สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน
EMERGENCY LIGHTING

โดย

นายนิยม	ไชยคำวัง
นายประสิทธิ์	นุ่นชูคันธ์
นายอับดุลฮาดี	กาเจ
นายเอกชัย	ศักดารุจานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

ผู้จัดทำ

1. นายนิยม ไชยคำวัง
2. นายประสิทธิ์ นุ่นชูดันธ์
3. นายอับดุลฮาดี กาเจ
4. นายเอกชัย ศักดารุจานนท์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

นายนิยม ไชยคำวัง
นายประสิทธิ์ นุ่นชูคันธ์
นายอับดุลฮาดี กาเจ
นายเอกชัย ศักดารุจานนท์
อ.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ระบบแสงสว่างฉุกเฉินในโครงงานนี้ สภาวะปกติจะเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่โดยผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้า (Battery Charger) และนำมาจ่ายหลอดเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ โครงงานได้มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller)มาประยุกต์ใช้และเพื่อให้หลอดสามารถจุดติดได้อย่างรวดเร็ว จึงมีการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมในระบบ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้อินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายโหลดได้นานขึ้นเพราะมีการสูญเสียน้อยกว่าบัลลาสต์แกนเหล็ก โครงงานได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าและป้อนสัญญาณทริกให้กับอินเวอร์เตอร์ (inverter) และสแตติกสวิทช์ (static switch) ที่ใช้เปลี่ยนตำแหน่งการรับแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาเป็นแรงดันจากอินเวอร์เตอร์ โดยในโครงงานนี้จะใช้ SCR เพื่อให้ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินทำงานอย่างรวดเร็วและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMERGENCY LIGHTING

Niyom Chaikumvung
Prasith Noonchukan
Abdulhadee Kajay
Akachai Sakdarujanon
Anuwat Jangwanitler Advisor
1999

ABSTRACT

Emergency lighting in this project . normally keeps energy in battery by means of battery charger when abnormal battery supplys fluorescent lamp .This project uses microcontroller to drive SCR , mosfet and sensor voltage.SCR is transferred switch and mosfet is switching device in inverter .To operate rapidly, we use electronic ballast to replace magnetic ballast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ทฤษฎีแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง	2
2.1.1 ระบบ UPS แบบฟอร์เวิร์ด ทรานสเฟอร์	2
2.1.2 ระบบ UPS แบบต่อเนื่อง	3
2.2 แบตเตอรี่	4
2.2.1 แบตเตอรี่แบบเซลตะกั่ว-กรด	4
2.3 การประจุแบตเตอรี่	5
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	7
2.4.1 โครงสร้างการทำงานของ 8051	9
2.4.2 การจัดหน่วยความจำของ 8051	11
2.4.3 สถาปัตยกรรมของ 8051	13
2.4.4 การทำงานของ 8051	23
2.5 อินเวอร์เตอร์	26
2.6 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	28
2.6.1 หน้าที่ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	28
2.6.2 ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	29
2.6.3 สิ่งที่พิจารณาในการออกแบบ	29
2.6.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	32
2.6.5 การเลือกใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	32
2.6.6 การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ	33
2.6.7 DC to AC converter	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.8 วงจรรีโซแนนซ์ 35
2.6.9 วงจรเพิ่มเพาเวอร์แฟคเตอร์ 36
บทที่ 3 การดำเนินงาน 37
3.1 การทำงานของระบบแสงสว่างฉุกเฉิน 37
3.2 ส่วนประกอบและการทำงานของส่วนต่าง 38
3.2.1 แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ 38
3.2.2 อินเวอร์เตอร์ 40
3.2.3 สวิทช์ทรานสเฟอร์ 42
3.2.4 หม้อแปลงความถี่สูง 44
3.2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
บทที่ 4 ผลการทดลอง 54
4.1 ผลการทดลองของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ 54
4.2 ผลการทดลองของอินเวอร์เตอร์ 56
4.3 ผลการทดลองของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 64
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 68
5.1 หลักการโดยรวม 68
5.2 สรุปผลของโครงงาน 68
5.2.1 แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ 68
5.2.2 อินเวอร์เตอร์ 68
5.2.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 69
5.2.4 ประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ 69
5.3 แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข 69
ภาคผนวก
กิตติกรรมประกาศ
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สภาวะปกติ	2
รูปที่ 2.2 สภาวะผิดปกติ	3
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของ UPS ระบบต่อเนื่อง	4
รูปที่ 2.4 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรด โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันคงที่ ขนาด 1.1-1.25 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่	5
รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลย์ของวงจรประจุแบตเตอรี่ในรูปที่ 2.4	6
รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051	9
รูปที่ 2.7 ภาพเสมือนของหน่วยความจำ	10
รูปที่ 2.8 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051	12
รูปที่ 2.9 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051	13
รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมของขา แบบ DIP	14
รูปที่ 2.11 โครงสร้างของพอร์ต 0	15
รูปที่ 2.12 โครงสร้างของพอร์ต 1	17
รูปที่ 2.13 โครงสร้างของพอร์ต 2	18
รูปที่ 2.14 โครงสร้างของพอร์ต 3	19
รูปที่ 2.15 ค่าของรีจีสเตอร์เมื่อรีเซ็ต 8051	20
รูปที่ 2.16 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน8051	22
รูปที่ 2.17 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก	22
รูปที่ 2.18 ลำดับสถานะการทำงานใน 8051	24
รูปที่ 2.19 แผนภาพกรอบวงจร DC to AC Converter	26
รูปที่ 2.20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์	27
รูปที่ 2.21 วงจรเพิ่มเพาเวอร์แฟคเตอร์	36
รูปที่ 3.1 แสดงระบบการทำงานของระบบแสงสว่างฉุกเฉิน	37
รูปที่ 3.2 วงจรแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์	38
รูปที่ 3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์	40
รูปที่ 3.4 (a) สัญญาณขับอินเวอร์เตอร์	41
(b) สัญญาณเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 วงจรขับมอสเฟท 42
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการต่อสวิทช์ทรานสเฟอร์ 42
รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณจากการไฟฟ้า 43
รูปที่ 3.8 วงจรขับ SCR 43
รูปที่ 3.9 แสดงการเหนี่ยวนำของหม้อแปลง 44
รูปที่ 3.10 แหล่งจ่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
รูปที่ 3.11 แหล่งจ่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ 49
รูปที่ 3.12 แผนผังการออกแบบโปรแกรมของไมโครคอนโทรเลอร์ 50
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่ 55
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและกระแสอัดประจุแบตเตอรี่ 55
รูปที่ 4.3 เดทไทม์ของสัญญาณทริก 56
รูปที่ 4.4 สัญญาณแรงดันเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีโหลด 57
รูปที่ 4.5 สัญญาณแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงสเตปอัพขณะไม่มีโหลด 57
รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงสเตปอัพขณะมีโหลด 58
รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกรมการต่ออุปกรณ์เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ 58
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลา 63
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและแรงดันต่อเวลา 63
รูปที่ 4.10 กระแสอินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 64
รูปที่ 4.11 แรงดันและกระแสอินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 65
รูปที่ 4.12 กระแสของบัลลาสต์เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ 65
รูปที่ 4.13 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนจากการไฟฟ้ามาใช้แรงดันจากอินเวอร์เตอร์ 66
รูปที่ 4.14 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์เมื่อเปลี่ยนมาใช้แรงดันจากการไฟฟ้า 67
รูปที่ 5.1 อินเวอร์เตอร์เมื่อสมบูรณ์ 70
รูปที่ 5.2 ระบบแสงสว่างฉุกเฉินเมื่อสมบูรณ์ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว 8051	7
ตารางที่ 3.1 แกนเฟอร์ไรต์ของบริษัทต่าง ๆ	46
ตารางที่ 3.2 แสดงแผ่นข้อมูลของสายที่ใช้พันหม้อแปลง	47
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่	54
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองชุดระบบแสงสว่างฉุกเฉิน	60
ตารางที่ 4.3 แสดงความเข้มแสงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์	61
ตารางที่ 4.4 แสดงความเข้มแสงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้า	62
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับบัลลาสต์แกนเหล็ก	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน แม้ระบบไฟฟ้าจะมีเสถียรภาพมากกว่าในอดีต แต่บางครั้งก็ยังเกิดปัญหาขึ้นมาจากการดับของไฟฟ้าที่มีสาเหตุมาจากระบบส่งจ่ายขัดข้อง ในสถานที่บางแห่งนั้นต้องการแสงสว่างใช้ตลอดเวลาเพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินอย่างเช่น ตรงทางขึ้นบันไดหรือ ว่าในห้างสรรพสินค้า ดังนั้นจึงได้มีการคิดระบบแสงสว่างฉุกเฉินขึ้นมา โดยในสภาวะปกติจะเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่โดยผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้า (Battery Charger) และนำมาจ่ายหลอดเมื่อไฟฟ้าดับ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินที่ดีนั้นต้องสามารถตอบสนองได้ทันทีเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) มาประยุกต์ใช้ด้วยและเพื่อให้หลอดสามารถจุดติดได้อย่างรวดเร็ว จึงมีการนำบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมในระบบ นอกจากนี้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ยังช่วยให้อินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายโหลดได้นานขึ้นเพราะมีการสูญเสียน้อยกว่าบัลลาสต์แกนเหล็ก จากที่กล่าวมาโครงงานนี้จึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าและป้อนสัญญาณทริกให้กับอินเวอร์เตอร์ (inverter) และสแตติกสวิทช์ (static switch) ที่ใช้เปลี่ยนตำแหน่งการรับแรงดันไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาเป็นแรงดันจากอินเวอร์เตอร์ โดยในโครงงานนี้จะใช้ SCR เพื่อให้ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินทำงานอย่างรวดเร็วและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

โครงงานนี้จะประกอบไปด้วยชุดอัดประจุแบตเตอรี่ 1 ชุด อินเวอร์เตอร์ 1 ชุดและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อีก 4 ชุดและการทำงานของระบบทั้งหมดจะทำงานโดยการเขียนโปรแกรมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง

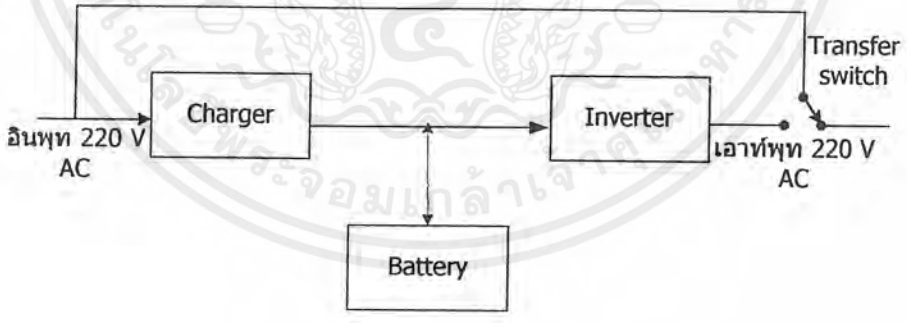
แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง UPS (Uninterruptible Power Supply) เป็นระบบที่สามารถจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) 220 โวลท์ ออกไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าศักดาทางด้านอินพุทจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าปกติ หรือไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบเกิดดับ UPS จะทำงานทันทีโดยอัตโนมัติโดยที่ไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

UPS ที่ใช้งานโดยทั่วๆไป มี 2 ระบบด้วยกันคือ

-ระบบ UPS แบบฟอร์เวิร์ด ทรานสเฟอร์ (Forward Transfer UPS System) หรือระบบออฟไลน์ (Off line System)

-ระบบ UPS แบบต่อเนื่อง (Continuous UPS System) หรือระบบออนไลน์ (On line System)

2.1.1ระบบ UPS แบบฟอร์เวิร์ด ทรานสเฟอร์ หรือระบบออฟไลน์



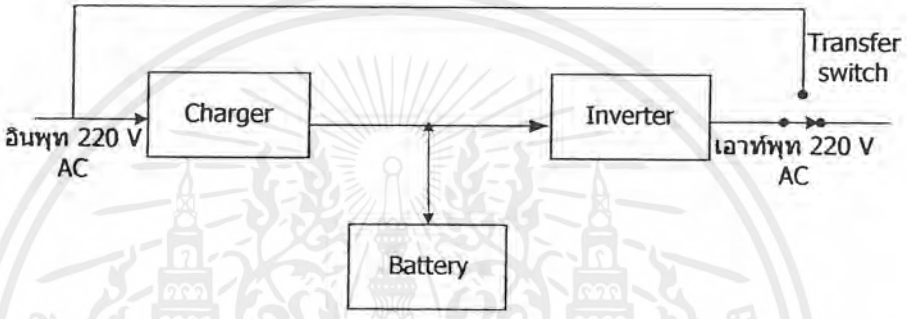
รูปที่ 2.1 สภาวะปกติ

หลักการทำงานของระบบออฟไลน์(Off line) คือ

-ในสภาวะปกติ หมายถึง ไฟ AC 220 โวลท์ จากอินพุทปกติ (ไม่มีไฟตกหรือไฟเกิน) ไฟฟ้ากระแสสลับจากอินพุท ถูกส่งผ่านทรานสเฟอร์สวิทช์ (Transfer Switch) ไปใช้งานยังโหลดโดยตรง และแรงดันกระแสสลับส่วนหนึ่งจะส่งไปภาคชาร์จเจอร์ (Charger) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ในสภาวะที่ไฟ 220 โวลท์กระแสสลับผิดปกติเช่น ไฟตก ไฟดับ ไฟเกิน ทรานสเฟอร์สวิทช์ จะสับมาทางเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะจ่ายแรงดัน 220 โวลท์ทันที ทำให้เอาท์พุทมีไฟออกต่อเนื่องตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.2



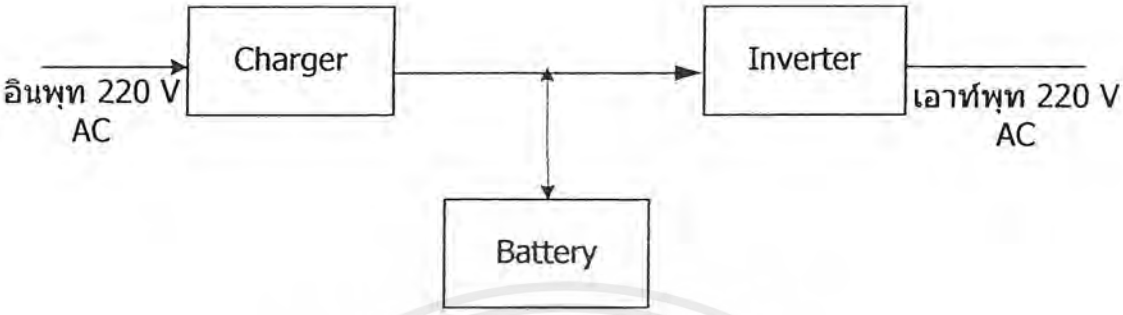
รูปที่ 2.2 สภาวะผิดปกติ

2.1.2 ระบบ UPS แบบต่อเนื่อง หรือระบบออนไลน์

ระบบนี้โดยทั่วไปเรียกว่าออนไลน์ การทำงานในขณะแรงดันปกติ ไฟฟ้าที่เข้ามาจะผ่านส่วน เร็กติไฟเออร์(rectifier)/ชาร์จเจอร์ เพื่อแปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงเข้าชาร์จเจอร์กับแบตเตอรี่ และไฟกระแสตรงอีกส่วนหนึ่งจะผ่านอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟกระแสสลับจ่ายให้กับโหลดตลอดเวลา

การทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าตกหรือดับ จะทำให้แรงดันไฟกระแสตรงตกต่ำลง แรงดันไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ จะจ่ายไฟออกมาให้อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟกระแสสลับจ่ายให้กับโหลดอย่างต่อเนื่องแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. 3 บล็อกไดอะแกรมของ UPSระบบต่อเนื่อง

2.2 แบตเตอรี่

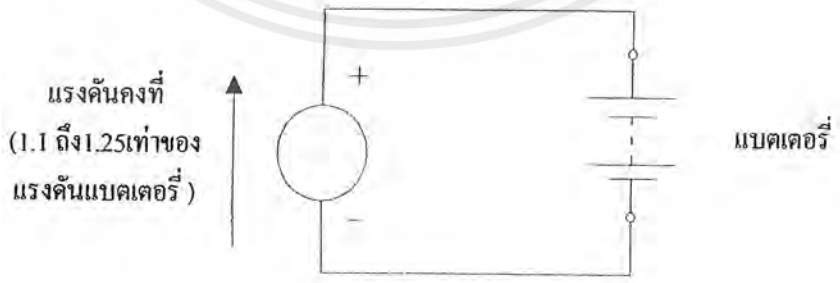
2.2.1 แบตเตอรี่แบบเซลแบบตะกั่วกรด

เซลแบบตะกั่วกรดซึ่งใช้กันทั่วไปในรถยนต์ประกอบด้วยแผ่นคาโถดและแผ่นอาโนดวางสลับกันจุ่มในอิเล็กทรอไลท์ (electrolyte) ที่ทำจากสารละลายก๋ามะถัน แผ่นเพลทที่วางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสอิเล็กทรอไลท์ได้มากในขณะที่ปริมาตรน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การที่พื้นที่สัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด (electrode) และอิเล็กทรอไลท์มากเท่าไหร่ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลจะมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นการค้นคว้าจึงมุ่งเน้นเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสวิธีที่นิยมใช้คือใช้เพลทบางๆคั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน อิเล็กโทรดที่เป็นอาโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่ขั้วคาโถดจะสร้างมาจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลคายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นอาโนดจะแตกตัวเป็นไอออน (ion) ที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเล็กทรอไลท์และทิ้งอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอก ที่คาโถดตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วซึ่งมีประจุบวกและลบ ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกันเป็นไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่อาโนดทำ ให้เกิดกระแสไหลจากวงจรคาโถดไหลผ่านไปยังวงจรภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

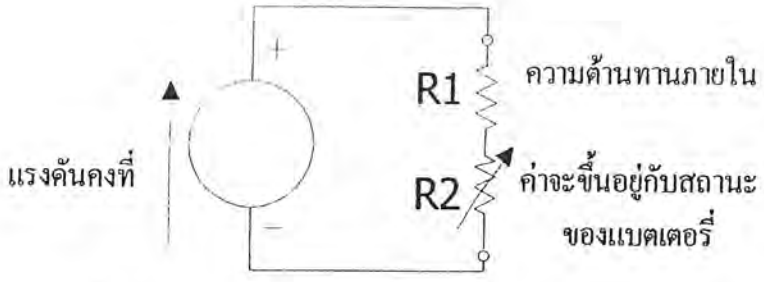
2.3 การประจุแบตเตอรี่ (Battery charging)

การประจุเซลแบบตะกั่ว - กรด นั้นสามารถทำได้อย่างง่ายๆโดยการป้อนกระแสกลับทางเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นเกิดจากทางขวามือไปทางซ้ายมือ ซึ่งจะเปลี่ยนจากตะกั่วซัลเฟตให้กลับเป็นตะกั่วและกรดกำมะถันตามเดิม แหล่งจ่ายไฟภายนอกนี้แรงดันจะอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันของเซลโดยปกติ ดังนั้นเซลแบบนี้ปกติเซลเดียวจะมีแรงดัน 2 โวลท์ สามารถที่จะประจุเข้าไปด้วยแรงดันระหว่าง 2.2 ถึง 2.5 โวลท์ ตัวอย่างที่เห็นได้อย่างชัดคือแบตเตอรี่ในรถยนต์ (ซึ่งแรงดันปกติจะเท่ากับ 12 โวลท์เนื่องจากประกอบด้วย 6 เซลอนุกรมรวมกัน) จะถูกประจุด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือไดนาโมและผ่านชุดรักษาระดับแรงดันให้เป็นแรงดันไฟตรงที่มีระดับคงที่ที่ 14 โวลท์กระแสที่ป้อนเข้าไปเมื่อประจุไฟใหม่นั้นขึ้นอยู่กลับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลว่ามีการคายประจุหมดเต็มที่หรือไม่ ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้าประจุไฟมีค่าสูงและเซลคายประจุออกหมดเต็มที่แล้ว จะทำให้กระแสที่ไหลเข้าประจุเซลจะมีค่ามากตามไปด้วย หรือถ้าเซลถูกใช้เป็นวงรอบ (Cycle) คือจากสถานะประจุเต็มไปสู่สถานะหมดประจุเต็มที่แล้วจึงค่อยประจุใหม่อีกครั้ง จะใช้กระแสในการประจุมากตามไปด้วย แต่ถ้าเซลถูกใช้งานพร้อมกับประจุไฟเข้าตลอดเวลาเช่นในแบตเตอรี่รถยนต์แล้ว กระแสที่ใช้ในการประจุก็จะมีค่าต่ำ



รูปที่ 2.4 แสดงการประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรดโดยใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันคงที่ขนาด 1.1 ถึง 1.25 เท่า ของแรงดันปกติของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลย์ของวงจรประจุแบตเตอรี่ในรูปที่ 2.4

วงจรที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรดนี้ แสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงให้เห็นแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันคงที่ต่ออยู่กับแบตเตอรี่ วงจรสมมูลของรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.5 ซึ่งจะเห็นว่าแบตเตอรี่ถูกพิจารณาว่าประกอบด้วยตัวต้านทาน 2 ตัวโดยตัวต้านทาน R_1 จะเป็นค่าความต้านทานภายในของตัวแบตเตอรี่เองจะมีอยู่ในแบตเตอรี่เสมอไม่ว่าแบตเตอรี่นั้นกำลังประจุหรือคายประจุอยู่ ส่วนตัวต้านทาน R_2 นั้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปโดยขึ้นอยู่กับสถานะการหมดประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่คายประจุหมดเต็มที่ ค่าความต้านทานตัวนี้จะมีค่าต่ำ ดังนั้นกระแสที่ใช้ประจุจึงมีค่าสูงอย่างไรก็ตามเมื่อแบตเตอรี่ประจุจนใกล้จะเต็มหรือเต็มที่แล้ว ค่าความต้านทาน R_2นี้จะมีค่าสูงขึ้น ทำให้กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลงเราสามารถที่จะตรวจสอบสถานะการประจุของแบตเตอรี่ได้โดยการสังเกตค่ากระแสที่ใช้ในการประจุ ซึ่งจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันที่ใช้ในการประจุมีค่าคงที่ (โดยการใช้แหล่งจ่ายที่รักษาระดับแรงดันออกให้คงที่) แบตเตอรี่รถยนต์โดยทั่วไป ตัวอัดประจุให้แก่แบตเตอรี่จะจ่ายแรงดันออกมาไม่คงที่ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธีการดูกระแสในการบอกสถานะการประจุของแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้อง เราสามารถใช้วิธีประจุอย่างรวดเร็วแก่แบตเตอรี่ชนิดนี้ได้ โดยใช้แรงดันคงที่ขนาด 1.25 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่ โดยคอยสังเกตระดับกระแสที่ประจุไว้ และการประจุจะสิ้นสุดเมื่อระดับกระแสที่ประจุตกลงมาถึงค่ากระแสสุดท้ายในการประจุ ซึ่งจะบ่งบอกโดยผู้ผลิตแบตเตอรี่ชนิดนั้น ภายใต้เงื่อนไขนี้การประจุจะเต็ม (จากตอนที่แบตเตอรี่หมดประจุเต็มที่จนถึงประจุเต็มโดยสมบูรณ์) ภายในเวลา 5 ชั่วโมง ถ้าเราไม่สามารถรักษาระดับแรงดันในการประจุให้คงที่อยู่ได้ ก็ไม่ควรจะใช้วิธีประจุอย่างรวดเร็วทั้งนี้เนื่องจากจะทำความเสียหายแก่เซลจนไม่สามารถแก้ไขได้ ในกรณีนี้จึงควรใช้แรงดันประจุน้อยลงเป็นประมาณ 1.1 ถึง 1.2 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่จึงจะดีที่สุด โดยใช้เวลาในการประจุประมาณ 20 ชั่วโมงขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single chip Micro controller) คือไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กโดยบรรจุอยู่ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียวเหมาะสำหรับงานควบคุมแบบอื่น ๆ แบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ ไมโครคอนโทลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล 51 หรือMCS 51 อันได้แก่ เบอร์ 8051และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว 8051

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM BYTES	RAM Bytes	8bit I/O PORT	16bit time cou	Programmabl Counter Array	UART	Serial Expention Port SEP	Global Serial Channal GSC	DMA Channal	A/D Channal	ISV	power dow
8051	8031	-	4K	128	4	2		/					6/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		/					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		/					8/6	
8052BH	80C31H	87C51	4K	128	4	2		/					6/5	/
80C52	80C32	-	8K	256	4	3		/					8/6	/
83C51A	80C51A	87C51A	8K	256	4	3	/	/					14/7	/
83C51B	80C51B	87C51B	16K	256	4	3	/	/					14/7	/
83C152JA	80C152JA	-	3K	256	5	2		/			2		19/11	/
-	80C152JB	-	-	256	7	2		/			2		19/11	/
83C153JC	80C152JC	-	8K	256	5	2		/			2		19/11	/
	80C152JD	-	-	256	7	2		/			2		19/11	/
83C452	80452	87C152P	8K	256	5	2		/					19/11	/

จากตารางที่ 2.1 แต่ละคอลัมน์จะบอกคุณสมบัติหรือโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS 51 เช่นมี ROM หรือ RAM ภายในเท่าไหร่ถ้าเป็นรุ่นที่ไม่มี ROM ภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในจะเป็นเบอร์อะไรหรือถ้าเป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำแบบ EPROM จะเป็นเบอร์อะไร เช่น ในบรรทัดแรกจะบอกว่า 8051 มี ROM ขนาด 4 กิโลไบต์แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายในนอกจากนี้ในตารางยังจะบอกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นมีพอร์ตสำหรับอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิทอยู่กี่ชุด 8 บิท I/O พอร์ต, มี ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิทกี่ชุด (16Bit timer/counter) และยังบอกถึงคุณสมบัติอื่น ๆ อีก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานอย่างดีที่สุด

MCS – 51 ผลิตโดยบริษัท อินเทล มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิท หมายความว่ามีส่วนที่เป็นหน้าที่ในการคำนวณ (Arithmetic Logic Unit , ALU) จะทำงานสูงสุดที่ละ 8บิท

MCS- 51 มีข้อดีดังนี้

สามารถนำเอาข้อมูลมา แอน,ออ หรือทำ คอมพิเมนต์ ทั้งแบบที่ละ 1 บิทและแบบทีละ 8 บิท

สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม(Program memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS – 51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ (kilobyte) (64 x 1024 ไบต์)ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก

สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมสูงสุดถึง 64 กิโลไบต์

ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบต์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบต์)อยู่ภายในวงจรรวมทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำที่ใช้สำหรับโปรแกรมอยู่ภายนอก ระบบรวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS – 51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก

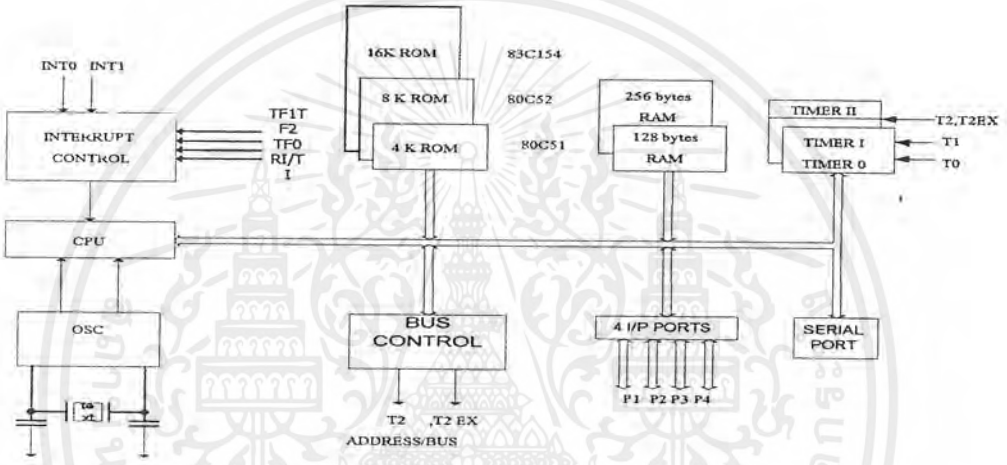
มีพอร์ตแบบขนาน (Parallel port) สำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของ 32 บิทที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน มีวงจร ไทม์เมอร์ /เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8052 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่าง ๆ ได้ถึง 4 โหมดมียูนิเวอร์แซลอซิงโครนัสรีซีพเวอร์ทรานมิสเตอร์ (Universal a synchronoReceiverTransmitter)(UAST) สำหรับรับส่งข้อมูลอนุกรม (serial) แบบ ฟูลดูเพลก (Full duplex) ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ถึง 4 แบบ

มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Service Routine) ได้ต่าง ๆ กัน 5 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1โครงสร้างการทำงานของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบด้วย เกท ต่าง ๆ เช่น AND ,OR ,NOT ซึ่ง เกท เหล่านี้จะถูกนำเอาออกมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่าง ๆ เช่นวงจรถอดรหัสคำสั่ง (Intrusion Decoder), วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา(Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบไปด้วยวงจรย่อยดังไดอะแกรมในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

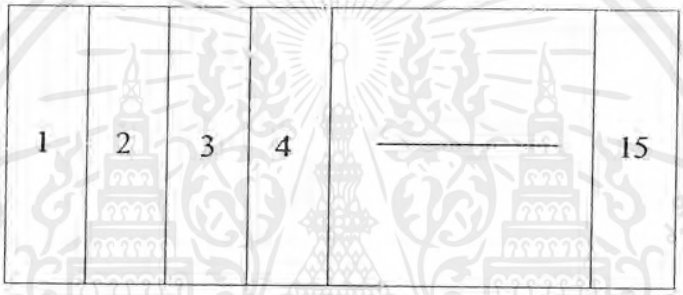
ไดอะแกรมรูปที่ 2.6 เป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือCPU (CPU (Central Processing Unit)) หรือหน่วยประมวลผลส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมติดต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์ รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว8051 ซึ่งส่วนควบคุมการสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาอ้างอิงกับสัญญณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรการทำงานประสานกัน อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน CPUนี้ยังประกอบไปด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลอย่างเช่น การบวก ลบ คูณ หรือหาร ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูลถ้าจะเห็นภาพพจน์ของหน่วยความจำได้ดีคือ หน่วยความจำเปรียบเสมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ แต่ละกล่องมีเอกสาร 1 แผ่น ดังรูปที่ 2.7 มีกล่องเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง



รูปที่ 2.7 ภาพเสมือนของหน่วยความจำ

ถ้าต้องการเอาเอกสารออกจากกล่องใด หรือเอาเอกสารเก็บไว้ที่กล่องใด จะต้องรู้หมายเลขของกล่องนั้นเสียก่อนซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือหน่วยความจำหรือแอดเดรส (Address) นั่นเอง การเอาข้อมูลมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำเรียกว่าการเขียนข้อมูล (write) ส่วนการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่าการอ่าน (Read) ข้อมูลซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้นในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน 2 ดังนั้นแต่ตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 แต่จำนวนตำแหน่งที่เก็บข้อมูล ได้ขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์การติดต่อกับหน่วยความจำจะมีสัญญาณอยู่ 3 กลุ่ม คือ

1.แอดเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท หน่วยความจำโปรแกรม หรือ หน่วยความจำข้อมูล ได้ชนิดละ65536 ตำแหน่งดังนั้นการอ้างอิงแต่ละหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้นข้อมูล

2.ที่จะอ่านหรือจะเขียนกับหน่วยความจำตำแหน่งในข้อ 1

3.สัญญาณในหน่วยความจำเพื่อบอกหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051อ่านจากหน่วยความจำ หน่วยความจำโปรแกรม :เข้ามาใช้งานนั้นเอง ในรูปที่ 2.6 หน่วยความจำได้แก่ 4 4 กิโลROM และ 128 ไบท์ RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่าง ๆ กันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุท เอาท์พุท (Input /output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ข้อมูลออกหรือเข้าจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังใน ไดอะแกรมของรูปที่ 2.6 อุปกรณ์อินพุท เอาท์พุทได้แก่ 4 I/O พอร์ท ,ไทม์เมอร์ 0 ,ไทม์เมอร์ 1 ,ซีเรียลพอร์ต การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. 4 I/O พอร์ท คำว่าพอร์ตหมายถึงจุดที่ติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O พอร์ท ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจาก MCS –51 พอร์ตมีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับข้อมูลได้ทั้งหมด 8 บิท มีพอร์ต P0 ,P1,P2, P3 บางพอร์ตจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น P0 และ P2 จะใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่ง ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อกับพอร์ต P0 จะใช้ส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำด้วยแต่สิ่งเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันแต่ใช้การลำดับความสำคัญโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั้นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงถึงสัญญาณนาฬิกา

2.ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อกับภายนอก 8051 หรือจำนวนของไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นการนับได้โดย CPU อ่านไปใช้งานต่อไป8051มีพอร์ตการใช้งานหลายแบบ ทำให้สะดวกแก่การใช้งานต่าง ๆ มากมาย การนำพอร์ตเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมควบคุมดังที่กล่าวมา

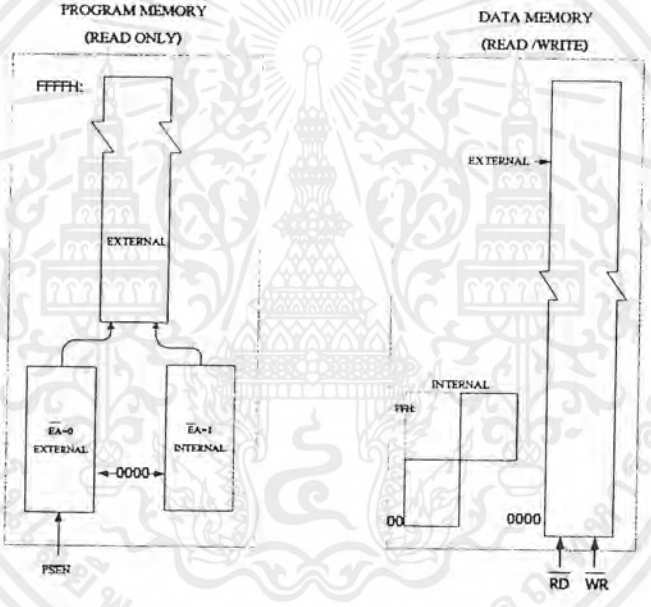
2.4.2การจัดหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในรูปของภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงานเมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่น ๆ ตามต้องการของแต่ละคำสั่งนั้นหน่วยความจำนี้จะเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นภาษาเครื่องของ 8051 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานคือ 65536 ตำแหน่ง ค่าตำแหน่ง Address จะเขียนเป็นเลขฐาน 16ได้ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFFH จำนวน 4 กิโลไบต์นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในภายนอก 8051 ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณภาวะ ลอจิก High (1) เข้าที่ขา $\overline{EA}$ ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ที่อยู่ภายนอก 8051 ก็ให้ใช้ ลอจิก Low (0) เข้าที่ขา $\overline{EA}$ ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่กับภายนอก 8051 ดังในรูปที่ 2.8 แผนภูมิหน่วยความจำ



รูปที่2.8 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

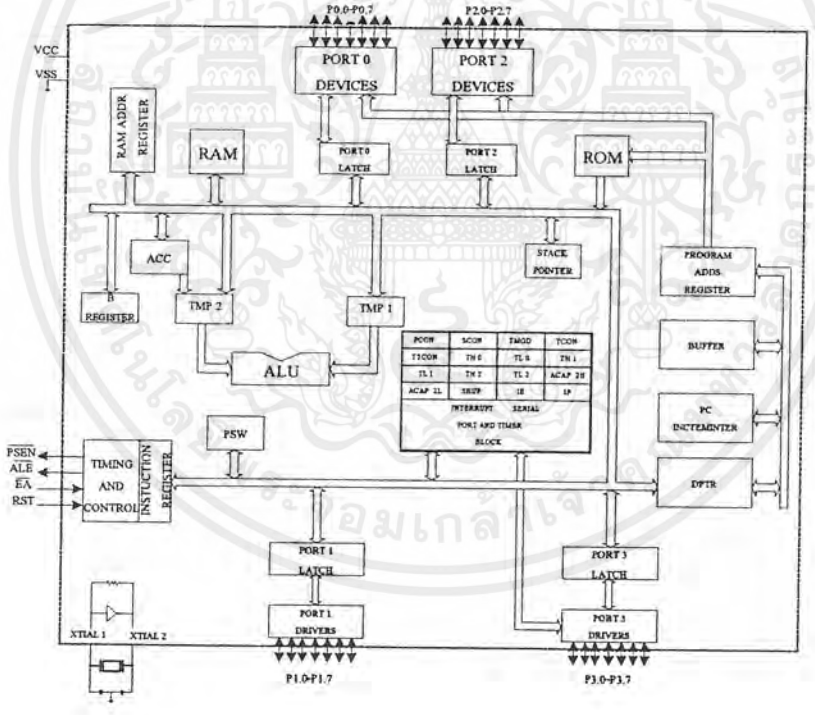
ส่วน เอกเทอร์นอลเมมโมรี (External memory) หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอกของ 8051 อินเทอร์นอลเมมโมรี(Internal memory)หมายถึงหน่วยความจำที่อยู่ภายใน 8051 หน่วยความจำข้อมูล เป็นหน่วยความจำที่8051 จะใช้สำหรับพัก เก็บข้อมูลแล้วเรียกมาใช้ใหม่ในการทำงานของ 8051 การอ่านหรือการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำได้โดยการเก็บคำสั่งไว้ที่ หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหายแต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้กับ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรเลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช้ข้อมูลเดิมเข้ามาแทนที่ เช่น เดิมเก็บข้อมูล 18 H ไว้ที่ตำแหน่ง 1800 H เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1800H จะไม่ใช้ 18 H อาจจะเป็นอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะนี้ว่าข้อมูลสูญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หายไป หน่วยความจำแบบ หน่วยความจำข้อมูล ของ 8051 จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่ง ภาย ใน 8051 จำนวน 128 ไบต์ที่ตำแหน่ง 00 ถึง 7FH และอีกส่วนหนึ่งจะอยู่ภายนอกของวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536 ไบต์ อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFHดังแสดงในรูปที่ 2.8 หน่วยความจำ แบบ หน่วยความจำข้อมูล ภายใน 8051 ที่ตำแหน่งนี้ว่าสเปเซียลฟังค์ชั่นรีจิสเตอร์ (Special Function Register SFR)เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น

2.4.3สถาปัตยกรรมของ 8051

ส่วนย่อย ๆ ของภายใน 8051 เพียงชีพเดียว และสัญญาณจากภายในจะต่อออกภายนอกทาง ขาของ 8051 มีอยู่ทั้งหมด 40 ขา ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมของ ขาแบบDIP

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ ดูออลอินไลน์แพคเกค(Dual Inline Package (DIP))ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขารวม 40 ขานั้นจะใช้งานต่างกัน ๆ ดังนี้ คือ

a) Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง 5 โวลท์ เพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ระดับโวลท์เตจที่ลอจิก 0 และ1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบTTL โดยตรง

b) Vss

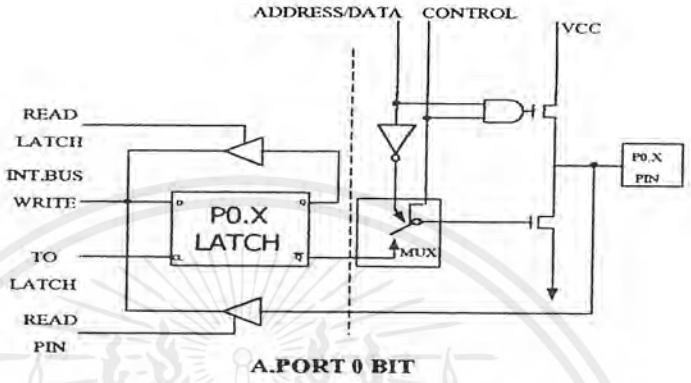
ขา 20 เป็นขาที่ต่อกับกราวนด์ ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวนด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

c) พอร์ต 0

เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิทอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิทที่ 0 ถึงบิทที่ 7 ตามลำดับดังรูปที่ 2.10 แต่ละขาเขียนว่า P 0.0 ,P 0.1 .....P0. 7 นั้นหมายความว่า บิทที่ 7 ของ พอร์ต 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด(Most Significant) และ P 0.0 คือบิท 0 ของพอร์ต 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant)พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับและส่งตำแหน่งข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ตรับหรือส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ต 0 จะถูก แลทช ไว้ที่ขาของพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของแต่ละบิทของพอร์ต 0 เป็นแบบโอเพน เดรนไบไดเร็กชั่นนอล (open Drain Bi-directional)ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของพอร์ต 0

ในรูปที่ 2.10 เปรียบเทียบกับรูปที่ 2.8ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 2.10 ก็คือ พอร์ท 0 แลทซ ในรูปที่ 2.8 และส่วนที่ 2 ของรูปที่ 2.10ก็คือ พอร์ต 0 ไดรเวอร์ ของรูปที่ 2.11 นั้นเอง

จากโครงสร้างในรูปที่ 2.10 เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ต 0 ข้อมูลจาก อินเทอร์นอลดาต้าบัส (Internal Data bus) จะถูกต่อ แลทซ ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ Write to Latch ที่ถูกสร้างมาจาก ไทม์เมอร์และคอนโทรล และการอ่านข้อมูลจากพอร์ต 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บที่พอร์ตก็มีสัญญาณ รีดแลทซ (Read Latch) มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D- FF กลับเข้าไปยังอินเทอร์นอลดาต้าบัส การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามาทาง พอร์ต 0 ก็จะมีสัญญาณที่เข้ามาที่ทางพอร์ต 0 ก็จะมีสัญญาณ ขาอ่าน (Read Pin) มาควบคุมการอ่าน พอร์ต 0 จะใช้งานหลายวิธีดังนี้

1.ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่อได้คือ 64 kbytes จึงมีค่าตำแหน่ง 16 บิทของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ต 0 และ 8 ของ บิทบนจะส่งออกมาทางพอร์ต 2

2.ใช้รับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หรือใช้รับข้อมูลจาก หน่วยความจำโปรแกรม

3.ใช้รับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ หน่วยความจำโปรแกรม หรือ หน่วยความจำข้อมูล ภายนอกวงจรในส่วนของ ไทเมอร์และคอนโทรล จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมวงจรในรูปที่ 2.10 เพื่อให้การทำงานแต่ละอย่างข้างต้นเมื่อแต่ละบิท ของ พอร์ต 0 ทำงานตามข้อหนึ่งและ สองข้างต้นวงจร ไทม์เมอร์และคอนโทรล จะทำให้สภาวะลอจิกของขาควบคุม เป็น 1 ซึ่งทำให้สวิทช์ MUX อยู่ ตำแหน่งข้างบนเมื่อพอร์ต 0 ส่ง ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

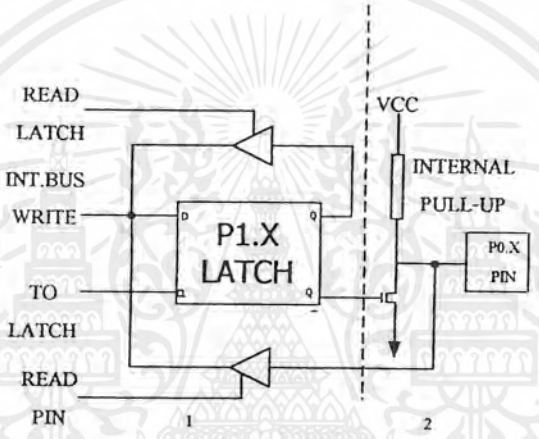
ซึ่งค่าตำแหน่งของหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกมาไปยังหน่วยภายนอกก็จะส่งค่าดังกล่าวมายัง ADDR /DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมาเป็น 1 ซึ่งทำให้สัญญาณที่ออกมาจากแอนเกท (AND GATE) เป็น 1 และสัญญาณที่ออกจาก อินเวอร์เตอร์ เป็น 0 ดังนั้น FET ตัวบน ออน(ON) ทำให้สภาวะ ลอจิกที่ขา PO.X เป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งมายัง ADDR/DATA เป็น 0 ทำให้สัญญาณ จาก แอนเกท เป็น 0 และสัญญาณที่ได้จาก อินเวอร์เตอร์ เป็น 1 ดังนั้น FET ตัวบนจะ ออฟ ส่วน FET ตัวล่างจะ ออน ทำสภาวะลอจิกที่ขา PO.X จะเป็น 0 เมื่อ 8051 ต้องการใช้ พอร์ต 0 สำหรับการอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอกหรือการใช้งานข้อ 3 ข้างบน ก็ทำได้โดยวงจร ควบคุมเวลา ทำให้สภาวะลอจิกของสัญญาณควบคุม ในรูปเป็น 0 ทำให้วงจรเอาท์พุทจาก แอนเกท เป็น 0 FET ตัวบนจะออฟ และสวิทช์ MUX จะอยู่ในตำแหน่งข้างล่างดังนั้น FET ตัวล่างจะ ออน หรือ ออฟ ก็แล้วแต่ข้อมูลที่เข้าขา Q ของ D-FF เมื่อมีการเขียนข้อมูลของจาก อินเทอร์นอลดาต้าบัส มายัง D-FF ก็จะมีสัญญาณ Write to latch มายัง D-FF ด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 จะทำให้ขา Q มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง ออฟ ดังนั้น ขา PO.X จะอยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์ สูง(High Impedance) เพราะFET ทั้งสองตัว ออฟ แต่ถ้าข้อมูลที่เขียนมายัง D-FF เป็น 0 จะทำให้ FET ตัวล่าง ออน แต่ตัวบน ออฟ ทำให้สภาวะลอจิกที่ P 0.X เป็น 1 ดังนั้น พอร์ท 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ตรับส่งข้อมูล(ไม่ใช้ส่งตำแหน่งหน่วยความจำ) จะไม่สามารถแสดงสภาวะลอจิก 1 ได้จึงต้องต่อความต้านทาน Pull Up ไว้ภายนอกระหว่างขา PO.X กับไฟเลี้ยงวงจรถ้าจะให้ขา P0.X อยู่สภาวะ High Impedance แล้วจึงค่อยใช้คำสั่งอ่านสภาวะลอจิกเข้าไป ยัง อินเทอร์นอลดาต้าบัส ต่อไป โดยคำสั่งอ่านสภาวะลอจิกทางพอร์ต 0 ก็จะทำให้วงจรควบคุมเวลา สร้างสัญญาณ ขาอ่าน สำหรับการอ่านสภาวะลอจิกข้างต้น ถ้าไม่เขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D- FF ก่อนที่จะอ่านข้อมูลแล้วอาจมีข้อมูลแล้วอาจมีข้อมูลค้าง อยู่ที่ D- FF ทำให้Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ออน สัญญาณที่ต่อเข้าไปก็จะพบว่าขา PO.X ไม่ว่าจะมีสภาวะ ลอจิกใดจะถูกดึงลงกราวนด์ ดังนั้นเมื่ออ่านข้อมูลเข้าไปก็จะพบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลที่จากหน่วยความจำภายนอกนั้นวงจร ควบคุมเวลา ก็จะเขียนข้อมูลนั้นมายังD-FF ให้เป็น 1 และสร้างสัญญาณควบคุม ให้ลอจิก เป็น 0 ก่อนที่จะอ่านข้อมูลด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พอร์ต 1

เป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 2.10 คือขา P1.0 ถึงขา P1.7 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ต 1 ซึ่งเป็นบิทLeast Significant bit และ บิท P1.7 หมายถึง บิทที่ 7 ของ พอร์ต 1 ซึ่งเป็นบิท Most significant bit โครงสร้างของพอร์ต 1 แต่ละบิทเป็นดังรูปที่ 2.12



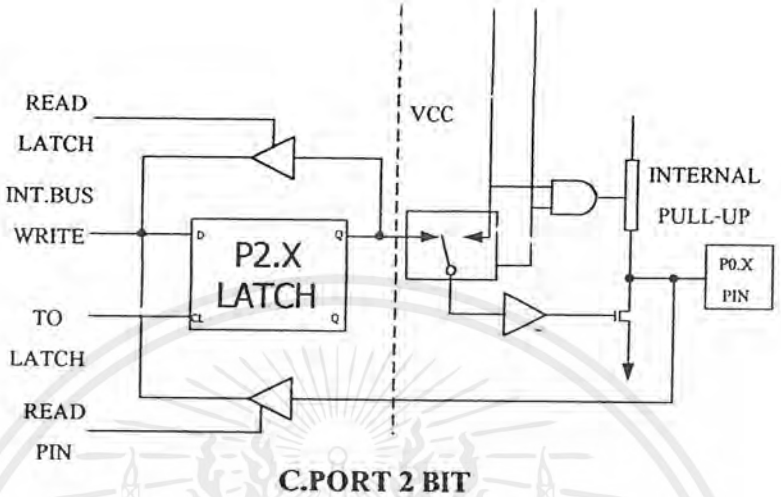
รูปที่ 2.12 โครงสร้างของพอร์ต 1

ส่วนที่ 1 คือ พอร์ต 1 แลทซ ซึ่งจะทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ต 0 ในรูปที่ 2.11ส่วน ที่ 2 คือพอร์ท 1 ไดรเวอร์ นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ต 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้นข้อมูลที่ส่งออกมายังพอร์ต 1 จะถูก แลทซ ไว้แล้วส่งออกไปทางแต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ต 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิทของพอร์ต 1 เสียก่อนเพื่อให้สภาวะของ FET อยู่ในสภาวะออฟ เสียก่อนมิฉะนั้นแล้วถ้ามีข้อมูล 0 ส่งออกมาค้างที่ D-FF จะทำให้ FET อยู่ในสภาวะ ออน ดังนั้นถ้าสัญญาณ ภายนอกส่งเข้ามาที่ขานี้ก็จะลัดวงจรลงกราวนด์ โดยไม่สนใจว่าสภาวะลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงเป็น0 เสมอ

พอร์ต 2

พอร์ตขนานขนาด 8 บิทคือขา P 2.0 ถึง P 2.7 ในรูปที่ 2.13โครงสร้างของ พอร์ต 2 แต่ละบิทจะเป็นดังรูป ที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
37005



C.PORT 2 BIT

รูปที่ 2.13โครงสร้างของ พอร์ต 2

ลักษณะโครงสร้างเหมือนกับ พอร์ต 1 แตกต่างกันที่พอร์ท 2 นั้นมีภาคไดรเวอร์ จะใช้งานเพียง สองลักษณะ คือ

1.ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งค่านี้เป็น 8 บิทบนของค่าตำแหน่ง

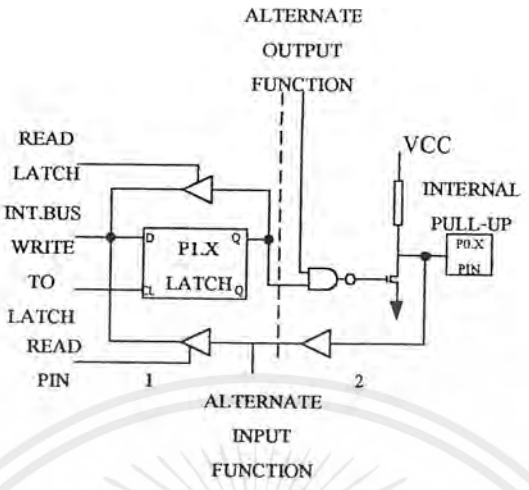
2.ใช้สำหรับเป็นพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลภายนอก

ดังนั้นภาค ไดรเวอร์ ของพอร์ต 2 จึงแตกต่างจาก ไดรเวอร์ ของ พอร์ต 0 โดยที่ในพอร์ต 2 นั้นจะเฉพาะ ADDR (ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาแทนที่ MUX (Multiplex) เท่านั้น นอกจากนั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกันและที่เอาท์พุทของพอร์ต 2 จะมี Internal pull up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ต 2 แสดงสภาวะลอจิกเป็น 1 ได้ถ้า FET อยู่ในสภาวะ ออฟ บางครั้งเรียกว่า คอสซี ไบ ไดเร็กชันนอล (Quasi- bi-directional) เมื่อใช้ให้เป็นพอร์ต อินพุทก็สามารถทำได้โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้ามาโดยตรงถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ต (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ตนี้เป็นพอร์ตรับข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ตเสียก่อน

พอร์ต 3

คือขา P 3.0 ถึง P 3.7 หรือขา10-17 ตามลำดับในรูปที่ 2.10 พอร์ตนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



D.PORT 3 BIT

รูปที่ 2.14 โครงสร้างของพอร์ต 3

ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 2.14 เป็นส่วน แลทซ ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ต 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ตอื่น ๆ และพอร์ต 3 จะมีส่วน Internal pull up อยู่ทุก บิท แต่พอร์ต 3 นี้แต่ละบิทจะใช้ในการทำงานอื่นโดยคำสั่งควบคุมการทำงานในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ (Alternative Output Function) ที่สร้างมาจากส่วน ควบคุมเวลา สัญญาณ อัลเทอร์เนทีฟ เอาว์พุท ฟังค์ชั่นเป็นสัญญาณที่ออกในกรณีที่ใช้พอร์ต 3 ทำงานในฟังค์ชั่นอื่นและจุด อัลเทอร์เนทีฟ เอาว์พุท ฟังค์ชั่น เป็นจุดที่เอาสัญญาณเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิทนั้นแต่ละบิทของพอร์ต 3 จะมีฟังค์ชั่นอื่นดังนี้

P 3.0 /RXD(Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P 3.1 /TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P 3.2 / $\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P 3.3 / $\overline{\text{INT1}}$ (Internal Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน

P 3.4 /TO (Timer /Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ 0 ที่ทำหน้าเป็นตัวนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ ได้

P 3.5 /T1 (Timer /Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง ไทม์เมอร์/ เคาน์เตอร์ 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือน T0

P 3.6 / $\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7 / $\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST

ขารีเซตนี่จะใช้ทำการรีเซตการทำงานของ 8051 ที่ขารีเซตภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับกราวนด์ (Ground) ถ้าป้อนสัญญาณนี้ที่สภาวะลอจิก 1 เข้าที่ขานี้จะเป็นการรีเซตการทำงานของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง 5 โวลท์ เพื่อให้เกิดการรีเซตเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า เพาเวอว์ ออน รีเซต(Power On reset) การรีเซ็ทจะทำให้ค่าในรีจีสเตอร์ต่างๆมีค่าเปลี่ยนไปเป็นค่าเริ่มต้นดังรูปที่ 2.15

RESISTER	CONTENT
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	0000H
PO-P3	00H
IP	0X000000H
IE	00H
TMOD	00H
TCON	00H
T2CON	00H
TH1	00H
TL1	00H
RCAP2H	00H
RCAP2L	00H
SCON	00H
SBUF	Indeterminate
IOCON	00H

รูปที่ 2.15 ค่าของรีจีสเตอร์เมื่อการรีเซ็ท8051

ในรูปที่ 2.15 ช่องทางขวามือเป็นค่าของรีจีสเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ท ในรีจีสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าไม่แน่นอนและพอร์ตจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิทตลอดเวลาที่ขาสัญญาณ RST High อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST เป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซ็ท 8051 จะเริ่มจากคำสั่งที่อยู่ใน หน่วยความจำโปรแกรม ตำแหน่ง 0000H เพราะค่ารีจีสเตอร์ PC (Program Counter)ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรม ที่จะถูกทำเปลี่ยนให้เป็น 0000H ดังนั้นผู้ใช้จะต้องโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H

ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single Board Microcomputer) จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่เขียนเก็บไว้เริ่มจากตำแหน่ง 0000H นี้เรียกว่ามอนิเตอร์โปรแกรม (Monitor Program) ที่จะคอยรับการกดแป้นพิมพ์ (Keyboard)และแสดงผลทางตัวแสดงผล (Display) แบบ 7 Segment

ALE

Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์สัญญาณนี้ออกมาตลอดเวลายกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051ที่ต้องการติดต่อไปยังพอร์ต 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการ แลทช ข้อมูลไว้เพราะพอร์ต 0 จะส่งค่าตำแหน่งของหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ต 0 จะใช้ รับส่งข้อมูล กับหน่วยความจำภายนอกสัญญาณ ALE จะสามารถ ต่อเข้ากับอุปกรณ์หน่วยความจำภายนอกสัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

$\overline{\text{PSEN}}$

โปรแกรม สโตร อีนาเบิล (Program Store Enable) เป็นขาที่ 29 ในรูปที่ 2.9 ขานี้ปกติจะเป็นลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อ ต้องการอ่านคำสั่ง (fetch Intrusion) ที่จะนำไปใช้งานจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งที่เก็บไว้ในหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายใน 8051 แล้วสัญญาณ นี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา PSEN นี้สามารถต่อไปยัง ขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

$\overline{\text{EA}}$

External Access ขาที่ 31 ของรูปที่ 2.9 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปในวงจร ไทม์เมอร์และคอนโทรล ในรูปที่ 2.11 เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ ขา $\overline{\text{EA}}$ นี้แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการภายนอก8051 จะต้องสร้างสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ ออกไปยังภายนอก เพื่อทำการ เฟทช คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่ถ้าสัญญาณ ที่ป้อนให้ขา $\overline{\text{EA}}$ เป็น 1 หมายความว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บไว้ภายใน 8051 การทำงานในตำแหน่งที่หน่วยความจำช่วงนี้อ่านคำสั่งต่าง ๆจากแหล่งภายใน 8051

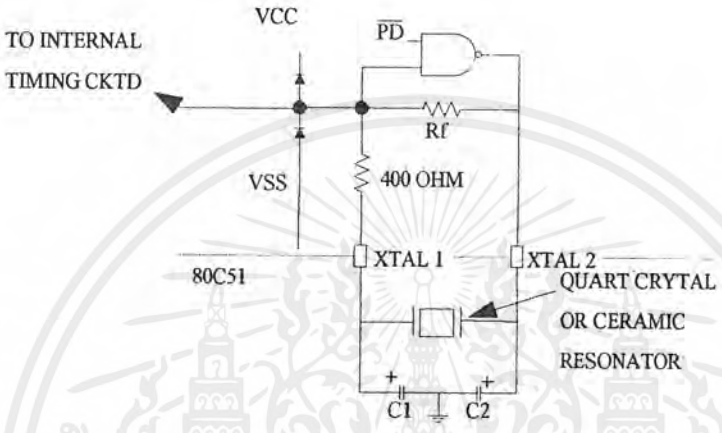
XTAL 1

ขาที่ 19 ของรูปที่ 2.9 ขานี้จะต่อเข้ากับ วงจรขยายแบบป้อนกลับเฟสสัญญาณ ประกอบเป็นวงจรออสซิสเลเตอร์(Inverting Amplifier)

ในรูปที่ 2.16จะเห็นว่าวงจรภายในของออสซิสเลเตอร์ NAND Gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณที่จะควบคุมให้มีการออสซิสเลเตอร์หรือไม่ขึ้นอยู่กับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PD ของรีจีสเตอร์PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock Signal) จากภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

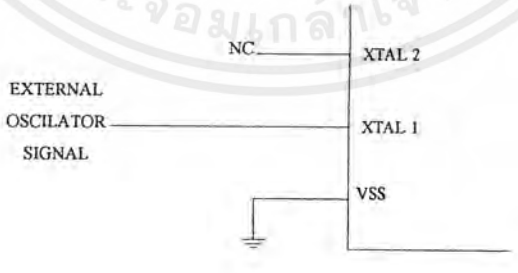
นอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกา ควบคุมการทำงานของ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้แต่ถ้าต้องการวงจรออสซิสเลตจากภายในก็ให้ต่อคริสทอล(Crystal) หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ดังรูปที่ 2.16 คาปาซิเตอร์ ในวงจรควรมีค่า ประมาณ 20 PF



รูปที่ 2.16 วงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน 8051

XTAL 2

ขาที่ 18 ของรูปที่ 2.9ขานี้เป็นจุดเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิสเลเตอร์ (อินพุทคือขา XTAL 1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้วให้ปล่อยขานี้ลอยไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL 1 ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

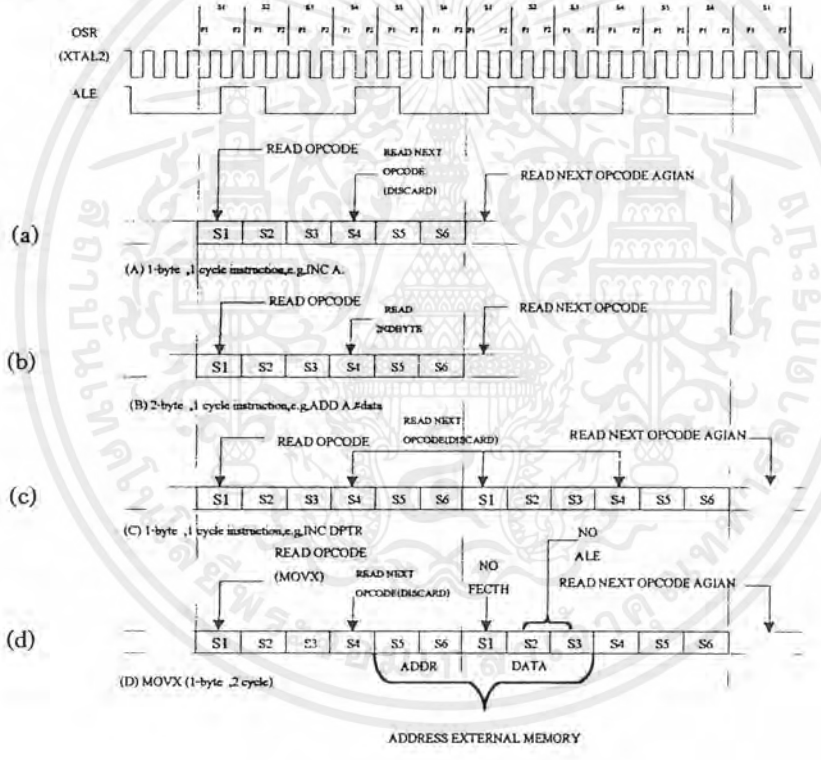
2.4.4 การทำงานของ 8051

คอมพิวเตอร์จะทำงานด้วยวงจรที่เรียกว่า ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบขึ้นมาเพียงอย่างเดียวไม่ได้จะต้องมีโปรแกรมหรือคำสั่งที่จัดเรียงไว้ให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามลำดับ ใน 8051 ก็เช่นกัน ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งอยู่ในเลขฐาน 2 เก็บไว้ในหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำโปรแกรม แต่ละคำสั่งของ 8051 ประกอบไปด้วย 1, 2 หรือ 3 ไบต์ แล้วแต่ว่าจะเป็นคำสั่งให้ทำงานอะไร คอมพิวเตอร์ก็เหมือนกับคนที่จะต้องทำงานตามคำสั่ง เมื่อได้รับคำสั่งแล้วจะไปทำตามคำสั่งต่อไปจากรูปที่ 2.8 เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งมีวงจร เพาเวอร์ รีเซต (Power Reset) ต่ออยู่จะมีการรีเซ็ท เกิดขึ้นการทำงานภายใน 8051 จะเริ่มจากบล็อก โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter) ซึ่งเป็นตัววงจรนับ (Counter circuit) ชนิดหนึ่งส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงบน บัสหมายเลข 1 บิทนี้จะมีขนาด 16 บิท ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกเก็บไปไว้ที่ โปรแกรมแอดเดรสรีจิสเตอร์(program address register) ที่เป็นวงจร แลทช ข้อมูลซึ่งมีค่าตำแหน่งเป็นหน่วยความจำจะปรากฏบนบัท 16 บิท หมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าหน่วยความจำแรกหลังจากรีเซ็ทค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายในหรืออยู่ภายนอก 8051 โดยการป้อนสภาวะลอจิกที่ 8051 ขา $\overline{EA}$ ซึ่งต่ออยู่กับส่วน ไทเมอร์และคอนโทรล ทำหน้าที่เป็นวงจรถอดรหัส (Decoder) แล้วสร้างสัญญาณควบคุมต่อไปถ้าสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา $\overline{EA}$ จะเป็นการเลือกใช้ ROM ที่อยู่ภายใน 8051 โดยที่วงจรควบคุมเวลา จะสร้างสัญญาณมายัง ROM ภายในให้ส่งข้อมูลที่เป็นตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยตำแหน่งที่ส่งมาทางบัทหมายเลข 2 ข้อมูลจาก ROM จะถูกส่งไปยังบัทหมายเลข 3ที่เรียกว่า อินเทอร์นอลดาต้าบัส แล้วนำไปเก็บไว้ที่ รีจิสเตอร์คำสั่ง(เป็นวงจร แลทช) เพื่อส่งต่อไปยังวงจร ไทม์เมอร์และคอนโทรล ส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนบัสหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอกจากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งจาก ROM ภายในการทำงานในช่วงที่ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ใน รีจิสเตอร์คำสั่ง เรียกว่าช่วงการ เฟทช(fetch Cycle) ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า Execute Cycle เช่นถ้าเป็นคำสั่งให้บวกข้อมูลในรีจิสเตอร์ เอกคิวมูเลเตอร์ กับข้อมูลจากหน่วยความจำ ข้อมูล ภายใน RAM จากนั้น ไทม์เมอร์และคอนโทรล จะสั่งให้ RAM ส่งข้อมูลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งที่ 23 H ลงมายัง อินเทอร์นอลดาต้าบัส แล้วนำข้อมูลไปเก็บไว้ที่ TMP 1 (วงจร แลทช)ขณะเดียวกันวงจร ไทม์เมอร์และคอนโทรล ก็ส่งสัญญาณไปยัง ACC ให้ส่งข้อมูลยัง TMP 2 (วงจร แลทช) วงจร ALU ซึ่งโครงสร้างเป็นวงจรคำนวณตามคณิตศาสตร์ (บวก,ลบ, คูณ,หาร) และยังสามารถทำงานทางลอจิก (AND, OR,NOT,XOR) จะทำการบวกเลขจาก TMP 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ TMP 2 เข้าด้วยกันผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผ่าน อินเทอร์นอลดาต้าบัส กลับไปยัง ACC PSW (Program Status Word) ซึ่งจะทำหน้าที่เก็บสถานะผลลัพธ์ของการทำงาน ALU เช่นผลลัพธ์การทำงานบวกที่มีค่าเกิน 8 บิทก็ทำให้บิทหนึ่งใน ACC PSW (Program Status Word) ซึ่งจะทำงานในลักษณะที่เก็บสถานะการทำงานที่กล่าวมาข้างต้น จะขึ้นกับสัญญาณควบคุมที่สร้างจากวงจรไทม์เมอร์และคอนโทรล

สัญญาณที่สร้างขึ้นอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นจากออสซิสเลเตอร์ทำให้การทำงานต่าง ๆ เป็นไปตามลำดับที่ผู้ผลิตออกแบบไว้ดังรูปที่2.18



รูปที่ 2.18 ลำดับสถานะ การทำงานใน 8051

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ 8051จะใช้เวลาทำงาน 1,2,หรือ 3 ไซเคิลของเครื่อง (Machine Cycle) แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 ไซเคิลของเครื่องจะใช้เวลา 12 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาในไซเคิลแรกเรียกว่าเฟส 1 P1 และไซเคิลที่ 2 เรียกว่าเฟส 2 P2 ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไปดังในรูปที่ 2.19 เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 ไซเคิลของเครื่องก็เริ่มการทำงาน State 1 Phase 1 (S1P1)ของไซเคิลถัดไป ใน 1 ไซเคิลของเครื่องวงจร ไทเมอร์และคอนโทรล จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไซเคิลเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟทช คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอที่บริเวณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE คำสั่งจะมีกี่ไบต์หรือใช้เวลาทำงานกี่ไซเคิลจะดูจากตารางชุดคำสั่ง8051

คำสั่งประเภท 1 ไบต์ 1 ไซเคิลของเครื่องได้แก่คำสั่ง INC A จะมีการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 2 ครั้ง ที่เวลาประมาณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE เมื่อคำสั่งแรกถูกเริ่มอ่านเข้าไปที่เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE แรกแล้วนำไปเก็บไว้ที่รีจีสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) เพื่อให้วงจร ไทเมอร์และคอนโทรล ถอดรหัสแล้วเข้าอยู่ การเอคซิคิว(Excute) ขณะเดียวกันก็จะเริ่มการ เฟทช คำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งถัดไปเข้ามาและคำสั่งที่ 2 จะถูกอ่านเข้ามาที่เวลาของขยบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ถัดไป วงจร ไทเมอร์และคอนโทรล เมื่อถอดรหัสคำสั่งแรกก็จะทราบว่าการทำงานคำสั่งนี้สิ้นสุดจะใช้คำสั่งเพียง 1 ไบต์ ดังนั้นคำสั่งที่ถูกอ่านมาไบต์ที่ 2 จะไม่ถูกนำมาทำงาน เพียงแต่อ่านเข้าแล้วทิ้งไป ดีสคาร์ด (Discard) ดังรูปที่ 2.18 a คำสั่งประเภท 2 ไบต์จะใช้เวลาเพียง 1 ไซเคิลของเครื่องได้คำสั่ง ADD A ,# data ในหนึ่งไซเคิลของเครื่องการอ่านคำสั่งเข้ามา 2 ไบต์เหมือนคำสั่งประเภท 1 ไบต์ 1 ไซเคิลของเครื่องต่างกันที่ไบต์ที่ 2 จะถูกนำมาใช้งานไม่ได้ถูกทิ้งไปดังในรูปที่ 2.18 b ตัวอย่างของคำสั่ง ADD A ,#33H จะเขียนเป็นภาษาเครื่องได้ 2 ไบต์ คือ 24 33 เมื่ออ่านคำสั่งไบต์แรกคือ 24 เข้าไปที่ รีจีสเตอร์คำสั่ง แล้ว ไทมเมอร์และคอนโทรล จะถอดรหัสพบว่าเป็นคำสั่งบวกเลขก็จะส่งสัญญาณไปที่เอ็กคิวมูเลเตอร์(Accumulator) ให้เอาข้อมูลไปไว้ที่ TMP 1 เมื่อคำสั่งที่ 2 ถูกอ่านเข้ามาที่ รีจีสเตอร์คำสั่ง แล้ว ไทมเมอร์และคอนโทรล จะสั่งให้เอาข้อมูลไบต์ที่ 2 ส่งลงไปยัง อินเทอร์นอลดาต้าบัส (Internal data bus)ไปเก็บยังที่ TMP1 จากนั้นวงจร ALU จะนำข้อมูล TMP 1 และ TMP 2 มาบวกกันผลลัพธ์ที่ออกมาจาก ALU ไปยังอินเตอร์นอลดาต้าบัส แล้วไปเก็บค่าที่ เอกคิวมูเลเตอร์

คำสั่งประเภท 1,2 หรือ 3 ไบต์ที่ใช้เวลาทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่องเช่นคำสั่ง INC DPTR จะมีการอ่านคำสั่งเข้าไป 4 ครั้งทุกๆ ขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE ที่ มี 2 ครั้งต่อ 1 ไซเคิล ของเครื่อง ถ้าเป็นคำสั่งประเภท 1 , 2, หรือ 3 ไบต์ วงจร ไทมเมอร์และคอนโทรล จะเอาคำสั่ง 1 ,2 หรือ 3 ไบต์แรกเท่านั้นไปทำงานส่วนคำสั่งที่เหลือทิ้งไปดังรูปที่ 2.18 c คำสั่ง 1 ไบต์ที่ใช้เวลาทำงาน 2 ไซเคิลของเครื่องที่กล่าวมาแล้วจะไม่รวมถึงคำสั่ง MOVX ซึ่งใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ หน่วยความจำข้อมูล ภายนอกการทำงานของคำสั่งนี้จะมีการ เฟทช คำสั่งเข้าไปที่ 2 ไบต์ในเวลาของไซเคิลแรก ในไซเคิลของเครื่องที่ 2 จะไม่มีการ คำสั่งเข้าไปแต่จะเป็นช่วงเวลาของการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ หน่วยความจำข้อมูล ภายนอกสัญญาณ ALE ซึ่งปกติจะเปลี่ยนเป็น 1 ที่ S 1P2 ก็จะไม่เปลี่ยนเป็น 1 ในไซเคิลของเครื่องที่ 2 โดยจะเป็น 0 จนกว่าจะถึงเวลา S4P2 ของไซเคิล

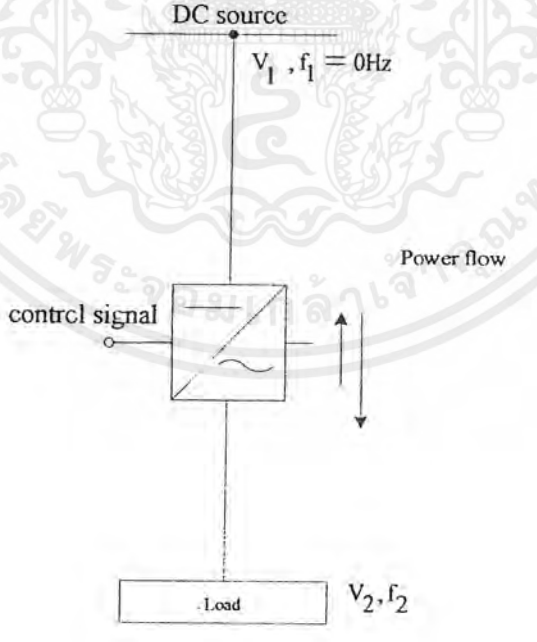
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเครื่องที่2 สัญญาณ ALE จะเปลี่ยนเป็น 1 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ หน่วยความจำข้อมูล ภายนอก

2.5 อินเวอร์เตอร์(Inverter)

อินเวอร์เตอร์หมายถึงการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC converter) จากรูปที่ 2.19 อธิบายได้ว่ากำลังไฟฟ้าจะถูกส่งจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่แรงดัน V_1 ความถี่ f_1= 0 Hz ผ่านขบวนการแปลงผันได้เอาว์พุทเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดัน V_2 และความถี่ f_2 การแปลงผันกลับนี้ซึ่งต่อไปจะเรียกว่าอินเวอร์เตอร์ลักษณะงานที่ใช้อินเวอร์เตอร์ได้แก่

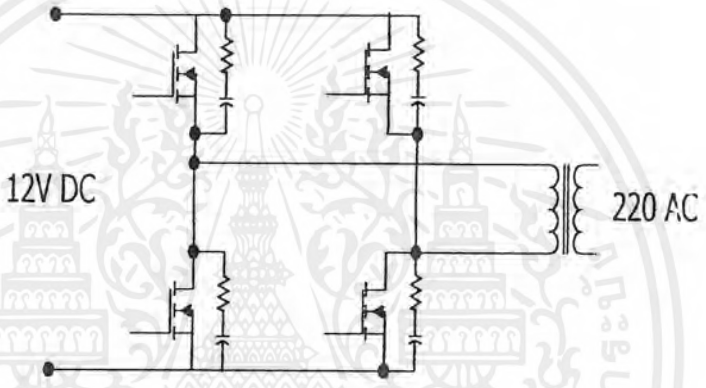
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supplier)
- การทำความร้อนแบบเหนี่ยวนำ(Induction Heating)
- ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Drive)
- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับอากาศยาน



รูปที่2.19 แผนภาพกรอบวงจร DC to AC Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 2.20 โดยการต่อสวิทช์กำลังแบบบริดจ์สวิทช์กำลังอาจใช้ทรานซีสเตอร์กำลัง มอสเฟส หรือ ไอจีบีที จากรูปที่2.20 ก การทำงานของมอสเฟสจะนำกระแสครั้งละสองตัวคือตัวที่อยู่ทแยงมุมกันและสลับกับอีกคู่หนึ่งไปมาโดยการสวิทช์จะถูกควบคุมโดยสัญญาณไบแอสขาเกทของมอสเฟสผลที่ได้ก็คือแรงดันและกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะต่อกับโหลดโดยสลับขั้วบวกและขั้วลบไปมาครั้งละครึ่งรอบดังนันแรงดันที่ตกคร่อมโหลดจลักษณะเป็นกระแสสลับรูปสี่เหลี่ยม(Square Wave) ดังรูปที่ 2.20 ข



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.20 วงจรอินเวอร์เตอร์ แบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ในวงจรการทำงานเพื่อให้ระบบแสงสว่างฉุกเฉินทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจึงใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพราะอุปกรณ์สำคัญที่ใช้งานร่วมกับหลอดฟูลออเรสเซนต์ก็คือบัลลาสต์และสตาร์เตอร์ซึ่งบัลลาสต์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นเป็นบัลลาสต์แมกเนติก(Magnetic Ballast) การทำงานของบัลลาสต์ชนิดนี้จะเกิดการสูญเสียในบัลลาสต์มาก นอกจากนี้ยังพบข้อเสียอีกหลายประการ เช่นทำให้หลอดเกิดการกระพริบในการจุดติดหลอดทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงด้วย

2.6.1 หน้าที่ของบัลลาสต์

1. กำหนดกระแสที่เหมาะสมให้ไหลผ่านหลอดทำให้หลอดทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ
2. ให้แรงดันสูงในขณะจุดติดหลอด
3. ต้องการกระแสคงที่ให้กับหลอด ไม่ว่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟตกหรือเพิ่มขึ้นในช่วงที่กำหนด
4. ต้องมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา สำหรับหลอดที่เป็นชนิดพรีฮีท (preheat)หรือ แรปปิด สตาร์ท (Rapid start)
5. ทำให้กระแสที่ไหลผ่านหลอดต้องสมมาตรมีการไหลสลับไปมาระหว่างทั้งสองขั้วหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าบัลลาสต์แมกเนติกทำให้ประหยัดพลังงาน
2. หลอดติดให้แสงสว่างได้ไวไม่มีการกระพริบทำให้อายุการใช้งานของหลอดเพิ่มมากขึ้น
3. แสงที่ได้มีความนุ่มนวลสูงกว่าใช้บัลลาสต์แบบแมกเนติกเนื่องจากไม่มีการกระพริบของแสงจากผลของสโตรโบสโคปิกส์(Stroboscopic Effect)
4. ไม่มีปัญหาเรื่องหลอดกระพริบจากสตาร์เตอร์(Starter) เสียหรือหลอดเสื่อมเนื่องจากไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์และเมื่อหลอดเสื่อมวงจรจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ
5. ลดความสูญเสียจากการกระจัดความร้อนเมื่อนำไปใช้ในห้องปรับอากาศ
6. ไม่เกิดเสียดังรบกวนเหมือนกับบัลลาสต์แบบแมกเนติก
7. หลอดที่ใช้งานกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเกิดความร้อนน้อยกว่าแบบแมกเนติกทำให้อายุการใช้งานของหลอดจะนานขึ้น

2.6.3 สิ่งที่พิจารณาในการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ประสิทธิภาพโดยรวมของวงจร(System Efficiency)

การวัดประสิทธิภาพการทำงานของวงจร สามารถวัดได้จากการแปรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าทางด้านเข้าเป็นแสงสว่างมองเห็นได้ ซึ่งมีหน่วยเป็นแสงสว่างต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า (Lumens/watt) โดยค่าประสิทธิภาพของวงจรจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผนังหลอดขณะที่หลอดทำงาน (The Lamp Watt Temperature)ในทางปฏิบัติจะอยู่ในช่วง 35 ถึง 60 องศาเซลเซียล

ลักษณะของรูปคลื่นไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอด(Lamp Input Current Wave Shape)

ทั้งนี้การวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอด เพื่อต้องการหาค่า The Lamp current crest factor ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่ายอดของกระแส(peak current) เทียบกับค่ากระแสอาร์เอ็มเอส(Rms Current) ที่ไหลผ่านขาหลอด จากมาตรฐานของ America Nation Standards Institute (ANSI)ค่า เคอเรนท์ เครส แฟคเตอร์(Current Crest Factor) ต้องไม่เกิน 1.7 โดยที่ค่ากระแสไหลผ่านหลอดหากเป็นรูปคลื่นไซน์ แล้ว เคอเรนท์ เครส แฟคเตอร์จะมีค่าเท่ากับ ทั้งนี้หากค่าของ เคอเรนท์ เครส แฟคเตอร์สูงจะเป็นผลทำให้อายุการทำงานของหลอดสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรูปคลื่นแรงดันที่ไหลผ่านหลอด(Lamp Input Voltage Wave Shape)

หน่วยวัดคุณสมบัติที่ดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อีกอย่างหนึ่งคือ โวลท์เตจเคสท์แฟคเตอร์ (Voltage Crest Factor) ซึ่งคืออัตราส่วนระหว่างค่ายอดของแรงดันหารด้วยค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันตามสูตรนี้

$$VCF=\frac{Vpeak}{Vrms}$$

ทั้งนี้โดยปกติสำหรับรูปคลื่นแรงดันที่เป็นไซน์โดยสมบูรณ์จะได้ค่า VCF เป็น $\sqrt{2}$ สำหรับบัลลาสต์โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ประมาณ 2.0 ซึ่งจะประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกส์ที่สาม ซึ่งจะส่งผลมาจากแกนเหล็กเข้าสู่ช่วงการอิ่มตัว (Saturation Region) เนื่องจากได้รับการจ่ายแรงดันด้านเข้า อินพุท ขณะหลอดทำงาน

ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic Current)

การที่รูปคลื่นไม่เป็น ไซน์โดยแท้จริงนั้นจะต้องประกอบไปด้วยฮาร์โมนิคที่สูงกว่าฮาร์โมนิคพื้นฐาน 50 Hz ในกรณีที่รูปคลื่นกระแสเป็น ไซน์ โดยแท้จริง ค่าในนิวตรอน (Neutral line)ในวงจร 3 เฟสจะมีค่าเป็น ศูนย์และทั้งนี้ถ้าค่าฮาร์โมนิคที่สามไม่ได้ถูกหักลบกันพอดีในทั้งสามเฟสก็จะมีค่ากระแสไหลผ่านในนิวทรอน นอกจากนี้ยังจะทำให้เกิดสัญญาณไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ด้วย เพราะฉะนั้นในการออกแบบบัลลาสต์ควรจะทำให้เกิดผลของฮาร์โมนิคน้อยที่สุด

การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Conducted Radiated Tromagnatic Energy)

การที่วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแล้วใช้การสวิทช์ความถี่สูงไปจุดหลอดนั้น ค่าพลังงานความถี่สูง และความถี่ฮาร์โมนิคอาจย้อนกลับแหล่งจ่ายค่ากระแสได้และไปรบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ต่ออยู่กับสายไฟเส้นนี้รวมไปถึงจะเกิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ไปในอากาศ ซึ่งอาจนำไปสู่การรบกวนอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายได้

ค่าความแสงสว่าง(Light Output)

การที่ประสิทธิภาพของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่สามารถวัดได้จากค่าพลังงานด้านเข้าเพียงอย่างเดียว ต้องมีการตรวจประสิทธิภาพของแสงสว่างที่ได้จากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เทียบกับค่าความสว่าง ที่โรงงานผู้ผลิตหลอดกำหนด หรือที่เรียกว่าบัลลาสต์แฟกเตอร์ (Ballast Manufacturers(CBM))นั้นต้องมีค่าบัลลาสต์แฟกเตอร์อย่างน้อย 95 $\pm$2.5%ที่วัดได้จากหลอดที่อยู่ที่ในมาตรฐานของ ANSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร็กกูเลชั่น (Regulation)

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดีนั้น ต้องสามารถที่จะทำงานได้ในกรณีที่ค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วง 10%

คุณสมบัติการจุดหลอด(Starting Characteristic)

ค่าแรงดันสูงสุดในการจุดหลอดชนิด 40 W 40 F ที่กำหนดโดย ANSI นั้นต้องไม่เกิน 360 V_{rms}ทั้งนี้ถ้ามากกว่านี้จะต้องมีผลโดยตรงให้อายุการใช้งานหลอดสั้นลง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับการออกแบบที่ดีจะต้องมีการอุ่นไส้หลอดคาโทด (Cathode) และควบคุมค่าแรงดันในการจุดหลอดไม่ให้เกินข้อกำหนดของ ANSI

เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)

ลักษณะรูปร่างและเฟสของค่ากระแสสลับและแรงดัน จะเป็นตัวกำหนดค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ โดยมี อินดัคแตนซ์โชค(Inductance Chokes) ที่ทำหน้าที่ในการจำกัดค่ากระแสไหลผ่านหลอดนอกจากนี้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้รูปคลื่นที่เป็นไซน์จะเป็นผลให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ลดลง

ค่าพลังงานอุ่นไส้หลอด (Filament Power)

การอุ่นไส้หลอดที่ขั้วคาโทด (Filament) ของหลอดฟูลออเรสเซนต์ โดยปกติตามข้อกำหนดของ ANSI นั้นระบุควรมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา โดยการให้มีแรงดันตกคร่อมที่ไส้หลอดประมาณ 2.5 – 4.1 โวลท์ ทั้งนี้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดที่มีการตัดการอุ่นไส้หลอดภายหลังที่หลอดทำงานแล้ว ซึ่งก็สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 4 วัตต์ สำหรับวงจรที่การต่อหลอด 2 หลอดใช้งานพร้อมกันแต่จะเป็นผลให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงและเป็นผลกระทบมากขึ้นถ้าหากวงจรยิ่งทำงานที่ความถี่สูงอายุการใช้งานหลอดสั้นลง เมื่อเทียบกับหลอดที่ทำงานที่ความถี่ 50 Hz โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงจรที่สามารถปรับลดแสงสว่างได้จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการอุ่นไส้หลอดตลอดเวลา

การกระพริบ(Flicker)

หลอดจะกระพริบเมื่อทำงานที่ความถี่ 50 Hz แต่เนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ทำงานที่ความถี่สูงมากดังนั้นปัญหาของการกระพริบจะหมดไปโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. AC-DC Converter (rectifier) เป็นส่วนที่ใช้เปลี่ยนแรงดันกระแสสลับ 50 Hz มาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
2. DC-AC Converter (Inverter) เป็นส่วนที่ใช้แปลงไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง
3. วงจรเรโซแนนซ์(Resonant) เป็นวงจรที่ทำให้โหลดที่ต่ออยู่ ได้รับทำงานมากที่สุด ซึ่งเป็นจุดการทำงานที่เหมาะ โดยเป็นวงจรแปลงกระแสสลับที่การทำงานขึ้นอยู่กับโหลดที่ต่ออยู่ (Load Dependent)

วงจรคอนเวอร์เตอร์(Converter)

วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นำมาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมี 2 แบบคือ AC – DC Converter และ DC-AC Converter มีรายละเอียดดังนี้

AC – DC Converter (Rectifier)

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz ให้ เป็นไฟฟ้ากระแสไฟตรงเพื่อจ่ายให้กับส่วนของ อินเวอร์เตอร์ อีกซึ่งในที่นี้เราใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดส์ (Bridge Rectifier) และใช้ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เป็นวงจรกรองกระแสเพื่อลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระตรง สาเหตุที่เลือกใช้วงจรนี้ก็เพราะง่ายและราคาถูก

2.6.5 การเลือกใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ไดโอดที่เลือกใช้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญประการคือ

1.ต้องสามารถทนกระแสกระชากได้ (Inrush Current: I_{FSM}) จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มเปิดสวิทช์จ่ายไฟให้วงจร ซึ่งในขณะนั้นตัวเก็บประจุไม่มีประจุอยู่เลยค่าความต้านทานของวงจรจะต่ำมากคือมีแค่ความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุ (ESR) กับ R_s เท่านั้น

2.ต้องสามารถทนกระแสสูงสุดชั่วขณะได้ (I_{FRM}) เป็นกระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นขณะที่อัดประจุตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ซึ่งก็ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ซึ่งก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดจะเกิดในระยะเวลาอันสั้นๆ โดยทั่วไปจะกำหนดจากวงรอบการทำงานของกระแสไฟสลับ (1/50 วินาที หรือ 20 มิลลิวินาที) กระแสจำนวนนี้มีค่าสูงมากและไม่ใช่กระแสในตอนปฏิบัติงาน

3.อัตราการทนกระแสไบแอสตรง (Forward Bias : I_{FM}) เป็นค่ากระแสสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่พังเสียก่อนโดยทั่วไปควรมีค่ามากกว่า 1.5-2 เท่าของกระแสปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.อัตราการทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด (Peak Reverse Bias : PRB) หรืออัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage : PIV) เมื่อเราต่อไดโอดแบบบริดจ์จะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อไบแอสกลับเท่ากับแรงดันที่เอาท์พุต (Out Put) ของวงจร แต่เมื่อต่อแบบเรกติไฟร์จะพบว่าแรงดันไบแอสกลับจะเป็น 2 เท่าของแรงดันค่ายอดตามปกติ และเป็น 2.83 เท่าของแรงดัน RMS

5.กระแสรั่วไหล (Leakage Current) เป็นค่ากระแสที่ไหลเมื่อไดโอดในวงจรเรียงกระแสได้รับไบแอสกลับ ซึ่งค่านี้โดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยมากเท่าไหร่จะดีเท่านั้น

จากข้อกำหนดที่กล่าวมาเราจะพบว่าไดโอดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในวงจรเรียงกระแสบริดจ์นี้(Rectifying diode) เบอร์ 1N4007 ซึ่งสามารถทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดได้ 1000 โวลต์ ที่กระแส 1 แอมป์ ซึ่งไดโอดชนิดนี้เป็นไดโอดที่หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก

2.6.6 การเลือกใช้ตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแส

ในส่วนของตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสนั้นเราเลือกใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Capacitor) ซึ่งหลักการในการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับ

1.อัตราทนกระแสกระเพื่อม (Ripple Current) RMS กระแสกระเพื่อมขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ โหลดและแรงดันอินพุท

2.แรงดันกระเพื่อม ข้อกำหนดนี้ใช้กำหนดค่าของตัวเก็บประจุอย่างต่ำในวงจรโดยทั่วไปในการออกแบบวงจรเรกติไฟร์และวงจรกรองกระแส จะกำหนดให้แรงดันกระเพื่อมได้ไม่เกิน 10 % ของแรงดันตรงที่ด้านออก (Out put) แรงดันกระเพื่อมนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อโหลดใช้กระแสมาก

3.อัตราทนแรงดันตัวเก็บประจุที่ใช้ควรทนแรงดันได้ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของแรงดันไฟตรงเอาท์พุท เช่นที่แรงดันไฟตรง 300 โวลท์ ตัวเก็บประจุของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์จะต้องทนได้ 450 โวลท์เป็นอย่างต่ำ

4.ช่วงเวลาโฮลด์อัพ (Hold up time) เป็นระยะเวลาอย่างต่ำที่แหล่งจ่ายจะยังคงสามารถรักษาระดับแรงดันด้านออกให้อยู่ในขีดจำกัดของการรักษาระดับคงที่ด้านออก (Output regulation)ได้ โดยที่แหล่งจ่ายทางด้านเข้า หยุดจ่ายหรือลดลงต่ำกว่าค่าการรักษาระดับแรงดันด้านเข้า (Input regulation) ที่กำหนด ช่วงเวลาโฮลด์อัพนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ ,โหลด,แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุในขณะที่แรงดันด้านเข้าตกหรือหยุดจ่ายไป

2.6.7 DC-AC Converter (Inverter)

คอนเวอร์เตอร์ มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปโดยเราพอจะแยกคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ทำงานที่พบกันบ่อยๆ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Fly back Converter)
2. ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)
3. พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull Converter)
4. ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge Converter)
5. ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter)

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่ให้กำลังงานได้ไม่สูงนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RFI/EMI ค่อนข้างสูง และใช้อุปกรณ์จำนวนน้อย และมีราคาถูก

2.ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูง ตั้งแต่ 500 วัตต์ขึ้นไป แต่มีข้อเสียคือมักเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของแกนหม้อแปลง ซึ่งมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซีสเตอร์ได้ง่ายอย่างไรก็ตามในปัจจุบันเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมกระแสจะทำให้ลดปัญหานี้ลงได้

3.พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่มีข้อดีคือ ปริมาตรของแกนเล็กลง กระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุดที่ทรานซีสเตอร์แต่ละตัวต่ำ ทรานซีสเตอร์ทั้งสองถูกขับด้วยกราวนด์เดียวกัน ทำให้วงจรขับเบสไม่ยุ่งยากมีของเสียคือทรานซีสเตอร์ที่ใช้จะต้องสามารถทนแรงดันได้มากกว่าสองเท่าของแรงดันอินพุทบวกกับแรงดันสไปรท์ซึ่งเกิดจากค่าความเหนี่ยวนำรั่วไหลของหม้อแปลง เป็นปัญหาในการนำไปใช้กับโหลดที่ต้องการกำลังสูง ๆ เพราะทรานซีสเตอร์ที่ทนกระแสและแรงดันสูง ๆ หายากและราคาแพงมาก

4.ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

จัดเป็นคอนเวอร์เตอร์ในตระกูลเดียว กับพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์และให้กำลังงานได้ค่อนข้างสูง ข้อดีของฮาล์ฟ - บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ก็คือ เพาเวอร์ทรานซีสเตอร์ในวงจรมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะไม่นำกระแสน้อยกว่าคอนเวอร์เตอร์ทั้งสามแบบที่กล่าวมาและลดการเกิดไม่สมมาตรฟลักซ์ได้ โดยกำลังงานสูงสุด ที่สมมารถทำได้จะอยู่ในช่วงไม่เกิน 500 วัตต์

5.ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังงานได้สูงตั้งแต่ 500 วัตต์ ถึง 1000 วัตต์ คอนเวอร์เตอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีหลายวงจรด้วยกันเช่นวงจรแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ ,วงจรแบบ ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟ - บริดจ์ เนื่องจากวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กัน ในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ข้อได้เปรียบของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ ฮาล์ฟ-บริดจ์

1. ค่าแรงดันที่ตกคร่อม ตัวสวิทช์ชิ่งขณะหยุดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับค่าแรงดันที่ด้านอินพุท ซึ่งน้อยกว่าการใช้งานแบบอื่นๆ เช่น, พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ ฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์
2. ลดการเกิดฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux) ไม่สมมาตรในขดไพรมารี่ได้ (กรณีที่ใช้หม้อแปลงเป็นตัวเหนี่ยวนำ
3. กระแสที่ได้ทางด้านเอาพุทค่อนข้างเรียบ
4. วงจรแบบ ฮาล์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ เป็นวงจรที่ใช้สวิทช์ทรานซีสเตอร์เพียงสองตัว จึงประหยัดกว่าวงจรแบบ ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ที่ต้องใช้ทรานซีสเตอร์ถึง 4 ตัว และสามารถให้กระแสผ่านหลอดมีรูปคลื่นเป็นรูปไซน์ได้
5. กำลังออกของวงจรไม่สูงนัก เมื่อเทียบกับ ฟูล-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (สำหรับการใช้งานเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) ดังนั้นการใช้สวิทช์เพียงสองตัวจะทำให้การขับสวิทช์ไม่ยุ่งยากนัก

2.6.8 วงจรรีโซแนนซ์(Resonant)

ในสภาวะที่วงจรอนุกรม R,L,C ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรคือ $Z = R+X_L+X_C$ โดยค่าจะแปรเปลี่ยนตามความถี่ของวงจร

ปรากฏการณ์รีโซแนนท์ คือปรากฏการณ์ที่อิมพีแดนซ์ของวงจร (ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะรีโซแนนซ์แบบอนุกรม)มีค่าต่ำที่สุดที่ $Z = R$ เมื่อเราป้อนความถี่ที่ป้อนให้กับวงจรที่ความถี่ ค่าหนึ่งที่ทำให้ค่า $X_L=X_C$ ณ จุดนี้จะให้ค่ากระแสไหลผ่านมากที่สุด และให้กำลังงานกับวงจรมากที่สุด

ในวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการนำวงจรพื้นฐานรีโซแนนท์มาประยุกต์ใช้กับการเพิ่มแรงดันในการจุดหลอดในสภาวะเริ่มต้นโดยวงจรรีโซแนนซ์อนุกรม (Series Resonant) สามารถ จัดแบ่งออกเป็น 3 วงจรหลักคือ

1.วงจรรีโซแนนท์อนุกรมกับโหลด(Series – loaded-Resonant :SLR)

2.วงจรรีโซแนนท์ขนานกับโหลด(Parallel- loaded-Resonant:PLR)

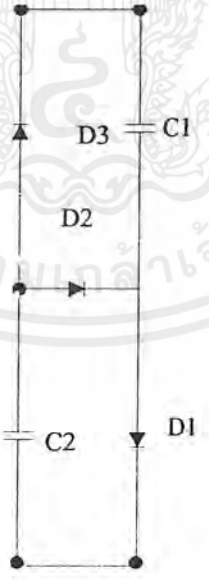
3.วงจรรีโซแนนท์อนุกรม-ขนานกับโหลด(Series–Parallel–loaded - Resonant:SPLR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณา เลือกชนิดของวงจรรีโซแนนท์มาประยุกต์ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์นั้น เราจะทำการพิจารณาที่อัตราขยาย (Gain) ของวงจร โดยเปรียบเทียบระหว่างแรงดันเข้ากับแรงดันออกซึ่งในการวิเคราะห์วงจรนี้ เราจะทำการสมมุติอุปกรณ์ทุกตัวที่ใช้มีคุณสมบัติในอุดมคติและพิจารณาว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นโหลดที่เป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียวซึ่งจะเป็นจริงต่อเมื่อหลอดทำงานที่สูงมากพอ

2.6.9 วงจรเพิ่ม เพาว์แฟคเตอร์ (High Power Factor Correction)

เป็นวงจรที่ประกอบไปด้วย C อิเล็กโทรไลท์ : C1,C2 ไดโอด: D1 –D3 และR1 ดังรูปที่ 2.21 และ C1,C2 จะให้แรงดันออกมาในช่วง D1 ,D3 ในช่วง ไดเร็กรีเจนซ์ (direct region) ให้ $V=V_{line,peak}$ และ C1,C2 จะ discharge กระแสผ่าน D1,D3 ในช่วง วอลเลย์ (Valley Region)ในช่วงมีคาบ $=V_{line}$ จะช่วยลดความผิดเพี้ยนของสัญญาณ(Distortion) ของสัญญาณกระแสด้านเข้าให้มีค่าใกล้เคียงสัญญาณ ไซน์ซึ่งจะทำให้กระแสฮาร์โมนิกส์ลดลง ช่วยปรับปรุงค่า เพาว์แฟคเตอร์ของวงจร



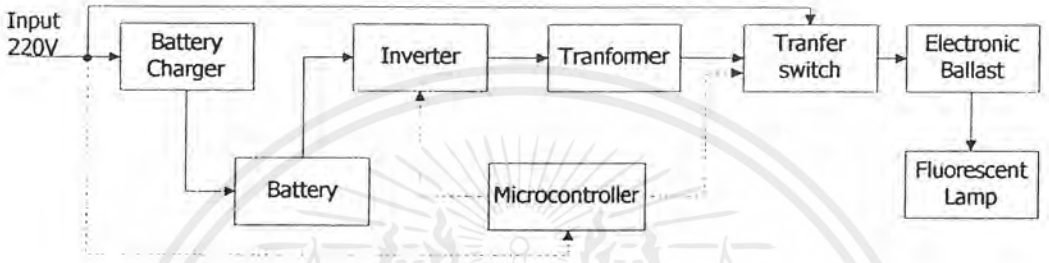
รูปที่ 2.21 วงจรเพิ่มเพาเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การดำเนินงาน

ในระบบแสงสว่างฉุกเฉินประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่3.1 แสดงระบบการทำงานของระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

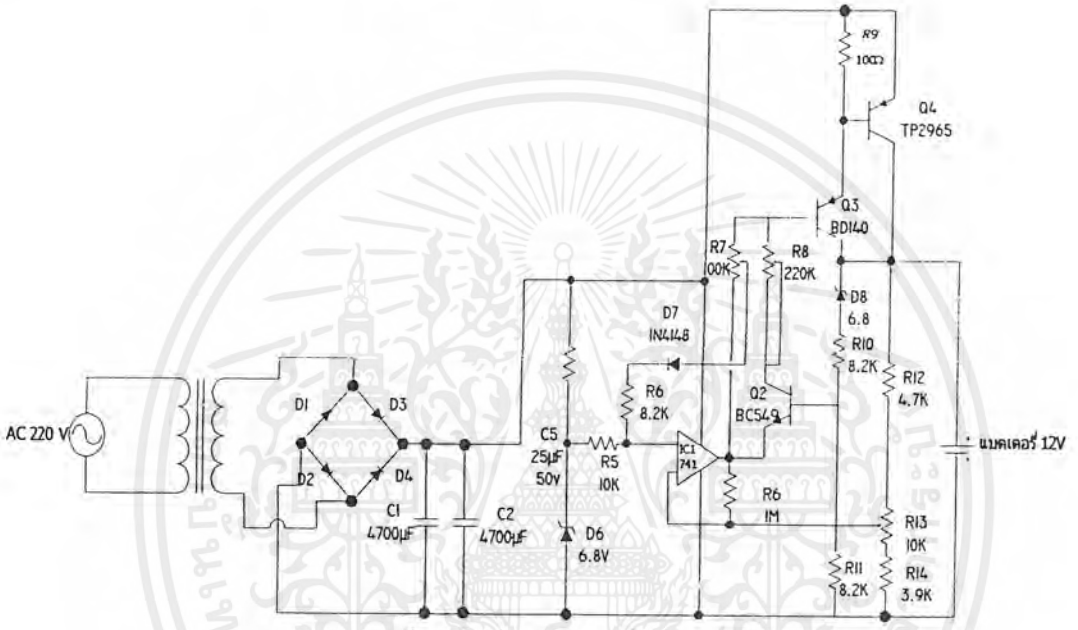
3.1 การทำงานของระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

ในสภาวะปกติบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยผ่านทรานสเฟอร์สวิทช์ซึ่งในโครงงานนี้ใช้สวิทช์แบบสแตติกสวิทช์คือ SCR จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ในการจุดหลอดฟูลออเรสเซนต์ ในขณะเดียวกันนั้นชาร์จเจอร์จะทำการประจุแบตเตอรี่ไปพร้อมกัน สัญญาณที่ใช้ในการทริกสวิทช์ เอสซีอาร์ นั้นมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเกิดดับขึ้นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณทางไฟฟ้า และจะสั่งให้อินเวอร์เตอร์ทำงานทันทีและพร้อมกับก็จะสั่งสวิทช์ เอสซีอาร์ให้มารับพลังงานไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์แทน เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะรับสัญญาณจากนั้นจะดีเลย์ (Delay) เพื่อให้แน่ใจว่ามีแรงดันมาจากการไฟฟ้าจริงจึงจะทำการสั่งสวิทช์ให้รับพลังงานไฟฟ้าดังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบและการทำงานของส่วนต่าง ๆ มีดังนี้

3.2.1 แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อเก็บไว้ในแบตเตอรี่เมื่อสภาวะปกติโดยมีส่วนประกอบของวงจรดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์

หลักการทำงานของวงจรแบตเตอรี่ชาร์จเจอร์

หลักการทำงานของวงจรดังรูปที่ 3.2 หลังจากไฟฟ้ากระแสสลับผ่านหม้อแปลงแรงดันจาก 220 โวลท์เป็น 15 โวลท์วงจรบริดส์เร็กติไฟร์จะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและจะมีคาปาซิเตอร์ C_1 และ C_2เป็นตัวกรองสัญญาณให้เรียบขึ้น ได้ค่าแรงดันประมาณ 20 โวลท์โดยที่ไอซี หนึ่ง (IC_1) ซึ่งเป็นออปแอมป์เบอร์ 741 ทำหน้าที่เปรียบสัญญาณที่ขา 2 ซึ่งได้รับแรงดัน 6.8 โวลท์จากการแบ่งแรงดันของ R_4 และ D_6 ซึ่งเป็นซีเนอร์ไดโอดที่มีค่า 6.8 โวลท์แล้วส่งสัญญาณผ่าน R_5 เข้ามาที่ขา 2 ของไอซี หนึ่ง ในขณะที่แบตเตอรี่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 10 โวลท์แรงดันที่แบ่งมาจาก มาที่ขา 3 ของไอซี หนึ่ง (เมื่อปรับขากลางของ R_{13} ให้อยู่ในช่วงประมาณกึ่งกลางแรงดันที่ขา 3 จะไม่มีโอกาสขึ้นถึง 6.8โวลท์ซึ่งจะน้อยกว่าแรงดันที่ขา 2 ทำให้เอาท์พุทของไอซีหนึ่งที่ขา 6 มีค่าเป็น 0 โวลท์เมื่อเอาท์พุทของไอซี หนึ่ง เป็น 0 โวลท์ จะมีกระแสไหลจากบวกผ่าน R_7 ,Q_1 และ R_4 มาลงที่เอาท์พุทของไอซี หนึ่งกระแสนี้จะเป็นกระแสเบสของ Q_2 และ Q_3 ซึ่งจะเป็นตังควบคุมจำนวนกระแสที่ไหลผ่านจากขาอีมิเตอร์ไปขาคอลเลคเตอร์ ของ Q_3 ไปอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อขึ้นเป็น 10 โวลท์แรงดันที่จ่ายขาเบสของ Q_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเพียงพอที่จะทำให้ Q_1 อยู่ในสภาวะออน(ON) กระแสเบสของ Q_2 สามารถไหลผ่าน R_6 และQ_2 ทำให้มีกระแสไหลไปอัดแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ขึ้นถึง 14.4 โวลท์จะทำให้แรงดันที่ขา 3 ของไอซีหนึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันที่ขาสองของไอซีหนึ่ง ทำให้มีแรงดันออกที่เอาท์พุทของของไอซี หนึ่งประมาณ 8โวลท์เนื่องจากการป้อนกลับแบบลบผ่าน R_6 และการป้อนกลับทางบวกผ่าน R_5 การที่ไอซีมีเอาท์พุทจะทำให้ Q_1ค่อยออฟ(OFF) ไปกระแสที่ไหลทำให้ไปชาร์จแบตเตอรี่จะค่อยลดลงและหยุดชาร์จไปเมื่อแรงดันเพิ่มสูงขึ้นเป็น 16.5 โวลท์

การหาค่าความจุของแบตเตอรี่

จากสูตร $$C = \frac{1}{L}(K_1 I_1) \quad \text{....3.1}$$

เมื่อ C : ค่าความจุของแบตเตอรี่ (A/H)

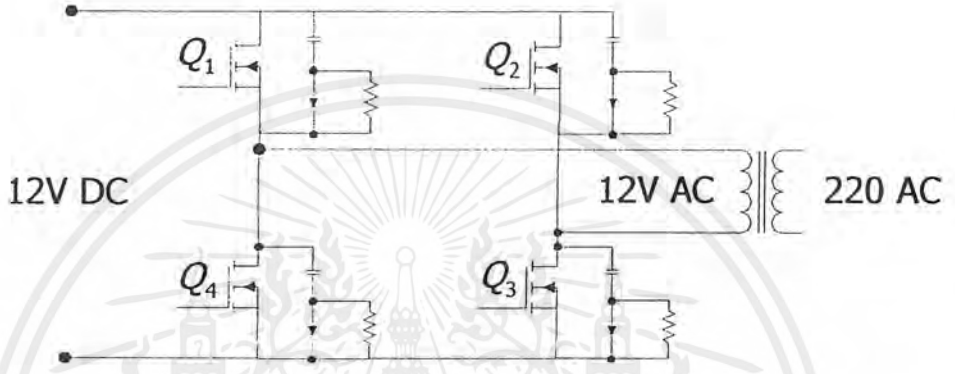
K_1 : ได้จากกราฟของบริษัทผู้ผลิตโดยใช้โดยเวลาที่ต้องการจ่ายโหลด กับกระแสในการหาค่า

L : Maintenance factor L= 0.8

I_1 : กระแสโหลด (A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันกระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้มอสเฟสเป็นสวิทช์ดังวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์

การทำงานของมอสเฟสจะนำกระแสครั้งละสองตัวคือตัวที่อยู่ทแยงมุมกันและสลับกับอีกคู่หนึ่งไปมาโดยการสวิทช์จะถูกควบคุมโดยสัญญาณไบแอสขาเกทของมอสเฟส ผลที่ได้ก็คือแรงดันและกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะต่อกับโหลดโดยสลับขั้วบวกและขั้วลบไปมาครั้งละครึ่งรอบดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมโหลดจะมีลักษณะเป็นกระแสสลับรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave)

การคำนวณ snubber

$$C = \frac{I_p t_{off}}{2V_{in}} \qquad \text{.....3.2}$$

$$R = \frac{t_{on(min)}}{2.3C} \qquad \text{.....3.3}$$

ขนาดของ R ;

$$P_d = \frac{C(2V_{in})^2}{2T} \qquad \text{.....3.4}$$

เมื่อ I_p : ค่าระแสสูงสุดขณะเริ่มนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟส

V_{in} : แรงดันอินพุทของอินเวอร์เตอร์

t_{off} : ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟส

t_{on} : ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟส

T : คาบเวลาการทำงานของมอสเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณขนาดเพาเวอร์มอสเฟส

ขนาดโหลดหลอดไฟ 36 W 4 หลอดเท่ากับ 144 Wแรงดัน 220 โวลท์

$$I = \frac{144}{220 \times 0.9} = 0.727 \text{ A}$$

กระแสด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง

$$I_1 = \frac{220}{12} \times 0.727 = 13.33 \text{ A}$$

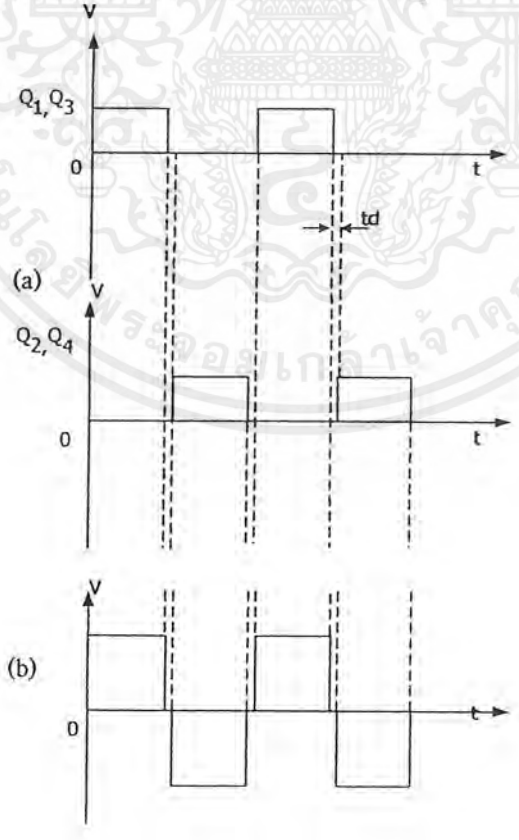
เลือกมอสเฟสที่ทนกระแสได้

$$1.5 \times 13.33 = 19.995 \text{ A}$$

เลือกมอสเฟสเบอร์ IRF P 250 ซึ่งทนกระแสได้ 30 A

การทำงาน

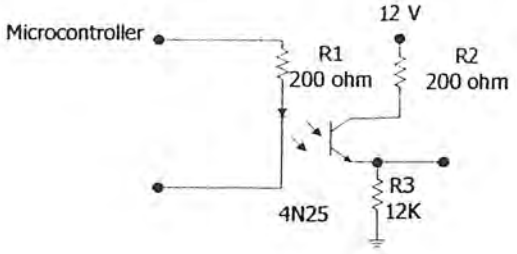
สัญญาณที่ขับมอสเฟสของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วผ่านวงจรขยายดังรูปที่ 3.4 (a)สัญญาณเอาท์พุทจากอินเวอร์เตอร์ได้ดังรูปที่ 3.4 (b)



รูปที่ 3.4 (a) สัญญาณขับอินเวอร์เตอร์

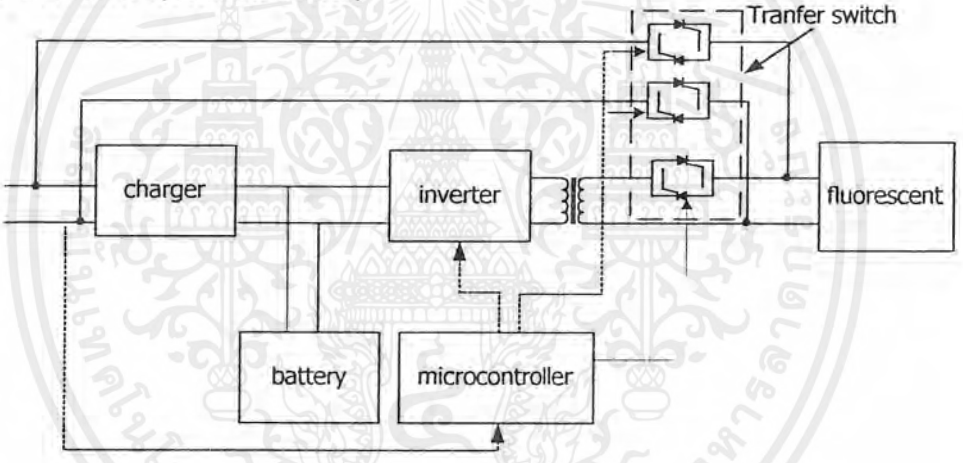
(b) สัญญาณเอาท์พุทจากอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรขับมอสเฟส

3.2.3สวิตช์ ทรานสเฟอร์(Transfer switch)

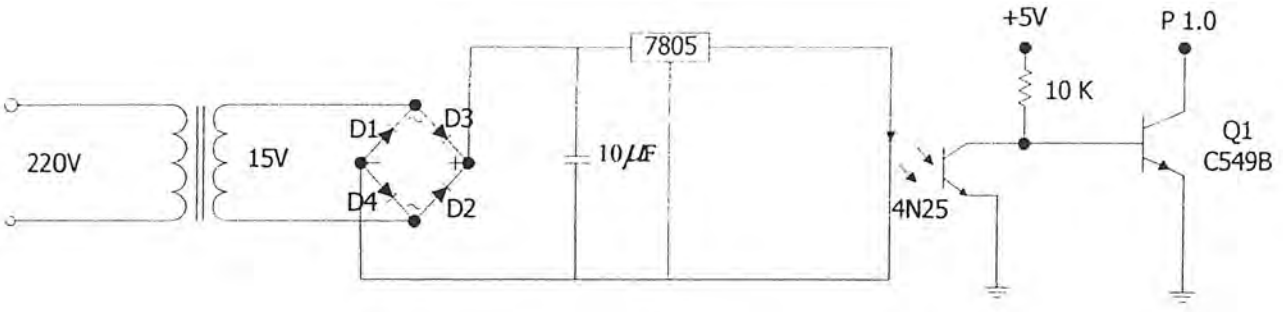


รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการต่อสวิตช์ทรานสเฟอร์

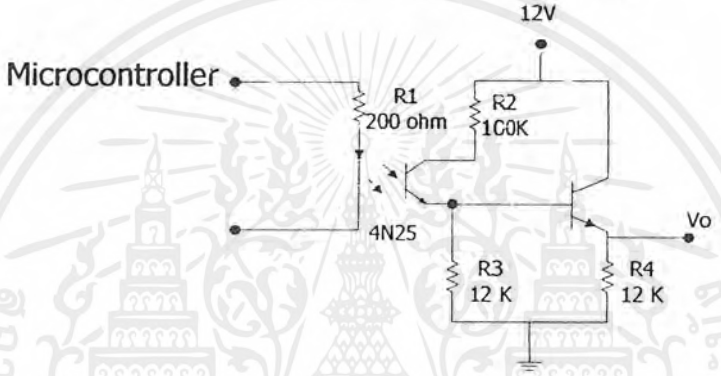
หลักการทำงาน

การทำงานสวิทช์ทรานสเฟอร์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรเลอร์โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณจากการไฟฟ้าโดยผ่านวงจรดังรูปที่ 3.7 เข้าพอร์ต 1 บิท 0โดยปกติสวิตช์ที่รับแรงดันจากแรงดันการไฟฟ้าจะทำงาน เมื่อไฟดับไมโครคอนโทรเลอร์จะสั่งให้สวิทช์รับแรงดันจากชุดอินเวอร์เตอร์ โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุม สวิทช์ผ่านวงจรแยกกราวด์และขยายดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณจากการไฟฟ้า

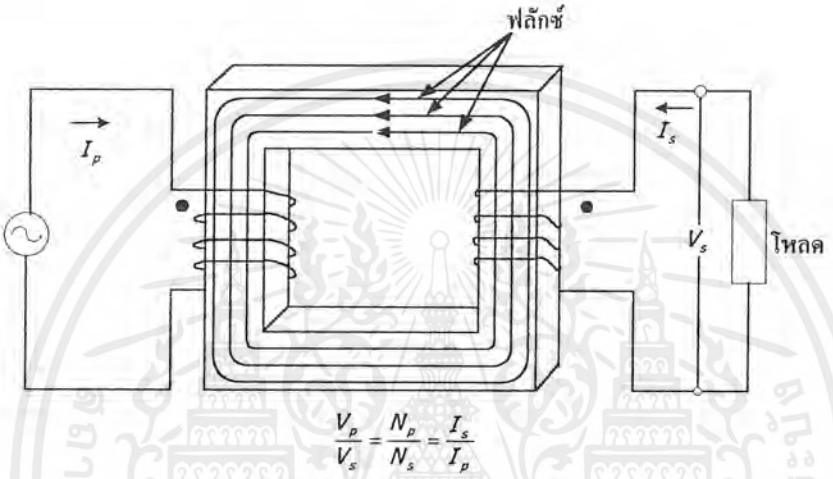


รูปที่ 3.8 วงจรขับ SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 หม้อแปลงความถี่สูง

หม้อแปลงเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแกนปิด ฟลักซ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนไปมาด้วย ถ้านำขดลวดอีกขดมาพันรอบแกนนี้จะเกิดแรงดันและกระแสเหนี่ยวนำเรียกว่าหม้อแปลง



รูปที่ 3.9 แสดงการเหนี่ยวนำของหม้อแปลง

ขดลวดทางอินพุทเรียกว่าขดลวดปฐมภูมิ และทางเอาท์พุทเรียกว่าขดลวดทุติยภูมิ ความสัมพันธ์ของขดลวดและแรงดันจะมีอัตราส่วนคงที่คือ

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \qquad \text{....3.5}$$

Np และ Vp คือจำนวนรอบขดลวดและแรงดันด้านปฐมภูมิ Ns และ Vs คือจำนวนรอบขดลวดและแรงดันด้านทุติยภูมิ แรงดันเหนี่ยวนำจะเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของฟลักซ์ถ้าให้ B อยู่ในช่วงที่เป็นเส้นตรงจะได้

$$B_{max} = \frac{Vpx10^8}{KfN_pA_e} \qquad \text{.....3.6}$$

เมื่อ B_{max} คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุด

V_p คือ แรงดันด้านปฐมภูมิเป็นโวลต์

f คือ ความถี่เฮริตซ์

N_p คือ จำนวนรอบปฐมภูมิ

A_e คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กเป็นตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K คือค่าคงที่มีค่า 4.44 สำหรับแรงดันที่มีรูปคลื่นเป็นไซน์

ตามปกติค่า B_{max} จะเลือกที่ค่า $B_{sat}/2$ เพื่อให้แน่ใจว่าช่วงทำงานนั้นเป็นเส้นตรง ตัวประกอบคงที่ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือพื้นที่สำหรับวางขดลวดตัวนำ ซึ่งปกติจะพันอยู่บนตัวบ๊อบบิ้น (Bobbin) ค่านี้จะต้องเลือกค่าที่เหมาะสมด้วยสำหรับความสามารถในการจ่ายกำลังของแกนเหล็กคำนวณจาก

$$P_{out} = (1.66\, B_{max}\, fdA_eA_C) \times 10^{-9} \qquad \text{.....3.7}$$

เมื่อ P_{out} คือ กำลังที่จ่ายเป็นวัตต์

d คือ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำเป็นแอมป์ต่อตารางเมตร

A_e คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กเป็นตารางเซนติเมตร

A_c คือ พื้นที่สำหรับพันขดลวดบนบ๊อบบิ้นเป็นตารางเซนติเมตร

บางครั้งอาจใช้ พื้นที่บ๊อบบิ้นใช้สัญลักษณ์ W_a หรือหน้าต่างของบ๊อบบินและความหนาแน่นของกระแสในสายใช้หน่วยเซอร์คูลาร์มิลล์ต่อแอมป์ (c.m./A)ใช้สัญลักษณ์ D โดย

$$d = \frac{1.27 \times 10^{8}}{D} \qquad \text{.....3.8}$$

นำค่า d แทนลงในสมการที่ 3 จะได้

$$P_{out} = \frac{(1.47 f B_{max} A_e A_c) \times 10^{-3}}{D} \qquad \text{.....3.9}$$

ค่า D จะเทียบกับค่า 1000 เซอร์คูลาร์มิลล์แอมป์ ในทางปฏิบัติจะใช้ค่า เพียง 200 –400 เพื่อค่าความปลอดภัยของสาย

สมการที่ 3.9 นี้ใช้สำหรับคำนวณและเลือกหาขนาดของแกนเหล็กที่ใช้พันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกลักษณะแกนและชนิดของวัสดุ

วัสดุที่ทำแกนเหล็กหม้อแปลงโดยทั่วไปสามารถทำเป็นแกนหม้อแปลงความถี่สูงได้แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ วัสดุเฟอร์ไรต์ เพราะความหนาแน่นของฟลักซ์อยู่ในช่วง 3000-5000 เกาส์ มีการสูญเสียต่ำประกอบง่าย แกนเฟอร์ไรต์ มีรูปร่างและขนาดมากมายมีทั้งลักษณะแกนที่เป็น EE ,EI,EC, ซึ่งใช้กับกำลังไฟสูง ๆ และแกนพอต (pot) เหมาะสำหรับใช้กับกำลังไฟฟ้าปานกลาง(20-200 วัตต์) ตารางที่ 3.1 แสดงแกนเฟอร์ไรต์ของบริษัทต่าง ๆ ตารางที่ 3.2แสดงขนาดของสายที่ใช้พันตามมาตรฐาน AWG (American Wire Gauge)

ตารางที่ 3.1แกน เฟอร์ไรต์ ของบริษัทต่าง ๆ

Material	Manufacturer
3C8	Ferro cube
24B	Stack pole
77	Fair-Rite Products
F,T	Magnetism, Inc.
H7C1	TDK
N27	Siemens

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

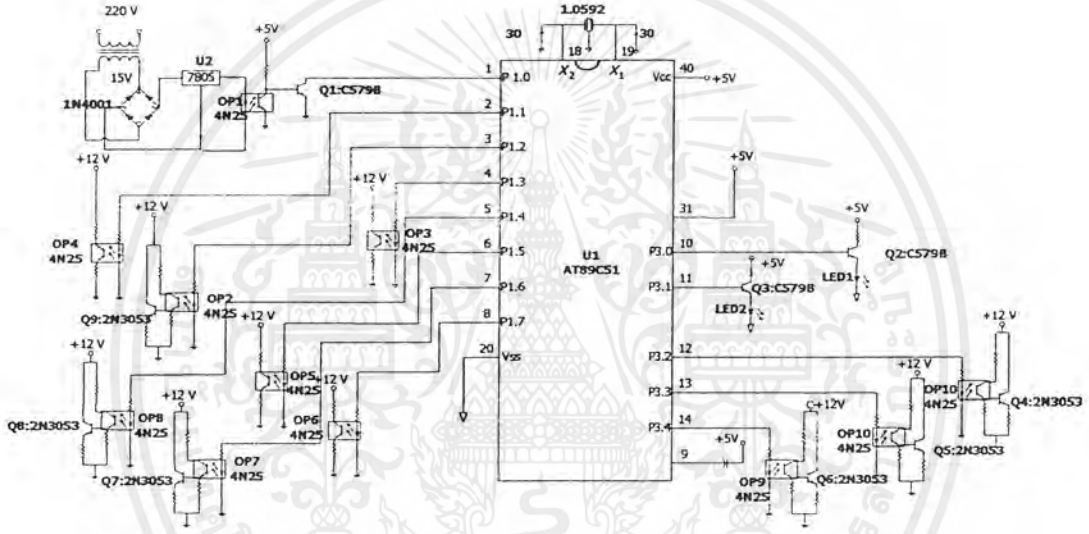
ตารางที่ 3.2 แสดงแผ่นข้อมูลของสายที่ใช้พันหม้อแปลง

AWG	Dimeter over insulation (inches) min	max	Nominal circularr mil area	Resistance per 1000 ft	current capacity in milliamperes base on 1000 c m /A	AWG
8	0 .13	0 .133	16510	0 .6281	16510	8
9	0 .116	0 .119	13090	0 .7925	13090	9
10	0 .104	0 .106	10380	0 .9985	10380	10
11	0 .0928	0 .0948	8230	1 .261	8226	11
12	0 .0829	0 .0847	6530	1 .588	6529	12
13	0 .0741	0 .0757	5180	2 .001	5184	13
14	0 .0667	0 .0682	4110	2 .524	4109	14
15	0 .0595	0 .0609	3260	3 .181	3260	15
16	0 .0532	0 .0545	2580	4 .02	2581	16
17	0 .0476	0 .0488	2050	5 .054	2052	17
18	0 .0425	0 .0437	1620	6 .384	1624	18
19	0 .038	0 .0391	1290	8 .046	1289	19
20	0 .034	0 .0351	1020	10 .13	1024	20
21	0 .0302	0 .0314	812	12 .77	812 .3	21
22	0 .0271	0 .0281	640	16 .2	640 .1	22
23	0 .0244	0 .0253	511	20 .3	510 .8	23
24	0 .0218	0 .0227	404	25 .67	404	24
25	0 .0195	0 .0203	320	32 .37	320 .4	25
26	0 .0174	0 .0182	253	41 .02	252 .8	26
27	0 .0157	0 .0164	202	51 .44	201 .6	27
28	0 .0141	0 .0147	159	65 .31	158 .8	28
29	0 .0127	0 .0133	128	81 .21	127 .7	29
30	0 .0113	0 .0119	100	103 .7	100	30
31	0 .0101	0 .0108	79 .2	130 .9	79 .21	31
32	0 .0091	0 .0098	64	162	64	32
33	0 .0081	0 .0088	50 .4	205 .7	50 .41	33
34	0 .0072	0 .0078	39 .7	261 .3	39 .69	34
35	0 .0064	0 .007	31 .4	330 .7	31 .36	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

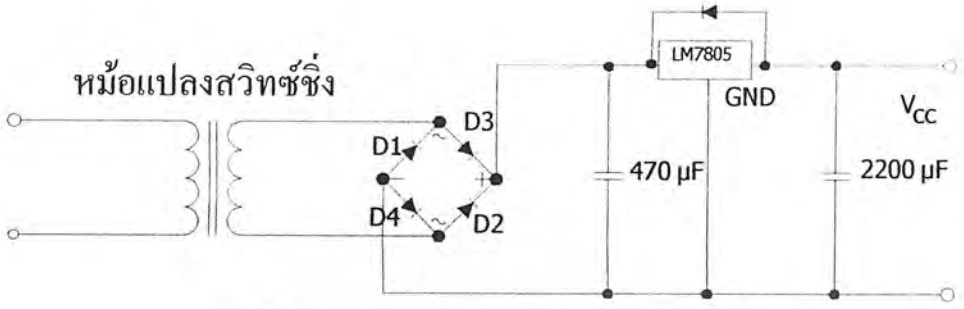
3.2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้นั้นใช้พอร์ต 1 และพอร์ต 3 เป็นอินพุทและเอาท์พุทโดยสร้างสัญญาณทริกให้กับมอสเฟสและเอสซีอาร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้คือ ชิพ AT 89C51ดยรับสัญญาณนาฬิกาจาก คริสตอล(crytal)มีความถี่ 11.059MHz ซึ่งมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 3.9 โดยมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 10 แหล่งจ่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

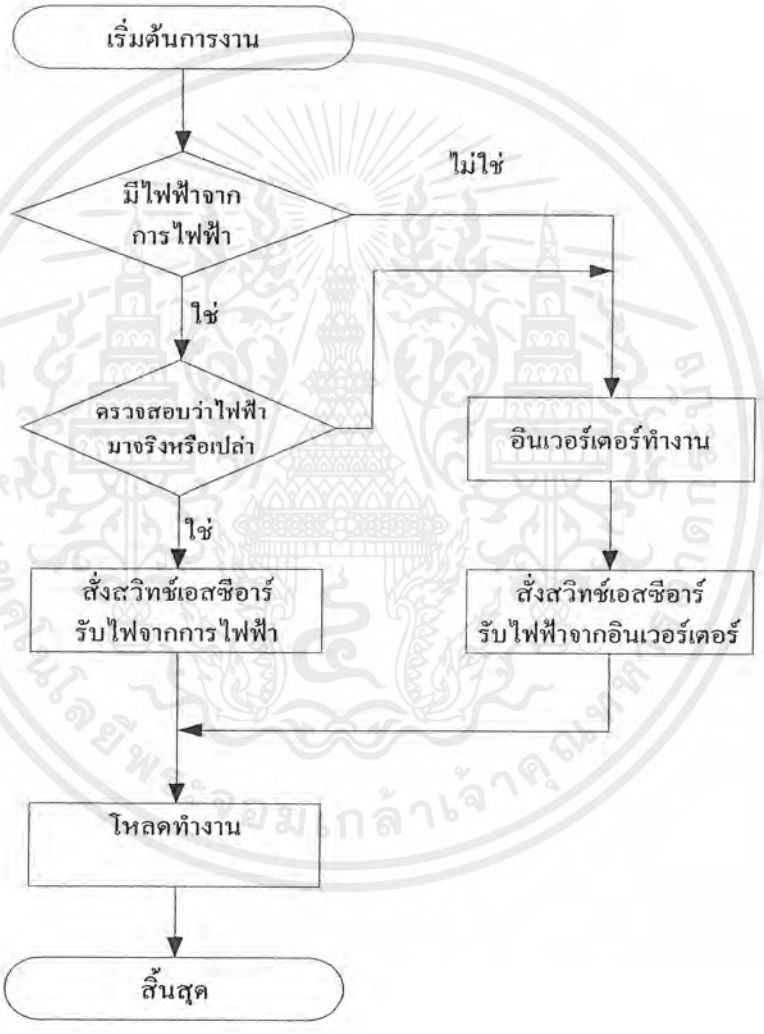


รูปที่ 3.11 แหล่งจ่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรม

ในส่วนของโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเขียนได้จากโฟลชาร์ท(flowchart)ใน รูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผงผังการออกแบบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology
Page  1
emer2.asm

0000                1     ORG   0000H
0000 C2AF           2  START: CLR    EA
0002 C2B3           3  NOL:   CLR    P3.3
0004 C2B4           4         CLR    P3.4
0006 D2B2           5         SETB   P3.2
0008 C2B1           6         CLR    P3.1
000A D2B0           7         SETB   P3.0
000C 759055         8  MAIN:  MOV  P1,#55H
000F 309002         9         JNB  P1.0,EMER
0012 80F8          10         SJMP   MAIN
0014 C2B2          11  EMER:  CLR    P3.2
0016 759001        12         MOV  P1,#01H
0019 114C          13         ACALL   DELAY_F
001B D2B3          14         SETB    P3.3
001D D2B4          15         SETB    P3.4
001F C2B0          16         CLR     P3.0
0021 D2B1          17         SETB    P3.1
0023 D291          18  INVER: SETB    P1.1
0025 D295          19         SETB    P1.5
0027 1173          20         ACALL   DELAY1
0029 C291          21         CLR     P1.1
002B C295          22         CLR     P1.5
002D 1145          23         ACALL  DEAD_T
002F D290          24         SETB   P1.0
0031 209021        25         JB     P1.0,DELAY
0034 2090CB        26 CHECK:   JB     P1.0,NOL
0037 D293          27         SETB   P1.3
0039 D297          28         SETB   P1.7
003B 1173          29         ACALL  DELAY1
003D C293          30         CLR     P1.3
003F C297          31         CLR     P1.7
0041 1145          32         ACALL  DEAD_T
0043 0123          33         AJMP   INVER
                   34
                   35       ;DELAY FOR DEAD TIME
                   36
0045 7870          37  DEAD_T:  MOV   R0,#70H
0047 D8FE          38  DON:       DJNZ R0,DON
0049 00            39               NOP
004A 00            40               NOP
004B 22            41               RET
                   42
                   43       ;DELAY  FOR SWITCH  OFF
                   44
004C 7A02          45  DELAY_F:    MOV R2,#02H
004E 7902          46  SWIT2_F:    MOV R1,#02H
0050 D9FE          47  SWIT_F:     DJNZ R1,SWIT_F
```

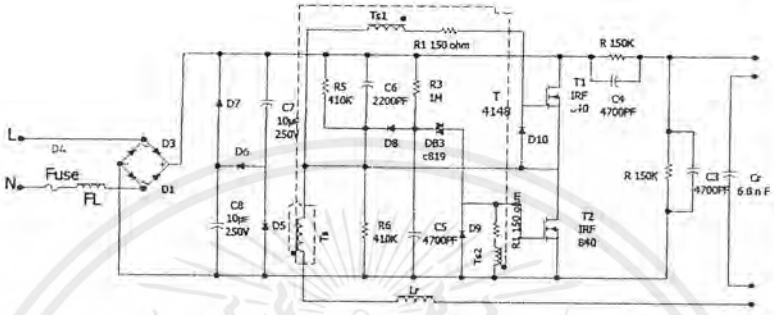
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0052 DAFA      48                DJNZ  R2,SWIT2_F
  0054 22      49                RET
             50
             51       ;DELAY  FOR SWITCH  ON
             52
  0055 7B50      53 DELAY:  MOV R3,#50H
  0057 D293      54 DELAY_R:SETB P1.3
  0059 D297      55          SETB P1.7
  005B 1173      56          ACALL DELAY1
  005D C293      57          CLR  P1.3
  005F C297      58          CLR P1.7

8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology
Page  2
emer2.asm

  0061 1145      59          ACALL DEAD_T
  0063 D291      60          SETB P1.1
  0065 D295      61          SETB P1.5
  0067 1173      62          ACALL DELAY1
  0069 C291      63          CLR P1.1
  006B C295      64          CLR P1.5
  006D 1145      65          ACALL DEAD_T
  006F DBE6      66          DJNZ R3,DELAY_R
  0071 1134      67          ACALL CHECK
             68         ;DELAY  PLUS  ON_OFF
             69
  0073 7ABC      70 DELAY1:  MOV R2,#0BCH
  0075 79B3      71           MOV  R1,#0B3H
  0077 7816      72 LOOP1:   MOV  R0,#16H
  0079 D8FE      73 LOOP2:   DJNZ  R0,LOOP2
  007B D9FA      74           DJNZ  R1,LOOP1
  007D 00        75  LOOP3:  NOP
  007E DAFD      76           DJNZ  R2,LOOP3
  0080 00        77           NOP
  0081 00        78           NOP
  0082 22        79           RET
  0000=          80           END
8051 Cross-Assembler (1.3)  (C) 1987, 1989 Binary Technology
Page  1
emer2.asm

       check = 0034        dead_t = 0045       delay = 0055       delay1 = 0073
delay_f = 004C
      delay_r = 0057         don = 0047        emer = 0014        inver = 0023
loop1 = 0077
       loop2 = 0079        loop3 = 007D        main = 000C         nol = 0002
start = 0000
      swit2_f = 004E       swit_f = 0050
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

จ่ายแรงดันความถี่สูงเพื่อจุดติดหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อให้หลอดจุดติดได้ทันที่และเป็นโหลดที่ประหยัดพลังงานเพื่อให้อินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายหลอดได้นานขึ้นมีวงจรตามรูป



รูปที่ 3.13 วงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

หลักการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Vrms ผ่านอินดักทีฟฟิลเตอร์ (Inductive filter) และผ่านชุดวอลเลย์ฟิล (valley fill) เพื่อให้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกจากบริดจ์เรคติไฟล์ (Bridge rectifier) มีช่วงการนำกระแสที่กว้างขึ้นลดการกระชากของกระแสและให้สัญญาณของกระแสดีขึ้นกว่าการใช้คาปาซิเตอร์ที่ทำหน้าที่ฟิลเตอร์ทั่วไปจากนั้นสภาวะเริ่มแรกของการทำงานของวงจรบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์คือกระแสไหลผ่าน R_3 อัดประจุ C_5 เมื่อแรงดันอัดประจุใน C_5 ถึงค่า ๆ ค่าหนึ่งทำให้ไดแอค (Diac) DB_3 ทำงานเป็นสัญญาณพัลส์ ขับขาเกท (gate) ของมอสเฟส T_2 หลังจากนั้น ไดแอคจะไม่ทำงานอีกเนื่องจากทุกครั้งที่ T_2 ทำงานแรงดันอัดประจุ C_5 จะถูกลัดวงจรผ่านไดโอด D8 แทนจากการทำงานของ T_2 กระแสไฟตรงจากขั้วบวก บริดจ์เรกติไฟลเออร์ ไหลผ่านขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ผ่านตัวเหนี่ยวนำรีโซแนนซ์ (Lr)และเซลฟ์เอ็กไซด์ (Primary self excite) Ts(Ts เป็นหม้อแปลงสร้างสัญญาณพัลส์ซึ่งทำหน้าที่เป็นปฐมภูมิและทุติยภูมิ คือ Ts1 และ Ts2 ตามลำดับ) ผ่าน T_2 ครบวงจรที่ขั้วลบของบริดจ์เรกติไฟลเออร์ เมื่อกระไหลผ่านชั่วครู่ Ts จะอิ่มตัวทำให้ไมมีสัญญาณพัลส์จาก Ts1และ Ts2 ทำให้ T1 และ T2 หยุดการทำงาน ซึ่งช่วงนี้พลังงานที่สะสมใน Lr จะจ่ายพลังงานในทิศทางเดิมแทนแหล่งจ่าย บริดจ์เรกติไฟล์เออร์โดยจ่ายผ่าน Ts , C_5, R_5,ผ่านขั้วหลอดและ Cr ครบวงจรที่ Lr จนพลังงานใน Lr หมดแรงดันอัดปจะจ่ายพลังงานส่วนกลับผ่าน C_6,R_5 ,Ts และ Lr ตามลำดับจังหวะนี้ Ts3 และ T1 ทำงานตามลำดับ Cr จะดิสชาร์จประจุจนกระทั่ง Ts อิ่มตัวทำให้ T1 และ T2 หยุดการทำงานแต่พลังในLr จะจ่ายแทนในทิศทางเดิมจนกระทั้งพลังงานในทิศทางเดิมจนกระทั้งจนกระทั้งพลังงาน Lr หมดพลังงานที่สะสมใน Cr จะดิสชาร์จกลับ กับกระแสที่ Lr จ่ายทำให้Ts ทำงานอีกครั้งเป็นผลทำให้ T2 ทำงานอีกครั้งและจะทำงานวนอย่างนี้เรื่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

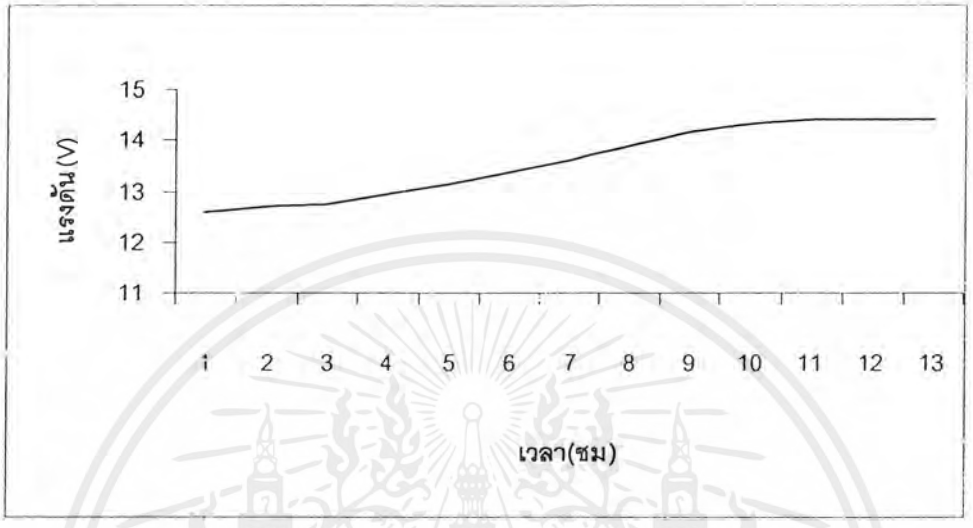
4.1 ผลการทดลองของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

จากการทดลองได้ค่าดังตารางที่ 4.1

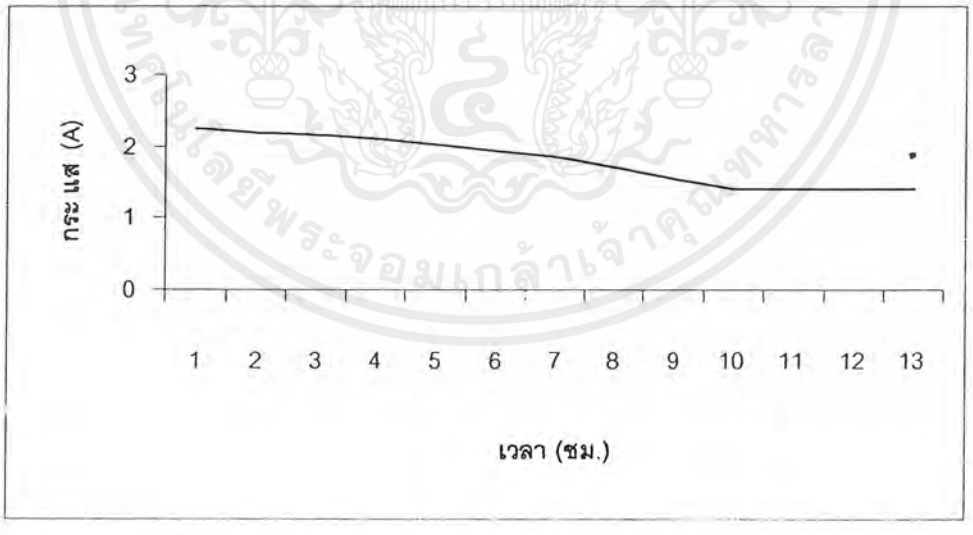
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่

เวลา(ชม)	กระแสอัดประจุ (Amp)	แรงดันอัดประจุ (volt)	แรงดันแบตเตอรี่ (volt)
เริ่มต้น	2.30	14.9	11.50
1	2.25	15.00	12.60
2	2.2	15.00	12.70
3	2.16	15.00	12.76
4	2.10	15.06	12.94
5	2.03	15.13	13.15
6	1.93	15.21	13.37
7	1.85	15.30	13.60
8	1.70	15.45	13.88
9	1.55	15.58	14.18
10	1.40	15.66	14.32
11	1.40	15.73	14.42
12	1.40	15.70	14.40
13	1.40	15.70	14.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่

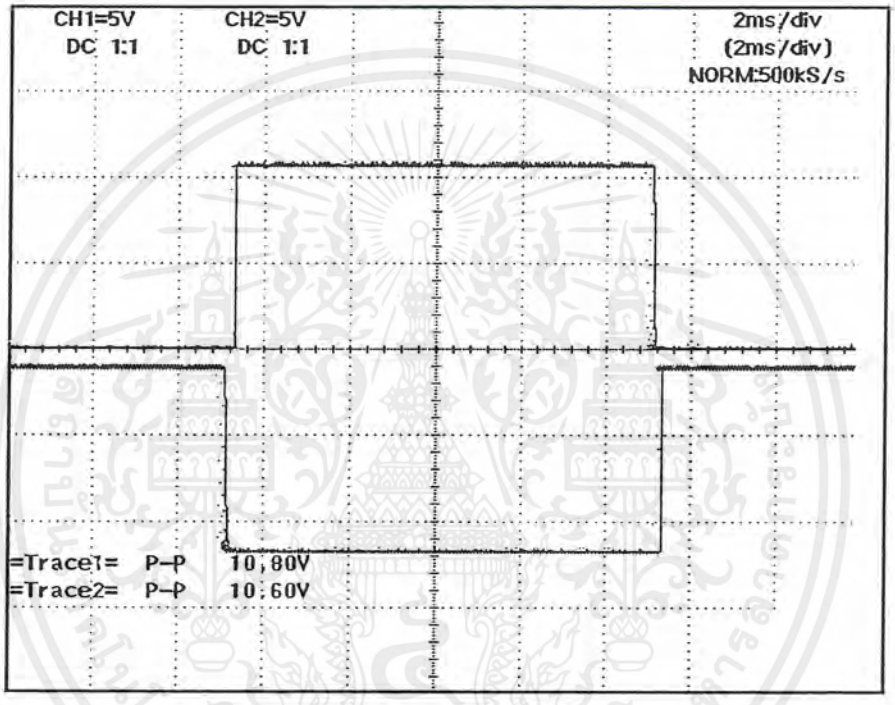


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกระแสประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

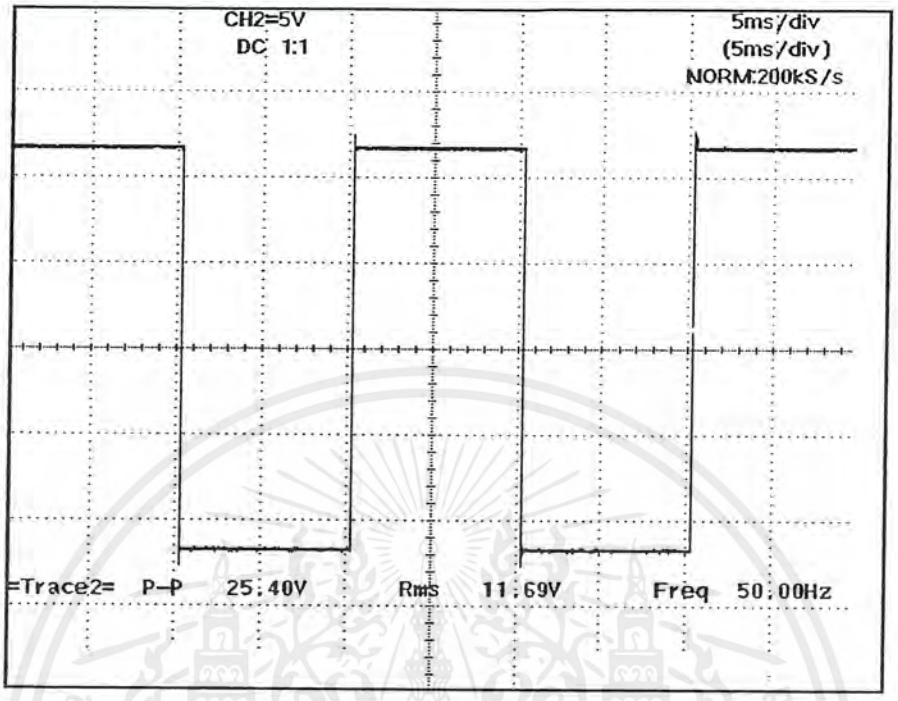
4.2 ผลการทดลองของอินเวอร์เตอร์

สัญญาณทริกที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะมี เดทไทม์(dead time)ดังรูปที่4.3

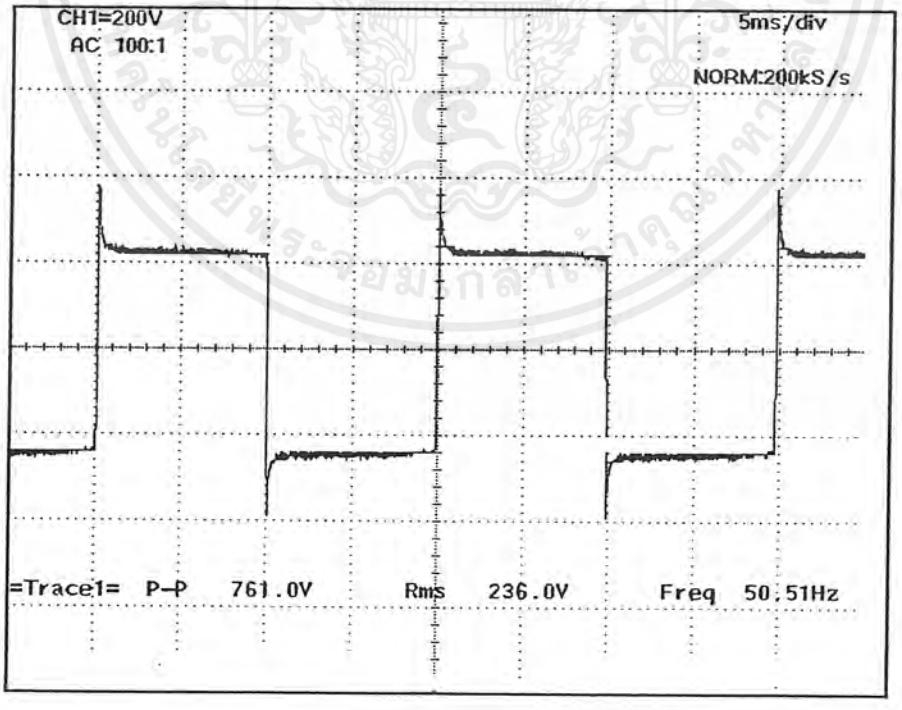


รูปที่ 4.3 เดทไทม์ของสัญญาณทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

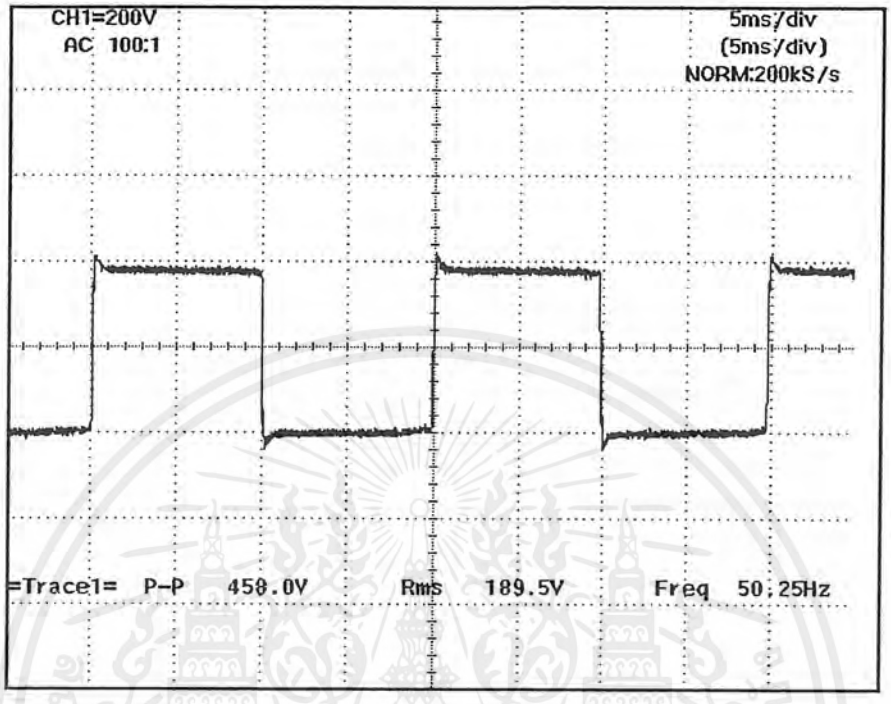


รูปที่ 4.4 สัญญาณแรงดันเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ ขณะไม่มีโหลด

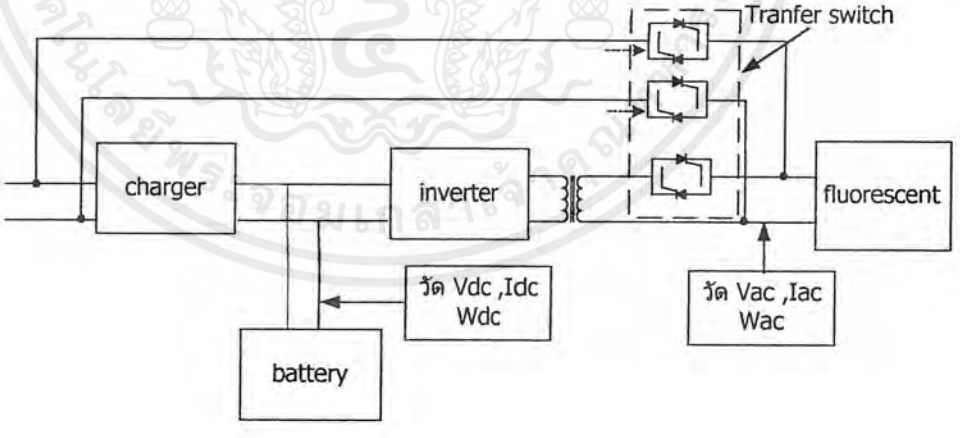


รูปที่ 4.5 สัญญาณแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงสเตปอัพขณะไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณที่แรงดันที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายโหลด



รูปที่ 4.7 บล๊อกไดอะแกรมการต่ออุปกรณ์เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันแบตเตอรี่ขณะไม่มีโหลด (no load battery voltage)

= 12.63 V

การทดสอบขณะจ่ายโหลด 4 หลอด

V = 11.95 V

I = 12.5 A

P = 149.37 W

เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์(Inverter output)ขณะจ่ายโหลด

V = 140 V

I = 0.6 A

$\cos\theta$ = 0.99

P = 87 W

ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน

$$\eta_{emer} = \frac{P_{output}}{P_{input}}$$

เมื่อ P_{output} = 87 W

P_{input} = 149.37 W

$\therefore$ $$\eta_{emer} = \frac{87}{149.37} \times 100$$

$$= 58.24 \ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของชุดระบบแสงสว่างฉุกเฉิน

จำนวนหลอด	อินพุทของอินเวอร์เตอร์			เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์			η %	PF
	V	I	W	V	I	W		
4	11.95	12.5	149.37	140	0.6	87	58.24	0.99
3	12.00	9.8	117.6	168	0.48	81	68	0.99
2	12.06	6.8	82	193	0.34	62	75	0.99
1	12.16	3.8	46.208	218	0.2	44	95	0.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงความเข้มแสงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์

จำนวนหลอด	แรงดันอินพุท บัลลาสต์	ความเข้มแสง (Lux)	ความเข้มแสงเฉลี่ย ต่อหลอด(Lux)
4	136.5	46	11.5
3	166.5	43	14.33
3	166.4	42.5	14.16
3	165.4	42	14
3	164.2	41	13.66
3	163	40.5	13.5
3	161.9	40	13.33
3	160.8	40	13.33
3	160	40	13.33
3	158.7	40	13.26
3	157.1	39.8	13.2
3	155.5	39.6	13.06
3	153.4	39.2	12.83
3	151.6	38.5	12.5
3	149.4	37.5	12.16
3	146.7	36.5	11.66
3	143.3	35	11.6
3	133.7	34	10.83

ทดลองความเข้มแสงที่มุม γ = 0 องศาระยะทาง 5 เมตร

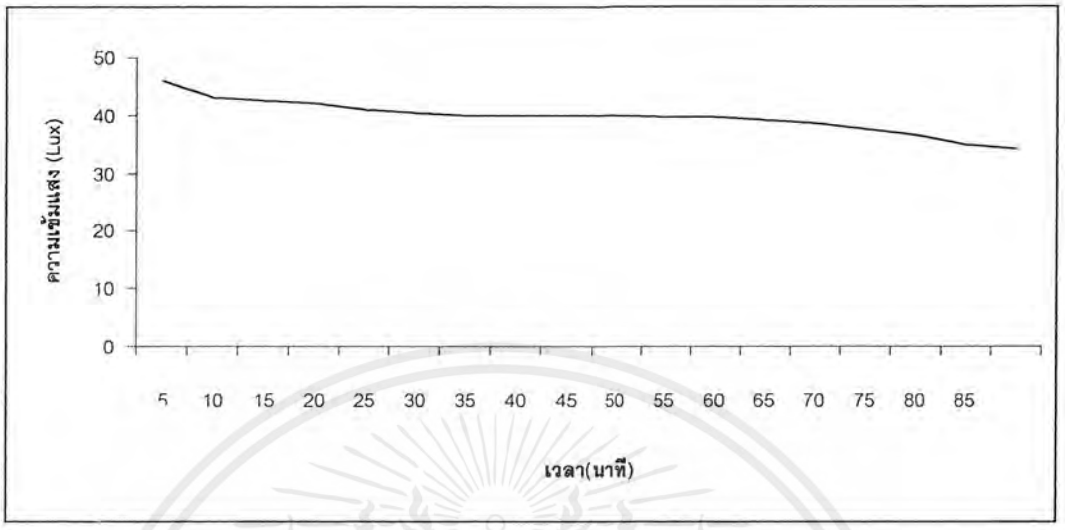
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเข้มแสงเมื่อใช้แรงดันจากการไฟฟ้า

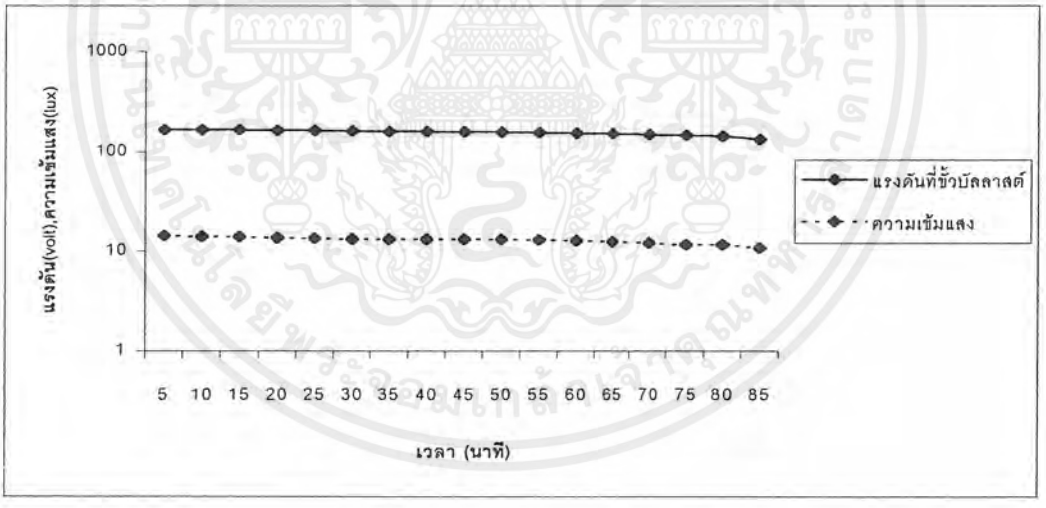
จำนวนหลอด	แรงดันที่ขั้วอินพุทของบัลลาสต์	ความเข้มแสง (lux)	ความเข้มแสงเฉลี่ยต่อหลอด (lux)
4	136.5	45	11.35
3	166.5	41.5	13.83
3	160	39.5	13.16
3	155.5	38.5	12.83
3	149.4	35.5	11.83
3	146.7	35	11.66
3	143.3	34.5	11.5
3	137	32	10.66

ทดลองความเข้มแสงที่มุม $\gamma = 0$ องศาระยะทาง 5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลา



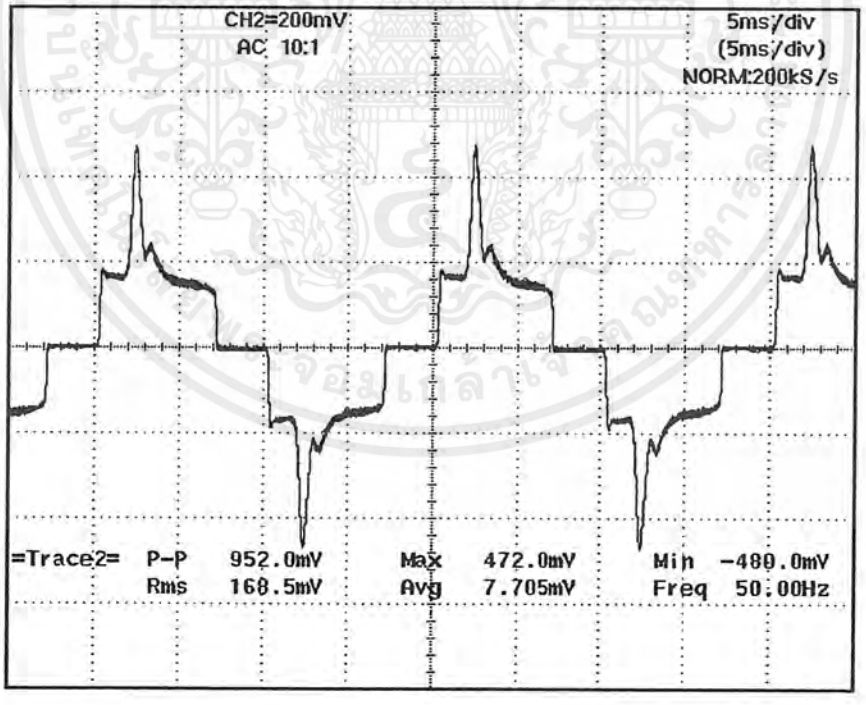
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน,ความเข้มแสง ต่อ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

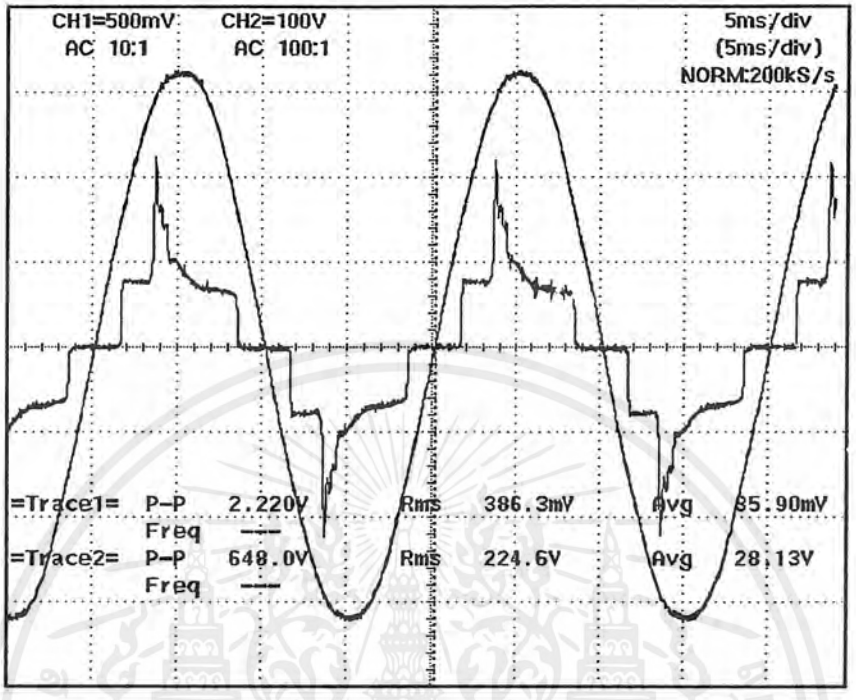
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชนิดของบัลลาสต์	แรงดันที่ขั้วบัลลาสต์ (Volt)	กระแสอินพุท (Amp)	กำลังอินพุท (Watt)	PF	ความเข้มแสง (Lux)
อิเล็กทรอนิกส์	220	0.162	31	0.87	20
แกนเหล็ก	220	0.435	43	0.45	20

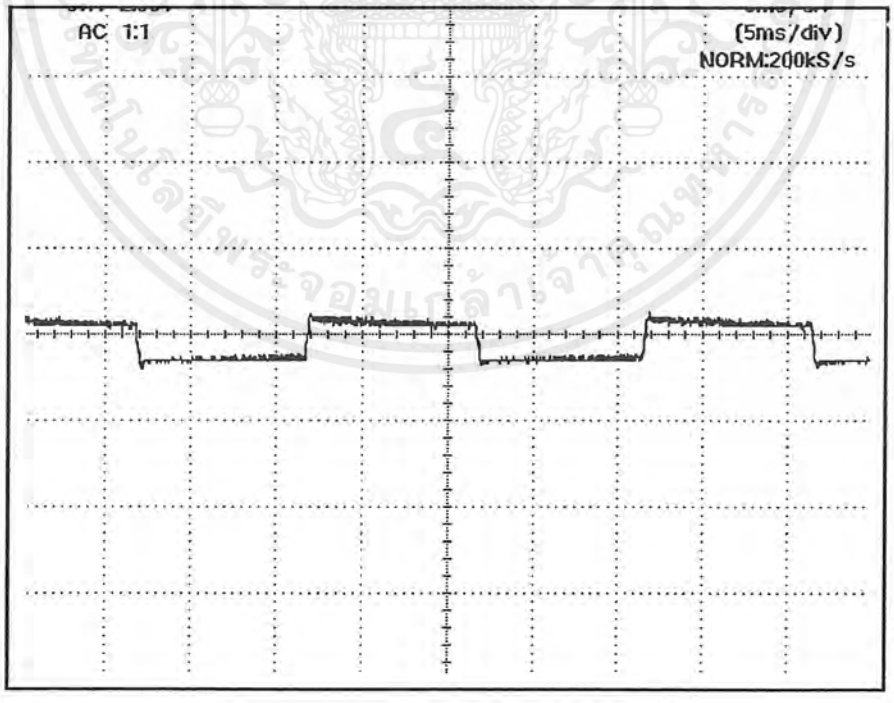


รูปที่ 4.10 กระแสอินพุทของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แรงดันและกระแสอินพุทของบัลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

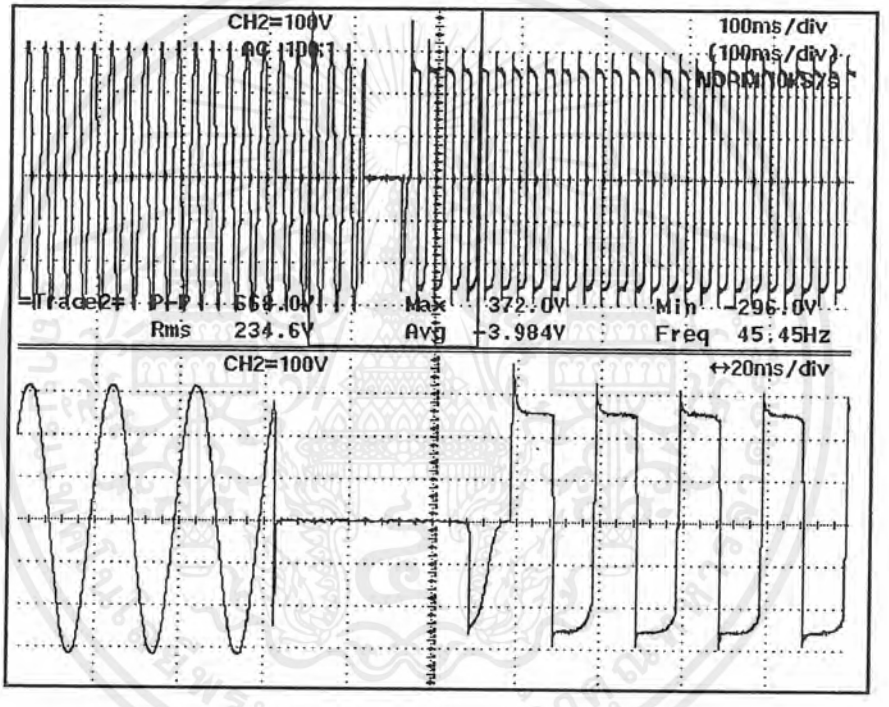


รูปที่ 4.12 กระแสของบัลลาสต์เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

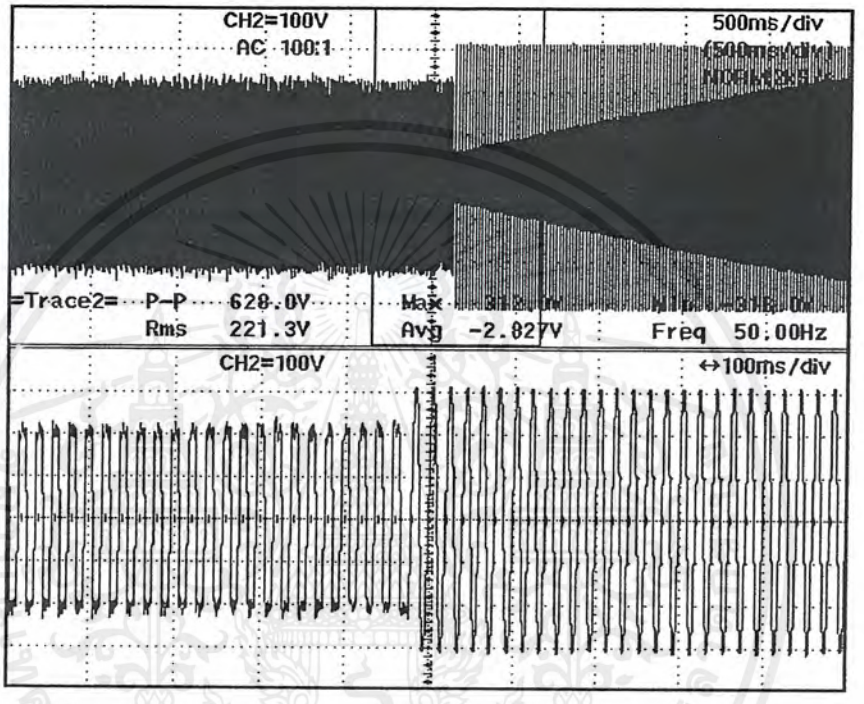
4.4 ผลการทดลองทรานเฟอร์สวิทช์

ทรานเฟอร์สวิทช์ของระบบแสงสว่างจะเปลี่ยนตำแหน่งการรับแรงดันจากการไฟฟ้าไปใช้ไฟของอินเวอร์เตอร์ด้วยความเร็ว 45 ms ดังรูปที่ 4.13 และเปลี่ยนจากอินเวอร์เตอร์มารับแรงดันไฟฟ้าของการไฟฟ้าเมื่อไฟฟ้ามาไม่สามารถวัดความเร็วได้ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนจากการไฟฟ้ามาใช้แรงดันจากอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนจากอินเวอร์เตอร์มาใช้แรงดันจากการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1หลักการโดยรวม

โครงงานระบบแสงสว่างฉุกเฉินเป็นระบบให้แสงสว่างต่อเนื่องในสถานที่ที่ ต้องการแสงสว่าง โดยการทำงานจะทำงานแบบอัตโนมัติ ในโหมดออฟไลน์ คือสภาวะปกติไฟจากการไฟฟ้าจะจ่ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 4 หลอดโดยใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์โดยผ่าน SCR ที่ ต่อแบบ back to back ที่ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ขณะเดียวกันไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจะป้อนให้กับวงจรชาร์จเพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ด้วยเมื่อไฟการไฟฟ้าดับระบบจะเปลี่ยนโหมดการทำงานจากสภาวะปกติมาเป็นระบบแสงสว่างฉุกเฉินทันทีโดยการแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ขนาด12 V 24 A-H จำนวน 1 ลูกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยฟลูบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดยใช้เพาเวอร์มอลเฟตเป็นสวิทช์ แรงดันเอาท์พุทที่ได้ผ่านหม้อแปลง สเตปอัพ (step up) 12/220 V 3 A ผ่านสวิทช์ SCR ไปยังโหลด การทำงานแบบอัตโนมัติของระบบแสงสว่างฉุกเฉินควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีชุดตรวจสอบความผิดปกติของระบบไฟการไฟฟ้า

5.2 สรุปผลของโครงงาน

5.2.1 ชุดแบตเตอรี่ ชาร์จเจอร์

จากการทดลองอัดประจุแบตเตอรี่ ณ แรงดันแบตเตอรี่ เวลาเริ่มต้น 11.50 V กระแสอัดประจุ2.4Aหรือประมาณ 0.1 CA ใช้เวลาในการอัดประจุแบตเตอรี่ จนเต็มประมาณ 12 ชั่วโมงได้แรงดันแบตเตอรี่ 14.4 V จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 แรงดันอัดประจุจาก เริ่มต้นจนถึงชั่วโมงที่ 10 จะค่อยเพิ่มขึ้นในลักษณะ เอ็กโพเนียลเชียลแล้วหลังจากนั้นแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่ จะคงที่ตลอดจนถึงชั่วโมงที่ 12 ส่วนกระแสอัดประจุ ชั่วโมงเริ่มแรกจนถึงชั่วโมงที่ 9 ลดลงในลักษณะเอ็กโพเนียลเชียล จากนั้นจะคงที่ ตลอดจนถึงชั่วโมงที่ 12

5.2.2 ชุดอินเวอร์เตอร์

จากการทดลองชุดอินเวอร์เตอร์ได้ประสิทธิภาพ 58.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระแสด้านอินพุทได้ 12.5 A ขณะแรงดันแบตเตอรี่ 11.95 V จ่ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W จำนวน 4 หลอด รูปคลื่นแรงดันเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์เป็นแบบ square wave

ในส่วนของ transfer switch ความเร็วในการสับเปลี่ยนของสวิทช์ดังในรูปที่ 4.13 เป็นสัญญาณ แรงดันไฟฟ้า เมื่อเปลี่ยนจากการไฟฟ้ามาเป็นแรงดัน ที่ใช้จาก อินเวอร์เตอร์ ความเร็ว ของสวิทช์ 44 ms ส่วนในรูปที่ 4.14 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนจากอินเวอร์เตอร์มาใช้แรงดันจากการไฟฟ้า ซึ่งความเร็วของสวิทช์มีความเร็วมากไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

โครงงานนี้ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับหลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด 36 W จากการทดสอบ ชุดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ แรงดันอินพุท 220 V ได้ กำลังอินพุท 50 W ตัวประกอบกำลัง 0.94 กระแสอินพุท 2.4 A ใช้ความเข้มแสง 20 lux เมื่อเทียบกับบัลลาสต์แกนเหล็กที่ แรงดันอินพุทเท่ากัน จะใช้กระแส 0.43 A กำลังอินพุท 43 W ตัวประกอบกำลัง 0.45 จะเห็นได้ว่าบัลลาสต์ประหยัดพลังงานกว่าบัลลาสต์แกนเหล็กมากแต่มีข้อเสียคือ ราคาแพง ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย ซึ่งจะทำให้เกิดฮาร์โมนิคออกสู่ระบบภายนอกได้ เนื่องจากใช้งานที่ ความถี่สูง

5.2.4 ประสิทธิภาพทั้งระบบรวม

จากการทดลองประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ 58.37 %

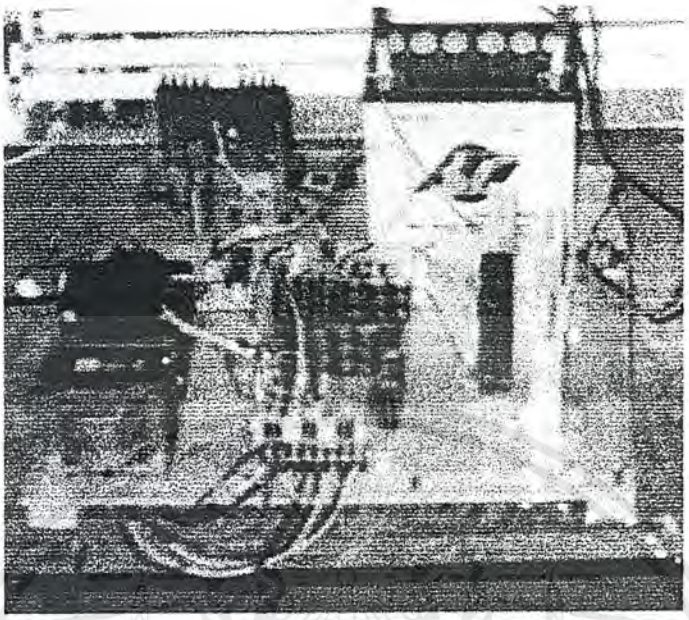
5.3 แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

จากการทำงานของแสงสว่างฉุกเฉินขณะจ่ายหลอดฟูลออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 4 หลอดทำให้แรงดันขั้วเอาท์พุทลดลงอย่างมาก เนื่องจากแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ลดลงเป็นผลมาจากเมื่อแบตเตอรี่ จ่ายกระแสสูงขึ้นจะทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานภายในมากขึ้น และอีกส่วนหนึ่งมาจากแรงดันอินพุทของอินเวอร์เตอร์มีค่าต่ำ 12 V DC และสัญญาณใช้ในการขับเกทมอสเฟส ของโครงงานนี้มีค่าคงที่ไม่มีการป้อนกลับ วิธีแก้ไขควรจะยกระดับไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้สูงขึ้น และมีระบบป้อนกลับ

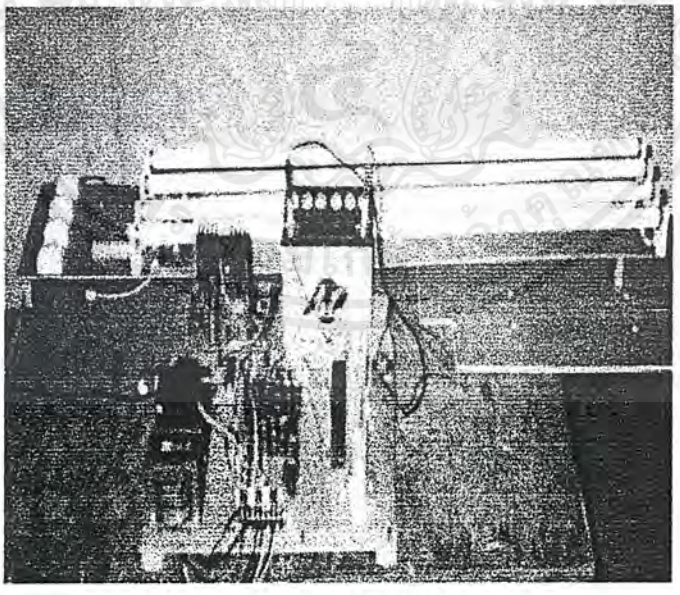
สิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้ก็คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดแบตเตอรี่ ออกจากระบบ ในกรณีที่มีแบตเตอรี่แรงดันต่ำกว่า end of cell เพื่อป้องกันแบตเตอรี่ dead หรือไม่สามารถอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยวิธีการอัดประจุแบบอ่อนได้แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการอัดประจุแบบรุนแรงซึ่งในโครงงานนี้เป็นการอัดประจุแบบอ่อนเท่านั้น

ในส่วนของทรานสเฟอร์สวิทช์ในโครงงานนี้ใช้ SCR ต่อแบบ Back to back สองชุดมีข้อดีคือเวลาในการทำงานเร็ว ทำให้ระบบแสงสว่างจะกระพริบน้อยมากแต่มีข้อเสียคือมีกระแสรั่วไหลทำให้ระบบการตรวจจับไฟฟ้าดับเกิดความผิดพลาดในบางครั้งและต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้ชุดควบคุมตลอดเวลา ถ้าใช้รีเลย์แทนชุดสวิทช์เอสซีอาร์จะทำให้ไม่มีกระแสรั่วและง่ายในการออกแบบกว่าแต่จะมีอายุการใช้งานที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 อินเวอร์เตอร์เมื่อสมบูรณ์



รูปที่ 5.2 ระบบแสงสว่างฉุกเฉินเมื่อสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

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

8-Bit Microcontroller with 4 Kbytes Flash

Description

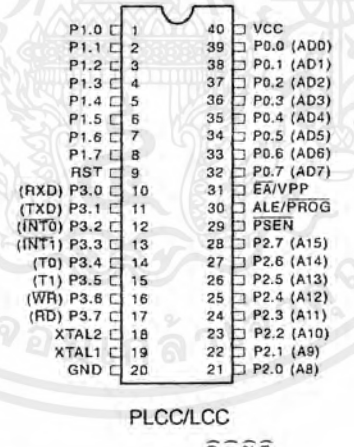
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and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

The AT89C51 provides the following standard features: 4 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is

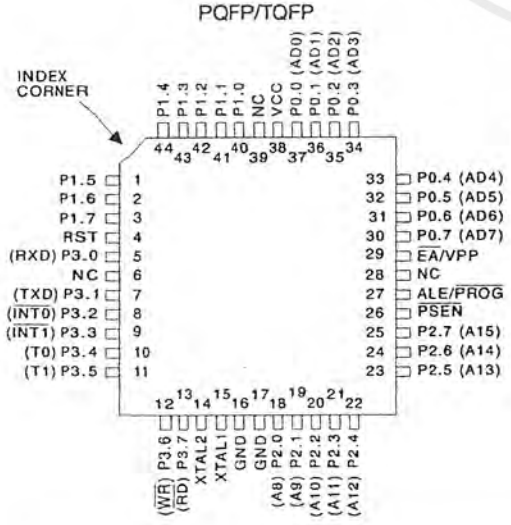
(continued)

Pin Configurations

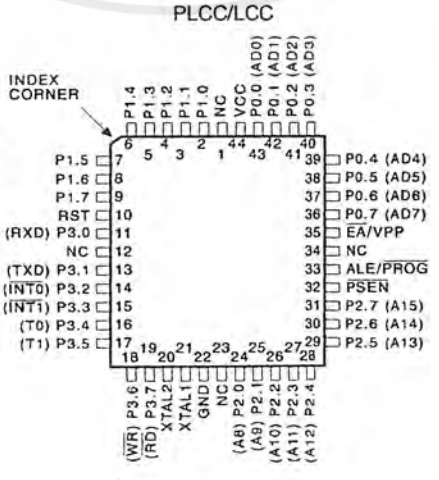
PDIP/Cerdip



PQFP/TQFP



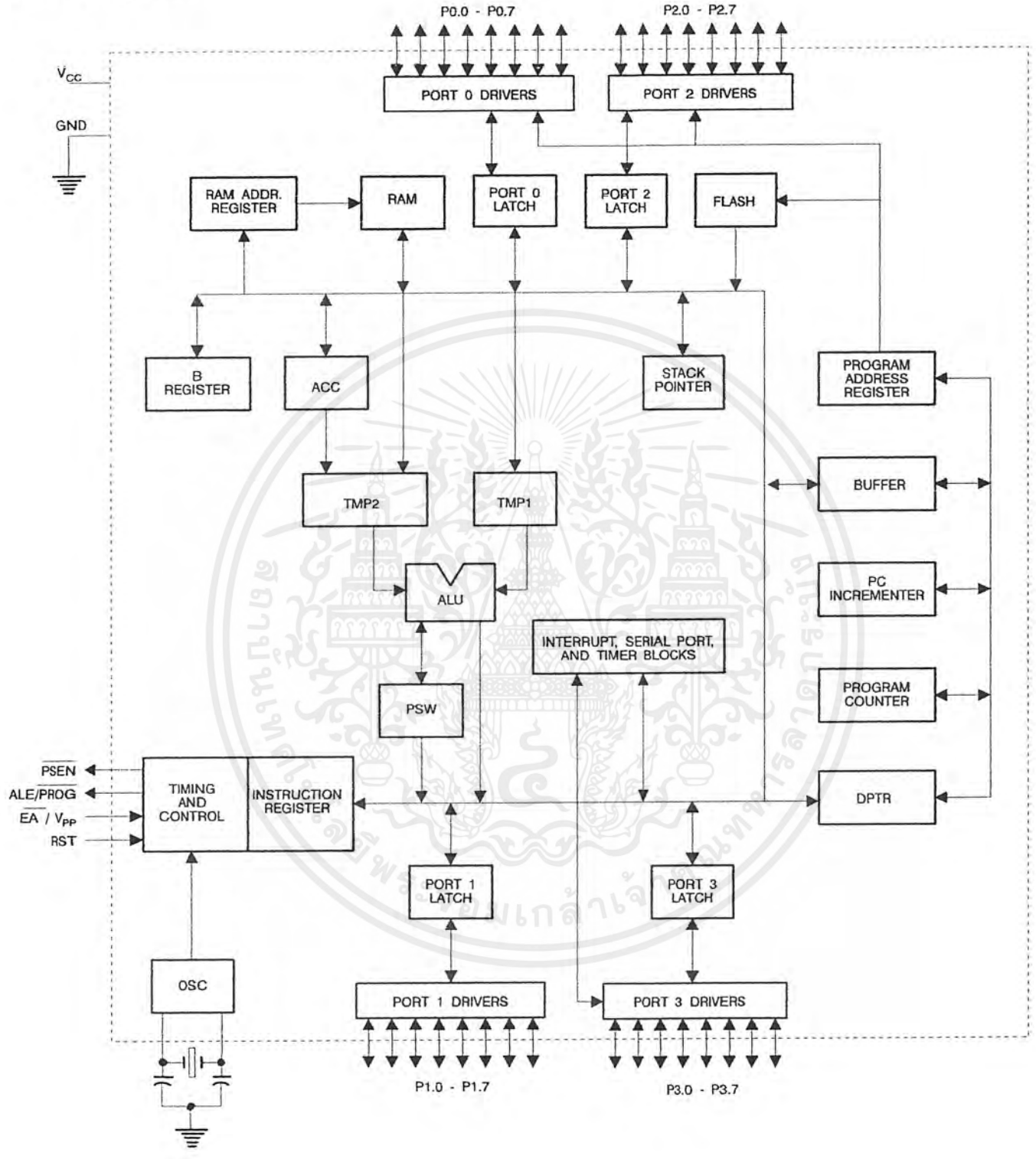
PLCC/LCC



0265E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description (Continued)

designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

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

Port 2

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

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

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

Port 3

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

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

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

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

RST

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

ALE/$\overline{PROG}$

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

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

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

$\overline{PSEN}$

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

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

$\overline{EA}$/V_{PP}

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

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

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

(continued)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (Continued)

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

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

Idle Mode

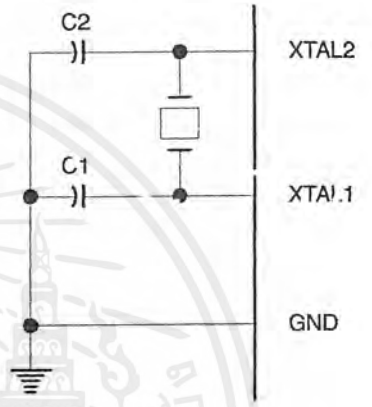
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

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

Power Down Mode

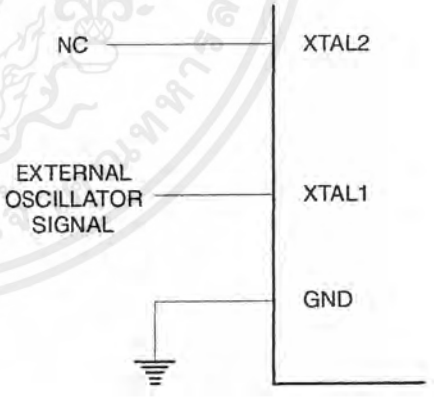
In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 1. Oscillator Connections



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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12 V	V_{PP} = 5 V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}$/V_{PP} to 12 V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12 V programming
(032H) = 05H indicates 5 V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	EA/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L	⎍	H/12V(1)	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L	⎍	H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L	⎍ (2)	H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L	⎍	H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	⎍	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Notes: 1. The signature byte at location 032H designates whether V_{PP} = 12 V or V_{PP} = 5 V should be used to enable programming.
2. Chip Erase requires a 10 ms $\overline{PROG}$ pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

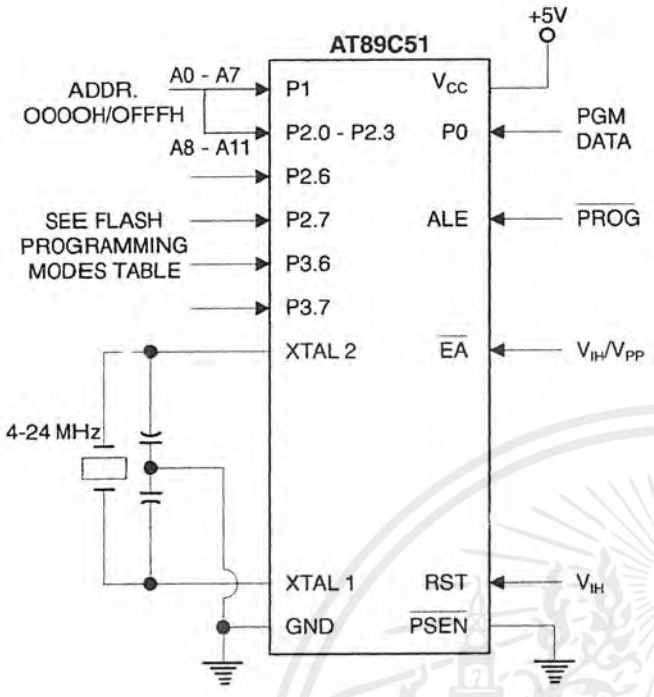
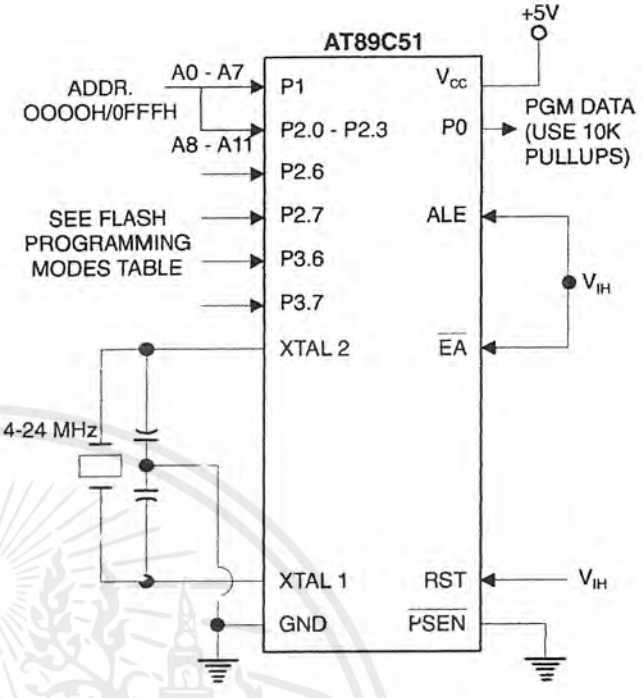


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

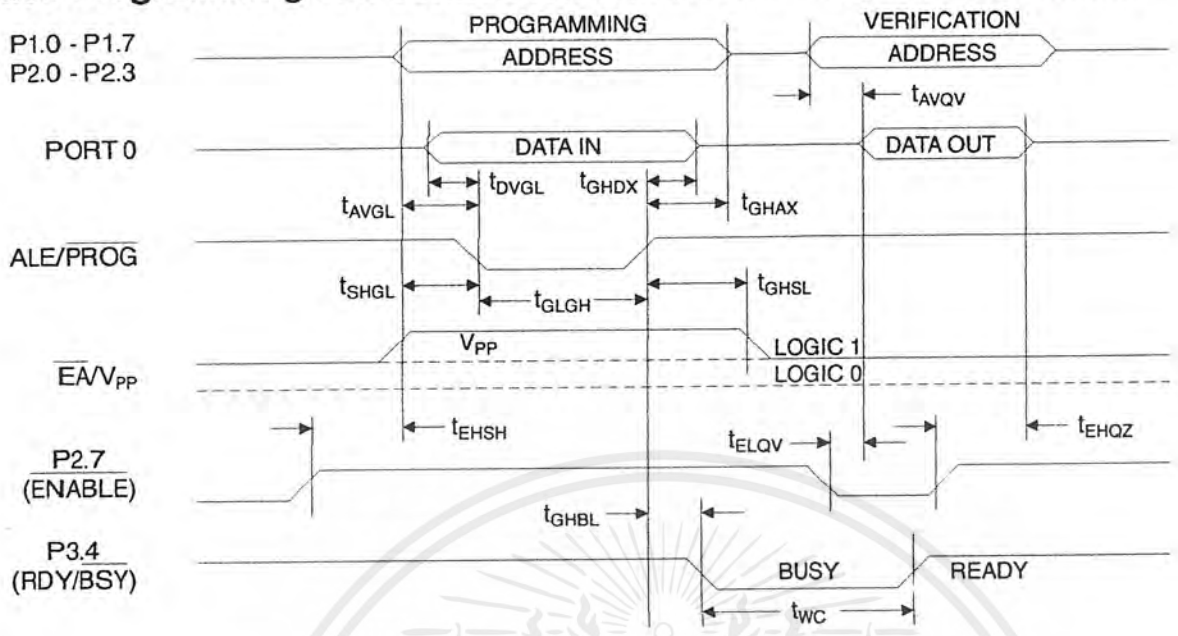
T_A = 21°C to 27°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	48tCLCL		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		48tCLCL	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

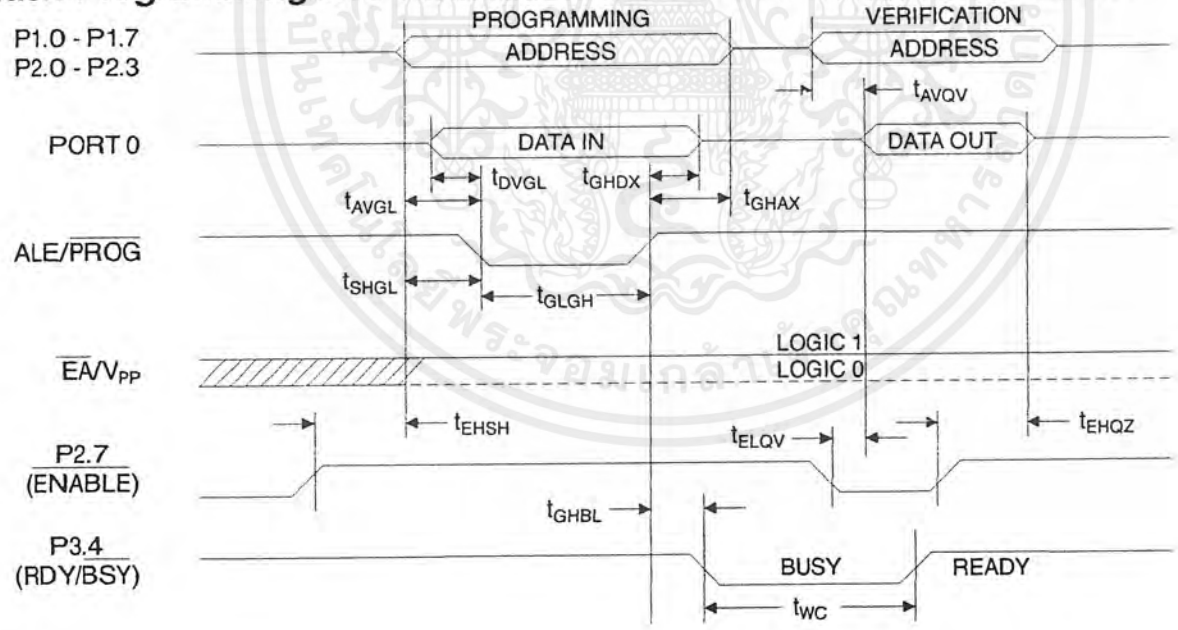
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

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

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

D.C. Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0 V ± 20% (unless otherwise noted)

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

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA
Ports 1,2, 3: 15 mA
Maximum total IOL for all output pins: 71 mA
If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum VCC for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. Characteristics

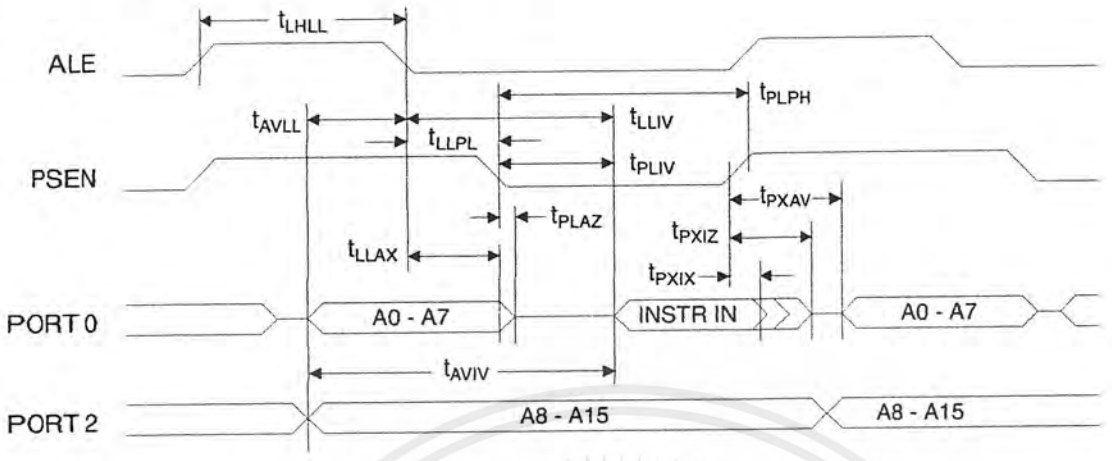
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

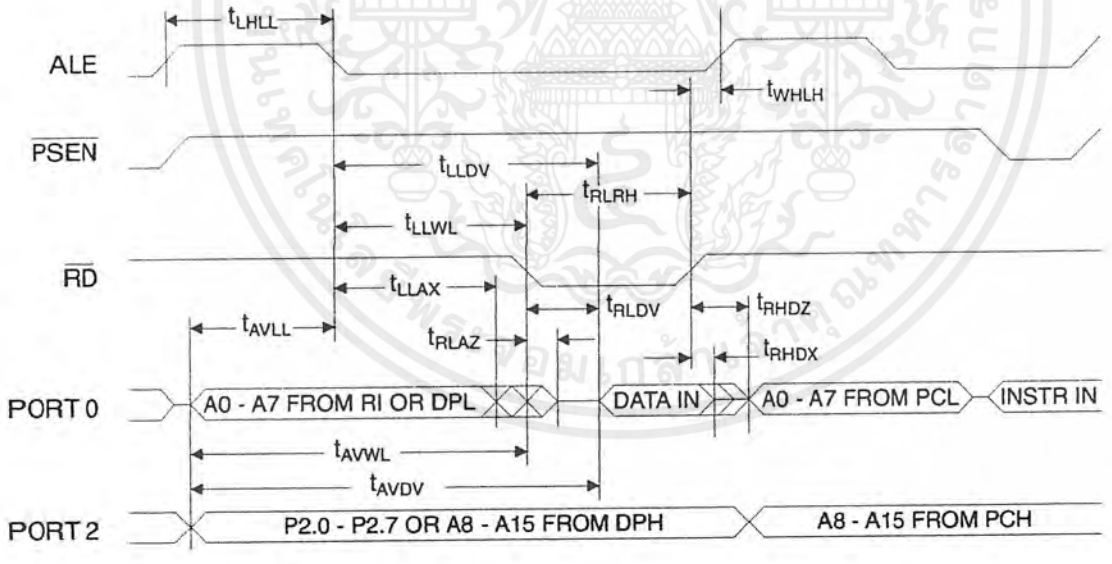
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	28		tCLCL-13		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		tCLCL-20		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		4tCLCL-65	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-8		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		8tCLCL-150	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		9tCLCL-165	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

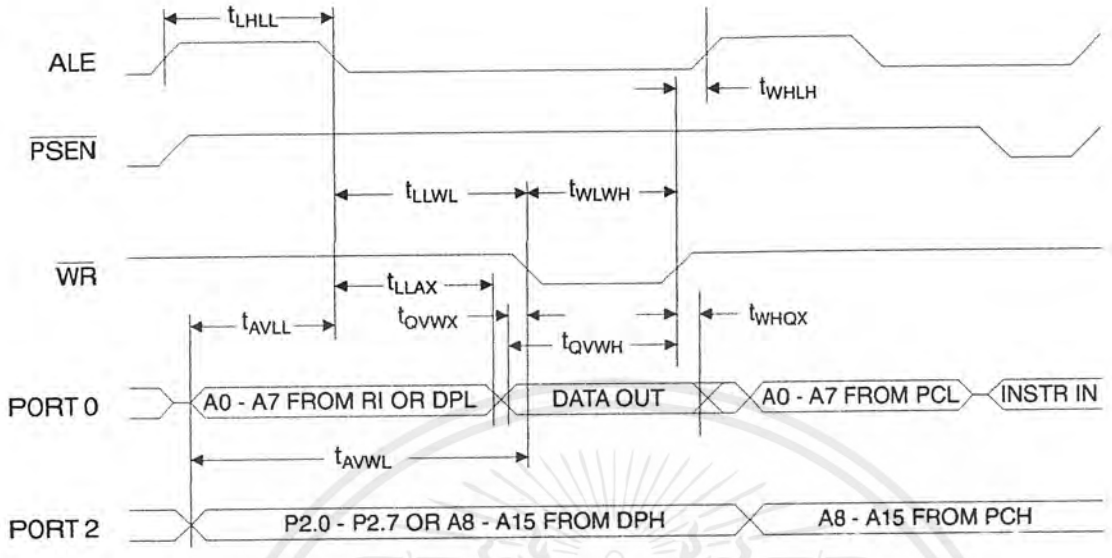


External Data Memory Read Cycle

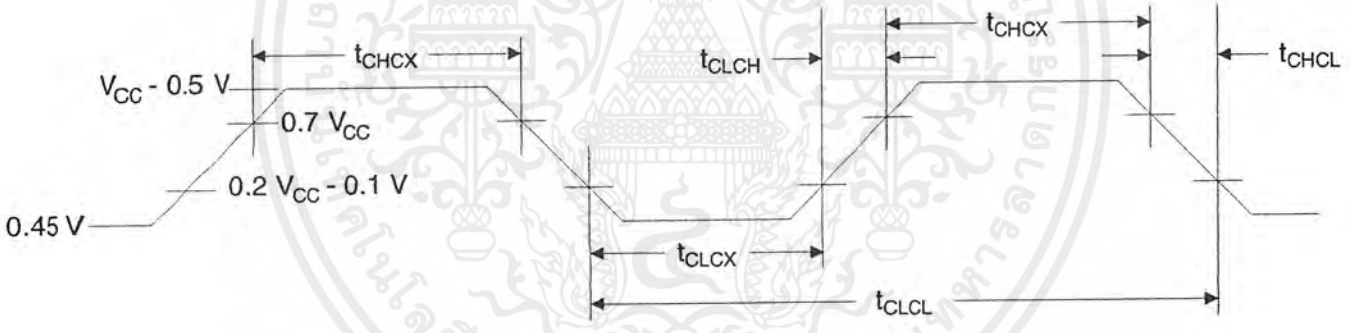


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

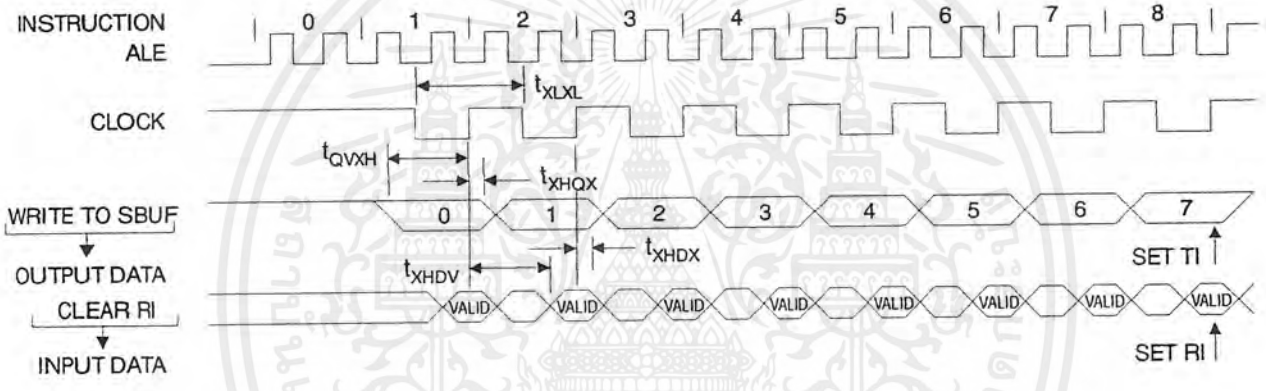
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

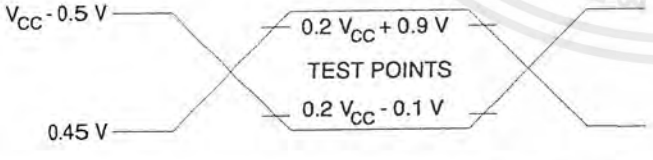
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-33		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10tCLCL-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

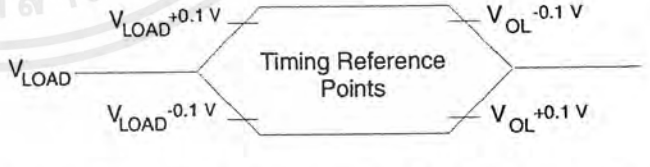


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 V for a logic 1 and 0.45 V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5 V ± 20%	AT89C51-12AC AT89C51-12JC AT89C51-12PC AT89C51-12QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12AI AT89C51-12JI AT89C51-12PI AT89C51-12QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12AA AT89C51-12JA AT89C51-12PA AT89C51-12QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 125°C)
	5 V ± 10%	AT89C51-12DM AT89C51-12LM	40D6 44L	Military (-55°C to 125°C)
		AT89C51-12DM/883 AT89C51-12LM/883	40D6 44L	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
16	5 V ± 20%	AT89C51-16AC AT89C51-16JC AT89C51-16PC AT89C51-16QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16AI AT89C51-16JI AT89C51-16PI AT89C51-16QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16AA AT89C51-16JA AT89C51-16PA AT89C51-16QA	44A 44J 40P6 44Q	Automotive (-40°C to 125°C)
20	5 V ± 20%	AT89C51-20AC AT89C51-20JC AT89C51-20PC AT89C51-20QC	44A 44J 40P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20AI AT89C51-20JI AT89C51-20PI AT89C51-20QI	44A 44J 40P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)
24	5 V ± 20%	AT89C51-24AC AT89C51-24JC AT89C51-24PC AT89C51-24QC	44A 44J 44P6 44Q	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24AI AT89C51-24JI AT89C51-24PI AT89C51-24QI	44A 44J 44P6 44Q	Industrial (-40°C to 85°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
40D6	40 Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
44L	44 Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณ บุพพการีและผู้มีอุปการะคุณทุกท่านที่ช่วยสนับสนุน ด้านทุนทรัพย์และกำลังใจที่ดีเสมอมา ตลอดจน อาจารย์ และเพื่อนที่ให้คำปรึกษา และบุคคลที่สามที่ช่วยในการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สมบูรณ์ มาลานนท์ และ สมคิด วิริยะประสิทธชัย ,แหล่งจ่ายไฟแบบสวิทชิ่ง ห.จ.ก สนพ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ ,2535.

กิตติ สุขตมตันติ "การศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สองชนิด" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2537.

พรกิจ ล้อจิตติกุล , พงศักดิ์ เกษมกรกิจ , บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2537.

สมยศ จุณณะปิยะ, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้