

ใบความรู้ที่ 7 ฝ่าโครงสร้างวงจรกำเนิดความถี่ (Astable Multivibrator)

สถานศึกษา: โรงเรียนฝึกอาศิพกรุงเทพมหานคร (ประเทศ)

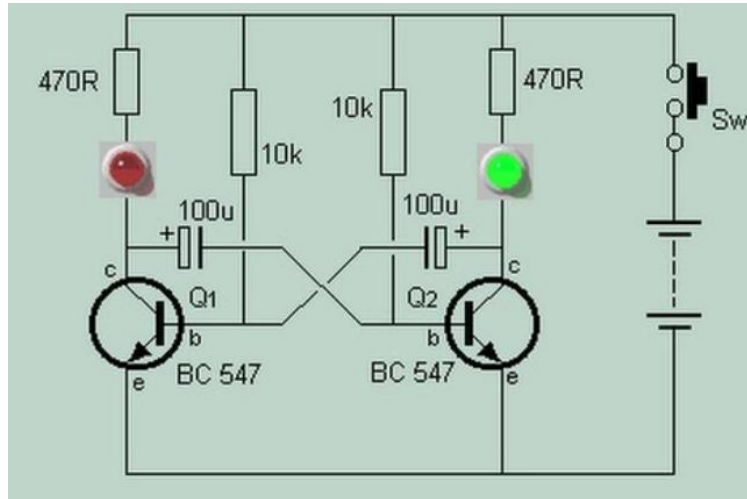
รายวิชา: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

หัวข้อ: การวิเคราะห์วงจรไฟกระพริบสลับ และพฤติกรรมของคาปาซิเตอร์

บทนำ: วงจรมัลติไวเบเรเตอร์แบบออสเตเบิล (Astable Multivibrator)

วงจรไฟกระพริบสลับ หรือที่ช่างอิเล็กทรอนิกส์เรียกกันว่าวงจร "ฟลิปฟล็อป (Flip-Flop)" เป็นวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ประเภทหนึ่ง ความพิเศษของวงจรนี้คือ "สามารถทำงานสลับสถานะไปมาได้เองอย่างต่อเนื่อง" แทนที่ที่จ่ายไฟ โดยไม่ต้องมีสัญญาณหรือสวิตช์จากภายนอกมากระตุ้น

อาศัยเพียงการทำงานร่วมกันของการชาร์จ/คายประจุ และการตัดต่อของทรานซิสเตอร์



 คำอธิบายภาพ: วงจรมัลติไวเบเรเตอร์แบบออสเตเบิล แสดงการต่อไขว้กัน (Cross-coupled) ของคาปาซิเตอร์ขนาด 100uF และทรานซิสเตอร์ BC547

เพื่อสร้างความถี่ให้หลอด LED กระพริบสลับกัน

หน้าที่ของอุปกรณ์หลักในวงจร

- ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 (เบอร์ BC547): ชนิด NPN ทำหน้าที่เป็น "สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์" คอยดึงกระแสไฟลงกราวด์เพื่อเปิดหลอด LED และสร้างแรงดันกระชาก
- ตัวต้านทาน 470R (470 โอห์ม): มี 2 หน้าที่ คือ จำกัดกระแสไม่ให้ LED ขาด และเป็นเส้นทางจ่ายไฟบวกอัดเข้าคาปาซิเตอร์ให้เต็มอย่างรวดเร็ว
- ตัวต้านทาน 10k (10 กิโลโอห์ม): ทำหน้าที่จ่ายกระแสไบอัส (Bias) ให้ทรานซิสเตอร์ และทำหน้าที่เป็น "ตัวหน่วงเวลา" โดยจะค่อยๆ ปลดปล่อยกระแสไฟไปชาร์จคาปาซิเตอร์เพื่อกำหนดความเร็วในการกระพริบ
- คาปาซิเตอร์ 100uF: เปรียบเสมือน "หัวใจและนาฬิกา" ของวงจร ทำหน้าที่เก็บประจุและสร้าง "แรงดันติดลบ" เพื่อกระชากปิดการทำงานของทรานซิสเตอร์

เจาะลึกการทำงาน: 3 จังหวะชีวิตของคาปาซิเตอร์

หัวใจสำคัญที่ทำให้วงจรกระพริบสลับไปมาได้ คือพฤติกรรมของ "คาปาซิเตอร์ที่ต่อไขว้" ซึ่งมีการทำงาน 3 จังหวะหลัก ดังนี้

(อธิบายโดยอ้างอิงจากการทำงานของคาปาซิเตอร์ตัวซ้าย):

จังหวะที่ 1: การชาร์จไฟเตรียมพร้อม (รับไฟบวกจาก R 470R)

- ในช่วงที่ทรานซิสเตอร์ Q1 หยุดทำงาน (OFF) กระแสไฟจากแหล่งจ่ายจะไม่สามารถไหลทะลุ Q1 ลงกราวด์ได้
- กระแสไฟบวกจึงเปลี่ยนเส้นทาง วิ่งผ่าน R 470R ฝั่งซ้าย ทะลุผ่านหลอด LED สีแดง แล้วพุ่งตรงเข้าชาร์จที่ "ขั้วบวก (+)" ของคาปาซิเตอร์ตัวซ้ายอย่างรวดเร็ว
- การประจุไฟนี้จะดันประจุไฟฟ้าออกจากขั้วลบ (-) ของคาปาซิเตอร์ ให้ไหลไปเข้าที่ขา Base (b) ของ Q2 แล้วลงกราวด์
- สรุปจังหวะนี้: คาปาซิเตอร์ตัวซ้ายได้รับการอัดประจุจนเต็ม โดยมีแรงดันไฟบวกกรออยู่ที่ขั้ว (+) อย่างสมบูรณ์

จังหวะที่ 2: การสร้างไฟลบกระชากสวิตช์ (รับอิทธิพลจากทรานซิสเตอร์)

- เมื่อถึงเวลาที่ Q1 ถูกสั่งให้ทำงาน (ON) รอยต่อระหว่างขา Collector (c) และ Emitter (e) จะลัดวงจรถึงกัน เปรียบเสมือนการเอาสายไฟข้อดขา c ลงกราวด์ (0 โวลต์)
- "ขั้วบวก (+)" ของคาปาซิเตอร์ตัวซ้ายที่เชื่อมอยู่กับขา c จะถูกกระชากแรงดันร่วงหล่นลงมาเป็น 0 โวลต์แบบฉับพลัน!
- เนื่องจากกฎทางฟิสิกส์ของคาปาซิเตอร์คือ "แรงดันตกคร่อมจะเปลี่ยนแปลงทันทีไม่ได้" เมื่อขั้ว (+) โดนดึงลงมา 0 โวลต์ ขั้ว (-) ที่อยู่ฝั่งฝั่งถูกผลักให้ตกลงไปเป็น "แรงดันติดลบ (ต่ำกว่า 0 โวลต์)" ในทันที
- แรงดันติดลบนี้เอง ที่วิ่งไปกระแทกขา Base (b) ของ Q2 ทำให้ Q2 สลบ (หยุดทำงาน) ทันที (ไฟสีเขียวจึงดับลง)

จังหวะที่ 3: การหน่วงเวลาเพื่อจุดชนวนใหม่ (ทำงานร่วมกับ R 10k)

- หลังจาก Q2 ถูกเตะจนสลบ (OFF) ด้วยแรงดันติดลบ วงจรจะหน่วงเวลาให้ไฟสีแดงสว่างค้างไว้ชั่วครู่

- ในระหว่างนี้ กระแสไฟบวกจะค่อยๆ ไหลผ่าน R 10k (ตัวขาว) ลงมาเติมแรงดันที่ขา Base (b) ของ Q2 อย่างช้าๆ
- แรงดันที่ติดลบจะค่อยๆ ถูกดึงกลับขึ้นมาเป็นบวกเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุดชนวนที่ประมาณ 0.6 - 0.7 โวลต์
- ทันทีที่ถึง 0.7 โวลต์ Q2 จะตื่นขึ้นมาทำงาน (ON) โฟลชีเซียจะสว่างขึ้น และคราวนี้คาปาซิเตอร์ฝั่งขาว ก็จะทำหน้าที่กระชากโฟลบไปเตะ Q1 ให้สลับแทนสลับกันไปมาเช่นนี้อีกอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด



กรณีศึกษาพิเศษ: การกระพริบแบบไม่สมมาตร (Asymmetric Flashing) เมื่อค่า C ไม่เท่ากัน

ในกรณีที่ช่างต้องการสร้างจังหวะไฟเลียนแบบ "ไฟไซเรนรถตำรวจ" (ดวงหนึ่งสว่างแช่นาน อีกดวงกระพริบวับสั้นๆ)

สามารถทำได้โดยการใส่ตัวเก็บประจุฝั่งซ้ายและขวาให้ "มีค่าไม่เท่ากัน" (เช่น ฝั่งซ้าย 10uF และ ฝั่งขวา 100uF)

กฎเหล็กของการต่อไขว้ (Cross-coupling) ที่ต้องจำ:



"ขนาดของตัวเก็บประจุฝั่งไหน จะเป็นตัวกำหนดเวลาดับของหลอดไฟฝั่งตรงข้าม"

- เมื่อฝั่ง C ค่ามาก (เช่น 100uF) ทำงาน: เปรียบเสมือนถังน้ำใบใหญ่ ต้องใช้เวลาชาร์จไฟนานกว่าแรงดันจะเต็ม 📈 มันจึงดึงขา Base ฝั่งตรงข้ามให้สลับนาน หลอดไฟฝั่งของตัวมันเองจึง "สว่างแช่ค้างไว้นาน"
- เมื่อฝั่ง C ค่าน้อย (เช่น 10uF) ทำงาน: เปรียบเสมือนถังน้ำใบจิ๋ว ชาร์จไฟปั๊บเดียวก็เต็ม 📉 มันจึงดึงขา Base ฝั่งตรงข้ามให้สลับแค่เสี้ยววินาที หลอดไฟฝั่งของตัวมันเองจึง "สว่างวาวขึ้นมาแค่สั้นๆ"



ข้อสรุปสำหรับช่างเทคนิค

วงจร Astable Multivibrator เป็นตัวอย่างที่ดีเยี่ยมในการศึกษาพฤติกรรมการสะสมพลังงาน และการไม่ยอมให้แรงดันเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันของ ตัวเก็บประจุ (Capacitor) หากช่างเทคนิคต้องการปรับแต่งความเร็วในการกระพริบของวงจร สามารถทำได้โดยอ้างอิงหลักการดังนี้:

- **ต้องการให้กระพริบเร็วขึ้น:** ลดค่า C (เช่น เปลี่ยนเป็น 47uF) หรือ ลดค่า R 10k (เพื่อชาร์จไฟให้ถึงจุดชนวนเร็วขึ้น)
- **ต้องการให้กระพริบช้าลง:** เพิ่มค่า C (เช่น เปลี่ยนเป็น 220uF) หรือ เพิ่มค่า R 10k (เพื่อหน่วงเวลาการชาร์จไฟให้ช้าลง)