



ใบความรู้ที่ ผ่าโครงสร้าง MOSFET สวิตช์กำลังสูงสำหรับงาน IoT และงานซ่อม (N-Channel)

สถานศึกษา: โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร (ประเวศ)

รายวิชา: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (งานซ่อมและประกอบบอร์ด IoT)

หัวข้อ: การวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ MOSFET ควบคุมโหลดกระแสสูง



บทนำ: ทำไมต้องใช้ MOSFET?

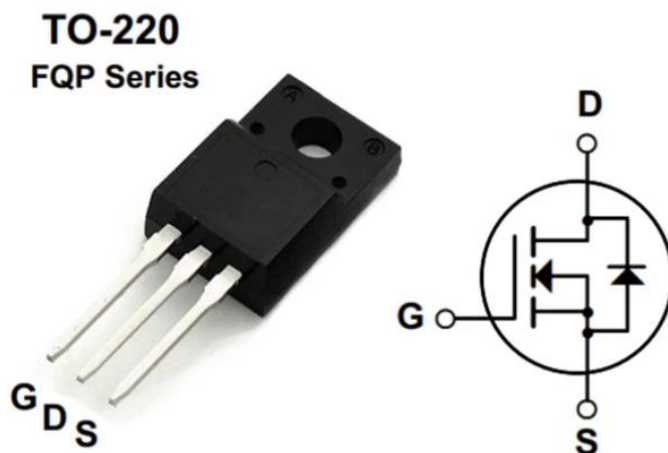
ในงานที่ผ่านมา เราได้รู้จักทรานซิสเตอร์ (BJT) ในฐานะสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กันไปแล้ว แต่ BJT มีข้อจำกัดคือ "ยังต้องขับโหลดกระแสสูง ตัวมันก็ยังร้อน และต้องการกระแสกระตุ้นที่ขา Base สูงตามไปด้วย"

ในงานอุตสาหกรรม งานสมาร์ทฟาร์ม (เช่น ESP32 ขับปั๊มน้ำ) หรือแม้กระทั่ง ภาคจ่ายไฟในทีวีและเครื่องใช้ไฟฟ้า ช่างเทคนิคจะใช้ MOSFET (มอสเฟต) แทน เนื่องจากมอสเฟตทนกระแสได้สูงมาก ร้อนน้อยกว่า และแทบไม่กินกระแสไฟจากวงจรควบคุมเลย



รู้จักขาและโครงสร้างของ MOSFET (ชนิด N-Channel)

MOSFET ย่อมาจาก *Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor* แบ่งเป็น 2 ชนิดหลักคือ N-Channel และ P-Channel (ในงานสวิตช์ติดต่อไพลบ ช่างนิยมใช้ N-Channel มากที่สุด) มี 3 ขา ดังนี้:



คำอธิบายภาพ: ขาของ MOSFET ชนิด N-Channel (เมื่อหันหน้าเบอร์เข้าหาตัว ขาจะเรียงเป็น G - D - S จากซ้ายไปขวา)

1. Gate (G) - ขาควบคุม (วาล์วน้ำ): รับแรงดันไฟบวกจากบอร์ดหรือไอซี เพื่อสั่งเปิดสวิตช์
2. Drain (D) - ขาไฟเข้า (ท่อน้ำเข้า): ต่อกับ "ขั้วลบ" ของอุปกรณ์โหลด (รับกระแสที่ไหลผ่านโหลดเข้ามา)
3. Source (S) - ขาไฟออก (ท่อน้ำทิ้ง): ต่อลงเส้นกราวด์ (GND) เพื่อระบายกระแสทิ้งให้ครบวงจร



กฎเหล็กความต่าง: BJT vs MOSFET

- BJT ควบคุมด้วย "กระแส" (Current Driven): ต้องมีกระแสไฟฟ้าไหลทะลุเข้าขา Base อย่างต่อเนื่อง ทรานซิสเตอร์ถึงจะทำงาน (เปรียบเทียบเหมือนต้องออกแรงผลักประตูกลค้างไว้ตลอดเวลา)
- MOSFET ควบคุมด้วย "แรงดัน" (Voltage Driven): ไม่ต้องการกระแสไหลทะลุเข้าขา Gate ใช้แค่ "แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)" ไปสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อเปิดวาล์วภายใน (เปรียบเทียบเหมือนการเป่าลมเข้าลูกโป่งให้พองไปดันสวิตช์ เมื่อพองเต็มที่แล้วแค่มัดปากลูกโป่งไว้ สวิตช์ก็เปิดค้างได้)



ตัวอย่างงานซ่อมแผงวงจรจริง: การวิเคราะห์ MOSFET ในภาคจ่ายไฟ (Switching Power Supply)

ในงานซ่อมแผงวงจร เช่น บอร์ดจ่ายไฟทีวี (Power Supply Board) หรืออะแดปเตอร์ มอสเฟตมักจะทำหน้าที่เป็น "สวิตช์สับไฟความถี่สูง" ทำงานร่วมกับหม้อแปลง คติสยงขวัญของช่างซ่อม: "พิวส์ขาดคำ บอร์ดเปิดไม่ติด"

เมื่อเปิดฝาเครื่องมาเจออาการพิวส์ขาดคำทะลุ จำไว้เลยว่า 80% เกิดจาก MOSFET ช็อตทะลุ (ขา D กับ S ทะลุถึงกัน) ทำให้ไฟบวกไหลลงกราวด์โดยตรงจนฟิวส์ระเบิด

เทคนิคการวัดหามอสเฟตช็อต (ด้วยมัลติมิเตอร์ย่านเสียงบี๊ป/ไดโอด):

1. เคลียร์ประจุขา Gate ก่อนเสมอ: ใช้ปลายสายมิเตอร์หรือไขควง ช็อตระหว่างขา Gate กับ Source เพื่อทิ้งประจุที่อาจค้างอยู่ (ถ้าไม่เคลียร์ประจุ มอสเฟตอาจเปิดค้างและหลอกเรว่ามันช็อต)
2. วัดขา D กับ S: นำสายมิเตอร์จิ้มขา Drain และ Source สลับกันสองครั้ง
 - a. มอสเฟตดี: ด้านหนึ่งจะไม่ขึ้นค่าใดๆ (สายขาด) และอีกด้านจะขึ้นค่าแรงดันตกคร่อมของไดโอดภายในตัวมัน (ประมาณ 0.4V - 0.6V)
 - b. มอสเฟตเสีย (ช็อต): มิเตอร์จะร้อง "บี๊ป" ยาวๆ ทั้งสองด้าน หรือได้ค่าความต้านทานเข้าใกล้ 0 โอห์ม (0.00V)



กฎเหล็กงานซ่อมแผง (ห้ามพลาด):

หากเจอมอสเฟตซื้อมาแล้ว "ห้ามเปลี่ยนมอสเฟตตัวใหม่ใส่แล้วเสียบปลั๊กทดสอบที่เด็ดขาด!" เพราะไฟกระชากที่ทำให้ขา D-S ทะลุ มักจะทะลุเข้าขา Gate ย้อนกลับไปทำลาย ตัวต้านทานหน้าขา Gate (R-Gate) และ ไอซีผลิตความถี่ (PWM Controller IC) เสียหายไปด้วย หากช่างไม่เช็ค R-Gate และไอซีตัวนี้ มอสเฟตตัวใหม่ที่ใส่เข้าไปก็จะระเบิดซ้ำทันทีที่เสียบปลั๊ก!



สเปกที่ช่างต้องอ่านให้ออก (Datasheet Parameters)

เวลาไปเลือกซื้อมอสเฟตมาซ่อมแผง หรือประกอบโปรเจกต์ ช่างต้องดูสเปก 3 ค่านี้เป็นหลัก:

- V_{DS} (Drain-Source Voltage):** "แรงดันไฟสูงสุด" ที่มอสเฟตทนได้ในขณะที่ปิดสวิตช์
 - สำหรับงาน IoT (ไฟ DC): ใช้ไฟ 12V หรือ 24V เลือกรุ่นที่ทน V_{DS} ประมาณ 50V-60V ก็เพียงพอ
 - สำหรับงานซ่อมภาคจ่ายไฟ (ไฟ AC แปลงเป็น DC): ไฟ 220VAC เมื่อผ่านไดโอดบริดจ์จะกลายเป็นไฟ 310VDC ช่างจึงต้องเลือกซื้อมอสเฟตที่ทน V_{DS} 600V ถึง 800V เท่านั้น หากเอาสเปกต่ำกว่านี้มาใส่ มอสเฟตจะระเบิดทันที
- V_{GS(th)} (Gate Threshold Voltage):** "แรงดันขั้นต่ำ" ที่เริ่มทำให้มอสเฟตเปิดทำงาน
 - สำหรับงาน IoT: บอร์ด ESP32 ปลั๊กไฟสัญญาณแค่ 3.3V ช่างจึงต้องเลือกมอสเฟตตระกูล "Logic Level" (เช่น IRLZ44N) ที่รับไฟ 3.3V ไปสั่งเปิดได้ 100% (หากใช้เบอร์ทั่วไป มันจะเปิดไม่สุดและร้อนจนไหม้)
- R_{DS(on)} (Static Drain-Source On-Resistance):** "ความต้านทานภายในตัวมอสเฟตขณะทำงานเต็มที่"
 - ยิ่งค่านี้น้อย (ระดับมิลลิโอห์ม) ยิ่งดี เพราะกระแสจะไหลผ่านได้สะดวก ทำให้ "ตัวไม่ร้อน" เวลาขับโหลดกระแสสูงๆ



คลินิกช่างหน้างาน (Pro-Tips งานประกอบวงจร IoT)

- คีมมอสเฟตเปิดค้าง / มีหลอก (Floating Gate):**

หากปล่อยขา Gate ทิ้งไว้ลอยๆ แล้วเอามือไปเฉียด โหลดอาจทำงานค้างไม่ยอมดับ!



วิธีแก้: ต้องต่อตัวต้านทาน Pull-down (10k โอห์ม) คร่อมระหว่างขา Gate กับ Source (GND) เสมอ

เพื่อเป็นช่องทางระบายประจุทิ้งให้สวิตช์ดับสนิททันทีเมื่อไม่มีสัญญาณสั่ง

- คัตไฟนบอร์ดไม่ใคร่คอนโทรลเลอร์พัง (Inrush Current):**

โครงสร้างขา Gate คล้ายตัวเก็บประจุ จึงหวั่นไหวที่บอร์ดจ่ายไฟ 3.3V ออกมา ขา Gate จะกระชากกระแสไฟอย่างรุนแรงเพื่อชาร์จประจุ ซึ่งอาจทำให้พินของบอร์ดพังได้



วิธีแก้: ต้องต่อตัวต้านทาน (Gate Resistor) ขนาด 100 - 330 โอห์ม อนุกรมคั่นระหว่าง พินของบอร์ด กับ ขา Gate เพื่อจำกัดกระแสกระชาก

- คัตไฟฟาสถิตทำลายล้าง (ESD):**

ไฟฟาสถิตจากร่างกายช่าง สามารถทะลุวงจรมอสเฟตได้ง่ายๆ ภายในขา Gate จนมอสเฟตพังถาวรได้



การป้องกัน: ก่อนหยิบจับมอสเฟตออกจากถาด ให้จับโครงเหล็กโต๊ะหรือสายดิน เพื่อคลายประจุไฟฟาสถิตในร่างกายออกก่อนเสมอ