with center OFF.

Alternative: An SPST can be placed in series between a SPDT and the Encoder or Decoder to achieve ternary action.

Motorola cannot recommend one supplier over another and in no way suggests that this is a complete listing of ternary switch manufacturers.

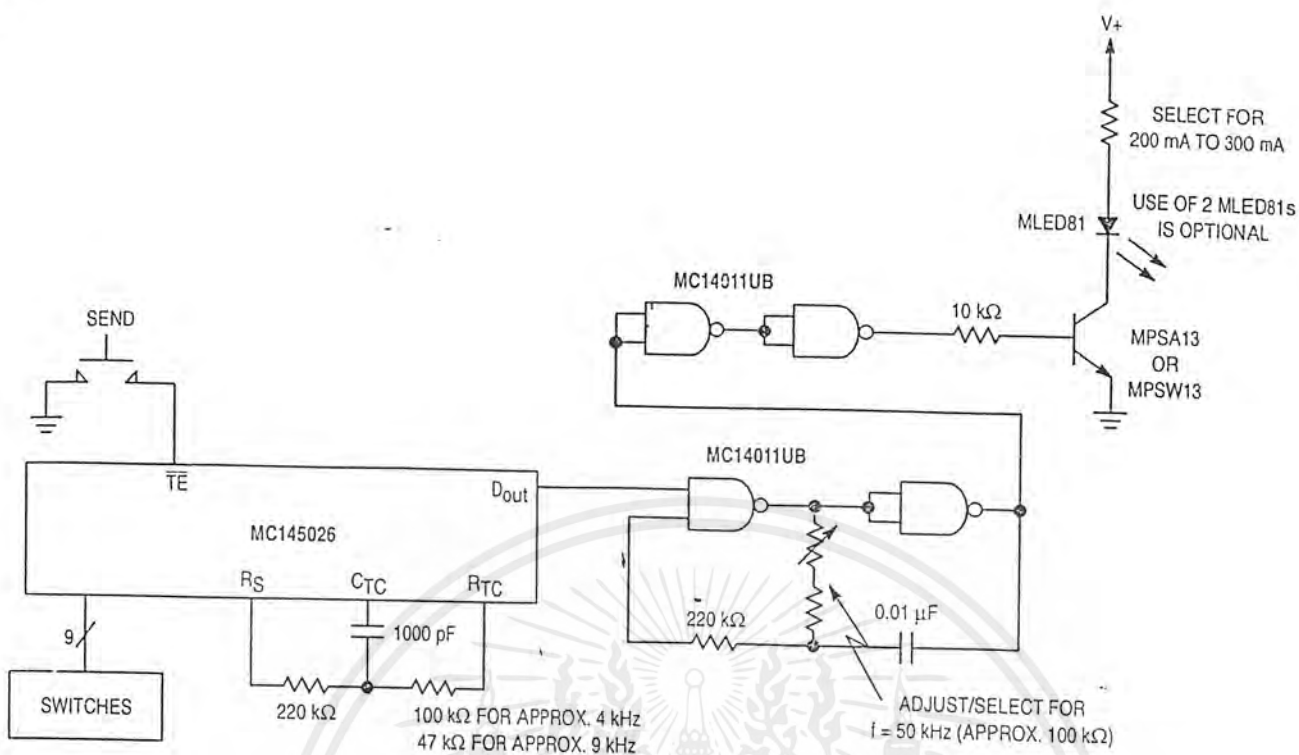


Figure 18. IRED Transmitter Using RC Oscillator to Generate Carrier Frequency

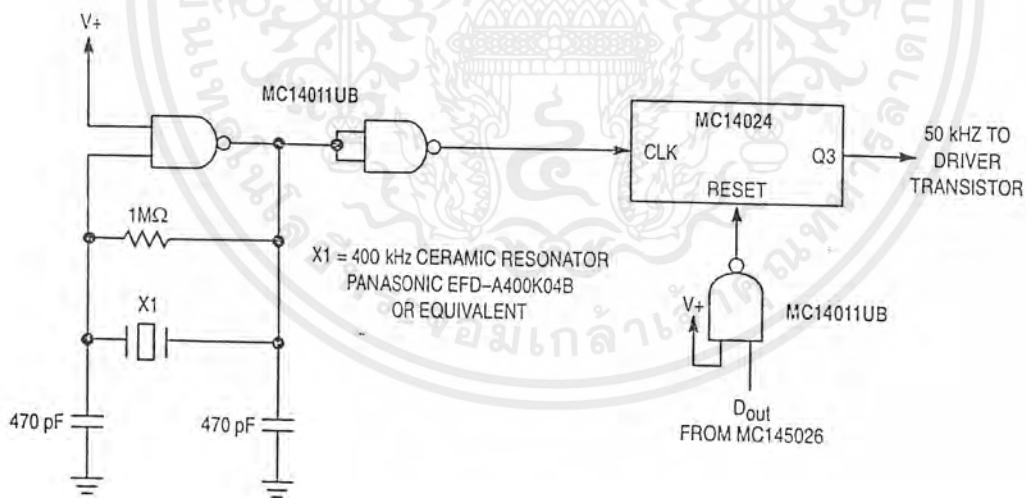
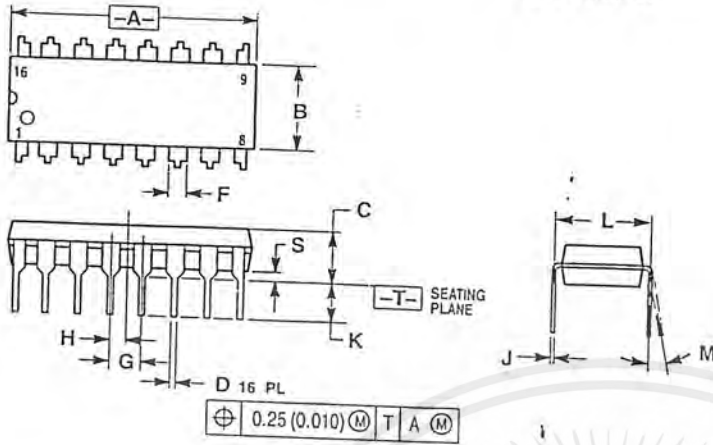


Figure 19. Using a Ceramic Resonator to Generate Carrier Frequency



# PACKAGE DIMENSIONS

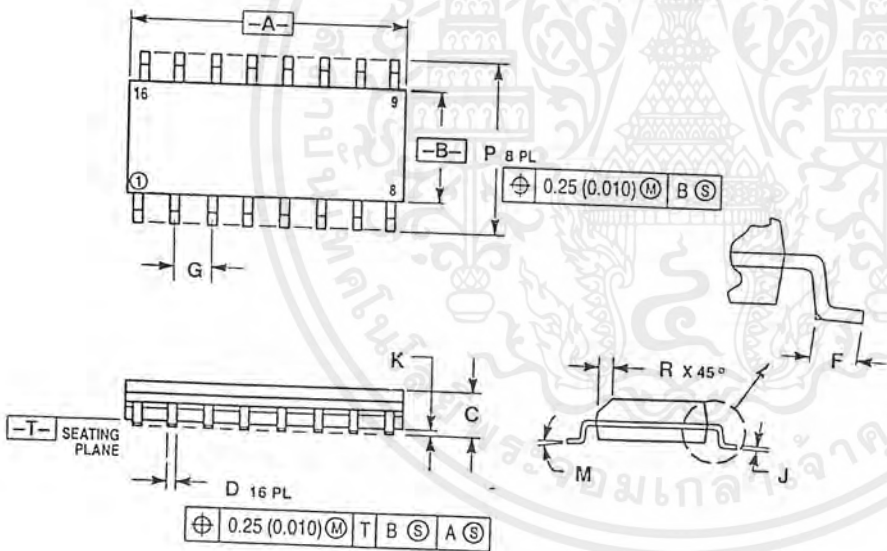
## P SUFFIX PLASTIC DIP (DUAL IN-LINE PACKAGE) CASE 648-08



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
  4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
  5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0° 10°		0° 10°	
S	0.020	0.040	0.51	1.01

## D SUFFIX SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE CASE 751B-05



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
  5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.386	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0° 7°		0° 7°	
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

## MC14066B

### QUAD ANALOG SWITCH/QUAD MULTIPLEXER

The MC14066B consists of four independent switches capable of controlling either digital or analog signals. This quad bilateral switch is useful in signal gating, chopper, modulator, demodulator and CMOS logic implementation.

The MC14066B is designed to be pin-for-pin compatible with the MC14016B, but has much lower ON resistance. Input voltage swings as large as the full supply voltage can be controlled via each independent control input.

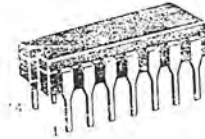
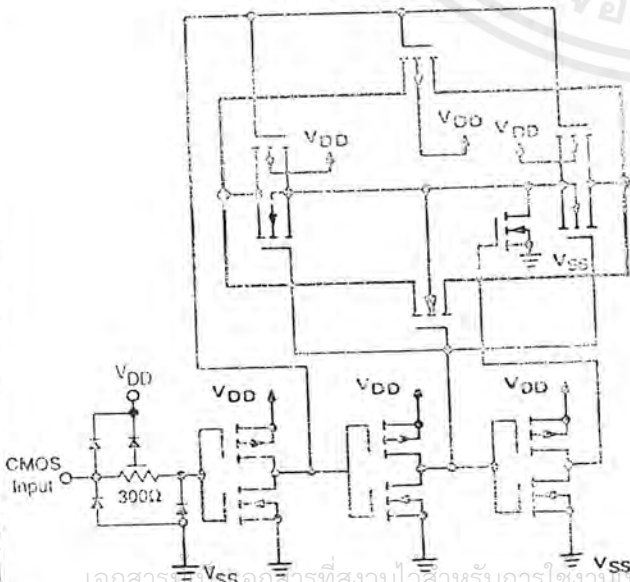
- Triple Diode Protection on All Control Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Linearized Transfer Characteristics
- Low Noise —  $12 \text{ nV}/\sqrt{\text{Cycle}}$ ,  $f \geq 1.0 \text{ kHz}$  typical
- Pin-for-Pin Replacement for CD4016, CD4016, MC14016B
- For Lower  $R_{ON}$ , Use The HC4066 High-Speed CMOS Device

#### MAXIMUM RATINGS\* (Voltages Referenced to VSS)

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{DD}$	DC Supply Voltage	0.5 to 18.0	V
$V_{in}, V_{out}$	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$I_{in}$	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	$\pm 10$	mA
$I_{sw}$	Switch Through Current	$\pm 25$	mA
$P_D$	Power Dissipation, per Package†	500	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	0 to $+150$	$^{\circ}\text{C}$
$T_L$	Lead Temperature (3-Second Soldering)	300	$^{\circ}\text{C}$

\*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.  
 †Temperature Derating: Plastic "P and D/DW" Packages:  $-7.0 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$  From  $55^{\circ}\text{C}$  To  $125^{\circ}\text{C}$   
 Ceramic "L" Packages:  $-12 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$  From  $100^{\circ}\text{C}$  To  $125^{\circ}\text{C}$

#### CIRCUIT SCHEMATIC (1/4 OF DEVICE SHOWN)



L SUFFIX  
CERAMIC  
CASE 632



P SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 648

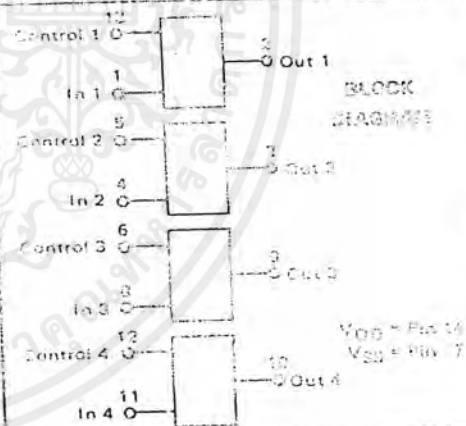


D SUFFIX  
SOIC  
CASE 751A

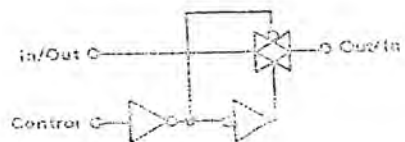
#### ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic  
 MC14XXXBCL Ceramic  
 MC14XXXBD SOIC

$T_A$  =  $-55^{\circ}$  to  $125^{\circ}\text{C}$  for all packages.



#### LOGIC DIAGRAM AND TRUTH TABLE (1/4 OF DEVICE SHOWN)



Control	Switch
0 = VSS	OFF
1 = VDD	ON

Logic Diagram Restrictions  
 $V_{SS} \leq V_{in} \leq V_{DD}$   
 $V_{SS} \leq V_{out} \leq V_{DD}$

# MC14066B

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	V <sub>DD</sub>	Test Conditions	-55°C		25°C			125°C		Unit
				Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
<b>APPLY REQUIREMENTS (Voltages Referenced to V<sub>EE</sub>)</b>											
Power Supply Voltage Range	V <sub>DD</sub>	—		3.0	18	3.0	—	18	3.0	18	V
Quiescent Current Per Package	I <sub>DD</sub>	5.0 10 15	Control Inputs: V <sub>in</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> . Switch I/O: V <sub>SS</sub> ≈ V <sub>I/O</sub> ≤ V <sub>DD</sub> , and ΔV <sub>switch</sub> ≤ 500 mV**	—	0.25 0.5 1.0	—	0.005 0.010 0.015	0.25 0.5 1.0	—	7.5 15 30	μA
Total Supply Current (Dynamic Plus Quiescent, Per Package)	I <sub>D(AV)</sub>	5.0 10 15	T <sub>A</sub> = 25°C only The channel component, (V <sub>in</sub> - V <sub>out</sub> )R <sub>on</sub> , is not included.)	Typical (0.07 μA/kHz)f + I <sub>DD</sub> (0.20 μA/kHz)f + I <sub>DD</sub> (0.36 μA/kHz)f + I <sub>DD</sub>							μA

## CONTROL INPUTS (Voltages Referenced to V<sub>SS</sub>)

Low-Level Input Voltage	V <sub>IL</sub>	5.0 10 15	R <sub>on</sub> = per spec, I <sub>off</sub> = per spec	—	1.5 3.0 4.0	—	2.25 3.50 5.75	1.5 3.0 4.0	—	1.5 3.0 4.0	V
High-Level Input Voltage	V <sub>IH</sub>	5.0 10 15	R <sub>on</sub> = per spec, I <sub>off</sub> = per spec	3.5 7.0 11	— — —	3.5 7.0 11	2.75 5.50 8.25	— — —	3.5 7.0 11	— — —	V
Input Leakage Current	I <sub>in</sub>	15	V <sub>in</sub> = 0 or V <sub>DD</sub>	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μA
Input Capacitance	C <sub>in</sub>	—		—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF

## SWITCHES IN AND OUT (Voltages Referenced to V<sub>SS</sub>)

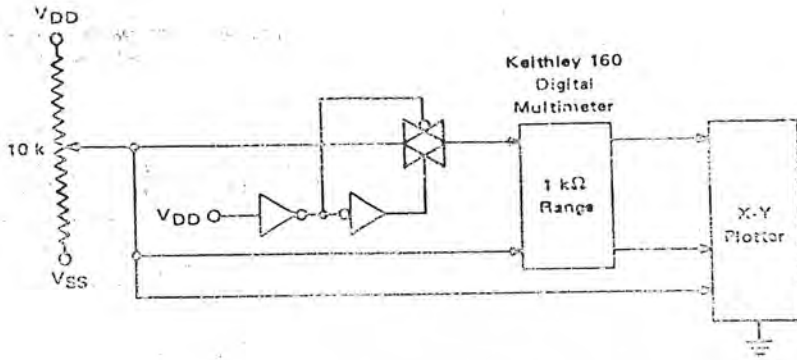
Recommended Peak-to-Peak Voltage Into or Out of the Switch	V <sub>I/O</sub>	—	Channel On or Off	0	V <sub>DD</sub>	0	—	V <sub>DD</sub>	0	V <sub>DD</sub>	V <sub>p-p</sub>
Recommended Static or Dynamic Voltage Across the Switch** (Figure 1)	ΔV <sub>switch</sub>	—	Channel On	0	600	0	—	600	0	300	nV
Output Offset Voltage	V <sub>OO</sub>	—	V <sub>in</sub> = 0 V, No Load	—	—	—	10	—	—	—	μV
ON Resistance	R <sub>on</sub>	5.0 10 15	ΔV <sub>switch</sub> ≈ 500 mV**, V <sub>in</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> (Control), and V <sub>in</sub> = 0 to V <sub>DD</sub> (Switch)	—	800 400 220	—	250 150 80	1050 500 280	—	1200 520 300	Ω
ΔON Resistance Between Any Two Channels in the Same Package	ΔR <sub>on</sub>	5.0 10 15		—	70 60 45	—	25 15 10	70 50 45	—	135 95 65	Ω
Off-Channel Leakage Current (Figure 6)	I <sub>off</sub>	15	V <sub>in</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> (Control) Channel to Channel or Any One Channel	—	±100	—	±0.05	±100	—	±1000	nA
Capacitance, Switch I/O	C <sub>I/O</sub>	—	Switch Off	—	—	—	10	15	—	—	pF
Capacitance, Feedthrough (Switch Off)	C <sub>I/O</sub>	—		—	—	—	0.47	—	—	—	pF

#Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes, but is intended as an indication of the IC's potential performance.  
 \*\*For voltage drops across the switch (ΔV<sub>switch</sub>) > 600 mV (> 300 mV at high temperature), excessive V<sub>DD</sub> current may be drawn; i.e. the current out of the switch may contain both V<sub>DD</sub> and switch input components. The reliability of the device will be unaffected unless the Maximum Ratings are exceeded. (See first page of this data sheet.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MC14066B

FIGURE 7 – CHANNEL RESISTANCE ( $R_{ON}$ ) TEST CIRCUIT



## TYPICAL RESISTANCE CHARACTERISTICS

FIGURE 8 –  $V_{DD} = 7.5\text{ V}$ ,  $V_{SS} = -7.5\text{ V}$

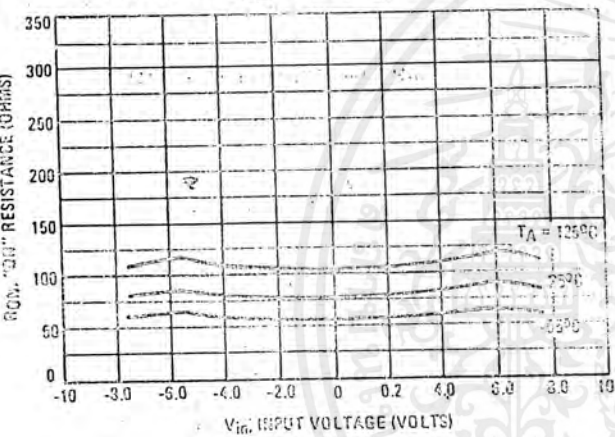


FIGURE 9 –  $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{SS} = -5.0\text{ V}$

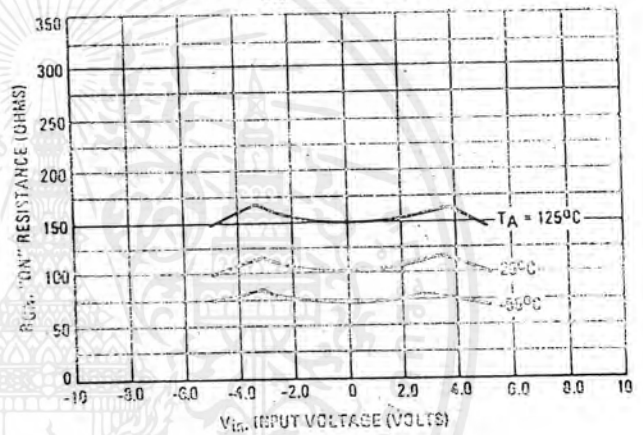


FIGURE 10 –  $V_{DD} = 2.5\text{ V}$ ,  $V_{SS} = -2.5\text{ V}$

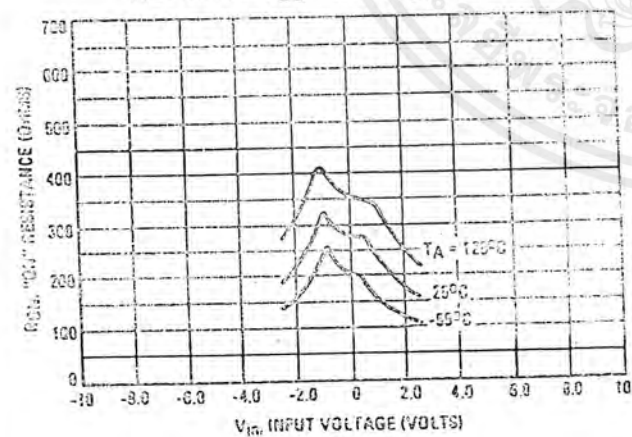
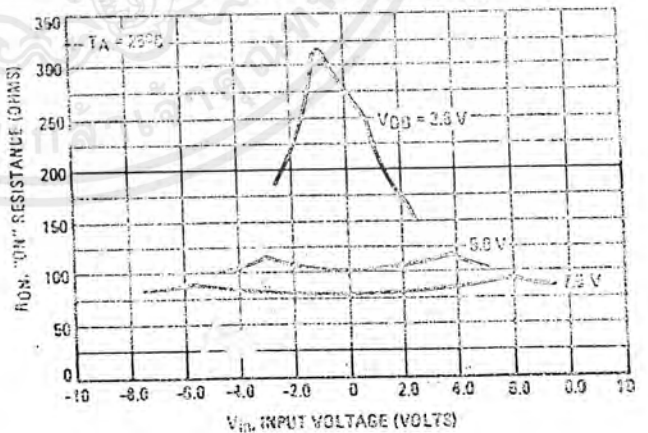


FIGURE 11 – COMPARISON AT 25°C,  $V_{DD} = -V_{SS}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MC14056B

## APPLICATIONS INFORMATION

Figure A illustrates use of the Analog Switch. The 0-to-5 volt digital control signal is used to directly control a 5 volt peak-to-peak analog signal.

The digital control logic levels are determined by  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ . The  $V_{DD}$  voltage is the logic high voltage; the  $V_{SS}$  voltage is logic low. For the example,  $V_{DD} = +5\text{ V} = \text{logic high}$  at the control inputs;  $V_{SS} = \text{GND} = 0\text{ V} = \text{logic low}$ .

The maximum analog signal level is determined by  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ . The analog voltage must not swing higher than  $V_{DD}$  or lower than  $V_{SS}$ .

The example shows a 5 volt peak-to-peak signal which allows no margin at either peak. If voltage transients above  $V_{DD}$  and/or below  $V_{SS}$  are anticipated on the analog channels, external diodes ( $D_x$ ) are recommended as shown in Figure B. These diodes should be small signal types able to absorb the maximum anticipated current surges during clipping.

The absolute maximum potential difference between  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$  is 18.0 volts. Most parameters are specified up to 18 volts which is the recommended maximum difference between  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ .

FIGURE A — APPLICATION EXAMPLE

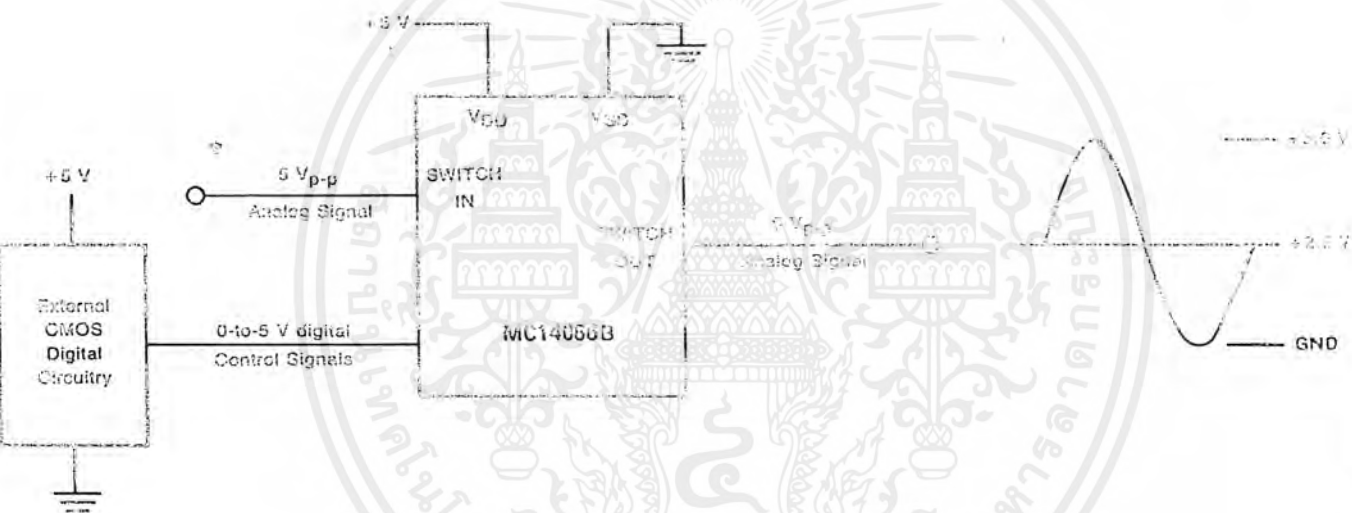


FIGURE B — EXTERNAL BEHAVIOR ON SHORTER CLIPPING LIMITS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN74LS240 SN74LS244



## Octal Buffer/Line Driver with 3-State Outputs

The SN74LS240 and SN74LS244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

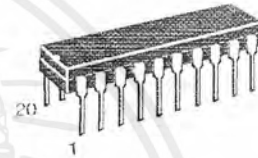
- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

**ON Semiconductor**  
Formerly a Division of Motorola  
<http://onsemi.com>

**LOW  
POWER  
SCHOTTKY**

### GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
$T_A$	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	$^{\circ}C$
$I_{OH}$	Output Current – High			-3.0	mA
				-15	mA
$I_{CL}$	Output Current – Low			24	mA



PLASTIC  
N SUFFIX  
CASE 738



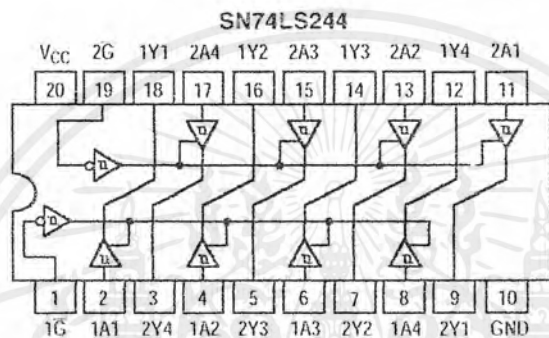
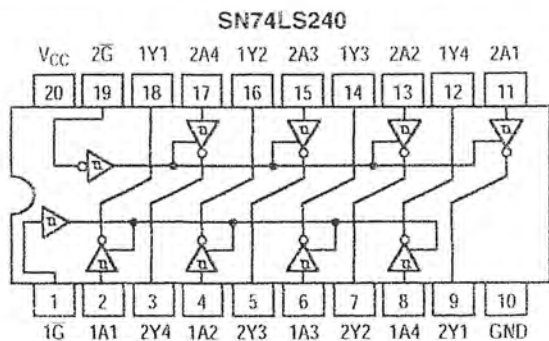
SOIC  
DW SUFFIX  
CASE 751D

### ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS240N	16 Pin DIP	1440 Units/Box
SN74LS240DW	16 Pin	2500/Tape & Reel
SN74LS244N	16 Pin DIP	1440 Units/Box
SN74LS244DW	16 Pin	2500/Tape & Reel

# SN74LS240 SN74LS244

## LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)



### TRUTH TABLES

SN74LS240

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

SN74LS244

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level  
 L = LOW Voltage Level  
 X = Immaterial  
 Z = HIGH Impedance

# SN74LS240 SN74LS244

## DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
$V_{IH}$	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
$V_{IL}$	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis	0.2	0.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$
$V_{IK}$	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{IN} = -18 \text{ mA}$
$V_{OH}$	Output HIGH Voltage	2.4	3.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{OH} = -3.0 \text{ mA}$
		2.0			V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{OH} = \text{MAX}$
$V_{OL}$	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	$I_{OL} = 12 \text{ mA}$
			0.35	0.5	V	$I_{OL} = 24 \text{ mA}$
						$V_{CC} = V_{CC} \text{ MIN}$ , $V_{IN} = V_{IL} \text{ or } V_{IH}$ per Truth Table
$I_{OZH}$	Output Off Current HIGH			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 2.7 \text{ V}$
$I_{OZL}$	Output Off Current LOW			-20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 0.4 \text{ V}$
$I_{IH}$	Input HIGH Current			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
$I_{IL}$	Input LOW Current			-0.2	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
$I_{OS}$	Output Short Circuit Current (Note 1)	-40		-225	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
$I_{CC}$	Power Supply Current Total, Output HIGH			27	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
	Total, Output LOW	LS240		44		
		LS244		46		
	Total at HIGH Z	LS240		50		
		LS244		54		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

## AC CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ )

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
$t_{PLH}$ $t_{PHL}$	Propagation Delay, Data to Output LS240		9.0 12	14 18	ns	$C_L = 45 \text{ pF}$ , $R_L = 667 \Omega$
$t_{PLH}$ $t_{PHL}$	Propagation Delay, Data to Output LS244		12 12	18 18	ns	
$t_{PZH}$	Output Enable Time to HIGH Level		15	23	ns	
$t_{PZL}$	Output Enable Time to LOW Level		20	30	ns	
$t_{PLZ}$	Output Disable Time from LOW Level		15	25	ns	$C_L = 5.0 \text{ pF}$ , $R_L = 667 \Omega$
$t_{PHZ}$	Output Disable Time from HIGH Level		10	18	ns	

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN74LS240 SN74LS244

## AC WAVEFORMS

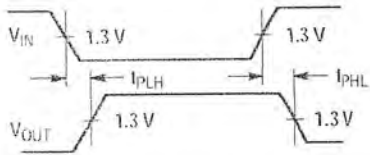


Figure 1.

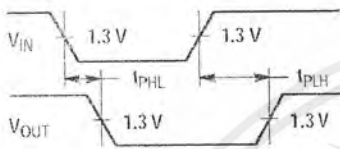


Figure 2.

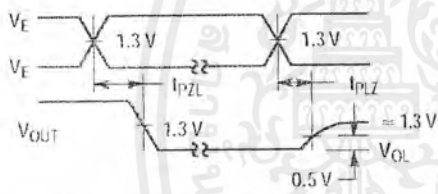


Figure 3.

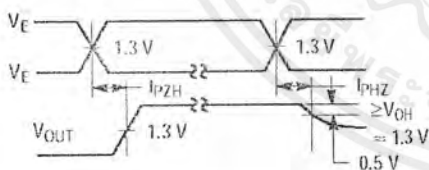
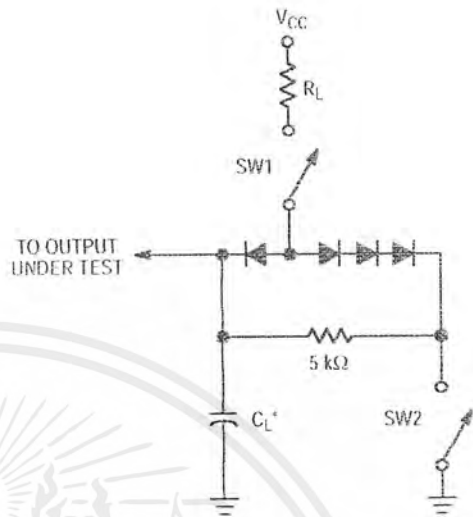


Figure 4.



SWITCH POSITIONS

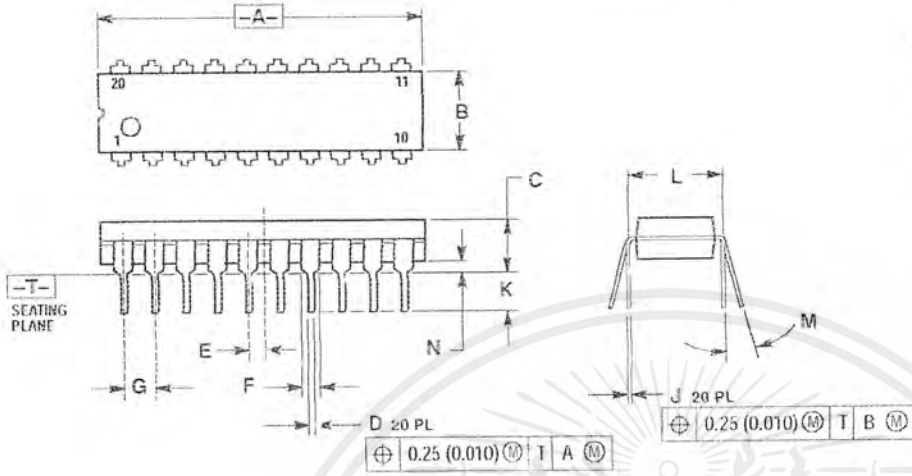
SYMBOL	SW1	SW2
$t_{PZH}$	Open	Closed
$t_{PZL}$	Closed	Open
$t_{PLZ}$	Closed	Closed
$t_{PHZ}$	Closed	Closed

Figure 5.

# SN74LS240 SN74LS244

## PACKAGE DIMENSIONS

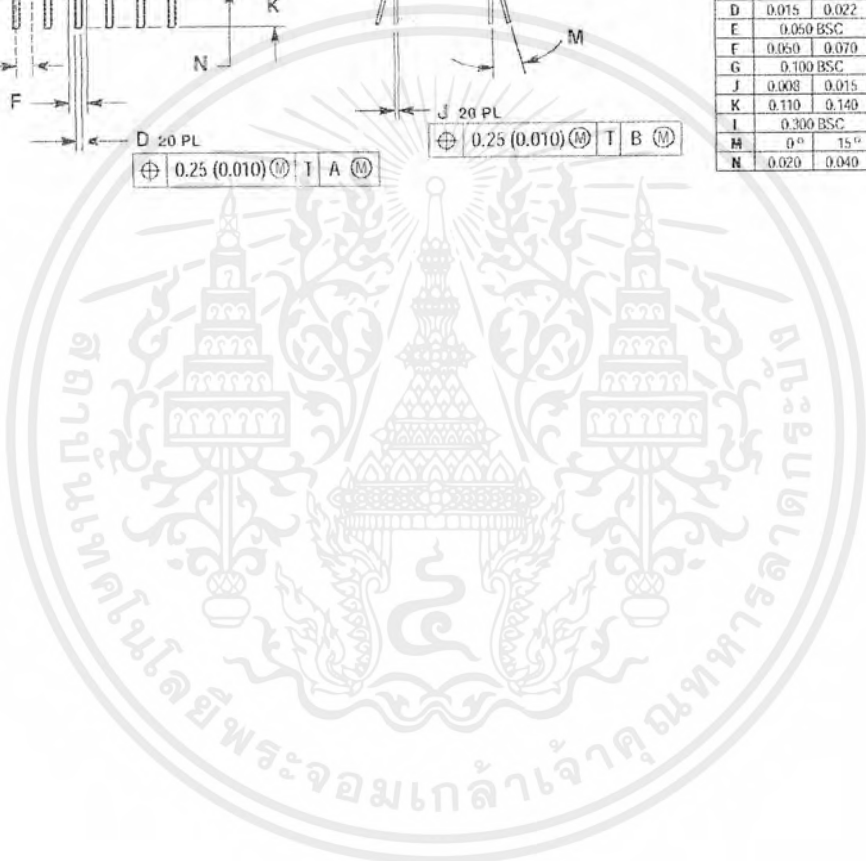
N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 738-03  
ISSUE E



NOTES:

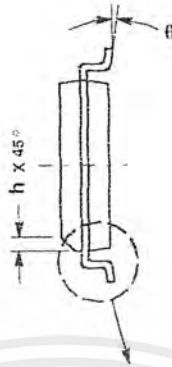
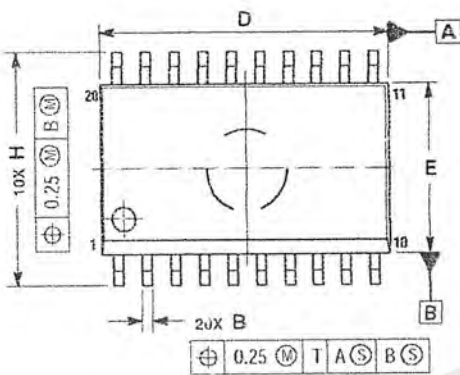
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.6M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.010	1.070	25.66	27.17
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.150	0.180	3.81	4.57
D	0.015	0.022	0.39	0.55
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.050	0.070	1.27	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.140	2.80	3.55
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01



SN74LS240 SN74LS244

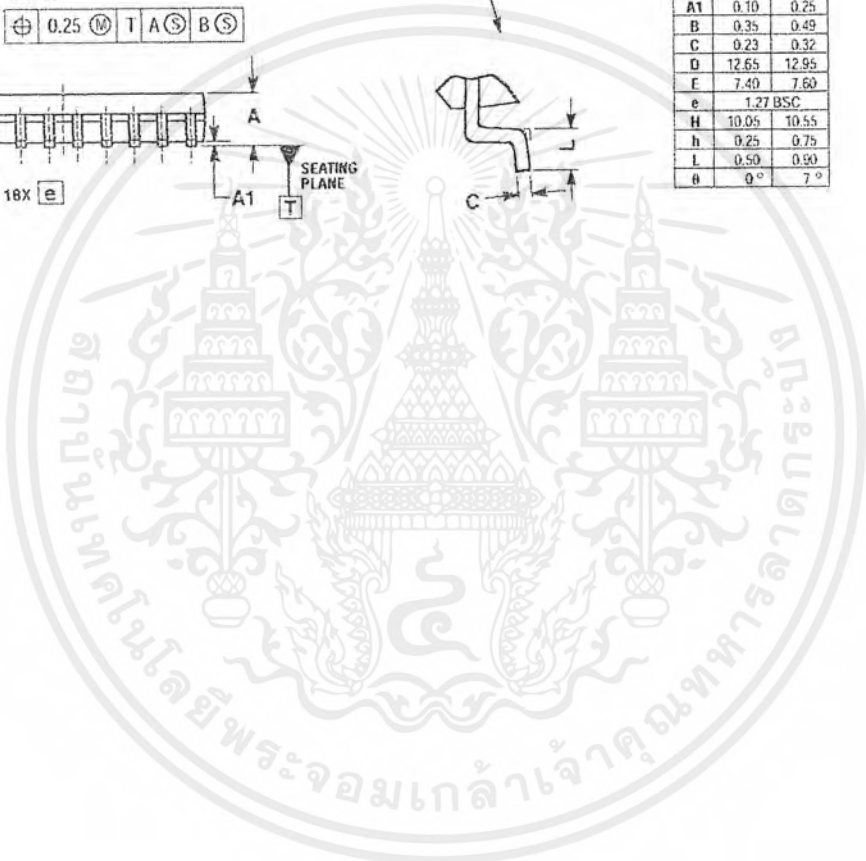
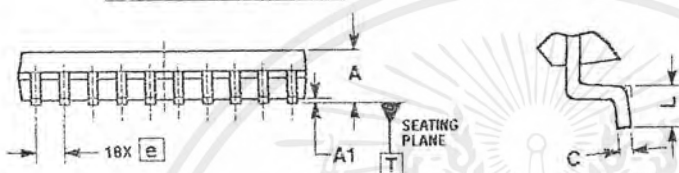
D SUFFIX  
PLASTIC SOIC PACKAGE  
CASE 751D-05  
ISSUE F



NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	2.35	2.65
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.23	0.32
D	12.65	12.95
E	7.40	7.60
e	1.27 BSC	
H	10.05	10.55
h	0.25	0.75
L	0.50	0.90
θ	0°	7°



## LM78XX Series Voltage Regulators

### General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

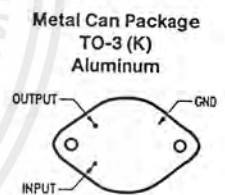
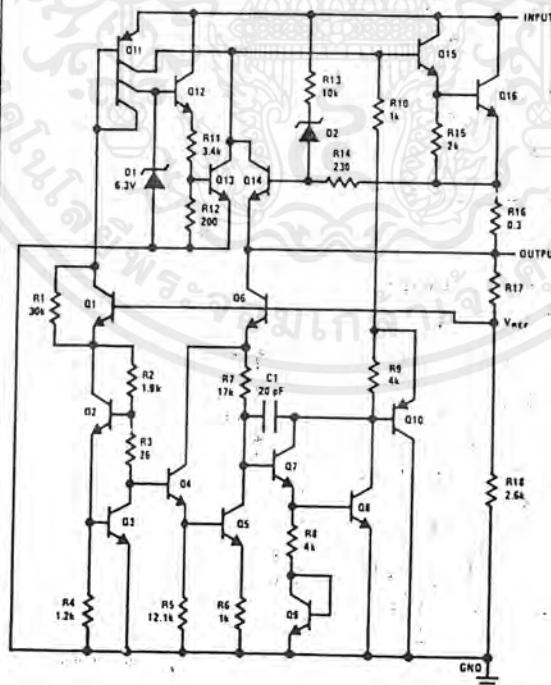
### Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

### Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

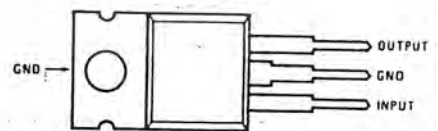
### Schematic and Connection Diagrams



TL/H/7746-2

Bottom View

Order Number LM7805CK,  
LM7812CK or LM7815CK  
See NS Package Number KC02A

Plastic Package  
TO-220 (T)

TL/H/7746-3

Top View

Order Number LM7805CT,  
LM7812CT or LM7815CT  
See NS Package Number: T03B

TL/H/7746-1

## Absolute Maximum Ratings

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

Input Voltage ( $V_O = 5V, 12V$  and  $15V$ ) 35V  
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited  
 Operating Temperature Range ( $T_A$ )  $0^\circ\text{C}$  to  $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature  
 (K Package)  $150^\circ\text{C}$   
 (T Package)  $150^\circ\text{C}$   
 Storage Temperature Range  $-65^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$   
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)  
 TO-3 Package K  $300^\circ\text{C}$   
 TO-220 Package T  $230^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) $0^\circ\text{C} \leq T_j \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units		
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V					
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
$V_O$	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V		
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V		
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )				(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
$V_O$	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	3	50	4	120	4	150			mV		
			$\Delta V_{\text{IN}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$ )			(14.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			(17.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	$\Delta V_{\text{IN}}$		50		120		150				mV	
			$\Delta V_{\text{IN}}$	(8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(15 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(18.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
		$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$		50		120		150				mV	
			$\Delta V_{\text{IN}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )			(14.6 $\leq V_{\text{IN}} \leq 27$ )			(17.7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 30$ )			V	
$V_O$	Load Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	10	50	12	120	12	150			mV		
			$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$		25		60		75			mV		
		$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		50		120		150			mV			
$I_Q$	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$		8		8		8		8	mA		
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		8.5		8.5		8.5		8.5	mA		
$\Delta I_Q$	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$		0.5		0.5		0.5		0.5	mA		
			$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(7.5 $\leq V_{\text{IN}} \leq 20$ )		1.0		1.0		1.0		1.0	mA	
			$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	(7 $\leq V_{\text{IN}} \leq 25$ )		1.0		1.0		1.0		1.0	mA	
$V_{\text{IN}}$	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		75		90				$\mu\text{V}$		
			Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	$I_O \leq 1\text{ A}, T_j = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500\text{ mA}$	62	80	55	72	.54	.70			dB
					$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	62		55		54				dB
$V_O$	Dropout Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1\text{ A}$	$f = 1\text{ kHz}$	$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$	(8 $\leq V_{\text{IN}} \leq 18$ )		1.5		1.8			V		
						2.0		2.0		2.0			V	
						8		18		19			m $\Omega$	
						2.1		1.5		1.2			A	
						2.4		2.4		2.4			A	
$V_{\text{IN}}$	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$		7.5		14.6		17.7				V		
					0.6		1.5		1.8			mV/ $^\circ\text{C}$		

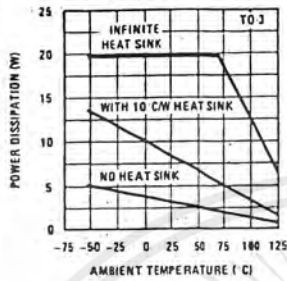
**Note 1:** Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically  $4^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case and  $35^\circ\text{C}/\text{W}$  case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically  $4^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case and  $50^\circ\text{C}/\text{W}$  case to ambient.

**Note 2:** All characteristics are measured with capacitor across the input of  $0.22\ \mu\text{F}$ , and  $\epsilon$  capacitor across the output of  $0.1\ \mu\text{F}$ . All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ( $t_w \leq 10\text{ ms}$ , duty cycle  $\leq 5\%$ ). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

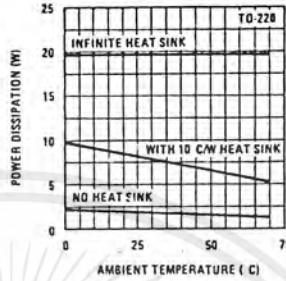
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics

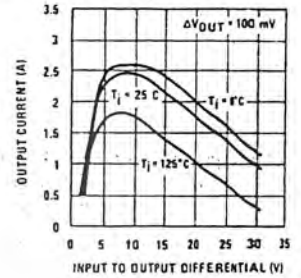
Maximum Average Power Dissipation



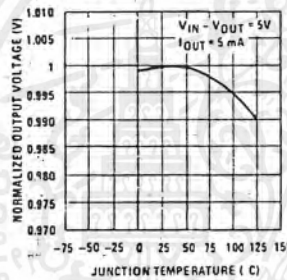
Maximum Average Power Dissipation



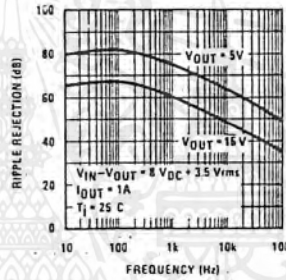
Peak Output Current



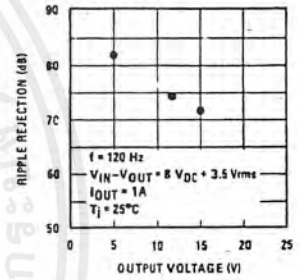
Output Voltage (Normalized to 1V at  $T_j = 25^\circ\text{C}$ )



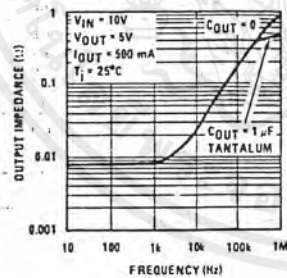
Ripple Rejection



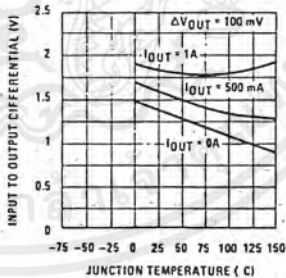
Ripple Rejection



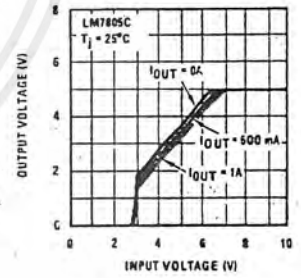
Output Impedance



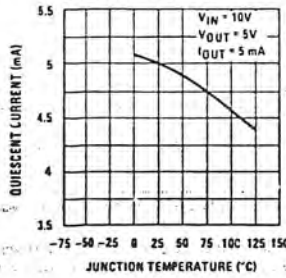
Dropout Voltage



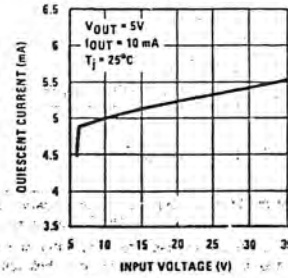
Dropout Characteristics



Quiescent Current



Quiescent Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR**  
**TECHNICAL DATA**

**BD135**  
**BD137**  
**BD139**

**PLASTIC MEDIUM POWER**  
**SILICON NPN TRANSISTOR**

... designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.  
 • DC Current Gain —  $h_{FE} = 40$  (Min) @  $I_C = 0.15$  Adc  
 • BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

**1.5 AMPERE**  
**POWER TRANSISTORS**

**NPN SILICON**

**45, 60, 80 VOLTS**  
**10 WATTS**

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Type	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	BD 135	45	Vdc
		BD 137	60	
		BD 139	80	
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	BD 135	45	Vdc
		BD 137	60	
		BD 139	100	
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$		5	Vdc
Collector Current	$I_C$		1.5	A dc
Base Current	$I_B$		0.5	A dc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$	$P_D$		1.25	Watts
		Derate above $25^\circ\text{C}$	10	$\text{mW}/^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	$P_D$		12.5	Watt
		Derate above $25^\circ\text{C}$	100	$\text{mW}/^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$		-55 to +150	$^\circ\text{C}$



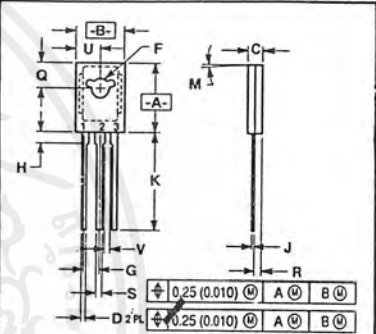
**THERMAL CHARACTERISTICS**

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$\theta_{JC}$	10	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$\theta_{JA}$	100	$^\circ\text{C}/\text{W}$

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Type	Min	Max	Unit
Collector-Emitter Sustaining Voltage* ( $I_C = 0.03$ Adc, $I_B = 0$ )	$V_{CEO}^*$	BD 135	45	—	Vdc
		BD 137	60	—	
		BD 139	80	—	
Collector Cutoff Current ( $V_{CB} = 30$ Vdc, $I_E = 0$ ) ( $V_{CB} = 30$ Vdc, $I_E = 0$ , $T_C = 125^\circ\text{C}$ )	$I_{CBO}$		—	0.1	$\mu\text{A}$
			—	10	
Emitter Cutoff Current ( $V_{BE} = 5.0$ Vdc, $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$		—	10	$\mu\text{A}$
DC Current Gain ( $I_C = 0.005$ A, $V_{CE} = 2$ V) ( $I_C = 0.15$ A, $V_{CE} = 2$ V)  ( $I_C = 0.5$ A, $V_{CE} = 2$ V)	$h_{FE}^*$		25	—	—
			40	250	
			25	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage* ( $I_C = 0.5$ Adc, $I_B = 0.05$ Adc)	$V_{CE(sat)}^*$		—	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage* ( $I_C = 0.5$ Adc, $V_{CE} = 2.0$ Vdc)	$V_{BE(on)}^*$		—	1	Vdc

\* Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300$   $\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$



- NOTES:  
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.  
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.  
 3. 077-01 THRU -06 OBSOLETE, NEW STANDARD 077-07.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	10.80	11.94	0.425	0.435
B	7.50	7.74	0.295	0.305
C	2.42	2.66	0.095	0.105
D	0.51	0.66	0.020	0.026
F	2.93	3.30	0.115	0.130
G	2.39 BSC		0.094 BSC	
H	1.27	2.41	0.050	0.095
J	0.39	0.63	0.015	0.025
K	14.61	16.63	0.575	0.655
M	3* TYP		3* TYP	
Q	3.76	4.01	0.148	0.158
R	1.15	1.39	0.045	0.055
S	0.64	0.88	0.025	0.035
U	3.69	3.93	0.145	0.155
V	1.02	—	0.040	—

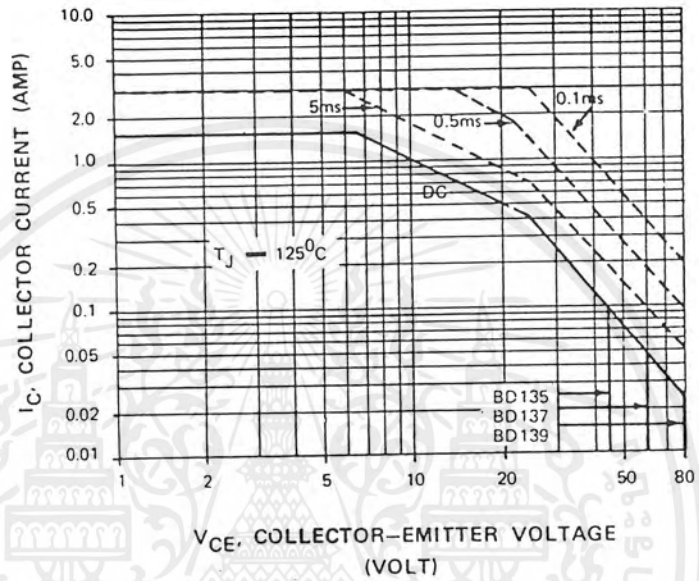
STYLE 1:  
 PIN 1. EMITTER  
 2. COLLECTOR  
 3. BASE

**CASE 77-07**  
**TO-225AA TYPE**

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 - ACTIVE REGION SAFE OPERATING AREA



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการและรายงานประกอบโครงการเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับการแนะนำ และสั่งสอนมาจาก อาจารย์พลผดุง ผดุงกุล อีกทั้งได้รับคำแนะนำ การแก้ปัญหา การระดมพลังทาง ความคิดจากเพื่อน ๆ ที่ร่วมทำงานมาด้วยกัน ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องใน ความสำเร็จครั้งนี้ด้วย

เฉลิมพล ชัยศักดิ์เลิศ

(นายเฉลิมพล ชัยศักดิ์เลิศ)

ชินวร ลิมาวัฒน์ชัย

(นายชินวร ลิมาวัฒน์ชัย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 พิมพ์ครั้งที่ 2

พ.ศ. 2541

Hobby Electronics บริษัทที่เอ็ดยูเคชั่น จำกัด หน้าที่ 56-63 ฉบับที่ 93 เดือน พฤศจิกายน

2542

วันสุระ ศรีใสดี ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคปฏิบัติ MCS-51 พิมพ์ครั้งแรก พ.ศ.2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้