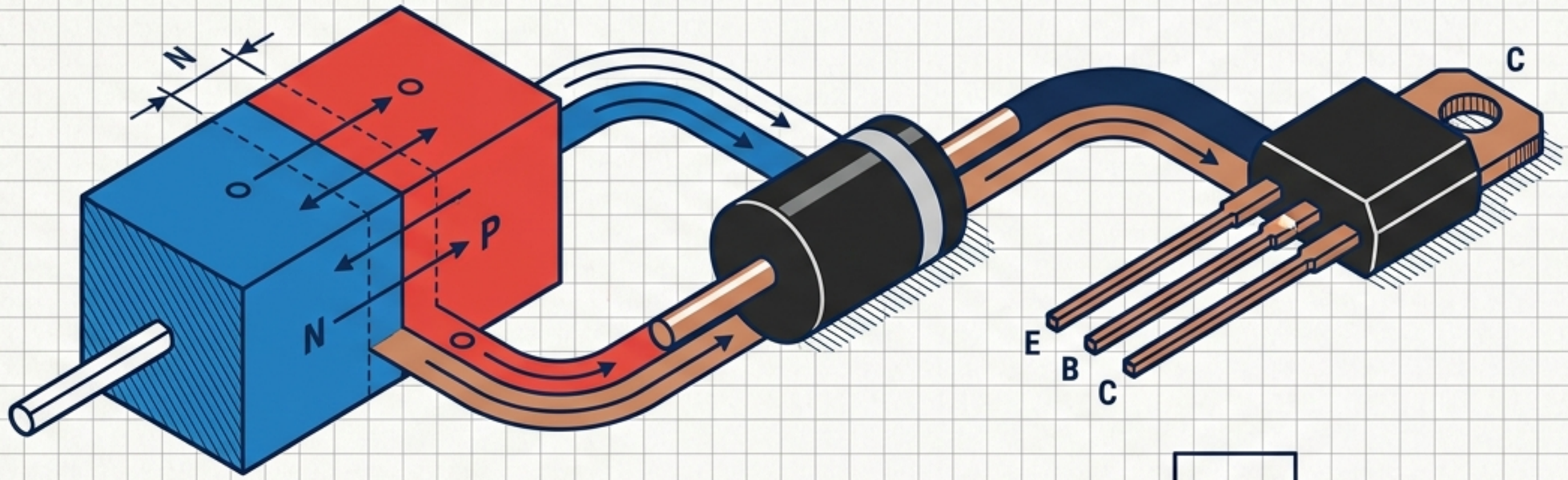
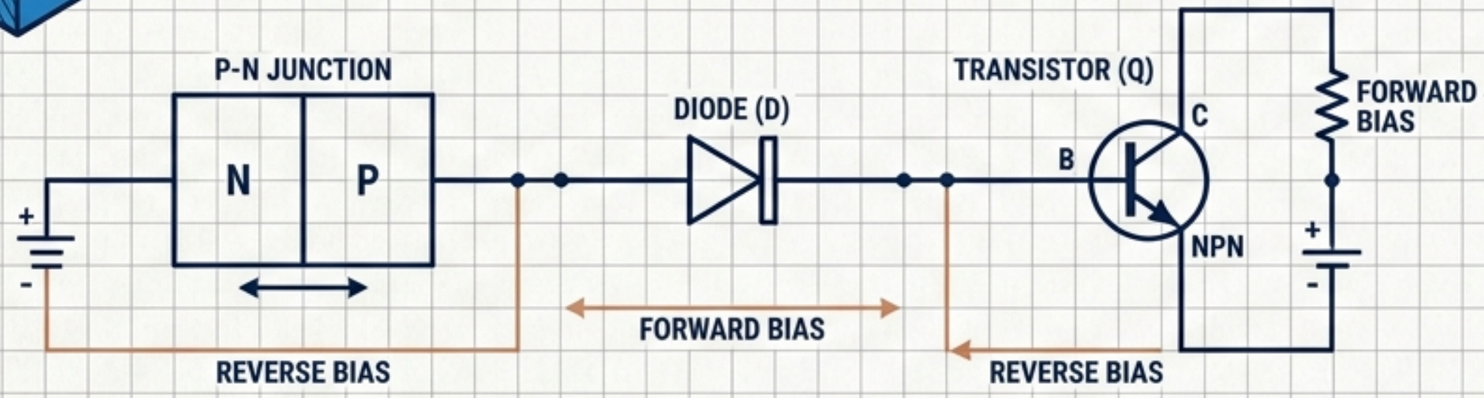
พิมพ์เขียววิศวกรอิเล็กทรอนิกส์: จากสัญลักษณ์สู่ระบบวงจร

คู่มือฉบับสมบูรณ์เพื่อความเข้าใจสัญลักษณ์ไฟฟ้า ไดโอด และทรานซิสเตอร์ (BJT)





THE ENGINEER'S FIELD GUIDE
VOLUME 01

NotebookLM

ภาษาภาพสากลของระบบอิเล็กทรอนิกส์

หมวดตัวต้านทาน (Passives)

Resistor (ตัวต้านทาน):
ลดการไหลของกระแส

Variable Resistor (ตัวต้านทานปรับค่าได้):
ปรับความต้านทาน, ควบคุมกระแส

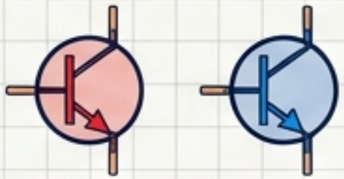
Capacitor (ตัวเก็บประจุ):
บล็อก DC, ผ่าน AC

Inductor (ตัวเหนี่ยวนำ):
สร้างสนามแม่เหล็ก

หมวดเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductors)

Diode (ไดโอด):
บังคับทิศทางกระแส

LED (หลอดไฟ LED):
เปล่งแสงเมื่อกระแสไหลผ่าน



NPN / PNP Transistor (ทรานซิสเตอร์):
สวิตช์และขยายสัญญาณ

หมวดสวิตช์และอุปกรณ์อื่นๆ (Switches & Others)

SPST Switch (สวิตช์ทางเดียว):
ตัดต่อวงจรพื้นฐาน

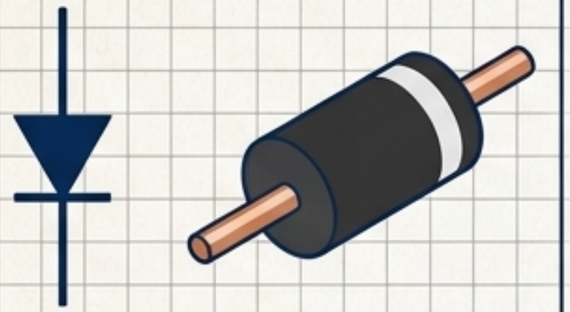
Relay (รีเลย์):
สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า

Ground (กราวด์):
จุดอ้างอิงศักย์ไฟฟ้า 0V

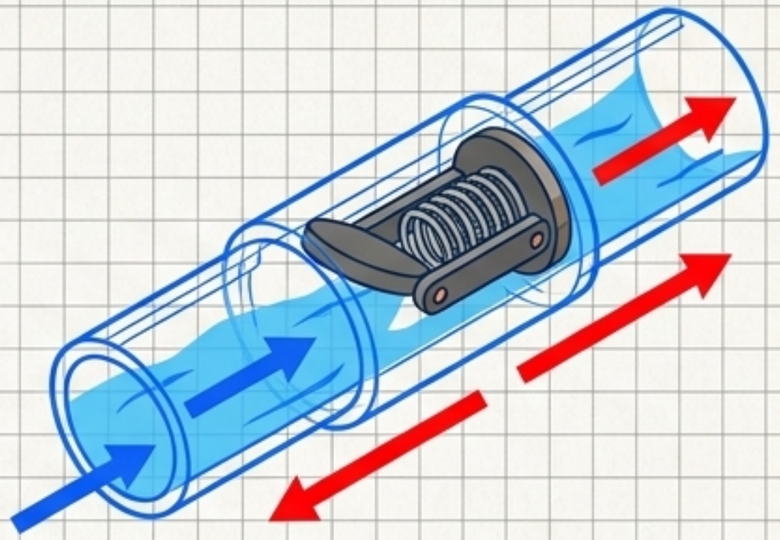
Transformer (หม้อแปลง):
แปลงแรงดันสลับ

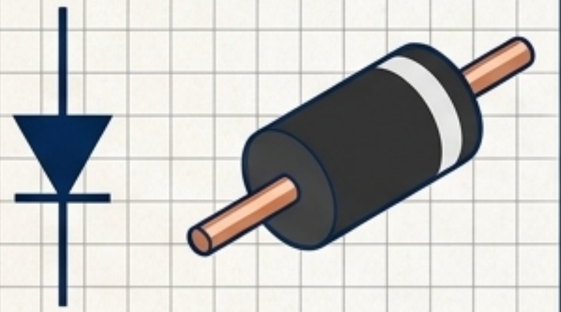
NotebookLM

ไดโอด (Diode): วาล์วน้ำทางเดียวของวงจรไฟฟ้า

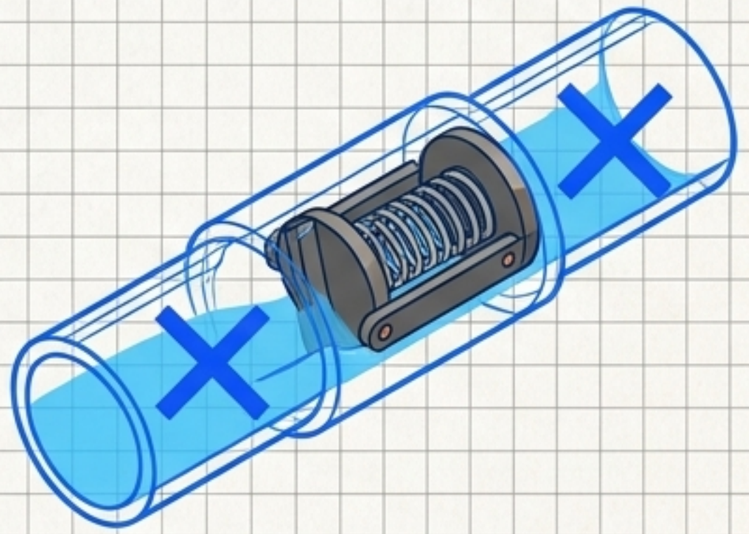


Panel A (Forward Bias / ไบแอสตรง)
กระแสไหลผ่านได้:
เมื่อป้อนขั้วบวกที่แอโนด (Anode) และขั้วลบที่แคโทด (Cathode - ฝั่งแถบสีขาว) กระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันชนะค่า Threshold (>0.7V) จะดัน ‘วาล์ว’ เปิดออก





Panel B (Reverse Bias / ไบแอสกลับ)
สกัดกั้นกระแส:
หากกระแสพยายามไหลย้อนกลับ หรือป้อนขั้วผิด ศักย์ไฟฟ้าจะดันวาล์วให้ปิดสนิท ป้องกันความเสียหายในวงจร



NotebookLM

กฎ 0.7V และการสูญเสียพลังงาน (Voltage Drop)

Core Concept : การเดินทางผ่านรอยต่อ P-N ย่อมมี **"ค่าผ่านทาง"** ไดโอดซิลิคอนทั่วไปจะดึงแรงดันไฟฟ้าไปใช้งานประมาณ 0.7V เสมอ

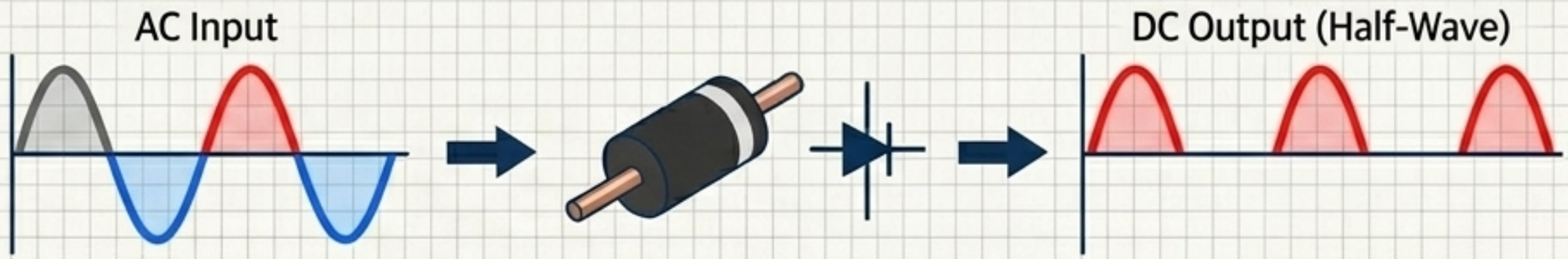
Calculation Box (การคำนวณความร้อน)

- พลังงานที่สูญเสียไปจะเปลี่ยนเป็นความร้อน (P = V x I)
- ตัวอย่าง: ไดโอดมีแรงดันตกคร่อม 0.7V กระแสไฟ LED ไหลผ่าน 30mA
- P = 0.7V x 0.030A = **0.021W (21 มิลลิวัตต์** - ระบายความร้อนสบาย)
- **คำเตือน**: หากกระแสพุ่งสูงถึง **3A** ความร้อนจะสูงถึง **2.1 วัตต์**!
  ต้องเลือกไดโอดตัวใหญ่ขึ้น ห้ามนำไดโอดเล็กมาต่อขนานกันเพื่อแบ่งภาระเด็ดขาด

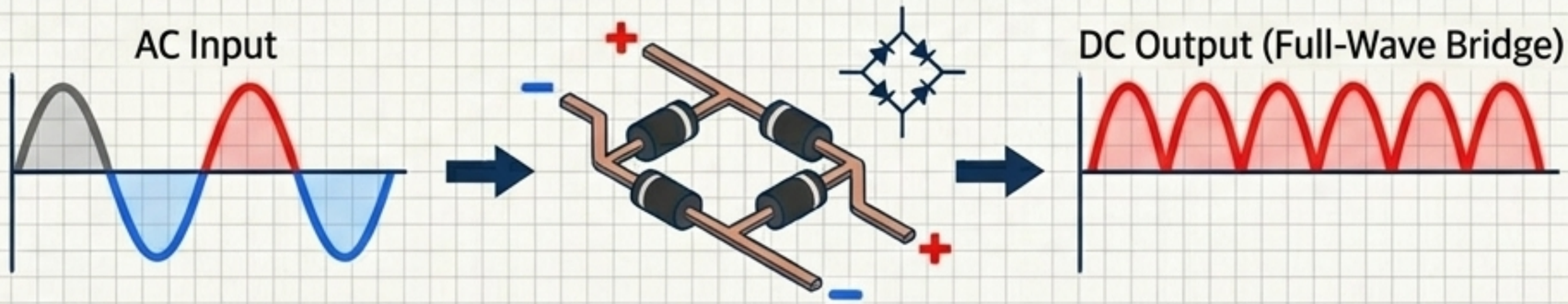
NotebookLM

การแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง (Rectification)

Top Track (Track 1):
แบบครึ่งคลื่น (Half-Wave):
ใช้ไดโอด 1 ตัว ตัดแรงดันไฟซีกซีกซ้าย (ลบ) ทิ้งไป
ได้พลังงานเพียงครึ่งเดียว



Middle Track (Track 2):
แบบเต็มคลื่น (Full-Wave Bridge):
ใช้ไดโอด 4 ตัว จัดเรียงแบบบริดจ์
พลิกคลื่นซีกลบขึ้นมาเป็นบวก
ได้พลังงานเต็มเม็ดเต็มหน่วย
(คลื่น 100Hz)



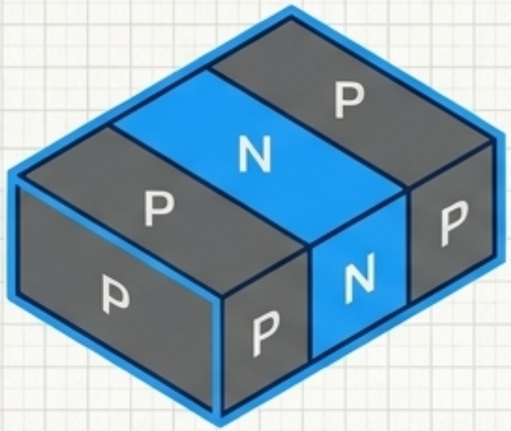
Synthesis Section: The Smoother (คาปาซิเตอร์ / ตัวเก็บประจุ): คลื่น DC ที่ได้ยังไม่เรียบพอ (มี Ripple) ต้องใช้คาปาซิเตอร์กักเก็บและจ่ายไฟเสริม เติมหุบเขาคลื่นให้เต็มเพื่อให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานได้เสถียร

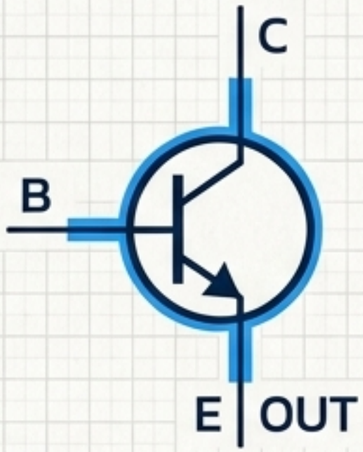
NotebookLM

กายวิภาคของทรานซิสเตอร์ (BJT Anatomy)

Core Concept: ไบโพลาร์จังชั่นทรานซิสเตอร์ (BJT) คืออุปกรณ์ 3 ขา 2 รอยต่อ ประกอบด้วยขา Base (B), Emitter (E), และ Collector (C)

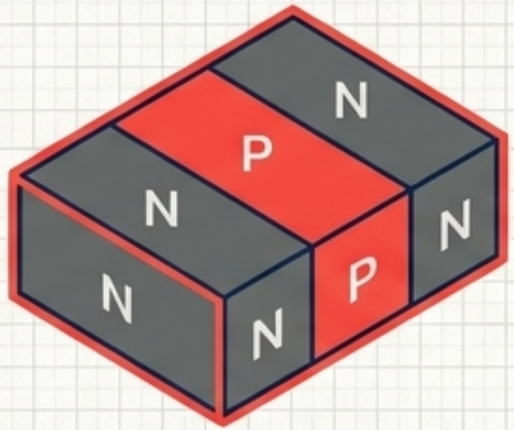
ชนิด NPN

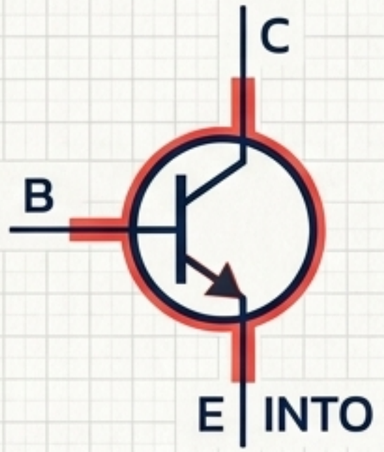




- **โครงสร้าง**: P ขนาบด้วย N สองตอน
- **สัญลักษณ์**: ขา Emitter หัวลูกศร “ชี้ออก”
- **การไบแอส**: จ่ายไฟบวกเข้าขา B และ C เทียบกับ E

ชนิด PNP



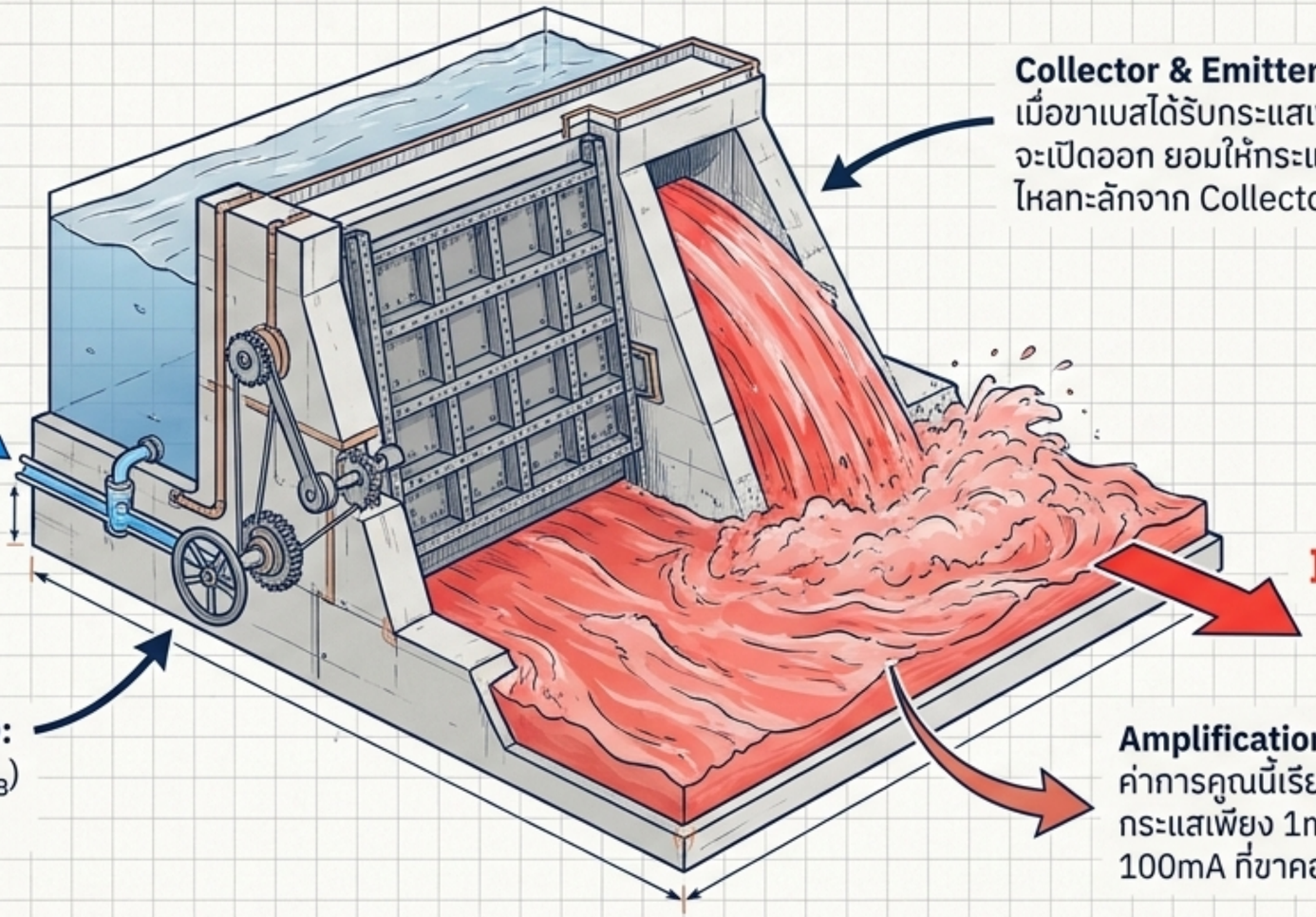


- **โครงสร้าง**: N ขนาบด้วย P สองตอน
- **สัญลักษณ์**: ขา Emitter หัวลูกศร “ชี้เข้า”
- **การไบแอส**: จ่ายไฟลบเข้าขา B และ C เทียบกับ E

NotebookLM

ทรานซิสเตอร์ในฐานะ "ตัวคูณกระแส" (β_{dc})

Metaphor Concept: ลองจินตนาการถึงเขื่อนกักน้ำขนาดใหญ่...



Collector & Emitter (กระแสหลัก):
เมื่อขาเบสได้รับกระแสเพียงพอ ประตูน้ำใหญ่จะเปิดออก ยอมให้กระแสไฟมหาศาล (I_C) ไหลทะลักจาก Collector ไป Emitter ทันที

I_B (1mA)

I_C (100mA)

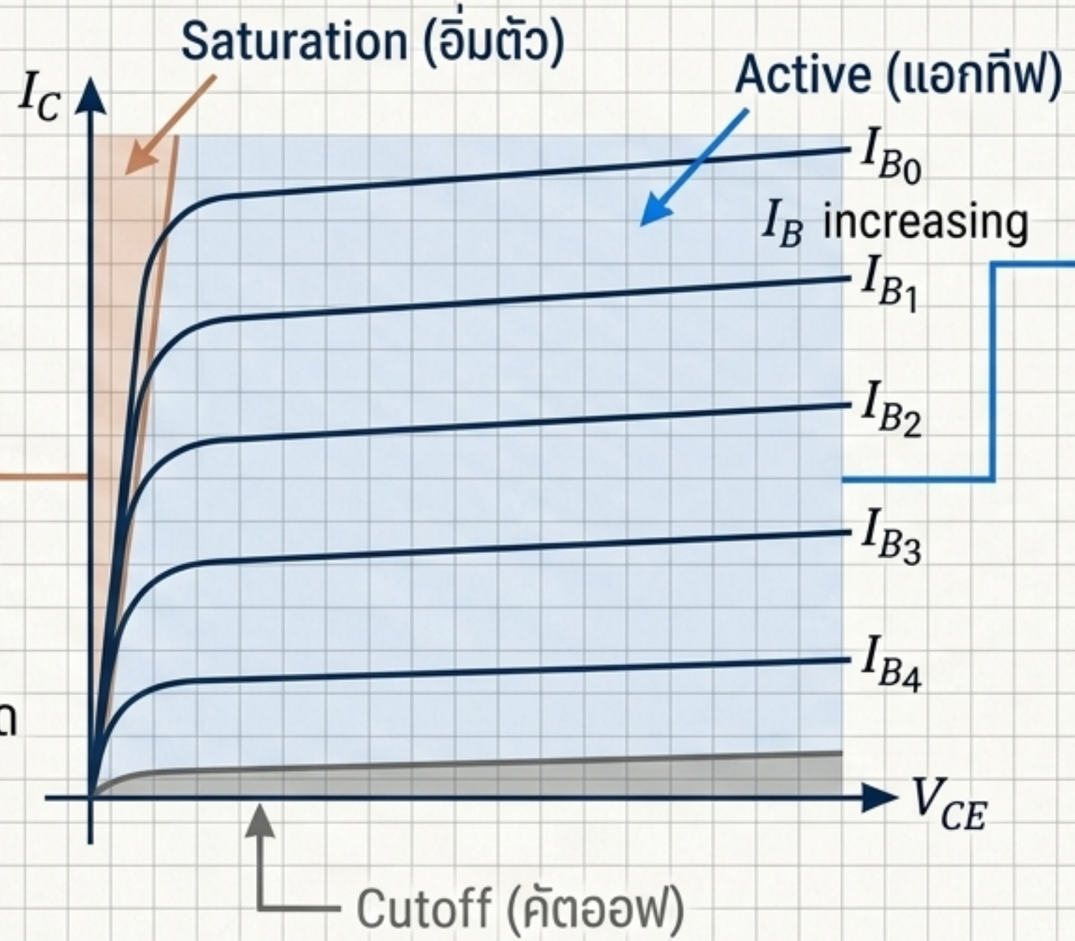
Base (ขาเบส / วาล์วควบคุม):
รับกระแสไฟปริมาณน้อยนิด (I_B) ทำหน้าที่เป็นมือหมุนวาล์ว

Amplification (อัตราขยายกระแส):
ค่าการคูณนี้เรียกว่าค่าเบต้า (β_{dc} หรือ h_{FE}) กระแสเพียง 1mA ที่ขาเบส อาจควบคุมกระแส 100mA ที่ขาคอลเล็กเตอร์ได้

NotebookLM

3 ย่านการทำงาน (Operating Regions)

1. การใช้งานเป็น ‘สวิตช์’ (Digital/Switching)
- ย่านคัตออฟ (Cutoff): ไม่มีกระแสเบส (I_B=0) วาล์วปิดสนิท = สวิตช์ OFF
- ย่านอิ่มตัว (Saturation): จ่ายกระแสเบสเต็มที่ วาล์วเปิดสุด กระแสไหลสูงสุด = สวิตช์ ON

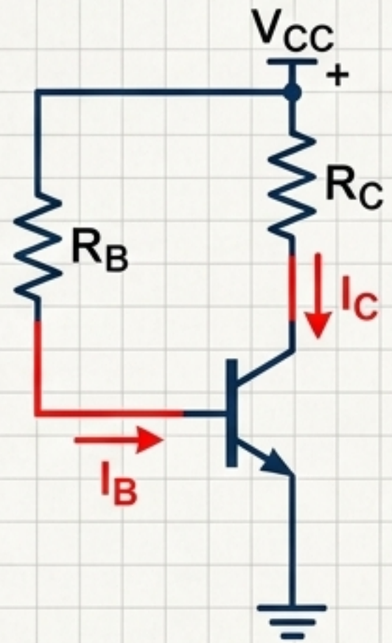
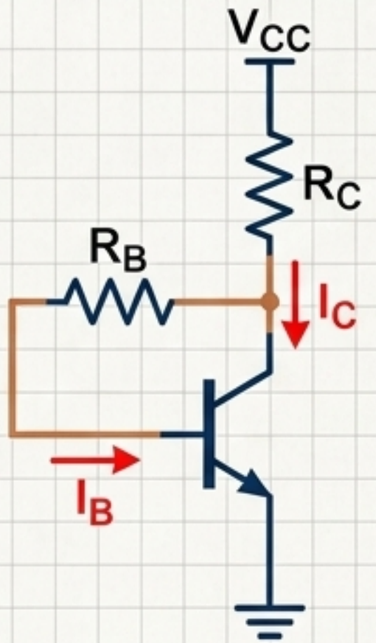


2. การใช้งานเป็น ‘วงจรขยายสัญญาณ’ (Analog/Amplifier)
- ย่านแอกทีฟ (Active): ควบคุมกระแสเบสให้อยู่ในระดับกึ่งกลาง วาล์วเปิดหรี่ตามจังหวะสัญญาณเสียงหรือเซนเซอร์ ทำให้ได้กระแสเอาต์พุตที่มีสัดส่วนขยายตามอินพุตเป๊ะๆ

NotebookLM

กลยุทธ์การจัดวงจรไบแอส (Biasing Strategies) - Part 1

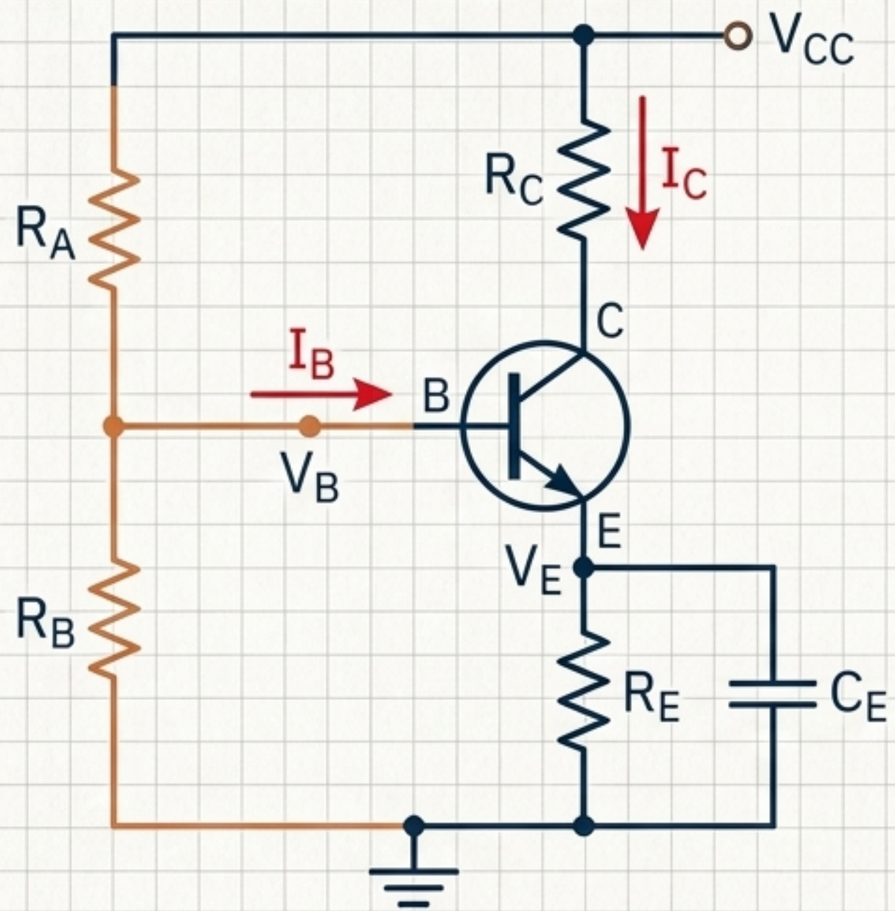
Context: ทรานซิสเตอร์ต้องการแรงดันพื้นฐานเพื่อรักษาสถานะการทำงาน (จุด Q-Point) ให้คงที่

วงจรไบแอสคงที่ (Fixed Bias)	วงจรไบแอสกระแสป้อนกลับ (Collector-Feedback)
	
- ลักษณะ: ใช้ตัวต้านทาน R_B ค่าคงที่ตัวเดียว ต่อรับแรงดันจากแหล่งจ่าย V_{CC} ป้อนให้ขาเบส - ข้อสังเกต: วงจรเรียบง่ายที่สุด แต่ความเสถียรต่ำเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน	- ลักษณะ: นำตัวต้านทานไปต่อรับแรงดันจากขา Collector แทนแหล่งจ่ายตรง - ข้อสังเกต: ชดเชยการเปลี่ยนแปลงของกระแสได้อัตโนมัติ เสถียรภาพดีขึ้น

NotebookLM

กลยุทธ์การจัดวงจรไบแอส (Biasing Strategies) - Part 2

Main Focus: วงจรไบแอสแบบผสม / แบ่งแรงดัน (Voltage-Divider Bias)



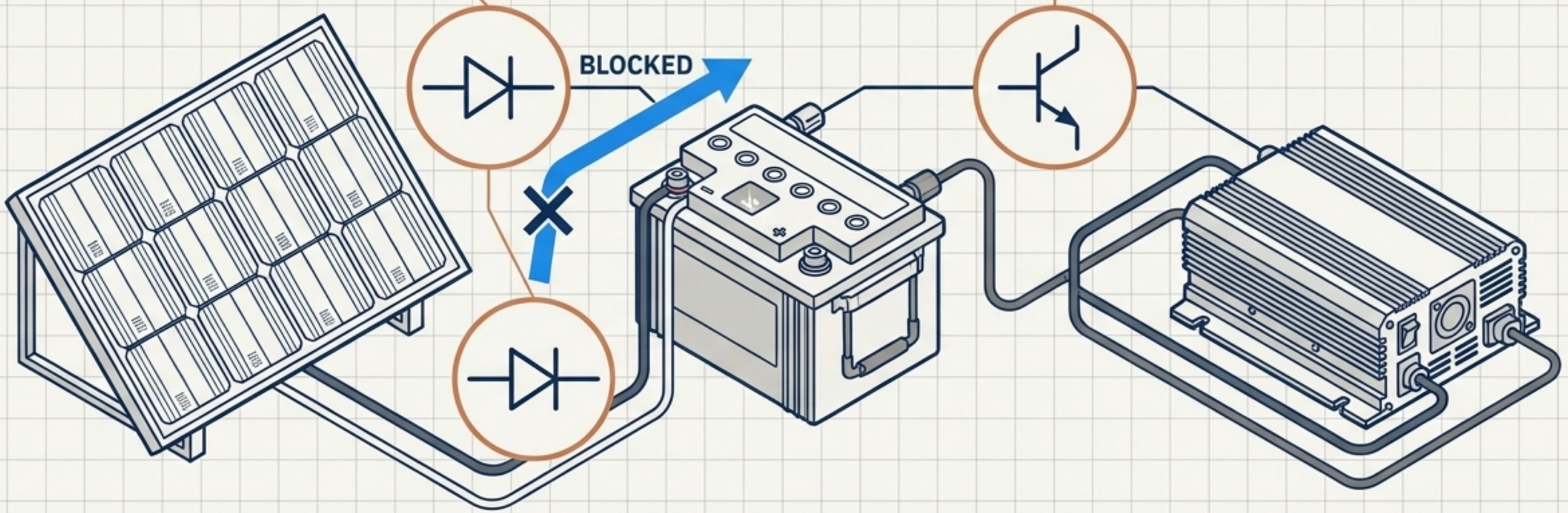
- **ลักษณะ:** ใช้ตัวต้านทานสองตัว (R_A และ R_B) ต่อแบบขนานกันเพื่อแบ่งแรงดันควบคุมขาเบสอย่างแม่นยำ และมักมี R_E ที่ขาอิมิตเตอร์
- **จุดเด่นสำคัญ:** เป็นวงจรไบแอสที่นิยมใช้งานมากที่สุด (ตามเอกสารอ้างอิง) เพราะให้**ความเสรถียรภาพสูงสุด** ไม่ขึ้นอยู่กับค่าการเปลี่ยนแปลงของเบต้า (β_{dc})
- **การประยุกต์:** ใช้เป็นรากฐานของวงจรขยายสัญญาณแทบทุกประเภท

NotebookLM

Synthesis: ส่วนประกอบสู่ระบบจริง (Solar System)

The Diode in Action (การป้องกัน):
ในตอนกลางคืน เมื่อแผงโซลาร์เซลล์ไม่มีแรงดันไฟ แบตเตอรี่จะพยายามคายประจุย้อนกลับ การติดตั้งไดโอดกั้นไว้ (Blocking Diode) ป้องกันแผงโซลาร์เซลล์พังและช็อต

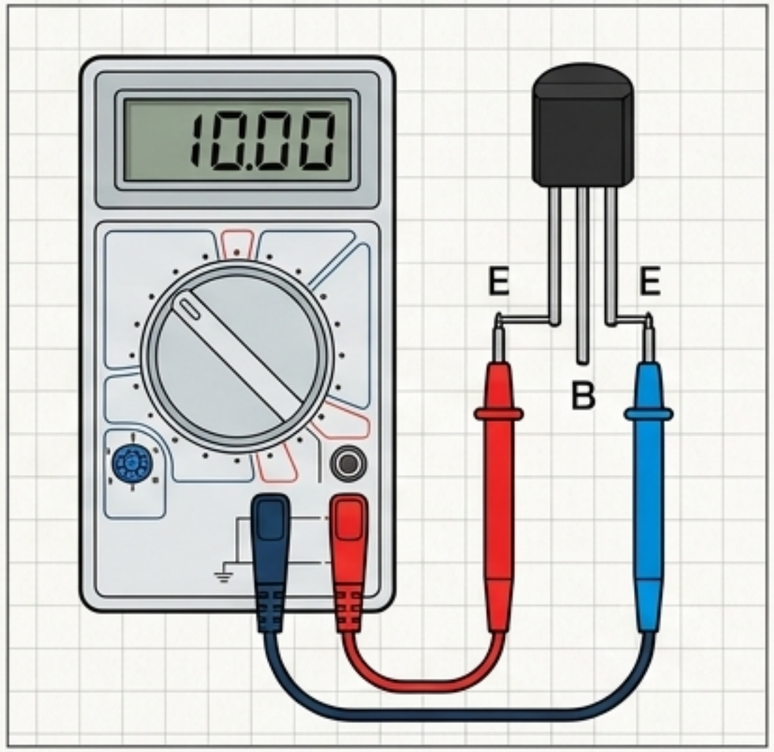
The Transistor in Action (การควบคุม):
วงจรตรวจจับแสงขนาดเล็กจะส่งกระแส (I_B) เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ สั่งให้มันทำงานในย่าน Saturation เปิดสวิตช์ดึงไฟจากแบตเตอรี่เข้าสู่อินเวอร์เตอร์เพื่อใช้งานในตอนกลางคืนโดยอัตโนมัติ



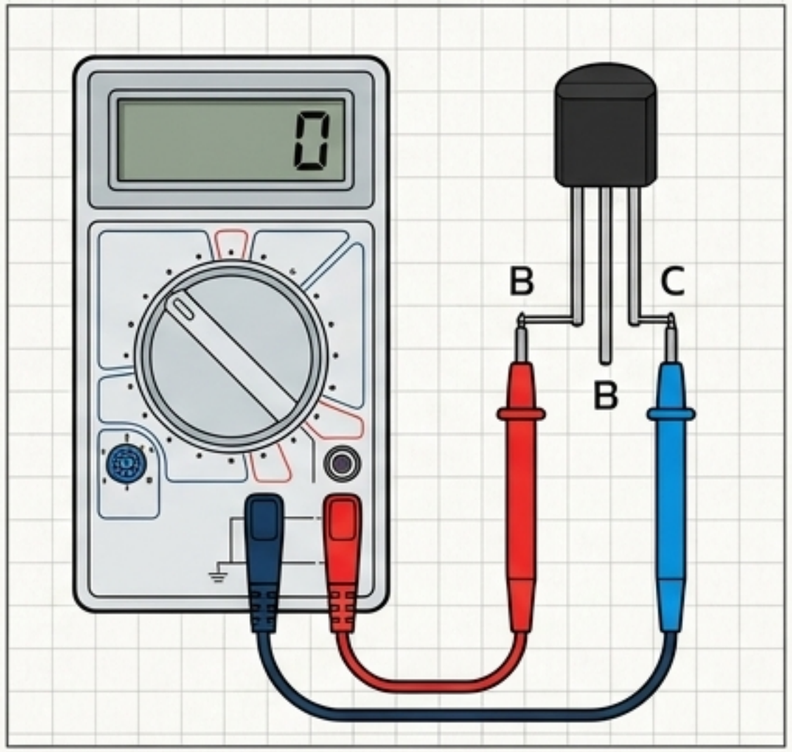
NotebookLM

Field Guide: การทดสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

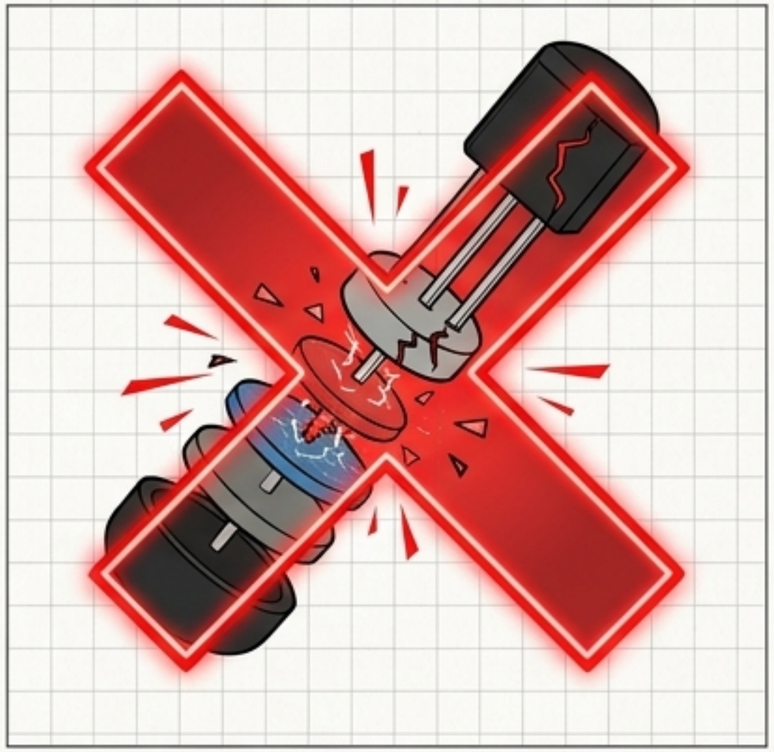
Core Principle: โครงสร้างของ BJT ทำงานเสมือนมี "ไดโอดสองตัว" หันหลังชนกันที่รอยต่อ B-E และ B-C



ตั้งมิเตอร์ย่านวัดโอห์ม
วัดรอยต่อ B-E (สลับสายวัด 2 ครั้ง)
ควรขึ้นค่า 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง



วัดรอยต่อ B-C
(สลับสายวัด 2 ครั้ง)
ควรขึ้นค่า 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง



การวิเคราะห์ความเสียหาย (Diagnostics):
- **ทรานซิสเตอร์ปกติ:** ข็ม/ตัวเลขจะขึ้นและลงตามหลักการไบแอสตรง-กลับ
- **ทรานซิสเตอร์ช็อต** (Shorted): หากสลับสายวัดแล้วเข็มดีสุด/ตัวเลขขึ้น ทั้งสองครั้ง ทั้งคู่ขา B-E และ B-C แปลว่าภายในทะลุถึงกัน ชำรุดแน่นอน!

NotebookLM

Engineer's Cheat Sheet: สรุปหลักการทำงาน

1. สัญลักษณ์ (The Symbols)

ตัวต้านทาน (R)

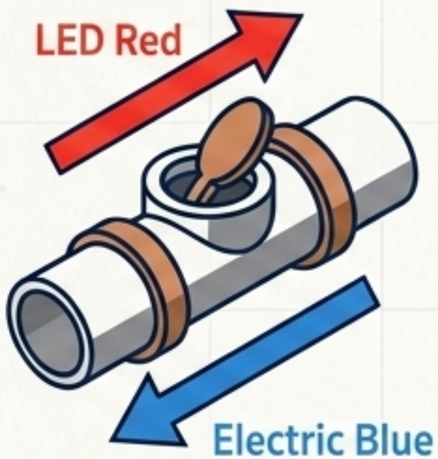
ตัวเก็บประจุ (C)

ไดโอด (D)

NPN ทรานซิสเตอร์ (Q)

จำทิศทางหัวลูกศร: ลูกศรชี้ไปทางไหน กระแส (บวก) ไหลไปทางนั้น

2. ไดโอด (The Gateway)



- **วาล์วน้ำทางเดียว:** ยอมให้กระแสไหลผ่านเมื่อทำ Forward Bias
- **กฎ 0.7V:** ดึงแรงดันไฟไปใช้งานเสมอ 0.7 โวลต์ พลังงานที่เสียไปกลายเป็นความร้อน
- **แอปพลิเคชัน:** ป้องกันไฟย้อน (Blocking), แปลง AC เป็น DC (Rectification)

3. ทรานซิสเตอร์ (The Controller)

NPN (ลูกศรชี้ออก)

PNP (ลูกศรชี้เข้า)

$$I_C = \beta_{dc} \times I_B$$

- **ตัวคูณกระแส:** กระแสไฟฟ้าเล็กน้อยที่ขาเบส (I_B) ควบคุมกระแสใหญ่ที่ขาคอลเล็กเตอร์ (I_C)
- **สถานะการทำงาน:** คัตออฟ/อิ่มตัว (เป็นสวิตช์), แอกทีฟ (เป็นวงจรขยาย)
- **BJT มี 2 ชนิด:** NPN (จ่ายบวกเข้าเบส, ลูกศรชี้ออก) และ PNP (จ่ายลบเข้าเบส, ลูกศรชี้เข้า)

NotebookLM