เอกสารอ้างอิง

1. Presman, A.I. : Switching and Linear Power Supply, Power Converter Design. New Jersey : Hayden Book Company Inc., 1977

2. Chryssis, George : High Frequency Switching Power Supplies, Theory and Design. New York : Mcgraw-Hill Book Company Inc., 1984

3. Lawrence Baker Arguimbau, Richard Brooks Adler : Vacuum Tube Circuits and Transistors. New York : John Wiley and Sons. Inc., 1956

4. Robert Boylestad, Louis Nashelsky : Electronic Device and Circuit Theory. New Jersey : Prentice Hall, Inc., 1978

5. Irving Gottlieb : Switching Regulators and Power Supplies. The United of America : Tab Books Inc., 1976

6. National Semiconductor Corporation : Linear Data Book. National Semiconductor Inc., 1982

7. Nowicki, J.R. : Power Supplies for Electronic Equipment. Great Britain : Leonard Hill Books Inc., 1973

8. Richard Myers , Robert, D.P. " 200 kHz Power FET Technology in New Modular Power Supplies " Hewlett Packard Journal (August, 1981)

9. ORTEC Engineering Staff : Model 402D Power Supply and Service Manual. ORTEC.Inc,.

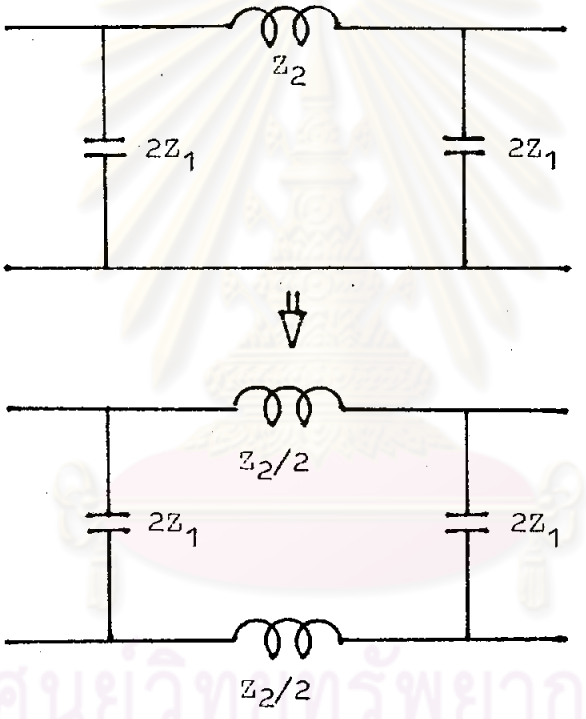
10. ยืน ภู่วรวรรณ "การออกแบบเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธีสวิทชิ่งของเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง" วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2519

ภาคผนวก ก

ก.1 อาร์ เอฟ ไอ และ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

ก.1.1 อาร์ เอฟ ไอ [2,10]

จัดวงจรเป็นแบบพาย - ฟิลเตอร์



รูป ก

รูป ข

รูปวงจรที่ 1 ก แสดงวงจรลดทอนที่เป็นแบบพาย - ฟิลเตอร์
ข แสดงวงจรลดทอนที่เป็นแบบพาย - ฟิลเตอร์

ให้

Z_2 คือ รีแอกแตนซ์ชนิดความเหนี่ยวนำ

Z_1 คือ คาปาซิตีฟชนิดความจุ

จากรูปวงจรที่ 1 ก

$$2Z_1 + 2Z_2//2Z_1 = \frac{2Z_1\,(\,2Z_1 + Z_2\,)}{2Z_1 + Z_2 + 2Z_1}$$

$$= \frac{2Z_1\,(\,2Z_1 + Z_2\,)}{4Z_1 + Z_2}$$

..... (1)

$$2Z_1 + Z_2//2Z_1 = 2Z_1 + (\,Z_2/2 + Z_2/2\,)//2Z_1$$

$$= \frac{2Z_1\,(\,2Z_1 + Z_2\,)}{2Z_1 + Z_2 + 2Z_1}$$

..... (2)

เมื่อสมการ (1) = (2) จัดวงจร อาร์ เอฟ ไอ ซึ่งต่อเป็นวงจรฟิลเตอร์แบบโลว์พาส ชนิดสมดุล แสดงดังรูปวงจรที่ 3.3 ก

ให้

V_{in}	คือ	แรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า
V_{out}	คือ	แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก
C	คือ	ตัวเก็บประจุ
L	คือ	ตัวเหนี่ยวนำ
R_L	คือ	ตัวต้านทานโหลด
R_s	คือ	ตัวต้านทานแหล่งจ่าย

สูตร $f_o = \left[\frac{0.2}{248LC\,R_L^2}\right]^{1/3}$

กำหนดให้

ความถี่ตัดออก f_o = 10×10^{3} Hz

C = 0.11×10^{-6} F

R_s = 73 โอห์ม

เพราะฉะนั้น

$$L = \frac{0.2}{248C^{2}Rf_o^{3}}$$

$$= \frac{0.2}{248 \times (0.11 \times 10^{-6})^{2} \times 73 \times (10 \times 10^{3})^{3}}$$

L = 9.13×10^{-4} H

เลือกตัวเหนี่ยวนำ L ค่า 10×10^{-4} เฮนรี

ก.1.2 <u>แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง</u> (1)

จากรูปวงจรที่ 3.4 กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า 220 โวลต์ คลื่นไซน์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

กระแสไฟฟ้าที่ทางออก (I_{out}) = 0.8 แอมแปร์

แรงดันระลอกคลื่น ΔV = 20% V_{out}

จากสูตร $C = \frac{I \Delta T}{\Delta V}$ ..... (3) (1)

$$= \frac{0.8}{2 \times 50 \times \frac{20}{100} \times 220 \times 1.414}$$

= 128.6×10^{-6} F

เมื่อ $C = C_{3,4}$ เลือกค่า 110×10^{-6} F

เลือก C_{5-8} ค่า 0.002×10^{-6} F

เลือก D_{1-4} (1N5048)

ก.1.3 <u>แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์</u>[3]

จากรูปวงจรที่ 3.5 กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก (V_{out}) = 5 V

กระแสโหลดสูงสุด I_{Lmax} = 1 A

การปรับโหลด (load regulation) ของไอซี 1 คือ 66 %

เลือก

หม้อแปลง T_3 เป็นแบบแยกขดลวด แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิต่อแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิคือ 220 โวลต์ : 9 โวลต์

ไอซี 1 คือ 7805

ให้ไอซี 1 เป็นเหมือนตัวต้านทาน R ได้วงจรฟิลเตอร์เป็นแบบ RC ฟิลเตอร์

สูตร $V_{out} = \frac{X_C^2 \sqrt{2} \; I}{R}$ (3) (4)

เมื่อ

X_C คือ รีแอกแตนซ์ชนิดความเหนี่ยวนำ

$R = \frac{V_{in} - V_{out}}{I_L}$

$V_{in} = \sqrt{2} \times 9$

$= 12.728$ V

เพราะฉะนั้น

$$R = \frac{12.728 - 5}{1}$$

$$= 7.728 \quad \text{โอห์ม}$$

ให้แรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นที่แรงดันไฟฟ้าทางออกคือ 50×10^{-3} โวลต์

จากสมการ (4) จะได้

$$X_C = \sqrt{\frac{V_{out}\ R}{\sqrt{2}\ I}}$$

$$= \sqrt{\frac{50 \times 10^{-3} \times 7.728}{1.414 \times 1}}$$

$$= 0.52 \quad \text{โอห์ม}$$

สูตร ตัวเก็บประจุ $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times 100 \times 0.52}$$

$$= 3046 \times 10^{-6} \quad F$$

เลือก $C = C_9 = C_{10}$ ค่า 3000 u F

D_{5-8} (1N4002)

ก.2 <u>พรีเรกุเลเตอร์และสวิตช์</u>[1,2,6]

จากรูปวงจรที่ 3.6

ตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ ตัวเก็บประจุ C_{11} ต่อเป็นวงจรฟิลเตอร์

ที่ตัวเหนี่ยวนำ L_1 ให้

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวเหนี่ยวนำ L_1 = L di/dt

เมื่อ

$$V_L = V_{in} - V_{out}$$

$$di = I$$

ดังนั้น

$$\text{สูตร} \quad L_1 = \frac{V_{in} - V_{out}\ \Delta T}{\Delta I_L}$$

หรือ

$$\text{สูตร} \quad L_1 = \frac{V_{out}\ t_{off}}{I_{out}}$$

L คือ ตัวเหนี่ยวนำ

ΔI คือ กระแสที่เปลี่ยนแปลง

V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า

V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก

t_{off} คือ เวลาปิด

ที่ตัวเก็บประจุ C_{11} ให้

$$\text{แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก } (V_{out}) = \frac{1}{C_{11}} \int_{t_1}^{t_2} i\ dt$$

$$\text{กระแสเฉลี่ยระหว่างเวลา } t_1 \text{ ถึง } t_2 = \frac{\Delta I_L}{4}$$

$$\text{สูตร} \quad V_{out} = \frac{\Delta I_L}{4C_{11}} \left[\frac{t_{on} + t_{off}}{2} \right]$$

เมื่อ

$$t_{on} + t_{off} = T$$

เพราะฉะนั้น

$$\text{สูตร} \quad V_{out} = \frac{\Delta I_L \; T}{4 C_{11} \; 2}$$

และ

$$\Delta I_L = \frac{V_{out} \; (\; V_{in} - V_{out} \;) \; T}{V_{in} \; L_1}$$

$$\Delta V_{p-p} = \frac{V_{out} \; (\; T - t_{on} \;) \; T}{8 \; L_1 \; C_{11}}$$

$$t_{on} = \frac{V_{out} \; T}{V_{in}}$$

$$\Delta V_{P-P} = \frac{V_{out} \; (\; V_{in} - V_{out} \;) \; T^2}{8 \; V_{in} \; L_1 \; C_{11}}$$

$$\text{สูตร} \quad C_{11} = \frac{V_{out} \; (\; V_{in} - V_{out} \;) \; T^2}{8 \; L_1 \; V_{in} \; \Delta V_{P-P}}$$

กำหนดให้

V_{in}	=	310	V
V_{out}	=	232	V
I_{Lmax}	=	3	A
ΔI_L	=	0.4 I_L	
t_{off}	=	T/2	s
f	=	28×10^3	Hz
ΔV_{P-P}	=	20% V_{out}	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูตร $L_1 = \frac{V_{in} - V_{out}}{0.4\ I_L} \times t_{off}$

$= \frac{(310 - 232) \times 1.79 \times 10^{-5}}{0.4 \times 3}$

$= 1.16 \times 10^{-3}$ H

เลือก L_1 ค่า 1.9 mH

สูตร $C_{11} = \frac{V_{out} (V_{in} - V_{out}) T^2}{8\ L_1\ V_{in}\ \Delta V_{P-P}}$

$= \frac{232 (310 - 232) (1/28 \times 10^{3})^2}{8 \times 1.9 \times 10^{-3} \times 310 \times 0.2}$

$= 24.5 \times 10^{-6}$ F

เลือก C_{11} ค่า 16×10^{-6} F

เลือกแกนฟิลเตอร์โช้ก L_1 ชนิดเฟอร์ไรต์Tomita Ferrite 2C3 ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด (B_{max}) = 3700 เกาส์

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าคือ 500 เซอร์คูลามิล/แอมแปร์

ขนาดลวด (D) = ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า

= 500 x 3

= 1500 เซอร์คูลามิล

จากตารางที่ (4.6)

จากสมการ (3.11)

$A_E\ A_C = \frac{5.067 \times 10^{8} \times L \times I_L \times D^2}{0.8\ B_{max}}$

$$= \frac{5.067 \times 10^{8} \times 1.9 \times 10^{-3} \times 3 \times 0.0391^{2}}{0.8 \times 3700}$$

$$= 1.49 \text{ cm}^{4}$$

จากแผ่นข้อมูล Tomita Ferrite เลือกแบบและขนาดคือ E-E 50

เลือก

ทรานซิสเตอร์ Q_4 (2SC1413) มีอัตราขยาย (h_{FEmin}) = 10
ทรานซิสเตอร์ $Q_{3,1}$ (2SC2423) มีอัตราขยาย (h_{FEmin}) = 43
ทรานซิสเตอร์ Q_2 (2SA911) มีอัตราขยาย (h_{FEmin}) = 50
ไดโอด D_{15} (BYX - 55)

กำหนดให้

กระแสคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_4 = 3 แอมแปร์

สูตร $h_{FE(Q4)} = \frac{I_{C(Q4)}}{I_{B(Q4)}}$

$$10 = \frac{3}{I_{B(Q4)}}$$

$$I_{B(Q4)} = 0.3 \text{ A}$$

เมื่อ

$$I_{B(Q4)} = I_{E(Q3)} - I_{R5}$$

ให้

$$I_{R5} = 20 \times 10^{-3} \text{ A}$$

ดังนั้น

$$I_{E(Q3)} = 0.3 + 20 \times 10^{-3}$$

$$= \quad 0.32 \qquad A$$

ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเบส - อิมิตเตอร์ (V_{BE}) ของทรานซิสเตอร์ Q_4 = 0.6 โวลต์

$$R_5 = \frac{V_{BE(Q4)}}{I_{R5}}$$

$$= \frac{0.6}{20 \times 10^{-3}}$$

$$= 30 \qquad \text{โอห์ม}$$

เลือก R_5 ค่า 30 โอห์ม

กำหนดให้ $I_{C(Q3)} = I_{E(Q3)} = 0.32$

$$h_{FE(Q3)} = \frac{I_{C(Q3)}}{I_{B(Q3)}}$$

$$I_{B(Q3)} = \frac{0.32}{43}$$

$$= 7.44 \qquad \text{mA}$$

กำหนดให้กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_4 = 40×10^{-3} แอมแปร์

ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเบส - อิมิตเตอร์ (V_{BE}) ของทรานซิสเตอร์ Q_4 = 0.6

$$R_4 = \frac{V_{BE(Q3)} + V_{BE(Q4)}}{I_{R4}}$$

$$= \frac{0.6 + 0.6}{40 \times 10^{-3}}$$

$$= 30 \qquad \text{โอห์ม}$$

เลือก R_4 ค่า 30 โอห์ม

สูตร $h_{FE(Q2)} = \frac{I_{C(Q2)}}{I_{B(Q2)}}$

กำหนดให้

$I_{C(Q2)} = I_{B(Q3)} + I_{R4}$

$I_{B(Q2)} = \frac{7.44 \times 10^{-3} + 40 \times 10^{-3}}{50}$

$= 9.5 \times 10^{-4}$ A

กำหนดให้

$I_{C(Q1)} = I_{R2} = 20 \times 10^{-3}$ A

$V_{CE(Q1)sat} = 1$ V

$R_2 = \frac{+B - V_{CE(Q1)sat}}{I_{R2}}$

ดังนั้น

$R_2 = \frac{310 - 1}{20 \times 10^{-3}}$

$= 15.5 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือก R_2 ค่า 15 กิโลโอห์ม

ให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเบส - อิมิตเตอร์ (V_{BE}) ของทรานซิสเตอร์ Q_2 = 0.6 โวลต์

ให้

$I_{R3} = I_{C(Q1)} + I_{B(Q2)}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_3 = \frac{V_{BE(Q2)}}{I_{C(Q1)}}$$

$$= \frac{0.6}{20 \times 10^{-3}}$$

$$= 30 \text{ โอห์ม}$$

เลือก R_3 ค่า 30 โอห์ม

สูตร $h_{FE(Q1)} = \frac{I_{C(Q1)}}{I_{B(Q1)}}$

$$I_{B(Q1)} = \frac{20 \times 10^{-3}}{43}$$

$$= 4.65 \times 10^{-4} \text{ A}$$

กำหนดให้

$$I_{R1} = 5I_{B(Q1)}$$

$$R_1 = \frac{V_{BE(Q1)}}{5I_{B(Q1)}}$$

$$= \frac{0.6}{5 \times 4.65 \times 10^{-4}}$$

$$= 258 \text{ โอห์ม}$$

เลือก R_1 ค่า 330 โอห์ม

เลือก $D_{9,10,11}$ (Fast recovery diode 5A 30V)

$D_{12,13,14}$ (BY 229)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 อินเวอร์เตอร์

ก.3.1 วงจรผลิตความถี่[1,2,7]

จากวงจรรูปที่ 3.8 ก

เลือก ไดโอด D_{16} (1N4001)

ทรานซิสเตอร์ Q_5 และ Q_6 (2N3053) มีอัตราขยาย (h_{FEmin}) = 50

แกนเฟอร์ไร้ต์ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้

ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด (B_{max}) = 2600 เกาส์
พื้นที่หน้าตัดแกน (A_E) = 0.25 ตารางเซนติเมตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า = 250 เซอร์คูลาร์มิล/แอมแปร์

กำหนดให้

$I_{C(Q5,6)}$ = 0.185 A

กระแสโหลด I_L = 0.37 A

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ (V_S) = 1.75 V
แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดป้อนกลับ (V_B) = 2.4 V
แรงดันไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางขดลวดปฐมภูมิ (V_C) = 5 V

หม้อแปลง T_3 พันแบบแยกขดลวด และ แบบแยกกึ่งกลางขดลวด

สูตร $$N_P = \frac{(V_C - V_{CEsat}) \times 10^8}{4 B_{max} f A_E}$$

เมื่อ

V_{CEsat} = 1 V
ความถี่ f = 33×10^3 Hz

$$N_P = \frac{(5-1) \times 10^8}{4 \times 2600 \times 33 \times 10^3 \times 0.25}$$

$$= 5 \text{ รอบ}$$

เลือกขดลวดปฐมภูมิ N_P = 12 รอบ

ขนาดลวดปฐมภูมิ = ความหนาแน่นกระแส x กระแสไฟฟ้า

= 250 x 0.185

= 46.25 เซอร์คูลาร์มิล

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดลวดปฐมภูมิ SWG 33

สูตร $\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_C - V_{CEsat}}{V_S}$

$N_S = \frac{12 \times 1.75}{4}$

$= 5.25$ รอบ

เลือกขดลวดทุติยภูมิ N_S = 6 รอบ

ขนาดลวดทุติยภูมิ = ความหนาแน่นกระแส x กระแสไฟฟ้า

= 250 x 0.37

= 92.5 เซอร์คูลาร์มิล

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดลวดทุติยภูมิ SWG 30

สูตร $\frac{N_P}{N_B} = \frac{V_C - V_{CEsat}}{V_B}$

$N_B = \frac{12 \times 2.4}{4}$

$= 7.2$ รอบ

เลือกขดลวดป้อนกลับ N_B = 6 รอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สูตร $h_{FE(Q5,6)} = \frac{I_{C(Q5,6)}}{I_{B(Q5,6)}}$

$I_{B(Q5,6)} = \frac{0.185}{50}$

$= 3.7$ mA

ขนาดลวดป้อนกลับ = ความหนาแน่นกระแส x กระแสไฟฟ้า

$= 250 \times 3.7 \times 10^{-3}$

$= 0.925$ เซอร์คูลาร์มิล

เลือกขนาดลวดป้อนกลับ SWG 30

จากสมการ (3.14)

สูตร $R_{7,8} = \frac{N_{B1}/N_{P1} (V_C - V_{CEsat}) - V_{BE} - V_{D16}}{10 I_{B(Q5,6)}}$

$= \frac{8/12 (5 - 1) - 0.6 - 0.6}{10 \times 3.7 \times 10^{-3}}$

$R_{7,8} = 39.6$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน $R_{7,8}$ ค่า 50 โอห์ม

จากสมการ (3.18) กำหนดให้

$3 R_6 C_{12} = \frac{15\% T}{2}$

เลือก

$C_{12} = 0.1 \times 10^{-6}$ F

ดังนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_6 = \frac{15 \times 3.03 \times 10^{-5}}{100 \times 2 \times 3 \times 0.1 \times 10^{-6}}$$

$$R_6 = 7.6 \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_6 ค่า 68 โอห์ม

$$R_9 = \frac{V_C - V_{D16}}{I_{B(Q5,6)} / 5}$$

$$= \frac{5 (5 - 0.6)}{3.7 \times 10^{-3}}$$

$$= 5.95 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_9 ค่า 6.8 กิโลโอห์ม

ก.3.2 <u>อินเวอร์เตอร์</u> (1,2,5,6,8)

จากรูปวงจรที่ 3.10

เลือก

ทรานซิสเตอร์ $Q_{8,10}$ (2SC1413) , h_{FEmin} = 10
ทรานซิสเตอร์ $Q_{7,9}$ (2SC2423) , h_{FEmin} = 43
ไดโอด $D_{19,22}$ (BYX - 55)
ไดโอด $D_{18,21}$ (BY - 229)
ไดโอด $D_{17,20}$ (1N4048)

สูตร $T = \frac{1}{f}$

ความถี่ $f = 33 \times 10^{3}$ Hz

$$T = \frac{1}{33 \times 10^{3}}$$

$T = 3.03 \times 10^{-5}$ s

กำหนดให้

กระแสโหลด $I_L = 3$ A

สูตร $h_{FE(Q8)} = \frac{I_{C(Q8)}}{I_{B(Q8)}}$

$I_{B(Q8)} = \frac{3}{10}$

$= 0.3$ A

กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน $R_{12} = \frac{I_{B(Q8)}}{10}$

$I_{R12} = \frac{0.3}{10}$

$R_{12} = \frac{V_{BE(Q8)}}{I_{B(Q8)}}$

เมื่อ

$V_{BE(Q8)} = 0.6$ V

ดังนั้น

$R_{12} = \frac{0.6 \times 10}{0.3}$

$= 20$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน $R_{12,16}$ ค่า 15 โอห์ม

ให้

$I_{E(Q7)} = I_{B(Q8)} + I_{R12}$

$= 0.3 + 0.03$

$= 0.33$ A

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้

$$I_{C(Q7)} = I_{E(Q7)}$$

$$= 0.33 \quad A$$

$$\text{สูตร} \quad h_{FE(Q7)} = \frac{I_{C(Q7)}}{I_{B(Q7)}}$$

$$I_{B(Q7)} = \frac{0.33}{43}$$

$$= 7.7 \times 10^{-3} \quad A$$

ให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน $R_{11} = \frac{I_{B(Q7)}}{10}$

$$I_{R11} = \frac{7.7 \times 10^{-3}}{10}$$

$$= 0.77 \times 10^{-3} \quad A$$

$$R_{11} = \frac{V_{BE(Q7)} + V_{BE(Q8)}}{I_{R11}}$$

$$= \frac{0.6 + 0.6}{0.77 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.6 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน $R_{11,15}$ ค่า 2.2 กิโลโอห์ม

$$\text{สูตร} \quad V_{out} = V_{in} \left(1 - e^{-5\% \, T/2 \times 3R_{10} C_{13}} \right)$$

เลือก

แรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า V_{in} = 1.75 V

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก V_{out} = 1.2 V

ตัวเก็บประจุ $C_{13,14}$ = 0.04×10^{-6} F

ดังนั้น

$$1.2 = 1.75 \left(1 - e^{-5 \times 3.03 \times 10^{-5} / 100 \times 6 R_{10} C_{13}} \right)$$

$$-0.38 = \frac{-5 \times 3.03 \times 10^{-5}}{600 \times 0.04 \times 10^{-6} \times R_{10}}$$

$$R_{10} = 16.6 \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน $R_{10,14}$ ค่า 20 โอห์ม

ที่วงจรตาข่าย (network) , R_{13} และ C_{15}

สูตร $3R_{13} C_{15} = \frac{5\% \, T}{2}$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{15} ค่า 0.002×10^{-6} F

$$R_{13} = \frac{5 \times 3.03 \times 10^{-5}}{100 \times 2 \times 0.002 \times 10^{-6}}$$

$$= 379 \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{13} ค่า 470 โอห์ม

ก.4 <u>หม้อแปลง</u>[1,2]

จากวงจรรูปที่ 3.11

เลือกหม้อแปลง T_2 แกนเฟอร์ไร้ต์ Ferroxcube EC70 , 3C8 ซึ่งมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติเฉพาะดังนี้

พื้นที่หน้าตัดแกน A_E = 2.79 ตารางเซนติเมตร

ความเข้มสนามแม่เหล็กสูงสุด B_{max} = 3300 เกาส์

กำหนดให้

ความถี่ f = 33×10^3 Hz

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก $V_{out} = V_C$ = 232 V

$$B_{max} = \frac{3300}{2}$$

$$= 1650 \text{ เกาส์}$$

$$V_{CEsat} = 1 \text{ V}$$

สูตร
$$N_P = \frac{(V_{out} - V_{CEsat}) \times 10^8}{4 f B_{max} A_E}$$

$$= \frac{(232 - 1) \times 10^8}{4 \times 33 \times 10^3 \times 1650 \times 2.79}$$

$$= 38 \text{ รอบ}$$

เลือกขดลวดปฐมภูมิ N_P = 37 รอบ

จำนวนรอบขดลวดปฐมภูมิ N_P แบบแยกจุดกึ่งกลางขดลวด = $2 N_P$

= 74 รอบ

สูตร
$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_C - V_{CEsat}}{V_S}$$

เมื่อ

V_S = 12 V

$$N_S = \frac{37 \times 12}{232 - 1}$$

$= 1.9$ รอบ

เลือก ไอซี 2 - 3 (LM350) ซึ่งเป็นเรกกูเลเตอร์แบบอนุกรม แสดงดังวงจรรูปที่ 3.12

กำหนดให้ประสิทธิภาพของไอซี 2 - 3 $= 66$ %

ดังนั้น

$$N_S = \frac{1.9 \times 100}{66}$$

$= 2.9$ รอบ

เลือกจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิ $N_S = 4$ รอบ

จำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิ N_S แบบแยกจุดกึ่งกลางขดลวด $= 2\ N_S$

$= 8$ รอบ

สูตร $\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_C - V_{CEsat}}{V_S}$

เมื่อ

$V_S = 24$ V

$$N_S = \frac{37 \times 24}{232 - 1}$$

$= 3.84$ รอบ

เลือก ไอซี 4 - 5 (LM350) ซึ่งเป็นเรกกูเลเตอร์แบบอนุกรม แสดงดังวงจรรูปที่ 3.12

กำหนดให้ประสิทธิภาพของไอซี 4 - 5 $= 66$ %

ดังนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$N_S = \frac{3.84 \times 100}{66}$$

$$= 5.8 \quad \text{รอบ}$$

เลือกจำนวนขดลวดทุติยภูมิ N_S = 6 รอบ

จำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิ N_S แบบแยกจุดกึ่งกลางขดลวด = $2 N_S$

= 12 รอบ

สูตร กำลังที่ทางออก (P_{out}) = $\frac{1}{2} L_P I_P^2 f$

กำหนดให้

กำลังที่ทางออก (P_{out}) = 132 W

กระแส I_P = 3 A

เพราะฉะนั้น

$$L_P = \frac{132 \times 2}{3 \times 33 \times 10^3}$$

$$= 0.9 \times 10^{-3} \quad \text{H}$$

เลือกตัวเหนี่ยวนำ L_P ค่า 1.5 mH

กำหนดให้

ความเข้มกระแส = 500 เซอร์คูลาร์มิล/แอมแปร์

ดังนั้น

ขนาดเส้นลวดของขดลวดปฐมภูมิ N_P = 500 x 3

= 1500 เซอร์คูลาร์มิล

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดเส้นลวดของขดลวดปฐมภูมิ SWG 19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของขดลวดทุติยภูมิ 5 โวลต์ จ่ายกระแสโหลดสูงสุด 5 แอมแปร์

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของขดลวดทุติยภูมิ ±12 โวลต์ จ่ายกระแสโหลดสูงสุด 2 แอมแปร์

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของขดลวดทุติยภูมิ ±24 โวลต์ จ่ายกระแสโหลดสูงสุด 1 แอมแปร์

ดังนั้น

ขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิ (N_S) กระแสโหลด 5 แอมแปร์

$$= 500 \times 5$$

$$= 1500 \quad \text{เซอร์คูลาร์มิล}$$

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิที่กระแสโหลด 5 แอมแปร์ SWG 18 โดยการพันแบบ 2 เส้นคู่

ขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิ (N_S) กระแสโหลด 2 แอมแปร์

$$= 500 \times 2$$

$$= 1000 \quad \text{เซอร์คูลาร์มิล}$$

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิที่กระแสโหลด 2 แอมแปร์ SWG 20

ขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิ (N_S) กระแสโหลด 1 แอมแปร์

$$= 500 \times 1$$

$$= 500 \quad \text{เซอร์คูลาร์มิล}$$

จากตารางที่ 4.6 เลือกขนาดเส้นลวดของขดลวดทุติยภูมิที่กระแสโหลด 1 แอมแปร์ SWG 23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.5 วงจรเรียงกระแสและเรกกูเลเตอร์

ก.5.1 วงจรเรียงกระแส [1,2,5,6]

จากรูปวงจรที่ 3.12 จะได้

$$V_L = L\ di/dt$$

เมื่อ

$$V_L = V_{in} - V_{out}$$

$$di = \Delta I_L$$

ดังนั้น

$$L = \frac{(V_{in} - V_{out})\ \Delta T}{\Delta I_L}$$

ให้

$$V_{in} - V_{out} = V_{out}$$

ดังนั้น

$$L = \frac{V_{out}\ \Delta T}{\Delta I_L}$$

กำหนดให้

$$\Delta I_L = 0.25\ I_L$$

$$\Delta T = t_{off}$$

$$t_{off} = \frac{1}{2}\left(\frac{1 - V_{out}/V_{in}}{f}\right)$$

สูตร

$$L = \frac{V_{out} - V_{out}^2/V_{in}}{0.5\ f\ I_L}$$

เมื่อ

t_{off} คือ เวลาปิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก

V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า

f คือ ความถี่

L คือ ตัวเหนี่ยวนำ

I_L คือ กระแสโหลด

ให้

$$V_{out} = \frac{1}{C}\int_{t_1}^{t_2} i\,dt$$

กระแสเฉลี่ยระหว่างเวลา t_1 ถึง t_2 $= \frac{I_{out}}{4}$

ดังนั้น

$$\Delta V_{out} = \frac{\Delta I_{out}}{4C} \times \frac{T}{2}$$

เมื่อ

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

$$\Delta V_{out} = \frac{\Delta I_{out}}{8Cf}$$

หรือ

สูตร $C = \frac{\Delta I_{out}}{8f\,\Delta V_{out}}$

กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ +5โวลต์ กระแสโหลด 5 แอมแปร์

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ ±12 โวลต์ กระแสโหลด 2 แอมแปร์

แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ ±24 โวลต์ กระแสโหลด 1 แอมแปร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถี่ f = 33×10^{3} Hz

V_{in} = 232 V

ที่แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ 5 โวลต์ กระแสโหลด 5 แอมแปร์

สูตร L = $\frac{V_{out} - V_{out}^{2}/V_{in}}{0.5 \text{ f } I_L}$

= $\frac{5 - 5 \times 5/232}{0.5 \times 33 \times 10^{3} \times 5}$

L = 5.93×10^{-5} H

เมื่อ $L = L_2 = L_3$

เลือกตัวเหนี่ยวนำ L_2 และ L_3 ค่า 50 uH

สูตร C = $\frac{\Delta I_{out}}{8 \text{ f } \Delta V_{out}}$

เมื่อ

ΔV_{out} = 1×10^{-3} V

ΔI_{out} = $0.25 I_L$

ดังนั้น

C = $\frac{0.25 \times 5}{8 \times 33 \times 10^{3} \times 1 \times 10^{-3}}$

C = 4735×10^{-6} F

เมื่อ $C = C_{17} + C_{18}$

เลือกตัวเก็บประจุ $C_{17} + C_{18}$ ค่า 9400 uF

ที่แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ ±12 โวลต์ กระแสโหลด 2 แอมแปร์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{สูตร } L = \frac{V_{out} - V_{out}^2/V_{in}}{0.5\ f\ I_L}$$

$$= \frac{12 - 12 \times 12/232}{0.5 \times 33 \times 10^3 \times 2}$$

$$= 0.34 \times 10^{-3} \text{ H}$$

เมื่อ $L = L_4 = L_5$

เลือกตัวเหนี่ยวนำ L_4 และ L_5 ค่า 0.3 mH

$$\text{สูตร } C = \frac{\Delta I_{out}}{8\ f\ \Delta V_{out}}$$

เมื่อ

$\Delta V_{out} = 0.05$ V

$\Delta I_{out} = 0.25\ I_L$

ดังนั้น

$$C = \frac{0.25 \times 2}{8 \times 33 \times 10^3 \times 0.05}$$

$$= 37.9 \times 10^{-6} \text{ F}$$

เมื่อ $C = C_{20} = C_{23}$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{20} และ C_{23} ค่า 50 uF

ที่แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกขดลวดทุติยภูมิ ±24 โวลต์ กระแสโหลด 1 แอมแปร์

$$\text{สูตร } L = \frac{V_{out} - V_{out}^2/V_{in}}{0.5\ f\ I_L}$$

$$= \frac{24 - 24 \times 24/232}{0.5 \times 33 \times 10^3 \times 1}$$

$$= 1.3 \times 10^{-3} \quad H$$

เมื่อ $L = L_6 = L_7$

เลือกตัวเหนี่ยวนำ L_6 และ L_7 ค่า 1.2 mH

สูตร $C = \frac{\Delta I_{out}}{8 f \Delta V_{out}}$

เมื่อ

$\Delta V_{out} = 0.05$ V

$\Delta I_{out} = 0.25 I_L$

ดังนั้น

$$C = \frac{0.25 \times 1}{8 \times 33 \times 10^{3} \times 0.05}$$

$$= 18.9 \times 10^{-6} \quad F$$

เมื่อ $C = C_{26} = C_{27}$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{26} และ C_{27} ค่า 25 uF

ก.5.2 <u>เรกกุเลเตอร์</u>[1]

จากรูปวงจรที่ 3.12

เลือกไอซี 2 - 5 (LM350) ซึ่งเป็นไอซีเรกกุเลเตอร์แบบ 3 ขา มีคุณสมบัติเฉพาะคือ

$C_{in} = C_{20/1} = C_{23/1} = C_{26/1} = C_{27/1} = 1 \times 10^{-6}$ F

$C_{out} = C_{21} = C_{24} = C_{27} = C_{30} = 1 \times 10^{-6}$ F

$V_{ref} = 1.25$ V

$I_{adj} = 50 \times 10^{-6}$ A

$R_1 = R_{17} = R_{20} = R_{23} = R_{26} = 240$ โอห์ม

$R_2 = R_{18} + R_{19} = R_{21} + R_{22}$

D_{35-42} (1N4002)

สูตร $V_{out} = V_{ref} (1 + R_2/R_1) + I_{adj} R_2$

เมื่อ

$V_{out} = 12$ V

ดังนั้น

$R_2 = V_{out} - V_{ref} / (I_{adj} + V_{ref}/R_1)$

$= 12 - 1.25/(50 \times 10^{-6} + 1.25/240)$

$= 2.044 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน $R_{18} + R_{19}$ และ $R_{21} + R_{22}$ ค่า 10×10^{3} โอห์ม แบบปรับค่าได้

กำหนดให้

$R_{2/1} = R_{24} + R_{25} = R_{27} + R_{28}$

$V_{out} = 24$ V

สูตร $V_{out} = V_{ref} (1 + R_{2/1}/R_1) + I_{adj} R_{2/1}$

$R_{2/1} = 24 - 1.25/(50 \times 10^{-6} + 1.25/240)$

$= 4.326 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน $R_{24} + R_{25}$ และ $R_{27} + R_{28}$ ค่า 10×10^{3} โอห์ม แบบปรับค่าได้

กำหนดให้

$V_{out} = - 5$ V

I_{out} = 1 A

เลือก ไอซี 12 (7905)

สูตร $C_{42} = \frac{I_{out}}{f \Delta V_{out}}$

เมื่อ

ΔV_{out} = 10 mV

f = 33 KHz

ดังนั้น

$$C_{42} = \frac{1}{2 \times 33 \times 10^{3} \times 10 \times 10^{-3}}$$

= 1515 uF

เลือกตัวเก็บประจุ C_{42} ค่า 1000 uF

ก.6 <u>วงจรชยายค่าผิดพลาด</u>

จากวงจรรูปที่ 3.14 ก

เลือก

ไอซี 6 (LM311)

กำหนดให้

V_{CC} = 12 V

สูตร $R_{30} = \frac{V_{CC} - V_{Z(D43)}}{I_{Z(D43)}}$

$$= \frac{12 - 3.9}{30 \times 10^{-3}}$$

= 270 โอห์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลือกตัวต้านทาน R_{30} ค่า 270 โอห์ม

$$R_{29} = \frac{V_{sens}}{I_{R29}}$$

กำหนดให้ $I_{R29} = 2.5$ mA

$$R_{29} = \frac{5}{2.5 \times 10^{3}}$$

$$= 2 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{29} ค่า 2×10^{3} โอห์ม แบบปรับค่าได้

กำหนดให้

เวลาในการคายประจุของ C_{32} = 0.1 s

$$T = R_{31} C_{32}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{31} ค่า 500×10^{3} โอห์ม

ดังนั้น

$$C_{32} = \frac{0.1}{500 \times 10^{3}}$$

$$= 0.2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{32} ค่า 0.2×10^{-6} F

เลือกตัวเชื่อมต่อใช้แสง (optocoupler) 4N26 ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะคือ

$$\frac{\text{กระแสทรานซิสเตอร์ } I_{Q12}}{\text{กระแสไดโอด } I_{D46}} = 0.5$$

ทรานซิสเตอร์ Q_{11} (2N3053), $h_{FE} = 150$

กำหนดให้

แรงดันที่คอลเลกเตอร์ Q_{11} = 9 V

แรงดันตกคร่อมไดโอด D_{46} = 1 V

$I_{C(Q11)}$ = 1×10^{-3} A

ดังนั้น

$$R_{35} = \frac{12 - 9 - 1}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 2 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{35} ค่า 1.5 กิโลโอห์ม

กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าทางเข้า V_{in} = 7 V

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_{33} = 1.8 V

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_{32} = 5.2 V

เลือกตัวต้านทาน R_{33} ค่า 1×10^{3} โอห์ม

เมื่อ

$$V_{R33} = \frac{V_{in} R_{33}}{R_{32} + R_{33}}$$

ดังนั้น

$$1.8 = \frac{7 \times 1 \times 10^{3}}{R_{32} + 1 \times 10^{3}}$$

$$R_{32} = 2.9 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{32} ค่า 3 กิโลโอห์ม

ให้

$$V_{D44} + V_{D45} = V_{R36} = 1.2 \text{ V}$$

เลือกไดโอด D_{44} และ D_{45} (1N4148) , I_F = 10 mA

เลือกตัวต้านทาน R_{36} ค่า 10 กิโลโอห์ม

ดังนั้น

$$I_{R36} = \frac{V_{R36}}{R_{36}}$$

$$= \frac{1.2}{10 \times 10^{3}}$$

$$= 0.12 \times 10^{-3} \text{ A}$$

กำหนดให้

$$I_{R34} = 10\ I_{R36}$$

$$= 10 \times 0.12 \times 10^{-3}$$

$$= 1.2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_{34} = \frac{V_{CC} - V_{D44,45}}{I_{R34}}$$

$$= \frac{12 - 1.2}{1.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 9 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{34} ค่า 6 กิโลโอห์ม

จากวงจรรูปที่ 3.14 ข

เลือก

ไอซี 7 (LM311)
ตัวเชื่อมต่อใช้แสง (optocoupler) 4N26 ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะคือ

$$\frac{\text{กระแสทรานซิสเตอร์ } Q_{12}}{\text{กระแสไดโอด } D_{46}} = 0.5$$

กำหนดให้

$I_{D46} = 1 \times 10^{-3}$ A

$V_{CE(Q12)} = 1.3$ V

เพราะฉะนั้น

$$R_{37} + R_{38} = \frac{V_{CC} - V_{CE(Q12)}}{I_{E(Q12)}}$$

กำหนดให้ $V_{CC} = 5$ โวลต์ ดังนั้น

$$R_{37} + R_{38} = \frac{5 - 1.3}{1 \times 10^{-3} \times 0.5}$$

$$= 7.4 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลือกตัวต้านทาน R_{37} ค่า 1.8 กิโลโอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{38} ค่า 5.6 กิโลโอห์ม

กำหนดให้

$V_{R40} + V_{R40/1} = 1.4$ V

ตัวต้านทาน R_{39} ค่า 470 โอห์ม

สูตร $$V_{R40} + V_{R40/1} = \frac{V_{CC} (R_{40} + R_{40/1})}{R_{39} + R_{40} + R_{40/1}}$$

$$1.4 = \frac{5 (R_{40} + R_{40/1})}{470 + R_{40} + R_{40/1}}$$

$R_{40/1} + R_{40} = 1.209 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{40} ค่า 1 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

เลือกตัวต้านทาน $R_{40/1}$ ค่า 1 กิโลโอห์ม

เลือกตัวเก็บประจุ C_{33} และ C_{34} ค่า 0.2 uF

กำหนดให้

เวลาในการคายประจุของ C_{35} = 0.01 s

$T = C_{35} R_{41}$

เลือกตัวต้านทาน R_{41} ค่า 560 กิโลโอห์ม

ดังนั้น

$$C_{35} = \frac{0.01}{560 \times 10^{3}}$$

$$= 1.8 \times 10^{-8} \text{ F}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลือกตัวเก็บประจุ C_{35} ค่า 0.02 uF

เลือกทรานซิสเตอร์ Q_{13} (2N3566) , h_{FEmin} = 40

กำหนดให้

แรงดันไฟฟ้าที่คอลเลกเตอร์ Q_{13} อยู่ระหว่าง 0.3 - 3 โวลต์

$$V_{CEsat} + V_{R45} = 0.3 \quad V$$

เลือกตัวต้านทาน R_{44} ค่า 27 กิโลโอห์ม

เมื่อ

$$I_{R44} = \frac{V_{CC} - (V_{CEsat} + V_{R45})}{R_{44}}$$

$$= \frac{5 - 0.3}{27 \times 10^{3}}$$

$$= 1.7 \times 10^{-4} \quad A$$

ให้

$$I_{E(Q13)} = I_{C(Q13)} + I_{B(Q13)}$$

สูตร $$h_{FE(Q13)} = \frac{I_{C(Q13)}}{I_{B(Q13)}}$$

$$I_{B(Q13)} = \frac{1.7 \times 10^{-4}}{40}$$

$$= 4.25 \times 10^{-6} \quad A$$

ให้

$$I_{R45} = I_{E(Q13)}$$

$$= 1.7 \times 10^{-4} + 4.25 \times 10^{-6}$$

$$= 1.7425 \times 10^{-4} \quad A$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_{45} = \frac{V_{R45}}{I_{R45}}$$

กำหนดให้

$$V_{R45} = 0.1 \quad V$$

ดังนั้น

$$R_{45} = \frac{0.1}{1.7425 \times 10^{-4}}$$

$$= 574 \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{45} ค่า 330 โอห์ม

$$R_{43} = \frac{V_B - V_{BE(Q13)} - V_{R45}}{I_{B(Q13)}}$$

กำหนดให้

$$V_B = 0.704 \quad V$$

$$V_{BE(Q13)} = 0.6 \quad V$$

เพราะฉะนั้น

$$R_{43} = \frac{0.704 - 0.6 - 0.1}{4.25 \times 10^{-6}}$$

$$= 941 \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{43} ค่า 470 โอห์ม

ให้

$$\frac{0.704 \times R_{42}}{R_{42} + R_{43}} = V_{BE(Q13)} + V_{R45}$$

ดังนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_{42} = \frac{329}{0.04}$$

$$= 8.23 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{42} ค่า 10 กิโลโอห์ม

เลือกไดโอด D_{47-49} (1N4001)

เมื่อ

$$V_{C(Q13)} = 3 \text{ V}$$

$$I_{R44} = \frac{V_{CC} - V_{C(Q13)}}{R_{44}}$$

$$= \frac{5 - 3}{27 \times 10^{3}}$$

$$= 7.4 \times 10^{-5} \text{ A}$$

กำหนดให้กระแส 0.74 ไมโครแอมแปร์ ไหลผ่านตัวเก็บประจุ C_{36}

ดังนั้น

$$\text{สูตร } C = \frac{\Delta I_{out}}{8 f \Delta V_{out}}$$

เมื่อ

$$\Delta V_{out} = 0.05 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$f = 28 \times 10^{3} \text{ Hz}$$

เพราะฉะนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$C = \frac{7.4 \times 10^{-5}}{8 \times 28 \times 10^{3} \times 0.05 \times 10^{-3}}$$

$$= 6.6 \times 10^{-6} \quad F$$

เมื่อ $C = C_{36}$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{36} ค่า 8 uF

ก.7 พัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์

ก.7.1 วงจรผลิตสัญญาณฟันเลื่อย (6)

จากรูปวงจรที่ 3.15 ก

เลือก

ไอซี 8 (LM555)

ทรานซิสเตอร์ Q_{14} (2N3643)

กำหนดให้

$f = 28 \times 10^{3}$ Hz

$R_A = R_{46} = 220$ โอห์ม

$C_{38} = 0.005$ uF

$C_{37} = 0.01$ uF

สูตร $f = \frac{1}{T}$

เมื่อ

$T = t_1 + t_2$

$t_1 = 0.693 (R_{46} + R_{47}) C_{38}$

$t_2 = 0.693 R_{47} C_{38}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพราะฉะนั้น

$$f = \frac{1}{0.693 (R_{47}+R_{48}) C_{38} + 0.693 R_{47} C_{38}}$$

$$f = \frac{1.44}{(R_{46} + 2 R_{47}) C_{38}}$$

ดังนั้น

$$R_{47} = \frac{1}{2} (\frac{1.44}{f C_{38}} - R_{46})$$

$$= \frac{1}{2} (\frac{1.44}{28 \times 10^{3} \times 0.005 \times 10^{-6}} - 220)$$

$$= 5.033 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{47} ค่า 10 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

กำหนดให้

$$I_{C(Q14)} = 3 \times 10^{-3} \text{ A}$$

ให้

$$R_{48} = \frac{V_{CC} - V_{CE(Q14)sat}}{I_{C(Q14)}}$$

เมื่อ

$$V_{CC} = 5 \text{ V}$$

$$V_{CE(Q14)sat} = 1 \text{ V}$$

เพราะฉะนั้น

$$R_{48} = \frac{5 - 1}{3 \times 10^{-3}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$= 1.3 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{48} และ R_{49} ค่า 1.2 กิโลโอห์ม

สูตร $V_{ref} = V_{in} (1 - e^{-5\% T / 2 \times 3R_{50} C_{39}})$

กำหนดให้

$V_{in} = V_{CC} - V_{CE(Q14)sat}$

$= 5 - 1$

$= 4$ V

$V_{ref} = 3.4$ V

$C_{39} = 0.005$ uF

ดังนั้น

$$\ln \frac{V_{ref}}{V_{in}} = \frac{-1.67\ T}{R_{50}\ C_{39}}$$

$$\ln \frac{3.4}{4} = \frac{-5 \times 3.57 \times 10^{-5}}{6 \times R_{50} \times 0.005 \times 10^{-6} \times 100}$$

$R_{50} = 366$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{50} ค่า 1 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

ก.7.2 <u>พัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์</u>[3]

จากวงจรรูปที่ 3.15 ข

เลือก

ไอซี 9/1 , 9/2 (LM339)

ไอซี 10/1 , 10/2 (74C08)

ตัวต้านทาน R_{55} และ R_{56} ค่า 3.3 กิโลโอห์ม

วงจรกรอง C_{36} , C_{41} และ R_{51} จะได้

$$\text{สูตร} \quad V_{out} = \frac{X_{C36}\, X_{C41}}{R_{51}} \times \sqrt{2}\, I_{dc}$$

กำหนดให้

$V_{out} = 0.2 \times 10^{-3}$ V

$I_{dc} = 100$ uA

$R_{51} = 50$ โอห์ม

$C_{36} = 8$ uF

เมื่อ

$$\text{สูตร} \quad X_{C36} = \frac{1}{2\pi f C_{36}}$$

$f = 28$ KHz

$$X_{C36} = \frac{1}{2 \times 28 \times 10^{3} \times 8 \times 10^{-6} \times 3.14}$$

$= 0.7$ โอห์ม

จากสมการ (4) (3)

$$X_{C41} = \frac{0.2 \times 10^{-3} \times 50}{0.7 \times \sqrt{2} \times 100 \times 10^{-6}}$$

$= 101$ โอห์ม

$$\text{สูตร} \quad C_{41} = \frac{1}{2\pi f X_{C41}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= \frac{1}{2 \times 3.14 \times 28 \times 10^{3} \times 101}$$

$$= 5.6 \times 10^{-8} \quad F$$

เลือกตัวเก็บประจุ C_{41} ค่า 0.068 uF

สูตร $R_{51/1} = \frac{V_{R51/1}}{I_{R51/1}}$

เมื่อ

$V_{R51/1} = 3.4$ V

$I_{R51/1} = 100$ uA

ดังนั้น

$$R_{51/1} = \frac{3.4}{100 \times 10^{-6}}$$

$$= 34 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน $R_{51/1}$ ค่า 100 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

วงจรตาข่าย R_{52} และ C_{40} ทำหน้าที่เป็น ซอฟต์สตาร์ต (soft - start)

ให้

เวลาเปิด (T_{on}) = $R_{52}\ C_{40}$

เมื่อ

$T_{on} = 0.2$ mS

$C_{40} = 0.02$ uF

ดังนั้น

$$R_{52} = \frac{0.2 \times 10^{-3}}{0.02 \times 10^{-6}}$$

$$= 10 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{52} ค่า 10 กิโลโอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{53} ค่า 5.6 กิโลโอห์ม

กำหนดให้

$$V_{R54} = 0.3 \quad \text{V}$$

เมื่อ

$$R_{54} = \frac{V_{R54} \times R_{53}}{V_{CC} - V_{R54}}$$

ดังนั้น

$$R_{54} = \frac{0.3 \times 5.6 \times 10^{3}}{5 - 0.3}$$

$$= 357 \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{54} ค่า 1 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

ก.8 <u>วงจรป้องกัน</u>

จากวงจรรูปที่ 3.16

กำหนดให้

กระแส $I_1 = I_2 = 3 \times 10^{-3}$ A

$V_{R59} = 2.5$ V

$V_{RX} = 2.7$ V

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I_{R57} = 1 mA

I_{R65} = 10 mA

เลือก

ไอซี 11 (LM311)

ตัวเชื่อมต่อใช้แสง (4N28) ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะคือ

$$\frac{\text{กระแสทรานซิสเตอร์ Q15}}{\text{กระแสไดโอด D49}} = 0.3$$

SCR_1 (2N2323)

เมื่อ

$$R = \frac{V_{R59}}{I_{R59}}$$

$$= \frac{2.5}{3 \times 10^{-3}}$$

$$= 833 \text{ โอห์ม}$$

เมื่อ $R = R_{58} = R_{59}$

เลือกตัวต้านทาน R_{58} และ R_{59} ค่า 820 โอห์ม

สูตร $R_{60} = \frac{V_{CC} - V_{RX}}{I_2}$

เมื่อ

V_{CC} = 12 V

ดังนั้น

$$R_{60} = \frac{12 - 2.7}{3 \times 10^{-3}}$$

$$= 3.1 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{60} ค่า 3 กิโลโอห์ม

กำหนดให้

$$R_X = R_{61}//R_{62} + R_{63}//R_{64}$$

ดังนั้น

$$V_{RX} = \frac{V_{CC}\ R_X}{R_{60} + R_X}$$

$$2.7 = \frac{12\ R_X}{3 \times 10^{3} + R_X}$$

$$R_X = 871 \quad \text{โอห์ม}$$

กำหนดให้

$$R_{63}//R_{64} = 600 \text{ โอห์ม}$$

$$R_{64} = 1 \text{ กิโลโอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{64} ค่า 2 กิโลโอห์ม แบบปรับค่าได้

เพราะฉะนั้น

$$R_{63} = \frac{1 \times 10^{3} \times 600}{1000 - 600}$$

$$= 1.5 \times 10^{3} \quad \text{โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{63} ค่า 1.5 กิโลโอห์ม

ดังนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$R_{61}//R_{62}$ = 871 - 600

= 271 โอห์ม

เลือกตัวต้านทานเทอร์มิสเตอร์ (thermistor) R_{62} ค่า 3 กิโลโอห์ม ที่อุณหภูมิ 25°

เพราะฉะนั้น

$$R_{61} = \frac{3 \times 10^{3} \times 271}{3 \times 10^{3} - 271}$$

= 298 โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{61} ค่า 300 โอห์ม

กำหนดให้

V_{R66} = 1 V

$$R_{65} = \frac{V_{CC} - V_{R66}}{I_{R65}}$$

$$= \frac{12 - 1}{10 \times 10^{3}}$$

$= 1.1 \times 10^{3}$ โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{65} ค่า 1.2 กิโลโอห์ม

$$R_{66} = \frac{V_{R66} \times R_{65}}{V_{CC} - V_{R66}}$$

$$= \frac{1 \times 1.2 \times 10^{3}}{12 - 1}$$

= 109 โอห์ม

เลือกตัวต้านทาน R_{66} ค่า 100 โอห์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$R_{57} = \frac{V_{CC} - V_{SCR1}}{I_{R57}}$$

กำหนดให้

V_{SCR1} = 0 V

V_{CC} = 5 V

เพราะฉะนั้น

$$R_{57} = \frac{5 - 0}{1 \times 10^{3}}$$

$$= 5 \times 10^{3} \text{ โอห์ม}$$

เลือกตัวต้านทาน R_{57} ค่า 6.8 กิโลโอห์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

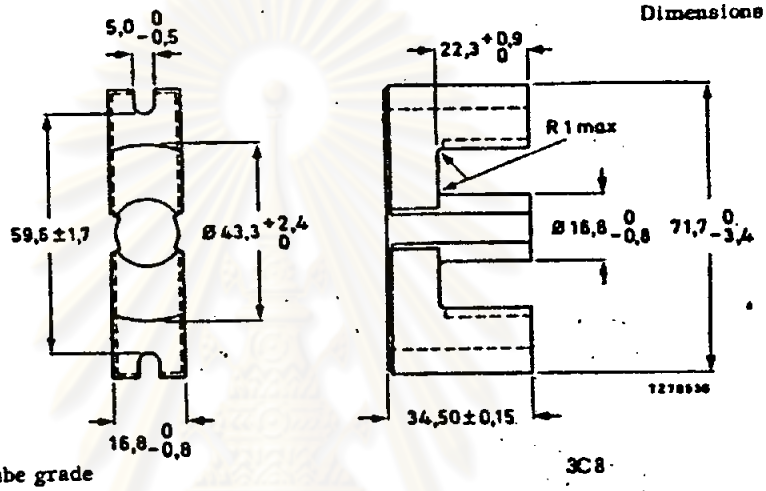
แผ่นข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EC-CORE

Dimensions in mm



Ferroxcube grade	3C8
Mass	approx. 126,5 g
Catalogue number of EC-core without air gap	4322 020 52530
Catalogue number of EC-core with air gap 4,85 ± 0,2 mm	8213 140 25300

DIMENSIONAL PARAMETERS FOR A PAIR OF CORES (assuming nominal dimensions, unless otherwise stated)

Core constant *	C_1	$= 0,514\ mm^{-1}$
Minimum cross-sectional centre pole area	A_{CPmin}	$= 201,1\ mm^2$
Cross-sectional centre pole area	A_{CP}	$= 211,0\ mm^2$
Back and leg cross-sectional area	A_b	$= 386,0\ mm^2$
Centre pole volume	V_{CP}	$= 9600\ mm^3$
Back and leg volume	V_b	$= 46000\ mm^3$
Total core volume	V_t	$= 55600\ mm^3$
Effective magnetic path length *	l_e	$= 144\ mm$
Effective cross-sectional area *	A_e	$= 279\ mm^2$
Effective core volume *	V_e	$= 40100\ mm^3$

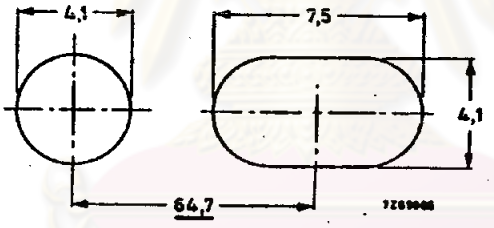
* According to IEC 205.

MAGNETIC PROPERTIES FOR A PAIR OF CORES WITHOUT AIR GAP

Relative amplitude permeability (μ_a) at θ = 100 °C, $\hat{B}$ = 320 mT in A_{CPmin}	> 1000
Permissible induction in centre pole ($\hat{B}$) with min. cross-sectional area, at θ = 100 °C	≤ 320 mT
Resistivity (ρ), measured with d.c. current	≥ 1 Ωm
Curie point	≥ 200 °C
Effective total core loss (P) at f = 25 kHz, θ = 100 °C, $\hat{B}$ = 160 mT	≤ 5 W

MOUNTING

The wound coil former and cores may be assembled by means of non-magnetic M4 screws or studs along the grooves provided. The use of a clamping bar is strongly recommended to ensure that the maximum clamping force of 600 N is uniformly distributed over the cross-section of the outer poles.
The assembly studs can be extended for mounting purposes or to support another sub-assembly.



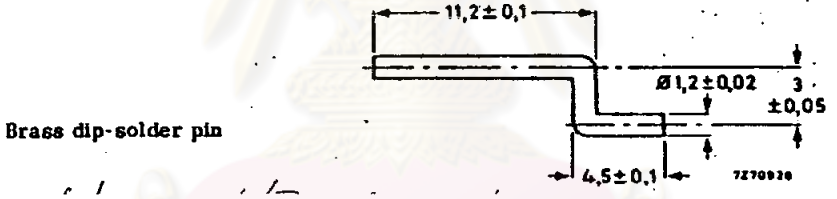
Recommended piercing diagram.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COIL FORMERS

Style 1	
Dimensions in mm	see drawing on the next page
Material	glass-fibre-filled polyamide
Minimum window area	466 mm^2
Mean length of turn	95 mm
Mass, without pins	approx. 35 g
Maximum temperature	120 °C
Catalogue number	8222 294 38680

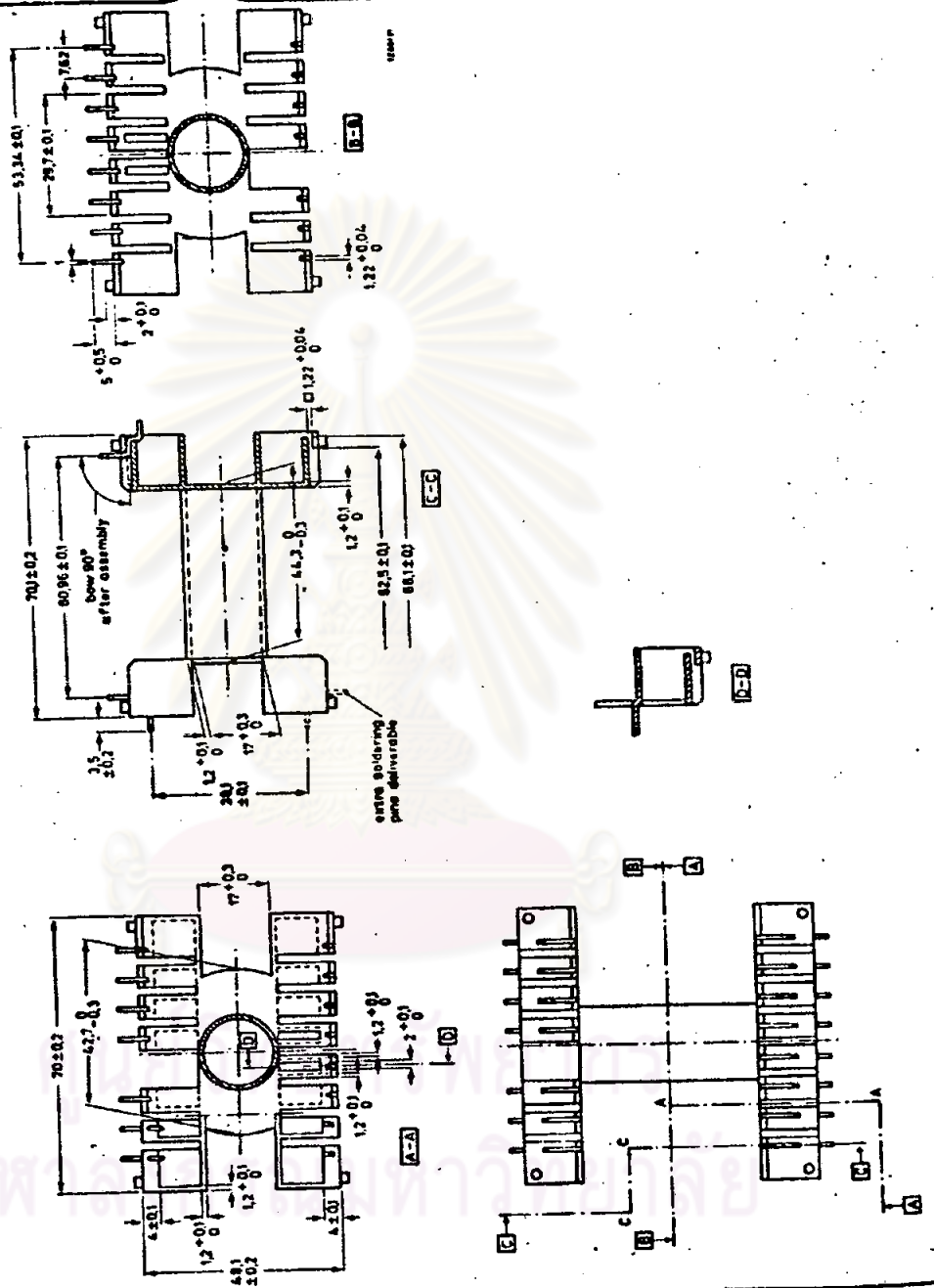
Note The coil former is supplied without pins. These must be ordered separately under the catalogue number 8222 294 38770. The minimum order quantity is 5000 pins.



Brass dip-solder pin

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EC70/34/17



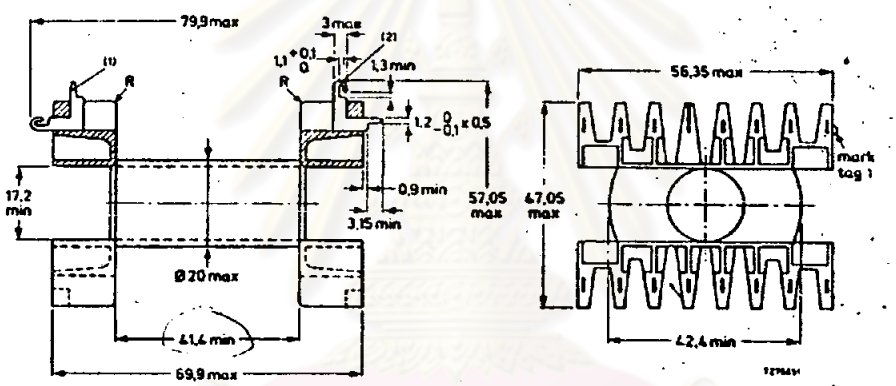
Coil formers

EC70/34/17

Style 2

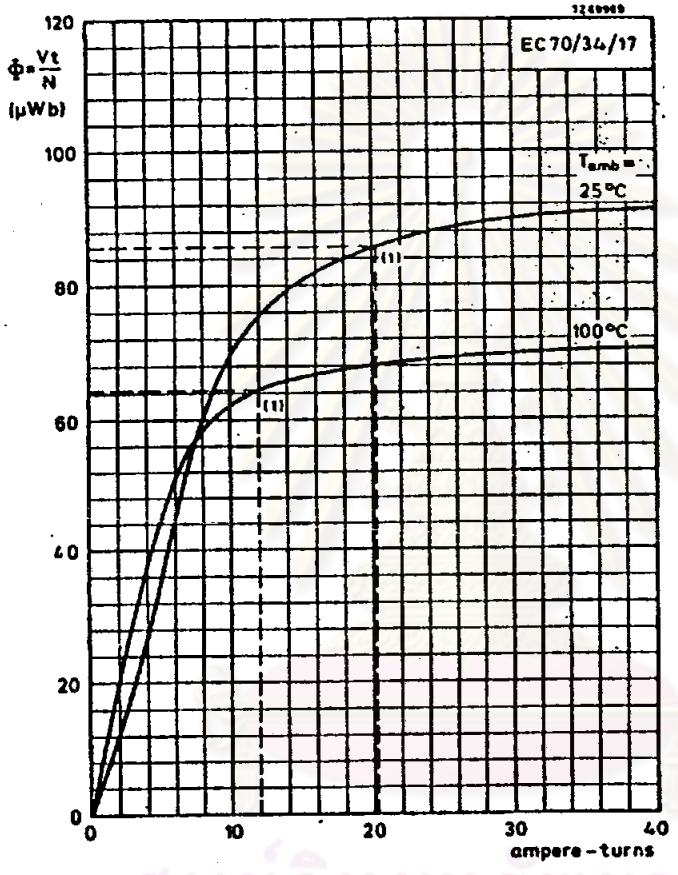
Material of housing	glass-fibre-filled polyteraphthalate
Material of tags	solder-plated brass
Minimum window area	464 mm²
Mean length of turn	96 mm
Mass, 15 tags inserted	approx. 36 g
Flame proof	according to UL-94-V 0
Mounting	horizontal and vertical
Catalogue numbers	see next page
Tag arrangement	see next page

Dimensions in mm



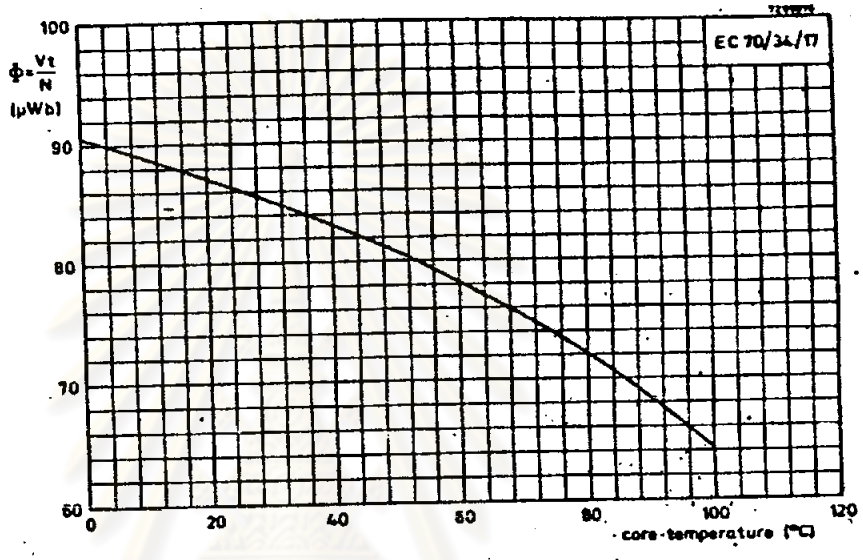
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHARACTERISTIC CURVES

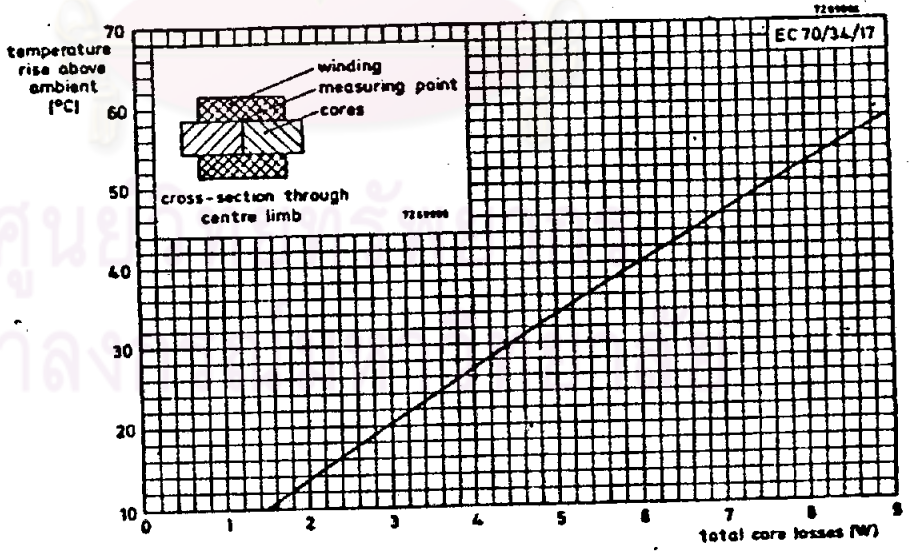


(1) Recommended maximum working flux.
Total flux as a function of ampere-turns.

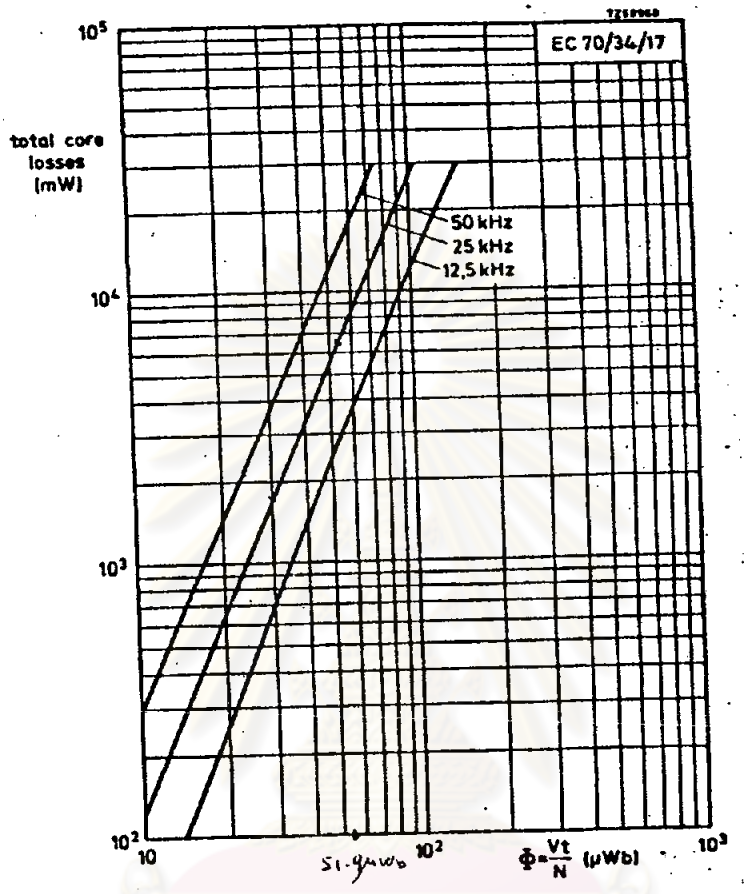
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Recommended maximum working flux as a function of core temperature.



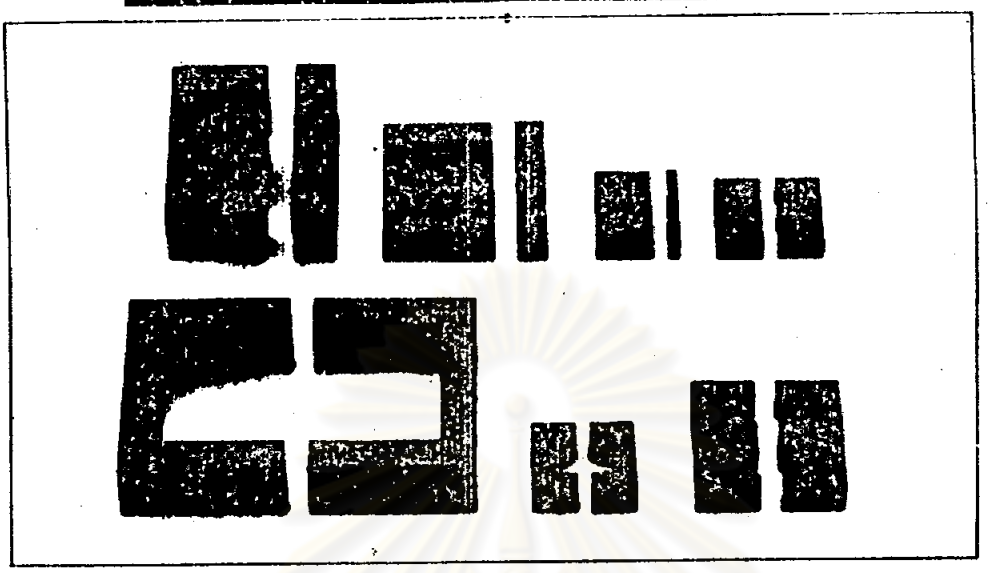
Transformer temperature rise as a function of total core losses, in free air conditions, without heatsink.



Total core losses as a function of total flux at hot-spot core temperature.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TOMITA FERRIT

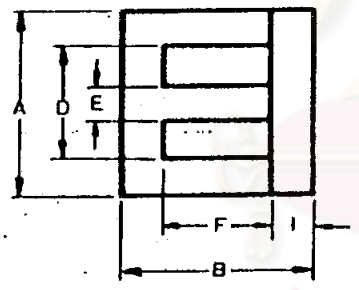


■ Shapes and Dimensions

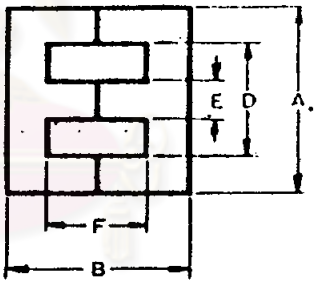
■ Materials

2C2, 2C3, 2D1, 2D3, 2B3

EI Type



EE Type



Dimensions in mm

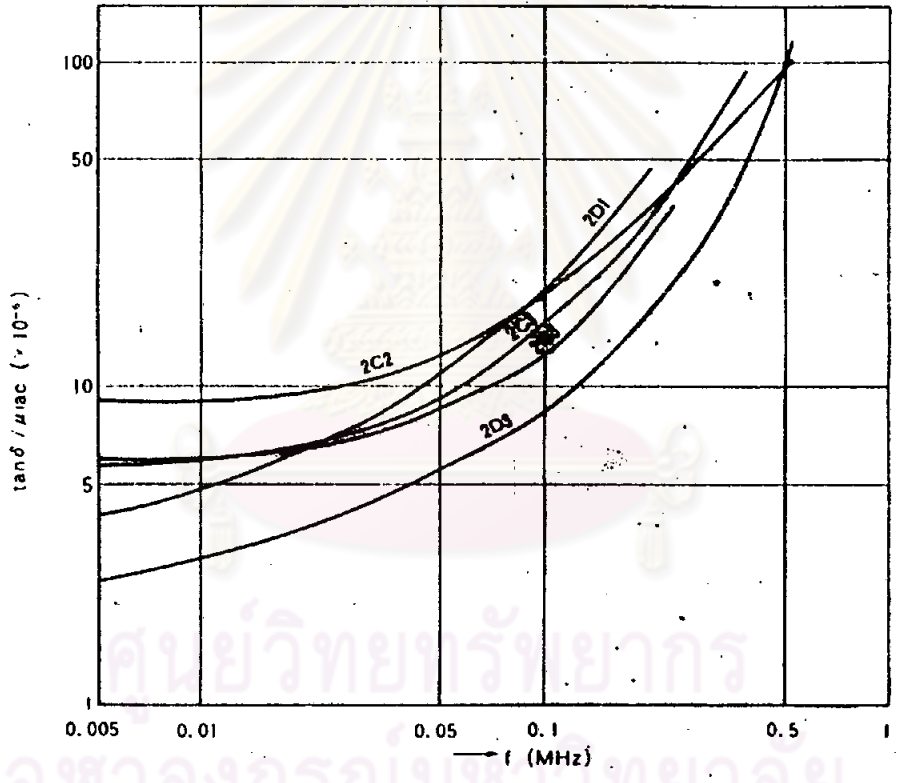
Cores	A	B	C	D	E	F	I
EI EE-60	60.0 ± 0.9	44.0 ± 0.8	$16.0^{+0}_{-0.8}$	44.5 ± 0.7	$16.0^{+0}_{-0.8}$	28.0 ± 0.5	8.0 ± 0.3
EI EE-50	50.0 ± 0.8	42.0 ± 0.6	$15.0^{+0}_{-0.8}$	35.0 ± 0.6	$15.0^{+0}_{-0.8}$	25.0 ± 0.4	8.5 ± 0.3
EI EE-40	40.0 ± 0.6	34.7 ± 0.6	$11.7^{+0}_{-0.6}$	27.5 ± 0.5	$11.7^{+0}_{-0.6}$	20.4 ± 0.3	7.2 ± 0.3
EI EE-30	30.0 ± 0.5	26.0 ± 0.5	$10.0^{+0}_{-0.6}$	20.0 ± 0.4	$10.0^{+0}_{-0.6}$	16.0 ± 0.3	5.5 ± 0.2
EE-28	28.0 ± 0.4	21.0 ± 0.5	$11.5^{+0}_{-0.7}$	19.3 ± 0.3	$8.0^{+0}_{-0.6}$	11.4 ± 0.5	
EI EE-22	22.0 ± 0.4	18.6 ± 0.4	$6.0^{+0}_{-0.6}$	14.0 ± 0.3	$6.0^{+0}_{-0.6}$	10.6 ± 0.3	4.0 ± 0.2
EI EE-19	19.0 ± 0.3	15.9 ± 0.4	$5.1^{+0}_{-0.5}$	14.0 ± 0.3	$5.1^{+0}_{-0.5}$	11.3 ± 0.3	2.35 ± 0.2
EI EE-16	16.0 ± 0.3	14.3 ± 0.4	$5.1^{+0}_{-0.4}$	12.0 ± 0.3	$4.2^{+0}_{-0.4}$	10.2 ± 0.3	2.05 ± 0.2
EI EE-12	12.0 ± 0.3	9.6 ± 0.3	$3.0^{+0}_{-0.4}$	8.0 ± 0.3	$3.0^{+0}_{-0.4}$	5.6 ± 0.3	2.0 ± 0.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร

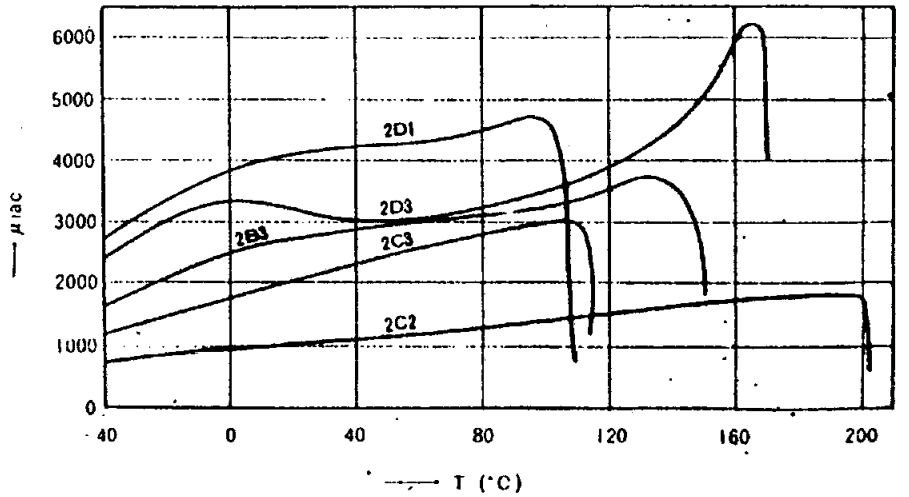
■ Standard Characteristics of Materials — (1)

Materials	μiac	tanσ / μiac ($\times 10^{-6}$) 0.01MHz	$\alpha\mu r$ ($\times 10^{-6}$)	TC (°C)	f (MHz)	DF 10^{-6} (1 10min)	ρ (Ωcm)	Bms (G)	Hcms (Oe)	d g/cm^3
2D1	4000 ± 20%	0.5	0.3	105	0.1	2	13	3800	0.15	4.9
2D3	3000 ± 20%	0.3	0.4	160	0.3	2	90	4500	0.15	4.9
2C2	1100 ± 20%	0.9	4	200	0.3	< 7	20	4200	0.35	4.8
2C3	2000 ± 20%	0.6	3	110	0.2	< 4	130	3700	0.20	4.9
2B3	2700 ± 20%	0.6	1.0	140	0.2	< 3	80	4400	0.20	4.9

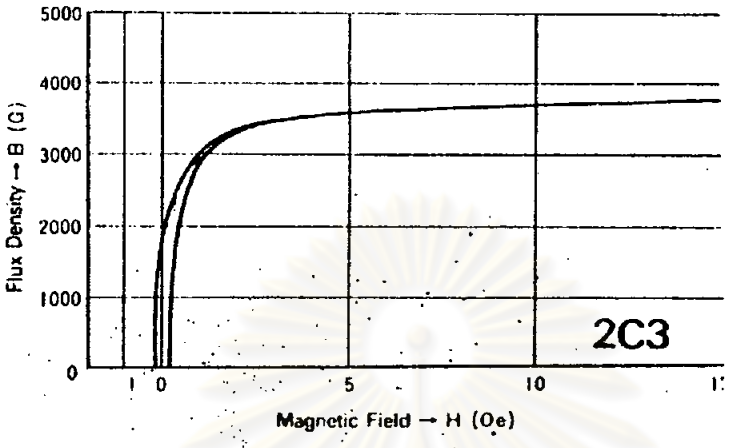
■ Relative Loss Factor as a Function of Frequency



■ Permeability Factor as a Function of Temperature



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATIONS INFORMATION

BASIC CIRCUIT OPERATION

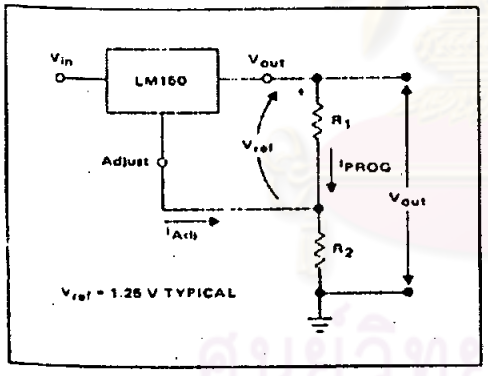
The LM150 is a 3-terminal floating regulator. In operation, the LM150 develops and maintains a nominal 1.25 volt reference (V_{ref}) between its output and adjustment terminals. This reference voltage is converted to a programming current (I_{PROG}) by R1 (see Figure 17), and this constant current flows through R2 to ground. The regulated output voltage is given by:

$$V_{out} = V_{ref}\left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{Adj}R2$$

Since the current from the adjustment terminal (I_{Adj}) represents an error term in the equation, the LM150 was designed to control I_{Adj} to less than 100 μA and keep it constant. To do this, all quiescent operating current is returned to the output terminal. This imposes the requirement for a minimum load current. If the load current is less than this minimum, the output voltage will rise.

Since the LM150 is a floating regulator, it is only the voltage differential across the circuit which is important to performance, and operation at high voltages with respect to ground is possible.

FIGURE 17 – BASIC CIRCUIT CONFIGURATION



LOAD REGULATION

The LM150 is capable of providing extremely good load regulation, but a few precautions are needed to obtain maximum performance. For best performance, the programming resistor (R1) should be connected as close to the regulator as possible to minimize line drops which effectively appear in series with the reference, thereby degrading regulation. The ground end of R2 can be returned near the load ground to provide remote ground sensing and improve load regulation.

EXTERNAL CAPACITORS

A 0.1 μF disc or 1 μF tantalum input bypass capacitor (C_{in}) is recommended to reduce the sensitivity to input line impedance.

The adjustment terminal may be bypassed to ground to improve ripple rejection. This capacitor (C_{ADJ}) prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. A 10 μF capacitor should improve ripple rejection about 15dB at 120 Hz in a 10 volt application.

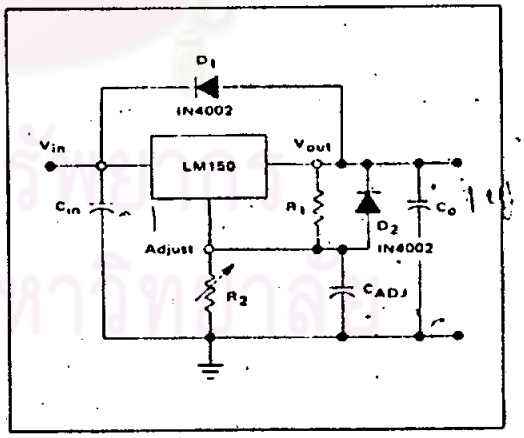
Although the LM150 is stable with no output capacitance, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. An output capacitance (C_O) in the form of a 1 μF tantalum or 25 μF aluminum electrolytic capacitor on the output swamps this effect and insures stability.

PROTECTION DIODES

When external capacitors are used with any I.C. regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator.

Figure 18 shows the LM150 with the recommended protection diodes for output voltages in excess of 25 V or high capacitance values (C_O > 25 μF, C_{ADJ} > 10 μF). Diode D_1 prevents C_O from discharging thru the I.C. during an input short circuit. Diode D_2 protects against capacitor C_{ADJ} discharging through the I.C. during an output short circuit. The combination of diodes D1 and D2 prevents C_{ADJ} from discharging through the I.C. during an input short circuit.

FIGURE 18 – VOLTAGE REGULATOR WITH PROTECTION DIODES



LM150, LM250, LM350

MAXIMUM RATINGS

Rating		Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential		V_I-V_O	35	Vdc
Power Dissipation		P_D	Internally Limited	
Operating Junction Temperature Range	LM150 LM250 LM350	T_J	-55 to +150 -25 to +150 0 to +125	°C
Storage Temperature Range		T_{stg}	-65 to +150	°C
Soldering Lead Temperature (10 seconds)			300	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Unless otherwise specified, V_I-V_O = 5.0 V; I_L = 1.5 A; T_J = T_{low} to T_{high}; P_{max} [see Note 1].)

Characteristic	Figure	Symbol	LM150/250 Min	LM150/250 Typ	LM150/250 Max	LM350 Min	LM350 Typ	LM350 Max	Unit
Line Regulation (Note 2) T_A = 25°C, 3.0 V ≤ V_I-V_O ≤ 35 V	1	Regline	—	0.005	0.01	—	0.005	0.03	%V
Load Regulation (Note 2) T_A = 25°C, 10 mA ≤ I_L ≤ 3.0 A V_O ≤ 5.0 V V_O ≥ 5.0 V	2	Regload	 — —	 5.0 0.1	 15 0.3	 — —	 5.0 0.1	 25 0.5	 mV % V_O
Thermal Regulation, Pulse = 20 ms, T_A = 25°C	—	Regtherm	—	0.002	—	—	0.002	—	% V_O/W
Adjustment Pin Current	3	I_{Adj}	—	50	100	—	50	100	μA
Adjustment Pin Current Change 3.0 V ≤ V_I-V_O ≤ 35 V 10 mA ≤ I_L ≤ 3.0 A, P_D ≤ P_{max}	1,2	ΔI_{Adj}	—	0.2	5.0	—	0.2	5.0	μA
Reference Voltage (Note 3) 3.0 V ≤ V_I-V_O ≤ 35 V 10 mA ≤ I_L ≤ 3.0 A, P_D ≤ P_{max}	3	V_{ref}	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation (Note 2) 3.0 V ≤ V_I-V_O ≤ 35 V	1	Regline	—	0.02	0.05	—	0.02	0.07	%V
Load Regulation (Note 2) 10 mA ≤ I_L ≤ 3.0 A V_O ≤ 5.0 V V_O ≥ 5.0 V	2	Regload	 — —	 20 0.3	 50 1.0	 — —	 20 0.3	 70 1.5	 mV % V_O
Temperature Stability (T_{low} ≤ T_J ≤ T_{high})	3	T_S	—	1.0	—	—	1.0	—	% V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation (V_I-V_O = 35 V)	3	I_{Lmin}	—	3.5	5.0	—	3.5	10	mA
Maximum Output Current V_I-V_O ≤ 10 V, P_D ≤ P_{max} V_I-V_O = 30 V, P_D ≤ P_{max}, T_A = 25°C	3	I_{max}	 3.0 0.3	 4.5 1.0	 — —	 3.0 0.25	 4.5 1.0	 — —	A
RMS Noise, % of V_O T_A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz	—	N	—	0.003	—	—	0.003	—	% V_O
Ripple Rejection, V_O = 10 V, f = 120 Hz (Note 4) Without C_{Adj} C_{Adj} = 10 μF	4	RR	 — 66	 65 80	 — —	 — 66	 65 80	 — —	dB
Long-Term Stability, T_J = T_{high} (Note 5) T_A = 25°C for Endpoint Measurements	3	S	—	0.3	1.0	—	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs.
Thermal Resistance Junction to Case Peak (Note 6) K Package (TO-3) T Package (TO-220) Average (Note 7) K Package (TO-3) T Package (TO-220)	—	$R_{\theta JC}$	 — — — —	 2.3 — — —	 — — 1.6 —	 — — — —	 2.3 2.3 — —	 — — 1.5 1.5	°C/W

NOTES:

(1) T_{low} = −55°C for LM150, −25°C for LM250, 0°C for LM350
T_{high} = +150°C for LM150, +150°C for LM250, +125°C for LM350
P_{max} = 30 W for K suffix (TO-3)
P_{max} = 25 W for T suffix (TO-220)

(2) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

(3) Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

(4) C_{Adj}, when used, is connected between the adjustment pin and ground.

(5) Since Long-Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

(6) Thermal Resistance evaluated measuring the hottest temperature on the die using an infrared scanner. This method of evaluation yields very accurate thermal resistance values which are conservative when compared to other measurement techniques.

(7) The average die temperature is used to derive the value of thermal resistance junction to case (average).

ประวัติผู้เขียน

นายสมศักดิ์ ศติยะชัยมงคล เกิดเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2496 ที่อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต จากภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อ ปี พ.ศ. 2523 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย