

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมการแพนกล้องด้วยรีโมทไร้สาย

Control Camera by IR Remote Control



โดย

นางสาวนลินทิพย์ พงศ์สิริพิพัฒน์

นางสาวนัคนา ชนะกิจการชัย

นางสาวอภิษฎา พุดหอม

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....**62740**

วัน,เดือน,ปี.....**21 ส.ค. 2549**

b..... 11629381
i.....

ปฏิญญาพันธนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการแพนกล้องด้วยรีโมทไร้สาย

Control Camera by IR Remote Control

โดย

นางสาวนลินทิพย์ พงศ์ศิริพัฒน์ 45010383

นางสาวนัทคน ชนะกิจการชัย 45010389

นางสาวอภิษฎา พุดหอม 45010928

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ไกรสิน ส่วงวัฒนา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการแพนกล้องโดยใช้รีโมตไร้สาย

CONTROL CAMERA BY IR REMOTE CONTROL

ผู้จัดทำ

- | | |
|----------------------------------|----------|
| 1. นางสาวนลินทิพย์ พงศ์ศิริพัฒน์ | 45010383 |
| 2. นางสาวนัทคน ชนะกิจการชัย | 45010389 |
| 3. นางสาวอภิษฎา พุดหอม | 45010928 |



(รศ.ดร.ไกรดิน สงวฒนา)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการแพนกล้องด้วยรีโมทไร้สาย

Control Camera by IR Remote Control

โดย นางสาวนลินทิพย์ พงศ์ศิริพิพัฒน์ 45010383

นางสาวนัทคน ณะกิจการชัย 45010389

นางสาวอภิญา พุดหอม 45010928

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ไกรสิน ส่วงวัฒนา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการควบคุมการแพนกล้องระยะไกลด้วยรีโมทอินฟราเรด ในการควบคุมให้กล้องหมุนในแกนนอนและแกนตั้งนั้น เราใช้วงจรมicrocontroller MCS-51 ในการควบคุมสเตปป์มอเตอร์ 2 ตัวให้กล้องหมุนได้ในทิศทางที่ต้องการ

ในส่วนของกรเขียนโปรแกรมควบคุมสเตปป์มอเตอร์จะใช้ภาษา C สำหรับส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการหมุนของกล้อง

ABSTRACT

This project is presented a method of Control Camera in long range by IR Remote Control that control camera both vertical and horizontal directions. We use microcontroller (MCS-51) to control stepping motors.

In the part of programming for control stepping motor to move all direction, we use C language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ความหมายของสเต็ปปีงมอเตอร์	2
2.2 หลักการทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์	2
2.3 ชนิดของสเต็ปปีงมอเตอร์	4
2.4 วิธีการหรือโหมดการกระตุ้นการขับเคลื่อนสเต็ปปีงมอเตอร์	9
2.4.1 ลำดับการทำงานในโหมดขับเคลื่อนด้วยการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส (One phase excitation)	10
2.4.2 ลำดับการทำงานในโหมดขับเคลื่อนด้วยการกระตุ้นแบบสองเฟส (Two phase excitation)	11
2.4.3 ลำดับการทำงานในโหมดการเคลื่อนที่ครึ่งสเต็ป (Half step excitation)	12
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลช	12
2.5.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลช	13
2.5.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.5.3 โครงสร้างหน่วยความจำใน MCS-52	17
2.5.4 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR)	17
2.5.4.1 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word)	17
2.5.4.2 แอควิวมูลเตอร์ (Accumulator : ACC)	18
2.5.4.3 รีจิสเตอร์ B	18
2.5.4.4 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer : SP)	18
2.5.4.5 คาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer : DPTR)	18
2.5.4.6 รีจิสเตอร์พอร์ต (Port Register)	19
2.5.4.7 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)	19
2.5.4.8 รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ (Timer Register)	19
2.5.4.9 รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Register)	19
2.5.5 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุท	21
2.5.6 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุท	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ท	23
2.5.8 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52	23
2.5.9 การเขียนไปยังพอร์ท	25
2.6 การส่งผ่านข้อมูลระยะไกลแบบดิจิทัล	25
2.6.1 ระบบของสัญญาณควบคุม	26
2.6.2 การใช้แสงอินฟราเรด	27
2.6.3 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด	28
2.6.4 ตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด	30
2.6.5 หลักการของตัวรับแสงอินฟราเรด	31
2.6.6 คุณสมบัติเกี่ยวกับความไวต่อสเปกตรัม	31
2.6.7 ชุดรีโมทคอนโทรล	31
2.6.7.1. ส่วนของชุดรีโมทตัวส่ง	31
2.6.7.2 ชุดภาครับสัญญาณ	36
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	40
3.1 การสร้างชุดรีโมท	40
3.2 การทดลองในส่วนของการควบคุมกล้อง	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง	48
4.1 ผลการทดลองชุดรีโมท	48
4.2 ผลการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์	56
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	57
ภาคผนวก	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของ Stator คือตรงเลข 1, 2, 3 และ rotor คือ x-y	2
รูปที่ 2.2 โคอะแกรมของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์	3
รูปที่ 2.3 แสดงแรงดึงดูดที่ทำให้เกิดทอร์กเพื่อหมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล	4
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร 4 เฟส	5
รูปที่ 2.5 ภาพตัดโครงสร้างและการพันขดลวดของ VRSM ชนิด 3 เฟส	5
รูปที่ 2.6 ตำแหน่งการเหนี่ยวนำที่สมดุลเมื่อกระตุ้นที่เฟส 1	6
รูปที่ 2.7 ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด	6
รูปที่ 2.8 ตำแหน่งการหมุนเมื่อกระตุ้นจากเฟส 1 ไปยังเฟส 2	7
รูปที่ 2.9 ลำดับการเคลื่อนที่ของ VRSM เมื่อกระตุ้นครบทั้ง 3 เฟส	7
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของไฮบริดและการวางขดลวด	8
รูปที่ 2.11 โครงสร้างโรเตอร์ของไฮบริด	8
รูปที่ 2.12 ลักษณะซี่ฟันของไฮบริดบางชนิด	9
รูปที่ 2.13 วงจรการกระตุ้นพื้นฐาน 3 แบบ	10
รูปที่ 2.14 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช	14
รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลช	15
รูปที่ 2.16 ไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช	24
รูปที่ 2.17 การไบอัสอินฟราเรด	27
รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	28
รูปที่ 2.19 แสดงสัญลักษณ์ขาของ MC145026	32
รูปที่ 2.20 แสดง MC145026 Encoder Block Diagram	32
รูปที่ 2.21 แสดงภาคเข้ารหัส	33
รูปที่ 2.22 ภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด	34
รูปที่ 2.23 วงจรสร้างสัญญาณ clock	34
รูปที่ 2.24 วงจรผลิตความถี่พื้นฐานใช้ ไอซี 555	35
รูปที่ 2.25 วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ใช้ไอซี 555	35
รูปที่ 2.26 วงจร Single Shot คาบเวลา T ของวงจรคือ $T = 0.693 RC$	36
รูปที่ 2.27 แสดงวงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด	36
รูปที่ 2.28 แสดงสัญลักษณ์ขาของ MC145027	37
รูปที่ 2.29 แสดง MC145027 Decoder Block Diagram	37
รูปที่ 2.30 แสดงภาคถอดรหัส	38
รูปที่ 2.31 แสดงกล่องควบคุมรีโมตชุดส่ง	38
รูปที่ 2.32 แสดงวงจรภายในกล่องควบคุมรีโมตชุดส่ง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.33 แสดงฐานกลิ้ง	39
รูปที่ 3.1 วงจรภาคเข้ารหัส	40
รูปที่ 3.2 วงจรสัญญาณนาฬิกา	41
รูปที่ 3.3 วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด	41
รูปที่ 3.4 วงจรรวมชุดรีโมตส่ง	42
รูปที่ 3.5 วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด	43
รูปที่ 3.6 วงจรภาคถอดรหัส	43
รูปที่ 3.7 วงจรรวมชุดรีโมตด้านรับ	44
รูปที่ 3.8 โฟล์ชาร์ทขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมมอเตอร์	46
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	47
รูปที่ 4.1 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ Open	48
รูปที่ 4.2 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ Low	48
รูปที่ 4.3 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ High	49
รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 1010	50
รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 1100	50
รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 0101	51
รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 0110	51
รูปที่ 4.8(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 1010	52
รูปที่ 4.8(ข) แสดงวงจรถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุทเป็น 1010	52
รูปที่ 4.9(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 1100	53
รูปที่ 4.9(ข) แสดงวงจรถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุทเป็น 1100	53
รูปที่ 4.10(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 0101	54
รูปที่ 4.10(ข) แสดงวงจรถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุทเป็น 0101	54
รูปที่ 4.11(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 0110	55
รูปที่ 4.11(ข) แสดงวงจรถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุทเป็น 0110	55
รูปที่ 4.12 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับขั้นตอนการกระตุ้นหนึ่งเฟส	11
ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการทำงานในโหมดปกติด้วยการกระตุ้นแบบสองเฟส	11
ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับการกระตุ้นให้โหมดเฟสครึ่ง	12
ตารางที่ 2.4 แสดงแผนผัง และการรีเซทค่าของ SFR ใน AT89C52	21
ตารางที่ 2.5 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลชของ Atmel	22
ตารางที่ 2.6 ผลงานการแผ่แม่เหล็กไฟฟ้า	29
ตารางที่ 2.7 Some of the material for LED device	30
ตารางที่ 3.1 ทิศทางของกล้องที่ได้จากรหัสรีโมตต่างๆ	45
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆกัน	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ต้องมีการต่อสู้ คดิรน เพื่อจะได้มีชีวิตอยู่รอดต่อไปในสังคม จึงทำให้เกิดการก่ออาชญากรรม ดังนั้นจึงต้องมีแนวทางป้องกัน และใช้ตรวจสอบ อาชญากรรมที่เกิดขึ้น เบื้องต้น และสามารถนำมาใช้ได้จริง จึงได้มีการนำกล้องโทรทัศน์วงจรปิดมาติดตั้งตามสถานที่ต่างๆ เราจึงทำอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกล้องวงจรปิดแบบใช้รีโมทไร้สายขึ้น ซึ่งทำให้สะดวกมากขึ้นในการใช้งาน สามารถใช้งานได้โดยที่ตัวไม่ต้องอยู่ที่กล้อง

1.1 วัตถุประสงค์

1. สามารถนำกล้องไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้
2. สามารถใช้รีโมทคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมสัญญาณได้
3. สามารถสร้างรีโมทคอนโทรลเพื่อใช้ในการควบคุมกล้องได้

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างวงจรรีโมทคอนโทรลในการควบคุมกล้องโดยใช้อินฟราเรด ระยะในการส่งประมาณ 6-8 เมตร

2. เขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้อง

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำชิ้นส่วนของตัวมอเตอร์
2. ทำภาครับส่งรีโมทคอนโทรล
3. การเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้อง
4. ทดลองการทำงาน

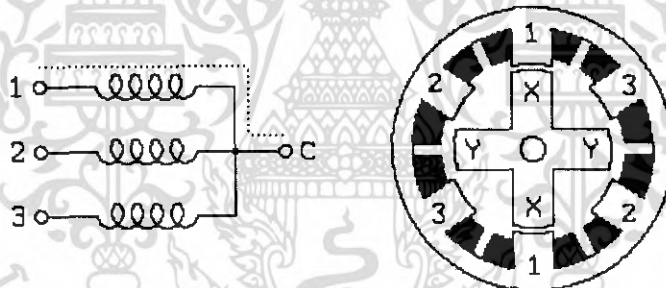
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความหมายของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์คือมอเตอร์ที่สามารถให้เพลารวมในลักษณะเป็นขั้นๆ หรือเป็นสเต็ป สเต็ปละกี่องศาขึ้นอยู่กับโครงสร้างและการออกแบบชุดควบคุม โดยการป้อนอินพุตพัลส์ที่มีความถี่ค่าหนึ่งซึ่งจะทำให้เกิดการหมุนไปหนึ่งสเต็ปในแต่ละพัลส์ ซึ่งชุดควบคุมนั้นสามารถออกแบบให้หมุนเป็นสเต็ปหรือหมุนอย่างต่อเนื่องและสามารถกลับทางหมุนได้

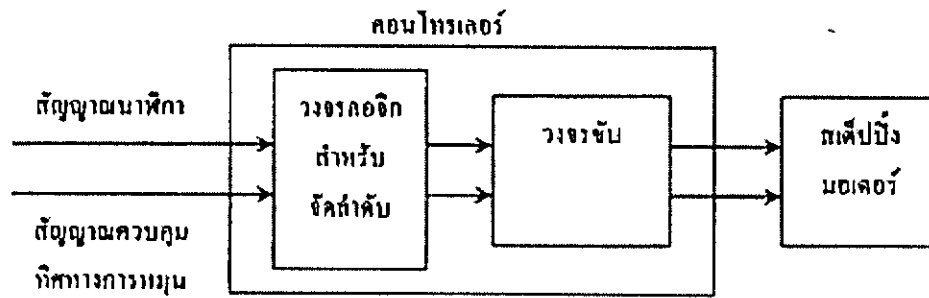
สเต็ปมอเตอร์มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ สเตเตอร์ (stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะมีส่วนที่มีขดลวดพันล้อมอยู่บนแกนเหล็ก อีกส่วนคือ โรเตอร์ (rotor) เป็นส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งจะมีฟัน 4 ซี่ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะเป็นเหล็กอ่อน จากรูปที่ 2.1 โดยเมื่อจ่ายไฟเข้าที่ขดลวดที่พันอยู่บน stator ที่ขด 1 ก่อน จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ตำแหน่ง 1 และผลักให้ rotor (จากรูปคือ x-y) เกิดการเคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่นี้คือการเคลื่อนที่ 1 step และถ้าเราหยุดจ่ายไฟเข้าที่ขดลวด 1 และไปจ่ายไฟเข้าที่ขดลวด 2 แทน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่บริเวณ 2 บน stator และจะทำให้สนามแม่เหล็กนี้ผลัก rotor ให้เคลื่อนที่ต่อไปได้ และถ้าเราหยุดจ่ายกระแสเข้าที่ขด 2 และไปจ่ายเข้าที่ขด 3 แทนก็จะทำให้สนามแม่เหล็กมาเกิดที่บริเวณ 3 และผลักให้ rotor เคลื่อนที่ต่อไปได้อีก



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของ Stator คือตรงเลข 1, 2, 3 และ rotor คือ x-y

2.2 หลักการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

การทำงานของสเต็ปมอเตอร์ ขึ้นอยู่กับพัลส์ที่ป้อนให้กับขดลวดเฟสของมันในลักษณะที่ต้องการด้วยวงจรถลอจิกสำหรับจัดลำดับ (Sequencer logic) และสามารถจ่ายกระแสให้กับสเต็ปมอเตอร์ได้อย่างเพียงพอโดยวงจรถับ (Driver)



รูปที่ 2.2 โค้ดโปรแกรมของระบบขับสเต็ปป์มอเตอร์

จากที่กล่าวมาพอที่จะทราบถึงคุณสมบัติของสเต็ปป์มอเตอร์ได้ว่า

1. การหมุนของมอเตอร์จะเป็นสเต็ป (เป็นขั้นๆ) สเต็ปละกี่องศาขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์
2. ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาทางอินพุทของมอเตอร์ (ความถี่)
3. ความผิดพลาดในการหมุน 1 สเต็ปมีค่าน้อยมาก แต่ต้องจำกัดอยู่ในความเร็วที่พอดี
4. คุณสมบัติของการตอบสนองสัญญาณในขณะที่มอเตอร์เริ่มทำงานและหยุดทำงานดีมาก
5. เนื่องจากไม่มีแปรงถ่าน (Commutator) เหมือนมอเตอร์ในระบบดีซี ดังนั้นจึงมีความแน่นอนในการทำงาน
6. แหล่งจ่ายแรงดันไฟที่ใช้ในการขับมอเตอร์มีค่าไม่มาก
7. ไม่ทำให้เกิดเสียงรบกวน เนื่องจากแรงขับมอเตอร์มีค่าไม่มาก
8. ทำงานแบบโอเพนลูป (Open loop)

ส่วนของการควบคุมของสเต็ปป์มอเตอร์นั้นจะสามารถต่อเชื่อม (Interface) ได้โดยตรงได้กับ ไมโครโพรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ โดยสเต็ปป์มอเตอร์จะสามารถกำหนดตำแหน่งของโพลได้อย่างเที่ยงตรงมาก เนื่องจากแต่ละอินพุทพัลส์จะทำให้สเต็ปป์มอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ปพอดี

จากรูปที่ 2.3 แท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่บนเพลลา และหมุนได้อิสระเหมือนอาร์เมเจอร์มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ขั้ว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่สเตเตอร์ ตำแหน่งแกนอาร์เมเจอร์แม่เหล็กคือ $a-a'$ ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม θ แรงแม่เหล็กที่เกิดจากแรงดึงดูดของขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน ทำให้เกิดแรงปกติซึ่งตั้งฉากกับแกน $a-a'$ จะเป็นไปตามสมการ

$$F = f \cdot \cos \theta \quad (2.1)$$

เมื่อ

$$F = \text{แรงปกติซึ่งตั้งฉากกับแกน } a-a' \text{ (N)}$$

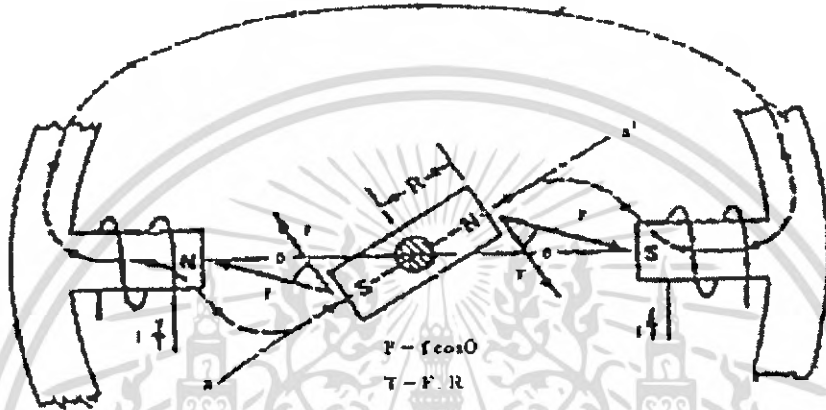
$$f = \text{แรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน (N)}$$

$$\theta = \text{มุมระหว่างแกนอาร์เมเจอร์และแกนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า (องศา)}$$

ค่าแรงบิดรวมที่ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (Clock Wise: CW) จนกว่าแกนของอาร์เมเจอร์ a-a' จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนตั้งของสเตเตอร์เป็นไปตามสมการ

$$T = F \cdot R \quad (2.2)$$

เมื่อ T = แรงบิดรวมที่ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (N.m)
 F = แรงปกติซึ่งตั้งฉากกับแกน a-a' (N)
 R = รัศมีของแกนอาร์เมเจอร์ (m)



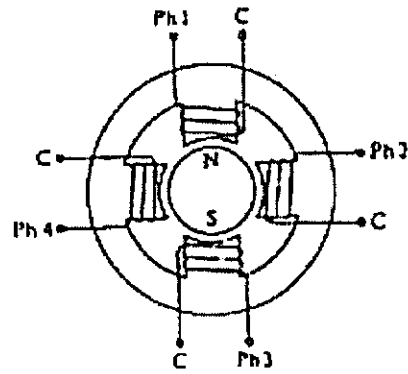
รูปที่ 2.3 แสดงแรงดึงดูดที่ทำให้เกิดทอร์กเพื่อหมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุล

2.3 ชนิดของสเต็ปปีงมอเตอร์ แบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ดังนี้

2.3.1 ชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor: PMSM)

โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์ แบบแม่เหล็กถาวรแสดงได้ ดังรูปที่ 2.4 สามารถสังเกตสเต็ปปีงมอเตอร์ชนิดนี้ได้โดยการทดลองหมุนด้วยมือเปล่าจะรู้สึกว่าการสะดุดเป็นขั้นๆ เพราะการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กถาวร โดยในรูปที่ 2.4 เป็นสเต็ปปีงมอเตอร์แบบ 4 เฟส โดยมีโรเตอร์เป็นทรงกระบอก สเตเตอร์จะมี 4 ซี่ โดยที่แต่ละซี่มีขดลวดพันรอบ ถ้าจำนวนซี่บนสเต็ปปีงมอเตอร์และขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า มุมแต่ละสเต็ปจะลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง ดังนั้นเพื่อที่จะลดมุมสเต็ปลงไปอีก ในสเต็ปปีงมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรจะต้องเพิ่มจำนวนแม่เหล็กและซี่ฟัน อย่างไรก็ตามขั้วแม่เหล็กที่เพิ่มขึ้นได้นั้นมีจำนวนจำกัด

ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์ชนิดนี้คือ โรเตอร์จะถูกยึดติดอยู่กับที่ แม้ว่าไม่มีการกระตุ้นเฟสลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ดีเทนท์แมคคาณิคซึม (Detent Mechanism)

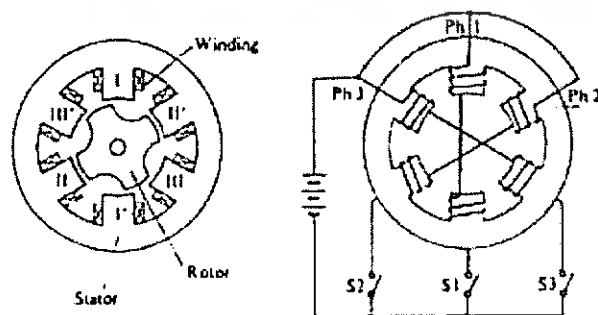


รูปที่ 2.4 โครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร 4 เฟส

จากตัวอย่างของสเต็ปปีงมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรดังรูปที่ 2.4 ส่วนของโรตอร์นั้นจะเป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) โดยมีขดลวดพันอยู่บนสเตเตอร์ 4 ขดให้ขั้ว C ต่อรวมกันไปที่ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ และขั้ว Ph1, Ph2, Ph3, Ph4 จะต่อผ่านสวิตช์ของแต่ละเฟสก่อนที่จะไปต่อรวมกันที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งตามโครงสร้างนี้จะทำให้โรตอร์หมุนได้สเต็ปละ 90 องศา เช่นถ้าต้องการให้หมุนตามเข็มนาฬิกาก็จ่ายไฟให้ทำงานในลักษณะ Ph1→Ph2→Ph3→Ph4 ตามลำดับ ซึ่งสเต็ปปีงมอเตอร์ชนิดนี้จะให้แรงบิดน้อย

2.3.2 ชนิดคาร์รีคแคนซ์แปรค่าได้ (Variable Reluctance Stepping Motor: VRSM)

มอเตอร์แบบนี้ทำด้วยเหล็กอ่อน ซึ่งค่าซึมซาบแม่เหล็ก (Permeability) สูง และสามารถให้ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านได้มาก โดยโรเตอร์จะติดอยู่กับแกนมอเตอร์ และสเตเตอร์ติดอยู่กับโครงของตัวมอเตอร์ ลักษณะภายในของ VRSM จะมีลักษณะเป็นฟันยื่นออกมาโดยรอบของโรเตอร์ และสเตเตอร์ก็มีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นซี่ฟันคล้ายกับโรเตอร์เช่นกัน ในรูปที่ 2.5 จะแสดงภาพตัดของสเต็ปปีงมอเตอร์ ชนิด 3 เฟส โดยสเตเตอร์จะมีฟัน 6 ซี่ ดังนั้นขั้วแม่เหล็กในแต่ละเฟสจะเกิดจากซี่สเตเตอร์ 2 ซี่ที่อยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งจะพันขดลวดให้เกิดเป็นขั้วเหนือ 1 ซี่และขั้วใต้ 1 ซี่ ส่วนของโรเตอร์จะมีฟันยื่นออกมา 4 ซี่ โดยรอบของโรเตอร์เช่นกัน โครงสร้างโรเตอร์และสเตเตอร์ของ VRSM โดยทั่วไปทำมาจาก Laminated silicon steel ส่วนที่เป็นลักษณะคล้ายซี่ฟันยื่นออกมาจากโรเตอร์ และสเตเตอร์จะช่วยให้เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดีกว่าส่วนที่ไม่เป็นฟันยื่นออกมา ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสมดุลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซี่ฟันของโรเตอร์เมื่ออยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง ควรจะโค้งรับพอดีกับซี่ฟันของสเตเตอร์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ภาพตัด โครงสร้างและการพันขดลวดของ VRSM ชนิด 3 เฟส

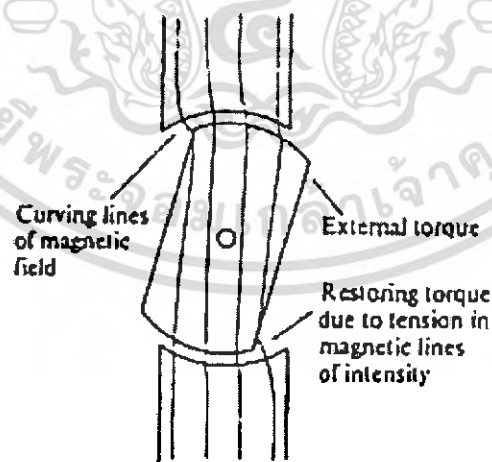
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.5 จะแบ่งซี่ฟันของสเตเตอร์ออกเป็น 2 ส่วน คือซี่ฟันในส่วนของขั้วเหนือ (N) และซี่ฟันของขั้วใต้ (S) โดยซี่ I, II, III จะเป็นขั้วเหนือ และซี่ I', II', III' จะเป็นขั้วใต้

หลักการทำงานคือ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเฟสที่ 1 ของ VRSM โดยการให้ S1 "on" จะทำให้กระแสไฟไหลในขดลวดของเฟสที่ 1 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในสเตเตอร์ที่ขั้วเหนือไปขั้วใต้ ผ่านซี่ฟันของสเตเตอร์ที่ยื่นออกมาคือขั้ว I จะเป็นขั้วเหนือและ I' จะเป็นขั้วใต้ ซึ่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะไปเหนี่ยวนำกับซี่ฟันของโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ขั้ว I และ I' จะทำให้โรเตอร์หยุดหมุน ดังแสดงในรูปที่ 2.6

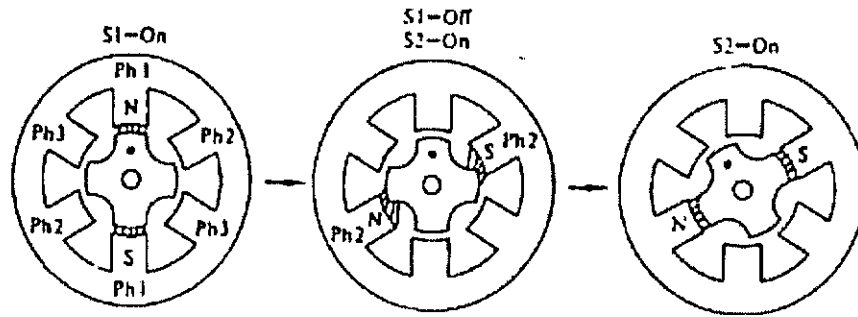


รูปที่ 2.6 ตำแหน่งการเหนี่ยวนำที่สมดุลเมื่อกระตุ้นที่เฟส 1

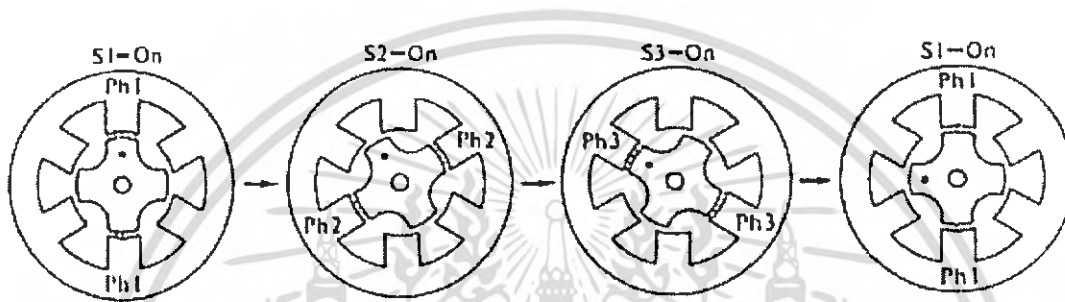


รูปที่ 2.7 ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งการหมุนเมื่อกระตุ้นจากเฟส 1 ไปยังเฟส 2



รูปที่ 2.9 ลำดับการเคลื่อนที่ของ VRSM เมื่อกระตุ้นครบทั้ง 3 เฟส

พารามิเตอร์ต่างๆใน VRSM คือ

- มุมสเต็ป: θ_s (องศา)
- จำนวนเฟส: N_p (เฟส)
- จำนวนขั้วแม่เหล็กต่อเฟส: P (ขั้ว)
- อัตราการสเต็ป: f_s (Hz)

$$\text{- จำนวนการสเต็ป} \quad S = \frac{360}{\theta} \quad (\text{สเต็ป}) \quad (2.3)$$

$$\text{- จำนวนซี่ของสเตเตอร์} \quad N_s = N_p \cdot P \quad (\text{ซี่}) \quad (2.4)$$

$$\text{- จำนวนซี่ของโรเตอร์} \quad N_r = \frac{S}{N_p} \quad (\text{ซี่}) \quad (2.5)$$

$$\text{- ความห่างระหว่างซี่ของสเตเตอร์} \quad P_s = \frac{360}{N_s} \quad (\text{องศา}) \quad (2.6)$$

$$\text{- ความห่างระหว่างซี่ของโรเตอร์} \quad P_r = \frac{360}{N_r} \quad (\text{องศา}) \quad (2.7)$$

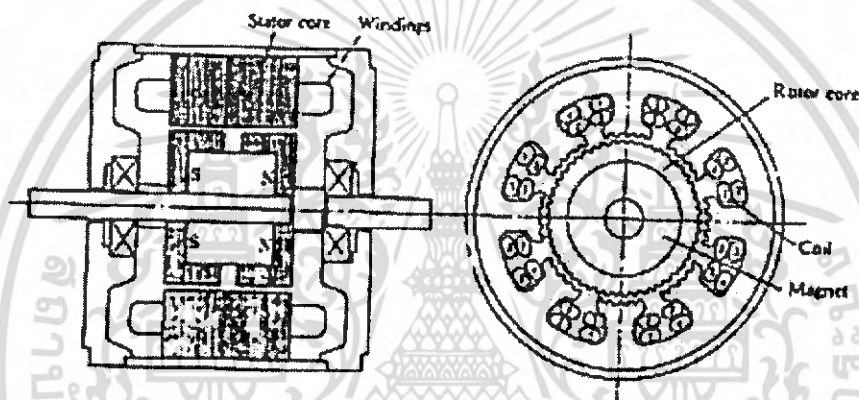
$$\text{- ความเร็วของสเต็ปมอเตอร์} \quad n = \frac{60 \cdot f}{S} \quad (\text{rpm}) \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

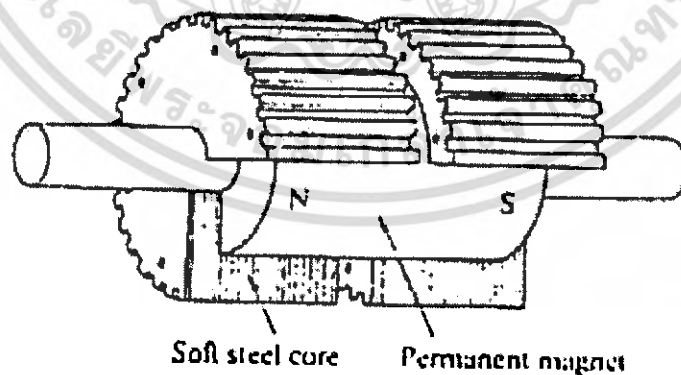
2.3.3 ชนิดไฮบริด (Hybrid Stepping Motor: HSM)

โครงสร้างของไฮบริด จะมีแม่เหล็กถาวรฝังอยู่ในโรเตอร์ ในการทำงานของไฮบริด จะเป็นการทำงานผสมระหว่างสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร และแบบวาริเอเบิลรีลัคแทนซ์ ลักษณะโครงสร้างของแกนสเตเตอร์จะเหมือนแบบวาริเอเบิลรีลัคแทนซ์ แต่จำนวนขดลวดและการต่อจะแตกต่างจากแบบวาริเอเบิลรีลัคแทนซ์ คือในแบบวาริเอเบิลรีลัคแทนซ์ จะมีจำนวนขดลวดอยู่ 2 ขด ต่อ 2 ขั้ว ใน 1 เฟส แต่สำหรับไฮบริด จะมีจำนวนขดลวดอยู่ 4 ขด ต่อ 2 ขั้ว ใน 1 เฟส

ลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของไฮบริดมอเตอร์คือ โรเตอร์นั้นจะเป็นแม่เหล็กรูปร่างทรงกระบอก อยู่ในแกนเหล็กของโรเตอร์ มันถูกทำให้เป็นแม่เหล็กตามยาวเพื่อสร้างสนามขั้วเดียว ดังรูปที่ 2.11 แต่ละขั้วของแม่เหล็กจะถูกล้อมรอบด้วยฟันเหล็กอ่อน ซึ่งฟันของโรเตอร์กับสเตเตอร์อยู่เหลื่อมกันอยู่ครึ่งช่วงฟัน



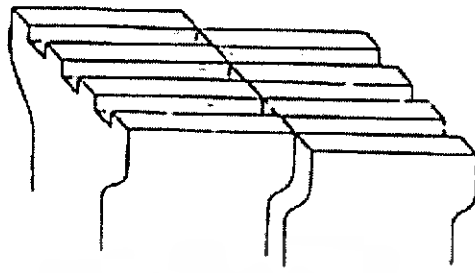
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของไฮบริดและการวางขดลวด



รูปที่ 2.11 โครงสร้างโรเตอร์ของไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซี่ฟันโรเตอร์ของไฮบริด ทั้ง 2 ส่วน จะมีระยะความเอียงต่างกัน $\frac{1}{2}$ ซี่ (Half tooth pitch) แต่ ไฮบริดบางชนิดซี่ฟันของสเตเตอร์จะเอียงกันแทนส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ โดยจะเรียงในแนวเดียวกัน ดังรูปที่ 2.12



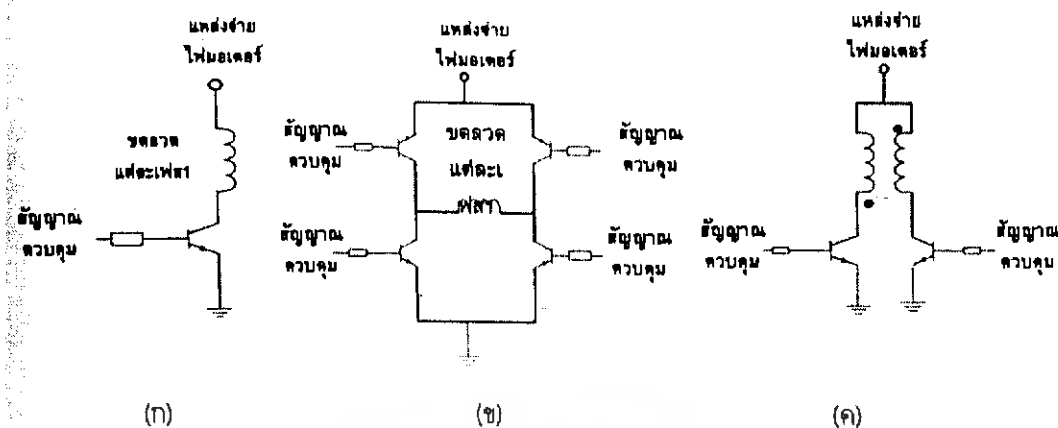
รูปที่ 2.12 ลักษณะซี่ฟันของไฮบริดบางชนิด

นอกจากสเต็ปป์มอเตอร์ทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันได้มีการออกแบบสเต็ปป์มอเตอร์สำหรับการใช้งานอื่นๆ อีกหลายรูปแบบ แต่จะใช้กับงานเฉพาะด้านเท่านั้น จึงไม่ค่อยได้พบเห็น

2.4 วิธีการหรือโหมดการกระตุ้นการขับเคลื่อนมอเตอร์

ลักษณะของโหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์นั้น มีอยู่ด้วยการหลายแบบและที่จะอธิบายต่อไปนี้ การกระตุ้นตามการพันขดลวดในหัวขั้ว การพันขดลวด ในการกระตุ้นการทำงานของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเฟสของขดลวด สามารถกระทำได้ 3 วิธีอย่างใดอย่างหนึ่ง

1. การพันแบบโมโนพอลาร์ ขั้วที่เกิดจากการกระตุ้นอาจจะเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ อย่างใดอย่างหนึ่งไม่สามารถเปลี่ยนขั้วได้ในขณะใช้งาน หรือไม่สามารถสลับไปมาได้ วิธีนี้เรียกว่า การกระตุ้นแบบขั้วเดียว (Unipolar Excitation)
2. การพันแบบโมโนพอลาร์ ที่สามารถกลับขั้วทิศทางของกระแสได้เนื่องจากใช้วงจรบริดจ์เป็นตัวสวิตช์ควบคุม ซึ่งวงจรบริดจ์อาจจะใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว หรือสวิตช์ 4 ตัวต่อหนึ่งเฟส วิธีการนี้เรียกว่า การกระตุ้นแบบ 2 ขั้ว (Bipolar Excitation)
3. การพันแบบไบโพลาร์ สามารถที่จะกระตุ้นให้ขั้วของสเตเตอร์เป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ได้ เนื่องจากการพันของขดลวดที่มี 2 ขดมีการพันกลับทิศทางกัน และอาศัยสวิตช์หนึ่งตัวต่อเฟส



รูปที่ 2.13 วงจรการกระตุ้นพื้นฐาน 3 แบบ

- (ก) การพันแบบโมโนฟิลาห์กับการกระตุ้นสเต็ปป์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์
 (ข) การพันแบบโมโนฟิลาห์กับการกระตุ้นสเต็ปป์มอเตอร์แบบไบโพลาร์
 (ค) การพันแบบไบโพลาร์กับการกระตุ้นสเต็ปป์มอเตอร์แบบไบโพลาร์

ลักษณะการกระตุ้นทั้ง 3 แบบ สามารถแสดงเป็นวงจรได้ในรูปที่ 2.13 เป็นวงจรการกระตุ้นพื้นฐานที่ในการขับหรือจ่ายกระแสให้กับขดลวดของสเต็ปป์มอเตอร์ เมื่อต้องการให้สเต็ปป์มอเตอร์เคลื่อนที่หรือหมุนอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องจัดลำดับการกระตุ้นให้แต่ละเฟสได้รับกระแสตามลำดับและทิศทางที่ต้องการให้โรเตอร์เคลื่อนที่ไป โดยมีหลายวิธีในการกระตุ้น แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ 4 วิธีเท่านั้นคือ การกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส (One phase excitation) เป็นการกระตุ้นที่ละเฟสตามจังหวะนาฬิกา, การกระตุ้นแบบสองเฟส (Two phase excitation) เป็นการกระตุ้นพร้อมกันที่ละสองเฟสตามจังหวะนาฬิกา, การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป (Half step excitation) เป็นการรวมเอาสองแบบแรกเข้าด้วยกัน โดยสลับกันระหว่างแบบแรกและแบบที่สอง สำหรับแบบสุดท้ายคือ การกระตุ้นแบบมินิสเต็ป (Ministep excitation) หรือการกระตุ้นแบบไมโครสเต็ป (Microstep excitation) เป็นการกระตุ้นในแบบที่สอง และให้กระแสทั้งสองเฟสเปลี่ยนแปลงขึ้นและลงเป็นสัดส่วนกันซึ่งได้จากการประมาณค่าคุณลักษณะทอร์คของมอเตอร์

2.4.1 ลำดับการทำงานในโหมดปกติด้วยการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส (One phase excitation) จากตารางที่ 2.1 เป็นการแสดงลำดับการกระตุ้นในแบบหนึ่งเฟสสำหรับสเต็ปป์มอเตอร์ที่มี 3 เฟส และ 4 เฟส ในเส้นแรงแงในตารางแสดงถึงเฟสที่ถูกกระตุ้น เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนลำดับของการกระตุ้นของเฟสต่างๆ เป็นดังนี้ คือจากเฟส 1 ไปเฟส 2 และเฟส 3 เป็นลักษณะ CW ถ้าต้องการให้หมุนในทางกลับกันก็ต้องกระตุ้นจากเฟส 3 ไปเฟส 2 และเฟส 1 การทำงานในลักษณะนี้บางครั้งจะถูกเรียกว่า เป็นการขับแบบทีละเฟสในโหมดหนึ่งสเต็ปหรือเต็มสเต็ป

ตารางที่ 2.1 แสดงลำดับขั้นแบบปกติด้วยการกระตุ้นหนึ่งเฟส

ลำดับพัลส์	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ขดลวดเฟสที่ 1	■			■			■		
ขดลวดเฟสที่ 2		■			■			■	
ขดลวดเฟสที่ 3			■			■			■

(ก) สำหรับสแต็ปป์มอเตอร์ชนิด 3 เฟส

ลำดับพัลส์	1	2	3	4	5	6	7	8
ขดลวดเฟสที่ 1	■				■			
ขดลวดเฟสที่ 2		■				■		
ขดลวดเฟสที่ 3			■				■	
ขดลวดเฟสที่ 4				■				■

(ข) สำหรับสแต็ปป์มอเตอร์ชนิด 4 เฟส

2.4.2 ลำดับการทำงานในโหมดปกติด้วยการกระตุ้นแบบสองเฟส (Two Phase Excitation) การทำงานของมอเตอร์ในลักษณะนี้เรียกว่า การทำงานทีละสองเฟส ซึ่งมีลำดับการกระตุ้นดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างตัวโรเตอร์และสเตเตอร์ในการเกิดตำแหน่งที่สมดุลกัน จากตารางที่ 2.2 เป็นลำดับการกระตุ้นที่ใช้สำหรับสแต็ปป์มอเตอร์ชนิด 3 และ 4 เฟส การทำงานคือ เมื่อเรากระตุ้นเฟสที่ 1 และ 2 ด้วยพัลส์ที่ 1 ตำแหน่งแกนจะอยู่ในสถานะสมดุลและเมื่อพัลส์ที่ 2 เข้ามาจะไปกระตุ้นให้เฟสที่ 3 ทำงานและเฟสที่ 1 หยุด ในขณะที่เฟสที่ 2 ยังคงทำงานค้างอยู่ นั่นคือจะมีอยู่ 2 เฟสที่ทำงานพร้อมกัน จะทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ไปครึ่งละหนึ่งสแต็ป ซึ่งการเกิดลักษณะนี้เป็นการกระตุ้นในโหมดหนึ่งสแต็ป

ตารางที่ 2.2 แสดงลำดับการทำงานในโหมดปกติด้วยการกระตุ้นแบบสองเฟส

ลำดับพัลส์	1	2	3	4	5	6	7	8
ขดลวดเฟสที่ 1	■		■		■		■	
ขดลวดเฟสที่ 2		■		■		■		■
ขดลวดเฟสที่ 3			■		■		■	

(ก) สำหรับสแต็ปป์มอเตอร์ชนิด 3 เฟส

ลำดับพัลส์	1	2	3	4	5	6	7	8
ขลวดเฟสที่ 1	■			■				
ขลวดเฟสที่ 2			■		■			
ขลวดเฟสที่ 3		■				■		
ขลวดเฟสที่ 4				■			■	

(จ) สำหรับสเต็ปโป่งมอเตอร์ชนิด 4 เฟส

2.4.3 ลำดับการทำงานในโหมดการเคลื่อนที่ครึ่งสเต็ป (Half Step Excitation) การกระตุ้นในลักษณะนี้จะเป็นการรวมเอาการขับแบบทีละเฟสและสองเฟสมารวมกัน และได้แสดงให้เห็นในตารางที่ 2.3 สำหรับสเต็ปโป่งมอเตอร์ชนิด 4 เฟส ในที่นี้จะมีสภาวะของพัลส์ 2 ตัว คือ A และ B โดย A จะแสดงถึงการเคลื่อนที่แบบการกระตุ้นทีละเฟส และ B เป็นตัวแสดงถึงการกระตุ้นทีละสองเฟส ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล

ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับการกระตุ้นให้โหมคเฟสครึ่ง

จำนวนสเต็ป A	1	2	3	4	5	6
จำนวนสเต็ป B	1	2	3	4	5	6
ขลวดเฟสที่ 1	■				■	
ขลวดเฟสที่ 2		■				■
ขลวดเฟสที่ 3			■			■
ขลวดเฟสที่ 4				■		■

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลช

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช ของ Atmel Corporation มีเบอร์ที่ขึ้นต้นด้วย AT89 ซึ่งการควบคุมการแพนกลิ้ง ในการหาตำแหน่งการจับภาพนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 เพื่อใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการแพนกลิ้ง ในการหาตำแหน่งการจับภาพ และที่สำคัญไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลชนี้ยังมีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้งจึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุทเอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- สามารถป้องกันการคัดลอกของข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี
- สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการ โปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการ โปรแกรมในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระกูล MCS-52 นี้เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองตามความต้องการของผู้ใช้คือมีสายอินพุตและเอาต์พุตในตัวเอง พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตบัฟเฟอร์อินเตอร์เฟส และสายควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแยกคำสั่งกับแอดเดรส และยังมีคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลแถมท้ายด้วยวงจรถ่วงเวลาและวงจรรับด้วย

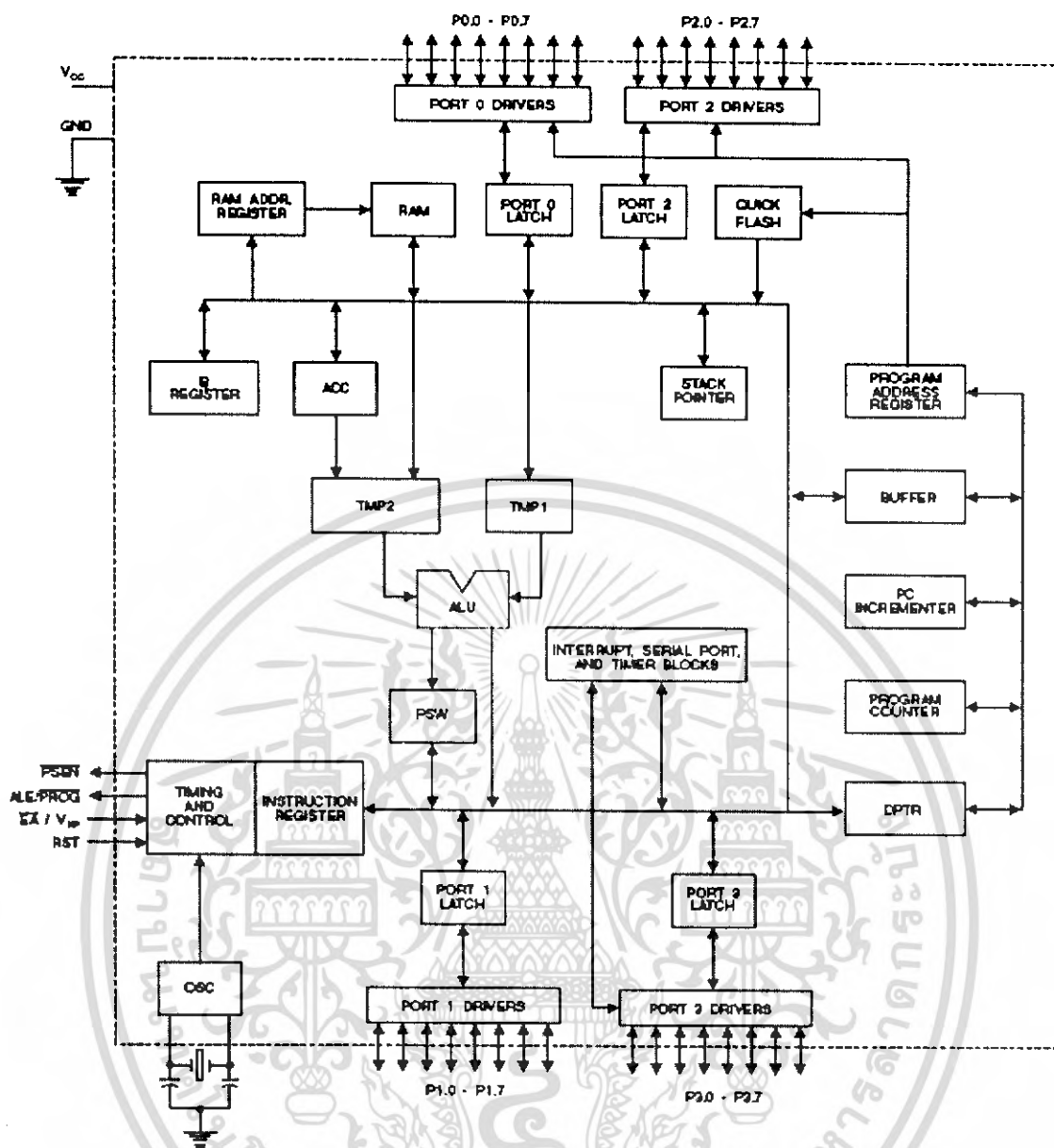
หน่วยความจำในตัว MCS-52 นี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ไม่มีหน่วยความจำของ ROM แต่จะมีหน่วยความจำของ RAM แทน ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายนอก ซึ่ง MCS-52 จะอ่านหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเข้ามาเป็นภาษาเครื่องตามลำดับ ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลจะใช้เป็นที่เก็บตัวแปรการคำนวณหาผลลัพธ์ทันที หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลใช้ร่วมกับหน่วยความจำภายนอก ที่ใช้หน่วยความจำภายนอกของ RAM ได้ถึง 256 กิโลไบต์ และยังมีความจำแฟลชที่เพิ่มเข้ามาอีก 8 กิโลไบต์

MCS-52 มีรีจิสเตอร์ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานตามคำสั่งต่างๆ ประกอบด้วย Accumulator, Register ที่ใช้ในการคูณและหาร Program Status Word (PSW), Stack Pointer (SP), Data Pointer (DPTR), พอร์ต 0-3 รีจิสเตอร์แบบคู่ ซึ่งใช้ส่งและรับข้อมูลชนิดอนุกรม รีจิสเตอร์ 16 บิต ที่เป็นวงจรถ่วงเวลา/วงจรรับ รีจิสเตอร์คำสั่ง สำหรับหน้าที่พิเศษ เช่น การอินเทอร์รัพต์ RTC

2.5.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบแฟลช

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 ในอนุกรม AT89C52 จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเข้ามา ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลชมีพอร์ตที่ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือสามารถเป็นได้ทั้งอินพุต สำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบแฟลชมีวงจรถ่วงเวลา และวงจรรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2.14

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตสำหรับงานทั่วไปและใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ต และพอร์ต 1 บางขา นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้วยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษ ได้อีกขึ้นอยู่กับว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบเบอร์ใด



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

(T2) P1.0	□ 1	40	□ VCC
(T2 EX) P1.1	□ 2	39	□ P0.0 (AD0)
P1.2	□ 3	38	□ P0.1 (AD1)
P1.3	□ 4	37	□ P0.2 (AD2)
P1.4	□ 5	36	□ P0.3 (AD3)
P1.5	□ 6	35	□ P0.4 (AD4)
P1.6	□ 7	34	□ P0.5 (AD5)
P1.7	□ 8	33	□ P0.6 (AD6)
RST	□ 9	32	□ P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	□ 10	31	□ EA/VPP
(TXD) P3.1	□ 11	30	□ ALE/PROG
(INT0) P3.2	□ 12	29	□ PSEN
(INT1) P3.3	□ 13	28	□ P2.7 (A15)
(T0) P3.4	□ 14	27	□ P2.6 (A14)
(T1) P3.5	□ 15	26	□ P2.5 (A13)
(WR) P3.6	□ 16	25	□ P2.4 (A12)
(RD) P3.7	□ 17	24	□ P2.3 (A11)
XTAL2	□ 18	23	□ P2.2 (A10)
XTAL1	□ 19	22	□ P2.1 (A9)
GND	□ 20	21	□ P2.0 (A8)

รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 แบบเฟลช ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 ทุกเบอร์จะมีขาการใช้งานเหมือนกันแสดงไว้ดังรูปที่ 2.15 ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V ขา GND เป็นกราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ท 0

(P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปลอยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์ สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ทอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ทนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรส ไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ท 1

(P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนี้ในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับ นับค่าของไทม์เมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทม์เมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 – P1.7 เป็นขา สำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการ โปรแกรมข้อมูลในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ท 2

(P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ทนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตทิมพีแคนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ทอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ทนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ท 3

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขา รีเซต ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีไอเซล โดยที่วงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกาข้างคางทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ แต่ทำให้ตัวรีเซ็ตโดยอัตโนมัติ ขณะเกิดไฟจะใช้คาปาซิเตอร์ต่อคร่อมระหว่าง RST กับขา Vcc

ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program Pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ท 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา 2 ครั้งในแต่ละแมกซ์ซีไอเซล

ขา EA/Vpp (ขา 31) มีสถานะสูงชิพจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน (โดยที่โปรแกรมจะต้องไม่ยาวกว่า 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051AH และ 8 กิโลไบต์ สำหรับ 8052AH) การทำให้ EA มีสถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ชิพทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกได้ 64 กิโลไบต์ ส่วนเบอร์ 8031 และ 8032 ขา EA ต้องต่อลงดินถึงแม้จะไม่มี ROM ภายในก็ตาม

ขา XTAL1 (ขา 19) ใช้เป็นอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิลเลเตอร์

ขา XTAL2 (ขา 18) ใช้เป็นตัวเอาต์พุต จากตัวออสซิลเลเตอร์ขยายตัวแบบอินเวอร์ท (invert)

ที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นในแง่ของการกำหนดค่าต่างๆ เพื่อกำหนดค่าสภาวะในการทำงาน ในลักษณะใหม่ ยังมีอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยที่ควรจะต้องเข้าใจเบื้องต้น ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมสั่งงานได้นั้น คือส่วนของโปรแกรม ฉะนั้นจะต้องทำความเข้าใจกับตัวแปรต่างๆ และเป็นรีจิสเตอร์ที่เป็นคุณสมบัติในการนำไปเขียนโปรแกรม

2.5.3 โครงสร้างหน่วยความจำใน MCS – 52

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม
2. หน่วยความจำข้อมูล

MCS – 52 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในอย่างน้อย 128 ไบต์ไปจนถึง 256 ไบต์ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบริเวณ 128 ไบต์แรกเรียกว่า Lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า Upper 128

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบริเวณ 128 ไบต์แรกและหลังจะมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน

2.5.4 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR)

ใน MCS – 52 รีจิสเตอร์จะใช้หน่วยความจำ RAM ภายในชิพ โดยส่วนหนึ่งรีจิสเตอร์พิเศษต่างๆ จะเริ่มที่หน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งหน่วยความจำมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเพียง 2 ตำแหน่ง แต่ถ้าเป็น 8032/8052 จะใช้ 26 ตำแหน่งหรือมี SFR 26 ตัว

สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของ SFR มีดังนี้

2.5.4.1 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word) รีจิสเตอร์นี้เรียกย่อ ๆ ว่า PSW จะอยู่ที่ตำแหน่ง D0H ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ โดยรีจิสเตอร์ตัวนี้จะเป็นตัวบอกสภาวะต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 52 แยกเป็นบิต คือ

1. แฟล็กตัวทด (Carry Flag) เป็นบิตที่ 7 ของ PSW บิตนี้มีความสำคัญหากมีการกระทำทางคณิตศาสตร์ โดยบิตนี้จะเซตเมื่อเกิดการทดของบิตที่ 7 ขณะทำการบวกเลขหรือเซตเมื่อเกิดการบีมของบิตที่ 7 เมื่อเกิดการลบเลข

2. แฟล็กตัวทดช่วย (Auxiliary Carry Flag) เป็นบิตที่ 6 เมื่อมีการบวกแบบ Binary Code Decimal (BCD) บิต AC หรือบิตตัวทดช่วยจะถูกเซตเมื่อมีการทดจากบิตที่ 3 ไปบิตที่ 4 หรือถ้าใน Low Nibble มีค่าระหว่าง 0AH – 0FH BCD BCD DAA BCD

3. แฟล็กศูนย์ เป็นบิตที่ 5 ของ PSW เป็นแฟล็กใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้ว ไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆ บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4. บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ (Register Select 1) เป็นบิตที่ 4 และ 3 ทำให้เลือกใช้รีจิสเตอร์ R0 – R7 ได้ 4 ชุด

5. แฟล็กโอเวอร์โฟลว บิตที่ 2 จะถูกเซตเมื่อกระทำทางคณิตศาสตร์แล้วเกิดโอเวอร์โฟลว คือ จำนวนที่ได้จากการกระทำมีค่าเกินกว่าจำนวนไบต์ที่จะเป็นไปได้ คือ มากกว่า 128 หรือน้อยกว่า - 128

6. บิตพาริตี (Parity Bit) เป็นบิตที่บอกค่าพาริตีของรีจิสเตอร์ A โดยเป็นบิตที่ 0 ของ PSW

2.5.4.2 แอ็กคิวมูเลเตอร์ (Accumulator : ACC) มีขนาด 8 บิต คำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึงรีจิสเตอร์นี้โดยถือค่าภายในเป็นตัวตั้ง และรับค่าผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณหาร เข้ามาเก็บไว้ใน ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวกระทำหรือตัวถูกกระทำในการทำงานตรรก และใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไอโอ และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล และมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

2.5.4.3 รีจิสเตอร์ B อยู่ที่ตำแหน่ง F0H เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถใช้งานทั่วไปได้ แต่ส่วนใหญ่จะใช้รีจิสเตอร์นี้กับคำสั่งคูณ และ หาร และเป็นทีเก็บผลลัพธ์ตัวที่ 2 หลังการคูณ หรือ หาร และเศษหลังการหาร โดยจะใช้นับรีจิสเตอร์ A

2.5.4.4 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer : SP) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 81H MCS จะรวมเอา stack ของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ RAM ภายในสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลัก stack การผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วนโปรแกรม และ stack เก็บข้อมูลชั่วคราว หรือ stack การเก็บสถานะระหว่างการบริการอินเตอร์รัพท์ไว้ภายในชิพ โดย SP จะทำการเพิ่มค่าโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำ ระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH หรือ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้วในคำสั่ง POP หรือ RETURN ในทางปฏิบัติ SP มีเนื้อที่น้อยกว่า 128 กิโลไบต์ และจะเริ่มต้นทำที่ตำแหน่ง 07H ฉะนั้น stack จะเริ่มบรรจุข้อมูลที่ตำแหน่ง 08H และ MCS สามารถแปลงค่าใน SP ได้ ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของ stack ไปยังที่ใดๆของ RAM ภายในชิพ

2.5.4.5 ดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer : DPTR) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ประกอบด้วยไบต์สูง (DPH) อยู่ตำแหน่งที่ 83H และไบต์ต่ำ (DPL) อยู่ตำแหน่งที่ 82H ที่สามารถแบ่งออกเป็นรีจิสเตอร์ 8 บิต สองตัวที่ใช้ได้อย่างอิสระหรือใช้รวมกันทั้ง 16 บิต ก็ได้ ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานของเลขที่อยู่ในรีจิสเตอร์ ในการกระโดดทางอ้อม ในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.6 รีจิสเตอร์พอร์ต (Port Register) มีขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 มี 4 ตัว คือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H รีจิสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้ทุกครั้ง

2.5.4.7 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF) บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็นรีจิสเตอร์สองตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์ตัวส่ง และอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์ตัวรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์ส่ง ซึ่งเป็นตัวจัดการส่งข้อมูลอนุกรม วิธีการเคลื่อนย้ายเข้าสู่ SBUF ขึ้นอยู่กับการเริ่มแรกของการส่งเมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

2.5.4.8 รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ (Timer Register) ใน MCS-52 เบอร์ 8052 จะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้นับเวลาขนาด 16 บิตอยู่ 2 ตัว คือ Timer 0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH และ 8CH โดยหมายถึง TLO และ TH0 ตามลำดับ รีจิสเตอร์อีกตัวคือ Timer 1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH และ 8DH โดยหมายถึง TL1 และ TH1 ตามลำดับการใช้งาน Timer จะต้องกำหนดการทำงานในรีจิสเตอร์ TMOD ซึ่งอยู่ตำแหน่งที่ 88H ก่อน

2.5.4.9 รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Register) แบ่งเป็น

1. รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52
2. รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52
3. รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52
4. รีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52

รีจิสเตอร์ IE หรือ IP เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการสนองการอินเทอร์รัพต์ โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ว่า จะให้สิทธิตอบสนองการเกิดอินเทอร์รัพต์ในลักษณะใดก่อนหลัง ซึ่งแสดงค่าตำแหน่งได้ดังนี้

		ตำแหน่ง
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B รีจิสเตอร์	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	081H
DPTR	ตัวชี้ข้อมูลประกอบด้วย DPH และ DPL	083H
*P0	พอร์ท 0	082H
*P1	พอร์ท 1	080H
*P2	พอร์ท 2	090H
*P3	พอร์ท 3	0A0H
*IP	ตัวควบคุมการอินเทอร์รัพท์ตามลำดับ	0B0H
*IE	ตัวควบคุมการอินเทอร์รัพท์เอ็นเอเบิล	0B8H
TMOD	ตัวควบคุมการเลือกโหมดตัวตั้งเวลา/ตัวนับ	0A8H
*T2CON	ตัวควบคุมตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 2	089H
TCON	ตัวควบคุมตัวตั้งเวลา / ตัวนับ	088H
TH0	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 0 (ไบต์สูง)	0C8H
TL0	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 0 (ไบต์ต่ำ)	08CH
TH1	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 1 (ไบต์สูง)	08AH
TL1	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 1 (ไบต์ต่ำ)	08DH
+TH2	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 2 (ไบต์สูง)	08BH
+TL2	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 2 (ไบต์ต่ำ)	0CDH
+RLDH	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 2 ประจุใหม่อัตโนมัติ (ไบต์สูง)	0CBH
+RLDL	รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา / ตัวนับ 2 ประจุใหม่อัตโนมัติ (ไบต์ต่ำ)	0CAH
*SCON	ควบคุมการส่งข้อมูลอนุกรม	098H
SBUF	บัฟเฟอร์ข้อมูลการส่งอนุกรม	099H
PCON	ควบคุมการใช้พลังงาน (Power)	097H

*= Bit addressable

+ = 8052 Only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงแผนผังและการรีเซ็ตค่าของ SFR ใน AT89C52

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00001111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

2.5.5 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะ การทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช

ในการกำหนดโดยใช้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่ละบิต ของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของแฟลชที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัพโดยตรงส่งผลให้ขานั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" จะดีแล้วและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบัน ไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก "0" แล้ว)

ตารางที่ 2.5 หน้าที่พิเศษของพอร์ท 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลชของ Atmel

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52 / AT89Sxx	ขา T2 เป็นอินพุตนับค่าของไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขาควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.1	AT89C52 / AT89Sxx	ขา T2 เป็นอินพุตนับค่าของไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขาควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	AT89Sxx	ขา SS (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ท SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ท SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ท SPI

2.5.6 การใช้งานเป็นพอร์ทเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ทจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปยังเฟลซ์ทำให้เฟลซ์ทำงาน ที่ขาพอร์ทที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ขาพอร์ทที่เชื่อมต่อกับวงจรพูลอัพภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ทนั้น ซึ่งคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มี การอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่กรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ทเอาต์พุตแต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ทมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่ากระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 มิลลิแอมแปร์ และทุกขา รวมกันในแต่ละพอร์ท (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 มิลลิแอมแปร์ สำหรับพอร์ท 0 ได้สูงสุด 15 มิลลิแอมแปร์ สำหรับพอร์ท 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ทจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุดถึง 71 มิลลิแอมแปร์ ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ทเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

2.5.7 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ท

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ทได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ทโดยตรง และอ่านค่าจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ท

ในกรณีที่พอร์ทต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ทจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ทนั้นต่อลงกราวด์ ทำให้อ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ทจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ทจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อกับ

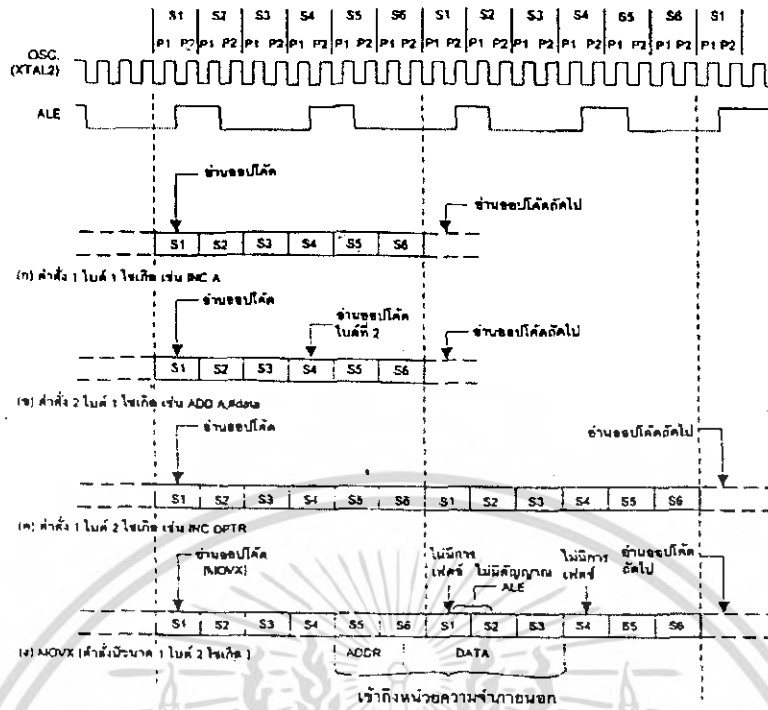
2.5.8 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียู และลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือ กระบวนการเอ็กซีคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามเฟตช์ที่ขึ้นมา โดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซีคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้วก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่า เพาเวอร์ออนรีเซต (power on reset) ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชชีน ไซเคิล (machine cycle) ในรูปที่ 2.16 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชชีน ไซเคิล จะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีค่าเวลาเท่ากับ 1 มิลลิวินาที คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่าเฟส 1 (phase 1) และเฟส 2 (phase 2)

ในการเอ็กซีคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเคิล เริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออกไปได้ อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออกไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) การเฟตช์ครั้งที่ 2 จะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมชชีน ไซเคิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นการสั่งไบต์เดียว การเฟตช์ครั้งที่ 2 ภายในแมชชีน ไซเคิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเคิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตต 6 ของแมชชีน ไซเคิลเดียวกัน

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเคิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตต 6 ของแมชชีน ไซเคิลสอง สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเคิล จะไม่มีการเฟตช์เกิดขึ้นใน ไซเคิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจากซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก จะเห็นได้ว่าเวลาในการเอ็กซีคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายใน



รูปที่ 2.16 ไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 แบบแฟลช

ช่วงจังหวะเวลาของซีพียู

แมชชีนไซเคิล ประกอบด้วย 6 สถานะ หรือเท่ากับ 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ แต่ละสถานะจะแบ่งเป็นเฟส (P1) ดังรูปที่ 2.16 ครึ่งหนึ่งเป็นช่องเฟส 1 แอคทีฟ และ เฟส 2 (P2) เป็นช่องเฟส 2 แอคทีฟ ดังนั้นในแต่ละแมชชีนไซเคิลจะประกอบด้วย 12 คาบออสซิลเลเตอร์เป็นจำนวน S1P1 คือ สถานะที่ 1 เฟสที่ 1 ถึง S6P2 คือสถานะที่ 6 เฟสที่ 2 โดยปกติการทำงานแบบคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์จะทำในช่องเฟส 1 และการถ่ายเทข้อมูลภายในระหว่างที่รีจิสเตอร์จะทำในช่องเฟส 2

จากรูปที่ 2.16 แสดงถึงช่วงเวลาเฟตซ์และการทำงานที่อ้างถึงลักษณะภายในแต่ละเฟส เนื่องจากสัญญาณนาฬิกาภายใน ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะควบคุมการเข้าถึงภายในได้ตามปกติ ALE จะแอคทีฟ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล และจะเกิดขึ้นระหว่าง S1P2 ถึง S2P1 ครึ่งหนึ่งระหว่าง S4P2 ถึง S5P1 อีกครึ่งหนึ่ง

การทำงานของแต่ละแมชชีนไซเคิล จะเริ่มที่ S1P2 เมื่อออปโค้ด (opcode) เก็บเข้าในตัวรีจิสเตอร์ ถ้ามีคำสั่งหรืออ่านออปโค้ดเข้ามา ถ้ามีคำสั่ง 2 ไบต์ ไบต์ที่ 2 จะถูกอ่านในช่วง S4 ภายในแมชชีนไซเคิลเดียวกัน แต่ถ้าเป็น 1 ไบต์ คำสั่งจะยังคงเฟตซ์ที่ S4 แต่ไบต์ที่ถูกอ่าน (ซึ่งควรเป็นไบต์ที่ 2 ของคำสั่งเดียวกัน) จะไม่มีผล และตัว PC จะยังไม่เพิ่มค่าไม่ว่ากรณีใดๆ

คำสั่ง MCS-52 ส่วนใหญ่จะทำงานในช่วงหนึ่งแมชชีนไซเคิล ยกเว้นคำสั่ง MUL (คูณ) Div (หาร) ที่ใช้มากกว่าสองแมชชีนไซเคิล ที่จะทำงานให้สมบูรณ์ได้จะใช้ถึงสี่แมชชีนไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.9 การเขียนไปยังพอร์ท

การทำงานตามคำสั่งที่เปลี่ยนค่าในแลตช์ (latch) ของแต่ละพอร์ทค่าใหม่จะเข้ามาเก็บในช่วงระหว่าง S6P2 ของเมชชีนไซเคิล สุดท้ายของคำสั่งอย่างไรก็ตาม พอร์ทจะเก็บค่าในแลตช์เมื่อมีการใช้ส่งข้อมูลออกที่บัฟเฟอร์เอาต์พุต (buffer output) ระหว่างเฟส 1 ของคาบบอเวลาใดๆของสัญญาณนาฬิกา (ส่วนระหว่างเฟส 2 บัฟเฟอร์เอาต์พุต จะยังคงเก็บค่าเริ่มแรกที่ปรากฏในเฟส 1 ก่อนหน้านั้น) โดยลำดับค่าใหม่ที่แลตช์ไว้ จะยังไม่ปรากฏที่ขาพอร์ท จนกว่าจะถึงเฟส 1 ตัวใหม่ ซึ่งอยู่ในช่วง SIP1 ของเมชชีนไซเคิลตัวต่อมา

ที่ได้กล่าวมาเป็นเพียงคุณสมบัติเบื้องต้นที่จำเป็นอย่างยั้งที่จะต้องทำความเข้าใจเสียก่อนเพื่อเป็นการกำหนดวงจร และแนวทางการที่จะเขียนโปรแกรมสั่งงาน และคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันเฉพาะบางเบอร์ของตระกูล MCS

2.6 การส่งผ่านข้อมูลระยะไกลแบบดิจิทัล

คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์โทรคมนาคม โดยทั่วไปจะใช้สัญญาณในการแทนข้อมูล โดยสัญญาณจะถูกส่งจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) โดยพลังงานดังกล่าวจะสามารถเดินทางผ่านได้ทั้งในสุญญากาศ อากาศ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง หรืออาจเดินทางผ่านตัวกลางที่ใช้ส่งข้อมูลชนิดอื่นๆก็ได้ เช่น สายเคเบิล

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า การสั่นสะเทือนของสนามแม่เหล็กทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น ซึ่งจัดเป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทพลังงานด้วยการแผ่รังสีออกไปโดยรอบ โดยคุณสมบัติพื้นฐานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วย

- ความยาวคลื่น ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นนาโนเมตร หรืออาจเป็นไมโครเมตร
- ความถี่คลื่น ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์

ลักษณะสำคัญอีกอย่างหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะมีความถี่ที่ต่อเนื่องกันไปเป็นช่วงแนวกว้าง โดยเรียกความถี่นี้ว่าสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) ซึ่งช่วงของความถี่แต่ละช่วงก็จะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป ตามแหล่งกำเนิดและวิธีการตรวจวัดคลื่นดังกล่าว ซึ่งแสดงได้ดังรูปข้างล่าง จะเห็นได้ว่าภายในสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีช่วงของความถี่สัญญาณบรรจุอยู่ แต่ก็ใช่ว่าทุกๆความถี่จะสามารถนำมาใช้งานด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม และคลื่นความถี่เหล่านี้ต่างก็มีข้อจำกัดแฝงอยู่ด้วย

ตามปกติแล้วคลื่นความถี่เสียงนั้นมักใช้ตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลที่ทำด้วยสายโลหะ เช่น สายคู่บิดเกลียวหรือสายโคแอกเชียล ส่วนคลื่นวิทยุก็สามารถเดินทางผ่านไปยังอากาศ ห้องฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง แต่ก็จำเป็นต้องมีกลไกในการสื่อสารเพื่อรับคลื่นสัญญาณดังกล่าว รวมถึงพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบของแสง (Visible Light) ซึ่งนำมาใช้กับสายไฟเบอร์ออปติก

สำหรับคุณสมบัติและคุณภาพของการส่งผ่านข้อมูลจะพิจารณาทั้งในส่วนของคุณสมบัติของตัวกลาง และคุณสมบัติของสัญญาณ ในส่วนของตัวกลางที่ใช้ส่งข้อมูลแบบใช้สายนั้น ถือเป็นส่วนสำคัญซึ่งจะต้องพิจารณาข้อจำกัดต่างๆในการส่งผ่านข้อมูล ส่วนตัวกลางที่ใช้ส่งข้อมูลแบบไร้สายนั้นจะพิจารณาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบนด์วิธของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลในอากาศเป็นสำคัญ หนึ่งในคุณสมบัติหลักของสัญญาณที่ส่งผ่านในอากาศจะเป็นแบบกำหนดทิศทาง และโดยทั่วไปสัญญาณความถี่ต่ำจะแพร่อยู่ทั่วทิศทางในอากาศ ในขณะที่สัญญาณความถี่สูงอาจจำเป็นต้องทำการ โฟกัสสัญญาณเข้ามาในเครื่องรับส่งที่มุ่งไปบนทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

2.6.1 ระบบของสัญญาณควบคุม

การส่งข้อมูลระยะไกลสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของการส่งผ่านสัญญาณ

2.6.1.1 ระบบใช้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ต้องมีอุปกรณ์นำสัญญาณจากตัวส่งไปยังตัวรับ อุปกรณ์นำสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณพาหะ ซึ่งได้แก่ สัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณแสง เป็นต้น

ในกรณีที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์นำสัญญาณอาจได้แก่ สายไฟ, สายโทรศัพท์, สายโคแอกเชียล, เป็นต้น แต่ในกรณีที่เป็นสัญญาณแสง อุปกรณ์นำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสง หรือเรียกว่าไฟเบอร์ออปติก

2.6.1.2 ระบบไร้สาย

เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดๆ เป็นตัวนำสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปสู่อากาศ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุ

ในปัจจุบัน สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุกำลังเป็นที่นิยม คลื่นวิทยุจะนิยมใช้ทำเครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับ ส่วนสัญญาณแสง ได้แก่ ระบบอินฟราเรด

ตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูลแบบไร้สาย (Unguided Media) สำหรับการสื่อสารแบบไร้สาย การรับส่งข้อมูลโดยทั่วไปจะผ่านอากาศ ซึ่งภายในอากาศนั้นจะมีพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายอยู่ทั่วไป โดยจะต้องมีอุปกรณ์ที่ไว้คอยจัดการกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านั้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

- แบบ Directional เป็นแบบกำหนดทิศทางของสัญญาณ ด้วยการโฟกัสคลื่นนั้นๆซึ่งจำเป็นต้องทำการรับส่งด้วยความระมัดระวัง โดยจะต้องอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน เช่น การสื่อสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ อุปกรณ์รับส่งจำเป็นต้องสื่อสารกันอยู่ในระดับสายตา ในการกำหนดทิศทางสัญญาณมักใช้งานได้ดีกับคลื่นความถี่สูงที่อยู่ระหว่าง 2 GHz ถึง 40 GHz ($1\text{GHz} = 10^9\text{Hz}$) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ไมโครเวฟ ทำให้สามารถสื่อสารในลักษณะแบบจุดต่อจุดได้ เช่น การใช้คลื่นไมโครเวฟในการสื่อสารระหว่างดาวเทียมกับภาคพื้นดิน

- แบบ Omnidirection เป็นแบบกระจายสัญญาณรอบทิศทาง ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปนั้นจะกระจายหรือแพร่ไปทั่วทิศทางในอากาศ ทำให้สามารถรับสัญญาณเหล่านี้ได้ด้วยการตั้งเสาอากาศสัญญาณดังกล่าวจะอยู่ในช่วงความถี่ 30 MHz ถึง 1 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ของคลื่นวิทยุนั้นเอง ช่วงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

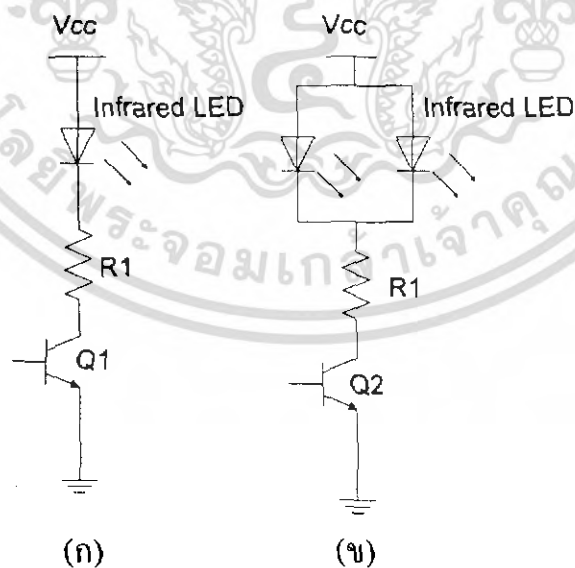
ช่วงนี้เหมาะสมกับการกระจายสัญญาณแบบรอบทิศทาง เช่น วิทยุกระจายเสียงหรือการแพร่ภาพสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งทำได้ด้วยการติดตั้งเสาอากาศทีวีเพื่อรับภาพสัญญาณโทรทัศน์ที่แพร่มาตามอากาศ

สำหรับช่วงความถี่ในช่วงอื่นๆ เช่น ช่วงความถี่ระหว่าง 3×10^{11} Hz ถึง 2×10^{14} Hz เป็นช่วงความถี่ของแสงอินฟราเรดและคลื่นความถี่สั้น ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้เพื่อการสื่อสารบนพื้นที่ที่จำกัดหรือการสื่อสารระยะใกล้ๆ เช่น ภายในห้อง หรือสำนักงาน โดยปกติแสงอินฟราเรดมักนำมาใช้กับเครื่องวิทยุหรือโทรทัศน์ที่สามารถควบคุม ด้วยรีโมตคอนโทรลและรวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้กับเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้ทั้งแบบจุดต่อจุด หรือแบบหลายจุด โดยอุปกรณ์ที่ใช้อาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพีดีเอและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรด แต่ข้อเสียของแสงอินฟราเรดคือ จะไม่สามารถทะลุผ่านกำแพงหรือวัตถุทึบแสงได้ แต่หากนำข้อเสียนี้ไปพิจารณา ก็สามารถนำไปเป็นข้อดีได้ เนื่องจากคลื่นความถี่ของแสงอินฟราเรดจะไม่สามารถถูกดักคลื่นได้จากบริเวณห้องใกล้เคียง นับเป็นความปลอดภัยกับชนิดหนึ่ง ซึ่งดีกว่าคลื่นวิทยุที่สามารถดักคลื่นตามบริเวณต่างๆ ได้

2.6.2 การใช้แสงอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมของรีโมตคอนโทรล สามารถตัดปัญหาการรบกวนแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ลงไปได้โดยเด็ดขาด ยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน มีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งาน และไม่เกิดอันตรายต่อผู้ใช้

การส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดสามารถทำได้ด้วยวงจรง่ายๆ ดังรูปที่ 2.17(ก) ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยความต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส



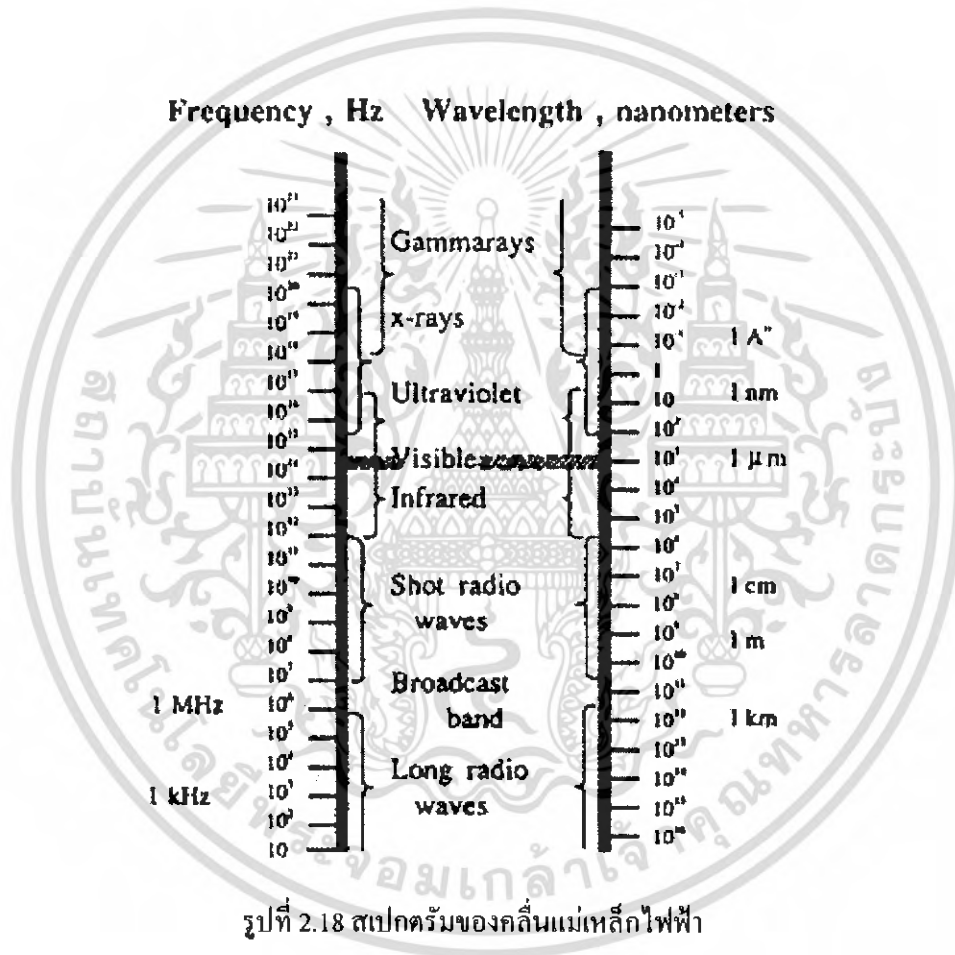
รูปที่ 2.17 การไบอัสอินฟราเรด

สัญญาณแสงที่ส่งออกโดย LED เพียงตัวเดียวจะเหมาะกับการใช้งานในระยะไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นนั้น ทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันดังรูปที่ 2.17(ข) โดยที่ R1 จะต้องมีค่าลดลงจากเดิมเพราะต้องขับกระแสมากขึ้น ปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูงช่วยส่งสัญญาณได้ไกลกว่าเดิมมาก

2.6.3 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด

2.6.3.1 การแยกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตามธรรมชาติของแสงที่เรามองเห็นกันอยู่ทุกวันนี้เป็นเพียงส่วนเล็กน้อยของแถบระยะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รูปที่ 2.18 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความยาวคลื่นซึ่งมีความยาวคลื่นเป็นนาโนเมตร



รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้านี้สัมพันธ์กับความถี่แสง จะได้สมการ

$$c = f\lambda \quad (2.9)$$

โดยที่ c = ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที

f = ความถี่ มีหน่วยเป็น Hz

λ = ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีควอนตัมของแพลงค์ กล่าวว่า แหล่งกำเนิดพลังงานจะไม่แผ่หรือปล่อยพลังงานออกมาอย่างต่อเนื่องแต่จะปล่อยออกมาเป็นกลุ่ม และมีหน่วยขนาดของกลุ่มเรียกว่า ควอนตัม (Quantum) สำหรับการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า โฟตอน (Photon) ซึ่งอาจถือว่าเป็นอนุภาคพลังงานแม่ (Radiation) ที่เกิดจากสารได้พลังงานแม่ที่มีคุณสมบัติของคลื่น และจะเคลื่อนที่ผ่านระหว่างที่ว่างเปล่า (Free Space) ด้วยความเร็วของแสงและพลังงานของ 1 โฟตอน คือ

$$1 \text{ Photon} = hf \text{ (Joules)} \quad (2.10)$$

โดยที่ f = ความถี่ของพลังงานแม่

$$h = \text{ค่าคงที่ของแพลงค์} = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

ความถี่ของพลังงานการแผ่แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) มีช่วงกว้างมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 พลังงานการแผ่แม่เหล็กไฟฟ้า

ชนิด	ความยาวคลื่น (m)	ความถี่ (Hz)	Quantum Energy (eV)
วิทยุ	$1 \times 10^4 - 1 \times 10$	$3 \times 10^4 - 3 \times 10^{11}$	$1.2 \times 10^{-10} - 1.2 \times 10^{-3}$
อินฟราเรด	$1 \times 10^{-3} - 7 \times 10^7$	$3 \times 10^{11} - 4 \times 10^{14}$	$1.2 \times 10^{-3} - 1.7$
Visible	$7 \times 10^7 - 4 \times 10^7$	$4 \times 10^4 - 7 \times 10^4$	$1.7 - 3$
Ultra	$4 \times 10^7 - 1 \times 10^{-9}$	$7 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$3 - 1.2 \times 10^3$
X-ray	$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-11}$	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$1.2 \times 10^3 - 1.2 \times 10^5$
γ -ray	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-13}$	$3 \times 10^{19} - 3 \times 10^{21}$	$1.2 \times 10^5 - 1.2 \times 10^7$

2.6.3.2 กระบวนการแผ่ (Radiative Process) มี 2 แบบ

1. เกิดจากอิเล็กตรอน และ โฮล และส่วนที่อยู่ใกล้ๆกับ Junction ซึ่งจะให้พลังงานโฟตอนประมาณเท่ากับ Band Gap Energy ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง
2. การที่อิเล็กตรอน และ โฮล จะเคลื่อนที่มารวมกันบริเวณ Trap Level โฟตอน จะมีพลังงานเท่ากับ Energy Gap ลบออกด้วยค่า Binding Energy และจากกระบวนการทั้งสองจะได้โฟตอนออกมา ซึ่งจะมีค่าความยาวคลื่นตามสมการข้างล่างนี้

$$\lambda = 1240/\Delta E \quad (2.11)$$

ΔE = ค่าความแตกต่างของพลังงาน หน่วยเป็น Electron volts

เพราะฉะนั้นเมื่อ LED มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปจะทำให้ ΔE เปลี่ยนแปลงไปด้วยค่าความยาวคลื่นจึงเปลี่ยนไป จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าถ้าใช้สารต่างชนิดกัน ค่า ΔE จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งเราสามารถดูได้จากตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 Some of the material for LED device

Material	Band Gap Energy	Emission (nm)	Transition Type
Ge	0.66	1880	Indirect
Si	1.09	1140	Indirect
GaAs	1.43	910	Direct
Gap	2.24	560	Indirect
GaAs60P40	1.91	650	Direct
AlSb	1.60	775	Indirect
InSb	0.18	6900	Direct
SiC	2.2 – 3.0	563 – 413	Indirect

จากตาราง เป็นการแสดงถึง LED ชนิดต่างๆที่ใช้โฟตอน ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน และจะเห็นได้ว่า LED ที่สร้างจาก Gallium Arsenide (GaAs) จะให้คลื่นอยู่ในช่วงอินฟราเรด ซึ่งมีค่าประมาณ 900 nm

2.6.3.3 แถบย่านการตอบสนอง

อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่แผ่พลังงานออกมาในย่านการมองเห็นและย่านอินฟราเรด แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็น การแผ่ของคลื่นที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4 – 0.76 ไมครอน และตามนุษย์สามารถตอบสนองในการมองเห็นแสงที่มีความยาวคลื่น 0.55 ไมครอน ที่เกิน 50% ขึ้นไป และที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 0.61 ไมครอน

2.6.4 ตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด

จากหลักการกำเนิดแสงอินฟราเรด โดยนำเอาอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง ซึ่งจะได้ความยาวคลื่นแสงที่ออกจากตัวอุปกรณ์ตัวนี้ที่มีความยาวอยู่ในช่วงอินฟราเรด ดังที่กล่าวมาอุปกรณ์ตัวนี้คือ Infrared Light Emitter Diode (Infrared LED) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ คือ

1. กระแสและแรงดันที่ใช้ในการผลิตคลื่นมีค่าน้อยมาก
2. สามารถควบคุมการทำงานของ LED ให้มีค่าแน่นอน
3. มี Speed Response สูง

ลักษณะ Infrared LED ที่เหมือนกับ LED ทั่วไป คือ จะเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกลด โดยสารที่มี Valance electron ต่างกัน โดยสารที่มี electron มากกว่าปกติจะเป็น N-type และสารที่มี electron น้อยกว่าปกติจะเป็น P-type เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาต่อกัน จะทำให้มีการแบ่งกันระหว่าง electron ขึ้นทำให้เกิดความแตกต่างศักดาไฟฟ้าที่เรียกว่า Potential Barrier ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขนาดของ Energy Gap ดังนั้น electron จากด้าน N-type จะเคลื่อนย้ายมายังด้าน P-type ต้องใช้พลังงานค่าหนึ่ง เมื่อเราป้อนแรงดันค่าหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กับ LED จะมี electron เคลื่อนที่จากด้าน N-type มารวมกับ Hole ทางด้าน P- type ซึ่งการรวมตัวกันนี้มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ กระบวนการแผ่ (Radiative Process) พลังงานจะแสดงออกมาในรูป Photon หรือ Heat

2.6.5 หลักการของตัวรับแสงอินฟราเรด

ในการรับแสงอินฟราเรดเราใช้อุปกรณ์รับแสง (Detector) คือ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงที่รับเข้ามาไปเป็นพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์ประเภทนี้เช่น โฟโตไดโอด (Photo Diode) , โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) เป็นต้น จัดเป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง แต่อุปกรณ์ตัวที่นำมาใช้ในวงจรระบบควบคุมโดยมากคือ โฟโตไดโอด และ โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์รับแสงในระบบควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย (Remote Control By Optoelectronic) ซึ่งจะรับแสงในย่านอินฟราเรดเป็นส่วนมาก เพราะว่าจะไม่ทำให้สภาพแสงตามธรรมชาติเข้าไปรบกวนในการควบคุมได้

2.6.6 คุณสมบัติเกี่ยวกับความไวต่อสเปกตรัม

ความไวที่มีต่อสเปกตรัมของโฟโตไดโอด (ความไวนี้จะมีค่าขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ) เราพิจารณาจากโครงสร้างของตัวไดโอดและชนิดของสารกึ่งตัวนำ เมื่อเราไม่ต้องการให้แสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันออกไปมาตกกระทบกับเซนเซอร์ เราควรติดตัวกรองแสงเพื่อกรองแสงเหล่านี้ออกไป

2.6.7 ชุดรีโมตคอนโทรล

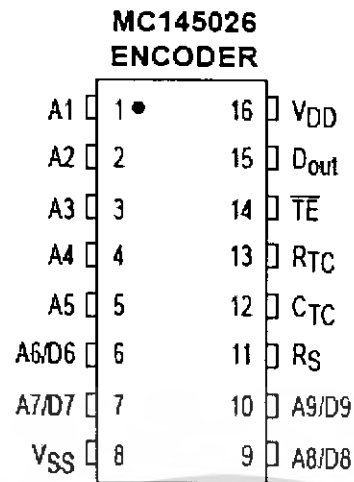
ในชุดรีโมตคอนโทรลอินฟราเรด (IR remote control) นี้ตัวเข้ารหัส จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ ในส่วนแรกจะเป็นชุดของภาคส่งสัญญาณ และส่วนที่สองคือภาครับสัญญาณ ซึ่งส่วนสำคัญในแต่ละภาคนั้นคือส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัส ซึ่งในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้ IC ของ MOTOROLA เบอร์ MC145026 เป็นตัวเข้ารหัส (Encoder) และ เบอร์ MC145027 เป็นตัวถอดรหัส (decoder) ซึ่งทั้งสองส่วนจะต้องทำงานสอดคล้องกันจึงจะทำงานสมบูรณ์

2.6.7.1 ส่วนของชุดรีโมตตัวส่ง

ในส่วนของชุดรีโมตตัวส่งนี้จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ

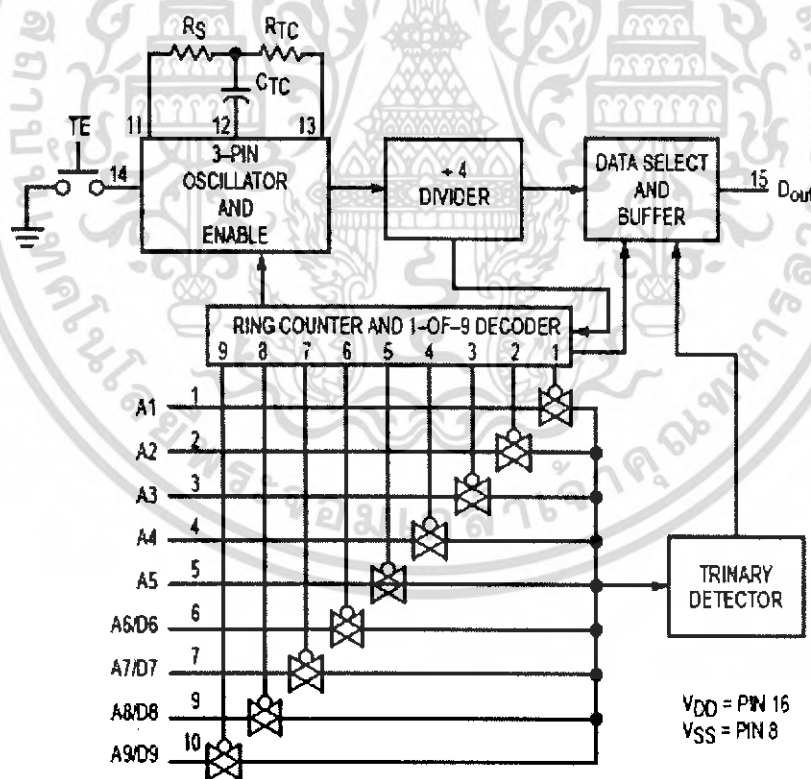
- ภาคเข้ารหัส(Encoder)

ภาคนี้อาศัยการทำงานของ IC MC145026 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเข้ารหัส มีการรับข้อมูลเข้าแบบอนุกรม



รูปที่ 2.19 แสดงสัญลักษณ์ขาของ MC145026

รหัสทางอินพุตของอุปกรณ์ตัวนี้จะเข้ารหัสได้ถึง 3 สถานะ (Trinary) คือเป็นได้ทั้งระบบลอจิก "0", ลอจิก "1", สถานะความต้านทานสูง (High Impedance) คือทำการปล่อยขาลอยไว้ โดยจะมีการทำงานดังรูปข้างล่าง

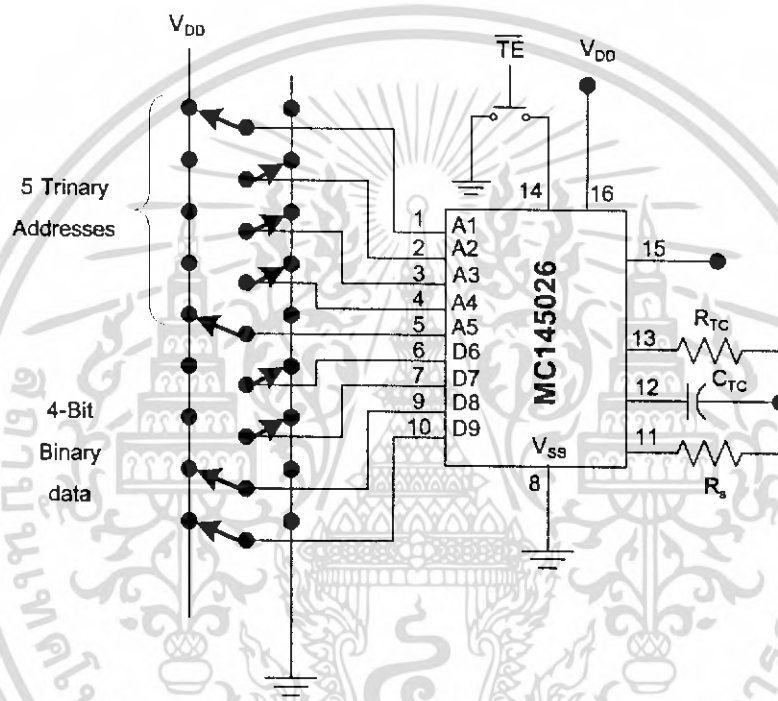


รูปที่ 2.20 แสดง MC 145026 Encoder Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ MC145026 นี้จะมีขาแอดเดรสอยู่ 9 ขาคือ A1-A5 และ D6-D9 และมีขาเอาต์พุตคือขา 15 เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณจาก A1-A5 และ D6-D9 ที่เป็นข้อมูลแบบขนานออกไปยังข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม ขาที่ควบคุมการทำงานของ MC145026 คือขา TE สัญญาณดิจิทัลทางอินพุตจะถูกส่งไปทางเอาต์พุตได้ก็ต่อเมื่อขา TE ของ MC145026 อยู่ในสถานะลอจิก “0” เท่านั้น

จากคุณสมบัติที่ว่าอินพุตของ IC เป็นได้ทั้ง 3 สถานะ ดังนั้นจึงสามารถเข้ารหัสได้ถึง $3^9 = 19683$ ที่ไม่ซ้ำกัน แต่ในการออกแบบนั้นเราให้ขา D6-D9 ของ IC เป็นขาของข้อมูลที่จะส่งจึงจะกำหนดให้ขาทั้ง 4 อยู่ในสถานะ High หรือ Low ซึ่งนั่นเป็นการตั้งรหัสของชุดรีโมตคอนโทรลนั่นเอง ซึ่งจะได้รหัสที่ไม่ซ้ำกันถึง $2^4 = 16$ รหัส



รูปที่ 2.21 แสดงภาคเข้ารหัส

จากวงจรเข้ารหัสจะเห็นได้ว่าเราใช้สวิทช์เป็นตัวป้อนรหัสควบคุมเป็นช่องๆไป ในที่นี้ใช้สวิทช์ 4 ตัวส่งสัญญาณควบคุม 4 หน้าก็คือ S1 เป็นสัญญาณหมุนซ้าย S2 เป็นสัญญาณหมุนขวา S3 เป็นสัญญาณหมุนขึ้น S4 เป็นสัญญาณหมุนลง

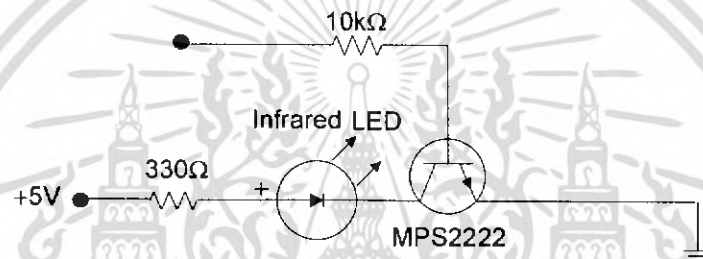
จากวงจรเราต่อขา TE ไว้กับลอจิก “0” (Ground) คือพร้อมส่งเสมอและจะเห็นได้ว่าเราใช้ A1-A5 เป็นสะพานไฟคือ เมื่อกดสวิทช์ป้อนรหัสควบคุมในช่องใดช่องหนึ่งจะเป็นการป้อนไฟให้กับวงจรไปด้วยในตัว ทำให้วงจรทำการเข้ารหัสมีช่องสัญญาณเอาต์พุตออกทางขา 15 ไปเข้าวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดต่อไป

จากรูปที่ 2.21 วงจร MC 145026 ที่ขา 11, ขา 12 และ ขา 13 จะเป็นการต่ออุปกรณ์ RC Network เพื่อกำหนดคาบเวลาหรือความถี่ภายใน (Oscillate) ของ IC จาก Datasheet ในวงจรนี้เราใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ ประมาณ 1.01 kHz ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3R_{TC}C_{TC}} \quad (2.12)$$

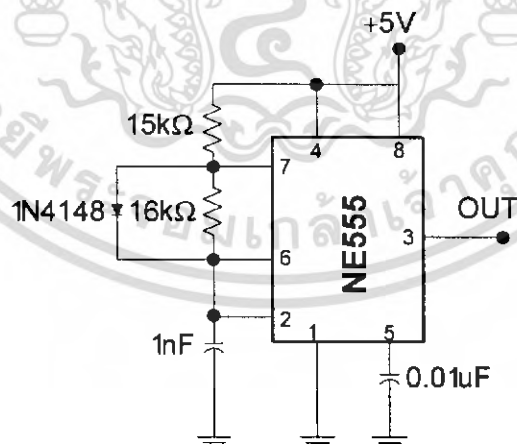
- ภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด

ภาคนี้จะเป็นตัวส่งข้อมูลจากการเข้ารหัสของ IC MC 145026 (จากขา 15) จะถูกนำมาเข้าวงจร NAND gate เบอร์ LS 74132 กับสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 38 kHz เมื่อทำการมอดูเลตแล้วก็จะทำการส่งแสงอินฟราเรดไดโอดไปยังภาครับต่อไป



รูปที่ 2.22 ภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด

วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาเราใช้ IC Timer 555 รูปวงจรแสดงดังรูปที่ 2.23

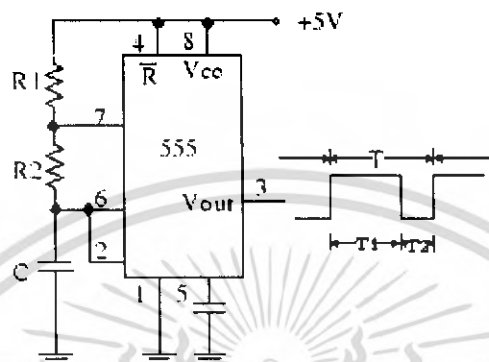


รูปที่ 2.23 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรนี้ สามารถสร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่เท่ากับ 38 kHz IC 555 เป็นไอซีที่ประยุกต์ใช้งานซึ่งไม่ต้องการความแม่นยำสูงมากนักได้อย่างกว้างขวาง ในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้งาน 3 ประเภท

1. การใช้เป็นตัวผลิตความถี่ (Astable Multivibrator) ความถี่ที่ผลิตได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ซึ่งมีวงจรพื้นฐานดังรูปที่ 2.24



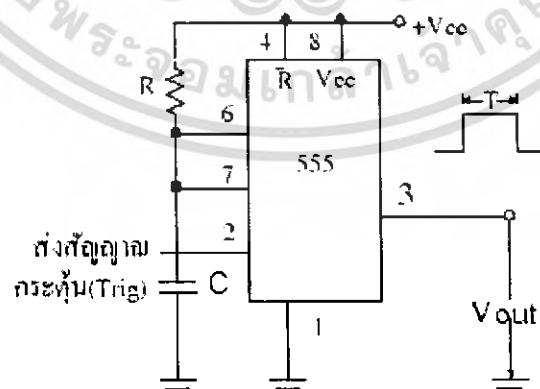
รูปที่ 2.24 วงจรผลิตความถี่พื้นฐานใช้ IC 555

ถ้าให้ T = คาบเวลา

T_1 = ช่วงเวลาที่เอาต์พุตเป็น "high"

T_2 = ช่วงเวลาที่เอาต์พุตเป็น "low"

2. การใช้เป็นตัวผลิตความถี่ (Monostable Multivibrator) โมโนสเตเบิลเป็นวงจรที่เอาต์พุตเสถียรที่ระดับลอจิก "0" หรือ "1" เพียงสถานะเดียวเมื่อได้รับสัญญาณ กระตุ้นจะเปลี่ยนสถานะของเอาต์พุตไปเป็นสถานะที่ไม่เสถียรชั่วขณะนานเท่ากับช่วงเวลาที่กำหนดโดย RC วงจรพื้นฐานเป็นดังรูปที่ 2.25

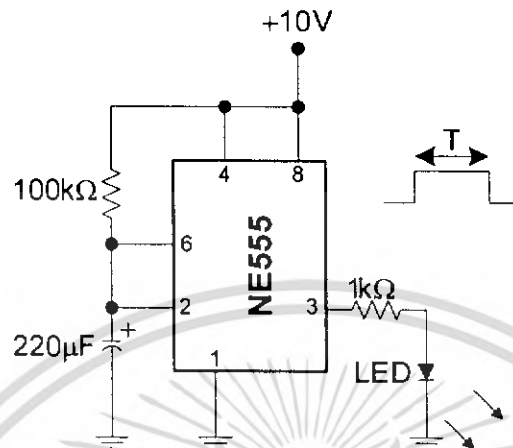


รูปที่ 2.25 วงจรโมโนสเตเบิลพัลส์ไวยเบรเตอร์ใช้ IC 555

โดยที่ช่วงเวลา T สามารถจะกำหนดได้โดย $T = 0.693 RC$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสร้างสัญญาณ Single shot โดยหลักการของการสร้างสัญญาณแบบ Single shot คือ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์นั่นเอง เพียงแต่สร้างสัญญาณครั้งเดียวแล้วหยุด การหาค่าคาบเวลาทำได้ เช่นเดียวกับวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์



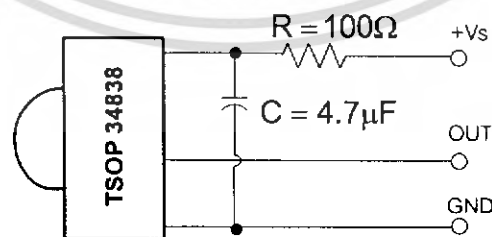
รูปที่ 2.26 วงจร Single shot คาบเวลา T ของวงจรคือ $T = 0.693 RC$

การตรวจสอบการทำงานของวงจรนี้ คือ ทุกครั้งที่จ่ายไฟให้วงจร จะ ได้สัญญาณพัลส์ 1 ครั้งนานเท่ากับคาบเวลา T

2.6.7.2 ชุดภาครับสัญญาณ

ในส่วนของภาครับสัญญาณจะประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย คือ ภาครับสัญญาณอินฟราเรด

หลักการทำงานของภาครับสัญญาณอินฟราเรด เมื่อมีสัญญาณอินฟราเรดส่งมายังโฟโตไดโอด (Photodiode) ซึ่งเราใช้ TSOP 34838 จะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณ ไฟฟ้าดังรูปที่ 2.27 เป็น วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากขาเอาต์พุตจะนำไปถอดรหัสต่อไป

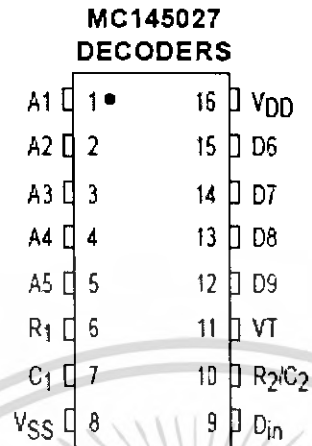


รูปที่ 2.27 แสดงวงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด

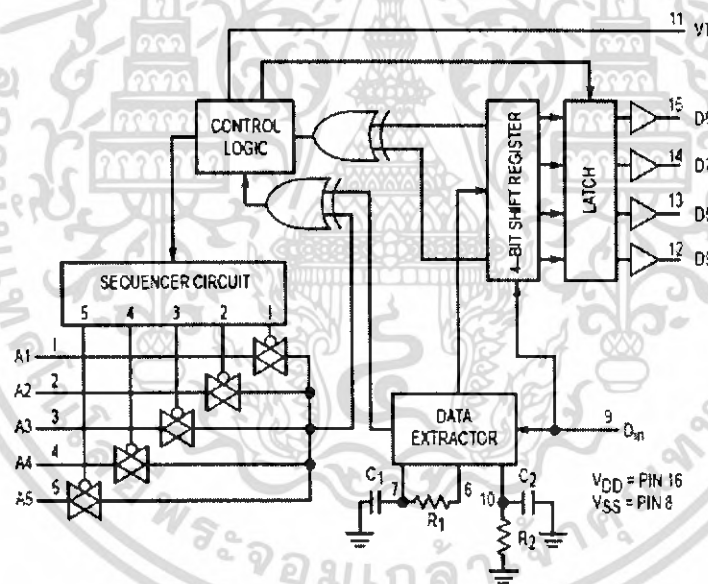
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคถอดรหัสควบคุม

ภาคนี้อาศัยการทำงานของ IC เบอร์ MC145027 เป็น IC Decoder ถอดรหัส



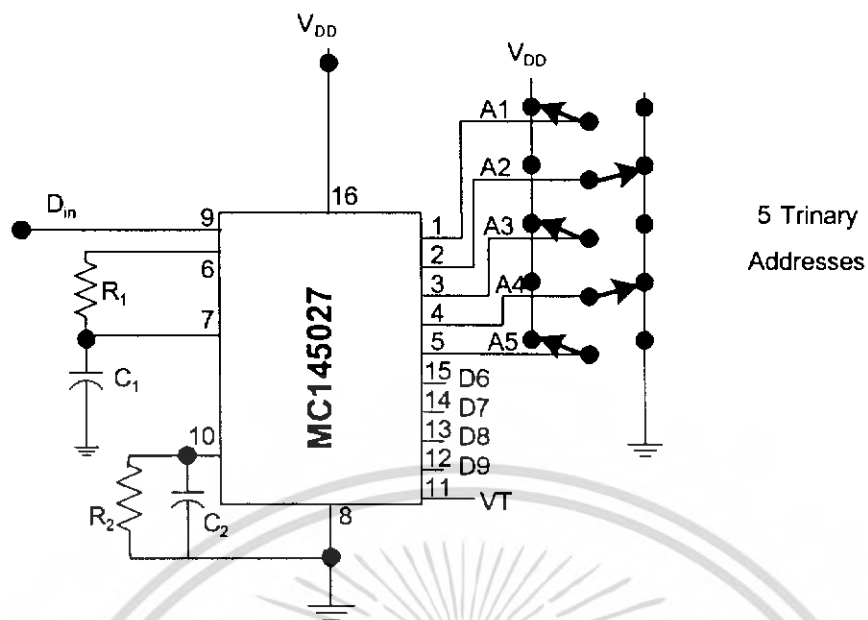
รูปที่ 2.28 แสดงสัญลักษณ์ขาของ MC145027



รูปที่ 2.29 แสดง MC145027 Decoder Block Diagram

อุปกรณ์ตัวนี้จะรับข้อมูลแบบอนุกรมมาทางขา 9 สัญญาณที่เข้ามาจะนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ A1-A5 ของ IC MC145027 ว่าตรงกับ A1-A5 ของ IC MC145026 ที่ภาคส่งส่งมาหรือเปล่า ถ้าตรงกัน IC MC145027 ก็จะมี Data Out ออกไป D6-D9 โดยจะทำให้เอาท์พุท VT ที่ขา 11 จะมีสถานะเป็น High โดย D6-D9 แลตซ์ค่าไว้ตลอดเราใช้คุณสมบัติที่ขา VT นี้เป็นตัวส่งสัญญาณ High ขณะกดคำสั่งนี้ให้แก่ CPU เพื่อใช้เป็นสัญญาณทรigger เพื่อให้ CPU (MCS-51) รับข้อมูลเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

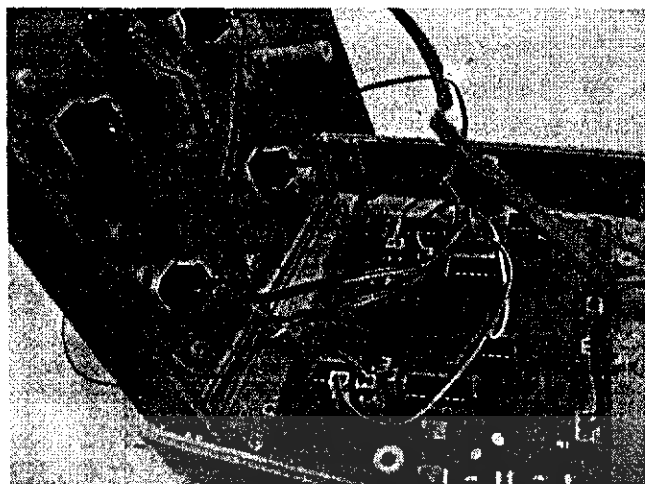


รูปที่ 2.30 แสดงภาคถอดรหัส



รูปที่ 2.31 แสดงกล่องควบคุมรีโมตชุดส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แสดงวงจรภายในกล่องควบคุมรีโมตชุดส่ง



รูปที่ 2.33 แสดงฐานฆ้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

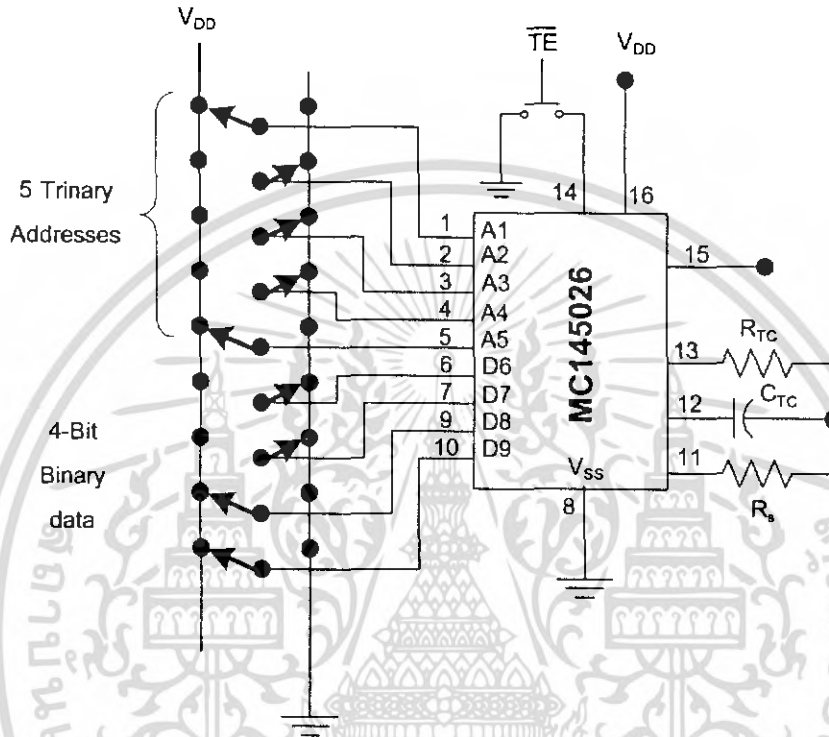
บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 การสร้างชุดรีโมต

3.1.1 ชุดรีโมตภาคส่งสัญญาณ

1. ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.1 และคำนวณความถี่เพื่อเลือกอุปกรณ์



รูปที่ 3.1 วงจรภาคเข้ารหัส

วงจรนี้ใช้ IC MC145026 เป็นตัวเข้ารหัส มีขาแอดเดรสอยู่ 9 ขาคือ A1-A5 และ D6-D9 และมีขาเอาต์พุตคือขา 15 เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณจาก A1-A5 และ D6-D9

ความถี่ภายใน (Oscillate) ของ IC ในวงจรนี้เราใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ประมาณ 1.01 kHz ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3R_{TC}C_{TC}} \quad (3.1)$$

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times 43 \times 10^3} \quad (3.2)$$

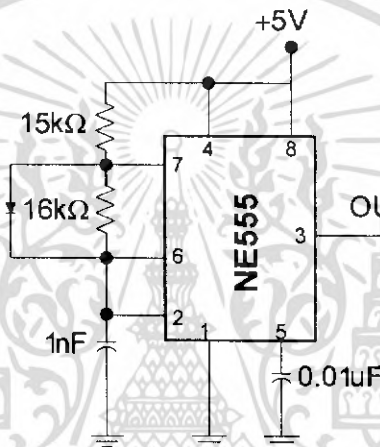
เมื่อ $R_{TC} = 43\text{k}\Omega$

$C_{TC} = 0.01\mu\text{F}$

และ $R_s = 91\text{k}\Omega$

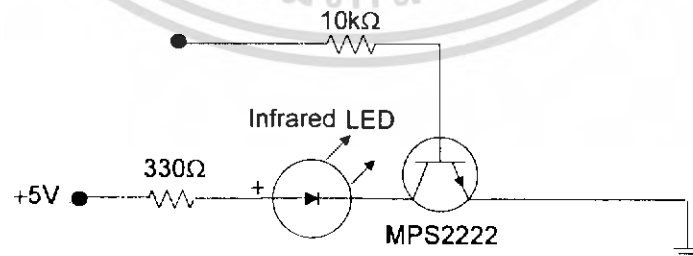
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการกำหนดรหัส 4 bits ที่ขา D6 – D9 ดังต่อไปนี้
กำหนดให้ รหัส 1010 คือ กล้องหมุนซ้าย
 รหัส 1100 คือ กล้องหมุนขวา
 รหัส 0101 คือ กล้องหมุนขึ้น
 รหัส 0110 คือ กล้องหมุนลง
3. กดสวิทช์ที่ขา 14 เป็นการทำให้ครบวงจร
4. หลังจากนั้นวัดสัญญาณที่ขา 15 ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตที่จะนำไปแปลงเป็นสัญญาณแสงต่อไป
5. ทำการสร้างวงจรสัญญาณนาฬิกา โดยทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.2 จะได้วงจรสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ประมาณ 38 kHz



รูปที่ 3.2 วงจรสัญญาณนาฬิกา

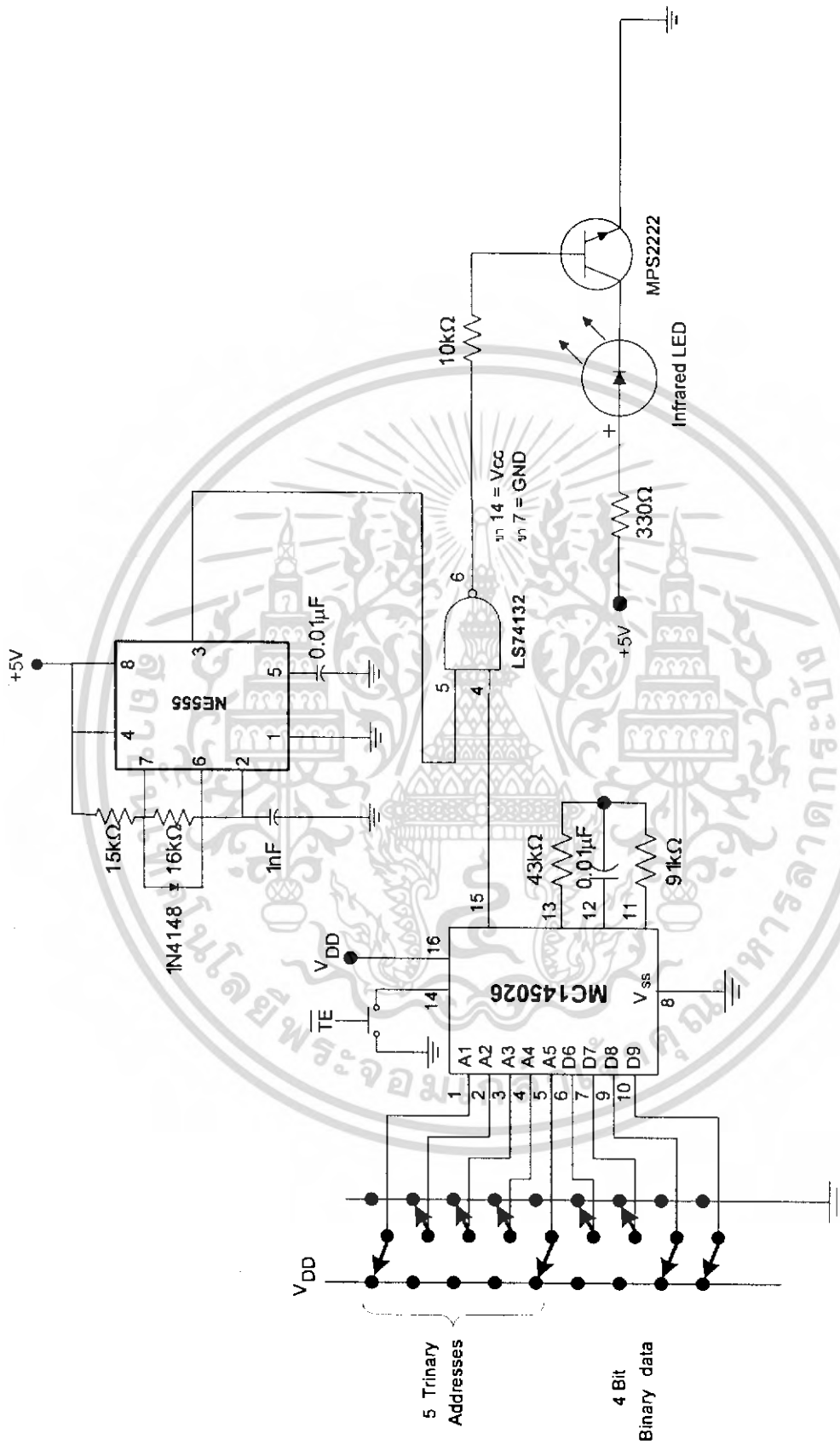
6. วัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 3 สังเกตว่าเป็นพัลส์หรือไม่ วัดความถี่ว่าได้เท่ากับ 38 kHz หรือไม่ เก็บผลการทดลอง
7. นำวงจรสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากข้อ 5. และสัญญาณจากวงจรภาคเข้ารหัสมาเข้า IC 74132 NAND gate แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ที่ขา 6 ดังรูปวงจรรวมของชุดรีโมตส่ง รูปที่ 3.4
8. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.3 จะได้วงจรส่งสัญญาณอินฟราเรด



รูปที่ 3.3 วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด

9. นำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากข้อ 7. มาเข้าวงจรส่งสัญญาณอินฟราเรดที่จุด A จากข้อ 8. วัดสัญญาณเอาต์พุตที่ LED เก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

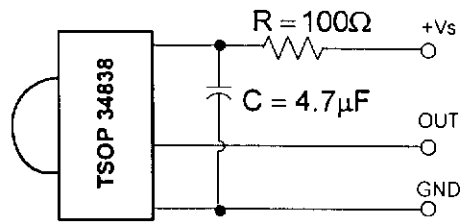


รูปที่ 3.4 วงจรรวมชุดรีโมตส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

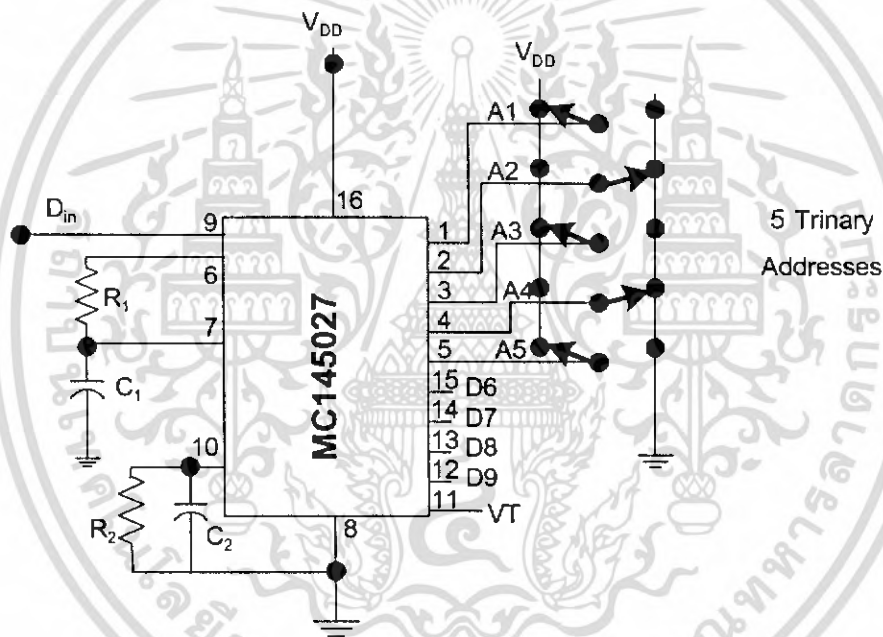
3.1.2 ภาครับสัญญาณ

1. ตัวอย่างตามรูปที่ 3.5 จะได้ว่าวงจรรับสัญญาณอินฟราเรด วัตถุประสงค์เพื่อเก็บผลการทดลอง



รูปที่ 3.5 วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด

2. ตัวอย่างตามรูปที่ 3.6 A1-A5 จะต้องกำหนดให้เหมือนกับ A1-A5 ของตัวเข้ารหัส MC145026 ค่า R และ C คู่อีกภาคผนวก



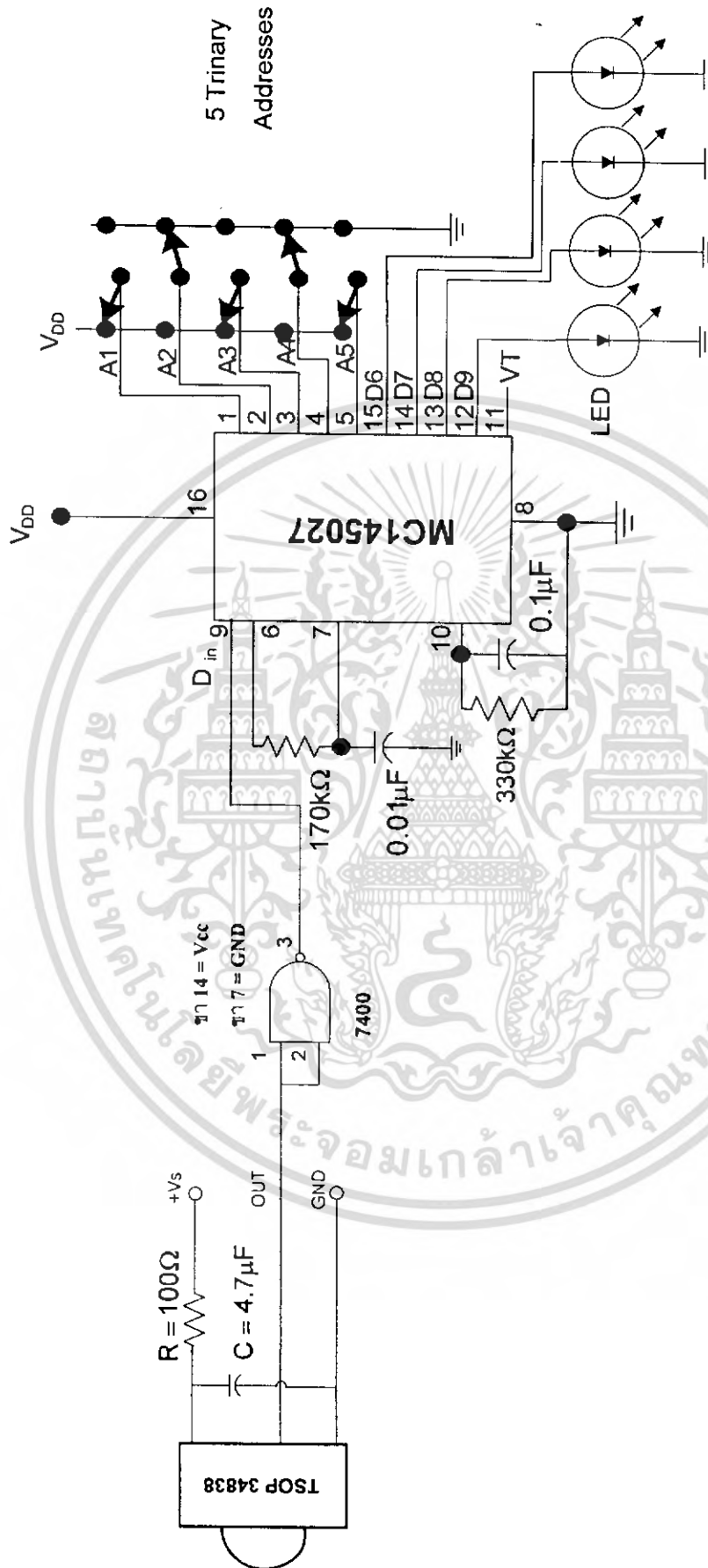
รูปที่ 3.6 วงจรภาคถอดรหัส

3. นำสัญญาณเอาต์พุตของภาครับสัญญาณอินฟราเรดมาเข้า IC 7400 NAND gate แล้วจึงนำเอาต์พุตที่ได้จาก IC ตัวนี้ไปเข้าที่ขา 9 ของ MC145027 ซึ่งเป็นขา D_{in} ดังรูปวงจรรวมของรีโมตด้านรับ รูปที่ 3.7

4. วัตถุประสงค์ของเอาต์พุต จะต้องได้รหัสที่ถอดออกมาตรงกับรหัสที่กำหนดไว้ใน IC MC145026 ที่มี 4 รหัส

เอาต์พุตของวงจรนี้จะนำไปควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรรวมชุดรีโมตด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดสอบนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆ

1. ทดลองนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆดังนี้

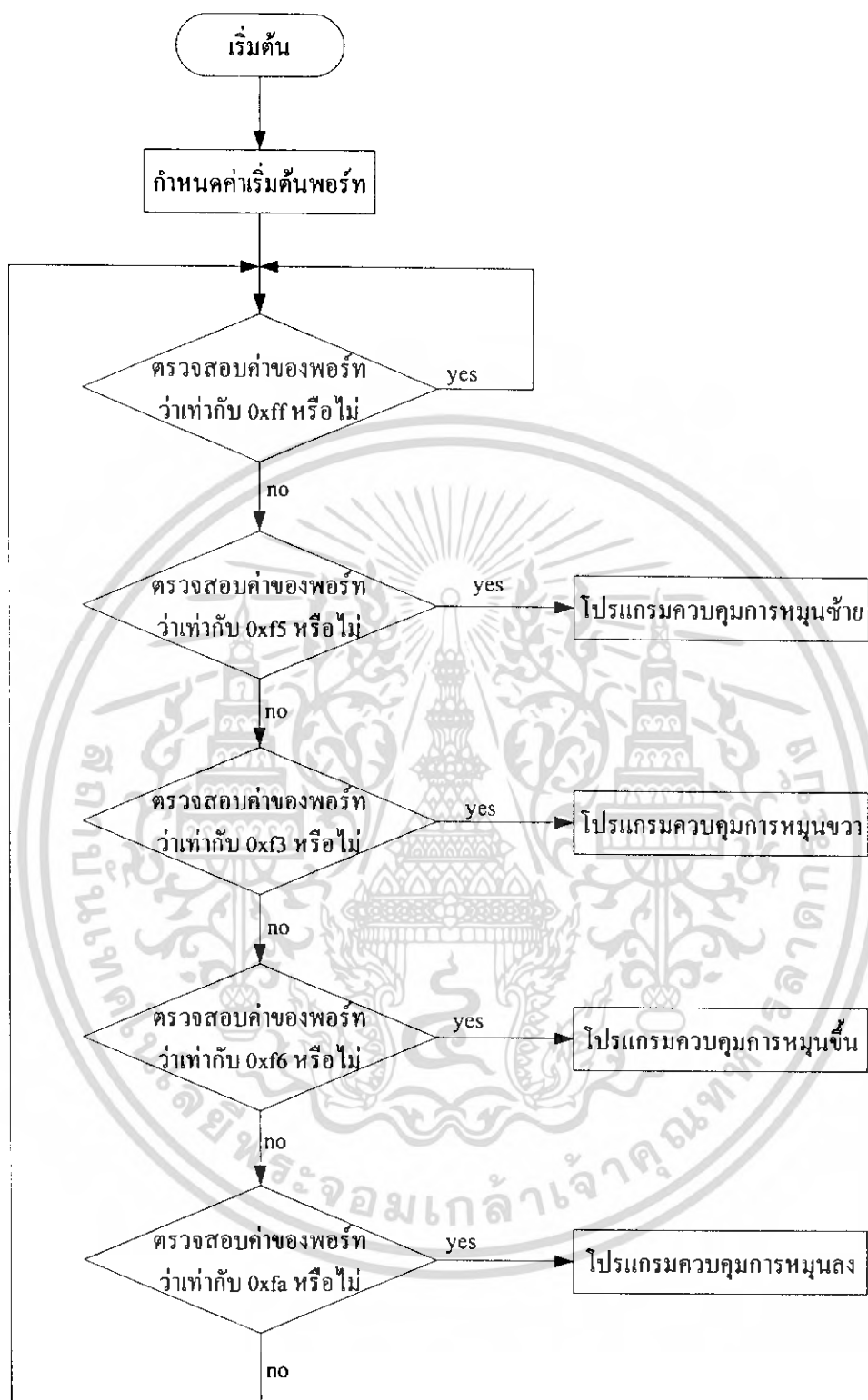
- 1.1 ห้องทดลอง โดยเปิดไฟในห้องปกติ
- 1.2 ที่โล่งแจ้ง เวลาที่แดดจัด เช่น 12.00 น.
- 1.3 ที่โล่งแจ้ง เวลาที่แดดอ่อน หรือเกือบไม่มีแดด เช่น 16.00 น.
- 1.4 ห้องมืดสนิท

3.2 การทดลองในส่วนของการควบคุมกล้อง

จากการทดลองการควบคุมมอเตอร์โดยจะใช้การควบคุมผ่านทางรีโมตคอนโทรลเลอร์แบบอินฟราเรด โดยเมื่อมีการกดรีโมตนั้นจะมีการส่งรหัสมาจากเครื่องรับสัญญาณเข้ามาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยรหัสจะเป็น 4 บิต รวมบิตที่มีการแลตซ์ค่าอีกหนึ่งบิต เมื่อมีการแลตซ์ค่าจะเป็นค่า high และอีก 3 บิต ที่เหลือเซตให้มีค่าเป็นหนึ่งทั้งหมด ดังนั้น ถ้ามีการกดจากรีโมตมาผลที่ได้จากการทดลองจะเป็นดังนี้

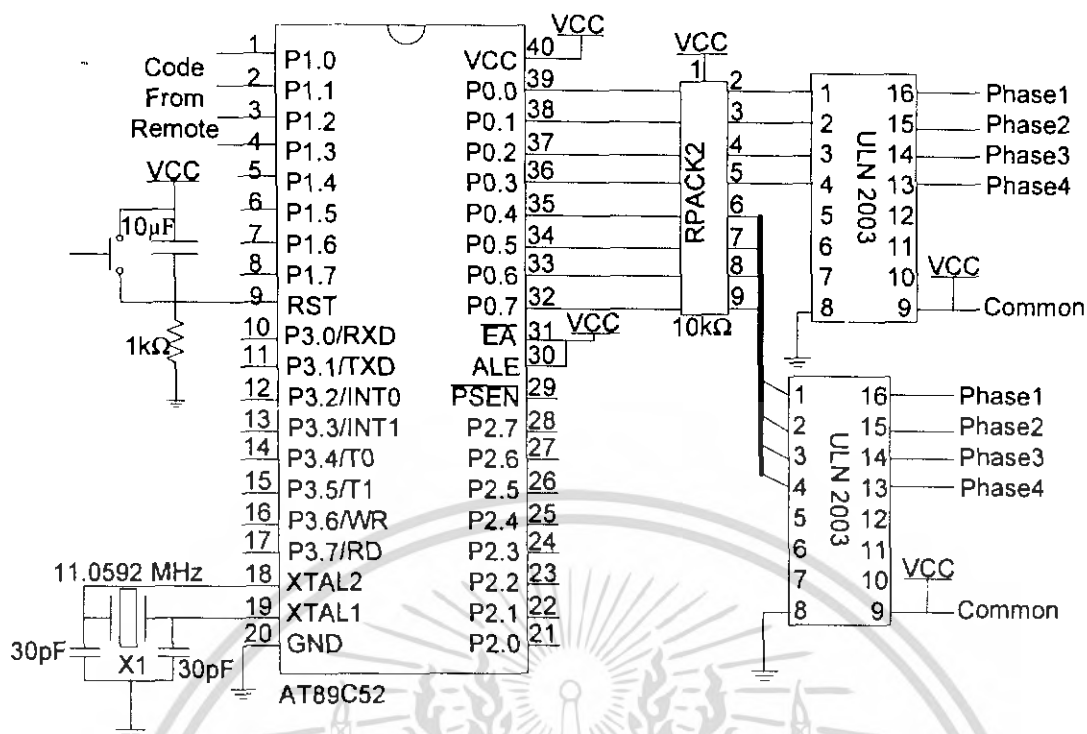
ตารางที่ 3.1 ทิศทางของกล้องที่ได้จากรหัสรีโมตต่างๆ

รหัสจากรีโมต	ทิศทางของกล้อง
0xf5	หมุนซ้าย
0xf3	หมุนขวา
0xf6	หมุนขึ้น
0xfa	หมุนลง



รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

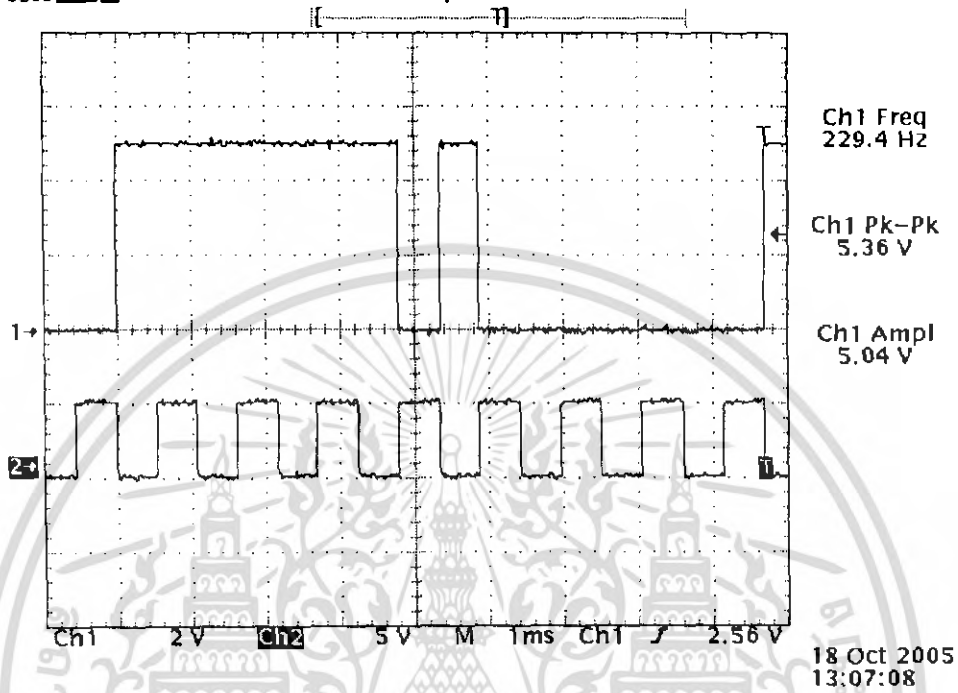
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

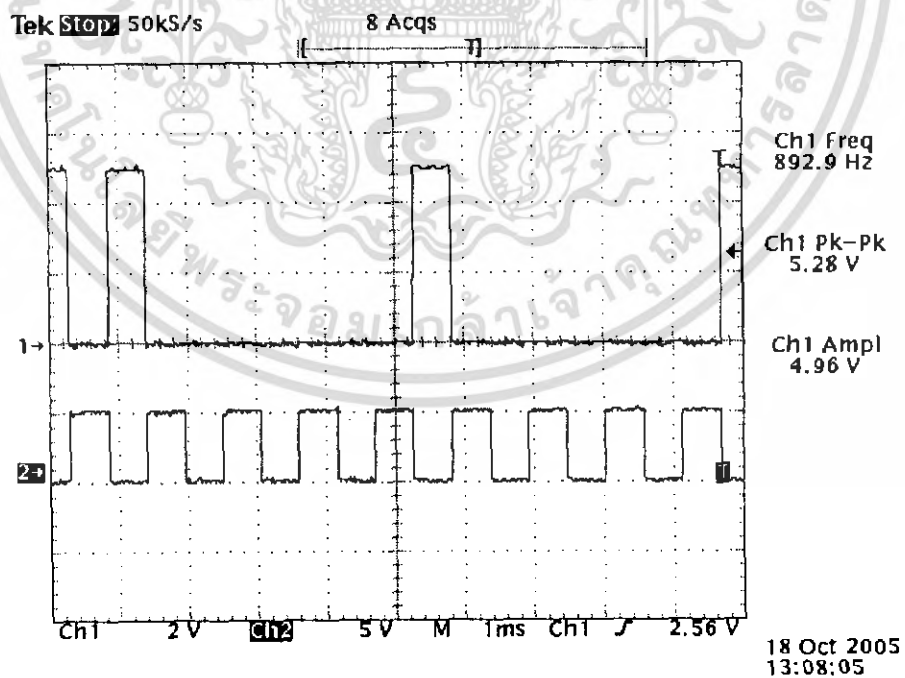
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองชุดรีโมต

4.1.1 รหัสที่เข้ารหัสได้จากภาคเข้ารหัสมีลักษณะแตกต่างกันตามสถานะทั้งสามสถานะดังนี้
Tek **STOP** 50kS/s 17 Acqs

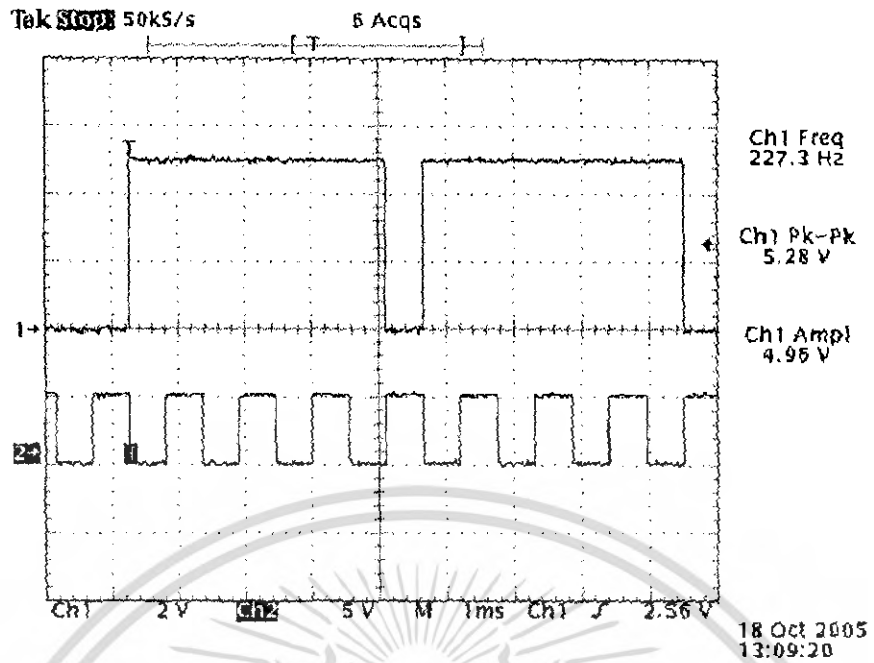


รูปที่ 4.1 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ Open



รูปที่ 4.2 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



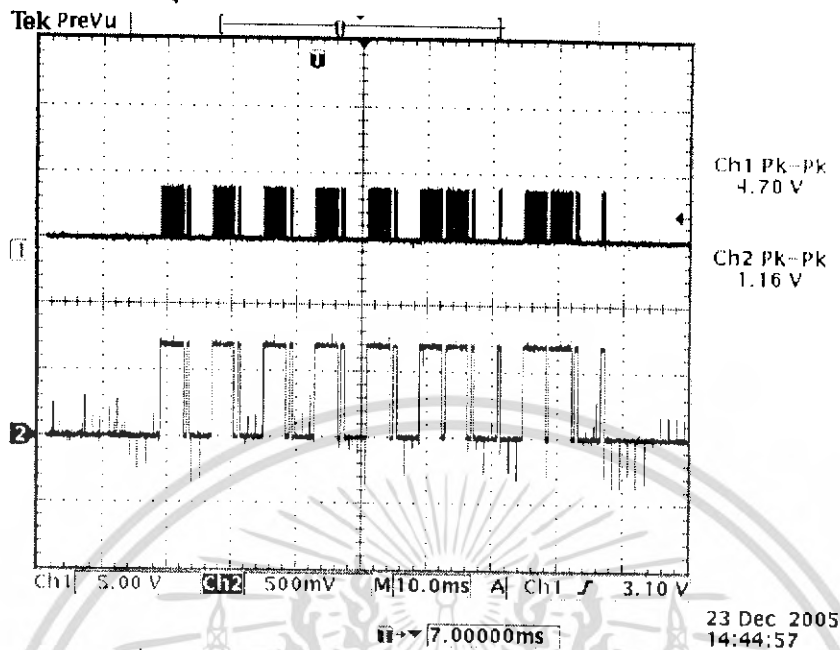
รูปที่ 4.3 รหัสที่ได้จากภาคเข้ารหัสเมื่ออยู่ในสถานะ High



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ภาคเข้ารหัสและส่งสัญญาณแสง

1. รหัสอินพุตคือ 1010

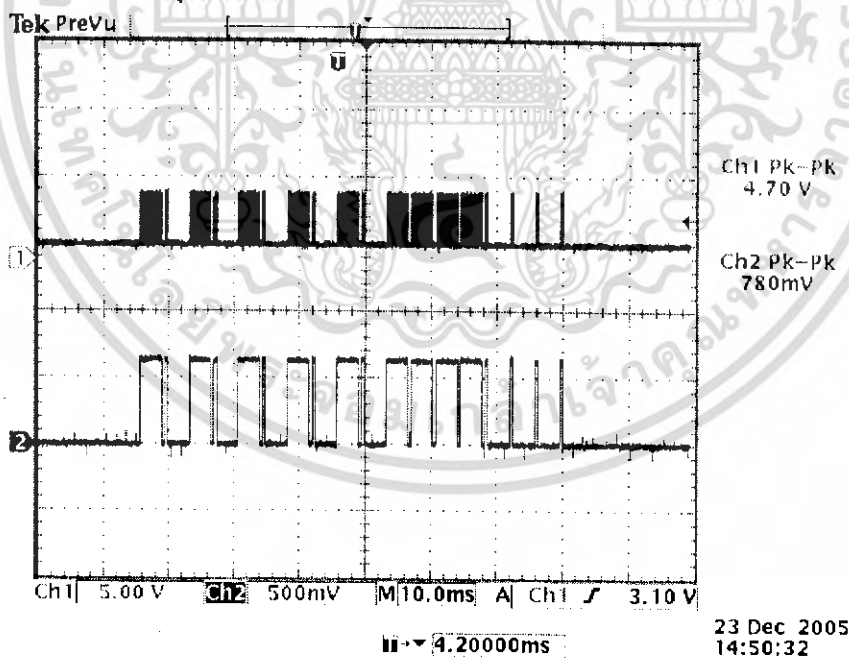


รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 1010

CH 1: สัญญาณแสง

CH 2: สัญญาณที่เข้ารหัสได้จาก MC145026

2. รหัสอินพุตคือ 1100

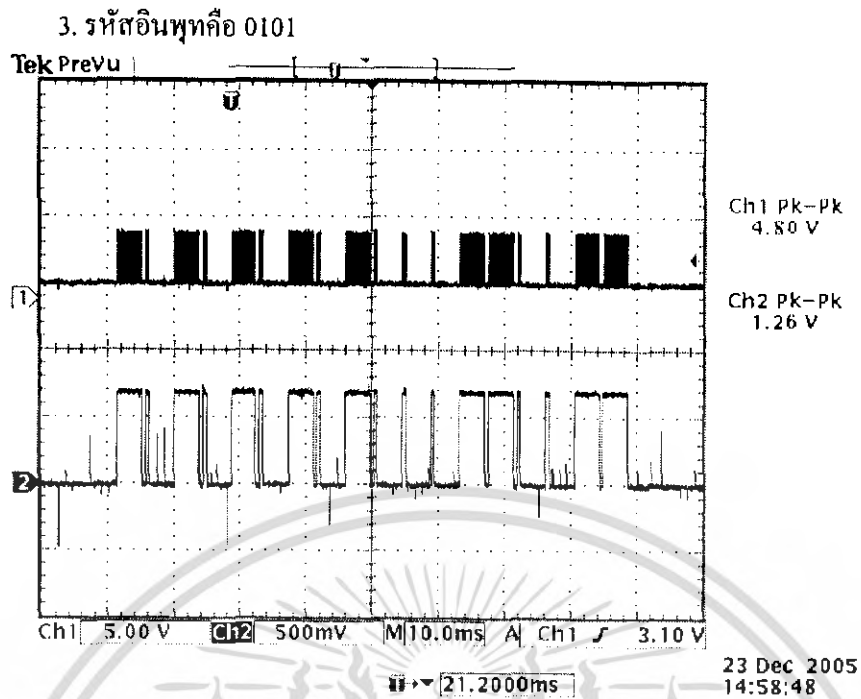


รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 1100

CH 1: สัญญาณแสง

CH 2: สัญญาณที่เข้ารหัสได้จาก MC145026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

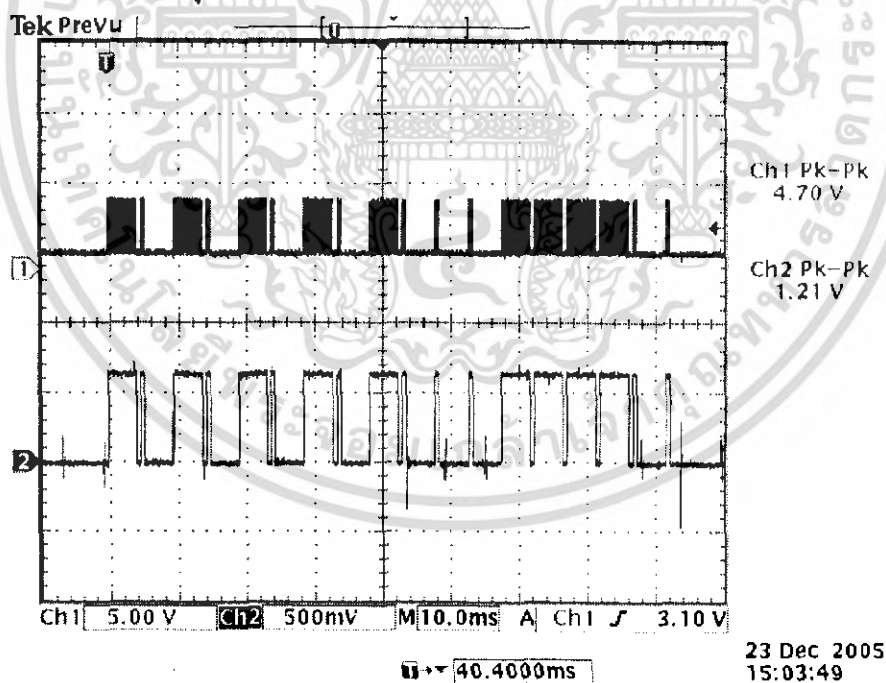


รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 0101

CH 1: สัญญาณแสง

CH 2: สัญญาณที่เข้ารหัสได้จาก MC145026

4. รหัสอินพุตคือ 0110



รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณที่เข้ารหัสได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 0110

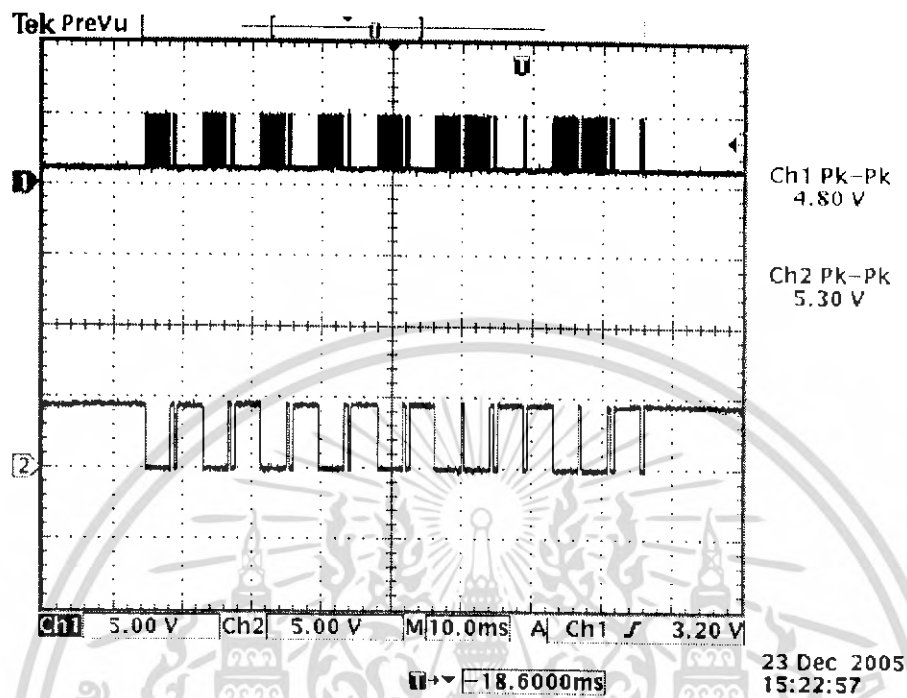
CH 1: สัญญาณแสง

CH 2: สัญญาณที่เข้ารหัสได้จาก MC145026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ภาครับแสงอินฟราเรดและถอดรหัส

1. รหัสอินพุทคือ 1010



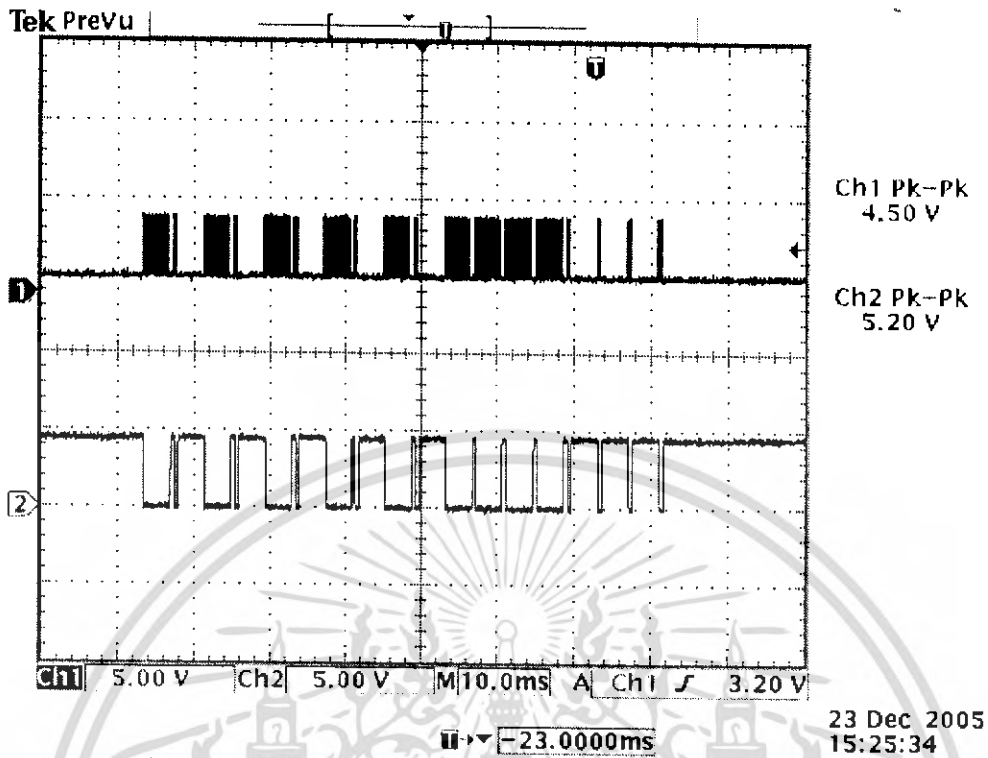
รูปที่ 4.8(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุทคือ 1010



รูปที่ 4.8(ข) แสดงวงจรภาคถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุทเป็น 1010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รหัสอินพุตคือ 1100

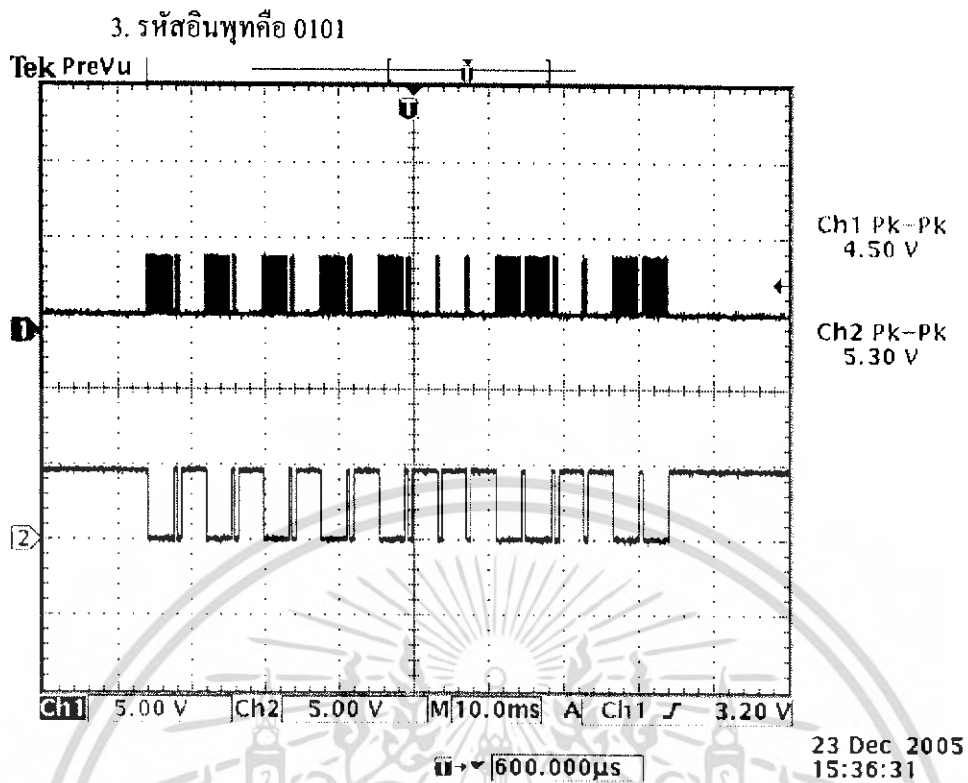


รูปที่ 4.9(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 1100



รูปที่ 4.9(ข) แสดงวงจรภาคถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุตเป็น 1100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

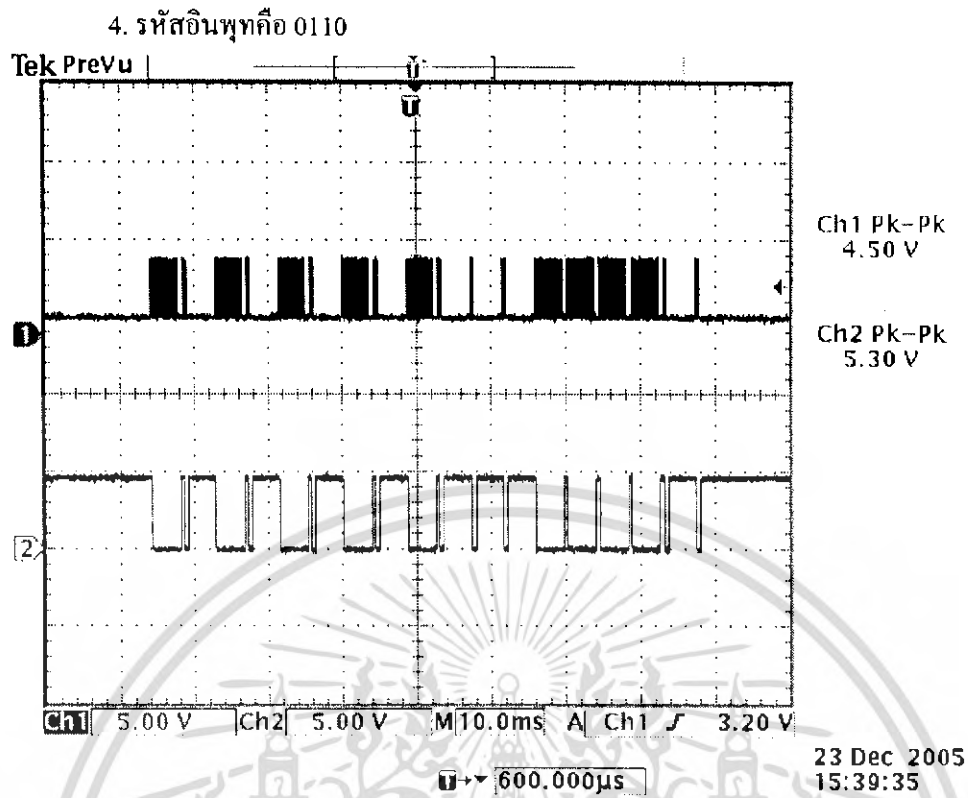


รูปที่ 4.10(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 0101



รูปที่ 4.10(ข) แสดงวงจรภาคถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุตเป็น 0101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11(ก) รูปสัญญาณที่ถอดรหัสออกมาได้เมื่อป้อนรหัสอินพุตคือ 0110



รูปที่ 4.11(ข) แสดงวงจรภาคถอดรหัสเมื่อกำหนดรหัสอินพุตเป็น 0110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการทดลองนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆกัน

การทดลองใช้รีโมตในสถานที่ต่างๆ เวลาต่างๆ	ระยะที่สามารถส่งสัญญาณได้ (เมตร)
สถานที่: ห้องทดลอง (เปิดไฟ) เวลา: -	7 เมตร
สถานที่: กลางที่โล่งแจ้ง เวลา: 12.00 น.	1.5 เมตร
สถานที่: กลางที่โล่งแจ้ง เวลา: 16.00 น.	4.3 เมตร
สถานที่: ห้องมืดสนิท เวลา: -	7.6 เมตร

Specification of Infrared LED : $\lambda = 880\text{nm}$

Narrow emission angle = 20 degree

Specification of Remote Control : ระยะในการส่งสัญญาณอินฟราเรดสูงสุดประมาณ 7 เมตร

4.2 ผลการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.12 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

การทำโครงการในครั้งนี้ทำให้เราได้ทราบถึงขั้นตอนการทำงานต่างๆ ซึ่งทุกสิ่งทุกอย่างย่อมมีความยากง่ายสลับกันไป ซึ่งต้องใช้ความพยายามในการทำ ความเข้าใจและหาแนวทางในการแก้ปัญหาในสิ่งที่เกิดขึ้น โดยโครงการนี้จะเป็นการสร้างรีโมตคอนโทรลอินฟราเรดสำหรับควบคุมการหมุนของกล้อง โดยงานที่ทำก็คือ

1. สร้างรีโมตคอนโทรลอินฟราเรดที่สามารถรับส่งสัญญาณได้
2. ทำการควบคุมการหมุนของกล้องโดยใช้สเต็ปปีงมอเตอร์

ปัญหาและอุปสรรคที่เราได้พบก็คือ

1. ในการสร้างชุดรีโมตคอนโทรลนั้น การรับส่งสัญญาณรีโมตจะต้องคำนึงถึงความถี่ของสัญญาณที่ส่งออกและความถี่ของ module จะต้องตรงกันเพื่อให้ได้ระยะทางส่งที่ไกลที่สุดที่สามารถตีเทกได้ ถ้าความถี่ดังกล่าวไม่สอดคล้องกัน ก็จะไม่สามารถตีเทกได้หรือจะเกิดการลดทอนอย่างมากส่งผลให้ระยะทางส่งลดลง

2. วงจรที่ออกแบบมานั้น ไม่สามารถสร้างคลื่นอินฟราเรดที่มีระยะทางในการส่งได้ไกลตามที่กำหนดไว้ จึงต้องเพิ่มกำลังส่งให้มากขึ้น

3. ในการทดลองนำรีโมตไปใช้ในสถานที่ต่างๆกัน ในเวลาต่างๆทำให้เกิดผลกระทบต่อแสงอินฟราเรด ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆดังนี้

- เกิดจากการกระจายของคลื่นในอากาศ ทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ
- ในชั้นบรรยากาศมีก๊าซมากมาย เช่น ไนโตรเจน ก๊าซเหล่านี้ทำให้เกิดการดูดซึมของคลื่น

ทำให้คลื่นหายไปบางส่วน

- ในขณะที่แดดออก มีรังสีอัลตราไวโอเล็ตบางส่วนอยู่ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นบางส่วนเท่ากับอินฟราเรด ทำให้อาจเกิดการตีเทกผิดพลาด สามารถแก้ไขได้โดยการใส่แผ่นกรองแสงเพื่อจำกัดเฉพาะลำแสงอินฟราเรดสามารถผ่านได้เท่านั้น

- ส่วนในห้องมืด(ปิดไฟ)จะทำให้ระยะทางในการส่งสัญญาณอินฟราเรดนั้นไกลขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มากนัก เพราะสภาพแวดล้อมในห้องทดลองยังคงเหมือนเดิม ไม่ว่าจะเปิดไฟหรือปิดไฟก็ตาม เนื่องจากแสงฟลูออเรสเซนต์ส่งผลกระทบต่ออินฟราเรดน้อยกว่าแสงอาทิตย์

ข้อดีของคลื่นอินฟราเรด: ใช้พลังงานน้อย แสงวงจรราคาต่ำ เรียบง่ายและสามารถเชื่อมต่อกับระบบอื่นได้อย่างรวดเร็ว มีความปลอดภัยในเรื่องของข้อมูลสูง

ข้อเสียของอินฟราเรด: เครื่องส่ง (transmitter) และเครื่องรับ (receiver) ต้องอยู่ในแนวเดียวกัน คือต้องเห็นว่าอยู่ในแนวเดียวกัน คลื่นจะถูกกันโดยวัตถุทั่วไปได้ง่ายเช่น คน กำแพง ต้นไม้ ทำให้สื่อสารไม่ได้ ระยะทางการสื่อสารจะน้อย ประสิทธิภาพจะตกลงถ้าระยะทางมากขึ้น และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสภาพอากาศ เช่นหมอก แสงอาทิตย์แรงๆ ฝนและมลภาวะจะมีผลต่อประสิทธิภาพการสื่อสาร อัตราการส่งข้อมูลจะช้ากว่าแบบใช้สายไฟทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัญหาที่เกิดขึ้นของการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ การสร้างดีเลย์ให้กับสแต็ปปีงมอเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] <http://www.alldatasheet.com/>
- [2] <http://www.chontech.ac.th/~electric/html/stepermotor.htm>
- [3] http://www.eanic.com/art_show.php?pa=article&id=00219
- [4] <http://202.8.85.164/~adisak51/page22.html>
- [5] นคร ภัคศิชาติ, ธีรบุลย์ หล่อวิเชียร, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี”, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
- [6] รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code โปรแกรม

```

#include<AT89x52.h>
code unsigned char step1[] = {0x01,0x02,0x04,0x08};
code unsigned char step2[] = {0x10,0x20,0x40,0x80};

/*****/

void delay (int time)
{
    do
    {
        time--;
    }
    while (time>0);
}

void main (void)
{
    char i;
    i = 0;
    P0 = 0x00;
    P1 = 0xff;
    while(1)
    {
        if(P1==0x0f5)
        {
            delay(0x3500);
            delay(0x100);
            i++;
            if (i>=4)
            i=0;
            P0 = step1[i];
            delay(0x1A80);
        }
        if(P1==0x0f3)
        {
            delay(0x3500);
            delay(0x100);
            i--;
            if(i<0)
            i = 3;
            P0 = step1[i];
            delay(0x1A80);
        }
        if(P1==0x0f6)
        {
            delay(0x3500);
            i++;
            if (i>=4)
            i=0;
            P0 = step2[i];
            delay(0x1A80);
        }
        if(P1==0x0fa)
        {
            delay(0x3500);
            i--;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if(i<0)
    i = 3;
    P0 = step2[i];
    delay(0x1A80);
  }
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoder and Decoder Pairs CMOS

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

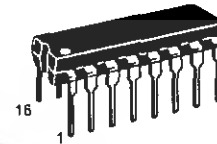
The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (TE) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

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.

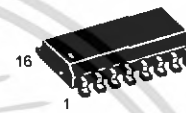
The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: - 40 to + 85°C
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°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
- Low-Voltage Versions Available:
SC41343 = 2.8 to 10 V Version of the MC145027
SC41344 = 2.8 to 10 V Version of the MC145028
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D

MC145026
MC145027
MC145028
SC41343
SC41344



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 648



D SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751B

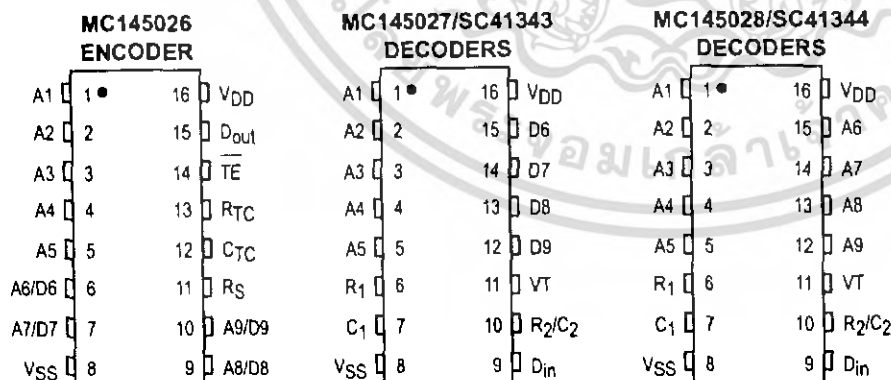


DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P, SC41343P	Plastic DIP
MC145027DW, SC41343DW	SOG Package
MC145028P, SC41344P	Plastic DIP
MC145028DW, SC41344DW	SOG Package

PIN ASSIGNMENTS



* All MC145026 devices manufactured after date code 9314 or 314 are guaranteed over this wider voltage range. All previous designs using the low-voltage SC41342 should convert to the MC145026, which is a drop-in replacement. The SC41342 part number has been discontinued.

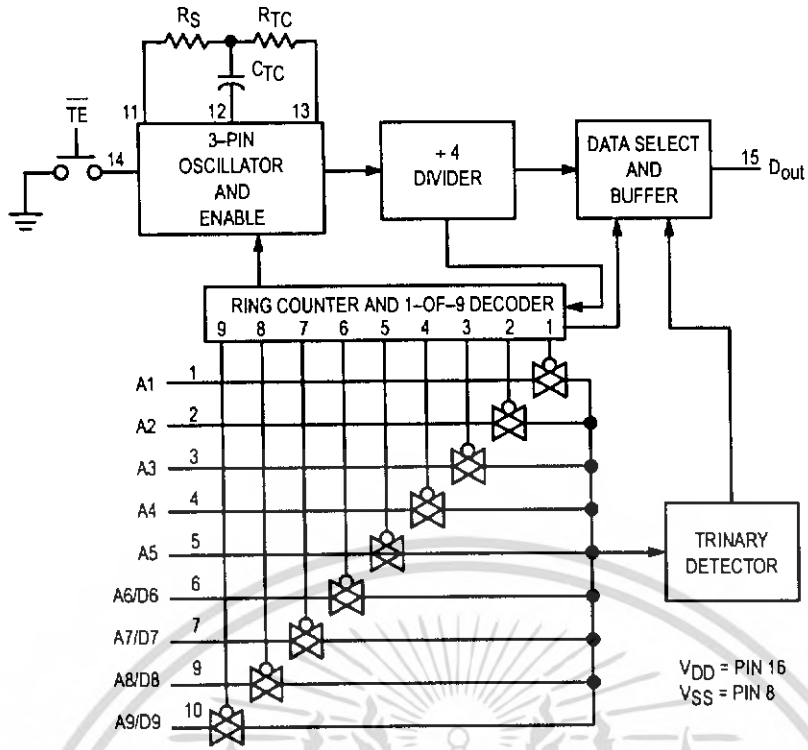


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

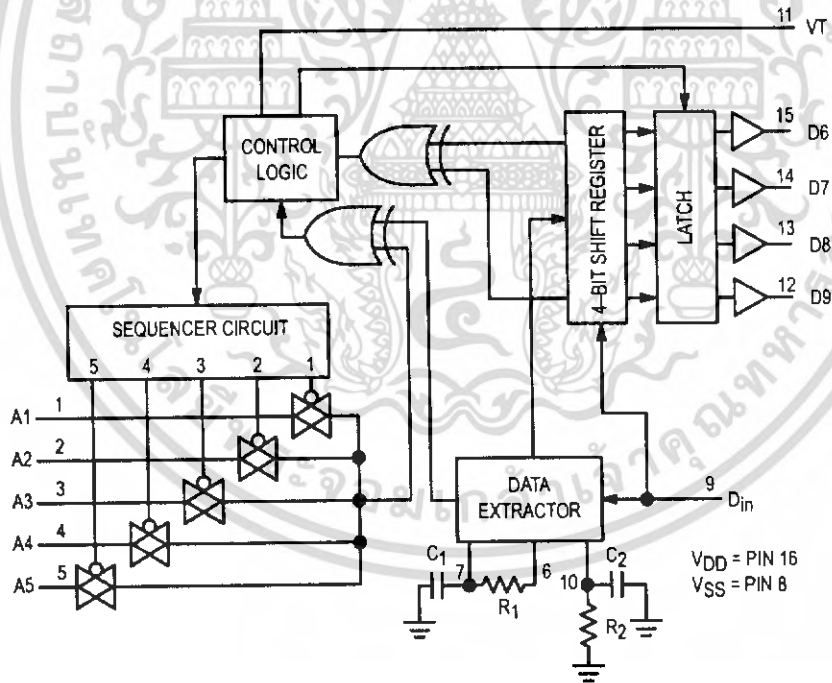


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

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 TE input pin. Upon power-up, the MC145026 can continuously transmit as long as TE remains low (also, the device can transmit two-word sequences by pulsing 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 V_{DD}. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to V_{SS}. 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 μ A at a 5 V supply level, 500 μ A at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The TE input has an internal pull-up device so that a simple switch may be used to force the input low. While 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 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 D_{out} 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 D_{out} pin.

R_S, C_{TC}, R_{TC}

(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 R_S input and the R_{TC} and C_{TC} pins should be left open.

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.

D_{out}

Data Out (Pin 15)

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

V_{SS}

Negative Power Supply (Pin 8)

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

V_{DD}

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).

D_{in}

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.

R₁, C₁**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:

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

R₂/C₂**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): $R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$. This time constant is used to determine whether the D_{in} 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.

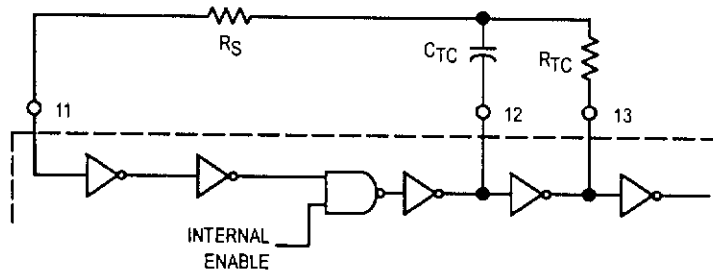
V_{SS}**Negative Power Supply (Pin 8)**

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

V_{DD}**Positive Power Supply (Pin 16)**

The most-positive power supply pin.





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 kHz ≤ f ≤ 400 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 ≥ 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 MΩ.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

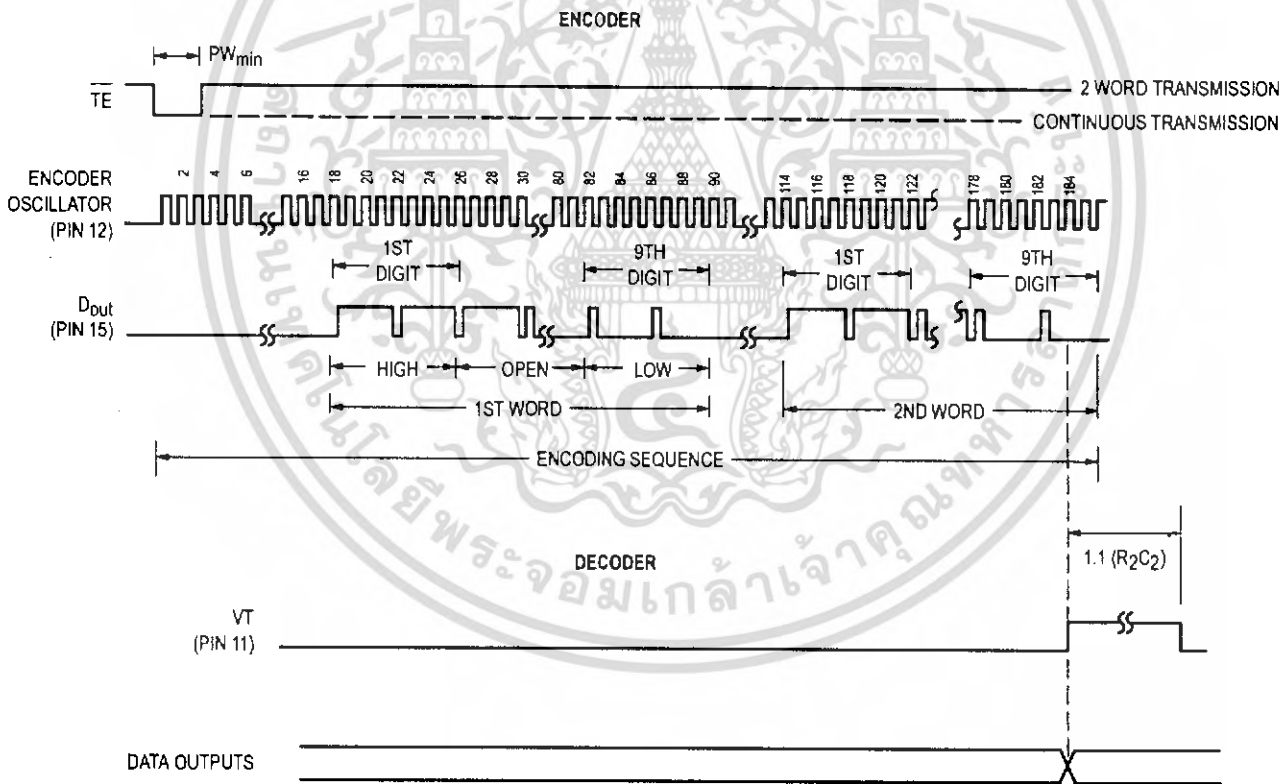


Figure 10. Timing Diagram

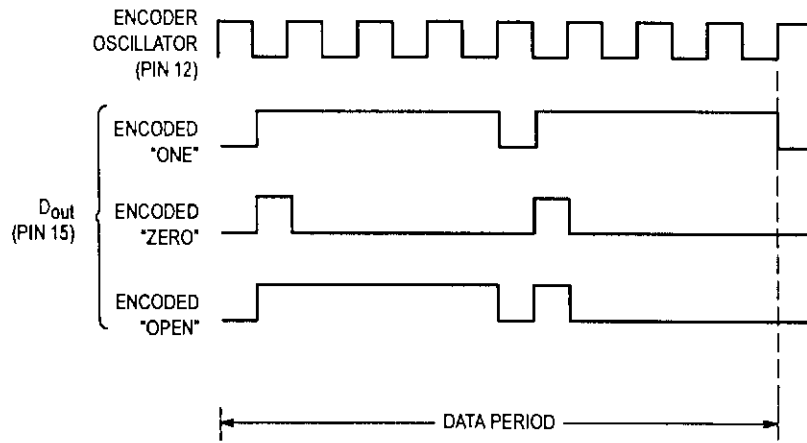


Figure 11. Encoder Data Waveforms

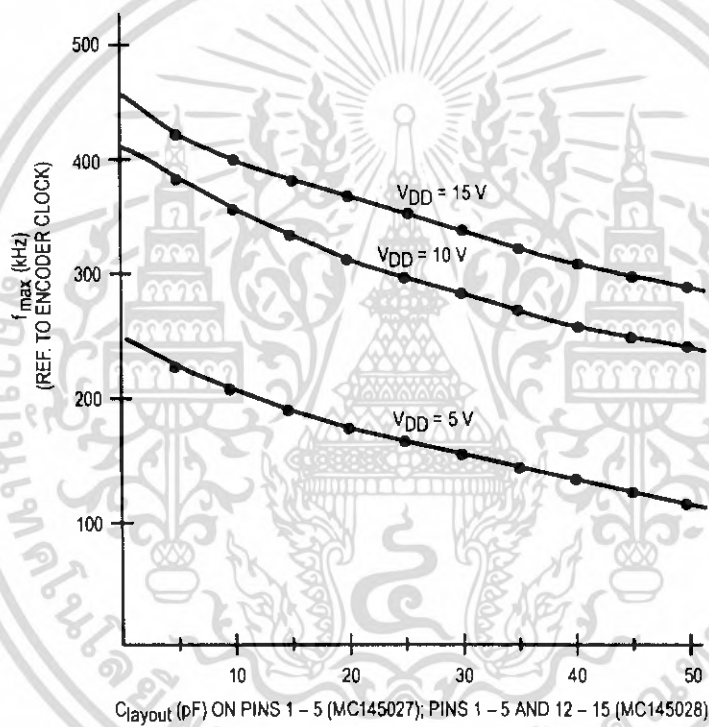


Figure 12. f_{max} vs Clayout — Decoders Only

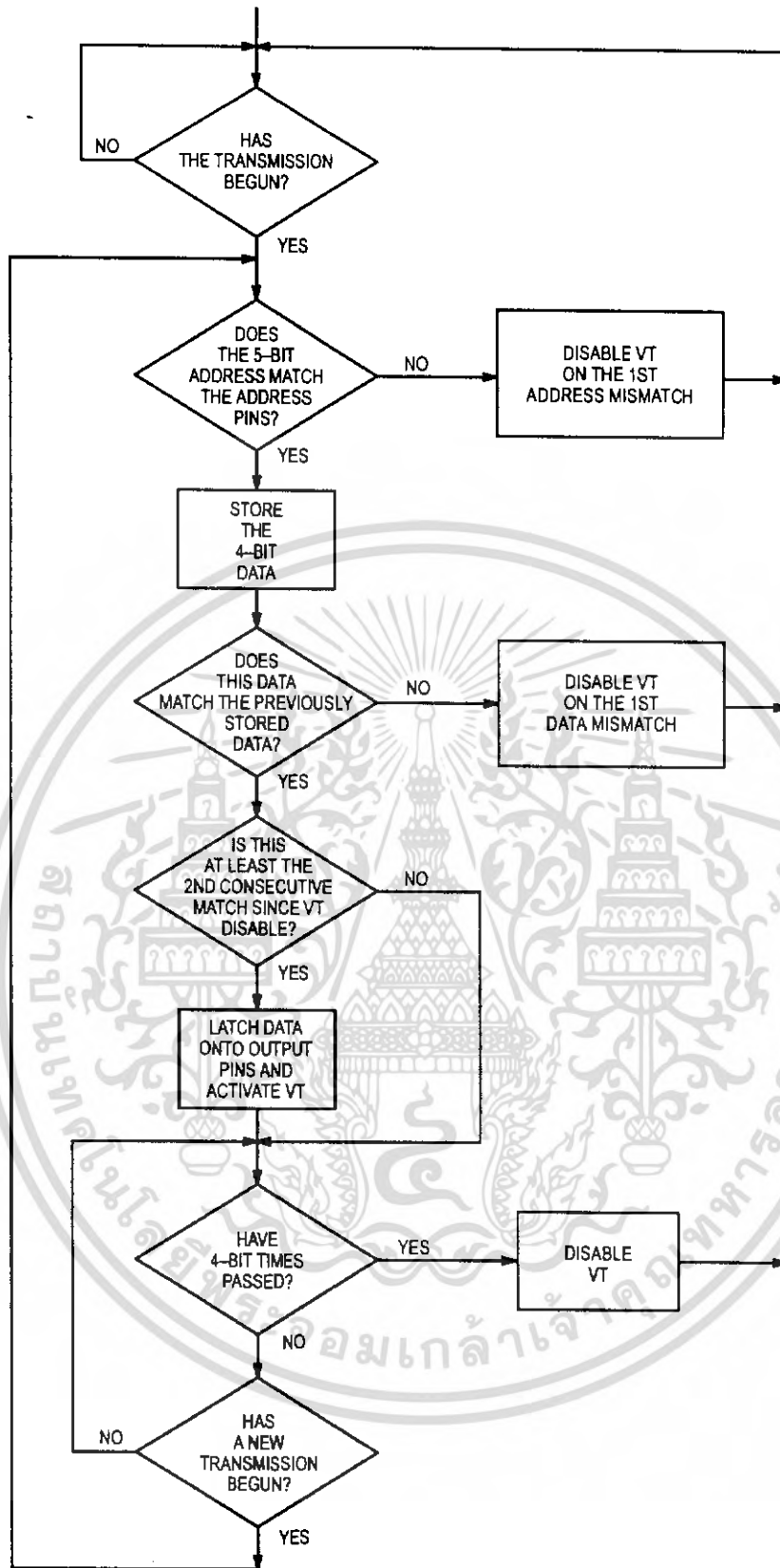


Figure 13. MC145027 Flowchart

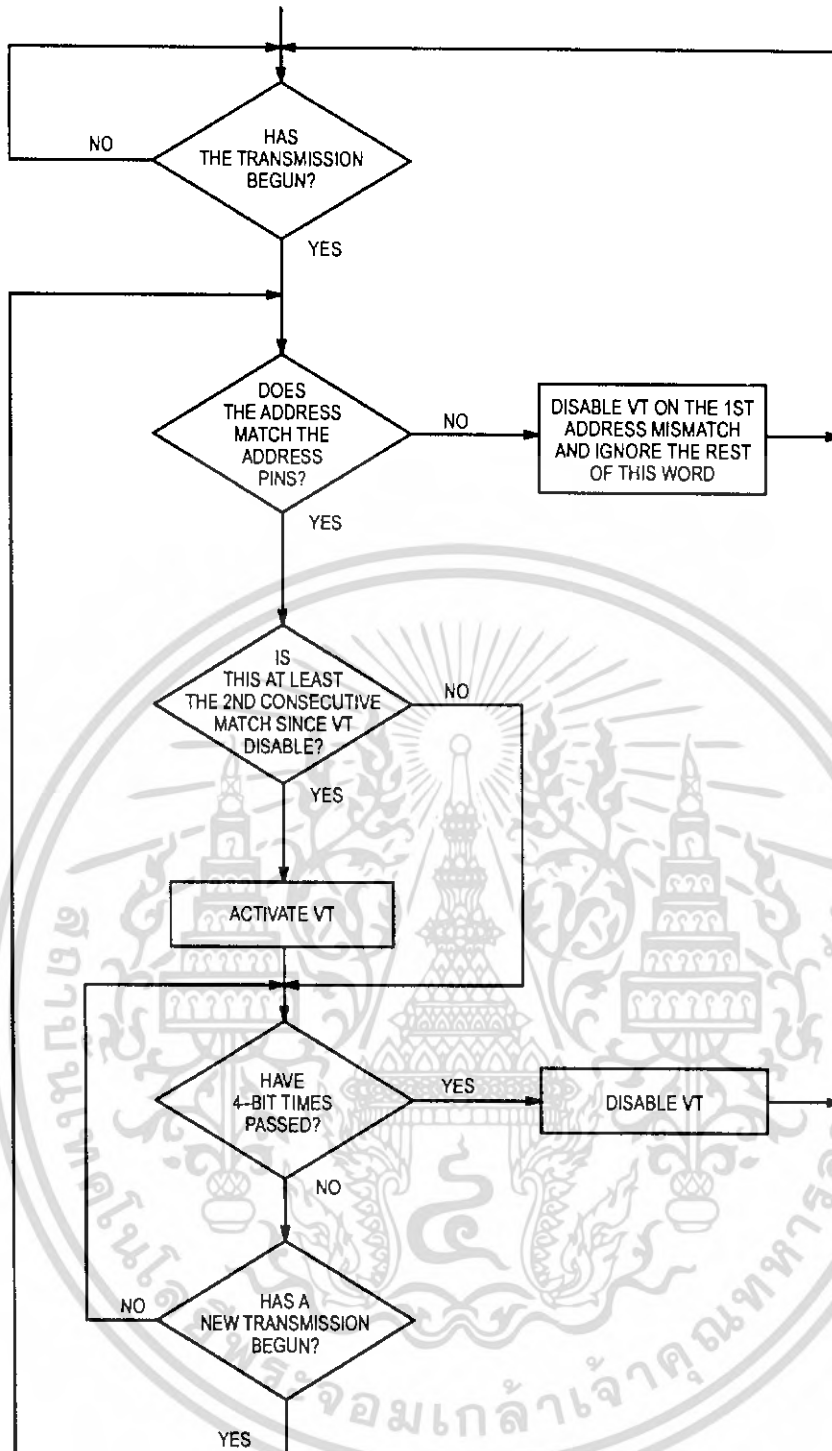


Figure 14. MC145028 Flowchart

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 between words and after the end-of-transmission (EOT) 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.

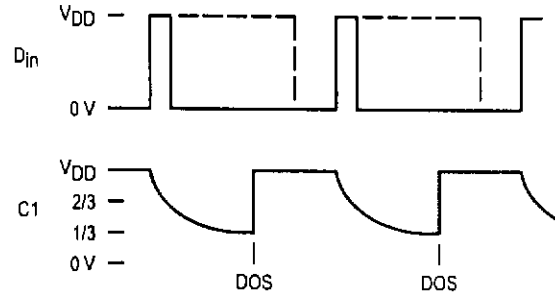


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)

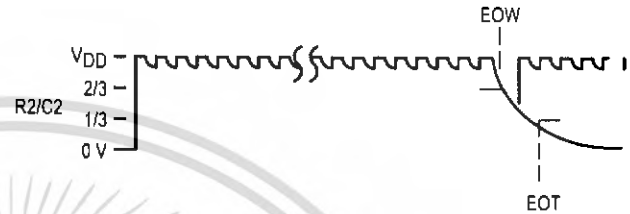
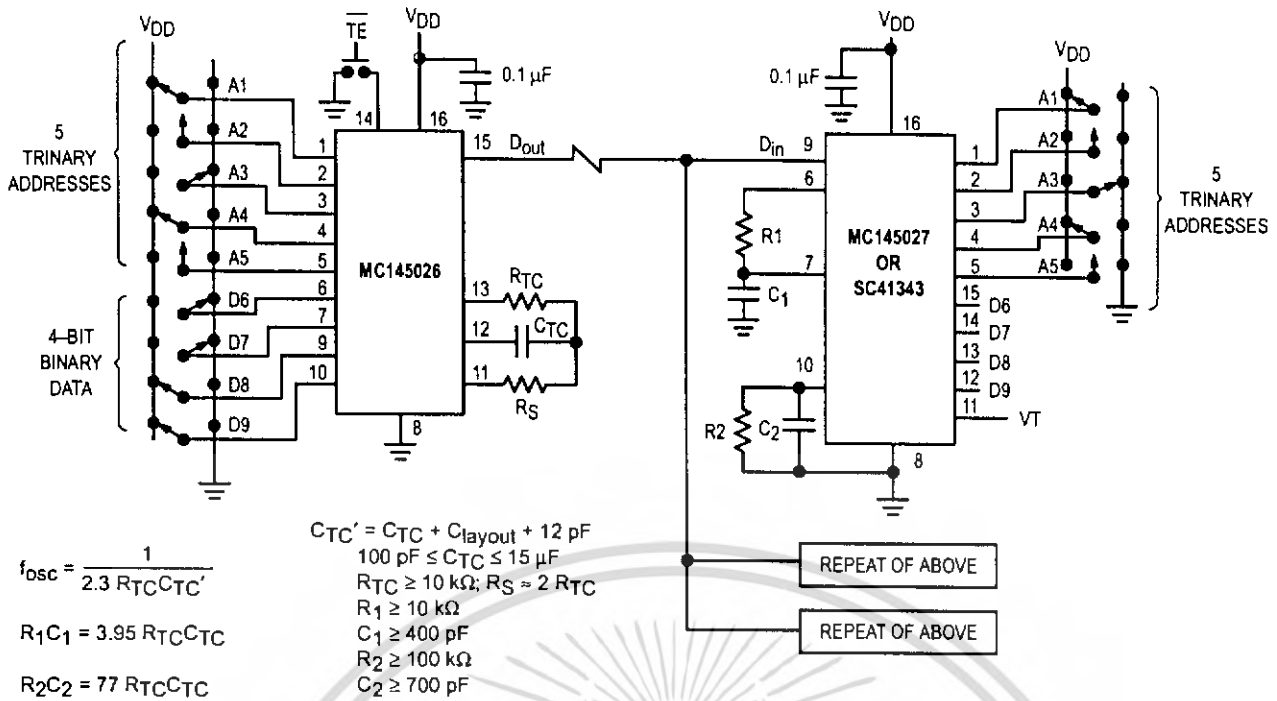


Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



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 μF
8.53	10 k	5100 pF	20 k	10 k	0.02 μF	200 k	0.02 μF
1.71	50 k	5100 pF	100 k	50 k	0.02 μF	200 k	0.1 μF

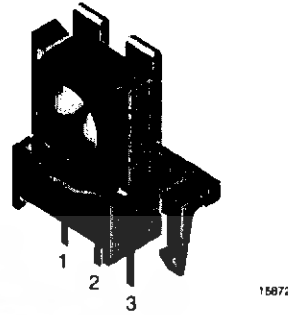
Figure 17. Typical Application

IR Receiver Modules for Remote Control Systems

Description

The TSOP348..VI1 - 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..VI1 is the standard IR remote control receiver series for 3 V supply voltage, supporting all major transmission codes.



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 range: 2.7 V to 5.5 V
- Improved immunity against ambient light

Mechanical Data

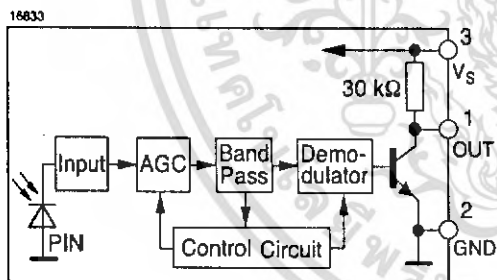
Pinning:

1 = OUT, 2 = GND, 3 = V_S

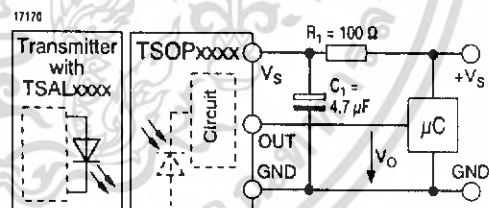
Parts Table

Part	Carrier Frequency
TSOP34830VI1	30 kHz
TSOP34833VI1	33 kHz
TSOP34836VI1	36 kHz
TSOP34837VI1	36.7 kHz
TSOP34838VI1	38 kHz
TSOP34840VI1	40 kHz
TSOP34856VI1	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

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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	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	$t \leq 5\text{ s}$	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
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	$E_e\text{ min}$		0.2	0.4	mW/m^2
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	$E_e\text{ min}$		0.3	0.5	mW/m^2
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	$E_e\text{ min}$		0.35	0.5	mW/m^2
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	$E_e\text{ min}$		0.45	0.6	mW/m^2
Irradiance	$t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig. 1	$E_e\text{ max}$	30			W/m^2
Directivity	Angle of half transmission distance	$\phi_{1/2}$		± 45		deg

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

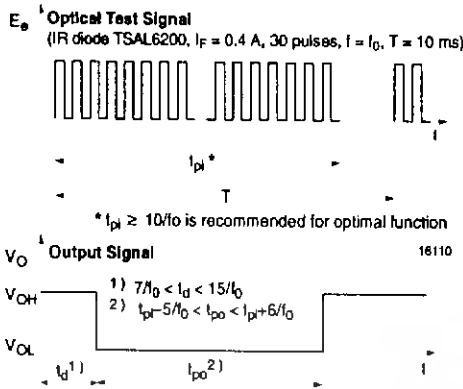


Figure 1. Output Function

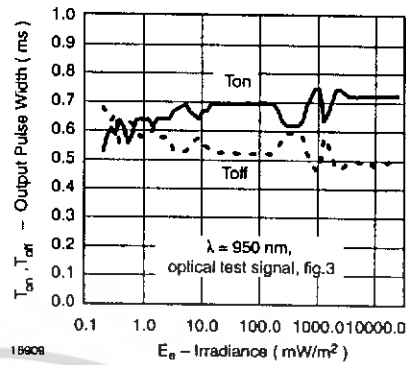


Figure 4. Output Pulse Diagram

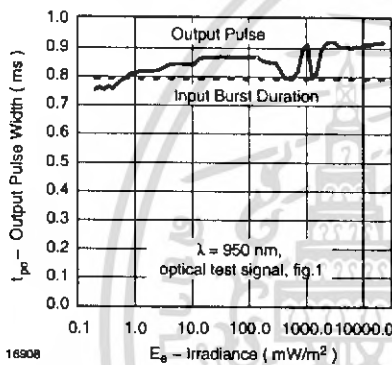


Figure 2. Pulse Length and Sensitivity in Dark Ambient

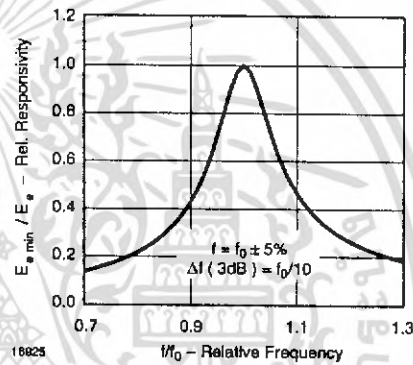


Figure 5. Frequency Dependence of Responsivity

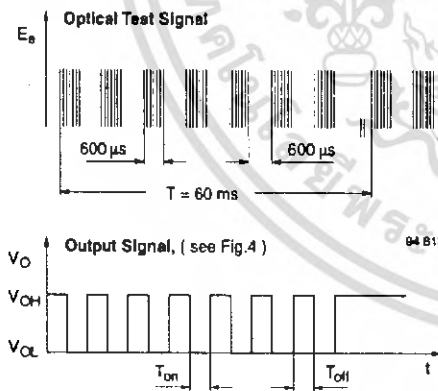


Figure 3. Output Function

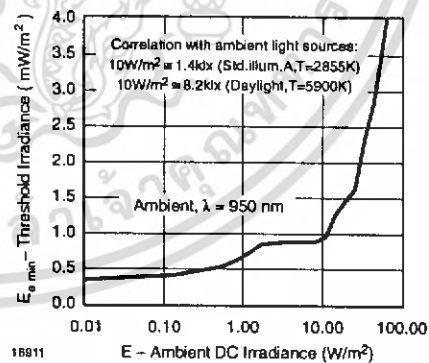


Figure 6. Sensitivity in Bright Ambient

SN74LS00

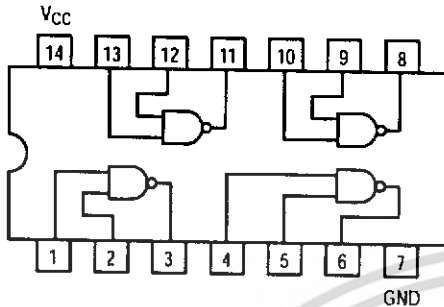
Quad 2-Input NAND Gate

- ESD > 3500 Volts



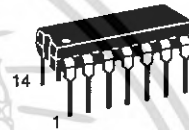
ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
<http://onsemi.com>

**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	°C
I_{OH}	Output Current – High			-0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646



SOIC
D SUFFIX
CASE 751A

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS00N	14 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS00D	14 Pin	2500/Tape & Reel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS00

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 _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
V _{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA V _{CC} = V _{CC} MIN, V _{IN} = V _{IL} or V _{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH			1.6	mA	V _{CC} = MAX
	Total, Output LOW			4.4		

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

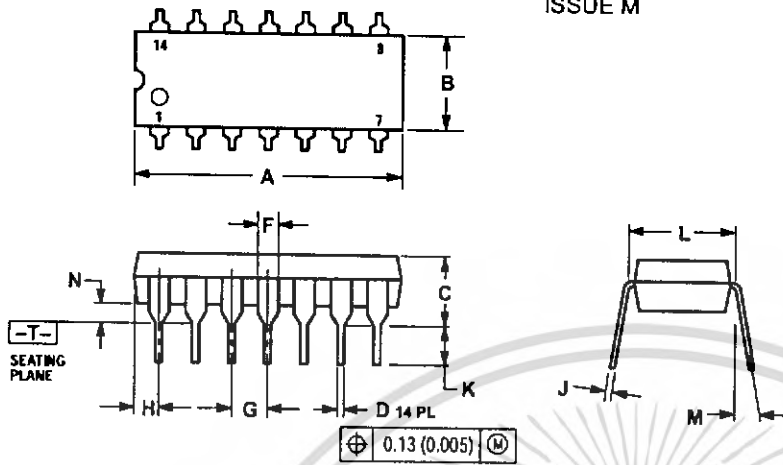
AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		9.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15	ns	

SN74LS00

PACKAGE DIMENSIONS

N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646-06 ISSUE M

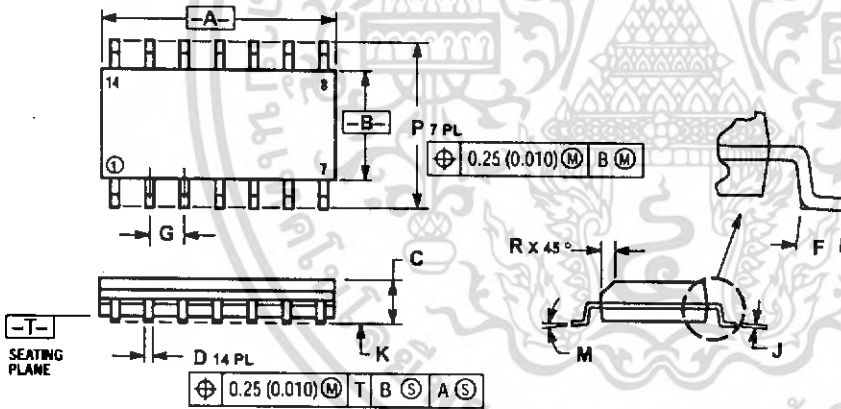


NOTES:

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	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.50
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.009	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	—		10°	
N	0.015	0.039	0.38	1.01

D SUFFIX PLASTIC SOIC PACKAGE CASE 751A-03 ISSUE F




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	8.55	8.75	0.337	0.344
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°	
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

North America Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor – European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (M-F 2:30pm to 5:00pm Munich Time)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (M-F 2:30pm to 5:00pm Toulouse Time)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (M-F 1:30pm to 5:00pm UK Time)
Email: ONlit@hibbertco.com

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor – Asia Support

Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong 800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-8549
Phone: 81-3-5467-8345
Email: r14153@onsemi.com

Fax Response Line: 303-675-2167
800-344-3810 Toll Free USA/Canada

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

SN74LS00/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

DESCRIPTION

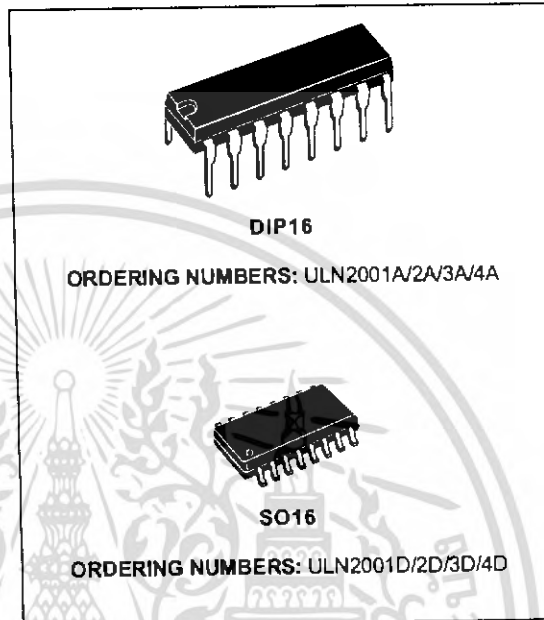
The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The four versions interface to all common logic families :

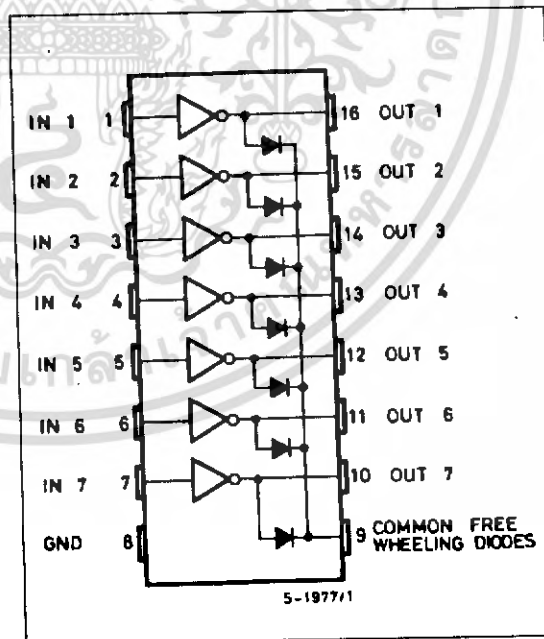
ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

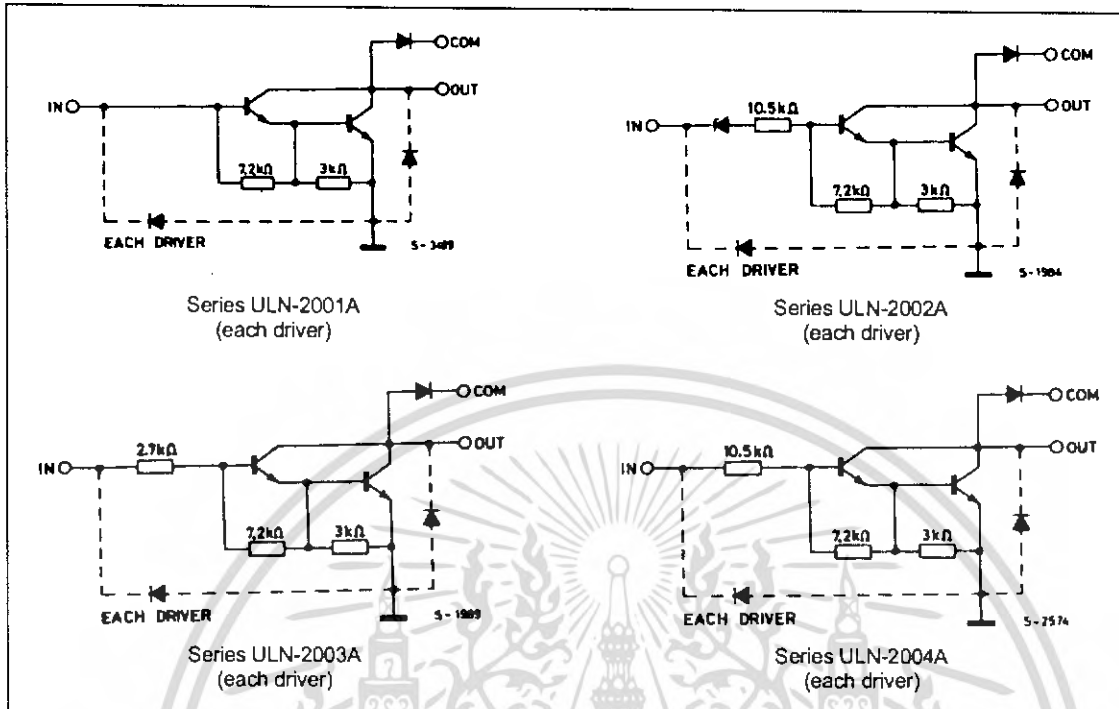


PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	120	°C/W

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_{CE} = 50\text{V}$			50 100	μA μA	1a 1a
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}, V_i = 6\text{V}$			500	μA	1b
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}, V_i = 1\text{V}$			500	μA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_C = 200\text{mA}, I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2
		$I_C = 350\text{mA}, I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2
$I_{I(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_i = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, $V_i = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, $V_i = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3
		$V_i = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3
$I_{I(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		μA	4
$V_{I(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13	V	5
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4		
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7		
		$I_C = 300\text{mA}$			3		
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5		
		$I_C = 200\text{mA}$			6		
		$I_C = 275\text{mA}$			7		
		$I_C = 350\text{mA}$			8		
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 350\text{mA}$	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$			50	μA	6
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_R = 50\text{V}$			100	μA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

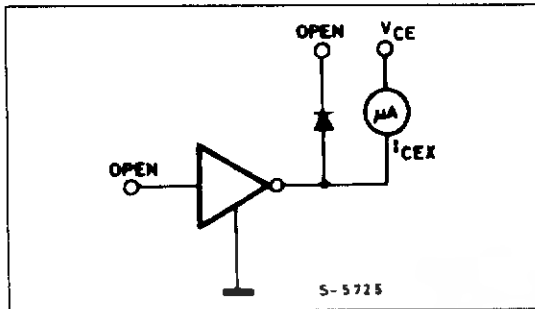


Figure 1b.

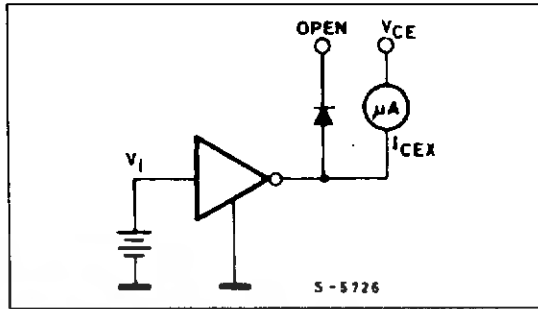


Figure 2.

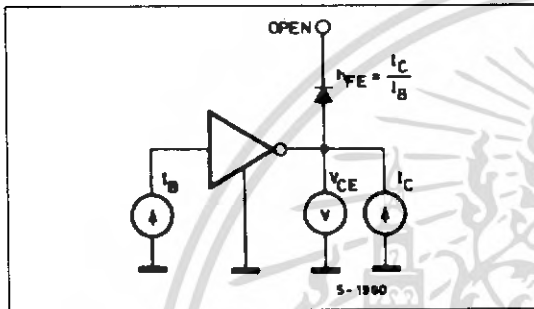


Figure 3.

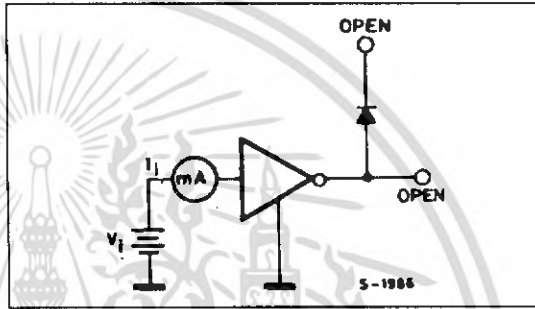


Figure 4.

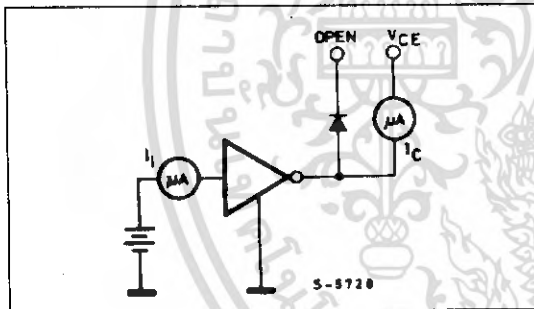


Figure 5.

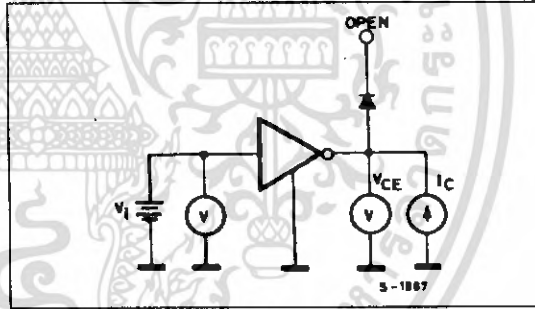


Figure 6.

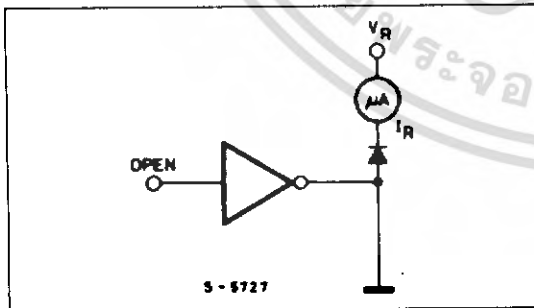


Figure 7.

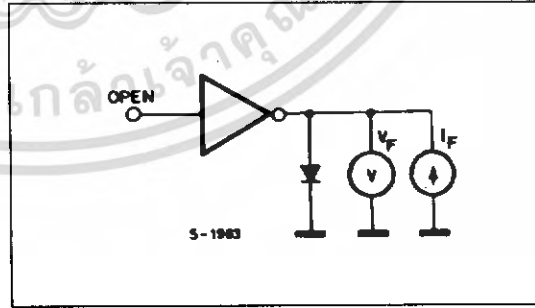


Figure 8: Collector Current versus Input Current

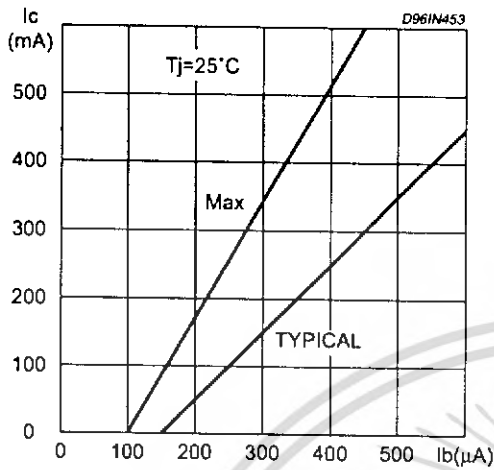


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

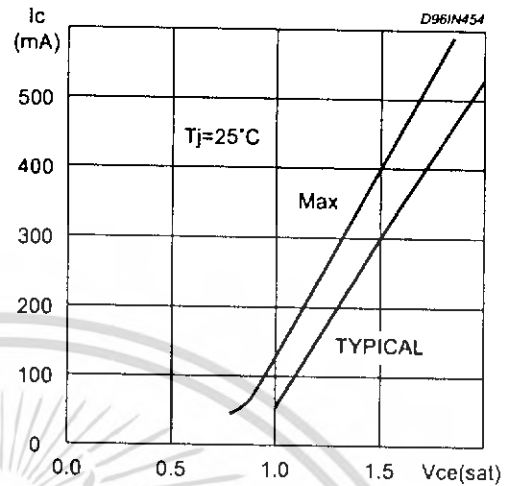


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

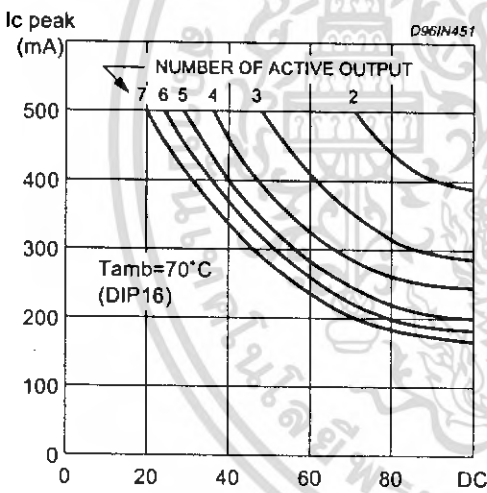
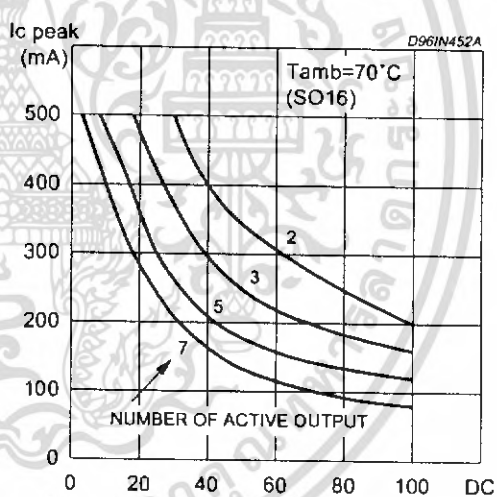
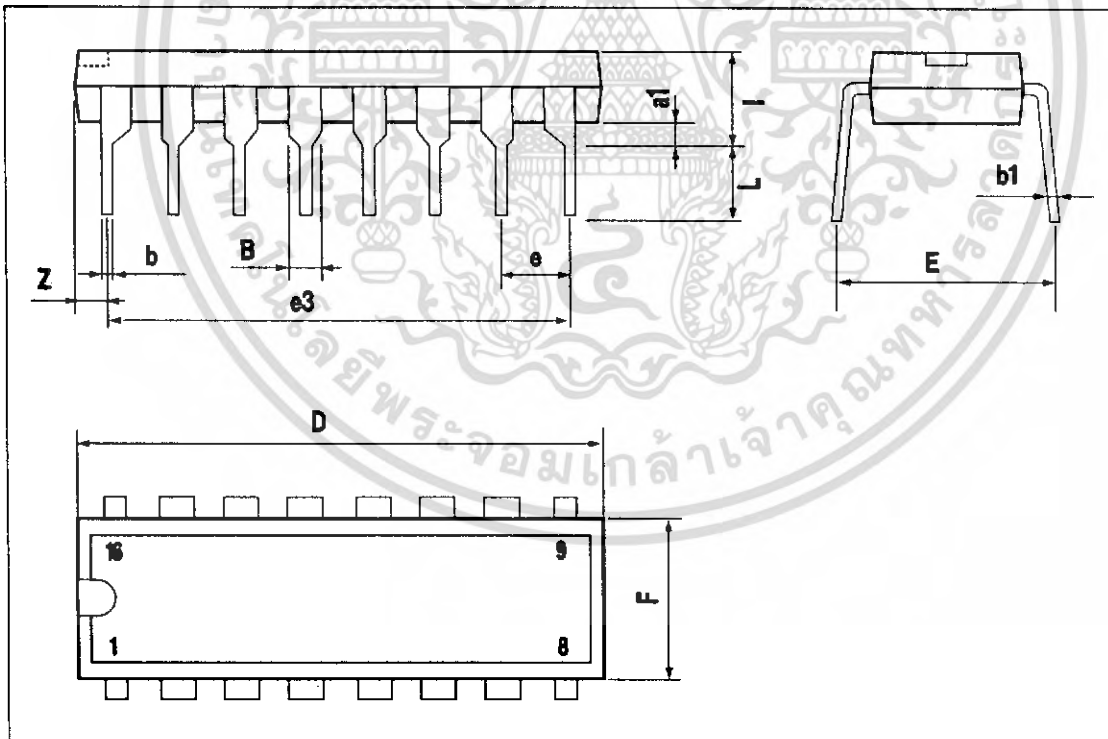
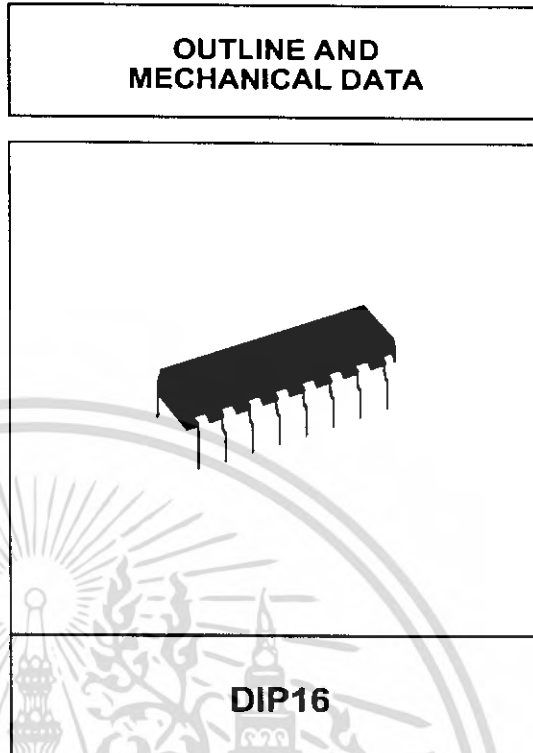


Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



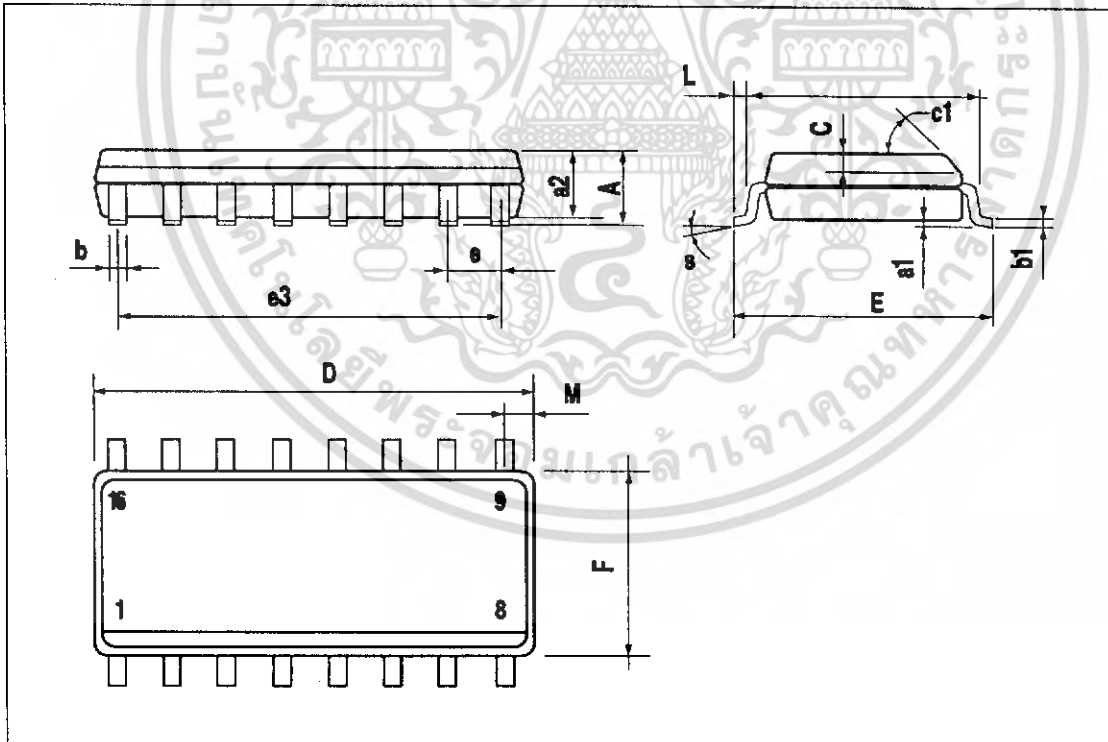
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F (1)	3.8		4	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.209
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8° (max.)					

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



SO16 Narrow

(1) D and F do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006inch).





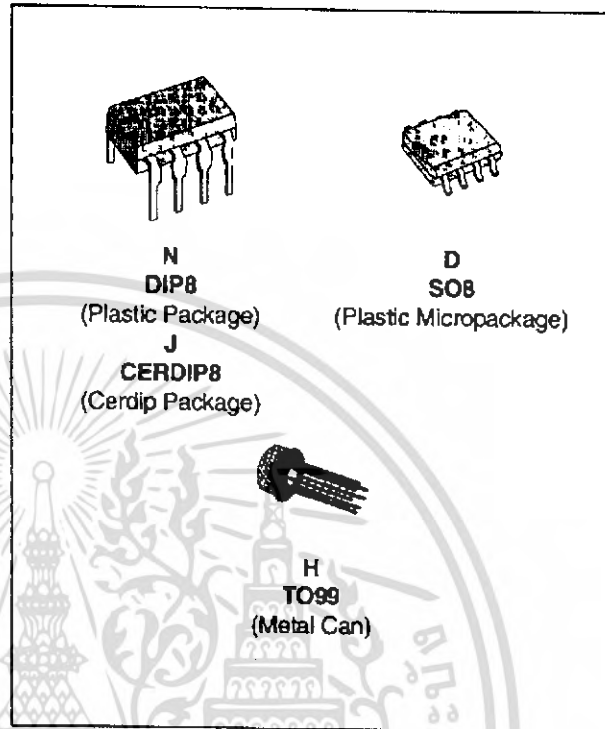
Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
© 2002 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.
<http://www.st.com>

GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONO-STABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C



DESCRIPTION

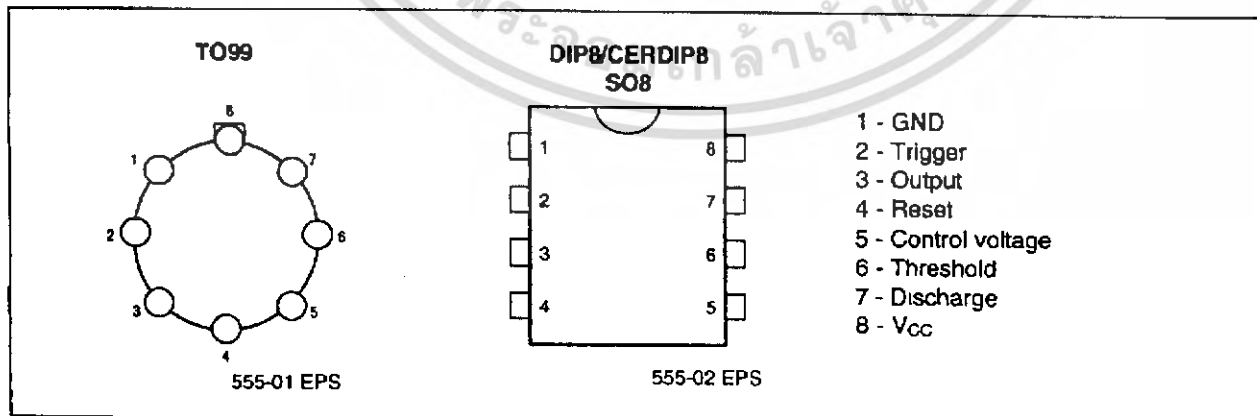
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.

ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package			
		H	N	J	D
NE555	0°C, 70°C	•	•	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•	•	•

555-01.TBL

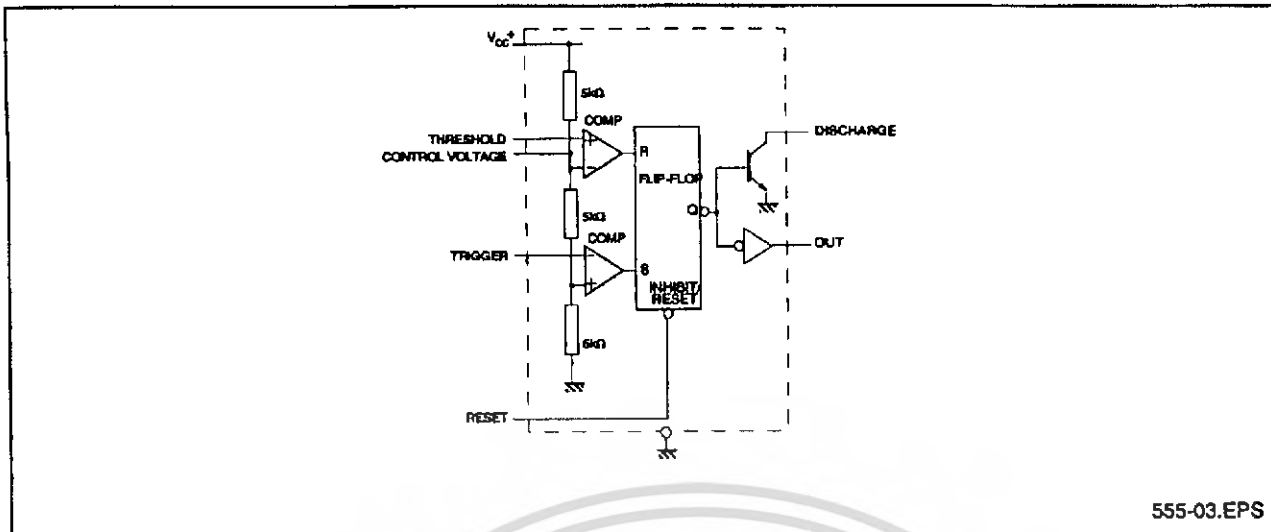
PIN CONNECTIONS (top views)



www.DataSheet.in

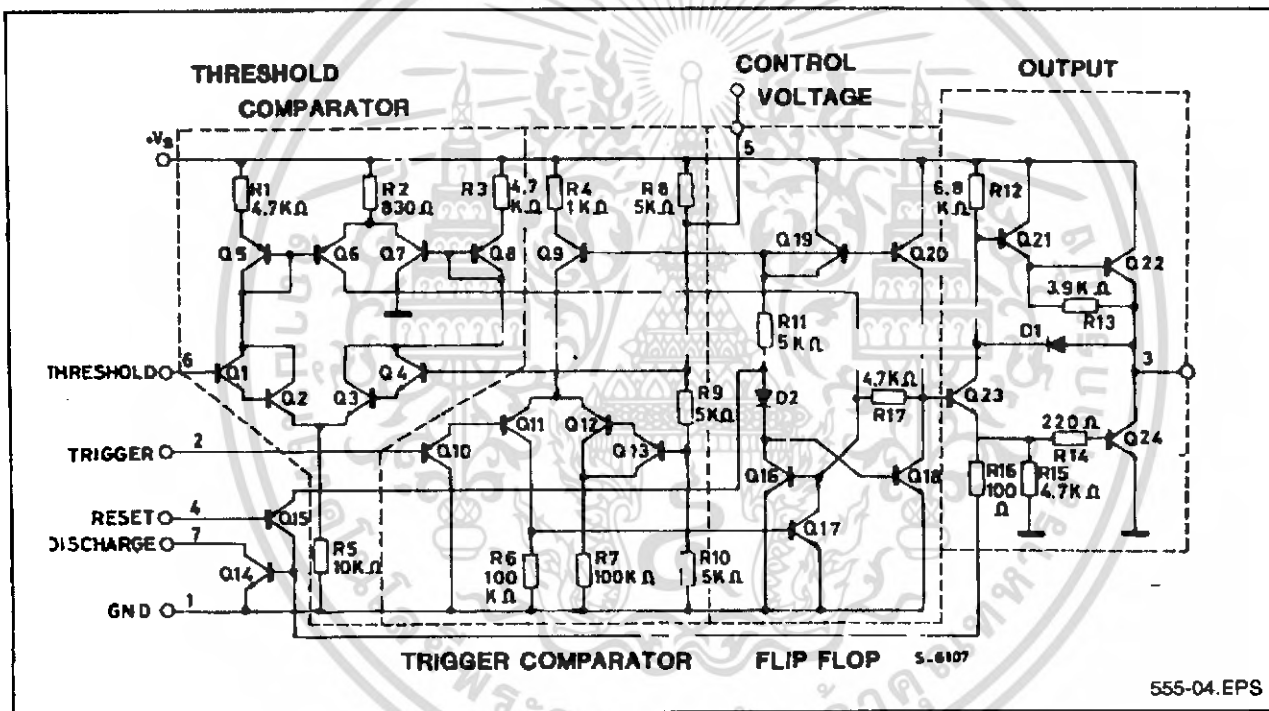
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



555-03.EPS

SCHEMATIC DIAGRAM



555-04.EPS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_{CC}	Supply Voltage	18	V	
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	for NE555 for SA555 for SE555	0 to 70 -40 to 105 -55 to 125	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C	
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C	

555-02.TBL

www.DataSheet.in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับราชการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 16	V
V _{th} , V _{trng} , V _d , V _{reset}	Maximum Input Voltage	V _{CC}	V _{CC}	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_{amb} = +25°C, V_{CC} = +5V to +15V (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I _{CC}	Supply Current (R _L ∞) (- note 1) Low State V _{CC} = +5V V _{CC} = +15V High State V _{CC} = 5V		3 10 2	5 12		3 10 2	6 15	mA
	Timing Error (monostable) (R _A = 2k to 100kΩ, C = 0.1μF) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		0.5 30 0.05	2 100 0.2		1 50 0.1	3 3	% ppm/°C %/V
	Timing Error (astable) (R _A , R _B = 1kΩ to 100kΩ, C = 0.1μF, V _{CC} = +15V) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		1.5 90 0.15			2.25 150 0.3		% ppm/°C %/V
V _{CL}	Control Voltage level V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V
V _{th}	Threshold Voltage V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	9.4 2.7	10 3.33	10.6 4	8.8 2.4	10 3.33	11.2 4.2	V
I _{th}	Threshold Current - (note 3)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V _{trng}	Trigger Voltage V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5 1.67	5.6 2.2	V
I _{trng}	Trigger Current (V _{trng} = 0V)		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V _{reset}	Reset Voltage - (note 4)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
I _{reset}	Reset Current V _{reset} = +0.4V V _{reset} = 0V		0.1 0.4	0.4 1		0.1 0.4	0.4 1.5	mA
V _{OL}	Low Level Output Voltage V _{CC} = +15V, I _{O(sink)} = 10mA I _{O(sink)} = 50mA I _{O(sink)} = 100mA I _{O(sink)} = 200mA V _{CC} = +5V, I _{O(sink)} = 8mA I _{O(sink)} = 5mA		0.1 0.4 2 2.5 0.1 0.05	0.15 0.5 2.2 2.5 0.25 0.2		0.1 0.4 2 2.5 0.3 0.25	0.25 0.75 2.5 2.5 0.4 0.35	V
V _{OH}	High Level Output Voltage V _{CC} = +15V, I _{O(source)} = 200mA I _{O(source)} = 100mA V _{CC} = +5V, I _{O(source)} = 100mA	13 3	12.5 13.3 3.3		12.75 2.75	12.5 13.3 3.3		V

- Notes :
1. Supply current when output is high is typically 1mA less
 2. Tested at V_{CC} = +5V and V_{CC} = +15V.
 3. This will determine the maximum value of R_A + R_B for +15V operation the max total is R = 20MΩ and for 5V operation, the max total R = 3.5MΩ

www.DataSheet.in

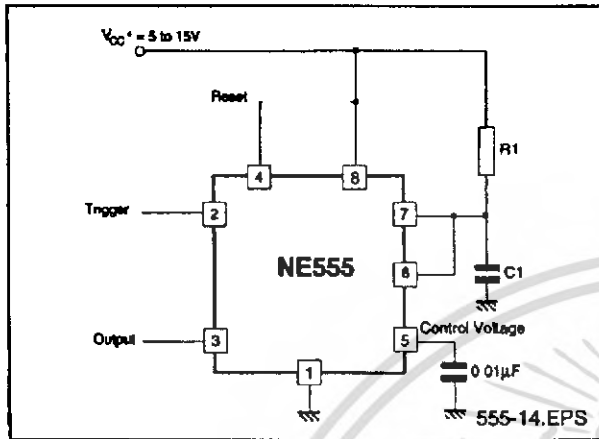
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

MONOSTABLE OPERATION

In the monostable mode, the timer functions as a one-shot. Referring to figure 10 the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

Figure 10



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches 1/3 Vcc. Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by $t = 1.1 R_1 C_1$ and is easily determined by figure 12.

Notice that since the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant $\tau = R_1 C_1$. When the voltage across the capacitor equals 2/3 Vcc, the comparator resets the flip-flop which then discharge the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

Figure 11 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibly or false triggering.

Figure 11

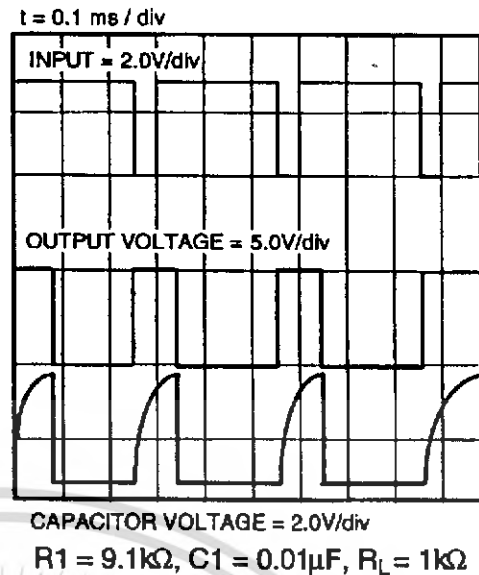
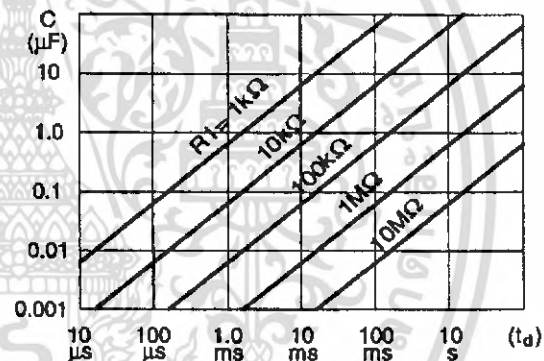


Figure 12



ASTABLE OPERATION

When the circuit is connected as shown in figure 13 (pin 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multivibrator. The external capacitor charges through R1 and R2 and discharges through R2 only. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation, C1 charges and discharges between 1/3 Vcc and 2/3 Vcc. As in the triggered mode, the charge and discharge times and therefore frequency are independent of the supply voltage.

www.DataSheet.in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 13

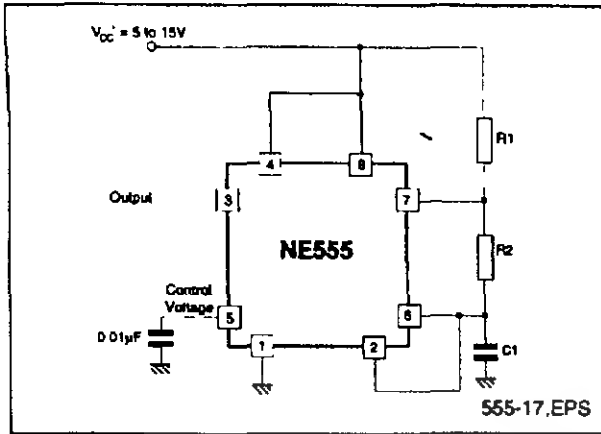


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by :

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

and the discharge time (output LOW) by :

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1$$

Thus the total period T is given by :

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1$$

The frequency of oscillation is them :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

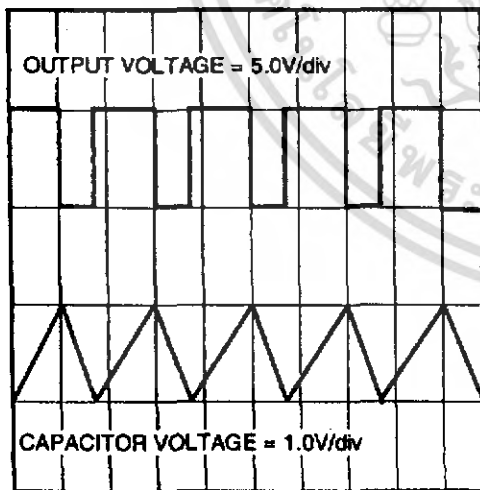
and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Figure 14

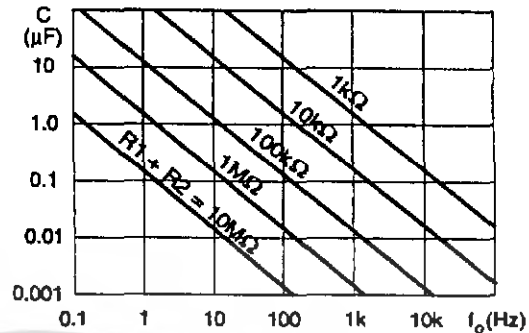
1 = 0.5 ms / div



$R_1 = R_2 = 4.8k\Omega$, $C_1 = 0.1\mu F$, $R_L = 1k\Omega$

555-19.EPS

Figure 15 : Free Running Frequency versus R_1 , R_2 and C_1

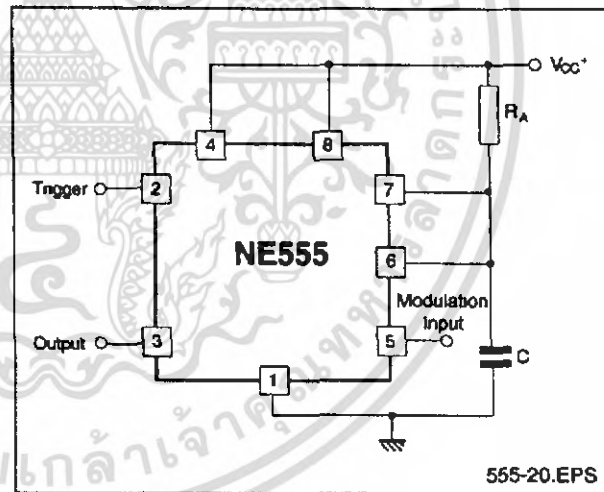


555-18.EPS

PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 16 shows the circuit.

Figure 16 : Pulse Width Modulator.



www.DataSheet.in

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 17 shows a circuit configuration that will perform this function.

Figure 17.

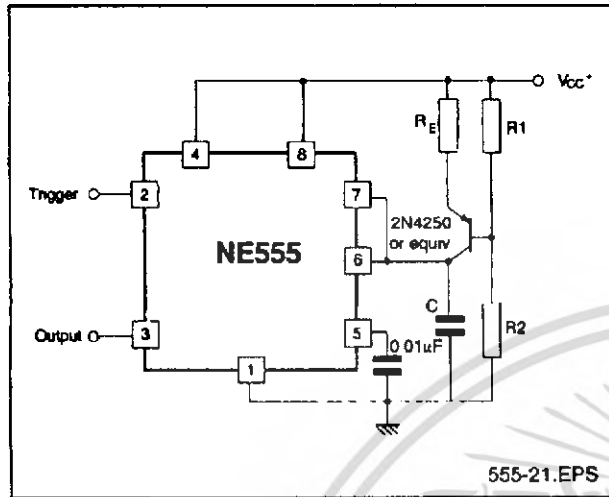
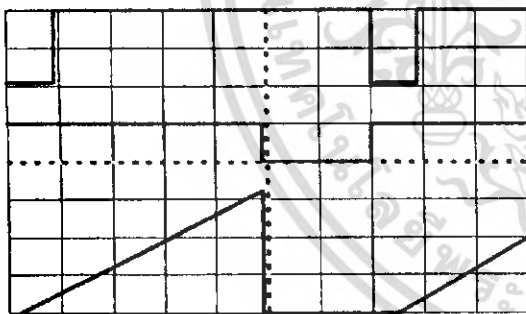


Figure 18 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by :

$$T = \frac{(2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)} \quad V_{BE} = 0.6V$$

Figure 18 : Linear Ramp.



$V_{CC} = 5V$
 Time = 20µs/DIV
 $R_1 = 47k\Omega$
 $R_2 = 100k\Omega$
 $R_E = 2.7k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

Top trace : input 3V/DIV
 Middle trace : output 5V/DIV
 Bottom trace : output 5V/DIV
 Bottom trace : capacitor voltage 1V/DIV

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle the resistors R_A and R_E may be connected as in figure 19. The time period for the output high is the same as previous, $t_1 = 0.693 R_A C$.

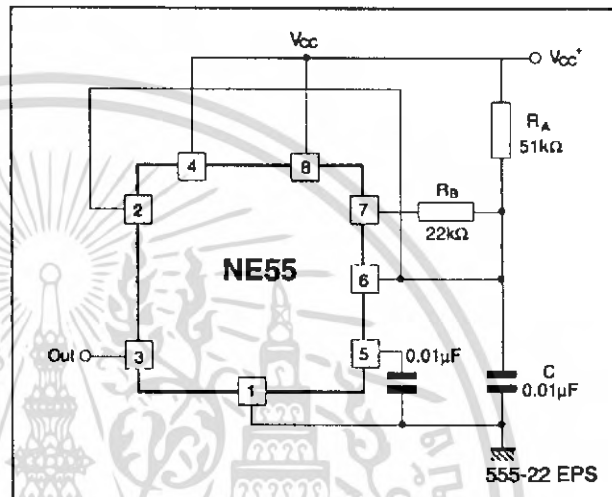
For the output low it is $t_2 =$

$$[(R_A R_B) / (R_A + R_B)] C \ln \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater

Figure 19 : 50% Duty Cycle Oscillator.



than $1/2 R_A$ because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to $1/3 V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is $0.1\mu F$ in parallel with $1\mu F$ electrolytic.

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

FEATURES

- Output capability: standard
- I_{CC} category: SSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT132 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT132 contain four 2-input NAND gates which accept standard input signals. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals.

The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive voltage V_{T+} and the negative voltage V_{T-} is defined as the hysteresis voltage V_H .

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	11	17	ns
C_i	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per gate	notes 1 and 2	24	20	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is $V_i = \text{GND to } V_{CC}$
For HCT the condition is $V_i = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

ORDERING INFORMATION

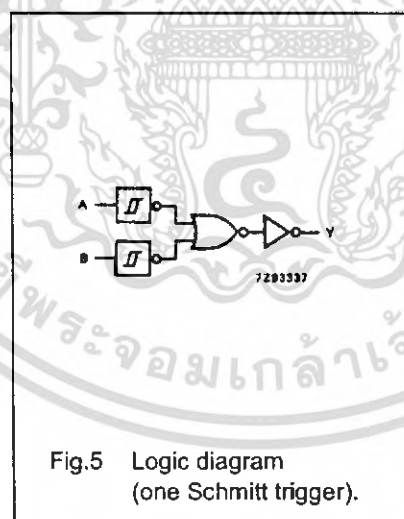
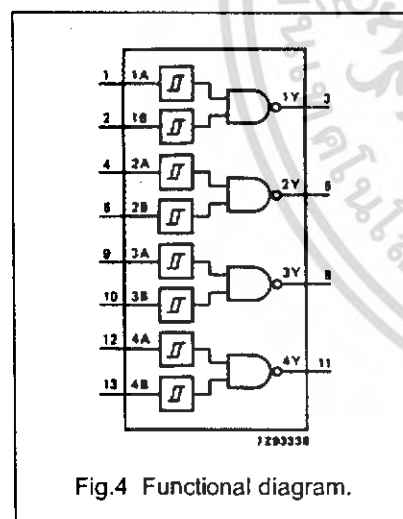
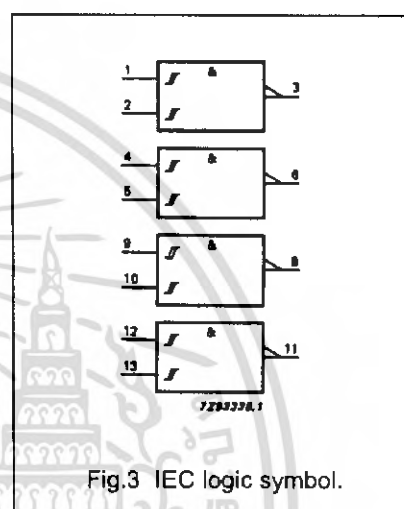
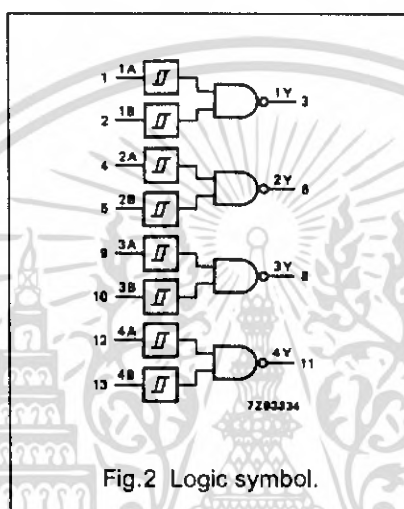
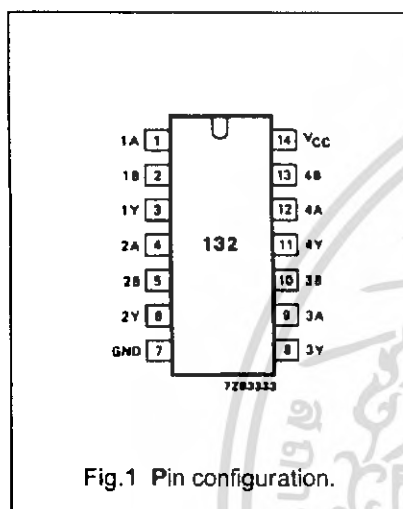
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 4, 9, 12	1A to 4A	data inputs
2, 5, 10, 13	1B to 4B	data inputs
3, 6, 8, 11	1Y to 4Y	data outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V _{CC}	positive supply voltage



FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
nA	nB	nY
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

Notes

- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

APPLICATIONS

- Wave and pulse shapers
- Astable multivibrators
- Monostable multivibrators

Quad 2-input NAND Schmitt trigger

74HC/HCT132

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications". Transfer characteristics are given below.

Output capability: standard
I_{CC} category: SSI

Transfer characteristics for 74HC

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V)

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC									V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
V _{T+}	positive-going threshold	0.7	1.18	1.5	0.7	1.5	0.7	1.5	V	2.0	Figs 6 and 7	
		1.7	2.38	3.15	1.7	3.15	1.7	3.15				
		2.1	3.14	4.2	2.1	4.2	2.1	4.2				
V _{T-}	negative-going threshold	0.3	0.63	1.0	0.3	1.0	0.3	1.0	V	2.0	Figs 6 and 7	
		0.9	1.67	2.2	0.9	2.2	0.9	2.2				
		1.2	2.26	3.0	1.2	3.0	1.2	3.0				
V _H	hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	0.2	0.55	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	V	2.0	Figs 6 and 7	
		0.4	0.71	1.4	0.4	1.4	0.4	1.4				
		0.6	0.88	1.6	0.6	1.6	0.6	1.6				

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)								UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC									V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 TO +85		-40 TO +125					
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.				
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	36	125		155		190	ns	2.0	Fig.13		
		13	25		31		38					
		10	21		26		32					
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time	19	75		95		110	ns	2.0	Fig.13		
		7	15		19		22					
		6	13		16		19					

MPS2222, MPS2222A

MPS2222A is a Preferred Device

General Purpose Transistors

NPN Silicon

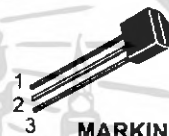
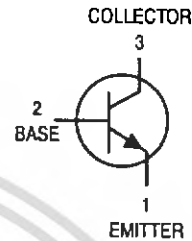


ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>

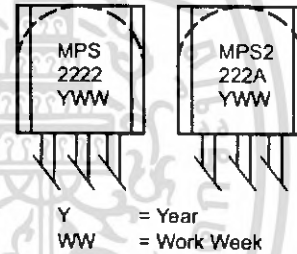
MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage MPS2222 MPS2222A	V_{CEO}	30 40	Vdc
Collector-Base Voltage MPS2222 MPS2222A	V_{CBO}	60 75	Vdc
Emitter-Base Voltage MPS2222 MPS2222A	V_{EBO}	5.0 6.0	Vdc
Collector Current - Continuous	I_C	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$



TO-92
CASE 29
STYLE 1

MARKING DIAGRAMS



THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C}/\text{W}$

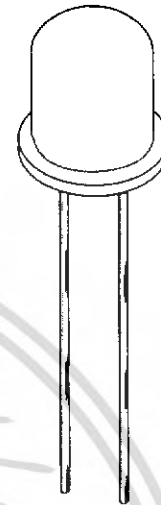
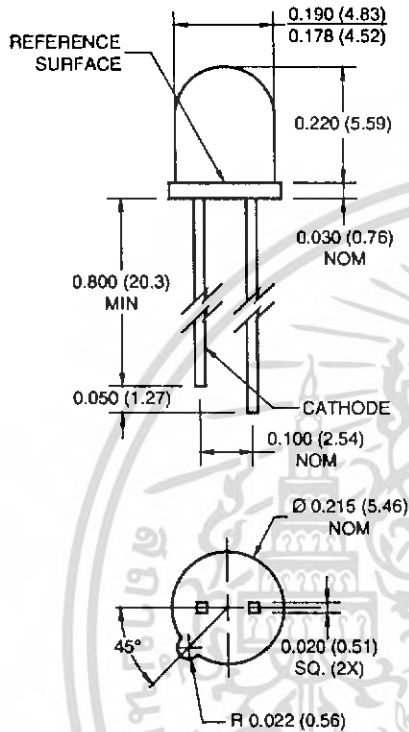
ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MPS2222	TO-92	5000 Units/Box
MPS2222A	TO-92	5000 Units/Box
MPS2222ARLRA	TO-92	2000/Tape & Reel
MPS2222ARLRM	TO-92	2000/Ammo Pack
MPS2222ARLRP	TO-92	2000/Ammo Pack
MPS2222RLRA	TO-92	2000/Tape & Reel
MPS2222RLRM	TO-92	2000/Ammo Pack
MPS2222RLRP	TO-92	2000/Ammo Pack

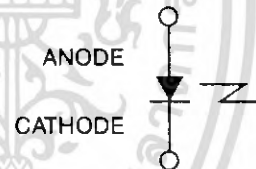
Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS



SCHEMATIC



NOTES:

1. Dimensions for all drawings are in inches (mm).
2. Tolerance of $\pm .010$ (.25) on all non-nominal dimensions unless otherwise specified.

DESCRIPTION

The QED522/523 is an 880 nm AlGaAs LED encapsulated in a clear, peach tinted, plastic TO-46 package.

FEATURES

- $\lambda = 880$ nm
- Chip material = AlGaAs
- Package type: Plastic TO-46
- Matched Photosensor: QSD722/723/724
- Narrow Emission Angle, 20°
- High Output Power
- Package material and color: clear, peach tinted, plastic

QED522 QED523

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)			
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating Temperature	T_{OPR}	-40 to + 100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{STG}	-40 to + 100	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (Iron) ^(2,3,4)	T_{SOL-I}	240 for 5 sec	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (Flow) ^(2,3)	T_{SOL-F}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Continuous Forward Current	I_F	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Power Dissipation ⁽¹⁾	P_D	200	mW

NOTES:

1. Derate power dissipation linearly 2.67 mW/ $^\circ\text{C}$ above 25 $^\circ\text{C}$.
2. RMA flux is recommended.
3. Methanol or isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents.
4. Soldering iron 1/16" (1.6 mm) minimum from housing

ELECTRICAL / OPTICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)						
Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Peak Emission Wavelength	$I_F = 100\text{ mA}$	λ_{PE}	—	880	—	nm
Emission Angle	$I_F = 100\text{ mA}$	$2\theta_{1/2}$	—	20	—	Deg.
Forward Voltage	$I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	V_F	—	—	1.8	V
Reverse Current	$V_R = 5\text{ V}$	I_R	—	—	10	μA
Radiant Intensity QEC522	$I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	I_E	20	—	80	mW/sr
Radiant Intensity QEC523	$I_F = 100\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	I_E	40	—	—	mW/sr
Rise Time	$I_F = 100\text{ mA}$	t_r	—	800	—	ns
Fall Time		t_f	—	800	—	ns

Fig. 1 Normalized Radiant Intensity vs. Forward Current

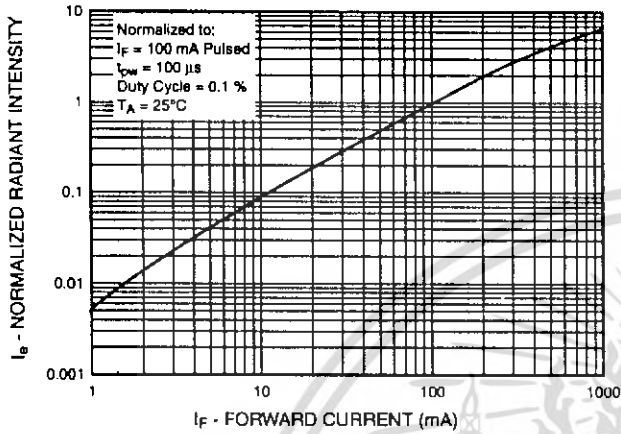


Fig. 2 Forward Voltage vs. Ambient Temperature

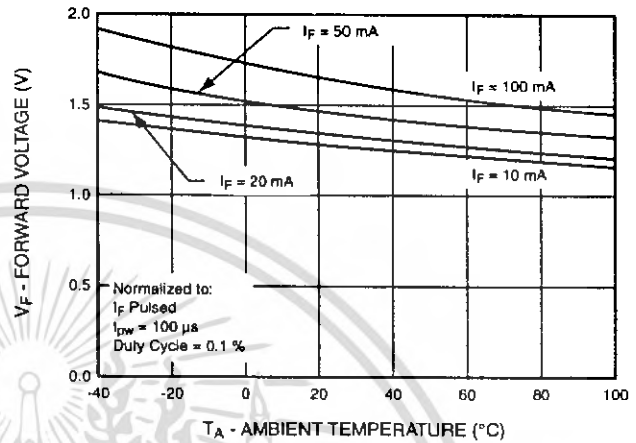


Fig. 3 Normalized Radiant Intensity vs. Wavelength

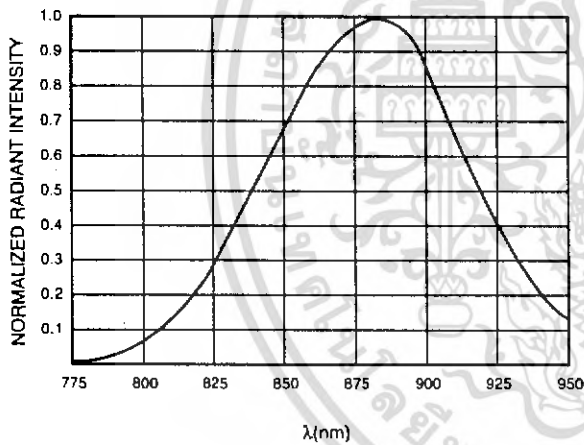
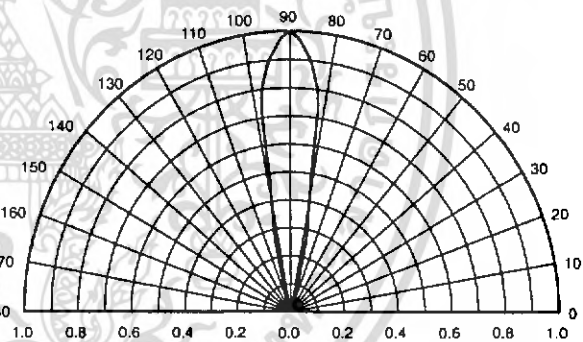


Fig. 4 Radiation Diagram



DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

