สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ผ่านทางโทรศัพท์

Wireless Control Electrical Equipment Via Telephone

โดย

นายอรรถวิทย์ สุขโข

นายอัศวิน แสนโสม

ปพ.
อ362ค
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72131
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2550

b 11763296
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ผ่านทางโทรศัพท์

Wireless Control Electrical Equipment Via Telephone

โดย

นายอรรถวิทย์ สุขโข 47015076

นายอัศวิน แสนโสม 47015077

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์

รศ.ดร. วิภา แสงพิสิทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายผ่านทางโทรศัพท์

Wireless control electric equipment via telephone

ผู้จัดทำ

1. นายอรรถวิทย์ สุขโข 47015076
2. นายอัศวิน แสนโสม 47015077

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศ.ดร. วิวัฒน์ กิรานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วิภา แสงพิสิทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานที่: 492518

ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ผ่านทางโทรศัพท์

Wireless Control Electrical Equipment Via Telephone

โดย นายอรรถวิทย์ สุขโข 47015076

นายอัศวิน แสนโสม 47015077

อาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์

รศ.ดร. วิภา แสงพิสิทธิ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำสัญญาณโทรศัพท์แบบกดปุ่มมาประยุกต์ใช้งานการควบคุมการ เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการแปลงสัญญาณ ดีทีเอมเอฟ เป็นรหัสสัญญาณดิจิตอล 4 บิต แล้วส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลว่ากดอะไรไปบ้าง จากนั้นจะนำสัญญาณส่วนที่ได้จากการประมวลผลไปควบคุมวงจรเข้ารหัสและวงจรตอบรับแบบอัตโนมัติ ซึ่งในส่วนของวงจรเข้ารหัสจะทำการเข้ารหัสตามคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำรหัสสัญญาณที่ได้ไปมอดูเลตกับคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อส่งไปควบคุมภาครับแต่ละแชนแนลต่อไป โดยในส่วนของภาครับจะนำสัญญาณที่ได้มาดีมอดูเลตและถอดรหัสออกมาดูว่ารหัสที่ถอดออกมาตรงกันกับช่องสัญญาณของมันหรือไม่ถ้าไม่ตรงมันจะไม่ทำงานและจะยังคงรอคำสั่งอีกต่อไป แต่ถ้าถอดรหัสออกมาแล้วปรากฏว่ารหัสช่องสัญญาณตรงกันมันก็ทำการถอดรหัสคำสั่งอีกทีว่าทางด้านส่งต้องการให้เปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

Abstract

The purpose of this project is to make the circuit that use a push button telephone signal to control the on-off status of electrical equipment. It transforms a DTMF signal to a 4 bit digital code and transmitted the digital code to microcontroller for processing. After that the result is sent to control the encoding circuit and automatic answering circuit. In the part of encoder, the microcontroller command is encoded and then is modulated with radio wave in order to transmit to each channel. In the receiving part, it demodulate the receiving signal and decoder it. If channel signal is not correct, it will not properly work and it must be waited for another command. However, if channel signal is correct, it will be rechecked again to examine that the electrical appliances need to be switched or not.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ รศ.ดร. วิภา แสงพิสิทธิ์ และท่านอาจารย์ ศ.ดร. วิวัฒน์ กิรานนท์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำตั้งแต่เริ่มทำโครงงานจนกระทั่งถึงวันกำหนดส่งโครงงาน นอกจากนี้ยังมีอีกท่านหนึ่งคือคุณ เอื้อนจิต เรืองจำรัส ที่ให้ความช่วยเหลือในการบันทึกเป็นเสียงตอบรับอัตโนมัติอีกด้วย

ท้ายสุดต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่ให้กำลังใจอย่างมากมายในการทำโครงงานครั้งนี้ รวมถึงให้การสนับสนุนทุนทรัพย์ต่างๆ จนในที่สุดโครงงานก็สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 การทำงานของโครงงานเบื้องต้น	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	4
2.1 ระบบการสื่อสาร	4
2.1.1 ระบบการสื่อสารอนาลอก	5
2.1.2 ระบบการสื่อสารดิจิตอล	7
2.2 พื้นฐานระบบโทรศัพท์	7
2.2.1 ระบบสัญญาณ	8
2.2.2 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย	8
2.2.2.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย	8
2.2.2.2 สัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ	8
2.2.3 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย	9
2.2.4 การติดต่อกันระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก	10
2.2.4.1 กรณีผู้เรียก (Calling subscriber)	10
2.2.4.2 กรณีผู้ถูกเรียก (Called subscriber)	10
2.2.5 เครื่องโทรศัพท์	10
2.2.6 ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์	12
2.2.7 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF	13
2.2.8 ชุมสายโทรศัพท์	15
2.2.9 LOCAL LOOP	15
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51	17
2.3.2 การจัดวางและการทำงานแต่ละขาของ AT89C51	19
2.3.3 อินเตอร์รัพต์ MCS-51	22
2.3.3.1 หมายเลขอินเตอร์รัพต์ของ MCS-51	22
2.3.3.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้งานในอินเตอร์รัพต์	23
2.3.4 ไทม์เมอร์	25
2.3.4.1 ตัวกำหนดเวลาและตัวนับ	25
2.3.4.2 การใช้งานไทม์เมอร์	26
2.3.4.3 การกำหนดค่าเริ่มต้นการนับให้กับรีจิสเตอร์ TLx และ THx	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4 พื้นฐานเกี่ยวกับ MT8870	27
2.4.1 โครงสร้างของ MT8870	27
2.4.2 ฟังชั่นการทำงานภายในของ MT8870	28
2.4.3 การนำ MT8870 ไปประยุกต์ใช้งาน	30
2.5 พื้นฐานเกี่ยวกับ ISD2590	31
2.5.1 โครงสร้างของ ISD2590	31
2.5.2 คุณสมบัติของ ISD2590	32
2.5.3 การวางตำแหน่งและขาการใช้งานของ ISD2590	33
2.5.4 โหมดการทำงานของ ISD2590	36
2.5.5 การประยุกต์ใช้งาน ISD2590	38
2.6 พื้นฐานเกี่ยวกับออปโต้คัปเปลอร์	38
2.6.1 โครงสร้างพื้นฐานของออปโต้คัปเปลอร์	38
2.6.2 โฟแอคคัปเปลอร์	40
2.6.3 วงจรควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์	41
2.6.4 วงจรควบคุมโหลดไฟสลับโดยใช้ไตรแอกคัปเปลอร์	42
2.6.5 โซลิดสเตตรีเลย์	43
2.7 พื้นฐานวงจรเรโซแนนซ์	44
2.8 Phase Lock Loop	46
2.9 การมอดูเลตทางดิจิตอล	47
2.9.1 แอมปลิจูดชิฟคีอิงค์	48
2.9.2 เฟสชิฟคีอิงค์	48
2.9.3 ฟรีเควนซี่ชิฟคีอิงค์	49
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	50
3.1 RF ASK Hybrid Modules	52
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	54
3.2.1 วงจรใช้งานของ MCS-51	54
3.2.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม	55
3.2.3 การสร้างเวลาหน่วงภายในไมโครคอนโทรลเลอร์	70
3.2.4 การสร้าง Counter โดยต่อวงจรภายนอก	71
3.3 วงจรเข้ารหัส	72
3.4 วงจรถอดรหัส	74
3.4.1 คุณลักษณะการทำงานของไอซีเบอร์ MC145027	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4.2 รายละเอียดการใช้งานขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ MC145027	74
3.4.3 สมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการออกแบบวงจรถอดรหัส	75
3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	76
3.6 วงจรแปลงสัญญาณ DTMF เป็น BCD CODE	78
3.7 วงจรควบคุมการยกหู/วางหู และแมชชิ่งสายโทรศัพท์	80
3.8 วงจร INTER FACE และดีเทคกระแส	80
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	81
4.1 วงจรเข้ารหัส	82
4.2 ทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ	85
4.3 วงจรการดีเทคกระแสหรือตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	89
4.4 วัดสัญญาณที่จะส่งสถานะย้อนกลับไปทางด้านส่ง	90
4.5 สรุปคุณสมบัติของเครื่องรับและเครื่องส่ง ASK	93
4.5.1 เครื่องส่ง ASK	93
4.5.2 เครื่องรับ ASK	94
4.6 สรุปภาพทดสอบการใช้งานจริง	95
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	97
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านส่ง	2
รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านรับ	3
รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบต่างๆ ของสื่อกลาง	5
รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดค่าความกว้างของแถบความถี่	5
รูปที่ 2.3 แสดงระบบสื่อสารแบบอนาลอก	6
รูปที่ 2.4 แสดงการสื่อสารทั้งแบบอนาลอกและดิจิตอล	7
รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์	9
รูปที่ 2.6 แสดงกระแสไฟตรงที่เลี้ยงคู่สายขณะยกหูและขณะวางหู	10
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.8 เครื่องโทรศัพท์ที่ให้กำเนิดสัญญาณพัลส์	12
รูปที่ 2.9 พัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์	12
รูปที่ 2.10 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF	13
รูปที่ 2.11 การจัดปุ่มกดและระบบสัญญาณ	14
รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์	15
รูปที่ 2.13 แสดงโลดัลลูป	16
รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ	16
รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช เบอร์ AT89C51	18
รูปที่ 2.16 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51	21
รูปที่ 2.17 แสดงขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51	21
รูปที่ 2.18 รีจีสเตอร์ IE	23
รูปที่ 2.19 รีจีสเตอร์ IP	24
รูปที่ 2.20 รีจีสเตอร์ TMOD	25
รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870	27
รูปที่ 2.22 แสดง Characteristic ของวงจรกรองความถี่	28
รูปที่ 2.23 แสดงวงจรการตรวจจับความถี่ DTMF	29
รูปที่ 2.24 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุทของ MT8870	30
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะของไอซี MT8870	31
รูปที่ 2.26 แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	31
รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะของไอซี ISD2590	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.28 แสดง Block Diagram การทำงานภายในของ ISD2590	33
รูปที่ 2.29 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ ISD2590	38
รูปที่ 2.30 แสดงสัญลักษณ์ของออปโต้คัปเปลอร์แบบต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันที่อุปกรณ์ด้านเอาท์พุต	39
รูปที่ 2.31 แสดงวงจรพื้นฐานของการนำไดแอกคัปเปลอร์ไปใช้งาน	40
รูปที่ 2.32 แสดงการใช้งานไดรแอกร่วมกับไดแอกคัปเปลอร์	40
รูปที่ 2.33 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์ของออปโต้คัปเปลอร์	41
รูปที่ 2.34 แสดงการใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ในออปโต้คัปเปลอร์ขับโดยตรงในกรณีที่โหลดต้องการกระแสไฟฟ้าไม่สูงมากนัก	41
รูปที่ 2.35 แสดงการต่อทรานซิสเตอร์เข้าที่เอาท์พุตของออปโต้คัปเปลอร์เพื่อขับโหลดที่ต้องการกระแสสูง	42
รูปที่ 2.36 แสดงวงจรควบคุมโหลดไฟสลับที่ใช้ไดแอกคัปเปลอร์	42
รูปที่ 2.37 วงจรเรโซแนนซ์แบบใช้ LC	44
รูปที่ 2.38 วงจรเรโซแนนซ์ปรับค่าได้	46
รูปที่ 2.39 Block Diagram ของ Phase Lock Loop (PLL)	46
รูปที่ 2.40 Block Diagram การทำงานของวงจรสังเคราะห์ความถี่	47
รูปที่ 2.41 แสดงการมอดูเลตแบบ ASK หรือ OOK	48
รูปที่ 2.42 แสดงการมอดูเลตแบบ PSK	49
รูปที่ 2.43 แสดงการมอดูเลตแบบ FSK	49
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านส่ง	50
รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านรับ(ที่โหลด)	51
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้ส่งสัญญาณควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้ MC145026 เป็นตัวเข้ารหัส	52
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้ส่งสัญญาณย้อนกลับจากปลายทางมายังต้นทางโดยใช้ MC145026 เป็นตัว Generate Encoder Digital Signal	53
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้รับสัญญาณจากต้นทางเพื่อนำมาถอดรหัสช่องสัญญาณและรหัสควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	53
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้รับสัญญาณจากปลายทางเพื่อบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ปลายทาง	54
รูปที่ 3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และอุปกรณ์ต่อร่วม	54
รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและใส่รหัสผ่าน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทาง	56
รูปที่ 3.10 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกโหมดการทำงาน	73
รูปที่ 3.11 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกแชนแนลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปิด	74
รูปที่ 3.12 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH 1	59
รูปที่ 3.13 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2	60
รูปที่ 3.14 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3	61
รูปที่ 3.15 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4	62
รูปที่ 3.16 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกแชนแนลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการปิด	63
รูปที่ 3.17 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1	64
รูปที่ 3.18 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2	65
รูปที่ 3.19 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3	66
รูปที่ 3.20 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4	67
รูปที่ 3.21 วงจรนับภายนอกที่ใช้ในโครงงาน	71
รูปที่ 3.22 รูปคลื่นของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส	73
รูปที่ 3.23 วงจรเข้ารหัส	74
รูปที่ 3.24 วงจรถอดรหัส	76
รูปที่ 3.25 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	76
รูปที่ 3.26 แสดงส่วนอินพุตของ MT8870 ที่ต้องคำนวณหาค่าอุปกรณ์มาใช้งาน	78
รูปที่ 3.27 วงจรแปลงสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD 4 บิต	79
รูปที่ 3.28 วงจรควบคุมการยกหู/วางหู และแมชชิ่งสายโทรศัพท์	80
รูปที่ 3.29 ส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสไฟฟ้ากำลัง	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.30 ส่วนของวงจรดีเทคกระแส 81

รูปที่ 4.1 สัญญาณความถี่ Oscillator ของวงจรเข้ารหัส 82

รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 000000000 82

รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 001HH0HHH 83

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 001HH1HHH 83

รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 010HH0HHH 84

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 010HH1HHH 84

รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 100HH0HHH 85

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1 และสัญญาณที่รับได้ 85

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1 และสัญญาณที่รับได้ 86

รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2 และสัญญาณที่รับได้ 86

รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2 และสัญญาณที่รับได้ 87

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3 และสัญญาณที่รับได้ 87

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3 และสัญญาณที่รับได้ 88

รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4 และสัญญาณที่รับได้ 88

รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4 และสัญญาณที่รับได้ 89

รูปที่ 4.16 วงจรอินเตอร์เฟสที่มีการดีเทคกระแส 89

รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณที่ได้จาก Transformer current detection 90

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ด้นทาง 90

รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ OFF และสัญญาณที่รับได้ที่ด้นทาง 91

รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ด้นทาง 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ OFF และสัญญาณที่รับได้ที่ต้นทาง	92
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3 เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ต้นทาง	92
รูปที่ 4.23 แสดงส่วนของเครื่องส่ง ASK ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมไปยังปลายทาง	93
รูปที่ 4.24 แสดงส่วนของเครื่องรับ ASK ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมจากต้นทาง	94
รูปที่ 4.25 แสดงเครื่องสำเร็จต้นทางที่ใช้ในการส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังปลายทาง	95
รูปที่ 4.26 แสดงเครื่องสำเร็จทางด้านรับแชนแนลที่ 1 และ 2 ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและดีเทคกระแสเพื่อส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานกลับไปยังต้นทาง	95
รูปที่ 4.27 แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปลายทางส่งกลับมาให้ต้นทางทราบ	96
รูปที่ 4.28 แสดงสภาวะการทำงานของชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ทางด้านปลายทางแชนแนลที่ 1 และแชนแนลที่ 2 ซึ่งอยู่ในสภาวะกำลังทำงานทั้งคู่	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข	14
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	18
ตารางที่ 2.3 แสดงหมายเลขอินเตอร์รัพต์ของ MCS-51/52	22
ตารางที่ 2.4 โหมดการทำงานของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์	26
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้เมื่อกดหมายเลขต่างๆ	28
ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD2590	33
ตารางที่ 2.7 แสดงการทำงานในโหมด Push-Buttom	37
ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของรีเลย์ , โซลิดสเตตรีเลย์ และออปโต้ไซลิดสเตตรีเลย์	44
ตารางที่ 3.1 แสดง address และข้อความที่บันทึกใน ISD2590	69
ตารางที่ 4.1 สรุปคุณสมบัติของเครื่องส่งแบบ ASK	93
ตารางที่ 4.2 สรุปคุณสมบัติของเครื่องรับแบบ ASK	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจสูง ทำให้ทุกคนต้องออกไปทำงานนอกบ้านกันมากซึ่งบางทีก็รีบจนลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ อีกทั้งพอเลิกงานกลับถึงบ้านก็มืดค่ำแล้ว ถ้ามีคนเปิดไฟไว้ก่อนกลับถึงบ้านก็คงจะดีไม่น้อยดังนั้น โครงงานนี้จึงคิดที่จะตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยใช้หลักการโทรศัพท์เข้ามาควบคุมการ เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดโดยไม่ต้องโยงสายมาเสียบรวมไว้ที่เดียวกันเพราะการเดินสายจะทำให้ลำบากและไม่เหมาะสม ซึ่งโครงงานนี้สามารถที่จะนำอุปกรณ์ไฟฟ้าไปไว้ตรงไหนของบริเวณบ้านก็ได้ ทำให้สะดวกบาย

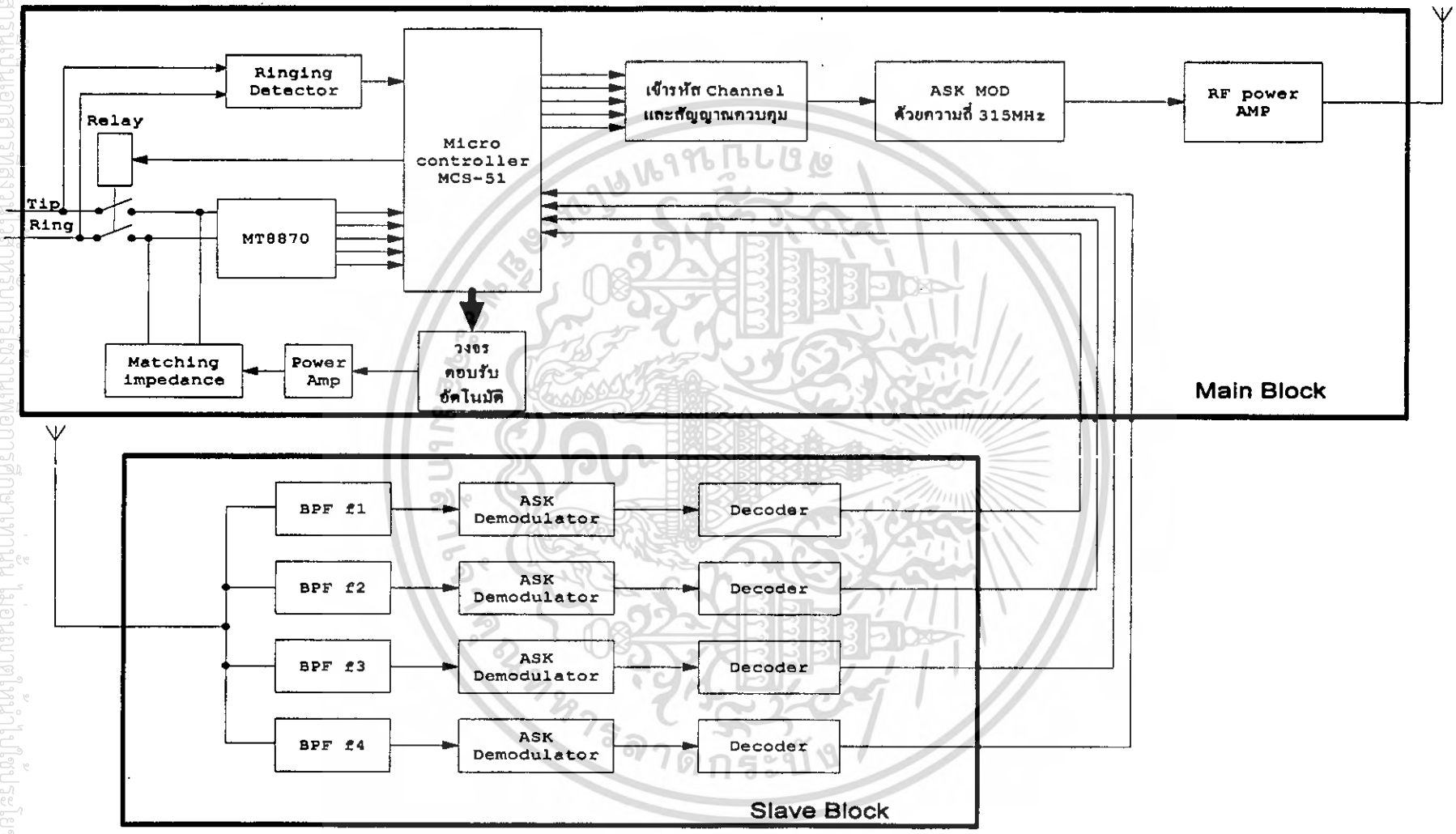
ในโครงงานนี้ใช้วิธีการส่งรหัสข้อมูลแบบไร้สายความถี่ 315 MHz ที่มีการมอดูเลตแบบ ASK มาใช้ในการส่งสัญญาณควบคุมการ เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังโหลด และใช้ความถี่ย่าน 434 MHz ที่มีการมอดูเลตแบบ ASK ในการส่งสัญญาณย้อนกลับมาเพื่อบอกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางทำงานหรือไม่ทำงาน

1.2 การทำงานของโครงงานเบื้องต้น

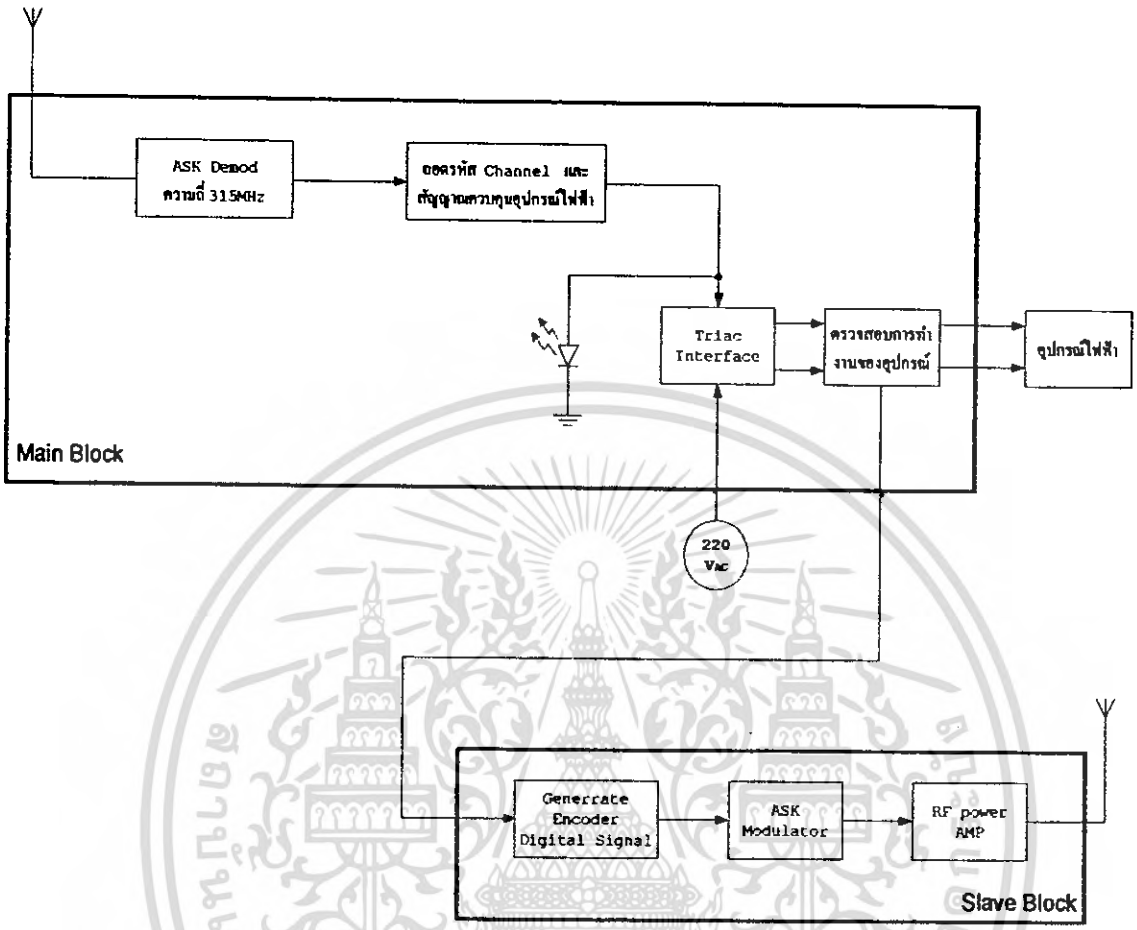
การทำงานของวงจรอย่างคร่าวๆ จะเริ่มจากเมื่อผู้ใช้ต้นทางโทรศัพท์เข้ามาจะมีสัญญาณกระดิ่งปรากฏขึ้นที่วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งทำให้วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งทำงานและส่งพัลส์ลอจิกต่ำ 1 ลูกไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณพัลส์ ก็จะเริ่มสั่งการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับคำสั่งจากผู้ใช้ต้นทางมาทำการประมวลผล ว่าต้องการให้ทำอะไรบ้าง เมื่อประมวลผลสัญญาณเสร็จแล้วก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปให้วงจรเข้ารหัสเพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลแบบขนานให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรมก่อนที่จะนำไปมอดูเลต เพื่อส่งรหัสข้อมูลผ่านตัวกลางอากาศไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านรับต่อไป

ส่วนด้านรับจะทำงานตรงกันข้ามกับด้านส่ง คือรับสัญญาณเข้ามาแล้วทำการดีมอดูเลตทำให้ได้สัญญาณควบคุมอนุกรมแบบดิจิตอล จากนั้นจึงส่งไปให้ภาคถอดรหัสแชนแนลและสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานตามรหัสควบคุมที่ส่งมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านส่งต้นทาง



รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านรับ(ที่โหลด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

ถ้าจะกล่าวถึงการสื่อสารข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์แล้วก็จะหมายถึง การส่ง การรับ และการประมวลผลข้อมูลระหว่างจุด 2 จุด ระบบของการสื่อสารข้อมูลทุกชนิดจะมีรูปแบบพื้นฐานที่ประกอบไปด้วย เครื่องส่ง(Transmitter) เครื่องรับ(Receiver) และช่องทางการสื่อสาร(Channel)

เครื่องส่ง(Transmitter)

คืออุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ถูกออกแบบสำหรับเปลี่ยนสัญญาณข้อมูล(Intelligence) ให้กลายเป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับการส่งผ่านช่องสื่อสารผ่านตัวกลางของแต่ละระบบ

ช่องสื่อสารหรือตัวกลาง(Communication channel)

คือตัวกลางที่สัญญาณข้อมูลเดินทางผ่านไปจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

เครื่องรับ(Receiver)

คืออุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์อีกชุดหนึ่ง ซึ่งจะรับสัญญาณที่ผ่านช่องสื่อสารและแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับตัวรับของระบบ

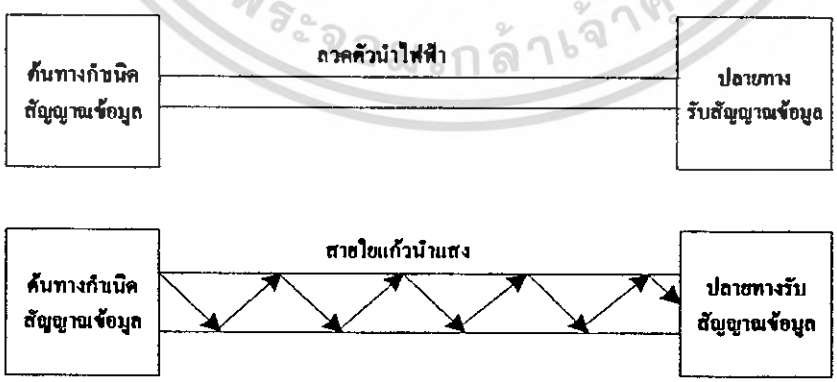
เราสามารถแบ่งรูปแบบของการสื่อสารตามลักษณะของช่องสื่อสารได้ 2 รูปแบบ คือ

- แบบมีสาย (Wire or Cable) ที่อยู่ในรูปของตัวนำ
- แบบไร้สาย(Wireless or Radio)

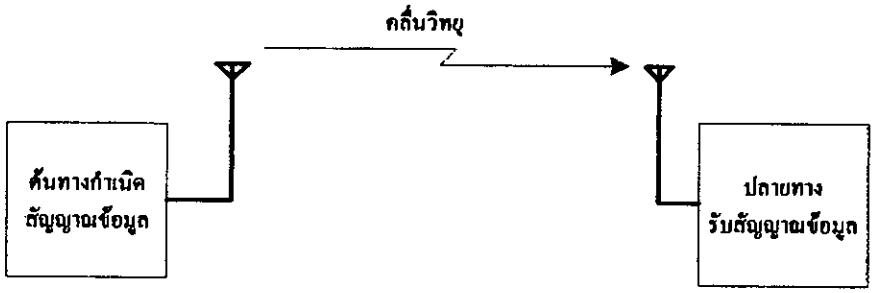
ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการสื่อสารแบบไร้สายดังต่อไปนี้

2.1 ระบบสื่อสาร

ในระบบสื่อสารนั้น ตัวกลางของการสื่อสารสามารถที่มีได้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะในงานทางด้านโทรคมนาคมเราใช้สื่อกลางเป็นลวดตัวนำหรือคลื่นวิทยุก็ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบต่างๆ ของสื่อกลาง

ที่นี้จะกล่าวถึงระบบสื่อสารในความหมายทางโทรคมนาคม เราสามารถแบ่งชนิดของระบบสื่อสารได้ 2 แบบตามลักษณะสัญญาณที่ใช้ในระบบคือ

- แบบสัญญาณอนาลอก
- แบบสัญญาณดิจิตอล

เราจะพิจารณาทีละแบบดังต่อไปนี้

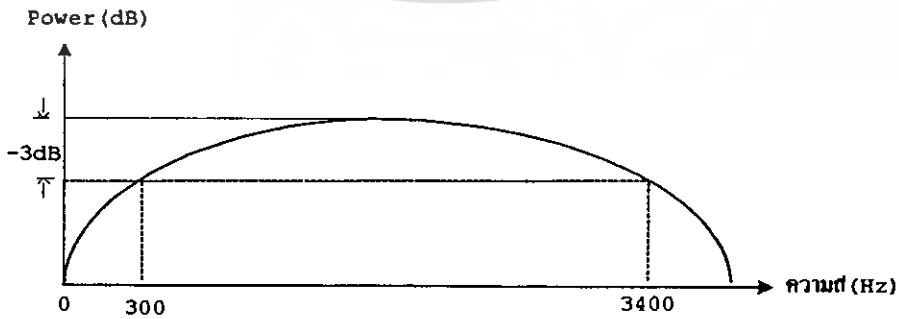
2.1.1 ระบบสื่อสารแบบอนาลอก

สิ่งที่ใช้พิจารณาถึงขีดความสามารถของระบบนี้คือ อัตราส่วนของสัญญาณหลักต่อสัญญาณรบกวน หรือเรียกว่าค่า S/N (Signal-to-Noise ratio)

หากค่า S/N สูงแสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพดี

หากค่า S/N ต่ำแสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพไม่ดี

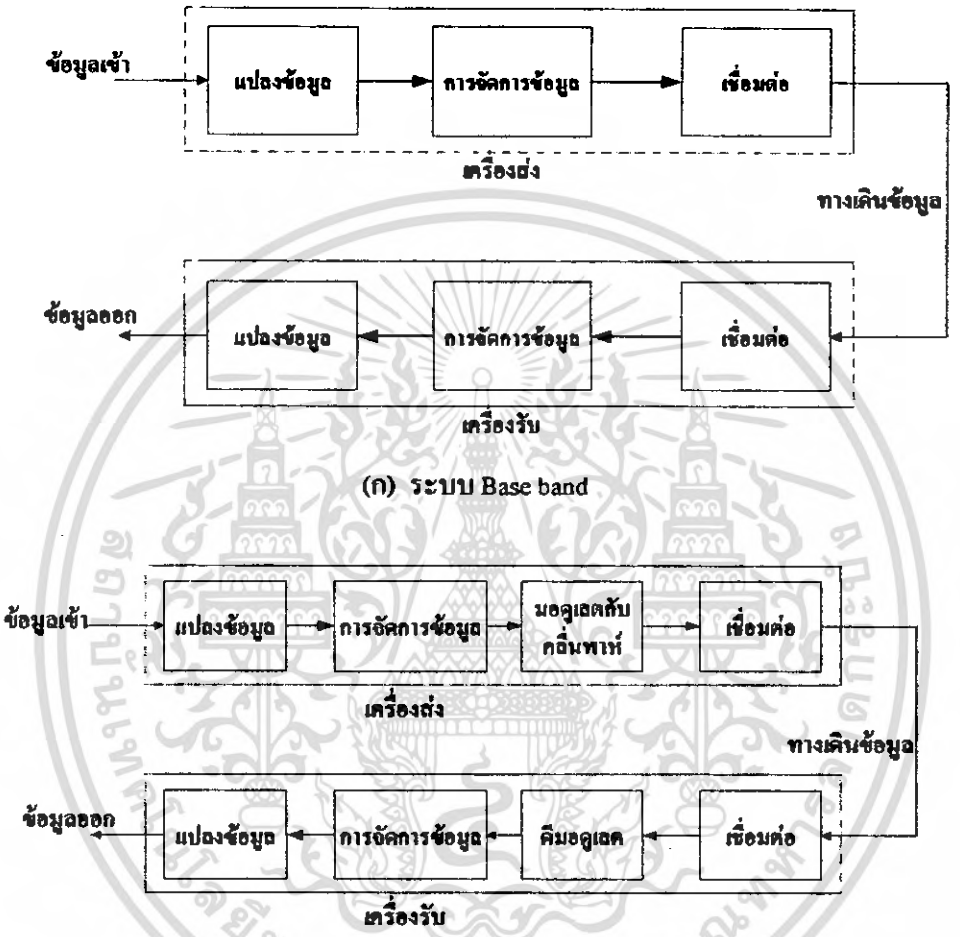
และอีกประเด็นสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วยคือ ค่าความกว้างแถบ(Band width) ซึ่งค่าความกว้างนี้จะหมายถึงช่วงความถี่ครอบคลุมกำลังงานส่วนมากหรือช่วงความถี่ที่มีอัตราขยายหรือค่าลดทอนเพียงเล็กน้อยในช่วงค่ากลางๆ ของความกว้างแถบโดยทั่วไปมักกำหนดขอบเขตความกว้างแถบที่จุด -3dB หรือครึ่งหนึ่งของกำลังงานสูงสุด เพื่อให้มองเห็นภาพ แสดงดังรูปที่ 2.2 ค่าความกว้างของแถบเสียงซึ่งมีความกว้างแถบเท่ากับ 3100 Hz



รูปที่ 2.2 แสดงการกำหนดค่าความกว้างของแถบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะเห็นว่ากรณีที่ช่องสัญญาณติดต่อมีความกว้างแถบความถี่ไม่เพียงพอต่อสัญญาณที่เราสนใจอยู่ ทำให้สัญญาณไม่สามารถส่งได้ทั้งหมด เราเรียกลักษณะการเกิดในกรณีนี้ว่า ความเพี้ยน(Distortion) เมื่อถึงจุดนี้ขอให้ลองพิจารณาระบบสื่อสารอนาลอกในรูปที่ 2.3 ซึ่งมีการทำงานภายในต่างกันแต่มีจุดหลักที่เหมือนกัน คือ การรับและส่งข้อมูลในแบบอนาลอก เช่น เสียง



รูปที่ 2.3 แสดงระบบสื่อสารแบบอนาลอก

จากรูปที่ 2.3(ก) แสดงให้เห็นถึงระบบเบสแบนด์(Base band) ที่มีลักษณะสำคัญคือสัญญาณที่ส่งออกมาจะมีรูปสเปกตรัมของความถี่เดียวกับต้นทางหรือแหล่งผลิตความถี่เดียวกัน หมายถึงไม่มีการมอดูเลต (Modulate) กับคลื่นพาหะที่มีความถี่สูงกว่า ส่วนขั้นตอนที่เกี่ยวกับสัญญาณในด้านส่งอาจมีการขยายสัญญาณ การกรองความถี่ หรือแมชชิ่งอิมพีแดนซ์ เพื่อลดการสูญเสียในการรับ-ส่ง ส่วนรูปที่ 2.3(ข) แสดงถึงระบบสื่อสารแบบบรอดแบนด์(Broadband) คือการรวมและแยกสัญญาณในทางคณิตศาสตร์(Modulate and Demodulate) อธิบายได้ว่าการรวมหรือแยกสัญญาณจะใช้การเปลี่ยนรูปสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณให้เข้ากันกับช่วงความถี่ที่ได้คาดหวังไว้หรือในอีกแง่หนึ่งเป็นการป้องกันสัญญาณอื่นแทรกเข้ามาในช่วงความถี่เดียวกัน ตัวอย่างการใช้งานระบบนี้ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายคือการกระจายเสียงวิทยุในระบบ AM และ FM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้จะอยู่ในรูปรหัส "1" หรือ "0" คือเลขฐานสอง หรืออาจอยู่ในรูปเลขฐานสิบหกเป็นต้น บางครั้งเราอาจมีความต้องการส่งสัญญาณอนาลอกผ่านระบบดิจิตอลจึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มตัวอย่าง(Sampling) ซึ่งเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจัดเป็นเลขฐานสอง(Binary code) ที่สามารถจัดระดับตามเทคนิคทางดิจิตอลได้ ตัวอย่างเช่นการส่งข้อมูลแบบขนานหรืออนุกรมหรือแบบสัมพันธ์และแบบไม่สัมพันธ์ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แสดงการสื่อสารทั้งแบบอนาลอกและดิจิตอล

จากรูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณในการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับส่วนเก็บข้อมูลหลักผ่านทางสายโทรศัพท์โดยมีอุปกรณ์ที่เรียกว่าโมเด็ม(Modem) ทำหน้าที่ช่วยให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์ได้โดยการแปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในด้านส่ง และแปลงกลับอีกทีที่ด้านรับ ซึ่งวิธีการแปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าเรียกว่า การมอดูเลต(Modulation) และวิธีการแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณคอมพิวเตอร์เรียกว่าการดีมอดูเลต(Demodulation) ประเด็นหนึ่งที่ควรสนใจในระบบสื่อสารแบบดิจิตอลคือ ประสิทธิภาพของระบบโดยพิจารณาจากค่าอัตราการผิดพลาดข้อมูล(Bit Error Rate : BER) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดเทียบกับข้อมูลที่ส่งไปทั้งหมดในช่วงเวลาหนึ่ง ถ้าค่า BER นี้มีค่าต่ำจะหมายถึงระบบมีประสิทธิภาพสูงเพราะจำนวนข้อมูลที่ผิดพลาดมีน้อย ส่วนประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบสื่อสารแบบดิจิตอลคืออัตราความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น

2.2 พื้นฐานโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ถือกำเนิดขึ้นโดยการคิดค้นของ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ โทรศัพท์ระบบแรกที่เกิดขึ้นคือ ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์(pulse) การเรียกหมายเลขต่างๆ จะใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวกำเนิดทั้งสิ้น เช่น เลข 3 จะมีสัญญาณพัลส์ 3 ลูก เลข 4 จะมีสัญญาณพัลส์ 4 ลูก เลข 7 จะมีสัญญาณพัลส์ 7 ลูก ยกเว้นเลข 0 จะมีสัญญาณพัลส์ 10 ลูก เป็นต้น

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์มีดังนี้

1. เครื่องโทรศัพท์
2. สายโทรศัพท์
3. ชุมสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่ดัดต่อคู่สายต่างๆ ให้ผู้เรียกต้นทางสามารถติดต่อปลายทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ระบบสัญญาณ

สัญญาณ (Signaling) คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 อย่าง คือ

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

2.2.2 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

2.2.2.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย

- **Off Hook** คือ สภาพผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

- **On Hook** คือ สภาพผู้เช่าวางหูหรือสภาพว่าง สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)

- **Dialing** คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary Dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่าความต้านทานจะสูง-ต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม Touch Tone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปยังชุมสาย

2.2.2.2 สัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ

- **สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่า ขณะนี้ผู้ใช้สามารถที่จะเรียกไปยังหมายเลขที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่อเนื่องขนาด 400 Hz มอดูเลตกับความถี่ 50 Hz แบบ AM

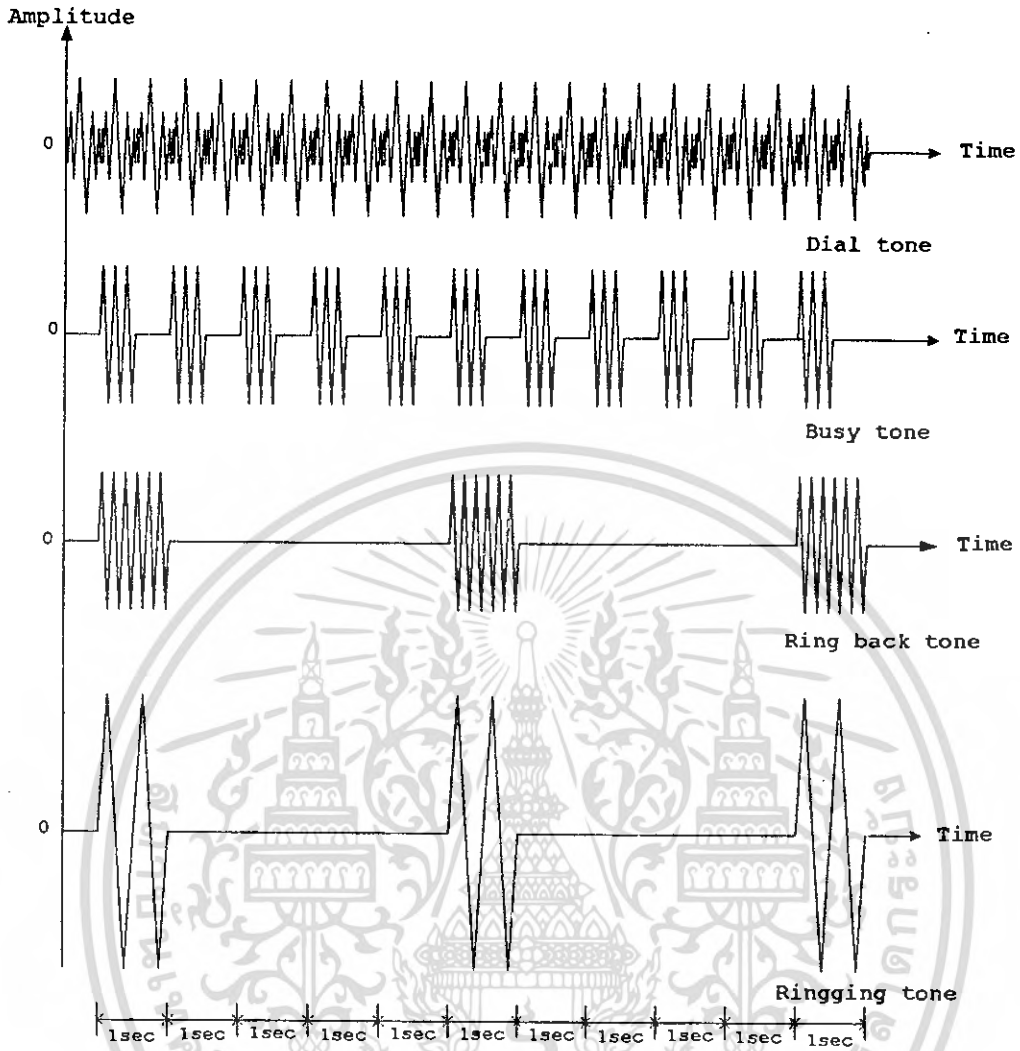
- **สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อให้ผู้เรียกทราบว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยในขณะนี้ยังไม่ว่างควรจะวางหูระยะหนึ่งก่อนแล้วจึงทำการติดต่อไปใหม่อีกครั้ง ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ขนาด 400 Hz โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 0.5 วินาที แล้วหยุดประมาณ 0.5 วินาที สลับกัน

- **สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)** เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้ผู้เรียกทราบว่า สามารถที่จะติดต่อกับผู้ที่จะสนทนาด้วยได้แล้ว แต่ยังอยู่ในระหว่างรอการยกหูจากปลายทางซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่อเนื่องขนาด 400 Hz โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที สลับกัน

- **สัญญาณกระดิ่งเรียก (Ringing Tone)** ใช้พร้อมกับสัญญาณ Ring Back Tone เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งดังขึ้นก็จะมีสัญญาณเรียกกลับดังขึ้นพร้อมๆ กัน แต่สัญญาณนี้จะมีความแรงมากเพื่อทำให้วงจรเสียงกระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ทำงานได้ ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ขนาด 50 Hz โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที สลับกันเหมือนกับ Ring Back Tone

- **สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น** Nu Tone (Number Unobtained Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนไปนั้นยังไม่มีการเปิดใช้งานลักษณะของสัญญาณจะเป็นความถี่ประมาณ 400 Hz โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

2.2.3 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภทคือ

1. Seizer (สัญญาณจับเวลา) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะจัดทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

2. Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

3. Address Signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกทำการยกหูรับ

หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

1. เริ่มต้นคิดเงิน
2. ส่งสัญญาณคิดเงิน
3. ตัดวงจรจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear Forward) จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกทำการวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สัญญาณยกเลิกการตอบกลับ (Clear Back) จะถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกทำการวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.2.4 การติดต่อกันระหว่างผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called)

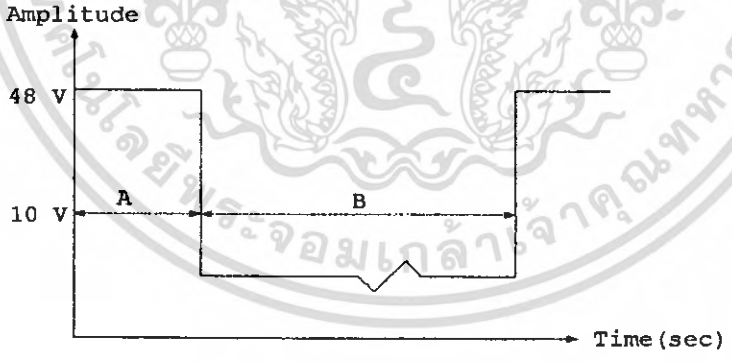
ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

2.2.4.1 กรณีผู้เรียก (Calling subscriber)

ขณะที่โทรศัพท์ว่างอยู่นั้น ที่คู่สายโทรศัพท์จะมีกระแสไฟตรงตกคร่อมอยู่ 48 โวลท์ และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้น กระแสไฟตรงที่คร่อมอยู่นั้นจะตกลงมาเหลือประมาณ 5-10 โวลท์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์ย่อยแต่ละพื้นที่ ขณะเดียวกันนั้นก็จะมีสัญญาณเสียงให้หมุนหมายเลข(Dial Tone) ถ้าหมายเลขที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกก็จะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) และถ้าได้ยินเสียงเรียกกลับ (Ring Back Tone) ตอบกลับมาก็แสดงว่าเลขหมายที่เรียกพร้อมที่จะทำการสนทนาได้เพียงแต่รอจนกว่าผู้ถูกเรียกจะทำการยกหูรับ ก็สามารถเริ่มทำการสนทนาได้

2.2.4.2 กรณีผู้ถูกเรียก (Called subscriber)

ขณะที่โทรศัพท์ว่างอยู่นั้นจะมีกระแสไฟตรงตกคร่อมอยู่ 48 โวลท์ และเมื่อมีการถูกเรียกจากต้นทาง ทางชุมสายจะทำการเชื่อมต่อให้และจะส่งสัญญาณกระดิ่ง(Ringing Tone) เป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 110 - 150 โวลท์ และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้เกิดค่าความต้านทานประมาณ 600 โอห์มต่อเข้ากับชุมสาย (แรงดันตกคร่อมจะลดลงเหลือประมาณ 5 - 10 โวลท์) ทำให้ชุมสายรู้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์แล้วชุมสายก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง และทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้เพื่อเริ่มต้นการสนทนา



รูปที่ 2.6 แสดงกระแสไฟตรงที่เลี้ยงคู่สายขณะยกหู(B) และขณะวางหู(A)

2.2.5 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local –Exchange) , (Hook- Off)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

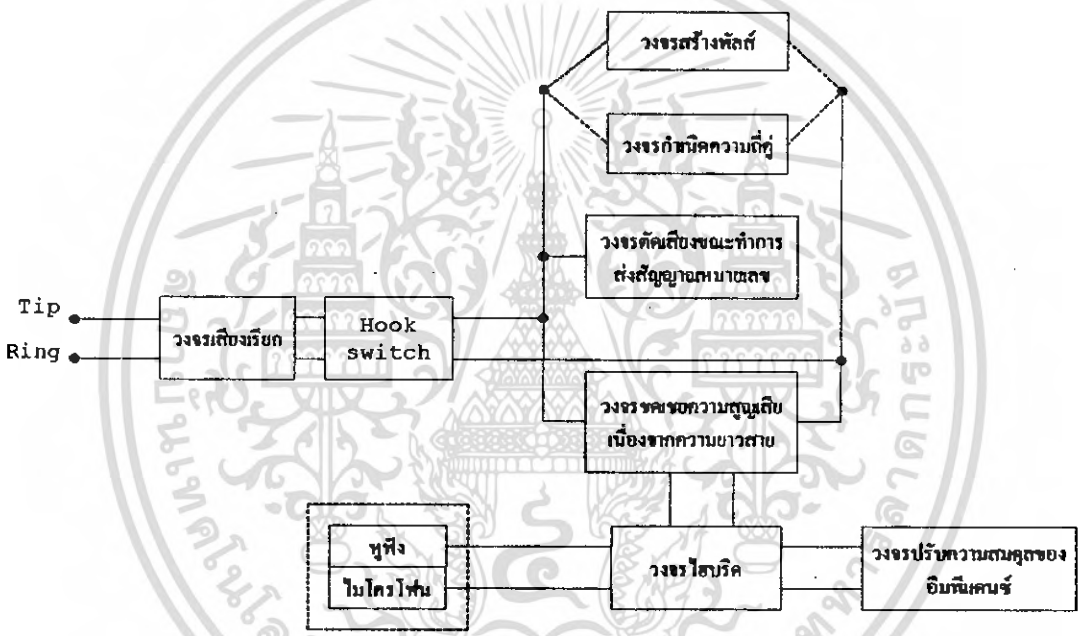
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนเลขหมายผู้เรียก (B Subscriber)

3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)

4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อไปยังชุมสาย (Hook- On)

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

รูปที่ 2.7 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือโทนก็มีลักษณะเหมือนกัน แต่แตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมายว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือ DTMF วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา สุคสวิทช์เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการยกหูใช้งานโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งหมายเลขจะช่วยให้การส่งหมายเลขให้มีความชัดเจนถูกต้องไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ในขณะที่วงจรชดเชยความสูญเสียเนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีระยะห่างกันแค่ไหนก็ตาม ส่วนวงจรไฮบริดทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลา จึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากพูดก็สามารถผ่านออกไปทางคู่สายได้ และวงจรไฮบริดยังทำหน้าที่ลดสัญญาณไซด์โทนหรือเสียงสะท้อนได้อีกด้วย ส่วนวงจรปรับความสมดุลของความต้านทาน มีไว้เพื่อทำให้ความต้านทานของส่วนต่างๆ ในโทรศัพท์มีความเหมาะสมเพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนรับ-ส่งสัญญาณเสียงพูด (Speech Transmission)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

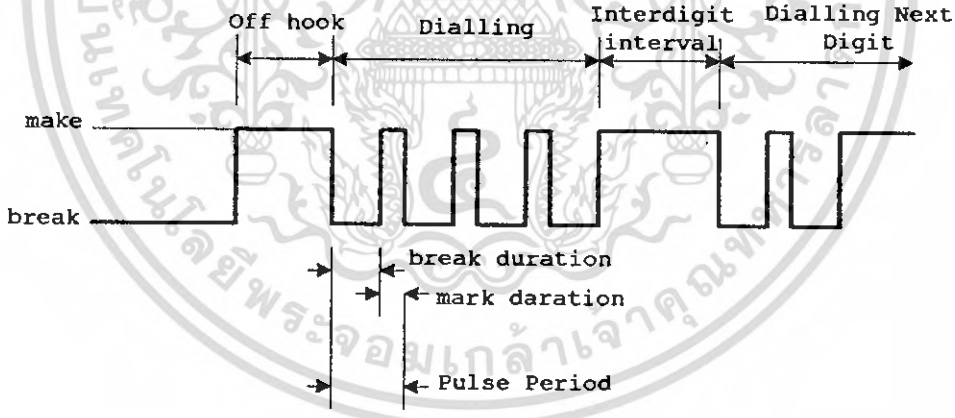
2. ส่วนกำเนิดสัญญาณเลขหมายของผู้เรียก (Generator Tone Code)
3. ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจากชุมสาย (Ringing Tone)

นอกจากนี้เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังที่จะอธิบายต่อไป

2.2.6 ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์จะทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการตัดต่อวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลขที่ให้กำเนิดสัญญาณแบบพัลส์ โดยเมื่อมีการหมุนหมายเลขจะทำให้สวิตช์เกิดการตัดต่อตามจำนวนของเลขหมายที่ทำการติดต่อ ทำให้เกิดการไหลของกระแสแบบไม่ต่อเนื่องเป็นพัลส์ตามจังหวะของการตัดต่อของสวิตช์ ดังในรูปที่ 2.9 เป็นการกำเนิดสัญญาณพัลส์เมื่อหมุนหมายเลข 4

รูปที่ 2.8 เครื่องโทรศัพท์ที่ให้กำเนิดสัญญาณพัลส์



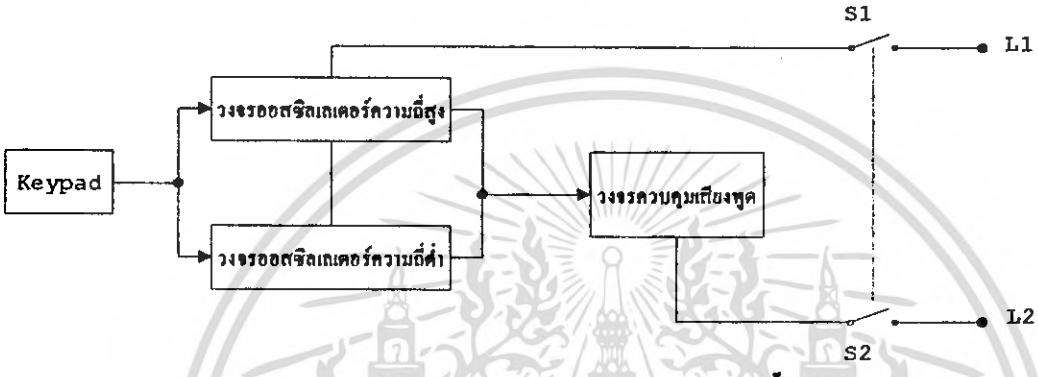
รูปที่ 2.9 พัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

ก่อนการใช้งานสัญญาณจะมีระดับต่ำอยู่เมื่อมีการยกหูจะเกิดสภาวะออฟฮุค เกิดสัญญาณบวกขึ้นจนกระทั่งเริ่มหมุนหมายเลข ในที่นี้กำหนดให้หมุนหมายเลข 4 ก็จะเกิดพัลส์ 4 ลูก และจะเกิดช่องว่างสำหรับแยกหมายเลขด้วยจากนั้นจึงเริ่มหมุนหมายเลขต่อไป ในทางปฏิบัติผู้ใช้สามารถหมุนหมายเลขต่อเนื่องไปได้เลย วงจรภายในของโทรศัพท์จะเป็นตัวแบ่งแยกของแต่ละหมายเลขเองในระบบโทรศัพท์แบบพัลส์นี้ จำนวนพัลส์ถูกกำหนดให้มีอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที คาบเวลาของสัญญาณพัลส์มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่น้อยกว่า 60 มิลลิวินาที(ในอเมริกา) หรือ 67 มิลลิวินาที(สำหรับประเทศอื่นๆ) และจากการใช้มือหมุนพบว่า ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลขมีค่าประมาณ 0.5-3 วินาที

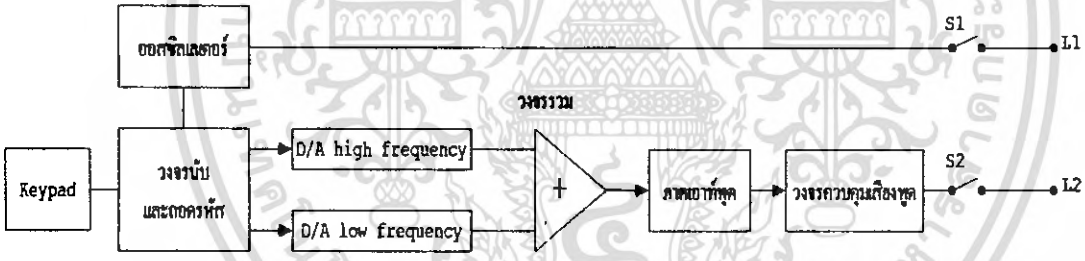
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แสดงดังรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าจากรูปที่ 2.10(ก) เป็นวงจรในยุคแรกๆ ซึ่งจะต้องมีวงจรแยกความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกันเพื่อตรวจสอบหมายเลขที่ส่งเข้ามา ต่อมามีการพัฒนามาใช้ไอซีสำเร็จรูปดังรูปที่ 2.10(ข) โดยใช้หลักการของวงจรดิจิตอลแปลงรหัสทางดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งมีความแม่นยำในการถอดรหัส DTMF มากกว่า จากการพัฒนานี้เองทำให้ปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์เล็กลงมากเพราะไม่ต้องมีขดลวดกระดิ่งใหญ่ๆ เหมือนกับระบบพัลส์เนื่องจากการใช้ทรานสดิวเซอร์เป็นตัวส่งเสียงแทน



(ก) วงจรโทรศัพท์แบบดั้งเดิม

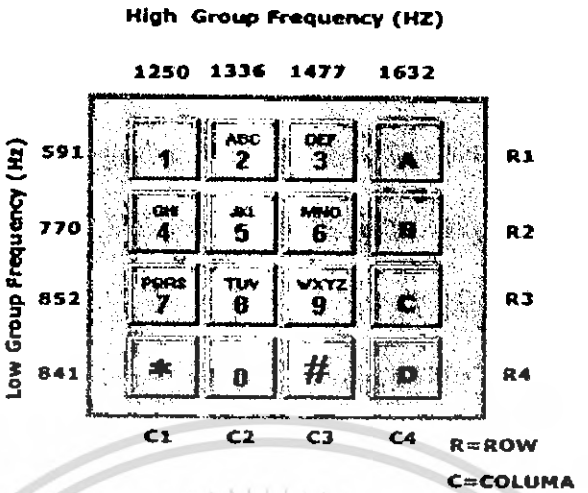


(ข) วงจรที่พัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของไอซี

รูปที่ 2.10 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) ในการส่งเลขหมายโดยการกดแต่ละหมายเลขบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ จากการกดปุ่มแต่ละปุ่มจะมีสองความถี่ส่งออกไปพร้อมกัน ความถี่แต่ละคู่ที่ส่งออกไปจะมีค่าเวลาประมาณ 40 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ โทรศัพท์แบบกดปุ่มจึงทำงานเร็วกว่าแบบหมุนอยู่ประมาณ 10 เท่า ในการออกแบบระบบควบคุมดังกล่าวจำเป็นต้องทราบการทำงานของระบบกล่าวคือโทรศัพท์ชนิดนี้เป็นโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มระบบ Tone ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 16 ปุ่ม แต่ใช้ปกติเพียง 12 ปุ่ม ส่วนอีก 4 ปุ่มคือ ABCD มีไว้สำหรับตอบรับบริการพิเศษที่ชุมสายมีให้ โดยการทำงานจะเป็นแบบ Dual Multi Frequency แป้นกดจะแบ่งออกเป็น 4 แถวกับ 4 คอลัมน์ ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การจัดปุ่มกดและระบบสัญญาณ

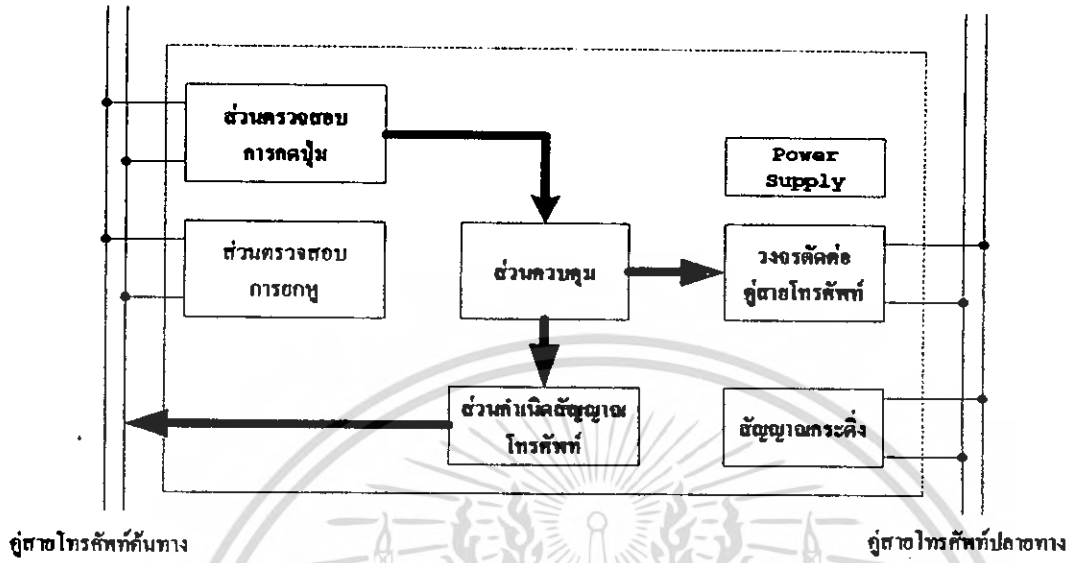
เมื่อกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งจะประกอบด้วยโทนเสียง 2 ความถี่ด้วยกันคือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ (ความถี่ทางด้านคอลัมน์และแถวตามลำดับ)

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลขต่างๆ

หมายเลข	ความถี่ต่ำ (Hz)	ความถี่สูง (Hz)
1	697	1209
2	697	1366
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1366
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1447
0	941	1336
*	941	1209
#	941	1477
A	697	1633
B	770	1633
C	852	1633
D	941	1633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 ชุมสายโทรศัพท์



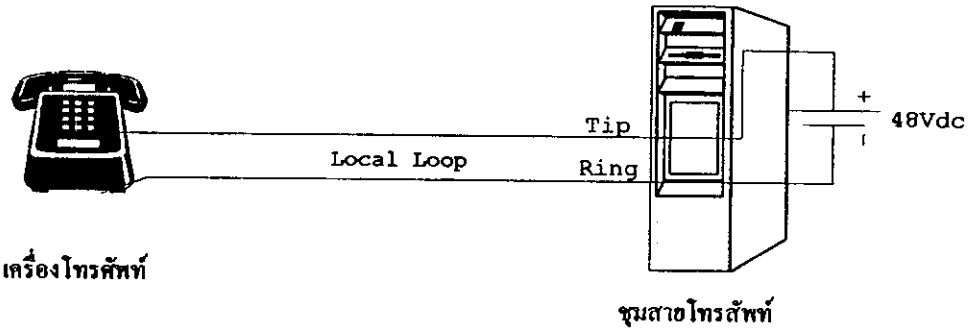
รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อคู่สายโทรศัพท์ให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อพูดคุยกันได้ จากระบบชุมสายใหญ่ๆ ก็มีการประยุกต์ใช้ในสำนักงาน เพื่อให้การติดต่อระหว่างแผนกต่างๆ ในสำนักงานได้อย่างคล่องตัว จากเดิมที่ใช้รีเลย์เป็นตัวต่อคู่สาย ทำให้ชุมสายมีขนาดใหญ่โตมาก จึงได้มีการพัฒนามาเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ในรูปที่ 2.12 เป็นบล็อกไดอะแกรมของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

2.2.9 โลคัลลูป (Local Loop)

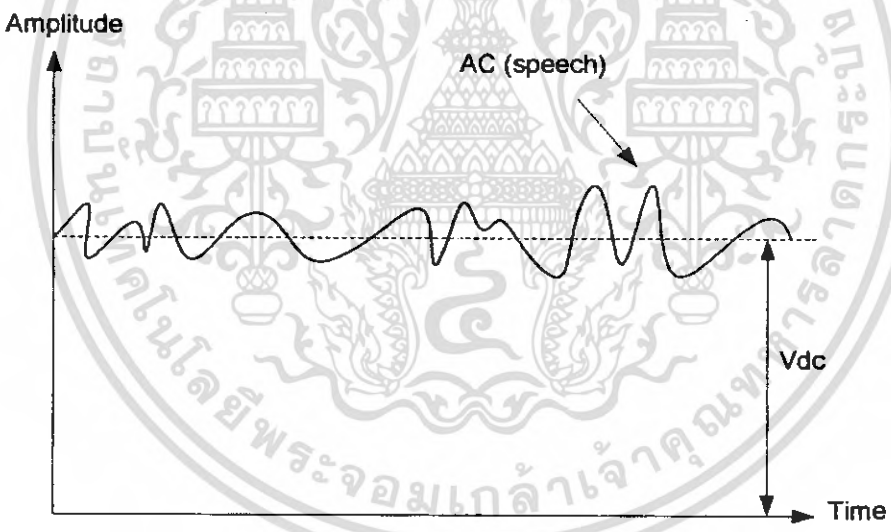
ความหมายของโลคัลลูปคือ สายส่งสองสายจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังชุมสายปลายทางซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายประมาณ 500-1,000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้โดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม ในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลท์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ โดยจะมีลวดตัวนำ 2 เส้นในลูปทำหน้าที่เป็นตัวนำสัญญาณที่เรียกว่าทิป (Tip) และริง (Ring) โดยริงจะต่อสัญญาณไฟ –48 V_{DC} ทิปจะต่อกับกราวด์ ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงโลคัลลูปของระบบโทรศัพท์

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์มีผลทำให้สุดสวิตช์ปิดลง(Off Hook) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 มิลลิแอมป์ จะไหลวนอยู่ในลูป ซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายทิปกับสายริงมีค่าประมาณ 5-10 โวลท์ ส่วนสัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยภายในกระแสลูป(20mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิฟเดี่ยว (Single Clip Microcontroller) คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุในแผงวงจรรวม(Integrated Circuit) ทำให้สะดวกต่อการนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ตามต้องการ

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิฟเดี่ยวตระกูล MCS-51 ที่เลือกใช้งานในโครงงานนี้คือเบอร์ AT89C51 ของบริษัท ATMEL Corporation ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Memory ขนาด 4 Kbytes สามารถเขียนและลบข้อมูลใหม่ได้ถึงหนึ่งพันครั้งโดยไม่ต้องใช้หน่วยความจำแบบ EPROM ภายนอกทำให้สะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม

เหตุผลที่เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาใช้ในการพัฒนาโครงงานนี้มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลชทำให้ลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิฟเดี่ยวได้โดยไม่ต้องต่อหน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์

3. บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมามากมายหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

4. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

5. ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย ATMEL สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่าการโปรแกรมในวงจรหรือในระบบ(In-system programming) โดยใช้ลักษณะการติดต่อเป็นแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุงตลอดจนการอัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้อย่างสะดวกภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่นไม่ว่าจะเป็นอินเทล , ซีเมนส์ หรือดัลลัส

2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

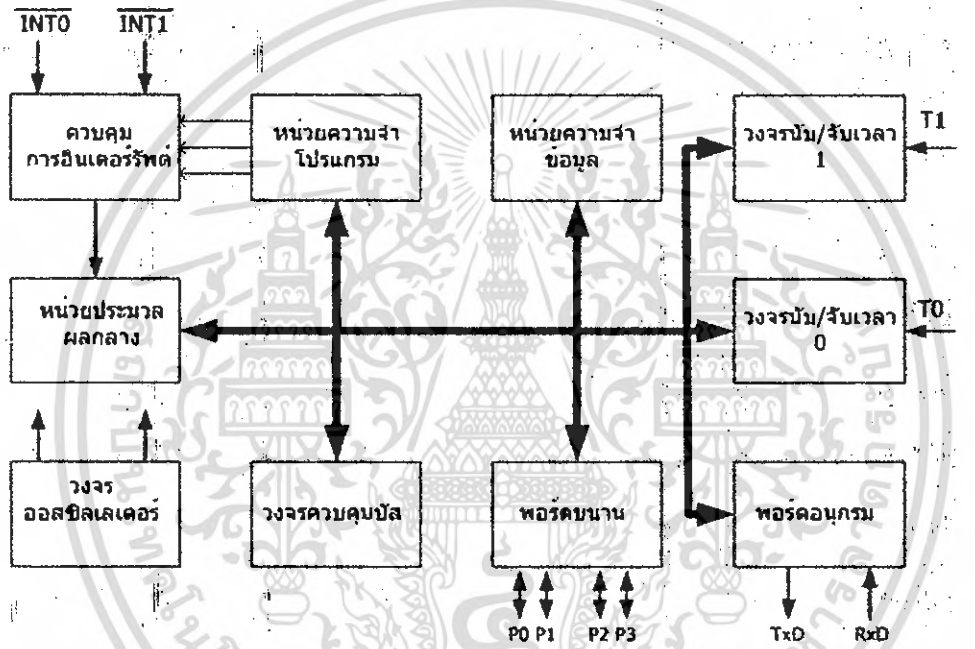
- มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชเมโมรี (Flash Memory) หรือชนิดที่เขียนและลบได้รวดเร็วขนาด 4 กิโลไบต์ ทนต่อการเขียนลบได้ 1,000 ครั้ง และคงค่าข้อมูลไว้ได้นาน 10 ปี ทำงานที่สัญญาณความถี่นาฬิกา 0-24 เมกะเฮิรตซ์
- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- มีขาอินพุต/เอาท์พุตที่สามารถโปรแกรมได้จำนวน 32 ขา
- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle (การทำงานปกติ) และ Power down (การประหยัดพลังงานไฟฟ้า)
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต
- มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ได้
- สามารถติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมฟูลดูเพล็กซ์หรือ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ได้
- ป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory Lock) ได้ 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72131

- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิฟ
- มีหน่วยความจำแรม (Ram) ภายในตัวชิฟอยู่ 128 ไบต์
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์เพียงชุดเดียว

ในรูปที่ 2.15 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89C51 จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐานทั่วไปหากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอมและบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89S53	แบบแฟลชขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

ในตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ละเบอร์ที่บริษัท ATMEL ผลิตขึ้นซึ่งมีใช้งานมากมายในปัจจุบัน

2.3.2 การจัดวางและการทำงานแต่ละขาของ AT89C51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.16 และ 2.17 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากราวด์สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0 –P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" แล้วส่งไปยังแต่ละบิตของขาพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตพอร์ตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก(A0 - A7) และขาข้อมูล(D0 - D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล และเนื่องจากพอร์ตนี้ไม่มีความต้านทานพูลอัพ(Pull Up Resistor) ดังนั้นก่อนใช้งานจะต้องต่อความต้านทานพูลอัพก่อนเสมอ

ขาพอร์ต 1 (P1.0 –P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของขาพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89C51 จะใช้พอร์ตนี้สำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI(serial peripheral interface) เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0 –P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของขาพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก(A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0 –P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของขาพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) นอกจากนั้นพอร์ตนี้ยังมีการใช้งานพิเศษอื่นๆ อีก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลข่าวสารจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลข่าวสารจากการสื่อสารแบบอนุกรมหรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซ็ต ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานไปอย่างเป็นปกติ

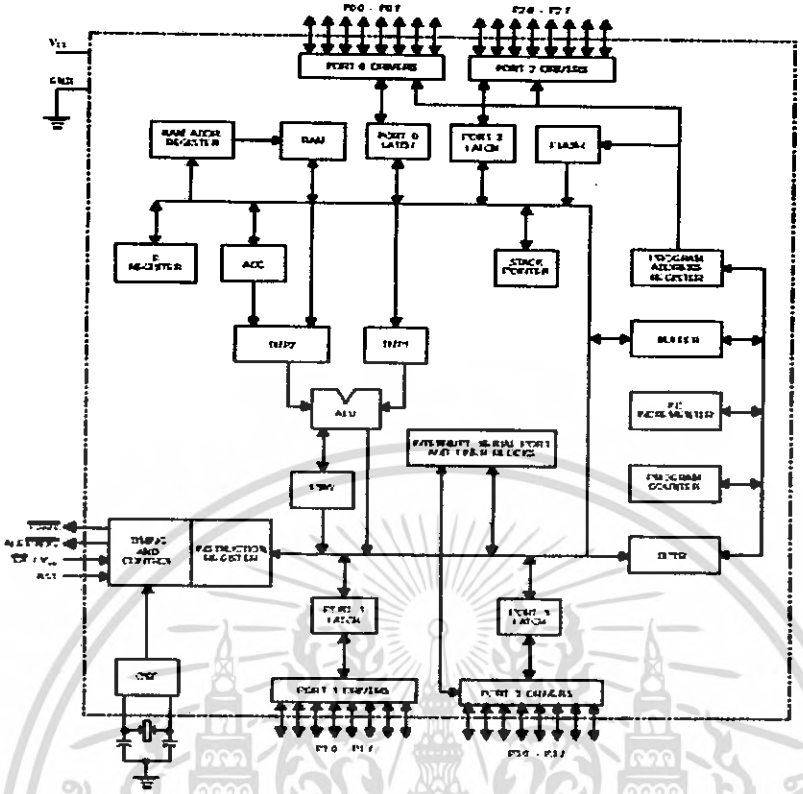
ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ตศูนย์เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายในขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

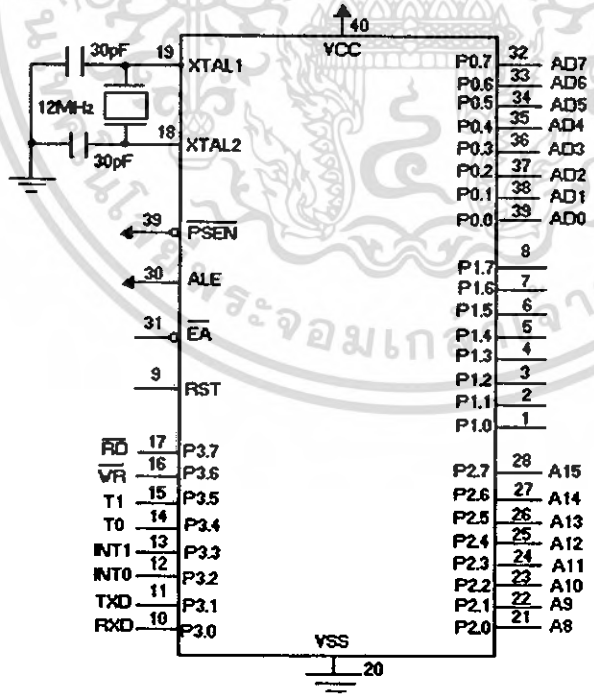
ขา EA/Vpp (External Access Enable/ Programming Voltage Input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนั้นที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟฟ้าสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา STAL1 และ STAL 2 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51



รูปที่ 2.17 แสดงขาใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 อินเตอร์รัพต์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีการใช้งานอินเตอร์รัพต์อยู่ 2 ประเภทคือ อินเตอร์รัพต์จากภายนอก (External Interrup) จะเกิดเมื่อวงจรจากภายนอกส่งสัญญาณไปยังขาอินเตอร์รัพต์ของ MCS-51 ได้แก่ ขา INT0 และ INT1 และอินเตอร์รัพต์ภายใน (Internal Interrup) เกิดขึ้นโดยฮาร์ดแวร์ที่อยู่ภายในชิพ์ ได้แก่ ไทม์เมอร์ 0, ไทม์เมอร์ 1, และพอร์ตสื่อสารอนุกรม โดยเมื่อเกิดอินเตอร์รัพต์ขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะหยุดทำงานโปรแกรมปัจจุบันและไปให้บริการอินเตอร์รัพต์ที่เข้ามา โดยการกระโดดไปยังตำแหน่งของโปรแกรมที่ให้บริการอินเตอร์รัพต์ (Interrup Service Routine : ISR) แต่ก่อนกระโดดไปจะต้องเก็บค่าต่างๆ ที่จำเป็นของโปรแกรมปัจจุบันไว้ก่อน เช่นค่าในรีจีสเตอร์ PC เมื่อโปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัพต์ทำงานเสร็จแล้วจะได้กลับมาทำงานโปรแกรมเดิมต่อไปได้ จากนั้นก็กระโดดไปยังโปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัพต์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานเสร็จก็จะกระโดดกลับมาทำงานยังโปรแกรมปัจจุบันในตำแหน่งที่ต่อเนื่องจากเดิมก่อนที่จะเกิดอินเตอร์รัพต์ โดยการคืนค่าต่างๆ ที่บันทึกไว้กลับมา

2.3.3.1 หมายเลขอินเตอร์รัพต์ของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจองพื้นที่หน่วยความจำส่วนหนึ่งตั้งแต่แอดเดรสที่ 0003H ถึง 00FBH สำหรับเก็บแอดเดรสของโปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัพต์ หรืออินเตอร์รัพต์เวคเตอร์(Interrup Vector) ซึ่งแต่ละเวคเตอร์จะมีพื้นที่ขนาด 8 ไบต์ ดังนั้นจึงมีเวคเตอร์ทั้งหมด 32 เวคเตอร์ แสดงดังตารางที่ 2.3 เพื่อความเข้าใจง่ายจะใช้ตัวเลขแทนแอดเดรสของเวคเตอร์ เช่น อินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT0 จะอยู่ที่เวคเตอร์ 0 (0003H ถึง 000AH) หรืออินเตอร์รัพต์ไทม์เมอร์ 0 อยู่ที่เวคเตอร์ 1 (000B ถึง 0012H) เนื่องจากแต่ละเวคเตอร์มีขนาด 8 ไบต์ ดังนั้นเวลาคิดหมายเลขเวคเตอร์จะเอาแอดเดรสเริ่มต้นมาลบด้วย 3 จากนั้นหารด้วย 8 เช่น

อินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT0 มีหมายเลขอินเตอร์รัพต์เวคเตอร์คือ

(0003H – 0003H)/8 = 0

อินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 มีหมายเลขอินเตอร์รัพต์เวคเตอร์คือ

(0013H – 0003H)/8 = 2

ตารางที่ 2.3 แสดงหมายเลขอินเตอร์รัพต์ของ MCS-51/52

หมายเลขอินเตอร์รัพต์	แอดเดรส	หมายเลขอินเตอร์รัพต์	แอดเดรส
0 (INT0)	0003H	16 (กำหนดขึ้นเอง)	0083H
1 (Timer 0)	000BH	17 (กำหนดขึ้นเอง)	008BH
2 (INT1)	0013H	18 (กำหนดขึ้นเอง)	0093H
3 (Timer 1)	001BH	19 (กำหนดขึ้นเอง)	009BH
4 (serial port)	0023H	20 (กำหนดขึ้นเอง)	00A3H
5 (Timer 2)	002BH	21 (กำหนดขึ้นเอง)	00ABH
6 (PCA)	0033H	22 (กำหนดขึ้นเอง)	00B3H
7 (กำหนดขึ้นเอง)	003BH	23 (กำหนดขึ้นเอง)	00BBH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

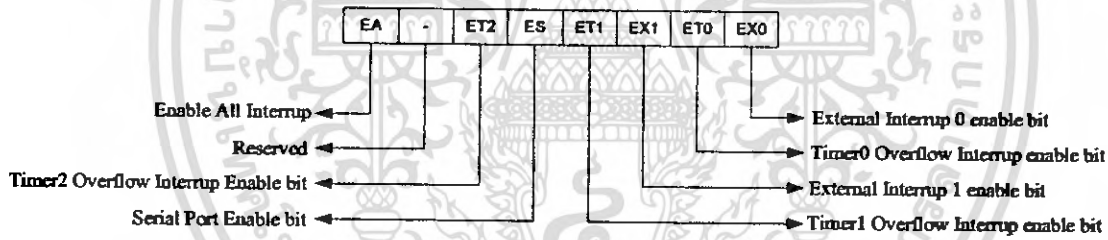
8	(กำหนดขึ้นเอง)	0043H	24	(กำหนดขึ้นเอง)	00C3H
9	(กำหนดขึ้นเอง)	004BH	25	(กำหนดขึ้นเอง)	00CBH
10	(กำหนดขึ้นเอง)	0053H	26	(กำหนดขึ้นเอง)	00D3H
11	(กำหนดขึ้นเอง)	005BH	27	(กำหนดขึ้นเอง)	00DBH
12	(กำหนดขึ้นเอง)	0063H	28	(กำหนดขึ้นเอง)	00E3H
13	(กำหนดขึ้นเอง)	006BH	29	(กำหนดขึ้นเอง)	00EBH
14	(กำหนดขึ้นเอง)	0073H	30	(กำหนดขึ้นเอง)	00F3H
15	(กำหนดขึ้นเอง)	007BH	31	(กำหนดขึ้นเอง)	00FBH

2.3.3.2 รีจีสเตอร์ที่ใช้งานในอินเตอร์รัพต์

การใช้งานอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเกี่ยวข้องกับรีจีสเตอร์ 3 ตัว คือ รีจีสเตอร์ IE รีจีสเตอร์ IP และรีจีสเตอร์ TCON ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- รีจีสเตอร์ IE

รีจีสเตอร์ IE (Interrup Enable) มีไว้สำหรับควบคุมการ Enable อินเตอร์รัพต์จากแหล่งต่างๆ ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 รีจีสเตอร์ IE

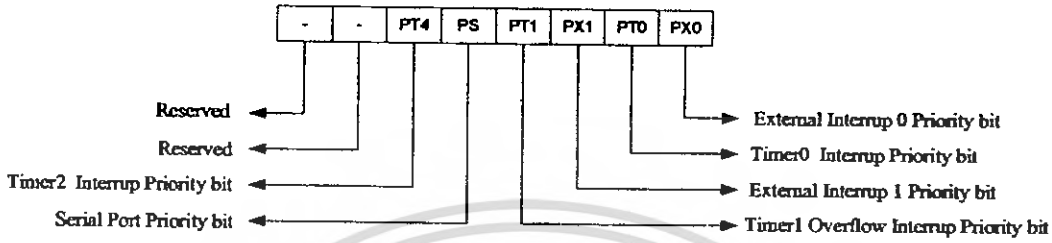
หน้าที่แต่ละบิตในรีจีสเตอร์ IE อธิบายได้ดังนี้

- EA ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะอินเตอร์รัพต์ทั้งหมด
- ET2 ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานจากอินเตอร์รัพต์จากไทม์เมอร์ 2 (สำหรับ MCS-52)
- ES ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานอินเตอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม
- ET1 ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานอินเตอร์รัพต์จากไทม์เมอร์ 1
- EX1 ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานอินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1
- ET0 ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานอินเตอร์รัพต์จากไทม์เมอร์ 0
- EX0 ถ้ากำหนดเป็นลอจิก "1" จะทำงานอินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รีจีสเตอร์ IP

รีจีสเตอร์ IP (Interrup Priority) สำหรับกำหนดความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ ในกรณีที่มีอินเตอร์รัพต์เกิดขึ้นจากหลายแหล่งพร้อมกัน อินเตอร์รัพต์ที่มีความสำคัญสูงสุดจะได้รับบริการก่อน การกำหนดลำดับความสำคัญจะกำหนดโดยเซตบิตในรีจีสเตอร์ IP ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 รีจีสเตอร์ IP

ถ้ากำหนดบิตเป็นลอจิก "1" หมายความว่า กำหนดเป็นลำดับความสำคัญสูงสุด

ถ้ากำหนดบิดเป็นลอจิก "0" หมายความว่า กำหนดเป็นลำดับความสำคัญต่ำสุด

ความหมายของแต่ละบิตในรีจีสเตอร์ IP อธิบายได้ดังนี้

- PT2 บิตสำหรับกำหนดไทม์เมอร์ 2 เป็นลำดับสูงสุด
- PS บิตสำหรับกำหนดพอร์ตอนุกรม เป็นลำดับสูงสุด
- PT1 บิตสำหรับกำหนดไทม์เมอร์ 1 เป็นลำดับสูงสุด
- PX1 บิตสำหรับกำหนดอินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT0 เป็นลำดับสูงสุด
- PT0 บิตสำหรับกำหนดไทม์เมอร์ 0 เป็นลำดับสูงสุด
- PX0 บิดสำหรับกำหนดอินเตอร์รัพต์ภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 เป็นลำดับสูงสุด

- รีจีสเตอร์ TCON

รีจีสเตอร์ TCON(Timer Control) สำหรับควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์และการเกิดอินเตอร์รัพต์ มีรายละเอียดดังนี้

- TF1 เป็นบิต Overflow ของไทม์เมอร์ 1 จะเซตโดยฮาร์ดแวร์ เมื่อไทม์เมอร์เกิด Overflow และจะเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมให้บริการอินเตอร์รัพต์

- TR1 เป็นบิตที่ใช้ ปิด-เปิด ไทม์เมอร์ 1 จะเซตโดยซอร์ฟแวร์ โดยกำหนดเป็นลอจิก "1" กรณีเปิดไทม์เมอร์ 1 และกำหนดเป็นลอจิก "0" กรณีปิดไทม์เมอร์ 1

- TF0 เหมือนกับ TF1 แต่ใช้กับไทม์เมอร์ 0

- TR0 เป็นบิตที่ใช้ ปิด-เปิด ไทม์เมอร์ 0 จะเซตโดยซอร์ฟแวร์ โดยกำหนดเป็นลอจิก "1" กรณีเปิดไทม์เมอร์ 0 และกำหนดเป็นลอจิก "0" กรณีปิดไทม์เมอร์ 0

- IE1 เป็นบิดที่แสดงว่ามีอินเตอร์รัพต์เกิดขึ้น จะเซตโดยฮาร์ดแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ขา INT0 และจะเคลียร์บิตเมื่อประมวลผลอินเตอร์รัพต์เสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- IT1 ใช้กำหนดรูปแบบของสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 ว่ามีลักษณะอย่างไร ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าจะเกิดอินเตอร์รัพต์เมื่อมีสัญญาณลอจิกต่ำเข้ามา ถ้าเป็นลอจิก "0" หมายความว่าจะเกิดอินเตอร์รัพต์เมื่อมีสัญญาณขอบขาลงเข้ามา
- IE0 เหมือนกับ IE1 แต่ใช้งานกับ INT0
- IT0 เหมือนกับ IT1 แต่ใช้งานกับ INTO

2.3.4 ไทม์เมอร์

ในงานที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ งานบางอย่างต้องทำงานเกี่ยวกับเวลา เช่น สร้างเวลาหน่วง, ตั้งค่าเวลา และควบคุมการเกิดอินเตอร์รัพต์ ซึ่งเหล่านี้จะทำได้ค่อนข้างยากถ้าไม่มีไทม์เมอร์

2.3.4.1 ตัวกำหนดเวลาและตัวนับ

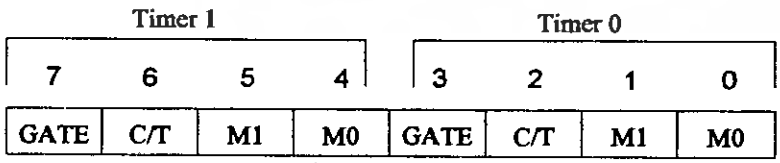
ใน MCS-51 มีไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต จำนวนสองตัวคือ Timer0 และ Timer1 โดยทั้งสองสามารถใช้งานเป็นตัวกำหนดเวลาได้ ค่าข้อมูลไบนารีของไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ THx และ TLx (เมื่อ x คือ 0 หรือ 1 สำหรับ Timer0 และ Timer1 ตามลำดับ) โดย THx เก็บข้อมูล 8 บิตบน และ TLx จะเก็บข้อมูล 8 บิตล่าง ทั้งไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 มีโหมดการทำงานทั้งหมด 4 โหมด ในการเลือกใช้งานโหมดใดนั้นจะต้องเลือกผ่านรีจิสเตอร์ TMOD(Timer Mode) และการควบคุมการทำงานต่างๆ ของไทม์เมอร์จะควบคุมผ่านทางรีจิสเตอร์ TCON(Timer Control)

- **รีจิสเตอร์ TMOD(TimerMode)**

TMOD เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ(SFR) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรส 89H เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการโอนย้ายข้อมูลขนาด 8 บิต ให้กับรีจิสเตอร์ตัวนี้โดยตรงแทน รีจิสเตอร์ TMOD ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานทั้งไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 การใช้งานหลักๆ ประกอบด้วย

- การตั้งเวลา (Timer mode)
- การนับจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น(Counter mode)
- สร้าง Baud rate สำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม

ถ้าสัญญาณนาฬิกามาจากนาฬิกาหลักของระบบ(12 MHz Crystal) จะอยู่ในโหมด Timer แต่ถ้าหากมาจากขา T0 หรือ T1 จะอยู่ในโหมด Counter ในการกำหนดว่าจะทำงานที่โหมดใด ทำได้โดยการเซทบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 รีจิสเตอร์ TMOD

หน้าที่ของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ TMOD อธิบายได้ดังนี้

- GATE เป็นบิตที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 โดยมีการกำหนดบิตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- GATE = "0" กำหนดให้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 ทำงาน โดยจะถูกควบคุมจากบิต TR0 หรือ TR1 ในรีจีสเตอร์ TCON อีกที

- GATE = "1" กำหนดให้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 ทำงานโดยจะถูกควบคุมจากภายนอกที่ขาอินเตอร์รัพต์ INT0 หรือ INT1 ของ MCS-51 พร้อมกับควบคุมจากบิต TR0 หรือ TR1 ในรีจีสเตอร์ TCON ด้วย

- **C/T** เป็นการกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานของไทม์เมอร์ว่าจะเป็น Counter หรือ Timer

- C/T = "0" กำหนดให้เป็นไทม์เมอร์ ซึ่งเป็นลักษณะของการตั้งกำหนดเวลาโดยใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายใน MCS-51 เอง

- C/T = "1" กำหนดให้เป็นฟังก์ชั่นการนับโดยให้รับสัญญาณอินพุตจากภายนอกที่ขา T0 และ T1

- **M0,M1** เป็นการกำหนดโหมดการทำงานของ Counter และ Timer ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 โหมดด้วยกันคือ โหมด 0,1,2, และ 3 สรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 โหมดการทำงานของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

M1	M0	โหมด	รายละเอียด
0	0	0	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 13 บิต
0	1	1	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต
1	0	2	เป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต และค่าไบต์สูงไปยังไบต์ต่ำโดยอัตโนมัติเมื่อนับถึงค่า 00
1	1	3	แยกไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

2.3.4.2 การใช้งานไทม์เมอร์

ในการใช้งานไทม์เมอร์สิ่งแรกที่ต้องทำคือ กำหนดการใช้งานไทม์เมอร์ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดการทำงานของไทม์เมอร์ในรีจีสเตอร์ TMOD
2. กำหนดค่านับเริ่มต้นในรีจีสเตอร์ THx และ TLx
3. กำหนดให้ไทม์เมอร์เริ่มทำงานโดยเซตบิต TRx และเมื่อไทม์เมอร์ทำงาน นั่นคือจะมีการนับไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดโอเวอร์โฟลว์
4. เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ บิต TFx จะเซต และจะเคลียร์เมื่อมีการใช้งานไทม์เมอร์ครั้งต่อไป

2.3.4.3 การกำหนดค่าเริ่มต้นการนับให้กับรีจีสเตอร์ TLx และ THx

ทุกครั้งที่มีการใช้งานไทม์เมอร์ ค่าเริ่มต้นจากการนับจะต้องไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ THx และ TLx (เมื่อ x เป็น 0 หรือ 1 สำหรับ Timer0 และ Timer1) และเมื่อไทม์เมอร์ทำงาน ค่าข้อมูลที่อยู่ในรีจีสเตอร์ THx และ TLx จะเพิ่มขึ้นทีละค่าจนเป็น 1 ทุกบิต(THx = FFH และ THx = FFH) และเมื่อนับอีกครั้ง ค่าข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะวนกลับไปเป็น "0" ทุกบิต เรียกว่าเกิดการนับเกินหรือโอเวอร์โฟลว์(Overflow) ซึ่งหมายถึงการครบกำหนดของเวลาที่ตั้งไว้แล้ว

ตัวอย่างเช่น ต้องการให้ไทม์เมอร์ 0 นับเป็นจำนวน 100 ครั้ง สามารถทำได้ดังนี้

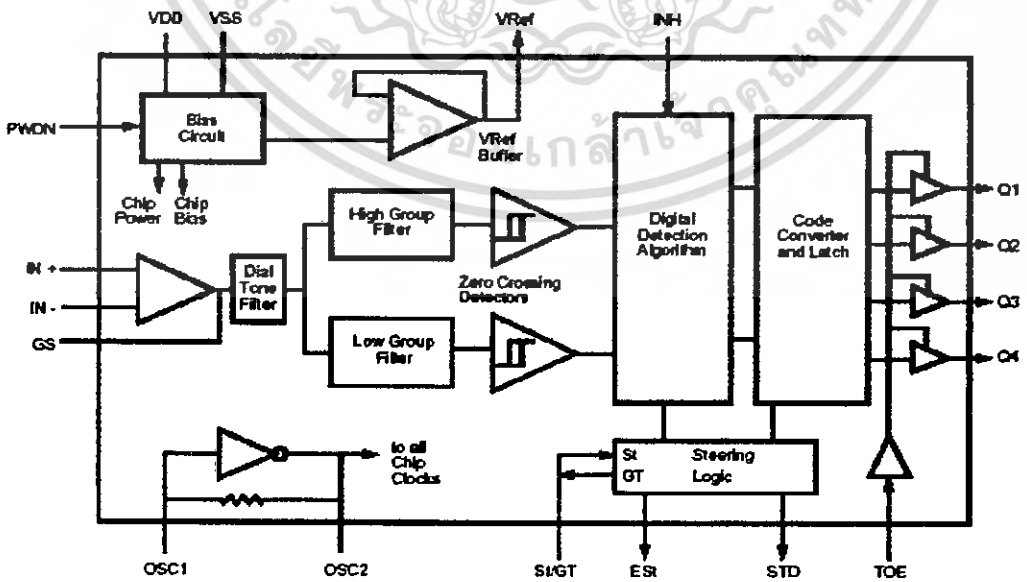
- ไทม์เมอร์ 0 มีขนาด 16 บิต ดังนั้นค่าสูงสุดที่นับได้คือ 65,564 หรือ FFFFH
- นำ 500 ไปลบ 65,536 จะได้ 65,536-500 = 65,036
- แปลง 65,036 ให้เป็นเลขฐานสิบหกจะได้เท่ากับ FE0CH
- ค่าข้อมูลไบต์สูงนำไปเก็บในรีจีสเตอร์ TH0 = FEH
- ค่าข้อมูลไบต์ต่ำนำไปเก็บในรีจีสเตอร์ TL0 = 0CH

ซึ่งก็หมายความว่าเราจะเริ่มนับที่ FE0CH และเพิ่มไปทีละหนึ่งค่าจนครบ 500 ครั้ง ซึ่งครั้งที่ 500 ค่าใน TH0 และ TL0 จะเป็น FFFFH พอดี และถ้าหากใช้คริสตอลที่ 12 MHz ก็จะหมายถึงนับไปแล้ว 500 uSec หลังจากนั้นจะเกิดโอเวอร์โฟลว์ทำให้บิตแสดงสถานะ TF0 ในรีจีสเตอร์ TCON มีค่าเป็นลอจิก "1" จากนั้นค่าในรีจีสเตอร์ TL0 และ TH0 ก็จะกลับมาเริ่มต้นที่ 0000H

2.4 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ MT8870

2.4.1 โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO-CMOS ส่วนวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของ SWITCH CAPACITER FILTER สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยการต่อกับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งเป็นวงจรแลตช์แบบ 3 สถานะ



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

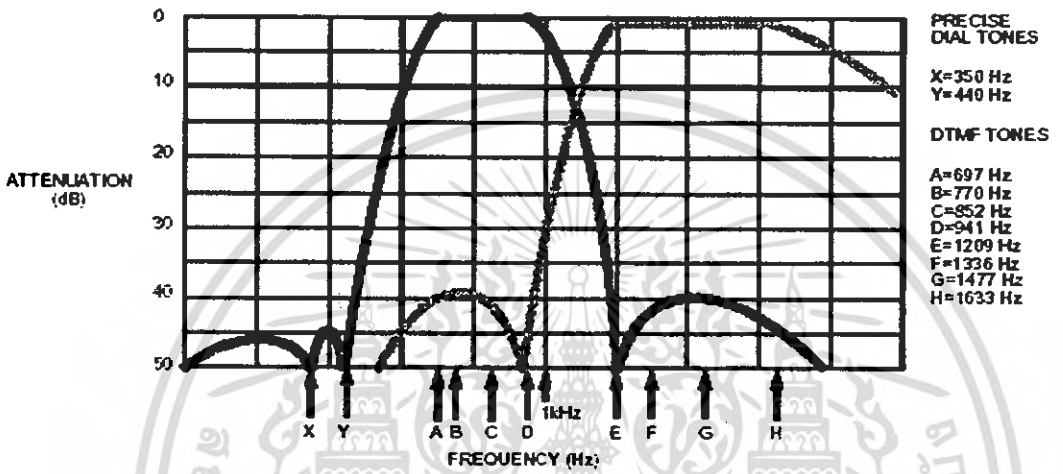
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT8870

ภายในของ MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ในส่วนนี้จะทำการแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาซึ่งเป็นช่วงความถี่ 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์อันดับที่ 6 ซึ่งสามารถแยกความถี่ออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.22 แสดง Characteristic ของวงจรกรองความถี่

2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

สัญญาณ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัส ซึ่งจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาแทรก เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้วว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอคทีฟ เพื่อที่จะถอดรหัสความถี่ที่ได้รับออกมาเป็นค่าตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้เมื่อกดหมายเลขต่างๆ

NUMBER	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
1	H	0	0	0	1
2	H	0	0	1	0
3	H	0	0	1	1
4	H	0	1	0	0
5	H	0	1	0	1
6	H	0	1	1	0
7	H	0	1	1	1
8	H	1	0	0	0

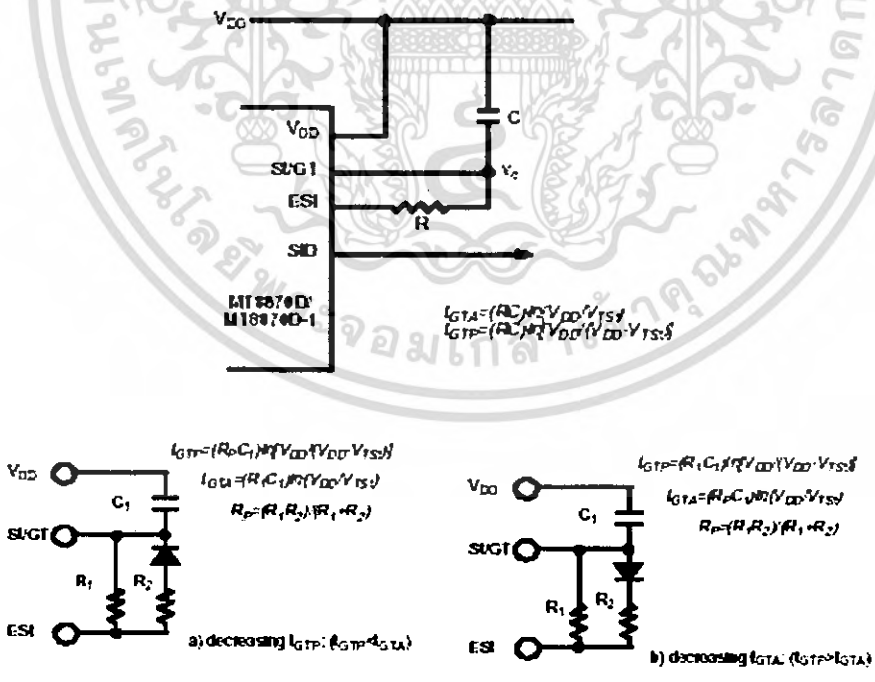
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	H	1	0	0	1
0	H	1	0	1	0
*	H	1	0	1	1
#	H	1	1	0	0

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุต จะมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาในการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มภายในเวลาที่กำหนดมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะถือว่าสัญญาณไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลานั้นสามารถตั้งได้โดยค่า RC ที่ต่ออยู่ภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น "high" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.23 เมื่อขา Est เป็น "high" จะทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุ ทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสก็จะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (Gard Time) หมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานมากกว่าหรือเท่ากับช่วงเวลาที่เราตั้งไว้จึงจะยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดยค่า RC ก็คือการ์ดไทม์นั้นเอง

ดังนั้น สัญญาณความถี่ที่เข้ามาจะต้องมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงจะสามารถถอดรหัสได้ แต่ถ้าสัญญาณความถี่นั้นเข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสออกไป

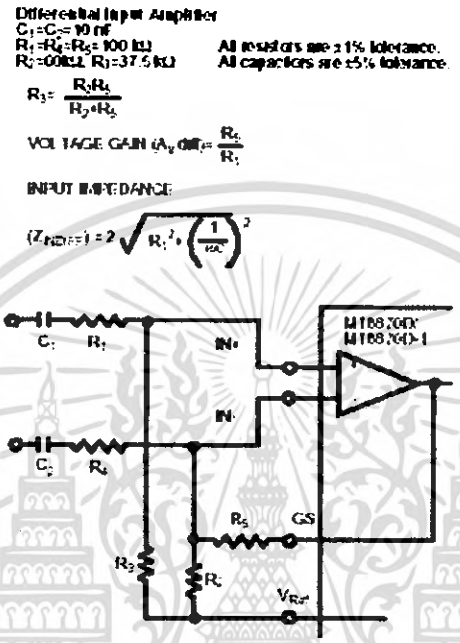


รูปที่ 2.23 แสดงวงจรการตรวจจับความถี่ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ภาคขยายสัญญาณผลต่าง (Differential Input)

วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายโดยใช้ออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยต่อกับวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ดังรูปที่ 2.24 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุต ซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้



รูปที่ 2.24 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator Section)

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อคริสตอลขนาด 3.579545 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

คุณสมบัติของ MT8870

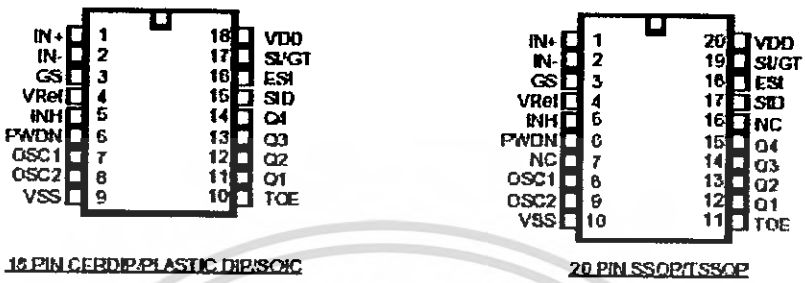
1. เป็นตัวรับและถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF
2. กินไฟน้อยใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราการขยายได้
4. สามารถปรับการ์ดไทม์ได้

2.4.3 การนำ MT8870 ไปใช้งาน

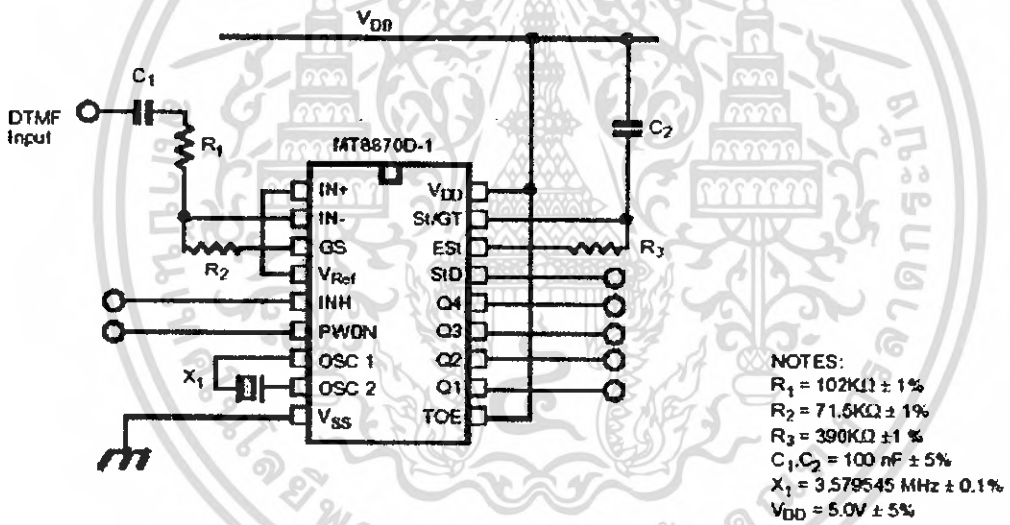
1. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
2. เครื่องป้องกันการใช้โทรศัพท์ทางไกล
3. ใช้งานเกี่ยวกับบัตรเครดิต
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้งานในชุมสายขนาดเล็ก หรือ PABX(Private Automatic Branch eXchange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใช้งานกับโทรศัพท์ทั่วไป
7. เครื่องป้องกันขโมย
8. ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์



รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะของไอซี MT8870



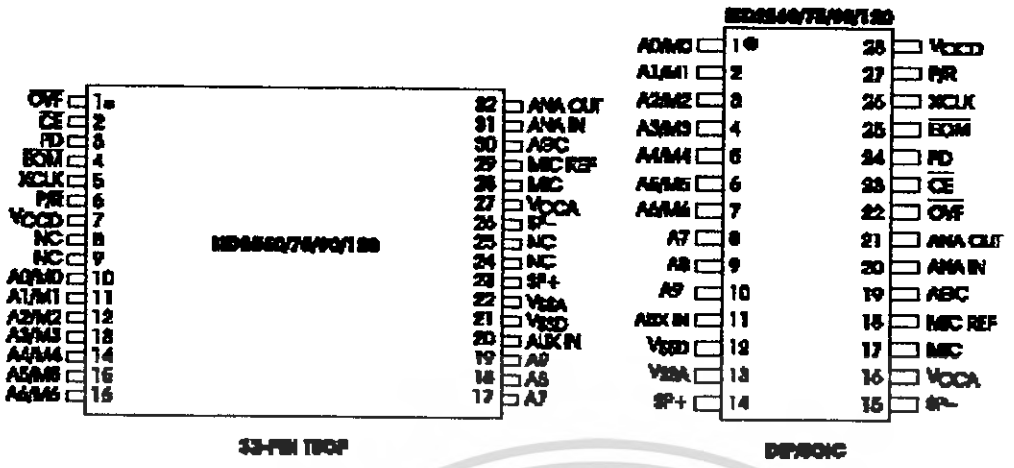
รูปที่ 2.26 แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

2.5 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ ISD2590

2.5.1 โครงสร้างของ ISD2590

ISD2590 เป็นไอซีที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อมาใช้งานเฉพาะด้าน โดยจะใช้งานทางด้านการบันทึกเสียงโดยเฉพาะซึ่ง ISD2590 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะของไอซี ISD2590

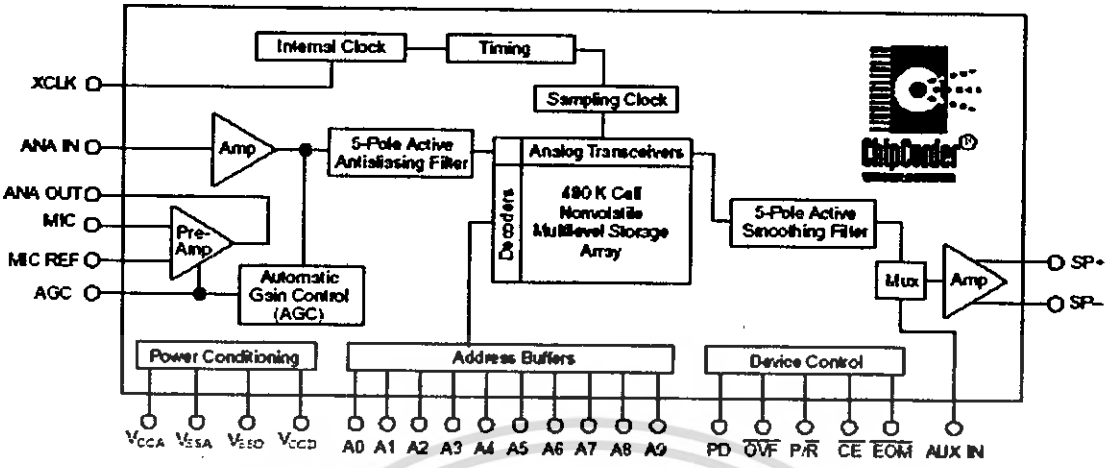
2.5.2 คุณสมบัติของ ISD2590

คุณสมบัติที่สำคัญของ ISD2590 จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เพราะเป็นไอซีสำเร็จรูป และการนำไปใช้งานนั้นก็ไม่จำเป็นต้องต่อกับอุปกรณ์ร่วมมากนัก ซึ่งคุณสมบัติของ ISD2590 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ไอซีเพียงตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่ายดาย
2. ไม่มีอุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆ มาประกอบร่วม
3. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นเข้ามาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
4. มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับ
5. ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วยสวิตช์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์
6. เวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับนาน 90 วินาที
7. ต่อคาสเคดกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้นานขึ้น
8. ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
9. สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้นานถึง 100 ปี โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
10. สามารถทำการบันทึกได้ถึง 100,000 ครั้ง
11. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
12. สามารถตั้งโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวได้

จากคุณสมบัติต่างๆ ที่อยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟนจนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและเล่นกลับก็รวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียว ในการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์โดยไม่ต้องมีไฟสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไว้ไม่ให้สูญหาย (non-volatile memory cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปของสัญญาณอนาลอกจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บข้อมูลโดยตรง อาศัยเทคโนโลยี DAST(Direct Analog Storage Technology) และการจัดเก็บข้อมูลก็เก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้เสียงที่เหมือนต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดง Block Diagram การทำงานภายในของ ISD2590

2.5.3 การวางตำแหน่งขาและการใช้งานเบื้องต้นของ ISD2590

การวางตำแหน่งขาของ ISD2590 แสดงให้ดูดังรูปที่ 2.27 และการใช้งานเบื้องต้นของการทำงานนั้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตัวนี้กันเสียก่อนซึ่งรายละเอียดนี้มีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบการใช้งานและการทำงานเบื้องต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขา เพราะการทำงานของแต่ละขาหรือหน้าที่ของแต่ละขามีความสำคัญมากที่จะนำไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD2590

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันอินพุตด้านต่ำ "0"	V_{IL}	0.8	โวลท์
แรงดันอินพุตด้านสูง "1"	V_{IH}	2	โวลท์
แรงดันเอาท์พุตด้านต่ำ	V_{CL}	0.4	โวลท์
แรงดันเอาท์พุตด้านสูง	V_{CH}	Vcc-0.4	โวลท์
แรงดันเอาท์พุตด้านสูงที่ขา OVF	V_{CH2}	2.4	โวลท์
แรงดันเอาท์พุตด้านสูงที่ขา EOM	V_{CH2}	Vcc-10	โวลท์
กระแสแรงดันไฟเลี้ยงที่ V_{CC} = 5V	I_{CC}	1-1	มิลลิแอมป์
กระแสขณะสแตนบายด์ที่ V_{CC} = 5V	I_{IL}	1-10	ไมโครแอมป์
กระแสรั่วไหลทางอินพุต	I_{SB}	1	ไมโครแอมป์
อิมพีแดนซ์ของโหลดเอาท์พุต	R_{EXT}	16	โอห์ม
อิมพีแดนซ์ของปรีแอมป์ไมโครโฟน	R_{MIC}	10	กิโลโอห์ม
อิมพีแดนซ์ของโหลดอินพุตภายนอก	R_{AUX}	10	กิโลโอห์ม
อิมพีแดนซ์ของอินพุตอนาลอก	R_{ANAIN}	3	กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการขยายของปรีแอมป์ 1	A_{PRE1}	24	เดซิเบล
อัตราการขยายของปรีแอมป์ 2	A_{PRE2}	5	เดซิเบล
อัตราการขยายของขา AUX (สัญญาณภายนอก)	A_{AUX}	1	โวลท์ต่อโวลท์
อัตราการขยายของลำโพงเอาท์พุต	A_{APP}	22	เดซิเบล
อิมพีแดนซ์ของขา AGC	R_{AGC}	5	กิโลโอห์ม
แรงดันไฟเลี้ยงของไอซีทั้งหมด	V_{CC}	5-7	โวลท์
อุณหภูมิขณะทำงาน	T_S	-65-150	องศาเซลเซียส

(ขาที่ 1-10) Address/Mode Input (A0-A9), (M0-M6)

ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองฟังก์ชั่นที่ขึ้นอยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของ MSB เป็น "0" อินพุตก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิดทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดแลตช์ที่ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSB มีสถานะเป็น "1" ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมาอยู่ที่โหมดบิดทั้งหมด และเกิดการแลตช์เมื่อขอบขาลงของพัลส์ ปรากฏที่ขา CE

(ขาที่ 11) Auxilliary Input (AUX IN)

จะเป็นขาที่รับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณที่ผ่านออกไปทางเอาท์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น "1" รอบของการเล่นก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อข้อมูลที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดแล้ว ถ้ามีการต่อคาสเคด ISD2590 หลายๆ ตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกจากขาเอาท์พุตของตัวก่อนหน้านี้

(ขาที่ 12,13) Ground Input (V_{SSA},V_{SSD})

โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD2590 จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาลอกกับกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและบรรจุอยู่ในไอซีแล้ว การใช้งานของกราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

(ขาที่ 14,15) Speaker Output (Sp+,Sp-)

เป็นขาเอาท์พุตที่ต่อออกลำโพง ISD2590 นี้จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งประกอบอยู่ในไอซีเรียบร้อยแล้ว โดยมีความสามารถในการขับกำลังงานออกลำโพงได้ 50 มิลลิวัตต์ที่โหลดอิมพีแดนซ์ 16 โอห์ม ขาเอาท์พุตทั้งสองนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาดเมื่อมีการต่อคาสเคดกันหลาย ตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันหลายตัวที่เอาท์พุต

(ขาที่ 16,28) Voltage Input (V_{CCA},V_{CCD})

เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกจากกันระหว่างขารับแรงดันของอนาลอกและขารับแรงดันของดิจิตอล ซึ่งประกอบอยู่ภายในไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการไฟเลี้ยง +5 โวลท์ และต้องเป็นไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขาที่ 17) Microphone Input (Mic)

จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งสัญญาณผ่านเข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรปรีแอมป์ให้มีอัตราการขยายอยู่ในช่วง –15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ซึ่งค่าความจุของตัวคัปปลิ้งจะถูกกำหนดค่าโดยคำนึงถึงค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซี เพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำได้เหมาะสม

(ขาที่ 18) Micro Reference Input (MIC REF)

จะต่อขา 18 นี้เข้ากับกราวด์อนาลอกโดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตที่ขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

(ขาที่ 19) Automatic Gain Control Input (AGC)

เป็นขาอินพุตที่ควบคุมการปรับอัตราการขยายของปรีแอมป์ของไดนามิกไมโครโฟน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกเกิดความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ที่ขา AGC นี้จะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่ โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์ม และจะต่อร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกตัวหนึ่งแล้วผ่านลงกราวด์อนาลอก ค่าที่เหมาะสมจะกำหนดไว้ที่ค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด

(ขาที่ 20) Analog Input (ANA IN)

จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุเพื่อทำการคัปปลิ้งสัญญาณที่เข้ามาทางขา 20 นี้ เพื่อผ่านเข้าไปทำการบันทึกและค่าตัวเก็บประจุจะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายใน 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัตออฟ

(ขาที่ 21) Analog Output (ANA OUT)

เป็นขาเอาท์พุตของวงจรปรีแอมป์ที่ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับการควบคุมอัตราการขยายจากวงจร AGC

(ขาที่ 22) Overflow Output (OVF)

สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกมาทางขานี้ เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในไอซีได้อ่านออกไปหมดแล้ว และจะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์จากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE จนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซตและเริ่มรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของไอซี(ISD2590) เมื่อถูกต่อคาสเคดกันหลายตัวได้

(ขาที่ 23) Chip Enable Input (CE)

จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงระหว่างการบันทึกและการเล่นกลับที่ขาอินพุต และขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ที่ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขาที่ 24) Power Down Input (PD)

ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ ที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น "1" ซึ่งจะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานให้อยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น "0" จะหมายถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ขา PD ปกติจะอยู่ในสภาวะเป็น "0" ขณะนั้นก็จะถูกรีเซตและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่

(ขาที่ 25) End Of Message/RUN output (EOM)

เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัวไอซีที่จะถูกใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา EOM นี้จะให้เอาท์พุตออกมาเป็น "0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

(ขาที่ 26) External Clock Input (XCLK)

เป็นขาที่รับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติมีการระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาของการสุ่มสัญญาณได้ถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือค่าแรงดันที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

(ขาที่ 27) Playback/Record Input (P/R)

เมื่อขาที่ควบคุมการเล่นหรือการบันทึกได้รับพัลส์ "1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าได้รับพัลส์ "0" จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของ CE จะเป็นแลตช์อินพุตที่ขา P/R

เมื่อการทำงานทุกอย่างเชื่อมโยงกันอยู่แค่ไอซีเพียงตัวเดียว มีการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกน้อยมาก จึงเป็นการง่ายที่จะนำไอซีนี้ไปประยุกต์การใช้งาน

2.5.4 โหมดการทำงานของ ISD2590

ISD2590 ได้รับการออกแบบให้ภายในบรรจุโหมดการทำงานไว้หลายๆ โหมดเพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ โดย ISD2590 จะใช้ขาแอดเดรสแทนโหมดการทำงาน โดยมีบิตที่สำคัญที่สุด(MSBs) คือส่วนแอดเดรสที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิต และส่วนที่ไม่ใช้จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิต เพราะฉะนั้นโหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD2590 จะไม่สอดคล้องกัน และไม่สามารถที่จะใช้งานพร้อมกันได้ สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 อย่างด้วยกันอย่างแรกคือการเริ่มต้นการทำงานจะต้องเริ่มที่แอดเดรส 0 ซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD2590 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรสอื่นๆ ได้ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวชี้แอดเดรสจะถูกรีเซตไปที่ 0 เสมอ เมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกไปเป็นการเล่นกลับและจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก(ยกเว้นโหมด 6 : M6) อย่างที่สองคือ โหมดการทำงานเมื่อ CE เป็น "low" และ MSBs ทั้งสองเป็น "high" โหมดการทำงานนี้จะยังคงทำงานอยู่จนกว่าสัญญาณต่อไปจะเป็นของแอดเดรสปัจจุบัน

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็น Hardware ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้ ซึ่งโหมดที่นิยมใช้งานกันคือ

M6 (Push-Buttom Mode)

ชุดอุปกรณ์ ISD2590 ถูกบรรจุด้วยโหมดการทำงานแบบ Push - Buttom Mode ซึ่งเป็นพื้นฐานให้ถูกประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต้นทุนต่ำ โดยออกแบบมาเพื่อลดอุปกรณ์ภายนอกและวงจรให้น้อยลงเป็นการลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาของระบบให้น้อยลง เพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมดการทำงานโดยมีบิตที่สำคัญที่สุด 2 บิต คือ ขา 9 และขา 10 จะต้องเป็น "high" และขา 7(M6) ต้องเป็น "high" อุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดนี้กำลังงานจะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ละครั้งหรือดอนบันทึกภายหลัง CE เป็น "high"

เมื่อโหมดการทำงานนี้ถูกประยุกต์ใช้งาน ขาต่างๆ บนอุปกรณ์นี้จะมีหน้าที่ดังตาราง

ตารางที่ 2.7 แสดงการทำงานในโหมด Push-Buttom

	หน้าที่การทำงานในโหมด Push – Buttom
ขา 23 (CE)	เริ่มต้นและหยุดการทำงาน : Push –Buttom (Activated low)
ขา 24 (PD)	รีเซต : Push –Buttom (Activated high)
ขา 25 (EOM)	Active-High run indicator

ขา 23 (CE) : Start/Stop

ในโหมดการทำงานแบบ Push-Button Mode ขา CE จะทำงานที่พัลส์เป็น "low" ซึ่งจะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการบันทึกตามระดับลอจิกที่ขา P/R พัลส์ต่อมาบนขา CE จะทำให้อุปกรณ์หยุดการทำงานและจะไม่รีเซตและพัลส์ต่อมาจะทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไป

ขา 24 (PD) : Stop/Reset

ในโหมดการทำงานแบบ Push-Button Mode ขา CE จะทำงานที่พัลส์เป็น "high" ในขณะที่ทำการเล่นกลับ

ขา 25 (EOM) : Run

ในโหมดนี้ EOM จะเป็น "high" เมื่อมีการบันทึกหรือเล่นกลับอยู่ขณะนั้น

การบันทึกในโหมด Push-Buttom

1. ขา PD ควรจะเป็น "low"
2. ทำขา P/R ให้กำหนดเป็น "low"
3. ขา CE เป็น "low" เมื่อเริ่มการบันทึก และ EOM จะเป็น "high" เพื่อแสดงการทำงาน
4. ขา CE เป็น "low" อีกครั้งเมื่อหยุดการบันทึก และ EOM จะกลับไปเป็น "low"

(ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่ถูกรีเซตและจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อเป็นตัวชี้จุดสิ้นสุดของข้อความ)

5. ขา CE เป็น "low" อีกครั้งเพื่อเริ่มการบันทึกที่แอดเดรสต่อไปและ EOM จะกลับเป็น "high" อีกครั้ง

การเล่นกลับในโหมด Push-Buttom

1. ขา PD ควรจะเป็น "low"
2. ทำขา P/R ให้กำหนดเป็น "high"
3. ขา CE เป็น "low" เมื่อเริ่มการเล่นกลับ และ EOM จะเป็น "high" เพื่อแสดงการทำงาน
4. ขา CE เป็น "low" อีกครั้งเมื่อหยุดการเล่นกลับ และ EOM จะกลับไปเป็น "low"

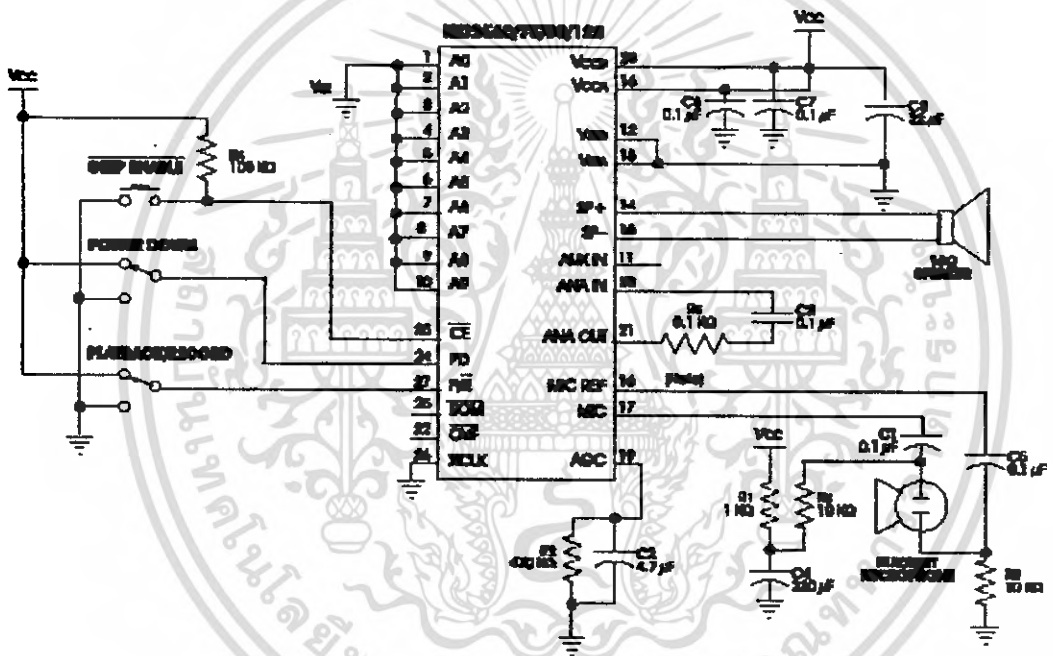
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขา CE เป็น "low" อีกครั้งเพื่อเริ่มการเล่นกลับต่อไป

6. การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PD จะเป็น "high" หรือเกิดการ Overflow ขึ้น (หมายเหตุ : ถ้าเกิดการ Overflow ขา CE จะเป็น "low" เพื่อทำการรีเซตตัวชี้แอดเดรสและเริ่มการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้น)

2.5.5 การประยุกต์ใช้งาน ISD2590

การประยุกต์ใช้งาน ISD2590 นี้ง่ายมาก ดังการทำงานของแต่ละขาที่ได้อธิบายมาแล้ว ดังรูปที่ 2.29 จะสังเกตเห็นว่าวงจรมีความเรียบง่ายและอุปกรณ์ต่อร่วมน้อย นับตั้งแต่ลำโพงที่ต่อโดยตรงกับไอซีเลย และไมโครโฟนถ้าหากใช้เป็นแบบไดนามิกก็สามารถต่อเข้ากับไอซีได้โดยตรง แต่ถ้าหากเป็นแบบคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการไบแอสค่าแรงดันให้กับไมโครโฟนอย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.29 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ ISD2590

2.6 ออปโต้คัปเปลอร์ (Opto Coupler)

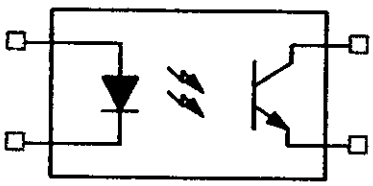
ออปโต้คัปเปลอร์เป็นอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง โดยใช้แรงดันไฟต่ำทางอินพุตไปควบคุมแรงดันไฟสูงทางเอาท์พุต ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานและการนำไปใช้งานดังนี้

2.6.1 โครงสร้างพื้นฐานของออปโต้คัปเปลอร์

โครงสร้างของออปโต้คัปเปลอร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนส่งแสง และส่วนรับแสง โดยทั่วไปส่วนส่งแสงจะใช้ LED อินฟาเรด แต่ส่วนรับแสงจะมีหลายแบบแตกต่างกันไปแล้วแต่ลักษณะการนำไปใช้งานอันได้แก่ โฟโต้ไดโอด สำหรับใช้งานกำลังไฟฟ้าต่ำและทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ความเร็วต่ำ โฟโต้-ทรานซิสเตอร์สำหรับใช้งานกำลังไฟฟ้าปานกลางและทำงานเป็นสวิตช์ความเร็วสูง แบบนี้จะเป็นที่นิยมใช้

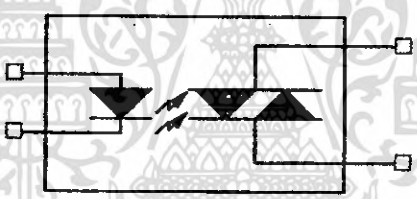
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุด โฟโต้คาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์สำหรับงานกำลังไฟฟ้าสูง(แรงดันต่ำ กระแสสูง) และงานไฟฟ้าสลับกำลังสูง ซึ่งมีสัญลักษณ์ของออปโต้คัปเปลอร์แบบต่างๆ แสดงให้ดูดังรูปที่ 2.30



(ก) ออปโต้คัปเปลอร์แบบใช้เอาท์พุตเป็นทรานซิสเตอร์

(ข) ออปโต้คัปเปลอร์แบบใช้เอาท์พุตเป็นดาลิงตันทรานซิสเตอร์



(ค) ออปโต้คัปเปลอร์แบบใช้เอาท์พุตเป็นไดแอก

รูปที่ 2.30 แสดงสัญลักษณ์ของออปโต้คัปเปลอร์แบบต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันที่อุปกรณ์ด้านเอาท์พุต

จะเห็นว่าระหว่างส่วนส่งแสงหรืออินพุตกับส่วนรับแสงหรือเอาท์พุตนั้น จะถูกแยกกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง ตรงนี้เองจึงทำให้สามารถต่อแรงดันไฟสูงทางเอาท์พุตได้โดยไม่ต้องต่อกราวด์ของไฟสูงเข้ากับไฟต่ำ อันจะก่อให้เกิดปัญหาของการรบกวนกันผ่านทางกราวด์ การแยกกัน(Isolated) จะมีพารามิเตอร์อยู่ 3 ตัว ที่ต้องให้ความสนใจคือ

1. ความต้านทาน (Isolated resistance) จะมีค่าตั้งแต่ 1×10^{11} โอห์มหรือมากกว่า 100×10^{9} โอห์ม

2. ความจุฉนวน (Isolation capacitance) จะมีค่าระหว่าง 1-3 pF ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารที่นำมาทำเป็นฉนวนแยกส่วนต่างๆ ในออปโต้คัปเปลอร์

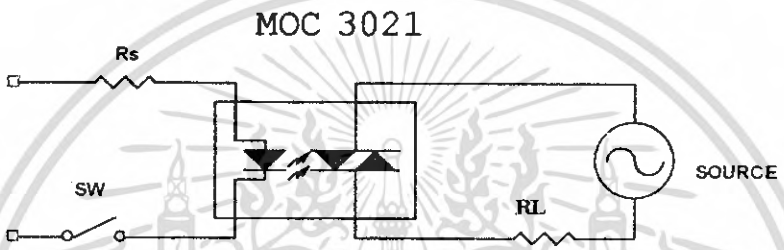
3. ความสามารถในการรักษาภาพฉนวนของสารไดอิเล็กตริก (Dielectric breakdown ability)หมายถึงความสามารถในการทนแรงดันตกคร่อมระหว่างส่วนอินพุตและเอาท์พุต ปกติมีค่าตั้งแต่ 500 โวลท์ ขึ้นไป โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 1,000 โวลท์ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะใช้งานและลักษณะของรูปสัญญาณที่ใช้งานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

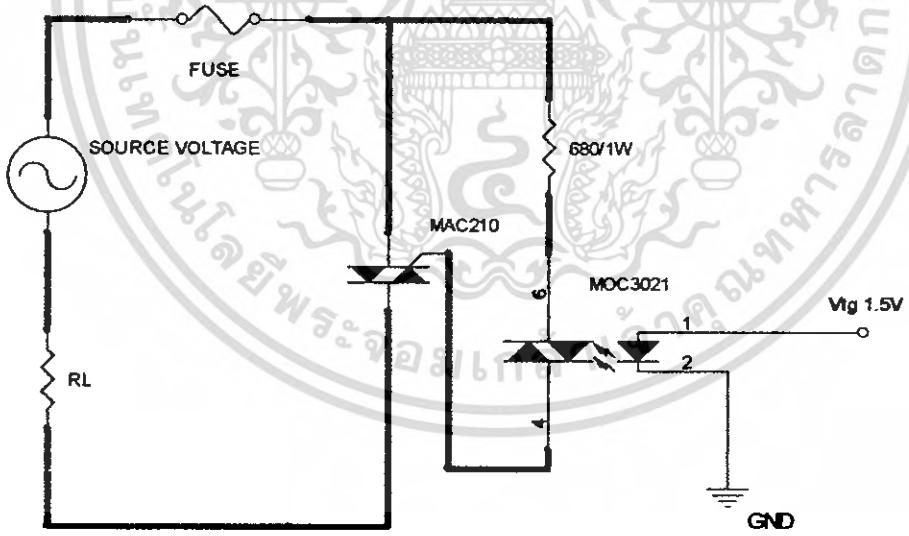
หากเกิดกระแสไฟฟ้ากระชากค่าสูงเข้ามาในตัวออปโต้คัปเปลอร์อาจทำให้เกิดการรั่วหรือลัดวงจรระหว่างส่วนอินพุตและเอาท์พุตได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ออปโต้คัปเปลอร์ที่มีค่าการทนแรงดันได้สูงๆ จะดีที่สุด

2.6.2 ไดแอกคัปเปลอร์

อันที่จริงคือ ออปโต้คัปเปลอร์แบบเอาท์พุตเป็นโฟโต้ไดแอก(Photo diac)หรือเรียกว่า ตัวขับไตร-แอกหรือไดแอกคัปเปลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.31 เป็นวงจรพื้นฐานของออปโต้คัปเปลอร์ โดย LED อินฟาเรดในตัวออปโต้คัปเปลอร์จะทำงานที่แรงดัน 1.5 โวลท์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ และมีอัตราทนกระแสสูงสุด 50 มิลลิแอมป์ ดังเช่นกระแสที่เหมาะสมสำหรับ LED อินฟาเรดคือ 15 มิลลิแอมป์ จึงควรเลือกและกำหนดค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแสให้ LED อินฟาเรดภายในตัวออปโต้คัปเปลอร์ให้เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นขณะใช้งาน



รูปที่ 2.31 แสดงวงจรพื้นฐานของการนำไดแอกคัปเปลอร์ไปใช้งาน



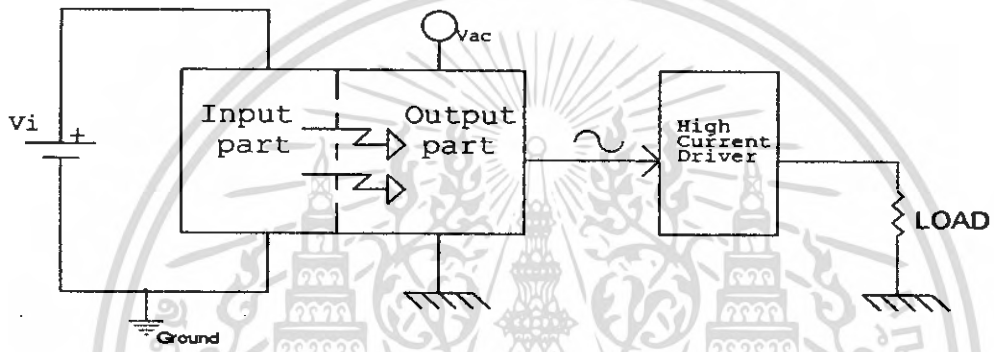
รูปที่ 2.32 แสดงการใช้งานไตรแอกร่วมกับไดแอกคัปเปลอร์

เอาท์พุตของออปโต้คัปเปลอร์ชนิดนี้ต้องนำไปขับไตรแอก ในรูปที่ 2.32 แสดงวงจรพื้นฐานของการนำออปโต้คัปเปลอร์แบบโฟโต้ไดแอกนี้ไปใช้งานขับไตรแอกเพื่อควบคุมโหลดแบบตัวต้านทานหรือรีซิสตีฟ-โหลด(Resistive load) แต่ถ้าในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์จำพวกตัวเหนี่ยวนำจะต้องมีวงจรสนับเบอร์ (Snubber) เพื่อแก้ไขเรื่องของมุมเฟสของสัญญาณไฟสลับดังแสดงในรูปที่ 3.6

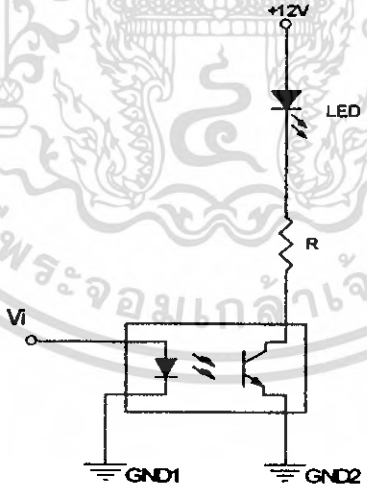
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 วงจรควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์

จากรูปที่ 2.33 จะเห็นได้ว่ากราวด์ของภาคอินพุตและเอาท์พุตจะไม่ต่อถึงกัน และแรงดันที่ใช้เลี้ยงในภาคอินพุตและเอาท์พุตก็มีค่าต่างกัน การทำงานจะเริ่มจากเมื่อจ่ายไฟเข้าที่อินพุต ไดโอดอินฟาเรดภายในออปโต้คัปเปลอร์จะเริ่มทำงานโดยส่งแสงไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสส่งผลให้เกิดแรงดันไปกระตุ้นให้ส่วนขับโหลดทำงาน ถ้าหากโหลดต้องการกระแสไฟฟ้าไม่สูงมากนักก็สามารถที่จะใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในออปโต้คัปเปลอร์ขับได้โดยตรง ดังในรูปที่ 2.34 แต่ถ้าหากโหลดต้องการแรงดันกระแสสูง จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทนกำลังสูงๆ มาขับอีกทอดหนึ่ง ดังในรูปที่ 2.35

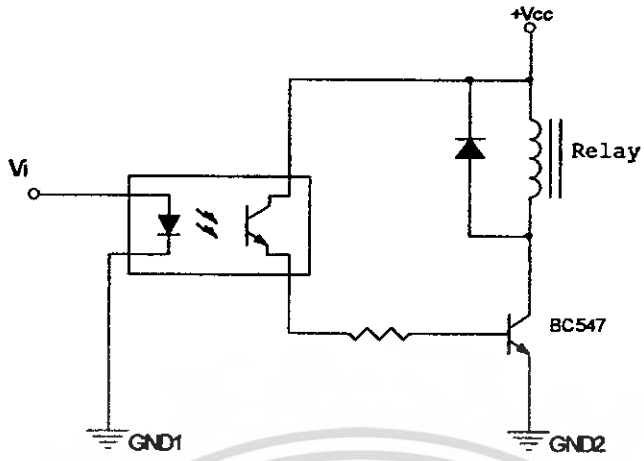


รูปที่ 2.33 แสดงบล็อกไดอะแกรมการควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์ของออปโต้คัปเปลอร์



รูปที่ 2.34 แสดงการใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ในออปโต้คัปเปลอร์ขับโดยตรง ในกรณีที่โหลดต้องการกระแสไฟฟ้าไม่สูงมากนัก

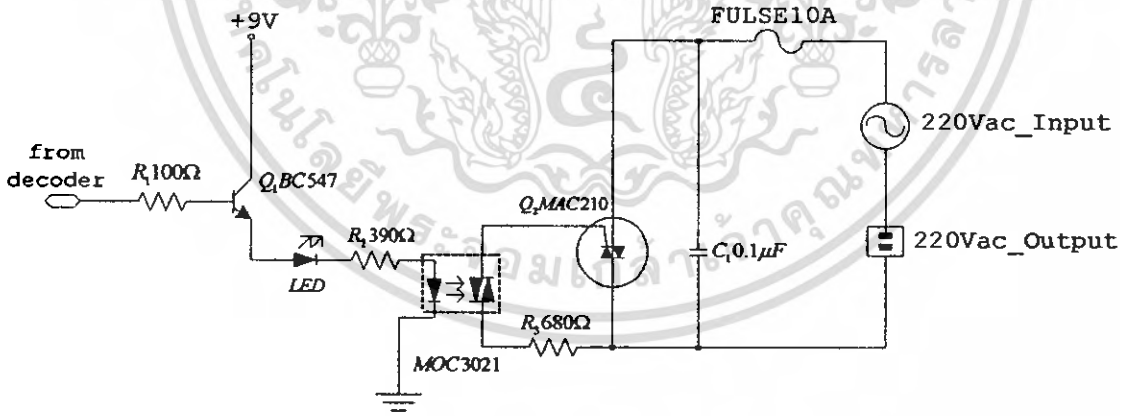
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 แสดงการต่อทรานซิสเตอร์เข้าที่เอาท์พุตของออปโต้คัปเปลอร์
เพื่อขับโหลดที่ต้องการกระแสสูง

2.6.4 วงจรควบคุมโหลดไฟสลับโดยใช้ ไตรแอกคัปเปลอร์

จากวงจรควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์ก่อให้เกิดแนวความคิดที่ว่า ถ้าหากเปลี่ยนแรงดันที่จ่ายทางภาคเอาท์พุตเป็นไฟสลับก็น่าที่จะควบคุมโหลดที่เป็นไฟสลับได้ เพียงแต่ต้องเลือกอุปกรณ์ที่จะมาขับโหลดให้เหมาะสมและอุปกรณ์ไทริสเตอร์จึงเป็นทางเลือกที่นิยมใช้



รูปที่ 2.36 แสดงวงจรควบคุมโหลดไฟสลับที่ใช้ไดแอกคัปเปลอร์

อุปกรณ์ไทริสเตอร์ที่นิยมนำมาใช้ขับโหลดไฟสลับคือ ไตรแอก เนื่องจากคุณสมบัติของตัวไตรแอกเองที่สามารถทำงานได้ไม่ว่าแรงดันตกคร่อมตัวมันจะเป็นบวกหรือลบ เมื่อใช้ไตรแอกเป็นอุปกรณ์ในการขับโหลดแล้วออปโต้คัปเปลอร์ที่จะนำมาใช้ควบคุมจึงต้องเป็นชนิดที่เอาท์พุตเป็นไฟโต้ไดแอก ดังนั้นออปโต้คัปเปลอร์ที่เลือกใช้ก็คือ ไตรแอกคัปเปลอร์ (Triac coupler) มีวงจรพื้นฐานดังรูปที่ 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay)

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรโดยใช้สัญญาณไฟฟ้าควบคุม โครงสร้างของรีเลย์ประกอบด้วยขดลวดควบคุม (Control coil) และหน้าสัมผัส (Contact) ซึ่งมีด้วยกัน 2 ลักษณะคือหน้าสัมผัสปกติเปิดวงจร (Normally Open : NO) และหน้าสัมผัสปกติปิดวงจร(Normally Close : NC) รีเลย์จะทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดควบคุมซึ่งทำให้เกิดแรงแม่เหล็กขึ้น หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะเกิดการดีดตัวจากหน้าสัมผัสด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากเสียงที่ตัวรีเลย์

รีเลย์มีให้เลือกใช้งานตั้งแต่กระแสและแรงดันต่ำๆ ไปจนถึงกระแสและแรงดันสูง มีหน้าสัมผัสเดี่ยว-คู่ และสี่หน้าสัมผัส ในกรณีของรีเลย์ขนาดเล็กเมื่อนำไปใช้งานในทางกลที่ดึงกระแสไม่มากจะไม่ค่อยมีปัญหามากนัก แต่ถ้าหากเป็นรีเลย์ขนาดใหญ่แล้วการตัดต่อของหน้าสัมผัสอาจจะเกิดการอาร์คขึ้น และถ้าใช้งานไปนานๆ หน้าสัมผัสของมันจะเกิดสกปรก อันนำมาซึ่งการเกิดประกายไฟ และสัญญาณรบกวนความถี่สูง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายขณะใช้งานได้หากไม่มีการป้องกันที่ดีพอ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีความพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวเมื่อเทคโนโลยีของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้รับการพัฒนาขึ้น ทำให้เกิดอุปกรณ์ที่เรียกว่าโซลิดสเตตรีเลย์หรืออาจเรียกว่ารีเลย์สารกึ่งตัวนำก็ได้

โซลิดสเตตรีเลย์ คือรีเลย์ที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ นั่นหมายความว่าจะไม่มีขดลวดควบคุม ไม่มีหน้าสัมผัสโลหะที่เคลื่อนไหวด้วยแรงแม่เหล็กอีกต่อไป ไม่มีทางที่จะเกิดประกายไฟขณะใช้งานที่แรงดันและกระแสสูงๆ ทั้งยังมีขนาดเล็กลงมาก การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าก็ต่ำกว่าใช้รีเลย์

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ถูกนำมาสร้างเป็นโซลิดสเตตรีเลย์ ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ใช้สำหรับงานที่ต้องการกระแสและแรงดันไม่สูงมากนัก อุปกรณ์ไทริสเตอร์จำพวก เอสซีอาร์ (SCR) และไตรแอก (Triac) ใช้สำหรับงานที่ต้องการกำลังงานสูงๆ โดยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเหล่านี้ จะเข้ามาทำหน้าที่แทนหน้าสัมผัสของรีเลย์ โดยต่อร่วมกับวงจรทริกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่แทนขดลวดควบคุมในรีเลย์ธรรมดา นั่นคือเมื่อวงจรทริกเกอร์ทำงาน มันจะส่งสัญญาณมากระตุ้นทรานซิสเตอร์หรือไทริสเตอร์ทำงานยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันไปยังโหลดได้

ข้อดีอีกประการหนึ่งของโซลิดสเตตรีเลย์คือ สามารถที่จะกำหนดให้เริ่มทำงานได้เมื่อไฟสลับที่ต่ออยู่กับโหลดมีค่าเท่ากับศูนย์ ทำให้ไม่เกิดกระแสไฟฟ้ากระชากขึ้น อันเป็นหลักการในการพัฒนาโซลิดสเตตรีเลย์ขึ้นมาใช้งานแทนรีเลย์แบบเก่า

เมื่อสามารถพัฒนาโซลิดสเตตรีเลย์ได้แล้วก็ยังเกิดข้อจำกัดในการแยกกราวด์ของสัญญาณควบคุมทางอินพุตหรือวงจรทริกเกอร์นั่นเอง ซึ่งวงจรทางเอาท์พุตที่มีแรงดันสูงและสัญญาณรบกวนอาจจะมีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรอินพุต และวงจรอื่นที่อยู่ใกล้เคียง

เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ออปโต้อิเล็กทรอนิกส์จึงเข้ามามีบทบาทในการเชื่อมโยงสัญญาณควบคุมกับโหลดกำลังงานสูง โดยอาศัยคุณสมบัติด้านการเชื่อมโยงทางแสงทำให้สามารถแยกระบบกราวด์ของทั้งสองส่วนออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์ อุปกรณ์ออปโต้อิเล็กทรอนิกส์ที่จะนำมาใช้คือ อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงหรือออปโต้คัปเปลอร์ และเมื่อนำออปโต้คัปเปลอร์เข้าไปใช้งานวงจรโซลิดสเตตรีเลย์ จึงทำให้โซลิดสเตตรีเลย์นี้มีความสมบูรณ์แบบมากขึ้น จึงอาจเรียกโซลิดสเตตรีเลย์ที่ใช้ออปโต้คัปเปลอร์เป็นส่วนประกอบว่าออป-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โต้โซลิดสเตตรีเลย์ (Opto Solid State Relay) สามารถแสดงการเปรียบเทียบระหว่างรีเลย์, โซลิดสเตตรีเลย์และออปโต้โซลิดสเตตรีเลย์ ได้ดังตารางที่ 2.8

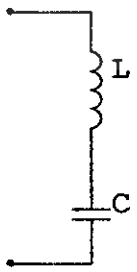
ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของรีเลย์, โซลิดสเตตรีเลย์และออปโต้โซลิดสเตตรีเลย์

คุณสมบัติ	รีเลย์	โซลิดสเตตรีเลย์	ออปโต้โซลิดสเตตรีเลย์
การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า	สูง	ต่ำ	ต่ำ
ขนาด (ที่แรงดันและกระแสสูง)	ปานกลาง	เล็ก	เล็ก
การแยกกราวด์ของระดับแรงดันสูงต่ำ	ไม่แยก	ไม่แยก	แยกอิสระ
ราคา (ที่แรงดันและกระแสต่ำ)	ถูก	ปานกลาง	ปานกลาง
ราคา (ที่แรงดันและกระแสสูง)	แพง	ปานกลาง	ปานกลาง
การเกิดสัญญาณรบกวนจากฮาร์โมนิก	มีน้อย	น้อย	น้อย
การควบคุมให้โหลดทำงานที่จุดแรงดันเท่ากับศูนย์	ไม่มี	มี	มี
การเกิดอาร์คขณะหน้าสัมผัสตัดต่อที่แรงดันและกระแสสูง	มี	ไม่มี	ไม่มี
ส่วนเคลื่อนไหวในขณะทำงาน	มี	ไม่มี	ไม่มี

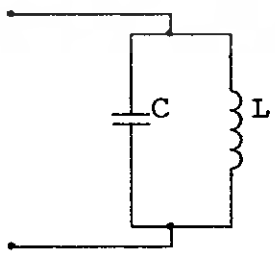
2.7 พื้นฐานวงจรเรโซแนนซ์ (Resonance)

วงจรเรโซแนนซ์ เป็นวงจรที่ต่อร่วมระหว่างตัวเก็บประจุ(C) กับขดลวดเหนี่ยวนำ(L) บางครั้งเราอาจจะเรียกชื่อวงจรเรโซแนนซ์ว่า วงจรจูน(Tune) หรือวงจรแทงค์(Tank) ก็ได้

วงจรเรโซแนนซ์ถูกนำมาใช้ในเครื่องรับและเครื่องส่งวิทยุทั่วๆ ไป ด้วยวัตถุประสงค์ให้วงจรเรโซแนนซ์เป็นตัวเลือกหรือกำหนดความถี่ให้เป็นตัวกำเนิดความถี่หรือให้เป็นทางผ่านของความถี่ซึ่งแล้วแต่การนำไปใช้งาน วงจรเรโซแนนซ์แบบใช้ขดลวดร่วมกับตัวเก็บประจุมีอยู่ 2 แบบ คือ วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม(Series resonance) และวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน(Parallel resonance) ดังแสดงดังรูปที่ 2.37



(ก) วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม



(ข) วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

รูปที่ 2.37 วงจรเรโซแนนซ์แบบใช้ LC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติของวงจรเรโซแนนซ์จะยอมให้ความถี่ค่าหนึ่งผ่านได้ดี เรียกว่าความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งเมื่อป้อนความถี่เรโซแนนซ์แบบอนุกรม กระแสจะผ่านได้มากที่สุด โดยมีแรงดันตกคร่อมวงจรต่ำที่สุดถ้าป้อนความถี่เรโซแนนซ์แก่วงจรเรโซแนนซ์แบบขนานกระแสจะผ่านได้น้อยที่สุด โดยมีแรงดันตกคร่อมวงจรสูงสุด โดยปกติวงจรเรโซแนนซ์จะต้องมีแบนด์วิดท์ที่ยอมให้ความถี่ข้างเคียงกับความถี่เรโซแนนซ์ทั้งด้านสูงและด้านต่ำผ่านไปได้ช่วงหนึ่ง ความถี่เรโซแนนซ์จึงหมายถึงความถี่ที่ผ่านวงจรตลอดแบนด์วิดท์ซึ่ง อาจจะกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวงจรเรโซแนนซ์นั้นๆ โดยมีสูตรคำนวณความถี่เพื่อหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดและค่าความจุของตัวเก็บประจุของวงจรเรโซแนนซ์ดังนี้

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

เมื่อ f_r = ความถี่เรโซแนนซ์มีหน่วยเป็นเฮิร์ต(Hz)

L = ค่าเหนี่ยวนำของขดลวด มีหน่วยเป็นเฮนรี่(H)

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุ มีหน่วยเป็นฟารัด(F)

π = 3.142885

ในสูตรการคำนวณความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งบางครั้งเมื่อทราบค่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการแล้ว แต่ยังต้องการทราบค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดหรือค่าความจุของตัวเก็บประจุเราสามารถที่จะย้ายข้างสมการหาค่าได้โดย

การหาค่าการเหนี่ยวนำของขดลวด

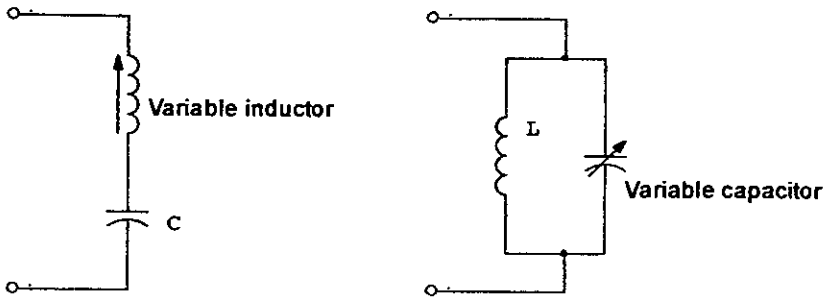
$$L = 1/(4\pi^2 f^2 c)$$
$$= 1/(39.478 f^2 c)$$
$$= 0.0253/(f^2 c) \quad H$$

การหาขนาดค่าความจุของตัวเก็บประจุ

$$C = 1/(4\pi^2 f^2 L)$$
$$= 1/(39.478 f^2 L)$$
$$= 0.02533/(f^2 L) \quad F$$

ค่าความถี่เรโซแนนซ์จะขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดและความจุของตัวเก็บประจุในวงจรเรโซแนนซ์ที่ทำงานกับค่าความถี่เดียวและใช้ความเหนี่ยวนำและความจุคงที่ แต่ถ้าต้องการให้วงจรเรโซแนนซ์กำเนิดความถี่ได้หลายความถี่จะต้องใช้ตัวเหนี่ยวนำหรือตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ เพื่อให้วงจรเปลี่ยนค่าความถี่เรโซแนนซ์ตามที่ปรับค่า ส่วนขอบเขตของความถี่เรโซแนนซ์นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของอุปกรณ์ที่ใช้ปรับค่า ตัวอย่างวงจรที่ปรับค่าความถี่เรโซแนนซ์ได้แสดงดังรูปที่ 2.38

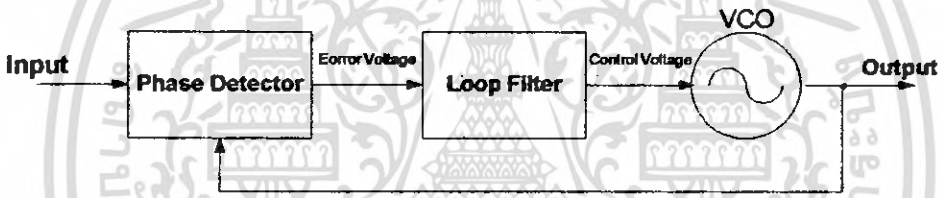
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 วงจรเรโซแนนซ์แบบปรับค่าได้

2.8 Phase Lock Loop (PLL)

เป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรออสซิเลเตอร์มีความถี่หรือเฟสเปลี่ยนไปตามความถี่หรือเฟสของสัญญาณอ้างอิงภายนอก เฟสล็อคลูปประกอบด้วยวงจรสำคัญ 3 วงจรคือ วงจรเทียบเฟสหรือเฟสดีเทคเตอร์(phase detector) , วงจรลูปฟิลเตอร์(loop filter) และวงจร VCO ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 Block Diagram ของ Phase Lock Loop (PLL)

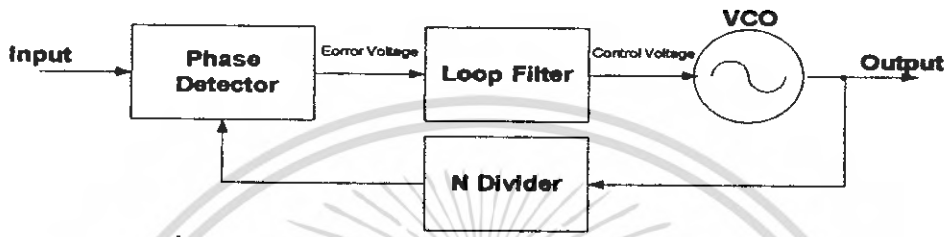
สมมติว่ามีสัญญาณความถี่อ้างอิงภายนอกเป็นสัญญาณรายคาบ (periodic) เข้ามาที่อินพุต วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบเฟสระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณ VCO เอาท์พุตที่ได้จากวงจรเฟสดีเทคเตอร์จะเป็นแรงดันที่มีแอมพลิจูดเป็นสัดส่วนกับผลต่างในเฟสของสัญญาณทั้งสองที่ทำการเปรียบเทียบ แรงดันผลต่างนี้ป้อนไปให้วงจรฟิลเตอร์ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ชนิดโลว์พาสกรองเอาแต่เฉพาะความถี่ต่างๆ ที่ต้องการเพื่อส่งไปควบคุมการออสซิเลตของ VCO ต่อไป เมื่อลูปอยู่ในสภาวะล็อค ความถี่ VCO จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุตพอดี อาจจะมีเฟสแตกต่างไปแต่ค่าเฟสที่ต่างกันนั้นจะคงที่ (constant phase difference)ในกรณีที่มีเฟสไม่ตรงกัน วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะจ่ายแรงดันคลาดเคลื่อน(error voltage) ไปควบคุมการทำงานของ VCO เพื่อมิให้เฟสคลาดเคลื่อนจนกว่าจะเข้าสู่สภาวะล็อค เอาท์พุตของ VCO จึงมีแอมพลิจูดที่คงที่เสมอ แต่ความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณอินพุต

เราสามารถนำเฟสล็อคลูปไปใช้งานได้หลายอย่างด้วยกัน เช่น ในการดีมอดูเลตสัญญาณ FM หรือการสังเคราะห์(ผลิต) ความถี่ที่มีความเที่ยงตรงเทียบเท่าสัญญาณอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำ PLL ไปใช้ในการสังเคราะห์ความถี่

ความหมายของการสังเคราะห์ความถี่คือ วงจรที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณความถี่ให้มีค่าความถี่ตามที่เรากำหนด คือสั่งหรือโปรแกรมได้ โดยหลักการทำงานเหมือนกับ PLL เพียงแต่เพิ่มวงจร N Divider หรือหาร N เข้าไปซึ่งวงจรนี้ทำหน้าที่หารความถี่แบบตั้งโปรแกรมให้หารด้วยค่าตัวเลขตามต้องการได้(Programmable Divider) สัญญาณอ้างอิงจะมาจากวงจรกำเนิดความถี่โดยใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์หรือเป็นสัญญาณอื่นๆ (Reference Generator)



รูปที่ 2.40 Block Diagram การทำงานของวงจรสังเคราะห์ความถี่

จากรูปที่ 2.40 สัญญาณอินพุตของวงจรเฟสดีเทคเตอร์จะมีด้วยกัน 2 สัญญาณ คือ สัญญาณจากวงจร VCO ที่มีความถี่เท่ากับ F_o / N และจากสัญญาณอ้างอิงกำหนดให้มีความถี่เท่ากับ F_R เอาท์พุตจากวงจรดีเทคเตอร์ก็คือผลต่างระหว่างสัญญาณของ F_o / N กับ F_R ซึ่งจะกรองเฉพาะความถี่ต่ำเท่านั้นเพื่อบังคับการออสซิลเลทของวงจร VCO ให้ทำการปรับแก้ความถี่(เฟส) ให้ตรงจนกว่าความถี่ของสัญญาณทั้งสองจะเท่ากัน

ในสภาวะล็อคความถี่ของวงจร VCO เมื่อผ่านวงจรหาร N จะมีค่าเท่ากับ $F_o = NF_R$ หรือเอาท์พุตจะมีความถี่เป็น N เท่าของความถี่อ้างอิง วงจรสังเคราะห์ความถี่จะสามารถผลิตความถี่ได้แต่เฉพาะในช่วงความถี่ที่วงจร VCO และวงจรหาร N ทำงานได้เท่านั้น

2.9 การมอดูเลตสัญญาณแบบดิจิตอล

การมอดูเลตข้อมูลที่เป็นดิจิตอลมีหลักการพื้นฐานอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ

1. การมอดูเลตทางขนาด(Amplitude Shift Keying : ASK)
2. การมอดูเลตทางเฟส(Phase Shift Keying : PSK)
3. การมอดูเลตทางความถี่(Frequency Shift Keying : FSK)

จากสมการทางคณิตศาสตร์ของคลื่นซายน์ ที่เราใช้เป็นพาหะ

$$e = A\sin(\omega t + \phi) \qquad (2.9A)$$

จะเห็นว่าเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดูเลตได้ด้วยแอมพลิจูด, ความถี่เชิงมุมและเฟสของสัญญาณ สัญญาณดิจิตอลเบสแบนด์เป็นรูปสี่เหลี่ยมมีขนาดแปรตามค่าลอจิก “high” หรือ “low” ซึ่งสัญญาณที่เรานำมามอดูเลตจะเปลี่ยนค่าแอมปลิจูด, ความถี่เชิงมุมหรือเฟสตามลอจิกเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

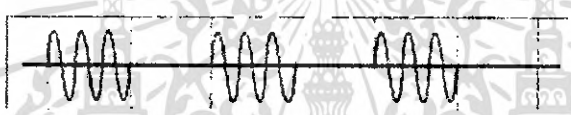
2.9.1 แอมปลิจูดชิฟคีอิงค์ (ASK)

ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลทางขนาดบางครั้งเราอาจเรียกว่า OOK(On-Off Keying) เพราะว่าคลื่นพาหะถูก ON/OFF ตามสัญญาณที่เป็น "high" หรือ "low" ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดยสมการที่ (2.9A) ดังนั้นสัญญาณ ASK จะกำหนดได้เป็น

$$e = A\sin 2\pi f_1 t \qquad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "high"}$$
$$= 0 \qquad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "low"}$$

ลักษณะของสัญญาณ ASK แสดงดังรูปที่ 2.41

Unipolar Binary Baseband Signal



Resulting OOK Modulated Signal

รูปที่ 2.41 แสดงการมอดูเลตแบบ ASK หรือ OOK

การ Modulate แบบ ASK นี้เป็นแบบมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด มีความผิดพลาดในการส่งข้อมูลสูง และใช้งานได้ในงานที่ต้องการความเร็วของข้อมูลต่ำ(น้อยกว่า 100 บิต/วินาที) แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานง่าย เพราะการมอดูเลตแบบ On-Off Keying นี้สัญญาณจะไม่ถูกส่งตลอดเวลามันจะทำการส่งก็ต่อเมื่อมีสัญญาณพัลส์เข้ามา ซึ่งสามารถช่วยลดการแทรกสอดทางความถี่ในกรณีที่ใช้เครื่องส่งหลายตัวได้ ข้อดีนี้เองที่ทำให้โครงงานนี้ต้องเลือกการมอดูเลตแบบ ASK หรือ OOK มาใช้งาน

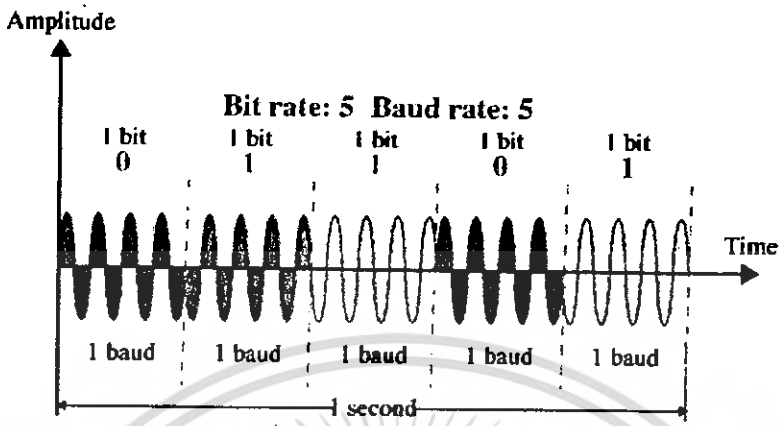
2.9.2 เฟสชิฟคีอิงค์ (PSK)

การมอดูเลตดิจิตอลทางเฟสจะใช้เฟสของสัญญาณอนาลอกแทนสัญญาณดิจิตอล โดยสัญญาณลอจิก "high" จะให้เฟสของสัญญาณอนาลอกเฟสหนึ่ง และลอจิก "low" ก็จะใช้เฟสของสัญญาณอนาลอกอีกเฟสหนึ่ง ถ้าสัญญาณพาหะเป็นไปตามสมการ(2.9A) ดังนั้นสัญญาณ PSK จะกำหนดได้เป็น (ในกรณีที่ส่งครั้งละ 1 บิต)

$$e = A\sin 2\pi f_1 t \qquad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "high"}$$
$$= A\sin(2\pi f_1 t + \pi) \qquad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "low"}$$

แสดงได้ดังรูปที่ 2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงการมอดูเลตแบบ PSK

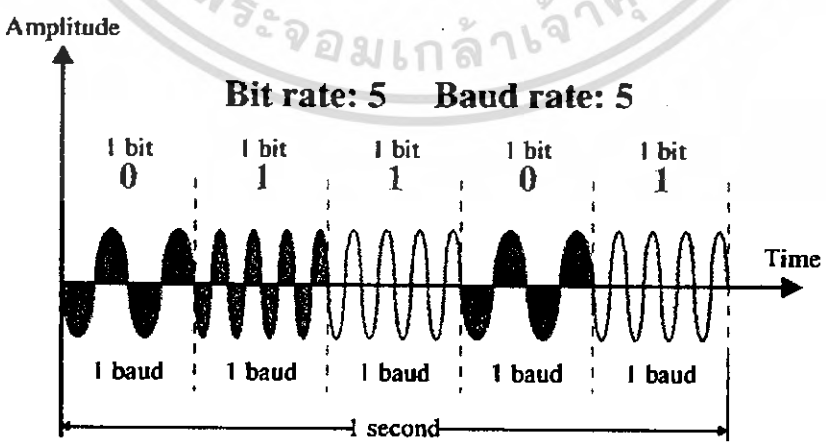
2.9.3 ฟรีเควนซี่ชิฟคีอิงค์ (FSK)

การมอดูเลตดิจิตอลทางความถี่เมื่อข้อมูลเป็นลอจิก "high" จะได้ข้อมูลเป็นความถี่ค่าหนึ่ง และเมื่อเป็นลอจิก "low" ก็จะได้ข้อมูลออกเป็นอีกความถี่หนึ่ง ดังนั้นกรณีการมอดูเลตแบบ FSK ความถี่ของคลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่คือใช้เป็นค่า "high" กับ "low" ดังสมการต่อไปนี้

$$e = A\sin 2\pi f_1 t \quad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "high"}$$

$$= A\sin 2\pi f_2 t \quad \text{; เมื่อสถานะของบิตเป็น "low"}$$

แสดงดังรูปที่ 2.43

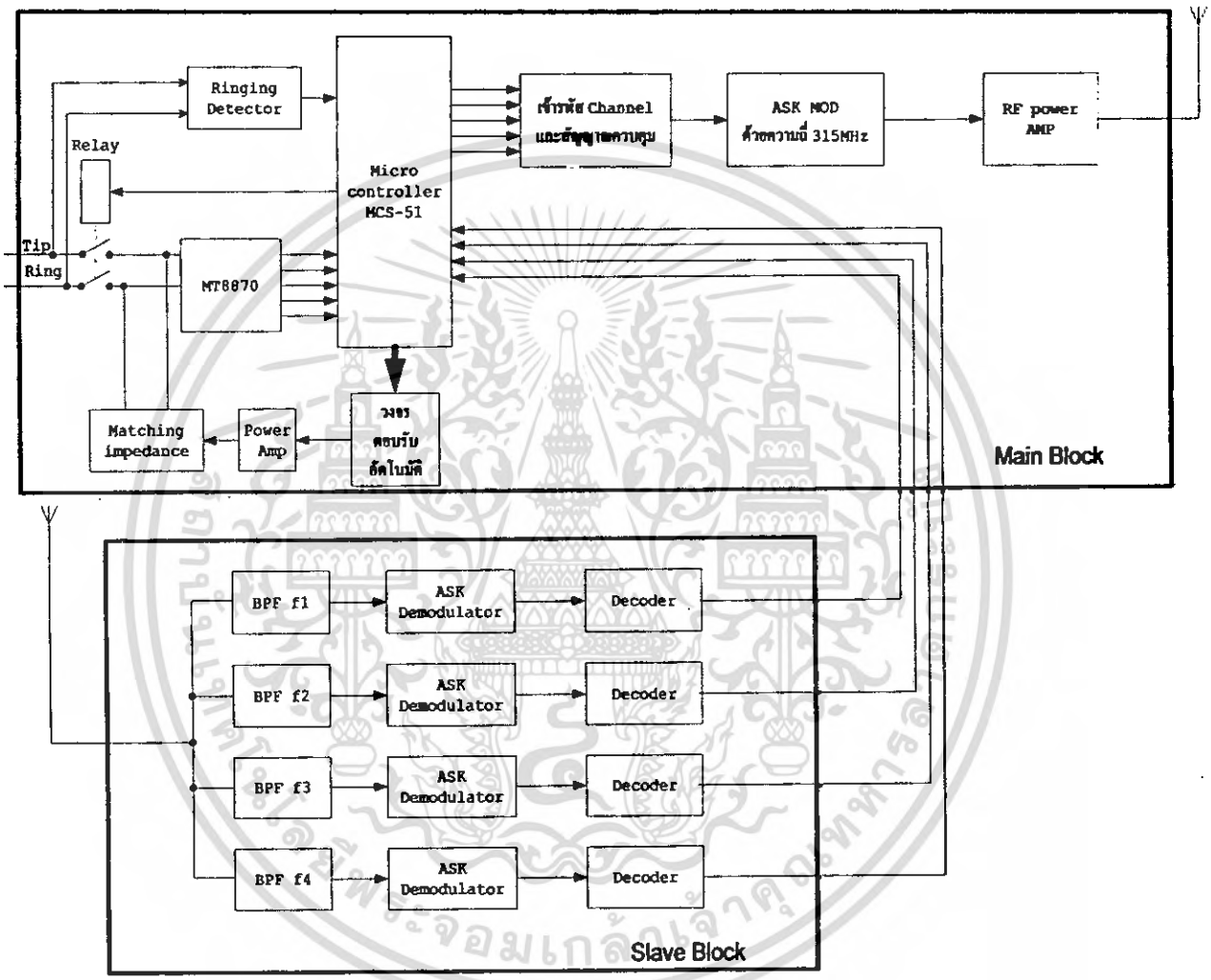


รูปที่ 2.43 แสดงการมอดูเลตแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

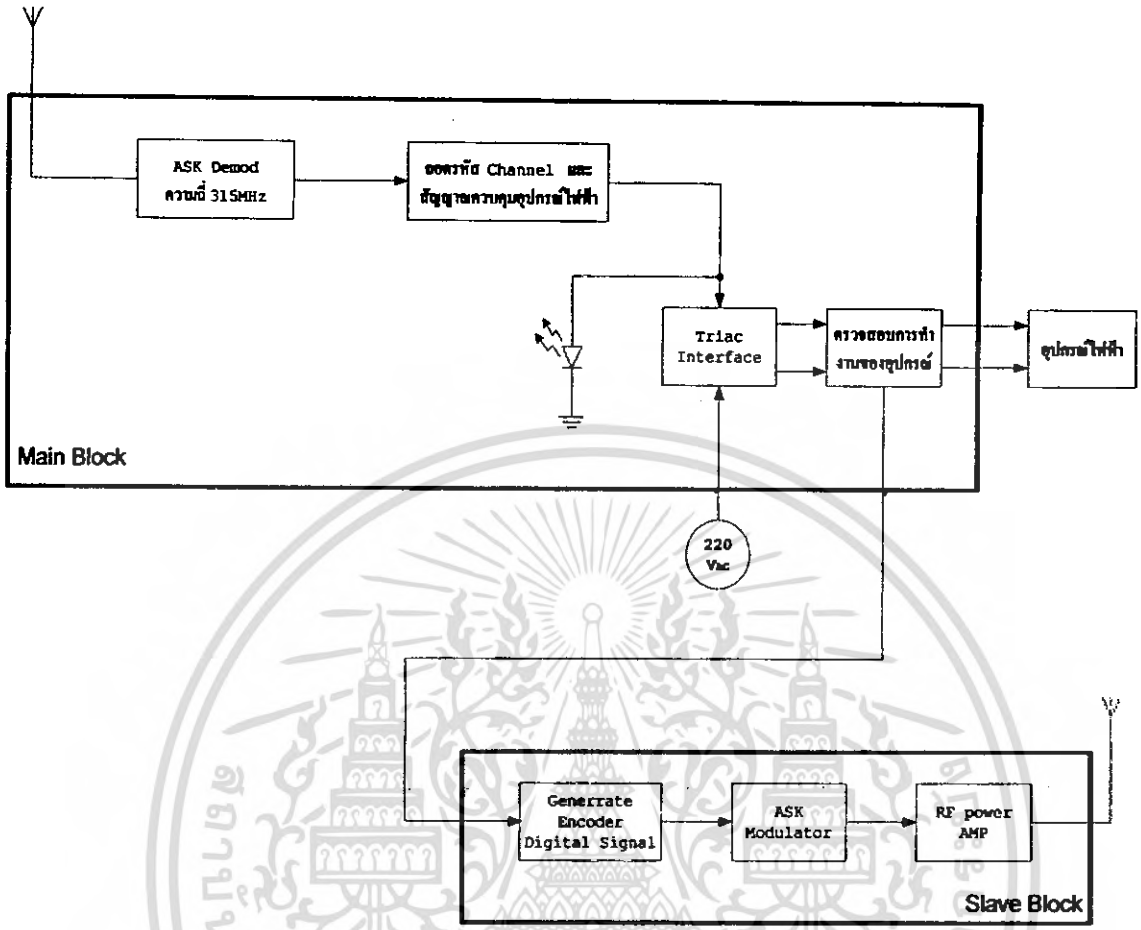
บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

ในโครงงานนี้เราสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานได้เป็น Block diagram ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานทางด้านรับ(ที่โหลด)

การทำงานของวงจรโดยรวมจะเริ่มจากเมื่อต้นทางโทรศัพท์เข้ามาจะมีสัญญาณกระดิ่งปรากฏขึ้นที่วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งทำให้วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งทำงานและส่งสัญญาณพัลส์ 1 ลูกไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณพัลส์ ก็จะเริ่มสั่งการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ โดยอันดับแรกจะสั่งให้วงจรตอบรับอัตโนมัติทำงานเพื่อให้ผู้ใช้งานด้านต้นทางตอบรับกลับมาโดยการกดปุ่มโทรศัพท์ตามคำแนะนำของวงจรตอบรับอัตโนมัติพร้อมทั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับคำสั่งมาประมวลผลด้วย โดยหน้าที่หลักของไมโครคอนโทรลเลอร์คือ

1. รอรับสัญญาณพัลส์ 1 ลูกจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งมาเป็นตัวเริ่มการทำงานของระบบ
2. ควบคุมวงจรตอบรับอัตโนมัติ
3. รับสัญญาณจาก MT8870 ซึ่งเป็นตัวแปลงสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD 4 บิต มาประมวลผลว่าสัญญาณนั้นต้องการให้ทำอะไรพร้อมทั้งจับเวลาสัญญาณการตอบกลับจากต้นทางด้วย เพราะหากเวลาผ่านไปนานแล้วแต่ไม่มีสัญญาณตอบกลับมาซึ่งอาจจะมาจากสายหลุดหรืออยู่ดีๆ โทรศัพท์ต้นทางก็เสียจะทำให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ครบลูปหรือหยุดชะงักลงกลางคันซึ่งทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานครั้งต่อไปได้ ซึ่งในกรณีนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องรีเซตการทำงานตัวเองและตัดคู่สายโทรศัพท์ออกจากระบบเพื่อไม่ให้มีผลกระทบกับวงจรอื่นๆ ที่กำลังทำงานอยู่และสามารถโทรเข้ามาใช้งานใหม่ในครั้งต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่งสัญญาณควบคุมไปให้วงจรเข้ารหัส

5. เช็คสัญญาณที่ส่งกลับมาจากอุปกรณ์ปลายทางว่าขณะนี้อุปกรณ์ปลายทางทำงานอยู่หรือไม่

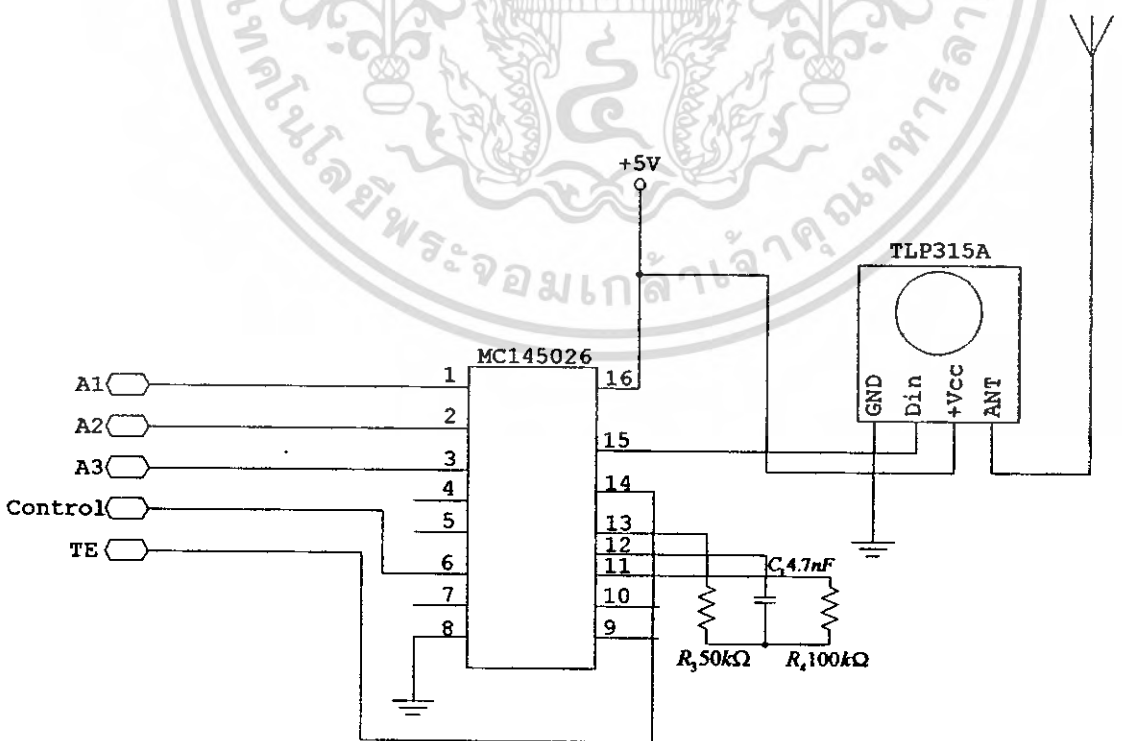
6. ควบคุมการตัด-ต่อระหว่างชุดควบคุมกับชุมสายโทรศัพท์

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณควบคุมออกมาซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบขนานแล้วจึงส่งไปให้วงจรเข้ารหัสเพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลแบบขนานให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรมก่อนที่จะนำไปมอดูเลตแบบ ASK เพื่อส่งรหัสข้อมูลผ่านตัวกลางอากาศไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางด้านรับต่อไป

ส่วนด้านรับจะทำงานตรงกันข้ามกับด้านส่ง คือรับสัญญาณเข้ามาแล้วทำการดีมอดูเลต ทำให้ได้สัญญาณควบคุมอนุกรมแบบดิจิตอลออกมา จากนั้นจึงส่งไปให้ภาคถอดรหัส Channel และสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานตามรหัสควบคุมที่ส่งมา โดยมีวงจรตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อส่งสถานะการทำงานย้อนกลับไปบอกให้ต้นทางรู้ว่าตอนนี้อุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังทำงานอยู่ในสถานะอะไร

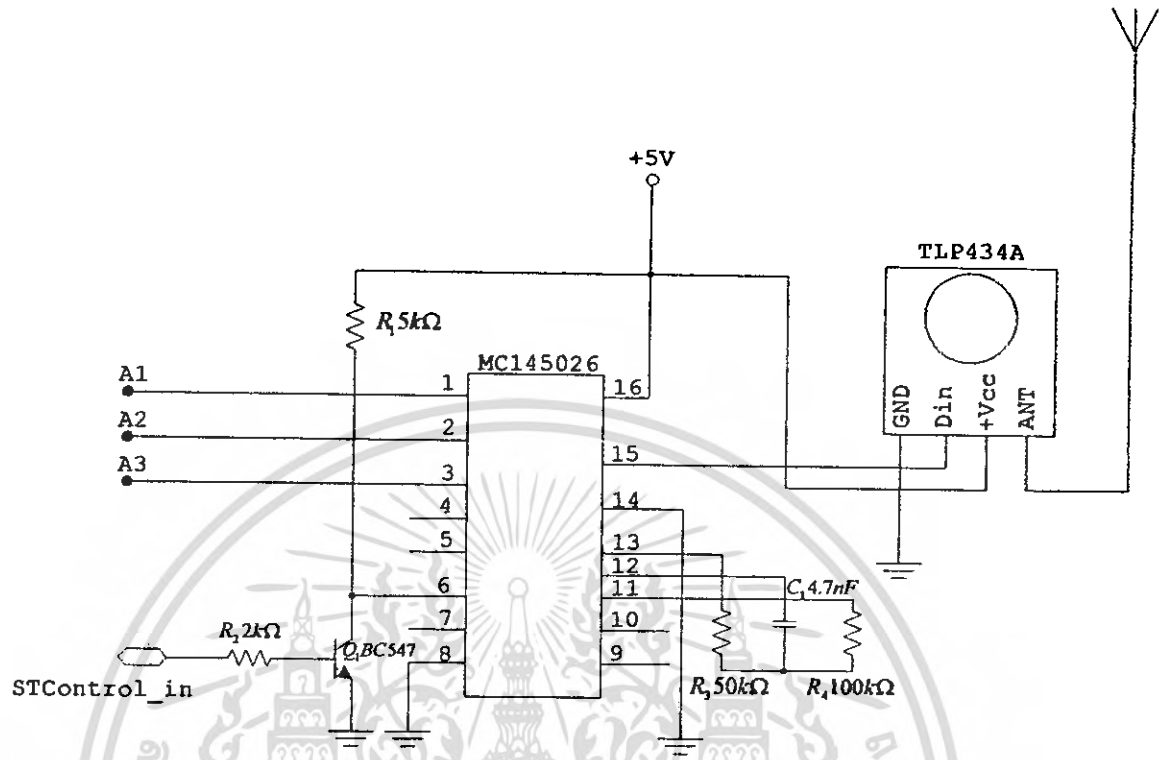
3.1 RF ASK Hybrid Modules

RF ASK ถูกนำมาใช้ในการส่งรหัสสัญญาณจากต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้ความถี่ 315 MHz และในขณะเดียวกันก็ใช้ในการส่งสัญญาณบอกสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากปลายทางหรือโหลดกลับไปยังต้นทางเพื่อบอกให้ต้นทางรู้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางทำงานหรือไม่ทำงานโดย RF ASK Hybrid Modules นี้จะนำมาต่อใช้งานร่วมกับวงจรเข้ารหัส(สำหรับตัวส่ง : TLPxxxA) หรือวงจรถอดรหัส(สำหรับตัวรับ : RLPxxxA) มีรายละเอียดการต่อใช้งานง่ายๆ ดังรูปที่ 3.3 ถึงรูปที่ 3.6

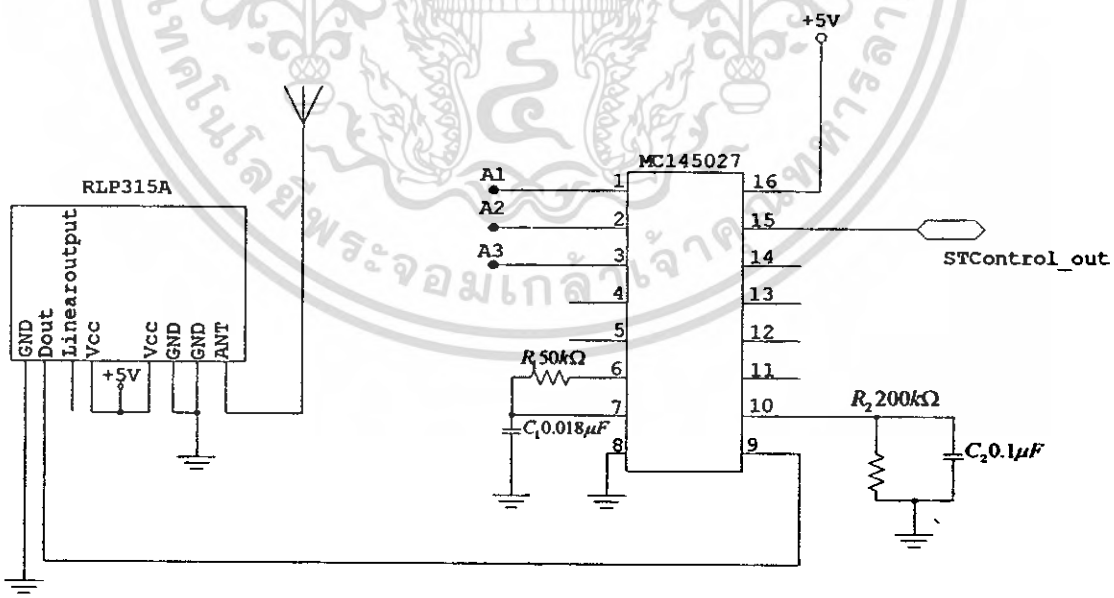


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้ส่งสัญญาณควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากต้นทางไปยังปลายทางโดยใช้ MC145026 เป็นตัวเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

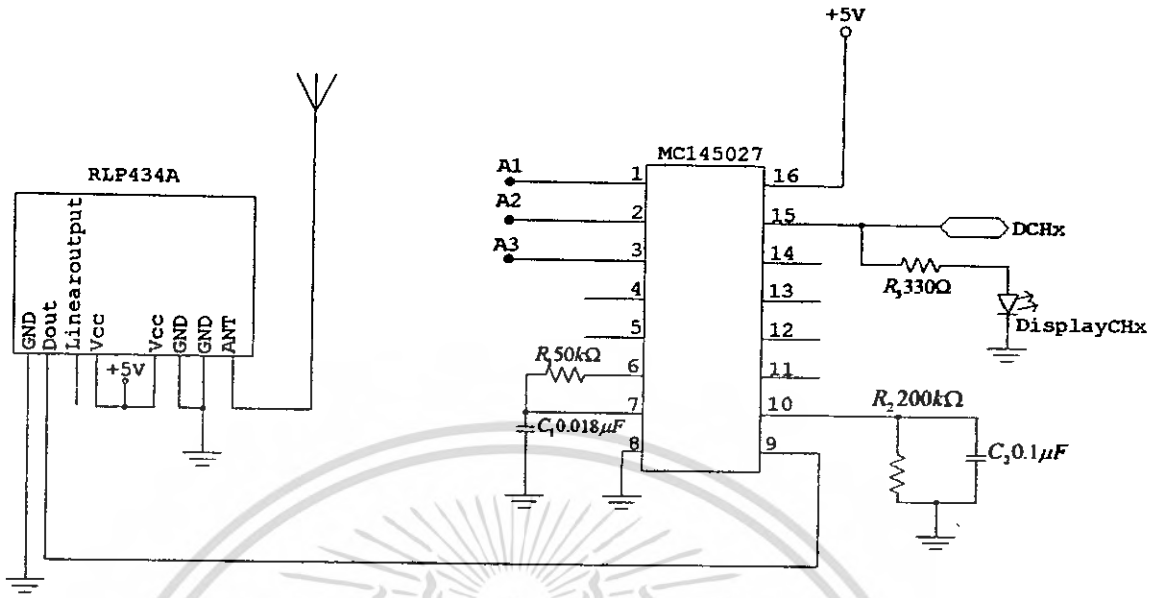


รูปที่ 3.4 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้ส่งสัญญาณย้อนกลับจากปลายทางมายังต้นทางโดยใช้ MC145026 เป็นตัว Generate Encoder Digital Signal



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้รับสัญญาณจากต้นทางเพื่อนำมาถอดรหัสช่องสัญญาณและรหัสควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

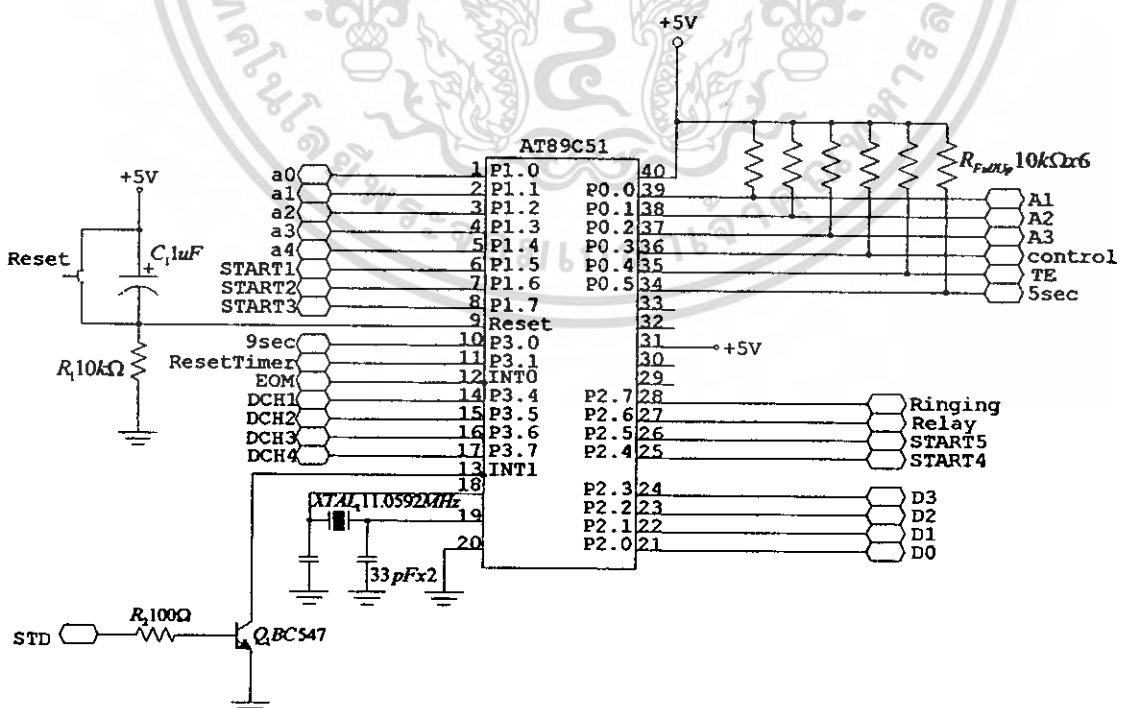
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรใช้งาน RF ASK Hybrid Modules ที่ใช้รับสัญญาณจากปลายทางเพื่อบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ปลายทาง

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.2.1 วงจรใช้งานของ MCS-51

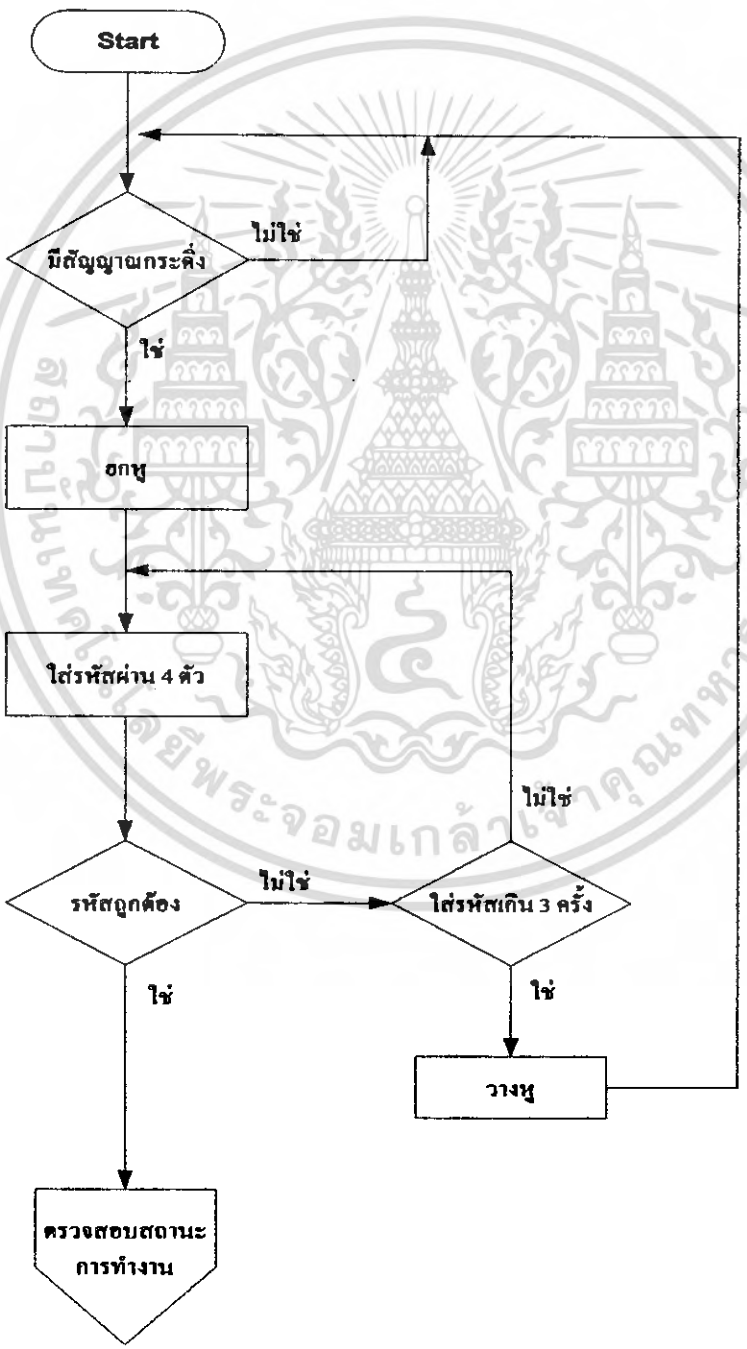


รูปที่ 3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และอุปกรณ์ต่อร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

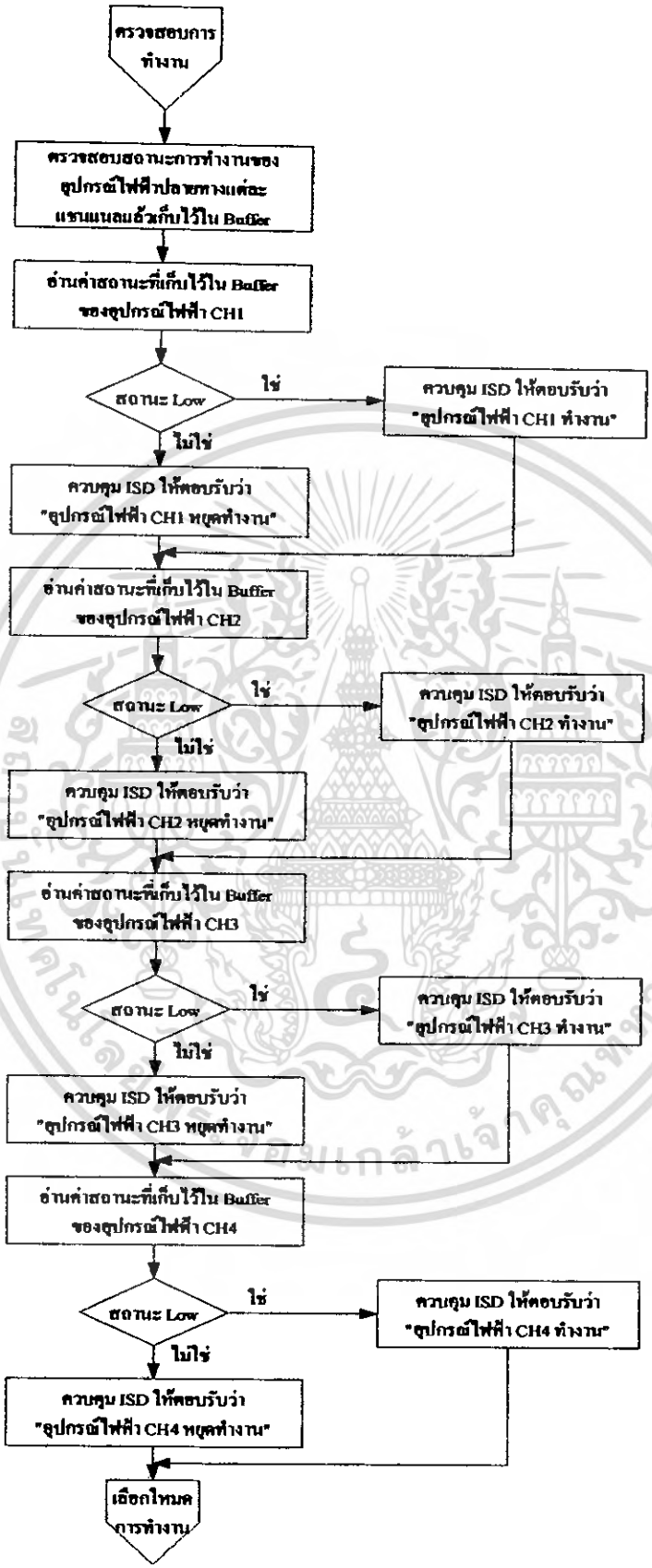
3.2.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

ก่อนที่เราจะเขียนโปรแกรมจะต้องมีการวางแผน เพื่อให้ได้เอาท์พุตตามต้องการ คือการเขียนแผนผัง(Flow Chart) การทำงานแต่ละสเต็ปของงานตั้งแต่เริ่มต้นถึงบรรลุเป้าหมายโดยในขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่นั้นจะต้องไม่เกิดการหยุดชะงักกลางคันหรือไม่มีการตอบสนองจากผู้ใช้งาน อันจะทำให้โปรแกรมทำงานต่อไปไม่ได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำสัญญาณทางเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วย ซึ่งการทำงานของโปรแกรมโดยรวมสามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.8 ถึงรูปที่ 3.20 ดังนี้



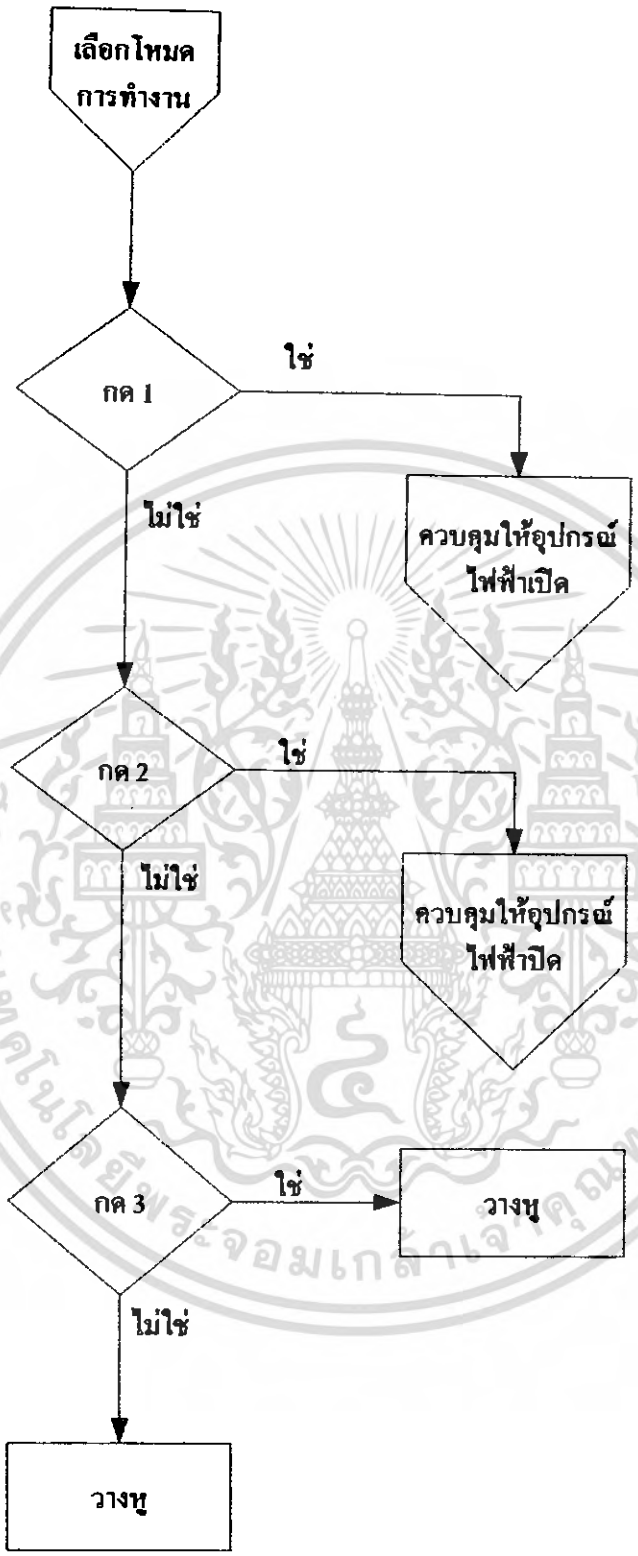
รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและใส่รหัสผ่าน

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



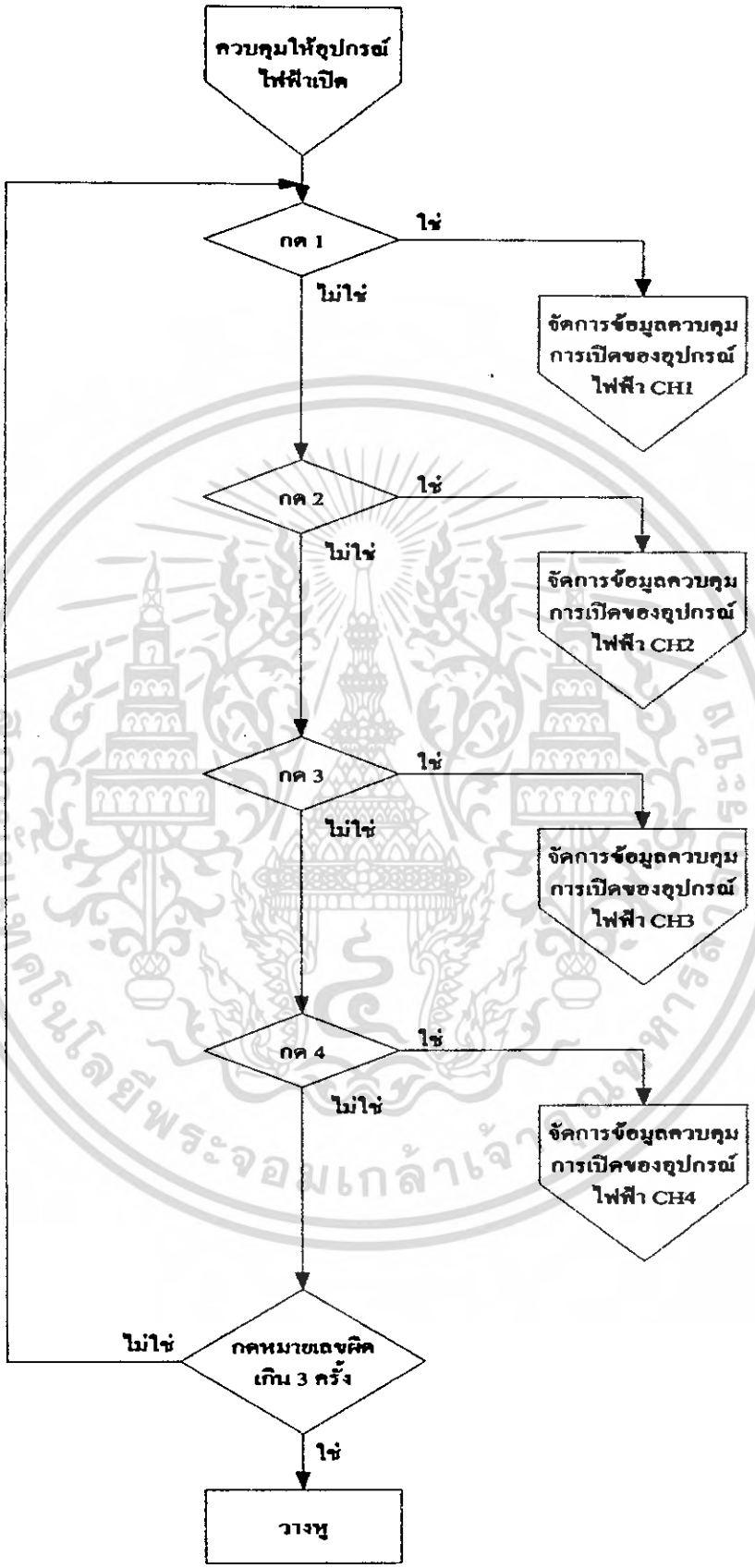
รูปที่ 3.9 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



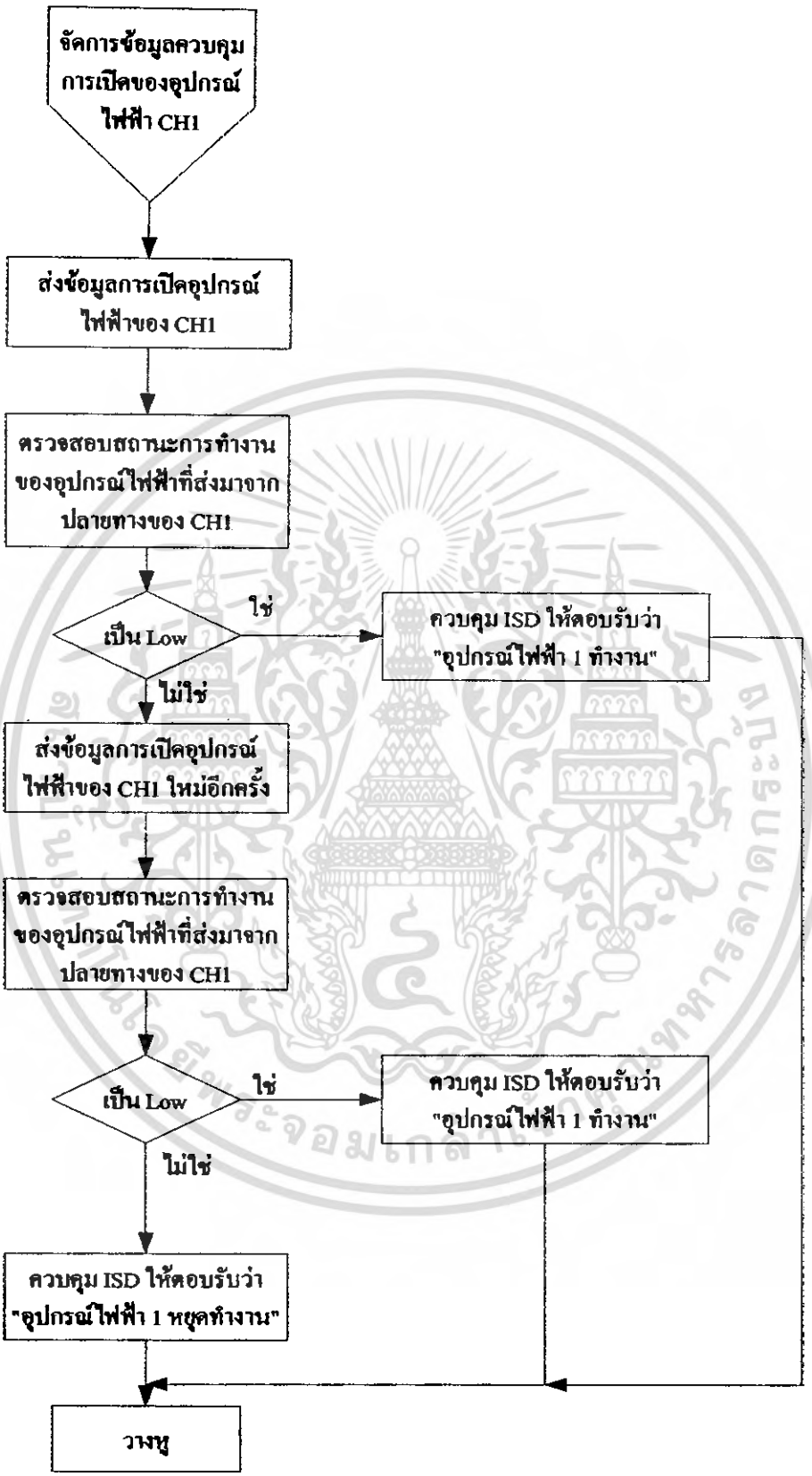
รูปที่ 3.10 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



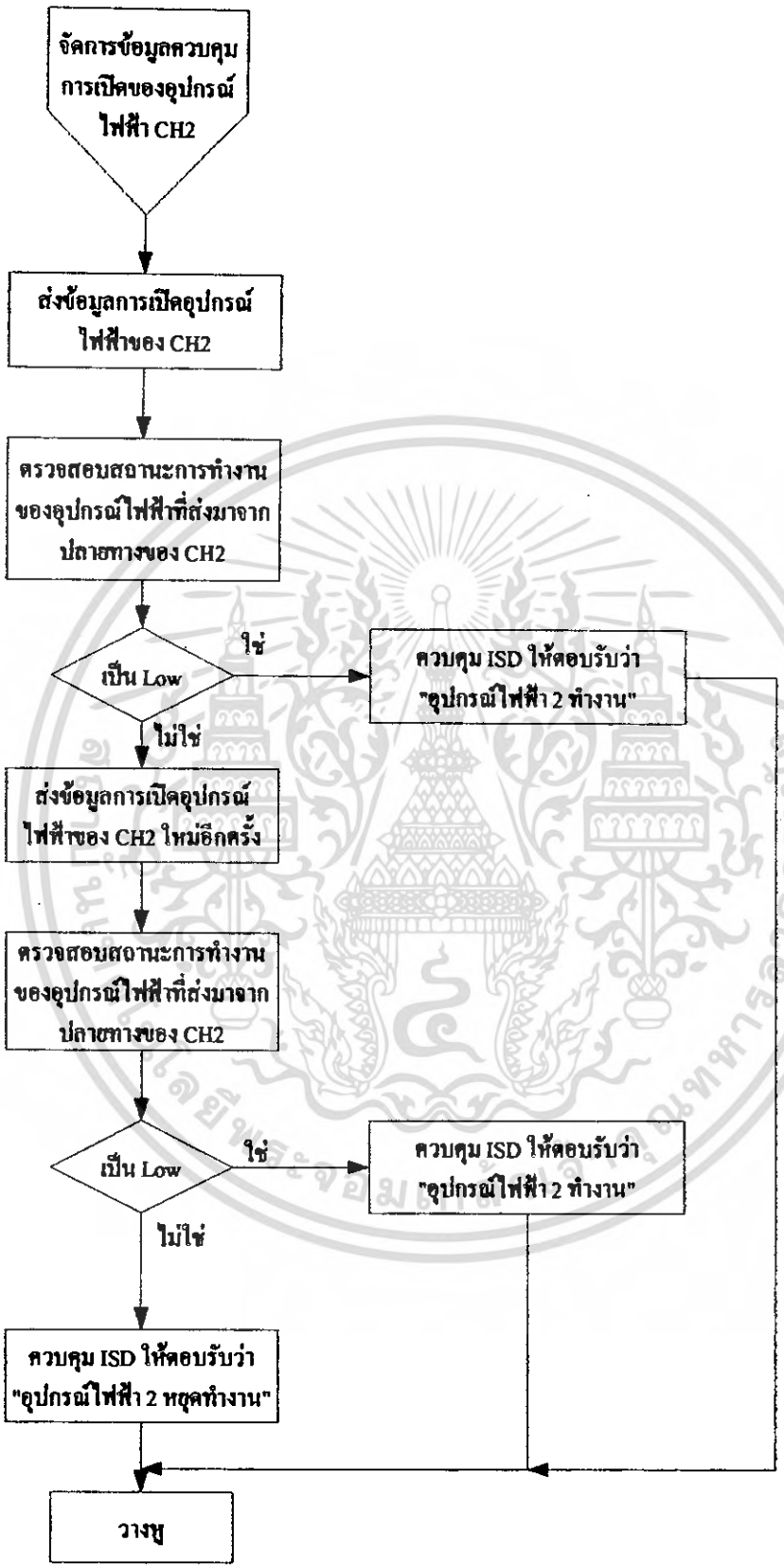
รูปที่ 3.11 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกแชนแนลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



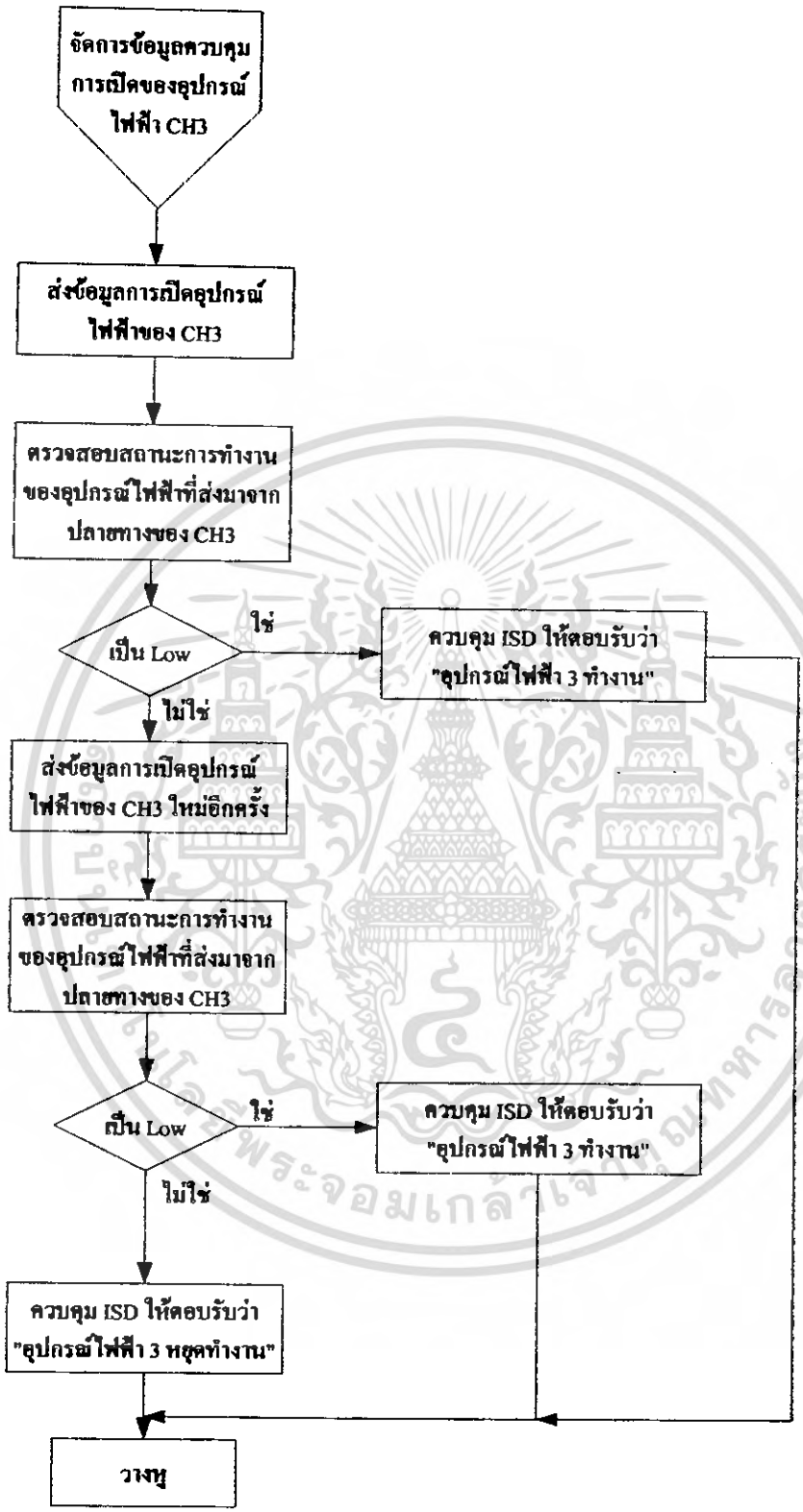
รูปที่ 3.12 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



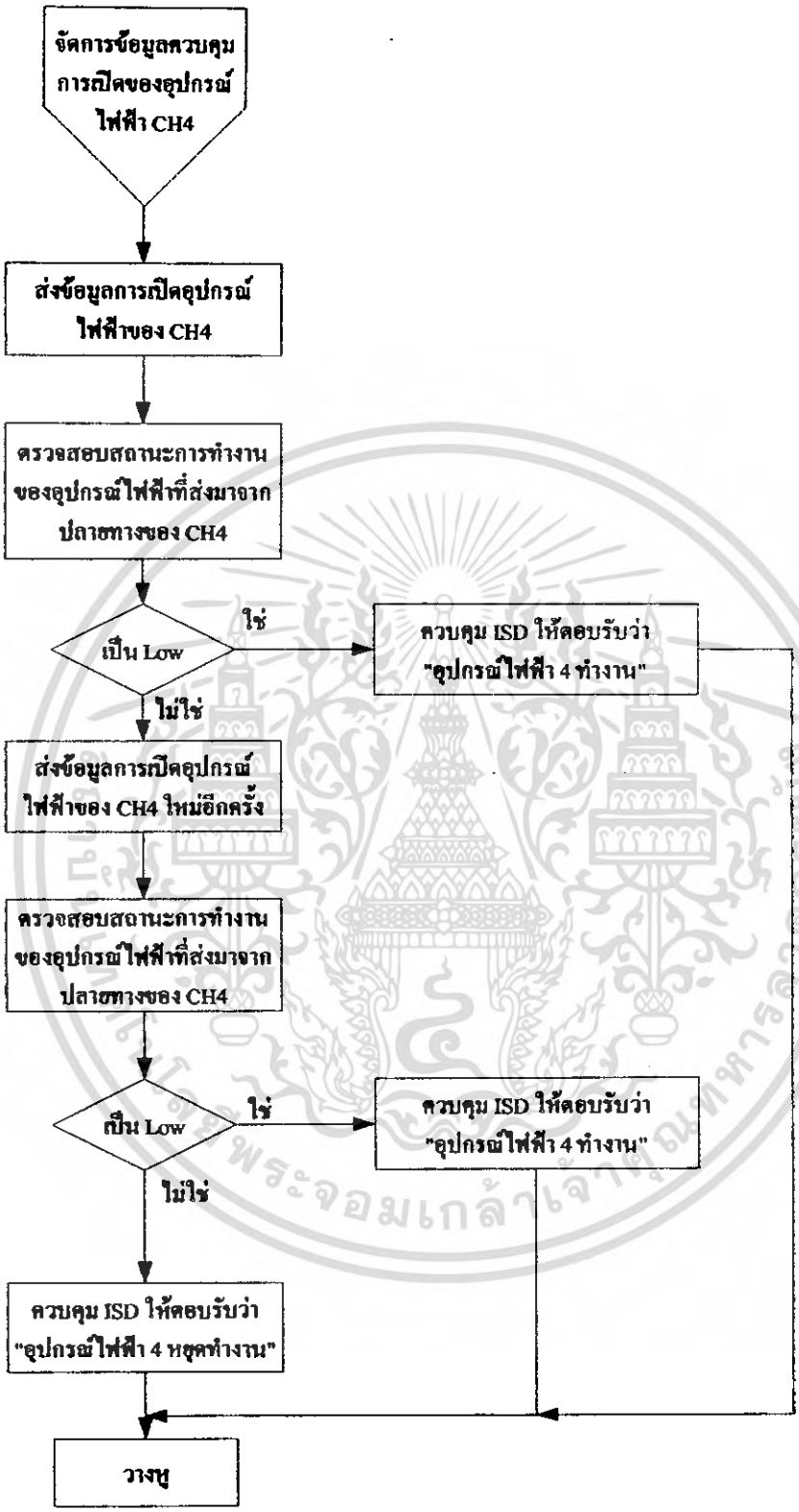
รูปที่ 3.13 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



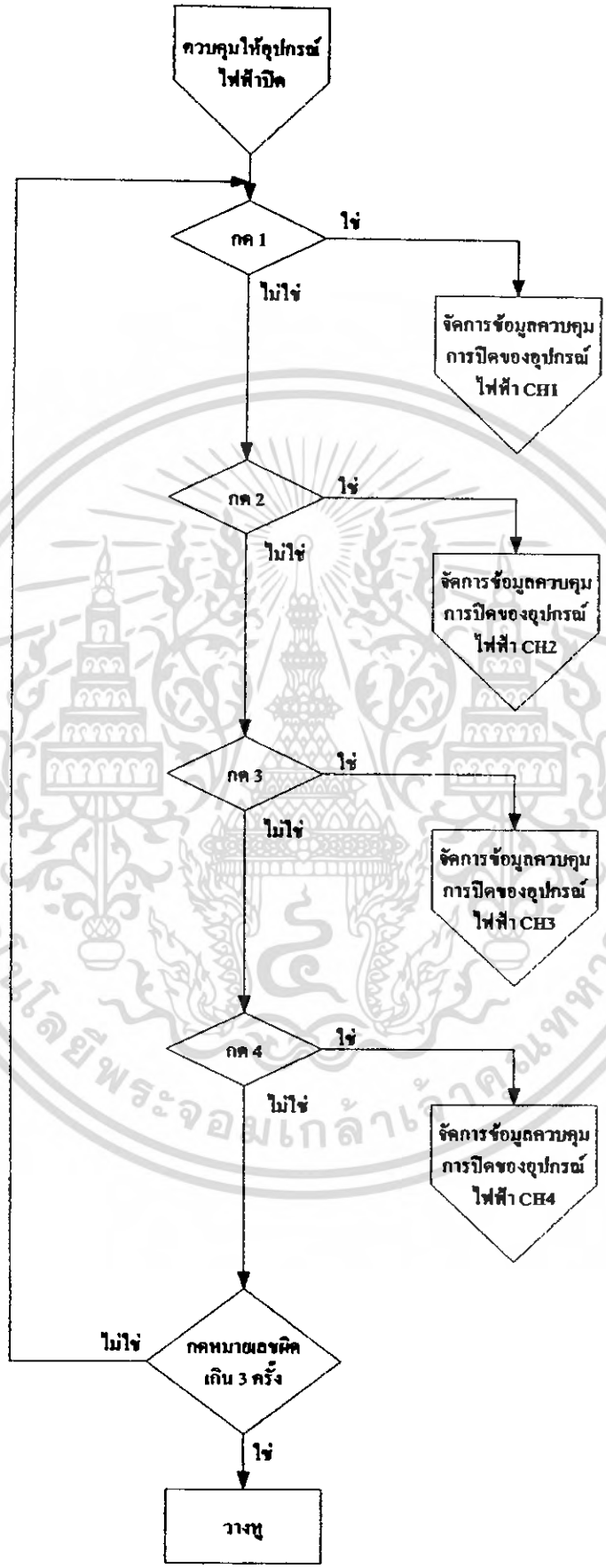
รูปที่ 3.14 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



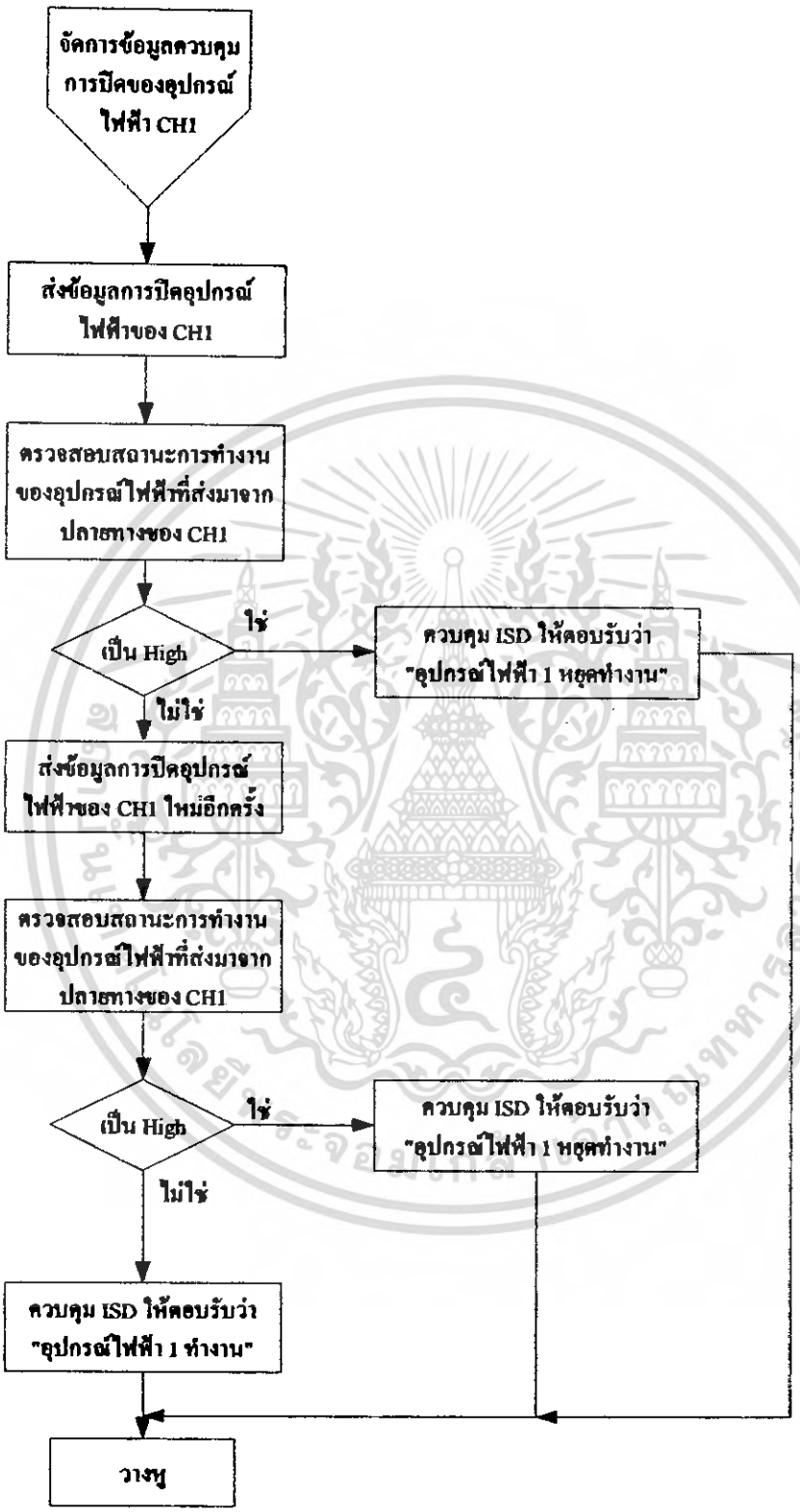
รูปที่ 3.15 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



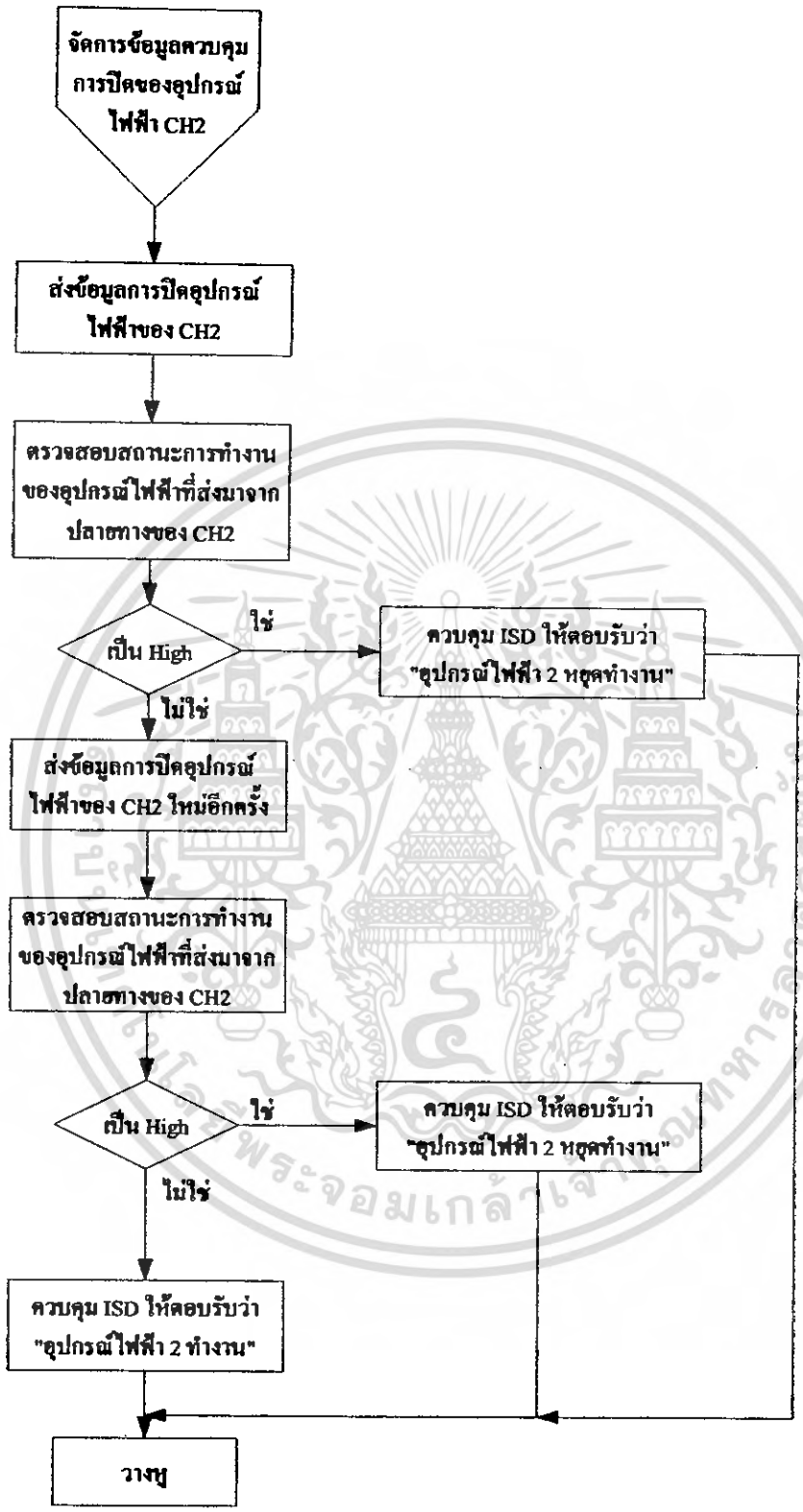
รูปที่ 3.16 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกแชนแนลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



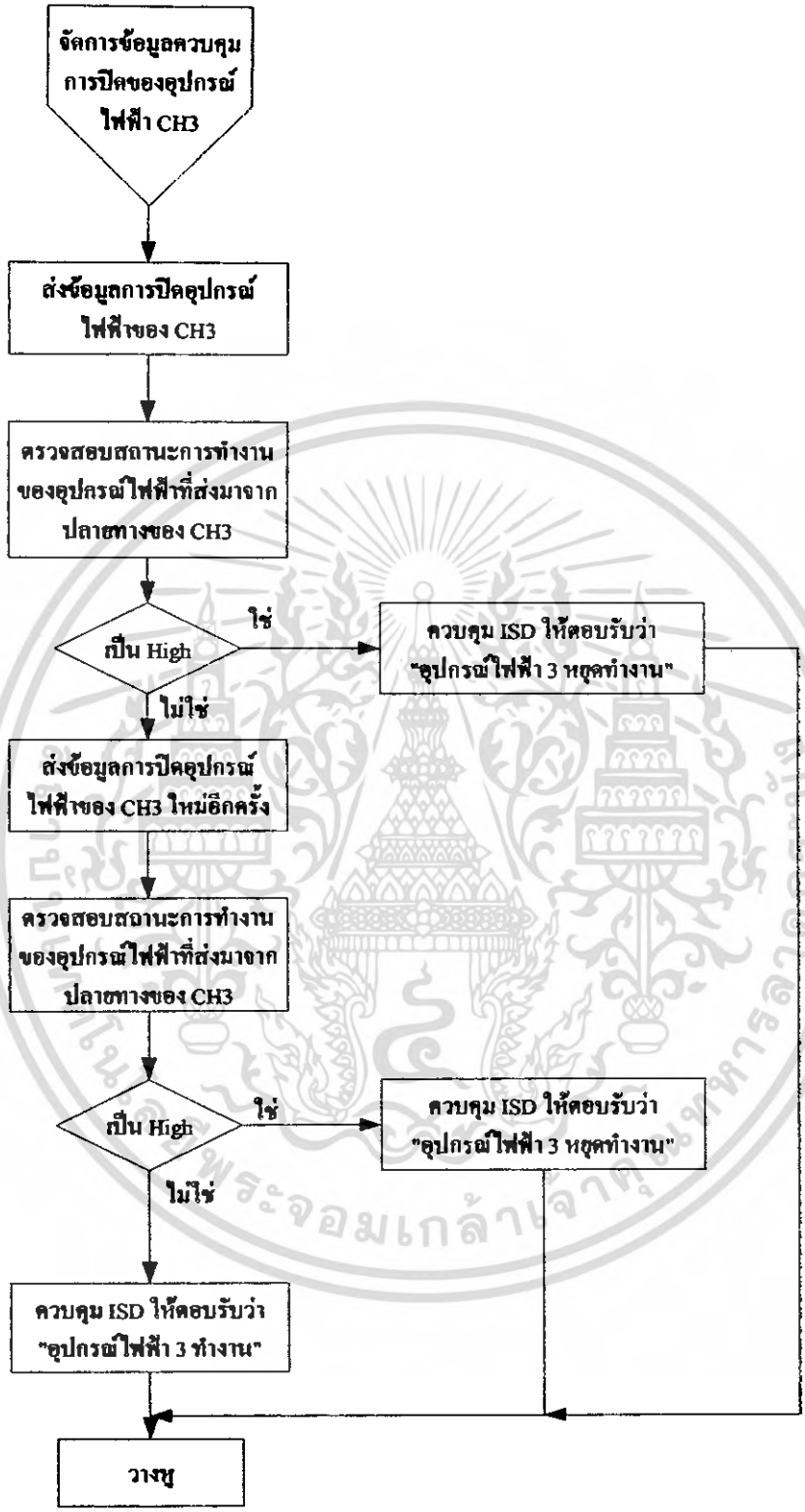
รูปที่ 3.17 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



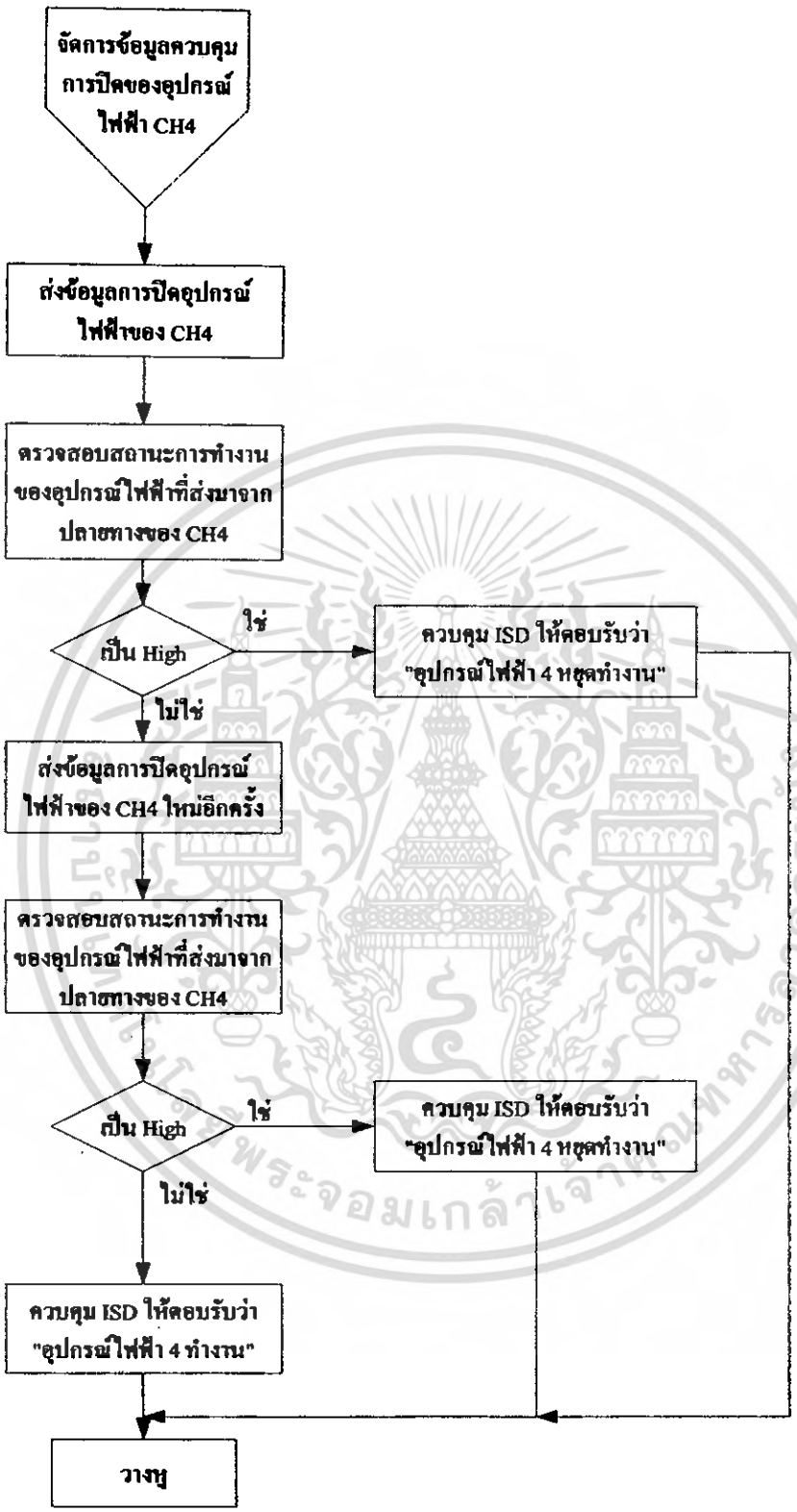
รูปที่ 3.18 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงแผนผังการทำงานในส่วนของการส่งข้อมูลควบคุมสำหรับปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาเพียงครั้งเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการยกหูโทรศัพท์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้วงจรเสียงตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้ใส่รหัสผ่าน 4 ตัว โดยการใส่รหัสผ่านนั้นผู้ใช้จะต้องใส่ให้ถูกต้องภายใน 3 ครั้งเท่านั้น ถ้าไม่อย่างนั้นแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการวางหู ก่อนที่จะไปเริ่มต้นตรวจจับสัญญาณกระดิ่งใหม่

จากรูป 3.9 เป็นแผนผังการทำงานหลังจากผู้ใช้ใส่รหัสผ่านถูกต้องแล้ว ต่อไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางแต่ละตัวผ่านทางพอร์ต P3.4-P3.7 ซึ่งเป็นที่อยู่ของสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางแชนแนล 1 ถึงแชนแนล 4 ตามลำดับ โดยจะเก็บสถานะนั้นลงไปไว้ในบัฟเฟอร์(Buffer) ก่อนแล้วจึงค่อยอ่านสถานะที่เก็บไว้นั้นให้ผู้ใช้ทราบพร้อมกันเพียงครั้งเดียวเลย โดยถ้าค่าที่อ่านออกมาจากบัฟเฟอร์เป็นลอจิกต่ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมให้วงจรเสียงตอบรับอัตโนมัติบอกผู้ใช้ว่า "อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน" แต่ถ้าค่าที่อ่านออกมาจากบัฟเฟอร์เป็นลอจิกสูง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมให้วงจรเสียงตอบรับอัตโนมัติบอกผู้ใช้ว่า "อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงาน"

จากรูปที่ 3.10 เป็นแผนผังการทำงานในส่วนของการเลือกโหมดการทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้วงจรเสียงตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้กดหมายเลขเพื่อเลือกโหมด ถ้าผู้ใช้กดหมายเลข 1 จะเป็นการเข้าไปสั่งงานควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด ถ้ากดหมายเลข 2 จะเป็นการเข้าไปสั่งงานควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิด และถ้ากดหมายเลข 3 หรือหมายเลขอื่นๆ จะเป็นการออกจากระบบหรือวางสาย

จากรูป 3.11 เมื่อผู้ใช้กดหมายเลขโหมดเป็นหมายเลข 1 ต่อไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้วงจรเสียงตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้ต้นทางเลือกแชนแนลของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปิด ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แชนแนล(หมายเลข 1-4 คือแชนแนล 1-4 ตามลำดับ) ในกรณีที่ผู้ใช้งานกดหมายเลขแชนแนลผิดหรือเกิน 4 แชนแนล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตรวจสอบว่ามีการกดผิดเกิน 3 ครั้งหรือไม่ เพราะถ้ากดผิดเกิน 3 ครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการวางหูแล้วกลับไปเริ่มต้นตรวจจับสัญญาณกระดิ่งใหม่

จากรูป 3.12 กรณีผู้ใช้งานต้นทางกดหมาย 1 ซึ่งจะเป็นการสั่งงานควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 1 เปิดหรือทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะจัดการข้อมูลการเปิดใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 แล้วส่งข้อมูลนั้นให้วงจรเข้ารหัสเพื่อทำงานในส่วนต่อไป หลังจากส่งข้อมูลเสร็จแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะมาตรวจสอบสถานะที่อุปกรณ์ปลายทางแชนแนลที่ 1 ส่งกลับมา ถ้าตรวจสอบพบว่ามีสถานะเป็นลอจิกต่ำ (อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน) ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมวงจรตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 1 ทำงาน แต่ถ้าตรวจสอบสถานะแล้วปรากฏว่ามีสถานะเป็นลอจิกสูง(อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงาน) ซึ่งหมายถึงเกิดการผิดพลาดขณะส่งข้อมูลหรือข้อมูลเสียหายระหว่างทาง ทำให้ไม่สามารถควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดได้ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องทำการส่งข้อมูลการเปิดใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 ใหม่อีกครั้ง แล้วจึงไปตรวจสอบสถานะที่อุปกรณ์ปลายทางแชนแนล 1 ส่งกลับมา ถ้าตรวจสอบพบว่ามีสถานะเป็นลอจิกต่ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมวงจรตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 ทำงาน แต่ถ้าตรวจสอบสถานะแล้วปรากฏว่ามีสถานะเป็นลอจิกสูง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะควบคุมวงจรตอบรับอัตโนมัติบอกให้ผู้ใช้ทราบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 ไม่ทำงาน โดยเราพยายามจะควบคุมให้มันทำงานถูกต้องตามคำสั่ง แต่เมื่อสั่งงานอีกรอบแล้วยังทำงานผิดพลาดอีกก็คงต้องยอมรับ ซึ่งปัญหาอาจเกิดมาจากวงจรทำงานผิดพลาดหรือสภาพแวดล้อมแถวนั้นไม่ค่อยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลอื่นๆ ก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกัน รวมถึงการควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิดก็ใช้หลักการเดียวกันทั้งหมด

ตารางที่ 3.1 แสดง address และข้อความที่บันทึกใน ISD2590

ข้อความ	ISD2590 ตัวที่	Address
1. " สวัสดีค่ะขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านทางโทรศัพท์ค่ะ "		0000000001
2. " กรุณาใส่รหัสผ่าน 4 ตัวค่ะ "		0001000000
3. " รหัสผิดกรุณาใส่รหัสใหม่ "	1	0010000000
4. " คุณใส่รหัสผิดเกินจำนวนครั้งที่กำหนด กรุณาโทรเข้ามาใหม่ค่ะ "		0100000000
5. " รหัสถูกต้องค่ะ "		1000000000
6. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 1 ทำงานค่ะ "		0000000001
7. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 1 หยุดทำงานค่ะ "		0001000000
8. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 2 ทำงานค่ะ "		0010000000
9. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 2 หยุดทำงานค่ะ "	2	0100000000
10. " กรุณารอสักครู่ค่ะ ขณะนี้ระบบกำลังตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว "		1000000000
11. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 3 ทำงานค่ะ "		0000000001
12. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 3 หยุดทำงานค่ะ "		0001000000
13. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 4 ทำงานค่ะ "	3	0010000000
14. " อุปกรณ์ไฟฟ้า 4 หยุดทำงานค่ะ "		0100000000
15. " กรุณากดหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปิดค่ะ "		0000000001
16. " กรุณากดหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการปิดค่ะ "		0001000000
17. " กรุณารอสักครู่ค่ะ "		0010000000
18. " ถ้าต้องการใช้งานอีกกรุณาโทรเข้ามาใหม่ ขอบคุณค่ะ "	4	0100000000
19. " กรุณากดหมายเลขเพื่อทำรายการต่อ โดย กด 1 เมื่อต้องการควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด กด 2 เมื่อต้องการควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิด หรือกด 3 เมื่อต้องการออกจากระบบ "		1000000000
20. " คุณใช้เวลานานเกินไปกรุณาโทรเข้ามาใหม่ค่ะ "	5	0000000001

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. " คุณกดหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเปิดไม่ถูกต้อง กรุณากดใหม่ค่ะ "	5	0001000000
22. " คุณกดหมายเลขไม่ถูกต้องกรุณาโทรเข้ามาใหม่ค่ะ "		0010000000
23. " คุณกดหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการปิดไม่ถูกต้อง กรุณากดใหม่ค่ะ "		0100000000

จากตารางแอดเดรส(Address) ที่ขีดเส้นจะถูกกำหนดให้ต่อลงกราวด์ไว้ตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องจากว่าถ้าเราทำการบันทึกเสียงในแอดเดรสที่ใกล้กันจะทำให้เสียงที่บันทึกนั้นทับกันได้

3.2.3 การสร้างเวลาหน่วงภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

การใช้ไทม์เมอร์สร้างเวลาหน่วงทำให้เราสามารถกำหนดเวลาหน่วงที่แน่นนอนกว่าการใช้การวนลูปธรรมดา การคำนวณค่าเวลาหน่วงที่จะกำหนดให้กับ THx และ TLx จะต้องพิจารณาจากช่วงเวลาที่ต้องการให้เกิดอินเตอร์รัพต์แต่ละครั้ง และความถี่ของสัญญาณนาฬิกาโดยทั่วไปของ MCS-51 จะกำหนดไว้ที่ 11.0592 MHz และ 1 แมชชีนไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นความถี่ของแมชชีนไซเคิลจะเท่ากับ (11.0592 MHz)/12 = 921.6 KHz
และเวลาต่อแมชชีนไซเคิลหรือ 1 clock จะเท่ากับ
1/(921.6 KHz) = 1.085 ไมโครวินาที

ในโครงงานนี้จะออกแบบโดยใช้ไทม์เมอร์ 1 โหมด 1 ซึ่งเป็นการนับแบบ 16 บิต โดยตั้งค่าเวลาในการเกิดโอเวอร์โฟลว์ไว้ทุกๆ 10 mS ส่วนการคำนวณค่า TH1 และ TL1 สามารถทำได้ดังนี้

จาก $10mS = 10,000\mu S$

และ 1 แมชชีนไซเคิล = 1.085 ไมโครวินาที

ดังนั้น $10,000\mu S = \frac{10,000}{1.085} = 9,216$ แมชชีนไซเคิล

$\therefore$ ค่าเริ่มต้น $= 65,536 - 9,216$

$= 56,320$

$= DC00$

$\therefore$ TH1 = DC

TL1 = 00

ซึ่งค่าที่คำนวณได้นี้จะใช้เวลาในการนับ 10 mS จึงเกิดโอเวอร์โฟลว์ ดังนั้นเมื่อเราคูณด้วย 100 ก็จะได้ค่าเท่ากับ 1000 mS หรือ 1 วินาที ดังนั้นสามารถเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาได้ดังนี้

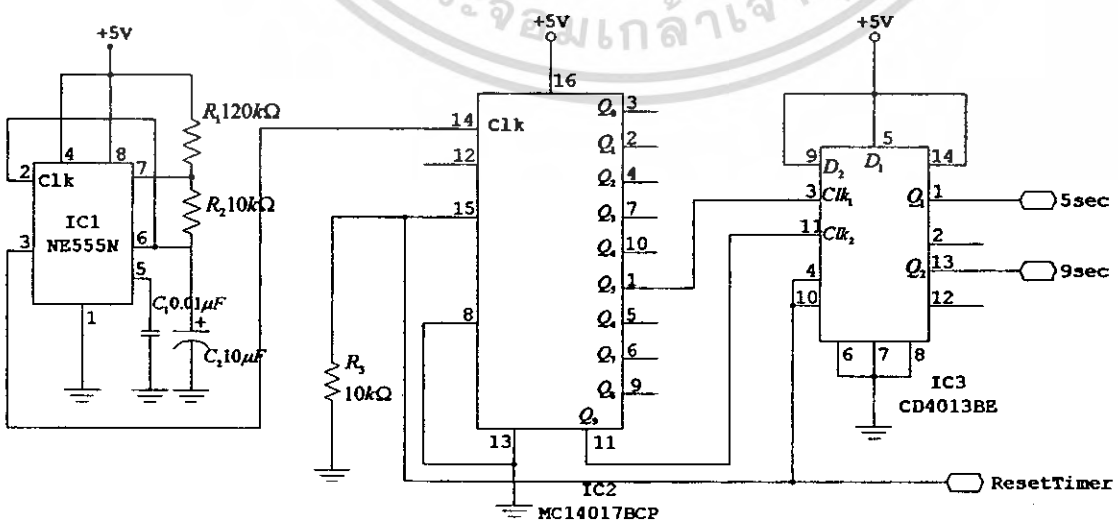
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void delayline(unsigned char value)
{    unsigned int i,time;
      TMOD = 0x10;                  // Timer1 Mode1 16 bit counter
      time = 100*value;
     for(i=0; i<=time; i++)
       {   TH1 = 0xDC;
           TL1 = 0x00;              // 10 mS = 0xDC00
           TF1 = 0;
           TR1 = 1;                 // start timer1
           while(TF1 == 0);
           TR1 = 0;
       }
}
```

โดยตัวแปรที่ชื่อ value ใช้เป็น Argument ที่ใช้ในการรับค่าเข้ามาคำนวณ โดยถ้าค่าที่รับเข้ามาเป็น 1 หมายความว่าต้องการหน่วงเวลาไป 1 วินาที หรือถ้ารับเข้ามาเท่ากับ 2 หมายความว่าต้องการหน่วงเวลาไป 2 วินาที เป็นต้น

3.2.4 การสร้าง Counter โดยต่อวงจรภายนอก

เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมการนับภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะประสบปัญหาคือจะต้องรอให้นับจนเกิดโอเวอร์โฟลว์ก่อนจึงจะสามารถไปทำงานอย่างอื่นต่อไปได้ ทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ค่อยคล่องตัวมากนัก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้งานวงจรนับจากภายนอกเข้ามาช่วย ซึ่งการใช้งานก็เพียงแต่ควบคุมที่ขา Reset ของวงจรเท่านั้น โดยในขณะที่วงจรกำลังนับอยู่นั้นโปรแกรมก็สามารถทำงานต่อไปได้โดยไม่ต้องรอให้เกิดโอเวอร์โฟลว์ ซึ่งวงจรที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรนับภายนอกที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง IC3 เป็น ดีฟลิปฟลอบที่ใช้คงค่าสถานะของเอาท์พุต(Latch) ที่ส่งมาจากวงจรนับหรือ IC2 ส่วน IC1 ทำหน้าที่เป็นวงจรอะสเตเบิ้ล เพื่อใช้เป็นสัญญาณ Clock ให้กับ IC2 โดยความถี่ที่ใช้เป็นสัญญาณ Clock นั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

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

จะได้ $$f = \frac{1.44}{(120K\Omega + 2x10K\Omega)10\mu F}$$

$$= 1 \text{ เฮิรตซ์}$$

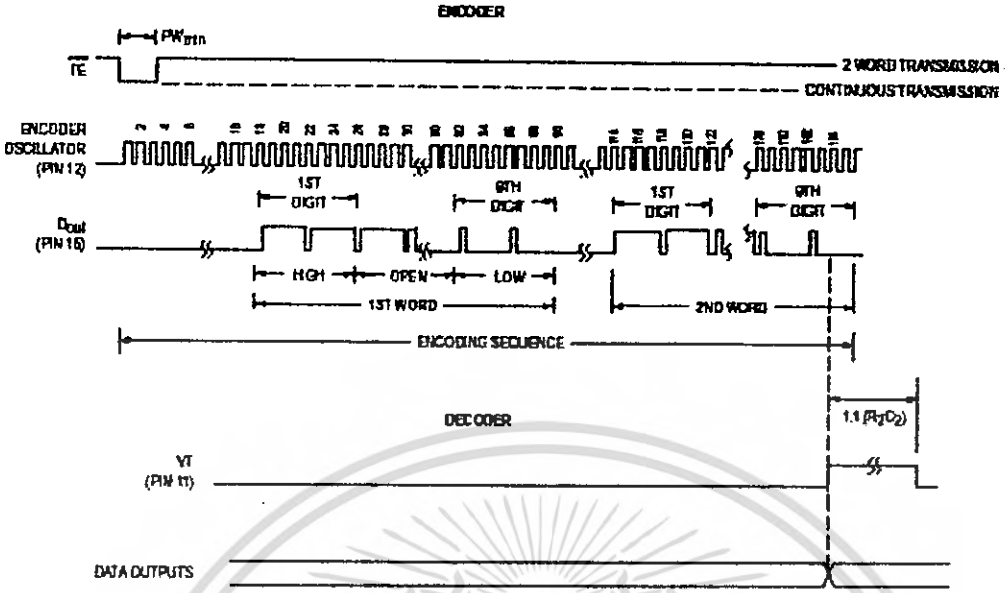
หรือ $$T = \frac{1}{f} = 1 \text{ วินาที}$$

ดังนั้นเมื่อวงจรนับได้ 5 ครั้งก็แสดงว่าเวลาผ่านไป 5 วินาที หรือถ้านับได้ 9 ครั้งก็แสดงว่าเวลาผ่านไป 9 วินาที ซึ่งวงจรนี้จะถูกนำไปใช้ในการยกเลิกการทำงานของโปรแกรมควบคุมที่กำลังทำอยู่ในขณะนั้นแล้วไปทำงานที่จุดเริ่มต้นของโปรแกรมใหม่ สาเหตุที่ต้องให้โปรแกรมเริ่มทำงานใหม่ก็เนื่องจากว่า ในกรณีที่ผู้ใช้งานโทรเข้ามาแล้วไม่มีการกดคีย์หมายเลขที่เครื่องโทรศัพท์ตอบสนองภายในเวลาที่กำหนดไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามระบบจะต้องยกเลิกการทำงานในขณะนั้นแล้วกลับไปเริ่มต้นการทำงานใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้งานในครั้งต่อไปได้นั่นเอง

3.3 วงจรเข้ารหัส (Encoder Circuit)

คุณลักษณะการทำงานของ IC เบอร์ MC145026 ที่ขาอินพุต A1-A5 และ A6/D6-A9/D9 จะเป็นตัวกำหนดสภาวะข้อมูลแบบอนุกรมที่เอาท์พุต โดยแต่ละขาเป็นได้ถึง 3 สถานะ (Low, High และ Open) เมื่อขา TE มีระดับ ลอจิก "low" จะมีข้อมูลออกมาทางเอาท์พุตเหมือนกัน 2 ชุด ช่วงเวลานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณอื่นและตราบใดที่ขา TE ยังคงเป็นลอจิก "low" การเข้ารหัสและการส่งข้อมูลก็ยังคงเป็นไปอย่างต่อเนื่อง หลังจากที่เปิดเครื่องแล้ว MC145026 มีความสามารถที่จะส่งข้อมูลต่อเนื่องไปได้เรื่อยๆ ถ้าหากขา TE เป็นลอจิก "low" แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานจะไม่ออกแบบให้มีการนำเอาข้อมูลชุดแรกที่ได้ไปใช้ทันทีที่เปิดเครื่อง เนื่องจากข้อมูลชุดแรกไม่ถูกต้อง ในแต่ละครั้งที่มีการส่งข้อมูล Trinary Digit จะทำการเข้ารหัสเป็นลักษณะสัญญาณพัลส์แสดงดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 รูปคลื่นของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัส

จากรูปที่ 3.22 พบว่าเมื่อมีการเข้ารหัสเป็นลอจิก "low" สัญญาณที่ปรากฏจะเป็นพัลส์สั้นๆ สองลูกเรียงกันไปส่วนลอจิก "high" จะมีลักษณะพัลส์ยาวสองลูกเรียงกันไป และเมื่อเป็นลอจิกเปิด (high impedance) จะมีลักษณะพัลส์ยาวตามด้วยพัลส์สั้นๆ เนื่องจากสถานะทางด้านเอาท์พุตเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสถานะของอินพุต ดังนั้นสัญญาณที่ป้อนที่อินพุตควรจะมีค่าคงที่คือที่สภาวะ "high" ควรมีค่าเท่ากับ Vdd หรือถ้าเป็นสถานะ "low" ก็ควรมีค่าเป็น Vss (Ground) เมื่อพิจารณาที่ขา TE ภายในจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ pull up ถ้าหากขา TE มีสถานะ "high" ตลอด การเข้ารหัสจะไม่สามารถกระทำได้เลย การผลิตความถี่จะหยุดลง แต่ถ้าขา TE มีสถานะ "low" เมื่อใดการผลิตความถี่ก็จะเริ่มต้นขึ้น ยังผลให้สามารถส่งข้อมูลไปยังขา data out ได้

การทำงานของวงจรผลิตความถี่ จะถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ภายนอก (RC) ที่จะนำมาต่อ ซึ่งกำหนดได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$f_{OSC} = 1/(2.3R_{TC}C'_{TC})$$
$$C'_{TC} = C_{TC} + 20pF$$
$$R_S \geq 2R_{TC}$$

โดยที่ C_{TC} และ R_{TC} มีคุณสมบัติดังนี้

$$100pF \leq C_{TC} \leq 15\mu F$$
$$R_{TC} \geq 100K\Omega$$

ดังนั้นสามารถคำนวณค่าต่างๆ ของวงจรเข้ารหัสได้ดังนี้

กำหนด $R_{TC} = 50K\Omega$

$\therefore$ $R_S \geq 2R_{TC}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

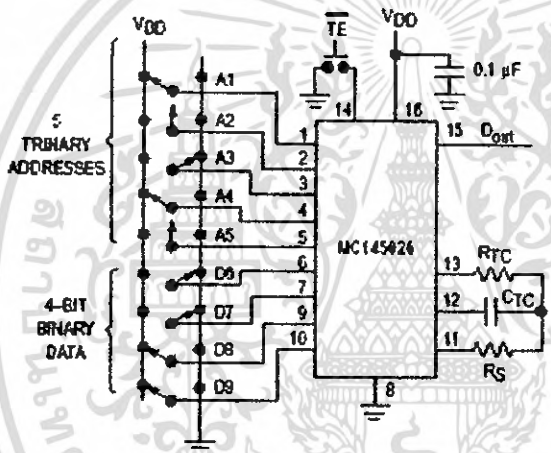
$$\geq 2x50K\Omega$$
$$\geq 100K\Omega$$
$$= 100K\Omega$$

กำหนด $C_{TC} = 4.7nF$

$$C'_{TC} = C_{TC} + 20pF$$
$$= 4.72pF$$

$$\therefore \quad f_{osc} = 1/(2.3x50K\Omega x4.72pF)$$
$$= 1.84KHz$$

จากค่าดังกล่าวนำมาต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรเข้ารหัส

3.4 วงจรถอดรหัส (Decoder Circuit)

3.4.1 คุณลักษณะการทำงานของไอซีเบอร์ MC145027

ไอซีเบอร์ MC145027 นี้เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งถูกเข้ารหัสด้วยไอซีเบอร์ MC145026 เมื่อเป็น Binary ที่ขา VT เป็นลอจิก "high" จะเป็นการพร้อมที่จะทำการถอดรหัส และจะต้องเกิด 2 สภาวะขึ้น คือสภาวะแรกจะต้องมีการรับข้อมูลสองชุดที่เหมือนกันเรียงตามลำดับ และสภาวะที่ 2 ข้อมูล 4 บิตจะต้องแมชกับข้อมูลสุดท้ายที่ได้รับ

3.4.2 รายละเอียดการใช้งานขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ MC145027

A1 – A5 (ขา 1 – ขา 5) เป็นอินพุต (local address input) สถานะของขาเหล่านี้จะต้องแมชกันกับตัวเข้ารหัส และขา VT จะต้องเป็น "high"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D6 –D9 (ขา 15,14,13,12) เป็นขาเอาท์พุตที่จะให้ข้อมูลเป็นแบบ Binary ที่ถูกเข้ารหัสด้วยขา A6/D6 – A9/D9

R_1, C_1 (ขา 6,7) ขาทั้งคู่จะต่อกับตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ เพื่อกำหนดขนาดความกว้างหรือแคบของสัญญาณพัลส์ที่จะรับ โดยที่ค่าเวลาคงตัว (Time Constant) R_1, C_1 จะถูกตั้งเอาไว้ที่ 1.72 ของคาบเวลาสัญญาณนาฬิกาที่เข้ารหัส

R_2, C_2 (ขา 10) ที่ขานี้จะต่อกับอุปกรณ์ภายนอก(R และ C) เพื่อใช้ในการตรวจจับการสิ้นสุดการรับข้อมูล และสิ้นสุดการส่งข้อมูลมีค่าเวลาคงตัว R_2C_2 เท่ากับ 33.5 ของคาบเวลาสัญญาณนาฬิกาที่เข้ารหัส (4 คาบเวลาของข้อมูล)

VT (ขา 11) ที่ขานี้จะมีสถานะเป็น "high" ถ้าชุดข้อมูลที่ส่งมาจากวงจรเข้ารหัสแมชกัน ซึ่งต้องมีสภาวะดังนี้

- เกิดการรับ address ของข้อมูลทั้งคู่ตรงกัน
- บิตที่รับข้อมูลตรงกันทั้งคู่ และขา VT จะยังคงเป็น "high" อยู่จนกว่าจะเกิดการ mismatch ของการรับหรือไม่มีสัญญาณอินพุตสร้างมาเป็นเวลา 4 คาบเวลาข้อมูล(four data period)

Vdd (ขาที่ 16) เป็นไฟบวก

Vss (ขาที่ 8) เป็นไฟลบ

3.4.3 สมการและตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการออกแบบวงจรถอดรหัส

สมการที่ใช้ในการออกแบบ วงจรถอดรหัสจะต้องมีความสัมพันธ์กับการออกแบบวงจรเข้ารหัส ดังนี้

$$f_{osc} = 1/(2.3R_{TC}C_{TC})$$

$$R1C1 = 3.59R_{TC}C_{TC}$$

$$R2C2 = 77R_{TC}C_{TC}$$

โดยที่ C'_{TC} และ R_{TC} มีคุณสมบัติดังนี้

$$C'_{TC} = C_{TC} + 20pF$$

$$100pF \le C_{TC} \le 15\mu F$$

$$R1 \ge 10K\Omega$$

$$R2 \ge 100K\Omega$$

$$C1 \ge 400pF$$

$$C2 \ge 700pF$$

ดังนั้นสามารถคำนวณค่าต่างๆ ของวงจรถอดรหัสได้ดังนี้

$$R1C1 = 3.95x50K\Omega x4.7nF$$

$$= 0.928\ mS$$

$$R2C2 = 77x50K\Omega x4.7nF$$

$$= 18.095\ mS$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด R1= $50K\Omega$

$\therefore$ C1= 0.928 mS / $50K\Omega$

$= 0.0185\mu F$

$= 0.018\mu F$

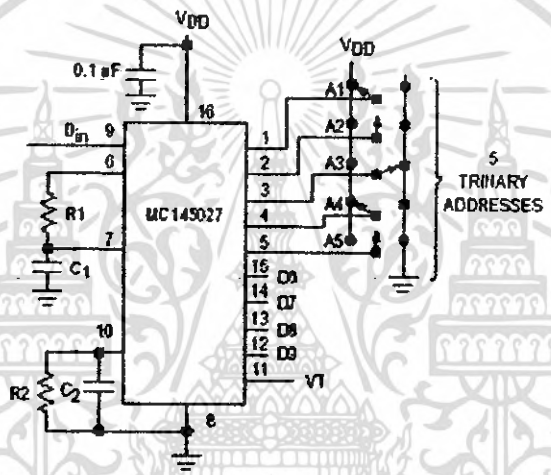
กำหนด R2= $200K\Omega$

$\therefore$ C2= 18.095 mS / $200K\Omega$

$= 0.09\mu F$

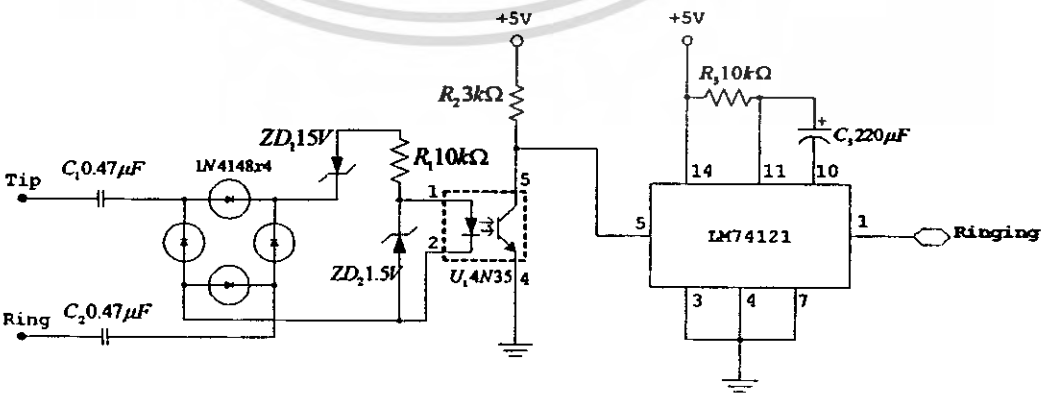
$= 0.1\mu F$

จากค่าดังกล่าวนำมาต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 วงจรถอดรหัส

3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่ 3.25 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งจะเริ่มจากเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาซึ่งเป็นสัญญาณแรงดันไฟเอซีขนาด 110 – 150 โวลท์ จะผ่านตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 โดยตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 นี้ยังทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟดีซีในสภาวะ On Hook อีกด้วย และเมื่อไฟเอซีของสัญญาณกระดิ่งเข้ามาก็จะถูกแปลงเป็นไฟดีซีด้วยวงจรบริดจ์เรคติไฟร์ จากนั้นจะผ่านค่าความต้านทาน R_1 ซึ่งทำหน้าที่จำกัดกระแสเพื่อป้องกันไม่ให้กระไหลผ่านมากเกินกว่าที่ออปโต้คัปเปลอร์จะทนได้ และเมื่อออปโต้คัปเปลอร์นำกระแสแล้วก็จะทำให้ขา 5 ของออปโต้คัปเปลอร์เสมือนต่อลงกราวด์ ทำให้มีแรงดันศักย์ต่ำไปกระตุ้นการทำงานของวงจรไมโนสเตเบิลไดพัลส์ลอจิก "low" ออกทางขา 1 ($\bar{Q}$) ของไอซี LM74121 เพื่อไปควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนของการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งต่อไป

การคำนวณค่าต่างๆ มีดังต่อไปนี้

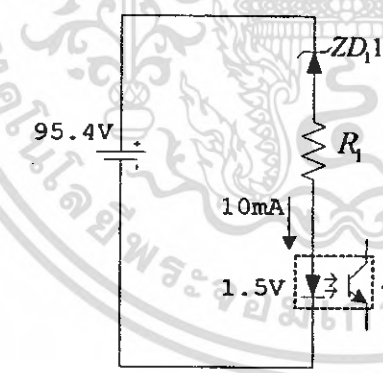
1. ส่วนของวงจรเร็คติไฟร์

กำหนดแรงดัน Ringing สูงสุด $V_{Ringing} = 150VAC_{rms}$

$$V_{DC} = 0.636VAC_{rms}$$
$$= 0.636x150$$
$$= 95.4V_{rms}$$

2. ส่วนจำกัดกระแสให้กับออปโต้คัปเปลอร์

เนื่องจากแรงดันไฟดีซีที่ได้จากการเร็คติไฟร์มีค่าสูงเกินกว่าที่ออปโต้คัปเปลอร์จะรับได้(จาก Data sheet $V_{in} = 1.5V_{max}$ และ $I_F = 10mA$) ดังนั้นจะต้องออกแบบให้ได้ค่าตามสเป็ก โดยใช้หลักการแบ่งแรงดันดังนี้



ดังนั้น
$$R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_{R_1}}$$
$$= \frac{95.4 - 15 - 1.5}{10mA}$$
$$= 7.89K\Omega$$
$$\approx 10K\Omega$$

นอกจากนี้การต่อซีเนอร์ไดโอดด้วย จะทำให้การรักษาระดับแรงดันมีความเสถียรมากขึ้นอันเป็นการป้องกันมิให้ออปโต้คัปเปอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนวงจรไมโนสเตเบิล

วงจรไมโนสเตเบิลทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณกระดิ่งขึ้นมาใหม่(regenerative) เพื่อให้เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีคุณภาพมากขึ้น โดยสามารถกำหนดคาบเวลาของพัลส์เอาท์พุตได้จาก

$$T = 0.707RC$$

$$= 0.707 \times 10{,}000 \times 0.00022$$

$$= 1.5 \text{ sec}$$

ซึ่งหลักการทำงานคือ เมื่อมีสัญญาณลอจิก "low" เข้ามาที่อินพุตขา 1 จะทำให้มีสัญญาณพัลส์ลอจิก "low" ออกทาง ขา 1 ($\bar{Q}$) ทำให้มีสัญญาณไปกระตุ้นการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้รู้ว่าตอนนี้มีคนโทรเข้ามาใช้งาน ส่วนกรณีที่ไม่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา พัลส์สัญญาณที่ออกทางขา 1 จะเป็นสภาวะลอจิก "high"

3.6 วงจรแปลงสัญญาณ DTMF เป็น BCD CODE

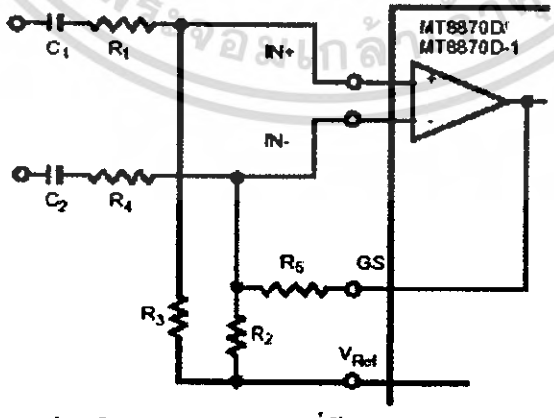
การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ DTMF เป็น BCD CODE นั้นจะต้องออกแบบให้ถูกต้อง เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ไม่ผิดพลาด โดยการคำนวณค่าต่างๆ จะหาจากความสัมพันธ์ที่มีตาม Data sheet ดังนี้

$$V_{Ref} = \frac{V_{DD}}{2}$$

$$A_v diff = \frac{R_5}{R_1}$$

$$R_3 = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5}$$

$$Z_{INDIFF} = 2\sqrt{R_1^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$$



รูปที่ 3.26 แสดงส่วนอินพุตของMT8870 ที่ต้องคำนวณหาค่าอุปกรณ์มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

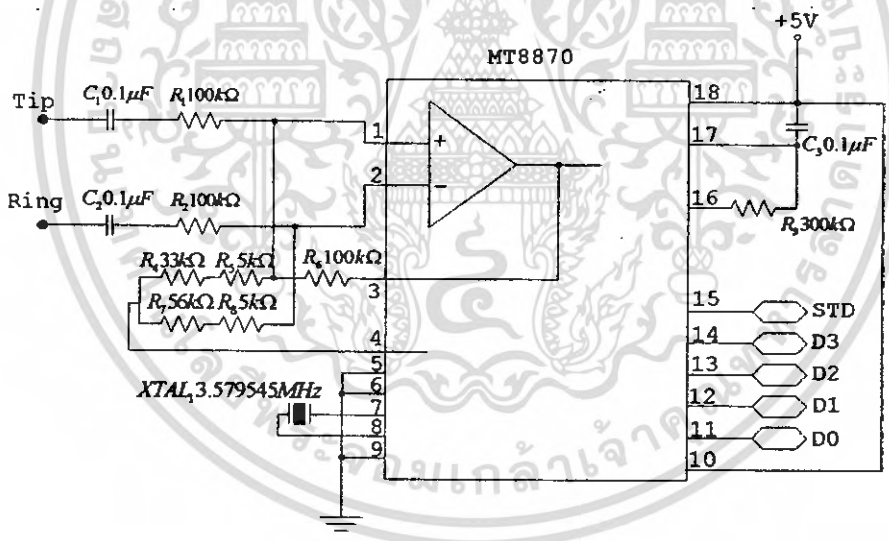
จากความสัมพันธ์ข้างต้น เมื่อกำหนดให้

$$C_1 = C_2 = 0.1\mu F$$
$$R_1 = R_4 = 100K\Omega$$
$$R_3 = 38K\Omega$$
$$A_V diff = 1$$

ดังนั้น

$$R_5 = R_1 = 100K\Omega$$
$$R_2 = \frac{(38K\Omega)(100K\Omega)}{100K\Omega - 38K\Omega}$$
$$= 61.29K\Omega$$
$$\simeq 61K\Omega$$

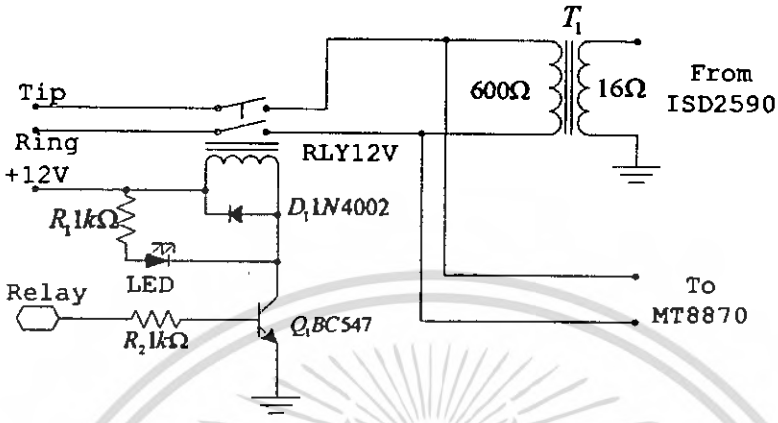
ส่วนวงจรใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 วงจรแปลงสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

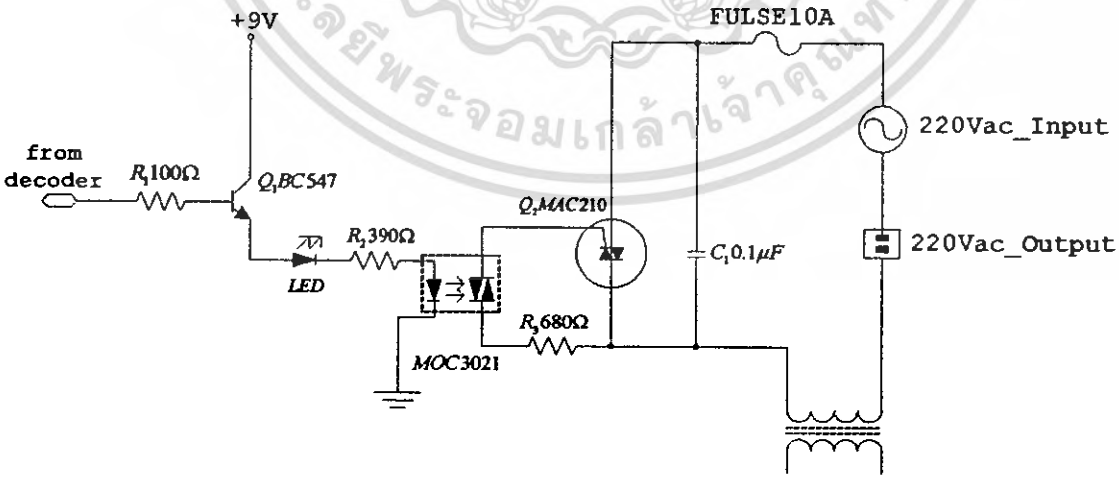
3.7 วงจรควบคุมการยกหู/วางหู และแมชชิ่งสายโทรศัพท์



รูปที่ 3.28 วงจรควบคุมการยกหู/วางหู และแมชชิ่งสายโทรศัพท์

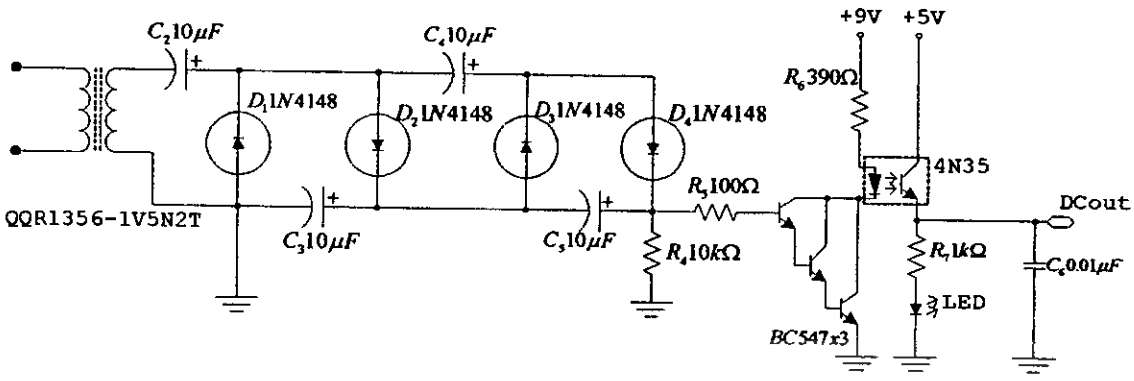
วงจรส่วนนี้มีความสำคัญมากในการแมชชิ่งเข้ากับชุมสายโทรศัพท์เพราะถ้าออกแบบไม่ดีจะไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับชุมสายได้ หลักการทำงานคือเมื่อมีสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะทำให้รีเลย์ทำงานและทำให้มีการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายและชุดควบคุม โดยตัวที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนกับเป็นเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ในสภาวะยกหูคือหม้อแปลงแมชชิ่งอิมพีแดนซ์ 600Ω และยังทำหน้าที่ในการถ่ายทอดสัญญาณเสียงตอบรับให้เข้าสู่คู่สายโทรศัพท์อีกด้วย

3.8 วงจร INTER FACE และดีเทคกระแส



รูปที่ 3.29 ส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 ส่วนของวงจรดีเทคกระแส

อุปกรณ์อินเตอร์เฟสที่ใช้ในโครงงานนี้ใช้ Triac เป็นสวิตชิ่งแทนรีเลย์แบบดั้งเดิม ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การออกแบบจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดกระแสให้กับออปโต้คัปเปลอร์ ซึ่งสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง อธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำหน้าที่เป็นสวิตชิ่ง โดยมีสัญญาณไบอัสจากวงจรถอดรหัสมาควบคุม ถ้าเป็นลอจิก "low" เข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสกลับ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส แต่ถ้าเป็นลอจิก "high" เข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับ ไบอัสตรงจึงทำให้เกิดการนำกระแส ส่งผลทำให้ออปโต้คัปเปลอร์นำกระแสด้วย ทำให้เกิดการทริกที่ขาเกตของไตรแอก ส่งผลให้ไตรแอกนำกระแสจ่ายไฟกระแสสูงไปยังโหลดได้ ซึ่งถ้าโหลดทำงานก็จะเกิดกระแสไหลในวงจร และกระแสที่ไหลจะผ่านหม้อแปลงสวิตชิ่งที่ใช้ดีเทคกระแส(Transformer current detection) ด้วย ทำให้เกิดการเหนี่ยวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดปฐมภูมิออกไปยังขดทุติยภูมิ ทำให้ขดทุติยภูมิมีแรงไฟเอซีค่าหนึ่ง(300 mV) ซึ่งเราจะใช้แรงดันเอซีนี้ไปควบคุมสัญญาณที่จะส่งกลับไปยังต้นทาง เป็นการบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ปลายทางว่าทำงานได้จริงหรือไม่ ส่วนวงจรใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.29

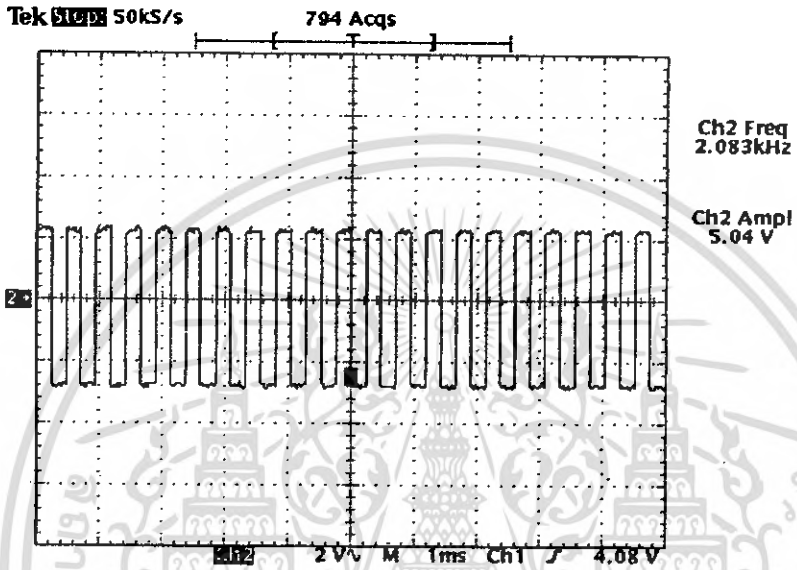
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

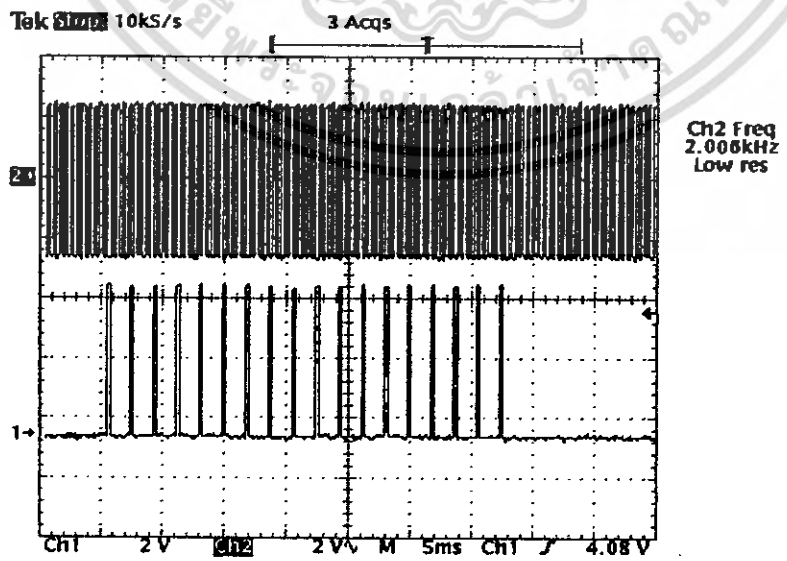
4.1 วงจรเข้ารหัส

4.1.1 วัดสัญญาณ Oscillator ของภาคเข้ารหัสที่ขา 12 ของ MC145026 ซึ่งจะได้สัญญาณความถี่ดังนี้



รูปที่ 4.1 สัญญาณความถี่ Oscillator ของวงจรเข้ารหัส

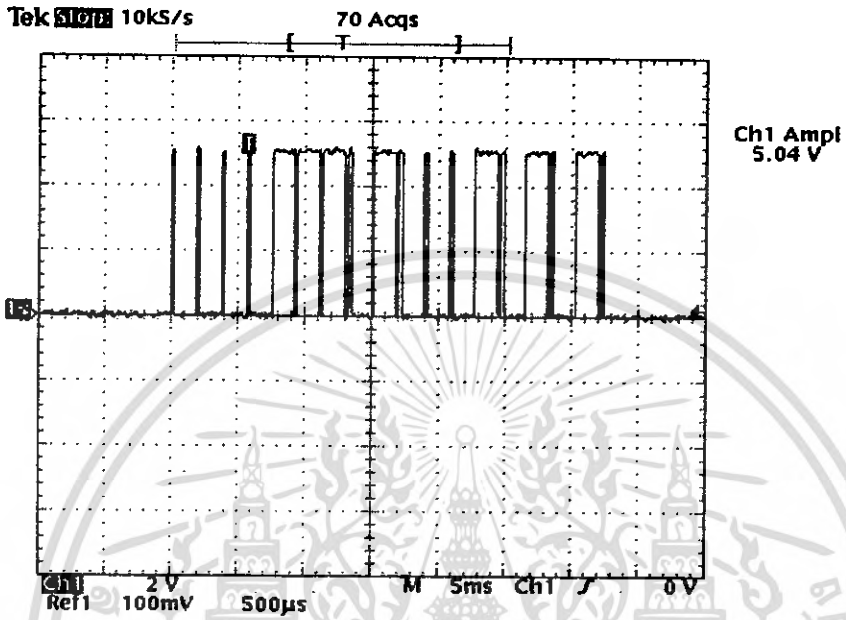
4.1.2 กำหนดรหัส address และ data เป็น 000000000 โดย "0" หมายถึงต่อลงกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 000000000(รูปล่าง)

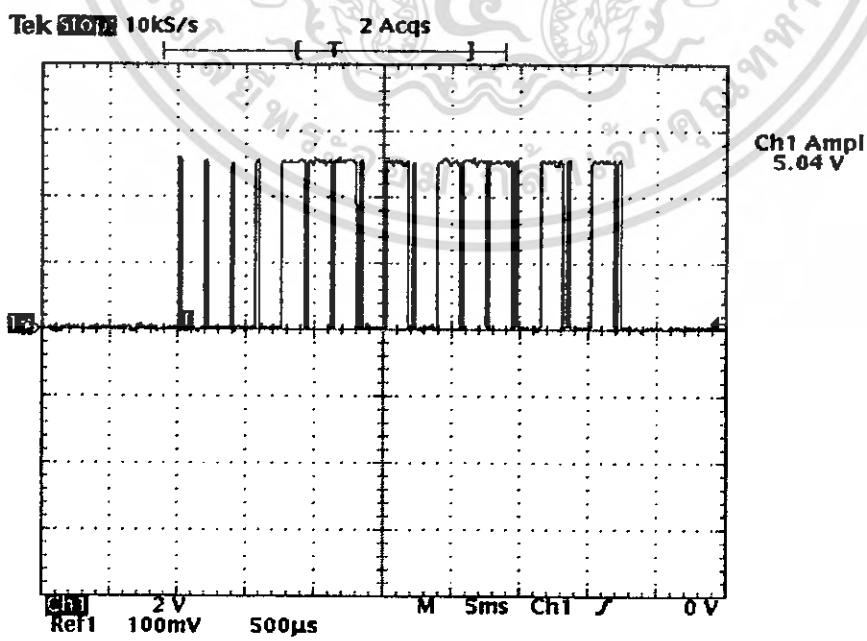
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 กำหนดรหัส address และ data เป็นรหัสข้อมูลการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(001HH0HHH) โดย "H" หมายถึงลอยขาสัญญาณไว้ ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 001HH0HHH

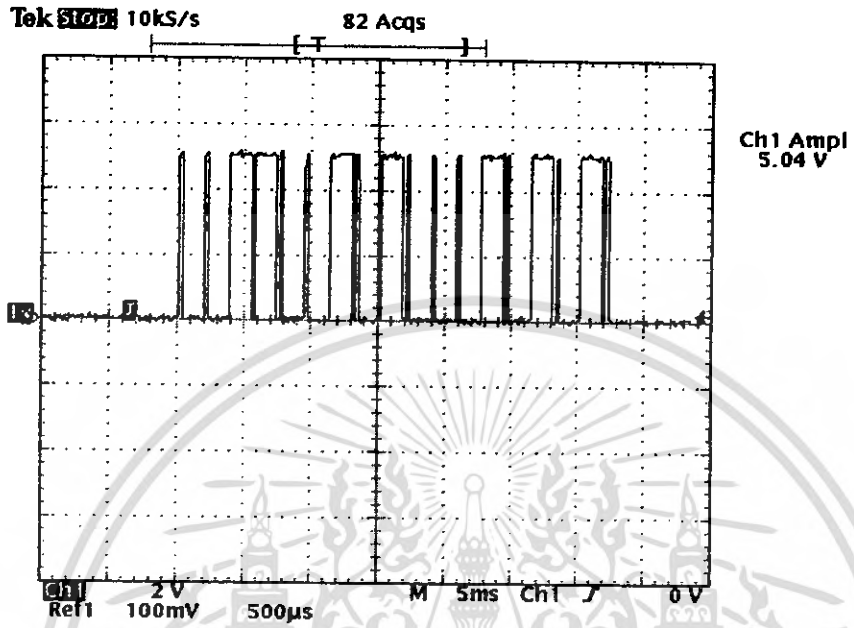
4.1.4 กำหนดรหัส address และ data เป็นรหัสข้อมูลการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(001HH1HHH) ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 001HH1HHH

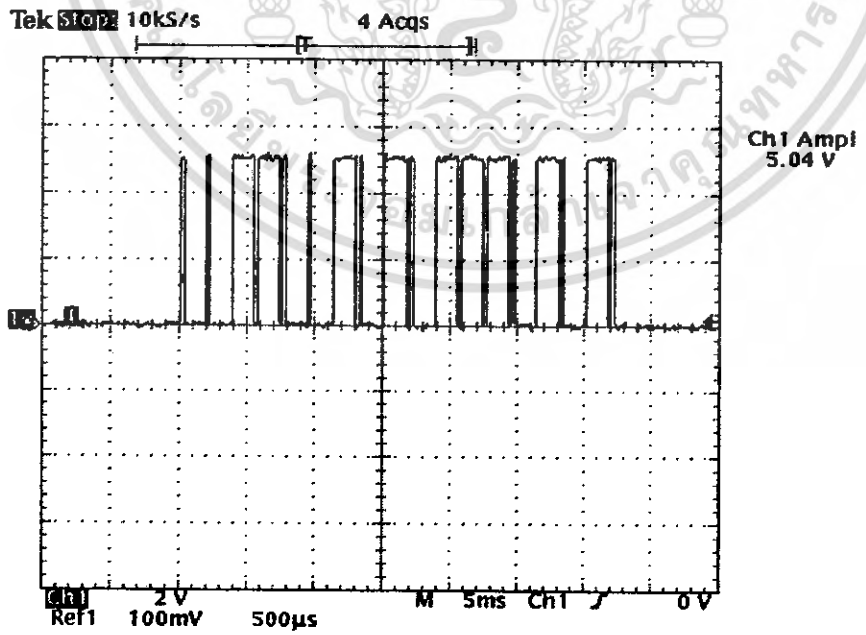
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 กำหนดรหัส address และ data เป็นรหัสข้อมูลการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(010HH0HHH) ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 010HH0HHH

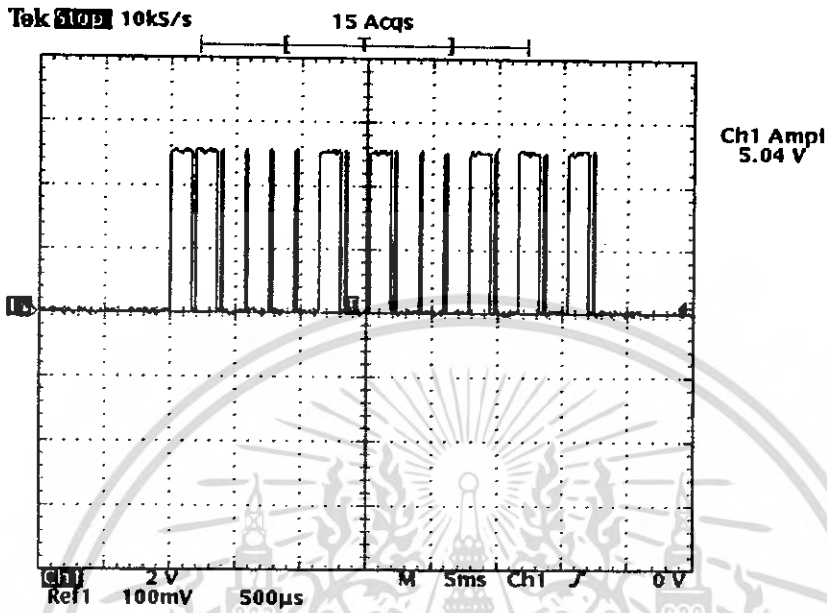
4.1.6 กำหนดรหัส address และ data เป็นรหัสข้อมูลการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(010HH1HHH) ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 010HH1HHH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

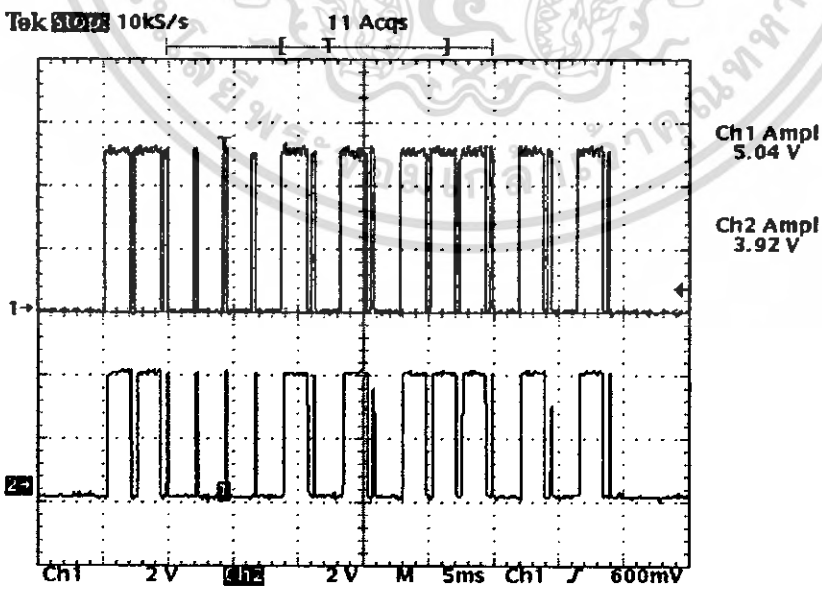
4.1.7 กำหนดรหัส address และ data เป็นรหัสข้อมูลการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4(100HH0HHH) ซึ่งเมื่อวัดสัญญาณทางเอาท์พุตที่ขา 15 ที่มีความยาว 1 word จะได้สัญญาณดังนี้



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุตของ Encoder เมื่อรหัสเป็น 100HH0HHH

4.2 ทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

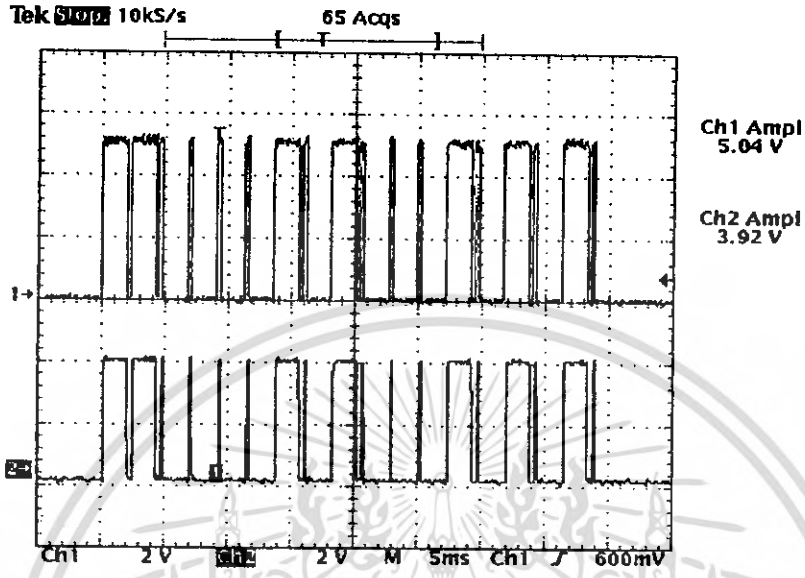
4.2.1 ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 001HH1HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

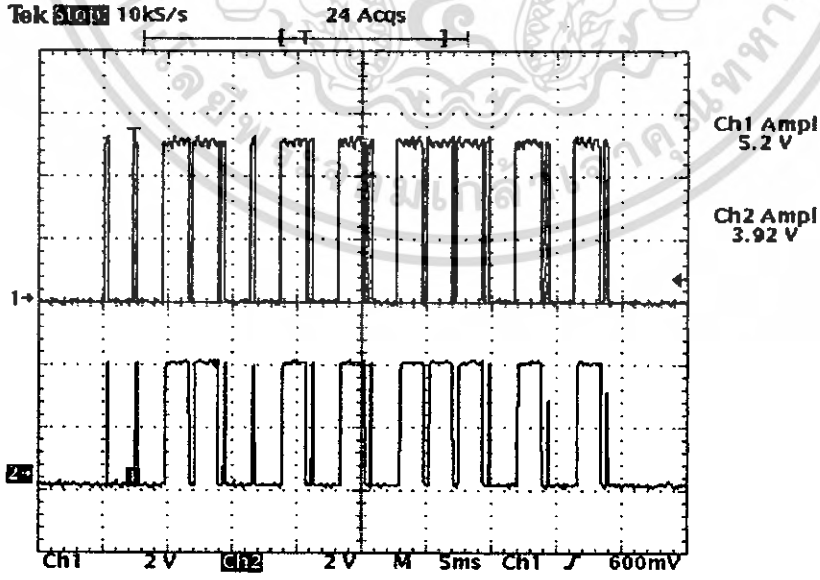
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 1 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 001HH0HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

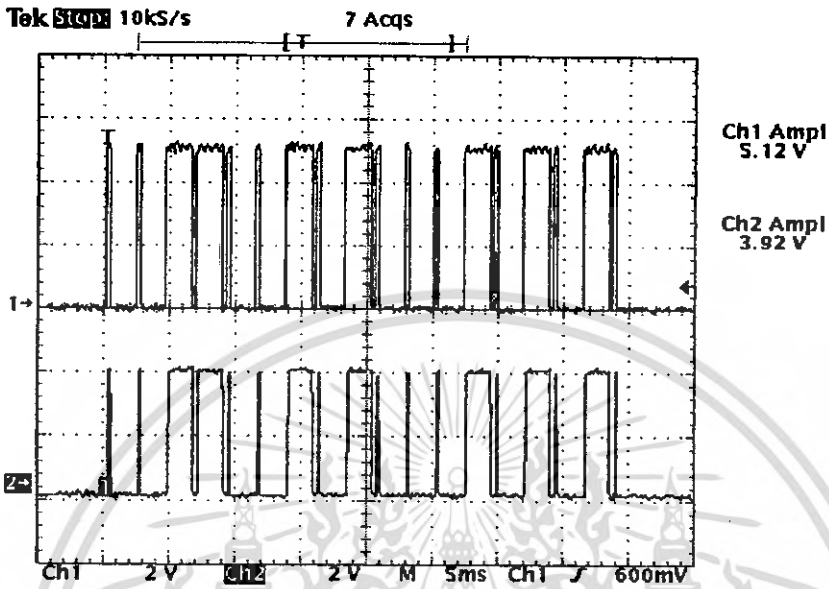
4.2.3 ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 2 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 010HH1HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

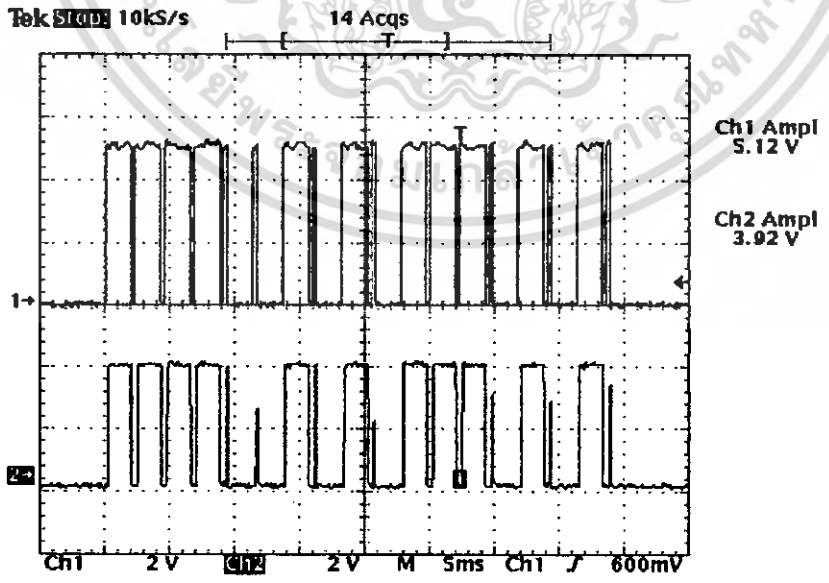
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 2 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 010HH0HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.11



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

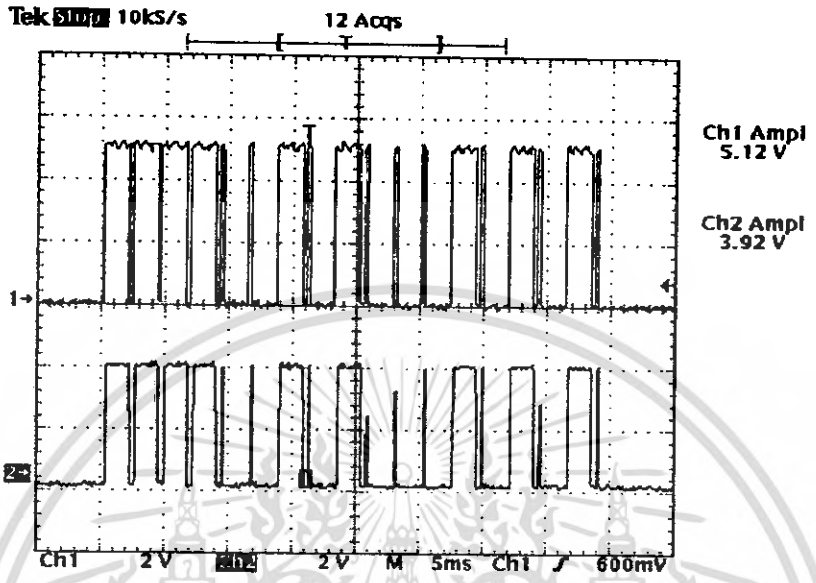
4.2.5 ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 3 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 011HH1HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.12



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

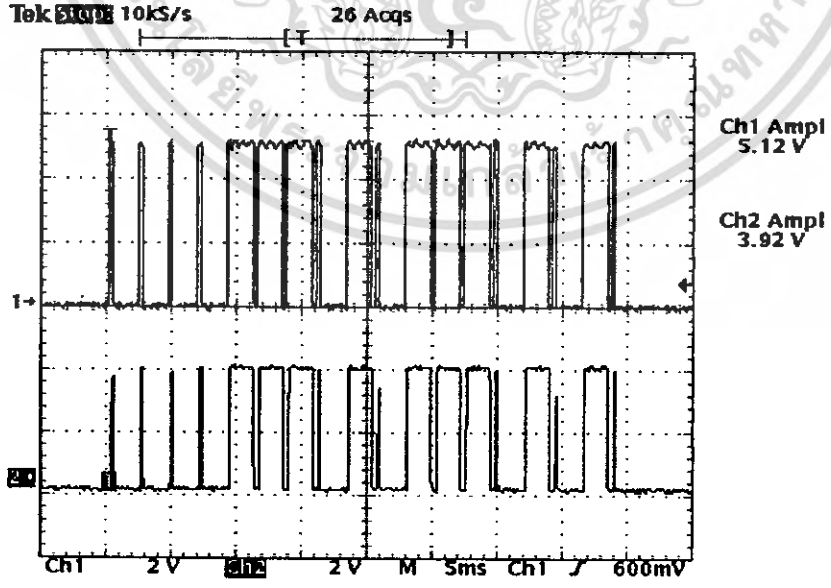
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 3 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 011HH0HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.13



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

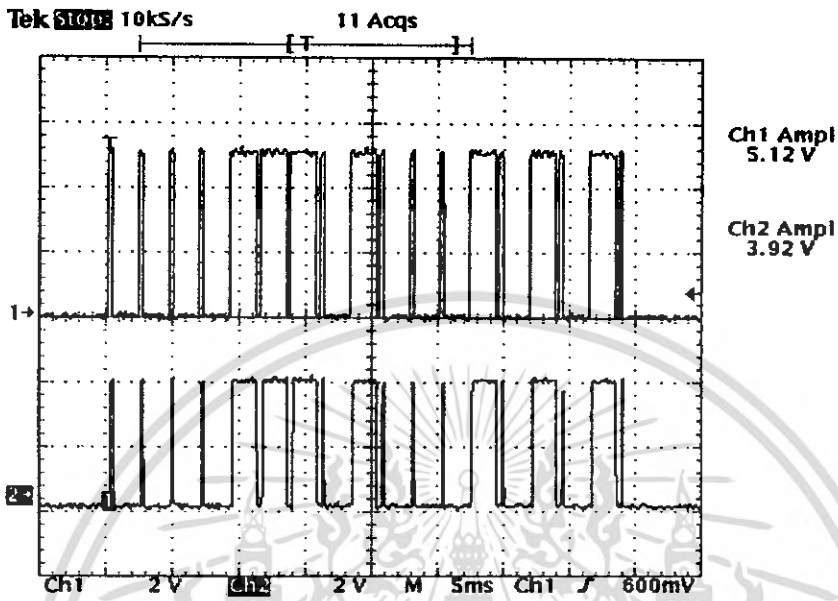
4.2.7 ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 4 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 100HH1HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.14



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

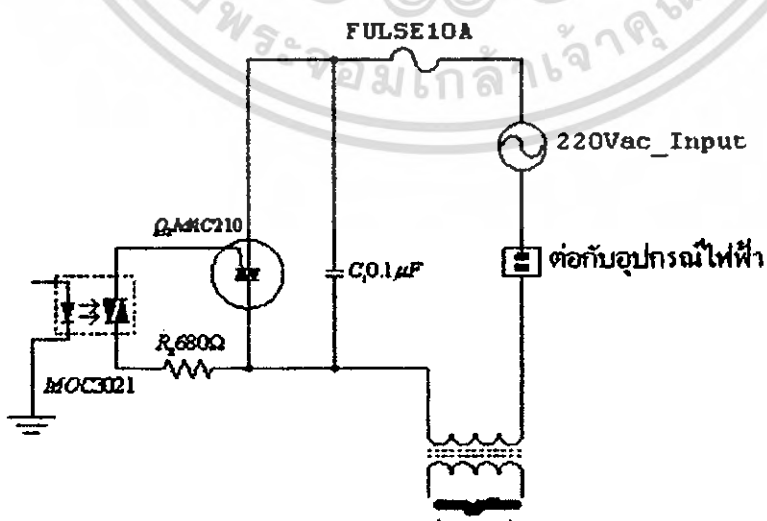
4.2.8 ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนลที่ 4 โดยทำการกำหนดรหัสที่วงจรเข้ารหัสเป็น 100HH0HHH ซึ่งจะได้สัญญาณที่ส่งและรับได้ดังรูป 4.15



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า CH4(รูปบน) และสัญญาณที่รับได้(รูปล่าง)

4.3 วงจรการดีเทคกระแสหรือตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

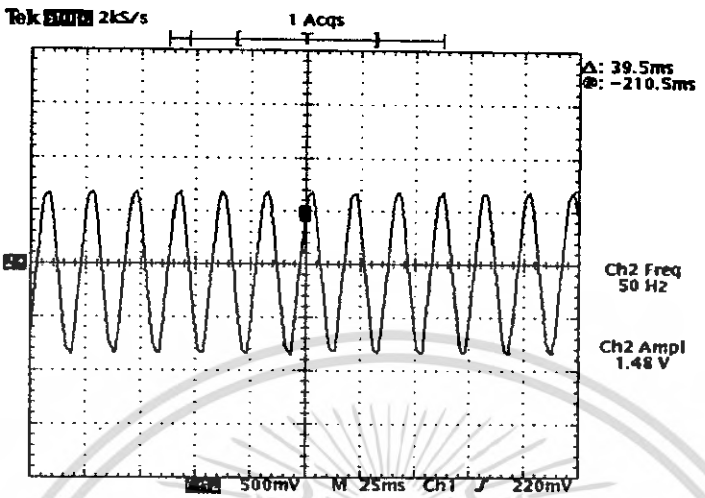
4.3.1 วัดสัญญาณที่ transformer current detection ดังรูปที่ 4.16 โดยหลักการของหม้อแปลงที่ใช้ในการดีเทคกระแสคือ การอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กระหว่างขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ทำให้เราสามารถนำค่าแรงดันที่ออกทางด้านขดทุติยภูมิไปใช้ในการควบคุมวงจรต่างๆ ได้ตามต้องการ



รูปที่ 4.16 วงจรอินเตอร์เฟสที่มีการดีเทคกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการวัดสัญญาณในขณะที่อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานจะได้สัญญาณที่ออกมาทางขดทุติยภูมิดังรูปที่ 4.17

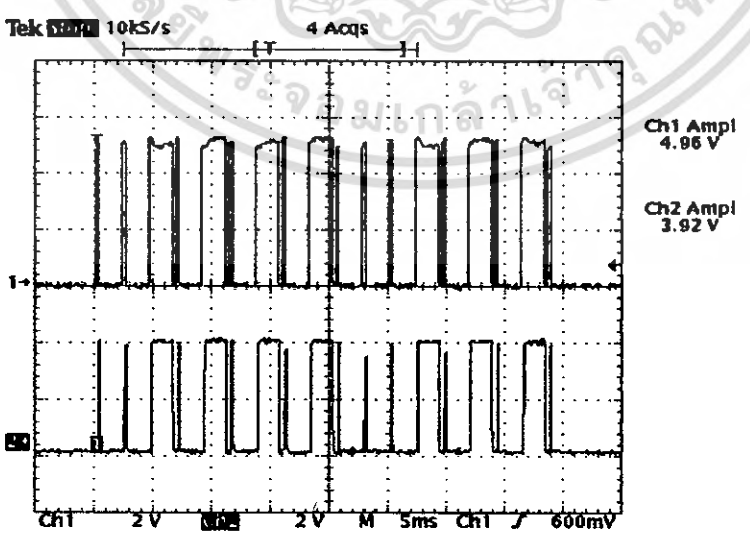


รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณที่ได้จาก Transformer current detection

4.4 วัดสัญญาณที่จะส่งสถานะย้อนกลับไปทางด้านส่ง

สัญญาณที่ได้จากวงจรดีเทคกระแสจะถูกนำมาใช้ในการควบคุมสถานะที่จะส่งกลับไปยังต้นทางเพื่อบอกให้ต้นทางรู้สถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะนั้นจริงๆ ทำให้ผู้ใช้งานแน่ใจได้ว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานจริงๆ

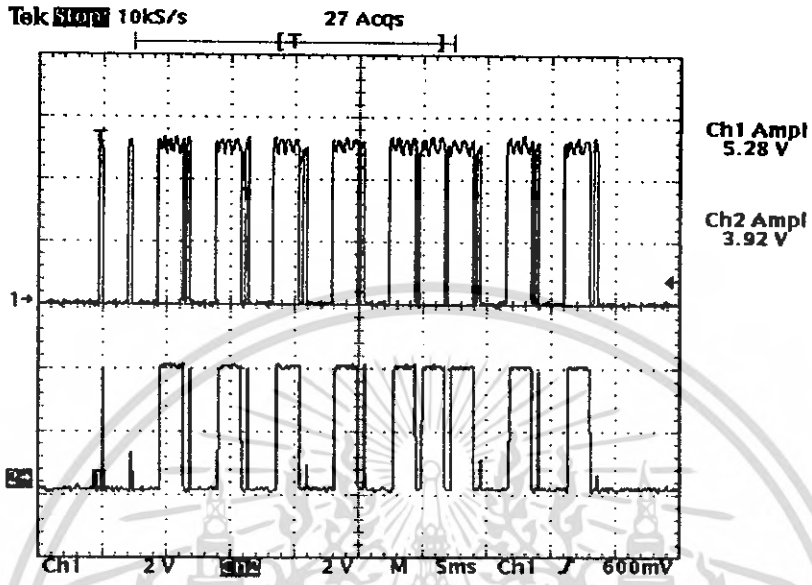
4.4.1 วัดสัญญาณที่ส่งย้อนกลับของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 1 เมื่ออยู่ในสถานะทำงาน(NO) โดยถูกตั้งรหัสไว้เป็น 0HHHH0HHH(ศูนย์ตัวแรกเป็นแชนแนลส่วนตัวที่ 2 เป็นสถานะที่ส่งกลับ) และสัญญาณที่รับได้ที่ด้านรับซึ่งแสดงสัญญาณที่วัดได้ดังรูป 4.18



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(รูปบน) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ต้นทาง(รูปล่าง)

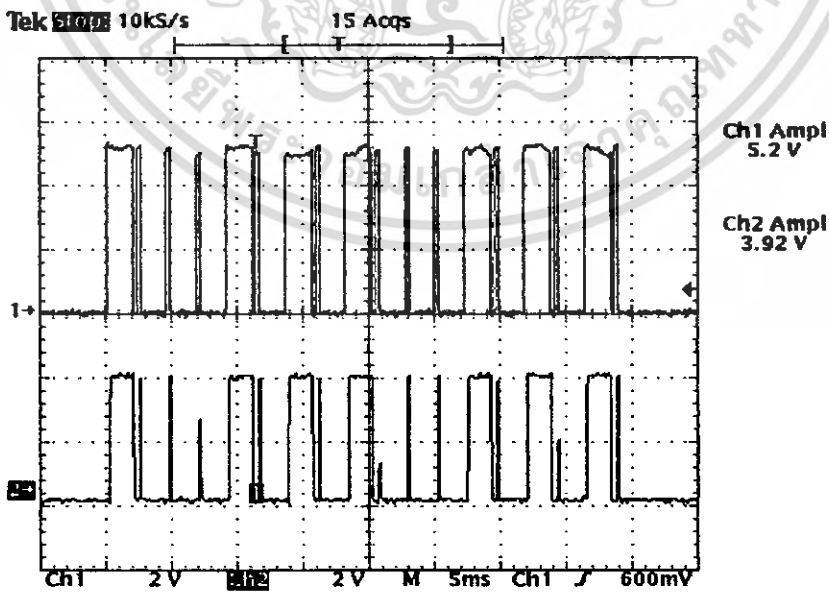
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วัดสัญญาณที่ส่งย้อนกลับของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 1 เมื่ออยู่ในสถานะไม่ทำงาน(OFF) โดยถูกตั้งรหัสไว้เป็น 0HHHH1HHH และสัญญาณที่รับได้ที่ด้านรับซึ่งแสดงสัญญาณที่วัดได้ดังรูป 4.19



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH1(รูปบน) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ OFF และสัญญาณที่รับได้ที่ต้นทาง(รูปล่าง)

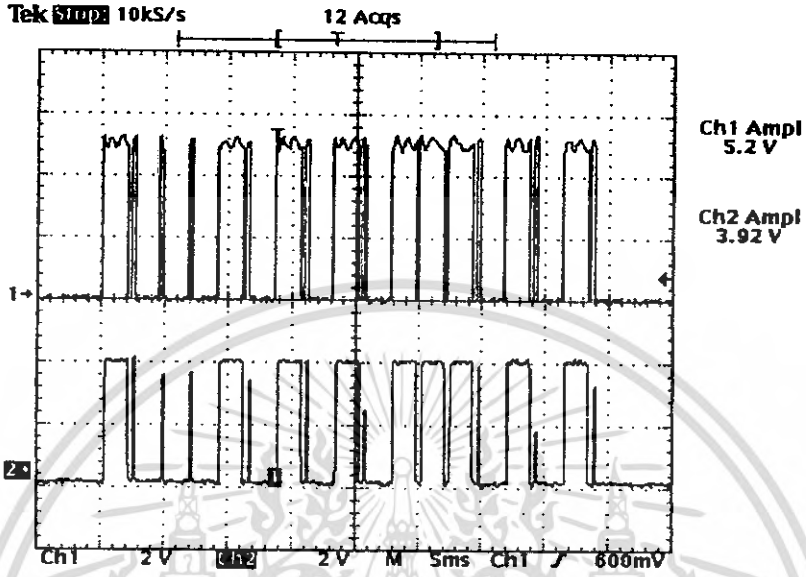
4.4.3 วัดสัญญาณที่ส่งย้อนกลับของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 2 เมื่ออยู่ในสถานะทำงาน(ON) โดยถูกตั้งรหัสไว้เป็น H0HHH0HHH และสัญญาณที่รับได้ที่ด้านรับซึ่งแสดงสัญญาณที่วัดได้ดังรูป 4.20



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(รูปบน) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ต้นทาง(รูปล่าง)

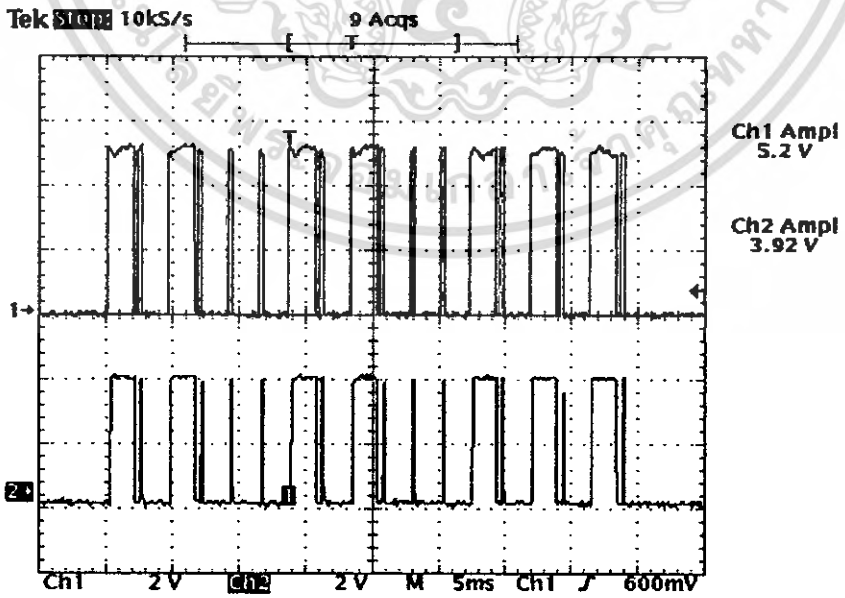
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 วัดสัญญาณที่ส่งย้อนกลับของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 2 เมื่ออยู่ในสถานะทำงาน(OFF) โดยถูกตั้งรหัสไว้เป็น H0HHH1HHH และสัญญาณที่รับได้ที่ด้านรับซึ่งแสดงสัญญาณที่วัดได้ดังรูป 4.21



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH2(รูปบน) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ OFF และสัญญาณที่รับได้ที่ด้นทาง(รูปล่าง)

4.4.5 วัดสัญญาณที่ส่งย้อนกลับของอุปกรณ์ไฟฟ้าแชนแนล 3 เมื่ออยู่ในสถานะทำงาน(ON) โดยถูกตั้งรหัสไว้เป็น HH0HH0HHH และสัญญาณที่รับได้ที่ด้านรับซึ่งแสดงสัญญาณที่วัดได้ดังรูป 4.22



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตของเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณบอกสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า CH3(รูปบน) เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่ในสถานะ ON และสัญญาณที่รับได้ที่ด้นทาง(รูปล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สรุปคุณสมบัติของเครื่องรับและเครื่องส่ง ASK

4.5.1 เครื่องส่ง ASK

ตารางที่ 4.1 สรุปคุณสมบัติของเครื่องส่ง

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์	ขอบเขต	Min	Typ	Max	หน่วย
V_{cc}	แรงดันใช้งาน		2.0	-	12.0	V
$I_{cc}1$	Peak Current(2V)		-	-	1.64	mA
$I_{cc}2$	Peak Current(12V)		-	-	19.4	mA
V_h	แรงดันอินพุตด้านสูง	$I_{data}(High) = 100\mu A$	Vcc-0.5V	Vcc	Vcc+0.5V	V
V_l	แรงดันอินพุตด้านต่ำ	$I_{data}(Low) = 0\mu A$	-	-	0.3	V
FO	ความถี่ส่ง	315,418 และ 433.92				MHz
PO	กำลังส่งที่สายอากาศ 50Ω	$V_{CC} = 12V$	-	16	-	dBm
		$V_{CC} = 5V$	-	14	-	dBm
DR	Data rate	External Encoding	512	4.8 k	200 k	bps
Modulation	Amplitude Shift Keying					

รูปที่ 4.23 แสดงส่วนของเครื่องส่ง ASK ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมไปยังปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

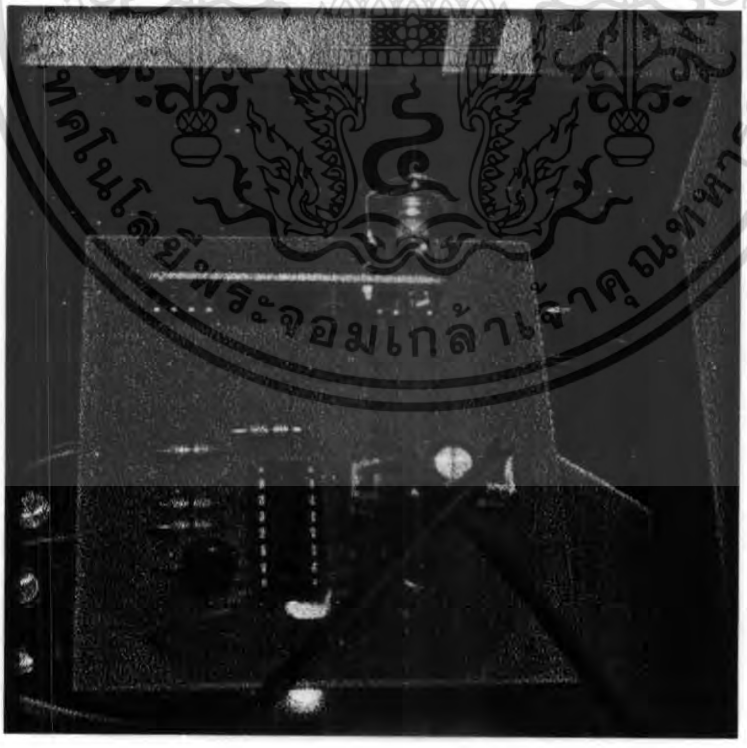
4.5.2 เครื่องรับ ASK

ตารางที่ 4.2 สรุปคุณสมบัติของเครื่องรับ

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์	ขอบเขต	Min	Typ	Max	หน่วย
V_{CC}	แรงดันที่ใช้งาน		3.3	5.0	6.0	V
I_{tot}	กระแสที่ใช้งาน		-	4.5	-	mA
V_{data}	Data Out	$I_{data} = +200\mu A(High)$ $I_{data} = -10\mu A(Low)$	$V_{CC} - 0.5$	-	0.3	V

คุณลักษณะทางไฟฟ้า

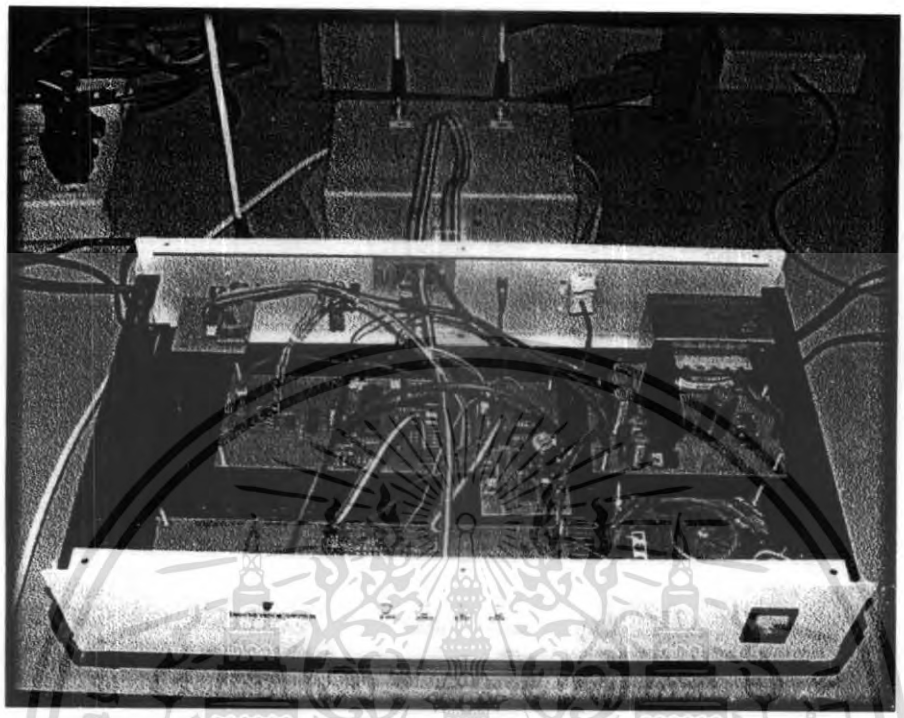
คุณลักษณะ	SYM	Min	Typ	Max	หน่วย
ความถี่รับ	FC		315,418 และ 433.92		MHz
ความไว	Pref		-110		dBm
ความกว้างช่องสัญญาณ			±500		KHz
Data Rate			4.8k		bps
Receiver Turn On Time			5		mS



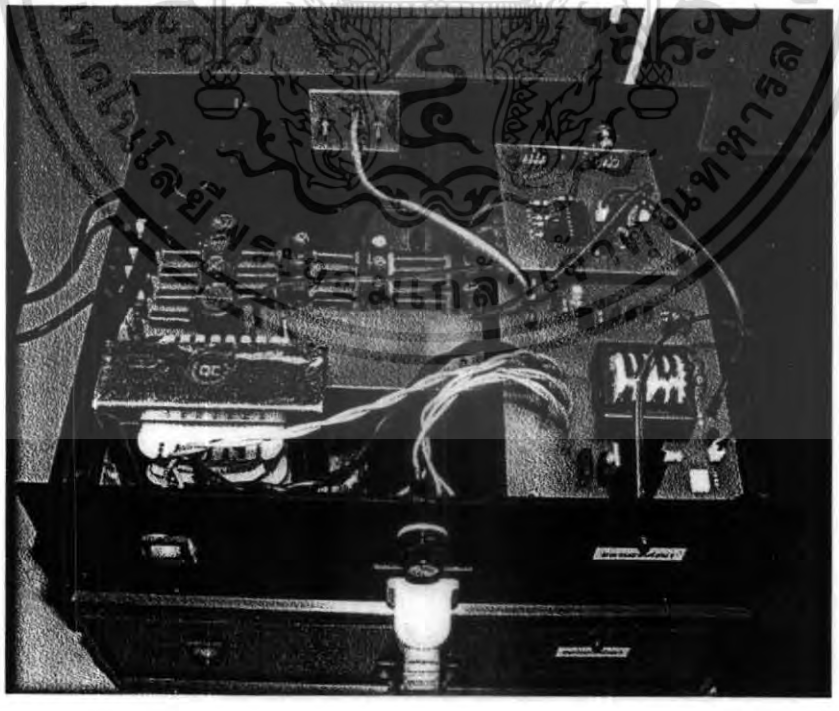
รูปที่ 4.24 แสดงส่วนของเครื่องรับ ASK ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมจากต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 สรุปภาพทดสอบการใช้งานจริง

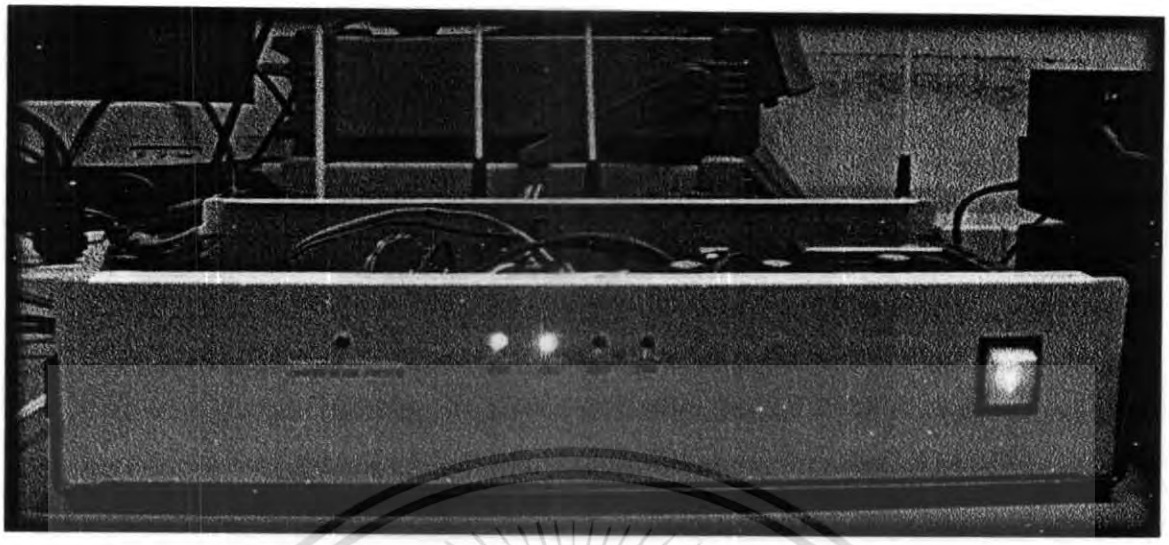


รูปที่ 4.25 แสดงเครื่องสำเร็จต้นทางที่ใช้ในการส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังปลายทาง



รูปที่ 4.26 แสดงเครื่องสำเร็จทางด้านรับแชนแนลที่ 1 และ 2 ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าและดีเทคกระแสเพื่อส่งสัญญาณบอกสถานะการทำงานกลับไปยังต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปลายทางส่งกลับมาให้ต้นทางทราบโดยจากรูป แชนแนลที่ 1 และ 2 ทำงานอยู่ส่วนแชนแนลที่ 3 และ 4 ไม่ทำงาน

รูปที่ 4.28 แสดงสภาวะการทำงานของชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ทางด้านปลายทาง แชนแนลที่ 1 (ตัวบน) และแชนแนลที่ 2 (ตัวล่าง) ซึ่งอยู่ในสภาวะกำลังทำงานทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบและแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน

1. ภาคส่ง-รับต้นทางจะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ
   - 1.1 วงจรเข้ารหัส
   - 1.2 วงจร ASK MODULATOR
   - 1.3 วงจร ASK DEMODDULATOR
2. ภาครับ-ส่งปลายทางจะมีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนคือ
   - 2.1 วงจรASK DEMODULATOR
   - 2.2 วงจรถอดรหัส
   - 2.3 วงจร Generate Encoder Digital Signal
   - 2.4 วงจร ASK MODDULATOR
3. ภาคควบคุมจะมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน
   - 3.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
   - 3.2 วงจรตอบรับอัตโนมัติ

จากการทดลองใช้งาน วงจรส่วนใหญ่สามารถใช้งานได้ดี แต่มีบางส่วนเท่านั้นที่ยังต้องแก้ไข เพราะสัญญาณที่ได้ยังไม่มีเสถียรภาพมากพอที่จะเปิดใช้งานตลอดเวลาได้ โดยปัญหาที่เกิดระหว่างการทดลองสรุปเป็นส่วนๆ ดังนี้

- วงจรภาคส่ง ASK

เนื่องจากโครงงานนี้ใช้เครื่องส่งหลายตัวและหลายความถี่ทำให้เกิดสัญญาณความถี่รบกวนกัน (Interference) แต่สามารถแก้ไขเบื้องต้นโดยการวางเครื่องรับและเครื่องส่งที่ใช้งานคนละความถี่ให้อยู่ห่างๆ กัน

- วงจรภาครับ ASK

เนื่องจากวงจรทำงานที่ย่านความถี่สูง ทำให้ลายวงจรที่เป็นเส้นทองแดงมีผลต่อสัญญาณรบกวนได้ง่าย ซึ่งสามารถแก้ไขเบื้องต้นโดยการออกแบบให้มีพื้นที่ของกราวด์เพลนมากที่สุด และอุปกรณ์แต่ละตัวควรห่างกันน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้แผ่นวงจรมีขนาดเล็ก เป็นการลดสัญญาณรบกวนลงด้วย

- ภาคแมชชิ่งสายอากาศ

เนื่องจากเครื่องส่งทำงานที่ความถี่สูงมาก ดังนั้นการแมชชิ่งสายอากาศเพื่อทำให้มีการถ่ายทอดกำลังงานให้ออกไปยังสายอากาศทั้งหมดนั้นค่อนข้างลำบาก เพราะถ้าหากทำการแมชชิ่งสายอากาศไม่ดีก็จะไม่สามารถส่งออกอากาศได้เลย แต่เราสามารถทำการแมชชิ่งให้ดีที่สุดได้โดยพยายามทำลายวงจรที่ต่อออกจากสายอากาศของตัวเครื่องส่งให้มีระยะทางสั้นที่สุดและห้ามโยงสายส่งไปยังเสาอากาศเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียของกำลังงานที่สายควรจะทำเป็นคอนเนคเตอร์ดิดกับแผ่นปริ้นเลยจะดีมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวงจรอื่นๆ นั้นไม่ค่อยมีปัญหาอะไร

แนวทางการพัฒนาต่อ

- ในโครงงานนี้ถูกออกแบบให้สามารถโทรศัพท์เข้ามาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครั้งละ 1 แชนแนลเท่านั้น แต่ถ้าต้องการให้ควบคุมได้หลายแชนแนลต่อการโทรศัพท์เข้ามาใช้งานแต่ละครั้งจะต้องเปลี่ยนแปลงโปรแกรมใหม่โดยการเพิ่มลูปให้วนกลับไปรับคำสั่งใหม่
- เนื่องจากโครงงานนี้มีการดีเทคกระแสทำให้สามารถรู้สถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าจริงๆ ซึ่งมีประโยชน์มากในการนำไปพัฒนาโครงงานเกี่ยวกับการควบคุมระบบอื่นๆ เช่น ระบบรักษาความปลอดภัย
- โครงงานนี้มีการติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ทำให้สามารถพัฒนาซอร์ฟแวร์เพื่อเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอื่นๆ ได้ เช่น อินเตอร์เน็ต ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, และ นคร ภักดีชาติ. ม.ป.ป. การทดลองและใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษา C ฉบับ AT89Cx051. กรุงเทพฯ: อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

วิโรจน์ แก้วจันทร์. 2543. ทฤษฎีเครื่องส่งวิทยุ. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ต ซินดิเคท.

วิวัฒน์ กิรานนท์. 2546. วิศวกรรมการสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

สุรศักดิ์ ศรีมากรณ์. ม.ป.ป. ทฤษฎีและเทคนิค ระบบโทรศัพท์. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

อุดม รานอก. 2548. ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. กรุงเทพฯ: อินโฟเพรส.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <reg51.h>
#include <intrins.h>
#include <absacc.h>
sbit A1 = P0^0;
sbit A2 = P0^1;
sbit A3 = P0^2;
sbit control = P0^3;
sbit      TE = P0^4;
sbit  Time5s = P0^5;
sbit  Time9s = P3^0;
sbit ResTime = P3^1;
sbit a0 = P1^0;
sbit a1 = P1^1;
sbit a2 = P1^2;
sbit a3 = P1^3;
sbit a4 = P1^4;
sbit START1 = P1^5;
sbit START2 = P1^6;
sbit START3 = P1^7;
sbit D0 = P2^0;
sbit D1 = P2^1;
sbit D2 = P2^2;
sbit D3 = P2^3;
sbit  START4 = P2^4;
sbit  START5 = P2^5;
sbit   relay = P2^6;
sbit ringing = P2^7;
sbit DCH1 = P3^4;
sbit DCH2 = P3^5;
sbit DCH3 = P3^6;
sbit DCH4 = P3^7;
unsigned char timeout;
bit eom;
bit STD;
void endvoice (void) interrupt 0
{
      eom = 0;
}
void keyresponse (void) interrupt 2
{
      STD = 0;
}

void init_port(void)
{
  /*** initial interrupt ***/
       IT0 = 1;            // Set INT0 active Low
       EX0 = 1;            // Enable INT0
       IT1 = 1;            // Set INT1 active Low
       EX1 = 1;            // Enable INT1
        EA = 1;            // Enable all interrupt

  /*** initial input port and first status ***/
        D0 = 1;
        D1 = 1;
        D2 = 1;
        D3 = 1;
      DCH1 = 1;
      DCH2 = 1;
      DCH3 = 1;
      DCH4 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Time5s = 1;
        Time9s = 1;
        START1 = 1;
        START2 = 1;
        START3 = 1;
        START4 = 1;
        START5 = 1;
       ringing = 1;
}

void voice1(void)
{
        a0 = 1;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START1 = 0;
}
void voice2(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 1;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START1 = 0;
}
void voice3(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 1;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START1 = 0;
}
void voice4(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 1;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START1 = 0;
}
void voice5(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 1;
       eom = 1;
   START1 = 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void voice6(void)
{
        a0 = 1;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START2 = 0;
}
void voice7(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 1;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START2 = 0;
}
void voice8(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 1;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START2 = 0;
}
void voice9(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 1;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START2 = 0;
}
void voice10(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 1;
       eom = 1;
   START2 = 0;
}
void voice11(void)
{
        a0 = 1;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START3 = 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void voice12(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 1;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START3 = 0;
}
void voice13(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 1;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START3 = 0;
}
void voice14(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 1;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START3 = 0;
}
void voice15(void)
{
        a0 = 1;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START4 = 0;
}

void voice16(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 1;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START4 = 0;
}
void voice17(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 1;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
    START4 = 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void voice18(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 1;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START4 = 0;
}
void voice19(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 1;
       eom = 1;
   START4 = 0;
}
void voice20(void)
{
        a0 = 1;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START5 = 0;
}
void voice21(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 1;
        a2 = 0;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START5 = 0;
}
void voice22(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 1;
        a3 = 0;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START5 = 0;
}
void voice23(void)
{
        a0 = 0;
        a1 = 0;
        a2 = 0;
        a3 = 1;
        a4 = 0;
       eom = 1;
   START5 = 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void delayline(unsigned char value)
{
 unsigned int i,time;
   TMOD = 0x10;                  // Timer1 Mode1 16 bit counter
   time = 100*value;
   for(i=0; i<=time; i++)
    {
        TH1 = 0xDC;
        TL1 = 0x00;              // 10 mS = 0xDC00
        TF1 = 0;
        TR1 = 1;                 // start timer1
        while(TF1 == 0);
        TR1 = 0;
    }
  }

unsigned char scan_number(void)
{ unsigned char num;
   /*   number      D3 D2 D1 D0      symbol_instead
          1          0  0  0  1          0x01
          2          0  0  1  0          0x02
          3          0  0  1  1          0x03
          4          0  1  0  0          0x04
          5          0  1  0  1          0x05
          6          0  1  1  0          0x06
          7          0  1  1  1          0x07
          8          1  0  0  0          0x08
          9          1  0  0  1          0x09
          0          1  0  1  0          0x0A
          *          1  0  1  1          0x0B
          #          1  1  0  0          0x0C
   */

if((D3 == 0)&&(D2 == 0)&&(D1 == 0)&&(D0 == 1)) {num = 0x01;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 0)&&(D1 == 1)&&(D0 == 0)) {num = 0x02;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 0)&&(D1 == 1)&&(D0 ==1)) {num = 0x03;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 1)&&(D1 == 0)&&(D0 == 0)) {num = 0x04;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 1)&&(D1 == 0)&&(D0 == 1)) {num = 0x05;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 1)&&(D1 == 1)&&(D0 == 0)) {num = 0x06;}
else
{if((D3 == 0)&&(D2 == 1)&&(D1 == 1)&&(D0 == 1)) {num = 0x07;}
else
{if((D3 == 1)&&(D2 == 0)&&(D1 == 0)&&(D0 == 0)) {num = 0x08;}
else
{if((D3 == 1)&&(D2 == 0)&&(D1 == 0)&&(D0 == 1)) {num = 0x09;}
else
{if((D3 == 1)&&(D2 == 0)&&(D1 == 1)&&(D0 == 0)) {num = 0x0A ;}
else
{if((D3 == 1)&&(D2 == 0)&&(D1 == 1)&&(D0 == 1)) {num = 0x0B;}
else
{if((D3 == 1)&&(D2 == 1)&&(D1 == 0)&&(D0 == 0)) {num = 0x0C;}
    else
        { num = 0x0D;}
      }
     }
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          }
         }
        }
       }
      }
     }
    }
   }
  return(num);
 }
 void ON_CH1(void)
 {
            A1 = 1;
            A2 = 0;
            A3 = 0;
       control = 1;              // ON Control
            TE = 0;              // send data ON control
      delayline(2);              // delay for sure data to Rx
            TE = 1;
 }
 void ON_CH2(void)
 {
            A1 = 0;
            A2 = 1;
            A3 = 0;
       control = 1;
            TE = 0;
      delayline(2);
            TE = 1;
 }
 void ON_CH3(void)
 {
            A1 = 1;
            A2 = 1;
            A3 = 0;
       control = 1;
            TE = 0;
      delayline(2);
            TE = 1;
 }
 void ON_CH4(void)
 {
            A1 = 0;
            A2 = 0;
            A3 = 1;
       control = 1;
            TE = 0;
      delayline(2);
            TE = 1;
 }
 void OFF_CH1(void)
 {
            A1 = 1;
            A2 = 0;
            A3 = 0;
       control = 0;              // OFF Control
            TE = 0;              // send data OFF control
      delayline(2);              // delay for sure data to Rx
            TE = 1;
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void OFF_CH2(void)
{
          A1 = 0;
          A2 = 1;
          A3 = 0;
     control = 0;
          TE = 0;
    delayline(2);
          TE = 1;
}

void OFF_CH3(void)
{
          A1 = 1;
          A2 = 1;
          A3 = 0;
     control = 0;
          TE = 0;
    delayline(2);
          TE = 1;
}
void OFF_CH4(void)
{
          A1 = 0;
          A2 = 0;
          A3 = 1;
     control = 0;
          TE = 0;
    delayline(2);
          TE = 1;
}

unsigned char chkpassword(void)
{
  unsigned int loop=0,count,chk,i;
  unsigned int keeppassword[4];
  unsigned int password[4]={0x01,0x02,0x03,0x04}; //define you password.

       do{
              count = 0;
                STD = 1;
            timeout = 0;
             while(count<4)
              {
                if(timeout == 1 ){  break; }
                while((!STD)||(Time5s == 1))
                 {
                    if(STD == 1)
                     {
                        voice20();
                        while(eom);
                        START5 = 1;
                        timeout = 1;
                        break;
                     }
                    keeppassword[count] = scan_number();
                      count = count+1;
                        STD = 1;
                    ResTime = 1;
                    ResTime = 0;
                 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            }
          chk = 0;
          for(i=0; ((i<4)&&(timeout == 0)); i++)
             {
               if(password[i] == keeppassword[i])
                           chk = chk+1;
             }
          if(chk == 4)
           {
             voice5();
             while(eom);
             START1 = 1;
             break;
           }
          else
            {
              if((loop<2)&&(timeout == 0))
               {
                 voice3();
                 while(eom);
                 START1 = 1;
                 ResTime = 1;
                 ResTime = 0;
               }
              if(timeout == 0) { loop = loop+1; }
            }
        }while((loop <3)&&(chk != 4)&&(timeout == 0));
      if(loop >=3)
       {
         voice4();
         while(eom);
         START1 = 1;
         relay = 0;
       }
  return(loop);
}

void controlCH_ON(unsigned char CH)
{
  switch(CH)
   {
       case 0x01: voice17();
                  while(eom);
                  START4 = 1;
                  ON_CH1();
                  if(DCH1 == 0)
                   {
                     voice6();
                     while(eom);
                     START2 = 1;
                     voice18();
                     while(eom);
                     START4 = 1;
                   }
                  else
                    {
                      ON_CH1();  // To command again if error control.
                      if(DCH1 == 0)
                       {
                         voice6();
                         while(eom);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        START2 = 1;
                        voice18();
                        while(eom);
                        START4 = 1;
                      }
                     else
                       {
                         voice7();
                         while(eom);
                         START2 = 1;
                         voice18();
                         while(eom);
                         START4 = 1;
                       }
                   }
        break;

   case 0x02: voice17();
              while(eom);
              START4 = 1;
              ON_CH2();
              if(DCH2 == 0)
               {
                 voice8();
                 while(eom);
                 START2 = 1;
                 voice18();
                 while(eom);
                 START4 = 1;
               }
              else
                {
                  ON_CH2();
                  if(DCH2 == 0)
                   {
                     voice8();
                     while(eom);
                     START2 = 1;
                     voice18();
                     while(eom);
                     START4 = 1;
                   }
                  else
                    {
                      voice9();
                      while(eom);
                      START2 = 1;
                      voice18();
                      while(eom);
                      START4 = 1;
                    }
                }
      break;

  case 0x03: voice17();
             while(eom);
             START4 = 1;
             ON_CH3();
             if(DCH3 == 0)
              {
                voice11();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                while(eom);
                START3 = 1;
                voice18();
                while(eom);
                START4 = 1;
               }
              else
                {
                  ON_CH3();
                  if(DCH3 == 0)
                   {
                     voice11();
                     while(eom);
                     START3 = 1;
                     voice18();
                     while(eom);
                     START4 = 1;
                   }
                  else
                    {
                      voice12();
                      while(eom);
                      START3 = 1;
                      voice18();
                      while(eom);
                      START4 = 1;
                    }
                }
      break;

case 0x04: voice17();
           while(eom);
           START4 = 1;
           ON_CH4();
           if(DCH4 == 0)
            {
              voice13();
              while(eom);
              START3 = 1;
              voice18();
              while(eom);
              START4 = 1;
            }
          else
            {
              ON_CH4();
              if(DCH4 == 0)
               {
                 voice13();
                 while(eom);
                 START3 =1;
                 voice18();
                 while(eom);
                 START4 = 1;
               }
              else
                {
                  voice14();
                  while(eom);
                  START3 = 1;
                  voice18();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    while(eom);
                    START4 = 1;
                  }
                }
              }
 }

void controlCH_OFF(unsigned char CH)
{
  switch(CH)
   {
      case 0x01: voice17();
                 while(eom);
                 START4 = 1;
                 OFF_CH1();
                 if(DCH1 == 1)
                  {
                    voice7();
                    while(eom);
                    START2 = 1;
                    voice18();
                    while(eom);
                    START4 = 1;
                  }
                 else
                  {
                    OFF_CH1();  // To command again if error control.
                    if(DCH1 == 1)
                     {
                       voice7();
                       while(eom);
                       START2 = 1;
                       voice18();
                       while(eom);
                       START4 = 1;
                     }
                    else
                     {
                       voice6();
                       while(eom);
                       START2 = 1;
                       voice18();
                       while(eom);
                       START4 = 1;
                     }
                  }
         break;

    case 0x02: voice17();
               while(eom);
               START4 = 1;
               OFF_CH2();
               if(DCH2 == 1)
                {
                  voice9();
                  while(eom);
                  START2 = 1;
                  voice18();
                  while(eom);
                  START4 = 1;
                }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                else
                  {
                    OFF_CH2();
                    if(DCH2 == 1)
                     {
                       voice9();
                       while(eom);
                       START2 = 1;
                       voice18();
                       while(eom);
                       START4 = 1;
                     }
                    else
                      {
                        voice8();
                        while(eom);
                        START2 = 1;
                        voice18();
                        while(eom);
                        START4 = 1;
                      }
                  }
      break;

case 0x03: voice17();
           while(eom);
           START4 = 1;
           OFF_CH3();
           if(DCH3 == 1)
            {
             voice12();
             while(eom);
             START3 = 1;
             voice18();
             while(eom);
             START4 = 1;
            }
           else
            {
             OFF_CH3();
             if(DCH3 == 1)
              {
                voice12();
                while(eom);
                START3 = 1;
                voice18();
                while(eom);
                START4 = 1;
              }
             else
               {
                 voice11();
                 while(eom);
                 START3 = 1;
                 voice18();
                 while(eom);
                 START4 = 1;
               }
            }
     break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 0x04: voice17();
               while(eom);
               START4 = 1;
               OFF_CH4();
               if(DCH4 == 1)
                 {
                   voice14();
                   while(eom);
                   START3 = 1;
                   voice18();
                   while(eom);
                   START4 = 1;
                 }
                else
                  {
                    OFF_CH4();
                    if(DCH4 == 1)
                     {
                       voice14();
                       while(eom);
                       START3 = 1;
                       voice18();
                       while(eom);
                       START4 = 1;
                     }
                    else
                     {
                       voice13();
                       while(eom);
                       START3 = 1;
                       voice18();
                       while(eom);
                       START4 = 1;
                     }
                  }
               }
 }

void main()
{ unsigned char report[4];
  unsigned char j,u=0,v=0,w=0,z,check_loop;
  unsigned char check,select_MODE,selectCH_ON,selectCH_OFF;
  a0 = 0;
  a1 = 0;
  a2 = 0;
  a3 = 0;
  a4 = 0;
  ResTime = 0;
  init_port();
  while(1)
   {
     if(ringing == 1) { relay = 0; }
     else
       {
         relay = 1;
         voice1();
         while(eom);
         START1 = 1;
         voice2();
         while(eom);
         START1 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ResTime = 1;
ResTime = 0;
check = chkpassword();
if((check < 3)&&(timeout == 0))
 {
   voice10();
   while(eom);
   START2 = 1;
   delayline(3);
   for(z = 1; z <= 4; z ++)
     { if(z == 1)
        { report[z] = DCH1; }
       else{
             if(z == 2)
              { report[z] = DCH2; }
             else{
                   if(z == 3)
                    { report[z] = DCH3; }
                   else{
                         report[z] = DCH4;
                       }
                 }
           }
     }
  for(j =1; j <= 4; j++)
    {
     delayline(1);
     switch(j)
         {
           case 1: if(report[j] == 0)
                    {
                     voice6();
                     while(eom);
                     START2 = 1;
                    }
                   else
                    {
                     voice7();
                     while(eom);
                     START2 = 1;
                    }
                   break;

           case 2: if(report[j] == 0)
                    {
                     voice8();
                     while(eom);
                     START2 = 1;
                    }
                   else
                    {
                       voice9();
                       while(eom);
                       START2 = 1;
                    }
                   break;

           case 3: if(report[j] == 0)
                    {
                     voice11();
                     while(eom);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        START3 = 1;
                      }
                     else
                       {
                         voice12();
                         while(eom);
                         START3 = 1;
                       }
                     break;

            case 4: if(report[j] == 0)
                     {
                       voice13();
                       while(eom);
                       START3 = 1;
                     }
                    else
                     {
                       voice14();
                       while(eom);
                       START3 = 1;
                     }
          }
      }
STD = 1;
voice19();
while(eom);
START4 = 1;
ResTime = 1;
ResTime = 0;
while((STD)&&(Time9s == 0));
if(STD == 1)                    // Check time more then 9 sec to exit.
 { v = 1;  }
if(v == 1)
 {
   voice20();
   while(eom);
   START5 = 1;
        v = 0;                  // to restore at first value.
   relay = 0;
 }
else
  {
    select_MODE = scan_number();
           STD = 1;
    switch(select_MODE)
        {
          case 0x01: voice15();
                     while(eom);
                     START4 = 1;
                     do{
                         ResTime = 1;
                         ResTime = 0;
                         while((STD)&&(Time9s == 0));
                         if(STD == 1)
                          {
                            voice20();
                            while(eom);
                            START5 = 1;
                            break;
                          }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            selectCH_ON = scan_number();
                    STD = 1;
             check_loop = 0;
             if(selectCH_ON == 0x01)
              {
                controlCH_ON(selectCH_ON);
                check_loop = 1;
              }
             else{ if(selectCH_ON == 0x02)
                    {
                      controlCH_ON(selectCH_ON);
                      check_loop = 1;
                    }
                   else{ if(selectCH_ON == 0x03)
                          {
                            controlCH_ON(selectCH_ON);
                            check_loop = 1;
                          }
                         else{if(selectCH_ON == 0x04)
                               {
                                 controlCH_ON(selectCH_ON);
                                 check_loop = 1;
                               }
                              else
                               { if(w<2)
                                  {
                                    voice21();
                                    while(eom);
                                    START5 = 1;
                                  }
                                 else
                                  {
                                    voice22();
                                    while(eom);
                                    START5 = 1;
                                  }
                                 w = w+1;
                               }
                          }
                    }
             }while((w<3)&&(check_loop == 0));
             w = 0;              // to restore at first value.
      break;

case 0x02: voice16();
           while(eom);
           START4 = 1;
           do{
               ResTime = 1;
               ResTime = 0;
               while((STD)&&(Time9s == 0));
               if(STD == 1)
                {
                   voice20();
                   while(eom);
                    START5 = 1;
                    break;
                }
            selectCH_OFF = scan_number();
                    STD = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    check_loop = 0;
                  if(selectCH_OFF == 0x01)
                   {
                     controlCH_OFF(selectCH_OFF);
                     check_loop = 1;
                   }
                  else{ if(selectCH_OFF == 0x02)
                         {
                           controlCH_OFF(selectCH_OFF);
                           check_loop = 1;
                         }
                        else{ if(selectCH_OFF == 0x03)
                               {
                                 controlCH_OFF(selectCH_OFF);
                                 check_loop = 1;
                               }
                              else{if(selectCH_OFF == 0x04)
                                    {
                                      controlCH_OFF(selectCH_OFF);
                                      check_loop = 1;
                                    }
                                   else
                                    {
                                      if(u<=2)
                                      {
                                        voice23();
                                        while(eom);
                                        START5 = 1;
                                      }
                                      else
                                      {
                                        voice22();
                                        while(eom);
                                        START5 = 1;
                                      }
                                     u = u+1;
                                    }
                                  }
                               }
                         }
                   }while((u<=3)&&(check_loop == 0));
                   u = 0;
              break;
        case 0x03: voice18();
                   while(eom);
                   START4 = 1;
                   relay = 0;
                   break;

        default: voice18();
                 while(eom);
                 START4 = 1;
                 relay = 0;
      }
    }
  }
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้