หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การออกแบบวงจร

ในบทนี้จะเป็นการคำนวนวงจรตามระบบที่กล่าวมาแล้วในบทที่ ๒ โดยศึกษาความต้องการของวงจร (Requirement) แล้วคำนวณค่าของส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจร เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการนั้น ๆ

๓.๑ วงจร Voltage Controlled Oscillator ตามรูป ๒.๒

๓.๑.๑ ความต้องการของวงจร

- Frequency Shift : ± 200 Hz
- ความถี่ศูนย์กลาง : 1500 Hz
- ความถี่ของ Mark : 1700 Hz
- ความถี่ของ Space : 1300 Hz

๓.๑.๒ การคำนวณวงจร

ความถี่ของวงจรเปลี่ยนแปลงโดยตรงกับ Controlled voltage โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{ความถี่} = \frac{\text{Controlled Voltage}}{4\ C1\ R3\ \text{supply voltage}} \qquad \text{(ผนวก ค)}$$

กำหนดความถี่ 1500 Hz Supply voltage 15V และ Controlled voltage 9V จะได้ค่า R 3 และ C1 ดังนี้

$R3 = 10\ k\Omega$ และ $C1 = 0.01\ \mu F$

เนื่องจากวงจรนี้ต้องการ pulse ที่มี pulsewidth เท่ากันดังนั้น

$R3 = R4 = 10k\Omega$ และ $C1 = C2 = 0.01\ \mu F$

กำหนดกระแสไหลผ่าน Q_1 และ Q_2 ขณะทำงานเต็มที่ (Saturate) 15 mA

เพื่อให้เหมาะกับตัวทรานซิสเตอร์ให้สามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ดังนั้น

$R1 = R2 = 15\ V/15\ mA = 1\ k\Omega$

สรุป Control voltage 9 V ความถี่ของวงจร 1500 Hz

Controlled voltage 7.8 V ความถี่ของวงจร 1300 Hz

Controlled voltage 10.2 V ความถี่ของวงจร 1700 Hz

จะเห็นว่า $\Delta V = 1.2\ V$, $\Delta f = 200\ Hz$

ดังนั้นป้อนสัญญาณโทรพิมพ์ควบคุมให้ Controlled voltage เปลี่ยนแปลงระหว่าง ๗.๘ V และ ๑๐.๒ V ก็จะได้ F S signal ตามต้องการ

๓.๒ วงจร Square / sine Converter ..... ตามรูป ๒.๓ (ตามหนังสือ Hewlett - Packard Jounal July 1973)

๓.๒.๑ ความต้องการของวงจร

- output จะต้องเป็น sinusoidal wave

๓.๒.๒ การคำนวณวงจร

กำหนด time constant ของ R1C1 ให้เท่ากับ ½ T1 (T1 = ครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของ center frequency) เพื่อให้ได้ output เป็น Triangular waveform มีขนาดประมาณ ๑๒ V

$$R1C1 = \tfrac{1}{2}\left(\frac{1}{1500 \times 2}\right) = 1.67 \times 10^{-4} \text{ sec.}$$

เลือก $C1 = 0.1\ \mu F$, $R1 = 1666\ \Omega$ (ใช้ $1.5\ k\Omega$)

กำหนดให้ triangular wave clip ที่ + 3 V และ -3 V

กำหนดค่า $R2 = 3\ k\Omega$ เพื่อ limit กระแสขณะที่ clip ให้มีค่า $= \frac{6 - 3}{3K} = 1\ mA$

จุด A มีค่า ๒.๔ V และ + V = 15 V กำหนดตาม supply voltage

จะได้ $\frac{15}{R3 + R4} \cdot R4 = 2.4$ V (๑)

โดยใช้ Thevinin theorem ที่จุด A จะได้ R3//R4 ต้องน้อยกว่า R2 มากเพื่อทำให้เกิดความผิดพลาดน้อย

ดังนั้น $\frac{R3R4}{R3 + R4} = R2/10 = 300$ (๒)

จาก (๑) และ (๒) คำนวณ R3 = 1875Ω และ R4 = 357.14Ω

เลือก R3 = 1.8 kΩ และ R4 = 500 Ω variable

การคำนวณ R5, R6 เป็นไปในทำนองเดียวกัน จะได้ R5 = 1.8 kΩ

และ R6 = 500 Ω variable

เลือก R7 = 5 kΩ variable จากการทดลองพบว่าใช้ค่านี้สามารถได้ output มี waveform เป็นรูป sine ที่ดี

D 1 และ D 2 เป็น Silicon diode ส่วน D3 และ D4 ใช้ germanium diode (ตามหนังสืออ้างอิง)

๓.๓ <u>วงจร Limiter</u> ตามรูป ๒.๕

๓.๓.๑ ความต้องการของวงจร

- Output voltage เป็นบวกอย่างเดียวและมี Amplitude คงที่เท่ากันโดยตลอด
- Output voltage มี amplitude สูงเพียงพอที่จะนำไปทำเป็น trigger pulse สำหรับวงจรต่อไปได้

๓.๓.๒ การคำนวณวงจร

กำหนด limiting voltage, VHz = 12 V gain ของวงจร= 10 ซึ่งสูงเพียงพอสำหรับทำให้ output ของ IC saturate ได้ supply voltage

$-V = -15$ V

จาก $\frac{V}{R2 + R3} \times R_2 = VR_2$, ได้ค่า R2 = 100 kΩ , R3 = 25 kΩ

จาก R2/R1 = 10 จะได้ R1 = 10kΩ

๓.๔ วงจร Monostable Multivibrator .. ตามรูป ๒.๖

๓.๔.๑ ความต้องการของวงจร

- Time constant R4C1 วงจร differentiator ควรจะน้อยกว่า ๕ เท่าของ T1(T1 คือครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของ Center frequency 1500 Hz)
- Pulse width ของ Quasi stable state, T2 กำหนดประมาณ ๑/๓ เท่าของ T1 ซึ่งแคบพอที่จะทำให้ output ของวงจรนี้เป็น pulse แยกกันทั้งที่เป็นความถี่ Mark(1700Hz) และ space (1300 Hz)
- output ของวงจรเป็น pulse ที่มี Amplitude คงที่ทั้งด้านบวกและลบ

๓.๔.๒ การคำนวณวงจร

กำหนด Vz = 9 V, ความถี่ของ Center frequency = 1500 Hz

$R4C1 \leq \frac{1}{5} T1 \simeq \frac{1}{5} \left(\frac{1}{1500 \times 2} \right) = 6.667 \times 10^{-5}$ sec.

เลือก R4 = 1kΩ C1 = 0.01 μF ซึ่ง $R4C1 = 1 \times 10^{-5}$ sec.

คำนวณ R10 C2 ได้จาก

$$T2 = R10C2 \ln \frac{(Vz + 0.6)}{Vz} \simeq R10C2 \ln 2 \simeq 0.7\ R10\ C2$$ [b]

$$= \frac{1}{3} T1 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{1500 \times 2} \right) = 1.11 \times 10^{-4} \text{ sec.}$$

---

[b] Tobey - Graeme - Huelsman Operational Amplifiers Design And Applications Burr - Brown 1973 P. 394

เลือก R10 = 47 kΩ C2 = 0.0122 μF $R10C2 \simeq 5.7 \times 10^{-4}$ sec..

กำหนด R3 = R7 = 5 kΩ (กำหนดกระแส ๑ mA) เพื่อใช้ trigger pulse = +VZ/2 = 4.5 V หรือสูงกว่า ๔.๕ V ขึ้นไป

๓.๕ วงจร Precision Rectifier ตามรูป ๒.๗

๓.๕.๑ ความต้องการวงจร

- Output เป็น negative pulse train ซึ่งมี pulsewidth = T2

๓.๕.๒ การคำนวณวงจร

กำหนด gain = 10 ซึ่งสูงเพียงพอทำให้ output ของ IC saturate R2/R1 = 10 เลือก R1 = 10 kΩ และ R2 = 100 kΩ

๓.๖ วงจร Integrator

๓.๖.๑ ความต้องการของวงจร

- Output เป็น d c voltage ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ pulse train
- ค่าเฉลี่ยของสัญญาณ mark และ space ต้องเป็น d c voltage ที่มีระดับต่างกัน

๓.๖.๒ การคำนวณวงจร

กำหนด R14 C3 = 2 T2 จากการทดลองพบว่า R14 C3 = 2 T2 sec. $= 2.22 \times 10^{-4}$ sec. output จะเรียบพอเพียงสำหรับใช้งานได้

เลือก R14 = 1kΩ และ C3 = 0.22 μF

๓.๗ วงจร Filter และ pulse Shaper ตามรูป ๒.๑๐

๓.๗.๑ ความต้องการของวงจร

— Output ต้องการ square wave ที่สมบูรณ์ level ± 15 V เพื่อที่สามารถไป drive วงจร electroni relay ทำงานได้

๓.๗.๒ การคำนวณวงจร

วงจร Filter เลือก time constant ที่เหมาะสมเพื่อทำให้ส่วนบนและส่วนล่างของ square wave signal ก่อนเข้าวงจร pulse shaper (comparator) มีรูปร่างดีขึ้นโดยทดลองค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ

R15 = 100 kΩ, C4 = 0.0022 MF, R16 = 180 kΩ
C5 = 0.005 MF and R17 = 10 kΩ

ถ้าใช้ค่า RC มากไป risetime ของ square wave จะมีค่ามากทำให้มีรูปร่างผิดไปวงจร pulse shaper จะทำงานผิดพลาด แต่ถ้าใช้ค่า RC น้อยไป ด้านบนของ square wave จะไม่เรียบพอเพียงและทำให้วงจร pulse shaper ทำงานผิดพลาดเช่นเดียวกัน

กำหนด VR ให้มีค่าอยู่ในช่วงกลางคือจาก + 15 V ถึง - 5 V เพื่อทำให้วงจรนี้สามารถเลือก reference voltage ได้หลาย ๆ ค่า

คำนวณ R18 = 2.2 kΩ และ VR1 เป็น potentiometer 0 ถึง5kΩ

๓.๘ วงจร Electronic relay ตามรูป ๒.๑๑

๓.๘.๑ ความต้องการของวงจร

— เมื่อ input เป็นบวก S C R จะต้อง conduct และเมื่อ

input เป็นลบ S C R จะต้อง cut off หรืออาจเป็นไปในทางตรงข้ามโดยการปรับ polarity switch

– จะต้องจ่ายกระแส ๒๐ mA หรือ ๐ ไปให้เครื่องโทรพิมพ์ตามลักษณะของสัญญาณ input

๓.๘.๒ การคำนวณวงจร

หา turn ratio ของ primary winding ต่อ secondary winding โดยใช้สูตรของ transformer ทั่ว ๆ ไปคือ

$$N_1I_1 = N_2I_2$$

N_1 = จำนวนรอบของ primary winding, I_1 = กระแสที่ไหลในขด primary

N_2 = จำนวนรอบของ secondary winding, I_2 = กระแสที่ไหลในขด secondary

จากการทดลองพบว่ากระแสใน primary winding และ secondary winding จะต้องมีอัตราส่วนประมาณ ๑ ต่อ ๑๐ จึงจะสามารถควบคุม S C R ให้ทำงานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น

$$N_1/N_2 = 10/1$$

Primary winding = 800

Secondary winding = 80

๓.๙ <u>วงจร Power supply</u> ตามรูป ๒.๑๒

๓.๙.๑ ความต้องการของวงจร

– จะต้องจ่ายไฟ d c ± 15V regulated ให้กับ IC ๕ ตัวซึ่งกินกระแสประมาณ ๕ mA

– จะต้องจ่ายไฟ d c 100V 20 mA ให้กับเครื่องโทรพิมพ์

๓.๕.๒ การคำนวณวงจร

– เลือกวงจร regulator แบบใช้ IC ตัวเดียว คือเบอร์ LM 340 สำหรับจ่ายไฟ + 15V d c regulated โดยด้าน input ใช้ ๒๐ V unregulated ทำนองเดียวกันเลือก IC เบอร์ LM 320 สำหรับจ่ายไฟ - 15 V d c regulated โดยด้าน input ใช้ - 20 V unregulate

กำหนด ripple factor 10% คำนวณ L1, C7, C8[๗] ได้ดังนี้

C7 = 100 μF, C8 = 300 μF, L_1 = 100 mH

ทำนองเดียวกันคำนวณ R_1 = 33 Ω, R2 = 33 Ω

C1 = C2 = C3 = 100 μF และ C4 = C5 = C6 = 100 μF

การคำนวณ Power transformer กำหนดกระแสของ secondary winding เพิ่มขึ้น ๕ เท่าเพื่อเป็น Safty factor ดังนั้น

Secondary winding ชุดที่ ๑ กำหนด 15 V 45 mA

Secondary winding ชุดที่ ๒ กำหนด 15 V 45 mA

Secondary winding ชุดที่ ๓ กำหนด 75 V 100 mA.

คำนวณ power transformer โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งได้

---

[๗] Ben Zeines Electronic Communications Systems Prentice Hall, 1970, P. 50

ทำ programme ไว้เรียบร้อยแล้ว และใช้งานอยู่ที่สำนักงาน พลังงานปรมณูเพื่อสันติ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

จำนวนรอบของ Primary winding = 2655 รอบ ใช้ลวดเบอร์ 39 SWG

จำนวนรอบของ Secondary winding 1 = 181 รอบ ใช้ลวดเบอร์ 39 SWG

จำนวนรอบของ Secondary winding 2 = 181 รอบ ใช้ลวดเบอร์ 39 SWG

จำนวนรอบของ Secondary winding 3 = 905 รอบ ใช้ลวดเบอร์ 35 SWG