

## CIRCUIT & ELECTRONIC LABORATORY 3

### วัตถุประสงค์

1. ฝึกอ่านสัญลักษณ์และ Datasheet ของตัวอุปกรณ์
2. ฝึกการออกแบบวงจรในการใช้งาน IC, Transistor และ Relay
3. ฝึกการเขียนแบบและการวาง Layout วงจร
4. ฝึกทักษะการตัด – ตัดแต่งขาอุปกรณ์และการลงอุปกรณ์บอร์ดแบบไขปลา (Stripboard)
5. ฝึกการใช้คีมตัด คีมจับ การบัดกรี การถอดอุปกรณ์ที่บัดกรีแล้ว
6. ฝึกการใช้ Multi-meter

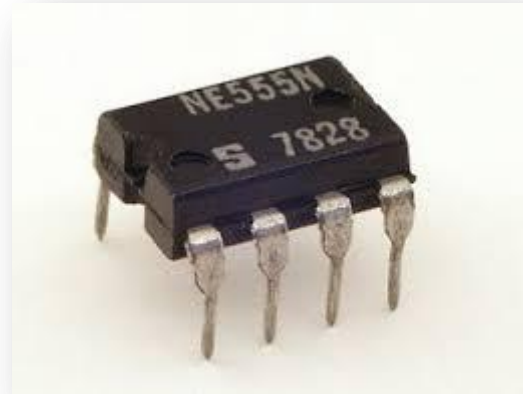
### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### integrated circuit (IC)

**integrated circuit (IC)** บางครั้งเรียกว่า ชิพ หรือไมโครชิพ เป็นเวเฟอร์กึ่งตัวนำ(semiconductor) ซึ่งสร้างขึ้นจากตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ทราานซิสเตอร์ขนาดเล็กหลายพันหรือหลายล้านชิ้น IC สามารถทำงานเป็นตัวขยาย (amplifier) ออสซิลเลเตอร์ ไทม์เมอร์ ตัวนับ หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ หรือไมโครโพรเซสเซอร์ โดยความเจาะจง IC ได้รับการจัดแบ่งเป็นเชิงเส้น (อนาล็อก) หรือดิจิทัล ขึ้นกับความมุ่งหมายของการประยุกต์

IC เชิงเส้นให้ผลส่งออกแปรผันอย่างต่อเนื่อง (ในทางทฤษฎี ความสามารถในการบรรจุจำนวนไม่รู้จักของสถานะ) ที่เกิดขึ้นกับระดับสัญญาณนำเข้า ตามนัยยะ ระดับสัญญาณส่งออกเป็นการทำงานเชิงเส้นของระดับสัญญาณนำเข้า ในทางทฤษฎี เมื่อการส่งออกทันทีเป็นกราฟต่อการนำเข้าทันที เส้นกราฟปรากฏเป็นเชิงเส้น IC เชิงเส้นได้รับการใช้เป็นตัวขยายความถี่เสียง (audio-frequency หรือ AF) และความถี่วิทยุ (radio-frequency หรือ RF) เป็นอุปกรณ์ปกติในการประยุกต์เหล่านั้น

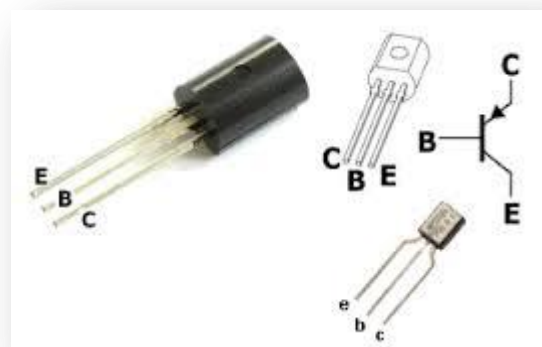
IC ดิจิตอล ทำงานที่กำหนดระดับหรือสถานะน้อย แทนที่ช่วงต่อเนื่องของความกว้างสัญญาณ อุปกรณ์เหล่านี้ได้รับการในคอมพิวเตอร์ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ โมเด็ม และตัวความถี่ พื้นฐานการสร้างบล็อกของ IC ดิจิตอลเป็น logic gate ซึ่งทำงานกับข้อมูลไบนารี นั่นคือสัญญาณที่มีเพียงสองสถานะ เรียกว่าต่ำ (ตรรกะ 0) และสูง (ตรรกะ 1)



## TRANSISTOR

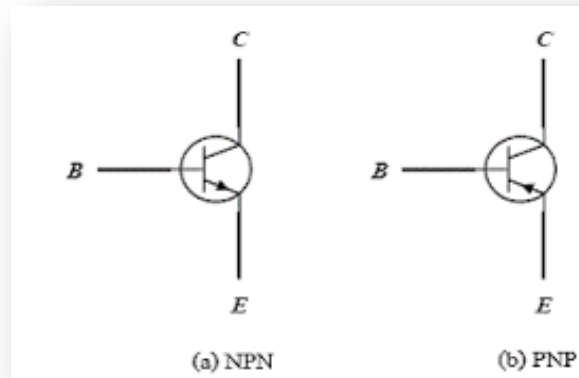
ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) คือ สิ่งประดิษฐ์ทำจากสารกึ่งตัวนำมีสามขา (THREE LEADS) กระแสหรือแรงเคลื่อน เพียงเล็กน้อยที่ขาหนึ่งจะควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ หมายความว่าทรานซิสเตอร์เป็นทั้งเครื่องขยาย (AMPLIFIER) และสวิตช์ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อเรียกด้ายตัวย่อว่า BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR) ทรานซิสเตอร์ (BJT) ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น วงจรขยายในเครื่องรับวิทยุและเครื่องรับโทรทัศน์หรือนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ (Switching) เช่น เปิด-ปิด รีเลย์ (Relay) เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ เป็นต้น

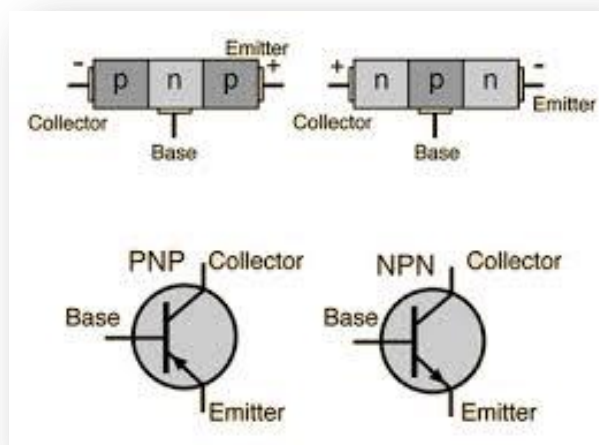


## โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน (Doping) จำนวน 3 ชั้นทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ขึ้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิด N 2 ชั้น เรียกว่าชนิด NPN และชนิดที่มีสารชนิด P 2 ชั้น เรียกว่าชนิด PNP โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP แสดงดังรูป

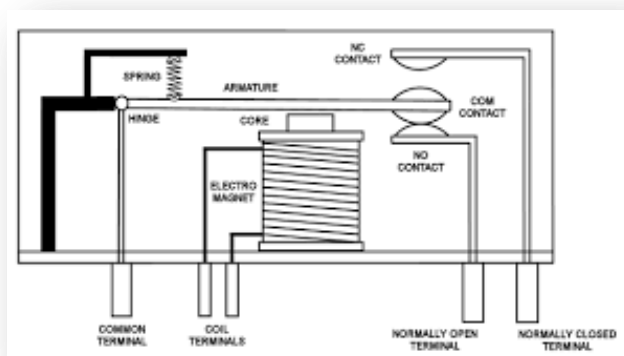


เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้น แต่ละชั้นจะต่อลวดตัวนำจากเนื้อสารกึ่งตัวนำไปใช้งาน ชั้นที่เล็กที่สุด (บางที่สุด) เรียกว่า เบส (Base) ตัวอักษรย่อ B สำหรับสารกึ่งตัวนำชั้นที่เหลือ คือ คอลเลกเตอร์ (collector หรือ c) และอิมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN จะมี 3 ขา คือ ขาเบส ขาคอลเลกเตอร์ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมเขียนทรานซิสเตอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ดังรูป



## Relay

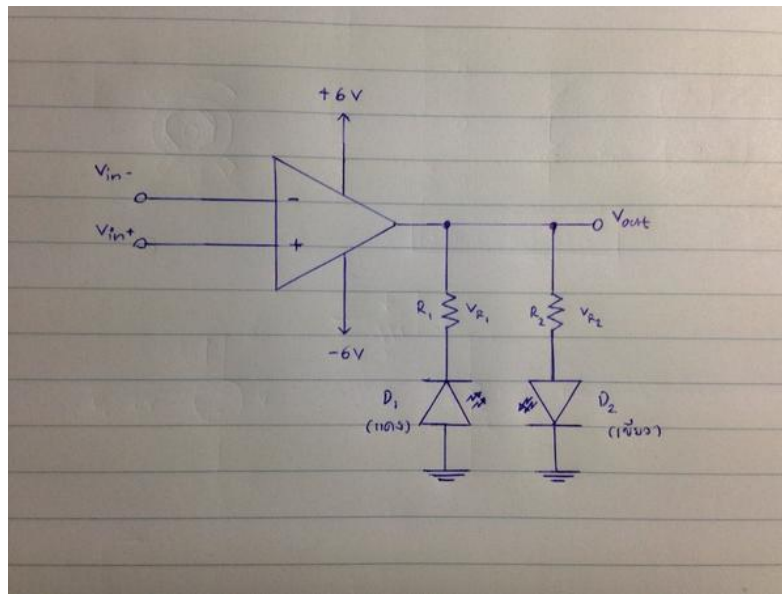
รีเลย์ (Relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจาก เพาเวอร์ซ ของเครื่องเรา ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน



อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หัวแร้ง ตะกั่ว ที่ดูดตะกั่ว
2. Stripboard
3. Power supply
4. ตัวต้านทาน สายไฟ ลวดทองแดง
5. คัตเตอร์ คีมจับ คีมตัด
6. IC, Transistor, Relay
7. Multi-meter

## วงจรที่ 1



กำหนด

1. ถ้า  $V_{in+} > V_{in-}$  LED สีเขียวสว่าง $V_{in+} < V_{in-}$  LED สีแดงสว่าง

2. กำหนดกระแสไหลผ่าน LED ไม่เกิน 10 mA

$$V_S = 6\text{ V}, V_{LED_{green}} = 1.920\text{ V}, V_{LED_{red}} = 1.838\text{ V}$$

$$\text{คำนวณหา } V_{R1}; V_{R1} = V_S - V_{LED_{red}} = 6 - 1.838 = 4.162\text{ V}$$

$$\text{คำนวณหา } R_1; R_1 = \frac{V_{R1}}{i} = \frac{4.162\text{ V}}{10\text{ mA}} = 416.2\ \Omega \text{ (เลือกใช้ } R = 500\ \Omega)$$

$$\text{คำนวณหากระแส } i_{R1} \text{ จริงจาก } R = 500\ \Omega$$

$$i_{R1} = \frac{V_R}{R} = \frac{4.162\text{ V}}{500\ \Omega} = 8.324\text{ mA}$$

คำนวณหา  $V_{R_2}$ ;  $V_{R_2} = V_S - V_{LED_{green}} = 6 - 1.920 = 4.08 \text{ V}$

คำนวณหา  $R_2$ ;  $R_1 = \frac{V_{R_2}}{i} = \frac{4.08 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 408 \Omega$  (เลือกใช้  $R = 500 \Omega$ )

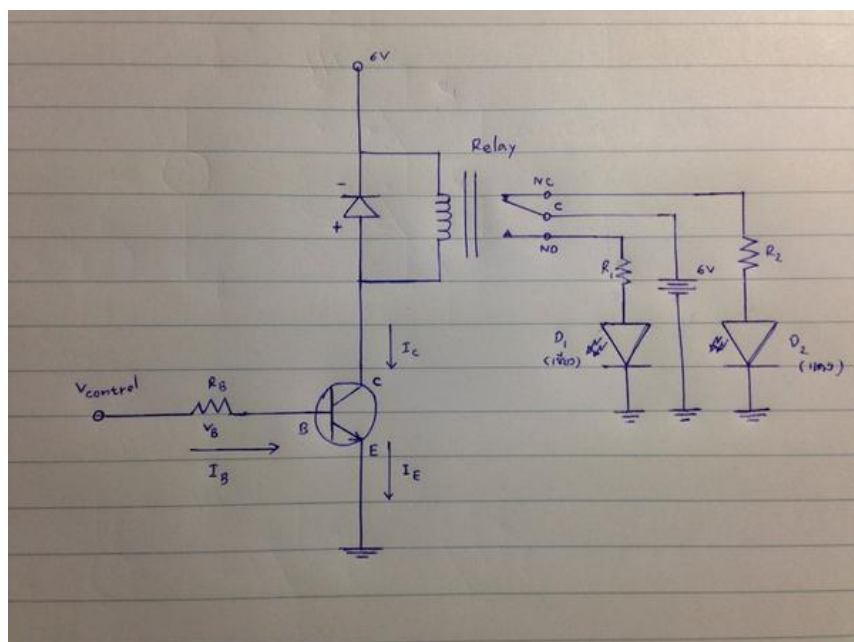
คำนวณหากระแส  $i_{R_2}$  จริงจาก  $R = 500 \, \Omega$

$$i_{R_2} = \frac{V_R}{R} = \frac{4.08 \text{ V}}{500 \Omega} = 8.16 \text{ mA}$$

ผลกระทคดลอง

เงื่อนไข	$V_{in+}$	$V_{in-}(V)$	$V_{out}(V)$	$LED_{red}$	$LED_{green}$
1	6.00	0	4.83	ดับ	สว่าง
2	0	5.98	-5.31	สว่าง	ดับ

## วงจรถี 2



กำหนด

1. ถ้า  $V_{control} = 5\text{ V}$  LED สีเขียวสว่าง

$V_{control} = 0\text{ V}$  LED สีแดงสว่าง

2. กำหนดกระแสไหลผ่าน LED ไม่เกิน  $10\text{ mA}$

3. กำหนดให้  $i_C$  ของ *Transistor* ไม่เกิน  $80\text{ mA}$

$$V_S = 6\text{ V}, V_{LED_{green}} = 1.913\text{ V}, V_{LED_{red}} = 1.883\text{ V}$$

$$\beta = 161$$

หา  $R_B, I_B$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{80}{161} = 0.496\text{ mA}$$

$$-V_{control} + I_B R_B + V_{BE} = 0$$

$$I_B R_B = V_{control} - V_{BE}$$

$$R_B = \frac{V_{control} - V_{BE}}{I_B} = \frac{6 - 0.756\text{ V}}{0.496\text{ mA}} = 10.572\text{ k}\Omega$$

คำนวณ  $I$  จาก  $R$

$$R \text{ ที่เลือกใช้} = 4910 + 4930 + 4920 = 14760\ \Omega = 14.76\text{ k}\Omega$$

$$I_B = \frac{V_B}{R_B} = \frac{6 - 0.756\text{ V}}{14.76\text{ k}\Omega} = 0.3552\text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 161 \times 0.3552 = 57.1872\text{ mA}$$

หา  $R_1$

$$V_s = 6\text{ V}, V_{LED_{green}} = 1.913\text{ V}, I = 10\text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{6 - 1.913\text{ V}}{10\text{ mA}} = 408.7\ \Omega \text{ (เลือกใช้ } R = 500\ \Omega)$$

คำนวณหากระแส  $I$  จริง จาก  $R = 500\ \Omega$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6 - 1.913\text{ V}}{500\ \Omega} = 8.714\text{ mA}$$

หา  $R_2$

$$V_s = 6\text{ V}, V_{LED_{red}} = 1.883\text{ V}, I = 10\text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{6 - 1.883\text{ V}}{10\text{ mA}} = 411.7\ \Omega \text{ (เลือกใช้ } R = 500\ \Omega)$$

คำนวณหากระแส  $I$  จริง จาก  $R = 500\ \Omega$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6 - 1.883\text{ V}}{500\ \Omega} = 8.234\text{ mA}$$

ผลการทดลอง

เงื่อนไข	$V_{in+}(V)$	$V_{in-}(V)$	$LED_{red}$	$LED_{green}$
1	6.00	0	ดับ	สว่าง
2	0	5.98	สว่าง	ดับ



## สรุปผลการทดลอง

จากวงจรที่ 1 เมื่อป้อนค่า  $V_{in+} > V_{in-}$  คือป้อนไฟ + ให้มากกว่าไฟ - ค่า Output ที่ออกมาจะเท่ากับ  $V_{ด้าน +}$  ซึ่งกระแสจะไหลผ่านเข้าหลอด LED สีเขียวแต่ไม่ไหลเข้าหลอด LED สีแดง เพราะกระแสไหลเข้า LED สีแดงแบบไบอัสกลับ (Reverse biased) อยู่ซึ่งกระแสจะไม่ไหลผ่าน LED สีแดง ทำให้หลอด LED สีเขียวติด แต่หลอด LED สีแดงไม่ติด และเมื่อป้อน  $V_{in+} < V_{in-}$  คือป้อนไฟ- ให้มากกว่าไฟ+ ค่า Output ที่ออกมาจะเท่ากับ  $V_{ด้าน -}$  ซึ่งกระแสจะไหลผ่านเข้าหลอด LED สีแดงแต่ไม่ไหลเข้าหลอด LED สีเขียวเพราะกระแสไหลเข้า LED สีเขียวแบบไบอัสกลับ (Reverse biased) อยู่ซึ่งกระแสจะไม่ไหลผ่าน LED สีเขียว ทำให้หลอด LED สีแดงติด แต่หลอด LED สีเขียวไม่ติด

จากวงจรที่ 2 เมื่อป้อน  $V_{control} = 0 V$  Transistor จะมีสถานะการทำงานเป็น OFF ทำให้กระแสที่ขาเบส ( $I_B$ ) = 0 mA กระแสที่ขา Emitter ( $I_E$ ) = 0 mA กระแสที่ขา Collector ( $I_C$ ) = 0 mA ทำให้สวิตช์ Relay ไม่ทำงาน กระแสจะไหลผ่านหลอด LED สีแดง ทำให้ LED สีแดงสว่าง เมื่อป้อน  $V_{control} = 6 V$  Transistor จะมีสถานะการทำงานเป็น ON ทำให้กระแสที่ขาเบส ( $I_B$ ) = 0.496 mA กระแสที่ขา Emitter ( $I_E$ )  $\approx (1 + \beta)I_B \approx 57.1872 mA$  กระแสที่ขา Collector ( $I_C$ ) =  $\beta I_B = 57.1872 mA$  ทำให้สวิตช์ Relay ทำงาน ขา Contact จะสลับจาก NC เป็น NO ทำให้กระแสไหลผ่านหลอด LED สีเขียวแทน ทำให้ LED สีเขียวสว่าง