

ใบงานที่ 1

รู้จักเครื่องมือ EDA และวงจรแบ่งแรงดัน สำหรับเซนเซอร์

RBE2001 เซนเซอร์และอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Sensor and Actuator)



โปรแกรม

**Proteus 8 (+
Multisim เสริม)**



เวลาปฏิบัติ

3 ชั่วโมง

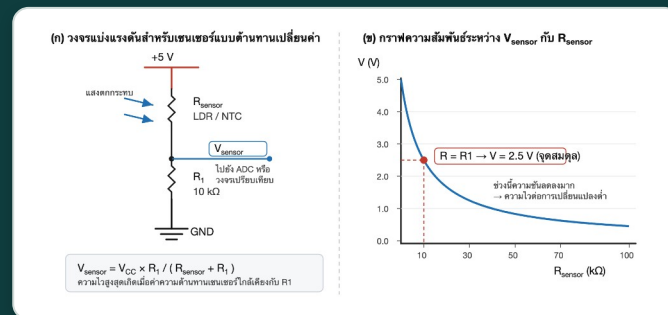


คะแนน

6 คะแนน

อาจารย์ ดร.อภิรักษ์ ธิตินฤมิต

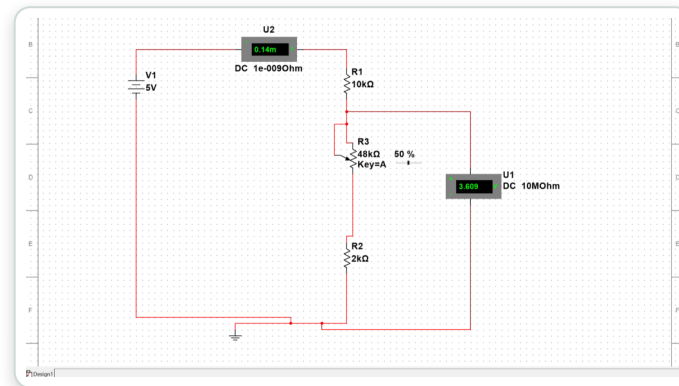
สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อปฏิบัติตามใบงานนี้จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

- 1 อธิบายความต่างระหว่างเครื่องมือจำลองวงจรกับเครื่องมือออกแบบ PCB และบอกได้ว่าควรใช้ตัวใดในขั้นตอนใด
- 2 สร้างโครงการใหม่และวาดผังวงจรใน Proteus 8 ได้ถูกต้องตามหลักการเขียนแบบ
- 3 เลือกและวางอุปกรณ์จากไลบรารี พร้อมกำหนดค่าและหมายเลขอ้างอิงได้
- 4 ใช้เครื่องมือวัดเสมือนวัดแรงดัน และอ่านค่าเทียบกับการคำนวณได้
- 5 คำนวณแรงดันขาออกของวงจรแบ่งแรงดัน และอธิบายว่าความไวสูงสุดเกิดที่จุดใด
- 6 เลือกค่าตัวต้านทานคงที่ที่เหมาะสมกับย่านความต้านทานของเซนเซอร์จริงได้



วงจรแบ่งแรงดันที่จำลองจริง (NI Multisim)

เครื่องมือสองชนิด ทำงานคนละหน้าที่

ลำดับที่ถูกต้องคือ จำลองให้แน่ใจก่อน แล้วค่อยออกแบบลายวงจร

ชนิดเครื่องมือ	ตัวอย่าง	ตอบคำถามว่า	ตอบไม่ได้ว่า
เครื่องมือจำลองวงจร	Proteus, Multisim, LTspice	วงจรให้ผลอย่างไร ค่าอุปกรณ์เหมาะสมหรือยัง	วางบนแผ่นจริงได้ไหม กว้างพอไหม ร้อนไหม
เครื่องมือออกแบบ PCB	KiCad, EasyEDA, Altium	จะวางและเดินลายอย่างไร โรงงานผลิตได้หรือไม่	วงจรทำงานถูกต้องหรือเปล่า

Proteus จำลองไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโปรแกรมที่คอมไพล์แล้วได้ → ใช้ในใบงาน 1-3 · KiCad ฟรี เปิดซอร์ส ไฟล์เป็นข้อความ → ใช้ในใบงาน 4-13

เซนเซอร์แบบต้านทานเปลี่ยนค่า

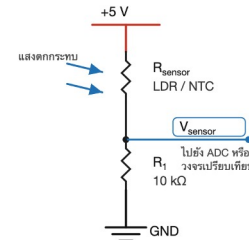
LDR · NTC · โฟโตทรานซิสเตอร์ · FSR · โฟเทนซีอิมิตเตอร์ — ให้ 'ความต้านทาน' ไม่ใช่แรงดัน

- LDR: แสงมาก → ความต้านทานต่ำ (หลักร้อยโอห์มถึงหลายเมกะโอห์ม)
- NTC: ร้อนขึ้น → ความต้านทานลดลง
- FSR: กดแรง → ความต้านทานลดลง
- ก่อนอ่านค่าเข้า ADC ต้องแปลงความต้านทานเป็นแรงดันก่อน — วิธีที่ง่ายและถูกที่สุดคือวงจรแบ่งแรงดัน

สมการวงจรแบ่งแรงดัน (LDR อยู่บน, R_1 ต่อกาวดัด)

$$V_{\text{sensor}} = V_{\text{CC}} \times R_1 / (R_{\text{sensor}} + R_1)$$

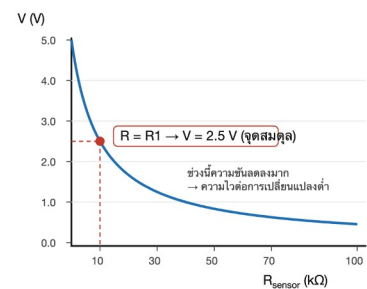
(ก) วงจรแบ่งแรงดันสำหรับเซนเซอร์แบบต้านทานเปลี่ยนค่า



$$V_{\text{sensor}} = V_{\text{CC}} \times R_1 / (R_{\text{sensor}} + R_1)$$

ความไวสูงสุดเกิดเมื่อค่าความต้านทานเซนเซอร์ใกล้เคียงกับ R_1

(ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{sensor} กับ R_{sensor}



รูปที่ 1.1 วงจรแบ่งแรงดันและกราฟ V_{sensor} เทียบ R_{sensor}

เลือก R_1 อย่างไรให้ไวที่สุด

วัดความไวเทียบกับการเปลี่ยนแปลงเชิงสัดส่วน ($d \ln R$) ไม่ใช่ต่อหนึ่งโอห์ม

- LDR เปลี่ยนค่าเป็น 'เท่าตัว' ($2 \text{ k}\Omega \rightarrow 50 \text{ k}\Omega$) ไม่ใช่หลักโอห์ม จึงต้องใช้ความไวเชิงสัดส่วน $dV/d \ln R$
- ค่านี้มีขนาดมากที่สุดเมื่อ $R_{\text{sensor}} = R_1$ และให้ $V_{CC}/4$ พอดี
- กฎที่ใช้จริง: เลือก R_1 ใกล้ค่ากลางย่านของเซนเซอร์ — ใช้ค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต ไม่ใช่เลขคณิต
- ตัวอย่าง LDR $2 \text{ k}\Omega$ (สว่าง) / $50 \text{ k}\Omega$ (มืด) $\rightarrow \sqrt{(2 \times 50)} = 10 \text{ k}\Omega \rightarrow$ เลือก $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

ความไวเชิงสัดส่วน

$$dV/d \ln R = -V_{CC} \cdot R_1 \cdot R_{\text{sensor}} / (R_{\text{sensor}} + R_1)^2 \rightarrow \text{มากที่สุดที่ } R_{\text{sensor}} = R_1$$

โจทย์: วงจรแบ่งแรงดันสำหรับ LDR

ให้แรงดันขาออกอยู่ในย่านที่ ADC ของ Arduino อ่านได้ดี

ข้อกำหนด	ค่า
แรงดันจ่าย	5 V
เซนเซอร์	LDR 2 k Ω ที่สว่าง / 50 k Ω ที่มีด
แรงดันขาออกที่ต้องการ	ครอบคลุมย่านกว้างที่สุดระหว่าง 0.5–4.5 V
กระแสผ่านวงจรแบ่งแรงดัน	ไม่เกิน 2 mA (ประหยัดแบตเตอรี่)
อุปกรณ์ใน Proteus	TORCH_LDR · RES · POT-HG · POWER (+5V) · GROUND · DC VOLTMETER · DC AMMETER

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ภาพรวมลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน — รายละเอียดทีละข้ออยู่ในใบงาน

1 คำนวณล่วงหน้า

หา R_1 จากค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต คำนวณ V_{sensor} สว่าง/มืด และกระแสสูงสุด ตรวจสอบว่าไม่เกิน 2 mA (ตาราง 6.1)

2 สร้างโครงการ + วางอุปกรณ์

File → New Project ชื่อ RBE2001_Lab01_รหัส_ชื่อเล่น · Component Mode กด P ค้น TORCH_LDR, RES · Terminals Mode วาง POWER/GROUND

3 เชื่อมต่อและตั้งค่า

ลากสายตามรูป 1.1 ตั้งค่า R1 ตามที่คำนวณ ตั้ง Ref เป็น R1 และ LDR1 — ไหลซ้ายไปขวา แหล่งจ่ายบน กราวด์ล่าง

4 ติดตั้งเครื่องมือวัดเสมือน

DC VOLTMETER คร่อม Vsensort-GND · DC AMMETER อนุกรมจากแหล่งจ่ายเข้า LDR

5 จำลองและเก็บผล

กด Play เลื่อน LDR 0→100 % ทีละ 10 % บันทึก V และ I ลงตาราง 6.2 แล้ววาดกราฟ

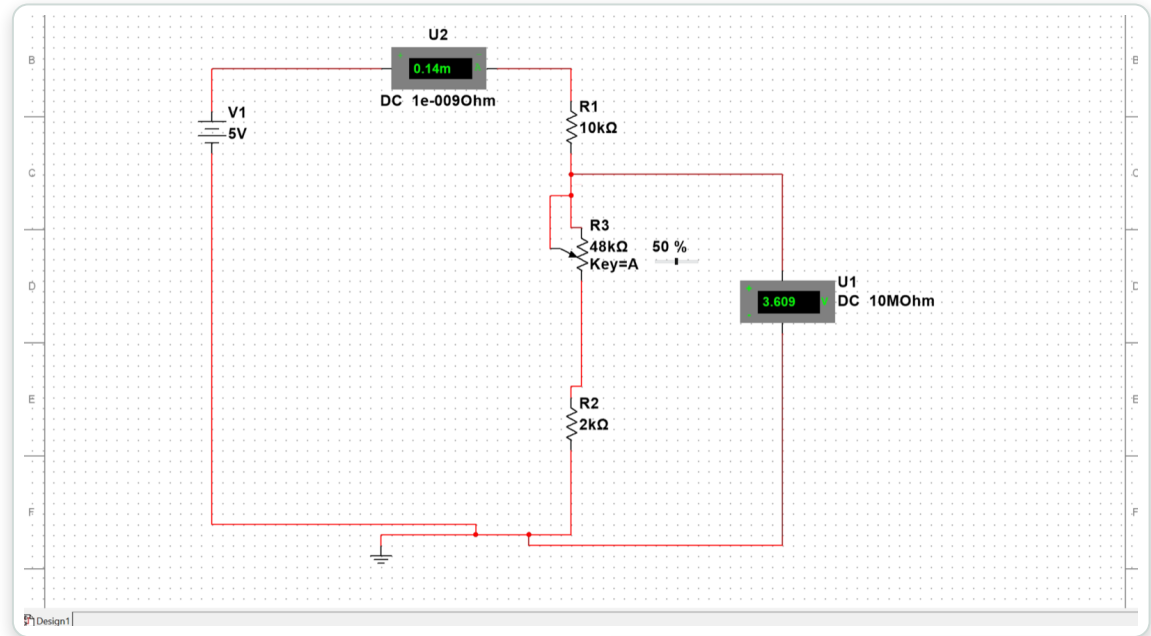
6 เปรียบเทียบ R_1 สามค่า

ทำซ้ำที่ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ และ $100 \text{ k}\Omega$ ช้อนกราฟสามเส้น ดูว่าเส้นใดชันสุดในย่านที่สนใจ + Graph Mode ANALOGUE

ผลจำลองจริง — คำนวณตรงกับโปรแกรมภายใน 0.1 %

NI Multisim 14.1 (ทางเลือกเสริมข้อ 5.9) · $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ · LDR จำลอง = POTENTIOMETER $48\text{ k}\Omega + 2\text{ k}\Omega$

- 0 % ($R_{\text{LDR}} = 2\text{ k}\Omega$): 0.833 V / 0.417 mA
- 50 % ($26\text{ k}\Omega$): 3.609 V / 0.14 mA
- 100 % ($50\text{ k}\Omega$): 4.163 V / 0.083 mA
- ส่วนต่าง 2–4 mV มาจากโหลด $10\text{ M}\Omega$ ของโวลต์มิเตอร์ — 'เครื่องมือวัดก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจร'
- ตัวอย่างนี้ต่อ R_1 บน / LDR ล่าง (สลับกับรูป 1.1) แรงดันจึงสูงเมื่อมืด



ที่ 50 %: โวลต์มิเตอร์ 3.609 V (คำนวณ 3.611) · แอมมิเตอร์ 0.14 mA (คำนวณ 0.139)

จุดที่มักพลาด



ไม่คำนวณก่อนเปิดโปรแกรม

โปรแกรมจำลองมีไว้ 'ยืนยัน' สิ่งที่เราคำนวณไว้ ไม่ใช่มีไว้ลองสุ่มค่าไปเรื่อย ๆ



ต่อ LDR กับ R_1 สลับตำแหน่ง

แรงดันจะกลับทิศ (สูงเมื่อมืด) — วงจรไม่ผิด แต่ตารางผลจะกลับด้าน ต้องบอกให้ชัดว่าใช้แบบใด



มองข้ามโหลดของมิเตอร์

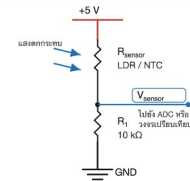
โวลต์มิเตอร์ 10 M Ω ขนานกับตัวต้านทานค่าสูงทำให้ค่าเพี้ยนไม่กี่มิลลิโวลต์ — เห็นชัดที่ R_{LDR} สูง



ลืมข้อกำหนดกระแส 2 mA

R_1 เล็กให้ความไวดีแต่กินกระแส — ต้องชั่งน้ำหนักในบริบทหุ่นยนต์ใช้แบตเตอรี่

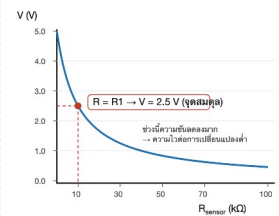
(ก) วงจรแบ่งแรงดันสำหรับเซนเซอร์แบบต้านทานแปรผันค่า



$$V_{\text{sensor}} = V_{CC} \times R_1 / (R_{\text{sensor}} + R_1)$$

ความไวสูงเกินไปคือความต้านทานเซนเซอร์ใกล้เคียงกับ R_1

(ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{sensor} กับ R_{sensor}



คำถามท้ายใบงาน

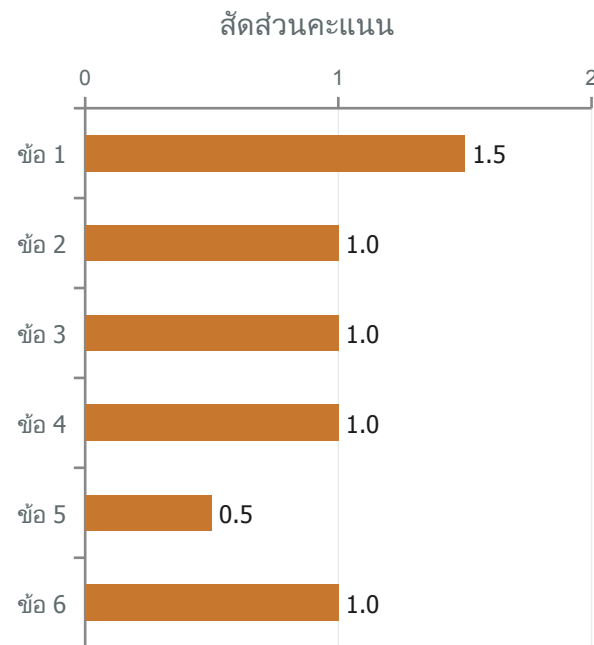
ตอบในรายงาน — ข้อที่ยกมาเป็นตัวอย่างที่ควรอภิปรายในคาบ

- 1 จากตาราง 6.3 R_i ใดให้ย่านแรงดันกว้างสุด และค่าใดกินกระแสน้อยสุด ถ้าขัดกันจะตัดสินใจอย่างไรกับหุ่นยนต์ใช้แบตเตอรี่
- 2 ทำไมไม่ใช้ค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตแทนเลขคณิตในการเลือก R_i — คำนวณทั้งสองแบบแล้วเทียบ
- 3 ADC 10 บิต อ้างอิง 5 V — 1 บิตคิดเป็นกี่มิลลิโวลต์ และย่านแรงดันที่ใดให้ความละเอียดกี่ระดับ
- 4 ถ้าสลับตำแหน่ง LDR กับ R_i พฤติกรรมเปลี่ยนอย่างไร และกรณีใดที่การต่อแบบนั้นสะดวกกว่า
- 5 การจำลองบอกอะไรไม่ได้บ้าง — ยกตัวอย่างความผิดพลาดบนบอร์ดจริงที่มองไม่เห็นในโปรแกรมสองกรณี

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 6 คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
การคำนวณแสงหน้าครบถ้วน มีที่มาของค่าที่เลือก	1.5
ผังวงจรถูกต้อง จัดวางอ่านง่าย ตั้งค่าและ Ref ครบ	1
จำลองสำเร็จ ติดตั้งเครื่องมือวัดถูกตำแหน่ง แบนภาพครบ	1
ตารางบันทึกผลครบ มีหน่วย และเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อน	1
กราฟเปรียบเทียบสามค่าและข้อสรุปที่มีเหตุผล	0.5
คำถามท้ายใบงาน	1
รวม	6



สรุปสิ่งที่ต้องได้จากใบงานนี้

- จำลองก่อน ออกแบบลายที่หลัง — สองเครื่องมือตอบคนละคำถาม
- เซนเซอร์แบบต้านทานต้องผ่านวงจรแบ่งแรงดันก่อนเข้า ADC
- เลือก R_1 = ค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของย่านเซนเซอร์ $\rightarrow$ ความไวเชิงสัดส่วนสูงสุดที่ $R = R_1$
- ค่าคำนวณกับค่าจำลองต้องตรงกัน ถ้าต่างต้องหาสาเหตุ (โพลเดอ์)
- ค่า R_1 ที่เลือกจะใช้ต่อในใบงานที่ 2 และ 6



สิ่งที่ต้องส่ง

- โพลเดอ์โครงการ Proteus
- ภาพหน้าจอ lab01-a/b/c
- ตาราง 6.1–6.3 + กราฟ
- รายงาน PDF ตามแบบฟอร์ม

ใบงานถัดไป

**ใบงานที่ 2 — วงจรเปรียบเทียบแรงดัน
และฮีสเทอรีซิส (LM393)**