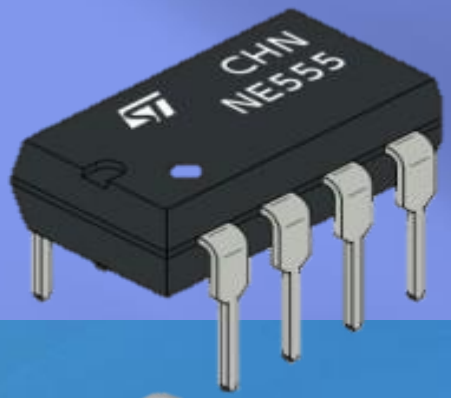
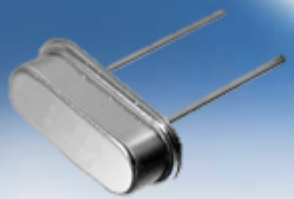
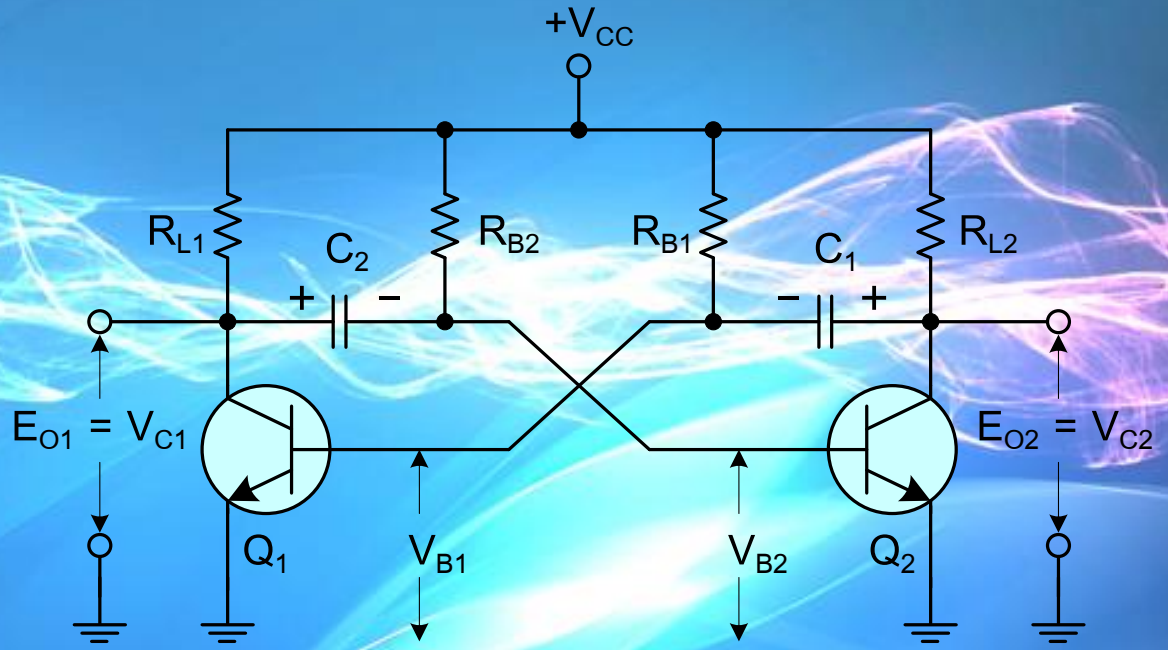


อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์





2105-2006 วงจรพัลส์และสวิตชิง

8.1 วงจรมัลติไวเบรเตอร์

เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสถานะคงตัวในการทำงานสองสถานะ ถูกนำไปใช้งานร่วมกับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับคลื่นสี่เหลี่ยม การทำงานของวงจรมัลติไวเบรเตอร์แต่ละชนิดแตกต่างกันไปมีชื่อเรียกแตกต่างกันแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) หรือมัลติไวเบรเตอร์แบบอเสถียร เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ฟรีรันนิงมัลติไวเบรเตอร์ (Free Running Multivibrator) หรือมัลติไวเบรเตอร์ทำงานอย่างอิสระ

2. โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator) หรือมัลติไวเบรเตอร์แบบเอกเสถียร เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า วันช็อตมัลติไวเบรเตอร์ (One Shot Multivibrator) หรือมัลติไวเบรเตอร์แบบสัญญาณลูกโดด

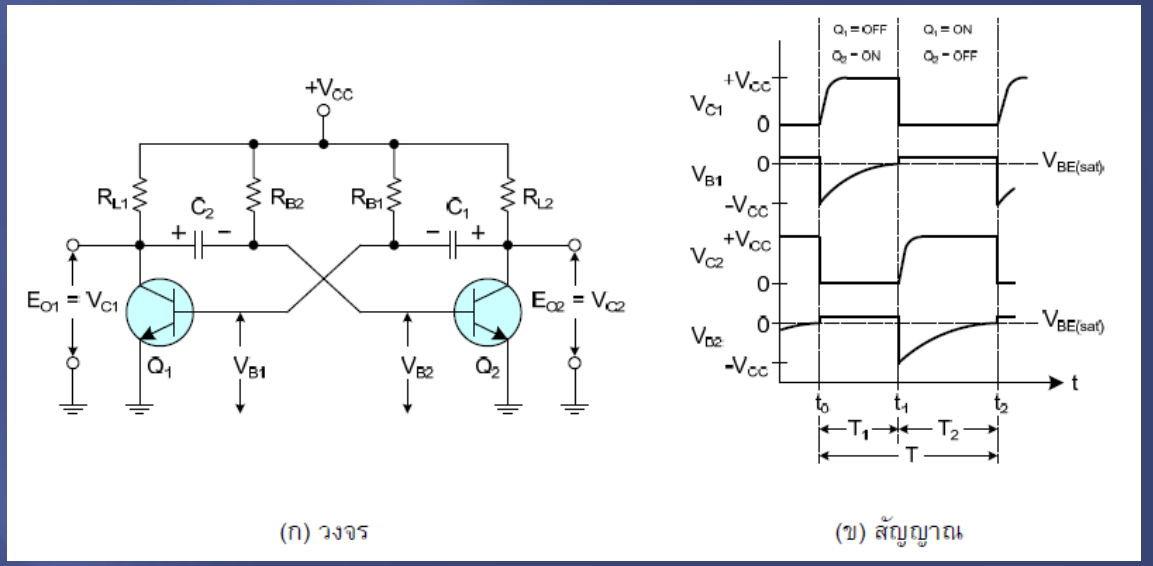
3. ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Bistable Multivibrator) หรือมัลติไวเบรเตอร์แบบทวิเสถียร เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ฟลิปฟลอป (Flip Flop)

8.2 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรือมัลติไวเบรเตอร์แบบอเสถียร เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้สัญญาณจากภายนอกมาควบคุมการทำงาน ซึ่งมีหลักการทำงานคล้ายกับวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) จึงเป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ทำงานได้อย่างอิสระ ความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จะเป็นความถี่คลื่นสี่เหลี่ยมไม่ใช่คลื่นไซน์ วงจรถูกสร้างจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ หลายชนิด มีสภาวะการทำงานแบบกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ ระยะเวลาในการทำงานของแต่ละสภาวะกึ่งเสถียรภาพทั้ง 2 ส่วน ถูกกำหนดค่าด้วยค่าเวลาคงที่ของอุปกรณ์ RC ที่ประกอบร่วมในวงจร ทำหน้าที่เป็นวงจรกำหนด เวลาคงที่ในการทำงานของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ การสร้างวงจรทำงานสามารถสร้างขึ้นได้จากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์ ไอซีออปแอมป์ และไอซี 555 เป็นต้น

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ เป็นการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์สองวงจรต่อร่วมกัน การทำงานของวงจรทั้งสองสัมพันธ์กัน และสลับกันทำงาน การต่อวงจรโดยนำเอาต์พุตของวงจรแรกไปต่อเข้ากับอินพุตของวงจรที่สอง และนำเอาต์พุตของวงจรที่สองไปต่อเข้ากับอินพุตของวงจรแรก ผลการต่อวงจรดังกล่าวทำให้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์สามารถให้กำเนิดสัญญาณความถี่คลื่นสี่เหลี่ยมขึ้นมาจ่ายออกเอาต์พุต

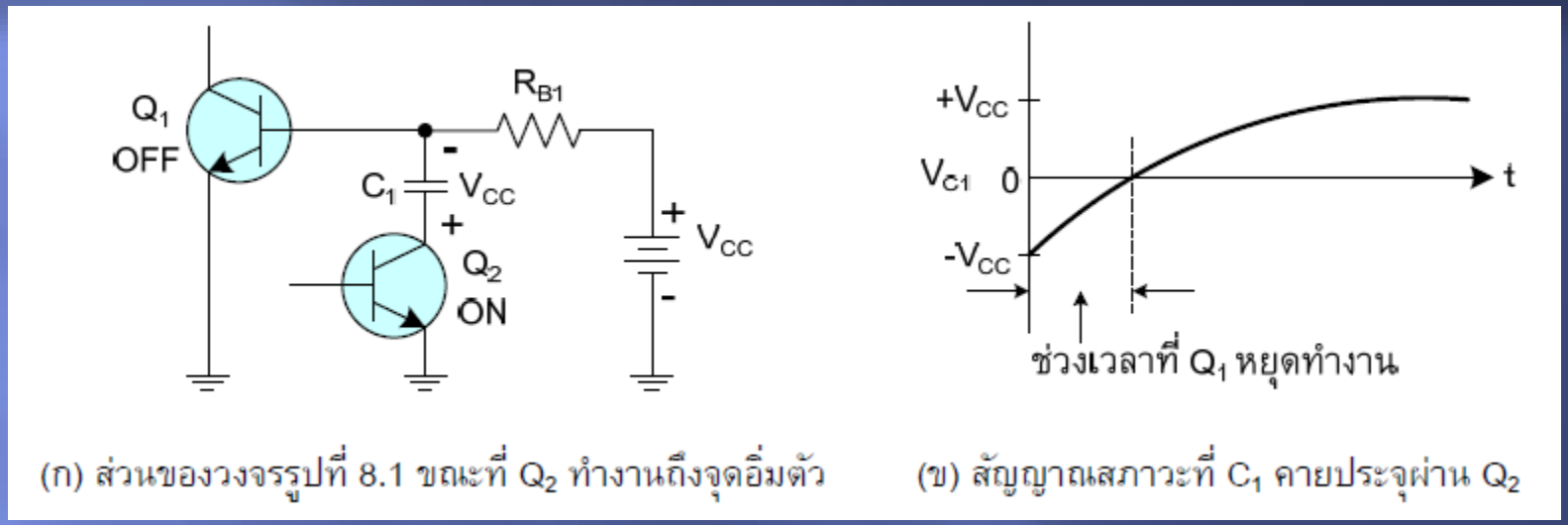


(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

รูป (ก) เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ประกอบขึ้นจากวงจรกลับสัญญาณสองชุด วงจรกลับสัญญาณชุดที่หนึ่งประกอบด้วย Q1 RL1 C1 และ RB1 ส่วนวงจรกลับสัญญาณชุดที่สองประกอบด้วย Q2 RL2 C2 และ RB2 จะเห็นว่าเอาต์พุตขา C ของ Q1 ถูกต่อเข้าตัว C2 ส่งผ่านไปเข้าขา B ของ Q2 และเอาต์พุตขา C ของ Q2 ถูกต่อเข้าตัว C1 ส่งผ่านไปเข้าขา B ของ Q1 สัญญาณที่กำเนิดขึ้นมาถูกส่งออกเอาต์พุตที่ EO1 และ EO2 เป็นตรงข้ามกัน ได้รูปสัญญาณเกิดขึ้นที่ขา C และขา B ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวดังรูป (ข) ที่เวลา t_{+0} เมื่อตัว Q_2 ทำงานถึงจุดอิ่มตัว จะทำให้ตัว Q_1 หยุดนำกระแส กระแสเบสของ Q_2 ไหลไปประจุในตัว C_2 ทำให้ C_2 ประจุแรงดันถึงค่าแรงดัน V_{CC} แรงดันขา C ของ Q_1 ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียลจนถึงค่าแรงดัน V_{CC} ตามการประจุแรงดันของตัว C_2 ส่วนตัว R_{B2} ควรเลือกค่าที่เหมาะสมในการจำกัดกระแสเบสของ Q_2 ให้มีค่ากระแสที่จำเป็นต้องใช้ต่ำสุด สำหรับการควบคุมให้ Q_2 ทำงานถึงจุดอิ่มตัวในสภาวะ ON ตัว Q_2 จะทำงานถึงจุดอิ่มตัวหลังจากตัว C_2 ประจุแรงดันถึงค่า V_{CC}

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

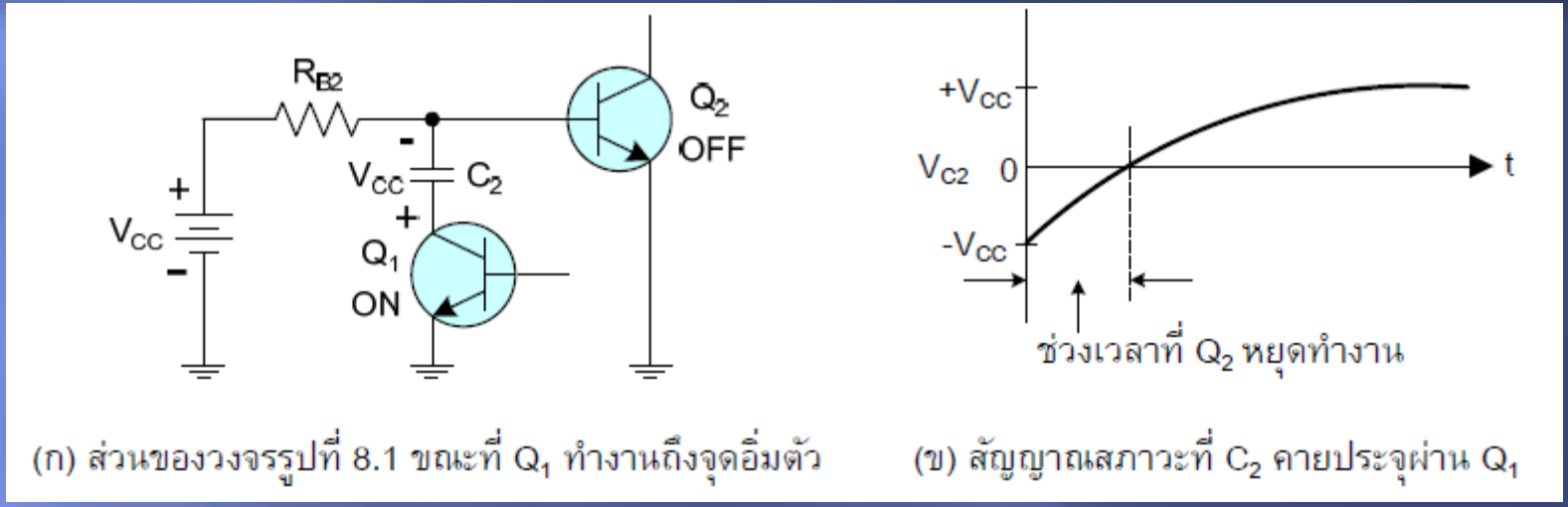


(ก) ส่วนของวงจรรูปที่ 8.1 ขณะที่ Q_2 ทำงานถึงจุดอิ่มตัว

(ข) สัญญาณสภาวะที่ C_1 คายประจุผ่าน Q_2

เวลา t+0 นี้จะเห็นว่าตัว C1 ต่อรับแรงดัน + VCC ด้วยทำให้ C1 เริ่มประจุเพื่อเปลี่ยนขั้วแรงดันจาก – VCC เป็น + VCC แทน แสดงดังรูป(ข) ตัว Q1 ยังอยู่ในสภาวะคัตออฟ (OFF) จนถึงช่วงเวลา t–1 เพราะในช่วงเวลา t+0 ถึง t–1 การจ่ายไบแอสให้ Q1 เป็นการจ่ายไบแอสกลับให้ถึงไบแอส 0 V เมื่อถึงช่วงเวลา t+1 รอยต่อขา B และขา E ของ Q1 เริ่มได้รับไบแอสตรงเพิ่มขึ้นจากการประจุของ C1 ผ่าน RB1 มา ทำให้ Q1 เริ่มทำงาน

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)



(ก) ส่วนของวงจรรูปที่ 8.1 ขณะที่ Q_1 ทำงานถึงจุดอิ่มตัว

(ข) สัญญาณสภาวะที่ C_2 คายประจุผ่าน Q_1

ที่เวลา t_{+1} นี้จะเห็นว่าตัว C_2 ต่อรับแรงดัน $+V_{CC}$ ด้วยทำให้ C_2 เริ่มประจุเพื่อเปลี่ยนขั้วแรงดันจาก $-V_{CC}$ เป็น $+V_{CC}$ แทน แสดงดังรูป (ข) ตัว Q_2 ยังอยู่ในสภาวะคัตออฟ (OFF) จนถึงช่วงเวลา t_{-2} เพราะในช่วงเวลา t_{+1} ถึง t_{-2} การจ่ายไบแอสให้ Q_2 เป็นการจ่ายไบแอสกลับให้ถึงไบแอส 0 V เมื่อถึงช่วงเวลา t_{+2} รอยต่อขา B และขา E ของ Q_2 เริ่มได้รับไบแอสตรงเพิ่มขึ้นจากการประจุของ C_2 ผ่าน R_{B2} มา ทำให้ Q_2 เริ่มทำงานอีกครั้ง

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

กรณีที่ต้องการให้ได้ความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตที่ E_{O1} และ E_{O2} แตกต่างกัน ทำได้โดยปรับเปลี่ยนค่าใช้งานของ R_{B1} C_1 และ R_{B2} C_2 ให้แตกต่างกัน การคำนวณหาค่าคาบเวลาคงที่ RC ทำได้ดังนี้

$$T = 0.69\,R(C_1 + C_2)$$

$$T = T_1 + T_2$$

เมื่อ $T_1 = 0.69(R_{B1}\,C_1)$

และ $T_2 = 0.69(R_{B2}\,C_2)$

จะได้ $T = 0.69(R_{B1}\,C_1) + 0.69(R_{B2}\,C_2)$

$$T = 0.69(R_{B1}\,C_1 + R_{B2}\,C_2)$$

โดยปกติจะกำหนดให้ $R = R_{B1} = R_{B2}$

8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ในกรณีที่ต้องการให้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นแบบมีความกว้างของคลื่นออกเอาต์พุตเท่ากัน หรือแบบสมมาตรกัน สามารถคำนวณหาค่าเวลาคงที่ RC ได้ดังนี้

$$T = 1.38\ RC$$

ถ้ากำหนดให้ $C = C_1 = C_2$

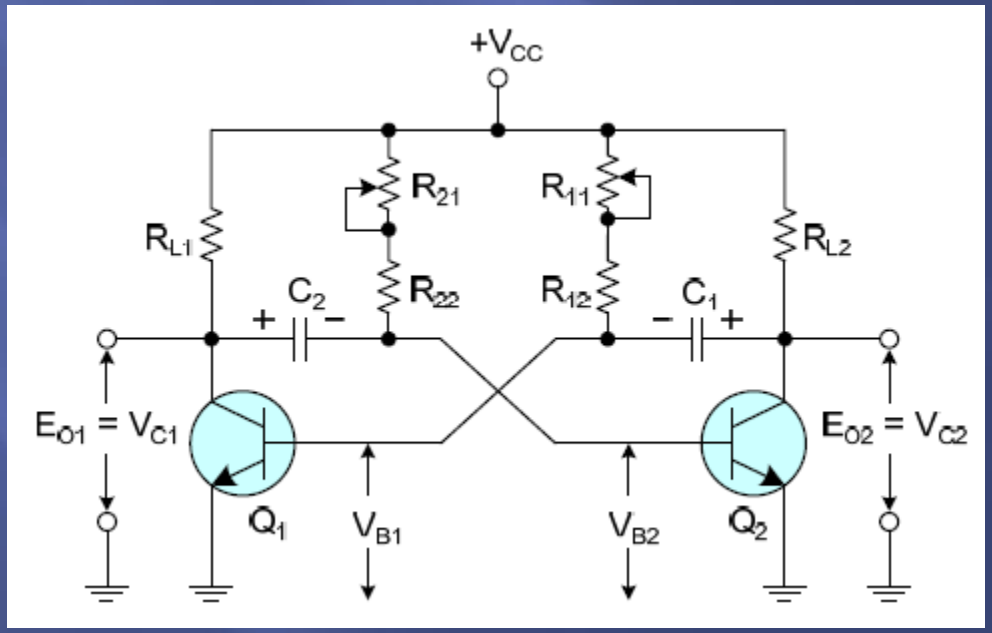
จะได้ $T = 0.69\ R(C + C) = 0.69\ R(2\ C)$

เมื่อ

T	= เวลา 1 รอบคลื่น (ช่วงเวลา $t_0 - t_2$)	หน่วย s
T_1	= เวลาคงที่ในการทำงานของ Q_1	หน่วย s
T_2	= เวลาคงที่ในการทำงานของ Q_2	หน่วย s
R_{B1}	= ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจรส่วนที่ 1	หน่วย Ω
R_{B2}	= ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจรส่วนที่ 2	หน่วย Ω
R	= R_{B1} = R_{B2}	หน่วย Ω
C_1	= ค่าความจุที่ใช้ในวงจรส่วนที่ 1	หน่วย F
C_2	= ค่าความจุที่ใช้ในวงจรส่วนที่ 2	หน่วย F
C	= C_1 = C_2	หน่วย F

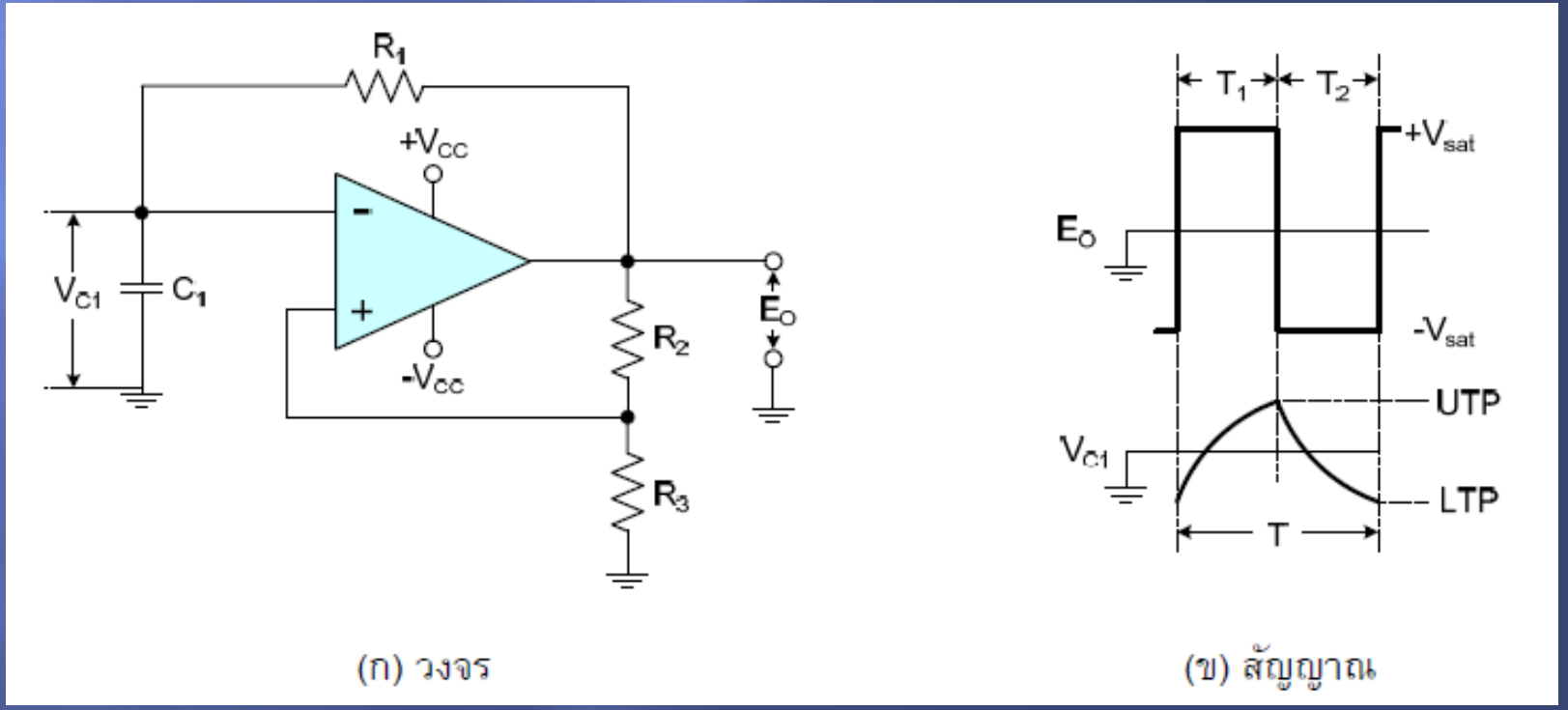
8.3 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ในกรณีที่ต้องการปรับแต่งความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตให้ได้ค่าความกว้างถูกต้องตามต้องการ สามารถทำได้โดยแทนตัวต้านทาน RB1 หรือ RB2 ด้วยตัวต้านทานคงที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานปรับเปลี่ยนค่าได้ในค่าความต้านทานที่เหมาะสม เข้าไปแทนในด้านใดด้านหนึ่งหรือแทนทั้งสองด้านจะช่วยทำให้สามารถปรับค่าความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมส่งออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงได้ ช่วยให้ได้ค่าความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ถูกต้องตามต้องการออกไปใช้งาน



8.4 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซีออปแอมป์

ไอซีออปแอมป์สามารถนำมาสร้างใช้งานเป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้ โดยต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกจำพวกตัวต้านทาน (R) และตัวเก็บประจุ (C) อีกเล็กน้อย ในแบบป้อนกลับแบบบวก ก็สามารถให้กำเนิดความถี่สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมได้



(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

8.4 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซีออปแอมป์ (ต่อ)

เมื่อจ่ายแรงดันให้วงจร ค่าแรงดันออฟเซตที่เอาต์พุต (Output Offset Voltage ; V_{OS}) (แรงดันออฟเซตที่เอาต์พุตคือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เกิดขึ้นที่เอาต์พุตค่าหนึ่งในสภาวะสงบนิ่ง) แรงดันเอาต์พุตครั้งแรกอาจเป็น $+V_{CC}$ หรือ $-V_{CC}$ ก็ได้ จ่ายผ่านมาที่ตัวต้านทาน R_2 และ R_3 ต่อเป็นวงจรป้อนกลับแบบบวก เพื่อกระตุ้นให้เกิดความถี่ขึ้นมา สมมติในครั้งแรกมีแรงดันออกเอาต์พุตเป็น $+V_{CC}$ จ่ายมาตกคร่อม R_2 และ R_3 จัดเป็นวงจรแบ่งแรงดัน จ่ายผ่านแรงดันให้มีค่า $R_3 (+V_{CC}) / (R_2 + R_3)$ ไปให้ขานอนอินเวอร์ติง (+) แรงดันเอาต์พุต E_O มีค่า $+V_{CC}$ นี้ ทำให้ตัว C_1 เริ่มประจุแรงดันผ่าน R_1 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนมีค่าเข้าหา $+V_{CC}$ คือแรงดัน V_{C1} มีศักย์เป็นบวกมากขึ้น ขาอินเวอร์ติง (–) มีศักย์บวกมากกว่าขานอนอินเวอร์ติง (+) แรงดันจ่ายเอาต์พุต E_O เกิดการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็น $-V_{CC}$ แทน

8.4 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซีออปแอมป์ (ต่อ)

แรงดันเอาต์พุต E_O เป็น $-V_{CC}$ ถูกจ่ายไปตกคร่อม R_2 และ R_3 จัดแบ่งแรงดันจ่ายแรงดันให้มีค่า $R_2 (-V_{CC}) / (R_2 + R_3)$ ไปให้ขานอนอินเวอร์ติง (+) แทน แรงดันเอาต์พุต E_O มีค่า $-V_{CC}$ นี้ไปทำให้ตัว C_1 เริ่มคายประจุแรงดันเดิมออกและเริ่มประจุแรงดันใหม่จนค่าแรงดันเข้าหา $-V_{CC}$ คือแรงดัน V_{C1} มีศักย์เป็นลบมากขึ้น ขาอินเวอร์ติง (–) มีศักย์ลบมากกว่าขานอนอินเวอร์ติง (+) ทำให้แรงดันจ่ายเอาต์พุต E_O เกิดการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็น $+V_{CC}$ แทน การทำงานของวงจร อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดออปแอมป์เป็นเช่นนี้เรื่อยไป ได้สัญญาณจ่ายออกเอาต์พุต E_O เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม และได้สัญญาณเกิดขึ้นที่ตัว C_1 เป็นคลื่นอินติเกรต แสดงดังรูป (ข)

8.4 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซีออปแอมป์ (ต่อ)

1. เมื่อ $E_O = +V_{sat}$ ตัว C_1 จะประจุแรงดันจาก LTP ถึง UTP ทำให้แรงดันเอาต์พุต E_O เปลี่ยนแปลงไปเป็น $-V_{sat}$

2. เมื่อ $E_O = -V_{sat}$ ตัว C_1 จะประจุแรงดันจาก UTP ถึง LTP ทำให้แรงดันเอาต์พุต E_O เปลี่ยนแปลงไปเป็น $+V_{sat}$ การคำนวณหาค่าคาบเวลาคงที่ RC ทำได้ดังนี้

$$T = 2 R_1 C_1 \ln\left(1 + \frac{2R_3}{R_2}\right) \quad s$$

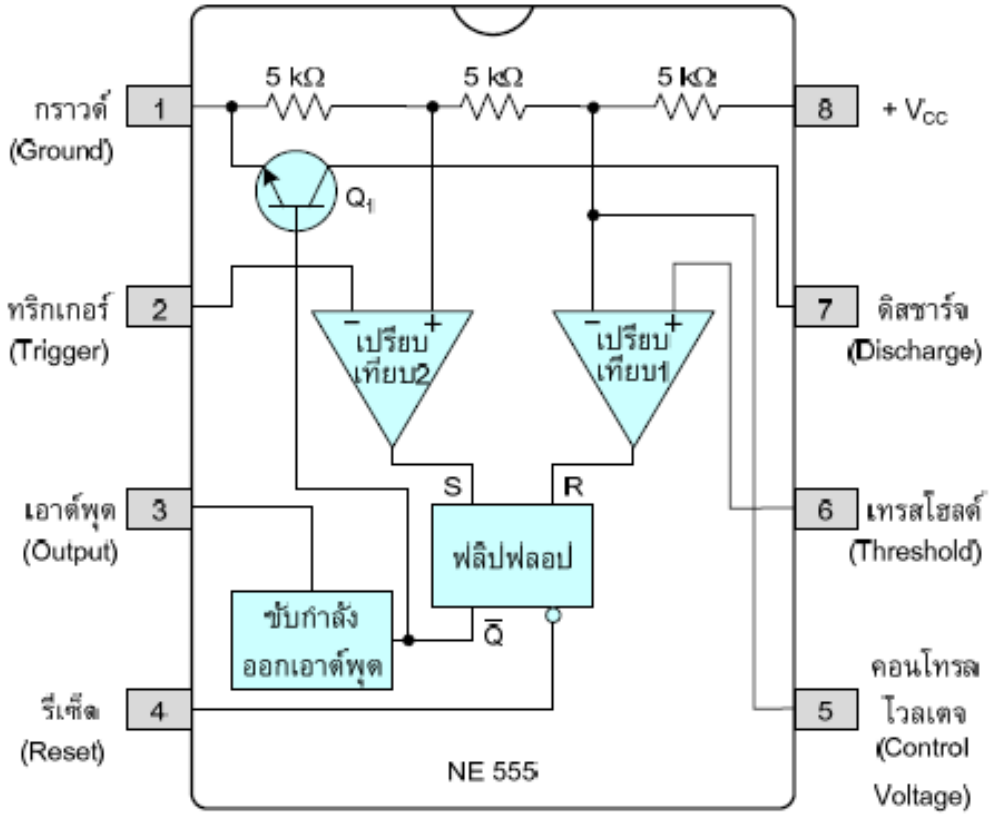
เมื่อ T = เวลา 1 รอบคลื่น (ช่วงเวลา $T_1 + T_2$) หน่วย s

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555

ตัว IC เบอร์ 555 จัดเป็น IC ตั้งเวลา (Timer IC) เป็น IC ที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไป สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง หลายหน้าที่ทำงาน โดยอาศัยหลักการประจุและคายประจุแรงดันของตัวเก็บประจุ (C) ร่วมกับตัวต้านทาน (R) ที่ต่อเป็นวงจรกำหนด ค่าเวลาคงที่ ประกอบร่วมกับตัว IC เบอร์ 555 พร้อมกับอุปกรณ์ประกอบร่วมอื่นๆ อีกเล็กน้อย ก็สามารถทำให้ตัว IC เบอร์ 555 ทำงานได้ตามต้องการ

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

(ก) รูปร่าง



(ข) โครงสร้างภายใน

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

ภายในประกอบด้วยออปแอมป์ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ 2 ตัว ตัวฟลิปฟลอป 1 ตัว ตัวขับกำลังออกเอาต์พุต 1 ตัว ตัวทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 1 ตัว และตัวต้านทานทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน 3 ตัว ต่อวงจรเข้าด้วยกันภายในตัว IC เบอร์ 555 ต่อขาออกมาใช้งานภายนอกทั้งหมด 8 ขา มีดังนี้

1. ขากราวด์ (Ground) ใช้ต่อลงกราวด์เป็นขากราวด์ของวงจร

2. ขาทริกเกอร์ (Trigger) หรือขาจุดชนวน ใช้ต่อรับแรงดันกระตุ้นจากภายนอกเข้ามาเพื่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของตัว IC

3. ขาเอาต์พุต (Output) ใช้ป้อนสัญญาณแรงดันที่เกิดภายในตัว IC ออกไปภายนอก

4. ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ปรับสภาพการทำงานของตัว IC ให้กลับคืนสู่สภาวะปกติ

5. ขาแรงดันควบคุม (Control Voltage) ใช้ป้อนแรงดันเข้าไปควบคุมการทำงานของตัว IC เพื่อเปลี่ยนเวลาในการทำงานของตัว IC

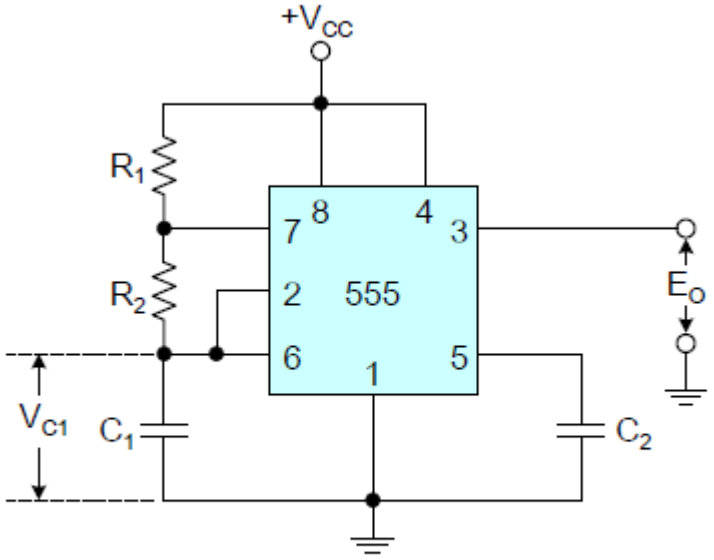
6. ขาเทรสโฮลด์ (Threshold) ใช้ป้อนแรงดันเข้าไปในตัว IC ในระดับที่เหมาะสม เพื่อควบคุมให้ขาเอาต์พุตของ IC เปลี่ยนแปลงระดับแรงดันจ่ายออก

7. ขาดิสชาร์จ (Discharge) ใช้คายประจุแรงดันของตัวเก็บประจุที่ต่อร่วมในวงจร เพื่อปรับสภาพการทำงานให้คืนสู่ปกติ

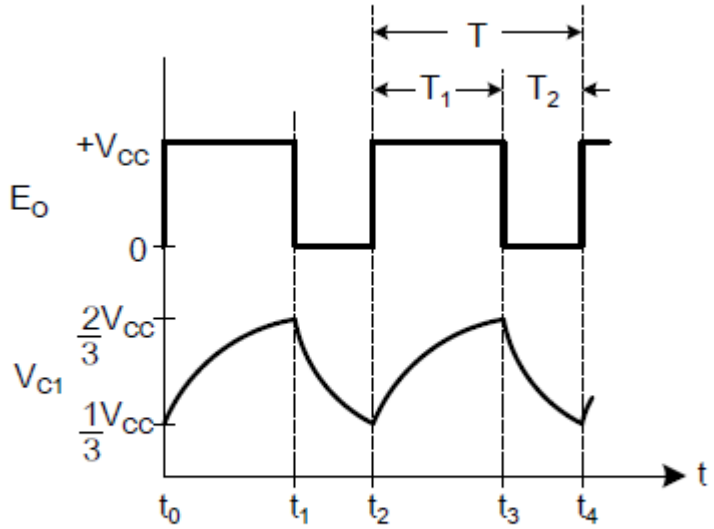
8. ขา + VCC ใช้ต่อรับแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในระดับแรงดันอยู่ระหว่าง 4.5 – 15 V เพื่อจ่ายเลี้ยงในการทำงานของตัว IC

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

การต่อวงจรให้ตัว IC เบอร์ 555 ทำงาน มีหลายลักษณะแตกต่างกัน ทำได้โดยต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ RC จากภายนอกอีกเล็กน้อย จัดค่าอุปกรณ์และวงจรให้เหมาะสม ก็สามารถสร้างวงจรทำงานตามต้องการได้



(ก) วงจร



(ข) สัญญาณ

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

การทำงานของวงจรในรูป (ก) อธิบายได้ดังนี้ ขาทริกเกอร์ 2 และขาเทรสโฮลด์ 6 ของ IC ถูกต่อร่วมกันต่อร่วมกับตัว C_1 และ R_2 เพื่อรับแรงดันของตัว C_1 ที่ประจุเก็บไว้ ตัว C_1 จะประจุแรงดันผ่าน R_1 และ R_2 จนมีแรงดันตกคร่อมตัว C_1 ถึงประมาณ $2\ V_{CC} / 3$ เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 1 มีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้นฟลิปฟลอปภายในตัว IC ป้อนศักย์บวกให้ขา B ของ Q_1 ในตัว IC ตัว Q_1 ทำงาน ทำให้ C_1 เริ่มคายประจุผ่าน R_2 ไปขา 7 ของ IC ผ่านลงกราวด์ที่ Q_1 ภายในตัว IC จนเมื่อแรงดันตกคร่อมตัว C_1 ลดลงเหลือประมาณ $V_{CC} / 3$ เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 2 มีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้นฟลิปฟลอปในตัว IC ป้อนศักย์ลบให้ขา B ของ Q_1 ตัว Q_1 หยุดการทำงานทำให้ตัว C_1 หยุดคายประจุและเริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง สภาวะการทำงานจะเป็นเช่นนี้สลับกัน แรงดันตกคร่อมตัว C_1 เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างแรงดัน $V_{CC} / 3$ ถึง $2\ V_{CC} / 3$ ได้แรงดันของสัญญาณส่งออกเอาต์พุตขา 3 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม มี 2 ช่วงการทำงาน คือ ช่วงแรงดันเป็นบวกและช่วงแรงดันเป็น 0 V เขียนรูปสัญญาณได้ดังรูป (ข)

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

แรงดันสัญญาณที่ส่งออกเอาต์พุต E_O ในตำแหน่ง T_1 มีค่าเวลาคงที่เท่ากับ $(R_1 + R_2) C_1$ เป็นช่วงเวลาที่ตัว C_1 ประจุแรงดัน และในตำแหน่ง T_2 ไม่มีแรงดันส่งออกเอาต์พุต มีค่าเวลาคงที่เท่ากับ R_2C_1 เป็นช่วงเวลาที่ตัว C_1 คายประจุแรงดัน ดังนั้นช่วงเวลา T_1 และ T_2 หาได้ดังนี้

$$T_1 = 0.69(R_1 + R_2) C_1 \quad s$$

$$T_2 = 0.69 R_2 C_1 \quad s$$

และ

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = [0.69(R_1 + R_2) C_1] + [0.69 R_2 C_1]$$

$$T = 0.69(R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_1)$$

$$T = 0.69(R_1 + 2 R_2) C_1 \quad s$$

$$f = \frac{1}{T} \quad Hz$$

8.5 อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

เมื่อ T = เวลา 1 รอบคลื่น (ช่วงเวลา $T_1 + T_2$) หน่วย s

T_1 = เวลาคงที่ในขณะที่ C_1 ประจุแรงดัน หน่วย s

T_2 = เวลาคงที่ในขณะที่ C_1 คายประจุแรงดัน หน่วย s

f = ค่าความถี่ที่กำเนิดขึ้นจ่ายออกเอาต์พุต E_O หน่วย Hz

R_1 = ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจรตัวที่ 1 หน่วย Ω

R_2 = ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจรตัวที่ 2 หน่วย Ω

C_1 = ค่าความจุที่ใช้ในวงจรตัวที่ 1 หน่วย F