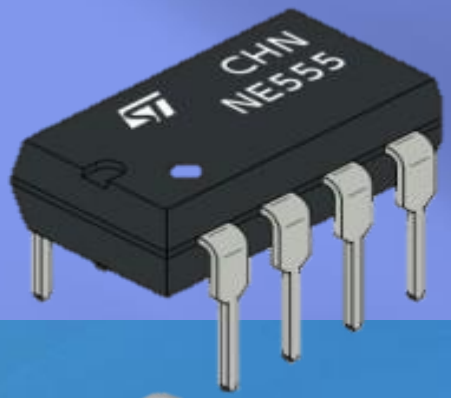
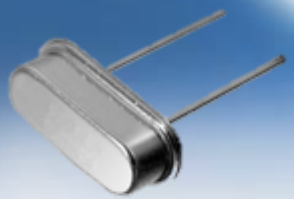
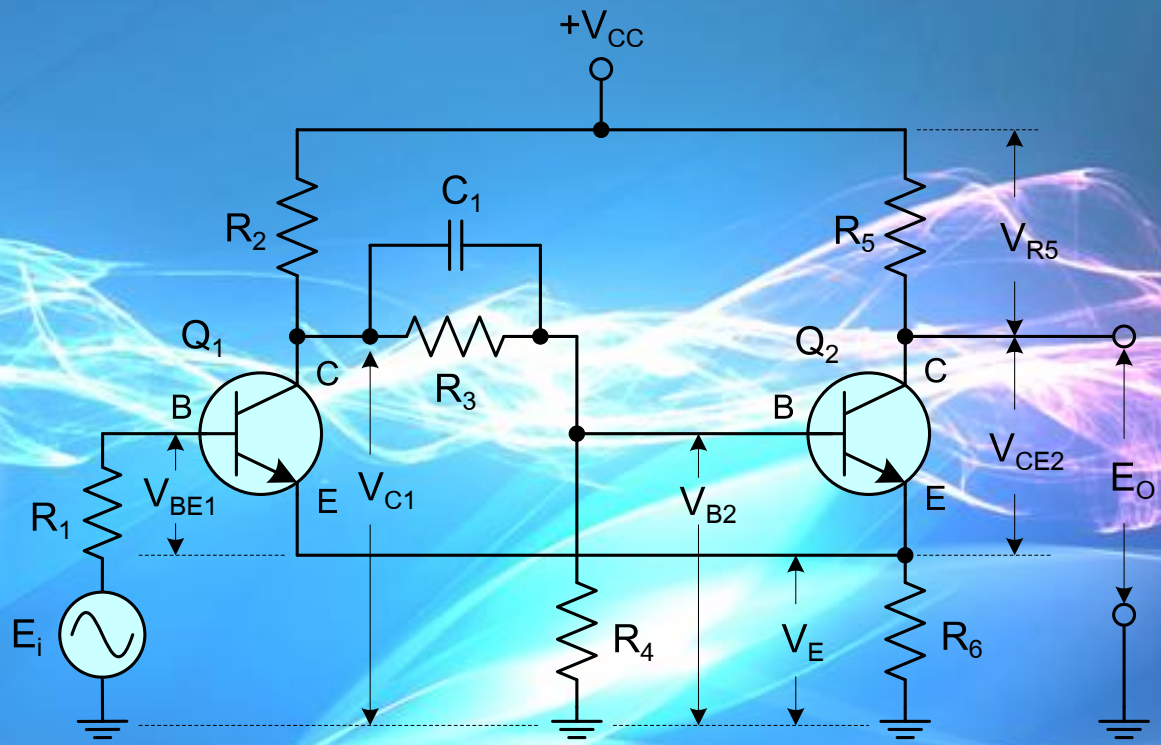


ชมิตต์ทริกเกอร์

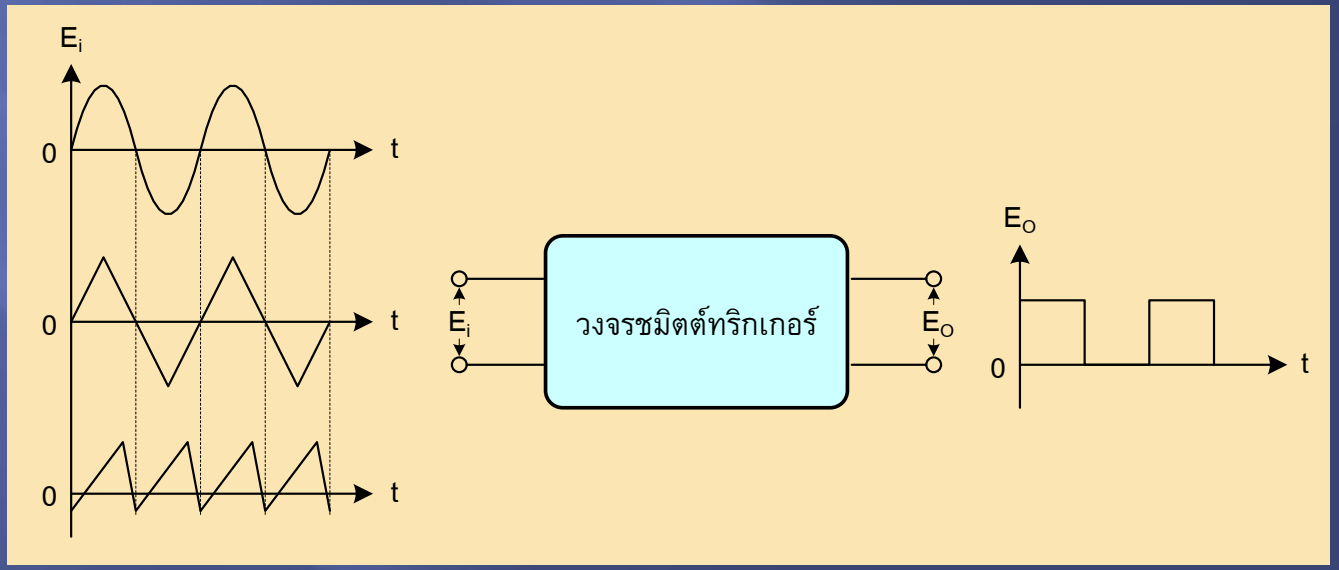




2105-2006 วงจรพัลส์และสวิตชิง

7.1 ชมิตต์ทริกเกอร์

ชมิตต์ทริกเกอร์ (Schmitt Trigger) หรือตัวเปรียบเทียบแบบเสริมสภาพ (Regenerative Comparator) เป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งาน ด้วยการทำงานที่ระดับแรงดันอินพุต 2 ค่า ช่วยในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาวะเสถียรภาพของวงจร วงจรทำงานใช้ความแตกต่างกันของระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 2 ระดับ จึงถูกนำไปใช้งานเป็นตัวตรวจจับระดับแรงดัน (Voltage Level Detector) ใช้เป็นตัวสร้างพัลส์สี่เหลี่ยมจากสัญญาณอินพุตรูปคลื่นแบบต่างๆ



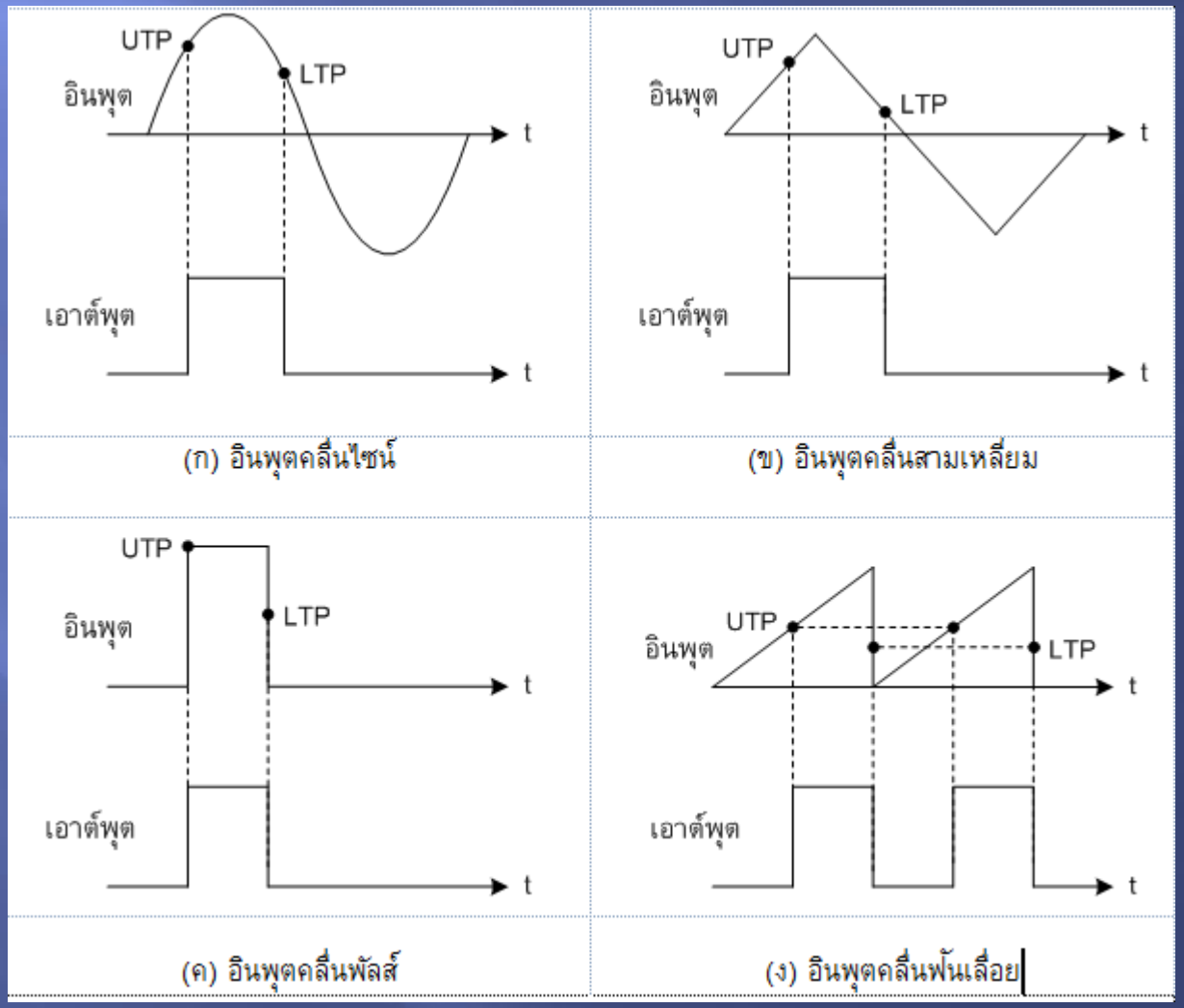
หลักการทำงานของชมิตต์ทริกเกอร์

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์สามารถรับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาหลายรูปสัญญาณ แต่จะได้รูปสัญญาณส่งออกเอาต์พุตเหมือนกันคือเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส การเปลี่ยนรูปร่างสัญญาณที่ออกเอาต์พุต อาศัยระดับแรงดันสัญญาณป้อนเข้ามาไปบังคับการทำงานและหยุดการทำงานของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ โดยมีระดับแรงดันที่มาควบคุม 2 ระดับ ได้แก่ ระดับศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านสูง (Upper Trigger Potential ; UTP) เป็นจุดที่สัญญาณอินพุตไปบังคับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ให้ทำงาน ให้กำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมช่วงขาขึ้น หรือคลื่นขั้นบันไดขาขึ้นออกเอาต์พุต และระดับศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านต่ำ (Lower Trigger Potential ; LTP) เป็นจุดที่สัญญาณอินพุตไปบังคับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ให้หยุดทำงาน ได้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมช่วงขาลงหรือคลื่นขั้นบันไดขาลงออกเอาต์พุต

หลักการทำงานของชมิตต์ทริกเกอร์

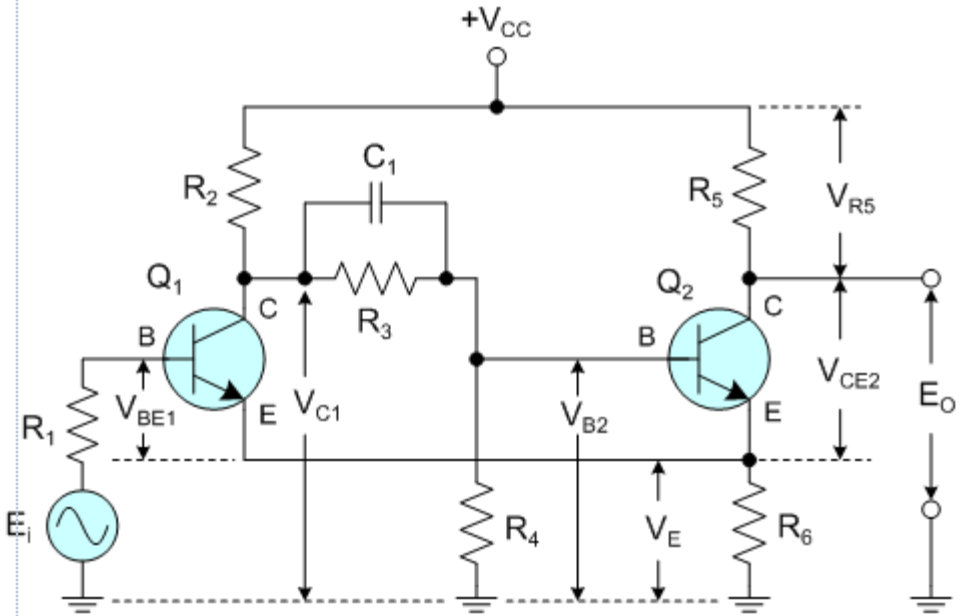
วงจรชมิตต์ทริกเกอร์สามารถรับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาหลายรูปสัญญาณ แต่จะได้รูปสัญญาณส่งออกเอาต์พุตเหมือนกันคือเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส การเปลี่ยนรูปร่างสัญญาณที่ออกเอาต์พุต อาศัยระดับแรงดันสัญญาณป้อนเข้ามาไปบังคับการทำงานและหยุดการทำงานของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ โดยมีระดับแรงดันที่มาควบคุม 2 ระดับ ได้แก่ ระดับศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านสูง (Upper Trigger Potential ; UTP) เป็นจุดที่สัญญาณอินพุตไปบังคับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ให้ทำงาน ให้กำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมช่วงขาขึ้น หรือคลื่นขั้นบันไดขาขึ้นออกเอาต์พุต และระดับศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านต่ำ (Lower Trigger Potential ; LTP) เป็นจุดที่สัญญาณอินพุตไปบังคับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ให้หยุดทำงาน ได้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมช่วงขาลงหรือคลื่นขั้นบันไดขาลงออกเอาต์พุต ค่าระดับแรงดัน UTP และ LTP ที่มาควบคุมวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ไม่จำเป็นต้องมีค่าเท่ากัน โดยปกติค่าระดับแรงดัน UTP มักมีค่ามากกว่าระดับแรงดัน LTP

ตำแหน่ง UTP และ LTP ของคลื่นสัญญาณไฟฟ้า เกิดจากวงจรชมิตต์ทริกเกอร์

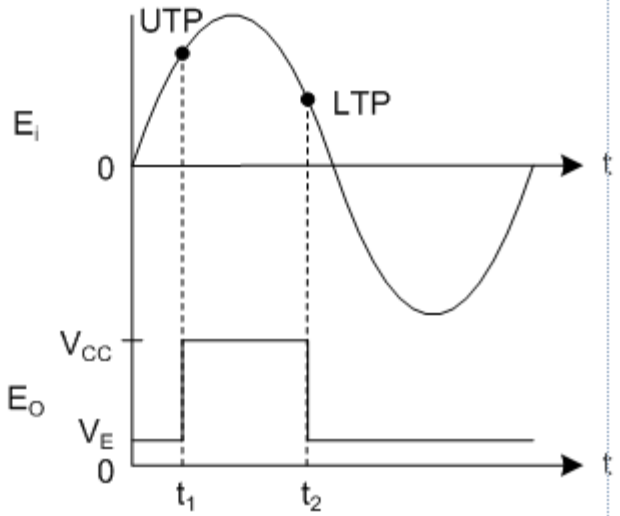


7.2 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดทรานซิสเตอร์

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรที่ประกอบขึ้นจากทรานซิสเตอร์ต่อวงจรทำงานร่วมกัน 2 ตัว ทำงานเป็นสวิตช์เปิดปิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมส่งออกเอาต์พุต ตามการควบคุมการทำงานจากสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามา



(ก) วงจร



(ข) สัญญาณ

7.2 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

วงจรประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือทรานซิสเตอร์ 2 ตัว Q1 และ Q2 โดยขา E ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองต่อร่วมกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน R6 ขา B ของ Q2 ได้รับสัญญาณอินพุตจากวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) R3 และ R4 ส่วนขา B ของ Q1 รับสัญญาณอินพุต Ei จากแหล่งจ่ายสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้ามา มีตัวต้านทาน R2 เป็นภาระของ Q1 และตัวต้านทาน R5 เป็นภาระของ Q2 ตัวเก็บประจุ C1 ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว สภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะต้องทำงานสลับกัน คือตัวหนึ่งทำงานอีกตัวหนึ่งหยุดทำงานสลับไปสลับมา

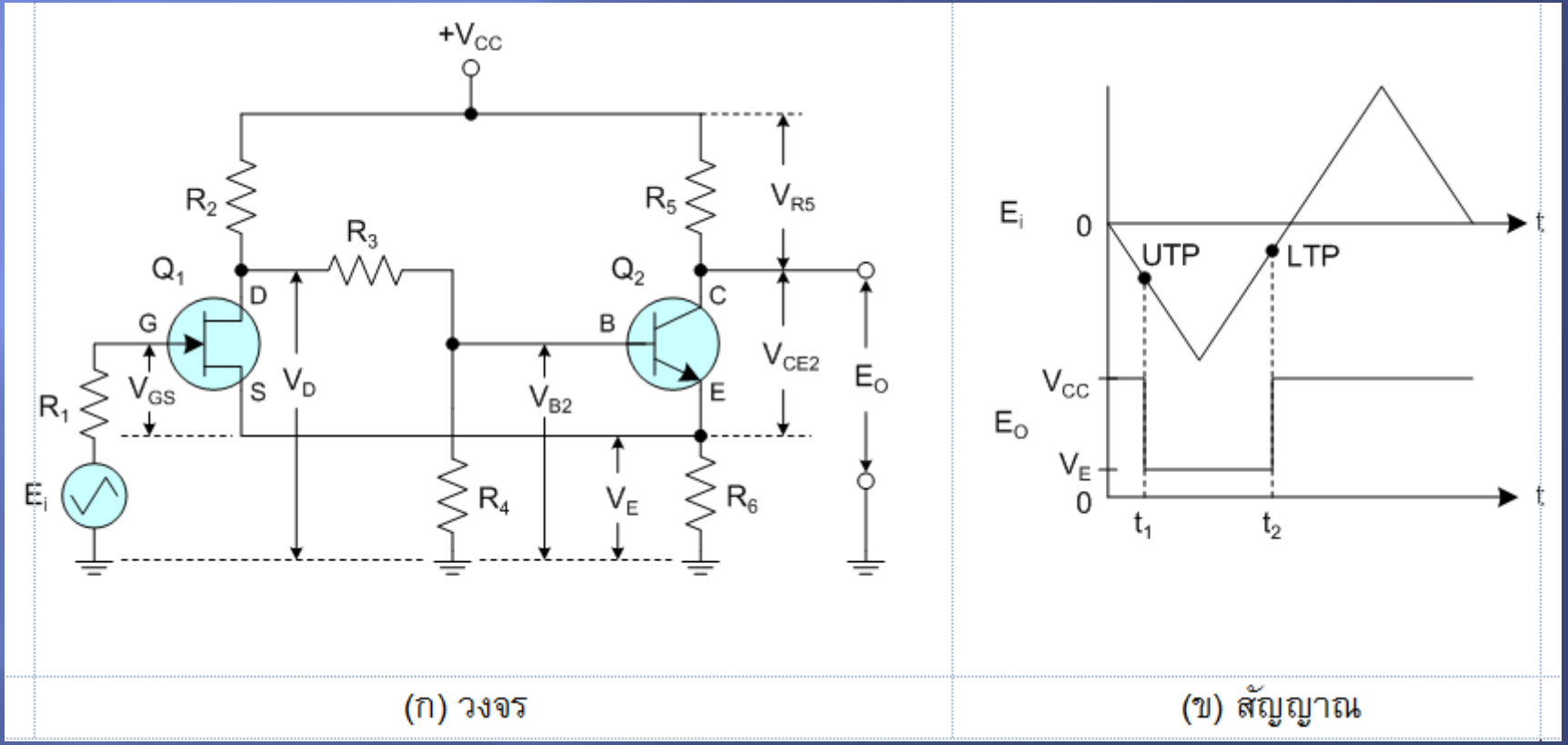
7.2 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

การทำงานของวงจรตามรูป (ก) เป็นดังนี้ ขณะไม่มีสัญญาณอินพุตป้อนเข้าวงจร ตัว Q1 ไม่ทำงานอยู่ในสภาวะคัตออฟ และตัว Q2 ทำงานถึงจุดอิ่มตัว ในขณะที่ตัว Q2 ทำงานถึงจุดอิ่มตัว มีแรงดันตกคร่อมตัว R6 เท่ากับแรงดัน VE แรงดันออกเอาต์พุต Eo ที่เวลา t-1 มีค่า VE + VCE2 (sat) หรือประมาณ VE การจะทำให้ตัว Q1 นำกระแสได้ต้องป้อนสัญญาณอินพุต Ei ให้ขา B ของตัว Q1 มีความแรงมากกว่า VBE1 + VE มีขนาดแรงดันอินพุต Ei ที่ตำแหน่ง UTP แรงดันที่ได้แสดงดังรูป (ข)

7.3 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดเฟตและทรานซิสเตอร์

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดนี้ ใช้เฟตทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์ โดยต่อใช้งานเฟตเป็นสวิตช์วงจรแรก และใช้ทรานซิสเตอร์ต่อเป็นสวิตช์วงจรที่สอง ช่วยให้การทำงานของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ชนิดนี้เป็นวงจรสวิตช์มีความเร็วในการสวิตช์เพิ่มขึ้น ตามคุณสมบัติของเฟตที่ทำงานเป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรได้เร็วจึงใช้งานเป็นวงจรแรก ส่วนทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์มีการสูญเสียขณะทำงานต่ำ และสามารถทนแรงดันได้สูงจึงใช้งานเป็นวงจรที่สอง

7.3 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดเฟตและทรานซิสเตอร์ (ต่อ)



(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

7.3 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดเฟตและทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

การทำงานของวงจรตามรูป (ก) เป็นดังนี้ ขณะไม่มีสัญญาณอินพุตป้อนเข้าวงจร ตัว Q1 ทำงานอยู่ในสภาวะอิ่มตัว และตัว Q2 ไม่ทำงานอยู่ในสภาวะคัตออฟ ในขณะที่ตัว Q2 ไม่ทำงานอยู่ในสภาวะคัตออฟ มีแรงดันออกเอาต์พุต Eo ที่เวลา t-1 มีค่าแรงดันเท่าแหล่งจ่าย VCC การจะทำให้ตัว Q1 หยุดทำงานได้ต้องป้อนสัญญาณอินพุต Ei ให้ขา G ของตัว Q1 มีความแรงสัญญาณซีกลบมากกว่าค่าแรงดัน VGS + VE ถึงขนาดแรงดันอินพุต Ei ที่ตำแหน่ง UTP แรงดันที่ได้แสดงดังรูป (ข)

7.3 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดเฟตและทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ขณะที่ตัว Q1 อยู่ในสภาวะอิ่มตัว มีแรงดันที่ขา D ของ Q1 หรือแรงดัน VD มีค่าแรงดันเท่ากับแรงดัน VDS + VE ไม่พอที่จะทำให้ตัว Q2 ทำงาน เมื่อตัว Q1 คัตออฟ แรงดัน VD จะเพิ่มสูง ขึ้นเท่ากับแรงดัน VCC ทำให้แรงดันไบแอสตรงของตัว Q2 เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในจังหวะนี้เฟตและทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านทำงาน การทำงานของวงจรจะเป็นเช่นนี้จนกระทั่งทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงานจนถึงจุดอิ่มตัว มีผลให้ที่เวลา t+1 แรงดันออกเอาต์พุต Eo มีค่าแรงดันเท่ากับ VE + VCE2 (sat) หรือประมาณ VE ตัว Q1 จะอยู่ในสภาวะคัตออฟ เมื่อสัญญาณอินพุต Ei ที่ป้อนเข้ามามีค่าความแรงของแรงดันซีกลบน้อยลงต่ำกว่าค่าแรงดันที่ทำให้ Q1 ทำงาน ตัว Q1 จะกลับมาเข้าสู่สภาวะ คัตออฟอีกครั้ง แรงดันที่ได้แสดงดังรูป (ข)

7.3 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดเฟตและทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ตัว Q1 อยู่ในสภาวะคัตออฟจนกระทั่งสัญญาณอินพุต Ei มีค่าแรงดันเป็นลบลดลงน้อยกว่าค่า UTP ช่วงเวลานี้ Q1 จะกลับไปอยู่ในสภาวะทำงานอีกครั้ง และนำกระแสเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว เมื่อสัญญาณอินพุต Ei มีค่าแรงดันเป็นลบลดน้อยลงถึงตำแหน่ง LTP มีผลทำให้ที่เวลา t+2 แรงดันออกเอาต์พุต Eo มีค่าเท่ากับแรงดัน VCC ในช่วงเวลานี้ตัว Q2 จะกลับไปอยู่ในสภาวะ คัตออฟอีกครั้ง แรงดันที่ได้แสดงดังรูป (ข) การทำงานของวงจรจะเป็นเช่นนี้ไปจนกว่าจะมีสัญญาณอินพุต Ei ป้อนเข้ามาใหม่ทำให้ตัว Q1 หยุดทำงานอีกครั้ง จะเกิดการทำงานของวงจรเป็นไปตามที่ได้กล่าวมา ได้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมหรือคลื่นพัลส์ส่งออกเอาต์พุต

7.4 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์

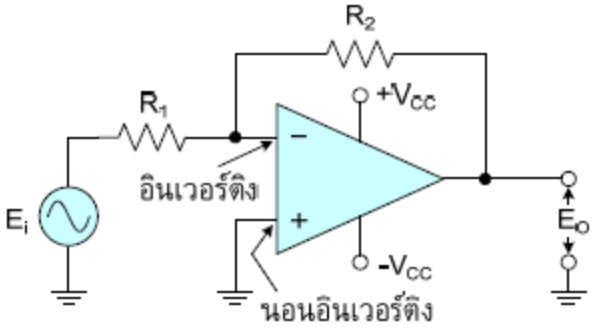
ออปแอมป์ เป็นไอซีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากมาย รูปแบบหนึ่งของวงจรที่ใช้ออปแอมป์เข้าไปร่วมทำงาน ได้แก่ วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ที่ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าตัวเปรียบเทียบแบบเสริมสภาพนั้น เพราะการจัดวงจรทำงานของออปแอมป์เป็นการจัดวงจรแบบการป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) ในแบบเสริมสัญญาณป้อนเข้าทางอินพุต หรือเป็นแบบกำหนดรูปสัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต เป็นคลื่นสี่เหลี่ยมหรือคลื่นพัลส์เช่นเดียวกับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์และเฟต สามารถใช้เพียงออปแอมป์ตัวเดียวต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ประกอบร่วมภายนอกอีกเล็กน้อย สร้างเป็นวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ได้ง่าย และวงจรไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทำให้นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย

7.4 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์ (ต่อ)

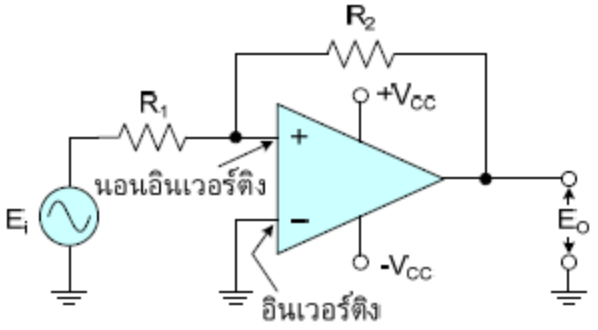
ออปแอมป์ เป็นไอซีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากมาย รูปแบบหนึ่งของวงจรที่ใช้ออปแอมป์เข้าไปร่วมทำงาน ได้แก่ วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ซึ่งสามารถใช้เพียงออปแอมป์ตัวเดียวต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ประกอบร่วมภายนอกอีกเล็กน้อย สร้างเป็นวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ได้ง่าย และวงจรไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทำให้นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย

ลักษณะการจัดวงจรทำงานคล้ายกับวงจรขยายสัญญาณที่ใช้ออปแอมป์ทำงาน แตกต่างกันเพียงสัญญาณที่ถูกป้อนเข้าขาอินพุตของวงจรออปแอมป์ชมิตต์ทริกเกอร์ จะถูกป้อนเข้าขาอินพุตในขาตรงข้ามกับขาอินพุตของวงจรขยายสัญญาณเสมอ อัตราขยายของวงจรถูกกำหนดค่าด้วยค่าความต้านทานต่อเป็นวงจรป้อนกลับเช่นเดียวกับวงจรขยายสัญญาณ

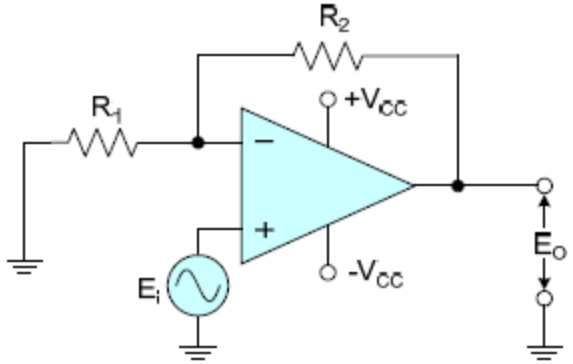
วงจรเปรียบเทียบระหว่างวงจรขยายสัญญาณ และวงจรชมิตต์ทริกเกอร์



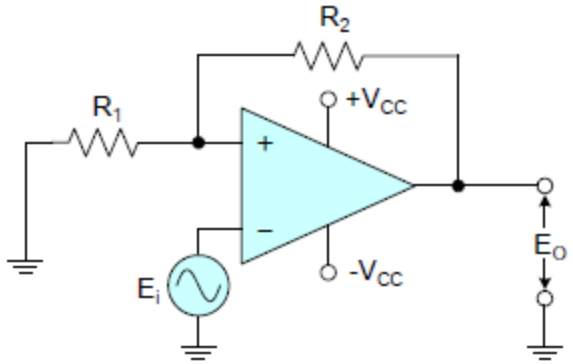
(ก) วงจรขยายสัญญาณกลับเฟส



(ข) วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ไม่กลับเฟส



(ค) วงจรขยายสัญญาณไม่กลับเฟส



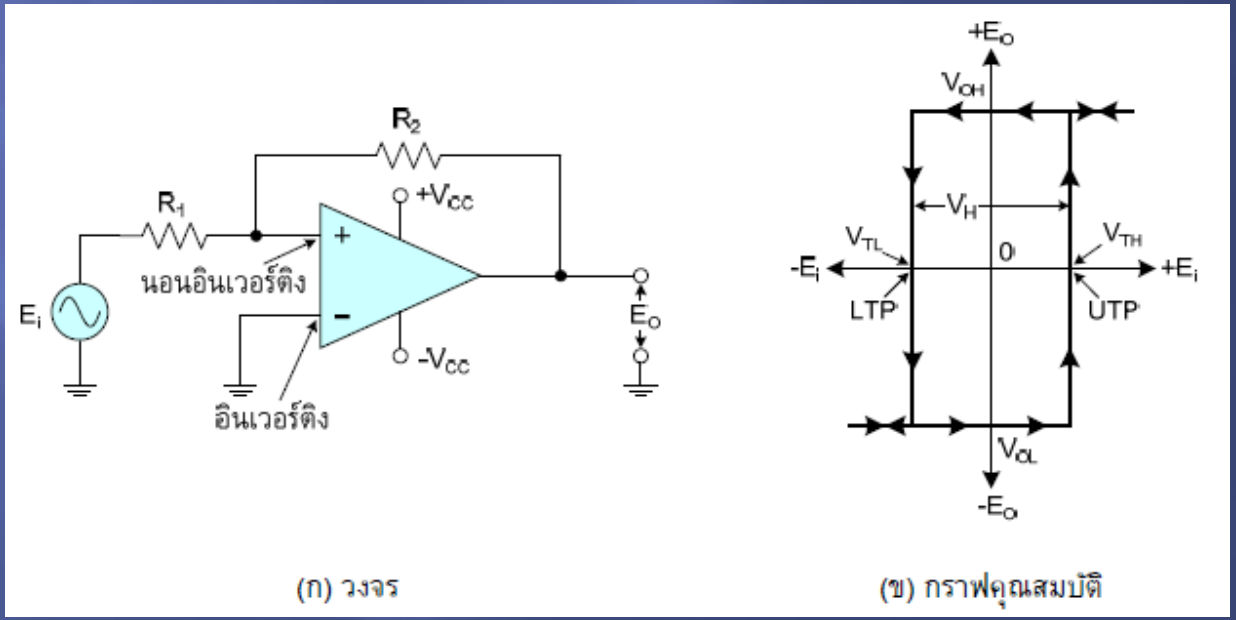
(ง) วงจรชมิตต์ทริกเกอร์กลับเฟส

วงจรเปรียบเทียบระหว่างวงจรขยายสัญญาณและวงจรชมิตต์ทริกเกอร์

จากการเปรียบเทียบวงจร จะได้การจัดวงจรทำงานของวงจรขยายสัญญาณกลับเฟสรูป (ก) เหมือนกับวงจร ชมิตต์ทริกเกอร์ไม่กลับเฟสรูป (ข) และวงจรทำงานของวงจรขยายสัญญาณไม่กลับเฟสรูป (ค) เหมือนกับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์กลับเฟส รูป (ง) รวมทั้งตัวต้านทาน R1 และ R2 ที่เป็นตัวกำหนดอัตราขยายสัญญาณให้ วงจรก็เหมือนกันส่วนแตกต่างกันเป็นเพียงขาอินพุตที่ป้อนสัญญาณเข้า และอินพุตที่ต่อลงกราวด์ของวงจรทั้งสองชนิดเป็นขาตรงข้ามกันเท่านั้น ทำให้วงจรทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติในการทำงานที่แตกต่างกัน

7.5 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

เป็นวงจรทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุตรูปคลื่นแบบต่างๆ ให้ออกเอาต์พุตเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมหรือสัญญาณคลื่นพัลส์ ที่มีเฟสของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตเหมือนกัน การต่อวงจรทำงานคล้ายกับวงจรขยายสัญญาณออปแอมป์แบบกลับเฟส แตกต่างเพียงขาที่ป้อนสัญญาณเข้า และขาที่ต่อตัวต้านทานป้อนกลับเป็นขานอนอินเวอร์ติง (+) แทนที่จะเป็นขาอินเวอร์ติง (–)



(ก) วงจร (ข) กราฟคุณสมบัติ

7.5 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส (ต่อ)

จากรูป (ก) เป็นวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ในลักษณะเปรียบเทียบแรงดัน สัญญาณอินพุต Ei ป้อนเข้าที่ขานอนอินเวอร์ติง (+) และมีตัวต้านทาน R1 และ R2 ต่อวงจรแบบแบ่งแรงดัน โดยทำหน้าที่เป็นส่วนวงจรป้อนกลับแบบบวก พิจารณาจากวงจรจะเห็นว่าแรงดันอินพุต Ei ของวงจรนั้นจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold Voltage ; VT) ที่ได้จากการป้อนกลับโดยใช้ R1 และ R2 ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับแรงดันเอาต์พุตของวงจร ดังนั้นจึงทำให้แรงดันเอาต์พุต EO ของวงจรเปลี่ยนแปลงอยู่สองสภาวะ คือ EO = VOH และ EO = VOL โดยจะมีค่าของแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ VTH หรือ UTP และ VTL หรือ LTP แสดงดังรูป (ข)

สมการวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

$$\beta = -\frac{R_1}{R_2}$$

และ

$$V_{TH} = UTP = -\frac{R_1}{R_2} V_{OH}$$

$$V_{TL} = LTP = -\frac{R_1}{R_2} V_{OL}$$

เมื่อ β = อัตราส่วนการป้อนกลับของวงจร

V_{TH} = แรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าสูง หน่วย V

V_{TL} = แรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าต่ำ หน่วย V

V_{OH} = แรงดันเอาต์พุตค่าสูง หน่วย V

V_{OL} = แรงดันเอาต์พุตค่าต่ำ หน่วย V

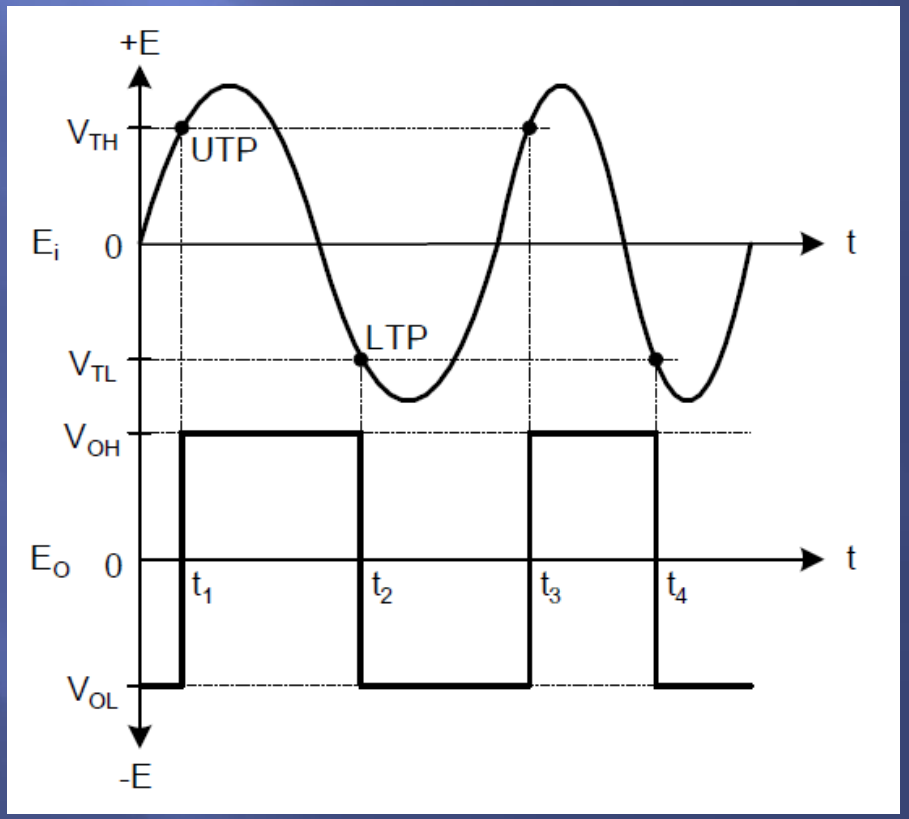
สมการวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

จากรูป (ข) แสดงกราฟคุณสมบัติของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างสัญญาณเอาต์พุต E_O ทั้งสองสภาวะนี้ถูกเรียกว่า ฮิสเตอริซิส (Hysteresis) เป็นค่าเกิดการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานของวงจร และความกว้างของสภาวะฮิสเตอริซิสระหว่างจุด LTP และจุด UTP ถูกเรียกว่าแรงดันฮิสเตอริซิส (Hysteresis Voltage ; V_H) หาค่าได้ดังนี้

$$V_H = V_{TH} - V_{TL}$$

สมการวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

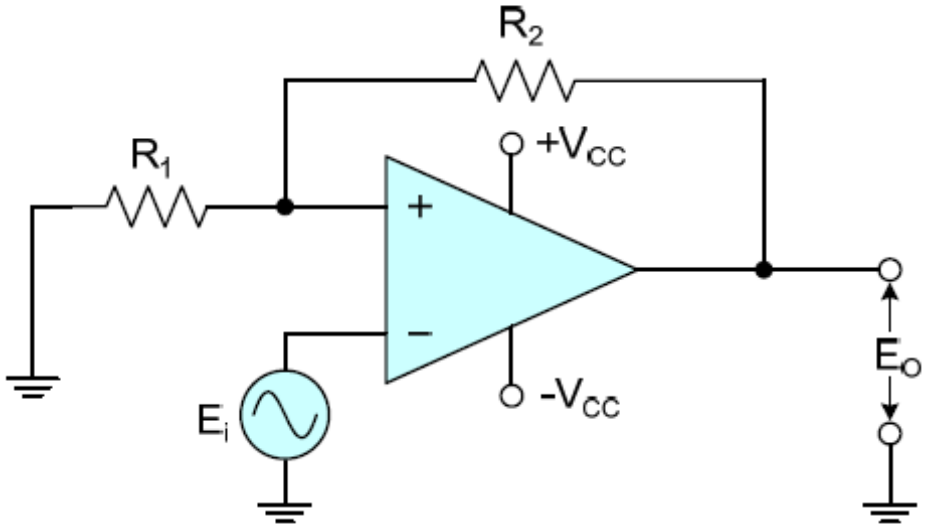
ระดับแรงดันสัญญาณที่ออกเอาต์พุต EO มีค่าอยู่ระหว่าง VOH ถึง VOL คือความแรงของสัญญาณที่จ่ายออกเอาต์พุต EO ได้สัญญาณการทำงาน แสดงดังรูป



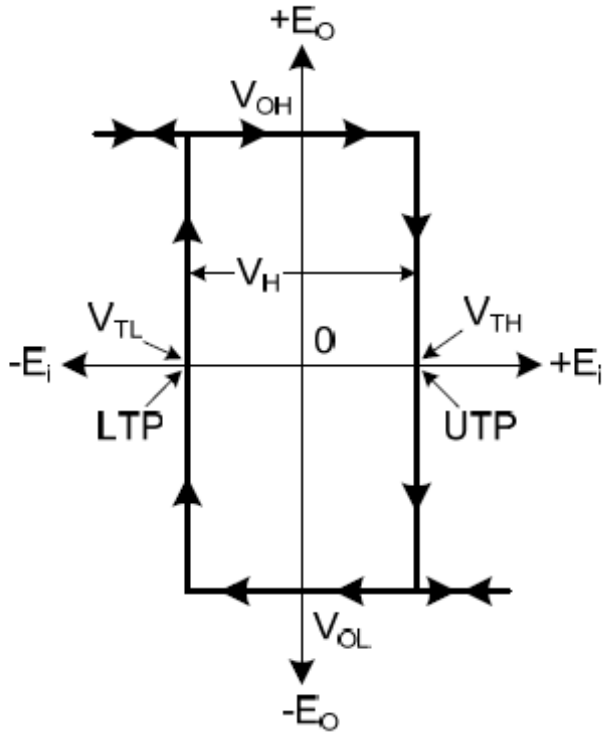
7.6 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส เป็นวงจรทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุตรูปคลื่นแบบต่างๆ ให้ออกเอาต์พุตเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมหรือสัญญาณคลื่นพัลส์ ที่มีเฟสของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตแตกต่างกัน การต่อวงจรทำงานคล้ายกับวงจรขยายสัญญาณออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส แตกต่างเพียงขาที่ป้อนสัญญาณเข้าเป็นขาอินเวอร์ติง (–) แทนที่จะเป็นขานอนอินเวอร์ติง (+) และขาที่ต่อตัวต้านทานป้อนกลับเป็นขานอนอินเวอร์ติง (+) แทนที่จะเป็นขาอินเวอร์ติง (–)

7.6 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส (ต่อ)



(ก) วงจร



(ข) กราฟคุณสมบัติ

7.6 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส (ต่อ)

รูป (ก) เป็นวงจรวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ ในลักษณะเปรียบเทียบแรงดันสัญญาณอินพุต Ei ป้อนเข้าขาอินเวอร์ติง (–) และมีตัวต้านทาน R1 และ R2 ต่อวงจรแบบแบ่งแรงดันป้อนเข้าขานอนอินเวอร์ติง (+) โดยทำหน้าที่เป็นส่วนวงจรป้อนกลับแบบบวก พิจารณาจากวงจรจะเห็นว่าแรงดันอินพุต Ei ของวงจรนั้นจะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยน (VT) ที่ได้จากการป้อนกลับโดยใช้ R1 และ R2 ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับแรงดันเอาต์พุตของวงจรจ่ายเข้ามา ดังนั้น จึงทำให้แรงดันเอาต์พุต EO ของวงจรเปลี่ยนแปลงอยู่สองสภาวะ คือ EO = VOH และ EO = VOL โดยจะมีค่าของแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ VTH หรือ UTP และ VTL หรือ LTP แสดงดังรูป (ข)

7.6 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส (ต่อ)

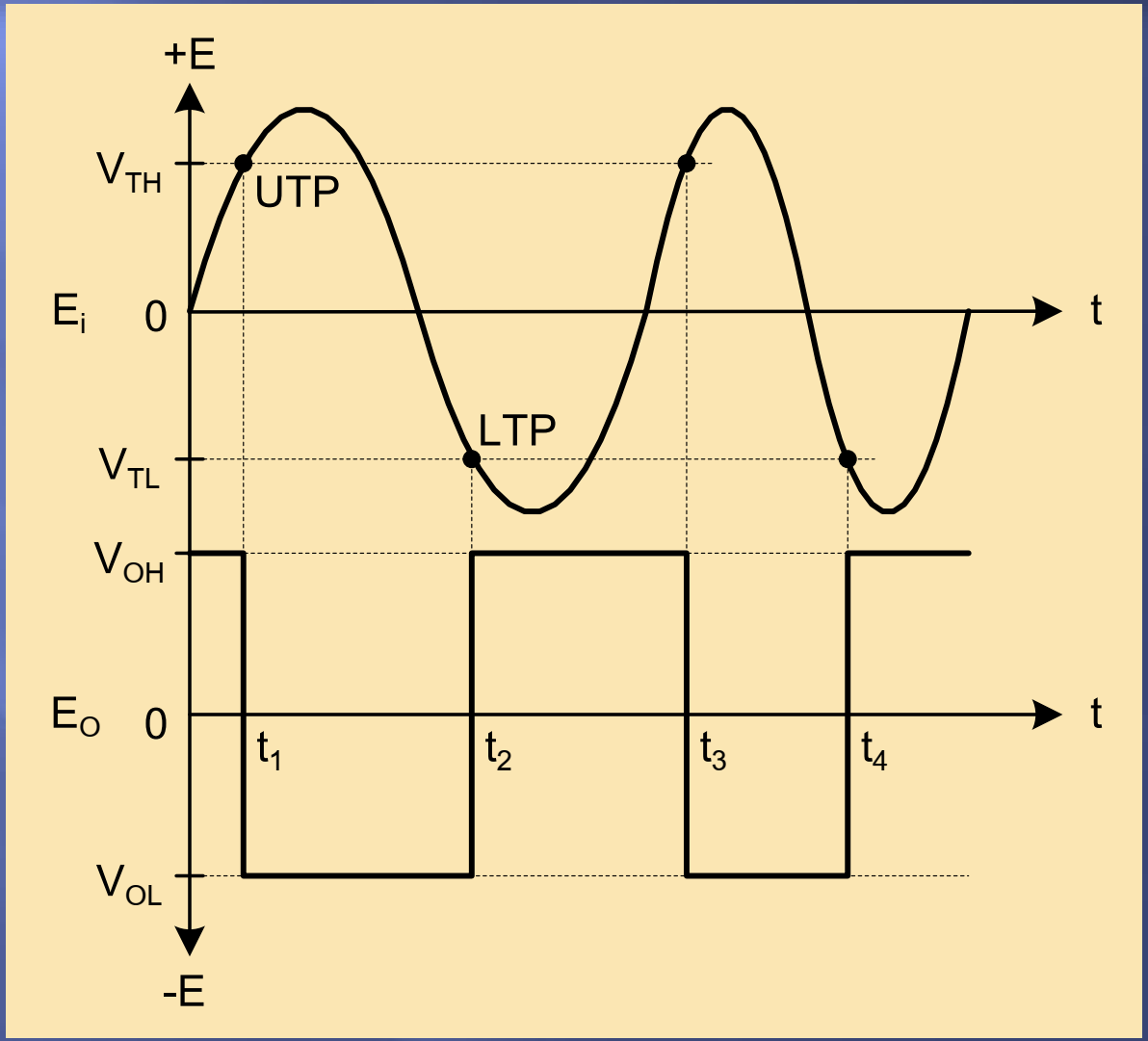
ค่าของแรงดันเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{TH} = UTP = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OH}$$

$$V_{TL} = LTP = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OL}$$

กราฟคุณสมบัติของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส



กราฟคุณสมบัติของวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส

ค่าฮิสเตอริซิสเกิดขึ้นจากค่าความแตกต่างระหว่างสัญญาณเอาต์พุต E_O ทั้งสอง และค่าแรงดันฮิสเตอริซิส (V_H) เป็นค่าความกว้างของสภาวะฮิสเตอริซิสระหว่างจุด LTP และจุด UTP

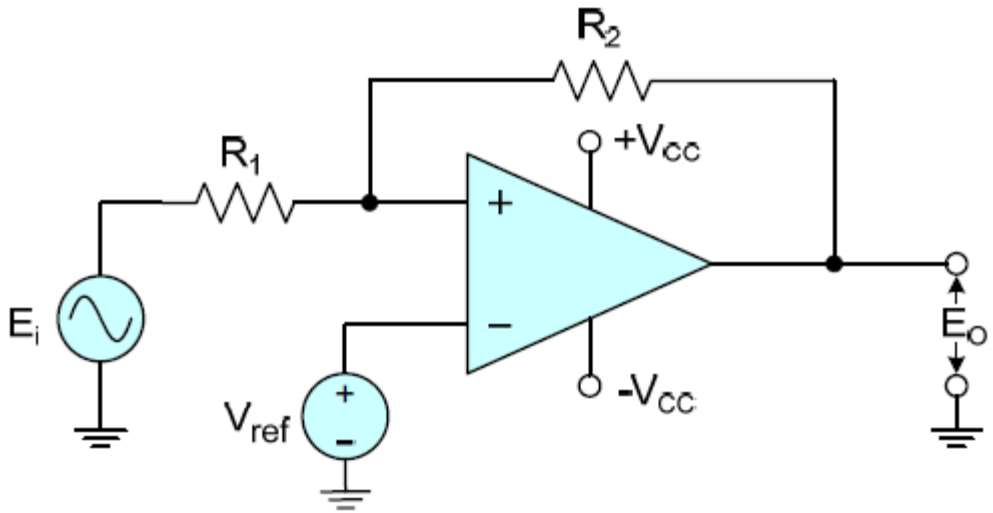
สัญญาณอินพุต E_i มีเฟสต่างจากสัญญาณเอาต์พุต E_O เป็นมุม 180^o ขณะสัญญาณอินพุต E_i คลื่นไซน์ซีกบวกป้อนเข้ามาค่าต่ำยังไม่ถึงจุด UTP (V_{TH}) สัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต E_O มีค่าเป็นบวกที่แรงดัน V_{OH} เมื่อคลื่นไซน์ป้อนเข้ามาเพิ่มขึ้นถึงเวลา t_1 ที่จุด UTP (V_{TH}) ควบคุมให้ออปแอมป์เปลี่ยนสภาพการทำงาน ได้สัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต E_O เปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าลบที่แรงดัน V_{OL} แรงดันออกเอาต์พุต E_O คงที่ที่ระดับนี้จนสัญญาณอินพุต E_i เปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าลบถึงเวลา t_2 ที่จุด LTP (V_{TL}) ควบคุมให้ออปแอมป์เปลี่ยนสภาพการทำงานอีกครั้ง ได้สัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต E_O เปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าบวกที่แรงดัน V_{OH} แรงดันออกเอาต์พุต E_O คงที่ที่ระดับนี้จนสัญญาณอินพุต E_i เปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าบวกถึงเวลา t_3 ที่จุด UTP (V_{TH}) อีกครั้ง ควบคุมให้ออปแอมป์เปลี่ยนสภาพการทำงานอีกครั้ง ได้สัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต E_O เปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าบวกที่แรงดัน V_{OH} การทำงานจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

7.7 วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบปรับค่าได้

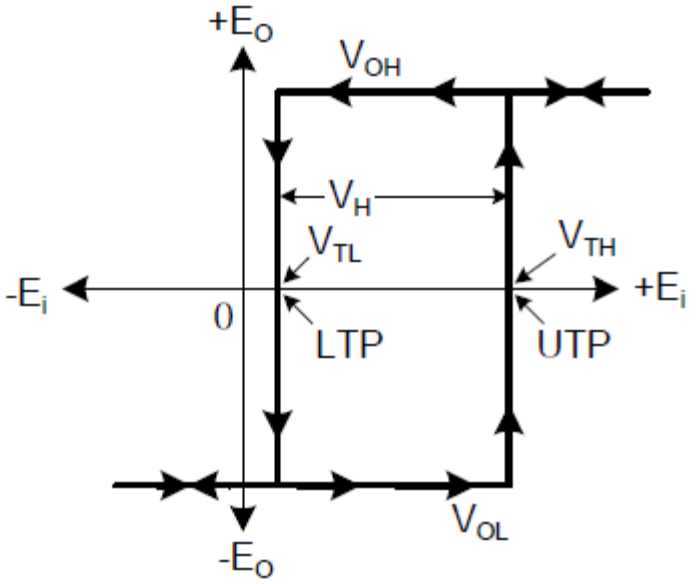
เป็นวงจรชมิตต์ทริกเกอร์แบบที่ต่อเพิ่มแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage ; Vref) เข้าวงจรทางขาอินพุตของออปแอมป์ แทนการต่อขาลงกราวด์ของขาที่เป็นตัวเปรียบเทียบกับขาที่ป้อนสัญญาณเข้าอินพุต มีทั้งแบบป้อนเข้าขาอินเวอร์ติง (–) และแบบป้อนเข้าขานอนอินเวอร์ติง (+) เกิดผลต่อกราฟคุณสมบัติของฮิสเตอริซิสที่เกิดขึ้น ถูกปรับเปลี่ยนตำแหน่งไปตามค่าแรงดันอ้างอิง (Vref) ที่ป้อนให้วงจร ทำให้ตำแหน่งการเกิดรูปสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมหรือคลื่นพัลส์ส่งออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติ วงจร ชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบปรับค่าได้สามารถจัดวงจรทำงานออกได้ ตามการกำหนดขั้วจ่ายสัญญาณอินพุตและจ่ายแรงดันอ้างอิงเข้าที่ขาอินพุตขาใด

รูปแบบการจัดวงจรทำงาน

1. แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขาอินเวอร์ติง



(ก) วงจร



(ข) กราฟคุณสมบัติ

รูปแบบการจัดวงจรทำงาน

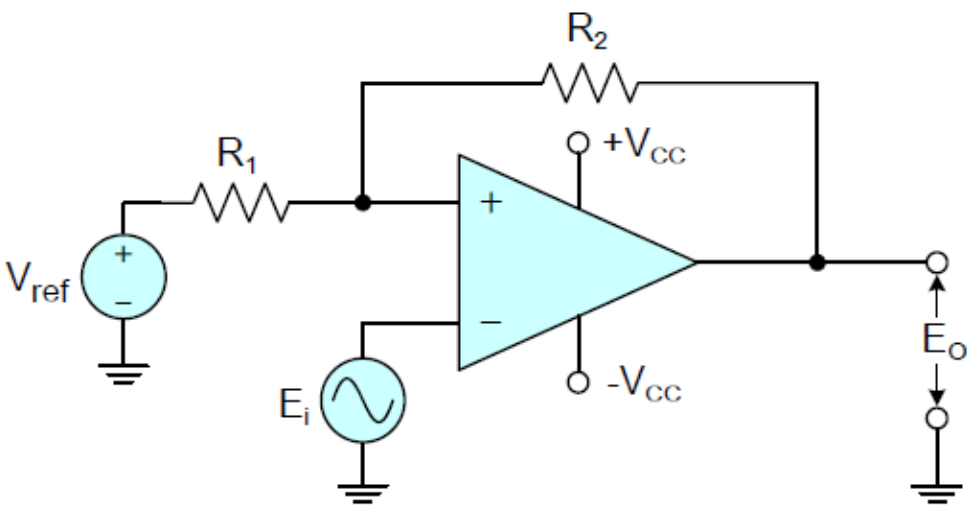
1. แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขาอินเวอร์ติง

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบปรับค่าได้ แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขาอินเวอร์ติง (–) โดยสัญญาณอินพุตถูกป้อนเข้าขานอนอินเวอร์ติง (+) ลักษณะวงจรทำงานคล้ายกับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส โดยเพิ่มแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) เข้าไปที่ขาอินเวอร์ติง (–)

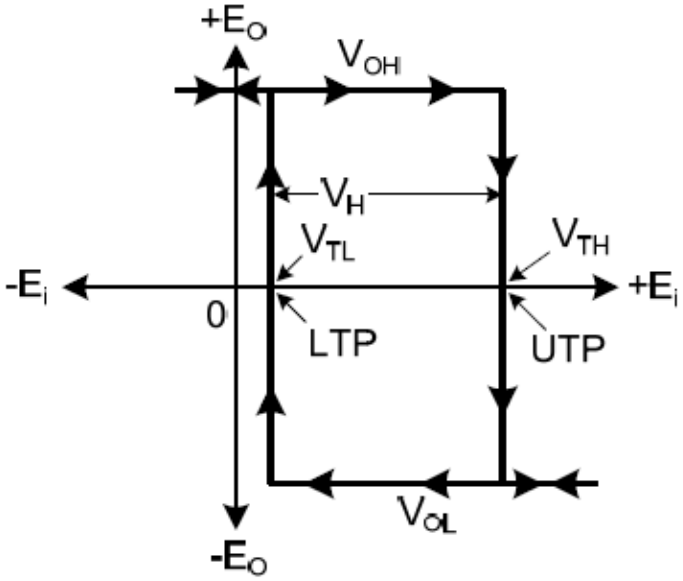
แรงดันอ้างอิง (V_{ref}) จะมีผลต่อวงจรการทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านสูง (UTP) หรือแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าสูง (V_{TH}) และศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านต่ำ (LTP) หรือแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าต่ำ (V_{TL}) เปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) ที่ป้อนให้วงจร

รูปแบบการจัดวงจรทำงาน

2. แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขานอนอินเวอร์ติง



(ก) วงจร



(ข) กราฟคุณสมบัติ

รูปแบบการจัดวงจรทำงาน

2. แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขานอนอินเวอร์ติง

วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบปรับค่าได้ แบบป้อนแรงดันอ้างอิงให้ขานอนอินเวอร์ติง (+) โดยสัญญาณอินพุตถูกป้อนเข้าขาอินเวอร์ติง (–) ลักษณะวงจรทำงานคล้ายกับวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์แบบกลับเฟส โดยเพิ่มแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) เข้าไปที่ขานอนอินเวอร์ติง (+)

จากรูปแสดงวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ชนิดออปแอมป์ปรับค่าได้ แบบป้อนแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) ให้ขานอนอินเวอร์ติง (+) แรงดันอ้างอิง (V_{ref}) จะมีผลต่อวงจรการทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านสูง (UTP) หรือแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าสูง (V_{TH}) และศักย์ไฟฟ้าจุดชนวนด้านต่ำ (LTP) หรือแรงดันจุดเริ่มเปลี่ยนค่าต่ำ (V_{TL}) เปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันอ้างอิง (V_{ref}) ที่ป้อนให้วงจร