สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

ระบบไฟฉุกเฉิน

EMERGENCY LIGHT SYSTEM



โดย

นายธเนศ อังศุวัฒนากุล

นายธราดล เจริญวัฒน์อนันต์

นางสาวธานิศา กิจพนาพร

นายธีรชัย ศรีไตรรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42626
วัน, เดือน, ปี..... - 4 มิ.ย. 2545

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

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ

อ.สุรินทร์ คำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบไฟฉุกเฉิน

ผู้จัดทำ

1. นายธเนศ อังศุวัฒนากุล
2. นายธราดล เจริญวัฒน์อนันต์
3. นางสาวธานิศา กิจพนาพร
4. นายธีรชัย ศรีไตรรัตน์

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฉุกเฉิน

นายธเนศ อังศุวัฒนากุล
นายธราดล เจริญวัฒน์อนันต์
นางสาวธานิศา กิจพนาพร
นายธีรชัย ศรีไตรรัตน์
ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแบบจำลองระบบไฟฉุกเฉินขนาด 72 วัตต์ ซึ่งได้ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 4 หลอด สามารถสำรองไฟได้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 17 AH จำนวน 2 ลูก แบบจำลองชุดนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานของหลอดไฟที่มีศูนย์กลางการควบคุมอยู่ที่จุดเดียว ซึ่งสามารถเลือกการเปิด-ปิดของหลอดไฟแต่ละหลอดได้ โดยสมมติให้หลอดไฟ 4 หลอดแทนไฟฉุก-เฉินในแต่ละชั้นของตึก หลอดไฟฉุกเฉินที่ติดตั้งในแต่ละชั้นจะทำงานเมื่อไฟฟ้าในชั้นนั้นๆดับ และมีการแสดงภาวะการทำงานต่างๆ เช่น สภาวะการทำงานของหลอดไฟแต่ละหลอด สภาวะการทำงานของเครื่องอัดประจุ ฯลฯ โดยที่แบบจำลองชุดนี้จะลดปัญหาความยุ่งยากในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง เนื่องจากสามารถแก้ไขที่ศูนย์กลางการควบคุมเพียงจุดเดียวเท่านั้น อีกทั้งยังมีความสวยงามในการติดตั้งเพราะสามารถติดตั้งเฉพาะหลอดไฟในบริเวณที่ต้องการได้โดยที่ไม่ต้องติดตั้งทั้งตัวเครื่องไฟฉุกเฉินอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMERGENCY LIGHT SYSTEM

Thanate Angsuwatanakul

Tharadon Jareanwatanan

Thanisa Kitphanaporn

Theerachai Sritrirat

Asst.Prof.Dr.Vijit Kinnares Advisor

Mr.Surin Khomfoi Advisor

2000

ABSTRACT

This project presents about emergency light system. Its size is 72 watt using four 18 watt fluorescent lamps and electronics ballasts. It can back up for 2 hours by using 12 V battery with capacity at 17 AH 2 unit. This model uses microcontroller to control the operation of lamps which has only one central control unit. It can choose turn on or turn off for each lamp. Provided that, these four lamps are the emergency lights for each floor in building. Lamp of each floor is going to work as AC line goes out and display condition of works such as lamp, charger and inverter operation unit, etc. As for the advantages, it is easy to check and maintain because we can maintain only one point at central control. Furthermore, it is a smart installation because we can install only lamp in each area without emergency light box.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.3 ส่วนประกอบต่างๆของปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ทฤษฎีแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง	3
2.2 แบตเตอรี่	4
2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่	5
2.4 อินเวอร์เตอร์	6
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	10
2.6 ชุดตรวจจับสัญญาณ	14
2.7 วงจรรีเลย์	15
บทที่ 3 หลักการที่นำมาใช้	16
3.1 หลักการทั่วไปของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร	16
3.2 ประเภทของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร	17
3.3 หลักการทำงานของระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ	18
3.4 หลักการทำงานของไฟฉุกเฉิน	18
บทที่ 4 วงจรที่ใช้งานและการออกแบบ	20
4.1 การเลือกขนาดแบตเตอรี่	20
4.2 เครื่องประจุแบตเตอรี่	21
4.3 พุช – พูล อินเวอร์เตอร์	24
4.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ชุดตรวจจับสัญญาณ	33
4.6 วงจรรีเลย์	34
บทที่ 5 ผลการทดลอง	36
5.1 การทดลองที่ 1 เรื่อง ลักษณะรูปคลื่นสัญญาณในส่วนต่างๆของโครงงาน	36
5.2 การทดลองที่ 2 เรื่อง ระยะเวลาที่หลอดไฟฉุกเฉินใช้ในการติดและดับ	38
5.3 การทดลองที่ 3 เรื่อง เปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของระบบไฟฉุกฉิน เมื่อมีการเปลี่ยนโหลด	43
5.4 การทดลองที่ 4 เรื่อง ระยะเวลาในการสำรองไฟและลักษณะการคาย ประจุของแบตเตอรี่	48
5.5 การทดลองที่ 5 เรื่อง การทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	51
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุป	54
6.1 วิเคราะห์ผลของโครงงาน	54
6.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา	54
6.3 ข้อแนะนำเพิ่มเติม	55
กิตติกรรมประกาศ	56
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก (ก) เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก (ข) โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	59
ภาคผนวก (ค) รูปชิ้นงาน	63
ภาคผนวก (ง) Data Sheet	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทั่วไปของอินเวอร์เตอร์	6
2.2	วงจรพื้นฐานของวงจรพุช-พูล อินเวอร์เตอร์	9
2.3	ลักษณะการเผื่อค่าเวลา t_D	9
2.4	ภาพบล็อกหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51	11
2.5	ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์และขาสัญญาณ	13
3.1	หน้าที่การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร	16
4.1	บล็อกไดอะแกรมของวงจรประจุแบตเตอรี่	21
4.2	วงจรรักษาระดับแรงดันพื้นฐานโดยใช้ LM723 กับทรานซิสเตอร์	22
4.3	วงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ใช้งานจริง	23
4.4	วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ LM3524	24
4.5	วงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์	25
4.6	วงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซี TL494	25
4.7	วงจรขับเกต	26
4.8	วงจรสวิตชิ่งด้วยมอสเฟต เบอร์ IRF 540	27
4.9	วงจรใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
4.10	วงจรสร้างสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์	32
4.11	ตัวอย่างวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้งาน	33
4.12	วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันที่ใช้งาน	33
4.13	วงจรรีเลย์ที่ใช้งาน	34
5.1	การต่อวงจรของการทดลองที่ 1	36
5.2	สัญญาณกำเนิดคลื่น	37
5.3	สัญญาณขับเกต	37
5.4	สัญญาณแรงดันหม้อแปลงภาวะไร้โหลด	37
5.5	สัญญาณแรงดันของหม้อแปลงภาวะมีโหลด	38
5.6	การต่อวงจรของการทดลองที่ 2	39
5.7	การอ่านค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน	40
5.8	การอ่านค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดทำงาน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.9	การต่อวงจรการทดลองที่ 3	44
5.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน	46
5.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ และกำลังวัตต์ทางด้านเอาท์พุท	46
5.12	กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด	47
5.13	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์โวลต์เรกูเลชั่น	48
5.14	การต่อวงจรของการทดลองที่ 4	49
5.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันขณะสำรองไฟ	50
5.16	การต่อวงจรของการทดลองที่ 5	51
5.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันในการประจุแบตเตอรี่	51
ภาพที่ 1	ส่วนประกอบของอินเวอร์เตอร์	63
ภาพที่ 2	ส่วนประกอบของเครื่องประจุแบตเตอรี่และชุดไฟเลี้ยง	63
ภาพที่ 3	ส่วนประกอบของส่วนควบคุมระบบ, ชุดตรวจจับสัญญาณ และสวิตช์ตัดต่อ	64
ภาพที่ 4	โหลดที่ประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเลกทรอนิกส์	64
ภาพที่ 5	ส่วนประกอบทั้งหมดของระบบไฟฉุกเฉิน	65
ภาพที่ 6	ส่วนประกอบทั้งหมดของระบบไฟฉุกเฉินพร้อมโหลด	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
5.1	แสดงผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดตรวจจับสัญญาณ	40
5.2	แสดงผลการหาค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน	41
5.3	แสดงผลการหาค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดการทำงาน	42
5.4	แสดงค่าคุณสมบัติต่างๆทางไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด	44
5.5	แสดงค่าประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด	47
5.6	แสดงค่ากระแสและแรงดันทางด้านอินพุทและเอาท์พุท ขณะสำรองไฟ	49
5.7	แสดงค่ากระแสและแรงดันที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ระบบไฟฉุกเฉินแบบที่ใช้กันโดยทั่วไปมักจะติดตั้งในที่ ที่มีความสูงจากพื้นมากๆซึ่งจะก่อให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งและยังทำให้เกิดความไม่สะดวกในเรื่องของการซ่อมแซมบำรุงรักษาอีกด้วย ดังนั้นโครงงานระบบไฟฉุกเฉินนี้จึงได้ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยมีแนวความคิดที่สอดคล้องกับระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร ซึ่งเป็นระบบที่มีศูนย์กลางการควบคุมเพียงจุดเดียว เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการซ่อมแซมบำรุงรักษา มีความสวยงามในการติดตั้ง มีส่วนแสดงสภาวะการทำงานของส่วนต่างๆ ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และสามารถเลือกการเปิด-ปิดของหลอดไฟในแต่ละชั้นได้ ในกรณีที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ไฟฉุกเฉินในชั้นนั้นๆ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานในส่วนนี้ไว้ได้

ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตสำหรับอาคารขนาดใหญ่ได้นำแนวความคิดระบบการควบคุมที่มีศูนย์กลางเพียงจุดเดียวมาใช้กันมากขึ้น จึงทำให้มีความสำคัญในการศึกษาระบบการทำงานแบบนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการนำมาประยุกต์ใช้กับระบบต่างๆต่อไป

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นระบบไฟฉุกเฉินที่ประกอบด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 4 หลอด สามารถสำรองไฟได้นาน 2 ชั่วโมงโดยมีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเป็นแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 17 AH จำนวน 2 ลูก

1.3 ส่วนประกอบต่างๆของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วย

- บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่นำมาใช้เป็นแนวคิดในการทำโครงงาน ซึ่งจะอธิบายทฤษฎีตามส่วนต่างๆของระบบ อันได้แก่ ระบบไฟสำรอง (UPS) , แบตเตอรี่ (Battery) , การอัดประจุแบตเตอรี่ (Charging) , อินเวอร์เตอร์ (Inverter) และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บทที่ 3 จะกล่าวถึงหลักการที่นำมาใช้ในการออกแบบระบบรวมของโครงงานระบบไฟฉุกเฉินแบบมีศูนย์กลางการควบคุมที่จุดเดียวเพื่อเป็นพื้นฐานในการพิจารณาว่าควรศึกษาเรื่องใดบ้าง

- บทที่ 4 จะแสดงถึงวงจรที่ใช้งานจริงและวิธีการคำนวณออกแบบวงจรที่ใช้งาน โดยจะแสดงวงจรและการออกแบบตามส่วนต่างๆของระบบดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

- บทที่ 5 จะกล่าวถึงการทดลองต่างๆที่ได้ทำการทดลองขึ้นและผลการทดลองที่บันทึกไว้ โดยจะแสดงผลในรูปแบบของตารางและกราฟ เพื่อให้สามารถเข้าใจและวิเคราะห์ผลได้ง่ายขึ้น

- บทที่ 6 จะเป็นบทสรุปและวิจารณ์โครงงานว่าเป็นอย่างไร มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขปรับปรุงระบบ รวมถึงคำแนะนำ คำวิจารณ์ทุกเรื่องที่เกิดขึ้นในระหว่างทำโครงงาน เพื่อให้ผู้อ่านได้รู้ข้อมูลและเห็นแนวทางที่จะปฏิบัติได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS)

แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS :Uninterruptible Power Supply) เป็นระบบที่สามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 โวลต์ ออกไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุทจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าปกติ หรือไฟฟ้าที่จ่ายเข้าระบบเกิดดับ แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่องจะทำงานทันทีโดยอัตโนมัติซึ่งไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่องที่ใช้งานโดยทั่วๆไป มี 2 ระบบด้วยกัน คือ

2.1.1 ระบบแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง แบบฟอร์เวิร์ดทรานสเฟอร์ (Forward Transfer UPS System) หรือ ระบบออฟไลน์ (Off line System) โดยมีหลักการทำงาน คือ

- ในสภาวะปกติ หมายถึง สภาวะที่ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จากอินพุทปกติไม่มีไฟตกหรือไฟเกิน ถูกส่งผ่านทรานเฟอร์สวิตช์ (Transfer Switch) ไปใช้งานยังโหลดโดยตรง และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับส่วนหนึ่งจะจ่ายไปยังเครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) เพื่อทำการประจุแบตเตอรี่ตลอดเวลา

- ในสภาวะที่ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผิดปกติ เช่น ไฟตก ไฟดับ ไฟเกิน ทรานเฟอร์สวิตช์ จะสับมาทางเอาท์พุทของวงจรอินเวอร์เตอร์ในระบบแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่องนี้ ซึ่งอินเวอร์เตอร์จะจ่ายแรงดัน 220 โวลต์ทันที ทำให้เอาท์พุทมีไฟออกต่อเนื่องตลอดเวลา

2.1.2 ระบบแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่องแบบทำงานตลอดเวลา (Continuous UPS System) หรือระบบออนไลน์ (On line System) โดยมีหลักการทำงาน คือ

- การทำงานในขณะแรงดันไฟฟ้าปกติ ไฟฟ้าที่เข้ามาจะผ่านส่วนของวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงก่อนเข้าสู่เครื่องประจุแบตเตอรี่ และไฟฟ้ากระแสตรงอีกส่วนหนึ่งจะผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับโหลดตลอดเวลา

- การทำงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าตกหรือดับ จะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าต่ำลง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่จะจ่ายไฟออกมาให้วงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับช่วยจ่ายให้กับโหลดอย่างต่อเนื่องแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วระบบไฟฉุกเฉินจะใช้หลักการสำรองไฟแบบออฟไลน์ คือ หลอดไฟจะทำงานเฉพาะสภาวะที่ไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าผิดปกติเท่านั้น เพื่อไม่ให้วงจรภายในระบบไฟฉุกเฉินทำงานตลอดเวลา เพราะในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าปกติ จะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องให้ไฟฉุกเฉินทำงานเลย และเหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ เพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรประจุแบตเตอรี่ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดไว้ในเรื่องของการออกแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ต่อไป

2.2 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.2.1 Non spill lead-acid Battery แบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อย ดังนี้

- Standard Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมีการคายประจุด้วยตัวเอง (self-discharge) ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อม จึงต้องมีการอัดประจุใหม่ทุกๆ 4-6 สัปดาห์ เพื่อชดเชยค่าแรงดันที่คายออกไป แบตเตอรี่ชนิดนี้จึงเหมาะกับการใช้งานช่วงสั้นๆเท่านั้น

- Permanent Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลาหลายเดือน โดยไม่ต้องมีการดูแลรักษาและสามารถอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ทุกๆ 10 เดือน นอกจากนี้ยังมีการคายประจุด้วยตัวเองที่ต่ำ เนื่องจากใช้ตะกั่วแบบพิเศษอายุการใช้งานจะสูงกว่าแบบ Standard-Battery

2.2.2 Recombining seal lead-acid Battery ปกติแล้วเมื่อแบตเตอรี่ถูกอัดประจุจนค่าแรงดันในการอัดประจุอยู่ในระดับที่สูงเกินไป (Overcharge) กรดซัลฟูลิกที่เป็นอิเล็คโตรไลท์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซไฮโดรเจน(H_2) และก๊าซออกซิเจน(O_2) ทำให้ความเข้มข้นของอิเล็คโตรไลท์เพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องเติมน้ำกลั่นมิฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ การเติมน้ำกลั่นเป็นการจำกัดรูปแบบของการใช้งานแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่นซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

- แบตเตอรี่แบบ Non-Recombining หรือ Parially Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่ต้องมีการบำรุงรักษาใดๆ และไม่ต้องอัดประจุให้ถึงระดับที่สูงมากเพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณีที่อุณหภูมิในการใช้งานสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมมากๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซทำให้มีความดันสูงขึ้น แบตเตอรี่จะมีวาล์วเพื่อคอยเปิดให้ก๊าซออกไปและจะปิดอัตโนมัติเมื่อความดันก๊าซต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถใช้งานได้ในทุกสภาวะแวดล้อม แบตเตอรี่ชนิดนี้จะถูกปิดผนึกไว้ ซึ่งภายในจะไม่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดก๊าซอีก นอกจากนี้ยังมีค่าความต้านทานภายในที่ต่ำและสามารถจ่ายกระแสได้สูง สามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ –20 ถึง 50 องศาเซลเซียส

- แบตเตอรี่แบบ Fully Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้เหมาะสำหรับงานแบบ standby เพราะมีการรวมตัวของก๊าซออกซิเจนที่ดี ก๊าซที่เกิดขึ้นคือ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซออกซิเจน จะรวมตัวกันกลายเป็นน้ำ ทำให้ปริมาตรของอิเล็คโตรไลท์ไม่ลดลง อายุของการใช้งานขึ้นกับลักษณะการใช้งานและสภาพแวดล้อม มีความต้านทานภายในต่ำ มีอัตราการคายประจุสูง(Discharge) การอัดประจุส่วนใหญ่จะเป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage) แบบกระแสคงที่(Constant Current) และแบบอื่นๆ

2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ เป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วๆไป เมื่อต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็มอยู่ตลอดเวลา (Fully Charge) แต่ต้องกำหนดไม่ให้ค่าแรงดันในการอัดประจุสูงเกินไป อาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำๆ ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่จะมีค่าน้อยมาก จึงทำให้กระแสที่อัดประจุมีค่าสูงมากเป็นผลให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง แต่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ด้วยการจำกัดค่ากระแสเริ่มต้นในการอัดประจุไม่ให้สูงมาก โดยใช้วงจรจำกัดกระแส (limit current regulation) ซึ่งในช่วงสุดท้ายของการอัดประจุกระแสจะถูกจำกัดให้ลดลงอย่างอัตโนมัติ

2.3.1 หลักการทั่วไปของการอัดประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

ปริมาณกระแสที่ใช้ในการอัดประจุโดยปกติจะจำกัดอยู่ที่ 0.1C-0.25C เมื่อ C คือความจุแบตเตอรี่ในหน่วย Ampere-Hour : AH ซึ่งหากอัดประจุโดยใช้กระแสมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่สูงและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง และหากกระแสที่ใช้ในการอัดประจุมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้มีคราบตะกั่ว (lead-sulfate) เกาะอยู่ที่แผ่นเพลท (plate) ของแบตเตอรี่ทำให้การจ่ายAH ไม่ได้เท่ากับพิกัดของแบตเตอรี่ และถ้าต้องการให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น ค่าแรงดันพีคทูพีคของการกระเพื่อม (peak to peak ripple) ซึ่งเป็นแรงดันเอาท์พุทของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ควรมีค่าไม่เกิน0.5%ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

2.3.2 สิ่งที่ต้องคำนึงในการอัดประจุ

- การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดันที่อัดประจุซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิโดยการตรวจจับอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม

- เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับสภาวะการคายประจุ และลักษณะการอัดประจุ รวมทั้งอุณหภูมิด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิในขณะการอัดประจุ ควรทำการอัดประจุที่อุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในการอัดประจุที่มีประสิทธิภาพดีจะอยู่ในช่วง 5 ถึง 30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด อาจทำให้การอัดประจุไม่ดีและร้อนเกินไป

- การอัดประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นอีกหลังจากที่แบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้ว เรียกว่า โอเวอร์ชาร์จ (Overcharge) ซึ่งหากเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะมีผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง

2.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

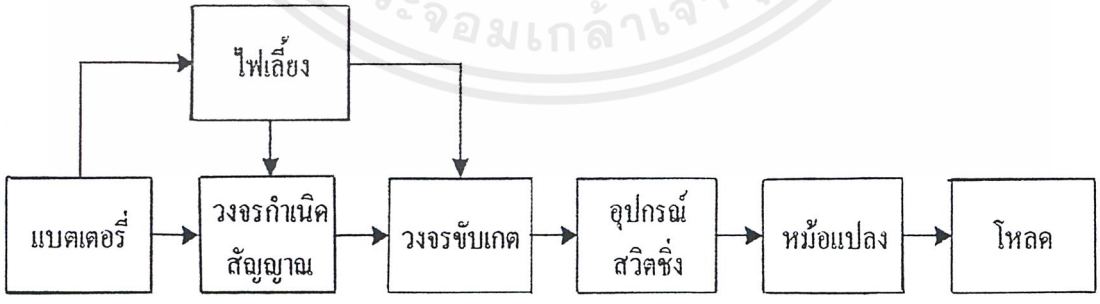
ความหมายโดยทั่วๆไปของอินเวอร์เตอร์ คือ วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีการใช้งานใน 2 รูปแบบ ดังนี้

- ในทางอุตสาหกรรมใช้เป็นอุปกรณ์ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ และ ความถี่ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction motor) เพื่อการใช้งานในรูปแบบต่างๆ

- ใช้สำหรับการสำรองไฟ หรือนำไปใช้นอกสถานที่ ที่ไม่มีพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ได้

2.4.1 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของอินเวอร์เตอร์จะประกอบด้วยส่วนของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และส่วนของอุปกรณ์สวิตชิ่ง หลักการทำงาน คือ ใช้วงจรกำเนิดสัญญาณ ทำหน้าที่กำเนิดรูปคลื่นเพื่อสั่งให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงานสลับกันไป หากต้องการรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุทที่มีลักษณะคล้ายสัญญาณไซน์ ก็จะเพิ่มส่วนของวงจรกรองความถี่เข้าไปด้วย



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทั่วไปของอินเวอร์เตอร์

สำหรับในแบบที่ใช้เพื่อการสำรองไฟนั้น จะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแบตเตอรี่ โดยมีโครงสร้างทั่วไป ดังรูปที่ 2.1

จากรูปที่ 2.1 อินเวอร์เตอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรกำเนิดสัญญาณ มีหลายรูปแบบเช่น แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม แบบ PWMฯลฯ หากเป็นงานง่ายๆ ที่ไม่ได้ต้องการควบคุมขนาดของแรงดันเอาท์พุท ก็อาจจะใช้การกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งจะทำให้สัญญาณแรงดันเอาท์พุทเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมด้วย แต่ก็ใช้ได้สำหรับงานบางงานที่ไม่ได้ต้องการสัญญาณแรงดันเอาท์พุทที่เป็นไซน์ ปัจจุบันยังคงใช้วิธีนี้เพราะวงจรสร้างได้ง่าย และราคาถูก แต่หากต้องการใช้อินเวอร์เตอร์ในงานที่สามารถควบคุมขนาดแรงดันเอาท์พุทได้ ก็มักจะนิยมใช้การกำเนิดสัญญาณแบบ PWM

- ไฟเลี้ยง หลักการของการสร้างชุดไฟเลี้ยงมีอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่น การใช้ฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ ,พุช-พูลอินเวอร์เตอร์ ,ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานที่ต่างกัน สำหรับงานที่ต้องการกำลังเอาท์พุทต่ำ การใช้หลักการของฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์ก็จะมีความเหมาะสมเพราะรูปแบบวงจรง่ายไม่ซับซ้อนรวมทั้งใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยทำให้มีราคาถูก แต่ก็มีข้อเสียคือแรงดันเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) ค่อนข้างสูง

- วงจรขับเกตหรือวงจรไบอัส เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงานหรือหยุดการทำงาน ซึ่งก็แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์สวิตชิ่ง ดังนั้นควรมีการแยกจากกันทางไฟฟ้า (Isolation) ระหว่างชุดควบคุมกับชุดกำลังออกจากกันเพื่อป้องกันการเสียหายของของชุดควบคุมที่อาจเกิดจากสัญญาณรบกวนจากชุดกำลังได้ ซึ่งหากเกิดการเสียหายขึ้นกับชิ้นส่วนใดส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือก็จะไม่ได้รับความเสียหายด้วย

- อุปกรณ์สวิตชิ่ง มีหลายชนิด เช่น เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หรือเพาเวอร์มอสเฟต ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้มีการใช้งานที่ต่างกัน เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะของตัวมันเมื่อเริ่มนำกระแส (Turn On) และเมื่อจะหยุดนำกระแส (Turn Off) มากกว่าเพาเวอร์มอสเฟตซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียมากกว่า สำหรับส่วนของวงจรขับกระแสไบอัสในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กับวงจรขับเกตของเพาเวอร์มอสเฟต ก็มีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีเงื่อนไขในการไบอัสที่แตกต่างกัน กล่าวคือ สำหรับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์กระแสจะไหลผ่านคอลเล็กเตอร์ และอีมิตเตอร์ได้ ก็ต่อเมื่อมีกระแสไบอัสไหลผ่านที่ขาเบสและขาอีมิตเตอร์ ส่วนเพาเวอร์มอสเฟตนั้นจะมีกระแสไบอัสไหลผ่านเดรนและซอร์สได้ก็ต่อเมื่อ แรงดันตกคร่อมที่ขาเกตและซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) ของมันแต่ใช้กระแสต่ำ การขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสจึงทำได้ง่าย และยุ่งยากน้อยกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มาก แต่อย่างไรก็ตาม เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีข้อดี คือ มีอัตราทนแรงดันตกคร่อมสูงและมีราคาถูกกว่า ดังนั้นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จึงยังคงมีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน

- หม้อแปลง หากความถี่ในการสวิตชิ่งของอุปกรณ์สวิตชิ่งมีค่าสูง หม้อแปลงที่ใช้ในการแปลงแรงดันขึ้น (Step Up Tranformer) ทางด้านเอาท์พุท ก็จะใช้หม้อแปลงสวิตชิ่ง (Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tranformer) ซึ่งนิยมใช้แกนเฟอร์ไรต์มากที่สุด เนื่องจากแกนเฟอร์ไรต์มีค่าจุดอิ่มตัวฟลักซ์แม่เหล็กค่อนข้างสูงจึงทำให้เกิดการสูญเสียในตัวมันต่ำที่ความถี่สูงๆ แต่ถ้าหากความถี่ในการสวิตชิ่งของอุปกรณ์สวิตชิ่งมีค่าเท่ากับ 50 เฮิร์ตซ์ ก็สามารถใช้หม้อแปลงแกนเหล็กธรรมดาได้ ซึ่งจะง่ายในการออกแบบ

2.4.2 การเลือกใช้ชนิดของอินเวอร์เตอร์

ในการเลือกว่าจะใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดใดนั้น มีข้อควรพิจารณาดังนี้

- ลักษณะการแยกจากกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุทของอินเวอร์เตอร์
- ค่าแรงดันอินพุทที่จะนำมาใช้กับอินเวอร์เตอร์
- ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านอุปกรณ์สวิตชิ่งในอินเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมอุปกรณ์สวิตชิ่งในอินเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
- การกำเนิดสัญญาณรบกวนของตัวอินเวอร์เตอร์

จากข้อควรพิจารณาในการเลือกชนิดของอินเวอร์เตอร์ที่จะนำมาใช้งานนั้น จะเห็นได้ว่า พุช-พูลอินเวอร์เตอร์มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในโครงงานนี้เนื่องจาก

- พุช-พูลอินเวอร์เตอร์ สามารถจ่ายกำลังวัตต์ทางด้านเอาท์พุทไม่เกิน 500 วัตต์ นั่นคือสามารถจ่ายกำลังงานได้ตามขอบเขตของโครงงาน คือ 72 วัตต์

- เมื่อเปรียบเทียบกับฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ซึ่งมีความสามารถในการจ่ายกำลังวัตต์ได้เท่ากันจะเห็นได้ว่า ที่แรงดันอินพุทเดียวกัน พุช-พูลอินเวอร์เตอร์สามารถให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมด้านปฐมภูมิมากกว่า เนื่องจากเป็นหม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ป ซึ่งจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขดปฐมภูมิมีค่าต่ำกว่าฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์

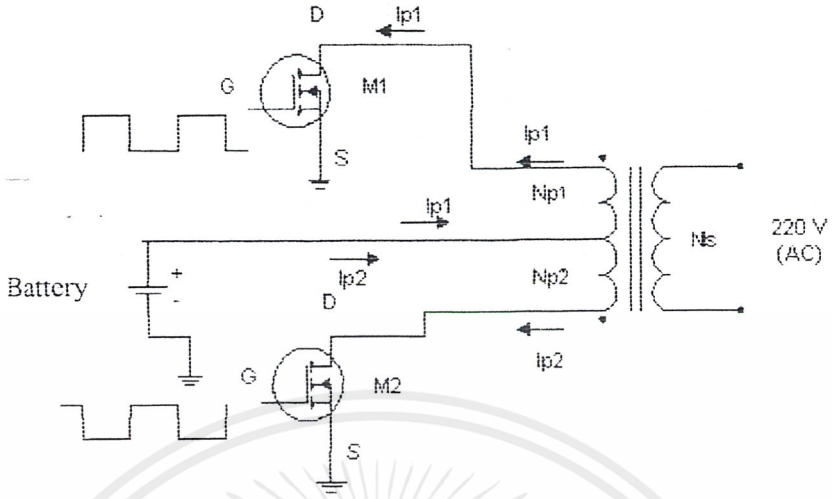
- พุช-พูลอินเวอร์เตอร์ มีรูปแบบการต่อวงจรง่ายกว่าฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ เนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์ในการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์สวิตชิ่ง และทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้

แต่อย่างไรก็ตาม พุช-พูลอินเวอร์เตอร์ก็มีข้อเสีย คือ แรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอินพุท และเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนหม้อแปลง แต่ก็สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ ซึ่งจะขอกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.4.3 หลักการทั่วไปของพุช-พูลอินเวอร์เตอร์

การทำงานของพุช-พูลอินเวอร์เตอร์ ใช้อุปกรณ์สวิตชิ่ง 2 ตัว ซึ่งในที่นี้จะเป็นการใช้เพาเวอร์มอสเฟต 2 ตัว ผลัดกันทำงานคนละครึ่งคาบเวลา T ซึ่งต่ออยู่กับหม้อแปลงแบบเซ็นเตอร์แท็ป มีลักษณะวงจรแสดงในรูปที่ 2.2

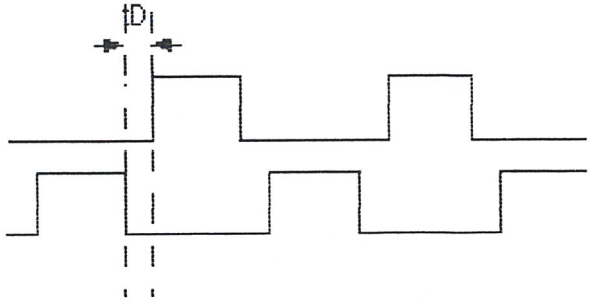
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรพุช-พูลอินเวอร์เตอร์

การทำงานของเพาเวอร์มอสเฟตในวงจรพุช-พูลอินเวอร์เตอร์นี้จะอาศัยสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) 2 สัญญาณที่ต่างเฟสกัน 180 องศา มาป้อนขับให้ขาเกตของเพาเวอร์มอสเฟตแต่ละตัว นั่นคือจะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตทั้ง 2 ตัวนี้ทำงานสลับกันคนละครึ่งคาบเวลา T ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตตัวที่ 1 (M_1) ทำงานจะทำให้มีกระแส (I_{p1}) ไหลผ่านขดปฐมภูมิ (N_{p1}) และไหลผ่านเพาเวอร์มอสเฟตตัวนี้ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันขึ้นที่ขดทุติยภูมิ ซึ่งมีทิศทางตามจุดดอท (ด้านบน) ซึ่งในขณะนี้เพาเวอร์มอสเฟตตัวที่ 2 (M_2) จะหยุดทำงานเพราะไม่มีสัญญาณมาขับที่ขาเกตจะมี ซึ่งจะมีแรงดันตกคร่อมระหว่างขาเดรนและขาซอร์สแรงดันนี้จะมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันแบตเตอรี่ที่จ่ายให้วงจรโดยต่ออยู่กับแท็ปของหม้อแปลง ดังรูปที่ 2.2 ในเวลาต่อมาเมื่อมีสัญญาณขับขาเกตที่เพาเวอร์มอสเฟตตัวที่ 2 (M_2)ให้ทำงานส่วนเพาเวอร์มอสเฟตตัวที่ 1 (M_1) จะหยุดนำกระแส และจะมีกระแส (I_{p2}) ไหลผ่านขดปฐมภูมิ (N_{p2}) เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันด้านขดทุติยภูมิมีทิศทางตามจุดดอท (ด้านล่าง) ซึ่งจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นทางด้านทุติยภูมิ

เพื่อความปลอดภัยสัญญาณขับขาเกตที่ใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้จะต้องมีการเผื่อค่าเวลา t_D (dead time) ดังนี้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเผื่อค่าเวลา t_D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลที่ต้องมีการเผื่อค่าเวลา t_Dของสัญญาณขับขาเกต คือ

1). ถ้าไม่มีการจำกัดช่วงเวลานำกระแสไว้ เมื่อเกิดกรณีโหลดดึงกระแสมากขึ้น วงจรควบคุมจะสั่งงานให้เพาเวอร์มอสเฟตมีช่วงเวลานำกระแสเพิ่มมากขึ้น ทำให้ช่วงเวลาการนำกระแสของเพาเวอร์มอสเฟตอีกตัวหนึ่งลดลง จะเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ (Flux imbalance) ขึ้นในแกนเหล็กของหม้อแปลง จะทำให้แกนอิ่มตัวอย่างรวดเร็วและอุปกรณ์สวิตชิ่งเกิดพังเสียหายได้ โดยมีสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดความไม่สมมาตรของแกนเหล็กนั้น เนื่องมาจากการมีช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (turn off time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องจากข้อจำกัดในการผลิต ถ้าหากว่าอุปกรณ์ตัวใดใช้เวลาในการหยุดนำกระแสมากกว่า จะทำให้ค่ากระแสสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแสมีค่ามากกว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดในหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมมาตร และจะมีการเลื่อนของฟลักซ์ได้ (Flux walking) โดยค่าฟลักซ์สูงสุดจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็กก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อเพาเวอร์มอสเฟตได้

2). ถึงแม้จะกำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานให้ทำงานที่ครึ่งหนึ่งของคาบเท่ากันแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่มีความปลอดภัยเพียงพอเพราะการตอบสนองของอุปกรณ์อาจเป็นไปได้ช้า เนื่องจากเกิดประจุสะสมขึ้นในขณะที่นำกระแส เมื่อหยุดป้อนสัญญาณขับเกตให้กับเพาเวอร์มอสเฟตที่เวลา t = T/2 ประจุสะสมจะทำให้นำกระแสต่อไปได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในขณะเดียวกันเพาเวอร์มอสเฟตอีกตัวหนึ่งเริ่มรับสัญญาณขับเกตที่เวลา t = T/2 เช่นเดียวกัน ทำให้เพาเวอร์มอสเฟตทั้งสองตัวเกิดนำกระแสพร้อมกัน ในกรณีนี้แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตทั้งสองตัวขณะนำกระแสจะเท่ากับค่าแรงดันอินพุท และจะทำให้เกิดการพังเสียหายอย่างรวดเร็ว

การเผื่อค่าเวลา t_D โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ประมาณ 20% ของครึ่งคาบเวลา ดังนั้นช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของเพาเวอร์มอสเฟตจึงไม่ควรมีค่าเกิน

$$t_{ON(max)} = 0.8(T/2)$$
$$= 0.4T$$

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ประเภทหนึ่งที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบควบคุมขนาดเล็ก โดยภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวจะประกอบด้วยหน่วยการทำงานหลักของระบบคอมพิวเตอร์ครบถ้วน นั่นคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็คือไมโครโปรเซสเซอร์ที่รวมเอาหน่วยความจำ I/O พอร์ท Timer/Counter มาบรรจุไว้ในชิพเดี่ยว และเนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

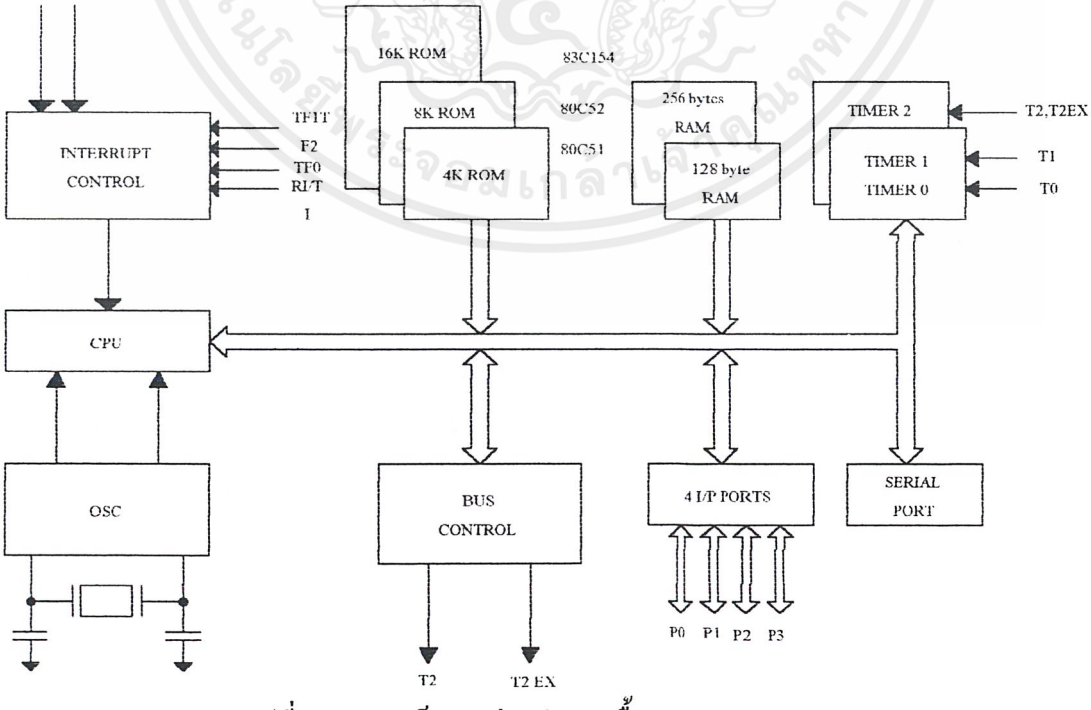
ไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายชนิดหลายรุ่น ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 มาเป็นตัวหลักในการควบคุมระบบไฟฉุกเฉินนี้

2.5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ ชุดเดียว
- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (Program Memory)
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก จำนวน 4 พอร์ต ๆ ละ 8 บิต
- วงจรนับ / จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน หรือ ออสซิลเลเตอร์ภายใน
- รับอินเตอร์รัพได้ 6 แหล่ง

2.5.2 แผนภาพบล็อกหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

จากคุณสมบัติพื้นฐานที่ได้กล่าวมา สามารถนำมาเขียนแสดงความสัมพันธ์แผนภาพบล็อกหน่วย ทำงานพื้นฐานของ MCS-51 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.4 ภาพบล็อกหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ส่วนประกอบที่อยู่ในไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

ในที่นี้จะกล่าวรายละเอียดคร่าวๆ ถึงส่วนประกอบต่างๆของ MCS-51 เพียงบางส่วนที่จำเป็นและนำไปใช้ในการควบคุมระบบไฟฉุกเฉินเท่านั้น

2.5.3.1 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1). หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

- หน่วยความจำโปรแกรมภายใน ขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal Program Memory) เป็นลักษณะของROM (ตำแหน่ง 0000H-0FFFH)

- หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ขนาด 64 กิโลไบต์ (ตำแหน่ง 0000H-0FFFH) ซึ่งหากตำแหน่งของโปรแกรม มีค่าเกินกว่าตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ การติดต่อสามารถเลือกใช้ได้ 2 ลักษณะ

2). หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

- หน่วยความจำข้อมูลภายใน ขนาด 128 ไบต์ (ตำแหน่ง 00H-2FH) แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

ก) รีจิสเตอร์แบงค์(Register Bank0-3) คือ พื้นที่ตำแหน่ง 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์จะแบ่งออกเป็น 4 แบงค์แต่ละแบงค์จะมีรีจิสเตอร์ R0-R7

ข) หน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนเป็นไบต์หรือบิต (Bit Addressable Area) คือพื้นที่ตำแหน่ง (20H-7FH) 128 บิต ตั้งแต่ตำแหน่งบิต 00,01,02,03 จนถึง 7FH

ค) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area) คือพื้นที่ตำแหน่ง (30H-7FH) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้นไม่สามาถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกขนาด 64 กิโลไบต์ (ตำแหน่ง0000H-FFFFH) ซึ่งจะต่อกับหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติม เมื่อเราต้องการใช้พื้นที่การเก็บข้อมูลในขณะที่โปรแกรมทำงานจำนวนมาก

2.5.3.2 รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register) ซึ่งมีอยู่หลายตัว ในตำแหน่ง 80H ขึ้นไป การติดต่อกับรีจิสเตอร์เหล่านี้สามารถอ้างถึงตำแหน่งที่อยู่ได้โดยตรง(Direct Addressing) และบางตัวสามารถอ้างตำแหน่งข้อมูลแบบบิตได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงบางตัวเท่านั้น

ACC : แอคคิวมูลเลเตอร์ มีขนาด 8 บิตใช้เป็นตัวร่วมทางคณิตศาสตร์ของเลข 2 จำนวน เช่น บวก ลบ คูณ หาร และทำหน้าที่เป็นตัวเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์นอกจากนี้ ACC ยังทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุต หรือเอาท์พุทภายนอก หรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกในการส่งหรือรับข้อมูลจะต้องเก็บข้อมูลที่ACC ก่อนเสมอ

P0-P3 : พอร์ต P0- พอร์ต P3 เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งค่าที่อยู่ในรีจิสเตอร์นี้จะเป็นค่าเดียวกับค่าของสัญญาณที่ขาต่างๆ ของพอร์ต ดังนั้นการส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ตจะทำได้ โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

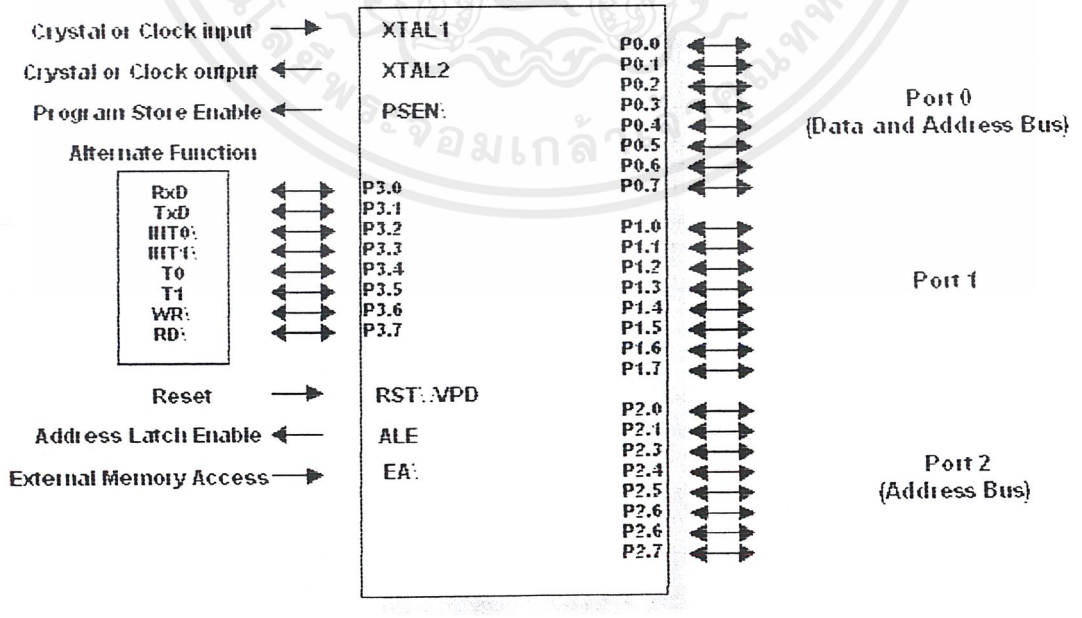
กำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์P0-P3 ส่วนในการอ่านค่าอินพุทก็สามารถอ่านสัญญาณขาพอร์ตได้จากการอ่านค่าของรีจิสเตอร์P0-P3เช่นกัน

2.5.3.3 พอร์ตอินพุท เอาท์พุท ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยพอร์ตอินพุท เอาท์พุทแบบ 2 ทาง (Bidirectional) จำนวน 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีอุปกรณ์แลทช์ข้อมูลและเอาท์พุทไดรเวอร์ประกอบอยู่ทางด้านเอาท์พุท และทางด้านอินพุทจะมีบัฟเฟอร์ (พอร์ตทั้ง 4 เป็นรีจิสเตอร์พิเศษชื่อ P0 ,P1, P2, P3) ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

2.5.4 โปรแกรมสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยทั่วไปแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นรูปแบบข้อมูลตัวเลขฐานสอง (Binary bit Pattern)ซึ่งจะนำไปส่งให้กับหน่วยประมวลผลกลางภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อมาได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆเพื่อให้สะดวกในการใช้สร้างเป็นชื่อของคำสั่งเรียกว่านีโมนิก(Mnemonic) ซึ่งโปรแกรมในลักษณะนี้เรียก โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี โดยมีโปรแกรมแอสเซมเบลอร์ทำหน้าที่แปลโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาเครื่องหรือฐานสองซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจได้เท่านั้น นอกจากนี้ก่อนจะนำโปรแกรมภาษาเครื่องที่ได้ไปใช้ในระบบจริง ก็อาจสามารถใช้โปรแกรมซิมูเลเตอร์(Simulator) เป็นโปรแกรมที่จะทำการจำลองแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถทดสอบการทำงานของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องทำการทดสอบกับระบบจริง

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 40 ขา แสดงสัญญาณแต่ละขาได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.3 แสดงไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์และขาสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ชุดตรวจจับสัญญาณ (Sensor)

ในโครงงานนี้ใช้หลักการตัวตรวจจับสัญญาณสภาวะไฟว่า ดับหรือไม่ โดยใช้วงจรเรกูเลเตอร์ธรรมดาเป็นตัวส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรเลอร์และการกดสวิตช์ปิด-เปิดแทนสภาวะไฟดับหรือไม่ดับ

2.6.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulator)

เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันไว้ เมื่อทำการจ่ายอินพุทให้กับวงจรนี้ และจะมีเอาท์พุทเป็นศูนย์เมื่อทำการตัดแหล่งจ่ายไฟนั้น วงจรรักษาระดับแรงดันนี้จะใช้พวกไอซีเรกูเลเตอร์มาทำวงจร ซึ่งถือว่ามีราคาถูกและสามารถประยุกต์ใช้ให้เข้าลักษณะงานเช่นนี้ได้

ในการตรวจจับสัญญาณไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ โดยใช้เรกูเลเตอร์จะต้องทำการลดระดับแรงดันโดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า หลังจากนั้นต่อผ่านบริดจ์และกรองแรงดันกระเพื่อม (ripple) โดยตัวเก็บประจุ ซึ่งจะได้สัญญาณไฟตรงที่ค่อนข้างเรียบ โดยควรจะมีแรงดันสูงกว่า แรงดันเอาท์พุทที่ต้องการ > 3 โวลต์ขึ้นไปและไม่เกินพิกัดที่ทนได้ ต่อจากนั้น ผ่านเข้าตัวไอซีเรกูเลเตอร์ เพื่อรักษาระดับแรงดัน ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ 7805 ทำให้ได้สัญญาณไฟตรงขนาด 5 โวลต์ เป็นสัญญาณอินพุตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ที่เอาท์พุทของวงจรรักษาระดับแรงดันนี้อาจต่อตัวเก็บประจุค่าน้อยๆ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนอีกครั้งหนึ่ง พิกัดกระแสของตัวไอซีเรกูเลเตอร์จะจ่ายได้สูงสุดไม่เกิน 1 แอมป์ ซึ่งในโครงงานนี้นำมาจ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งกินกระแสน้อยมาก จึงไม่เป็นปัญหาในเรื่องนี้ แต่เมื่อใช้ตรวจสอบสภาวะไฟดับ โดยการปิดสวิตช์ โวลเตจเอาท์พุทจะมีค่าค่อยๆลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากค่าของตัวเก็บประจุ และด้วยเหตุนี้เองย่อมส่งผลต่อความไวในการทำให้หลอดไฟฉุกเฉินให้ติดช้าลง แต่ก็ไม่ได้เน้นในจุดนี้มากนัก

2.6.2 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน (Comparater)

เป็นวงจรที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับแรงดันสัญญาณอินพุทกับแรงดันสัญญาณอ้างอิงแล้วกำหนดค่าเอาท์พุทที่ต้องการจากการเปรียบเทียบนี้ ซึ่งมีค่าตามไฟเลี้ยงที่ให้กับวงจร หรือเป็น 0 โวลต์ ตามค่าของขาวงจรที่ต่อลงกราวน์

ในการนำมาประยุกต์ใช้กับโครงงานระบบไฟฉุกเฉินโดยนำมาตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ส่งสัญญาณให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ใช้ไอซีออป-แอมป์ มาเป็นตัวเปรียบเทียบ โดยเริ่มจากให้สัญญาณอ้างอิงที่ขาลบของอินพุท ไอซีออป-แอมป์ ซึ่งอาจจะทำการแบ่งระดับแรงดันลงมาเพื่อเป็นการป้องกันแรงดันเกินพิกัดที่ไอซีจะรับได้ด้วย ส่วนอีกขาหนึ่งคือขาบวกของอินพุท ไอซีออป-แอมป์ ที่จะตรวจสอบระดับแรงดันจากแบตเตอรี่นั้น ต้องทำการแบ่งระดับแรงดันด้วยเช่นกัน ระดับแรงดันที่ให้ทั้ง 2 ขาของ ไอซีออป-แอมป์ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน โดยที่ถ้าระดับแรงดันสัญญาณจากแบตเตอรี่ (ขา+) ที่นำมาเปรียบเทียบมากกว่าระดับแรงดับสัญญาณอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขา-) จะให้เอาท์พุท ออกมาตามค่าสัญญาณแรงดันไฟเลี้ยง $+V_{CC}$ แต่ถ้าระดับแรงดันสัญญาณจากแบตเตอรี่ (ขา+) ที่นำมาเปรียบเทียบน้อยกว่าระดับสัญญาณอ้างอิง (ขา-) จะให้เอาท์พุทออกมาตามค่าสัญญาณแรงดันไฟเลี้ยง $-V_{CC}$ หรือ 0 ถ้าต่อขาไอซีออป-แอมป์ขานี้ลงกราวน์ สัญญาณเอาท์พุทนี้จะผ่าน ทรานซิสเตอร์ที่ต่อแบบอีมิเตอร์เฟาว์ลโลวเวอร์เป็นการช่วยขยายกระแสนอกจากนี้ยังมีตัวเก็บประจุขนาดเล็กๆทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนก่อนส่งสัญญาณต่อออกไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าสลับกันระหว่างแรงดันสัญญาณอ้างอิงกับระดับแรงดันสัญญาณตรวจสอบจากแบตเตอรี่ที่จะเข้าที่ขาของไอซีออป-แอมป์ก็จะให้ผลเอาท์พุทที่ตรงกันข้ามกับที่ได้กล่าวไป

2.7 วงจรรีเลย์

รีเลย์ถือเป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรชนิดหนึ่งที่ใช้ทำการตัดต่อวงจรกำลังโดยใช้วงจรควบคุมทำให้เป็นการแยกกันระหว่าง 2 วงจรนี้โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดความปลอดภัยแก่วงจรควบคุม โดยทั่วไปแล้วหน้าสัมผัสรีเลย์มีทั้งแบบ ปกติปิด (NC) และปกติเปิด (NO)

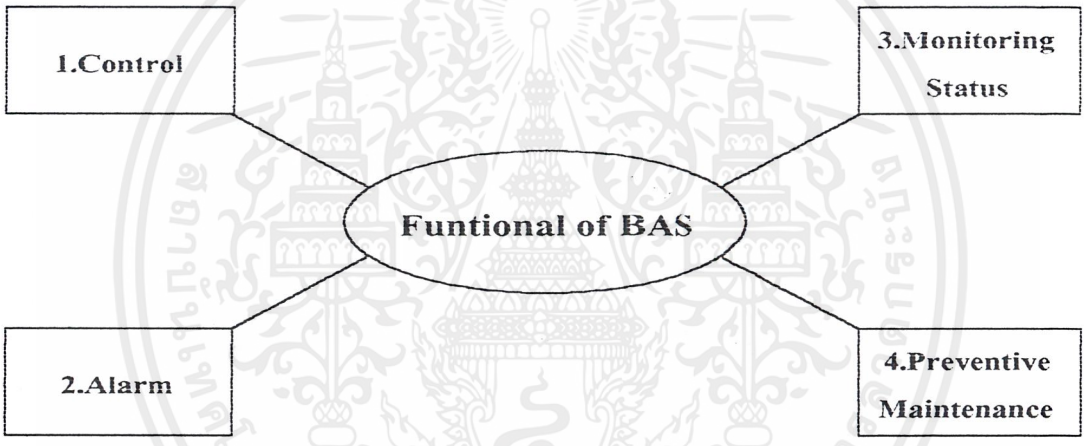
วงจรรีเลย์ในการนำมาใช้เป็นสวิตช์ตัดต่อให้ระบบไฟฉุกเฉินนี้จะทำการป้อนไฟเลี้ยงที่ขดลวดของรีเลย์ไว้แต่มีตัวทรานซิสเตอร์มาต่อเป็นเสมือนสวิตช์ตัดต่อไฟให้กับขดลวดของรีเลย์อีกทีหนึ่ง การทำงานเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณผ่านออปโต-คัพเพลอร์ (Opto-Couple) เป็นการแยกวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ออกอีกทีหนึ่ง ซึ่งอาศัยหลักการทำงานด้วยแสง เมื่อทรานซิสเตอร์ภายในตัวออปโต คัพเพลอร์ทำงาน จะมีกระแสส่งผ่านไปขับทรานซิสเตอร์ที่เปรียบเสมือนสวิตช์ตัดต่อไฟเลี้ยงให้ขดลวดรีเลย์ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสผ่านขดลวดรีเลย์ ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์เปลี่ยนสภาวะไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการที่นำมาใช้

3.1 หลักการทั่วไปของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร

โครงงานนี้ได้นำหลักการของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร (Building Automation System : BAS) ซึ่งระบบนี้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติที่ทำหน้าที่บริหารพลังงาน (Energy Management) บริหารอุปกรณ์อำนวยความสะดวกและความปลอดภัย (Facility and Safety Management) ของอาคารทั้งหมด โดยทำหน้าที่ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แสดงหน้าที่การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร

จุดประสงค์หลักของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร คือ เพื่อควบคุมการใช้พลังงานในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยไม่เป็นการลดความสะดวกสบายแต่ประการใด แต่จะมีผลในการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ และช่วยในการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนเพิ่มความปลอดภัยในชีวิต และทรัพย์สินภายในอาคาร

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคารยังครอบคลุมการทำงานเกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) และระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm System) ซึ่งเป็นระบบที่มีความสำคัญ ทั้งนี้เพราะเป็นระบบที่เกี่ยวของกับชีวิตและทรัพย์สินภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ประเภทของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคารที่ใช้กันในปัจจุบัน อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ระบบควบคุมที่ทำงานเฉพาะด้าน เช่น ระบบการจัดการพลังงานที่มีลักษณะการใช้งานค่อนข้างแน่นอน การแก้ไขซอฟต์แวร์ภายในทำได้ยาก ทำให้ความคล่องตัว (Flexibility) ไม่สูงนัก เช่น การเปิด-ปิดโหลดของอาคารที่สั่งโปรแกรมการทำงานได้ (Programmable Load Control) เป็นต้น

2. ระบบควบคุมที่มีลักษณะงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งกลุ่มผู้จัดทำโครงงานนี้ได้นำหลักการการควบคุมแบบนี้มาประยุกต์ใช้จึงจะขอกล่าวเฉพาะแบบที่ 2 ดังต่อไปนี้

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคารที่มีอุปกรณ์ควบคุมที่มีลักษณะการใช้งานที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้มาก การแก้ไขซอฟต์แวร์ภายในสามารถทำได้ง่ายทำให้ความคล่องตัวสูงมาก ซึ่งสามารถใช้งานควบคุมระบบต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ,ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย, ระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ ระบบสุขาภิบาลและป้องกันอัคคีภัย ระบบรักษาความปลอดภัย และระบบการบำรุงรักษา ฯลฯ จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร ได้หมายรวมถึงคุณสมบัติของระบบควบคุมที่ทำงานเฉพาะด้าน ซึ่งทำงานเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน การบำรุงรักษาตลอดจนได้รวมถึงคุณสมบัติของระบบรักษาความปลอดภัย และระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย ซึ่งทำงานเกี่ยวกับความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินอยู่ด้วย ดังนั้นจึงควรศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างหลักการทำงานและแนวทางการประยุกต์ใช้งานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ยังแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆ ตามลักษณะโครงสร้างของการควบคุมได้ 2 ประเภท คือ

1. ระบบควบคุมแบบศูนย์กลาง (Centralized Control System)

2. ระบบควบคุมแบบกระจาย (Distributed Control System)

จะขอกล่าวเฉพาะประเภทระบบการควบคุมแบบศูนย์กลางที่โครงงานนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ โดยที่ระบบนี้จะใช้ Main Central Processing Unit (Main CPU) เป็นศูนย์กลางการจัดการและควบคุมสัญญาณต่างๆของระบบ การทำงานของระบบอาจอธิบายอย่างย่อๆได้ดังนี้ Main CPU จะทำการตรวจสอบสัญญาณอินพุท (Input) ต่างๆที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ แล้วนำมาคำนวณ และสัญญาณเอาท์พุทส่งไปยังหน่วยควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ อย่างไรก็ดี ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบนี้ ยังไม่ดีเท่าที่ควรเพราะยังขึ้นอยู่กับ Main CPU ซึ่งถ้าเกิดการขัดข้อง ระบบทั้งหมดจะไม่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42626

3.3 หลักการทำงานของระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ

เมื่อมีสัญญาณอินพุทส่งมายัง Main CPU แล้ว CPU รับรู้ข้อมูลที่ต้องการ ก็จะทำการตรวจสอบลักษณะและสภาวะของข้อมูล หลังจากนั้นซอฟต์แวร์ที่มีหน้าที่รับผิดชอบก็เริ่มทำการคำนวณและให้ผลลัพธ์ออกมา โดยออกมาในรูปของคำสั่งที่ส่งจาก CPU ไปยังอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องให้ทำงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้ก่อน ตัวอย่างเช่น การเปิด-ปิด (Start / Stop Program) ของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร จะส่งคำสั่งไปยังแผงควบคุมภายในเพื่อไปขับสวิตช์รีเลย์ซึ่งทำให้หลอดไฟติด และเมื่อรีเลย์ทำงาน จะมีหน้าสัมผัสช่วย (Auxilary Relay Contact) อีกชุดหนึ่งส่งสัญญาณกลับไป โดยผ่านทางแผงควบคุมภายในเช่นกัน และส่งสัญญาณกลับไปยัง CPU เพื่อให้ CPU ทราบว่าได้เปิดไฟตามคำสั่งแล้ว ดังนั้น จากที่ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับอาคาร มีความสอดคล้องกับหลักการของโครงงานนี้ ดังจะได้อธิบายต่อไปนี้

3.4หลักการทำงานของระบบไฟฉุกเฉิน

ระบบไฟฉุกเฉินในโครงงานนี้จะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญคือ วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ ,วงจรอินเวอร์เตอร์ ,และชุดควบคุมการทำงานในสภาวะที่ไฟมาตามปกติ ส่วนวงจรอัดประจุแบตเตอรี่จะทำงานเพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ให้เต็มตลอดเวลา และหากเกิดไฟดับขึ้นวงจรอัดประจุจะหยุดทำงาน วงจรอินเวอร์เตอร์จะทำงานโดยแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อทำการจ่ายไฟให้กับหลอดไฟฉุกเฉิน ซึ่งทั้งหมดนี้จะมีตัวควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวหลักในการควบคุมสวิตช์ตัดต่อ (รีเลย์) เพื่อเปิด-ปิดวงจรต่างๆในระบบไฟฉุกเฉินนี้ ส่วนการควบคุมการเปิด-เปิดหลอดไฟฉุกเฉินจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งจะรับสัญญาณอินพุทจากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ที่ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากการไฟฟ้าว่ามีไฟมาหรือไฟดับ จากนั้นจึงส่งไปยังตัวควบคุม แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลของโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ก่อนหน้านี้ว่าให้ทำงานอย่างไร จากนั้น ตัวควบคุมก็จะส่งสัญญาณเอาท์พุทไปขับสวิตช์ตัดต่อ (รีเลย์) ให้ปิดหรือเปิดหลอดไฟ ตามที่ได้รับสัญญาณอินพุท ซึ่งนอกจากนี้ โครงงานระบบไฟฉุกเฉินยังสามารถเลือกการเปิด หรือปิดหลอดไฟฉุกเฉินได้ เช่น ในกรณีที่ไฟดับแล้วในชั้นนั้นไม่มีความจำเป็นต้องให้หลอดไฟฉุกเฉินชั้นนั้นติด ก็ปิดหลอดไฟฉุกเฉินในชั้นนั้นได้ ส่วนเพิ่มเติมในโครงงานนี้คือ การนำบัลลาสต์อิเลกทรอนิกส์มาใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน ,แสงสว่างมาก ,ยืดอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามระบบไฟฉุกเฉินที่มีการควบคุมที่จุดศูนย์กลางก็ยังมีข้อดี และข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับไฟฉุกเฉินแบบธรรมดา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฉุกเฉินแบบธรรมดา

ข้อดี

1. สะดวกในการติดตั้งและมีราคาถูก
2. ไม่เกิดปัญหาของแรงดันตกคร่อมที่สายไฟ
3. เหมาะสำหรับที่พักอาศัยที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก และมีไม่กี่ชั้น

ข้อเสีย

1. การซ่อมบำรุงรักษาทำได้ยาก เนื่องจากส่วนใหญ่มักจะติดตั้งในที่สูง
2. ลักษณะการติดตั้งไฟฉุกเฉินแบบนี้ จะทำให้เกิดความไม่สวยงามในการติดตั้งในบางลักษณะของอาคารถ้าไม่มีการซ่อนตัวเครื่องไฟฉุกเฉิน

ระบบไฟฉุกเฉินที่มีจุดศูนย์กลางควบคุมเพียงจุดเดียว

ข้อดี

1. การซ่อมแซมบำรุงรักษาทำได้ง่าย และประหยัดเวลา เนื่องจากสามารถแก้ไขที่เพียงจุดศูนย์กลางการควบคุมเพียงจุดเดียว และยังสามารถรู้ได้ว่าไฟในชั้นใดเสียจากส่วนของการแสดงสภาวะการทำงาน
2. แสดงสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ในอาคาร ซึ่งจะช่วยให้การบริหารงานของระบบ ต่างๆเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ก่อให้เกิดความสวยงามในการติดตั้งเพราะสามารถติดตั้งเฉพาะหลอดไฟได้โดยไม่ต้องติดตั้งทั้งกล่องไฟฉุกเฉิน ทำให้ดูไม่สวยงาม
4. โครงงานนี้ได้นำชุดตรวจจับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยใช้วงจรรักษาระดับแรงดัน ซึ่งมีราคาถูกกว่าการใช้ตัว Sensor ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ซึ่งมีราคาแพง

ข้อเสีย

1. อาจไม่คุ้มทุนภายในระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากไฟฉุกเฉินนี้ มีราคาแพง แต่ก็เหมาะสมที่จะใช้ในระยะยาว
2. ถ้าการออกแบบหรือการติดตั้งการบำรุงรักษา ไม่ถูกต้องทางด้านเทคนิค ตลอดจนการใช้งานไม่เต็มความสามารถของระบบไฟฉุกเฉินนี้ไม่ได้ผลตามที่คาดไว้
3. เกิดปัญหาแรงดันตกคร่อมในสายไฟที่ต่อไปยังชั้นต่างๆ
4. เนื่องจากมีจุดศูนย์กลางการควบคุมเพียงจุดเดียว ถ้าเกิดเสียที่จุดนี้ ระบบไฟฉุกเฉินนี้ ก็จะไม่ทำงานทั้งระบบ แต่ก็สามารถซ่อมแซมได้รวดเร็ว เพราะมีการตรวจเช็คเพียงจุดเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วงจรที่ใช้งานและการออกแบบ

4.1 การเลือกขนาดแบตเตอรี่

เลือกใช้แบบ Sealed Lead-Acid เนื่องจากมีขนาดเล็กกะทัดรัดและไม่ต้องมีการบำรุงรักษามากนักเช่นไม่ต้องเติมน้ำกลั่นเป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแบตเตอรี่ได้ดังนี้

กำลังของโหลดที่ใช้ทั้งหมด	18 * 4	=	72	วัตต์
ระยะเวลาที่ใช้สำรองไฟ			2	ชั่วโมง
ใช้แบตเตอรี่ระบบแรงดัน			24	โวลต์
กระแสที่ใช้จ่ายโหลด ($I_{discharge}$)		=	$(Watt / V_{batt}) * (1 / \eta)$	
		=	(72 / 24) * (1 / 0.60)	
		=	5	แอมแปร์

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

ดังนั้นขนาดความจุแบตเตอรี่ คือ 5 * 2 = 10 AH

เนื่องจากความจุของแบตเตอรี่ไม่คงที่ตลอดอายุการใช้งาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคิดสำรองกำลังงานของแบตเตอรี่ไว้ 25 เปอร์เซ็นต์ [IEEE 1884 – 1994] เพื่อรักษาเสถียรภาพของค่าความจุของแบตเตอรี่ไว้ ในส่วนของการจ่ายกำลังงานให้กับวงจรควบคุมการสำรองกำลังงานจะถูกตั้งไว้ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเพิ่มขึ้นในส่วนที่ไม่ได้ถูกคาดหมายไว้ในระบบการทำงานของวงจรเพื่อชดเชยในกรณีที่ตัวแปรที่มีอยู่ในการทำงานต่ำลงหรือเปลี่ยนแปลงไปจากส่วนที่ได้คาดหมายไว้ และสำหรับการจ่ายกำลังงานซ้ำหลังจากระบบจ่ายกำลังงานถึงจุดแรงดันต่ำสุด (end voltage) [IEEE Std 485-1983] และเพื่อชดเชยอุณหภูมิในการใช้งานของแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนไปจากการคำนวณ (25 องศาเซลเซียส) ดังนั้นค่าที่เผื่อไว้สำหรับการสำรองกำลังของทั้งสองส่วนนี้จึงคิดที่ 35เปอร์เซ็นต์

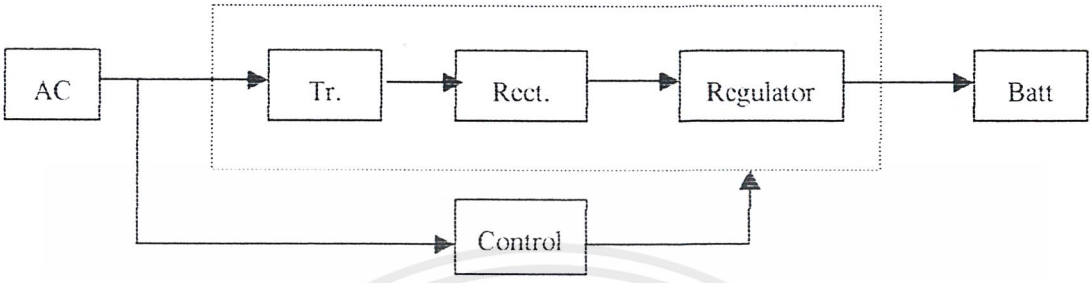
ดังนั้น ค่าที่เผื่อไว้สำหรับการสูญเสีย (Factor lose)	=	10 * 35 %	
	=	3.5	AH
เพราะฉะนั้น ความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้งาน	=	10 AH +3.5 AH	
	=	13.5	AH

ดังนั้นเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 17AH จำนวน 2 ลูกต่ออนุกรมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger)

ส่วนประกอบของเครื่องประจุแบตเตอรี่สามารถแสดงได้ดังบล็อคไดอะแกรมนี้



รูปที่ 4.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่

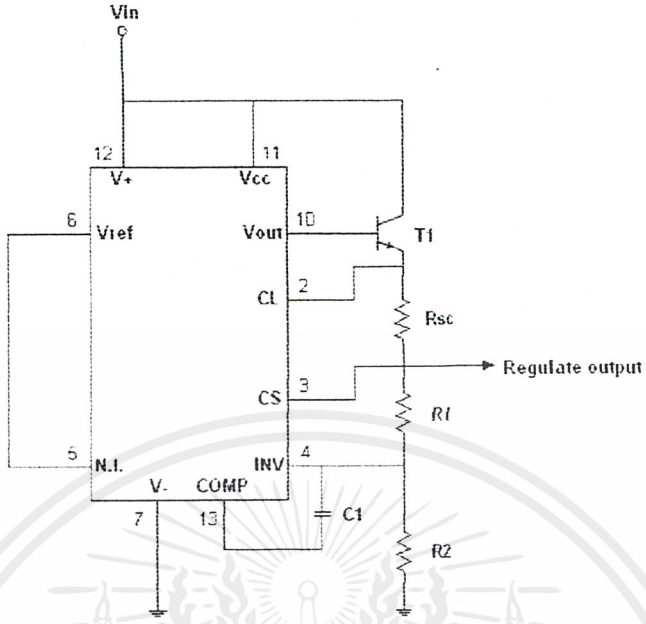
จากบล็อคไดอะแกรมของวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่จะสามารถอธิบายการทำงานโดยรวมได้ดังต่อไปนี้

เริ่มจากจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) เข้าสู่วงจร ผ่านหม้อแปลงเพื่อลดขนาดแรงดันลงแล้วผ่านไปยังชุดเรียงกระแสเพื่อทำการเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากนั้นจึงเข้าสู่ชุดรักษาระดับแรงดันเพื่อปรับและรักษาระดับแรงดันไว้ให้ได้ค่าที่ต้องการ แรงดันที่ได้นี้จะเป็นแรงดันสำหรับการอัดประจุแบตเตอรี่ซึ่งจะมีการคำนวนต่อไป นอกจากนี้ยังมีส่วนควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมเพื่อควบคุมการตัดต่อสวิตช์ระหว่างเครื่องประจุแบตเตอรี่กับแบตเตอรี่ และยังคอยตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่รวมถึงการป้องกันระบบอีกด้วย

เนื่องจากวงจรอัดประจุนี้ใช้หลักการของการรักษาระดับแรงดันของการอัดประจุให้มีค่าคงที่และจำกัดกระแสในการอัดประจุไม่ให้มีค่าสูงเกินไปจึงได้เลือกใช้งานวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ไอซี LM723 เพราะสามารถออกแบบวงจรได้ง่าย ราคาถูก วงจรจะมีขนาดเล็ก และมีคุณภาพสูง นอกจากนี้ LM723 ยังมีคุณสมบัติที่ดีเพิ่มเติมอีกดังนี้

- สามารถทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านอินพุทได้สูงถึง 40 โวลต์
- สามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้ตั้งแต่ 2 - 37 โวลต์
- สามารถทนกระแสได้ 150 มิลลิแอมแปร์ และถ้าต่อทรานซิสเตอร์ภายนอกกับไอซีตัวนี้จะสามารถทนกระแสได้สูงถึง 10 แอมแปร์
- สามารถใช้ทำเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันแบบเชิงเส้นและแบบสวิตชิ่งได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดันพื้นฐานโดยใช้ LM723 กับทรานซิสเตอร์

จากรูปที่4.2 ซึ่งแสดงถึงวงจรพื้นฐานของวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้งาน สามารถคำนวณเพื่อออกแบบวงจรได้ดังต่อไปนี้

$$V_{OUT} = V_{REF} * (R_1+R_2)/R_2 \qquad (4.1)$$

$$I_{LIMIT} = V_{SENSE}/R_{SC} \approx 0.65\ v/R_{SC} \qquad (4.2)$$

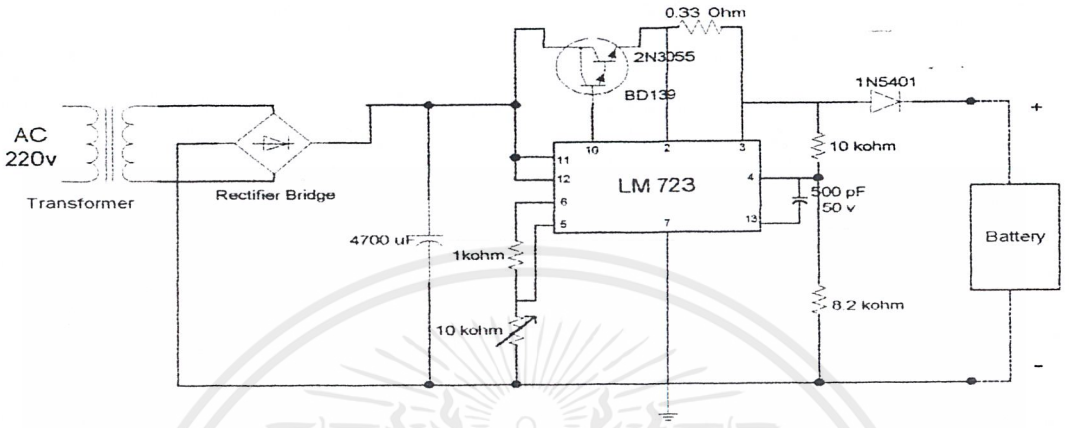
ตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องประจุแบตเตอรี่ [มอก.1293-2538] กำหนดขนาดแรงดันไฟฟ้าในการอัดประจุที่อุณหภูมิโดยรอบ 25 องศาเซลเซียส ของชนิดตะกั่ว-กรดไว้ที่ 2.15 ถึง 2.25 โวลต์ต่อเซลล์ และจากข้อมูลของแบตเตอรี่ [หจก.เจ.ที.เอ็ม ซันนี่ ประเทศไทย]ได้กำหนดขนาดแรงดันในการประจุเมื่อใช้งานแบบสำรองไว้ใช้ที่ 13.6 - 13.8 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาการชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ จึงกำหนดให้แรงดันในการอัดประจุมีค่า 2.23 โวลต์ต่อเซลล์ หรือประมาณ 26.80 โวลต์ (2.23 x 12 = 26.76 โวลต์)

เพื่อไม่ให้ค่ากระแสเริ่มต้นในการอัดประจุมีค่าสูง จึงได้มีการจำกัดกระแสในการอัดประจุด้วยโดยจำกัดค่ากระแสอยู่ที่ 10 % ของความจุของแบตเตอรี่ หรือ0.1C

จากขนาดของแบตเตอรี่ที่เลือกใช้งาน	12 V 17 AH		
ค่ากระแสที่จะต้องจำกัดไว้	0.1 * 17 =	1.7	A
นอกจากนี้ยังต้องมีการเผื่อค่ากระแสไว้สำหรับไฟเลี้ยงอีก		0.47	A
ค่ากระแสที่จะต้องจำกัดไว้ทั้งสิ้น	1.7 + 0.47 =	2.17	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรู้ขนาดแรงดันเอาท์พุท และค่าของกระแสที่จะต้องจำกัดไว้แล้วสามารถออกแบบวงจรอัดประจุได้ดังรูป



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ใช้งานจริง

เริ่มการทำงานของวงจรที่หม้อแปลงทำหน้าที่ลดขนาดแรงดันของการไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์เป็น 24 โวลต์ แล้วผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายทางด้านอินพุทของไอซีเรกูเลเตอร์ ก่อนที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะเข้าสู่ไอซีเรกูเลเตอร์จะต้องผ่านตัวเก็บประจุ (C_1)ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกรองสัญญาณรบกวนขาเข้า (filter) เมื่อผ่านไอซีเรกูเลเตอร์แล้วจะเข้าสู่ทรานซิสเตอร์เพื่อขยายกระแสทำให้สามารถขับโหลดได้ ในวงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อเข้าด้วยกันแบบดาร์ลิงตันซึ่งจะช่วยให้ขยายกระแสได้ดีขึ้น จากนั้นก็จะผ่านตัวเก็บประจุ (C_2) เพื่อกรองสัญญาณรบกวนขาออกซึ่งเป็นสัญญาณขนาดเล็ก (noise) แล้วจึงเข้าสู่แบตเตอรี่โดยกำหนดให้แรงดันเอาท์พุทของวงจรมีค่า 26.80 โวลต์คงที่ ซึ่งสามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้จาก R_1 , R_2 , R_3 และ R_4 ของวงจรในรูปที่4.3 และจำกัดค่ากระแสไว้ที่ 2.17 แอมแปร์ โดยมี R_5 เป็นตัวจำกัดกระแส นอกจากนี้ยังมีการต่อไดโอดไว้เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของแรงดันและการต่อผิดขั้วของแบตเตอรี่ซึ่งอาจทำให้วงจรเสียหายได้

สำหรับการคำนวณเพื่อหาขนาดของตัวต้านทานที่จะนำมาต่อในวงจรสามารถคำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 สามารถหาค่า V_{OUT} และ I_{LIMIT} ได้ต่อไปนี้

สมการที่ 4.1 $V_{OUT} = 26.2$ V

$26.2 = 7.11*(7.2k + R_2)/R_2$

$R_2 = 2.68$ k ohm

สมการที่ 4.2 $I_{LIMIT} = 2.17$ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_{SC} = 0.65/2.17

= 0.299 ohm

ส่วนค่า R_3 จะหาได้จากสมการ $R_3 = R_1R_2/(R_1+R_2)$

จะได้ $R_3 = (7.2*2.68)/(7.2+2.68)$

= 1.95 k ohm

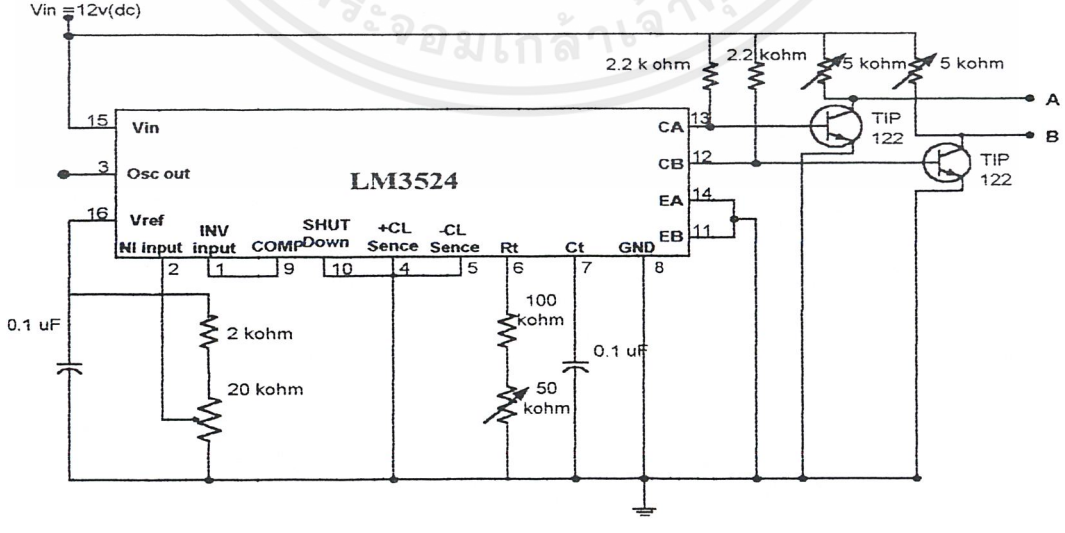
ซึ่งหากค่ากระแสและค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าไม่ตรงตามที่ต้องการก็สามารถปรับค่าได้จากค่าความต้านทานต่างๆ ได้

4.3 พุช-พูลอินเวอร์เตอร์

โครงงานนี้เลือกใช้พุช-พูลอินเวอร์เตอร์ ซึ่งมีเอาท์พุทเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ขนาดแรงดัน 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ เนื่องจากโหลดเป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องมีการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงอยู่แล้ว ประกอบกับโครงงานนี้ไม่คำนึงถึงผลของฮาร์โมนิกมากนัก จึงใช้เอาท์พุทที่มีรูปคลื่นเป็นสี่เหลี่ยมได้โดยมีความถี่ 50 เฮิรตซ์ ตรงกับความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้าซึ่งสามารถใช้งานกับโหลดทั่วไปในกรณีฉุกเฉินได้อีกด้วย

ส่วนประกอบต่างๆของอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

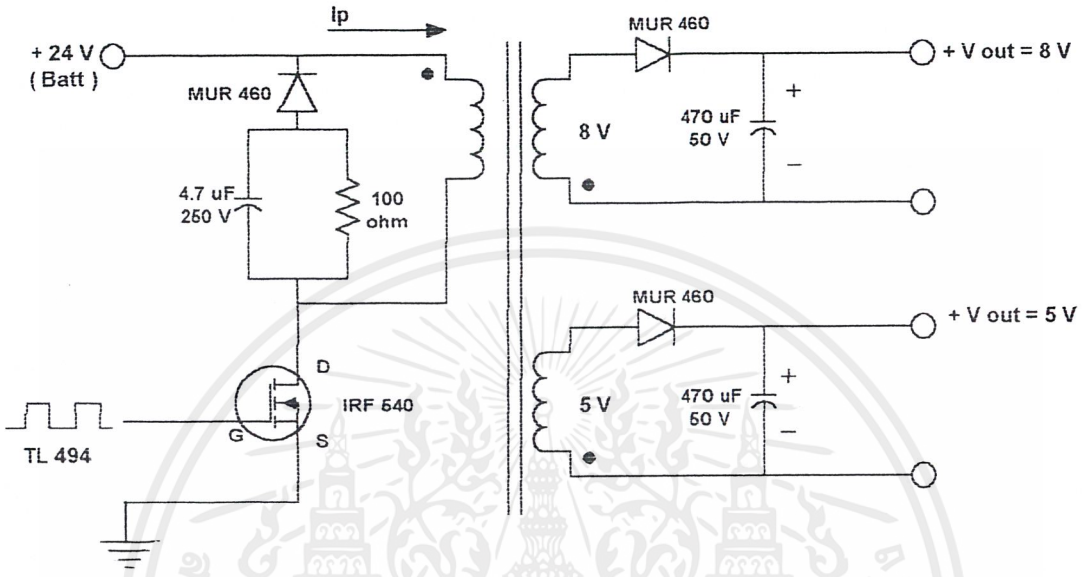
1). วงจรกำเนิดสัญญาณ ใช้ไอซีเบอร์ LM3524 ในการกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 2 คลื่น ที่มีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยสามารถปรับค่าวัฏจักรงาน(Duty Cycle) และความถี่ได้ตามต้องการ



รูปที่ 4.4. แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ LM3524

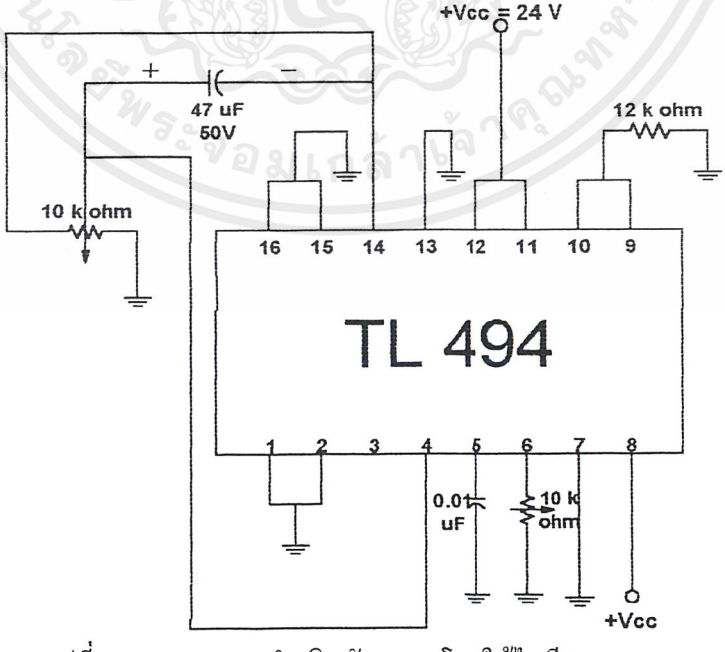
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). ไฟเลี้ยงของวงจรใช้หลักการของฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์เพื่อเป็นการแยกกันทางไฟฟ้าของชุดวงจรควบคุมและชุดวงจรกำลัง



รูปที่ 4.5 แสดงชุดวงจรฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์

โดยมีชุดควบคุมที่กำเนิดสัญญาณ โดยใช้ไอซี TL494 ซึ่งสามารถปรับความถี่และค่าวัฏจักรงานได้ ดังวงจรใช้งานดังรูปที่ 4.6 และใช้มอสเฟตเป็นอุปกรณ์สวิตชิ่งได้โดยมีการต่อวงจรชุดสนับเบอร์เพื่อรักษาระดับแรงดันที่คร่อมขดปฐมภูมิให้มีค่าคงที่



รูปที่ 4.6 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซี TL494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันเอาท์พุทที่ได้ของฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์นี้จะเป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซีกำเนิดคลื่นสัญญาณ 3524, วงจรขับเกต, สวิตช์รีเลย์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ส่วนต่างๆเหล่านี้มีการแยกกันทางไฟฟ้า

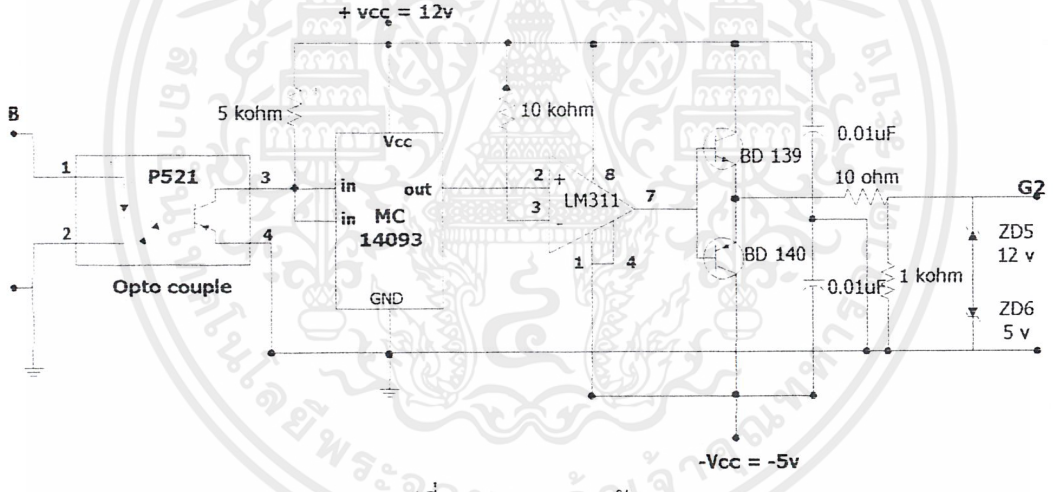
3. วงจรขับเกต

3.1) ใช้ ออปโต คัพเพลอร์ ในการแยกกราวน์ระหว่างส่วนของวงจรควบคุมและวงจรกำลังเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน

3.2) วงจรกำลังประกอบด้วย

- ไอซีชมิตต์ทริกเกอร์เบอร์ 14093 ใช้ในการปรับสัญญาณที่ออกจาก ออปโต คัพเพลอร์ ซึ่งมีลักษณะไม่สมมาตรให้เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สวยงาม

- ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM311 ใช้ในการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อให้ได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีค่า +12โวลต์ , -5 โวลต์



รูปที่ 4.7 แสดงวงจรขับเกต

4. อุปกรณ์สวิตชิ่ง ประกอบด้วยมอสเฟตเบอร์ IRF540 2 ตัว ซึ่งมีค่าแรงดันพิกัด V_{DS} = 100 โวลต์ และค่ากระแสพิกัด I_{DS} = 23 แอมแปร์

การคำนวณหาขนาดพิกัดของมอสเฟต

- พิกัดแรงดันตกคร่อมเดรน-ซอร์สของมอสเฟต ต้องทนแรงดันได้อย่างน้อย 2 เท่าของแรงดันอินพุท คือ ประมาณ 48 โวลต์

- พิกัดกระแสที่ไหลผ่านเดรน-ซอร์ส สามารถคำนวณได้จากกระแสหม้อแปลง

กำลังวัตต์ของโหลด = 72 วัตต์

จะได้พิกัดกำลังของหม้อแปลง = 72 / 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 80 โวลต์ – แอมแปร์

โหลดเป็นบัลลาสต์อิเลกทรอนิกส์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ กำหนดให้มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) เท่ากับ 0.9

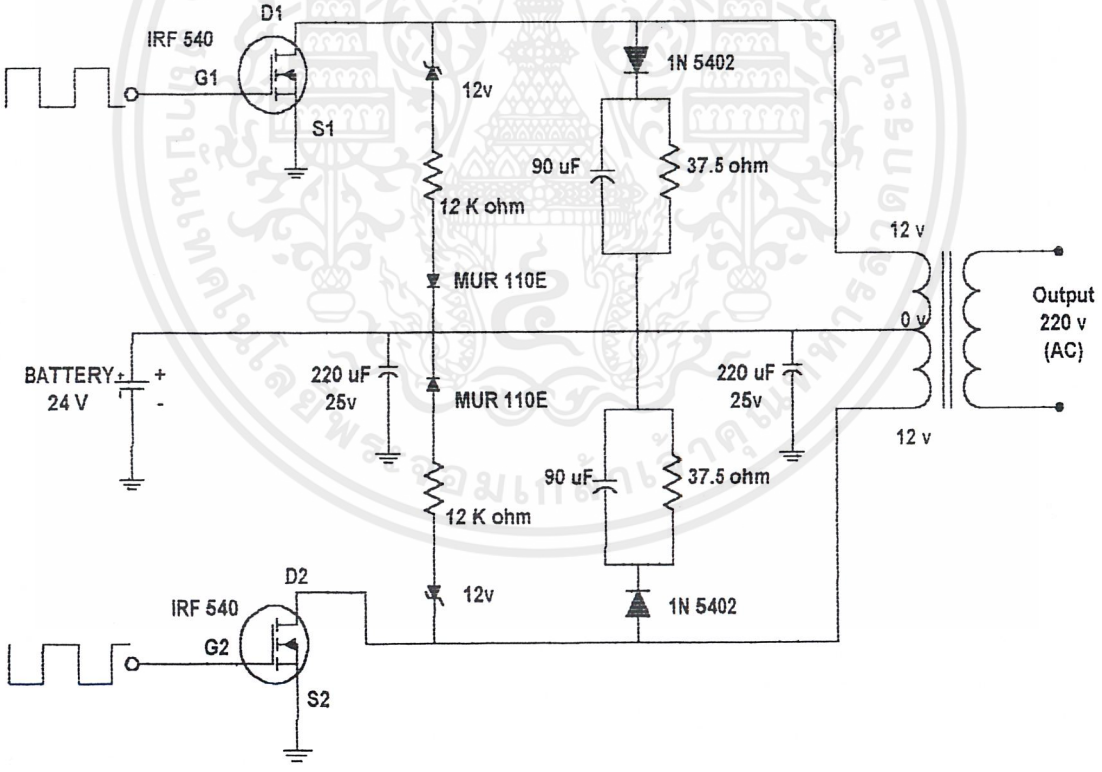
ค่ากระแสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง = 80/220 = 0.36 แอมแปร์

ค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง = 24 โวลต์

ดังนั้นค่ากระแสทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง = (220/24) x 0.36 = 3.3 แอมแปร์

เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานจึงเผื่อค่ากระแสไว้ 2 เท่า คือ ประมาณ 6.6 แอมแปร์

จากค่าพิกัดต่างๆที่คำนวณได้ พิจารณาเลือกมอสเฟตเบอร์ IRF 540 ซึ่งมีขนาดพิกัดแรงดันเดรน-ซอร์สเท่ากับ 100 โวลต์ แรงดันเกต- ซอร์ส เท่ากับ 20 โวลต์และพิกัดกระแสเดรน-ซอร์สเท่ากับ 23 แอมแปร์



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรสวิตชิ่งด้วยมอสเฟต เบอร์ IRF 540

5. หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นหม้อแปลงแกนเหล็กที่เพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าจาก 24 โวลต์เป็น 220 โวลต์

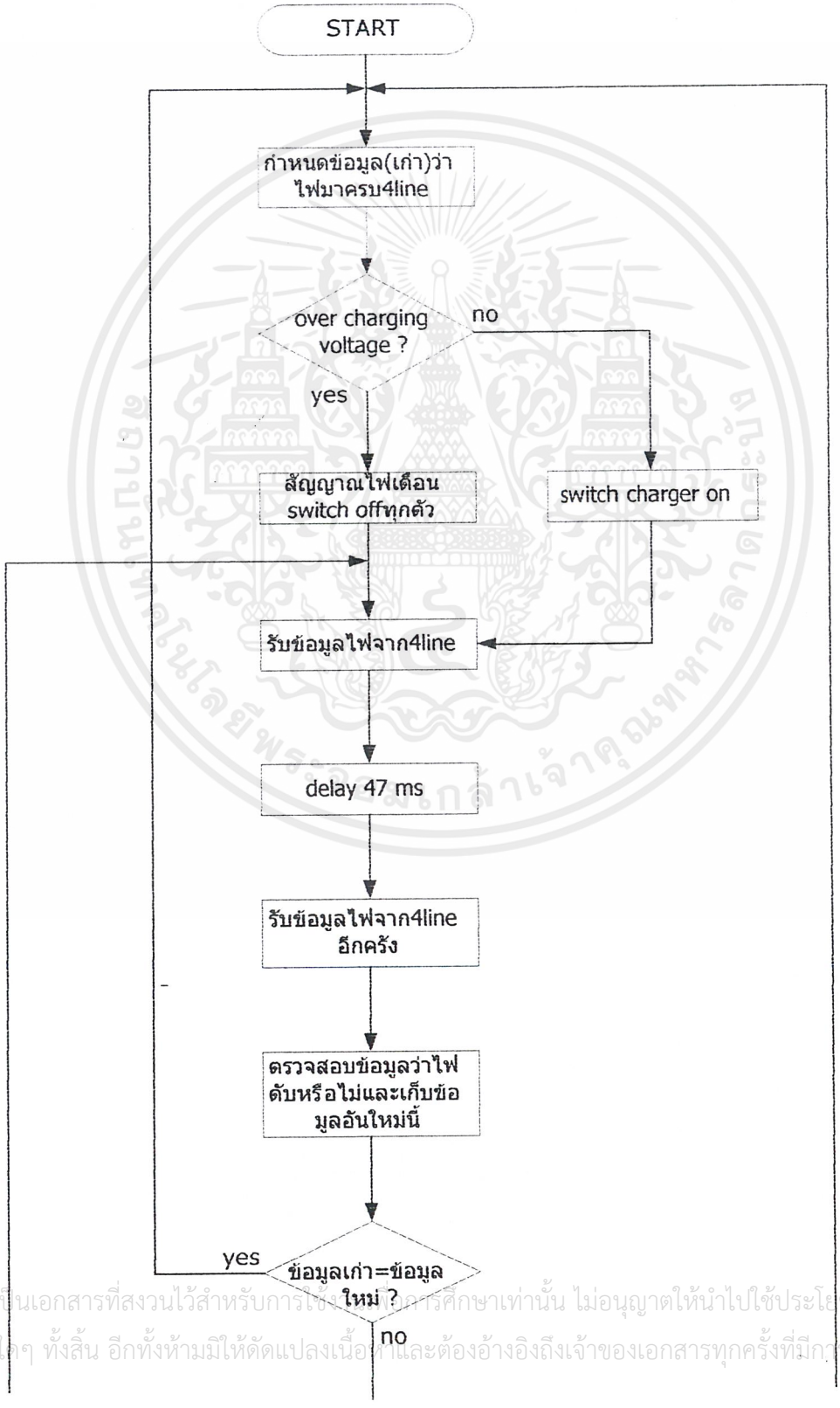
6. โหลด ประกอบด้วยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 4 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

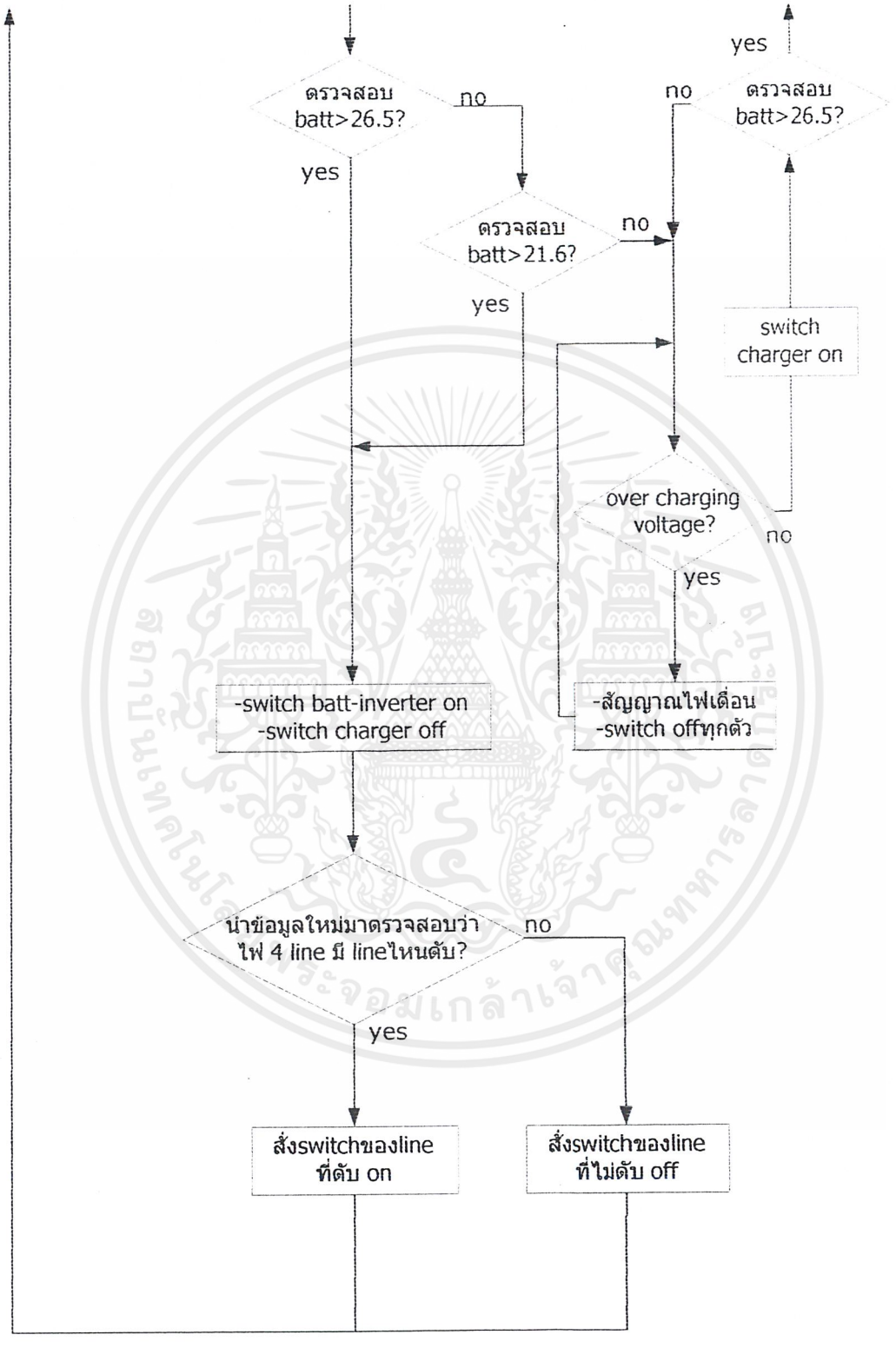
4.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

4.4.1 หลักการทำงานของวงจร

หลักการของระบบคอนโทรในระบบไฟฉุกเฉินสามารถอธิบายได้ดัง Flow Chart ข้างล่าง ซึ่งแสดงถึงลักษณะการทำงานของระบบรวมดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



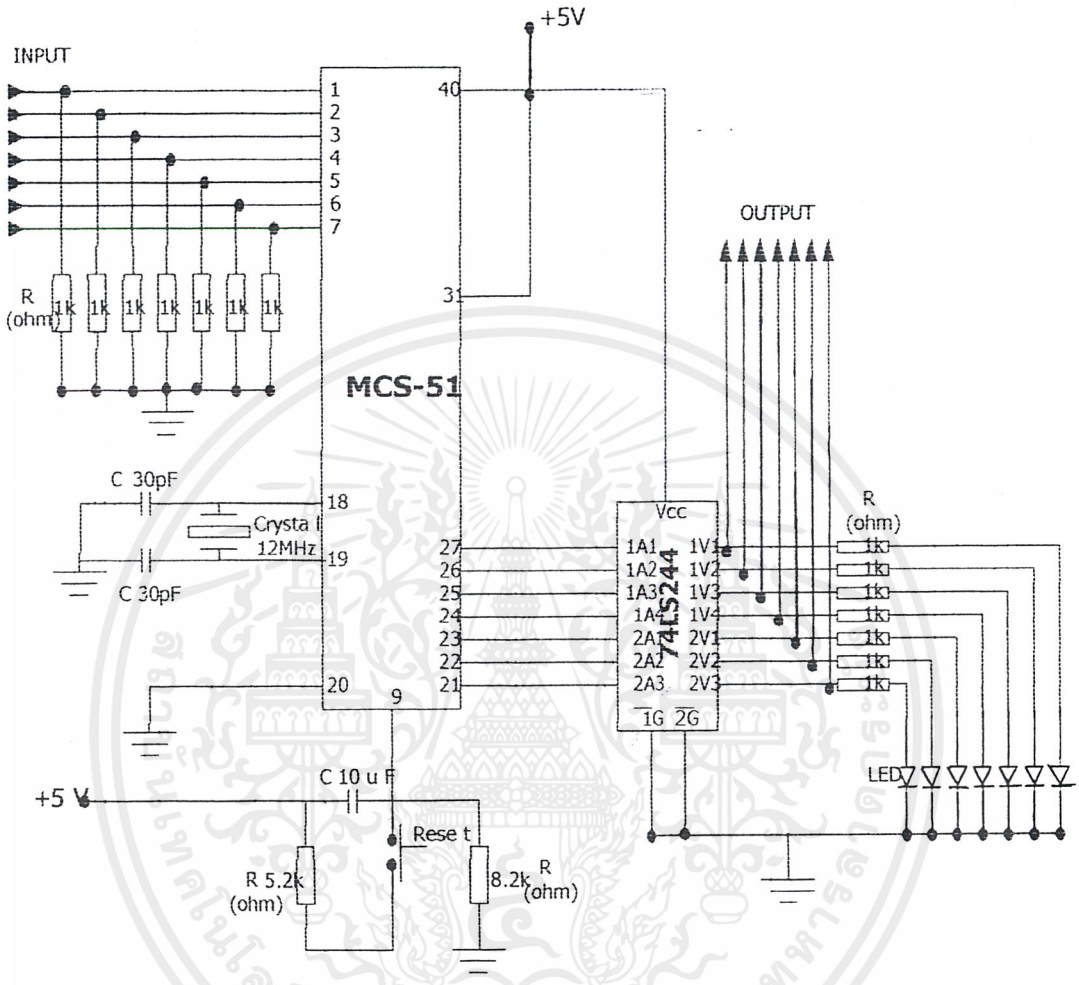
โดยเริ่มจากกำหนดข้อมูลสถานะไฟมาครบทุกชั้น เพื่อเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่จะตรวจสถานะของไฟในแต่ละชั้น หลังจากนั้นทำการตรวจโวลเตจว่ามากเกิน 27.4 โวลต์ (over charging voltage)หรือไม่ ถ้ามากกว่าจะทำการดับสวิตช์ทุกตัวและแสดงสัญญาณไฟเตือน ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่าจะทำการเปิดสวิตช์เครื่องประจุแบตเตอรี่ หลังจากนั้นก็ทำการตรวจสถานะสัญญาณไฟทั้ง 4 ชั้นและจะหน่วงเวลาไปประมาณ 47 มิลลิวินาที จึงตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อเป็นการตรวจสอบสถานะไฟดับหรือไฟไม่ดับเท่านั้นมิใช่ไฟตก หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ตรวจได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่กำหนดไว้ตั้งแต่แรก (สภาวะไฟติดทั้ง 4 ชั้น) เพื่อดูว่าไฟชั้นไหนดับ ถ้าหากไม่มีชั้นไหนดับก็ทำการวนกลับไปที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง แต่ถ้าพบว่ามีไฟดับ จะเริ่มทำการตรวจสภาวะของแบตเตอรี่ว่ามากกว่า 26.5 โวลต์หรือไม่ ถ้ามากกว่าก็จะทำการจ่ายไฟไปยังชั้นที่ไฟดับ (เปิดสวิตช์ชั้นที่ไฟดับและสวิตช์แบตเตอรี่กับอินเวอร์เตอร์ ส่วนสวิตช์เครื่องประจุแบตเตอรี่จะดับ) และจะทำการวนกลับไปตรวจสภาวะไฟทั้ง 4 ชั้น แต่ถ้าสภาวะแบตเตอรี่ต่ำกว่า 26.5 โวลต์จะตรวจต่อไปอีกว่า แบตเตอรี่ต่ำกว่า 21.6 โวลต์หรือไม่ ถ้ายังมากกว่าก็จะทำตามลำดับขั้นตอนเหมือนเดิม แต่ถ้าพบว่าแบตเตอรี่ต่ำกว่า 21.6 โวลต์ จะทำการตรวจสอบเครื่องประจุแบตเตอรี่ว่าแรงดันที่จะทำการประจุเกินหรือไม่ ถ้าเกินจะหยุดทำการประจุและจะแสดงสัญญาณเตือน แต่ถ้าไม่เกินกว่าที่กำหนดจะทำการประจุและรอจนกว่าสภาวะที่แรงดันของแบตเตอรี่มากกว่า 26.5 โวลต์ ขณะเดียวกันจะตรวจแรงดันขณะอัตราประจุของเครื่องประจุแบตเตอรี่ไปด้วย และเมื่อสภาวะที่แรงดันของแบตเตอรี่มากกว่า 26.5 โวลต์ จะวนกลับไปที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วงจรและการออกแบบ



รูปที่ 4.9 แสดงวงจรใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์

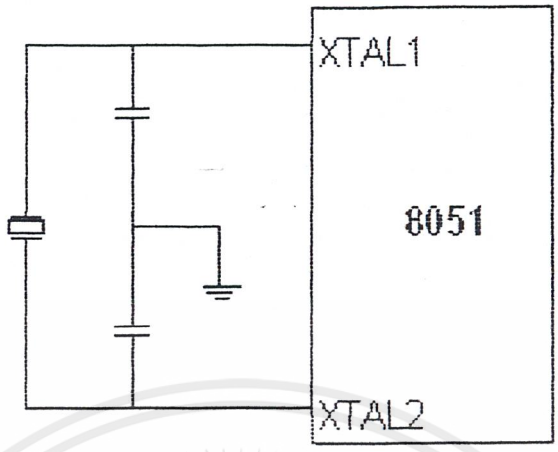
1. จากวงจรจะทำการต่อขา V_{CC} กับไฟเลี้ยง +5 V นอกจากนี้ยังมีตัวเก็บประจุ ชนิดแทนทาลัม (tantalum) ขนาด 0.1 ไมโครฟารัด ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวน

2. ต่อขา V_{SS} ลงกราวน์

3. XTAL1 เป็นอินพุทของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา XTAL2 เป็นเอาท์พุทของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

การต่อใช้งานของ XTAL1 และ XTAL2 เพื่อสร้างวงจรผลิตสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้คริสตอลต่อร่วมกับตัวเก็บประจุขนาด 3 พิโกฟารัด 2 ตัว ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรสร้างสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ซึ่งในวงจรใช้คริสตอล 12 เมกกะเฮิร์ต ดังนั้น 1 Machine Cycle ใช้ Clock 12 ลูก จะกินเวลาเท่ากับ

$$12\{1/(12)(10)^6\} = 1 \text{ ไมโครวินาที}$$

จากคำสั่งโปรแกรมหน่วงเวลาแบบวนลูป

DELAY:	MOV R3,#0226D	ใช้	1	Machine Cycle
LOOP1:	MOV R2,#087D		1	Machine Cycle
LOOP2:	DJNZ R2,LOOP2		2	Machine Cycle
	DJNZ R3,LOOP1		2	Machine Cycle
	RET		2	Machine Cycle

ดังนั้นจะได้เวลาในการหน่วง คือ

$$1+266\{1+87(2)+2\}+2 = 47,085 \text{ Machine Cycle}$$
$$= 1*(47,085) \text{ ไมโครวินาที}$$
$$= 47.085 \text{ มิลลิวินาที}$$

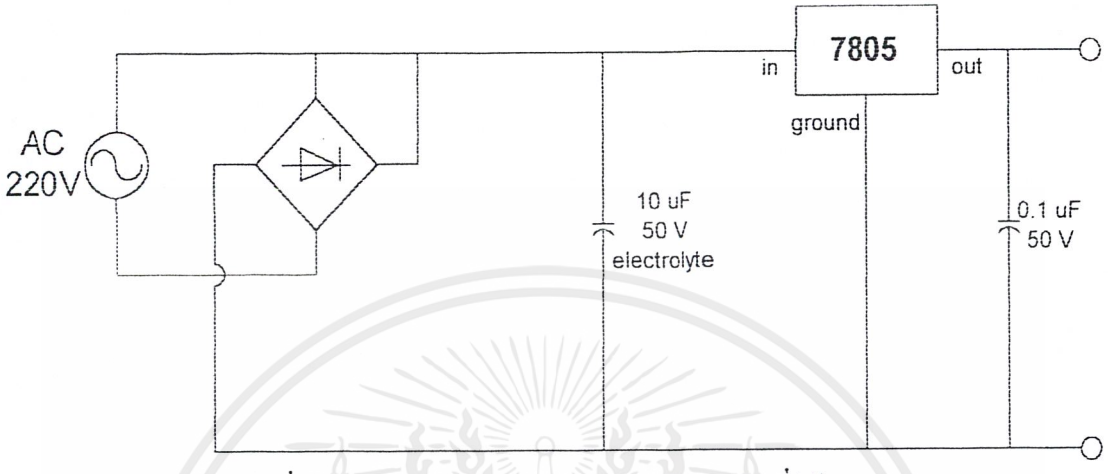
∴ คิดเป็นเวลาที่ใช้หน่วงในการตรวจสอบสถานะของไฟ 2 ครั้ง

4. ขาสัญญาณรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซ็ตเมื่อสัญญาณที่ขานี้มีค่าลอจิก 1 นานไม่ต่ำกว่า 2 Machine Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ชุดตรวจจับสัญญาณ

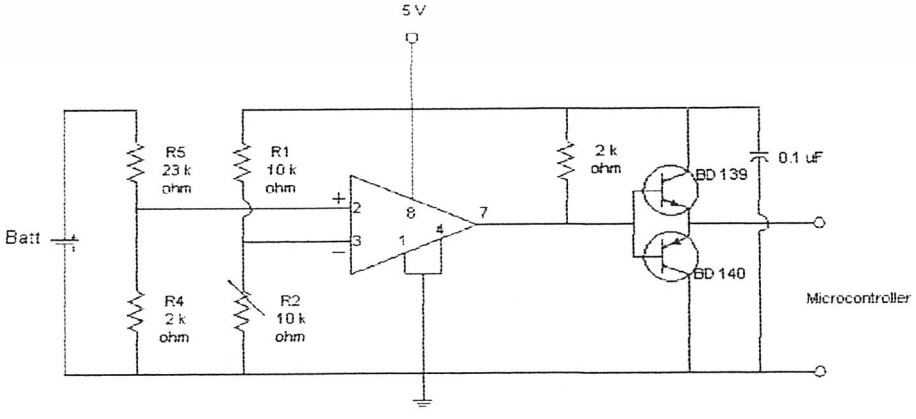
4.5.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน



รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้งาน

จากไฟฟ้าสลับของระบบการไฟฟ้า 220 โวลต์ ผ่านการแปลงระดับแรงดันลงของหม้อแปลง เพื่อลดระดับแรงดันและผ่านวงจรเรียงกระแส เพื่อให้ได้สัญญาณไฟตรง ซึ่งควรจะมีแรงดันตกคร่อมมากว่าเอาท์พุทที่ต้องการ ประมาณมากกว่า 3 โวลต์ ขึ้นไป เพื่อให้ไอซีเรกูเลเตอร์มีความสามารถพอที่จะรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตได้ โดยผ่านตัวเก็บประจุเพื่อลดการกระเพื่อมของ ripple ในที่นี้ใช้ค่าน้อยๆ และทนแรงดันได้สูงกว่าแรงดันที่ผ่านเรียงกระแสแล้ว เพื่อต้องการให้ส่งสัญญาณระหว่าง 5 โวลต์ กับ 0 โวลต์ ที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เร็วที่สุด แต่ก็ต้องเป็นสัญญาณเรียบพอที่จะไม่ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียหายได้ เมื่อผ่านไอซีเรกูเลเตอร์แล้วจะมีการกรองสัญญาณรบกวนด้วยค่าตัวเก็บประจุประมาณ 0.1 ไมโครฟารัด และจะต้องทนแรงดันได้มากว่า 5 โวลต์ สูตรการคำนวณโดยละเอียดสามารถหาได้จากหนังสือทั่วไป

4.5.2 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน



รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรทำการแบ่งระดับสัญญาณเข้างอิง

คำนวณหาระดับแรงดันที่ป้อนให้ขาลบของไอซีออป-แอมป์

$$Vref = Vcc*[R2/(R1+R2)$$

คำนวณหาระดับแรงดันที่ป้อนให้ขาบวกของไอซีออป-แอมป์

$$Vcom = Vbatt*[R3/(R3+R4)]$$

ถ้า

$Vcom > Vref$: $Vout = +Vcc$

$Vcom < Vref$: $Vout = 0$

แต่ถ้าต่อวงจรอีกลักษณะ คือ

Vref ป้อนให้ขาบวกของไอซีออป-แอมป์

Vcom ป้อนให้ขาลบของไอซีออป-แอมป์

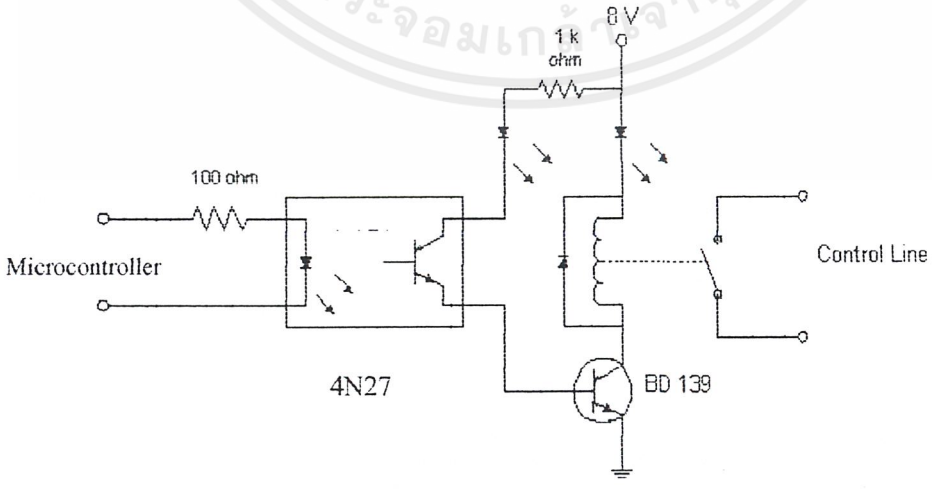
จะได้

$Vcom > Vref$: $Vout = 0$

$Vcom < Vref$: $Vout = +Vcc$

ส่วนค่าความต้านทาน 2 กิโลโอหม์จะต้องต่ออยู่เพื่ออ้างอิงแรงดันสัญญาณเอาท์พุทมิเช่นนั้นแล้วจะไม่มีค่าแรงดันสัญญาณเอาท์พุท ส่วนตัวทรานซิสเตอร์นั้นต่อเพื่อขยายกระแส และตัวเก็บประจุต่อเพื่อกรองสัญญาณรบกวนซึ่งควรจะมีค่าน้อยๆ

4.6 วงจรรีเลย์



รูปที่ 4.13 แสดงวงจรรีเลย์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าความต้านทาน 100 โอห์ม ต่อเพื่อจำกัดกระแสที่จะผ่านเข้าสู่ออปโต คัพเพลอร์ ซึ่งใช้ออปโต คัพเพลอร์ เบอร์ 4N27 สามารถจะทนกระแสได้ไม่เกิน 25-30 mA

$$I = 5 \text{ volt}/100\Omega$$

$$I = 5 \text{ mA}$$

2. ค่าความต้านทาน 400 โอห์ม ที่ต่ออยู่กับ LED กระแสที่ผ่านนี้จะต้องมากพอที่จะขับกระแสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD 139 เพื่อให้ทรานซิสเตอร์นี้ทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

เพื่อให้สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบแต่ละส่วนของโครงงานได้ดียิ่งขึ้น จึงได้มีการทำทดลองทั้งหมด 5 การทดลอง คือ

1. เรื่องลักษณะรูปคลื่นสัญญาณในส่วนต่างๆของโครงงาน
2. เรื่องระยะเวลาที่หลอดไฟฉุกเฉินใช้ในการติดและดับ
3. เรื่องเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของระบบไฟฉุกเฉินเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด
4. เรื่องระยะเวลาในการสำรองไฟและลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่
5. เรื่องการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

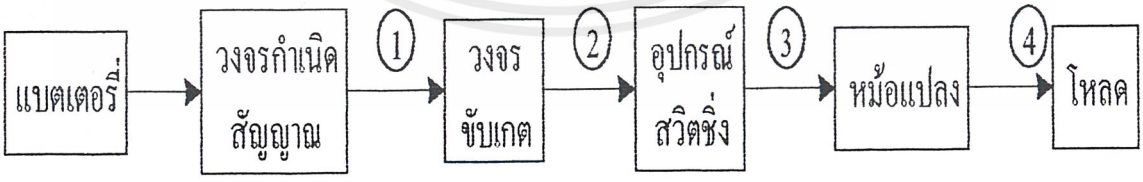
การทดลองทั้งหมดประกอบด้วยส่วนประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ การตั้งสมมุติฐาน ขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง และส่วนสรุปผลการทดลอง โดยแต่ละการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การทดลองที่ 1 เรื่อง ลักษณะรูปคลื่นสัญญาณในส่วนต่างๆของโครงงาน

5.1.1 สมมุติฐาน

1. รูปคลื่นสัญญาณในแต่ละส่วนมีลักษณะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม
2. รูปคลื่นสัญญาณแรงดันทางด้านปฐมภูมิและทางด้านเอาท์พุทของหม้อแปลง จะมีลักษณะคล้ายรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมากขึ้นเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น

5.1.2. ขั้นตอนการทดลอง



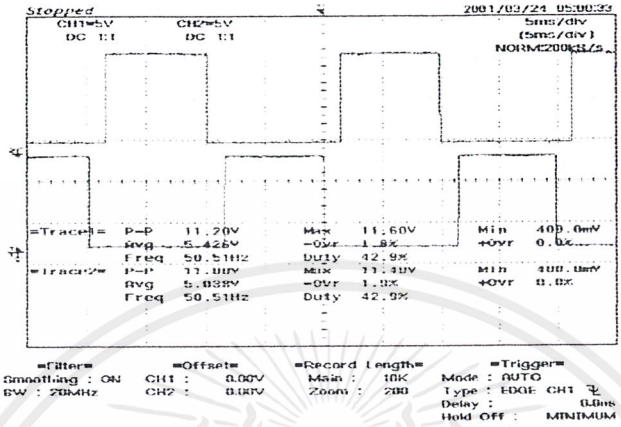
รูปที่ 5.1 แสดงการต่อวงจรของการทดลองที่ 1

เตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 5.1 และจับรูปคลื่นสัญญาณโดยใช้ Digital Oscilloscope ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น DL-1520 8 bites 200 MS/J 150 MHz เพื่อวัดสัญญาณกำเนิดคลื่น (จุดที่ 1), สัญญาณขับเกต (จุดที่ 2), แรงดันด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง (จุดที่ 3) และแรงดันเอาท์พุท (จุดที่ 4) ตามลำดับ

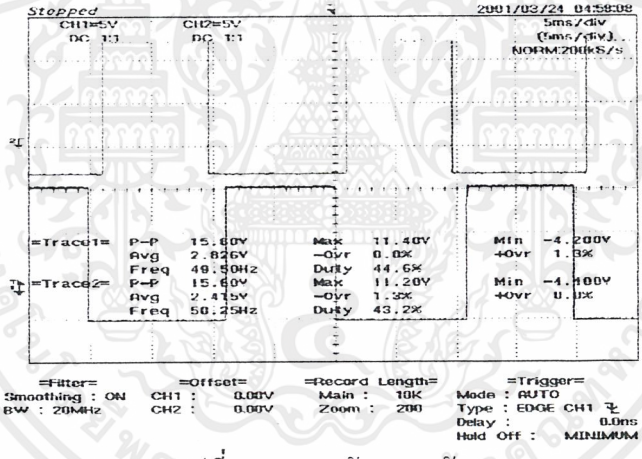
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ผลการทดลอง

1.สัญญาณกำเนิดคลื่นและสัญญาณขับเกต

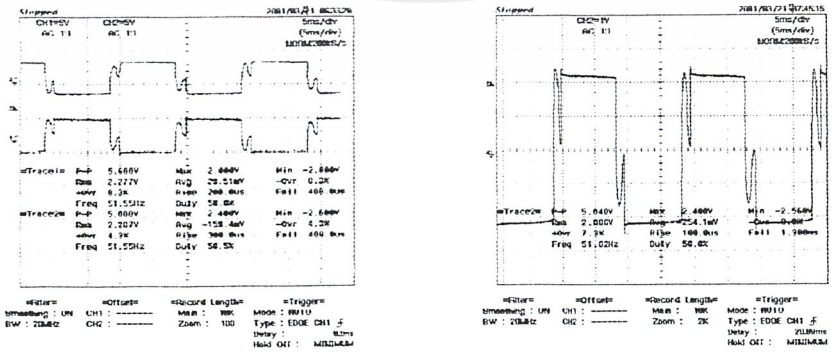


รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณกำเนิดคลื่น



รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณขับเกต

2. สัญญาณแรงดันของหม้อแปลง

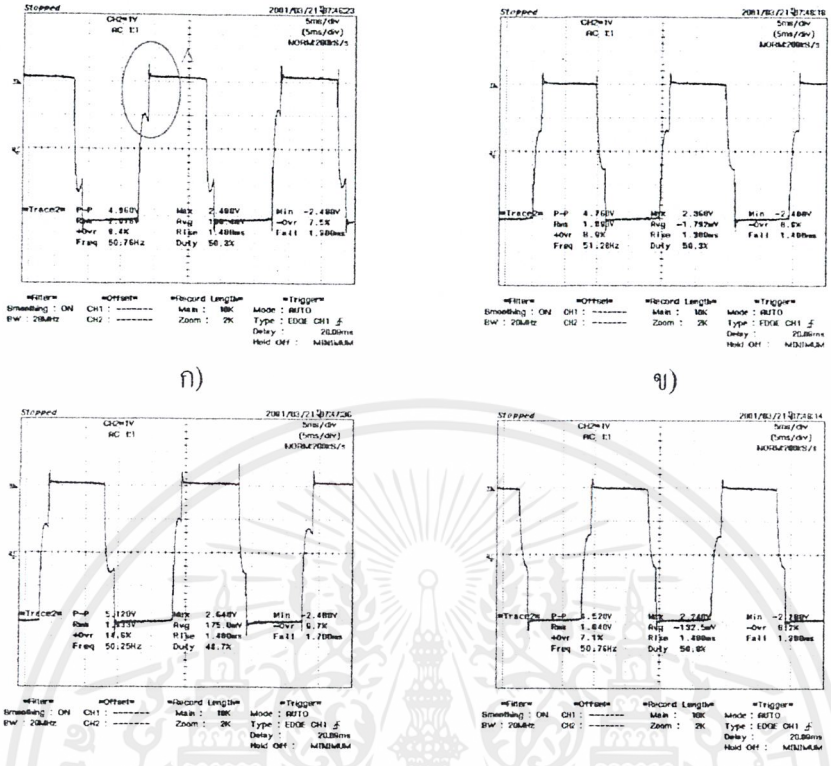


ก) ข)

รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณแรงดันของหม้อแปลงภาวะไร้โหลด

ก) ด้านปฐมภูมิ ข) ด้านเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)

ข)

ค)

ง)

รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณแรงดันของหม้อแปลงภาวะมีโหลด

ก) ขณะจ่ายโหลด 1 หลอด ข) ขณะจ่ายโหลด 2 หลอด

ค) ขณะจ่ายโหลด 3 หลอด ง) ขณะจ่ายโหลด 4 หลอด

5.1.4 สรุปผลการทดลอง

1. สัญญาณกำเนิดคลื่นและสัญญาณขับเกตมีลักษณะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 2 สัญญาณที่มีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา

2. รูปคลื่นสัญญาณแรงดันทางด้านปฐมภูมิและทางด้านเอาท์พุทของหม้อแปลงมีลักษณะคล้ายรูปคลื่นสี่เหลี่ยม แต่เนื่องจากมีผลของค่าเผื่อเวลาจึงทำให้ รูปคลื่นมีลักษณะดังที่เห็นในรูปที่ 5.5 ก (จุด A) ลักษณะรูปคลื่นเช่นนี้จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการจ่ายโหลดเพิ่มขึ้นคือจะทำให้ค่าเผื่อเวลามีค่าน้อยลง ซึ่งส่งผลให้รูปคลื่นสัญญาณแรงดันมีลักษณะคล้ายรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมากขึ้น

5.2.การทดลองที่ 2 เรื่อง ระยะเวลาที่หลอดไฟฉุกเฉินใช้ในการติดและดับ

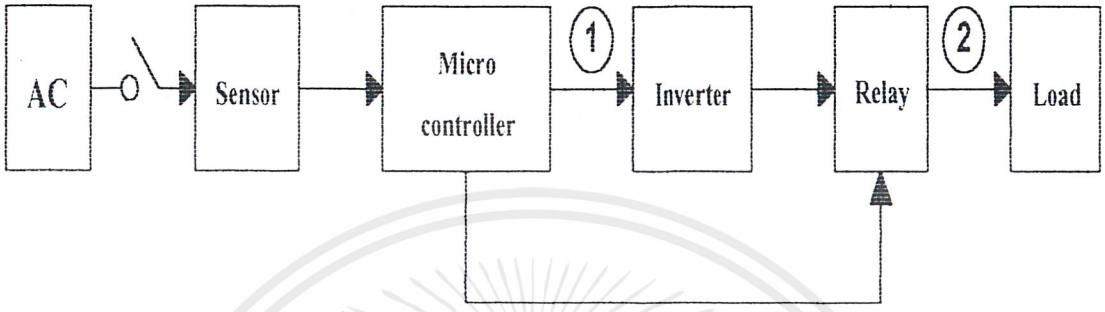
5.2.1 สมมุติฐาน

1. เมื่อไฟฟ้าดับหลอดไฟฉุกเฉินควรจะติดภายในเวลา 1 วินาที
2. เมื่อไฟฟ้ามาตามปกติหลอดไฟฉุกเฉินควรจะดับภายในเวลา 1 วินาที
3. ระยะเวลาที่หลอดไฟฉุกเฉินแต่ละชั้นใช้ในการติดและดับจะใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น973A เตรียมวัดแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุท ของชุดตรวจจับสัญญาณของชั้นที่ 1 (จุดที่ 1) ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงการต่อวงจรของการทดลองที่ 2

2. .ทดลองกดสวิตช์ดับไฟของชั้นที่ 1 และบันทึกค่าจากนาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น ILLUMINATOR ที่ใช้จับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นกดสวิตช์ดับไฟจนถึงสภาวะที่อ่านค่าแรงดันจากดิจิตอลมิเตอร์ได้ค่าประมาณ 2 –3 โวลต์ (สภาวะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ค่าอินพุทเป็นสถานะต่ำ) โดยทดลองซ้ำกัน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3. ทดลองซ้ำตามข้อที่ 1 และข้อ 2 แต่เปลี่ยนการดับไฟเป็นชั้นที่ 2 , 3 และ4 ตามลำดับ

4. เตรียมวัดสัญญาณแรงดันเอาท์พุท โดยใช้ Digital Oscilloscope ยี่ห้อ Yokogawa จับรูปคลื่นสัญญาณแรงดันทางด้านเอาท์พุทของสวิตช์รีเลย์ (จุดที่ 2) ดังแสดงในรูป 5.6

5. ทดลองดับไฟของชั้นที่ 1 เพื่อให้หลอดไฟฉุกเฉินทำงาน แล้วอ่านค่าเวลาจาก Digital Oscilloscope โดยเป็นค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน คือ ตั้งแต่สภาวะเริ่มต้นที่มีสัญญาณแรงดันจนถึงสภาวะที่แรงดันมีเสถียรภาพ โดยทดลองซ้ำกัน 10 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

6. ทดลองซ้ำข้อ 4 และข้อ 5 แต่เปลี่ยนการดับไฟเป็น ชั้นที่ 2 , 3 และ4 ตามลำดับ

7. ทดลองซ้ำข้อ4, 5 และ6 แต่เปลี่ยนจากการดับไฟเป็นการเปิดไฟ เพื่อให้หลอดไฟฉุกเฉินหยุดทำงานและอ่านค่าเวลาที่รีเลย์ ใช้ในการหยุดทำงานคือ ตั้งแต่สภาวะที่แรงดันมีค่าเสถียรภาพจนถึงสภาวะที่ไม่มีสัญญาณแรงดัน

8. หาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาทั้งหมดที่ไฟฉุกเฉินใช้ในการติดและดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

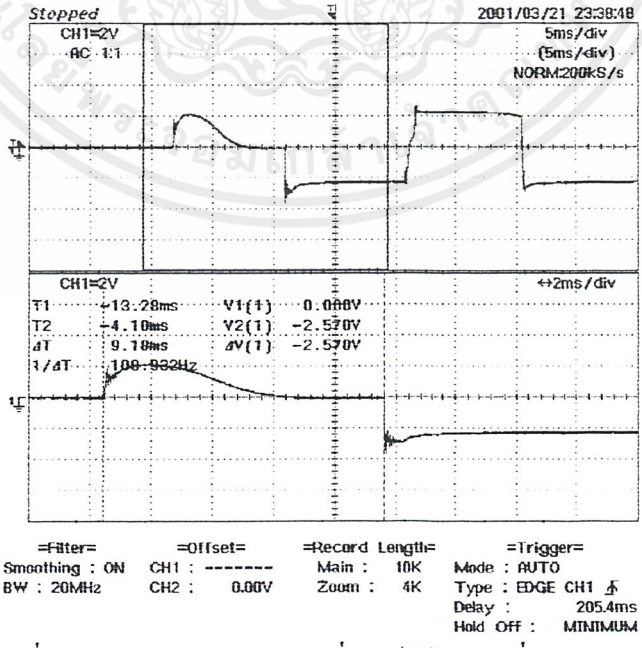
5.2.3 ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองตามข้อ 1, 2, และ3

ครั้งที่	ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดตรวจจับสัญญาณ (วินาที)			
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
1	1.44	1.25	1.12	1.13
2	1.51	1.27	1.12	1.25
3	1.50	1.37	1.26	1.08
4	1.50	1.12	1.13	1.12
5	1.51	1.19	1.13	1.38
6	1.56	1.43	1.25	1.50
7	1.53	1.22	1.19	1.07
8	1.50	1.09	0.94	1.09
9	1.58	1.12	1.14	1.25
10	1.46	1.31	1.37	1.32
ค่าเฉลี่ย	1.51	1.24	1.17	1.22

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดตรวจจับสัญญาณ

2. ผลการทดลองตามตามขั้นตอนการทดลองข้อที่ 4, 5 และ6



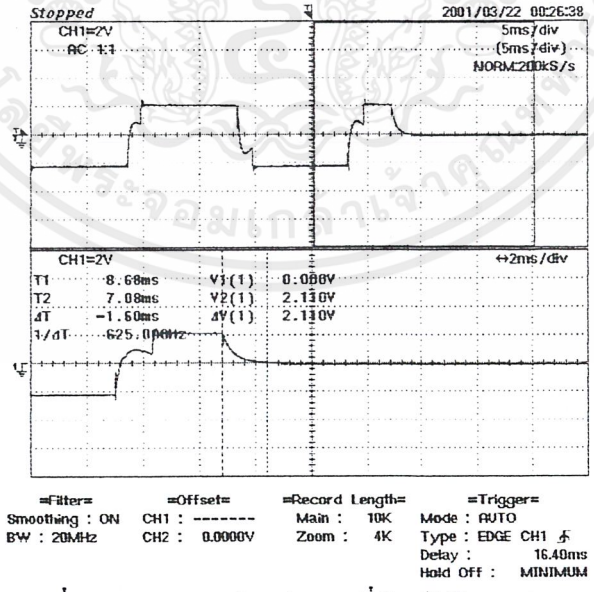
รูปที่ 5.7 แสดงการอ่านค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	เวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน(มิลลิวินาที)			
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
1	9.06	9.20	9.08	9.24
2	9.20	9.40	9.32	8.96
3	8.96	9.11	9.02	9.02
4	9.16	9.18	9.08	6.74
5	9.00	9.14	5.88	9.14
6	8.94	9.10	9.26	9.82
7	9.03	9.08	9.18	9.14
8	9.14	9.06	9.12	9.06
9	8.97	9.22	9.32	9.02
10	9.12	9.26	9.52	9.14
ค่าเฉลี่ย	9.06	9.18	8.88	8.93

ตารางที่5.2 แสดงผลการหาค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน

3. ผลการทดลองตามขั้นตอนการทดลองข้อที่ 7



รูปที่ 5.8 แสดงการอ่านค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	เวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดทำงาน(มิลลิวินาที)			
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
1	1.80	1.20	1.33	2.82
2	1.49	1.50	2.30	2.72
3	1.59	1.74	1.80	2.28
4	1.59	1.60	1.82	2.34
5	1.30	2.44	1.74	2.12
6	1.60	1.64	1.62	2.42
7	1.20	4.02	1.38	2.84
8	1.50	1.92	1.78	2.88
9	1.50	3.18	2.02	1.96
10	1.40	5.60	2.32	2.55
ค่าเฉลี่ย	1.50	2.48	1.81	2.49

ตารางที่5.3 แสดงผลการหาค่าเวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดทำงาน

4. ระยะเวลาทั้งหมดที่หลอดไฟฉุกเฉินใช้ในการติดเมื่อไฟจากการไฟฟ้าดับ สามารถหาได้จากผลรวมของทั้ง 3 ส่วน

- ค่าความคลาดเคลื่อนของชุดตรวจจับสัญญาณ
- ระยะเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการตรวจสอบว่าเป็นสัญญาณไฟดับหรือไฟตก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47 มิลลิวินาที
- ระยะเวลาที่รีเลย์ใช้ในการเริ่มทำงาน

ดังนั้น เมื่อไฟดับ หลอดไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 1 จะติดภายในเวลา

0.047+0.00906+1.51 = 1.57 วินาที

เมื่อไฟดับ หลอดไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 2 จะติดภายในเวลา

0.047+0.00918+1.24 = 1.30 วินาที

เมื่อไฟดับ หลอดไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 3 จะติดภายในเวลา

0.047+0.00888+1.17 = 1.23 วินาที

เมื่อไฟดับ หลอดไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 4 จะติดภายในเวลา

0.047+0.00893+1.22 = 1.28 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระยะเวลาทั้งหมดที่หลอดไฟฉุกเฉินดับเมื่อไฟจากการไฟฟ้ามาตามปกติ คือเวลาที่รีเลย์ใช้ในการหยุดการทำงาน

ดังนั้น เมื่อไฟฟ้ามาตามปกติ ไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 1 จะดับภายในเวลา 1.50 มิลลิวินาที

เมื่อไฟฟ้ามาตามปกติ ไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 2 จะดับภายในเวลา 2.48 มิลลิวินาที

เมื่อไฟฟ้ามาตามปกติ ไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 3 จะดับภายในเวลา 1.81 มิลลิวินาที

เมื่อไฟฟ้ามาตามปกติ ไฟฉุกเฉินของชั้นที่ 4 จะดับภายในเวลา 2.49 มิลลิวินาที

5.2.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองระยะเวลาที่ใช้ในการติดของหลอดไฟฉุกเฉินเมื่อไฟจากการไฟฟ้าดับมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ เป็นผลมาจากการคายประจุของตัวเก็บประจุของชุดตรวจจับสัญญาณ ซึ่งมีไว้เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V ที่ป้อนกลับเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์อาจแก้ปัญหานี้ด้วยการเปลี่ยนแปลงชุดตรวจจับสัญญาณ ส่วนระยะเวลาที่หลอดไฟฉุกเฉินดับเมื่อไฟจากการไฟฟ้ามาตามปกติจะใช้เวลาน้อยมาก เป็นไปตามที่กำหนดไว้

สำหรับค่าเวลาที่ได้จากการทดลองของแต่ละชั้นที่แตกต่างกันนั้นอาจเกิดจากข้อผิดพลาดในการอ่านค่าเวลาจาก Digital Oscilloscope และจากการจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลารวมทั้งเกิดจากคุณสมบัติภายในของอุปกรณ์เองด้วย เช่นการคายประจุของตัวเก็บประจุไม่เท่ากัน

5.3 การทดลองที่ 3 เรื่อง เปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของระบบไฟฉุกเฉินเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

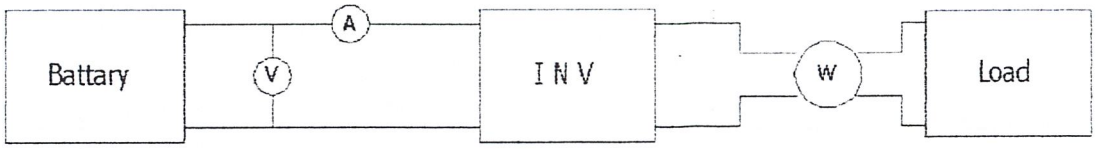
5.3.1 สมมุติฐาน

1. ประสิทธิภาพและเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบมีค่ามากขึ้นเมื่อโหลดมากขึ้น
2. เมื่อโหลดเปลี่ยนแปลง ระดับแรงดันเอาท์พุทมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย

5.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือการวัด ดังรูปที่ 5.9 โดยใช้ มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 973A เพื่อวัดค่ากระแสที่แบตเตอรี่จ่ายให้โหลด และใช้ Digital Clamp On Tester ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2343 02 เพื่อวัดค่าแรงดันแบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงการต่อวงจรของการทดลองที่ 3

2. เตรียมเครื่องวัด True rms ยี่ห้อ Yokogawa (1 เฟส) รุ่น 2534 เพื่อวัดค่าแรงดัน, กระแส, เพาเวอร์แฟคเตอร์ และค่ากำลังวัตต์ทางด้านเอาท์พุท

3. ทำการกดสวิตช์เพื่อให้ไฟฉุกเฉินทำงาน 1 หลอด และอ่านค่าแรงดัน ,กระแส ทั้งทางด้านอินพุทและเอาท์พุท รวมทั้งอ่านค่าวัตต์และเพาเวอร์แฟคเตอร์ทางด้านเอาท์พุทด้วย

4. ทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ, อัตราส่วนหม้อแปลง (Turn Ratio) และเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่น

5. ทำการทดลองเช่นข้อที่1 และ2 แต่เพิ่มจำนวนหลอดไฟเป็น 2, 3 และ4 ตามลำดับ แล้วบันทึกผลดังเดิม

5.3.3 ผลการทดลอง

1. ผลการวัดค่าคุณสมบัติต่างๆทางไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

จำนวนหลอดไฟฉุกเฉิน(หลอด)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
0	25.30	0.00
1	25.08	3.34
2	24.83	4.44
3	24.58	5.30
4	24.40	6.31

ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

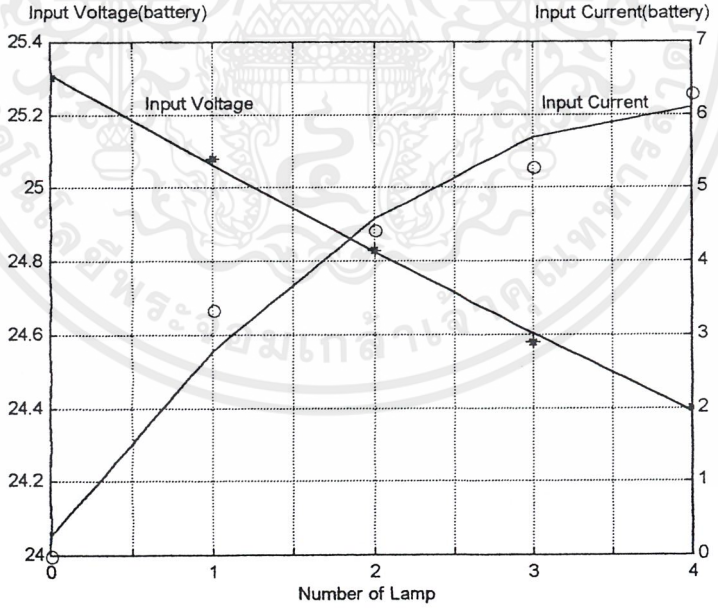
จำนวนหลอดไฟฉุกเฉิน(หลอด)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	เพาเวอร์แฟคเตอร์	กำลัง (วัตต์)
0	214.7	0.00	0.00	0.00
1	203.3	0.17	0.86	28.00
2	195.0	0.31	0.90	53.00
3	187.0	0.43	0.91	70.00
4	182.4	0.56	0.92	94.00

ข)

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าคุณสมบัติต่างๆทางไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

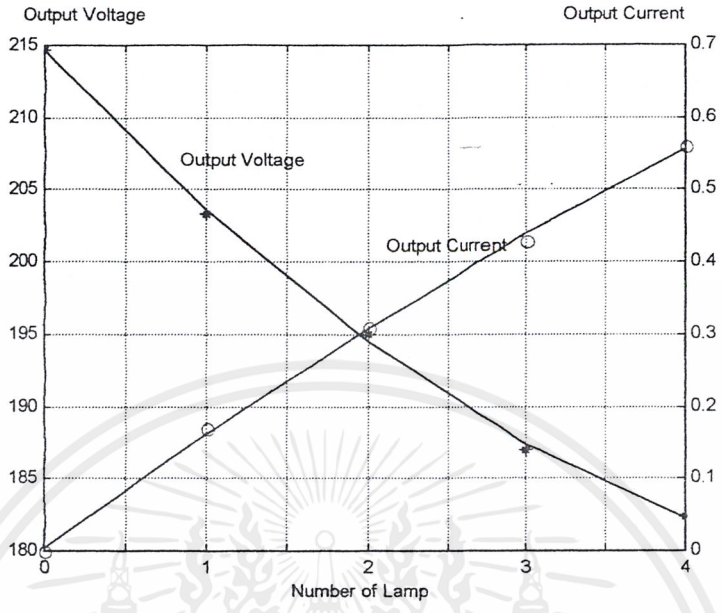
ก) ทางด้านอินพุท (จากแบตเตอรี่)

ข) ทางด้านเอาท์พุท



ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

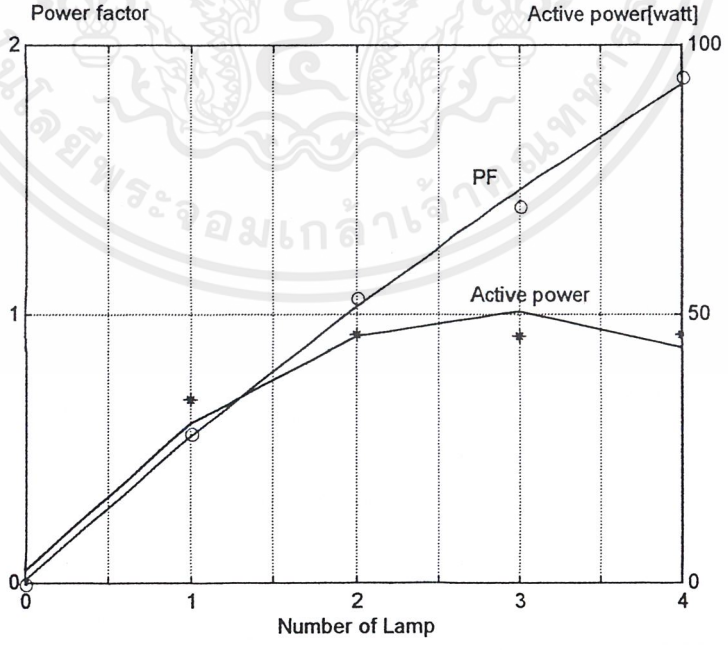


ข)

รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน

ก) ทางด้านอินพุท

ข) ทางด้านเอาท์พุท



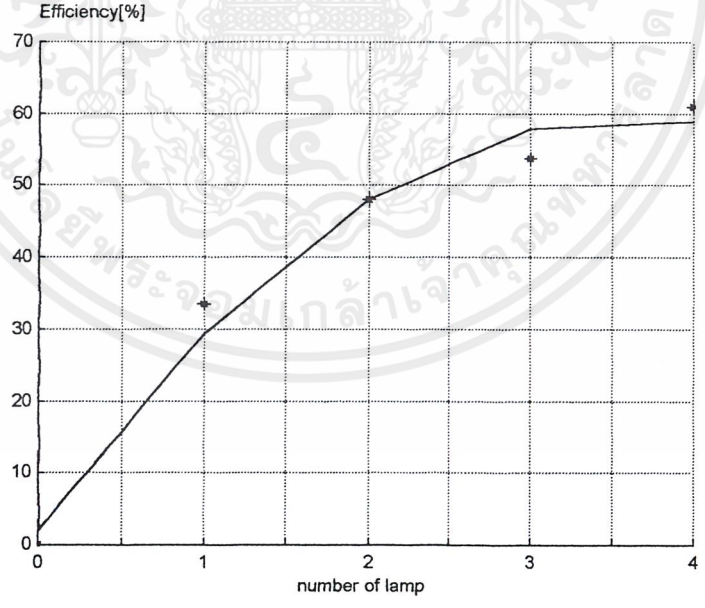
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์และกำลังวัตต์ทางด้านเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ผลการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

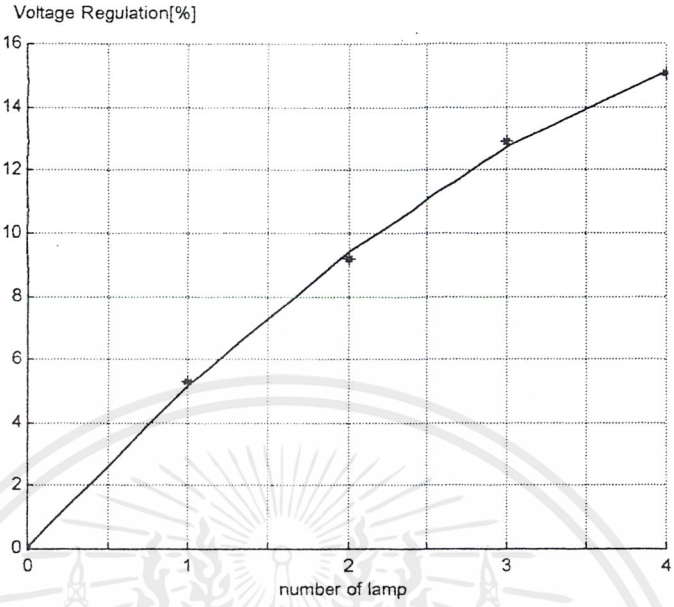
จำนวนหลอดไฟฉุกเฉิน(หลอด)	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราส่วนหม้อแปลง	โวลเตจเรกูเลชั่น (%)
0	0.00	9.43	0.00
1	33.43	9.21	5.31
2	48.07	8.92	9.18
3	53.73	8.66	12.90
4	61.05	8.52	15.04

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าประสิทธิภาพและเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่น

5.3.4 สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนหลอดไฟฉุกเฉินเพิ่มขึ้น ทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์, กำลังเอาท์พุท และประสิทธิภาพมีค่ามากขึ้นด้วย เนื่องจากโหลดดึงกระแสมากขึ้น

สำหรับเปอร์เซ็นต์โวลเตจเรกูเลชั่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนโหลดเพิ่มขึ้น นั่นคือ แรงดันเอาท์พุทจะตกมากขึ้นเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของหม้อแปลงทางด้านเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ สามารถเห็นได้จากค่าอัตราส่วนหม้อแปลงที่มีค่าลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น

5.4 การทดลองที่ 4 เรื่อง ระยะเวลาในการสำรองไฟและลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่

5.4.1 สมมุติฐาน

1. เมื่อหลอดไฟฉุกเฉินทำงานทั้ง 4 หลอด ชุดไฟฉุกเฉินนี้สามารถสำรองไฟได้นาน 2 ชั่วโมง

2. ถ้าแรงดันแบตเตอรี่ใกล้ค่าแรงดันสุดท้ายแล้ว ระดับแรงดันแบตเตอรี่จะลดลงอย่างรวดเร็ว

5.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการอัดประจุแบตเตอรี่ให้เต็ม แล้วตัดสัญญาณไฟเข้าเพื่อจำลองเหตุการณ์ไฟดับ ทำให้ชุดไฟฉุกเฉินทำงานทั้ง 4 หลอด โดยใช้ มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 973A เพื่อวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสที่แบตเตอรี่จ่ายให้โหลด (จุด A_1) และใช้ Digital Clamp On Tester ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2343 02 เพื่อวัดแรงดันที่แบตเตอรี่ (จุดV_1) เมื่อจ่ายโหลดทุกๆ 5 นาที ดังรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 แสดงการต่อวงจรของการทดลองที่ 4

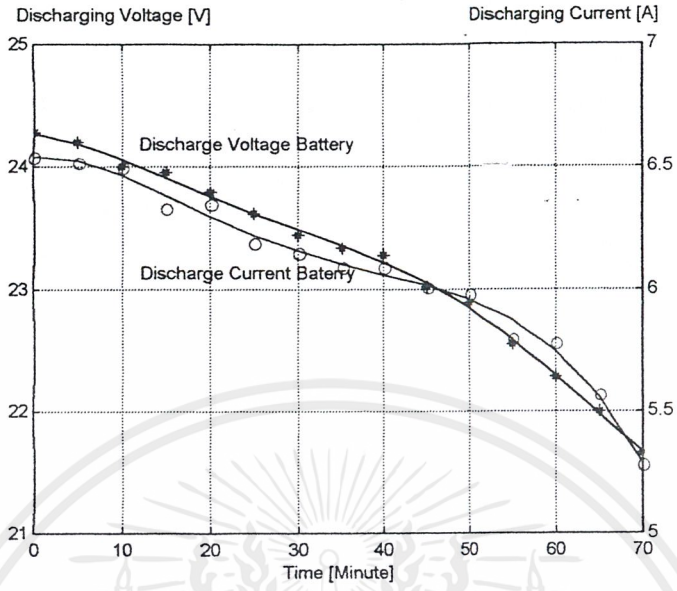
2. ทำการวัดค่ากระแส (จุด A_2) และค่าแรงดันทางด้านเอาท์พุทของโหลด (จุด V_2)โดยใช้มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 973A และใช้ Digital Clamp On Tester ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2343 02 ทุกๆ 5 นาที ดังรูปที่ 5.14

5.3.3 ผลการทดลอง

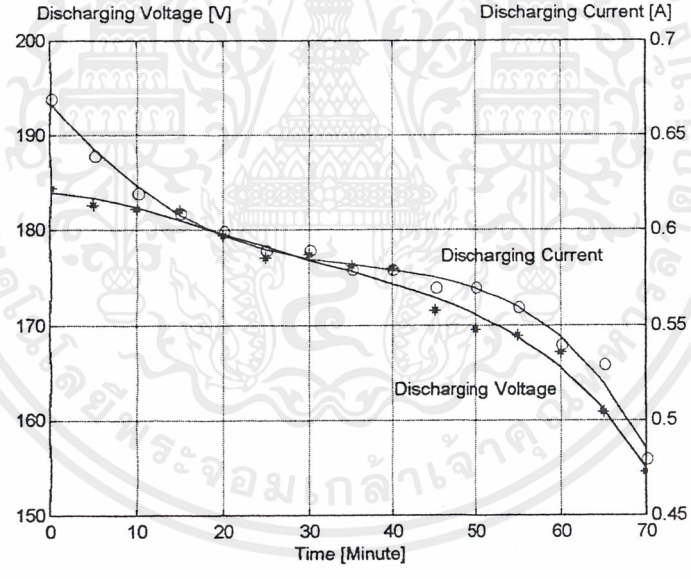
เวลา (ชั่วโมง)	แบตเตอรี่		เอาท์พุท	
	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมแปร์)
เริ่มต้น	24.28	6.54	184.4	0.67
5	24.20	6.52	182.7	0.64
10	24.00	6.50	182.3	0.62
15	23.96	6.33	182.1	0.61
20	23.79	6.25	179.4	0.60
25	23.61	6.19	177.4	0.59
30	23.44	6.15	177.1	0.59
35	23.33	6.09	176.2	0.58
40	23.28	6.09	175.9	0.58
45	23.02	6.01	171.5	0.57
50	22.89	5.98	169.5	0.57
55	22.55	5.80	168.9	0.56
60	22.28	5.78	167.2	0.54
65	22.00	5.57	160.9	0.53
70	21.66	5.28	154.6	0.48

ตารางที่ 5.6 แสดงค่ากระแสและแรงดันทางด้านอินพุทและเอาท์พุท ขณะสำรองไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)



ข)

รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสขณะสำรองไฟ

ก) แบตเตอรี่ขณะจ่ายโหลด

ข) เอาท์พุทของโหลด

5.3.4 สรุปผลการทดลอง

ระยะเวลาที่สำรองไฟได้ทั้งหมดนั้นมีค่าประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนดไว้มาก ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ คือแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทมีค่าไม่ถึง 220 V และเกิดจากคุณสมบัติของแบตเตอรี่ที่ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

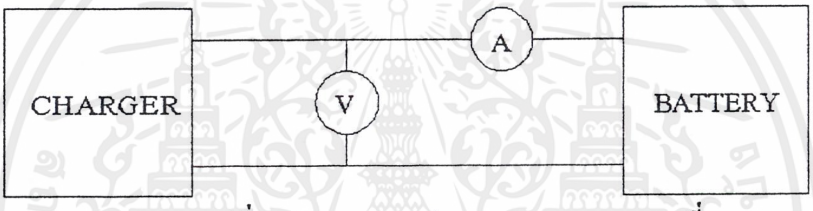
5.5 การทดลองที่ 5 เรื่อง การทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

5.5.1 สมมุติฐาน

1. แรงดันที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่มีค่าคงที่
2. กระแสที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่มีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่มีค่าประมาณ 16 – 18 ชั่วโมง

5.5.2ขั้นตอนการทดลอง

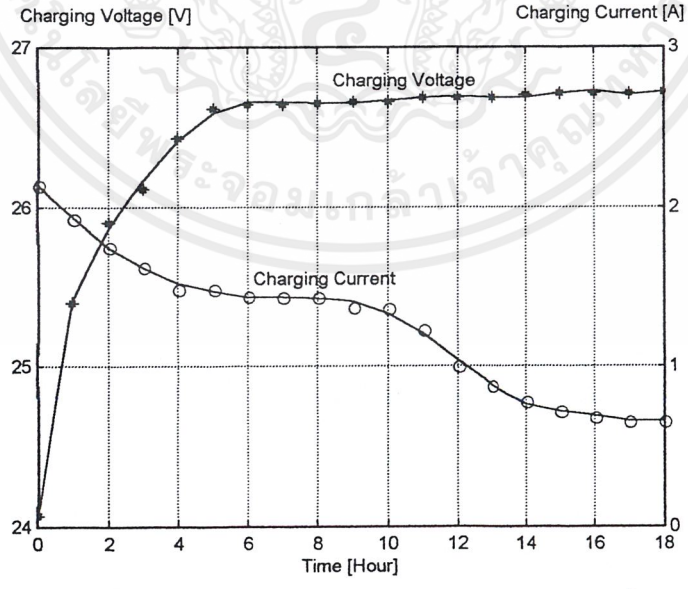
1. ทำการประจุแบตเตอรี่โดยวัดค่าแรงดันและกระแสที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัด Digital Clamp On Tester ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น 2343 02 และมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น 973A ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 แสดงการต่อวงจรของการทดลองที่ 5

2. ทำการประจุแบตเตอรี่จนค่าแรงดันที่ใช้ในการประจุเริ่มมีค่าคงที่

5.5.3 ผลการทดลอง



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ (ชั่วโมง)	แรงดันแบตเตอรี่ (โวลต์)	แรงดันในการประจุแบตเตอรี่ (โวลต์)	กระแสในการประจุแบตเตอรี่ (แอมแปร์)
เริ่มต้น	23.30	24.07	2.17
1	24.49	25.40	2.17
2	24.97	25.90	2.17
3	25.20	26.11	1.63
4	25.70	26.43	1.49
5	26.00	26.61	1.49
6	26.07	26.64	1.44
7	26.21	26.64	1.43
8	26.33	26.65	1.43
9	26.37	26.66	1.37
10	26.40	26.66	1.36
11	26.42	26.68	1.23
12	26.43	26.68	1.00
13	26.47	26.68	0.88
14	26.54	26.70	0.78
15	26.55	26.71	0.72
16	26.56	26.71	0.69
17	26.59	26.71	0.66
18	26.60	26.72	0.63

ตารางที่ 5.7 แสดงค่ากระแสและแรงดันที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการประจุแบตเตอรี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าในการอัดประจุจะมีค่าต่ำและค่อยๆเพิ่มขึ้นจนมีแนวโน้มว่าจะคงที่ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าในการประจุซึ่งเป็นผลบวกของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าชุดไฟเลี้ยงนั้นก็จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้ แล้วค่อยๆลดลงจนเกือบคงที่ในสภาวะที่แบตเตอรี่ถูกประจุจนเต็ม

ผลการทดลองที่ผิดพลาดจากค่าที่กำหนดไว้เกิดจาก

1.ค่าความต้านทานที่ใช้ในการจำกัดกระแสมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ได้จากการคำนวณ ทำให้การจำกัดกระแสไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

2. ผลจากคุณสมบัติภายในของแบตเตอรี่ ซึ่งผ่านการทดลองมาบ่อยครั้ง อีกทั้งเกิดการลัดวงจรของขั้วแบตเตอรี่ ทำให้คุณสมบัติของแบตเตอรี่อยู่ในสภาวะที่ไม่ค่อยดีเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทวิจารณ์และสรุป

6.1 วิเคราะห์ผลของโครงงาน

จากผลการทดลองทุกส่วนสรุปได้ว่าระบบไฟฉุกเฉินนี้สามารถสำรองไฟได้ประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ออกแบบไว้อันเป็นผลมาจากข้อผิดพลาดต่างๆดังนี้

- เนื่องจากคุณสมบัติของแบตเตอรี่ เพราะผ่านการทดลองมาบ่อยครั้งทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ เช่น การเกิดลัดวงจรของขั้วแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นผลทำให้ความสามารถในการคายประจุของแบตเตอรี่ลดลง
- จากหม้อแปลงแปลงแรงดันขึ้นของวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นวงจรหลักของระบบมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากการออกแบบยังได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบลดลงไปด้วย

6.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากข้อผิดพลาดต่างๆที่กล่าวมา พอจะสรุปเป็นปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ดังนี้

6.2.1 ปัญหาที่พบ

- การทำงานของวงจรจริงไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณและออกแบบ ทำให้วงจรที่ออกแบบมานั้นได้ค่าต่างๆยังไม่ค่อยดีนัก
- ขาดทักษะและความชำนาญบางอย่างในการปฏิบัติงานจริง ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
- ในบางครั้งขาดความรอบคอบและความระมัดระวังในการปฏิบัติงาน ทำให้เกิดข้อผิดพลาดซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และเกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานได้
- จำนวนอุปกรณ์เครื่องมือวัดมีไม่เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษา

6.2.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

- ศึกษาเนื้อหาทางด้านวิชาการให้ละเอียด และครอบคลุมหลายๆเรื่อง เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบ และวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้
- ศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายนอก เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของโครงงานกับของที่มีใช้กันอยู่จริง
- เพิ่มความรอบคอบและความระมัดระวังในการทำงานให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วางแผนการทำงานทุกอย่างให้ดี เพื่อที่จะได้รู้ขั้นตอนในการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีภายในเวลาอันสั้นและเกิดข้อผิดพลาดน้อยลง

สรุปแล้วโดยภาพรวมของระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ควรจะทำการปรับปรุงแก้ไขส่วนต่างๆของระบบให้มีประสิทธิภาพดีกว่านี้เสียก่อน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า โครงงานนี้มีความเป็นไปได้จริงตามแนวคิดที่ได้กำหนดขอบเขตไว้ในตอนแรก และสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาสำหรับนักศึกษารุ่นน้องต่อไป

6.3 ข้อแนะนำเพิ่มเติม

- ร้าน โชคชัย ขายตัวต้านทานราคาถูกมากนะ
- ร้านสหพิพัฒน์ ขายมอสเฟ่ตราคาค่อนข้างถูก
- ร้านณัฐพงษ์ ขายตัวต้านทานกระเบื้องราคาถูกมาก ส่วนอุปกรณ์อื่นๆนั้นราคาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถสอบถามราคาทั่วไปได้
- ร้านEPS มีของเยอะแต่ราคาแพงมากทีเดียว เอาไว้เป็นทางเลือกสุดท้ายละกัน
- แผงลอย ตาดีได้ ตาร้ายเสีย บางอย่างแพง บางอย่างถูก ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แล้วแต่โชค
- สุสานภาค ชั้นบนของอาคารไฟฟ้าสามารถหาอุปกรณ์ต่างที่จะนำมาใช้ได้ แนะนำ ควรขึ้นไปก่อนพลบค่ำ เพราะ ???
- ร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในลาดกระบัง ราคาอุปกรณ์แพงมากๆ เช่น ออปโต คัพเพลอร์ เบอร์ P521 ตัวละ 50 บาท แต่ที่บ้านหม้อขายตัวละไม่เกิน 8 บาท ถ้าไม่จำเป็นจริงๆ อย่าไปซื้อเด็ดขาด
- ร้าน For Circuit ถือว่าราคาอุปกรณ์ถูกที่สุดแล้วในบรรดาร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในลาดกระบัง
- ร้านกรุงธนวิทยุ เป็นร้านขายอุปกรณ์ของหม้อแปลง ร้านนี้หยิ่ง ไม่ง้อลูกค้า ถ้าไม่ซื้อในปริมาณมากจะไม่สนใจลูกค้าเลย อีกทั้งยังไม่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเลยแม้แต่นิดเดียว ดังนั้นถ้าจะไปซื้อควรให้คนที่ใจเย็นที่สุดในกลุ่มไป ควรไปซื้อช่วงที่คนหนุ่มอยู่เพราะคนแก่ปากร้ายและขี้บ่นมาก ถ้าหาร้านอื่นได้จะเยี่ยมยอดมาก
- ร้านNectec ที่ลาดพร้าว ซอย 1 เห็นว่าราคาถูก ลองไปดูนะ อย่าลืมว่าสาวๆลาดพร้าว สวย
- อาจารย์สุรินทร์ คำฝอย เป็นอาจารย์ที่ไม่ยอมหลับยอมนอน ชอบแข่งอดนอนกับนักศึกษา โดยเฉพาะช่วงใกล้สอบโปรเจค เยี่ยมจริงๆ
- พี่ๆต่อเนื่องห้อง W เก่งมาก ควรขอคำปรึกษาไว้ และให้ความเคารพพี่ๆเค้าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่ประสบความสำเร็จได้เลยหากขาดบุคคลทุกๆท่านดังต่อไปนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อ.สุรินทร์ คำฝอย ที่ให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการและอื่นๆ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา และรุ่นพี่ที่เคยมีประสบการณ์ในการทำปริญญานิพนธ์มาก่อน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ลูกศิษย์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณรัฐพล ใหญ่สิงห์บุญ ผู้จัดการฝ่ายโรงงาน บริษัท ซี ที แอล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับระบบไฟฉุกเฉินที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป ทำให้คณะผู้จัดทำรู้จักระบบไฟฉุกเฉินดีขึ้น ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนๆทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องของอุปกรณ์การทำโครงงานและความรู้ต่างๆที่ไม่สามารถหาอ่านในหนังสือเล่มใดได้ ขอขอบคุณพี่อาร์ตสำหรับการตรวจสอบบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้ถูกต้องขึ้น ขอขอบคุณบุคคลที่สามทุกๆคนที่ให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณ เซเว่น-อีเลเว่น ที่เป็นแหล่งเสริมพลังในยามดึก ขอขอบคุณบ้านหม้อที่เป็นแหล่งอุปกรณ์สำหรับการทำโครงงาน ขอขอบคุณร้าน For circuit สำหรับอุปกรณ์บางตัวที่ไม่ต้องไปไกลถึงบ้านหม้อ

ขอขอบคุณอุปสรรคต่างๆที่ทำให้รู้ว่าความสำเร็จนั้นยิ่งใหญ่แค่ไหน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้โอกาสในการศึกษา คอยช่วยเหลือทางด้านกำลังทรัพย์และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ก)

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร, "สาระน่ารู้เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า", ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542

[2] สุวัฒน์ ดั่น , " สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย " , ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท เอนเทลไทย จำกัด , 2538

[3] ศุลี บรรจงจิตร , " หลักการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง " ,บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด ,2540.

[4] "รวมบทความทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ" ,บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด ,2538

[5] นิยม ไชยคำวัง , "แสงสว่างฉุกเฉิน" ,ปริญญานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,ปีการศึกษา 2542

[6] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องประจุแบตเตอรี่" , มอก. 1293-2538

[7] รศ. สมยศ จุณณะปิยะ , "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" , ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2541

[8] อุดม จีนประดับ , "ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51" , ภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2541

[9] Ned Mohan , "Power Electronics Converters ,Applications ,and design (second edition)" ,John Willey & Sons Inc. ,1995

[10] J.M. Alonso, J. Diaz ,C. Blanco , P.J Villegas and M. Rico, " A Smart-Lighting Emergency System for Fluorescent Lamps" , EPE'93 pp.310-315

[11] Daniel W. Hart , "Introduction to Power Electronics" , Prentice-Hall International Inc.,1997

[12] D.M.Vasiljevic , "The design of a battery-operated fluorescent lamp" ,IEEE Trasactions on Industrial Electronics , Vol.36 ,No4 ,pp.499-503 ,November 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ข)

โปรแกรมใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

```
        ORG 0000H
        MOV 023H,#00001111B
START:  MOV A,#0FFH
        MOV P1,A
        MOV A,P1                ;READ IN PUT FOR CHECK TRANSISTOR
        JB ACC.6,CG_ON          ;TRANSISTOR  WORK
        MOV A,#01000000B        ;OPEN SW Charger-Batt AND
        MOV P2,A                ;WARNING Short-transistor by LED
        JMP READ
CG_ON: MOV A,#00100000B         ;CHARGER SW ON
        MOV P2,A
READ:  MOV A,#0FFH
        MOV P1,A
        MOV A,P1                ;READ INPUT
        ANL A,#00001111B            ;MASK 4UP BIT
        MOV 020H,A                  ;KEEP NEW 1
        CALL DELAY                  ;DELAY 47 MS
        MOV A,P1                ;READ INPUT AGAIN
        ANL A,#00001111B            ;MASK 4UP BIT
        MOV 021H,A                  ;KEEP NEW 2
        XRL A,020H                  ;CHECK CHANGE BIT
                                    ;same bit=0,diferrent bit=1
CH_N3:JNB ACC.3,NEW3
CH_N2:JNB ACC.2,NEW2
CH_N1:JNB ACC.1,NEW1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CH_N0:JNB ACC.0,NEW0
FINISH:         JMP NEXT
;-----------------------------------------------------------------
NEW3: JB 0BH,SET3     ;KEEP NEW BIT3 TO OLD BIT3 RESULT = ADD RAM @023H
        CLR 01BH                          ; become a new bit ;make know
        JMP CH_N2                         ; which line have the same input
SET3:   SETB 01BH                         ; that get from read input 2 times
        JMP CH_N2                         ; and consider that bit is 0 or 1
;-----------------------------------------------------------------  ; if =1 ,set that bit of 023H
NEW2:  JB 0AH,SET2                        ; if=0 ,clear that bit of 023H
        CLR 01AH                          ; for bring new 023H to compare
        JMP CH_N1
SET2:  SETB 01AH
        JMP CH_N1
;-----------------------------------------------------------------
NEW1:  JB 09H,SET1
        CLR 019H
        JMP CH_N0
SET1:   SETB 019H
        JMP CH_N0
;-----------------------------------------------------------------
NEW0:  JB 08H,SET0
        CLR 018H
        JMP FINISH
SET0:   SETB 018H
        JMP FINISH
;-----------------------------------------------------------------
NEW: MOV A,023H                   ;A = REAL VALUE
      CJNE A,#00001111B,BATT      ;IF NO FIRE THEN BATT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

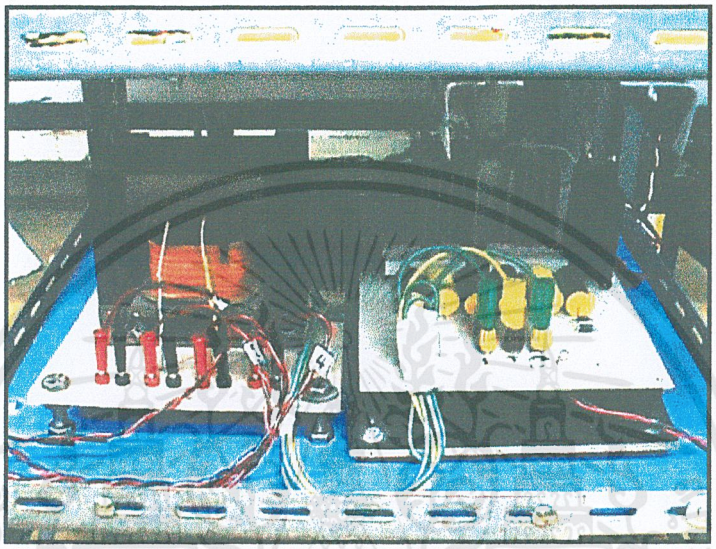
```
        JMP START               ;IF HAVE FIRE THEN GO TO START FOR
                                ;CHECK LOOP
BATT: MOV A,P1                  ;READ BATT(comparator_1[25v] ) INPUT
        JB ACC.5,SW             ;BATT > 25 V GO TO SW (set sw)
        JMP  CH_BAT             ;BATT < 25 V  GO TO CHECK BATT [>21.4] OR
                                ;[<21.4]
CH_BAT: MOV A,P1                ;READ BATT(comparator_2[21.4v] ) INPUT
          JB ACC.4,SW           ;BATT > 21.4 V. THEN SWITCH
CH_TR:  MOV A,P1                ;CHECK TRANSISTOR AGAIN (Batt <21.4)
          JB ACC.6,CH_BAT2      ;If transistor work go to set SW charger-batt
          MOV A,#01000000       ; WARNING TRANSISTOR SHOT by LED AND
          MOV P2,A              ;SW OFF Batt-Charger AND OTHER
          JMP CH_TR
CH_BAT2:MOV A,#20H              ;SET ONLY SW CHARGER -BATT AND CLEAR
          MOV P2,A              ;OTHER SW
          CLR  P2.6
          MOV A,P1              ; SW Charger-Batt On for fire come and
                                ;READ BATT(comparator_1[25v] ) INPUT
          JB ACC.5,JUMP         ; go to start for check line again ( BATT > 25)
          JMP CH_TR             ;BATT < 25 V CHECK AGAIN ( untill batt>25v then
                                ;can GO TO START )
JUMP: JMP START
 SW:   SETB P2.0                ;CONNECT BATT TO INV
        CLR P2.5                        ;DISCONNECT CHARGER TO BATT
        MOV A,023H              ;REAL VALUE
;-------------------------------------------------------------------------------
CH_L1: JNB ACC.0,SET21          ;NO FIRE THEN SWITCH ON
          CLR P2.1              ;HAVE FIRE THEN SWITCH OFF
CH_L2: JNB ACC.1,SET22
          CLR P2.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

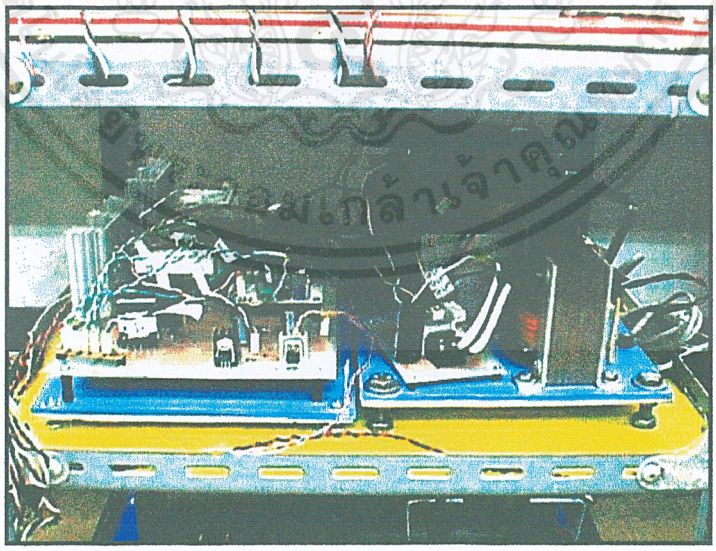
```
CH_L3: JNB ACC.2,SET23
       CLR P2.3
CH_L4: JNB ACC.3,SET24
       CLR P2.4
END_L:      JMP READ
SET21: SETB P2.1
       JMP CH_L2
SET22: SETB P2.2
       JMP CH_L3
SET23:  SETB P2.3
       JMP CH_L4
SET24: SETB P2.4
       JMP END_L          ;FINISH AND GO TO READ INPUT AGAIN
;-------------------------------------------------------------------------------
DELAY:      MOV R3,#0226D
LOOP1:MOV R2,#087D
LOOP2:DJNZ R2,LOOP2
       DJNZ R3,LOOP1
       RET
       END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก (ค)
รูปถ่ายชิ้นงาน

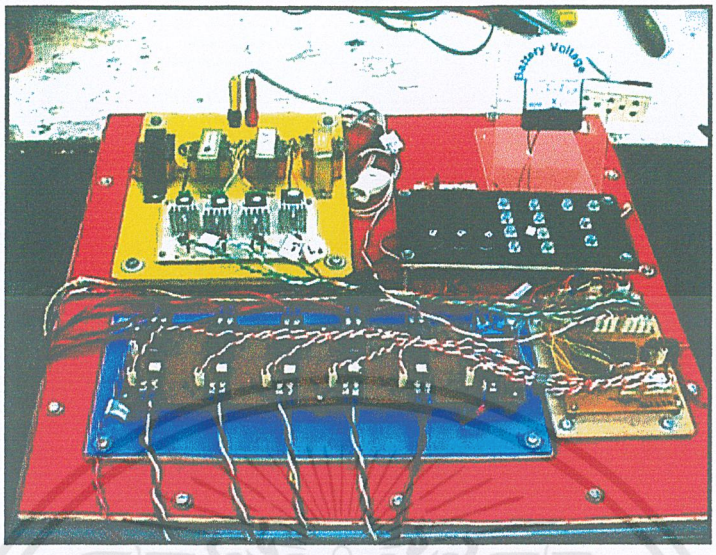


รูปภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของ อินเวอร์เตอร์

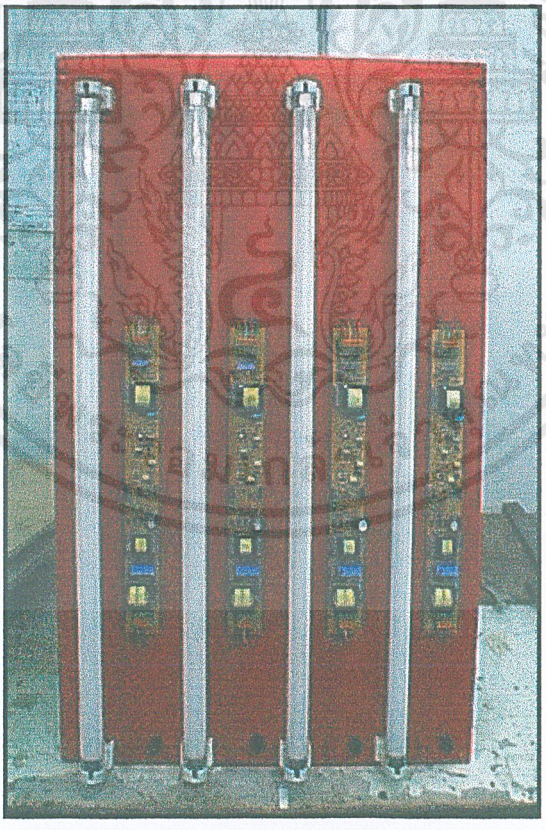


รูปภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบของ เครื่องประจุแบตเตอรี่ และ ชุดไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

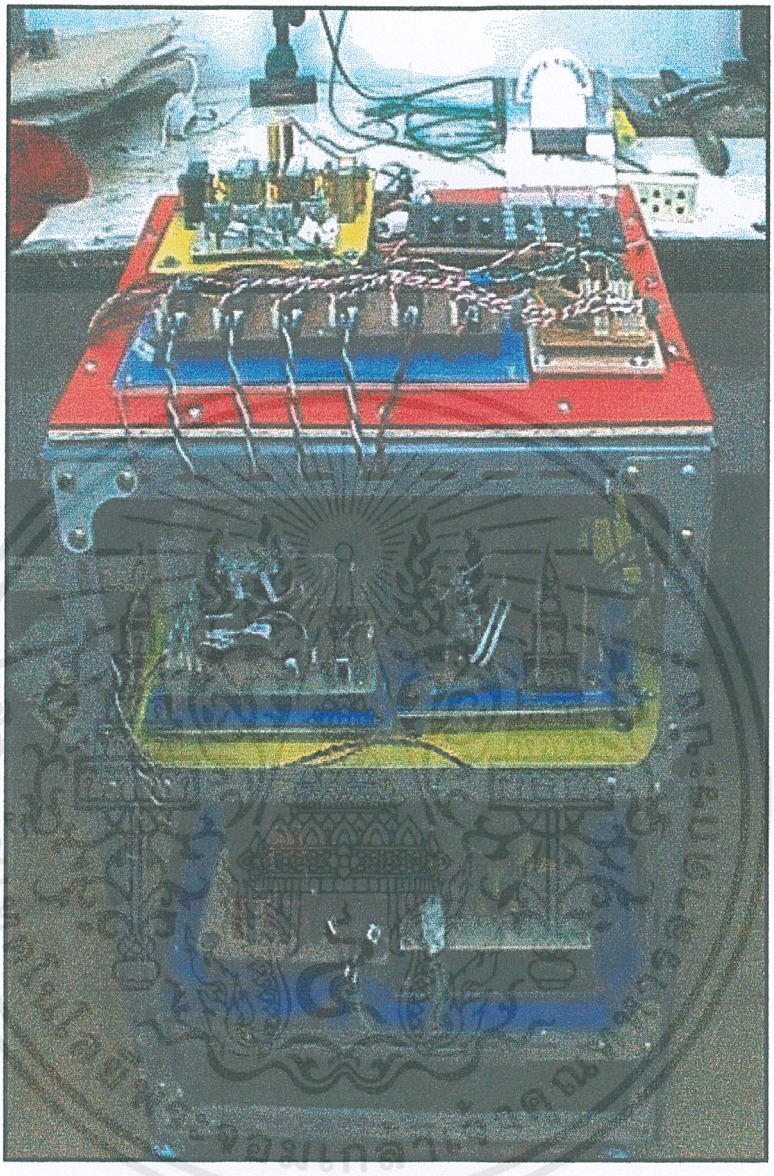


รูปภาพที่ 3 แสดงส่วนประกอบของส่วนควบคุมระบบ ชุดตรวจจับสัญญาณ และ สวิตซ์ตัดต่อ



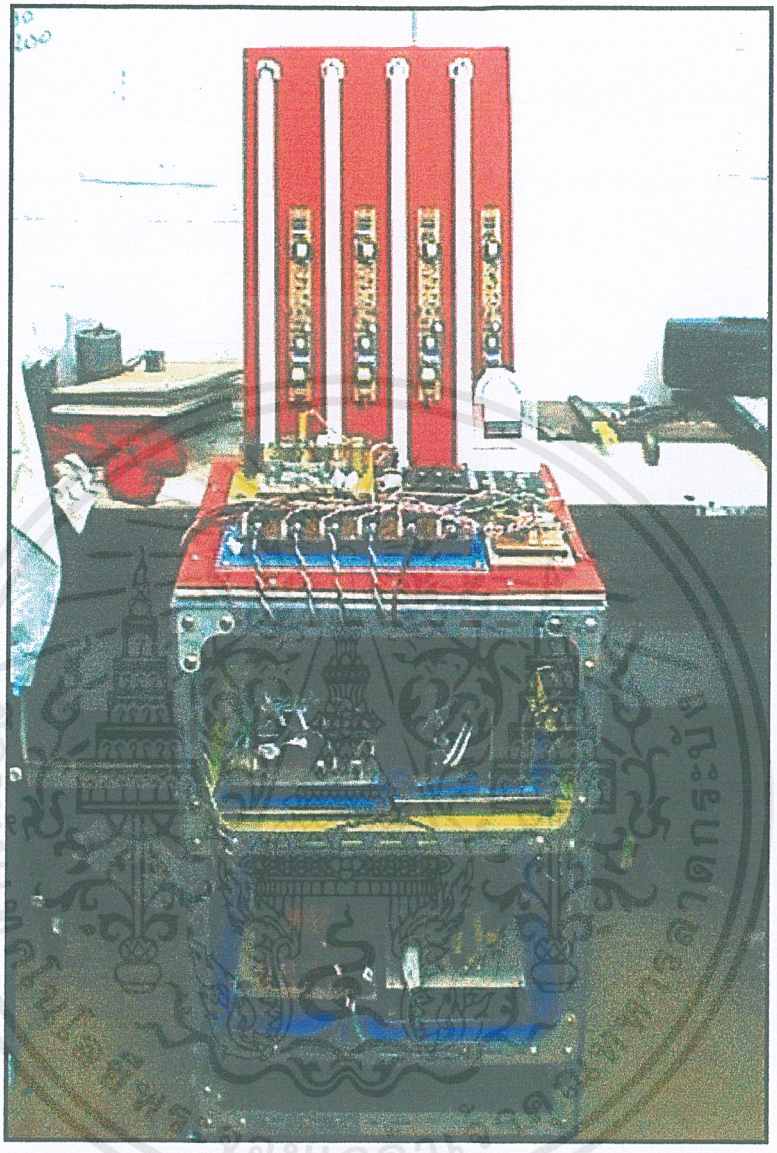
รูปภาพที่ 4 แสดงโหลดที่ประกอบด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเลกทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 5 แสดงส่วนประกอบทั้งหมดของระบบไฟฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 6 แสดงส่วนประกอบทั้งหมดของระบบไฟฉุกเฉินพร้อมโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก (ง)

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

June 1999

LM2524D/LM3524D
Regulating Pulse Width Modulator

General Description

The LM3524D family is an improved version of the industry standard LM3524. It has improved specifications and additional features yet is pin for pin compatible with existing 3524 families. New features reduce the need for additional external circuitry often required in the original version.

The LM3524D has a ±1% precision 5V reference. The current carrying capability of the output drive transistors has been raised to 200 mA while reducing V_{CEsat} and increasing V_{CE} breakdown to 60V. The common mode voltage range of the error-amp has been raised to 5.5V to eliminate the need for a resistive divider from the 5V reference.

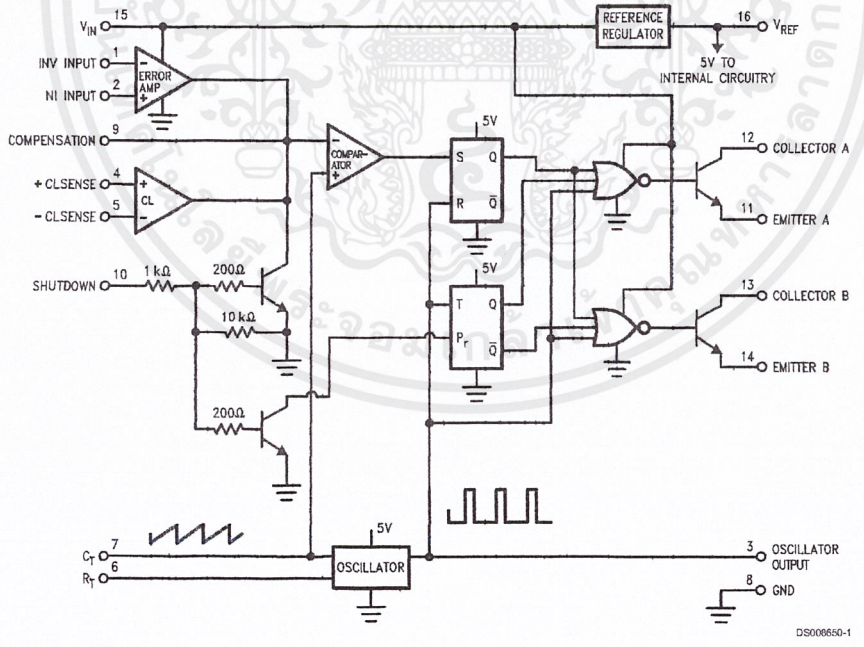
In the LM3524D the circuit bias line has been isolated from the shut-down pin. This prevents the oscillator pulse amplitude and frequency from being disturbed by shut-down. Also at high frequencies (≅300 kHz) the max. duty cycle per output has been improved to 44% compared to 35% max. duty cycle in other 3524s.

In addition, the LM3524D can now be synchronized externally, through pin 3. Also a latch has been added to insure one pulse per period even in noisy environments. The LM3524D includes double pulse suppression logic that insures when a shut-down condition is removed the state of the T-flip-flop will change only after the first clock pulse has arrived. This feature prevents the same output from being pulsed twice in a row, thus reducing the possibility of core saturation in push-pull designs.

Features

- Fully interchangeable with standard LM3524 family
- ±1% precision 5V reference with thermal shut-down
- Output current to 200 mA DC
- 60V output capability
- Wide common mode input range for error-amp
- One pulse per period (noise suppression)
- Improved max. duty cycle at high frequencies
- Double pulse suppression
- Synchronize through pin 3

Block Diagram



© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 5)

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

Supply Voltage	40V
Collector Supply Voltage	
(LM2524D)	55V
(LM3524D)	40V
Output Current DC (each)	200 mA
Oscillator Charging Current (Pin 7)	5 mA
Internal Power Dissipation	1W
Operating Junction Temperature Range (Note 2)	
LM2524D	−40°C to +125°C
LM3524D	0°C to +125°C
Maximum Junction Temperature	150°
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering 4 sec.)	
M, N Pkg.	260°C

Electrical Characteristics

(Note 1)

Symbol	Parameter	Conditions	LM2524D			LM3524D			Units
			Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	
REFERENCE SECTION									
V_{REF}	Output Voltage		5	4.85	**4.80**	5	4.75		V_{Min}
				5.15	**5.20**		5.25		V_{Max}
V_{RLine}	Line Regulation	V_{IN} = 8V to 40V	10	15	**30**	10	25	50	mV_{Max}
V_{RLoad}	Load Regulation	I_L = 0 mA to 20 mA	10	15	**25**	10	25	50	mV_{Max}
$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{REF}}$	Ripple Rejection	f = 120 Hz	66			66			dB
I_{OS}	Short Circuit Current	V_{REF} = 0	50	25		50	25		mA Min
				180			200		mA Max
N_O	Output Noise	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz	40		100	40		100	$\mu V_{rms\ Max}$
	Long Term Stability	T_A = 125°C	20			20			mV/kHr
OSCILLATOR SECTION									
f_{OSC}	Max. Freq.	R_T = 1k, C_T = 0.001 µF (Note 7)	550		500	350			kHz_{Min}
f_{OSC}	Initial Accuracy	R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF (Note 7)	20	17.5		20	17.5		kHz_{Min}
				22.5			22.5		kHz_{Max}
		R_T = 2.7k, C_T = 0.01 µF (Note 7)	38	34		38	30		kHz_{Min}
				42			46		kHz_{Max}
Δf_{OSC}	Freq. Change with V_{IN}	V_{IN} = 8 to 40V	0.5	1		0.5	1.0		$\%_{Max}$
Δf_{OSC}	Freq. Change with Temp.	T_A = −55°C to +125°C at 20 kHz R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF	5			5			%
V_{OSC}	Output Amplitude (Pin 3) (Note 8)	R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF	3	2.4		3	2.4		V_{Min}
t_{PW}	Output Pulse Width (Pin 3)	R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF	0.5	1.5		0.5	1.5		μs_{Max}
	Sawtooth Peak Voltage	R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF	3.4	3.6	**3.8**		3.8		V_{Max}
	Sawtooth Valley Voltage	R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF	1.1	0.8	**0.6**		0.6		V_{Min}
ERROR-AMP SECTION									
V_{IO}	Input Offset Voltage	V_{CM} = 2.5V	2	8	**10**	2	10		mV_{Max}
I_{IB}	Input Bias	V_{CM} = 2.5V	1	8	**10**	1	10		μA_{Max}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

(Note 1)

Symbol	Parameter	Conditions	LM2524D			LM3524D			Units
			Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	
ERROR-AMP SECTION									
	Current								
I_{IO}	Input Offset Current	V_{CM} = 2.5V	0.5	1.0	1	0.5	1		μA_{Max}
I_{COSI}	Compensation Current (Sink)	$V_{IN(I)} - V_{IN(NI)}$ = 150 mV	95	65 125		95	65 125		μA_{Min} μA_{Max}
I_{COSO}	Compensation Current (Source)	$V_{IN(NI)} - V_{IN(I)}$ = 150 mV	−95	−125 −65		−95	−125 −65		μA_{Min} μA_{Max}
A_{VOL}	Open Loop Gain	$R_L = \infty$, V_{CM} = 2.5 V	80	74	60	80	70	60	dB_{Min}
VCMR	Common Mode Input Voltage Range			1.5 5.5	1.4 5.4		1.5 5.5		V_{Min} V_{Max}
CMRR	Common Mode Rejection Ratio		90	80		90	80		dB_{Min}
G_{BW}	Unity Gain Bandwidth	A_{VOL} = 0 dB, V_{CM} = 2.5V	3			2			MHz
V_O	Output Voltage Swing	$R_L = \infty$		0.5 5.5			0.5 5.5		V_{Min} V_{Max}
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	V_{IN} = 8 to 40V	80		70	80	65		db_{Min}
COMPARATOR SECTION									
$\frac{t_{ON}}{t_{OSC}}$	Minimum Duty Cycle	Pin 9 = 0.8V, [R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF]	0	0		0	0		$\%_{Max}$
$\frac{t_{ON}}{t_{OSC}}$	Maximum Duty Cycle	Pin 9 = 3.9V, [R_T = 5.6k, C_T = 0.01 µF]	49	45		49	45		$\%_{Min}$
$\frac{t_{ON}}{t_{OSC}}$	Maximum Duty Cycle	Pin 9 = 3.9V, [R_T = 1k, C_T = 0.001 µF]	44	35		44	35		$\%_{Min}$
V_{COMPZ}	Input Threshold (Pin 9)	Zero Duty Cycle	1			1			V
V_{COMPM}	Input Threshold (Pin 9)	Maximum Duty Cycle	3.5			3.5			V
I_{IB}	Input Bias Current		−1			−1			µA
CURRENT LIMIT SECTION									
V_{SEN}	Sense Voltage	$V_{(Pin\ 2)} - V_{(Pin\ 1)} \geq$ 150 mV	200	180 220		200	180 220		mV_{Min} mV_{Max}
TC-V_{sense}	Sense Voltage T.C.		0.2			0.2			mV/°C
	Common Mode Voltage Range	$V_5 - V_4$ = 300 mV	−0.7 1			−0.7 1			V_{Min} V_{Max}
SHUT DOWN SECTION									
V_{SD}	High Input Voltage	$V_{(Pin\ 2)} - V_{(Pin\ 1)} \geq$ 150 mV	1	0.5 1.5		1	0.5 1.5		V_{Min} V_{Max}
I_{SD}	High Input Current	$I_{(pin\ 10)}$	1			1			mA
OUTPUT SECTION (EACH OUTPUT)									
V_{CES}	Collector Emitter Voltage Breakdown	$I_C \leq$ 100 µA		55			40		V_{Min}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

(Note 1)

Symbol	Parameter	Conditions	LM2524D			LM3524D			Units
			Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	
OUTPUT SECTION (EACH OUTPUT)									
I_{CES}	Collector Leakage Current	V_{CE} = 60V							
		V_{CE} = 55V	0.1	50					μA_{Max}
		V_{CE} = 40V				0.1	50		
V_{CESAT}	Saturation Voltage	I_E = 20 mA	0.2	0.5		0.2	0.7		V_{Max}
		I_E = 200 mA	1.5	2.2		1.5	2.5		
V_{EO}	Emitter Output Voltage	I_E = 50 mA	18	17		18	17		V_{Min}
t_R	Rise Time	V_{IN} = 20V, I_E = −250 µA R_C = 2k	200			200			ns
t_F	Fall Time	R_C = 2k	100			100			ns
SUPPLY CHARACTERISTICS SECTION									
V_{IN}	Input Voltage Range	After Turn-on		8 40			8 40		V_{Min} V_{Max}
T	Thermal Shutdown Temp.	(Note 2)	160			160			°C
I_{IN}	Stand By Current	V_{IN} = 40V (Note 6)	5	10		5	10		mA

Note 1: Unless otherwise stated, these specifications apply for $T_A = T_J = 25°C$. Boldface numbers apply over the rated temperature range: LM2524D is −40° to 85°C and LM3524D is 0°C to 70°C. V_{IN} = 20V and f_{OSC} = 20 kHz.

Note 2: For operation at elevated temperatures, devices in the N package must be derated based on a thermal resistance of 86°C/W, junction to ambient. Devices in the M package must be derated at 125°C/W, junction to ambient.

Note 3: Tested limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 4: Design limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage range. These limits are not used to calculate outgoing quality level.

Note 5: Absolute maximum ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions.

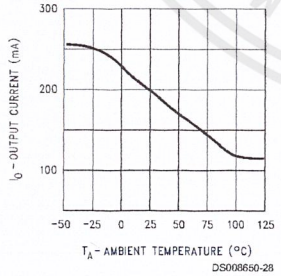
Note 6: Pins 1, 4, 7, 8, 11, and 14 are grounded; Pin 2 = 2V. All other inputs and outputs open.

Note 7: The value of a C_t capacitor can vary with frequency. Careful selection of this capacitor must be made for high frequency operation. Polystyrene was used in this test. NPO ceramic or polypropylene can also be used.

Note 8: OSC amplitude is measured open circuit. Available current is limited to 1 mA so care must be exercised to limit capacitive loading of fast pulses.

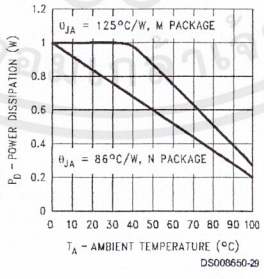
Typical Performance Characteristics

Switching Transistor Peak Output Current vs Temperature



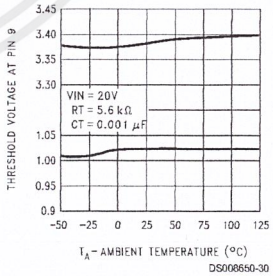
DS008650-28

Maximum Average Power Dissipation (N, M Packages)



DS008650-29

Maximum & Minimum Duty Cycle Threshold Voltage

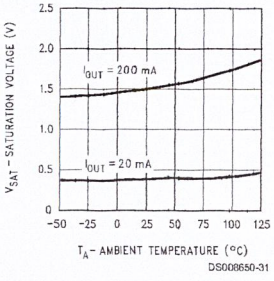


DS008650-30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

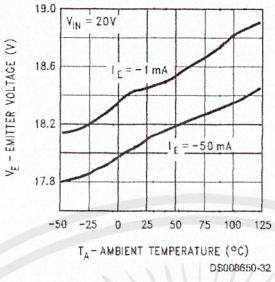
Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Transistor Saturation Voltage



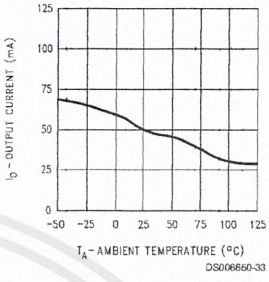
DS006650-31

Output Transistor Emitter Voltage



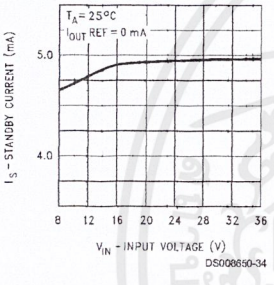
DS006650-32

Reference Transistor Peak Output Current



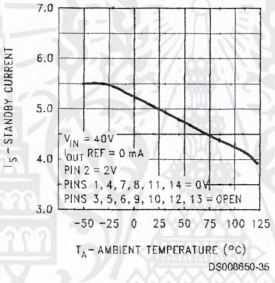
DS006650-33

Standby Current vs Voltage



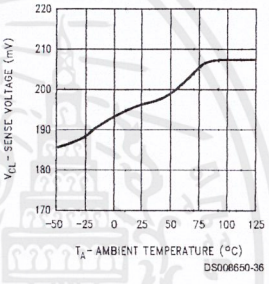
DS006650-34

Standby Current vs Temperature



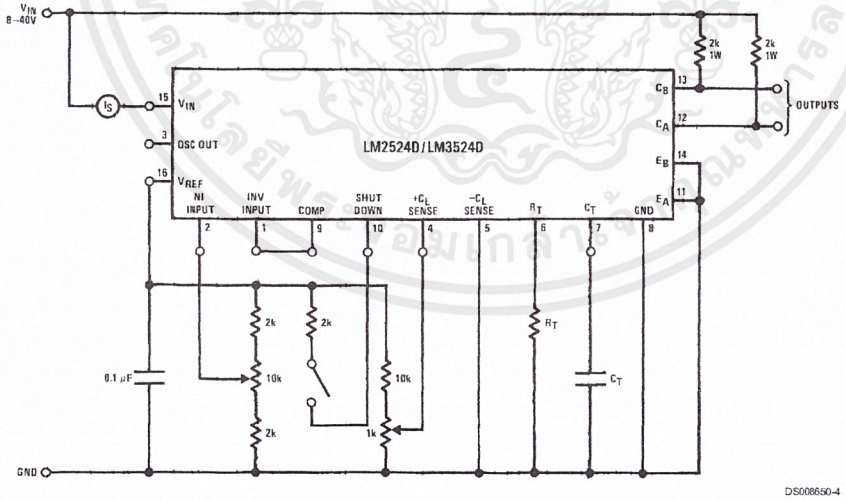
DS006650-35

Current Limit Sense Voltage



DS006650-36

Test Circuit



DS006650-4

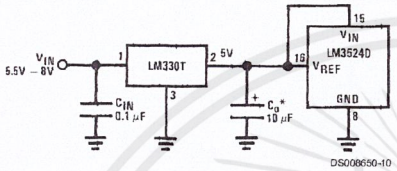
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

INTERNAL VOLTAGE REGULATOR

The LM3524D has an on-chip 5V, 50 mA, short circuit protected voltage regulator. This voltage regulator provides a supply for all internal circuitry of the device and can be used as an external reference.

For input voltages of less than 8V the 5V output should be shorted to pin 15, V_{IN}, which disables the 5V regulator. With these pins shorted the input voltage must be limited to a maximum of 6V. If input voltages of 6V–8V are to be used, a pre-regulator, as shown in *Figure 1*, must be added.



*Minimum C_O of 10 μF required for stability.

FIGURE 1.

OSCILLATOR

The LM3524D provides a stable on-board oscillator. Its frequency is set by an external resistor, R_T and capacitor, C_T. A graph of R_T, C_T vs oscillator frequency is shown is *Figure 2*. The oscillator's output provides the signals for triggering an internal flip-flop, which directs the PWM information to the outputs, and a blanking pulse to turn off both outputs during transitions to ensure that cross conduction does not occur. The width of the blanking pulse, or dead time, is controlled by the value of C_T, as shown in *Figure 3*. The recommended values of R_T are 1.8 kΩ to 100 kΩ, and for C_T, 0.001 μF to 0.1 μF.

If two or more LM3524D's must be synchronized together, the easiest method is to interconnect all pin 3 terminals, tie all pin 7's (together) to a single C_T, and leave all pin 6's open except one which is connected to a single R_T. This method works well unless the LM3524D's are more than 6" apart.

A second synchronization method is appropriate for any circuit layout. One LM3524D, designated as master, must have its R_TC_T set for the correct period. The other slave LM3524D(s) should each have an R_TC_T set for a 10% longer period. All pin 3's must then be interconnected to allow the master to properly reset the slave units.

The oscillator may be synchronized to an external clock source by setting the internal free-running oscillator frequency 10% slower than the external clock and driving pin 3 with a pulse train (approx. 3V) from the clock. Pulse width should be greater than 50 ns to insure full synchronization.

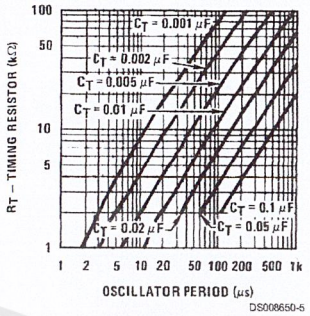


FIGURE 2.

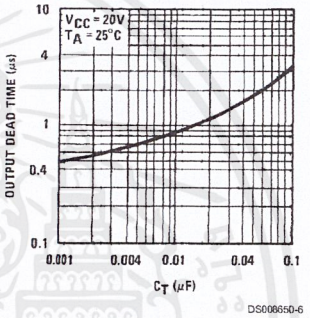


FIGURE 3.

ERROR AMPLIFIER

The error amplifier is a differential input, transconductance amplifier. Its gain, nominally 86 dB, is set by either feedback or output loading. This output loading can be done with either purely resistive or a combination of resistive and reactive components. A graph of the amplifier's gain vs output load resistance is shown in *Figure 4*.

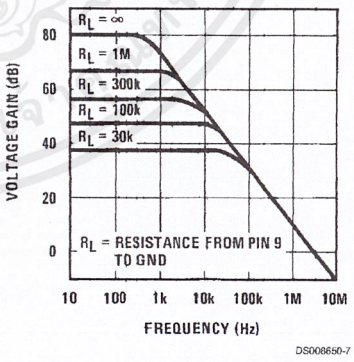


FIGURE 4.

The output of the amplifier, or input to the pulse width modulator, can be overridden easily as its output impedance is very high ($Z_O \cong 5$ MΩ). For this reason a DC voltage can be

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

applied to pin 9 which will override the error amplifier and force a particular duty cycle to the outputs. An example of this could be a non-regulating motor speed control where a variable voltage was applied to pin 9 to control motor speed. A graph of the output duty cycle vs the voltage on pin 9 is shown in *Figure 5*.

The duty cycle is calculated as the percentage ratio of each output's ON-time to the oscillator period. Paralleling the outputs doubles the observed duty cycle.

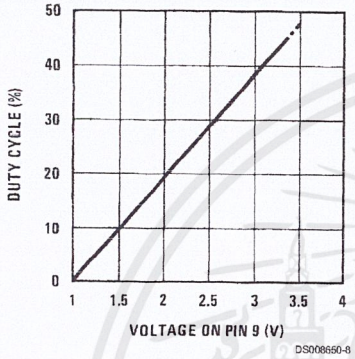


FIGURE 5.

The amplifier's inputs have a common-mode input range of 1.5V–5.5V. The on board regulator is useful for biasing the inputs to within this range.

CURRENT LIMITING

The function of the current limit amplifier is to override the error amplifier's output and take control of the pulse width. The output duty cycle drops to about 25% when a current limit sense voltage of 200 mV is applied between the $+C_L$ and $-C_L$ sense terminals. Increasing the sense voltage approximately 5% results in a 0% output duty cycle. Care should be taken to ensure the −0.7V to +1.0V input common-mode range is not exceeded.

In most applications, the current limit sense voltage is produced by a current through a sense resistor. The accuracy of this measurement is limited by the accuracy of the sense resistor, and by a small offset current, typically 100 µA, flowing from +CL to −CL.

OUTPUT STAGES

The outputs of the LM3524D are NPN transistors, capable of a maximum current of 200 mA. These transistors are driven 180° out of phase and have non-committed open collectors and emitters as shown in *Figure 6*.

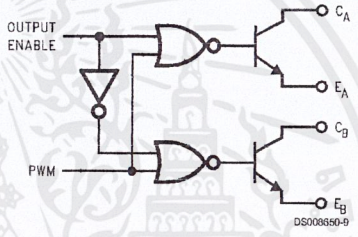
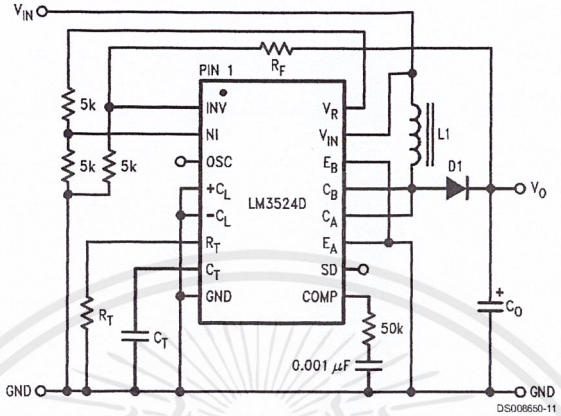


FIGURE 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



Design Equations

$$R_F = 5k\left(\frac{V_O}{2.5} - 1\right)$$

$$f_{OSC} \cong \frac{1}{R_T C_T}$$

$$L1 = \frac{2.5 V_{IN}^2 (V_O - V_{IN})}{f_{OSC} I_O V_O^2}$$

$$C_O = \frac{I_O (V_O - V_{IN})}{f_{OSC} \Delta V_O V_O}$$

$$I_{O(MAX)} = I_{IN} \frac{V_{IN}}{V_O}$$

FIGURE 7. Positive Regulator, Step-Up Basic Configuration ($I_{IN(MAX)}$ = 80 mA)

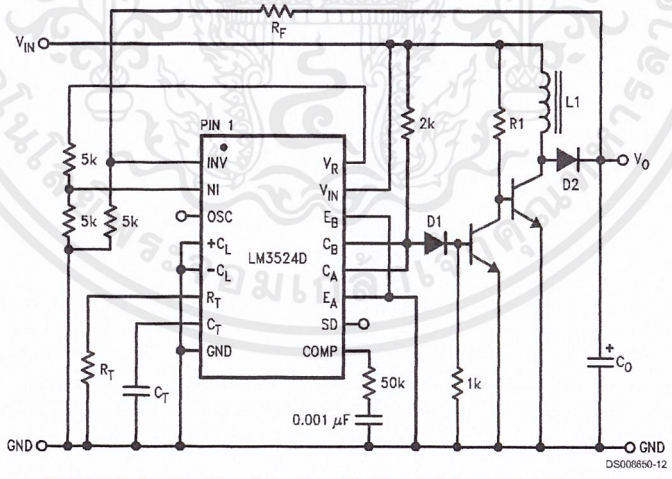
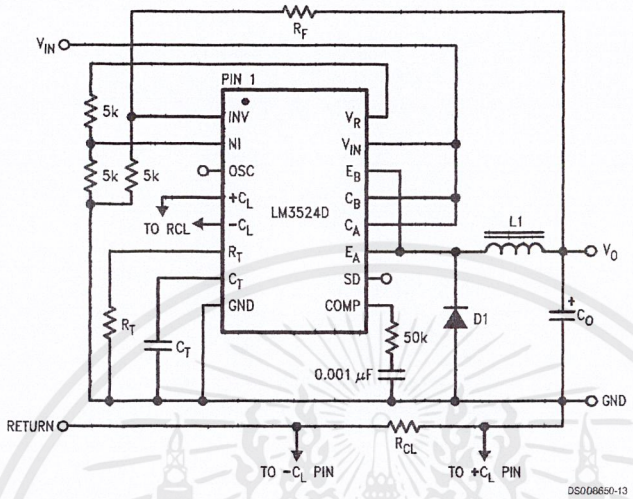


FIGURE 8. Positive Regulator, Step-Up Boosted Current Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



Design Equations

$$R_F = 5\,k\Omega \left(\frac{V_O}{2.5} - 1\right)$$

$$R_{CL} = \frac{\text{Current Limit Sense Volt}}{I_{O(MAX)}}$$

$$f_{OSC} = \frac{1}{R_T C_T}$$

$$L1 = \frac{2.5 V_O (V_{IN} - V_O)}{I_O V_{IN} f_{OSC}}$$

$$C_O = \frac{(V_{IN} - V_O) V_O T2}{8 \Delta V_O V_{IN} L1}$$

$$I_{O(MAX)} = I_{IN} \frac{V_{IN}}{V_O}$$

FIGURE 9. Positive Regulator, Step-Down Basic Configuration ($I_{IN(MAX)}$ = 80 mA)

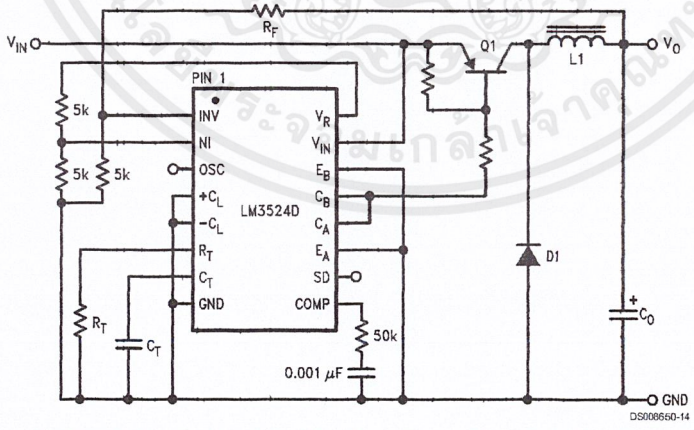
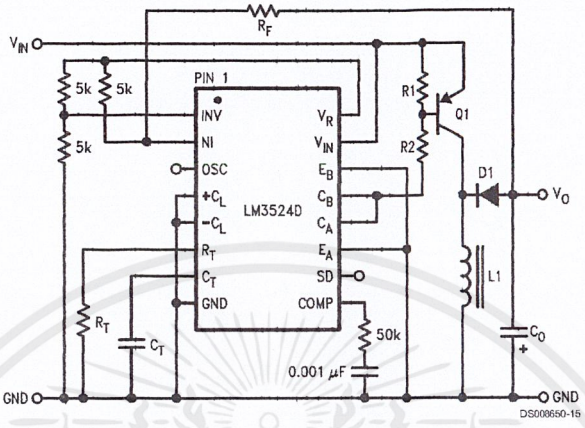


FIGURE 10. Positive Regulator, Step-Down Boosted Current Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



Design Equations

$$R_F = 5k\left(1 - \frac{V_o}{2.5}\right)$$

$$f_{OSC} \cong \frac{1}{R_T C_T}$$

$$L1 = \frac{2.5 V_{IN}\, V_o}{f_{OSC}\,(V_o + V_{IN})\, I_o}$$

$$C_o = \frac{I_o V_o}{\Delta V_o\, f_{OSC}\,(V_o + V_{IN})}$$

FIGURE 11. Boosted Current Polarity Inverter

BASIC SWITCHING REGULATOR THEORY AND APPLICATIONS

The basic circuit of a step-down switching regulator circuit is shown in *Figure 12*, along with a practical circuit design using the LM3524D in *Figure 15*.

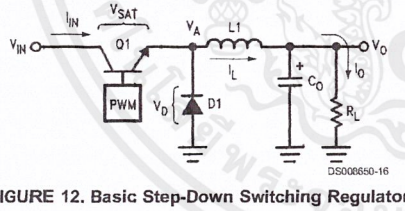


FIGURE 12. Basic Step-Down Switching Regulator

The circuit works as follows: Q1 is used as a switch, which has ON and OFF times controlled by the pulse width modulator. When Q1 is ON, power is drawn from V_{IN} and supplied to the load through L1; V_A is at approximately V_{IN}, D1 is reverse biased, and C_o is charging. When Q1 turns OFF the inductor L1 will force V_A negative to keep the current flowing in it, D1 will start conducting and the load current will flow through D1 and L1. The voltage at V_A is smoothed by the L1, C_o filter giving a clean DC output. The current flowing through L1 is equal to the nominal DC load current plus some ΔI_L which is due to the changing voltage across it. *A good rule of thumb is to set* $\Delta I_{L\text{-}P\text{-}P} \cong 40\% \times I_o$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

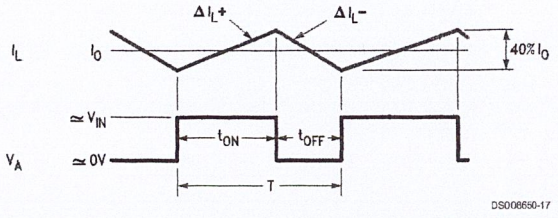


FIGURE 13. Relation of Switch Timing to Inductor Current in Step-Down Regulator

From the relation $V_L = L\frac{d_i}{d_t}$, $\Delta I_L \cong \frac{V_L T}{L1}$

$$\Delta I_L^+ = \frac{(V_{IN} - V_o)\, t_{ON}}{L1};\ \Delta I_L^- = \frac{V_o\, t_{OFF}}{L1}$$

Neglecting V_{SAT}, V_D, and settling $\Delta I_L^+ = \Delta I_L^-$;

$$\boxed{V_o \cong V_{IN}\left(\frac{t_{ON}}{t_{OFF} + t_{ON}}\right)} = V_{IN}\left(\frac{t_{ON}}{T}\right);$$

where T = Total Period

The above shows the relation between V_{IN}, V_o and duty cycle.

$$I_{IN(DC)} = I_{OUT(DC)}\left(\frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}\right),$$

as Q1 only conducts during t_{ON}.

$$P_{IN} = I_{IN(DC)}\, V_{IN} = (I_{o(DC)})\left(\frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}\right) V_{IN}$$

$$P_o = I_o V_o$$

The efficiency, η, of the circuit is:

$$\eta MAX = \frac{P_o}{P_{IN}} = \frac{I_o V_o}{I_o \frac{(t_{ON})}{T} V_{IN} + \frac{(V_{SAT}\, t_{ON} + V_{D1} t_{OFF})}{T} I_o}$$

$$= \boxed{\frac{V_o}{V_o + 1}} \text{ for } V_{SAT} = V_{D1} = 1V.$$

ηMAX will be further decreased due to switching losses in Q1. For this reason Q1 should be selected to have the maximum possible f_T, which implies very fast rise and fall times.

CALCULATING INDUCTOR L1

$$t_{ON} \cong \frac{(\Delta I_L^+) \times L1}{(V_{IN} - V_o)},\ t_{OFF} = \frac{(\Delta I_L^-) \times L1}{V_o}$$

$$t_{ON} + t_{OFF} = T = \frac{(\Delta I_L^+) \times L1}{(V_{IN} - V_Q)} + \frac{(\Delta I_L^-) \times L1}{V_o}$$

$$= \frac{0.4 I_o L1}{(V_{IN} - V_o)} + \frac{0.4 I_o L1}{V_o}$$

Since $\Delta I_L^+ = \Delta I_L^- = 0.4 I_o$

Solving the above for L1

$$\boxed{L1 = \frac{2.5\, V_o\, (V_{IN} - V_o)}{I_o\, V_{IN}\, f}}$$

where: L1 is in Henrys

f is switching frequency in Hz

Also, see LM1578 data sheet for graphical methods of inductor selection.

CALCULATING OUTPUT FILTER CAPACITOR C_o:

Figure 13 shows L1's current with respect to Q1's t_{ON} and t_{OFF} times (V_A is at the collector of Q1). This curent must flow to the load and C_o. C_o's current will then be the difference between I_L, and I_o.

$$Ic_o = I_L - I_o$$

From *Figure 13* it can be seen that current will be flowing into C_o for the second half of t_{ON} through the first half of t_{OFF}, or a time, $t_{ON}/2 + t_{OFF}/2$. The current flowing for this time is $\Delta I_L/4$. The resulting ΔV_c or ΔV_o is described by:

$$\Delta V_{op\text{-}p} = \frac{1}{C} \times \frac{\Delta I_L}{4} \times \left(\frac{t_{ON}}{2} + \frac{t_{OFF}}{2}\right)$$

$$= \frac{\Delta I_L}{4C}\left(\frac{t_{ON} + t_{OFF}}{2}\right)$$

Since $\Delta I_L = \frac{V_o(T - t_{ON})}{L1}$ and $t_{ON} = \frac{V_o T}{V_{IN}}$

$$\Delta V_{op\text{-}p} = \frac{V_o\left(T - \frac{V_o T}{V_{IN}}\right)}{4C\, L1}\left(\frac{T}{2}\right) = \frac{(V_{IN} - V_o)\, V_o T^2}{8 V_{IN} C_o L1} \text{ or}$$

$$\boxed{C_o = \frac{(V_{IN} - V_o)\, V_o\, T^2}{8 \Delta V_o V_{IN} L1}}$$

where: C is in farads, T is $\frac{1}{\text{switching frequency}}$

ΔV_o is p-p output ripple

For best regulation, the inductor's current cannot be allowed to fall to zero. Some minimum load current I_o, and thus inductor current, is required as shown below:

$$I_{o(MIN)} = \frac{(V_{IN} - V_o)\, t_{ON}}{2L1} = \boxed{\frac{(V_{IN} - V_o)\, V_o}{2 f V_{IN} L1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

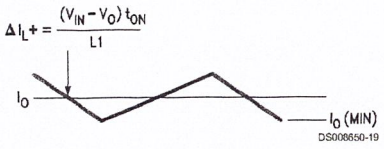


FIGURE 14. Inductor Current Slope in Step-Down Regulator

A complete step-down switching regulator schematic, using the LM3524D, is illustrated in *Figure 15.* Transistors Q1 and Q2 have been added to boost the output to 1A. The 5V regulator of the LM3524D has been divided in half to bias the error amplifier's non-inverting input to within its common-mode range. Since each output transistor is on for half the period, actually 45%, they have been paralleled to allow longer possible duty cycle, up to 90%. This makes a lower possible input voltage. The output voltage is set by:

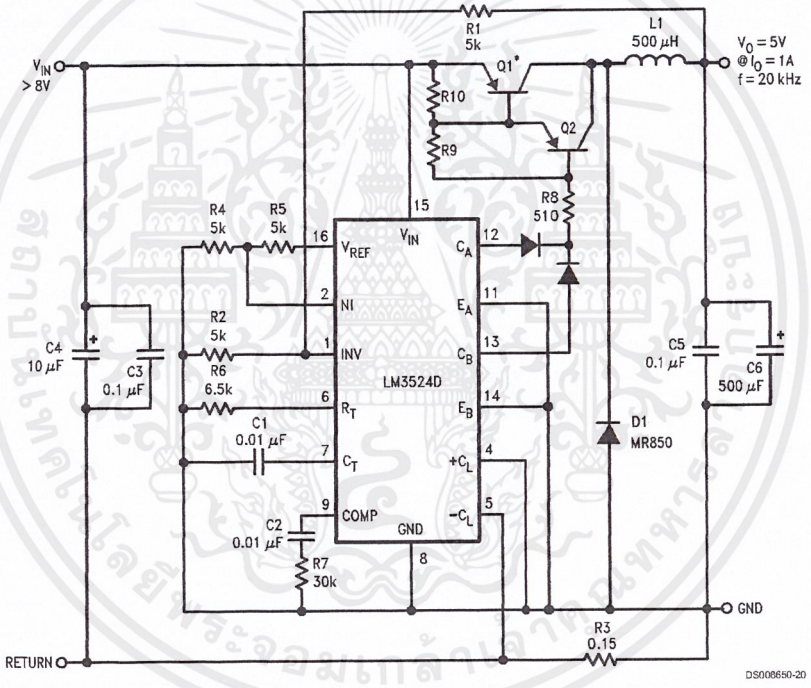
$$V_o = V_{NI}\left(1 + \frac{R1}{R2}\right),$$

where V_{NI} is the voltage at the error amplifier's non-inverting input.

Resistor R3 sets the current limit to:

$$\frac{200\ mV}{R3} = \frac{200\ mV}{0.15} = 1.3A.$$

Figures 16, 17 and show a PC board layout and stuffing diagram for the 5V, 1A regulator of *Figure 15.* The regulator's performance is listed in *Table 1.*



*Mounted to Staver Heatsink No. V5-1.
Q1 = BD344
Q2 = 2N5023
L1 = >40 turns No. 22 wire on Ferroxcube No. K300502 Torroid core.

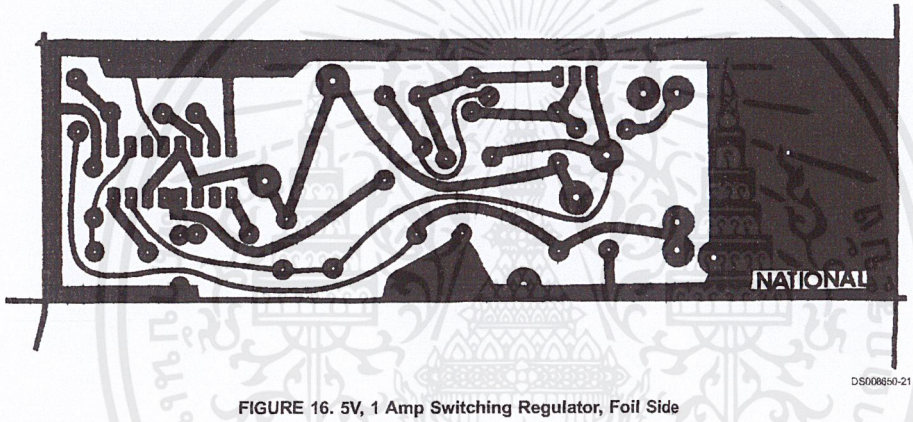
FIGURE 15. 5V, 1 Amp Step-Down Switching Regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

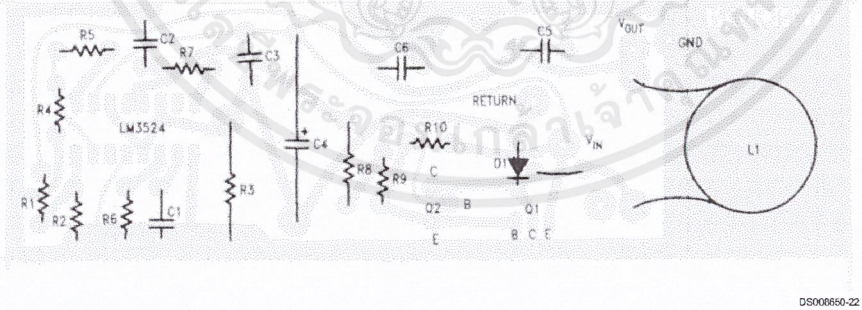
TABLE 1.

Parameter	Conditions	Typical Characteristics
Output Voltage	V_{IN} = 10V, I_o = 1A	5V
Switching Frequency	V_{IN} = 10V, I_o = 1A	20 kHz
Short Circuit Current Limit	V_{IN} = 10V	1.3A
Load Regulation	V_{IN} = 10V I_o = 0.2 − 1A	3 mV
Line Regulation	ΔV_{IN} = 10 − 20V, I_o = 1A	6 mV
Efficiency	V_{IN} = 10V, I_o = 1A	80%
Output Ripple	V_{IN} = 10V, I_o = 1A	10 mVp-p



DS008650-21

FIGURE 16. 5V, 1 Amp Switching Regulator, Foil Side



DS008650-22

FIGURE 17. Stuffing Diagram, Component Side

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

THE STEP-UP SWITCHING REGULATOR

Figure 18 shows the basic circuit for a step-up switching regulator. In this circuit Q1 is used as a switch to alternately apply V_{IN} across inductor L1. During the time, t_{ON}, Q1 is ON and energy is drawn from V_{IN} and stored in L1; D1 is reverse biased and I_o is supplied from the charge stored in C_o. When Q1 opens, t_{OFF}, voltage V1 will rise positively to the point where D1 turns ON. The output current is now supplied through L1, D1 to the load and any charge lost from C_o during t_{ON} is replenished. Here also, as in the step-down regulator, the current through L1 has a DC component plus some ΔI_L. ΔI_L is again selected to be approximately 40% of I_L. *Figure 19* shows the inductor's current in relation to Q1's ON and OFF times.

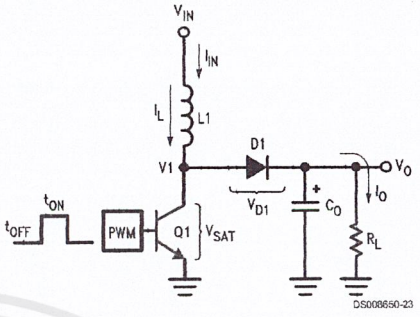


FIGURE 18. Basic Step-Up Switching Regulator

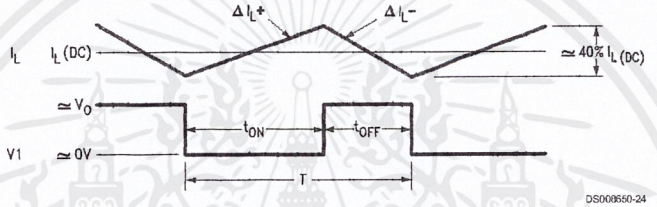


FIGURE 19. Relation of Switch Timing to Inductor Current in Step-Up Regulator

$$\text{From } \Delta I_L = \frac{V_L T}{L},\ \Delta I_L{}^+ \cong \frac{V_{IN} t_{ON}}{L1}$$

$$\text{and } \Delta I_L{}^- \cong \frac{(V_o - V_{IN})\, t_{OFF}}{L1}$$

Since $\Delta I_L{}^+ = \Delta I_L{}^-$, $V_{IN} t_{ON} = V_o t_{OFF} - V_{IN} t_{OFF}$, and neglecting V_{SAT} and V_{D1}

$$\boxed{V_o \cong V_{IN}\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right)}$$

The above equation shows the relationship between V_{IN}, V_o and duty cycle.

In calculating input current $I_{IN(DC)}$, which equals the inductor's DC current, assume first 100% efficiency:

$$P_{IN} = I_{IN(DC)}\, V_{IN}$$

$$P_{OUT} = I_o V_o = I_o\, V_{IN}\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right)$$

for $\eta = 100\%$, $P_{OUT} = P_{IN}$

$$I_o\, V_{IN}\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right) = I_{IN(DC)}\, V_{IN}$$

$$I_{IN(DC)} = I_o\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right)$$

This equation shows that the input, or inductor, current is larger than the output current by the factor $(1 + t_{ON}/t_{OFF})$. Since this factor is the same as the relation between V_o and V_{IN}, $I_{IN(DC)}$ can also be expressed as:

$$\boxed{I_{IN(DC)} = I_o\left(\frac{V_o}{V_{IN}}\right)}$$

So far it is assumed $\eta = 100\%$, where the actual efficiency or η_{MAX} will be somewhat less due to the saturation voltage of Q1 and forward on voltage of D1. The internal power loss due to these voltages is the average I_L current flowing, or I_{IN}, through either V_{SAT} or V_{D1}. For $V_{SAT} = V_{D1} = 1V$ this power loss becomes $I_{IN(DC)}$ (1V). η_{MAX} is then:

$$\eta_{MAX} = \frac{P_0}{P_{IN}} = \frac{V_0 I_0}{V_0 I_0 + I_{IN}\,(1V)} = \frac{V_0 I_0}{V_0 I_0 + I_0\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right)}$$

$$\text{From } V_o = V_{IN}\left(1 + \frac{t_{ON}}{t_{OFF}}\right)$$

$$\boxed{\eta_{max} = \frac{V_{IN}}{V_{IN} + 1}}$$

This equation assumes only DC losses, however η_{MAX} is further decreased because of the switching time of Q1 and D1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

In calculating the output capacitor C_o it can be seen that C_o supplies I_o during t_{ON}. The voltage change on C_o during this time will be some $\Delta V_c = \Delta V_o$ or the output ripple of the regulator. Calculation of C_o is:

$$\Delta V_o = \frac{I_o t_{ON}}{C_o} \text{ or } C_o = \frac{I_o t_{ON}}{\Delta V_o}$$

From $V_o = V_{IN}\left(\frac{T}{t_{OFF}}\right)$; $t_{OFF} = \frac{V_{IN}}{V_o} T$

where $T = t_{ON} + t_{OFF} = \frac{1}{f}$

$$t_{ON} = T - \frac{V_{IN}}{V_o} T = T\left(\frac{V_o - V_{IN}}{V_o}\right) \text{ therefore:}$$

$$C_o = \frac{I_o T\left(\frac{V_o - V_{IN}}{V_o}\right)}{\Delta V_o} = \boxed{\frac{I_o (V_o - V_{IN})}{f \Delta V_o V_o}}$$

where: C_o is in farads, f is the switching frequency,

ΔV_o is the p-p output ripple

Calculation of inductor L1 is as follows:

$$L1 = \frac{V_{IN} t_{ON}}{\Delta I_L}, \text{ since during } t_{ON},$$

V_{IN} is applied across L1

$$\Delta I_{Lp\text{-}p} = 0.4\, I_L = 0.41\, I_{IN} = 0.4\, I_o \left(\frac{V_o}{V_{IN}}\right), \text{ therefore:}$$

$$L1 = \frac{V_{IN} t_{ON}}{0.4\, I_o \left(\frac{V_o}{V_{IN}}\right)} \text{ and since } t_{ON} = \frac{T (V_o - V_{IN})}{V_o}$$

$$\boxed{L1 = \frac{2.5\, V_{IN}^2 (V_o - V_{IN})}{f\, I_o V_o^2}}$$

where: L1 is in henrys, f is the switching frequency in Hz

To apply the above theory, a complete step-up switching regulator is shown in *Figure 20*. Since V_{IN} is 5V, V_{REF} is tied to V_{IN}. The input voltage is divided by 2 to bias the error amplifier's inverting input. The output voltage is:

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \times V_{INV} = 2.5 \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

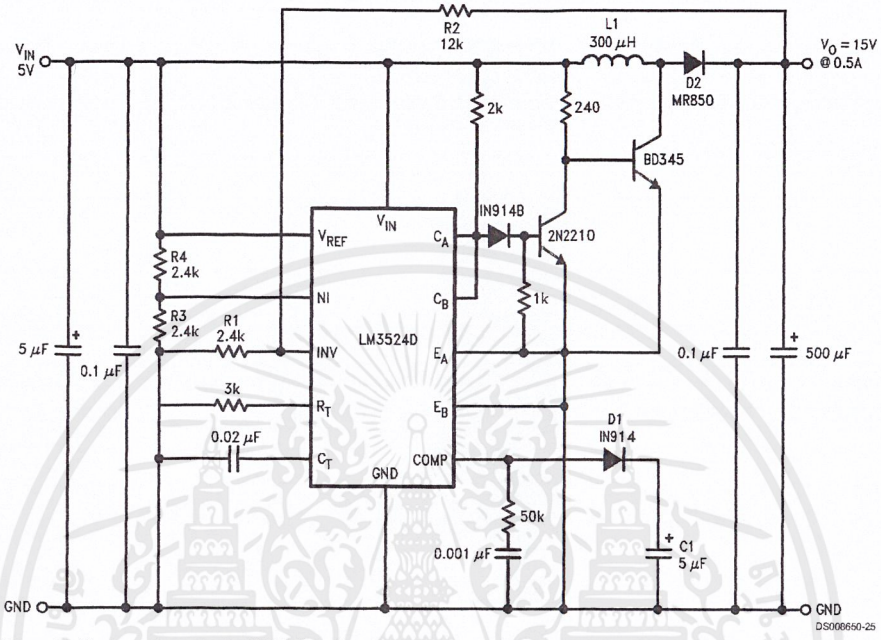
The network D1, C1 forms a slow start circuit.

This holds the output of the error amplifier initially low thus reducing the duty-cycle to a minimum. Without the slow start circuit the inductor may saturate at turn-on because it has to supply high peak currents to charge the output capacitor from 0V. It should also be noted that this circuit has no supply rejection. By adding a reference voltage at the non-inverting input to the error amplifier, see *Figure 21*, the input voltage variations are rejected.

The LM3524D can also be used in inductorless switching regulators. *Figure 22* shows a polarity inverter which if connected to *Figure 20* provides a −15V unregulated output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



L1 = > 25 turns No. 24 wire on Ferroxcube No. K300502 Toroid core.

FIGURE 20. 15V, 0.5A Step-Up Switching Regulator

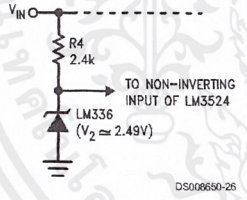


FIGURE 21. Replacing R3/R4 Divider in *Figure 20* with Reference Circuit Improves Line Regulation

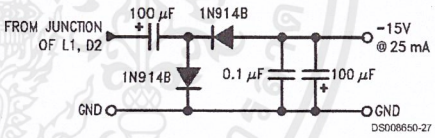
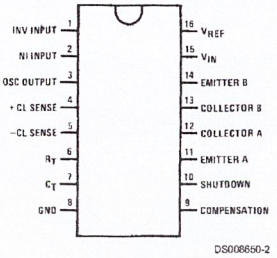


FIGURE 22. Polarity Inverter Provides Auxiliary −15V Unregulated Output from Circuit of *Figure 20*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram

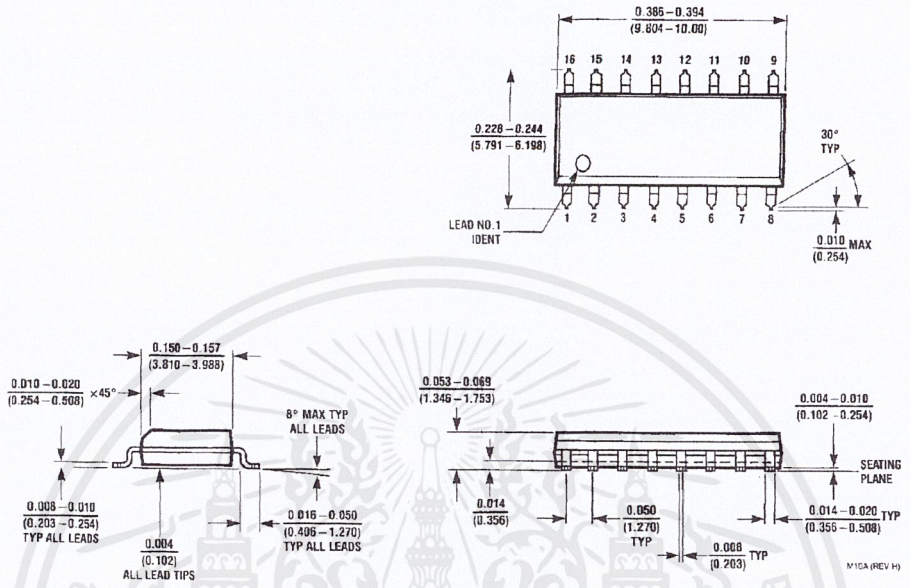


DS008650-2

Top View
Order Number LM2524DN or LM3524DN
See NS Package Number N16E
Order Number LM3524DM
See NS Package Number M16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

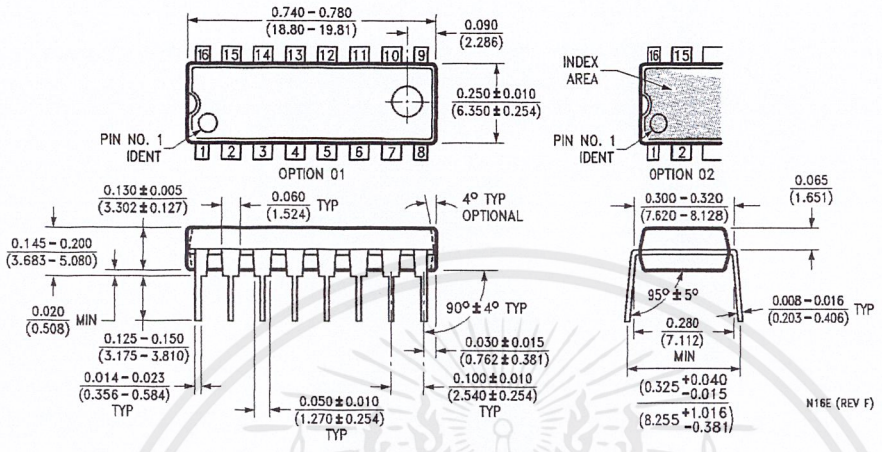
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Molded Surface-Mount Package (M)
Order Number LM3524DM
NS Package Number M16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM2524DN or LM3524DN
NS Package Number N16E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

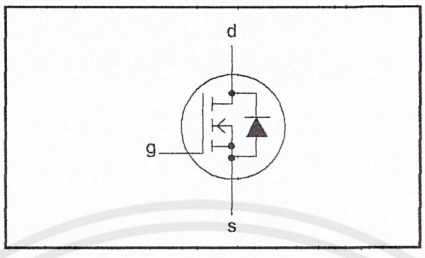
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel TrenchMOS™ transistor | IRF540, IRF540S

FEATURES

- **'Trench'** technology
- Low on-state resistance
- Fast switching
- Low thermal resistance

SYMBOL



QUICK REFERENCE DATA

V_{DSS} = 100 V

I_D = 23 A

$R_{DS(ON)} \leq 77\ m\Omega$

GENERAL DESCRIPTION

N-channel enhancement mode field-effect power transistor in a plastic envelope using **'trench'** technology.

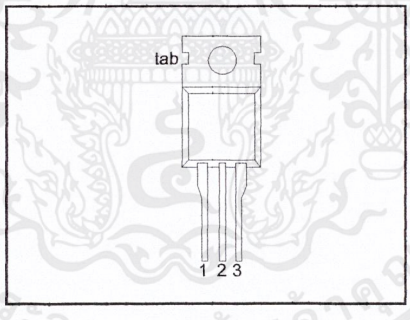
Applications:-
- d.c. to d.c. converters
- switched mode power supplies
- T.V. and computer monitor power supplies

The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.
The IRF540S is supplied in the SOT404 (D^2PAK) surface mounting package.

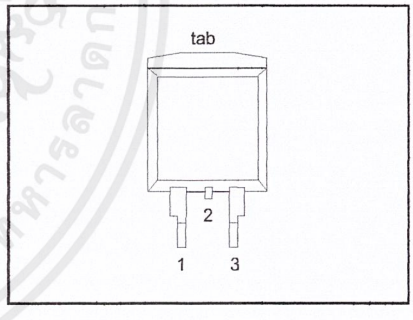
PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain[1]
3	source
tab	drain

SOT78 (TO220AB)



SOT404 (D^2PAK)



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DSS}	Drain-source voltage	T_j = 25 °C to 175°C	-	100	V
V_{DGR}	Drain-gate voltage	T_j = 25 °C to 175°C; R_{GS} = 20 kΩ	-	100	V
V_{GS}	Gate-source voltage		-	± 20	V
I_D	Continuous drain current	T_{mb} = 25 °C; V_{GS} = 10 V	-	23	A
		T_{mb} = 100 °C; V_{GS} = 10 V	-	16	A
I_{DM}	Pulsed drain current	T_{mb} = 25 °C	-	92	A
P_D	Total power dissipation	T_{mb} = 25 °C	-	100	W
T_j, T_{stg}	Operating junction and storage temperature		- 55	175	°C

1 It is not possible to make connection to pin:2 of the SOT404 package

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AVALANCHE ENERGY LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
E_{AS}	Non-repetitive avalanche energy	Unclamped inductive load, I_{AS} = 10 A; t_p = 350 µs; T_j prior to avalanche = 25˚C; $V_{DD} \leq$ 25 V; R_{GS} = 50 Ω; V_{GS} = 10 V; refer to fig:14	-	230	mJ
I_{AS}	Peak non-repetitive avalanche current		-	23	A

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j\text{-}mb}$	Thermal resistance junction to mounting base		-	-	1.5	K/W
$R_{th\ j\text{-}a}$	Thermal resistance junction to ambient	SOT78 package, in free air	-	60	-	K/W
		SOT404 package, pcb mounted, minimum footprint	-	50	-	K/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_j= 25˚C unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	V_{GS} = 0 V; I_D = 0.25 mA;	100	-	-	V
		T_j = -55˚C	89	-	-	V
$V_{GS(TO)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$; I_D = 1 mA	2	3	4	V
		T_j = 175˚C	1	-	-	V
		T_j = -55˚C	-	-	6	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	V_{GS} = 10 V; I_D = 17 A	-	49	77	mΩ
		T_j = 175˚C	-	132	193	mΩ
g_{fs}	Forward transconductance	V_{DS} = 25 V; I_D = 17 A	8.7	15.5	-	S
I_{GSS}	Gate source leakage current	V_{GS} = ± 20 V; V_{DS} = 0 V	-	10	100	nA
I_{DSS}	Zero gate voltage drain current	V_{DS} = 100 V; V_{GS} = 0 V	-	0.05	10	µA
		V_{DS} = 80 V; V_{GS} = 0 V; T_j = 175˚C	-	-	250	µA
$Q_{g(tot)}$	Total gate charge	I_D = 17 A; V_{DD} = 80 V; V_{GS} = 10 V	-	-	65	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	-	10	nC
Q_{gd}	Gate-drain (Miller) charge		-	-	29	nC
$t_{d\ on}$	Turn-on delay time	V_{DD} = 50 V; R_D = 2.2 Ω;	-	8	-	ns
t_r	Turn-on rise time	V_{GS} = 10 V; R_G = 5.6 Ω	-	39	-	ns
$t_{d\ off}$	Turn-off delay time	Resistive load	-	26	-	ns
t_f	Turn-off fall time		-	24	-	ns
L_d	Internal drain inductance	Measured tab to centre of die	-	3.5	-	nH
L_d	Internal drain inductance	Measured from drain lead to centre of die (SOT78 package only)	-	4.5	-	nH
L_s	Internal source inductance	Measured from source lead to source bond pad	-	7.5	-	nH
C_{iss}	Input capacitance	V_{GS} = 0 V; V_{DS} = 25 V; f = 1 MHz	-	890	1187	pF
C_{oss}	Output capacitance		-	139	167	pF
C_{rss}	Feedback capacitance		-	83	109	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REVERSE DIODE LIMITING VALUES AND CHARACTERISTICS

T_j = 25˚C unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_S	Continuous source current (body diode)		-	-	23	A
I_{SM}	Pulsed source current (body diode)		-	-	92	A
V_{SD}	Diode forward voltage	I_F = 28 A; V_{GS} = 0 V	-	0.94	1.5	V
t_{rr}	Reverse recovery time	I_F = 17 A; -dI_F/dt = 100 A/µs;	-	61	-	ns
Q_{rr}	Reverse recovery charge	V_{GS} = 0 V; V_R = 25 V	-	200	-	nC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

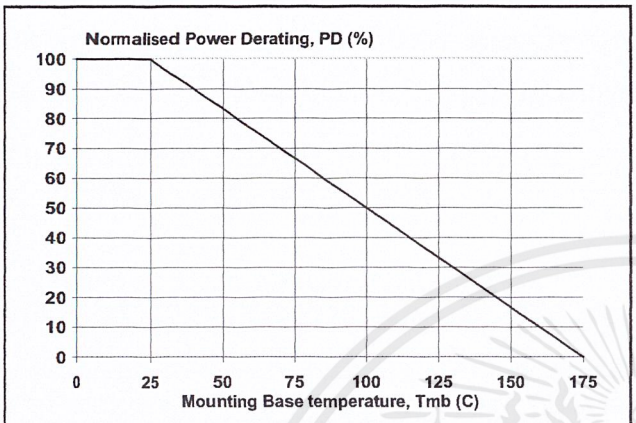


Fig.1. Normalised power dissipation.
PD% = 100·P_D/$P_{D\ 25\ ^\circ C}$ = f(T_{mb})

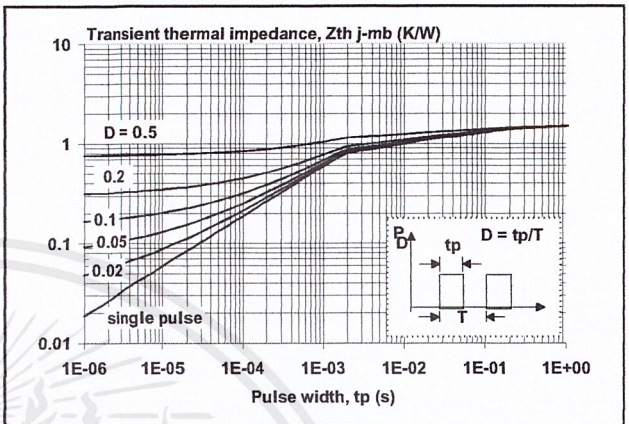


Fig.4. Transient thermal impedance.
$Z_{th\ j\text{-}mb}$ = f(t); parameter D = t_p/T

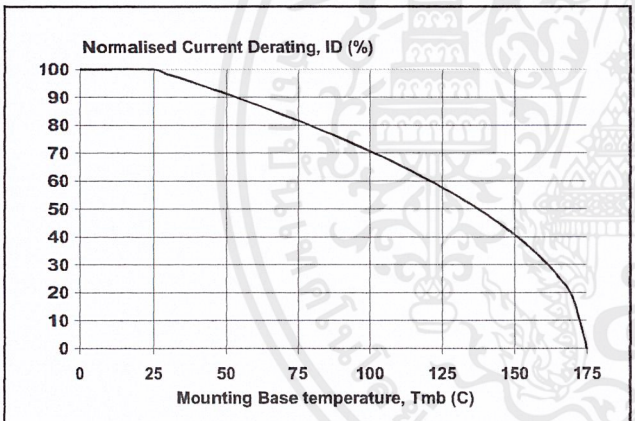


Fig.2. Normalised continuous drain current.
ID% = 100·I_D/$I_{D\ 25\ ^\circ C}$ = f(T_{mb}); conditions: $V_{GS} \geq$ 10 V

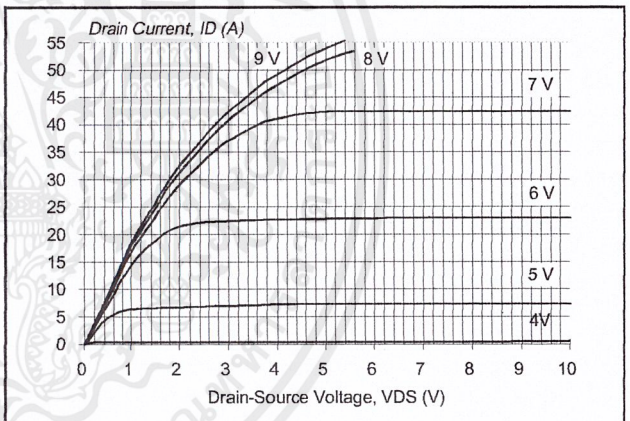


Fig.5. Typical output characteristics, T_j = 25 ˚C.
I_D = f(V_{DS})

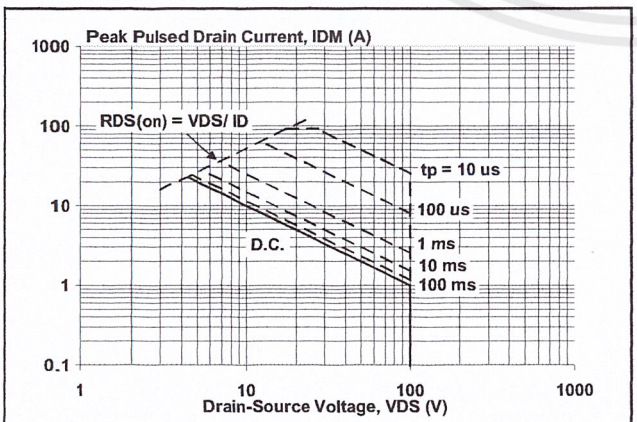


Fig.3. Safe operating area. T_{mb} = 25 ˚C
I_D & I_{DM} = f(V_{DS}); I_{DM} single pulse; parameter t_p

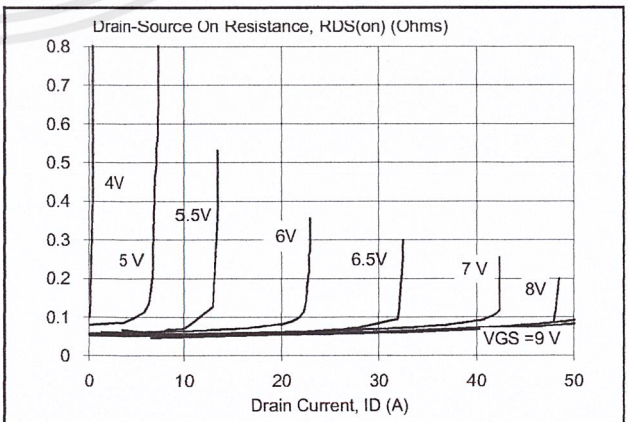


Fig.6. Typical on-state resistance, T_j = 25 ˚C.
$R_{DS(ON)}$ = f(I_D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

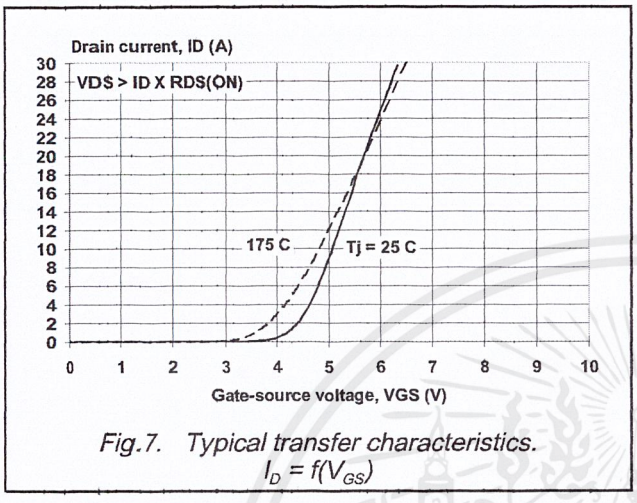


Fig.7. Typical transfer characteristics.
$I_D = f(V_{GS})$

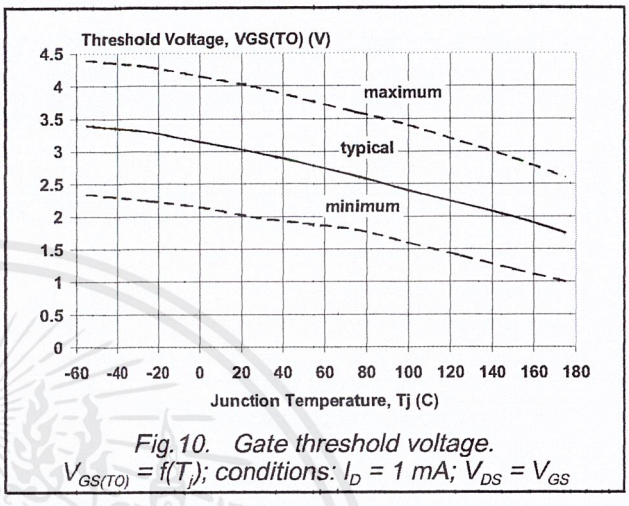


Fig.10. Gate threshold voltage.
$V_{GS(TO)} = f(T_j)$; conditions: I_D = 1 mA; $V_{DS} = V_{GS}$

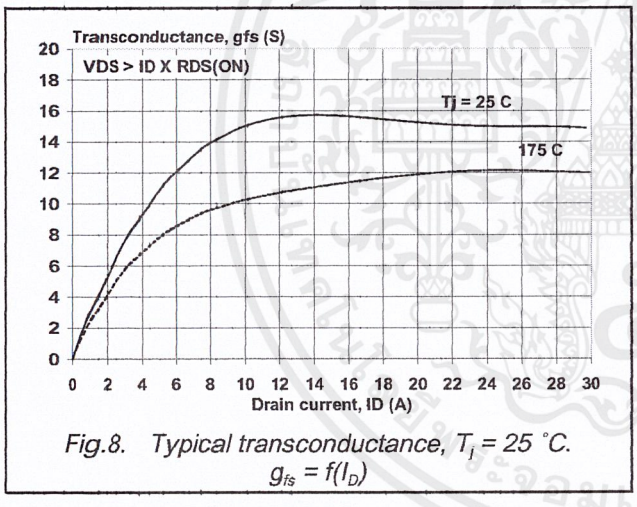


Fig.8. Typical transconductance, T_j = 25 ˚C.
$g_{fs} = f(I_D)$

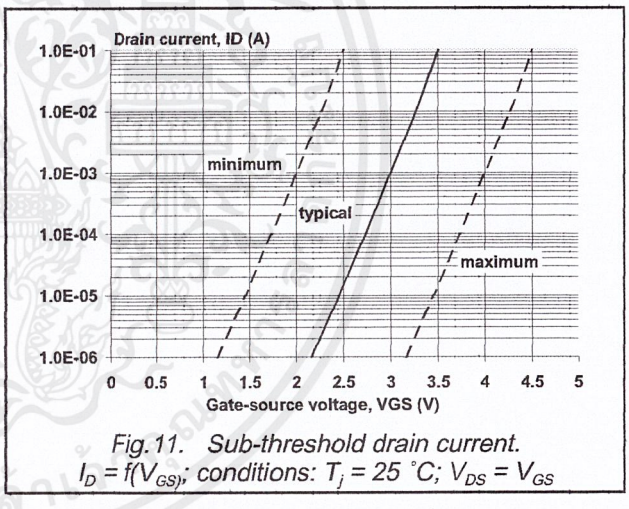


Fig.11. Sub-threshold drain current.
$I_D = f(V_{GS})$; conditions: T_j = 25 ˚C; $V_{DS} = V_{GS}$

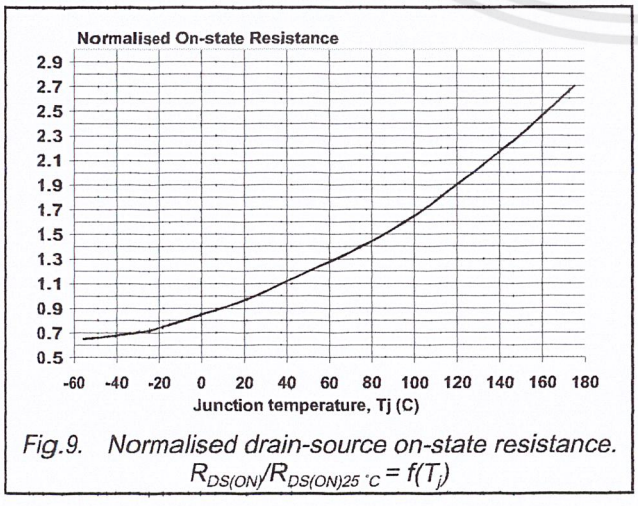


Fig.9. Normalised drain-source on-state resistance.
$R_{DS(ON)}/R_{DS(ON)25\ ^\circ C} = f(T_j)$

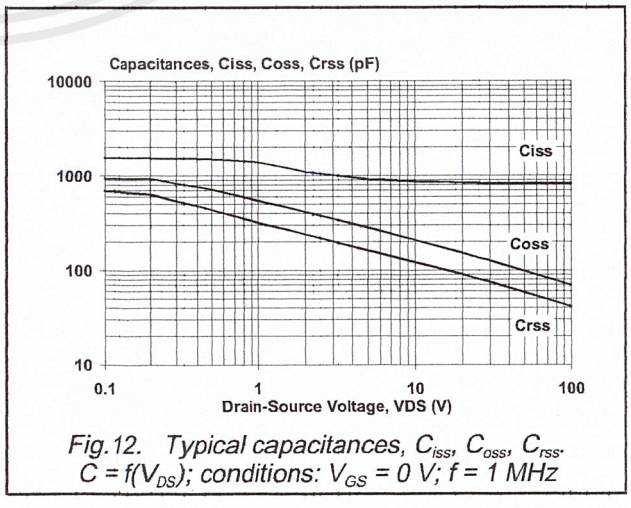


Fig.12. Typical capacitances, C_{iss}, C_{oss}, C_{rss}.
$C = f(V_{DS})$; conditions: V_{GS} = 0 V; f = 1 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

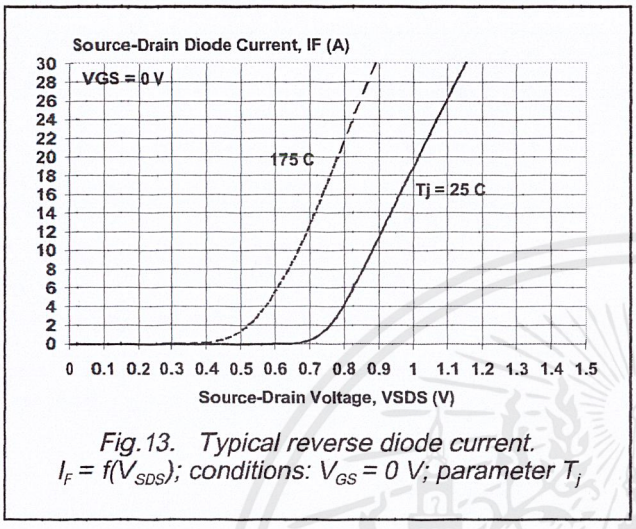


Fig.13. Typical reverse diode current. $I_F = f(V_{SDS})$; conditions: $V_{GS} = 0$ V; parameter T_j

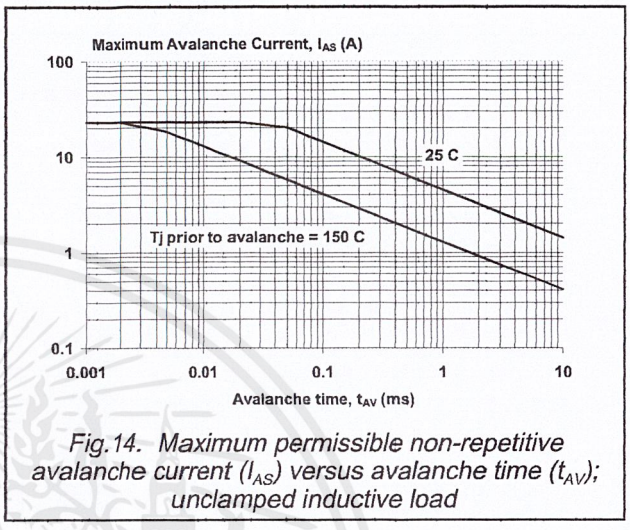
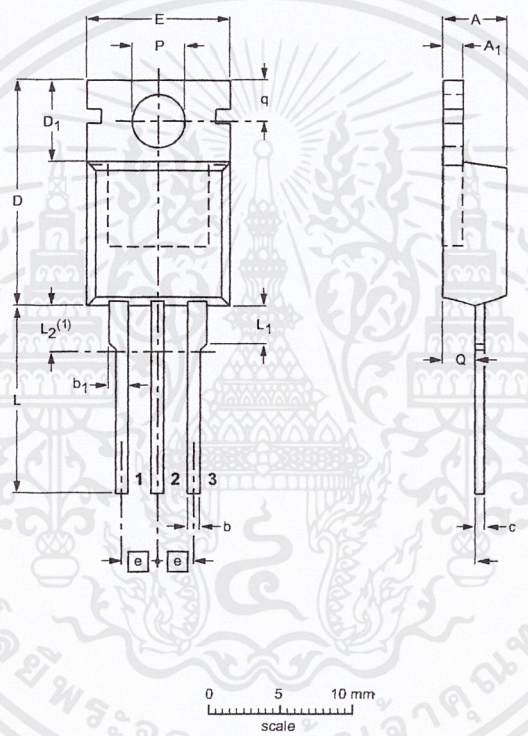


Fig.14. Maximum permissible non-repetitive avalanche current (I_{AS}) versus avalanche time (t_{AV}); unclamped inductive load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

Plastic single-ended package; heatsink mounted; 1 mounting hole; 3-lead TO-220 **SOT78**



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	A_1	b	b_1	c	D	D_1	E	e	L	L_1	$L_2^{(1)}$ max.	P	q	Q
mm	4.5 4.1	1.39 1.27	0.9 0.7	1.3 1.0	0.7 0.4	15.8 15.2	6.4 5.9	10.3 9.7	2.54	15.0 13.5	3.30 2.79	3.0	3.8 3.6	3.0 2.7	2.6 2.2

Note

1. Terminals in this zone are not tinned.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT78		TO-220				97-06-11

Fig.15. SOT78 (TO220AB); pin 2 connected to mounting base (Net mass:2g)

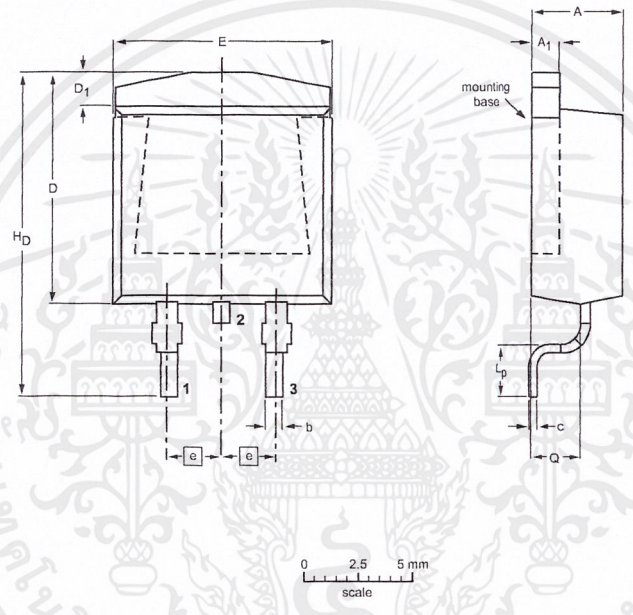
Notes

1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to mounting instructions for SOT78 (TO220AB) package.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

Plastic single-ended surface mounted package (Philips version of D²-PAK); 3 leads (one lead cropped) **SOT404**



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	A_1	b	c	D max.	D_1	E	e	L_p	H_D	Q
mm	4.50 4.10	1.40 1.27	0.85 0.60	0.64 0.46	11	1.60 1.20	10.30 9.70	2.54	2.90 2.10	15.40 14.80	2.60 2.20

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT404						~~98-12-14~~ 99-06-25

Fig.16. SOT404 surface mounting package. Centre pin connected to mounting base.

Notes

1. This product is supplied in anti-static packaging. The gate-source input must be protected against static discharge during transport or handling.
2. Refer to SMD Footprint Design and Soldering Guidelines, Data Handbook SC18.
3. Epoxy meets UL94 V0 at 1/8".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOUNTING INSTRUCTIONS

Dimensions in mm

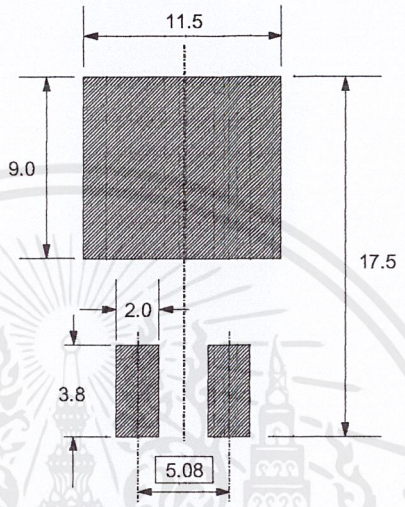


Fig.17. SOT404 : soldering pattern for surface mounting.

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.

Limiting values

Limiting values are given in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of this specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information

Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.

© Philips Electronics N.V. 1999

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, it is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by MC1723C/D

MOTOROLA

MC1723C

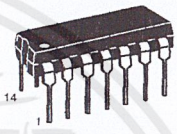
Voltage Regulator

The MC1723C is a positive or negative voltage regulator designed to deliver load current to 150 mAdc. Output current capability can be increased to several amperes through use of one or more external pass transistors. MC1723C is specified for operation over the commercial temperature range (0° to +70°C).

- Output Voltage Adjustable from 2.0 Vdc to 37 Vdc
- Output Current to 150 mAdc Without External Pass Transistors
- 0.01% Line and 0.03% Load Regulation
- Adjustable Short Circuit Protection

VOLTAGE REGULATOR

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

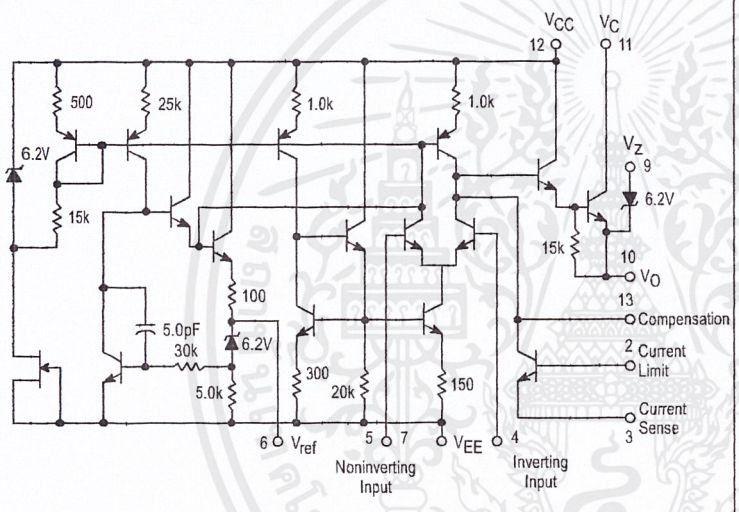


P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO–14)

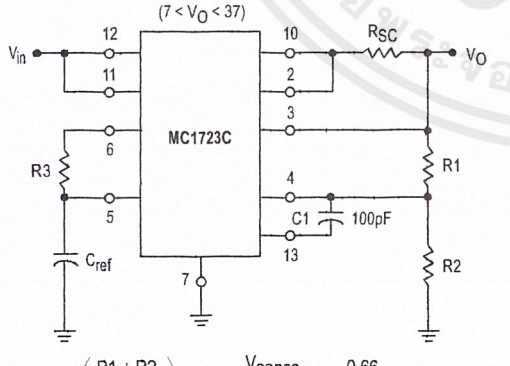
Figure 1. Representative Schematic Diagram



ORDERING INFORMATION

Device	Alternate	Operating Temperature Range	Package
MC1723CD	–	T_A = 0° to +70°C	SO–14
MC1723CP	LM723CN µA723PC		Plastic DIP

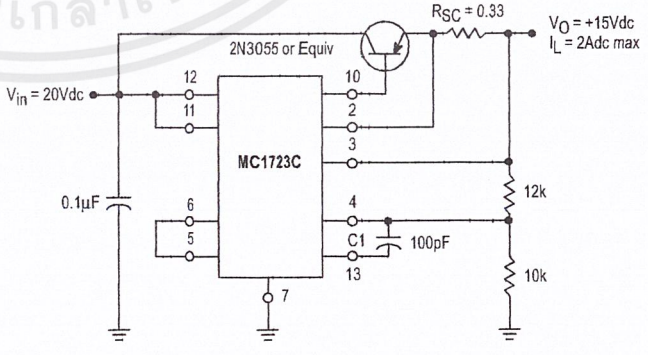
Figure 2. Typical Circuit Connection



$$V_O \cong 7\left(\frac{R1 + R2}{R2}\right) \quad I_{SC} = \frac{V_{sense}}{R_{SC}} = \frac{0.66}{R_{SC}} \text{ at } T_J = +25°C$$

For best results 10 k < R2 < 100 k
For minimum drift R3 = R1 | | R2

Figure 3. Typical NPN Current Boost Connection



© Motorola, Inc. 1996

Rev 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Pulse Voltage from V_{CC} to V_{EE} (50 ms)	$V_{I(p)}$	50	V_{pk}
Continuous Voltage from V_{CC} to V_{EE}	V_I	40	Vdc
Input–Output Voltage Differential	V_I–V_O	40	Vdc
Maximum Output Current	I_L	150	mAdc
Current from V_{ref}	I_{ref}	15	mAdc
Current from V_Z	I_Z	25	mA
Voltage Between Noninverting Input and V_{EE}	V_{ie}	8.0	Vdc
Differential Input Voltage	V_{id}	±5.0	Vdc
Power Dissipation and Thermal Characteristics T_A = +25°C Derate above T_A = +25°C Thermal Resistance, Junction–to–Air	 P_D $1/\theta_{JA}$ θ_{JA}	 1.25 10 100	 W mW/°C °C/W
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	–65 to +175	°C
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = +25°C, V_{in} 12 Vdc, V_O = 5.0 Vdc, I_L = 1.0 mAdc, R_{SC} = 0, C1 = 100 pF, C_{ref} = 0 and divider impedance as seen by the error amplifier ≤ 10 kΩ connected as shown in Figure 2, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Voltage Range	V_I	9.5	–	40	Vdc
Output Voltage Range	V_O	2.0	–	37	Vdc
Input–Output Voltage Differential	V_I–V_O	3.0	–	38	Vdc
Reference Voltage	V_{ref}	6.80	7.15	7.50	Vdc
Standby Current Drain (I_L = 0, V_{in} = 30 V)	I_{IB}	–	2.3	4.0	mAdc
Output Noise Voltage (f = 100 Hz to 10 kHz) C_{ref} = 0 C_{ref} = 5.0 μF	V_n	 – –	 20 2.5	 – –	μV(RMS)
Average Temperature Coefficient of Output Voltage (T_{low} < T_A < T_{high})	TCV_O	–	0.003	0.015	%/°C
Line Regulation (T_A = 25°C) { 12 V < V_{in} < 15 V 12 V < V_{in} < 40 V (T_{low} < T_A < T_{high}) 12 V < V_{in} < 15 V	Reg_{line}	 – – –	 0.01 0.1 –	 0.1 0.5 0.3	% V_O
Load Regulation (1.0 mA < I_L < 50 mA) T_A = 25°C T_{low} < T_A < T_{high}	Reg_{load}	 – –	 0.03 –	 0.2 0.6	% V_O
Ripple Rejection (f = 50 Hz to 10 kHz) C_{ref} = 0 C_{ref} = 5.0 μF	RR	 – –	 74 86	 – –	dB
Short Circuit Current Limit (R_{SC} = 10 Ω, V_O = 0)	I_{SC}	–	65	–	mAdc
Long Term Stability	$\Delta V_O/\Delta t$	–	0.1	–	%/1000 Hr.

NOTE: T_{low} to T_{high} = 0° to +70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4. Maximum Load Current as a Function of Input–Output Voltage Differential

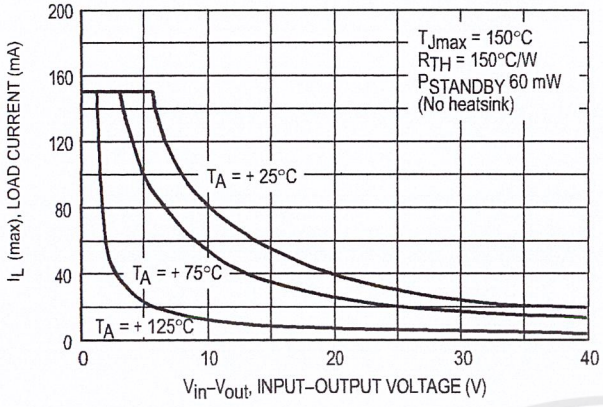


Figure 5. Load Regulation Characteristics Without Current Limiting

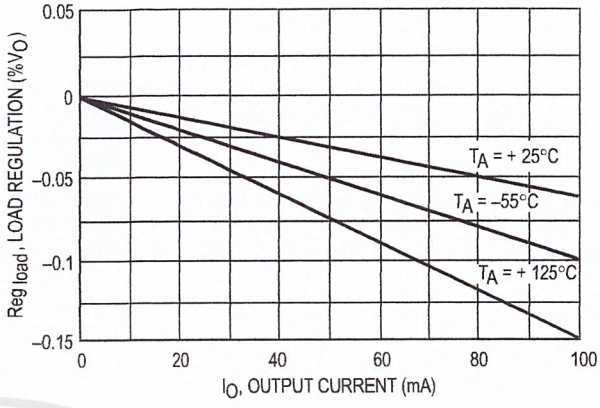


Figure 6. Load Regulation Characteristics With Current Limiting

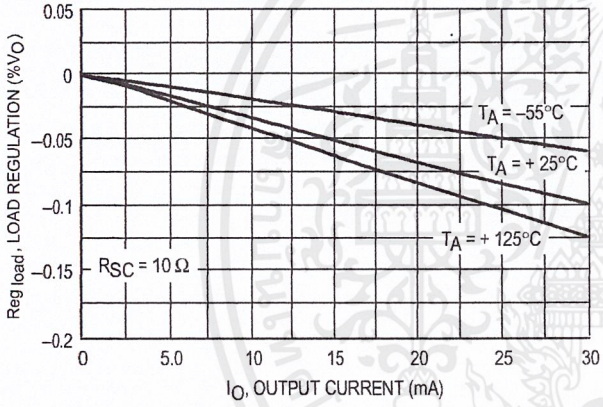


Figure 7. Load Regulation Characteristics With Current Limiting

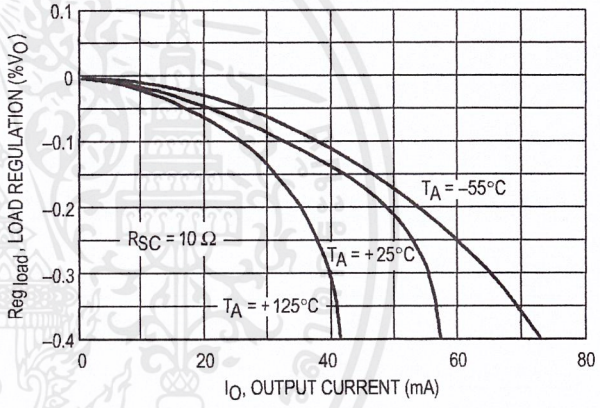


Figure 8. Current Limiting Characteristics

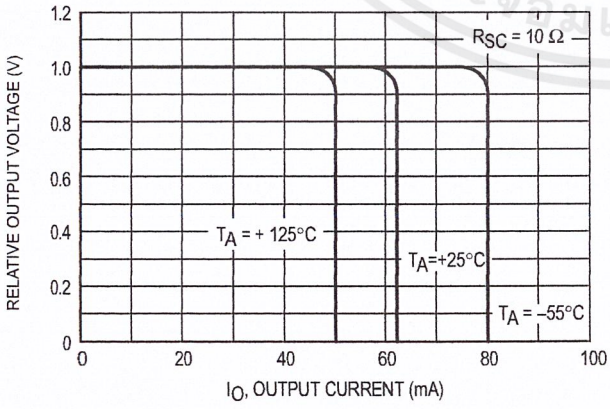
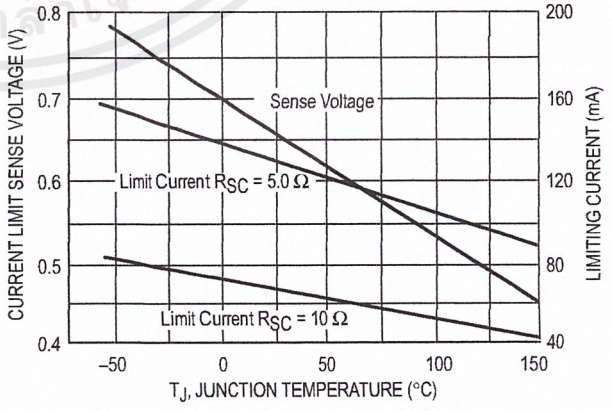


Figure 9. Current Limiting Characteristics as a Function of Junction Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Line Regulation as a Function of Input–Output Voltage Differential

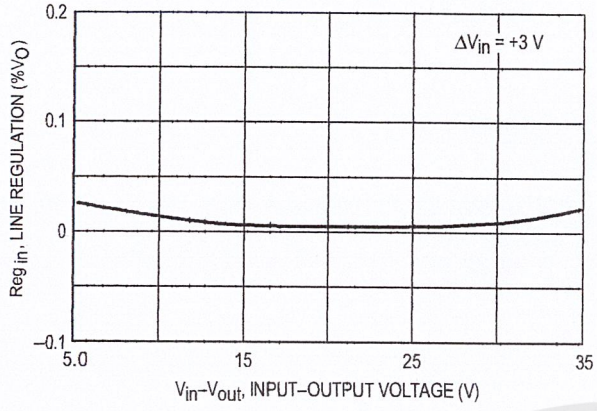


Figure 11. Load Regulation as a Function of Input–Output Voltage Differential

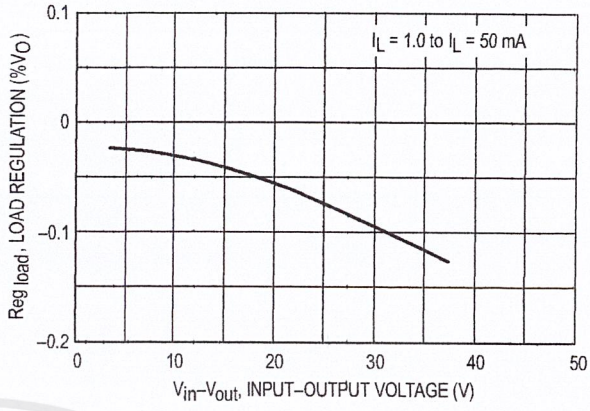


Figure 12. Standby Current Drain as a Function of Input Voltage

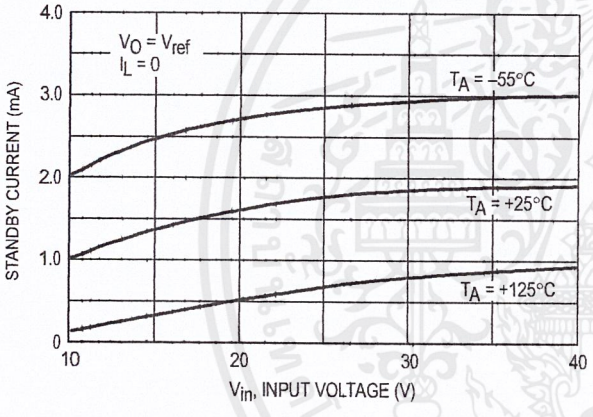


Figure 13. Line Transient Response

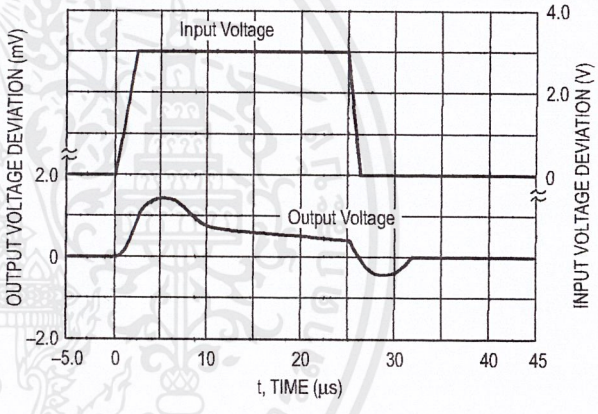


Figure 14. Load Transient Response

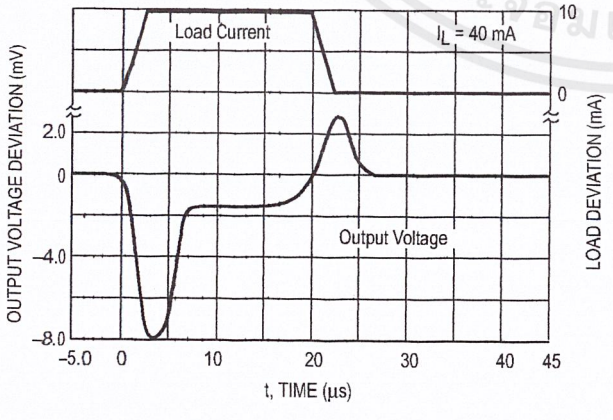
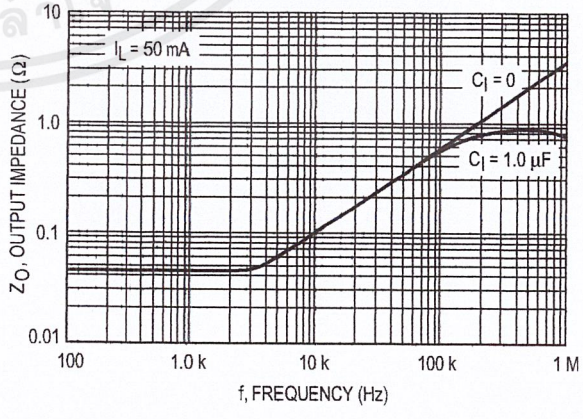
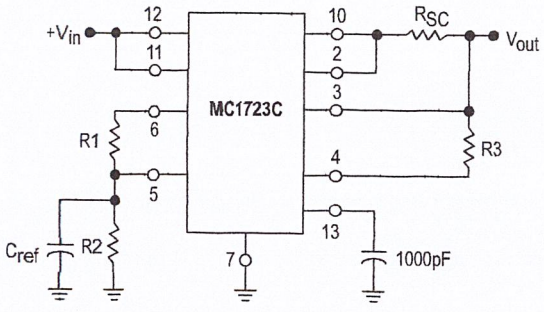


Figure 15. Output Impedance as Function of Frequency



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

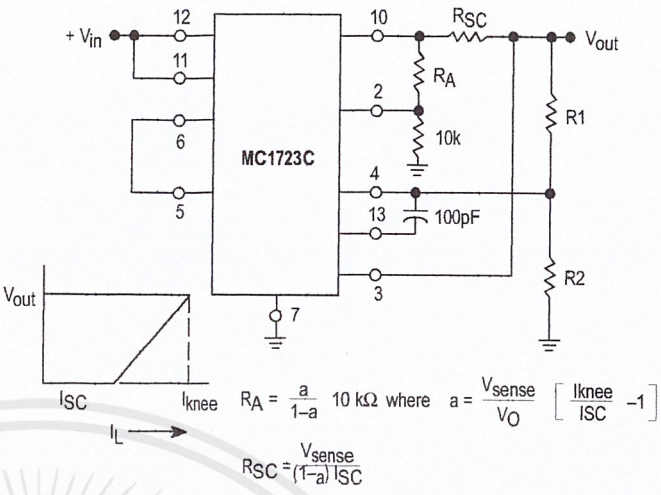
Figure 16. Typical Connection for 2 < V_O < 7



$V_O \cong 7\left[\frac{R2}{R1+R2}\right]$ $I_{SC} = \frac{V_{sense}}{R_{SC}} \cong \frac{0.66}{RSC}$ at T_J = +25°C

For best results 10 k < R1 +R2 < 100 k
For minimum drift R3 = R1 R2

Figure 17. Foldback Connection



$R_A = \frac{a}{1-a}$ 10 kΩ where $a = \frac{V_{sense}}{V_O}\left[\frac{I_{knee}}{I_{SC}} - 1\right]$

$R_{SC} = \frac{V_{sense}}{(1-a)\,I_{SC}}$

Figure 18. +5.0 V, 1.0 A Switching Regulator

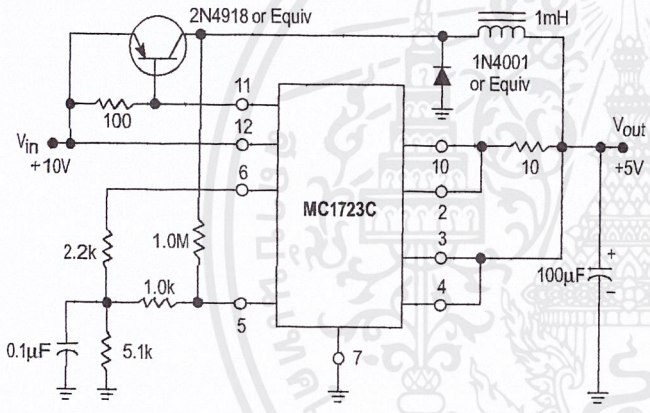


Figure 19. +5.0 V, 1.0 A High Efficiency Regulator

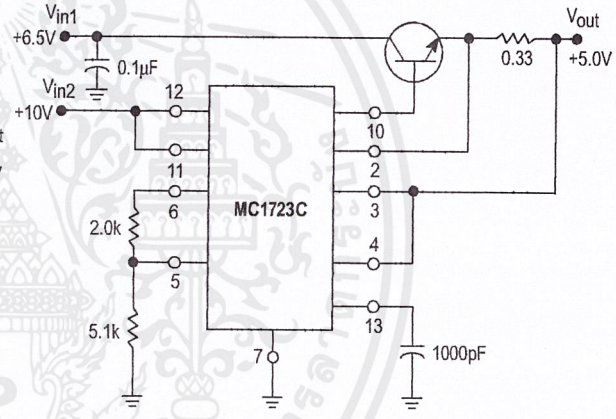


Figure 20. +15 V, 1.0 A Regulator with Remote Sense

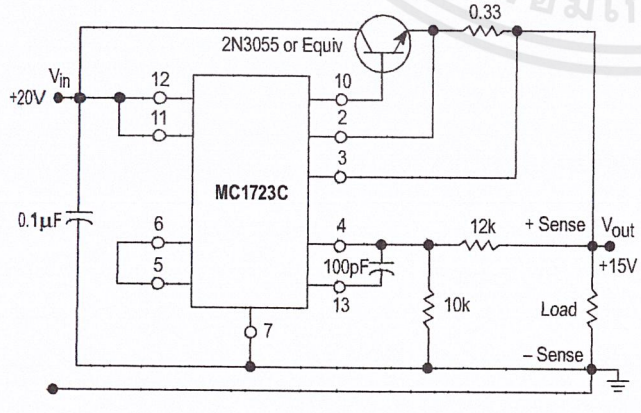
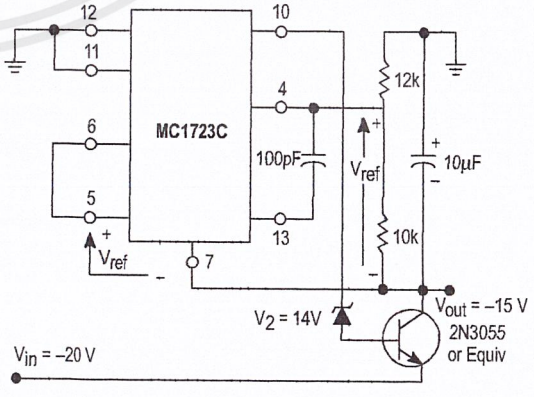
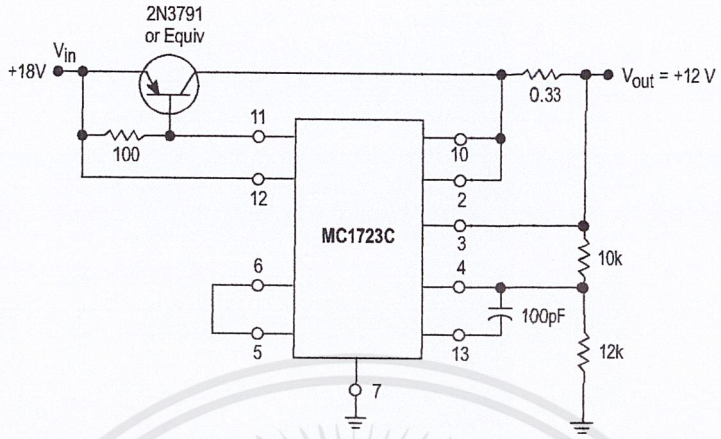


Figure 21. –15 V Negative Regulator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

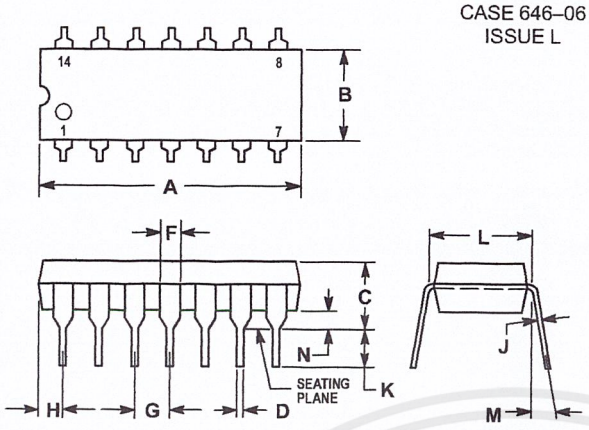
Figure 22. +12V, 1.0 A Regulator
(Using PNP Current Boost)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

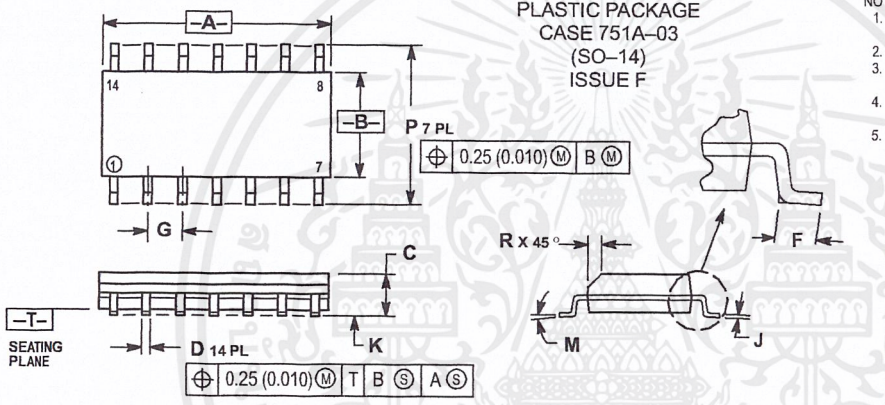
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646–06
ISSUE L



NOTES:
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A–03
(SO–14)
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and Ⓜ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1–800–441–2447 or 602–303–5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602–244–6609
INTERNET: http://Design–NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi–SPD–JLDC, 6F Seibu–Butsuryu–Center, 3–14–2 Tatsumi Koto–Ku, Tokyo 135, Japan. 03–81–3521–8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852–26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised March 2000

DM74LS244
Octal 3-STATE Buffer/Line Driver/Line Receiver

General Description

These buffers/line drivers are designed to improve both the performance and PC board density of 3-STATE buffers/drivers employed as memory-address drivers, clock drivers, and bus-oriented transmitters/receivers. Featuring 400 mV of hysteresis at each low current PNP data line input, they provide improved noise rejection and high fanout outputs and can be used to drive terminated lines down to 133Ω.

Features

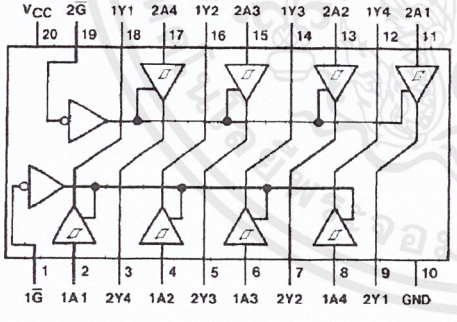
- 3-STATE outputs drive bus lines directly
- PNP inputs reduce DC loading on bus lines
- Hysteresis at data inputs improves noise margins
- Typical I_{OL} (sink current) 24 mA
- Typical I_{OH} (source current) −15 mA
- Typical propagation delay times
  - Inverting 10.5 ns
  - Noninverting 12 ns
- Typical enable/disable time 18 ns
- Typical power dissipation (enabled)
  - Inverting 130 mW
  - Noninverting 135 mW

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS244WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
DM74LS244SJ	M20D	20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS244N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

Inputs		Output
$\overline{G}$	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

L = LOW Logic Level
H = HIGH Logic Level
X = Either LOW or HIGH Logic Level
Z = High Impedance

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current			−15	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current			24	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −18 mA				−1.5	V
HYS	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) Data Inputs Only	V_{CC} = Min		0.2	0.4		V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, V_{IH} = Min V_{IL} = Max, I_{OH} = −1 mA		2.7			V
		V_{CC} = Min, V_{IH} = Min V_{IL} = Max, I_{OH} = −3 mA		2.4	3.4		
		V_{CC} = Min, V_{IH} = Min V_{IL} = 0.5V, I_{OH} = Max		2			
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min V_{IL} = Max V_{IH} = Min	I_{OL} = 12 mA			0.4	V
			I_{OL} = Max			0.5	
I_{OZH}	Off-State Output Current, HIGH Level Voltage Applied	V_{CC} = Max V_{IL} = Max	V_O = 2.7V			20	µA
I_{OZL}	Off-State Output Current, LOW Level Voltage Applied	V_{IH} = Min	V_O = 0.4V			−20	µA
I_I	Input Current at Maximum Input Voltage	V_{CC} = Max	V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max	V_I = 2.7V			20	µA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max	V_I = 0.4V	−0.5		−200	µA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 3)		−40		−225	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max, Outputs Open	Outputs HIGH		13	23	mA
			Outputs LOW		27	46	
			Outputs Disabled		32	54	

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

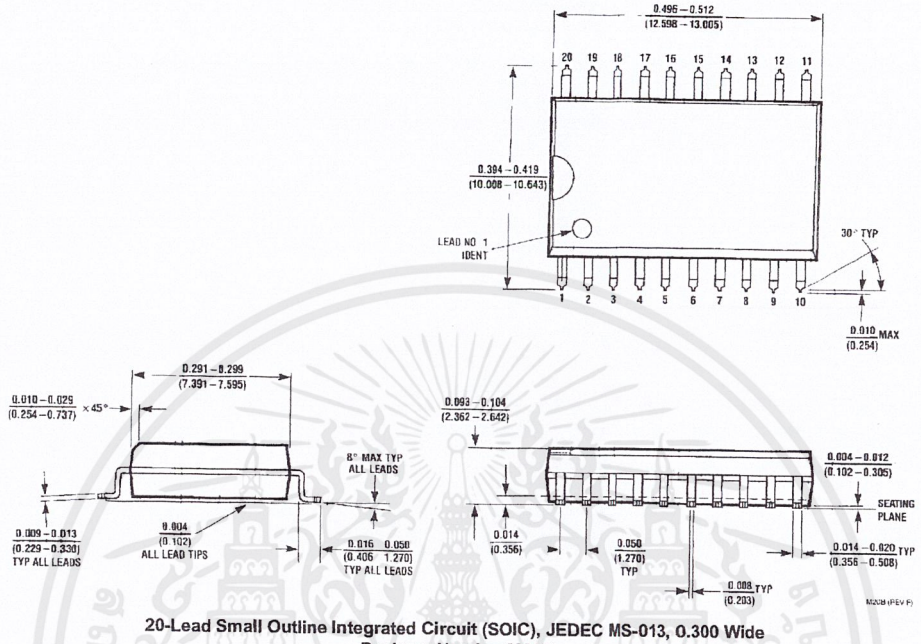
Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25°C$

Symbol	Parameter	Conditions	Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	$C_L = 45$ pF $R_L = 667\Omega$	18	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	$C_L = 45$ pF $R_L = 667\Omega$	18	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level	$C_L = 45$ pF $R_L = 667\Omega$	30	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level	$C_L = 45$ pF $R_L = 667\Omega$	23	ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level	$C_L = 5$ pF $R_L = 667\Omega$	25	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level	$C_L = 5$ pF $R_L = 667\Omega$	18	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	$C_L = 150$ pF $R_L = 667\Omega$	21	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	$C_L = 150$ pF $R_L = 667\Omega$	22	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level	$C_L = 150$ pF $R_L = 667\Omega$	33	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level	$C_L = 150$ pF $R_L = 667\Omega$	26	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

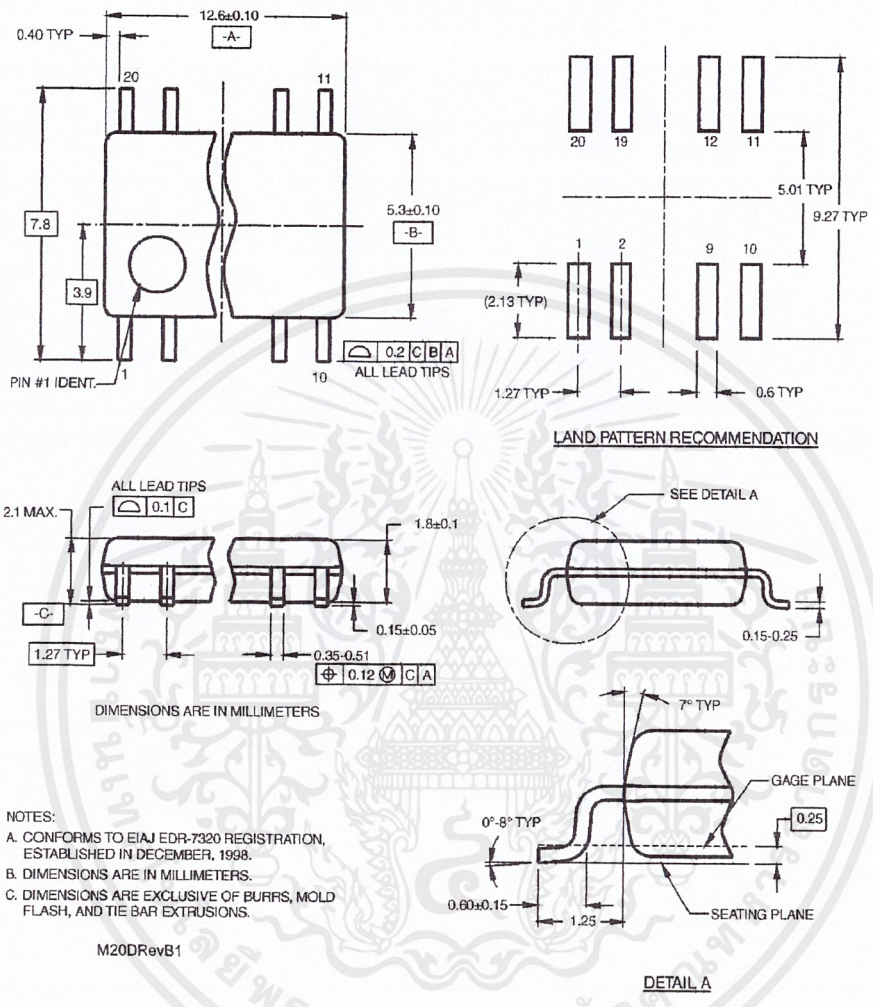
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
Package Number M20B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



NOTES:

A. CONFORMS TO EIAJ EDR-7320 REGISTRATION, ESTABLISHED IN DECEMBER, 1998.

B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.

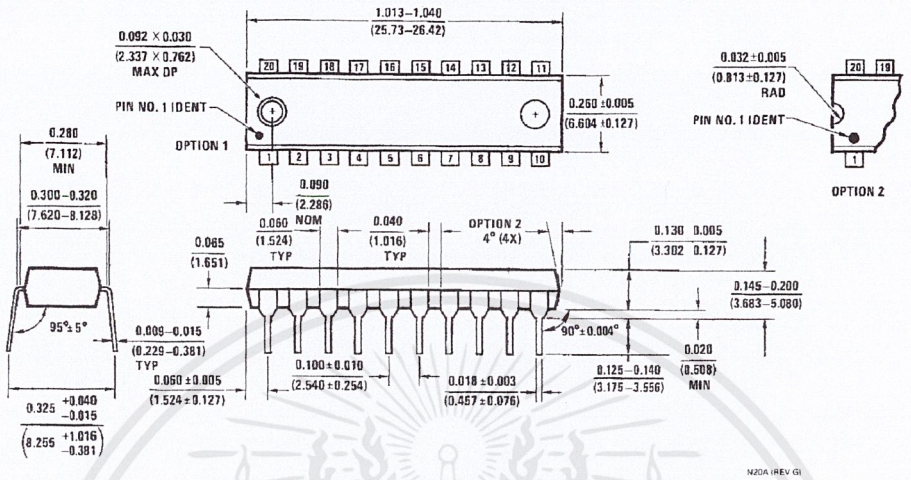
C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH, AND TIE BAR EXTRUSIONS.

M20DRevB1

20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
Package Number M20D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
Package Number N20A

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้