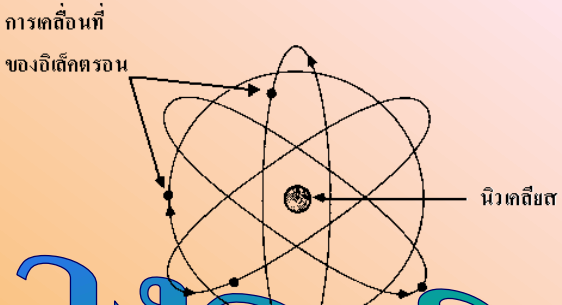
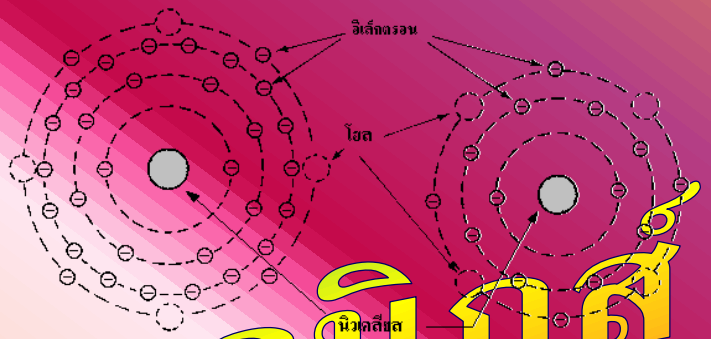
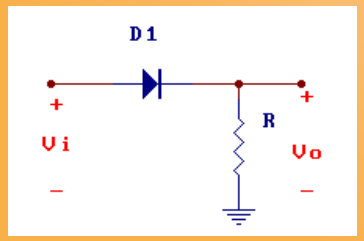
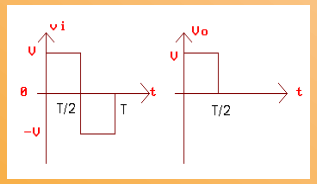


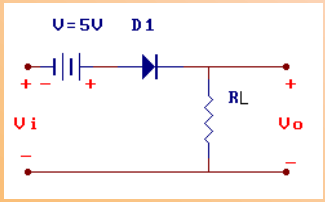


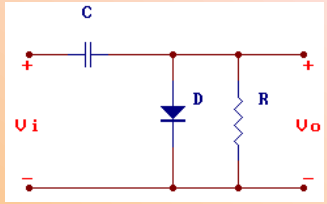
วงจรอิเล็กทรอนิกส์

(3105-1003)









วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator)

จุดประสงค์ของการเรียนการสอน

1. บอกชนิดของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบต่าง ๆ ได้
2. อธิบายการทำงานของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบต่าง ๆ ได้

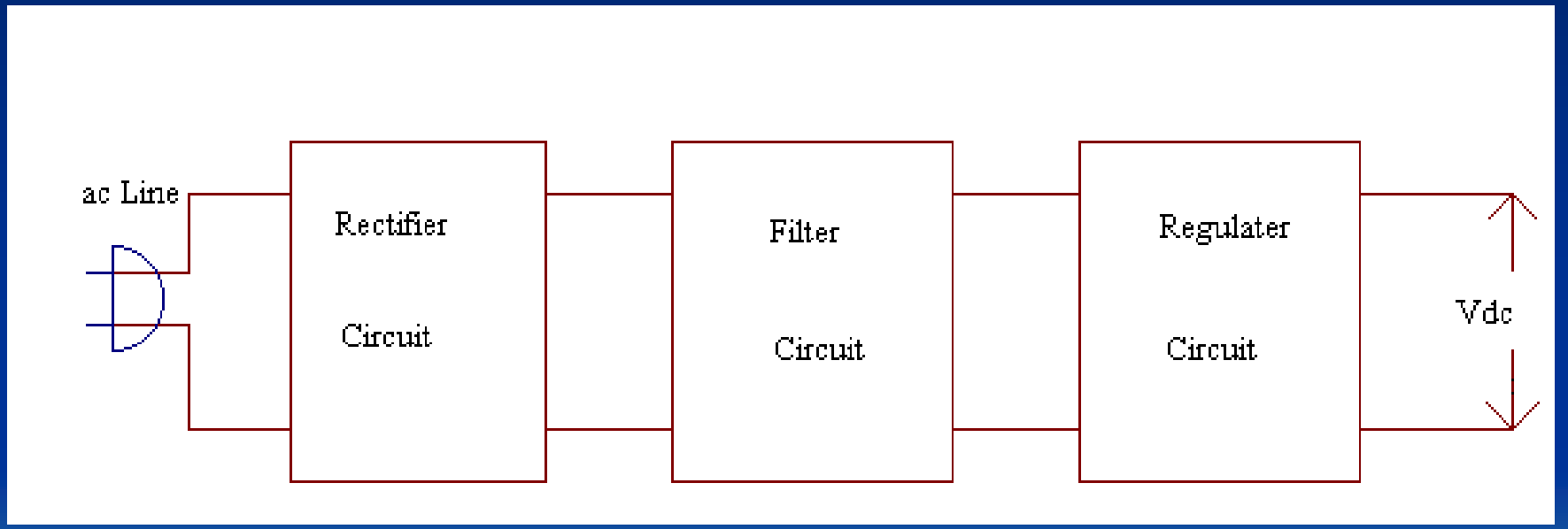
จุดประสงค์ของการเรียนการสอน

3. คำนวณหาค่าแรงดันและกระแสในวงจร รักษาระดับแรงดันแบบต่างๆได้
4. คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวง รักษาระดับแรงดันแบบต่างๆได้

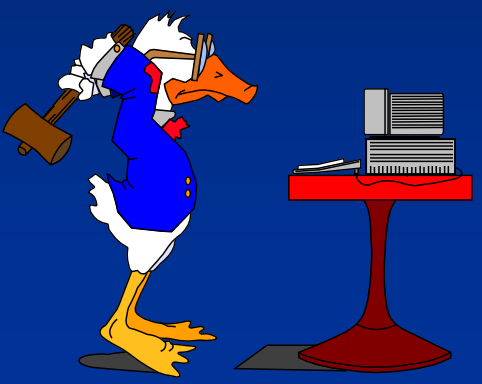
วงจรรักษาระดับแรงดัน

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่รักษาแรงดันที่เอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟให้คงที่ ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงกระแสโหลด

บล็อกไดอแกรมของแหล่งจ่ายไฟ



ชนิดของวงจรรักษาระดับแรงดัน



1.วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

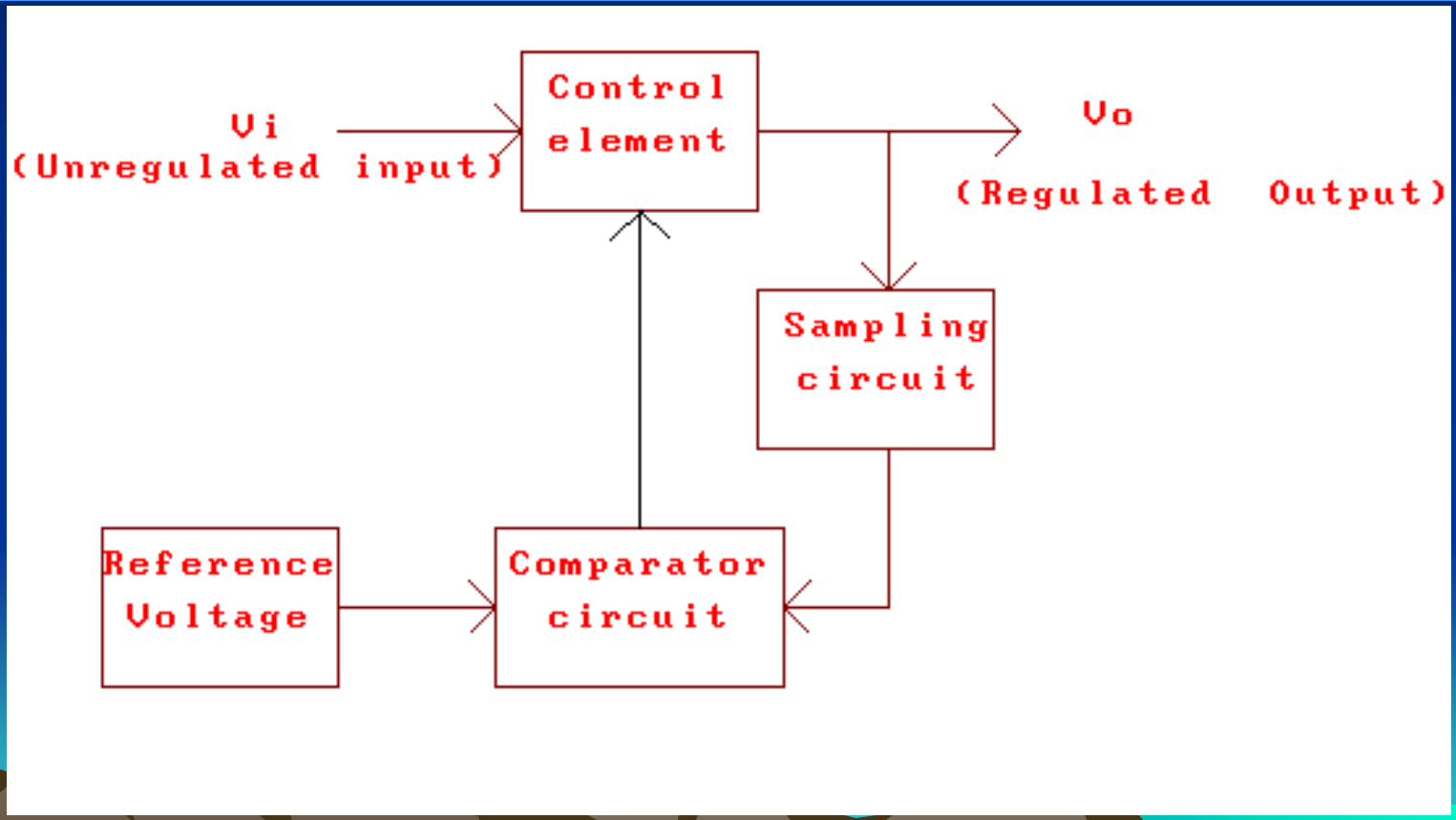
(Series Voltage Regulation)

2. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนาน

(Shunt Voltage Regulation)

1. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

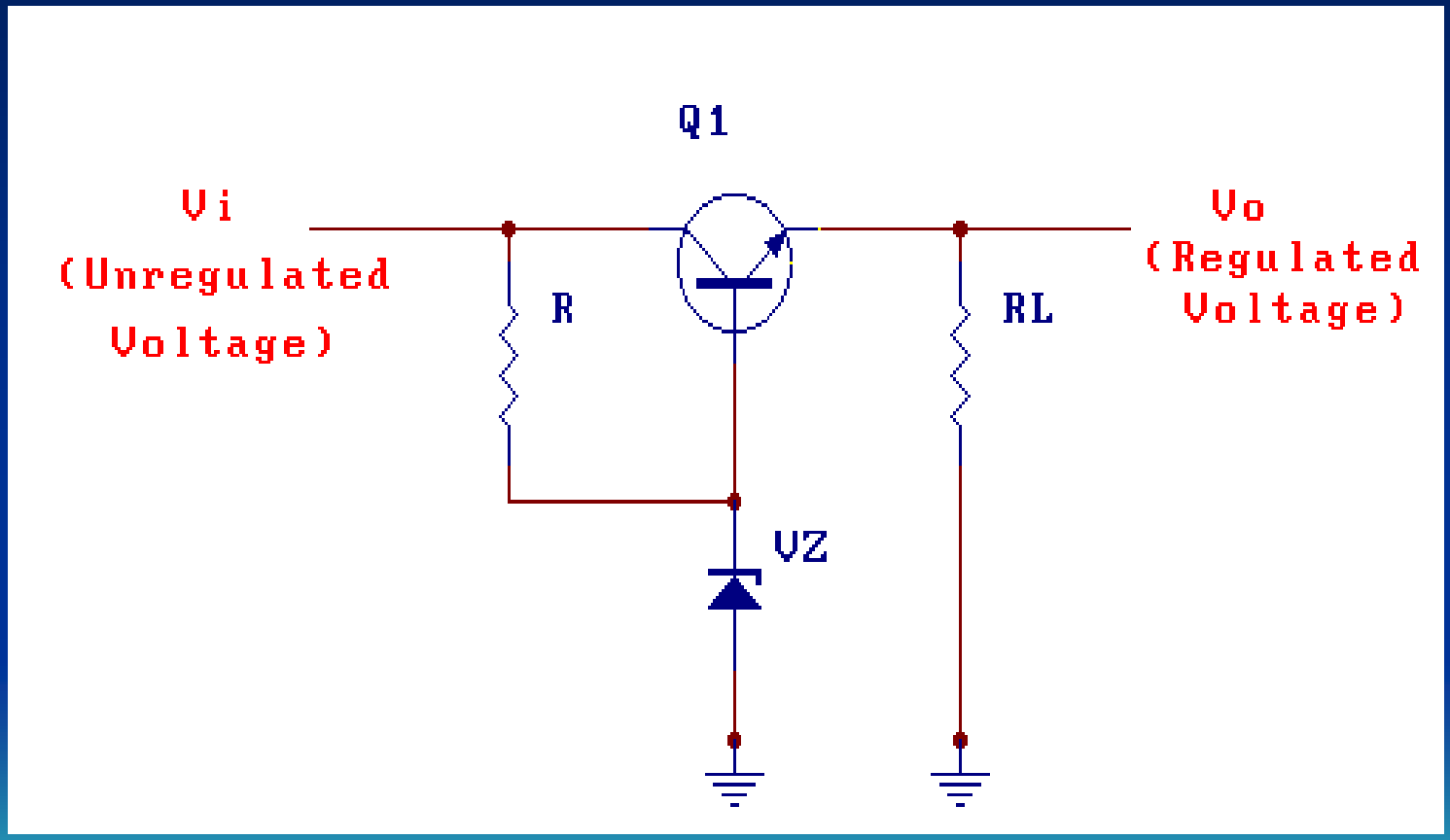
(Series Voltage Regulation)



1. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

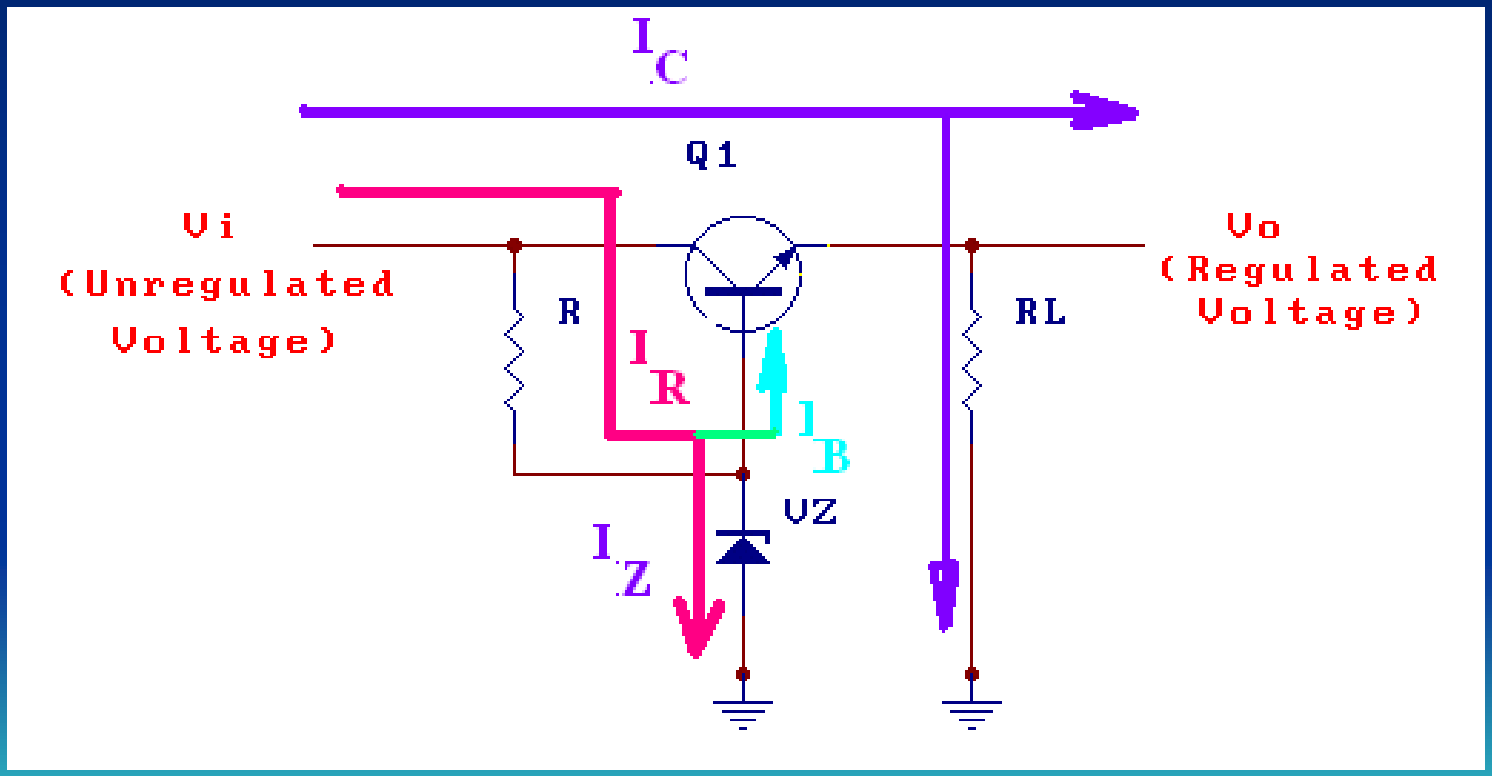
(Series Regulator Circuit)

ลักษณะการต่อวงจร

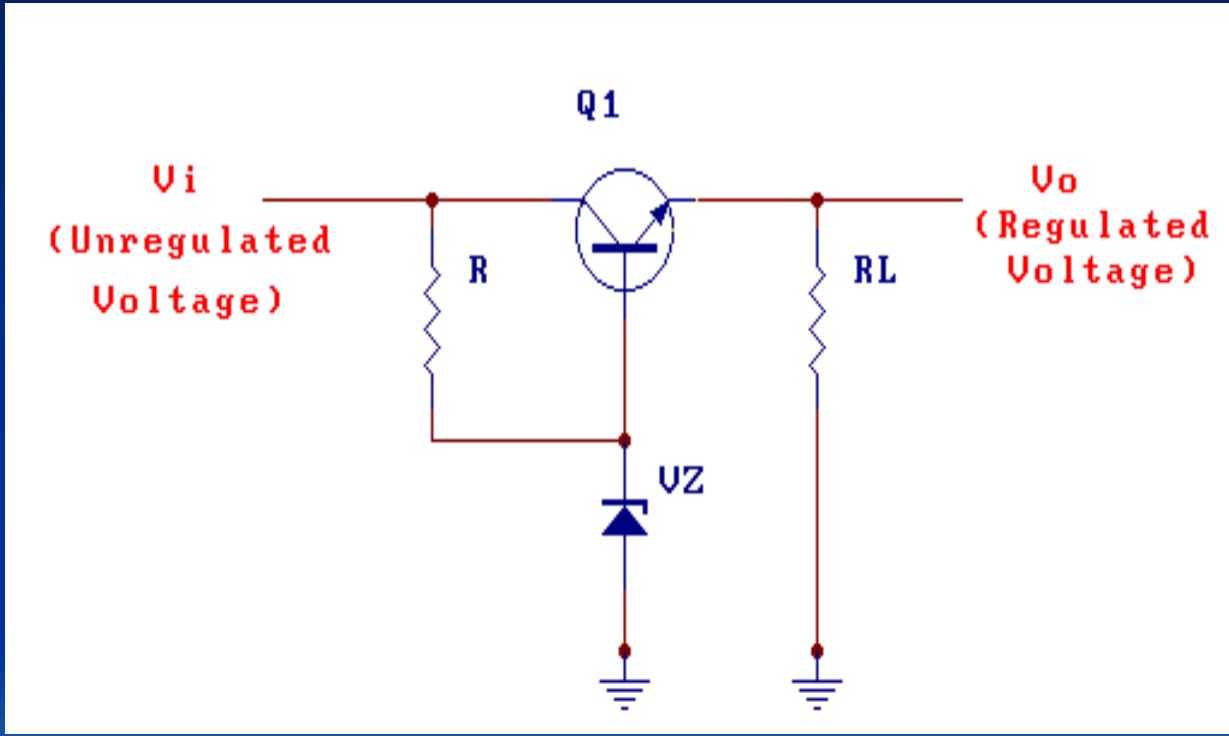


วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม

(Series Regulator Circuit)

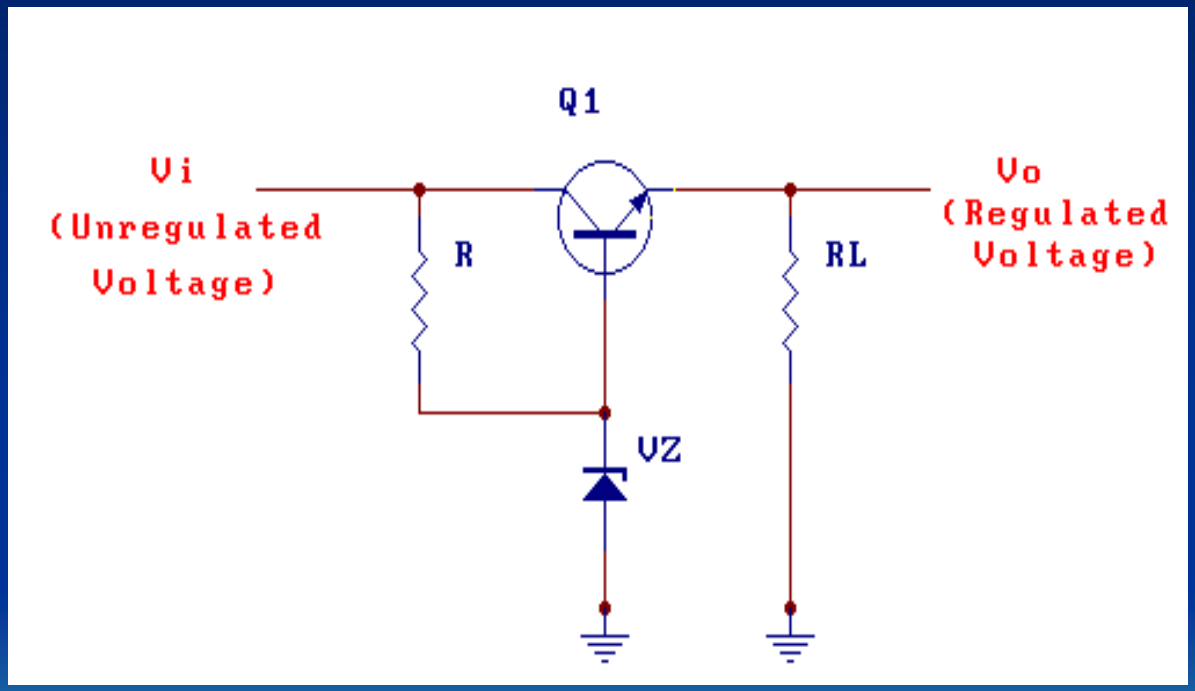


1.2 การหาค่าแรงดันในวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม



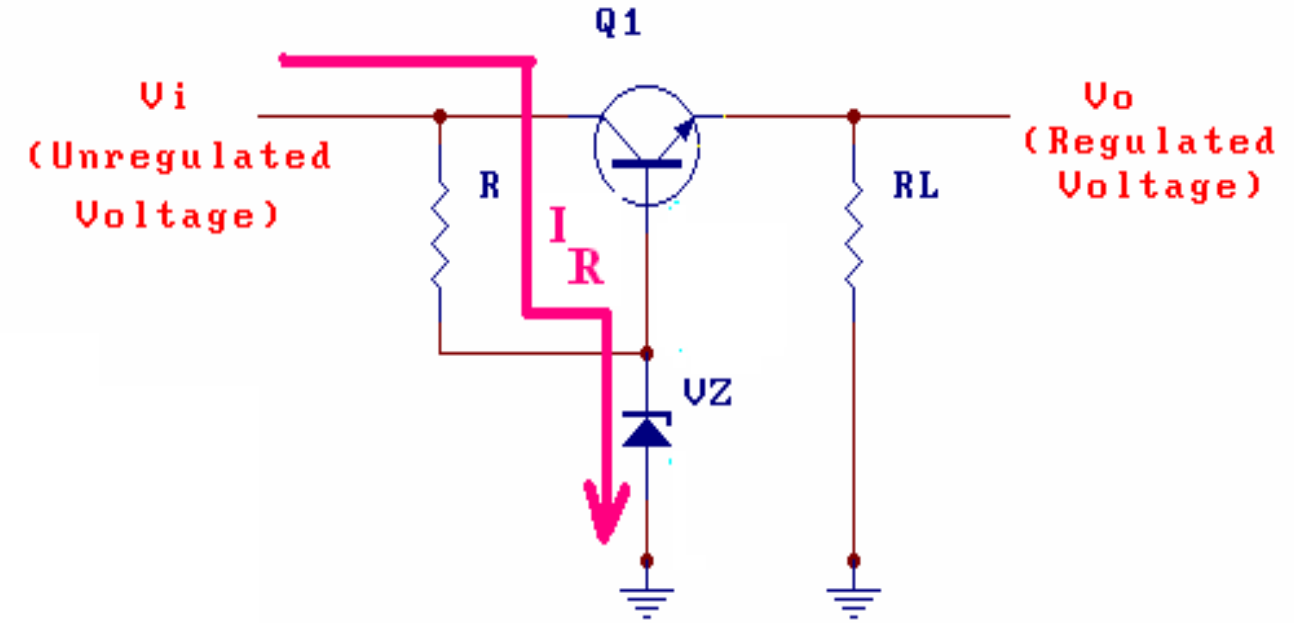
$$V_O = V_Z - V_{BE}$$

หาค่าแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์



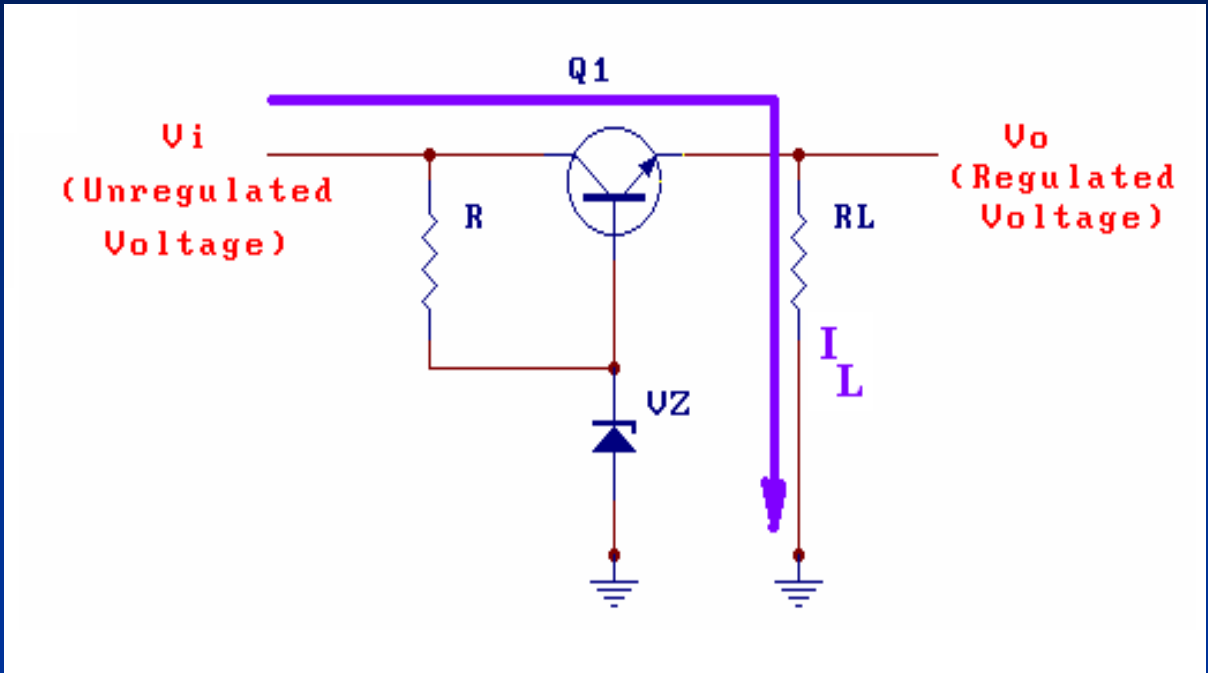
$$V_{CE} = V_i - V_O$$

หาค่ากระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R



$$I_R = \frac{V_I - V_R}{R}$$

หาค่ากระแสไหลผ่านโหลด

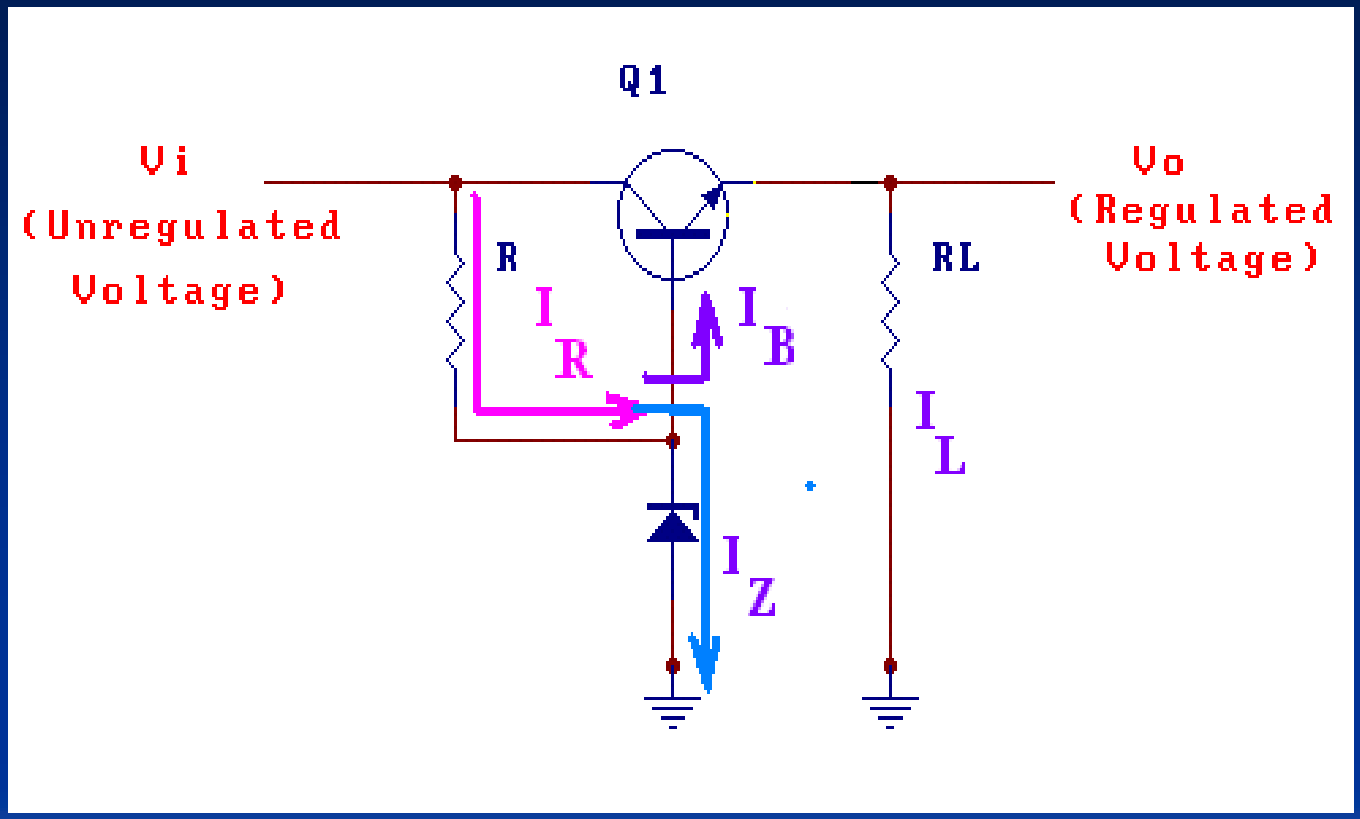


$$I_L = V_O / R_L$$

หาค่ากระแสเบสได้จากดังสมการต่อไปนี้

$$I_B = IC / \beta$$

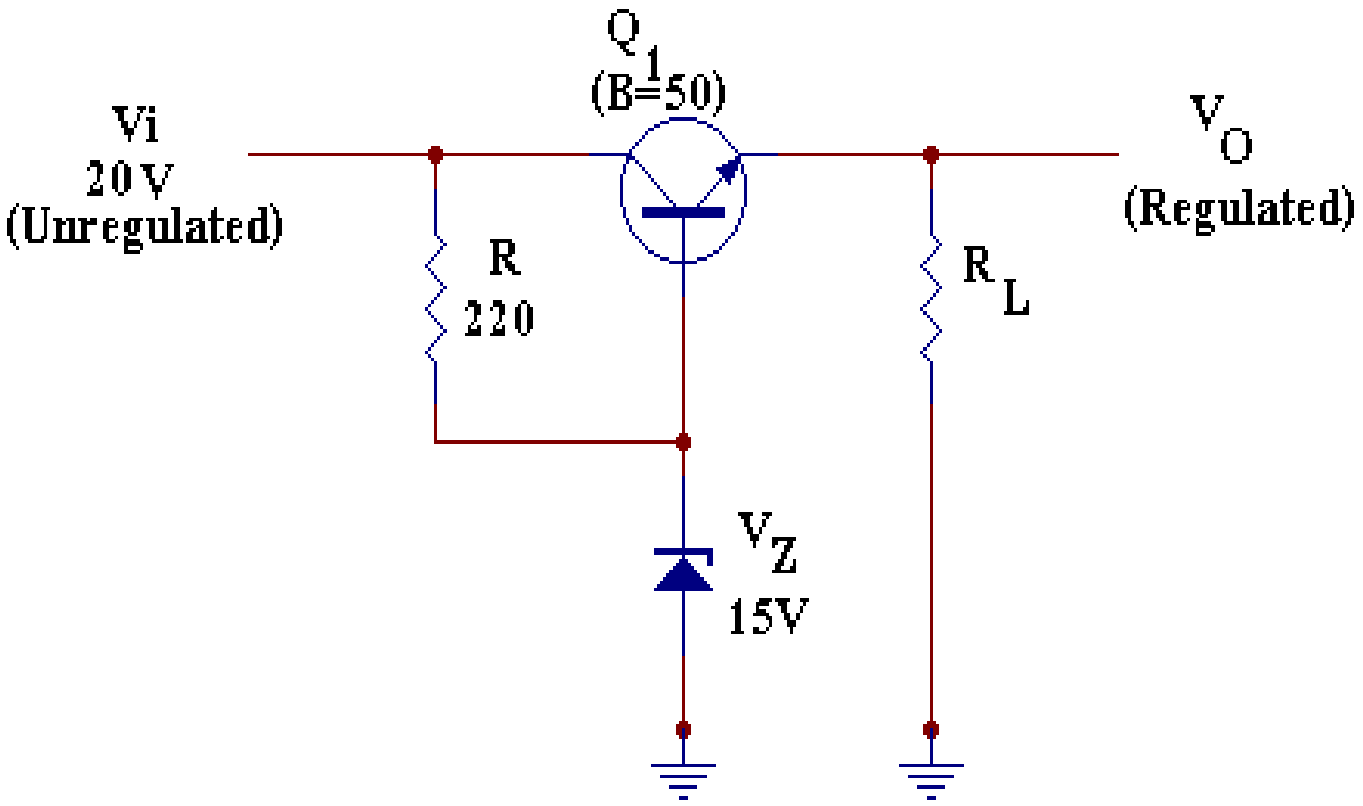
หากระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด



$$I_Z = I_R - I_B$$

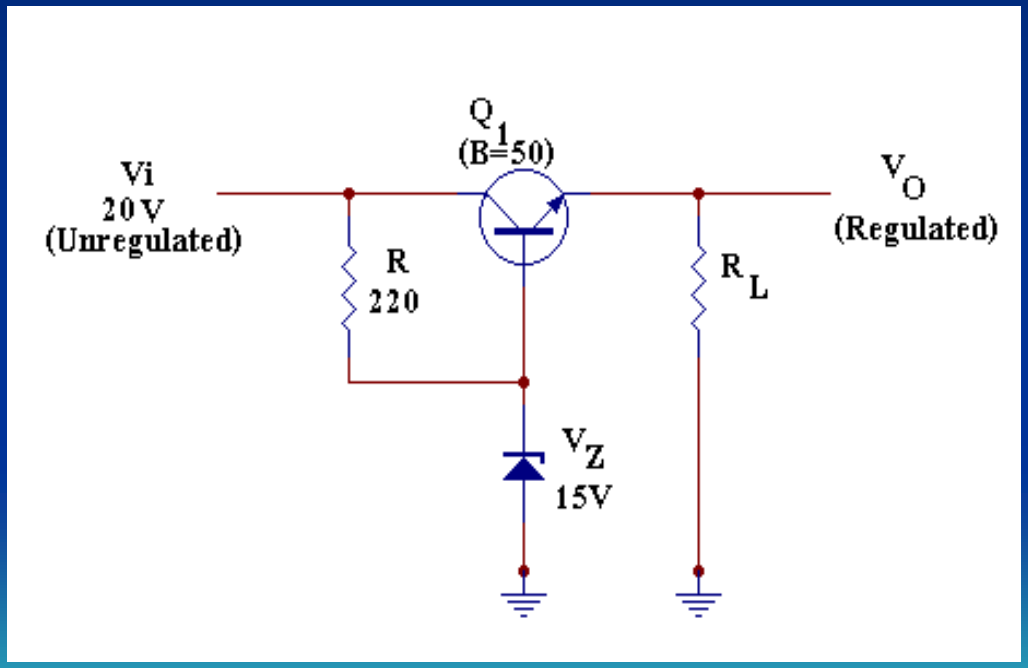
ตัวอย่าง 6.1

จากวงจรดังรูปจงคำนวณหาค่าแรงดัน และกระแสในวงจรรักษาระดับแรงดันดังแสดงในรูป


Q1
(B=50)
Vi
20 V
(Unregulated)
R
220
VZ
15V
RL
VO
(Regulated)

วิธีทำ

(ก) หาค่าแรงดันเอาต์พุต



$$V_O = V_Z - V_{BE}$$

หาค่าแรงดันเอาต์พุตได้จากสูตร

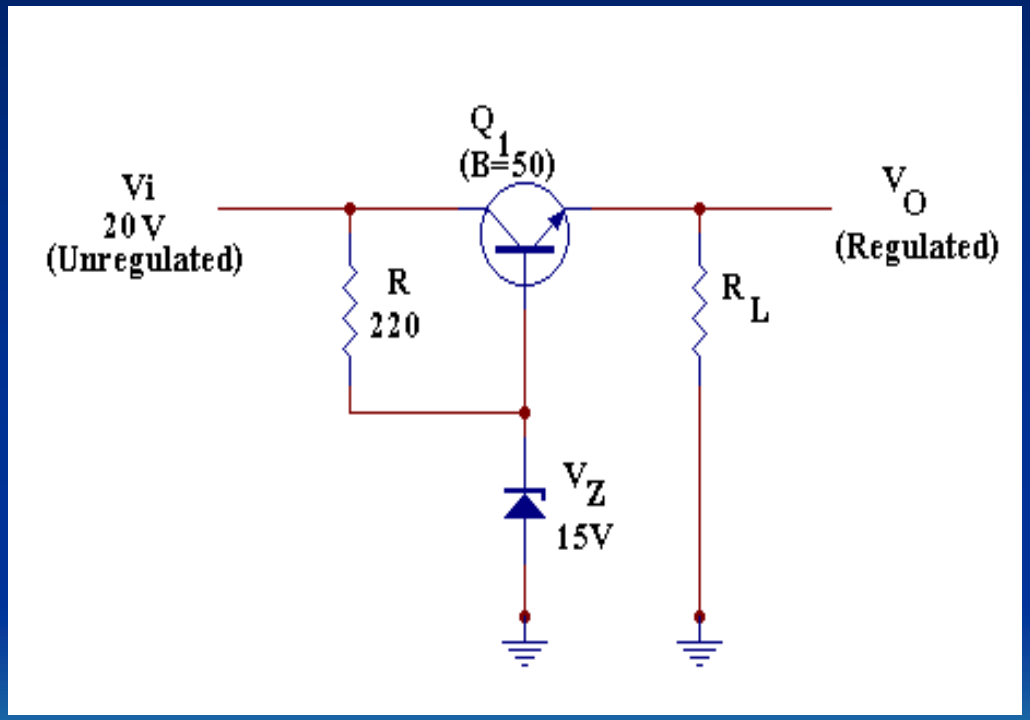
$$V_O = V_Z - V_{BE}$$

แทนค่าในสูตร

$$V_O = 15V - 0.7\ V$$

$$= 14.3\ V$$

(ข) หาค่าแรงดัน VCE



$$V_{CE} = V_i - V_O$$

หาค่าแรงดัน V_{CE}

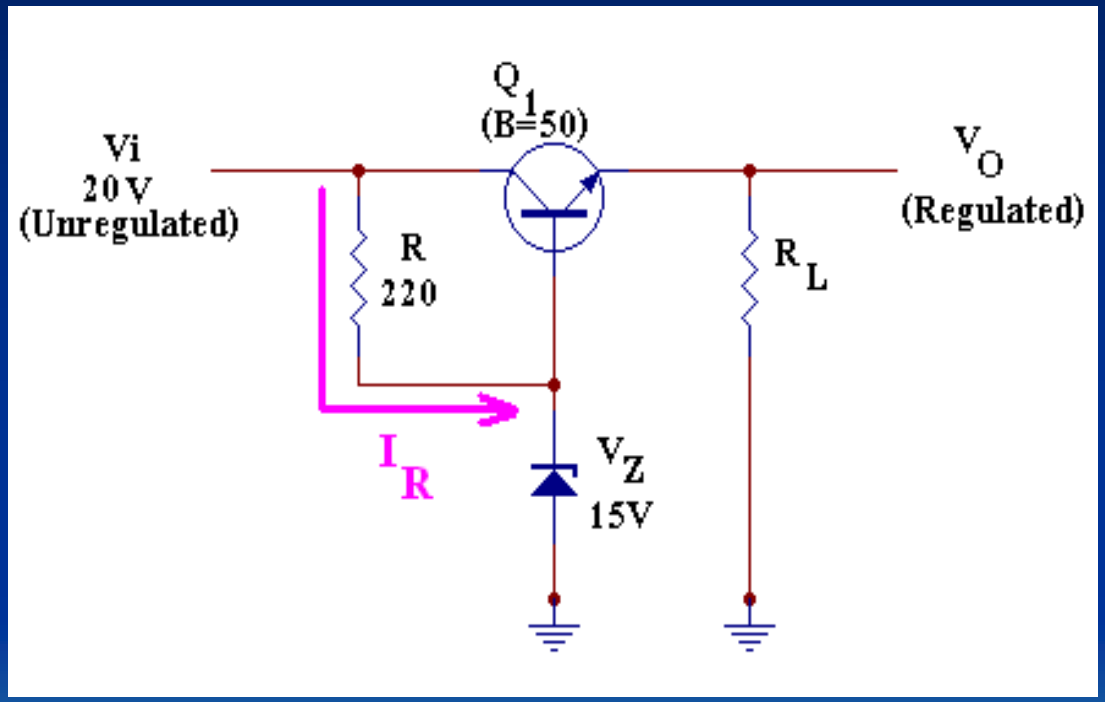
$$V_{CE} = Vi - V_O$$

แทนค่าในสูตร

$$V_{CE} = 20\ V - 14.3\ V$$

$$= 5.7\ V$$

(ค) หาค่ากระแส I_R



$$I_R = \frac{V_I - V_Z}{R}$$

ดังนั้นจะหาค่ากระแส I_R ได้จากสูตร

$$I_R = \frac{V_I - V_Z}{R}$$

แทนค่าในสูตร

$$I_R = \frac{20V - 15V}{220\Omega}$$

$= 5 / 220\ \Omega = 22.7\ mA$

สมมุติว่า $R_L = 1\ K\Omega$ จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านโหลด (R_L) ได้

จากสูตร

$$I_L = V_O / R_L$$

แทนค่าในสูตร

$$I_L = 14.3\ V / 1\ K\Omega$$

$$= 14.3\ mA$$

หาค่ากระแสที่ขาเบสได้จากสูตร

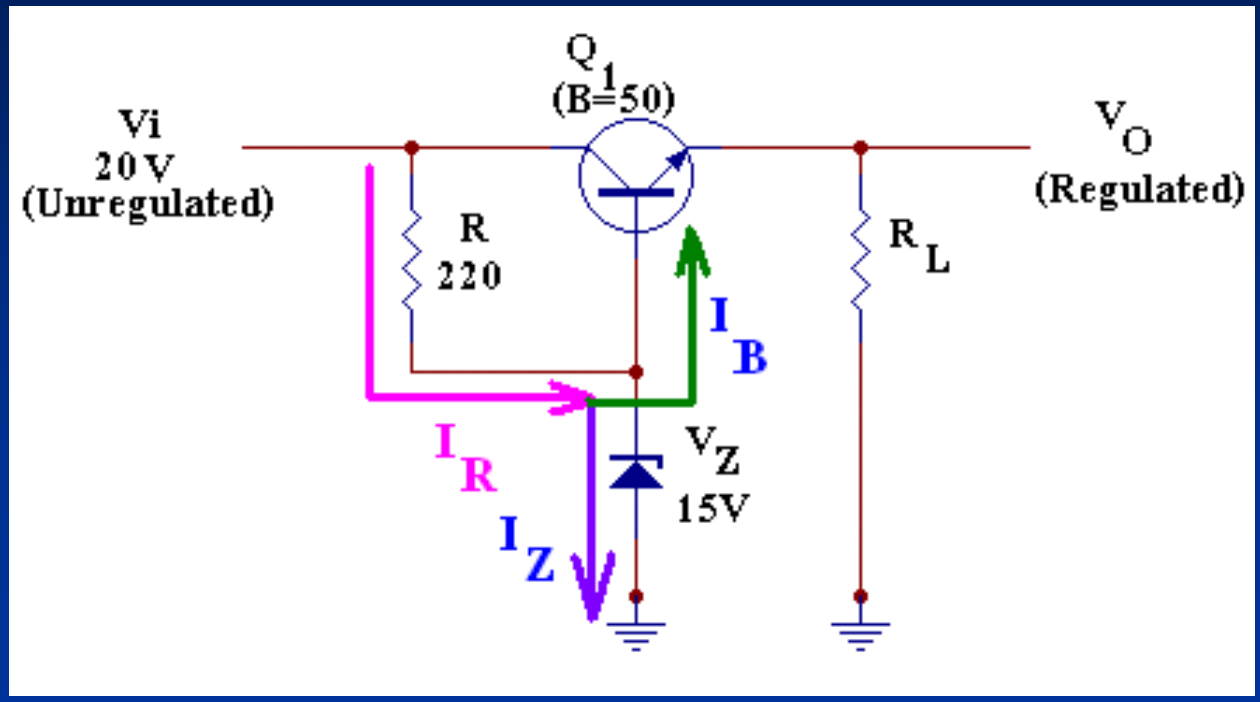
$$I_B = I_C / \beta$$

แทนค่าในสูตร

$$I_B = 14.3 \text{ mA} / 50$$

$$= 286 \ \mu\text{A}$$

(ง) หาค่ากระแส I_Z



$$I_Z = I_R - I_B$$

∴ จะหาค่ากระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด (I_Z) ได้ดังนี้

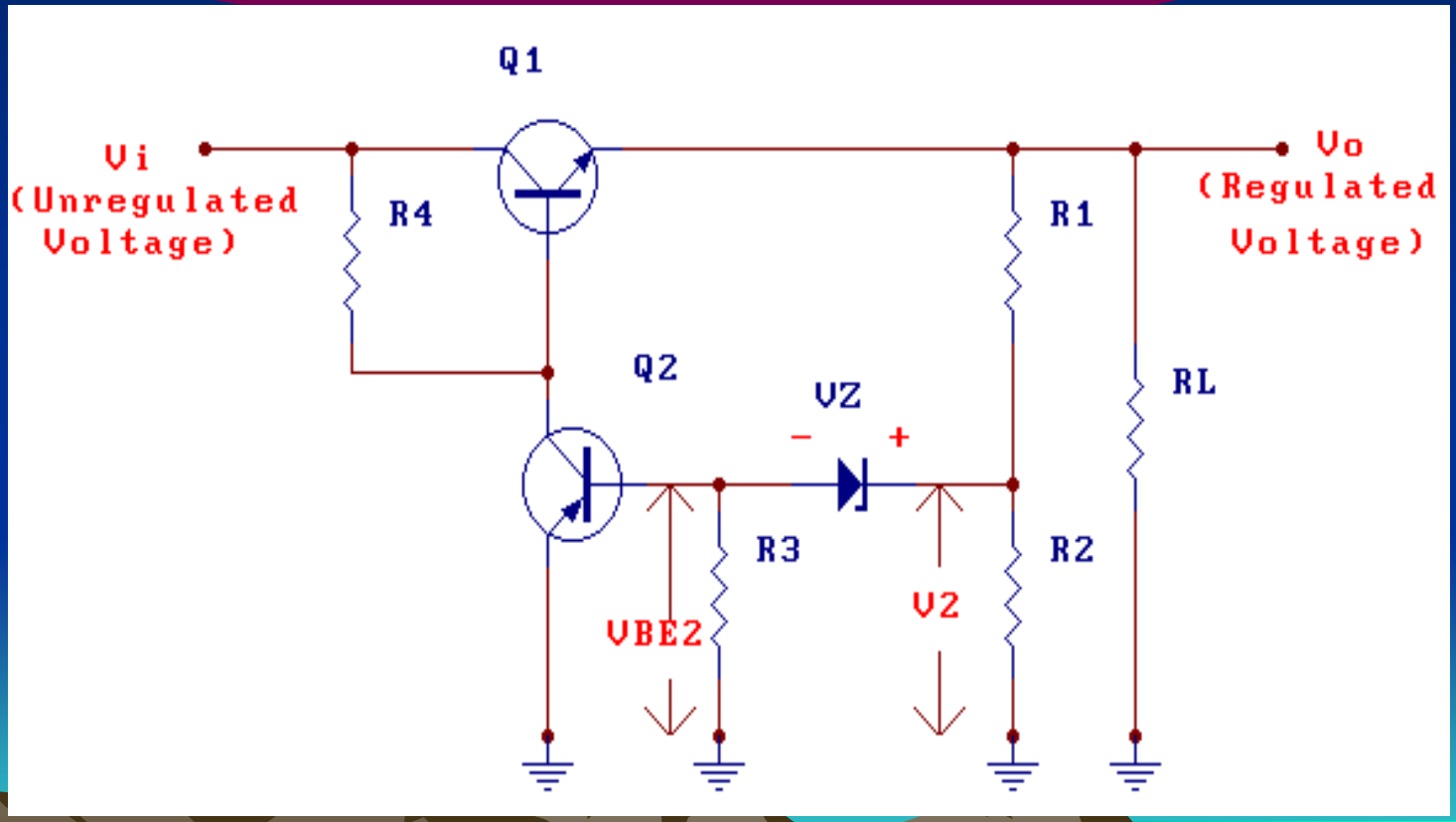
$$I_Z = I_R - I_B$$

แทนค่าในสูตร

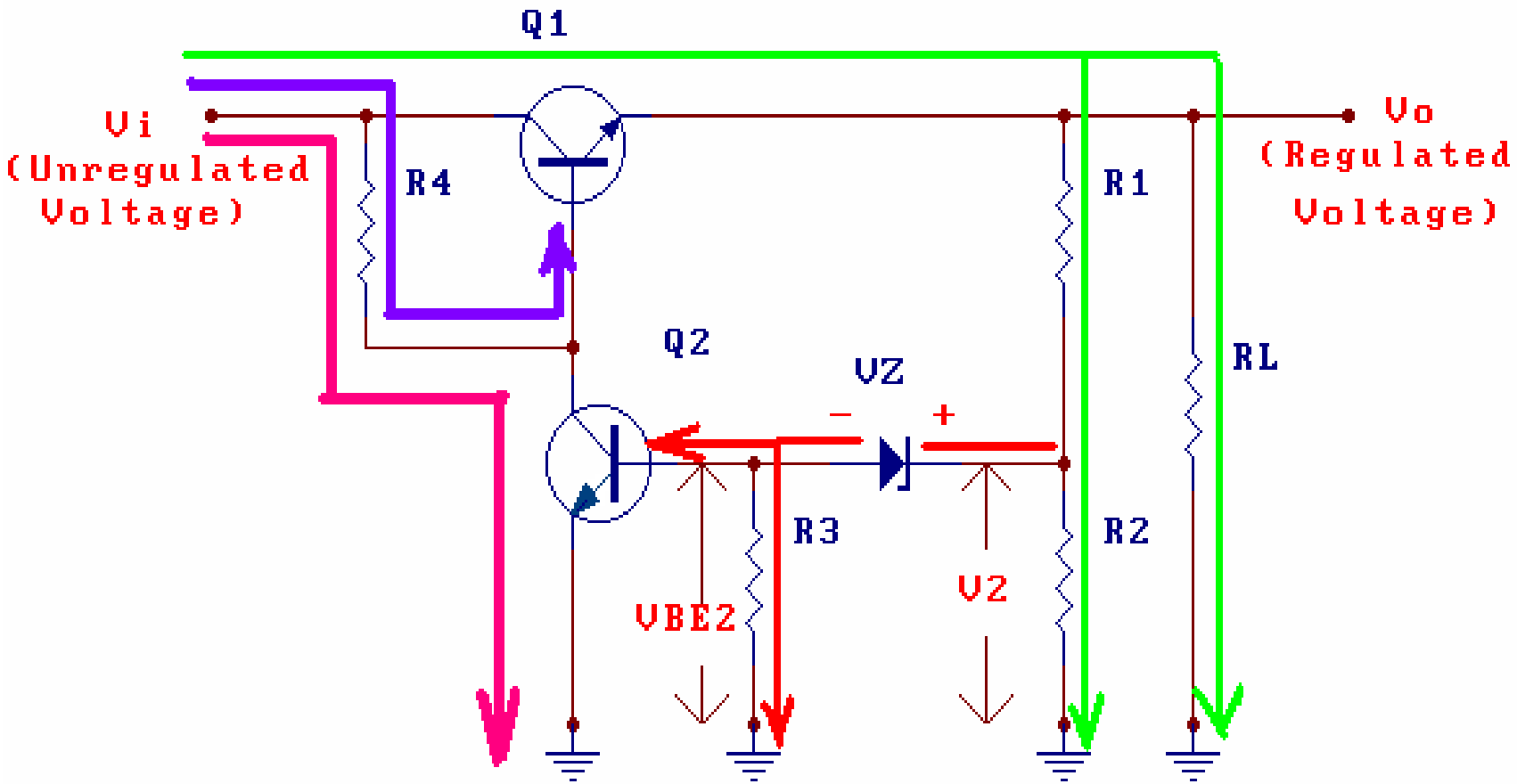
$$I_Z = 22.7\ mA. - 286\ \mu A$$

$$= 22.47\ mA$$

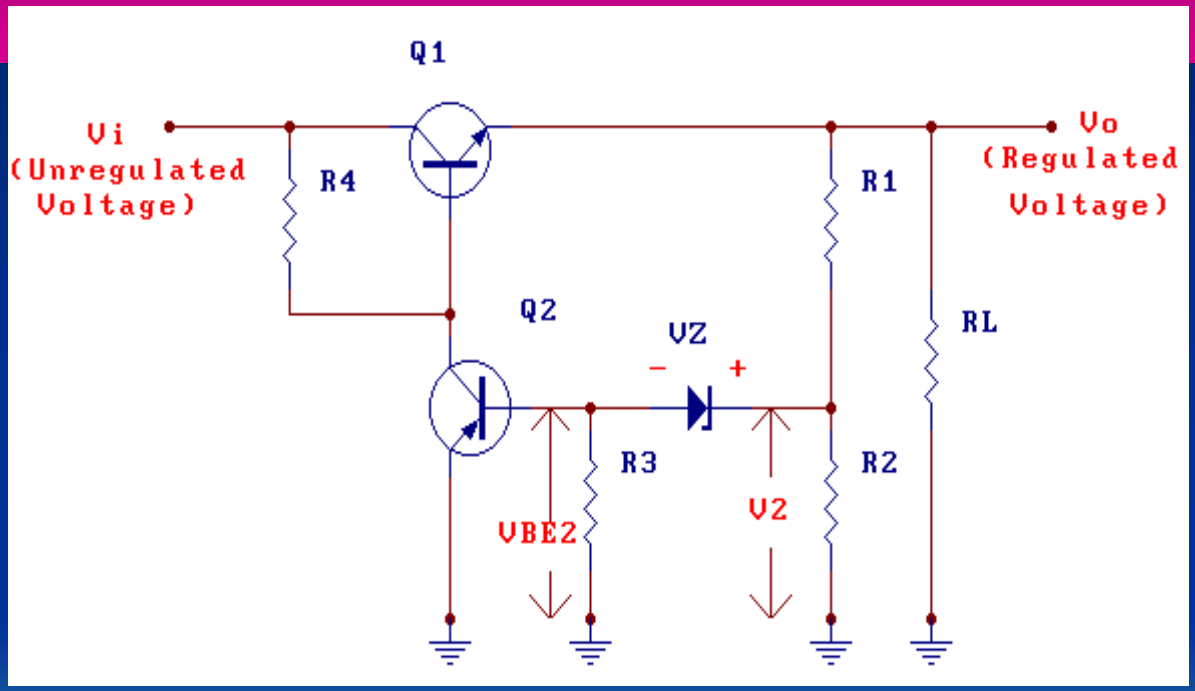
วงจรรักษาระดับแรงดันที่ปรับปรุงให้ดีขึ้น



การทำงานของวงจร



แรงดันระหว่างแรงดันที่ขาเบสอิมิตเตอร์ของ Q2 กับแรงดันที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอด (VZ) ซึ่งจะเขียนสมการได้ดังนี้



$$V_{BE} + V_Z = V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_O$$

$$V_{BE} + V_Z = V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_O \quad (6.7)$$

จากสมการที่ 6.7 เราสามารถ หาค่าเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulated Output Voltage) หรือ VO

$$V_O = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \times (V_Z + V_{BE2}) \quad (6.8)$$

ตัวอย่างที่ 6.2

จงหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับ (Regulated) ดังแสดงในรูปเมื่อวงจรประกอบด้วย

$R_i = 20\ K\Omega$ $R_2 = 30\ K\Omega$ และ $V_Z = 6.3\ V$

ตัวอย่างที่ 6.2

วิธีทำ

จากสมการที่ 6.8 สามารถหาเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดันได้ดังนี้

จากสูตร

$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\left(V_Z + V_{BE2}\right)$$

ตัวอย่างที่ 6.2

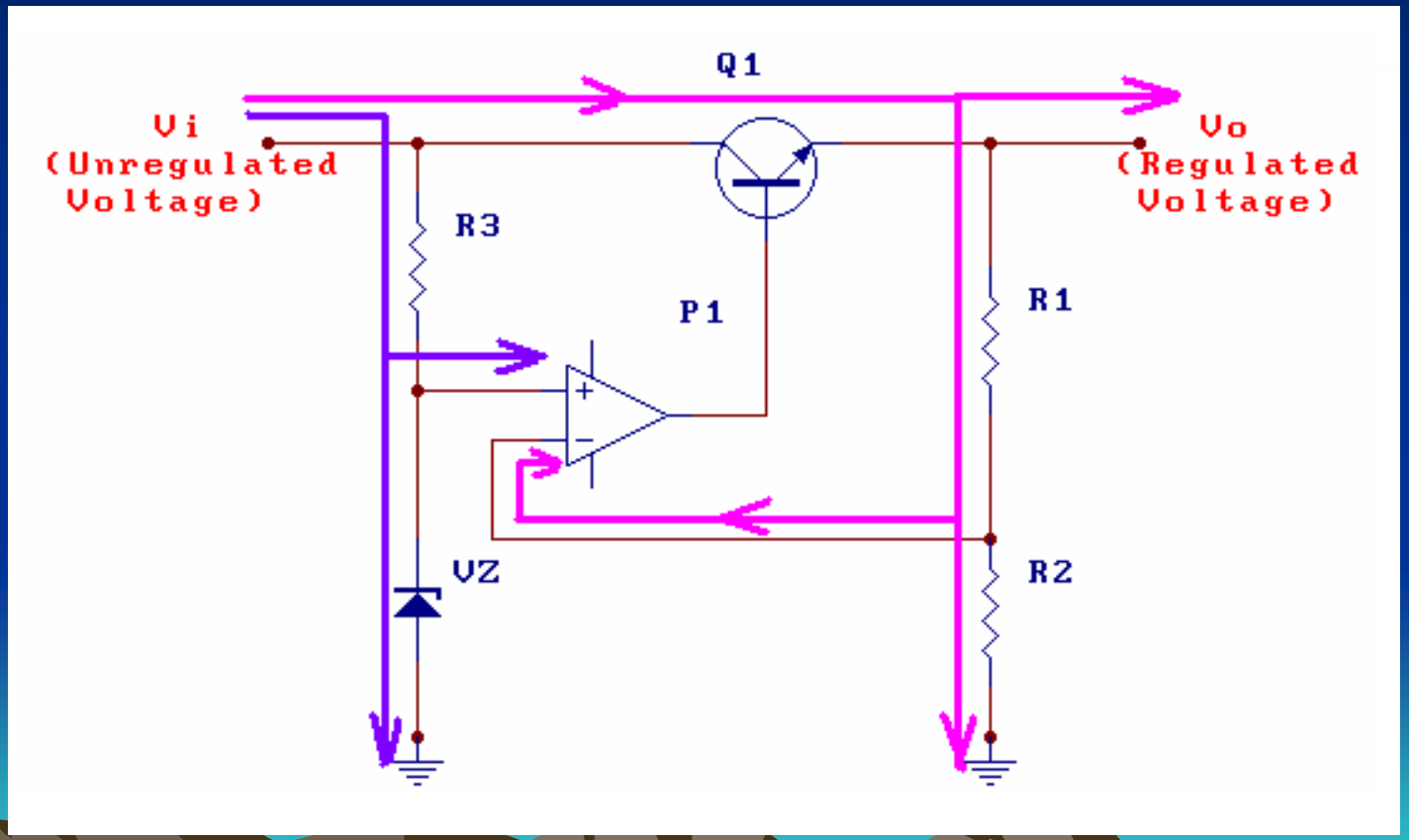
$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\left(V_Z + V_{BE2}\right)$$

แทนค่าในสูตร

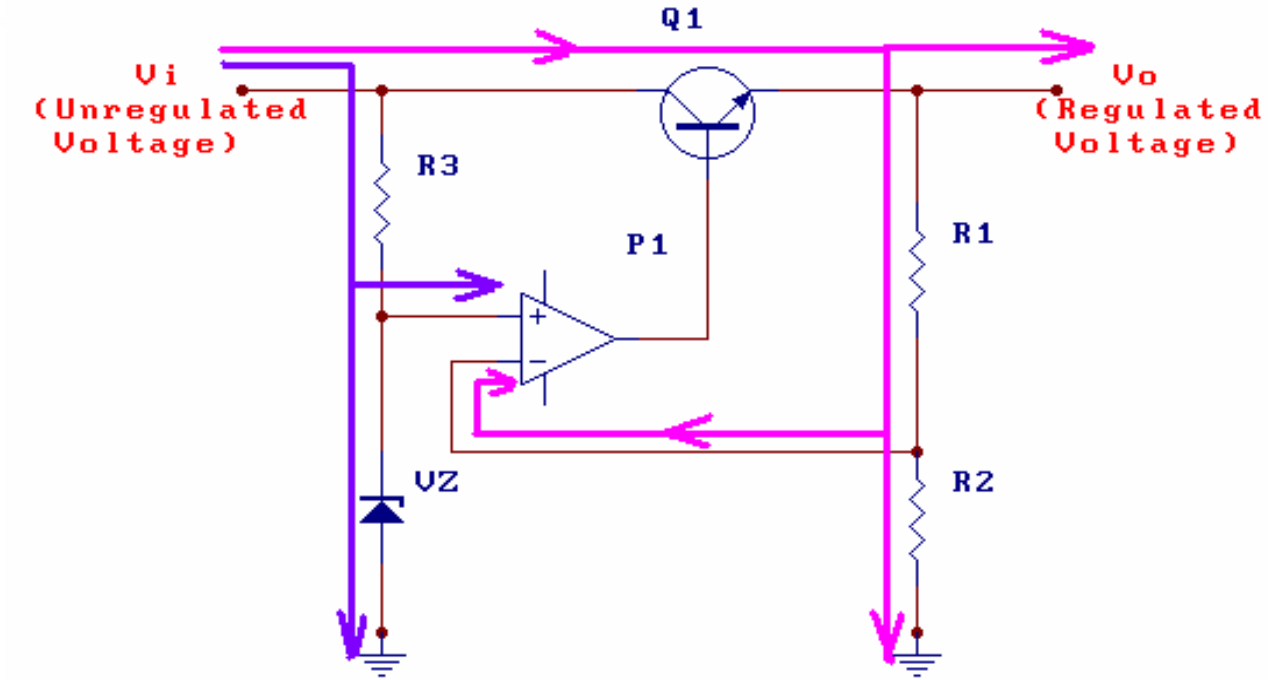
$$V_o = \frac{20K\Omega + 30K\Omega}{30K\Omega}\left(6.3V + 0.7V\right)$$

$$= 11.67\ V$$

วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมที่ใช้ออปแอมป์เป็นวงจรเปรียบเทียบ



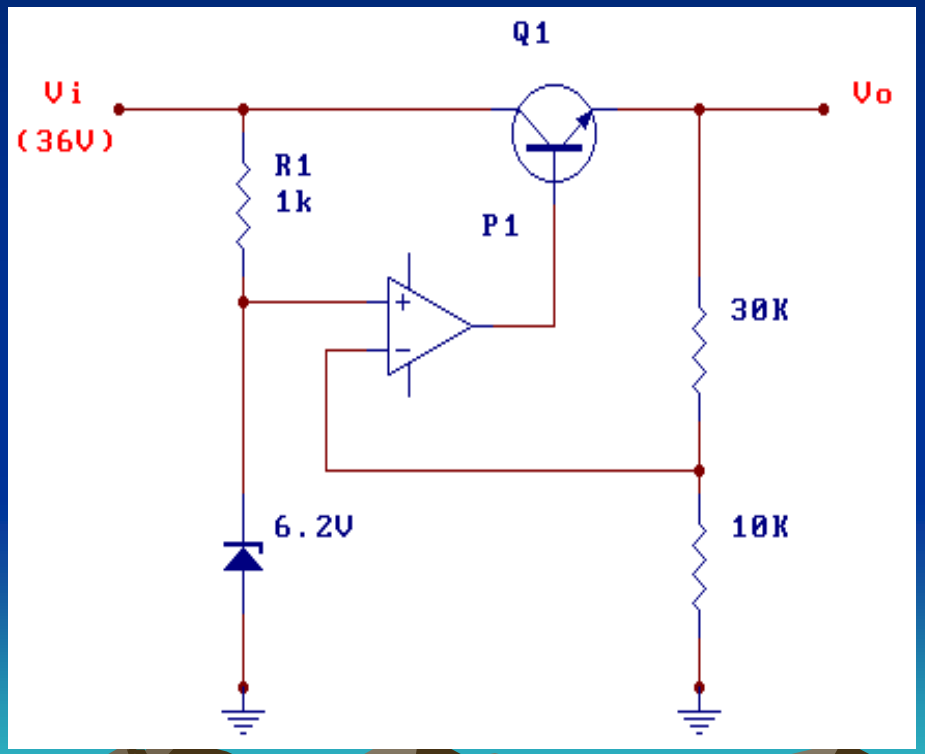
จากวงจรสามารถหาค่าแรงดันเอาต์พุตได้ดังนี้



$$V_O = \left[1 + \frac{R_1}{R_2}\right] \times V_Z$$

ตัวอย่างที่ 6.3

จงคำนวณหาแรงดันเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดันดังแสดงในรูปวงจร



วิธีทำ

จากสมการที่ 6.9 หาค่าแรงดันเอาต์พุต

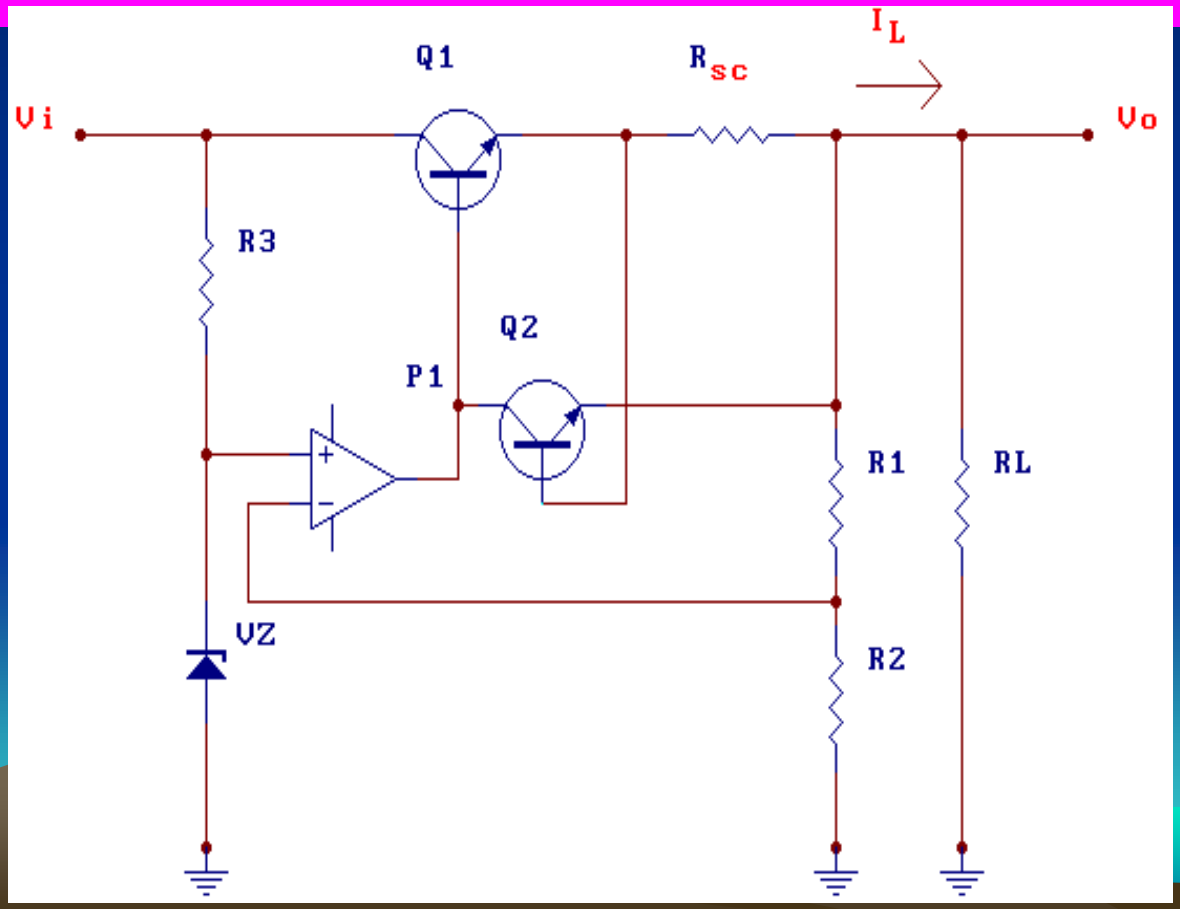
ของวงจรรักษาระดับแรงดันได้ดังนี้

$$V_O = \left[1 + \frac{R_1}{R_2}\right] \times V_Z$$

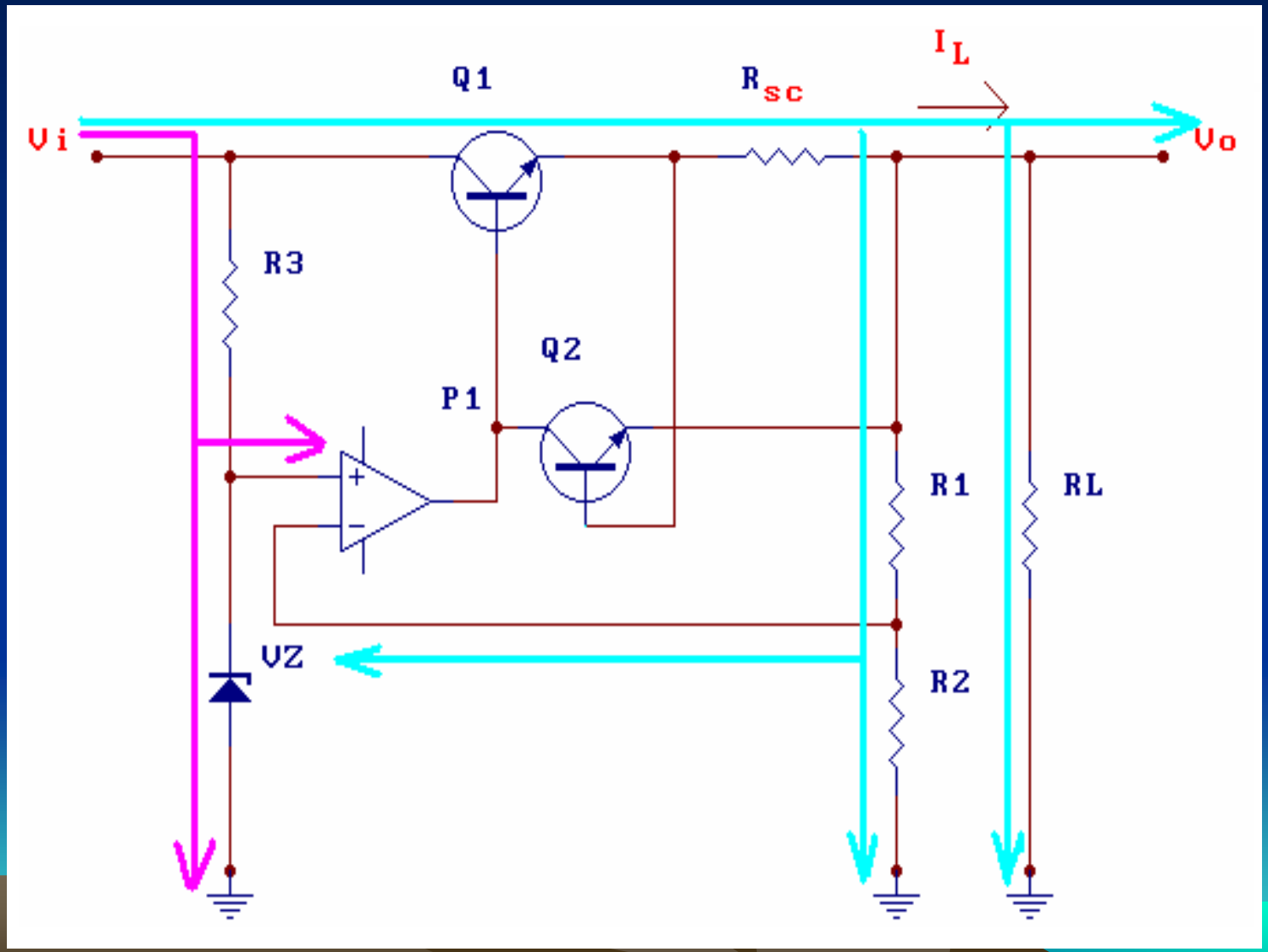
แทนค่าในสูตรจะได้

$$V_O = \left[1 + \frac{30K\Omega}{10K\Omega}\right] \times 6.2V = 24.8V$$

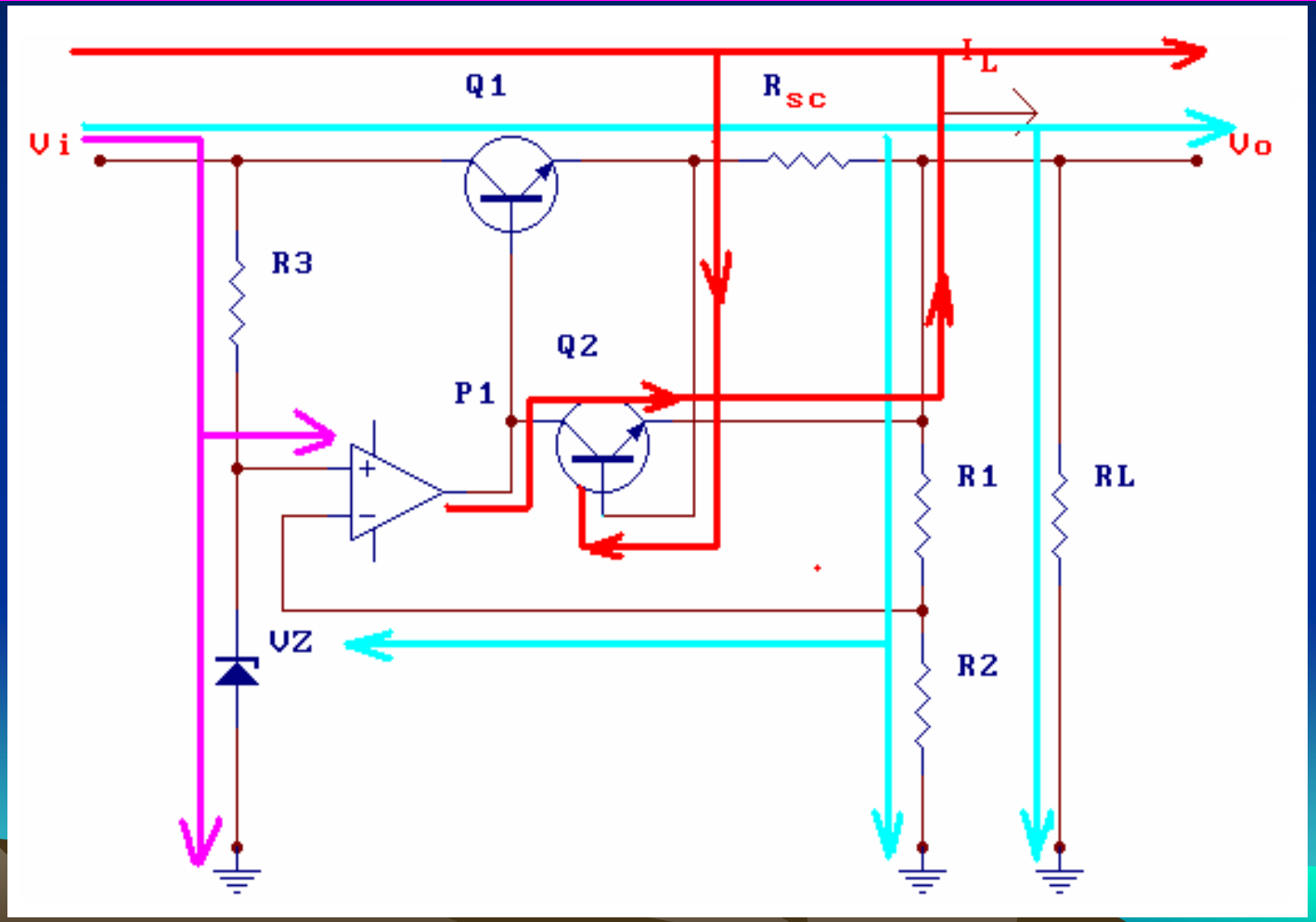
1.3 วงจรจำกัดกระแสในวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม (Current Limiting Circuit)



การทำงานของวงจร



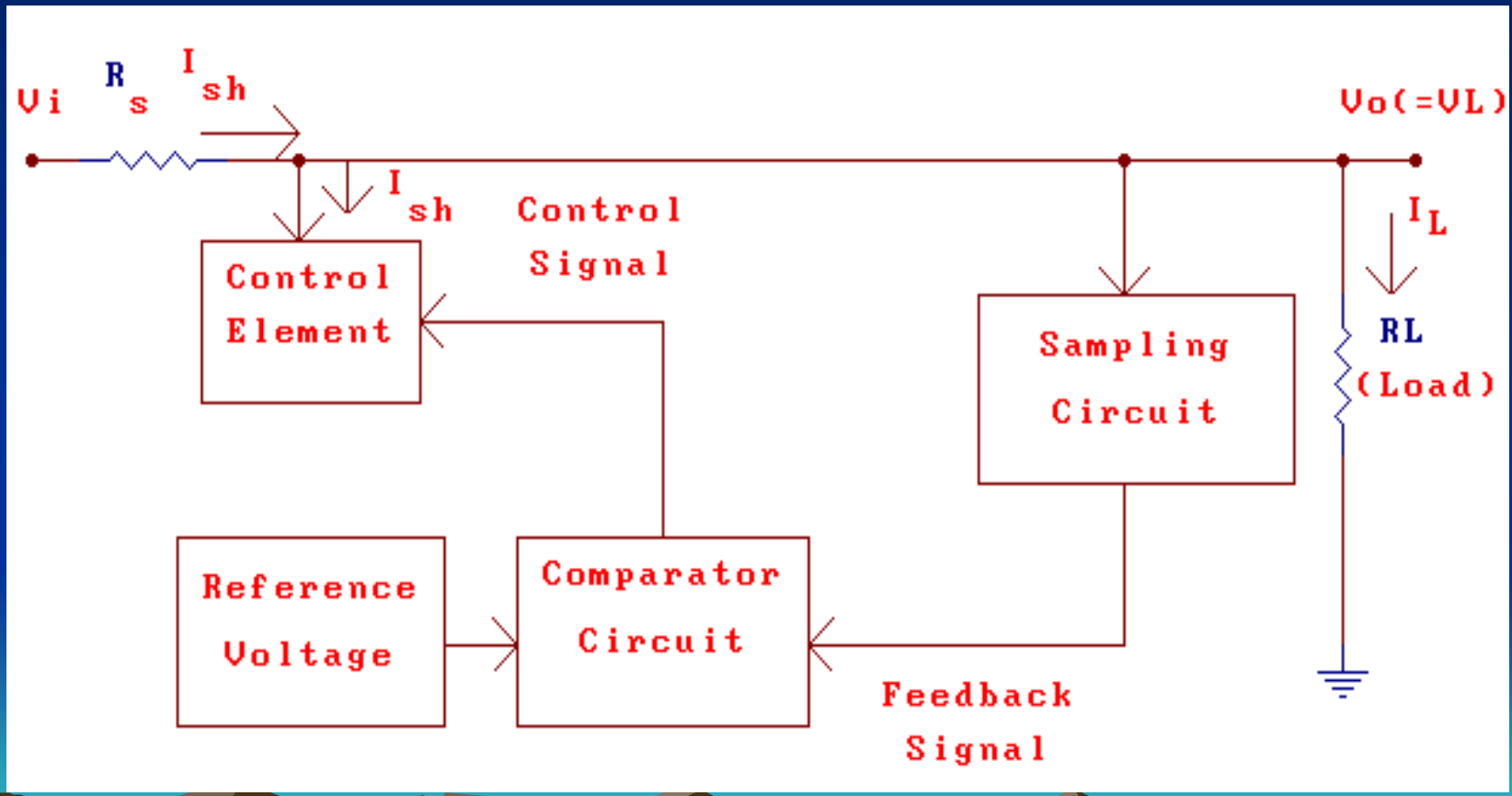
การทำงานของวงจรวงจรจำกัดกระแสของวงจรรักษาระดับแรงดัน



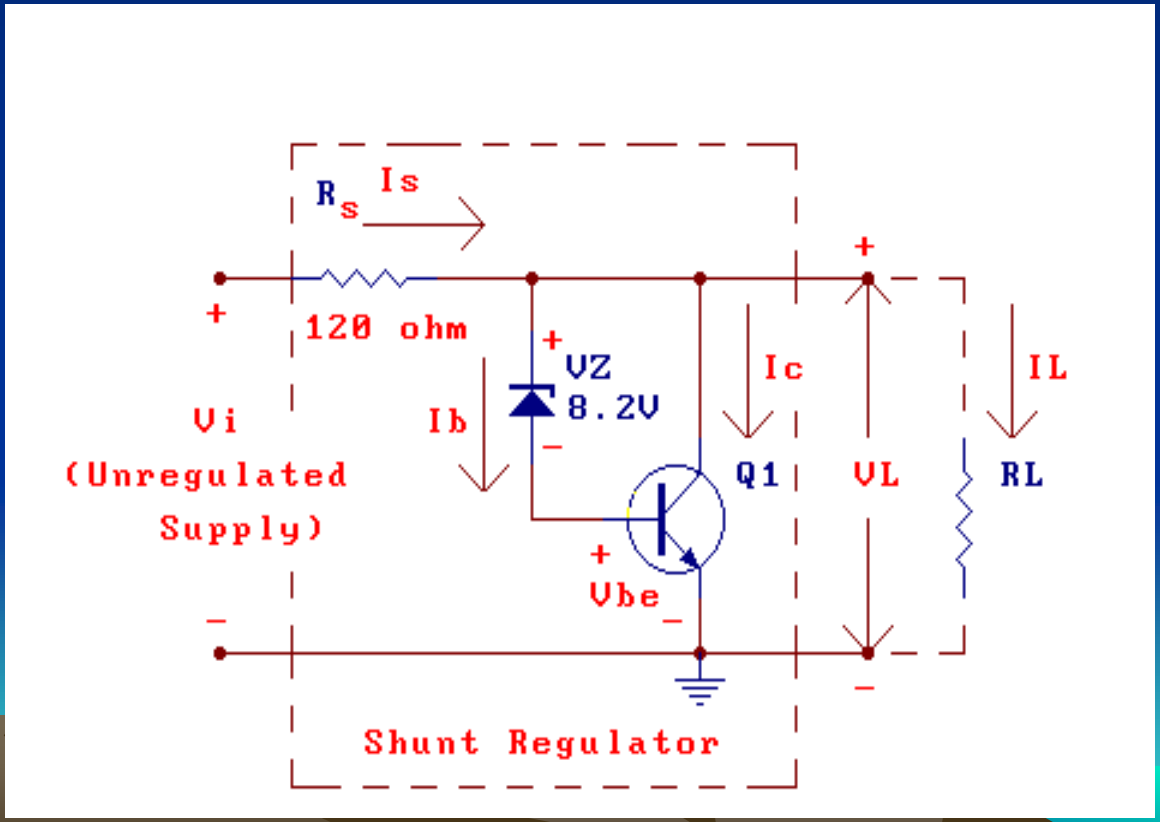
2. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนาน

(Shunt -Voltage Regulation)

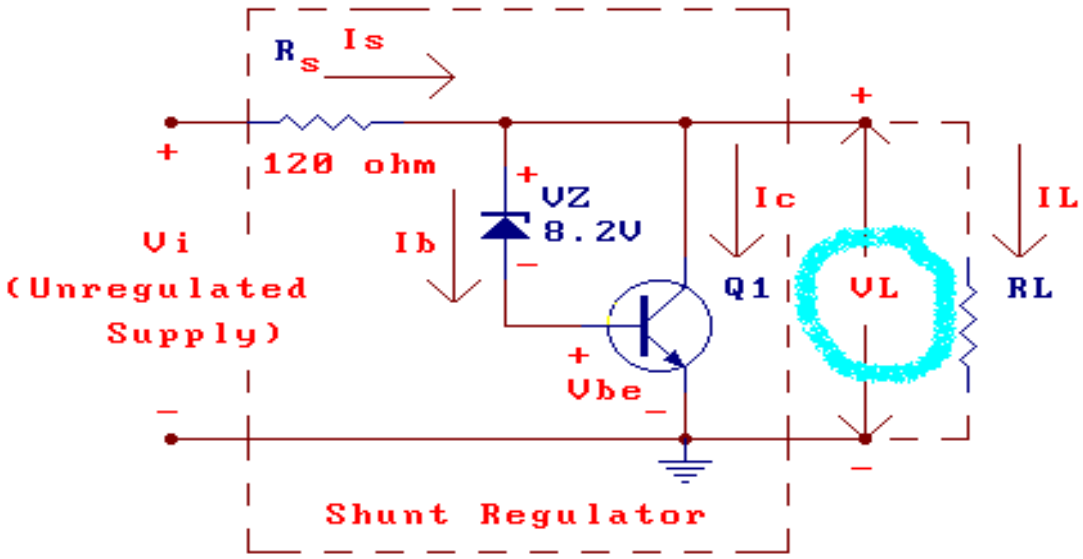
แสดงบล๊อคไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนาน



2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ทรานซิสเตอร์ (Basic Transistor Shunt Regulator)



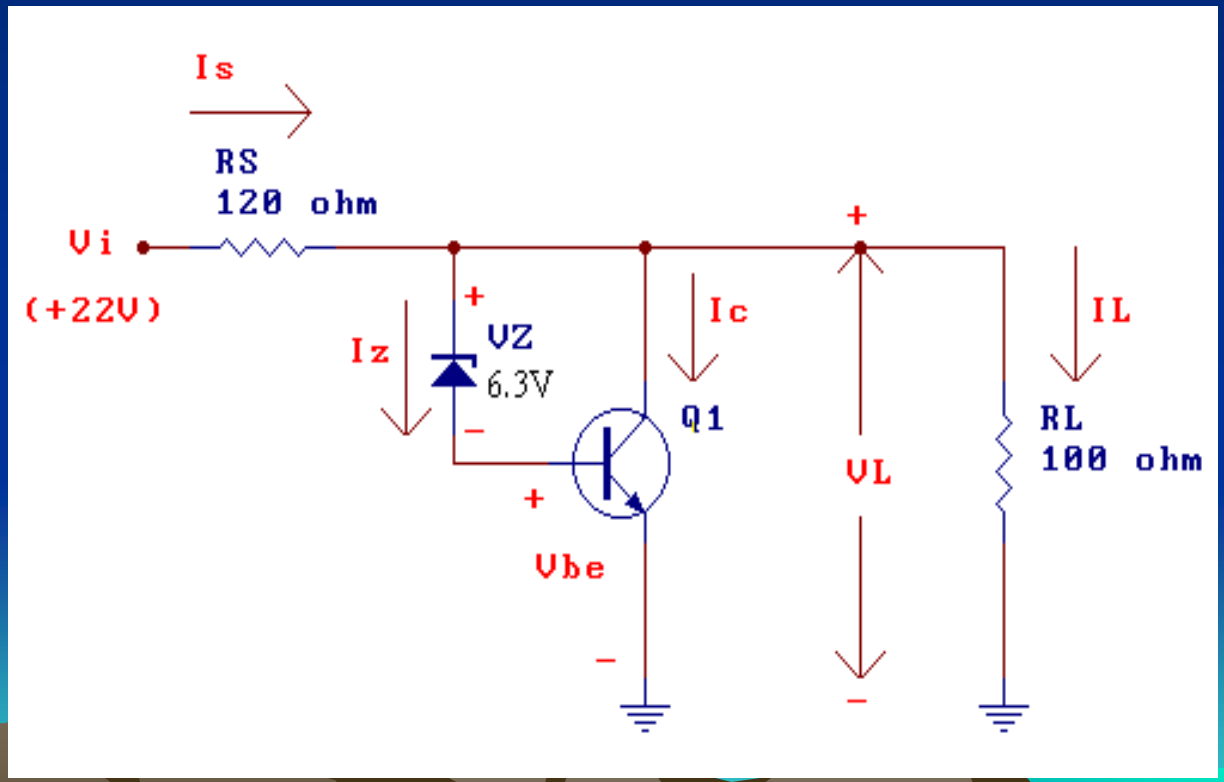
การทำงานของวงจรรักษาระดับโดยใช้ทรานซิสเตอร์แบบขนาน



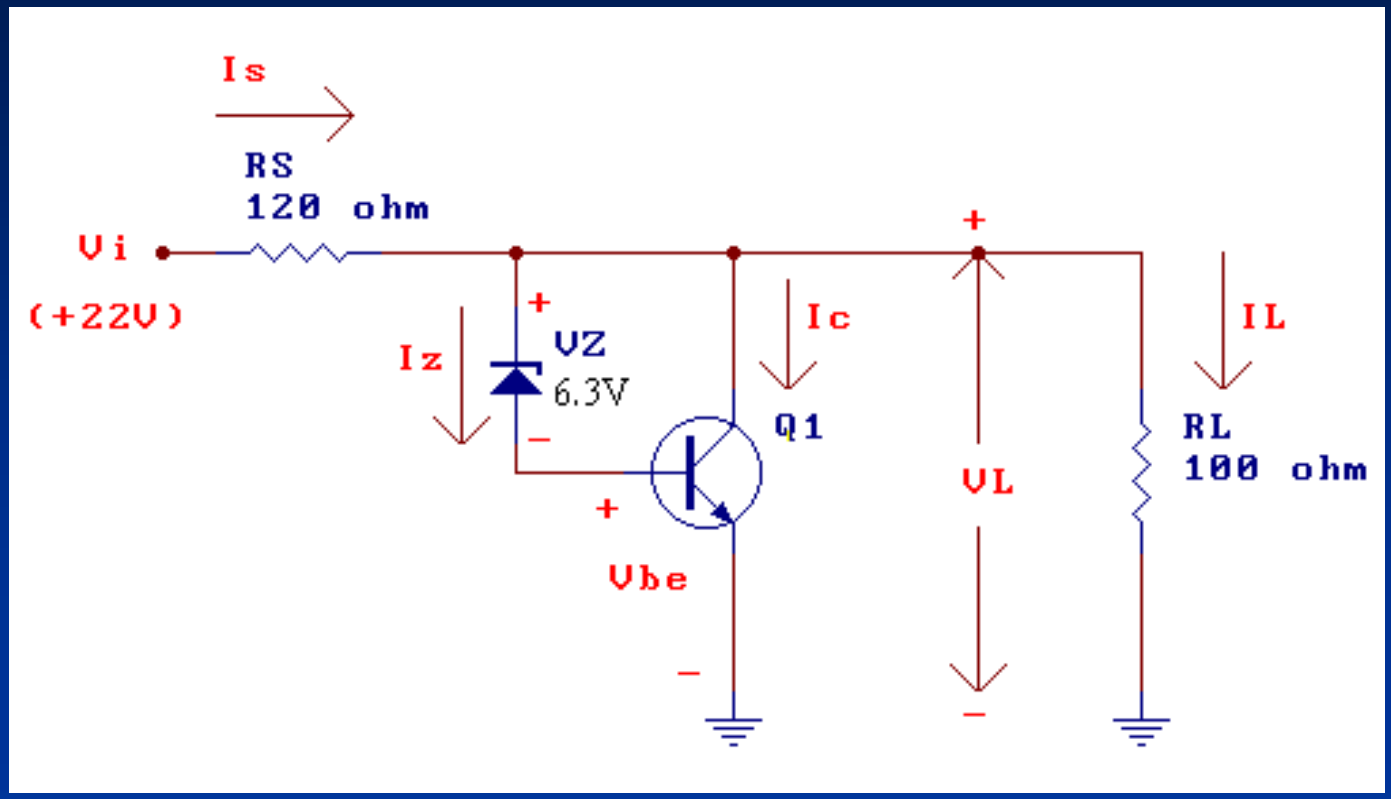
$$V_L = V_Z + V_{BE}$$

ตัวอย่างที่ 6.4

จงคำนวณหาค่ารักษาระดับแรงดัน และกระแสที่ไหลในวงจรดังแสดงในรูป



(ก) หาค่าแรงดันที่โหลด (V_L) ดังนี้



$$V_L = V_Z + V_{BE}$$

(ก) หาค่าแรงดันที่โหลด (V_L) โดยใช้

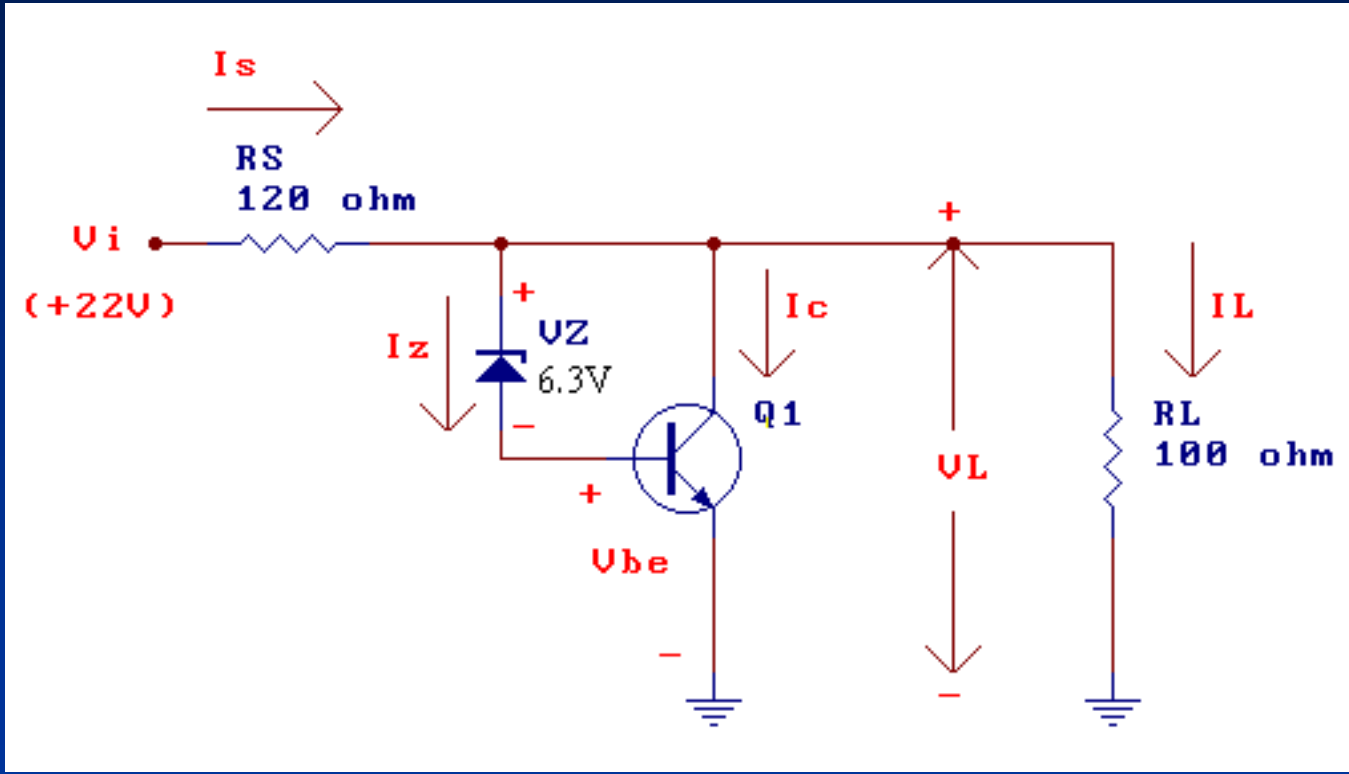
$$V_L = V_Z + V_{BE}$$

แทนค่าในสูตร

$$V_L = 6.3\ V + 0.7\ V$$

$$= 7\ V$$

(ข) หาค่ากระแสโหลด (I_L) ได้ดังนี้



$$I_L = V_L / R_L$$

(ข) หาค่ากระแสโหลด (I_L) ได้จากสมการต่อไปนี้

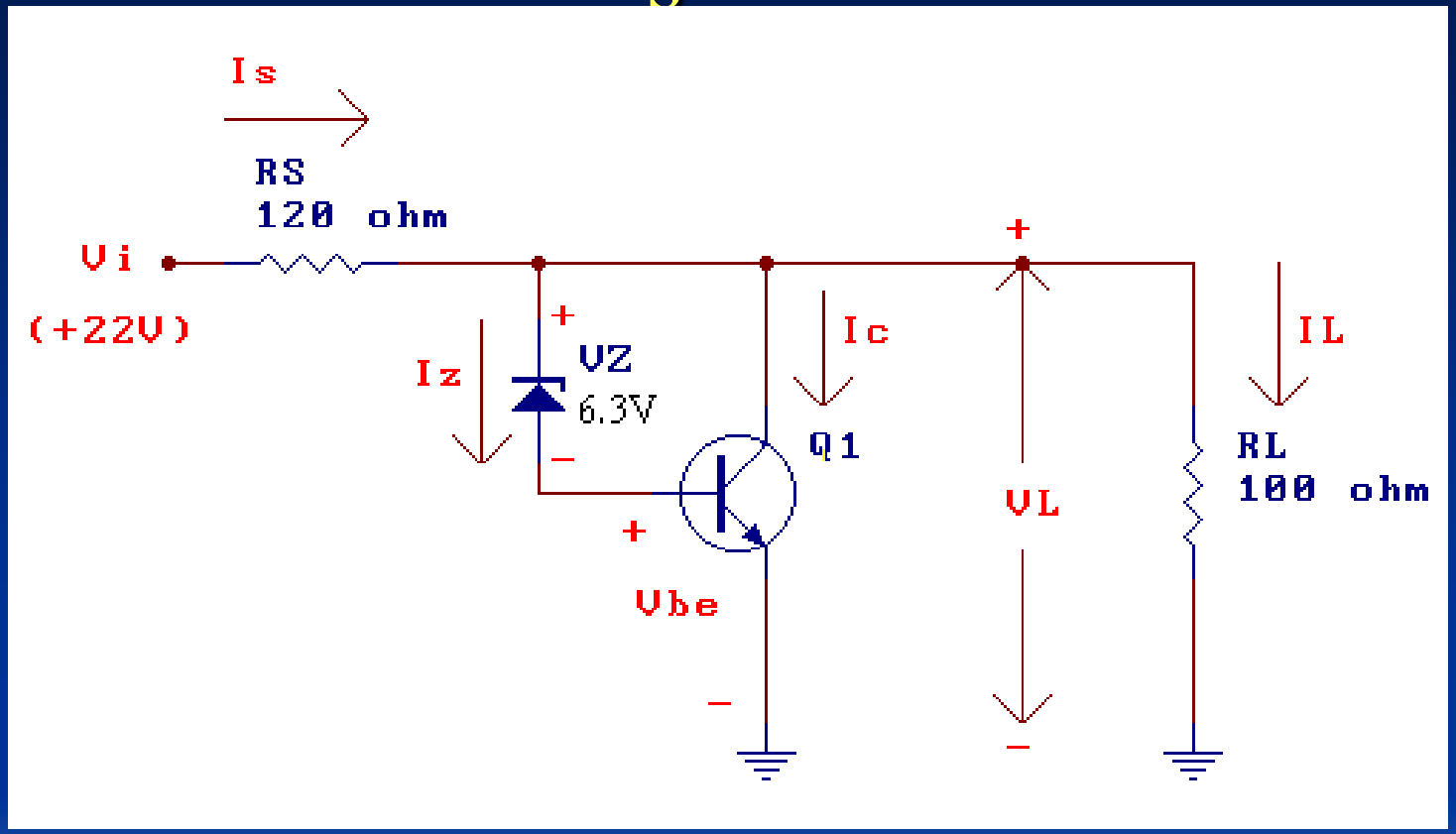
$$I_L = V_L / R_L$$

แทนค่าในสูตร

$$I_L = 7\ V / 100\ \Omega$$

$$= 70\ mA$$

(ค) หาค่ากระแส I_S ได้จากสมการต่อไปนี้



$$I_S = \frac{V_i - V_L}{R_S}$$

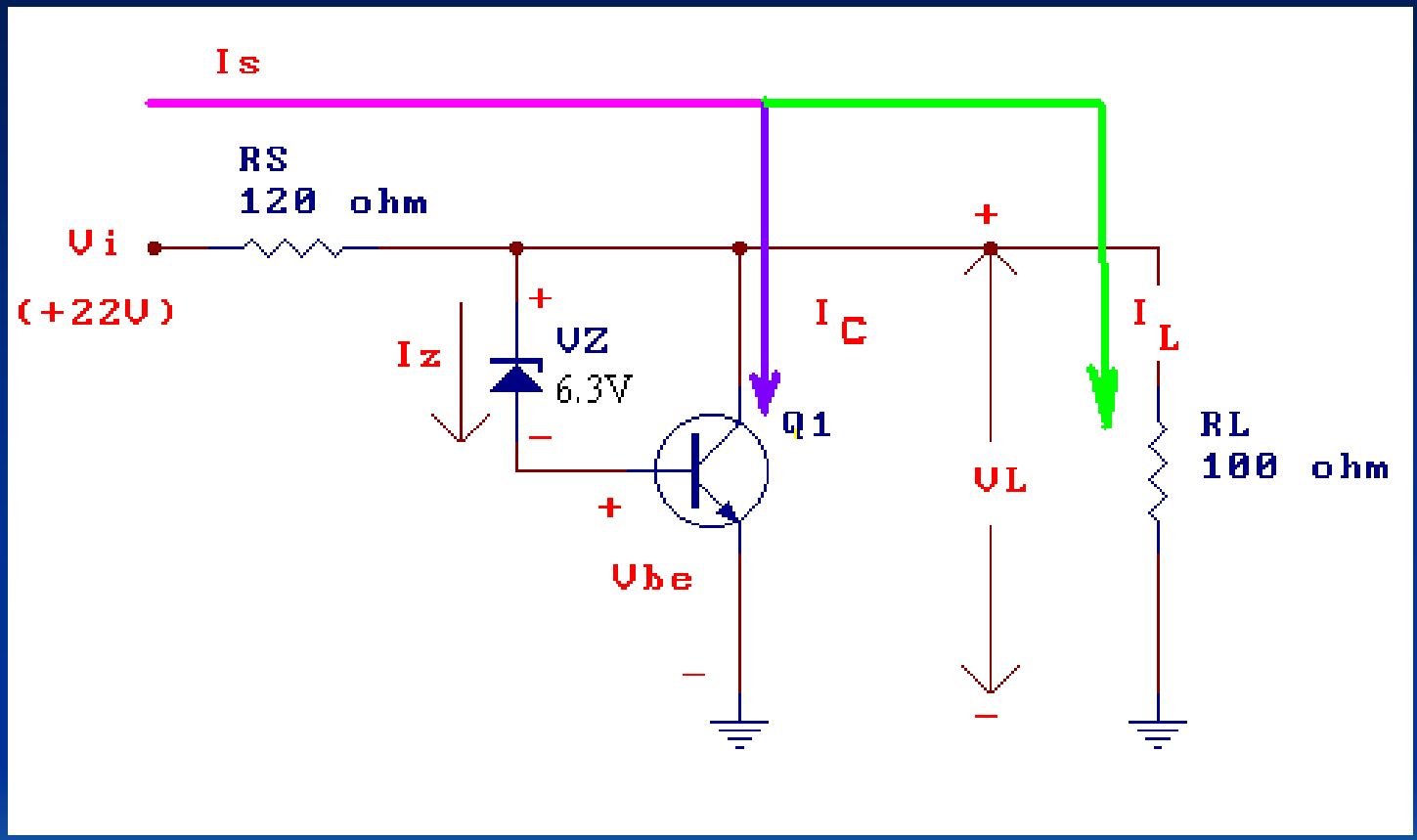
หาค่ากระแส I_S ได้จากสูตร

$$I_S = \frac{V_i - V_L}{R_S}$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$I_S = \frac{22V - 7V}{120\Omega} = 125\ mA$$

(ง) หาค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ ได้จากสูตร



$$I_C = I_S - I_L$$

แทนค่าในสูตร

$$I_C = 125\ mA - 70\ mA$$

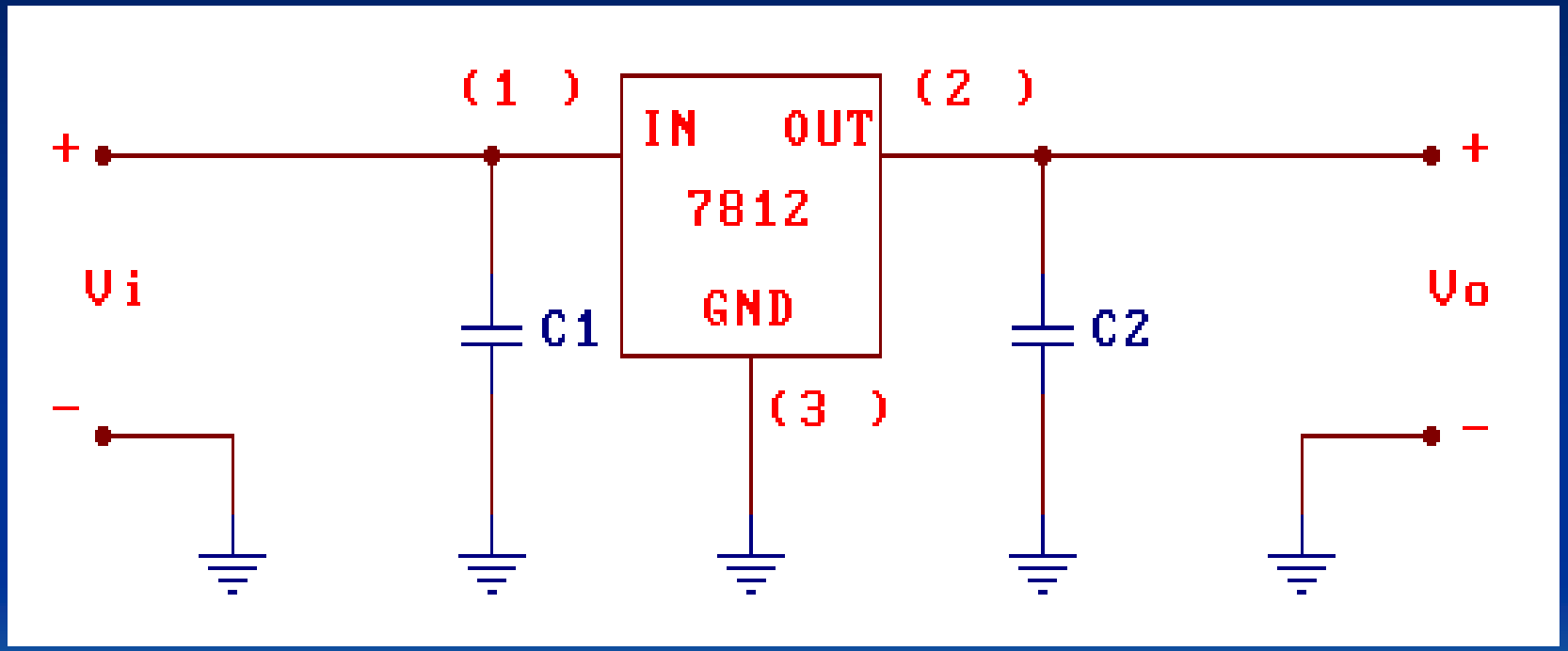
$$= 55\ mA$$

ตอบ $V_L = 7\ V$ $I_L = 70\ mA$ $I_S = 125\ mA$

$I_C = 55\ mA$

3. วงจรรักษาระดับแรงดัน โดยใช้ IC Regulator

วงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ IC Regulators



ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบบวก

(ตระกูล 7800)

เบอร์ไอซี	แรงดันเอาต์พุต
7805	+5
7812	+12
7815	+15

ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบลบ

(ตระกูล 7900)

เบอร์ไอซี	แรงดันเอาต์พุต
7905	- 5
7912	- 12

สรุป

วงจรรักษาระดับแรงดันแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม
2. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนาน