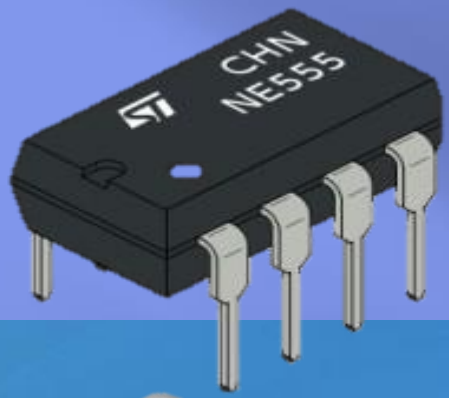
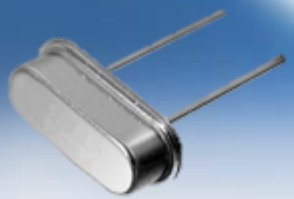
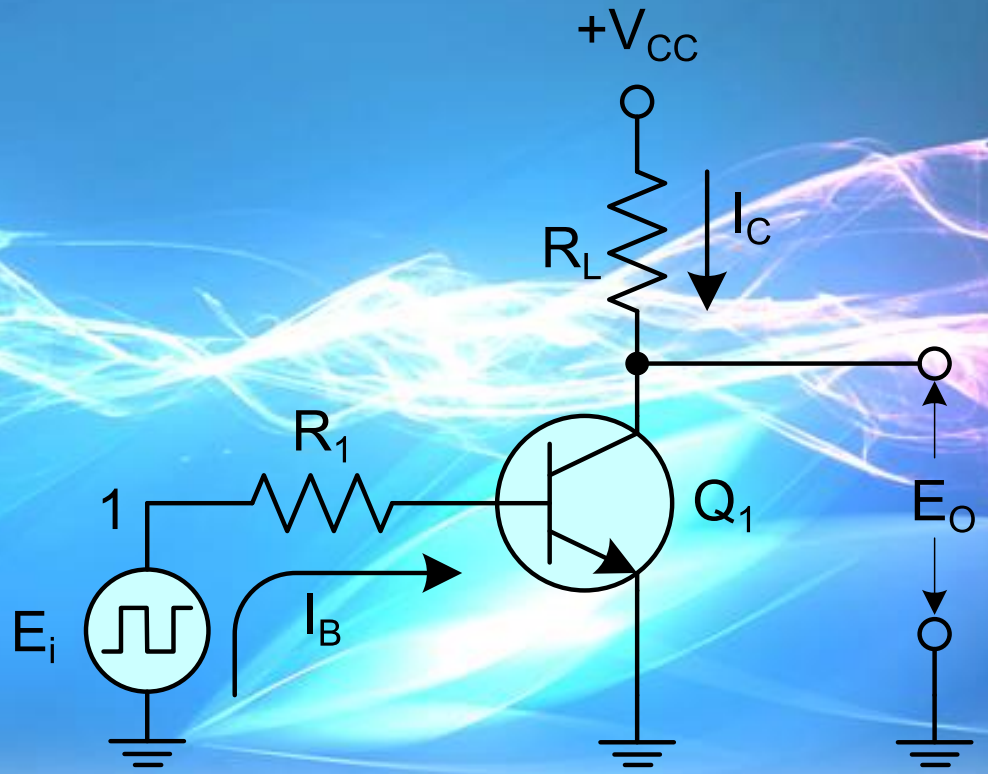


ทรานซิสเตอร์สวิตซ์





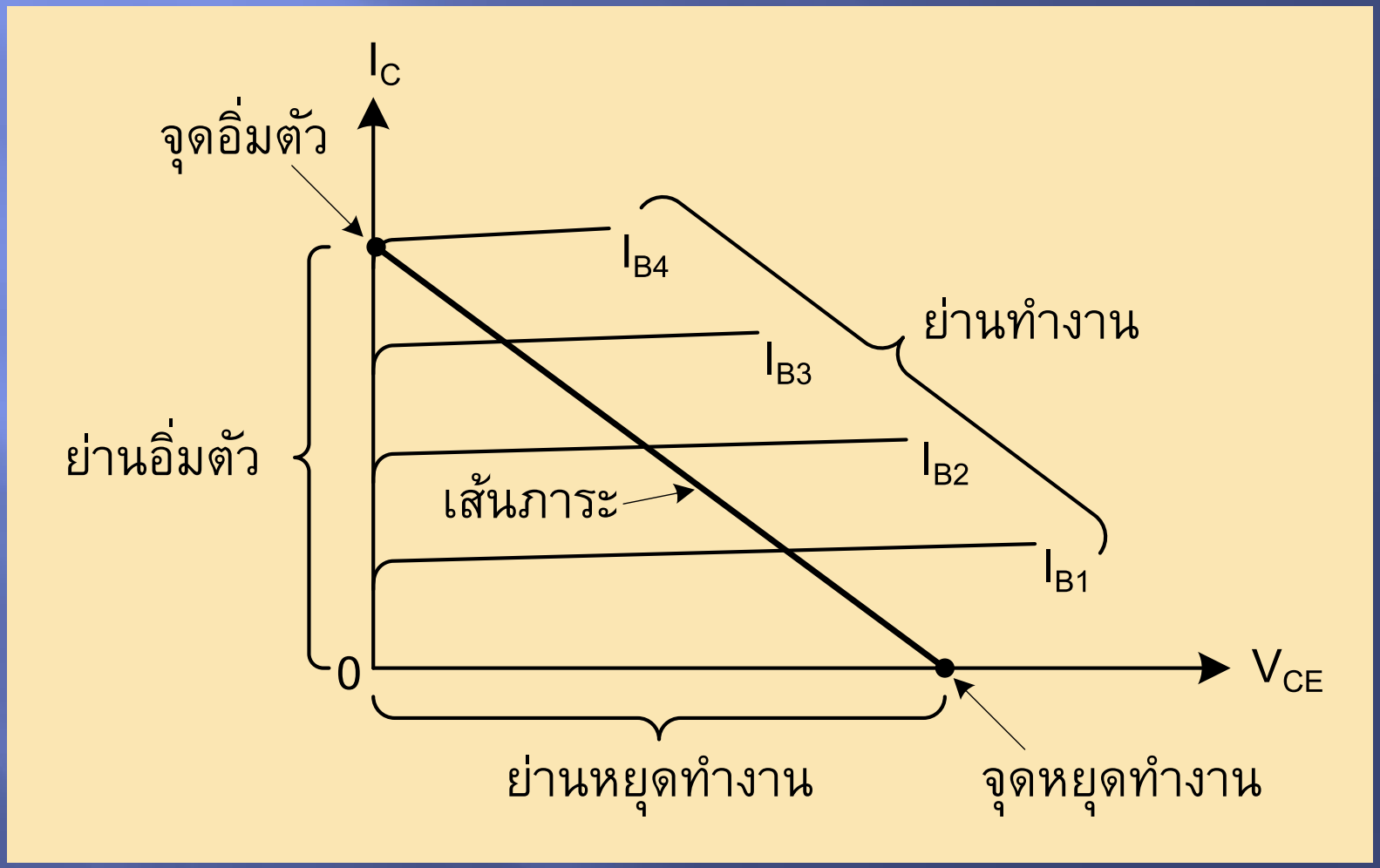
2105-2006 วงจรพัลส์และสวิตชิง

6.1 การทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานมีมากมายหลายชนิด หลายเบอร์ หลายลักษณะ หลายคุณสมบัติ และหลายรูปร่าง ทำให้ได้คุณสมบัติเฉพาะตัวของทรานซิสเตอร์มีความแตกต่างกันไป เช่น ค่าทนแรงดัน ค่าทนกระแส อัตราขยาย การตอบสนองความถี่ ค่าอิมพีแดนซ์ และย่านการทำงานที่เหมาะสม เป็นต้น เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อวงจรใช้งาน โดยใช้ค่าส่วนประกอบต่างๆ ของวงจรเป็นตัวกำหนดย่านการทำงาน ทำให้สามารถกำหนดลักษณะเฉพาะของวงจรทำงานได้ คือการกำหนดไบแอสให้วงจรทรานซิสเตอร์ต้องเป็นเฉพาะเบอร์ หรือเฉพาะแต่ละตัวทรานซิสเตอร์ รวมถึงการนำไปใช้งานในแต่ละวงจร

กราฟแสดงคุณสมบัติของตัวทรานซิสเตอร์ เป็นกราฟบอกถึงลักษณะการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ ด้วยการกำหนดย่านการทำงานในแต่ละตำแหน่ง การใช้งานจะต้องเลือกจุดทำงานที่เหมาะสมให้ตัวทรานซิสเตอร์ ทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ทำงานได้ถูกต้อง

กราฟสภาวะทำงานทางเอาต์พุต ของวงจรทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ



6.1 การทำงานของทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

การทำงานในกราฟของตัวทรานซิสเตอร์แสดงไว้ 3 ย่าน คือ ย่านหยุดทำงาน ย่านทำงาน และย่านอิ่มตัว มีเส้นภาระ หรือเส้นโหลด (Load Line) บอกสภาวะทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ในแต่ละตำแหน่ง ย่านการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ มีดังนี้

1. ย่านหยุดทำงาน หรือย่านคัตออฟ (Cutoff Region) เป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน ไม่มีกระแสไหล ด้วยการงดจ่ายแรงดันไบแอสให้ที่ขาเบส (B) ทำให้ไม่มีกระแสเบส (IB) ไหล ส่งผลให้กระแสคอลเลกเตอร์ (IC) หยุดไหลตามไปด้วย

2. ย่านทำงาน (Active Region) เป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์ทำงาน มีกระแสไหลในตัวทรานซิสเตอร์ ค่ากระแสคอลเลกเตอร์ (IC) ไหลเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นสัดส่วน ตามการควบคุมการทำงานของกระแสเบส (IB) กราฟในช่วงนี้เป็นย่านเส้นตรงหรือย่านเชิงเส้น (Linear) ย่านนี้สามารถนำไปใช้งานในวงจรขยายสัญญาณชนิดต่างๆ ได้ โดยเลือกจุดทำงานในย่านที่เหมาะสมได้ตามต้องการ

6.1 การทำงานของทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

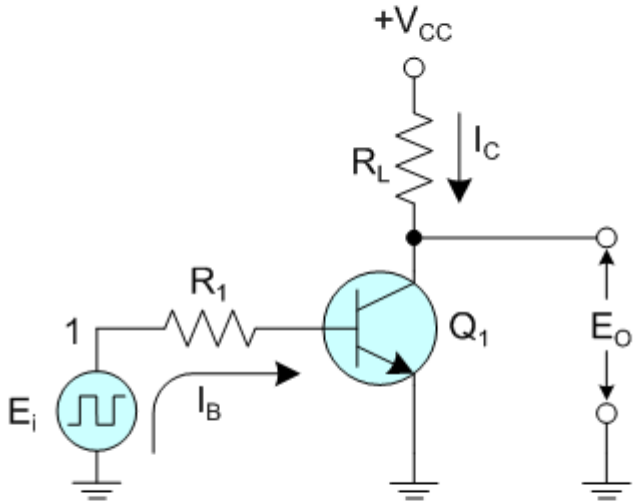
3. ย่านอิ่มตัว (Saturation Region) เป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์ทำงานนำกระแสถึงจุดอิ่มตัว มีแรงดันคอลเลกเตอร์อิมิตเตอร์ (VCE) คงที่ ถึงแม้มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไบแอสทำให้กระแสเบส (IB) เปลี่ยนแปลงก็ตาม

การเลือกย่านทำงานของทรานซิสเตอร์ ต้องเลือกให้ถูกต้องกับหน้าที่การทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ เช่น นำทรานซิสเตอร์ไปใช้เป็นสวิตช์ต้องเลือกจุดทำงานที่ย่านหยุดทำงานและย่านอิ่มตัวไปควบคุมให้วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทำงานสลับกัน หรือนำทรานซิสเตอร์ไปใช้ในวงจรขยายสัญญาณไฟสลับ ต้องเลือกจุดทำงานที่ย่านทำงานย่านใดย่านหนึ่ง ที่กำหนดจุดทำงานตามคลาสการขยาย เป็นต้น

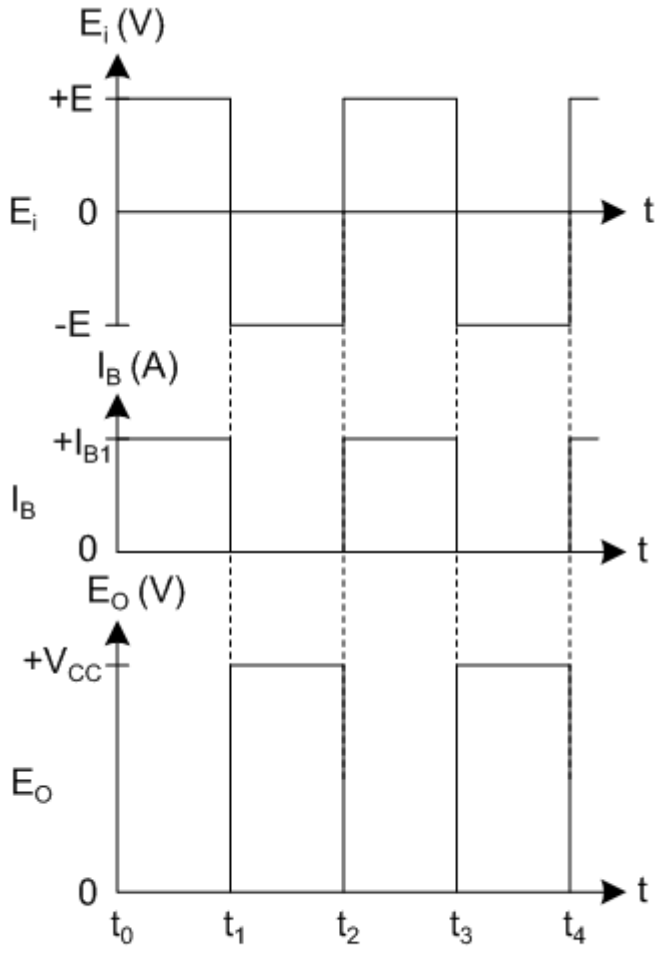
6.2 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติ

สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติ (Ideal Transistor Switch) เป็นทรานซิสเตอร์ที่ทำงานเหมือนสวิตช์ไฟฟ้าจริง โดยไม่คำนึงถึงคุณสมบัติอื่นๆ ภายในตัวทรานซิสเตอร์ โดยในขณะที่ตัวทรานซิสเตอร์ทำงาน ถือว่าค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์มีค่าต่ำสุด เสมือนวงจรลัด (Short Circuit) เป็นสวิตช์ในสภาวะต่อวงจร (ON) และขณะทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน ถือว่าค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์มีค่าสูงสุด เสมือนวงจรเปิด (Open Circuit) เป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร (OFF)

วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติชนิด NPN



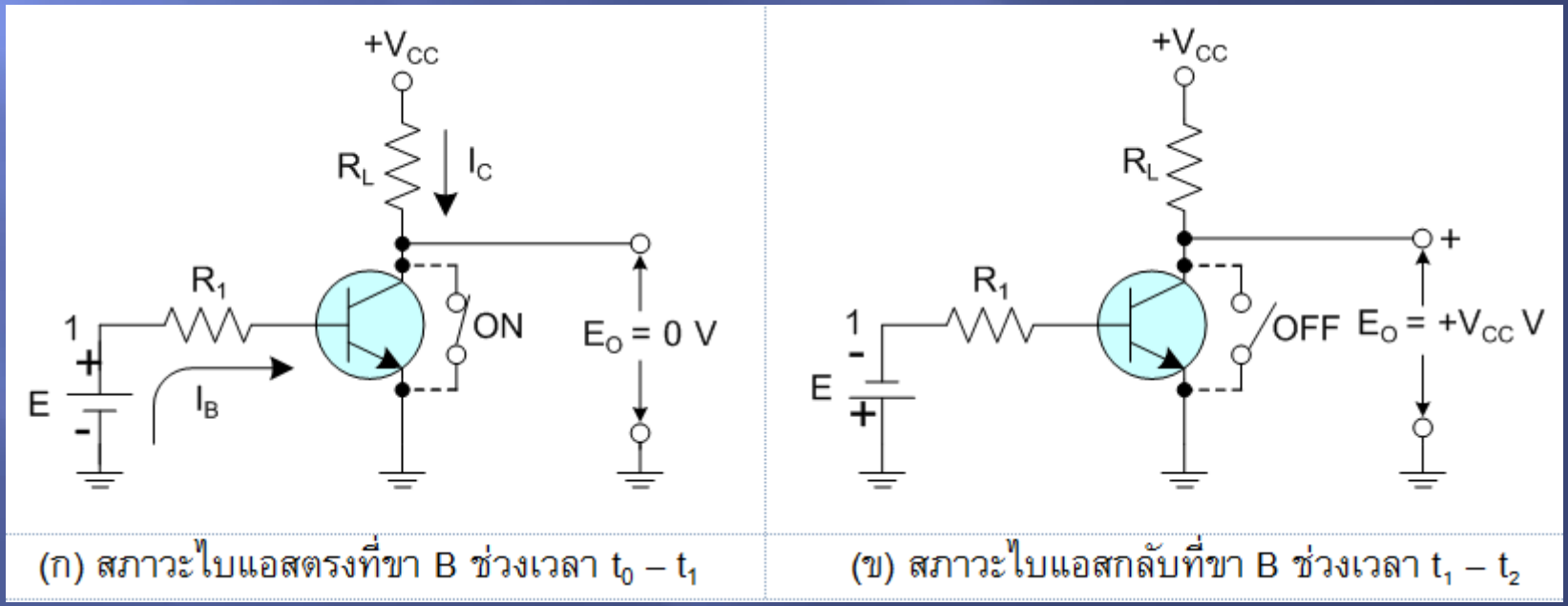
(ก) วงจร



(ข) สัญญาณ

วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติชนิด NPN

คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อวงจร (ON) หรือตัดวงจร (OFF) โดยไม่คำนึงถึงคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกิดขึ้นภายในตัวทรานซิสเตอร์ เช่น ค่ากระแสรั่วไหล (Leakage Current) ค่าแรงดันเบสอิมิตเตอร์ (VBE) ค่าความจุทางอินพุต (Input Capacitance) ค่าความจุทางเอาต์พุต (Output Capacitance) และค่าสัญญาณรบกวน (Noise Figure) เป็นต้น



(ก) สภาวะไบแอสตรงที่ขา B ช่วงเวลา $t_0 - t_1$

(ข) สภาวะไบแอสกลับที่ขา B ช่วงเวลา $t_1 - t_2$

การทำงานของวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติชนิด NPN

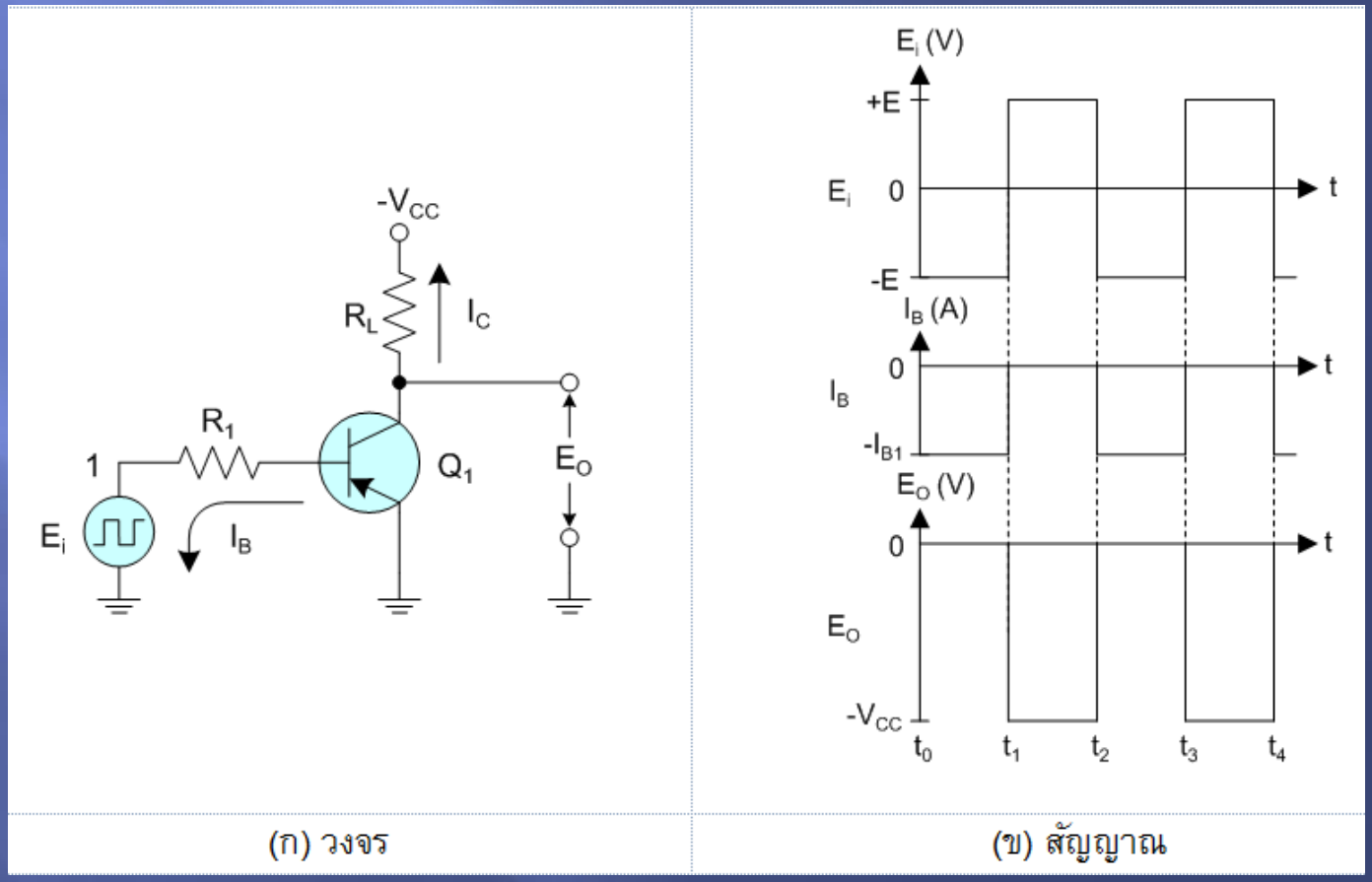
ในช่วงเวลา t0 ถึง t1 สัญญาณอินพุต Ei มีระดับแรงดัน +E V ป้อนเข้ามาที่จุด 1 มีแรงดันเป็นบวกเทียบกับกราวด์ ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสตรง ทรานซิสเตอร์ทำงานเปรียบเสมือนสวิตช์ทรานซิสเตอร์ต่อวงจร (ON) ต่อขา C ของทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ เอาต์พุต Eo มีค่าเป็น 0 V แสดงดังรูป (ก)

ในช่วงเวลา t1 ถึง t2 มีสัญญาณอินพุต Ei ระดับแรงดัน –E V ป้อนเข้ามาที่จุด 1 มีแรงดันเป็นลบเทียบกับกราวด์ ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสกลับ ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานเปรียบ เสมือนสวิตช์ทรานซิสเตอร์ตัดวงจร (OFF) ตัดขา C ออกจากขา E ของตัวทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Eo มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย +VCC แสดงดังรูป (ข)

ในช่วงเวลา t2 ถึง t3 มีสัญญาณอินพุต Ei ระดับแรงดัน +E V ป้อนเข้ามาอีกครั้ง เหมือนกับช่วงเวลา t0 ถึง t1 การทำงานของวงจรและสัญญาณออกเอาต์พุต Eo ได้ออกมาเหมือนช่วงเวลา t0 ถึง t1 การทำงานของวงจรจะสลับไปสลับมาเช่นนี้เรื่อยไป ดังรูป (ข)

วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติชนิด PNP

ถ้าทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรเป็นชนิด PNP ลักษณะการจัดไบแอสให้วงจร สัญญาณที่ได้ออกเอาต์พุต Eo และการทำงานจะเป็นตรงข้าม



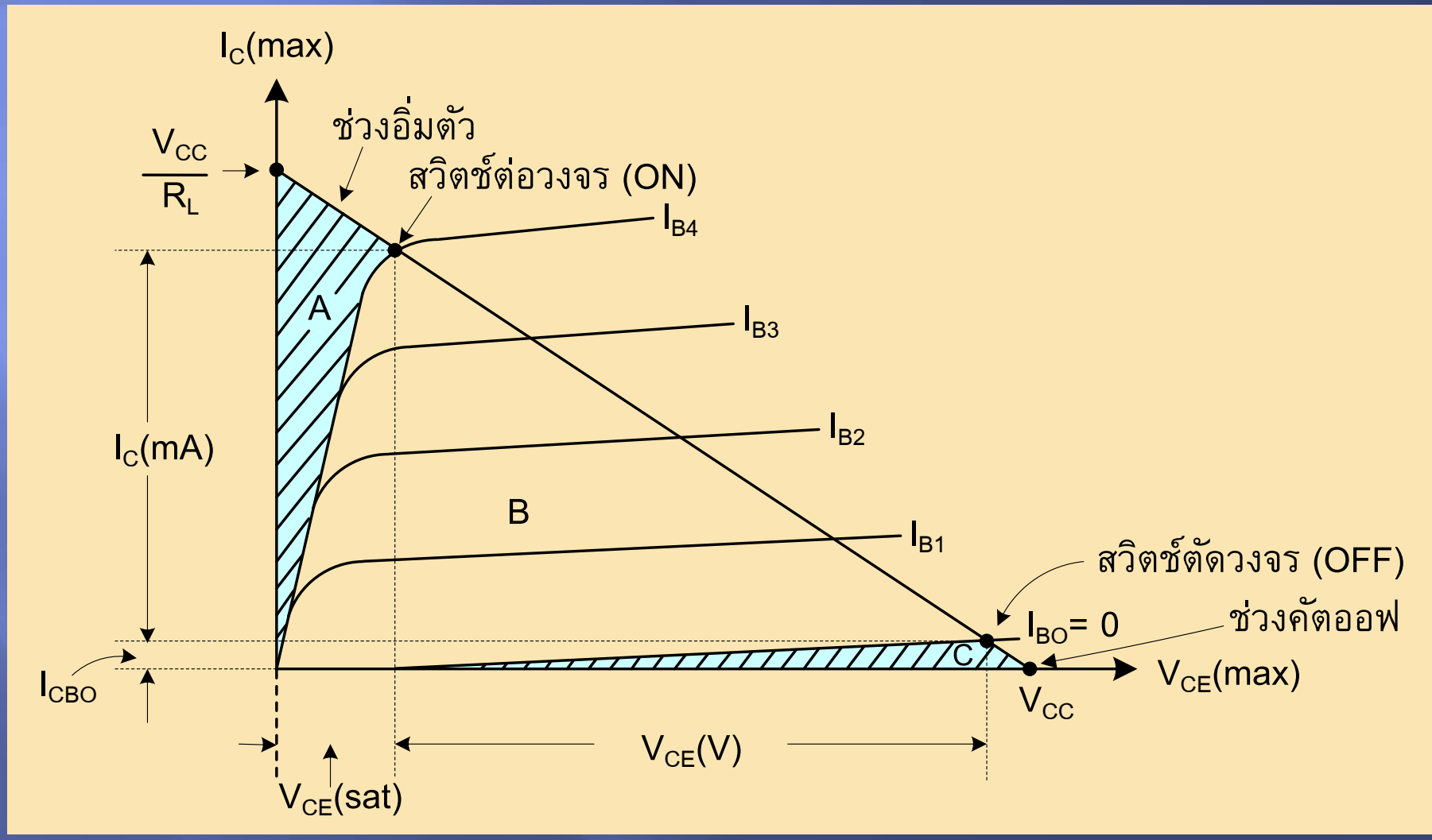
(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

6.3 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง

สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติที่กล่าวมา ถือว่าตัวทรานซิสเตอร์เป็นเสมือนสวิตช์ทางไฟฟ้า ทำหน้าที่เพียง 2 สภาวะ คือ ขณะสวิตช์ต่อวงจร (ON) มีกระแส IC ไหลสูงสุด และแรงดัน VCE เป็น 0 V ขณะสวิตช์ตัดวงจร (OFF) กระแส IC เป็น 0 mA และแรงดัน VCE มีค่าเท่ากับแรงดัน VCC โดยไม่คำนึงคุณสมบัติอื่นๆ

สวิตช์ทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้งานจริง ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์จำเป็น ต้องคำนึงค่ากระแสรั่วไหลและค่าแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์ เพราะค่าทั้งสองนี้จะมีผลต่อการควบคุมการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ มีผลต่อสภาวะการนำกระแสและหยุดนำกระแสของตัวทรานซิสเตอร์ การศึกษารายละเอียดของตัวทรานซิสเตอร์ทำได้หลายทาง เช่น ดูคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ และดูจากกราฟคุณลักษณะในการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์

กราฟคุณลักษณะสวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง



6.3 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง (ต่อ)

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสคอลเลกเตอร์ (IC) กระแสเบส (IB) และแรงดันคอลเลกเตอร์อิมิตเตอร์ (VCE) ลักษณะกราฟแตกต่างไป รูปกราฟที่แสดงแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน แสดงไว้ด้วยอักษร A, B และ C พื้นที่ถูกระบายไว้ในส่วนตัว A เป็นย่านการทำงานทรานซิสเตอร์ในสภาวะอิ่มตัว คือ สภาวะที่ทรานซิสเตอร์ถูกควบคุมให้ทำงานเต็มที่ พื้นที่สีขาวในส่วนอักษร B เป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะทำงานตามการกระตุ้น ถูกนำไปใช้เป็นย่านขยายสัญญาณแบบคลาส A และพื้นที่ถูกระบายไว้ในส่วนอักษร C เป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะคัตออฟ คือสภาวะทรานซิสเตอร์ถูกควบคุมให้หยุดการทำงาน

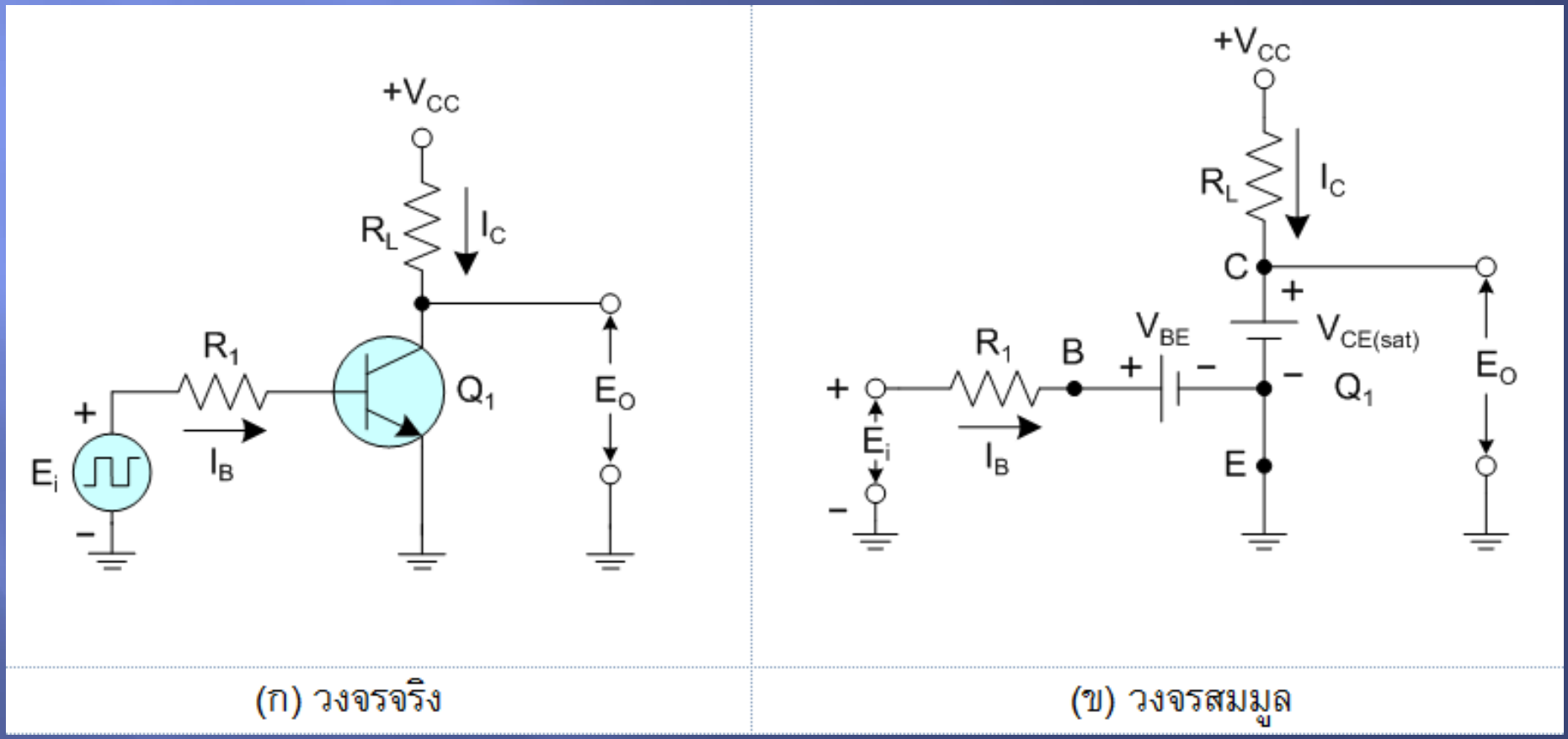
6.3 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง (ต่อ)

ที่จุดทำงานในตำแหน่งสวิตช์ต่อวงจร (ON) ตำแหน่งนี้เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานที่จุดอิ่มตัวแรงดันตกคร่อมระหว่างคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์ (V_{CE}) มีค่าแรงดันประมาณ 0.3 V เรียกค่า แรงดันนี้ว่า แรงดัน V_{CE} อิ่มตัว ($V_{CE(sat)}$) โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 0.1V ถึง 0.5V ขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิตทรานซิสเตอร์ เช่น ทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอน (Si) $V_{CE(sat)} = 0.3$ V และทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียม (Ge) $V_{CE(sat)} = 0.1$ V เป็นต้น

6.3 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง (ต่อ)

วงจรทำงานและวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ที่จุดทำงานตำแหน่งสวิตช์ตัดวงจร (OFF) ในตำแหน่งนี้ขณะที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้รับแรงดันไบแอสกลับไม่มีกระแสเบส (I_B) ไหล แต่ยังมีกระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) ไหลภายในตัวทรานซิสเตอร์เล็กน้อย เป็นกระแสที่เกิดจากการจ่ายไบแอสกลับที่ขา C กับขา B ของทรานซิสเตอร์ เรียกกระแสนี้ว่ากระแสคอลเลกเตอร์คัตออฟ (Collector Cutoff Current) หรือ I_{CBO} กระแส I_{CBO} นี้เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงค่าตามความร้อนในตัวทรานซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ร้อนขึ้นค่า I_{CBO} จะไหลมากขึ้นตามไปด้วย

วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริงในสภาวะอิ่มตัว



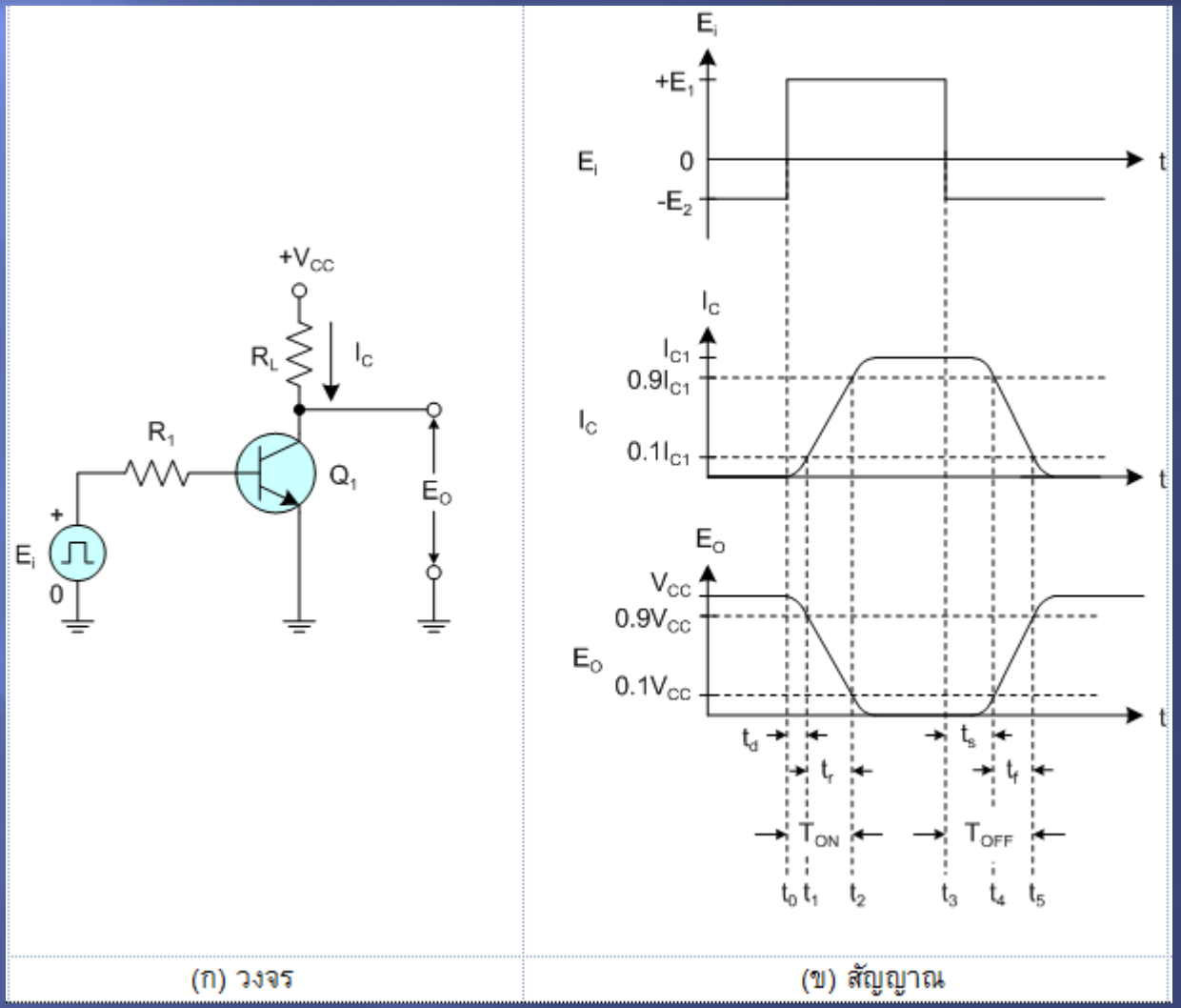
(ก) วงจรจริง

(ข) วงจรสมมูล

6.4 การทำงานของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง

สวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริงขณะทรานซิสเตอร์ทำงาน ไม่ว่าขณะได้รับไบแอสตรงหรือขณะได้รับไบแอสกลับก็ตามต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆ ของตัวทรานซิสเตอร์ด้วยเสมอ เพราะค่าเหล่านี้จะส่งผลต่อการทำงาน และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของวงจรด้วย ในการควบคุมให้ทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงการทำงาน จะเกิดช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงการทำงานขึ้นมาส่งผลต่อสัญญาณที่ส่งออกเอาต์พุตมีเวลาในการทำงานแตกต่างไปจากเวลาของสัญญาณอินพุตทำงาน เกิดเป็นช่วงเวลาทำงาน (Turn – On Time) หรือ tON และช่วงเวลาหยุดทำงาน (Turn – Off Time) หรือ tOFF ขึ้นมา ทำให้การเปลี่ยนแปลงการทำงานของสวิตช์ทรานซิสเตอร์เกิดความล่าช้า

6.4 การทำงานของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง (ต่อ)



(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

6.4 การทำงานของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ใช้งานจริง (ต่อ)

ในช่วงเวลาทำงาน (tON) เป็นช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงการทำงานจากสภาวะหยุดนำกระแสเป็นสภาวะนำกระแส มีระดับแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงจาก 100 % ลดลงมาเหลือ 10 %

ในช่วงเวลาหยุดทำงาน (tOFF) เป็นช่วงเวลาที่ทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงการทำงานจากสภาวะนำกระแสเป็นสภาวะหยุดนำกระแส มีระดับแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์จาก 0 % เพิ่มขึ้นไปถึง 90 % ในช่วงเวลา tOFF

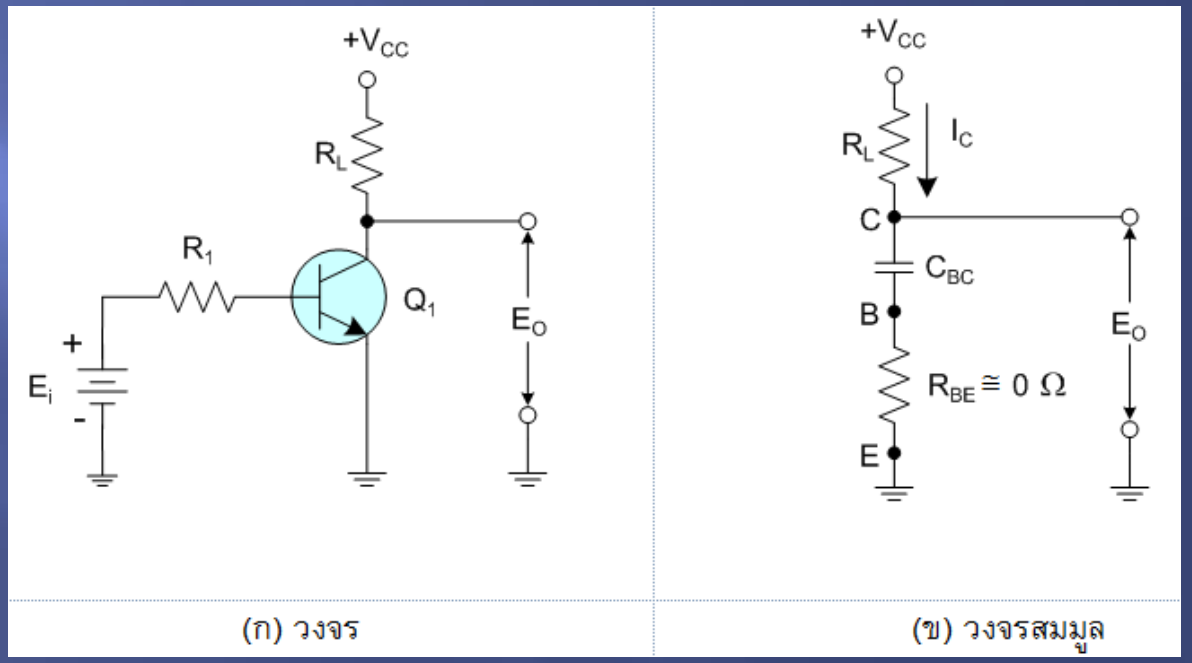
คุณลักษณะของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ ทั้งเวลาหน่วง (td) เวลาสะสม (ts) เวลาเคลื่อนขึ้น (tr) และเวลาเคลื่อนลง (tf) จะถูกบอกไว้ในคู่มือผู้ผลิตของบริษัทผลิตทรานซิสเตอร์ ในรูปคุณลักษณะทางไฟฟ้า ค่าเวลาทำงาน (tON) และค่าเวลาหยุดทำงาน (tOFF) หาได้จากสมการ

$$t_{ON} = t_d + t_r$$

$$t_{OFF} = t_s + t_f$$

6.5 การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์

การเพิ่มความเร็วของสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ สามารถทำได้โดยการเพิ่มกระแสเบส (I_B) ให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ เพื่อลดค่าเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ลงให้น้อยที่สุด เพราะสภาวะการเปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ จะขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ RC ในวงจรระหว่างตัวเก็บประจุตรงรอยต่อขา B กับขา C ของทรานซิสเตอร์ (C_{BC}) และตัวต้านทานภาระ (R_L)



6.5 การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ค่าความต้านทาน R_{BE} มีค่าต่ำมากเสมือนเป็น 0 Ω ทำให้เวลาคงที่ (τ) ในการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ขึ้นอยู่กับค่า R_L และ C_{BC} เขียนสมการได้ดังนี้

$$\tau = R_L C_{BC}$$

เมื่อ τ (ทาว) = ค่าเวลาคงที่

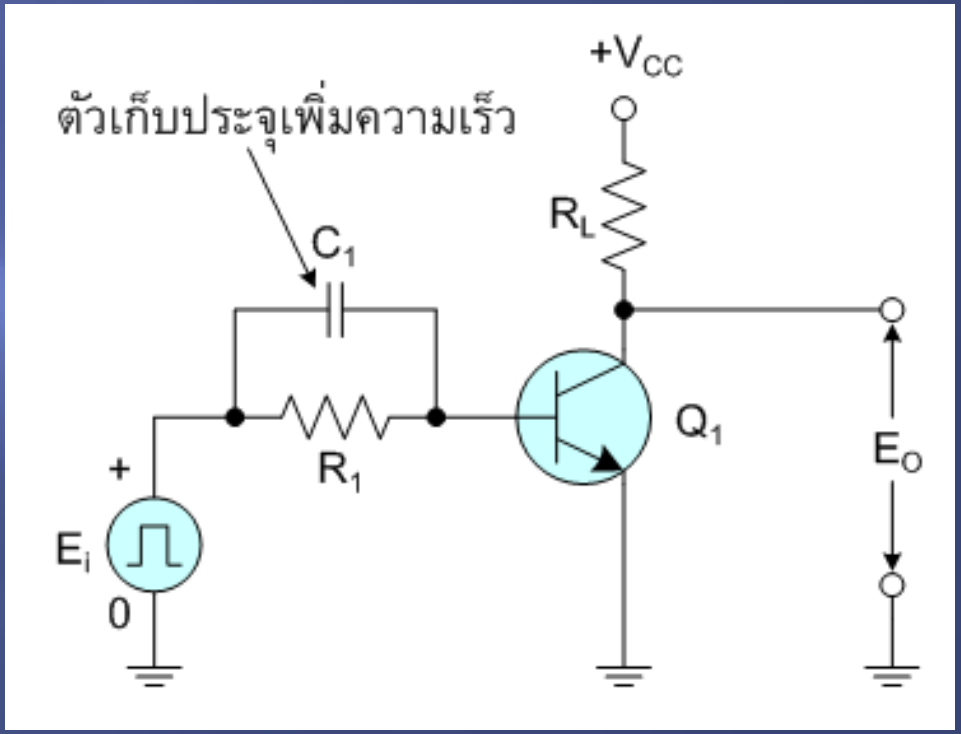
R_L = ความต้านทานภาระ

C_{BC} = ความจุระหว่างรอยต่อ B และขา C ของทรานซิสเตอร์

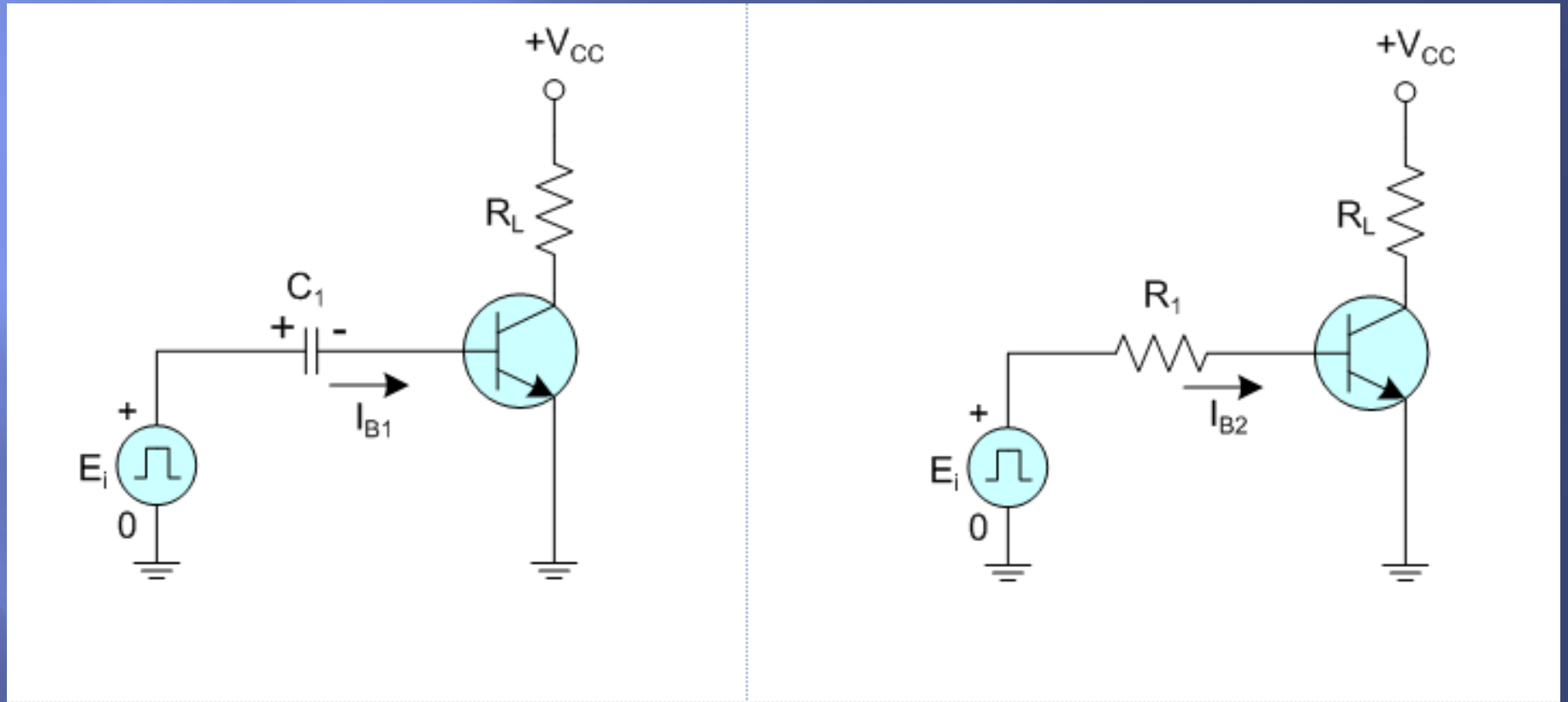
ถ้าเพิ่มค่ากระแส I_B ให้มากขึ้นทำให้กระแส I_C ไหลมากขึ้น มีผลต่อช่วงเวลาเคลื่อนขึ้นของการเปลี่ยนสภาวะทำงานของทรานซิสเตอร์ การเพิ่มกระแส I_B ของวงจรทำได้โดยการปรับลดค่าความต้านทาน R_1 แต่การทำเช่นนี้มีผลต่อช่วงเวลาเหมาะสม (t_s) มีค่าเพิ่มขึ้น มีวิธีการอีกวิธีหนึ่งที่สามารทำให้สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดอิ่มตัวได้เร็วขึ้น โดยไม่เพิ่มเวลาสะสม (t_s) ด้วยการใช้ตัวเก็บประจุต่อคร่อมขนานกับ R_1 เรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว (Speed Capacitor)

6.5 การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

แสดงวงจรเพิ่มความเร็วให้สวิตช์ทรานซิสเตอร์ โดยใช้ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 คร่อมตัวต้านทาน R_1 ตัว C_1 ช่วยเพิ่มกระแสเบส (I_B) ให้ไหลเข้าขา B เพิ่มมากขึ้นในจังหวะมีพัลส์บวกป้อนเข้ามา กระแสเบส (I_B) ที่ไหลผ่านขา B ของทรานซิสเตอร์ 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งกระแสที่เกิดจากการประจุแรงดันของ C_1 ส่วนที่สองเป็นกระแสไหลปกติที่ผ่าน R_1 การเกิดกระแสเบส (I_B) ทั้ง 2 ส่วน



กระแส I_B ที่เกิดในวงจรสวิตชทรานซิสเตอร์ เมื่อใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1



(ก) กระแส I_{B1} จากการประจุของ C_1

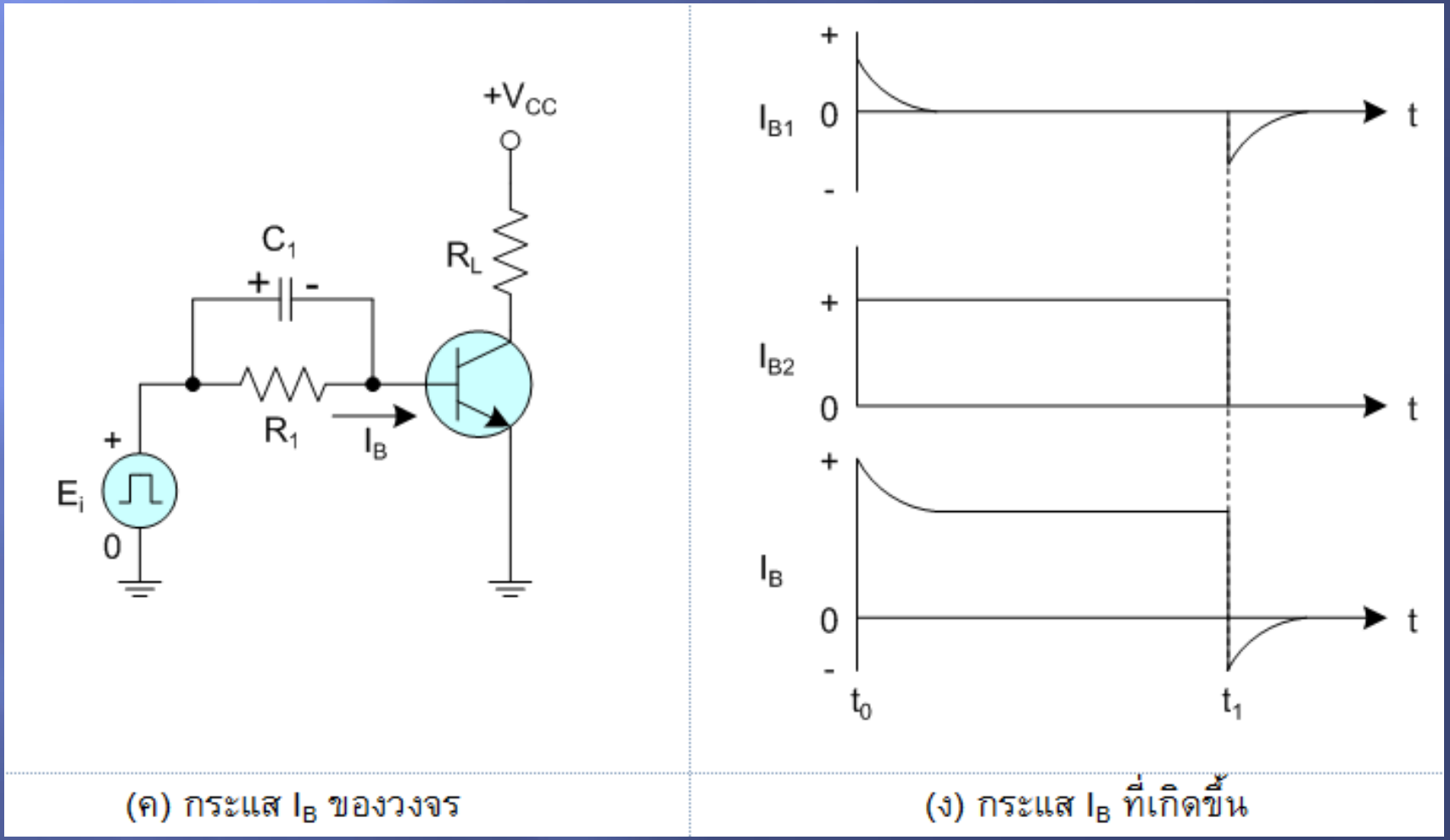
(ข) กระแส I_{B2} จากการจำกัดกระแสของ R_1

กระแส I_B ที่เกิดในวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ เมื่อใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1

จากรูปเป็นการแสดงกระแส I_B ที่เกิดในวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์เมื่อใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 พร้อมแสดงค่ากระแส I_B ที่เกิดแต่ละส่วน รูป (ก) เป็นสภาวะกระแส I_{B1} ไหลเกิดจากตัวเก็บประจุ C_1 ประจุแรงดันไว้ เมื่อมีแรงดันพัลส์อินพุตเป็นบวกป้อนเข้ามา (เวลา t_0) ขณะ C_1 ประจุแรงดันในครั้งแรกจะเกิดกระแส I_{B1} ไหลสูงมาก และค่อยๆ ไหลน้อยลงเมื่อแรงดันถูกประจุใน C_1 มากขึ้น จนกระทั่ง C_1 ประจุเต็มกระแส I_B จะหยุดไหล เมื่อสัญญาณพัลส์อินพุตที่ป้อนเข้ามาตกลงเป็น 0 V (เวลา t_1) ตัวประจุ C_1 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดันแทน มีขั้วแรงดันป้อนให้รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสเป็นไบแอสกลับ ช่วยทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสได้เร็วขึ้น ลดเวลาสะสม (t_s) ในการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ลง กระแส I_{B1} ที่เกิดจากการประจุแรงดันของ C_1 สามารถเสริมกระแส I_{B2} ที่ไหลปกติผ่าน R_1

ในรูป(ข) เป็นสภาวะกระแส I_{B2} ไหล เกิดขึ้นจากการจำกัดกระแสของ R_1 ซึ่งค่ากระแส I_{B2} นี้จะไหลคงที่ค่าหนึ่งในจังหวะแรงดันพัลส์อินพุตเป็นบวกป้อนเข้ามา (เวลา t_0) จน กระทั่งถึงเวลาแรงดันพัลส์อินพุตลดลงเป็น 0 V (เวลา t_1)

กระแส I_B ที่เกิดในวงจรสวิตชทรานซิสเตอร์ เมื่อใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 (ต่อ)



(ค) กระแส I_B ของวงจร

(ง) กระแส I_B ที่เกิดขึ้น

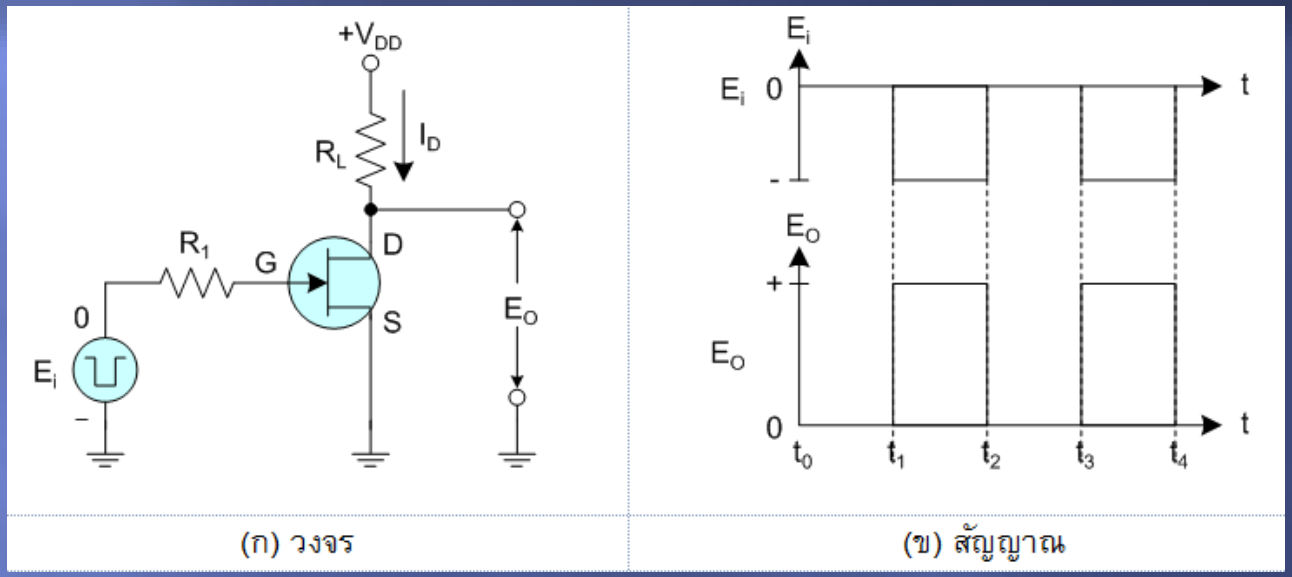
กระแส I_B ที่เกิดในวงจรสวิตชทรานซิสเตอร์ เมื่อใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 (ต่อ)

รูป (ค) เป็นสภาวะกระแส IB รวมของวงจรที่เวลา t0 เกิดกระแส IB1 + IB2 ไหล กระแส IB เริ่มต้นไหลมากกว่าปกติ และลดลงเข้าสู่สภาวะปกติเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดอิ่มตัว จนถึงช่วงเวลา t1 จะมีกระแส IB ย้อนกลับเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติช่วยทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดคัตออฟได้เร็วขึ้น ลักษณะกระแส IB ที่เกิดจากการทำงานของส่วนต่างๆ แสดงดังรูป (ง)

6.6 สวิตช์เฟต

การใช้เฟต (FET) มาทำเป็นสวิตช์สามารถทำได้คล้ายกับสวิตช์ทรานซิสเตอร์ คือต้องจ่ายแรงดันไบแอสให้ถูกต้องเหมาะสมควบคุมที่ขาเกต (G) ของเฟต ซึ่งแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของเฟต เช่น ชนิดเจเฟต (JFET) ขา G เมื่อได้รับไบแอสกลับ JFET จะหยุดนำกระแสเหมือนกับสวิตช์ตัดวงจร (OFF) ขา G เมื่อได้รับไบแอส 0 V หรืองดจ่ายไบแอส JFET จะนำกระแสเหมือน กับสวิตช์ต่อวงจร (ON) ส่วนชนิดดีมอสเฟต (D – MOSFET) การจ่ายไบแอสควบคุมที่ขา G ทำได้เช่นเดียวกับ JFET และเฟตชนิดอีมอสเฟต (E – MOSFET) ขา G เมื่อได้รับไบแอสตรงจะนำกระแสเหมือนสวิตช์ต่อวงจร (ON) และเมื่อได้รับไบแอสกลับจะหยุดนำกระแสเหมือนสวิตช์ตัดวงจร (OFF)

6.6 สวิตช์เฟต



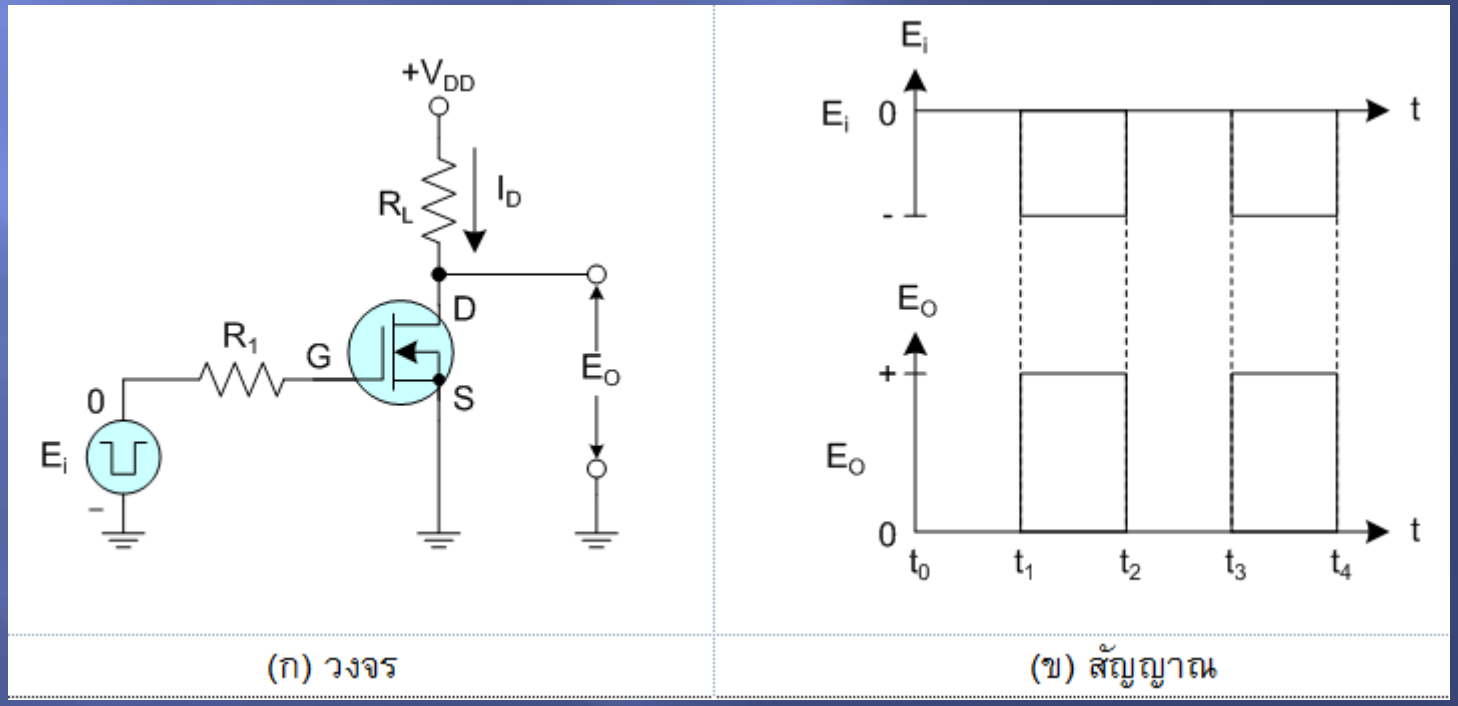
(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

ในช่วงเวลา $t_0 - t_1$ ไม่มีสัญญาณพัลส์ใดๆ ป้อนเข้ามาที่อินพุต E_i ขา G ไม่มีไบแอสจ่ายให้ ทำให้ JFET ชนิด N แชนแนลนำกระแส มีกระแส I_D ไหลผ่านค่าสูง JFET ทำงานถึงจุดอิ่มตัวเป็นสวิตช์ในสภาวะต่อวงจร (ON)

ในช่วงเวลา $t_1 - t_2$ มีสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้ามาที่อินพุต E_i ขา G ได้รับไบแอสกลับที่รอยต่อขา G กับขา S (V_{GS}) รอยต่อเกิดค่าความต้านทานสูงต้านการไหลของกระแส I_D ไม่ให้ไหล JFET ทำงานที่จุดคัตออฟ เป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร (OFF) ดังรูป (ข)

6.7 สวิตช์มอสเฟต

สวิตช์มอสเฟต (MOSFET Switch) เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์อีกชนิดหนึ่ง ใช้ MOSFET เป็นอุปกรณ์หลักในการทำงานเป็นสวิตช์ MOSFET ที่ผลิตมาใช้งานมี 2 ชนิด คือ ชนิดดีมอสเฟต (D – MOSFET) และชนิดอีมอสเฟส (E – MOSFET) การจ่ายไบแอสควบคุมการทำงานให้กับ MOSFET ทั้งสองชนิดแตกต่างกัน



(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

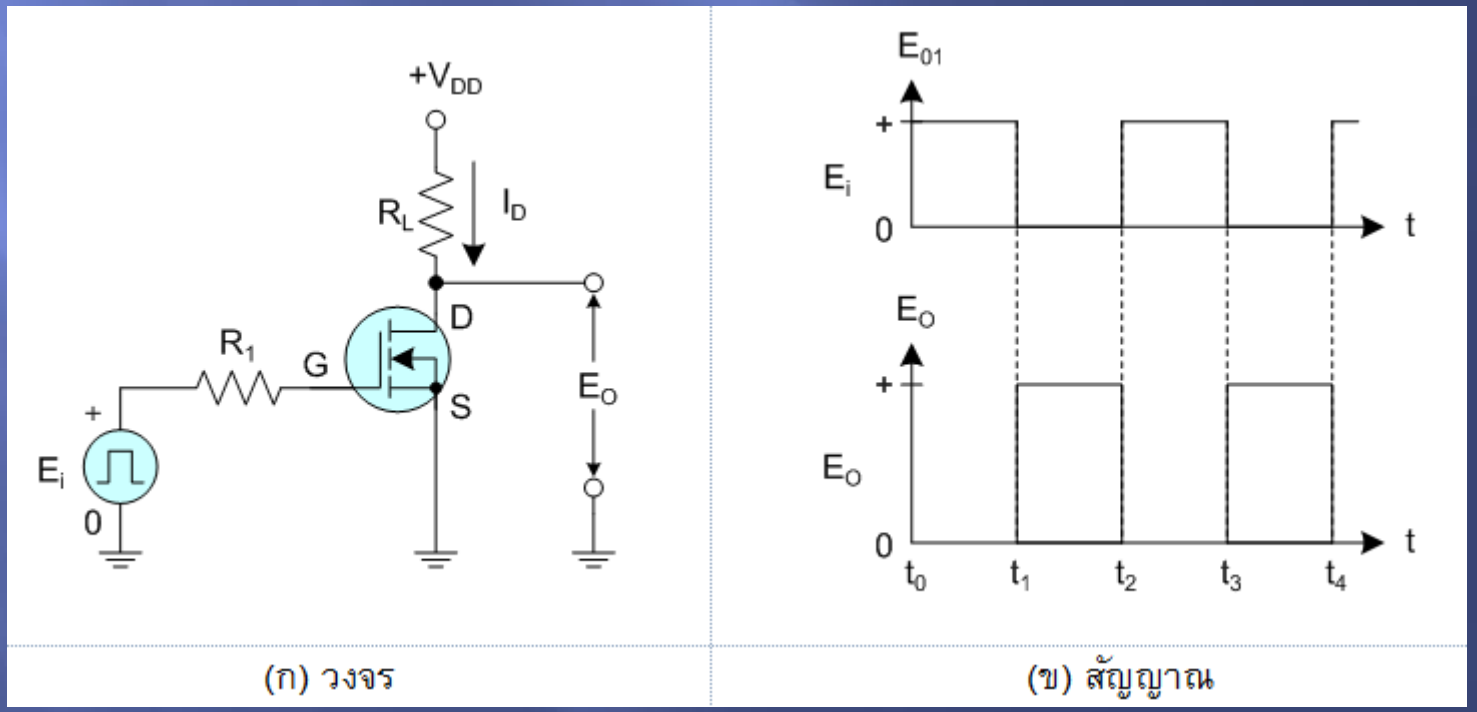
6.7 สวิตช์มอสเฟต (ต่อ)

ในช่วงเวลา t0 – t1 ไม่มีสัญญาณพัลส์ใดๆ ป้อนเข้ามาที่อินพุต Ei ขา G ไม่มีไบแอสจ่ายให้ ทำให้ D – MOSFET ชนิด N แชนแนลนำกระแส มีกระแส ID ไหลผ่านค่าสูง D – MOSFET ทำงานถึงจุดอิ่มตัว เป็นสวิตช์ในสภาวะต่อวงจร (ON)

ในช่วงเวลา t1 – t2 มีสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้ามาที่อินพุต Ei ทำให้ได้รับไบแอสกลับที่รอยต่อขา G กับขา S (VGS) เกิดการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าระหว่างรอยต่อขา D กับขา S ให้มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้ามกับสารกึ่งตัวนำที่ขา D กับขา S เกิดแรงต้านการไหลของกระแส ID กระแส ID หยุดไหล D – MOSFET ทำงานที่จุดคัตออฟ เป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร (OFF) ได้สัญญาณตามจุดต่างๆ แสดงดังรูป (ข)

6.7 สวิตช์มอสเฟต (ต่อ)

ส่วน E – MOSFET จะถูกจ่ายไบแอสให้ทำงานแตกต่างออกไป เพราะคุณสมบัติของโครงสร้าง E – MOSFET แตกต่างจาก D – MOSFET การควบคุมการทำงาน E – MOSFET มีลักษณะคล้ายทรานซิสเตอร์ คือขณะไม่จ่ายไบแอสตรงให้ขา G ตัว E – MOSFET ไม่ทำงาน และขณะจ่ายไบแอสตรงให้ขา G ตัว E – MOSFET ทำงาน



(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

6.7 สวิตช์มอสเฟต (ต่อ)

ในช่วงเวลา t0 – t1 มีสัญญาณพัลส์บวกป้อนเข้ามาที่อินพุต Ei ทำให้ได้รับไบแอสตรงที่รอยต่อขา G กับขา S (VGS) เกิดการเหนี่ยวนำสนามไฟฟ้าระหว่างรอยต่อขา D และขา S ให้มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกับสารกึ่งตัวนำขา D กับขา S เกิดการต่อเชื่อมขา D กับขา S ถึงกัน มีกระแส ID ไหลผ่านค่าสูง E – MOSFET ทำงานที่จุดอิ่มตัว เป็นสวิตช์ในสภาวะต่อวงจร (ON)

ในช่วงเวลา t1 – t2 ไม่มีสัญญาณพัลส์ใดๆ ป้อนเข้ามาที่อินพุต Ei ขา G ไม่มีไบแอสจ่ายให้ ทำให้ E – MOSFET ชนิด N แชนแนลไม่นำกระแส ไม่มีกระแส ID ไหล E – MOSFET ทำงานที่ตำแหน่งคัตออฟ เป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร (OFF) ได้สัญญาณตามจุดต่างๆ แสดงดังรูป (ข)