運算放大器

National Taiwan Normal University

講師：邱俊順

一、運算放大器

- 反相與非反相運算放大器之解題步驟

找出Vi(+)，並令Vi(-)=Vi(+)

依克希荷夫電流定律，推倒Vo和Vs

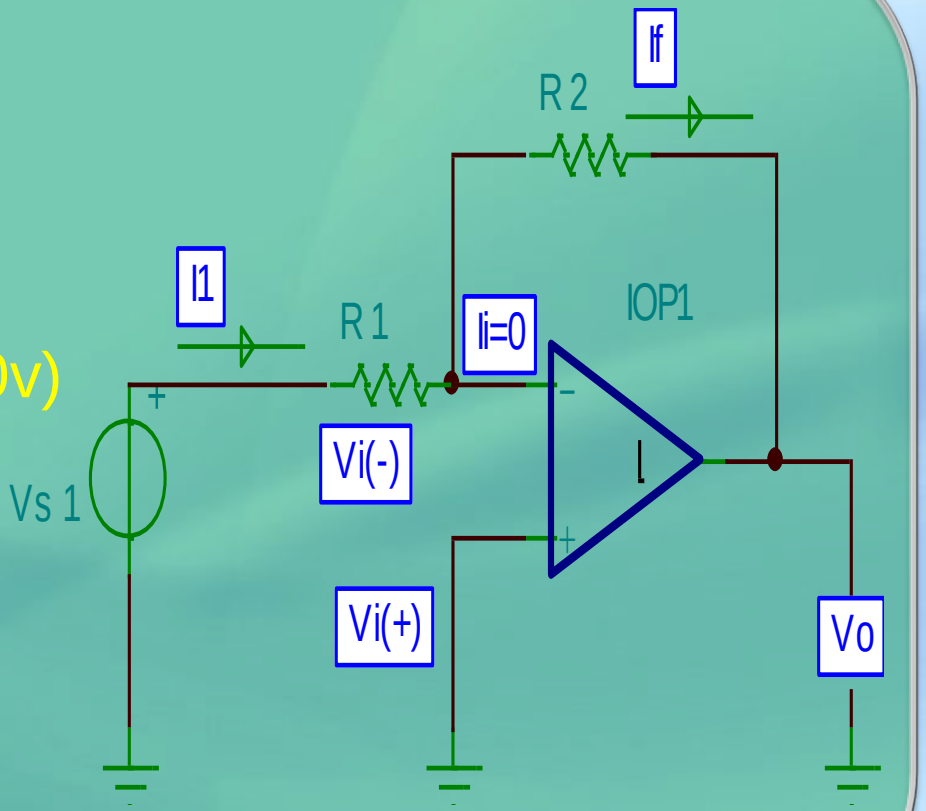
依題目判斷輸出Vo是否飽和

一、運算放大器

- 基本反相放大器

解題：

- Vi(-)=Vi(+)＝0v
- I1= Ii + If = If (Ii=0)
- (Vs-Vi)/R1=(Vi-Vo)/Rf (Vi=0v)
- Vo=(-Rf/R1) × Vs
  (Avf = Vo/Vs = -Rf/R1)
- 依題目判斷輸出Vo是否飽和



一、運算放大器

- 基本反相放大器之例題

Vs=1V，R1=1k Ω，R2=10kΩ，

求負回授電壓增益Avf=?

與輸出電壓Vo=?

一、運算放大器

- 基本反相放大器之解答

Vi(-)=Vi(+)＝0v

I1= Ii + If = If (Ii=0)

(Vs-Vi)/R1=

(Vi-Vo)/R2 (Vi=0v)

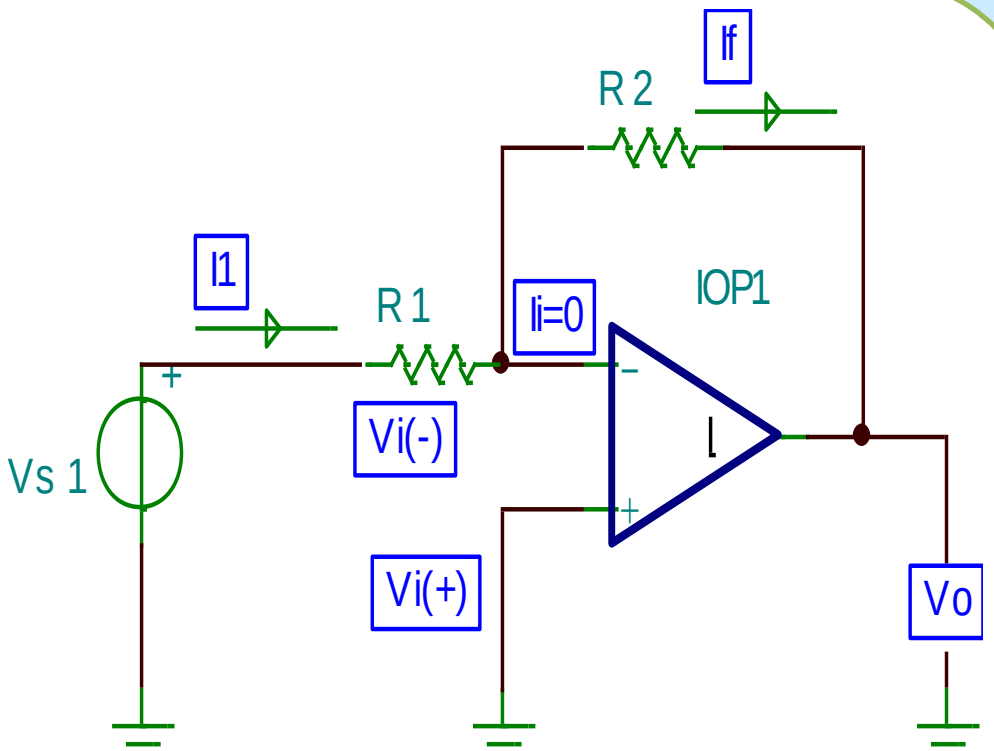
(1-0)/1k=(0-Vo)/10k

Vo=-10V

Avf = Vo/Vs = -R2/R1

=(-10/1) = -10

Vo= - Avf × Vs= -10 × 1=-10V



一、運算放大器

- 基本反相放大器之例題

Vs=3V，R1=2k Ω，

R2=20kΩ，

求輸出電壓Vo=?

一、運算放大器

- 基本反相放大器之解答

以知±Vcc= ±15V

$$Vo = -\left(\frac{R2}{R1}\right) \times Vs$$

$$= -\left(\frac{20}{2}\right) \times 3 = -30V$$

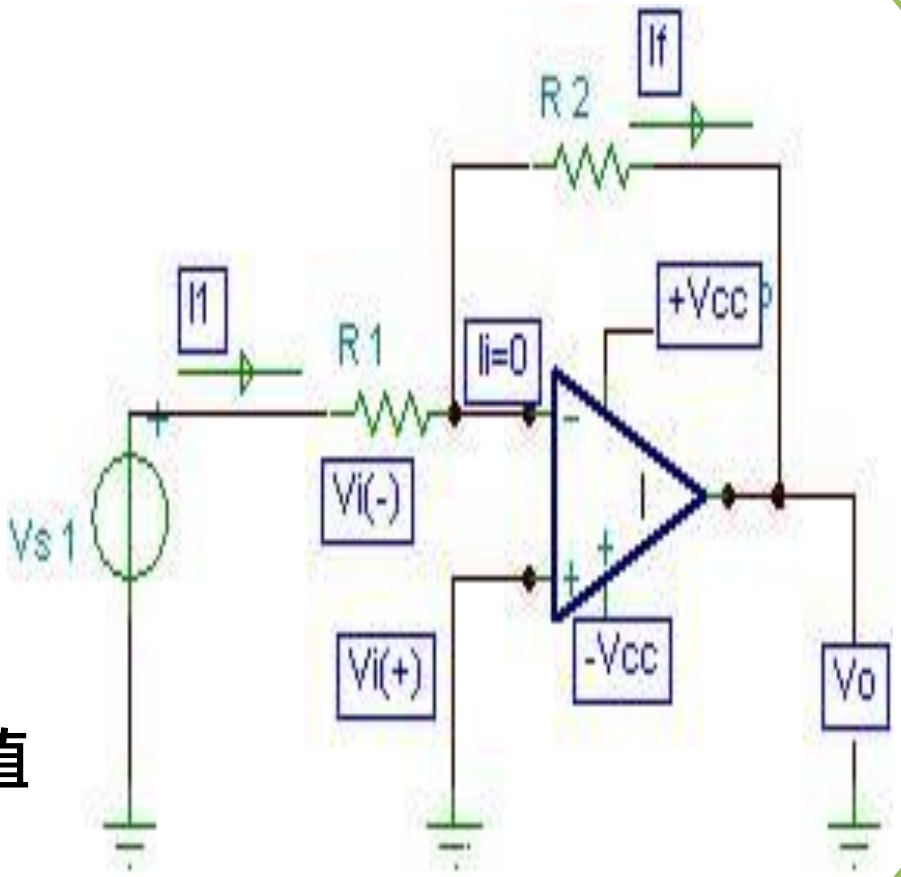
輸出電壓：

(Vo= -30V) < (-Vcc=-15V)

以達負飽和電壓，

故輸出電壓為負飽和電壓值

Vo= -15v



一、運算放大器

- 基本非反相放大器

Vi(-)=Vi(+)＝Vs

If= Ii + I1 = Ii (Ii=0)

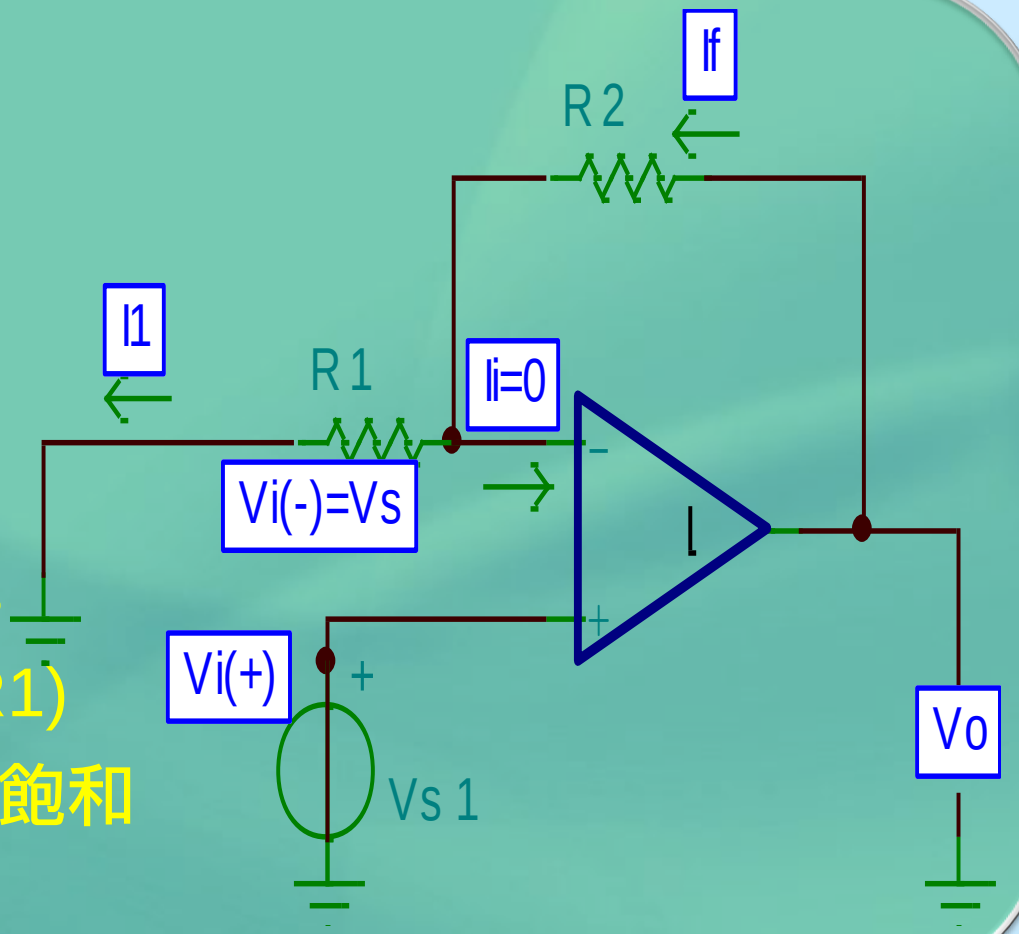
(Vs-0)/R1=

(Vo-Vs)/R2(Vi=0v)

Vo = [1+(R2/R1)] × Vs

Avf = Vo/Vs = 1+(R2/R1)

依題目判斷輸出Vo是否飽和



一、運算放大器

- 基本非反相放大器之例題

Vs=0.2V，R1=5k Ω，

R2=40kΩ，

求負回授電壓增益Avf=?

輸出電壓Vo=?

一、運算放大器

- 基本非反相放大器之解答

Vi(-)=Vi(+)＝Vs

If= Ii + I1 = I1 (Ii=0)

(Vs-0)/R1=(Vo-Vs)/R2

(0.2-0)/5k=(Vo-0.2)/40k

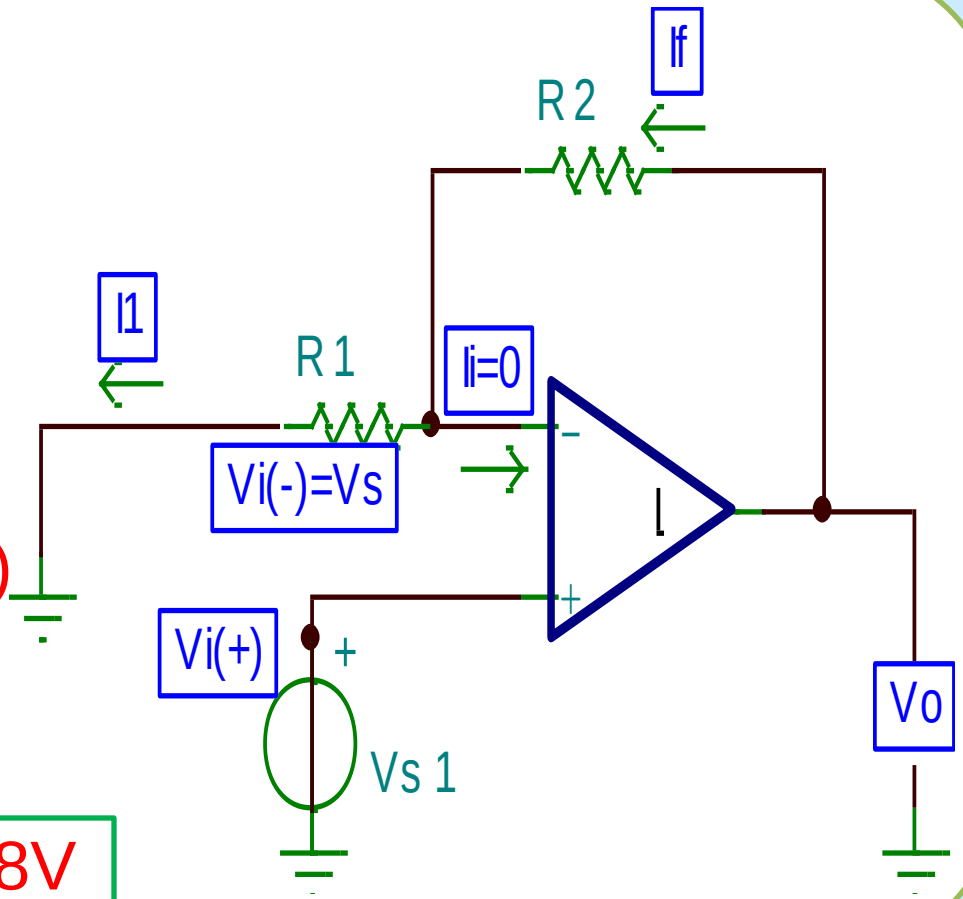
Vo=1.8V

Avf = Vo/Vs = 1+(R2/R1)

= 1+(40/5)=9

Vo = [1+(R2/R1)] × Vs

= [1+(40/5)] ×0.2=1.8V



一、運算放大器

- 基本非反相放大器之例題

Vs=0.5V，R1=2k Ω，

R2=18kΩ， ±Vcc= ±15v

求負回授電壓增益Avf=?

輸出電壓Vo=?

一、運算放大器

- 基本非反相放大器之解答

$Avf = Vo/Vs = 1+(R2/R1)$

$= 1+(18/2)=10$

$Vo = Avf \times Vs$

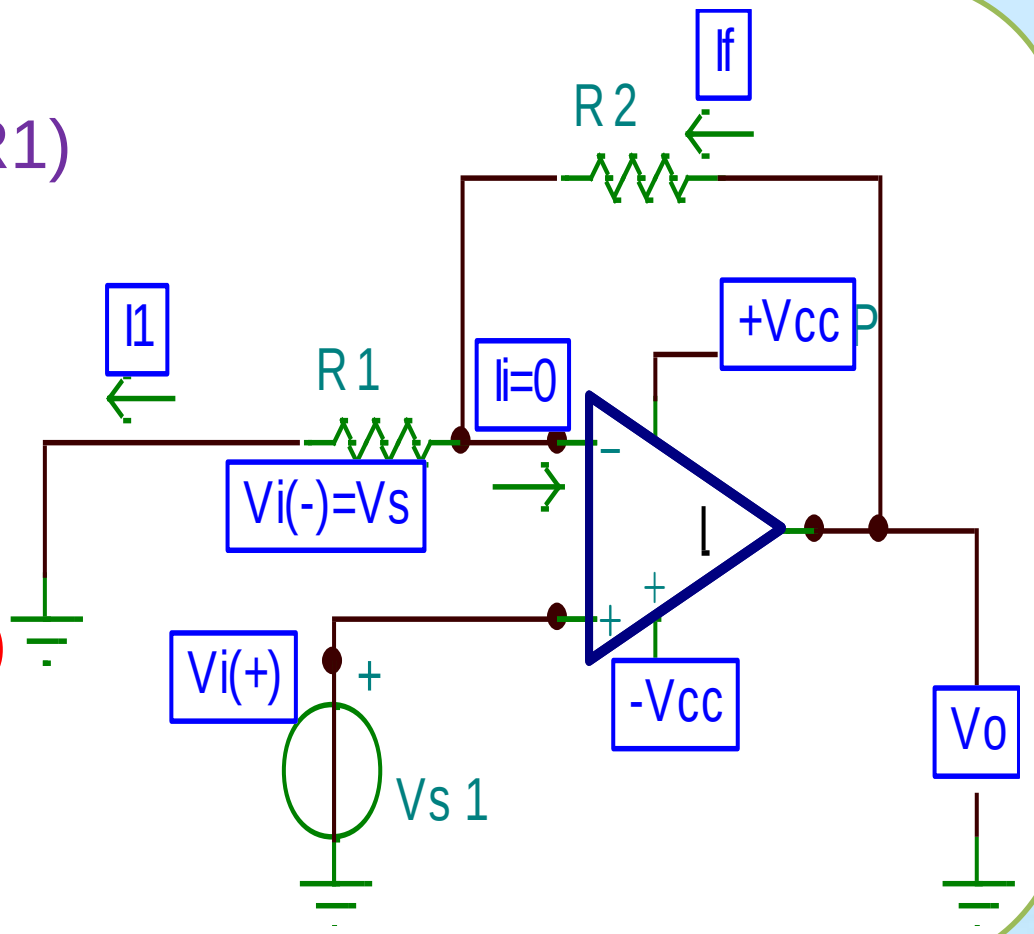
$= 10 \times 0.5 = 5V$

輸出電壓：

$(Vo= 5V) < (Vcc=10V)$

未達負飽和電壓，

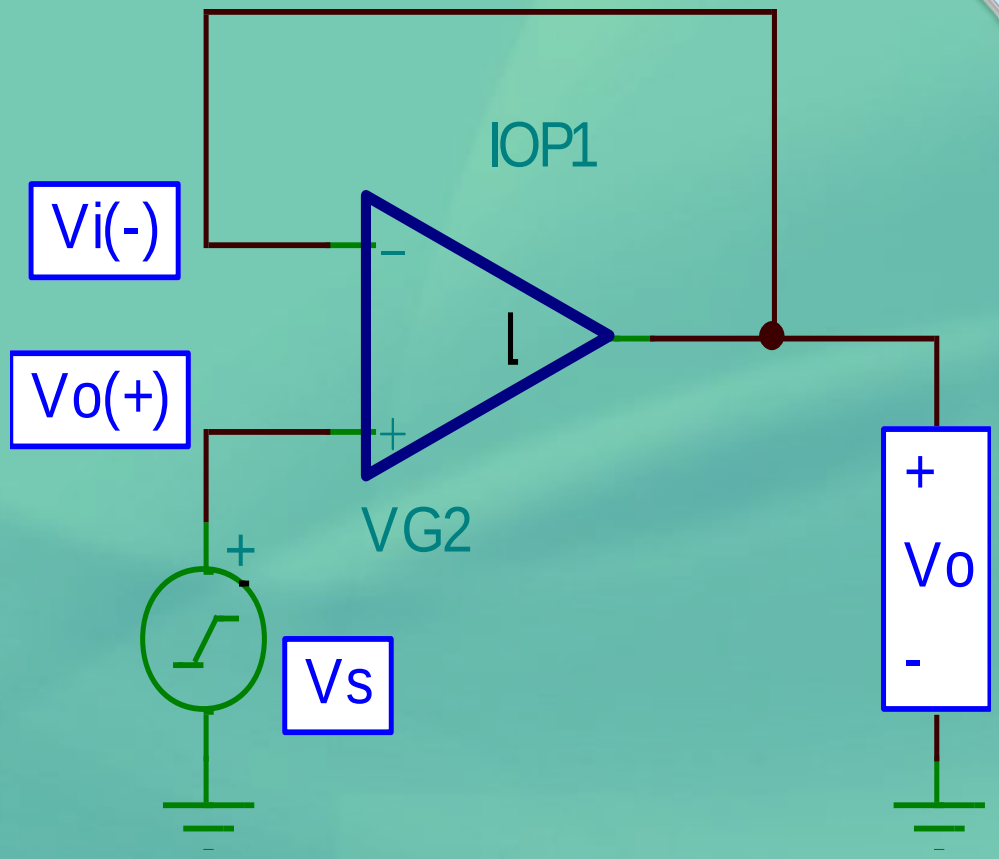
故輸出電壓Vo= 5v



一、運算放大器

電壓隨耦器

- Vi(-)=Vi(+)＝Vs
- I1= If =0
- Vo＝Vi(-)=Vi(+)＝Vs
- Avf = Vo/Vs = 1
- 依題目判斷
  輸出Vo是否飽和



一、運算放大器

- 電壓隨耦器之例題

Vs=5V

求負回授電壓增益Avf=?

輸出電壓Vo=?

一、運算放大器

- 電壓隨耦器之解答

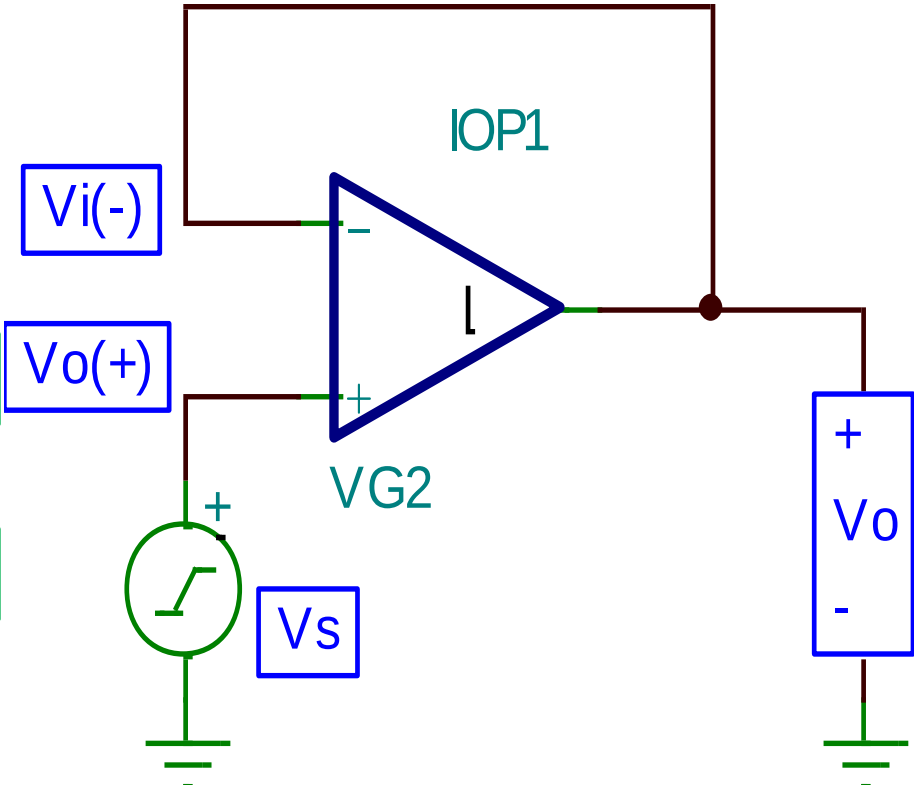
Vi(-)=Vi(+)＝Vs=5V

I1= If =0

Vo＝Vi(-)=Vi(+)＝Vs= 5V

Avf = Vo/Vs = 1

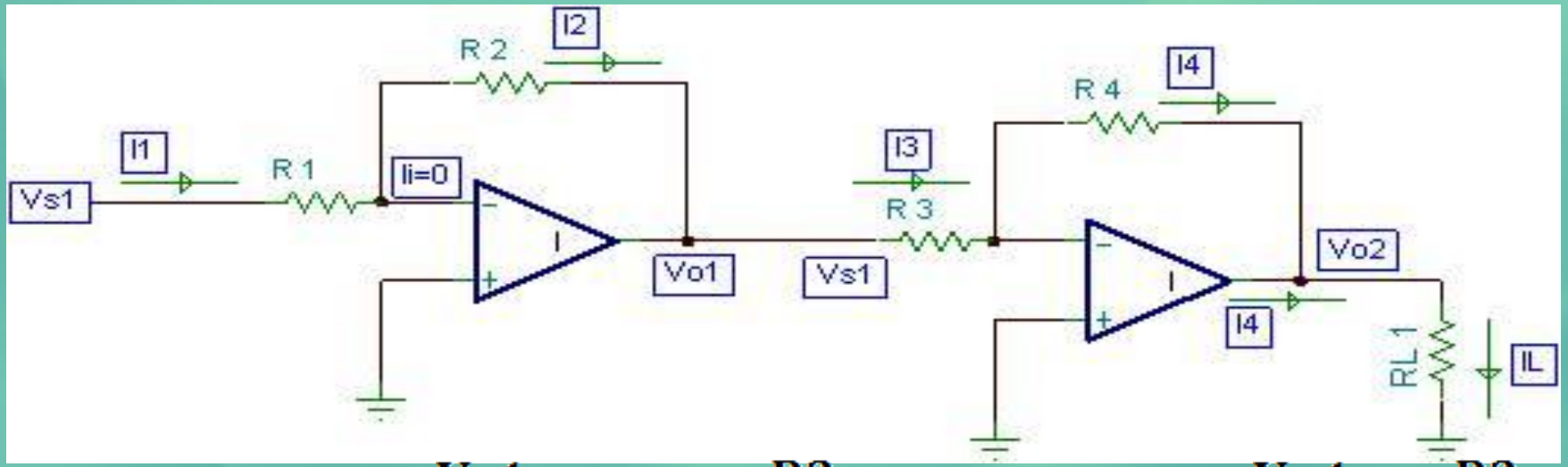
Vo = Avf × Vs =1×5=5V



一、運算放大器

- OPA多級放大電路

電壓增益Avt=Vo2/Vs1=(-R2/R1) ×(-R4/R3)



$Vo1=-I2\times R2=-\frac{Vs1}{R1}\times R2=-\frac{R2}{R1}\times Vs1$ $(Av1=-\frac{Vo1}{Vs1}=-\frac{R2}{R1})$

$Vo2=-I4\times R4=-\frac{Vs2}{R3}\times R4=-\frac{R4}{R3}\times Vs2$ $(Av2=-\frac{Vo2}{Vs2}=-\frac{R4}{R3})$

$Avt=\frac{Vo2}{Vs1}=\frac{Vo1}{Vs1}\times\frac{Vo2}{Vs2}=Av1\times Av2=(-\frac{R2}{R1})\times(-\frac{R4}{R3})$

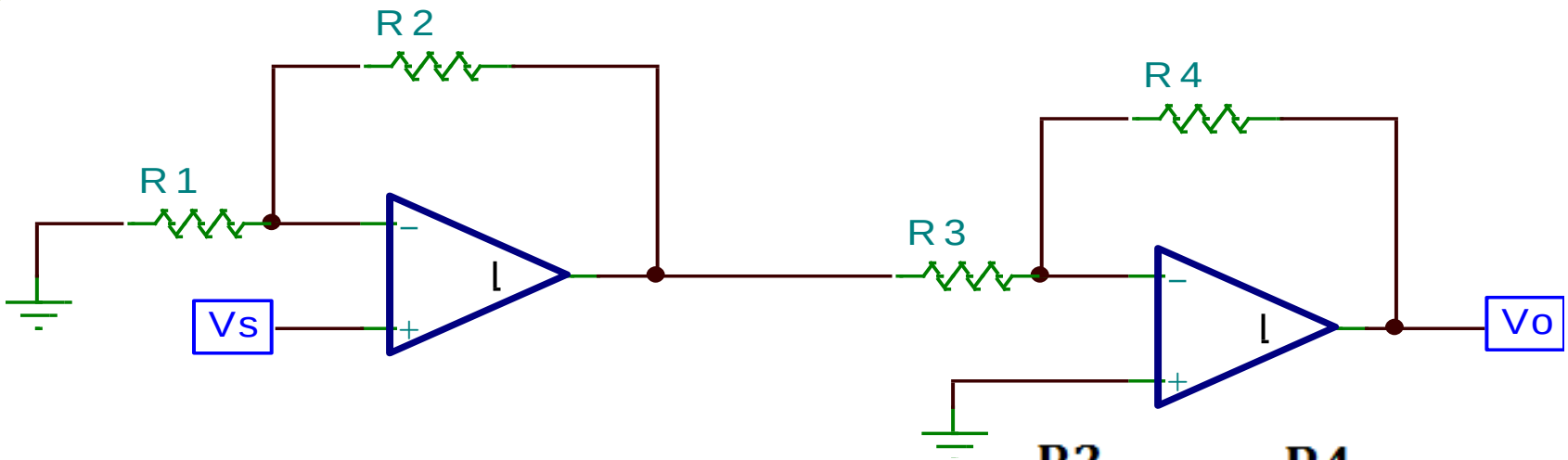
一、運算放大器

- OPA多級放大電路之例題

Vs1=50mV,R1=5KΩ，
R2=55KΩ ,R3=5KΩ R4=25KΩ，
求Avt=Vo/Vs 以及輸出電壓Vo

一、運算放大器

- OPA多級放大電路之解答



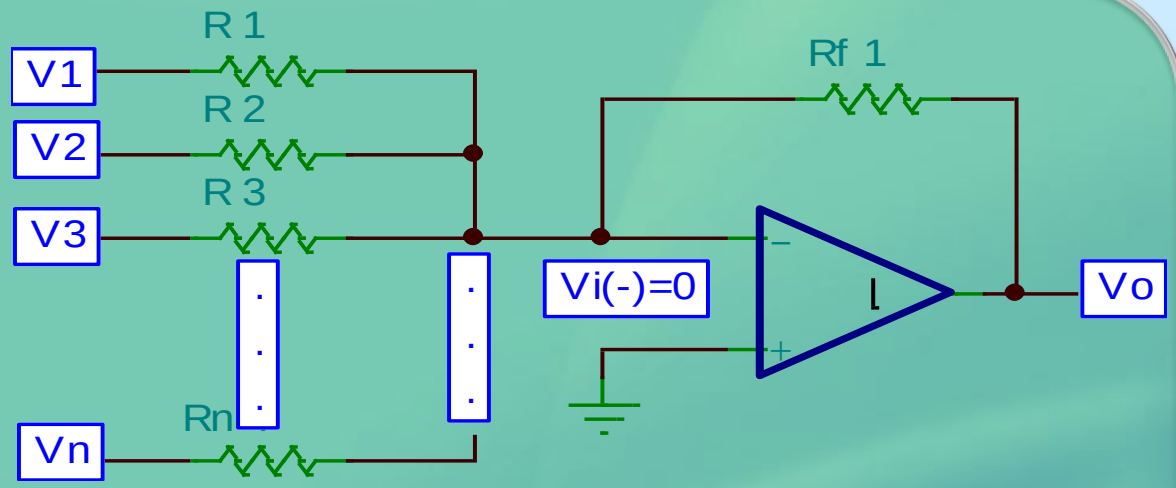
$$Avt = Vo/Vs = Av1 \times Av2 = \left(1+\frac{R2}{R1}\right) \times \left(-\frac{R4}{R3}\right)$$

$$= \left(1+\frac{55}{5}\right) \times \left(-\frac{25}{5}\right) = -60$$

$$Vo = Avt \times Vs = -60 \times 50mV = -3V$$

一、運算放大器

- 反相加法器



Vi(-)=Vi(+)＝0

If=I1+I2+I3+…+In

[(Vi(-)-Vo)/Rf] =[(V1-Vi(-))/R1]+[(V2-Vi(-))/R2] +...

+[Vn-Vi(-)/Rn]

Vo=[(-Rf/R1) ×V1]+[(-Rf/R2) ×V2]+…+[(-Rf/Rn) ×Vn]

當R1=R2=R3=…=Rn，則 Vo=-(Rf/R) ×(V1+V2+…+Vn)

依題目判斷輸出Vo是否飽和

一、運算放大器

- 反相加法器之例題

V1=1V, R1=20KΩ ,

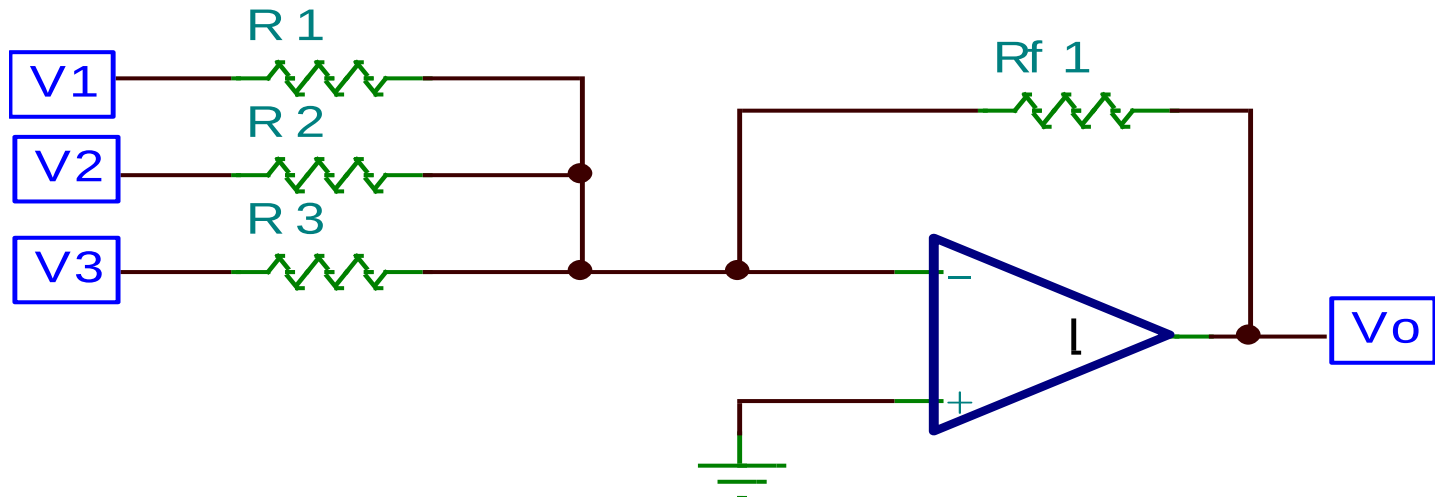
V2=2V, R2=25KΩ ,

V3=3V,R3=50KΩ,

Rf=50KΩ，求輸出電壓Vo

一、運算放大器

- 反相加法器之解答

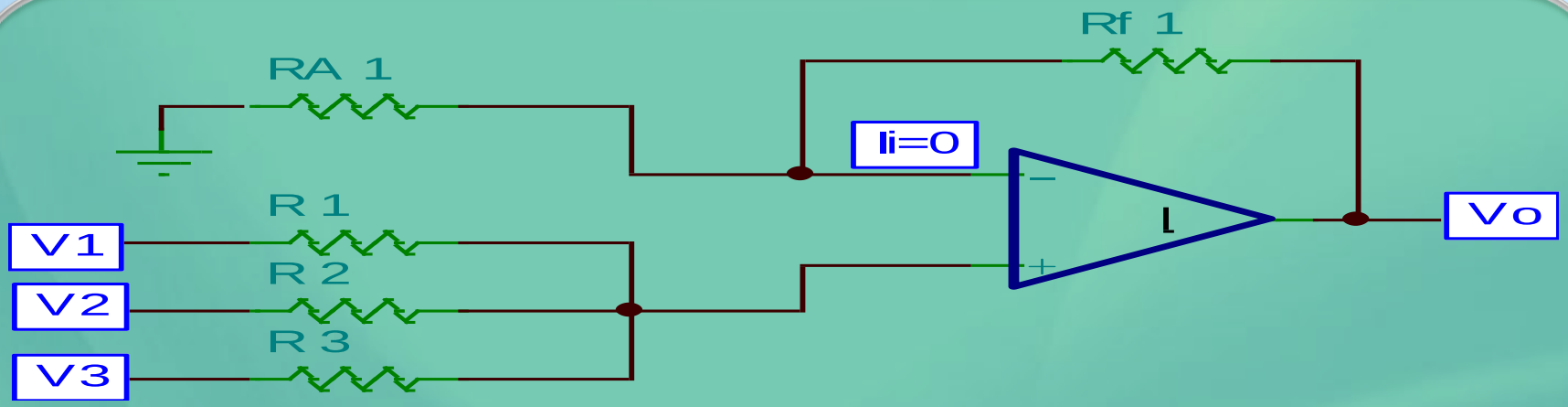


$$Vo=[(-Rf/R1)\times V1]+[(-Rf/R2)\times V2]+[(-Rf/R3)\times V3]$$

$$=[(-50/20)\times 1]+[(-50/25)\times 2]+[(-50/50)\times 3]=-9.5V$$

一、運算放大器

- 非反相加法器



Vth=(V1/R1+V2/R2+V3/R3+…Vn/Rn)

× (R1 ‖ R2 ‖ R3 ‖ … ‖ Rn)

Vo=(1+Rf/RA) × (V1/R1+V2/R2+V3/R3+…Vn/Rn)

×(R1 ‖ R2 ‖ R3 ‖ … ‖ Rn)

當R1=R2=R3=…=Rn ，則 Vo=(1+Rf/Ra) × (V1+V2+V3…Vn)/n

依題目判斷輸出Vo是否飽和

一、運算放大器

- 非反相加法器之例題

V1=0.9V, R1=6KΩ ,

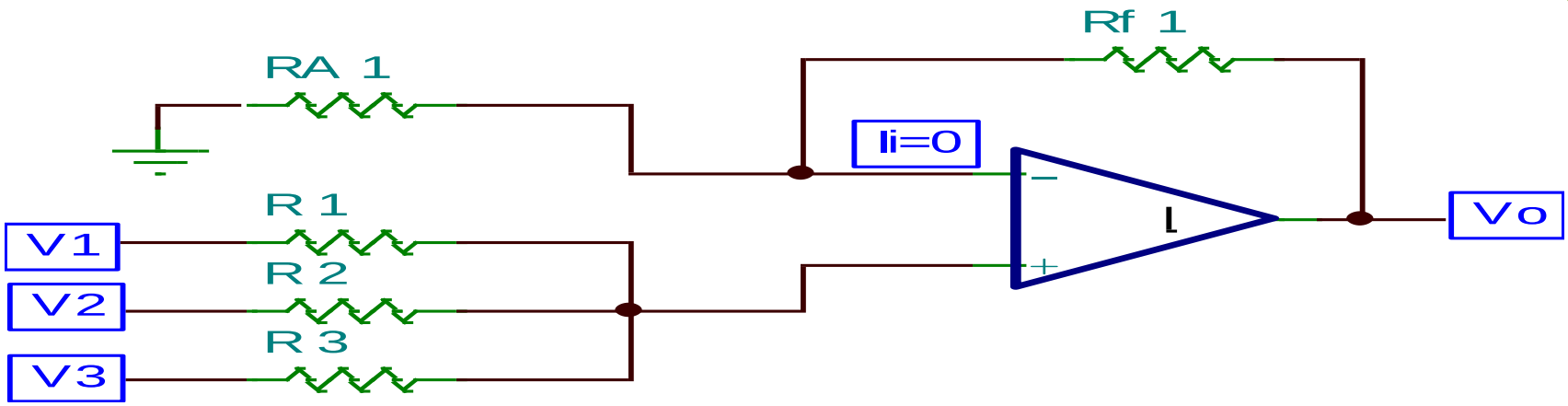
V2=-0.6V, R2=3KΩ ,

V3=0.8V,R3=2KΩ,

Rf=9KΩ，求輸出電壓Vo

一、運算放大器

- 非反相加法器之解答



Vo=(1+Rf/RA) ×Vth

=(1+Rf/RA) ×(V1/R1+V2/R2+V3/R3)×(R1 ‖ R2 ‖ R3)

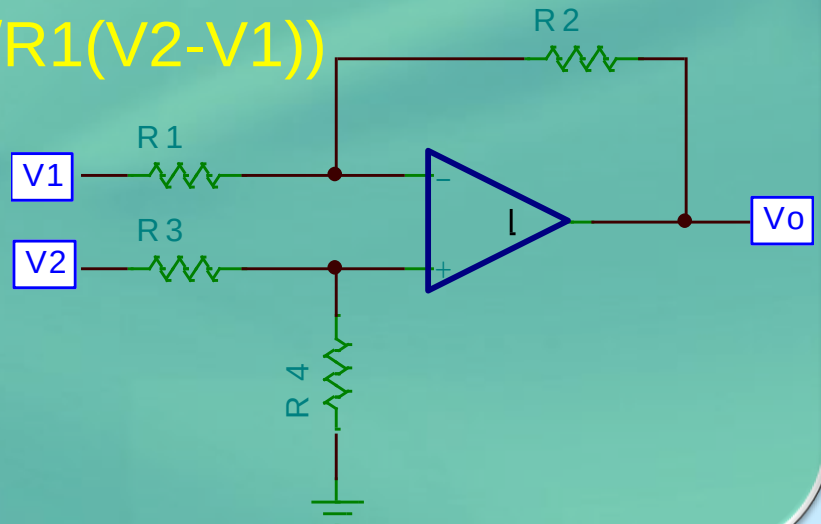
=[1+(9/1)] ×[(0.9/6k)+(-0.6/3k)+(0.8/2k)] ×

(6k ‖ 3k ‖ 2k)=10 ×0.35mA ×1kΩ=3.5V

一、運算放大器

減法器

- Vi(-)=Vi(+)＝Vth=V2×R4/(R3+R4)
- I1=I2
- 由重疊定理得知
- V o=[(1+R2/R1) ×Vth]+[(-R2/R1) ×V1]
- Vo=(R2/R1) × { [(1+R1/R2)/(1+R3/R4) ×V2]-V1 }
  當R1/R2=R3/R4 ，則 Vo=R2/R1(V2-V1))
- 依題目判斷輸出Vo是否飽和



一、運算放大器

- 減法器之例題

V1=5V,R1=2KΩ，

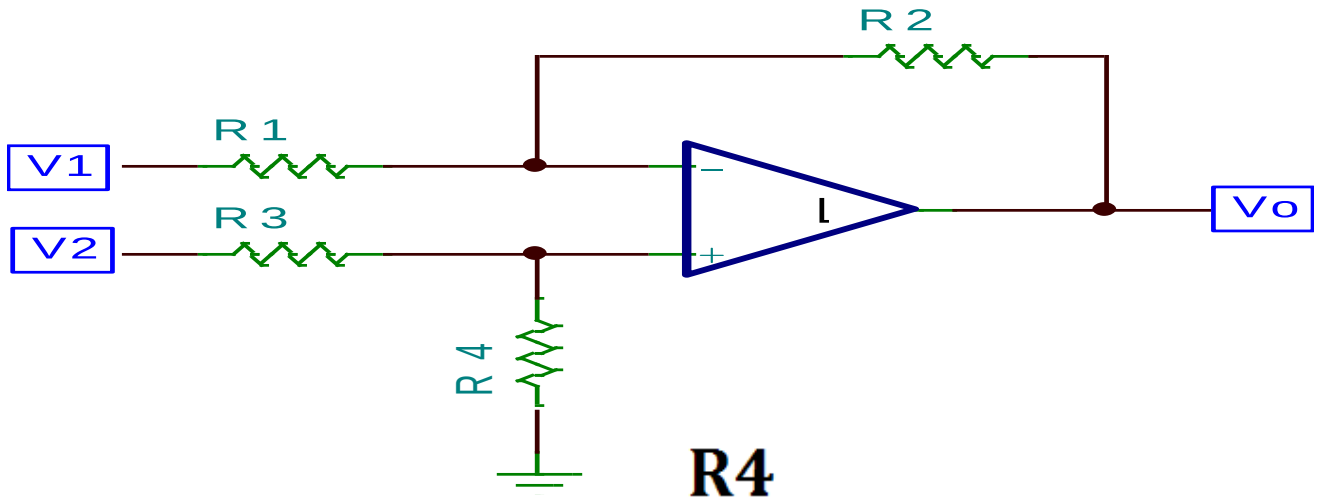
V2= 7V,R2=10KΩ，

R3=5KΩ ,R4=25KΩ，

求輸出電壓Vo

一、運算放大器

- 減法器之解答



$$Vo=[(1+R2/R1)\times(V2\times\frac{R4}{R3+R4})]+[(-R2/R1)\times V1]$$

$$Vo=(1+10/2)\times[7\times(\frac{25}{5+25})]+[(-10/2)\times 5]=10V$$

當R1/R2=R3/R4 ，則 Vo=R2/R1(V2-V1) = 10V