

สวิตชิงโหมดเพาเวอร์ซัพพลายแบบโปรแกรมได้
PROGRAMMABLE SWITCHINGMODE POWER SUPPLY



โดย

นายปัญญาลักษณ์	มีศรี	รหัสประจำตัว	42015607
นายเอกชัย	ทองขาว	รหัสประจำตัว	42015628



อาจารย์ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

เลขหม.....
เลขทะเบียน 42311
วัน, เดือน, ปี 6 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	สวิตชิงโหมดเพาเวอร์ซัพพลายแบบโปรแกรมได้ PROGRAMMABLE SWITCHINGMODE POWER SUPPLY	
จัดทำโดย	นายปัญญาลักษณ์ มีศรี	รหัสประจำตัว 42015607
	นายเอกชัย ทองขาว	รหัสประจำตัว 42015628
สาขาวิชา	เทคโนโลยีโทรคมนาคม	
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์	
ปีการศึกษา	2543	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

.....กรรมการ
(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT REPORT

PROGRAMMABLE SWITCHINGMODE SUPPLY

BY

MR. PANYALAK MEESRI

MR. AEKKACHAI THONGKHAW

DEPARTMENT OF

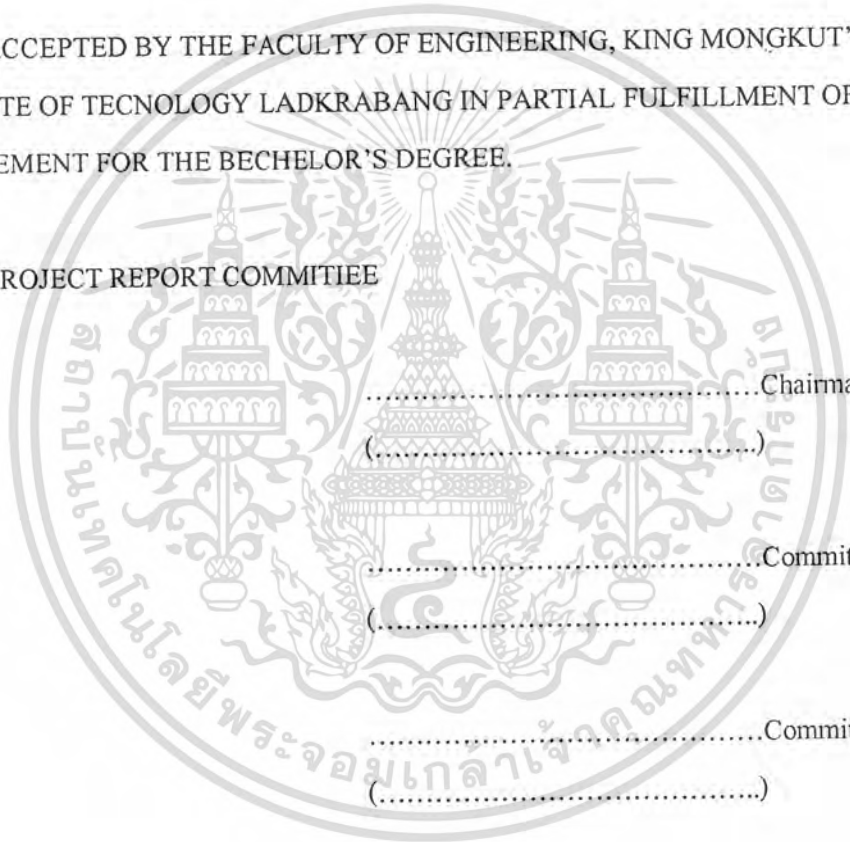
INDUSTRIAL TECHNOLOGY

ADVISER

ASST.PROF.PRADIT WACHARAPIBOON

ACCEPTED BY THE FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S
INSTITUTE OF TECNOLOGY LADKRABANG IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE BECHELOR'S DEGREE.

PROJECT REPORT COMMITIEE



.....Chairman

(.....)

.....Committee

(.....)

.....Committee

(.....)

.....Committee

(.....)

.....Committee

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตซ์โหมดเพาเวอร์ซัพพลายแบบ โปรแกรมได้

PROGRAMABLE SWITCHINGMODE POWER SUPPLY

โดย นายปัญญาลักษณ์ มีศรี รหัสประจำตัว 42015607
 นายเอกชัย ทองขาว รหัสประจำตัว 42015628
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์
 ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์นี้กล่าวถึง สวิตซ์โหมดเพาเวอร์ซัพพลาย แบบโปรแกรมโดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม แรงดันเอาต์พุตในย่านแรงดัน 0 ถึง 45 V จุดมุ่งหมายหลักเพื่อเป็นการศึกษาถึงการทำงานของ สวิตซ์โหมดเพาเวอร์ซัพพลาย และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมใช้งานในระบบควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMMABLE SWITCHINGMODE POWER SUPPLY

BY	MR. PANYALAK	MEESRI	42015607
	MR. AEKKACHAI	THONGKHAW	42015628
ADVISOR	ASST.PROF.PRADIT WACHARAPIBOON		
YEAR	2000		

Abstract

This PROGRAMMABLE SWITCHINGMODE POWER SUPPLY Project using microcontroller to control output voltage of switching power supply. The control range of voltage is 0V – 45V .The main purpose is to study the function of switchingmode power supply and the function of microcontroller MCS-51 for development the skill of writing the assembly language.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงด้วยความเรียบร้อย โดยได้รับการสนับสนุนและการให้คำปรึกษาจากหลายฝ่าย ฉะนั้นผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ เป็นอย่างสูงในการให้คำปรึกษาชี้แนะและติชมแก้ไขพร้อมทั้งขอบคุณเพื่อนๆทุกท่านที่ให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำโครงการนี้ ซึ่งทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตามวัตถุประสงค์

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

นายปัญญาลักษณ์ มีศรี

นายเอกชัย ทองขาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่ออังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	3
2.1 วงจรส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	3
2.2 คอนเวอร์เตอร์	10
2.3 หม้อแปลงสวิตชิง (Switching Transformer)	16
2.4 วงจรควบคุมสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	20
2.5 เพาเวอร์มอสเฟต	25
2.6 วงจรสับเบอร์	30
บทที่ 3 ทฤษฎีการใช้งานของตัวอุปกรณ์ต่างๆของภาคคอนโทรล	33
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051	33
3.2 ทฤษฎี DS1669	42
3.3 ทฤษฎี DOT MATRIX LCD MODULE	45
บทที่ 4 การออกแบบภาคควบคุมและภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	53
4.1 ภาคควบคุม	53
4.2 ภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	60
บทที่ 5 การใช้งานเครื่องและการทดลอง	64
5.1 การทดลองภาคควบคุม	64
5.2 การทดลองภาคสวิตชิง	68
บทที่ 6 บทสรุปและทางการพัฒนา	73
บรรณานุกรม	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก. วงจร, ถายปรี้นท์และการลงอุปกรณ์
- ภาคผนวก ข. รายละเอียด โปรแกรม
- ภาคผนวก ค. DATA SHEET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดง BLOCK DIAGRAM รวมของภาคสวิตชิงและภาคควบคุม	2
รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างวงจรส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ประกอบด้วยเรกติไฟเออร์ ฟิวส์ และ RFI ฟิลเตอร์	3
รูปที่ 2.2 แสดงค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ที่ได้ ที่โหลดและความต้านทานจำกัดกระแส R_s ค่าต่างๆ	5
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ ในวงจรเรกติไฟเออร์	6
รูปที่ 2.4 แสดงการประมาณค่าเวลาในการคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ให้มีค่าเท่ากับ ครึ่งหนึ่งของค่าคาบเวลาแรงดันไฟสลับเพื่อสะดวกในการคำนวณ	7
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรพื้นฐานของพวช-ฟูลคอนเวอร์เตอร์	11
รูปที่ 2.6 แสดงการห้วงของช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	12
รูปที่ 2.7 แสดงการกำหนดค่าเวลาเมื่อ t_0 ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	13
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด D1 และ D2 และกระแสที่ไหลผ่านเอาต์พุต ใช้อ็ค LO ขณะวงจรทำงาน	14
รูปที่ 2.9(ก) แสดงส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิง (ข) การพันขดลวดทองแดงอาบนํ้ายาบนบอบนํ้า	16
รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างขนาดของแกนเฟอร์ไรต์แบบ EI, EE และ ETD	18
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรมูลฐานสำหรับการควบคุมคอนเวอร์เตอร์ในโหมดควบคุมจากแรงดัน	20
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ PWM ซึ่งเป็นผลมาจากการมอดูเลต สัญญาณ ป้อนกลับและสัญญาณพื้นฐานตามรูปที่ 2.11	21
รูปที่ 2.13 แสดงการจัด โครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494 (ที่มา : Motorola)	22
รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ของค่า $R_T C_T$ ในการกำหนดความถี่	23
รูปที่ 2.15 แสดงรูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL494	24
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการเลือกใช้อ์เอาต์พุตของ TL494	25
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อเริ่มนำกระแส และเริ่มหยุดนำกระแส ในส่วนที่แรงงจะเป็นส่วนที่จะเกิดกำลังงานสูญเสีย ในรูปความร้อนได้สูง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.18 แสดงตัวเก็บประจุแฝงที่ต่ออยู่ที่ขาต่าง ๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต	27
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะแรงดันและกระแสที่ขาเกตขณะเพาเวอร์มอสเฟต	27
รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart	28
รูปที่ 2.21 (ก) แสดงลักษณะการชาร์จประจุที่ขาเกตตามเวลาที่มีผลต่อการเริ่มนำกระแส (ข) เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส	29
รูปที่ 2.22 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสด้วยไอซี CMOS	30
รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการลดลงของกระแสและการเพิ่มขึ้นของแรงดัน ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแส	31
รูปที่ 2.24 แสดงการต่อวงจรสับเบอร์ช่วยหยุดนำกระแสเพื่อหน่วงแรงดัน ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ	31
รูปที่ 2.25 แสดงการต่อสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกินเพื่อจำกัดค่ากระแสสูงสุด ที่จะตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแส	32
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ 8051	34
รูปที่ 3.2 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051	37
รูปที่ 3.3 ขาต่างๆ ของ 8051	38
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของพอร์ตต่างๆ ของ 8051	39
รูปที่ 3.5 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับ โปรแกรมของ 8051	40
รูปที่ 3.6 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล	40
รูปที่ 3.7 ผังเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051	41
รูปที่ 3.8 ลักษณะตัวถังบรรจุและการจัดขาของ DS1669	42
รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรีโอสแตต	44
รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งาน	45
รูปที่ 3.11 แสดงคำสั่ง CLEAR DISPLAY	46
รูปที่ 3.12 แสดงคำสั่ง RETURN HOME(* No effect)	47
รูปที่ 3.13 แสดงคำสั่ง ENTRY HOME	47
รูปที่ 3.14 แสดงคำสั่ง DISPLAY ON/OFF CONTROL	47
รูปที่ 3.15 แสดงคำสั่ง CURSOR OR DISPLAY SHIFT(*No effect)	48
รูปที่ 3.16 แสดงคำสั่ง FUNCTION SET	48

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.17 แสดงคำสั่ง SET CG RAM ADDRESS	49
รูปที่ 3.18 แสดงคำสั่ง SET DD RAM ADDRESS	50
รูปที่ 3.19 แสดงคำสั่ง READ BUSY FLAG AND ADDRESS	50
รูปที่ 3. 20 แสดงคำสั่ง WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM	50
รูปที่ 3.21 แสดงคำสั่ง WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM	51
รูปที่ 3.22 แสดงตำแหน่งขาของ LCD MODULE	52
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรฮาร์ดแวร์ของภาคควบคุม	54
รูปที่ 4.2 แสดงปุ่มกดและค่าของปุ่มกดต่างๆ	55
รูปที่ 4.3 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรม โดยรวม	56
รูปที่ 4.4 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมหลัก	57
รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมหลัก(ต่อ)	58
รูปที่ 4.6 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมหลัก(ต่อ)	59
รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	60
รูปที่ 4.8 วงจรภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	61
รูปที่ 5.1 แสดงไต่เตลพร้อมรับอินพุต	64
รูปที่ 5.2 แสดงไต่เตลการปรับ RESISTOR	65
รูปที่ 5.3 แสดงไต่เตลหลังจากเครื่องปรับแรงดัน	65
รูปที่ 5.4 แสดงไต่เตลเมื่อป้อนแรงดันเกิน45 V	65
รูปที่ 5.5 แสดงไต่เตลเมื่อเครื่องทำการ RESET แรงดัน	66
รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะที่ยังไม่จ่ายแรงดัน	68
รูปที่ 5.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะต่อ โหลดไม่จ่ายแรงดัน	68
รูปที่ 5.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะจ่ายโหลด	69
รูปที่ 5.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณระดับแรงดันริบเปิดและสัญญาณรบกวนทางเอาต์พุตที่ 5 A	69
รูปที่ 5.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{GS} ของ Q1 ขณะจ่ายแรง โหลด 7 V	70
รูปที่ 5.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{GS} ของ Q2 ขณะจ่ายแรง โหลด 7 V	70
รูปที่ 5.12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันตกคร่อมหม้อแปลงสวิตชิงทาง เอาต์พุต	71
รูปที่ 5.13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{DS} ของ Q1 (บน) Q2(ล่าง) ขณะจ่ายโหลดที่ 7V	71
รูปที่ 5.14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{GS} ของ Q1 ขณะจ่ายแรง โหลด 7 V	72

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	33
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าของ DS1669	43
ตารางที่ 3.3 แสดงค่าการเลื่อน CURSOR ไปแต่ละตำแหน่ง	48
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดย่อยของคำสั่ง FUNCTION SET	49
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922	54
ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922	55
ตารางที่ 5.1 ค่าแรงดันเอาต์พุต	66
ตารางที่ 5.2 ค่าแรงดันเอาต์พุต	67



บทที่ 1

บทนำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมในระบบควบคุมการทำงานของวงจร
2. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย
3. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อข้อมูลของระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อศึกษาการควบคุมสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
5. สามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้

แนวความคิดและที่มา

เนื่องจากสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย โดยทั่วไป จะแสดงผลแบบอนาล็อกโดยใช้การควบคุมแบบแกนโวลุ่ม ในการปรับเพิ่มหรือลดลงแรงดันทำให้การปรับค่าแรงดันที่ต้องการใช้งานใช้เวลานานและทำให้ค่าแรงดันเกิดความคลาดเคลื่อน แต่ในโครงการนี้ ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับค่าแรงดัน ให้มีความละเอียดและความแม่นยำสูงขึ้น โดยใช้การกดเลือกค่าแรงดันที่ต้องการ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S8252 มาใช้ร่วมกับ LCD เพื่อแสดงผลค่าแรงดันที่ต้องการ โดยรับอินพุตจาก KEYPAD 4X4 ส่วนทางด้านเอาต์พุตของ MCS-51 จะต่อกับไอซีเบอร์ DS1669 เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ดิจิตอลรีโอสตัต และนำเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

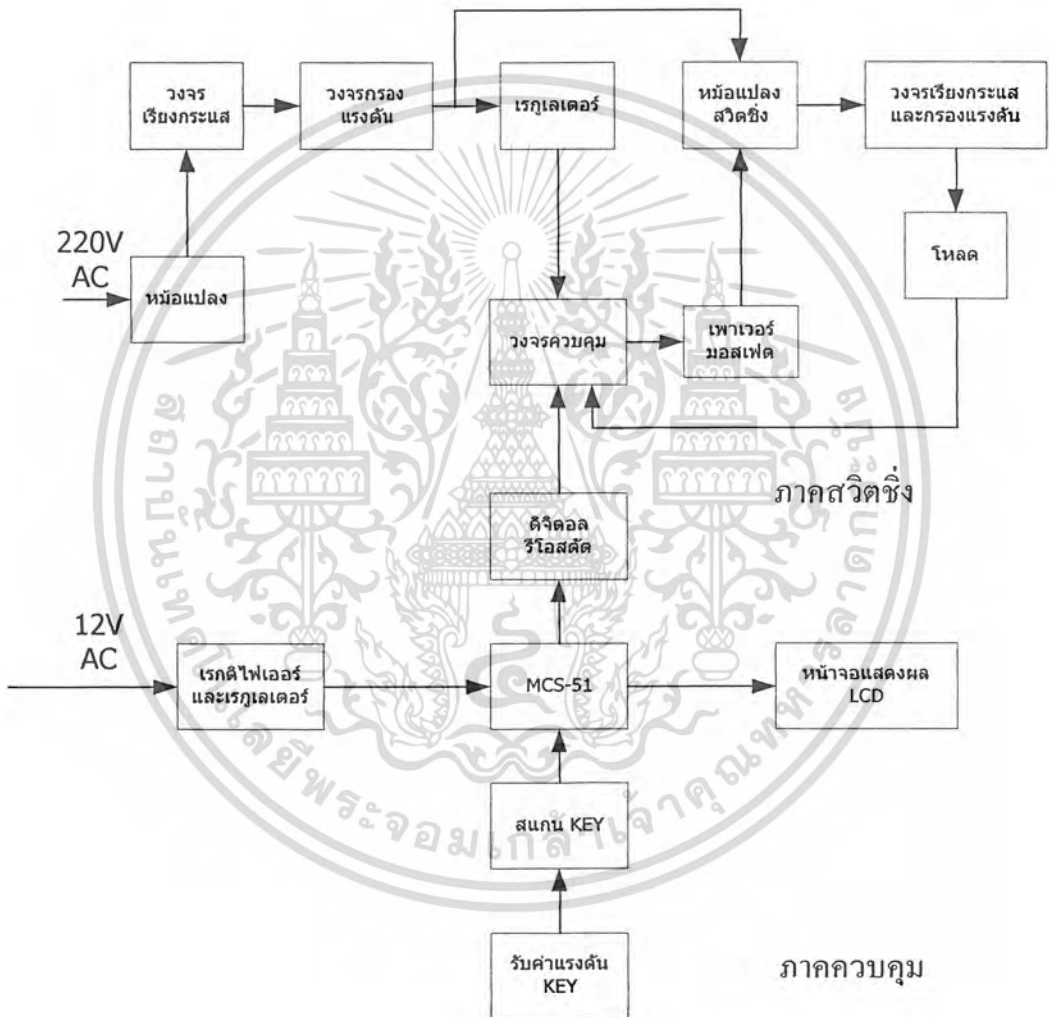
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจในระบบการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย
3. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเชื่อมต่อข้อมูลของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถใช้จ่ายแรงดันไฟตรงได้ 0-45 โวลต์ และที่กระแสสูงสุด 7 แอมป์
2. สามารถเพิ่มหรือลดแรงดันได้ Step ละ 1 โวลต์



รูปที่ 1 แสดง BLOCK DIAGRAMรวมของภาคสวิตซิ่งและภาคควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

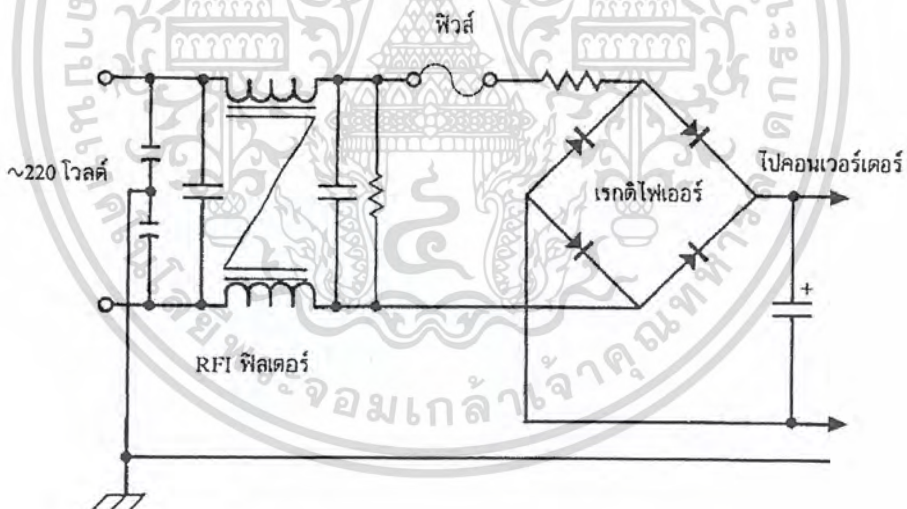
บทที่ 2

ทฤษฎีทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

2.1 วงจรส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย โดยส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาให้ใช้กับระบบแรงดันไฟสลับ 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ แรงดันไฟสลับจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟตรงเสียก่อนด้วย วงจรในส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อส่งต่อไปให้คอนเวอร์เตอร์ลดทอนและคงค่าแรงดันอีกทีหนึ่ง ตัวอย่างการจัดวงจรที่อินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย อาจเป็นได้ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 โดยวงจรส่วนอินพุตอาจแบ่งออกได้เป็นส่วนสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้คือ

1. วงจรเรียงกระแส (Rectifier)
2. ฟิวส์ (Fuse)
3. RFI ฟิลเตอร์ (RFI Input Filter)



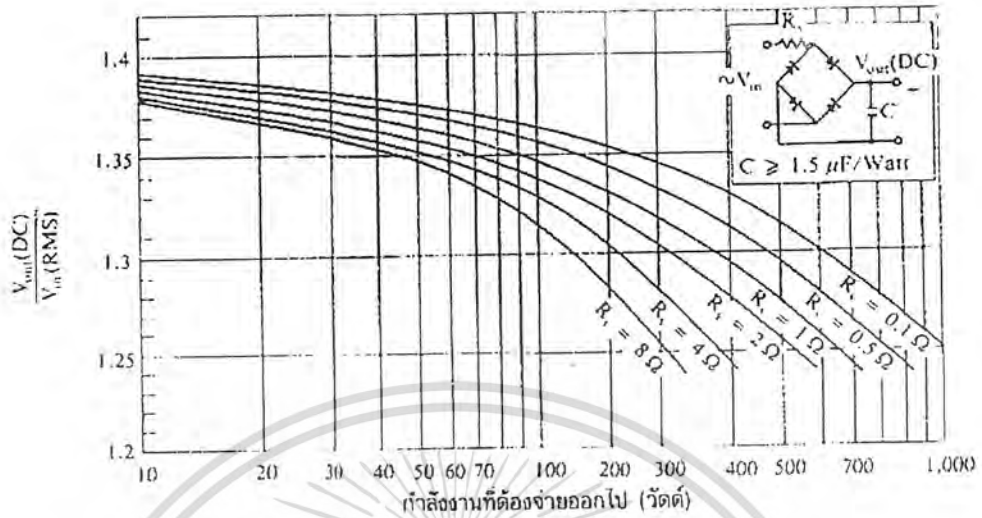
รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างวงจรส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ประกอบด้วยเรกติไฟเออร์ ฟิวส์ และ RFI ฟิลเตอร์

2.1.1 วงจรเรียงกระแส (Rectifier)

เรกติไฟเออร์ นับเป็นส่วนสำคัญที่สุดของวงจร ในส่วนอินพุตของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย และจะเป็นตัวกำหนด ค่าอัตราทนกระแส ของฟิวส์และ RFI ฟิวเตอร์ เรกติไฟเออร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ 3 ตัวคือ ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s ตัวเก็บประจุฟิวเตอร์ C และไดโอดเรกติไฟเออร์ D1-D4 มีหน้าที่หลักคือ เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นแรงดันไฟตรง เพื่อเป็นแรงดันอินพุตให้กับคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s

ตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s จะมีประโยชน์มาก ในวงจรเรกติไฟเออร์ R_s จะเป็นตัวจำกัดกระแสกระชากที่จะเกิดขึ้นในวงจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มเปิดเครื่องให้ทำงาน ตัวเก็บประจุขณะชาร์จประจุจะเหมือนมีการลัดวงจรขึ้น ถ้าค่าของตัวเก็บประจุสูงก็จะทำให้เกิดกระแสกระชากขณะเปิดเครื่องสูงด้วย การกำหนดค่าตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s ไว้ในวงจรจะทำให้การไหลของกระแสขณะเปิดเครื่องเป็นไปได้อย่างช้าๆ และลดกระแสกระชาก ตัวต้านทาน R_s ในวงจรเรกติไฟเออร์ จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าอย่างเหมาะสม เนื่องจากในวงจรเรกติไฟเออร์ที่มีตัวเก็บประจุเป็นฟิวเตอร์นั้น ค่าของแรงดันที่ได้จากวงจรจะขึ้นกับค่าของ R_s และกำลังงานที่วงจรเรกติไฟเออร์จะต้องจ่ายออกไป การต่อตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s จะทำให้ประสิทธิภาพของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายลดลง เนื่องจากการเกิดกำลังงานสูญเสียในตัว R_s การกำหนดค่าของ R_s จึงต้องพิจารณา จากความเหมาะสม ระหว่างการลดกระแสกระชาก และประสิทธิภาพการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายด้วย



รูปที่ 2.2 แสดงค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยเอาต์พุตของวงจรเรกติไฟเออร์ที่ได้ที่โหลดและตัวต้านทานจำกัดกระแส R_s ค่าต่าง

ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C

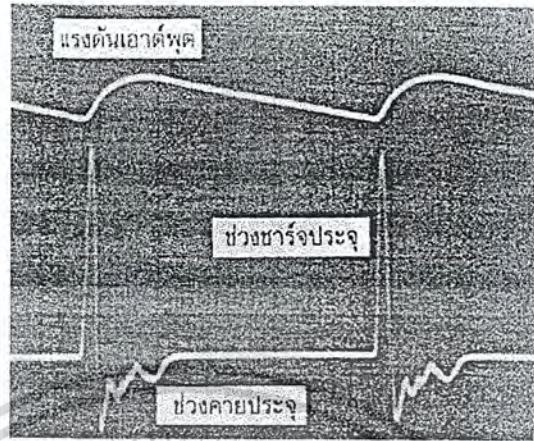
ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C จะเป็นตัวกรองแรงดันไฟตรงที่ได้จากการเรียงกระแสของไดโอด D1 - D4 ให้มีค่าความเรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอ ตามที่คอนเวอร์เตอร์ต้องการ การทำงานของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C ในวงจรเรกติไฟเออร์จะเป็นไปในลักษณะของการชาร์จประจุและคายประจุ ซึ่งค่ากระแสขณะชาร์จประจุ และคายประจุจะมากหรือน้อยขึ้นกับค่าความจุของตัวเก็บประจุ C และภาวะของโหลดที่เอาต์พุต จะแสดงค่ากระแส RMS ที่อินพุต และค่ากระแส RMS ของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C ต่อค่ากระแสประสิทธิภาพ I_c ที่อินพุตของวงจรเรกติไฟเออร์ โดยที่

$$I_c = P_{IN} / V_{INrms}$$

- เมื่อ I_c คือ ค่ากระแสประสิทธิภาพที่อินพุต เป็นอาร์เอ็มเอสแอมป์
 P_{IN} คือ กำลังงานที่จ่ายเข้าทางด้านอินพุต เป็นวัตต์
 V_{INrms} คือ ค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสที่อินพุต เป็นอาร์เอ็มเอสโวลต์
 ส่วน R_{sf} คือ ค่าแฟกเตอร์ของตัวต้านทาน R_s และค่า R_{sf} หาได้จาก

$$R_{sf} = R_s P_{IN}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการชาร์จประจุและคายประจุของ
ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ในวงจรเรกติไฟเออร์

การพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ C สำหรับวงจรเรกติไฟเออร์

จะต้องพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้ด้วยคือ

1. อัตราทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุ (RMS Ripple Current Rating)

กระแสระลอกในตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ เกิดจากชาร์จประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุเองดังรูปที่ 2.3 ค่ากระแสระลอกของตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ทำให้ตัวเก็บประจุร้อนและลดอายุการใช้งาน อาจหาได้จากค่ากระแสระลอกประสิทธิภาพ I_e ของวงจรเรียงกระแส

การเลือกใช้ ตัวเก็บประจุฟิวดเตอร์ C จะต้องให้มีค่าอัตราทนกระแสระลอก ที่คำนวณได้ เพื่อไม่ให้ตัวเก็บประจุร้อน ขณะทำงานในกรณีที่กระแสระลอกมีค่าสูง การใช้ตัวเก็บประจุขนานกันหลายตัวจะช่วยเพิ่มอัตราทนกระแสระลอกให้กับตัวเก็บประจุได้เช่นกัน

2. แรงดันกระแสที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์ (Ripple Voltage)

การกระแสที่แรงดันเอาต์พุตของเรกติไฟเออร์ จะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของคอนเวอเตอร์ในสวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลาย การกระแสที่แรงดันเอาต์พุต ทำให้แรงดันที่อินพุตของคอนเวอเตอร์มีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระแสที่แรงดันเอาต์พุตของเรกติไฟเออร์มีค่ามากก็จะลดความสามารถในการคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอเตอร์ลงไป และทำให้ช่วงแรงดันไฟสลับอินพุตของสวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายแคบลง ปกติการออกแบบสวิตซิงเพาเวอร์ซัพพลายจะยอมให้ เรกติไฟเออร์มีค่าแรงดันกระแสที่เอาต์พุตได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากรูปที่ 2.2

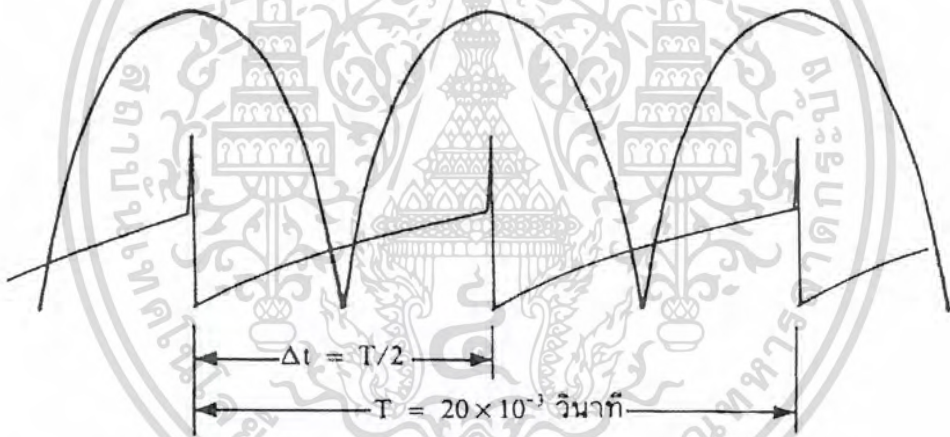
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ C เพื่อให้ค่าแรงดันกระเพื่อมไม่เกินกำหนด อาจคำนวณได้จาก

$$C = \frac{I_c \cdot \Delta t}{\Delta V_{\text{ripple}}}$$

- เมื่อ I_c คือ ค่ากระแสประสิทธิผลของวงจรเรกติไฟเออร์
 Δt คือ ช่วงเวลาที่ C คายประจุ
 ΔV_{ripple} คือ ค่ายอดถึงยอดของแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของเรกติไฟเออร์

หมายเหตุ เพื่อให้ง่ายในการคำนวณค่าของ C ช่วงเวลาที่คายประจุ อาจกำหนดจากช่วงยอดสูงสุดของคลื่นลูกหนึ่ง ไปอีกลูกหนึ่งของแรงดันที่ได้จากไดโอดเรกติไฟเออร์ ดังในรูปที่ 2.4 ดังนั้นค่าเวลา จะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของแรงดันไฟสลับนั่นเอง (10×10^{-3} วินาทีที่ความถี่ไฟสลับ 50 เฮิรตซ์)



รูปที่ 2.4 แสดงการประมาณค่าเวลาในการคายประจุของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ ให้มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของคาบเวลาแรงดันไฟสลับเพื่อสะดวกในการคำนวณ

3. ช่วงเวลาโฮลด์อัฟ (Holdup Time)

ช่วงเวลาโฮลด์อัฟ เป็นช่วงเวลาที่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ยังสามารถคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุดเมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับหรือค่าแรงดันไฟสลับต่ำกว่ากำหนด และเพื่อให้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีค่าเวลาโฮลด์อัฟ ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์จะต้องมีค่ามากพอเพื่อจ่ายกระแสให้กับ คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ ค่าของ C เพื่อให้เกิดช่วงเวลาโฮลด์อัฟอาจหาได้จาก

$$C = \frac{2P_o t_H}{\eta(v_s^2 - v_r^2)}$$

เมื่อ	P_o	คือ ค่ากำลังงานสูงสุดที่เอาต์พุต ของคอนเวอร์เตอร์
	η	คือ ค่าประสิทธิภาพของคอนเวอร์เตอร์
	v_s	คือ ค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ก่อนหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ
	v_r	คือ ค่าแรงดันที่ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์หลังหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ
	t_H	คือ ค่าช่วงเวลาโฮลด์อัฟที่ต้องการ (โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 20×10^{-3} วินาที ถึง 50×10^{-3} วินาที)

4. อัตราทนแรงดัน

ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ต้องทนแรงดัน ได้อย่างต่ำที่ค่า แรงดันไฟตรงเอาต์พุต ของวงจรเรกติไฟเออร์ แต่เพื่อความปลอดภัยควรเผื่อค่าอัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวอร์เตอร์ เช่น สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่มีแรงดันไฟสลับอินพุต 187 – 260 โวลต์ ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ควรมีอัตราทนแรงดันอย่างต่ำที่ 385 โวลต์ หรือ 400 โวลต์ เป็นต้น

5. ขนาดและราคา

ตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ปกติจะเป็นชนิดอิเล็กโทรไลต์ ที่อัตราทนแรงดันสูง ๆ ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์จะมีขนาดใหญ่และมีราคาแพง การเลือกตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ที่มีอัตราทนแรงดันและค่าความจุสูงเกินไป จะเห็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น กินเนื้อที่และเพิ่มขนาดของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ขนาดและราคาจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องพิจารณาก่อนเลือกตัวเก็บประจุฟิสิกเตอร์ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ไดโอดเรกติไฟเออร์

การเลือกใช้ไดโอดเรกติไฟเออร์มีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1.ค่ากระแสกระชาก : IFSM (Maximum Surge Current)

กระแสกระชากสูงสุดที่ผ่านไดโอดเรกติไฟเออร์จะเกิดขึ้น ขณะเปิดเครื่องเมื่อตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ยังไม่มีประจุสะสมอยู่ ค่ากระแสกระชากสูงสุดอาจคำนวณได้จาก

$$I_{FSM} = \frac{V_{peak}}{(R_s + ESR)}$$

เมื่อ V_{peak} คือ แรงดันยอดสูงสุดของไฟสลับอินพุต

ESR คือ ค่าความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุค่าต่ำสุด

R_s คือ ค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแส

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรกติไฟเออร์จะมีค่าอัตราทนกระแสกระชาก ประมาณ 20 – 30 เท่าของอัตราทนกระแสเฉลี่ย ขณะถูกไบแอสตรงของมัน ไดโอดเรกติไฟเออร์ที่ใช้จะต้องมีค่าอัตราทนกระแสกระชากมากกว่าที่คำนวณได้จากสมการ ค่าของกระแสกระชาก อาจลดลงได้โดยการเพิ่มค่าของแต่ประสิทธิภาพของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะลดลง เนื่องจากกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานจำกัดกระแส

2.ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสตรง : IFRM (Maximum Forward Current)

ค่ากระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นในวงจรเรกติไฟเออร์จะเกิดขึ้นในจังหวะที่ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์มีการเก็บประจุอีกครั้งหลังจากคายประจุออกไปให้ไหลคด ค่ากระแสสูงสุดเมื่อถูกไบแอสของไดโอดเรกติไฟเออร์ จึงหาได้จากค่ากระแสสูงสุดของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์จากกราฟ นั่นเอง

3.ค่ากระแสเฉลี่ยเมื่อถูกไบแอสตรง : IFM (Maximum Average Forward Current)

เป็นค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไดโอดเรกติไฟเออร์จะได้รับขณะทำงาน การพิจารณาค่า อาจทำได้โดยใช้กราฟ ในทางปฏิบัติควรเพื่อค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดของไดโอดไว้ที่ประมาณ 1.5 – 2 เท่าจากที่คำนวณได้ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งาน

4.อัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุด : VRRM

ในสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ปกติเรกติไฟเออร์ต้องต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ดังนั้น อัตราทนแรงดันไบแอสกลับสูงสุดของไดโอด VRRM จึงต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันยอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาเพื่อค่าแรงดันไบแอสกลับ ให้มากกว่าแรงดันยอดสูงสุดของแรงดันไฟสลับเอาไว้ด้วย สำหรับกรณีที่เกิดทรานเซียนต์ขึ้นได้ในสายไฟสลับ

ฟิวส์

ฟิวส์มีหน้าที่หลัก 2 ประการคือ ป้องกันอุปกรณ์เสียหายเนื่องจากกระแสเกิน และเพื่อแยกส่วนวงจรออกจากแหล่งจ่ายไฟกรณีที่มีการลัดวงจรเกิดขึ้นการเลือกใช้ฟิวส์เพื่อใช้ในส่วนของวงจรเรียงกระแสในสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายนั้นจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับค่าอัตราแรงดัน (voltage rating) และค่าอัตราทนกระแส (current rating) ให้มีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในวงจร

2.1.3 RFI อินพุตฟิลเตอร์

การทำงานของสวิตซ์พลาายเป็นการทำงาน ในลักษณะการเปลี่ยนแปลง ของกระแสอย่างฉับพลันที่ค่ากระแสสูง ๆ สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI ได้เป็นอย่างดีดังนั้นสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจำเป็นต้องมี วงจรฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่จะออกไปภายนอก ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วิธีการลดสัญญาณรบกวน RFI ที่จะออกไปภายนอกที่ใช้กัน โดยทั่วไปสำหรับสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายก็คือ การต่อ LC ฟิลเตอร์คั่นที่อินพุตกับระบบแรงดันไฟสลับ เพื่อลดสัญญาณ RFI ทั้งที่สัญญาณโหมดความแตกต่าง (differential mode) และที่สัญญาณ โหมดคร่อม (common mode)

2.2 คอนเวอร์เตอร์

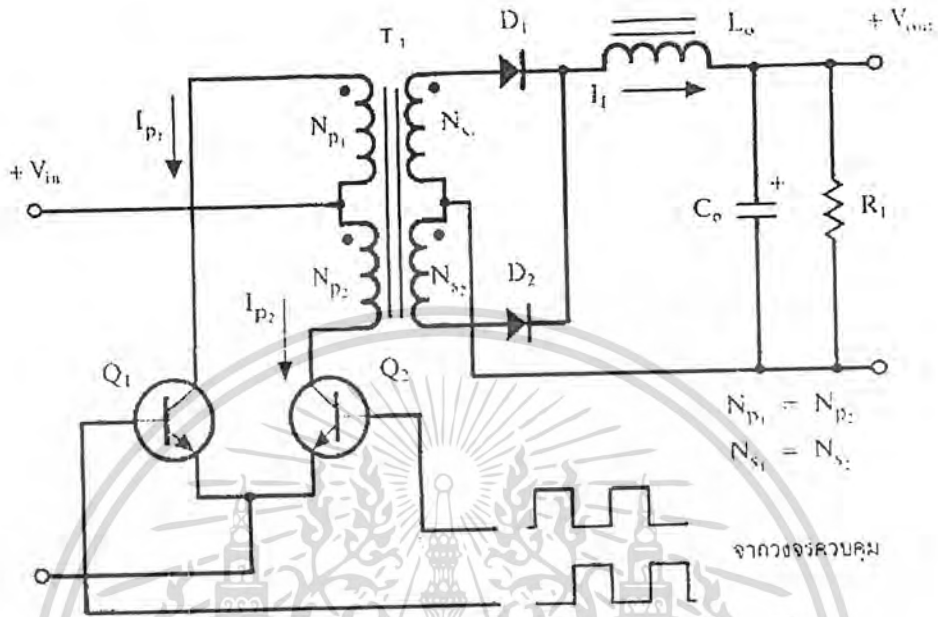
คอนเวอร์เตอร์นับเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป แต่จะขอกกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์แบบที่ใช้ในโครงงานนี้เท่านั้น

2.2.1 พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์

การทำงานของพูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull Converter) เปรียบเหมือนกับการนำฟอรัเวิร์คคอนเวอร์เตอร์สองชุดมาต่อทำงานร่วมกัน โดยสลับกันทำงาน ในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟสทำให้จ่ายกำลังได้ค่อนข้างสูงในช่วง 200 ถึง 1000 วัตต์ อย่างไรก็ตามเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังมีแรงดัน ตกคร่อม ขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับฟอรัเวิร์คและฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ รวมทั้งปัญหาในการเกิดฟลักซ์ ไม่สมมาตร ในแกนเฟอร์ไรต์ของวงจรทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์พังเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานการทำงานของพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรพื้นฐานของพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์

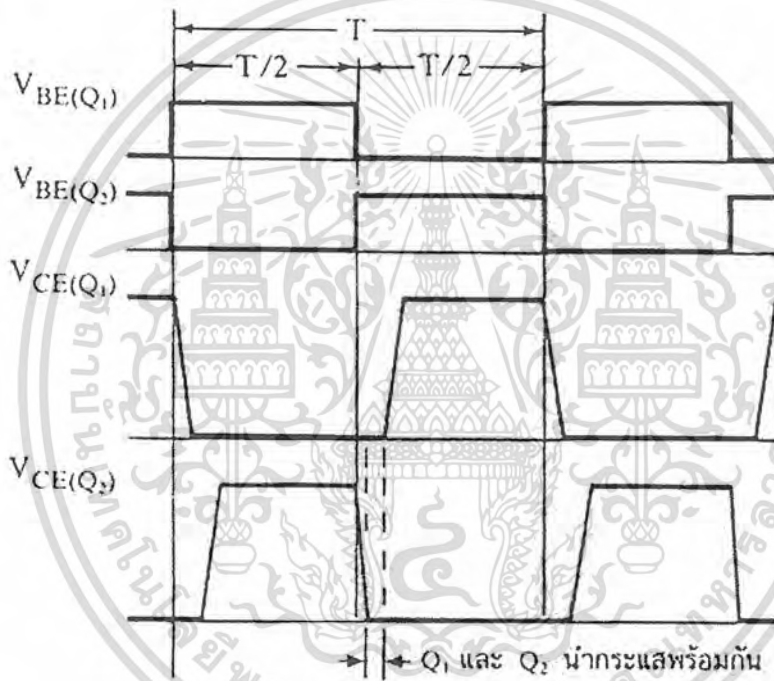
วงจรพื้นฐานของพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลา T ขณะที่ Q_1 นำกระแสจะมีกระแส I_p ไหลผ่านขดไพรมารี N_{p1} และไดโอด D_1 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับ ส่วนไดโอด D_2 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่ขดไพรมารี N_{s2} ผ่านไดโอด D_2 และ L_o ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลด R_L ได้ ในจังหวะนี้แรงดันตกคร่อม Q_2 จะมีค่าเป็น $2V_{in}$ (จำนวนรอบ $N_{p1} = N_{p2}$ และ $N_{s1} = N_{s2}$) ในทำนองเดียวกันขณะที่ Q_2 นำกระแส Q_1 และ D_2 จะไม่นำกระแส เนื่องจากถูกไบแอสกลับ D_1 ซึ่งอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรงจะนำกระแสจากขดเซคันดารี N_{s1} ผ่าน L_o ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลด R_L ขณะที่แรงดันตกคร่อม Q_1 มีค่าเท่ากับ $2V_{in}$ เช่นเดียวกัน

ค่าเวลาเพื่อ t_p สำหรับพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์

การกำหนดค่าเวลาเพื่อ (Dead time) เพื่อไม่ให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีช่วงเวลานำกระแสมากเกินไป มีเหตุผลหลักสองประการ คือประการแรก ถ้าไม่มีการจำกัดช่วงเวลานำกระแสเอาไว้เมื่อเกิดกรณีโหลดดึงกระแสมากขึ้น วงจรควบคุมจะสั่งงานให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าช่วงเวลา

เอกสารนี้ นำกระแสเพิ่มขึ้น และทำให้ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อีกตัวมีค่าลดลงและเกิดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาซึไม่สมมาตรพลาซึขึ้น ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลง แกนเฟอร์ไรต์จะเข้าสู่จุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็วทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ พังเสียหายได้ เหตุผลประการที่สองก็คือเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ นำกระแสพร้อมกัน ในกรณีนี้เกิดได้จากการตอบสนองที่ช้าของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ถึงแม้จะ กำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ครึ่งหนึ่งของคาบเวลาเท่ากันแล้วก็ตาม เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ก็ยังไม่ปลอดภัยเพียงพอ ในกรณีนี้แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ทั้งสองด้วยขณะ นำกระแสจะเท่ากับค่าของแรงดันอินพุต และทำให้เกิดการพังเสียหายอย่างรวดเร็ว (ดูรูปที่ 2.6 ประกอบ)



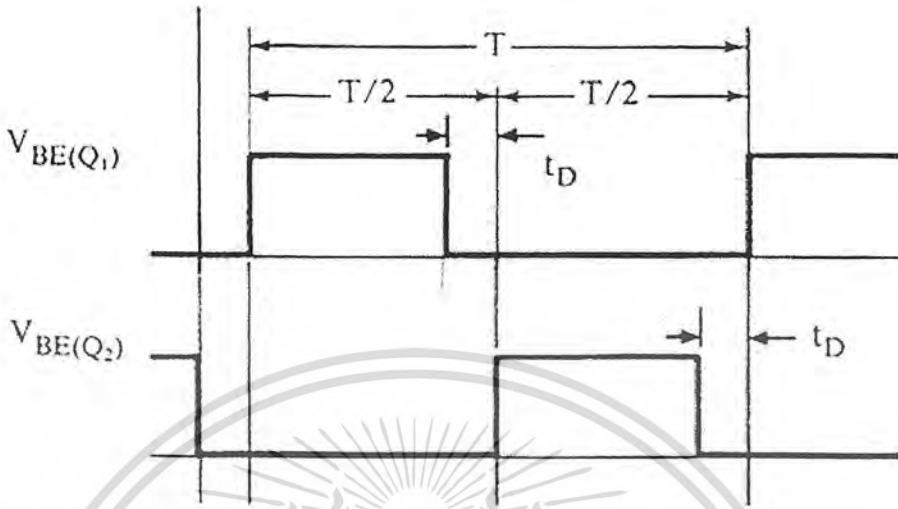
รูปที่ 2.6 แสดงการหน่วงของช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เนื่องจากประจุสะสม

เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อีกตัวเริ่มนำกระแสจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสพร้อมกัน การกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D สำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ดังรูปที่ 2.7 จะช่วยป้องกันปัญหาที่กล่าวมาแล้วได้ ค่าเวลาเพื่อ t_D โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของครึ่งคาบเวลา ดังนั้นช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จึงไม่ควรมีค่าเกิน

$$t_{ON(max)} = 0.8 \left[\frac{T}{2} \right]$$

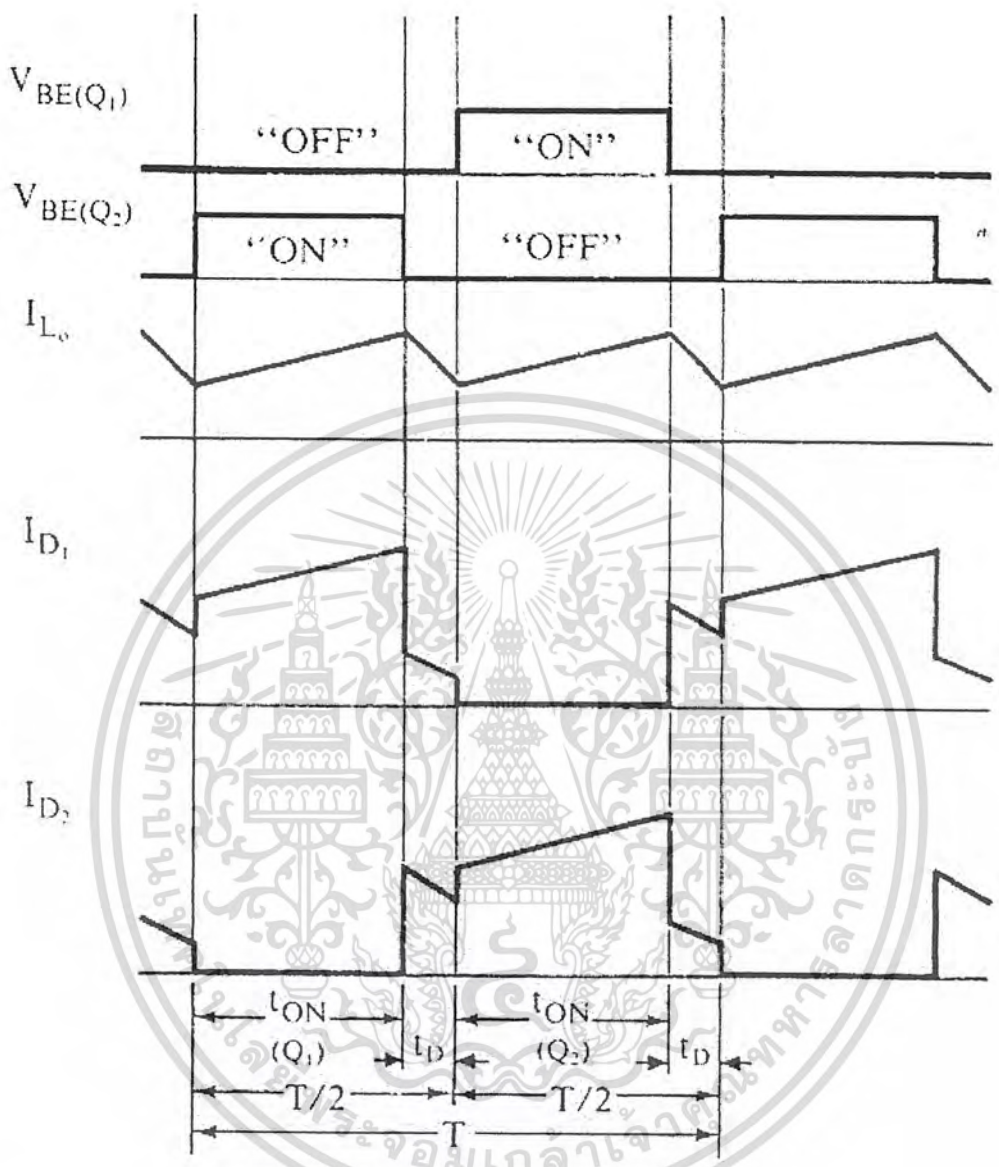
$$0.4T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 2.7 ในช่วงเวลาเพื่อ t_D นี้ Q_1 และ Q_2 จะอยู่ในสภาวะหยุดนำกระแสพร้อมกัน ทั้งสองตัว ซึ่งเปรียบได้กับช่วงเวลา t_{OFF} ของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ ที่เอาต์พุตโหลด L_0 จะมีการยุบตัวของสนามแม่เหล็กและกลับขั้วแรงดัน แต่เนื่องจากพุ่ม – พูลคอนเวอร์เตอร์ไม่มีไดโอดฟลายวูด เช่นเดียวกับฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ ในกรณีนี้ไดโอด D_1 และ D_2 ในรูปที่ 2.5 จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสตรงทำให้มีกระแสไหลผ่านขดเซคันดารี N_{S1} และ N_{S2} เนื่องจากการถ่ายเทพลังงานสะสมใน L_0 ในช่วงเวลาเพื่อ t_D นี้ด้วย โดยกระแสที่ไหลจาก L_0 จะถูกแบ่งครึ่งผ่านไดโอด D_1 และ D_2 อย่างไม่รู้ทิศทาง พลังงานที่สะสมในขดไพรมารีเนื่องจากกระแสเหนี่ยวนำแม่เหล็กในช่วงเวลาที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสจะมีการถ่ายเทออกไปที่ขดเซคันดารีในช่วงเวลาเพื่อ t_D ด้วยเช่นกัน แต่จะมีกระแสไหลเซคันดารีได้เพียงขดเดียว เนื่องจากไดโอดที่ต่ออยู่กับขดเซคันดารีที่เหลือจะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ ทำให้มีกระแสเสริมและลดทอนกระแสที่ไหลจากเอาต์พุตโหลด L_0 ดังนั้น กระแสขบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา t_D ของไดโอดตัวหนึ่งจะมากกว่าของอีกตัวหนึ่งเสมออย่างที่ได้อธิบายไว้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด D1 และ D2 และกระแสที่ไหลผ่านเอาต์พุต โหลด L0 ขณะวงจรทำงาน จะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่าน ไดโอดทั้งสองตัวในช่วงเวลา t_o มีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากการถ่ายเทพลังงานจากขดไฟรมารี่ในช่วงนี้ ทำให้กระแสที่ไหลในไดโอดตัวหนึ่งมากกว่าอีกตัวหนึ่งสลับกันไปตามการทำงานของขดไฟรมารี่แต่ละขด

2.2.2 ไดโอดในสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

ชนิดและการเลือกใช้ไดโอด

เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์จะมีค่าความถี่การทำงานของวงจรตั้งแต่ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นไป ไดโอดที่ใช้ในคอนเวอร์เตอร์จึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้ คือ

- (1) มีแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสต่ำ
- (2) มีช่วงเวลาดำเนินตัว t_{rr} สั้น
- (3) สามารถทนกำลังได้สูง

ซิลิคอนไดโอดที่ใช้ในวงจรเรกติไฟเออร์ทั่ว ๆ ไป จะไม่สามารถนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์ได้เนื่องจากมีค่าช่วงเวลาดำเนินตัวมาก กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะเกิดขึ้นสูงและมีประสิทธิภาพต่ำ ปกติไดโอดที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ควรเลือกใช้จากไดโอด 3 ชนิดดังต่อไปนี้ คือ

1. ฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอด (Fast Recovery Diode)
2. อุลตราฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอด (Ultra Fast Recovery Diode)
3. ซอตต์กีไดโอด (Schottky Diode)

ฟาสต์-รีคัพเวอรีและอุลตราฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอด

ฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอดมีช่วงเวลาดำเนินตัว t_{rr} ประมาณ 200 ถึง 750 นาโนวินาที ซึ่งสั้นกว่าซิลิคอนไดโอดมาก และฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอดมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1,000 โวลต์ ส่วนอุลตราฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอดจะมีช่วงเวลาดำเนินตัว t_{rr} ประมาณ 25 ถึง 100 นาโนวินาทีและมีอัตราทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงถึง 1,000 โวลต์เช่นเดียวกัน แรงดันตกคร่อมขณะนำกระแส V_f ของไดโอดทั้งสองชนิดมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันคือประมาณ 0.6 ถึง 1.5 โวลต์ ตัวอย่างค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสของฟาสต์-รีคัพเวอรี และอุลตราฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอดมีค่าค่อนข้างสูง ไดโอดทั้งสองชนิดนี้จึงเหมาะกับคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าแรงดันเอาต์พุตที่มีแรงดันตั้งแต่ 12 โวลต์ขึ้นไป

ซอตต์กีไดโอด

ซอตต์กีไดโอดมีค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสค่อนข้างต่ำที่ประมาณ 0.5 โวลต์ จึงเหมาะสมกับคอนเวอร์เตอร์ที่มีค่าแรงดันเอาต์พุตต่ำ ๆ และกระแสสูง เช่น ที่ค่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 5 โวลต์ เนื่องจากลักษณะ โครงสร้างภายในที่แตกต่างจากฟาสต์-รีคัพเวอรีและอุลตราฟาสต์-รีคัพเวอรีไดโอด ซอตต์กีไดโอดจะไม่เกิดประจุสะสมขึ้นภายในตัวมันขณะนำกระแส ช่วงเวลาดำเนิน

ตัว t_u ของชอตต์กีไดโอดจึงมีค่าสั้นมาก โดยมีค่าน้อยกว่า 10 นาโนวินาที และอาจถือว่าชอตต์กีไดโอดไม่มีกำลังงานสูญเสียในช่วงนี้ได้

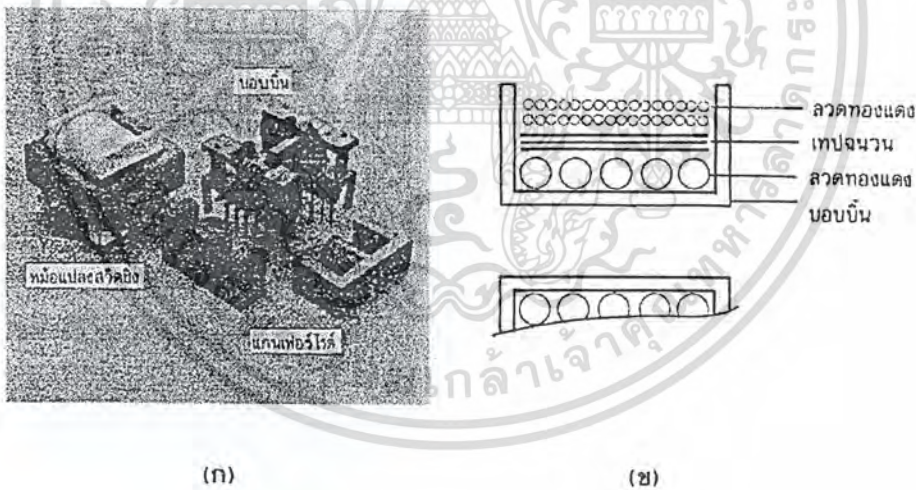
อย่างไรก็ตาม ชอตต์กีไดโอดมีข้อเสียอยู่ 2 ประการ คือ

- (1) ชอตต์กีไดโอดมีอัตราทนแรงดันขณะไบแอสกลับได้สูงสุดที่ 100 โวลต์เท่านั้น
- (2) ชอตต์กีไดโอดมีกระแสรั่วไหลสูงขณะถูกไบแอสกลับทำให้เกิดกำลังสูญเสียค่อนข้างสูง
- (3) เมื่อนำชอตต์กีไดโอดมาใช้ในคอนเวอร์เตอร์จะให้ทรานเซียนต์ขณะเริ่มหยุดนำกระแสสูง

2.3 หม้อแปลงสวิตชิง (Switching Transformer)

2.3.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิง

หม้อแปลงสวิตชิงมีหน้าที่หลักในการลดทอนแรงดันไฟตรงที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์ซึ่งอาจมีค่าสูงได้ถึง 310 โวลต์ ให้มีค่าลดลงเป็นแรงดันไฟค่าต่ำที่เอาต์พุต และทำให้เกิดการแยกจากกันทางไฟฟ้ระหว่าง แรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุตที่ได้ เพื่อป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด ส่วนประกอบที่สำคัญของหม้อแปลงสวิตชิงแสดงไว้ในรูปที่ 2.9 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.9 (ก) แสดงส่วนประกอบของหม้อแปลงสวิตชิง

(ข) การพันขดลวดทองแดงอบน้ำยาบนบอบบิ้น

แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core)

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุประเภทเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic material) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์ จะมีผลทำให้เกิดความหนาแน่นฟลักซ์ แม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนอากาศ นี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมากเฟอร์ไรต์มีค่าจุดอิมตัวฟลักซ์แม่เหล็กค่อนข้างสูงประมาณ ในช่วง 3,000 ถึง 4,000 เกาส์ และเกิดการสูญเสียในตัวมันต่ำที่ความถี่สูง ๆ ดังนั้นหม้อแปลงสวิตชิงจึงนิยมใช้แกนเป็นเฟอร์ไรต์มากที่สุด เฟอร์ไรต์ที่นำมาทำแกนของหม้อแปลงสวิตชิงจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการใช้งานและมาตรฐานในการออกแบบ

บอบบิ้น (Bobbin)

บอบบิ้นหรือแบบรองพันปกติ จะทำจากพลาสติกชนิดทนความร้อนได้สูง และไม่ติดไฟ บอบบิ้นจะช่วยให้การพันขดลวดบนแกนเฟอร์ไรต์สะดวกขึ้นและป้องกันปัญหาการลัดวงจรระหว่างขดลวดกับแกนเฟอร์ไรต์ได้ บอบบิ้นจะมีขนาดมาตรฐานตาม มาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์ ขนาดบอบบิ้นส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้มีขาพักลวดทองแดง เพื่อความสะดวกในการพันขดลวดและบัดกรีติดกับแผ่น PCB

ลวดทองแดงอาบนํ้ายา (Enamelled Copper Wire)

การพันลวดทั้ง ไพรมารีและเซคันดารีของหม้อแปลงสวิตชิงที่กำลังไม่สูงมากนัก ปกติจะใช้ลวดทองแดง อาบนํ้ายาพันบนแกนบอบบิ้น เพื่อให้ได้จำนวนรอบตามต้องการ ขนาดของขดลวดทองแดงที่จะใช้พันนั้น ขึ้นอยู่กับค่ากระแสสูงสุดที่ผ่านขดลวด ความถี่และผลข้างเคียงอื่นๆ

เทปฉนวน (Insulation Tape)

เทปฉนวนใช้พันสำหรับเป็นตัวรองระหว่างชั้นของขดลวดในหม้อแปลงสวิตชิงและมีหน้าที่สำคัญในการแยกส่วนทางไฟฟ้าระหว่างขดไพรมารีและขดเซคันดารี ด้วยวัสดุที่ใช้ทำเทปฉนวนอาจเป็นพวกไมลาร์ (Mylar) หรือ โพลีเอสเตอร์ (Polyester) ที่มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.05-0.1 มิลลิเมตร การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับ การออกแบบและค่าความปลอดภัยที่ต้องการจากหม้อแปลงสวิตชิงเป็นหลัก

2.3.2 แกนเฟอร์ไรต์และการเลือกใช้

ลักษณะและขนาดมาตรฐานของแกนเฟอร์ไรต์แกนเฟอร์ไรต์สำหรับ หม้อแปลงสวิตชิงโดยทั่วไป จะถูกผลิตออกมาที่ขนาดและรูปทรงต่างๆตามมาตรฐานเดียวกัน เช่น แกนแบบ EI, EE, ETD หรือ แกนแบบ POT เป็นต้น ปกติผู้ผลิตจะทำแกนเฟอร์ไรต์ออกมาในลักษณะของคู่ประกบ เพื่อความสะดวกในการประกอบเข้ากับขอบน การประกบแกนเฟอร์ไรต์บนขอบน

CORE TYPE	A_c (cm ²)	A_w (cm ²)	V_c (cm ³)	l_c (mm)
ETD 34	0.971	1.220	7.64	78.6
ETD 39	1.250	1.740	11.50	92.2
ETD 44	1.740	2.130	18.00	103.0
ETD 49	2.110	2.710	24.20	114.0

ETD

CORE TYPE	A_c (cm ²)	A_w (cm ²)	V_c (cm ³)	l_c (mm)
EE 20/20/5	0.31	0.35	1.34	43.0
EE 30/30/7	0.59	0.78	4.00	66.9
EE 42/42/15	1.82	1.78	17.6	97.0
EE 42/42/20	2.36	1.78	23.1	97.4
EE 42/54/20	2.36	2.40	28.8	122.0
EE 42/66/20	2.36	3.40	34.5	143.0
EE 55/55/21	3.54	2.50	43.7	123.0
EE 55/55/25	4.20	2.50	52.0	123.0
EE 65/66/27	5.32	3.93	78.2	147.0

EE

CORE TYPE	A_c (cm ²)	A_w (cm ²)	V_c (cm ³)	l_c (mm)
EI 19	0.24	0.517	0.950	39.6
EI 22/19	0.41	0.44	1.630	39.3
EI 25/19	0.42	0.819	2.02	48.6
EI 28/20	0.85	0.725	4.11	48.4
EI 30/26	1.11	0.791	6.45	58.1
EI 35/29	1.21	1.36	8.18	67.6
EI 40/35	1.48	1.08	11.3	76.9
EI 50/42	2.30	1.7	21.8	94.8
EI 60/44	2.48	2.94	27.2	109.7

EI

A_c = ขนาดพื้นที่หน้าตัดแกนเฟอร์ไรต์
 A_w = ขนาดพื้นที่ช่องหน้าต่างของขอบน
 V_c = ปริมาตรของแกนเฟอร์ไรต์
 l_c = ระยะทางเดินฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเฟอร์ไรต์

รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างขนาดของแกนเฟอร์ไรต์แบบ EI, EE และ ETD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 อุณหภูมิของหม้อแปลงสวิตชิง

การออกแบบหม้อแปลงสวิตชิง จะถือได้ว่าประสบความสำเร็จถ้าในขณะที่คอนเวอร์เตอร์จ่ายกำลังที่โหลดสูงสุดแล้วหม้อแปลงไม่ร้อน (อุณหภูมิของหม้อแปลงสวิตชิงขณะทำงานไม่ควรเกิน 80 °C) หม้อแปลงจะร้อนเนื่องจากมีกำลังงานสูญเสียในหม้อแปลงสูง ซึ่งจะเกิดจากกำลังงานสูญเสียภายในขดลวดทองแดงของหม้อแปลง และการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ อุณหภูมิของหม้อแปลงที่เพิ่มขึ้นขณะทำงาน เนื่องจากการสูญเสียในหม้อแปลงอาจคำนวณได้จากสมการ

$$\Delta T = \frac{23.5(P_w + P_c)}{\sqrt{A_e A_w}}$$

เมื่อ ΔT คือ อุณหภูมิของหม้อแปลงที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิห้อง เป็น °C

P_w คือ กำลังสูญเสียภายในขดลวดทองแดง เป็นวัตต์

P_c คือ กำลังสูญเสียภายในแกนเฟอร์ไรต์ เป็นวัตต์

A_e คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเฟอร์ไรต์ เป็นตารางเซ็นติเมตร

A_w คือ ขนาดช่องพันขดลวดบอบบิ้น เป็นตารางเซ็นติเมตร

(ค่า ΔT ที่ได้จากสมการที่ เป็นค่าโดยประมาณ ซึ่งจะให้ค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจริง ถ้า ΔT มีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 °C)

2.3.4 ฉากกัน RFI และ EMI

ฉากกัน RFI หรือ Faraday Screen เพิ่มเข้ามาในหม้อแปลงสวิตชิง เพื่อป้องกันการเกิดกระแส RF ไหลผ่านระหว่างขด ไพรมารีและเซคันดารีในหม้อแปลง เนื่องจากสนามไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาจทำให้เกิดตัวเก็บประจุแผ่นคร่อมระหว่างขด ไพรมารีและเซคันดารี ฉากกัน RFI จะเป็นตัวผ่านทางให้กระแส RF ที่เกิดขึ้น ไหลลงกราวด์

ฉากกัน RFI สามารถทำได้โดยใช้แผ่นตัวนำบางๆ และมีขนาดความกว้างเท่ากับระยะพันขดลวดบนบอบบิ้นเพื่อให้คลุมขดลวดได้ทั้งหมด พันรอบบนแกนเพื่อแยกสนามไฟฟ้าระหว่างขดลวด ไพรมารีและขดเซคันดารีออกจากกัน พันให้ครบรอบโดยที่ปลายของฉากกัน RFI ต้องให้มีการเหลื่อมกันให้น้อยที่สุด เพื่อลดค่าตัวเก็บประจุในฉากกันซึ่งเกิดจากการเหลื่อมกันที่ปลายรอบ และให้ใช้ฉนวนรองระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดปลายเอาไว้ เพื่อป้องกันการเชื่อมถึงกันทางไฟฟ้าที่จุดเริ่มต้นและจุดปลายของฉากกัน

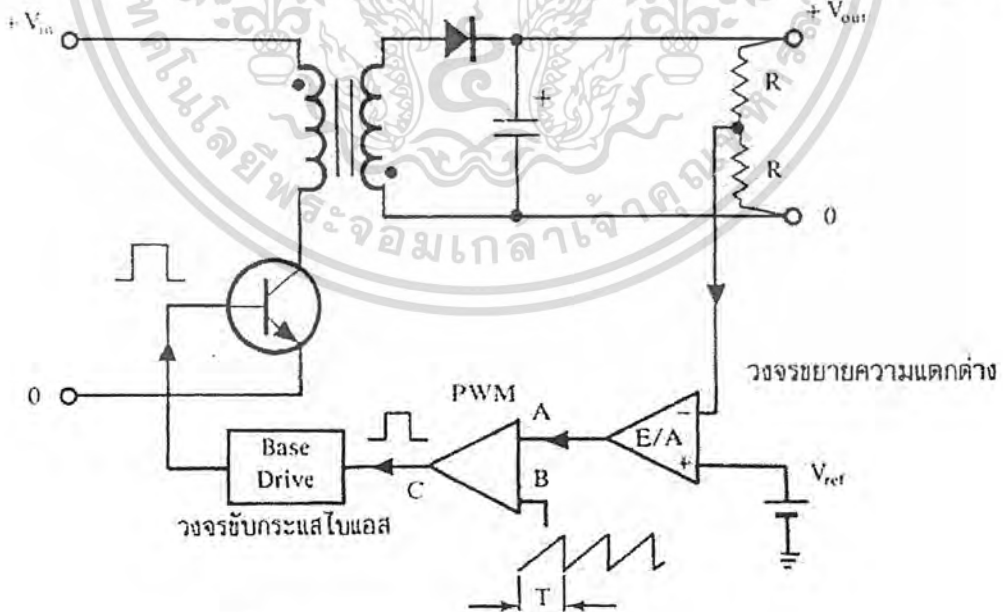
ฉากกัน EMI (Electromagnetic Screen) จะทำไว้เพื่อลดการแพร่กระจายของสัญญาณรบกวน EMI ซึ่งจุดที่จะก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสัญญาณรบกวน EMI ได้มากที่สุดของหม้อแปลงสวิตชิ่งก็คือช่องอากาศคั่นในแกนเฟอร์ไรต์ การลดสัญญาณรบกวน EMI จะทำได้โดยใช้แผ่นทองแดงที่มีความกว้างประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของบอบบิ้น พันรอบแกนเฟอร์ไรต์ เพื่อทำฉากกัน EMI คลุมรอบช่องอากาศคั่นเอาไว้ และบัดกรีเชื่อมจุดเริ่มต้นและจุดปลายเข้าด้วยกัน จะสามารถลดการแพร่กระจายของสัญญาณรบกวน EMI ลงได้ถึง 12 dB

2.4 วงจรควบคุมสำหรับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

วงจรควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไปจึงมักนิยมใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation) หรือ PWM เป็นหลักการใช้ PWM เมื่อควบคุมช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้สองลักษณะการทำงานของวงจรควบคุมคือ ในโหมดควบคุมจากแรงดันและโหมด ควบคุมกระแส

2.4.1 วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดัน (Voltage Mode Control)

การทำงานของวงจรควบคุมในโหมดนี้ จะอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันที่เอาต์พุตมาควบคุมช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อการคงค่าแรงดันเอาต์พุต

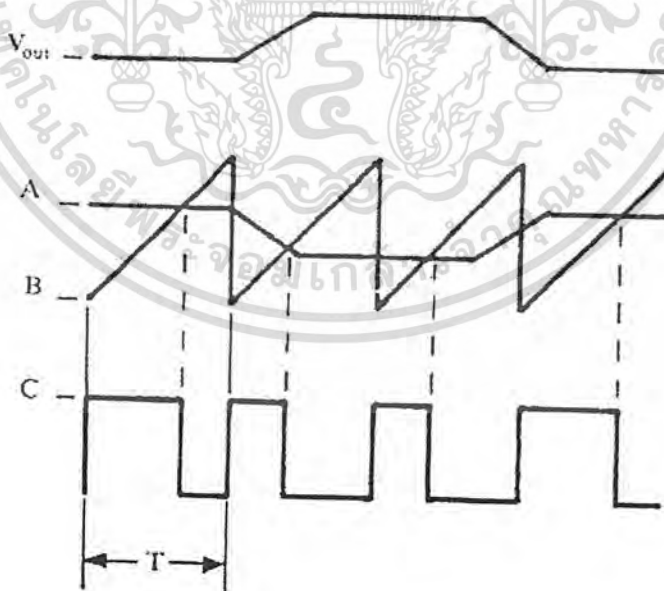


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรมพื้นฐานสำหรับการควบคุมคอนเวอร์เตอร์ในโหมดควบคุมจากแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป วงจรควบคุมจะอาศัยการป้อนกลับค่า แรงดันที่เอาต์พุตและเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{ref} ของวงจร เพื่อตรวจจับการ เปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ค่าความแตกต่างที่ได้จะถูกขยายโดยวงจรขยายความแตกต่าง E/A ก่อนที่จะส่งต่อไปยังวงจร PWM โดยค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง E/A ที่ตำแหน่ง A จะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันรูปฟันเลื่อยที่ตำแหน่ง B ของ PWM อีกครั้งหนึ่ง เอาต์พุตที่ได้จากวงจร PWM จะมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม ซึ่งมีความกว้างที่เท่ากับคาบเวลาของแรงดันรูปฟันเลื่อย และมีความกว้างของพัลส์ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามผลมอดูเลชันของค่าแรงดันที่ตำแหน่ง A และ B ความกว้างของพัลส์นี้เองที่จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลา นำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ของคอนเวอร์เตอร์

เนื่องจากค่าแรงดันป้อนกลับจะถูกส่งมายังวงจรขยายความแตกต่าง E/A ที่ขาอินเวอร์ตจึง ผลต่างของแรงดันเอาต์พุตและแรงดันอ้างอิงที่จุด A จึงมีลักษณะกลับเฟสอยู่ 180° กล่าวคือ เมื่อแรงดันเอาต์พุตมีค่ามากขึ้น แรงดันที่จุด A จะมีค่าลดลง ความกว้างพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจร PWM จึงมีค่าลดลงด้วย และช่วงเวลานำกระแสของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ t_{ON} ก็จะมีค่าลดลง ถ้าแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง แรงดันที่จุด A จะมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างพัลส์ที่เอาต์พุตของวงจร PWM จึงมีค่าเพิ่มขึ้น t_{ON} ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้คอนเวอร์เตอร์สามารถคงค่าแรงดันเอาต์พุตเอาไว้ได้ ไอซีที่ใช้ควบคุมคอนเวอร์เตอร์คือ TL494

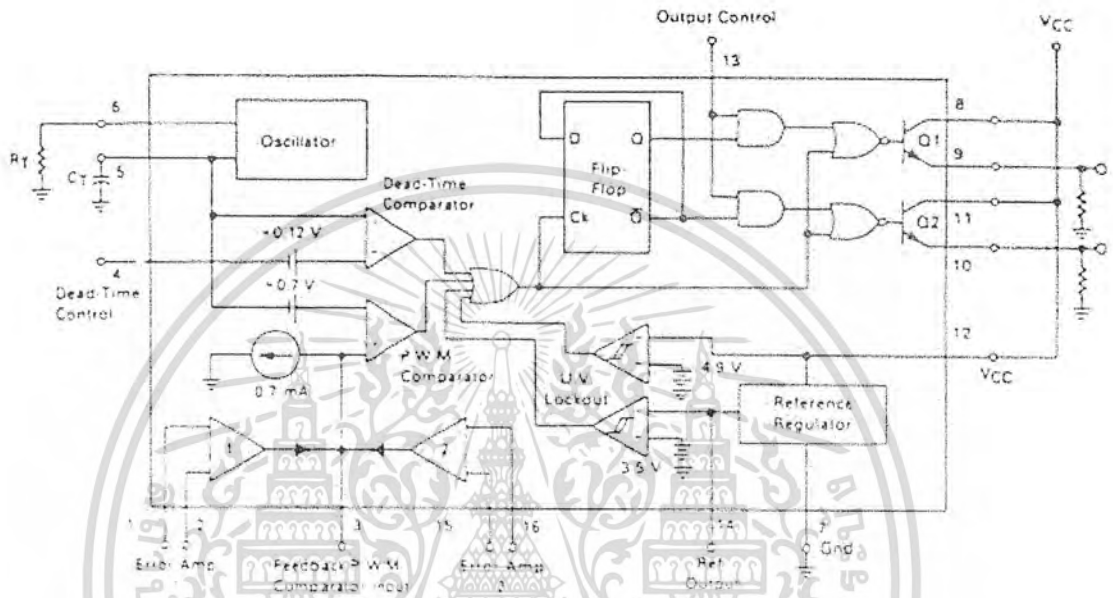


รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ PWM ซึ่งเป็นผลมาจากการมอดูเลต สัญญาณ ป้อนกลับและสัญญาณฟันเลื่อยตามรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ไอซีเบอร์ TL 494 สำหรับโหมดควบคุมจากแรงดัน

เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วยโหมดควบคุมจากแรงดัน ซึ่งจะได้นำมาเป็นตัวอย่างการทำงาน สำหรับวงจรควบคุมด้วยวิธีควบคุมจากแรงดัน

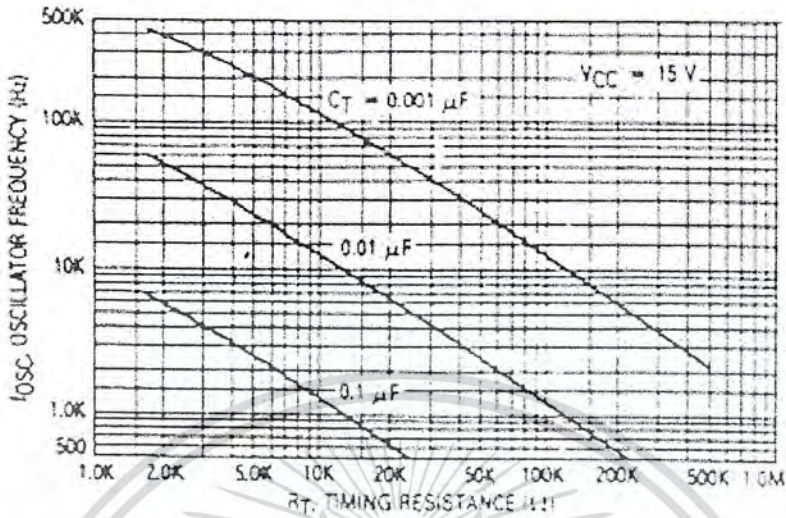


รูปที่ 2.13 แสดงการจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494 (ที่มา : Motorola)

การกำหนดคาบเวลาการทำงาน

วงจรของ TL 494 เป็นวงจร PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของเอาต์พุตพัลส์ กำหนดโดยค่าของ R_T และ C_T จากภายนอกที่ขา 6 และขา 5 ของไอซี ค่าคาบเวลาการทำงานจะกำหนดได้จาก

$$T = \frac{R_T C_T}{1.1}$$

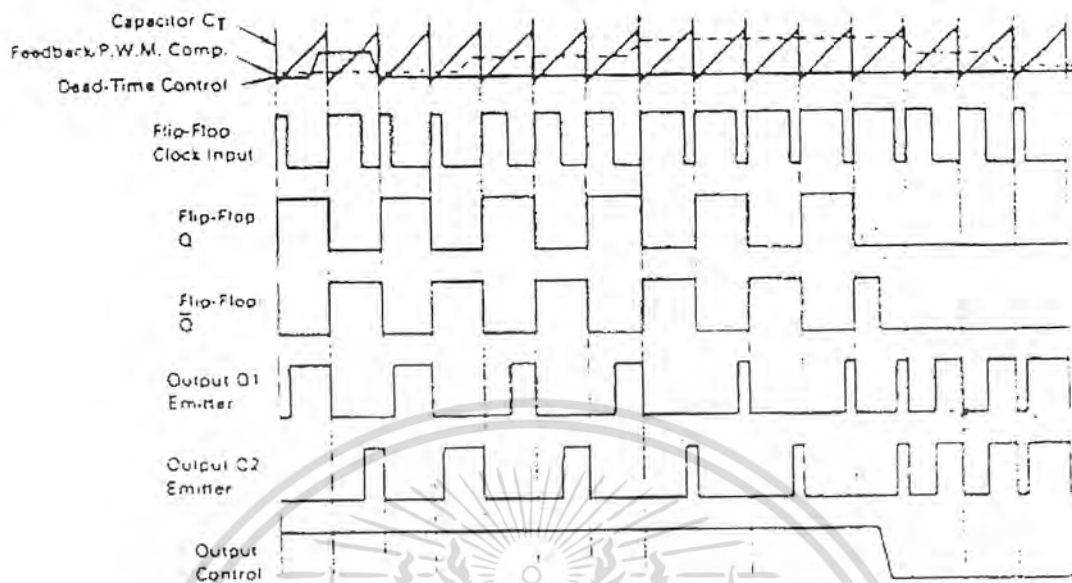


รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ของค่า $R_T C_T$ ในการกำหนดความถี่

การทำงานของไอซีในการคงค่าแรงดันของคอนเวอร์เตอร์

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซี จะ ได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่ขา 3 กับแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง (Error Amp) ทั้ง 2 ตัวที่ PWM Comparator ส่วน NOR เกทที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Q_1 และ Q_2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา C_x ของ Flip-Flop อยู่ในสถานะ "Low" เท่านั้น ซึ่ง C_x จะเป็น "Low" ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณฟันเลื่อยมีค่ามากกว่าแรงดันที่มาจาก Error Amp ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์หากมีค่าสูงขึ้น ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซีจะลดลง ในทางกลับกัน แรงดันป้อนกลับหากมีค่าลดลงความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซีจะเพิ่มขึ้น

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซีนี สามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันขาที่ 3 จาก 0.5 โวลต์ จนถึง 3.5 โวลต์ ส่วน Error Amp ทั้งสองตัวจะมีช่วงของอินพุตคอมมอนโหมด ตั้งแต่ -0.3 ถึง $(V_{CC}-2)$ โวลต์ และสามารถใช้ตรวจจับแรงดันหรือกระแสที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ได้ Error Amp ทั้ง 2 ตัวจะให้เอาต์พุตในลักษณะให้สถานะ high (Active high) โดยต่อกันอยู่ในลักษณะ OR ที่ขา non-inverting ของ PWM Comparator การต่อกันในลักษณะนี้ Error Amp ตัวที่ทำให้เกิดความกว้างเอาต์พุตพัลส์ต่ำสุด จะเป็นตัวควบคุมความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของ ไอซี



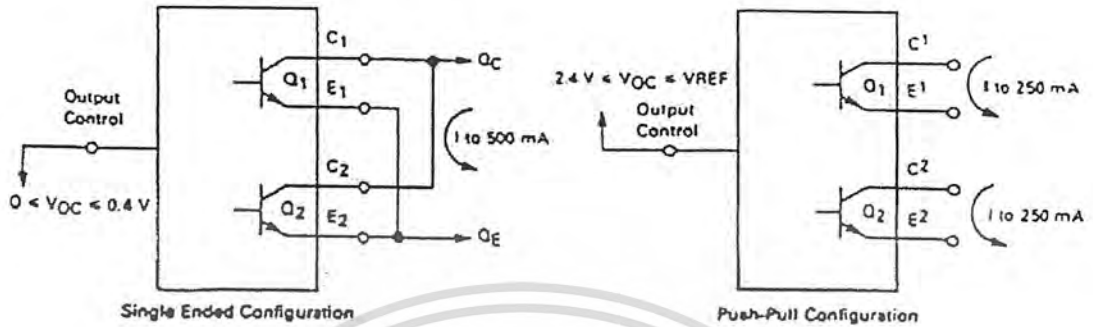
รูปที่ 2.15 แสดงรูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL494

การกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D

TL 494 สามารถกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D ของวงจรได้ด้วย การต่อแรงดันระหว่าง 0 ถึง 3.3 โวลต์ที่ขา 4 ของไอซี แต่ถ้าถ้า หากแรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ ค่าเวลาเพื่อต่ำสุดของไอซีจะไม่ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลาการทำงานเนื่องจากมีแรงดันออฟเซต 120 มิลลิโวลต์ต่อภายใน ดังนั้นช่วงเวลา t_{ON} สูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้จากไอซีจะเท่ากับ 48% ของค่าคาบเวลา เมื่อต่อขา 13 (output control) เข้ากับขา 14 (+ 5 V_{ref}) และมีค่าเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา เมื่อต่อขา 13 ลงกราวด์

2.4.3 การเลือกใช้ Q_1 และ Q_2 ที่เอาต์พุตของไอซี

เอาต์พุต Q_1 และ Q_2 ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือทำงานพร้อมกันหรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกการทำงานได้ที่ขา 13 (Output Control) โดยขณะที่ C_T ดิสชาร์จเอาต์พุตของ Dead-Time Comparator จะให้พัลส์ออกมา C_T จะมีสถานะเป็น "High" โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+ 5 V_{ref}) Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานตามจังหวะของ Flip-Flop เพื่อใช้ขับคอนเวอร์เตอร์แบบ พุช-พูล ในกรณีนี้ค่าคาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่าของค่าคาบเวลาสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลา)



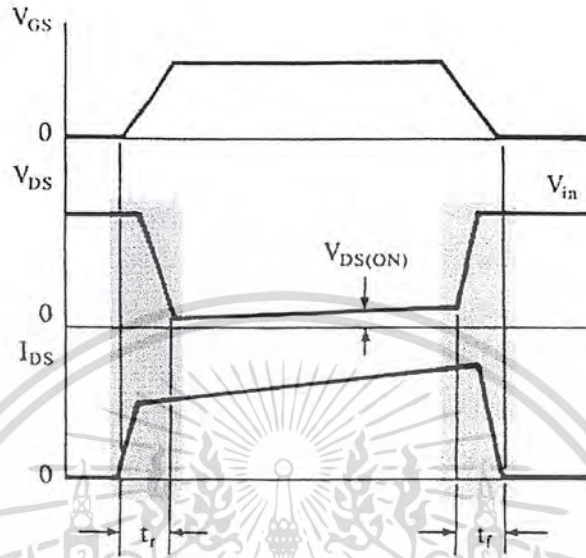
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการเลือกใช้อาต์พุตของ TL494

TL 494 ต้องการไฟเลี้ยงในช่วง $7 \leq V_{cc} \leq 40$ โวลต์มีแรงดันอ้างอิงภายใน $V_{ref} = 5$ โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 10 มิลลิแอมป์ เพื่อใช้กับวงจรภายนอกได้โดยมีค่าความถูกต้อง $\pm 1.5\%$ ความคลาดเคลื่อนทางอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิโวลต์เมื่อทำงานในช่วง 0 ถึง 70°C

2.5 เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟต (MOSFET POWER TRANSISTOR) สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่สูง ตั้งแต่ 50 กิโลเฮิร์ตซ์ ไปจนถึงประมาณ 200 หรือ 400 กิโลเฮิร์ตซ์ เนื่องจากมันใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้น และการพัฒนาในปัจจุบันมีแนวโน้มจะทำให้เพาเวอร์มอสเฟตทำงานได้ที่ความถี่สูงขึ้นไปอีก ซึ่งจะเป็นผลดีในการลดขนาดของคอนเวอร์เตอร์ ในส่วนวงจรขับของเพาเวอร์มอสเฟตนั้นสามารถทำได้ง่ายกว่า ปัจจุบันเพาเวอร์มอสเฟตจึงเข้ามาแทนที่ไบโพลาร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อย่างรวดเร็วในการผลิตสวิทช์ซึ่งเพาเวอร์ซัพพลายในตลาดอุตสาหกรรมปัจจุบัน

โครงสร้างของเพาเวอร์มอสเฟตจะเป็นไปได้ทั้งในลักษณะ N-channel และ P-channel แต่จะอธิบายเฉพาะเพาเวอร์มอสเฟตชนิด N-channel เท่านั้น



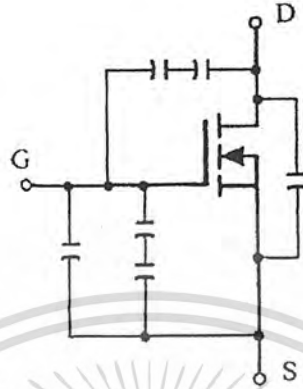
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อเริ่มนำกระแส และเริ่มหยุดนำกระแส ในส่วนที่แรงจะเป็นส่วนที่จะเกิดกำลังงานสูญเสีย ในรูปความร้อนได้สูง

2.5.1 เงื่อนไขของวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต

การขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสที่แตกต่างจาก การขับกระแสไบแอสในไบโพลาร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เนื่องจากมีเงื่อนไข การไบแอสที่ต่างกันสำหรับไบโพลาร์เพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์กระแสจะไหล ผ่านคอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ได้ก็ต่อเมื่อ มีกระแสไบแอสไหลผ่าน ที่เบสและอิมิตเตอร์ แต่เพาเวอร์มอสเฟต จะมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์สได้ก็ต่อเมื่อแรงดัน ตกคร่อมที่ขาเกต และซอร์สมีค่าอย่างต่ำเท่ากับค่าแรงดันขีดเริ่ม (Threshold Voltage) ของมัน แต่ ใช้กระแสต่ำ การขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสจึงทำได้ง่าย และยุ่งยากน้อยกว่าไบโพลาร์เพาเวอร์ ทรานซิสเตอร์มาก

ค่าความจุไฟฟ้าด้านอินพุต (Input Capacitance)

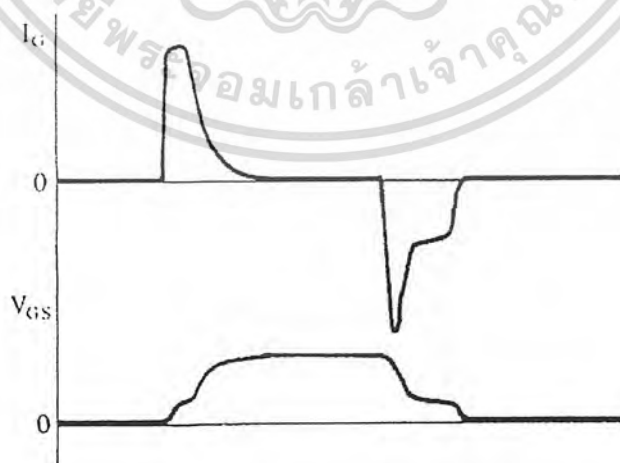
เนื่องจากลักษณะโครงสร้างภายใน ตัวเพาเวอร์มอสเฟตจึงเหมือนกับมีตัวเก็บประจุต่ออยู่ รอบ ๆ ขาต่าง ๆ ของมันดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงตัวเก็บประจุแฝงที่ต่ออยู่ที่ขาต่างๆ ภายในตัวเพาเวอร์มอสเฟต

ตัวเก็บประจุเหล่านี้บังคับให้เพาเวอร์มอสเฟตต้องชาร์จประจุเข้าไปที่ตัวเก็บประจุ เสียก่อน เพื่อให้แรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าแรงดันขีดเริ่ม เพาเวอร์มอสเฟตจึงจะเริ่มนำกระแสในทางกลับกัน การหยุดการนำกระแสเพาเวอร์มอสเฟตจะต้องทำให้ตัวเก็บประจุคายประจุออกไปจนแรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าแรงดันขีดเริ่ม เพาเวอร์มอสเฟตจึงหยุดนำกระแส ลักษณะของกระแสและแรงดันที่ขาเกตจึงมีลักษณะดังในรูปที่ 2.19

โดยทั่วไปแล้ว ค่าความจุของตัวเก็บประจุในตัวเพาเวอร์มอสเฟตนี้เอง จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของมัน

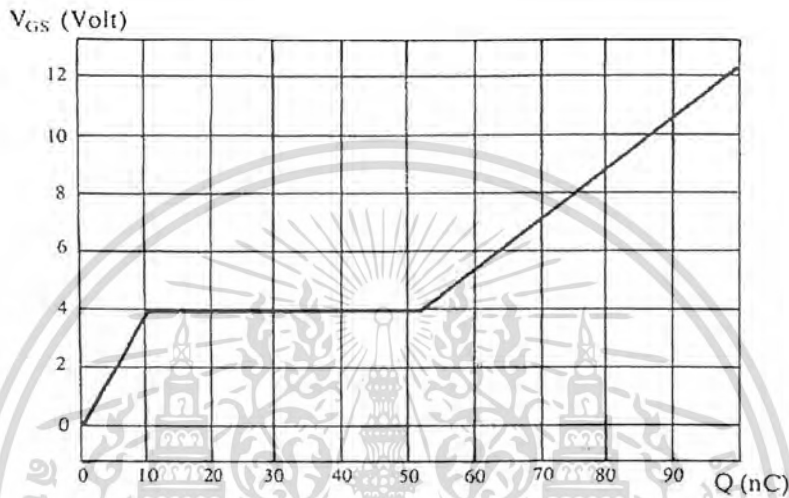


รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะแรงดันและกระแสที่ขาเกตขณะเพาเวอร์มอสเฟต ถูกไบแอสให้นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดเวลาในการเปลี่ยนสถานะ

ปกติแล้วผู้ผลิตมักจะให้กราฟของค่าแรงดัน V_{GS} ที่เพิ่ม ในขณะที่ค่าประจุสะสมที่ขาเกตเพิ่มขึ้นหรือที่เรียกว่า Gate Charge Chart มาในคาต้าชีทด้วย (รูปที่ 2.20) กราฟนี้มีประโยชน์มากในการคำนวณค่ากระแสไบแอสเกตและเวลาในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟต



รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างของ Gate Charge Chart

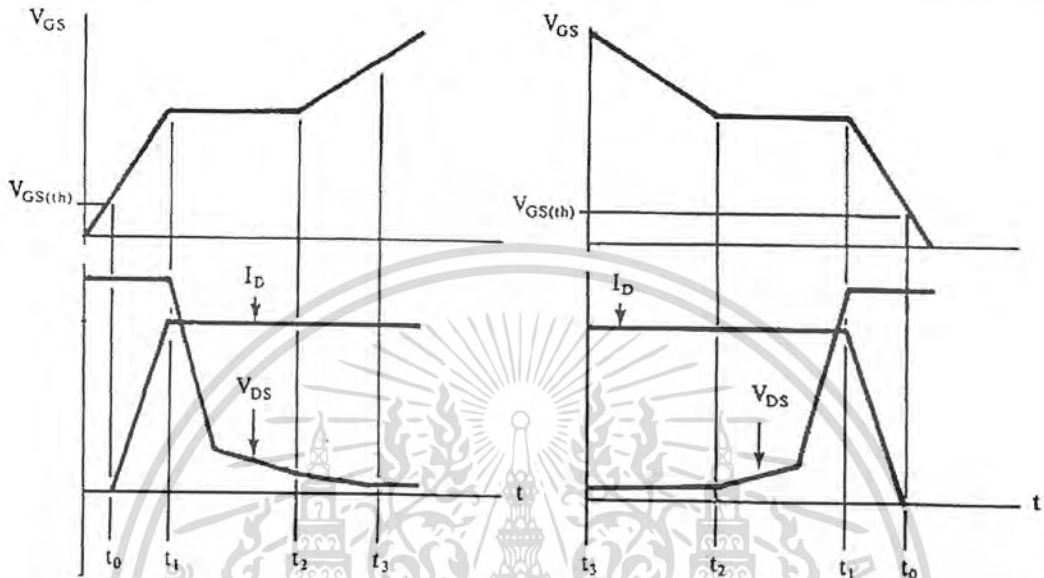
ลักษณะของกราฟจะแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ตามผลของประจุที่เพิ่มขึ้นคือ

1. ช่วงเวลาหน่วงก่อนเริ่มนำกระแส (turn on delay) t_0
2. ช่วงเวลาเริ่มนำกระแส (rise time) $t_0 \rightarrow t_2$
3. ช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน (excess charge time) $t_2 \rightarrow t_3$

เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มชาร์จประจุที่ขาเกต จนกระทั่งพ้นช่วงเวลาหน่วง ก่อนเริ่มนำกระแสเมื่อแรงดันที่ขาเกตมากกว่า แรงดันขีดเริ่ม ($V_{GS(th)}$) จึงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านเดรนและซอร์สที่เวลา t_0 ค่าของแรงดันจะยังไม่ลดลงจนกว่าจะผ่านเวลาเท่ากับ t_1 แรงดันตกคร่อมเดรนและซอร์ส V_{DS} จึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าแรงดันที่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ จนเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันตกคร่อม V_{DS} สูงสุดเพาเวอร์มอสเฟตจะนำกระแสได้อย่างเต็มที่ ในช่วงเวลาเริ่มนำกระแส t_1 ถึง t_2 นี้เองและแรงดันตกคร่อมที่ขาเกต V_{GS} จะคงที่ จนกว่าเพาเวอร์มอสเฟตสามารถนำกระแสได้อย่างเต็มที่ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ในช่วงเวลาสะสมประจุส่วนเกิน ค่าความต้านทานระหว่างเดรนและซอร์สจะมีค่าลดลงได้เรื่อยๆ หากปล่อยให้มีการสะสมประจุต่อไปในช่วงเวลา t_2 ถึง t_3 แต่ประจุสะสมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการหน่วงขณะเริ่มหยุดนำกระแส เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์มอสเฟตจะต้องใช้เวลานานในการคายประจุส่วนเกินนี้ทิ้งไป ดังนั้นการจับเพาเวอร์มอสเฟตที่ขาเกตด้วยแรงดันสูงเกินความจำเป็น จะทำให้ช่วงเวลาที่เริ่มหยุดนำกระแสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลเสีย

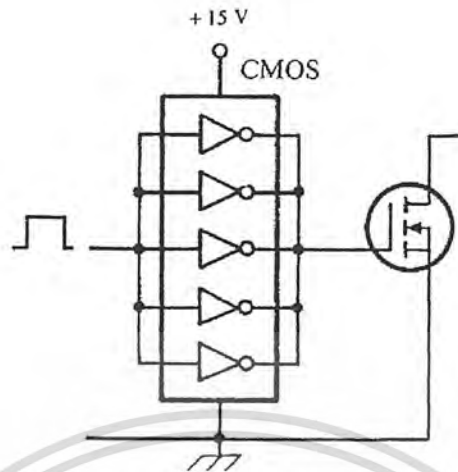


รูปที่ 2.21 (ก) แสดงลักษณะการชาร์จประจุที่ขาเกตตามเวลาที่มีผลต่อการเริ่มนำกระแส
(ข) เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส

2.5.2 วงจรจับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย CMOS

เพาเวอร์มอสเฟตสามารถต่อโดยตรงเข้ากับไอซีชนิด CMOS ได้ ไอซี CMOS มาตรฐาน เช่น ตระกูล 14000 จะมีเอาต์พุตเป็นเฟตในลักษณะคอมพลีเมนต์รี N และ P channel อยู่แล้ว ไอซีตระกูล 14000 สามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3 โวลต์ถึง 18 โวลต์ โดยทั่วไปแรงดันไฟเลี้ยงที่ 12 โวลต์ถึง 15 โวลต์ จะเหมาะสมสำหรับการใช้จับเพาเวอร์มอสเฟต

สำหรับการจับเพาเวอร์มอสเฟตที่ต้องนำกระแสสูง ๆ การต่อ CMOS ในลักษณะขนานกัน ดังรูปที่ 2.22 จะสามารถเพิ่มกระแสที่ขาเกต และทำให้ความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไป得更เร็วขึ้นด้วย



รูปที่ 2.22 แสดงการขับเพาเวอร์มอสเฟตให้นำกระแสด้วยไอซี CMOS

2.5.3 ข้อดีของเพาเวอร์มอสเฟตเมื่อเทียบกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

- (1) เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยกระแส แต่เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน ดังนั้นในการออกแบบวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟตจึงทำได้ง่ายกว่า ใช้กำลังไฟที่น้อยกว่า ใช้อุปกรณ์ในการสร้างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวงจรขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
- (2) เพาเวอร์มอสเฟตมีความเร็วในการทำงานแบบสวิตชิ่งสูงกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
- (3) พื้นที่ในการทำงานที่ปลอดภัยของเพาเวอร์มอสเฟตจะมากกว่าเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เนื่องจากพื้นที่ในการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะถูกจำกัดด้วย Second breakdown

2.6 วงจรสับเบอว์

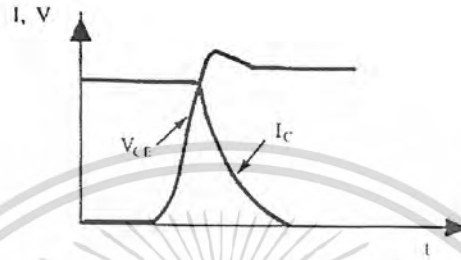
วงจรสับเบอว์ (Snubber Network) เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในคอนเวอร์เตอร์เพื่อลดการเกิดกำลังงานสูญเสีย และป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้น กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หรือเพาเวอร์มอสเฟต ในวงจรขณะทำงานปกติ วงจรสับเบอว์ในที่นี้อาจสามารถ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

2.6.1 วงจรสับเบอว์ช่วงหยุดนำกระแส(turn off snubber)

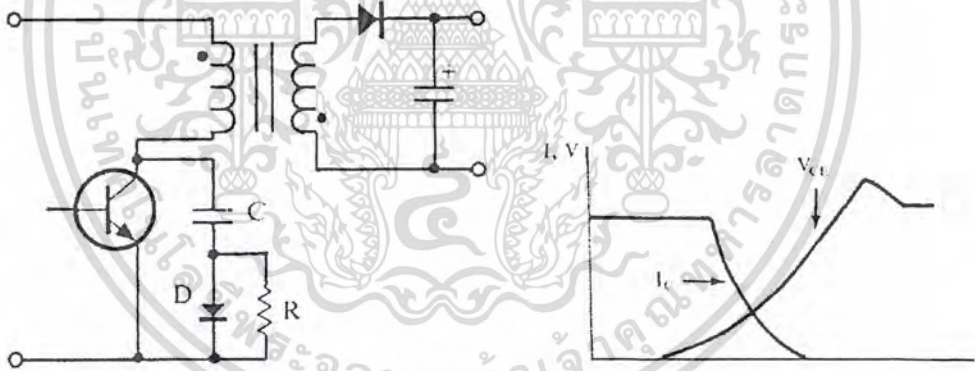
กำลังสูญเสียที่เกิดในเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หรือเพาเวอร์มอสเฟต จะเป็นไปได้สูงขณะเปลี่ยนสถานะการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หรือเพาเวอร์มอสเฟตจะหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็ว (ดูรูปที่ 2.23 ประกอบ) กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนในช่วงนี้จึงเกิดขึ้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดการเกิดกำลังงานสูญเสียในช่วงนี้ อาจทำได้ โดยการต่อวงจร snubber เข้ากับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงได้ทันกัน ซึ่งจะ使得กำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำ ลักษณะของการต่อวงจร snubber อาจทำได้ดังในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการลดลงของกระแสและการเพิ่มขึ้นของแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแส



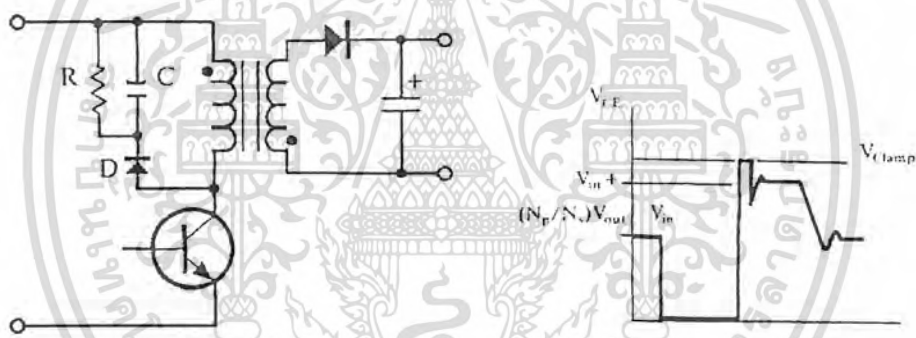
รูปที่ 2.24 แสดงการต่อวงจร snubber ช่วยหยุดนำกระแสเพื่อหน่วงแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

การทำงานของวงจร RCD snubber ช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นดังนี้คือ เมื่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 เริ่มหยุดนำกระแสแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้มีกระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C_1 และไดโอด D_1 ของวงจร snubber ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C_1 ด้วยแรงดันที่ตกคร่อม C_1 จะทำให้แรงดันที่คอลเล็กเตอร์ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้น อย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าให้ C_1 มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์จะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดลงจนมีค่าน้อย ๆ ได้ทันกัน และจะลดการเกิดกำลังงานสูญเสียในตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้

ขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มนำกระแสอีกครั้ง C_1 จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R_1 ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม C_1 จึงลดต่ำลงได้อีกครั้งและสามารถทำงานได้ในช่วงต่อไป การคายประจุของ C_1 จะทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในตัว R_1 สูง ตัวต้านทาน R_1 จะต้องทนกำลังได้สูง

2.6.2 วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน (clamp snubber)

ปกติการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะทำงาน มักมีสาเหตุหลักมาจากการทำงานเกิดพิทช์ปโหลดภัย แรงดันสไปค์ขณะหยุดนำกระแส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟลายแบคและฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ มักทำให้ค่าของแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าสูงเกินค่าแรงดันสูงสุดที่มัน จะทนได้และเกิดการพังเสียหายขึ้น วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้น ไม่ให้เกินค่าปลอดภัยของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ การต่อวงจร RCD สแน็บเบอร์เพื่อป้องกันแรงดันอาจทำได้ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงการต่อสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกินเพื่อจำกัดค่ากระแสสูงสุดที่จะตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มหยุดนำกระแส

การทำงานของวงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจะเป็นดังนี้ คือในขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เริ่มหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะถูกชาร์จประจุผ่านไดโอด D จากค่าแรงดันสไปค์ ค่าของ R_1 จะทำให้แรงดันตกคร่อม C มีค่าต่ำกว่าแรงดันสไปค์ และมีค่าคงที่ตลอดช่วงของการเกิดแรงดันสไปค์ ค่าแรงดันสูงสุดที่คอลเล็กเตอร์ ขณะเกิดสไปค์ จึงถูกกันไว้ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C และเนื่องจากแรงดันสไปค์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นขณะที่แรงดันสไปค์มีค่าลดลง C_1 จะคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R แรงดันตกคร่อมที่คอลเล็กเตอร์ จะกลับสู่ค่าแรงดันตามการทำงานปกติ

บทที่ 3

ทฤษฎีการใช้งานของตัวอุปกรณ์ต่างๆของภาคคอนโทรล

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิตประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ทุกๆ เบอร์จะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหน่วยความจำภายใน และ ภายนอกที่แตกต่างกัน เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งานตามความต้องการต่างๆ แต่เดิม 8051 ถูกสร้างด้วยวิธี HMOS I แต่ในปัจจุบันได้สร้างด้วยวิธี HMOS II จึงมีชื่อเป็น 8051AH ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 51 นั้น ถึงแม้ว่าจะมีหลายเบอร์แต่เราก็จะเรียกว่าเป็น “8051” ซึ่งหมายถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 นั้น ส่วนเบอร์ 8032 และ 8052 มีหน่วยความจำภายในเพิ่มขึ้นและมีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิตเพิ่มขึ้นมาดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทเมอร์/ เคาน์เตอร์	อินเตอร์รัพต์ หมายเลข
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052H	8K x 8 ROM	256 x 8 ROM	3 x 16-Bit	6
8051H	4K x 8 ROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8051	4K x 8 ROM	256 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8032AH	ไม่มี	128 x 8 ROM	3 x 16-Bit	6
8031AH	ไม่มี	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8031	ไม่มี	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8751H	4K x 8 EPROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
80751H-12	4K x 8 EPROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5

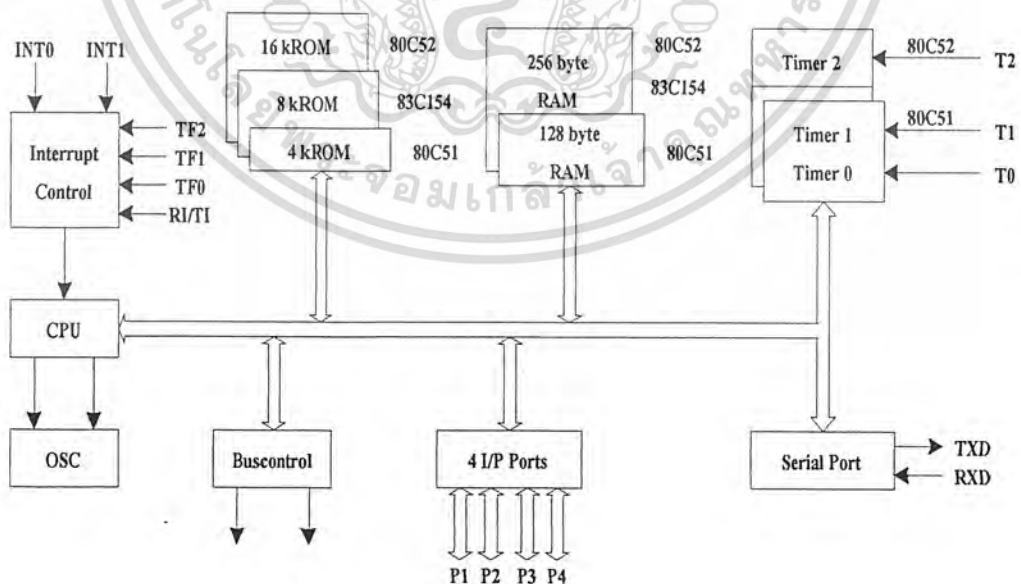
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ + 5 V. ชุดเดียว
2. มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
3. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์
4. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
5. มีไทมเมอร์คาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับเบอร์ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
6. รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แห่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แห่ง 6 เวกเตอร์
7. มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
8. มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต
9. มีวงจรรอสซิดเลเตอร์ภายใน

3.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ภายใน 8051 จะประกอบด้วยเกจชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งแต่ละเกจเหล่านี้จะนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง, วงจรสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 โครงสร้างของ 8051 จะประกอบด้วย 3 ส่วน หลักๆ ดังนี้

1. ซีพียู (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณวงจรควบคุมจากซีพียูนี้ จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา ที่สร้างขึ้นจากวงจรถอดรหัสเพื่อให้อุปกรณ์ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง ในซีพียูยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2. หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจัดเก็บข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ข้อมูล ในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำสามารถเก็บความจำข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ $00H$ ถึง $0FFH$ ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณสามกลุ่มคือ

2.1 ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65536)

2.2 ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3 สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อจะบอกกับหน่วยความจำ ว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่ง จะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input / Output Device) เป็นส่วนใช้ส่งข้อมูลเข้า หรือ นำข้อมูลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายในอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่ อินพุต/เอาต์พุตพอร์ตแบบขนาน วงจรนับ/จับเวลา 0 วงจรนับ/จับเวลา 1 พอร์ต สื่อสารอนุกรม

3.1 พอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตใช้งานได้มากกว่า 1 อย่าง

3.2 วงจรนับเวลา/จับเวลา 0 และวงจรนับ/จับเวลา 1 เป็น วงจรที่สามารถทำการนับจำนวนไชนัลของสัญญาณที่ต่อ จากภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 หรือ จำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู

3.3 พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูล พอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ละข้อมูลจะถูกส่งออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TXD และ ในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาที่ละบิตทางขา RXD และ จัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไปในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 มีพอร์ตใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การนำพอร์ตไปใช้งานจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

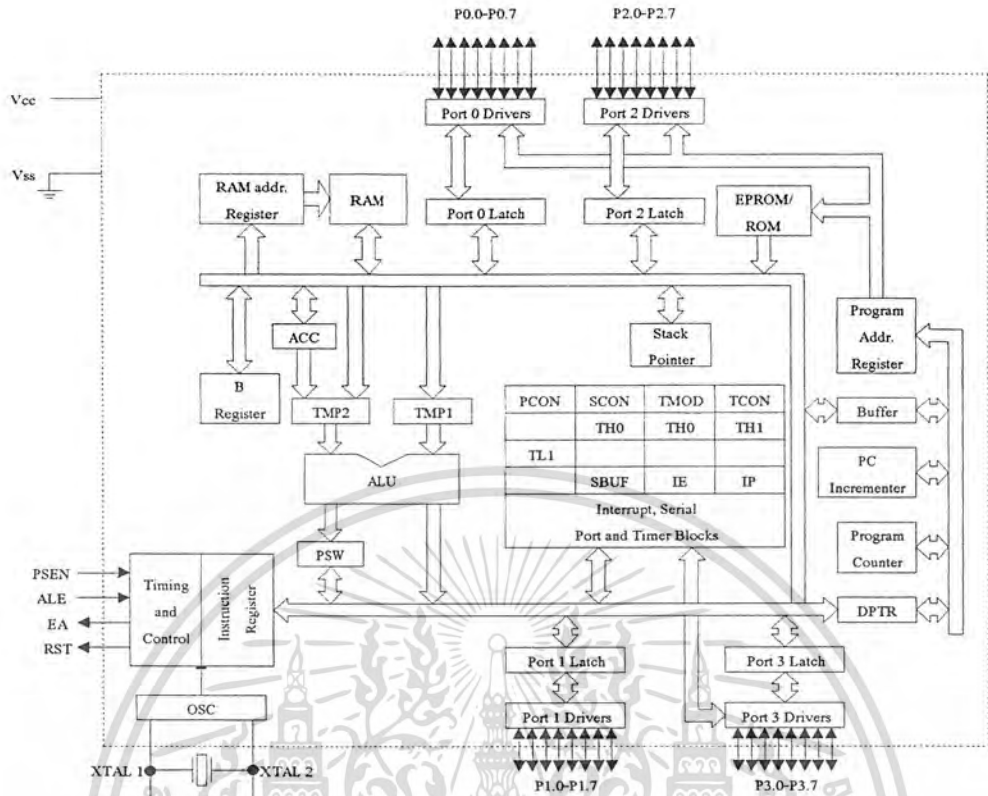
3.1.4 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังแสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนประกอบย่อยๆ ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 และ สัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ DIP (Dual Inline Package) แบบ 40 ขาดังนี้

Vcc (ขา 40)	ต่อกับไฟ +5V.
Vss (ขา 20)	เป็นขา GND
Port 0 (ขา 32-39)	มี 8 บิต คือ P0.0 – P0.7 มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-Directional โดยสามารถใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ Address Bus และ Data Bus นอกจากนี้ยังใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตได้
Port 1 (ขา 1-8)	มี 8 บิต คือ P1.0 – P1.8 ใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป
Port 2 (ขา 21-28)	มี 8 บิต คือ P2.0 – P2.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้วยังใช้เป็นตัวส่ง Address ไบต์สูง เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051

Port 3 (ขา 10-17)

มี 8 บิต คือ P3.0 – P3.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พอร์ททั่วไป และ ใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้

3.0/RXD (Serial Input Port) ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

3.1/TXD (Serial Output Port) ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก เบอร์ 0

3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก เบอร์ 1

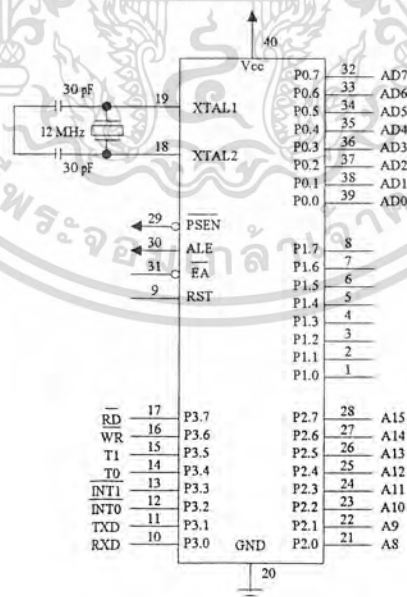
3.4/T0 (Counter 0 External Input) ใช้เป็นอินพุตให้วงจรมับ / จับเวลา ชุดที่ 0

3.5/T1 (Counter 1 External Input) ใช้เป็นอินพุตให้วงจรมับ / จับเวลา ชุดที่ 1

3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาคควบคุมการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

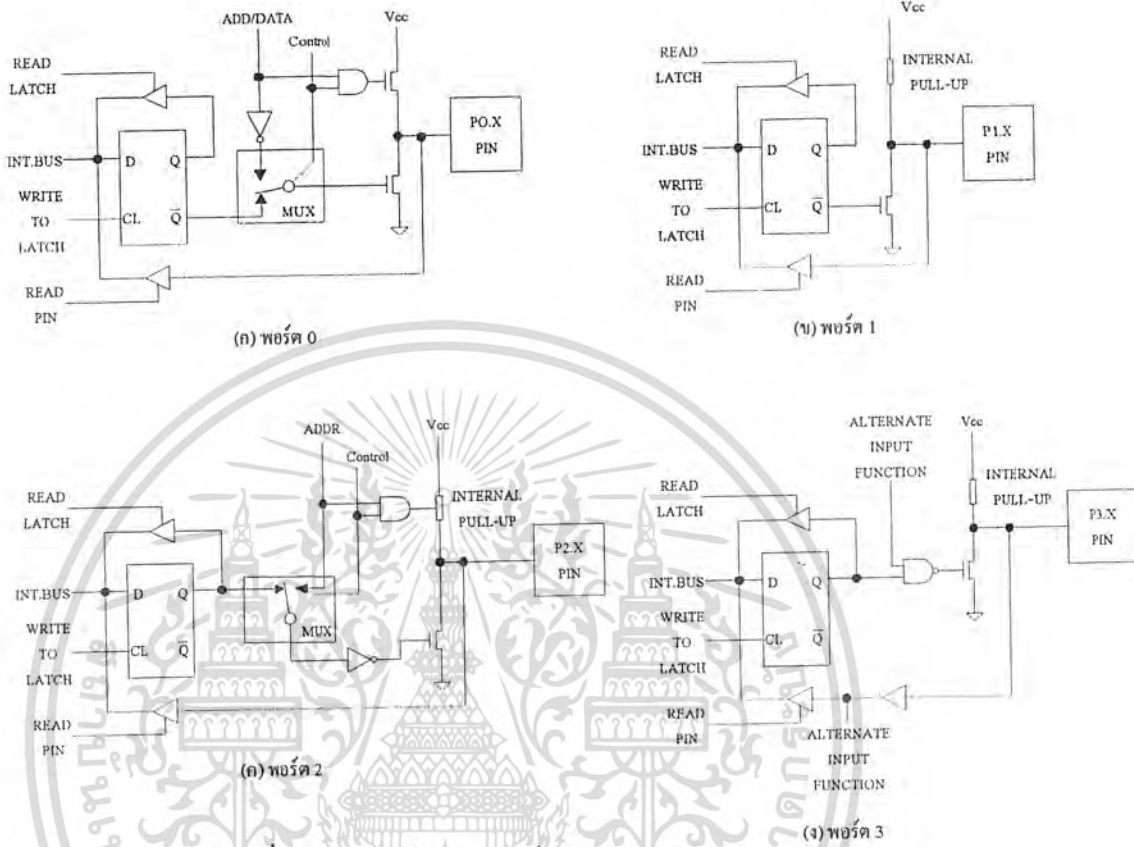
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก
RST (ขา 9)	Reset ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรภายในชิพ เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ในการรีเซ็ตต้องป้อนลอจิก “1” นานอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีนาไซเคล
ALE (ขา 30)	Address Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการ Latch ค่า Address ไปที่ค่าจากพอร์ต 0
PSEN (ขา 29)	Program Strobe Enable เป็นสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อขา Active มีลอจิกเป็น “0” จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก และ ถ้าเป็นการอ่านโปรแกรมภายในขา Active จะไม่มีการ Active
EA (ขา 31)	External Access เป็น ขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำภายนอกชิพ เมื่อขา Active จะมีลอจิกเป็น “0” จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
XTAL1 (ขา 19)	ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์
XTAL2 (ขา 18)	ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเอาต์พุตออกจากวงจรรอสซิลเลเตอร์



รูปที่ 3.3 ขาต่างๆ ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



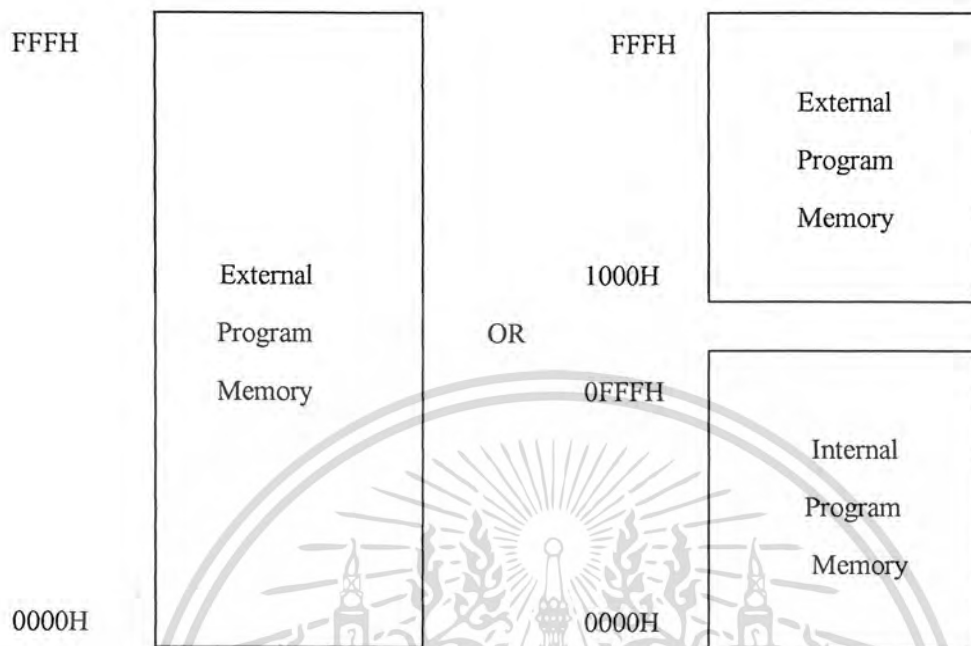
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของพอร์ตต่างๆ ของ 8051

3.1.5 การจัดการหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

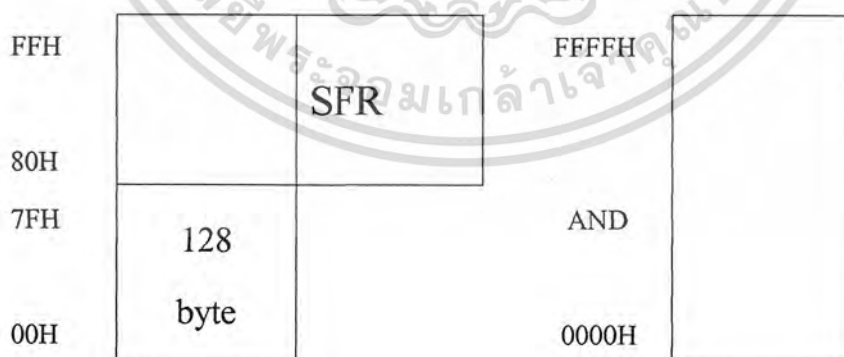
1. หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งใน

รูปของภาษาเครื่องซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำโปรแกรมไปทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำนี้เป็นแบบรอม และ ผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ส่วนที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมก็คือ รอมขนาด 4 กิโลไบต์ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 3.5 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมของ 8051

2. หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ ซึ่งหน่วยความจำภายในมีขนาดเพียง 128 ไบต์ ส่วนหน่วยความจำภายนอกไอซีมีขนาด 64 กิโลไบต์ ดังรูปที่ 2.6



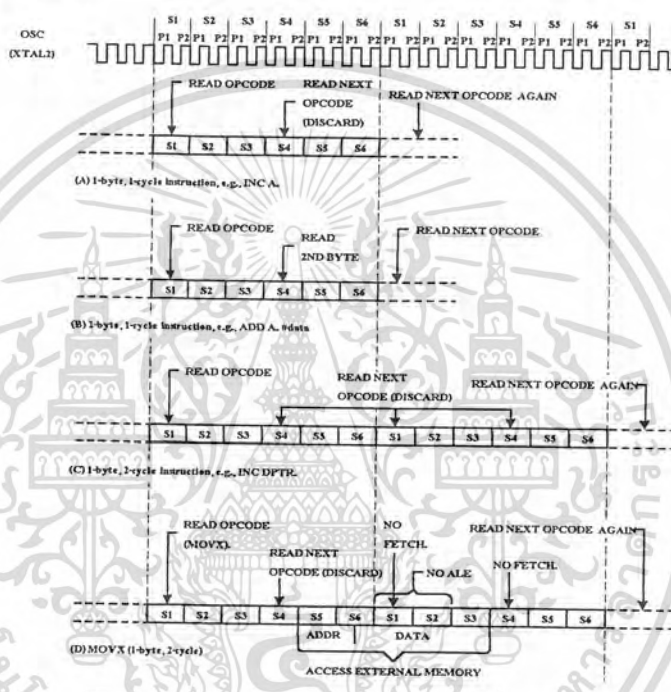
รูปที่ 3.6 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) คือรอบการทำงานของคำสั่ง เป็นค่าที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ถ้าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็ต้องใช้เวลานาน 2-3 แมชชีนไซเคิล

1 แมชชีนไซเคิล จะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า “เฟส” (Phase) สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตท (State) เพราะฉะนั้นใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมี 6 สเตท



รูปที่ 3.7 ช่วงเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

3.1.7 การทำงานของ 8051

เมื่อป้อนไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งมีวงจรรีเซ็ตเมื่อปิดเครื่องจะเกิดการรีเซ็ตการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 เริ่มจากภาคโปรแกรมเคาน์เตอร์ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปในเส้นทางหมายเลข 1 เส้นทางนี้ มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้ถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏลงบนบัส 16 บิต หมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรกหลังจากการรีเซ็ต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมการเลือกได้ว่าเป็นรอมภายในหรือภายนอก 8051 โดยการป้อนสภาวะลจิกเข้าไปที่ 8051 ทางขา EA ซึ่งต่ออยู่กับส่วนของวงจรวเวลาและควบคุม ถ้าป้อนสัญญาณลจิก 0 เข้าที่ขา EA เป็นการเลือกใช้รอมภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือมีข้อสงสัยประการใด กรุณาแจ้งมาที่ โทร. 02-111-1111 หรือที่ อีเมล: info@www.8051.com

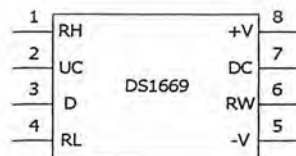
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051 โดยที่วงจรเวลา และ ความคุมจะสร้างสัญญาณไปยังรอมภายใน ให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมายังเส้นทางหมายเลข 2 ข้อมูลจากรอมถูกส่งไปยังเส้นทางหมายเลข 3 ที่เรียกว่าเส้นทางข้อมูลภายใน แล้วนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR (Instruction Register) เพื่อส่งไปให้กับวงจรเวลาและความคุมทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไป ในกรณีที่เลือกรอมภายนอก โดยป้อนลอจิก 1 เข้าที่ขา EA จะทำให้วงจรเวลาและความคุมส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0 และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนเส้นทางหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ต 0 ไปยังเส้นทางข้อมูลภายในแล้วไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจากรอมภายใน การทำงานในช่วงค่าตำแหน่งในหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำ แล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เรียกว่า “ช่วงของการเฟตช์” (Fetch) ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า “Execute Cycle”

3.2 ทฤษฎี DS1669

DS1669 เป็นอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลไอส์ตัต การใช้งานต้องไม่ถูก จำกัดเฉพาะทางด้านอะนาลอกเท่านั้น หากแต่รวมไปถึงการรับข้อมูลควบคุม แบบดิจิทัลได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติพิเศษเช่น

- สามารถใช้งานแทนตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเดิมได้
- มีการใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้ง่ายและกว้าง
- ทำให้วิศวกรใช้งานง่ายขึ้นในการควบคุมระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ได้
- ใช้งานแรงดันไฟเลี้ยง ได้กว้างตั้งแต่ 4.5-8 โวลต์
- สามารถคงสถานะการปรับครั้งสุดท้ายได้เมื่อหยุดการจ่ายแรงดันให้
- ทำให้ระบบควบคุมทางด้านกลไกต่างมีราคาถูกลง



รูปที่ 3.8 ลักษณะตัวถังบรรจุและการจัดขาของ DS1669

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 บล็อกไดอะแกรมภายใน

ในรูปที่ 1 เป็นรูปที่แสดงตัวถังและรูปร่างของ DS1669 ซึ่งมีทั้งหมด 8 ขาใช้งาน คิจิตอลรีโอสตัด หรือตัวต้านทานปรับค่าได้ สามารถที่จะทำการปรับเปลี่ยน ค่าได้จากการปิดหน้าสัมผัสทางอินพุต แต่การควบคุมนี้ก็สามารถที่จะเลือกได้โดยจากการปิดหน้าสัมผัสทางอินพุตหรือการตั้งระดับค่าด้วยการจ่ายสัญญาณคิจิตอลควบคุมมาเข้าที่ขาอินพุตก็ได้

DS1669 จะต่อขา $-V$ เข้ากับ RL และ $+V$ ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง $+4.5$ โวลต์ โดยจะสัมพันธ์กับไฟ $-V$ ด้วยการปิดหน้าสัมผัสระหว่างอินพุตกับ $-V$ ภายใต้เงื่อนไขที่ขาปรับค่าความต้านทาน (RW) จะใช้การปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานที่สัมพันธ์กับค่าแรงดัน $-V$ ด้วย และเป็นการปรับขึ้นหรือลงมาที่ค่าศูนย์ของหน้าสัมผัสทางอินพุตด้วยการควบคุมทางขา UC, DC หรือ D กับ $-V$

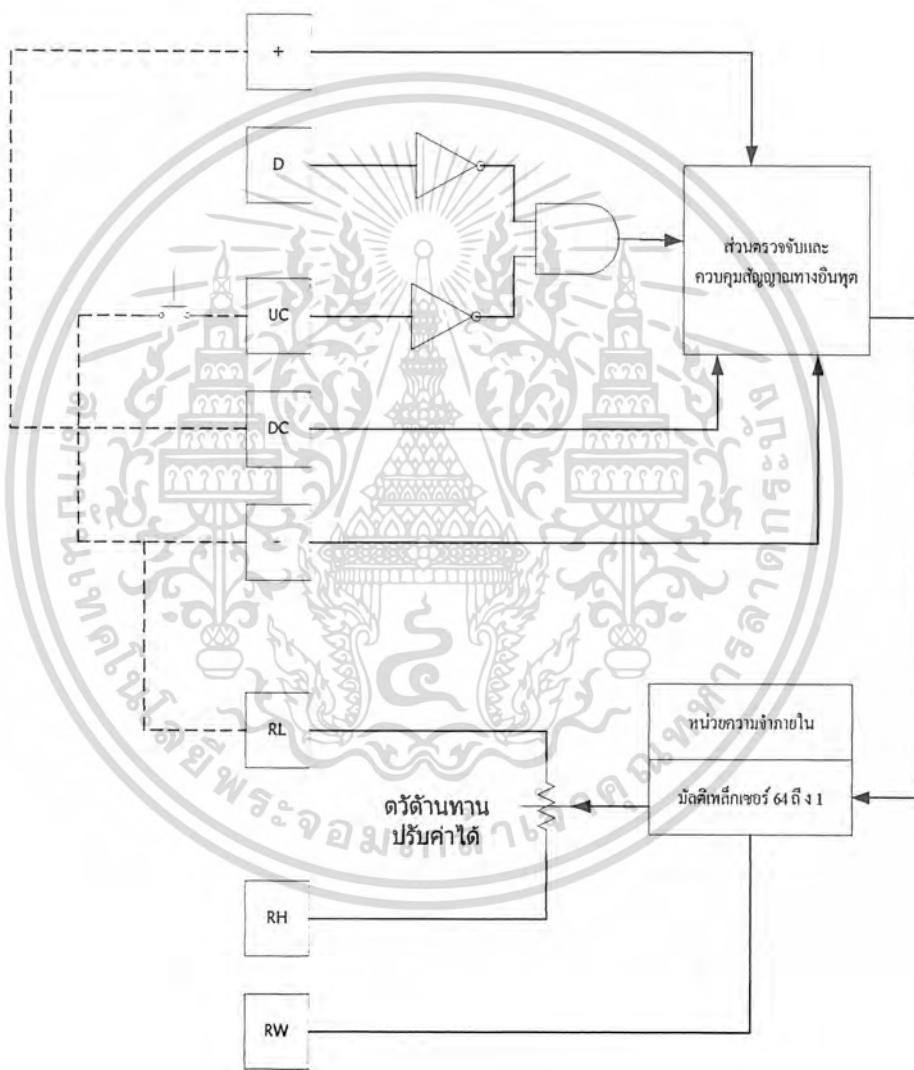
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลทางไฟฟ้าของ DS1669

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟเลี้ยงค่านวค	$+V$	4.5 – 8	โวลต์
กระแสจากแหล่งจ่าย	Icc1	2	มิลลิแอมป์
ค่าแรงดันที่ขารีโอสตัด	RH,RW,RL	$-V - 0.5$ ถึง $+V + 0.5$	โวลต์
ค่าความต้านทานที่ขาปรับค่า	RW	500 ถึง 1000	โอห์ม
กระแสที่ขา RW	IW	2	มิลลิแอมป์
ความกว้างของพัลส์อินพุต	TPW	1 ถึงย่าน DC	ไมโครวินาที
ความกว้างของพัลส์ที่หน้าสัมผัส	TCPW	1 ถึงย่าน DC	มิลลิวินาที
ค่าความจุทางอินพุต	CIN	5 ถึง 10	พิโกฟารัด

3.2.2 การทำงาน

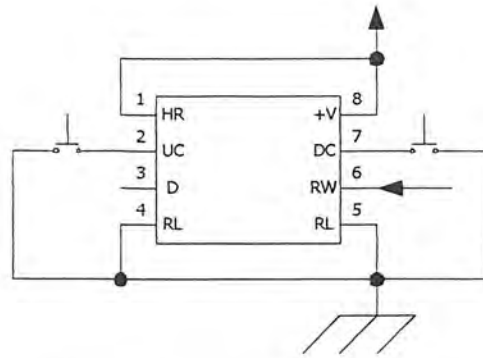
การทำงานเบื้องต้นแสดงตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.2 แสดงถึงรีโอสตัดตัวต้านทานปรับค่าโดยค่าของ ความต้านทานหรือลำดับการเปลี่ยนค่า ความต้านทานจะอาศัยการแบ่งและหารลำดับ โดยส่วน วงจรมัลติเพล็กซ์ในตั้งแต่ 64 ถึง 1 MUXER การควบคุมทางอินพุตของไอซี การควบคุมทางอินพุตนี้จะทำที่ขา UC, DC ซึ่งสัญญาณการควบคุมนี้เป็นคิจิตอล เส้นปะที่แสดงไว้ในบล็อกไดอะแกรม ในรูปจะให้เห็นว่า S1 จะต่ออยู่ระหว่างขา UC กับ $-V$ และ RL และเมื่อกดสวิทช์ จะทำให้ขา UC ซึ่งเป็นขาอินพุตของเกตภายในไอซีต่อถึง $-V$ ในกรณีที่ขา D ไม่ได้ต่อจะมีสถานะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลอจิก “high” เมื่อทำการ “OR” เกตภายในขา UC ตอนแรกต่อกับระดับลอจิก “low” วงจรจะส่งพัลส์ไปยังส่วนมัลติเพล็กซ์ทำให้เกิดการเปลี่ยน ความต้านทานเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ตำแหน่งที่ขา RW ตาม 1/64 จนถึงลำดับทั้งหมด การเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะขึ้นอยู่กับว่าค่าพื้นฐานที่ทำงานอยู่ที่ลำดับไหนจากหน้าสัมผัสปิดของอินพุตเดียวในการเลื่อนลำดับการปรับค่าในส่วนมัลติเพล็กซ์ตั้งแต่ 1/64 จนถึงค่าสูงสุดจะต้องมีเวลาดีกว่า 1 มิลลิวินาที ไม่ว่าจะเพิ่มหรือลดก็ตาม



รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของรีโอสตัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งาน

3.2.3 การเซตสถานะสุดท้าย

การเซตค่าการปรับในสถานะสุดท้ายไว้ จะเป็นการคงสถานะ ไว้ที่การปรับไว้ที่ค่าใดๆ ในสถานะสุดท้ายก่อน ที่จะหยุดจ่ายแรงดัน ไฟเลี้ยงให้กับตัวไอซีจะถูกจำสถานะ ไว้โดยอาศัยหน่วยความจำภายในตัว ไอซีที่เป็นแบบไม่ต้องการแรงดันไฟจ่ายสำรองให้กับตัว ไอซี ในช่วงระหว่างการทำงานปกติ ตำแหน่งของการปรับค่าที่ขา RW จะถูกกำหนดจากส่วนของวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ภายใน พร้อมกันนั้นหน่วยจัดเก็บความจำก็จะทำการบันทึกสถานะสุดท้ายในปัจจุบันไว้ตลอดเวลา และจะเป็นการบันทึกใหม่เรื่อยๆ หากมีการปรับเปลี่ยนสถานะการปรับครั้งล่าสุดในช่วงเวลาการทำงานปกติของส่วนมัลติเพล็กซ์เซอร์ เมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟให้กับตัว ไอซีการปรับค่าไว้อันดับล่าสุดก็จะถูกบันทึกค่าเก็บไว้ในส่วนจัดเก็บหน่วยความจำ

3.3 ทฤษฎี DOT MATRIX LCD MODULE

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VIDEO, เครื่องถ่ายภาพเอกสาร, เครื่องมือวัดคุมฯ, เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ ออกได้เป็นพวกๆ ดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆ แบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็น ในลักษณะการปิดและเปิดตัวเอง กับแสงก็คือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่ง โดยมีเบอร์ที่นิยมใช้คือ HD44100H, MSM5259
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจาก อุปกรณ์ภายนอกมาและ จัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่างๆเช่น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้แบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่และ IC HD61830 จะ ใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

ในการศึกษาการทำงานและใช้งาน LCD MODULE นั้น ไม่ใช่เรื่องยากเลยถ้าเราสามารถทำความเข้าใจในส่วนของ CONTROLLER ได้ก็เพียงพอแล้วและโดยมาก LCD MODULE ในแต่ละบริษัทจะใช้ CONTROLLER ที่มีหลักการทำงานเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ และใน LCD MODULE แต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมใช้เป็น CONTROLLER LCD คือเบอร์ HD4470 จะใช้แบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่ และ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE

HD44780เป็นไอซีLSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆ ตัวมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4 BIT หรือ 8 BIT ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4 BIT จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้น โดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4 BIT บน และข้อมูลที่ส่งต่อมาเป็นข้อมูล 4 BIT ล่าง

3.3.1 รายละเอียดของคำสั่ง HD44780

1. CLEAR DISPLAY

RS	R/W	DB7.....	DB0
0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	1

รูปที่ 3.11 แสดงคำสั่ง CLEAR DISPLAY

คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือ SPACE (ASCII 20H) เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมดและทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ตัว CURSUR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพ SET I/D=1 และ S ไม่มีการเปลี่ยน

2. RETURN HOME

RS	R/W	DB7.....DB0								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*

รูปที่ 3.12 แสดงคำสั่ง RETURN HOME(* No effect)

คำสั่งนี้จะทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพไม่เปลี่ยน

3. ENTRY MODE SET

RS	R/W	DB7.....DB0							
0	0	0	0	0	0	0	0	I/D	S

รูปที่ 3.13 แสดงคำสั่ง ENTRY HOME

BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วจะทำให้ DD RAM ADDRESS เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่ง โดย 1= เพิ่ม และ 0=ลดลงหนึ่ง

BIT S : เป็นการกำหนดแสดงผลโดยถ้า

S=1 จะเป็นการใส่ข้อมูลแล้วตัว CURSOR อยู่ที่ข้อมูลที่จะถูกดันไปทางซ้าย

S=0 ข้อมูลจะอยู่ที่ที่ ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางขวามือ

4. DISPLAY ON/OFF CONTROL

RS	R/W	DB7.....DB0							
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

รูปที่ 3.14 แสดงคำสั่ง DISPLAY ON/OFF CONTROL

BIT D : ใช้กำหนดการเปิดปิดจอภาพ

D=1 จะ ON

D=0 จะ OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT DL : เป็นการ SET การติดต่อกันจะเป็นแบบ 8 BIT หรือ 4 BIT ถ้าต้องการ 4BIT DL=1

N : เป็นการ SET บรรทัดการแสดงผล N=0 แสดง 1 บรรทัด N=1 แสดง 2 บรรทัด ในกรณีมากกว่า 2 บรรทัด ก็ให้ SET N=1

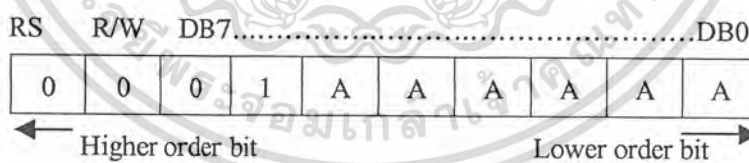
F : เป็นการ SET ขนาด DOT การแสดงผล 5X7 หรือ 5X10 โดย F=0 เป็นแบบ 5X7 และ F=1 เป็นแบบ 5X10

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดย่อของคำสั่ง FUNCTION SET

N	F	No. of display line	Character Font	Duty factor	Remarks
0	0	1	5X7 dots	1/8	
0	1	1	5X10 dots	1/11	
0	*	2	5X7 dots	1/16	Cannot display 2 line with 5X10 dot character font

* No effect

7. SET CG RAM ADDRESS

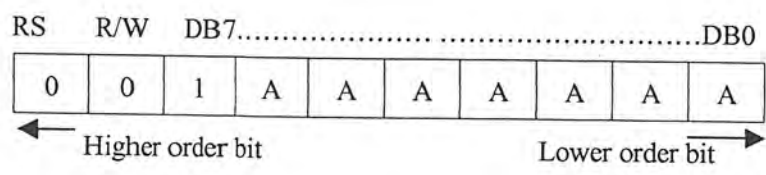


รูปที่ 3.17 แสดงคำสั่ง SET CG RAM ADDRESS

ใน HD44780 นั้นจะมีหน่วยความจำอยู่ 2 ชุดคือ DISPLAY DAT RAM (DD RAM) จำนวน 80X8 BIT และ CHARACTER GENERATOR ROM CG RAM จำนวน 512 BIT และ 7200 BIT คำสั่งนี้จะเป็นการ SET ADDRESS ใน CG RAM โดยต้องทำการ SET ADDRESS ก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. SET DD RAM ADDRESS



รูปที่ 3.18 แสดงคำสั่ง SET DD RAM ADDRESS

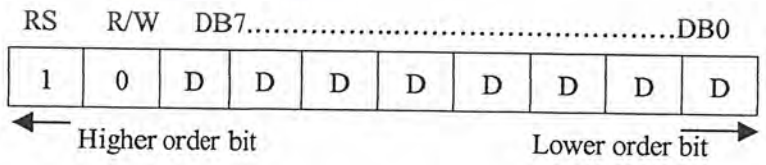
9. READ BUSY FLAG AND ADDRESS



รูปที่ 3.19 แสดงคำสั่ง READ BUSY FLAG AND ADDRESS

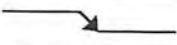

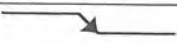

เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่หรืออยู่ในสภาพพร้อมรับข้อมูล โดย BF=1 หรืออยู่ในขบวนการทำงานภายใน ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่ง BF=0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งแล้ว และนอกจากนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านข้อมูล ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ด้วย

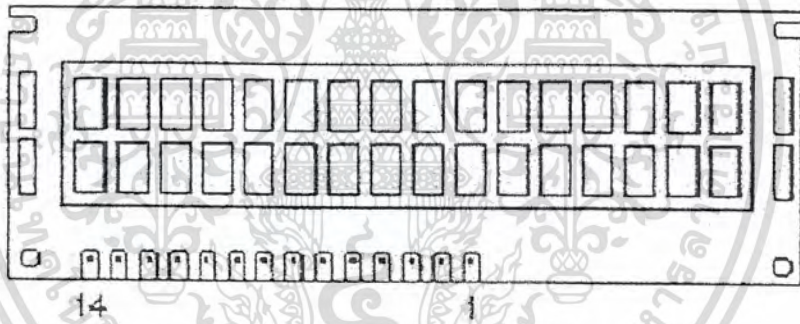
10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM



รูปที่ 3.20 แสดงคำสั่ง WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM

คเป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM โดยเมื่อเขียนข้อมูลและ ADDRESS จะเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ SET ใน ENTRY MODE ข้อกำหนดที่จะรู้ว่าเป็นการเขียนข้อมูล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้พิมพ์เอกสารนี้แล้ว การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS	R/ W	E	
0	0		IR write as internal operation (Display clear, etc.)
0	1		Read busy flag (DB7) and address counter (DB0-DB6)
1	0		DR Write as internal operation (DR to DD or CG RAM)
1	1		DR read as internal operation (DD or CG RAM to DR)



รูปที่ 3.22 แสดงตำแหน่งขาของ LCD MODULE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบภาคควบคุมและภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

4.1 ภาคควบคุม

ในการออกแบบภาคควบคุมนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

- การออกแบบฮาร์ดแวร์
- การออกแบบซอฟต์แวร์

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์จะแบ่งเป็นส่วนต่างดังนี้

4.1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

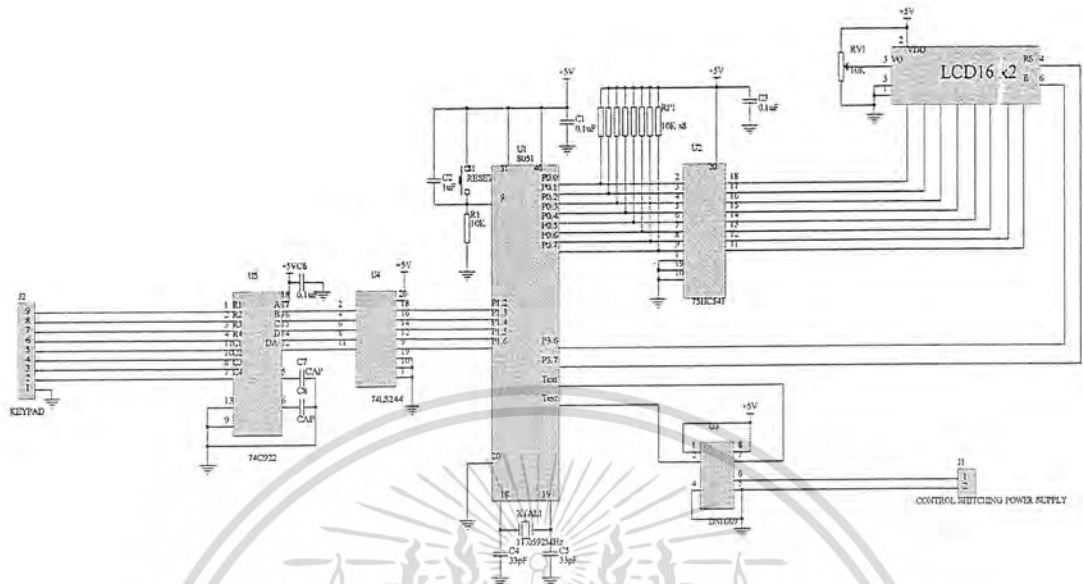
ส่วนประมวลผล ในส่วนนี้จะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8252 ของบริษัท ATMEL มีหน่วยจำ FLASH MEMORY จำนวน 4 Kbytes ซึ่งไม่ต้องต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติม และมีพอร์ตใช้งาน 4 พอร์ต คือ P0, P1, P2 และ P3 โดยรายละเอียดการต่อพอร์ตใช้งานมีดังนี้

พอร์ต 0 (Port 0) ใช้เป็นพอร์ตแสดงผล (LCD) โดยมีบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 ต่ออยู่เพื่อเพิ่มค่ากระแสให้กับพอร์ต

พอร์ต 1 (Port 1) ใช้สำหรับรับค่าคีย์โดยพอร์ตที่ใช้งานมี 5 พอร์ตคือ P1.1, P1.2, P1.3, P1.4 และ P1.5

พอร์ต 2 (Port 2) ใช้สำหรับการต่อใช้งานในอนาคต

พอร์ต 3 (Port 3) ใช้เป็นพอร์ตควบคุมการทำงานของ LCD โดยใช้พอร์ต 3.6 ต่อร่วมกับขา E (Enable) ของ LCD เพื่อเป็นตัวกำหนดสถานะการรับเขียนอ่านข้อมูลและพอร์ต 3.7 ต่อร่วมกับขา RS (Register Selection) ของ LCD เพื่อเป็นตัวเซตการทำงานภายใน LCD นอกจากนี้จะใช้เป็นตัวควบคุมการทำงานของ LCD ยังมีอีกหน้าที่หนึ่งคือใช้ควบคุมการทำงานของไอซี DS1669 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่เป็นความต้านทานปรับค่าได้ พอร์ตที่ใช้ควบคุมการทำงานมี 2 พอร์ตคือพอร์ต 3.4 ต่อร่วมกับขา DC ของไอซี DS1669 ซึ่งเป็นตัวทำให้ความต้านทานลดลง และพอร์ต 3.5 ต่อร่วมกับขา UC ของไอซี DS1669 ซึ่งเป็นตัวทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรฮาร์ดแวร์ของภาคควบคุม

ส่วนรับค่าคีย์ ในส่วนนี้จะใช้ไอซี 74C922 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการสแกนค่าคีย์จากคีย์แพด 4 คูณ 4 โดยมีเอาต์พุตออกมาเป็นไบนารี 4 บิต โดยค่าคีย์ต่างๆแสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922

ตำแหน่งคีย์	เอาต์พุต
R0,C0	0000
R0,C1	0001
R0,C2	0010
R0,C3	0011
R1,C0	0100
R1,C1	0101
R1,C2	0110
R1,C3	0111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงค่าเอาต์พุตของ 74C922

ตำแหน่งคีย์	เอาต์พุต
R2,C0	1000
R2,C1	1001
R2,C2	1010
R2,C3	1011
R3,C0	1100
R3,C1	1101
R3,C2	1110
R3,C3	1111

ส่วนแสดงผล เลือกใช้ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดแสดงผล (16x2) ใช้คอนโทรลเลอร์เบอร์ HD44780 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยต่อขา R/W ลงกราวด์ ขา E ต่อเข้ากับพอร์ต 3.6 ของ AT89S8252 และขา RS ต่อเข้ากับพอร์ต 3.7 ของ AT89S8252 ส่วนขาเวลาดำของ LCD เข้ากับพอร์ต 0 ของ AT89S8252 ที่ผ่านการต่อบัฟเฟอร์เบอร์ 74HC541 แล้วเพื่อให้สามารถควบคุม LCD ได้

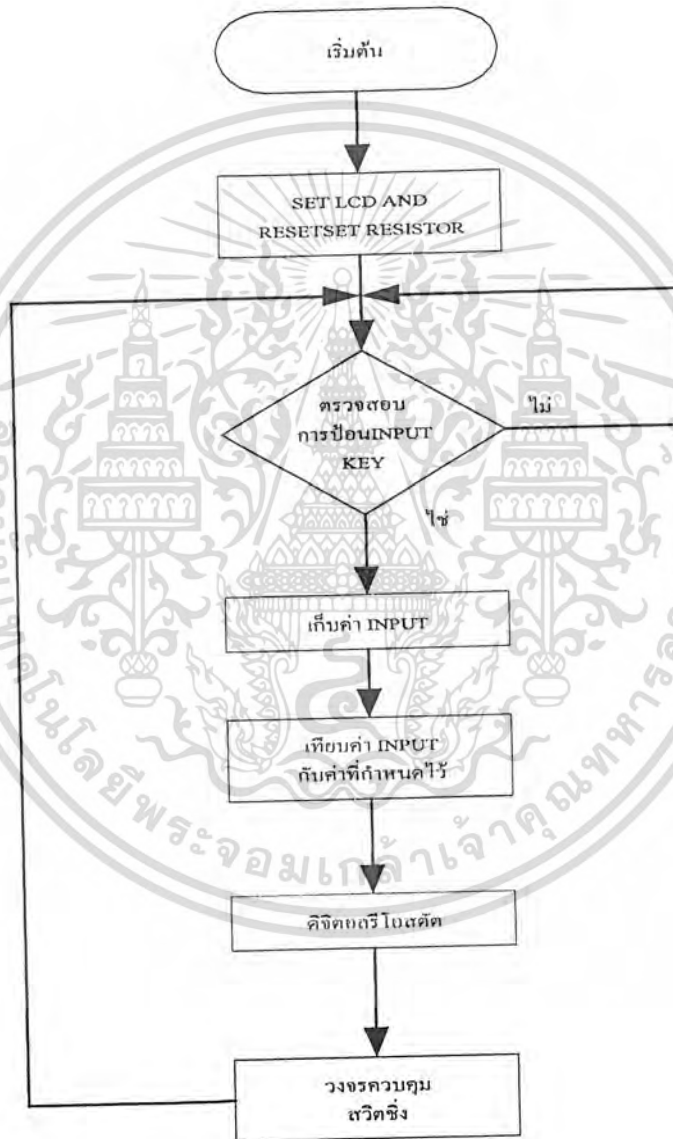
1	2	3	↑	00	01	02	03
4	5	6	↓	04	05	06	07
7	8	9	2ND	08	09	0A	0B
CLEAR	0	HELP	ENTER	0C	0D	0E	0F

รูปที่ 4.2 แสดงปุ่มกดและค่าของปุ่มกดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

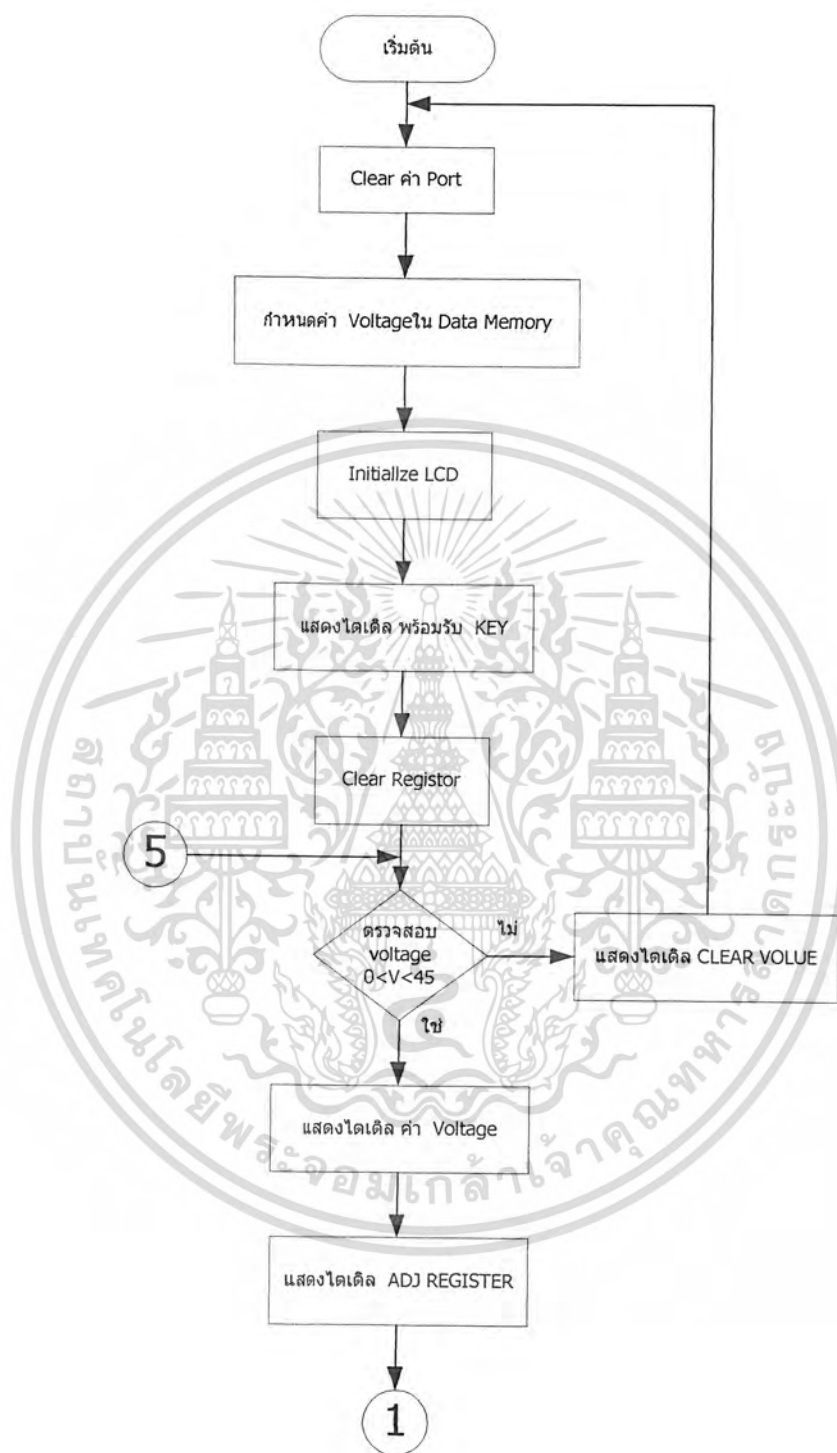
4.1.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

ในการออกแบบซอฟต์แวร์เราจะใช้โฟลว์ชาร์ตดังรูปที่ 12.2 เป็นหลักในการออกแบบซอฟต์แวร์ โดยมีหลักการทำงานคือจะเริ่มเซตพอร์ตจากนั้นทำการตั้งค่าเริ่มต้น ของการแสดงผลต่อมาก็รอรับอินพุตจากคีย์ เมื่อมีอินพุตเข้ามาแล้วนำค่านั้นเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำและนำค่านั้นไปประมวลผล จากนั้นนำไปแสดงผลที่จอ LCD และควบคุมวงจรวัดซึ่งให้ได้เอาท์พุตตามที่ป้อน



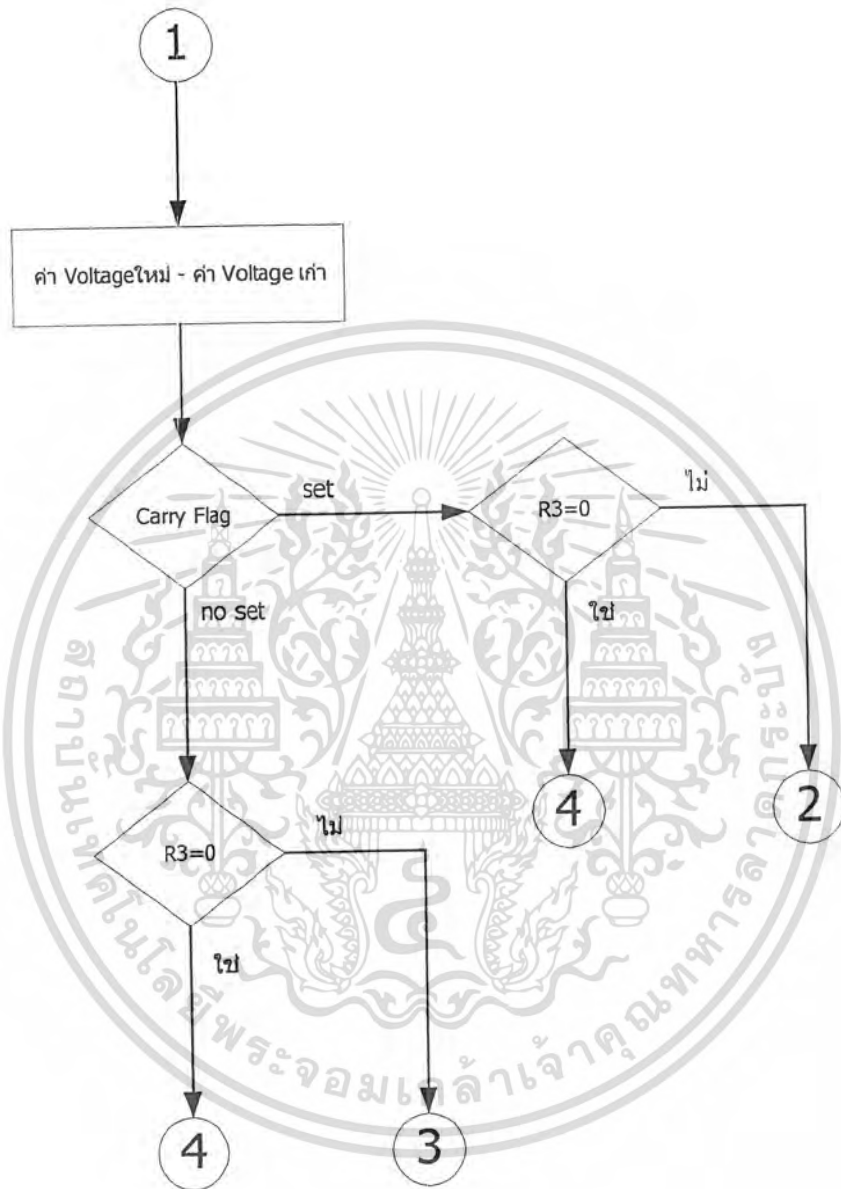
รูปที่ 4.3 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



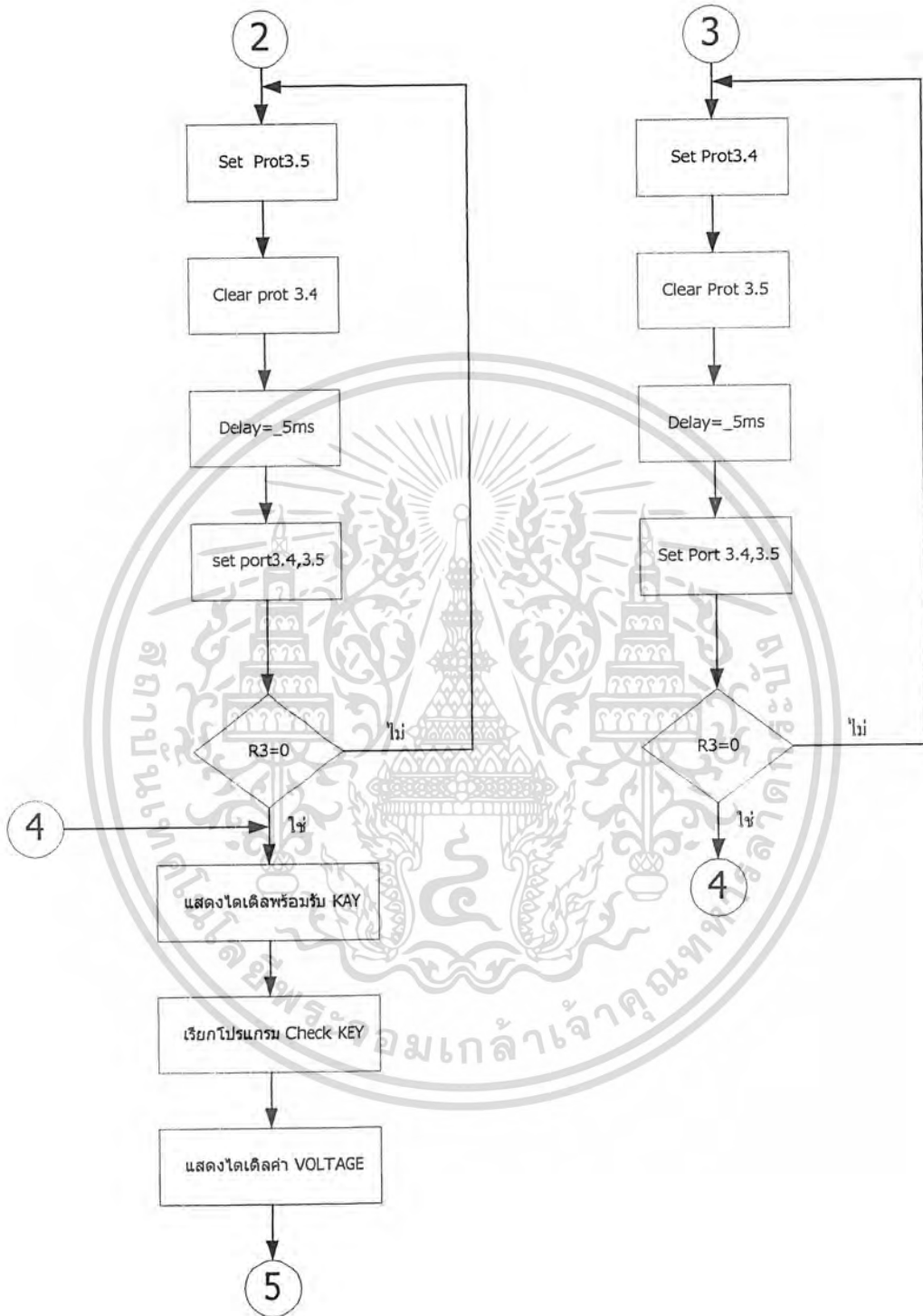
รูปที่ 4.4 โฟลว์ชาร์ท โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ต โปรแกรมหลัก(ต่อ)

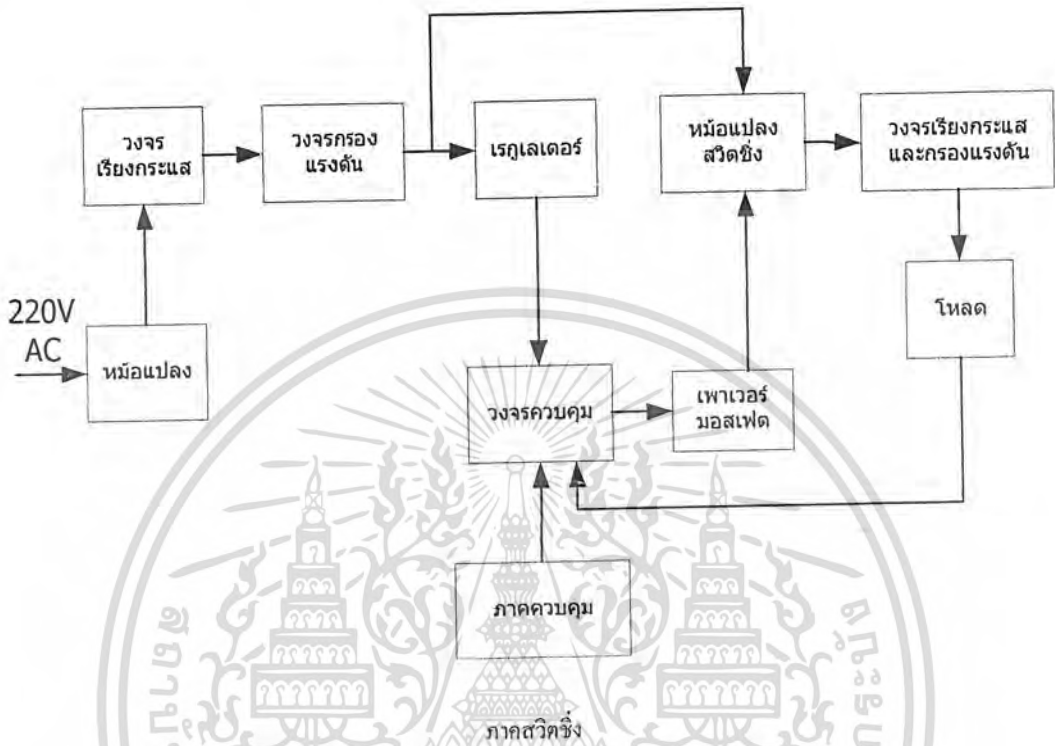
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 โฟลว์ชาร์ทโปรแกรมหลัก(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย



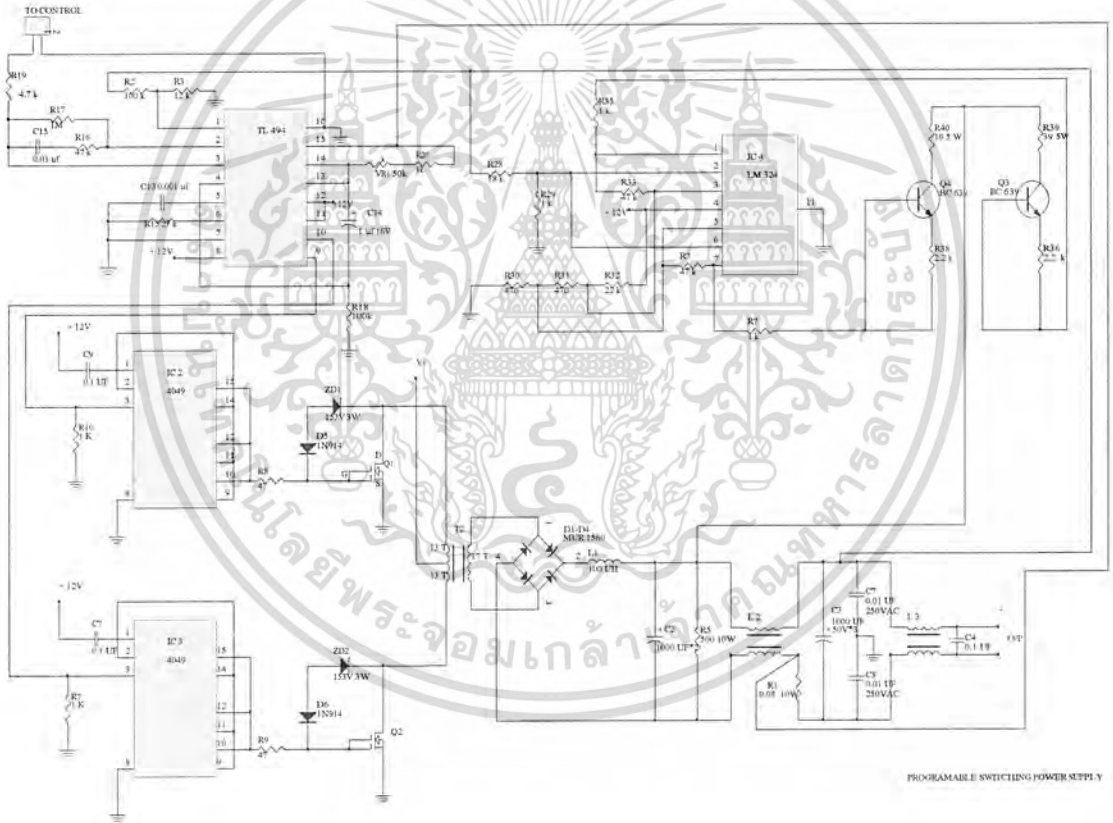
รูปที่ 4.7 บล็อก ไดอะแกรมแสดงการทำงานของภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

เริ่มจากป้อนแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์เข้าที่หม้อแปลงกำลัง จากนั้นหม้อแปลงจะแปลงแรงดันไฟสูงให้เป็นแรงดันต่ำและผ่านไปยังวงจรเรียงกระแส เพื่อแปลงจากไฟสลับเป็นไฟตรง จากนั้นจะผ่านวงจรกรองแรงดัน เพื่อกรองแรงดันให้มีความเรียบมากขึ้นและผ่านไปยังอินพุตของไอซีเรกูเลเตอร์เพื่อให้ได้แรงดัน +12 โวลต์คงที่ ทางเอาต์พุต เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรควบคุม เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมการสวิตชิงระหว่างเพาเวอร์มอสเฟด ให้ทำงานร่วมกับหม้อแปลงสวิตชิงและแรงดันอีกส่วนหนึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองแรงดันจะจ่ายไปยังหม้อแปลงสวิตชิง และเมื่อวงจรควบคุมกระตุ้นให้มอสเฟดทำงานจะทำให้การทำงานของหม้อแปลงสวิตชิงครบวงจร ทางด้านทฤษฎีของหม้อแปลงสวิตชิงจะจ่ายแรงดันผ่านไปยังวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดัน จากนั้นจะจ่ายไปยังโหนดเอาต์พุต และจะมีแรงดันและค่ากระแสส่วนหนึ่งป้อนกลับมายังวงจรควบคุมเพื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าดีวีไอซ์เกิด เพื่อให้เกิดการทำงานควบคุมไปยังเพาเวอร์มอสเฟดสวิตชิงให้ได้ค่าแรงดันตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การทำงานของวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

เริ่มจากป้อนแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ผ่านฟิวส์และสวิตช์ S1 เข้าที่ขด Primary ของหม้อแปลงกำลัง T1 แล้ว ทางด้าน Secondary จะจ่ายแรงดันไฟสลับ 35 โวลต์ และผ่านไปยังวงจรเรียงกระแส BD1 เพื่อแปลงแรงดันจาก AC เป็น DC จากนั้นจะผ่านไปยังตัวเก็บประจุ C1 เพื่อกรองแรงดันให้มีความราบเรียบขึ้น แรงดันส่วนหนึ่งที่ตกคร่อม C1 จะถูกแยกไปเข้าหม้อแปลงสวิตชิง T2 และส่วนหนึ่งจะผ่านไปยัง R4 เพื่อ drop แรงดันและกรองแรงดันให้เรียบอีกครั้ง โดยผ่าน C5 ก่อนที่จะส่งเข้าไปที่อินพุตของ ไอซีเรกูเลเตอร์แรงดัน +12 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับ IC1 และส่วนอื่นๆ ของวงจร



รูปที่ 4.8 วงจรภาคสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

การทำงานของวงจรจะเริ่มจากส่วนควบคุมการทำงานของสวิตชิงหลักๆคือ เอาท์พุทพัลส์ทางขา 9 และขา 10 ของ IC1 เป็นคือ พัลส์กระตุ้นขาเกต สำหรับเพาเวอร์มอสเฟต Q1 , Q2 ซึ่งในส่วนนี้ ได้กำหนดให้ สัญญาณพัลส์ต้องผ่านวงจรบัฟเฟอร์ที่สร้างจากอินเวอร์เตอร์ IC2 และ IC3 ตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งาน เมื่อคุณได้เห็นว่าเว็บไซต์นี้เป็นเอกสารฉบับนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ โดยสัญญาณพัลส์จากขา 9 จะถูกแปลงขั้วสัญญาณก่อน โดยผ่าน IC2/1 จากนั้นจะผ่านอินเวอร์เตอร์ที่ต่อขนานกันอีก 3 ชุด คือ IC2/2-IC2/4 ซึ่งเมื่อรวม IC2/1-IC2/4 แล้วจะเป็นวงจรมัลติเพลอร์และในส่วนของสัญญาณเอาต์พุตพัลส์ขา 10 จะผ่านวงจรมัลติเพลอร์ IC3/1-IC3/4 โดยที่ขารับแรงดันไฟเลี้ยงของ IC2, IC3 จะมีตัวเก็บประจุ C9 และ C10 ต่อร่วมอยู่เพื่อป้องกันผลของความเหนี่ยวนำที่อาจแทรกเข้ามารบกวนทางขารับไฟเลี้ยง เนื่องจากการทำงานในแบบสวิทช์ของหม้อแปลงสวิทช์ชิ่งและเพาเวอร์มอสเฟต

ที่ขาเกตของมอสเฟต Q1 และ Q2 แต่ละตัวจะถูกขับด้วยสัญญาณกระตุ้นผ่าน R8 และ R9 เพื่อช่วยให้การทำงานดีขึ้นขณะที่เวลาของการสวิทช์ชิ่งมีค่าต่ำๆ ส่งผลให้การแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กลดลงได้มาก และไม่ไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์ข้างเคียงและเครื่องใช้ไฟฟ้าภายนอก ไดโอด D5 ที่ต่ออนุกรมกับ ซีเนอร์ไดโอด ZD1 และ D6 ที่ต่ออนุกรมกับ ZD2 ที่ต่อคร่อมอยู่ระหว่างขาเกตและขาเดรนของมอสเฟตแต่ละตัว ถูกต่อไว้เพื่อป้องกันแรงดันทรานเซียนต์ คือถ้าหากว่ามีแรงดันสไปค์ที่มากกว่าแรงดันซีเนอร์ไดโอด คือ 153 โวลท์ เกิดขึ้นที่ขาเดรนของมอสเฟต ZD1 และ ZD2 จะนำกระแสและทำให้มอสเฟตทำงานชั่วขณะเพื่อทำการบังคับแรงดันทรานเซียนต์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยและค่าแรงดันสไปค์ของวงจรจำกัดไว้ที่ประมาณ 158 โวลท์

ส่วนควบคุมการทำงานของมอสเฟตคือ IC1 จะมีวงจรมอสเฟตเกตไดรเวอร์อยู่ภายในและจะทำงานที่ความถี่ประมาณ 44 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยกำหนดค่าได้จากค่าของ C13, R15 ที่ต่ออยู่กับขา 5 และขา 6 ตามลำดับ โดยที่ความถี่ที่ใช้ในการขับกระตุ้นมอสเฟตจะอยู่ที่ความถี่ 22 กิโลเฮิร์ตซ์ ในขณะที่จ่ายไฟเข้าสู่วงจรทั้งหมด ค่าเวลา dead time จะกำหนดจาก ค่าของ C14 และ R18 โดยในช่วงแรก IC1 จะยังไม่ทำงานเนื่องจาก dead time มีค่าสูงสุดและไม่มีการจ่ายไฟไปยังหม้อแปลงสวิทช์ชิ่ง T2 จากการทำงานของมอสเฟต จนกระทั่งค่าแรงดันที่ขา 4 ของ IC1 จะตกลงถึงศูนย์โวลท์สัมพันธ์กับช่วงเวลา dead time ในจังหวะต่อมาเพาเวอร์มอสเฟตจะเริ่มทำงานตามความสัมพันธ์ของแรงดันที่ขา 4 ที่ลดและค่าเวลา dead time ที่ลดลงถึงค่าต่ำสุดก็จะทำให้มอสเฟตทำงานเต็มที่

ที่ขา 14 ของ IC1 เป็นขา $V_{ref} + 5V$ สำหรับจ่ายให้กับวงจรขยายความผิดพลาดภายใน IC1 โดยแรงดันทางเอาต์พุต ของสวิทช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะถูกจ่ายกลับมาผ่านวงจรแบ่งแรงดัน R2, R3 แรงดันที่ถูกแบ่งแล้ว จะเป็นแรงดันแสดงสถานะค่าแรงดันทางเอาต์พุตของสวิทช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจ่ายให้กับขา 1 ของ IC1 ของวงจรขยายความผิดพลาดที่ขา 1 ส่วนขา 2 (INV) จะต่อผ่าน R19 และต่อร่วมกับชุดคอนโทรล เพื่อทำการเลือกป้อนค่าแรงดัน ตั้งแต่ 0-45 โวลท์ ความต้านทาน R17 เป็นตัวกำหนดอัตราการขยายความผิดพลาด ส่วน R16 และ C15 ทำหน้าที่กำหนดอัตราขยายของวงจร วงจรสวิทช์ชิ่งจะทำงานตามความถี่และผลิตแรงดันทางเอาต์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันที่ขา 1

การตรวจจับค่ากระแสที่จ่ายออกไปทางเอาต์พุตของสวิทช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย จะใช้ตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นชอบดำเนินการแล้ว ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านทานจำกัดกระแส R1 ผลการตรวจจับเป็นการตรวจจับค่าแรงดันตกคร่อม R1 จะส่งผลการตรวจจับไปที่ขา 15 ของ IC1 ซึ่งก็คืออินเวอร์ตติ้งชุตที่สองโดย VR2 เป็นตัวควบคุมการจำกัดกระแส โดยจะทำงานในลักษณะตามกัน ในขณะที่ไม่มีกระแสไหลผ่าน R1 แรงดันที่ขา 15 จะทำให้ขา ด้านปรับแรงดันด้าน R20 ของ VR2 สามารถปรับตั้ง ค่าแรงดันได้ ในระดับค่าบวกที่ต่ำ ๆ แต่ถ้ามีกระแสไหลผ่าน R1 จะทำให้เกิดการดึงค่าแรงดันที่ขา 15 ลดต่ำลง ถ้าลงจนใกล้ศูนย์หรือต่ำกว่าแรงดันที่ขา 16 ก็จะทำให้เอาต์พุตของวงจรขยายความผิดพลาดชุตที่สองให้เอาต์พุตเป็น high และเป็น การลดปริมาณพัลส์ที่ไปขับขาคงของเพาเวอร์มอสเฟตให้ลดลง เมื่อ ไม่มีกระแสไหลผ่าน R1 ความ ด้านปรับค่าได้ VR2 จะมีค่าแรงดันตกคร่อมที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ในช่วงระหว่าง 0.45 ถึง 0.01 โวลท์ โดยที่ความต้านทาน R1 สามารถให้กระแสผ่านไปได้ 7 แอมป์ที่แรงดันตกคร่อม ประมาณ 0.4 โวลท์ และในวงจรนี้ได้เซตให้ VR2 มีค่าแรงดันที่ขา 15 มีค่าเท่ากับ 0.4 โวลท์ซึ่งแสดง ค่าจำกัดกระแสของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายไว้สูงสุดที่ 7 แอมป์ การชดเชยโหลดต่ำสุดทางเอาต์พุต ออปแอมป์ IC5/1, IC5/2 และทรานซิสเตอร์ Q3, Q4 ถูกกำหนดให้เป็น โหลดค่าต่ำๆสำหรับ เอาต์พุตของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของเรกูเลเตอร์ สามารถทำงานได้ จริงที่สภาวะค่ากระแสโหลดต่ำ การชดเชยทางเอาต์พุตมีไว้ทั้งหมด 3 ชุตด้วยกัน คือ ชุตแรกคือ ความต้านทาน R5 และอีก 2 ชุตจะอาศัยการตรวจจับค่ากระแสคร่อมที่เหมาะสมและเกิดแรงดันตก คร่อมที่เกินกว่า 10 โวลท์ ทางเอาต์พุตโดยถ้าหากทางเอาต์พุตมีการเซตไปใช้งานต่ำกว่า 10 โวลท์ ทรานซิสเตอร์ Q3 จะสวิตซ์ทำงานต่อโหลด R 39 ให้เป็น โหลดทางเอาต์พุตและถ้าหากเซตค่าแรงดัน เอาต์พุตต่ำกว่า 5 โวลท์ Q4 จะสวิตซ์ทำงานต่อ โหลด R40 ให้เป็น โหลดทางเอาต์พุตเพื่อรักษาเสถียร ภาพในการทำงานของวงจรสวิตซ์การสวิตซ์การทำงาน ของ Q3, Q4 จะถูกควบคุมจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC5/1 IC5/2 โดยที่ขาอนอินเวอร์ตติ้ง (ขา3 และ ขา5) ของออปแอมป์ ทั้งสองจะต่อรับ แรงดันที่ถูกแบ่งด้วย R30, R31, R32 เพื่อเป็นค่าแรงดันอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกับ ค่าแรงดันอิน พุดทางขา 2 และ ขา 6 โดยจะได้รับแรงดันการตรวจจับจาก เอาต์พุตผ่าน วงจรแบ่งแรงดัน R28, R29 ก่อนจะมาเข้าอินพุตขา 2 และ ขา 6 ซึ่งการแบ่งแรงดันจะเป็นการเซตเอาต์พุต IC5/2 ให้มี สถานะทางเอาต์พุตเป็น high เมื่อแรงดันเอาต์พุตของซัพพลาย มีค่าแรงดันอยู่ระหว่าง 0-5 โวลท์ และ IC5/1 จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น high เมื่อเอาต์พุตซัพพลายมีค่าแรงดันระหว่าง 0-10 โวลท์ นอกจากนั้น IC5/1, IC5/2 จะได้รับการป้อนกลับผ่าน R33, R34 เพื่อเป็นการกำหนดค่าฮิสเตอรีซิส ในการสวิตซ์ออน, อ็อฟของออปแอมป์ให้แน่นอนยิ่งขึ้น เพื่อป้องกันสัญญาณเอาต์พุตทำงานผิดพลาดจากการรบกวนของความถี่ออสซิลเลเตอร์ในวงจรสวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้งานเครื่องและการทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อคือ

1. การทดลองภาคควบคุม
2. การทดลองภาคสวิตซ์

5.1 การทดลองภาคควบคุม

ในการทดลองภาคควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อคือ

1. การทดลองป้อนค่าแรงดันโดยการกด KEY ตัวเลข
2. การทดลองป้อนค่าแรงดันโดยการกด KEY UP และ KEY DOWN

ในการทดลองแต่ละหัวข้อ เราต้องทำการจ่ายไฟให้กับตัวเครื่อง แล้วทำการเปิดสวิตซ์ เครื่องจะเริ่มทำงาน ก่อนจะทดลองเราควรรู้จักไตเติลต่างของหน้าจอก่อน

5.1.1 ไตเติลต่างๆที่หน้าจอจะแสดง เมื่อเราทำการป้อนค่าแรงดันที่เราต้องการมีดังนี้

1. เครื่องพร้อมที่จะทำงานหน้าจอจะแสดงไตเติล ENTER VOLTAGE ตามรูปที่ 5.1 แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะรับการป้อนค่าแรงดัน

ENTER VOLTAGE

>>00V

รูปที่ 5.1 แสดงไตเติลพร้อมรับอินพุต

2. หลังจากเครื่องถูกป้อนค่าแรงดันเครื่องจะทำการปรับแรงดันให้ได้ตามที่ป้อนค่า ขณะนี้ เครื่องจะทำการแสดงไตเติล ADJ RESISTOR และแสดงค่าที่ป้อน ที่หน้าจอ ตามรูปที่ 5.2

ADJ RESISTOR

>>33V

รูปที่ 5.2 แสดงไตเติลการปรับ RESISTOR

3.หลังจากเครื่องทำการปรับค่าแรงดันตามค่าที่ป้อนให้แล้วหน้าจอจะแสดงไตเติล ENTER VOLTAGE และแสดงค่าที่ป้อนตามรูปที่ 5.3

ENTER VOLTAGE

>>33V

รูปที่ 5.3 แสดงไตเติลหลังจากเครื่องปรับแรงดัน

4.ในกรณีที่ค่าแรงดันที่ป้อนมีค่าเกิน 45V เครื่องจะทำการ RESET ค่าแรงดัน ให้เท่ากับศูนย์และแสดงไตเติล OUT OF RANGE ตามรูปที่ 5.4

OUT OF RANGE

>>46V

รูปที่ 5.4 แสดงไตเติลเมื่อป้อนแรงดันเกิน45 V

หลังจากเครื่องทำการRESET แรงดันเท่ากับศูนย์แล้วจะแสดงไตเติล ENTERVOLTAGE ตามรูปที่ 5.1

5. เมื่อเราต้องการ CLEAR ค่าแรงดันที่ป้อนเราทำได้โดยการ กด CLEAR ที่ KEY เครื่อง จะทำการ RESET ค่าแรงดันและแสดงไตเติล CLEAR VALUE ตามรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLEAR VALUE

>>46V

รูปที่ 5.5 แสดงไต่เตลเมื่อเครื่องทำการ RESET แรงดัน

หลังจากเครื่องทำการRESET แรงดันเท่ากับศูนย์แล้วจะแสดงไต่เตลENTER VOLTAGE ตามรูปที่

5.1

5.1.2 การทดลองป้อนค่าแรงดันโดยการกด KEY ตัวเลข

ในการทดลองส่วนนี้เราจะทำการป้อนแรงดันและต่อจากนั้นเราจะทำการวัดแรงดันเอาต์พุตที่ออกมาว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ป้อนให้หรือไม่

ตารางที่ 5.1 ค่าแรงดันเอาต์พุต

ค่าแรงดันที่ป้อน (V)	แรงดันเอาต์พุต (V)
10	10.6
30	30.1
44	44
34	34.5
24	24.4
23	23.6
15	14.9
45	45.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดลองป้อนค่าแรงดันโดยการกด KEY UP และ KEY DOWN

ในการทดลองส่วนนี้เราจะทำการป้อนแรงดันแรงดันเริ่มต้น 10V - 20V โดยการกด KEY UP และป้อนแรงดันเริ่มต้น 40V-30V KEY DOWN

ตารางที่ 5.2 ค่าแรงดันเอาต์พุต

KEY UP (V)	แรงดันเอาต์พุต (V)	KEY DOWN (V)	แรงดันเอาต์พุต (V)
10	10.5	40	40.3
11	11.3	39	39.6
12	12	38	38.1
13	13.5	37	37.4
14	14.2	36	35.9
15	14.9	35	35.2
16	16.4	34	34.5
17	17.1	33	33
18	18.6	32	32.3
19	19.3	31	31.6
20	20	30	30.1

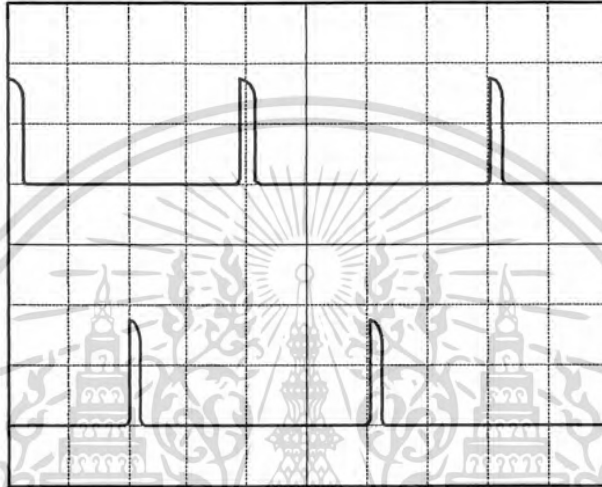
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองภาคสวิตชิง

ในการทดลองในภาคสวิตชิงแบ่งได้เป็น 2 กรณี

1. กรณีที่ไม่มีโหลด ขณะจ่ายแรงดัน
2. กรณีที่มีการต่อ โหลดขณะจ่ายแรงดัน

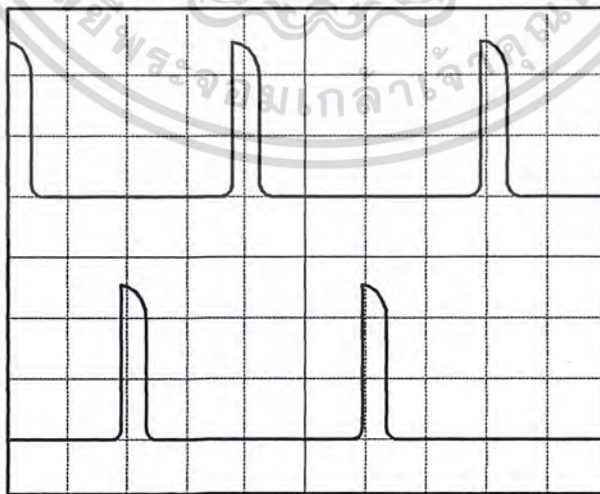
ซึ่งผลการทดลองที่ทำการทดลองได้เราจะนำการเปรียบเทียบกันระหว่างทั้ง 2 กรณีได้ดังนี้



รูปที่ 5.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะที่ยังไม่จ่ายแรงดัน

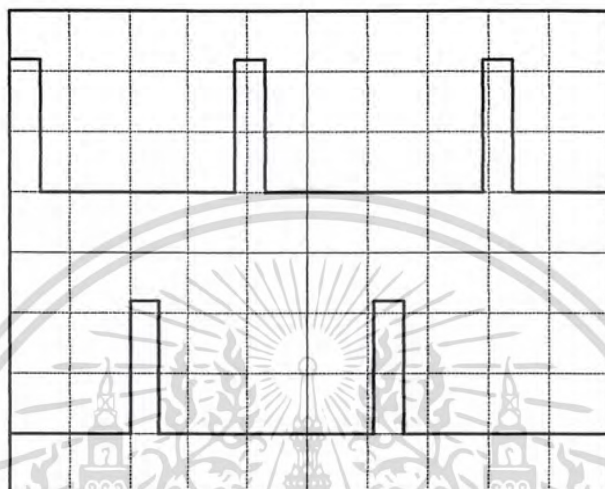
Volts/div 5V

Time/div 10uS



รูปที่ 5.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะต่อ โหลดไม่จ่ายแรงดัน

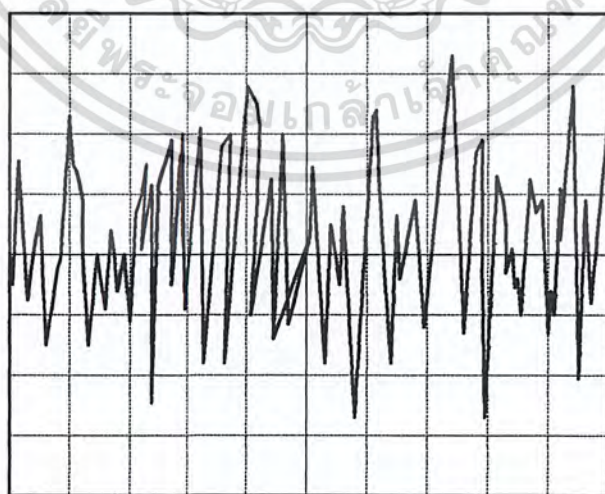
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **Volts/div 5V** เพื่อการศึกษา **Time/div 10uS** ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณกระตุ้นเกต ขา9และ ขา10 ขณะจ่ายโหลดแรงดัน 12V กระแส 4A

Volts/div 5V

Time/div 10uS

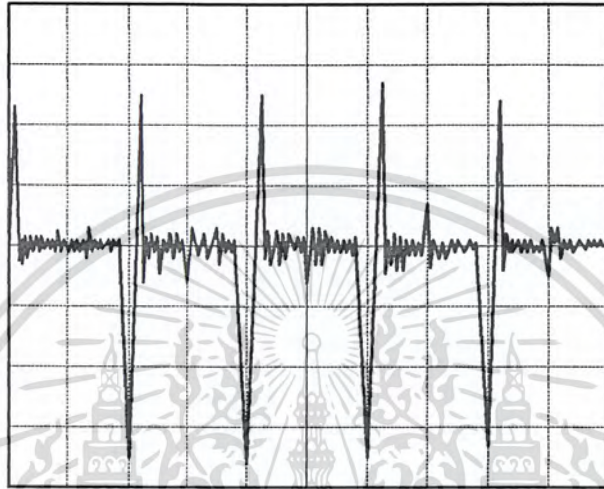


รูปที่ 5.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณระดับแรงดันรับเปิดและสัญญาณรบกวนทางเอาต์พุตที่ 5 A

Volts/div 50mV

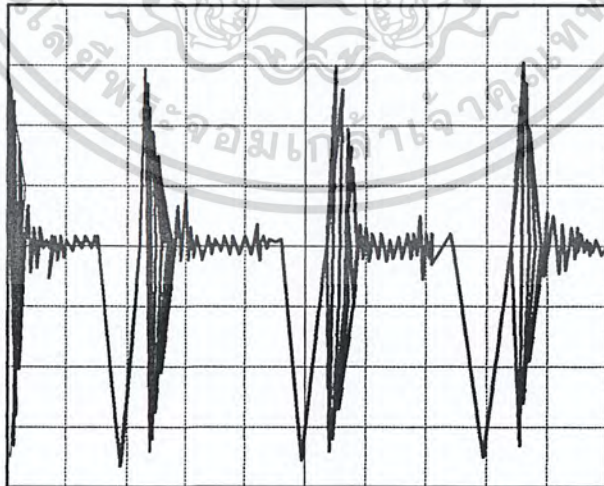
Time/div 2uS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{GS} ของ Q1 ขณะจ่ายแรง โหลด 7 V

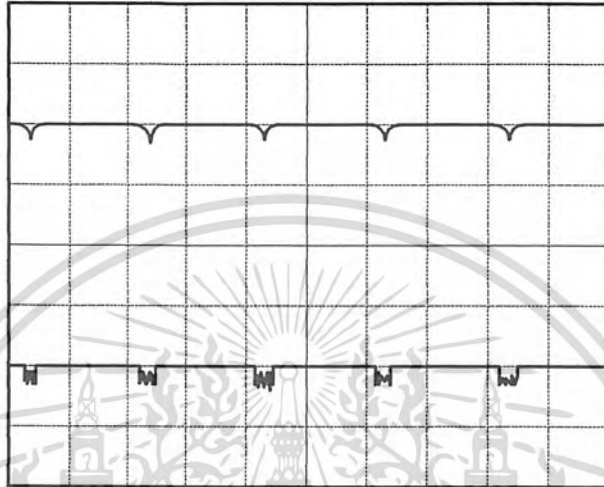
Volts/div 0.2V Time/div 10uS



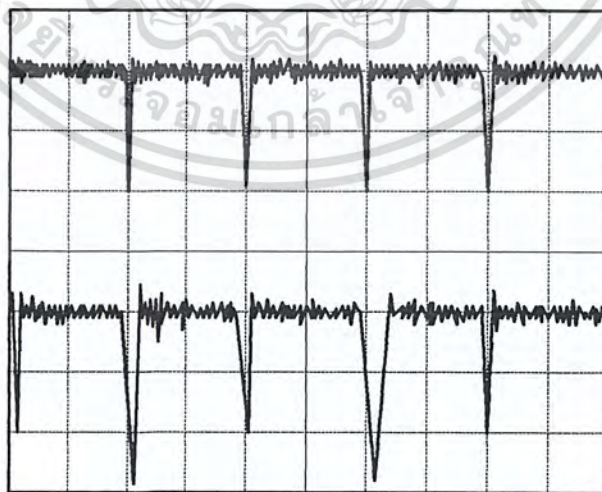
รูปที่ 5.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{GS} ของ Q2 ขณะจ่ายแรง โหลด 7 V

Volts/div 0.2V Time/div 10uS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

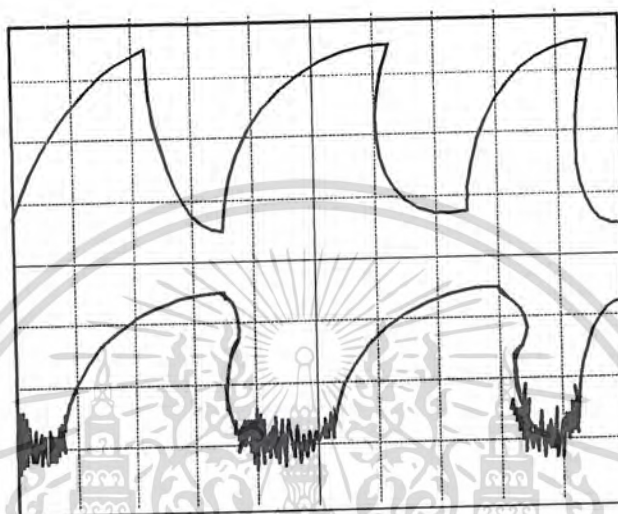


รูปที่ 5.12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันคั่นคกรวมหม้อแปลงสวิตซ์ซึ่งทาง เอาต์พุต
 บนขณะยังไม่จ่ายแรงดัน กำลังขณะจ่ายโหลดที่ 5 โวลต์
 Volts/div 10V Time/div 20uS



รูปที่ 5.13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{DS} ของ Q1 (บน) Q2(ล่าง) ขณะจ่ายโหลดที่ 7V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ V_{D1} (แรงดันตกคร่อมไดโอด D1)

Volts/div 0.2V Time/div 2mS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและทางการพัฒนา

จากการนำส่วนของภาคคอนโทรลมาใช้ควบคุมการป้อนค่า แรงดันของสวิตชิงโหมคเพาเวอร์ซัพพลายจะเห็นว่าผลการทดลองเป็นไปตามที่โปรแกรมอาจ มีค่าแรงดัน ที่ผิดเพี้ยนไปบ้างเล็กน้อย โดยค่าพิกัดแรงดันทางเอาต์พุตของสวิตชิงโหมคเพาเวอร์ซัพพลายสามารถจ่ายแรงดัน ได้ตั้งแต่ 0-45 โวลท์ที่กระแสสูงสุด 7 แอมป์

แนวทางการพัฒนา สามารถจะเพิ่มพิกัดกระแสให้กับ สวิตชิงโหมคเพาเวอร์ซัพพลายได้ โดยการเพิ่มขนาด VA ของหม้อแปลงกำลัง ซึ่งก็คือการเพิ่มพิกัดกระแส ของหม้อแปลงกำลังให้สูงขึ้น และสามารถพัฒนาการเขียนโปรแกรมให้มีค่าความละเอียดเพิ่มขึ้นและเพิ่ม function การทำงานของส่วนควบคุมให้สามารถตั้งเวลา ในการจ่ายแรงดันออกไปทางเอาต์พุต ได้และสามารถนำเครื่อง PC ไปใช้ควบคุมการป้อนค่าแรงดันของสวิตชิงโหมคเพาเวอร์ซัพพลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

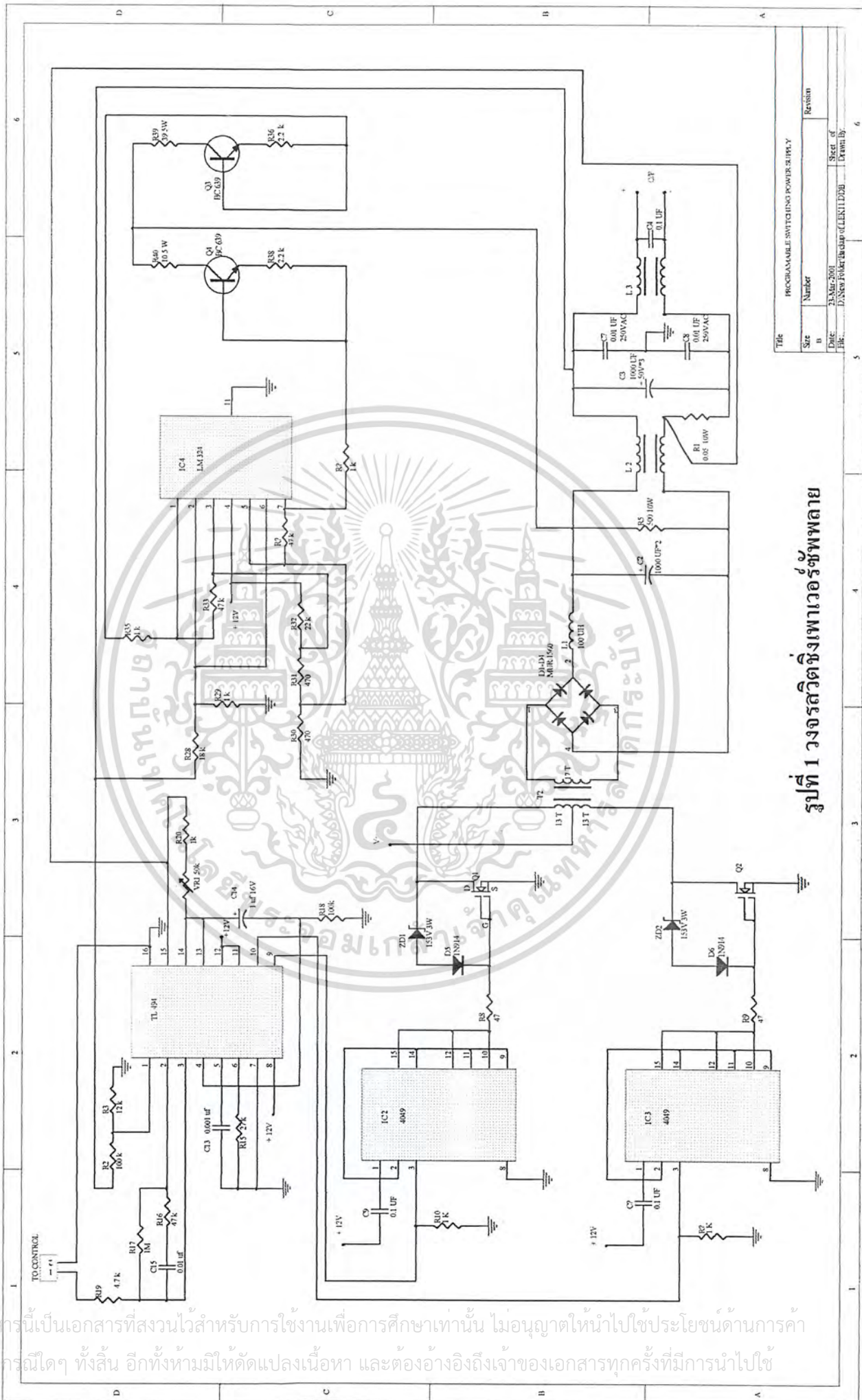
1. สมบูรณ์ มาตานนท์และคณะ “ แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตซิ่ง ” สำนักพิมพ์ ฟิสิกเซ็นเตอร์ พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2536
2. สุวัฒน์ คั่น “ เทคนิคและการออกแบบสวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ” บริษัท เอนเทลไทย จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2538
3. เซมิกอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ “ สวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ” หจก. เม็ดทรายพรินต์ติ้ง พ.ศ.2538
4. ชัยวัฒน์ ถิมพรจิตรวิไล และคณะ “ เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ” บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
5. ปริญญาธิพนธ์เรื่อง “ ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งโปรแกรม ” ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2542
6. Pressman , A. I. “ Switching Power Supply Design ” , MCGRAW – HILL , 1991
7. Billings , K.H. “ Hand Book of Switching Power Supplies ” , MCGRAW – HILL , 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
วงจร, ลายปริณฑ์และการลงอุปกรณณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



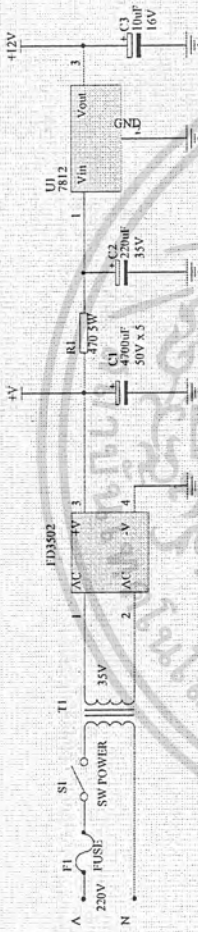
THE PROGRAMMABLE SWITCHING POWER SUPPLY

Size	Number	Revision
B		

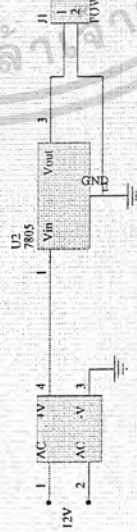
Date: 23-Mar-2001
 File: D:\New Folder\chap01\LENT1.DDB
 Sheet of 6
 Drawn by:

รูปที่ 1 วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

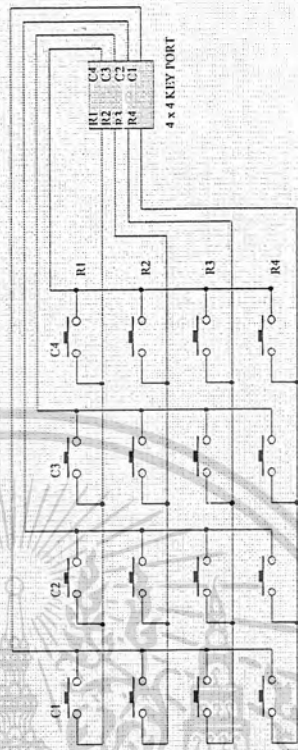
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 วงจร POWER SUPPLY ภาคสวิตติง



รูปที่ 4 วงจร POWER SUPPLY ภาคควบคุม



รูปที่ 5 วงจร KEYPAD 4 X 4

ชื่อ POWER

Size Number

Revision

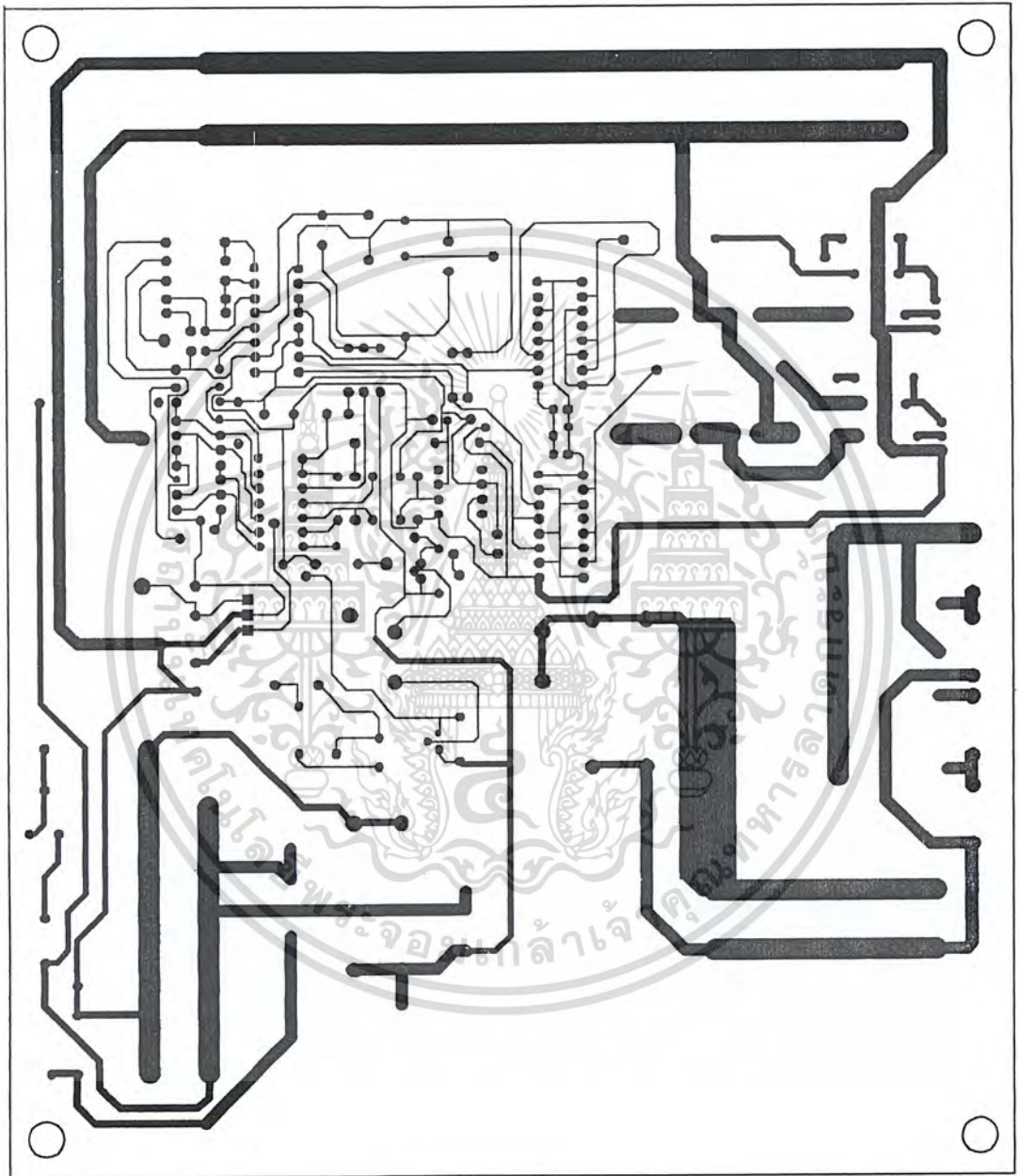
Date: 12-Apr-2001 Sheet of 6

File: D:\project\project_switching\project_switching\assembly\assembly.dwg of 12.10.01



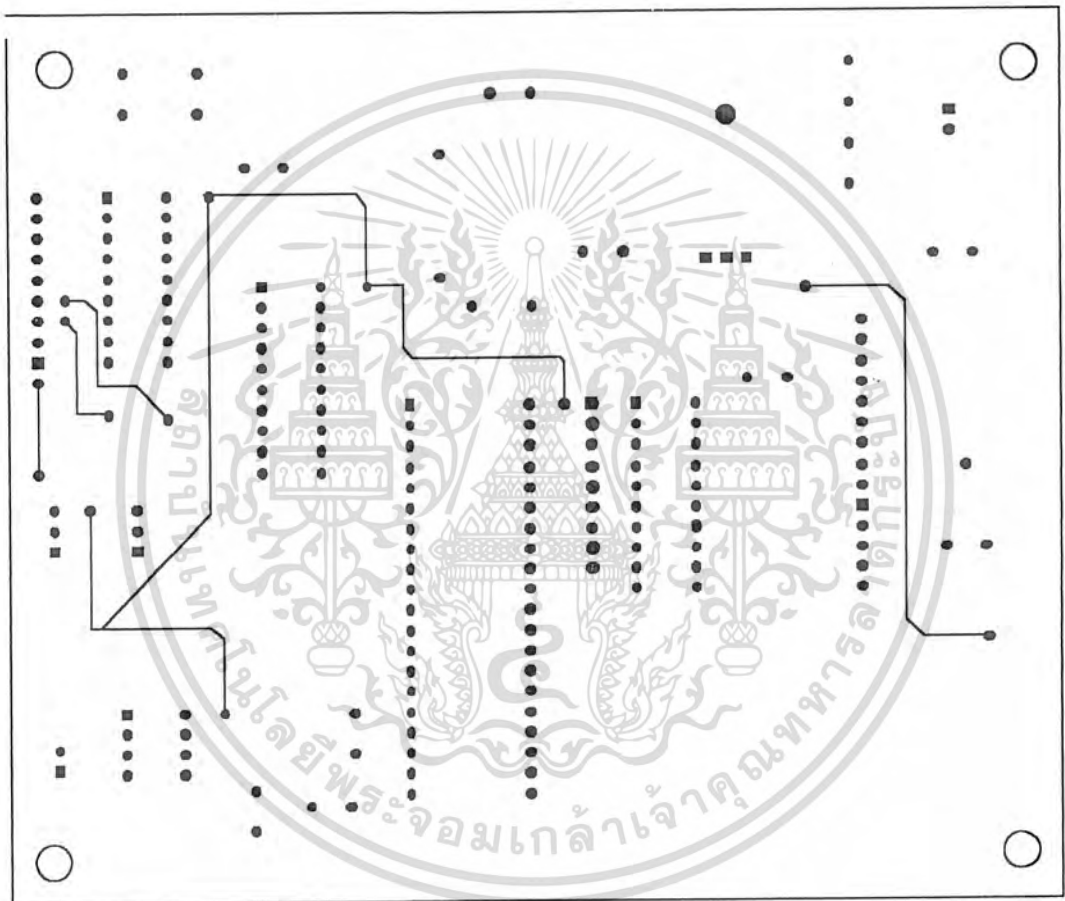
รูปที่ 6 แสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซีพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



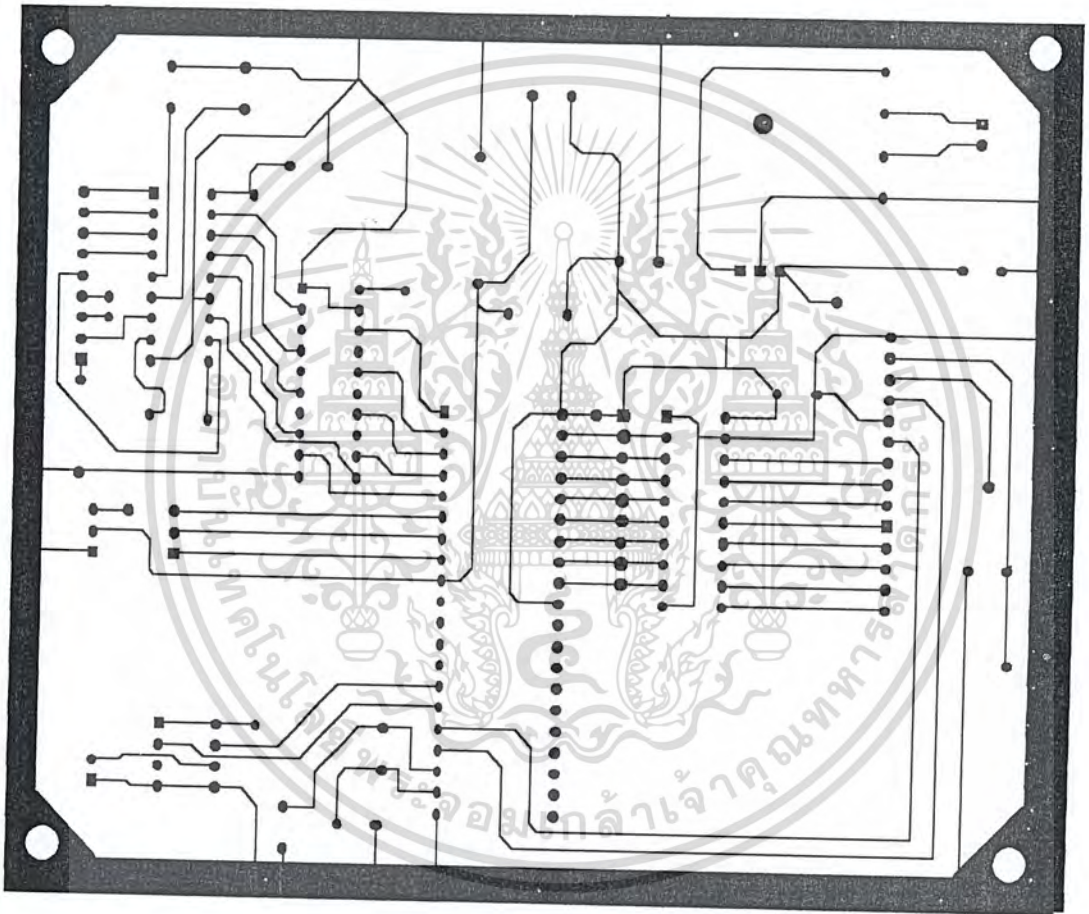
รูปที่ 7 แสดงลายปริ้นท์ด้านล่างของวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



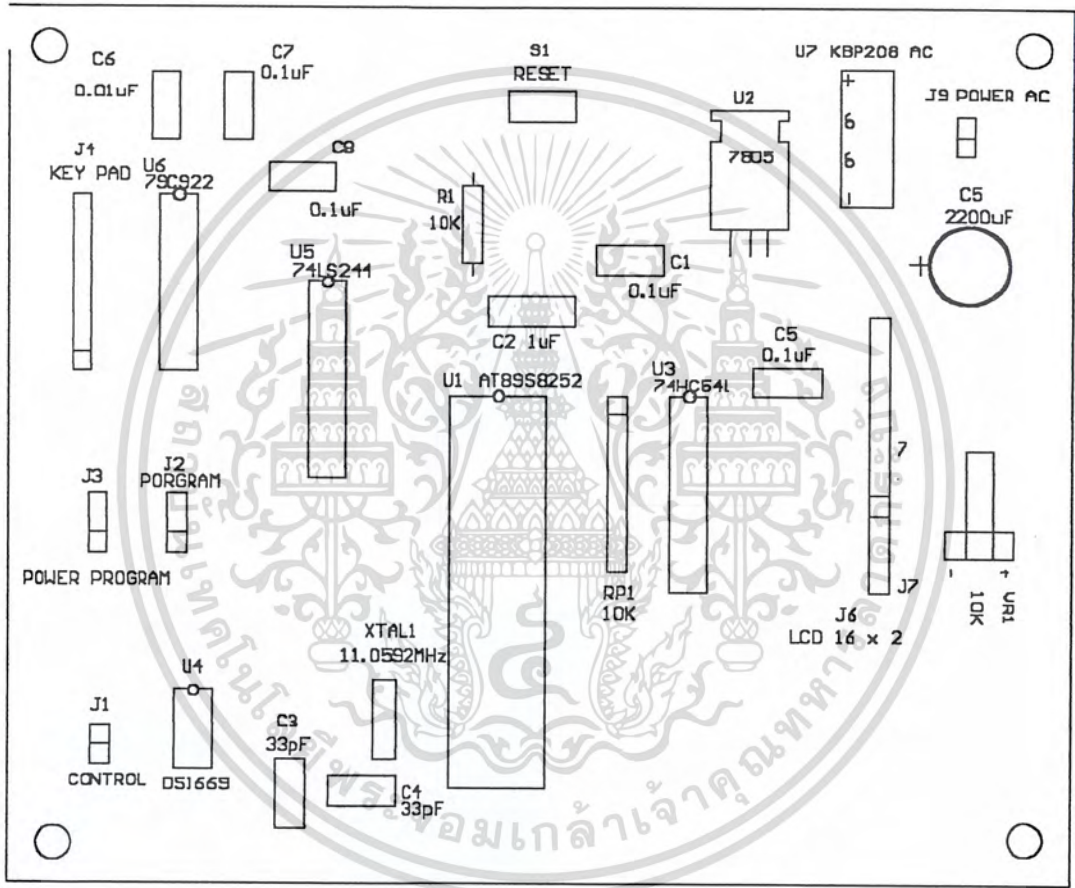
รูปที่ 9 แสดงลายปริ้นท์ด้านบนของวงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงลายปริ้นท์ด้านล่างของวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงการลงอุปกรณ์ของวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
รายละเอียดโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****Programmable Switching Power Supply*****
;*****42015607&42015628.*****
;*****KMITL/2M/2000*****
;-----
;Define Port
;-----
P0          EQU          080H          ;LCD
P1          EQU          090H          ;KEY
P2          EQU          0A0H
P3          EQU          0B0H
;-----
;Define Pin Name
;-----
PRESSKEY    EQU          P1.4          ;Check push Key
LCD_EN      EQU          P3.6          ;LCD Module
Enable
LCD_RS      EQU          P3.7
RESISTOR_UP EQU          P3.4          ;RESISTOR_UP
RESISTOR_DOWN EQU        P3.5          ;RESISTOR_DOWN
;-----
;Define Register Control
;-----
B           EQU          0F0H
ACC         EQU          0E0H
PSW         EQU          0D0H          ;Program Status
KEY_DATA    EQU          015H          ;Registor B4,R0
;-----
;Define User Register
;-----
LCD_ADDR    EQU          010H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCD_DATA          EQU          011H
S_VOLTAGE         EQU          012H
S_L_VOLT          EQU          013H
S_L_VOLT_OLD      EQU          014H

```

```

;-----

```

```

;Define Buffer

```

```

;-----

```

```

S_VOL1           EQU          01CH
S_VOL2           EQU          01DH
S_VOL3           EQU          01EH
S_VOL4           EQU          01FH

```

```

;-----

```

```

;Show Title And Resistor Reset Set

```

```

;-----

```

```

                                ORG          0000H
CLEAR:                          MOV          P0,#00000000B
                                MOV          P1,#11101111B
                                MOV          P2,#11111111B
                                MOV          P3,#00111111B
                                MOV          SP,#50H
                                LCALL        ASSIGN
                                MOV          R3,#64
                                LCALL        RESISTOR_RESET
                                LCALL        INIT_LCD
                                LCALL        LCD_CLR
                                MOV          LCD_ADDR,#000H
                                LCALL        SET_ADDR_LCD
                                MOV          DPTR,#TITLE_1
                                LCALL        WRLINE_LCD
                                MOV          LCD_ADDR,#040H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL          SET_ADDR_LCD
MOV            DPTR,#TITLE_2
LCALL          WRLINE_LCD
MOV            S_VOLTAGE,#00H
MOV            S_L_VOLT,#20H
MOV            S_VOL1,#0
MOV            S_VOL2,#0
MOV            S_VOL3,#0
MOV            S_L_VOLT_OLD,#20H
;-----
;Scan Keypad
;-----
START:         LCALL          WRITE
               MOV            A,#0FFH
               LCALL          SET_VOLTAGE
               LCALL          GET_DATA
               SJMP           START
;-----
;SET VOLTAGE
;-----
SET_VOLTAGE:  MOV            LCD_ADDR,#000H
               LCALL          SET_ADDR_LCD
               MOV            DPTR,#R_PROCESS
               LCALL          WRLINE_LCD
               MOV            R0,S_L_VOLT
               MOV            R1,S_L_VOLT_OLD
               MOV            A,@R0
               CLR            C
               SUBB           A,@R1
               JC              SVWW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JNC SVEE
SJMP SVEE
SVWW: MOV B,A
MOV A,#0
SUBB A,B
INC A
MOV R3,A
CJNE R3,#0,SET_VOLTAGE_DN
SJMP EN_SET_V
SET_VOLTAGE_DN: LCALL RESISTOR_DOWNN
LCALL DELAY_10ms
DJNZ R3,SET_VOLTAGE_DN
SJMP EN_SET_V
SVEE: MOV R3,A
CJNE R3,#0,SET_VOLTAGE_UP
SJMP EN_SET_V
SET_VOLTAGE_UP: LCALL RESISTOR_UPPER
LCALL DELAY_10ms
DJNZ R3,SET_VOLTAGE_UP
EN_SET_V: MOV LCD_ADDR,#000H
LCALL SET_ADDR_LCD
MOV DPTR,#TITLE_1
LCALL WRLINE_LCD
MOV S_L_VOLT_OLD,S_L_VOLT
RET

```

```

;-----
;GET DATA FUNCTION
;-----

```

```

GET_DATA: MOV S_VOL2,#10H
MOV S_VOL1,#10H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          LCD_ADDR,#043H
LCALL       SET_ADDR_LCD
LCALL       GET_KEY          ;Get key
LCALL       GET_KEY_0_9     ;Check key
MOV         S_VOL1,KEY_DATA
MOV         A,KEY_DATA
LCALL       HEX2_LCD1
MOV         LCD_ADDR,#044H
LCALL       SET_ADDR_LCD
MOV         LCD_DATA,#' '
LCALL       WRCHAR_LCD
MOV         LCD_DATA,#' '
LCALL       WRCHAR_LCD
MOV         LCD_DATA,#' '
LCALL       WRCHAR_LCD
MOV         LCD_DATA,#' '
LCALL       WRCHAR_LCD
MOV         LCD_ADDR,#044H
LCALL       SET_ADDR_LCD
LCALL       LCD_BLINK        ;Curo on
LCALL       GET_KEY          ;Get key
LCALL       GET_KEY_0_9     ;Check key
MOV         S_VOL2,KEY_DATA
MOV         A,KEY_DATA
LCALL       HEX2_LCD1
MOV         A,S_VOL1
RL          A
RL          A
RL          A
RL          A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                ADD                A,S_VOL2
                                MOV                S_VOLTAGE,A
                                MOV                A,S_VOL1
                                MOV                B,#10
                                MUL                AB
                                ADD                A,S_VOL2
AAA5:                          ADD                A,#20H
                                MOV                S_L_VOLT,A
EEE:                            RET
;-----
;Check Push Key Data
;-----
GET_KEY:                        JNB                PRESSKEY,GET_KEY
                                LCALL             DELAY_10ms
GET_KEY1:                       JB                 PRESSKEY,GET_KEY1
                                LCALL             DELAY_10ms
                                MOV                A,P1
                                ANL                A,#0FH
                                MOV                R1,A
                                LCALL             DELAY_10ms
                                RET
;-----
;GET KEY DATA 0-9
;-----
GET_KEY_0_9:                    CJNE             R1,#0DH,GET_KEY_NX1
                                MOV                KEY_DATA,#00H
                                AJMP             END_KEY
GET_KEY_NX1:                     CJNE             R1,#00H,GET_KEY_NX2
                                MOV                KEY_DATA,#01H
                                AJMP             END_KEY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GET_KEY_NX2:	CJNE	R1,#01H,GET_KEY_NX3
	MOV	KEY_DATA,#02H
	AJMP	END_KEY
GET_KEY_NX3:	CJNE	R1,#02H,GET_KEY_NX4
	MOV	KEY_DATA,#03H
	AJMP	END_KEY
GET_KEY_NX4:	CJNE	R1,#04H,GET_KEY_NX5
	MOV	KEY_DATA,#04H
	AJMP	END_KEY
GET_KEY_NX5:	CJNE	R1,#05H,GET_KEY_NX6
	MOV	KEY_DATA,#05H
	AJMP	END_KEY
GET_KEY_NX6:	CJNE	R1,#06H,GET_KEY_NX7
	MOV	KEY_DATA,#06H
	SJMP	END_KEY
GET_KEY_NX7:	CJNE	R1,#08H,GET_KEY_NX8
	MOV	KEY_DATA,#07H
	SJMP	END_KEY
GET_KEY_NX8:	CJNE	R1,#09H,GET_KEY_NX9
	MOV	KEY_DATA,#08H
	JMP	END_KEY
GET_KEY_NX9:	CJNE	R1,#0AH,GET_KEY_UP
	MOV	KEY_DATA,#09H
	SJMP	END_KEY
GET_KEY_UP:	CJNE	R1,#03,GET_KEY_DOWN
	INC	S_VOLTAGE
	INC	S_L_VOLT
	MOV	A,#0FH
	ANL	A,S_VOLTAGE
	MOV	S_VOL4,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#9H
CLR C
SUBB A,S_VOL4
JC W_KEY_UP
SJMP E_G_K_UP
W_KEY_UP:
MOV A,S_VOLTAGE
SUBB A,#09H
ADD A,#10H
MOV S_VOLTAGE,A
E_G_K_UP:
MOV A,SP
SUBB A,#4
MOV SP,A
LJMP START
GET_KEY_DOWN:
CJNE R1,#7,GET_KEY_CLEAR
DEC S_VOLTAGE
DEC S_L_VOLT
MOV A,#0FH
ANL A,S_VOLTAGE
CJNE A,#0FH,E_G_K_DW
W_KEY_DW:
MOV A,S_VOLTAGE
SUBB A,#06H
MOV S_VOLTAGE,A
E_G_K_DW:
POP B
MOV A,SP
SUBB A,#3
MOV SP,A
PUSH B
LJMP START
GET_KEY_CLEAR:
CJNE R1,#0CH,GET_KEY_ENTER
MOV LCD_ADDR,#000H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                LCALL          SET_ADDR_LCD
                                MOV             DPTR,#CLEAR_TIL
                                LCALL          WRLINE_LCD
                                LJMP          CLEAR
GET_KEY_ENTER:                CJNE          R1,#0FH,END_KEY
                                LJMP          START
END_KEY:                       RET
;-----
;HEX CODE TO SHOW LCD 1 DIGI
;-----
HEX2_LCD1:                     ADD             A,#030H
                                MOV             LCD_DATA,A
                                LCALL          WRCHAR_LCD
                                RET
;-----
;RESISTER CONTROL
;-----
RESISTOR_RESET:                LCALL          RESISTOR_DOWNN
                                LCALL          DELAY_10ms
                                DJNZ          R3,RESISTOR_RESET
                                RET
RESISTOR_UPPER:                SETB          P3.4
                                CLR           P3.5
                                LCALL          DELAY_5ms
                                SETB          P3.4
                                SETB          P3.5
                                RET
RESISTOR_DOWNN:                SETB          P3.5
                                CLR           P3.4
                                LCALL          DELAY_5ms

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SETB	P3.5
	SETB	P3.4
	RET	
WRITE:	MOV	A,#45H
	CLR	C
	SUBB	A,S_VOLTAGE
	JC	WW
	JNC	EE
	SJMP	EE
WW:	MOV	LCD_ADDR,#000H
	LCALL	SET_ADDR_LCD
	MOV	DPTR,#ERROR
	LCALL	WRLINE_LCD
	LCALL	DELAY_1s
	LJMP	CLEAR
EE:	MOV	LCD_ADDR,#043H
	LCALL	SET_ADDR_LCD
	MOV	A,S_VOLTAGE
	ANL	A,#0F0H
	RL	A
	RL	A
	RL	A
	RL	A
	ADD	A,#030H
	MOV	LCD_DATA,A
	LCALL	WRCHAR_LCD
	LCALL	DELAY_10ms
	MOV	A,S_VOLTAGE
	ANL	A,#0FH
	ADD	A,#030H ;Convert to ASCII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          LCD_DATA,A
LCALL        WRCHAR_LCD
LCALL        DELAY_10ms
MOV          LCD_DATA,#'V'
LCALL        WRCHAR_LCD
RET

```

ASSIGN:

```

MOV          (20H),#0           ;0V
MOV          (21H),#1           ;1V
MOV          (22H),#3           ;2V
MOV          (23H),#4           ;3V
MOV          (24H),#6           ;4V
MOV          (25H),#7           ;5V
MOV          (26H),#8           ;6V
MOV          (27H),#9           ;7V
MOV          (28H),#11          ;8V
MOV          (29H),#12          ;9V
MOV          (2AH),#14          ;10V
MOV          (2BH),#15          ;11V
MOV          (2CH),#16          ;12V
MOV          (2DH),#18          ;13V
MOV          (2EH),#19          ;14V
MOV          (2FH),#20          ;15V
MOV          (30H),#22          ;16V
MOV          (31H),#23          ;17V
MOV          (32H),#25          ;18V
MOV          (33H),#26          ;19V
MOV          (34H),#27          ;20V
MOV          (35H),#29          ;21V
MOV          (36H),#30          ;22V
MOV          (37H),#32          ;23V

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          (38H),#33          ;24V
MOV          (39H),#34          ;25V
MOV          (3AH),#36          ;26V
MOV          (3BH),#37          ;27V
MOV          (3CH),#39          ;28V
MOV          (3DH),#40          ;29V
MOV          (3EH),#41          ;30V
MOV          (3FH),#43          ;31V
MOV          (40H),#44          ;32V
MOV          (41H),#45          ;33V
MOV          (42H),#47          ;34V
MOV          (43H),#48          ;35V
MOV          (44H),#49          ;36V
MOV          (45H),#51          ;37V
MOV          (46H),#52          ;38V
MOV          (47H),#54          ;39V
MOV          (48H),#55          ;40V
MOV          (49H),#56          ;41V
MOV          (4AH),#58          ;42V
MOV          (4BH),#59          ;43V
MOV          (4CH),#60          ;44V
MOV          (4DH),#62          ;45V
MOV          (4EH),#63          ;46V
MOV          (4FH),#64          ;47V
RET

```

```

;-----
;LCD Initialize
;-----

```

```

INIT_LCD:          LCALL          DELAY_100ms          ;Delay
                  CLR          LCD_RS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          P0,#00111000B      ;8bit Mode
LCALL       LCD_CLK
LCALL       DELAY_10ms         ;Delay
MOV          P0,#00111000B      ;8bit Mode
LCALL       LCD_CLK
LCALL       LCD_OFF
LCALL       LCD_CLR
MOV          P0,#00000110B
LCALL       LCD_CLK
LCALL       LCD_HOME
RET

;-----
;LCD Clear Display
;-----
LCD_CLR:
CLR          LCD_RS
MOV          P0,#00000001B
LCALL       LCD_CLK
RET

;-----
;LCD Return Home
;-----
LCD_HOME:
CLR          LCD_RS
MOV          P0,#00000010B
LCALL       LCD_CLK
RET

;-----
;LCD Display off
;-----

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCD_OFF:          CLR          CD_RS
                  MOV          0,#00001000B
                  LCALL        CD_CLK
                  RET

```

```

;-----

```

```

;LCD Clk

```

```

;-----

```

```

LCD_CLK:          SETB        LCD_EN
                  LCALL        LCD_DELAY
                  CLR          LCD_EN
                  LCALL        LCD_DELAY
                  RET

```

```

LCD_ON:           CLR          LCD_RS
                  MOV          P0,#00001100B ;Display on
                  LCALL        LCD_CLK
                  RET

```

```

;-----

```

```

;LCD CURSOR on

```

```

;-----

```

```

LCD_BLINK:        CLR          LCD_RS
                  MOV          P0,#00001111B
                  LCALL        LCD_CLK
                  RET

```

```

;-----

```

```

;LCD Right Shift Display

```

```

;-----

```

```

LCD_RSHF:         CLR          LCD_RS
                  MOV          P0,#00001100B ;Display on
                  LCALL        LCD_CLK
                  RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;Set LCD Address

;I/P: LCD_ADDR

```
SET_ADDR_LCD:      CLR          LCD_RS
                   MOV          A,LCD_ADDR
                   SETB         ACC.7
                   MOV          P0,A
                   LCALL         LCD_CLK
                   RET
```

;Write Character to show LCD

;I/P: LCD_DATA

```
WRCHAR_LCD:
WR_11:            SETB         LCD_RS
                   MOV          P0,LCD_DATA
                   LCALL         LCD_CLK
                   LCALL         LCD_ON           ;display on
                   RET
```

;write line of 16 character from ROM

;I/P: DPTR : Locate ROM Address

```
WRLINE_LCD:      MOV          R0,#0
WRLINE_LCD_1:    SETB         LCD_RS
                   CLR          A           ;clear acc.
                   MOVC         A,@A+DPTR
                   MOV          P0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL          LCD_CLK
INC            DPTR
INC            R0
CJNE          R0,#16,WRLINE_LCD_1
LCALL          LCD_ON          ;display
RET

;-----
;Dummy delay time LCD_DELAY, 10m,100m,1s
;-----
LCD_DELAY:     MOV            R7,#002          ;do 2 times
LCD_DELAY_1:   MOV            R6,#0E6H
LCD_DELAY_2:   NOP
               NOP
               DJNZ          R6,LCD_DELAY_2
               DJNZ          R7,LCD_DELAY_1
               RET
DELAY_10ms:    MOV            R7,#010
DELAY_10ms_1:  MOV            R6,#0E6H
DELAY_10ms_2:  NOP
               NOP
               DJNZ          R6,DELAY_10ms_2
               DJNZ          R7,DELAY_10ms_1
               RET
DELAY_100ms:   MOV            R7,#100
DELAY_100ms_1: MOV            R6,#0E6H
DELAY_100ms_2: NOP
               NOP
               DJNZ          R6,DELAY_100ms_2
               DJNZ          R7,DELAY_100ms_1
               RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DELAY_1s:          MOV          R5,#50          ;do 100 times
DELAY_1s_1:        LCALL         DELAY_100ms
                   DJNZ         R5,DELAY_1s_1
                   RET
DELAY_5ms:         MOV          R7,#012
DELAY_5ms_1:       MOV          R6,#0E6H
DELAY_5ms_2:       NOP
                   NOP
                   DJNZ         R6,DELAY_5ms_2
                   DJNZ         R7,DELAY_5ms_1
DELAY_1ms:         MOV          R7,#001
DELAY_1ms_1:       MOV          R6,#0E6H
DELAY_1ms_2:       NOP
                   NOP
                   DJNZ         R6,DELAY_1ms_2
                   DJNZ         R7,DELAY_1ms_1
                   RET
;-----
;DEFINE Constant< store in Flash EFPROM Program Memory>
;-----
;
;                                0123456789ABCDEF
TITLE_1:           DB          'ENTER VOLTAGE '
TITLE_2:           DB          '>>      '
R_PROCESS:         DB          ' ADJ RESISTOR '
ERROR:             DB          ' OUT OF RANGE '
CLEAR_TIL:        DB          ' CLEAR VALUE '
                   END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

DATA SHEET

-TL494

-AT89S8252

-DS1669



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

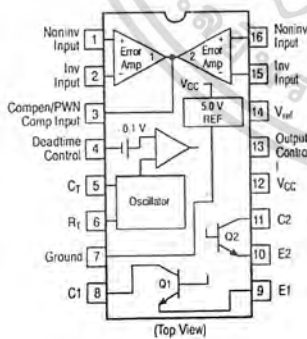
- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	TL494C	TL494I	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	42		V
Collector Output Voltage	V_{C1} , V_{C2}	42		V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1.)	I_{C1} , I_{C2}	500		mA
Amplifier Input Voltage Range	V_{IR}	-0.3 to +42		V
Power Dissipation @ $T_A \leq 45^\circ\text{C}$	P_D	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	80		$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature	T_J	125		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
TL494C		0 to +70		
TL494I		-40 to +85		
Derating Ambient Temperature	T_A	45		$^\circ\text{C}$

1. Maximum thermal limits must be observed.

PIN CONNECTIONS



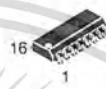
© Semiconductor Components Industries, LLC, 2000
July, 2000 – Rev. 2

1

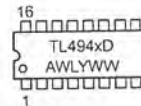
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

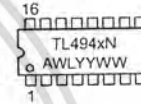
MARKING DIAGRAMS



SO-16
D SUFFIX
CASE 751B



PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648



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

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
TL494CD	SO-16	48 Units/Rail
TL494CDR2	SO-16	2500 Tape & Reel
TL494CN	PDIP-16	500 Units/Rail
TL494IN	PDIP-16	500 Units/Rail

Publication Order Number:
TL494/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	–	30	40	V
Collector Output Current (Each transistor)	I_{C1}, I_{C2}	–	–	200	mA
Amplified Input Voltage	V_{in}	–0.3	–	$V_{CC} - 2.0$	V
Current Into Feedback Terminal	I_b	–	–	0.3	mA
Reference Output Current	I_{ref}	–	–	10	mA
Timing Resistor	R_T	1.8	30	500	k Ω
Timing Capacitor	C_T	0.0047	0.001	10	μ F
Oscillator Frequency	f_{osc}	1.0	40	200	kHz

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15$ V, $C_T = 0.01$ μ F, $R_T = 12$ k Ω , unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
REFERENCE SECTION					
Reference Voltage ($I_O = 1.0$ mA)	V_{ref}	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation ($V_{CC} = 7.0$ V to 40 V)	Reg_{line}	–	2.0	25	mV
Load Regulation ($I_O = 1.0$ mA to 10 mA)	Reg_{load}	–	3.0	15	mV
Short Circuit Output Current ($V_{ref} = 0$ V)	I_{SC}	15	35	75	mA
OUTPUT SECTION					
Collector Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_{CE} = 40$ V)	$I_{C(off)}$	–	2.0	100	μ A
Emitter Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_C = 40$ V, $V_E = 0$ V)	$I_{E(off)}$	–	–	–100	μ A
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2.) Common–Emitter ($V_E = 0$ V, $I_C = 200$ mA) Emitter–Follower ($V_C = 15$ V, $I_E = -200$ mA)	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	–	1.1 1.5	1.3 2.5	V
Output Control Pin Current Low State ($V_{OC} \leq 0.4$ V) High State ($V_{OC} = V_{ref}$)	I_{OCL} I_{OCH}	–	10 0.2	– 3.5	μ A mA
Output Voltage Rise Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_r	–	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_f	–	25 40	100 100	ns

2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

TL494

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

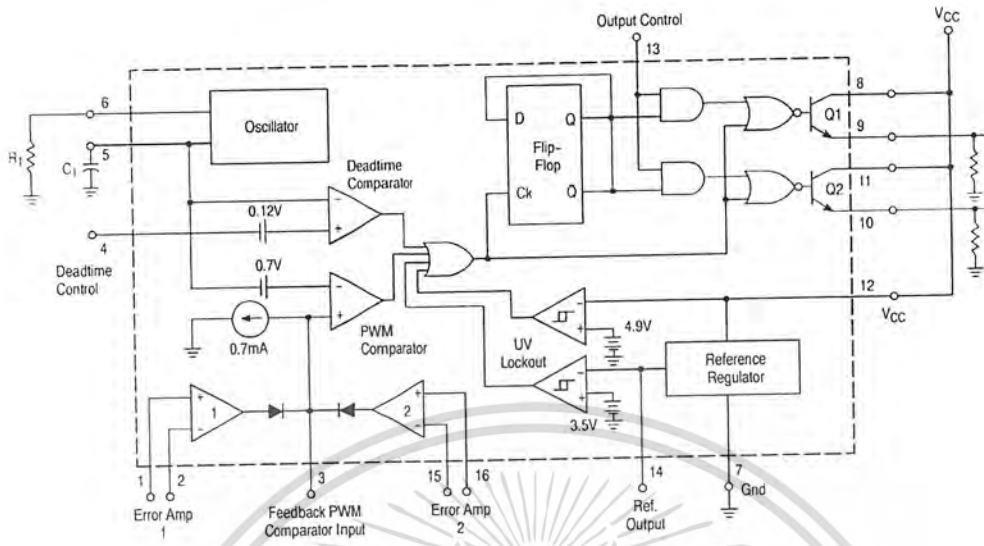
Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ERROR AMPLIFIER SECTION					
Input Offset Voltage (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	V_{IO}	–	2.0	10	mV
Input Offset Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IO}	–	5.0	250	nA
Input Bias Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IB}	–	–0.1	–1.0	μA
Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = 40\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_{ICR}	–0.3 to V_{CC} –2.0			V
Open Loop Voltage Gain ($\Delta V_O = 3.0\ \text{V}$, $V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	A_{VOL}	70	95	–	dB
Unity-Gain Crossover Frequency ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	f_{C-}	–	350	–	kHz
Phase Margin at Unity-Gain ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	ϕ_m	–	65	–	deg.
Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	CMRR	65	90	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC} = 33\ \text{V}$, $V_O = 2.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	PSRR	–	100	–	dB
Output Sink Current (V_O (Pin 3) = 0.7 V)	I_{O-}	0.3	0.7	–	mA
Output Source Current (V_O (Pin 3) = 3.5 V)	I_{O+}	2.0	–4.0	–	mA
PWM COMPARATOR SECTION (Test Circuit Figure 11)					
Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	V_{TH}	–	2.5	4.5	V
Input Sink Current ($V_{(Pin\ 3)} = 0.7\ \text{V}$)	I_I	0.3	0.7	–	mA
DEADTIME CONTROL SECTION (Test Circuit Figure 11)					
Input Bias Current (Pin 4) ($V_{(Pin\ 4)} = 0\ \text{V}$ to 5.25 V)	$I_{IB(DT)}$	–	–2.0	–10	μA
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push-Pull Mode ($V_{(Pin\ 4)} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$) ($V_{(Pin\ 4)} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	DC_{max}	45	48	50	%
		–	45	50	
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V_{th}	–	2.8	3.3	V
		0	–	–	
OSCILLATOR SECTION					
Frequency ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	f_{osc}	–	40	–	kHz
Standard Deviation of Frequency* ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	$\sigma_{f_{osc}}$	–	3.0	–	%
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 7.0\ \text{V}$ to 40 V, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$\Delta f_{osc}(\Delta V)$	–	0.1	–	%
Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to T_{high}) ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$)	$\Delta f_{osc}(\Delta T)$	–	–	12	%
UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION					
Turn-On Threshold (V_{CC} increasing, $I_{ref} = 1.0\ \text{mA}$)	V_{in}	5.5	6.43	7.0	V
TOTAL DEVICE					
Standby Supply Current (Pin 6 at V_{ref} , All other inputs and outputs open) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	I_{CC}	–	5.5	10	mA
		–	7.0	15	
Average Supply Current ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, $V_{(Pin\ 4)} = 2.0\ \text{V}$) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) (See Figure 12)		–	7.0	–	mA

* Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula, σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494



This device contains 46 active transistors.
Figure 1. Representative Block Diagram

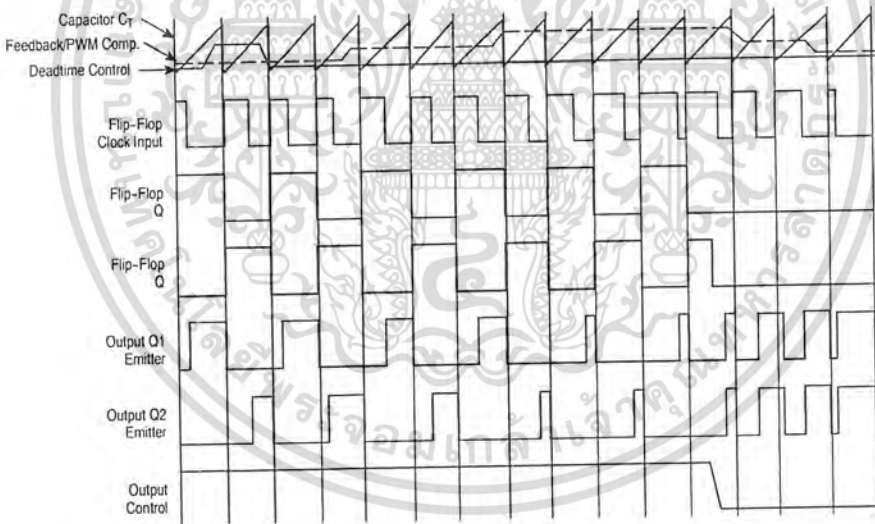


Figure 2. Timing Diagram

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

APPLICATIONS INFORMATION

Description

The TL494 is a fixed-frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply. (See Figure 1.) An internal-linear sawtooth oscillator is frequency-programmable by two external components, R_T and C_T . The approximate oscillator frequency is determined by:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor C_T to either of two control signals. The NOR gates, which drive output transistors Q1 and Q2, are enabled only when the flip-flop clock-input line is in its low state. This happens only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control-signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

The control signals are external inputs that can be fed into the deadtime control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The deadtime control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output deadtime to approximately the first 4% of the sawtooth-cycle time. This would result in a maximum duty cycle on a given output of 96% with the output control grounded, and 48% with it connected to the reference line. Additional deadtime may be imposed on the output by setting the deadtime-control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

Functional Table

Input/Output Controls	Output Function	$\frac{f_{out}}{f_{osc}} =$
Grounded	Single-ended PWM @ Q1 and Q2	1.0
@ V_{ref}	Push-pull Operation	0.5

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on-time, established by the deadtime control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a

common mode input range from -0.3 V to ($V_{CC} - 2V$), and may be used to sense power-supply output voltage and current. The error-amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse-width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

When capacitor C_T is discharged, a positive pulse is generated on the output of the deadtime comparator, which clocks the pulse steering flip flop and inhibits the output transistors, Q1 and Q2. With the output-control connected to the reference line, the pulse-steering flip-flop directs the modulated pulses to each of the two output transistors alternately for push-pull operation. The output frequency is equal to half that of the oscillator. Output drive can also be taken from Q1 or Q2, when single-ended operation with a maximum on-time of less than 50% is required. This is desirable when the output transformer has a ringback winding with a catch diode used for snubbing. When higher output-drive currents are required for single-ended operation, Q1 and Q2 may be connected in parallel, and the output-mode pin must be tied to ground to disable the flip-flop. The output frequency will now be equal to that of the oscillator.

The TL494 has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load current for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of $\pm 5.0\%$ with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of 0° to 70°C.

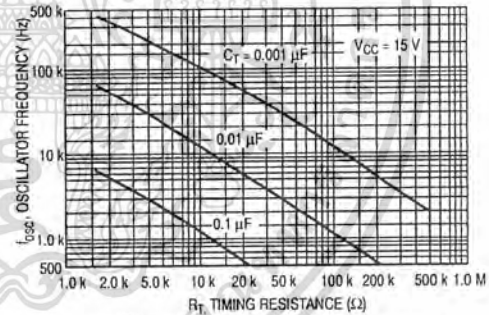


Figure 3. Oscillator Frequency versus Timing Resistance

TL494

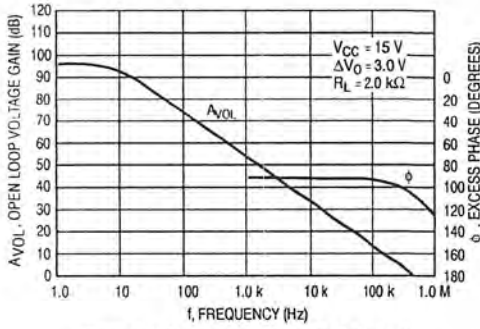


Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

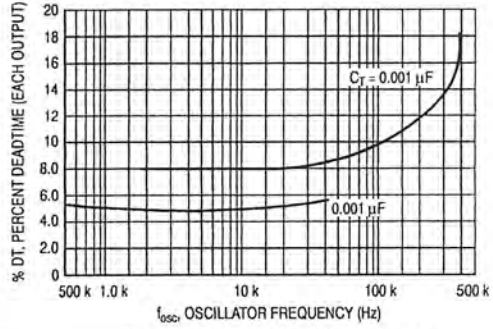


Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency

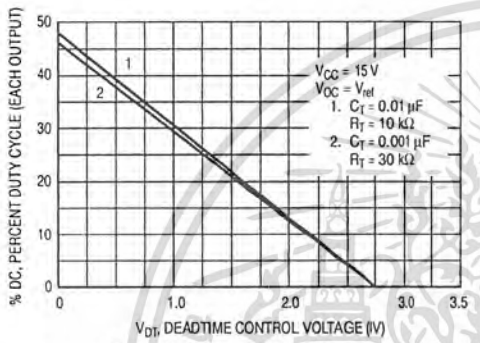


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Deadtime Control Voltage

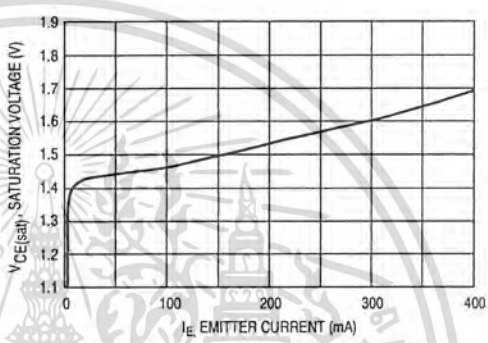


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

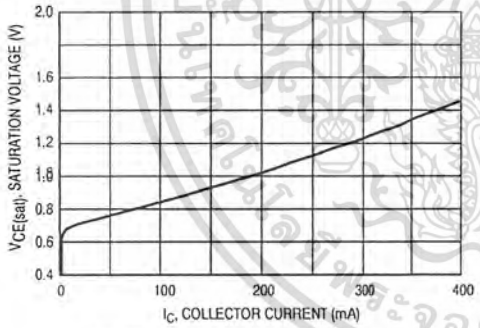


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current

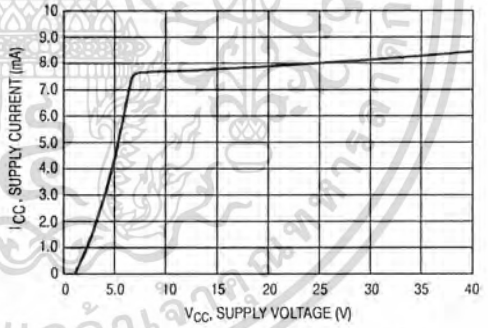


Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

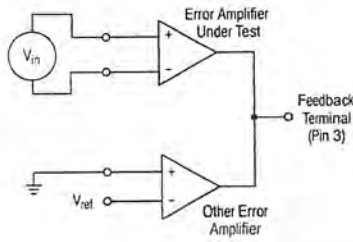


Figure 10. Error-Amplifier Characteristics

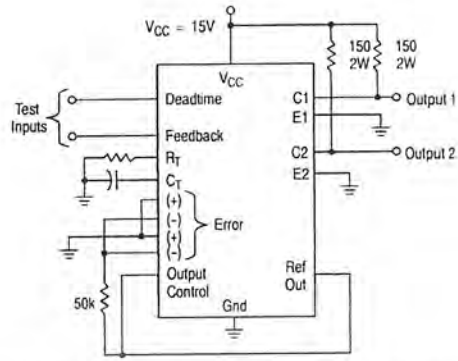


Figure 11. Deadtime and Feedback Control Circuit

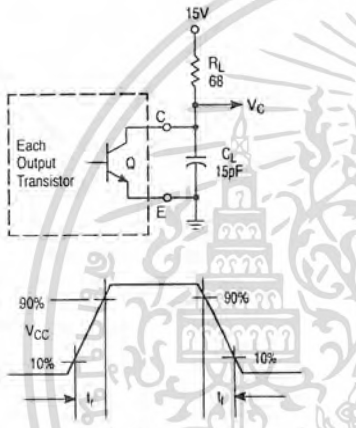


Figure 12. Common-Emitter Configuration Test Circuit and Waveform

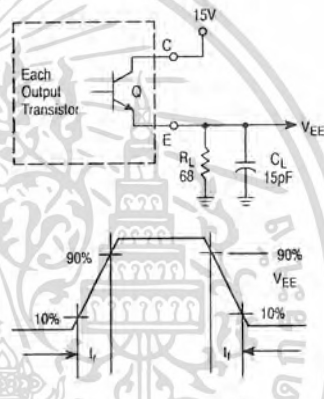


Figure 13. Emitter-Follower Configuration Test Circuit and Waveform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

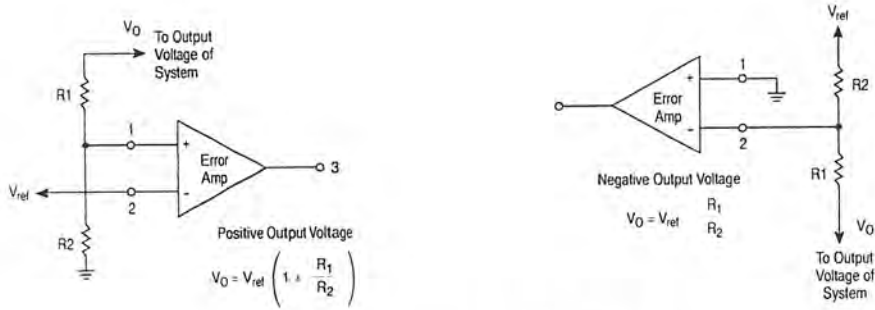


Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

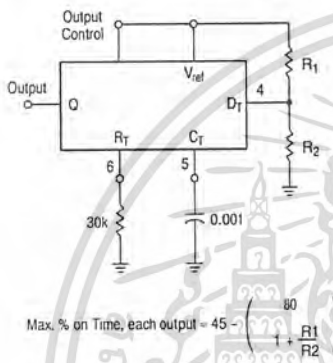


Figure 15. Deadtime Control Circuit

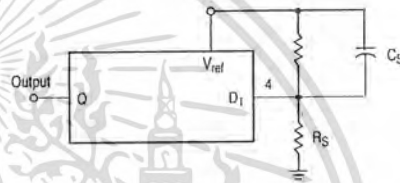


Figure 16. Soft-Start Circuit

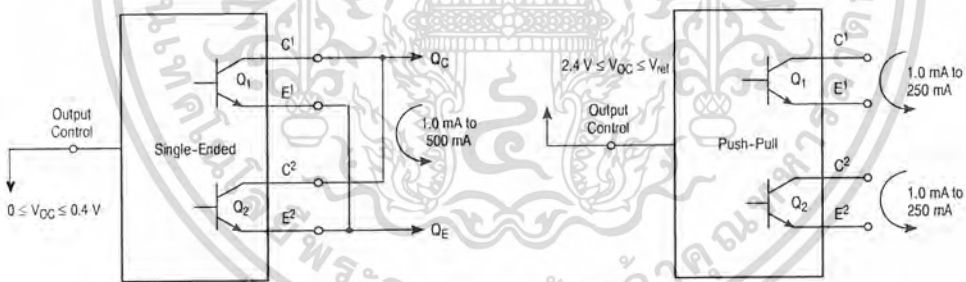


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

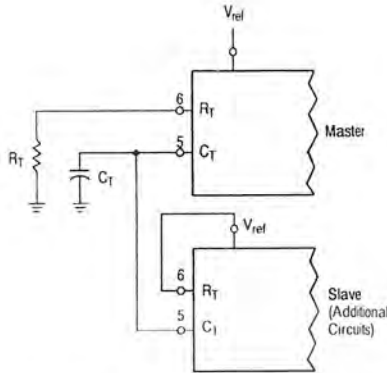


Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits

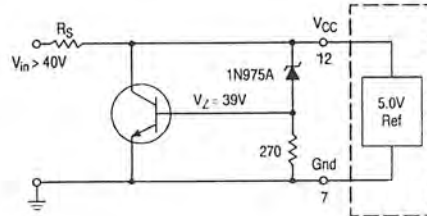


Figure 19. Operation with $V_{in} > 40\text{ V}$ Using External Zener

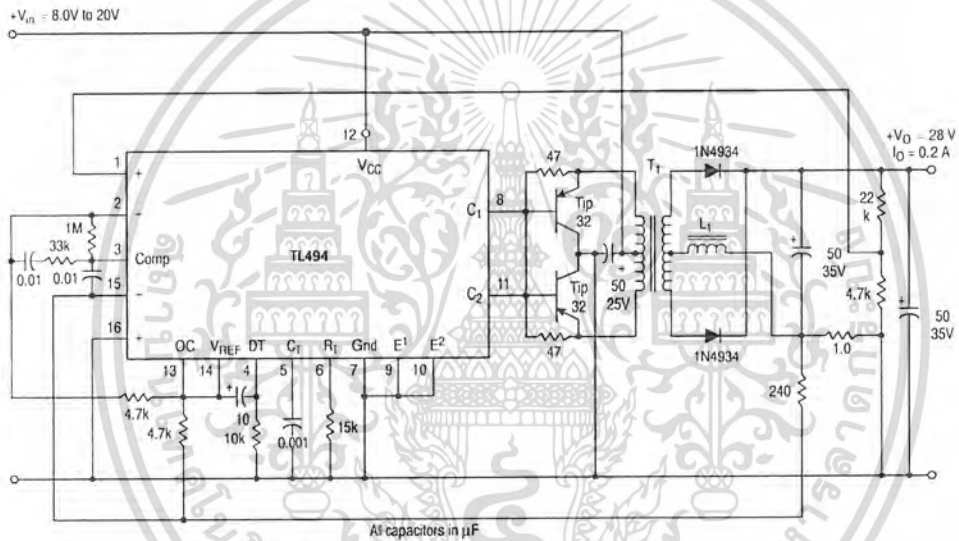


Figure 20. Pulse Width Modulated Push-Pull Converter

Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10\text{ V to }40\text{ V}$	14 mV 0.28%
Load Regulation	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ mA to }1.0\text{ A}$	3.0 mV 0.06%
Output Ripple	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	65 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 28\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	1.6 A
Efficiency	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	71%

L1 - 3.5 mH @ 0.3 A
 T1 - Primary: 20T C.T. #28 AWG
 Secondary: 120T C.T. #36 AWG
 Core: Ferroxcube 1408P-L00-3CB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

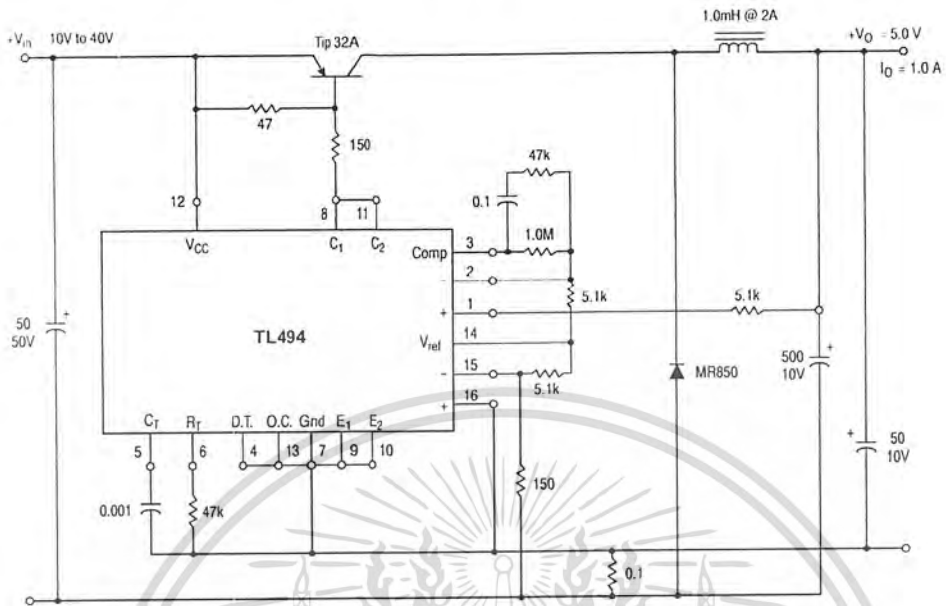


Figure 21. Pulse Width Modulated Step-Down Converter

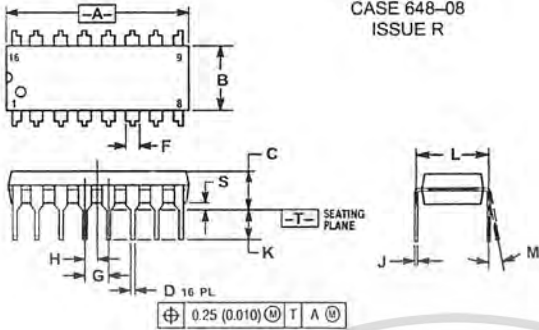
Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0 \text{ V to } 40 \text{ V}$	3.0 mV 0.01%
Load Regulation	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 0.2 \text{ mA to } 200 \text{ mA}$	5.0 mV 0.02%
Output Ripple	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	40 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, R_L = 0.1 \Omega$	250 mA
Efficiency	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	72%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

PACKAGE DIMENSIONS

PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648-08
ISSUE R

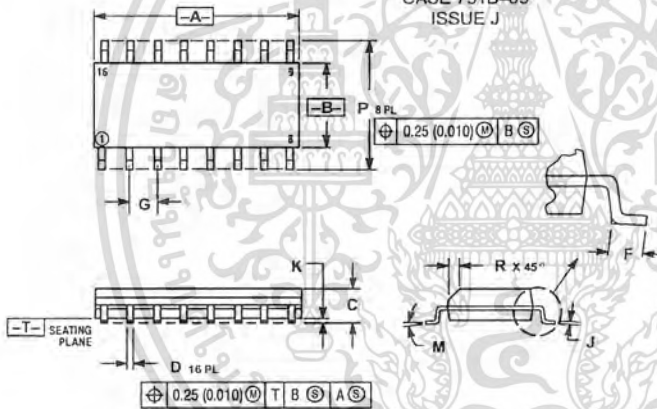


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

SO-16
D SUFFIX
CASE 751B-05
ISSUE J




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.

DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.60	10.00	0.386	0.393
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	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC 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 special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC 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. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC 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 SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC 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 SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

NORTH AMERICA Literature Fulfillment

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com
Fax Response Line: 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor – European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (Mon-Fri 2:30pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (Mon-Fri 2:00pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (Mon-Fri 12:00pm to 5:00pm GMT)
Email: ONlit@hibbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS: 00-800-4422-3781

*Available from Germany, France, Italy, England, Ireland

CENTRAL/SOUTH AMERICA:

Spanish Phone: 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)
Email: ONlit-spanish@hibbertco.com

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor – Asia Support

Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong & Singapore:
001-800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2745
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

TL494/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

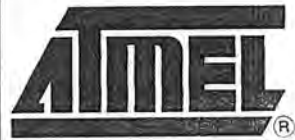
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
 - SPI Serial Interface for Program Downloading
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.



8-bit
Microcontroller
with 8K Bytes
Flash

AT89S8252

Rev. 0401E-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pin Configurations

PDIP

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
(SS) P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOS) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

PLCC

(MOS) P1.5	7	39	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	8	38	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	9	37	P0.6 (AD6)
RST	10	36	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	11	35	EA/VPP
NC	12	34	NC
(TXD) P3.1	13	33	ALE/PROG
(INT0) P3.2	14	32	PSEN
(INT1) P3.3	15	31	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	16	30	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	17	29	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	18	28	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	19	27	P2.3 (A11)
XTAL2	20	26	P2.2 (A10)
XTAL1	21	25	P2.1 (A9)
GND	22	24	P2.0 (A8)
NC	23	23	NC
(A8) P2.0	24	22	P2.0 (A8)
(A9) P2.1	25	21	P2.1 (A9)
(A10) P2.2	26	20	P2.2 (A10)
(A11) P2.3	27	19	P2.3 (A11)
(A12) P2.4	28	18	P2.4 (A12)

PQFP/TQFP

(MOS) P1.5	1	33	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	2	32	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	3	31	P0.6 (AD6)
RST	4	30	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	5	29	EA/VPP
NC	6	28	NC
(TXD) P3.1	7	27	ALE/PROG
(INT0) P3.2	8	26	PSEN
(INT1) P3.3	9	25	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	10	24	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	11	23	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	12	22	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	13	21	P2.3 (A11)
XTAL2	14	20	P2.2 (A10)
XTAL1	15	19	P2.1 (A9)
GND	16	18	P2.0 (A8)
NC	17	17	NC
(A8) P2.0	18	16	P2.0 (A8)
(A9) P2.1	19	15	P2.1 (A9)
(A10) P2.2	20	14	P2.2 (A10)
(A11) P2.3	21	13	P2.3 (A11)
(A12) P2.4	22	12	P2.4 (A12)

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external

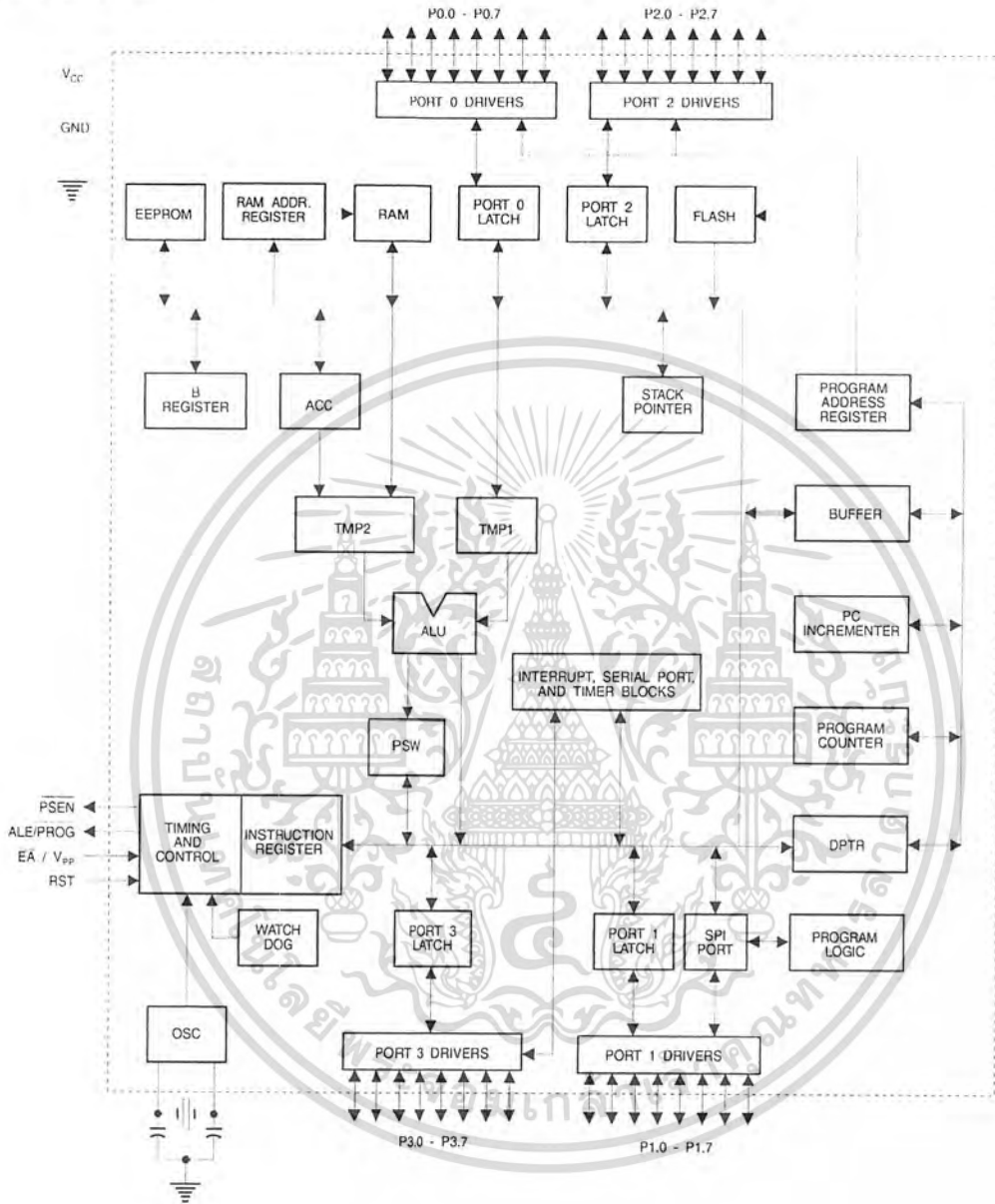
program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

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

Port 1

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

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

Pin Description

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

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

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

Port 2

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

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

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

Port 3

Port 3 is an 8 bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

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

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

RST

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

ALE/PROG

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

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

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

PSEN

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

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

\overline{EA}/VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external pro-

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S8252 SFR Map and Reset Values

0F8H										0FFH
0F0H	B 00000000									0F7H
0E8H										0EFH
0E0H	ACC 00000000									0E7H
0D8H										0DFH
0D0H	PSW 00000000								SPCR 000001XX	0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000				TH2 00000000	0CFH
0C0H										0C7H
0B8H	IP XX000000									0BFH
0B0H	P3 11111111									0B7H
0A8H	IE 0X000000		SPSR 00XXXXXX							0AFH
0A0H	P2 11111111									0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX								9FH
90H	P1 11111111								WMCON 00000010	97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000				TH1 00000000	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000				DP1H 00000000	
								SPDR XXXXXXXX	PCON 0XXX0000	87H



Figure 13. Programming the Flash/EEPROM Memory

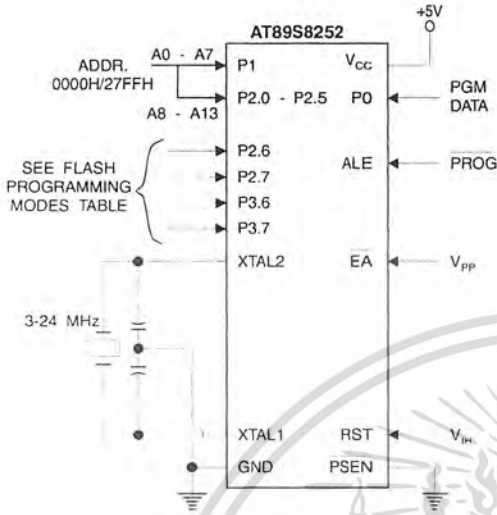


Figure 15. Flash/EEPROM Serial Downloading

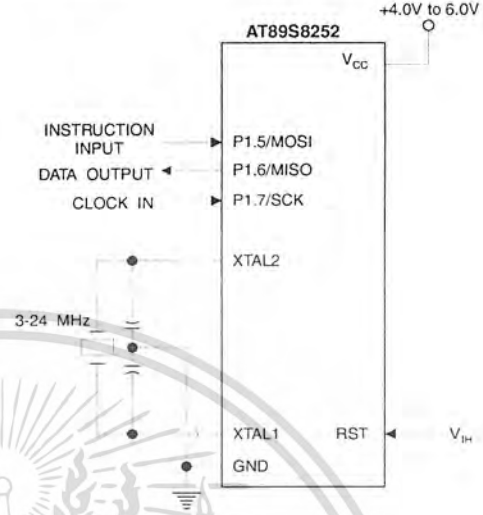
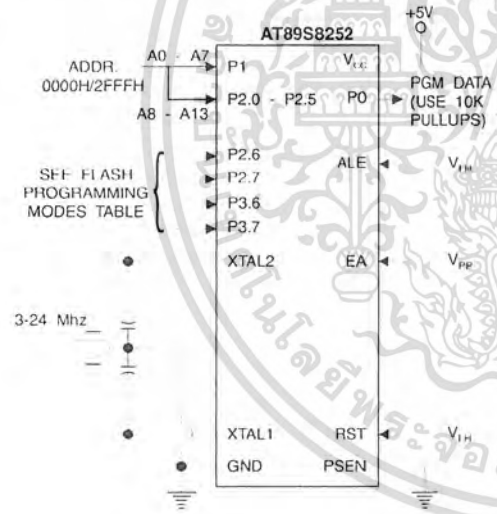


Figure 14. Verifying the Flash/EEPROM Memory



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flash Programming and Verification Characteristics – Parallel Mode

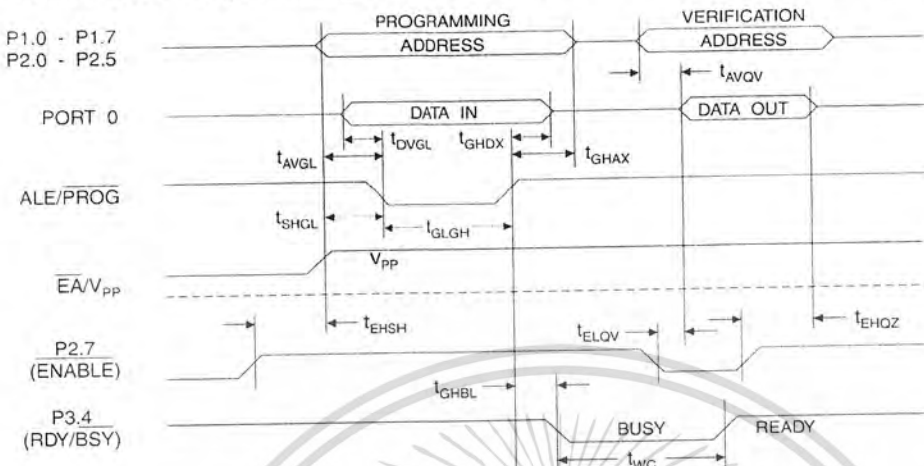
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0V ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V _{PP}	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I _{PP}	Programming Enable Current		1.0	mA
1/t _{CLCL}	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t _{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{GHAX}	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t _{CLCL}		
t _{GHDX}	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	48t _{CLCL}		
t _{EHS}	P2.7 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V _{PP}	48t _{CLCL}		
t _{SHGL}	V _{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t _{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t _{AVGV}	Address to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{ELOV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		48t _{CLCL}	
t _{EHQZ}	Data Float after $\overline{\text{ENABLE}}$	0	48t _{CLCL}	
t _{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t _{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

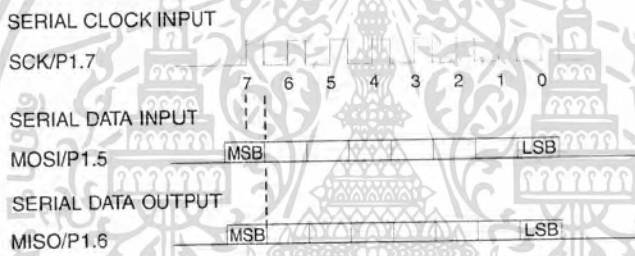


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash/EEPROM Programming and Verification Waveforms – Parallel Mode




Serial Downloading Waveforms





Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S8252-24JC	44J	
		AT89S8252-24PC	40P6	
		AT89S8252-24QC	44Q	
	4.0V to 6.0V	AT89S8252-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89S8252-24JI	44J	
		AT89S8252-24PI	40P6	
		AT89S8252-24QI	44Q	
33	4.5V to 5.5V	AT89S8252-33AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89S8252-33JC	44J	
		AT89S8252-33PC	40P6	
		AT89S8252-33QC	44Q	

 = Preliminary Information



Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635

International:
1-(408) 441-0732

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
<http://www.atmel.com>

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

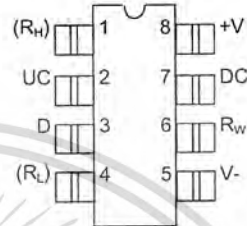
0401E-02/00/M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

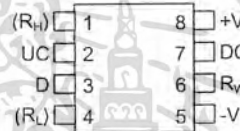
FEATURES

- Replaces mechanical variable resistors
- Electronic interface provided for digital as well as manual control
- Wide differential input voltage range between 4.5 and 8 volts
- Wiper position is maintained in the absence of power
- Low-cost alternative to mechanical controls
- Applications include volume, tone, contrast, brightness, and dimmer control
- Available in 8-pin SOIC and 8-pin DIP packages
- Standard resistance values for Dallastat:
 - DS1669-10 ~ 10 kΩ
 - DS1669-50 ~ 50 kΩ
 - DS1669-100 ~ 100 kΩ
- Operating Temperature Range
 - Industrial: -40°C to +85°C

PIN ASSIGNMENT DS1669



8-Pin SOIC (208-mil)
See Mech. Drawings Section



8-Pin DIP (300-mil)
See Mech. Drawings Section

PIN DESCRIPTION DS1669

- R_H - High Terminal of Potentiometer
- R_W - Wiper Terminal of Potentiometer
- R_L - Low Terminal of Potentiometer
- V, +V - Voltage Inputs
- UC - Up Contact Input
- D - Digital Input
- DC - Down Contact Input

DESCRIPTION

The DS1669 Dallastat™ is a digital rheostat or potentiometer. This device provides 64 possible uniform tap points over the entire resistive range. The standard resistive ranges are 10 kΩ, 50 kΩ, and 100 kΩ. The Dallastat can be controlled by either a switch contact closure input or a digital source input such as a CPU. Wiper position is maintained in the absence of power through the use of a EEPROM memory cell array. The EEPROM cell array will withstand more than 50,000 writes.

The DS1669 is offered in two standard IC packages which include an 8-pin 300-mil DIP and an 8-pin 208-mil SOIC. The DS1669 can be configured to operate using a single pushbutton, dual pushbutton or digital source input by varying power-on conditions. This is illustrated in Figures 1 and 2. The DS1669 pinouts allow access to both ends of the potentiometer R_L , R_H , and the wiper, R_W . Control inputs include

the digital source input, D, the up contact input, UC, and the down contact input, DC. Other pins include the positive, +V, and negative, -V, supply inputs. The DS1669 is specified to operate from -40°C to +85°C.

OPERATION

The DS1669 can be configured to operate from a single contact closure, dual contact closure, or a digital source input. Figures 1 and 2 illustrate both contact closure configurations. Contact closure is defined as a transition from a high level to a low level on the up contact (UC) or down contact (DC) inputs. All three control inputs are active when in a low state and are inactive when in a high state.

The DS1669 interprets input pulse widths as the means of controlling wiper movement. A single pulse input on the UC, DC, or D input terminals will cause the wiper position to move 1/64th of the total resistance. A transition from a high to low on these inputs is considered the beginning of pulse activity or contact closure. A single pulse must be greater than 1 ms but lasting no longer than 1 second. Pulse timings are shown in Figure 5.

Repetitive pulsed inputs can be used to step through each resistive position of the device in a relatively fast manner (see Figure 5b). The requirement for repetitive pulsed inputs is that pulses must be separated by a minimum time of 1 ms. If the input is not allowed to be inactive (high) for at least 1 ms, the DS1669 will interpret repetitive pulses as a single pulse.

Pulse inputs lasting longer than 1 second will cause the wiper to move one position every 100 ms following the initial 1-second hold time. The total time to transcend the entire potentiometer using a continuous input pulse is given by the formula below:

$$\approx 1 \text{ second} + 63 \times 100 \text{ ms} = 7.3 \text{ (seconds)}$$

Single contact closure operation allows the user to control wiper movement in either direction from a single pushbutton input. Figure 1 presents a typical single pushbutton configuration. The UC input is used to increment and decrement wiper position for single pushbutton mode of operation. The DC input provides no functionality in this mode but must be connected to the positive supply voltage (V_{CC}). The digital source input (D) can be allowed to float.

On device power-up, the configuration shown in Figure 1 must exist in order to enter the single contact closure mode of operation—especially and specifically, the (DC) input's direct connection to the positive supply voltage (V_{CC}).

The initial direction of wiper movement in single pushbutton operation is determined by prior activity. The initial direction of wiper movement will be opposite to that of the previous activity. Changing the direction of wiper movement in single pushbutton mode is accomplished by allowing a period of inactivity on the UC input of (greater than) 1 second, or by moving the wiper to the end of the potentiometer range. This will occur regardless of whether the input is a continuous pulse, a sequence of repetitive pulses or a single pulse.

The digital source input, D, was designed for microprocessor or controlled applications. This control input manipulates the device in the same manner as the single pushbutton configuration, controlling movement of the wiper position in both upward and downward directions. One added feature over the single pushbutton configuration is the ability to increment or decrement wiper position at a faster rate. Digital source input control is available regardless of the type of pushbutton configuration.

Dual pushbutton mode of operation is entered when the DC input is floated on power-up. If interfacing contact closure control inputs to digital logic, the DC input must be interfaced to an open drain drive which is high impedance during power-up; see Figure 2B. This will prevent the device from entering a single pushbutton mode of operation.

In dual pushbutton mode, each direction is controlled by the up contact (UC) and down contact (DC) inputs, respectively. No wait states are required to change wiper direction in dual pushbutton mode. In dual pushbutton mode, as the wiper position reaches the end of the potentiometer, the direction of wiper movement will not change. Wiper position will remain at the potentiometer's end until an opposite direction input is given.

All contact closure control inputs, UC, DC, and D, are internally pulled-up by a 100 k Ω resistance. The UC and DC inputs are internally debounced and require no external components for input signal conditioning.



DS1669 SINGLE PUSHBUTTON CONFIGURATION (TYPICAL EXAMPLE)

Figure 1

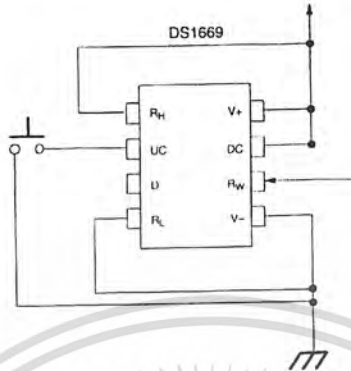
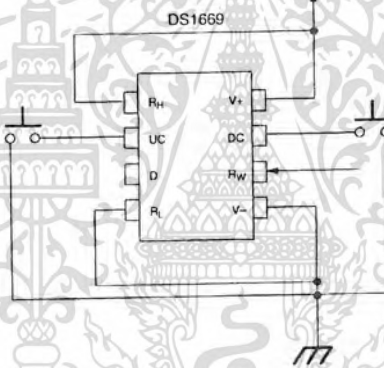
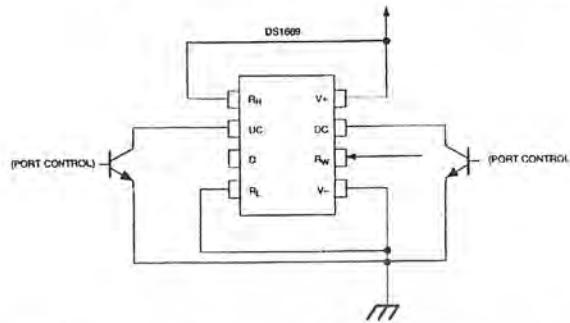
**DS1669 DUAL PUSHBUTTON CONFIGURATION (TYPICAL APPLICATION)**

Figure 2A



DS1669 DUAL PUSHBUTTON CONFIGURATION (TYPICAL APPLICATION)

Figure 2B



The DS1669 is provided with two supply inputs $-V$ and $+V$. The maximum voltage difference between the two supply inputs is $+8.0$ volts. The minimum voltage difference is $+4.5$ volts. All input levels are referenced to the negative supply input, $-V$. The voltage applied to any Dallastat terminal must not exceed the negative supply voltage ($-V$) by -0.5 or the positive supply voltage ($+V$) by $+0.5$ volts. The minimum logic high level must be $+2.4$ volts with reference to the $-V$ supply voltage input for $+V=5V$. A logic low level with reference to the $-V$ supply voltage has a maximum value of $+0.8$ volts. Dallastats exhibit a typical wiper resistance of 400 ohms with a maximum wiper resistance of 1000 ohms. The maximum wiper current allowed through the Dallastat is specified at 1 milliamps (see DC Electrical Characteristics).

NONVOLATILE WIPER SETTINGS

Dallastats maintain the position of the wiper in the absence of power. This feature is provided through the use of EEPROM type memory cell arrays. During normal operation the position of the wiper is determined by the input multiplexer. Periodically, the multiplexer will update the EEPROM memory cells. The manner in which an update occurs has been optimized for reliability, durability, and performance. Additionally, the update operation is totally transparent to the user.

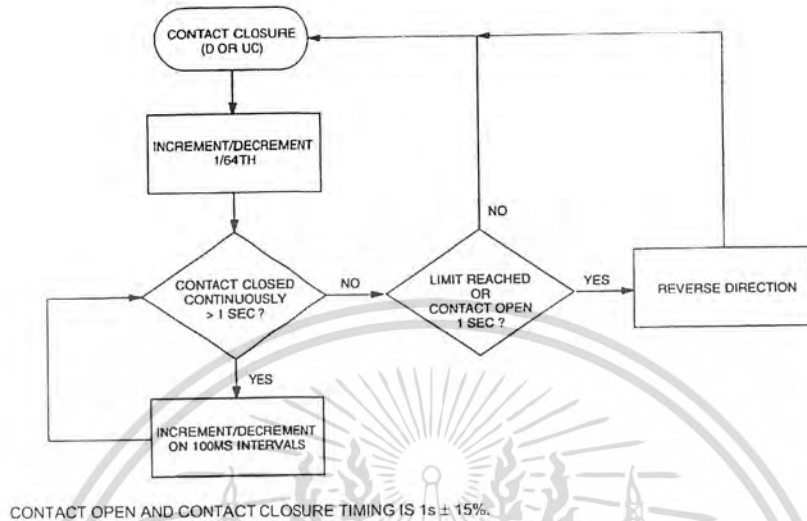
When power is applied to the Dallastat, the wiper setting will be the last recorded in the EEPROM memory cells. If the Dallastat setting is changed after power is applied, the new value will be stored after a delay of 2 seconds. The initial storage of a new value after power-up occurs when the first change is made, regardless of when this change is made.

After the initial change on power-up, subsequent changes in the Dallastat EEPROM memory cells will occur only if the wiper position of the part is moved greater than 12.5% of the total resistance range. Any wiper movement after initial power-up which is less than 12.5% will not be recorded in the EEPROM memory cells. Since the Dallastat contains a 64 -to- 1 multiplexer, a change of greater than 12.5% corresponds to a change of the fourth LSB.

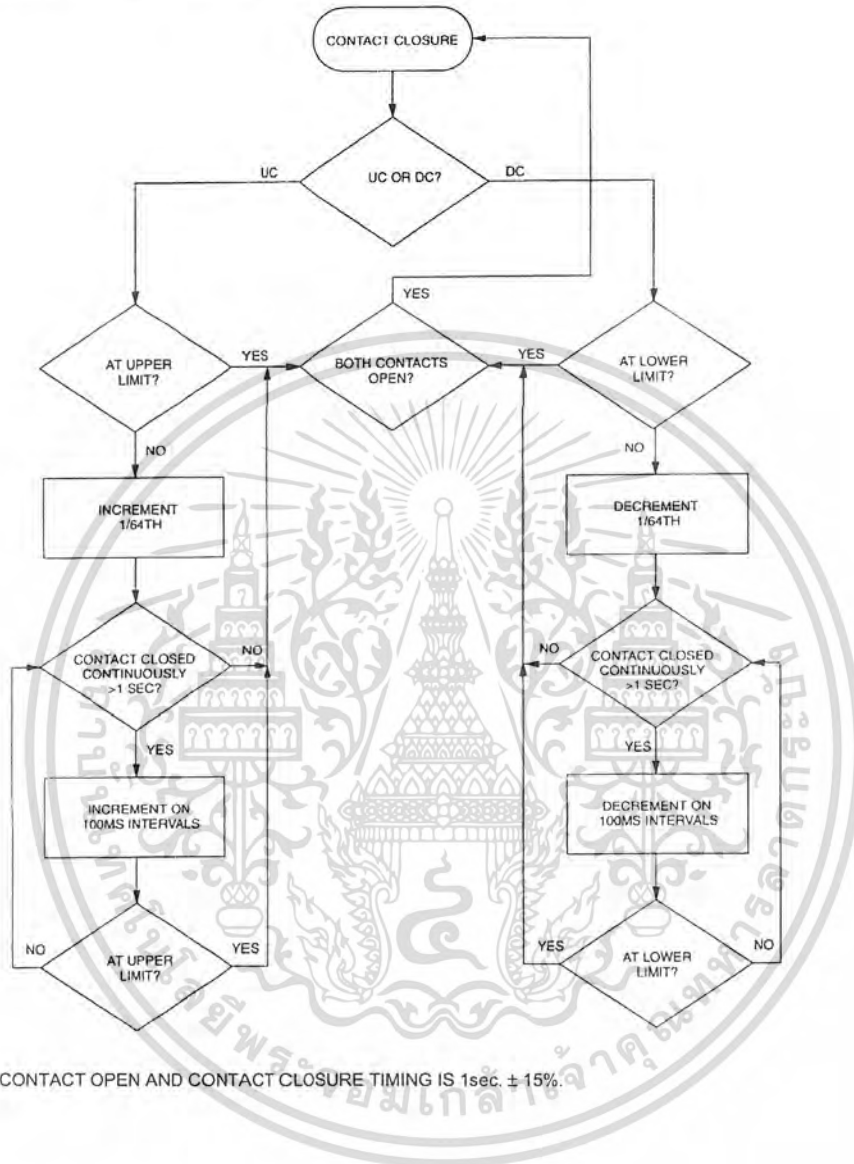
Changes or storage to the EEPROM memory cells must allow for a 2 -second delay to guarantee that updates will occur. The EEPROM memory cells are specified to accept greater than $80,000$ writes before a wear-out condition. If the EEPROM memory cells do reach a wear-out condition, the Dallastat will still function properly while power is applied. However, on power-up the device's wiper position will be that of the position last recorded before memory cell wear-out.

FLOWCHART: ONE-BUTTON OPERATION AND ELECTRICAL CONTROL

Figure 3



FLOWCHART: TWO-BUTTON OPERATION Figure 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to -V	-V -0.5V + 8.0V
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 15 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS (-40°C to +85°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
+ Supply Voltage	+V	-V + 4.5		-V + 8.0	V	
- Supply Voltage	-V	+V - 8.0		+V - 4.5	V	
Rheostat Inputs	R _{II} , R _W , R _L	-V - 0.5		+V + 0.5	V	
Logic Input 1	V _{II}	1.2			V	1, 2
Logic Input 0	V _{IL}			+0.8	V	1, 2

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: (-40°C to +85°C; -V to +V = 4.5V to 8.0V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
+ , - Supply Current	I _{CC1}		1	2	mA	3
Supply Current, Idle State	I _{CC2}			65	μA	9
Wiper Resistance	R _W		400	1000		
Wiper Current	I _W			1	mA	5
Rheostat Current	I _{II} , I _L			1	mA	5
Power-Up Time	t _{PU}			10	μs	10
Input Leakage	I _{LI}	-1		+1	μA	1

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-40°C to +85°C; -V to +V = 4.5V to 8.0V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Digital Input Pulse Width	t _{DPW}	1		DC	μs	1, 7, 8
Contact Pulse Width	t _{CPW}	1		DC	ms	1, 7, 8
Repetitive Input Pulse High Time	t _{HPW}	1		DC	ms	1, 7, 8
Continuous Input Pulse	t _{CCP}	1		DC	s	1, 7, 8

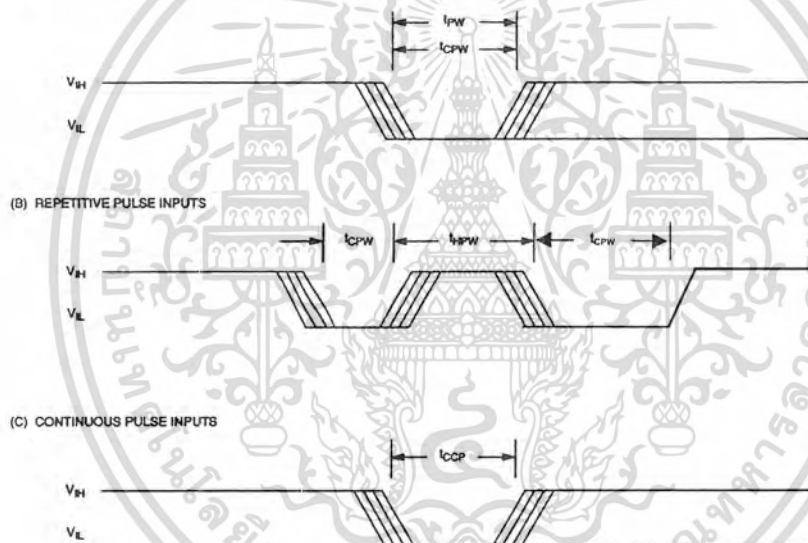
ANALOG RESISTOR CHARACTERISTICS

(-40°C to +85°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
End-to-End Resistor Tolerance		-20		+20	%	14
Absolute Linearity		-0.75		+0.75	LSB	11
Relative Linearity		-0.3		+0.3	LSB	12
-3 dB Cutoff Frequency Noise Figure	f_{cutoff}				Hz	13
Temperature Coefficient			750		ppm/C	

CAPACITANCE(T_A = 25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C _{IN}			5	pF	6
Output Capacitance	C _{OUT}			7	pF	6

TIMING DIAGRAMS Figure 5

NOTES:

1. All inputs: UV, DC, and D are internally pulled up with a resistance of 100k Ω .
2. Input logic levels are referenced to -V.
3. I_{CC} is the internal current that flows between -V and +V.
4. Input leakage applies to contact inputs UC and DC and digital input (D).
5. Wiper current and rheostat currents are the maximum currents which can flow in the resistive elements.
6. Capacitance values apply at 25°C.
7. Input pulse width is the minimum time required for an input to cause an increment or decrement. If the UC, DC or D input is held active for longer than 1 second, subsequent increments or decrements will occur on 100 ms intervals until the inputs UC, DC, and/or D is released to V_{IH} .
8. Repetitive pulsed inputs on UC, DC, or D will be recognized as long as the pulse repetition occurs within 1 second of each other. Pulses occurring faster than 1 ms apart may not be recognized as individual inputs but can be interpreted a constant input.
9. Idle state supply current is measured with no pushbutton depressed and with the wiper. R_W tied to a CMOS load.
10. Maximum time required for the Dallastat to determine single or dual pushbutton operation after input supply has reached 10% of recommended supply operating conditions.
11. Absolute linearity is used to determine wiper voltage versus expected voltage as determined by wiper position.
12. Relative linearity is used to determine the change in voltage between successive tap positions.
13. -3 dB cutoff frequency characteristics for the DS1669 depend on potentiometer total resistance: DS1669-010; 1 MHz, DS1669-050; 200 kHz, DS1669-100; 100 kHz.
14. Valid at 25°C only.