สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มินิ พีแอลซี

Mini PLC

โดย

นายนรินทร์ ศรีกุลวงศ์

นายศรายุทธ ทารถ

นายอนุวัฒน์ แซ่โค้ว

เลขหมู่ 83063
วัน,เดือน,ปี - 5 ส.ค. 2551

b 11924215
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mini PLC

BY

Mr. NARIN SREEKULWONG

Mr. SARAYOOT TAROJ

Mr. ANUWAT SEAKHOW

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF CONTROL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	มินิ พีแอลซี
ชื่อนักศึกษา	นายนรินทร์ ศรีกุลวงศ์ รหัสนักศึกษา 48015292
	นายศรายุทธ ทารถ รหัสนักศึกษา 48015311
	นายอนุวัฒน์ แซ่โค้ว รหัสนักศึกษา 48015319
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบควบคุม
ปีการศึกษา	2550

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....

(รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

อาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มินิ พีแอลซี

โดย
นายนรินทร์ ศรีกุลวงศ์ 48015292
นายศรายุทร ทารถ 48015311
นายอนุวัฒน์ แซ่โค้ว 48015319

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการสร้าง พีแอลซีขนาดเล็ก หรือมินิพีแอลซี ซึ่งมีหลักการประกอบด้วยการ นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89S8253 มาควบคุมการทำงานทั้งหมดของมนพีแอซีที่ได้นำเสนอ ซึ่งเป็นทางเลือกในการลดค่าใช้จ่ายในการนำ PLC มาใช้ซึ่งมีราคาสูงมาก สำหรับการทำงานของ มินิ พีแอลซีที่นำเสนอ นั้นได้ใช้ ไอซีเบอร์ 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันเพื่อส่งแรงดันไปยังออปโต คัปเปลอร์ เบอร์ LTV 847 ทำการเลือกสัญญาณ จากนั้นจึงทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งออก ไปยังเอาต์พุต ผ่านทางรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MINI PLC

By

Mr. Narin	Sreekulwong	48015292
Mr. Sarayoot	Taroj	48015311
Mr. Anuwat	Seakhow	48015319

Advisor

Mr. Worrapong Tangsrirut

Academic Year 2007

Abstract

This thesis a present application of Mini PLC, Operation is microcontrollers working with Programmable Logic Control is alternative saving in PLC, we use IC 7805 regulator connect with Optocoupler LTV847 and processor with microcontrollers after that drive to Output by Relay connect to microcontrollers MCS-51 AT89S8253 controlled Mini PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เพราะความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านผู้ทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ ๆ ของผู้จัดทำที่ให้การอุปการะและเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำเสมอมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธ์ ประสาท วิชาความรู้ ให้คำแนะนำและแนวทางในการปฏิบัติตนแก่ผู้จัดทำเสมอมา

ขอขอบคุณ รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำที่ดี คอยเสนอแนะสิ่งต่างๆ และยังเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและคำแนะนำโดยดีและหาข้อมูลใหม่ๆมาช่วยในการทำปริญญานิพนธ์ และสุดท้ายผู้จัดทำขอขอบคุณ ความ พยายาม ความมานะอุสาหะโดยไม่ย่อท้อต่องาน ของผู้จัดทำเอง จนทำให้ได้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นายนรินทร์ ศรีกุลวงศ์

นายศราวุทธ ทารถ

นายอนุวัฒน์ แซ่โค้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 PLC (Programmable Logic Control)	6
2.3 ความหมายของ PLC	7
2.4 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC	7
2.4.1 ตัวประมวลผล (CPU)	8
2.4.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)	9
2.4.3 ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I / O Unit)	9
2.4.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	10
2.4.5 อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 โครงสร้างและส่วนประกอบของ PLC	11
2.5.1 ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์	11
2.5.2 ส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์	11
2.6 แผนผังการใช้ PLC	13
2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3	14
2.7.1 LD (Ladder diagram)	14
2.7.2 FBD (Function block diagram)	14
2.7.3 IL (Instruction list)	14
2.7.4 ST (Structure text)	14
2.7.5 SFC (Sequential function chart)	15
2.8 ลักษณะและข้อดีของ PLC	15
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	16
2.10 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์	18
2.10.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit)	18
2.10.2 หน่วยความจำ (MEMORY)	18
2.10.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)	18
2.10.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)	19
2.10.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	19
2.11 พอร์ตขนาน	20
2.11.1 ลักษณะของสัญญาณ	21
2.11.1.1 DATA PORT	21
2.1.1.2 STATUS PORT	22
2.12.11.1.3 CONTROL PORT	23
2.11.2 รูปแบบการติดต่อผ่านทางพอร์ตขนาน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	25
3.1 หลักการทำงานของ มินิ พีแอลซี	25
3.2 อินพุตและเอาท์พุต	26
3.2.1 อินพุต	26
3.2.2 ส่วนที่เลือกสัญญาณ Input	27
3.2.3 ส่วนที่เลือกสัญญาณ Output	27
3.2.4 เอาท์พุต	28
3.3 ออปโต้คัปเปลอร์ (Optocoupler)	28
3.4 หน่วยประมวลผลกลาง	31
3.4.1 โครงสร้าง	31
3.4.2 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์	32
3.4.3 การจัดวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์	33
3.344 การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	34
3.4.5 โครงสร้างหน่วยความจำ สำหรับ MCS-51	37
3.5 รีเลย์	40
3.5.1 โครงสร้างภายในของรีเลย์	42
3.5.2 หลักการทำงานของรีเลย์	43
3.5.3 ตำแหน่งขาของรีเลย์	44
3.6 วงจรทั้งหมดของ มินิ พีแอลซี	45
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	47
4.1 กล่าวนำ	47
4.2 ผลการทดลองที่ 1	48
4.3 ผลการทดลองที่ 2	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการทดลองที่ 3	50
4.5 ผลการทดลองที่ 4	51
4.6 ผลการทดลองที่ 5	52
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	54
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	54
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์	54
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต	55
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการทำงานของ มินิ พีแอลซี	4
2.2 ลักษณะโครงสร้างของ PLC	8
2.3 ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ของ PLC	11
2.4 ส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์ของ PLC	11
2.5 แผนผังการใช้ PLC	13
2.6 แผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน	23
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ มินิ พีแอลซี	25
3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันที่ 5 โวลต์	26
3.3 การจัดวางอุปกรณ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟ	27
3.4 การวางอุปกรณ์ของ ULN 2003A	28
3.5 วงจรออปโต้คัปเปลอร์พื้นฐาน	29
3.6 วงจรออปโต้คัปเปลอร์ที่ใช้ใน มินิ พีแอลซี	30
3.7 รูปคลื่นในการสวิตช์ของ Optocoupler โดยทั่วไป	30
3.8 โครงสร้างภายในของ AT89S8253	31
3.9 การจัดวางขาของ AT89S8253	32
3.10 การวางอุปกรณ์ในภาคไมโครคอนโทรลเลอร์	34
3.11 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	35
3.12 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51	38
3.13 การต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	38
3.14 แผนผังโปรแกรม AT89S8253	39
3.15 รีเลย์ ที่ใช้ทั่วไป	40
3.16 สัญลักษณ์ของรีเลย์	40
3.17 หน้าสัมผัสหลัก	41
3.18 การทำงานของรีเลย์ในมินิ พีแอลซี	42
3.19 รีเลย์แบบปกติปิด	42
3.20 รีเลย์แบบปกติเปิด	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

3.21 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 44

3.22 ขาต่างๆ ของรีเลย์ 44

3.23 แผงวงจรของ มินิ พีแอลซี 45

3.24 วงจรสมบูรณ์ของ มินิ พีแอลซี 46

4.1 แผนผังการทำงาน มินิ พีแอลซี 47

4.2 กราฟฟิกในการควบคุม 52

4.3 กราฟฟิกแสดงการทำงานของลิฟต์ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การทำงานของแต่ละบิตใน DATA PORT	21
2.2 การทำงานของแต่ละบิตใน Status Port	22
2.3 การทำงานของแต่ละบิตใน Control Port	23
2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน	24
3.1 ตารางตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน	35
3.2 พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH	37
4.1 การตอบสนองต่อ Input ของ Output	48
4.2 การทดสอบทางตรรกะ	49
4.3 ผลการทดลอง Counter/Timer	50
4.4 การทดลองจากโปรแกรม Visual Basic	51
4.5 การทดลองการทำงานของลิฟต์	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่า การผลิตสินค้าจะต้องผ่านกระบวนการในการผลิตหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความยุ่งยากที่จะใช้บุคลากรควบคุมการทำงานทั้งหมด อีกทั้งยังมีการแข่งขันสูงในด้าน ความรวดเร็ว ปริมาณ ประสิทธิภาพ การใช้แรงงานมนุษย์มาทำงานกระบวนการแบบซ้ำๆ ทำให้เกิดความเมื่อยล้า งานที่ได้ล่าช้า และอาจผิดพลาดขึ้นได้ PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถควบคุมการทำงานของกระบวนการแบบซ้ำๆ และเป็นอัตโนมัติได้ แทนการใช้แรงงานมนุษย์ ซึ่ง PLC หมายถึง อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งภายในมีไมโครคอมพิวเตอร์เป็นมันสมองสั่งงาน และมีส่วนที่เป็น อินพุต ซึ่งสามารถรับค่าจากตัววัดค่าต่างๆ ที่เราเรียกว่า เซ็นเซอร์ และนำสัญญาณเข้าไปประมวลผลในส่วนสมองสั่งงาน และส่งค่าเอาต์พุต ออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายของการควบคุมของเรา เราสามารถควบคุมกระบวนการได้โดยง่าย เพียงป้อนโปรแกรมสั่งงานเข้าผ่านเข้าไปในตัว PLC โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เหมือนวงจรรีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับที่เคยใช้กันปกติเมื่อกดปุ่มบังคับให้ PLC เริ่มทำงานมักจะทำงานได้เหมือนกับวงจรรีเลย์อย่างน่าอัศจรรย์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งาน PLC สำหรับสายการผลิตมีอยู่มากมายในการควบคุมระบบการผลิตอัตโนมัติในอุตสาหกรรม เช่น การตรวจสอบฉลากและฝาของบรรจุภัณฑ์ กระบวนการบรรจุของเหลว และกระบวนการผสมสาร เป็นต้น แต่ว่า PLC ในปัจจุบันราคาค่อนข้างสูงมาก ทำให้การใช้งาน PLC ส่วนใหญ่จึงใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ไม่สามารถซื้อมาใช้ในราคาย่อมเยา หรือว่าใช้ในงานทั่วๆไปได้ ซึ่ง PLC มีการทำงานที่ดี ทำให้เป็นที่ต้องการในงานต่างๆ มากมาย จึงมีความจำเป็นที่ต้องหาทางลดราคา PLC ให้ถูกลงเพื่อให้ใช้งานในงานที่ลงทุนไม่สูงมากได้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานของ PLC
2. เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ใน PLC
3. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบโครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้
4. เพื่อศึกษาและออกแบบ มินิพีแอลซี ต้นทุนต่ำ
5. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมการทำงานของ PLC และนำมาประยุกต์ใช้
6. เพื่อฝึกการปฏิบัติงานและฝึกการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาทดลองการใช้งานของ มินิ พีแอลซี โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการทำงานของ PLC และศึกษาการทำงานของวงจรในภาคต่างๆ ของวงจรภายในโดยศึกษาการทำงานของ รีเลย์ ที่ขับออกสำหรับส่งออกไป เอาต์พุต ของ มินิ พีแอลซี ให้ใช้งานได้ตามต้องการ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89S8253 ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดของ มินิ พีแอลซี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆเกี่ยวกับ PLC
2. ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ PLC
3. ทำการศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ศึกษาปัญหาต่างๆและนำทฤษฎีดังกล่าวมาใช้แก้ไขจุดบกพร่อง
5. ทดลองและบันทึกผลเกี่ยวกับวงจรในภาคต่างๆ
6. เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และทดลองโปรแกรม
7. นำโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์มาทดลองร่วมกับวงจรในภาคต่างๆและบันทึกผลการทดลอง
8. สรุปผลการทดลอง

1.5 เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเป็น 5 บท โดยแต่ละบทแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนๆ โดยในบทที่ 1 จะกล่าวถึง ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ และ ขั้นตอนการดำเนินงาน ส่วนในบทที่ 2 จะเป็นการทำงานของ PLC บทที่ 3 จะกล่าวถึงการทำงานของวงจรต่างๆใน มินิ พีแอลซี บทที่ 4 จะเป็นผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับ มินิ พีแอลซี และในบทที่ 5 จะเป็นส่วนของ บทวิจารณ์และสรุป ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ แนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

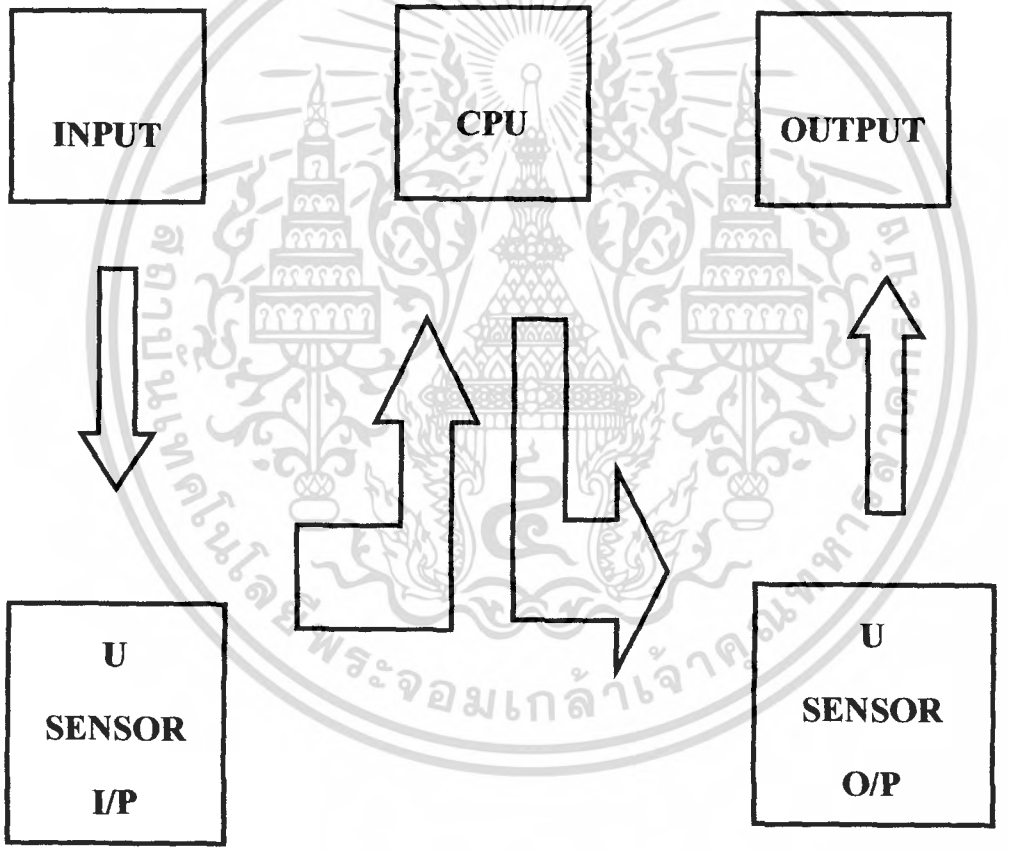
ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่า การผลิตสินค้าจะต้องผ่านกระบวนการในการผลิตหลายขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความยุ่งยากที่จะใช้บุคลากรควบคุมการทำงานทั้งหมด อีกทั้งยังมีการแข่งขันสูงในด้าน ความรวดเร็ว ปริมาณ ประสิทธิภาพ การใช้แรงงานมนุษย์มาทำงานกระบวนการแบบซ้ำๆ ทำให้เกิดความเมื่อยล้า งานที่ได้ล่าช้า และอาจผิดพลาดขึ้นได้ PLC เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถควบคุมการทำงานของกระบวนการแบบซ้ำๆ และเป็นอัตโนมัติได้ แทนการใช้แรงงานมนุษย์ ทำให้ลดค่าจ้างแรงงาน ลดต้นทุนการผลิตและสะดวกสบายในการบำรุงรักษาซ่อมแซม ซึ่ง PLC หมายถึงอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งภายในมีไมโครคอมพิวเตอร์เป็นมันสมองสั่งงาน และมีส่วนที่เป็น INPUT ซึ่งสามารถรับค่าจากตัววัดค่าต่างๆ ที่เราเรียกว่า เซ็นเซอร์ และนำสัญญาณเข้าไปประมวลผลในส่วนสมองสั่งงาน และส่งค่า OUTPUT ออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายของการควบคุมของเรา เราสามารถควบคุมกระบวนการได้โดยง่าย เพียงป้อนโปรแกรมสั่งงานเข้าผ่านเข้าไปในตัว PLC โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เหมือนวงจรรีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับที่เคยใช้กันปกติเมื่อกดปุ่มบังคับให้ PLC เริ่มทำงานมักจะทำงานได้เหมือนกับวงจรรีเลย์อย่างน่าอัศจรรย์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งาน PLC สำหรับสายการผลิตมีอยู่มากมายในการควบคุมระบบการผลิตอัตโนมัติในอุตสาหกรรม เช่น การตรวจสอบฉลากและฝาของบรรจุภัณฑ์ กระบวนการบรรจุของเหลว และกระบวนการผสมสาร เป็นต้น

PLC พัฒนามาจากการจำลองตู้ควบคุมดั้งเดิมที่ใช้ Relay Timer ลงใน Microchip และสามารถกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานผ่านภาษา Ladder ซึ่งใกล้เคียงกับวงจรควบคุมไฟฟ้า PLC ในยุคปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมแบบ อัตโนมัติ เช่น PID PD ฟังก์ชั่นการคำนวณที่หลากหลาย หรือแม้แต่ควบคุมตำแหน่งของเครื่องจักร (Motion Control) ซึ่งปรากฏบน PLC ขนาดกลางและใหญ่

การพัฒนาความเร็วประมวลผลซึ่งสูงกว่าหนึ่งล้านคำสั่งต่อวินาที และความสามารถตั้งความเร็วในการทำงานของฟังก์ชั่นบางชนิด เช่น Motion Control หรือ PID ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความมั่นใจว่าในกระบวนการควบคุมที่ซับซ้อนนั้น ส่วนที่ทำงานเร็วที่สุด เช่น แขนกล งานตรวจจับความเร็วสูง หรืองานที่มีความสำคัญสูง เช่น PID นั้น จะได้รับการตอบสนองอย่างทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนั้นก้าวหน้ารวดเร็วมาก ยิ่งในการควบคุมแล้วมีอยู่มากมายให้เลือกใช้โดยเฉพาะ PLC และไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากถ้าจะกล่าวถึงความแตกต่างระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ PLC ที่เด่นชัดที่สุดคือ รูปแบบการใช้งาน เพราะ PLC นั้นเป็นที่นิยมอย่างมากในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีความคงทนต่อการใช้งานสูง ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกใช้งานทั่วไป การที่ PLC ถูกนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจึงถูกออกแบบมาให้ใช้กับแรงดัน 24 โวลท์ การนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้เป็น PLC โดยหลักแล้วเป็นทางเลือกการลดต้นทุนในการนำ PLC มาใช้ในงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของโครงงาน มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC ในปัจจุบันได้พัฒนาอย่างสมบูรณ์ในแง่การเชื่อมโยงเครือข่ายไม่ว่าจะเป็น Ethenet Device Net หรือ Profibus ซึ่งเมื่อต่อเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายแล้ว ย่อมทำให้โรงงานสามารถเชื่อมโยงและส่อประสานการผลิตของเครื่องจักรทั้งหมดในโรงงาน การส่อประสานนั้นให้ประโยชน์สูงมาก โดยสามารถประยุกต์กับระบบ MES (Manufacturing Execution System) หรือเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผนกต่างๆ ในองค์กรPLC ได้รับความนิยมสูงสุดเนื่องจาก โครงสร้างไม่ซับซ้อน ประสิทธิภาพสูง ราคาย่อมเยาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบตั้งแต่งานควบคุมเครื่องจักรการลำเลียง การควบคุมคุณภาพ กระบวนการต่อเนื่อง (Continuous Process) ทั้งนี้ยังคงความทนทานตามมาตรฐานของ Industrial Grade ผู้ผลิต เช่น OMRON ยังมีผลิตภัณฑ์ เช่น จอ Touch Screen Servo Motors เพื่อสนองตอบความต้องการลูกค้าอย่างครบถ้วน

PLC เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่ายการนำ PLC มาใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้วิธีการควบคุมระบบเดิมๆ เช่น การควบคุมด้วยระบบรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hardwiredเมื่อมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานของเครื่องจักรนั้น จึงต้องเดินสายไฟฟ้าที่ควบคุมใหม่ แต่ถ้าใช้ระบบที่ควบคุมด้วย PLC แล้วการเปลี่ยนแปลง นี้ทำได้โดยเปลี่ยนโปรแกรมควบคุมเท่านั้นเอง นอกจากนี้ PLC ยังกินกระแสไฟน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยาย ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรข้อดีของ PLC คือใช้แทนการควบคุมที่ใช้รีเลย์ ซึ่งสะดวกเพราะเป็นระบบอิเลคทรอนิกส์และใช้การเขียนโปรแกรมทำนองเดียวกับคอมพิวเตอร์แทนการเดินสายไฟฟ้ามีหน่วย Input/Output แบบลอจิก (On/Off) และแบบอนาล็อก (Analog) จึงทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรได้ทุกชนิด และมีหน่วย Input/Output จำนวนมากมีทั้งขนาดเล็ก ขนาดใหญ่และราคาถูก PLC เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยวงจรอิเลคทรอนิกส์ที่เป็นโมดูลสามารถตรวจสอบด้วยตัวเองได้ เพราะฉะนั้นเมื่อเสียหายก็ทำได้โดยเปลี่ยนโมดูลเท่านั้น และ PLC สามารถตรวจสอบสภาวะ “On/Off” ของอุปกรณ์ภายนอกตามโปรแกรมได้ ทำให้สามารถตรวจหาข้อบกพร่องได้อย่างรวดเร็วมีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพสูง บำรุงรักษาและซ่อมแซมง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 PLC (Programmable Logic Control)

คำว่า PLC ย่อมาจาก Programmable Logic Controller เป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเลคทรอนิกส์ที่มีหน่วย ความจำในการเก็บ Program สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ หรือ เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ ซึ่งแต่เดิมได้คิดค้นขึ้นมาเพื่อ จุดประสงค์ในการนำมาใช้แทนวงจรควบคุมไฟฟ้าแบบ Relayในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวงจร Relay ดังกล่าว มีความยุ่งยากในการออกแบบ มีขนาดของวงจรที่ค่อนข้างใหญ่กินเนื้อที่ในการติดตั้งมาก หรือแม้กระทั่งการที่จะต้องเดินสายไฟจำนวนมาก (Hard Wired) ซึ่งในการในการใช้ PLC เข้ามาทดแทนก็จะสามารถลดปัญหาดังกล่าวลงได้

ประวัติความเป็นมา

อุปกรณ์ PLC ได้ถูกริเริ่มนำมาใช้โดยกลุ่มวิศวกรของ บริษัท General Motor ในปี ค.ศ. 1968 โดยที่ระบบมีข้อดี คือ

- ง่ายต่อการโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมทำได้ง่าย
- ง่ายต่อการบำรุงรักษาซ่อมแซม โดยใช้ลักษณะเป็นแบบ Plug-in module
- ระบบมีความเชื่อถือ และมีขนาดของอุปกรณ์ที่เล็กกว่าเมื่อเทียบกับระบบรีเลย์ ค่าใช้จ่าย น้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบรีเลย์

จากข้อดีดังกล่าว ทำให้ระบบ PLC มีผู้สนใจอย่างแพร่หลาย และความต้องการในการใช้งาน PLC ได้สูงขึ้นอย่างมาก ทำให้เทคโนโลยีในด้านนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จากวงจรตรรกะเบื้องต้นได้กลายมาเป็นคำสั่งอย่างง่ายๆ รวมทั้งพัฒนาต่อไปจนรวมถึง counter timer shift registers advance mathematical นอกจากนี้ในส่วนของโครงสร้างทางด้าน Hardware ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวน อินพุต - เอาต์พุต ที่มากต่อมาในราวปี ค.ศ. 1976 ได้มีการประดิษฐ์อุปกรณ์ Remote I/O rack ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสนับสนุนในการใช้งานกับ I/O ที่อยู่ห่างไกลจาก PLC หลักหลายร้อยเมตรในราวปี ค.ศ.1977 ทางบริษัท Allan-Bradley Corporation ได้มีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ 8080 มาประยุกต์ใช้กับ PLC จากนั้นได้มีการพัฒนาต่อไปจนมีความสามารถมากมายหลายระดับ ในปี ค.ศ. 1980 ได้มีการมีพัฒนา Interigent I/O ขึ้นรวมทั้งเพิ่มความสามารถในการติดต่อสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในปัจจุบันได้เกิดมีโมดูลต่างๆ มากขึ้น เช่น Analog I/O PID Control Communications graphic display addition I/O Additional Memory เป็นต้น เมื่อปี พ.ศ. 2511 ในฝ่าย Hydromatic ของบริษัท General Motors ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้คิดค้นอุปกรณ์ควบคุมแบบใหม่เพื่อใช้ทดแทนวงจรไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมของบริษัทและในปี พ.ศ. 2512 PLC ได้ถูกผลิตขึ้นจำหน่ายในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นแห่งแรก ส่วนในประเทศญี่ปุ่น PLC ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาภายหลังจากที่บริษัท ออมรอม (OMRON) ประเทศญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการผลิตโซลิด- สเตทรีเลย์ (Solid State Relay) ในปี พ.ศ. 2508 หลังจากนั้น 5 ปี PLC ก็ถูกนำออกจำหน่ายสู่ท้องตลาดจนเป็นที่แพร่หลายในเวลาต่อมา PLC ของแต่ละบริษัทจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศคือ

PC หรือ Programmable Controller เรียกกันในประเทศอังกฤษ

PLC หรือ Programmable Logic Controller เรียกกันในประเทศสหรัฐอเมริกา

PBS หรือ Programmable Binary System เรียกกันในกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย

2.3 ความหมายของ PLC

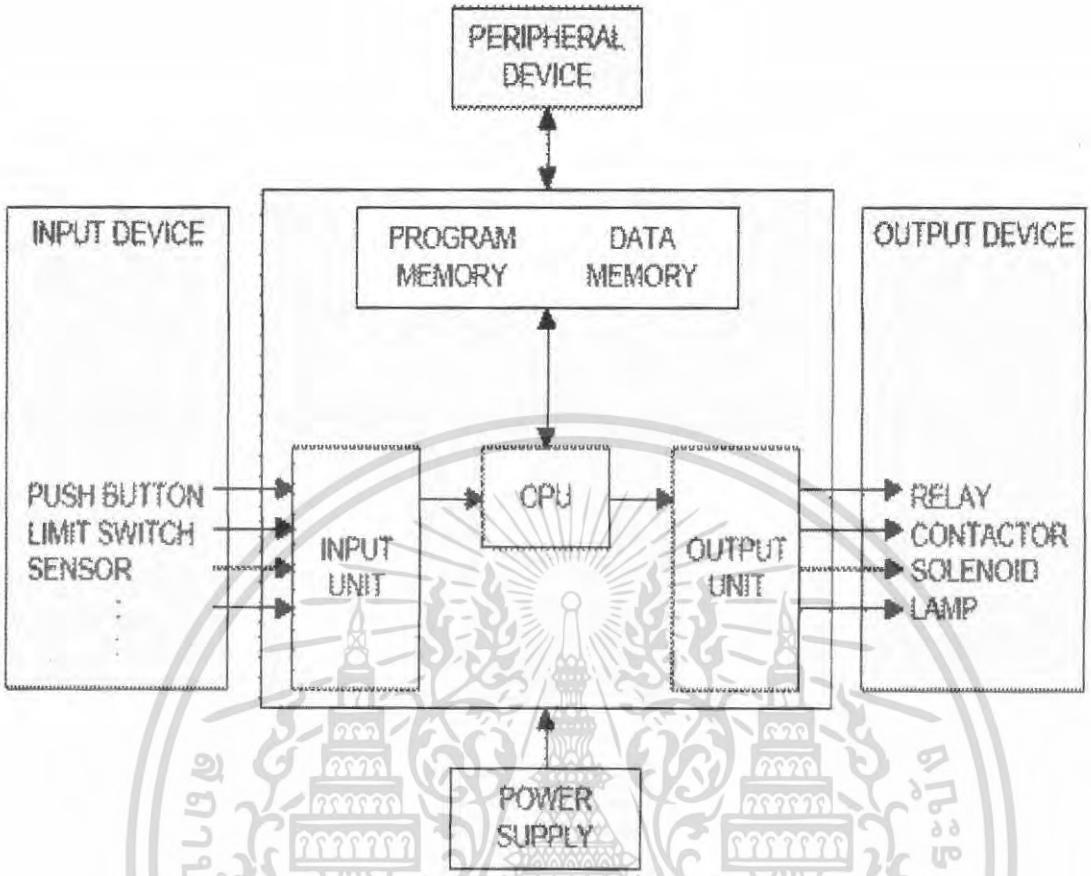
PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือระบบกระบวนการต่างๆ โดยที่ภายในมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นมันสมองสั่งการการควบคุมการทำงานสามารถทำได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC ใน PLC จะมีอุปกรณ์ต่างๆให้ใช้เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้อยู่ในรูปแบบของซอฟท์แวร์ ไม่มีตัวตนในรูปของวัตถุ แต่จะอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชั่นการทำงานที่ตรงกับของจริงเหตุผลที่มีการนิยมนำ PLC มาใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมาจากข้อดีของ PC/PLC เมื่อเทียบกับการใช้รีเลย์แบบเก่า คือขนาดของระบบเล็กลง ใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย เปลี่ยนแปลงลักษณะการควบคุมและขยายระบบได้ง่าย ลดเวลาในการออกแบบและการติดตั้ง มรเสถียรภาพดีกว่าการควบคุมด้วยรีเลย์ มีหน่วยอินพุต/เอาท์พุตหลายแบบและสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้

2.4 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

จากรูปที่ 2.2 จัดเป็นลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ตัวประมวลผล (CPU)
2. หน่วยความจำ (Memory Unit)
3. ภาคอินพุต-เอาต์พุต (I/O Unit)
4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)
5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของ PLC

1. ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล(Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และRAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3. ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I / O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสภาวะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสภาวะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้

สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้ สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

- ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
- การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับ CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกันเป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
- หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์การทำงาน เช่น รีเลย์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมีความสามารถขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1 – 2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุท/ เอาท์พุท

5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- PROGRAMMING CONSOLE
- EPROM WRITER
- PRINTER
- GRAPHIC PROGRAMMING
- CRT MONITOR

อุปกรณ์อินพุต (Input Device)

สัญญาณอินพุตจะเป็นสัญญาณแบบรีเลย์ พัลส์ แรงดัน (VDC) หรือกระแส (mA) สัญญาณเหล่านี้ได้จะถูกส่งมาจากอุปกรณ์อินพุท เมื่อ PLC ได้รับสัญญาณอินพุทแล้ว หลังจากนั้นจะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลต่อไป อุปกรณ์อินพุทที่ให้สัญญาณดังกล่าวได้แก่ สวิตช์ Encoder Proximity switch และ Photo Sensor เป็นต้น

อุปกรณ์เอาต์พุต (Output Device)

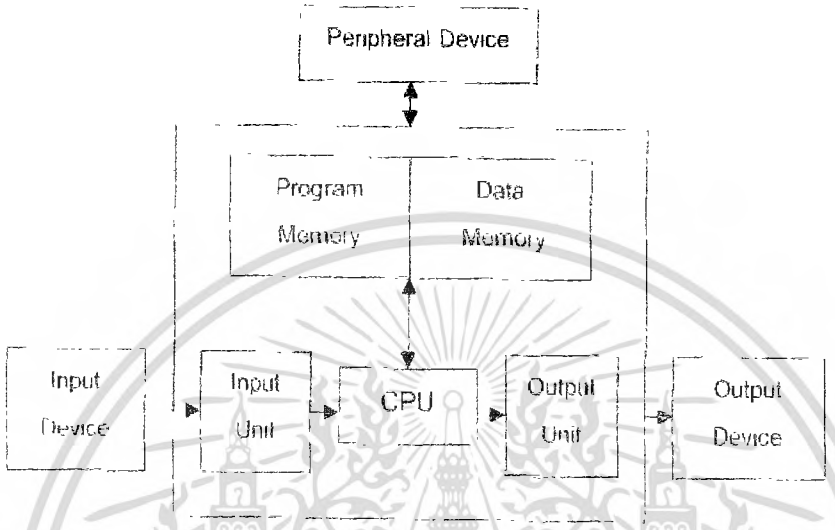
สัญญาณที่ออกมาจากภาคเอาท์พุทของ PLCไม่ว่าจะเป็นเอาต์พุตแบบรีเลย์ หรือทรานซิสเตอร์ ก่อนทีสัญญาณจะผ่านไปยังอุปกรณ์เอาต์พุตได้ต้องผ่าน Buffer Relay ก่อน จึงจะสามารถต่อเข้าโหลดได้ หรือต้องต่อผ่านวงจรไดร์ฟก่อน เช่นถ้าต้องการสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน ต้องผ่านวงจรไดร์ฟก่อนเนื่องจากกระแสที่จ่ายออกมาจาก PLC มีค่าน้อยเกินไป เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โครงสร้างและส่วนประกอบของ PLC

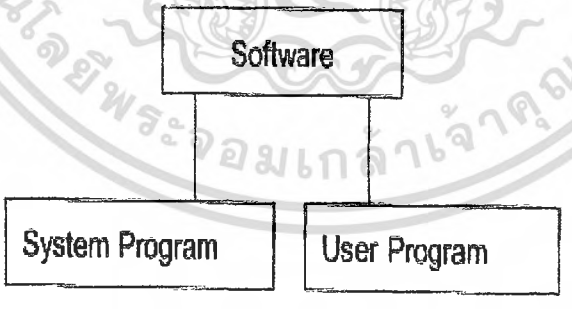
PLC มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ และส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์

2.5.1 ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์



รูปที่ 2.3 ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ของ PLC

2.5.2 ส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์



รูปที่ 2.4 ส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์ของ PLC

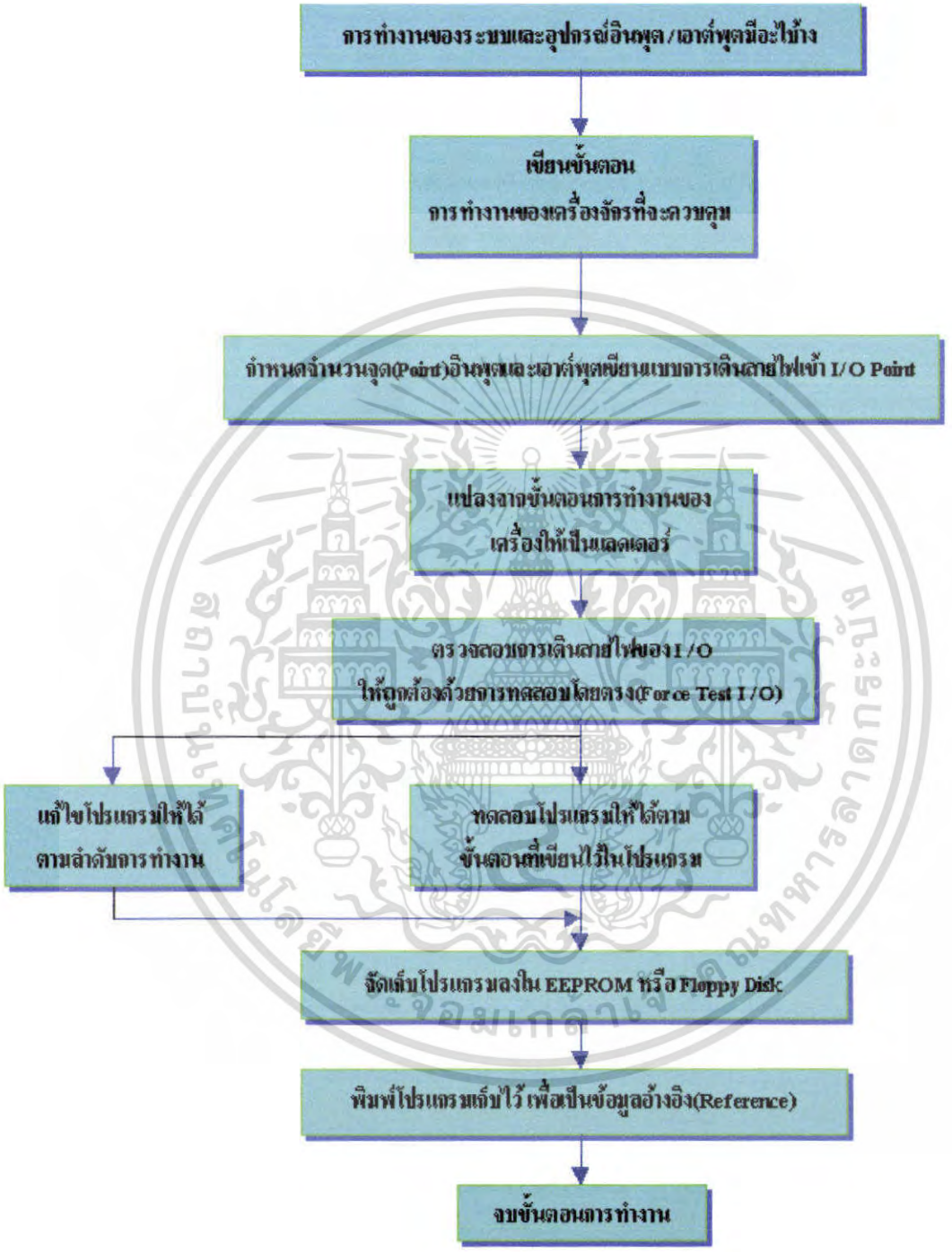
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะ คือ

- งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence Control) ตัวอย่างเช่น
  - การทำงานของระบบรีเลย์
  - การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์
  - การทำงานของ P.C.B Card
  - การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ
- งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) ตัวอย่างเช่น
  - การทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร
  - การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่นการควบคุมอุณหภูมิ (Temperature) การควบคุมความดัน (Pressure) เป็นต้น
  - การควบคุม PID
  - การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo-motor Control)
  - การควบคุม Stepper-motor
  - Information Handling
- การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) ตัวอย่างเช่น
  - งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ Process Monitoring
  - Fault Diagnostic and Monitoring
  - งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ (RS-232C / RS422)
  - Printer / ASCII Interfacing
  - งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม (Factory Automation Networking)
  - LAN (Local Area Network) และ WAN (Wide Area Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แผนผังการใช้ PLC



รูปที่2.5 แผนผังการใช้ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC 1131-3

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมตามมาตรฐาน IEC 1131-3 กำหนดไว้ 5 ภาษา คือ LD (Ladder diagram) FBD (Function block diagram) IL (Instruction list) ST (Structure text) และ SFC (Sequential function chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของ แต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษาจะมีส่วนประกอบต่างๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกันตามมาตรฐาน IEC 1131-3 เช่น ลักษณะการประกาศตัวแปร ฟังก์ชั่น และฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมโดยนำรูปแบบการเขียนในภาษาต่างๆ มารวมกันได้

1. LD (Ladder diagram)

จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของกราฟฟิค ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์ และวงจรไฟฟ้า ซึ่ง แลดเดอร์ ไดอะแกรม จะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายและขวา ของไดอะแกรม เพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแส และมีขดลวด หรือ คอยล์ เป็นเอ้าท์พุท

2. FBD (Function block diagram)

เป็นภาษาที่แสดงฟังก์ชั่น การทำงานในรูปของกราฟฟิคเช่นเดียวกัน และเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย โดยการเขียนโปรแกรมในรูปของ ฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจาก ลอจิกไดอะแกรม

3. IL (Instruction list)

IL จะเป็นภาษาที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษา แอสเซมบลี (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งควบคุมจะประกอบด้วย ส่วนปฏิบัติการ (Operator) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand)

4. ST (Structure text)

ST จะเป็นภาษาในระดับสูง โดยมีพื้นฐานมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบไปด้วย นิพจน์ และคำสั่ง โดยคำสั่งทั่วไปจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกทำงาน เช่น

IF……..THEN……..ELSE เป็นต้น คำสั่งเกี่ยวกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR WHILE เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. SFC (Sequential function chart)

SFC จะเป็นภาษาที่รองรับการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบซีเควนซ์ ซึ่งส่วนประกอบของ SFC จะประกอบด้วย Step (คำสั่งในการปฏิบัติการในแต่ละขั้นตอน) และ Transition (เงื่อนไขที่กำหนดให้กระทำคำสั่งในแต่ละ Step) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงาน

เช่น Alternative step sequence และ Parallel step sequence เป็นต้น

2.8 ลักษณะและข้อดีของ PLC

ลักษณะของ PLC

- เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ควบคุมด้วยหน่วยความจำขนาดเล็ก
- เป็นไมโครโปรเซสเซอร์
- หน่วงเวลา และนับจำนวนเวลาด้วย ซอร์ฟแวร์
- ระบบประกอบด้วยโมดูล
- อินพุตและเอาต์พุตหลายชนิด
- ระบบตรวจสอบตัวเอง
- สภาวะของตัวแปรภายในระบบถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ

ข้อดีของ PLC

- มีความน่าเชื่อถือสูง
- แก้ไขง่ายมีความคล่องตัว
- เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย
- ติดต่อกับระบบอื่นได้ง่าย
- ประสิทธิภาพการทำงานสูง
- การผลิตได้มาตรฐาน
- สามารถทำงานควบคุมที่ซับซ้อน
- เปลี่ยนแปลงแก้ไขง่าย
- ติดตั้งง่าย
- การใช้งานคล่องตัว
- ขยายระบบได้ง่าย
- บำรุงรักษาง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขอบเขตการควบคุมกว้าง
- ลดการเดินสาย
- ซ่อมแซมง่าย

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embeded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์ เตาอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันการพัฒนาและการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่นำไปสร้างเป็นไอซีมี ประสิทธิภาพสูงมากขึ้นและมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่างๆซึ่ง ส่งผลให้การผลิตชิฟไอซีมีขนาดที่เล็กลง แต่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติต่างๆมากขึ้นไอซีที่ถูกสร้างเป็นแบบ LSI (Large Scale Integrate Circuit) เป็นเทคโนโลยีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิตอลที่ซับซ้อนโดยทำขึ้นเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลหรือเรียกว่าไมโครโพรเซสเซอร์(Microprocessor) ที่มีคุณสมบัติหลัก คือการประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ถ้าหากมีการติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นแบบแรมแบบรอม หรืออุปกรณ์ภายนอกที่เป็นอินพุต-เอาต์พุตต้องมีการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ในการติดต่อหรือวงจรถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถทำงานได้ภายใต้การควบคุมของโปรแกรม และในการที่เรานำไมโครโพรเซสเซอร์มาเป็นตัวประมวลผลกลางมีหน่วยความจำแบบแรมพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเราเรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งไม่คุ้มกับการลงทุนหากนำมาใช้ในงานควบคุมขนาดเล็ก และอาจต้องใช้เนื้อที่มาก ในการออกแบบ ดังนั้นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีในการสร้างชิป จึงมีการรวบรวมคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานมาอยู่ในตัวเดียวกันคือมีองค์ประกอบเกือบทุกอย่างของคอมพิวเตอร์อยู่ภายในตัวไอซี ที่เราเรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิปเดี่ยว ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนไมโครคอมพิวเตอร์ เช่นหน่วยประมวลผลกลางขนาดเล็ก (8บิต -16 บิต) และหน่วยประมวลผล ที่สามารถเข้าข้อมูลแบบบิตหน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานแบบแรมขนาด 128 ไบต์ และบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมประเภทรอม (บางเบอร์) สามารถใช้งานให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ วงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเช่น คริสตอล (Crystal) และตัวเก็บประจุก็สามารถใช้งานได้เป็นต้น เราเรียกกันทั่วๆไปว่า **ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)** ดังนั้นเมื่อเราต้องการใช้งานควบคุมขนาดเล็ก เช่น เตาไมโครเวฟ เครื่องซักผ้า เครื่องเล่นวีดีโอเทปและเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เราจึงนิยมนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานเพราะมีทุกอย่างพร้อมในตัวเดียวกัน ประกอบกับมีขนาดที่เล็กอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อร่วมมีน้อยและเหมาะสำหรับใช้งานในการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนมากนัก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆไว้ภายในตัวของมันเอง โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรม หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ทำให้มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน

83063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของ Micro Controller กับ Micro Computer คือ Micro Controller นั้นมีสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง คือ มีส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วน ส่วน Micro Computer นั้นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ข้างเคียงที่เชื่อมต่อจากภายนอก เช่น แป้นพิมพ์ เครื่องอ่านเขียนแผ่นบันทึก หน่วยความจำ I/O ฯลฯ

2.10 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

2.10.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) มีคุณสมบัติหลัก คือการประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก เรารู้จักกันดีในชื่อของไอซีไมโครโพรเซสเซอร์ เช่น 8080, 80286, 80486 Pentium ฯลฯ ซึ่งเป็นของบริษัท Intel หรืออาจเป็น CPU รุ่นเก่าที่มีขนาด 8 บิต เช่นเบอร์ Z80 ที่เป็น CPU ของบริษัท ZILOG เป็นต้น

2.10.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.10.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณ หรือ พอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณอาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

บัสข้อมูลเป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่วๆ ไป ขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิตและในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16, 32 และ 64 บิต

บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียู ต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ดังนั้นจำนวนสายสัญญาณของแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก ยิ่งมากเท่าไหร่ ก็จะเป็นการแสดง ขนาดของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อได้ โดยสามารถคำนวณได้จาก

จำนวนแอดเดรสของหน่วยความจำ = 2 ยกกำลัง n (n คือจำนวนของเส้นทาง)

ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้น ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 2 ยกกำลัง 10 = 1,024 ตำแหน่ง

หากต้องการทราบความจุของหน่วยความจำจริงๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าใด หากเป็น 8 บิต ความจุของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้น จะเท่ากับ 8x1024 = 8,192 บิต และ 1 กิโลไบต์ เท่ากับ 1,024 ไบต์ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว จึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์

บัสควบคุมเป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียูกับหน่วยความจำและพอร์ต สำหรับสายสัญญาณเลือกควบคุมหลักได้แก่ สายสัญญาณเลือก-อ่าน-เขียนหน่วยความจำ สายสัญญาณเลือกเลือก อ่าน-เขียน ข้อมูล กับพอร์ต

2.10.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 พอร์ตขนาน

ในอดีตนั้นการเขียนโปรแกรมติดต่อ และควบคุมฮาร์ดแวร์นั้นมีความเฉพาะตัวอย่างยิ่ง เป็นเรื่องยากที่จะนำเอาความรู้จากการติดต่อควบคุมอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปควบคุมอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการเขียนโปรแกรมผ่านทางภาษา Assembly ซึ่งเป็นภาษาที่ผูกติดกับฮาร์ดแวร์มาก แม้จะให้ผลการทำงานที่ดี แต่กลบทำให้การเขียนโปรแกรมและการแก้ไขเป็นไปได้ยากมาก เพราะ Assembly เป็นภาษาที่เข้าใจได้ยากมากและไม่มีโครงสร้างที่ตายตัวต่อมาได้มีการพัฒนาโปรแกรมยุคใหม่ๆเพื่อใช้ในการเยนโปรแกรมไม่ว่าจะเป็นภาษา C Pascal ซึ่งภาษา C ดูจะได้รับความนิยมสูงที่สุดเพราะให้ประสิทธิภาพในการำงานที่คล้ายกับ Assembly มากและการเขียนโปรแกรมภาษา C ทำได้ง่ายกว่ามาก

ในยุคปัจจุบันแนวการเขียนโปรแกรมส่วนใหญ่จะเป็นการเขียนโปรแกรมแบบติดต่อผู้ใช้ ซึ่งเขียนโปรแกรมได้ง่าย และรวดเร็ว นั่นคือ Visual Basic ซึ่งได้รับความนิยมอย่างมาก ทำให้มีความพยายามหลายครั้งที่จะนำเอาภาษาโปรแกรมยุคใหม่ๆมาใช้ในการติดต่อ และควบคุมฮาร์ดแวร์ แม้ว่าในระยะเริ่มแรกนั้นจำทำได้ลำบาก และไม่สามารถใช้งานได้ครบถ้วนทั้งหมด แต่ในปัจจุบันสามารถครอบคลุมได้เกือบทั้งหมด

ในการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interface) นั้นเรามีการใช้ พอร์ตขนาน หรือ *Parallel Port* อย่างแพร่หลาย พอร์ตขนาน หรือ Parallel Port นั้นเดิมเรียกว่า Printer Port เพราะการใช้งานส่วนใหญ่กับ พอร์ตขนานเป็นการใช้งานโดยต่อกับพรินเตอร์เป็นหลัก โดยที่พอร์ตนานนั้นสามารถให้ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลได้รวดเร็วกว่าพอร์ต อนุกรมราว 8-10 เท่าซึ่งสามารถส่งข้อมูลขนาน 8 บิตได้เลย พอร์ตขนานสามารถใช้งานได้หลากหลายมากเพราะสามารถรับส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ ทำให้การนำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาก็เป็น TTL โดยสัญญาณลอจิก “1” เท่ากับ 5 โวลต์และลอจิก “0”จะเท่ากับ 0 โวลต์ทำให้ง่ายในการออกแบบควบคุมการใช้งานพอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ แต่ใช้งานจริงๆเพียง 17 เส้นสัญญาณ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณดังนี้

- Data Port จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- Status Port จำนวน 5 เส้นสัญญาณ
- Control Port จำนวน 3 เส้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 ลักษณะของสัญญาณ

ขาสัญญาณแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.11.1.1 DATA PORT

Data Port จะมีอยู่8 ขา (ตั้งแต่ขา 2 ถึงขา 9) บางทีจะถูกเรียก DATA REGISTER ซึ่ง Register ตัวนี้จะสามารถส่งค่าได้อย่างเดียวไม่สามารถรับค่าได้

ตารางที่ 2.1 การทำงานของแต่ละบิตใน DATA PORT

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Data 7
		Bit 6	Data 6
		Bit 5	Data 5
		Bit 4	Data 4
		Bit 3	Data 3
		Bit 2	Data 2
		Bit 1	Data 1
		Bit 0	Data 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1.2 STATUS PORT

Status Port เป็น พอร์ตที่สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 เส้นสัญญาณและสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีก2 บิต โดยสัญญาณ Busy จะ Active Low

ตารางที่ 2.2 การทำงานของแต่ละบิตใน Status Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Status Port	Read	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

สำหรับการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port

- Bit 7 Busy เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์จะไม่รับข้อมูล
- Bit 6 nAcK เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)
- Bit 5 Paper End เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์ไม่มีกระดาษ
- Bit 4 Select เมื่อ Active หมายถึงเลื่อพรินเตอร์
- Bit 3 nError เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์เกิดผิดพลาด(Active Low)
- Bit 2,Bit1,Bit0 ไม่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1.3 CONTROL PORT

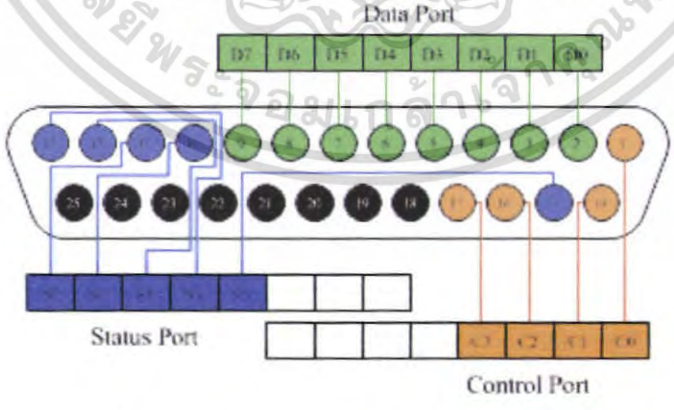
Control Port เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพรินเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณ Intialize เท่านั้นไม่ถูก Invert

ตารางที่ 2.3 การทำงานของแต่ละบิตใน Control Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Control Port	Read / Write	Bit 3	nESelect
		Bit 2	nInitialize
		Bit 1	nAutoFeed
		Bit 0	nStrobe

ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Control Port

- Bit3 nSelect Printer เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
- Bit2 nInitialize เมื่อ Active หมายถึงรีเซตพรินเตอร์
- Bit1 nAuto Feed เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์กระทำ Line Feed
- Bit0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึงการบอกให้พรินเตอร์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว



รูปที่ 2.6 แผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8 Output pins DATA PORT
- 5 Input pins (1 invert) STATUS PORT
- 4 Output pins (3invert) CONTROL PORT
- 8 pins Ground

2.11.2 รูปแบบการติดต่อผ่านทางพอร์ตขนาน

เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์หรือพรินเตอร์ใดๆ ผ่านทางพอร์ตขนานนั้นการทำงานจะเริ่มจากคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต ออกทาง DATA PORT แล้วสร้างสัญญาณ Strobe ให้เป็น Low ส่งไปยังอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์เพื่อบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลพร้อมเตรียมจะส่งไปแล้ว จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรอรับการตอบกลับจากอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ที่ต่อกับพอร์ตขนานนั้นโดยสิ่งที่ตอบกลับมานั้นจะมี 2 ลักษณะ คือ

- สัญญาณ nAcK เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์หรือพรินเตอร์พร้อมที่จะรับสัญญาณข้อมูลโดยจะสร้างสัญญาณ AcKnowledge เป็น Low ตอบกลับไป
- สัญญาณ Busy เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์หรือพรินเตอร์ ไม่ว่างไม่พร้อมรับข้อมูล

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน

สัญญาณ	ผู้ส่ง	สิ่งที่ส่ง	ผู้รับ
ข้อมูล 8 บิต	คอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปให้ที่พอร์ต	พอร์ตขนาน
Strobe	คอมพิวเตอร์	แจ้งให้พอร์ตทราบว่ามีข้อมูลชนิดใหม่ส่งมา	พอร์ตขนาน
AcKnowlege	พอร์ตขนาน	ตอบกลับว่าพร้อมรับข้อมูลแล้ว	คอมพิวเตอร์
Busy	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าไม่พร้อม	คอมพิวเตอร์
Error	พอร์ตขนาน	แจ้งข้อผิดพลาดกลับไปให้คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์
Reset	คอมพิวเตอร์	ให้รีเซตข้อมูล หรือรีเซตพรินเตอร์	พอร์ตนาน

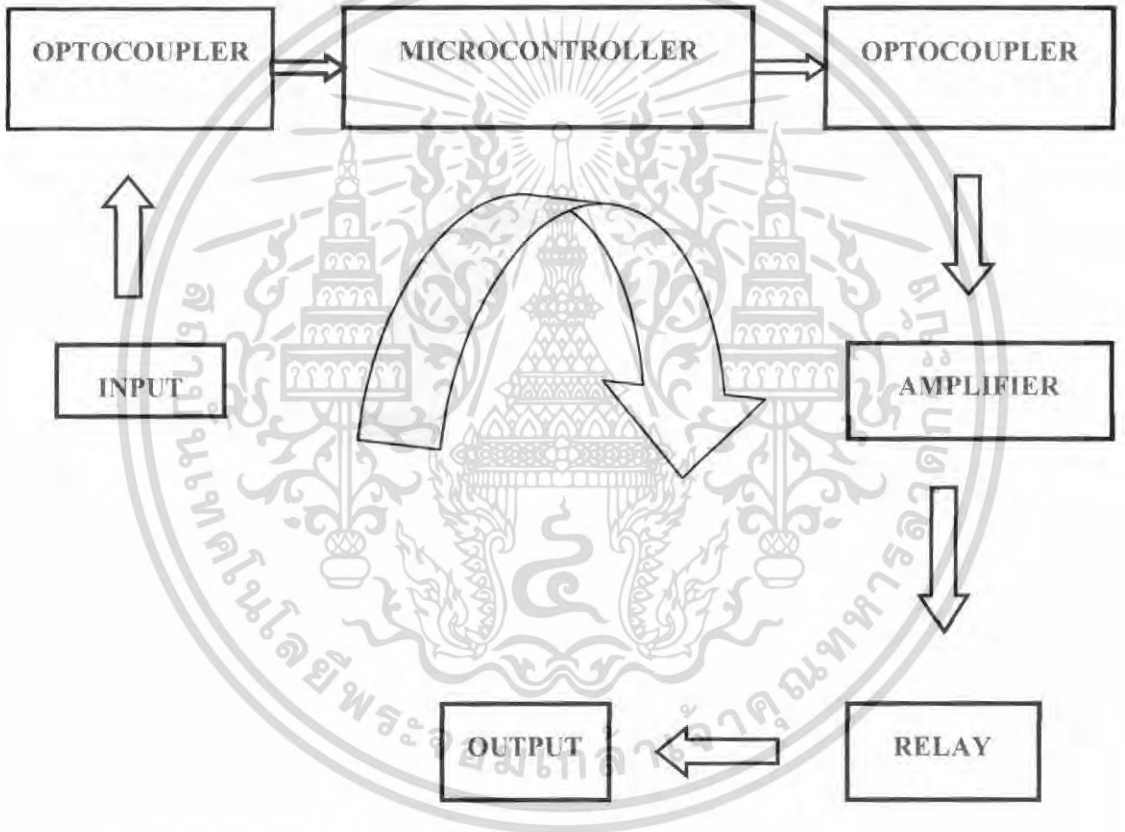
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 หลักการทำงานของ มินิ พีแอลซี

ในการออกแบบ มินิ พีแอลซี โดยรวมแล้วเป็นไปตามโครงสร้างของการทำงาน หลักการทำงานของ มินิ พีแอลซี แสดงดังรูป



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของโครงงาน มินิ พีแอลซี

จากรูปแสดงไดอะแกรมการทำงานของวงจรเริ่มจากที่ อินพุต รับแรงดันเข้ามาจากแหล่งจ่าย แล้วส่งต่อไปยังออปโต้คัปเปลอร์เพื่อแยกสัญญาณอินพุตที่เข้ามาแล้วส่งไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งออกไปยังออปโต้คัปเปลอร์แล้วไปขยายสัญญาณที่ วงจรขยายสัญญาณ และส่งออกไปรีเลย์เพื่อส่งออก เอาท์พุต เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ มินิ พีแอลซี

การทำงานของ มินิ พีแอลซี แบ่งเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

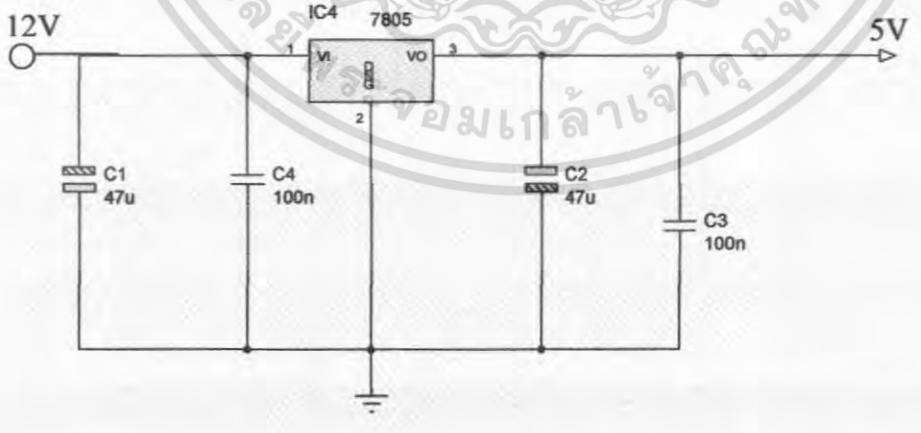
1. อินพุตและเอาท์พุต
2. ออปโต้คัปเปลอร์
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. รีเลย์

โดยแต่ละส่วนทำงานสัมพันธ์กันโดยส่วนที่สำคัญที่สุดคือไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งควบคุมการทำงานของ มินิ พีแอลซี ทั้งหมด

3.2 อินพุตและเอาท์พุต

3.1.1 อินพุต

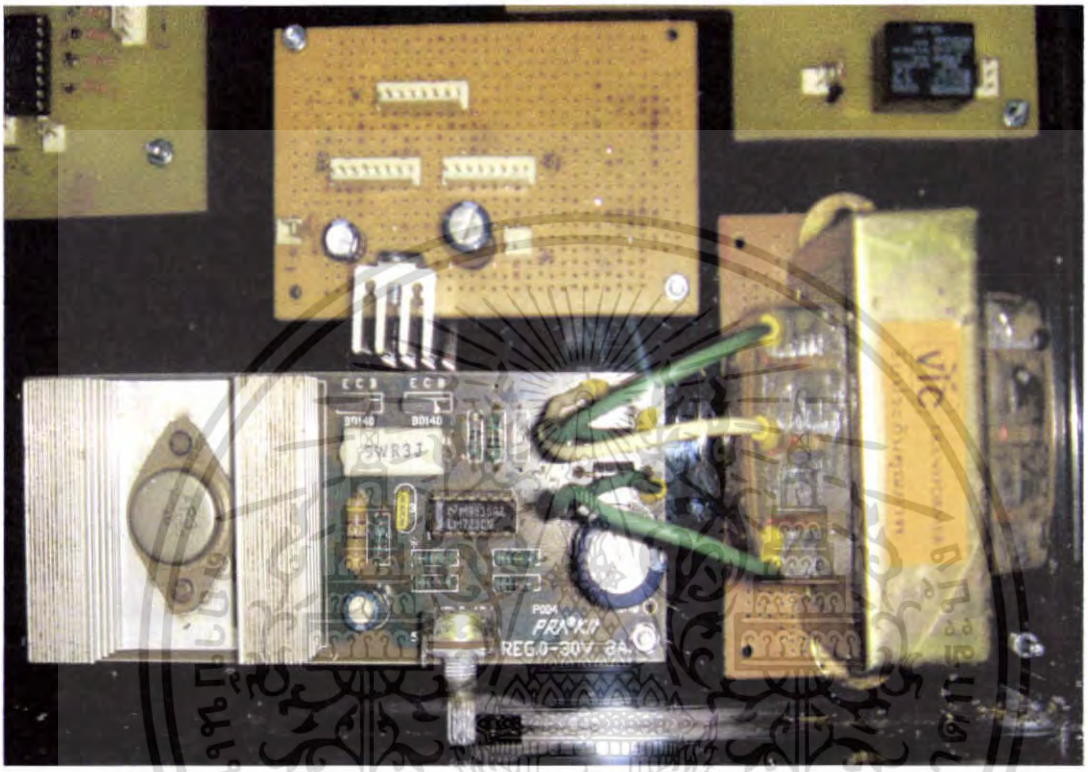
ภาค Input เป็นภาคแรกสุดของวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่รับแรงดันที่เข้ามาจากไฟบ้านหรือหม้อแปลงแล้วนำมาเลี้ยงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยในวงจร มินิ พีแอลซี นี้ได้ใช้แรงดัน Input ขนาด 5 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันซึ่งเป็นแรงดันที่ ออปโต้คัปเปลอร์ ต้องการใช้ในการเลี้ยงวงจร และส่งออกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งรับมาจากภาค Power Supply จะมี สวิตช์คอยกำหนดการทำงานโดย มี Input ทั้งหมด 8 ช่องทำงานเป็นอิสระโดยตัวของมันเอง และเมื่อ สัญญาณ Input จากช่องใดได้รับการต่อวงจรก็จะส่งสัญญาณไปที่ ออปโต้คัปเปลอร์เพื่อส่งไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 3.2 วงจรรักษาระดับแรงดันที่ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงวงจรรักษาระดับไฟตรง การทำงานในส่วนของ อินพุต เริ่มต้นการทำงานโดยที่วงจรได้รับแรงดัน 220 โวลต์ จากนั้นนำมาแปลงแรงดันด้วยไดโอดบริดจ์เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง 12 โวลต์ และส่งต่อไปยัง ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ที่ 5 โวลต์ แล้วส่งออกไปเลี้ยงในวงจรต่อไป



รูปที่ 3.3 การจัดวางอุปกรณ์ของภาคแหล่งจ่ายไฟ

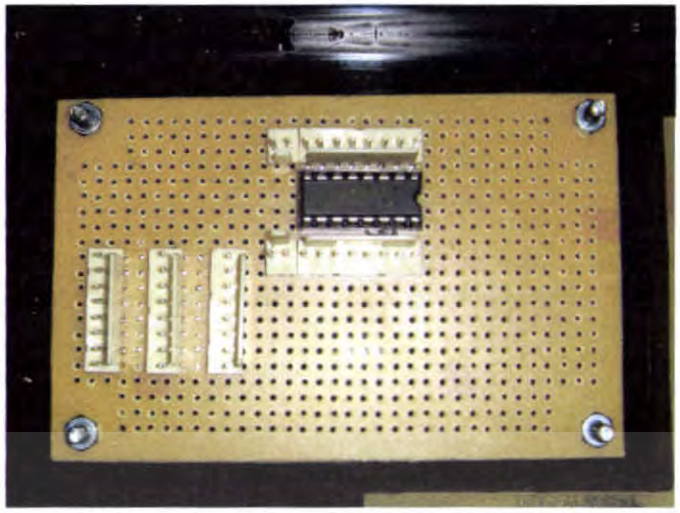
3.1.2 ส่วนที่เลือกสัญญาณ อินพุต

ไอซีที่ใช้เลือกสัญญาณช่อง อินพุต คือ ไอซี LTV847 ซึ่งเป็นไอซี ออปโต้คัปเปลอร์ทำหน้าที่ขับแรงดันที่ได้จาก Input เข้าสู่กระบวนการประมวลผลทางไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปซึ่งการทำงานของ ออปโต้คัปเปลอร์จะเป็นการทำงานคล้ายกับ เซนเซอร์ ไดโอดเปล่งแสงจะทำหน้าที่ในการทริกขาทรานซิสเตอร์

3.1.3 ส่วนที่เลือกสัญญาณ เอาต์พุต

ส่วนที่เลือกสัญญาณ เอาต์พุต นั้น หลังจากมีการประมวลผลแล้วนั้นจะส่งออกมาโดยมี ไอซี ออปโต้คัปเปลอร์ LTV 847 เป็นตัวเลือกสัญญาณ เอาต์พุต ที่ได้จากการประมวลผลแล้วส่งออกไปที่ ULN 2003 เป็นตัวในการขับ เอาต์พุต เพื่อส่งต่อไปยัง รีเลย์ ทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การวางอุปกรณ์ของ ULN 2003A

3.1.4 เอาท์พุต

ภาค เอาต์พุต เป็นภาคสุดท้ายมีหน้าที่แสดงสภาวะการทำงานของวงจร มินิ พีแอลซี ซึ่งแสดงสภาวะการทำงาน ด้วย หลอด LED โดยมี เอาต์พุต ทั้งหมด 7 ช่องทาง โดยแต่ละช่องรับสัญญาณที่ส่งจาก รีเลย์แล้วมาแสดงยัง LED เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการควบคุมต่อไป

3.3 ออปโต้คัปเปลอร์

ออปโต้คัปเปลอร์ในมินิ พีแอลซี ออปโต้คัปเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวส่งแรงดัน อินพุต เข้าวงจรก่อนที่จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทลเลอร์ และยังเป็นตัวขับออก เอาต์พุต เพื่อส่งไปยังรีเลย์

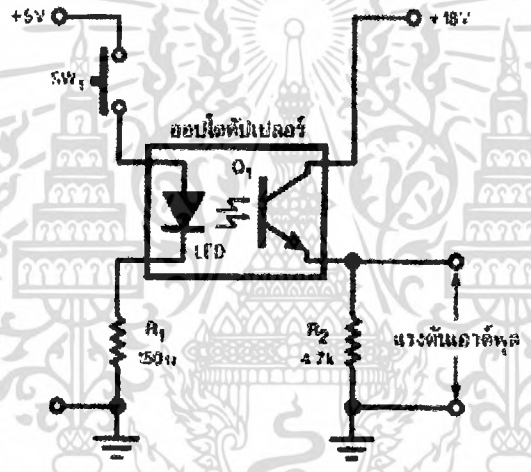
โดย Input แต่ละช่องจะถูกแยกออกจากวงจรควบคุมโดยออปโต้คัปเปลอร์ตามมาตรฐานของ ฮาร์ดแวร์ใน PLC วงจรแบ่งแรงดันซึ่งต่อไว้แต่ละ อินพุต จะช่วยป้องกันกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปที่จะไหลเข้าสู่ออปโต้คัปเปลอร์ เมื่อแรงดันป้อนเข้ามา โดยที่ไดโอดซึ่งต่ออยู่ที่แต่ละ อินพุต จะช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับ LED ซึ่งอยู่ภายในออปโต้คัปเปลอร์ หากมีการป้อนแรงดันกลับขั้วเข้ามา เนื่องจากอินฟราเรด LED ภายในออปโต้คัปเปลอร์สามารถทนแรงดันย้อนกลับได้ไม่มาก (6 โวลต์สำหรับ LTV847)

ออปโต้คัปเปลอร์ (OptoCoupler) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสง โดยใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากแสงเป็นไฟฟ้าตามเดิม ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดเพื่อป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรบกวนกันทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายชนิดแต่ละชนิดจะประกอบด้วย LED ส่งแสงซึ่งปติจะเป็นชนิดอินฟราเรดและตัวรับแสงที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือโฟโต้ไดโอด โดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวเดียวกัน

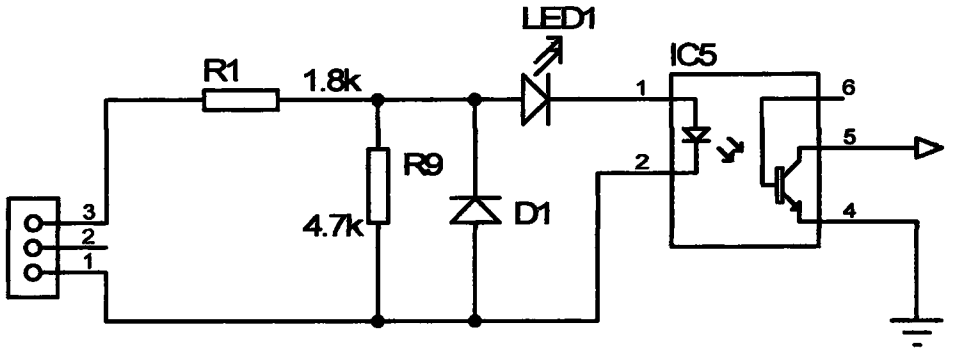
ในการประยุกต์ใช้งานกับวงจรเชิงเส้นจะใช้ออปโต้คัปเปลอร์ แบบโฟโต้ทรานซิสเตอร์เอาท์พุต ซึ่งอาจเป็นทรานซิสเตอร์ตัวเดียว (4N27) หรือทรานซิสเตอร์สองตัวต่อแบบดาร์ลิงตัน เพื่อเพิ่มความไว (Sensitivity) ของกระแสเอาท์พุตต่อกระแสอินพุต (H11G1) แม้ จะได้รวมเอาส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางแสง แต่ผู้ใช้งานจะต้องทำความเข้าใจกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวออปโต้คัปเปลอร์ ที่ใช้ รวมถึงความสามารถและขีดจำกัดของตัวส่งและตัวรับที่อยู่ภายในออปโต้คัปเปลอร์ นั้น ๆ



รูปที่ 3.5 วงจรออปโต้คัปเปลอร์พื้นฐาน

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรใช้งานพื้นฐานของออปโต้คัปเปลอร์ โดยด้าน LED จะเป็นอินพุตของวงจร และด้านโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของวงจร จากรูปเมื่อสวิตช์ SW1 เปิดวงจร LED และทรานซิสเตอร์ Q2 จะยังไม่ทำงาน แต่เมื่อ SW1 ปิดวงจรจะมีกระแสไหลผ่าน LED และตัวต้านทาน R2 ซึ่งจะทำให้ Q1 ทำงานด้วย และจะได้แรงดันเอาต์พุตตกคร่อมที่ตัวต้านทาน R2 จะเห็นได้ว่าเอาต์พุตของวงจรถูกควบคุมโดยส่วนอินพุต แต่ทั้งสองส่วนแยกออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง โดยส่วนที่ควบคุมจะถูกส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



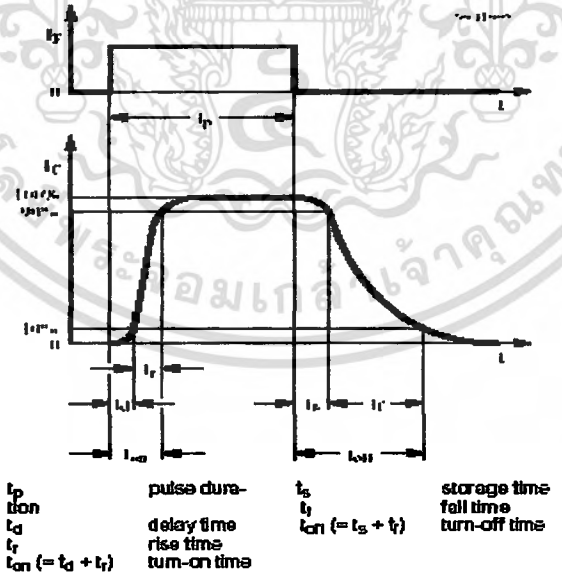
รูปที่ 3.6 วงจรออปโต้คัปเปลอร์ที่ใช้ใน มินิ พีแอลซี

หัวใจสำคัญของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงนั้นคือ "Current Transfer Ratio" (CTR) ซึ่งก็หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุต (I_{in}) ต่อกระแสเอาท์พุต (I_{out}) ดังนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$CTR = I_{IN}/I_{OUT}$$

CTR Min 50 % ที่ Iin = 5 mA ; Vce = 5 V

ในการประยุกต์ใช้งาน ออปโต้คัปเปลอร์ กับวงจรสวิตชิ่ง เช่น วงจรดิจิตอล จะมีพารามิเตอร์ที่ใช้ บ่งบอกความเร็วในการทำงานของ ออปโต้คัปเปลอร์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 12



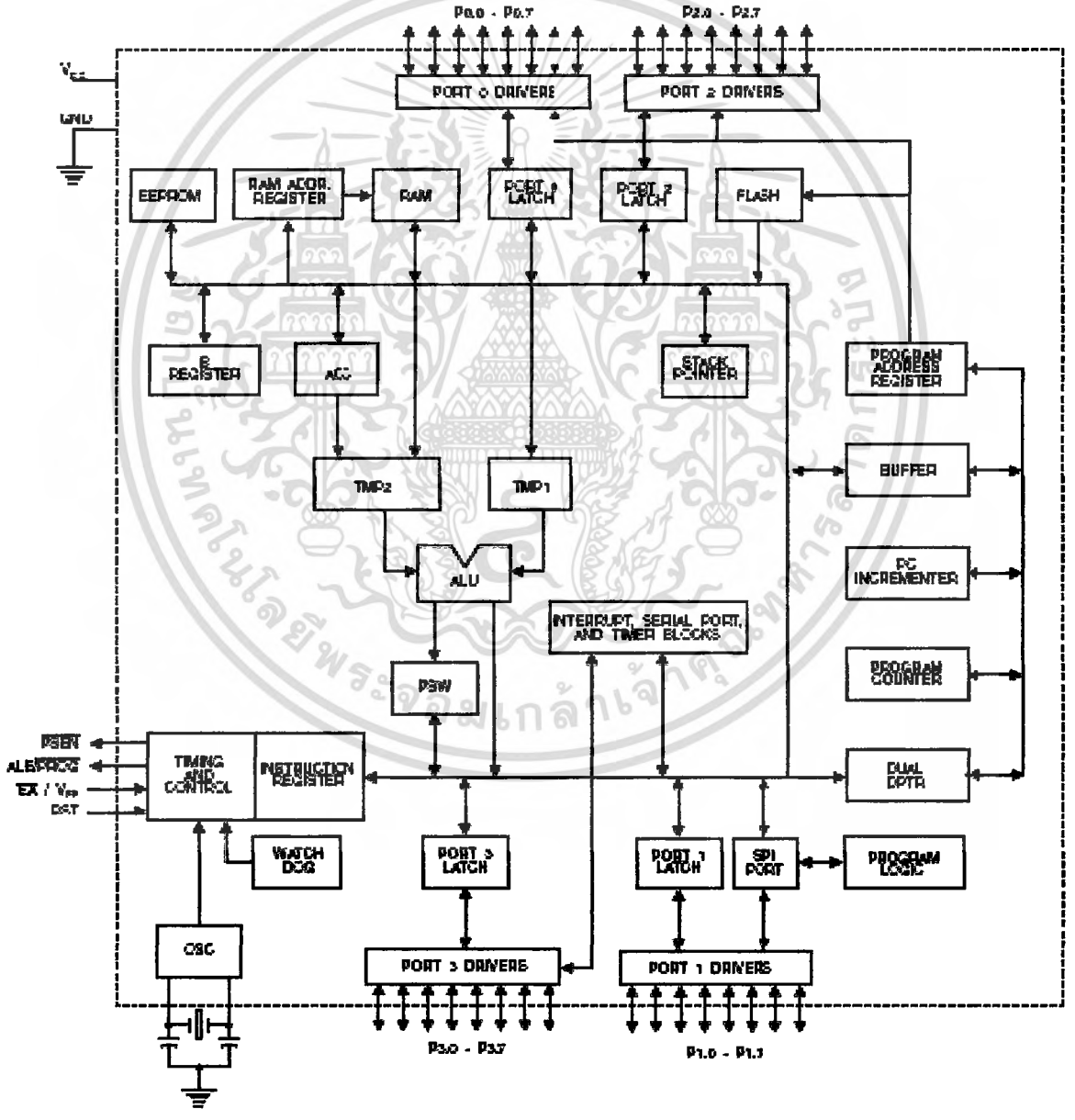
รูปที่ 3.7 รูปคลื่นในการสวิตช์ของวงจรออปโต้คัปเปลอร์ โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 หน่วยประมวลผลกลาง

ในปริญญานิพนธ์นี้เราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Atmel) เบอร์ AT89S8253 เป็นหน่วยประมวลผลกลางซึ่ง ทำงานที่ความถี่ 12 เมกกะเฮิรตซ์ ช่วยควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านบัสข้อมูลอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำงานได้กว้างและใช้อุปกรณ์ต่อร่วมจากภายนอกน้อย นอกจากนี้ยังสามารถประมวลผลภายใน 1 Clock

3.4.1 โครงสร้าง

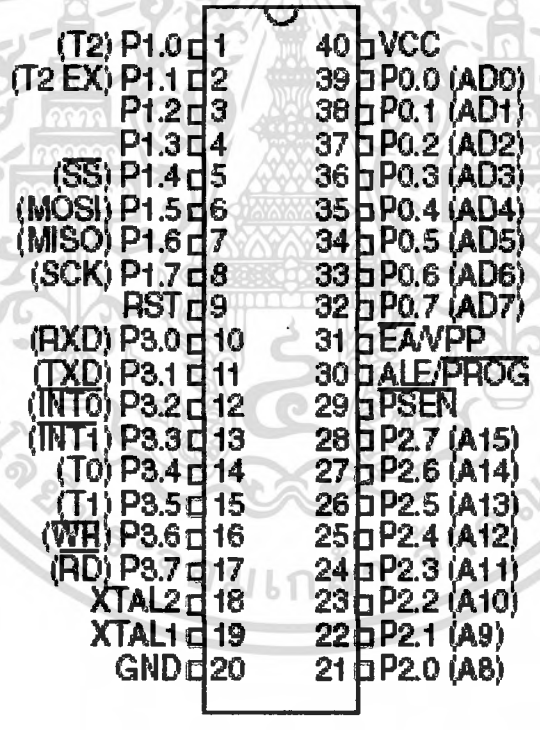


รูปที่ 3.8 โครงสร้างภายในของ AT89S8253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 คุณสมบัติที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำ (ROM) โปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์
3. มีความคงทนในการเขียนและสามารถลบได้ถึง 1,000 ครั้ง
4. มีหน่วยความจำ (RAM) ขนาด 2 กิโลไบต์
5. หน่วยความจำแบบ FLASH สำหรับบันทึก Program Memory ขนาด 12 กิโลไบต์
6. หน่วยความจำแบบ EEPROM สำหรับบันทึก Program Memory ขนาด 2 กิโลไบต์
7. มี Timer/Counter 16 บิต 2 ชุด
8. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
9. วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับ



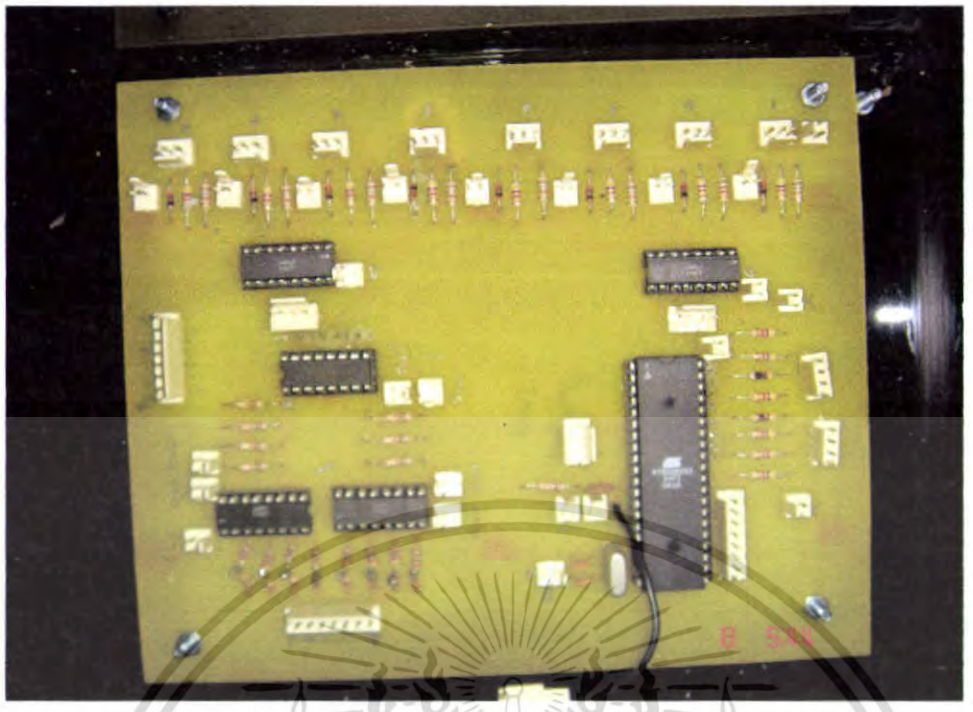
รูปที่ 3.9 การจัดวางขาของ AT89S8253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การจัดวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

- **VCC** ต่อไฟเลี้ยง (Supply Voltage)
- **GND** ต่อไฟกราวด์ (Ground)
- **PORT 0** (P0.0-P0.7) เป็น Port 2 ทิศทางขนาด 8 บิต สามารถ ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต ทั่วไป และใช้เป็น Port ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือรับ-ส่งข้อมูลและกำหนดแอดเดรสไบต์ต่ำ
- **PORT 1** (P1.0-P1.7) เป็น Port 2 ทิศทางขนาด 8 บิต มีการต่อ Pull-up Resister ไว้ภายในทำหน้าที่เป็นพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต ทั่วไป นอกจากนั้นยังเป็นขา อินพุต/เอาต์พุต ของไทม์เมอร์ 2
- **PORT 2** (P2.0-P2.7) เป็นPort 2 ทิศทางขนาด 8 บิต มีการต่อ Pull-up Resister ไว้ภายในสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต ทั่วไป และใช้เป็น พอร์ต ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือกำหนดแอดเดรสไบต์สูง
- **PORT 3** เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต มีการต่อ Pull-up Resister ไว้ภายใน สามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต ทั่วไป นอกจากนี้ยังใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการติดต่อกับหน่วยความจำอินเตอร์รัปต์ และอื่นๆ
- **RST** เป็นขา อินพุต ที่รับสัญญาณ สำหรับรีเซต CPU
- **ALE/PROG** ทำหน้าที่เป็นขา เอาต์พุต เมื่อ CPU ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือจะทำการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขานี้เพื่อทำการแลตแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก และขานี้จะเป็น อินพุต เมื่ออยู่ในระหว่างโปรแกรมแฟลช
- **PSEN** เป็นขา เอาต์พุต ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกคือเมื่อ CPU ทำการประมวลผลกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกขานี้จะ Active 2 ครั้ง ในแต่ละ Machine Cycle
- **EA/VPP** เป็นขา อินพุต และต้องการลอจิก "0" เพื่อยอมให้ CPU เข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ ซึ่งอยู่ในตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH นอกจากนี้ยังรับไฟ 12 โวลต์ เมื่อใช้ระหว่างการทำโปรแกรมแฟลช
- **XTAL 1** เป็นขา อินพุต ของวงจรออสซิเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์ และยังเป็น อินพุต ของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน
- **XTAL 2** เป็นขา เอาต์พุต Output ของวงจรออสซิเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การวางอุปกรณ์ในภาคไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.4 การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

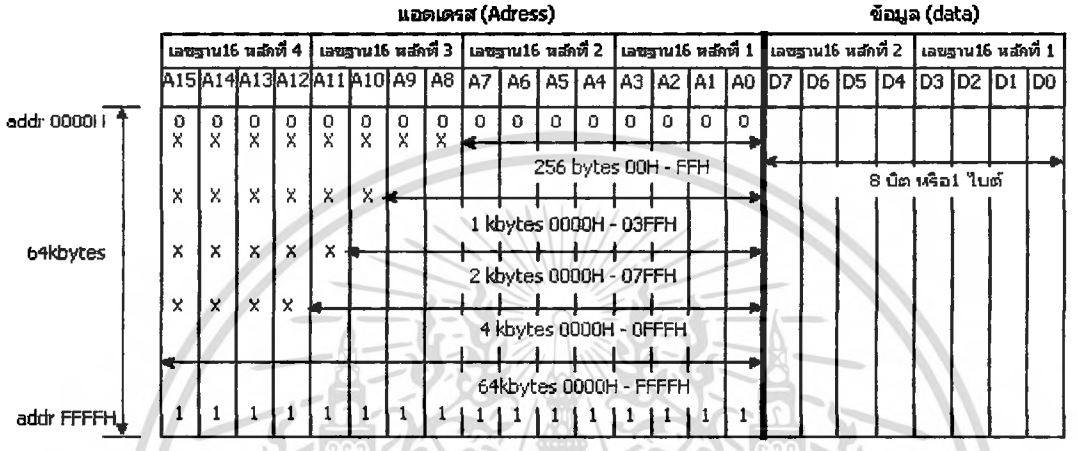
หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่างๆที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กระทำตามคำสั่งการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-5 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ (Code Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function)

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่ CPU สามารถเข้าถึงเพื่ออ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าใดๆ ได้ หน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นตัวเก็บรหัสคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการให้ CPU ทำการประมวลผลหรือปฏิบัติตามที่โปรแกรมเอาไว้สำหรับควบคุมการทำงาน หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กว่า 1,000 ครั้ง โดยใช้เครื่องโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง ในส่วนของแอดเดรส(ADDRESS)ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล(DATA)สามารถที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

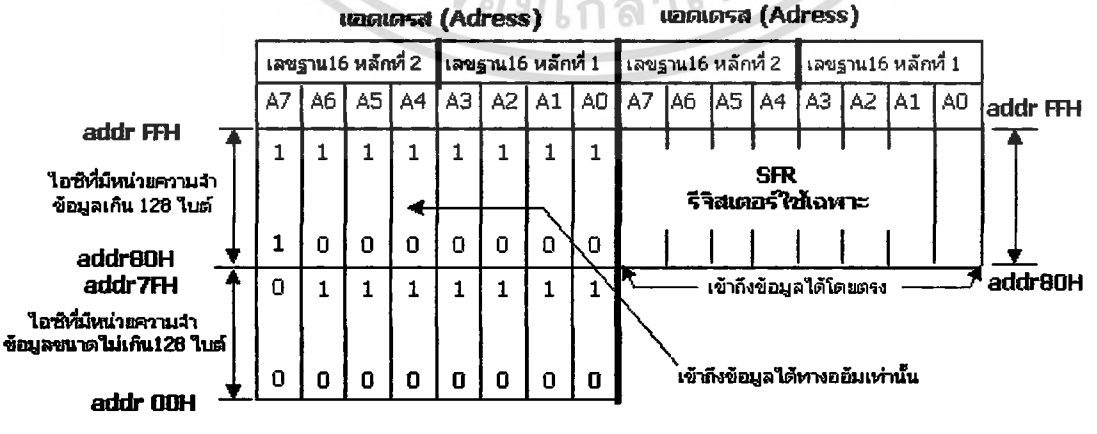
จะมีข้อมูลเหมือนกันได้ จากตารางอุปมาเหมือนกับมีกระดาษจำนวนเท่ากับ 2n บรรทัดมาให้ ดังนั้น หากต้องการเขียนข้อมูลใดๆลงในแต่ละบรรทัด จะต้องมีตำแหน่งของบรรทัดที่ไม่ซ้ำกัน และการที่จะเลือกจำนวนของบรรทัด ขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเขียน ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการขนาดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรมเพียง 2000 บรรทัด อาจจะเลือกใช้หน่วยความจำขนาด 2Kbytes โดยมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000H - 07FFH



รูปที่3.11 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำข้อมูล (RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการการประมวลผล หรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack) บางส่วน

ตารางที่ 3.1 ตารางตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งส่วนของการใช้งานได้อีกเป็นสองส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH และหน่วยความจำในตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป โดยพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH ก็ยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

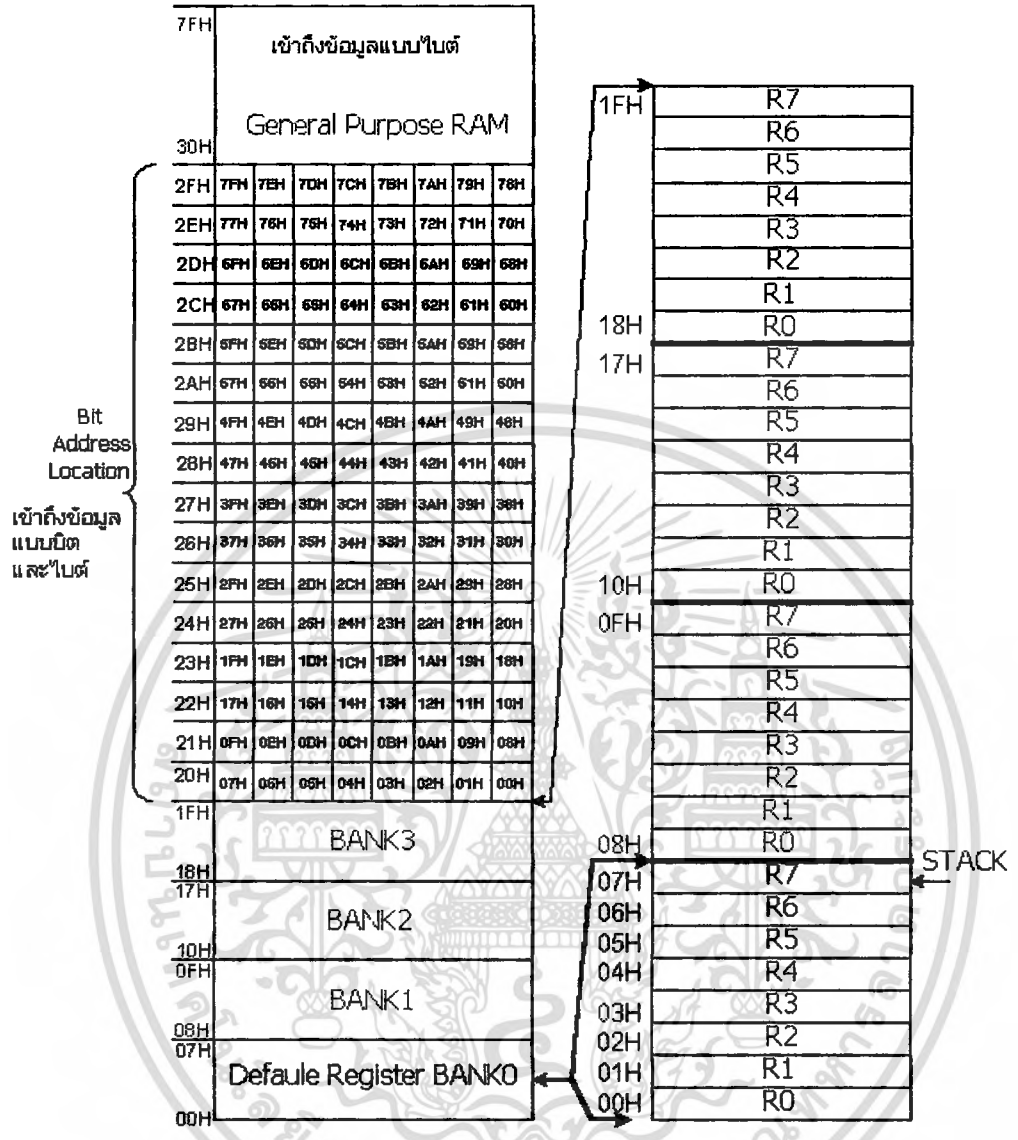
1. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (RAM)ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า แบงค์ (Bank) และในแต่ละแบงค์ จะมี 8 ไบต์ ดังแสดงในรูป10 พื้นที่ในแต่ละแบงค์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงค์ และ รีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงค์ ในการนำไปใช้งาน จะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงค์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ใดๆก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) หากไม่ได้กำหนดค่าใดๆเลย เมื่อทำการรีเซตให้กับ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนด ให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ให้เอง ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรกๆ เราจะยังไม่กำหนดค่าใดๆ ในการเลือกใช้งานรีจิสเตอร์แบงค์อื่นๆ

2. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (RAM) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบ ไบต์หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้นๆ ได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิต แต่ละบิตจะมีหมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือ เราอาจเรียกว่า(20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรือเราอาจเรียกว่า (20H.7) การอ้าง ตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

3. พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำ ใช้งานทั่วไป และการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้เราอาจจะใช้เป็นสแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

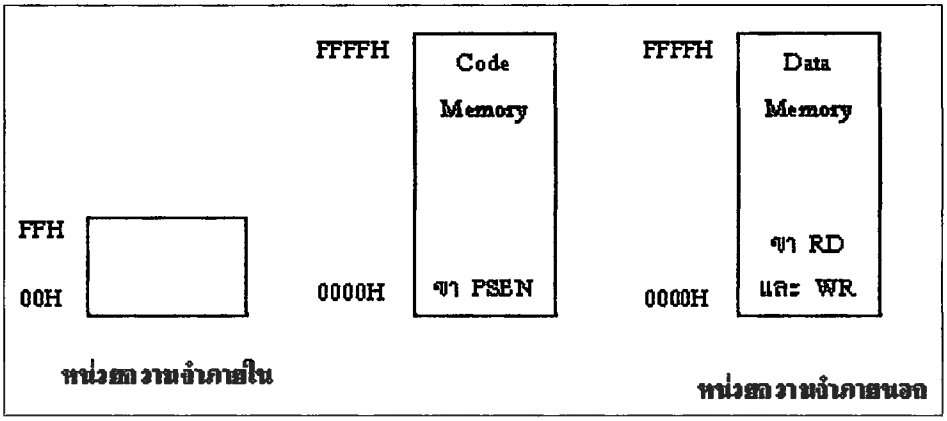
ตารางที่ 3.2 พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่งที่ 30H-7FH



3.4.5 โครงสร้างหน่วยความจำ สำหรับ MCS-51 (I/O Port Structure)

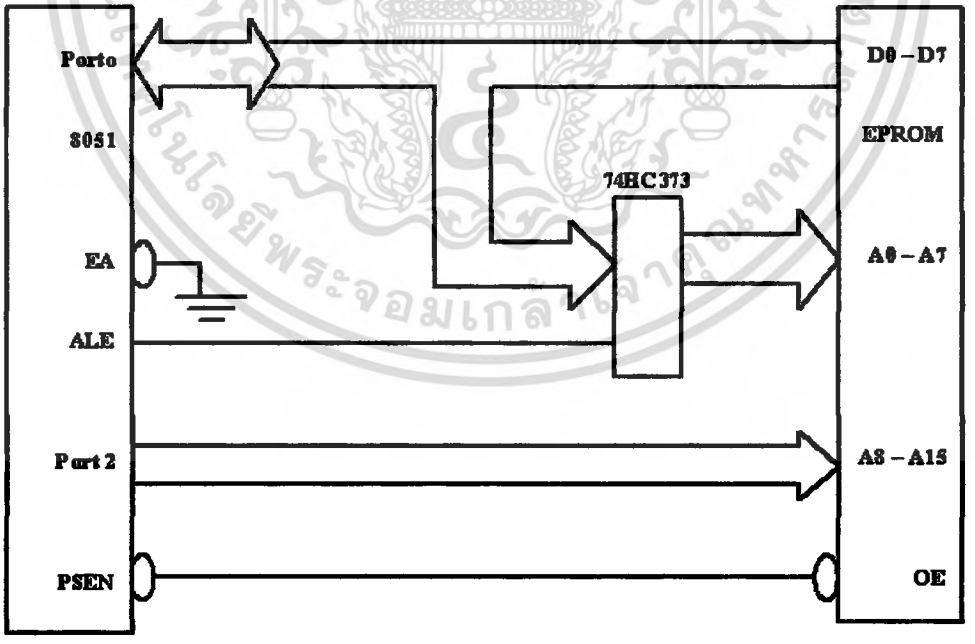
หน่วยความจำสำหรับ MCS-51 จะมี 2 ชนิด คือ หน่วยความจำที่ใช้โปรแกรม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล ในการประมวลผล (RAM) MCS-51 บางเบอร์ จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิพ และ MCS-51 ทุกเบอร์สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64 K และอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้มากที่สุด 64 K สำหรับหน่วยความจำ RAM ภายใน จะประกอบไปได้พื้นที่ใช้งานทั่วไป รีจิสเตอร์แบงค์ พื้นที่ใช้งานระดับบิต และรีจิสเตอร์ฟังชันพิเศษ เราอาจเขียนไดอะแกรมของหน่วยความจำ ได้ดังรูป 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



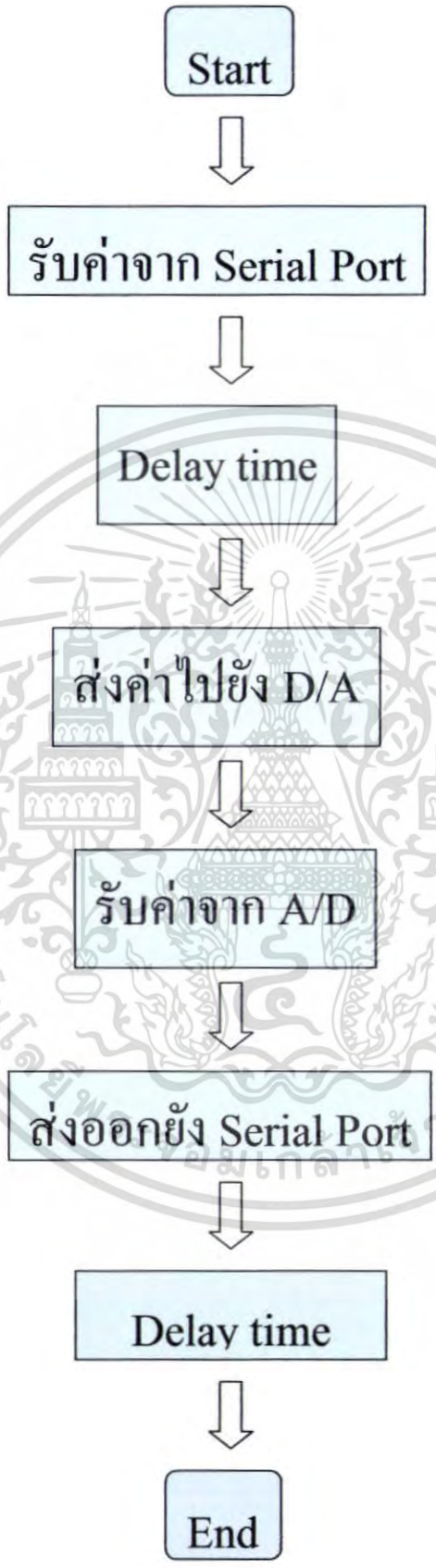
รูปที่ 3.12 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

สำหรับการต่อหน่วยความจำกับ MCS – 51 แสดงได้ดังรูปที่ 3.13 โดยขา EA จะต่อเป็น "0" เพื่อบอก MCS – 51 ว่าให้อ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก สำหรับการ Multiplex จะใช้ฟลิปฟลอป 8 ตัวเบอร์ 74373 เก็บค่าตำแหน่ง 8 บิตต่ำเอาไว้เมื่อ MCS – 51 ส่งค่าตำแหน่งพอร์ทออกไป เวลาต่อมาจะส่งขา ALE ให้เป็น "0" ซึ่งจะใช้ขานี้ต่อกับ 74373 เพื่อให้ Latch ข้อมูลสำหรับขา PSEN จะต่อกับขา Output Enable (OE) ของหน่วยความจำดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แผนผังโปรแกรม AT89S8253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

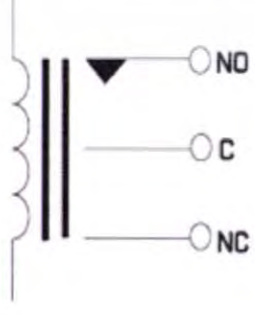
3.5 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

รูปที่ 3.15 รีเลย์ ที่ใช้ทั่วไป

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "**รีเลย์**"



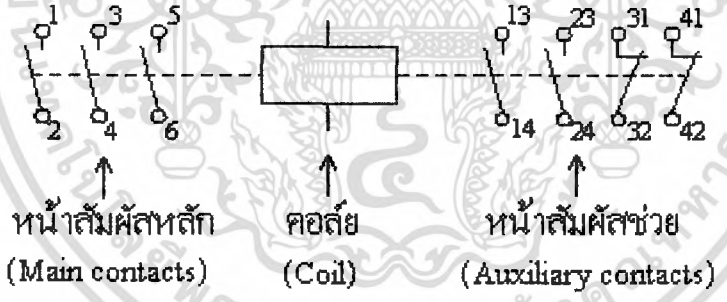
รูปที่ 3.16 แสดงสัญลักษณ์ของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของ คอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open) N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ2 4 6 หรือ T1 T2 T3 ดังรูป

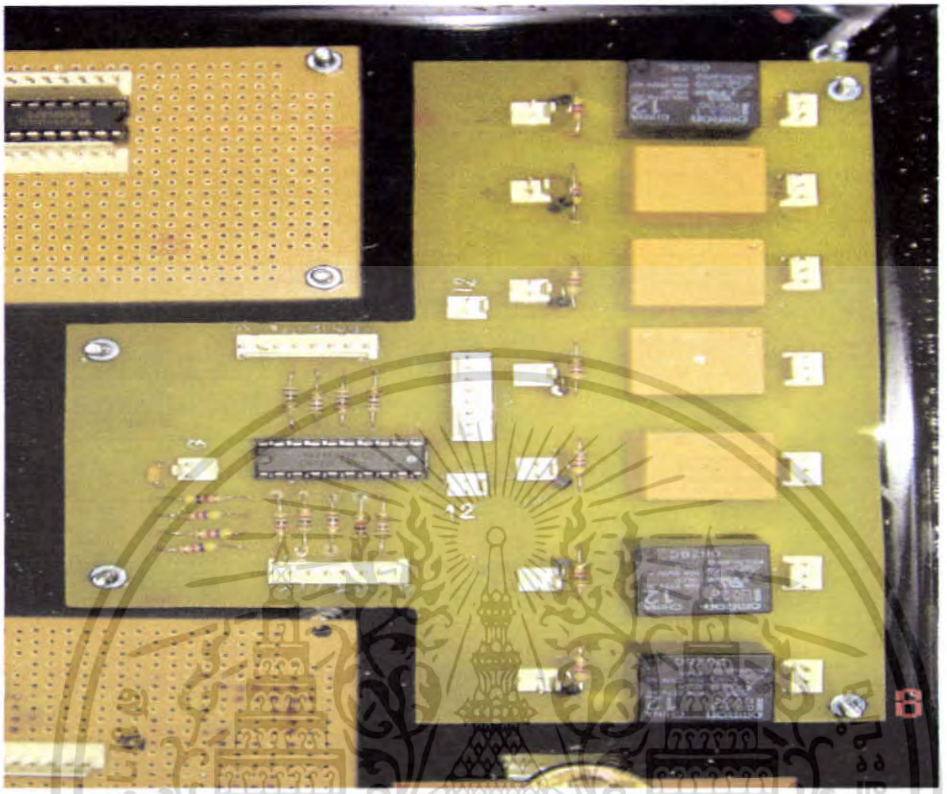


รูปที่ 3.17 หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts)

2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิด จะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42

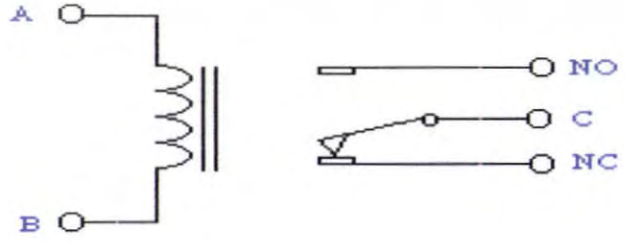


รูปที่ 3.18 การทำงานของรีเลย์ในมินิ พีแอลซี

3.5.1 โครงสร้างภายในของรีเลย์

ภายในโครงสร้างของ รีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด (Coil) 1 ชุด และ หน้าสัมผัส (Contactor) ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด จะประกอบไปด้วย

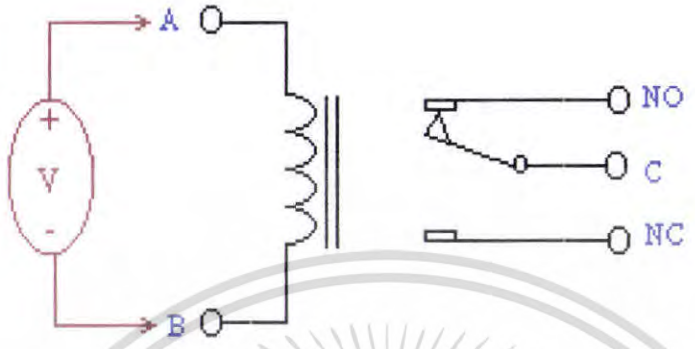
- หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (Common)



รูปที่3.19 รีเลย์แบบปกติปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

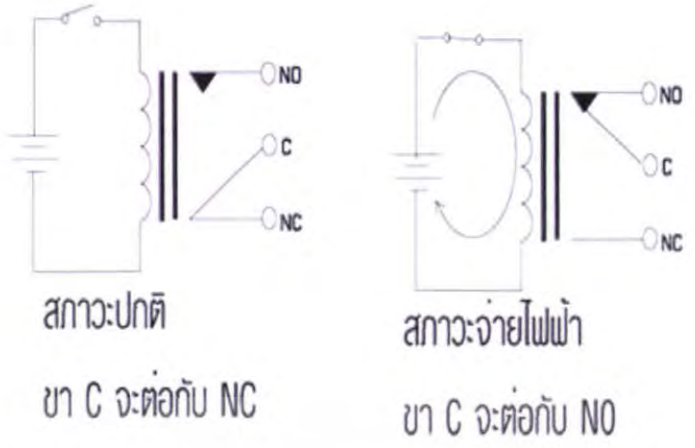
- หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (Common) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน ในปริมาณที่เพียงพอ



รูปที่ 3.20 รีเลย์แบบปกติเปิด

3.5.2 หลักการทำงานของ Relay รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดต่อหนึ่งชุดหรือมากกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน้าสัมผัสที่รีเลย์ตัวหนึ่งๆ บรรจุอยู่ ในตัวรีเลย์จะมีแกนเหล็กรูปตัว E อัดซ้อนกันเป็นแท่งอยู่โดยถูกยึดติดอยู่กับที่มีขดลวด (Coil) พันอยู่รอบแกนกลางของเหล็ก ขดลวดชุดนี้จะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา ส่วนที่ขาตัว E อีก 2 ข้างจะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้เป็นรูปวงแหวนและฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อช่วยลดการสั่นของแกนอันเนื่องมาจากกระแสสลับเรียกวงแหวนนี้ว่า Shadding Ring และมีแกนเหล็กอีกชุดหนึ่งจะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้มีหน้าสัมผัส (Contact) ยึดติดอยู่ แกนเหล็กชุดนี้ทำมาจากเหล็กแผ่นบางๆ ที่ผิวเคลือบฉนวนในสภาวะปกติ แกนเหล็กทั้ง 2 ชุดนี้ จะถูกดันให้ห่างออกจากกันด้วยสปริงที่ขาทั้ง 2 ข้างของแกนเหล็กแผ่นบาง จึงทำให้ตัวคอนแทคบางตัวต่อวงจรของจุดสัมผัสถึงกัน เราเรียกคอนแทค ชุดนี้ว่าหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Closed : NC) และในขณะเดียวกันก็จะทำให้คอนแทคบางตัวไม่ได้ต่ออยู่กับจุดสัมผัส เราเรียกคอนแทคชุดนี้ว่า หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Opened : NO)เมื่อจ่ายแรงดันให้กับขดลวดในปริมาณที่ขดลวดต้องการ ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น มาแรงจากอำนาจแม่เหล็กจะชนะแรงของสปริงและดึงให้แกนเหล็กแผ่นบางเคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้คอนแทคทั้ง 2 ชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงาน คือ คอนแทค NC จะเปิดวงจรของจุดสัมผัสออก และคอนแทค NO จะต่อวงจรของจุดสัมผัส คอนแทคทั้ง 2 ชุดนี้จะกลับไปอยู่ในสภาวะเดิมอีกครั้งเมื่อหยุดการจ่ายแรงดันให้กับขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.21 สภาวะการทำงานของรีเลย์

3.5.3 ตำแหน่งขาของรีเลย์

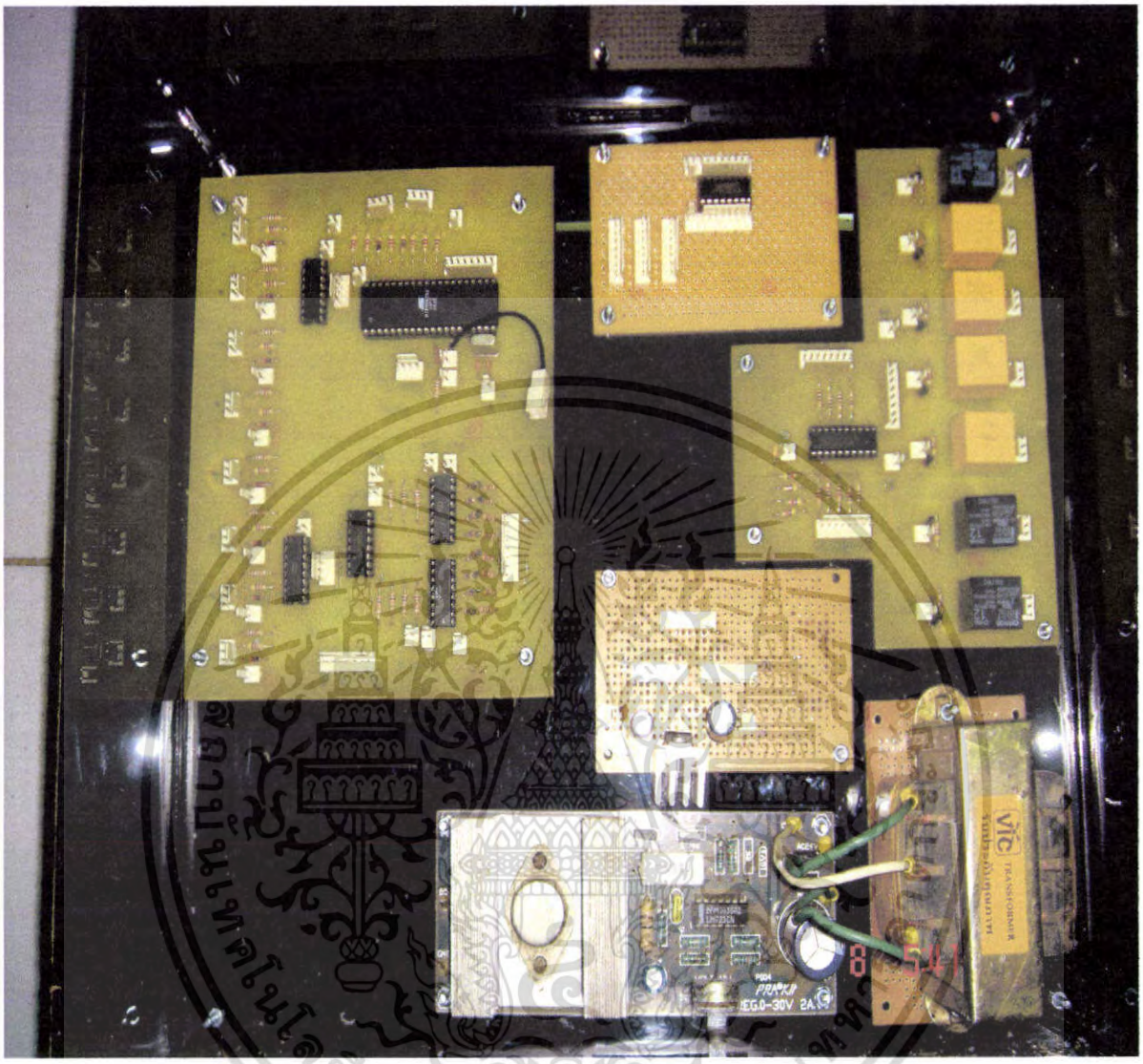
ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆ ดังนี้คือ

1. ขา NO (Normally opened) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์
2. ขา NC (Normally closed) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เราไม่ได้จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน
3. ขาจ่ายแรงดันใช้งาน
4. ขาคอมมอน จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC
5. ขาจ่ายแรงดันใช้งาน

รูปที่ 3.22 ขาต่างๆของรีเลย์

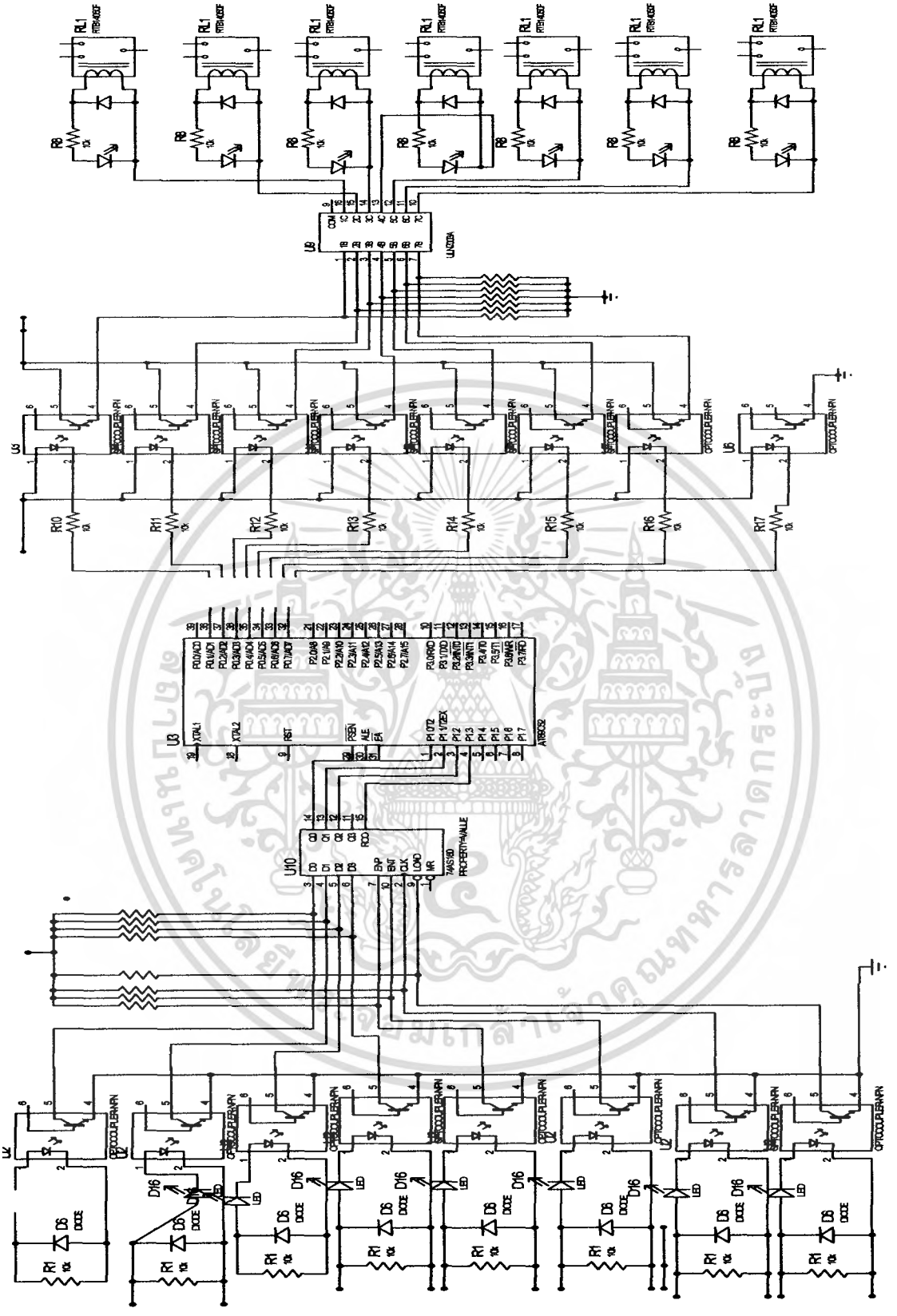
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรทั้งหมดของ มินิ พีแอลซี



รูปที่ 3.23 แผงวงจรของ มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 วงจรสมบูรณ์ของ มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

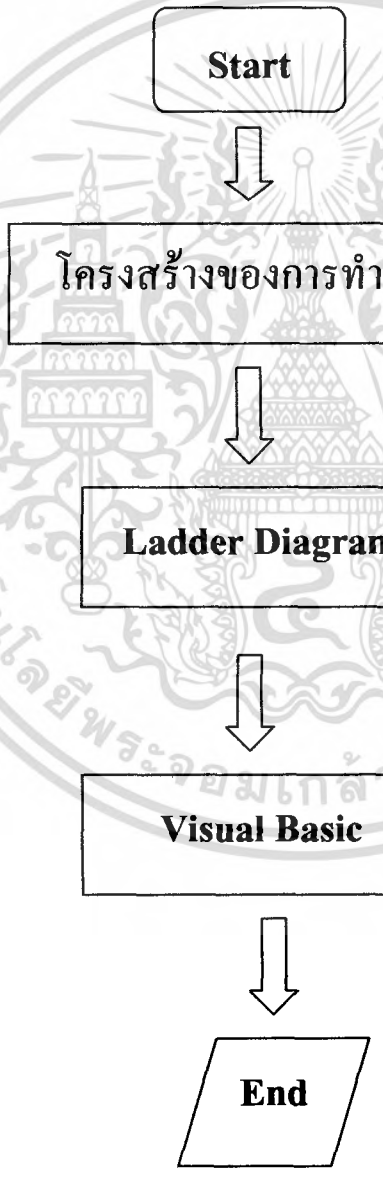
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการทดลองการทำงานของส่วนต่างๆ ของมินิ พีแอลซี ซึ่งมีอยู่หลายส่วนด้วยกันโดยแยกการทดลองวงจรออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

แสดงแผนผังการทำงาน มินิ พีแอลซี



รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงาน มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 1

การทดสอบผลตอบสนอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมการทดลอง
2. ทดลองผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงการตอบสนองต่อ อินพุต ของ เอาต์พุต

สวิตช์	การตอบสนองที่เอาต์พุต
ช่องที่ 1	ช่องที่ 1
ช่องที่ 2	ช่องที่ 2
ช่องที่ 3	ช่องที่ 3
ช่องที่ 4	ช่องที่ 4
ช่องที่ 5	ช่องที่ 5
ช่องที่ 6	ช่องที่ 6
ช่องที่ 7	ช่องที่ 7
ช่องที่ 8	ทุกช่องสัญญาณ

จากการทดลองที่ 4.1 เป็นการทดลองการทำงานของ มินิ พีแอลซี ซึ่งเป็นการทดลองจากการเทียบการทำงานระหว่าง อินพุต กับ เอาต์พุต คือเมื่อมีสัญญาณจ่ายเข้ามาในวงจร ภายในวงจรก็จะส่งสัญญาณออก เอาต์พุต ตามตารางที่ 4.1 โดยที่มี อินพุต ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ ขณะที่ มี เอาต์พุต ทั้งหมด 7 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 2

การทดสอบทางตรรกะ

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมการทดลอง
2. ทดลองผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดสอบทางตรรกะ

Input	Output
สวิตช์ 1 OR สวิตช์ 2	Relay 1
สวิตช์ 2 OR สวิตช์ 3	Relay 2
สวิตช์ 3 OR สวิตช์ 4	Relay 3
สวิตช์ 4 OR สวิตช์ 5	Relay 4
สวิตช์ 5 OR สวิตช์ 6	Relay 5
สวิตช์ 6 OR สวิตช์ 7	Relay 6
สวิตช์ 7 OR สวิตช์ 8	Relay 7

จากตารางการทดลองที่ 4.2 เป็นการทดลองการ สวิตช์แบบง่ายๆของสวิตช์ และส่งผลการออกัน ของสวิตช์โดยส่งผลการทดลอง ออกไปที่รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 3

การทดลองไทม์เมอร์/ เคาท์เตอร์ (Timer/Counter)

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมการทดลอง
2. ทดลองผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลอง Counter/Timer

การสวิตช์	เวลาการทำงาน
สวิตช์ 1 ทำงาน	เมื่อเวลา 5 วินาที
สวิตช์ 2 ทำงาน	เมื่อเวลา 10 วินาที
สวิตช์ 3 ทำงาน	เมื่อเวลา 15 วินาที
สวิตช์ 4 ทำงาน	เมื่อเวลา 20 วินาที
สวิตช์ 5 ทำงาน	เมื่อเวลา 25 วินาที
สวิตช์ 6 ทำงาน	เมื่อเวลา 30 วินาที
สวิตช์ 7 ทำงาน	เมื่อเวลา 35 วินาที
สวิตช์ 8 ทำงาน	เมื่อเวลา 40 วินาที

เป็นการทดลองการทำงานของ Timer/Counter ในวงจรเวลาในการหน่วงการทำงานของ สวิตช์ต่างๆ โดยแยก การทำงานของ สวิตช์ ที่ละตัว โดยแต่ล่ะตัวทำงานเป็นอิสระต่อกันโดย แต่ละตัวจะหน่วงเวลาห่างกันที่ 5 วินาที คือเมื่อ สวิตช์ ที่ 1 ทำงานแล้วสวิตช์ ที่ 2 จะทำงานต่อๆ กันไปตามกันเป็นขั้นตอน เป็นการทดลอง ง่ายๆ ซึ่ง การทำงานทั้งหมดจะทำงานตามกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองที่ 4

การทดลองจากโปรแกรม Visual Basic

ขั้นตอนการดลอง

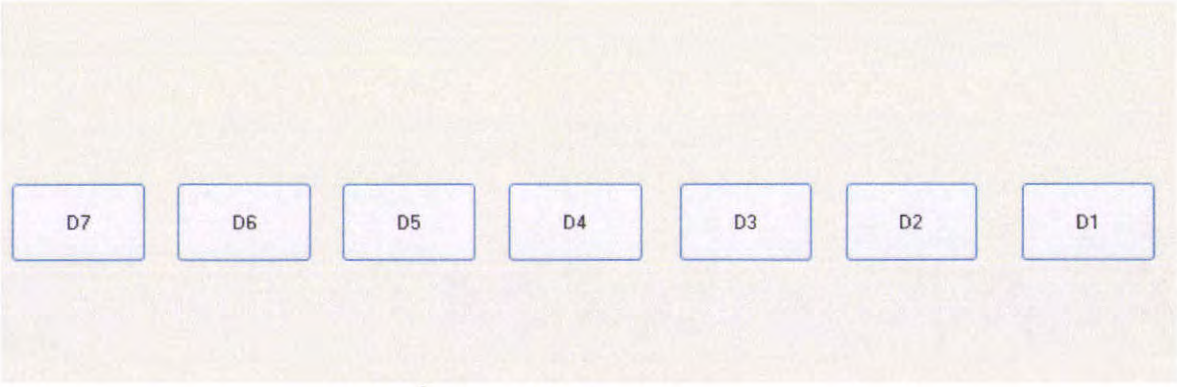
1. เขียนโปรแกรมการทดลอง
2. ทดลองผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดลองจากโปรแกรม Visual Basic

Input	Output
ช่องที่ 1	ช่องที่ 1
ช่องที่ 2	ช่องที่ 2
ช่องที่ 3	ช่องที่ 3
ช่องที่ 4	ช่องที่ 4
ช่องที่ 5	ช่องที่ 5
ช่องที่ 6	ช่องที่ 6
ช่องที่ 7	ช่องที่ 7
ช่องที่ 8	ทุกช่องสัญญาณ

การทดลองจากตารางที่ 4.4 เป็นการทดลองจากการโปรแกรมโดยภาษา Visual Basic ทดลอง Input เทียบกับ Output โดยการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 4.1 แต่หากต่างกันที่การโปรแกรมเท่านั้นซึ่งผลที่ได้รับก็ออกมาเหมือนกับสัญญาณที่ออกมาในการทดลองที่ 4.1 ทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟฟิกในการควบคุม

4.6 การทดลองที่ 5

การทดลองการทำงานของลิฟต์

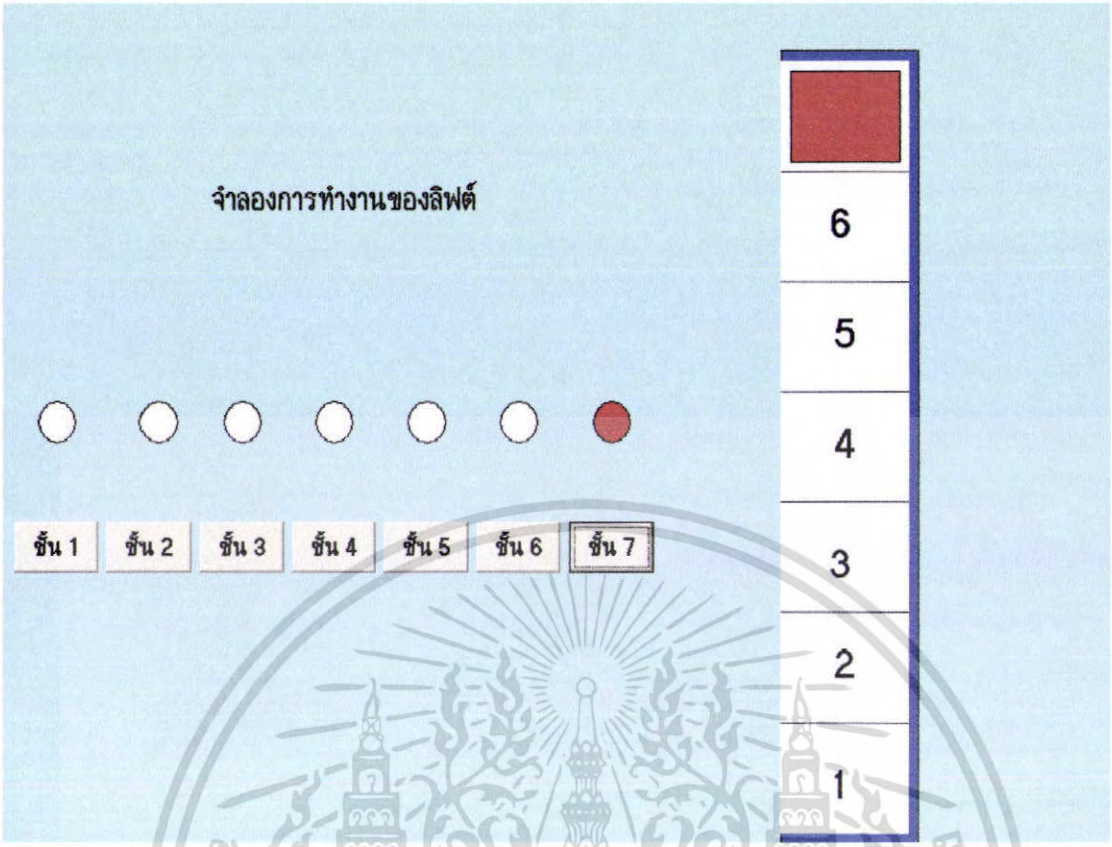
ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมการทดลอง
2. ทดลองผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 การทดลองการทำงานของลิฟต์

กดเลข	ลิฟต์เลื่อนไปที่ชั้น
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟฟิคการทำงานของลิฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งใช้ในการโปรแกรมมาทำงานร่วมกับ PLC โดยเรียกว่า มินิ พีแอลซี ซึ่ง มินิ พีแอลซีนี้ ได้สร้างขึ้นมาโดยอาศัยหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุม PLC ซึ่งเป็นทางเลือกในการลดค่าใช้จ่ายในการใช้ PLC ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงมาก และยังมีความแข็งแรง ทนทาน เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานอย่างหนักในโรงงานอุตสาหกรรม ขณะที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานควบคุมทั่งๆไป เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โทรศัพท์มือถือ ของเล่น เป็นต้น การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของพีแอลซีนั้นเป็นการรวมเอาข้อดีทั้ง PLC และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มารวมกันทำให้ได้การทำงานที่ดี แต่ มินิ พีแอลซี ก็มีข้อด้อยคือ การโปรแกรมซึ่งการเขียนโปรแกรมควบคุมแลดเดอร์ยังมีความซับซ้อนอยู่มาก ส่วนในแง่การทำงานนั้น มินิ พีแอลซี ก็ไม่ได้ทำงานด้อยกว่าพีแอลซีในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปแต่อย่างใด

จากการดำเนินงานพบว่า การทำงานของ มินิ พีแอลซี ยังมีข้อด้อยอยู่บ้างเมื่อเทียบกับ การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกำลังที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นสูงมาก ซึ่งข้อจำกัดนี้ทำให้ มินิ พีแอลซี ยังไม่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากนัก และระยะเวลาในการใช้งาน ซึ่งข้อนี้ มินิ พีแอลซี ยังต้องมีการพักเครื่องเพื่อไม่ให้เครื่องทำงานหนักจนเกินไป หากเครื่องทำงานหนักเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อวงจรภายในซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนการควบคุมนั้น มินิ พีแอลซี เครื่องมีขนาดเล็กมีกำลังในการทำงานต่ำ จึงไม่เหมาะกับการควบคุมเครื่องจักร ซึ่งกำลังสูงๆ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญมากในการทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับ PLC ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วๆ ไป

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์

การศึกษาทดลองการทำงานของ มินิ พีแอลซี นอกจากได้ใช้ประโยชน์จากการทำงานของเครื่อง มินิ พีแอลซี โดยตรงแล้ว ยังได้ใช้วิชาความรู้ที่เคยได้ศึกษามาก่อนแล้วใช้ในการทดสอบและทดลอง รวมถึงได้ศึกษาการทำงานของระบบต่างๆ ที่ยังไม่เคยได้ศึกษาในชั้นเรียน ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบ PLC ในโรงงานอุตสาหกรรมและการศึกษาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ มาใช้ในการโปรแกรมของวงจรภาคต่างๆได้ฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเมื่อเจอกับปัญหาที่ไม่คาดคิด และยังได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม แบ่งหน้าที่รับผิดชอบ ความมานะ อุตสาหะ ซึ่งต้องทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของตนเองให้ดีที่สุด ได้แลกเปลี่ยนทัศนะในการทำงาน ร่วมกันแก้ปัญหา ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ปรับทัศนคติในการทำงาน ได้ฝึกการปฏิบัติงานในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นๆ

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

1. พัฒนาการโปรแกรมลอกเลียนแลดเดอร์ให้ง่ายขึ้น
2. เพิ่มช่องสัญญาณทาง ขาออก เพื่อให้ใช้งานได้มากขึ้น
3. เพิ่มการต้านทานกระแสทางขาออก เพื่อให้ทำงานที่สภาวะกระแสสูงๆ ได้
4. พัฒนาการใช้ มินิ พีแอลซี ให้หลากหลายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, "**คู่มือเรียน Visual basic 2005**" โปรวิชั่น จำกัด 664 หน้า, 2005

2. อภิรักษ์ นามแถ่ง, "มินิ พีแอลซี" **เซมิคอนดัคเตอร์** ฉบับที่ 259 เดือน กุมภาพันธ์ หน้า 145-151 2547.

3. อภิชาต ภู่พลับ, "เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อ และควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic" อินโฟเพรส 240 หน้า, 2546.

4. www.thaiplc.com

5. www.adisak51.com

6. www.9engineer.com

7. www.vichakan.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานมินิ พีแอลซี นั้น สามารถ แบ่งการใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ

1. การใช้งานโดยเขียนโปรแกรม วิชวลเบสิค
2. การใช้งานโดยการเขียนโปรแกรมภาษา ซี

โดยการทำงานของมินิ พีแอลซี จะขึ้นอยู่กับการออกแบบโปรแกรม โดยที่จะมี อินพุต 8 ช่อง และมีเอาต์พุต 7 ช่อง และมีปุ่ม รีเซ็ต (RESET) เพื่อรีเซ็ตการทำงาน และมีพอร์ตขนาน2 พอร์ต ต่อเข้าเพื่อใช้ในการป้อนโปรแกรมเข้าสู่มินิ พีแอลซีโดยทั้ง 2 โปรแกรมจะสามารถทำงานได้ แต่จะสามารถทำงานได้เพียงครั้งละโปรแกรมเท่านั้นตามแต่จะใช้งานโปรแกรมใด เพื่อเป็นการสะดวกในการเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงาน

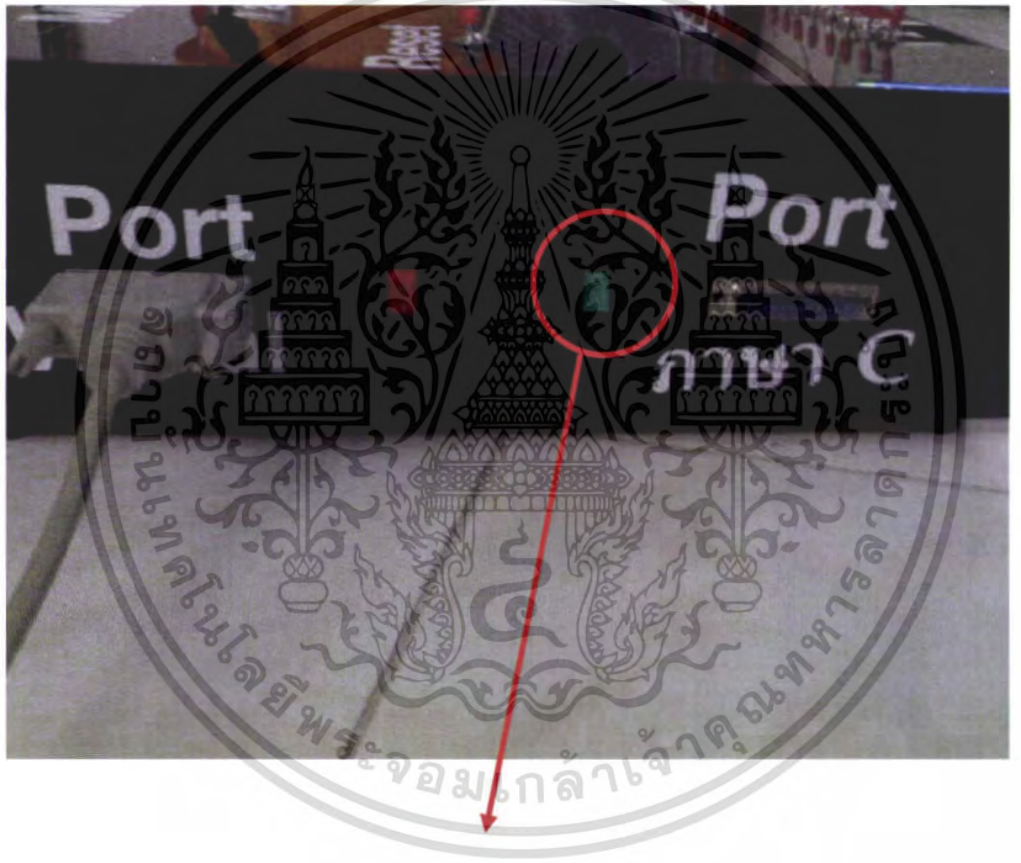
ลักษณะการป้อนโปรแกรมสู่มินิ พีแอลซี นั้น สามารถป้อนโดย คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตที่มีให้ผ่านเข้าไปสู่มินิ พีแอลซี ซึ่งประมวลผล โดยใช้ ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89S8253 ในการรับและประมวลผลการทำงานทั้งหมดของ มินิ พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A. การใช้งานโดยเขียนโปรแกรม วิชวลเบสิค ในการควบคุม มินิ พีแอลซี

1. เลือกเปิดสวิตช์การเขียนโดยโปรแกรม วิชวลเบสิก

POWER	VISUAL BASIC	MCS-51
ON	ON	OFF



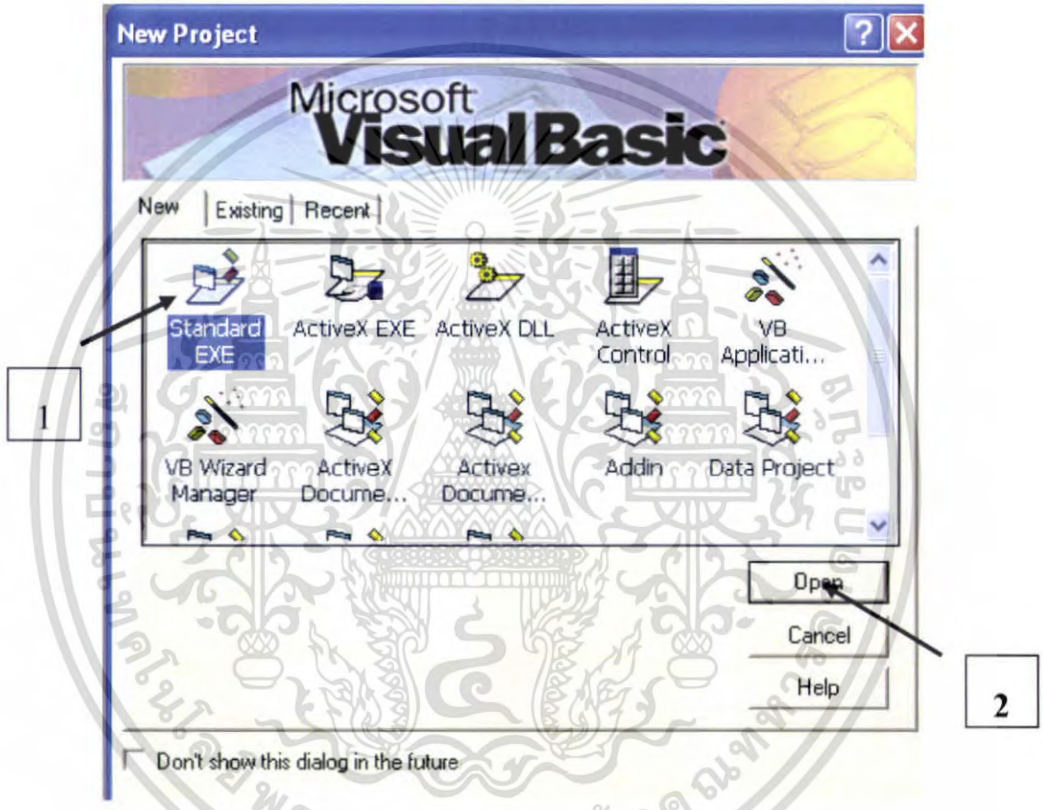
O Visual = ON

| Visual = OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกเปิดโปรแกรมวิชวลเบสิก

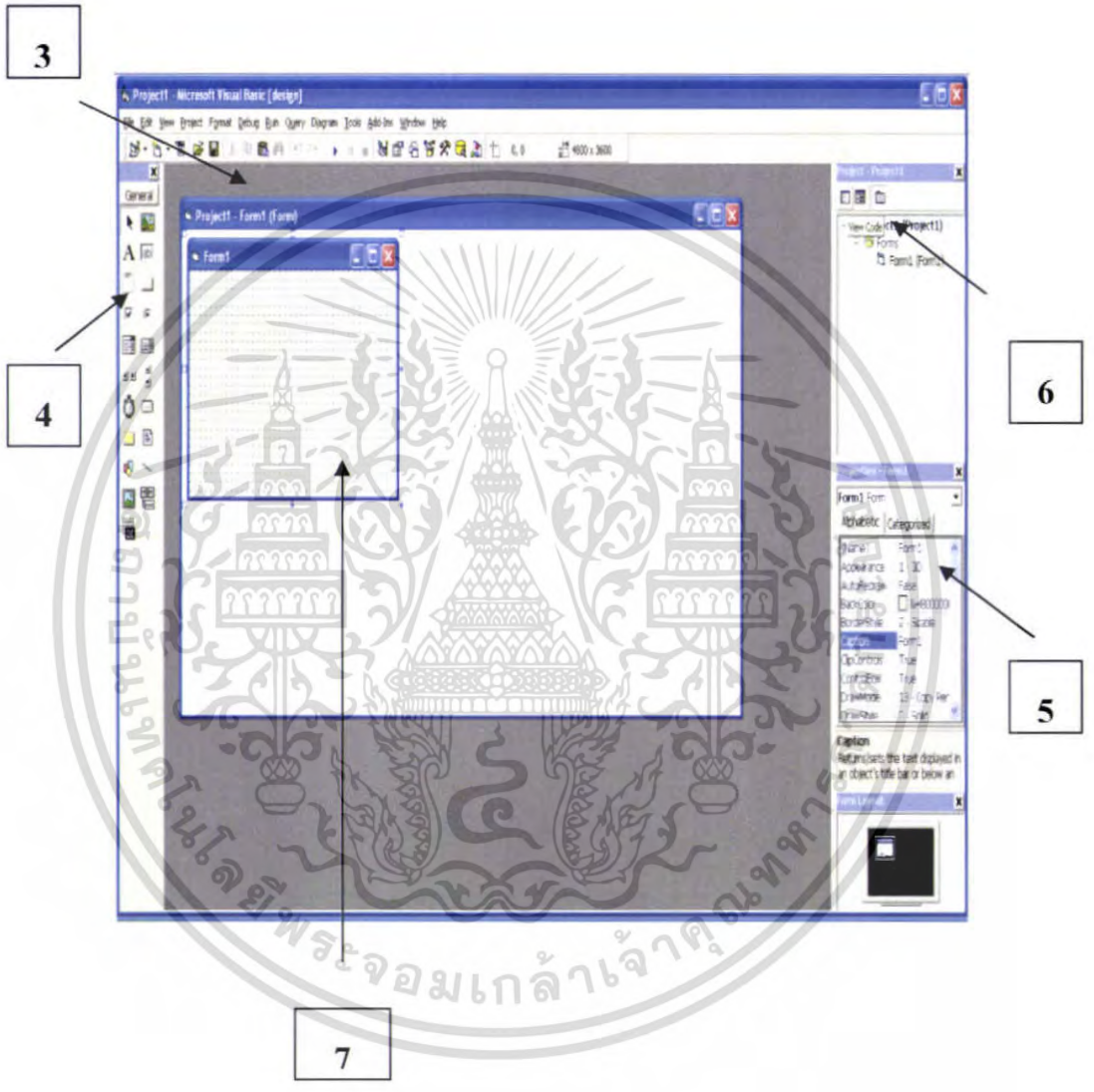
เลือกที่ File และ เข้าไปที่ New Project โปรแกรมจะแสดงดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เลือกไปที่ Standard EXE เพื่อเข้าสู่โปรแกรม

2.2 เลือกไปที่ Open เพื่อเข้าไปที่หน้าต่าง



2.3 จะแสดงหน้าต่างการเขียนการควบคุมเป็นรูป

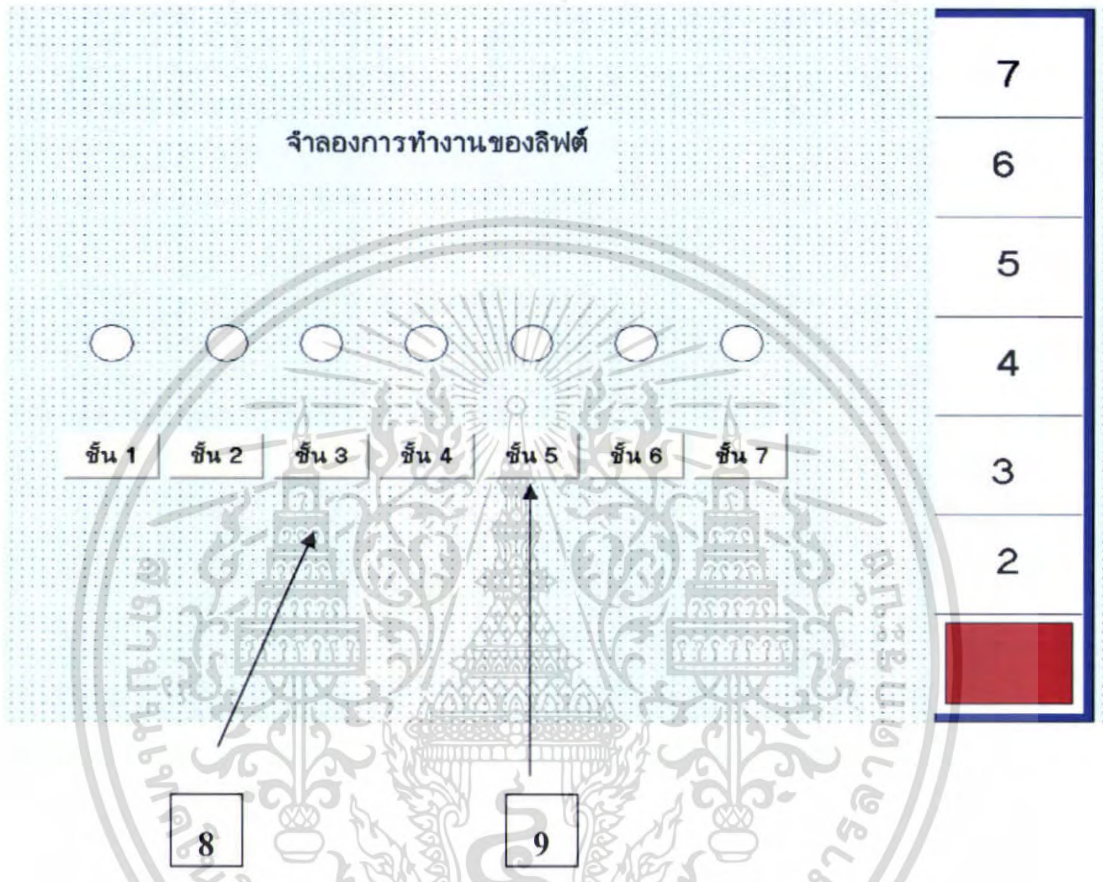
2.4 กล่อง และอุปกรณ์ที่นำมาวาดในการควบคุม

2.5 ตั้งค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น ตั้งชื่อ สีพื้นหลัง เป็นต้น

2.6 ปุ่มแสดงการเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิก

2.7 วาดรูปแสดงการควบคุม ของโปรแกรมวิชวลเบสิก

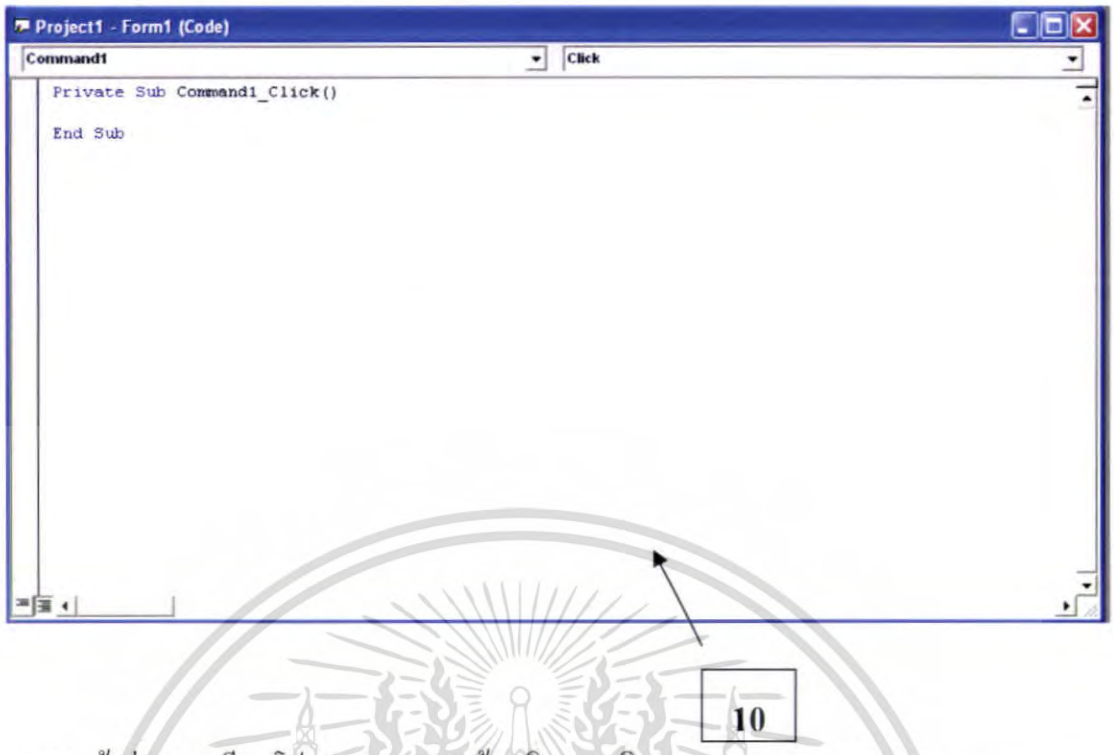
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



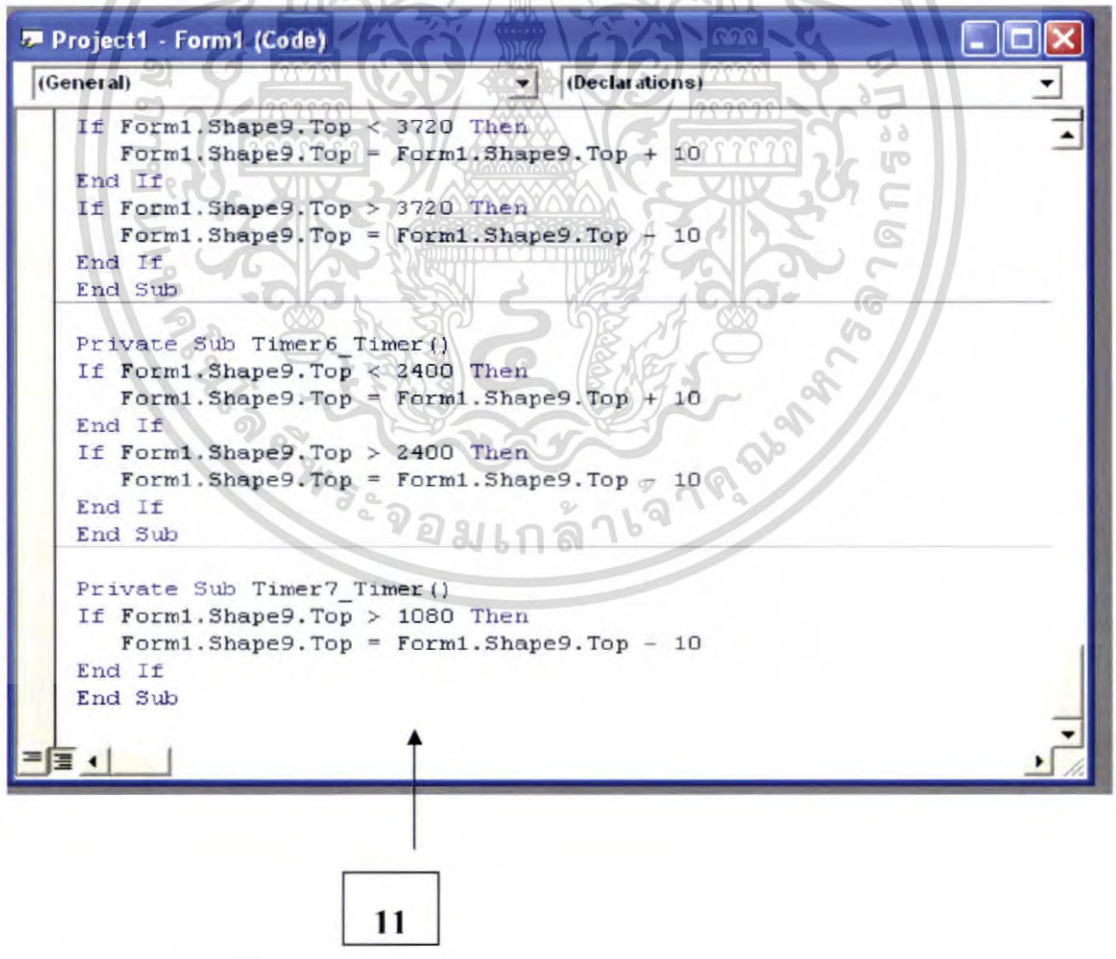
2.8 รูปแสดงการควบคุมารทำงานของโปรแกรม วิชวลเบสิก

2.9 กด ดับเบิ้ล คลิ๊ก (Double Click) เพื่อเข้าไปเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.10 หน้าต่าง การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย วิชวลเบสิก



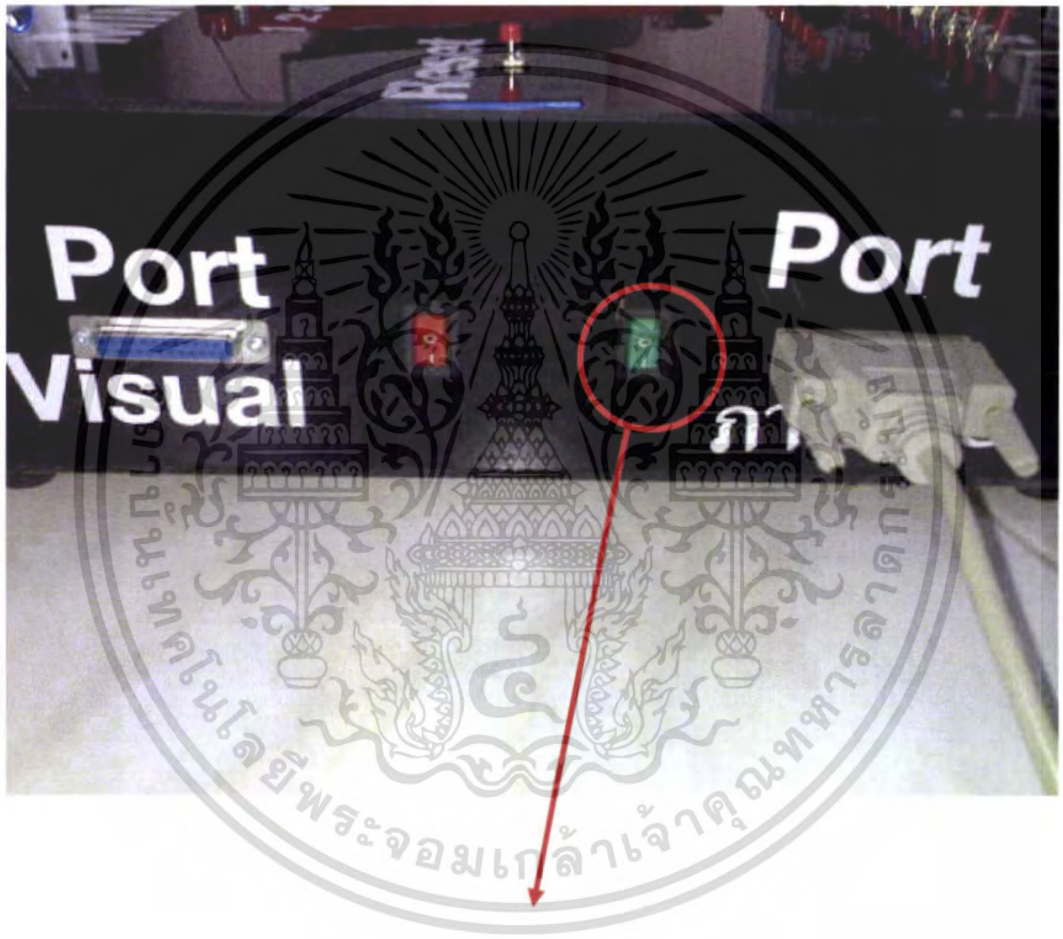
2.11 เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วกด บันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. การใช้งานโดยเขียนโปรแกรมภาษาซี ในการควบคุม มินิ พีแอลซี

1. เลือกเปิดสวิตช์การเขียนโดยโปรแกรมภาษาซี

POWER	VISUAL BASIC	MCS-51
ON	OFF	ON



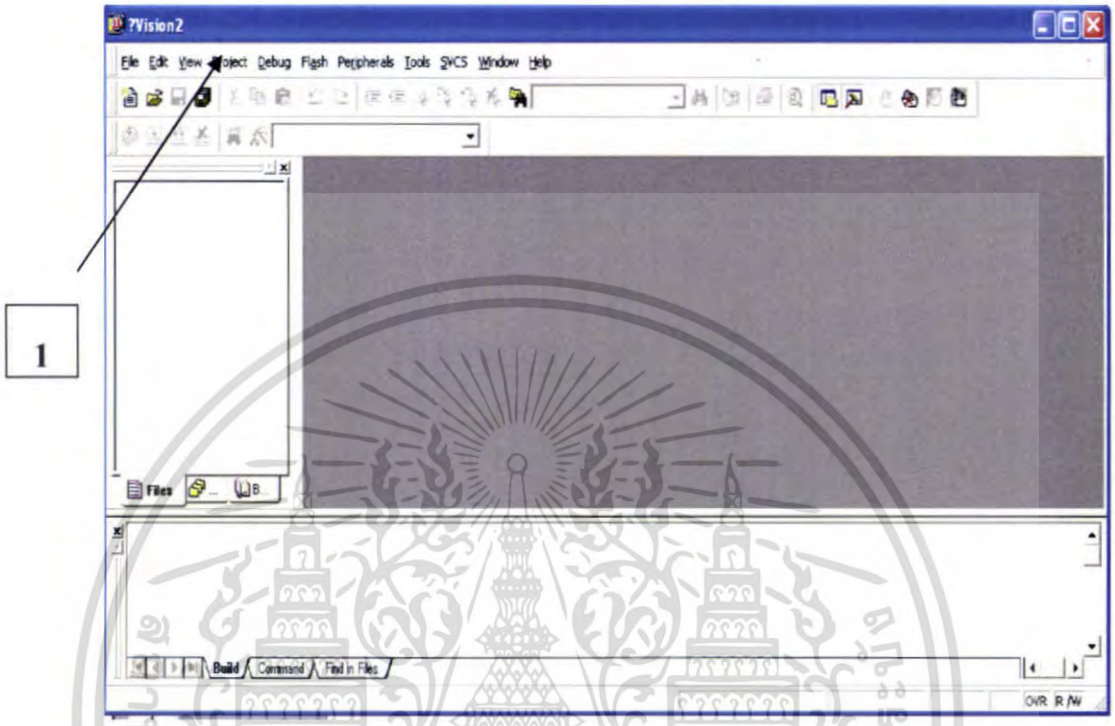
O ภาษา C = OFF

| ภาษา C = ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

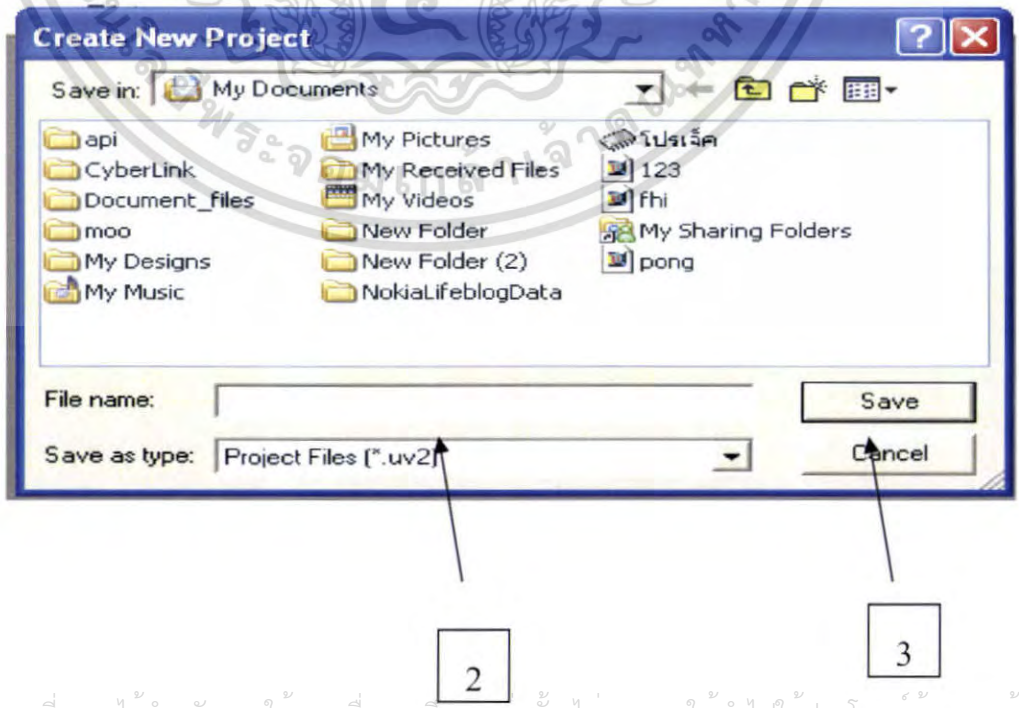
2. เลือกเปิดโปรแกรมภาษาซี

เลือก เข้าไปที่ Project โปรแกรมจะแสดงดังรูป



2.1 เลือก New Project กดเข้าไป

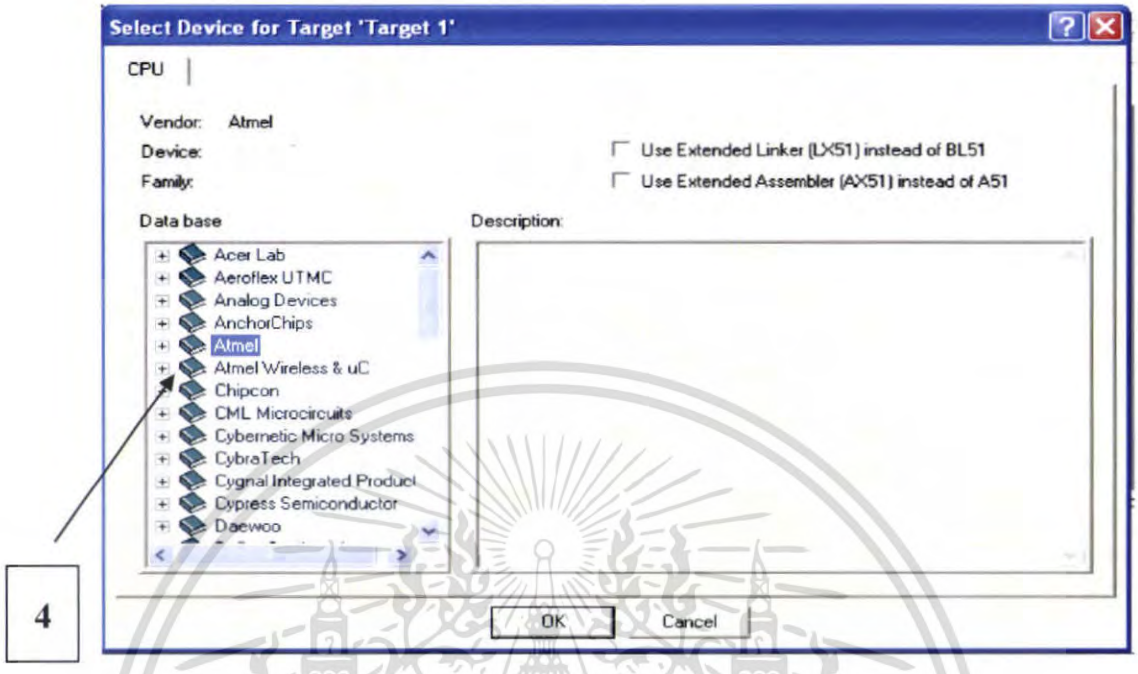
จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



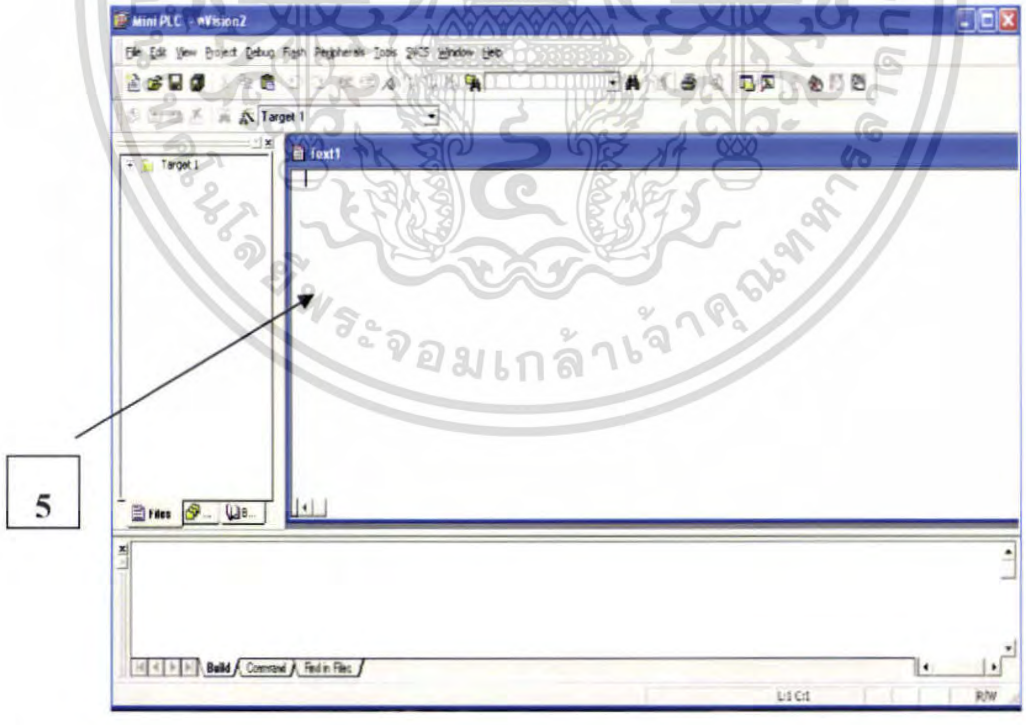
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตั้งชื่อโปรเจ็ค

2.3 กด Save เพื่อ บันทึก เมื่อกด Save จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



2.4 เลือก CPU ที่เราใช้เขียนโปรแกรม



2.5 เขียนโปรแกรมภาษาซี ควบคุมการทำงาน

2.6 กด Save เพื่อบันทึกโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1

ทดสอบสวิตช์และรีเลย์

```
#include<reg51.h>
#define TRUE 1
#define OUTPUT_PORT P2
#define INPUT_PORT P0

sbit OP_bit0=OUTPUT_PORT^0;
sbit OP_bit1=OUTPUT_PORT^1;
sbit OP_bit2=OUTPUT_PORT^2;
sbit OP_bit3=OUTPUT_PORT^3;
sbit OP_bit4=OUTPUT_PORT^4;
sbit OP_bit5=OUTPUT_PORT^5;
sbit OP_bit6=OUTPUT_PORT^6;
sbit OP_bit7=OUTPUT_PORT^7;

sbit IP_bit0=INPUT_PORT^0;
sbit IP_bit1=INPUT_PORT^1;
sbit IP_bit2=INPUT_PORT^2;
sbit IP_bit3=INPUT_PORT^3;
sbit IP_bit4=INPUT_PORT^4;
sbit IP_bit5=INPUT_PORT^5;
sbit IP_bit6=INPUT_PORT^6;
sbit IP_bit7=INPUT_PORT^7;

void delay (int sec)
{
int i,j;
for(i=0; i<sec; i++)
for(j=0; j<sec; j++)
;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void main(void)
{
OUTPUT_PORT = 0x00;
INPUT_PORT = 0xff;
delay(100);
 while(TRUE)
{
        if(!IP_bit7)
                OP_bit0 = 1;
        else
                OP_bit0 = 0;
        if(!IP_bit6)
                OP_bit1 = 1;
        else
                OP_bit1 = 0;
        if(!IP_bit5)
                OP_bit2 = 1;
        else
                OP_bit2 = 0;
        if(!IP_bit4)
                OP_bit3 = 1;
        else
                OP_bit3 = 0
        if(!IP_bit3)
                OP_bit4 = 1;
        else
                OP_bit4 = 0;
        if(!IP_bit2)
                OP_bit5 = 1;
        else
                OP_bit5 = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if(!IP_bit1)
                OP_bit6 = 1;
        else
                OP_bit6 = 0;
        if(!IP_bit0)
                OP_bit7 = 1;
        else
                OP_bit7 = 0;
}
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

การทดสอบทางตรรกะ

```
#include<reg51.h>
#define TRUE 1
#define OUTPUT_PORT P2
#define INPUT_PORT P0

sbit OP_bit0=OUTPUT_PORT^0;
sbit OP_bit1=OUTPUT_PORT^1;
sbit OP_bit2=OUTPUT_PORT^2;
sbit OP_bit3=OUTPUT_PORT^3;
sbit OP_bit4=OUTPUT_PORT^4;
sbit OP_bit5=OUTPUT_PORT^5;
sbit OP_bit6=OUTPUT_PORT^6;
sbit OP_bit7=OUTPUT_PORT^7;

sbit IP_bit0=INPUT_PORT^0;
sbit IP_bit1=INPUT_PORT^1;
sbit IP_bit2=INPUT_PORT^2;
sbit IP_bit3=INPUT_PORT^3;
sbit IP_bit4=INPUT_PORT^4;
sbit IP_bit5=INPUT_PORT^5;
sbit IP_bit6=INPUT_PORT^6;
sbit IP_bit7=INPUT_PORT^7;

void main(void)
{
OUTPUT_PORT = 0xff;
INPUT_PORT = 0xff;
while(TRUE)
{
  if(OP_bit0||OP_bit1==0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
    OP_bit0 = 0;
  }

        if(OP_bit2&&OP_bit3==0)
        {
        OP_bit1 = 0;
        }
} }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3

Timer/Counter

```
#include<reg51.h>

sbit P2_0=P2^0;
sbit P2_1=P2^1;
sbit P2_2=P2^2;
sbit P2_3=P2^3;
sbit P2_4=P2^4;
sbit P2_5=P2^5;
sbit P2_6=P2^6;
sbit P2_7=P2^7;

void  Wait_second(unsigned int sec){
        unsigned int i,j;
        for (i=0;i<=sec;i++){
          for(j=0;j<=20;j++){
        TH0=0x4B;
        TL0=0xFE;
        TF0=0;
   TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
 }

}
}

void main (void){
while(1)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P2_0=~P2_0;
 Wait_second(8);

P2_1=~P2_1;
  Wait_second(8);

P2_2=~P2_2;
  Wait_second(8);

P2_3=~P2_3;
  Wait_second(8);

P2_4=~P2_4;
 Wait_second(8);

P2_5=~P2_5;
  Wait_second(8);

P2_6=~P2_6;
  Wait_second(8);

P2_7=~P2_7;
  Wait_second(8);

}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

การทดลองจากโปรแกรม Visual Basic

```
Public Class from1
   Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dell" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer,
ByVal Value As Integer)
   Public pwrite As Integer

   Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD4.Click
      Out(pwrite, &H10)
   End Sub

   Private Sub from1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
      pwrite = &H378
   End Sub

   Private Sub btnD1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD1.Click
      Out(pwrite, &H2)
   End Sub

   Private Sub btnD2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD2.Click
      Out(pwrite, &H4)
   End Sub

   Private Sub btnD3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD3.Click
      Out(pwrite, &H8)
   End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Private Sub btnD5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD5.Click
        Out(pwrite, &H20)
    End Sub

    Private Sub btnD6_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD6.Click
        Out(pwrite, &H40)
    End Sub

    Private Sub btnD7_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles btnD7.Click
        Out(pwrite, &H80)
    End Sub
End Class
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5

การทดลองการทำงานของลิฟต์

```
Private Sub Command1_Click()
Timer1.Enabled = True
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &HFF&
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &H80000005
Shape6.BackColor = &H80000005
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = True
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &H80000005
Shape6.BackColor = &H80000005
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = True
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &H80000005
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command4_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = True
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &H80000005
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command5_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = True
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &H80000005
Shape6.BackColor = &H80000005
Shape7.BackColor = &HFF&
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command6_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = True
Timer7.Enabled = False
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &H80000005
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape6.BackColor = &H80000005
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &HFF&
Shape10.BackColor = &H80000005
End Sub

Private Sub Command7_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = True
Shape3.BackColor = &H80000005
Shape4.BackColor = &H80000005
Shape5.BackColor = &H80000005
Shape6.BackColor = &H80000005
Shape7.BackColor = &H80000005
Shape8.BackColor = &H80000005
Shape10.BackColor = &HFF&
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 9000 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
End If
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 7680 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
End If
If Form1.Shape9.Top > 7680 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 6360 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
End If
If Form1.Shape9.Top > 6360 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 5040 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
If Form1.Shape9.Top > 5040 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub

Private Sub Timer5_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 3720 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
End If
If Form1.Shape9.Top > 3720 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub

Private Sub Timer6_Timer()
If Form1.Shape9.Top < 2400 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top + 10
End If
If Form1.Shape9.Top > 2400 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub

Private Sub Timer7_Timer()
If Form1.Shape9.Top > 1080 Then
  Form1.Shape9.Top = Form1.Shape9.Top - 10
End If
End Sub
```

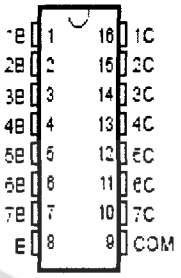
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS007 – D2502A, DECEMBER 1976 – REVISED APRIL 1993

HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

- 500-mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Designed to Be Interchangeable With Sprague ULN2001A Series

D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

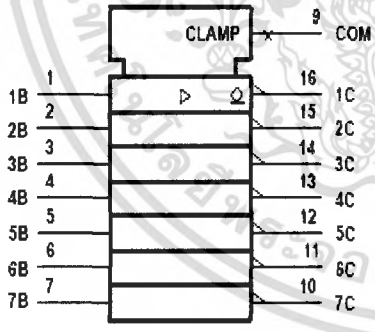


description

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, and ULN2004A are monolithic high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-V (otherwise interchangeable) versions, see the SN75465 through SN75469.

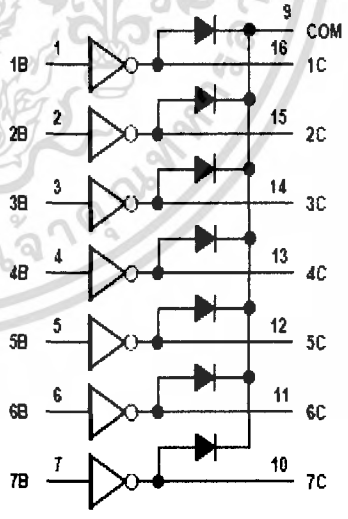
The ULN2001A is a general-purpose array and can be used with TTL, P-MOS, CMOS, and other MOS technologies. The ULN2002A is specifically designed for use with 14- to 25-V P-MOS devices. Each input of this device has a zener diode and resistor in series to control the input current to a safe limit. The ULN2003A has a 2.7-kΩ series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices. The ULN2004A has a 10.5-kΩ series base resistor to allow its operation directly from CMOS or P-MOS devices that use supply voltages of 6 to 15 V. The required input current of the ULN2004A is below that of the ULN2003A, and the required voltage is less than that required by the ULN2002A.

logic symbol†



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

logic diagram



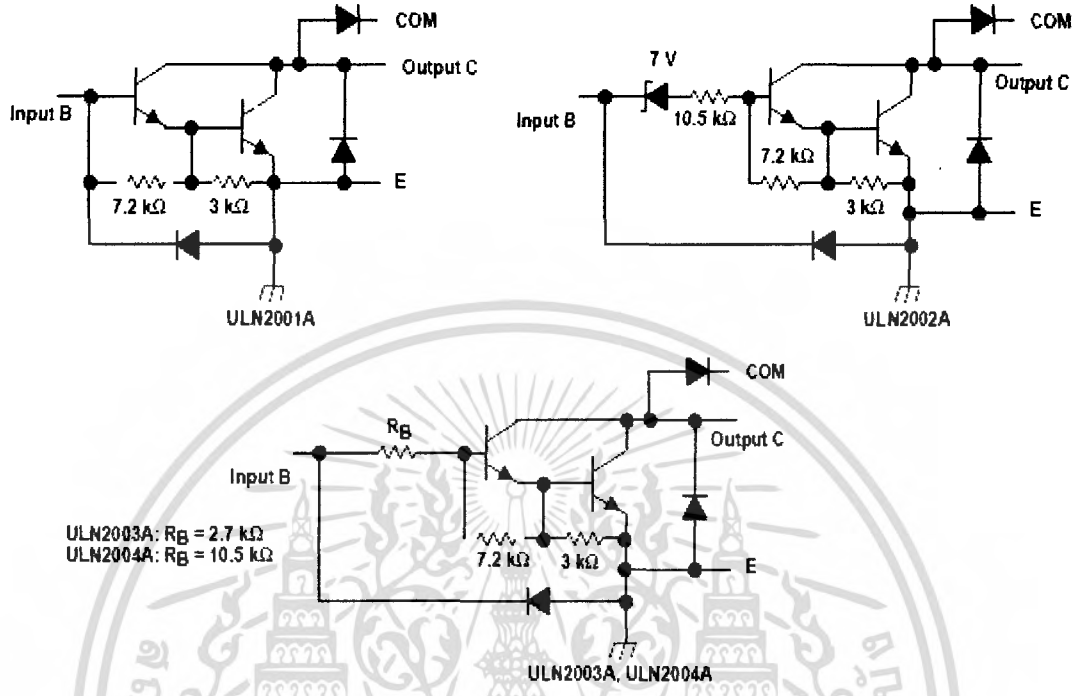
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1993, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS027 – D2624, DECEMBER 1976 – REVISED APRIL 1993

schematics (each Darlington pair)



All resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-emitter voltage	50 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	30 V
Peak collector current (see Figures 14 and 15)	500 mA
Output clamp current, I_{CK}	500 mA
Total emitter-terminal current	−2.5 A
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range	−20°C to 85°C
Storage temperature range	−65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

NOTE 1: All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	T_A = 25°C POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE T_A = 25°C	T_A = 85°C POWER RATING
D	950 mW	7.6 mW/°C	494 mW
N	1150 mW	9.2 mW/°C	598 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS027 – D2624, DECEMBER 1976 – REVISED APRIL 1993

electrical characteristics, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST FIGURE	TEST CONDITIONS		ULN2001A			ULN2002A			UNIT
					MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	6	V_{CE} = 2 V,	I_C = 300 mA						13	V
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	5	I_I = 250 µA,	I_C = 100 mA		0.9	1.1		0.9	1.1	V
			I_I = 350 µA,	I_C = 200 mA		1	1.3		1	1.3	
			I_I = 500 µA,	I_C = 350 mA		1.2	1.6		1.2	1.6	
V_F	Clamp forward voltage	5	I_F = 350 mA			1.7	2		1.7	2	V
I_{CEX}	Collector cutoff current	1	V_{CE} = 50 V,	I_I = 0			50			50	µA
		1	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	I_I = 0			100			100	
		2		V_I = 6 V						500	
$I_{I(off)}$	Off-state input current	3	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	I_C = 500 µA	50	65		50	65		µA
I_I	Input current	4	V_I = 17 V						0.82	1.25	mA
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V,	T_A = 70°C			100			100	µA
h_{FE}	Static forward current transfer ratio	5	V_{CE} = 2 V,	I_C = 350 mA	1000						
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V				50			50	µA
C_i	Input capacitance		V_I = 0,	f = 1 MHz		15	25		15	25	pF

electrical characteristics, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST FIGURE	TEST CONDITIONS		ULN2003A			ULN2004A			UNIT
					MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	6	V_{CE} = 2 V	I_C = 125 mA						5	V
				I_C = 200 mA			2.4			6	
				I_C = 250 mA			2.7				
				I_C = 275 mA						7	
				I_C = 300 mA			3				
				I_C = 350 mA						8	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	5	I_I = 250 µA,	I_C = 100 mA		0.9	1.1		0.9	1.1	V
			I_I = 350 µA,	I_C = 200 mA		1	1.3		1	1.3	
			I_I = 500 µA,	I_C = 350 mA		1.2	1.6		1.2	1.6	
I_{CEX}	Collector cutoff current	1	V_{CE} = 50 V,	I_I = 0			50			50	µA
		1	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	I_I = 0			100			100	
		2		V_I = 1 V						500	
V_F	Clamp forward voltage	5	I_F = 350 mA			1.7	2		1.7	2	V
$I_{I(off)}$	Off-state input current	3	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	I_C = 500 µA,	50	65		50	65		µA
I_I	Input current	4	V = 3.85 V			0.93	1.35				mA
			V = 5 V						0.35	0.5	
			V = 12 V						1	1.45	
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V				50			50	µA
			V_R = 50 V	T_A = 70°C			100			100	
C_i	Input capacitance		V = 0	f = 1 MHz		15	25		15	25	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

switching characteristics, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	See Figure 9		0.25	1	µs
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			0.25	1	µs
V_{OH}	High-level output voltage after switching	V_S = 50 V, I_O = 300 mA, See Figure 10	V_S – 20			mV

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

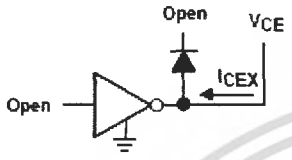


Figure 1. I_{CEX} Test Circuit

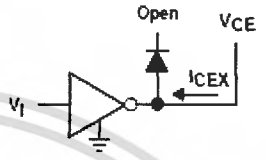


Figure 2. I_{CEX} Test Circuit

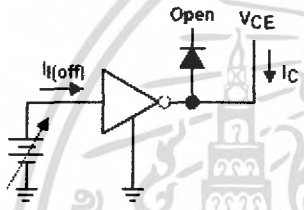


Figure 3. $I_{I(off)}$ Test Circuit

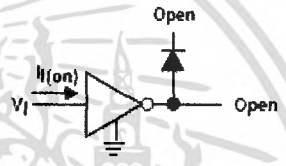
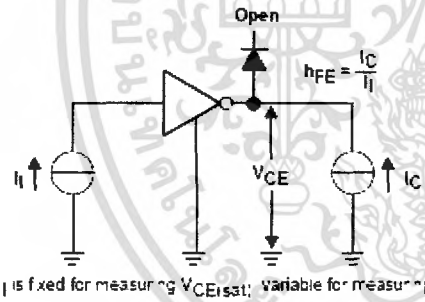


Figure 4. I_I Test Circuit



NOTE: I_I is fixed for measuring $V_{CE(sat)}$; variable for measuring h_{FE}.

Figure 5. h_{FE}, $V_{CE(sat)}$ Test Circuit

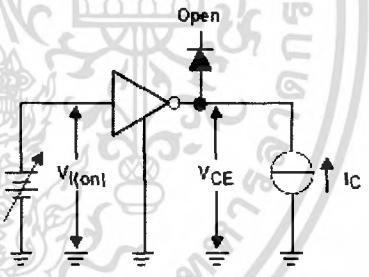


Figure 6. $V_{I(on)}$ Test Circuit

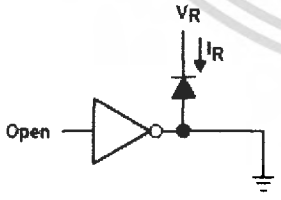


Figure 7. I_R Test Circuit

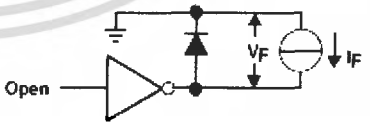


Figure 8. V_F Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

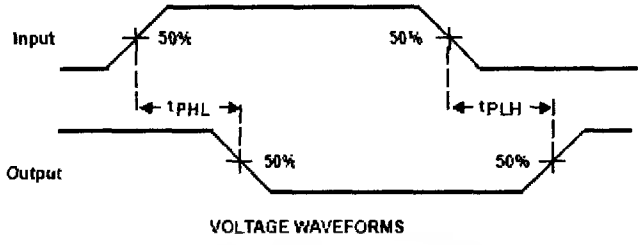
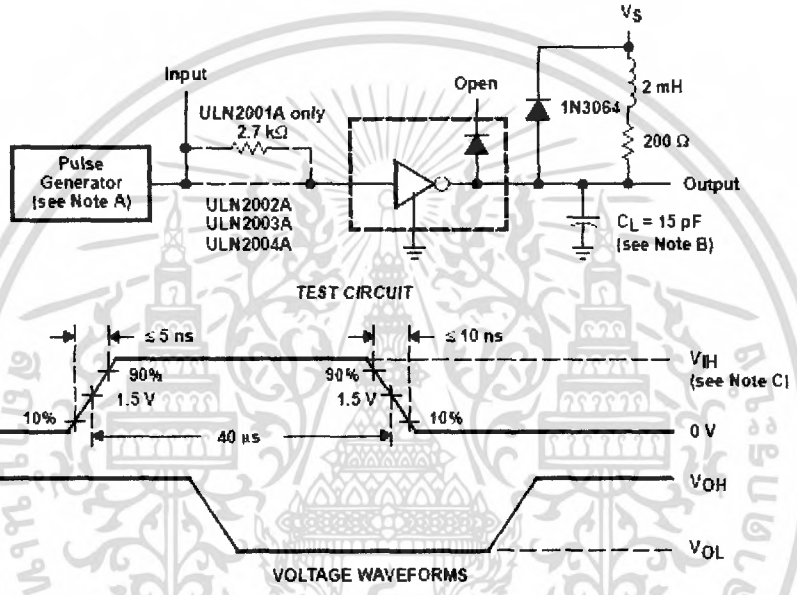


Figure 9. Propagation Delay Time Waveforms



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: PRR = 12.5 kHz, ZO = 50 Ω.
B. CL includes probe and jig capacitance.
C. For testing the ULN2001A and the ULN2003A, VIH = 3 V; for the ULN2002A, VIH = 13 V; for the ULN2004A, VIH = 8 V.

Figure 10. Latch-Up Test Circuit and Voltage Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

COLLECTOR-EMITTER
SATURATION VOLTAGE
vs
COLLECTOR CURRENT
(ONE DARLINGTON)

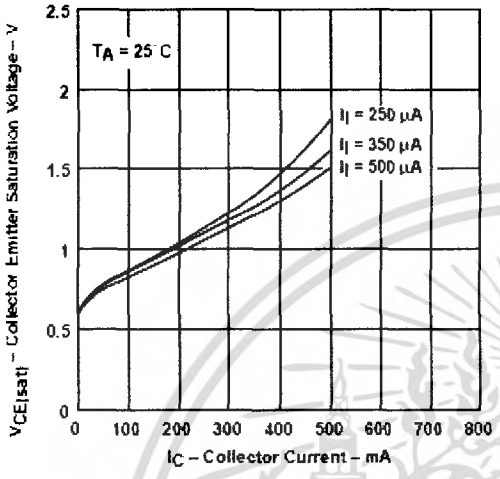


Figure 11

COLLECTOR-EMITTER
SATURATION VOLTAGE
vs
TOTAL COLLECTOR CURRENT
(TWO DARLINGTONS PARALLELED)

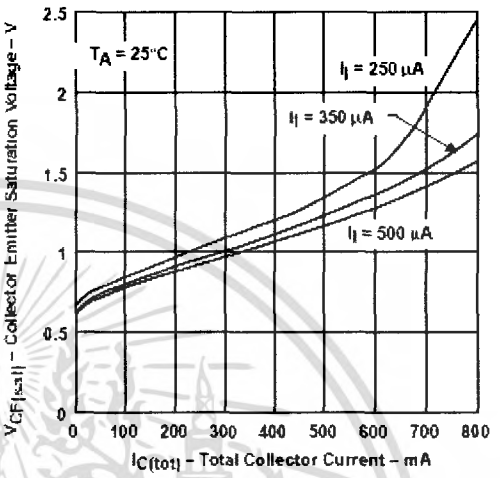


Figure 12

COLLECTOR CURRENT
vs
INPUT CURRENT

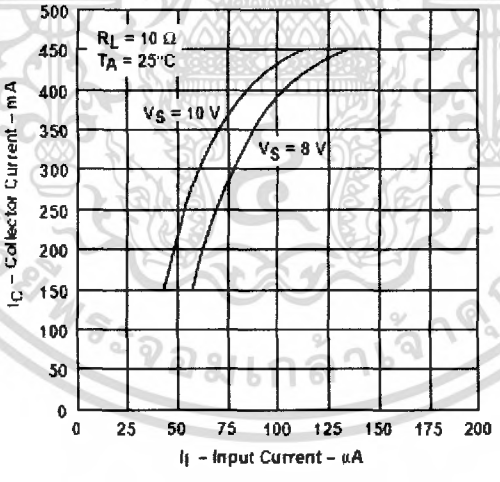


Figure 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS027 – D2624, DECEMBER 1976 – REVISED APRIL 1993

THERMAL INFORMATION

D PACKAGE
MAXIMUM COLLECTOR CURRENT
vs
DUTY CYCLE

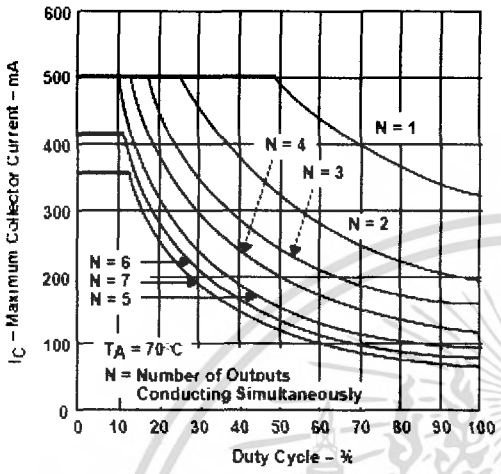


Figure 14

N PACKAGE
MAXIMUM COLLECTOR CURRENT
vs
DUTY CYCLE

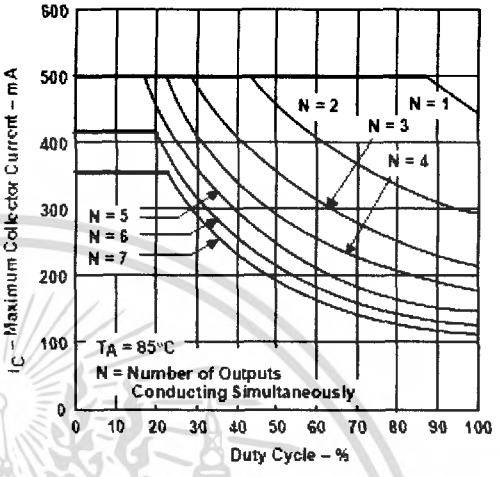


Figure 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

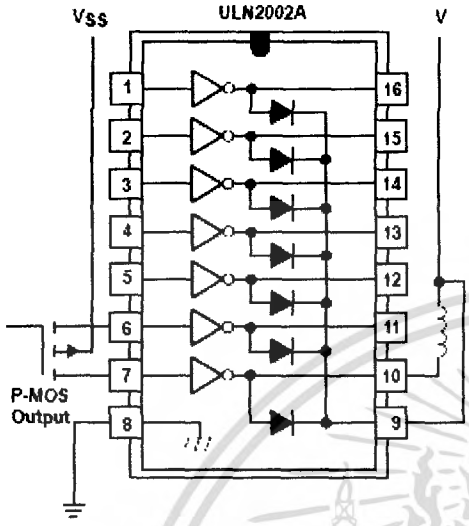


Figure 16. P-MOS to Load

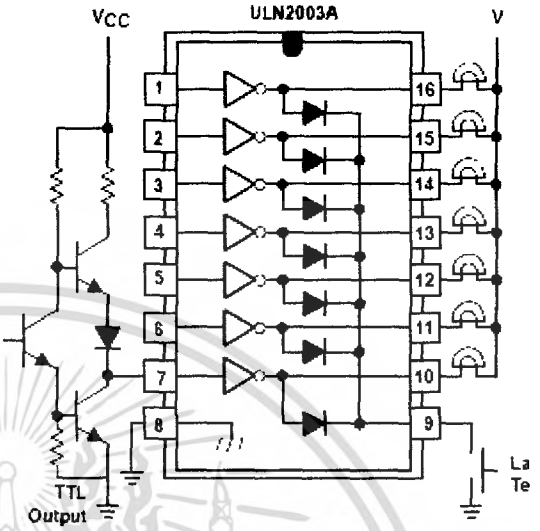


Figure 17. TTL to Load

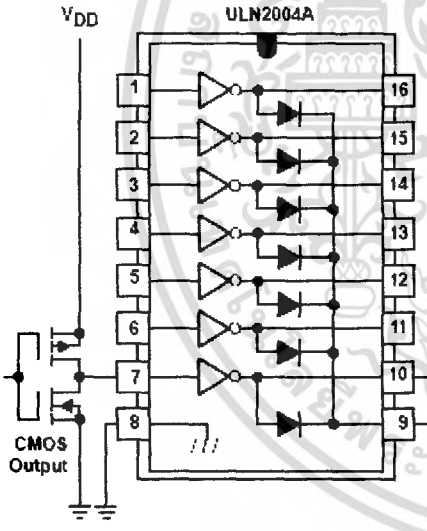


Figure 18. Buffer for Higher Current Loads

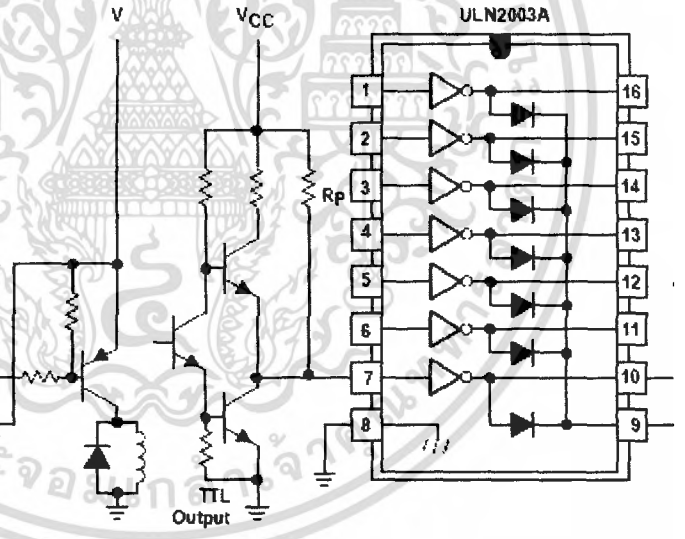


Figure 19. Use of Pullup Resistors to Increase Drive Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

Copyright © 1995 Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS®-51 Products
- 12K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Program Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM Data Memory
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 64-byte User Signature Array
- 2.7V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Enhanced UART Serial Port with Framing Error Detection and Automatic Address Recognition
- Enhanced SPI (Double Write/Read Buffered) Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Modes)
  - Page Mode: 64 Bytes/Page for Code Memory, 32 Bytes/Page for Data Memory
- Four-level Enhanced Interrupt Controller
- Programmable and Fuseable x2 Clock Option
- Internal Power-on Reset
- 42-pin PDIP Package Option for Reduced EMC Emission
- Green (Pb/Halide-free) Packaging Option

8-bit Microcontroller with 12K Bytes Flash and 2K Bytes EEPROM

AT89S8253

1. Description

The AT89S8253 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 12K bytes of In-System Programmable (ISP) Flash program memory and 2K bytes of EEPROM data memory. The device is manufactured using Atmel's high-density non-volatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8253 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

3286H–MICRO–9/05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89S8253 provides the following standard features: 12K bytes of In-System Programmable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector, four-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8253 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 external interrupt or hardware reset.

The on-board Flash/EEPROM is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from, unless one or more lock bits have been activated.

2. Pin Configurations

2.1 40P6 – 40-lead PDIP

3. Pin Description

3.1 VCC

Supply voltage (all packages except 42-PDIP).

3.2 GND

Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program/data memories).

3.3 VDD

Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program/data memories.

3.4 PWRVDD

Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers.

The application board **must** connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 PWRGND

Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal links. The application board **must** connect both GND and PWRGND to the board ground.

3.6 Port 0

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

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

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

3.7 Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source six TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the weak internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, 150 µA typical) because of the weak internal pull-ups.

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.4	$\overline{SS}$ (Slave port select input)
P1.5	MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel)
P1.6	MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel)
P1.7	SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel)

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

3.8 Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source six TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the weak internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, 150 µA typical) because of the weak internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source six TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the weak internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, 150 µA typical) because of the weak internal pull-ups.

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8253, as shown in the following table.

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

Note: 1. All pins in ports 1 and 2 and almost all pins in port 3 (the exceptions are P3.2 $\overline{INT0}$ and P3.3 $\overline{INT1}$) have their weak internal pull-ups disabled in the Power-down mode. Port pins P3.2 ($\overline{INT0}$) and P3.3 ($\overline{INT1}$) are active even in Power-down mode (to be able to sense an interrupt request to exit the Power-down mode) and as such still have their weak internal pull-ups turned on.

3.10 RST

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

3.11 ALE/$\overline{PROG}$

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

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

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

3.12 $\overline{PSEN}$

Program Store Enable. $\overline{PSEN}$ is the read strobe to external program memory (active low).

When the AT89S8253 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 $\overline{EA}$/VPP

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

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

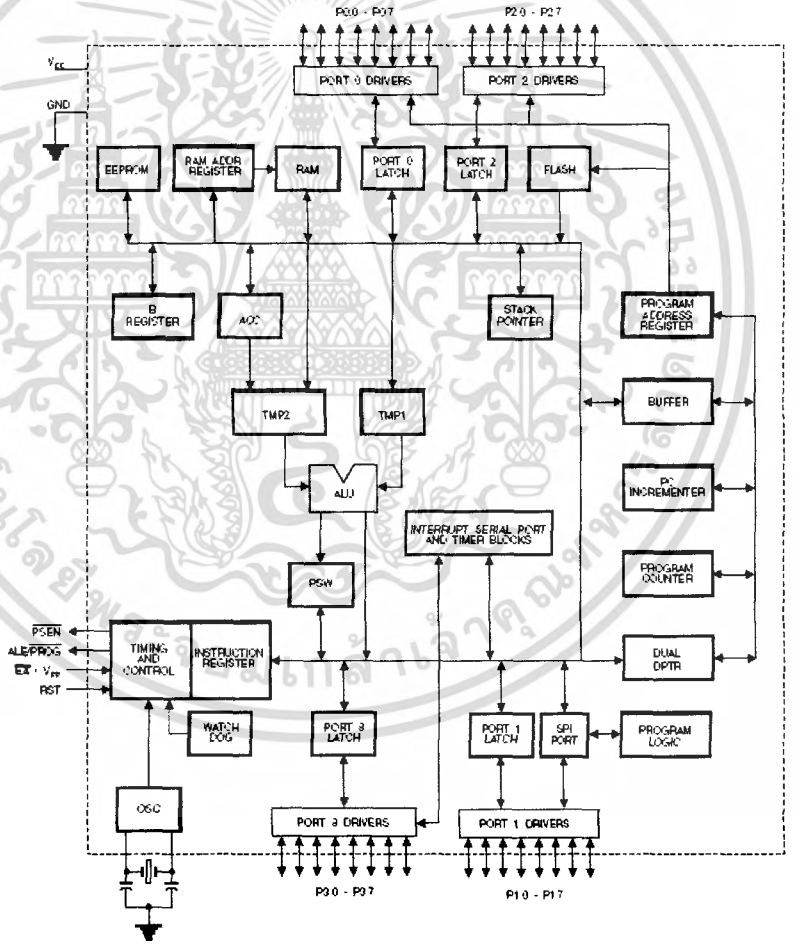
3.14 XTAL1

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

3.15 XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

4. Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LITEON

High Density Mounting Type Photocoupler

LTV-817 Series

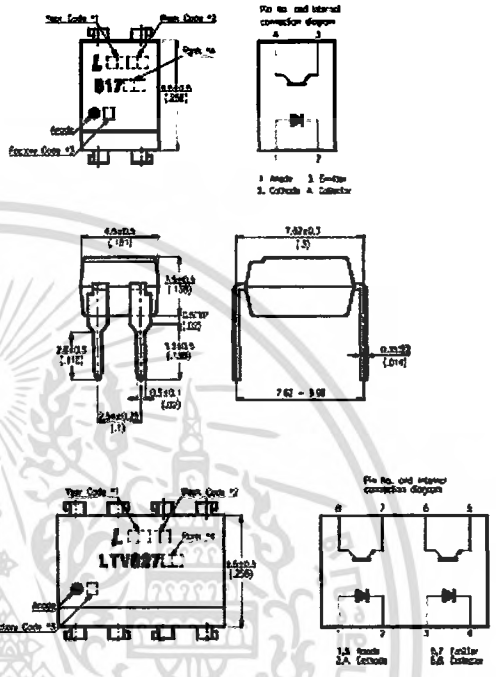
Features

- Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at IF=5mA, VCE=5V)
- High input-output isolation voltage: (Viso : 5,000Vrms)
- Compact dual-in-line package
  LTV-817 : 1-channel type
  LTV-827 : 2-channel type
  LTV-847 : 4-channel type
- UL approved (No. E113898)
- TUV approved (No. R9653630)
- CSA approved (No. CA91533-1)
- FIMKO approved (No. 202634)
- NEMKO approved (No. P98101945)
- DEMKO approved (No. 307857)
- SEMKO approved (No. 9832157/01-03)
- VDE approved (No. 094722)
- Options available :
  -Leads with 0.4"(10.16mm)spacing (M Type)
  -Leads bends for surface mounting(S Type)
  -Tape and Reel of Type I for SMD(Add"-TA"Suffix)
  -Tape and Reel of Type II for SMD(Add"-TA1"Suffix)
  -VDE 0884 approvals (Add"-V"Suffix)

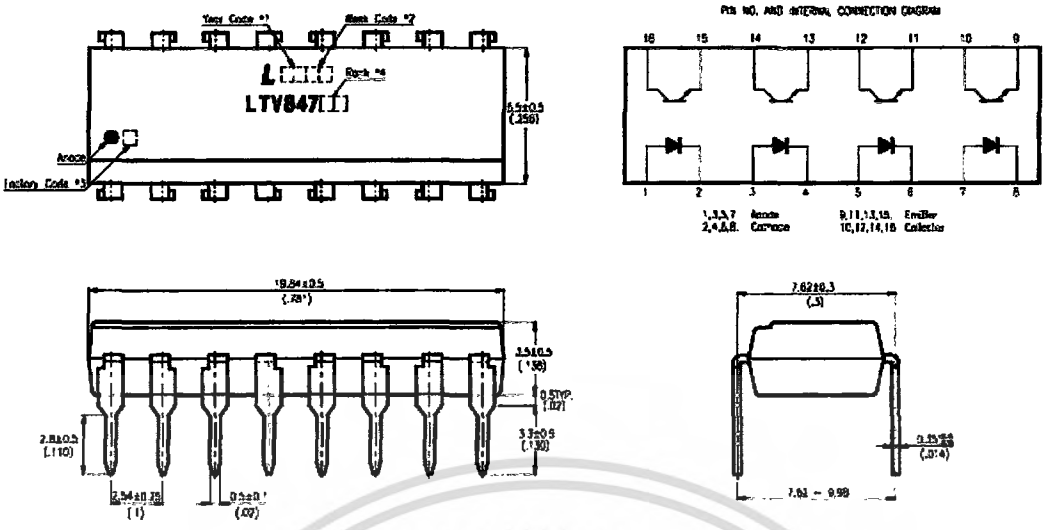
Applications

1. Computer terminals.
2. System appliances, measuring instruments.
3. Registers, copiers, automatic vending machines.
4. Electric home appliances such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances.

Package Dimensions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note:

1.Year date code.
2. 2-digit work week.
3. Factory code shall be marked (Z : Taiwan, Y : Thailand).
4.Rank shall be or shall not be marked.
5. All dimensions are in millimeters (inches).
6. Tolerance is ± 0.25mm (.010") unless otherwise noted.
7. Specifications are subject to change without notice.

Ordering Information

Part Number	Package	Safety Standard Approval	Application part number
LTV-817 LTV-817M LTV-817S LTV-817S-TA LTV-817S-TA1	4-pin DIP 4-pin (leads with 0.4" spacing) 4-pin (lead bends for surface mount) 4-pin (tape and reel packaging of type I) 4-pin (tape and reel packaging of type II)	· UL approved · TUV approved · CSA approved · FIMKO approved · NEMKO approved · SEMKO approved · DEMKO approved	LTV-817
LTV-827 LTV-827M LTV-827S LTV-827S-TA LTV-827S-TA1	8-pin DIP 8-pin (leads with 0.4" spacing) 8-pin (lead bends for surface mount) 8-pin (tape and reel packaging of type I) 8-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-827
LTV-847 LTV-847M LTV-847S LTV-847S-TA LTV-847S-TA1	16-pin DIP 16-pin (leads with 0.4" spacing) 16-pin (lead bends for surface mount) 16-pin (tape and reel packaging of type I) 16-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-847
LTV817-V LTV817M-V LTV817S-V LTV817STA-V LTV817STA1-V	4-pin DIP 4-pin (leads with 0.4" spacing) 4-pin (lead bends for surface mount) 4-pin (tape and reel packaging of type I) 4-pin (tape and reel packaging of type II)	· VDE approved	LTV-817
LTV827-V LTV827M-V LTV827S-V LTV827STA-V LTV827STA1-V	8-pin DIP 8-pin (leads with 0.4" spacing) 8-pin (lead bends for surface mount) 8-pin (tape and reel packaging of type I) 8-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-827
LTV847-V LTV847M-V LTV847S-V LTV847STA-V LTV847STA1-V	16-pin DIP 16-pin (leads with 0.4" spacing) 16-pin (lead bends for surface mount) 16-pin (tape and reel packaging of type I) 16-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-847

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

(Ta=25℃)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward Current	I_F	50	mA
	Reverse Voltage	V_R	6	V
	Power Dissipation	P	70	mW
Output	Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector Current	I_C	50	mA
	Collector Power Dissipation	P_C	150	mW
Total Power Dissipation		P_{tot}	200	mW
Operating Temperature		T_{opr}	-30~+100	℃
Storage Temperature		T_{stg}	-55~+125	℃
*1.Isolation Voltage		V_{iso}	5	KV_{rms}
*2.Soldering Temperature		T_{sol}	260	℃

*1. AC for 1 minute, R.H. = 40 ~ 60%
- Isolation voltage shall be measured using the following method.
  (1)Short between anode and cathode on the primary side and between collector, emitter and base on the secondary side.
  (2)The isolation voltage tester with zero-cross circuit shall be used.
  (3)The waveform of applied voltage shall be a sine wave.

*2. For 10 seconds.

Electrical/Optical Characteristics

(Ta=25℃)

	Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Input	Forward Voltage	V_F	–	1.2	1.4	V	I_F=20mA
	Reverse Current	I_R	–	–	10	μA	V_R=4V
	Terminal Capacitance	C_t	–	30	250	pF	V=0, f=1KHz
Output	Collector Dark Current	I_{CEO}	–	–	100	nA	V_{CE}=20V
	Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	35	–	–	V	I_C=0.1mA
	Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV_{ECO}	6	–	–	V	I_E=10 μA
Transfer Characteristics	*Current Transfer Ratio	CTR	50	–	600	%	I_F=5mA, V_{CE}=5V R_{BE}=∞
	Collector Current	I_C	2.5	–	30	mA	
	Collector-emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	–	0.1	0.2	V	I_F=20mA, I_C=1mA
	Isolation Resistance	R_{ISO}	5×10^{10}	10^{11}	–	Ω	DC500V, 40~60% R.H.
	Floating Capacitance	C_f	–	0.6	1.0	pF	V=0, f=1MHz
	Cut-off Frequency	f_c	–	80	–	KHz	V_{CE}=5V, I_C=2mA R_L=100 Ω, -3dB
	Response Time (Rise)	t_r	–	4	18	μs	V_{CE}=2V, I_C=2mA R_L=100 Ω
	Response Time (Fall)	t_f	–	3	18	μs	

*CTR= $\frac{I_C}{I_F} \times 100\%$

■ Supplement

Rank Table of Current Transfer Ratio CTR

Model No.	Rank Mark	CTR(%)
LTV-817	L	50~100
LTV-817	A	80~160
LTV-817	B	130~260
LTV-817	C	200~400
LTV-817	D	300~600
LTV-817	L or A or B or C or D	50~600
Conditions	I_F=5mA V_{CE}=5V Ta=25℃	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electrical/Optical Characteristic Curves
(25℃ Ambient Temperature Unless Otherwise Noted)

Fig.1 Forword Current vs. Ambient Temperatute

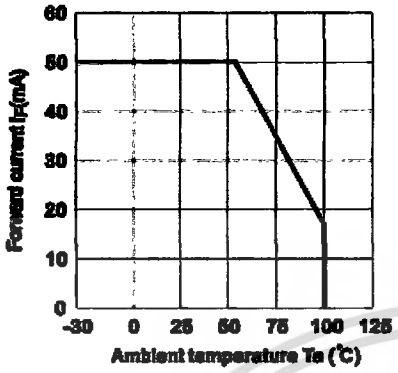


Fig.2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

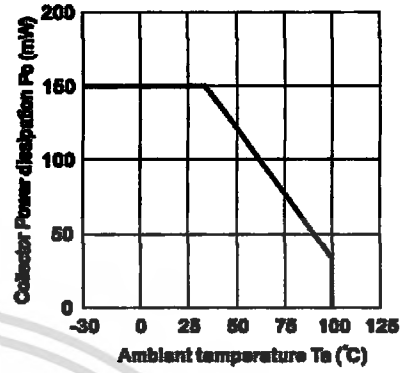


Fig.3 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current

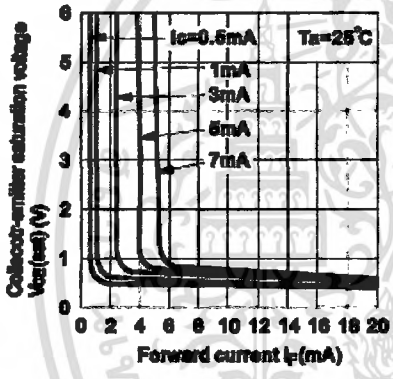


Fig.4 Forward Current vs. Forward Voltage

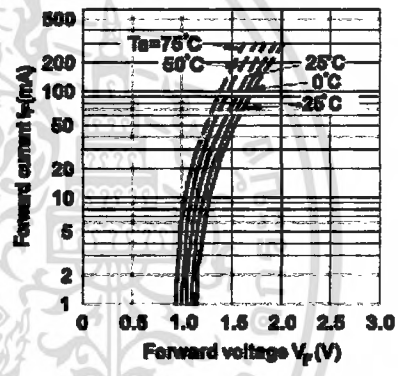


Fig.5 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

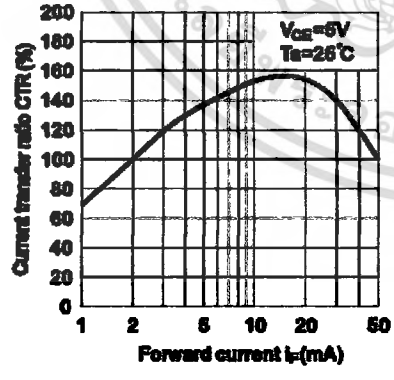
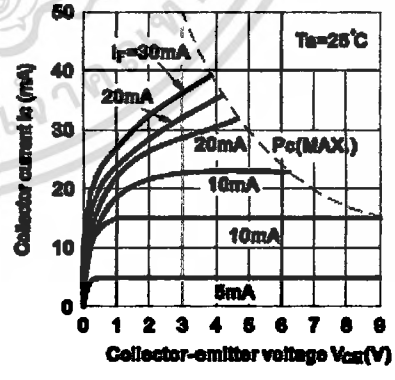


Fig.6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

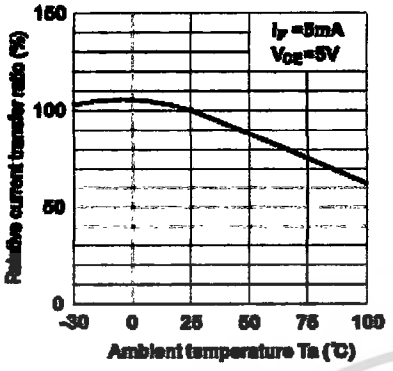


Fig.8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

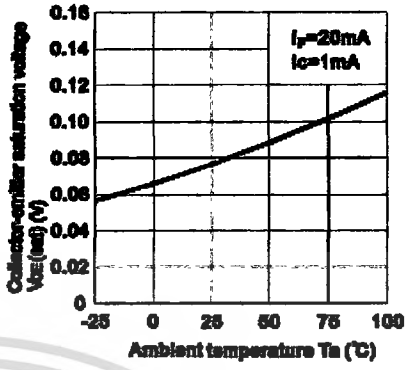


Fig.9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

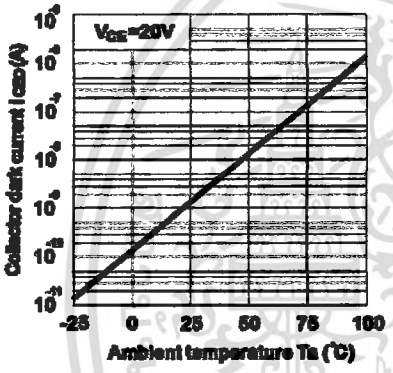


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

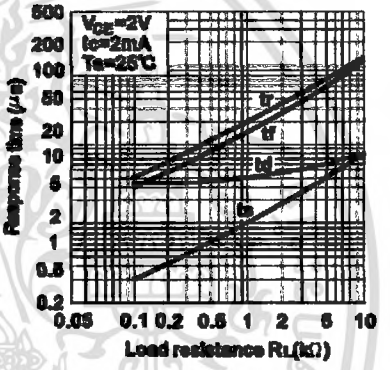
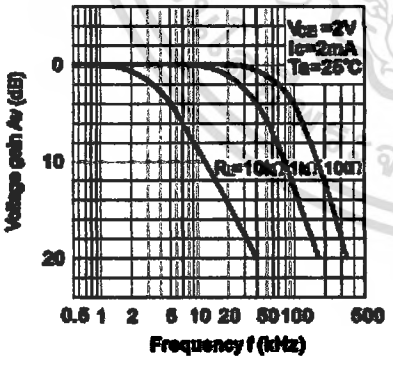
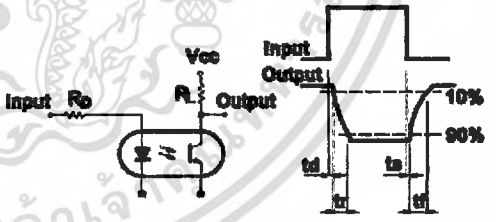


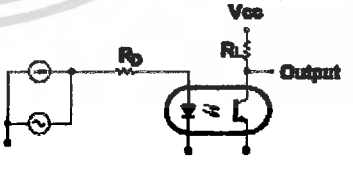
Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้