

ระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะ
Smart Home Power Line System



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....46268
วัน, เดือน, ปี..... 21 ส.ค. 2546

๒.....
1.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓/๑๑/๒๕๔๖

ระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะ
Smart Home Power Line System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้ากำลังในบ้านอัจฉริยะ

Smart Home Power Line System

โดย

นายพงศ์สิน ลีคนากุล

นายพร้อมพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. อธิรัชชัย อรุณศรีแสงไชย

รายงานสำหรับวิชา PROJECT 1

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ระบบไฟฟ้ากำลังในบ้านอัจฉริยะ

ผู้จัดทำ

1. นายพงศ์สิน ลักนากุล รหัสประจำตัว 41014287
2. นายพร้อมพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์ รหัสประจำตัว 41014297



Du A
.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. อธิรัชชัย อรุณศรีแสงไชย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง ระบบไฟฟ้ากำลังในบ้านอัจฉริยะ
Smart Home Power Line System
จัดทำโดย นายพงศ์สิน ลักนากุล รหัสประจำตัว 41014287
นายพร้อมพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์ รหัสประจำตัว 41014297
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อธิธิชัย อรุณศรีแสงไชย

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อธิธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

วันที่ 25 / 25 / 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

นายพงศ์สิน ลีคนากุล
 นายพร้อมพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์
 รศ.อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย(อาจารย์ที่ปรึกษา)
 ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ คือ ระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน (Smart Home Power Line System) เป็นระบบควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งต่างๆในบ้านซึ่งระบบนี้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากจุดเพียงจุดเดียวโดยใช้ตัวควบคุม คือ คีย์บอร์ด หรืออุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยอินฟราเรดเพียงชุดเดียว และสามารถติดตั้งตัวควบคุมได้มากกว่า 1 จุดและสามารถรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 36 อุปกรณ์ จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อ 1 ช่องเอาต์พุต 1100 วัตต์ (220 โวลต์ 5 แอมแปร์) โดยการทำงานจะประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ชุดบอร์ดควบคุม (Control Unit) และ ชุดกล่องสวิตจิ่ง (Switching Box) ทั้งสองส่วนนี้จะสื่อสารกันโดยการส่งสัญญาณสื่อสารผ่านสาย โทรศัพท์หรือสายทวิสเตอร์ ขนาด 24 AWG ตามมาตรฐานการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ RS-485 โดยวงจรทั้ง 2 ส่วนนี้จะใช้ IC ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 ควบคุมการทำงานของวงจร

ระบบนี้จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยช่วยลดปริมาณการเดินสายไฟ ความซับซ้อนของสายไฟ และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำกว่าระบบที่ใช้งานตามปกติและระบบนี้สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมโดยให้รับการควบคุมจากแหล่งอื่น เช่น อินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ หรือ เซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ ให้ทำงานร่วมได้โดยง่าย และสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ได้

SMART HOME POWER LINE SYSTEM

Mr. Pongsin Luckanakul

Mr. Prompong Charoenwongreerk

Mr. Itthichai Arungsrisangchai (Advisor)

Abstract

This project presents a design and construction of a prototype of Smart Home Power Line System which can switch on-off any household electrical appliances from any rooms in a house with a control keyboard or infrared remote control and can switch on-off electrical appliances up to 36 units, with maximum power up to 1100 watts (220 V 5A) each. This system is combined with two parts of working circuits as Control Unit and Switching Box. The interconnection is done by using telephone cable or Twist Pair cable 24 AWG, and the data communication is used RS-485 standard. These two parts use Microcontroller of MCS-51 to control the system.

This technology provides the convenience of switch on-off electrical appliances and reduce the requirement of electrical appliance cable, while compare with conventional electrical installation, which is very complex and expensive. The advantage of this system is that it also cans be designed to compatible with the other networks such as Internet, Telephone and Security network. This system is very ease at use and can be further developed as commercial product in the future.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 หลักการทำงานของ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการทำงานของอุปกรณ์	5
2.1 อุปกรณ์ ลอจิก ชนิด ทรานซิสเตอร์ – ทรานซิสเตอร์ ลอจิก (Transistors – Transistor Logic , TTL)	5
2.1.1 Propagation Delays	5
2.1.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ลอจิก ทีทีแอล(The TTL Logic Action)	5
2.1.2.1 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 0 (Low State)	6
2.1.2.2 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 1(High State)	7
2.1.3 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งรับกระแสของ อุปกรณ์ ทีทีแอล (Current Sinking Action)	8
2.1.4 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายกระแสของ อุปกรณ์ ทีทีแอล (Current Sourcing Action)	9
2.1.5 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของอุปกรณ์ทีทีแอลรุ่นต่างๆ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.2 อุปกรณ์ วงจรรวมดิจิทัลประเภท มอส (MOS Digital Integrated Circuit)	11
2.3 Complementary MOS Logic (CMOS)	13
2.4 The 555 Timer	16
2.4.1 Monostable Operation	18
2.4.2 Astable Operation	20
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51	22
3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS – 51	22
3.2 โครงสร้างภายในของ 8051	22
3.3 พอร์ตของ 8051	23
3.4 พังเวลาของซีพียู (CPU Timing)	25
3.5 ประเภทของหน่วยความจำ	25
3.6 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51	27
3.6.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON	27
3.6.2 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)	30
บทที่ 4 มาตรฐาน RS – 485	34
4.1 มาตรฐาน RS – 485	34
4.2 Cable Termination	37
4.3 Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A	41
บทที่ 5 หลักการทำงานของระบบระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	44
5.1 เปรียบเทียบหลักการทำงานของระบบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบ ธรรมดาและระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	45
5.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา (Conventional Electrical Installation)	45
5.1.2 การติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	47
5.2 โพรโตคอลของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 6 รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน Control Keyboard	50
6.1 ลักษณะชุดคีย์บอร์ดควบคุม(Control Keyboard)	50
6.2 การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	50
6.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ของวงจร ชุดคีย์บอร์ดควบคุม	52
บทที่ 7 อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยอินฟราเรด (Infrared remote control)	54
7.1 รีโมทคอนโทรล (Remote control)	54
7.1.1 วงจร Scan keys	56
7.1.2 การสร้างสัญญาณพาห์	56
7.1.3 วงจรมอดูเลชั่น (Modulation)	57
7.2 ตัวรับ (Receiver)	59
บทที่ 8 รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน Switching Box	61
8.1 หลักการทำงาน	61
8.2 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในวงจร	62
บทที่ 9 การทดลองและผลการทดลอง	65
9.1.1 การทำงานของชุดรีโมทคอนโทรล	65
9.1.1 การวัดสัญญาณภายในรีโมทคอนโทรล	65
9.1.2 การวัดสัญญาณจากตัวรับ (Receiver) และระยะทาง	66
9.1.3 ระยะทางไกลที่สุดที่ตัวรับยังสามารถรับสัญญาณได้ถูกต้อง	66
9.1.4 สัญญาณที่วัดได้ในจุดต่างๆ	66
9.1.2 ผลการทำงานของชุดควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์และการตรวจสอบสถานะ	71
9.1.3 การทดลองผลการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	73
9.1.3.1 วิธีการทดลอง	73
9.1.3.2 ผลการทดลอง	73
บทที่ 10 สรุปผลการทดลอง คุณสมบัติของระบบ และ แนวทางในการพัฒนา	75
10.1 สรุปผลการทดลอง	75
10.2 คุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	75
10.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ HPPBX	76
10.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์ ทีทีแอล รุ่นต่างๆ	10
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่าง CMOS และ TTLs	14
ตารางที่ 2.3 สถานะการทำงานของไอซี 555	18
ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม	28
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้	36
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคุณสมบัติของระบบ RS-485	41
ตารางที่ 4.3 แสดงสถานะการทำงานของ SN75176A	42
ตารางที่ 9.1 แสดงข้อมูลจากขา TXD ที่ได้จากการกดปุ่ม	65



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	3
รูปที่ 1.2 เปรียบเทียบการต่อในระบบปกติกับการต่อระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน	4
รูปที่ 2.1 แสดง ค่าเวลา Propagation Delay Times , tPHL , tPLH	5
รูปที่ 2.2 แสดง โครงสร้างของ TTL ชนิด NAND Gate	7
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของ NAND Gate	8
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของ TTL	9
รูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์และหลักการทำงานของ MOS FETs	11
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรของ N-Channel MOS FETs INVERTER	12
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรของ ลอจิกเกท ชนิด N-Channel MOS FETs	13
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะ โครงสร้างของ CMOS	14
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งขาของ IC 555 Timer	16
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อแบบ monostable และรูปสัญญาณ	19
รูปที่ 2.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RC และ Time delay	19
รูปที่ 2.12 แสดงการต่อแบบ Astable และรูปสัญญาณ	20
รูปที่ 2.13 กราฟความสัมพันธ์ ของความถี่ กับค่า RC	21
รูปที่ 3.1 แสดง 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS – 51	22
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งขาของ 89C2051	23
รูปที่ 3.3 แสดง โครงสร้าง พอร์ต 0	23
รูปที่ 3.4 แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง	25
รูปที่ 3.5 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON	27
รูปที่ 3.6 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1	29
รูปที่ 3.7 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3	30
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด	31
รูปที่ 3.9 แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)	32
รูปที่ 3.10 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)	32
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะตัวรับและส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmission และ Differential Measurement	35
รูปที่ 4.3 แสดงค่าระดับของสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้	36
รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบของ No Termination	37
รูปที่ 4.5 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination	38
รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบของ AC Termination	38
รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination	39
รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบของ Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination	40
รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination	40
รูปที่ 4.10 แสดงตำแหน่งของขา SN75176A	42
รูปที่ 4.11 1) แสดง Logic Symbol ของ SN75176A 2) แสดง Logic diagram ของ SN75176A	43
รูปที่ 5.1 แสดงหลักการทำงานของระบบ HPPBX	44
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิทช์ทางเดียว (1-way switch circuit)	46
รูปที่ 5.3 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิทช์ 2 ทาง (2-way switch circuit)	46
รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ HPPBX	48
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดกล่องสวิทช์ซึ่งเพื่อใช้งาน	48
รูปที่ 5.6 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณ	49
รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะของชุดบอร์ดควบคุม	50
รูปที่ 6.2 แสดง Block diagram ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	51
รูปที่ 6.3 แสดง Flow chart การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม	51
รูปที่ 6.4 แสดงวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม(Control Keyboard)	53
รูปที่ 7.1 แสดงค่าปุมในตำแหน่งต่างๆของรีโมทคอนโทรล	54
รูปที่ 7.2 แสดง Block diagram ของรีโมทคอนโทรล	55
รูปที่ 7.3 แสดง Flow chart การทำงานของรีโมทคอนโทรล	55
รูปที่ 7.4 แสดงวงจร Scan keys	56
รูปที่ 7.5 แสดงวงจรกำเนิดคลื่นพาห์ (carrier)	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 7.6 แสดงวงจรมอดูเลขขึ้น	57
รูปที่ 7.7 แสดงรูปวงจรรีโมทคอนโทรล	58
รูปที่ 7.9 แสดง Block diagram ของ ตัวรับ (Receiver)	59
รูปที่ 7.10 แสดงรูปวงจรตัวรับ (Receiver)	60
รูปที่ 8.1 Block diagram ของ ชุดกล่องสวิตชิง	61
รูปที่ 8.2 Flow chart การทำงานของชุดกล่องสวิตชิง	62
รูปที่ 8.3 แสดงรูปวงจรของชุดกล่องสวิตชิง(Switching Box)	64
รูปที่ 9.1 แสดงรูปสัญญาณพาห์ที่สร้างจาก IC 555 timer	66
รูปที่ 9.2 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 0	67
รูปที่ 9.3 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 1	67
รูปที่ 9.4 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 2	67
รูปที่ 9.5 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 3	68
รูปที่ 9.6 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 4	68
รูปที่ 9.7 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 5	68
รูปที่ 9.8 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 6	69
รูปที่ 9.9 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 7	69
รูปที่ 9.10 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 8	69
รูปที่ 9.11 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 9	70
รูปที่ 9.12 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม A	70
รูปที่ 9.13 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม ON	70
รูปที่ 9.14 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม OFF	71
รูปที่ 9.15 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตชิงกรณีปิด (0 Vpp)แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ชุดกล่องสวิตชิงขณะปิด	71
รูปที่ 9.16 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตชิงกรณีเปิด (61.6 x 10 Vpp , 50.08 Hz)	72
รูปที่ 9.17 การจัดวางอุปกรณ์ของระบบในการทดลอง	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

แนวโน้มของสังคมครอบครัวในอนาคตจะมีขนาดเล็ก อันประกอบด้วย พ่อ , แม่ และลูก โดยไม่มี คนรับใช้ คูแลบ้าน ดังนั้น การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบอัตโนมัติทั้งจากภายในตัวบ้านและจากที่ทำงานนอกบ้าน และระบบรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรมและอุบัติเหตุจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร จึงมีความสำคัญ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวอาทิเช่น

- กรณีนั่งที่ห้องนั่งเล่น แต่สามารถควบคุมเปิดปิดหลอดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆตามจุดต่างๆ ได้ทั่วทั้งบ้าน จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด
- ก่อนเข้านอน หรือ ตื่นนอนตอนเช้า สามารถสั่งปิดหลอดไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ได้จากห้องนอน โดยไม่ต้องเดินไล่ปิดทีละจุด
- การสั่งเปิดหลอดไฟฟ้า , กาต้มน้ำร้อน , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องกรองอากาศ หรือ เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ได้ก่อนการกลับถึงบ้าน โดยควบคุมผ่านโทรศัพท์ หรือ Internet
- ก่อนออกจากบ้านสามารถสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้ทั้งหมด จากสวิทช์ 1 ชุด โดยไม่ต้องเดินไล่ปิดแต่ละจุด หรือเมื่อถึงที่ทำงานแล้วสามารถสั่งปิดได้จากโทรศัพท์ หรือ Internet ได้
- กรณีที่กลับมาถึงบ้านดึกหรือไปต่างจังหวัดหลายวัน หลอดไฟหน้าบ้านหรือภายในบ้านจะเปิดตอนเย็นและปิดเมื่อรุ่งเช้า ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ เพื่อหลอกคนให้เข้าใจผิดว่ามีคนอยู่ในบ้านตามปกติ
- กรณีที่เด็ก หรือ ผู้สูงอายุ อยู่บ้านตามลำพัง แล้วต้องการความช่วยเหลือ หรือมีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้าน เกิดเหตุเพลิงไฟไหม้ หรือ แก๊สรั่ว เป็นต้น ระบบจะส่งเสียงเตือนภัยให้ รปภ.หรือคนข้างบ้านได้ทราบ และโทรศัพท์ออกไปยังสถานีตำรวจหรือโรงพยาบาลอัตโนมัติ

ดังนั้นจึงได้ออกแบบสร้าง ระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 โดยส่งสัญญาณควบคุม และข้อมูลสื่อสารของระบบ ผ่าน คู่สายสัญญาณ (2 x 0.8mm /24AWG) จากชุดควบคุมซึ่งจะรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ไปยัง ชุดกล่องสวิทช์ซึ่ง จะทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่เป็นสวิตช์เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าหลัก(220 VAC)ภายในบ้าน และสายสัญญาณควบคุมนี้จะเดินสายขนานไปกับสายไฟฟ้าหลัก ให้ครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วทั้งบ้าน ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อเป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน Internet , ผ่านโทรศัพท์ , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น ระบบนี้ติดตั้งได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำให้ได้เทคโนโลยีแบบใหม่ที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ได้

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

- 1) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมด จากจุดใดจุดหนึ่งของบ้าน
- 2) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยให้การดำเนินชีวิต ภายในบ้าน สะดวกสบาย และปลอดภัยเพิ่มขึ้น
- 3) เพื่อออกแบบสร้างระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต้นแบบภายในบ้านและเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านInternet , ผ่านโทรศัพท์ , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น
- 4) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่ติดตั้งง่าย และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาการทำงานของรีโมทคอนโทรล
- 2) ศึกษาการส่งข้อมูลโดยอินฟราเรด
- 3) ศึกษาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ
- 4) ศึกษาการส่งข้อมูลอนุกรมตามมาตรฐาน RS-485

1.4 หลักการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 ควบคุมการทำงาน ได้แก่

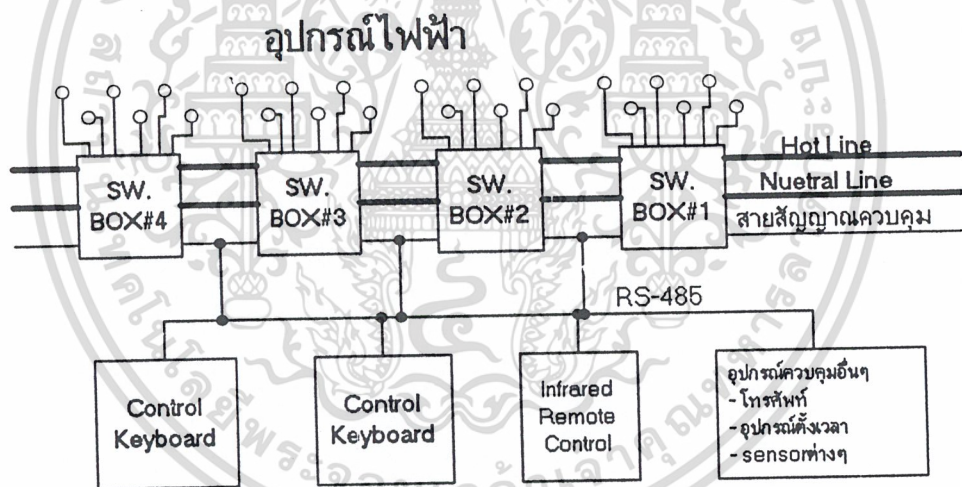
- ชุดควบคุม (Control unit) จะประกอบด้วยคีย์บอร์ดควบคุม(Control keyboard)15 ปุ่ม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยอินฟราเรด(Infrared remote control)

- ชุดกล่องสวิตช์ซึ่ง (Switching box) มีลักษณะเป็นกล่องที่มีช่องควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 6 ช่อง ต่อ 1 ชุด และในระบบ HPPBX มีได้ทั้งหมด 6 ชุด จะทำงานรับสัญญาณการควบคุมจากชุดควบคุม

การสื่อสารในระบบนี้ ได้ใช้ Protocol การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ และใช้มาตรฐานการส่งสัญญาณด้วยสายส่งสัญญาณ ตามมาตรฐาน RS-485

หลักการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานจะกดปุ่มเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดหรือปิด จากชุดควบคุม สามารถเลือกได้สูงสุด 36 ตำแหน่งอุปกรณ์ เมื่อเลือกแล้วชุดควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดกล่องสวิตช์ซึ่งเพื่อทำการเปิด/ปิดอุปกรณ์ และกล่องสวิตช์ซึ่งจะส่งสัญญาณกลับมาบอกชุดควบคุมเพื่อแสดงผลว่าอุปกรณ์เปิด/ปิดเรียบร้อยแล้ว



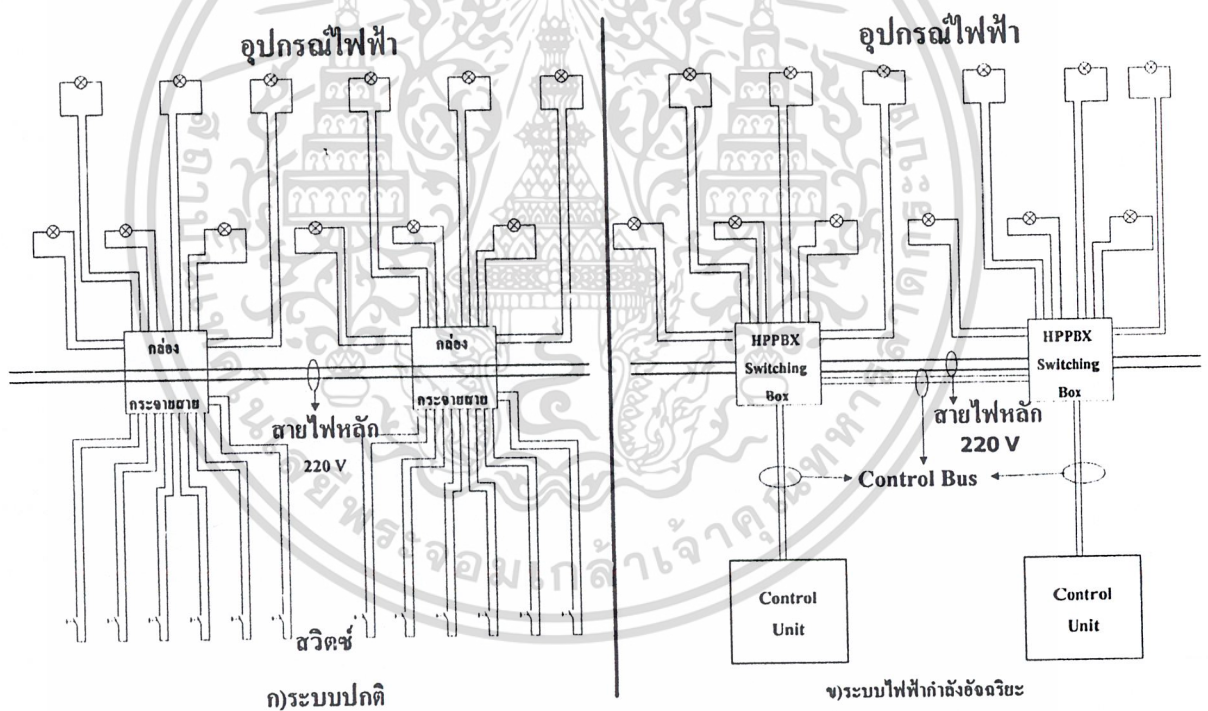
รูปที่ 1.1 แสดง โครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้เทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมด จากจุดใดจุดหนึ่งของบ้าน
- 2) ได้เทคโนโลยีต้นแบบเพื่อความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรม และเหตุเพลิงไหม้ เช่น ระบบเสียงเตือนภัย และการโทรศัพท์ออกไปยังสถานีตำรวจแบบอัตโนมัติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) สามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานอื่นได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมเพิ่ม เช่น การสั่งงานปิดอัตโนมัติในกรณีก่อนออกจากบ้าน , การสั่งงานเปิดอัตโนมัติในกรณีเมื่อครั้งแรกที่กลับถึงบ้าน หรือ การตั้งเวลาเปิดปิดในกรณีไม่ได้อยู่บ้านเป็นเวลาหลายวัน เป็นต้น, ทางโทรศัพท์ หรือ เซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ ให้ใช้งานร่วมกันได้โดยง่าย เป็นการเพิ่มการรักษาปลอดภัยจากการโจรกรรม และอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากนอกบ้าน สามารถพัฒนาวงจรเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ เช่น เครื่องกรองอากาศ , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องทำน้ำอุ่น , ตู้เย็น หรือ ม่านไฟฟ้า เป็นต้น
- 4) สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน Internet
- 5) สามารถพัฒนาเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ ได้



รูปที่ 1.2 เปรียบเทียบการต่อในระบบปกติกับการต่อระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะ ในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทํางานของอุปกรณ์

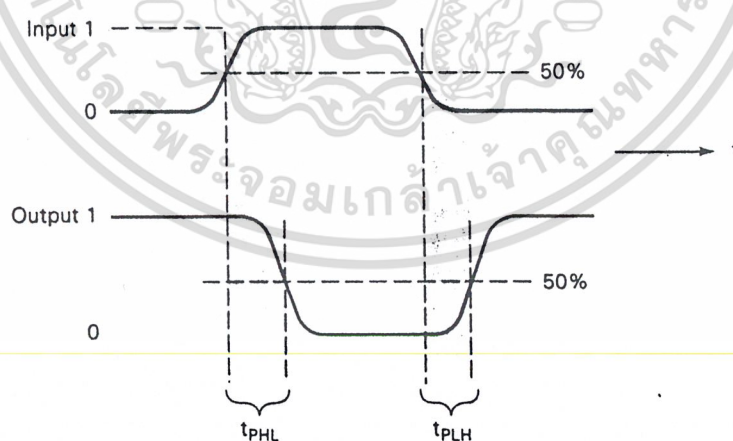
2.1 อุปกรณ์ ลอจิก ชนิด ทรานซิสเตอร์ – ทรานซิสเตอร์ ลอจิก (Transistors – Transistor Logic , TTL)

2.1.1 Propagation Delays

สัญญาณที่ผ่านวงจร ลอจิก (Logic) จะเกิด propagation delay times ขึ้น 2 แบบ ได้แก่ t_{PLH} คือ การหน่วงเวลา (Delay times) ขณะที่ ลอจิก 0 (Low) เปลี่ยนเป็น ลอจิก 1 (High)

t_{PHL} คือ การหน่วงเวลา ขณะที่ ลอจิก 1 (High) เปลี่ยนเป็น ลอจิก 0 (Low)

ปกติแล้ว t_{PLH} และ t_{PHL} มีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นกับค่าความจุไฟฟ้าแฝงในวงจร ซึ่งค่า propagation delays นี้ใช้เปรียบเทียบ ความเร็วระหว่าง วงจรลอจิกที่ต่างกันได้ ซึ่งค่า t_{PHL} วัดจากระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 0 เป็น 1 ของสัญญาณ อินพุต เทียบกับ ระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ของสัญญาณ เอาท์พุต และ ค่า t_{PLH} วัดจากระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณ จาก 1 เป็น 0 ของสัญญาณ อินพุต กับระดับ 50% ของการเปลี่ยนสัญญาณจาก 0 เป็น 1 ของสัญญาณ เอาท์พุต ของอุปกรณ์ลอจิก ชนิด อินเวอร์สเตอร์(Invertor) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดง ค่าเวลา Propagation Delay Times , t_{PHL} , t_{PLH}

2.1.2 หลักการทํางานของอุปกรณ์ลอจิก ทีทีแอล (The TTL Logic Action)

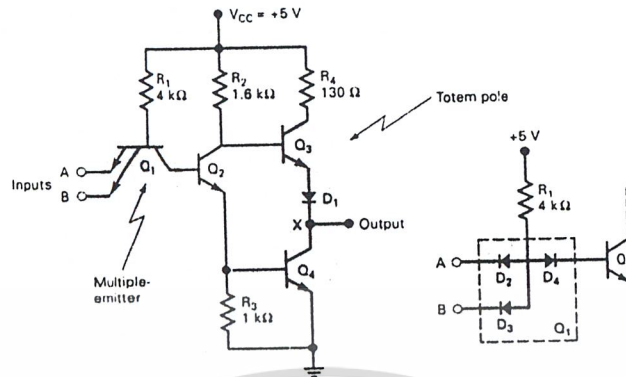
เทคโนโลยีของอุปกรณ์ทีทีแอล ได้รับการพัฒนาเป็นเวลา 30 ปีแล้ว ปัจจุบันได้

นำมาใช้ในวงจรประเภท ดิจิตอล กันอย่างแพร่หลาย เป็นวงจรที่สามารถจ่ายกระแสไฟ ได้สูง ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้อยู่ในรูปของวงจรรวม (ICs) หรือ ชิพ (Chip) โครงสร้างและการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้แบบเบื้องต้นได้แก่โครงสร้างและหลักการทำงานของ ทีทีแอล ชนิด NAND Gate อธิบายดังในรูปที่ 2.2 โดยทรานซิสเตอร์ Q1 ประกอบด้วย 2 ขา อิมิตเตอร์(Emitter) มี 2 รอยต่อ E-B (Emitter - Base Junction) ที่ควบคุมสถานะ ON ของ Q1 สำหรับทรานซิสเตอร์แบบ Multiple-emitter input transistor นี้สามารถมีได้สูงสุด 8 อินพุต ของ NAND Gate ส่วนด้าน เอาท์พุท ของวงจรถูกประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 อยู่ในลักษณะการต่อแบบTotem-pole ทำงานสลับกัน เพื่อให้สัญญาณ เอาท์พุทเป็น 0 (Low) หรือ 1 (High) ดังแสดงในรูปที่2.3

2.1.2.1 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 0 (Low State)

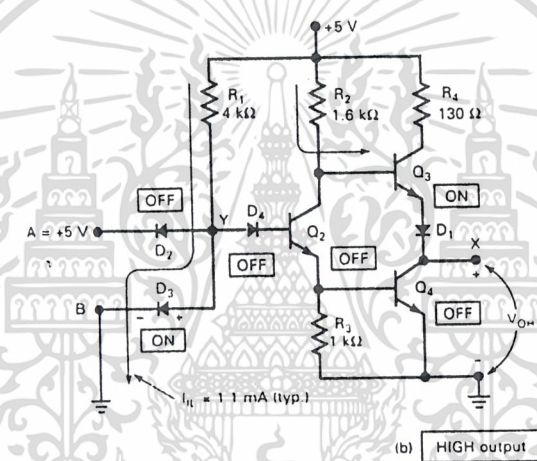
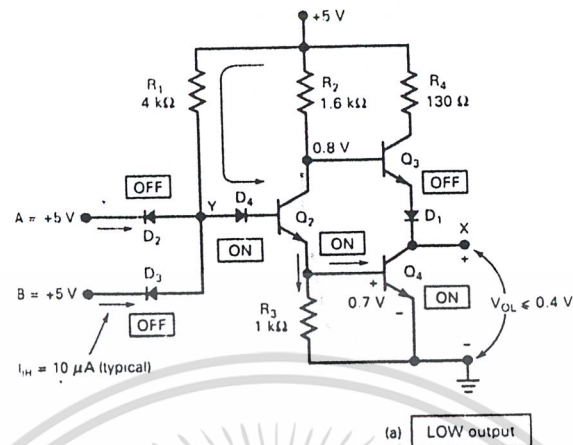
เพื่อทำให้การพิจารณาง่ายขึ้น จึงพิจารณาแทนรอยต่อ E-B ของ Q1 เป็นไดโอด D2 และ D3 ส่วนรอยต่อ คอลเลกเตอร์-เบส (Collector-Base , C-B) เป็นไดโอด D4 ดังรูปที่ 2.2 เมื่อให้สัญญาณ เอาท์พุทของ NAND Gate ที่ พอร์ต X เป็น Low แสดงดังรูปที่ 2.3 (a) ซึ่งจะต้องให้พอร์ตอินพุท A และ B เป็น +5 โวลต์ ทำให้ D2 และ D3 อยู่ในสถานะ OFF แล้วกระแสจะไหลผ่าน R1 และ D4 เป็นกระแสไบอัสที่ขาเบสของ Q2 ทำให้ Q2 อยู่ในสถานะ ON ทำให้กระแสเป็นกระแสไบอัสขาเบสของ Q4 ทำให้ Q4 อยู่ในสถานะ ON ส่วนขา คอลเลกเตอร์ ของ Q2 ทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน R2 เกิดแรงดันคร่อม R2 ทำให้แรงดัน ของรอยต่อ C-B ของ Q2 มีค่าน้อยลงหรือทำให้แรงดันรอยต่อ B-E ของ Q3 ไม่เพียงพอที่จะทำให้ Q3 ON ได้ เนื่องจากแรงดันรอยต่อ B-E ของ Q4 กับกราวนด์ มีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ และ Q2 อยู่ในสถานะอิ่มตัว (Saturate) ซึ่ง VCESAT ประมาณ 0.1 โวลต์ ทำให้แรงดัน รอยต่อ B-E ของ Q3 ประมาณ 0.8 โวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้ Q3 และ D1 อยู่ในสถานะ ON พร้อมกันได้(ต้องใช้แรงดันอย่างน้อย 1.4 โวลต์) ดังนั้นในกรณีนี้ D1 ทำหน้าที่ควบคุมสถานะ OFF ของ Q3 สำหรับทรานซิสเตอร์ Q4 อยู่ในสถานะ ON และต่อกับ พอร์ต(Port) เอาท์พุท X ที่มีค่าแรงดันต่ำมาก และ Q4 เสมือนลัดวงจร ดังนั้น Q4 จะดึงกระแสจากด้านอินพุท ของอุปกรณ์ ทีทีแอล ที่ทำมาต่อกับ พอร์ต X นั้น ในกรณีนี้เอาท์พุทจะเป็นสถานะLow หรือ ลอจิก 0 และ อุปกรณ์ทีทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งรับกระแส (Curent – Sinking Action)



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของ TTL ชนิด NAND Gate

2.1.2.2 การทำงานของวงจร NAND Gate ในสถานะ 1 (High State)

เมื่อให้สัญญาณ เอาท์พุท ที่พอร์ต X มีค่าเป็น 1 (High) ดังนั้น ทางด้านพอร์ตอินพุท A และ B จะมีค่าเป็น 0 (Low) ทั้งคู่หรือเพียงแต่ 1 พอร์ต และจากรูปที่ 2.3 (b) ให้พอร์ต B ต่อกับกราวด์ คือสถานะเป็น Low ส่วน พอร์ต A ต่อกับ +5 โวลต์ (High) พิจารณาการทำงานของวงจรดังนี้ เมื่อไดโอด D3 สถานะ ON ทำให้แรงดันของรอยต่อที่จุด Y มีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอทำให้รอยต่อ E-B ของ Q2 เป็นสถานะ ON ได้ และเช่นเดียวกัน ทำให้ Q4 และ Q2 เป็นสถานะ OFF และเมื่อ Q2 OFF ทำให้ แรงดันคร่อม R2 เกิด กระแสไบอัสที่ขาเบสของ Q3 ซึ่งเพียงพอให้ Q3 และ Q1 เป็นสถานะ ON ได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาแรงดันที่พอร์ต X จะได้แรงดัน ประมาณ 3.4–3.8 โวลต์ ซึ่งแรงดันดังกล่าวสามารถนำไปใช้อ้างอิงให้กับ อุปกรณ์อื่นที่นำมา ได้เป็นสถานะ High หรือ ลอจิก 1 ได้ และในกรณีนี้ อุปกรณ์ที่ทีแอลแสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งจ่ายกระแส (Current-Sourcing Action) อธิบายได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของ NAND Gate

a) สถานะ เอาท์พุท Low State b) สถานะเอาท์พุท High State

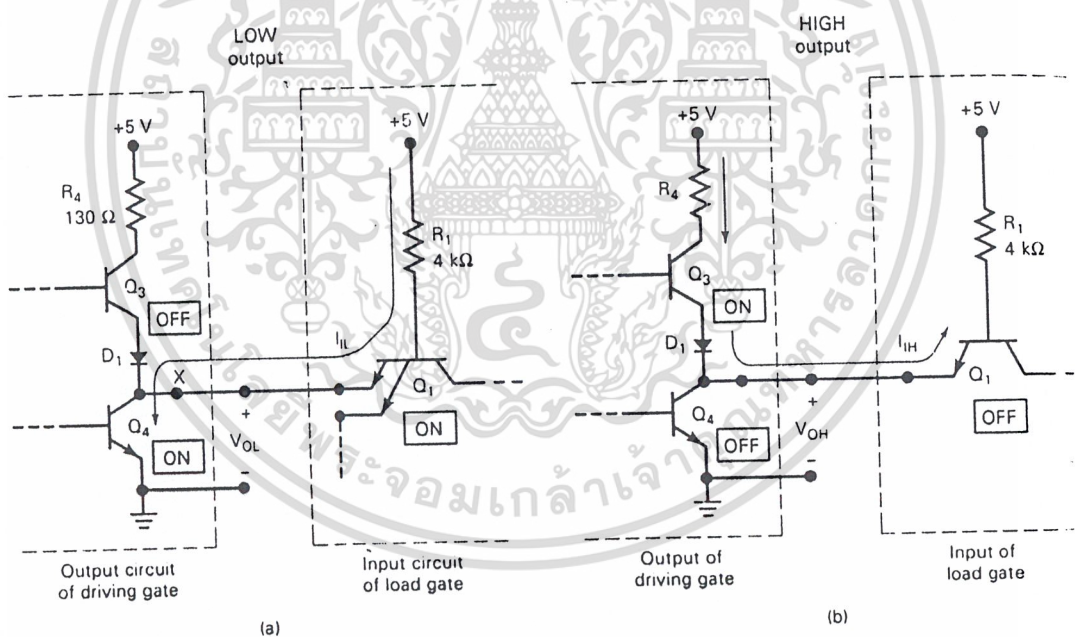
2.1.3 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งรับกระแสของ อุปกรณ์ที่ทีแอล (Current Sinking Action)

เอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งรับกระแส เมื่อ เอาท์พุท เป็นสถานะ Low หรือ ลอจิก 0 จะรับกระแสจากด้าน อินพุทของอุปกรณ์ ลอจิกอื่นที่นำมาต่อกับ พอร์ตเอาท์พุทนี้ แสดงดังรูปที่ 2.4 a) ในขณะที่เอาท์พุทสถานะเป็น Low ทรานซิสเตอร์ Q4 จะ เสมือน ลัดวงจร จุด X กับกราวด์ ทำให้เกิดการดึงกระแสจาก Q1 ที่อยู่ในสถานะ ON ซึ่งกระแส ที่ดึงจาก Q1 ลงกราวด์นี้เรียกว่า IIL ส่วนแรงดันที่จุด X เทียบกับกราวด์นี้เรียกว่า VOL และ Q1 ทำหน้าที่เป็น แหล่งรับกระแส หรือ พูลดาวน์ ทรานซิสเตอร์ (Pull Down Transistor) เพราะทำ ให้ระดับสัญญาณเอาท์พุท สถานะเป็น Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การแสดงคุณสมบัติเป็นแหล่งจ่ายกระแสของ อุปกรณ์ที่ทีแอล (Current Sourcing Action)

เอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ทีแอล แสดงคุณสมบัติเป็น แหล่งจ่ายกระแส เมื่อ เอาต์พุตอยู่ในสถานะ High ซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับด้าน อินพุตของอุปกรณ์ลอจิกอื่นที่นำมาต่อกับพอร์ตเอาต์พุตนี้ แสดงดังรูปที่ 2.4 b) ทรานซิสเตอร์ Q3 จะอยู่ในสถานะ ON ส่วน Q4 และ Q1 จะเป็นสถานะ OFF ซึ่ง Q3 จะทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับ Q1 แต่เป็นได้เพียงกระแสรั่วไหลของสถานะรีเวิร์สไบอัส ของรอยต่อ E-B เท่านั้น มีค่าประมาณ $10\mu\text{A}$ เรียกว่า I_{IH} และ แรงดันที่ เอาต์พุต เทียบกับกราวด์มีค่าสูง เรียกว่า V_{OH} ซึ่ง Q3 จะทำหน้าที่เป็น แหล่งจ่ายกระแส หรือ พูลอัพ ทรานซิสเตอร์ เพราะทำให้ระดับสัญญาณเอาต์พุต สถานะเป็น High



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของ TTL

a) กรณีเป็นแหล่งรับกระแส b) กรณีเป็นแหล่งจ่ายกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของอุปกรณ์ทีทีแอล รุ่นต่างๆ
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์ ทีทีแอล รุ่นต่างๆ*

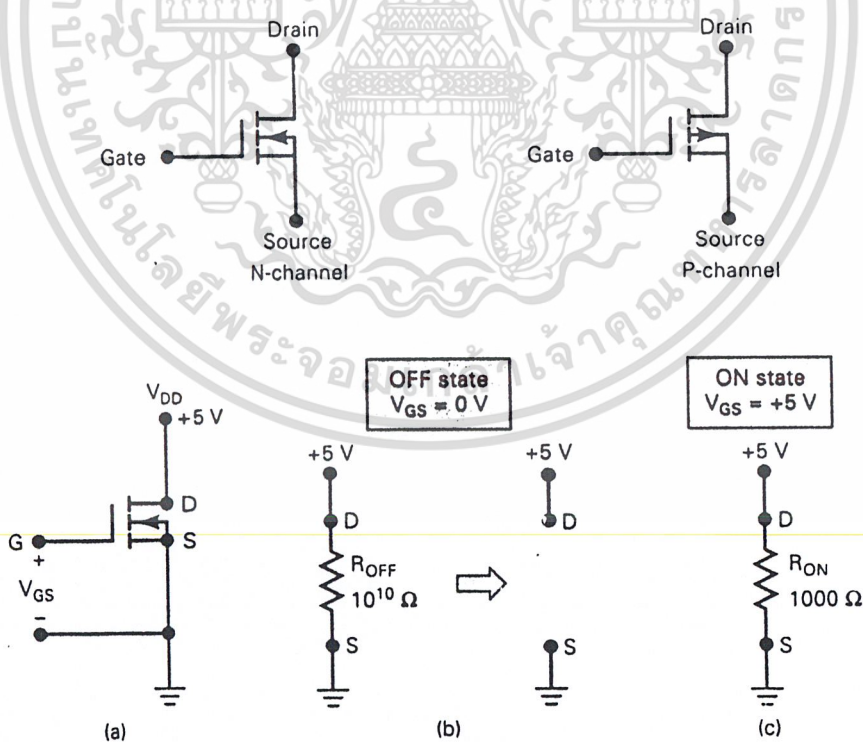
พารามิเตอร์	รุ่นต่างๆ ของ TTL						
	74	74S	74LS	74AS	74ALS	74F	
อัตราการปฏิบัติการ							
Propagation delay (ns)	9	3	9.5	1.7	4	3	
Power dissipation (mW)	10	20	2	8	1.2	6	
Speed-power product (pJ)	90	60	19	13.6	4.8	18	
Max. clock rate (MHz)	35	125	45	200	70	100	
Worst-Case Noise Margin (mV)	400	300	300	300	400	300	
Fan-out (same series)	10	20	20	40	20	33	
พารามิเตอร์ด้านแรงดัน							
VOH (min)	2.4	2.7	2.7	2.5	2.5	2.5	
VOL (max)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	
VIH (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
VIL (max)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
พารามิเตอร์ด้านกระแส							
Outputs	IOH (mA)	-0.4	-1	-0.4	-2	-0.4	-1
	IOL (mA)	16	20	8	20	8	20
Inputs	IIH (uA)	40	50	20	20	20	20
	IIL (mA)	-1.6	-2	-0.4	-0.5	-0.1	-0.6

* หมายเหตุ ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆอาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยอ้างอิงจาก Data sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์ วงจรรวมดิจิทัลประเภท มอส (MOS Digital Integrated Circuit)

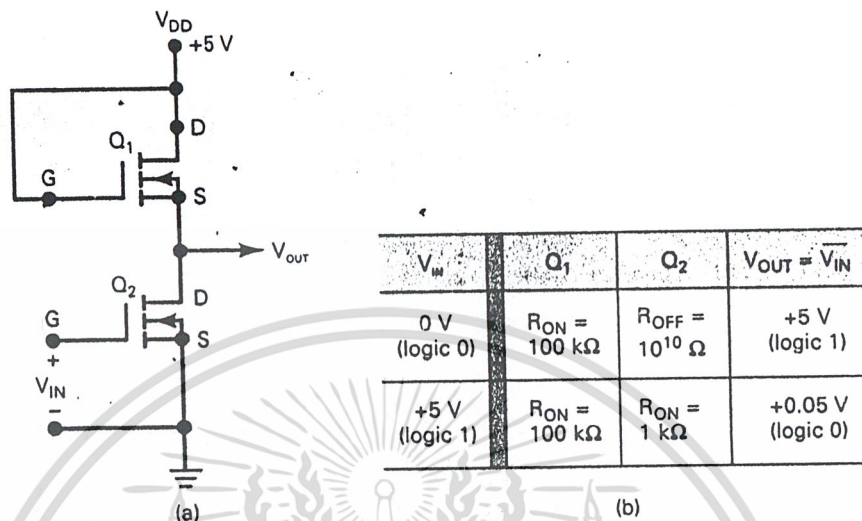
เทคโนโลยี มอส (Metal Oxide Semiconductors , MOS) พัฒนามาจากเทคโนโลยีทรานซิสเตอร์แบบ เฟต (Field-effect , FETs) ได้เป็นอุปกรณ์ MOS FETs ได้แก่ชนิด N-Channel และ P-Channel ข้อดีของ MOS คือ สร้างง่าย , ราคาถูก , ขนาดเล็ก , ใช้พลังงานต่ำ และสามารถจ่ายปริมาณกระแส ได้มากกว่า อุปกรณ์ตระกูลที่ทีแอล เช่น 74 , 74LS และ 74ALS แต่มีข้อเสียด้านความเสถียรจากไฟฟ้าสถิตย์ แต่ถึงอย่างไร ICs ตระกูล ที่ทีแอล ปัจจุบันยังคงได้รับการนำไปใช้งานในวงจรรวมแพร่หลายเช่นกัน จากรูป 2.5 แสดงการไบอัส(Bias) MOS FETs ให้ทำหน้าที่เสมือนสวิตช์อยู่ในสถานะ ON แสดงสถานะเป็นตัวต้านทานค่าต่ำๆ หรือเปรียบกับการที่กระแสไหลครบวงจร เมื่อมีการไบอัส $V_{GS} = +5$ โวลต์ และสวิตช์อยู่ในสถานะ OFF จะแสดงสถานะเป็นตัวต้านทานค่าสูงมาก หรือเปรียบกับการเปิดวงจร กระแสไม่สามารถไหลผ่านไหลได้ เมื่อมีการไบอัส $V_{GS} = 0$ โวลต์ ของ MOS FETs ชนิด N-Channel และสำหรับ ชนิด P-Channel ค่า $V_{GS} = -5$ โวลต์จึงจะทำให้ สวิตช์ ON และ $V_{GS} = 0$ โวลต์ จะทำให้สวิตช์ OFF แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์และหลักการทำงานของ MOS FETs

a) แสดงตำแหน่งการไบอัส V_{GS} b)แสดงสถานะ OFF c) แสดงสถานะ ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



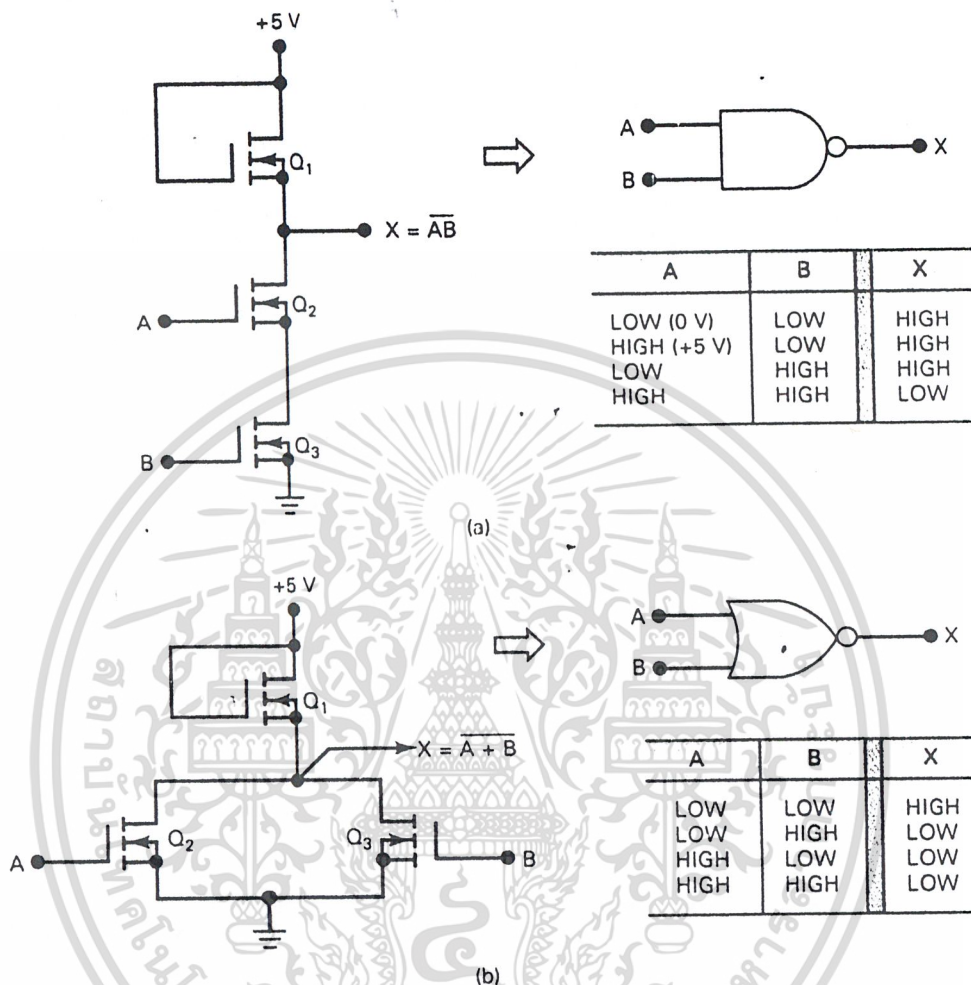
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรของ N-Channel MOS FETs INVERTER

a) แสดงวงจร N-MOS INVERTER b) แสดงคุณสมบัติของ MOS ในสถานะ ON และ OFF

อธิบายการทำงานเบื้องต้นของ MOS FETs ได้จากวงจรของ INVERTER ชนิด N-Channel MOS FETs แสดงจากรูปที่ 2.6 ดังนี้

เมื่อให้อินพุตเป็น ลอจิก 0 หรือ $V_{IN} = 0$ โวลต์ จะได้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 หรือ V_{OUT} ประมาณ +5 โวลต์ ตามหลักการการทำงานของ INVERTER โดยปกติ Q_1 แสดงตัวเป็น $R_{ON} = 100 \text{ k}\Omega$ เพราะ ได้รับการไบอัส $V_{DD} = +5$ โวลต์ ทำให้อยู่ในสถานะ ON ส่วน Q_2 จะแสดงตัวเป็นการเปิดวงจร หรือ $R_{OFF} = 10^{10}$ โอห์ม ทำให้อยู่ในสถานะ OFF และเมื่อให้อินพุตเป็น ลอจิก 1 หรือ $V_{IN} = +5$ โวลต์ จะได้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 หรือ V_{OUT} ประมาณ +0 โวลต์ โดย Q_2 จะแสดงตัวเป็น $R_{ON} = 1 \text{ k}\Omega$ ซึ่ง V_{OUT} คือการแบ่งแรงดันของ $R_{ON}(Q_1) = 100 \text{ k}\Omega$ และ $R_{ON}(Q_2) = 1 \text{ k}\Omega$ ได้ V_{OUT} ประมาณ 0.05 โวลต์ซึ่งประมาณได้ว่าเท่ากับ 0 โวลต์ได้

จากหลักการทำงานข้างต้นได้มีการนำไปพัฒนาเป็นพื้นฐานในการพัฒนา อุปกรณ์ลอจิก ต่างๆ อาทิเช่น N-MOS NAND Gate , NOR Gate , FLIP-FLOP แบบต่างๆ และวงจรของหน่วยความจำในวงจรคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.7



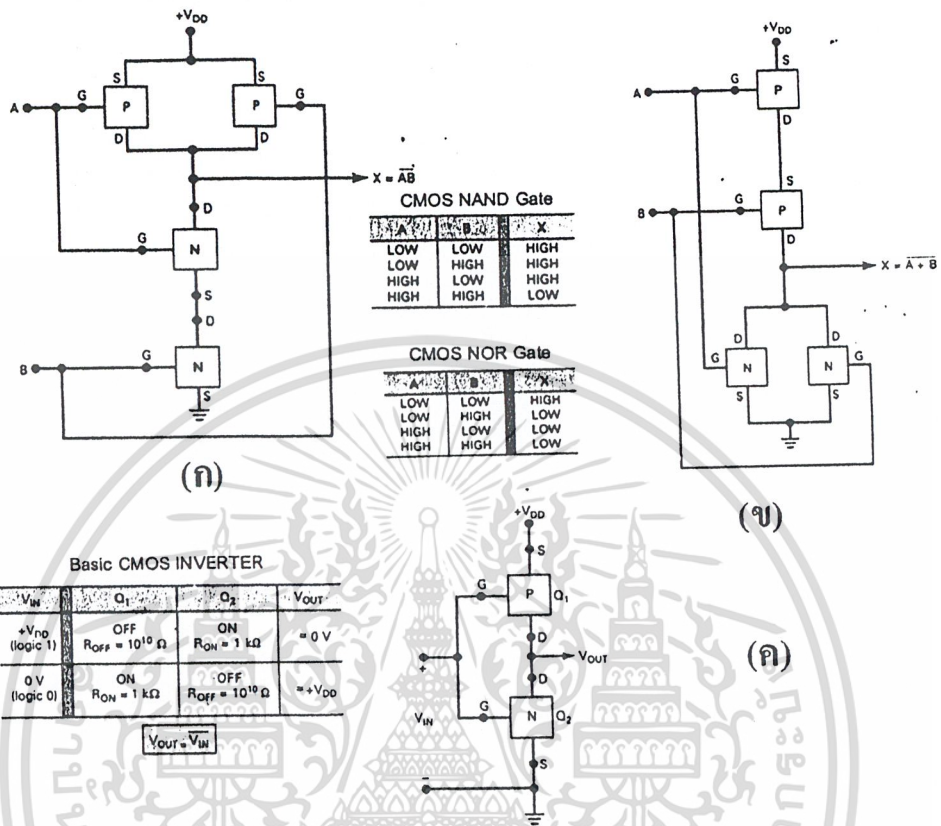
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรของ ลอจิกเกท ชนิด N-Channel MOS FETs

a) N-MOS NAND Gate b) N-MOS NOR Gate

2.3 Complementary MOS Logic (CMOS)

อุปกรณ์ประเภท CMOS คือการนำ P-MOS และ N-MOS Channel มาใช้งานร่วมกัน โดยนำข้อดีของแต่ละแบบมาใช้งาน ทำให้ได้ อุปกรณ์ ที่ทำงานได้เร็วกว่า และ ใช้พลังงานต่ำกว่า ทรานซิสเตอร์ MOS อย่างเช่น CMOS Invertir , CMOS NAND Gate และ NOR Gate แสดงดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะโครงสร้างของ CMOS

ก) NAND Gate ข) NOR Gate ค) basic INVERTER

และเช่นเดียวกัน อุปกรณ์ ประเภท CMOS ได้มีการพัฒนาขึ้นมาหลายรุ่นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแบบต่าง รวมถึงการนำไปใช้งานร่วมกับ อุปกรณ์ตระกูล TTLs ด้วย ได้แก่ ตระกูล 4000/14000 , 74C , 74HC/HCT (High-Speed CMOS) , 74AC/ACT (Advance CMOS) และ 74AHC (Advance High-Speed CMOS)

เพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ลอจิกให้เหมาะสมกับงาน ควรที่จะได้ทราบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ 2 ประเภท ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่าง CMOS และ TTLs

เมื่อ $V_{DD} = V_{CC} = +5$ โวลต์

V_{DD} = แรงดันไบอัส CMOS V_{CC} = แรงดันไบอัส TTLs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าระหว่าง CMOS และ TTLs

เมื่อ $V_{DD} = V_{CC} = +5$ โวลต์

V_{DD} = แรงดันไบอัส CMOS V_{CC} = แรงดันไบอัส TTLs

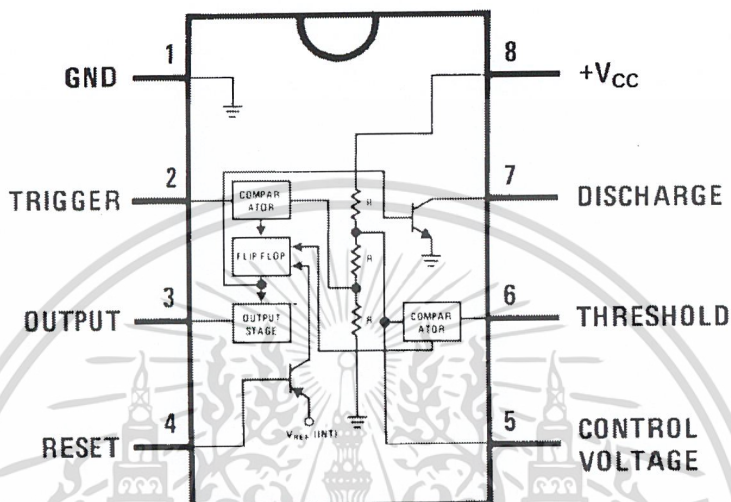
พารามิเตอร์	CMOS							TTL			
	4000 B	74 HC	74H CT	74AC	74A CT	74A HC	74A HCT	74	74LS	74AS	74ALS
$V_{IH}(\text{min})$	3.5	3.5	2.0	3.5	2.0	3.85	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$V_{IL}(\text{max})$	1.5	1.0	0.8	1.5	0.8	1.65	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
$V_{OH}(\text{min})$	4.95	4.9	4.9	4.9	4.9	4.4	3.15	2.4	2.7	2.7	2.7
$V_{OL}(\text{max})$	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.44	0.1	0.4	0.5	0.5	0.4
V_{NH}	1.45	1.4	2.9	1.4	2.9	0.55	1.15	0.4	0.7	0.7	0.7
V_{NL}	1.45	0.9	0.7	1.4	0.7	1.21	0.7	0.4	0.3	0.3	0.4
$I_{IH}(\text{max})(\mu\text{A})$	1	1	1	1	1	1	1	40	20	200	20
$I_{IL}(\text{max})(\mu\text{A})$	1	1	1	1	1	1	1	160	400	2000	0.1A
$I_{OH}(\text{max})(\text{mA})$	0.4	4	4	24	24	8	8	0.4	0.4	2	400
$I_{OL}(\text{max})(\text{mA})$	0.4	4	4	24	24	8	8	16	8	20	8
Power dissipation per gate (mW)	$1\mu\text{W}$	$2.5\mu\text{W}$	$2.5\mu\text{W}$	$5\mu\text{W}$	$5\mu\text{W}$	90nW	90nW	10	2	8	1.2
Static At 100kHz	0.1	0.17	0.17	0.08	0.08	0.006	0.006	10	2	8	1.2
Propagation delay (ns)	50	8	8	4.7	4.7	3.7	3.7	9	9.5	1.7	4
Speed-power (at 100kHz) (pJ)	5	1.4	1.4	0.37	0.37	0.02	0.02	90	19	13.6	4.8
Maximum Clock rate (MHz)	12	40	40	100	100	130	130	35	45	200	70
Wrost-case Noise margin (V)	1.5	0.9	0.9	0.7	0.7	0.55	0.55	0.4	0.3	0.3	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 The 555 Timer

IC 555 Timer นี้เป็นไอซีที่มี 8 ขา ซึ่งเอาไว้ต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อที่จะให้ไอซีทำงานในแบบต่างๆ



รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งขาของ IC 555 Timer

รายละเอียดของขาต่างๆมีดังนี้

- ขาเอาต์พุต(Output)

ขาเอาต์พุตหรือขาที่ 3 จะสามารถเป็นได้ทั้งตัวดึงกระแสเข้า(sink current) และตัวให้กระแสออก(source current) โดยเมื่อสัญญาณที่เอาต์พุตมีค่าต่ำไฟเลี้ยงจากวงจรภายนอกก็จะไหลเข้าสู่ตัวไอซี โดยขณะนั้น ซัพพลายโวลต์(floating supply load)ซึ่งเสมือนต่อลอยอยู่ จะเริ่มทำงาน โดยทำหน้าที่เป็นตัวผ่านกระแสจากไฟเลี้ยงภายนอกเข้าสู่ตัวไอซี และเมื่อสัญญาณที่เอาต์พุตมีค่าสูง ไอซี 555 ก็จะทำตัวเป็นผู้ให้กระแสโดยปล่อยกระแสให้ไหลสู่กราวนด์โวลต์(grounded load)หรือโวลต์ภายนอกที่ต่ออยู่กับขานี้นั่นเอง

- ขารีเซต(Reset)

ขารีเซตเป็นขาที่ 4 ซึ่งทำให้ 555 สามารถยกเลิกหรือสั่งฆ่าต่อสัญญาณคำสั่งที่มาจากขาทรiggerหรืออินพุต(trigger)ในขณะที่ไม่ได้ใช้ขานี้ควรที่จะต่อเข้ากับไฟเลี้ยงบวก และถ้าเมื่อใดที่ขารีเซตนี้ต่อกับกราวด์หรือมีระดับแรงดันน้อยกว่า 0.4 โวลต์ ทั้งขา 3 และขา 7 (ขาเอาต์พุตและดีสชาร์จ) ก็จะมีค่าแรงดันต่ำทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาดิซชาร์จ(Discharge)

ขาดิซชาร์จเป็นขาที่7 เมื่อสัญญาณเอาต์พุทมีค่าต่ำ ขานี้ก็จะใช้เพื่อการขาดิซชาร์จกระแสของตัวเก็บประจุ(ตัวเก็บประจุนี้จะทำหน้าที่เกี่ยวกับการหน่วงเวลา) และเมื่อสัญญาณเอาต์พุทมีค่าสูง ขานี้ก็จะทำหน้าที่เปิดวงจรและอนุญาตให้ตัวเก็บประจุเกิดการชาร์จกระแสจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกเข้าตัวเก็บประจุ

- ขาคควบคุมแรงดัน(Control voltage)

ขาคควบคุมแรงดันเป็นขาที่5 ตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ที่นำมาต่อที่ขานี้ จะทำหน้าที่ขยพาสหรือส่งผ่านสัญญาณรบกวนและแรงดันกระเพื่อม(ripple voltage)ลงกราวด์ไป ทั้งนี้ทำให้แรงดันเทรสโฮลด์(แรงดัน ณ ค่าหนึ่งที่มีค่าเริ่มทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของเอาต์พุท)มีค่าถูกต้อง นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่ขาเทรสโฮลด์และทริกเกอร์

- ขาทริกเกอร์และเทรสโฮลด์

ไอซี 555 มีสถานะการทำงานอยู่2สถานะ และมีสถานะการจำอยู่2สถานะ โดยสถานะต่างๆขึ้นอยู่กับขาทริกเกอร์(ขาที่2)และขาเทรสโฮลด์(ขาที่6) สัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับขาทริกเกอร์จะถูกเปรียบเทียบกับคอมพาราเตอร์หมายเลข2 ดังในตาราง ซึ่งถูกกำหนดให้เปรียบเทียบกับค่าเทรสโฮลด์ค่าต่ำหรือVlt(lower threshold voltage)ซึ่งจะมีค่าเท่ากับVcc/3 สัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับขาเทรสโฮลด์จะถูกเปรียบเทียบกับคอมพาราเตอร์หมายเลข1 ซึ่งถูกกำหนดให้เปรียบเทียบกับค่าเทรสโฮลด์ค่าสูง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 2Vcc/3

ในการป้อนอินพุทแต่ละครั้ง ค่าแรงดันที่ป้อนเข้ามานั้นเป็นไปได้ที่จะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า หรือเท่ากับเทรสโฮลด์ทั้งสอง อันจะทำให้เกิดสถานะ4สถานะ โดยเมื่ออยู่ในการทำงานแบบAแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงทั้งขาทริกเกอร์และเทรสโฮลด์ ดังนั้นแรงดันที่ขาเอาต์พุทก็จะให้ค่าสูง ในขณะที่การทำงานแบบ D แรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามามีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงทั้งสอง แรงดันที่ขาเอาต์พุทก็จะให้ค่าต่ำ

ตารางที่ 2.3 สถานะการทำงานของไอซี 555

สถานะการทำงาน	ขาทรigger 2	ขาเทสโหนด 6	ผลลัพธ์	
			ขาเอาต์พุต 3	ขาดีสชาร์จ 7
A	ต่ำกว่า V_{It}	ต่ำกว่า V_{ut}	High	เปิดวงจร
B	ต่ำกว่า V_{It}	สูงกว่า V_{ut}	จำสถานะเดิมต่อไป	
C	สูงกว่า V_{It}	ต่ำกว่า V_{ut}	จำสถานะเดิมต่อไป	
D	สูงกว่า V_{It}	สูงกว่า V_{ut}	low	กราวด์

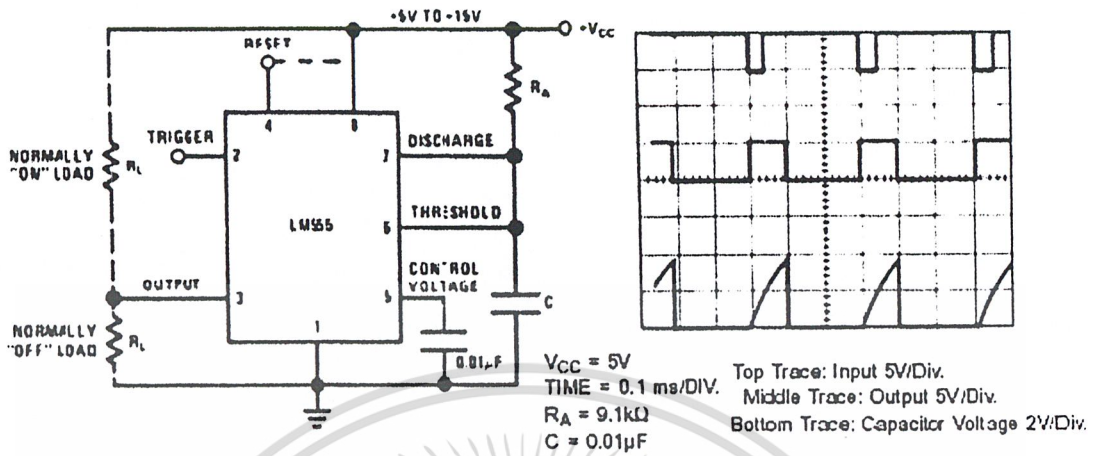
สำหรับในกรณีการทำงานแบบ B และ C นั้น จะเป็นชนิดที่ไอซี 555 ยังจำสถานะเดิมอยู่ โดยเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาลดลงจากค่า V_{ut} ไปเกือบถึง V_{It} หรือสถานะ B และเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาเมื่อแรงดันที่ป้อนเข้ามาเพิ่มขึ้นจากค่า V_{It} ไปเกือบถึง V_{ut} หรือสถานะ C วงจรจะยังคงมีการจำสถานะเดิมเอาไว้อยู่

2.4.1 Monostable Operation

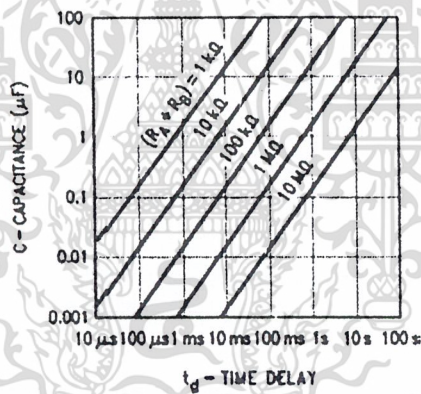
จากรูปที่ 2.10 เป็นการต่อไอซี 555 เพื่อให้ทำงานในแบบ Monostable (one-shot) เอาต์พุตที่ได้จะเป็น Pulse สี่เหลี่ยมที่มีค่าของความกว้าง Pulse คงที่ ในแต่ละครั้งที่เราป้อนสัญญาณ Trigger Pulse ให้กับวงจรขา 2 ของไอซี เมื่อค่า voltage ของสัญญาณ Trigger มีค่าลดลงน้อยกว่า $+2V_{cc}/3$ Op-Amp ตัวล่างก็จะมีเอาต์พุตออกมาเป็น high ซึ่งก็จะ reset RS-FF ทราานซิสเตอร์ก็จะ cut off และตัวเก็บประจุ C ก็จะถูก charge เมื่อค่า Threshold Voltage มีค่าเพิ่มขึ้นจนมากกว่า $+2V_{cc}/3$ แล้ว Op-Amp ตัวบนก็จะมีเอาต์พุตออกมาเป็น high ซึ่งก็จะ set RS-FF ในขณะที่เอาต์พุต Q เปลี่ยนสถานะจาก low มาเป็น high ก็จะทำให้ทราานซิสเตอร์ทำงาน ก็จะทำให้ตัวเก็บประจุถูก Discharge อย่างรวดเร็วผ่านทราานซิสเตอร์ สัญญาณ Trigger ก็จะเป็นสัญญาณ pulse ที่แคบๆ และสัญญาณเอาต์พุตจะเป็นสัญญาณ Pulse สี่เหลี่ยม ตัวเก็บประจุ C ซึ่งจะถูก charge ผ่านตัวต้านทาน R ถ้าค่า RC time constant มีค่ามาก ก็จะใช้เวลานาน ในการ charge ตัวเก็บประจุให้มี voltage ถึง $+2V_{cc}/3$ หรืออาจกล่าวได้ว่าค่า RC time constant นี้มีผลในการกำหนดค่าความกว้างของ pulse ดังสมการ

$$W = 1.1RC \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



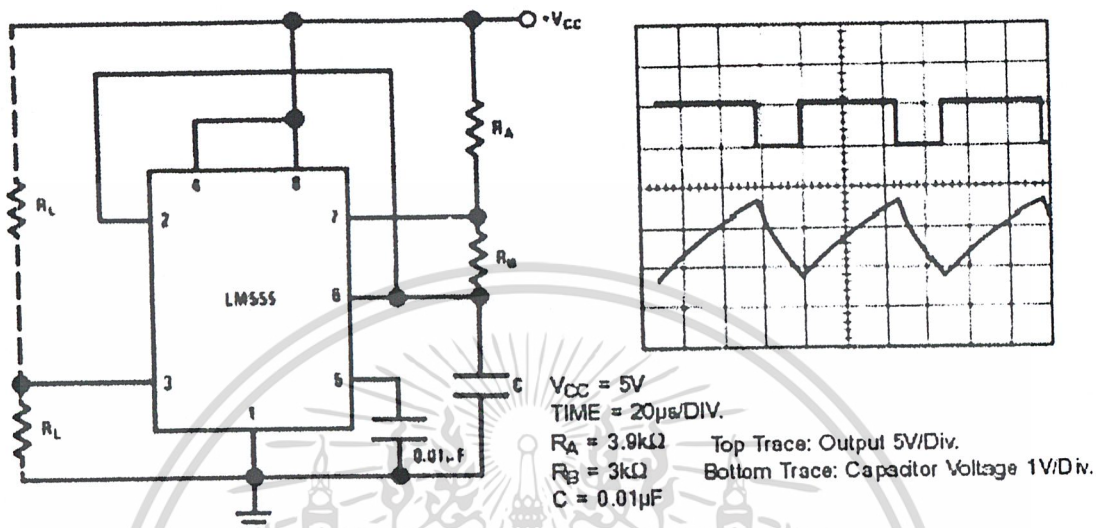
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อแบบ monostable และรูปสัญญาณ



รูปที่ 2.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RC และ Time delay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 Astable Operation



รูปที่ 2.12 แสดงการต่อแบบ Astable และรูปสัญญาณ

จากรูปที่ 2.12 แสดงถึงการต่อไอซีแบบ Astable หรือ free-running เอาท์พุทที่ได้ขงวงจรจะเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่ต่อเนื่องกันออกมา เราจะสามารถอธิบายการทำงานได้คือ เมื่อเอาท์พุท Q มีสถานะเป็น low ทรานซิสเตอร์จะกัทออฟ ตัวเก็บประจุจะ charge ผ่านตัวต้านทานรวมของ $R_A + R_B$ ดังนั้นค่า time constant ก็จะเป็น $(R_A + R_B)C$ เมื่อตัวเก็บประจุถูก charge ค่า Threshold Voltage ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่า Threshold Voltage เพิ่มขึ้นจนมากกว่าค่า $+2V_{CC}/3$ Op-Amp ตัวบนก็จะมีเอาท์พุทเป็น high ทรานซิสเตอร์ก็จะ Saturate ซึ่งก็เหมือนกับการ short ขา 7 ของไอซีลงกราวด์ ขณะนี้ตัวเก็บประจุ C จะถูก discharge โดยผ่านทาง R_B ดังนั้นค่า time constant ของการ discharge ก็จะเป็น $R_B C$ เมื่อค่า Voltage คร่อมตัวเก็บประจุ C มีค่าลดลงจนน้อยกว่า $+2V_{CC}/3$ Op-Amp ตัวล่างก็จะมีเอาท์พุทเป็น high ซึ่งก็จะ reset RS-FF จากรูปแสดงถึงลักษณะสัญญาณที่จุดต่างๆ จะเห็นได้ว่าการ charge และ discharge ของตัวเก็บประจุแบบ Exponential และสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม แต่เนื่องจากค่า time constant ของการ charge นั้นมีค่ามากกว่าค่า time constant ของการ discharge สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จึงไม่สมมาตร ซึ่งค่าคาบเวลาของสัญญาณในขณะที่มีสถานะ high จะยาวกว่าในขณะที่มีสถานะ low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการที่จะกำหนดความไม่สมมาตรของสัญญาณเอาต์พุต เราจะนิยามคำว่า duty cycle ซึ่ง จะกำหนดโดย

$$D = W/T \times 100\% \quad (2.2)$$

ค่า duty cycle ของวงจรนี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 50-100% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ R_a และ R_b จาก การ charge และ discharge เราสามารถคำนวณหาค่าของความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตคือ

เวลาในการชาร์จ (Charge time) จะหาได้จาก

$$t_1 = 0.693 (R_a + R_b)C \quad (2.3)$$

เวลาในการดิสชาร์จ (Discharge time) จะหาได้จาก

$$t_2 = 0.693 R_b C \quad (2.4)$$

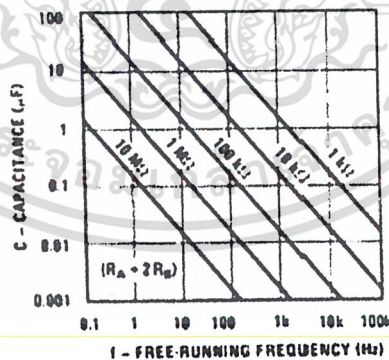
จะได้คาบเวลาคือ

$$T = t_1 + t_2 = 0.693(R_a + 2R_b)C \quad (2.5)$$

ความถี่ $f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_a + 2R_b)C}$ (2.6)

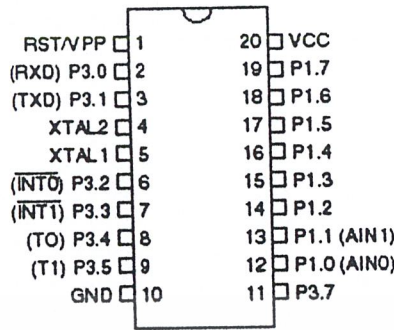
และค่า duty cycle คำนวณได้จาก

$$D = \frac{R_b}{R_a + 2R_b} \times 100\% \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.13 กราฟความสัมพันธ์ ของความถี่ กับค่า RC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



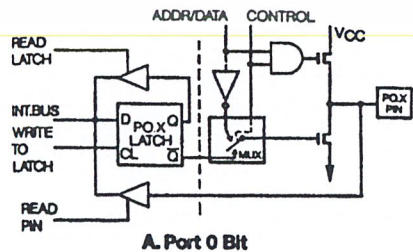
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งขาของ 89C2051

3.3 พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขาซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5V
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-directional ดังรูปที่ 3.3

พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอคเตอเรสบั๊ส และ คาดำบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “ 1 “ ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น “ 1 “ ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ตแลทซ์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ READ (pin)



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P1.0-P01.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ท 0 แต่จะใช้ความ
ด้านทานภายในพูลอัพแทน

พอร์ท 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET
ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความด้านทานพูลอัพแทน พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ
สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ทใช้งานทั่วไปเมื่อ
จะ ใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก “ 1 “ มาที่พอร์ท นี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ใน
สภาวะ OFF

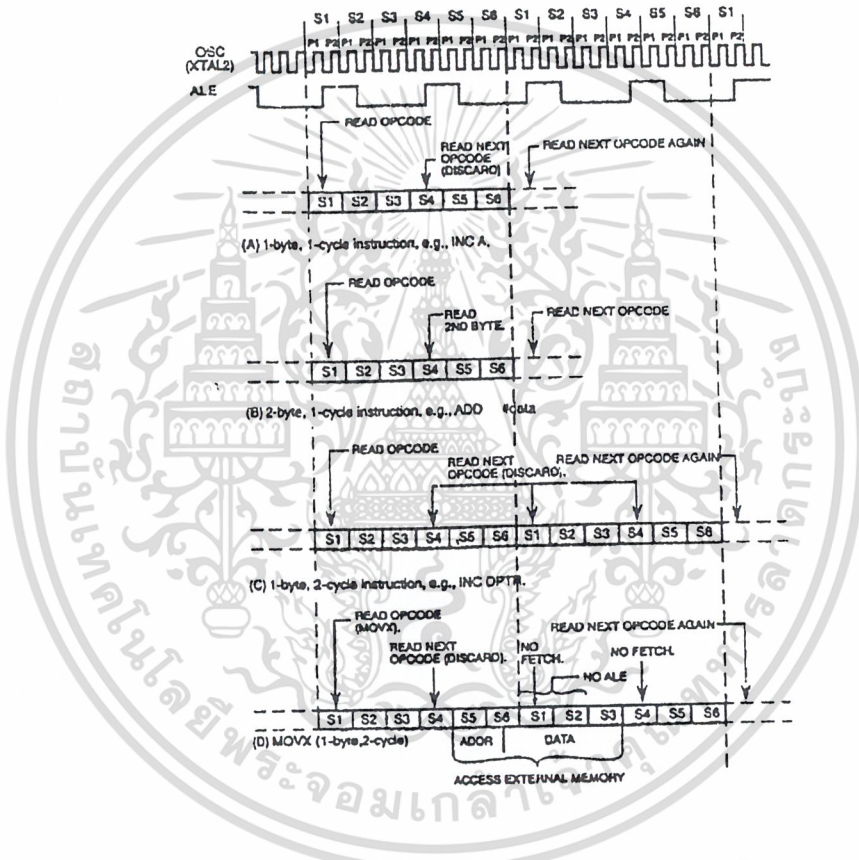
พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2
หน้าที่ คือเป็นไอโอพอร์ทถ้าจะให้ป็นอินพุทต้องส่งลอจิก “ 1 “ มาที่พอร์ทนี้ก่อน และ
อีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้ามาไปสัญญาณต่างๆ
มีดังนี้

- P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ไว้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใ้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
- P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใ้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
- P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังวงจรCounter 0
- P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังวงจรCounter 1
- P3.6/ \overline{WR} (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลง
หน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- P3.7/ \overline{RD} (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจาก
หน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมา
จากพอร์ท (0) สัญญาณนี้จะแอกทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 เมกซ์ซินไซเคิล
- \overline{PSEN} (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้
จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละเมกซ์ซินไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มี
สัญญาณออกที่ขานี้
- \overline{EA} (ขา 31) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
ป้อน “ 0 ” จะอ่าน โปรแกรมจากภายนอกชิพ
ป้อน “ 1 ” จะอ่าน โปรแกรมจากภายในชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RST (ขา 9) ขารี่เซ็ท จะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก “1” เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 เมกเซ็ท ไซเคลิด
- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทของวงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุทของวงจรรอสซีสเลเตอร์ภายใน

3.4 ผังเวลาของซีพียู (CPU Timing)



รูปที่ 3.4 แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

การทำงานใน 1 คำสั่งต่ำสุดกินเวลาเพียง 1µs ซึ่งจะใช้คล็อกไปเท่ากับ 12 ลูก โดยปกติ ซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 12 MHz ดังนั้น คล็อก 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ 1µs

3.5 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ

8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (RAM) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง

128 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์

- พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอแดคเรสและ Indirect Address Area ดังนั้นถ้าต้องการติดต่อกับ SFR ต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ดังกล่าวจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1) รีจิสเตอร์แบงก์ (Register Bank 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00h-1Fh) เป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงก์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงก์ละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงก์ จะมีรีจิสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าชิพทำงานอยู่ที่แบงก์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็จะกลับมาทำงานที่แบงก์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-2Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิตซึ่งตำแหน่งบิตนี้มีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 2Fh

3) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ที่ละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้ต้องระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C2051 เป็นประเภท CMOS 8 Bit ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง มีส่วนของหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมใหม่และลบข้อมูลใน ROM ได้ ประเภท Flash Programmable and Read Only Memory (PEROM) จำนวน 2 กิโลไบต์ และ 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 98C4051 ผลิตรตรงตามมาตรฐานของไมโคร

คอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS-51 โดยบริษัท Atmel Corporation เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นนิตยสารวิชาการโดยไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาถูก มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้หลายด้าน และหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปจะเหมือนกับไมโคร-คอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ดังนั้น จึงได้รับการผลิตขึ้นมาให้มีส่วนของ Memory ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้โดยง่าย (PEROM) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีแบบใหม่

3.6 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลครั้งละบิตแบบต่อเนื่องกันไปโดยส่งบิตต่ำออกไปก่อนแล้วตามด้วยบิตสูง ซึ่งแตกต่างกับการส่งข้อมูลแบบขนานที่ส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมกัน การส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายสัญญาณ 1 เส้นต่อ 1 บิต แต่การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวสำหรับข้อมูลทุกบิต

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีโครงสร้างที่สำคัญหลายอย่างเช่นความเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า Baud rate มีหน่วยเป็น บิต/วินาที เช่นความเร็ว 1200 , 2400 , 4800 หรือ 9600 เป็นต้น หากใช้ความเร็ว 2400 บิต/วินาที จะใช้เวลาในการส่ง 1 บิตเท่ากับ 1/2400 วินาที ซึ่งสามารถคำนวณเวลาในการส่งข้อมูลได้

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) ที่สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Full Duplex อยู่ 1 พอร์ต การรับส่งแบบ Full Duplex หมายถึงว่าพอร์ตอนุกรมสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมทางด้านส่งและรับข้อมูล ทำโดยการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมชื่อ SCON

3.6.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์เฉพาะที่กำหนดหน้าที่ควบคุมโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเป็นที่เกี่ยวข้องกับบิตที่ 9 ของการรับข้อมูล (บิต TB8 และ RB8) และมีเฟลทของการร้องขออินเตอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ด้วย บิตต่างๆดังแสดงในรูป 3.5 การควบคุมการทำงานเราจะกำหนดบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วย คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล(MOV) หรือ ใช้คำสั่งการเซต(SET) หรือ เคลียร์(CLR)บิต ก็ได้เนื่องจาก รีจิสเตอร์ SCON อ้างอิงตำแหน่งแบบบิตได้

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SCON : Serial Port Control Register

รูปที่ 3.5 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ SCON เป็นดังนี้

- SM0 และ SM1 เป็นบิตกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมซึ่งมี 4 โหมดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน	อัตรารับส่ง
0	0	0	Shift Register	$f_{osc}/12$
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	$f_{osc}/32$ หรือ $f_{osc}/64$
1	1	3	9 bit UART	Variable

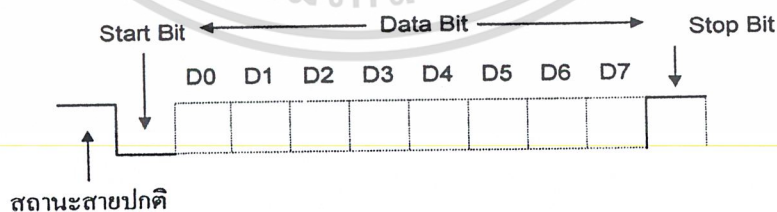
- SM2 เป็นบิตควบคุมให้ทำงานในลักษณะการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน สำหรับการใช้งานในโหมด 2 หรือ โหมด 3 เป็นดังนี้
SM2 = 1 จะทำให้แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (RI) ไม่ถูกเซตเมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วมีค่าบิตที่ 9 เป็น 0 (อยู่ในบิต RB8) สำหรับการใช้งานในโหมด 1 ถ้าเซต SM2 = 1 แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (แฟลก RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มี STOP BIT การใช้งานในโหมด 0 ต้อง กำหนด SM2 = 0
- REN เซตหรือรีเซ็ต ด้วยซอฟต์แวร์เป็นควบคุมการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ดังนี้
1 = ให้มีการรับข้อมูล
2 = ไม่ให้มีการรับข้อมูล
- TB8 เป็นบิตข้อมูลที่ 9 ที่ต้องการส่งในโหมด 2 และ 3 สามารถเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์
- RB8 เป็นบิตเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 ในโหมด 2 หรือ 3 สำหรับการใช้งานในโหมด 1 หากกำหนดให้ บิต SM2 = 0 บิต RB8 จะเป็นค่าของ STOP BIT ที่รับเข้ามาสำหรับโหมด 0 ไม่มีการใช้ RB8
- TI แฟลกของการอินเตอร์รัพต์ด้านส่งข้อมูล แฟลกนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อจบการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือเมื่อเริ่มต้นส่ง STOP BIT ในโหมด 1, 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟลกนี้ด้วยซอฟต์แวร์ เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการส่งข้อมูลแล้ว
- RI แฟลกอินเตอร์รัพต์ด้านรับข้อมูล ถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 ถูกรับเข้ามาหรือเมื่อ STOP BIT ถูกรับเข้ามาในครั้งแรกในโหมด 1, 2 หรือ 3 เรา

ต้องเคลียร์แฟลชนี้ด้วยซอฟต์แวร์เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพต์ของการรับข้อมูลแล้ว

การส่งและรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมจะมีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลอยู่ 1 ตัวคือรีจิสเตอร์ SBUF การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำโดยการใส่ข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF การอ่านข้อมูลจากภายนอกที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจะอ่านจากรีจิสเตอร์ SBUF เช่นกัน วงจรด้านรับจะมีบัฟเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาประกอบอยู่ภายใน (การมีบัฟเฟอร์รับข้อมูลทำให้ด้านรับสามารถรับข้อมูลไบต์ที่ 2 เข้ามาได้ทันทีหลังจากข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้วแม้ยังไม่ถูกอ่านออกไป แต่ถ้าข้อมูลไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านก่อนที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 จะเข้ามาครบข้อมูลไบต์ที่ 2 จะถูกยกเลิก)

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมดคือ โหมด 0 , 1 , 2 และ 3 แต่ละโหมดมีการทำงานดังต่อไปนี้

- โหมด 0 ข้อมูลขนาด 8 บิต แบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และ ข้อมูล 8 บิต ส่งออกแบบอนุกรมทางขา TXD การรับและส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตต่ำ (LSB) ก่อน อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา
- โหมด 1 ใช้การรับและส่งข้อมูลแบบ 10 บิต ซึ่งข้อมูลอนุกรม 10 บิตเข้ามาทาง RXD และข้อมูลขนาด 10 บิต ส่งออกทางขา TXD โดยข้อมูล 10 บิตประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล(การรับ/ส่งจะเริ่มจากบิตต่ำก่อน) และ 1 Stop bit (ค่า 1) ด้านรับข้อมูลจะนำค่า Stop bit ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้สามารถกำหนดได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.6 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1

- โหมด 2 ใช้การรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ข้อมูลแบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และ ส่งออกไปทางขา TXD ซึ่งข้อมูล 11 บิต ประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล (การรับ/ส่งเริ่มจากบิตต่ำก่อน) , 1 บิตข้อมูลที่กำหนดค่าได้ และ 1 Stop bit (ค่า 1)

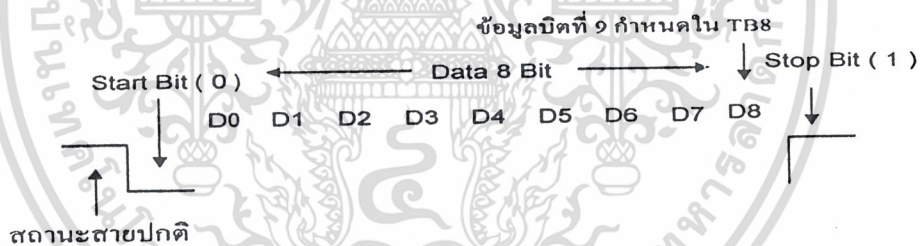
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับด้านส่งข้อมูลบิตที่ 9 จะกำหนดไว้ใน TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งเราสามารถกำหนดเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ ในการใช้งานเราอาจใช้บิตข้อมูลบิตที่ 9 เป็นบิตตรวจสอบ (Parity) ก็ได้โดยการนำค่าในแฟล็ก P มากำหนดให้กับ TB8 เมื่อข้อมูล 8 บิตมาจากแอสกีวูเลเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราได้รับการตรวจสอบการส่งข้อมูลแบบพาริตีคู่ ในกรณีของการรับข้อมูลจะนำข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วน Stop bit จะไม่มีการนำมาเก็บ อัตราการรับและส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเลือกใช้ความเร็วได้ 2 ค่า คือ 1/31 หรือ 1/64 เท่าของสัญญาณนาฬิกา

- โหมด 3 การทำงานในโหมด 3 จะมีลักษณะคล้ายกับโหมด 2 แต่ในโหมด 3 เรา

สามารถกำหนดอัตราการรับและส่งข้อมูลได้ตามต้องการ

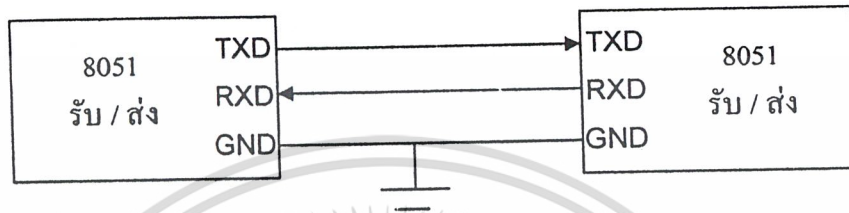
การทำงานของพอร์ตอนุกรมทั้ง 4 โหมด การส่งข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อมีการกำหนดข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF จะใช้คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล เช่น `MOV SBUF,#15H` หรือ `MOV SBUF,@R1` ก็ได้ การรับข้อมูลในโหมด 0 จะเริ่มต้นรับข้อมูลเมื่อค่าของบิต `RI=0` และ `REN=1` ส่วนในโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อกำหนดบิต `REN=1` และมี Start bit เข้ามาที่ขา RXD



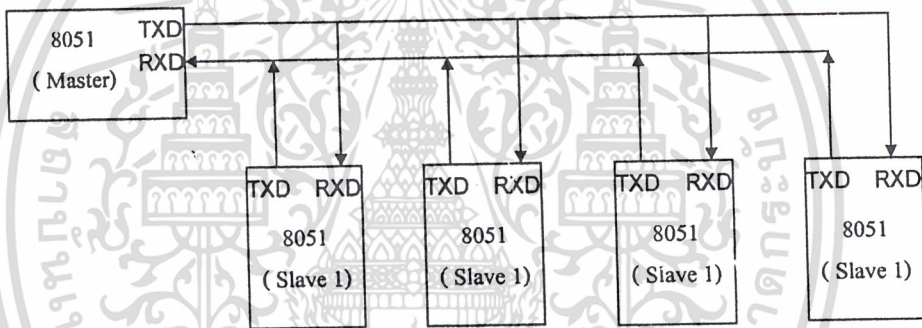
รูปที่ 3.7 สัญญาณของการส่งข้อมูลของ โหมด 2 และ โหมด 3

3.6.2 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)

การติดต่อสื่อสารทั่วไปจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบจุดต่อจุดซึ่งมีตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับ 1 ตัว แต่ในบางครั้งการควบคุมจำเป็นต้องทำการสื่อสารแบบหลายจุด ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลกันได้หลายตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.8



(ก) การต่อแบบจุดต่อจุด



(ข) การเชื่อมต่อแบบหลายจุด

รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด

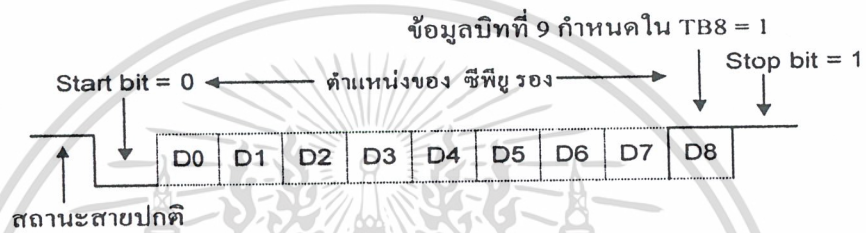
การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในโหมด 2 และโหมด 3 มีการทำงานพิเศษ ที่สามารถใช้สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัวได้ การทำงานทั้ง 2 โหมดนี้ข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บในบิต RB8 เราสามารถโปรแกรมเพื่อกำหนดให้พอร์ตอนุกรมส่งสัญญาณร็องขออินเทอร์รัพต์ได้เมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วได้ค่าใน RB8 = 1 ซึ่งการควบคุมนี้กำหนดจากการเซตบิต SM2 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON การทำงานในการเชื่อมต่อสื่อสารกับซีพียูหลายตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้ ในระบบที่เชื่อมต่อแบบหลายจุดเรากำหนดให้ซีพียูตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นซีพียูหลัก (Master) สำหรับควบคุมการติดต่อกับซีพียูตัวอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นซีพียูรอง (Slave) สัญญาณ TXD ของซีพียูหลักต่อเข้ากับสัญญาณ RXD ของซีพียูรองทุกตัว ทำให้ข้อมูลจากซีพียูหลักสามารถส่งไปยังซีพียูรองได้ทุกตัว ที่ตัวซีพียูรองจะมีตำแหน่งของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Address) ที่กำหนดไว้จากโปรแกรมหรือฮาร์ดแวร์ โดยมีการแบ่งลักษณะของข้อมูลที่ใช้ส่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

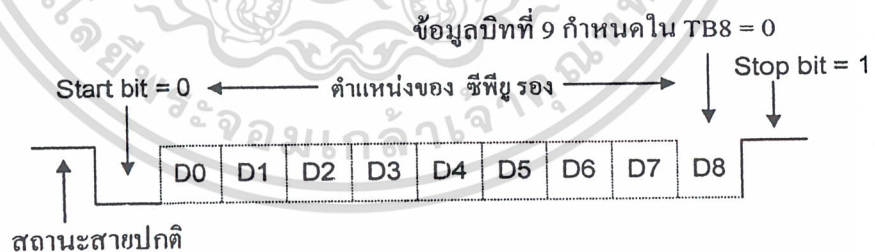
ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง จะมีค่าบิตข้อมูลบิตที่ 9 (D8) มีค่าเป็น 1 ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของซีพียูรอน ที่ซีพียูหลักต้องการติดต่อด้วย ลักษณะของข้อมูลที่กำหนดตำแหน่งแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

2) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เป็นไบต์ที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูล และนำไปใช้งาน โดยข้อมูลไบต์นี้จะกำหนดให้บิตที่ 9 (D8) เป็น 0 ซึ่งรูปแบบของไบต์ข้อมูลจะเป็นดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เมื่อซีพียูหลักต้องการส่งข้อมูล 1 บล็อกไปให้ซีพียูรอนตัวใดตัวหนึ่งในหลายๆตัว ชั้นแรกซีพียูหลักต้องส่งค่า 1 ไบต์ ซึ่งถือเป็นตัวบอกตำแหน่งของซีพียูรอน (Address byte) ออกไปก่อนเพื่อเป็นการเลือกซีพียูรอนที่ต้องการให้รับข้อมูล โดยข้อมูล 1 ไบต์นี้จะแตกต่างกับข้อมูลอื่นๆ คือบิตที่ 9 มีค่าเป็น 1 ข้อมูลไบต์นี้ถูกส่งออกไปยังซีพียูรอนทุกตัว หากเรากำหนดให้ซีพียูรอนทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวมีค่าบิต SM2 = 1 เมื่อซีพียูรองทุกตัวได้รับข้อมูลไบต์ตำแหน่งแล้วจะเกิดการอินเตอร์รัพต์ขึ้นภายในตัวซีพียูรอง ซีพียูรองจะทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งที่รับมานั้นมีค่าตรงกับตัวเองหรือไม่ ซีพียูรองตำแหน่งที่มีตำแหน่งตรงกับตำแหน่งที่รับได้จะทำการเคลียร์บิต SM2 และเตรียมรับข้อมูลที่เป็นข่าวสารต่อไป สำหรับซีพียูรองตำแหน่งที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่รับมาจะยังคงค่า SM2 = 1 อยู่ต่อไป และจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์แล้วกลับไปทำโปรแกรมที่ค้างอยู่ และรอการอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นจากการรับไบต์ตำแหน่งในครั้งใหม่อีก หลังจากซีพียูหลักส่งข้อมูลไบต์แรกซึ่งเป็นตำแหน่งออกไปแล้ว จะเริ่มส่งข้อมูลซึ่งถือเป็นไบต์ข้อมูลมีบิตที่ 9 เป็น 0 ตามออกไป ข้อมูลนี้จะมีเพียงซีพียูที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้นที่รับข้อมูลไว้ การส่งข้อมูลก็จะเป็นระหว่างซีพียูหลักกับซีพียูรองที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้น เมื่อการส่งข้อมูลสิ้นสุดลงซีพียูหลักจะต้องส่งข้อมูลไบต์สุดท้ายที่ใช้เป็นตัวบอกให้ด้านรับทราบว่าสิ้นสุดข้อมูล ซึ่งอาจใช้รหัส ASCII ค่า 03 (ETX End of text) หรือ 04 (EOT End of transmission) ก็ได้ เมื่อซีพียูรองได้รับรหัสนี้แล้วก็จะทราบว่าเป็นข้อมูลตัวสุดท้ายและหยุดการรับข้อมูล แล้วเซตค่าบิต SM2 = 1 เพื่อเริ่มต้นรอรับการส่งข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในรอบต่อไป

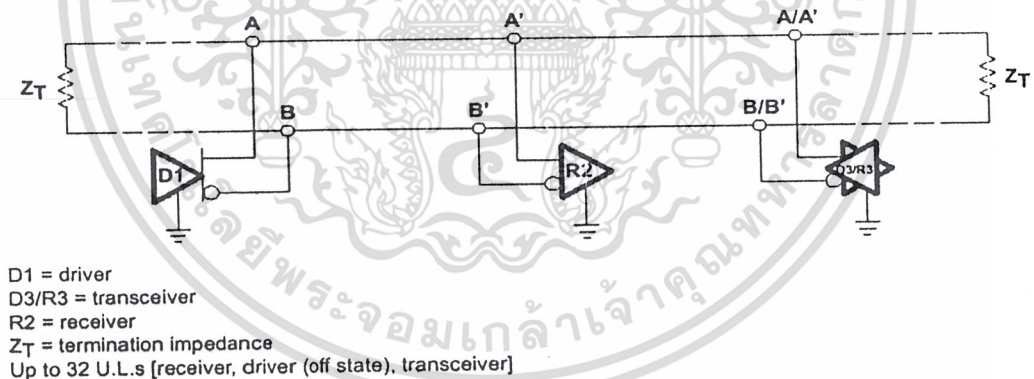
บิต SM2 จะไม่มีผลในโหมด 0 สำหรับการใช้งานในโหมด 1 หาก SM2 = 1 การอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลจะไม่เกิดขึ้นหากไม่มี Stop bit เข้ามา

บทที่ 4

มาตรฐาน RS – 485

4.1 มาตรฐาน RS - 485

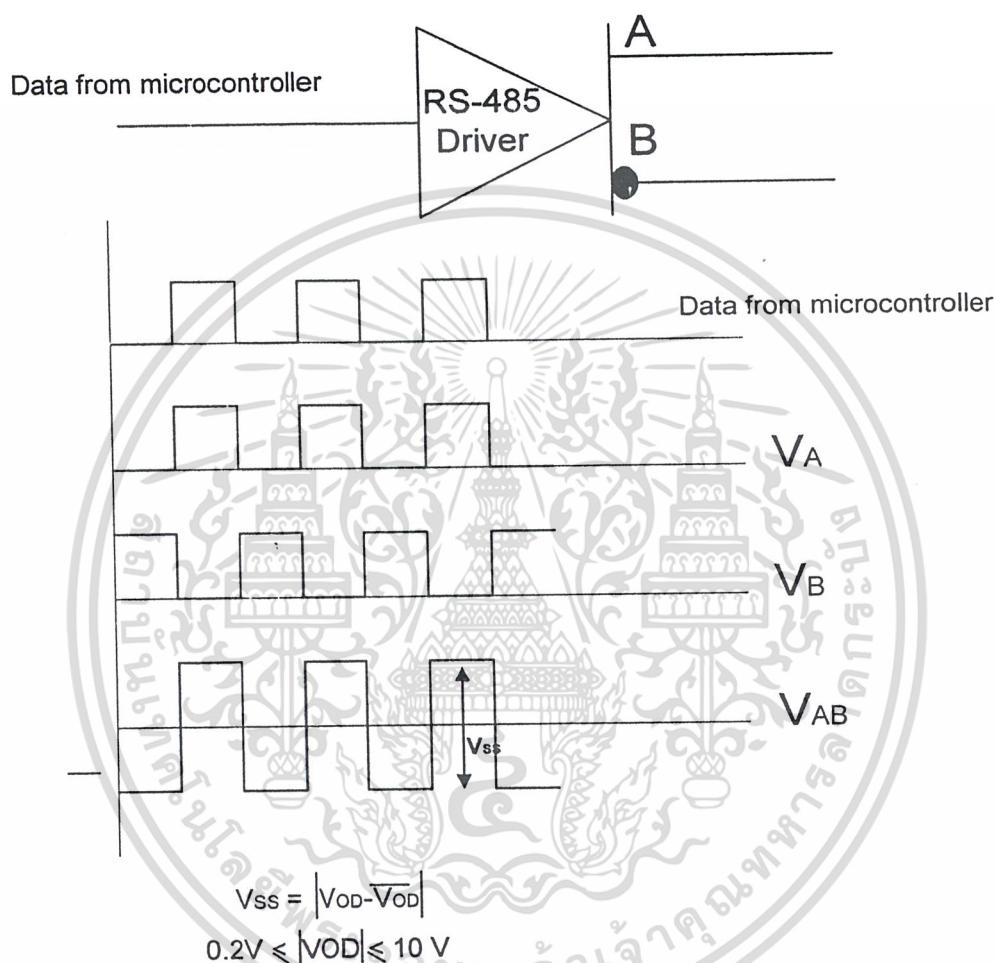
มาตรฐาน RS-485 เป็นระบบการส่งข้อมูลแบบ Balanced Digital Signal หรือ Balanced Data-transmission Schemes เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลผ่านสายนำสัญญาณขนาดเล็กยาว และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดระบบการส่งสัญญาณข้อมูล(Transmission Systems)และอุปกรณ์ที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง(Equipment Committee) เป็นระบบที่สนับสนุนการมีตัวส่งสัญญาณแบบหลายตัว (Multiple Drivers) และสนับสนุนทั้งตัวรับ(Receiver) และตัวส่ง(Driver)สัญญาณ ได้สูงสุด 32 U.L.(Unit Load) ในการส่งสัญญาณในบัสข้อมูล(Data Bus) ตามมาตรฐาน RS-485 จะเป็นแบบ Half Duplex คือในหนึ่งช่วงเวลาจะอนุญาตให้มีตัวส่งสัญญาณได้หนึ่งตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์รับ/ส่งสัญญาณ(Transceiver) ต้องมีการ Enable เพื่อให้ทำงานเป็นตัวส่งสัญญาณ และจะไม่สามารถ Enable ให้มีตัวส่งสัญญาณมากกว่า 1 ตัวในเวลาเดียวกันได้ จะเกิดปัญหาข้อมูลในสายบัสขัดแย้งกัน(Line Contention)



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะตัวรับและส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485

อุปกรณ์ตัวรับและตัวส่งสัญญาณ ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นต่อออกจากพอร์ตเอาท์พุท คือ A Terminal และ B Terminal และต้องอ้างอิงกับสัญญาณกราวนด์(Ground) ร่วมกัน ในระบบ RS-485 จะไม่สนใจสัญญาณ เทียบกับกราวนด์ ซึ่งจะวัดสัญญาณแบบ Differential Measurement คือวัดค่าระดับสัญญาณระหว่าง A Terminal กับ B Terminal โดยตัว

ส่งสัญญาณ จะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดิจิทัล(Digital) ให้ได้สัญญาณเอาต์พุต ที่ เทอมินัล A และ B โดยเป็นค่าสัญญาณที่ตรงข้ามกัน แสดงได้ดังรูป ที่ 4.2



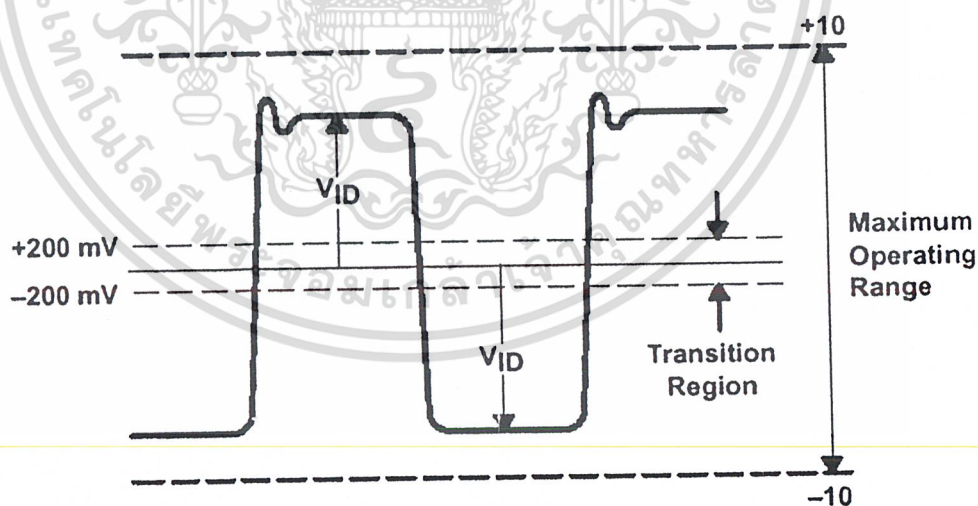
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmission และ Differential Measurement

ค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับ(Detect)และถอดรหัส(Decode)เป็นข้อมูลดิจิทัลได้นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

Applied Voltage		Resulting V_{id}	Resulting V_{cm}	Receiver output state	Purpose of measurement
$V_{IA'}$	$V_{IB'}$				
-7 V	-6.8 V	-200 mV	-6.9 V	\bar{Q}	Minimum V_L at extreme $-V_{CM}$
+12 V	+11.8V	+200mV	+11.9 V	Q	Minimum V_L at extreme $+V_{CM}$
-7 V	-2 V	-5 V	-4.5 V	\bar{Q}	Minimum V_L at extreme $-V_{CM}$
+12 V	+7V	+5 V	-9.5 V	Q	Minimum V_L at extreme $+V_{CM}$



$$200\text{ mV} < |V_{ID}| < 10\text{ V}$$

รูปที่ 4.3 แสดงค่าระดับของสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

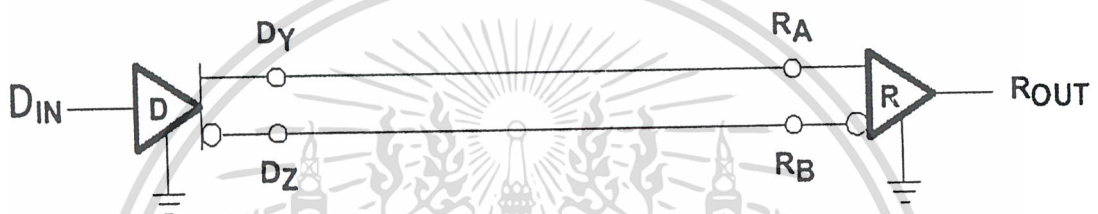
4.2 Cable Termination

ในการส่งสัญญาณข้อมูลในระยะทางไกล และในระบบบัสของ RS-485 ซึ่งเป็นแบบ Multipoint คือ มีตัวรับ/ส่งสัญญาณ หลายตัวในระบบบัสเดียวกัน จำเป็นต้องมีการทำ Cable Termination เพื่อลดสัญญาณสะท้อน และช่วยเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลได้ มีหลายแบบ ดังนี้

1) No Termination

ข้อดี - ตัวส่งไม่ต้องใช้กระแสมากและไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน

ข้อเสีย - มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ (≤ 200 kbps) และใช้ได้กับสายส่งสัญญาณระยะสั้น

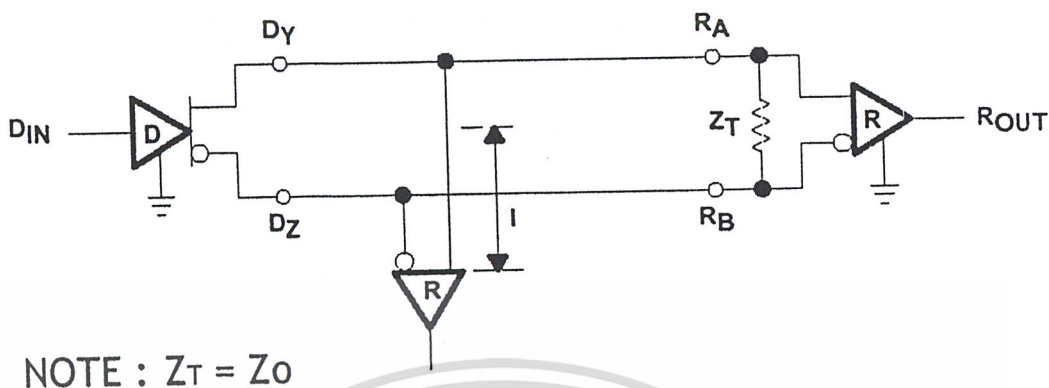


รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบของ No Termination

2) Parallel Termination คือการต่อค่าความต้านทาน Z_T ที่ตัวรับสัญญาณ ตำแหน่งสุดท้ายของบัส ซึ่งค่า $Z_T = Z_0$ เมื่อ Z_0 คือค่าความต้านทานรวมของระบบ ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

- ข้อดี - ลดสัญญาณสะท้อนได้
- ส่งข้อมูลได้ในอัตราเร็วสูง และสายนำสัญญาณยาว
 - เหมาะสมกับระบบที่เป็นแบบ ตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับหลายตัว (Multidrop Applications)

- ข้อเสีย - ถ้าสายนำสัญญาณมีขนาดยาวมากจะเกิดสัญญาณสะท้อนขึ้นได้
- เกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่า แบบ No Termination
 - ตัวรับ ให้ค่าเอาต์พุตที่ไม่แน่นอนเมื่อตัวส่งสัญญาณเป็น High-impedant



รูปที่ 4.5 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination

3) AC Termination มีลักษณะคล้ายกับ Parallel Termination แต่เพิ่มตัวเก็บประจุ(C_T) ต่ออนุกรมกับ Z_T

- ข้อดี - การสูญเสียพลังงานในตัวส่ง มีค่าลดลงน้อยกว่าแบบ Parallel Termination
 - สามารถลดสัญญาณสะท้อนในบัสได้
- ข้อเสีย - เกิดค่า RC Time Constant ส่งผลต่ออัตราเร็วการส่งข้อมูล และความยาวของสายนำสัญญาณ ให้มีค่าจำกัด
 - นิยมใช้กับการส่งข้อมูลแบบ Low-speed Control Line



NOTES : A. $Z_T = Z_0$
 B. Choose C_T so that the resultant RC time constant is small compared to the unit interval.

รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบของ AC Termination

4) Open-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน RUP และ RDN เพื่อจ่ายกระแสให้กับบัส เพื่อให้เกิดค่าแรงดันระหว่าง เทอมินอล A และ B มีค่าเท่ากับ +200 mV เพื่อให้กรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ High-impedance จะทำให้ค่าเอาท์พุทที่ตัวรับมีค่าเป็น High-state หรือ Logic 1

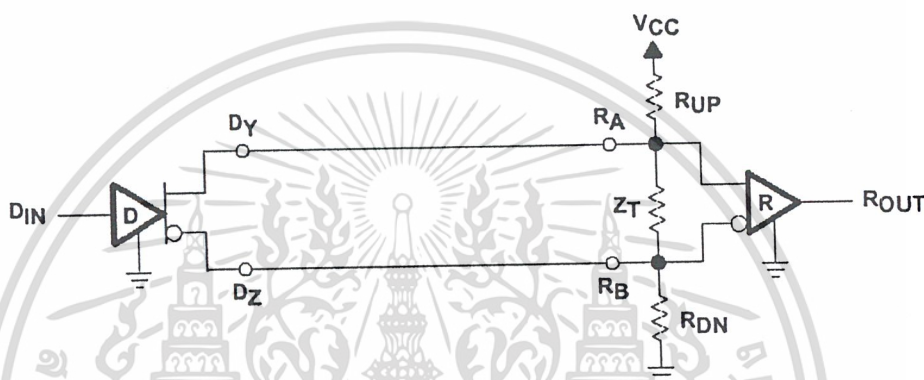
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี - ในกรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ Idle จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ตัวรับมีค่าที่แน่นอน คือ High-state เพราะการจ่ายกระแสของ RUP และ RDN ให้กับบัส มีค่าระดับสัญญาณ +200 mV

ข้อเสีย - เพิ่มค่ากระแสที่ใช้ให้กับตัวส่งสัญญาณ

- เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบสูง

- ทำให้ค่าเอาต์พุตของตัวรับมีค่าตลอดเวลา ทำให้สูญเสียพลังงาน



NOTES : A. $Z_T = Z_0$
B. Choose R_{UP} and R_{DN} to be equal so that at least 200 mV develops across the receiver differential input.

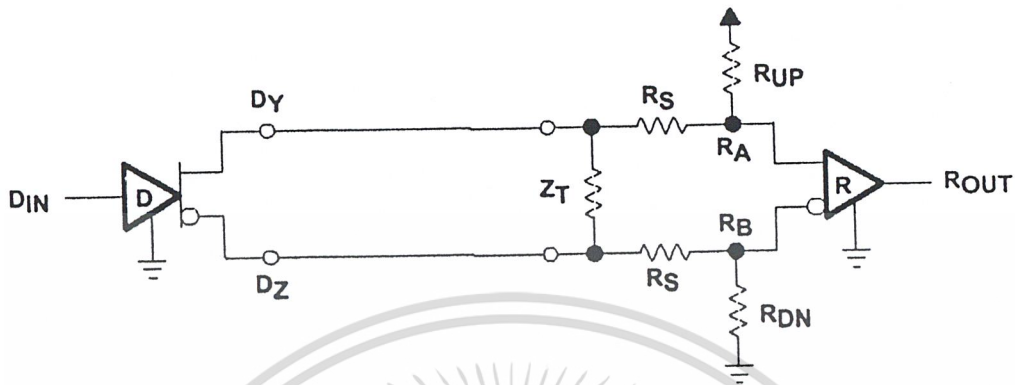
รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination

5) Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน R_s อนุกรมระหว่าง ค่า R_{UP} , R_{DN} กับ Z_T

ข้อดี - สามารถป้องกันกรณีที่บัสลัดวงจร(Short circuit) และ บัสเปิดวงจร(Open circuit) โดยยังทำให้ตัวรับสามารถระบุค่าเอาต์พุตที่แน่นอนได้ (High-state)

ข้อเสีย - เสียค่าใช้จ่ายสูง

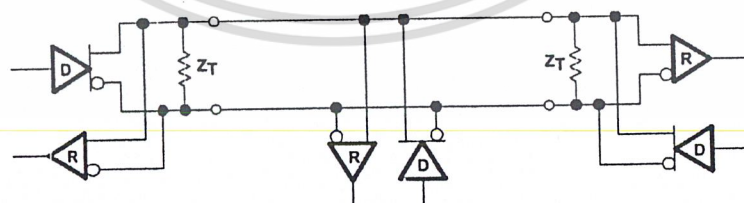
- ไม่สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ประเภท Transceiver ได้เพราะ การ Terminate ต่อไว้ที่ตำแหน่งของเอาต์พุตของตัวส่ง(อินพุตของตัวรับตัวสุดท้ายของบัส)



รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบของ Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination

6) Multipoint Termination เหมาะสำหรับระยะที่มีตัวรับและตัวส่ง จำนวนหลายวงจรที่ต่อกับบัสเดียวกัน ต่อค่าความต้านทานค่า Z_T ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของบัสข้อมูล โดย $Z_T = Z_0$

- ข้อดี - เหมือนกับแบบ Parallel Termination
 - ได้คุณภาพของสัญญาณที่มีค่าเหมาะสมที่สุด (Optimum)
- ข้อเสีย - มีการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบ Parallel Termination เพราะใช้ Z_T จำนวน 2 ตัว ต่อในลักษณะขนานกัน (ความต้านทานลดลง) เป็นการเพิ่มโหลดให้กับตัวส่ง



NOTE A: $Z_T = Z_0$

รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคุณสมบัติของระบบ RS-485

PARAMETER	RS-422	RS-485	UNIT
Number of drivers and receivers	1 drivers 10 receivers	32 U.L.s (Unit Load)	
Maximum theoretical cable length	1200	1200	m
Maximum data rate	10	10	Mbps
Maximum common-mode voltage	± 7	12 to -7	V
Driver differential output level	$2 \leq V_{od} \leq 1$	$1.5 \leq V_{od} \leq 5$	V
Driver load	≥ 100	≥ 60	Ω
Driver output short-circuit current limit	150 to GND	150 to GND 250 to -7 or 12 V	MA
High-impedance state , power off	60	12	$k\Omega$
Receiver input resistance	4	12	$k\Omega$
Receive sensitivity	± 200	± 200	MV

4.3 Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A มีคุณสมบัติดังนี้

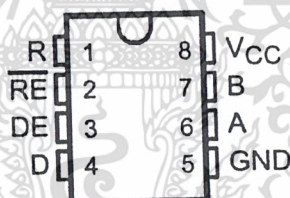
- มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานเป็นทั้งตัวส่งและตัวรับสัญญาณได้(Transceiver)
- ออกแบบมาสำหรับการใช้งานแบบ Multipoint Transmission ในสภาพของสายนำสัญญาณขนาดยาวและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง(Noisy Enveronments)
- ออกแบบตามมาตรฐานของ ANSI Standards EIA/TIA-422-B และ ITU Recommendation V.11
- ประกอบด้วย 3 สถานะของสัญญาณของตัวส่งและตัวรับ (High-state , Low-state และ High-impedance)
- สามารถควบคุมการให้ทำงาน (Enable) ให้ทำงานเป็นตัวส่ง หรือตัวรับ ได้
- มีช่วงของขนาดสัญญาณ อินพุท/เอาต์พุท ของบัสได้กว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวส่งสัญญาณมีค่ากระแสสูงสุด ± 60 mA
- มีระบบ Thermal-Shutdown เพื่อป้องกันความเสียหายต่อตัว IC เมื่อเกิดความร้อน
- สามารถจำกัดปริมาณกระแสของตัวส่งได้
- ตัวรับสัญญาณมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ต่ำสุด $12 \text{ k}\Omega$
- ความไว (Sensitivity) ในการตรวจจับสัญญาณทางด้านอินพุทเท่ากับ ± 200 mV
- Input Hysteresis เท่ากับ 50 mV Typ
- ทำงานได้สำหรับแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์
- สูญเสียพลังงานต่ำ

IC เบอร์ SN75176A ออกแบบมาสำหรับระบบที่ต้องการตัวรับและตัวส่งสัญญาณจำนวนหลายวงจรในบัสร่วมกัน และสำหรับการส่งสัญญาณในสายบัสขนาดยาว จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ส่งสัญญาณข้อมูลตามมาตรฐาน RS-485 และ RS-422 ได้ และใน 1 ระบบบัสข้อมูลสามารถมีวงจรของ SN75176A ได้สูงสุด 32 วงจร ซึ่งมีตารางสถานะการทำงานดังตารางที่ 4.3

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



รูปที่ 4.10 แสดงตำแหน่งของขา SN75176A

ตารางที่ 4.3 แสดงสถานะการทำงาน ของ SN75176A

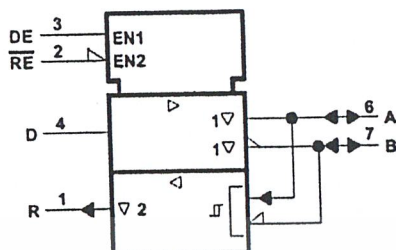
DRIVER				RECEIVER		
INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS		DIFFERENTIAL INPUTS A - B	ENABLE RE	OUTPUT R
		A	B			
H	H	H	L	$V_{ID} \geq 0.2 \text{ V}$	L	H
L	H	L	H	$-0.2 \text{ V} < V_{ID} < 0.2 \text{ V}$	L	?
X	L	Z	Z	$V_{ID} \leq -0.2 \text{ V}$	L	L
				X	H	Z
				Open	L	?

H = high level, L = low level, ? = indeterminate,

X = irrelevant, Z = high impedance (off)

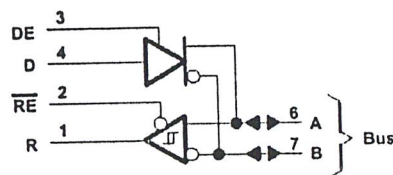
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

logic symbol†



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

logic diagram (positive logic)



รูปที่ 4.11 1) แสดง Logic Symbol ของ SN75176A 2) แสดง Logic diagram ของ SN75176A

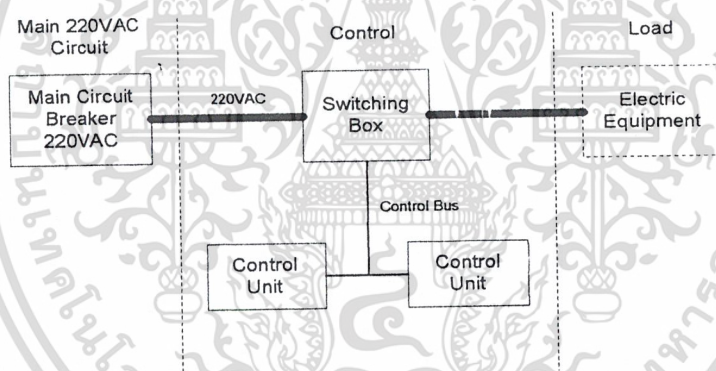
โดยมีรายละเอียดการทำงานของแต่ละขา(Pin Description) ดังนี้

- ขา D จะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม ขา TXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับข้อมูลอินพุต แล้วเปลี่ยนแปลงลักษณะสัญญาณให้เป็นแบบ Balanced Transmission Line เมื่อต้องการให้ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง โดยส่งค่าสถานะ High หรือ Logic 1 มาที่ขา DE และ RE
- ขา R จะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม ขา RXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งค่าข้อมูลจากบัสแล้วเปลี่ยนแปลงให้เป็นลักษณะสัญญาณดิจิทัลส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไป เมื่อต้องการให้ทำงานเป็นตัวรับ โดยส่งค่าสถานะ Low หรือ Logic 0 มาที่ขา RE และ DE
- ขา A และ ขา B เป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อต่อเข้ากับบัส เพื่อส่งและรับข้อมูลในแบบ Balanced Transmission Line และ ตัวรับสัญญาณจะวัดสัญญาณแบบ Differential Measurement โดยต่อเข้ากับ ขา A และ ขา B ของตัวรับเช่นเดียวกัน
- ขา RE ใช้เพื่อกำหนดให้(Enable) ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูล(Receiver)
- ขา DE ใช้เพื่อกำหนดให้ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูล (Driver)

บทที่ 5

หลักการการทำงานของระบบระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้านเป็นระบบควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า (Load) ภายในบ้าน โดยการส่งสัญญาณควบคุมผ่านสายสัญญาณควบคุมจำนวน 2 เส้น ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่งข้อมูลแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านนั้นมาเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้งาน(user)ทราบ และในส่วนของสายไฟฟ้าหลัก(กระแสสลับ 220 โวลต์) เพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ายังใช้งาน เช่น เติมน้ำ โดยอุปกรณ์ของระบบนี้จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสายไฟหลักของบ้าน ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงหลักการการทำงานของระบบ HPPBX

ระบบ HPPBX ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 ควบคุมการทำงาน โดยส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลผ่านสายสัญญาณควบคุม(Control Bus) เพื่อสื่อสารกันระหว่างส่วนการทำงานต่างๆภายในระบบ ตามมาตรฐาน RS-485 มีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดควบคุม (Control Unit) เป็นส่วนการทำงานที่ให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเพื่อควบคุมการเปิดหรือปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า ในตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านได้ และสามารถแสดงผลสถานะ(Electrical Equipment Status) ปัจจุบันของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ว่ามีสถานะการเปิดหรือปิดอยู่ทางหลอด LED โดยจะส่งสัญญาณควบคุมและรับสัญญาณข้อมูลสถานะจากชุดกล่องสวิตซ์ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และชุดกล่องสวิตช์ซึ่งสามารถติดตั้งเพิ่มเติมตามตำแหน่งต่างๆของบ้านได้ตามความสะดวกของผู้ใช้งานได้ โดยชุดควบคุมจะประกอบด้วย ชุดควบคุม (Control unit) จะประกอบด้วยคีย์บอร์ดควบคุม(Control keyboard)15 ปุ่มหรืออุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยอินฟราเรด(Infrared remote control)

2. ชุดกล่องสวิตช์ (Switching Box) มีลักษณะเป็นกล่องที่มีช่องควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 6 ช่อง ต่อ 1 ชุด และในระบบ HPPBX มีได้ทั้งหมด 6 ชุด จะทำงานรับสัญญาณการควบคุมจากชุดควบคุม

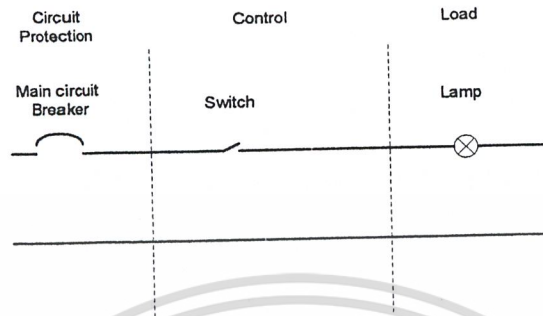
หลักการการทำงานของระบบ ผู้ใช้งานจะกดปุ่มเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดหรือปิด จากชุดควบคุม สามารถเลือกได้สูงสุด 36 ตำแหน่งอุปกรณ์ เมื่อเลือกแล้วชุดควบคุมจะส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดกล่องสวิตช์ซึ่งเพื่อทำการเปิด/ปิดอุปกรณ์ และกล่องสวิตช์ซึ่งจะส่งสัญญาณกลับมาบอกชุดควบคุมเพื่อแสดงผลว่าอุปกรณ์เปิด/ปิดเรียบร้อยแล้วโดยชุดคีย์บอร์ดควบคุมและชุดกล่องสวิตช์ มีโปรโตคอล(Protocol)การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ และมีการติดตั้งตามตำแหน่งต่างๆทั่วบริเวณบ้านให้สะดวกในการใช้งานและครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตำแหน่งของบ้าน

5.1 เปรียบเทียบหลักการการทำงานของระบบการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดาและระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

เปรียบเทียบความแตกต่างทางด้านเทคนิคและความสามารถในการทำงานที่ได้เปรียบกัน ระหว่าง ระบบธรรมดาที่มีการใช้งานทั่วไป และระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน เพื่อให้เห็นถึงความสะดวกในการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านที่เพิ่มขึ้น เมื่อได้นำระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน เข้ามาใช้

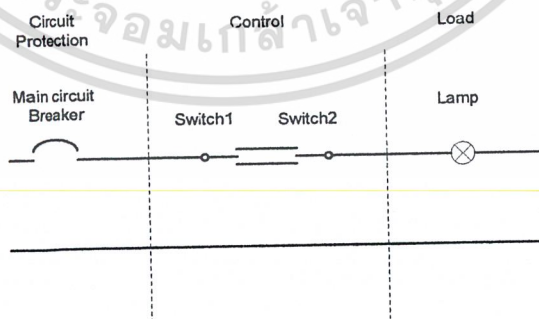
5.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา (Conventional Electrical Installation)

- การควบคุมแบบ ทางเดียว โดยสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อจากชุดวงจรป้องกัน หรือ MCB (Main Circuit Breaker) ผ่านสวิตช์แบบทางเดียว แล้วต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ทางเดียว (1-way switch circuit)

- การควบคุมแบบ 2 ทาง มีลักษณะแตกต่างจากการควบคุมแบบทางเดียวคือ ประกอบด้วยวงจรสวิตช์ 2 วงจร ต่อในลักษณะ ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งวงจรสวิตช์ทั้ง 2 วงจรสามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างอิสระต่อกัน แต่จะเพิ่มความซับซ้อนและปริมาณของสายไฟฟ้าที่ใช้ในการติดตั้งเพิ่มขึ้นตามจำนวนวงจรสวิตช์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยสวิตช์ 2 ทาง (2-way switch circuit)

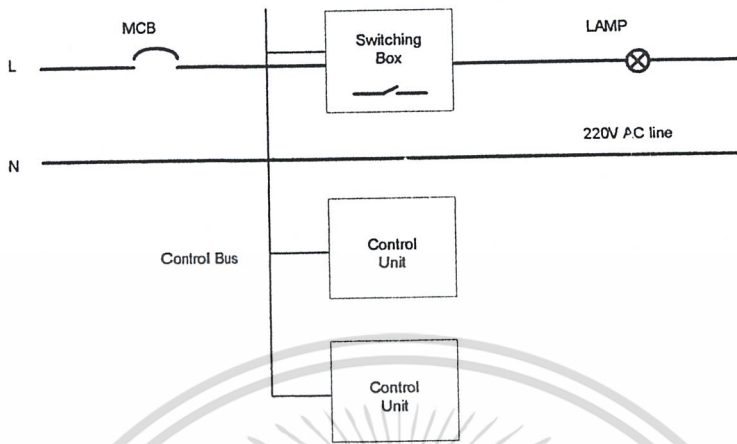
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบธรรมดา นั้น จะต้องเดินสายไฟไปทั่วทั้งบ้าน เพื่อให้ครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรสวิตช์ทุกตัว ดังนั้นถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(หลอดไฟ) หรือจำนวนวงจรสวิตช์เพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มปริมาณของการเดินสายไฟเพิ่มขึ้นในจำนวนเท่าตัว ทำให้เพิ่มความซับซ้อนของการเดินสายไฟ และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่เพิ่มขึ้น และถ้ามีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมในแต่ละครั้งจะทำให้ลำบาก จึงเกิดข้อจำกัดในปริมาณการติดตั้งเพิ่มหรือความไม่ยืดหยุ่น และทุกครั้งต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อไม่ให้มีจุดลัดวงจรหรือการไม่เชื่อมต่อกันของสายไฟ เพราะทุกจุดเป็นการเดินสายไฟฟ้า 220 โวลต์

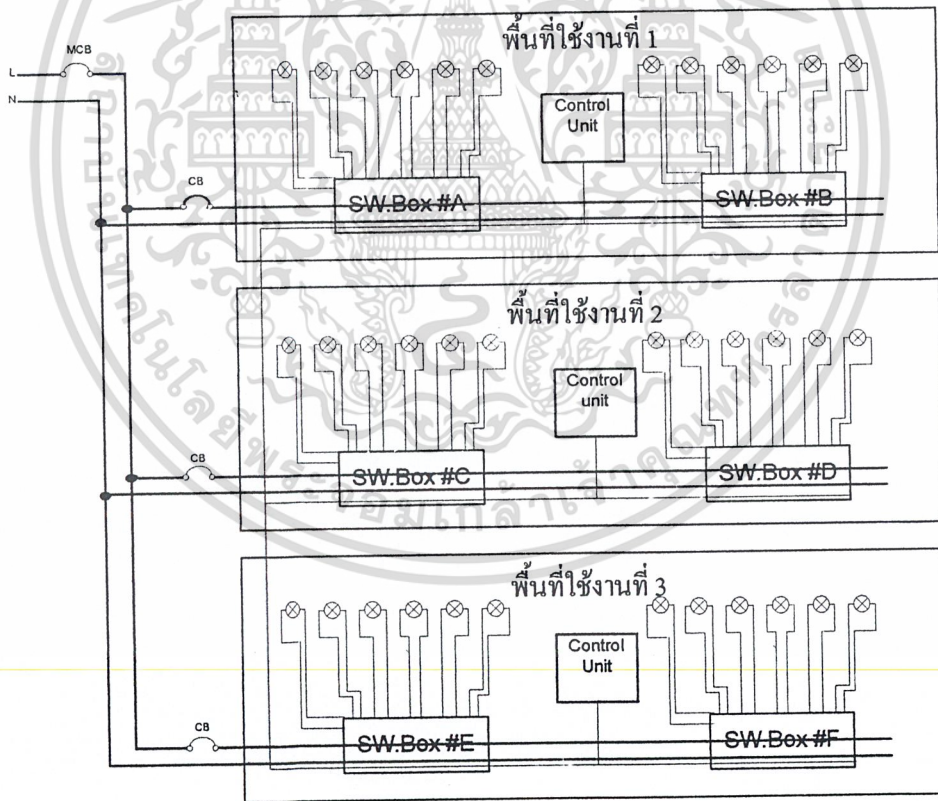
จากข้อจำกัดดังกล่าว ทั้งในด้านความยืดหยุ่นของการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และปริมาณของสายไฟที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น นั้น จึงแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน เข้ามาใช้ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัย ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ได้มากขึ้น ดังนี้

5.1.2 การติดตั้งระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

ชุดกล่องสวิตช์ จะทำหน้าที่แทนวงจรสวิตช์ ในระบบธรรมดา และทุกชุดของกล่องสวิตช์จะต่อสายสัญญาณควบคุมหรือ Control Bus เพียง 1 คู่สาย (2 x 0.8 mm) ไปยังกล่องสวิตช์และชุดควบคุมทุกชุดที่ติดตั้งในระบบ และจะครอบคลุมพื้นที่ทั้งบ้าน ผู้ใช้งานจะเลือกเปิดหรือปิด อุปกรณ์ไฟฟ้านั้น(หลอดไฟ) ได้ทุกอุปกรณ์ภายในบ้าน(อุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบ) จากชุดควบคุมเพียง 1 ชุด ซึ่งสายControl Bus จะใช้ส่งสัญญาณแบบดิจิทัล เป็นไฟกระแสดตรง แรงดันต่ำ ที่ไม่มีอันตรายเรื่องกระแสไฟรั่วและกระแสไฟลัดวงจรที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ และมีการเดินสายไปทั่วตัวบ้าน เพื่อการติดตั้งชุดสวิตช์ควบคุมเพิ่มเติมในภายหลังได้ตามจำนวนที่ต้องการ และในส่วนของสายไฟหลัก 220 โวลต์ จะยังเดินสายในลักษณะเดิม แต่จะลดปริมาณของสายไฟในส่วนที่ต้องต่อไปยังวงจรสวิตช์ลงได้ เพราะการเดินสายทำได้ง่ายโดยต่อจาก MCB ผ่านมายังชุดกล่องสวิตช์ แล้วต่อออกไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากพอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตช์ได้โดยตรง และนอกจากนั้นในระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้านนี้ ผู้ใช้ยังเพิ่มขอบเขตการควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากแบบธรรมดา คือ 1 ชุดสวิตช์ต่อ 1 อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็น 1 ชุดสวิตช์บอร์ดควบคุม สามารถควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกอุปกรณ์ และเรื่องความยืดหยุ่นของการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มนั้น ทำได้โดยเดินสายไฟจากพอร์ตเอาต์พุตที่ยังว่างของชุดกล่องสวิตช์ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทันที เพียงเท่านี้ทำให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในปริมาณเพิ่มขึ้นได้ โดยสะดวก และค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟหลักต่ำ แสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบ HPPBX



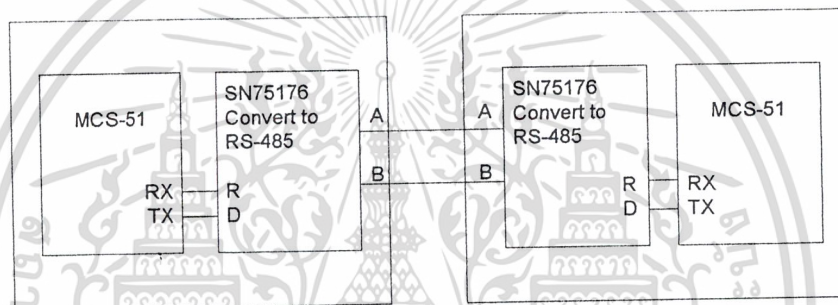
- NOTES : 1) MCB = Main Circuit Breaker
 2) CB = Circuit Breaker

รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะการติดตั้งชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งเพื่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โพรโทคอลของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

การสื่อสารระหว่างชุดคีย์บอร์ดควบคุม และ ชุดกล่องสวิตซ์ ซึ่งเป็นการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89C51 แล้วนำสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงแบบ Balanced Data Transmission แล้วส่งสัญญาณผ่าน HPPBX Bus ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นการสื่อสารแบบ Half Duplex ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณ

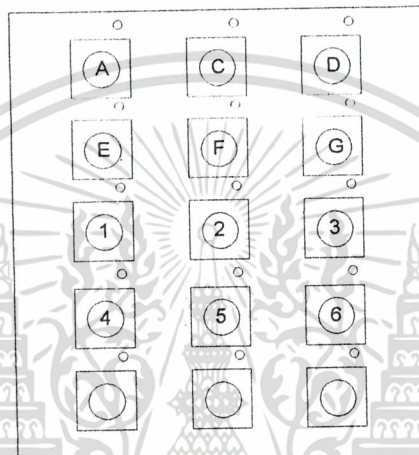
ในการส่งข้อมูลเพื่อการสื่อสาร 1 ครั้ง ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 11 บิต โดยข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Address Data) ของชุดอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเลือกที่จะทำการสื่อสารด้วย ข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลการทำงาน (Action Data) เพื่อนำไปประมวลผลเพื่อทำงาน

บทที่ 6

รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน Control Keyboard

6.1 ลักษณะชุดคีย์บอร์ดควบคุม(Control Keyboard)

ลักษณะของControl Keyboard จะเป็นดังรูปที่ 6.1



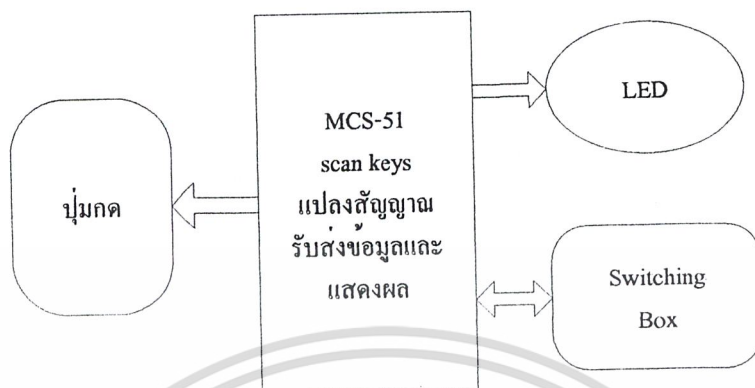
รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

รายละเอียดของปุ่มต่างๆเป็นดังนี้

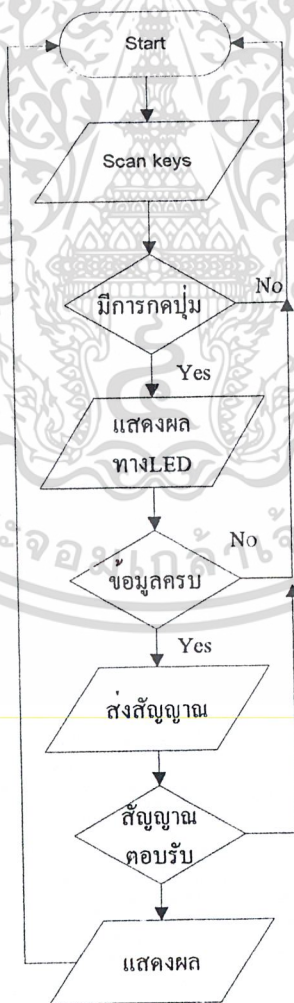
- ปุ่ม A-G จะใช้ในการเลือก ชุดกล่องสวิตซ์ 1-6
- ปุ่ม 1-6 จะใช้ในการเลือกตำแหน่งของอุปกรณ์ของชุดกล่องสวิตซ์ที่ถูกเลือก

6.2 การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

การทำงานจะเริ่มโดย MCS-51จะทำหน้าที่scan key เพื่อรับข้อมูลจากผู้ใช้ เมื่อมีการกดปุ่มMCS-51 จะรับมาเก็บไว้ และขับให้LED ดวงที่อยู่บนสวิตซ์ติดและเมื่อรับข้อมูลได้ครบแล้ว ก็ทำการส่งสัญญาณอนุกรมไปยัง SN75176 เพื่อทำการแปลงเป็นมาตรฐาน RS-485 และส่งไปยังชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งเพื่อทำการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ และเมื่อรับสถานการณ์เปิดปิดจากชุดกล่องสวิตซ์ ชุดคีย์บอร์ดควบคุมก็จะทำการแสดงผลโดยใช้LED แสดงสถานะของอุปกรณ์ Block diagram และ Flow chart การทำงานเป็นดังรูปที่ 6.2 และ6.3



รูปที่ 6.2 แสดง Block diagram ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม



รูปที่ 6.3 แสดง Flow chart การทำงานของชุดคีย์บอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ของวงจร ชุดกี้อยู่บอร์ดควบคุม

6.3.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นทั้งตัวรับและตัวส่งสัญญาณ(Transceiver)ระหว่าง Control Bus กับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเปลี่ยนรูปสัญญาณ ที่ออกจาก พอร์ตอนุกรมTXD ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณในลักษณะ Balanced Digital Signal ตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อส่งสัญญาณผ่าน Control Bus และ รับสัญญาณจาก Control Bus แล้วเปลี่ยนแปลงสัญญาณ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับพอร์ตอนุกรมRXDเพื่อนำไปประมวลผล การ Enable ให้ SN75176A เป็นตัวส่ง โดยการส่งค่า Logic 1 จาก P3.2 มาที่ขา DE และ ถ้าต้องการให้เป็นตัวรับ โดยการส่งค่า Logic 0 เข้ามา ขา A และ ขา B จะต่อเข้ากับ Bus และต่อกับ ขา A และ ขา B ของอุปกรณ์ปลายทาง

6.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่รับค่าจากการกดคีย์บอร์ด แล้วทำงานส่งค่าข้อมูล ไปที่วงจรของชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งปลายทาง ที่อ้างอิงตำแหน่งถึง ได้แก่

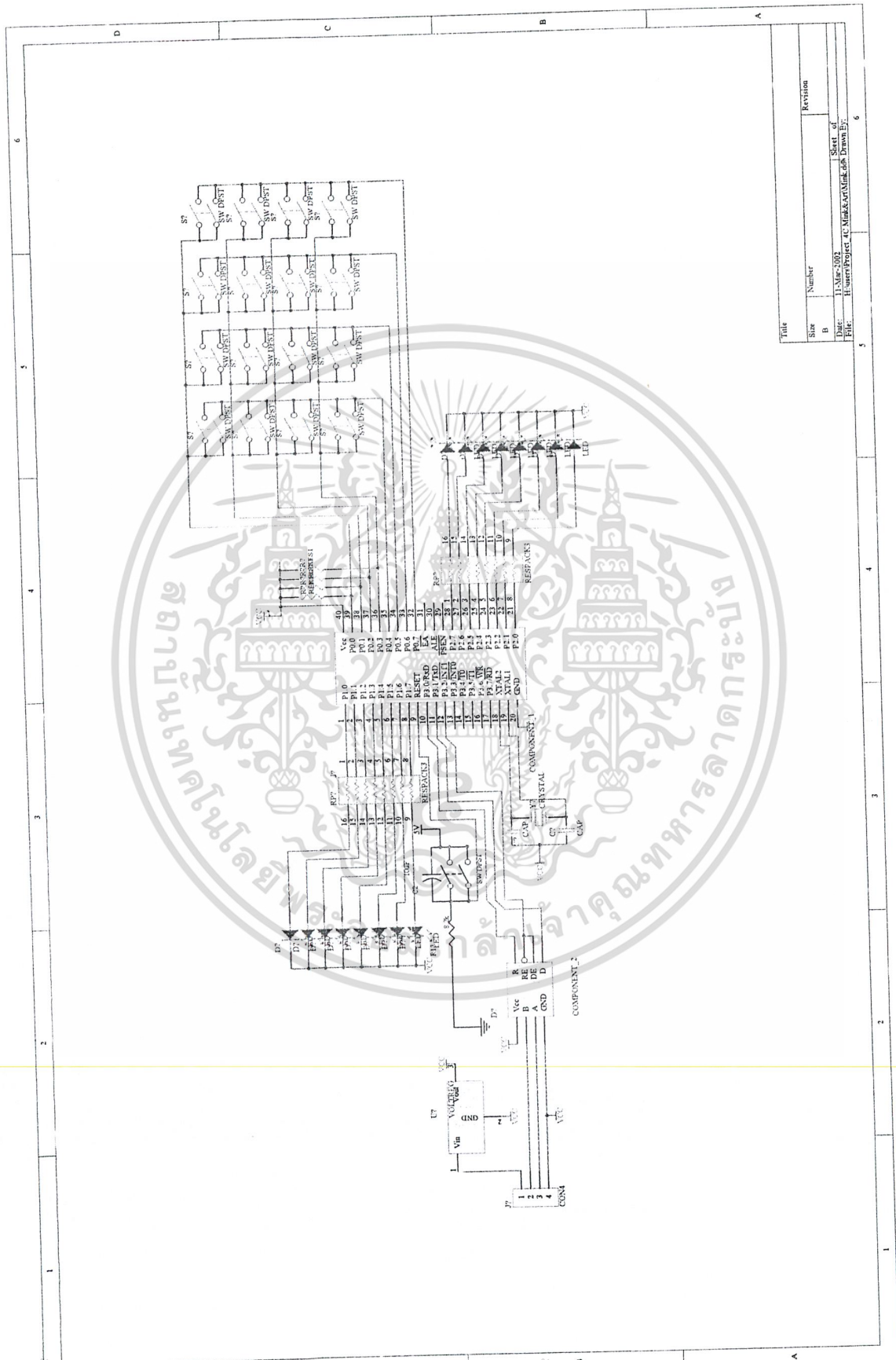
- รับค่า ปุ่มกำหนดชุดกล่องสวิตซ์ซึ่ง แล้วสร้างค่า Address Data เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล
- รับค่า ปุ่มตำแหน่งอุปกรณ์ แล้วส่งข้อมูล Action Data ไปให้ ชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งเพื่อทำงาน เปิด หรือ ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เลือกไว้

และ ทำหน้าที่รับข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นข้อมูลจากชุดกล่องสวิตซ์ ซึ่ง แล้วนำค่าไปประมวลผลเพื่อแสดงผลออกทางหลอด LED ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยจะมีการอัปเดตค่าสถานะกับชุดกล่องสวิตซ์ทุกครั้งที่มีการกดปุ่ม

6.3.3 คีย์บอร์ด 15 ปุ่ม เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อกดเลือกควบคุมการทำงาน ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จะประกอบด้วย

- ปุ่มกำหนดชุดกล่องสวิตซ์ซึ่ง 6 ปุ่ม และ หลอด LED 6 หลอด
- ปุ่มกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ 6 ปุ่ม และ หลอด LED 6 หลอด
- ปุ่มที่ไม่ได้ใช้งาน 3 ปุ่ม และ หลอด LED 3 หลอด โดยจะมีการพัฒนาเพื่อใช้งานเป็นปุ่มพิเศษต่อไป

6.3.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 โวลต์ (+5 V Regulator) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงการทำงานของวงจร จากสายไฟเลี้ยงวงจร(Power Supply Line) โดยใช้ IC Regulator เบอร์ LM7805



Title	
Size	Number
B	
Date:	11-Mar-2002
File:	H:\users\Project_4_C_Minik_Arduino\Minik_4_06_Drawn_Ey
Sheet of	6
Revision	

รูปที่ 6.4 แสดงวงจรชุดคีย์บอร์ดควบคุม(Control Keyboard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

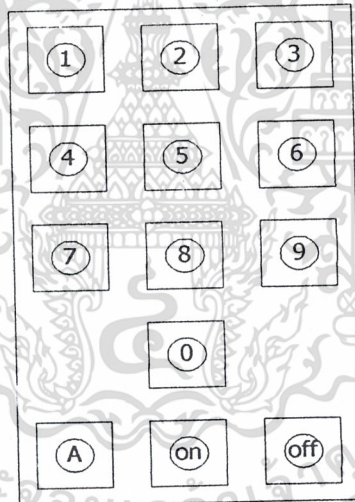
อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยอินฟราเรด (Infrared remote control)

ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. รีโมทคอนโทรล (Remote control)
2. ตัวรับ (Receiver)

7.1 รีโมทคอนโทรล (Remote control)

จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการ scan key จากปุ่มสวิตช์ 13 ปุ่ม โดยแต่ละตำแหน่งมีค่าต่างๆดังรูปที่ 7.1



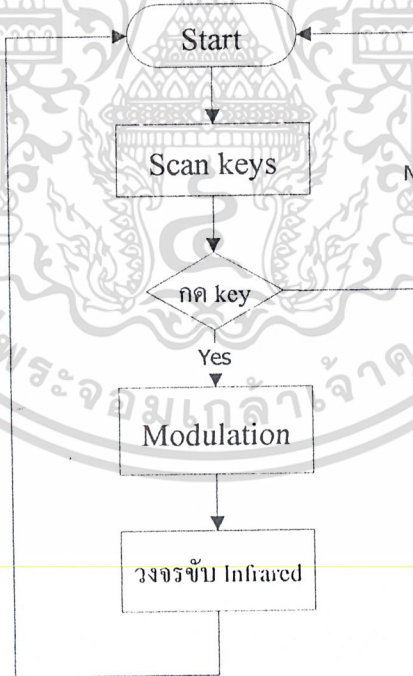
รูปที่ 7.1 แสดงค่าปุ่มในตำแหน่งต่างๆของรีโมทคอนโทรล

เมื่อ scan key แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงเป็นรหัส 8 บิต และทำการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ออกทางขา TXD ซึ่งสัญญาณอนุกรมที่ได้ จะถูกมอดูเลทเข้ากับคลื่นพาห์(carrier) ซึ่งถูกสร้างจาก IC timer 555 เป็นสัญญาณ Pulse code modulation(PCM) จากนั้นสัญญาณที่มอดูเลทเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งไปยัง วงจรขับอินฟราเรด เพื่อทำการส่งสัญญาณ โดยมี Block diagram ดังรูปที่ 7.2 และ Flow chart การทำงาน ดังรูปที่ 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



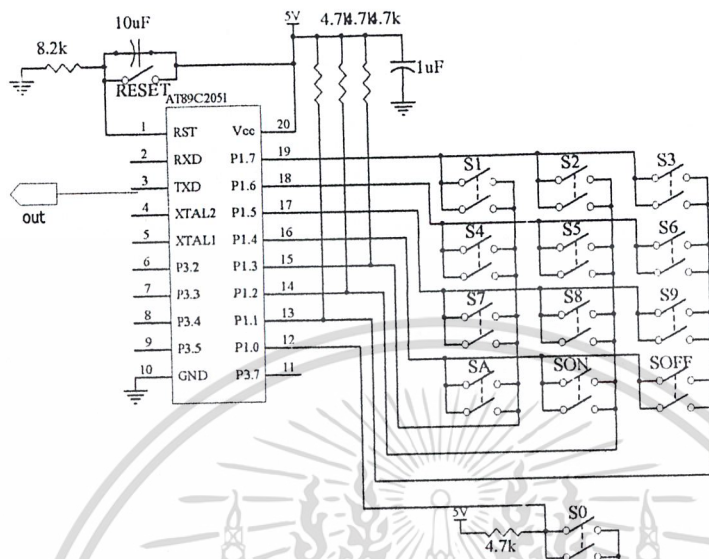
รูปที่ 7.2 แสดง Block diagram ของรีโมทคอนโทรล



รูปที่ 7.3 แสดง Flow chart การทำงานของรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.1 วงจร Scan keys



รูปที่ 7.4 แสดงวงจร Scan keys

จากรูปที่ 7.4 การ Scan keys จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 ต่อโดยใช้ Port 1 ต่อกับแผงสวิทช์คั้งรูป จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงเป็นรหัส 8 บิตแล้วส่งเป็นสัญญาณอนุกรม โหมด 3 ออกทางขา TXD แบบ Single processor ความเร็ว Buad 1200 ไปยังวงจรมอดูเลชั่น

7.1.2 การสร้างสัญญาณพาห์

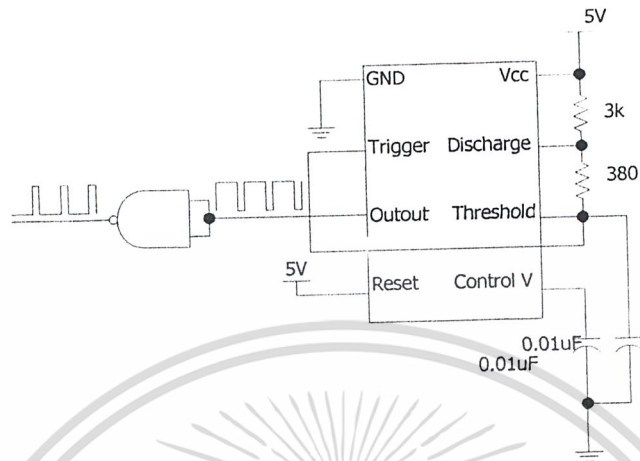
สามารถออกแบบเพื่อสร้างสัญญาณพาห์ โดยใช้ IC timer 555 กำหนดให้เป็นสัญญาณพัลส์ความถี่ 38 kHz Duty cycle 10% ได้โดยการออกแบบให้ Duty cycle เป็น 90% จากนั้นนำเข้าไปยังวงจร NAND gate เพื่อกลับให้เป็น 10% ดังรูปที่ 7.5

โดยคำนวณค่า R_a , R_b และ C ได้ดังนี้ จากรูป 2.35 เลือกใช้ค่า $C = 0.01\mu\text{F}$ จากสมการที่ 2.6 ใช้ความถี่ 38 kHz แทนค่าในสมการจะได้

$$(R_a + 2R_b) = 3.79 \quad (7.1)$$

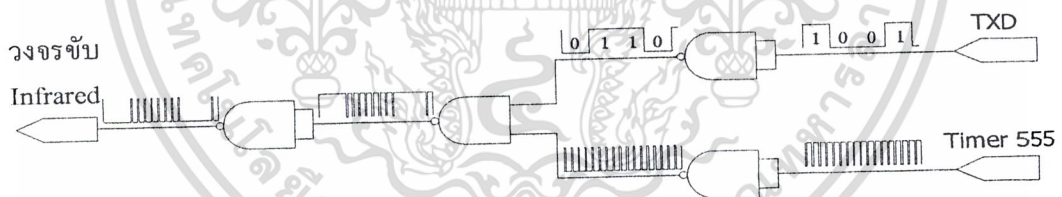
เลือกใช้ R_a เท่ากับ $3\text{k}\Omega$ จะได้ R_b เท่ากับ 395Ω จึงเลือกใช้ค่า R_b ที่ใกล้เคียง คือ 380Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 แสดงวงจรกำเนิดคลื่นพาห์ (carrier)

7.1.3 วงจรมอดูเลชัน (Modulation)



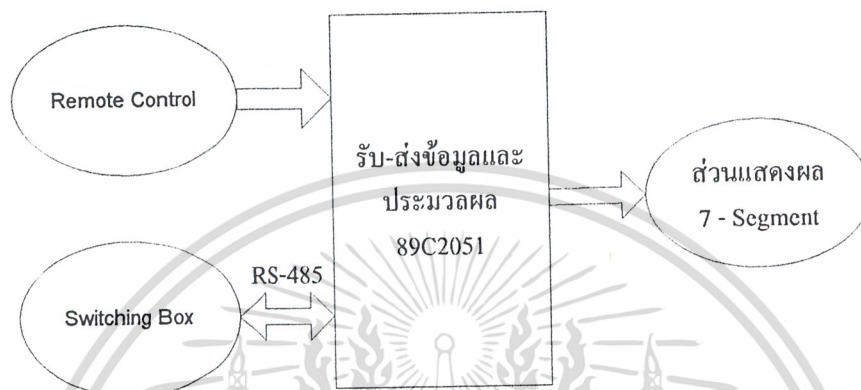
รูปที่ 7.6 แสดงวงจรมอดูเลชัน

จากรูปที่ 7.6 เราจะใช้ IC เบอร์ 74LS00 ซึ่งประกอบด้วย NAND gate 4 ตัวอยู่ภายในมาต่อเป็นวงจรมอดูเลชัน โดยจะได้ข้อมูลที่รวมกับคลื่นพาห์แล้วแต่กลับเฟสกับข้อมูลเดิม เนื่องจากว่า ทางด้านตัวรับ (Receiver) ซึ่งใช้ IC เบอร์ TSOP 4838 จะเป็น Active Low

เมื่อได้สัญญาณที่มอดูเลทเรียบร้อยแล้ว สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปวงจรขับอินฟราเรดโดยใช้ ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 แสดงคั้งวงจรรวมในรูปที่ 7.7

7.2 ตัวรับ (Receiver)

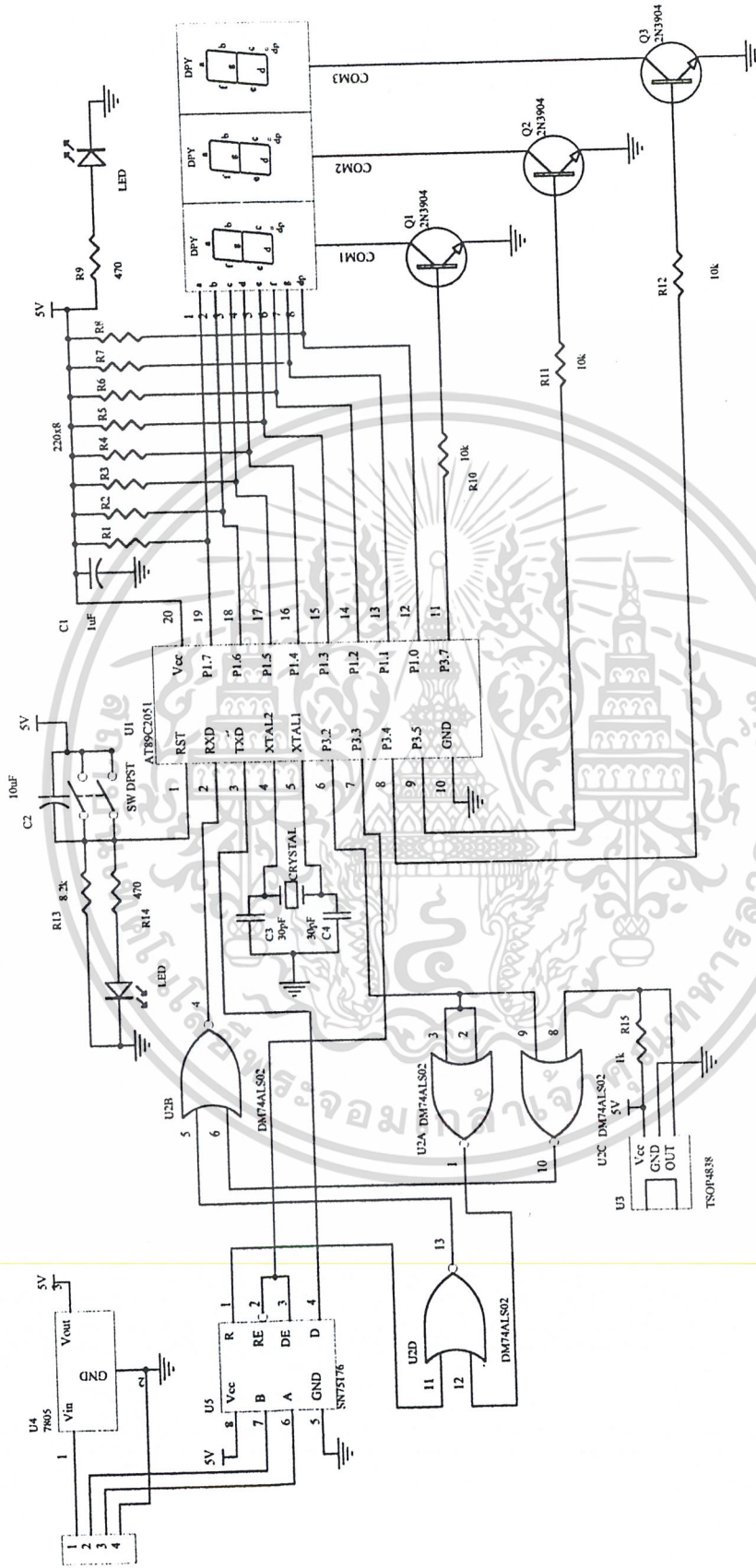
เป็นตัวรับสัญญาณที่ได้จาก Remote control มี Block diagram ดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 แสดง Block diagram ของ ตัวรับ (Receiver)

จากรูปที่ 7.๑ จะเป็นวงจรของ (Receiver) โดย TSOP 4838 จะทำหน้าที่ รับสัญญาณอินฟราเรดจากรีโมทคอนโทรล โดยจะทำการคิมอดูเลทสัญญาณ PCM เป็นข้อมูลอนุกรม และ SN75176 จะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับ Switching box ตามมาตรฐาน RS-485 โดยข้อมูลที่ได้รับจากทั้ง TSOP4838 และ SN75176 จะถูกส่งเข้าไปยังขา RXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 ซึ่งจะใช้ 74LS02 NOR Gate ทำหน้าที่เลือกสัญญาณที่จะเข้าไปยังขา RXD โดยมีสัญญาณที่ใช้ในการเลือกจากขา P3.2 โดยถ้าเป็น 0 จะเลือกสัญญาณจาก TSOP 4838 ถ้าเป็น 1 จะเลือกจาก SN75176

การทำงานจะเริ่มโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลทำการแสดงผลทาง 7-segment และส่งข้อมูลไปยัง SN75176 และทำการส่งแบบ RS-485 ไปยัง Switching box เพื่อทำการเปิดอุปกรณ์ ซึ่งจะส่งสัญญาณตอบกลับมายังตัวรับ และตัวรับจะทำการแสดงผลว่าได้เปิด/ปิดอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7.9 แสดงรูปวงจรรับ (Receiver)

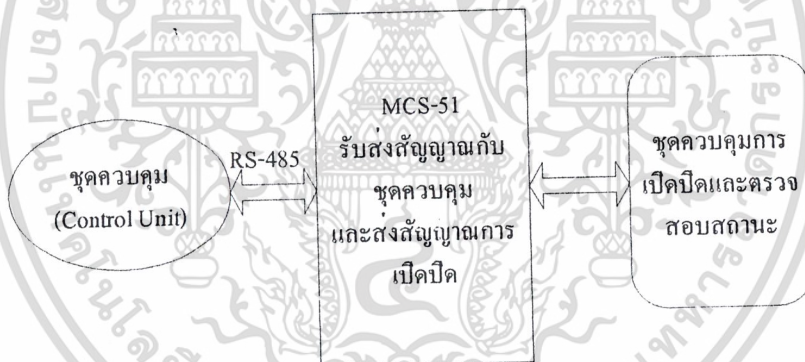
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

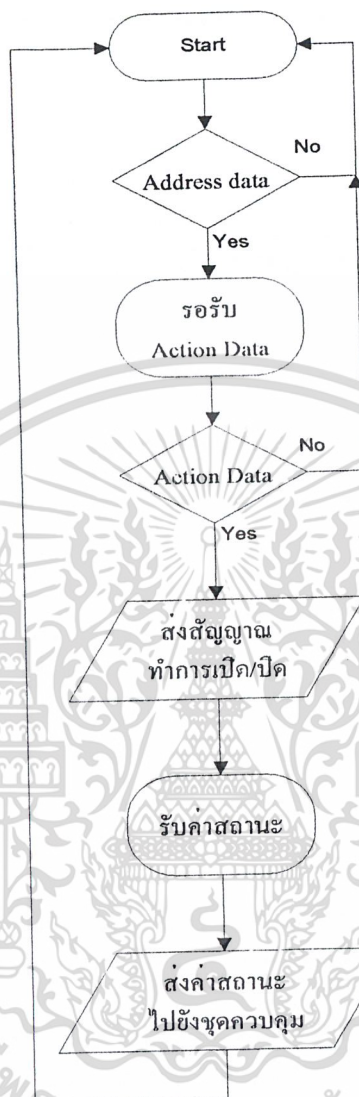
รายละเอียดในการสร้างวงจรส่วน Switching Box

8.1 หลักการทำงาน

การทำงานจะเริ่มเมื่อ ชุดกล่องสวิทซ์ ซึ่งได้รับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ทางพอร์ตอนุกรมมาจากชุดควบคุมจากนั้นจะทำการเช็คข้อมูลว่ามีแอดเดรสตรงกับตัวเองหรือไม่ โดยแอดเดรสจะถูกตั้งจาก DIP Switch ถัดตรง เมื่อมีการรับข้อมูลชุดต่อไปเข้ามาก็จะนำข้อมูลไปทำการประมวลผลเพื่อใช้เลือกในการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ที่ถูกเลือก โดยจะใช้รีเลย์เป็นสวิทซ์ควบคุมการเปิดปิด และชุดกล่องสวิทซ์ซึ่งจะทำการตรวจเช็คสถานะอุปกรณ์และส่งค่ากลับไปยังชุดควบคุม โดย Block diagram และ Flow chart การทำงานของชุดกล่องสวิทซ์จะเป็นดังรูปที่ 8.1 และ 8.2



รูปที่ 8.1 Block diagram ของ ชุดกล่องสวิทซ์



รูปที่ 8.2 Flow chart การทำงานของชุดกล่องสวิตซ์

8.2 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในวงจร

8.2.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นส่วนเชื่อมต่อกับการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณแบบ Balanced Digital Signal ซึ่งทำงานและทำหน้าที่เช่นเดียวกันกับในวงจรของชุดควบคุม

8.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณข้อมูลการ

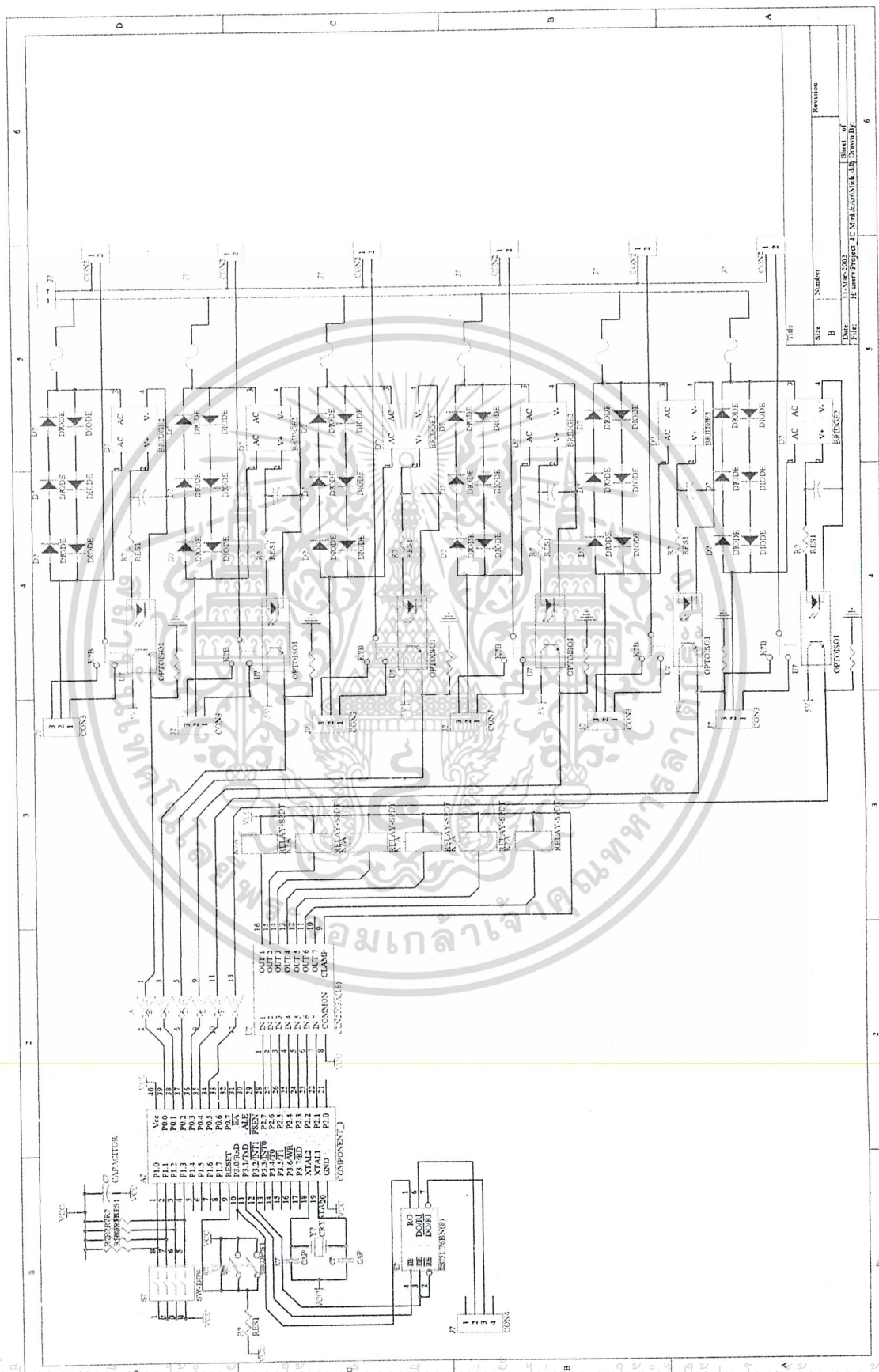
ทำงาน(Action Data) ที่ส่งมาจากชุดควบคุม แล้วทำการส่งสัญญาณให้วงจรควบคุมการเปิดปิด เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นจะรอรับค่าสถานะแล้วจึงส่งข้อมูลแสดงสถานะของ อุปกรณ์ไฟฟ้ากลับไปจุดควบคุมทุกชุดเพื่อแสดงผล ให้ผู้ใช้งานทราบถึงการทำงานที่ถูกต้องของ ชุดกล่องสวิตช์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทำการเปิดหรือปิดจริง พอร์ต 0, 1 สงวนไว้ใช้งานเป็น พอร์ตอิพุทและเอาต์พุทเพื่อควบคุมการสวิตช์ของวงจรสวิตช์(ไครแอค , รีเลย์) ละใช้ในการรับ สถานะของอุปกรณ์

- พอร์ต RXD ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต TXD ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต 1.1,1.2,1.3 ใช้เป็นพอร์ตระบุตำแหน่งอ้างอิง(Address) ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานในโหมดต่างๆ ที่อ้างอิงได้สูงสุด 8 ตำแหน่งอ้างอิง โดยการใช้ คิวสวิตช์ 3 ช่อง กำหนดเป็นชุดกล่องสวิตช์แบบต่างๆ ได้ดังนี้

8.2.3 วงจรควบคุมการเปิดปิดและตรวจสอบสถานะ ทำหน้าที่ในการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ ไฟฟ้าโดยใช้ IC เบอร์ ULN2003 ทำหน้าที่จับหน้าสัมผัสของรีเลย์ เพื่อควบคุมการเปิดปิดและทำ การตรวจสอบสถานะ โดยจะใช้ไดโอดเรกติไฟร์ ต่ออนุกรมกับกับ โหลด เมื่อมีกระแสไหลจะทำให้ เกิดศักดาตกคร่อมไดโอด ศักดาที่เกิดขึ้นจะผ่านวงจรเรียงกระแส และทำการแยกกราวด์โดยใช้ optocoupler เบอร์ 4N35 เพื่อให้ได้ไฟตรง 5 โวลท์ ป้อนกลับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

8.2.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน + 5 และ +12 โวลต์ (+5 V and +12V Regulator) เพื่อ รักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงการทำงานของวงจร จากสายไฟเลี้ยงวงจร(Power Supply Line) โดยใช้ IC Regulator เบอร์ LM7805 และ LM7812



รูปที่ 8.3 แสดงรูปร่างของชุดกล่องสวิทซ์ (Switching Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

การทดลองและผลการทดลอง

จากการออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน นี้ มีการทดลองเพื่อศึกษาถึงการทำงานได้ของระบบ และประโยชน์ที่ได้รับ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

9.1 การทดลองผลการทำงาน

9.1.1 การทำงานของชุดรีโมทคอนโทรล

9.1.1.1 การวัดสัญญาณภายในรีโมทคอนโทรล

วัดค่าสัญญาณของสัญญาณอนุกรมที่ได้จากการ Scan keys ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา TXD โดยค่าที่วัดได้สำหรับการกดปุ่มต่างๆกันจะมีค่าดังตารางที่ 9.1 และทำการวัดสัญญาณจากขา 3 ของ 74LS00 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ถูกมอดูเลทเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 9.1 แสดงข้อมูลจากขา TXD ที่ได้จากการกดปุ่ม

Switch	Serial data 8 bit	Switch	Serial data 8 bit
0	00000000B	7	00000111B
1	00000001B	8	00001000B
2	00000010B	9	00001001B
3	00000011B	A	00001010B
4	00000100B	ON	00001011B
5	00000101B	OFF	00001111B
6	00000110B		

9.1.1.2 การวัดสัญญาณจากตัวรับ (Receiver) และระยะทาง

วัดสัญญาณที่ขาเอาต์ของ TSOP 4838 โดยวัดเทียบกับ สัญญาณที่ส่งมาจากรีโมท

คอนโทรลและวัดระยะทางที่ไกลที่สุดที่ตัวรับยังสามารถรับสัญญาณได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1.1.2 การวัดสัญญาณจากตัวรับ (Receiver) และระยะทาง

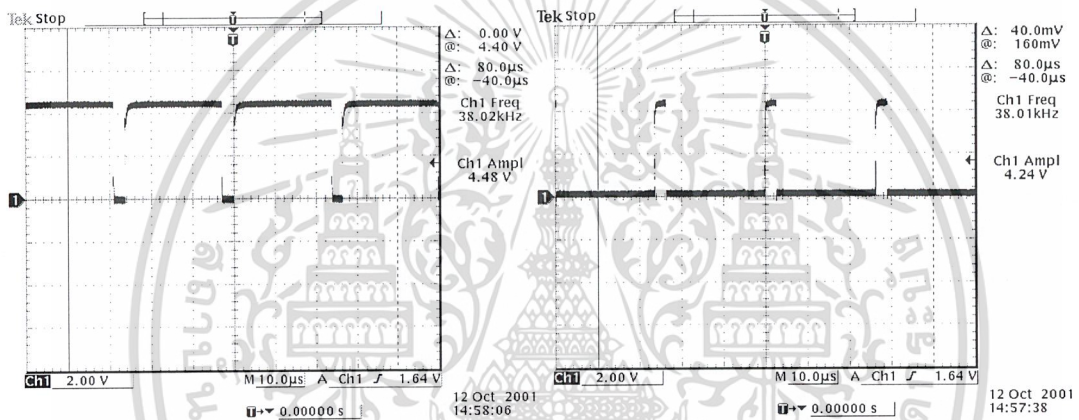
วัดสัญญาณที่ขาเอาต์ของ TSOP 4838 โดยวัดเทียบกับ สัญญาณที่ส่งมาจากรีโมทคอนโทรลและวัดระยะทางที่ไกลที่สุดที่ตัวรับยังสามารถรับสัญญาณได้ถูกต้อง

9.1.1.3 ระยะทางไกลที่สุดที่ตัวรับยังสามารถรับสัญญาณได้ถูกต้อง

ทำการวัดระยะทางที่ไกลที่สุด ที่ตัวรับ(Receiver) ทำการรับข้อมูลและแสดงผลได้ถูกต้อง โดยสามารถส่งข้อมูลได้ไกลที่สุดประมาณ 13 เมตรเมื่อตัวรับและรีโมทคอนโทรลทำมุมเท่ากับ 0° และที่ระยะห่าง 6 เมตร ตัวรับและรีโมทคอนโทรลสามารถทำมุมได้สูงถึง 60°

9.1.1.4 สัญญาณที่วัดได้ในจุดต่างๆ

1. วัดสัญญาณพาว์ ที่ได้จาก IC 555 Timer



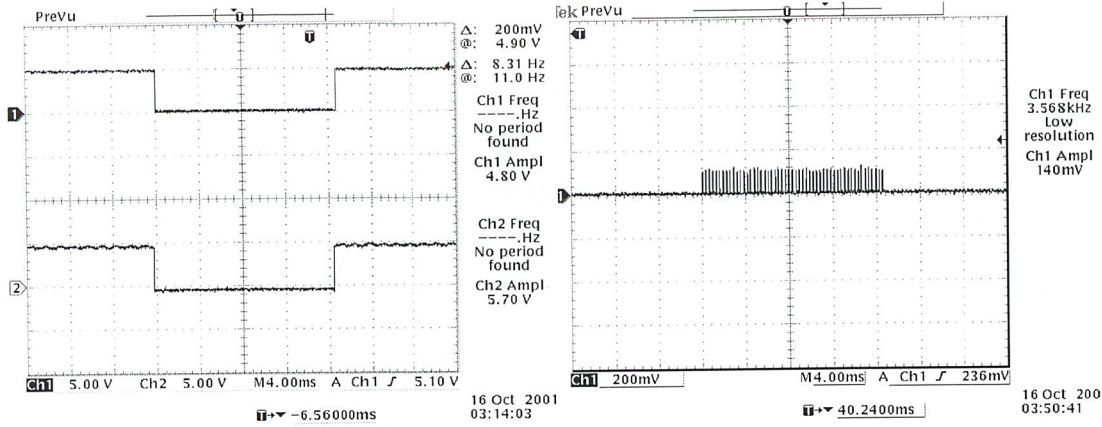
ก) สัญญาณจากขา 3 (output) ของ 555 ข) สัญญาณเมื่อผ่าน Nand gate เพื่อปรับ Duty cycle รูปที่ 9.1 แสดงรูปสัญญาณพาว์ที่สร้างจาก IC 555 timer

2. สัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มในจุดต่างๆ

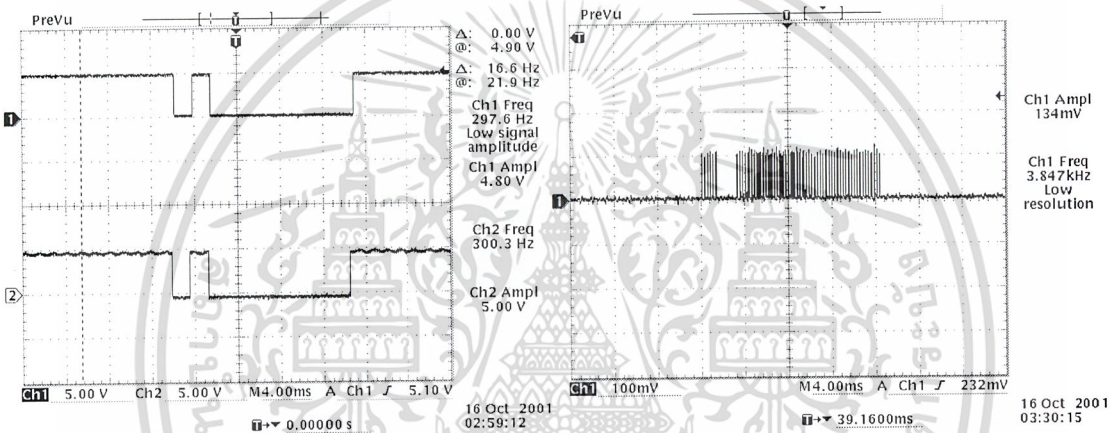
โดย รูปทางซ้าย CH1 สัญญาณที่ตัวรับ(Receiver) ได้จากเอาต์พุทของ TSOP4838

CH2 สัญญาณจากขา RXD ของรีโมทคอนโทรล

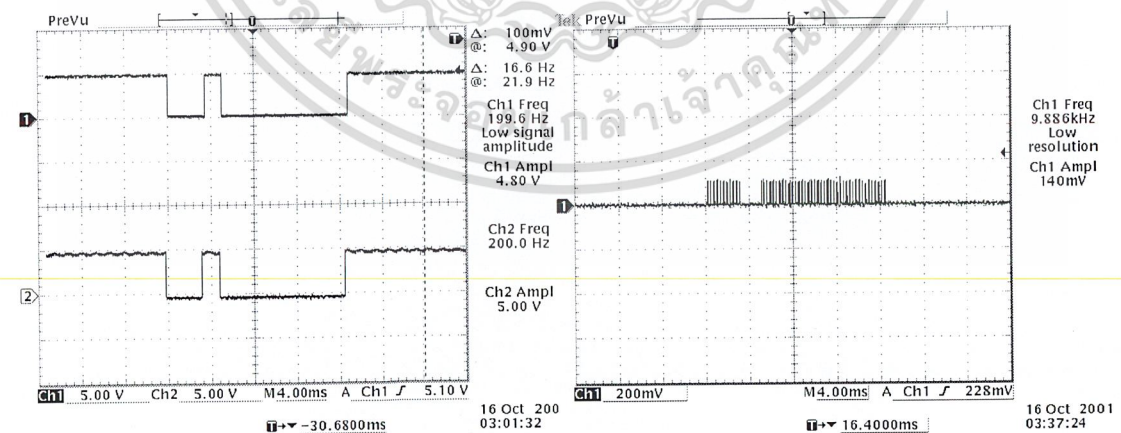
รูปทางขวา CH1 สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลทข้อมูลเข้ากับสัญญาณพาว์



รูปที่ 9.2 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 0

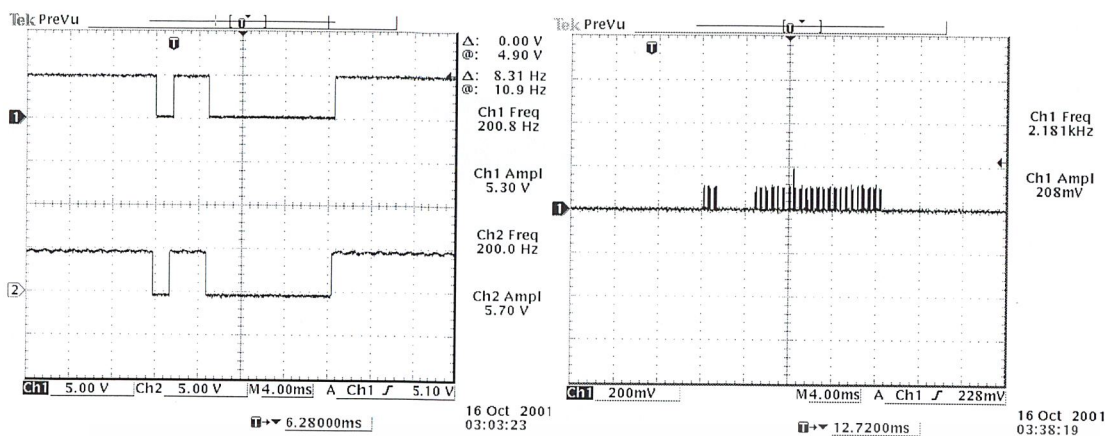


รูปที่ 9.3 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 1

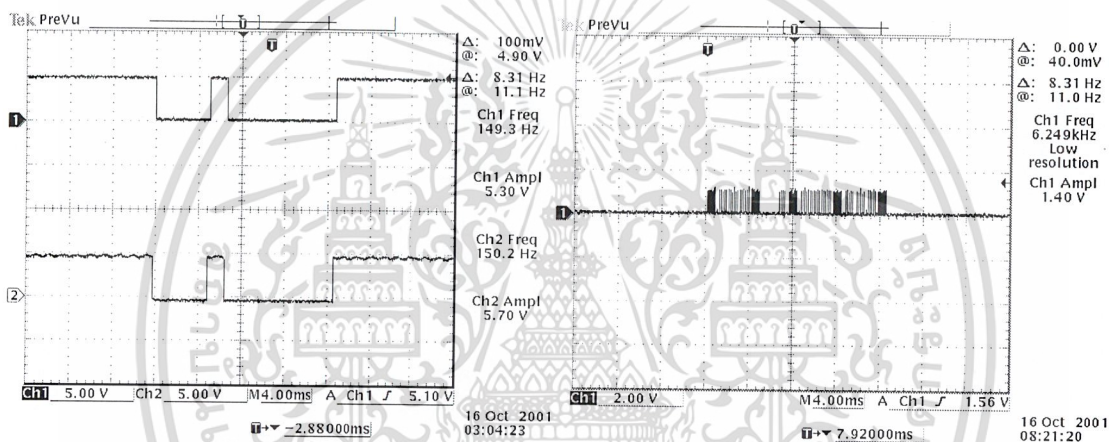


รูปที่ 9.4 แสดงสัญญาณจุดต่างเมื่อทำการกดปุ่ม 2

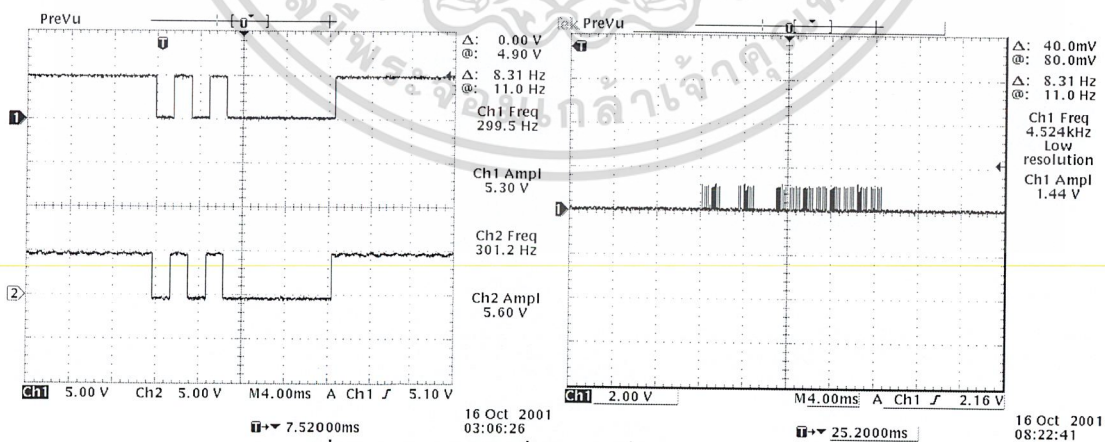
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.5 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 3

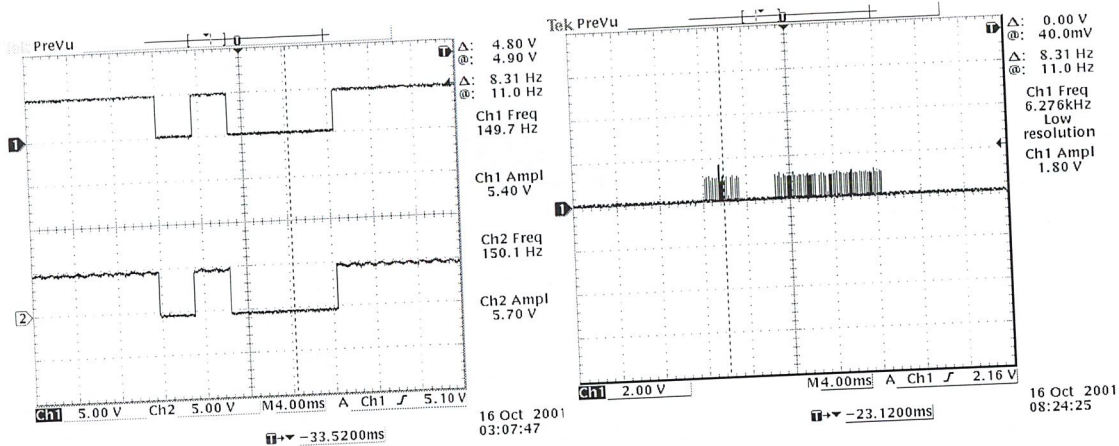


รูปที่ 9.6 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 4

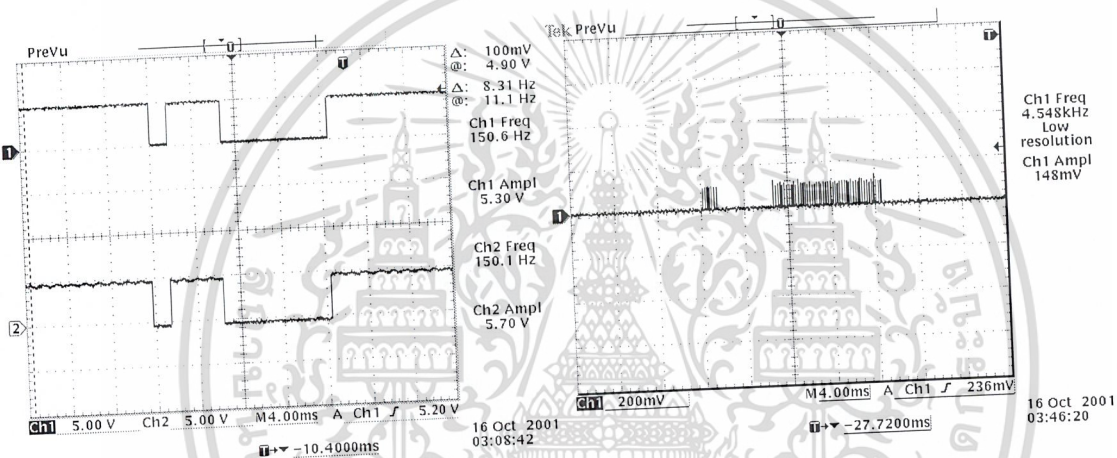


รูปที่ 9.7 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 5

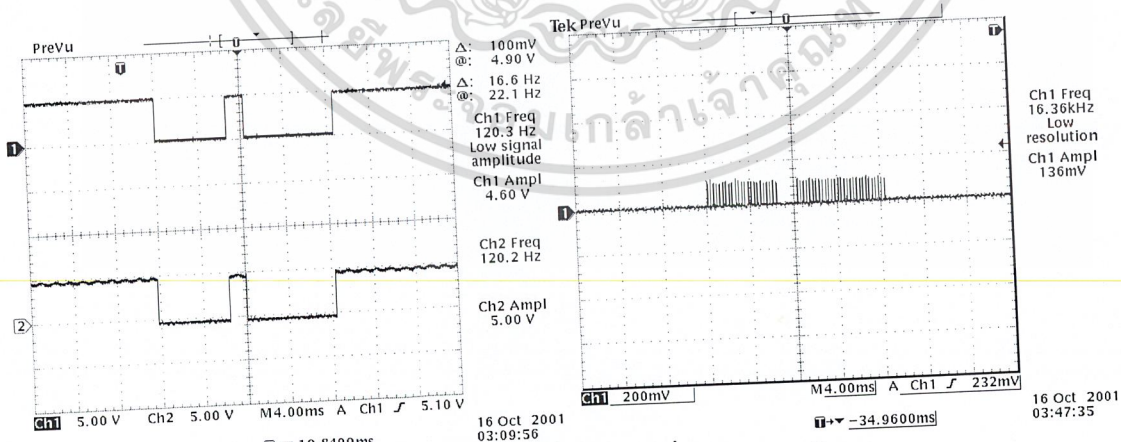
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.8 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 6

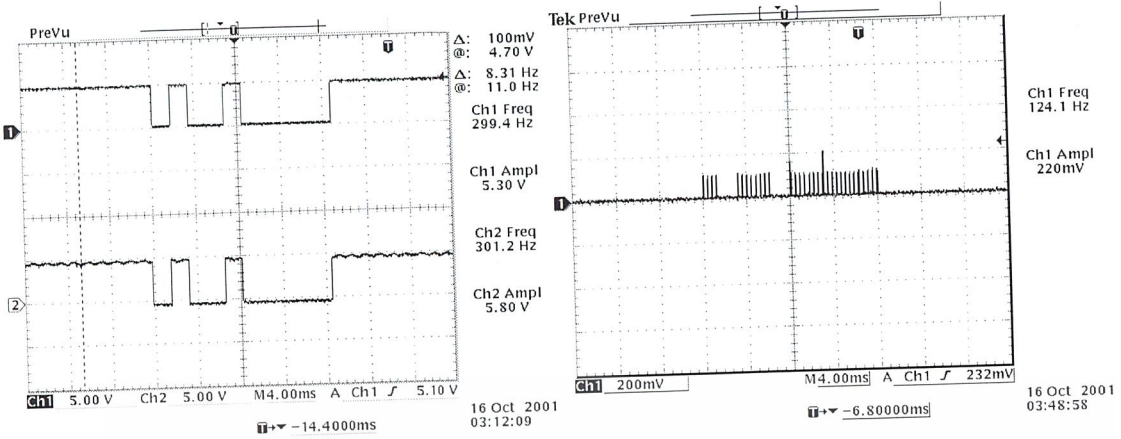


รูปที่ 9.9 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 7

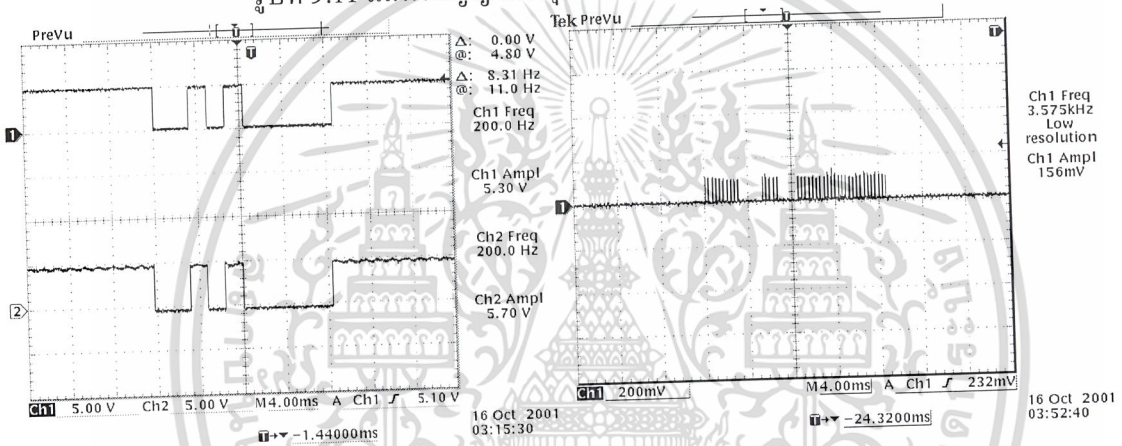


รูปที่ 9.10 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 8

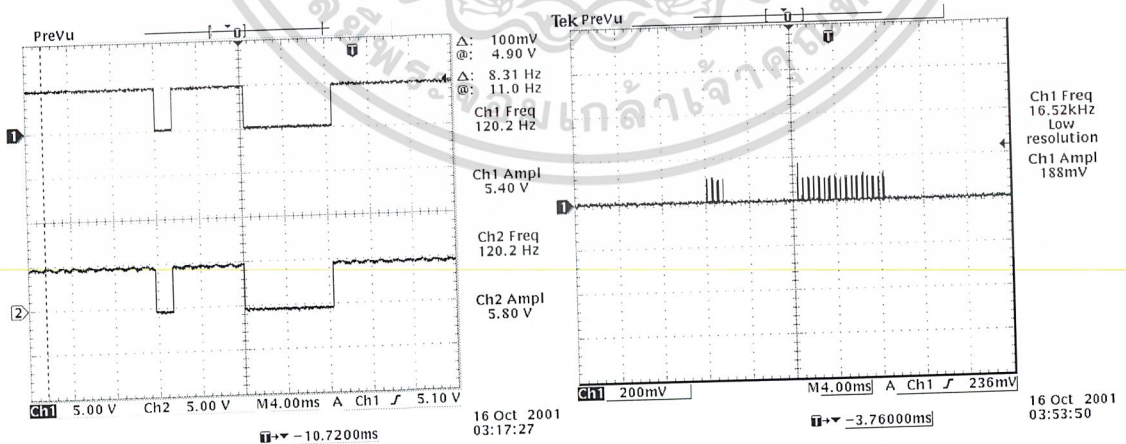
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.11 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม 9

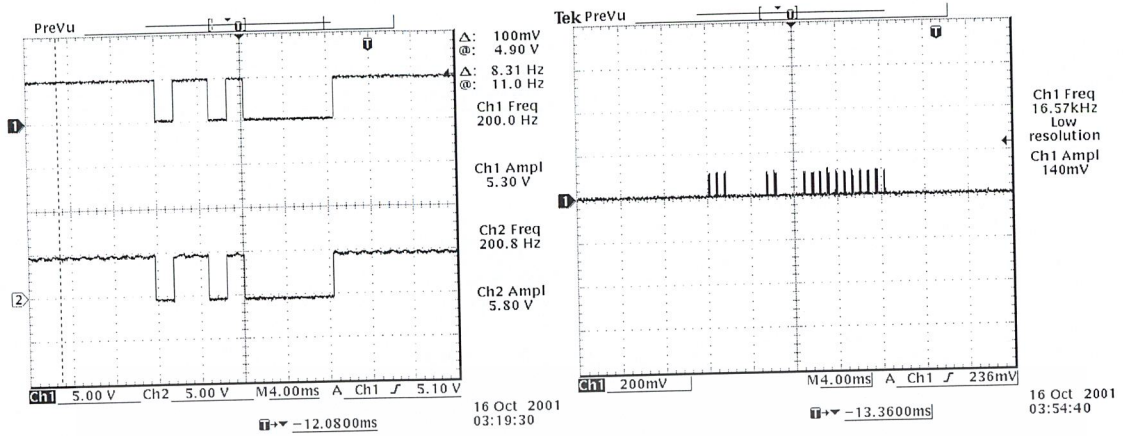


รูปที่ 9.12 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม A



รูปที่ 9.13 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

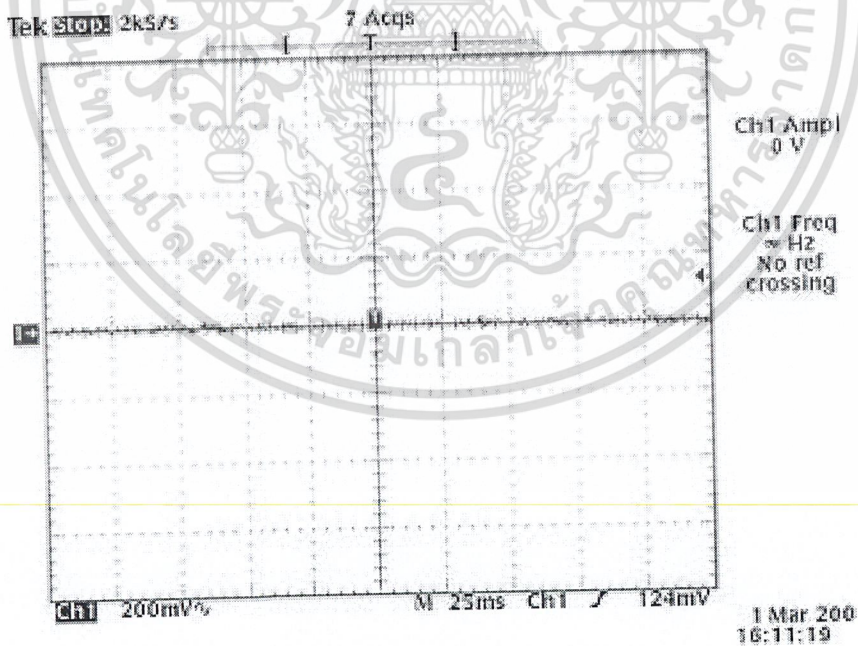


รูปที่ 9.14 แสดงสัญญาณที่จุดต่างๆเมื่อทำการกดปุ่ม OFF

9.1.2 ผลการทำงานของชุดควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์และการตรวจสอบสถานะ

ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตในขณะที่เปิดและปิด และสัญญาณบอกสถานะเมื่อมีการ

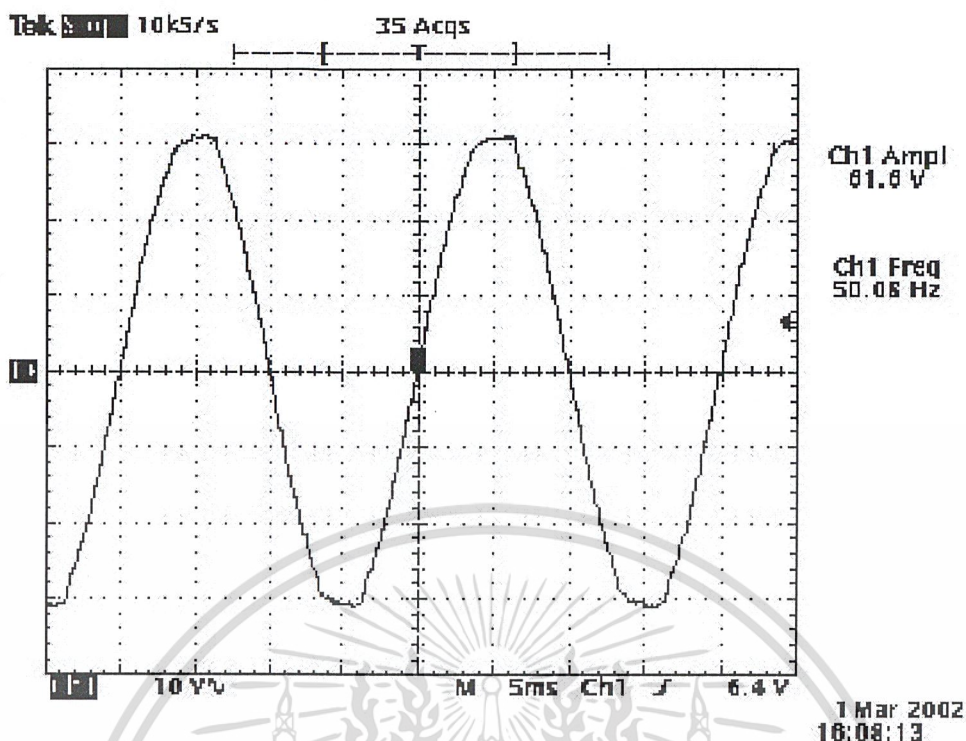
ต่อโหลด



รูปที่ 9.15 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิทซ์กรณีสปิด

(0 Vpp) แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ชุดกล่องสวิทซ์ขณะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.16 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งกรณีเปิด
($61.6 \times 10 \text{ Vpp}$, 50.08 Hz)

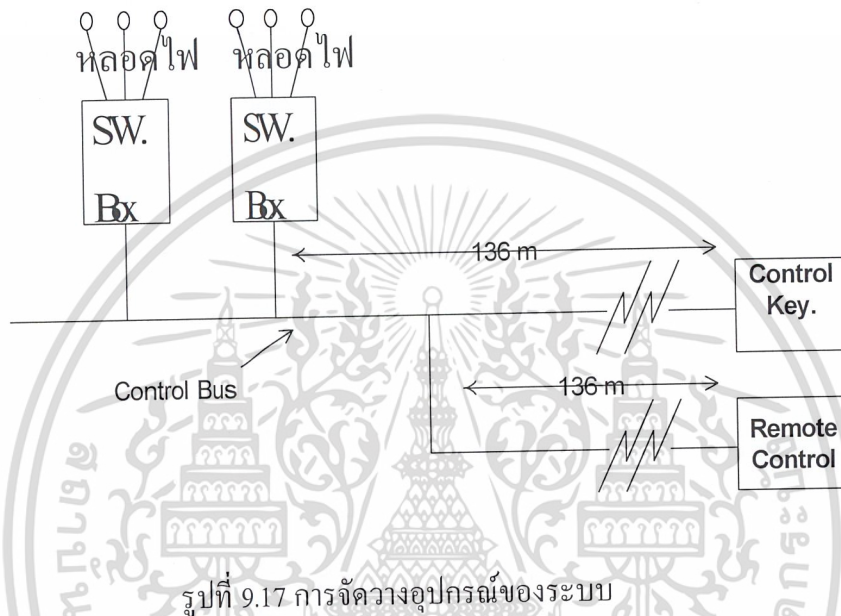
9.1.3 การทดลองผลการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

การทดลองเพื่อให้ทราบถึงผลการทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ตรงตามคุณสมบัติ (specification) ที่กำหนดไว้จากขั้นตอนการออกแบบ

ซึ่งการออกแบบในตอนนี้ได้เน้นถึงการออกแบบส่วนการทำงานในการสื่อสารกันระหว่างชุดควบคุมกับชุดกล่องสวิตซ์ และการออกแบบโปรโตคอล การสื่อสารเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติที่กำหนด ดังนั้นในส่วนวงจรที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เพื่อเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นได้เลือกใช้รีเลย์ทำหน้าที่แทนสวิตซ์ และใช้หลอดไฟชนิดหลอดไส้ ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ เป็นกรณีศึกษาเพื่อแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

9.1.3.1 วิธีการทดลอง

ทดลองโดยใช้ชุดคีย์บอร์ดควบคุมจำนวน 1 ชุด ชุดรีโมทคอนโทรล 1 ชุดและชุดกล่องสวิตซ์จำนวน 2 ชุด ส่งสัญญาณควบคุมผ่าน Control Bus ซึ่งเลือกใช้สาย Unshielded Twist Pair (UTP) ชนิด 4 คู่สาย ชนิด Category 5 , 24 AWG ความยาว 136 เมตร และใช้หลอดไฟชนิดหลอดไส้ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ จำนวน 10 หลอด ต่อเข้ากับพอร์ตเอาต์พุตของกล่องสวิตซ์ซึ่งโดยมีลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 9.17 ดังนี้



ชุดกล่องสวิตซ์ซึ่งได้ออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hard ware) ให้สามารถเลือกกำหนดเป็นชุดกล่องสวิตซ์สำหรับ Mode การทำงานต่างๆ ได้แก่ ชุดกล่องสวิตซ์แบบ #11 , #12 , #21 , #22 , #31 และ #32 ได้โดยง่ายจากการเลื่อน ดิพสวิตซ์ ที่ พอร์ต 2.0 , 2.1 และ 2.2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นจึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองโดย

ชุดการทดลองที่ 1 เลือกกำหนดให้เป็นชุดกล่องสวิตซ์แบบ #11 , #21 และ #31
ชุดการทดลองที่ 2 เลือกกำหนดให้เป็นชุดกล่องสวิตซ์แบบ #12 , #22 และ #32
ซึ่งในแต่ละชุดการทดลอง มีรายละเอียดการทดลองเหมือนกัน ดังที่กล่าวมาแล้ว

๑.๑.๒ ผลการทดลอง

การทดลองในการจัดวางอุปกรณ์ และการเลือกกำหนดชุดกล่องสวิตซ์ิ่ง มีผลการทำงานของระบบ HPPBX เหมือนกัน ดังนี้

1. เมื่อเริ่มเปิดเครื่องของชุดคีย์บอร์ดควบคุมสามารถทำงานเปลี่ยนแปลงค่าสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นค่าปัจจุบัน ได้ถูกต้อง(Update Electrical Appliances Status) ทุกตำแหน่ง
2. สามารถควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้าได้ในตำแหน่งที่ถูกต้องกับการกดเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ จากชุดคีย์บอร์ดควบคุม การเปิดหรือปิดหลอดไฟใช้เวลาหลังจากการกดปุ่ม 2 วินาที โดยการกดเลือกเพื่อเปิดหรือปิดหลอดไฟในตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำได้ครบทุกตำแหน่งแถบอุปกรณ์ (Mode การทำงาน) อย่างอิสระต่อกัน
3. การแสดงผลสถานะการเปิดปิดของหลอดไฟ ที่แสดงทางหลอด LED ของชุดคีย์บอร์ดควบคุม และชุดรีโมทคอนโทรลแสดงผลได้ถูกต้องตรงกันและใช้เวลาในการแสดงผล ได้พร้อมกันกับการเปิดหรือปิดของหลอดไฟ
4. เมื่อมีการกดปุ่มใดๆแล้วชุดคีย์บอร์ดควบคุมทำงานไม่ตอบสนองต่อการกดปุ่มสังเกตได้จากหลอด Busy LED ติดตลอดเวลา สามารถแก้ไขให้สามารถทำงานได้เป็นปกติโดยการกดปุ่มนั้นซ้ำหรือกดปุ่มตำแหน่งอุปกรณ์ซ้ำ ซึ่งการกลับมาทำงานได้เป็นปกติสังเกตจากหลอด Busy LED ดับ
5. การกดปุ่มของชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพื่อไม่ให้มี การไม่ตอบสนองต่อการกดปุ่มนั้น ทำได้โดยเว้นช่วงเวลาในการกดปุ่มแต่ละปุ่มเป็นเวลามากกว่า 3 วินาที

บทที่ 10

สรุปผลการทดลอง คุณสมบัติของระบบ และ แนวทางในการพัฒนา

10.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบสำหรับการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน สามารถทำงานได้ตรงตามคุณสมบัติที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะแสดงคุณสมบัติของระบบ ที่สามารถทำงานได้ในหัวข้อ 10.2 และระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานมีความสะดวก และความปลอดภัยมากขึ้นในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และระบบ ไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน มีความยืดหยุ่นในการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติมได้มากกว่าและเป็นระบบต้นแบบที่สามารถพัฒนาเพิ่มการทำงานของระบบได้ในอนาคต

10.2 คุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

1. ระบบ 1 ระบบ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 36 อุปกรณ์
2. ระบบ ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่
 - ชุดควบคุม (Control Unit)
 - ชุดกล่องสวิตซ์ (Switching Box)
3. การสื่อสารในระบบ ใช้โปรโตคอลการสื่อสารแบบเฉพาะของระบบ
4. ระบบ สามารถนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใช้งานภายในบ้าน และสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดกระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส กระแสไฟฟ้าสูงสุด 5 A
5. การสื่อสารผ่านสาย Control Bus สามารถใช้สายโทรศัพท์หรือสายทวิสเตอร์ (Twist Pair) ขนาด 2 คู่สาย (4 x 0.2 mm) 24 AWG ได้ในความยาวครอบคลุมพื้นที่การใช้งานภายในบ้าน
6. การทำงานในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยการควบคุมเปิดปิดโดยการเลือกกดปุ่มคีย์บอร์ดหรือจาร์โมทคอนโทรลได้อย่างอิสระ ได้สูงสุด 36 อุปกรณ์
7. มีการแสดงผลสถานะการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆด้วยหลอด LED ที่ชุดคีย์บอร์ดควบคุม และ 7-Segment ที่ชุดรีโมทคอนโทรล โดยการแสดงผลเปลี่ยนแปลงตามค่าสถานะปัจจุบันและเหมือนกันทุกชุดคีย์บอร์ดควบคุม
8. ระบบ 1 ระบบสามารถกำหนดเลือกใช้งานจำนวนของชุดกล่องสวิตซ์ได้ไม่เกิน 6 ชุด
9. ชุดกล่องสวิตซ์ 1 ชุดสามารถเลือกกำหนดให้ทำงานได้ทุกตำแหน่ง (Mode การทำงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ HPPBX

1. พัฒนาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยวิธีการอื่นได้แก่
 - การควบคุมผ่าน Internet
 - การควบคุมผ่าน โทรศัพท์
 - การควบคุมโดยใช้ชุดตั้งเวลาการเปิดปิด (Timer Switch)
 - การควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
 - การควบคุมการโทรศัพท์ออกไปยังเลขหมายปลายทางอัตโนมัติ เช่น การโทรศัพท์ไปสถานีตำรวจ หรือ สถานีดับเพลิง เป็นต้น
2. พัฒนาระบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากกว่า 36 อุปกรณ์
3. ศึกษาเรื่องความยาวของสาย Control Bus สูงสุดที่ระบบจะสามารถทำงานได้
4. ศึกษาเรื่องการรวมสัญญาณข้อมูล (data signal) เข้ากับไฟเลี้ยงวงจร เพื่อลดจำนวนของสาย Control Bus ให้เหลือ 1 คู่สาย (2 x 0.8 mm) เพื่อลดค่าใช้จ่าย
5. พัฒนาให้ระบบ สามารถนำไปใช้กับอาคาร (Building) และสำนักงาน (Office) ได้
6. พัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ต่อไป

10.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังอัจฉริยะในบ้าน

1. การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทำได้สะดวก โดยผู้ใช้สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกตำแหน่งอุปกรณ์ภายในบ้านจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพียง 1 ชุด เช่น
 - การตื่นนอนตอนเช้าหรือก่อนเข้านอน ไม่ต้องไล่ปิดสวิทซ์ทีละจุดเพราะสามารถกดเลือกจากชุดคีย์บอร์ดควบคุมในห้องนอนได้เลย
 - กรณีอยู่ชั้นบนของบ้านต้องการเปิดหรือปิดหลอดไฟที่ชั้นล่างสามารถกดเลือกจากชุดคีย์บอร์ดได้เลยไม่ต้องเดินไล่ปิดทีละจุด
 - เมื่อทำธุระในห้องครัวเสร็จแล้วถ้าลืมปิดไฟหรือเครื่องดูดอากาศสามารถกดเลือกได้จากชุดคีย์บอร์ดควบคุมทุกชุด โดยไม่ต้องเดินกลับมาปิดในห้องครัวอีกครั้ง

เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปกติ ถ้าต้องการให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับระบบ สามารถทำได้โดยการติดตั้งจำนวนสวิทซ์เพิ่มซึ่งการติดตั้งเพิ่มในแต่ละครั้งจะมีเรื่องปริมาณความยาวของสายไฟที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากและปริมาณของสวิทซ์ที่ติดตั้งทำได้จำนวนจำกัด เนื่องจากความซับซ้อนของสายไฟที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านและการติดตั้งสวิทซ์แต่ละครั้งต้องเจาะกำแพงซึ่งทำได้ไม่สะดวก แต่สำหรับระบบ นั้นได้เดินสาย Control

Bus เชื่อมต่อกันของทุกอุปกรณ์ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบทุก

เอกสาร Bus ทั้งหมด อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ และ เมื่อมีความต้องการติดตั้งชุดคีย์บอร์ดควบคุมเพิ่มเติมสามารถทำได้โดยง่ายเพราะไม่ต้องเจาะกำแพงเพิ่ม สาย Control Bus เป็นสายขนาดเล็กกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำไม่เป็นอันตราย

2. สามารถป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้จากการใช้งานชุดคีย์บอร์ดควบคุมเนื่องจากเป็นกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์
3. ระบบได้ออกแบบสร้างระบบการสื่อสารและการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครอบคลุมทุกอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วบริเวณบ้าน ดังนั้นระบบที่สนับสนุนต่อการพัฒนาการควบคุมด้วยการสื่อสารหรือเซนเซอร์ตรวจจับแบบอื่นๆสามารถพัฒนาเข้ามาใช้งานร่วมได้โดยง่าย เพียงการใช้โปรโตคอลที่ตรงกับ ของระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รายการอุปกรณ์

1.1 รายการอุปกรณ์ของรีโมทคอนโทรล

Resister

R ₁ -R ₃	4.7kΩ
R ₄	2kΩ
R ₅	1kΩ
R ₆	200Ω
R ₇	180Ω
R ₈	4.7kΩ
R ₉	8.2kΩ
R ₁₀	100Ω

Capacitor

C ₁	1μF
C ₂ -C ₃	0.01μF
C ₄	10μF
C ₅ -C ₆	30pF

IC

U ₁	LM555
U ₂	7805
U ₃ (A,B,C,D)	HD74LS00
U ₄	AT89C2051

Transistor

Q ₁	2N3904
----------------	--------

อื่นๆ

Crystal Oscillator 12 MHz

หลอดส่ง Infrared 2 หลอด

Switchกดติดปล่อยดับ 12 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 รายการอุปกรณ์ของตัวรับ(Receiver)

Resister

R_1-R_8	220Ω
R_9,R_{14}	470Ω
$R_{10}-R_{12}$	$10k\Omega$
R_{13}	$8.2k\Omega$

Capacitor

C_1	$1\mu F$
C_2	$10\mu F$
C_3,C_4	$30pF$

IC

U_1	AT89C2051
$U_2(A,B,C,D)$	DM74LS02
U_3	TSOP4838
U_4	7805
U_5	SN75176

Transistor

Q_1-Q_3	2N3904
-----------	--------

อื่นๆ

Crystal Oscillator 12MHz

LED(red)

LED(green)

7-Segment(Common cathode) 3ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 รายการอุปกรณ์ของ ชุดคีย์บอร์ดควบคุม(Control Keyboard)

Resister

R ₁ -R ₃	1kΩ
R ₄	100Ω
R ₅	8.2kΩ
R ₆ -R ₇	470Ω

Capacitor

C ₁	1uF
C ₂ -C ₃	30pF

IC

U ₁	AT89C51
U ₂	SN75176
U ₃	7805

อื่นๆ

Crystal Oscillator 12MHz
LED(red)
LED(green)
LED(yellow)
สวิตช์กดติดปล่อยดับ
Connector 4 ขาแบบนอน

1.4 รายการอุปกรณ์ของชุดทดลองสวิตชิง

Resister

$R_1-R_6, R_{13}-R_{16}$	$1k\Omega$
R_7-R_{12}	100Ω
R_{17}	$8.2k\Omega$
$R_{18}-R_{19}$	470Ω

Capacitor

C_1-C_2	$30pF$
C_3	$1\mu F$
C_4	$10\mu F$
C_5-C_{10}	$100\mu F$

IC

U_1	AT89C51
U_2	SN75176
U_3	74HC14
U_4	ULN2003
U_5-U_{10}	4N35

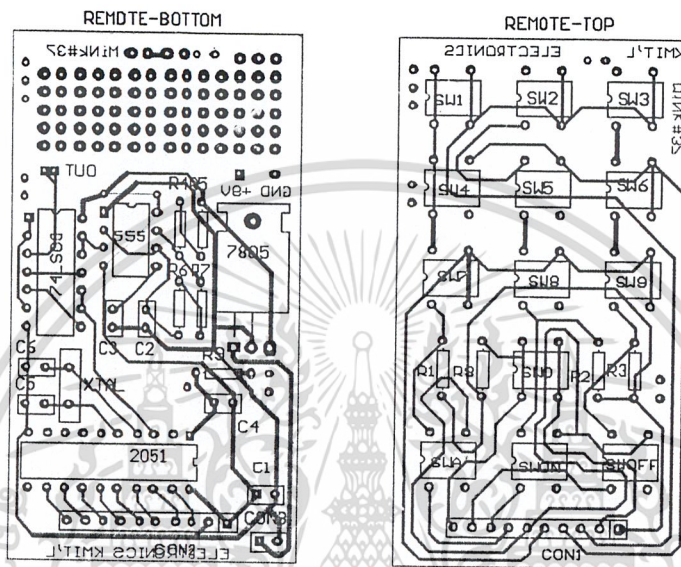
อื่นๆ

B_1-B_6	Bridge Diode 1A
D_1-D_{36}	Diode rectify 6A
Crystal Oscillator 12MHz	
LED(red)	
LED(green)	
DIP Switch 4 ขา	
Fuse 5A	

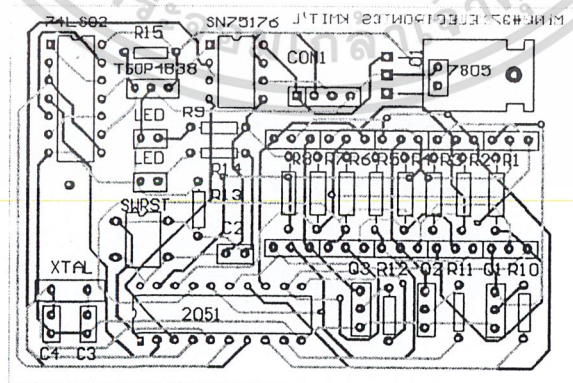
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายวงจร

2.1 การวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายวงจรของรีโมทคอนโทรล

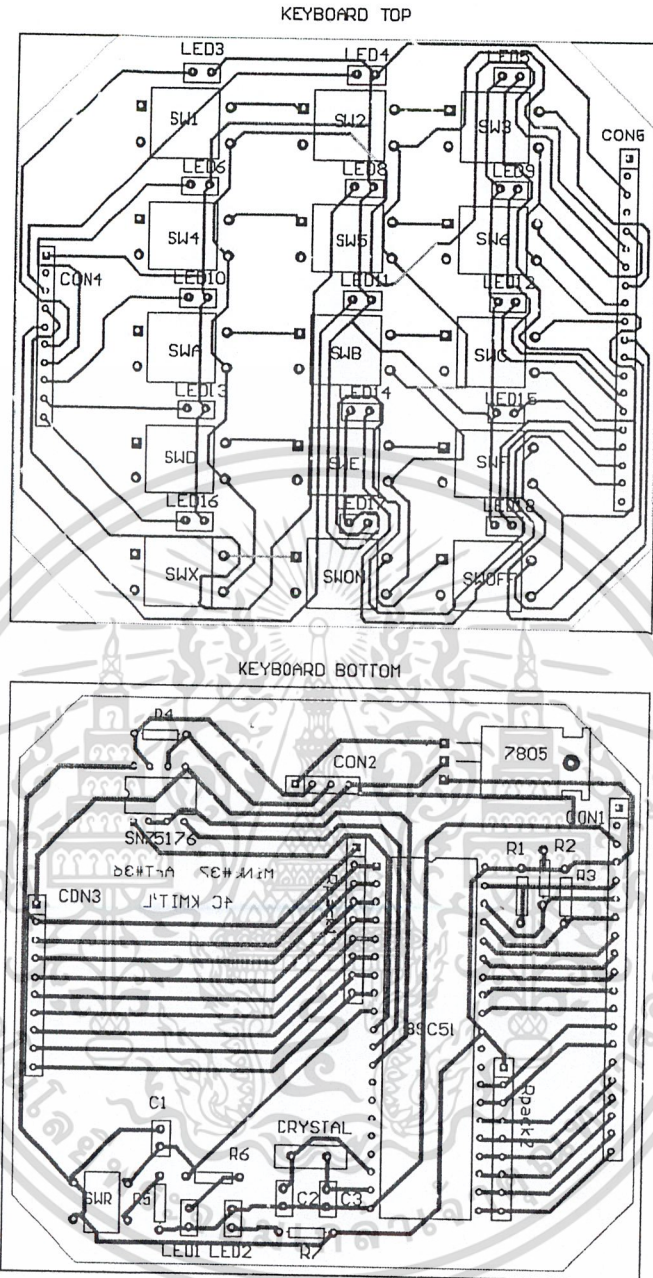


2.2 การวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายวงจรของตัวรับ(Receiver)

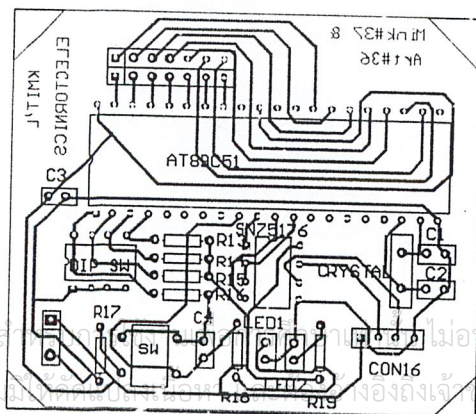


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

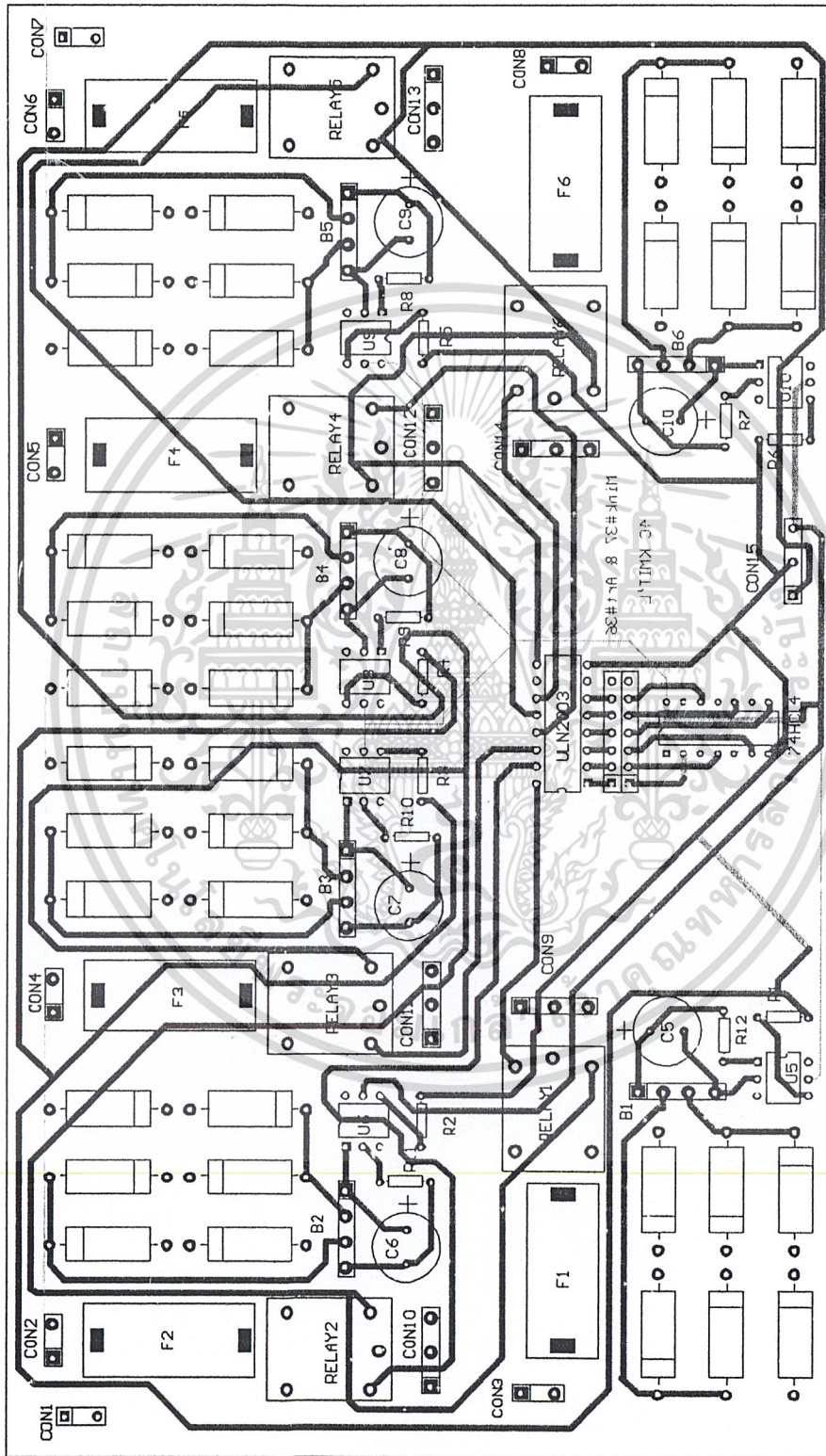
2.3 การวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายวงจรของชุดคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์



2.4 การวางตำแหน่งอุปกรณ์และลายวงจรของชุดกล่องสวิตซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

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

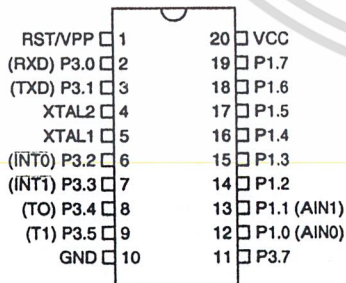
Description

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

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

Pin Configuration

PDIP/SOIC



8-bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

AT89C2051

Rev. 0368E-02

LM555 Timer

General Description

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

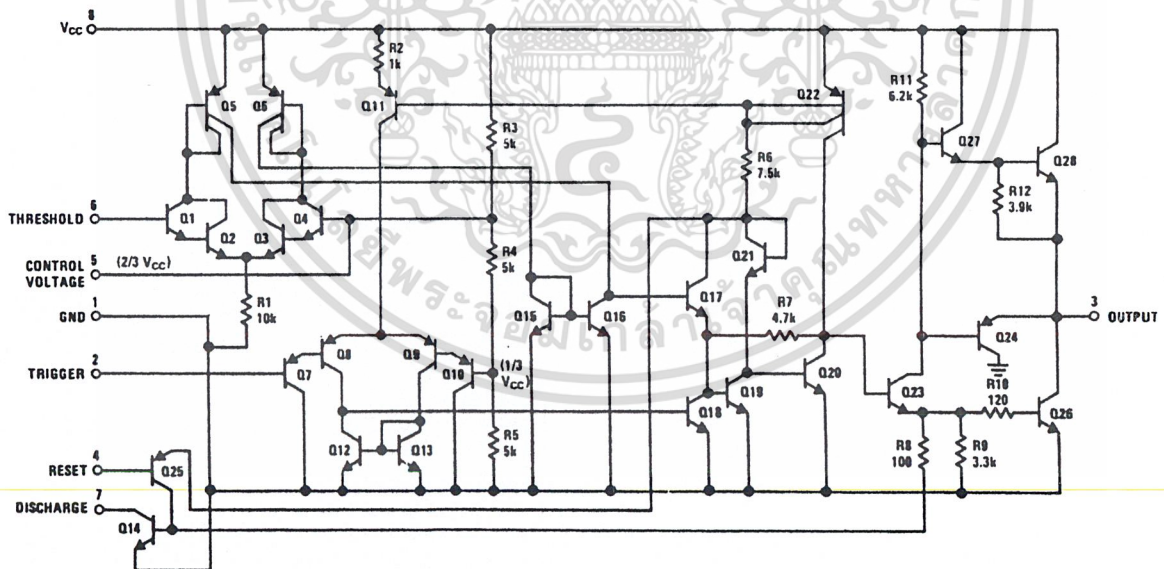
Features

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

Applications

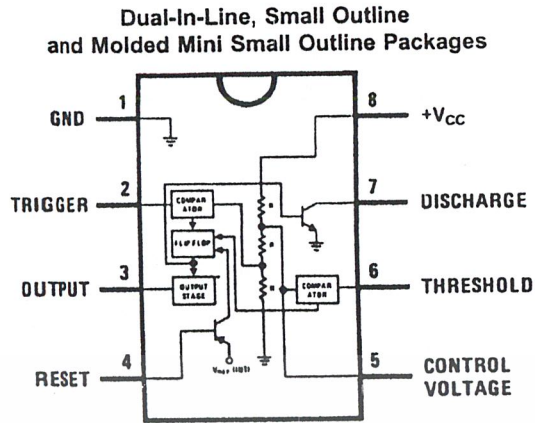
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



DS007851-1

Connection Diagram



DS007851-3

Top View

Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

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

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

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

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

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

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)

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

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{SINK} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{SINK} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 8\text{mA}$		0.25	0.35	V
	$I_{SOURCE} = 5\text{mA}$				
	$I_{SOURCE} = 200\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
Rise Time of Output	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Fall Time of Output			100		ns
			100		ns

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

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

Note 3: For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (S0-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.

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

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

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

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

Note 8: Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

54LS00/DM54LS00/DM74LS00 Quad 2-Input NAND Gates

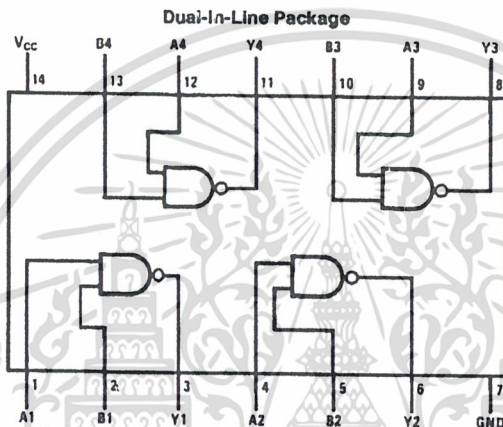
General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic NAND function.

Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS00) is available. Contact a National Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

Connection Diagram



TL/F/6439-1

Order Number 54LS00DMQB, 54LS00FMQB, 54LS00LMQB, DM54LS00J, DM54LS00W, DM74LS00M or DM74LS00N
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

Function Table

$$Y = \overline{AB}$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = High Logic Level
L = Low Logic Level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note)

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54LS and 54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS00			DM74LS00			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			4			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max, V _{IL} = Max	DM54 2.5	3.4		V
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max, V _{IH} = Min	DM54 0.25	0.25	0.4	V
			DM74 0.35	0.35	0.5	
		I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min	DM74 0.25	0.25	0.4	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.36	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 2)	DM54	-20	-100	mA
			DM74	-20	-100	
I _{CCH}	Supply Current with Outputs High	V _{CC} = Max		0.8	1.6	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs Low	V _{CC} = Max		2.4	4.4	mA

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	3	10	4	15	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	10	4	15	ns

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54LS02/DM54LS02/DM74LS02 Quad 2-Input NOR Gates

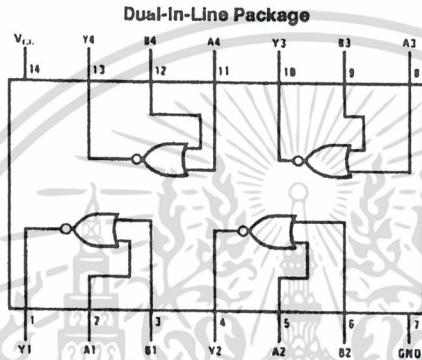
General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic NOR function.

Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS02) is available. Contact a National Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications

Connection Diagram



TL/F/6441-1

Order Number 54LS02DMQB, 54LS02FMQB, 54LS02LMQB, DM54LS02J, DM54LS02W, DM74LS02M or DM74LS02N
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

Function Table

$$Y = A + B$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

H = High Logic Level
L = Low Logic Level

Absolute Maximum Ratings (Note)

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54LS and 54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS02			DM74LS02			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			4			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max, V _{IL} = Max	DM54 2.5 DM74 2.7	3.4		V
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max, V _{IH} = Min	DM54 DM74	0.25 0.35	0.4 0.5	V
		I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min	DM74	0.25	0.4	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.40	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 2)	DM54 -20 DM74 -20		-100 -100	mA
I _{CCH}	Supply Current with Outputs High	V _{CC} = Max		1.6	3.2	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs Low	V _{CC} = Max		2.8	5.4	mA

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output		13		18	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output		10		15	ns

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลง ได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายๆฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมสนับสนุน ช่วยเหลือและแนะนำในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ รศ. อธิรัชชัย อรุณศรีแสงไชย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ ที่ได้เสียสละเวลา ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนห้องทดลองและการทำงาน ให้การทำโครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้คอยสนับสนุนและกำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ห้อง A-404 ที่ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและกำลังใจเสมอมา

สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำโครงการในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พงศ์สิน ลัคนากุล
พร้อมพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์

เอกสารอ้างอิง

1. รศ. สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ , 2543
2. ประเมษฐ์ ประณยานันท์ , ปิยพงศ์ เผ่าวณิช , คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , กรุงเทพฯ , 2536
3. รีโมทคอนโทรล เครื่องควบคุมไร้สาย , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , กรุงเทพฯ , 2538
4. Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Digital systems principles and applications 7th edition, USA : Prentice – Hall International, Inc, 1998.
5. Manny Soltero , Jing Zhang and Chris Cockrill, 422 and 485 Standards Overview and System Configurations Application Report, Texas Instruments Incorporated, USA, 2000.
6. Siemens AEP, Siemens instabus Intelligent solutions for present and future buildings Handbook, Siemens Advanced Engineering Pte, Ltd, Germany, 2000.