

บทที่ 6

วงจรรวมกำเนิดความถี่

(Signal Generator Integrated Circuits)

6.1 บทนำ

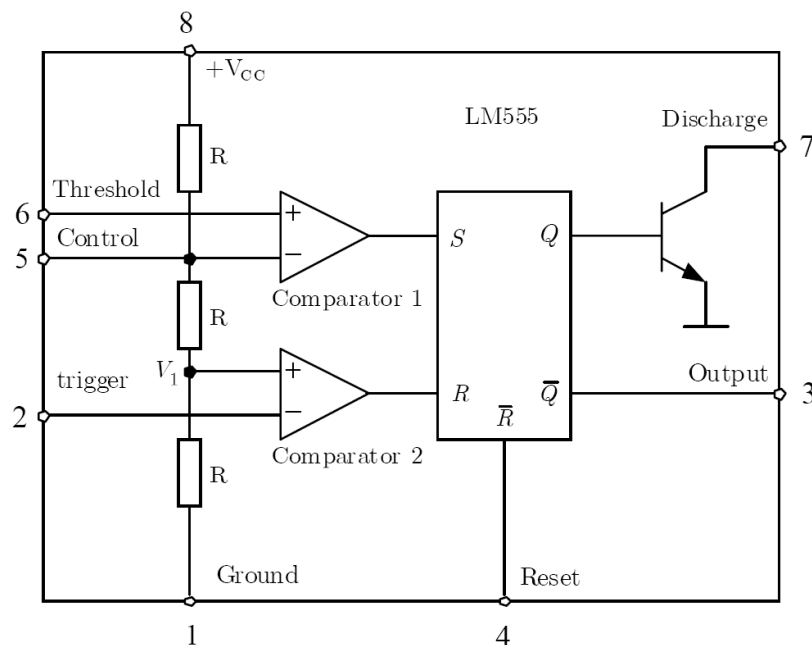
บทที่ 5 ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์และหลังการทำงานของวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) ซึ่งถูกสร้างจากอุปกรณ์ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ตัวเหนี่ยวนำ, ออปแอมป์, และทรานซิสเตอร์ บทนี้จะกล่าวถึงวงจรรวม (Integrated circuit) ซึ่งทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณโดยที่เราสามารถออกแบบได้โดยงานเพื่อให้สัญญาณมีความถี่ตามที่เรากำลังต้องการ

6.2 ไทเมอร์ 555

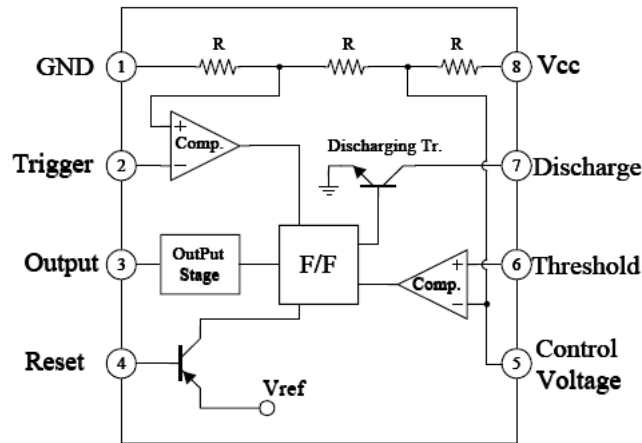
ไอซีไทมเมอร์ 555 คือ ไอซีกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณสี่เหลี่ยม ซึ่งได้รับความนิยมในการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในวงจรดิจิทัล และในวงจรที่มีการเชื่อมต่อระหว่างระบบดิจิทัลและระบบอนาล็อก ซึ่งจะให้ค่าเวลาที่เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพสูง โดยที่เวลาถูกออกแบบได้ด้วยอุปกรณ์ภายนอกคือตัวต้านทาน 1 ตัว และตัวเก็บประจุอีก 1 ตัวเท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้แรงดันแหล่งจ่ายได้ย่านกว้าง และเมื่อใช้ระดับเดียวกับ TTL เอาต์พุตของไทมเมอร์ 555 จะสามารถเชื่อมต่อกับวงจร TTL ได้

6.2.1 โครงสร้างภายใน

รูปที่ 6.1 แสดงวงจรภายใน IC 555 ประกอบด้วย 1) ตัวต้านทานแบ่งแรงดัน, 2) ออปแอมป์, 3) F/F, 4) ภาคเอาต์พุต และ 5) ทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN



รูปที่ 6.1 วงจรภายใน IC 555



รูปที่ 6.2 Internal block diagram

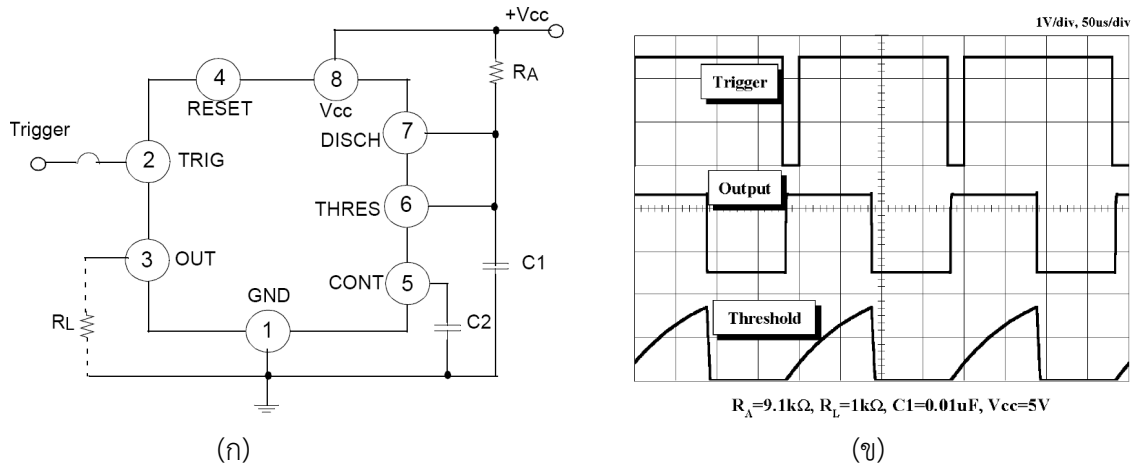
ไทมเมอร์ 555 ประกอบไปด้วย 1) Comparator 2 ตัว, 2) ฟลิปฟลอป 1 ตัว, 3) ทรานซิสเตอร์ ดิสชาร์จ 1 ตัว และ 4) วงจรตัวต้านทานแบ่งแรงดัน 1 วงจร ซึ่งจะแบ่งแรงดันเป็น $V_1 = (1/3)V_{CC}$ และแรงดัน $V_{control} = (2/3)V_{CC}$ หลักการทำงานของไทมเมอร์ 555 นั้นจะพิจารณาที่ฟลิปฟลอปเป็นสำคัญโดยที่ฟลิปฟลอปนี้จะถูกควบคุมโดย Comparator ทั้ง 2 ตัว การทำงานจะเริ่มต้นด้วยการให้ฟลิปฟลอปรีเซ็ต ซึ่งทำได้โดยการทำให้ขา Trigger มีแรงดันต่ำกว่าแรงดัน V_1 ทำให้ Comparator 2 ให้แรงดันสถานะสูงที่เอาต์พุต ซึ่งจะไปรีเซ็ตฟลิปฟลอป ทำให้ Q มีสถานะต่ำ (0V) ทำให้ทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จไม่นำกระแส และเอาต์พุตมีแรงดันมีค่าเท่ากับ $+V_{CC}$ เมื่อต้องการให้เอาต์พุตมีแรงดันมีค่าเท่ากับ 0 V จะต้องทำการเซ็ตฟลิปฟลอป ซึ่งทำได้โดยการให้แรงดัน $V_{Threshold}$ สูงกว่า $V_{control}$ เมื่อฟลิปฟลอปเซ็ต ทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จจะนำกระแส ถ้านำตัวเก็บประจุต่อที่ขา 7 แล้วต่อตัวต้านทานเพื่อให้กระแสจากแหล่งจ่ายประจุตัวเก็บประจุ แล้วต่อขา 7 กับขา Threshold จะพบว่าเมื่อฟลิปฟลอปถูกรีเซ็ตตัวเก็บประจุจะเก็บประจุจนมีแรงดันมากกว่า $V_{control}$ ฟลิปฟลอปก็จะเซ็ต ตัวเก็บประจุจะถูกต่อลงกราวด์ทำให้เกิดการคายประจุอย่างรวดเร็ว จากหลักการทำงานในขั้นต้นสามารถจัดวงจรให้ไทมเมอร์ 555 ทำงานได้ 2 ลักษณะคือ Monostable หรือ one-shot และ Astable ซึ่งต่อวงจรดังรูปที่ 6.3 และรูปที่ 6.7 ตามลำดับ

6.2.2 วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable Circuit)

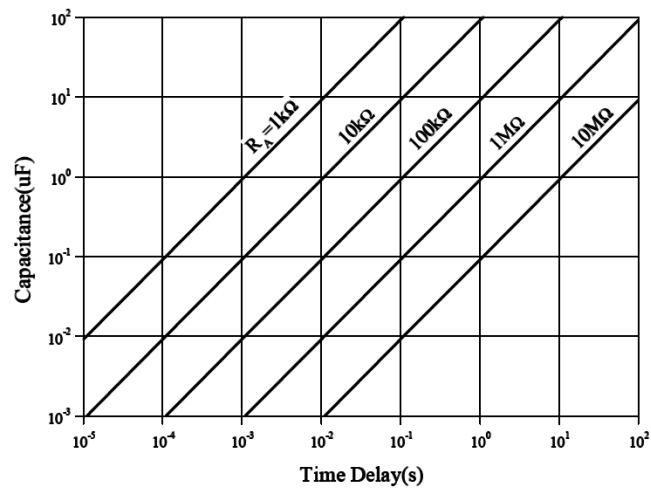
การทำงานแบบโมโนสเตเบิล (Monostable) ไทมเมอร์ 555 จะทำงานเป็นวงจร One-shot ดังรูปที่ 6.3 การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ ทำการสมมติให้แรงดันตัวเก็บประจุ C_1 มีค่าเท่ากับ 0 V แล้วกำหนดให้แรงดัน $V_{trigger}$ ซึ่งต่ำกว่าแรงดัน V_1 ช่วงหนึ่งดังรูปที่ 6.5 ทำให้ฟลิปฟลอปรีเซ็ต แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ $+V_{CC}$ และตัวเก็บประจุ C_1 จะเก็บประจุโดยกระแสที่ประจุนั้นจะไหลผ่านตัวต้านทาน R_A เมื่อแรงดันตัวเก็บประจุ C_1 มีค่ามากกว่าแรงดัน $V_{control}$ จะทำให้ฟลิปฟลอปเซ็ต ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 0 V ทรานซิสเตอร์ดิสชาร์จจะนำกระแส ตัวเก็บประจุจะคายประจุออกอย่างรวดเร็ว และจะกลับไปมีสถานะเหมือนก่อนการเริ่มต้นทำงาน เวลาที่แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ $+V_{CC}$ คำนวณได้ จากสมการ 6.1

$$T_{high} = 1.1R_A C_1$$

6.1

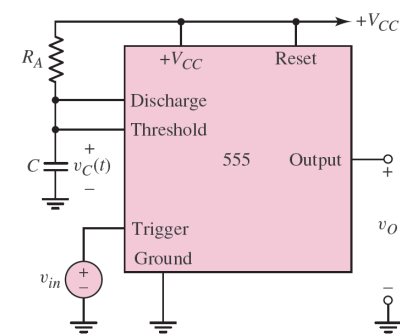


รูปที่ 6.3 (ก) Monostable circuit (ข) Waveforms of monostable operation



รูปที่ 6.4 Resistance and capacitance vs. time delay (td)

ตัวอย่างที่ 6.1 จงหาคาบเวลาของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรในรูปที่ 6.5 เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณพัลส์ค่าลบ



รูปที่ 6.5

วิธีทำ จากสมการที่ 6.1 คำนวณเวลาเท่ากับ

$$T_{high} = 1.1R_A C = 1.1(7.5 \times 10^3)(0.1 \times 10^{-6}) = 0.825 \text{ ms}$$

ตัวอย่างที่ 6.2 จงหาออกแบบวงจรโมโนสเตเบิลซึ่งใช้ค่าไอซี 555 ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์มีคาบเวลาเท่ากับ $100\ \mu\text{s}$

วิธีทำ กำหนดค่า $C = 15\ \text{nF}$ และจากสมการ 6.1 ค่าความต้านทานเท่ากับ

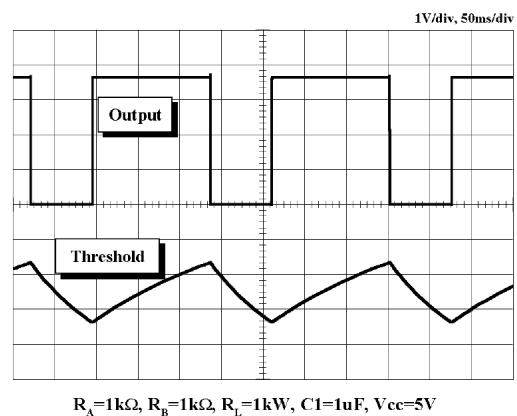
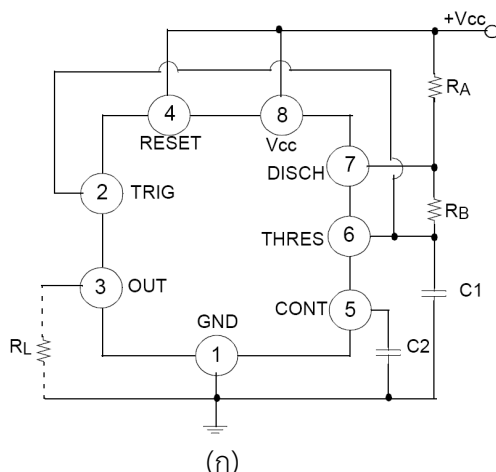
$$R = \frac{T}{1.1C} = \frac{100 \times 10^{-6}}{1.1(15 \times 10^{-9})} = 6.06\text{k}\Omega \quad 6.3$$

ในการออกแบบ ต้องใช้อุปกรณ์ตามมาตรฐาน ทำการเลือก $C = 12\ \text{nF}$ และ $R = 7.5\ \text{k}\Omega$ จะทำให้วงจรสร้างสัญญาณพัลส์มีความกว้างเท่ากับ $99\ \mu\text{s}$

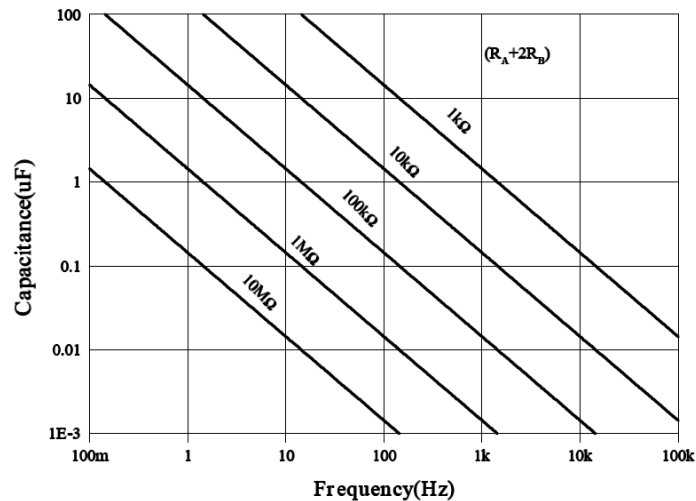
แบบฝึกหัดที่ 6.1 กำหนดให้วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งใช้ค่าไอซี 555 (ก) ถ้ากำหนดให้ $R = 20\ \text{k}\Omega$ และ $C = 0.012\ \mu\text{F}$ สัญญาณพัลส์มีคาบเวลาเท่าไร (ข) จงออกแบบวงจรเพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์ $120\ \mu\text{s}$ (ตอบ (ก) $T = 0.264\ \text{ms}$ (ข) ถ้ากำหนดให้ $C = 0.01\ \mu\text{F}$ ดังนั้น $R = 10.9\ \text{k}\Omega$)

6.2.3 วงจรอสเตเบิล (Astable circuit)

รูปที่ 6.6 แสดงวงจรอสเตเบิล (Astable circuit) ซึ่งใช้ไอซีไทเมอร์ 555 การทำงานของวงจรจะทำงานเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม จากการต่อวงจรใช้งานแบบ Monostable จะพบว่าหากทำให้แรงดัน V_{trigger} มีค่าแรงดันต่ำกว่า $(1/3)V_{\text{CC}}$ ได้โดยอัตโนมัติ จะทำให้วงจร มีการทำงานเป็นแบบ Astable ได้ ซึ่งทำได้โดยการนำขา 7 ซึ่งต่อตัวเก็บประจุมาต่อเข้ากับขา Trigger และต่อตัวต้านทาน R_B เพิ่มในวงจรเพื่อให้ควบคุมเวลาการคายประจุได้ จากการทำงานแบบ Monostable เมื่อตัวเก็บประจุคายประจุจนมีแรงดันต่ำกว่า $(1/3)V_{\text{CC}}$ ฟลิปฟล็อปจะถูกรีเซ็ต แล้วเริ่มทำงานใหม่ในลักษณะเดิม โดยคาบเวลาในการทำงาน 1 รอบ คำนวณได้จากสมการ (6.4)



รูปที่ 6.6 (ก) Astable circuit (ข) Waveforms of astable operation



รูปที่ 6.7 Resistance and Capacitance vs. Time delay (td)

ค่าคาบเวลาช่วงบวมมีค่าเท่ากับ

$$T_{high} \approx 0.7(R_A + R_B)C_1 \quad 6.4$$

ค่าคาบเวลาช่วงแรงดันเท่ากับศูนย์มีค่าเท่ากับ

$$T_{low} \approx 0.7R_B C_1 \quad 6.5$$

ค่าคาบเวลาของสัญญาณพัลส์มีค่าเท่ากับ

$$T = T_{high} + T_{low} \quad 6.6$$

ความถี่ของสัญญาณพัลส์มีค่าเท่ากับ

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C_1} \quad 6.7$$

ตัวอย่างที่ 6.3 จงหาค่าความถี่ที่เอาต์พุตของวงจรอะสเตเบิลในรูปที่ 17.18a และวาดภาพสัญญาณเอาต์พุต

วิธีทำ จากสมการ 6.4 และ 6.5

$$\begin{aligned} T_{high} &= 0.7(R_A + R_B)C = 0.7[(7.5 \times 10^3) + (7.5 \times 10^3)](0.1 \times 10^{-6}) \\ &= 1.05 \text{ ms} \end{aligned}$$

ค่าคาบเวลาช่วงสัญญาณพัลส์เท่ากับศูนย์เท่ากับ

$$T_{low} = 0.7R_B C = 0.7(7.5 \times 10^3)(0.1 \times 10^{-6}) = 0.525 \text{ ms}$$

ค่าคาบเวลารวมเท่ากับ

$$T = T_{high} + T_{low} = 1.05 \text{ ms} + 0.525 \text{ ms} = 1.575 \text{ ms}$$

ดังนั้น ความถี่ของสัญญาณพัลส์มีเท่ากับ

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.575 \times 10^{-3}} \approx 635 \text{ Hz}$$

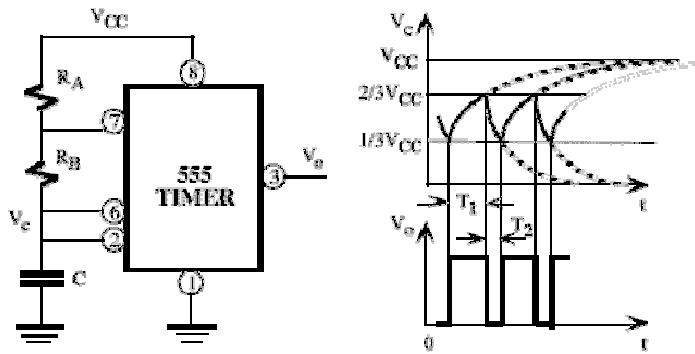
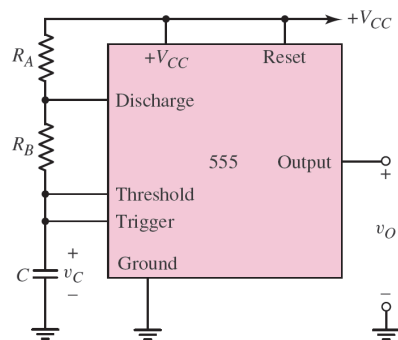


Figura 10.17. Temporizador 555 en configuración astable y diagrama temporal.

รูปที่ 6.8 Waveforms of astable operation

ตัวอย่างที่ 6.4 จงออกแบบวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เพื่อกำหนดสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 50 kHz ดิวตี้ไซเคิล 75%



รูปที่ 6.9

วิธีทำ การออกแบบวงจรได้เลือกค่า $C = 1 \text{ nF}$ ความถี่ของการออสซิลเลตมีค่าเท่ากับ

$$f = \frac{1}{0.7(R_A + 2R_B)C} \quad 6.8$$

เพราะฉะนั้น

$$R_A + 2R_B = \frac{1}{0.7fC} = \frac{1}{0.7(50 \times 10^3)(1 \times 10^{-9})} = 28.9 \text{ k}\Omega \quad 6.9$$

ดิวตี้ไซเคิลหาได้จากสมการ

$$D = 0.75 = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \quad 6.10$$

ซึ่ง R_A เท่ากับ

$$R_A = 2R_B$$

6.11

ดังนั้น เราได้เลือกค่า $R_A = 13 \text{ k}\Omega$ และ $R_B = 7.5 \text{ k}\Omega$

เนื่องจากในการออกแบบได้กำหนดให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่ามาตรฐาน ดังนั้น เราได้เลือกค่า $R_A = 13 \text{ k}\Omega$ และ $R_B = 7.5 \text{ k}\Omega$ ซึ่งจะทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ 51.5 kHz และมี-duty cycle กับ 73.2%

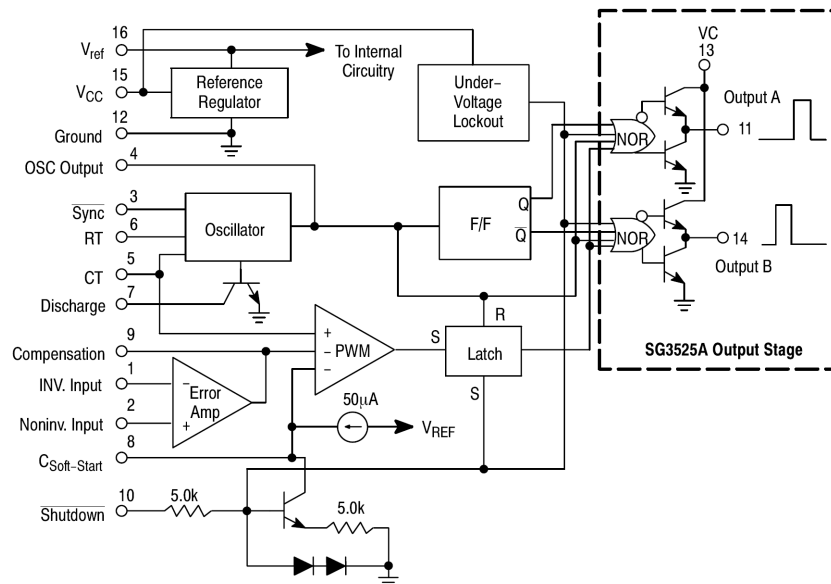
แบบฝึกหัดที่ 6.2 วงจรอะอสซิลเลเตอร์ซึ่งใช้ IC 555 กำหนดให้ค่า $R_A = 20 \text{ k}\Omega$, $R_B = 80 \text{ k}\Omega$ และ $C = 0.01 \mu\text{F}$ จงหาค่าความถี่ออสซิลเลต และ duty cycle (ตอบ $f = 802 \text{ Hz}$ และ duty cycle = 55.6%)

แบบฝึกหัดที่ TYU6.12 จงออกแบบวงจรอะอสซิลเลเตอร์ มัลติไวเบรเตอร์ เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 1 kHz duty cycle 55% (ตอบ ตัวอย่างในการออกแบบ $C = 0.01 \mu\text{F}$ และ $R_A = 14.43 \text{ k}\Omega$)

แบบฝึกหัดที่ TYU6.13 จงออกแบบวงจรอะอสซิลเลเตอร์ มัลติไวเบรเตอร์ เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 10 kHz duty cycle 50% (ตอบ ตัวอย่างในการออกแบบ $C = 0.01 \mu\text{F}$ และ $R_A = R_B = xx \text{ k}\Omega$)

6.3 ไอซีเบอร์ SG3525

รูปที่ 6.10 แสดงวงจรภายในของไอซีสวิตซิงเร็กกูเลเตอร์เบอร์ SG3524 จากวงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตสัญญาณแรมป์ และสัญญาณพัลส์ ออกมาในเบื้องต้น เราจะยังไม่พิจารณาวงจรจำกัดกระแส (Current limit; C_L) และวงจรชัตดาวน์ (shutdown) เอาต์พุตของคอมพาราเตอร์ (Comparator) จะเป็น “High” เมื่อแรงดันของสัญญาณแรมป์มีค่ามากกว่าแรงดันเอาต์พุตของภาคขยายความผิดพลาด (Error Amplifier) เอาต์พุตของ NOR เกต จะตกลงเป็น “Low” ทำให้เอาต์พุตทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน

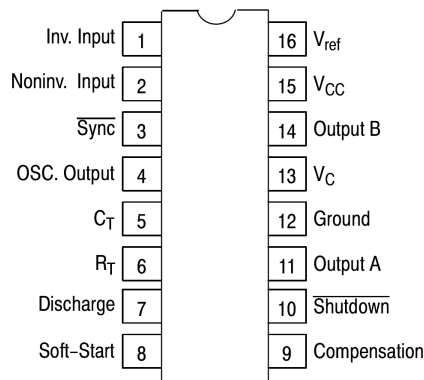


รูปที่ 6.10 วงจรภายในของไอซี SG 3524

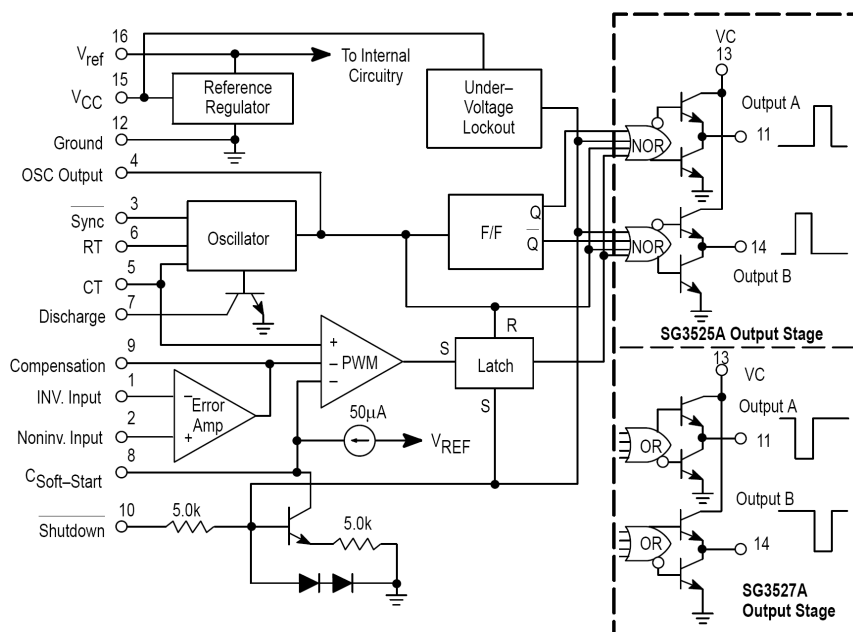
NOR เกต แต่ละตัวสามารถมีเอาต์พุตเป็น “High” ได้ก็ต่อเมื่ออินพุตทั้งสามของมันมีสถานะเป็น “Low” เอาต์พุตของ ออสซิลเลเตอร์ที่เป็นสัญญาณพัลส์จะเป็นเอาต์พุตของออสซิลเลเตอร์จะไปทำการอินเวิร์ต NOR เกต ขาอินพุตที่เหลือ อีกขาหนึ่งของ NOR เกต จะต่ออยู่กับเอาต์พุตของคอมพาราเตอร์ซึ่งการ

ทำงานของเกตทำให้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียว ทำงานใน 1 ช่วงเวลาก่อให้เกิดการทำงานแบบ พุช-พูล ขึ้น (Push-Pull operation) เราจะเลือกให้ทรานซิสเตอร์ทำงานที่ จุดเริ่มต้นของแต่ละไซเคิล และหยุดการทำงานทันทีเมื่อสัญญาณมีแรงดันมากกว่าแรงดันของภาคขยายความผิดพลาด ที่จุดสิ้นสุดของแต่ละไซเคิล พูลส์ของ ออสซิลเลเตอร์จะขับให้เกตทั้งสองมีเอาต์พุตเป็น “Low” เป็นการป้องกันไม่ให้ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวทำงานพร้อมกัน ภาคขยายจำกัดกระแส (Current - limit amplifier) มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสไหลในขณะโหลดเกิน (Over Load) เอาต์พุตของภาคขยายจำกัดกระแสเป็นแบบคอลเล็คเตอร์เปิด (Open Collector) วงจรเปิดเมื่อเป็น “High” และถูกดึงลง กราวด์เมื่อเป็น “Low” ภาคของจำกัดกระแสและชันดาวน์ ทรานซิสเตอร์สามารถใช้นำไปขับคอมพาราเตอร์ให้มีเอาต์พุต เป็น “High” ได้เป็นการบังคับให้ทรานซิสเตอร์หยุดการทำงาน

รูปที่ 6.11 แสดงตำแหน่งขาเพื่อต่อใช้งาน IC SG3525 รูปที่ 6.12 แสดงวงจรภายในของ SG3525A/7A 3525A และ 3527A แตกต่างกันเพียงลอจิกทางเอาต์พุตของไอซี เมื่อไอซี SG3525 หยุดทำงาน เอาต์พุตจะสถานะเป็น “Low” ส่วน 3527 A เอาต์พุตจะสถานะเป็น “High” (ขายานอก ของ 3525 A/7 A ไม่ต่างกับขาไอซีในอนุกรม 3524)



รูปที่ 6.11 ตำแหน่งขาของไอซี SG3525



รูปที่ 6.12 วงจรภายในของไอซี SG3525

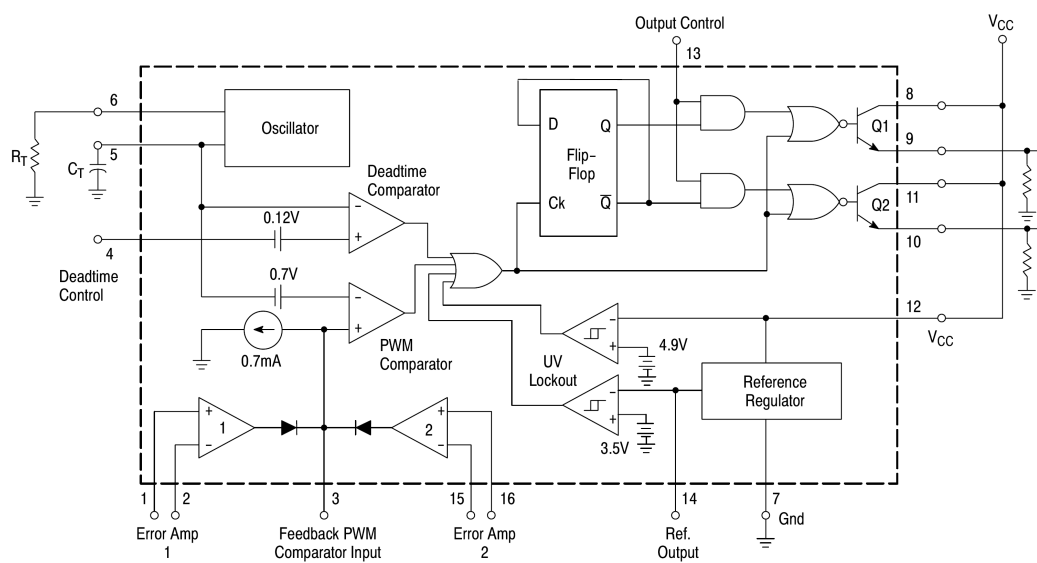
การทำงานของ SG 3525A/7A มีความคล้ายกับ SG 3524 แต่มีลักษณะพิเศษที่เพิ่มเข้ามา ออสซิลเลเตอร์ จะมีอินพุตซิงค์ (Sync Input) ทำให้มันง่ายต่อการล็อกความถี่ของแหล่งจ่ายทั่ว ๆ ไป เป็นการกำจัดปัญหาที่เกิดจากการบีต (beat) ของความถี่ในบอร์ดที่มีซัพพลายหลาย ๆ ตัวหรือ หลาย ๆ ระบบ วงจร ชันดาร์นและลักษณะการทำซอฟต์แวร์-สตาร์ท (Soft-Start) เป็นส่วนหนึ่งของวงจรป้องกันที่ได้เพิ่มเติมขึ้นมา ซึ่งจะได้กล่าวถึงในการนำไปใช้งาน ในส่วนถัดไป ที่จุดรวมขั้ว (push-pull) มีอัตรากระแสสูงสุดที่ 500 mA เพื่อให้มีความเร็วในการตัดต่อสูง โซลิตสวิตซิงจึงใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เร็วและช้า ภาคขยายจำกัด กระแสแบบแยกส่วนของ SG 3524 จึงได้ถูกตัดทิ้งไป

6.4 ไอซีเบอร์ TL494

ไอซีเบอร์ TL494 เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยทำงานด้วย โหมดควบคุมแรงดัน ซึ่งจะได้นำมาเป็นตัวอย่างการทำงานสำหรับวงจรควบคุมด้วยวิธีควบคุมจากแรงดัน โครงสร้างภายในและจัดขาของ TL494 แสดงในการทำงานของไอซีเป็นดังรูปที่ 6.13

6.4.1 การกำหนดคาบเวลาการทำงาน

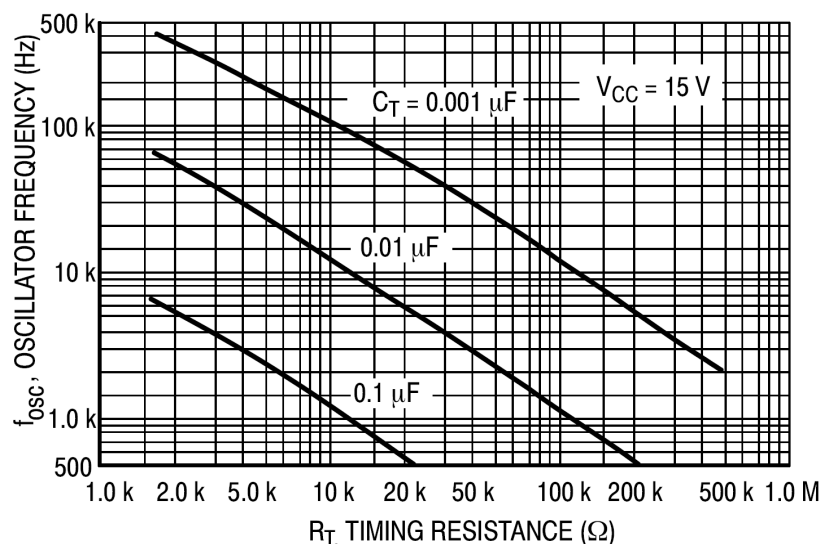
วงจรของ TL494 เป็นวงจร PWM ที่มีความถี่คงที่ คาบเวลาการทำงานของเอาต์พุตพัลส์กำหนด โดยค่าของ R_T และ C_T จากภายนอกที่ขา 6 และ 5 ของไอซี ค่าคาบเวลาการทำงานจะกำหนดได้จากสูตร ความถี่



รูปที่ 6.13 การจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL494

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T C_T}$$

6.12

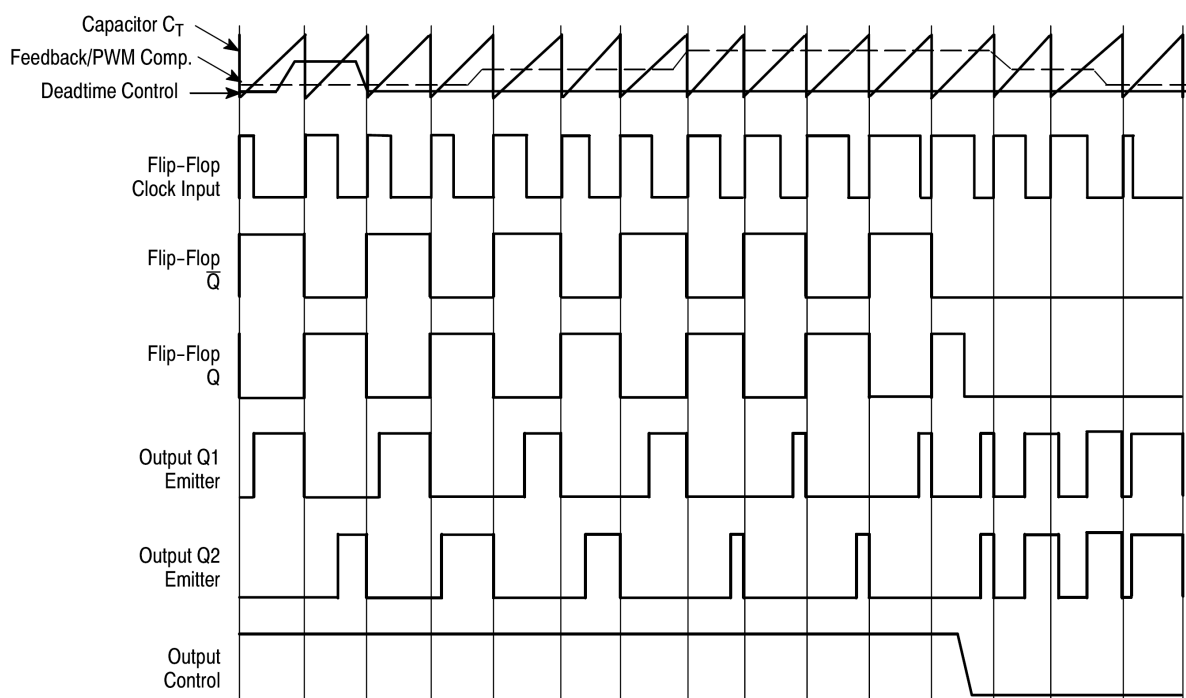


รูปที่ 6.14 ความสัมพันธ์ของค่า R_T และ C_T ในการกำหนดความถี่

6.4.2 การทำงานของไอซีในการคงค่าแรงดันของคอนเวอร์เตอร์

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซี จะได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่ขา S กับแรงดันที่ได้จากวงจรขยายความแตกต่าง (Error Amp) ทั้งสองตัวที่ PWM Comparator ส่วน NOR เกทที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Q_1 และ Q_2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา C_K ของ Flip-Flop อยู่ในสถานะ “Low” เท่านั้น ซึ่ง C_K จะเป็น “Low” ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณฟันเลื่อยมีค่ามากกว่าแรงดันที่มาจาก Error Amp ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์หากมีค่าสูงขึ้น ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะลดลง ในทางกลับกัน แรงดันป้อนกลับหากมีค่าลดลงความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซีจะเพิ่มขึ้น

ความกว้างเอาต์พุตพัลส์ของไอซีนี้อาจกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 V จนถึง 3.5 V ส่วน Error Amp ทั้งสองตัวจะมีช่วงอินพุตคอมมอนโหมดตั้งแต่ -0.3 ถึง $(V_{CC}-2)$ V และสามารถใช้ตรวจจับแรงดันหรือกระแสที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ได้ Error Amp ทั้ง 2 ตัวจะให้เอาต์พุตในลักษณะให้สถานะ “High” (Active high) โดยต่อกันในลักษณะ OR ที่ขา non-inverting ของ PWM Comparator การต่อกันในลักษณะนี้ Error Amp ตัวที่ทำให้เกิดความกว้างเอาต์พุตพัลส์ต่ำสุด จะเป็นตัวควบคุมความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ของไอซี



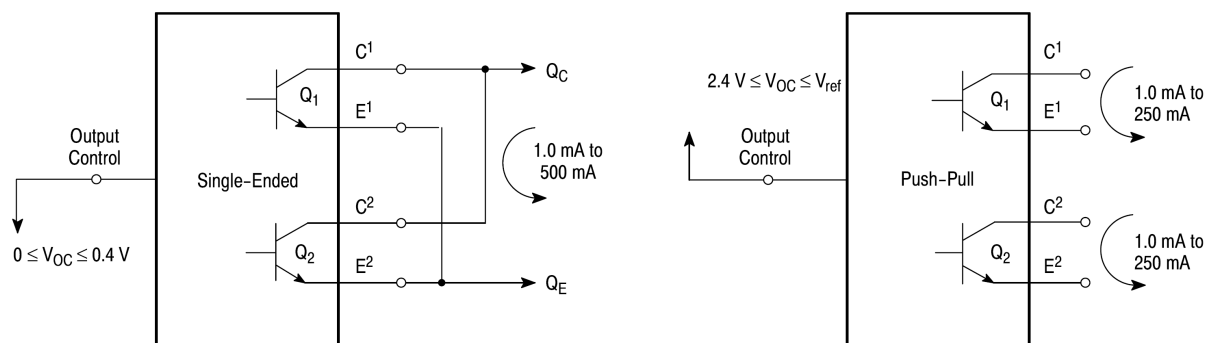
รูปที่ 6.15 รูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL494

6.4.3 การกำหนดค่าเวลาเพื่อ T_D

TL494 สามารถกำหนดค่าเวลาเพื่อ T_D ของวงจรได้เอง ด้วยการต่อแรงดัน 0 ถึง 3.3 V ที่ขา 4 ของไอซี อย่างไรก็ตามหากแรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0 V ค่าเวลาเพื่อต่ำสุดของไอซีจะไม่ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลาการทำงานเนื่องจากมีแรงดันออฟเซต 120 mV ต่ออยู่ใน ดังนั้นช่วงเวลา T_{ON} สูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้จากไอซีจะเท่ากับ 48% ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อขา 13 (output control) เข้ากับขา 14 (+5 V_{REF}) และมีค่าเท่ากับ 96% ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อขา 13 ลงกราวด์

6.4.4 การเลือกใช้ Q_1 และ Q_2 ที่เอาต์พุตของไอซี

รูปที่ 6.15 แสดงลักษณะการเลือกใช้เอาต์พุตของ TL494 ซึ่งเอาต์พุต Q_1 และ Q_2 ของไอซีสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือทำงานพร้อมกันหรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกการทำงานได้ที่ขา 13 (Output Control) โดยขณะที่ C_T ดิสชาร์จเอาต์พุตของ Dead-Time Comparator จะให้พัลส์ออกมา C_K จะมีสถานะเป็น “High” และหยุดการทำงานของ Q_1 และ Q_2 ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “High” โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+5 V_{REF}) Q_1 และ Q_2 จะสลับกันทำงานตามจังหวะของ Flip-Flop เพื่อใช้ขับคอนเวอร์เตอร์แบบพุช-พูล ในกรณีคาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่า ของค่าคาบเวลาสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “Low” โดยการต่อลงกราวด์ (ยกเลิก Flip-Flop) Q_1 และ Q_2 จะทำงานพร้อมกันและสามารถขนาน Q_1 และ Q_2 เข้าด้วยกันได้ ถ้าต้องการให้น้ำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีคาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับค่าคาบเวลาของสัญญาณฟันเลื่อยของไอซี (ช่วงเวลาน้ำกระแสสูงสุดเท่ากับ 96 % ของค่าคาบเวลา)



รูปที่ 6.16 ลักษณะการเลือกใช้เอาต์พุตของ TL494

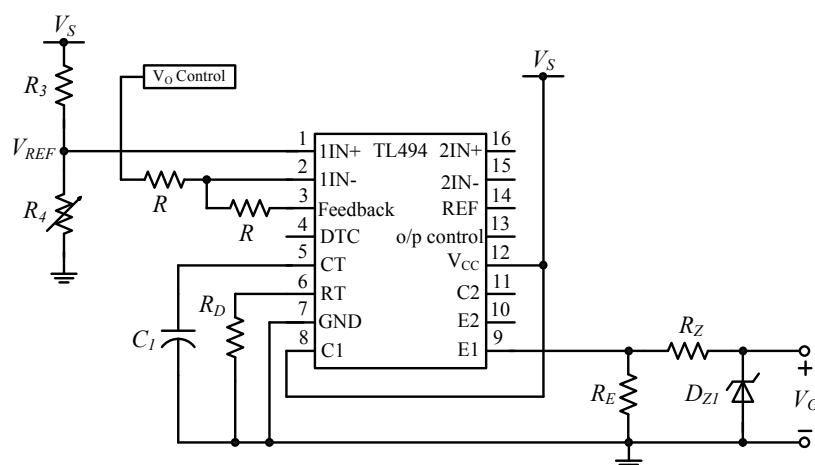
TL494 ต้องการไฟเลี้ยงในช่วง $7 < V_{CC} < 40 \text{ V}$ มีแรงดันอ้างอิงภายใน $V_{ref} = 5 \text{ V}$ และสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 10 มิลลิแอมป์เพื่อใช้กับวงจรภายนอกได้ โดยมีค่าความถูกต้อง $+1.5\%$ ความคลาดเคลื่อนทางอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า 50 mV เมื่อทำงานในช่วง 0 ถึง 70°C

ตัวอย่างที่ 6.5 วงจรควบคุมวงจรขับหลอด

รูปที่ 6.17 แสดงวงจรควบคุมวงจรขับหลอดได้ใช้ IC TL494 ทำหน้าที่กำเนิดแรงดันพัลส์สวิตช์เพื่อป้อนให้กับวงจรขับนำสวิตช์มอสเฟตในวงจร SEPIC converter ซึ่งวงจรได้ถูกออกแบบให้กำเนิดพัลส์สวิตช์ที่ความถี่ 40 kHz

การควบคุมแรงดันเอาต์พุตของวงจรขับหลอด high power led ได้กำหนดให้แรงดันอ้างอิงที่ $V_{REF} = 2.5 \text{ V}$ เพื่อเปรียบเทียบแรงดันป้อนกลับที่ถูกแบ่งแรงดันเอาต์พุต (V_O -Control) ของวงจรขับหลอด ถ้าแรงดันป้อนกลับน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงที่ 1 TL494 ทำการจ่ายแรงดันพัลส์สวิตช์ให้มี duty cycle สูงขึ้น และถ้าแรงดันป้อนกลับมากกว่าแรงดันอ้างอิงที่ 1 TL494 ทำการจ่ายแรงดันพัลส์สวิตช์ให้มี duty cycle ลดลง

การปรับความสว่างสามารถทำได้โดยการปรับแรงดัน V_{REF} ด้วยการปรับค่าความต้านทาน เมื่อเราปรับค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงดัน V_{REF} มีค่าเพิ่มขึ้น ผลที่ได้จากการปรับค่าแรงดันอ้างอิงจะทำให้ความสว่างของหลอด high power led มีความสว่างลดลง ในขณะที่เราลดแรงดันอ้างอิงลง หลอด high power led มีความสว่างลดลง



รูปที่ 6.17 วงจรควบคุมวงจรขับหลอด

แบบฝึกหัดท้ายบท

6.1 (ก) รูปที่ 6.15.37 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ จงออกแบบวงจรให้มีสัญญาณพัลส์เอาต์พุตเท่ากับ $250\ \mu\text{s}$ สมมติให้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ $\pm 10\ \text{V}$ และ $V_T = 0.7\ \text{V}$, $R_1 = 20\ \text{k}\Omega$, และ $R_2 = 12\ \text{k}\Omega$ (ข) จงหาค่าแรงดันทรiggerต่ำสุดที่วงจรต้องการ (ค) ค่าเวลาการกลับคืนมีค่าเท่าไร

6.2 รูปที่ 6.15.37 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ กำหนดให้ $R_X = 20\ \text{k}\Omega$, $C_X = 1.2\ \mu\text{F}$ และ $R_1 = R_2 = 20\ \text{k}\Omega$ แรงดันเอาต์พุตสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ $\pm 5\ \text{V}$ (ก) ความกว้างของสัญญาณพัลส์มีค่าเท่าไร และ (ข) จงหาเวลาการคืนกลับ

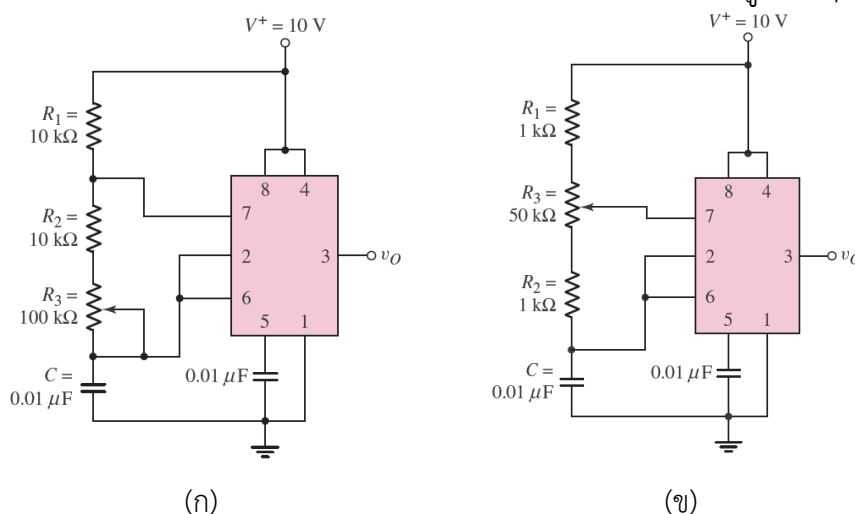
6.3 รูปที่ 6.15.40 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ ซึ่งใช้ IC 555 (ก) จงออกแบบวงจรให้มีความกว้างของสัญญาณพัลส์ $60\ \text{s}$ และ (ข) จงหาเวลาการคืนกลับ

6.4 จงออกแบบวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ ซึ่งใช้ IC 555 เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์ $5\ \mu\text{s}$ เวลาการคืนกลับมีค่าเท่าไร

6.5 รูปที่ 6. 15.41 แสดงวงจรกำเนิดความถี่แบบอะสเตเบิลด้วย IC 555 จงออกแบบวงจรเพื่อกำเนิดสัญญาณมีความถี่ $f_o = 80\ \text{kHz}$ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 60% กำหนดให้ $R_A = 25\ \text{k}\Omega$

6.6 รูปที่ 6. p15.66 แสดงวงจรกำเนิดความถี่ด้วย IC 555 จงแสดงวิธีการหาการกำเนิดความถี่และค่าดิวตี้ไซเคิล

6.7 จงแสดงวิธีการหาการกำเนิดความถี่ และค่าดิวตี้ไซเคิลของวงจรในรูปที่ 6.p15.67



รูปที่ 6.17

เอกสารอ้างอิง

1. Donald A. Neamen “Microelectronic Circuit Analysis and Design”
2. Robert T. Paynter “Introductory Electronic Devices and Circuits”
3. รศ.ดร.มนตรี ศิริปรัชยานันท์ “เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์”
4. สุวัฒน์ ดัน “เทคนิคและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย” พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: เอนเทลไทย, 2538
5. สันติชัย หงษ์เวียงจันทร์, ธวัชชัย ทองเหลี่ยม และ สัญญา ควรคิด, “วงจรขับชุดหลอด High Power LED ด้วยวงจร SEPIC Converter และ ปรับความสว่างได้ที่มีขนาดเล็กและราคาถูก”, การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 3 (ECTI-CARD 2011), 5-6 พฤษภาคม 2554,

แบบฝึกหัดที่ TYU6.11 จงออกแบบวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ในรูปที่ 15.37 ซึ่งใช้ค่าไอซี 555 กำหนดให้ (ก) ถ้ากำหนดให้ $V_p = 8\text{ V}$, $V_\gamma = 0.7\text{ V}$, $C_X = 0.01\text{ }\mu\text{F}$, $R_X = 10\text{ k}\Omega$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ และ $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ จงหาความกว้างของสัญญาณพัลส์และเวลากลับคืนปกติ (ตอบ $T = 0.264\text{ }\mu\text{s}$ และ $t_2 = 37.8\text{ }\mu\text{s}$)

