

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER SPEEDOMETER



T104334

ภาควิชา  
วิศวกรรมโทรคมนาคม



โดย

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว  
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

นายชนเทพ นันเป็ง 48010167  
นายญาณวิทย์ วิทย์พันธุ์ 48010227  
นายศรัณย์ เสริมฐิษฐ์ญญาหาร 48010869

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....104334  
วัน,เดือน,ปี..... 2 พ.ย. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER SPEEDOMETER

โดย

นายชนเทพ นันเป็ง 48010167

นายญาณวิทย์ วิทย์พันธุ์ 48010227

นายศรัณย์ เศรษฐีธัญญาหาร 48010869

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER SPEEDOMETER

ผู้จัดทำ

- |                               |          |
|-------------------------------|----------|
| 1.นายชนเทพ นันเป็ง            | 48010167 |
| 2.นายญาณวิทย์ วิทย์พันธุ์     | 48010227 |
| 3.นายศรัณย์ เศรษฐีรัชฎัญญาหาร | 48010869 |

  
( ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี )

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

## LASER SPEEDOMETER

โดย นายชนเทพ นันเป็ง 48010167  
นายญาณวิทย์ วิทย์พันธุ์ 48010227  
นายศรัณย์ เศรษฐีรัฐัญญาหาร 48010869

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาสร้างเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ โดยอาศัยหลักการการเดินทางของแสงในอากาศ ซึ่งในการวัดจะส่งสัญญาณพัลส์หลายลูกออกไปในระยะเวลาที่ต่างกันด้วยเลเซอร์ ไปยังรถในทิศทางเคลื่อนที่ของรถ สัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับมานี้จะถูกนำมาประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อได้ผลต่างของระยะทางจะนำมาคำนวณเป็นความเร็ว และแสดงผลทาง LCD

### -ABSTRACT

This project is presentable a design of Laser Speedometer using time of light in the air. The laser pulse signals are sent in different times. The laser direction is straightforward with the target direction. The reflected signals in different delay time are calculated to a speed of target movement. The speed is illustrated by a LCD display.

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ</b>	2
2.1 เลเซอร์	2
2.1.1 ชนิดของเลเซอร์	4
2.1.2 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ	5
2.1.3 ปัจจัยอันตรายของแสงเลเซอร์	6
2.1.4 ระดับความอันตรายของเลเซอร์	6
2.2 โฟโตดีเทกเตอร์	8
2.2.1 โฟโตไดโอด	9
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.3.1 การจัดหาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8251	11
2.4 ตัวควบคุมโมดูล LCD	12
2.4.1 โมดูลแบบ LCD ขนาด 16 อักขร 1 บรรทัด	15
2.4.2 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD	15
2.4.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD	19
2.5 วิธีการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์	19
<b>บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง</b>	20
3.1 วงจรแปลงแรงดัน	20
3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	20
3.3 วงจรมอดูเลตสัญญาณ	22
3.4 วงจรขับสัญญาณ	23
3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณ	23
3.6 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	24
3.7 วงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล	25
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b>	27
4.1 วงจรแปลงแรงดัน	27
4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 วงจรมอดูเลตสัญญาณ	28
4.4 วงจรขับสัญญาณ	28
4.5 วงจรตรวจจับสัญญาณ	28
4.6 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	29
4.7 วงจรยกระดับสัญญาณ	29
<b>บทที่ 5</b> <b>วิจารณ์และสรุป</b>	<b>35</b>
5.1 อุปสรรคที่พบในการทำงาน	35
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้	35
5.3 แนวทางการพัฒนา	35
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	
<b>ภาคผนวก</b>	



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงชั้นพลังงานที่อยู่ในสถานะพื้น (ground state) และ สถานะกระตุ้น (excited states)	2
รูปที่ 2.2 โฟตอนแสงไปกระตุ้นมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง E0 - E1	3
รูปที่ 2.3 การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)	3
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์	4
รูปที่ 2.5 แสดง laser pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ	5
รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ TSOP34836	9
รูปที่ 2.7 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51	12
รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักษร	13
รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักษร	14
รูปที่ 2.10 รูปแบบข้อมูลคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล	15
รูปที่ 2.11 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการแสดงผล	16
รูปที่ 2.12 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร	16
รูปที่ 2.13 รูปแบบข้อมูลคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน	17
รูปที่ 2.14 รูปแบบข้อมูลแฟล็ก BUSY และ แอคเตส	18
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแปลงแรงดัน	20
รูปที่ 3.2 วงจรแปลงแรงดัน	20
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	20
รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในระบบ	21
รูปที่ 3.5 Timing Diagram ของ ไอซี MC74HC4040	21
รูปที่ 3.6 Logic Diagram ของ MC74HC4040	22
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของวงจรมอดูเลตสัญญาณ	22
รูปที่ 3.8 วงจรมอดูเลตสัญญาณ	22
รูปที่ 3.9 วงจรขับสัญญาณ	23
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมของวงจรตรวจจับสัญญาณ	23
รูปที่ 3.11 วงจรตรวจจับสัญญาณ	24
รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	24
รูปที่ 3.13 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	24
รูปที่ 3.14 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล	25
รูปที่ 3.15 วงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล	25
รูปที่ 3.16 วงจรรวมของระบบ	26
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 5 โวลต์	27
รูปที่ 4.2 สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลต	28
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองจากวงจรจับสัญญาณ	28
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับสัญญาณ	29
รูปที่ 4.6 สัญญาณจากวงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	29
รูปที่ 4.7 สัญญาณจากการยกระดับสัญญาณ	30
รูปที่ 4.8 แสดงวงจรแปลงแรงดัน	30
รูปที่ 4.9 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	30
รูปที่ 4.10 แสดงวงจรมอดูเลตสัญญาณ และวงจรจับสัญญาณ	30
รูปที่ 4.11 แสดงอุปกรณ์ที่ช่วยในการบังคับลำแสงให้มีลำแสงให้ส่งไปไกลขึ้นในทิศทางเดียวกัน	31
รูปที่ 4.12 แสดงวงจรที่ใช้ในการแผ่ลำแสงอินฟราเรด	31
รูปที่ 4.13 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในงานจริง	31
รูปที่ 4.14 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ	31
รูปที่ 4.15 แสดงวงจรส่วนประมวลผล	32
รูปที่ 4.16 รูปเครื่องวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์	32
รูปที่ 4.17 รูปเครื่องวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์(ต่อ)	32
รูปที่ 4.18 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่เปิดเครื่องเริ่มแรก	33
รูปที่ 4.19 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ออกไปครั้งที่ 1	33
รูปที่ 4.20 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ออกไปครั้งที่ 2 และแสดงผลเป็นความเร็วออกมาเลย	33
รูปที่ 4.21 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ไม่ถูกเป้าหมาย	34

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ใช้ในปัจจุบัน	10
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักษร	14
ตารางที่ 2.3 รูปแบบบิต S/C และ R/L ซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร	16
ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต	24



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาของโครงการ

ปัจจุบันนี้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเร็วรถโดยอาศัยแสงเลเซอร์เป็นประโยชน์อย่างมากในงานด้านตำรวจ แต่เป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง จึงได้มีแนวความคิดที่จะนำวัสดุที่มีราคาไม่แพงนักมาสร้างเครื่องมือวัดความเร็วรถเพื่อเป็นการลดงบประมาณในการสั่งซื้ออุปกรณ์จากต่างประเทศ

โครงการนี้เป็นการประยุกต์ต่อยอดจากโครงการเกี่ยวกับการใช้แสงเลเซอร์เพื่อวัดระยะทาง โดยจะใช้แสงเลเซอร์ยิงไปกระทบกับรถที่เคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อหาระยะทางที่รถเคลื่อนที่ได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล โดยหวังว่าวิธีการนี้จะสามารถหาความเร็วของรถที่เคลื่อนที่ได้

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ โดยมีความคลาดเคลื่อนของการวัดน้อยที่สุด

1.2.2 เพื่อนำไปใช้ในภาคสนามได้

#### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 มีจอแสดงผล (LCD)

1.3.2 สามารถวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถได้

1.3.3 สามารถพกพาและใช้แบตเตอรี่

#### 1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ

1.4.1 ศึกษาธรรมชาติของเลเซอร์

1.4.2 ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1.4.3 สร้างบล็อกไดอะแกรมของโครงการทั้งหมดอย่างละเอียด

1.4.4 แบ่งบล็อกไดอะแกรมทั้งหมดออกเป็นส่วน ๆ

1.4.5 นำแต่ละส่วนมาสร้างเป็นวงจร

1.4.6 นำทุกส่วนมาต่อรวมกันปรับแต่งให้สามารถมีเอาต์พุตออกมาได้

1.4.7 ทดสอบและวัดความคลาดเคลื่อนของการวัด

1.4.8 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามขอบเขตและเป้าหมายที่ได้วางไว้ และสามารถวัดความเร็วรถโดยแสดงผลออกทางจอแสดงผลได้ ถึงแม้ค่าความผิดพลาดจากการวัดอาจจะมีบ้าง แต่จะไม่มากและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

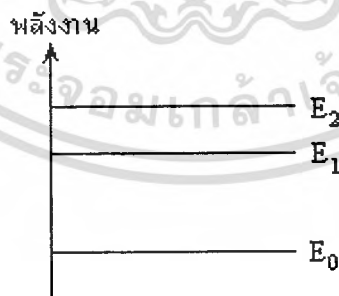
### 2.1 เลเซอร์

คำว่า LASER ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (แสงเลเซอร์) เป็นแสงที่มีสมบัติพิเศษแตกต่างจากแสงทั่วไป สมบัติดังกล่าวประกอบด้วยเป็นแสงสีเดียว (monochromatic) มีความพร้อมเพรียง (coherence) มีทิศทางที่แน่นอน (directionality) มีความเข้ม (Intensity หรือ Brightness) สูงมาก

ด้วยสมบัติพิเศษเหล่านี้ ทำให้แสงเลเซอร์ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ทางด้านการสื่อสาร การทหาร บ้านเทิง อุตสาหกรรม และการแพทย์

เพื่อจะเข้าใจการกำเนิดแสงเลเซอร์ ต้องเริ่มทำความเข้าใจตั้งแต่โครงสร้างของอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของธาตุหรือสสาร นักฟิสิกส์ได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่าประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งมีประจุบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ โคจรอยู่โดยรอบ การอยู่หรือการจัดวางของอิเล็กตรอนในอะตอมทำให้อะตอม มีพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งอะตอมจะมีพลังงานได้เพียงบางค่าเท่านั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนและประจุบวกที่อยู่ในนิวเคลียสของอะตอมนั้น ถ้าอะตอมได้รับพลังงานกระตุ้นที่เหมาะสม จะมีผลทำให้อะตอมมีพลังงานสูงขึ้น แต่โดยธรรมชาติแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมจะคายพลังงานส่วนเกินที่ได้รับออกมา เพื่อให้มีพลังงานต่ำลง

เนื่องจากอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสในวงโคจรที่ต่างกัน จะมีพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานดังกล่าวบ่งชี้ถึงพลังงานของอะตอมนั่นเอง เมื่อทำการจัดเรียงพลังงานต่าง ๆ ของอะตอมที่สามารถมีได้ จากค่าที่น้อยไปหาค่ามาก สามารถเขียนแผนภาพชั้นพลังงาน (Energy level) ของอะตอมได้ ดังรูปที่ 2.1

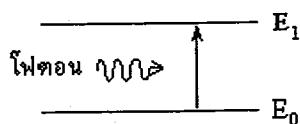


รูปที่ 2.1 แสดงชั้นพลังงานที่อยู่ในสถานะพื้น (ground state) และ สถานะกระตุ้น (excited states)

ในสภาวะสมดุลความร้อน เมื่อพิจารณาอะตอมหนึ่ง ๆ จะมีพลังงานอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะสามารถอยู่ในชั้นพลังงานใดชั้นพลังงานหนึ่งได้ แต่ในธรรมชาติ ธาตุและสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ดังนั้นในชั้นพลังงานของอะตอมสำหรับธาตุหรือสารประกอบจึงมีอะตอมหรือประชากรอะตอมกระจายอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยมากแล้ว ประชากรอะตอมในชั้นพลังงานต่ำจะมี

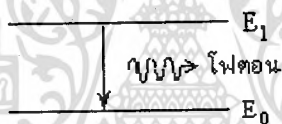
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูง การเปลี่ยนชั้นพลังงานของประชากรอะตอมสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานจากภายนอกมากระตุ้น เช่น การกระตุ้นโดยโฟตอนแสง (อนุภาคของแสง) ที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงานพอดี กล่าวคือ ถ้าต้องการกระตุ้นอะตอมที่เดิมอยู่ในสถานะพื้น ให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้นที่ 1 โฟตอนแสงที่ไปกระตุ้นต้องมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง  $E_0 - E_1$



รูปที่ 2.2 โฟตอนแสงไปกระตุ้นที่มีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง  $E_0 - E_1$

การเปลี่ยนชั้นพลังงานของอะตอมที่เกิดขึ้นโดยการดูดกลืนโฟตอนแสง เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแสง (Light Absorption) แต่อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน  $E_1$  จะไม่เสถียร เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมนั้นจะกลับมากอยู่ในชั้นพลังงาน  $E_0$  เช่นเดิม โดยปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของโฟตอนแสง ที่มีพลังงานเท่ากับ  $E_1 - E_0$  ปรากฏการณ์ปลดปล่อยโฟตอนโดยธรรมชาตินี้เรียกว่า การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)



รูปที่ 2.3 การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)

ในปี ค.ศ. 1917 ไอน์สไตน์ ได้เสนอว่า นอกเหนือจากปรากฏการณ์ปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเองแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้น (stimulated emission) ได้ด้วย ซึ่งการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นนี้ เป็นกลไกหลักในการกำเนิดแสงเลเซอร์ กล่าวคือ ในขณะที่อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น เช่น อยู่ในชั้นพลังงาน  $E_1$  ถ้ามีโฟตอนแสงจากภายนอกที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงาน  $E_1 - E_0$  เข้ามาชน จะทำให้อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน  $E_1$  นี้ ถูกกระตุ้นให้ลงมายังชั้นพลังงาน  $E_0$  โดยมีการคายพลังงานออกมาในรูปของโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ  $E_1 - E_0$  เนื่องจากโฟตอนแสงที่มาชนไม่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมที่ถูกชน ทำให้จำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้นเป็นสองอนุภาค (โฟตอนที่มากระตุ้นบวกกับโฟตอนที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะของอะตอม)

โฟตอนทั้งสองนี้มีพลังงานเท่ากัน มีความถี่เดียวกัน มีเฟสตรงกัน มีโพลาไรเซชันเหมือนกัน และเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งถ้าพิจารณาในมุมมองของคลื่นแล้ว จะพบว่าเมื่อแสงสองขบวนมีความถี่ตรงกัน มีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน สามารถที่จะรวมกันในลักษณะที่เสริมกันได้ ทำให้ได้คลื่นรวมที่มีขนาดโตขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การขยายสัญญาณแสง (Light Amplification) ขึ้น ถ้าสามารถทำให้เกิดการขยายสัญญาณแสงในลักษณะนี้กับอะตอมเป็นจำนวนมากๆ ได้ ก็จะทำให้ได้สัญญาณแสงที่มีความเข้มสูงออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมา พบว่าปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะทำให้เกิดการขยายแสงโดยการกระตุ้นได้มาก ๆ ก็คือการทำให้มีประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นมาก ๆ ซึ่งในธรรมชาติเป็นไปไม่ได้ จึงต้องมีการหาวิธีการที่จะทำให้ประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้น  $E_1$  มากกว่าสถานะพื้น  $E_0$

ปรากฏการณ์ที่ทำให้จำนวนประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูงมีมากกว่าประชากรในชั้นพลังงานต่ำ เรียกว่า ประชากรผกผัน (Population Inversion) ในทางปฏิบัติสามารถทำให้เกิดประชากรผกผันได้โดยการใช้พลังงานจากภายนอกปริมาณหนึ่งซึ่งเพียงพอจะทำให้ประชากรอะตอมมีสถานะเปลี่ยนไปจากสถานะพื้น  $E_0$  ไปยังสถานะกระตุ้น  $E_1$  และทำให้การกระตุ้นประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นให้ตกกลับมายังสถานะพื้น เพื่อให้ประชากรอะตอมปลดปล่อยโฟตอนแสงเป็นจำนวนมากออกมา

อย่างไรก็ตามการกระตุ้นประชากรอะตอมเพื่อให้มีการปล่อยแสงเพียงครั้งเดียวยังไม่สามารถทำให้ได้แสงเลเซอร์ออกมา เนื่องจากในความเป็นจริง ในขณะที่เดี่ยวกว่าที่เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นก็จะมี การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นด้วยโดยประชากรอะตอมในสถานะพื้น ทำให้ความเข้มแสงที่ได้มีปริมาณลดลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเข้มของสัญญาณแสง จึงต้องทำให้เกิดปรากฏการณ์ปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการทำให้โฟตอนแสงที่ได้จากการปลดปล่อยของประชากรอะตอมมากระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแบบถูกกระตุ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก จนกระทั่งสัญญาณแสงมีความเข้มสูงขึ้นจนถึงจุดเลเซอร์ (Lasing point) หรือจุดออสซิลเลชันของเลเซอร์ (laser oscillating point) แสงที่ได้ออกมาจึงมีสมบัติเป็นแสงเลเซอร์

ด้วยสาเหตุที่แสงที่ได้นี้เกิดจากปรากฏการณ์ขยายสัญญาณโดยการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้น จึงเป็นที่มาของคำเต็ม LASER ในภาษาอังกฤษที่มาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

### 2.1.1 ชนิดของเลเซอร์

เมื่อนำปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดในหัวข้อที่แล้วมาพิจารณา จะพบว่าในทางปฏิบัติ โครงสร้างของเครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์ ดังรูปที่ 2.4 โดยมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. ตัวกลางเลเซอร์ (Laser medium) เป็นวัสดุที่ถูกกระตุ้นแล้วให้แสงเลเซอร์ออกมา ซึ่งอาจเป็นแก๊สของแข็ง ของเหลว หรือสารกึ่งตัวนำ
2. ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical resonator) เป็นส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดเลเซอร์ที่ทำให้เกิดการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกจนถึงจุดเลเซอร์ ประกอบด้วยกระจก 2 แผ่น วางหันหน้าเข้าหากัน โดยระหว่างกลางมีตัวกลางเลเซอร์อยู่
3. แหล่งกำเนิดพลังงาน (Energy source) เป็นตัวกระตุ้นให้อะตอมอยู่ในสถานะที่เป็นประชากรผกผัน

กระจกที่ทำหน้าที่เป็นออปติคัลเรโซเนเตอร์สองบานนั้น มีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ กระจกแผ่นหลังตัวกลางเลเซอร์สามารถสะท้อนแสงได้หมด ในขณะที่กระจกแผ่นหน้าสะท้อนแสงได้เกือบหมด โดยมีปริมาณแสงบางส่วนทะลุผ่านไปได้ แสงที่ทะลุผ่านไปก็ คือแสงเลเซอร์นั่นเอง เราสามารถแบ่งชนิดของเลเซอร์ตามลักษณะของตัวกลางเลเซอร์ได้ดังนี้

- Gas Laser: สารตัวกลางเลเซอร์มีลักษณะเป็นแก๊ส เช่น  $\text{CO}_2$  Laser, Argon Laser, Xenon Laser,

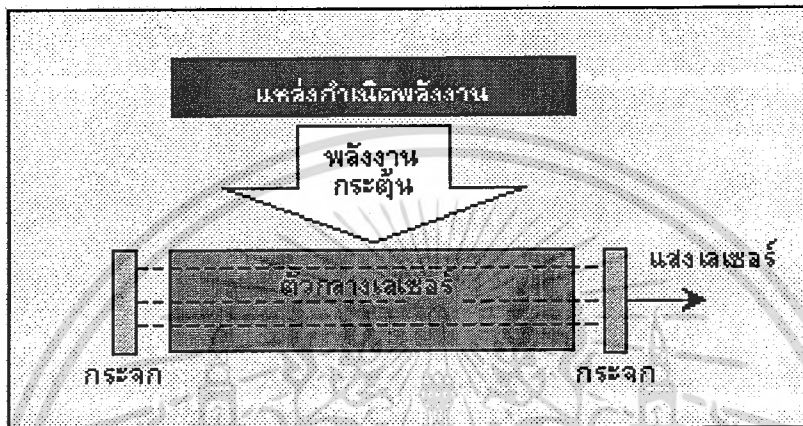
#### He-Ne Laser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Solid State Laser: ใช้สารตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นแท่งผลึกแข็ง เช่น Nd:YAG Laser, Ruby Laser
- Dye Laser: สารตัวกลางมีลักษณะเป็นของเหลว เช่น Rhodamin 6G Laser
- Semiconductor Laser: เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางเลเซอร์เป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น Diode Laser

ชนิดต่าง ๆ

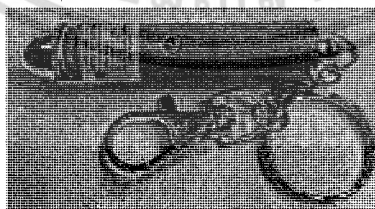
เลเซอร์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ได้แก่ He-Ne Laser, Argon-Ion Laser, Carbon dioxide Laser, Ruby Laser, Nd-YAG Laser, Semiconductor Laser และ Eximer Laser



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

### 2.1.2 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser)

เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลาง และเป็นเลเซอร์ที่มีจำนวนมากที่สุด มีลักษณะคล้ายกับ LED (light emitting diode) แต่มีลักษณะพิเศษบางประการ ทำให้แสงที่ออกมาเป็นเลเซอร์ โดย LED จะให้แสงจากการปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเองแต่เลเซอร์สารกึ่งตัวนำให้แสงจากการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นแสง ในเลเซอร์ชนิดนี้เกิดจากการรวมตัว (recombination) ของอิเล็กตรอน กับ "หลุม" (hole) ที่บริเวณรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ เช่น GaAs, GaP และ GaAlAs



รูปที่ 2.5 แสดง laser pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ

ความยาวคลื่นของแสงขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นตัวกลาง โดยความยาวคลื่นหลัก ๆ คือ 650, 770, 809, 1100 และ 1500 นาโนเมตร สามารถประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หลายชนิด เช่น เครื่องพิมพ์ ตัวชี้เลเซอร์ กำลังของเลเซอร์ที่ได้มีตั้งแต่ระดับ มิลลิวัตต์ ถึง วัตต์ แต่สามารถนำเลเซอร์สารกึ่งตัวนำหลาย ๆ อัน มารวมกันในรูปแบบของแถวลำดับ (array) มีกำลังสูงเป็นระดับ กิโลวัตต์ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ปัจจัยอันตรายของแสงเลเซอร์

#### ความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่นเป็นเรื่องค่อนข้างสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจ แม้ว่าตาของมนุษย์เราสามารถเห็นแสงที่มีความยาวคลื่นได้เฉพาะช่วง 400 - 700 นาโนเมตร แต่ไม่ว่าแสงความยาวคลื่นช่วงไหน ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น ถ้าเข้าถึงตาก็สามารถทำอันตรายอย่างมากได้

โดยทั่วไปแล้ว แสงในช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมช่วงที่ตาเรามองเห็นและช่วงที่เป็นอินฟราเรด จะสามารถผ่านเลนส์ตาเข้าไปถึง จอตาได้ ซึ่งช่วงที่เป็นอินฟราเรดไม่ว่าจะมีความเข้มมากขนาดไหน เราก็มองไม่เห็นได้ แต่จะสามารถทำอันตรายต่อเรตินาได้ เช่นเดียวกับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ก็สามารถตัดผิวหนังหรือเจาะไหม้ได้ ส่วนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่นประมาณ 100 - 400 นาโนเมตร) แม้ว่าจะผ่านไปถึง จอตาได้ไม่ดีเท่ากับช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร แต่สามารถทำอันตรายต่อแก้วตาและเลนส์ส่วนนอกได้ ซึ่งจะช่วยให้ตาบอดถาวรได้เช่นกัน

การจะเข้าใจรายละเอียดในเรื่องเหล่านี้ก็ต้องเข้าใจว่าตามีส่วนประกอบเป็นอย่างไร และมีสมบัติเชิงแสง อย่างเช่น ค่าการหักเหแสง เป็นอย่างไร ถ้าจะสรุปโดยง่ายก็คือ เลเซอร์ ไม่ว่าจะช่วงความยาวคลื่นไหน ๆ ก็สามารถทำอันตรายต่อตามนุษย์ถึงขนาดทำให้ตาบอดได้ การปล่อยเลเซอร์ชนิดที่เป็นพัลส์และต่อเนื่อง ก็มีอันตรายแตกต่างกัน เลเซอร์ชนิดพัลส์โดยเฉพาะที่มีช่วงเวลาของพัลส์สั้นน้อยกว่า มิลลิวินาที เพียงแค่พัลส์เดียวก็อาจจะทำให้ตาบอดได้ แต่ถ้าเป็นแบบต่อเนื่องก็จะต้องใช้เวลามากกว่านี้ในการทำอันตรายต่อตา

#### ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด

ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งต้องทำความเข้าใจให้ดี ถ้าลำแสงเลเซอร์เข้าตาไม่ว่าเราจะอยู่ห่างเท่าใด ก็ยังมีอันตรายค่อนข้างสูง เพราะแสงที่ออกจากเลเซอร์มีสมบัติประการสำคัญที่แตกต่างจากแสงจากแหล่งอื่นๆ คือ แสงจะคงสภาพเป็นลำแสงค่อนข้างดี ไม่ค่อยบานออกมากนัก ทำให้ความเข้มแสงของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่างต่าง ๆ จากเลเซอร์จะไม่แตกต่างกัน ถ้าเป็นกรณีที่แสงเลเซอร์ไปตกกระทบบนหรือสะท้อนผิววัตถุที่ขรุขระก่อน อาจทำให้แสงที่สะท้อน ออกมาลดสภาพการเป็นลำแสงลงไปได้บ้าง โดยแสงจะบานออกค่อนข้างเร็ว นั่นคือถ้าอยู่ห่างจากจุดที่สะท้อน ก็จะทำให้ลดอันตรายจากแสงได้ เพราะแสงมีความเข้มน้อยลง แต่ถ้าแสงสะท้อนจากวัตถุที่เป็นกระจกหรือโลหะเรียบ ๆ ก็ยังคงมีสภาพเป็นลำแสง และมีความเข้มสูง ซึ่งเป็นอันตรายเหมือนกับการมองลำแสงโดยตรงที่ไม่ได้สะท้อนอะไรเลย

### 2.1.4 ระดับความอันตรายของเลเซอร์ (Laser Classes and Safety)

เนื่องจากเลเซอร์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีหลายแบบ กำลังความเข้มก็แตกต่างกัน อันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้ก็แตกต่างกันไปมากบ้างน้อยบ้าง หรือบางอันอาจจะไม่เกิดอันตรายเลยแม้จะจ้องลำแสงสัก 5 นาที แต่บางชนิดเพียงแค่แสงสะท้อนจากขอบแผ่นพลาสติกก็อาจทำให้ตาบอดได้ ดังนั้นระดับของความระมัดระวัง การป้องกัน ก็จะแตกต่างกันไป ไม่ใช่ว่าเลเซอร์ชนิดใดก็มีมาตรการป้องกันเข้มงวดที่สุดเหมือนกันหมด เช่น ถ้าใช้ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์ ก็ไม่ต้องสร้างห้องพิเศษ ไม่ต้องใส่แว่นตาป้องกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งระดับความอันตรายของเลเซอร์ โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ระดับที่ 1 (Class 1)

เป็นเลเซอร์ที่กำลังน้อยมากจนถือได้ว่าปลอดภัย โดยเลเซอร์ระดับนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อตา ผิวหนัง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งในการใช้งานเลเซอร์ระดับชั้นนี้ไม่ต้องมีการควบคุม หรือมีเครื่องหมายเตือน นอกจากนี้ป้ายติดไว้ที่เลเซอร์ว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างเช่น ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์

### ระดับที่ 1M (Class 1M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 1M ประกอบด้วยเลเซอร์ที่ให้กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีลำแสงที่ diffuse นั้นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ “เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย”

### ระดับที่ 2 (Class 2)

เลเซอร์ในระดับนี้จะเป็เลเซอร์ที่กำลังต่ำและมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่สามารถเห็นได้ (ความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร) โดยมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ และต้องเป็น ชนิดต่อเนื่องเท่านั้น เลเซอร์ในระดับชั้นนี้ไม่ได้จัดว่าปลอดภัยเหมือนเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีอันตรายไม่มากนักและลำแสงเลเซอร์ในระดับชั้นนี้เข้าตา การหลับตาทันทีที่รู้ว่าแสงเข้า ซึ่งปกติจะเร็วมาก (ประมาณ 0.25 วินาที) ก็จะเป็นการป้องกันอันตรายที่เพียงพอ เพราะช่วงเวลาที่รับเอาแสงจะสั้นมากจนไม่เป็นอันตราย ตัวอย่างของเลเซอร์ในระดับที่ 2 นี้ได้แก่ ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร (สีแดง) และมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในห้องทดลองระดับชั้นมัธยมหรือการทดลองพื้นฐานในระดับมหาวิทยาลัย สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน “เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย แต่ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง”

### ระดับที่ 2M (Class 2M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 2M ประกอบด้วยเลเซอร์ประเภทเดียวกับในระดับที่ 2 แต่ให้กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 2 และมีลำแสงที่ diffuse นั้นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน “ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง”

### ระดับที่ 3R (Class 3R: Restricted)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 1 มิลลิวัตต์ ถึง 5 มิลลิวัตต์ ย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเลต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่ากำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่น้อยกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างของเลเซอร์ระดับที่ 3R คือ เลเซอร์อาร์กอน ที่ให้แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น 514.5 นาโนเมตร ที่มีกำลัง 5 มิลลิวัตต์ สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือการติดป้ายที่เลเซอร์แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน “อย่ามองเข้าไปในแสงเลเซอร์ หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์”

### ระดับที่ 3B (Class 3B)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 5 มิลลิวัตต์ ถึง 500 มิลลิวัตต์ ย่านที่เรามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ต่ำกว่า 500 มิลลิวัตต์สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน “อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์ เลเซอร์ที่มีกำลังสูงอาจทำอันตรายต่อผิวหนังได้” เลเซอร์ในระดับที่ 3 ทั้งสองระดับย่อยนี้ เป็นเลเซอร์ที่มีกำลังปานกลาง และจะพบในห้องทดลองวิจัยทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีอันตรายมากขึ้น ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันระดับที่ 4 (Class 4)

เลเซอร์ในระดับนี้ คือเลเซอร์ทั้งหลายที่ไม่สามารถจัดอยู่ในระดับอื่น ๆ ข้างต้นได้ แต่จะเป็นเลเซอร์ที่มีกำลังสูงมาก (มากกว่า 5 มิลลิวัตต์) ลำแสงเลเซอร์ระดับนี้ถือว่าเป็นอันตรายต่อ นัยน์ตาและผิวหนังอย่างยิ่ง แม้กระทั่งลำแสงที่สะท้อนแล้วก็ยังสามารถทำอันตรายได้ ตัวอย่างเช่น เลเซอร์อาร์กอน ขนาด 2 วัตต์ หรือ นีโอไดมียมแย็กเลเซอร์ชนิดพัลส์ 20 นาโนวินาที ที่มีความเข้ม 1 จูลต่อตารางเซนติเมตร โดยการใช้งานกับเลเซอร์เหล่านี้มีมาตรการโดยทั่วไปคล้ายกับระดับที่ 3 แต่จะรัดกุมยิ่งขึ้น เช่น ต้องใช้กุญแจในระบบควบคุมการเปิดปิดเลเซอร์ สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน “อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์”

หมายเหตุ: กฎเกณฑ์ในการแบ่งระดับชั้นของเลเซอร์มีความแตกต่างกันไปตามประเทศ เช่น อังกฤษ หรือ ยุโรป ก็มีระบบหนึ่ง ในสหรัฐอเมริกา แต่ละรัฐก็อาจมีระบบที่ต่างกัน แต่ก็ต่างกันเฉพาะตรงข้อปลีกย่อยเท่านั้น ประเด็นหลักต่าง ๆ ยังคงเหมือนกัน เช่น เลเซอร์ชนิดพัลส์กำลังสูง จะเป็นระดับที่ 4 เสมอ

## 2.2 โฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector)

เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มแสงที่สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ โดยการดูดกลืนพลังงานของโฟตอนไปใช้ในการกระตุ้นให้สารหรือวัสดุมีการปลดปล่อยพาหะอิสระทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น โฟโตดีเทคเตอร์มีด้วยกันหลายชนิดและมีการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน

### หลักการพื้นฐาน

โฟโตดีเทคเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ตกกระทบตัวเครื่องให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น สักข์หรือกระแส อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงหลายๆ ชนิดจะทำการแปลงสัญญาณนี้โดยการสร้างคู่อิเล็กตรอน-โฮลอิสระ (electron-hole pairs) ขึ้นจากการดูดกลืนโฟตอน อิเล็กตรอนอิสระนี้จะเกิดขึ้นในแถบการนำ (Conduction band) และโฮลอิสระเกิดในแถบวาเลนซ์ (Valence band) พาหะอิสระเหล่านี้จะเกิดการเคลื่อนที่ในอุปกรณ์วัดจนสร้างสนามไฟฟ้าและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า (e) ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมรวบรวมไว้ที่วงจรรายนอกหรือประจุไว้ในแบตเตอรี่

### ประเภทของโฟโตดีเทคเตอร์

โฟโตดีเทคเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้อย่างหลากหลายตามแต่การนำไปใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งได้ดังนี้

- Photo resistor
- Photovoltaic cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Photodiode
- Photomultiplier Tube

### 2.2.1 โฟโตไดโอด (Photodiode)

โฟโตไดโอด เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งของโฟโตดีเทคเตอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์รับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน (internal photoelectric) ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำโดยจะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าการต่อโฟโตไดโอด เพื่อใช้งานจะเป็นแบบไบอัสกลับ ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการให้โฟโตไดโอดทำงานในทันทีทันใด แต่ต้องการให้ไดโอดทำงานเฉพาะเมื่อมีปริมาณแสงสว่างมากพอตามที่กำหนดเสียก่อน กล่าวคือ เมื่อมีแสงตกกระทบ อิเล็กตรอนที่ยึดติดอยู่กับอะตอมในขั้วผลึกจะแตกหลุด เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระและโฮลอิสระขึ้น อิเล็กตรอนและโฮลเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าไปในเขตปลอดพาหะ (Depletion region) เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าย้อนกลับด้วยปริมาณที่แปรเปลี่ยนตามความเข้มแสง เรียกว่า กระแสโฟโต (photo current,  $I_{ph}$ ) โฟโตไดโอดมักใช้ตรวจวัดความเข้มแสงในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาทำเป็นโฟโตไดโอด ได้แก่ ซิลิกอน(Si), อินเดียมแกลเลียมอะเซไนด์ (InGaAs), เจอร์มาเนียม(Ge), แกลเลียมไนไตรด์ (GaN) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซึ่งไวต่อแสงในย่านความยาวคลื่นต่างๆกัน

โฟโตไดโอดมีคุณสมบัติเด่นดังนี้ คือ สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงอินพุตแบบเชิงเส้นได้ดี (Excellent linearity) มีสัญญาณรบกวนต่ำ (low noise) ตอบสนองต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กว้าง (wide spectral response) มีความคงทนทางกลศาสตร์ (mechanical ruggedness) มีขนาดกะทัดรัดและเบา (compact & light weight) มีอายุการใช้งานยาวนาน (long life time)

โฟโตไดโอดใช้ประโยชน์ในงานต่างๆดังนี้ วัดความเข้มแสง ชัตเตอร์แสง กำหนดตำแหน่งของเครื่องมือกล การวัดระยะทางไกลด้วยแสงอินฟราเรด ตรวจจับสัญญาณแสงที่ความถี่สูง

โฟโตไดโอดมีลักษณะเป็น p-n junction ได้แก่ พีเอ็นโฟโตไดโอด (P-N Photodiode), พินโฟโตไดโอด (PIN Photodiode) และอะวาลันซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photodiode, APD) ในระบบการสื่อสารด้วยแสงนิยมใช้โฟโตไดโอดชนิดพิเศษที่ทำงานได้รวดเร็วมาก คือ พินโฟโตไดโอดและอะวาลันซ์โฟโตไดโอด แต่ในที่นี้เราจะใช้ TSOP34836 ซึ่งเป็นโมดูลภาครับสัญญาณอินฟราเรดเป็นตัวรับสัญญาณแสงที่สะท้อนกลับมา มีโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.6

#### คุณสมบัติที่สำคัญของ TSOP34836

- มีโฟโตไดโอด วงจรขยายสัญญาณ และวงจรตีโมดูลอยู่ภายใน
- รับสัญญาณได้ในช่วงแสงอินฟราเรด ความยาวคลื่น 904 นาโนเมตร
- มีสัญญาณรบกวนต่ำ และทนต่อสัญญาณรบกวน

### 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51)

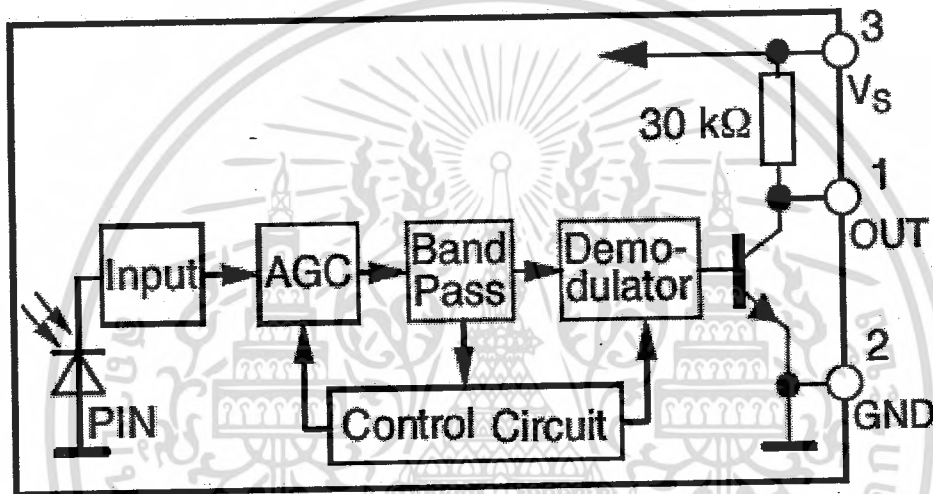
คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต

- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/คาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกาทูภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ด็อกไทมเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ TSOP34836

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ใช้ในปัจจุบัน

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม (กิโลไบต์)	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/ คาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลชขนาด 1	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลชขนาด 2	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลชขนาด 4	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลชขนาด 8	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลชขนาด 20	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลชขนาด 8	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ใช้ในปัจจุบัน (ต่อ)

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม (กิโลไบต์)	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/ แกนเตอร์ 16 บิต
AT89S53	แบบแฟลชขนาด 12	แรม 256 ไบต์	3
P89C51RD2	แบบแฟลชขนาด 64	แรม 1 กิโลไบต์	3

### 2.3.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8251

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาการใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์

ขา GND เป็นขากราวด์

ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตพอร์ตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขา สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต ก็สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การใช้งานพิเศษ มีรายละเอียดดังนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา  $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา  $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์ไรท์เมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์ไรท์เมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

**ขารีเซต (Reset)** ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

**ขา  $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  (Address Latch Enable/Program Pulse Input)** เป็นขาที่ใช้ในการควบคุม เพื่อให้ทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้น ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

**ขา  $\overline{PSEN}$  (Program Store Enable)** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซ์ไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

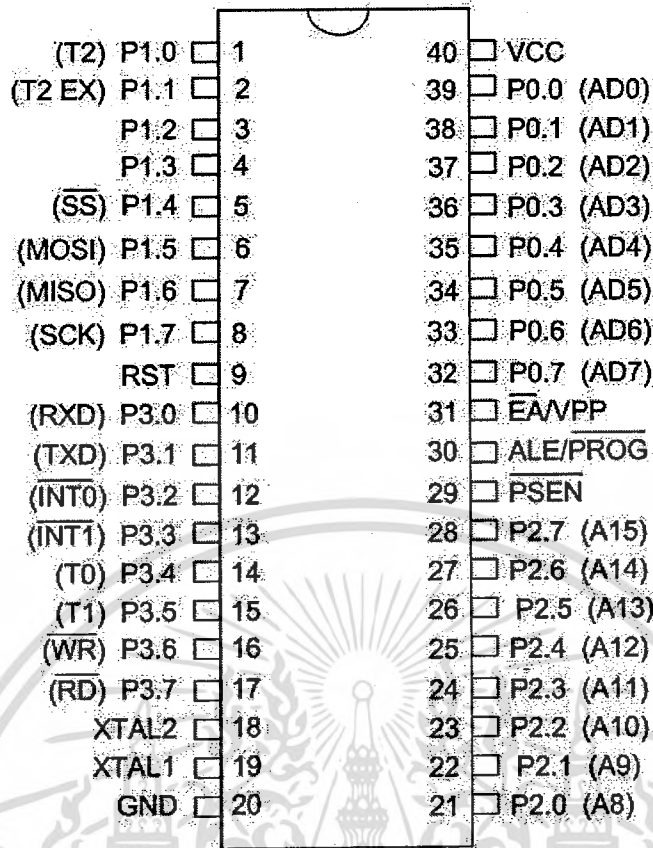
**ขา  $\overline{EA}/\overline{VPP}$  (External Access Enable/Programming Voltage Input)** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยถ้ามีสถานะเป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้ามีสถานะเป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูง สำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรมคือ +12 V

**ขา XTAL1 และ XTAL2** เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

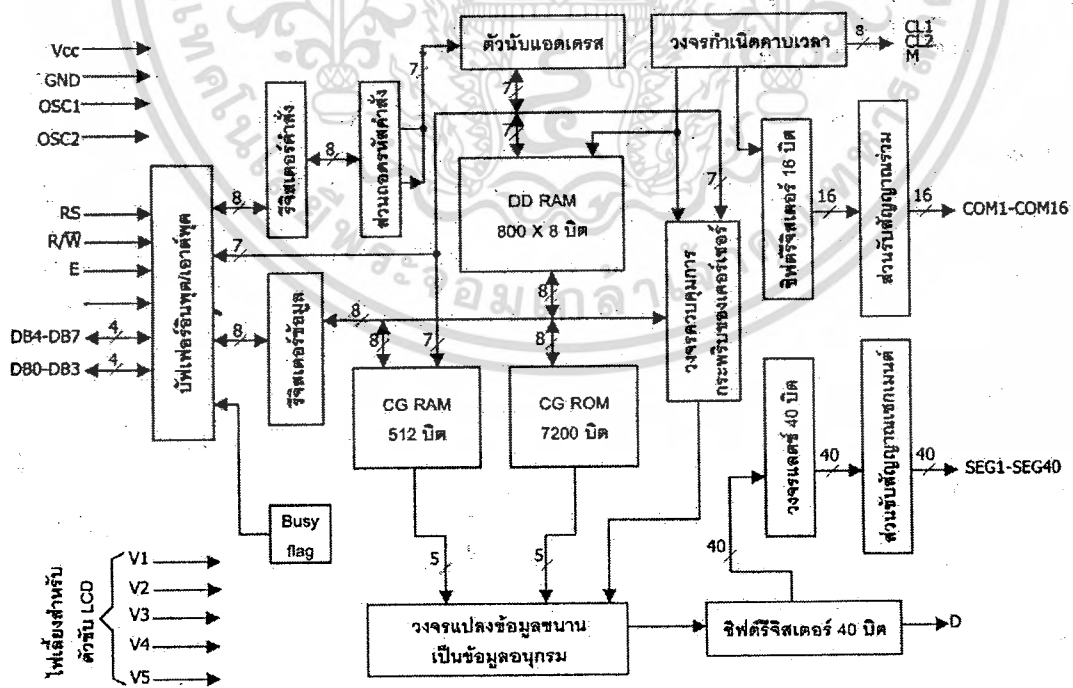
## 2.4 ตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน จึงยกตัวอย่างโมดูล LCD แบบอักษระ เพราะสามารถเข้าใจง่าย ให้รูปที่ 2.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD447780 ซึ่งใช้โมดูล LCD แบบอักษระประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง ( Instruction Register : IR ) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

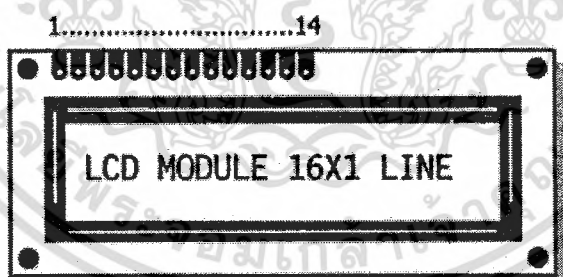
รีจิสเตอร์ข้อมูล ( Data Register :DR ) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล ( Display Data RAM : DDRAM ) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up-table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Charater Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

แรมเก็บตัวอักษร (Charater Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียว CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGROM เอง

แฟลค BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลค BUSY นี้เสียก่อน



ขา 1 : GND

ขา 2 : +V

ขา 3 : Brightness ปรับความสว่าง

ขา 4 : RS





ขา 5 :  $R\bar{W}$

ขา 6 : E

ขา 7-14 : D0-D7

รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ

## ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักษร

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

### 2.4.1 โมดูลแบบ LCD ขนาด 16 อักษร 1 บรรทัด (LCD16x1)

สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก ง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ DMC-16117A ของคอปเท็กซ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์เดียวกันนั้นคือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิโมดูลแบบ LCD ขนาด 16 x 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาตั้งในรูปแบบที่ 2.9 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

$V_{ss}$  (ขา 1) : ต่อกราวด์

$V_{DD}$  (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

$V_o$  (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขาเป็น "0" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขาเป็น "1" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R / W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น "0" เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล โมดูล LCD ให้ทำงาน

D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

ขา RS, R/W และ E จะใช้งานร่วมกัน โดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 2.2

### 2.4.2 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม เน้นอนว่าต้องกำหนดให้ RS และ R/W เป็น "0" แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมี 9 คำสั่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลียร์ตัวแสดงผล ( Clear display ) มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่างหรือ space เข้าไปในแรมเก็บข้อมูลแสดงผล ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมการกระทำคำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของแรมเก็บข้อมูลแสดงผลเป็น 0 ตัวชี้ตำแหน่งจะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D ให้เป็น “1”

คำสั่ง return home ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” เป็นคำสั่งให้ตัวชี้ตำแหน่งเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Set )

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

รูปที่ 2.10 รูปแบบข้อมูลคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น “1” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวชี้ตำแหน่งจะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น “0” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวชี้ตำแหน่งจะเลื่อนไปทางขวา

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรสโดยถ้าบิตนี้เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น “0” แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H-07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึง กำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ ตัวชี้ตำแหน่งจะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	1	D	C	B

รูปที่ 2.11 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการแสดงผล

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวชี้ตำแหน่งบนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีการแสดงตำแหน่งตัวชี้ตำแหน่งบนจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1” ถ้ากำหนดให้เป็น “0” จะเป็นการปิดตัวชี้ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตำหนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หรือไม่แสดงตัวชี้ตำแหน่ง

บิต B ใช้ควบคุมการกะพริบตัวชี้ตำแหน่ง ถ้าบิตนี้เป็น “1” ตัวชี้ตำแหน่งจะกะพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H - 0FH ( 8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แต่ไม่แสดง

ตัวชี้ตำแหน่งและ 0FH เป็นการให้เปิดจอแสดงผล แสดงตัวชี้ตำแหน่ง และสั่งให้ตัวชี้ตำแหน่งกะพริบ

คำสั่งควบคุมการเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งและข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	1	S/C	R/L:	*	*

รูปที่ 2.12 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งและข้อมูลตัวอักษร

การควบคุมการเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งและตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 รูปแบบบิต S/C และ R/L ซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งและตัวอักษร

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนตัวชี้ตำแหน่งไปทางซ้าย	10H-13H
0	1	เลื่อนตัวชี้ตำแหน่งไปทางขวา	14H-17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18 H-1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1C-1FH

คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	1	DL	N	F	*	*

รูปที่ 2.13 รูปแบบข้อมูลคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นแบบ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะแสดงผล 1 บรรทัดถ้าเป็น “1” แสดง 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผล

สามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น “1” จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัว

อักษร 1 บรรทัด แม้จะมีบรรทัดการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น “1” เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7จุด และถ้าเป็น “1” จะแสดงผลเป็นแบบ 5x10จุด

### คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

### คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น “1” และ ข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสยังขึ้นอยู่กับการกำหนดสถานะที่บิต N ด้วย “0” แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น แอดเดรสของ DDRAM จะมีช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

### คำสั่งแฟลก BUSY และ แอดเดรส

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
BF	A	A	A	A	A	A	A

แอดเดรสไบต์สูง

แอดเดรสไบต์ต่ำ

รูปที่ 2.14 รูปแบบข้อมูลแฟลก BUSY และ แอดเดรส

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านตัวบ่งชี้ BUSY (BF) โดยตัวบ่งชี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือไม่ แต่ถ้าเป็น “1” แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านตัวบ่งชี้ต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0 บิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

### 2.4.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่มอดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้รับลอจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้ว แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

### 2.5 วิธีการวัดระยะทางด้วยเลเซอร์

โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 หลักการคือ

1. TIME OF FLIGHT เป็นการวัดระยะทางโดยวัดระยะเวลาที่แสงใช้เดินทางไปและกลับ ซึ่งระบบการวัดระยะทางต้องมีความแม่นยำถึงระดับนาโนวินาที จึงจะสามารถวัดระยะทางได้อย่างแม่นยำ เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุดในเครื่องมือวัดระยะทาง
2. MULTIPLE FREQUENCY PHASE SHIFT ใช้วิธีการวัดการเลื่อนเฟสของความถี่หลายๆความถี่ที่สะท้อนกลับ และหาระยะทางโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้หาค่าตอบสุดท้าย
3. INTERFEROMETRY เป็นวิธีการที่ซับซ้อน ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง เป็นวิธีการที่วัดระยะทางได้เที่ยงตรงที่สุด

ในที่นี้เราจะใช้หลักการ TIME OF FLIGHT ในการหาค่าระยะทาง จากนั้นจะนำค่าระยะทางที่ได้มาคำนวณหาค่าความเร็วของรถต่อไป

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

#### บล็อกไดอะแกรมของระบบ

บล็อกไดอะแกรมรวมของระบบประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) วงจรแปลงแรงดัน
- 2) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
- 3) วงจรมอดูเลตสัญญาณ
- 4) วงจรขับสัญญาณ
- 5) วงจรตรวจจับสัญญาณ
- 6) วงจรเอ็กซ์คิเตอร์พี-ออร์เกต
- 7) วงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล

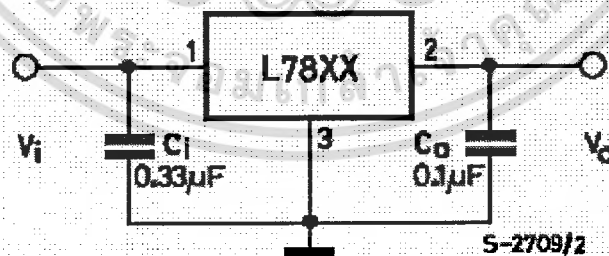
#### 3.1 วงจรแปลงแรงดัน

ในส่วนของวงจรแปลงแรงดันนี้ จะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์ ให้ลดลงเหลือเพียง 5 โวลต์ โดยใช้ไอซี L7805



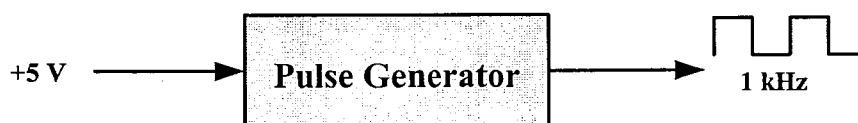
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแปลงแรงดัน

วงจรทั่วไปในการใช้ไอซีตระกูล 78xx มีดังนี้



รูปที่ 3.2 วงจรแปลงแรงดัน

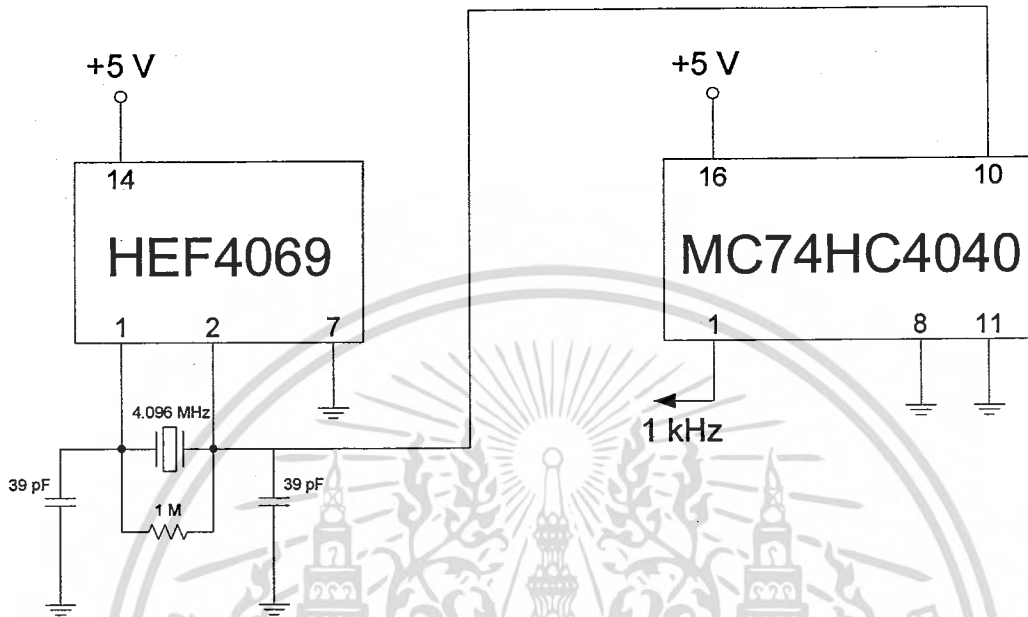
#### 3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

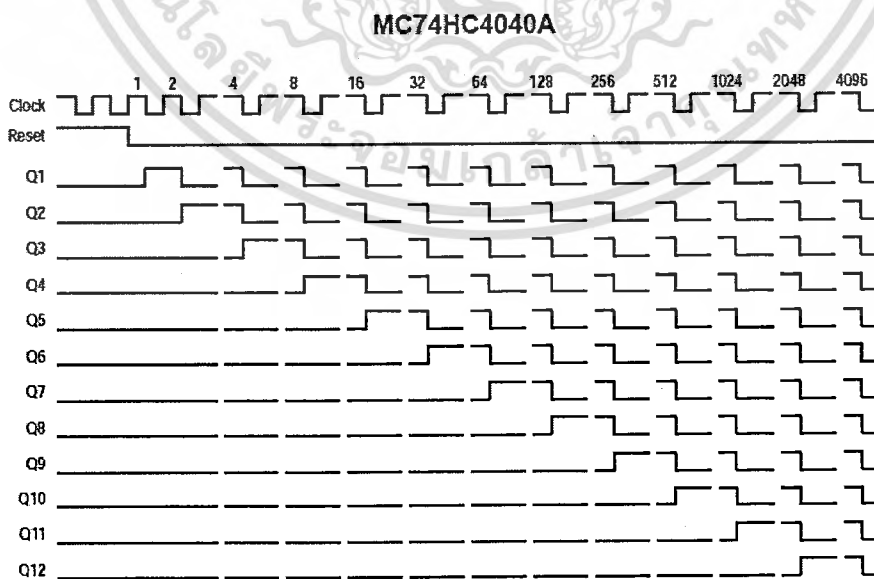
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ซึ่งเราใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ความถี่ 4.096 เมกะเฮิร์ต และ ไอซี HEF4069 ร่วมกับ ไอซี MC74HC4040 มาเป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ดังรูปที่ 3.3



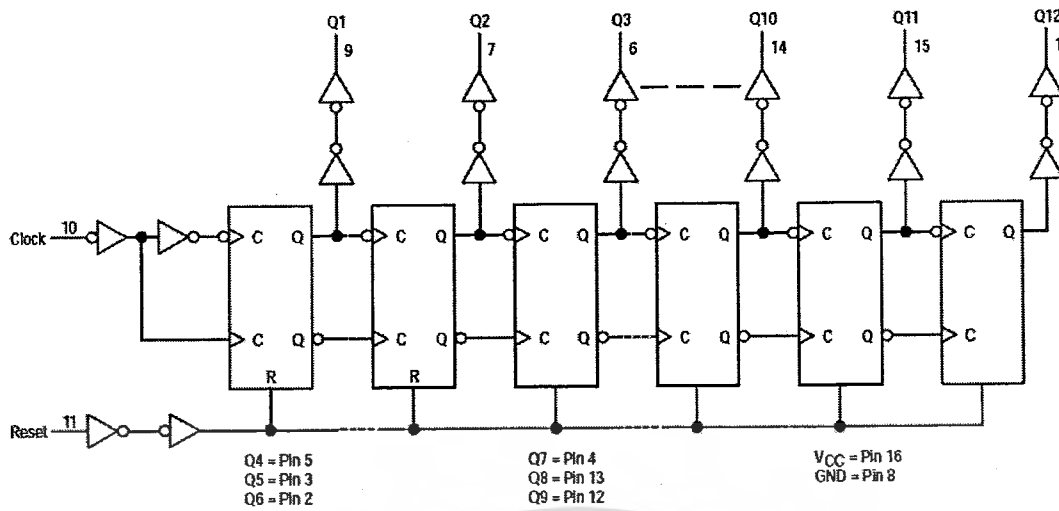
รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในระบบ

โดยไอซี HEF4069 เป็นอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ใช้ในการขับคริสตอลออสซิลเลเตอร์ ได้เป็นความถี่ 4.096 เมกะเฮิร์ต จากนั้นป้อนเข้าไอซี MC74HC4040 ซึ่งเป็นไอซีหารความถี่ทำงานตามไทม์มิงไดอะแกรม (Timing Diagram) และ ลอจิกไดอะแกรม (Logic Diagram) ดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6



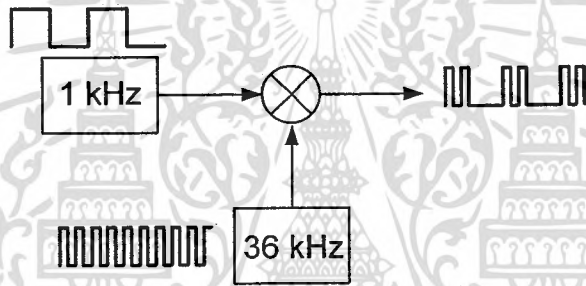
รูปที่ 3.5 Timing Diagram ของไอซี MC74HC4040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



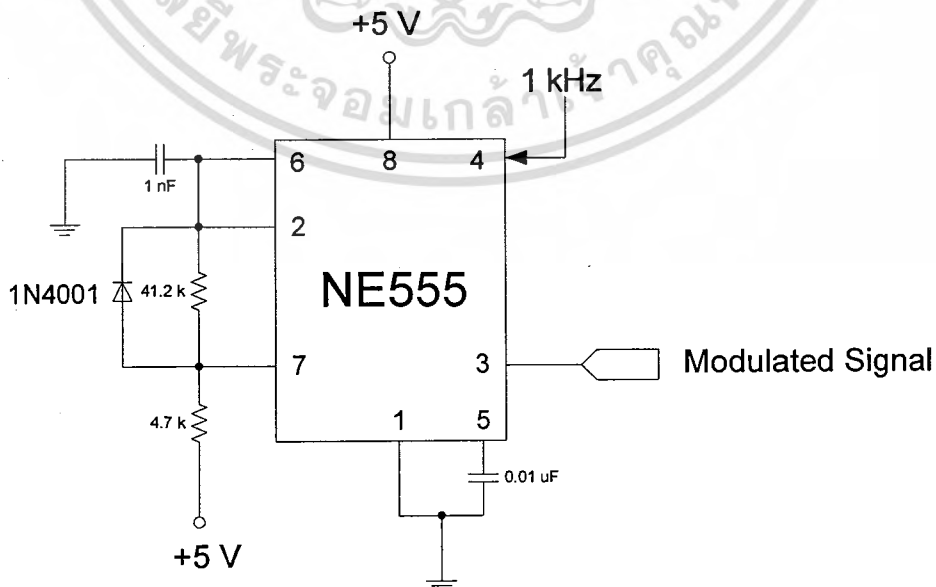
รูปที่ 3.6 Logic Diagram ของ MC74HC4040

3.3 วงจรมอดูเลตสัญญาณ



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของวงจรมอดูเลตสัญญาณ

สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต จะถูกนำไปมอดูเลชันกับคลื่นพาห์ โดยคลื่นพาห์ที่เลือกใช้ คือ 36 กิโลเฮิร์ต ซึ่งได้เลือกใช้ไอซี NE555 เป็นตัวผลิตคลื่นพาห์ รวมทั้งใช้ในการมอดูเลชันด้วย โดยการต่อวงจรไอซี NE555 ให้เป็นวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังรูปที่ 3.8



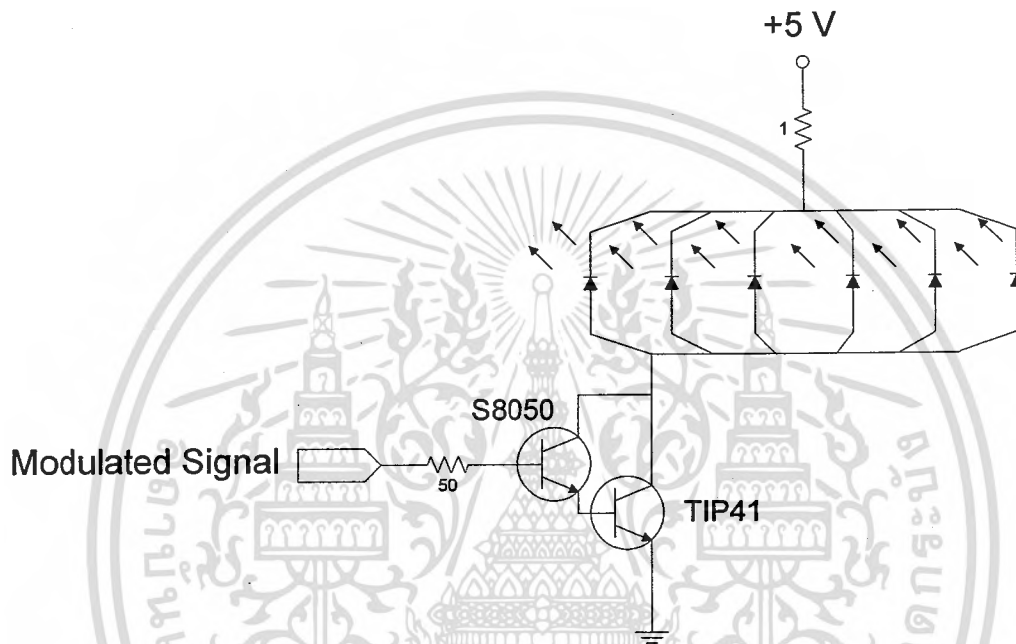
รูปที่ 3.8 วงจรมอดูเลตสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสัญญาณเอาต์พุตจากขา 3 ของไอซี NE555 นำไปป้อนเข้าเป็นสัญญาณอินพุตของวงจรมอดูเลเตอร์สัญญาณต่อไป

### 3.4 วงจรมอดูเลชันสัญญาณ

สัญญาณเอาต์พุตจากขา 3 จะต่อเข้ามายังขาเบสของ TR เบอร์ S8050 ซึ่งตอบสนองความถี่สูง ( $f_T = 120 \text{ MHz}$ )  $I_{C_{MAX}} = 0.8$  แอมแปร์ โดยต่อกับ TIP41 แบบคาร์ลิงตัน เพื่อขยายกระแสขับอินฟราเรด เลือกความต้านทานที่ขาเบสเท่ากับ 50 โอห์ม และ ความต้านทานที่ขาคอลเลคเตอร์เท่ากับ 1 โอห์ม ซึ่งจะได้วงจรมอดูเลชันสัญญาณดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรมอดูเลชันสัญญาณ

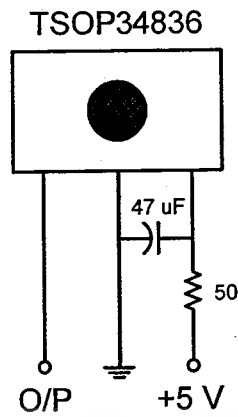
### 3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณ



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมของวงจรตรวจจับสัญญาณ

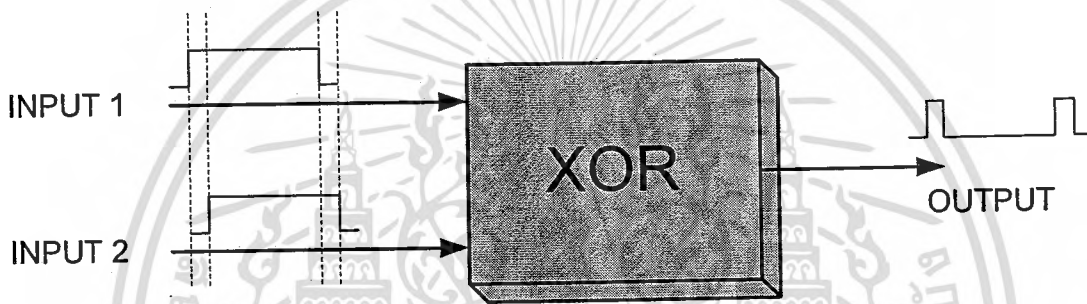
วงจรตรวจจับสัญญาณในที่นี้ใช้ TSOP34836 ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไปและตรวจจับพัลส์ที่สะท้อนกลับมาสะท้อนกลับมา ซึ่งจะทำให้การตรวจจับสัญญาณ 1 กิโลเฮิร์ต กลับมาและนำไปใช้ในวงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกตต่อไป สาเหตุที่ต้องเพิ่มการตรวจจับพัลส์ที่ส่งออกไปด้วยก็เนื่องมาจาก ต้องการลดข้อผิดพลาดจากการหน่วงเวลา ของสายวงจรและการหน่วงเวลาในตัวไอซี (Propagation Delay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรตรวจจับสัญญาณ

3.6 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

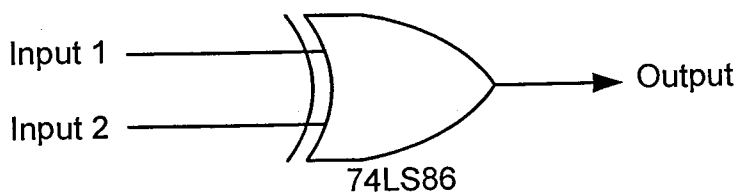


รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

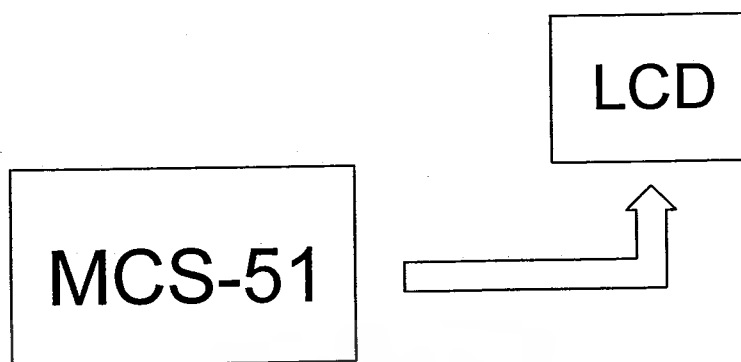
ในที่นี้จะใช้ Input 1 มาจากเอาต์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณ และ Input 2 มาจากสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

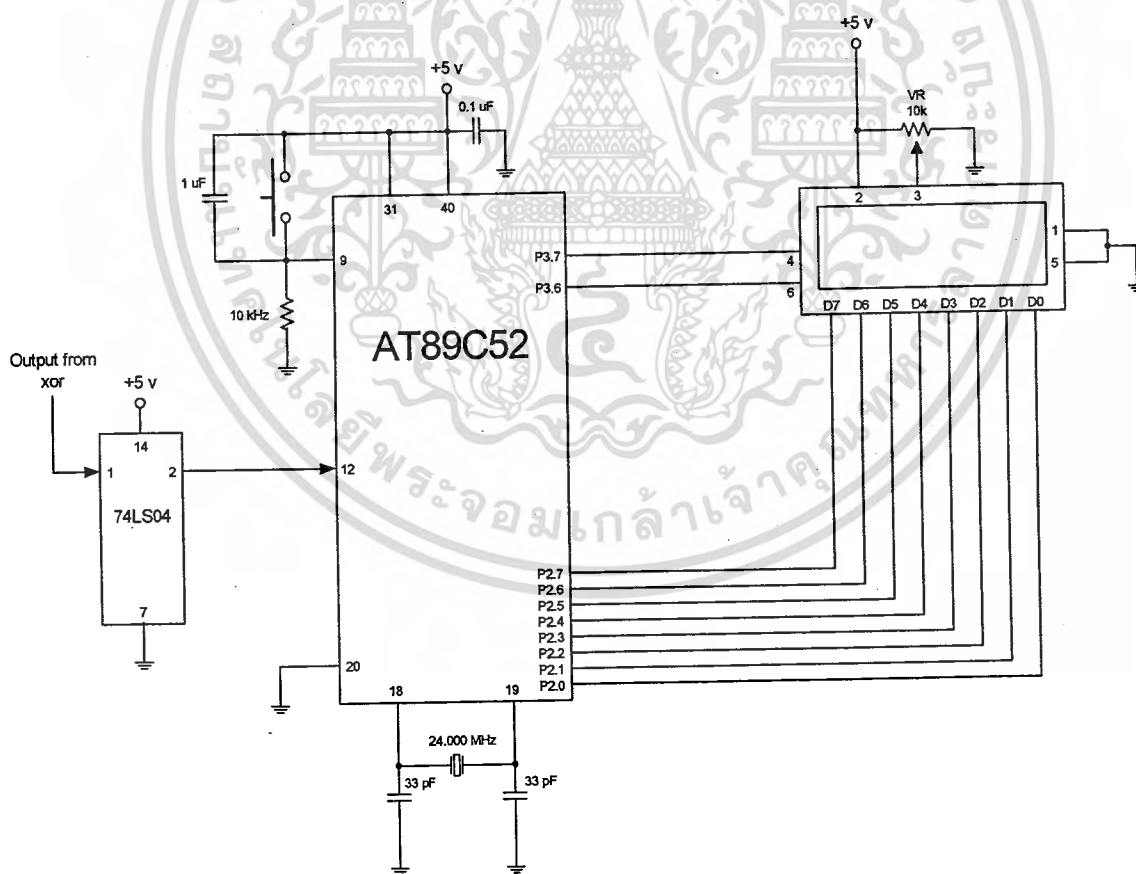
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล



รูปที่ 3.14 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่วนประมวลผล และแสดงผล

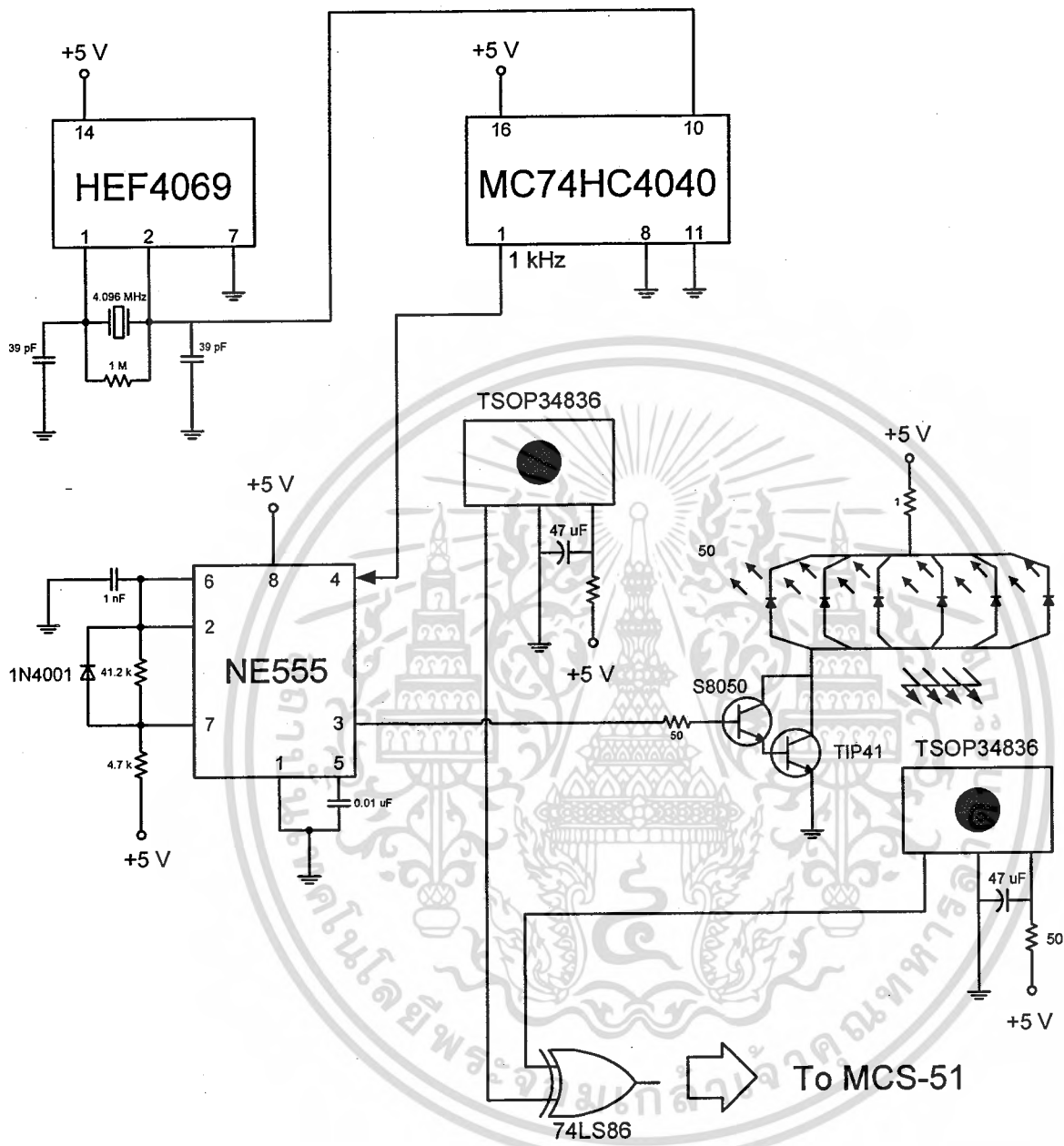
ใช้สำหรับ นับจำนวนลูกคลื่นที่เข้ามา ในระยะเวลาที่จำกัดไว้ แล้วนำจำนวนลูกคลื่นที่นับได้ไปคำนวณ แสดงผลผ่านจอLCD โดยก่อนจะมาเข้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องนำไปผ่าน ไอซี74ls04 เพื่อยกระดับสัญญาณให้อยู่ในระดับที่วัดสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้



รูปที่ 3.15 วงจรส่วนประมวลผลและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนวงจรโดยรวมของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 3.16 วงจรรวมของระบบ

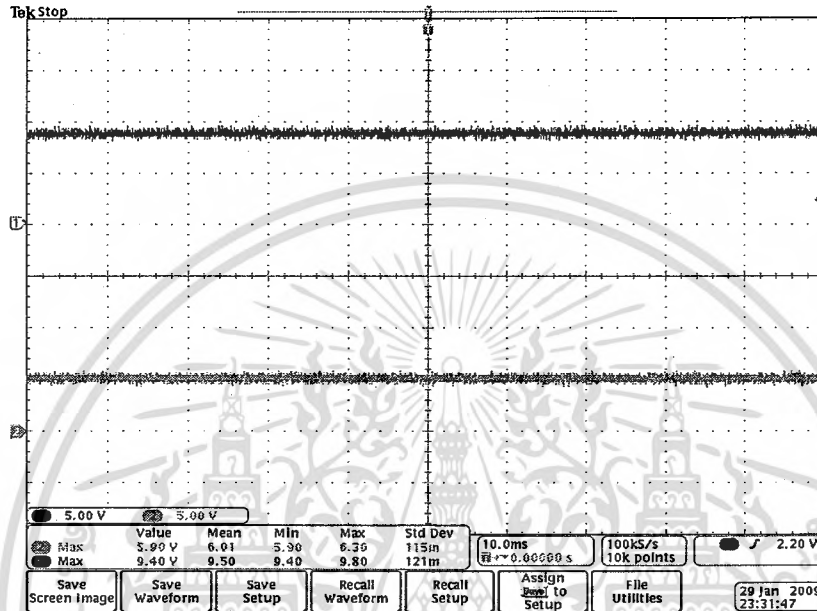
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 วงจรแปลงแรงดัน

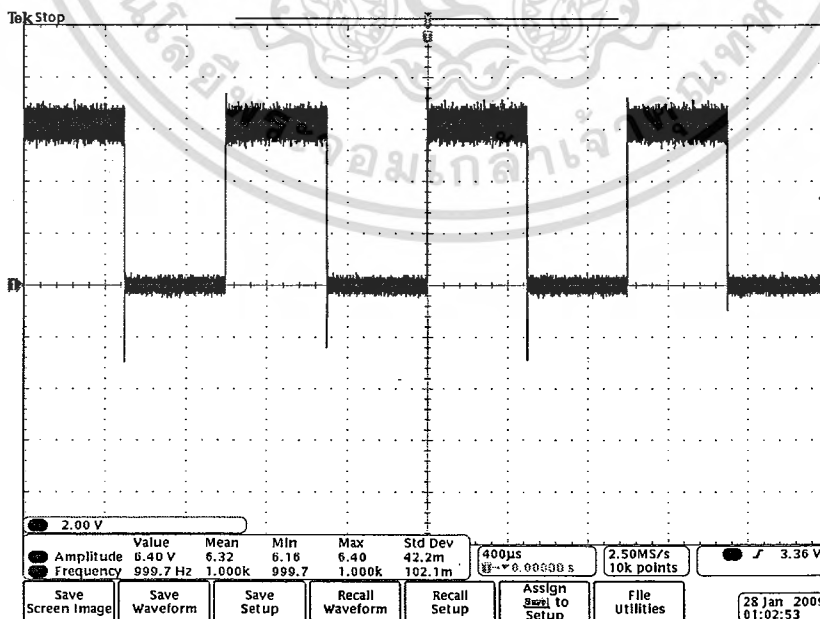
จากการทดลองใช้เบตเตอร์ 9 โวลต์ ป้อนเข้าเป็นสัญญาณอินพุต เมื่อผ่านวงจรแปลงแรงดันแล้ว ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีแรงดัน 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับวงจรวงจรอื่นๆ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 5 โวลต์

#### 4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เมื่อต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาตามรูปแบบที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ได้สัญญาณเอาต์พุตดังนี้

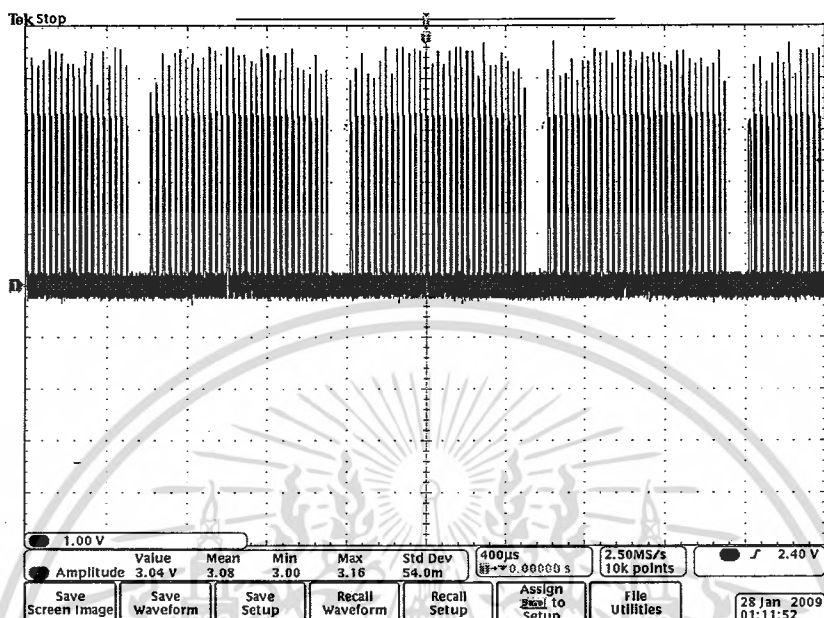


รูปที่ 4.2 สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 วงจรมอดูเลตสัญญาณ

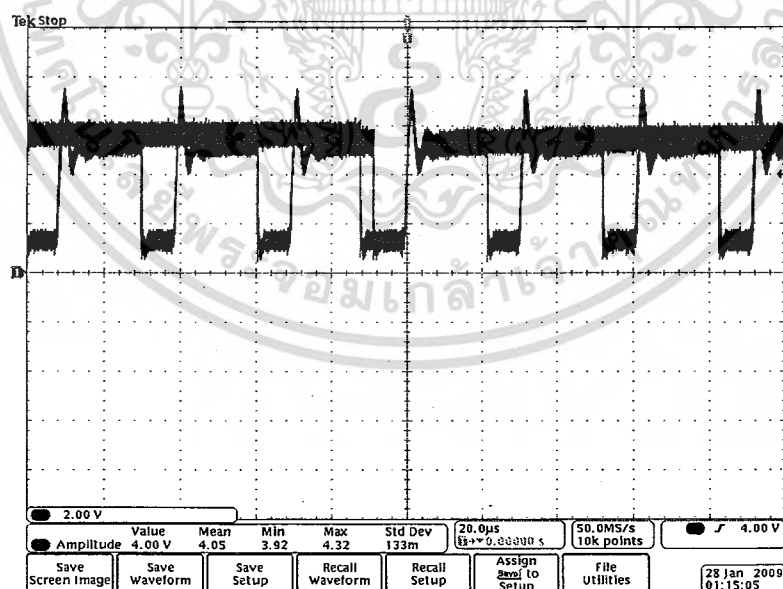
จากวงจรรูปที่ 3.8 นำสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ต่อเข้ากับที่ขาที่ 4 ของไอซี NE555



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลต

### 4.4 วงจรขับสัญญาณ

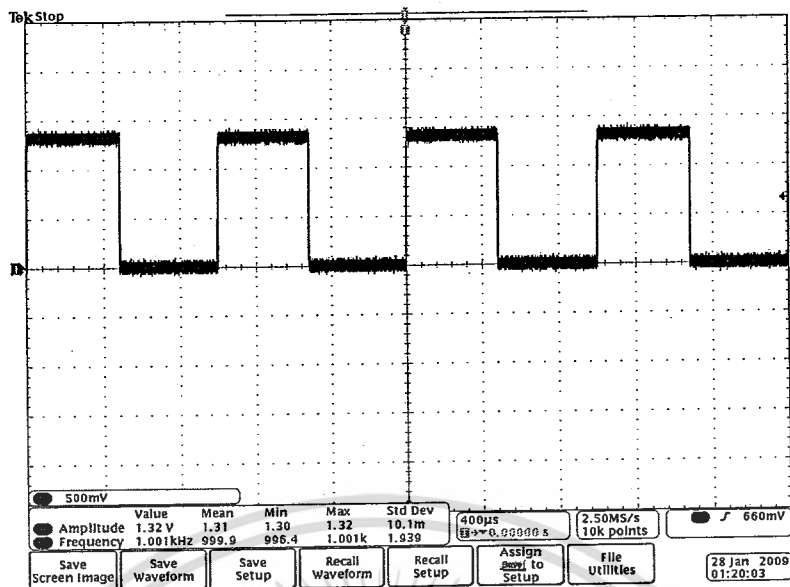
เมื่อนำสัญญาณที่มอดูเลตแล้วมาป้อนเข้าวงจรรูปที่ 3.9 จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองจากวงจรขับสัญญาณ

### 4.5 วงจรตรวจจับสัญญาณ

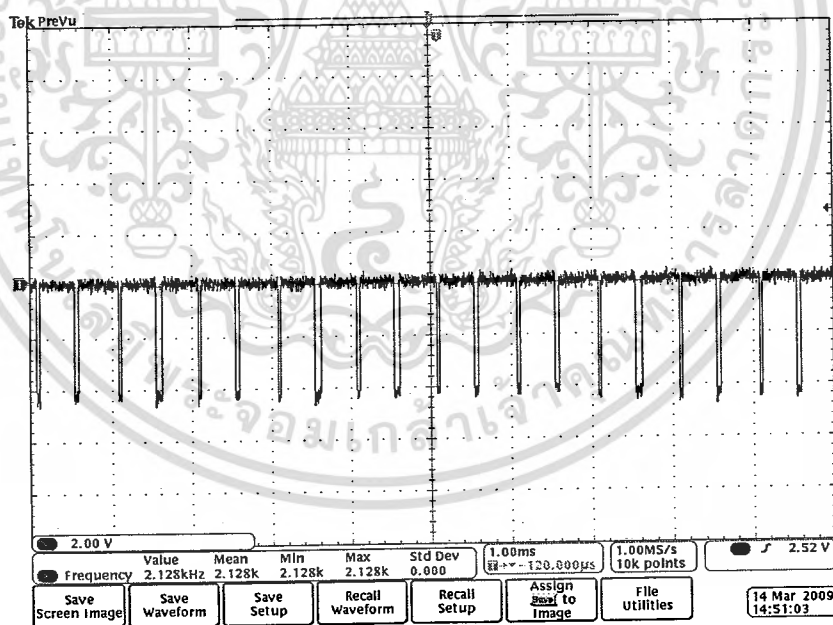
สัญญาณที่วัดได้จากขาเอาต์พุตของ ไอซี TSOP34836 ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับสัญญาณ

#### 4.6 วงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

จากวงจรรูปที่ 3.13 ต่อสัญญาณจากวงจรจับสัญญาณเข้าที่ขา อินพุต 1 และต่อสัญญาณจากวงจรตรวจจับสัญญาณเข้าที่ขา อินพุต 2 จะได้สัญญาณเอาต์พุต ดังรูปที่ 4.6

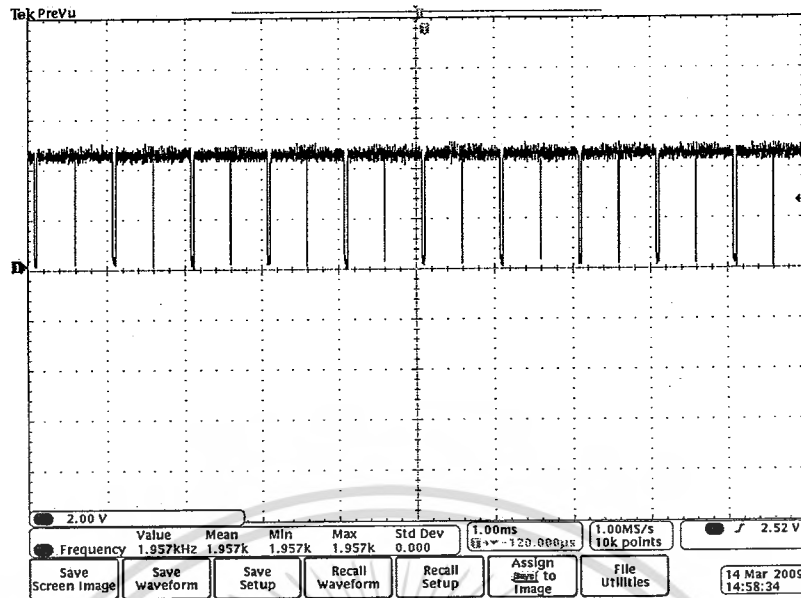


รูปที่ 4.6 สัญญาณจากวงจรเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์เกต

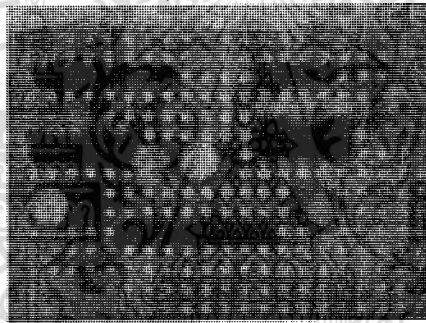
#### 4.7 วงจรยกระดับสัญญาณ

ในวงจรส่วนนี้จะรวมอยู่กับวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทำหน้าที่เพียงยกระดับสัญญาณให้อยู่ในระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้

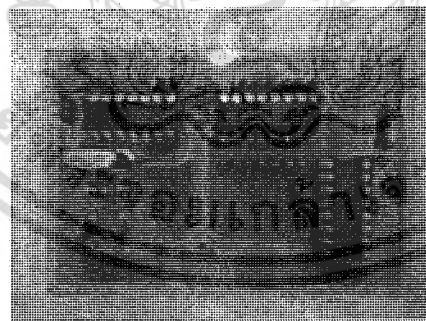
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



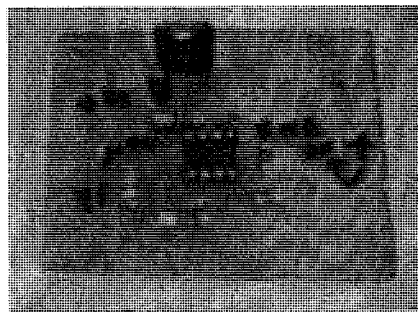
รูปที่ 4.7 สัญญาณจากการยกระดับสัญญาณ



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรแปลงแรงดัน

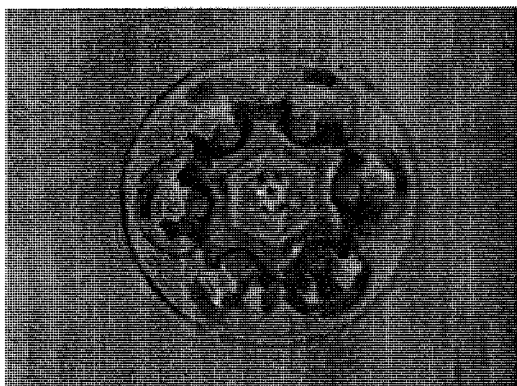


รูปที่ 4.9 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

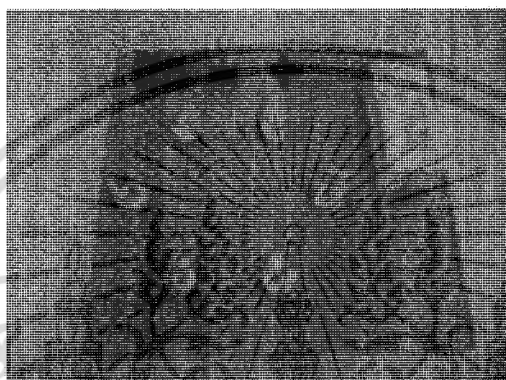


รูปที่ 4.10 แสดงวงจรมอดูเลตสัญญาณ และวงจรขับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



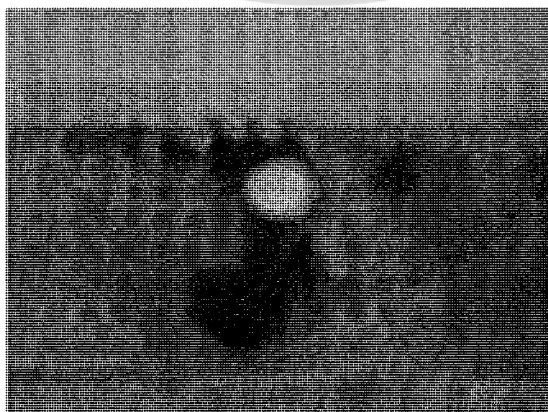
รูปที่ 4.11 แสดงอุปกรณ์ที่ช่วยในการบังคับลำแสงให้มีลำแสงให้ส่งไปไกลขึ้นในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 4.12 แสดงวงจรถ่ายใช้ในการแก้ลำแสงอินฟราเรด

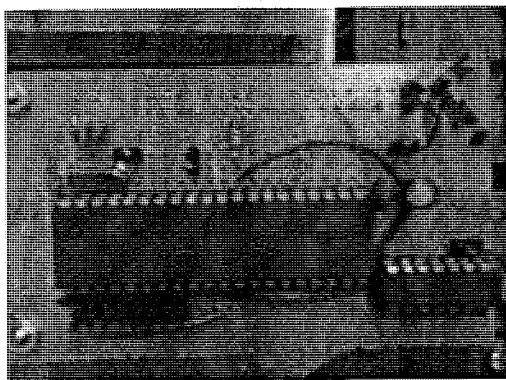


รูปที่ 4.13 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในงานจริง

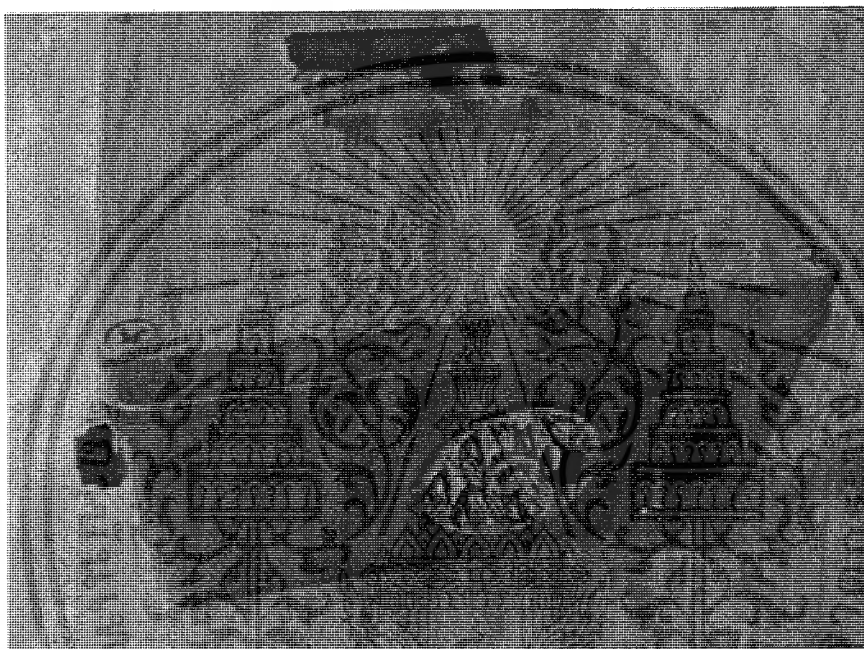


รูปที่ 4.14 แสดงวงจรถ่ายจับสัญญาณ

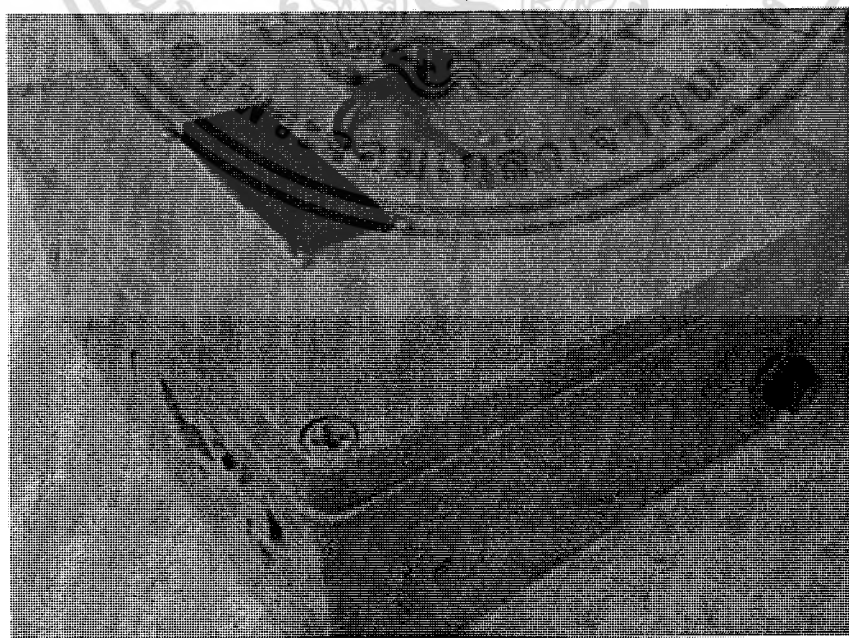
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงวงจรส่วนประมวลผล



รูปที่ 4.16 รูปเครื่องวัดความเร็วด้วยเลเซอร์

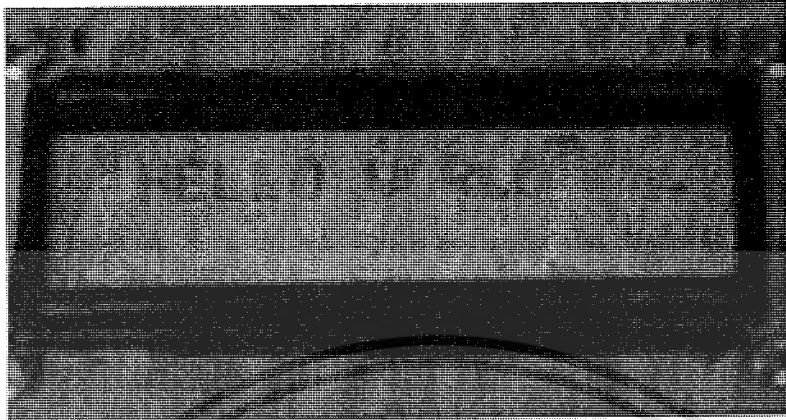


รูปที่ 4.17 รูปเครื่องวัดความเร็วด้วยเลเซอร์(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อเปิดเครื่องวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์จะแสดงผลได้ ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่เปิดเครื่องเริ่มแรก

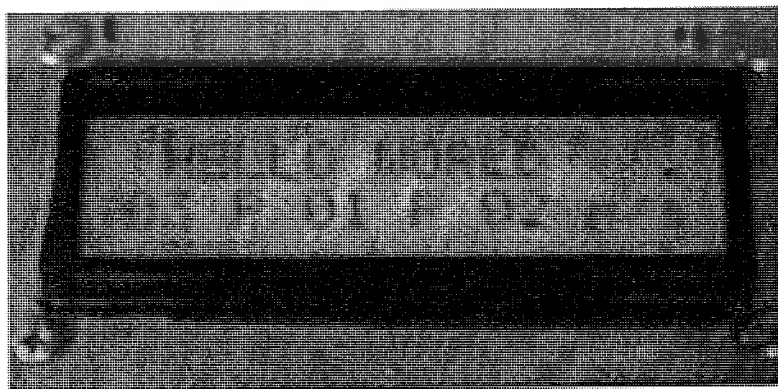
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อกดปุ่มยิงเลเซอร์ออกไปจะได้อ่านระยะทาง 3 เมตรออกมา ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ออกไปครั้งที่ 1

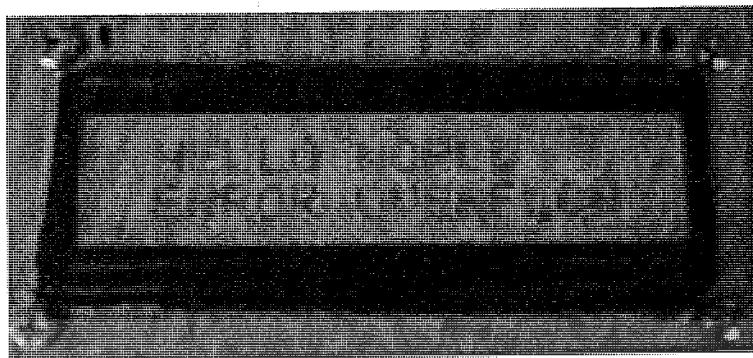
ขั้นตอนที่ 3 เมื่อกดปุ่มยิงเลเซอร์ออกไปอีกครั้งจะได้ค่าระยะทาง 1 เมตรออกมา และจะนำค่าระยะทางที่ได้ทั้งสองค่ามาประมวลผล เพื่อคำนวณหาค่าความเร็วรถ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่

4.20



รูปที่ 4.20 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ออกไปครั้งที่ 2 และแสดงผลเป็นความเร็วออกมาเลย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ไม่สามารถวัดความเร็วรถได้ เนื่องจากอิงแสงเลเซอร์ไม่ถูกเป้าหมายจะแสดงผลได้  
ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 รูปแสดงหน้าจอ LCD ขณะที่ยิงเลเซอร์ไม่ถูกเป้าหมาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิจารณ์และสรุป

#### 5.1 อุปสรรคที่พบในการทำงาน

1. เนื่องจาก โครงการนี้เป็นโครงการที่ประยุกต์มาจากเครื่องวัดระยะทางอีกทีหนึ่ง ทำให้ต้องใช้ เวลาไปกับการศึกษาค้นคว้าหลักการในการวัดระยะทางก่อน จึงทำให้ต้องลองผิดลองถูกกับหลายๆ หลักการ กว่าที่จะได้หลักการที่เหมาะสมกับการวัดความเร็วจริงๆ

2. อุปกรณ์ที่ต้องการสั่งซื้อส่วนใหญ่มีราคาแพง และต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศทำให้เกิดความ ลำบากในการดำเนินงาน

3. การหาช่วงเวลาอันเนื่องมาจากสายวงจร และ ตัวไอซี เป็นอุปสรรคที่สำคัญมาก เพราะ เวลาที่ เกิดจากการเดินทางของแสงมีค่าน้อยมาก การห้วงเหล่านี้ทำให้เกิดค่าผิดพลาดมาก จนเป็นการยาก ที่จะ วัดระยะได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

#### 5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้

1. ได้เรียนรู้หลักการในการวัดระยะทาง ที่จะต่อยอดไปสู่การวัดความเร็วต่อไป
2. ได้เรียนรู้การทำงานของลอจิกเกต
3. ได้ฝึก และได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น

#### 5.3 แนวทางการพัฒนา

สามารถนำเครื่องวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานต่อในด้านการจราจรได้ เช่น ติดตั้ง กล้องถ่ายรูปไว้กับตัวอุปกรณ์ด้วย ถ้าเกิดเครื่องวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ตรวจจับความเร็วรถที่เกินกว่า กำหนดก็ให้กล้องถ่ายรูป ถ่ายรูปเก็บไว้เพื่อเป็นประโยชน์กับทางตำรวจ

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้จัดทำขึ้นเป็นผลสำเร็จได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และได้รับคำปรึกษาด้วยดีจาก อาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี และขอขอบคุณเพื่อนๆชาวโทรคมนาคม เพื่อนชาวอิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ให้ข้อคิดเห็นมาตลอด ขอขอบคุณปริญญาบัตรและวิทยานิพนธ์ของรุ่นพี่ที่เป็นพื้นฐานอ้างอิงในการออกแบบ ประยุกต์ที่เกี่ยวกับผลงานนี้ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายชนเทพ นันเป็ง

นายญาณวิทย์ วิทยพันธ์ุ

นายศรัณย์ เศรษฐีชัยญาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ภาคผนวก

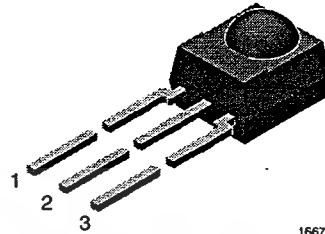
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## IR Receiver Modules for Remote Control Systems

### Description

The TSOP348.. - 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. TSOP348.. is the standard IR remote control receiver series for 3 V supply voltage, supporting all major transmission codes.



16672

### 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
- Supply voltage: 2.7 V to 5.5 V
- Improved immunity against ambient light



### Mechanical Data

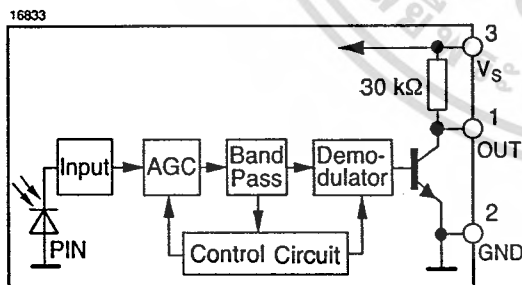
#### Pinning:

1 = OUT, 2 = GND, 3 =  $V_S$

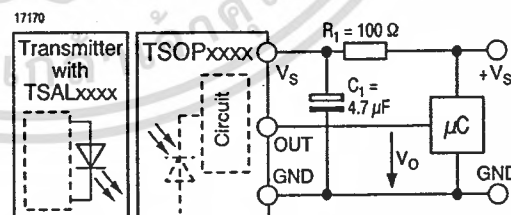
### Parts Table

Part	Carrier Frequency
TSOP34830	30 kHz
TSOP34833	33 kHz
TSOP34836	36 kHz
TSOP34837	36.7 kHz
TSOP34838	38 kHz
TSOP34840	40 kHz
TSOP34856	56 kHz

### Block Diagram



### Application Circuit



$R_1 + C_1$  recommended to suppress power supply disturbances.

The output voltage should not be hold continuously at a voltage below  $V_O = 2.0$  V by the external circuit.

### Absolute Maximum Ratings

Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	$V_S$	- 0.3 to + 6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	$I_S$	3	mA
Output Voltage	(Pin 1)	$V_O$	- 0.3 to ( $V_S + 0.3$ )	V
Output Current	(Pin 1)	$I_O$	10	mA
Junction Temperature		$T_j$	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		$T_{amb}$	- 25 to + 85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	( $T_{amb} \leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	$P_{tot}$	30	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10\text{ s}$ , 1 mm from case	$T_{sd}$	260	$^{\circ}\text{C}$

### Electrical and Optical Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	$E_v = 0$	$I_{SD}$	0.7	1.2	1.5	mA
	$E_v = 40\text{ klx}$ , sunlight	$I_{SH}$		1.3		mA
Supply Voltage		$V_S$	2.7		5.5	V
Transmission Distance	$E_v = 0$ , test signal see fig. 1, IR diode TSAL6200, $I_F = 250\text{ mA}$	$d$		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	$I_{OSL} = 0.5\text{ mA}$ , $E_e = 0.7\text{ mW/m}^2$ , test signal see fig. 1	$V_{OSL}$			250	mV
Minimum Irradiance (30 - 40 kHz)	$V_S = 3\text{ V}$ Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\ min}$		0.2	0.4	$\text{mW/m}^2$
Minimum Irradiance (56 kHz)	$V_S = 3\text{ V}$ Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\ min}$		0.3	0.5	$\text{mW/m}^2$
Minimum Irradiance (30 - 40 kHz)	$V_S = 5\text{ V}$ Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\ min}$		0.35	0.5	$\text{mW/m}^2$
Minimum Irradiance (56 kHz)	$V_S = 5\text{ V}$ Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\ min}$		0.45	0.6	$\text{mW/m}^2$
Maximum Irradiance	$t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig. 1	$E_{e\ max}$	30			$\text{W/m}^2$
Directivity	Angle of half transmission distance	$\phi_{1/2}$		$\pm 45$		deg

## Typical Characteristics (Tamb = 25 °C unless otherwise specified)

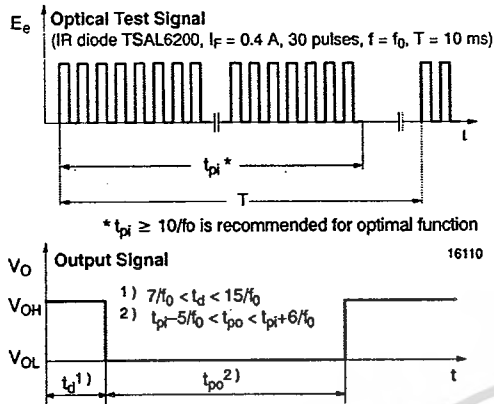


Figure 1. Output Function

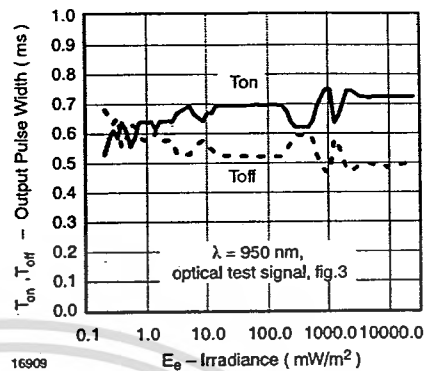


Figure 4. Output Pulse Diagram

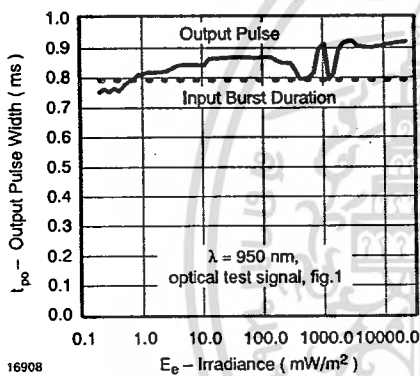


Figure 2. Pulse Length and Sensitivity in Dark Ambient

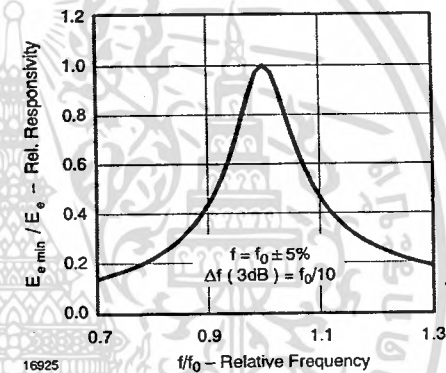


Figure 5. Frequency Dependence of Responsivity

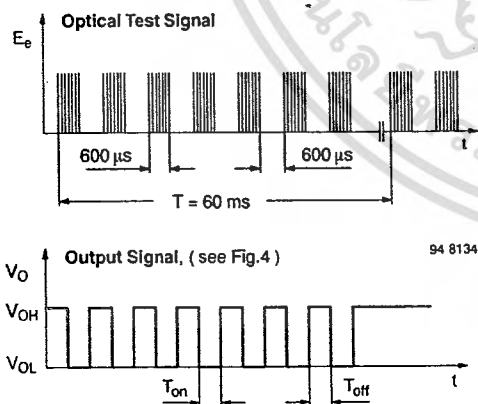


Figure 3. Output Function

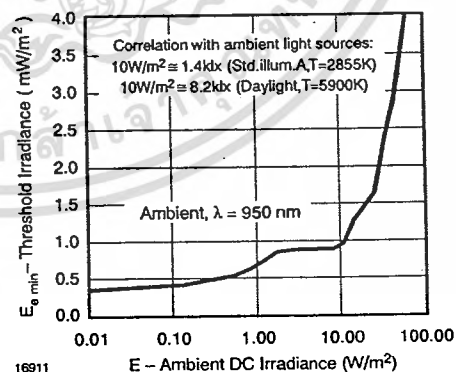


Figure 6. Sensitivity in Bright Ambient

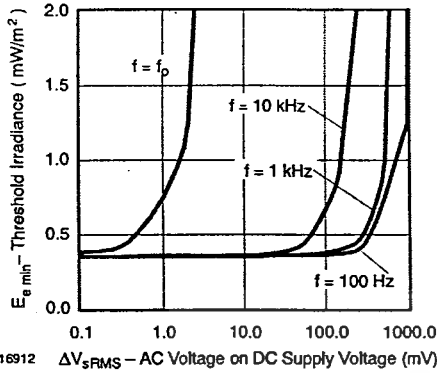


Figure 7. Sensitivity vs. Supply Voltage Disturbances

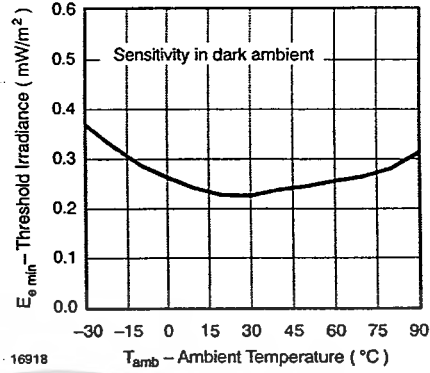


Figure 10. Sensitivity vs. Ambient Temperature

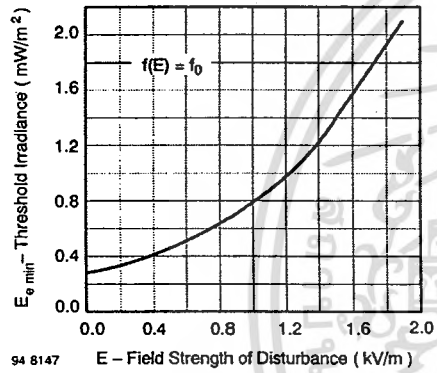


Figure 8. Sensitivity vs. Electric Field Disturbances

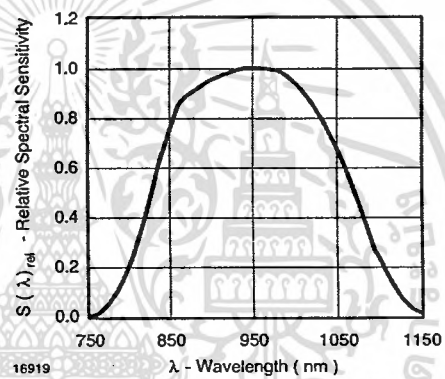


Figure 11. Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

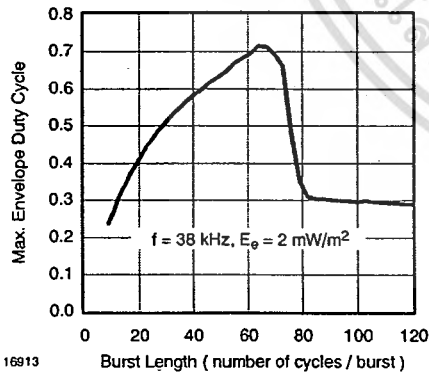


Figure 9. Max. Envelope Duty Cycle vs. Burstlength

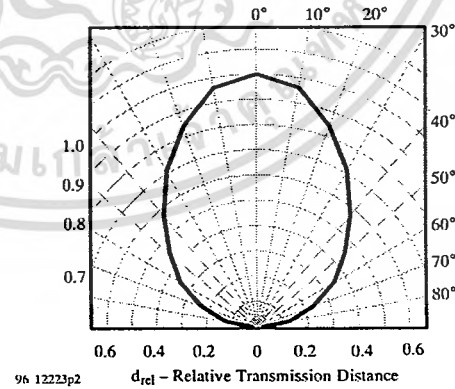


Figure 12. Directivity

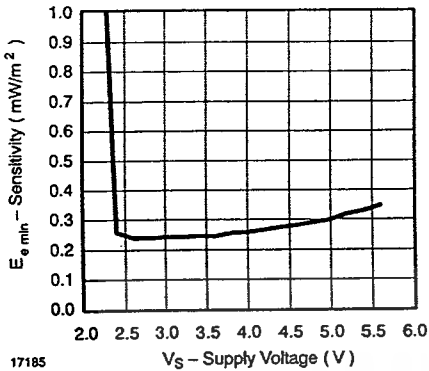


Figure 13. Sensitivity vs. Supply Voltage

## Suitable Data Format

The circuit of the TSOP348.. is designed in that way that unexpected output pulses due to noise or disturbance signals are avoided. A bandpass filter, 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 conditions:

- Carrier frequency should be close to center frequency of the bandpass (e.g. 38 kHz).
- 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 1.8 ms 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 (repetitive pulse), NEC Code (repetitive data), Toshiba Micom Format, Sharp Code, RC5 Code, RC6 Code, R-2000 Code, Sony Code.

When a disturbance signal is applied to the TSOP348.. 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 TSOP348.. are:

- DC light (e.g. from tungsten bulb or sunlight)

- Continuous signal at 38 kHz or at any other frequency
- Signals from fluorescent lamps with electronic ballast with high or low modulation (see Figure 14 or Figure 15).

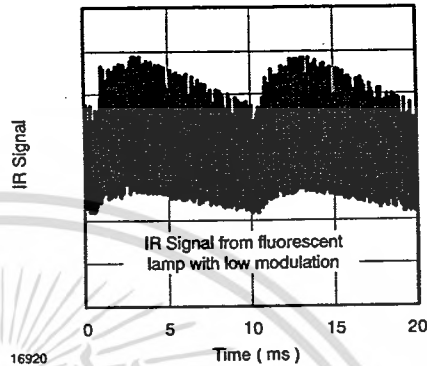


Figure 14. IR Signal from Fluorescent Lamp with low Modulation

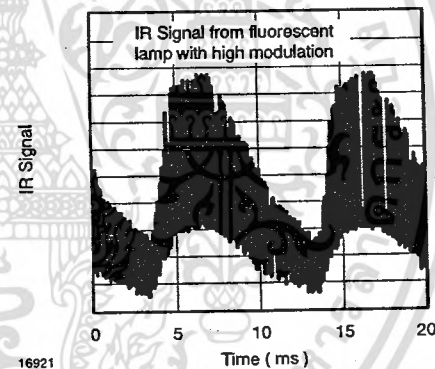


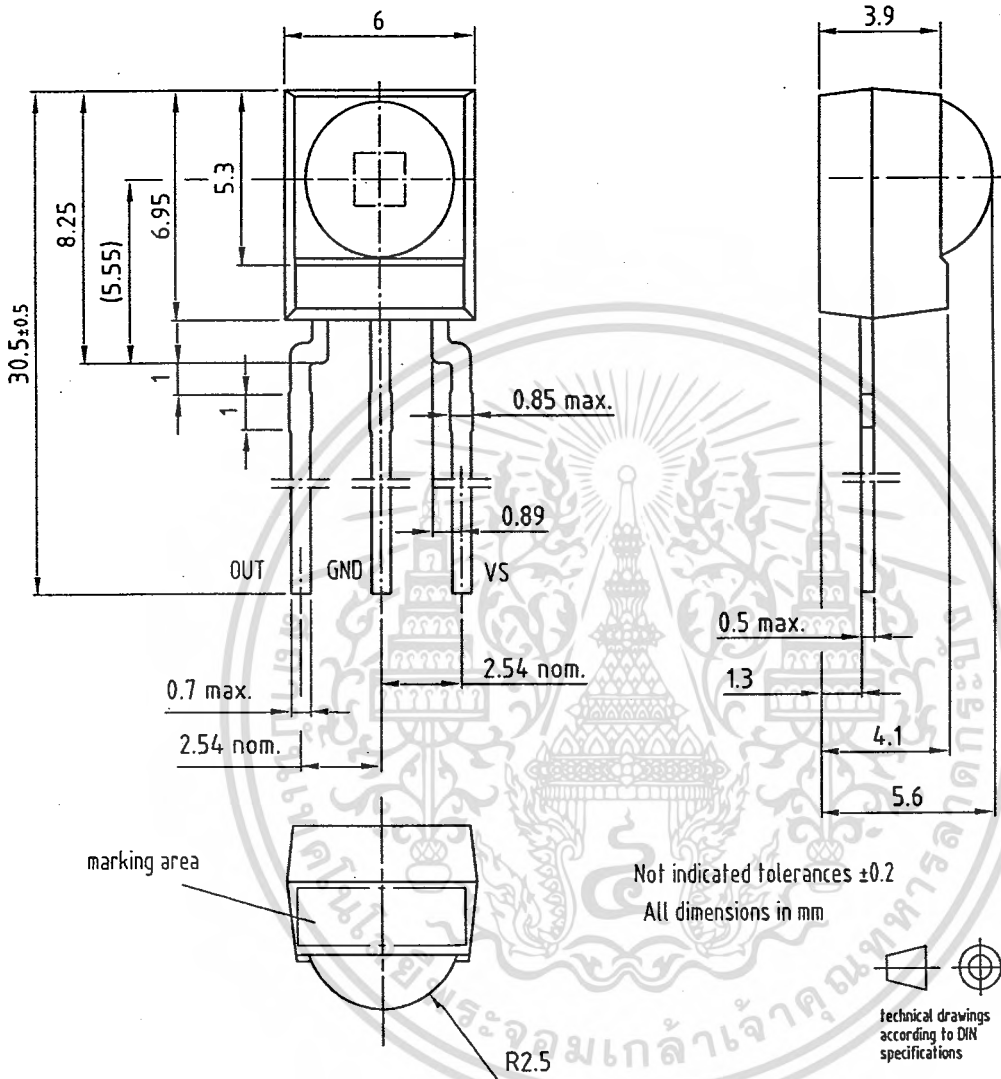
Figure 15. IR Signal from Fluorescent Lamp with high Modulation

# TSOP348..



Vishay Semiconductors

Package Dimensions in mm



Drawing-No.: 6.550-5169.11-4

Issue: 10; 08.06.04

16003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 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 Semiconductors products for any unintended or unauthorized application, the buyer shall indemnify Vishay Semiconductors 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

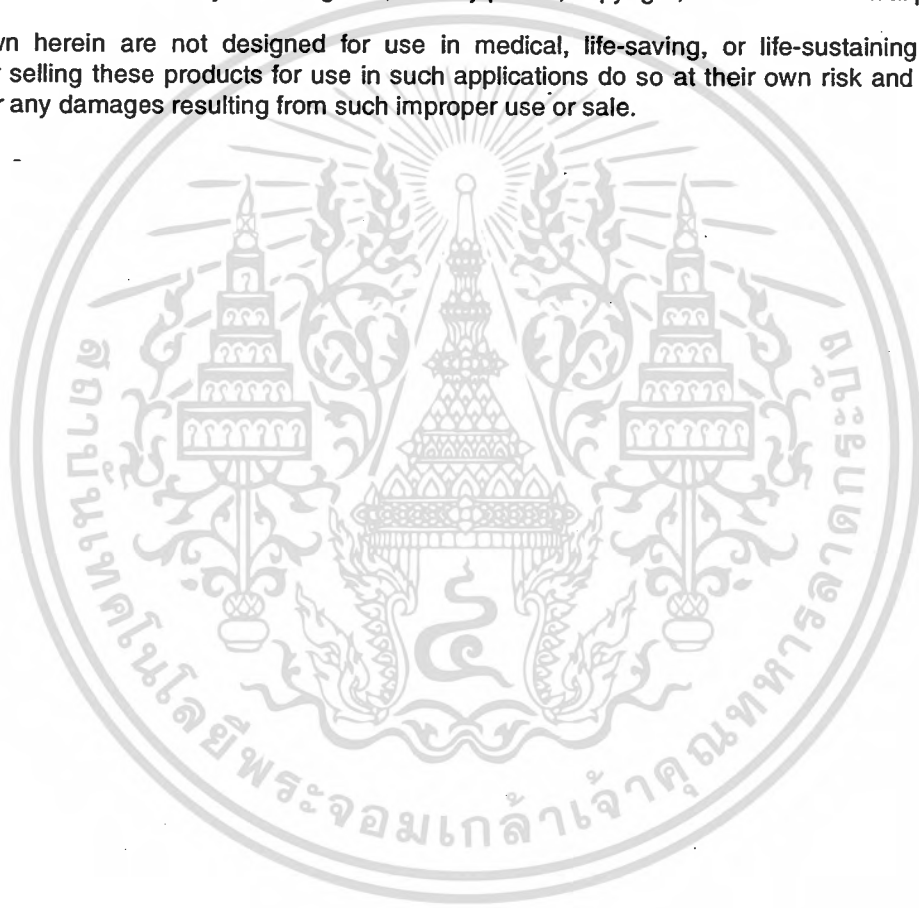


### Notice

Specifications of the products displayed herein are subject to change without notice. Vishay Intertechnology, Inc., or anyone on its behalf, assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies.

Information contained herein is intended to provide a product description only. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document. Except as provided in Vishay's terms and conditions of sale for such products, Vishay assumes no liability whatsoever, and disclaims any express or implied warranty, relating to sale and/or use of Vishay products including liability or warranties relating to fitness for a particular purpose, merchantability, or infringement of any patent, copyright, or other intellectual property right.

The products shown herein are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications. Customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Vishay for any damages resulting from such improper use or sale.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## SN54/74LS86

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

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 8.0 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			40	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
				0.2	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.8	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			10	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

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

### AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay, Other Input LOW		12 10	23 17	ns	V <sub>CC</sub> = 5.0 V C <sub>L</sub> = 15 pF
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay, Other Input HIGH		20 13	30 22		

### FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 5-2 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้