



บทที่ 7

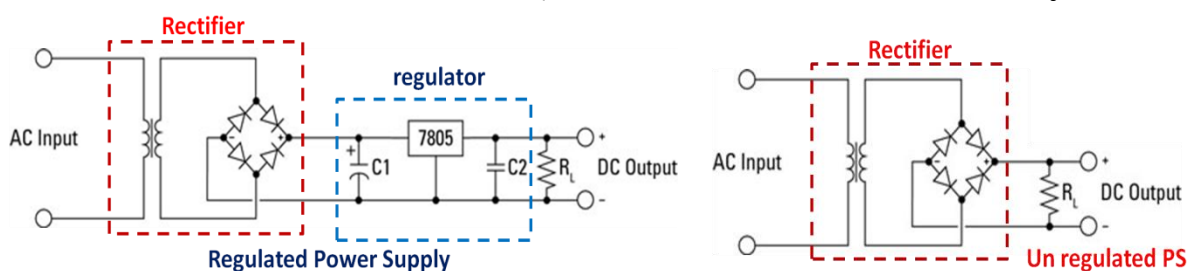
ไอ.ซี.คุมค่าแรงดัน

วัตถุประสงค์

1. ระบุชนิดของไอ.ซี.คุมค่าแรงดันได้
2. คำนวณวงจรคุมค่าแรงดัน ที่ใช้ ไอ.ซี.ออปแอมป์ได้
3. อธิบายการทำงานของของ ไอ.ซี. คุมค่าแรงดันเบอร์ 78XX, 79XX, LM317, และ LM337 ได้
4. เลือกใช้ ไอ.ซี. คุมค่าแรงดันได้อย่างเหมาะสม

7.1 บทนำ

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supplies) หมายถึง แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีอินพุตเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดคุมค่าแรงดัน (Regulated Power Supplies) และแหล่งจ่ายไฟตรงชนิดไม่คุมค่าแรงดัน (Unregulated Power Supplies) แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดคุมค่าแรงดันจะประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงไฟสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับวงจรคุมค่าแรงดัน หรือวงจรควบคุมแรงดันคงที่ (Regulated Circuit หรือ Regulator) ซึ่งวงจรนี้จะทำหน้าที่คุมค่าแรงดันเอาต์พุตให้คงที่เมื่อจ่ายกระแสโหลดเพิ่มขึ้น แต่แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดไม่คุมค่าแรงดันนั้น มีเพียงวงจรเรียงกระแสเท่านั้น ไม่มีส่วนของวงจรคุมค่าแรงดันเข้ามาทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 7.1



(ก) แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดคุมค่าแรงดัน

(ข) แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดไม่คุมค่าแรงดัน

รูปที่ 7.1 เปรียบเทียบลักษณะของแหล่งจ่ายไฟตรง

แหล่งจ่ายไฟตรงชนิดคุมค่าแรงดันย่อมมีประสิทธิภาพดีกว่าชนิดไม่คุมค่าแรงดันยุคแรกวงจรคุมค่าแรงดันจะใช้ออปแอมป์ต่อเป็นวงจรป้อนกลับแบบลบ เพื่อคุมค่าแรงดัน แต่มีการพัฒนางจรคุมค่าแรงดันมาอย่างต่อเนื่องซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ



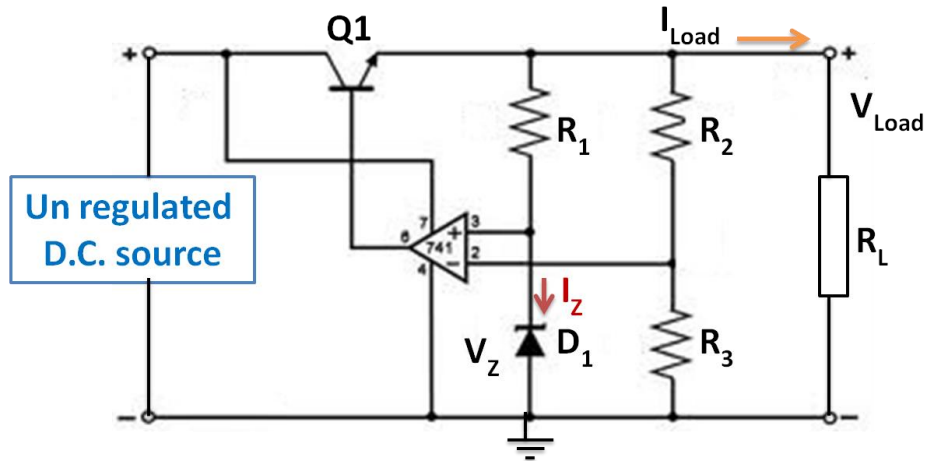
ระยะที่ 1 ก่อนปี 1968 วงจรคุมค่าแรงดันที่ใช้กันจะประกอบไปด้วย ไอ.ซี.ออปแอมป์, ซีเนอร์ไดโอด และทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นวงจรพื้นฐานที่นิยมใช้กันทั่วไปอย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของมันไม่ดีนัก และสามารถควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตได้เฉพาะค่าเดียวกับค่าแรงดันซีเนอร์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลายในปี 1968 บริษัท Fairchild Semiconductor ได้ผลิตไอซีที่ทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดันที่มีความยืดหยุ่นกว่าการใช้ออปแอมป์แบบเดิมนั้น คือ ไอซีเบอร์ $\mu A723$ แต่ก็ยังมีขีดจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ต้องการวงจรขยายกระแสภายนอกและวงจรป้องกันกระแสลัดวงจรเพิ่มเติม จึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยบริษัท National Semiconductor ได้ผลิตไอซีอีกตัวหนึ่งขึ้นมา คือ ไอซีเบอร์ LM309 ซึ่งใกล้เคียงกับการผลิตของกลุ่ม Fairchild ซึ่งผลิตไอซีตระกูล 7800 ขึ้นมา ทั้ง 2 แบบนี้เป็นชนิด 3 ขั้ว (Three-Terminal Voltage Regulated ICs) ซึ่งไอซีคุมค่าแรงดันแบบนี้ต่อวงจรได้ง่ายเพราะมีขั้วอินพุต เอาต์พุต และ GND เท่านั้น เบอร์ที่มีชื่อเสียงคือ $\mu A7805$

ระยะที่ 2 จากการประสบความสำเร็จอย่างมากของ $\mu A7805$ (แหล่งจ่ายไฟตรง +5 V) ในยุคแรกทำให้มีการปรับตัวของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และผู้ออกแบบให้ความสำคัญกับการต่อร่วมกับ $\mu A7805$ และรูปแบบนี้เป็นตัวกำหนดการเติบโตของไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์อื่น ๆ ทำให้ Fairchild ออกผลิตภัณฑ์ในอนุกรม 78xx ออกมาอีกหลายเบอร์ ซึ่งสามารถคุมค่าแรงดันได้หลายค่าเช่น 6, 8, 9, 12, 15, 18 และ 24V ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกับ 7805 คือเป็นเร็กกูเลเตอร์ชนิด 3 ขั้ว นอกจากนี้ยังมีทั้งชนิดแรงดันบวกและแรงดันลบอีกด้วยสำหรับเร็กกูเลเตอร์แรงดันลบจะเป็นอนุกรม 79xx เช่น เบอร์ 7905 สำหรับ -5V และ 7924 สำหรับ -24V เป็นต้น

ระยะที่ 3 เป็นยุคของไอซีเร็กกูเลเตอร์ที่ปรับค่าแรงดันได้ เพื่อแก้ปัญหาการเก็บสต็อกสินค้า บริษัทผู้ผลิตจะต้องมีสต็อกสินค้าของตนเองจำนวนมาก เพื่รองรับความต้องการของลูกค้าที่แตกต่างกัน จึงมีการผลิตไอซีเร็กกูเลเตอร์ชนิดปรับค่าได้เบอร์ LM117 และ LM137 ซึ่งเป็นไอซีปรับค่าแรงดันบวกและแรงดันลบได้ และยังมีเบอร์ LM317, LM377 และ LM723 อีกด้วย ปัจจุบันเร็กกูเลเตอร์แบบนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มลิเนียร์เร็กกูเลเตอร์ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอุปกรณ์สวิตซิงสร้างแหล่งจ่ายไฟตรงในรูปแบบใหม่ คือแบบสวิตซิงเร็กกูเลเตอร์ ทำให้ขนาดของแหล่งจ่ายไฟตรงลดลงมาก เพราะไม่จำเป็นต้องมีการแปลงไฟสลับเป็นไฟตรงด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าและวงจรไดโอดเรียงกระแส แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตซิง (Switching Power Supplies)

7.2 วงจรคุมค่าแรงดันแบบเชิงเส้น

วงจรควบคุมแรงดันแบบเชิงเส้น (Linear Regulators) คือ วงจรคุมค่าแรงดันที่ใช้ออปแอมป์เป็นตัวหลักในการทำงานรวมทั้งมีซีเนอร์ไดโอดและทรานซิสเตอร์อย่างละ 1 ตัว ต่อรวมกัน ลักษณะของวงจรควบคุมแรงดันเชิงเส้น (เบื้องต้น) แสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 วงจรควบคุมแรงดันแบบเชิงเส้นด้วยออปแอมป์

ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ผ่านโหลดซึ่ง Q_1 นี้จะถูกรักษาโดยออปแอมป์ ซึ่งออปแอมป์จะมีอินพุตบวกไปกับต่อกับ R_1 และซีเนอร์ไดโอด D_1 เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันเอาต์พุต โดยที่ขาอินพุตลบของออปแอมป์ต่อกับวงจรแบ่งแรงดัน ($R_1 + R_2$) ทำหน้าที่ตรวจสอบค่าแรงดัน R_3 ว่าเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ เพื่อนำการเปลี่ยนแปลงนั้นมาเปรียบเทียบกับแรงดัน V_Z เพื่อพยายามควบคุมทรานซิสเตอร์ Q_1 ให้จ่ายกระแสเอาต์พุตอย่างเหมาะสมกับโหลดและจะคอยตรวจสอบแรงดันที่อินพุตบวกและอินพุตลบให้เท่ากัน เพื่อให้ผลต่างของมันเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด เพื่อรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ดังนั้น จากวงจรในรูปที่ 7.2 แรงดันเอาต์พุตที่โหลดจะเป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$V_{Load} = V_Z \left(\frac{R_2 + R_3}{R_3} \right) \quad (7.1)$$

สมการกระแสไดโอด (I_Z) คือ

$$I_Z = \frac{V_{Load} - V_Z}{R_1} \quad (7.2)$$

ตัวอย่างที่ 7.1 จากวงจรคุมค่าแรงดันด้วยออปแอมป์ในรูปที่ 7.2 เมื่อกำหนดให้ $R_1 = 5 \text{ k}$, $R_2 = 20 \text{ k}$, $R_3 = 10 \text{ k}$ และ $V_Z = 3.9 \text{ V}$ ถ้าแรงดันอินพุตเท่ากับ $20 \text{ V}_{dc} (\pm 1.5 \text{ V}_p)$ จงคำนวณหาค่าของ V_{Load} และ I_Z

วิธีทำ

$$\begin{aligned} V_{Load} &= V_Z \left(\frac{R_2 + R_3}{R_3} \right) \\ &= 3.9 \text{ V} \left(\frac{20 \text{ k} + 10 \text{ k}}{10 \text{ k}} \right) \\ V_{Load} &= 11.7 \text{ V} \end{aligned}$$

กำหนดให้ $V_{RE(sat)}$ ของทรานซิสเตอร์ Q_1 เท่ากับ 0.7 V ดังนั้น หาค่า I_Z ได้จาก



$$\begin{aligned} I_z &= \frac{V_{Load} - V_z}{R_1} \\ &= \frac{11.7V - 3.9V}{5k\Omega} \\ I_z &= 1.56 \text{ mA} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 7.2 จากตัวอย่างที่ 7.1 จงคำนวณหาค่าของกำลังไฟฟ้าของ Q_1 และประสิทธิภาพของวงจรควบคุมแรงดันแบบเชิงเส้นที่ใช้โอปแอมป์ ถ้าโหลดของวงจรมีค่า $R_L=20\Omega$ และ $I_B=20\text{mA}$

วิธีทำ (ก) หา I_{Load}

$$\begin{aligned} I_{Load} &= \frac{V_{Load}}{R_{Load}} \\ I_{Load} &= \frac{11.7V}{20\Omega} = 0.585 \text{ A} \end{aligned}$$

(ข) หา P_D ของ Q_1

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } V_{in} &= 20 \text{ V และ } V_{Load} = 11.7 \text{ V} \\ V_{CE} &= V_{in} - V_{Load} = 20 \text{ V} - 11.7 \text{ V} \\ \therefore V_{CE} &= 8.3 \text{ V} \\ P_D &= I_C V_{CE} \\ \therefore P_D &= 0.585 \text{ A} (8.3 \text{ V}) = 4.86 \text{ W} \end{aligned}$$

(ค) หาประสิทธิภาพของระบบ

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } I_{Load} &= 0.585 \text{ A} \text{ ดังนั้น } \beta \text{ ของ } Q_1 \text{ คือ} \\ \beta &= \frac{I_C}{I_B} \\ \therefore \beta &= \frac{585\text{mA}}{20\text{mA}} = 29.25 \\ P_{Load} &= I_{Load} V_{Load} \\ \therefore P_{Load} &= 0.585 \text{ A} (11.7 \text{ V}) = 6.844 \text{ W} \\ P_{in} &= I_{in} V_{in} \\ \therefore P_{in} &= 0.585 \text{ A} (20 \text{ V}) = 11.7 \text{ W} \end{aligned}$$

(ไม่คิดกำลังสูญเสียในโอปแอมป์ ซีเนอร์ไดโอด และที่เกิดกับตัวต้านทาน)

$$\begin{aligned} \% \eta &= \frac{P_{Load}}{P_{in}} \times 100 \\ &= \frac{6.844\text{W}}{11.7\text{W}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\therefore \% \eta = 58.5\%$$

7.3 ไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบแรงดันคงที่

ไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบแรงคงที่(Fixed Voltage Regulated ICs) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ไอ.ซี.สามขาในอนุกรม 78xx ซึ่งเป็นไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบบวก และอนุกรม 79xx เป็นไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบลบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.3.1 ไอ.ซี.อนุกรม 78xx และ 79xx

ไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์อนุกรม 78xx และ 79xx เป็นไปซีแบบสามขา ให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ ถ้าเป็นอนุกรม 78xx จะมีหลายเบอร์ให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ที่ 5 V, 6 V, 8 V, 12 V, 15 V, 18 V, และ 24 V เป็นแรงดันเอาต์พุตบวก แต่ถ้าเป็นอนุกรม 79xx จะให้แรงดันเอาต์พุตลบ ที่ค่าแรงดันเหมือนกับ 78xx เช่นเบอร์ 7805=+5V และถ้าเป็น 7905=-5V เป็นต้น ไอ.ซี.กลุ่มนี้ จะมีบริษัทผู้ผลิตหลัก ๆ 5 ราย คือ โมโตโรล่า (MC) เนชั่นแนล เซมิคอนดักเตอร์ (NS) เท็กซัสอินสตรูเมนต์ (TI) ลิเนียร์ เทคโนโลยี (LTC, Linear Technology) และทอมป์สัน (SEG, Thompson) เป็นต้น สำหรับตัวถังของไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์ อนุกรม 78xx และ 79xx นี้ มี 2 แบบ คือ แบบตัวถังพลาสติก แบบ CASE 29 และ CASE 221A และ แบบตัวถัง กระจ่องอะลูมิเนียม (TO-3) ดังแสดงในรูปที่ 7.3 (ก) และ (ข) ให้สังเกตว่าแม้ตัวถังของ 78xx จะเหมือนกับ 79xx แต่ตำแหน่งขา IN, GND และ OUT จะแตกต่างกัน



รูปที่ 7.3 การจัดวางขาของไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์ อนุกรม 78xx และ 79xx

คุณสมบัติที่สำคัญของ 78xx และ 79xx

ในหนังสือเล่มนี้จะขอยกตัวอย่างคุณสมบัติของ 78xx และ 79xx ตามคู่มือผู้ผลิตของบริษัท โมโตโรล่า (MOTOROLA Linear/Interface ICs, Vol.1) ซึ่งแบ่ง 78xx ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. MC7800 (Three-Terminal Positive Voltage Regulators)
2. MC78M00 (Three-Terminal Medium Current Positive Voltage Regulators)
3. MC78T00 (Three-Ampere Positive Voltage Regulators)

และแบ่งอนุกรม 79xx ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. MC7900 (Three-Terminal Negative Voltage Regulators)
2. MC79L00 (Three-Terminal Low Current Negative Voltage Regulators)

ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของไอซีเรกูเลเตอร์ของโมโตโรล่านั้นแสดงไว้ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญของไอซีเรกูเลเตอร์อนุกรม 78xx และ 79xx

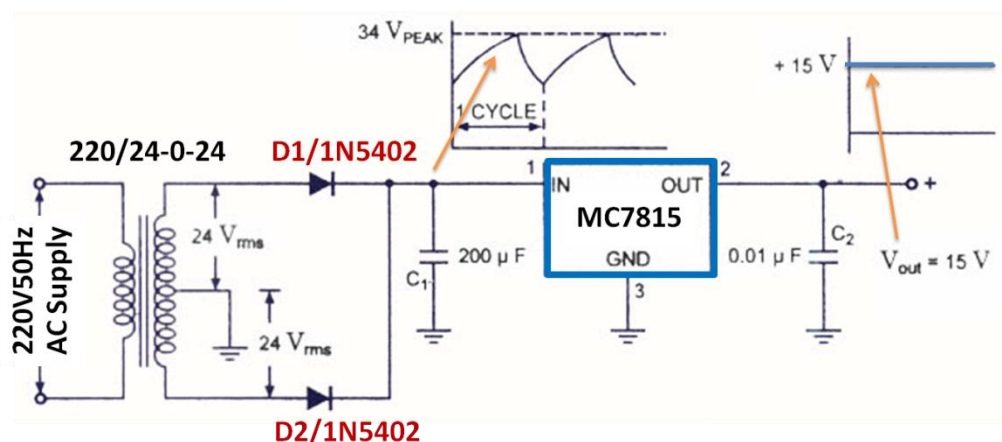
คุณสมบัติสำคัญ	MC7800	MC78M00	MC78T00	MC7900	MC79L00
แรงดันเอาต์พุต (V_o)	+	+	+	-	-
กระแสเอาต์พุต (I_o)	1 A	500 mA	3 A	1 A	100 mA
ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอก	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
มีวงจรป้องกันกระแสเกินภายใน	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่	ใช่
แรงดันเอาต์พุตที่คลาดเคลื่อน	2-4%	-	2-4%	2%	$\pm 5\%$

สำหรับคุณสมบัติอื่น ๆ ของไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ 78xx และ 79xx ที่จะใช้อธิบายในหนังสือเล่มนี้จะยกตัวอย่างเฉพาะ MC7800 และ MC7900 เพื่อเปรียบเทียบกับเท่านั้น สำหรับอนุกรมอื่นๆ ควรศึกษาเพิ่มเติมจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิตนั้น ๆ

7.3.2 ตัวอย่างการนำไปใช้งาน

1. วงจรเรกูเลเตอร์ +15 V 1 A

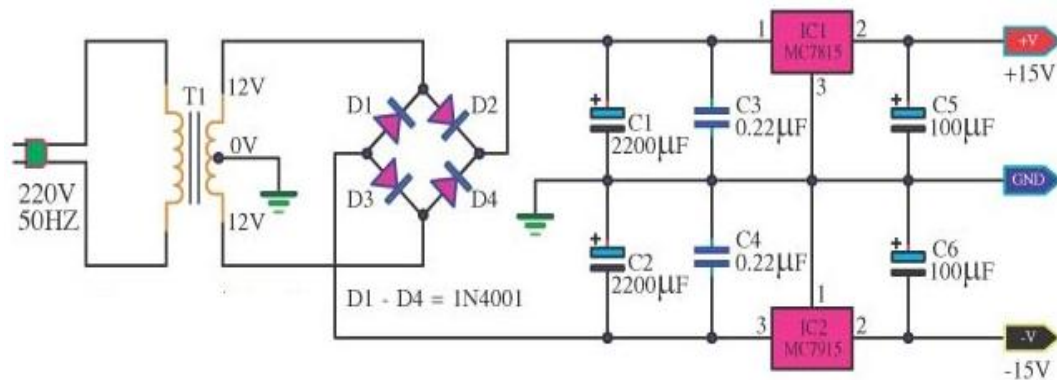
การทำงานของวงจร วงจรเรกูเลเตอร์ขนาด +15 V 1.0 A อินพุตใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบมีแทปกลางลดแรงดัน 220V:24-0-24 และใช้วงจรไดโอดเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเบอร์ 1N5402 ใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดันให้เรียบด้วย $C=200\mu\text{F}$ ที่เอาต์พุตใช้ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ MC7815 เป็นตัวคุมค่าแรงดันเอาต์พุตให้เรียบและมีค่าคงที่ที่ +15V และจ่ายกระแสเอาต์พุตให้กับโหลดได้ 1.0 A ตามค่าพิกัดที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 วงจรเรกูเลเตอร์ขนาด +15 V 1.0 A ที่ใช้ไอซี MC7815

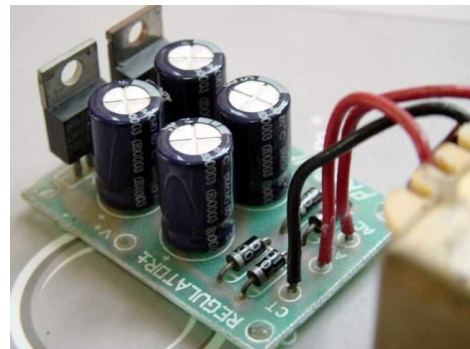
2. วงจรเรกูเลเตอร์ ± 15 V 1 A

ลักษณะของวงจร วงจรเร็กกูเลเตอร์ $\pm 15\text{ V}$ คือแหล่งจ่ายไฟตรงที่ให้เอาต์พุตแรงดัน 2 ค่า จ่ายกระแสได้ 0.5 A หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซี MC7815 สำหรับ $+15\text{ V}$ และใช้ไอซีเบอร์ MC7915 สำหรับ -15 V เหมาะที่จะนำไปใช้ในห้องทดลองหรือสำหรับจ่ายไบแอสให้กับวงจรออปแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 วงจรเร็กกูเลเตอร์ $\pm 15\text{ V}$ 1.0 A ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ MC7815/MC7915

การทำงานของวงจร หม้อแปลงในวงจร T1 ใช้ขนาด 220 V/12 V-0-12 V, 1.0 A แต่ต่อผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ใช้ D1 – D4 เบอร์ 1N4001 ให้ได้แรงดัน $\pm$ โดยจุดกึ่งกลางของหม้อแปลง คือ GND C1 คือ ตัวกรองแรงดันด้านบวกก่อนป้อนเข้า IC1, ทำหน้าที่ป้องกัน IC1 และไดโอด D7–D8 ทำหน้าที่ป้องกัน IC2 ที่เอาต์พุตจะได้แรงดันคงที่ $\pm 15\text{ V}$ เมื่อเทียบกับ GND หากต้องการแรงดัน $\pm 12\text{ V}$ สามารถเปลี่ยน IC1 เป็น 7812 และเปลี่ยน IC2 เป็น 7912 ได้ทันทีโดยไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ตัวอื่นๆ



7.4 ไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบปรับได้

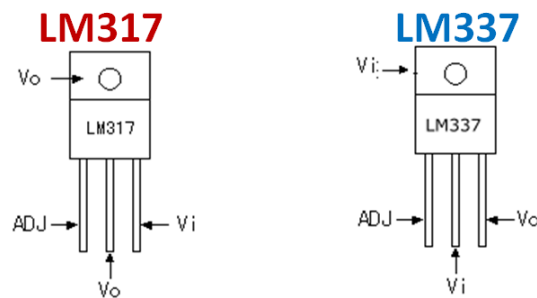
ไอ.ซี.คุมค่าแรงดันแบบปรับได้ (Adjustable Voltage Regulated ICs) ในบทเรียนนี้จะนำเสนอ 2 ชนิดที่สำคัญและเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือไอซีเบอร์ LM317 และ LM337 และไอซีเบอร์ 723

7.4.1 ไอ.ซี.เบอร์ 317 และ 337

ไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์ชนิดปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ มีชื่อว่า Three-Terminal Adjustable Output Voltage แบ่งออกเป็น 2 เบอร์ คือ (1) LM317 เร็กกูเลเตอร์แรงดันเอาต์พุตบวก และ (2) LM337 เร็กกูเลเตอร์แรงดันเอาต์พุตลบ

เช่นเดียวกับไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์ 78xx และ 79+xx คือมีบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัทผลิตและให้ตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกัน แต่ยังคงใช้เบอร์ 317 สำหรับไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์ที่ปรับค่าแรงดันบวก และใช้เบอร์ 337 สำหรับไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์แรงดันลบ ลักษณะตัวถังที่บรรจุไอ.ซี.อนุกรม LM337 และ LM337 นี้จะมีตัวถังเหมือนกันในหนังสือเล่มนี้จะยกตัวอย่างเบอร์ LM317M และ LM337M

เนื่องจากของบริษัทอื่นๆ ก็ไม่แตกต่างกันโดยไอซี LM 317 และ LM337 นี้จะมีขนาดกระแสเอาต์พุตที่แตกต่างกันอยู่ 3 ขนาด คือ 500 mA, 1.0 A และ 1.5 A ทำให้ลักษณะขนาดตัวถังแตกต่างกันออกไป สำหรับในรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 การจัดวางขา LM317/ LM337



วิดีโอแสดงการทดลองวงจร LM317

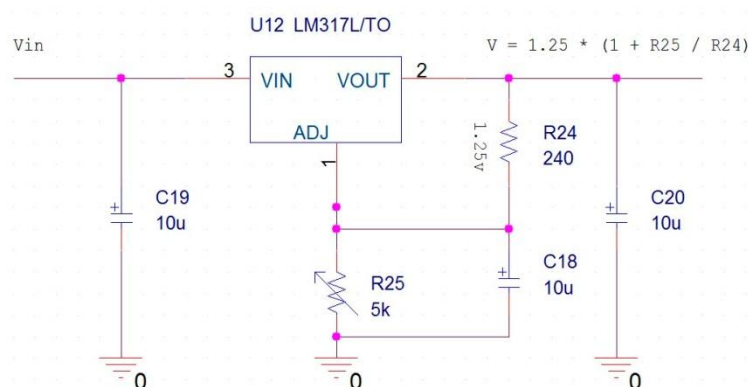
<http://diyaudioprojects.com/Technical/Voltage-Regulator/>

คุณสมบัติที่สำคัญของไอซี LM317M และ LM337M

1. ไอซี LM317M ชื่อเต็มว่า 3-Terminal Adjustable Output Positive Voltage Regulator จ่ายกระแสเอาต์พุตได้ไม่เกิน 500mA ให้แรงดันเอาต์พุตต่ำสุด +1.2 V และ สูงสุด +37 V โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกเพียงความต้านทานปรับค่าได้ 1 ตัว เพื่อปรับแรงดันเอาต์พุต (ไม่นับ C ที่ต่ออินพุตและเอาต์พุต) ภายในไอซีมีวงจรป้องกันอุณหภูมิ และป้องกันกระแสลัดวงจร สำหรับอนุกรม LM317 จะมีย่านอุณหภูมิใช้งานที่ต่างกันดังนี้

1. เบอร์ LM317MT อุณหภูมิระหว่าง 0°C ถึง $+125^{\circ}\text{C}$
2. เบอร์ LM317MBT อุณหภูมิระหว่าง -40°C ถึง $+125^{\circ}\text{C}$
3. เบอร์ LM317MDT อุณหภูมิระหว่าง 0°C ถึง 125°C

วงจรใช้งานเบื้องต้นของ LM317M



รูปที่ 7.12 วงจรเบื้องต้น LM317M

จากรูปที่ 7.12 C_{19} มีความจำเป็นเพราะเป็นวงจรกรองแรงดันด้านอินพุต (V_{in}) ถ้าวางเร็กูเลเตอร์ (LM317M) อยู่ใกล้กับ และ C_{20} ไม่มีความจำเป็นแต่อาจใช้เพื่อป้องกันผลของแรงดัน

ช่วงแรงดัน V_0 ปรับค่าได้ที่ R_{25} แต่ต้องคุมให้ค่ากระแส I_{Adj} มากกว่า $100\mu A$ โดยสมการ V_0 หาได้ดังนี้

$$V_0 = 1.25 V \left\{ 1 + \frac{R_{25}}{R_{24}} \right\} + I_{Adj} R_{24}$$

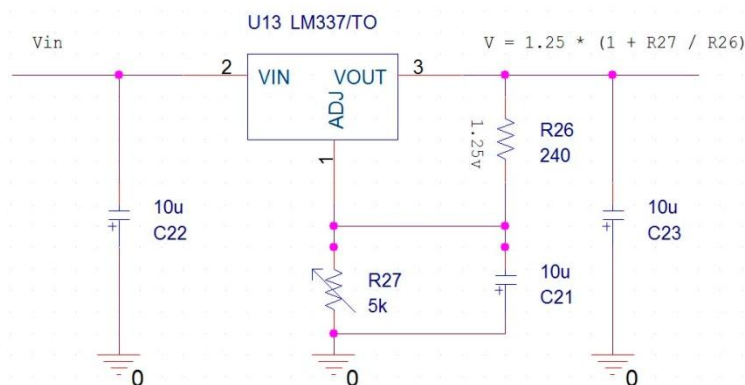
แต่ $V_{ref} =$ แรงดันคร่อม $R_1 \cong 1.25 V$ (ค่าในคู่มือ)

$$\text{ดังนั้น } V_0 = V_{ref} \left\{ 1 + \frac{R_{25}}{R_{24}} \right\}$$

2. ไอ.ซี. LM337M ชื่อเต็มว่า 3-Terminal Adjustable Output Negative Voltage Regulator จ่ายกระแสออกได้ไม่เกิน 500mA ที่แรงดันเอาต์พุตต่ำสุด -37 V และสูงสุด -1.2 V มีวงจรป้องกันอุณหภูมิและโหลตเกิน มีการป้องกันการลัดวงจรภายในและย่านการทำงานที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. เบอร์ LM337MT ทำงานในย่าน $0^\circ C$ ถึง $125^\circ C$
2. เบอร์ LM337MBT ทำงานในย่าน $-40^\circ C$ ถึง $+125^\circ C$

วงจรการใช้งานเบื้องต้น LM337M



รูปที่ 7.13 วงจรเบื้องต้น LM337M

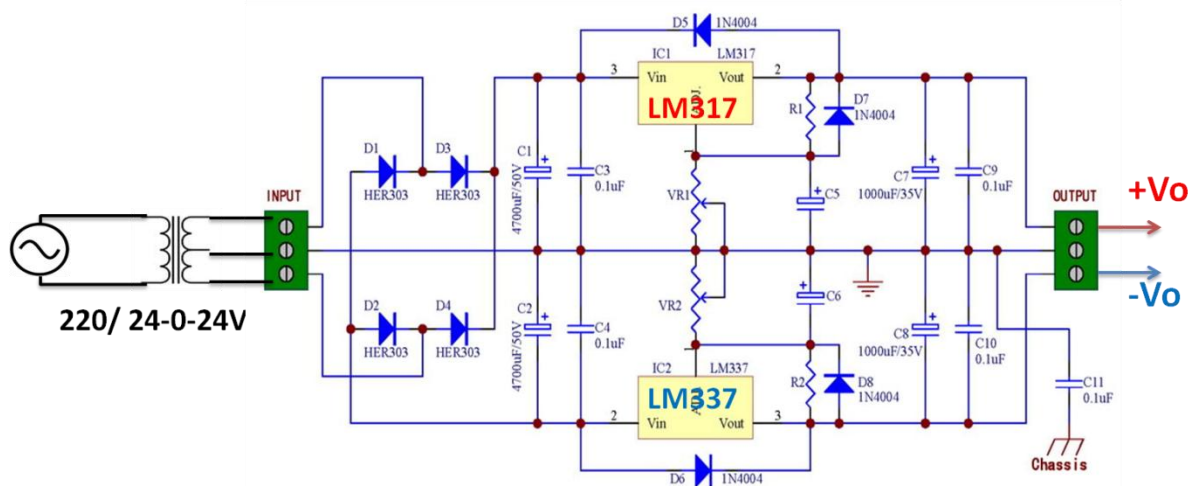
จากรูปที่ 7.13 ค่า V_0 เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

$$V_0 = -1.25 V \left\{ 1 + \frac{R_{27}}{R_{26}} \right\}$$

3. วงจรการใช้งานจริง LM317 และ LM337

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ ทั้งในย่านแรงดันบวกและลบ เหมาะสำหรับนำไปใช้สร้างเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงในห้องทดลอง โดยใช้ไอซีเบอร์ 317 และ 337 วงจรนี้คือวงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้ $\pm 1.2 V$ ถึง $33 V$ 1 A

ลักษณะของวงจร วงจรเร็กกูเลเตอร์ปรับค่าได้ทั้งบวกและลบตั้งแต่ 1.2 V ถึง 33 V (± 1.2 V ถึง ± 33 V) ออกแบบได้โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ LM317 เมื่อคุมค่าแรงดันเอาต์พุตด้านบวกและใช้ไอซีเบอร์ LM337 เพื่อคุมค่าแรงดันเอาต์พุตด้านลบโดยมีโวลลุ่ม VR1 ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตบวก และ VR2 ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตลบลักษณะของวงจรแสดงในรูปที่ 7.14



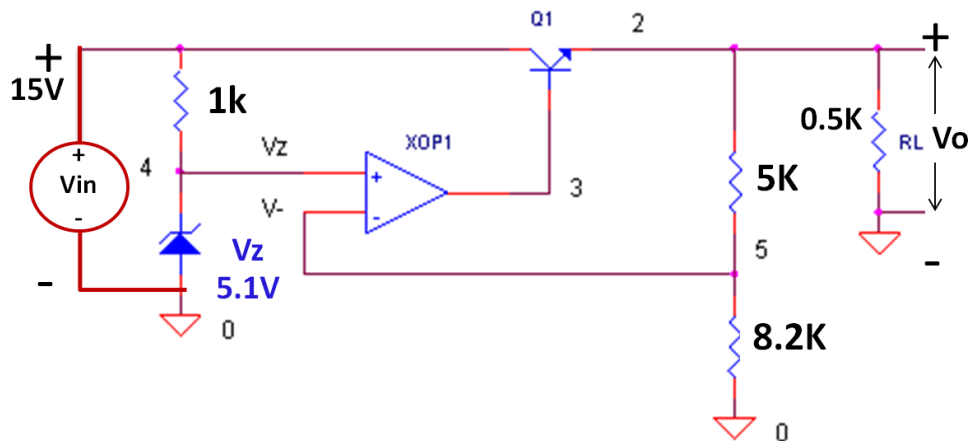
รูปที่ 7.14 วงจรเร็กกูเลเตอร์ปรับค่าได้ $\pm(1.2 \text{ V} - 33 \text{ V})$ 1.0 A ที่ใช้ LM317/LM337

การทำงานของวงจร มีหม้อแปลง 220V/24 V-0-24 V เพื่อแปลงแรงดัน 220V ให้ต่ำลง และจ่ายให้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ที่ใช้ไดโอด D1 – D4 เบอร์ HER303 ทำให้ได้แรงดันบวก และแรงดันลบ โดยจุดกึ่งกลางของหม้อแปลง คือจุด 0 V เป็น GND แรงดันบวกจ่ายเข้าอินพุตของ IC1 เบอร์ LM317 ประมาณ +34 V โดยมี C1 เป็นตัวกรองแรงดันและจ่ายแรงดันลบ เข้าที่ขา อินพุตของ IC2 เบอร์ LM337 เอาต์พุตแรงดันบวกปรับค่าได้ระหว่าง +1.2 V ถึง +33 V ปรับได้โดย VR1 และแรงดันลบปรับค่าได้ระหว่าง -1.2 V ถึง -33 V ปรับได้โดย VR2 นี่คือการจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ทั้งบวกและลบ สำหรับไดโอด D5-D6 เป็นตัวป้องกัน IC1 และไดโอด D7-D8 เป็นตัวป้องกัน IC2

แบบฝึกหัดบทที่ 7

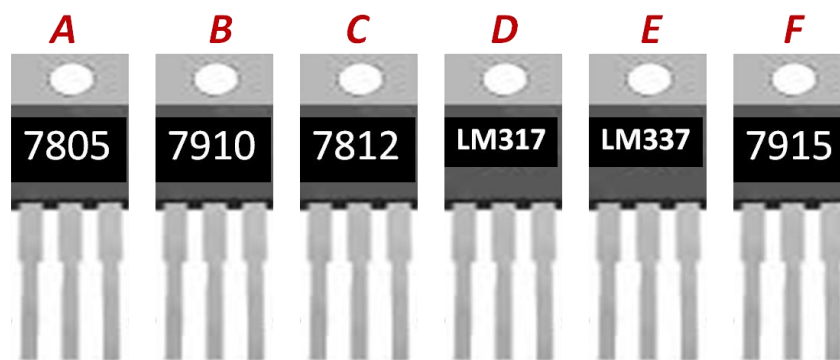
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

วงจรต่อไปนี้ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 1-5



- แรงดัน V_o ในรูปนี้มีค่าเท่ากับข้อใด
 ก) 11.4V ข) 9.8V ค) 8.2V ง) 7.5V
- กระแสไฟฟ้าที่ผ่านซีเนอไรไดโอดเท่ากับ.....mA
 ก) 10.5 ข) 8.1 ค) 5.3 ง) 3.1
- แรงดัน V_{CE} ของ Q_1 เท่ากับข้อใด
 ก) 6.8V ข) 7.2V ค) 4.8V ง) 5.6V
- กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ Q_1 เท่ากับข้อใด
 ก) 116.8mW ข) 111.5mW ค) 1.2W ง) 0.45W
- ถ้าเปลี่ยน R 8.2K เป็น R10K แทน ค่าแรงดัน V_o จะมีค่าเท่ากับข้อใด
 ก) 10.44V ข) 9.81V ค) 7.25V ง) 7.65V

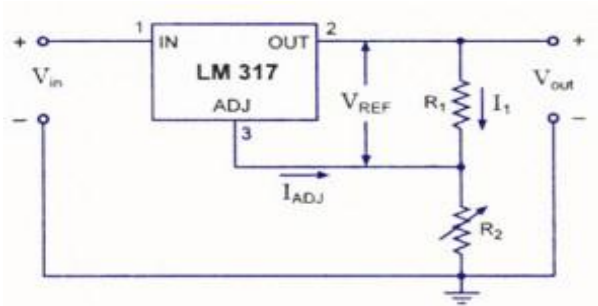
วงจรต่อไปนี้ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 6-9



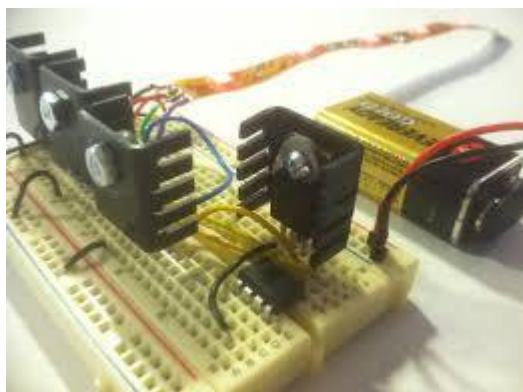
- ข้อใดคือ ไอ.ซี.เรกูเลเตอร์ที่จ่ายเอาต์พุตคงที่ -15V

- ก) A ข) B ค) D ง) F
7. ข้อใดคือ ไอ.ซี.เรกูเลเตอร์ที่จ่ายเอาต์พุตคงที่ +5V
 ก) A ข) B ค) D ง) F
8. ข้อใดคือ ไอ.ซี.เรกูเลเตอร์ที่จ่ายเอาต์พุตปรับค่าได้
 ก) A,D ข) B,E ค) D,E ง) E,F
9. ข้อใดนำไปใช้สร้างแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายเอาต์พุตได้ +12V/-10V/-15V
 ก) B,C,E ข) B,C,F ค) A,B,E ง) C,E,F

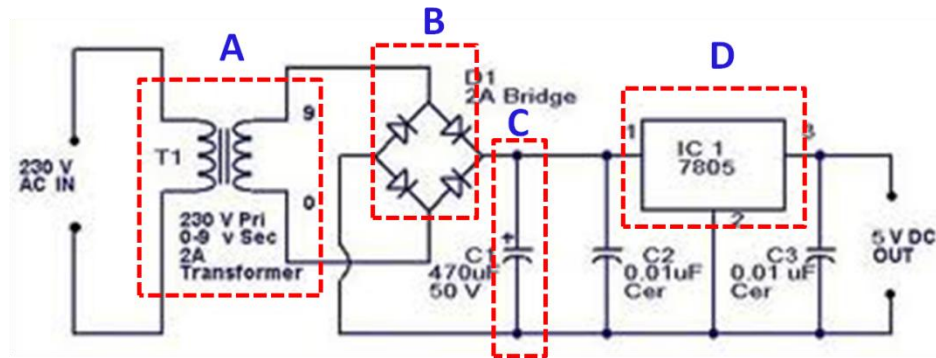
วงจรต่อไปนี้ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 10-12



10. แรงดันเอาต์พุตปรับได้ที่อุปกรณ์ในข้อใด
 ก) LM317 ข) R_2 ค) R_1 ง) I_{ADJ}
11. แรงดันเอาต์พุตของวงจรนี้ปรับค่าได้ ดังข้อใด
 ก) +1.2to37V ข) -1.2to37V ค) 0to24V ง) +1to25V
12. แรงดัน V_{REF} ของวงจรนี้มีค่าดังข้อใด
 ก) +0.2V ข) -1.2V ค) +1.25V ง) +2.5V



วงจรต่อไปนี้ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 13-15



13. แรงดันเอาต์พุตของวงจรเท่ากับข้อใด

- ก) +9V ข) +1.2V ค) -5V ง) +5V

14. ข้อใดคือ ไอ.ซี.เร็กกูเลเตอร์

- ก) D ข) C ค) B ง) A

15. ข้อใดคือตัวแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

- ก) D ข) C ค) B ง) A

