บทที่ 3
การออกแบบโครงงาน

3.1 การออกแบบวงจร

3.1.1 โครงสร้างของวงจร

จากภาพที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของวงจร ประกอบด้วยภาคสร้างสัญญาณนาฬิกาซึ่งใช้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์(Astable Multivibrator)ส่งพัลส์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ตามต้องการไปทำการสวิตช์ภาคกำเนิดพัลส์ความถี่สูงซึ่งใช้วงจร Buck Boot Converter ส่งพัลส์ความถี่ระดับเมกะเฮิรตซ์เข้าไปที่ขั้วแบตเตอรี่ [6]

ภาพที่ 3.1 โครงสร้างหลักของวงจร

3.1.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

ใช้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ชนิดไอซีเบอร์ 555 ที่นิยมใช้กันมากในการนำ ไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณ Square Wave, สัญญาณพัลส์, สัญญาณ ramp และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงาน และใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบและง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย จากภาพที่ 3.2 วงจรภายในของไอซีเบอร์555 โดยมีรายละเอียดหน้าที่การทำงานในส่วนต่างๆ ดังนี้

1. Comparator 2 ตัวทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ อินพุทที่ขาบวกและลบ
   ถ้า V^+ มีศักดามากกว่า V^- เอาท์พุทจะเท่ากับ V_{CC} หรือโลจิก “0”
   ถ้า V^+ มีศักดาน้อยกว่า V^- เอาท์พุทจะเท่ากับ 0 V หรือโลจิก “1”
2. Resistor 3 ตัวขนาดความต้านทานประมาณ 5 kΩ เท่ากันทั้ง 3 ตัว ถ้าเช่นนั้นจะทำให้แรงดันตกคร่อม R เท่ากับ $V_{CC}/3$

3. Flip Flop เป็นอุปกรณ์ดิจิตอลที่มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าโลจิกของวงจร Flip Flop

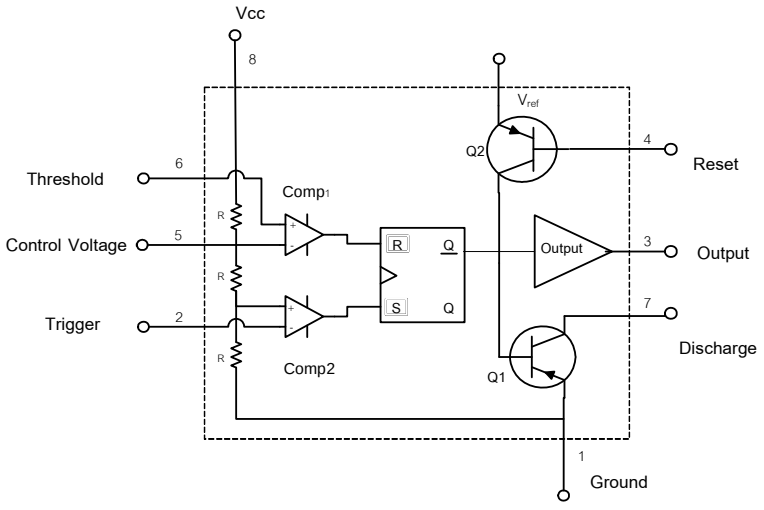
R	S	Q	$\overline{Q}$
0	0	No change	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Not allow	

4. Transistor มี 2 ตัวคือ

Q_1 (NPN) ทำหน้าที่ Discharge Capacitor เมื่อ เอาท์พุท $\overline{Q}$ เป็นโลจิก “1” ทำให้มีกระแสเบสเกิดขึ้น กระแสคอลเลคเตอร์ไหลจนอิ่มตัว (Saturation) $V_{CE} = 0$ V หรือ Short Circuit

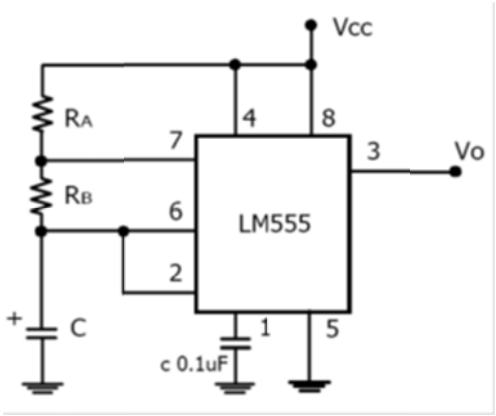
Q_2 (PNP) ทำหน้าที่ Reset ให้เอาท์พุทเป็น 0 V คือถ้า ขา 4 (Reset)ต่อลงกราวด์ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 ON $V_{CE} = 0$ V เอาท์พุทที่ขา $\overline{Q}$ เป็น “1” เอาท์พุทของ Output Amp เป็นโลจิก “0”

5. Output Amp เป็นวงจรขยายกระแส เพื่อออกเอาท์พุทของไอซีแบบ Invert คือ ถ้าอินพุทเป็น “0” เอาท์พุทจะเป็น “1” ถ้าอินพุทเป็น “1” เอาท์พุทจะเป็น “0”



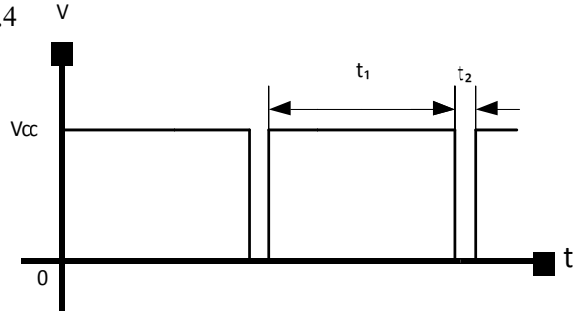
ภาพที่ 3.2 วงจรภายในไอซี LM555

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์(Astable Multivibrator) เป็นวงจรที่ใช้ R และ C ต่อร่วมกับไอซีเบอร์ 555 ทำหน้าที่คล้ายวงจรกำเนิดความถี่ โดยตัววงจรเองสามารถทำงานและหยุดทำงานได้ด้วยตัวเอง การทำงานจะสลับกันไปมาตลอดเวลา วงจรทำงานไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณป้อนเข้ามากระตุ้น



ภาพที่ 3.3 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ชนิดไอซี 555

จากภาพที่ 3.3 เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดไอซี 555 การทำงานของวงจรโดย ขา 2 และขา 6 ของ IC ถูกต่อร่วมกันและต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C เพื่อรับแรงดันของตัวเก็บประจุ C ตัว C จะประจุแรงดันผ่านตัวต้านทานทั้ง R_A และ R_B จนมีแรงดันตกคร่อมตัว C ถึงประมาณ 2/3 V_{CC} เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 1 มีสัญญาณออกเอาท์พุทไปกระตุ้น ฟลิปฟล็อปในตัว IC ป้อนศักย์บวกให้ขา B ของ Q_1 ตัว Q_1 ทำงาน ทำให้ C เริ่มคายประจุผ่าน R_B ไปขา 7 ของ IC ผ่านลงกราวด์ที่ Q_1 ภายในตัว IC จนกระทั่งเหลือแรงดันตกคร่อมตัว C ประมาณ 1/3 V_{CC} เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 2 มีสัญญาณออกเอาท์พุทไปกระตุ้น ฟลิปฟล็อปในตัว IC ป้อนศักย์ลบให้ขา B ของ Q_1 ตัว Q_1 หยุดทำงาน ทำให้ C เริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง แรงดันตกคร่อมตัว C เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 1/3 V_{CC} ถึง 2/3 V_{CC} แรงดันของสัญญาณที่ออกเอาท์พุทขา 3 มี 2 ช่วง คือช่วงแรงดันเป็นบวก และช่วงแรงดันเป็น 0 V เขียนรูปร่างสัญญาณได้ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ภาพสัญญาณอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

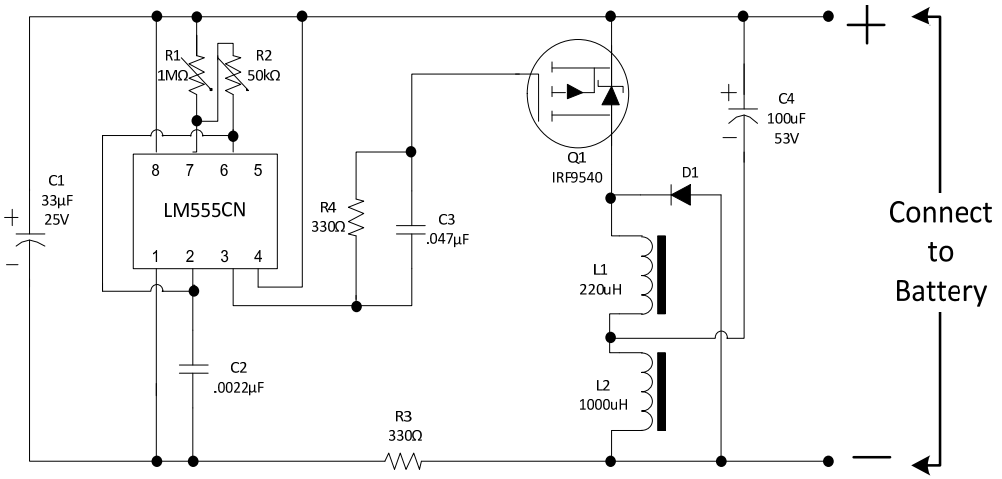
ช่วงเวลา t_1 และ t_2 ของรูปสัญญาณ ดังภาพที่ 3.4 หาได้ดังนี้

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C \quad \text{Sec.} \tag{3.1}$$

$$t_2 = 0.693 R_B C \quad \text{Sec.} \tag{3.2}$$

3.1.3 วงจรสร้างพัลส์

ดังภาพที่ 3.5ใช้หลักการพื้นฐานของวงจร Buck Boost Converter ซึ่งหลักการทำงานคือ เมื่อ มอสเฟต Q_1 ทำงานกระแสจะไหลผ่านขดลวด L_1 และ C_4 เพื่อสะสมพลังงานในขณะที่ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ จนกระทั่งเมื่อ Q_1 เปิดวงจรที่ขดลวด L_1 เกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็กรอบขดลวด จ่ายพลังงานที่ถูกสะสมไว้ผ่านไดโอด D_1 ซึ่งขณะนี้ได้รับไบอัสตรงเกิดกระแสไหลกลับเข้าไปที่ขั้วแบตเตอรี่ในลักษณะที่มีขั้วตรงข้ามกัน จากการทำงานของวงจรจะเห็นว่าการปล่อยพลังงานระหว่าง L_1 และ C_4 ผ่าน D_1 ที่เป็นชนิดความเร็วสูง(Fast Recovery) ทำให้เกิดกระแสพัลส์แบบ Ringing Burst ออกมาเป็นความถี่สูงระดับเมกะเฮิรตซ์ ตามการทำงานของ Q_1



ภาพที่ 3.5 วงจรสร้างพัลส์ Desulfator

และสัญญาณนาฬิกาที่ต้องการสวิตช์มอสเฟตที่มีความถี่เรโซแนนซ์ของ L_1 กับ C_4 หาได้จาก

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

แทนค่าได้

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{220 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^{-6}}}$$

$$F = 1073.022 \quad \text{Hz}$$

คำนวณหาค่า R_1 และ R_2 ให้ได้ความถี่ของสัญญาณประมาณ 1 kHz., Duty Cycle เท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ C_1 ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด ตามภาพที่ 3.6 เพื่อให้ได้ t_1 = 950 ไมโครวินาที และ t_2 = 50 ไมโครวินาที

$$t_2 = 0.693(R_2)C_1$$

แทนค่าได้

$$50 \times 10^{-6} = 0.693 \times 0.0022 \times 10^{-6} \times R_2$$

$$R_2 \approx 33 \times 10^3 \quad \text{Ohm}$$

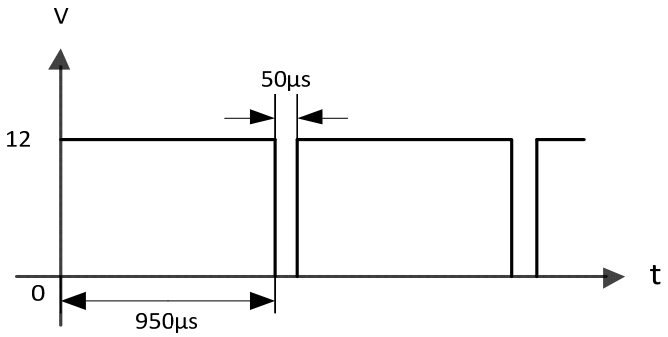
และ

$$t_1 = 0.693(R_1 + R_2)C_1$$

แทนค่าได้

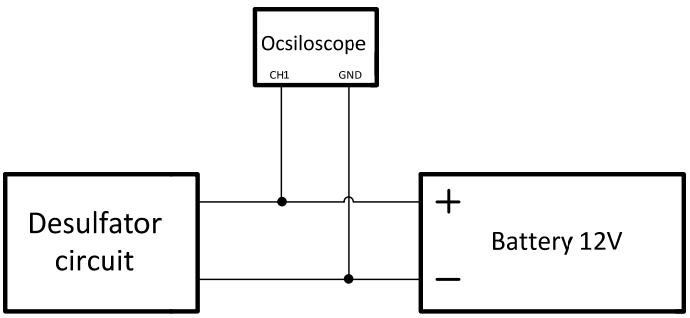
$$950 \times 10^{-6} = 0.693\{(33 \times 10^3) + R_1\}0.0022 \times 10^{-6}$$

$$R_1 \approx 590 \times 10^3 \quad \text{Ohm}$$



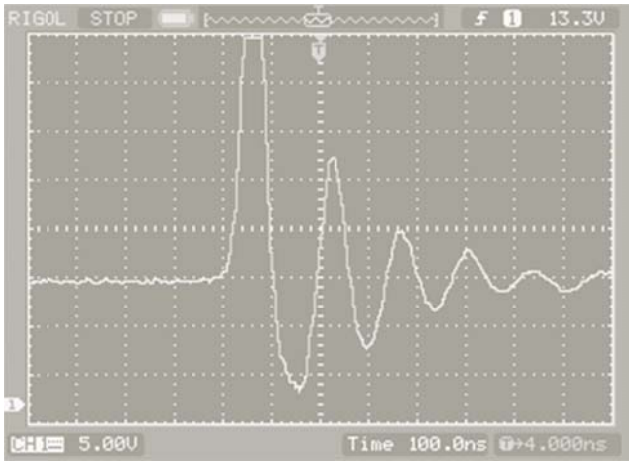
ภาพที่ 3.6 ภาพสัญญาณที่ออกจาก IC LM555

การนำไปใช้งานและทดสอบสัญญาณทำได้โดยต่อวงจรที่ออกแบบขนานเข้ากับขั้วของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด ขนาด 12 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ภาพการต่อวงจรทดสอบสัญญาณ

เมื่อวงจรทำงานจะได้สัญญาณ Burst แทรกเข้ามาเป็นพัลส์ที่มีคาบเวลาประมาณ 160×10^{-9} วินาทีคิดเป็นความถี่จะได้พัลส์ที่มีความถี่ประมาณ 6.25 เมกะเฮิรตซ์ ออกไปยังขั้วแบตเตอรี่ ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพสัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้จากออสซิโลสโคป