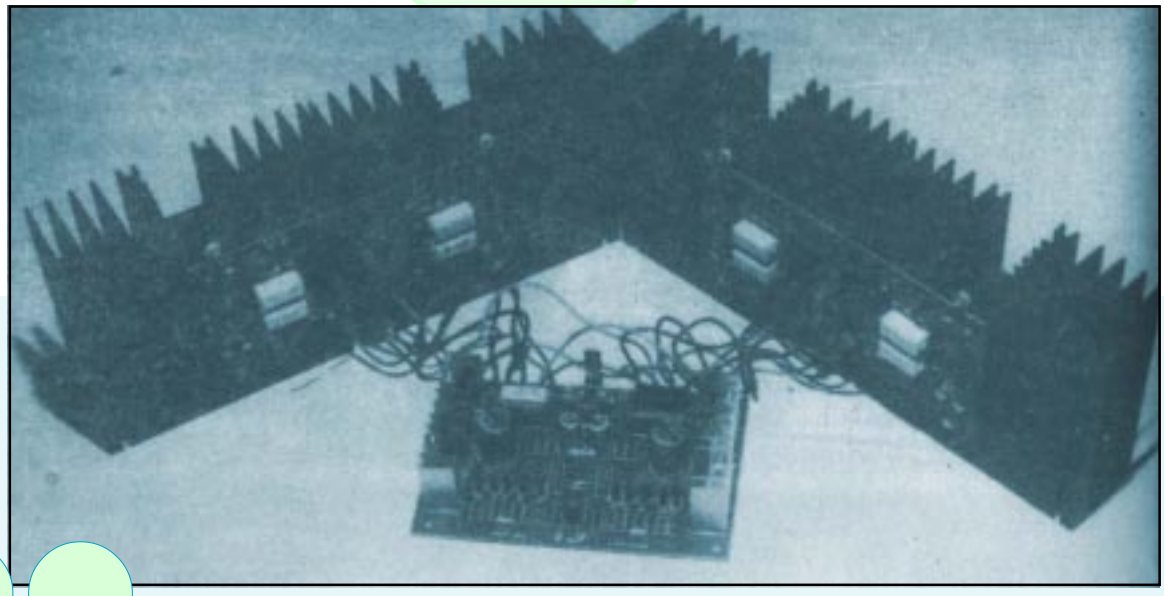
มอสเฟทแอมป์ 300 วัตต์



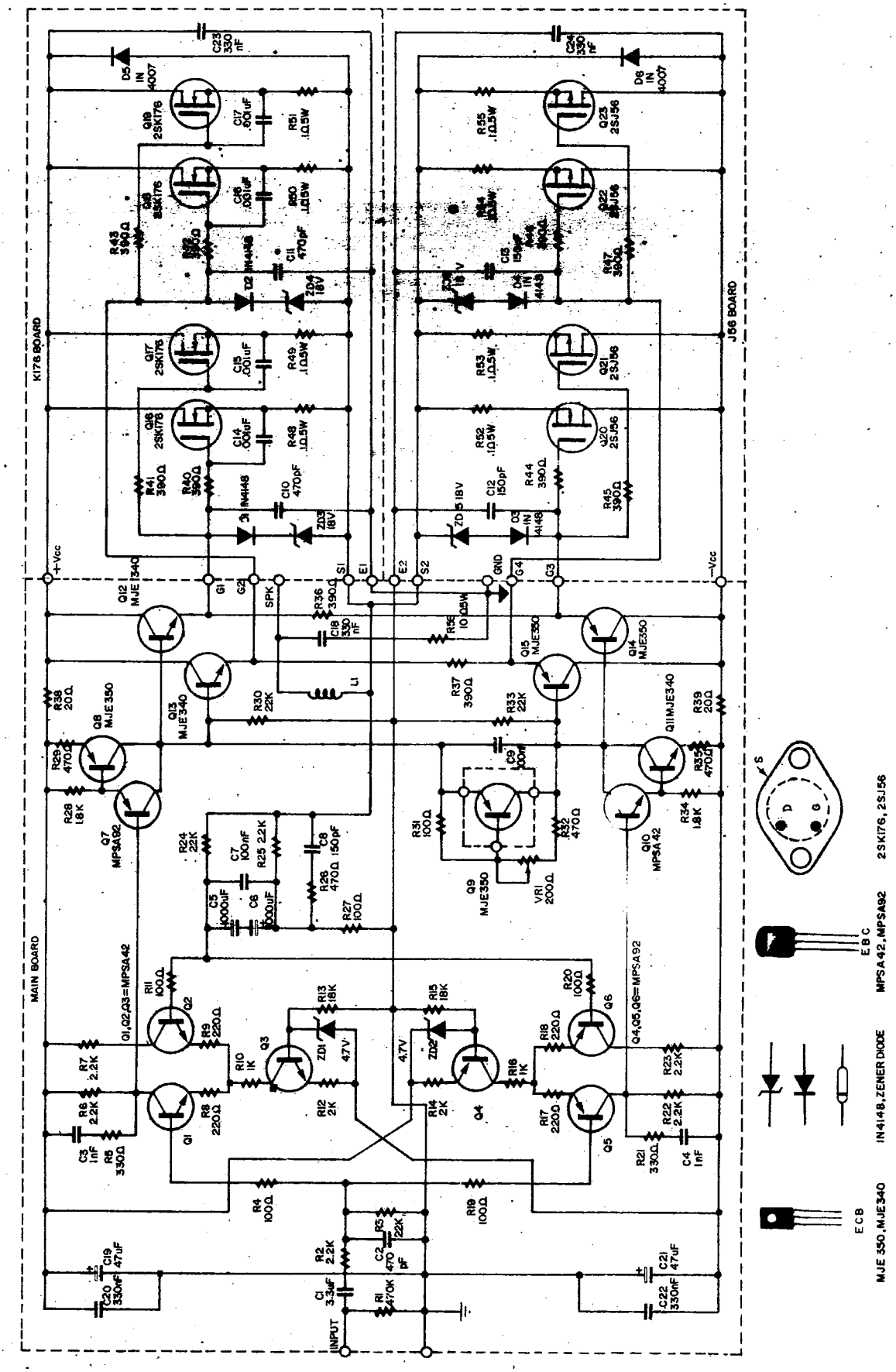
มาแล้วครับตามคำเรียกร้องของท่านผู้อ่าน ที่ต้องการเครื่องขยายเสียงระบบโซลิดสเตท ที่มีวัตต์สูง ๆ คุณภาพดี คงทนต่อการใช้งาน ราคาพอประมาณ คุณสมบัติต่าง ๆ ที่คุณปรารถนา มีไว้ให้คุณเพียบพร้อมแล้วในมอสเฟทแอมป์ 300 วัตต์ ที่นำมาเสนอ โครงงานนี้เหมาะสำหรับฟังเพลงในบ้าน หรือจะใช้งานกลางแจ้งด้วยกำลังวัตต์สูงขนาดนี้คุณจะไม่ค่อยได้พบกันมากนักในขณะนี้...

การสร้างเครื่องขยายเสียงวัตต์สูง เป็นเรื่องที่ยากมากในอดีต แต่ปัจจุบันง่ายกับการสร้าง เราอาศัยวงจรที่ออกแบบขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีมอสเฟทที่ให้กำลังขับสูงถึง 312 วัตต์ที่โหลด 8 โอห์ม และสูงถึง 578 วัตต์ที่โหลด 2 โอห์ม โดยใช้มอสเฟทถึง 8 ตัวเพื่อให้การทำงานที่ประสิทิภาพสูง และทนทานต่อการใช้งานหนัก คุณสมบัติของเครื่องจากการทดสอบได้ตามรายละเอียดดังนี้คือ

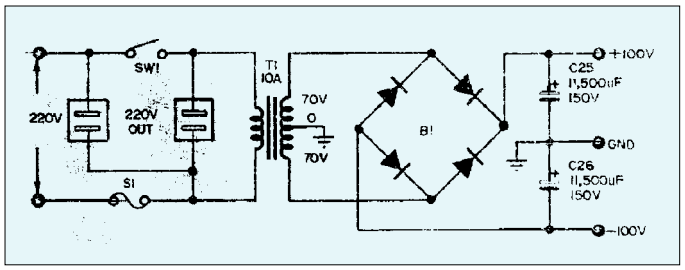
สมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

- **กำลังออก**
  - 312 วัตต์ที่โหลด 8 โอห์ม
  - 462 วัตต์ที่โหลด 4 โอห์ม
  - 578 วัตต์ที่โหลด 2 โอห์ม
- **การตอบสนองความถี่**
  - + 1.5 dB (5Hz–60KHz)
- **ความเพี้ยน**
  - 1 KHz .0025 % ที่ 312 วัตต์ โหลด 8 โอห์ม
  - 10 KHz .007% ที่ 312 วัตต์ โหลด 8 โอห์ม
- **อินพุทอิมพีแดนซ์ 24KΩ**
- **ความไวอินพุท** 2.27 V.RMS (กำลังเอาท์พุท 312 วัตต์)
- **ไรส์ไทม์** 2μSec
- **สลูว์เรท** 50 V/μSec

ส่วนประกอบสำคัญของเพาเวอร์แอมป์ชุดนี้ อยู่ที่เพาเวอร์มอสเฟททางด้านเอาท์พุทซึ่งต่อวงจรแบบคอมพลีเมนทารี่ ซึ่งมีผลดีกว่าการใช้ทรานซิสเตอร์ธรรมดาอยู่หลายประการตาม



รูปที่ 1 วงจรสมบูรณ์ของ มอสเฟทแอมป์ 300 วัตต์



รูปที่ 2 วงจรภาคเพาเวอร์ซัพพลาย

ที่ทราบกันมาแล้ว ในปัจจุบันคู่คอมพลีเมนทารี่แบบ N–แชนแนลกับ P–แชนแนล ราคาได้ถูกลงมาอย่างมาก ทำให้การออกแบบภาคเอ้าทีพุทได้ง่ายมีคุรภาพสูงตามต้องการ ส่วนภาคอื่น ๆ เรายังคงใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรประกอบซึ่งก็ให้ประสิทิภาพการทำงานสูงเช่นกัน ทำให้ได้วงจรที่ดีมีราคาถูกลง

หลักการทำงาน

วงจรทั้งหมดประกอบด้วยวงจรย่อย 4 ภาค ได้แก่ ภาคอินพุทประกอบด้วย Q1 ถึง Q11 ภาคนี้มีอัตราการขยายทางแรงดันสูงแต่มีอัตราขยายกำลังต่ำ ภาคไดรเวอร์ประกอบด้วย Q12 ถึง Q14 ภาคเอ้าท์พุทประกอบด้วย Q16 ถึง Q23

ภาคอินพุท ประกอบด้วยวงจรดิฟเฟอร์เรนเชี่ยลแอมป์ 2 ชุด คือคู่ Q1 กับ Q2 และ Q5 กับ Q6 แต่ละชุดจะมีวงจรควบคุมกระแสคงที่ของตนเอง Q1 กับ Q2 จะมี Q3 เป็นตัวจ่ายกระแสคงที่ให้โดยทำงานร่วมกับ R12, R13 และ ZD1 ส่วน Q5 กับ Q6 มี Q4, R14,R15 และ ZD2 เป็นตัวจ่ายกระแสคงที่ให้ R8,R9 และ R17}18 ที่ต่ออยู่ระหว่างขาอีมิตเตอร์ของคู่ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์วิ่งมีค่าต่ำ ๆ จะช่วยควบคุมอัตราการขยายของวงจรให้มีค่าใกล้เคียงกันและเป็นลักษณะเชิงเส้นมากยิ่งขึ้น C3 กับ R5 และ C4 กับ R21 ที่ต่ออยู่ที่คอลเลคเตอร์ของ Q1 และ Q5 จะทำหน้าที่ช่วยลดการออสซิลเลตทางด้านความถี่สูง เอาท์พุทจาก Q1 และ Q5 จะมาขับ Q7 กับ Q10 ตามลำดับ โดยที่ Q7 และ Q10 ต่อกันในลักษณะวงจรควบคุมกระแสคงท่ เมื่อใดที่มีสัญญาณอินพุทเข้ามา กระแสที่ได้ออกมาจาก Q7 และ Q10 จะมีเฟสต่างกัน สมมุติว่ากระแสคอลเลคเตอร์ของ Q7 ลดลง กระแสคอลเลตของ Q10 ก็จะสูงขึ้น ในลักษณะนี้จะทำให้ได้อัตราการขยายทางกระแสที่สูงมาก จะเห็นว่า Q7 และ Q10 จะมี Q8 และ Q11 ต่อเป็นวงจรดาร์ลิงตันอยู่ ซึ่งทำให้ได้อัตราการขยายที่สูงขึ้นไปอีก สูงมากเพียงพอที่จะไปขับภาคไดร์เวอร์ได้เต็มที่ และที่ระหว่างคอลเลคเตอร์ของ Q7,Q8 และ Q10,Q11 จะมี Q9 ต่ออยู่ซึ่งทำหน้าที่ให้ไบอัสแก่ภาคไดร์เวอร์และภาคเอาท์พุท โดยมี VR1 เป็นตัวปรับแต่งกระแสไบอัสในสภาวะสงบเงียบจะปรับไว้ที่ 160 MA

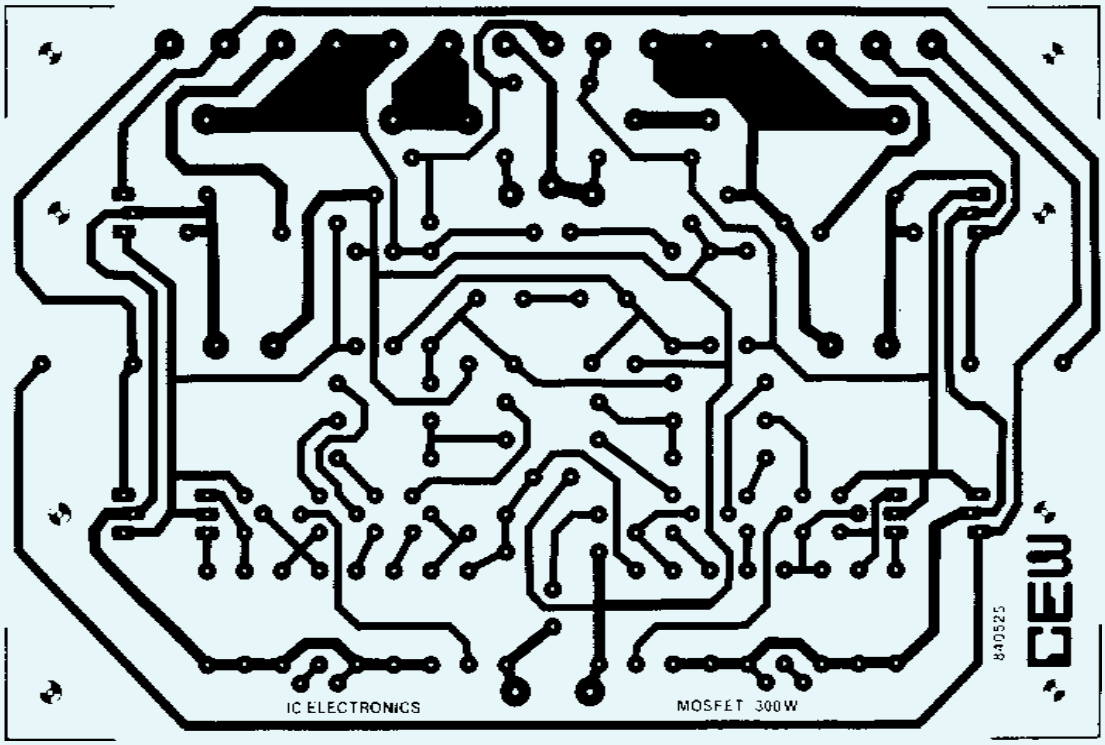
ภาคไดร์เวอร์ ประกอบด้วย Q12,Q13 และ Q14,Q15 จะเห็นว่าภาคนี้ใช้ทรานซิสเตอร์ขับมอสเฟทถึง 4 ตัวตัวหนึ่ง ๆ จะขับมอสเฟทได้สองตัว การที่เราจะไดร์เวอร์ตัวเดียวขับมอสเฟททั้ง 4 ตัวเลยก็ได้แต่กำลังวัตต์และความคงทนก็จะลดลง ซึ่งไม่ใช่หลักของการออกแบบวงจรที่ดี จะทำให้ภาคไดร์เวอร์ทำงานหนักเกินไป จนไม่สามารถที่จะขับมอสเฟทให้ได้กำลังเอ้าทีพุทสูงสุดได้ การออกแบบบเราจึงต้องใช้ภาคไดร์เวอร์ถึง 4 ตัว ทำให้วงจรนี้สามารถที่จะขับเกทของมอสเฟทให้ได้เอ้าท์พุทออกอย่างเต็มที่ครบ 300วัตต์ได้อย่างสบาย

ภาคเอ้าท์พุท ประกอบด้วยคู่คอมพลีเมนทารี่มอสเฟทแบบ N–แชนแนล และ P–แชนแนลถึง 4 คู่ มอสเฟสแต่ละตัวจะมีตัวต้านทานซอสขนาด 0.1 โอห์ม 5 วัตต์ต่ออยู่เพื่อให้แน่ใจได้ว่าแต่ละคู่ของมอสเฟทจะรับกระแสโหลดเท่า ๆ กัน ทำให้เสถียรภาพของวงจรดีขึ้น เนื่องจากมอสเฟทของบริษัทฮิตาชิไม่มีการป้องกันเกทด้วยซีเนอร์ไดโอดไว้ภายใน จึงต้องมีซีเนอร์ไดโอดและวิกแนลไดโอด ZD3 ถึง ZD6 และD1 ถึง D4 เป็นตัวป้องกันไม่ให้เกิดรีเวิสไบอัสสูงเกินกำหนดจนเกิดเบรดดาวน์ขึ้นทางเกท ตัวต้านทาน R40 ถึง R47(390 โอห์ม) ที่ต่ออนุกรมกับเกทของมอสเฟทแต่ละตัวทำหน้าที่ลดการออสซิลเลต C18 และ R56 จะป้องกันทางความถี่สูง ซึ่งอาจทำลายลำโพงได้ L1 จะเป็นตัวป้องกันในขณะที่เอ้าท์พุทต่อเข้ากับโหลดที่มีลักษณะเป็นตัวเก็บประจุแบบทันทีทันใด C20,C22,C23,C24 เป็นตัวดีคัปปลิ้งด้านความถี่ต่ำให้กับภาคเพาเวอร์ซัพพลาย

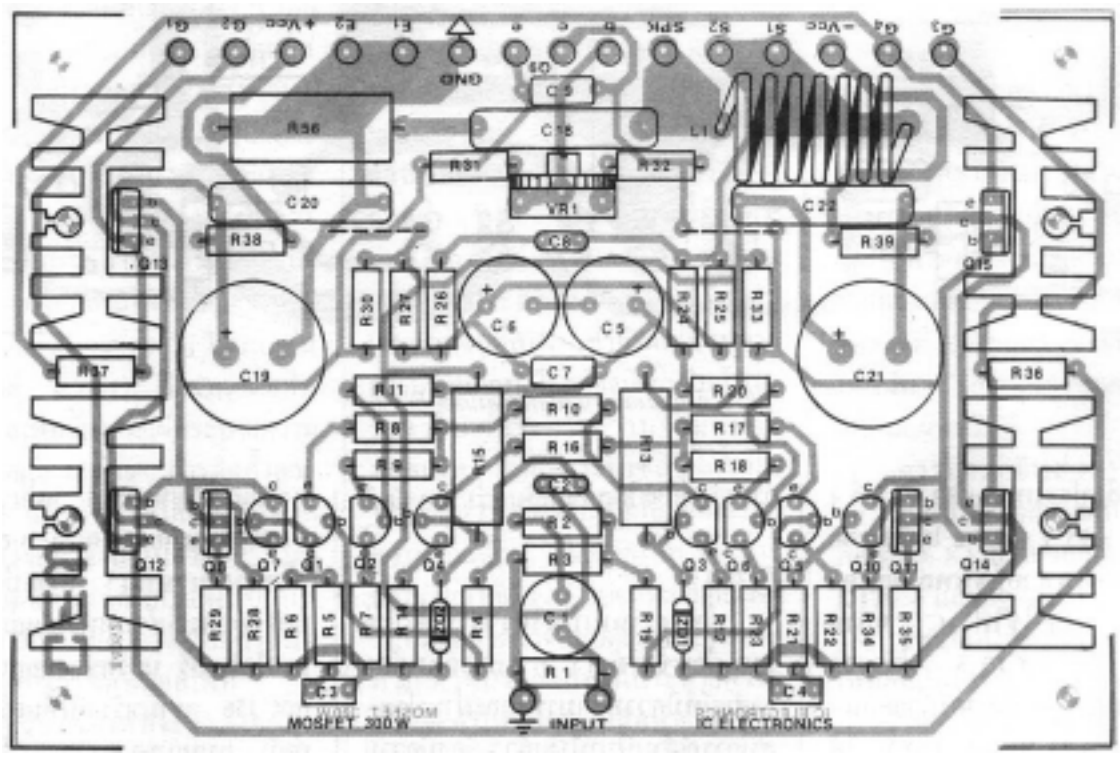
วงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งมีความสำคัญเช่นกันคือวงจรป้อนกลับ ซึ่งจะป้อนเอาท์พุทกลับมายังอินพุทของคู่ดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ การป้อนกลับของสัญญาณเอซีป้อนผ่าน R25,R26,C5,C6 และ C7 ส่วน R26 และ C8 ทำให้เกิดการนำของเฟสไปชดเชยสัญญาณที่มีสลูวีเรทสูง ๆ เนทเวิร์คส่วนป้อนกลับนี้เป็นตัวกำหนดอัตราการขยายของวงจรด้วย เพื่อป้องกันและลดดีวีออปเซ็ททางด้านอินพุทค่า R24 จะต้องมีค่าเท่ากับ R3 ทางด้านอินพุท

ชุดจ่ายไฟ

ภาคซัพพลาย เป็นหัวใจของวงจร การที่เครื่องจะให้



รูปที่ 3 แผ่นวงจรพิมพ์ด้านลายทองแดงของบอร์ดอุปกรณ์



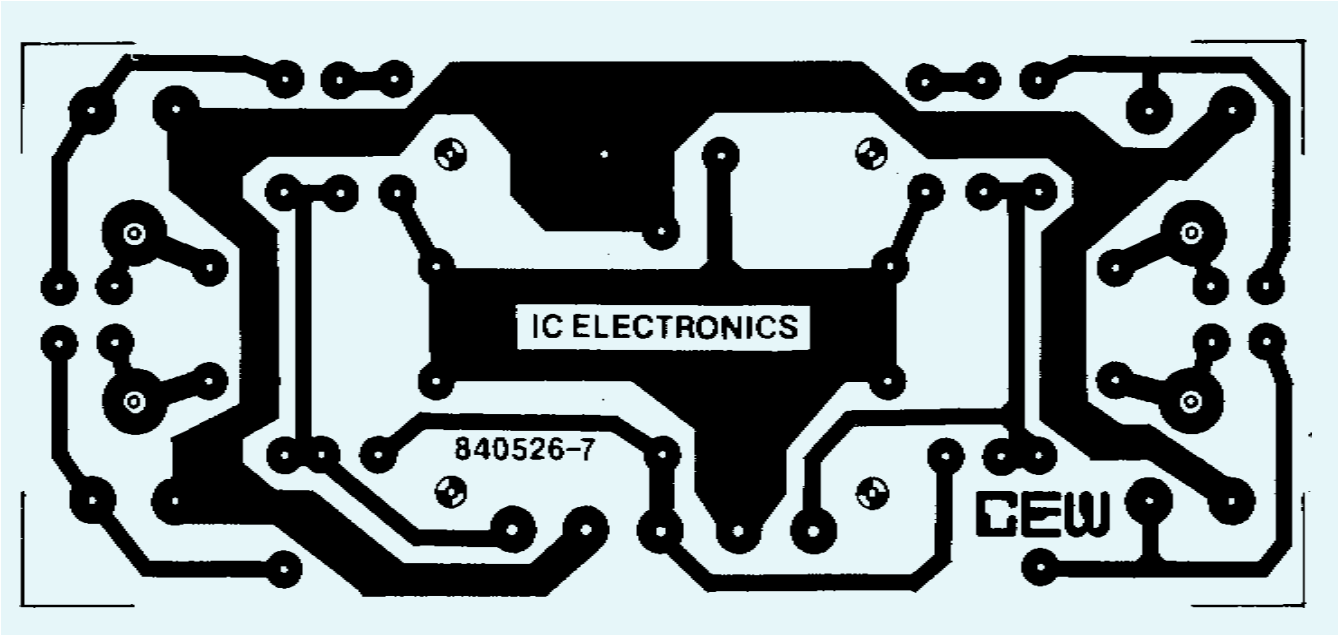
รูปที่ 4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ต่างๆ

กำลังได้สูงต้องมีภาคจ่ายไฟที่สามารถจ่ายกำลังไฟได้เพียงพอ ในวงจรนี้ต้องการไฟเลี้ยงขนาด + 100V และขณะที่ใช้กับโหลด 8 โอห์มไฟจะตกลงมาเหลือประมาณ + 82V ที่ 4 โอห์มเหลือ + 65V วงจรเพาเวอร์ซัพพลายแสดงไว้ในรูปที่ 2 โดยใช้ไฟ AC ขนาด 70–0–70 V กระแส 10 A ต่อวงจรเร็คติไฟรีแบบบริดจ์ ฟิลเตอร์ด้วยคอนเดนเวอร์ขนาด 11,500μF 150V ได้เป็นไฟ DC ขนาด + 100V ภาคซัพพลายนี้สามารถจ่ายกำลังได้อย่างเพียงพอกำลังวัตต์ก็จะได้สูงขึ้นเกินกว่า 300 วัตต์

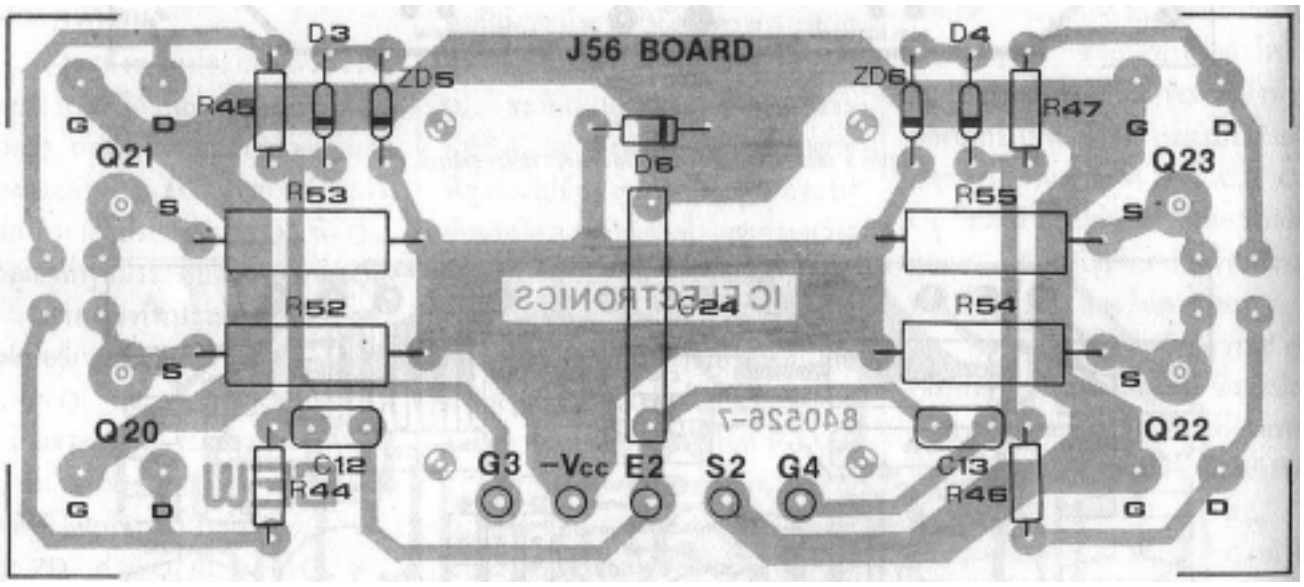
การสร้าง

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ใหญ่ราคาค่อนข้างจะสูง การประกอบต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถและผ่านประสบการณ์ด้านนี้มาบ้างแล้ว ต้องมีความระมัดระวังรอบคอบเป็นพิเศษ แต่ถ้าท่านประกอบตามขั้นตอนที่กำหนดให้ คงไม่เกิดปัญหาอะไร แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรจะแยกออกเป็น 3 ส่วน ตามเส้นประในรูปที่ 1 โดยแบ่งออกเป็นบอร์ดอุปกรณ์ส่วนหน้าได้แก่ภาคอินพุท ภาคไดร์เวอร์ บอร์ดของมอสเฟท K176 และ J56 เรามาเริ่มกันที่บอร์ดอุปกรณ์ก่อน แบบแสดงลายวงจรพิมพ์แสดงไว้ในรูปที่ 3 ส่วนตำแหน่งการวางอุปกรณ์แสดงไว้ในรูปที่ 4 เริ่มลงตัวต้านทานขนาด $^1/_2$วัตต์ ไล่ไปหา 1 วัตต์และ 5 วัตต์ เสร็จแล้วต่อสายข้ามซึ่งมีอยู่ 2 จุด จากนั้นลงพวกไดโอดและซีเนอร์ไดโอด ระวังขั้วให้ถูกต้องด้วย ต่อมาเป็นพวกตัวเก็บประจุต่าง ๆ โดยเฉพาะ C5,C6,C19 และ C21 ต้องใส่ให้ถูกขั้ว เมื่อหมดแล้ว จึงใส่ทรานซิสเตอร์ Q1 ถึง Q8 และ Q10, Q11 และต้องระวังไม่ให้ตำแหน่งขาและเบอร์สลับกัน ส่วน Q9 ในทางปฏิบัติควรต่ออยู่กับแผ่นระบายความร้อนของมอสเฟส เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิของเครื่อง เราจะต่อ Q9 ไว้บนแผ่นปริ้นท์ก็ได้ ส่วน Q12 ถึง Q14 ซึ่งเป็นตัวขับมอสเฟทต้องติดแผ่นระบายความร้อนขนาดเล็ก ๆ ด้วย การติดตั้งควรติดตัวทานซิสเตอร์กับแผ่นฮีทซิงค์ก่อน เสร็จแล้วจึงนำไปลงแผ่นปริ้นท์ ใช้น็อตยึดฮีทซิงค์ติดกับแผ่นปริ้นท์อีกทีเพื่อความแข็งแรง เสร็จแล้วจึงมาประกอบภาคเอ้าท์พุทมอสเฟท

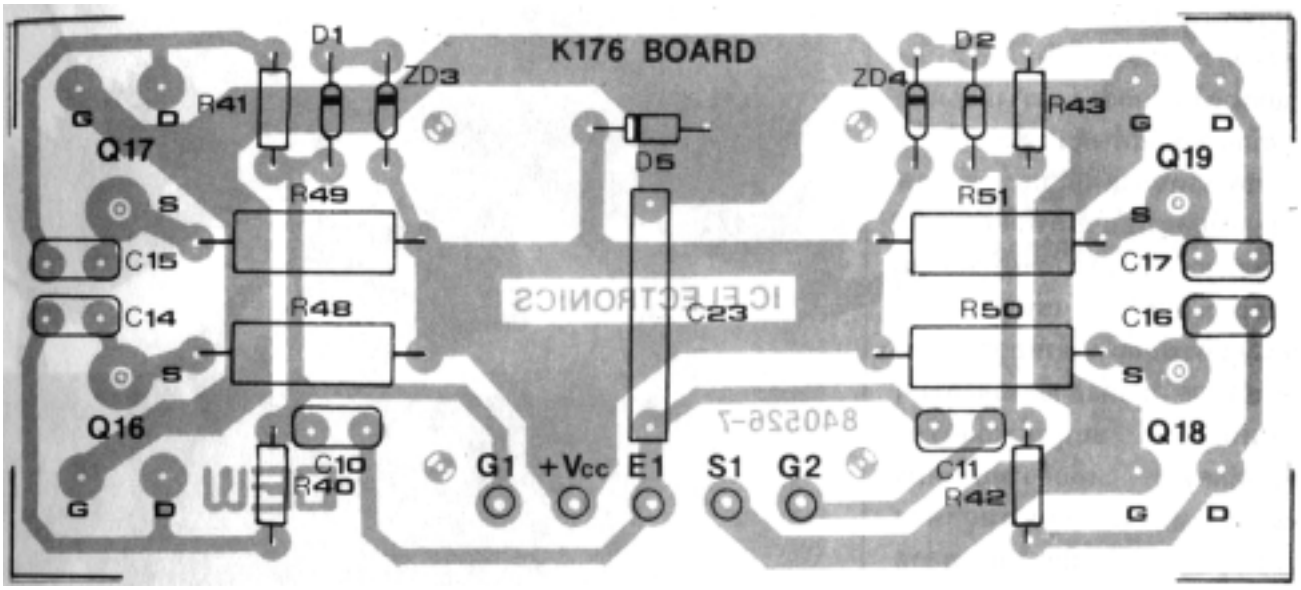
สำหรับมอสเฟทจะติดตั้งอยู่บนแผ่นปริ้นท์ แยกกันอีก 2 แผ่น คือของ J56 และ K176 รูปที่ 5 เป็นลายทองแดงของบอร์ดมอสเฟท J56 และ K176 ซึ่งทั้งสองบอร์ดนี้จะใช้ลายทองแดงเหมือนกัน ต่างกันตรงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ รูปที่ 6 เป็นตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของมอสเฟส J56 และ รูปที่ 7 เป็นการวางอุปกรณ์ของ K176 การประกอบแผ่นปริ้นท์จะถูกออกแบบให้สามารถยึดติดกับแผ่นระบายความร้อนของมอสเฟท ดังนั้นการใช้แผ่นระบายคามร้อนจำเป็นต้องมีขนาดที่เข้ากันได้กับแผ่นปริ้นท์ ตามโครงงานใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ 2 แผ่น แต่ละแผ่นจะติดตั้งมอสเฟทได้ 2 ตัว เริ่มติดตั้งมอสเฟทเข้ากับแผ่นระบายความร้อนก่อน โดยต้องมีแผ่นไมก้ารองระหว่างแผ่นระบายความร้อนกับตัวมอสเฟท และควร



รูปที่ 5 แผ่นวงจรพิมพ์ด้านลายทองแดงของบอร์ดมอสเฟท K175 และ 56



รูปที่ 6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของมอสเฟท J56



รูปที่ 7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของมอสเฟท K176

ทาซิลิโคนที่แผ่นไมก้าระหว่างตัวมอสเฟทกับแผ่นระบายความร้อนด้วย เพื่อช่วยให้การระบายความร้อนได้เร็วขึ้น เมื่อติดตั้งมอสเฟสทั้งหมดแล้วตรวจสอบดูอย่าให้มอสเฟทตัวใดตัวหนึ่งช็อตกับแผ่นระบายความร้อนจะทำให้มอสเฟทเสียหายได้

จากนั้นก็มาลงอุปกรณ์บนแผ่นปริ้นท์ตามลายวงจรในรูปที่ 5 การลงอุปกรณ์ในส่วนนี้ จะต้องใส่อุปกร์ลงบนแผ่นปริ้นท์ด้านเดียวกันกับลายทองแดง (ตามปกติเราจะใส่จากด้านบน) ซึ่งมีไดโอดซีเนอร์ไดโอด ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานขนาด $^1/_2$ วัตต์ และ 5 วัตต์ แล้วจึงบัดกรี เสร็จแล้วจึงนำแผ่นปริ้นท์ของ K176 และ J56 ไปยึดติดกับแผ่นระบายความร้อนที่เราติดตั้งมอสเฟทไว้ โดยนำแผ่นระบายความร้อน 2 แผ่นมาวางเรียงกัน แล้วนำแผ่นปริ้นท์มาประกบลงบนแผ่นระบายความร้อน โดยให้ด้านอุปกรณ์อยู่ด้านบน (ด้านลายทองแดง) แล้วใช้น็อตที่เรายึดตัวมอสเฟท (ขาซอส) ขันยึดแผ่นปริ้นท์ให้แน่น แล้วบัดกรีขาเกทและเดรนติดกับแผ่นปริ้นท์

การประกอบส่วนนี้ต้องระวังอย่าให้แผ่นปริ้นท์กับมอสเฟทสลับกัน คือบอร์ด K176 ต้องอยู่คู่กับมอสเฟท K176 และบอร์ด J56 ต้องอยู่คู่กับมอสเฟท J56 เพราะทั้ง

สองบอร์ดนี้อุปกรณ์จะเหมือนกันอาจทำให้ดูผิดได้ ต่างกันตรงขั้วของไดโอด ซีเนอร์ไดโอดและตำแหน่งการต่อสาย ถ้าเกิดผิดแผ่นจะทำให้มอสเฟทเสียหายได้

เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยแล้วจึงต่อสายเชื่อมระหว่างบอร์ดอุปกรณ์และบอร์ดของมอสเฟท สายที่ใช้ควรเป็นสายขนาดไม่เล็กกว่า 1 ตารางมิล และต้องเป็นสายที่มีสีต่างกัน สังเกตที่แผ่นปริ้นท์บอร์ดของแต่ละบอร์ดจะมีจุดต่อสายที่กำหนดตัวอักษรไว้ให้แล้ว การต่อสายก็ต่อจากจุดที่มีเครื่องหมายเหมือนกันไปหากันเช่นจุด G1 จากบอร์ดอุปกรณ์ก็ต่อเข้ากับจุด G1 บนบอร์ด K176 เมื่อต่อสายตามจุดต่างๆ ครบหมดแล้ว ขั้นสุดท้ายก่อนที่จะทดสอบเครื่อง เพื่อความปลอดภัยคุณควรจะตรวจสอบดูความถูกต้องเรียบร้อยอีกครั้งว่าไม่มีจุดใดผิดพลาด เมื่อแน่ใจแล้วจึงทดลองเครื่องป้อนไฟ +100 V เข้าที่ +Vcc ไฟ –100V ที่ –Vcc และกราวด์ที่จุด GND ไฟบวกและลบควรมีฟิวส์ต่อคั่นกันการลัดวงจรไว้ด้วย ทำการปรับกระแสในสภาวะสงบของเครื่อง โดยทางด้านอินพุทต่อไว้กับกราวด์ ปรับ VR1 ให้อ่านกระแสได้ 160 MA ต่อไปนี้ 300 วัตต์มอสเฟทก็พร้อมที่จะทำงานแล้ว หาปรีโทนดี ๆ มาต่อเข้าที่อินพุท ทดลองฟังเสียงได้เลยครับ สำหรับท่านที่ยังหาปรีโทนที่เหมาะสมกับ 300 วัตต์ชุดนี้ไม่ได้ ลองพลิกไปดูโครงงานเรื่องซุปเปอร์ปรีโทนในฉบับนี้ดูซิครับ ซึ่งสามารถใช้กับแอมป์ชุดนี้ได้เป็นอย่างดี.

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน ขนาด 1/2 วัตต์ 1% ชนิดเมทัลฟิล์ม นอกจากที่ระบุไว้

R1	470KΩ
R2,R6,R7,R22,R23,R25	2.2KΩ
R3,R24,R30,R33	22KΩ
R4,R11,R19,R20,R27,R31	100Ω
R5,R21	330Ω
R8,R9,R19,R20,R27,R31	220Ω
R10,R16	1KΩ
R12,R15	2KΩ
R13,R15	18KΩ 1W
R26,R29,R32,R35	470Ω
R28,R34	1.8 K
R36,R37,R40,R47	390Ω
R38,R39	20Ω
R48, R55	0.1Ω 5W
R56	10Ω 5W
VR1	200Ω

ตัวเก็บประจุ

C1	3.3µF 50V NP
C2,C10,C11	470 PF เซอรามิค
C3,C4	1nF โพลีเอสเตอร์
C5,C6	1000 µF 16 V อีเลคโตรไลทติคส์
C7,C9	100nF โพลีเอสเตอร์
C8,C12,C13	150 PF เซอรามิค
C14,C17	.001µF โพลีเอสเตอร์
C18,C20,C22,C24	330nF 250V โพลีเอสเตอร์
C19,C21	47µF 250V อีเลคโตรไลทติคส์

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

Q1–Q3,Q10	MPS A42 MPSA หรือ 2N5550
Q4-Q7	MPS A92 MPS A93 หรือ 2N5401
Q8, Q9, Q14, Q15	BF470 หรือ MJE350
Q11, Q12, Q13	BF469 หรือ MJE340
Q16 – Q19	2SK176 N–channal MOSFET
Q20 – Q23	2SJ56 P–channal MOSFET
D1 – D4	1N4148 ซิกแนลไดโอด
D5, D6	1N4007 ไดโอดเร็คติไฟร์ 1A 1,000V
ZD1, ZD2	ซีเนอร์ไดโอดขนาด 4.7 V 1 W
ZD3 – ZD6	ซีเนอร์ไดโอดขนาด 18V 1W

อื่น ๆ

คอลย์	1 ตัว
ปริ้นท์	3 แผ่น
ฮีทชิงค์เล็ก	4 แผ่น
ฮีทชิงค์ใหญ่	4 แผ่น
แผ่นไมก้าขนาดใหญ่	8 ชุด

ตาไก่ น๊อต สกรู สายไฟ ฯลฯ

อุปกรณ์เพิ่มเติมภาคจ่ายไฟ

ตัวเก็บประจุ

C25,C26 11,500*F 150V อีเลคโตรไลทติคส์

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

B1 บริดจ์เร็คติไฟร์ขนาด 25 A 300 V

อื่น ๆ

หม้อแปลงขนาด 70–0–70V 10A ฟิวส์ สวิทช์ ปิด–เปิด เต้าเสียบสายเอซี ฯลฯ