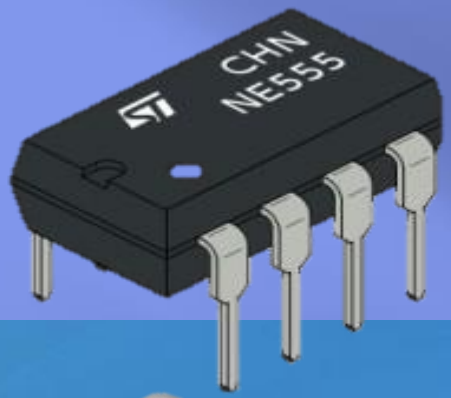
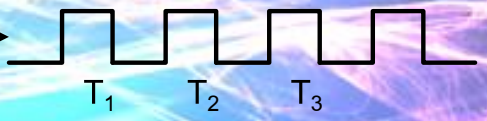
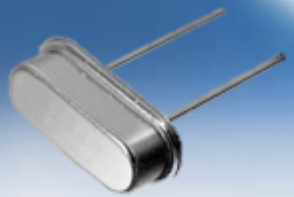



# โมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์



**2105-2006 วงจรพัลส์และสวิตชิง**

# 9.1 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

ลักษณะการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ในสภาวะปกติวงจรอยู่ที่สภาวะเสถียรภาพ จนกว่าจะมีสัญญาณจากภายนอกป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน วงจรจะกลับไปอยู่ที่สภาวะกึ่งเสถียรภาพ เวลาที่วงจรทำงานอยู่ในสภาวะกึ่งเสถียรภาพขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของค่า RC ที่ใช้ในวงจร เมื่อหมดเวลาคงที่ของ RC วงจรจะกลับคืนไปสู่สภาวะเสถียรภาพตามเดิม จนกว่าจะมีสัญญาณจากภายนอกป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงานอีกครั้ง วงจรก็จะกลับไปอยู่ในสภาวะกึ่งเสถียรภาพชั่วขณะอีกครั้ง เป็นเช่นนี้เรื่อยไป

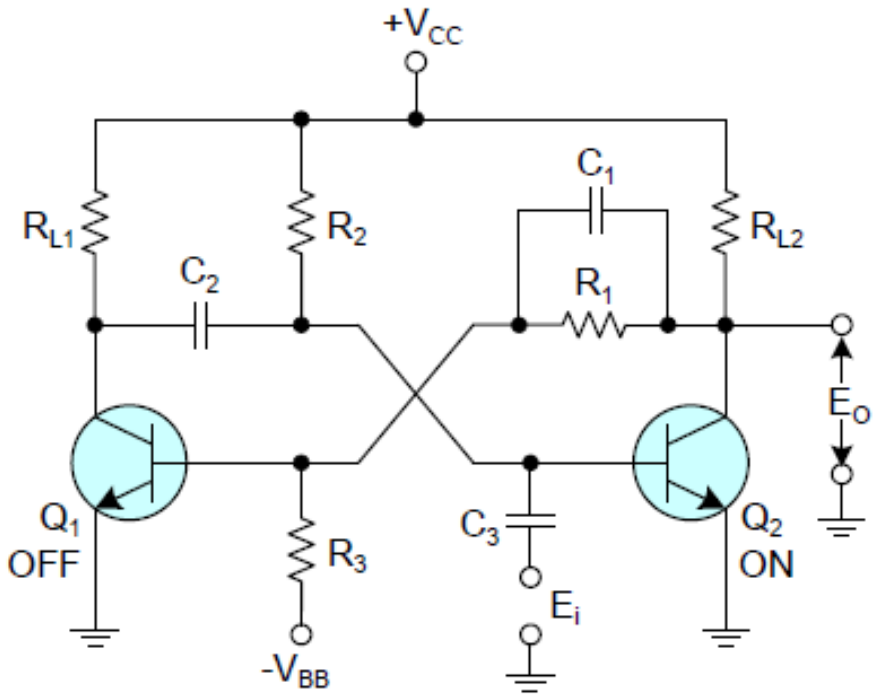
# หลักการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยทางด้านอินพุตจะต้องมีสัญญาณพัลส์มากระตุ้นควบคุมการทำงาน ได้สัญญาณออกเอาต์พุตเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม ที่มีระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงไปจากระดับเดิม ตามแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน เอาต์พุตที่ได้ออกมามีทั้งระดับแรงดันและช่วงเวลาในการทำงานเปลี่ยนแปลงไป ตามระดับแรงดันที่ป้อนให้วงจร การกลับเข้าสู่สภาวะปกติของวงจรจะเป็นไปโดยอัตโนมัติตามการกำหนดเวลาคงที่ของ RC ที่ประกอบร่วมในวงจร และวงจรจะมีการทำงานทุกครั้งเมื่อมีการป้อนสัญญาณพัลส์กระตุ้น (Trigger Pulse) เข้ามาที่อินพุต วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะทำงานอย่างต่อเนื่องเมื่อมีสัญญาณพัลส์กระตุ้นป้อนให้อินพุตอย่างต่อเนื่อง ได้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่ส่งออกเอาต์พุตมีค่าความแรงของแรงดันและช่วงเวลาในการทำงานที่เหมือนกัน

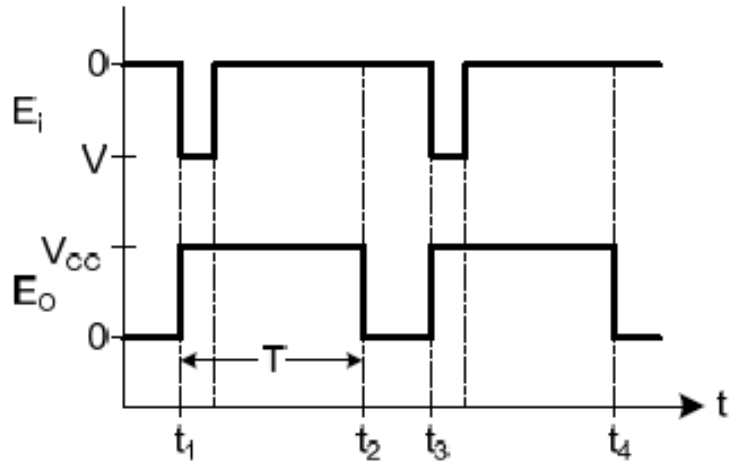
# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ ประกอบด้วยวงจรกลับสัญญาณ 2 วงจร เอาต์พุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรแรกต่อเป็นอินพุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรที่สอง และเอาต์พุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรที่สองต่อเป็นอินพุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรแรก โดยที่เอาต์พุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรแรก ส่งผ่านสัญญาณด้วย RC จากเอาต์พุตไปยังอินพุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรที่สอง ส่วนเอาต์พุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรที่สองส่งผ่านสัญญาณด้วย R ไปยังอินพุตของวงจรกลับสัญญาณวงจรแรก

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)




(ก) วงจร



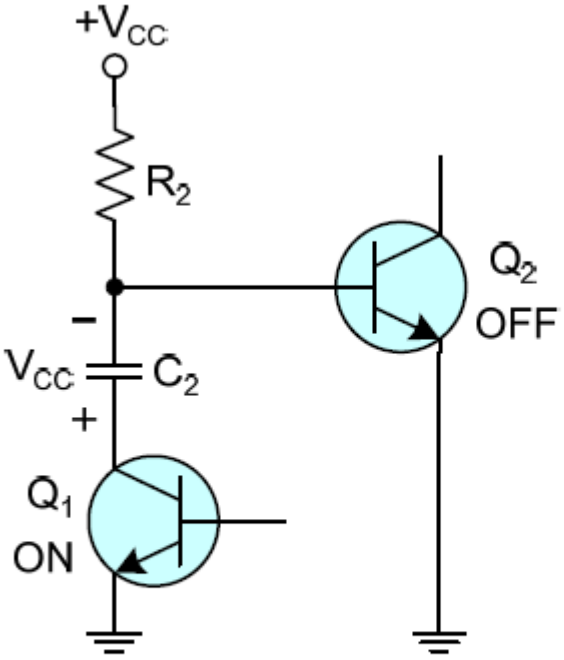

(ข) สัญญาณ

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

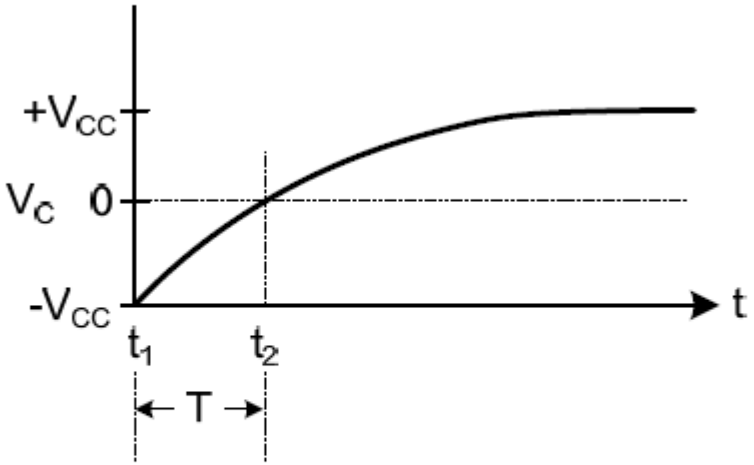
จากรูปเป็นการแสดงวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว สภาวะปกติที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุต $E_i$ ป้อนเข้ามาที่ขา B ของ $Q_2$ ตัว $Q_1$ ไม่ทำงาน (OFF) ส่วนตัว $Q_2$ ทำงาน (ON) ถึงจุดอิ่มตัว เป็นสภาวะปกติของวงจร หรือสภาวะเสถียรภาพของวงจร ทำให้ตัว $C_2$ ทำการประจุแรงดันถึงค่า $+V_{CC}$ มีขั้วแรงดันซ้ายบวกขวาลบ

ที่ช่วงเวลา $t_{-1}$ ยังไม่มีสัญญาณอินพุต $E_i$ ป้อนเข้ามา วงจรแบ่งแรงดัน $R_1$ และ $R_3$ ร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดัน $-V_{BB}$ จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ขา B ของ $Q_1$ ทำให้ $Q_1$ ไม่ทำงาน มีไบแอสบวกป้อนไปให้ขา B ของ $Q_2$ ทำให้ $Q_2$ ทำงาน ซึ่งเป็นสภาวะทำงานปกติ หรือสภาวะเสถียรภาพ

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)




(ก) ส่วนของวงจรรูปที่ 9.2 ที่เวลา $t_1$




(ข) ตัวเก็บประจุ $C_2$ เปลี่ยนแปลงการประจุ

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ที่ช่วงเวลา $t_{+1}$ มีสัญญาณพัลส์ลบถูกป้อนเข้ามาที่ขา B ของ $Q_2$ ทำให้ตัว $Q_2$ กลับไปอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน ขา C ของ $Q_2$ มีแรงดันค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงค่า $+V_{CC}$ มีผลทำให้ขา B ของ $Q_1$ ได้รับไบแอสตรง ตัว $Q_1$ ทำงานจนถึงจุดอิ่มตัว เสมือนขา C ของ $Q_1$ ถูกต่อลงกราวด์ ทำให้แผ่นเพลตด้านซ้ายของตัว $C_2$ ถูกต่อลงกราวด์

สภาวะการคายประจุของตัวเก็บประจุ $C_2$ ผ่าน $Q_1$ ที่ช่วงเวลา $t_{+1}$ ตัว $Q_2$ ไม่ทำงาน ตัว $Q_1$ ทำงานถึงจุดอิ่มตัวเสมือนช็อตลงกราวด์ ตัว $C_2$ เกิดการเปลี่ยนขั้วประจุภายในตัวจากแรงดัน $-V_{CC}$ จนถึง $+V_{CC}$ ผ่าน $R_2$ และ $Q_1$ ช่วงที่ตัว $C_2$ มีประจุแรงดัน $-V_{CC}$ ป้อนให้ขา B ของ $Q_2$ ตัว $Q_2$ ไม่ทำงาน จนเมื่อแรงดันประจุใน $C_2$ เป็น 0 V และเริ่มประจุแรงดันเป็นบวกป้อนให้ขา B ของ $Q_2$ ตัว $Q_2$ จึงเริ่มทำงาน (ON) อีกครั้งที่ช่วงเวลา $t_2$ ได้สัญญาณพัลส์ T ออกเอาต์พุต $E_O$ ช่วงพัลส์ T นี้เป็นช่วงเวลาที่ตัว $Q_2$ ไม่ทำงาน

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

การจะทำให้เกิดพัลส์ออกเอาต์พุตอีกครั้งต้องมีสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้ามาที่ขา B ของ $Q_2$ อีกครั้ง ตัว $Q_2$ ไม่นำกระแสชั่วขณะ และตัว $Q_1$ นำกระแสชั่วขณะ การทำงานเป็นเช่นนี้ทุกครั้งที่มีสัญญาณพัลส์ลบป้อนมากระตุ้นที่ขา B ของ $Q_2$ จึงทำให้วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์สามารถสร้างให้เป็นวงจรตั้งเวลา หรือวงจรหน่วงเวลา (Time Delay Circuit) ได้ การกำหนดค่าเวลาคงที่ในการทำงาน ขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของค่า $R_2$ และ $C_2$ ที่ใช้ต่อร่วมวงจร ค่าเวลา T คำนวณได้ดังนี้

$$T = 0.69\ R_2\ C_2 \quad s$$

เมื่อ T = ช่วงเวลาที่ตัว $Q_2$ ไม่ทำงาน หน่วย s

$R_2$ = ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจร หน่วย Ω

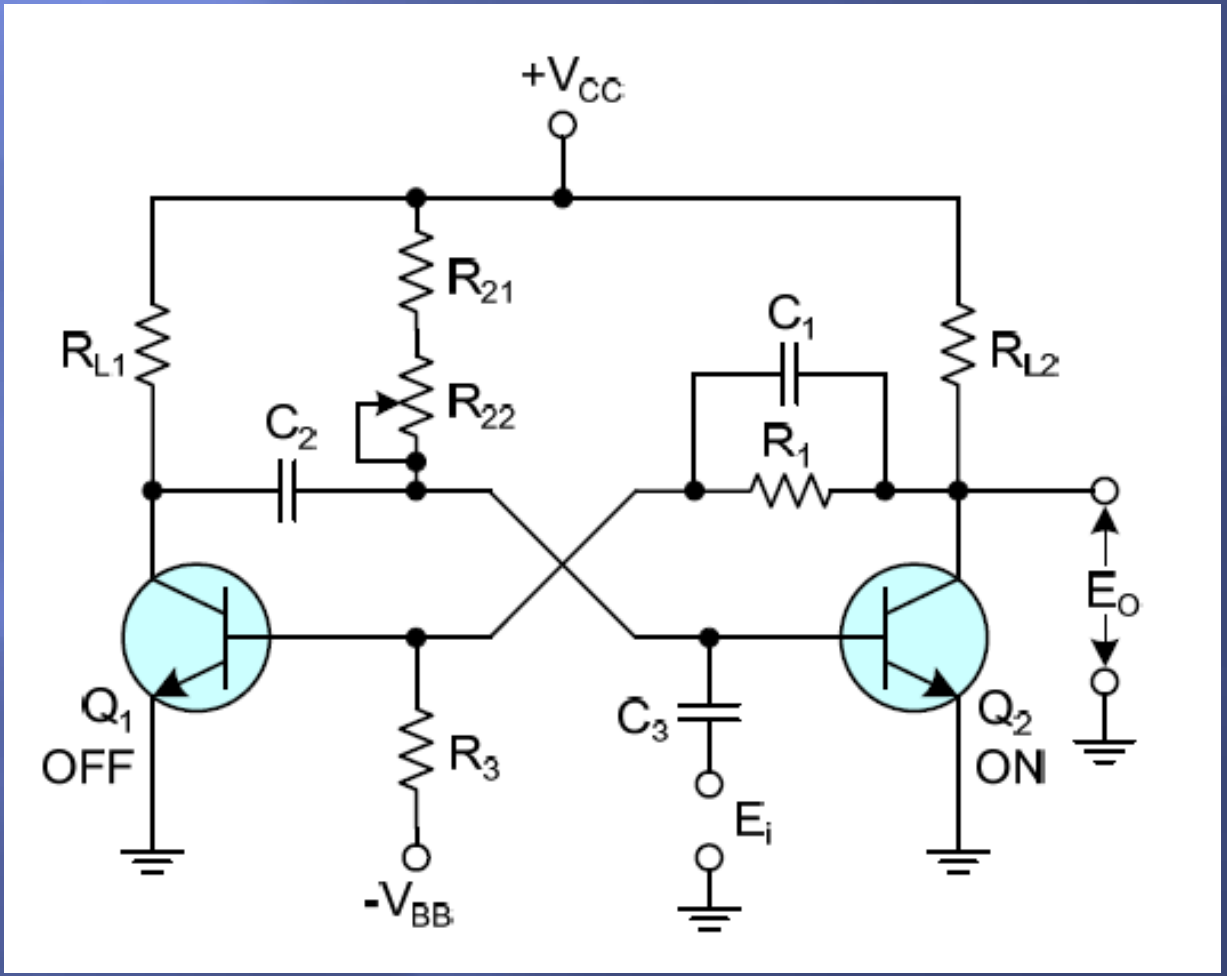
$C_2$ = ค่าความจุที่ใช้ในวงจร หน่วย F

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)

ในกรณีที่ต้องการปรับแต่งความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตให้ได้ค่าความกว้างถูกต้องตามต้องการ สามารถทำได้โดยแทนตัวต้านทาน $R_2$ ด้วยตัวต้านทานคงที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานปรับเปลี่ยนค่าได้ในค่าความต้านทานที่เหมาะสมเข้าไปแทน จะช่วยทำให้สามารถปรับค่าความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมส่งออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงได้ ช่วยให้ได้ค่าความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ถูกต้องตามต้องการออกไปใช้งาน$C_2$ ที่ใช้ต่อร่วมวงจร

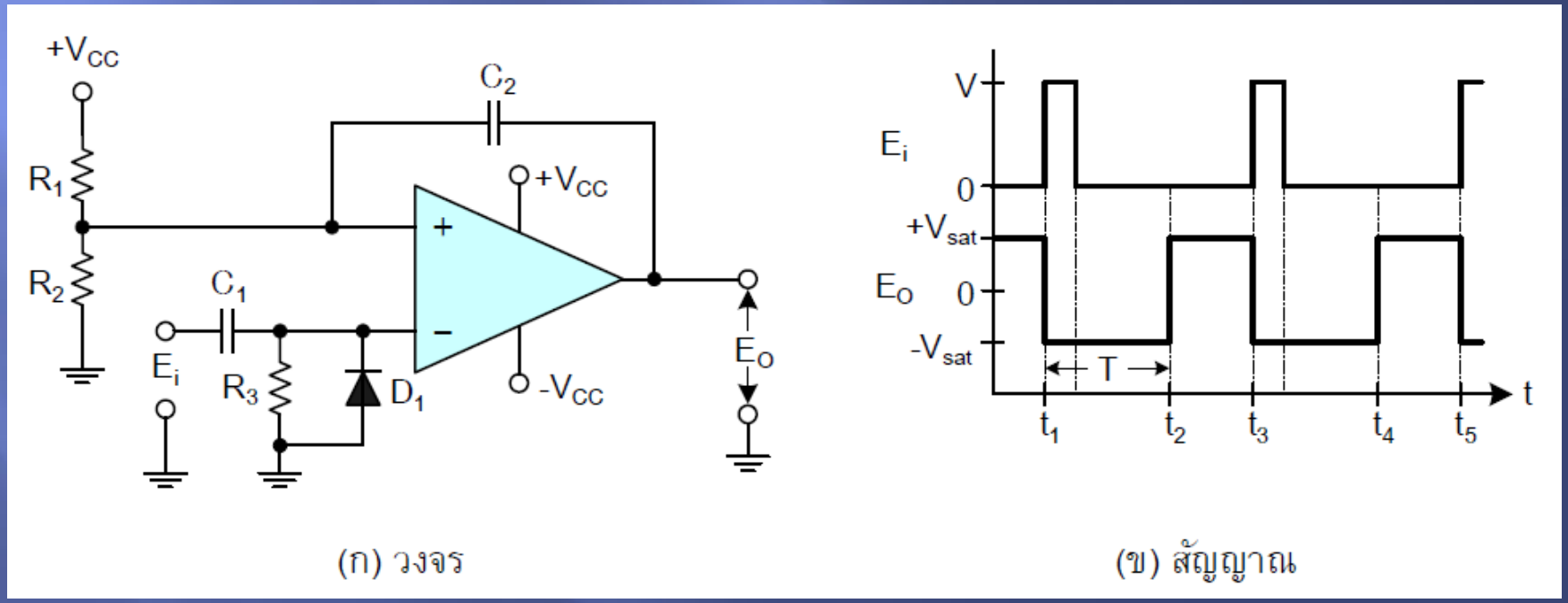
วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ แบบปรับค่าความกว้างคลื่นสี่เหลี่ยมได้ โดยเปลี่ยนตัวต้านทาน $R_2$ ให้เป็นตัวต้านทาน $R_{21}$ อนุกรมกับ $R_{22}$ วงจรตัว $R_{21}$, $R_{22}$ และ $C_2$ ต่อเป็นวงจรกำหนดเวลาคงที่ในการหยุดทำงานของ $Q_2$ เมื่อปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานของ $R_{22}$ ไป เป็นการปรับเปลี่ยนค่าเวลาคงที่ให้เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ $Q_2$ มีช่วงเวลาหยุดทำงานเปลี่ยนแปลงไป ช่วยปรับเปลี่ยนค่าความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่จ่ายออกเอาต์พุต

# 9.2 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดทรานซิสเตอร์ (ต่อ)



# 9.3 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดออปแอมป์

ออปแอมป์สามารถนำมาสร้างเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้ โดยจัดวงจรใช้งานให้เหมาะสม และเพิ่มอุปกรณ์ประกอบร่วม RC เข้าไปในวงจร สภาวะการเปลี่ยนแปลงการทำงานที่เอาต์พุตของวงจร จะต้องจ่ายพัลส์เข้ามากระตุ้นทางอินพุต



# 9.3 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดออปแอมป์ (ต่อ)

สัญญาณอินพุตพัลส์ถูกป้อนเข้าขาอินเวอร์ติง (–) มี $C_1$ และ $R_3$ ต่อเป็นวงจรดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์ ได้สัญญาณตกคร่อม $R_3$ เป็นสัญญาณดิฟเฟอเรนชิเอต โดยช่วงลบของสัญญาณดิฟเฟอเรนชิเอตถูกไดโอด $D_1$ ตัดออก ได้เป็นสัญญาณคลื่นยอดแหลมช่วงบวกหรือคลื่นพัลส์บวกป้อนให้ขาอินเวอร์ติง (–) ที่ขานอนอินเวอร์ติง (+) ได้รับแรงดันไบแอสจากวงจรแบ่งแรงดัน $R_1$ และ $R_2$ กำหนดแรงดันเป็นบวกให้ ทำให้ในสภาวะที่ยังไม่มีสัญญาณพัลส์จากอินพุตป้อนเข้ามาที่เอาต์พุต $E_O$ มีแรงดันออกประมาณ $+V_{sat}$ ตัว $C_2$ ที่ต่อจากขาเอาต์พุต $E_O$ มายังขานอนอินเวอร์ติง (+) ทำการประจุแรงดันเก็บไว้ มีขั้วแรงดันตกคร่อม $C_2$ ด้านต่อเอาต์พุตเป็นบวก ด้านต่อกับขานอนอินเวอร์ติง (+) เป็นลบ

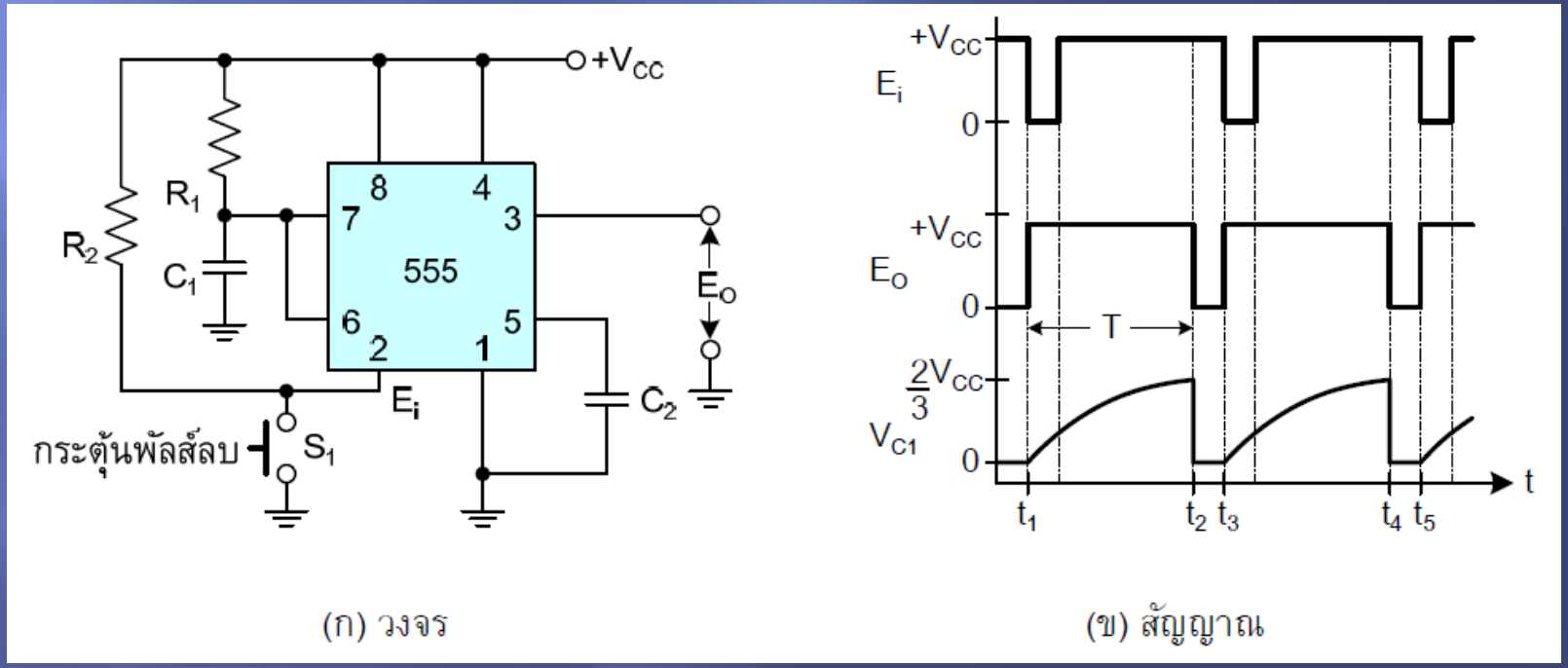
# 9.3 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดออปแอมป์ (ต่อ)

เมื่อมีพัลส์บวกป้อนเข้ามาที่อินพุต $E_i$ มีขนาดแรงดันบวกมากกว่าแรงดันบวกที่ขานอนอินเวอร์ติง (+) มีผลต่อการทำงานของออปแอมป์ โดยทำให้แรงดันเอาต์พุต $E_O$ ของออปแอมป์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ลดค่าแรงดันลงมามีค่าเท่ากับแรงดัน $-V_{sat}$ แรงดันพัลส์ที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตทำให้แรงดันที่ขานอนอินเวอร์ติง (+) ลดลงด้วย แรงดันขานอนอินเวอร์ติง (+) มีค่าโดยประมาณเท่ากับ $-V_{sat} - V_{C2}$

แรงดันเอาต์พุต $E_O$ ยังคงมีค่าเป็นลบจนกว่าแรงดันที่ประจุในตัว $C_2$ จะสลับขั้ว มีศักย์บวกที่ขาด้านต่อกับขานอนอินเวอร์ติง (+) และมีศักย์ลบที่ขาด้านต่อกับเอาต์พุตจนทำให้แรงดันที่ขานอนอินเวอร์ติง (+) มีศักย์เป็นบวกสูงกว่าแรงดันพัลส์บวกที่อินพุตป้อนเข้ามา เอาต์พุต $E_O$ จึงเปลี่ยนกลับไปเป็นแรงดันบวกประมาณ $+V_{sat}$ อีกครั้ง วงจรจะอยู่ในสภาวะเช่นนี้จนกว่าจะมีแรงดันพัลส์บวกป้อนเข้ามาทางอินพุต $E_i$ อีกครั้ง แรงดันเอาต์พุต $E_O$ ของออปแอมป์จะเปลี่ยนกลับไปเป็น $-V_{sat}$ เป็นเช่นนี้เรื่อยไป

# 9.4 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555

ตัว IC เบอร์ 555 นิยมนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไป สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง หลายหน้าที่การทำงาน หน้าที่หนึ่งที่นิยมใช้งานคือสร้างเป็นวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ หรือวงจรตั้งเวลา




(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

# 9.4 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

การตั้งเวลาถูกกำหนดด้วยค่า $R_1$ และ $C_1$ ที่ประกอบร่วมวงจร ในการทำให้วงจรทำงานจะต้องป้อนสัญญาณกระตุ้นเข้าที่อินพุต $E_i$ ขาทริกเกอร์ 2 เพื่อเป็นการกระตุ้นให้วงจรเริ่มทำงาน แรงดันที่ขั้วบวกอินพุตของตัวเปรียบเทียบ 2 ภายในตัว IC เบอร์ 555 มีค่าแรงดันคงที่จ่ายให้ประมาณ $V_{CC} / 3$ ดังนั้นสัญญาณกระตุ้นที่ป้อนเข้ามาต้องมีค่าแรงดันต่ำกว่าค่าแรงดัน $V_{CC} / 3$ จึงสามารถใช้ได้

ขณะที่ยังไม่มีสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้ามาที่อินพุต $E_i$ ขาทริกเกอร์ 2 ทรานซิสเตอร์ $Q_1$ ภายในตัว IC เบอร์ 555 ทำงาน มีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย $+V_{CC}$ ผ่าน $R_1$ ไป $Q_1$ ลงกราวด์ ตัว $C_1$ ที่ต่อในวงจรไม่ประจุแรงดัน เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ลบกระตุ้นที่อินพุต $E_i$ ทริกเกอร์ขา 2 ของ IC มีผลให้เอาต์พุตของตัวเปรียบเทียบ 2 ภายในตัว IC มีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้น ฟลิปฟลอปในตัว IC ให้มีไฟลบจ่ายไบแอสให้ขา B ของ $Q_1$ ทำให้ $Q_1$ หยุดทำงานไม่นำกระแส

# 9.4 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

ในขณะที่ $Q_1$ หยุดทำงาน กระแสไหลจาก $+V_{CC}$ ผ่าน $R_1$ ไปประจุแรงดันในตัว $C_1$ แรงดันถูกประจุในตัว $C_1$ ค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนเมื่อแรงดันประจุในตัว $C_1$ ถึงประมาณ $2\ V_{CC} / 3$ แรงดันค่านี้จะส่งผลให้ขั้วบวกของตัวเปรียบเทียบ 1 ในตัว IC มีศักย์เป็นบวก ตัวเปรียบเทียบ 1 ทำงานมีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้นฟลิปฟลอปให้มีสถานะกลับมาอยู่ในสภาวะเดิม เกิดศักย์บวกป้อนให้ขา B ของ $Q_1$ ทำงานอีกครั้ง

เมื่อ $Q_1$ ทำงานทำให้ขา 7 ของ IC เสมือนถูกต่อลงกราวด์ ตัว $C_1$ เริ่มคายประจุแรงดันผ่านขา 7 ลงกราวด์จนหมดเป็น 0 V เตรียมพร้อมสำหรับการประจุในครั้งต่อไป ช่วงเวลาที่ตัว $C_1$ เริ่มประจุแรงดันจนถึงช่วงเวลาที่ตัว $C_1$ คายประจุเรียกว่าช่วงเวลา T เป็นช่วงเวลาสัญญาณพัลส์ออกเอาต์พุต เวลา T ที่เป็นความกว้างของพัลส์ไม่ถูกกำหนดด้วยค่าแรงดันของแหล่งจ่าย $+V_{CC}$ ที่ป้อนให้วงจร แต่ถูกกำหนดด้วยค่า $R_1$ และ $C_1$ ที่ต่อในวงจร

# 9.4 โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 (ต่อ)

ช่วงเวลา T หาได้จากสมการ

$$T = 1.1 R_1 C_1$$

เมื่อ T = ช่วงเวลาความกว้างพัลส์เอาต์พุต หน่วย s

$R_1$ = ค่าความต้านทานที่ใช้ในวงจร หน่วย $\Omega$

$C_1$ = ค่าความจุที่ใช้ในวงจร หน่วย F