



ใบความรู้พิเศษ: ฝ่าโครงสร้างและวิชาวัดใจ "IGBT" (หัวใจกำลังสูงของเครื่องใช้ไฟฟ้า)

สถานศึกษา: โรงเรียนฝึกอาศิพกรุงเทพมหานคร (ประเทศ)

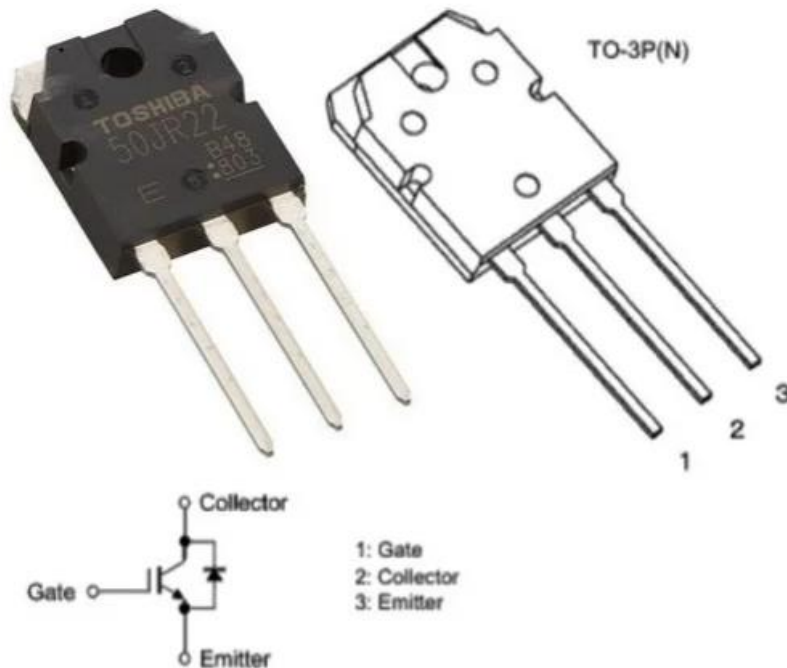
รายวิชา: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร



ชื่อ-สกุล ผู้เรียน:



กลุ่ม/รุ่น:



ทฤษฎีช่าง: 1. IGBT คืออะไร?

1. IGBT ย่อมาจาก Insulated-Gate Bipolar Transistor มันคือสวิตช์ทรานซิสเตอร์ "ลูกผสม" ที่ดึงเอาข้อดีของทรานซิสเตอร์ 2 ชนิดมารวมกัน
2. ดึงข้อดีของ MOSFET มาใช้: มีขา Gate (G) ที่หุ้มด้วยฉนวน (Insulated) ทำให้ใช้กระแสไฟในการควบคุมน้อยมาก สั่งเปิด-ปิดได้รวดเร็วปานสายฟ้าแลบ (รองรับความถี่สูงสุดระดับ 20-30 kHz)
3. ดึงข้อดีของ BJT มาใช้: มีขา Collector (C) และ Emitter (E) ที่สามารถทนแรงดันไฟได้สูงปรี๊ด (เช่น 600V - 1200V) และยอมให้กระแสไฟไหลผ่านได้มหาศาล (40A - 60A) ทนความร้อนและงานหนักได้ดี



2. การจัดเรียงขา (Pinout) และสัญลักษณ์

1. หากเราจับตัว IGBT แบบแพ็คเกจตัวใหญ่ (เช่น TO-247 หรือ TO-3P) หันหน้าตัวหนังสือเข้าหาตัวเรา ขาจะเรียงจากซ้ายไปขวาคือ G, C, E เสมอ
2. ขา 1 (Gate - G) ขาสั้นสุด: ขาส่งงาน (เปรียบเสมือนวาล์วก๊อกน้ำ) มีฉนวนกันอยู่ ไฟจากขาเกตจะไม่ไหลทะลุไปหาอื่น รับคำสั่งไฟบวกจาก MCU เพื่อเปิดสวิตช์
3. ขา 2 (Collector - C) ตรงกลาง: ขารับไฟแรงสูง (เช่น ไฟ 310V DC) มักจะเชื่อมต่อไปเป็นเนื้อเดียวกับแผ่นเหล็กระบายความร้อนด้านหลังตัวมันด้วย
4. ขา 3 (Emitter - E) ขาวสุด: ขาทางออกของไฟ (มักจะต่อลงกราวด์ตัวถัง หรือต่อไปหาตัวต้านทานเซ็นเซอร์กระแส)



3. ไดโอดที่แฝงอยู่ในตัว (Damper Diode / Freewheeling Diode)

1. ในสัญลักษณ์วงจร หรือภายในตัว IGBT บางเบอร์ (เช่น เบอร์ที่ลงท้ายด้วยตัว D หรือตระกูลที่ออกแบบมาให้กับเตาแม่เหล็กไฟฟ้า) จะมี "ไดโอด" ต่อคร่อมย้อนศรอยู่ระหว่างขา E ขึ้นไปหาขา C
2. ทำไมต้องมีไดโอดแฝง?: เมื่อ IGBT สับสวิตช์ตัดไฟที่จ่ายให้ขดลวดความร้อน ขดลวดจะเกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก และตีกลับกลายเป็น "แรงดันไฟกระชากย้อนกลับ (Back EMF)" ที่มีโวลต์สูงมาก
3. หน้าที่หลัก: ไดโอดแฝงตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นเส้นทาง "ระบายไฟย้อนกลับ" หรือดูดซับแรงดันไฟกระชากนั้นทิ้งไป ป้องกันไม่ให้แรงดันไฟตีกลับมากกระแทกตัว IGBT จนช็อตระเบิด



ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน (การตรวจวัดดี/เสีย ทั้งในและนอกบอร์ด)

ส่วนที่ 1: การวัด IGBT "คาบอร์ด" (In-Circuit Test - แบบไม่ต้องถอดอะไหล่)

(⚠ คำเตือน: ต้องถอดปลั๊กและดิสชาร์จจลยประจุไฟ 310V ทั้งให้หมดก่อนเสมอ)

1. ตั้งมิเตอร์ย่าน "เสียงบี๊ป / วัดไดโอด" สแกนเช็คการช็อตทะลุก่อนเป็นอันดับแรก
2. นำสายมิเตอร์จิ้มวัดคร่อมระหว่างขา C (ขากลาง) กับขา E (ขาขาว) สลับสายไปมา
3. การวิเคราะห์: หากคู่ C-E ร้อง "บี๊บบาว 0 โอห์ม" แปลว่า IGBT ช็อตทะลุแล้ว 100% ต้องถอดทิ้งทันที

- นำสายมิเตอร์จิ้มวัดคร่อมระหว่างขา G (ขาซ้าย) กับขา E (ขาขวา)
- ⚠️ จุดสังเกตช่วง: ปกติขา G ต้องมีสภาพเป็นฉนวน (OL) แต่วงจรบนบอร์ด มักจะมีตัวต้านทาน (R-Gate ค่า 10k) คล่อมขา G ถึงลงกราวด์ (E) เอาไว้ ดังนั้นหากวัดคู่ G-E คาบอร์ดี จะได้ค่าความต้านทานขึ้นมาประมาณ 10k โอห์ม ถือว่าปกติ (แต่ถ้าขึ้น 0 โอห์ม หรือร้องป๊ายาว = ช็อตทะลุขาเกต ถอดทิ้ง!)

ส่วนที่ 2: การวัด "นอกบอร์ด" (Out-of-Circuit Test - ถอดตัวลอยออกมา)

สเต็ปที่ 1: เคลียร์ประจุ (Discharge) ขา Gate

- นำปลายสายมิเตอร์หรือปลายไขควงแตะข้อต่อขาทั้ง 3 ขา (G, C, E) เข้าด้วยกัน เพื่อเคลียร์กระแสไฟที่อาจค้างอยู่ที่ขา Gate (เนื่องจากมีความเป็นฉนวน มันจึงเก็บประจุได้เหมือนคาปาซิเตอร์)

สเต็ปที่ 2: เช็การช็อตทะลุและการหาไดโอดแฝง (Cold Test)

- สายสีดำจิ้มขา C (ขากลาง) สายสีแดงจิ้มขา E (ขาขวา)
- ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง: ต้องวัดค่าตกคร่อมไดโอดได้ประมาณ 0.3V - 0.5V (นี่คือการที่มีเตอร์วัดทะลุไปโดนไดโอดแฝงในตัวมันนั่นเอง)
- สลับสาย นำสายสีแดงจิ้ม C (ขากลาง) สายสีดำจิ้ม E (ขาขวา)
- ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง: หน้าจอต้องขึ้น OL (ไม่ขึ้นค่าใดๆ)
- ⚠️ กฎเหล็ก: นำสายไปวัดเทียบขา G กับขาอื่นๆ ต้องขึ้น OL เสมอ หากวัดคู่ใดคู่หนึ่งแล้วมิเตอร์ร้องป๊าย 0 โอห์ม = ช็อตพัง 100% ทั้งทันที!

สเต็ปที่ 3: วิชเขียน "วัดทริกเกอร์" (ทดสอบการสับสวิตช์)

- นำสายสีดำจิ้มขา E (ขาขวา) แห่ค้างไว้ตลอดการทดสอบ
- นำสายสีแดงจิ้มที่ขา C (ขากลาง) หน้าจอต้องขึ้น OL (เพราะสวิตช์ยังปิดอยู่)
- นำสายสีแดง ยกมาแตะที่ขา G (ขาซ้าย) 1 ครั้งสั้นๆ (เพื่อจ่ายไฟบวกจากแบตเตอรี่ภายในมิเตอร์ไปทริกเปิดวาล์ว)
- นำสายสีแดง กลับมาจิ้มที่ขา C (ขากลาง) อีกครั้ง
- ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง: หน้าจอต้องแสดงค่าความต้านทานที่ต่ำลงมา (เช่น 0.1V - 0.2V หรือมีตัวเลขขึ้นมาแทนที่ OL) แปลว่า IGBT ตัวนี้รับคำสั่งและ "เปิดค้าง" ได้สำเร็จ!
- วิธีปิดสวิตช์ (Reset): ใช้นิ้วมือแตะข้อต่อระหว่างขา G กับขา E พร้อมกัน (เพื่อดีสชาร์จดึงไฟลงกราวด์ปิดวาล์ว) แล้วนำสายสีแดงไปวัดขา C อีกครั้ง คราวนี้หน้าจอต้องกลับมาเป็น OL (สวิตช์ปิดสนิท) ถือว่า IGBT ตัวนี้สมบูรณ์ 100% พร้อมใช้งาน!

4. ข้อควรระวังขั้นวิกฤตตอนประกอบกลับ (ซิลิโคนและฉนวนกันช็อต)

- การระบายความร้อน: IGBT ทำงานหนักและผลิตความร้อนสูงมาก ก่อนขันน็อตยึดติดกับซิงค์อลูมิเนียม บังคับว่าต้องทา "ซิลิโคนระบายความร้อน (Thermal Grease)" สีขาวหรือสีเทาบางๆ เสมอ หากลืมทา หรือซิลิโคนเก่าแห้งกรัง IGBT จะสะสมความร้อนจนร้อนและระเบิดภายในเวลาไม่ถึง 5 นาที
- แผ่นฉนวนรองหลัง (Insulator Pad): หากสังเกตด้านหลังของตัว IGBT เป็น "แผ่นเหล็กเปลือย" (ไม่ใช่พลาสติกดำหุ้มมิดทั้งตัว) บังคับว่าต้องใส่ "แผ่นไมก้า หรือ แผ่นซิลิโคนยาง" รองกันระหว่างตัว IGBT กับซิงค์อลูมิเนียมเสมอ!
- ⚠️ กฎเหล็ก: ห้ามขันน็อตให้แผ่นเหล็กหลัง IGBT สัมผัสกับซิงค์อลูมิเนียมโดยตรงเด็ดขาด เพราะแผ่นเหล็กนั้นเชื่อมต่อกับขา C (ไฟ 310V) หากชนกันไฟจะช็อตลงกราวด์ระเบิดทันที! (หลังขันน็อตเสร็จ ให้ใช้มิเตอร์วัดเทียบขา C กับตัวซิงค์อลูมิเนียม ต้องไม่ช็อตถึงกัน)

5. ทริคช่าง: การอ่านสเปคเบอร์อะไหล่ และระวัง "IGBT ปลอม"

- การถอดรหัสเบอร์ (เบื้องต้น): เช่น เบอร์ 25N120 ตัวเลขชุดแรก (25) มักหมายถึงทนกระแสได้ 25 แอมป์ (A) ตัวเลขหลัง (120) คือทนแรงดันได้ 1200 โวลต์ (V) หรือเบอร์ 50JR22 ทนกระแสได้ถึง 50 แอมป์ เป็นต้น
- การหาเบอร์แทน: หากไปร้านอะไหล่แล้วเบอร์เดิมไม่มี บังคับว่าต้องซื้อเบอร์ที่ทนกระแส (แอมป์) และแรงดัน (โวลต์) "เท่าเดิม หรือ สูงกว่า" เท่านั้น ห้ามใส่เบอร์ที่แอมป์น้อยกว่าเด็ดขาด
- ⚠️ ระวังอะไหล่ปลอม (Fake Parts): ในท้องตลาดมี IGBT "รีมาร์ค" (สเปคเบอร์อะไหล่สเปคต่ำ แล้วสกรีนเบอร์สเปคสูงหลอกขาย) เยอะมาก จุดสังเกตของปลอมคือ ขาเหล็กจะบางและโค้งงอง่าย น้ำหนักตัวจะเบากว่าปกติ หรือรอยสกรีนตัวหนังสือหลุดลอกได้ง่าย หากหลงซื้อมาใส่เปิดเครื่องทำงานปั๊บจะระเบิดทันที ควรเลือกซื้อจากร้านอะไหล่ที่เชื่อถือได้เท่านั้น