

ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง
HIGH SECURITY REMOTE CONTROL SYSTEM



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เลขที่ 55493
เลขทะเบียน 10 พ.ค. 2548
วัน,เดือน,ปี.....
6
ครั้งที่มีการนำไปใช้.....

ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง
HIGH SECURITY REMOTE CONTROL SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน เรื่องระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง
HIGH SECURITY REMOTE CONTROL SYSTEM
จัดทำโดย นาย ธนพัฒน์ เล้าภายิต เลขประจำตัว 44015238
นาย ชีรพงศ์ ชรชนรัตน์ เลขประจำตัว 44015239
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย

รายงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง

(HIGH SECURITY REMOTE CONTROL SYSTEM)

ผู้จัดทำ

1. นาย ธนวัฒน์ เล้าภายิต รหัส 44015238
2. นาย ชีรพงศ์ ชรชนรัตน์ รหัส 44105239



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง “ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง” นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ส่วนหนึ่งก็
ได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายทั้งจาก บิดา มารดา อาจารย์ที่ปรึกษา และเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ
ในด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และการใช้ซอฟต์แวร์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำงาน

ขอขอบคุณบิดา มารดา พี่ และน้องที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือด้านงบประมาณในการทำ
โครงการ, รศ. ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำในการพัฒนารูปแบบ
ของโครงการพร้อมทั้งข้อมูลต่างๆ ในการออกแบบและสร้างโครงการขึ้นมา และเพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอย
ให้คำแนะนำข้อมูลในด้านการเขียนโปรแกรมรวมทั้งวงจรต่างๆ ที่นำมาใช้งาน ซึ่งทำให้โครงการนี้
สำเร็จลงได้ ผู้จัดทำขอระลึกถึงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง

นาย ชนพัฒน์ เล้าภายิต

นาย ชีรพงศ์ ธรรมรัตน์

รศ.ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

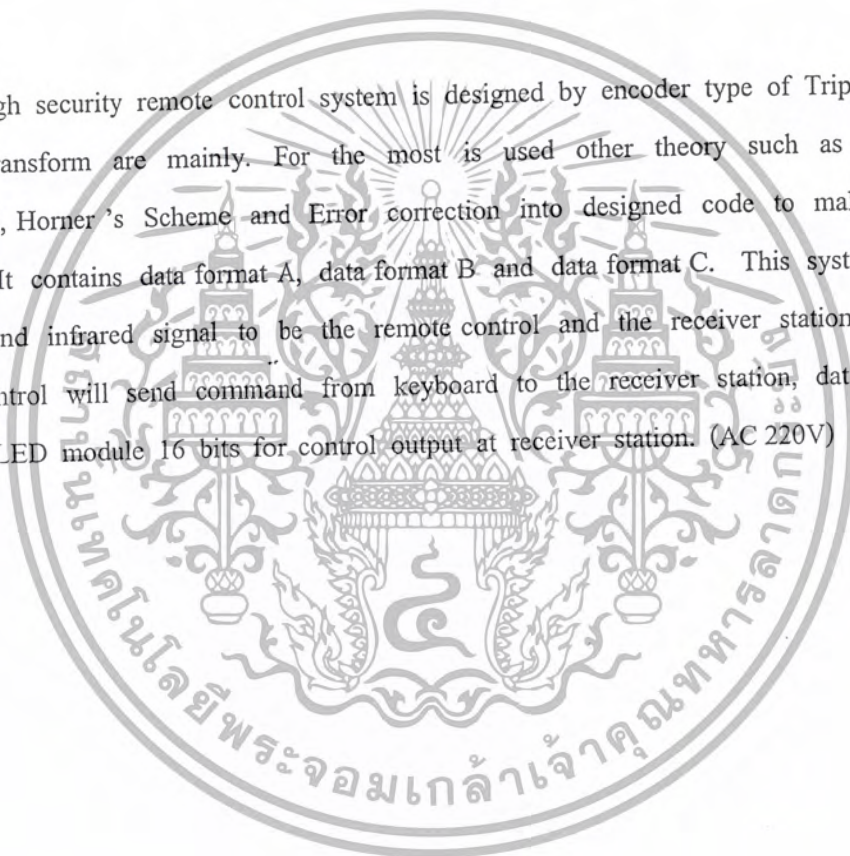
ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูง ถูกออกแบบโดยใช้การเข้ารหัสแบบ Triple Code และการเข้ารหัสแบบ Fourier Transform เป็นหลักในการออกแบบ โดยต้องใช้ทฤษฎีอื่นๆ มาใช้ เช่น Irreducible Polynomial, Horner's Scheme และ Error Correction ในการออกแบบการเข้ารหัส เพื่อให้ได้รูปแบบของชุดสัญญาณที่ต้องการทั้งหมด 3 ชุดสัญญาณ ประกอบไปด้วย ชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C ระบบนี้ใช้ MCS-51 เป็นตัวรีโมทและเครื่องรับสัญญาณรีโมททำงานกับชุดรับ-ส่งอินฟราเรด โดยตัวรีโมทจะรับคำสั่งจากคีย์บอร์ดส่งการทำงานไปที่เครื่องรับสัญญาณรีโมทที่มีชุด LED 16 ปัด แสดงการควบคุมอุปกรณ์ทางเอาท์พุทของเครื่องรับสัญญาณรีโมททั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ (AC 220V)

HIGH SECURITY REMOTE CONTROL SYSTEM

Thanapat Laoposit
 Theerapong Thorntanarat
 Dr. Somsak Choomchuai (Adviser)
 Educational Year 2003

Abstract

High security remote control system is designed by encoder type of Triple Code and Fourier Transform are mainly. For the most is used other theory such as Irreducible Polynomial, Horner's Scheme and Error correction into designed code to make all data format. It contains data format A, data format B and data format C. This system is used MCS-51 and infrared signal to be the remote control and the receiver station. For the remote control will send command from keyboard to the receiver station, data is shown status by LED module 16 bits for control output at receiver station. (AC 220V)



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ	1
1.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)	1
1.1.1 ส่วนของรีโมทควบคุม	1
1.1.2 ส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมท	2
1.2 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ (Software)	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	5
2.1 การจัดชุดข้อมูลในการรับ-ส่งสัญญาณ	6
2.1.1 การเข้ารหัสแบบ Triple Code	7
2.1.2 การเข้ารหัสโดยใช้ทฤษฎีของ Fourier Transform	7
2.1.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ Homer's Scheme	9
2.1.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ Irreducible Polynomial	10
2.1.5 การแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (Error Correction)	11
2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	14
2.2.1 สมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx	14
2.2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51	15
2.2.3 ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	18
2.3 คุณสมบัติของ LED (Light-Emitting Diode) อินฟราเรด (Infrared)	18
2.3.1 หลักในการออกแบบตัวส่ง	18
2.3.2 วงจรพื้นฐานในการขับ LED อินฟราเรด	19
2.4 สัญญาณแคเรียร์ 38.KHz	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ชุดสวิตช์ควบคุม (Switches Module)	22
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของระบบ	23
3.1 การออกแบบส่วนของรีโมททาง Hardware	23
3.2 การออกแบบส่วนของรีโมททาง Software	24
3.2.1 ส่วนของการรรับคำสั่งจากคีย์เมตริกซ์	25
3.2.2 ส่วนของการส่งสัญญาณ ID_Code หรือ Data Format A	25
3.2.3 ส่วนของการรับ Code (1) หรือ Data Format B และการ Generate Code (2t)	26
3.2.4 ส่วนของการเข้ารหัสข้อมูลขนาด 60 บิต (IDFT 60 Bits) หรือ Data Format C	26
3.3 การออกแบบส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมททาง Hardware	28
3.4 การออกแบบส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมททาง Software	29
3.4.1 ส่วนของการรับสัญญาณ ID_Code (Data Format A)	31
3.4.2 ส่วนของการส่ง Code (1) หรือ Data Format B และการ Generate Code (2r)	31
3.4.3 ส่วนของการรับสัญญาณ IDFT หรือ Data Format C และกระบวนการ DFT	32
3.4.4 ส่วนของการแก้ไขความผิดพลาดข้อมูล (Error Correction)	33
3.4.5 ส่วนของการตรวจสอบข้อมูลและความคุมอุปกรณ์	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากคำสั่ง 05	34
4.1.1 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งหมดจากคำสั่ง 05	35
4.1.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)	36
4.1.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))	36
4.1.4 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล C (ID, Code (2t), Command)	37
4.2 ผลการทดลองที่ได้จากคำสั่ง 10	38
4.2.1 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งหมดจากคำสั่ง 10	38
4.2.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)	39
4.2.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))	39
4.2.4 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล C (ID, Code (2t), Command)	40
4.3 ผลการทดลองที่ได้จากคำสั่ง 15	41

4.3.1 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งหมดจากคำสั่ง 15	41
4.3.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)	42
4.3.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))	42
4.3.4 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล C (ID, Code (2t), Command)	43
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	44
5.1 ผลการทดลอง	44
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	44

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

เว็บไซต์อ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของตัวรีโมทควบคุม โดยรวม	1
รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของเครื่องรับสัญญาณรีโมท โดยรวม	2
รูปที่ 1.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์ โดยรวม	4
รูปที่ 2.1 แสดงการสื่อสารแบบทิศทางเดียว	5
รูปที่ 2.2 แสดงการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง	5
รูปที่ 2.3 แสดงการสื่อสารแบบสองทาง	6
รูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมต้นแบบชุดการคำนวณเพื่อเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DFT	9
รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุด $P(x)$ แบบต่างที่ใช้ในการสร้างค่า α^k	11
รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของการทำ Error Correction	11
รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ Recursive Extension	14
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	15
รูปที่ 2.9 แสดงขาของ MCS-51	16
รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตการแผ่รังสีอินฟราเรด	19
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับ LED อินฟราเรด (ก) แบบอนุกรม (ข) แบบขนาน	20
รูปที่ 2.12 แสดงสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	20
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ 38 kHz	21
รูปที่ 2.14 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่า R และ C และความถี่	21
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรการทำงานของรีโมท	23
รูปที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ของรีโมท	24
รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานของส่วนการรับคีย์ตัวเลข	25
รูปที่ 3.4 แสดงรูปคลื่นของบิตเริ่มต้นและบิตข้อมูล	26
รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมในส่วนของการรับ Code (1) และ Generate Code (2t)	27
รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสข้อมูล 60 บิต แบบ IDFT	27
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรการทำงานของเครื่องรับสัญญาณรีโมท	28
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรส่วนควบคุมอุปกรณ์ทางเอาต์พุตของเครื่องรับสัญญาณรีโมท	29
รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เครื่องรับสัญญาณรีโมท	30
รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนของการรับสัญญาณ ID Code	31

รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งหมดที่ชุดรับสัญญาณรีโมท	32
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูลทั้งหมด (คำสั่ง 05)	35
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 05)	36
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล B (คำสั่ง 05)	36-37
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล C (คำสั่ง 05)	37
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูลทั้งหมด (คำสั่ง 10)	38
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 10)	39
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล B (คำสั่ง 10)	39-40
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล C (คำสั่ง 10)	40
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูลทั้งหมด (คำสั่ง 15)	41
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 15)	42
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล B (คำสั่ง 15)	42-43
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล C (คำสั่ง 15)	43



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงตารางการเข้ารหัสแบบ Triple Code	7
ตารางที่ 2.2 แสดงตารางชุดค่าข้อมูลที่ได้จากชุดการคำนวณ BMA	13



บทที่ 1

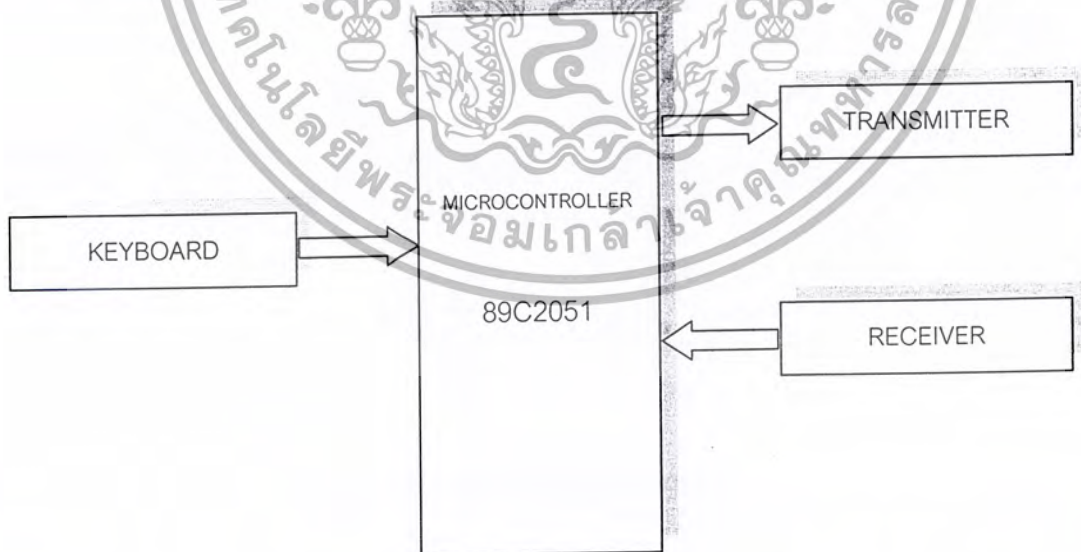
โครงสร้างการทำงานของระบบ

1.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ระบบควบคุมระยะไกลความปลอดภัยสูงนี้ ประกอบด้วยรีโมทซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม และเครื่องรับสัญญาณรีโมทซึ่งจะเป็นตัวรับคำสั่งจากรีโมทควบคุมให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยทางด้านของรีโมทจะรับคำสั่งจากทางคีย์บอร์ด จากนั้นจะส่งสัญญาณเข้ารหัส (User or ID) ไปที่เครื่องรับสัญญาณรีโมท (ชุดข้อมูล A) แล้วคอยรับสัญญาณที่มาจากเครื่องรับสัญญาณรีโมทซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากการสุ่มค่า (Random Code) และเข้ารหัสการสุ่มค่าไว้ (ชุดข้อมูล B) จากนั้นรีโมทจะส่งสัญญาณชุดสุดท้ายซึ่งเป็นสัญญาณที่มีทั้งรหัส (ID) คำสั่ง (Command) และสัญญาณที่ได้จากการสุ่มค่า (Random Code) ไปให้เครื่องรับสัญญาณรีโมทอีกครั้งด้วยการเข้ารหัสข้อมูลไว้ (ชุดข้อมูล C)

1.1.1 ส่วนของรีโมทควบคุม

จากหลักการดังกล่าวทำให้สามารถออกแบบส่วนการทำงานต่างๆ ของรีโมทโดยรวมได้โดยบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของตัวรีโมทควบคุมโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.1 เราสามารถจำแนกโครงสร้างการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ โดยแต่ละส่วนมีหลักการทำงานและการออกแบบคร่าวๆ ดังนี้

1) ส่วนของคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดจะใช้เพื่อกำหนดคำสั่งที่ต้องการ โดยใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวตรวจจับการกดคีย์ และยังใช้เพื่อยืนยันหรือยกเลิกการส่งคำสั่ง

2) ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

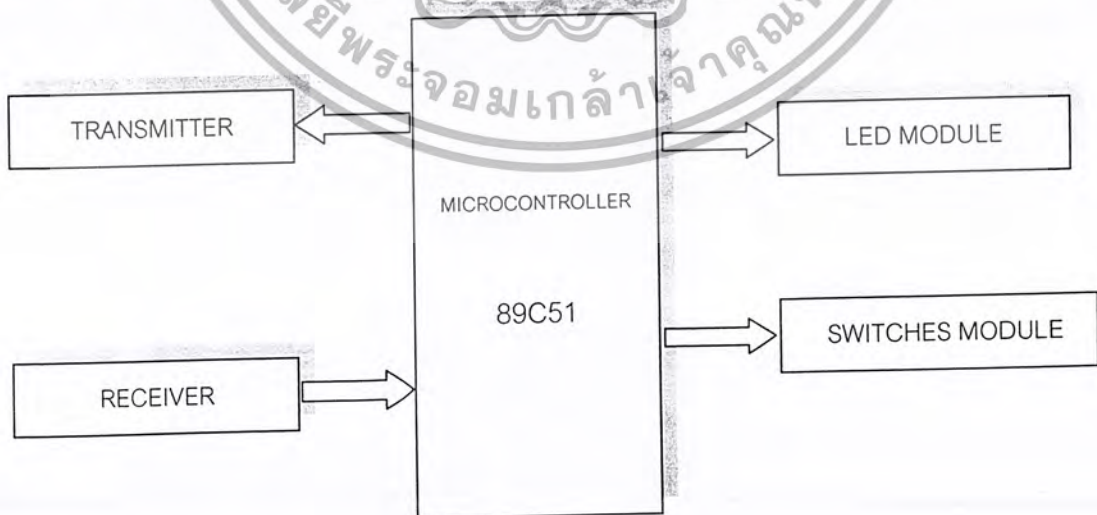
ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนนี้จะรับคำสั่งจากคีย์บอร์ดจากนั้นจะสร้างสัญญาณเข้ารหัสแบบต่างๆ เช่น Triple Code , IDFT เพื่อส่งให้อุปกรณ์ส่งสัญญาณ และคอยรับสัญญาณจากอุปกรณ์รับสัญญาณมาถอดรหัส

3) ส่วนของอุปกรณ์รับ - ส่งสัญญาณ

จะเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาคือสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณในรูปของแสงอินฟราเรด (Infrared) แล้วส่งออกไปที่เครื่องรับ หรือรับสัญญาณข้อมูลในรูปของแสงอินฟราเรดที่มาจากเครื่องรับแล้วเปลี่ยนเป็นรูปของสัญญาณไฟฟ้าคือดิจิทัล

1.1.2 ส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมท

ทางด้านของเครื่องรับสัญญาณรีโมทจะรอรับสัญญาณจากรีโมทจากนั้นจะส่งค่าที่ได้จากการสุ่มกลับไปและจะรอรับสัญญาณจากตัวรีโมทอีกครั้งซึ่งจะมีคำสั่งการทำงาน (Command) ส่งมาด้วยและทำตามคำสั่งที่ส่งมาโดยไปทำการตัดต่อชุดสวิทช์ (Switches Module) จากหลักการดังกล่าวทำให้ออกแบบส่วนการทำงานต่างๆ ของเครื่องรับโดยรวมได้โดยบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของเครื่องรับสัญญาณรีโมทโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 เราสามารถจำแนกโครงสร้างการทำงานเป็น 4 ส่วนหลักๆ โดยแต่ละส่วนมีหลักการทำงานและการออกแบบคร่าวๆ ดังนี้

1) ส่วนแสดงผล

เป็นส่วนที่ต้องเพิ่มเข้ามาเพื่อให้สามารถแสดงการทำงานของคำสั่งที่รับเข้ามา ได้อย่างสะดวกและถูกต้อง

2) ส่วนของอุปกรณ์รับ – ส่งสัญญาณ

จะเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาคือสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณในรูปของแสงอินฟราเรด (Infrared) แล้วส่งออกไปที่ตัวรีโมท หรือรับสัญญาณในรูปของแสงอินฟราเรดที่มาจากรีโมทแล้วเปลี่ยนเป็นรูปของสัญญาณไฟฟ้าคือดิจิทัล

3) ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนนี้จะคอยรับสัญญาณจากตัวรีโมทที่ส่งมาเป็นแบบ Triple Code หรือ IDFT จากนั้นจะทำการถอดรหัสสัญญาณข้อมูลออกมา คือ การถอดรหัส Triple Code และ DFT เพื่อให้ได้สัญญาณออกมาเป็นรหัส (ID) รหัสจากการสุ่มค่า (Random Code) และคำสั่งควบคุม (Command) และทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของข้อมูล (Error Correction) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการตรวจสอบและนำไปควบคุมอุปกรณ์ทางเอาท์พุทต่อไป

4) ส่วนของชุดสวิทช์ไฟฟ้า

ชุดสวิทช์ไฟฟ้าจะถูกออกแบบโดยใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์กับไอซีที่ทำงานแบบออปโตคัปเปิ้ลในการควบคุมโหลดทางด้านเอาท์พุทให้ทำงานหรือหยุดทำงาน (AC 220V)

1.2 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ (Software)

ในด้านโครงสร้างทางโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สำคัญทั้งทางด้านเครื่องรับ และตัวรีโมทจะมีส่วนใหญ่ว่า คือ ส่วนของการสร้างสัญญาณที่จะทำการส่ง (การเข้ารหัส) ส่วนของการถอดรหัส ส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาด เป็นต้น โดยจะมีลำดับการทำงานทางซอฟต์แวร์ตามบล็อกไดอะแกรมแสดงดังรูปที่ 1.3

การทำงานของซอฟต์แวร์โดยรวมสามารถอธิบายได้ดังนี้เริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับคำสั่งมาจากคีย์บอร์ดโดยสามารถรับคำสั่งได้สูงสุด 4 บิต จากนั้นจะทำการส่ง ID 24 บิต ของรีโมทไปยังเครื่องรับสัญญาณรีโมทซึ่งมีรูปแบบ ID (Triple Code) จะส่งทั้งหมด 3 ชุดๆ ละ 24 บิตรวมเป็น 72 บิต (ชุดข้อมูล A) เมื่อเครื่องรับสัญญาณรีโมทได้รับ 72 บิต ครบแล้วจะทำการถอดรหัสให้เหลือ ID 24 บิต จากนั้นทำการเปรียบเทียบ ID ที่อยู่ในเครื่องแล้วทำการส่ง Code (1) ขนาด 8 บิต ที่ได้จากการสุ่มค่าไปยังรีโมทโดยมีรูปแบบ (Triple Code) คล้ายกับ ID 72 บิต แต่ Code (1) จะมีเพียง 24 บิต

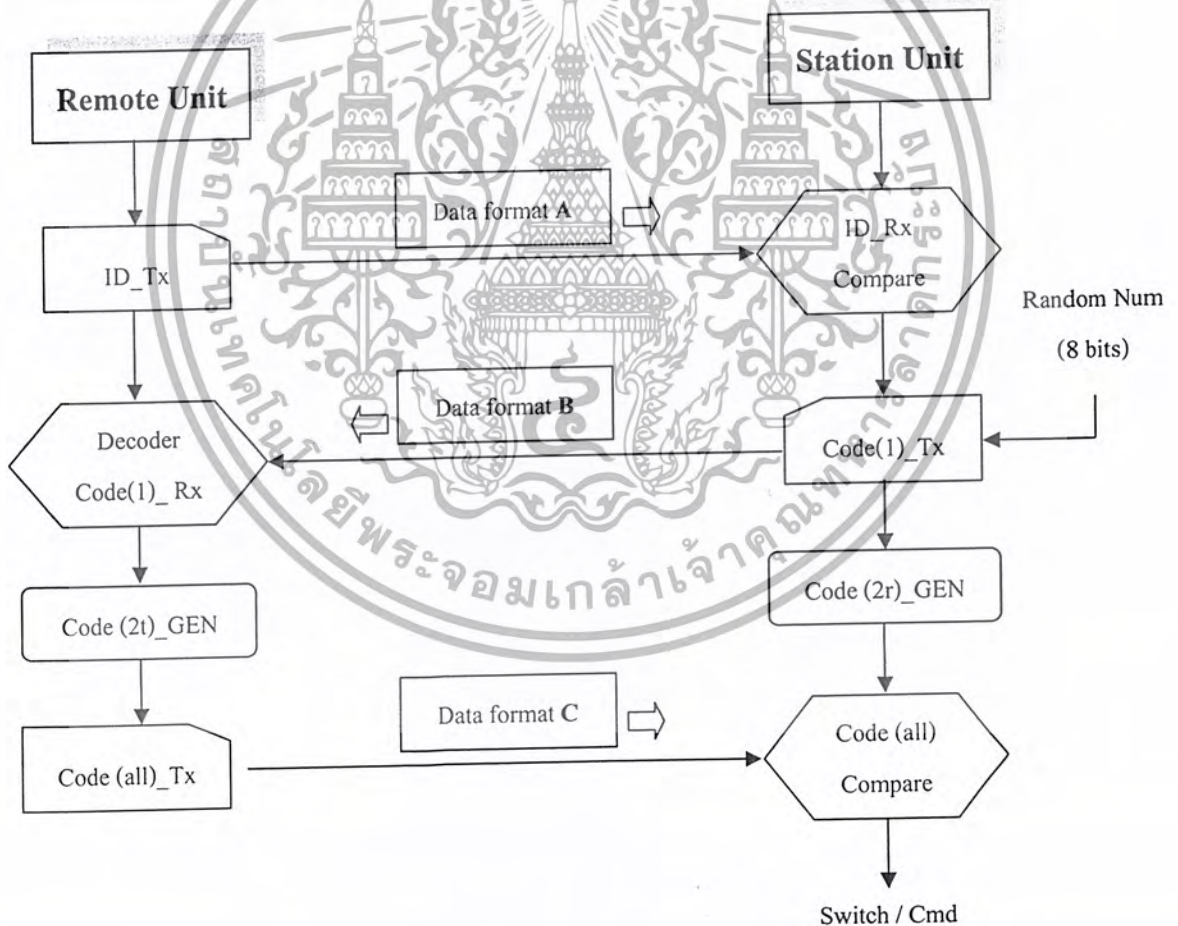
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ชุดข้อมูล B) หลังจากการส่งแล้วจะทำการ Generate ค่าที่ได้จาก Polynomial เป็น Code (2r) ตัวใหม่ เมื่อรีโมทได้รับ 24 บิต เรียบร้อยแล้วจะนำมาถอดรหัสให้ได้ Code (1) ออกมาแล้วจะทำการ Generate ค่าที่ได้จาก Polynomial เป็น Code (2t) ตัวใหม่เช่นเดียวกับเครื่องรับสัญญาณรีโมท หลังจากนั้นจะนำข้อมูลทั้งหมดซึ่งมีดังนี้

- Code (2t) (8 bits) + Command (4 bits) + ID (24 bits) = 36 bits หรือ 9 sets of 4 bits

- 24 zeros are added to 36 data bits. เป็นค่า 0 ที่บวกเพื่อให้ได้กรอบที่มีขนาด 60 bits หรือ 15 Sets

เมื่อได้ข้อมูล 60 บิต ที่เรียงกันแล้วนำข้อมูลทั้งหมดเข้ารหัสด้วยกระบวนการ IDFT เพื่อให้ข้อมูลทั้งหมดสลับกัน (ชุดข้อมูล C) จากนั้นทำการส่งไปยังเครื่องรับสัญญาณรีโมท และที่เครื่องรับสัญญาณรีโมทเมื่อได้รับข้อมูล 60 บิต แล้วจะทำการ DFT และทำการตรวจสอบความผิดพลาดข้อมูล (Error Correction) เพื่อให้ได้ค่าต่างๆ กลับมาเปรียบเทียบและนำคำสั่งไปควบคุมอุปกรณ์ต่อไป



รูปที่ 1.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างการทำงานของซอฟต์แวร์โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

ถ้าหากพิจารณารูปแบบการสื่อสารเราสามารถแบ่งรูปแบบการสื่อสารได้หลายรูปแบบหรือหลายชนิด เช่น แบ่งตามลักษณะของตัวกลางก็จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบมีสายกับแบบไร้สายและถ้าแบ่งตามรูปแบบของสัญญาณก็จะสามารถแบ่งได้ 2 แบบอีกเหมือนกัน คือการสื่อสารแบบแถบฐาน กับ การสื่อสารแบบมอดูเลชัน ไม่ว่าจะ เป็นแบบใดในการส่งสัญญาณจำนวน n สัญญาณผ่านระบบสื่อสารในเวลาเดียวกันและผ่านตัวกลางเดียวกัน จะต้องใช้ช่องสัญญาณสื่อสารจำนวน n ช่องสัญญาณ และแถบความถี่ของช่องสื่อสารแต่ละช่องจะซ้อนทับกันไม่ได้

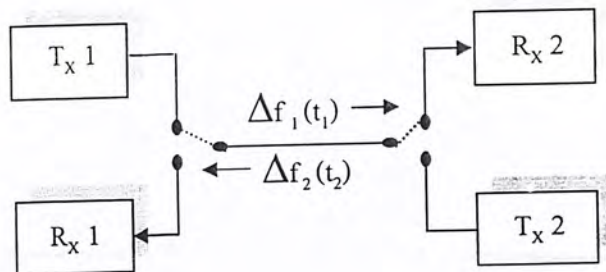
รูปแบบการสื่อสารตามทิศทางของการสื่อสาร หรือจำนวนช่องสื่อสารได้ 3 แบบ คือ

1) แบบทิศทางเดียว (Simplex) โดยฝ่ายหนึ่งจะส่งเพียงอย่างเดียว อีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นฝ่ายรับเพียงอย่างเดียว การสื่อสารแบบทิศทางเดียวนี้ต้องการช่องสื่อสารเพียง 1 ช่อง ตัวอย่างของการสื่อสารในทิศทางเดียว คือ การส่งวิทยุกระจายเสียง (Broadcasting)



รูปที่ 2.1 แสดงการสื่อสารแบบทิศทางเดียว

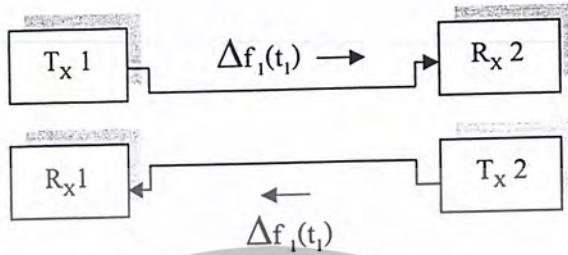
2) แบบกึ่งสองทาง (Half Duplex) เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทาง แต่สลับเวลากันในขณะที่อีกฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายส่ง อีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นฝ่ายรับ การสื่อสารแบบกึ่งสองทางต้องการช่องสื่อสารเพียงช่องเดียว ตัวอย่างเช่น วิทยุโทรคมนาคม หรือ Walkie-talkie



รูปที่ 2.2 แสดงการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) แบบสองทาง (Full Duplex) เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทิศทาง โดยที่ทั้งสองฝ่ายสามารถรับและส่งได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน การสื่อสารแบบสองทางนี้ ต้องการช่องสื่อสาร 2 ช่อง ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ และ โทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 2.3 แสดงการสื่อสารแบบสองทาง

2.1 การจัดชุดข้อมูลในการรับ-ส่งสัญญาณ

ข้อมูลที่ถูกส่งไปในการใช้งานทั่วไปจะอยู่ในรูปของชุดข้อมูลอนุกรมเพื่อที่จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการออกแบบทาง Hardware แต่ก็เกิดความซับซ้อนมากขึ้นในทาง Software ทฤษฎีพื้นฐานของการสร้างรีโมทลิงงานก็เป็นลักษณะนี้ โดยประกอบไปด้วยภาคเครื่องส่ง (User) และเครื่องรับ (Station) ข้อมูลที่ส่งให้กันจะเป็นลักษณะของทางเดียวคือ เครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลอย่างเดียวในการส่งงานเช่น รีโมทโทรทัศน์ หรือ วิทยุ แต่ในระบบควบคุมนี้เราใช้การส่งค่ากันแบบกึ่งสองทิศทาง (Half Duplex) คือ รีโมทต้องส่งคำสั่งไปแล้วเครื่องรับรับค่าข้อมูลไปวิเคราะห์แล้วส่งข้อมูลกลับมาให้รีโมท รีโมทก็จะส่งค่าต่างๆ และคำสั่งกลับไปด้วยให้กับเครื่องรับ ซึ่งลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของเครื่องส่งวิทยุและเครื่องรับวิทยุ แต่ในระบบนี้จะเป็นการรับส่งกันในลักษณะของข้อมูลและคำสั่งต่างๆ เพื่อไปควบคุมให้เครื่องรับทำงานตามฟังก์ชันที่ได้ออกแบบไว้

ชุดของข้อมูลจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ชุด คือ ชุดข้อมูล A, ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C โดย

- ชุดข้อมูล A เป็นข้อมูล ID จำนวนบิต และถูกเข้ารหัสแบบ Triple Code ไว้
- ชุดข้อมูล B เป็นข้อมูลของค่า Random จำนวนบิต เพื่อใช้ในการเปิดตาราง Polynomial เปรียบเทียบค่ากันระหว่างรีโมทและเครื่องรับว่าถูกต้องหรือไม่ และถูกเข้ารหัสแบบ Triple Code
- ชุดข้อมูล C เป็นข้อมูลในรูปแบบของ Reed-Solomon Codes (15,11,2) ซึ่งจะมีข้อมูลทั้งหมด 15 ค่า ข้อมูลใช้งานได้ 11 ค่า ข้อมูลที่สามารถผิดพลาดได้สูงสุด 2 ค่า และข้อมูลทั้งหมด 15 ค่าจะถูกเข้ารหัสด้วยรูปแบบของ Finite Field Fourier Transform ชนิด IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การเข้ารหัสแบบ Triple Code

หลักการเข้ารหัสแบบนี้จะเป็นการจัดกลุ่มข้อมูลที่เราต้องการเป็น 3 ส่วน แล้วนำมาจัดเรียงกันใหม่ให้เป็นชุดข้อมูลเดียวกันหมด ซึ่งคือการเข้ารหัสแบบ Triple Code สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ กำหนดข้อมูลที่เราต้องการเช่นขนาดของข้อมูลที่ 24 บิต เราจะทำการแบ่งออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 24 บิต โดยชุดแรกเป็นข้อมูลที่แท้จริง 24 บิต ชุดที่ 2 เกิดจากการเรียงบิตเริ่มต้นในชุดแรกโดยจะเริ่มจากบิตไหนก่อนก็ได้ ชุดที่ 3 ก็เหมือนกับชุดที่ 2 และเราสามารถเรียงบิตเริ่มต้นต่างกันออกไปได้โดย ชุดที่ 2 อาจจะเรียงจาก 15 เป็นจุดเริ่มต้น ชุดที่ 3 อาจจะเรียงจาก 21 เป็นจุดเริ่มต้น เมื่อเรากำหนดครบแล้วทั้ง 3 ชุด ก็จะนำข้อมูลบิตทางซ้ายสุดของทุกชุดมาทำการเรียงต่อกันตามชุดของข้อมูลเข้ารหัส โดยบิตแรกของชุด 1 อยู่ตำแหน่งที่ 0 ของข้อมูลเข้ารหัส ต่อไปบิตแรกของชุด 2 จะอยู่ตำแหน่งที่ 1 ของข้อมูลเข้ารหัส และบิตแรกของข้อมูลชุด 3 อยู่ตำแหน่งที่ 2 ของข้อมูลเข้ารหัส จากนั้นนำบิตถัดไปของแต่ละชุดข้อมูลมาทำการเรียงกันในลักษณะนี้จนครบทั้งหมดคือ 72 ครั้ง นั้นหมายความว่าถ้าข้อมูลมี N บิต จะต้องจัดเรียงทั้งหมด $N \times 3$ ครั้ง ถึงจะกลายเป็นข้อมูลที่ถูกรหัส โดยดูได้จากตารางที่ 2.1 ประกอบ

Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-	68	69	70	71	72	
ID_set 1	0			1			2			3			4			5			6			7	-		23			
ID_set 2		21			22			23			0			1			2			3			-	19			20	
ID_set 3			15			16			17			19			20			21			22		-		13			14
Result	0	21	15	1	22	16	2	23	17	3	0	19	4	1	20	5	2	21	6	3	22	7	-	19	13	23	20	14

ตารางที่ 2.1 แสดงตารางการเข้ารหัสแบบ Triple Code

ส่วนการถอดรหัสของ Triple Code จะใช้ข้อมูลที่ตำแหน่งห่างกัน 3 บิต มาทำการรวมกันเป็นข้อมูลใหม่ซึ่งจะได้ข้อมูลที่เป็นลักษณะข้อมูลเดิมก่อนการเข้ารหัส ถ้ามองในลักษณะการใช้งานจริง ถ้าข้อมูลที่เข้ามาเป็น ID ก็จะถูกเข้ารหัส ID ถ้าหากข้อมูลที่เข้ามาเป็นค่านับผ่านก็จะเป็นการเข้ารหัสผ่าน ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยในขณะใช้งาน

2.1.2 การเข้ารหัสโดยใช้ทฤษฎีของ Fourier Transform

การแปลงฟูเรียร์ในบริเวณจำกัดเขต (Finite Field Fourier Transform)

(1) ในรูปแบบของเลขจำนวนเชิงซ้อน การแปลงสมการฟูเรียร์แบบ DFT จำนวน N จุด

สามารถแสดงได้ตามสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-\frac{2j\pi nk}{N}} \quad (2.1)$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk} \text{ for } k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.2)$$

$x(n)$ = ลำดับของค่าในแกนเวลา

$x(k)$ = สัมประสิทธิ์ของฟูเรียร์ในแกนความถี่

และ $e^{-\frac{2j\pi nk}{N}} = W_N^{nk}; W_N^N = 1$

(2) ในระบบของตัวเลขที่มีการจำกัดค่า ค่าของตัวเลขและผลของการกระทำทางคณิตศาสตร์ จะถูกจำกัดในกลุ่มของตัวเลขในข้อมูลชุดนั้น และรูปแบบการแปลงฟูเรียร์สามารถแสดงได้ตาม สมการข้างล่างนี้

$$V_k = \sum_{i=0}^{N-1} v_i \alpha^{<ik>_N} \text{ for } k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.3)$$

v_i = ลำดับค่าในแกนเวลา

V_k = สัมประสิทธิ์ของฟูเรียร์ในแกนความถี่

$\alpha^N = 1, <ik>_N = ik \text{ modulo } N$

และในทำนองเดียวกัน การหาค่าของ Inverse Fourier Transform (IDFT) สามารถเขียนได้ ตามสมการข้างล่างนี้

$$v_i = \sum_{k=0}^{N-1} V_k \alpha^{<-ik>_N} \text{ for } i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.4)$$

(3) การคำนวณฟูเรียร์แบบใช้การคำนวณทั่วไป จะต้องใช้ตัวคูณจำนวนหลายครั้งและตัว บวกจำนวนหลายครั้ง ซึ่งตัวคูณจะใช้ทั้งหมด N^2 และตัวบวก N^2 ทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงมีวิธีการคำนวณแบบอื่นๆ ที่มีเทคนิคที่ทำให้การคำนวณเร็วขึ้นเช่น FFT ซึ่งเทคนิคพวกนี้ล้วน แล้วแต่จะต้องกำหนดขนาดของค่า N ทั้งสิ้น

(4) ในระบบของตัวเลขที่จำกัดจำนวนได้ถูกพัฒนามาอย่างดีและถูกนำไปใช้กับ Error Control Code (ECC) และระบบที่ใช้การเข้ารหัสข้อมูล ซึ่ง 1 คำก็จะเป็นเหมือน 1 สัญลักษณ์ และ สัญลักษณ์เหล่านี้จะถูกสร้างมาจากจำนวนของเลขไบนารี จำนวน m บิต (2^m) ดังนั้นขนาดของชุด ข้อมูลจะเท่ากับ $N = 2^m - 1$ เช่น $2^4 - 1 = 15$ สัญลักษณ์ใน 1 ชุดข้อมูล ซึ่งการใช้งานแบบนี้จะทำงานได้ เร็วและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการคำนวณแบบชุดข้อมูลที่มีค่า $N = 2^m$

(5) ชุดข้อมูลที่เกิดจาก $N = 2^m - 1$ จะสามารถมีได้ทั้งหมด 15 ตัว แต่สมาชิกจริงเกิดขึ้นจาก $GF(2^4) = 16$ ตัว โดยที่ m คือจำนวนบิตของข้อมูลแต่ละตัว หรือ $m = 4$ บิต นั่นเอง ซึ่งจะสามารถสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ได้ทั้งหมด 16 ตัว ซึ่งค่า m นี้จะมีผลเมื่อเรานำไปออกแบบสลับเป็นตัวคูณและตัวบวกในทางการคำนวณ

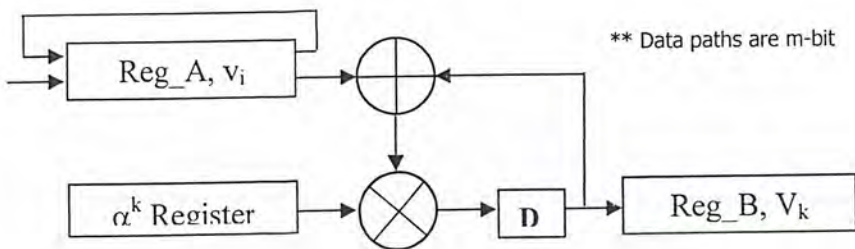
(6) ในกรณีนี้เราจะใช้ Finite Field Fourier Transform เป็นเครื่องมือในการเข้ารหัสของสัญญาณ โดยเมื่อ $GF(2^4) = GF(16)$ ชุดของข้อมูลจะเท่ากับ 15 ตัว แต่ละตัวจะเกิดจากค่าของ 4 บิตไบนารี และมีค่าได้สูงสุดคือ $2^m - 1$ และในระบบที่จำกัดจำนวนค่าต่างๆ จะถูกสร้างด้วยทฤษฎีของ $P(x) = x^4 + x + 1$ เป็น Polynomial ที่ไม่สามารถหารได้ลงตัว สำหรับการถอดรหัสเราสามารถใส่ค่า 0 เข้าไปในชุดของข้อมูลที่จะส่ง และจำนวนของ 0 จะมีค่าได้มากที่สุดไม่เกิน $2t$ ซึ่งค่า t คือ ค่าสูงสุดของจำนวนตัวที่จะสามารถเกิดการผิดพลาดได้ในขณะที่ตัวถอดรหัสจะมีได้ ดังนั้นในกรณีที่ $N = 2^4 - 1$ จะมีชุดของข้อมูลทั้งหมด 15 ตัว 11 ตัวสำหรับข้อมูล และ 2 ตัวสำหรับค่าความผิดพลาดโดยที่ผลของการถอดรหัสแล้วได้ค่า 0 4 ตัวนี้เกิดเป็นค่าอื่นแสดงข้อมูลทั้งหมดที่รับเข้ามาซึ่งภาครับเกิดผิดพลาดขึ้นนั่นเอง จึงทำให้ถอดรหัสออกมาผิดพลาดด้วย แบบการเข้ารหัสนี้มีชื่อเรียกว่า Reed-Solomon Codes $RS(N, k, \frac{N-k}{2})$ เช่น $RS(15, 11, 2)$ หรือ $RS(255, 223, 16)$

2.1.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ Horner's Scheme

ในการออกแบบใช้งานเราจะใช้การถอดรหัสที่ใช้การคำนวณแบบ DFT สมการ (2.3) แต่รูปของสมการจะถูกแปลงไปเพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบทาง software คือ ทฤษฎีของ Horner's Scheme

$$\begin{aligned}
 V_k &= \sum_{i=0}^{N-1} v_i \alpha^{i \cdot k} \\
 &= v_0 \alpha^{0k} + v_1 \alpha^{1k} + v_2 \alpha^{2k} + v_3 \alpha^{3k} + \dots + v_{(N-1)} \alpha^{(N-1)k} \\
 &= (((((v_{(N-1)} + 0) \alpha^k + v_{(N-2)}) \alpha^k + v_{(N-3)}) \alpha^k + \dots + v_2) \alpha^k + v_1) \alpha^k + v_0 \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

(1) นำเอาสมการของ Horner's Scheme ไปเป็นชุดการคำนวณเพื่อเข้ารหัสซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวคูณที่ทำหน้าที่เก็บค่าสะสมไว้ และ XOR ที่ทำหน้าที่ในการบวก โดยข้อมูลจะต้องมีจำนวนบิตที่เท่ากัน



รูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมต้นแบบชุดการคำนวณเพื่อเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 ข้อมูลที่จะถูกเข้ารหัส 1 ตัว หรือค่า V_k 1 ค่า จะมีข้อมูลจำนวน N ข้อมูล คือที่ Reg_A, v_i ทำหน้าที่ในการเลื่อนข้อมูลเข้ามาโดยจะบวกกับค่า “0” ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นจากนั้นจะไปทำการคูณกับค่าของ α^k แล้ววนไปบวกกับค่าของ V_i ค่าใหม่ แล้วไปคูณกับ α^k ซึ่งจะมีรอบการทำงานเป็นอย่างนี้จนครบข้อมูลทั้งหมดใน Reg_A ซึ่งจะทำให้ได้ค่าการเข้ารหัสออกมา 1 ค่า เก็บไว้ในที่ Reg_B, V_k เมื่อต้องการค่าเข้ารหัสตัวที่ 2 จะต้องเพิ่มค่าของ α^k และทำการคำนวณรอบแบบเดิม จะทำให้ได้ค่า V_k ตัวที่ 2 ออกมา ดังนั้นจำนวนการหมุนรอบของการคำนวณจะเท่ากับ N^2 ซึ่งจะทำให้ได้ค่า V_k ครบทั้งหมดจำนวน N ข้อมูล เก็บไว้ใน Reg_B

(2) ถ้าในกรณีของ Inverse Fourier Transform ค่า α^k จะเปลี่ยนเป็น α^{-k}

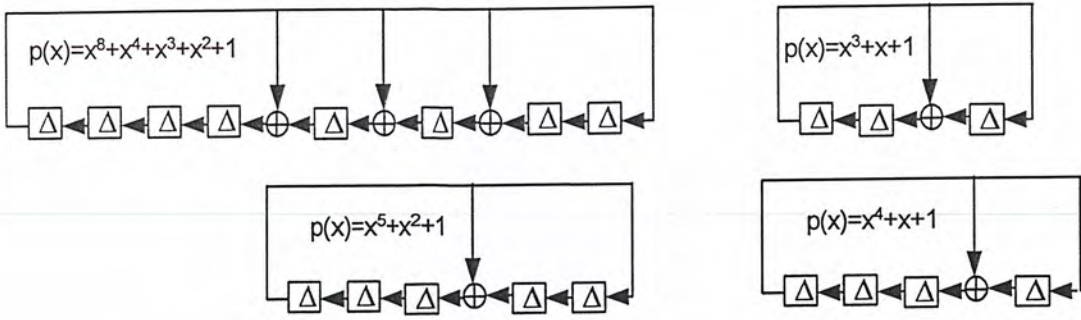
(3) ในส่วนของค่าบวกจะทำการบวกในบริเวณของขอบเขตของจำนวนบิตข้อมูลเท่านั้นและค่าที่ได้จากการบวกจะเท่ากับจำนวนบิตของอินพุต ซึ่งการบวกเราจะใช้ XOR มาทำหน้าที่ในการบวกค่ากัน และผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปคูณต่อไป

(4) ในส่วนของตัวคูณจะทำการคูณในบริเวณของขอบเขตของจำนวนบิตข้อมูลเท่านั้น ซึ่งจะไม่ใช้การคูณในรูปทั่วไปแต่จะเป็นการใช้ทฤษฎีของ Irreducible Polynomial มาสร้างจำนวนสมาชิก ซึ่งจะอยู่ในขอบเขตของจำนวนบิตข้อมูล โดยใช้สมการ $P(x) = x^4 + x + 1$ มาสร้างสมาชิกของข้อมูล α^k ให้เกิดขึ้นและสร้างเป็นตารางของชุดข้อมูลที่ได้จาก $P(x) = x^4 + x + 1$ จากนั้นการคูณค่าของข้อมูลทั้งสองต้องเป็นการคูณในลักษณะของเลขยกกำลัง โดย $A = \alpha^i, B = \alpha^k$ ดังนั้น $C = AB = \alpha^{(i+k)}$, $D = A/B = \alpha^{(i-k)}$

2.1.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีของ Irreducible Polynomial

ค่าของ α^k จะอยู่บริเวณขอบเขตที่ถูกจำกัดไว้ตามจำนวนบิตของข้อมูล ซึ่งจะถูกสร้างมาจากทฤษฎีของ Irreducible Polynomial ซึ่งมีหลายแบบตามจำนวนของบิตข้อมูลที่เอามาทำการเข้ารหัส เช่น

3 bit binary	:	$P(x) = x^3 + x + 1$
4 bit binary	:	$P(x) = x^4 + x + 1$
5 bit binary	:	$P(x) = x^5 + x^2 + 1$
8 bit binary	:	$P(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$

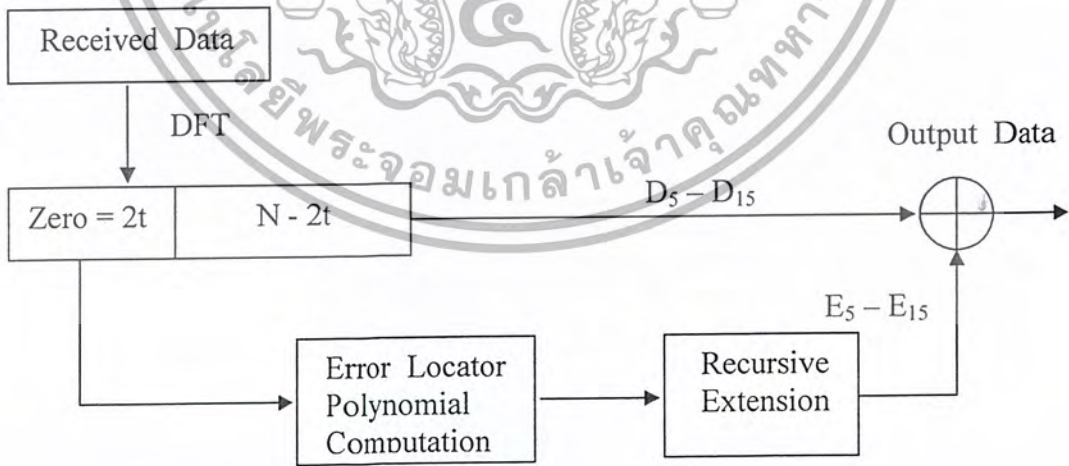


รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุด P(x) แบบต่างที่ใช้ในการสร้างค่า α^k

จากบล็อกไดอะแกรมจะเห็นว่าที่ P(x) ต่างๆ จะมีลักษณะสอดคล้องกับบล็อกไดอะแกรมของแต่ละชุดซึ่งเป็นลักษณะของการเลื่อนข้อมูลแล้วนำเข้ามาบวกตามตำแหน่งที่ยกกำลัง หรือค่าประจำหลักฐานสอง โดยข้อมูลค่าแรกจะเป็น 1 อยู่ที่บิตทางขวามือสุด เมื่อค่า k คือจำนวนการวนรอบการทำงานของชุดจำนวน ดังนั้นเมื่อ $k = 3$ ก็จะทำให้เกิดการวนรอบไป 3 ครั้ง และจะได้ค่า $\alpha^k = \alpha^3$

2.1.5 การแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (Error Correction)

การทำ Error Correction ที่มีรูปแบบของข้อมูลแบบ RS Code เราจะนิยมใช้การคำนวณหรือชุดการคำนวณตามบล็อกไดอะแกรมข้างล่างนี้



รูปที่ 2.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของการทำ Error Correction

Reed-Solomon Codes จะมีรูปแบบของโค้ด คือ $RS(N, k, t)$ หรือ $RS(N, k, \frac{N-k}{2})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากชุดของข้อมูล N คือ จำนวนบิตของข้อมูลทั้งหมด, k คือ ข้อมูลที่ใช้งานจริง และ t คือข้อมูลที่สามารผผิดพลาดได้สูงสุด หากค่าข้อมูลในชุดของ Zero หรือ Syndromes มีค่าผิดพลาดมากกว่า t แล้ววิธีการทำ Error Correction จะเกิดผิดพลาดและให้ค่าที่ไม่ถูกต้องและเราไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ขั้นตอนการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลมีดังต่อไปนี้

- Error Locator Polynomial Computation
- Recursive Extension
- XOR Values.

1) การคำนวณหาค่าตำแหน่งที่ผิดพลาด (Error Locator Polynomial Computation)

การคำนวณหาค่าตำแหน่งที่ผิดพลาดเป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งอยู่ในรูปของ ax^2+bx+c ค่าที่เราคำนวณออกมาได้นั้นคือค่า a, b, c เมื่อทำการหาค่ารากจะได้ตำแหน่งที่ผิดพลาดของข้อมูลแต่เรายังไม่สามารถทราบได้ว่าค่าข้อมูลผิดพลาดไปอย่างไร วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์นี้เราจะใช้วิธีการของ BMA (Berlekamp-Massey Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณหา Error ในรูปแบบของ RS Code ชุดการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของ BMA เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในการคำนวณหาค่า Error จากชุดของกลุ่มข้อมูล Zero (ข้อมูล 4 ตัวแรกที่มีไว้เช็คค่าความผิดพลาดเรียกว่า Syndromes) ลักษณะการทำงานของชุดการคำนวณจะนำค่าข้อมูลที่คำนวณได้ในครั้งแรกกลับมาเป็นข้อมูลให้กับชุดการคำนวณถัดไป ซึ่งมีรอบการคำนวณเท่ากับ $2t$ (ขนาดของ Syndromes) และทำการคำนวณจนครบรอบเท่ากับ $2t$ โดยคำนวณซ้ำๆ ตามชุดการคำนวณที่มีอยู่แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตลอดเมื่อทำการคำนวณใหม่ เมื่อครบ $2t$ เราจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ในรูปแบบ ax^2+bx+c และเมื่อถอดรากของสมการเราจะได้อ่าตำแหน่งที่ข้อมูลเกิด Error

ชุดการคำนวณของ BMA จะเริ่มต้นด้วยค่า $\Lambda^{(0)}(x) = B^{(0)}(x) = 1, L_0 = 0$ และมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\Delta_r = \sum_{j=0}^r \Lambda_j^{(r-1)} \cdot \delta_{r-j} \quad (2.6)$$

$$L_r = \delta_r(r-L_{r-1}) + (1 - \delta_r)L_{r-1} \quad (2.7)$$

$$\begin{bmatrix} \Lambda^{(r)}(x) \\ B^{(r)}(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x\Delta_r \\ \Delta_r^{-1}\delta_r & x(1 - \delta_r) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Lambda^{(r-1)}(x) \\ B^{(r-1)}(x) \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

โดย $r = 1, 2, \dots, 2t$. (รอบการคำนวณ)

$$\delta_r = 1 \text{ ถ้าหาก } \Delta_r \neq 0 \text{ และ } 2L_{r-1} \leq r-1; \text{ นอกนั้น } \delta_r = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณซ้ำรอบแต่ละครั้งนั้น ชุดการคำนวณจะทำการคำนวณแยกจากกันแล้วเก็บค่าไว้ในหน่วยความจำข้อมูล แล้วนำข้อมูลในหน่วยความจำทั้งหมดนั้นมาใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างค่าสัมประสิทธิ์ตัวใหม่ ๆ ในทอประกอบการคำนวณ $\Lambda(x)$ คือ Polynomial หลักที่เรานำไปใช้เมื่อคำนวณเสร็จแล้ว ส่วน $B(x)$ เป็น Polynomial ช่วยในการคำนวณหาค่าใหม่ ในการคำนวณทั้งหมดนั้นใช้จำนวนคูณเท่ากับ $2t(3t) = 6t^2$ จะใช้การบวก $2t(2t) = 4t^2$ และรอบการอินเวอร์สค่า $\Delta_r = 2t$ และจากชุดการคำนวณเราสามารถแสดงการคำนวณได้เมื่อค่า r เปลี่ยนแปลงไปจนถึง $2t$ โดยกำหนดค่าใน Syndromes เท่ากับ $S_x = 3, 5, 9, 2$ จะได้ค่าตามตารางในรูปที่ 2.8

				1	x	x^2
r	Δ_r	L_r	δ_r	Δ_0^r	Δ_1^r	Δ_2^r
1	3	1	1	1	3	0
2	0	1	0	1	3	0
3	6	2	1	1	3	2
4	0	2	0	1	3	2
-	-	-	-	c	b	a

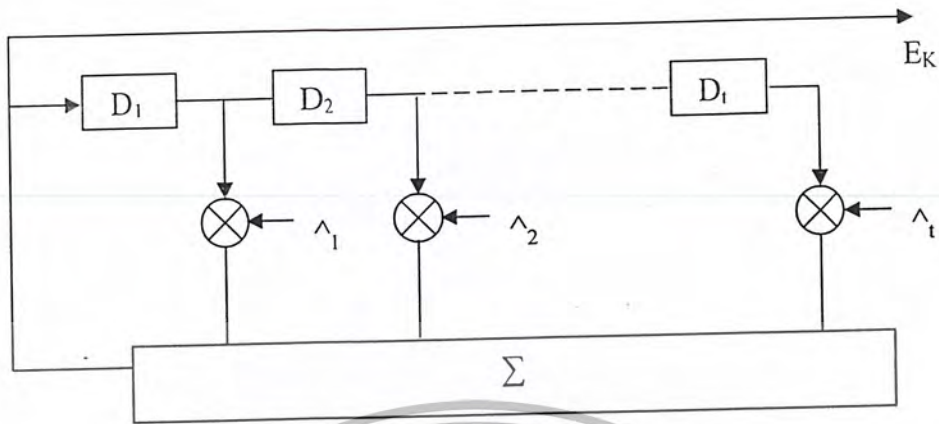
ตารางที่ 2.2 แสดงตารางชุดค่าข้อมูลที่ได้จากชุดการคำนวณ BMA

2) การหาค่าชุดข้อมูลที่น่าไปใช้แก้ความผิดพลาดของข้อมูล (Recursive Extension)

เมื่อเราหาค่าสัมประสิทธิ์ที่จะนำมาใช้ได้แล้วจาก BMA เราก็จะทราบตำแหน่งของค่าที่เกิดผิดพลาดได้จากการถอดรอกของสมการ ขั้นตอนต่อไปนี้คือการหาค่าที่น่าไปใช้แก้ความผิดพลาดของข้อมูลเดิมที่ได้มาจากการ DFT

หลักการทำงานของ Recursive Extension จะเป็นไปตามบล็อกไดอะแกรมการทำงานตามรูปภาพโดยในวิธีการคำนวณของ Recursive Extension นั้นจะนำเอาสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณ BMA มาใช้ในการคูณ (การคูณในสนามจำกัด $A = \alpha^i, B = \alpha^j; A \cdot B = \alpha^{i+j} = C$) เพื่อเป็นการถ่วงค่าของข้อมูลให้ได้ค่าที่รวมกันแล้วเกิดเป็นข้อมูลใหม่ คือ E_k โดย E_k ตัวแรกคือ E_{2t+1} และการคำนวณจะคำนวณไปถึง E_N ลักษณะการคำนวณของบล็อกจะนำเอาค่า E_k กลับมาคำนวณด้วยเพื่อให้เกิดค่าใหม่ขึ้นมาเรื่อยๆ จนถึง E_N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกโคอะแกรมการทำงานของ Recursive Extension

จากบล็อกโคอะแกรมค่าเริ่มต้นที่ใช้กับ D_1 และ D_2 คือค่าที่มาจาก Syndromes ที่ตำแหน่ง S_4 และ S_3 เมื่อ $S_4 \cdot \Lambda_1 + S_3 \cdot \Lambda_2$ จะได้ E_5 เป็นข้อมูลตัวแรกไปเก็บไว้และนำมาใช้ในการคำนวณรอบถัดไปด้วย ซึ่งจะเข้าไปแทนที่ตำแหน่ง D_1 และ S_4 ก็จะไปอยู่ที่ตำแหน่ง D_2 โดยทำการคำนวณลักษณะนี้ก็จะได้ข้อมูล E_k ทั้งหมด ตั้งแต่ $K = 2t+1$ จนถึง $K = N$ (ค่า N เป็นบล็อกลูกของข้อมูลทั้งหมด) รอบการคำนวณที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ $(N-2t)$ และใช้รอบการคำนวณเท่ากับ $t(N-2t) = Nt-2t^2$ เท่ากันทั้งการบวกและการคูณ หลังจากการคำนวณทั้งหมดเสร็จสิ้นเราจะได้ข้อมูล 1 ชุด มีจำนวนบล็อกลูกของข้อมูลเท่ากับ $N-2t = \{E_k\}$ ข้อมูลนี้เราจะนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลเดิมกลับออกมา

3) การนำข้อมูลมารวมกัน (XOR)

ขั้นตอนสุดท้ายของการทำ Error Correction คือการนำชุดข้อมูลที่ได้จากการทำ Recursive Extension $\{E_k\}$ มาทำการ XOR กับค่าข้อมูล $(N-2t)$ ที่ได้จากการ DFT ในครั้งแรก หากข้อมูลเกิดผิดพลาดไม่เกิน t ตัว เราจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องกลับมาเหมือนเดิม แต่หากข้อมูลเกิดมีการผิดพลาดเกิน t ตัว ข้อมูลที่เราได้หลังจากการ XOR จะไม่ถูกต้องและไม่สามารถนำไปใช้ได้เลย

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1 สมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- * เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- * ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง

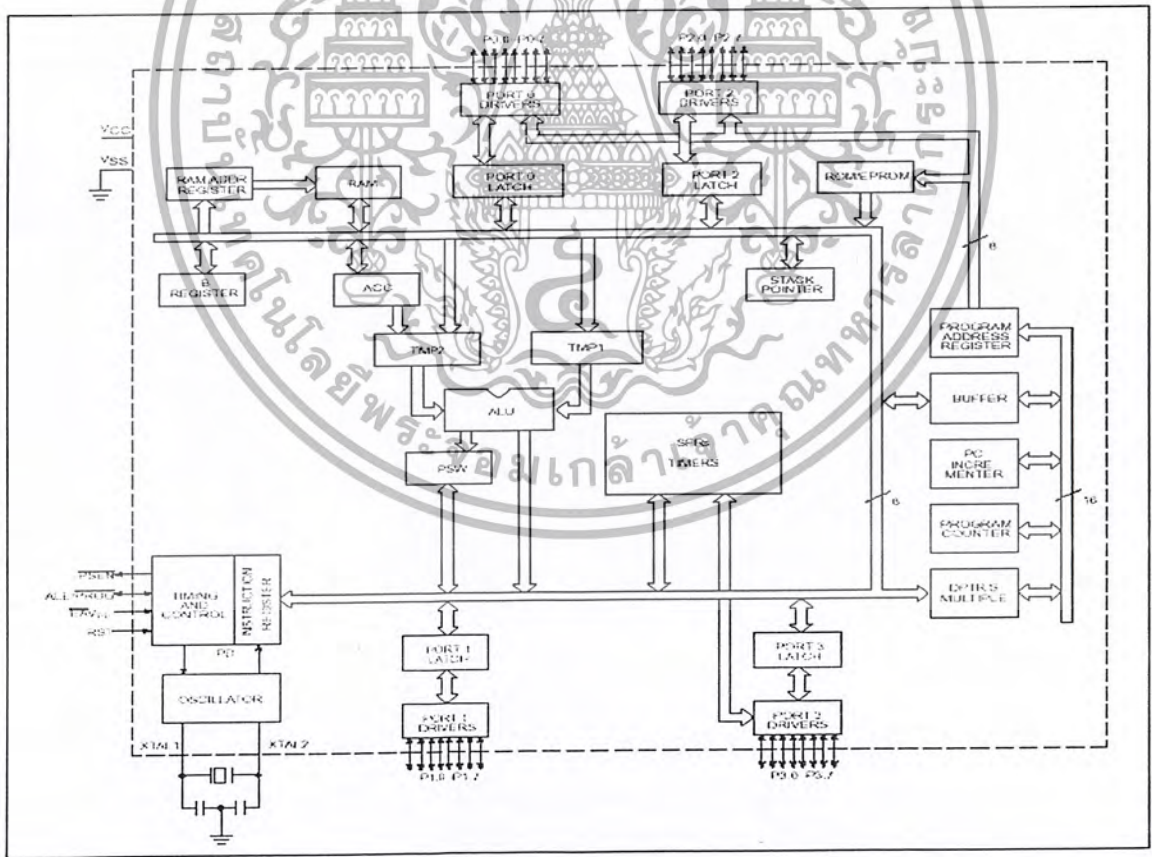
* หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรมและแบบอีพีรอมเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในชั้นเรียนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารได้ หากมีการนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต เจ้าของเอกสารขอสงวนสิทธิ์ในการดำเนินคดีตามกฎหมาย

- * ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็น ได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- * มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบพูลดูเพล็กซ์
- * ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
- * สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- * สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- * มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบพิกายู่ภายในชิป
- * มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบ SPI สำหรับอนุกรม AT89xx
- * มีวอตช์ดีอกไทเมอร์ในตัว สำหรับอนุกรม AT89xx

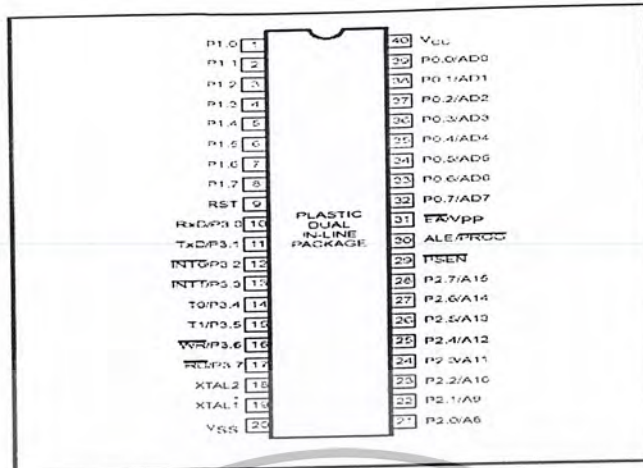
2.2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐาน เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบเฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงขาของ MCS-51

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากาวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงที่สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้ในกระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับด้วย นอกจากนี้อนุกรม AT89xx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ในขณะที่ขา P1.4-P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตเพื่อ สำหรับใช้งานทั่วไป หากต้องการกำหนดให้พอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูงที่สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งาน

ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับขั้ว ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน่วยการใช้งานมากเป็นพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับ ไทมเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับสัญญาณภายนอก

ขาเรซีเซต ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้จะต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 เมกซ์วินไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ยังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

ขา ALE/PROG (Address Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมแลตซ์ของขาพอร์ต0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับ โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพีรอม

ขา PSEN (program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณร้องขอในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละเมกซ์วินไซเคิล แต่ถ้าหากต้องติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอก หรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับ โปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.3 ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการทำงาน 1 รอบ หรือ 1 แมกซ์ซินไซเคิล ซึ่พียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ซายเคิล มีค่าเท่ากับ 1 us หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz และสามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2) / 12
เวลา 1 แมกซ์ซินไซเคิล = 1 ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3 คุณสมบัติของ LED (Light-Emitting Diode) อินฟราเรด (Infrared)

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอดต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเทรชโฮลด์ (Threshold) จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอด แรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ใช้แสงในย่านที่ตาคนมองเห็นได้นั้น ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรด ทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะให้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลต์ โดยพลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบอัสไฟตรงของไดโอดและต้องระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนจะทำอันตรายต่อชิ้นไดโอด

ข้อเสียของ LED ที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร คือ สามารถถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำ จึงไม่เหมาะสมกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอก เพราะจุดอ่อนเรื่องการถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง LED ชนิดซิลิกอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด

2.3.1 หลักในการออกแบบตัวส่ง

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบตัวส่งนั้นเราต้องใช้หลักการดังต่อไปนี้

Radiant Intensity พิจารณาสมการ 2.9-2.12 และรูปที่ 2.10

$$I_c = \frac{d\Phi}{d\Omega} = \frac{\text{Watt}}{\text{Steradian}} \quad (2.9)$$

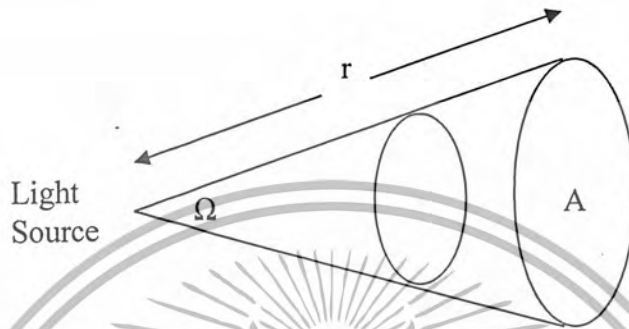
$$\Phi_e = \int I_e d\Omega \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ถ้า } I_c = \text{Constant}$$

$$\Phi_c = I_c \Omega \quad (2.11)$$

$$\Omega \text{ (Solid Angle)} = \frac{A}{r^2} \quad (2.12)$$



รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตการแผ่รังสีอินฟราเรด

ในกรณีนี้เราจะพิจารณาว่าตัวส่งเป็นเสมือนแหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source) ซึ่งจากสมการจะพบว่าค่า Intensity ของตัวส่งที่ปล่อยออกมาจะแปรผันตรงกับค่า Power ที่ตัวส่งได้รับ แต่แปรผกผันกับค่า Solid Angle ของตัวส่ง โดยถ้าพื้นที่ A มีค่าน้อย จะทำให้มุม Solid Angle ที่ของตัวส่งแคบ ค่า Intensity ก็จะสูง นั่นก็คือ ถ้าให้พลังงานแก่ตัวส่งที่เท่ากัน ตัวส่งที่ปล่อยพลังงานออกมาด้วยมุมแคบจะมีค่า Intensity ของพลังงานที่ปล่อยออกมา มากกว่าตัวส่งที่ปล่อยพลังงานออกมาด้วยมุมที่กว้าง

2.3.2 วงจรพื้นฐานในการขับ LED อินฟราเรด

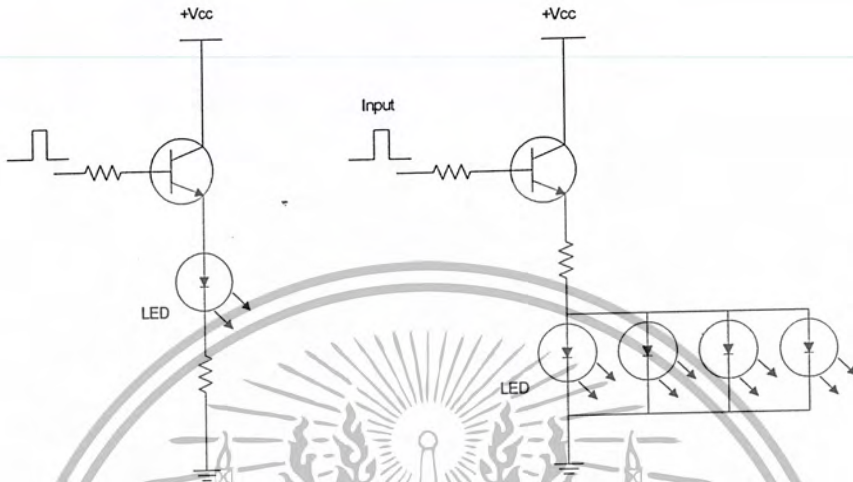
เมื่อได้พิจารณาคุณสมบัติของ LED ผ่านมาแล้วในส่วนนี้เราจะมาศึกษาวิธีการในการขับ LED อินฟราเรดให้สามารถส่งสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจะมีวงจรพื้นฐานในการขับ LED แบบอนุกรมและแบบขนานดังรูปที่ 2.11

การจะเลือกใช้งานก็ขึ้นอยู่กับว่าต้องการออกแบบให้วงจรเป็นอย่างไรซึ่งแต่ละวงจรก็จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันเช่นในรูปที่ 2.11 (ก) ก็พบว่าข้อดีที่ดึงกระแสไม่มากนักเมื่อเทียบกับรูป (ข) เพราะ LED หลายตัวใช้กระแสตัวเดียวกันในการไครฟ์ แต่มีข้อเสียตรงที่หาก LED ตัวใดตัวหนึ่งขาดวงจรนั้นก็จะไม่ทำงานทันทีและถ้าจะต่อ LED หลายตัวก็ต้องใช้ไฟเลี้ยงสูงขึ้น LED ที่ต่อขนานหลายๆ ตัวจะมีศักดาตกคร่อมเท่ากัน และหาก LED ตัวใดตัวหนึ่งขาดวงจรก็ยังคงใช้งานได้แม้มี

ข้อเสียตรงที่วงจรดึงกระแสค่อนข้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายๆ ตัวจะมีคักคาตกร่อมเท่ากัน และหาก LED ตัวใดตัวหนึ่งขาดวงจรก็ยังคงใช้งานได้อยู่แต่มี
 ข้อเสียตรงที่วงจรดึงกระแสค่อนข้างมาก

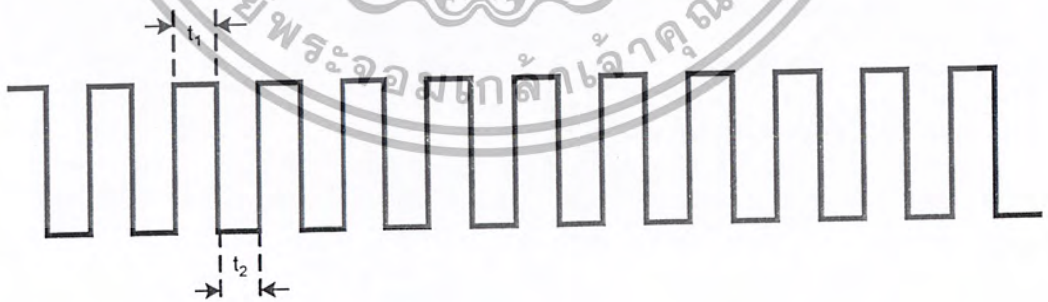


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขับ LED อินฟราเรด (ก) แบบอนุกรม (ข) แบบขนาน

2.4 สัญญาณแควรี่ร์ 38 KHz

เราใช้ไอซีเบอร์ 555 ซึ่งต่อเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เพื่อสร้างเป็นสัญญาณแควรี่ร์
 38 kHz ซึ่งรูปแบบของความถี่นั้นจะอยู่ในรูปของสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างของพัลส์ดัง

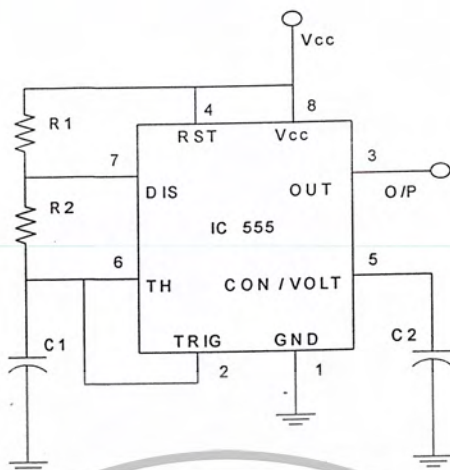
รูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุทของอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าช่วงเวลาของ t_1 และ t_2 เราสามารถที่จะกำหนดได้ว่าจะให้มีความ
 กว้างเป็นเท่าไร โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น เราให้ความกว้างของ $t_1 = t_2$ นั่นคือ ดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ

50% การออกแบบวงจรเราสามารถออกแบบได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ 38 kHz

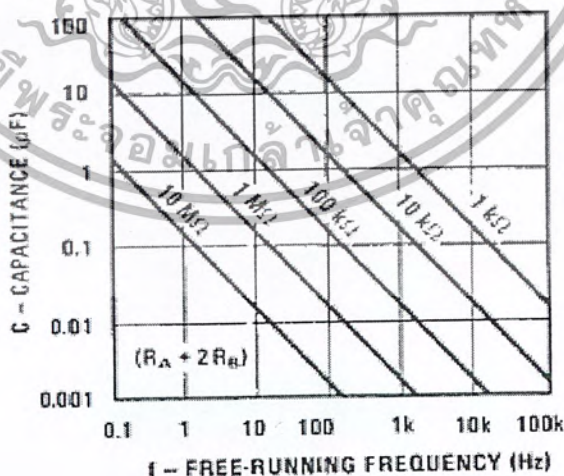
จากสมการ $t_1 + t_2 = T = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$

และ $F = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$

แทนค่า $F = 38 \text{ kHz}$ จะได้

$$38 \times 10^3 = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

จากสมการข้างต้นเรามี ตัวแปร 2 ตัวคือ R และ C การออกแบบเราจะกำหนดค่าของ C ก่อน เพราะมีค่าเฉพาะและหาได้จากตารางความสัมพันธ์รูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่า R และ C และความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางเลือกค่า $C = 0.01 \mu\text{F}$

$$\text{จะได้ } 38 \times 10^3 = 1.44 / (R_1 + 2R_2) \times 0.01 \times 10^{-6}$$

$$R_1 + 2R_2 = 1.44 / (38 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6})$$

$$= 3.8 \text{ k}\Omega$$

$$\text{ให้ } R_1 = 220 \Omega$$

$$220 + 2R_2 = 3.8 \times 10^3$$

$$= 1.79 \text{ k}\Omega$$

$$\text{ค่าคิวตี้ไซเคิล } D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= (220 + 1.79 \times 10^3) / (220 + (2 \times 1.79 \times 10^3))$$

$$= 53 \%$$

สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกทำการเข้ารหัสแล้วจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกนำไปมอดูเลชันกับสัญญาณแคเรียร์ที่เราสร้างได้จากไอซี 555 ความถี่ 38kHz แล้วส่งต่อไปให้ภาคขับ LED Infrared ส่งออกมาในรูปของแสงอินฟราเรด

2.5 ชุดสวิตช์ควบคุม (Switches Module)

รูปแบบการทำงานของชุดควบคุมทางเอาท์พุท (AC 220V) จะใช้ไทรสเตอร์ชนิดไทรแอก เพราะสามารถทำงานได้ทั้งสองเฟสร่วมกับไอซีควบคุมเกตแบบออปโตคัปเปิ้ล (MOC 3041M) ภายในตัวไอซีนี้เป็น LED Infrared กับไทรแอกที่มีชุด Zero-Crossing Circuit ที่มีความสามารถควบคุมเกตของไทรแอกได้โดยใช้แสงจากตัว LED Infrared ข้อดีของการใช้ชุดควบคุมที่เป็นแสงจะสามารถลดผลของการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดมาจากการทำงานของวงจรหรือจากสภาพแวดล้อมภายนอก อันเป็นผลทำให้วงจรทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่มีข้อเสียตรงที่มีราคาแพงรวมทั้งต้องออกแบบชุดระบายความร้อนให้กับตัวไทรแอกในขณะที่ทำงานที่โหลดค่าสูง

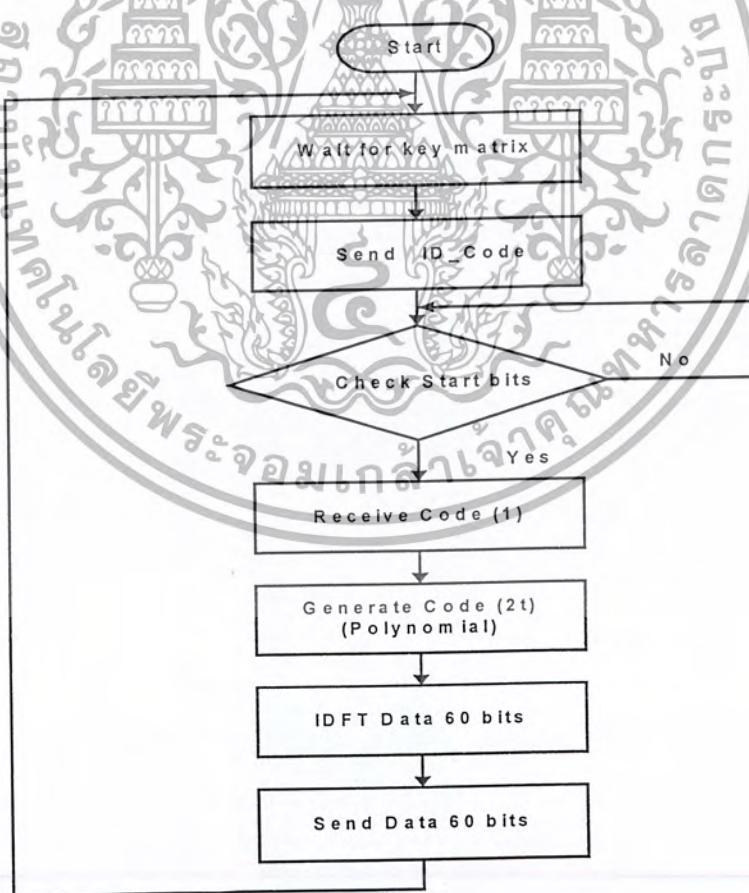
สัญญาณข้อมูลที่ต้องการจะส่ง รอรับสัญญาณ และตรวจสอบข้อมูล เป็นต้น ซึ่งกระบวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ของรีโมทจะกล่าวโดยละเอียดในทาง Software

ชุดส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดนั้นใช้ไอซี 555 ในการสร้างสัญญาณแคเรียร์ 38 kHz แล้วทำการมอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลเข้ารหัสที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยไอซีลอจิกแบบ And Gate ส่งต่อไปยังชุดขับ LED Infrared ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ขยายกระแส

ชุดรับสัญญาณแสงอินฟราเรดนั้นจะเป็นตัว Module ที่มีใช้กันทั่วไป และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เอาท์พุทที่มีความถูกต้อง

3.2 การออกแบบส่วนของรีโมททาง Software

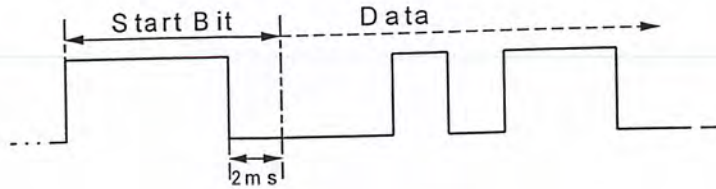
ในส่วนทางด้านโปรแกรมควบคุมชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีกระบวนการที่ซับซ้อน ดังแสดงรูปที่ 3.2 จะแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งวนรอบรอคำสั่งอีกครั้ง



รูปที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ของรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อนำข้อมูลทำ Triple Code แล้วจะมีข้อมูลขนาด 72 บิต รูปคลื่นพัลส์ของบิตเริ่มต้นและตัวอย่างของบิตข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงรูปคลื่นของบิตเริ่มต้นและบิตข้อมูล

3.2.3 ส่วนของการรับ Code (1) หรือ Data Format B และการ Generate Code (2t)

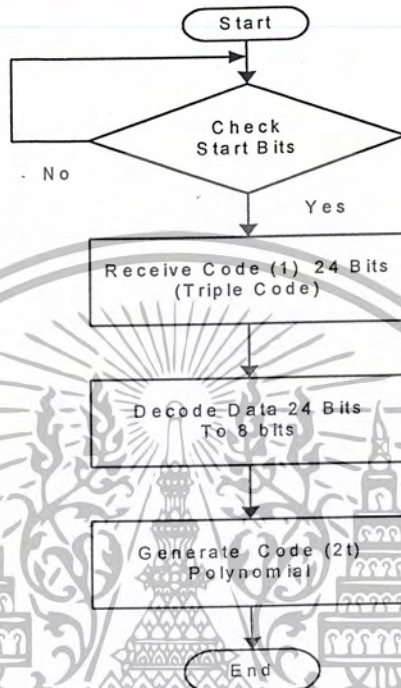
โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นบิตเริ่มต้นหรือไม่ถ้าไม่ใช่บิตเริ่มต้นจะวนจนกว่าจะมีข้อมูลที่เป็นบิตเริ่มต้นเข้ามา เมื่อมีบิตเริ่มต้นเข้ามาแล้วบิตต่อมาที่ต่อจากบิตเริ่มต้นคือบิตแรกของข้อมูล Code (1) ซึ่งเป็นข้อมูลแบบ Triple Code 24 bits เมื่อรับข้อมูลครบ 24 บิตแล้วจะนำเอาข้อมูลมาทำการถอดรหัสซึ่งจะได้ Code ออกมาเพียง 8 บิต และเป็นข้อมูลที่ไปทำการ Generate โดยกระบวนการของ Polynomial แบบ 8 bits signal $P(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ ซึ่งกล่าวได้ว่าในบิทที่ 2 ค่าที่ได้ออกมาจะเป็น Code (2t) นำค่า Code (2t) ใหม่นี้เก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการเข้ารหัส IDFT ต่อไป การทำงานของส่วนการรับ Code (1) และการ Generate Code (2t) แสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.5

3.2.4 ส่วนของการเข้ารหัสข้อมูลขนาด 60 บิต (IDFT 60 Bits) หรือ Data Format C

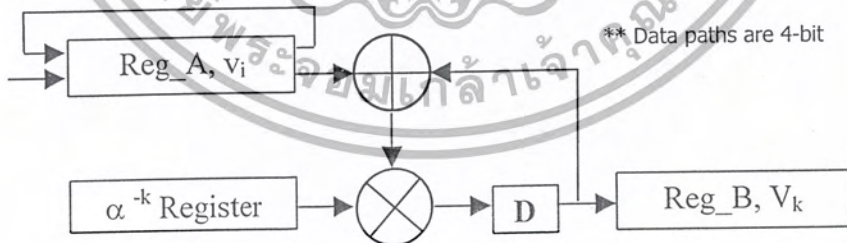
จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าข้อมูลทั้งหมดนี้ประกอบไปด้วย ข้อมูลคำสั่ง (Command 4 Bits) ข้อมูลรหัสเครื่อง (ID_Code 24 Bits) และข้อมูลที่ได้จากการ Generate Code (2t) 8 Bits เมื่อรวมกันแล้วจะมีข้อมูลทั้งหมด 36 บิต จากนั้นนำข้อมูลศูนย์มารวมอีก 24 บิต เพราะฉะนั้นจะมีข้อมูลทั้งหมดเป็น 60 บิต ข้อมูลศูนย์ที่นำมารวมเพื่อให้บิตทั้งหมดเป็น 60 บิต 15 เซต เซตละ 4 บิต หรือ 1 Symbol ซึ่งเป็นรูปแบบของ RS (15, 11, 2) ที่ใช้การเข้ารหัสแบบ Finite Field Fourier Transform จากนั้นทำการส่งข้อมูลทั้ง 60 บิต (Data Format C) ส่วนบล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสของข้อมูลแสดงในรูปที่ 3.6 และหลักการทำงานได้อธิบายไว้แล้วในบิทที่ 2 โดยข้อมูลที่ต้องการเข้ารหัส 60 บิต จะผ่านเข้าสู่ Reg_A โดยข้อมูลตัวที่ 15 จะเข้าไปทำการบวกก่อนกับค่าเริ่มต้นคือศูนย์ แล้วทำการคูณกับค่าของ α^k ค่า k ค่าแรกเท่ากับ 15 โดยทำงานทั้งหมดเท่ากับค่าของชุดข้อมูล คือ 15 ค่า จึงจะได้ค่าการเข้ารหัส 1 ตัวเก็บไว้ใน Reg_B และเมื่อต้องการค่าการเข้ารหัสตัวที่ 2 จะต้องลดค่าของ k ลงมา และทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ้ำการทำงานแบบเดิมตามบล็อกไดอะแกรม เมื่อค่า k ครบ 15 ค่าแล้วก็จะได้ชุดข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสแบบ IDFT หรือ Data Format C (ค่าของ α^{-k} เกิดจากชุด Polynomial ขนาด 4 บิต)



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมในส่วนของการรับ Code (1) และ Generate Code (2t)

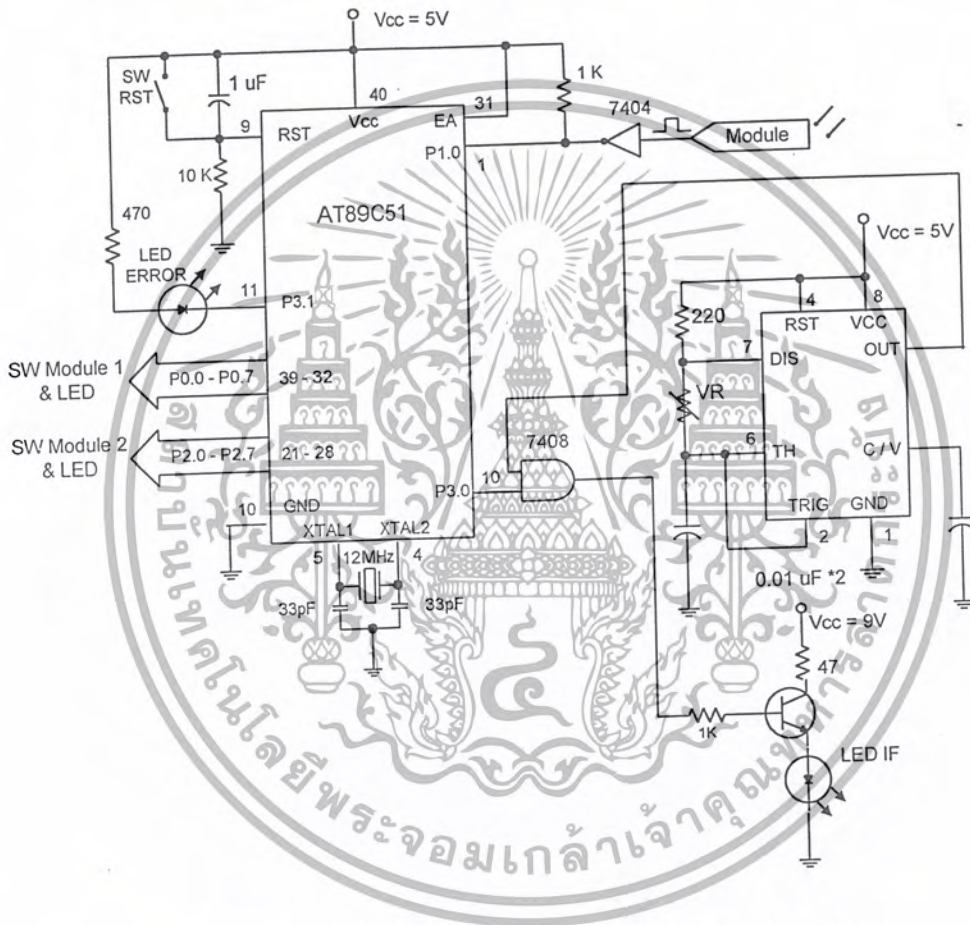


รูปที่ 3.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสข้อมูล 60 บิต แบบ IDFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมททาง Hardware

ส่วนทางด้านวงจรของเครื่องรับสัญญาณรีโมทจะมีดังนี้ คือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ชูครบและชุดส่งแสงอินฟราเรด ส่วนของโมดูลสวิทช์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ทางเอาท์พุท และ ส่วนของ LED แสดงผล เพราะฉะนั้นการสร้างและการออกแบบจึงค่อนข้างซับซ้อน ส่วนประกอบต่างแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรการทำงานของเครื่องรับสัญญาณรีโมท

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในเครื่องรับสัญญาณรีโมทจะเป็นเบอร์ AT89C51 มีหน้าที่รับสัญญาณจากตัวรีโมท สร้างสัญญาณต่างๆ ที่ต้องการจะส่งไปยังรีโมท เช่น สัญญาณเริ่มต้น (Start Bits) สัญญาณจากการสุ่ม Code (1) Generate Code (2r) ถอดรหัสแบบ DFT ทำ Error Correction และเปรียบเทียบข้อมูลที่รับมาและข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำ เป็นต้น ขั้นตอนการทำงานจะกล่าวโดยละเอียดในส่วนของการทาง Soft ware

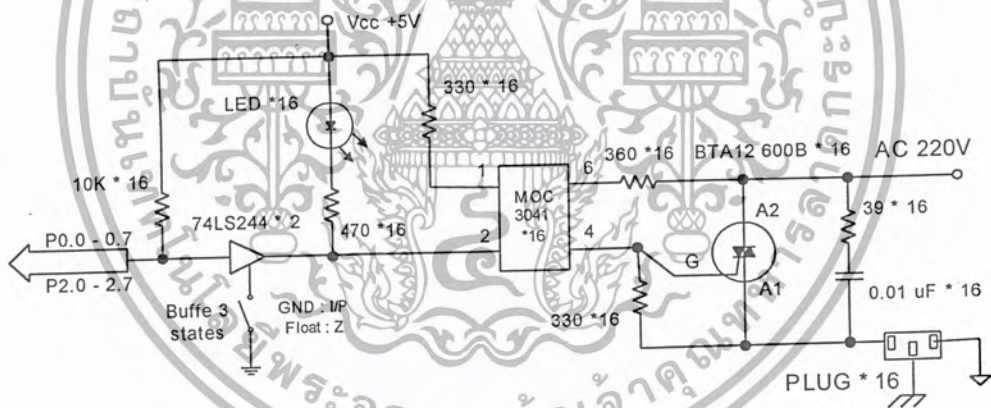
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดนั้นใช้ไอซี 555 ในการสร้างสัญญาณแคเรียร์ 38 kHz แล้วทำการมอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลเข้ารหัสที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยไอซีลอจิกแบบ And Gate ส่งต่อไปยังชุดขับ LED Infrared ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ขยายกระแส

ชุดรับสัญญาณแสงอินฟราเรดนั้นจะเป็นตัว Module ที่มีใช้กันทั่วไป และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เอาท์พุทที่มีความถูกต้อง

ส่วนแสดงผลการทำงานของวงจรจะมี LED จะแสดงผลการรับคำสั่งว่าเปิดหรือปิดอุปกรณ์ โดยดูได้จากการติดของ LED จะมีทั้งหมด 16 บิต (16 ช่องสัญญาณ)

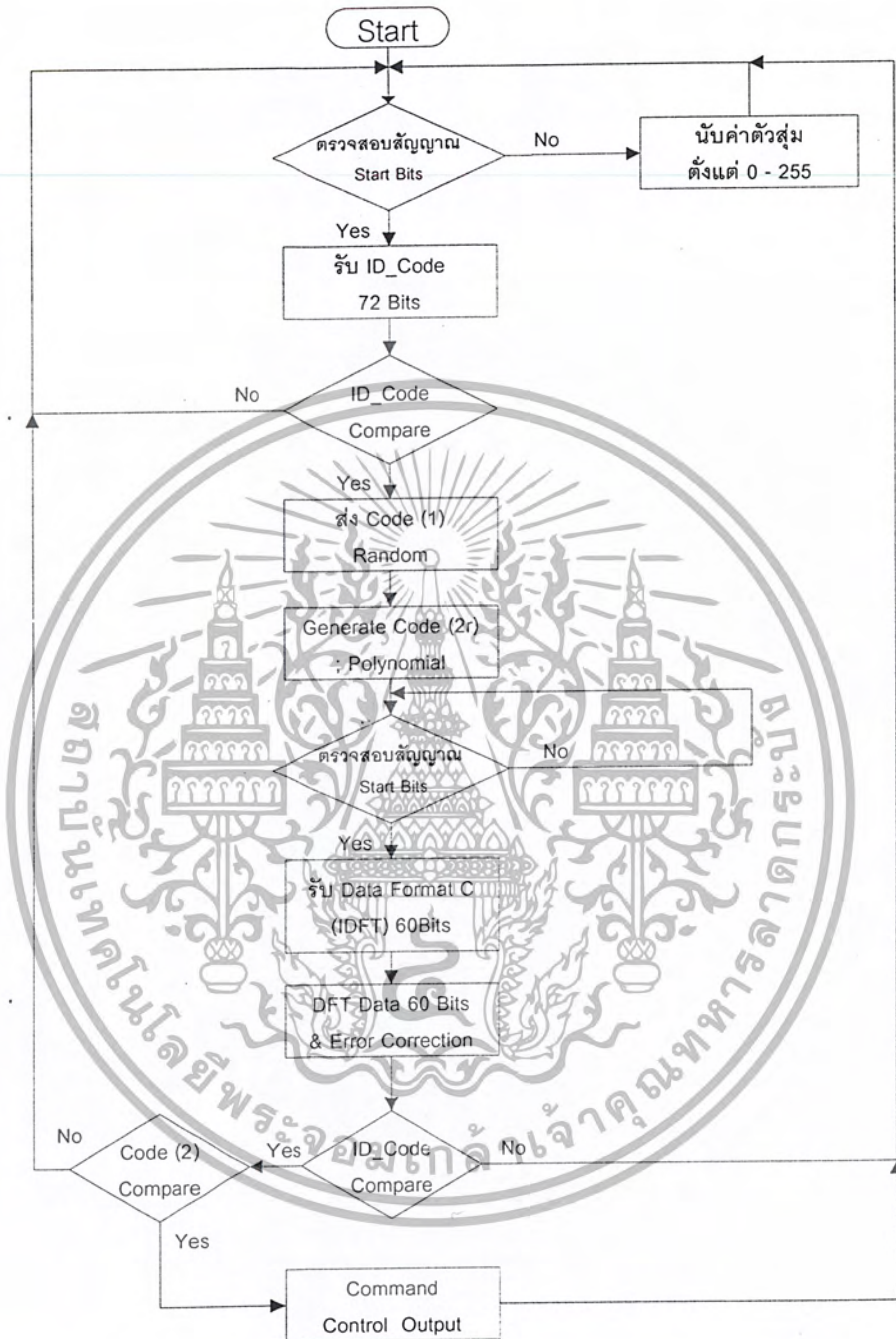
ชุดควบคุมสวิทช์ (Switches Module) จะรับสัญญาณควบคุมมาจาก P0.0 – P0.7 และ P2.0 – 2.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปทำการเปิดและปิดตัวไทรแอกโดยมีบัฟเฟอร์ 74LS244 ที่สามารถควบคุมชุดโมดูลที่ 1 และ 2 ไว้อีกทีหนึ่ง การทำงานจะใช้ไอซีแบบออปโตคัปเปิลเบอร์ MOC3041M มาใช้ในการแยกกราวด์ของด้านไฟสูงกับด้านควบคุมที่เป็น MCS-51 ออกจากกัน เพื่อลดผลของสัญญาณรบกวนที่มาจากโหลดที่ค่าความเหนี่ยวนำสูง โดยมีเอาท์พุทใช้งานทั้งหมดรวม 16 ช่อง (AC 220V , 600W)



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรส่วนควบคุมอุปกรณ์ทางเอาท์พุทของเครื่องรับสัญญาณรีโมท

3.4 การออกแบบส่วนของเครื่องรับสัญญาณรีโมททาง Software

ในส่วนทางด้านโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนมาก ดังรูปที่ 3.9 จะแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานส่วนใหญๆ ในส่วนของโปรแกรมของเครื่องรับสัญญาณรีโมท



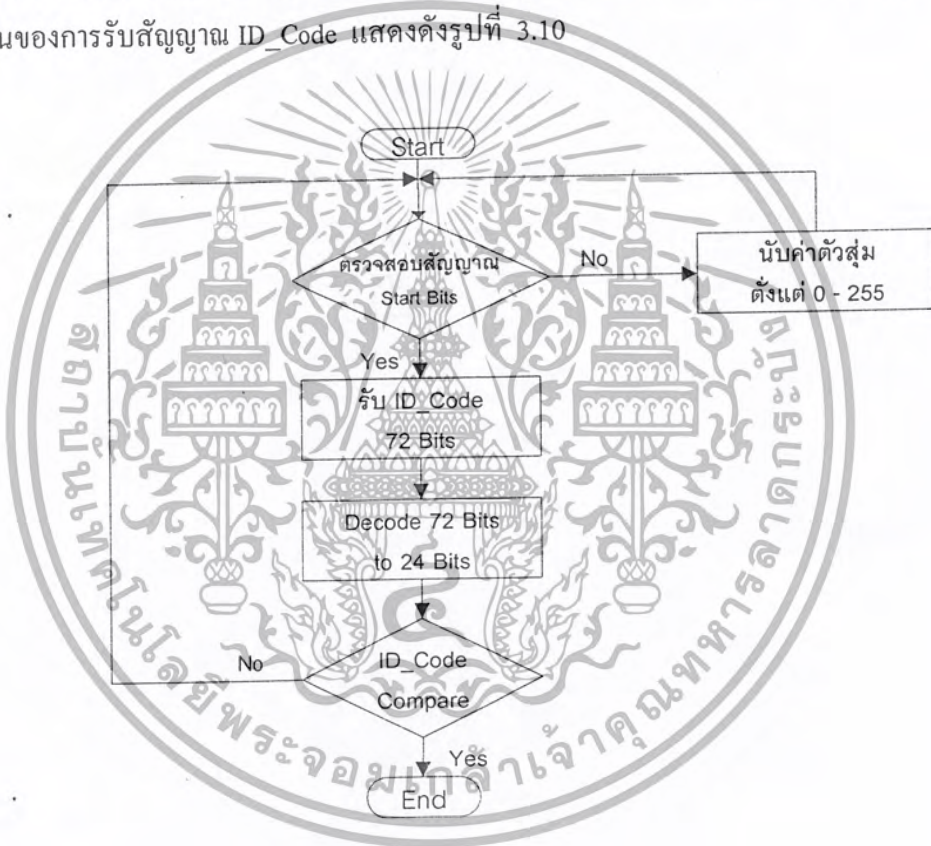
รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เครื่องรับสัญญาณรีโมท

จากรูปที่ 3.9 สามารถอธิบายการทำงานทางด้านโปรแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ส่วนของการรับสัญญาณ ID_Code (Data Format A)

โปรแกรมจะเริ่มตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นสัญญาณเริ่มต้นหรือไม่ ถ้าไม่ใช่จะวนรอบตรวจสอบจนกว่าสัญญาณที่เข้ามาเป็นสัญญาณเริ่มต้น ซึ่งในโครงการนี้กำหนดค่าเป็น 0001 ในระหว่างวนรอบตรวจสอบอยู่นั้นจะเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ด้วยซึ่งค่ารีจิสเตอร์ตัวนี้จะเป็นค่าที่เรียกว่า Random Code มีค่า 0–255 ถ้าสัญญาณที่เข้ามาเป็นสัญญาณเริ่มต้นจะรับสัญญาณข้อมูลอีก 72 บิต ซึ่งเป็นข้อมูลของ ID_Code แบบ Triple Code เมื่อรับครบ 72 บิตแล้วจะนำข้อมูลมาถอดรหัสให้เป็น ID_Code 24 บิต แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งในโครงการนี้ตั้งค่า ID_Code เป็น 012345h ถ้าตรงจะทำตามขั้นตอนต่อไปแต่ถ้าไม่ตรงกันจะเริ่มทำงานใหม่หมด ถ้าดับขั้นตอนส่วนของการรับสัญญาณ ID_Code แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนของการรับสัญญาณ ID_Code

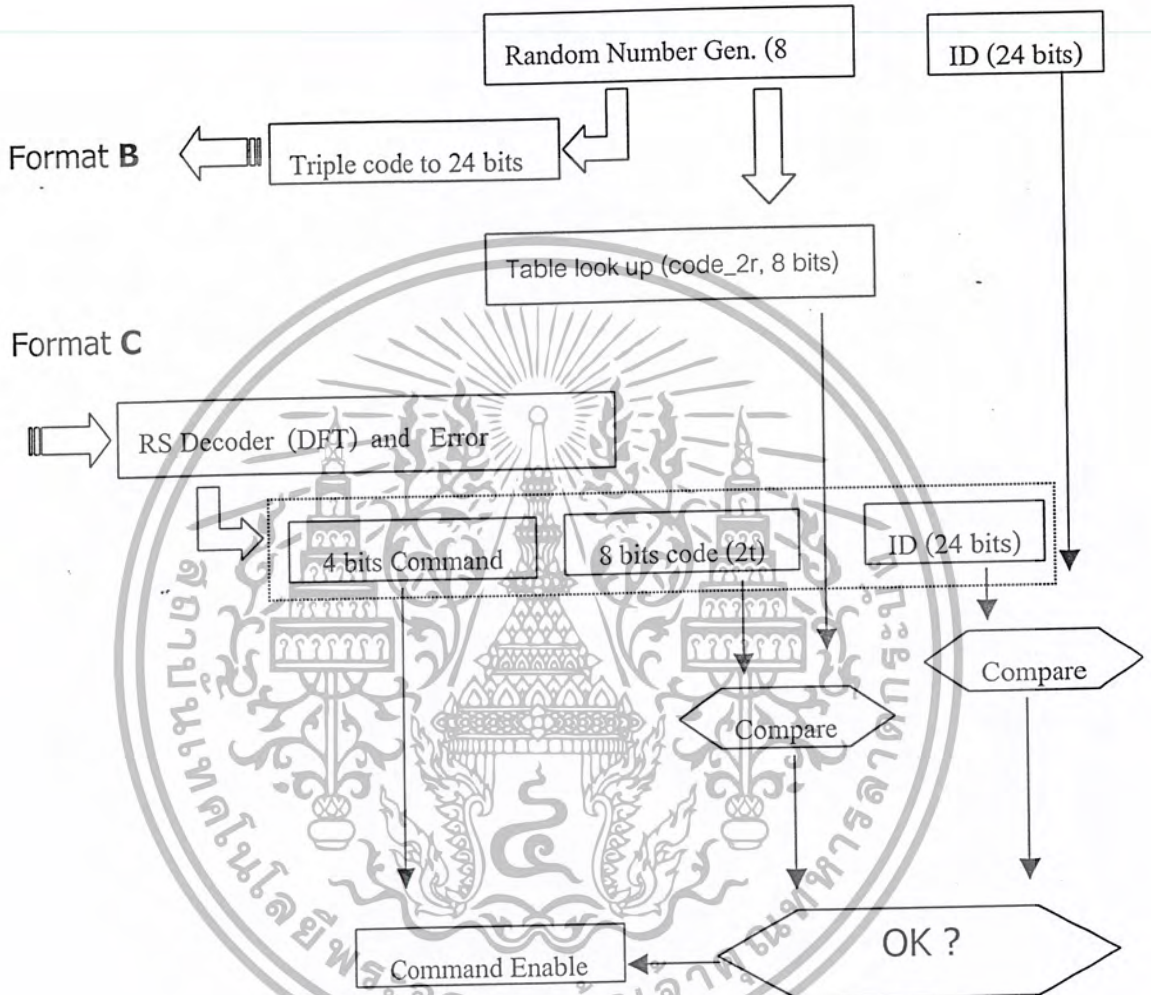
3.4.2 ส่วนของการส่ง Code (1) หรือ Data Format B และการ Generate Code (2r)

ในการส่งข้อมูล Code (1) จะส่งลักษณะของ Triple Code เช่นเดียวกับลักษณะการส่ง ID แต่จำนวนบิตน้อยกว่า Code (1) เป็นข้อมูลที่ได้จากการนับของรีจิสเตอร์ในกระบวนการรับ ID ที่มีขนาด 8 บิต โดยก่อนที่จะส่งข้อมูล 24 Bits Triple Code จะต้องส่งบิตเริ่มต้นไปก่อน เมื่อส่ง Code (1)

(Data Format B) แล้วโปรแกรมจะทำการ Generate ค่าโดยกระบวนการของ Polynomial แบบ 8 bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

signal $P(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ค่าที่ได้ออกมาจะเป็น Code (2r) นำค่า Code (2r) เก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งหมดที่ชุดรับสัญญาณรีโมท

3.4.3 ส่วนของการรับสัญญาณ IDFT หรือ Data Format C และกระบวนการ DFT

ส่วนของการรับสัญญาณเริ่มต้นจะเหมือนกับการรับสัญญาณเริ่มต้นของ ID แต่ไม่ต้องนับค่ารีจิสเตอร์ เมื่อรับสัญญาณเริ่มต้นได้แล้วจะรับสัญญาณอีก 60 บิต ซึ่งเป็นสัญญาณที่ตัวรีโมททำการกระบวนการ IDFT แล้วส่งมา เพราะฉะนั้นสัญญาณจะถูกสลับจนแยกไม่ออกว่าเป็นข้อมูลอะไรจึงต้องทำการกระบวนการ DFT เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องกลับคืนมา การทำงานของ DFT ยังคงใช้รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกโคแอดแกรมของรูปที่ 3.6 แต่เพียงเปลี่ยนค่า α^{-k} เป็น α^k และต้องเพิ่มค่า k แทนจนครบ 15 ค่า สุดท้ายข้อมูลที่ได้กลับมามี ID 24 บิต Code (1) 8 บิต Command 4 บิต และ Zero 24 บิต ข้อมูลทั้งหมดเมื่อทำการแปลงกลับแล้วจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลเพื่อนำไปตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหรือการทำ Error Correction นั่นเอง

3.4.4 ส่วนของการแก้ไขความผิดพลาดข้อมูล (Error Correction)

ส่วนนี้คือหลังจากที่เราได้ทำการ DFT ข้อมูลที่รับมาได้ ถ้าหากข้อมูลที่ได้รับมาได้ก่อนการ DFT มีการผิดพลาดขึ้นจะทำให้ข้อมูลที่ได้ออกมาผิดพลาดด้วย ซึ่งส่วนของการแก้ไขความผิดพลาดข้อมูลจะสามารถตรวจสอบได้จากชุดข้อมูลที่เป็น Zero และถ้าหากไม่ใช่ Zero 4 ตัวแล้วชุดแก้ไขข้อมูลจะเริ่มทำการแก้ไขข้อมูลนั้นออกมาให้ถูกต้อง และมีเงื่อนไขว่าข้อมูลจะต้องผิดพลาดไม่เกิน 2 ตัวเท่านั้น เพราะความสามารถของชุดแก้ไขข้อมูลมีพื้นฐานมาจากชุดการเข้ารหัสแบบ RS Code (15,11,2) สรุปได้ว่าถ้าข้อมูลเกิดผิดพลาดไม่เกิน 2 ตัว หลังจากขบวนการ Error Correction เสร็จแล้ว เราจะได้ข้อมูลเดิมออกมาเหมือนเดิมและมีความถูกต้อง การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จะทำงานเหมือนกับทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.1.5 และมีบล็อกโคแอดแกรมทำงานเหมือนกับรูปที่ 2.7 โดยขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากการตรวจสอบ Syndromes หรือ Zero หากไม่ใช่ค่าศูนย์ตัวใดตัวหนึ่งจะเริ่มทำการหาตำแหน่งที่เกิดการผิดพลาดของข้อมูล (BMA) หลังจากขั้นตอนนี้จะนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ไปคำนวณหาชุดข้อมูล (Recursive Extension) และสุดท้ายจะได้ $E_5 - E_{15}$ นำข้อมูลชุดนี้ไป XOR กับข้อมูลที่ได้ออกมา DFT คือ $D_5 - D_{15}$ หลังจากการ XOR แล้วถ้าข้อมูลผิดพลาดไปไม่เกิน 2 ตัวก็จะสามารถแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาดกลับมาได้

3.4.5 ส่วนของการตรวจสอบข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.11 ส่วนนี้จะทำการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทำ Error Correction คือ ID 24 บิต Code (2) 8 บิต Command 4 บิต กับข้อมูลที่ถูกรับไว้ในหน่วยความจำ ถ้าหากเปรียบเทียบแล้วข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งไม่ถูกต้องโปรแกรมจะเริ่มรับค่า ID ใหม่หรือเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกใหม่นั้นเอง แต่ถ้าเปรียบเทียบแล้วข้อมูลทุกชุดถูกต้องโปรแกรมจะเอา Command 4 บิตไปทำการควบคุมชุด Switches Module ทางเอาท์พุทที่เป็นไทรแอกที่มีทั้งหมด 16 ช่อง โดยรูปวงจรทั้งหมดนั้นจะเหมือนกันและมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับวงจรในรูปที่ 3.8

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองนั้น ชุดรีโมทและชุดรับสัญญาณรีโมทจะสร้างสัญญาณเข้ารหัสไว้ใน การติดต่อสื่อสารข้อมูลกัน ดังนั้นการทดลองจะเป็นการส่งการทำงานที่รีโมทไปให้เครื่องรับทำงานและหากเครื่องรับทำงานได้ถูกต้องจะแสดงผลการทำงานให้เห็นที่ LED 16 จุด ซึ่งจะให้เราเห็นการทำงานว่าถูกต้องหรือไม่ แต่สัญญาณที่ติดต่อสื่อสารระหว่างรีโมทกับชุดรับสัญญาณรีโมท เราต้องทำการวัดค่าให้เห็นว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองนี้เราได้ทำการทดลองให้เห็นถึงความแตกต่างของสัญญาณที่ได้ในแต่ละครั้งจะต้องถูกเข้ารหัสมา โดยจะเห็นว่ารูปของสัญญาณที่ได้ จะมีความแตกต่างกันแม้ว่าจะใช้คำสั่งเดียวกันให้ทำงานก็ตาม การทดลองครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบออกเป็น 3 ชุดคำสั่ง คือ คำรกด 05 10 และ 15 โดยทำการกดคำสั่งนี้อย่างละ 2 ครั้ง เพื่อให้เห็นผลการทดลองว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ของสัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสของรีโมทและชุดรับสัญญาณรีโมท โดยประกอบด้วยรูปแบบของสัญญาณดังนี้

- 1) สัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสแบบ Triple Code 72 บิต หรือ ชุดข้อมูล A
- 2) สัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสแบบ Triple Code 24 บิต หรือ ชุดข้อมูล B
- 3) สัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสแบบ IDFT 60 บิต หรือ ชุดข้อมูล C หรือ RS (15 , 11 , 2)

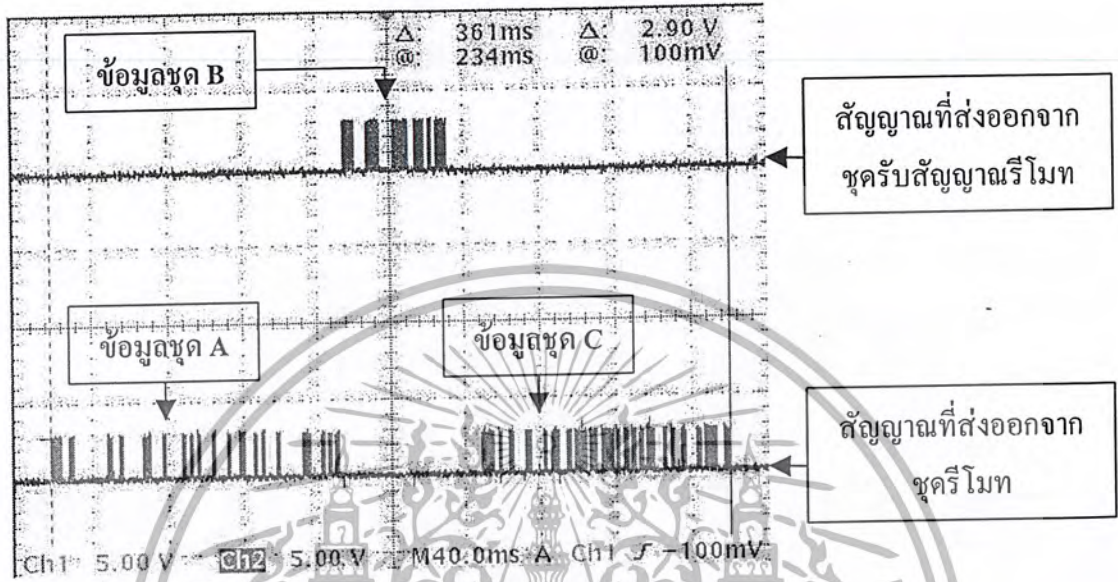
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากคำสั่ง 05

จากการทดลองสามารถทำการเปรียบเทียบออกมาได้ 3 ชุด สัญญาณ คือ ชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C และทั้งหมดชุดละ 2 ครั้ง คือ

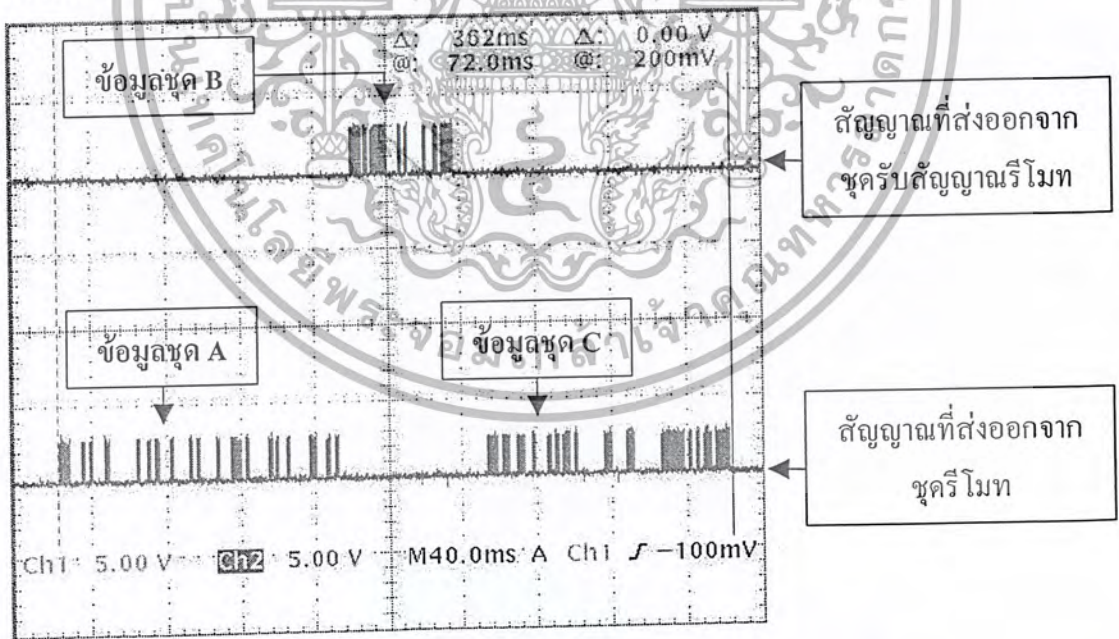
- 1) สัญญาณชุดข้อมูล A ประกอบไปด้วย รหัสผู้ใช้งาน (ID)
- 2) สัญญาณชุดข้อมูล B ประกอบไปด้วย ค่าที่ได้จากการสุ่มค่า (Random Number)
- 3) สัญญาณชุดข้อมูล C ประกอบไปด้วย รหัสผู้ใช้งาน (ID) ค่าที่ได้จากชุด Polynomial Code (2t) มาจากการเอา Code (1) ไปเข้ากระบวนการ Polynomial และคำสั่งทำงาน (Command) ข้อมูลทั้ง 3 ชุด จะถูกเข้ารหัสข้อมูลไว้ดังปรากฏในรูปสัญญาณที่ได้จากการทดลองต่อไปนี้

4.1.1 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งหมดจากคำสั่ง 05

การกคครั้งที่ 1



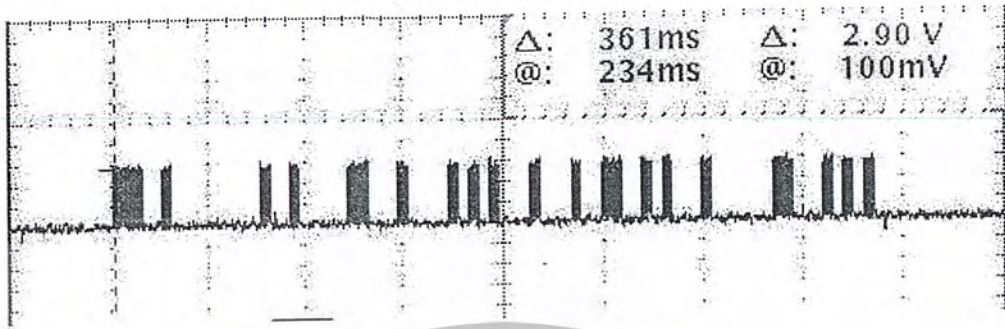
การกคครั้งที่ 2



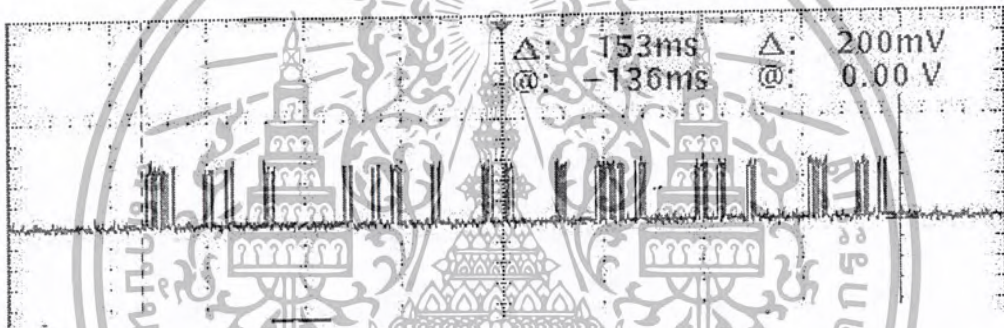
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูลทั้งหมด (คำสั่ง 05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)



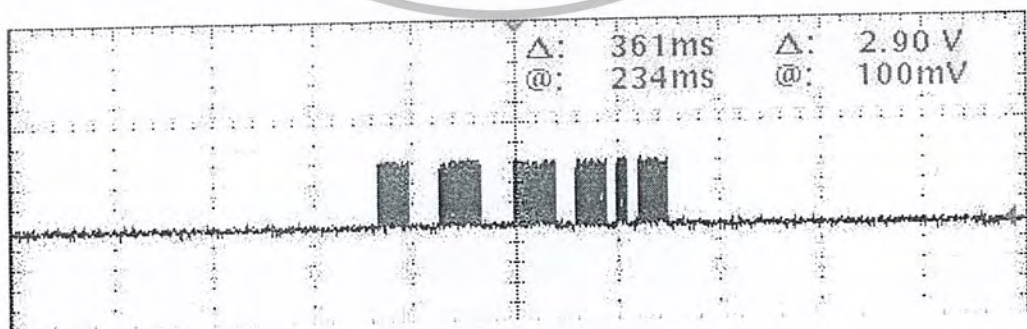
ก) กดครั้งที่ 1



ข) กดครั้งที่ 2

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 05)

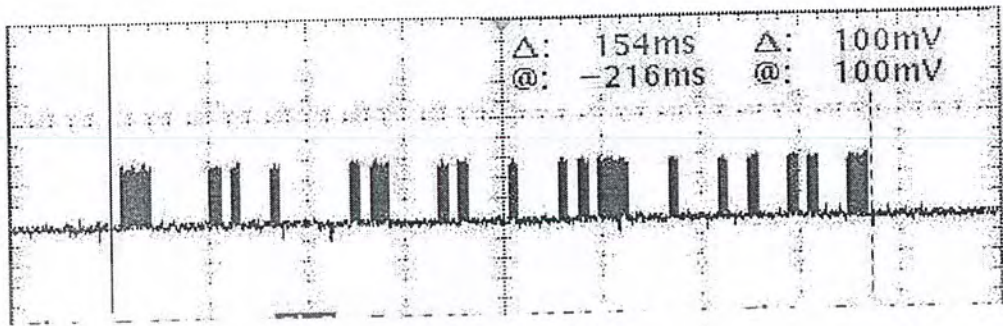
4.1.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))



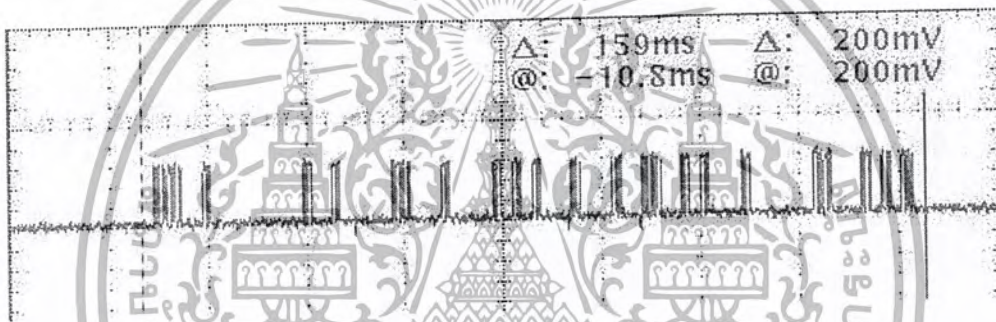
ก) กดครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)



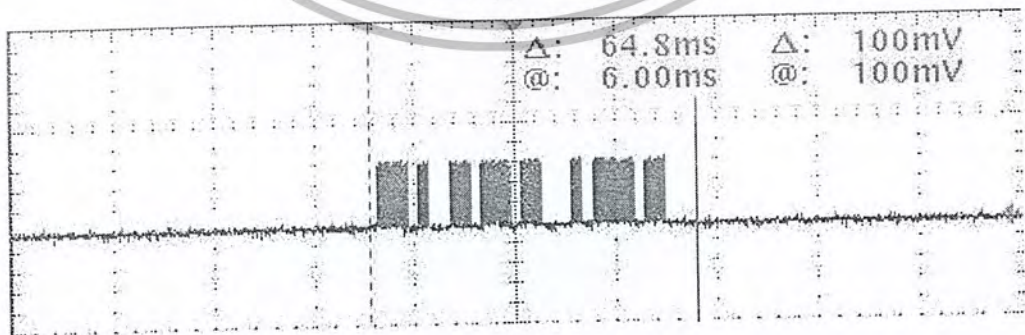
ก) กคครั้งที่ 1



ข) กคครั้งที่ 2

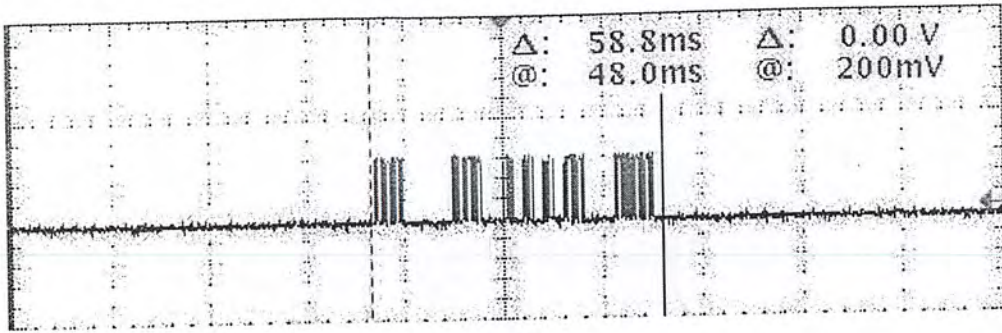
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 10)

4.2.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))



ก) กคครั้งที่ 1

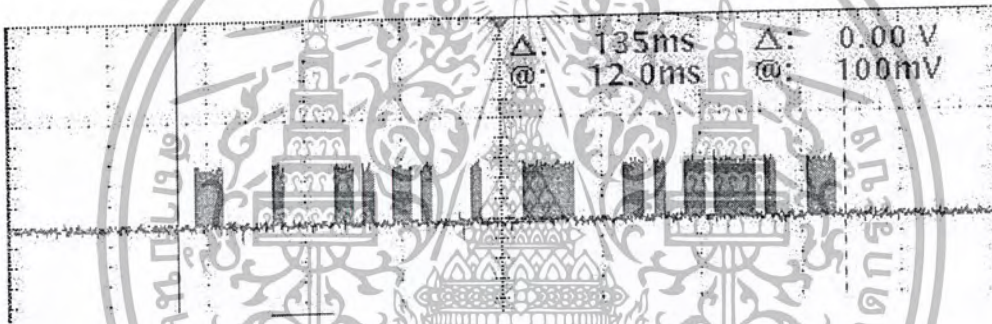
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



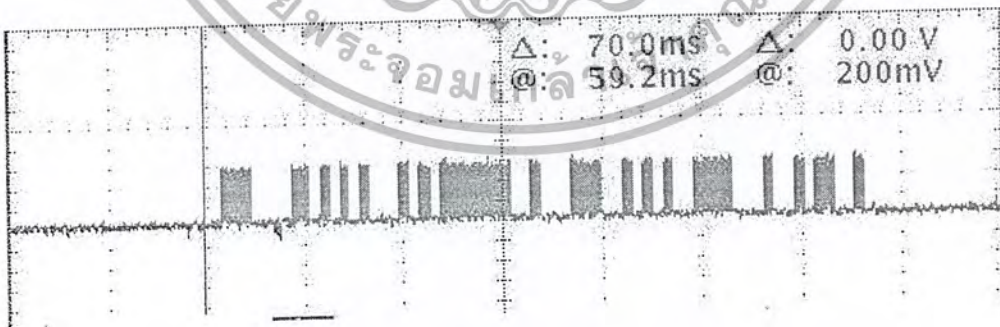
ข) กดครั้งที่ 2

รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล B (คำสั่ง 10)

4.2.4 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล C (ID, Code (2t), Command)



ก) กดครั้งที่ 1



ข) กดครั้งที่ 2

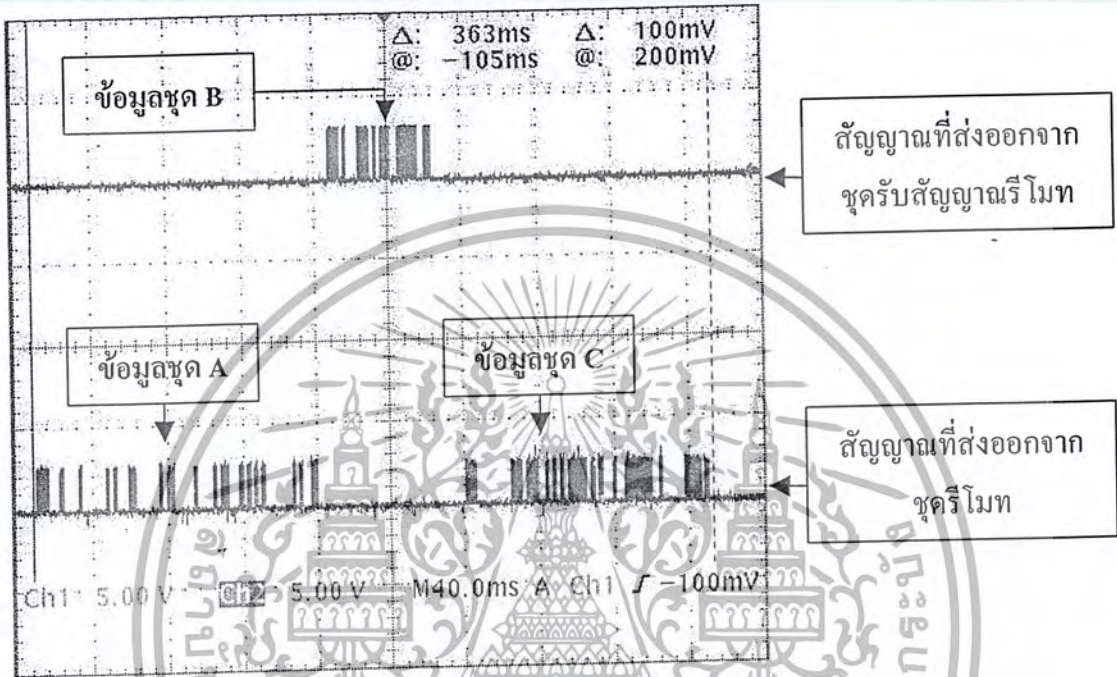
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล C (คำสั่ง 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

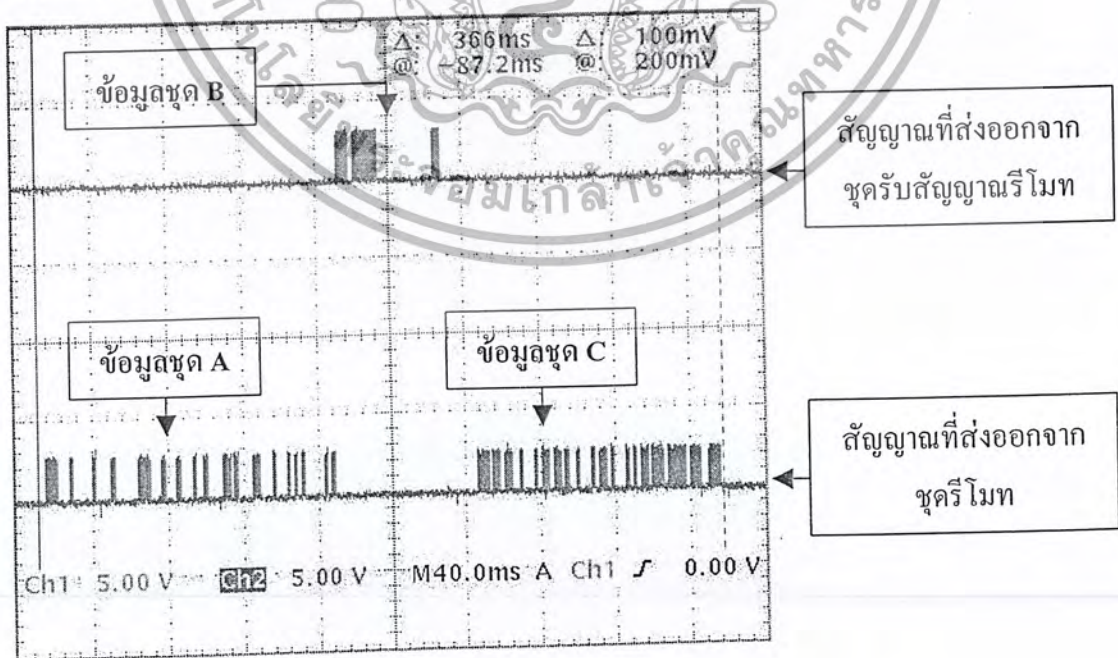
4.3 ผลการทดลองที่ได้จากคำสั่ง 15

4.3.1 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูลทั้งหมดจากคำสั่ง 15

การกคครั้งที่ 1



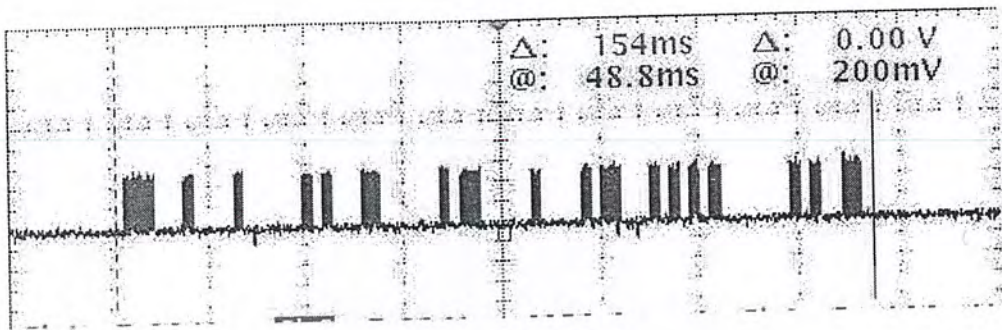
การกคครั้งที่ 2



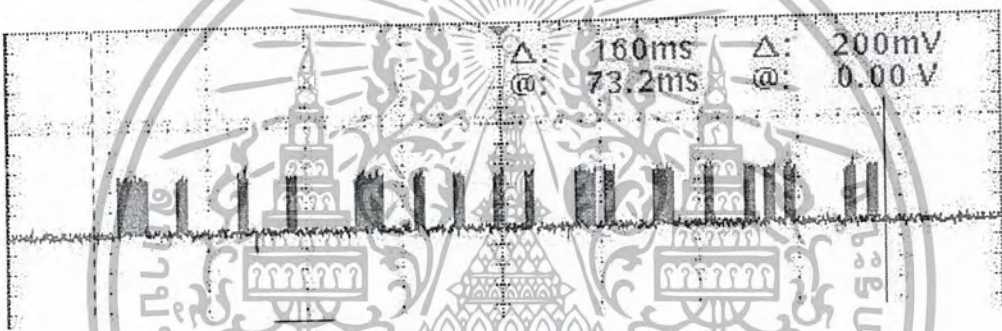
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูลทั้งหมด (คำสั่ง 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล A (ID)



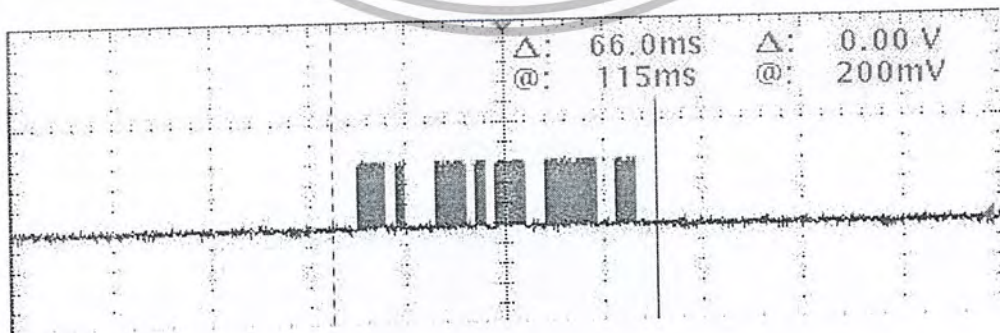
ก) กคครั้งที่ 1



ข) กคครั้งที่ 2

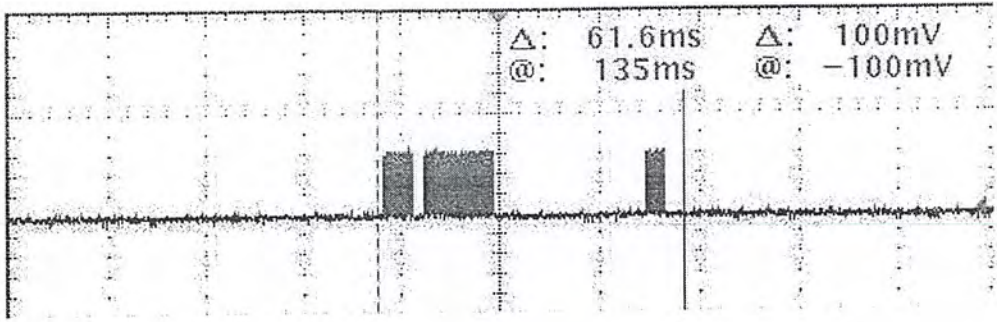
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล A (คำสั่ง 15)

4.3.3 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล B (Random Number or Code (1))



ก) กคครั้งที่ 1

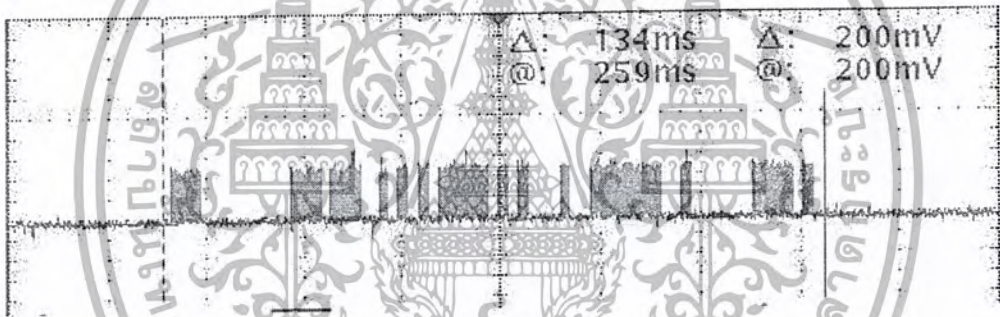
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



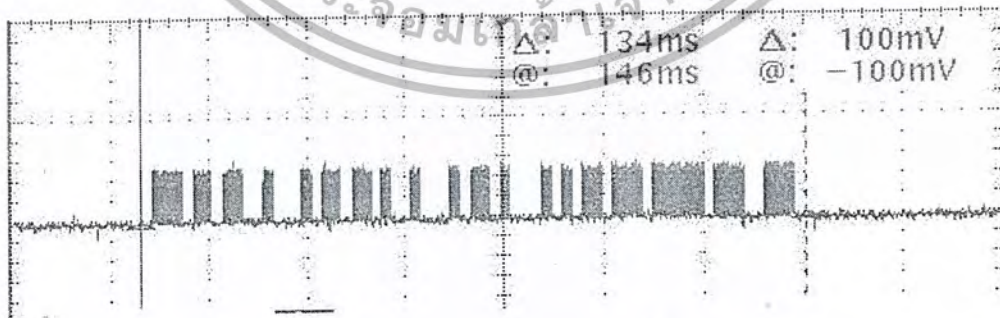
ข) กดครั้งที่ 2

รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล B (คำสั่ง 15)

4.3.4 สัญญาณที่ได้จากชุดข้อมูล C (ID, Code (2t), Command)



ก) กดครั้งที่ 1



ข) กดครั้งที่ 2

รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณชุดข้อมูล C (คำสั่ง 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 2 ครั้ง คือ คำสั่ง 05 10 และคำสั่ง 15 ซึ่งจะได้รูปของสัญญาณออกมา 3 ชุด คือ ชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C มาเปรียบเทียบ ในการสั่งงานแต่ละครั้งเราสามารถแยกการพิจารณาออกเป็นที่ละชุดคำสั่ง

การทดลองส่งคำสั่งแรกคือ 05 ออกไปทั้งหมด 2 ครั้ง ซึ่งจะทำให้ได้รูปชุดสัญญาณชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C ทั้งหมด 2 ชุดใหญ่ เมื่อได้รูปสัญญาณทั้งหมดแล้วนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล A ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน นำรูปสัญญาณชุดข้อมูล B ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน และนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล C ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน

การทดลองส่งคำสั่งที่สองคือ 10 ออกไปทั้งหมด 2 ครั้ง ได้รูปชุดสัญญาณชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C ทั้งหมด 2 ชุดใหญ่ เมื่อได้รูปสัญญาณทั้งหมดแล้วนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล A ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน นำรูปสัญญาณชุดข้อมูล B ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน และนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล C ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน

การทดลองส่งคำสั่งแรกคือ 15 ออกไปทั้งหมด 2 ครั้ง ได้รูปชุดสัญญาณชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C ทั้งหมด 2 ชุดใหญ่ เมื่อได้รูปสัญญาณทั้งหมดแล้วนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล A ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน นำรูปสัญญาณชุดข้อมูล B ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน และนำรูปสัญญาณชุดข้อมูล C ทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกัน

จากผลการเปรียบเทียบของคำสั่ง 05 ในแต่ละชุดข้อมูลจะเห็นว่ารูปสัญญาณจะไม่มี การซ้ำกันเลยทั้งชุดข้อมูล A ชุดข้อมูล B และชุดข้อมูล C จากการเปรียบเทียบคำสั่ง 10 และ 15 ด้วยแล้วพบว่ารูปสัญญาณที่ได้ทั้งหมดทุกชุดข้อมูลจะไม่มี การซ้ำกันเลย ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบใน ด้านซอฟต์แวร์ที่ต้องการเข้ารหัสด้วยรูปแบบการสุ่มข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณที่ซ้ำกันในการส่งสัญญาณแต่ละครั้ง

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

จากรูปสัญญาณข้อมูลทุกชุดที่ได้จากการทดลองทั้งหมดนี้พบว่าคาบเวลาของสัญญาณที่ออกแบบไว้มีค่าเท่ากับ 2ms แต่จากการทดลองจริงพบว่ามีค่ามากกว่าการออกแบบแต่มีค่าไม่มาก ประมาณ 2.01ms ซึ่งเกิดจากการออกแบบที่ผิดพลาดของซอฟต์แวร์ที่จะต้องทำการแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหลายครั้งพบว่าชุดรีโมทรวมทั้งชุดรับสัญญาณรีโมทสามารถทำงานได้ถูกต้องแต่ในบางครั้งชุดรีโมทไม่สามารถส่งคำสั่งไปยังเครื่องรับสัญญาณได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้อาจเกิดจากการผิดพลาดของข้อมูลที่ส่งมาและชุดแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลไม่สามารถทำการแก้ไขได้

เมื่อทำการทดลองนานๆ พบว่าแบตเตอรี่จะมีกำลังลดลงและทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องรับสัญญาณรีโมทได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะต้องทำการแก้ไขวงจรในส่วนนี้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

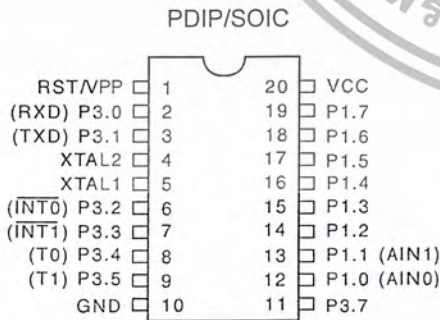
- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Configuration



ATMEL

8-Bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

AT89C2051

0368D-B-12/97

ATMEL

4-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C2051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST

Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

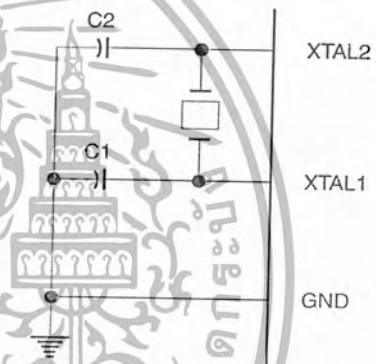
XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

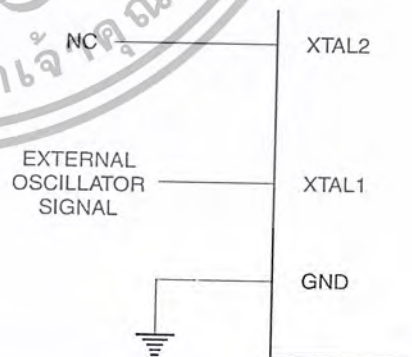
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	25.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 2.0V to 6.0V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V _{IL}	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V _{CC} - 0.1	V
V _{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V _{CC} + 0.9	V _{CC} + 0.5	V
V _{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V _{CC}	V _{CC} + 0.5	V
V _{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1, 3)	I _{OL} = 20 mA, V _{CC} = 5V I _{OL} = 10 mA, V _{CC} = 2.7V		0.5	V
V _{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I _{OH} = -80 μA, V _{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -30 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -12 μA	0.9 V _{CC}		V
I _{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	V _{IN} = 0.45V		-50	μA
I _{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	V _{IN} = 2V, V _{CC} = 5V ± 10%		-750	μA
I _{LI}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V _{IN} < V _{CC}		±10	μA
V _{OS}	Comparator Input Offset Voltage	V _{CC} = 5V		20	mV
V _{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V _{CC}	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C _{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T _A = 25°C		10	pF
I _{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V _{CC} = 6V/3V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V _{CC} = 6V/3V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		5/1	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	V _{CC} = 6V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		100	μA
		V _{CC} = 3V P1.0 & P1.1 = 0V or V _{CC}		20	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 80 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.



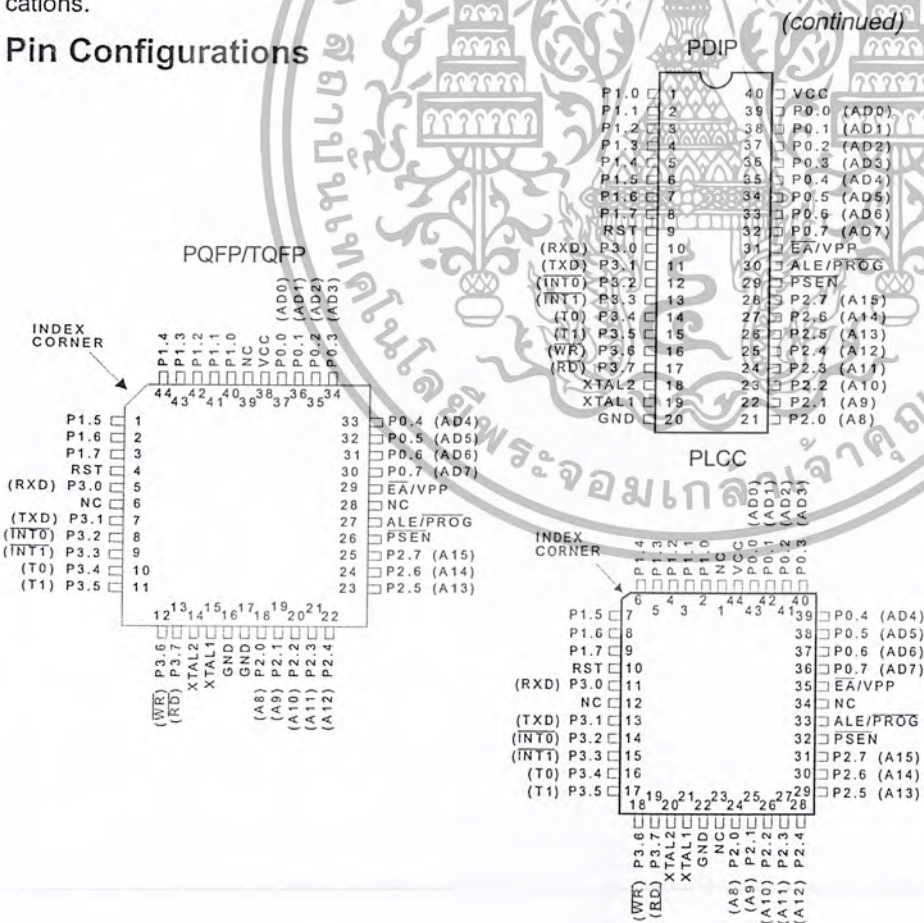
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



0265F-A-12/97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups

when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally-being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{\text{PROG}}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.



When the AT89C51 is executing code from external program memory, \overline{PSEN} is activated twice each machine cycle, except that two \overline{PSEN} activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/V_{PP}

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP} .

XTAL1

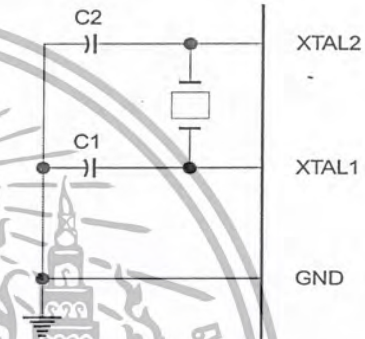
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections

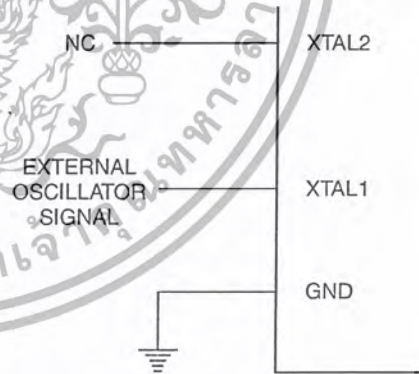


Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	\overline{PSEN}	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

***NOTICE:** Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.





OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

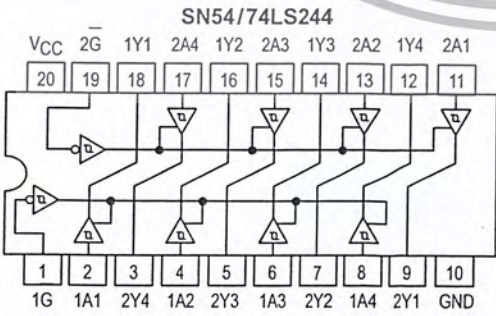
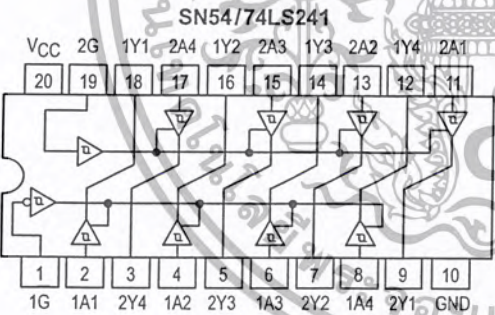
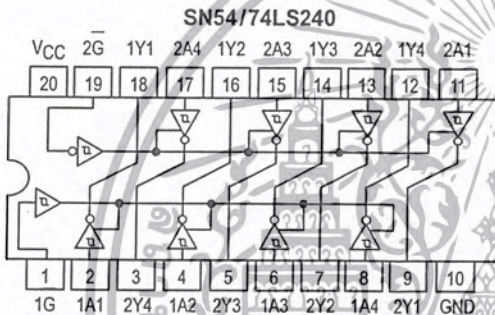
SN54/74LS240
SN54/74LS241
SN54/74LS244

The SN54/74LS240, 241 and 244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

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

OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS
LOW POWER SCHOTTKY

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)



J SUFFIX CERAMIC CASE 732-03

N SUFFIX PLASTIC CASE 738-03

DW SUFFIX SOIC CASE 751D-03

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXDW	SOIC

SN54/74LS240 • SN54/74LS241 • SN54/74LS244

TRUTH TABLES

SN54/74LS240

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

SN54/74LS244

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

SN54/74LS241

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

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

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-3.0	mA
		54, 74			-12 -15	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			12	mA
		74			24	

**6-PIN DIP ZERO-CROSS
OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT
(250/400 VOLT PEAK)**

MOC3031M MOC3032M MOC3033M MOC3041M MOC3042M MOC3043M

DESCRIPTION

The MOC303XM and MOC304XM devices consist of a AlGaAs infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a zero voltage crossing bilateral triac driver.

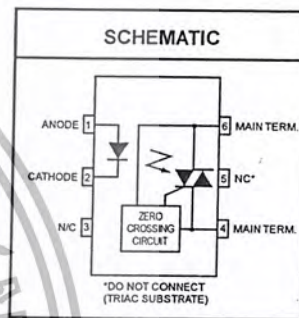
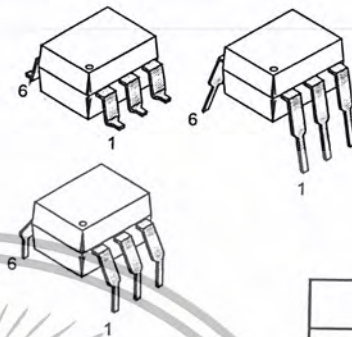
They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115 VAC lines, such as teletypewriters, CRTs, solid-state relays, industrial controls, printers, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

FEATURES

- Simplifies logic control of 115 VAC power
- Zero voltage crossing
- dv/dt of 2000 V/μs typical, 1000 V/μs guaranteed
- VDE recognized (File # 94766)
- ordering option V (e.g., MOC3043VM)

APPLICATIONS

- Solenoid/valve controls
- Static power switches
- Temperature controls
- AC motor starters
- Lighting controls
- AC motor drives
- E.M. contactors
- Solid state relays



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Parameters	Symbol	Device	Value	Units
TOTAL DEVICE				
Storage Temperature	T _{STG}	All	-40 to +150	°C
Operating Temperature	T _{OPR}	All	-40 to +85	°C
Lead Solder Temperature	T _{SOL}	All	260 for 10 sec	°C
Junction Temperature Range	T _J	All	-40 to +100	°C
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	V _{ISO}	All	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25°C Derate above 25°C	P _D	All	250	mW
			2.94	mW/°C
EMITTER				
Continuous Forward Current	I _F	All	60	mA
Reverse Voltage	V _R	All	6	V
Total Power Dissipation 25°C Ambient Derate above 25°C	P _D	All	120	mW
			1.41	mW/°C
DETECTOR				
Off-State Output Terminal Voltage	V _{DRM}	MOC3031M/2M/3M	250	V
		MOC3041M/2M/3M	400	
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μs, 120 pps)	I _{TSM}	All	1	A
Total Power Dissipation @ 25°C Ambient Derate above 25°C	P _D	All	150	mW
		All	1.76	mW/°C

Note

1. Isolation surge voltage, V_{ISO}, is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

**6-PIN DIP ZERO-CROSS
OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT
(250/400 VOLT PEAK)**

MOC3031M MOC3032M MOC3033M MOC3041M MOC3042M MOC3043M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
EMITTER							
Input Forward Voltage	$I_F = 30\text{ mA}$	V_F	All		1.25	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 6\text{ V}$	I_R	All		0.01	100	μA
DETECTOR							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated V_{DRM} , $I_F = 0$ (note 1)	I_{DRM1}	All			100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100\text{ mA peak}$, $I_F = 0$	V_{TM}	All		1.8	3	V
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$I_F = 0$ (figure 9, note 3)	dv/dt	All	1000			V/ μs

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Main terminal voltage = 3V (note 2)	I_{FT}	MOC3031M/MOC3041M			15	mA
			MOC3032M/MOC3042M			10	
			MOC3033M/MOC3043M			5	
Holding Current, Either Direction		I_H	All		400		μA

ZERO CROSSING CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
Inhibit Voltage	$I_F = \text{rated } I_{FT}$, MT1-MT2 voltage above which device will not trigger off-state	V_{IH}	All			20	V
Leakage in Inhibited State	$I_F = \text{rated } I_F$, rated V_{DRM} off-state	I_{DRM2}	All			500	μA

Note

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3031M & MOC3041M, 10 mA for MOC3032M & MOC3042M, 5 mA for MOC3033M & MOC3043M) and absolute max I_F (60 mA).
3. This is static dv/dt . See Figure 9 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.



BTA/BTB12 and T12 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

12A TRIACs

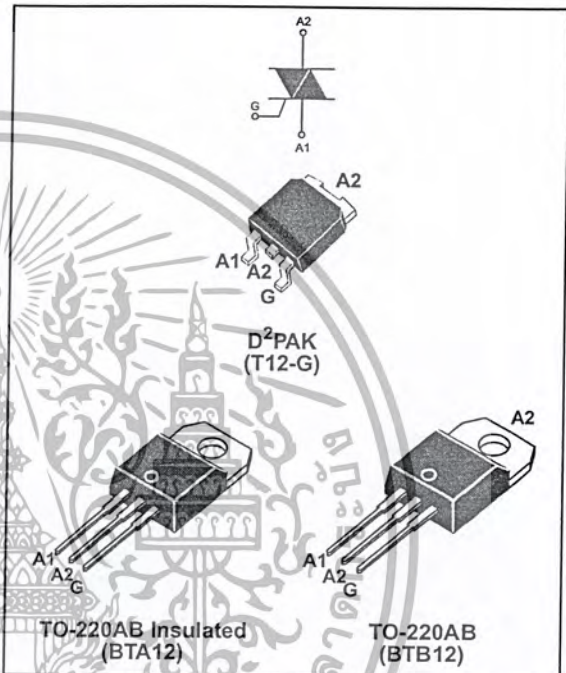
MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	12	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT}(Q_1)$	5 to 50	mA

DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the BTA/BTB12 and T12 triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers,...

The snubberless versions (BTA/BTB...W and T12 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. Logic level versions are designed to interface directly with low power drivers such as microcontrollers. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	D ² PAK/TO-220AB $T_c = 105^\circ\text{C}$	12	A
		TO-220AB Ins. $T_c = 90^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 50 Hz t = 20 ms	120	A
		F = 60 Hz t = 16.7 ms		
I^2t	I^2t Value for fusing	tp = 10 ms	78	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, tr ≤ 100 ns	F = 120 Hz $T_j = 125^\circ\text{C}$	50	A/μs
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	tp = 10 ms $T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_{DRM}/V_{RRM} + 100$	V
I_{GM}	Peak gate current	tp = 20 μs $T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$	1	W
T_{stg}	Storage junction temperature range	- 40 to + 150	- 40 to + 125	°C
T_j	Operating junction temperature range			

September 2002 - Ed: 6A

1/7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA/BTB12 and T12 Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 25°C, unless otherwise specified)

■ SNUBBERLESS™ and LOGIC LEVEL (3 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		T12		BTA/BTB12			Unit
				T1235	TW	SW	CW	BW	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	35	5	10	35	50	mA
V _{GT}		I - II - III	MAX.	1.3					V
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2					V
I _H (2)	I _T = 100 mA		MAX.	35	10	15	35	50	mA
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III	MAX.	50	10	25	50	70	mA
		II		60	15	30	60	80	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	500	20	40	500	1000	V/μs
(dI/dt) _c (2)	(dV/dt) _c = 0.1 V/μs T _j = 125°C		MIN.	-	3.5	6.5	-	-	A/ms
	(dV/dt) _c = 10 V/μs T _j = 125°C			-	1	2.9	-	-	
	Without snubber T _j = 125°C			6.5	-	-	6.5	12	

■ STANDARD (4 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB12		Unit
				C	B	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III - IV	MAX.	25 50	50 100	mA
V _{GT}		ALL	MAX.	1.3		V
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	ALL	MIN.	0.2		V
I _H (2)	I _T = 500 mA		MAX.	25	50	mA
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III - IV	MAX.	40	50	mA
		II		80	100	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	200	400	V/μs
(dV/dt) _c (2)	(dI/dt) _c = 5.3 A/ms T _j = 125°C		MIN.	5	10	V/μs

STATIC CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions		Value	Unit
V _T (2)	I _{TM} = 17 A	t _p = 380 μs	T _j = 25°C MAX.	1.55 V
V _{to} (2)	Threshold voltage		T _j = 125°C MAX.	0.85 V
R _d (2)	Dynamic resistance		T _j = 125°C MAX.	35 mΩ
I _{DRM}	V _{DRM} = V _{RDM}		T _j = 25°C	5 μA
I _{RDM}			T _j = 125°C MAX.	1 mA

Note 1: minimum I_{GT} is guaranteed at 5% of I_{GT} max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter		Value	Unit	
R _{th(j-c)}	Junction to case (AC)		D ² PAK/TO-220AB	1.4	°C/W
			TO-220AB Insulated	2.3	
R _{th(j-a)}	Junction to ambient	S = 1 cm ²	D ² PAK	45	°C/W
			TO-220AB TO-220AB Insulated	60	

S = Copper surface under tab

PRODUCT SELECTOR

Part Number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600 V	800 V			
BTA/BTB12-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxC	X	X	25 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxSW	X	X	10 mA	Logic level	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxTW	X	X	5 mA	Logic Level	TO-220AB
T1235-xxxG	X	X	35 mA	Snubberless	D ² PAK

BTB: non insulated TO-220AB package

ORDERING INFORMATION

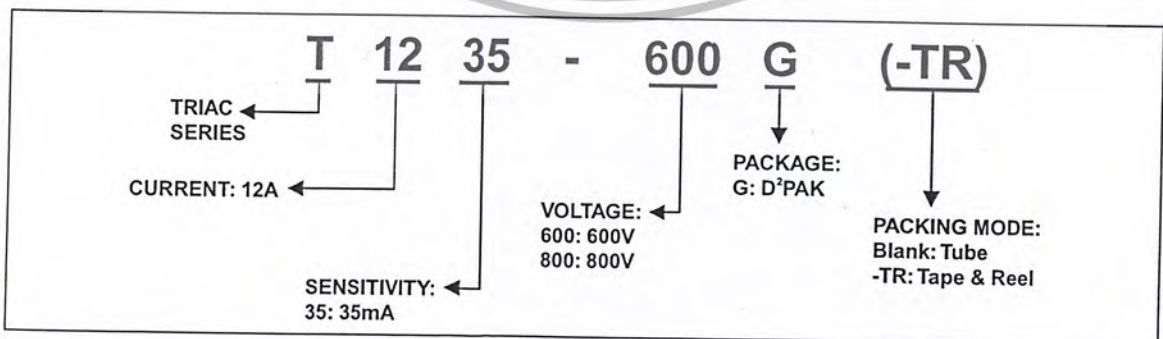
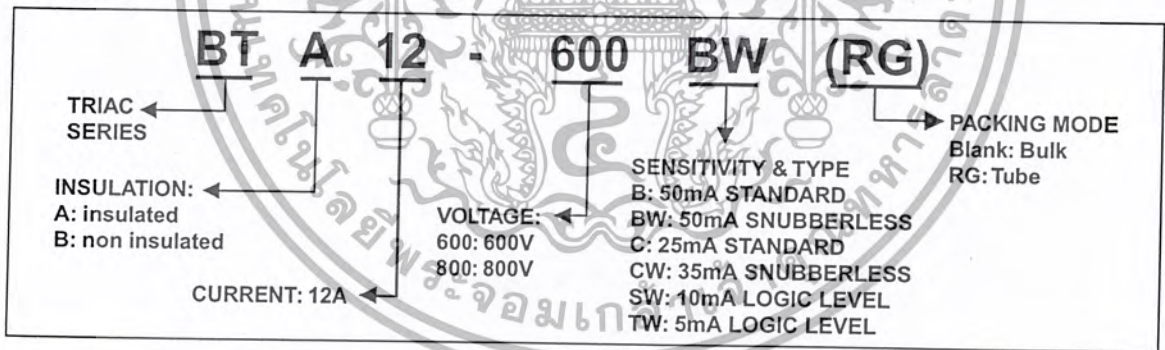




Photo Modules for PCM Remote Control Systems

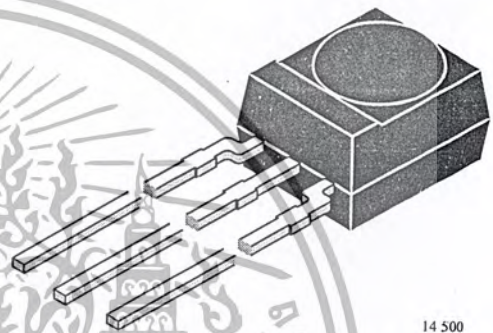
Available types for different carrier frequencies

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

Description

The TSOP48.. – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.

The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP48.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.

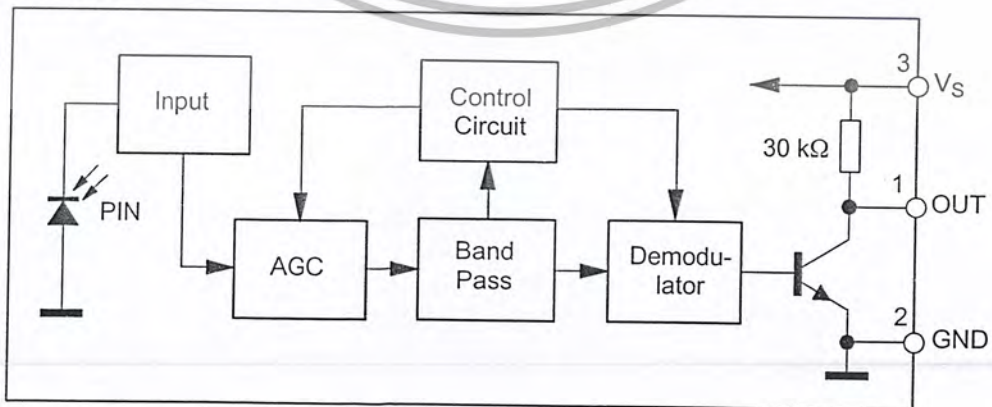


14 500

Features

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

Block Diagram



9612226

TSOP48..

Vishay Telefunken



Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

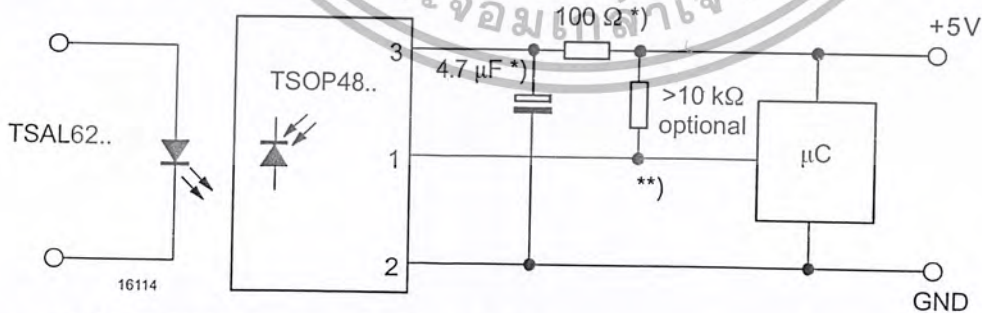
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	V_S	-0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	I_S	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	V_O	-0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 1)	I_O	5	mA
Junction Temperature		T_j	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{stg}	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	($T_{amb} \leq 85^{\circ}\text{C}$)	P_{tot}	50	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10\text{ s, 1 mm from case}$	T_{sd}	260	$^{\circ}\text{C}$

Basic Characteristics

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	$V_S = 5\text{ V, } E_v = 0$	I_{SD}	0.8	1.1	1.5	mA
	$V_S = 5\text{ V, } E_v = 40\text{ klx, sunlight}$	I_{SH}		1.4		mA
Supply Voltage (Pin 3)		V_S	4.5		5.5	V
Transmission Distance	$E_v = 0$, test signal see fig.7, IR diode TSAL6200, $I_F = 250\text{ mA}$	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	$I_{oSL} = 0.5\text{ mA, } E_e = 0.7\text{ mW/m}^2$	V_{oSL}			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig.7	$E_{e\ min}$		0.2	0.4	mW/m^2
Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$, test signal see fig.7	$E_{e\ min}$		0.3	0.6	mW/m^2
Irradiance	$t_{pi} - 5/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$	$E_{e\ max}$	30			W/m^2
Directivity	Angle of half transmission distance	$\phi_{1/2}$		± 45		deg

Application Circuit



*) recommended to suppress power supply disturbances

**) The output voltage should not be hold continuously at a voltage below 3.3V by the external circuit.



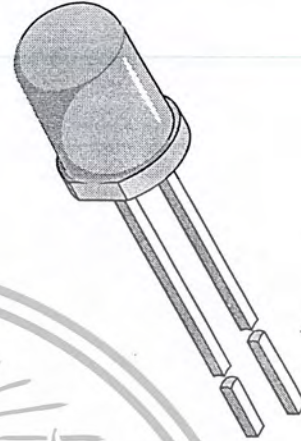
GaAs/GaAlAs IR Emitting Diode in \varnothing 5 mm (T-1 $\frac{3}{4}$) Package

Description

TSAL7400 is a high efficiency infrared emitting diode in GaAlAs on GaAs technology, molded in clear plastic packages.

In comparison with the standard GaAs on GaAs technology these emitters achieve more than 100 % radiant power improvement at a similar wavelength. The forward voltages at low current and at high pulse current roughly correspond to the low values of the standard technology. Therefore these emitters are ideally suitable as high performance replacements of standard emitters.

94 8389



Features

- Extra high radiant power and radiant intensity
- High reliability
- Low forward voltage
- Suitable for high pulse current operation
- Standard T-1 $\frac{3}{4}$ (\varnothing 5 mm) package
- Angle of half intensity $\varphi = \pm 25^\circ$
- Peak wavelength $\lambda_p = 940$ nm
- Good spectral matching to Si photodetectors

Applications

Infrared remote control units with high power requirements
 Free air transmission systems
 Infrared source for optical counters and card readers
 IR source for smoke detectors

Absolute Maximum Ratings

 $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage		V_R	5	V
Forward Current		I_F	100	mA
Peak Forward Current	$t_p/T = 0.5$, $t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FM}	200	mA
Surge Forward Current	$t_p = 100 \mu\text{s}$	I_{FSM}	1.5	A
Power Dissipation		P_V	210	mW
Junction Temperature		T_j	100	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range		T_{amb}	-55...+100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		T_{stg}	-55...+100	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$t \leq 5\text{sec}$, 2 mm from case	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/Ambient		R_{thJA}	350	K/W



Basic Characteristics

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Forward Voltage	$I_F = 100\text{ mA}, t_p = 20\text{ ms}$	V_F		1.35	1.6	V
	$I_F = 1\text{ A}, t_p = 100\text{ }\mu\text{s}$	V_F		2.6	3	V
Temp. Coefficient of V_F	$I_F = 100\text{ mA}$	TK_{V_F}		-1.3		mV/K
Reverse Current	$V_R = 5\text{ V}$	I_R			10	μA
Junction Capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, E = 0$	C_j		25		pF
Radiant Intensity	$I_F = 100\text{ mA}, t_p = 20\text{ ms}$	I_e	25	40		mW/sr
	$I_F = 1.0\text{ A}, t_p = 100\text{ }\mu\text{s}$	I_e	220	310		mW/sr
Radiant Power	$I_F = 100\text{ mA}, t_p = 20\text{ ms}$	ϕ_e		35		mW
Temp. Coefficient of ϕ_e	$I_F = 20\text{ mA}$	TK_{ϕ_e}		-0.6		%/K
Angle of Half Intensity		ϕ		± 25		deg
Peak Wavelength	$I_F = 100\text{ mA}$	λ_p		940		nm
Spectral Bandwidth	$I_F = 100\text{ mA}$	$\Delta\lambda$		50		nm
Temp. Coefficient of λ_p	$I_F = 100\text{ mA}$	TK_{λ_p}		0.2		nm/K
Rise Time	$I_F = 100\text{ mA}$	t_r		800		ns
Fall Time	$I_F = 100\text{ mA}$	t_f		800		ns
Virtual Source Diameter	method: 63% encircled energy	\emptyset		2.8		mm

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

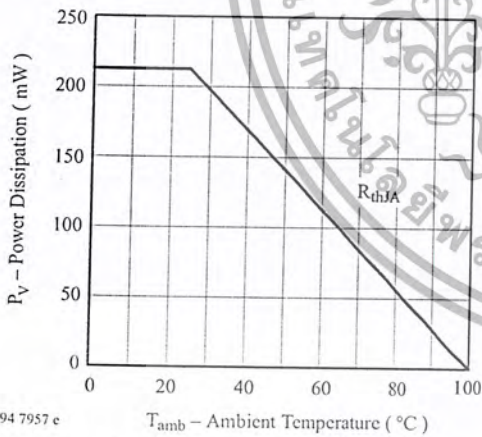


Figure 1. Power Dissipation vs. Ambient Temperature

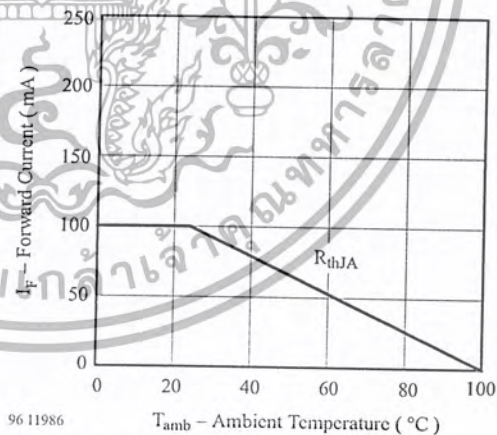


Figure 2. Forward Current vs. Ambient Temperature

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

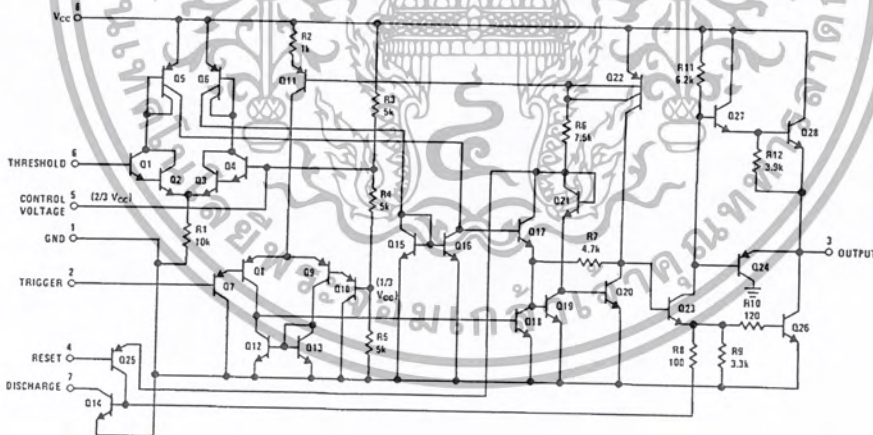
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8 pin MSOP package

Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



DS007851-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555H, LM555CH	760 mW
LM555, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

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

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$		3	5		3	6	mA
	$V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		10	12		10	15	mA
Timing Error, Monostable								
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\ \mu\text{F}$, (Note 5)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\ \mu\text{F}$, (Note 5)		90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$	4.8	5	5.2		5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	1.45	1.67	1.9		1.67		V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)								
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$, $I_7 = 15\text{mA}$		150			180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$, $I_7 = 4.5\text{mA}$		70	100		80	200	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$							
	$I_{SINK} = 10\text{ mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50\text{ mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100\text{ mA}$		2	2.2		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200\text{ mA}$		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$							
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 200\text{ mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5			12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{ mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	13	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	3	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		100			ns
Fall Time of Output			100		100			ns

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of 164°C/W (T0-5), 106°C/W (DIP), 170°C/W (SO-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.

Note 4: Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5\text{V}$.

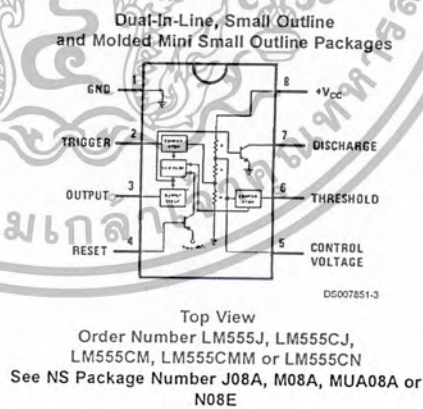
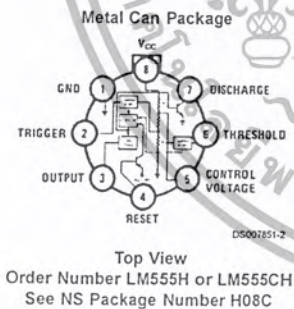
Note 5: Tested at $V_{CC} = 5\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.

Note 6: This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is $20\text{ M}\Omega$.

Note 7: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

Note 8: Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

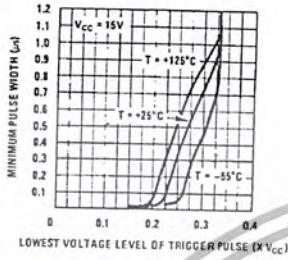
Connection Diagrams



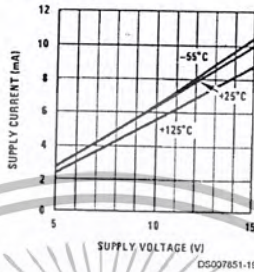
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

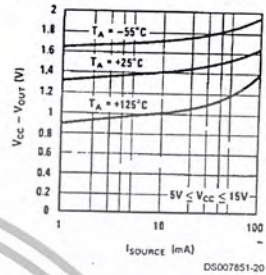
Minimum Pulse Width Required for Triggering



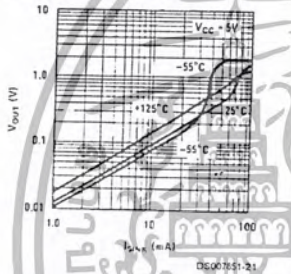
Supply Current vs Supply Voltage



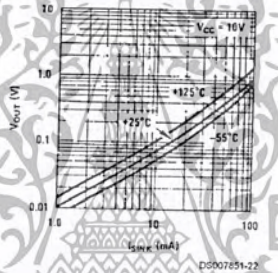
High Output Voltage vs Output Source Current



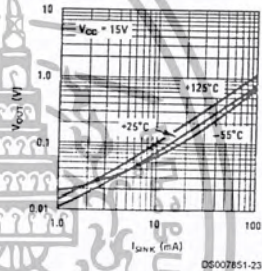
Low Output Voltage vs Output Sink Current



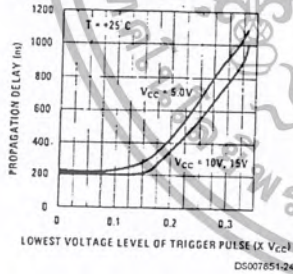
Low Output Voltage vs Output Sink Current



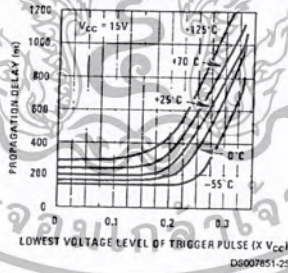
Low Output Voltage vs Output Sink Current



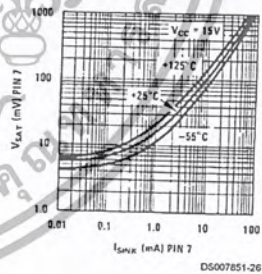
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



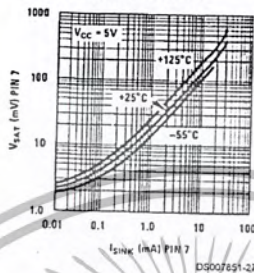
Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

Discharge Transistor (Pin 7)
Voltage vs Sink Current



Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than $1/3 V_{CC}$ to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

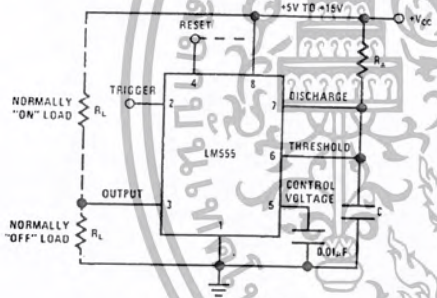


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $t = 1.1 R_A C$, at the end of which time the voltage equals $2/3 V_{CC}$. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.

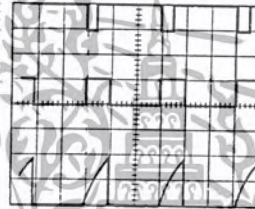


FIGURE 2. Monostable Waveforms
 $V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 $R_A = 9.1 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least $10 \mu s$ before the end of the timing interval. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to V_{CC} to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

Applications Information (Continued)

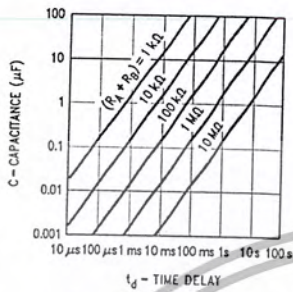
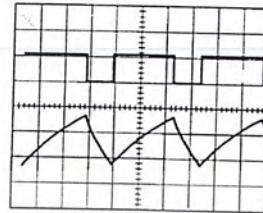


FIGURE 3. Time Delay



Top Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

$V_{CC} = 5V$
TIME = 20 μs /DIV.
 $R_A = 3.9 k\Omega$
 $R_B = 3 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

FIGURE 5. Astable Waveforms

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

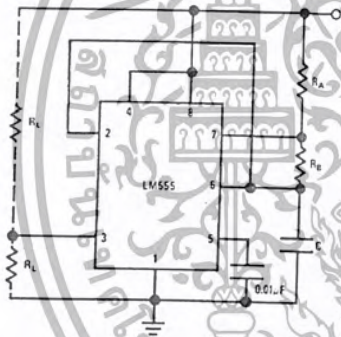


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between $1/3 V_{CC}$ and $2/3 V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output high) is given by:

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

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

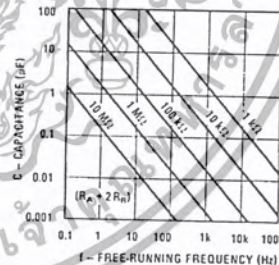
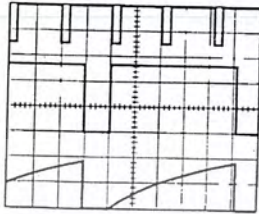


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

Applications Information (Continued)



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 20 μs /DIV.
 $R_A = 9.1 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Input 4V/DIV.
 Middle Trace: Output 2V/DIV.
 Bottom Trace: Capacitor 2V/DIV.

FIGURE 7. Frequency Divider

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 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

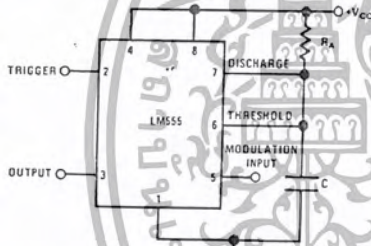
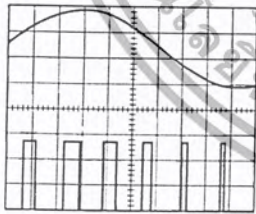


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.2 ms/DIV.
 $R_A = 9.1 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Modulation 1V/DIV.
 Bottom Trace: Output Voltage 2V/DIV.

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with

the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

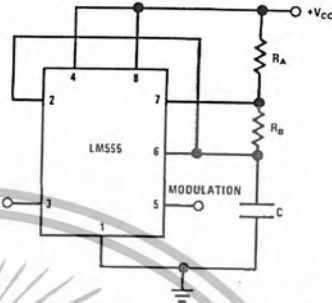
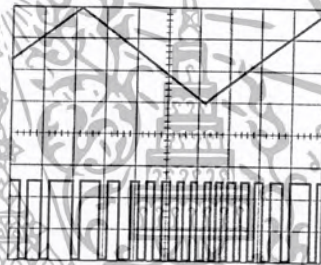


FIGURE 10. Pulse Position Modulator



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 $R_A = 3.9 k\Omega$
 $R_B = 3 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Modulation Input 1V/DIV.
 Bottom Trace: Output 2V/DIV.

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

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 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

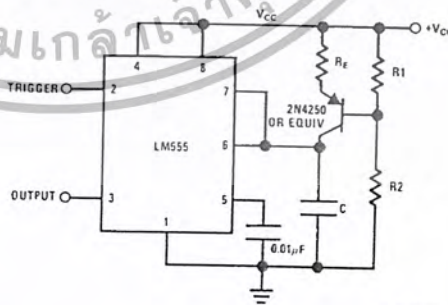


FIGURE 12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กทม.
2. อุดม จินประดับ, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กทม. กุมภาพันธ์ 2541
3. กฤต ศิริกุล, “การส่งข้อมูลด้วยอินฟาเรด”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กทม., 2541

เว็บไซต์อ้างอิง

1. <http://www.eptools.com/tn/T0001/pt01.html#Head123>
2. <http://www.hjem.get2net.dk/jjn/ecc.html>
3. <http://www.extra.research.philips.com/diderot2001/baggen/sld033.html>