ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533 ภาคเรียนที่ 2

ภาควิชา อิเล็กทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

ผู้จัดทำ

1. นาย ยุทธการ สุทธิเลิศ 301218
2. นาย วิชิตพงศ์ อุปริพุทธางกูร 301236

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ)

เลขหมู่ T 33122 ย3

เลขทะเบียน 027955

วัน, เดือน, ปี 18 ก.ย. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027955

INDUSTRIAL
POWER SUPPLY TESTER

นาย ยุทธการ สุทธิเลิศ 30.1218

นาย วิชิตพงศ์ อุปริพุทธางกูร 30.1236

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ เครื่องมือและอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ต่างๆ ได้ถูกสร้างและพัฒนาขึ้น ในการสร้างหรือการพัฒนาอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์นั้น อุปกรณ์อย่างหนึ่งที่จำเป็นต้องใช้ คือ POWER SUPPLY และในอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ส่วนหนึ่งที่สำคัญ ก็คือ ส่วนที่จ่ายศักดาไฟฟ้าซึ่งในปัจจุบันมักนิยมใช้ REGULATED IC เนื่องจากมีการใช้งาน REGULATED IC และ POWER SUPPLY กันอย่างกว้างขวาง ทางโรงงานผลิตจึงต้องมีอุปกรณ์ที่คอยตรวจสอบประสิทธิภาพของทั้ง REGULATED IC และ POWER SUPPLY อุปกรณ์นั้นคือ เครื่องมือตรวจสอบ POWER SUPPLY

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับ เครื่องมือตรวจสอบ POWER SUPPLY หรือ ในชื่อที่ว่า INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบ POWER SUPPLY และ REGULATED IC ว่าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามต้องการหรือไม่ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ 2 ลักษณะคือ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเป็น CONTINUOUS CURRENT และเมื่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเป็น PULSE CURRENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDUSTRIAL
POWER SUPPLY TESTER

MR. YUTTAKARN SUTTILERT 301218

MR. WICHITPONG UPARIPUTTANGGOON 301236

ADVISOR

MR. PRAPAKORN SUWANNA

ACADEMIC 1990

ABSTRACT

In this day, many of electronic equipments and devices are made and improved. In making, improving and in all equipments, an equipment or a part that is necessary is power supply or voltage source which is always a RECULATED INTEGRATED CIRCUIT. Because of many using of power supply and regulated IC so there must have an equipment that used to test the efficiency of them. The equipment that is advanced is power supply tester.

this thesis presents a project, named *INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER* , which is used for testing current that can be provide by power supply or regulated IC. The tester can test current in 2 modes that are continous current testing and pulse current testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 หลักการของเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER 2

2.1 หลักการของเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER . 2

2.2 หลักการและลักษณะของ TL 494 8

2.3 หลักการ DRIVE POWER MOSFET 11

2.4 หลักการของส่วนแสดงผลของส่วนดิงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ 12

บทที่ 3 การออกแบบเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER 14

3.1 การออกแบบส่วนดิงกระแสไฟฟ้าคงที่ 14

3.2 การออกแบบส่วนดิงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ 20

3.3 หลักการและการออกแบบส่วนแสดงผล 26

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 33

บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผล 36

ภาคผนวก 37

คุณสมบัติและการใช้งานเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER 37

รูปแบบวงจรต่างๆในการขับ POWER MOSFET 39

กิตติกรรมประกาศ 43

หนังสืออ้างอิง 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องตรวจสอบ POWER SUPPLY (INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER) เป็นเครื่องที่ใช้ในการตรวจสอบ POWER SUPPLY หรือ REGULATED IC ว่าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตาม SPEC หรือไม่ โดยสามารถตรวจสอบได้ 2 ลักษณะ คือ

1.กระแสไฟฟ้าคงที่ (CONTINUOUS CURRENT)

2.กระแสไฟฟ้าชั่วขณะ (PULSE CURRENT) ซึ่งสามารถเลือกความถี่ได้ 3 ความถี่คือ 1 KHz, 10 KHz และ 50 KHz และสามารถปรับค่าความกว้างของพัลส์ (DUTY CYCLE) ได้

เครื่องตรวจสอบ POWER SUPPLY นี้ใช้หลักการของวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER) ซึ่งเอาท์พุทจะเป็น SINK CURRENT คือจะเป็นการดึงกระแสไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการตรวจสอบโดยจะมีตัวช่วยดึงกระแสไฟฟ้าเป็น POWER TRANSISTOR และ POWER MOSFET ในการดึงกระแสไฟฟ้าคงที่ และดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ ตามลำดับ

ในการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ POWER SUPPLY หรือ REGULATED IC สามารถจ่ายได้นั้นอาจใช้โหลดความต้านทานที่มีค่าความต้านทานน้อยๆหลายๆวัตต์มาเป็นโหลดแล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาว่าได้ตาม SPEC หรือไม่ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ เมื่อเปลี่ยนค่าศักดาไฟฟ้าที่ POWER SUPPLY หรือเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องการจะตรวจสอบก็จะต้องทำการเปลี่ยนค่าความต้านทานของโหลดความต้านทานด้วย ซึ่งเป็นการไม่สะดวกและการใช้โหลดความต้านทานก็ไม่สามารถตรวจสอบกระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่ POWER SUPPLY สามารถจ่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการของเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

2.1 หลักการของเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

เครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER นี้ใช้หลักการของวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER หรือ TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER) โดยเอาท์พุทจะเป็น SINK CURRENT คือจะเป็นการดึงกระแสไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST นั่นเอง ซึ่งรูปแบบของวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่ (CONTINUOUS CURRENT) และ ส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ (PULSE CURRENT) ในโครงานนี้จะใช้รูปแบบของวงจรที่แตกต่างกันซึ่งอธิบายได้ดังนี้

2.1.1 ส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่

หลักการของวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าของส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่ (CONTINUOUS CURRENT) จะมีรูปแบบของวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

วงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าในส่วนนี้จะให้กระแสไฟฟ้าเอาท์พุทผ่านโหลดความต้านทาน (R_L) โดยกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับ INPUT VOLTAGE (Vi) ค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุทนั้นจะถูก SENSE ด้วย Rs ซึ่งค่า Rs ในวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าจะมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ จากวงจรนี้ค่าศักดาไฟฟ้าเอาท์พุท (Vo) จะมีค่าเท่ากับ

$$Vo = [V_i * (R_L + R_S)] / R_S$$

และค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุท (I_o) ที่ผ่าน R_L มีค่าเท่ากับ

$$I_o = V_o / (R_S + R_L)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ว่า

$$I_o = V_i / R_s$$

จากสมการสุดท้ายจะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุท (I_o) จะไม่ขึ้นกับค่าโหลดความต้านทาน (R_L) แต่จะขึ้นกับค่าศักดาไฟฟ้าอินพุท (Vi) และ Rs เท่านั้น นั่นคือ R_L จะมีค่าเท่าไรก็ได้หรือจะไม่มี (มีค่าเป็นศูนย์) ก็ได้

จากวงจรจะเห็นว่าเมื่อต้องการกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทสูงๆ นั้นถ้าพึ่งออปแอมป์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทได้มากพอ ต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาช่วยขับกระแสไฟฟ้าเอาท์พุท และถ้ายังขับกระแสไฟฟ้าได้ไม่พออาจจะใช้ทรานซิสเตอร์มา DARLINGTON กันเพื่อขับกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้นก็ได้ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 เมื่อเราใช้ไฟเลี้ยงที่จะจ่ายให้แก่ทรานซิสเตอร์จาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST ก็จะเท่ากับว่าเป็นการดึงกระแสไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่จะ TEST นั่นเอง

2.1.2 ส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ

หลักการของวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าของส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ (PULSE CURRENT) ส่วนมากจะใช้อุปกรณ์ที่ช่วยขับกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทเป็นทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟทโดยมีหลักการแสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

จากวงจรในรูปที่ 3.1 จะมีตัวความต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวปรับขนาดของ PULSE (V_G) ที่จะเข้าขาเกทของมอสเฟท (MOSFET) ซึ่งก็คือการปรับขนาดของ DRAIN CURRENT ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทนั่นเอง จากวงจรจะได้ค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุทเป็นดังนี้

$$I_o = (V_G - V_{GS}) / R_s$$

ซึ่งค่า V_{GS} นี้จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

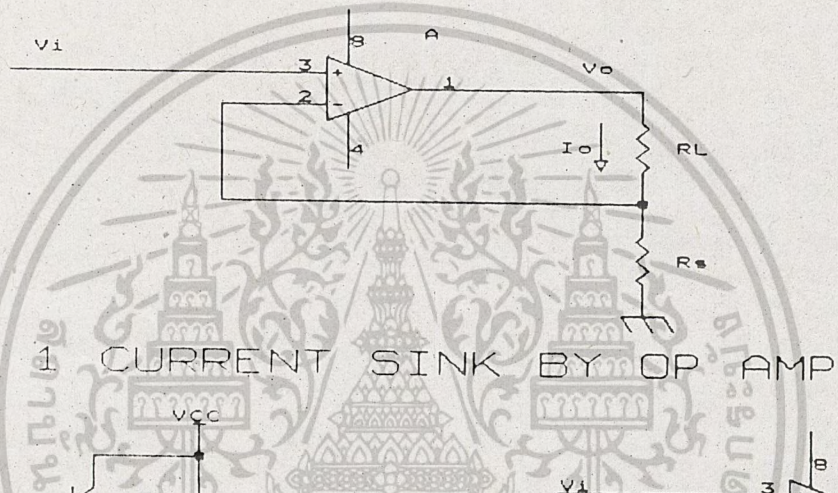


Fig. 1 CURRENT SINK BY OP AMP

Fig. 2 CURRENT SINK BY TRANSISTOR

และจากวงจรในรูปที่ 3.2 จะมีตัวความต้านทานปรับค่าได้เป็นตัวปรับขนาดของ PULSE (V_B) ที่จะเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งก็คือการปรับขนาดของกระแสไฟฟ้าเอาท์พุท (I_C) นั่นเอง ซึ่งจะได้ค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุทเป็นดังนี้

$$I_o = (V_B - V_{BE}) / R_s$$

ซึ่งค่า V_{BE} นี้จะแปรตามอุณหภูมิของอุปกรณ์

ในลักษณะเดียวกับวงจรในส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่ถ้าเราใช้ไฟเลี้ยงที่จ่ายให้ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟทจาก POWER SUPPLY ที่เราจะทำการ TEST ก็จะเท่ากับว่าเป็นการดึงกระแสไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่เราจะทำการ TEST นั่นเอง

ในการใช้งานจริงทั้งส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่และส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนั้น อาจนำมอสเฟทหรือทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่งมาขนาน เพื่อช่วยดึงกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทให้เพิ่มขึ้นและจะเป็นการช่วยลด POWER LOSS ที่ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟทนั้นด้วย สำหรับการเลือกค่า R_s ในวงจรทั้งส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่และส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนั้นจะต้องเลือกค่า R_s ที่มีค่าต่ำๆ เพื่อที่จะได้สามารถ TEST POWER SUPPLY ในขณะที่จ่ายศักดาไฟฟ้าที่ต่ำๆ แล้วสามารถ TEST การจ่ายกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทได้ตามที่ต้องการ แต่ถ้าค่าของ R_s ไม่มีผลมากนักควรเลือกค่า R_s ที่สูงไว้เพื่อช่วย DROP POWER ที่เกิดที่ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟทโดยทางอ้อมซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์นั้นๆ

สำหรับการพิจารณาว่าจะใช้ POWER MOSFET หรือ POWER TRANSISTOR ช่วยในการดึงกระแสไฟฟ้านั้นจะต้องพิจารณาจากลักษณะการใช้งานและราคาของอุปกรณ์นั้น ซึ่งทั้ง POWER MOSFET และ POWER TRANSISTOR ต่างก็มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันดังนี้

ข้อดีของ POWER MOSFET

1. ความเร็วในการปิดเปิดวงจร

เนื่องจาก POWER MOSFET เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัย MAJORITY CARRIER ดังนั้นจึงทำให้มีความเร็วในการปิดเปิดวงจรสูง เพราะจะไม่เกิดการสะสมประจุในบริเวณขาเบสเนื่องจากการทำงานไม่เกี่ยวกับ MINORITY CARRIER ซึ่งผลจากคุณสมบัติ

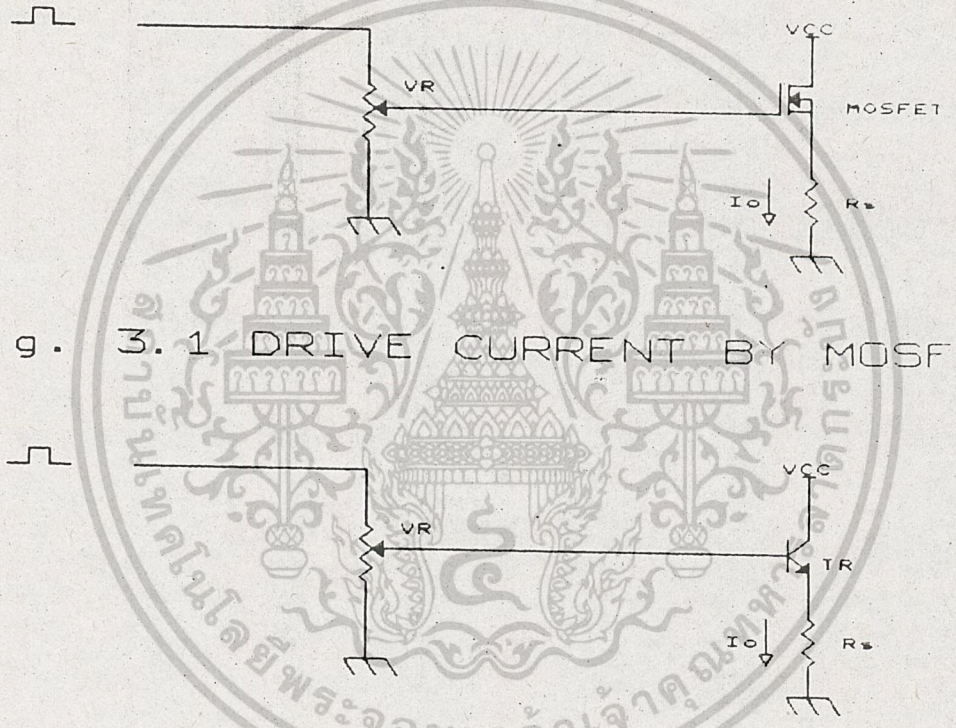


Fig. 3.1 DRIVE CURRENT BY MOSFET

Fig. 3.2 DRIVE CURRENT BY TRANSISTOR

ในด้านนี้ทำให้ POWER MOSFET มีผลตอบสนองเชิงความถี่กว้างด้วย

2. ไม่มี SECOND BREAKDOWN

เนื่องจาก POWER MOSFET มีการกระจายของกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยคงที่ตลอดหน้าตัดแผ่นซิลิกอนทำให้ไม่เกิดจุดความร้อนสูงบนแผ่นซิลิกอนซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด SECOND BREAKDOWN ดังนั้นในการใช้งาน POWER MOSFET จะมั่นใจได้ว่าภายในพื้นที่การใช้งานที่ปลอดภัย (SAFE OPERATING AREA) จะไม่เกิด SECOND BREAKDOWN กับตัวอุปกรณ์

3. DRIVE ง่าย

เนื่องจาก POWER MOSFET มีชั้นออกไซด์แยกเกทออกมาทำให้ความต้านทานอินพุทของ POWER MOSFET มีค่าสูงมาก เป็นผลให้ความต้องการของวงจร DRIVE แทบจะไม่ขึ้นกับกระแสโหลด ดังนั้นจึงเป็นการลดความยุ่งยากของวงจร DRIVE POWER MOSFET

4. ค่าความต้านทานของหัวต่อเดรน-ซอร์สมีสัมประสิทธิ์เชิงอุณหภูมิเป็นบวก

เนื่องจาก POWER MOSFET มีค่าความต้านทานของหัวต่อเดรน-ซอร์ส (r_{DS}) มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของตัวมันสูงขึ้น นั่นคือ POWER MOSFET จะนำกระแสไฟฟ้าได้น้อยลงเมื่อมันร้อนขึ้นทำให้ตัวอุปกรณ์ไม่เสียหายเมื่อมันร้อน จากลักษณะในข้อนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำ POWER MOSFET มาต่อขนานกัน

ข้อดีของ POWER TRANSISTOR

1. POWER TRANSISTOR จะมีราคาที่ต่ำกว่า POWER MOSFET เมื่อมีอัตราทนกำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน

2. POWER TRANSISTOR มีอัตราทนกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่า POWER MOSFET

สำหรับข้อเสียของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ก็คือข้อดีของอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งนั่นเอง จากข้อดีและข้อเสียของทั้ง POWER TRANSISTOR และ POWER MOSFET จะสามารถสรุปแนวทางในการเลือกใช้งานอุปกรณ์ทั้ง 2 ได้ดังนี้

POWER TRANSISTOR จะเหมาะสมในการใช้งานที่สัญญาณความถี่ต่ำ และมี POWER LOSS ที่เกิดที่ตัวอุปกรณ์มีค่าสูง สำหรับ POWER MOSFET นั้นจะเหมาะสมในการใช้งานที่สัญญาณความถี่สูง และมี POWER LOSS ที่เกิดที่ตัวอุปกรณ์มีค่าต่ำ รวมทั้งเมื่อต้องการความปลอดภัยที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการและลักษณะของ TL 494

TL 494 เป็นวงจรควบคุม PULSE WIDTH MODULATION โดยความถี่ไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญใน SWITCHING POWER SUPPLY ภายในจะมีวงจรกำเนิดสัญญาณ SAW TOOTH โดยสามารถเลือกค่าความถี่ของสัญญาณได้จากค่า R_T และ C_T ที่ต่อจากภายนอกโดยค่าความถี่ของสัญญาณ SAW TOOTH จะเท่ากับ

$$F_{osc} = 1.1 / (R_t * C_t)$$

ซึ่ง BLOCK DIAGRAM ของ TL 494 แสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ความกว้างของสัญญาณพัลส์เอาท์พุทของ TL 494 จะถูกกำหนดโดยการเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณ SAW TOOTH ด้านบวกกับสัญญาณควบคุม 2 สัญญาณ ได้แก่ สัญญาณ FEEDBACK / P.W.M. COMPARATOR INPUT และ สัญญาณ DEAD-TIME CONTROL โดยเมื่อใดที่ขนาดของสัญญาณ SAW TOOTH มีค่ามากกว่าขนาดของสัญญาณควบคุม 2 สัญญาณนี้แล้วก็จะทำให้มีสัญญาณเอาท์พุทเกิดขึ้นคือ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน (ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะสลับช่วงการทำงานกัน) ซึ่งการเพิ่มขนาดของสัญญาณควบคุม 2 สัญญาณนี้จะทำให้เกิดการลดลงของความกว้างของสัญญาณพัลส์เอาท์พุทอย่าง LINEAR

สัญญาณควบคุม 2 สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ป้อนจากภายนอกโดยสามารถป้อนเข้าทางขา DEADTIME CONTROL (ขา 4) , ขา ERROR AMPLIFER INPUT (ขา 1,2,15,16) หรือ ขา FEEDBACK INPUT (ขา 3) เนื่องจาก DEAD TIME CONTROL COMPARATOR มีค่าออฟเซ็ทประมาณ 120 mV ซึ่งจะทำให้ค่าสูงสุดของ DUTY CYCLE ของสัญญาณเอาท์พุทมีค่าไม่ถึง 100 เปอร์เซนต์ คือจะมีค่าประมาณ 96 เปอร์เซนต์เมื่อขา OUTPUT CONTROL (ขา 13) ต่อกับกราวน์ และเป็น 48 เปอร์เซนต์เมื่อขา OUTPUT CONTROL ต่อกับ REFERENCE LINE (Vref) นอกจากนี้ค่า DEAD TIME ของสัญญาณเอาท์พุทของ TL 494 อาจถูกควบคุมด้วยสัญญาณอินพุทที่ป้อนที่ขา DEAD TIME CONTROL โดยตั้งค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนเข้าที่ขานี้ให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 3.5 VOLT

เอาท์พุทของ PWM COMPARATOR จะเป็นค่าเฉลี่ยของเอาท์พุทของ ERROR AMPLIFIER ซึ่งค่าศักดาไฟฟ้าที่จุดนี้จะมีผลต่อค่าความกว้างของพัลส์เอาท์พุท ซึ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับค่าเวลา ON TIME จากค่าสูงสุดถึงศูนย์ทำได้โดยปรับค่าศักดาไฟฟ้าที่ขา FEEDBACK INPUT ให้มีค่าจาก 0.5 ถึง 3.5 โวลท์ โดยที่ ERROR AMPLIFIER 2 ตัว นี้สามารถ SENSE เอาท์พุทได้ทั้งศักดาไฟฟ้าเอาท์พุทและกระแสไฟฟ้าเอาท์พุท วงจร TL 494 นี้สามารถทำงานได้ 2 ลักษณะคือ

1. PUSH-PULL MODE

เป็นลักษณะการทำงานที่ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 สลับกันทำงานซึ่งจะให้ค่า DUTY CYCLE สูงสุดของสัญญาณเอาท์พุทมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซนต์ และความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทจะเป็นครึ่งหนึ่งของความถี่ของสัญญาณ SAW TOOTH นั่นคือสัญญาณเอาท์พุทจะมีความถี่เท่ากับ

$$F_o = 1.1 / (2 * R_t * C_t)$$

ซึ่งทำได้โดยการต่อขา OUTPUT CONTROL (ขา13) เข้าที่ V_{ref}

2. SINGLE-END MODE

เป็นลักษณะการทำงานที่ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 แยกกันทำงานคือ จะเอาสัญญาณเอาท์พุทออกจากทรานซิสเตอร์ตัวใดก็ได้ แต่ลักษณะของสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะกลับเฟสกัน ค่าความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทจะเท่ากับความถี่ของสัญญาณ SAW TOOTH นั่นคือสัญญาณเอาท์พุทจะมีความถี่เท่ากับ

$$F_o = 1.1 / (R_t * C_t)$$

ซึ่งค่า DUTY CYCLE สูงสุดของสัญญาณจะมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซนต์ ซึ่งทำได้โดยการต่อขา OUTPUT CONTROL ลงกราวน์ ในลักษณะการทำงานแบบ SINGLE-END นี้สามารถเพิ่มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้และสามารถเพิ่มค่าสูงสุดของ DUTY CYCLE เป็นประมาณ 90 เปอร์เซนต์ได้โดยการนำทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 มาต่อขนานกัน

027955
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

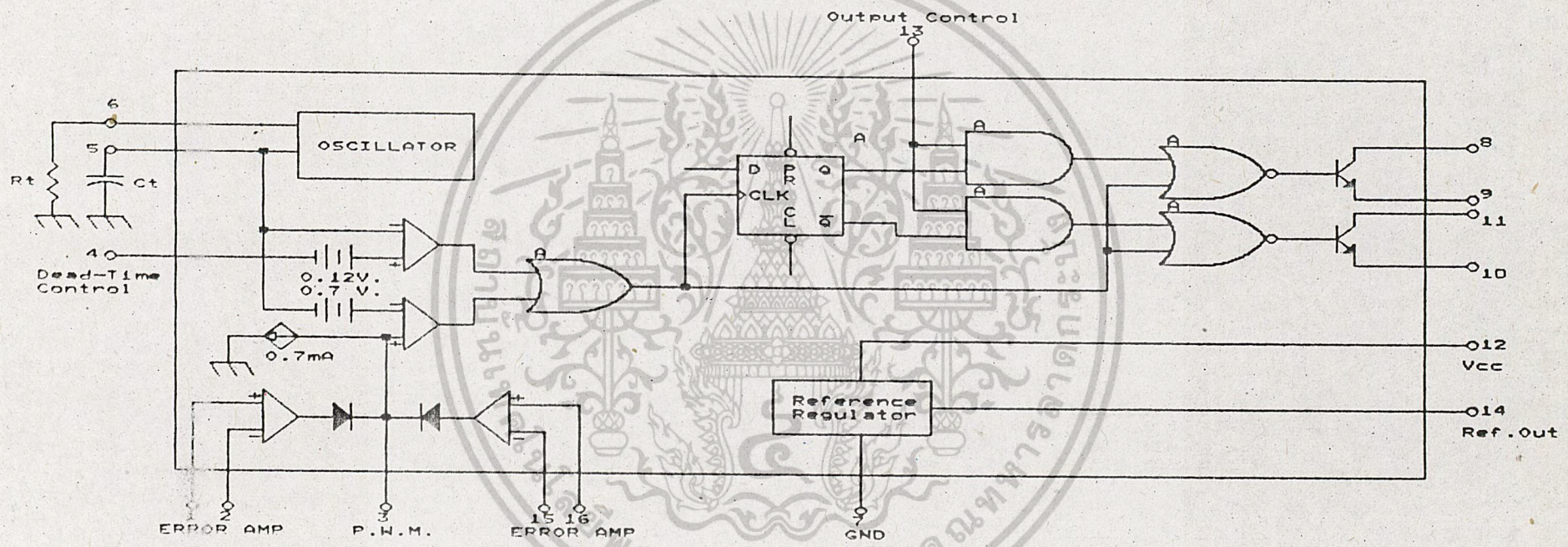


Fig. 4 BLOCK DIAGRAM TL494

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.3 หลักการ DRIVE POWER MOSFET

POWER MOSFET มีคุณลักษณะสมบัติหลายประการแตกต่างไปจากอุปกรณ์ไบโพลาร์ ซึ่งปกติต้องการสัญญาณขับในลักษณะแรงดันต่ำแต่กระแสสูง ในขณะที่ POWER MOSFET ต้องการสัญญาณแรงดันสูงโดยดึงกระแสอินพุทต่ำ ซึ่งในการออกแบบวงจรที่ขับ POWER MOSFET นั้นจะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่างๆต่อไปนี้

1. ความต้านทานเอาท์พุทของวงจรขับ POWER MOSFET ต้องมีค่าต่ำ เนื่องจาก POWER MOSFET ใช้พื้นที่ชิปค่อนข้างใหญ่ดังนั้นการ DRIVE POWER MOSFET จึงเสมือนการขับวงจร CAPACITIVE REACTANCE NETWORK เนื่องจาก C ที่ขาเกทของตัวอุปกรณ์นั่นเอง

2. แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าที่ขาเกทต้องมีค่าไม่เกิน 10 หรือ 20 โวลท์ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ เนื่องจากชั้นฉนวนที่ทำเป็นเกทนั้นใช้สารออกไซด์ที่มีความหนาน้อยกว่า 0.0001 นิ้ว จึงอาจจะชาดในได้หากป้อนแรงดันเข้าระหว่างเกทกับซอร์สเกิน 10 หรือ 20 โวลท์

3. ค่า POWER LOSS ที่ POWER MOSFET (P_D) ต้องมีค่าเป็นไปตามสมการ

$$T_c + P_D * r(t) * R_{\theta jc} < T_{jmax}$$

ซึ่งค่า T_{jmax} , $R_{\theta jc}$ จะบอกจาก DATA BOOK

$r(t)$ ดูได้จากกราฟ THERMAL RESPONSE CURVE

ในการใช้งานจริงๆนั้นจะมีวงจรขับ POWER MOSFET อยู่หลายลักษณะซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก

สำหรับการเลือก POWER MOSFET ในการใช้งานต่างๆนั้นมีข้อพิจารณาดังนี้

1. ค่าศักดาไฟฟ้าสูงสุดระหว่างเดรนกับซอร์ส ซึ่งในการใช้งานจริงนั้นจะต้องระวัง TRANSIENT VOLTAGE จาก POWER SUPPLY โดยส่วนมากแล้วจะนิยมเผื่อค่าใน SPEC ไว้ประมาณ 3 เท่าเมื่อเทียบกับค่าที่ใช้งานจริง

2. ค่าสูงสุดของกระแสเดรนซึ่งมีค่าขึ้นกับค่าความกว้างของพัลส์ คุณสมบัติของอุปกรณ์และ THERMAL RESISTANCE

3. ค่าความต้านทานขณะทำงานระหว่างขาเดรนกับซอร์ส (DRAIN-TO-SOURCE ON RERSISTANCE) ซึ่งเป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าเมื่อศักดาไฟฟ้าระหว่างขาเดรนกับซอร์สมีค่าต่ำ

4. อุณหภูมิที่ตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการของส่วนแสดงผลของส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ

การแสดงผลของเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER ในส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนั้นค่าที่แสดงออกทาง 7 SEGMENT จะเป็นค่า PEAK CURRENT ที่ดึงจาก POWER SUPPLY ที่ทำการ TEST เนื่องจากวงจรรวม(IC)ที่ใช้เป็นตัวแสดงผลนั้นจะแสดงค่าสัญญาณเอาท์พุทตามขนาดของสัญญาณอินพุท แต่กระแสไฟฟ้าที่ดึงจาก POWER SUPPLY ในโหมดนั้นมีลักษณะเป็น PULSE ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่เป็นสัญญาณอินพุทของตัวแสดงผลมีลักษณะเป็น PULSE ด้วย ดังนั้นสำหรับส่วนแสดงผลของส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะจะต้องมีส่วนที่ทำการคงค่า PEAK CURRENT ไว้ในช่วงที่ไม่ได้ดึงกระแสไฟฟ้า (PULSE ช่วงที่ OFF) เพื่อให้ค่าศักดาไฟฟ้าก่อนที่จะไปเข้าตัวแสดงผลมีลักษณะเป็นระดับศักดาไฟฟ้าคงที่

ในโครงงานนี้ใช้ไอซี LF 398 ซึ่งภายในเป็นวงจร SAMPLE AND HOLD โดย LF 398 นี้จะทำหน้าที่แสดงค่า PEAK VOLTAGE (PEAK CURRENT * R_s) ของสัญญาณอินพุทซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์ออกเป็นระดับศักดาไฟฟ้าที่คงที่ โดยจะมีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วง SAMPLE ช่วงนี้ LF 398 จะอ่านค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทซึ่งป้อนเข้าที่ขา 3 ของ LF 398 มาแสดงออกที่เอาท์พุท (ขา 5)

2. ช่วง HOLD ช่วงนี้ LF 398 จะทำหน้าที่คงค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทที่อ่านมาไว้ในช่วง SAMPLE แล้วแสดงออกที่เอาท์พุท

จากการทำงานของ LF 398 ที่แสดงข้างต้นจะเห็นว่าเอาท์พุทของ LF 398 ที่แสดงจะเป็นระดับศักดาไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับ PEAK VOLTAGE INPUT ที่เวลานั้นๆโดยเมื่อใดก็ตามที่ความสูงของ PEAK VOLTAGE INPUT เปลี่ยนแปลงระดับศักดาไฟฟ้าเอาท์พุทของ LF 398 ก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย LF 398 นี้มีข้อจำกัดในการใช้งานคือจะใช้ไม่ได้เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่า DUTY CYCLE ลดลงถึง 0 เปอร์เซนต์

ในการทำงานของ LF 398 นั้นจะต้องป้อนสัญญาณ LOGIC ซึ่งมีลักษณะเหมือนหรือกลับเฟสกับสัญญาณอินพุท (คือต้องมีความถี่เท่ากันและมีช่วง ON TIME และ OFF TIME ตรงกันหรืออาจสลับช่วง ON TIME กับ OFF TIME ก็ได้) เข้าที่ขา 8 หรือขา 7 ของ LF 398 ตามลำดับเพื่อที่จะให้เอาท์พุทแสดงค่า PEAK VOLTAGE INPUT

LF 398 นี้สามารถกำหนดค่าเวลาในการอ่านค่าจากสัญญาณอินพุท (ACQUISI-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TION TIME) ได้จากค่า HOLD CAPACITOR (C_H) ซึ่งต่อเข้ากับขา 6 ของ LF 398 โดยเมื่อค่า C_H นี้มีค่าน้อยค่าเวลาในการอ่านก็จะน้อย ในทางกลับกันเมื่อค่า C_H นี้มีค่ามากค่าเวลาในการอ่านก็จะมาก โดยปกติเพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งส่วนมากจะมีสาเหตุจาก HOLD CAPACITOR ชนิดของ CAPACITOR ที่ใช้เป็น HOLD CAPACITOR จะต้องเป็นพวก POLYSTYRENE หรือ POLYPROPYLENE หรือ TEFLON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

3.1 การออกแบบส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่

BLOCK DIAGRAM ของวงจรส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนดึงกระแสไฟฟ้า (CURRENT SINK)
2. ส่วนควบคุมและขับรีเลย์ (RELAY CONTROL)

3.1.1 ส่วนดึงกระแสไฟฟ้า (CURRENT SINK)

ส่วนดึงกระแสไฟฟ้านี้จะใช้ลักษณะวงจรแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER) ซึ่งจากรูประดับศักดาไฟฟ้าอินพุท (V_i) จะถูกกำหนดให้ค่ากระแสไฟฟ้าเอาท์พุทที่ได้มีค่า 0 ถึง 4 แอมป์ โดยค่าระดับศักดาไฟฟ้าอินพุทที่ใช้จะพยายามให้มีค่าต่ำๆทั้งนี้เพื่อให้ค่าระดับศักดาไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST มีค่าต่ำที่สุดแล้วสามารถ TEST ได้ถึง 4 แอมป์ ซึ่งระดับศักดาไฟฟ้าอินพุทนี้เราได้จากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าจาก ZENER DIODE โดยมีตัวความต้านทาน R1 มาเป็นตัวกันไม่ให้ศักดาไฟฟ้าอินพุทมีค่าเกินจุดที่ทำให้กระแสไฟฟ้าเอาท์พุทเกิน 4 แอมป์

เนื่องจากเครื่องตรวจสอบ POWER SUPPLY นี้สามารถดึงกระแสไฟฟ้าได้ถึง 4 แอมป์ และใช้งานที่ระดับศักดาไฟฟ้าอินพุท (จาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST) มีค่า 0 ถึง 40 โวลท์ จะเห็นได้ว่าจะเกิด POWER LOSS ที่ POWER TRANSISTOR ในกรณีที่ไม่มีความต้านทาน R2 และ R3 มีค่าประมาณ 160 watt ซึ่งเป็นค่าที่สูงอาจจะทำให้ตัวทรานซิสเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นจึงต้องมีตัวความต้านทานมาช่วยแบ่งค่าศักดาไฟฟ้าที่ต่อกับตัวทรานซิสเตอร์เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST มีค่าสูงขึ้น โดยในที่นี้จะใช้ตัวความต้านทาน (R2 และ R3) ต่อคร่อมกับ CONTACT ของ RELAY โดยเมื่อถึงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดก็ให้ CONTACT ของ RELAY เปิดออก (ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวความต้านทานแทน) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้ง

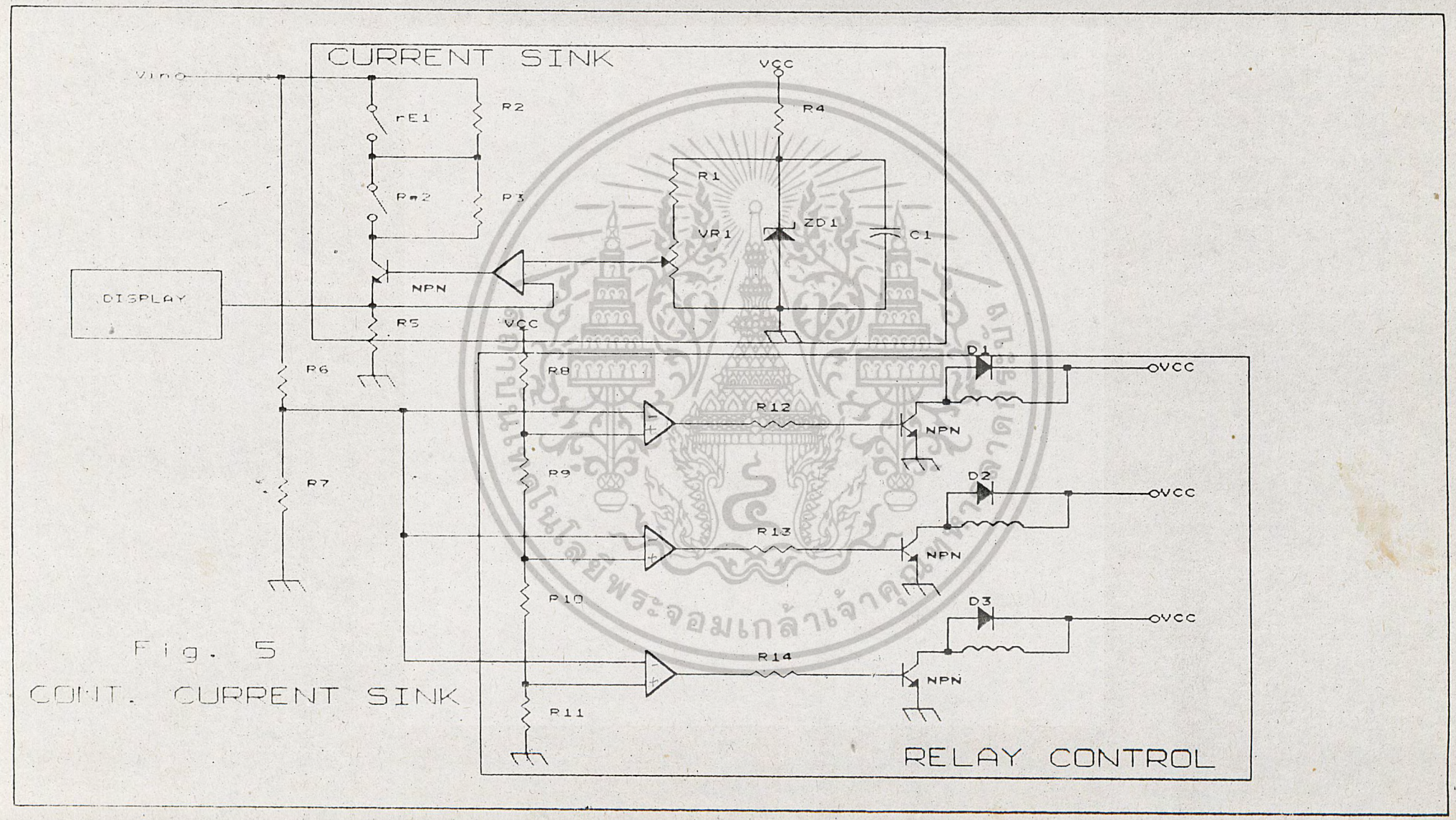


Fig. 5

CONT. CURRENT SINK

ที่นี้ได้ออกแบบให้ RELAY ON หรือ OFF ในช่วงศักดาไฟฟ้าอินพุทต่างๆดังนี้

ศักดาไฟฟ้าอินพุท(โวลท์)	RELAY 2	RELAY 1
น้อยกว่า 14.5	ON	ON
14.5 ถึง 27	ON	OFF
27 ถึง 40	OFF	OFF

หมายเหตุ 1.ON ในที่นี้หมายถึง CONTACT ปิด และ OFF หมายถึง CONTACT เปิด

2.CONTACT ของ RELAY มีลักษณะ NORMALLY CLOSE

จากช่วง ON และ OFF ของ RELAY ที่แสดงจะเห็นว่าค่าความต้านทานที่เหมาะสมที่จะใช้ต้องมีค่าประมาณ 3 Ohm โดยจะเห็นว่าเมื่อ RELAY ตัวที่ 1 OFF ที่ระดับศักดาไฟฟ้าอินพุท 14.5 โวลท์ จะเกิดศักดาไฟฟ้าคร่อมตัวความต้านทาน 3 Ohm มากที่สุด 12 โวลท์ (ขณะที่ดึงกระแสไฟฟ้าสูงสุด 4 แอมป์) นั่นคือยังมีค่าศักดาไฟฟ้าคร่อมทรานซิสเตอร์ และ R_s อยู่เพียงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ดึงกระแสไฟฟ้าต่อไปได้โดยกระแสไฟฟ้าที่ดึงไม่ตก และขณะที่ RELAY ตัวที่ 1 และ RELAY ตัวที่ 2 OFF ทั้ง 2 ตัวที่ระดับศักดาไฟฟ้าอินพุท 27 โวลท์ จะเกิดศักดาไฟฟ้าคร่อมตัวความต้านทาน (R2 และ R3) มากที่สุด 24 โวลท์ นั่นคือยังมีค่าศักดาไฟฟ้าคร่อมทรานซิสเตอร์และ R_s อยู่เพียงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ดึงกระแสไฟฟ้าได้ต่อไปโดยค่ากระแสไฟฟ้าที่ดึงไม่ตกเช่นกัน

เนื่องจากค่าความต้านทาน 3 Ohm นี้ต้องทนกระแสไฟฟ้าสูงสุด 4 แอมป์ ดังนั้นค่าความต้านทาน 3 Ohm นี้ต้องทนกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 48 watt ($4^2 * 3 = 48$ watt) แต่เพื่อเป็นการป้องกันจึงควรเผื่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวความต้านทานทนได้ให้มีค่ามากกว่านี้ ในที่นี้ใช้ตัวความต้านทานที่ทนกำลังไฟฟ้าได้ 60 watt โดยใช้ตัวความต้านทาน 18 Ohm 10 watt มาขนานกัน 6 ตัว

สำหรับค่า R SENSE (R_s) จะต้องใช้ค่าความต้านทานที่มีค่าต่ำที่สุดเพื่อทำให้ค่าศักดาไฟฟ้าที่คร่อมตัวมันมีค่าน้อยๆ ซึ่งจะทำให้ค่าศักดาไฟฟ้าอินพุท (จาก POWER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUPPLY) ที่สามารถ TEST ได้มีค่าต่ำที่สุด ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ค่า Rs สำหรับส่วน CONTINUOUS CURRENT มีค่าประมาณ 0.1 Ohm แต่ค่า Rs ที่มีค่ามากก็มีประโยชน์ในการช่วย DROP ศักดาไฟฟ้าแทนทรานซิสเตอร์

ในโครงงานนี้ใช้ออปแอมป์ LM 358 เป็นตัว DRIVE POWER TRANSISTOR ซึ่งเป็นออปแอมป์ที่ใช้ไฟเลี้ยงเป็นไฟบวกเพียงอย่างเดียว และต้องใช้ POWER TRANSISTOR ที่สามารถจ่ายค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงและมีอัตราทนกำลังไฟฟ้าที่สูง สำหรับในโครงงานนี้ใช้ POWER TRANSISTOR เบอร์ MJ 802

3.1.2 ส่วนควบคุมและขับรีเลย์ (RELAY CONTROL)

หลักการของวงจรในส่วนนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 5 ในโครงงานนี้ใช้ COMPARATOR (LM 311) เป็นตัวควบคุมการทำงานของรีเลย์เนื่องจากเป็น COMPARATOR ที่ใช้ไฟเลี้ยงบวกเพียงอย่างเดียว (เมื่อใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลท์) และมีราคาถูก ในที่นี้ได้ออกแบบไว้ให้รีเลย์ ON หรือ OFF ที่ระดับศักดาไฟฟ้าอินพุทต่างๆดังแสดงไว้ในหัวข้อ 3.1.1 ซึ่งการกำหนดระดับศักดาไฟฟ้าที่รีเลย์จะ ON หรือ OFF นี้กำหนดโดยพิจารณาถึงค่า POWER LOSS ที่ทรานซิสเตอร์ ซึ่งเราสามารถที่จะคำนวณหาค่า POWER LOSS ที่ทรานซิสเตอร์ในแต่ละช่วงได้ดังนี้

$Vin \leq 14.5$; $P = (Vin - 0.1I)*I = Vin*I - 0.1*I^2$

$14.5 < Vin \leq 27$; $P = (Vin - 3.1I)*I = Vin*I - 3.1*I^2$

$27 < Vin \leq 40$; $P = (Vin - 6.1I)*I = Vin*I - 6.1*I^2$

จะได้ค่า Pmax ของทรานซิสเตอร์ในแต่ละช่วงเป็นดังนี้

$Vin \leq 14.5$; Pmax = 58.4 watt

$14.5 < Vin \leq 27$; Pmax = 58.79 watt

$27 < Vin \leq 40$; Pmax = 65.57 watt

จากสูตรการหาค่า P_{DMAX}

$$T_J = T_A + (\theta_{JC} + \theta_{CS} + \theta_{SA}) * P_{DMAX}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งตัวแปรต่างๆมีค่าดังนี้

T_J = 200 องศาเซลเซียส จาก DATA BOOK

T_A = 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ

θ_{JC} = 0.875 องศาเซลเซียส / watt จาก DATA BOOK

θ_{CS} = 0.5 องศาเซลเซียส / watt

θ_{SA} = 0 องศาเซลเซียส / watt เมื่อสมมติให้ขนาดของ HEAT SINK เป็น INFINITY

จากสูตรการหาค่า P_{DMAX} และค่าของตัวแปรต่างๆ จะได้ค่า P_{DMAX} เท่ากับ 123 watt

ซึ่งจะเห็นว่าค่า Pmax ซึ่งเป็นค่า POWER LOSS ที่ POWER TRANSISTOR ในการใช้งานจริงโดยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 65.57 watt นั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่า P_{DMAX} (ซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดได้สูงสุดที่ POWER TRANSISTOR เมื่อพิจารณาว่าขนาดของ HEAT SINK เป็นอนันต์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 123 watt อยู่มากซึ่งเป็นการยืนยันว่าจะไม่เกิดความเสียหายกับ POWER TRANSISTOR เมื่อใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้นี้

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าจะมี RELAY ตัวที่ 3 อีกตัว รีเลย์ตัวนี้มีไว้เพื่อตัดไฟเลี้ยงที่จ่ายแก่ส่วนที่เกี่ยวกับการดึงกระแสไฟฟ้าทั้งหมด (ทั้งส่วนดึงกระแสไฟฟ้าคงที่และส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ) เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทที่เข้ามามีค่ามากกว่า 40 โวลท์ ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการดึงกระแสไฟฟ้าในขณะที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทมีค่ามากกว่า 40 โวลท์นั่นเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับ POWER TRANSISTOR หรือ POWER MOSFET

จากรูปจะเห็นว่าเรานำศักดาไฟฟ้า 5 โวลท์ มาทำการ DIVIDER แล้วไปป้อนเข้าที่ขา INVERTING ของ COMPARATOR เพื่อเป็น Vref นั้นเพราะว่าในการใช้งานวงจร COMPARATOR นั้นค่า Vref จะมีค่ามากกว่าไฟเลี้ยง COMPARATOR ไม่ได้ (ไฟเลี้ยง COMPARATOR มีค่า 5 โวลท์) ซึ่งถ้า Vref มีค่ามากกว่าไฟเลี้ยงที่จ่ายแก่ COMPARATOR จะทำให้ COMPARATOR ตัวนั้นไม่ทำงานหรือทำงานผิดพลาด ในวงจรจะมีตัวความต้านทาน R5 และ R6 ซึ่งมีค่า 10 Kohm และ 100 Kohm ตามลำดับมาเป็นตัว DIVIDER ศักดาไฟฟ้าอินพุทแล้วป้อนเข้าที่ขา NONINVERTING ของ COMPARATOR ทุกตัวโดยเมื่อใดก็ตามที่ค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทที่ขา NONINVERTING นี้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามากกว่าระดับศักดาไฟฟ้าที่ขา INVERTING ของ COMPARATOR (Vref) ก็จะทำให้รีเลย์ตัวนั้นๆทำงาน

สำหรับส่วนขับรีเลย์ก็มีลักษณะเหมือนทั่วๆไป คือมีทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดของรีเลย์ โดยมีไดโอดต่อคร่อมขดลวดรีเลย์เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลกลับเป็นการป้องกันตัวรีเลย์เกิดความเสียหาย และมีตัวความต้านทาน R11 ,R12 และ R13 ซึ่งมีค่าประมาณ 20 Kohm เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ

BLOCK DIAGRAM ของส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้คือ

1 ส่วนกำเนิดสัญญาณพัลส์ (PULSE GENERATOR)

2 ส่วนขับ POWER MOSFET (DRIVE POWER MOSFET)

3.2.1 ส่วนกำเนิดสัญญาณพัลส์

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้เครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER สามารถดึงกระแสไฟฟ้าเป็นพัลส์ได้แตกต่างกัน 3 ความถี่ คือ 1 KHz , 10 KHz และ 50 KHz โดยสามารถปรับขนาดของพัลส์ของกระแสไฟฟ้าที่จะดึงจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 10 แอมป์ และสามารถปรับความกว้างของพัลส์ (DUTY CYCLE) ได้โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ

1. ตั้งแต่ 10 ถึง 90 เปอร์เซนต์ เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทจาก POWER SUPPLY มีค่าน้อยกว่า 14.5 โวลท์

2. ตั้งแต่ 10 ถึง 50 เปอร์เซนต์ เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทจาก POWER SUPPLY มีค่ามากกว่า 14.5 โวลท์

ในโครงงานนี้ใช้ TL 494 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งจากหลักการและลักษณะของ TL 494 ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 2 นั้นทำให้สามารถออกแบบวงจรในส่วนของ TL 494 ให้เป็นตาม SPEC ของเครื่องได้ดังนี้

เนื่องจากความถี่ของพัลส์มี 3 ความถี่ จากสูตรความถี่ของสัญญาณพัลส์เอาท์พุทของ TL 494 (เมื่อมีการใช้งาน TL 494 ในลักษณะ SINGLE-END ที่ทรานซิสเตอร์เอาท์พุทต่อขนานกัน)

$$Fo = 1.1 / (R_T * C_T)$$

จากสูตรจะเห็นว่าค่าความถี่ของสัญญาณนั้นถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ที่ต่อจากภายนอกคือ R_T และ C_T ในโครงงานนี้ได้กำหนดค่า C_T ให้คงที่แล้วเปลี่ยนค่าความถี่โดยเปลี่ยนค่า R_T ซึ่งใช้ความต้านทานปรับค่าได้มาอนุกรมกับตัวความต้านทานคงที่เพื่อให้ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทมีค่าที่ถูกต้องแน่นอน โดยกำหนดให้ C_T มีค่า 0.01 uF

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

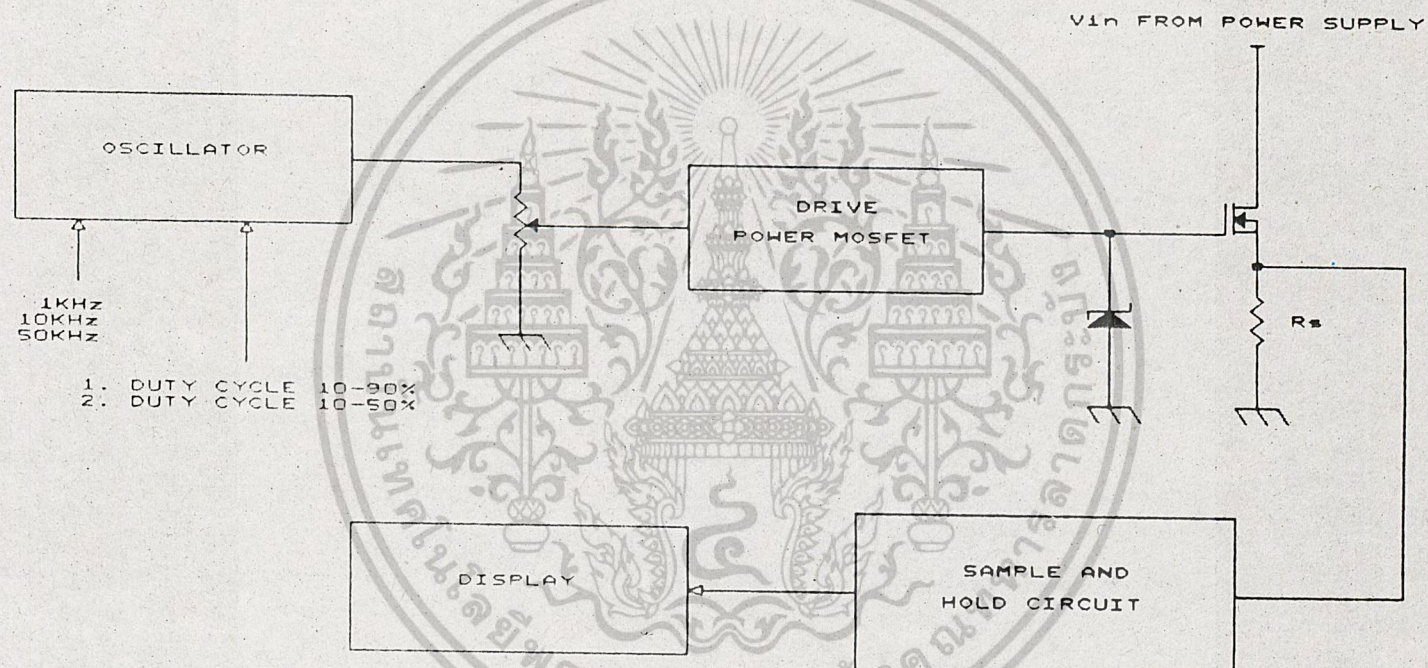


Fig. 6 PULSE CURRENT SINK

จากสูตรข้างต้นจะได้ค่าความต้านทาน (R_T) ที่ความถี่ต่างๆดังนี้

R_T = 110 kohm ที่ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท 1 KHz

R_T = 11 kohm ที่ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท 10 KHz

R_T = 2.2 kohm ที่ความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท 50 KHz

เนื่องจากมีการแบ่งช่วงค่าสูงสุดของ DUTY CYCLE เป็น 2 ช่วง ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าสูงสุดของช่วง ON TIME ของสัญญาณเอาท์พุทเป็น 2 ช่วงด้วยกันคือ ขณะที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทจาก POWER SUPPLY มีค่าน้อยกว่า 14.5 โวลท์ จะให้ช่วง ON TIME มีค่าสูงสุด 90 เปอร์เซนต์ และเมื่อศักดาไฟฟ้าอินพุทมีค่ามากกว่า 14.5 โวลท์ ก็จะให้ช่วง ON TIME มีค่าสูงสุด 50 เปอร์เซนต์ จากลักษณะของ TL 494 จะพบว่าเราสามารถกำหนดค่าสูงสุดของช่วง ON TIME ได้จากค่าศักดาไฟฟ้าที่ขา 3 (ขา FEEDBACK / P.W.M. COMPARATOR INPUT) ของ TL 494 โดยใช้ CONTACT จากรีเลย์ตัวที่ 1 ในส่วนดิงกระแสไฟฟ้าคงที่เป็นตัวตัดต่อโดยในขณะที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทจาก POWER SUPPLY มีค่าน้อยกว่า 14.5 โวลท์ ก็ให้ขา 3 ต่อลง GROUND และเมื่อศักดาไฟฟ้าอินพุทจาก POWER SUPPLY มีค่ามากกว่า 14.5 โวลท์ ก็ให้ขา 3 ต่อกับตัวความต้านทานปรับค่าได้ซึ่งอีกปลายข้างหนึ่งของตัวความต้านทานปรับค่าได้จะต่อลง GROUND คือเป็นการตั้งค่าศักดาไฟฟ้าที่ขา 3 นั่นเอง ซึ่งค่าของความต้านทานตัวนี้จะถูกตั้งให้ค่าสูงสุดของช่วง ON TIME ของสัญญาณเอาท์พุทมีค่า 50 เปอร์เซนต์และเนื่องจากค่าสูงสุดของช่วง ON TIME เท่ากับ 90 เปอร์เซนต์นี้เองทำให้ต้องใช้งานวงจร TL 494 ในแบบ SINGLE-END ที่ ทรานซิสเตอร์เอาท์พุทต่อขนานกัน

สำหรับการปรับค่า DUTY CYCLE นั้นใช้การปรับค่าศักดาไฟฟ้าที่ขา 4 (ขา DEAD TIME CONTROL) โดยใช้รูปแบบการใช้งาน TL 494 ในลักษณะวงจร DEAD TIME CONTROL ซึ่งจะได้ว่า

MAXIMUM ON TIME = 45 - [80 / (1-(R1/R2))]

เมื่อ OUTPUT CONTROL ต่อกับ Vref และ

MAXIMUM ON TIME = 90 - [80 / (1-(R1/R2))]

เมื่อ OUTPUT CONTROL ต่อกับ GROUND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อต้องการปรับค่า DUTY CYCLE จะต้องให้ R1 เป็นตัวความต้าน ทานปรับค่าได้และจะต้องมีค่ามากกว่า R2 มากๆเมื่อต้องการให้ค่า DUTY CYCLE มีค่าใกล้เคียง 45 เปอร์เซนต์ หรือ 90 เปอร์เซนต์ เมื่อขา OUTPUT CONTROL ต่อกับ Vref และ GROUND ตามลำดับ ค่า 45 และ 90 นี้เป็นค่าสูงสุดของ DUTY CYCLE ที่สามารถปรับได้ซึ่งเราสามารถกำหนดค่านี้ได้โดยกำหนดค่าศักดาไฟฟ้าที่ขา 3 (ขา DEAD TIME CONTROL) ดังที่ได้กล่าวในการกำหนดค่า DUTY CYCLE สูงสุด

เนื่องจากกำหนดว่าค่า DUTY CYCLE เริ่มต้นที่ 10 เปอร์เซนต์ ซึ่ง เป็นผลจากข้อกำหนดในการใช้งาน IC LF 398 ในส่วนแสดงผล ดังนั้นจึงต้องมีตัวความ ต้านทานมาต่ออนุกรมกับตัวความต้านทานปรับค่าได้ (R1) ก่อนที่จะเข้า Vref ดังนั้น ในขณะที่ปรับค่าความต้านทาน R1 ให้เป็น 0 Ohm ก็จะยังมีความต้านทานตัวนี้อยู่ซึ่งจะ ทำให้ค่า DUTY CYCLE ไม่ลดต่ำกว่า 10 เปอร์เซนต์

ค่าความต้านทาน PULL-UP ที่ต่อจากขา COLLECTOR ของทรานซิสเตอร์ใน TL 494 นั้นจะต้องเลือกค่าที่เหมาะสมซึ่งหาได้จากการทดลองให้สัญญาณเอาท์พุทออกมา สวยที่สุด

ในส่วนกำเนิดสัญญาณนี้เมื่อสัญญาณออกจาก TL 494 แล้วจะไปเข้า IC INVERTER เพื่อทำให้รูปสัญญาณดีขึ้น โดยในที่นี้ใช้ IC เบอร์ MC 14049 ซึ่งเป็น CMOS สาเหตุที่ใช้ IC CMOS ก็เพราะว่าต้องการให้ขนาดของสัญญาณที่เข้าขา GATE ของ POWER MOSFET มีขนาดสูงพอที่จะทำให้ POWER MOSFET ดึงกระแสไฟฟ้าได้ถึง 10 แอมป์ โดยใช้ INVERTER ใน MC 14049 ต่อขนานกัน 6 ตัว เพื่อประโยชน์ใน การจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงๆเมื่อนำไปต่อกับส่วนขับ POWER MOSFET ก็จะไม่ถูกโหลดจน ขนาดของสัญญาณลดลง ในโครงงานนี้ใช้ C 0.1 uF มากำจัด NOISE ที่ไฟเลี้ยงของ MC 14049 จากเอาท์พุทของ MC 14049 จะนำไปเข้าตัวความต้านทานปรับค่าได้ซึ่งจะ เป็นตัวปรับขนาดของพัลส์ก่อนที่เข้าส่วนขับ POWER MOSFET นั่นคือตัวความต้านทาน ปรับค่าได้นี้มีไว้สำหรับปรับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่จะดึงจาก POWER SUPPLY ที่จะทำ การ TEST นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนขับ POWER MOSFET

ส่วนขับ POWER MOSFET นี้จะใช้ชุด COMPLEMENTARY มาขับ POWER MOSFET เนื่องจาก วงจร COMPLEMENTARY เป็นวงจรที่มี OUTPUT IMPEDANCE ต่ำและเนื่องจากขา GATE ของ POWER MOSFET เปรียบเสมือนเป็นตัว CAPACITOR ดังนั้นในการ DRIVE POWER MOSFET จึงเปรียบเสมือนการ CHARGE และ DISCHARGE CAPACITOR นั่นเอง ดังนั้นเมื่อส่วนขับ POWER MOSFET มีค่า OUTPUT IMPEDANCE ต่ำแล้วจึงทำให้การ CHARGE และ DISCHARGE เป็นไปได้อย่างรวดเร็วทำให้รูปสัญญาณออกมาดี วงจร COMPLEMENTARY นี้ยังมีประโยชน์คือเป็นตัวขยายกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายสู่ POWER MOSFET ทำให้ขนาดของสัญญาณไม่ถูกโหลด สำหรับวงจร COMPLEMENTARY นี้จะใช้ไฟเลี้ยง 15 โวลท์ กับ GROUND

ก่อนที่จะเข้าขา GATE ของ POWER MOSFET จะต้องมี ZENER DIODE ต่อคร่อมระหว่างขา GATE กับ GROUND เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัว POWER MOSFET เนื่องจากถ้าสัญญาณที่ขับ POWER MOSFET มีค่ามากกว่า 20 โวลท์ จะทำให้ POWER MOSFET เสียหายได้ ดังนั้น ZENER DIODE ที่ใช้จะต้องมีค่าศักดาไฟฟ้าทำงานต่ำกว่า 20 โวลท์ ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ ZENER DIODE ที่มีค่าศักดาไฟฟ้าทำงาน 15 โวลท์

จากการใช้งาน POWER MOSFET จะได้ค่า POWER LOSS สูงสุดที่เกิดที่ตัว POWER MOSFET เป็นดังนี้

$$P_{Dmax} = I_m * V_m * T_{onmax} * F / 2$$

หรือ

$$P_{Dmax} = I_m * V_m * T_{offmax} * F / 2$$

ซึ่งจะได้ค่าเป็นดังนี้

เมื่อ Vin =< 14.5 โวลท์ P_{Dmax} = 65.25 watt

เมื่อ Vin > 14.5 โวลท์ P_{Dmax} = 100 watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ POWER MOSFET เบอร์ 15N40 จากสูตรการหาค่าอัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้

$$P_{Dmax} < (T_{Jmax} - T_c) / (r(t) * R_{\theta Jc})$$

ซึ่งจะได้ค่าอัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 150 watt

จะเห็นว่าค่า POWER LOSS ที่เกิดที่ตัว POWER MOSFET จะมีค่าสูงกว่าค่าอัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้ ในโครงงานนี้จึงใช้ POWER MOSFET 2 ตัวขนานกันเพื่อลด POWER LOSS ที่เกิดที่จะเกิดที่ POWER MOSFET ซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวอุปกรณ์ ในการนำ POWER MOSFET 2 ตัวมาขนานกันนั้นจะต้องมีความต้านทานมาแบ่งกระแสไฟฟ้าโดยต่อก่อนเข้าขา GATE ของ POWER MOSFET ทั้ง 2 ตัว ในโครงงานนี้ใช้ค่าความต้านทาน 10 ohm

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการและการออกแบบส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลในโครงงานนี้จะใช้ 7-SEGMENT 3 หลักครึ่ง ในการแสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่ดึงจาก POWER SUPPLY โดยใช้สัญญาณอินพุทจากค่าศักดาไฟฟ้าที่คร่อม Rs ทั้ง 2 MODE และมี LED แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องว่ากำลังทำงานอยู่ใน MODE ใด หลักการของส่วนแสดงผลของโครงงานนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนสำหรับการทำงานในส่วนดิงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะคือ

1. SAMPLE AND HOLD CIRCUIT
2. DIGITAL DVM WITH MULTIPLEXED 7-SEGMENT

สำหรับการทำงานในส่วนดิงกระแสไฟฟ้าคงที่นั้นการทำงานของส่วนแสดงผลจะมีเพียงส่วนเดียวคือส่วน DIGITAL DVM WITH MULTIPLEXED 7-SEGMENT

3.3.1 SAMPLE AND HOLD CIRCUIT

ส่วน SAMPLE AND HOLD CIRCUIT นี้จะทำหน้าที่แสดงค่า PEAK VOLTAGE ที่คร่อม Rs ของส่วนดิงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ ซึ่งในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้สัญญาณอินพุทที่เข้าที่ขา 3 มี PHASE เท่ากับของสัญญาณลอจิก นั่นคือเอาท์พุทจะแสดงค่าของสัญญารอินพุทในขณะที่สัญญาณลอจิกมีสภาวะเป็น 1 โดยใช้สัญญาณลอจิกจากการ DIVIDER สัญญาณเอาท์พุทของ MC14049 และมีตัวความต้านทานปรับค่าได้ 2 Kohm เป็นตัวปรับค่า DC OFFSET

3.3.2 DIGITAL DVM WITH MULTIPLEXED 7-SEGMENT

ส่วน DIGITAL DVM WITH MULTIPLEXED 7-SEGMENT นี้จะทำหน้าที่แสดงค่า PEAK CURRENT โดยใช้สัญญาณอินพุทเป็นค่าศักดาไฟฟ้าที่คร่อม Rs แต่สำหรับส่วนดิงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนั้นจะต้องนำสัญญาณไฟฟ้าที่ Rs ไปผ่านวงจร SAMPLE AND HOLD เสียก่อน ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้ค่าที่แสดงมีความละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ในโครงงานนี้ใช้วงจรรวม ADD 3501 เป็นตัวแสดงผลซึ่งเป็นวงจรรวมที่มีความถูกต้องสูง และง่ายต่อการใช้งานคือใช้วงจรประกอบภายนอกน้อย ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้มีส่วนแสดงค่าเพียงชุดเดียว โดยใช้การเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ขาอินพุทเมื่อเปลี่ยนโหมดในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

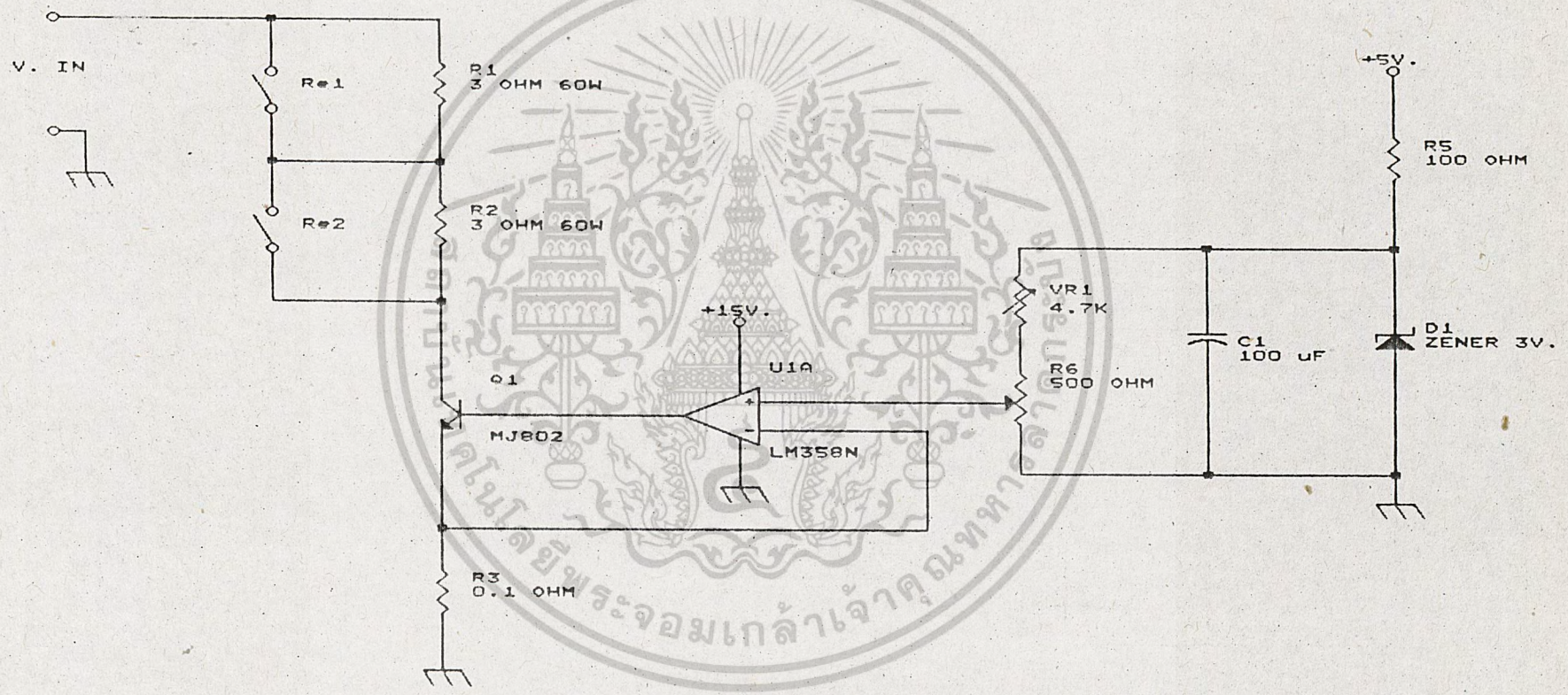


Fig. 7 CURRENT SINK

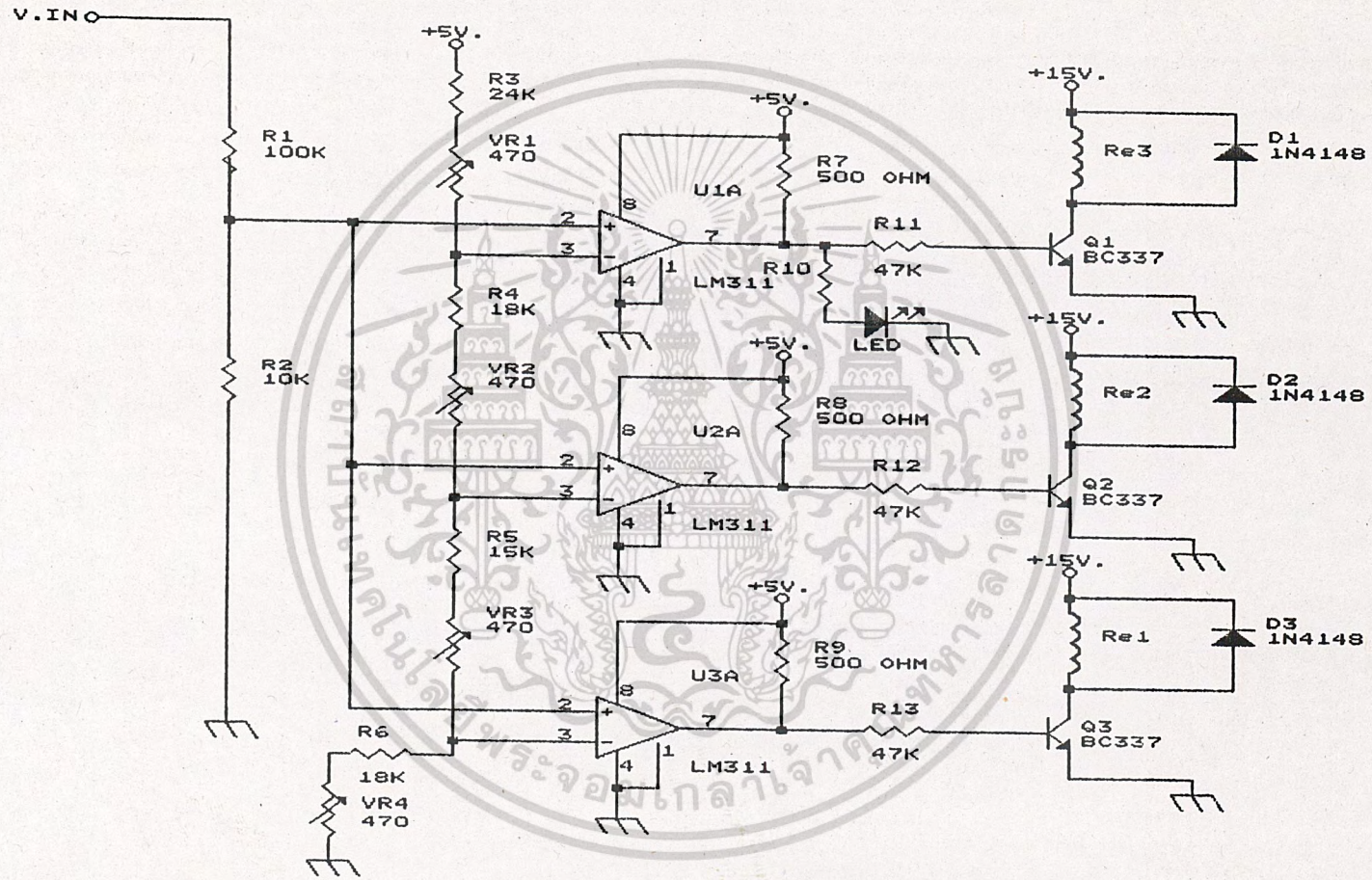


Fig. 8 RELAY CONTROL

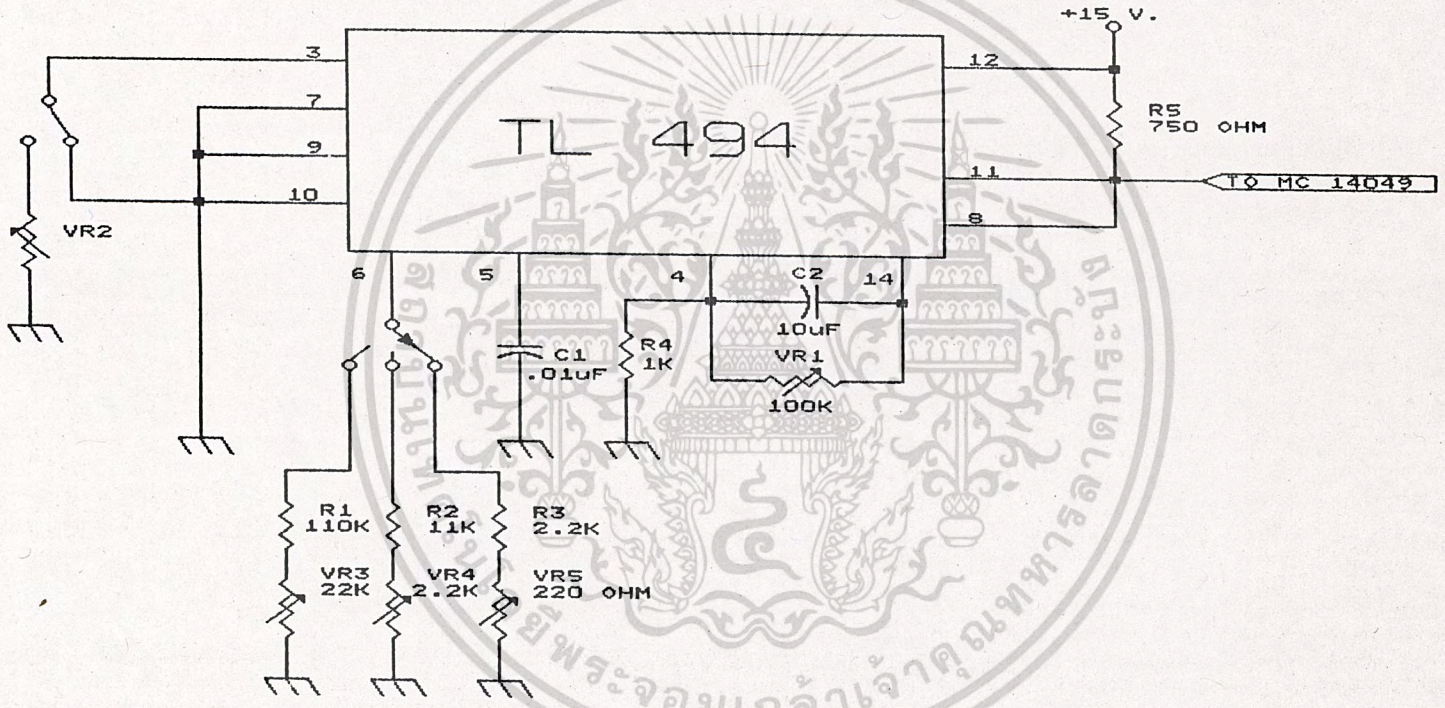


Fig. 9 PULSE GENERATOR

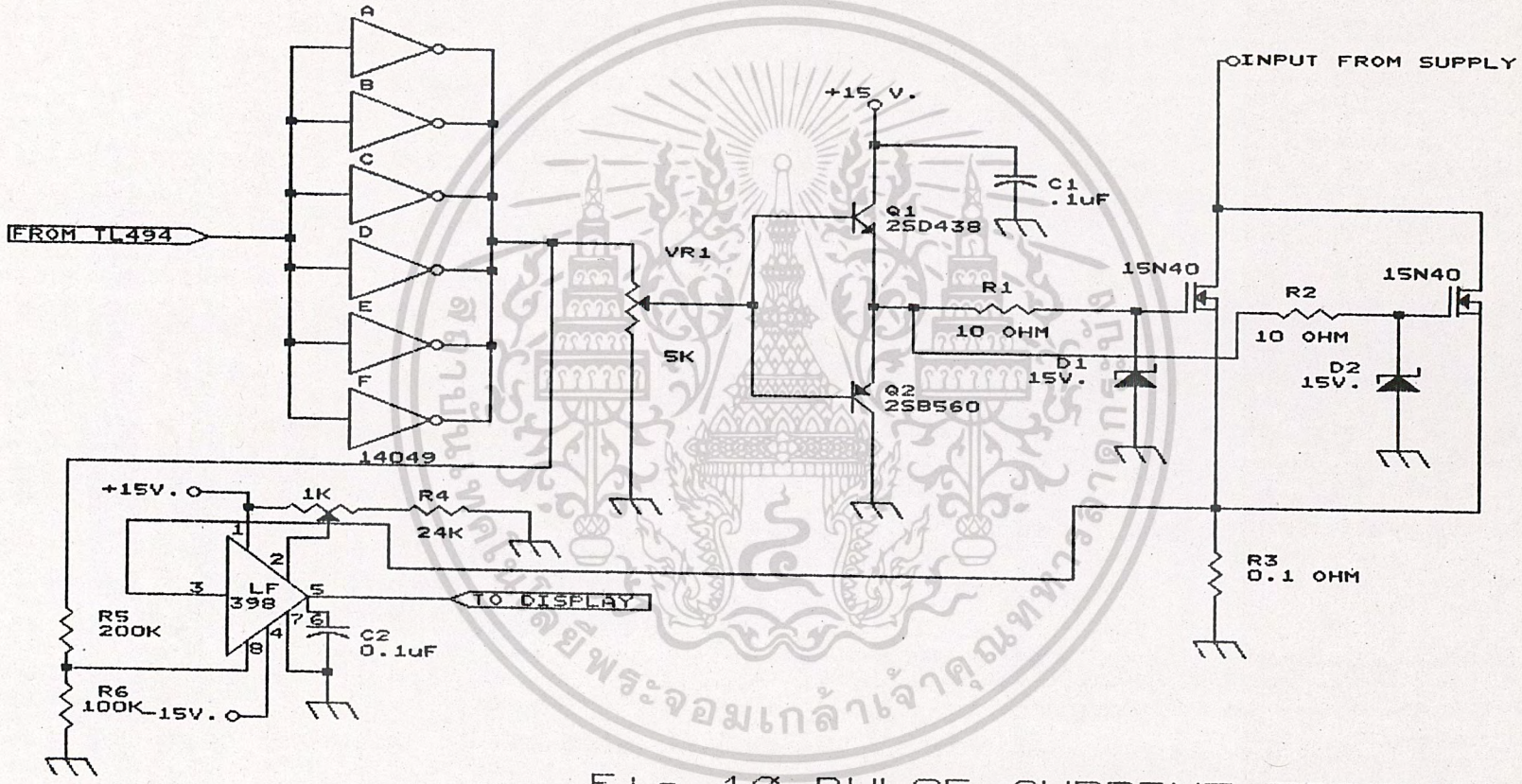


Fig. 10 PULSE CURRENT TESTER

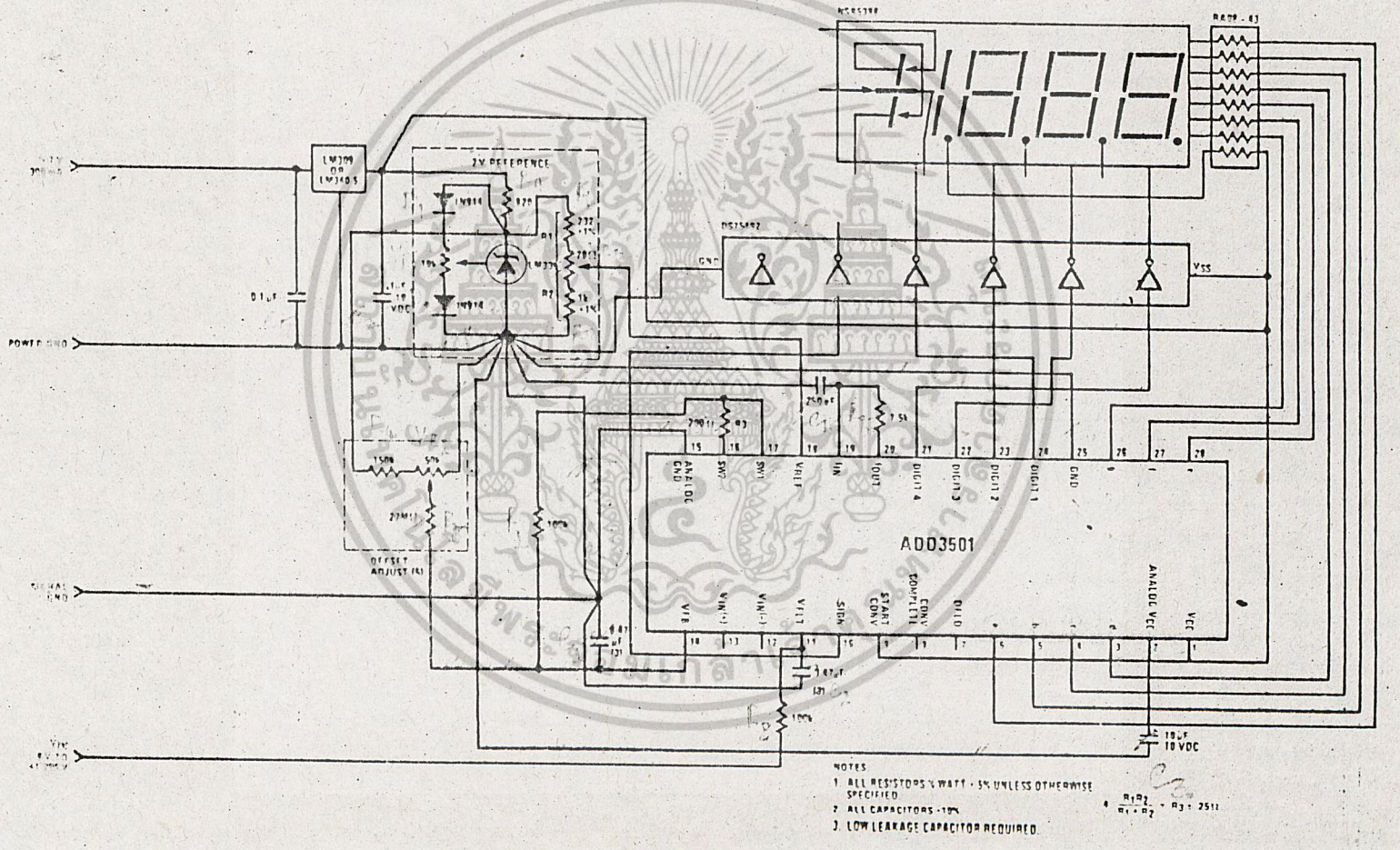


Figure 4. 3½-Digit DPM, ±1.999 Volts Full Scale

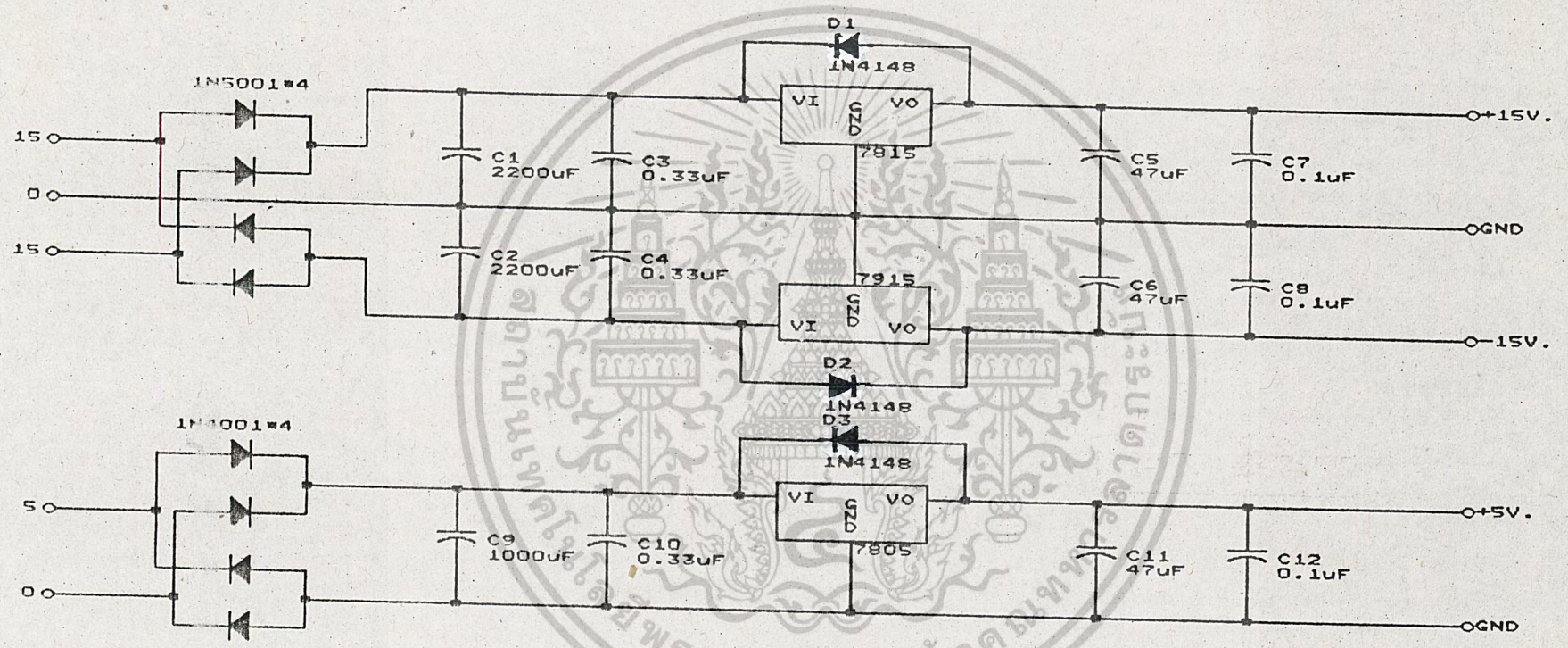


Fig. 12 POWER SUPPLY

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

1.จากการทดลองใช้เครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER ตรวจสอบ POWER SUPPLY จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าและค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทที่สามารถตรวจสอบได้เป็นดังนี้

- CONTINOUS CURRENT TESTING MODE

  สามารถดึงกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 4 แอมป์

  สามารถตรวจสอบได้ที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทตั้งแต่ 3 ถึง 40 โวลท์

- PULSE CURRENT TESTING MODE

  สามารถดึงกระแสไฟฟ้า (PULSE CURRENT) ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 10 แอมป์

  สามารถตรวจสอบได้ที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทตั้งแต่ 5 ถึง 40 โวลท์

2.จากการทดลองวัดคุณลักษณะต่างๆของ CURRENT PULSE นั้น จะได้ว่าลักษณะของ CURRENT PULSE จะเป็นดังนี้

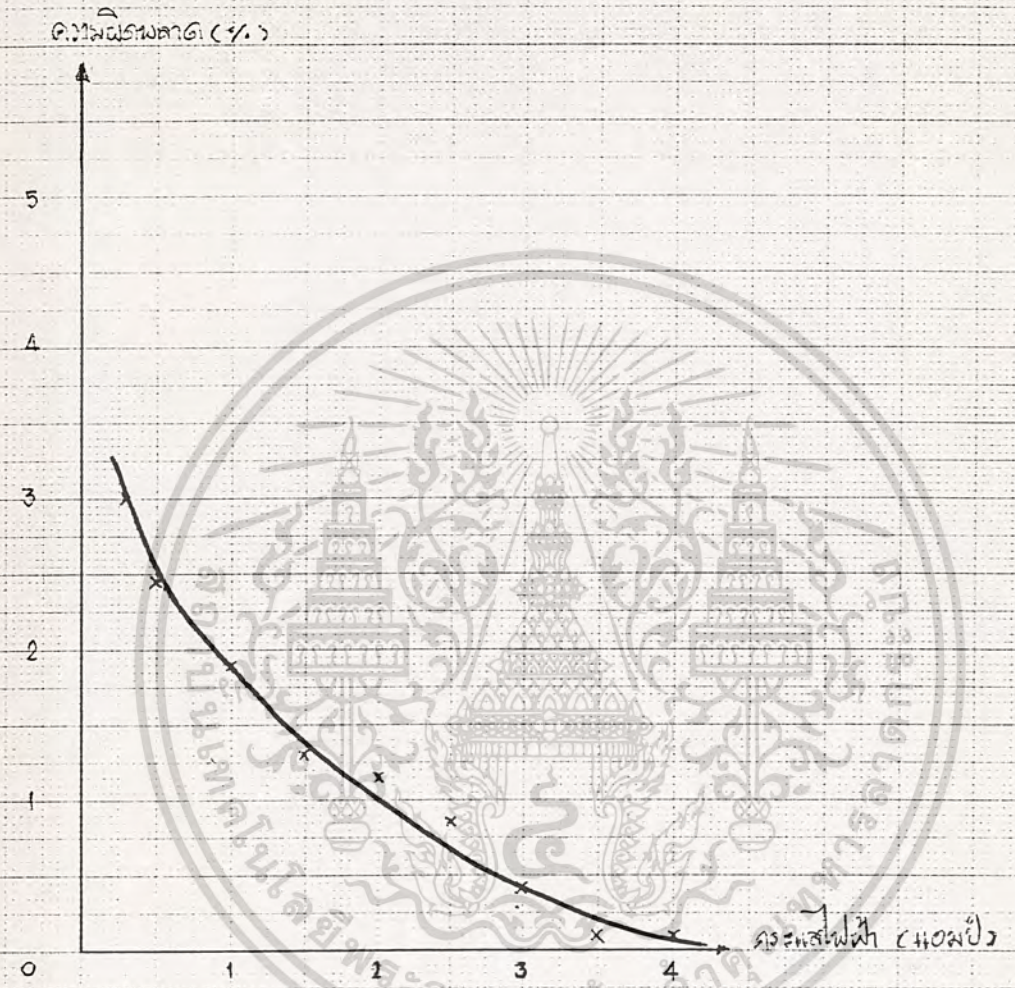
- สามารถเลือกความถี่ของ CURRENT PULSE ได้ 3 ความถี่คือ 1 KHz,10 KHz และ 50 KHz
- สามารถปรับค่าความกว้างของ CURRENT PULSE ได้ดังนี้

  1. 10% ถึง 90% เมื่อศักดาไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY มีค่าน้อยกว่า 14.5 โวลท์

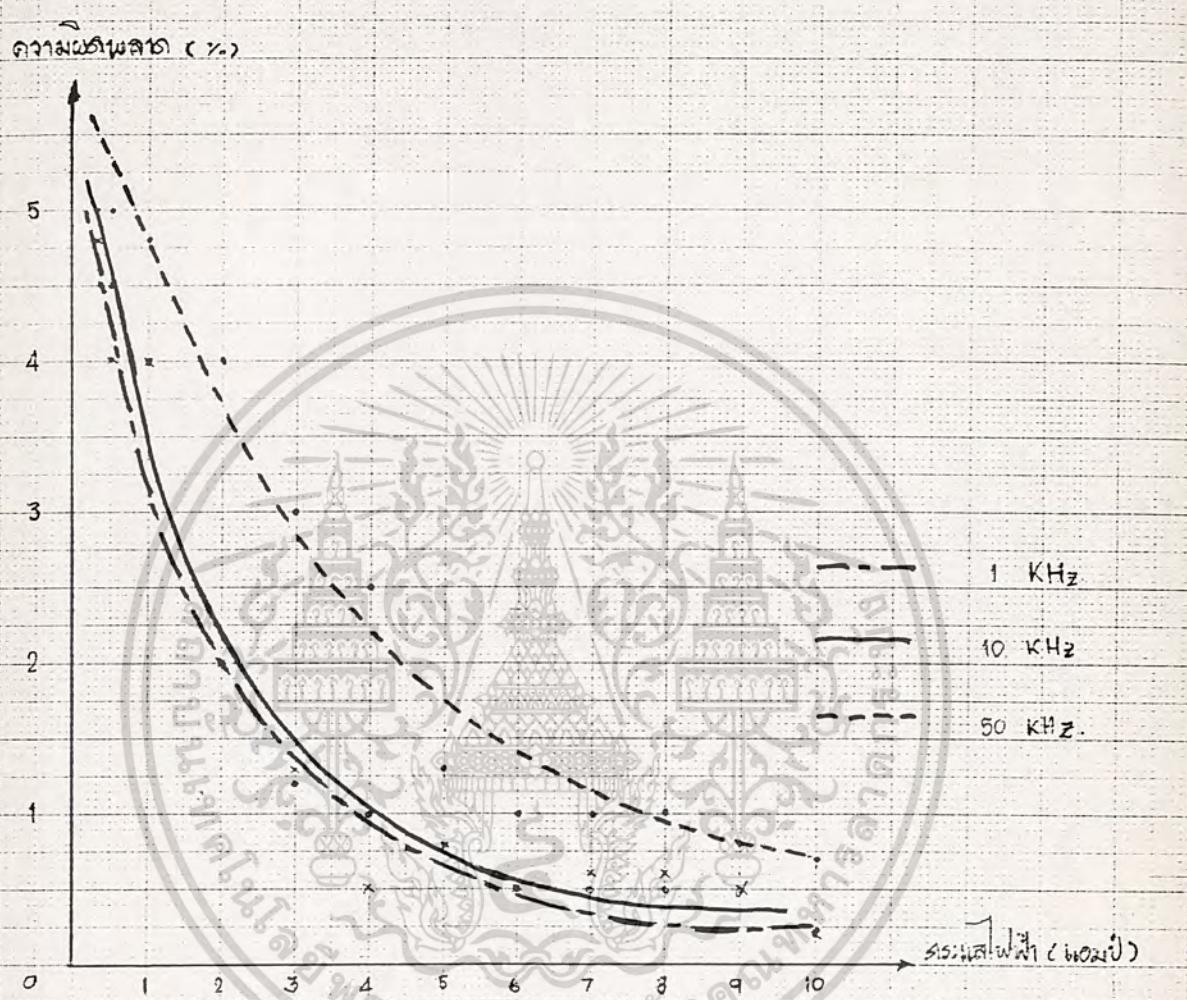
  2. 10% ถึง 50% เมื่อศักดาไฟฟ้าจาก POWER SUPPLY มีค่ามากกว่า 14.5 โวลท์

3.จากการทดลองวัดค่าของขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ทำการดึงจาก POWER SUPPLY โดยเทียบค่าที่แสดงที่ 7 SEGMENT กับค่าที่วัดได้จริงจะพบว่าค่าที่แสดงที่ 7 SEGMENT มีความผิดพลาดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 1 และกราฟรูปที่ 2 เมื่อการ TEST POWER SUPPLY เป็นแบบ CONTINUOUS CURRENT TESTING และ PULSE CURRENT TESTING ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 1 กราฟแสดงความคลาดเคลื่อน (%) ของการทดสอบกระแสไฟฟ้าที่แสดงต่อการทดสอบกระแสไฟฟ้า (แอมป์) โดยวิธีการทดสอบกระแสไฟฟ้าคงที่ (CONTINUOUS CURRENT TESTING)



กราฟที่ 2 กราฟแสดงความผิดพลาด (%) ของค่ากระแสไฟฟ้าที่แสดงเทียบกับกระแสไฟฟ้า (แอมป์)
โหมดสั่งกระแสไฟฟ้าช่วงขณะ (PULSE CURRENT TESTING) ที่ DUTY CYCLE 30 %

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผล

1. ในกรณีที่ไม่คำนึงถึงต้นทุนในการผลิตและถ้าต้องการค่า DUTY CYCLE ของ CURRENT PULSE ที่แน่นอนควรจะแสดงค่า DUTY CYCLE ออกทาง 7 SEGMENT ด้วย ซึ่งในปัจจุบันก็มีวงจรรวม (INTEGRATED CIRCUIT) ที่สามารถเปลี่ยนค่าความกว้างของพัลส์ (DUTY CYCLE) เป็นค่าศักดาไฟฟ้าจึงไม่เป็นการยากที่จะเพิ่มวงจรในส่วนนี้

2. เราสามารถเพิ่มค่าสูงสุดของกระแสไฟฟ้าที่จะดึงจาก POWER SUPPLY ที่จะทำการ TEST ในโหมดดึงกระแสไฟฟ้าคงที่ได้โดยการลดค่า Rsense และ ลดค่าความต้านทานที่ช่วยป้องกัน POWER LOSS ที่ POWER TRANSISTOR มีค่ามากเกินไป และควรจะใช้ POWER TRANSISTOR อีกตัวหนึ่งมาขนานเพื่อป้องกัน POWER LOSS ที่เกิดที่ตัว POWER TRANSISTOR มีค่ามากเกินไปซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับตัวอุปกรณ์ได้

3. สำหรับส่วนดึงกระแสไฟฟ้าชั่วขณะนั้นจะมีปัญหาในการใช้งาน POWER MOSFET ที่ความถี่สูงและค่าความกว้างของพัลส์มีค่าน้อยๆ คือ POWER MOSFET ไม่สามารถดึงกระแสไฟฟ้าได้ถึง 10 แอมป์ ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วของ POWER MOSFET ไม่มากพอจึงไม่สามารถสวิทช์ได้ทันตามสัญญาณอินพุท ซึ่งต้องแก้โดยการลด OUTPUT IMPEDANCE ของวงจรขับ POWER MOSFET ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้วงจร COMPLEMENTARY เป็นวงจรขับ POWER MOSFET เนื่องจากเป็นวงจรที่มี OUTPUT IMPEDANCE ต่ำซึ่งสามารถแก้ได้ถึงที่ความถี่ของพัลส์ 50 KHz และที่ DUTY CYCLE 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คุณสมบัติและการใช้งานเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

คุณสมบัติทั่วไป (SPECIFICATION)

หลักการทำงาน : หลักการแปลงค่าศักดาไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

ฟังก์ชั่นที่เลือกได้ : 1.CONTINUOUS CURRENT TESTING MODE

2.PULSE CURRENT TESTING MODE เลือกได้ 3 ความถี่

- 1 KHz
- 10 KHz
- 50 KHz

ช่วงการวัด : ค่าศักดาไฟฟ้าอินพุท

- ส่วน CONTINUOUS CURRENT 3 ถึง 40 โวลท์
- ส่วน PULSE CURRENT 5 ถึง 40 โวลท์

ค่าที่วัดได้สูงสุด : กระแสไฟฟ้าที่สามารถตรวจสอบได้

- ส่วน CONTINUOUS CURRENT 0 ถึง 4 แอมป์
- ส่วน PULSE CURRENT 0 ถึง 10 แอมป์

: ค่าความกว้างของพัลส์ (DUTY CYCLE)

-10% ถึง 90%เมื่อศักดาไฟฟ้าอินพุทน้อยกว่า14.5โวลท์

-10% ถึง 50%เมื่อศักดาไฟฟ้าอินพุทมากกว่า14.5โวลท์

ส่วนแสดงผล : แผงแสดง LED 7 SEGMENT 4 หลัก (สีแดง)

ค่าความละเอียดในการวัด : ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ความเที่ยงตรง : +-5%

แหล่งจ่ายไฟ : 220 Volt 50 Hz

การป้องกัน OVER RANGE : RELAY ตัดไฟเลี้ยง และแสดงโดย LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER

ในการใช้งานเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER นั้น มีข้อแนะนำและคำอธิบายการใช้งานดังนี้

1.ป้อนศักดาไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าที่จะทำการ TEST เข้าที่ขั้ว INPUT ของเครื่อง TESTER โดยที่ค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทจะต้องมีค่าไม่มากกว่า 40 โวลท์ ซึ่งถ้าค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทมากกว่า 40 โวลท์ รีเลย์จะตัดไฟเลี้ยงของเครื่อง TESTER ในส่วนดึงกระแสไฟฟ้า และจะมี LED OVER RANGE แสดงว่าขณะนี้ศักดาไฟฟ้าอินพุทเกิน 40 โวลท์

2.มี SWITCH เลือกในการใช้งานเป็น 2 MODE คือ

-CONTINUOUS CURRENT TESTING MODE

-PULSE CURRENT TESTING MODE

ซึ่งจะมี LED ที่แสดงสถานะในการทำงานของเครื่อง TESTER อยู่

3.มี SELECTOR SWITCH เลือกความถี่ได้ 3 ความถี่ คือ 1KHz 10KHz และ 50KHz

4.สามารถปรับค่า DUTY CYCLE ของ CURRENT PULSE ได้ 2 ช่วงคือ

- 10% ถึง 90% เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทมีค่าน้อยกว่า 14.5 โวลท์
- 10% ถึง 90% เมื่อค่าศักดาไฟฟ้าอินพุทมีค่ามากกว่า 14.5 โวลท์

ซึ่งการปรับ DUTY CYCLE นี้จะใช้ VOLUME VARIABLE RESISTOR โดยที่ค่า MAXIMUM ของ DUTY CYCLE จะเปลี่ยนโดยทันทีที่ศักดาไฟฟ้าอินพุทเกิน 14.5 โวลท์ ซึ่ง VARIABLE RESISTOR นี้ใช้เป็นแบบ LINEAR ซึ่งในโครงงานนี้ไม่ได้ทำส่วนแสดงค่าของ DUTY CYCLE ไว้

5.มี VOLUME VARIABLE RESISTOR ที่ใช้ปรับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่จะดึงจากแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าทั้ง 2 MODE โดยใช้แยกกัน ซึ่งค่าของกระแสไฟฟ้าที่ทำการดึงจะแสดงออกทาง LED 7 SEGMENT ซึ่งค่าที่แสดงนี้จะมีหน่วยเป็นแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 3 — Switching Speeds of Various TMOS Gate Drives (continued)

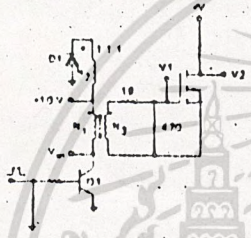
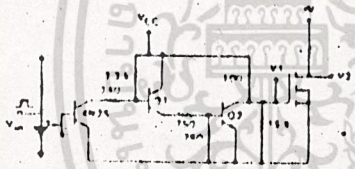
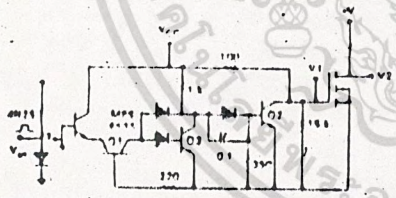
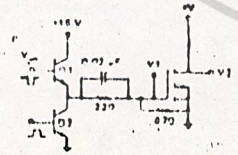
		Gate Switching Times (ns)				Drain Switching Times (ns)			
		Turn-on Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-on Rise Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-off Fall Time	Turn-on Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-on Fall Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-off Rise Time
Circuit 4 Quasi Push-Pull Transformer Drive		15	85	40	230	30	25	180	35
Circuit 5 Standard Opto-Coupling Circuit		3900	480	1600	140	4000	90	1750	20
Circuit 6 High B.W. Opto-Coupling Circuit		3700	420	450	120	3800	75	520	20
Circuit 7 High Performance Push-Pull Circuit		20	60	25	30	30	20	45	15

TABLE 3 — Switching Speeds of Various TMOS Gate Drives (continued)

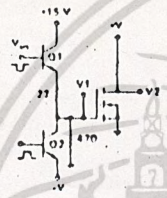
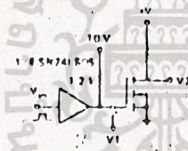
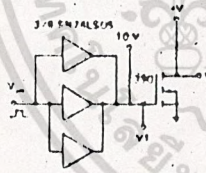
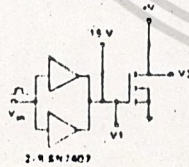
		Gate Switching Times (ns)				Drain Switching Times (ns)			
		Turn-on Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-on Rise Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-off Fall Time	Turn-on Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-on Fall Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-off Rise Time
Circuit 8 High Performance Push-Pull Circuit		20	60	45	70	40	25	85	15
Circuit 9 Low Power Schottky TTL		110	5000	60	600	480	1000	375	150
Circuit 10 Paralleled Low Power Schottky TTL		45	1800	30	210	180	310	140	50
Circuit 11 Paralleled MC7407 Buffers with Pull-Up Resistance		25	710	30	140	60	60	130	30

TABLE 3 — Switching Speeds of Various TMOS Gate Drives (continued)

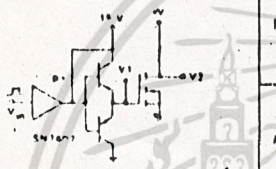
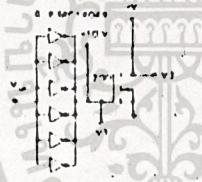
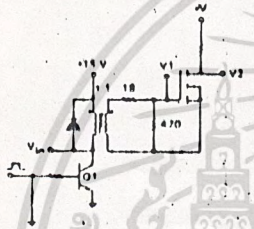
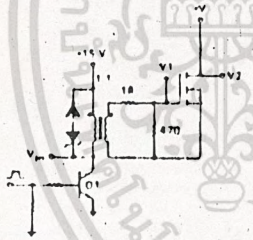
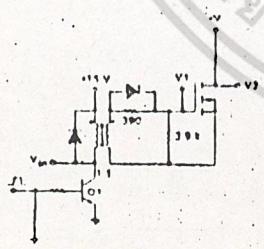
			Gate Switching Times (ns)				Drain Switching Times (ns)			
			Turn-on Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-on Rise Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-off Fall Time	Turn-on Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-on Fall Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-off Rise Time
Circuit 12 SN7407 Buffer Driven Complementary Emitter Follower		R1 = 2.0 k	30	140	20	20	50	20	40	10
		R1 = 5.1 k	60	430	20	20	110	40	40	10
Circuit 13 Six Paralleled CMOS Inverters (MC54/74HC04AJ)			30	920	20	130	100	160	90	30
Circuit 14 Dual Peripheral Driver (MC1413)			370	100	170	80	280	50	230	15
	*Transformer Specs Ferroxcube 3019P3C8 $N_1 = N_2 = N_3 = 10$ Turns #19 Trifilar Wound $L_p \sim 0.5$ mH									

TABLE 3 — Switching Speeds of Various TMOS Gate Drives

			Gate Switching Times (ns)				Drain Switching Times (ns)			
			Turn-on Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-on Rise Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_1)	Turn-off Fall Time	Turn-on Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-on Fall Time	Turn-off Delay (V_{in} vs V_2)	Turn-off Rise Time
Circuit 1 Simple Pulse Transformer			15	85	35	230	25	25	185	20
Circuit 2 Pulse Transformer w/Flyback Zener			15	90	25	190	30	25	125	35
Circuit 3 Pulse Transformer w/Speed-up Diode		With Diode D1	30	95	220	1250	60	35	640	230
		Without Diode D1	50	1500	280	1100	220	340	660	230

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER และในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ต้องขอขอบพระคุณ อ.ประภากร สุวรรณะ อาจารย์ที่ปรึกษา และ อ.ยุทธนา คิดใจเดียว ที่คอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาและให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ต่างๆเป็นอย่างดีรวมทั้งเพื่อนๆที่ช่วยแนะนำบางสิ่งบางอย่างและให้กำลังใจมาตลอด จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ ผู้จัดทำหวังว่าโครงงานและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ในการนำเครื่อง INDUSTRIAL POWER SUPPLY TESTER นี้ไปใช้งานต่อไป และเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างในบางแง่มุม ถ้าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. DAVID F. STOUT / MILTON KAUFMAN , HANDBOOK OF OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUIT DESIGN , Mc GRAWHILL , 1976
2. POWER MOSFET TRANSISTOR DATA , MOTOROLA INC. , 1984
3. DATA CONVERSION / ACQUISITION DATABOOK , NATIONAL SEMICONDUCTOR
4. GEORGE CHRYSSIS , HIGH FREQENCY SWITCHING POWER SUPPLIES: THEORY AND DESIGN , 1984
5. B.W. WILLIAMS , POWER ELECTRONICS DEVICE, DRIVER AND APPLICATION , 1988
6. วารสาร อิเลคตรอน 79 , ปีที่ 8 ฉบับที่ 5 เล่ม 88
7. วารสาร อิเลคตรอน 79 , ปีที่ 8 ฉบับที่ 9 เล่ม 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้