สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต

Electrical Appliance Control and Security System via Internet

T055733

โดย

นายคงศักดิ์ ศุภกรกิจวิวัฒน์

นายสมชาย สีเสม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

วศ
ค114ร
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55733
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Electrical Appliance Control and Security System via Internet

BY

MR. KONGSAK SUPPAKORNKITWIWAT

MR. SOMCHAI SEESAME

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DRGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต
TITLE	Electrical Appliance Control and Security System via Internet
ชื่อนักศึกษา	นายคงศักดิ์ ศุภกรกิจวิวัฒน์ รหัสประจำตัว 44015682
	นายสมชาย สีเสม รหัสประจำตัว 44015717
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต
ชื่อนักศึกษา	นายคงศักดิ์ ศุภกรกิจวิวัฒน์ รหัสประจำตัว 44015682
	นายสมชาย สีเสม รหัสประจำตัว 44015717
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตเพื่อใช้กับระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ผู้ใช้สามารถใช้คอมพิวเตอร์จากที่ต่างๆ ผ่านบราวเซอร์มาควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและตรวจสอบสถานะของระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวรับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร เราสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และตรวจสอบระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารจากที่ใดก็ได้ ถ้าจุดนั้นมีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	Electrical Appliance Control and Security System via Internet			
STUDENT	Mr. Kongsak	Suppakornkitviwat	ID.	44015682
	Mr. Somchai	Seesame	ID.	44015717
ADVISOR	Asst.Prof. U-thai	Sritheeravirojana		
GRADUATE LEVEL	Bachelor Degree of Information Engineering			
DEPARTMENT	Information Engineering			
ACADEMIC YEAR	2003			

ABSTRACT

This project proposes to apply Internet Technology for the security system and the electrical appliance control. The user can use any computer via the Internet browser to control the electrical appliance and do security check in the building via microcontroller. The microcontroller will be used as the signal receiver from the computer and sensors to generate the signal to the entire electrical appliance throughout the building. In the other word, we can turn on/off any electrical appliance and check security in the building from anywhere in the word if we have access to the Internet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้เลย หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน เริ่มจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ผู้ริเริ่มโครงงานนี้ขึ้นมาด้วยความมีวิสัยทัศน์ และคอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจทานแก้ไข และเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาทั้งหมดที่ทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ นาวาอากาศตรี ธัชพงษ์ นิลอุบล วิศวกรกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารอากาศ กองทัพอากาศ ที่ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์ และคำแนะนำในการจัดทำระบบนี้ ขอบขอบคุณคณาจารย์ และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือเสมอมา

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ บุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้มีวันนี้ คือบิดาและมารดาอันเคารพรักยิ่ง ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุก ๆ ด้านจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คงศักดิ์ ศุภกรกิจวิวัฒน์

สมชาย สีเสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ระบบการทำงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงสร้าง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	4
2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx	4
2.1.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	5
2.1.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	9
2.1.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	12
2.1.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต	12
2.1.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต	13
2.1.7 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	16
2.2.1 การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Input/Output)	17
2.2.2 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Input/Output)	18
2.2.3 รูปแบบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.4 MCS-51 กับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	19
2.2.5 Serial Port Control Register	20
2.2.6 Mode of Operation	22
2.2.7 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้รีจิสเตอร์ในการรับส่งข้อมูล	25
2.2.8 อัตราการส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม	27
2.2.9 การใช้ Timer 1 กำหนด Baud Rate Clock	28
2.2.10 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS – 232C	30
2.2.11 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS – 422A	31
2.2.12 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS –485	32
2.2.13 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบ RS-485	33
2.2.14 รายละเอียดของการสื่อสารข้อมูลแบบ RS – 485	36
2.2.15 คำสั่งที่ใช้ติดต่อการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับ Visual Basic	38
2.3 HTTP (HyperText Transfer Protocol)	41
2.3.1 คำสั่งของโปรโตคอล HTTP	42
2.3.2 สถานะการทำงานของ HTTP	43
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	45
3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ	45
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย (Maser)	46
3.2.1 โปรโตคอล	49
3.2.2 การส่งข้อมูลระยะไกลระหว่างชุดแม่ข่ายและชุดลูกข่าย	52
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย (Slave)	53
3.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ	56
3.3.2 ชุดรักษาความปลอดภัย	57
3.3.3 ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 8 จุด	58
3.3.4 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ	60
3.3.5 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4 ซอฟต์แวร์ส่วนควบคุมและติดต่อกับฮาร์ดแวร์	64
3.4.1 คอนโทรล MSComm	64
3.4.2 ซอฟต์แวร์ส่วนควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ต	65
3.4.3 ActiveX Document	66
3.4.4 ส่วนของฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลอุปกรณ์	67
บทที่ 4 ผลการทดลอง	69
4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์	69
4.1.1 การเชื่อมต่อตัวแม่ข่ายกับคอมพิวเตอร์	69
4.1.2 ส่วนชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	73
4.1.3 ส่วนของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย	74
4.2 ซอฟต์แวร์	75
4.2.1 รายละเอียดของอินเตอร์เฟส	75
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลห้องและอุปกรณ์	77
4.2.3 การควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ต	78
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุป	81
5.2 ปัญหาที่พบ	81
5.3 วิธีการแก้ปัญหา	82
5.4 ข้อเสนอแนะในการจัดทำ	82
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
รูปที่ 1-1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ	2
รูปที่ 1-2 สถาปัตยกรรมของระบบ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
รูปที่ 2-1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89Cxx	5
รูปที่ 2-2 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel	7
รูปที่ 2-3 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x	8
รูปที่ 2-4 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	11
รูปที่ 2-5 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	11
รูปที่ 2-6 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	14
รูปที่ 2-7 สัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	15
รูปที่ 2-8 การรับส่งข้อมูลแบบขนาน	17
รูปที่ 2-9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	17
รูปที่ 2-10 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	18
รูปที่ 2-11 บิตต่างๆ ของข้อมูลที่แบบอนุกรม	19
รูปที่ 2-12 การรับส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับบัสภายใน	20
รูปที่ 2-13 ไดอะแกรมเวลาการส่งข้อมูล	23
รูปที่ 2-14 ไดอะแกรมเวลาการรับข้อมูล	23
รูปที่ 2-15 การส่งข้อมูลออกโดยใช้ชิพรีจิสเตอร์ช่วย	24
รูปที่ 2-16 การรับส่งข้อมูลในโหมด 1	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

รูปที่ 2-17 แสดงการกำหนด Baud Rate ในโหมดต่างๆ 28
รูปที่ 2-18 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C 31
รูปที่ 2-19 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A 32
รูปที่ 2-20 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485 33
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน 45
รูปที่ 3-1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ 45
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย 47
รูปที่ 3-3 แสดงโฟล์วชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย 48
รูปที่ 3-4 แสดงเฟรมข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปยังชุดแม่ข่าย 49
รูปที่ 3-5 แสดงเฟรมที่ชุดแม่ข่ายส่งรายงานสถานะของชุดลูกข่ายไปยังคอมพิวเตอร์ 50
รูปที่ 3-6 แสดงเฟรมข้อมูลรายงานสถานะของอุปกรณ์จากชุดลูกข่ายไปชุดแม่ข่าย 51
รูปที่ 3-7 แสดงเฟรมข้อมูลตอบกลับจากชุดลูกข่ายกรณีถูกต้องและไม่ถูกต้อง 52
รูปที่ 3-8 แสดงการเชื่อมต่อของ RS-485 ในโครงงานนี้ 53
รูปที่ 3-9 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของไมดครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย 54
รูปที่ 3-10 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของไมดครคอนโทรลเลอร์ชุดลูข่าย 55
รูปที่ 3-11 แสดงการเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับ PCF8591 56
รูปที่ 3-12 แสดงการต่อใช้งานร่วมกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน 58
รูปที่ 3-13 แสงการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

รูปที่ 3-14 แสดงโครงสร้างของออปโต้คัปเปอร์ที่เอาต์พุตเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์และไดแอก 60

รูปที่ 3-15 แสดงชุดควบคุมไฟฟ้า 61

รูปที่ 3-16 แสดงสแครตช์แพดของไอซีเบอร์ DS1820 62

รูปที่ 3-17 แสดงการต่อชุดตรวจวัดอุณหภูมิร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 63

รูปที่ 3-18 แสงอินเตอร์เฟสของโครงงาน 65

รูปที่ 3-19 แสดงแบบการติดต่อผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 66

รูปที่ 3-20 แสดง SQL Server ที่ใช้ในโครงงาน 68

บทที่ 4 ผลการทดลอง 69

รูปที่ 4-1 แสดงการทดลองเพื่อทดสอบไอซี MC14551 69

รูปที่ 4-2 แสดงการทดสอบไอซีเบอร์ SN75176 70

รูปที่ 4-3 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการส่งเฟรมข้อมูล 70

รูปที่ 4-4 แสดงการรายงานกลับว่าได้รับเฟรมข้อมูลถูกต้อง 71

รูปที่ 4-5 แสดงการรายงานกลับว่าได้รับเฟรมข้อมูลผิดพลาดไม่ตรงกับไบต์ Chk 71

รูปที่ 4-6 แสดงรูปการส่งเฟรมข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา Tx 72

รูปที่ 4-7 แสดงรูปการส่งเฟรมข้อมูลผ่านไลน์ไดร์เวอร์ RS-485 ที่ขาบวก 72

รูปที่ 4-8 แสดงชุดรับสัญญาณจาก MCS-51 เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 73

รูปที่ 4-9 แสดงความถี่ 1 kHz เมื่อระบบรักษาความปลอดภัยทำงาน 74

รูปที่ 4-10 แสดงการทำงานของโปรแกรมเมื่อมีการทำงาน 75

รูปที่ 4-11 แสดงการทำงานเมื่อมีสัญญาณจากระบบรักษาความปลอดภัย 76

รูปที่ 4-12 แสดงข้อมูลจากตารางข้อมูลห้อง 77

รูปที่ 4-13 แสดงตารางข้อมูลที่เก็บตำแหน่งและชื่ออุปกรณ์ 78

รูปที่ 4-14 แสดงโปรแกรม PWS (Personal Web Server) ที่ใช้ทดสอบการทำงานผ่านอินเตอร์เน็ต 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

รูปที่ 4-15 แสดงอินเตอร์ฟสของโครงงานผ่นอินเตอร์เน็ต 79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
ตารางที่ 2-1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	6
ตารางที่ 2-2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel	10
ตารางที่ 2-3 บิตต่างๆ ของรีจีสเตอร์ SCON	21
ตารางที่ 2-4 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	21
ตารางที่ 2-5 แสดงความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนด Baud Rate ค่าต่างๆ	30
ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล EIA	34
ตารางที่ 2-7 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม	35
ตารางที่ 2-8 แสดงคำสั่งของ HTTP	42
ตารางที่ 2-9 แสดงสถานะการทำงานของ HTTP	43
ตารางที่ 2-10 แสดงรายละเอียดสถานะการทำงานของ HTTP	44
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง	69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน ระบบสารสนเทศมีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นในทุกๆด้าน เช่น การติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานมากขึ้น จึงมีแนวคิดที่ว่า ทำอย่างไรจึงจะสามารถควบคุมอุปกรณ์จากระยะไกลได้ เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและประหยัดระยะเวลาในการเดินทาง ทำอย่างไรจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับระบบรักษาความปลอดภัย จึงได้นำแนวคิดของการติดต่อสื่อสารผ่านทางอินเตอร์เน็ตนี้มาประยุกต์ใช้ในโครงงานระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเฉพาะด้านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้ในงานสั่งการและควบคุมระยะไกล
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคการเขียนโปรแกรม ที่ทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์
3. เพื่อขยายกรอบการศึกษาและความเข้าใจในแนวทางการนำเอาระบบควบคุม ซึ่งมีอุปกรณ์จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นองค์ประกอบ มาพัฒนาร่วมกับโปรแกรมภาษาชั้นสูง
4. เพื่อพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าในการใช้งาน
5. เพื่อให้ผู้ใช้ระบบรักษาความปลอดภัยได้รับประโยชน์จากระบบที่พัฒนานี้มากขึ้น
6. เพื่อนำระบบที่พัฒนาไปใช้งานได้จริงในอาคาร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

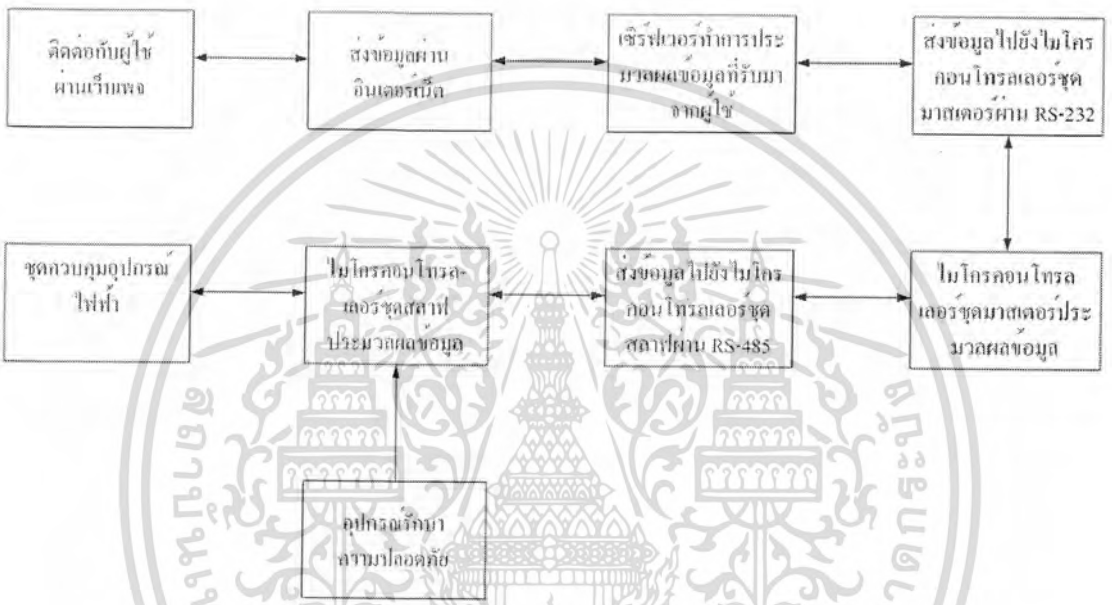
1. ระบบสามารถสั่งการและควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ตบราวเซอร์
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์และระบบรักษาความปลอดภัยได้
3. ระบบสามารถแสดงผลเตือนเมื่อมีผู้บุกรุก โดยแสดงเป็น ณ จุดที่เกิดเหตุ
4. ระบบสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านบราวเซอร์ เพื่อเปิด – ปิด การใช้งานได้ 8 จุด โดยควบคุมเป็นจุดๆ ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวรับ/ส่ง สัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ เพื่อแจ้งเตือนหรือควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

1.4 ระบบการทำงาน

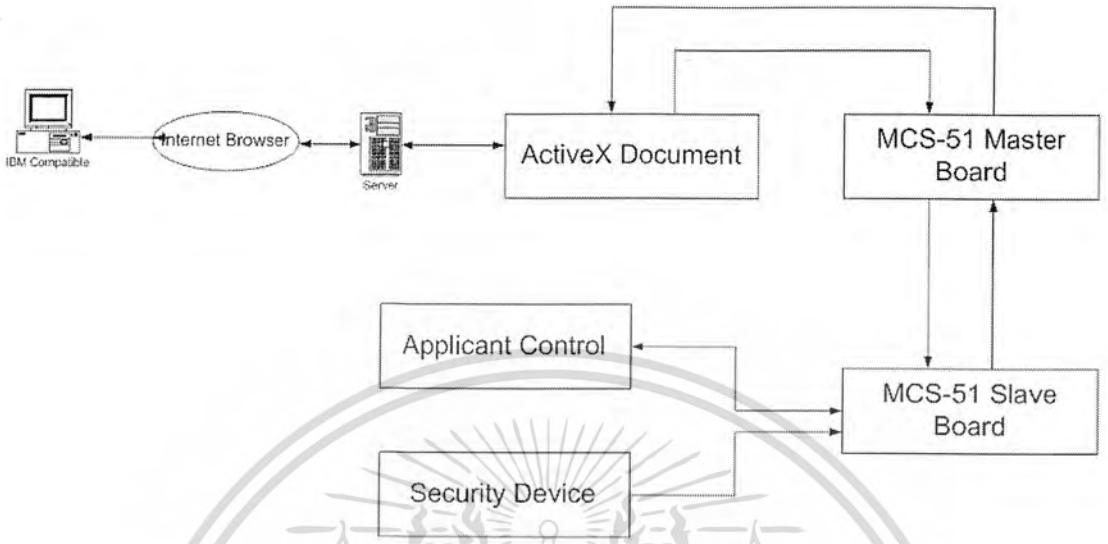
การทำงานของโครงงานนี้สามารถแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

เมื่อผู้ใช้ทำการร้องขอแอพพลิเคชั่นจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ผู้ใช้ต้องใส่รหัสผ่าน และตรวจสอบสิทธิการใช้งานก่อน จากนั้นจะปรากฏหน้าจอของการควบคุมต่างๆ ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าต้องการควบคุมอุปกรณ์ตำแหน่งไหน จากนั้นจะส่งข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ตไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลคำสั่งที่รับมา แล้วส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย จากนั้นจะตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายจะทำการประมวลผลคำสั่ง แล้วจึงทำการทำคำสั่งนั้น เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนั้นชุดลูกข่ายจะคอยรับอินเตอร์รัพต์จากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยและและคอยตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ด้วย หลักการทำงานของระบบจะแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1-2 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1. ศึกษาโครงสร้างขั้นตอนการทำงานต่างๆของระบบ
2. ออกแบบส่วนของระบบฮาร์ดแวร์
3. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ทดลองการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
5. สร้างส่วนชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และส่วนรับข้อมูลจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย
6. ออกแบบส่วน PCB และ สร้าง PCB สำหรับส่วนฮาร์ดแวร์
7. ออกแบบส่วนของซอฟต์แวร์ Database , ส่วนติดต่อผ่านทางอินเตอร์เน็ต
8. ทำการเขียนโปรแกรมในส่วนของซอฟต์แวร์ ทั้งหมด
9. ทดลองการทำงานในส่วนของซอฟต์แวร์
10. ทดลองระบบทั้งหมด ในลักษณะต่อใช้งานจริง
11. จัดทำในส่วนของเอกสารประกอบการใช้งานและนำเสนอโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

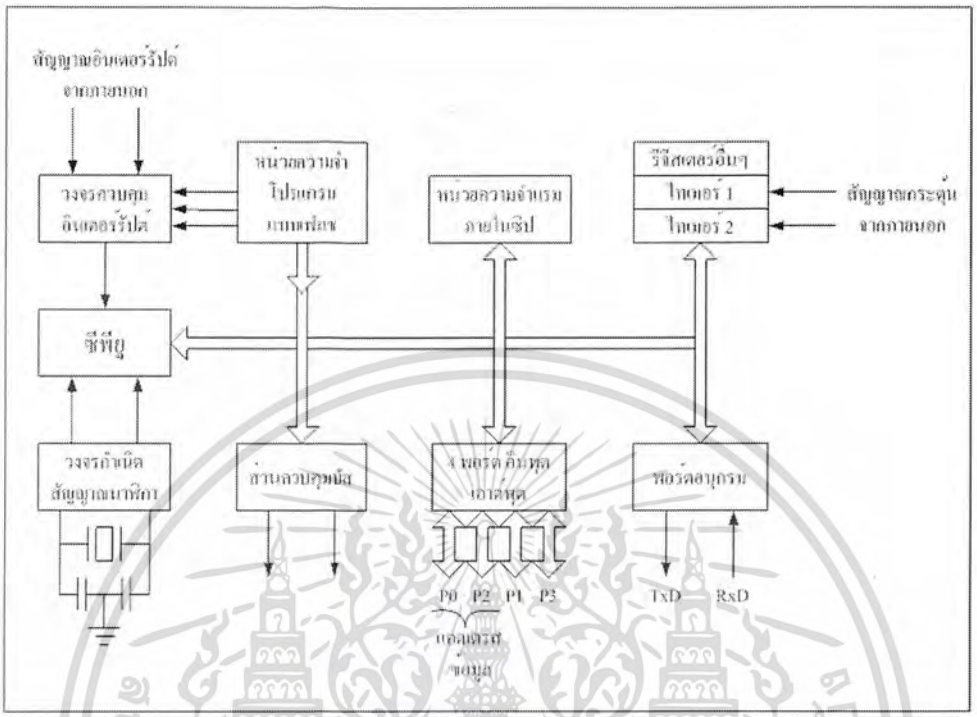
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51

2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช สามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

ในรูปที่ 2-1 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชในอนุกรม AT89Cxx

2.1.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2- และ 2-3 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบเฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบเฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบเฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบเฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบเฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบเฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบเฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

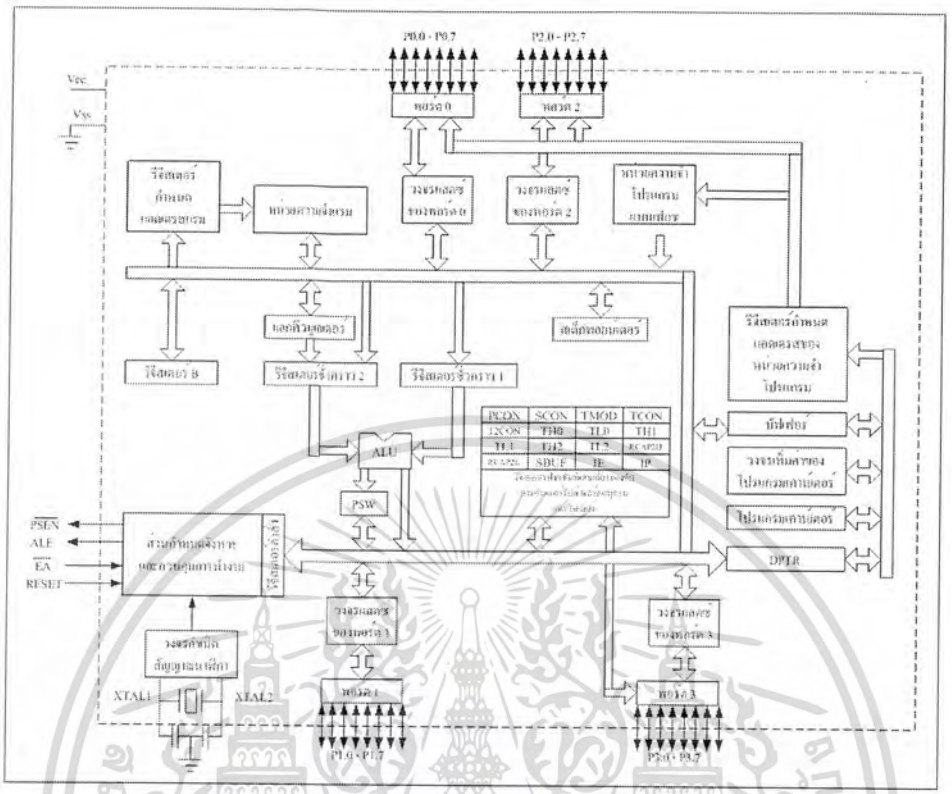
ตารางที่ 2-1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุต สำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุต สำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุต รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{INT\ 0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุต รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{INT\ 1}$

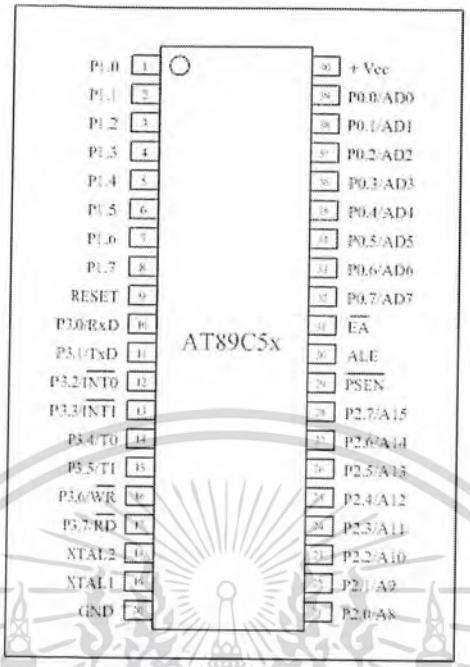
P3.4 ใช้เป็นขาอินพุต สำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุต สำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมคครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา $\overline{ALE}$ /PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา $\overline{PSEN}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา $\overline{EA}$/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงแลตช์และวงจรขับตลอดจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2-2

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขา นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปได้ในตารางที่ 2-2

ในรูปที่ 2-4 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 2-4(ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือ สัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิฟลอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	ควบคุมทิศทางของสัญญาณ
P1.4	AT89Sxx	ขา $\overline{SS}$ (Slave Select) เป็นขาการติดต่อในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟ ในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output, Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data input, Slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

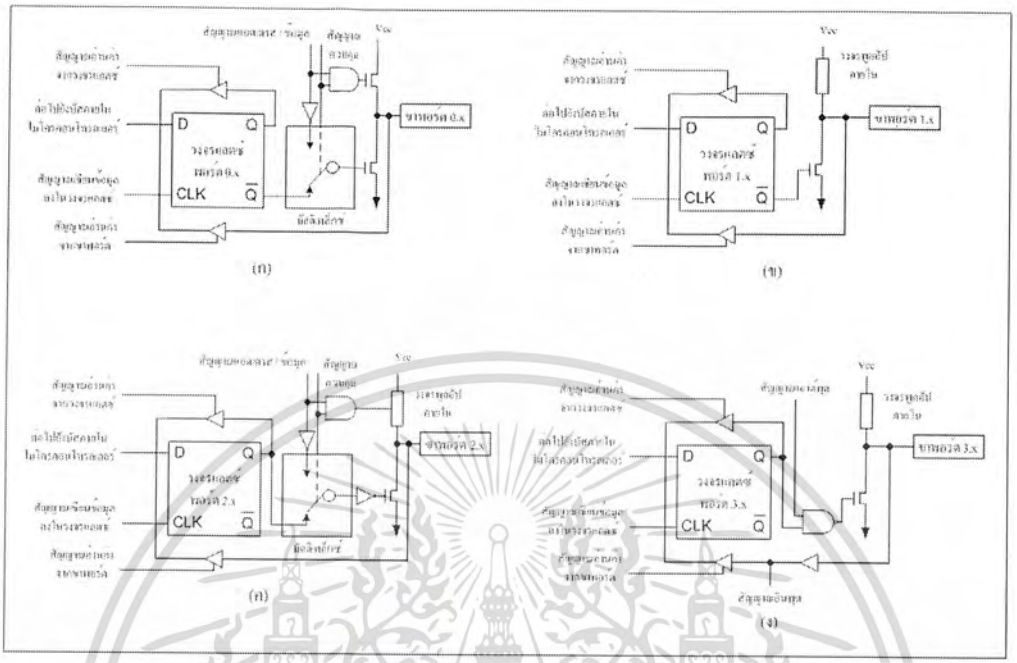
ตารางที่ 2-2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

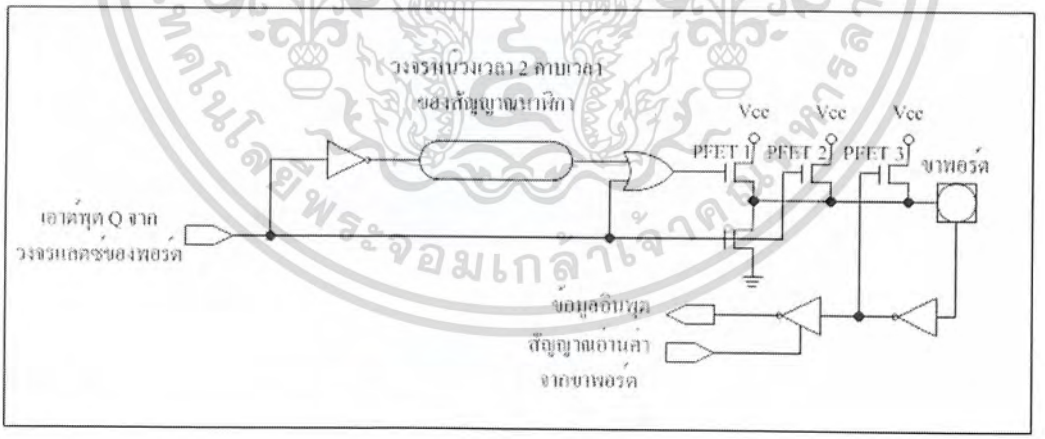
เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2-4 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 2-4 (ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชันพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช



รูปที่ 2-5 วงจรพูลอัปภายในพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก "0" จะดี และสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก "0" แล้ว)

2.1.5 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล "0" ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟตทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก "0" ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล "1" ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล "1" ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก "1" ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา(หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (Source Current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การอ่านค่าลอจิกจากพอร์ต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช สามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรง และอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

ในกรณีที่พอร์ตติดต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล "1" ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น "0" เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะเสมือนว่าขาพอร์ตนั้นถูกต่อลงกราวด์ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์จะได้ค่าที่ตรงกับค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำมาต่อด้วย

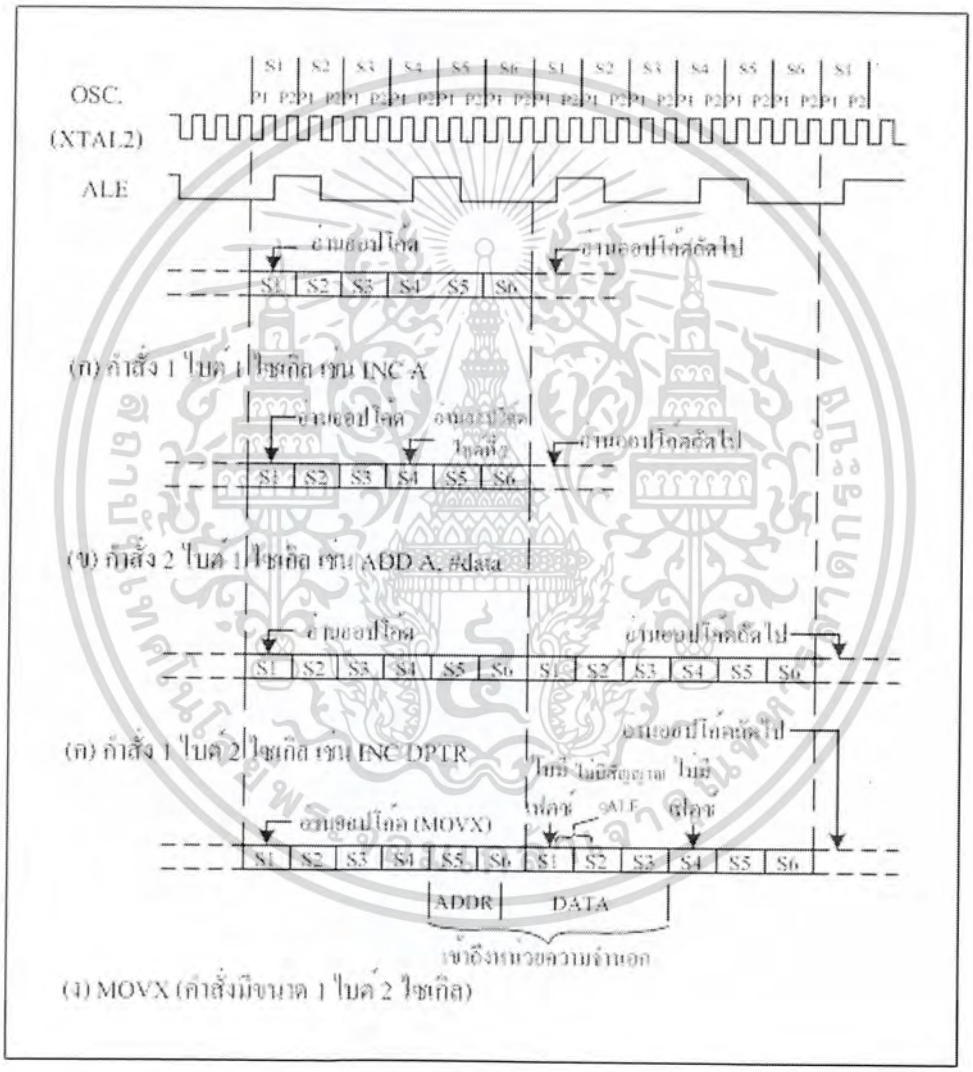
2.1.7 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอนคือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือกระบวนการเอ็กซิคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตในลักษณะที่เรียกว่า เพาเวอร์ออนรีเซต (Power-on reset) ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิล (machine cycle) ในรูปที่ 2-6 เป็นไดอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชีนไซเกิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตท (state) กำหนดชื่อเป็น S1 - S6 ในแต่ละสเตทมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 mS คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตทจะเรียกว่า เฟส 1 (Phase 1) และเฟส 2 (Phase 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

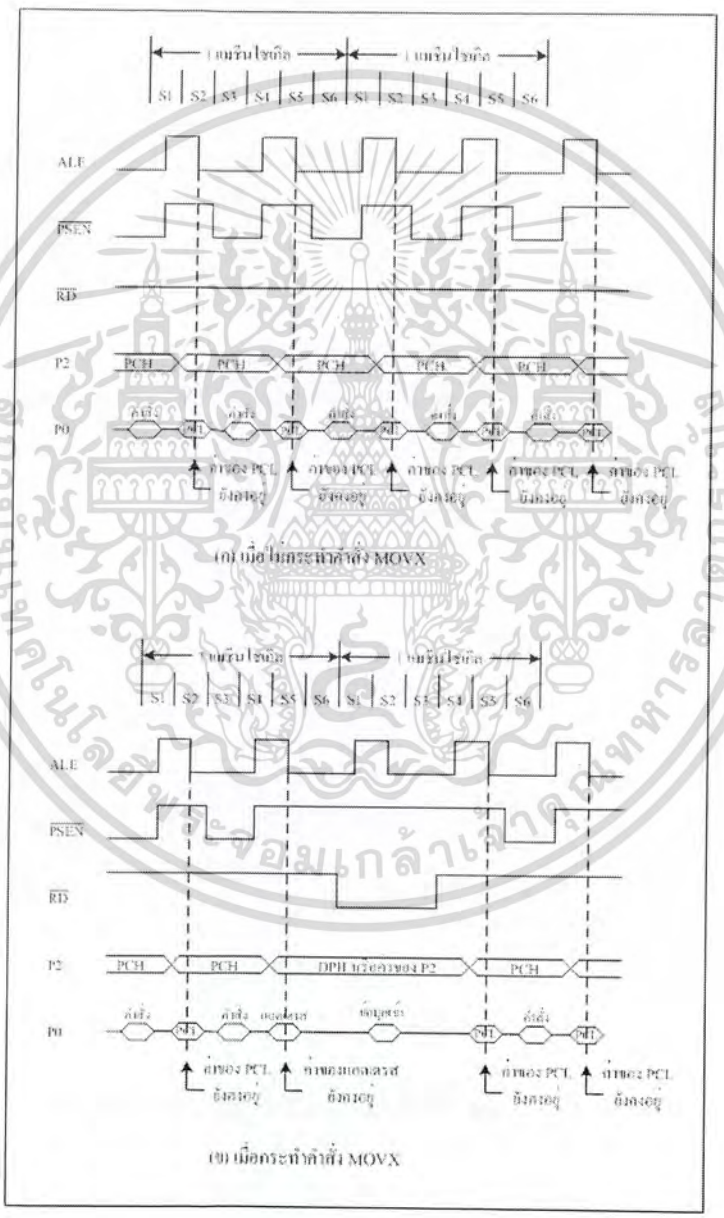
ในรูปที่ 2-6 (ก) และ (ข) จะเป็นการเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเกิล เริ่มต้นที่สเตท 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตช์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) การเฟตช์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตท 4 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นคำสั่งไบต์เดียว การเฟตช์ครั้งที่ 2 ภายในแมชีนไซเกิลเดียวกันจะถูกตัดทิ้งไป ในคำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเกิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตท 6 ของแมชีนไซเกิลเดียวกัน



รูปที่ 2-6 ไซเกิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไซเกิล การทำงานของคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสเตท 6 แมชีนไซเกิลที่สอง ดังในไดอะแกรมรูปที่ 2-6 (ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไบต์ 2 ไซเกิล จะไม่มีการเฟตช์เกิดขึ้นในไซเกิลที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจากซีพียูจะไปทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 2-6 (ง) จะเห็นได้ว่า เวลาในการเอ็กซิคิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก



รูปที่ 2-7 สัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2-7 แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยในรูปที่ 2-7 (ก) เป็นไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่มีการกระทำคำสั่ง MOVX สัญญาณ ALE และ $\overline{PSEN}$ จะเกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายในหนึ่งแมชีนไซเกิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอกตีฟที่พอร์ต 0 (P0) จะมีค่าของรีจีสเตอร์ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ต 2 (P2) ก็จะมีค่าของ PC ในไบต์สูง เพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับขา $\overline{PSEN}$ ก็จะเกิดการแอกตีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคงแอกตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1 mS หรือมีความเร็วในการทำงานภายในภายใน 1 MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จาก ค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว ในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2)/12

เวลา 1 แมชีนไซเกิล = 1 / ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปจะหมายถึง การรับส่งข้อมูลเป็นจำนวนไบต์ๆ ให้กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจแบ่งประเภทของการรับส่งข้อมูลได้ 2 แบบ

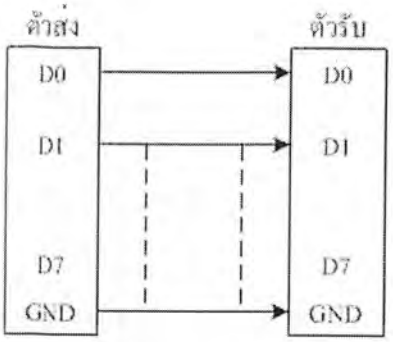
1. การรับส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel)

2. การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial)

การรับส่งข้อมูลแบบขนานจะเป็นการรับส่งข้อมูล จำนวน 1 ไบต์ ออกไปทางพอร์ต ในเวลาเดียวกันในระบบคอมพิวเตอร์ 1 ไบต์จะมีจำนวน 8 บิต คือ D0 – D7 ถ้ามีการส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายสัญญาณอย่างน้อย 9 เส้น คือ สาย Data 8 เส้น และสายกราวด์ 1 เส้น ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

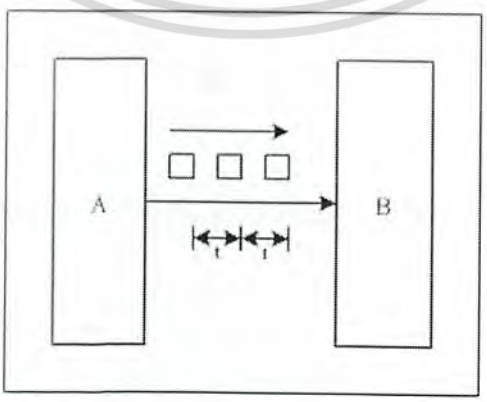


รูปที่ 2-8 การรับส่งข้อมูลแบบขนาน

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือการรับส่งข้อมูลทีละบิตจนครบ 1 ไบต์ ถ้าต้องการส่งข้อมูล 1 ไบต์ คือ D0 – D7 อาจจะส่งบิต D0 ออกไปก่อนแล้วตามด้วย D1 ไปเรื่อยๆ จนถึง D7 การส่งข้อมูลทั้งสองแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันคือการส่งข้อมูลแบบขนาน สามารถส่งข้อมูลได้เร็วคือส่งทีเดียวจะได้ข้อมูลครบ 1 ไบต์ แต่ถ้าต้องส่งเป็นระยะไกลๆ จะสิ้นเปลืองสายสัญญาณมาก ถ้าเป็นการส่งแบบอนุกรมเมื่อต้องการส่งข้อมูลเป็นระยะไกลๆ จะช่วยประหยัดสายสัญญาณเนื่องจากจะใช้สายอย่างน้อยเพียง 2 เส้นคือสายสัญญาณกับสายกราวด์ แต่การรับส่งข้อมูลจะใช้เวลานานเนื่องจากเป็นการส่งทีละบิต

2.2.1 การรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Input/Output)

การรับส่งข้อมูลแบบนี้ไม่ว่าจะเป็นการส่งแบบอนุกรมหรือขนาน ข้อมูลแต่ละไบต์ที่ถูกส่งออกไปจะมีช่วงเวลาห่างกันแน่นอน เช่น การส่งข้อมูลจาก A ไป B ดังรูปที่ 2-9 Data 1 จะห่างจาก Data 2 เป็นเวลา t และ Data 3 จะห่างจาก Data 2 เป็นเวลา t เช่นกัน ระบบนี้เหมาะกับงานที่ไม่มีความยุ่งยากมาก



รูปที่ 2-9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

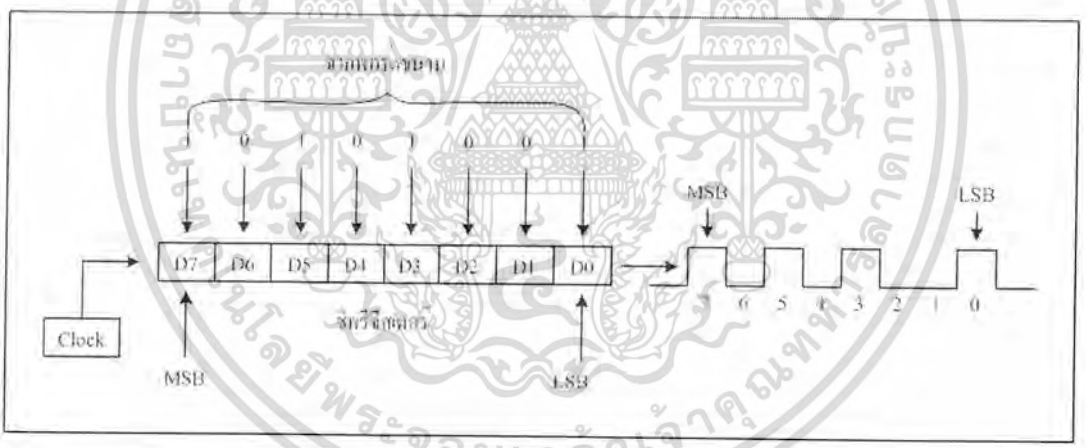
55733

2.2.2 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Input/Output)

การรับส่งข้อมูลแบบนี้ข้อมูลที่ส่งออกไปจะไม่มีเวลาที่แน่นอน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความพร้อมของผู้ส่งและผู้รับ โดยจะมีสายสัญญาณตรวจสอบความพร้อมของระบบทั้งสองว่าพร้อมที่จะติดต่อกันหรือไม่ โดยสัญญาณที่เพิ่มขึ้นมาจากระบบแบบ ซิงโครนัส เรียกว่า สายสเตตัส (Status Line)

2.2.3 รูปแบบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

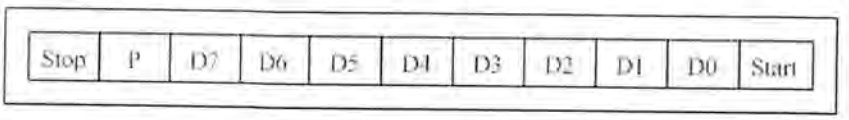
เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะส่งข้อมูลแบบอนุกรม ตัวไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตซึ่งเป็นพอร์ตแบบขนานก่อน จากนั้นจะมีอุปกรณ์มาต่อที่พอร์ตเพื่อแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรมอีกทีหนึ่ง (Parallel – to – serial Conversion) ตัวแปลงข้อมูลนี้อาจพิจารณาง่ายๆ ว่าเป็น Shift Register ดังรูปที่ 2-10 เมื่อข้อมูลที่จะส่งอยู่ใน Shift Register แล้วตัวสัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวกระตุ้นให้ส่งข้อมูลบิตต่ำออกไปในเวลาแรก จากนั้นจะส่งบิตต่อไปตามออกมา จากรูปที่ 2-10 จะเป็นการส่งข้อมูล A9H ออกไป



รูปที่ 2-10 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับตัวรับข้อมูลแบบอนุกรมเมื่อตัวรับรับข้อมูลจะเป็นการรับเข้ามาใน Shift Register แล้วส่งข้อมูลให้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบขนานอีกทีหนึ่ง (Serial– to – Parallel) ระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันจะมีตัวแปลง Parallel – to – Serial และ Serial – to – Parallel อยู่ในชิพไอซี เรียกว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะต้องมีการเพิ่มเติมข้อมูลบางอย่างเข้าไปเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำงานได้ถูกต้องมากขึ้น โดยมีการเติมค่าบิตต่างๆ ลงไปตามรูปที่ 2-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-11 บิตต่างๆ ของข้อมูลที่แบบอนุกรม

ถ้ามีการส่งข้อมูลแบบ 8 บิต จะต้องส่งบิตแรกออกไปก่อน เรียกว่า บิตเริ่มต้น (Start bit) ถ้ามีการส่งข้อมูลหลายๆ ไบต์ออกมา บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่ามีข้อมูลใหม่มาแล้ว โดยทั่วไปบิตเริ่มต้นมักมีระดับลอจิกเป็น "0" ต่อจากบิตเริ่มต้นจะป้นข้อมูลบิต D0 ถึง D7 จากนั้นจะตามด้วยบิตตรวจสอบความถูกต้อง (parity bit) ถ้าข้อมูล 8 บิตที่ส่งออกมาจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น "1" เป็นจำนวนคู่ บิตนี้จะมีค่าเป็น "0" แต่ถ้าจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น "1" เป็นคี่ บิตนี้จะมีค่าเป็น "1" จากนั้นข้อมูลที่ส่งออกไปจะตามด้วยบิตสิ้นสุดข้อมูล (Stop bit) เพื่อเป็นการบอกว่าข้อมูลที่ส่งมา 8 บิตนั้นหมดแล้ว ตัวบิต Stop อาจมีจำนวนมากกว่า 1 บิต ก็ได้ เช่น $1\frac{1}{2}$ บิต, 2 บิต

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นความเร็วของการส่งจะมีค่าเป็น บิตต่อวินาที เรียกว่า "Baud Rate"

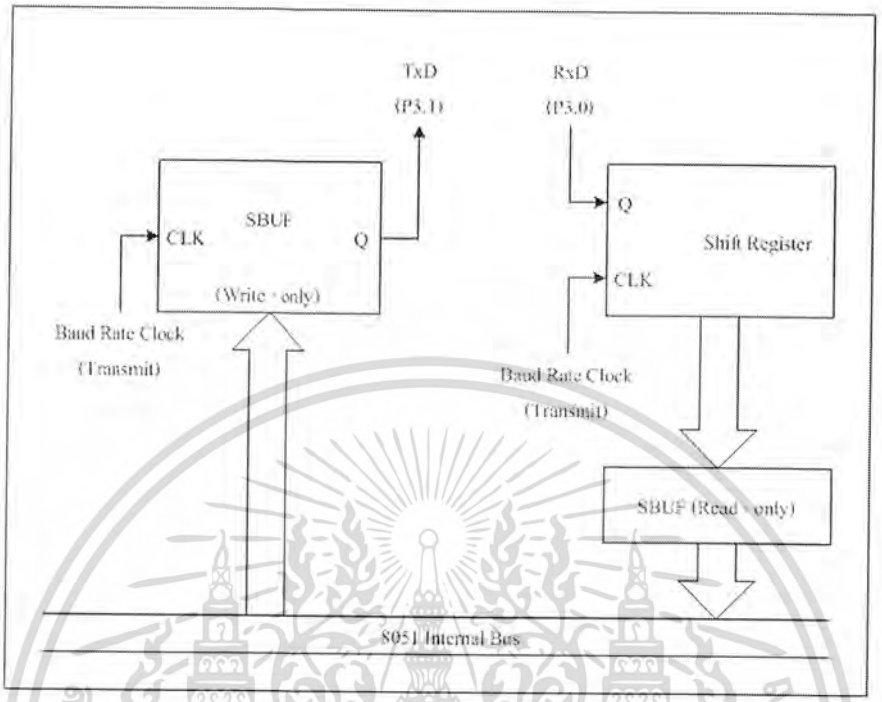
2.2.4 MCS-51 กับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้น ภายในชิพ MCS-51 จะมี UART อยู่ในตัว ซึ่งเป็นข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ เช่น เบอร์ Z-80 ถ้าต้องการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะต้องนำชิพ UART มาประกอบด้วย

พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 จะใช้ขา TxD และ RxD ในการรับส่งข้อมูล โดยขาทั้งสองจะอยู่ในพอร์ต 3 คือ P3.1 หรือขา 11 เป็น TxD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RxD พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถทำงานแบบ Full Duplex ได้ คือสามารถส่งและรับข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดยในการรับและส่งข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลให้ใช้

รีจิสเตอร์ที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจิสเตอร์ Serial Port Buffer (SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99H ถ้าเขียนข้อมูลไปที่ตำแหน่งนี้ จะเป็นการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม และถ้าอ่านข้อมูลจากตำแหน่งนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม โดยใน SBUF จะประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 2 ตัว สำหรับส่งและรับข้อมูล ดังรูปที่ 2-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-12 การรับส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับบัสภายใน

สำหรับ Serial Port Control Register (SCON) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ รีจิสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมและบอกสถานะต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล (Baud Rate) สามารถหาได้จากการหารสัญญาณที่ใช้กับ MCS-51

2.2.5 Serial Port Control Register

MCS-51 มีโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมหลายโหมด ซึ่งสามารถโปรแกรมโหมดการทำงานได้โดยเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ SCON ความหมายของแต่ละบิตแสดงดังตารางที่ 2-3 และ 2-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลกกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถ Set และ Clear ได้โดย Software
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไปโดยจะ Set เมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
SCON.0	RI	98H	แฟลกแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังรับข้อมูลเข้ามา สามารถ Clear ได้ด้วยSoftware

ตารางที่ 2-3 บิตต่างๆ ของริจีสเตอร์ SCON

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	BAUD RATE
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency /12)
0	1	1	8-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจาก Timer
1	0	2	9-bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency /12 หรือ /64)
1	1	3	9-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจาก Timer

ตารางที่ 2-4 แสดงโหมดต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ก่อนที่จะใช้พอร์ตอนุกรมจะต้องโปรแกรมให้กับ SCON เสียก่อน เพื่อกำหนดโหมดการทำงานและลักษณะต่างๆ เช่น

```
MOV   SCON, #01010010 B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในโหมด 1 และเอ็นเอเบิลให้มีการรับข้อมูลพร้อมกับกำหนดให้ TI เป็น 1

ในการส่งข้อมูลทุกโหมดสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูลไปยัง SBUF เมื่อข้อมูลถูกส่งไปแล้ว บิต TI จะถูกเซตเป็น "1" ในการส่งข้อมูลจะต้องคอยตรวจสอบบิต TI เพราะว่าถ้า TI ยังไม่เป็น "1" แสดงว่าข้อมูลยังส่งไปไม่หมด ถ้าหากมีการเขียนข้อมูลไบต์ต่อไบต์ไปยัง SBUF จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น สำหรับในการรับข้อมูลบิต REN จะต้องเซตให้เป็น "1" ยกเว้นโหมด 0 เพื่ออนุญาตให้รับข้อมูลได้ เมื่อข้อมูลรับเข้ามาเรียบร้อยแล้ว บิต RI จะถูกเซตเป็น "1"

2.2.6 Mode of Operation

ใน MCS-51 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรมจะมีอยู่ 4 ประเภท หรือ 4 โหมด ซึ่งจะกำหนดได้ที่บิต SM0 และ SM1 ใน SCON โดยจะมี 3 โหมด เป็นการสื่อสารแบบ Asynchronous โดยลักษณะของข้อมูลที่ส่งจะมีบิตเริ่มต้น (Start bit) และบิตจบ (Stop bit) คล้ายกับการสื่อสารแบบ RS-232 ในระบบคอมพิวเตอร์ อีกโหมดหนึ่งจะเป็นการใช้พอร์ตอนุกรมในลักษณะชิฟรีจิสเตอร์

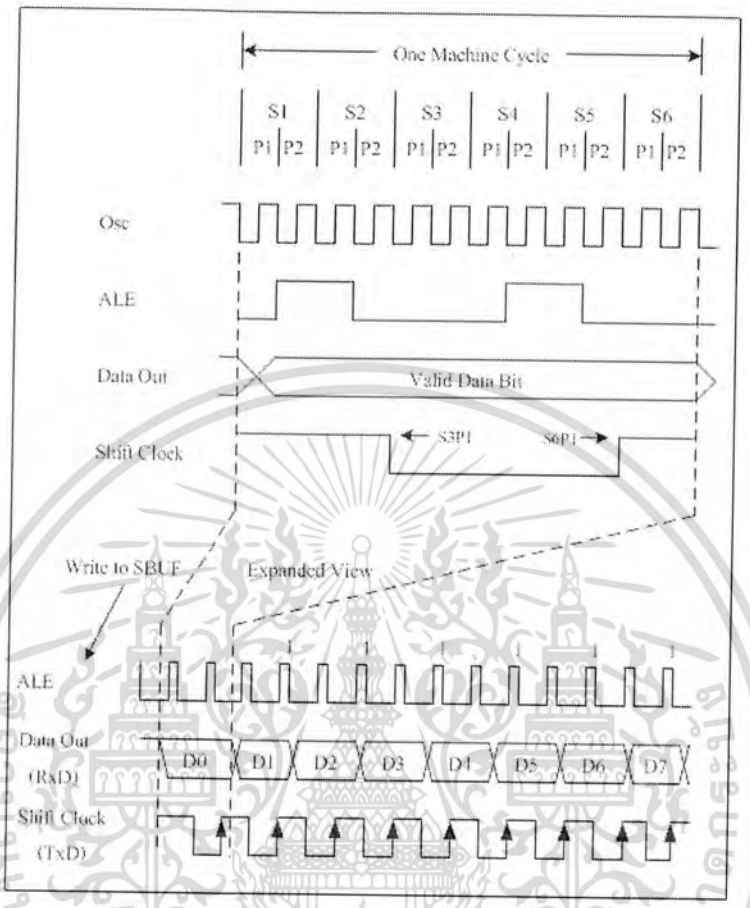
8 Bit Shift Register (Mode 0)

การทำงานในโหมดนี้จะใช้ขา RxD ในการรับส่งข้อมูลโดยต่อกับ Shift Register ภายนอก ส่วนขา TxD จะเป็น Output Shift Clock เพื่อกระตุ้นรีจิสเตอร์ภายนอกให้เลื่อนบิต ถ้ามีการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูล 8 บิต จะเริ่มที่บิตต่ำสุดก่อน โดยมีค่า Baud Rate เท่ากับ 1/12 ของความถี่ที่ใช้บนชิพ

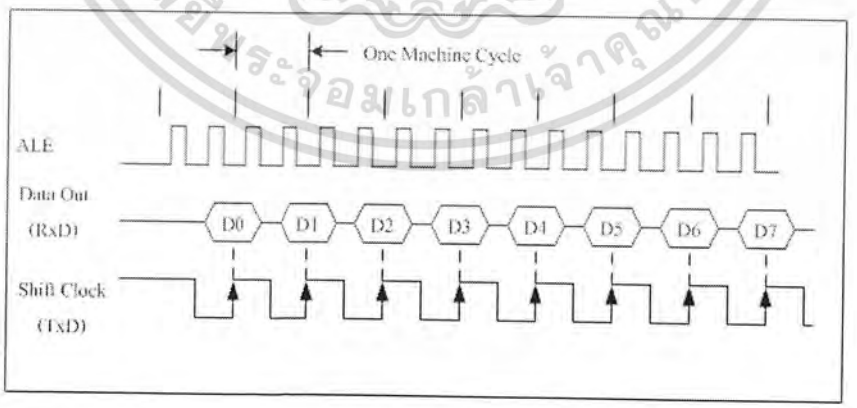
ในการส่งข้อมูลจะทำโดยเขียนข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทางขา RxD หรือ P3.0 โดยจะสอดคล้องกับสัญญาณที่ออกมาทางขา TxD ซึ่งสัญญาณของขา TxD จะถูกส่งออกมาทุกๆ Machine Cycle โดยจะเป็นลอจิก "0" ใน S3P1 และกลับเป็นลอจิก "1" ใน S6P1 ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2-13

สำหรับการรับข้อมูลจะรับได้เมื่อเซตขา Receiver Enable Bit (REN) เป็น "1" และเคลียร์ขา Receiver Interrupt Bit (RI) เป็น "0" ข้อมูลจะเข้าสู่ MCS-51 เมื่อ Clock Shift ถูกส่งออกไปทาง TxD ที่ขอบขาขึ้นของ Clock Shift บิตต่ำจะถูกส่งเข้ามาก่อนดังรูปที่ 2-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



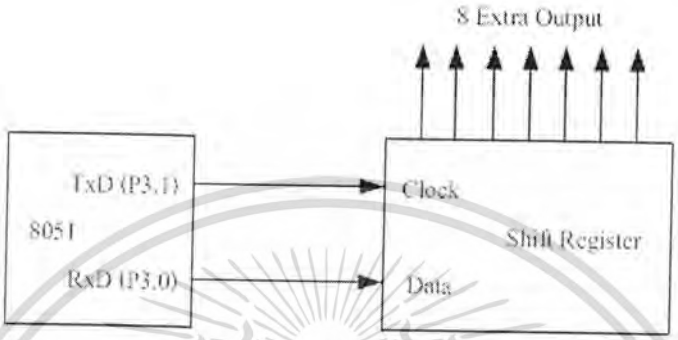
รูปที่ 2-13 ไดอะแกรมเวลาการส่งข้อมูล



รูปที่ 2-14 ไดอะแกรมเวลาการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

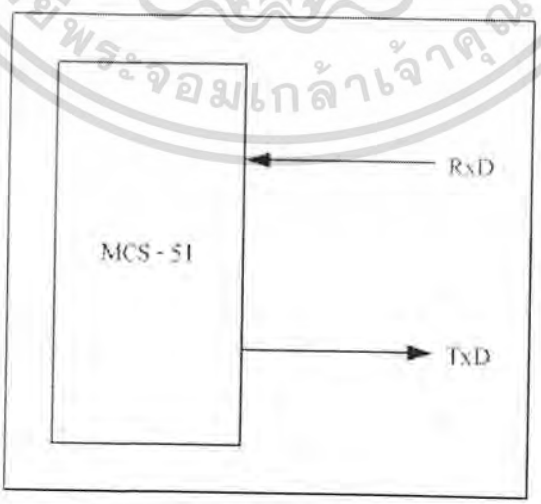
ในการประยุกต์ใช้งานโหมดนี้จะต้องมีไอซีชิพรีจิสเตอร์มาต่อภายนอก เช่น ถ้าหากต้องการส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ตอนุกรม อาจต่อวงจรได้ดังรูป 2-15 โดยใช้ไอซี Serial – to – Parallel Shift Register โดยข้อมูลส่งออกมาทาง RxD และใช้ TxD เป็น Clock



รูปที่ 2-15 การส่งข้อมูลออกโดยใช้ชิพรีจิสเตอร์ช่วย

8 Bit UART with Variable Baud Rate (Mode 1)

ในโหมดนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 10 บิต ซึ่งประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (เป็น "0") ข้อมูล 8 บิต และบิตจบ (เป็น "1") นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดค่า Baud Rate ได้โดยค่า Baud Rate นี้จะแปรตามตัวจับเวลาตัวที่ 1 ในโหมดนี้ จะส่งข้อมูลออกทาง TxD และรับข้อมูลเข้าทาง RxD ถ้าเป็นการรับข้อมูลเข้าตัว Stop Bit จะเข้ามายังบิต RB8 ใน SCON



รูปที่ 2-16 การรับส่งข้อมูลในโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Baud Rate ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลจะกำหนดโดย Timer 1 หลังจากโปรแกรมไปใน Timer 1 แล้วสามารถเลือกค่า Baud Rate ได้อีกสองค่าคือ ค่าจาก Timer 1 Overflow หาร 32 กับค่าจาก Timer 1 Overflow หาร 16

การส่งข้อมูลทำได้โดยการเขียนข้อมูล 8 บิตไปที่ SBUF (Stop Bit) ให้เขียนลงใน TB8 ใน SCON จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งออกมาทางขา TxD โดยส่ง Start Bit ออกมาก่อน ตามด้วยข้อมูล 8 บิต และจบด้วย Stop Bit เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปหมดแล้วบิต Interrupt Flag (TI) จะเป็น "1" ดังนั้นในการเขียนข้อมูลใหม่ลงไปจะต้องตรวจสอบบิตนี้

ในการรับข้อมูล จะเริ่มจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกจาก "1" เป็น "0" ทางขา RxD หมายถึงความว่าเริ่มรับบิตเริ่มต้น จากนั้นข้อมูลอีก 8 บิตจะถูกเก็บลงใน SBUF และ Stop Bit จะถูกเก็บในบิต RB8 ของรีจิสเตอร์ SCON เมื่อข้อมูลเข้ามาครบแล้ว บิต Interrupt Flag (RI) จะถูกเซต ดังนั้นในการอ่านข้อมูลจะอ่านได้เมื่อบิต RI ถูกเซตแล้ว เมื่ออ่านข้อมูลไปแล้วจะต้องเคลียร์บิตนี้

9 Bit UART with Fixed Baud Rate (Mode 2)

การทำงานในโหมดนี้ไม่สามารถกำหนดค่า Baud Rate ได้ ซึ่งค่า Baud Rate จะมีสองค่า คือ 1/64 และ 1/32 ของสัญญาณนาฬิกาบนชิพ การรับส่งข้อมูลจะเป็นชุดข้อมูล 9 บิต บิตเริ่มต้นบิตหยุด รวมเป็น 11 บิต โดยข้อมูล 9 บิตจะเป็นจำนวนข้อมูล 8 บิต และบิตที่โปรแกรมได้อีก 1 บิต โดยบิตนี้จะเป็นบิตที่ 9 ซึ่งจะใช้เป็น Parity บิต ในการส่งข้อมูลจะต้องเขียนไปที่ บิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับการรับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกเก็บในบิต RB8

9 Bit UART with Variable Baud Rate (Mode 3)

การทำงานในโหมดนี้จะคล้ายกับโหมด 2 แต่สามารถกำหนดค่า Baud Rate ได้ โดยการโปรแกรมไปที่ Timer 1 หลังจากโปรแกรมแล้วยังสามารถเลือกได้อีก 2 ค่า คือความถี่การ Overflow ของ Timer 1 หารด้วย 16 และหารด้วย 32

2.2.7 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้รีจิสเตอร์ในการรับส่งข้อมูล

การรับข้อมูล ถ้าจะให้ MCS-51 รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมจะต้องโปรแกรมไปที่บิต Receiver Enable (REN) ในรีจิสเตอร์ SCON ให้เป็นลอจิก "1" ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธีดังนี้

```
SETB  REN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการเซตบิต REN ให้เป็น "1" หรืออาจทำโดยใช้คำสั่ง

```
MOV   SCON, #xxx1xxxxB
```

ซึ่งเป็นการย้ายข้อมูลที่ทำให้บิต REN เป็น 1 สำหรับค่า x หมายความว่าเป็นอะไรก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้งานในโหมดต่างๆ

ข้อมูลแบบ 9 บิต ในการรับส่งข้อมูลที่มีบิตข้อมูลแบบ 9 บิต ได้แก่ การใช้งานในโหมด 2 และโหมด 3 การส่งข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกเขียนในบิต TB8 โดยการเขียนโปรแกรม สำหรับรับข้อมูลเมื่อข้อมูลเข้ามาถึงบิตที่ 9 จะถูกเขียนลงในบิต RB8

การเพิ่มบิต Parity การส่งข้อมูลแบบ 9 บิต สามารถใช้บิตที่ 9 เป็นบิต Parity ได้ ซึ่งบิต Parity จะอยู่ใน Program Status Word (PSW) โดยจะถูกเซตหรือเคลียร์ทุกๆ แมชีนไซเกิลที่เกี่ยวข้องกับ Accumulator เช่น ถ้าจะส่งข้อมูลแบบ 8 บิตตามด้วยบิต Even Parity เป็นบิตที่ 9 สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MOV  C, P          ; อ่านค่าบิต P มาเก็บใน C
MOV  TB8, C        ; นำค่าบิต Parity เขียนลงใน TB8
MOV  SBUF, A       ; ส่งข้อมูลไปทางพอร์ตอนุกรม
```

ถ้าเป็นแบบ Old Parity ให้แก้ไขข้อมูลที่อ่านได้จากบิต Parity เสียก่อนที่จะส่งออกไป ซึ่งเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MOV  C, P          ; อ่านค่าบิต Parity มาเก็บไว้ใน C
CPL  C             ; กลับค่าให้เป็น Odd Parity
MOV  TB8, C        ; เขียนค่าลงใน TB8
MOV  SBUF, A       ; ส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรม
```

การส่งข้อมูลแบบมี Parity บิตด้วย ไม่ใช่จะส่งได้แบบ 9 บิต หรือโหมด 2 และ 3 เท่านั้น ในโหมด 1 ซึ่งส่งข้อมูลแบบ 8 บิต ก็สามารถทำได้ อย่างเช่นการส่งรหัส ASCII จะใช้บิตข้อมูล 7 บิต สำหรับบิตที่เหลืออีกหนึ่งบิตจะเป็นบิต Parity รวมเป็น 8 บิต ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLR  ACC.7          ; เคลียร์ค่าบิต 7 เพื่อใช้เป็น Parity บิต
MOV  C, P           ; นำบิต Parity มาเก็บใน C
MOV  ACC.7, C       ; เขียนค่าบิต Parity ลงในรีจิสเตอร์ A
MOV  SBUF, A        ; ส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม
```

แฟลกอินเตอร์รัปต์ เมื่อมีการรับส่งข้อมูลเสร็จสิ้นจะมีผลต่อแฟลกอินเตอร์รัปต์ (RI และ TI) ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งบิตเหล่านี้จะถูกเซตโดย Hardware แต่ต้องเคลียร์ด้วย Software

บิต RI ถ้าถูกเซตหมายความว่าบัฟเฟอร์ที่ใช้รับข้อมูลเต็มให้อ่านไปได้แล้ว และบิตนี้สามารถใช้อินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้ แต่ถ้าเขียนโปรแกรมจะใช้วิธีตรวจเช็คบิตนี้ ถ้าเป็น "1" หมายความว่าให้อ่านข้อมูลมาเก็บใน รีจิสเตอร์ A ได้ แต่ก่อนอ่านจะต้องเคลียร์ RI เสียก่อนเพื่อจะได้รับข้อมูลถัดไปได้ ซึ่งเขียนโปรแกรมได้ ดังนี้

```
WAIT : JNB  RI, WAIT      ; ถ้าบิตนี้ไม่เป็น "1" จะทำงานอยู่ที่เดิม
       CLR  RI            ; เคลียร์ RI
       MOV  A, SBUF       ; อ่านค่ามาเก็บใน A
```

บิต TI เมื่อส่งข้อมูลออกไปแล้วบิตนี้จะถูกเซต เป็นการบอกว่าบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่างแล้วให้ส่งข้อมูลใหม่เข้าไปได้ ซึ่งสามารถใช้บิตนี้อินเตอร์รัปต์ MCS-51 ได้เช่นกัน แต่ถ้าเขียนโปรแกรมคอยตรวจเช็คอาจเขียนได้ดังนี้

```
WAIT : JNB  TI, WAIT      ; ตรวจบิต TI ว่าเป็น "1" หรือยัง
       CLR  TI            ; เคลียร์ TI
       MOV  SBUF, A       ; เขียนข้อมูลลงไป
```

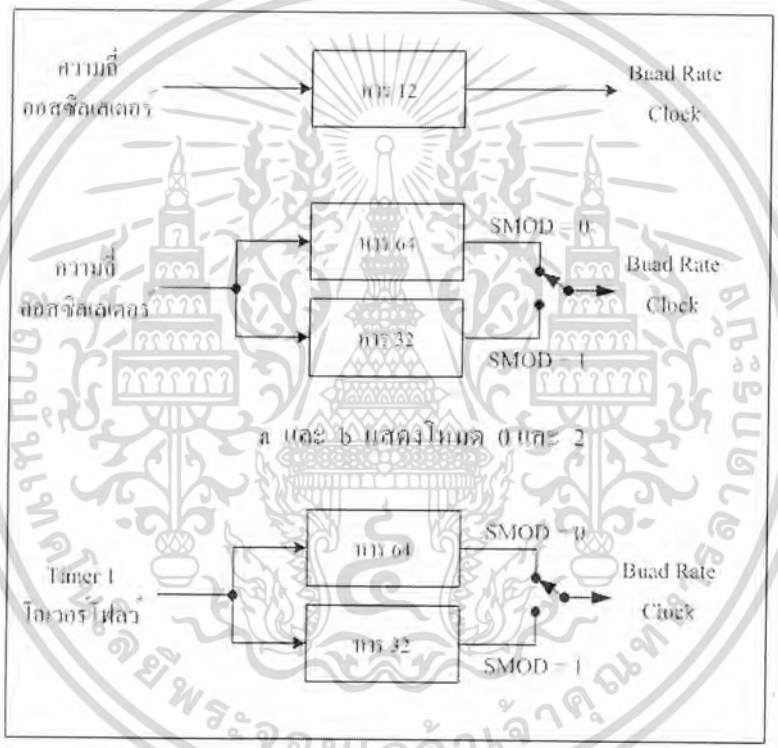
2.2.8 อัตราการส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม

ในโหมด 0 และโหมด 2 ไม่สามารถกำหนด Baud Rate เองได้ โดยในโหมด 0 ค่า Baud Rate จะมีค่าเท่ากับความถี่ของ Oscillator หารด้วย 12 ในโหมด 1 จะมีสองค่าคือ ความถี่ Oscillator หารด้วย 32 และหารด้วย 64 สองค่านี้เรียกว่า SMOD 0 และ SMOD 1 ซึ่งสามารถกำหนดได้ในรีจีสเตอร์ PCON นี้ ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ การเขียนข้อมูลลงไปทีละบิตจะต้องใช้วิธีที่เรียกว่า "Read-Modify-Write" คืออ่านค่าขึ้นมาแก้ไขแล้วเขียนลงไปใหม่ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV  A, PCON        ; อ่านค่าจาก PCON มาเก็บในริจีสเตอร์ A
SETB  ACC.7         ; เซตบิต 7 (SMOD)
MOV  PCON, A        ; เขียนค่าลงไปใหม่ใน PCON
```

สำหรับโหมด 1 และโหมด 3 สามารถกำหนดค่า Baud Rates ได้โดยการโปรแกรมลงใน Timer 1 ในการโปรแกรมแต่ละครั้งจะมี SMOD สองค่าเช่นกัน ค่า Baud Rates ของโหมดต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2-17



รูปที่ 2-17 แสดงการกำหนด Baud Rate ในโหมดต่างๆ

2.2.9 การใช้ Timer 1 กำหนด Baud Rate Clock

การกำหนดค่าลงใน Timer 1 ทำได้โดยการโปรแกรมไปที่ TMOD ให้ทำงานแบบ 8-bit Auto Reload Mode (โหมด 2) โดยเขียนค่าไปที่ TH1 ซึ่งโปรแกรมที่ริจีสเตอร์ TMOD ได้ดังนี้

```
MOD TMOD    .        #0010xxxxB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า x หมายความว่า เป็นอะไรก็ได้เพราะบิตเหล่านี้ใช้ใน Timer 0

ถ้าต้องการ Baud Rate ต่ำๆ สามารถใช้ 16-bit Mode ได้ โดยโปรแกรมเป็น TMOD = 0001xxxxB ค่า Baud Rate ที่ส่งออกมาจะมีค่าเท่ากับ ความถี่ของ Timer 1 เกิด Overflow หารด้วย 32 (หรือหารด้วย 16 ถ้าเป็น SMOD = 1)

รูปแบบทั่วไปของการหาค่า Baud Rate ในโหมด 1 และ 3 สามารถหาได้ดังนี้

BAUD RATE = TIMER 1 OVERFLOW RATE/32

ถ้าต้องการค่า Baud Rate เท่ากับ 1,200 สามารถคำนวณค่าความถี่ Overflow ของ Timer1 ได้ดังนี้

1,200 = Timer 1 Overflow Rate / 32

จะได้ Timer 1 Overflow Rate เท่ากับ 38.4 kHz

ถ้าระบบ MCS-51 ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาจาก Crystal เท่ากับ 12 MHz ตัว Timer 1 จะได้รับ Clock เท่ากับ 1 MHz หรือ 1,000 kHz ถ้าเราต้องการ Timer1 Overflow เท่ากับ 38.4 kHz ดังนั้นค่าอัตรา Overflow มีค่าเท่ากับ 1,000 / 38.4 = 26.04 Clock โดยค่า Overflow จะเกิดเมื่อเกิดการเปลี่ยนจาก FFH เป็น 00H ดังนั้นจะต้องให้ Timer 1 นับไป 26 Count ดังนั้นค่าที่จะให้รีจีสเตอร์ TH1 มีค่าเท่ากับ –26 ซึ่งใช้เป็นค่า Reload ดังนั้น เขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV  TH1, # -26
```

ตัวโปรแกรมแอสแซมเบอร์ทั่วไปจะแปลงค่า -26 เป็น 0E6H เอง จากที่ผ่านมาจะเห็นว่าความถี่ Baud Rate จะมีความสัมพันธ์กับค่าสัญญาณนาฬิกาที่ใช้จาก Crystal ในตารางที่ 6.3 จะเป็นค่าที่ต้องกำหนดใน Timer 1 เมื่อต้องการค่า Baud Rate ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Baud Rate	Crystal	SMOD โหมด	ค่าใน TH1	ค่า Baud Rate ที่ได้	ผิดพลาด
9,600	12.000	1	-7 (F9H)	8,923	7 %
2,400	12.000	0	-13 (F3H)	2,404	0.16 %
1,200	12.000	0	-16 (E6H)	1,202	0.16 %
19,200	11.059	1	-3 (FDH)	19,200	0
9,600	11.059	0	-3 (FDH)	9,600	0
2,400	11.059	0	-12 (F4H)	2,400	0
1,200	11.059	0	-24 (E8H)	1,200	0

ตารางที่ 2-5 แสดงความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนด Baud Rate ค่าต่างๆ

2.2.10 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS – 232C

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่มีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้นั้น ได้มีการกำหนดมาตรฐานในการรับ – ส่งข้อมูลไว้หลายแบบด้วยกัน แต่ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางก็คือ การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C

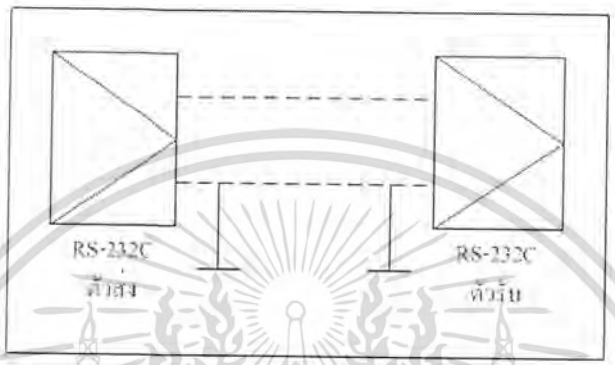
ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการในการสื่อสารข้อมูลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มีมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า RS – 232C ขึ้น เพื่อใช้เป็นมาตรฐานแก่อุปกรณ์ที่ถูกผลิตขึ้นจากบริษัทต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา Bell System operating telephone companies เป็นบริษัทหลักบริษัทแรกที่เป็นผู้ผลิตและติดตั้งระบบสื่อสารข้อมูล และเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสอุปกรณ์ดิจิตอลกับเครือข่ายโทรศัพท์รายใหญ่ อุปกรณ์นี้ก็คือ Bell modem ซึ่งถูกพัฒนาโดย Bell Laboratories และถูกใช้เป็นมาตรฐานในงานอุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบันนี้ (บริษัทต่าง ๆ มักจะลอกข้อกำหนดต่าง ๆ ขอบ Bell ไปใช้งาน เพื่อให้สินค้าของบริษัทนั้น ๆ สามารถใช้กับปุปกรณ์ของ Bell ได้) ดังนั้นความต้องการข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดในการอินเทอร์เฟสกับโมเด็มจึงมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการนี้ EIA, Bell System และผู้ผลิตโมเด็มรายอื่น ๆ จึงได้ร่วมมือกันตั้งมาตรฐาน RS-232C ขึ้น

มาตรฐาน RS-232C ได้ถูกตีพิมพ์โดย EIA ในปี ค.ศ. 1969 โดยตัวอักษร RS แทน "Recommended Standard" 232 แทนหมายเลขของมาตรฐาน ส่วนอักษร C แสดงให้เห็นส่วนมาตรฐานนั้นได้รับการแก้ไขกี่ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่มาตรฐานนี้เป็นที่นิยมใช้ ก็เนื่องจากเป็นระบบการสื่อสารข้อมูลที่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน

มาตรฐาน RS-232C จะมีโครงสร้างการสื่อสารเป็นแบบจุดต่อจุดเท่านั้น โดยมีลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าและทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2-6 และรูปที่ 2-18



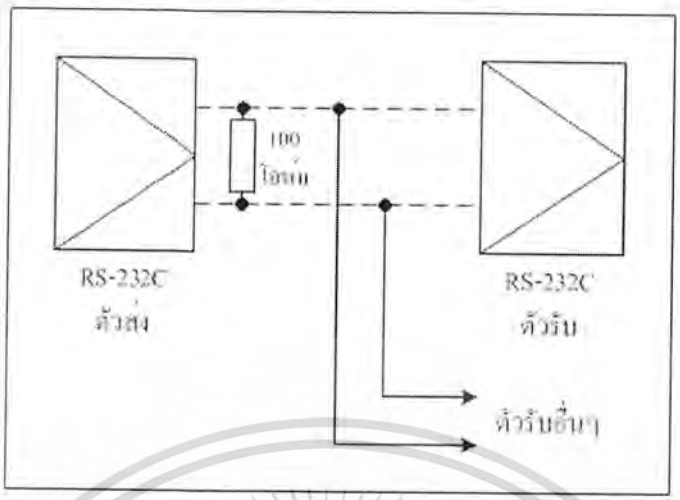
รูปที่ 2-18 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C

2.2.11 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS – 422A

ในการออกแบบระบบการสื่อสารข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ได้มีการพยายามที่จะออกแบบให้มีการสื่อสารข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น และมีระยะทางในการสื่อสารข้อมูลที่มากขึ้นด้วยซึ่งที่ผ่านมาการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS – 232C ได้ออกแบบมาเพื่อใช้เชื่อมโยงกับโมเด็มเท่านั้นจึงไม่ได้คำนึงถึงความเร็วและระยะทางในการสื่อสาร แต่ปัจจุบันได้มีการออกแบบระบบมาเพื่อรองรับความต้องการของการใช้งานที่ต้องการให้รับและส่งข้อมูลได้ไกลขึ้น คือ มาตรฐาน RS-422A ซึ่งจะใช้สัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล ดังรูปที่ 19

หลักการของการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-422A คือ สัญญาณที่จะรับ – ส่ง จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณ 2 เส้นเทียบกับมาตรฐาน RS – 232C ที่สัญญาณทุกสัญญาณจะเทียบกับกราวนด์ ซึ่งในการสื่อสารในระยะทางไกล ๆ แล้วนั้น สัญญาณจะถูกลดทอนไปและเมื่อสัญญาณถูกลดทอนถึงจุด ๆ หนึ่ง สัญญาณก็จะผิดพลาดไปจากความเป็นจริง ซึ่งก็จะมีผลทำให้การรับ – ส่งข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้น แต่สำหรับ RS – 422A ซึ่งใช้สัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลแล้ว การลดทอนของสัญญาณจะไอลดทอนสัญญาณทั้งสองสายด้วยค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-19 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-422A

และความแตกต่างของสัญญาณ หรือระยะสัญญาณทั้งสองเส้น จากตัวส่งไปยังตัวรับก็ยังคงมีค่าเท่าเดิมหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย จึงทำให้ผลการลดทอนต่อสัญญาณที่การสื่อสารข้อมูลในระยะทางไกล ๆ มีผลต่อสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลน้อยกว่า การสื่อสารข้อมูลแบบนี้จึงสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า และอัตราการสื่อสารข้อมูลสูงกว่า ดังแสดงการเปรียบเทียบการสื่อสารข้อมูลดังตารางที่ 2-7

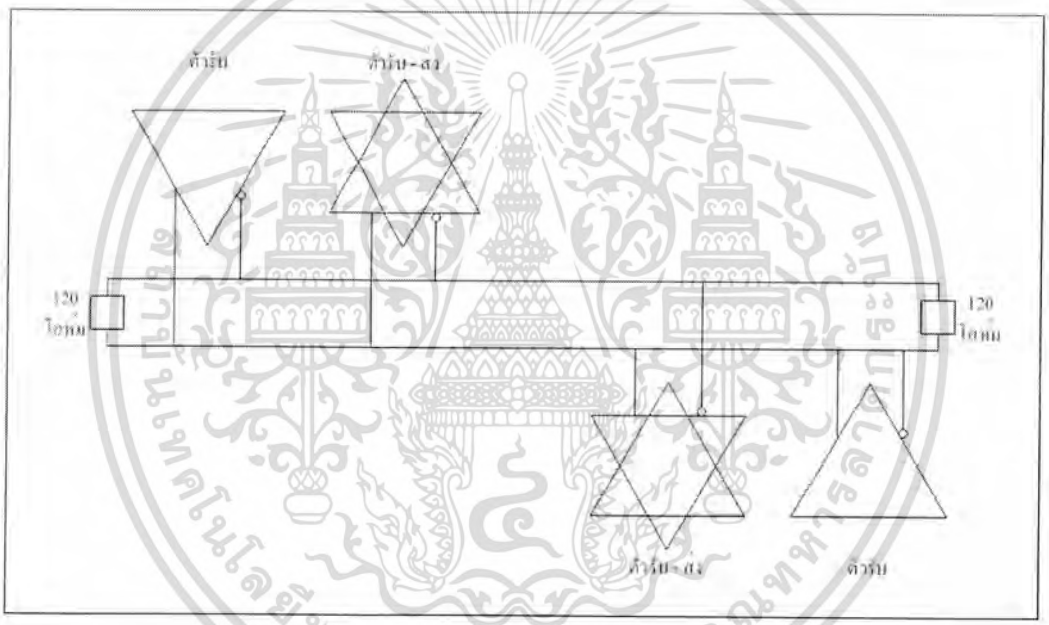
2.2.12 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS -485

การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานที่ได้กล่าวมาข้างตนคือ RS – 232C นั้น เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลในแบบที่ใช้การสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ หรือแบบจุดต่อจุด (Point to Point) ส่วน RS-422A นั้นเป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจาก RS-232C เพื่อทำให้สามารถทำการสื่อสารข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น และอัตราการสื่อสารข้อมูลเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังเป็นการสื่อสารข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุดเพียงไม่เกิน 10 ตัวเท่านั้น และไม่สามารถส่งข้อมูลย้อนกลับจากอุปกรณ์ 10 ตัวนั้นกลับมายังอุปกรณ์หลักได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าการสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS-422A นั้นเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบซิมเพล็กซ์ คือทิศทางข้อมูลเป็นแบบทางเดียวตลอดเวลา ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการออกแบบระบบให้เป็นโครงข่ายข้อมูลได้

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาการสื่อสารแบบใหม่ขึ้น เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าวนี้ ซึ่งก็คือ มาตรฐาน RS – 485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับมาตรฐาน RS – 485 นั้น จะเป็นมารตฐานที่อาศัยหักการทำงานของสัญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลเช่นเดียวกับมาตรฐาน RS – 422A แต่จะสามารสื่อข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทางในสายสัญญาณเพียงคู่เดียว ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ จากผลการใช้สัญญาณในลักษณะดิฟเฟอเรนเชียลนี้ จะทำให้ได้ระยะทางและความเร็วในการสื่อสารข้อมูชสูงเช่นเดียวกับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล RS – 422A แต่มาตรฐาน RS – 485 นั้นสามารถที่จะสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งการรับและการส่งได้สูงสุดถึง 32 ตัว หรืออาจกล่าวได้ว่า การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน RS – 485 นั้นเป็นการสื่อสารแบบหลายจุด (Multi – Point Communication) โดยโครงสร้างในการสื่อสารข้อมูลแบบ RS – 485 แสดงดังรูปที่ 2-20



รูปที่ 2-20 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485

2.2.13 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบ RS-485

รูปแบบหรือลักษณะการต่อใช้งานของ RS-485 ในลักษณะของเครือข่าย สามรถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ

เครือข่ายแบบที่ใช้สายนำสัญญาณสองเส้น (Two Wire)

การสื่อสารข้อมูล RS – 485 แบบสองสาย นี้ ถือเป็นการสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ คือลักษณะของการรับ - ส่ง ข้อมูลจะเป็นไปในลักษณะผลัดกันรับ - ส่ง โดยการกำหนดว่าจะเป็นการให้เป็นการรับหรือส่ง จะถูกกำหนดด้วยตัวแม่ข่าย (MASTER) ข้อดีของเครือข่ายแบบนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะช่วยประหยัดสายสัญญาณที่ใช้ในการวางเครือข่าย ส่วนข้อเสีย คือ ความเร็วในการรับ – ส่ง ข้อมูลจะช้าลง

พารามิเตอร์	RS-232C	RS-423A	RS-422A	RS-485
โหมดการทำงาน	Single-ended	Single-ended	Differential	Differential
จำนวนของตัวรับและตัวส่งที่ยอมรับได้	1 ตัวส่ง 1 ตัวรับ	1 ตัวส่ง 10 ตัวรับ	1 ตัวส่ง 10 ตัวรับ	32 ตัวส่ง 32 ตัวรับ
ความยาวของคู่สายสัญญาณรับส่งข้อมูล	50 ฟุต	4000 ฟุต	4000 ฟุต	4000 ฟุต
อัตราการส่งข้อมูลสูงสุด (บิตต่อวินาที)	20 k	100 k	10 M	10 M
แรงดันไฟฟ้าโหมดร่วมสูงสุด	+/- 2.5 V	+/- 6 V	+ 6 V - 2.5 V	12 V -7 V
Driver Output	+/- 5 V ต่ำสุด +/- 15 V สูงสุด	+/- 3.6 V ต่ำสุด +/- 6.0 V สูงสุด	+/- 2 V ต่ำสุด	+/- 1.5 V ต่ำสุด
Driver load(W)	3 k ถึง 7 k	450 ต่ำสุด	100 ต่ำสุด	60 ต่ำสุด
Driver slew rate	30 V/us สูงสุด	-	NA	NA
กระแสลิมิตเมื่อเอาต์พุตลัดวงจร	500 mA ลัดวงจรกับ Vcc หรือ GND	150 mA ลัดวงจรกับ GND	150 mA ลัดวงจรกับ CND	150 mA ลัดวงจรกับ GND 250 mA ลัดวงจรกับ 8 V หรือ 12 V
ค่าความต้านทานเอาต์พุตของตัวส่ง (W)	NA – Power On 300 – Power Off	NA – Power On 60 k – Power Off	NA – Power On 60 k – Power Off	120 k Power On, Off
ค่าความต้านทานเอาต์พุตของตัวส่ง (W)	3 k ถึง 7 k	4 k	4 k	12 k
ความไวตัวรับ	+/- 3 V	+/- 200 mV	+/- 200 mV	+/- 200 mV

ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล EIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการสื่อสารข้อมูล	แบบขนาน	แบบอนุกรม
1. ระยะทาง	ปกติจะน้อยกว่า 100 ฟุต	ส่งได้ตั้งแต่ระยะทางสั้นๆ ไปจนถึงระยะทางเป็นไมล์
2. ความเร็ว	อัตราความเร็วสูงมากในระยะที่ไม่ไกลมากนัก กำหนดได้เป็นจำนวนบิตต่อวินาที	อัตราความเร็วของข้อมูลที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 ล้านบิตต่อวินาที
3. ระดับของสัญญาณ	ในการอินเตอร์เฟสจะใช้ระดับสัญญาณที่ใช้กับอุปกรณ์ทีทีแอล (TTL) คือ สัญญาณลอจิก 1 และ 0 จะแทนด้วยระดับแรงดัน + 5 V และ 0 V ตามลำดับ	ใช้มาตรฐานของ EIA RS-232C คือมีระดับสัญญาณไฟฟ้าขนาด 12 V หรืออาจจะใช้มาตรฐาน 20 mA current loop หรืออาจจะใช้ระดับสัญญาณของ TTL ก็ได้ (ใช้กันน้อยมาก)
4. ความผิดพลาดของสัญญาณ	ถ้าส่งในระยะทางไกลๆ ความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดขึ้นง่าย	การผิดพลาดของสัญญาณจะมีน้อยลง
5. ค่าใช้จ่าย	ถ้าส่งในระยะทางไกลๆ จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก เพราะต้องใช้สายส่งสัญญาณหลายเส้น	สิ้นเปลืองน้อยกว่าหลายเท่า ถึงแม้ว่าจะใช้อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณของข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม แล้วส่งผ่านสายส่งใช้อุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณกลับมาเป็นแบบขนานอีก ก็ยังลงทุนน้อยกว่า

ตารางที่ 2-7 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายแบบที่ใช้สายนำสัญญาณสี่เส้น (Four Wire)

การสื่อสารข้อมูล RS – 485 แบบที่ใช้สายนำสัญญาณสี่เส้นนี้ ถือเป็นการสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ คือ ลักษณะของการรับ – ส่งข้อมูลสามารถทำการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เพราะว่ามี บัสข้อมูล (DATA BUS) อยู่ จำนวน 4 เส้น ข้อดีของเครือข่ายแบบนี้ คือ ความเร็วของการรับ – ส่งข้อมูลจะเร็วกว่า แบบที่ใช้สายนำสัญญาณสองเส้น แต่ก็มีข้อเสีย คือ จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในส่วนของสายนำสัญญาณมากกว่าแบบที่ใช้สายนำสัญญาณสองเส้น

2.2.14 รายละเอียดของการสื่อสารข้อมูลแบบ RS – 485

รายละเอียดต่าง ๆ ของการสื่อสารข้อมูลแบบ RS – 485 สามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

คุณสมบัติเฉพาะของตัวส่ง RS – 485

สามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

- ตัวส่ง 1 ตัว สามารถขับโหลดได้สูงสุด 323 ชุด โดที่โหลด 1 ชุด จะประกอบด้วยตัวส่ง 1 ตัว และตัวรับ 1 ตัว และค่าของความต้านทางที่ต่อคร่อมระหว่างสายสัญญาณมีค่า 60 Ω
- เอาท์พุทของตัวส่งในสภาวะออฟ มีกระแสรั่วไหลไม่เกิน 100 uA ในช่วงแรงดันไฟฟ้าระหว่าง – 7 ถึง 12V
- เอาท์พุทของตัวส่งให้แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุท 1.5 ถึง 5 v ในช่วงแรงดันไฟฟ้าระหว่าง – 7 ถึง 12V
- ตัวส่งมีวงจรป้องกันตัวเองที่ส่วนเอาท์พุท ในกรณีที่ตัวส่งหลายน ๆ ตัว ส่งข้อมูลออกมาพร้อม ๆ กัน

คุณสมบัติเฉพาะของตัวรับ RS – 485

- ค่าความต้านทานอินพุทมีค่าสูง โดยมีค่าไม่น้อยกว่า 12 kΩ
- ตัวรับ มีค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุท ระหว่าง –7 ถึง 12v
- ตัวรับ สามารถตอบสนองต่อสัญญาณที่แตกต่างจากสัญญาณโหมดร่วมได้ $\pm$ 200 mV

คุณสมบัติเฉพาะของคู่สายสัญญาณ RS – 485

- คู่สายสัญญาณที่ใช้สำหรับการรับ – ส่งสัญญาณ ในระบบ RS – 485 นั้น ควรพันสลับเป็นเกลียวเพื่อการลดทอนสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของยูนิตโหลด (Unit Load)

- ยูนิตโหลด เป็นจำนวนที่มากที่สุดของตัวรับและตัวส่ง ที่สามารถใช้งานบนคู่สายสัญญาณรับ – ส่ง คู่หนึ่ง โดยจะขึ้นกับค่า Unit Load (U.L) ซึ่ง RS – 485 ยอมรับได้ที่ 32 Unit Load ต่อคู่สายสัญญาณ 1 คู่

- นิยามของยูนิตโหลด เป็นโหลดที่ใช้กระแส 1 mA ที่แรงดันไฟฟ้าโหมดร่วม 12V ซึ่งโหลดนี้ประกอบด้วย ตัวส่ง และ/หรือ ตัวรับ แต่ไม่รวมค่าความต้านทานที่เกิดจากความต้านทานที่ต่อคร่อมคู่สายสัญญาณรับ – ส่ง

คุณสมบัติเฉพาะของคู่ตัวรับ – ส่ง

- เป็นไปตามมาตรฐาน RS – 485, RS – 422A,CCITT V.11 และ X.27
- เอาท์พุทของตัวส่งเป็นแบบ 3 สเตท (State) ยกเว้น SN 75179B
- เอาท์พุทตัวส่งสามารถขับกระแสได้สูงสุด 60 mA
- ค่าความต้านทานอินพุทของตัวรับมีค่าประมาณ 20 k (น้อยที่สุด)
- ตัวรับมีค่าความไวอินพุท (input sensitivity) ประมาณ ± 200 mV
- ใช้ไฟเลี้ยง 5 V

การคำนวณหาจำนวนคู่ตัวรับ - ส่ง RS – 485

<u>ตัวส่ง</u>

ค่าขอกระแสรั่ว เมื่ออยู่ในสภาวะออฟที่ 12 V มีค่าไม่เกิน 0.1 mA

ตัวส่งมีค่า (U.L) = 0.6 mA/1.0 mA = 0.6 U.L

<u>ตัวรับ</u>

ค่าของกระแสอินพุทที่แรงดันไฟฟ้าอินพุท 12V มีค่าไม่เกิน 0.6 mA

ตัวส่งมีค่า (U.L) = 0.6 mA/1.0 mA = 0.6 mA

เมื่อพิจารณาโหลด 1 (ตัวรับและตัวส่ง) มีค่า = (0.1+0.6)mA/1.0mA

= 0.7 U.L

สายสัญญาณรับ-ส่ง ข้อมูลคู่หนึ่งสามารถรองรับตัวรับ – ส่งได้ = 32/0.7 = 45 คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.15 คำสั่งที่ใช้ติดต่อการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับ Visual Basic

คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual Basic ตั้งแต่เวอร์ชัน 2 เป็นต้นมาใน Visual Basic จะมีคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาให้ โดยใน Visual Basic เวอร์ชัน 2 และเวอร์ชัน 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วนเวอร์ชัน 4 ใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 16 บิต และ MSCOMM32.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต สำหรับใน Visual Basic เวอร์ชัน 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้น เพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่ออยู่ (COM1, COM2, COM3, COM4)

รูปแบบการใช้งาน

Object.CommPort [= value]

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error 68 ขึ้นมา หมายถึงอุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้คำสั่ง OpenPort

Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด,พาริตี้,จำนวนของบิตข้อมูล,จำนวนของบิตปิดท้าย

รูปแบบการใช้งาน

Object.Settings [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น “BBBB, P, D, S” โดย BBBB เป็นค่าของอัตราบอด, P เป็นค่าพาริตี้, D เป็นจำนวนของบิตข้อมูล และ S เป็นจำนวนของบิตปิดท้าย ปกติแล้วค่านี้ถูกกำหนดไว้เป็น “9600, N, 8, 1”

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง settings โดยจะเป็นการกำหนดค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต สามารเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

MSComm1.Settings = “9600, N, 8, 1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ สาเหตุค่าที่กำหนดจะต้องอยู่ภายในเครื่องหมายคำพูด "" เนื่องจาก ค่าที่กำหนดนี้อยู่ในรูปตัวแปร String

PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

Object.PortOpen [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีนคือ True กับ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรมและ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งออกข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือถ้าพอร์ตอนุกรมนั้นถูกเปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกมาเช่นเดียวกัน

ตัวอย่างการใช้คำสั่งเปิดพอร์ต เพื่อติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรม COM1 และมีบอดเรต 9600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต มีดังนี้

```
MSComm1.Settings    =    "9600, n, 8 1"
MSComm1.CommPort    =    1
MSComm1.PortOpen    =    True
```

Input

อ่านค่าและลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์เครื่องรับ

รูปแบบการใช้งาน

Object.Input

คุณสมบัติ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนของตัวอักษรที่จะอ่านโดยคุณสมบัติ Input การกำหนดค่าให้ InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัติ Input ทำการอ่านค่าข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่คุณสมบัติ Input รับเข้ามา ถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้อความชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น ComInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปของไบนารีและชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงให้เห็นถึงวิธีในการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

```
Private Sub Command1_Click()
Dim InString as String
    MSComm1.InputLen    =    0      ; Retrieve all available data.
    If MSComm1.InBufferCount Then   ; Check for data.
    InString  =  MSComm1.Input      ; Read data.
    End If
End Sub
```

Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

Object.Output [= value]

ค่า value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ Output สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารีก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ String สำหรับการส่งข้อมูลไบนารีจะต้องกำหนดชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ Byte

ตัวอย่างโปรแกรมการส่งค่าที่ป้อนจากคีย์บอร์ดไปยังพอร์ตอนุกรม โดยใช้คุณสมบัติ Output

```
Private Sub Form_KeyPress (KeyAscii As Integer)
    Dim Buffer as Variant
    MSComm1.CommPort  =  1          ; Use COM1
    MSComm1.PortOpen  =  True       ; Open port
    Buffer  =  Chr$(KeyAscii)
    MSComm1.Output  =  Buffer       ; Send DATA
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 HTTP (HyperText Transfer Protocol)

HTTP เป็นกลไกหรือโปรโตคอลหลักที่ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ของเวิลด์ไวด์เว็บ โดยถูกออกแบบมาให้มีความกระทัดรัด สามารถทำงานได้รวดเร็ว มีกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และมีคำสั่งที่ใช้งานไม่มากนัก แต่สามารถรองรับข้อมูลได้ทุกแบบ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลทั่วไปที่เข้ารหัสแบบ MIME หรือข้อมูลที่เป็นกราฟิก เช่น ไฟล์ที่เป็น GIF หรือ JPEG เป็นต้น

หลักการทำงานทั่วๆ ไปของ HTTP ก็คือ จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ด้านคือ ด้านเว็บเซิร์ฟเวอร์และด้านไคลเอนต์ โดยไคลเอนต์จะติดต่อเข้ามายังเซิร์ฟเวอร์โดยใช้โปรแกรมบราวเซอร์และอ้างอิงถึงแอดเดรสของเซิร์ฟเวอร์โดยใช้รูปแบบของ URL ส่วนด้านเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปแบบที่เป็นภาษา HTML (HyperText Markup Language) โดยที่โปรโตคอล HTTP ใช้วิธีการเข้ารหัสในแบบ MIME เป็นมาตรฐานของการทำงาน

โครงสร้างข้อมูลของ HTTP จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนเฮดเดอร์หรือเรียกว่า metadata จะเป็นส่วนเก็บข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ภายในโปรโตคอล ส่วนที่สองเป็นส่วนเป็นข้อมูลจริงที่ต้องการรับส่ง ทั้งนี้ HTTP ถูกออกแบบมาให้สามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Proxy หรือ Firewall ต่างๆ ได้ โดยการทำงาน HTTP จะอาศัยโปรโตคอลพื้นฐาน TCP/IP ซึ่งทั่วไปจะใช้หมายเลขพอร์ตที่ 80

โปรโตคอล HTTP ในปัจจุบันได้พัฒนาขึ้นมาเป็นเวอร์ชัน 1.1 (จากเดิมคือเวอร์ชัน 1.0) ซึ่งโปรแกรมบราวเซอร์ที่แพร่หลายทั่วไปนั้นจะสามารถรองรับโปรโตคอลในเวอร์ชันใหม่นี้ได้ และได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานใน RFC 2068 แล้ว โดยใน HTTP เวอร์ชัน 1.1 นี้ได้เพิ่มประสิทธิภาพทำงานให้สูงขึ้น และปรับปรุงในด้านต่างๆ ที่ทำให้มีความสามารถมากขึ้น ดังนี้

- ลดภาระของการเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล TCP และสามารถใช้ประสิทธิภาพของ TCP ได้อย่างเต็มที่
- สามารถทำการบีบอัดข้อมูลที่รับส่งระหว่างเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ได้
- รองรับการทำงานแบบ Virtual host หมายถึงเว็บเซิร์ฟเวอร์เครื่องหนึ่งๆ มีชื่อโดเมนมากกว่าหนึ่งชื่อได้
- สามารถรองรับการทำงานได้หลายภาษา
- โอนไฟล์ข้อมูลเฉพาะบางส่วนได้ ซึ่งคุณสมบัตินี้จะมีประโยชน์มากในกรณีที่มีการโอนไฟล์ข้อมูลขนาดใหญ่ และเกิดปัญหาขึ้นระหว่างการทำงาน ซึ่งโปรโตคอล HTTP 1.1 มีจุดเด่นที่สามารถตรวจสอบได้ และโอนไฟล์ข้อมูลต่อจากส่วนที่เคยโอนมาแล้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คำสั่งของโปรโตคอล HTTP

HTTP มีคำสั่งต่างๆ ไม่มากนัก เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยมีคำสั่งที่ใช้งานอย่างแพร่หลายอยู่เพียง 3 คำสั่ง คือ GET, HEAD และ POST ส่วนคำสั่งอื่นๆ อีก 4 คำสั่ง คือ PUT, DELETE, LINK และ UNLINK มีให้ใช้งานเช่นกัน แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก รายละเอียดคำสั่งของ HTTP มีดังนี้

คำสั่ง	รายละเอียด
GET	ใช้อ่านข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์และส่งไปยังไคลเอนต์โดยมีรูปแบบ ดังนี้ GET <URL> HTTP/1.0 ตัวอย่างเช่น ต้องการให้เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งไฟล์ sale.html จากโดเมน www.netcorp.com ไปยังไคลเอนต์ จะใช้รูปแบบของคำสั่ง GET ดังนี้ GET www.netcorp.com/sale.html/HTTP/1.0 นอกจากนี้คำสั่ง GET ยังสามารถกำหนดเงื่อนไขให้อ่านข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์เฉพาะที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ด้วย
HEAD	คำสั่งนี้จะทำงานคล้ายกับคำสั่ง GET แต่เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลกลับมาให้เฉพาะในรายละเอียดของ metadata หรือข้อมูลในเฮดเดอร์เท่านั้น ส่วนข้อมุลที่เป็น HTML จะไม่ถูกส่งมาด้วย ซึ่งคำสั่ง HEAD นี้จะใช้เพื่อทดสอบว่าข้อมูลตาม URL นั้นๆ มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เท่านั้น
POST	เป็นคำสั่งที่ตรงข้ามกับคำสั่ง GET และ HEAD โดยทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากไคลเอนต์ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ แต่โดยปกติแล้วการส่งข้อมูลจากไคลเอนต์ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์นั้นจะไม่ค่อยมีการใช้งาน นอกจากในกรณีที่ HTML ทำงานในลักษณะที่ให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลลงตามแบบฟอร์ม (เช่น รายละเอียดส่วนตัวของผู้ใช้งาน) และส่งข้อมูลนี้กลับมาเก็บไว้ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์
PUT	เป็นคำสั่งที่ทำงานเหมือนกับคำสั่ง POST แต่ไม่เป็นที่นิยม
DELETE	เพื่อให้ไคลเอนต์สั่งเว็บเซิร์ฟเวอร์ลบ URL ที่กำหนดไว้ออกจากเซิร์ฟเวอร์ แต่เป็นคำสั่งที่ไม่นิยมใช้มากนัก เนื่องจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ทั่วไปมักจะทำงานในแบบอ่านข้อมูลได้เท่านั้น (read-only)
LINK	เป็นคำสั่งที่เชื่อม URL ที่ต้องการไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์อื่น
UNLINK	ยกเลิกคำสั่ง LINK ให้กลับมาใช้เซิร์ฟเวอร์เดิมตามที่กำหนดไว้ใน URL

ตารางที่ 2-8 แสดงคำสั่งของ HTTP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สถานะการทำงานของ HTTP

โปรโตคอล HTTP ได้กำหนดรหัสแสดงสถานะการทำงานของโปรโตคอลไว้ โดยแบ่งกลุ่มของรหัสสถานะออกไว้เป็น 5 กลุ่มคือ

รหัสสถานะ	ประเภท	รายละเอียด
100 - 199	Information	เป็นรหัสสถานะกลุ่มที่เปิดให้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ กำหนดใช้งานได้เอง
200 – 299	Successful	กลุ่มรหัสที่แสดงว่าการทำงานสำเร็จ
300 – 399	Redirection	กลุ่มรหัสนี้จะใช้ภายในโปรโตคอล HTTP เอง โดยเป็นการทำงานที่ต่อเนื่องมาจากโปรเซสก่อนหน้านี้ ซึ่งไคลเอนต์เป็นผู้สั่งงาน
400 – 499	Client Error	ใช้แสดงการปัญหาที่เกิดขึ้นกับไคลเอนต์
500 - 599	Server Error	ใช้แสดงการปัญหาที่เกิดขึ้นกับเซิร์ฟเวอร์

ตารางที่ 2-9 แสดงสถานะการทำงานของ HTTP

รหัสแสดงสถานะในแต่ละตัว จะนำหน้าด้วยตัวเลข 3 หลักและตามด้วยตัวอักษร ซึ่งรหัสในกลุ่ม 100 – 199 จะเปิดกว้างให้ผู้ที่พัฒนาโปรแกรมประยุกต์สามารถกำหนดค่าขึ้นมาใช้งานได้เอง ส่วนรายละเอียดของรหัสในกลุ่มอื่นๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสสถานะ	รายละเอียด
200 OK	การทำงานสำเร็จเรียบร้อย
201 Created	คำสั่ง POST ทำงานเสร็จสมบูรณ์
202 Accepted	ได้รับคำสั่งให้ทำงานเรียบร้อย แต่ไม่ต้องการมีการตอบกลับ
204 No Content	ทำงานตามคำสั่งเรียบร้อย แต่ไม่ต้องการแสดงข้อความใดๆ บนหน้าจอ
300 Multiple Choices	ถ้าค้นหาและพบแหล่งข้อมูลที่ต้องการหลายแห่ง เซิร์ฟเวอร์จะตอบกลับไปทั้งหมด เพื่อให้ไคลเอนต์สามารถเลือกแหล่งข้อมูลที่ต้องการเองได้
301 Moved Permanently	URL ที่ร้องขอได้ถูกย้ายไปที่อื่นแล้ว ดังนั้นการร้องขอใช้งาน URL จะต้องเปลี่ยนเป็นแอดเดรสใหม่
302 Moved Temporarity	URL ที่ร้องขอมาได้ถูกย้ายไปที่อื่นชั่วคราว
304 Not Modify	ใช้แสดงสถานะเมื่อใช้คำสั่ง GET ที่กำหนดเงื่อนไขเฉพาะเว็บไซต์ที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนเว็บไซต์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะแสดงด้วยสถานะนี้
400 Bad Request	คำสั่งจากไคลเอนต์ไม่ถูกต้อง
401 Unauthorized	ปฏิเสธการทำงานจากไคลเอนต์ที่ไม่ได้รับอนุญาต
403 Forbidden	เซิร์ฟเวอร์ไม่อนุญาตให้ใช้งานหรือไคลเอนต์มีสิทธิ์ในการใช้งานไม่เพียงพอ
404 Not Found	ไม่พบเว็บเซิร์ฟเวอร์ตาม URL ที่กำหนด
500 Internal Server Error	เซิร์ฟเวอร์มีปัญหา
501 Not Implemented	เซิร์ฟเวอร์ไม่รองรับคำสั่งที่ส่งไป
502 Bad Gateway	Proxy Server รับคำสั่งที่ไม่ถูกต้องจากเว็บเซิร์ฟเวอร์
503 Service Unavailable	เซิร์ฟเวอร์กำลังทำงานอื่นอยู่ ไม่สามารถให้บริการได้ในขณะนี้

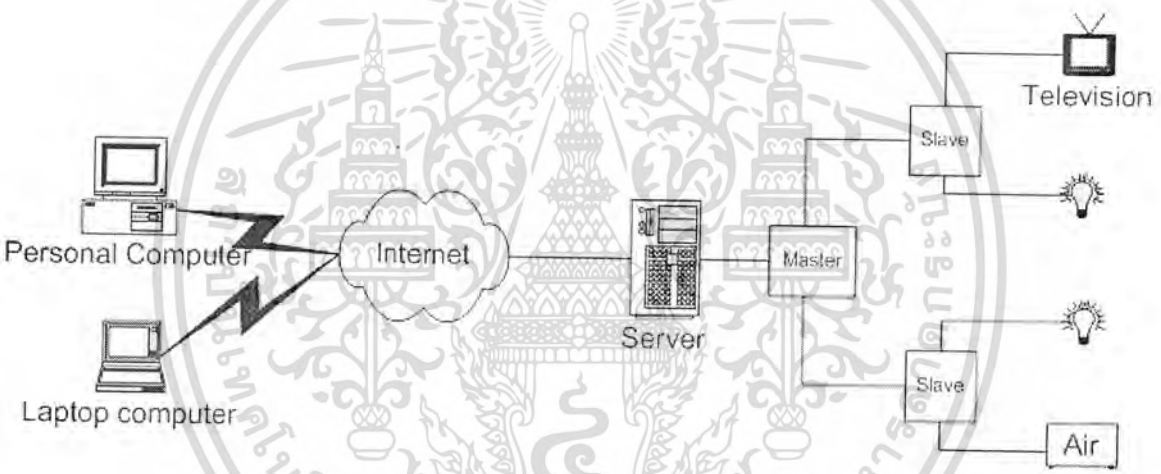
ตารางที่ 2-10 แสดงรายละเอียดสถานะการทำงานของ HTTP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโครงงาน

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ

โครงงานนี้ได้นำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้รับและส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตจะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบไคล์เอนท์-เซิร์ฟเวอร์ โดยการส่งข้อมูลนั้นจะส่งในรูปแบบเฟรมข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในโปรโตคอลที่ใช้สื่อสาร โครงสร้างสถาปัตยกรรมโดยรวมมีลักษณะ ดังรูป



รูปที่ 3-1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ

จากรูป เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตจะทำการส่งข้อมูลมาควบคุมอุปกรณ์หรือรับค่าจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ (ในโครงงานนี้จะใช้พีซีคอมพิวเตอร์ (PC) แทนเครื่องเซิร์ฟเวอร์) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลไปควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านชุดแม่ข่าย เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลว่าถูกต้องจึงส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือชุดควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ การรับค่าจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย จะส่งค่าผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย และแม่ข่ายเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ แล้วแสดงผลข้อมูลให้ผู้ใช้ทราบผ่านทางเว็บเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตจะแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนหลักๆ ดังนี้

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)
2. ส่วนซอฟต์แวร์ (Software)

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

โครงงานนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล8051 (AT89C51) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 มีคุณสมบัติสามารถรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมภายในตัว, มีการตรวจจับสัญญาณแบบอินเตอร์รัปต์ อีกทั้งตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 มีความเหมาะสมในการใช้งานเนื่องจากมีราคาประหยัด และมีหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) ถึง 4 กิโลไบต์ กับหน่วยความจำข้อมูล (RAM) ถึง 128 ไบต์ที่เพียงพอต่อการใช้ในโครงงานนี้

ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware) จะประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย (Master)

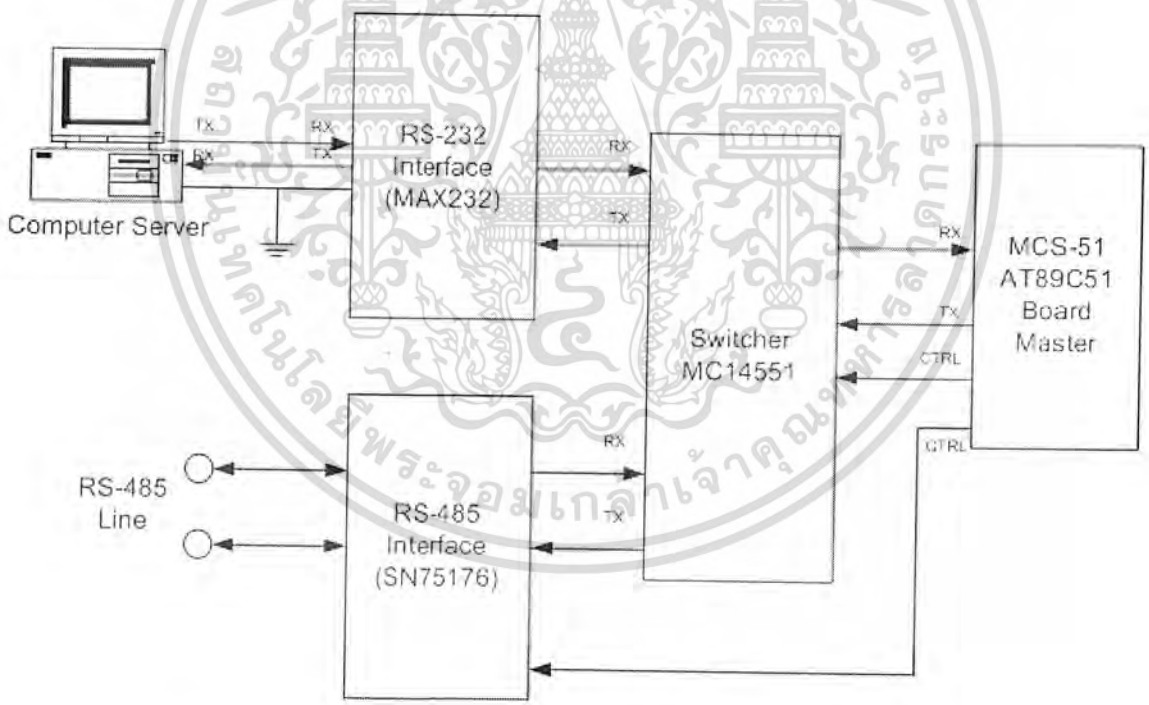
ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายจะทำหน้าที่ ควบคุมการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ก่อนส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และรายงานผลต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลมาทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) แบบ 9 ขา (DB-9) ซึ่งระดับแรงดันของคอมพิวเตอร์ที่ส่งมาจะมีค่าสูงกว่าระดับแรงดันของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นลอจิก TTL คือ 0 – 5 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วงของลอจิก TTL โดยใช้ไอซี MAX232 ที่ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันเครื่องคอมพิวเตอร์ +/-15 โวลต์เป็นระดับแรงดัน +5 โวลต์ กับ 0 โวลต์ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะทำการส่งสัญญาณมาที่ไอซี MC14551 ซึ่งทำหน้าที่เป็น สวิตช์ชิ่ง (Switching) ที่ออกแบบให้มีการทำงานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplex) / ดีมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Demultiplex) ซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นตัวสลับการติดต่อระหว่าง RS-232 กับ RS-485 เพื่อสะดวกในการเขียนโปรแกรมโดยไม่ต้องจำลองการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเหลือขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น ตัวไอซี MC14551จะถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย ต้องการรับ-ส่งข้อมูลจากตัวไมโคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

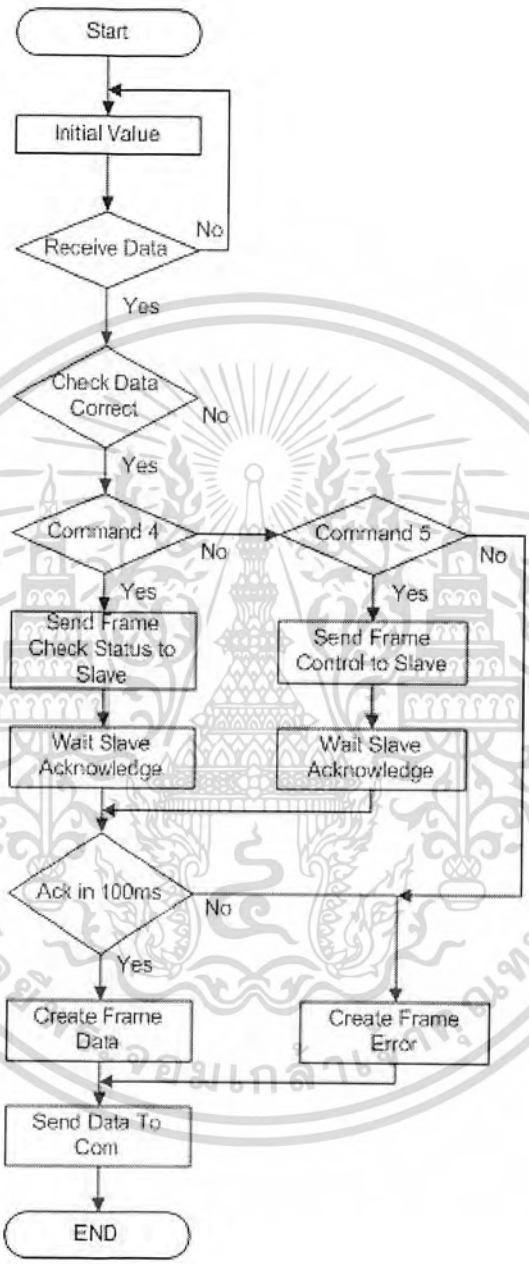
คอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย จะควบคุมให้สลับไปทำงานที่ไอซี SN75176 ซึ่งเป็นไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) แบบบาลานซ์ไลน์ หรือ RS-485 ซึ่งทำให้สามารถส่งได้ระยะทางไกลขึ้น จากนั้นจึงทำการรับ-ส่งข้อมูลกัน

ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย จะกำหนดให้ขาที่ใช้ในการควบคุมไอซี MC14551 มีลอจิกเป็น 0 เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ชุด แม่ข่ายทำการประมวลผลข้อมูลที่รับมาจากคอมพิวเตอร์ว่าถูกต้องแล้ว จะทำการเปลี่ยนลอจิกเป็น 1 เพื่อสวิตช์ไปยังไอซี SN75176 เพื่อส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย ในขั้นตอนนี้ขาที่ใช้ควบคุมไอซี SN75176 ต้องมีสภาวะลอจิกเป็น 1 เพื่อควบคุมให้เป็นการส่งข้อมูล เมื่อต้องการรับข้อมูลจากชุดลูกข่าย จะต้องกำหนดให้เป็นการรับข้อมูลคือมีสภาวะลอจิกเป็น 0 ลักษณะรูปแบบการเชื่อมต่อจะเป็นดังรูป



รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 แสดงโฟล์วชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทุกครั้งเฟรมข้อมูลที่ส่งจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยการนำข้อมูลทุกไบต์ไม่รวมไบต์เริ่มต้นและไบต์หยุด มาทำการเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์กัน (EX-OR) ดังสมการ

$$Chk = B_2 \oplus B_3 \oplus .... \oplus B_{m-2}$$

เมื่อ Chk คือ ผลลัพธ์การคำนวณ

B คือ ตัวแปรที่ใช้แทนค่าของไบต์นั้น

m คือ จำนวนของไบต์ทั้งหมดที่รับเข้ามา

3.2.1 โปรโตคอล

ในการออกแบบนั้น การส่งข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะต้องกำหนดรูปแบบการส่งข้อมูลให้ตรงกันถึงจะสามารถสื่อสารกันได้ และข้อมูลที่ส่งไป ถ้าเกิดผิดพลาดจะทำให้การทำงานนั้นขาดความน่าเชื่อถือและไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบรูปแบบการส่งข้อมูล หรือที่เรียกว่า โปรโตคอล เพื่อใช้เป็นรูปแบบในการรับ-ส่งข้อมูลของฮาร์ดแวร์ในโครงงานนี้ ข้อมูลที่ส่งในหนึ่งครั้งจะเรียกว่า เฟรมข้อมูล ซึ่งในหนึ่งเฟรมจะประกอบด้วยไบต์ข้อมูลที่แต่ละบิตมีความหมายในตัวเพื่อให้ฮาร์ดแวร์สื่อสารกันได้ถูกต้องตรงกัน ลักษณะของเฟรมจะแสดงดังรูป

START	LENGTH	ADDRESS	CMD	PORT1	PORT2	AIR1	AIR2	0	0	0	0	0	0	0	CHK	END

รูปที่ 3-4 แสดงเฟรมข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปยังชุดแม่ข่าย

START หมายถึง ไบต์ที่แสดงว่าจะเริ่มมีการส่งข้อมูลให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมที่จะรับข้อมูล ในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์ " # " หรือหมายเลข 23h ในรหัส ASCII

LENGTH หมายถึง จำนวนไบต์ของเฟรมข้อมูล ไม่รวมไบต์เริ่มต้นและไบต์สิ้นสุดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS หมายถึง หมายเลข Address ที่ต้องการติดต่อ

CMD หมายถึง ไบต์ที่บอกถึงคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสารเฟรมนั้น

"1" คือ ข้อมูลที่ส่งถูกต้อง

"3" คือ ข้อมูลที่ส่งผิดพลาด

"4" คือ ข้อมูลใช้ตรวจสอบสถานะการทำงาน

"5" คือ ข้อมูลควบคุมอุปกรณ์

PORT1 หมายถึง ข้อมูลของชุดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าค่าที่หนึ่ง

PORT2 หมายถึง ข้อมูลของชุดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าค่าที่สอง

AIR1 หมายถึง ข้อมูลของชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศค่าที่หนึ่ง

AIR2 หมายถึง ข้อมูลของชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศค่าที่สอง

CHK หมายถึง ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ (EX-OR) จะเป็นการนำข้อมูลไบต์ LENGTH ถึง AIR2 มาทำการเอ็กซ์คลูซีฟ-ออร์กันทั้งหมด

END หมายถึง ไบต์แสดงการสิ้นสุดของข้อมูล ในที่นี้จะใช้ค่า 0Dh ซึ่งหมายถึงการกดปุ่ม Enter ในรหัส ASCII

START	LENGTH	ADDRESS	CMD	PORT1	PORT2	AIR1	AIR2	TEMP1	TEMP2	TEMP3	TEMP4	SEC1	SEC2	SEC3	CHK	END

รูปที่ 3-5 แสดงเฟรมที่ชุดแม่ข่ายส่งรายงานสถานะของชุดลูกข่ายไปยังคอมพิวเตอร์

START หมายถึง ไบต์ที่แสดงว่าจะเริ่มมีการส่งข้อมูลให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมที่จะรับข้อมูล ในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์ " # " หรือหมายเลข 23h ในรหัส ASCII

LENGTH หมายถึง จำนวนไบต์ของเฟรมข้อมูล ไม่รวมไบต์เริ่มต้นและไบต์สิ้นสุดข้อมูล

ADDRESS: หมายถึง หมายเลข Address ที่ต้องการติดต่อ

CMD หมายถึง ไบต์ที่บอกถึงคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสารเฟรมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"1" คือ ข้อมูลที่ส่งถูกต้อง

"3" คือ ข้อมูลที่ส่งผิดพลาด

"4" คือ ข้อมูลใช้ตรวจสอบสถานะการทำงาน

"5" คือ ข้อมูลควบคุมอุปกรณ์

PORT1 หมายถึง ข้อมูลของชุดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าค่าที่หนึ่ง

PORT2 หมายถึง ข้อมูลของชุดอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าค่าที่สอง

AIR1 หมายถึง ข้อมูลของชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศค่าที่หนึ่ง

AIR2 หมายถึง ข้อมูลของชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศค่าที่สอง

TEMP1 หมายถึง ข้อมูลของตัววัดอุณหภูมิห้องหลักที่หนึ่ง

TEMP2 หมายถึง ข้อมูลของตัววัดอุณหภูมิห้องหลักที่สอง

TEMP3 หมายถึง ข้อมูลของตัววัดอุณหภูมิห้องหลักที่สาม

TEMP4 หมายถึง ข้อมูลของตัววัดอุณหภูมิห้องหลักที่สี่

SEC1 หมายถึง ข้อมูลของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจุดที่หนึ่ง

SEC2 หมายถึง ข้อมูลของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจุดที่สอง

SEC3 หมายถึง ข้อมูลของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจุดที่สาม

CHK หมายถึง ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ (EX-OR) จะเป็นการนำข้อมูลไบท์LENGTH ถึง SEC3 มาทำการเอ็กซ์คลูซีฟออร์กันทั้งหมด

END หมายถึง ไบต์แสดงการสิ้นสุดของข้อมูล ในที่นี้จะใช้ค่า 0Dh ซึ่งหมายถึงการกดปุ่ม Enter ในรหัส ASCII

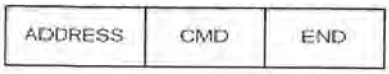
กรณีที่คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลควบคุมอุปกรณ์ไป เมื่อชุดลูกข่ายตอบกลับมา จะใช้เฟรมข้อมูลเดียวกันแต่ในไบต์ CMD จะเป็น 1 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลถูกต้อง ส่วนในไบต์อื่นๆจะใส่ข้อมูล 0 เพื่อแทนค่าที่ว่างไว้ เช่น #E1100000000000 ซึ่งหมายถึงข้อมูลถูกต้อง

CMD	PORT1	PORT2	AIR1	AIR2	TEMP1	TEMP2	TEMP3	TEMP4	SEC1	SEC2	SEC3	END

รูปที่ 3-6 แสดงเฟรมข้อมูลรายงานสถานะของอุปกรณ์จากชุดลูกข่ายไปชุดแม่ข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของเฟรมจะมีลักษณะคล้ายกับข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์แต่จะไม่มีส่วนของไบต์เริ่มต้นและไบต์ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล



รูปที่ 3-7 แสดงเฟรมข้อมูลตอบกลับจากชุดลูกข่ายกรณีถูกต้องและไม่ถูกต้อง

ADDRESS หมายถึง หมายเลข Address ของชุดที่ตอบกลับ

CMD หมายถึง ไบต์ที่บอกถึงคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสารเฟรมนั้น

"1" คือ ข้อมูลที่ส่งถูกต้อง

"3" คือ ข้อมูลที่ส่งผิดพลาด

END หมายถึง ไบต์สิ้นสุดของการส่งข้อมูล

3.2.2 การส่งข้อมูลระยะไกลระหว่างชุดแม่ข่ายและชุดลูกข่าย

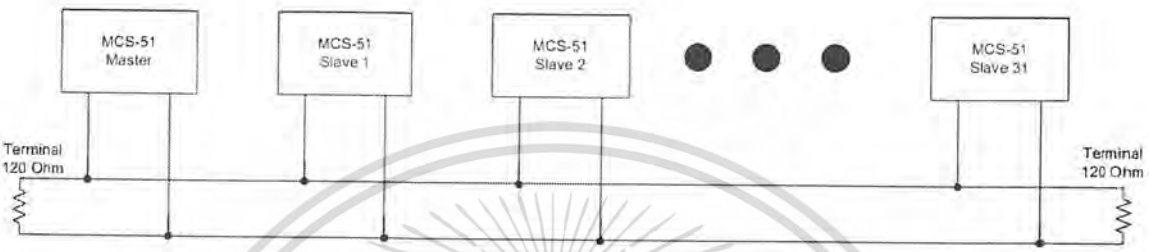
ในโครงงานนี้ เพื่อให้การส่งข้อมูลสามารถควบคุมได้ระยะไกลกว่าปกติ จึงได้เลือกการส่งข้อมูลแบบไลน์ไดร์วเวอร์ ที่สามารถตรวจจับแรงดันต่ำถึง 200 มิลลิโวลต์ ได้ดี จึงทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะไกลขึ้น โดยปกติแล้วพอร์ตอนุกรมหรือRS-232 ปกติสามารถส่งได้ไกลเพียง 50 ฟุต ดังนั้นในส่วนของการส่งข้อมูลจะใช้ไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) RS-485 เนื่องจาก

1. มีลักษณะที่คล้ายกับไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) RS-422 ซึ่งสามารถส่งได้ไกลประมาณ 4,000 ฟุต ที่ความเร็วในการรับส่งน้อยกว่า 10Mbps

2. มีข้อดีกว่า RS-422 คือ ใช้สายสัญญาณในการรับ-ส่งเพียงคู่เดียว และใช้การรับส่งแบบ Half-Duplex คือไม่สามารถรับและส่งได้ในช่วงเวลาเดียวกัน จึงต้องมีการจัดลำดับการรับ-ส่งข้อมูลที่ดี แต่ RS-422 จะมีการส่งข้อมูลแบบ Full Duplex อาจจะเกิดการชนกันของข้อมูลทำให้รับข้อมูลผิดพลาดได้ และแรงดันในสายสัญญาณสูงเกินไป ทำให้ไอซีเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้หลายชุด ถ้าใช้ไอซีเบอร์ MAX3088 สามารถต่ออุปกรณ์ได้ถึง 256 ชุด ในโครงงานนี้จะใช้ไอซีเบอร์ SN75176 ซึ่งสามารถต่อได้ 32ชุด ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในโครงงานนี้



รูปที่ 3-8 แสดง การเชื่อมต่อของ RS-485 ในโครงงานนี้

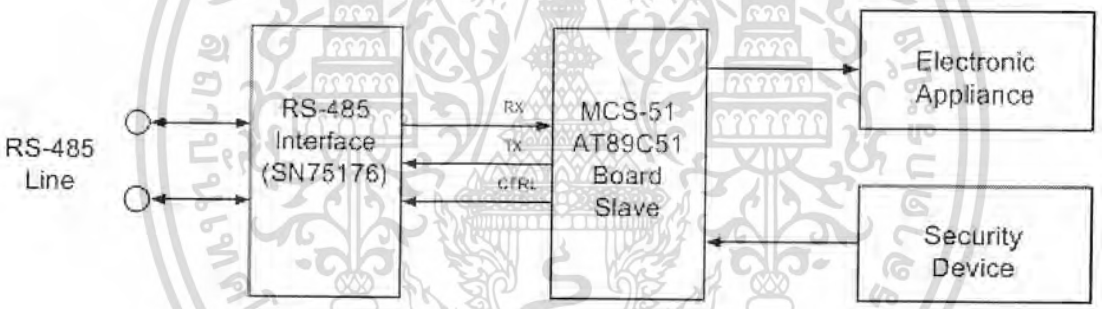
ลักษณะการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายกับชุดลูกข่ายผ่านไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) RS-485 นั้น จะมีจำนวนจุดติดต่อได้ 31ชุด เนื่องจากอีกหนึ่งชุดจะทำหน้าที่เป็นชุดแม่ข่าย (Master) ดังรูป หากจำนวนจุดที่ต้องการติดต่อไม่เพียงพอสามารถเพิ่มได้อีก โดยต่อ RS-485 เข้าไปอีกชั้นหนึ่ง ในการเชื่อมต่อไลน์ไดร์วเวอร์แบบ RS-485 นั้น ที่จุดหัวและท้ายจำเป็นที่จะต้องมีตัวเทอร์มินอลสำหรับปิดหัวท้าย ทำหน้าที่ป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณ ทำให้เกิดการแทรกสอดของสัญญาณ โดยปกติแล้วจะใช้ตัวต้านทานค่า 120 โอห์ม เป็นตัวเทอร์มินอล ในการออกแบบควบคุมการส่งข้อมูลของไลน์ไดร์วเวอร์แบบ RS-485 นั้น จะต้องเขียนโปรแกรมควบคุมการส่งข้อมูลให้ถูกต้อง เพื่อให้การส่งข้อมูลถูกต้อง ดังนั้นในการส่งต้องให้ชุดหนึ่งเป็นตัวรับและให้อีกชุดหนึ่งเป็นตัวส่งให้ถูกต้อง

3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย (Slave)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายจะทำหน้าที่ รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายมาประมวลผลแล้วจึงส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ แล้วคอยตรวจสอบสัญญาณจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้ไมโครสวิตช์และอุปกรณ์เซนเซอร์ในการส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย เพื่อแจ้งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย

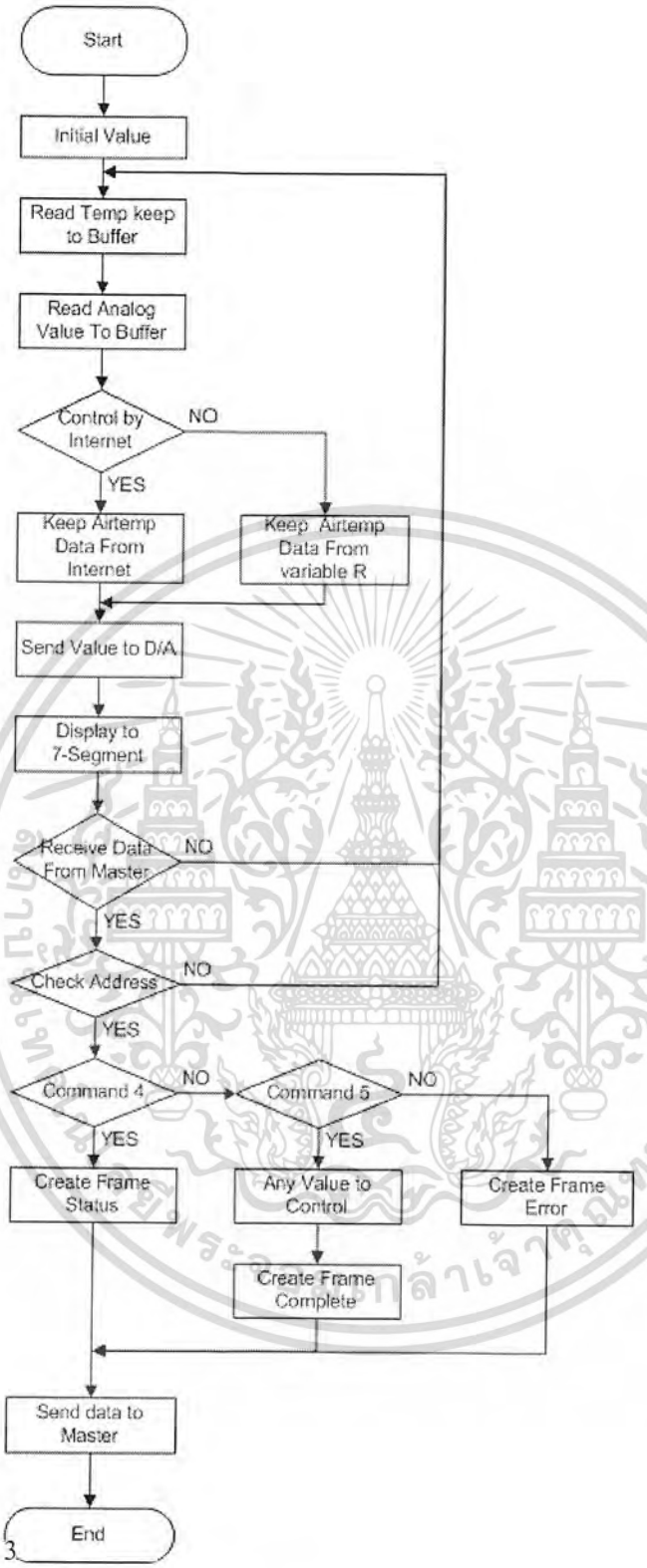
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย จะมีส่วนประกอบเพิ่มเติมขึ้นมาคือ ส่วนที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า, ชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และส่วนรับข้อมูลจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย โดยเมื่อมีการรับ-ส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย จะติดต่อผ่านทางไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) แบบ RS-485 ไอซี SN75176 ที่ถูกควบคุมการรับส่งโดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ การส่งข้อมูลของ RS-485 จะเป็นแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ (Half-Duplex) จึงต้องมีการควบคุมการรับส่งข้อมูลที่ดี เมื่อตัวไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลมาจะประมวลผลข้อมูล แล้วทำการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตามข้อมูลที่ส่งมา ในกรณีที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจะส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ไปบอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจึงเพิ่มข้อมูลจุดที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยเข้าไปในเฟรมรายงานสถานะของข้อมูล ก่อนส่งไปยังไลน์ไดร์วเวอร์ (Line Driver) แบบ RS-485 เพื่อส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย ดังรูป



รูปที่ 3-9 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

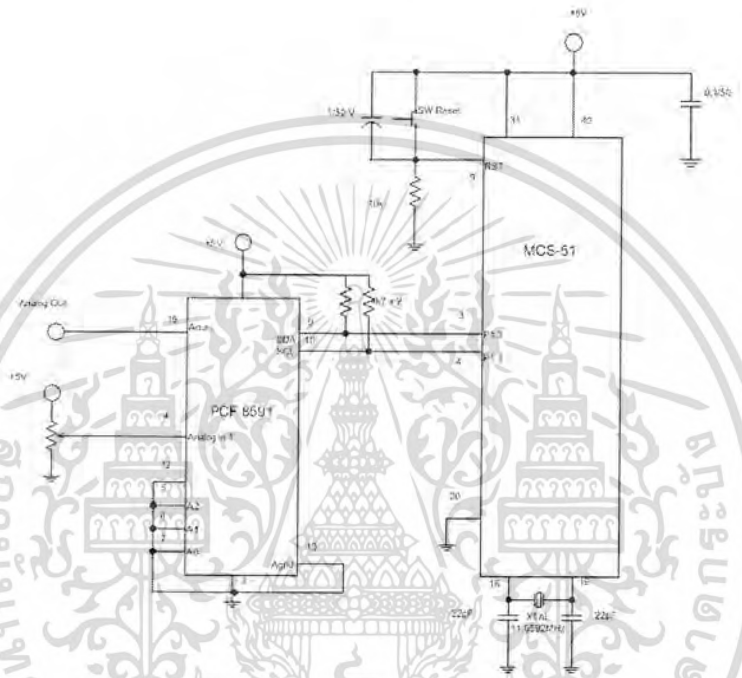


รูปที่ 3-10 แสดงโฟร์วชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ

ในโครงงานนี้ได้จำลองการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และแสดงอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศผ่านทางLEDแสดงผล 7 ส่วน ส่วนของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3-11 แสดงการต่อใช้งานร่วมกับ PCF 8591

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ PCF 8591 ซึ่งมีการทำงานแบบไอสแควร์ซี (I^2C) ทำให้วงจรมีขนาดเล็ก และใช้ขาควบคุมการทำงานของไอซีเพียง 2 ขา จึงประหยัดขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายได้ โครงสร้างของไอซีเบอร์นี้มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D) ถึง 4 ช่อง พร้อมทั้งมีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) 1 ช่อง เพื่อนำมาจำลองการทำงานของการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ โครงงานนี้จึงได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ PCF 8591

โดยการทำงานในส่วนนี้จะเริ่มจากการวัดค่าสัญญาณอนาล็อกผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) ของไอซีเบอร์ PCF8591 ซึ่งแรงดันที่ใช้ในโครงงานนี้ได้กำหนดอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 8 ระดับ คือ อุณหภูมิในช่วง 22°C - 29°C การกำหนดช่วงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

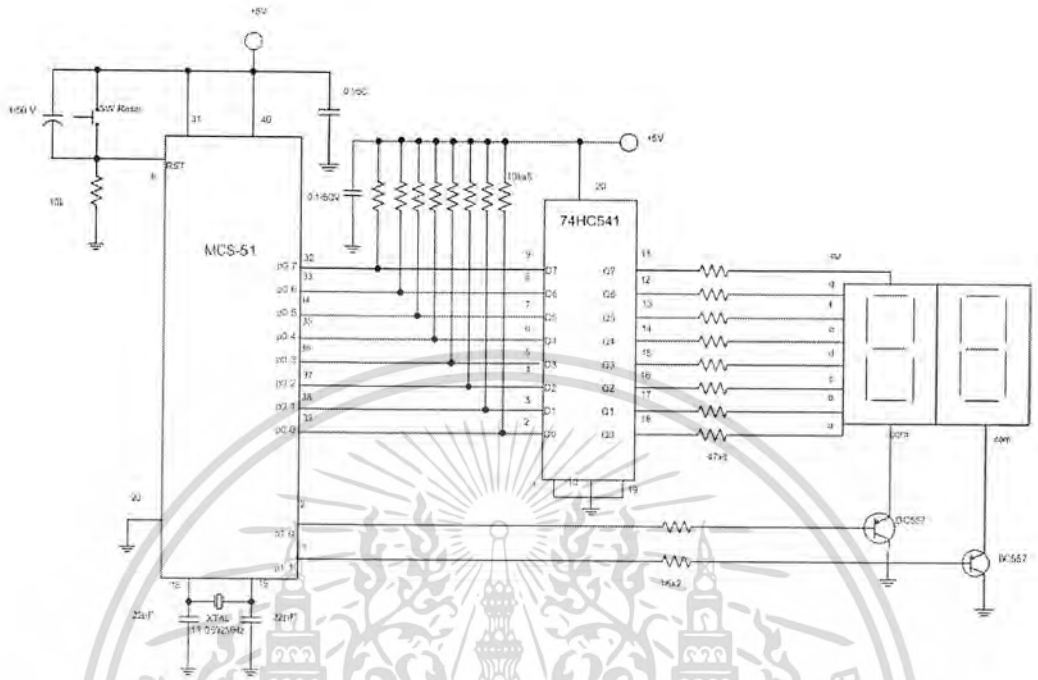
แรงดันเราสามารถกำหนดได้ว่าเมื่อแรงดันอยู่ในช่วงที่กำหนด เราจะให้เป็นอุณหภูมิเท่าใด แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณดิจิตอลไปยังไอซีเบอร์ PCF 8591 ไอซีจะทำการอ่านค่าสัญญาณดิจิตอลแล้วมาแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (D/A) เป็นแรงดันในช่วง 0-5 โวลต์เพื่อนำแรงดันนี้จ่ายให้แก่วงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ในโครงงานนี้ได้จำลองเป็นจุดจ่ายแรงดัน ให้สามารถวัดแรงดันที่ออกมา ว่าตรงกับที่ต้องการหรือไม่

การออกแบบได้ต่อร่วมอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมและส่งข้อมูลผ่านทางขา SCL และ SDA ตามลำดับ โดยออกแบบให้ทำการอ่านค่าจากขาอนาล็อกอินพุทช่องที่1 (Analog In 1) ซึ่งใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เป็นตัวกำหนดให้จ่ายแรงดันแก่ขาอนาล็อกอินพุท ถ้าไม่มีการควบคุมจากอินเตอร์เน็ตจะกำหนดให้อ่านค่าแรงดันจากตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากมีการควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ตจะนำค่าที่ส่งมาจากอินเตอร์เน็ตมาใช้ในการกำหนดแรงดันค่าอนาล็อกเอาท์พุท (Aout) ซึ่งการแสดงผลจะใช้งานร่วมกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน

3.3.2 ชุดแสดงผลอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ

โครงงานนี้เลือกใช้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลักนั้น จะต้องใช้ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการต่อใช้งานถึง 2 พอร์ต ถ้าไม่ต่อกับไอซีที่ทำหน้าที่ขยายพอร์ต จะทำให้สิ้นเปลืองพอร์ตในการต่อใช้งาน ดังนั้นจึงเลือกใช้การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ และใช้ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก แบบคอมมอนคาโถด ลักษณะการต่อใช้งานแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



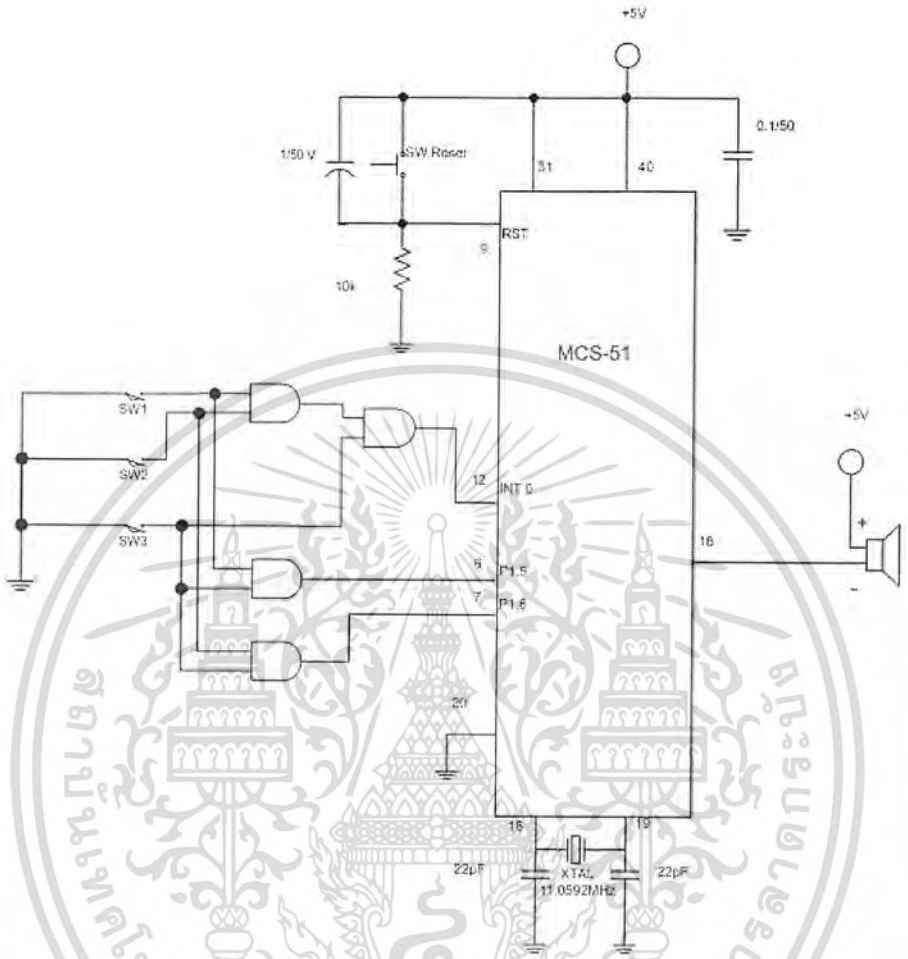
รูปที่ 3-12 แสดงการต่อใช้งานร่วมกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน

3.3.3 ชุดรักษาความปลอดภัย

โครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครสวิตซ์และตัวตรวจจับอินฟราเรด ในการส่งสัญญาณให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากมีขนาดที่เล็ก สามารถติดตั้งได้ง่าย โดยการส่งสัญญาณนั้น เลือกใช้ลอจิก0 ในการส่งสัญญาณไปยังขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งสัญญาณอินเตอร์รัพต์ไปยังขา INT 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย อีกทั้งทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่ต้องเสียเวลาในการทำงานส่วนของโปรแกรมหลักและไม่ต้องคอยตรวจสอบสัญญาณจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยอยู่ตลอดด้วย

ลักษณะการต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 แสดงการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย

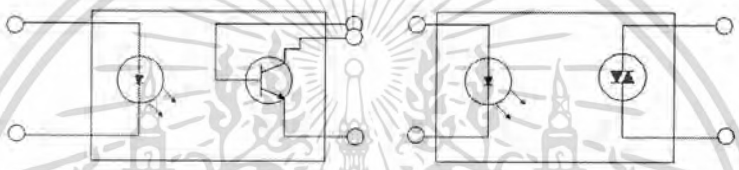
ในการต่อใช้งานนั้นเราสามารถเปลี่ยนจากไมโครสวิตซ์เป็นอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยที่ป้อนลอจิก0 แบบอื่นๆได้ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรด,ตัวตรวจจับความร้อน ฯลฯ ในโครงงานนี้สามารถตรวจจับได้ 3 จุด ต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย 1 ชุด

จากวงจร เมื่อมีสัญญาณจากอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจุดใดก็ตาม จะมีการส่งสัญญาณลอจิก 0 ไปยังขาอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทลเลอร์ จากนั้นจะส่งสัญญาณความถี่ 10 kHz ออกทางลำโพง ซึ่งต่ออยู่ที่ขา 16 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้มีเสียง เมื่ออุปกรณ์รักษาความปลอดภัยทำงาน แล้วทำการตรวจสอบว่าจุดใดที่ส่งสัญญาณมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 8 จุด

การออกแบบชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ใช้ออปโต้คัปเปลอร์ (Opto-Coupler) ทำหน้าที่แยกส่วนของอุปกรณ์ทางด้านดิจิตอล กับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ สัญญาณแสงจะถูกส่งระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองชิ้นที่แยกจากกันทางไฟฟ้า โดยอยู่ในรูปของสัญญาณแสง โดยชิ้นส่วนทั้งสองนี้ไม่สามารถสลับหน้าที่กันได้และไม่มีการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองนี้ สัญญาณที่ถูกส่งผ่านจะมีได้ทิศทางเดียวเท่านั้น โครงสร้างของออปโต้คัปเปลอร์ที่นำมาใช้พิจารณาในโครงงานนี้แสดงได้ดังรูป



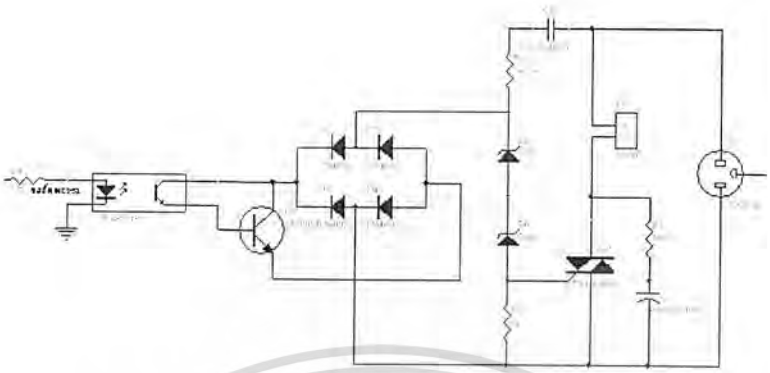
รูปที่ 3-14 แสดงโครงสร้างของออปโต้คัปเปลอร์ที่เอาท์พุทเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์และไดแอก

ในโครงงานนี้ได้ใช้ออปโต้คัปเปลอร์แบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์เนื่องจากมีอุปกรณ์ชนิดนี้อยู่แล้วสามารถนำมาดัดแปลงให้ใช้งานได้ เพราะราคาของออปโต้คัปเปลอร์ค่อนข้างสูง และใช้ในโครงงานนี้มาก จึงดัดแปลงวงจรเพื่อให้สามารถนำมาใช้กับกระแสไฟสลับ เพื่อใช้กับโครงงานนี้ แต่แนะนำให้นำออปโต้คัปเปลอร์แบบไดแอกมาใช้กับส่วนของไฟกระแสสลับร่วมกับไตรแอกจะดีกว่า เนื่องจากมีคุณสมบัติใช้งานด้านนี้ และทำให้วงจรมีขนาดเล็กเพราะใช้อุปกรณ์ต่อร่วมเพียงไม่กี่ตัว

การดัดแปลงวงจรที่ใช้ออปโต้คัปเปลอร์ เพื่อกระตุ้นให้ไตรแอกทำงานนั้น จะใช้ไฟกระแสสลับในการทริก โดยจะกระตุ้นในทุกๆครึ่งคาบเวลาของสัญญาณไฟสลับที่ให้ อาศัยการทำงานของ C1,R1 และซีเนอร์ไดโอด D5 และ D6 ที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ไดโอดเรกติฟายแบบบริดจ์คร่อมอยู่ระหว่าง D5, D6 และ R2 โดยถูกควบคุมจากทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อ Q1 ไม่ทำงานนั่นคือไม่มีสัญญาณควบคุม 5 โวลต์ ที่ป้อนให้แก่ออปโต้ไอโซเลเตอร์ วงจรบริดจ์นี้จะไม่ทำงาน ดังนั้น ไตรแอกจะถูกกระตุ้นให้นำกระแสหลังจากสัญญาณไฟกระแสสลับเริ่มเข้ามาในทุกๆ ครึ่งคาบเวลา การกระตุ้นที่เกตจึงหยุด นั่นคือไตรแอกจะหยุดทำงานเมื่อสัญญาณไฟกระแสสลับที่ให้ถึงจุดตัดศูนย์

การเชื่อมต่อเพื่อใช้งานร่วมกับชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในโครงงานนี้ มีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-15 แสดงชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายจะทำการอ่านค่าจากส่วนต่างๆ และคอยตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายผ่านทางไลน์ไดร์เวอร์ RS-485

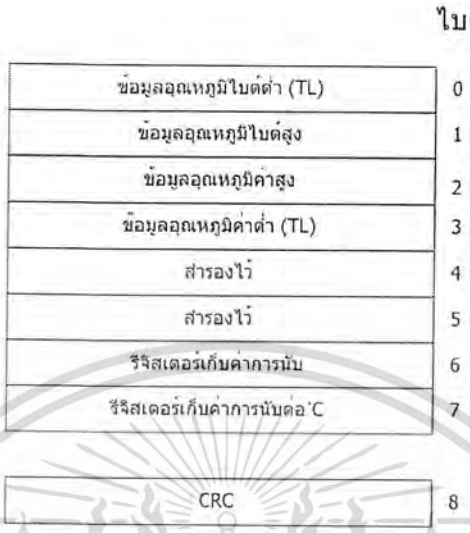
3.3.5 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ

โครงงานนี้ได้มีการนำไอซีที่มีความสามารถในการตรวจจับอุณหภูมิมาใช้งาน ซึ่งได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ DS1820 ของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งมีการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย (1-Wire Bus)

การสื่อสารแบบนี้จะใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสัญญาณนาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูล เหมือนการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอื่นๆ สายข้อมูลนั้นจะทำหน้าที่เสมือนสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากรูปสัญญาณในแต่ละช่วงของเวลาหรือไทม์สล็อต (Time-Slot) รูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดข้อมูลในระดับไบต์

ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 ใช้การติดต่อแบบ ระบบบัสหนึ่งสาย มีการต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ,ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวด์ ไอซี DS1820 จะใช้หน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์

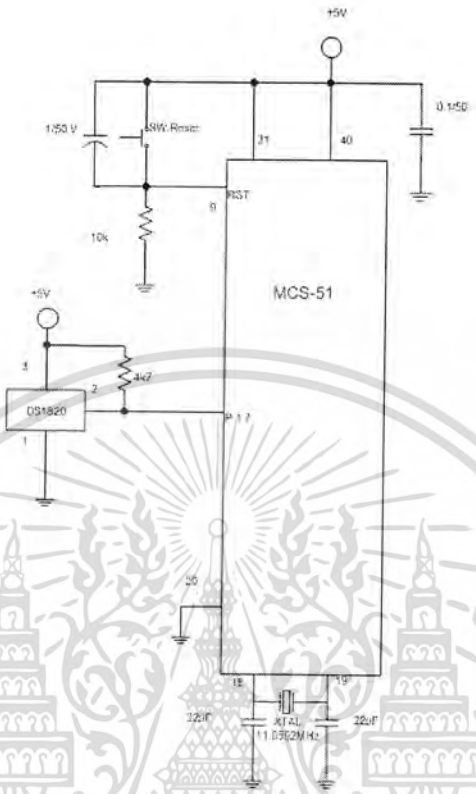
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 แสดงสแครตช์แพดของไอซีเบอร์ DS1820

เมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดมาเก็บในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ1 เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียส โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ 55 ถึง +125 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลประมาณ 200 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-17 แสดงการต่อชุดตรวจวัดอุณหภูมิร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายจะทำการอ่านค่าจากส่วนต่างๆ และคอยตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายผ่านทางไลน์ไดร์เวอร์ RS-485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอฟต์แวร์ (Software)

3.4 ซอฟต์แวร์ส่วนควบคุมและติดต่อกับฮาร์ดแวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของโครงงานนี้ เลือกใช้ Visual Basic ในการควบคุมการทำงาน, ติดต่อกับฐานข้อมูล และแสดงผลอินเตอร์เฟสให้ผู้ใช้งานทราบ เนื่องจาก Visual Basic เป็นเครื่องมือพัฒนาแอพลิเคชันที่ใช้สำหรับสร้างแอพลิเคชันเพื่อใช้งานอย่างรวดเร็ว เน้นส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นแบบกราฟิก และยังสนับสนุนการสร้างแอพลิเคชันสำหรับอินเตอร์เน็ตด้วย

การติดต่อกับฮาร์ดแวร์ ใน Visual Basic นั้น สามารถทำได้ง่าย เนื่องจาก Visual Basic มี ActiveX Control ที่สร้างไว้เพื่อใช้งานสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม(Serial Port) ของคอมพิวเตอร์ ที่เรียกว่า MSComm Control ดังนั้นโครงงานนี้จึงเลือกการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้ คอนโทรลที่ Visual Basic จัดเตรียมไว้ให้

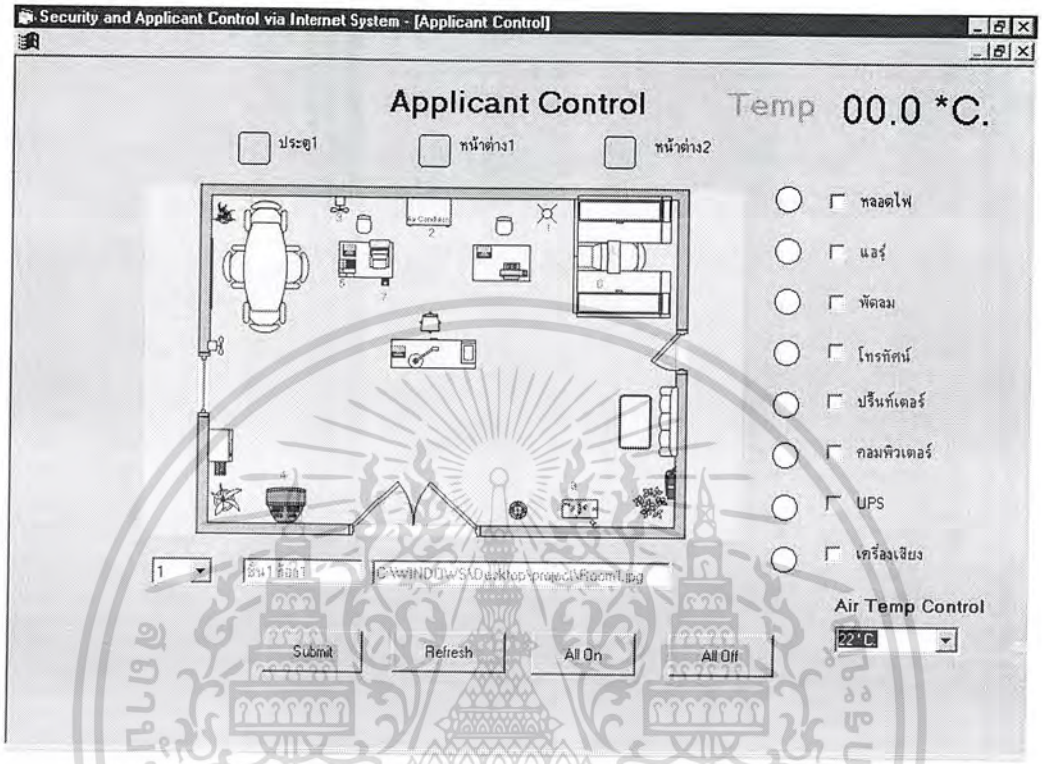
3.4.1 คอนโทรล MSComm

การทำงานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต จะมี MSCOMM32.OCX เป็นActiveX Control ที่ได้เตรียมไว้ใช้สำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ MSComm เตรียมทางเลือกไว้ 2 ทางในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือ การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (event-driven communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อมีตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรม หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier Detect (DCD) หรือ ขา Request To Send (RTS) เหตุการณ์ Oncomm ของ MSComm จะสามารถตรวจจับสัญญาณนั้นได้ทันที ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชันต่างๆไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้ได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

ดังนั้นโครงงานนี้จึงเลือกใช้ MSComm Control ของ Visual Basic ในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์โดยควบคุมผ่านทางโปรแกรมที่เขียนขึ้นจาก Visual Basic

รูปแบบของอินเตอร์เฟสในโครงงานนี้ สร้างจาก Visual Basic ซึ่งออกแบบให้เป็นกราฟิกเพื่อง่ายต่อการใช้งาน และสามารถเข้าใจได้ง่าย รูปแบบอินเตอร์เฟสที่ใช้ในโครงงานนี้มีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



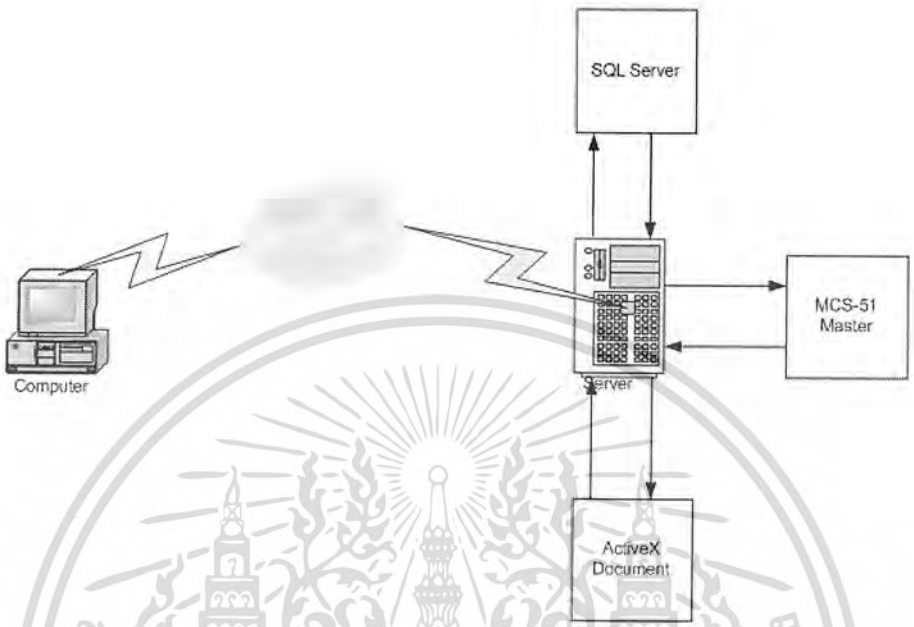
รูปที่ 3-18 แสดงอินเตอร์เฟสของโครงงาน

3.4.2 ซอฟต์แวร์ส่วนควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ต

โครงงานระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต เนื่องจากระยะเวลาในการพัฒนามีจำกัด จึงเลือกใช้การติดต่อผ่าน ActiveX Document ซึ่งเป็นแอพพลิเคชั่นที่สร้างจากวิชวลเบสิก ทำให้สามารถติดต่อผ่านเว็บบราวเซอร์ได้ มีโครงสร้างการทำงานดังรูป

การทำงานจะเริ่มจากบราวเซอร์จะทำการเรียก ActiveX Document จากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เครื่องเซิร์ฟเวอร์จะทำการดึงข้อมูล รูปภาพห้อง,รายชื่ออุปกรณ์ทั้งหมดของห้องที่เลือกจากฐานข้อมูล SQL Server และแสดงผลให้ผู้ใช้ทราบ เมื่อผู้ใช้ต้องการควบคุมอุปกรณ์สามารถเลือกได้จากบราวเซอร์ ข้อมูลจะถูกส่งให้ ActiveX Document เพื่อส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-19 แสดงแบบการติดต่อผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3.4.3 ActiveX Document

ActiveX Document เป็นแอพลิเคชันรูปแบบหนึ่งที่ทำงานภายใต้แนวความคิดของอินเตอร์เน็ต และถูกประยุกต์ใช้ในอินทราเน็ต อาศัยการรันบนบราวเซอร์ โดยเฉพาะ Internet Explorer สาเหตุที่เลือกใช้ ActiveX Document มีดังนี้

1. การพัฒนาแอพลิเคชัน สามารถทำได้ง่ายโดยสร้างจากวิชวลเบสิก (Visual Basic)
2. สามารถใช้งาน Active Control ที่เตรียมไว้ให้ใช้งานได้ทันที
3. ActiveX Document บรรจุเอาความสามารถด้านโปรแกรมของ Visual Basic มาอย่างเต็มที่

ประเภทของ ActiveX Document มี 2 ประเภท ได้แก่

1. ActiveX Document EXE เป็น out-process ActiveX Document คือเมื่อรันแอพลิเคชันจะใช้หน่วยความจำคนละส่วนกับบราวเซอร์

2. ActiveX Document DLL เป็น in-process ActiveX Document คือเมื่อรันแอพลิเคชันจะใช้หน่วยความจำเดียวกับบราวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างของแอพลิเคชันทั้งสองแบบคือ ActiveX Document DLL จะให้ความเร็วในการทำงานสูงกว่า ActiveX Document EXE แต่ปลอดภัยน้อยกว่า เพราะถ้าใน ActiveX Document DLL มีบั๊กเกิดขึ้นก็จะทำให้การทำงานของบราวเซอร์ไม่มีเสถียรภาพ ต่างจาก ActiveX Document EXE ซึ่งความผิดพลาดจากการทำงานจะไม่มีผลต่อบราวเซอร์

การเรียกใช้งาน ActiveX Document มีวิธีการต่อไปนี้ คือ

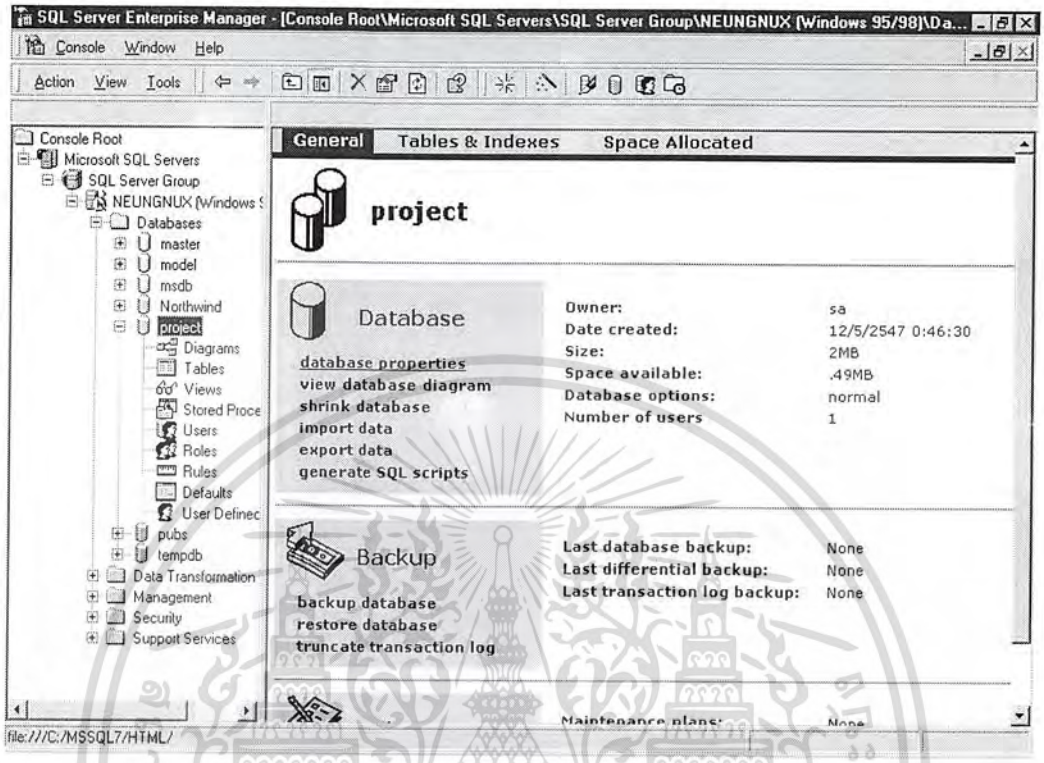
- การเรียกใช้ ActiveX Document โดยตรง เราจะต้องรู้ว่าไฟล์ .VBD เก็บอยู่ที่ไหน ซึ่งเราอาจจะใช้วิธีนี้ในการรันเอกสารในเครือข่ายอินทราเน็ต โดยเปิดอ่านไฟล์นั้นปกติ

- การฝัง ActiveX Document เข้าไปในเว็บเพจ โดยกำหนดเข้าไปในเอกสาร HTML โดยระบุถึงไฟล์ .VBD (ต้องผ่านการสร้างเป็น Package แล้ว)

3.4.4 ส่วนของฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บข้อมูลอุปกรณ์

ในการออกแบบโครงงานนี้ได้มีการใช้ฐานข้อมูลเป็นตัวเก็บข้อมูล ซึ่งเลือกใช้ SQL Sever ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับ Visual Basic ผ่าน ADO (ActiveX Data Object) ที่เป็นเทคโนโลยีการติดต่อกับฐานข้อมูล โดยการออกแบบจะให้ฐานข้อมูลจัดเก็บ รูปภาพห้อง, รายการอุปกรณ์ในแต่ละห้อง, ตำแหน่งของอุปกรณ์ เป็นต้น เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน สามารถเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์แต่ละตัวได้ เปลี่ยนรูปแบบห้องที่ใช้งานได้ โดยไม่มีการกำหนดที่ตายตัว ทำให้โครงงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ไม่จำกัดแต่เฉพาะในตึกเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-20 แสดง SQL Server ที่ใช้ในโครงงาน

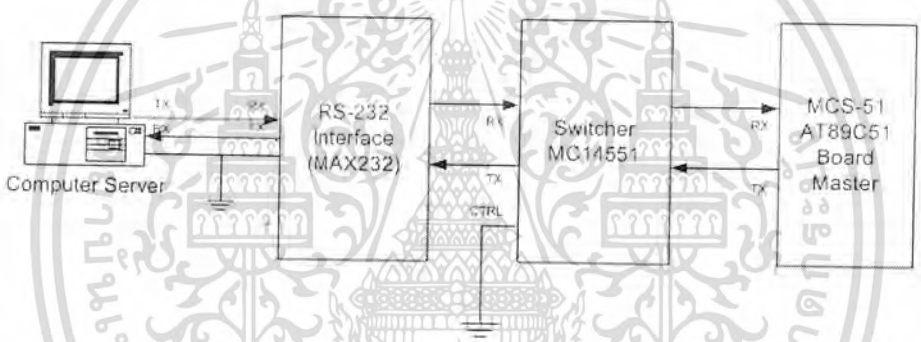
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

4.1.1 การเชื่อมต่อตัวแม่ข่ายกับคอมพิวเตอร์

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในชุดแม่ข่าย การทดลองนั้นเริ่มจากการทดสอบไอซีทำหน้าที่เป็นสวิตช์ชิ่ง เบอร์ MC14551 โดยทดลองให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลขนาด 1 ไบต์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่าย แล้วส่งข้อมูลกลับมาที่คอมพิวเตอร์ ทดสอบโดยใช้ไฮเปอร์เทอร์มินอล แล้วต่อขาคอนโทรลของไอซี MC14551 ลงกราวด์ เพื่อรับส่งข้อมูลกับคอมพิวตอร์ ดังรูป

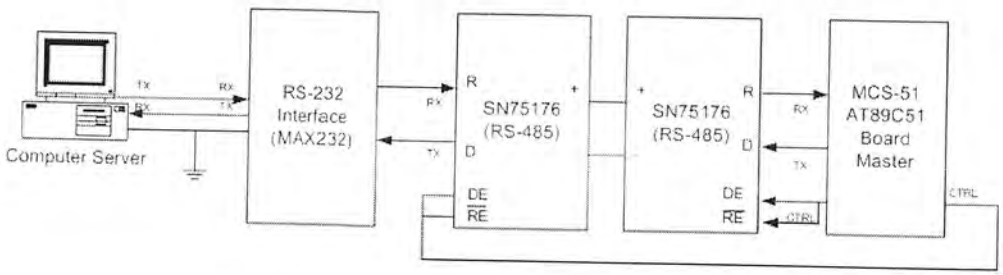


รูปที่ 4-1 แสดงการทดลองเพื่อทดสอบไอซี MC14551

จากการทดลอง สามารถติดต่อคอมพิวเตอร์ผ่านทางไฮเปอร์เทอร์มินอล สามารถส่งข้อมูลและรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยต่อสาย Rx และ Tx (ขา 11 และ 12) ของ MAX232 เข้าที่ขา X1, Y1 (ขา 3 และ10) ของ MC14551 แล้วต่อขา CTRL ของ MC14551 เข้ากับไฟ +5 โวลต์ เพื่อทดสอบว่าทำการส่งข้อมูลได้ถูกต้องหรือไม่ ผลปรากฏว่าสามารถทำงานได้ดีไม่มีปัญหา

จากนั้นทำการทดสอบไอซี เบอร์ SN75176 ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลระยะไกล สามารถทำการส่งและรับข้อมูลได้หรือไม่ โดยต่อวงจรตามรูป

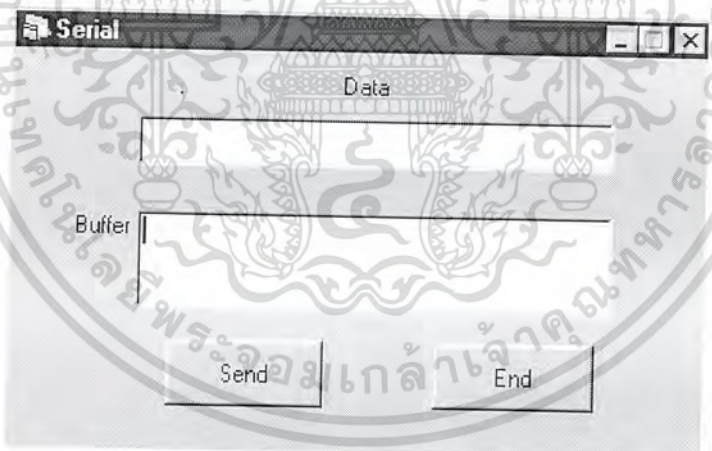
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 แสดงการทดสอบไอซีเบอร์ SN75176

ผลการทดลองปรากกฏว่าสามาส่งข้อมูลได้ถูกต้อง โดยควบคุมการส่งและรับโดยใช้ขาพอร์ตควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานให้ถูกต้อง สามารถส่งและรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ได้อย่างดี

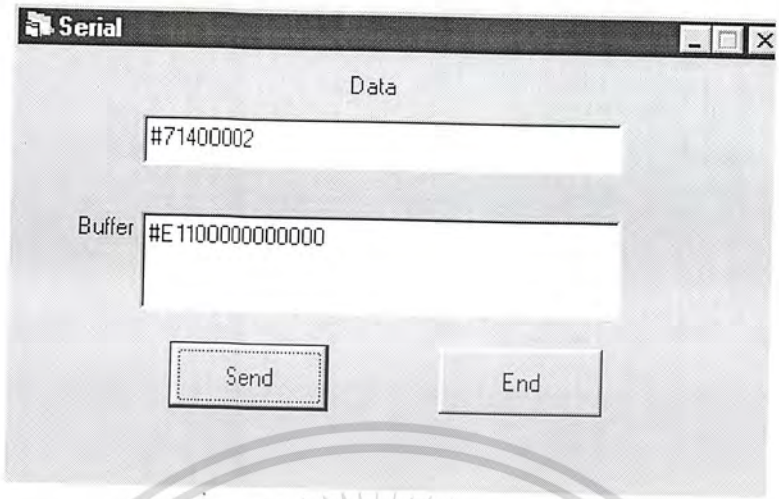
ขั้นต่อมาลองทำการส่งข้อมูลเป็นเฟรม โดยมีรูปแบบของโปรโตคอลตามที่ได้ออกแบบไว้ และมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยเขียนโปรแกรมทดสอบการส่งข้อมูลเป็นเฟรม โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก



รูปที่ 4-3 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบการส่งเฟรมข้อมูล

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดแม่ข่ายตรวจสอบ แล้วข้อมูลตรงกับไบต์ CHK ชุดแม่ข่ายจะส่งข้อมูลเฟรมกลับมาดังรูปด้านล่าง กรณีที่ตรงจะตอบกลับดังรูปที่ 4-4 กรณีที่ไม่ตรงจะตอบกลับมาดังรูปที่ 4-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

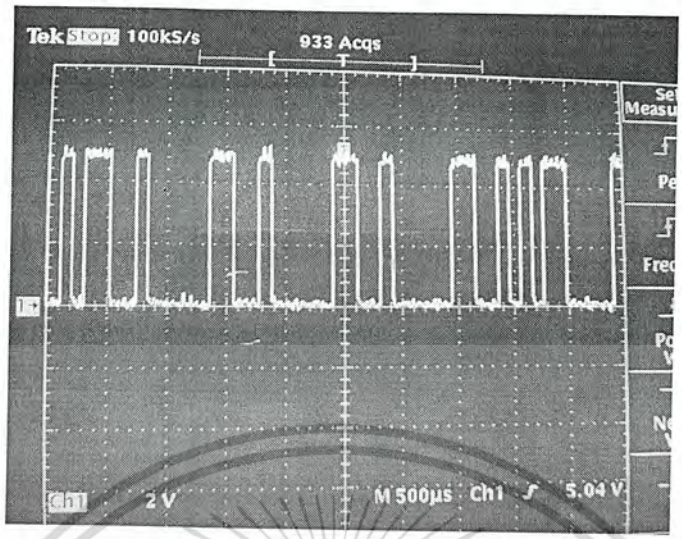


รูปที่ 4-4 แสดงการรายงานกลับว่าได้รับเฟรมข้อมูลถูกต้อง

รูปที่ 4-5 แสดงการรายงานกลับว่าได้รับเฟรมข้อมูลผิดพลาดไม่ตรงกับไบต์ CHK

ในการทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่ายก็เช่นกัน จะทำการทดสอบแบบเดียวกันกับชุดแม่ข่าย เมื่อทั้งสองชุดสามารถทำงานได้ถูกต้อง ก็จะทำการต่อวงจรเพื่อทำการส่งข้อมูลถึงกัน ผลปรากฏว่าสามารถสื่อสารกันได้ เมื่อวัดสัญญาณขณะไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งข้อมูลที่ขาTX จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4-6 จากนั้นทำการวัดสัญญาณที่ส่งในสายสัญญาณของ RS-485 เพื่อส่งระยะไกลที่ขา + ของไอซีเบอร์ SN75176 จะได้ดังรูปที่ 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



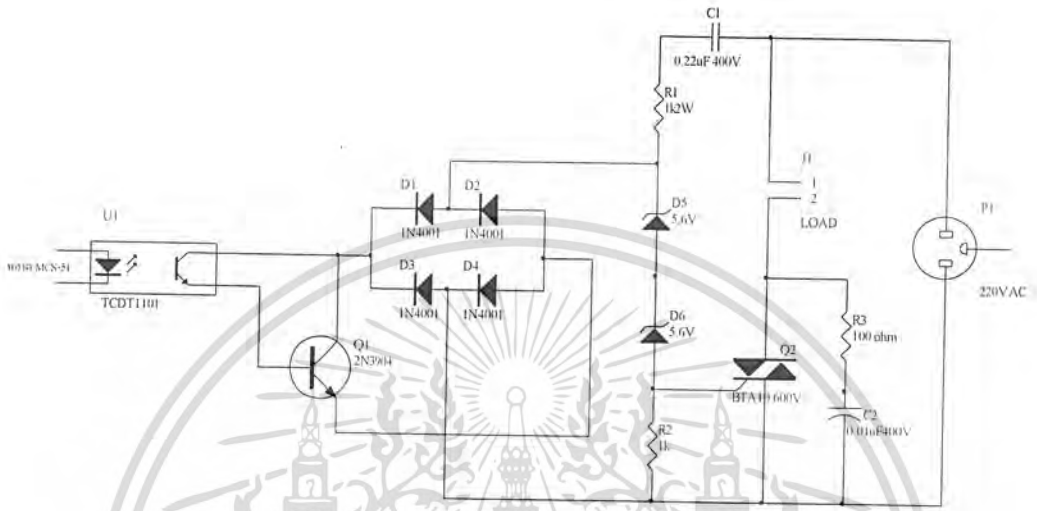
รูปที่ 4-6 แสดงรูปการส่งเฟรมข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาTX

รูปที่ 4-7 แสดงรูปการส่งเฟรมข้อมูลผ่านไลน์ไดร์วเวอร์ RS-485 ที่ขา +

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ส่วนชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปวงจร



รูปที่ 4-8 ชุดรับสัญญาณจาก MCS-51 เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากการทดลองในช่วงแรกใช้ค่า C1 = 0.39 uF และ C2 = 0.1 uF และโหลดต่อกับหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ปรากฏว่าหลอดไฟติดตลอดเวลาแม้ว่าจะทำการส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาที่ตัวออปโต้คัปเปอร์แล้วก็ตาม จากนั้นได้ทำการทดลองต่อวงจร ออปโต้คัปเปลอร์อย่างเดียวว่าทำงานหรือไม่ ปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามปกติ จึงได้ทำการลองเปลี่ยนค่า C1 และ C2 ให้น้อยลงเป็น 0.1 uF และ 0.01 uF ตามลำดับ ปรากฏว่าเมื่อทำการส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์หลอดไฟจะดับสนิท แต่ขณะที่ยังไม่ทำการทริกจะกระพริบไม่สว่างทันทีในช่วงแรก เนื่องจากว่าวงจรนี้จะใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตัวทริกที่ขาเกทของไตรแอก ทำให้มีช่วงจุดตัดเป็นศูนย์ (Zero Crossing) จึงทำให้หลอดไฟกระพริบในช่วงแรก ดังนั้นจึงทำการเพิ่มค่า C1 มากขึ้นเป็น 0.22 uF แล้วทำการทดลองซ้ำ ปรากฏว่า สามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ คือ ในช่วงที่ไม่มีการทริกที่ขาเกทของไตรแอก หลอดไฟจะสว่างทันที และเมื่อทำการทริกที่ขาเกทของไตรแอกหลอดไฟจะดับในทันที

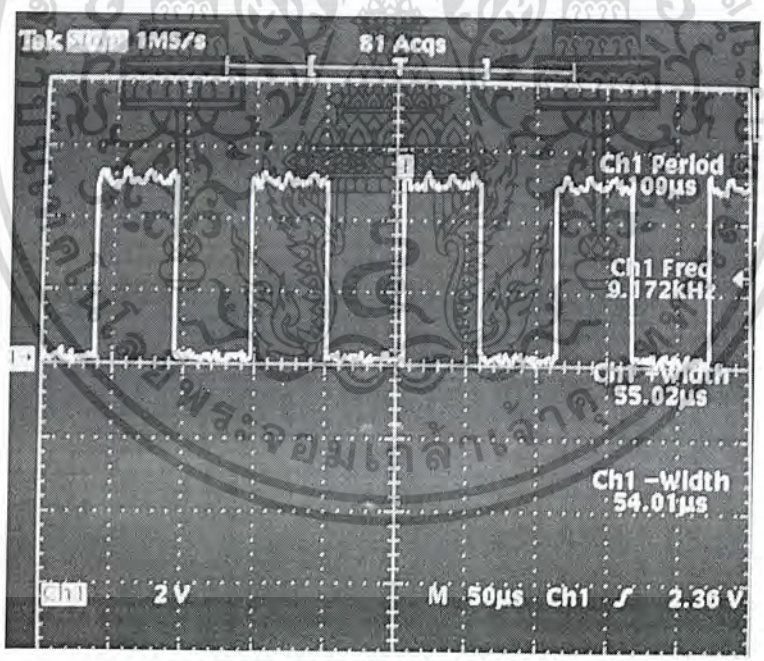
จากวงจรข้างต้นที่ทำการทดลอง เมื่อส่งสัญญาณลอจิก 0 จะทำให้วงจรทำงาน แรงดันและกระแสสามารถไหลผ่านไตรแอกไปยังโหลดได้ และเมื่อส่งสัญญาณลอจิก 1 จะทำให้วงจรหยุดทำงาน แรงดันและกระแสไม่สามารถไหลผ่านไตรแอกไปยังโหลดได้ ดังนั้นเมื่อผู้ใช้ต้องการสั่งให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ทำงานจะต้องส่งลอจิก 0 และอุปกรณ์หยุดทำงานต้องส่งลอจิก 1 ให้กับตัวออปโต้คัปเปลอร์

4.1.3 ส่วนของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัย

ในส่วนของวงจรรักษาความปลอดภัย ได้ทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย ในขั้นตอนแรกได้ทำการเชื่อมต่อสวิตช์เข้ากับแอนด์เกท เพื่อส่งสัญญาณไปยังขาอินเตอร์รัพท์ (INT0) ปรากฏว่า ในการกดสวิตช์จะทำให้เกิดการอินเตอร์รัพท์ซ้อน เนื่องจากมีการสั่นของสวิตช์ ทำให้การทำงานเกิดการผิดพลาดได้ แต่ถ้าหากแก้ไขในจุดการสั่นของสวิตช์แล้วปรากฏว่าสามารถทำงานได้ดี ตรวจสอบจุดที่มีการกดสวิตช์ได้ถูกต้อง และมีสัญญาณเสียงความถี่ 10 kHz ออกทางลำโพง เมื่อวัดสัญญาณที่ลำโพง จะได้รูปแบบสัญญาณความถี่ที่ใกล้เคียงกับที่สั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างความถี่ขึ้นมา เสียงที่ดังนี้จะหยุดหลังจากทำการรีเซ็ต (RESET) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปแบบสัญญาณที่วัดจากขา 16 กำเนิดความถี่ออกทาง ลำโพงแสดงดังรูปที่ 4-9



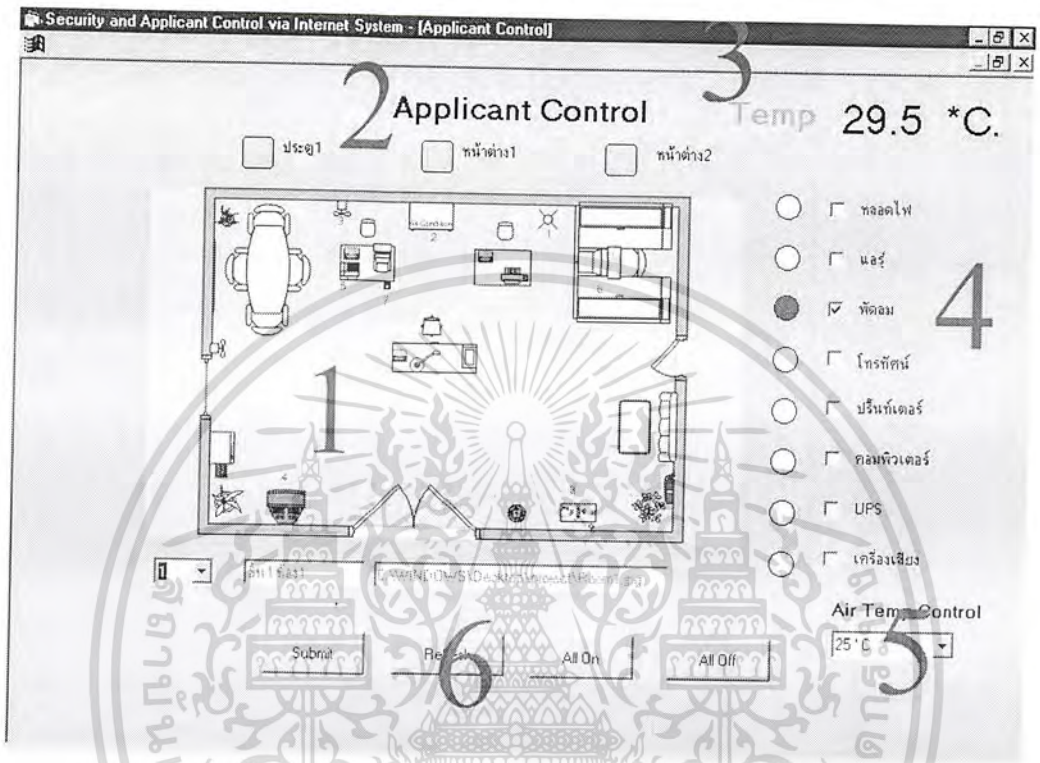
รูปที่ 4-9 แสดงความถี่ 10kHz เมื่อระบบรักษาความปลอดภัยทำงาน

จากรูปเมื่อทำการคำนวณแล้ว จะได้ความถี่ที่ใกล้เคียงกับที่กำหนด คือ 10 kHz แต่จากค่าที่วัดได้ทางสโคป (Scope) ได้ความถี่ประมาณ 9.172kHz ซึ่งใกล้เคียง จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบรักษาความปลอดภัยทำงานได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ซอฟต์แวร์

อินเตอร์เฟสของซอฟต์แวร์ในโครงงานนี้ มีลักษณะดังรูป



รูปที่ 4-10 แสดงการทำงานของโปรแกรมเมื่อมีการทำงาน

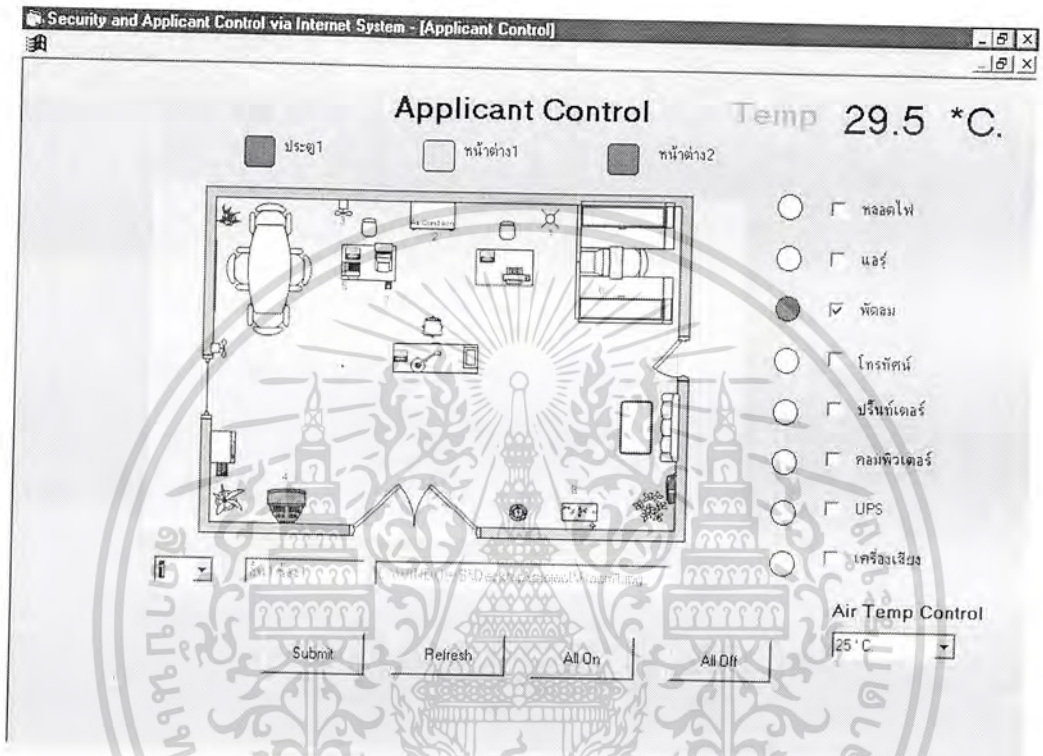
4.2.1 รายละเอียดของอินเตอร์เฟส

1. ส่วนแสดงรูปห้องที่ควบคุม รูปของห้องในจุดนี้จะกำหนดมาจากฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรมจะทำการอ่าน Path มาจากฐานข้อมูล แล้วโปรแกรมจะทำการดึงรูปภาพของห้องขึ้นมา ตามหมายเลขห้องที่เลือก ในส่วนด้านล่างของรูปภาพจะแสดงหมายเลขห้อง รายละเอียดของห้อง และพาธที่เก็บไฟล์รูปภาพนั้นไว้ ตามลำดับ

2. ส่วนแสดงสถานะของอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยจะอยู่ด้านบนของรูปห้อง ในโครงงานนี้ได้ตรวจสอบจาก 3 จุด หากไมโครสวิตซ์ทำงาน สัญลักษณ์ที่แสดงสถานะการทำงานจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง และจะเปลี่ยนกลับเป็นสีเขียวเมื่อผู้ใช้กดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิของห้อง เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกห้องโปรแกรมจะทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ในห้องนั้น แล้วรายงานกลับมาแสดงผลผ่านโปรแกรม โดยแสดงอุณหภูมิของห้องเป็นหน่วยองศาเซลเซียส



รูปที่ 4-11 แสดงการทำงานเมื่อมีสัญญาณจากระบบรักษาความปลอดภัย

4. ส่วนควบคุมและแสดงผลของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ด้านซ้ายมือของส่วนนี้จะแสดงสถานะของอุปกรณ์ในขณะนั้น กรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำงาน จะแสดงเป็นสีขาว กรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้ากำลังทำงาน จะแสดงเป็นสีแดง ส่วนด้านขวามือของส่วนนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ถ้าทำการเลือกที่ CheckBox ของอุปกรณ์ที่ต้องการสั่งงานแล้วกดปุ่ม Submit อุปกรณ์ที่จุดนั้นจะทำงาน จากนั้นสถานะการทำงานจะเปลี่ยนเป็นสีแดง กรณีที่ต้องการสั่งให้หยุดทำงานก็ให้เลือก CheckBox ออก สถานะการทำงานจะเปลี่ยนเป็นสีขาว ซึ่งหมายถึงไม่ทำงาน

5. ส่วนจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Air Temp Control) ในส่วนนี้สามารถทำการเลือกอุณหภูมิได้ 8 ระดับ คือในช่วง 22 องศาเซลเซียส - 29 องศาเซลเซียส เมื่อทำการกดเลือกอุณหภูมิที่ต้องการแล้วกดปุ่ม Submit โปรแกรมจะส่งข้อมูลไปให้ฮาร์ดแวร์ทำงาน อุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศจะแสดงผลที่ LED แสดงผลแบบ 7 ส่วน เมื่อทำการสั่งงานเครื่องปรับอากาศผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางคอมพิวเตอร์หรือ ทางอินเตอร์เน็ตแล้ว จะไม่สามารถควบคุมทางฮาร์ดแวร์ได้อีก จนกว่าจะกดปุ่มรีเซ็ต (Reset) ที่ชุดลูกข่าย จึงจะสามารถควบคุมที่ชุดลูกข่ายได้

6. ส่วนปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม ประกอบด้วย 4 ปุ่มดังนี้

- ปุ่ม **Submit** ทำหน้าที่ สั่งให้โปรแกรมส่งข้อมูลให้กับฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อย

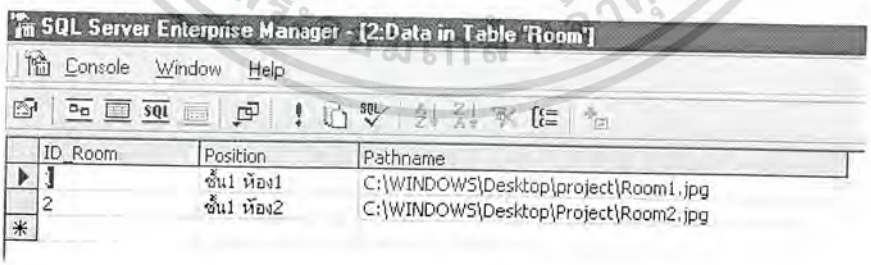
- ปุ่ม **Refresh** ทำหน้าที่ ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ใหม่ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูล

- ปุ่ม **All On** ทำหน้าที่ สั่งให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดทำงาน โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเลือก CheckBox ทีละอุปกรณ์

- ปุ่ม **All Off** ทำหน้าที่ สั่งให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดหยุดทำงาน โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเลือก CheckBox ทีละอุปกรณ์

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลห้องและอุปกรณ์

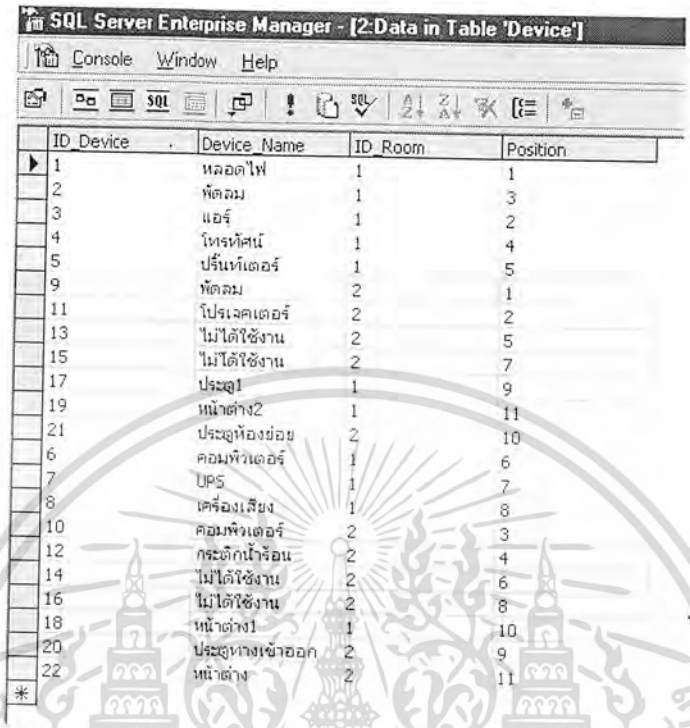
ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอุปกรณ์หรือหมายเลขห้อง สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากฐานข้อมูลใน SQL Server โดยทำการเปิดฐานข้อมูลผ่าน Enterprise Manager ของ SQL Server แล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลได้ในตารางฐานข้อมูล เช่น เมื่อต้องการเปลี่ยนรูปแบบห้อง เราสามารถเปลี่ยนได้จากตาราง Room เป็นตำแหน่งที่เก็บรูปห้องใหม่ จากนั้นทำการรันโปรแกรมก็จะพบว่ารูปห้องได้เปลี่ยนแปลงใหม่ตามที่ผู้ใช้กำหนดแล้ว ดังรูป ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนรูปห้องได้โดยการเปลี่ยนข้อมูลในคอลัมน์ Pathname พิมพ์ตำแหน่งที่เก็บไฟล์รูปภาพลงไป



รูปที่ 4-12 แสดงข้อมูลจากตารางข้อมูลห้อง

ในตารางข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกับการเปลี่ยนตำแหน่งห้อง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งข้อมูลชื่ออุปกรณ์ ตำแหน่งที่วางอุปกรณ์ โดยเปลี่ยนเช่นเดียวกับการเปลี่ยนข้อมูลห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


SQL Server Enterprise Manager - [2:Data in Table 'Device']

Console Window Help

	ID_Device	Device_Name	ID_Room	Position
▶	1	หลอดไฟ	1	1
	2	พัดลม	1	3
	3	แอร์	1	2
	4	โทรทัศน์	1	4
	5	ปรั้นท์เตอร์	1	5
	9	พัดลม	2	1
	11	โปรเจคเตอร์	2	2
	13	ไม่ได้ใช้งาน	2	5
	15	ไม่ได้ใช้งาน	2	7
	17	ประตู1	1	9
	19	หน้าต่าง2	1	11
	21	ประตูห้องย่อย	2	10
	6	คอมพิวเตอร์	1	6
	7	UPS	1	7
	8	เครื่องเสียง	1	8
	10	คอมพิวเตอร์	2	3
	12	กระติกน้ำร้อน	2	4
	14	ไม่ได้ใช้งาน	2	6
	16	ไม่ได้ใช้งาน	2	8
	18	หน้าต่าง1	1	10
	20	ประตูทางเข้าออก	2	9
	22	หน้าต่าง	2	11
*				

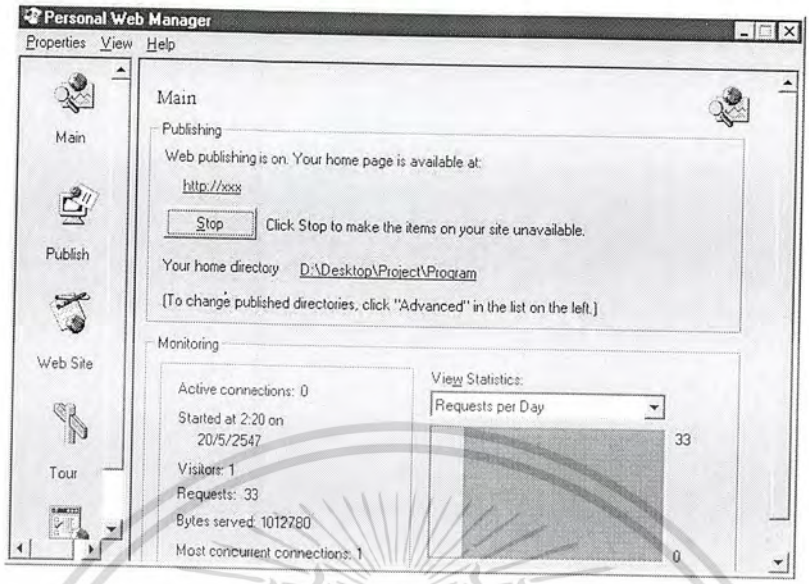
รูปที่ 4-13 แสดงตารางข้อมูลที่เก็บตำแหน่งและชื่ออุปกรณ์

4.2.3 การควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ต

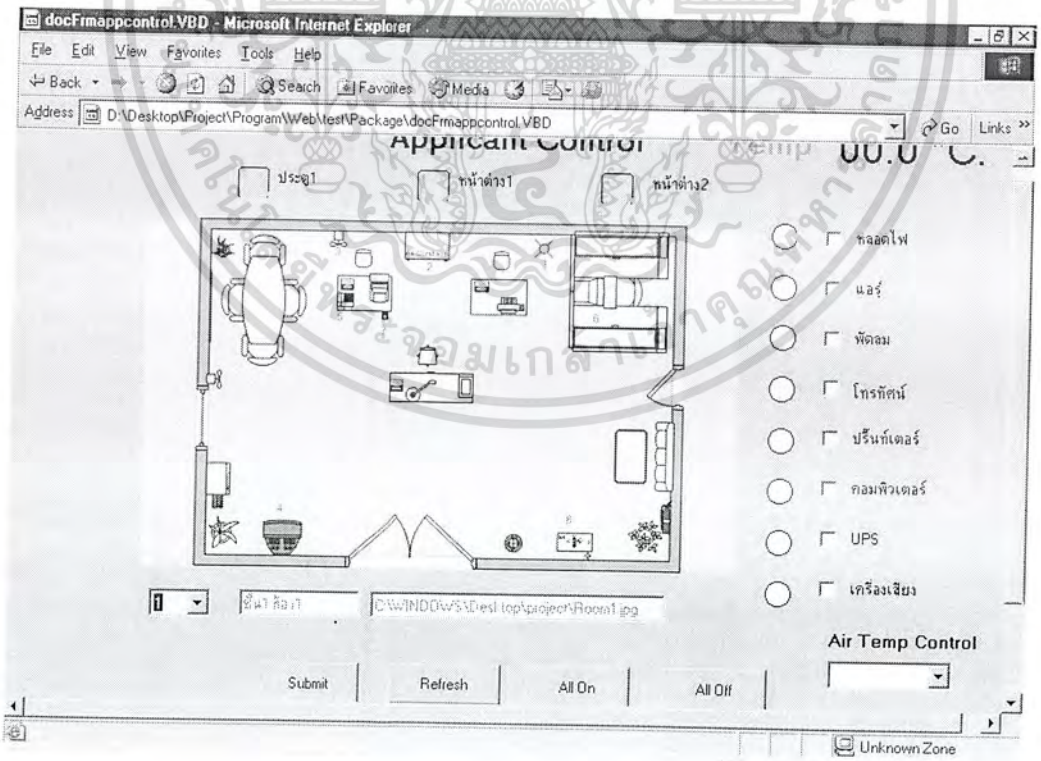
การควบคุมผ่านอินเตอร์เน็ตทำได้โดยการติดต่อผ่าน ActiveX Document ซึ่งสามารถทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์ ส่วนรูปแบบของอินเตอร์เฟสจะมีลักษณะที่เหมือนกับโปรแกรมที่สร้างขึ้นจาก Visual Basic ซึ่งเครื่องที่สามารถทำการควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ตได้ จะต้องติดตั้ง ActiveX Control โดยสามารถดาวน์โหลด(Download) ข้อมูลที่ใช้จากคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์

ในการทดลองได้จำลองส่วนของการทำงานผ่านอินเตอร์เน็ตโดยสร้างเซิร์ฟเวอร์เสมือนเพื่อใช้ทดสอบการทำงานก่อนนำไปทดลองใช้งานผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-14 แสดงโปรแกรม PWS(Personal Web Server) ที่ใช้ทดสอบการทำงานผ่านอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 4-15 แสดงอินเตอร์เฟสของโครงงานผ่านอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-15 จะเห็นว่ารูปแบบของอินเตอร์เฟสจะเหมือนกับโปรแกรมที่ออกแบบให้ทำงานภายในเครื่อง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สร้างขึ้นจาก ActiveX Control แต่สามารถใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ได้ จากการทดสอบ จะพบว่าการทำงานสามารถควบคุมผ่านบราวเซอร์ได้

จากการทดลองทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ในโครงงานนี้ จะพบว่าโครงงานระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการทดลอง โครงงานระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต สามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดขอบเขตของโครงงานคือ สามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 8 จุดได้อย่างอิสระ จำลองการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศได้ แต่เมื่อควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ตจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศทางชุดสลาฟได้ ต้องทำการกดสวิตซ์ก่อนจึงสามารถควบคุมทางชุดสลาฟได้ ส่วนตัวตรวจจับอุณหภูมิสามารถทำงานได้ดี การส่งข้อมูลผ่านทางไลน์ไดร์วเวอร์ RS-485 สามารถติดต่อได้ในระยะไกล ถ้าระยะห่างระหว่างชุดมาสเตอร์และชุดสลาฟไกลมากขึ้นจะมีการหน่วงเวลา (Delay) ที่มากขึ้นด้วย จึงต้องมีการหน่วงเวลาในการส่งข้อมูลแต่ละไบต์ให้เหมาะสม การส่งข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตความเร็วในการส่งจะขึ้นอยู่กับความเร็วของเครือข่าย ดังนั้นการระยะเวลาในตอบสนองของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับหลายอย่าง เช่น ระยะทางของชุดมาสเตอร์และชุดสลาฟ

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ชุดระบบรักษาความปลอดภัย มีความผิดพลาดอยู่ หากมีการสั่นของหน้าสัมผัสสวิตซ์ตำแหน่งที่ 3
2. การส่งข้อมูลผ่านไลน์ไดร์วเวอร์ RS-485 หากกำหนดระยะการหน่วงเวลาที่ส่งในแต่ละไบต์น้อยเกินไป จะทำให้ส่งข้อมูลผิดพลาดได้
3. การส่งข้อมูลระหว่างชุดมาสเตอร์และชุดสลาฟมีการส่งข้อมูลผิดพลาด เนื่องจากควบคุมการส่งข้อมูล ทำได้ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีการแก้ปัญหา

1. วิธีแก้ปัญหา การสั่นของหน้าสัมผัสสวิตซ์ทำได้โดยการต่อ RS Flip Flop เพื่อรับสัญญาณลอจิกจากสวิตซ์ จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจจับสัญญาณลอจิกได้ถูกต้อง

2. การส่งข้อมูลในแต่ละไบต์ ต้องกำหนดระยะการหน่วงเวลาให้เหมาะสม

3. การส่งข้อมูลแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) ต้องควบคุมการส่งข้อมูล โดยสลับการรับและส่งข้อมูลให้ถูกต้อง

5.4 ข้อเสนอแนะในการจัดทำ

1. ชุดมาสเตอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ควรใช้ไอซีเบอร์ 89C20 ซึ่งมีขาต่อใช้งาน 1 พอร์ต และมีพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมในตัว เนื่องจากมีขาต่อใช้งาน 20 ขา ทำให้วงจรมีขนาดที่เล็กลง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

2. ชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ตัวออปโต้คัปเปลอร์ที่ใช้ควรเป็นแบบไดแอก เนื่องจากไดแอกสามารถนำมาใช้กับไตรแอกได้โดยตรง ทำให้การต่อวงจรมีความซับซ้อนน้อยลง

3. ชุดสลาฟสามารถขยายการทำงานให้ควบคุมอุปกรณ์ได้มากขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายพอร์ต เช่น ไอซีเบอร์ 8255, ไอซีเบอร์ PCF8574 เป็นต้น

4. การควบคุมผ่านทางอินเตอร์เน็ตควรใช้วิธีส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล HTTP เนื่องจากทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดข้อมูล ActiveX Control มาใช้งาน

5. การควบคุมทางอินเตอร์เน็ตสามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้ร่วมกับอุปกรณ์โมบายล์ จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล: **"เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช"** , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[2] ธีรวัฒน์ ประกอบผล: **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์"**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542

[3] น.ต.ธัชพงษ์ นิลอุบล: **"ไมโครคอนโทรลเลอร์ เล่ม 1"** , สำนักพิมพ์ เอ็มแอนด์อี จำกัด, 2541

[4] อรรถพล บุญยะโภคา, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล: **"เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม"** , บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[5] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร **"คู่มือการสร้างแอพพลิเคชันด้วย Visual Basic 6.0 Basic & Advanced"**, สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส, มิถุนายน 2542

[6] **"ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ"** , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด(มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14551B

Quad 2-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer

The MC14551B is a digitally–controlled analog switch. This device implements a 4PDT solid state switch with low ON impedance and very low OFF Leakage current. Control of analog signals up to the complete supply voltage range can be achieved.

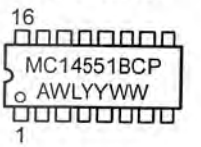
- Triple Diode Protection on All Control Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Analog Voltage Range ($V_{DD} - V_{EE}$) = 3.0 to 18 V
  Note: V_{EE} must be $\leq V_{SS}$
- Linearized Transfer Characteristics
- Low Noise — 12 $nV\sqrt{Cycle}$, $f \geq 1.0$ kHz typical
- For Low R_{ON}, Use The HC4051, HC4052, or HC4053 High–Speed CMOS Devices
- Switch Function is Break Before Make

ON Semiconductor

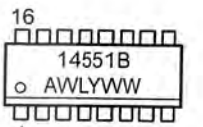
http://onsemi.com

MARKING DIAGRAMS

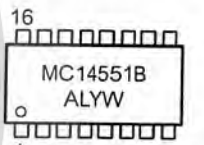
PDIP–16
P SUFFIX
CASE 648



SOIC–16
D SUFFIX
CASE 751B



SOEIAJ–16
F SUFFIX
CASE 966



A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

MAXIMUM RATINGS (2.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range (Referenced to V_{EE}, $V_{SS} \geq V_{EE}$)	– 0.5 to + 18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient) (Referenced to V_{SS} for Control Input & V_{EE} for Switch I/O)	– 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}	Input Current (DC or Transient), per Control Pin	± 10	mA
I_{sw}	Switch Through Current	± 25	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (3.)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	– 55 to + 125	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature (8–Second Soldering)	260	°C

2. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
3. Temperature Derating:
   Plastic "P and D/DW" Packages: – 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high–impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in}$ or $V_{out}) \leq V_{DD}$ for control inputs and $V_{EE} \leq (V_{in}$ or $V_{out}) \leq V_{DD}$ for Switch I/O.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS}, V_{EE} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

ORDERING INFORMATION

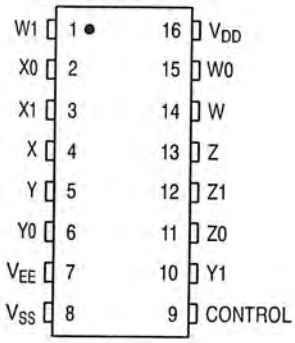
Device	Package	Shipping
MC14551BCP	PDIP–16	2000/Box
MC14551BD	SOIC–16	48/Rail
MC14551BDR2	SOIC–16	2500/Tape & Reel
MC14551BF	SOEIAJ–16	See Note 1.

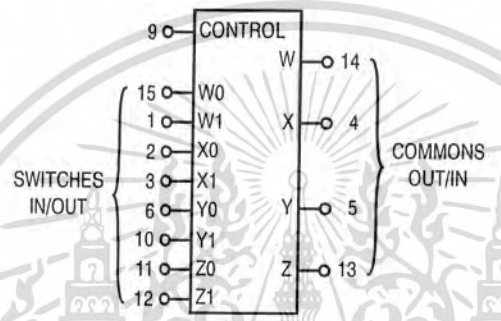
1. For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2000

PIN ASSIGNMENT





V_{DD} = Pin 16
V_{SS} = Pin 8
V_{EE} = Pin 7

Control	ON
0	W0 X0 Y0 Z0
1	W1 X1 Y1 Z1

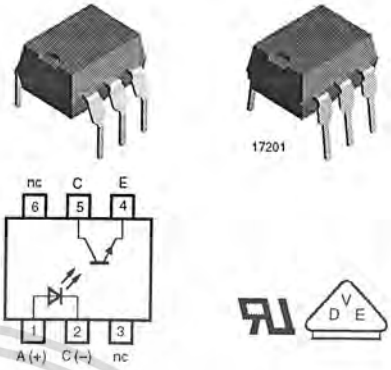
NOTE: Control Input referenced to V_{SS}, Analog Inputs and Outputs reference to V_{EE}. V_{EE} must be $\leq V_{SS}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optocoupler, Phototransistor Output

Features

- Isolation Test Voltage 3750 V_{RMS}
- Extra low coupling capacity - typical 0.2 pF
- High Common Mode Rejection
- No base terminal connection for improved noise immunity
- CTR offered in 4 groups
- Thickness through insulation > 0.75 mm
- Creepage current resistance according to VDE 0303/IEC 60112 Comparative Tracking Index: **CTI** = 275



Agency Approvals

- UL - File No. E76222 System Code A
- BSI IEC60950 IEC60065
- DIN EN 60747-5-2(VDE0884)
  DIN EN 60747-5-5 pending
- FIMKO

Applications

Switch-mode power supplies

Line receiver

Computer peripheral interface

Microprocessor system interface

Circuits for safe protective separation against electrical shock according to safety class II (reinforced isolation):

- For appl. class I - IV at mains voltage ≤ 300 V
- For appl. class I - III at mains voltage ≤ 600 V according to DIN EN 60747-5-2(VDE0884)/ DIN EN 60747-5-5 pending, table 2.

Description

The TCDT1100/ TCDT1100G series consists of a phototransistor optically coupled to a gallium arsenide infrared-emitting diode in a 6-pin plastic dual inline package. The base of the phototransistor is not connected providing noise immunity.

The elements are mounted on one leadframe which provides a fixed distance between input and output for highest safety requirements.

VDE Standards

These couplers perform safety functions according to the following equipment standards:

DIN EN 60747-5-2(VDE0884)/ DIN EN 60747-5-5 pending

Optocoupler for electrical safety requirements

IEC 60950/EN 60950

Office machines (applied for reinforced isolation for mains voltage ≤ 400 VRMS)

VDE 0804

Telecommunication apparatus and data processing

IEC 60065

Safety for mains-operated electronic and related household apparatus

Order Information

Part	Remarks
TCDT1100	CTR > 40 %, DIP-6
TCDT1101	CTR 40 - 80 %, DIP-6
TCDT1102	CTR 63 - 125 %, DIP-6
TCDT1103	CTR 100 - 200 %, DIP-6
TCDT1100G	CTR > 40 %, DIP-6
TCDT1101G	CTR 40 - 80 %, DIP-6
TCDT1102G	CTR 63 - 125 %, DIP-6
TCDT1103G	CTR 100 - 200 %, DIP-6

G = Leadform 10.16 mm; G is not marked on the body

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified

Stresses in excess of the absolute Maximum Ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute Maximum Rating for extended periods of the time can adversely affect reliability.

Input

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10\ \mu s$	I_{FSM}	3	A
Power dissipation		P_{diss}	100	mW
Junction temperature		T_j	125	°C

Output

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		V_{CEO}	32	V
Emitter collector voltage		V_{ECO}	7	V
Collector current		I_C	50	mA
Collector peak current	$t_p/T = 0.5$, $t_p \leq 10$ ms	I_{CM}	100	mA
Power dissipation		P_{diss}	150	mW
Junction temperature		T_j	125	°C

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Isolation test voltage (RMS)		V_{ISO}	3750	V_{RMS}
Total power dissipation		P_{tot}	250	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	- 55 to + 100	°C
Storage temperature range		T_{stg}	- 55 to + 125	°C
Soldering temperature	2 mm from case $t \leq 10$ s	T_{sld}	260	°C

Electrical Characteristics

T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

Input

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	I_F = 50 mA	V_F		1.25	1.6	V
Junction capacitance	V_R = 0, f = 1 MHz	C_j		50		pF

Output

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector emitter voltage	I_C = 1 mA	V_{CEO}	32			V
Emitter collector voltage	I_E = 100 µA	V_{ECO}	7			V
Collector-emitter cut-off current	V_{CE} = 20 V, I_f = 0, E = 0	I_{CEO}		200		nA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Collector emitter saturation voltage	I_F = 10 mA, I_C = 1 mA	V_{CEsat}			0.3	V
Cut-off frequency	V_{CE} = 5 V, I_F = 10 mA, R_L = 100 Ω	f_c		110		kHz
Coupling capacitance	f = 1 MHz	C_k		0.3		pF

Current Transfer Ratio

Parameter	Test condition	Part	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
I_C/I_F	V_{CE} = 5 V, I_F = 10 mA	TCDT1100 TCDT1100G	CTR	40			%
		TCDT1101 TCDT1101G	CTR	40		80	%
		TCDT1102 TCDT1102G	CTR	63		125	%
		TCDT1103 TCDT1103G	CTR	100		200	%

Maximum Safety Ratings

(according to DIN EN 60747-5-2(VDE0884)/ DIN EN 60747-5-5 pending) see figure 1
This optocoupler is suitable for safe electrical isolation only within the safety ratings.
Compliance with the safety ratings shall be ensured by means of suitable protective circuits.

Input

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward current		I_F			130	mA

Output

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Power dissipation		P_{diss}			265	mW

Coupler

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Rated impulse voltage		V_{IOTM}			6	kV
Safety temperature		T_{si}			150	°C

Insulation Rated Parameters

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Partial discharge test voltage - Routine test	100 %, t_{test} = 1 s	V_{pd}	1.6			kV
Partial discharge test voltage - Lot test (sample test)	t_{Tr} = 60 s, t_{test} = 10 s, (see figure 2)	V_{IOTM}	6			kV
		V_{pd}	1.3			kV
Insulation resistance	V_{IO} = 500 V	R_{IO}	10^{12}			Ω
	V_{IO} = 500 V, T_{amb} = 100 °C	R_{IO}	10^{11}			Ω
	V_{IO} = 500 V, T_{amb} = 150 °C (construction test only)	R_{IO}	10^9			Ω

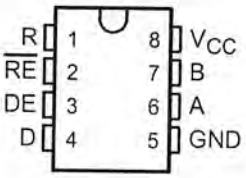
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN65176B, SN75176B
DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVERS

SLLS101B – JULY 1985 – REVISED JUNE 1999

- Bidirectional Transceivers
- Meet or Exceed the Requirements of ANSI Standards TIA/EIA-422-B and TIA/EIA-485-A and ITU Recommendations V.11 and X.27
- Designed for Multipoint Transmission on Long Bus Lines in Noisy Environments
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Individual Driver and Receiver Enables
- Wide Positive and Negative Input/Output Bus Voltage Ranges
- Driver Output Capability . . . ±60 mA Max
- Thermal Shutdown Protection
- Driver Positive and Negative Current Limiting
- Receiver Input Impedance . . . 12 kΩ Min
- Receiver Input Sensitivity . . . ±200 mV
- Receiver Input Hysteresis . . . 50 mV Typ
- Operate From Single 5-V Supply

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



description

The SN65176B and SN75176B differential bus transceivers are monolithic integrated circuits designed for bidirectional data communication on multipoint bus transmission lines. They are designed for balanced transmission lines and meet ANSI Standards TIA/EIA-422-B and TIA/EIA-485-A and ITU Recommendations V.11 and X.27.

The SN65176B and SN75176B combine a 3-state differential line driver and a differential input line receiver, both of which operate from a single 5-V power supply. The driver and receiver have active-high and active-low enables, respectively, that can be connected together externally to function as a direction control. The driver differential outputs and the receiver differential inputs are connected internally to form differential input/output (I/O) bus ports that are designed to offer minimum loading to the bus when the driver is disabled or V_{CC} = 0. These ports feature wide positive and negative common-mode voltage ranges, making the device suitable for party-line applications.

The driver is designed for up to 60 mA of sink or source current. The driver features positive and negative current limiting and thermal shutdown for protection from line-fault conditions. Thermal shutdown is designed to occur at a junction temperature of approximately 150°C. The receiver features a minimum input impedance of 12 kΩ, an input sensitivity of ±200 mV, and a typical input hysteresis of 50 mV.

The SN65176B and SN75176B can be used in transmission-line applications employing the SN75172 and SN75174 quadruple differential line drivers and SN75173 and SN75175 quadruple differential line receivers.

The SN65176B is characterized for operation from –40°C to 105°C and the SN75176B is characterized for operation from 0°C to 70°C.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Tables

DRIVER

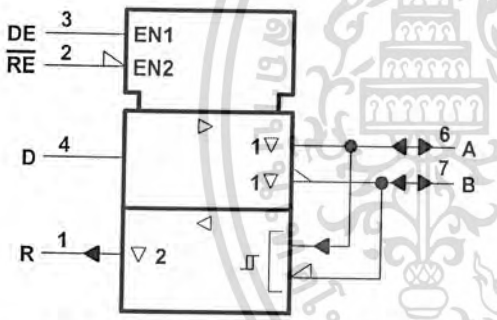
INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS A	OUTPUTS B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

RECEIVER

DIFFERENTIAL INPUTS A–B	ENABLE $\overline{RE}$	OUTPUT R
$V_{ID} \geq 0.2$ V	L	H
-0.2 V $< V_{ID} < 0.2$ V	L	?
$V_{ID} \leq -0.2$ V	L	L
X	H	Z
Open	L	?

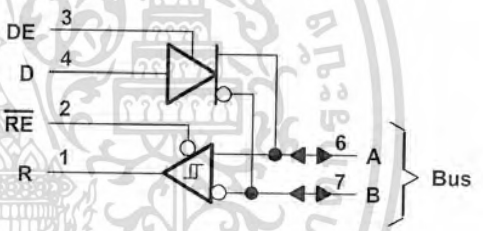
H = high level, L = low level, ? = indeterminate,
X = irrelevant, Z = high impedance (off)

logic symbol†



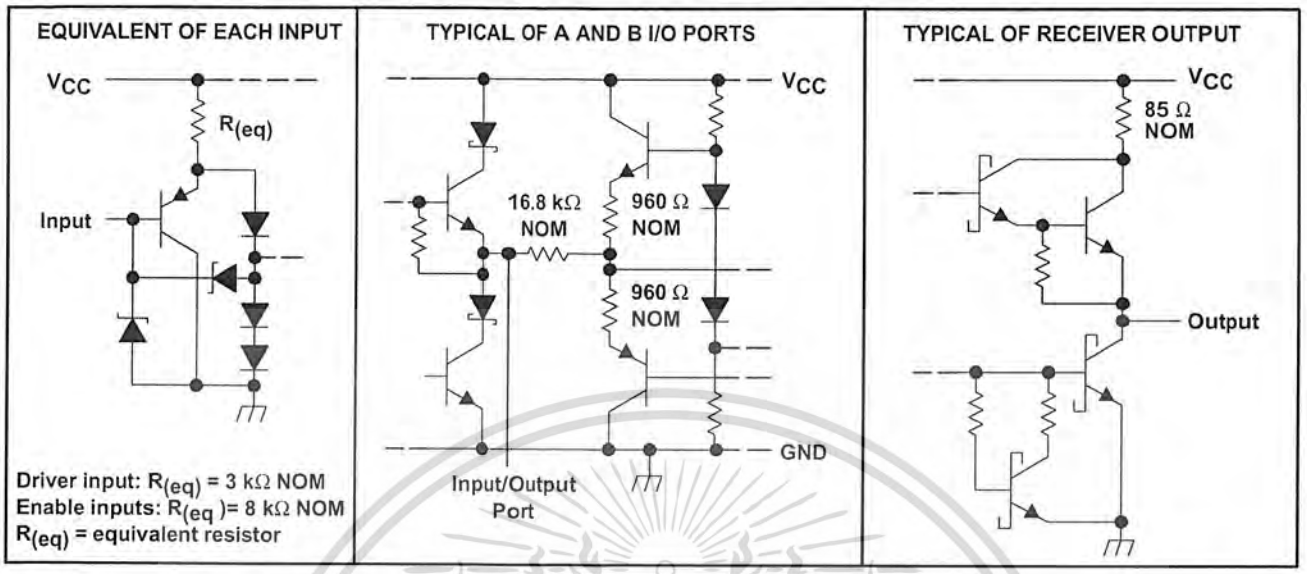
† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

schematics of inputs and outputs



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1) . . . . . 7 V
Voltage range at any bus terminal . . . . . −10 V to 15 V
Enable input voltage, V_I . . . . . 5.5 V
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package . . . . . 197°C/W
P package . . . . . 104°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds . . . . . 260°C
Storage temperature range, T_{stg} . . . . . −65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values, except differential input/output bus voltage, are with respect to network ground terminal.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

		MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.75	5	5.25	V
Voltage at any bus terminal (separately or common mode), V_I or V_{IC}				12	V
				−7	
High-level input voltage, V_{IH}	D, DE, and $\overline{RE}$	2			V
Low-level input voltage, V_{IL}	D, DE, and $\overline{RE}$			0.8	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 3)				±12	V
High-level output current, I_{OH}	Driver			−60	mA
	Receiver			−400	µA
Low-level output current, I_{OL}	Driver			60	mA
	Receiver			8	
Operating free-air temperature, T_A	SN65176B	−40		105	°C
	SN75176B	0		70	

NOTE 3: Differential-input/output bus voltage is measured at the noninverting terminal A with respect to the inverting terminal B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IK}	Input clamp voltage	I_I = –18 mA				–1.5	V
V_O	Output voltage	I_O = 0		0		6	V
$\|V_{OD1}\|$	Differential output voltage	I_O = 0		1.5	3.6	6	V
$\|V_{OD2}\|$	Differential output voltage	R_L = 100 Ω, See Figure 1		1/2 V_{OD1} or 2¶			V
		R_L = 54 Ω, See Figure 1		1.5	2.5	5	V
V_{OD3}	Differential output voltage	See Note 4		1.5		5	V
$\Delta\|V_{OD}\|$	Change in magnitude of differential output voltage§	R_L = 54 Ω or 100 Ω, See Figure 1				±0.2	V
V_{OC}	Common-mode output voltage					+3 –1	V
$\Delta\|V_{OC}\|$	Change in magnitude of common-mode output voltage§					±0.2	V
I_O	Output current	Output disabled, See Note 5	V_O = 12 V			1	mA
			V_O = – 7 V			–0.8	
I_{IH}	High-level input current	V_I = 2.4 V				20	µA
I_{IL}	Low-level input current	V_I = 0.4 V				–400	µA
I_{OS}	Short-circuit output current	V_O = –7 V				–250	mA
		V_O = 0				150	
		V_O = V_{CC}				250	
		V_O = 12 V				250	
I_{CC}	Supply current (total package)	No load	Outputs enabled		42	70	mA
			Outputs disabled		26	35	

† The power-off measurement in ANSI Standard TIA/EIA-422-B applies to disabled outputs only and is not applied to combined inputs and outputs.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.
§ $\Delta|V_{OD}|$ and $\Delta|V_{OC}|$ are the changes in magnitude of V_{OD} and V_{OC}, respectively, that occur when the input is changed from a high level to a low level.
¶ The minimum V_{OD2} with a 100-Ω load is either 1/2 V_{OD1} or 2 V, whichever is greater.

NOTES: 4. See ANSI Standard TIA/EIA-485-A, Figure 3.5, Test Termination Measurement 2.
5. This applies for both power on and off; refer to ANSI Standard TIA/EIA-485-A for exact conditions. The TIA/EIA-422-B limit does not apply for a combined driver and receiver terminal.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, R_L = 110 kΩ, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{d(OD)}$	Differential-output delay time	R_L = 54 Ω, See Figure 3		15	22	ns
$t_{t(OD)}$	Differential-output transition time			20	30	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	See Figure 4		85	120	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level	See Figure 5		40	60	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	See Figure 4		150	250	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	See Figure 5		20	30	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL EQUIVALENTS

DATA-SHEET PARAMETER	TIA/EIA-422-B	TIA/EIA-485-A
V_O	V_{oa}, V_{ob}	V_{oa}, V_{ob}
$\|V_{OD1}\|$	V_o	V_o
$\|V_{OD2}\|$	V_t (R_L = 100 Ω)	V_t (R_L = 54 Ω)
$\|V_{OD3}\|$		V_t (Test Termination Measurement 2)
$\Delta\|V_{OD}\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V}_t\|\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V}_t\|\|$
V_{OC}	$\|V_{os}\|$	$\|V_{os}\|$
$\Delta\|V_{OC}\|$	$\|V_{os} - \overline{V}_{os}\|$	$\|V_{os} - \overline{V}_{os}\|$
I_{OS}	$\|I_{sa}\|$, $\|I_{sb}\|$	
I_O	$\|I_{xa}\|$, $\|I_{xb}\|$	I_{ia}, I_{ib}

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of common-mode input voltage, supply voltage, and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS			MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IT+}	Positive-going input threshold voltage	V_O = 2.7 V,	I_O = −0.4 mA				0.2	V
V_{IT-}	Negative-going input threshold voltage	V_O = 0.5 V,	I_O = 8 mA		−0.2‡			V
V_{hys}	Input hysteresis voltage ($V_{IT+} - V_{IT-}$)					50		mV
V_{IK}	Enable Input clamp voltage	I_I = −18 mA					−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{ID} = 200 mV, See Figure 2	I_{OH} = −400 µA,		2.7			V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{ID} = −200 mV, See Figure 2	I_{OL} = 8 mA,				0.45	V
I_{OZ}	High-impedance-state output current	V_O = 0.4 V to 2.4 V					±20	µA
I_I	Line input current	Other input = 0 V, See Note 6		V_I = 12 V			1	mA
				V_I = −7 V			−0.8	
I_{IH}	High-level enable input current	V_{IH} = 2.7 V					20	µA
I_{IL}	Low-level enable input current	V_{IL} = 0.4 V					−100	µA
r_I	Input resistance	V_I = 12 V			12			kΩ
I_{OS}	Short-circuit output current				−15		−85	mA
I_{CC}	Supply current (total package)	No load		Outputs enabled		42	55	mA
				Outputs disabled		26	35	

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the less positive (more negative) limit is designated minimum, is used in this data sheet for common-mode input voltage and threshold voltage levels only.

NOTE 6: This applies for both power on and power off. Refer to EIA Standard TIA/EIA-485-A for exact conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low- to high-level output	V_{ID} = 0 to 3 V, See Figure 6		21	35	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high- to low-level output			23	35	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	See Figure 7		10	20	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			12	20	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	See Figure 7		20	35	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level			17	25	ns

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

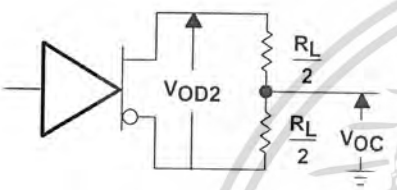


Figure 1. Driver V_{OD} and V_{OC}

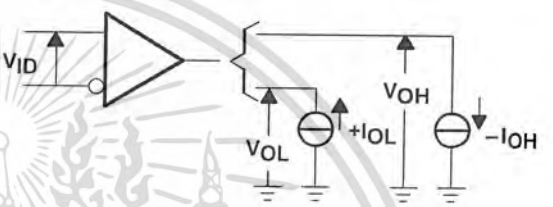
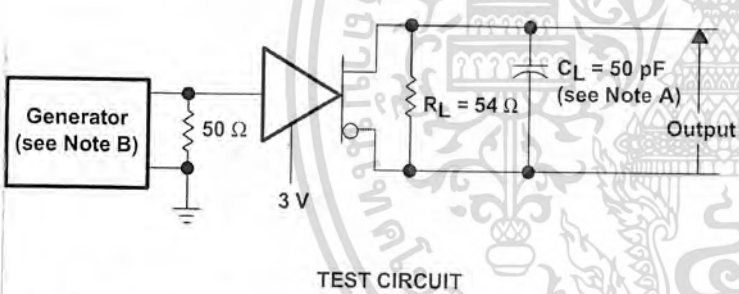
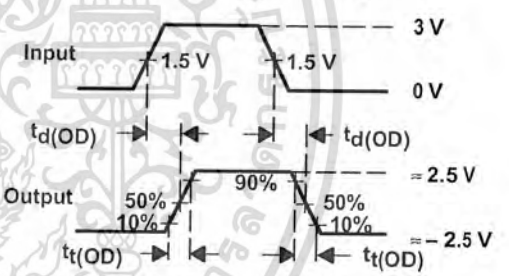


Figure 2. Receiver V_{OH} and V_{OL}



TEST CIRCUIT



VOLTAGE WAVEFORMS

NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
B. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, 50% duty cycle, t_r ≤ 6 ns, t_f ≤ 6 ns, Z_O = 50 Ω.

Figure 3. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 FEATURES

- Single power supply
- Operating supply voltage 2.5 V to 6 V
- Low standby current
- Serial input/output via I²C-bus
- Address by 3 hardware address pins
- Sampling rate given by I²C-bus speed
- 4 analog inputs programmable as single-ended or differential inputs
- Auto-incremented channel selection
- Analog voltage range from V_{SS} to V_{DD}
- On-chip track and hold circuit
- 8-bit successive approximation A/D conversion
- Multiplying DAC with one analog output.

2 APPLICATIONS

- Closed loop control systems
- Low power converter for remote data acquisition
- Battery operated equipment
- Acquisition of analog values in automotive, audio and TV applications.

3 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8591 is a single-chip, single-supply low power 8-bit CMOS data acquisition device with four analog inputs, one analog output and a serial I²C-bus interface. Three address pins A0, A1 and A2 are used for programming the hardware address, allowing the use of up to eight devices connected to the I²C-bus without additional hardware. Address, control and data to and from the device are transferred serially via the two-line bidirectional I²C-bus.

The functions of the device include analog input multiplexing, on-chip track and hold function, 8-bit analog-to-digital conversion and an 8-bit digital-to-analog conversion. The maximum conversion rate is given by the maximum speed of the I²C-bus.

4 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCA8591P	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body	SOT38-1
PCA8591T	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 BLOCK DIAGRAM

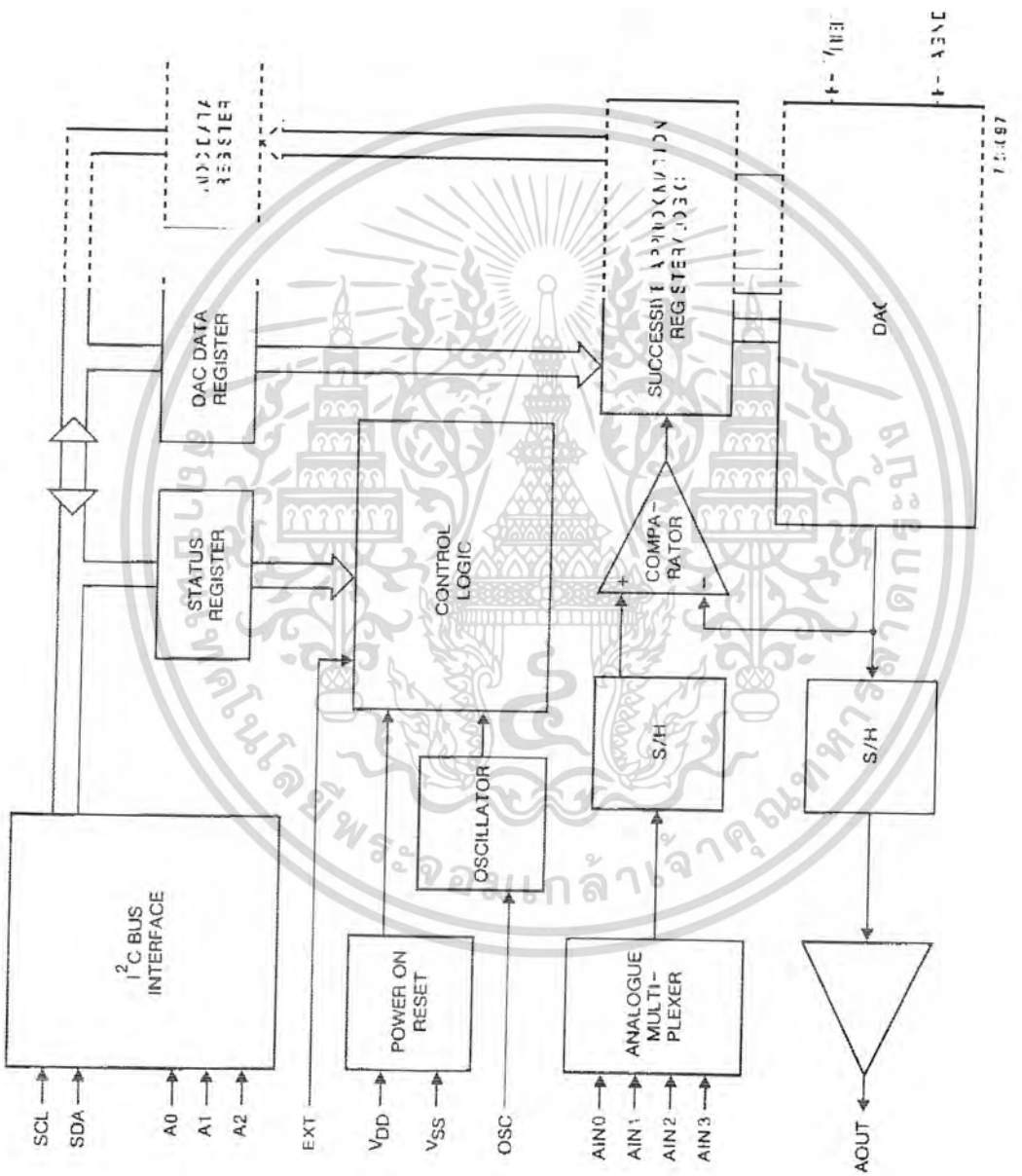


Fig.1 Block diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AINO	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V_{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I^2C-bus data input/output
SCL	10	I^2C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V_{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V_{DD}	16	positive supply voltage

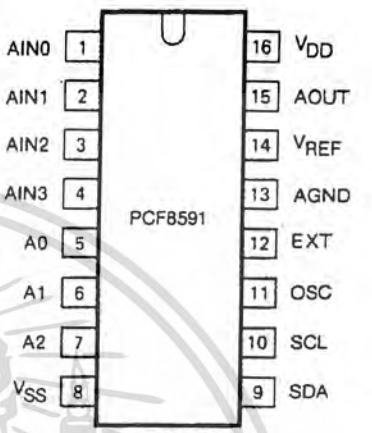


Fig.2 Pinning diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

7.1 Addressing

Each PCF8591 device in an I²C-bus system is activated by sending a valid address to the device. The address consists of a fixed part and a programmable part. The programmable part must be set according to the address pins A0, A1 and A2. The address always has to be sent as the first byte after the start condition in the I²C-bus protocol. The last bit of the address byte is the read/write-bit which sets the direction of the following data transfer (see Figs 3, 15 and 16).

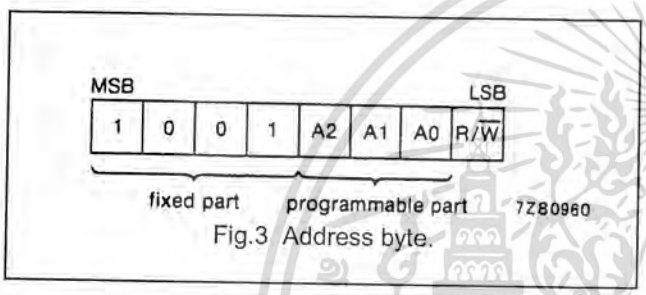


Fig.3 Address byte.

7.2 Control byte

The second byte sent to a PCF8591 device will be stored in its control register and is required to control the device function.

The upper nibble of the control register is used for enabling the analog output, and for programming the analog inputs as single-ended or differential inputs. The lower nibble selects one of the analog input channels defined by the upper nibble (see Fig.4). If the auto-increment flag is set the channel number is incremented automatically after each A/D conversion.

If the auto-increment mode is desired in applications where the internal oscillator is used, the analog output enable flag in the control byte (bit 6) should be set. This allows the internal oscillator to run continuously, thereby preventing conversion errors resulting from oscillator start-up delay. The analog output enable flag may be reset at other times to reduce quiescent power consumption.

The selection of a non-existing input channel results in the highest available channel number being allocated. Therefore, if the auto-increment flag is set, the next selected channel will be always channel 0. The most significant bits of both nibbles are reserved for future functions and have to be set to 0. After a Power-on reset condition all bits of the control register are reset to 0. The D/A converter and the oscillator are disabled for power saving. The analog output is switched to a high-impedance state.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

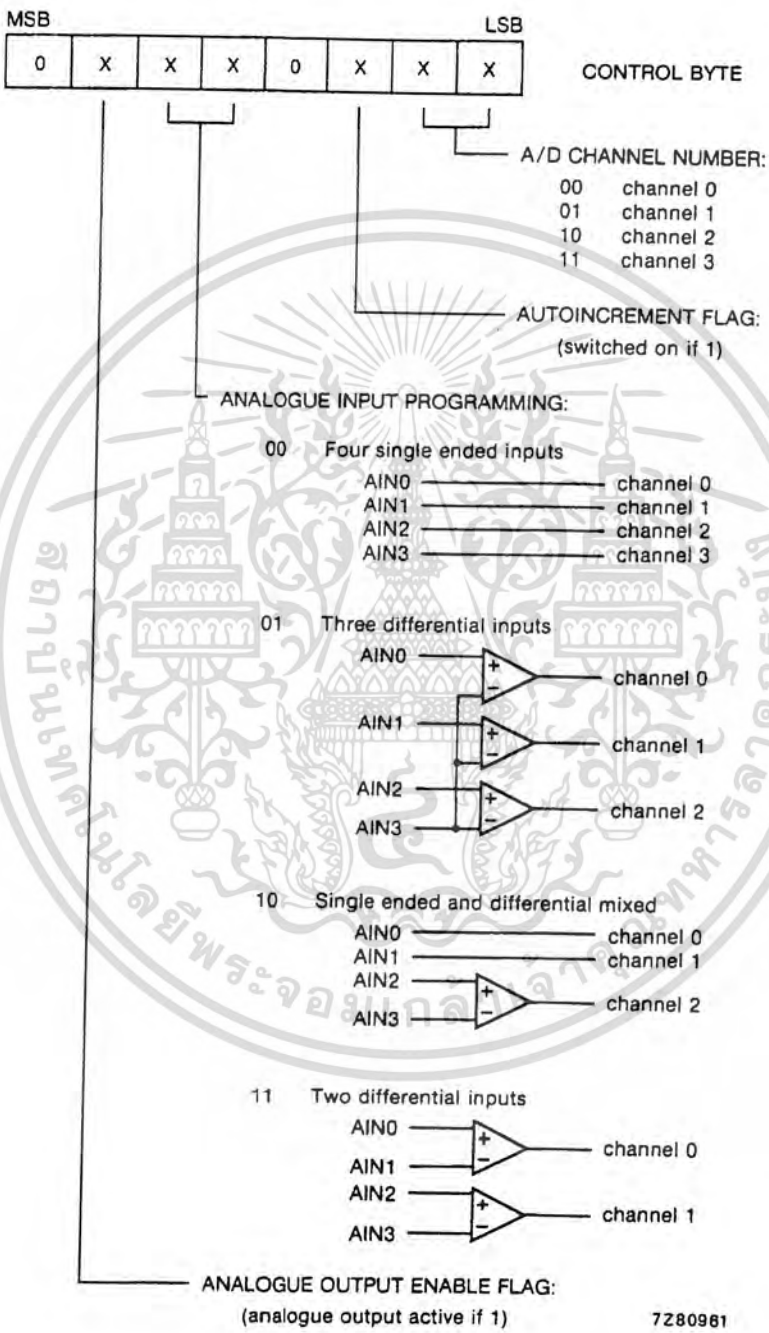


Fig.4 Control byte.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 D/A conversion

The third byte sent to a PCF8591 device is stored in the DAC data register and is converted to the corresponding analog voltage using the on-chip D/A converter. This D/A converter consists of a resistor divider chain connected to the external reference voltage with 256 taps and selection switches. The tap-decoder switches one of these taps to the DAC output line (see Fig.5).

The analog output voltage is buffered by an auto-zeroed unity gain amplifier. This buffer amplifier may be switched on or off by setting the analog output enable flag of the control register. In the active state the output voltage is held until a further data byte is sent.

The on-chip D/A converter is also used for successive approximation A/D conversion. In order to release the DAC for an A/D conversion cycle the unity gain amplifier is equipped with a track and hold circuit. This circuit holds the output voltage while executing the A/D conversion.

The output voltage supplied to the analog output AOUT is given by the formula shown in Fig.6. The waveforms of a D/A conversion sequence are shown in Fig.7.

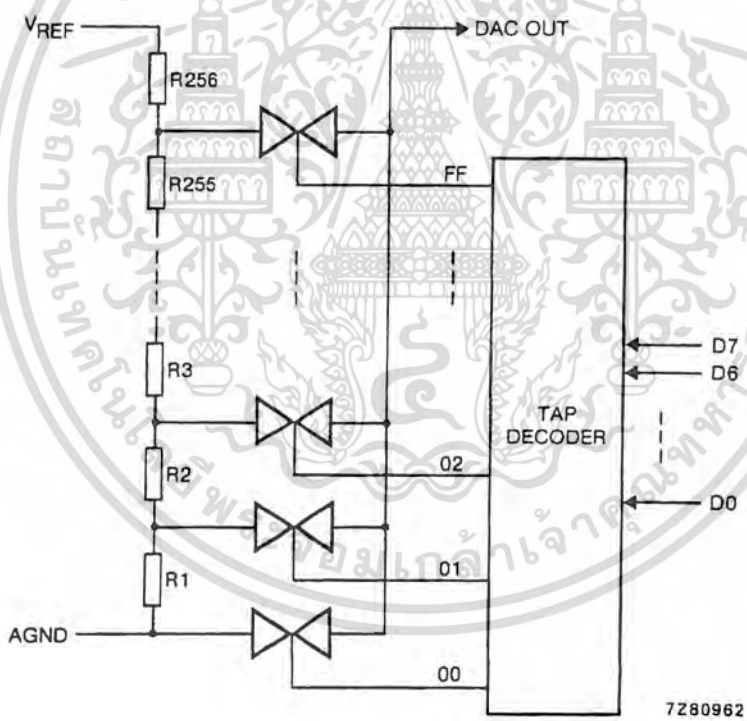


Fig.5 DAC resistor divider chain.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

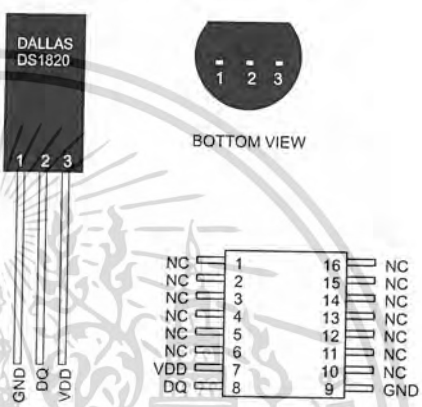
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1820
1–Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1–Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from –55°C to +125°C in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is –67°F to +257°F in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9–bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User–definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



DS1820
PR35 PACKAGE
See Mech. Drawings Section

DS1820S
16–PIN SSOP
See Mech. Drawings Section

PIN DESCRIPTION

GND	–	Ground
DQ	–	Data In/Out
V_{DD}	–	Optional V_{DD}
NC	–	No Connect

DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9–bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1–Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1–Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTION

PIN 16–PIN SSOP	PIN PR35	SYMBOL	DESCRIPTION
9	1	GND	**Ground.**
8	2	DQ	**Data Input/Output pin.** For 1–Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
7	3	V_{DD}	**Optional V_{DD} pin.** See "Parasite Power" section for details of connection.

DS1820S (16–pin SSOP): All pins not specified in this table are not to be connected.

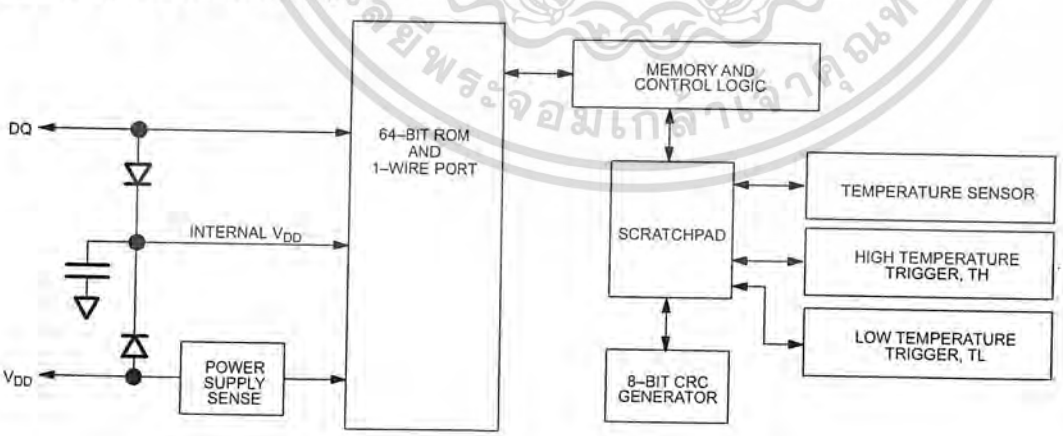
OVERVIEW

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64–bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1–Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1–Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS1820 may also be powered from an external 5 volts supply.

Communication to the DS1820 is via a 1–Wire port. With the 1–Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64–bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1–Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS1820 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS1820's scratchpad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of one byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS1820, these registers may be used as general purpose user memory. Writing TH and TL is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

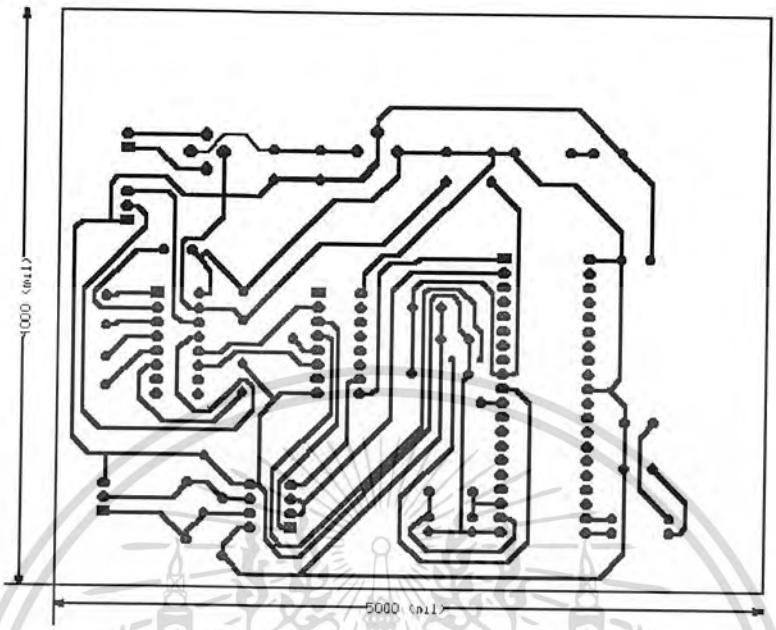
DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



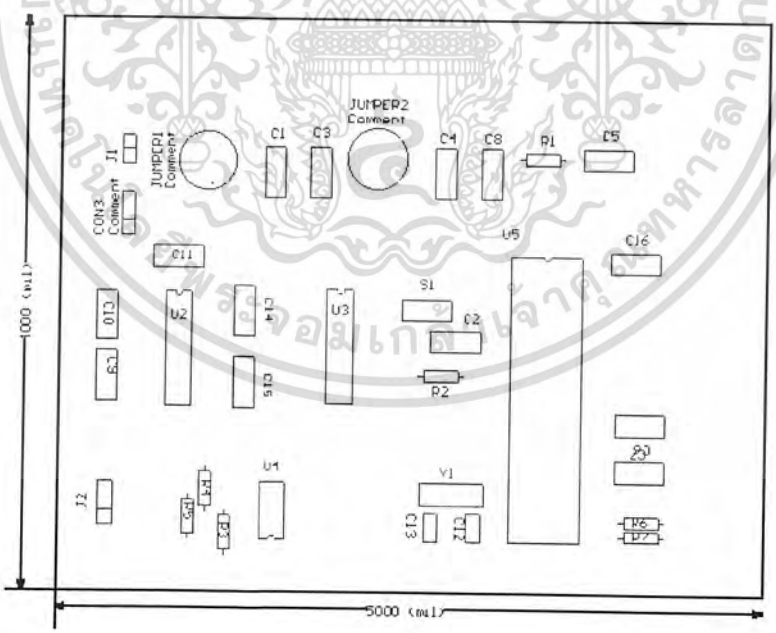
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5 V
LM7805
MAX232
MC14531
AT89C51
CRYSTAL
LED
GND
Title
Number
Revision
Date: 10-May-2004
Sheet of
File: D:\Tabtep\Work\Demo Version\Schematic1.ddb

ภาคผนวก ข



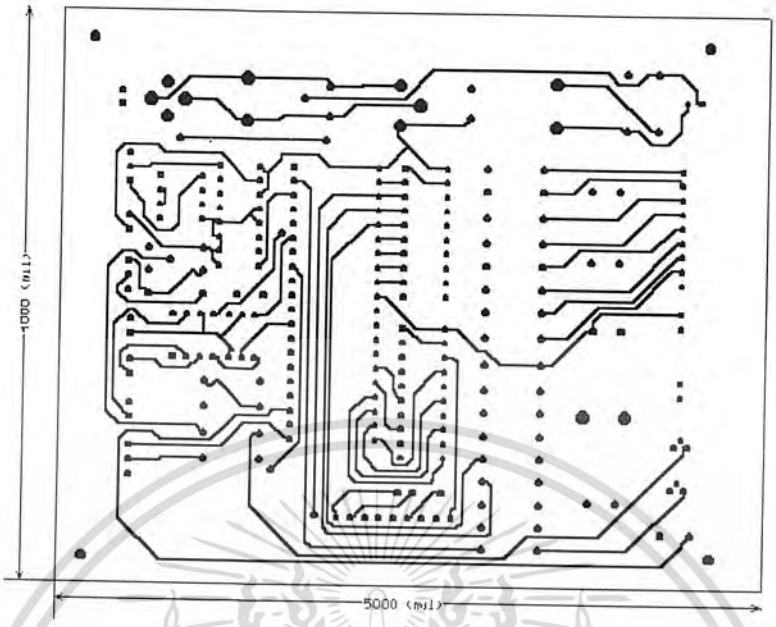
ลายวงจรชุดแม่ข่าย (ด้านลายทองแดง)



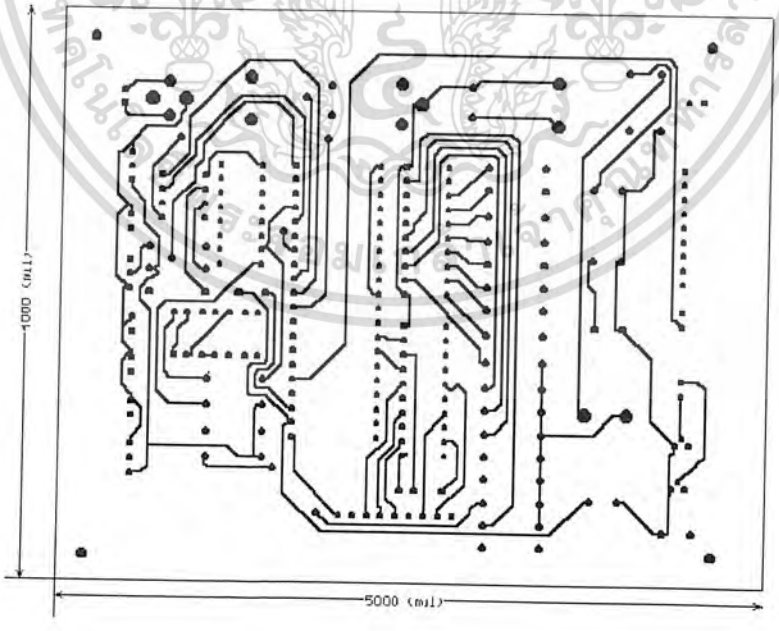
ลายวงจรชุดแม่ข่าย (ด้านอุปกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันวิทยบริการ

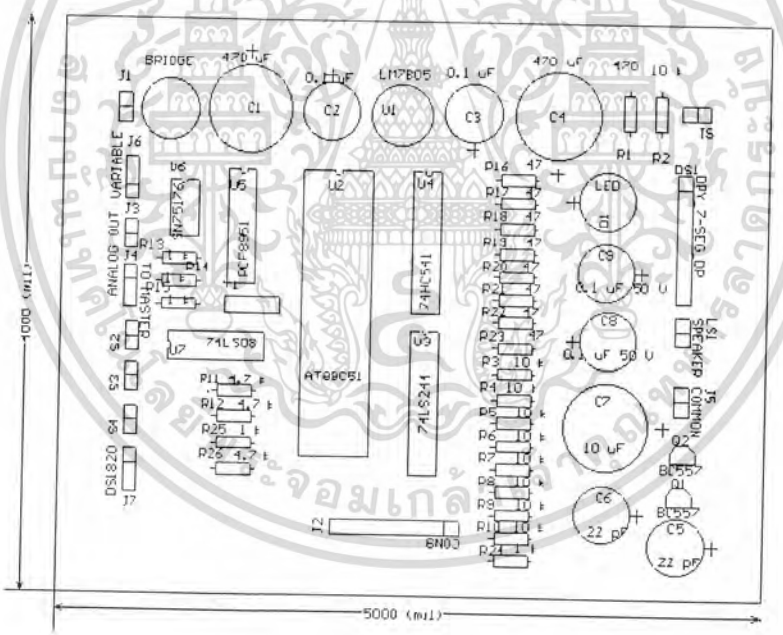


ลายวงจรชุดลูกข่าย (ด้านบน)



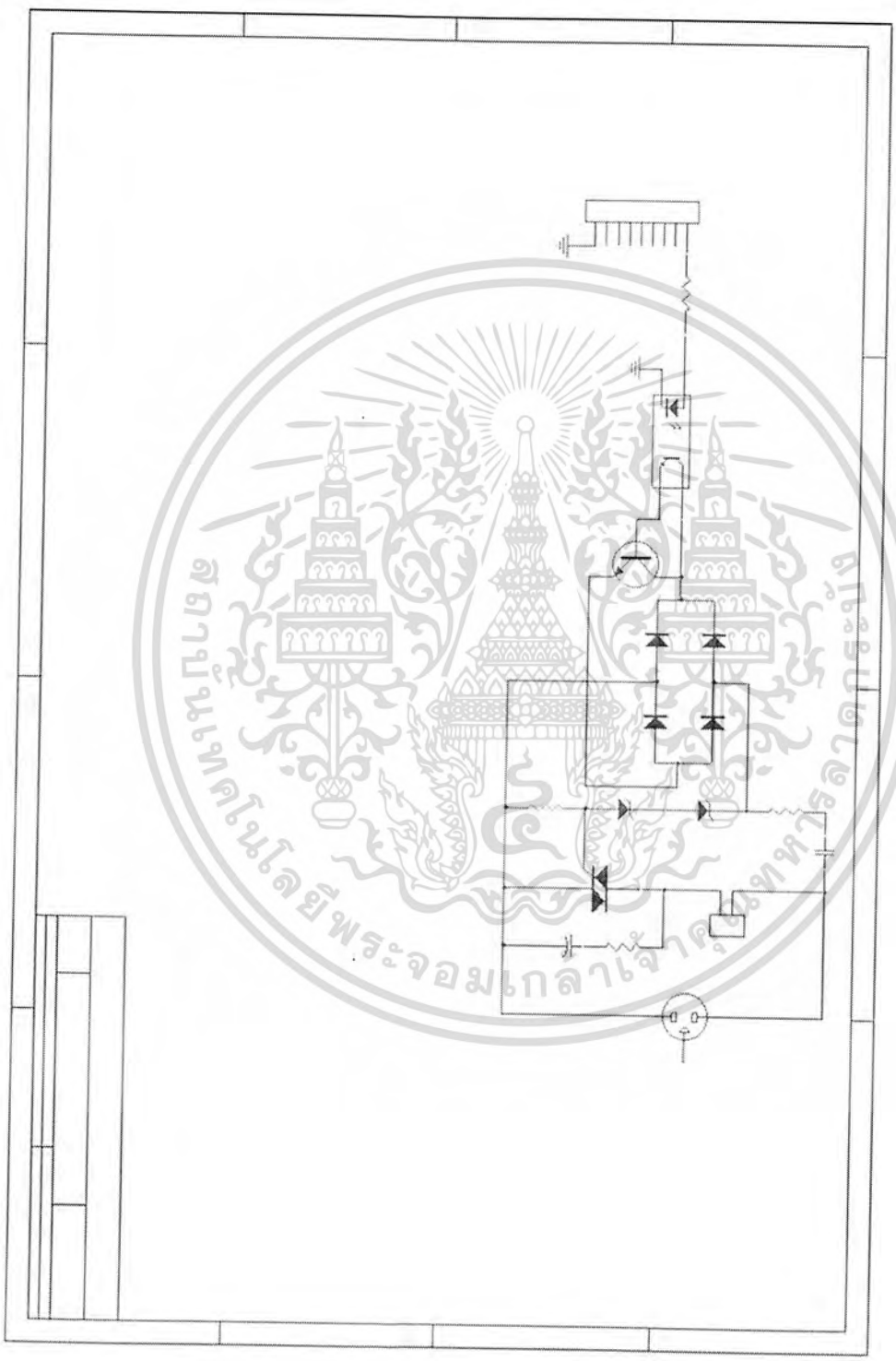
ลายวงจรชุดลูกข่าย (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



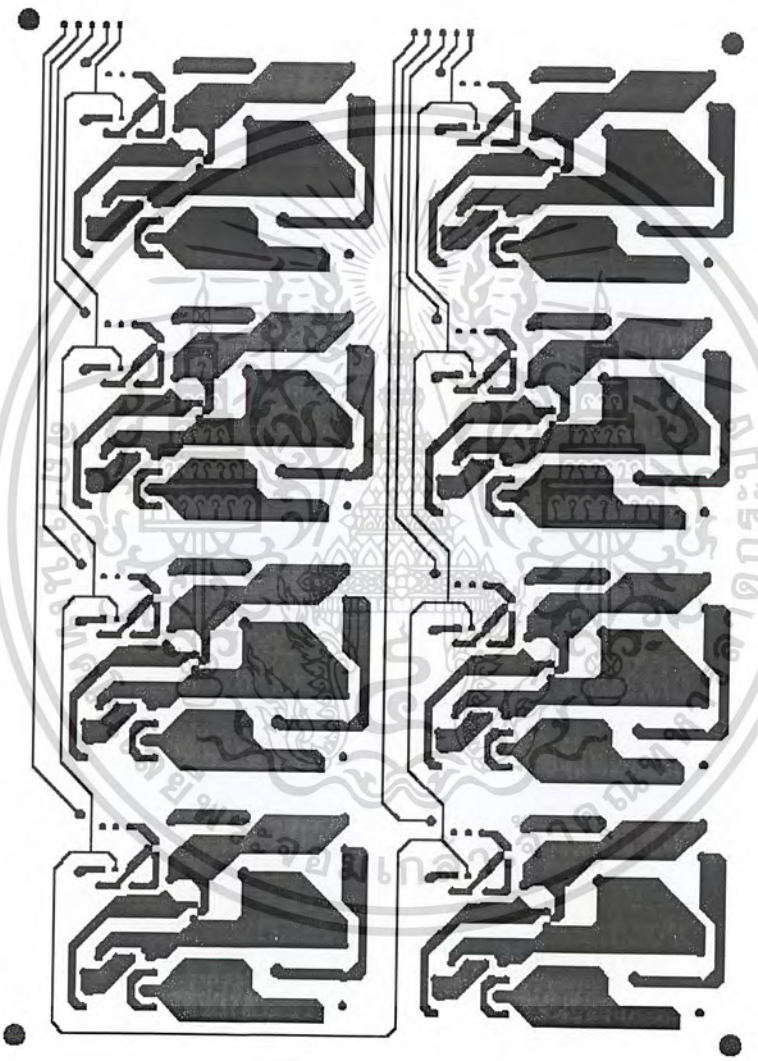
ลายวงจรชุดลูกข่าย(ด้านอุปกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



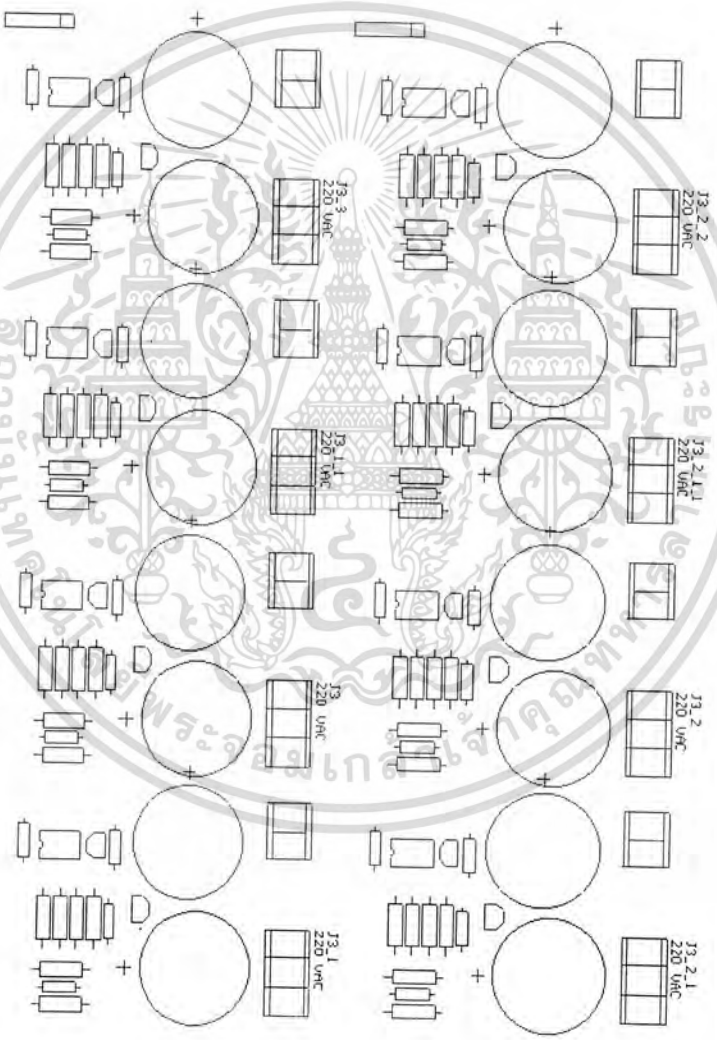
วงจรชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า (1ชุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



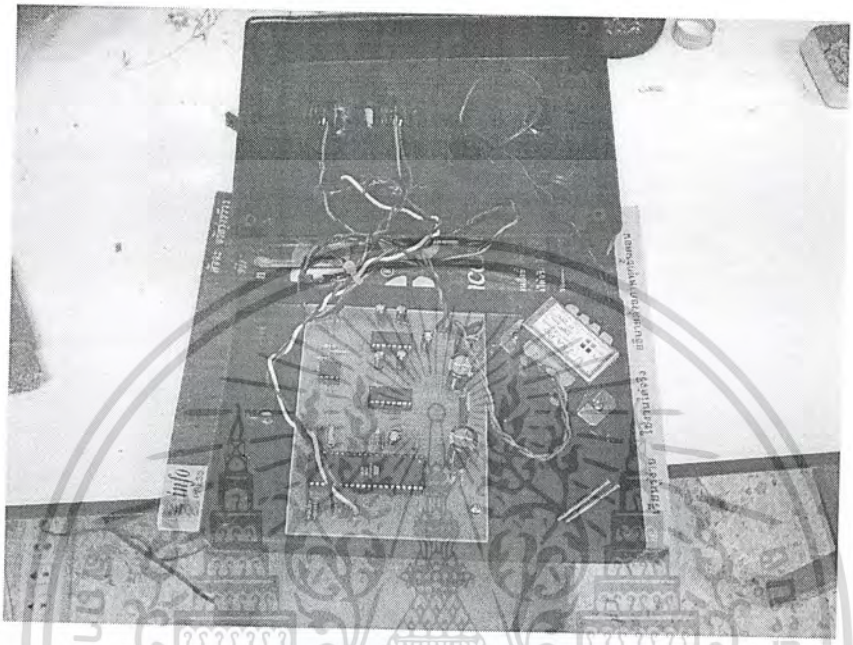
ชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า (ด้านลายทองแดง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

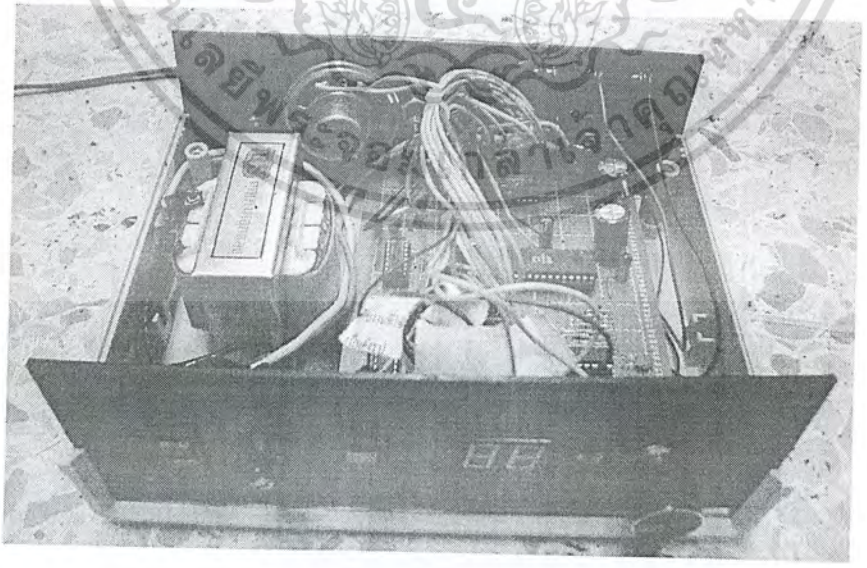


ชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า (ด้านอุปกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

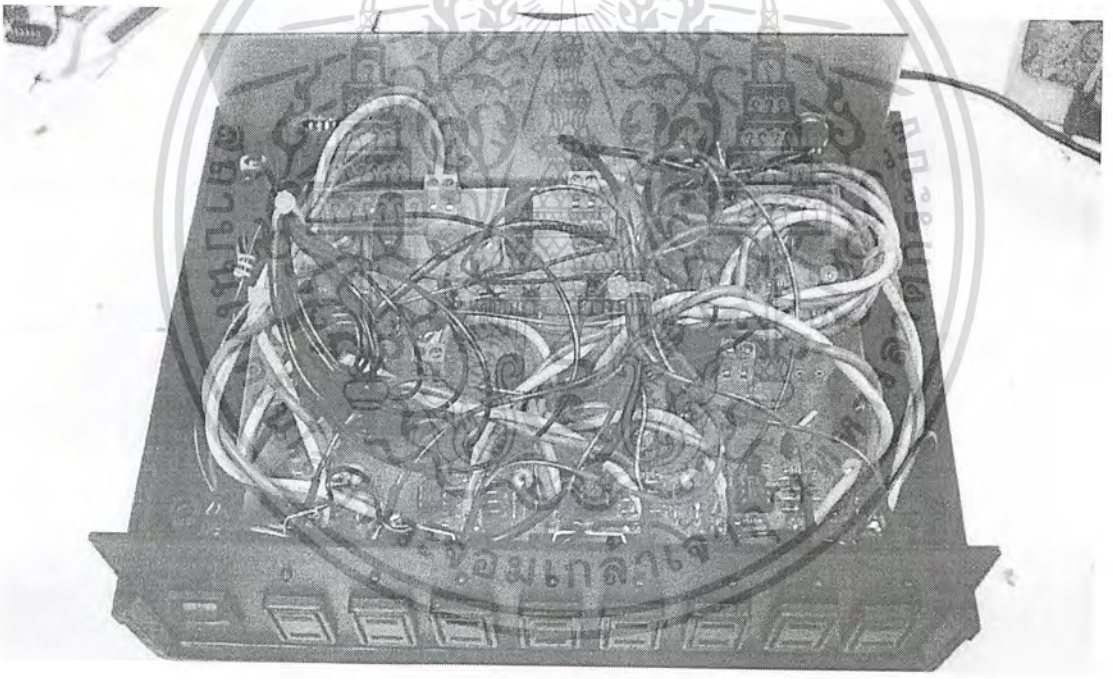


ชุดแม่ข่ายที่ประกอบเสร็จ



ชุดลูกข่ายที่ประกอบเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประกอบเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้