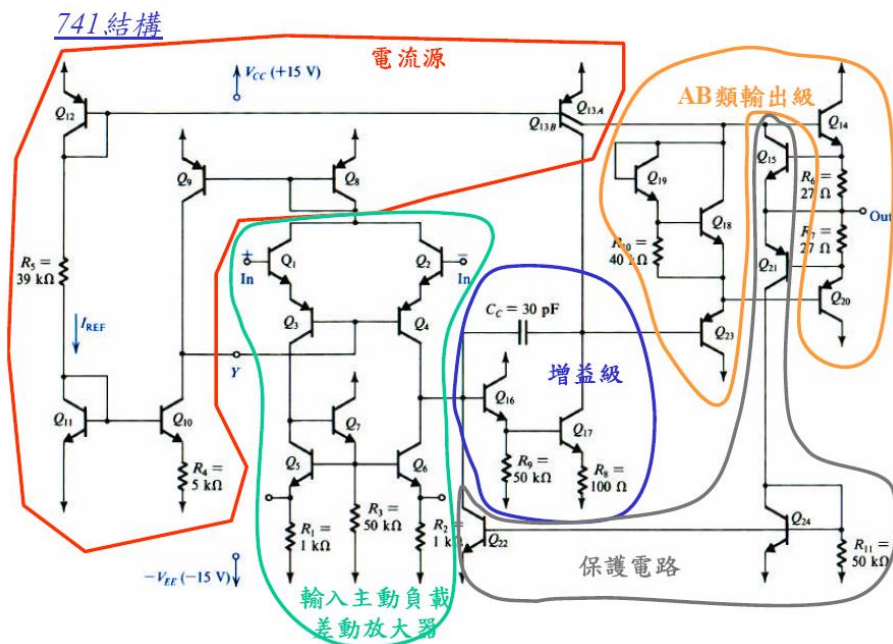


運算放大器

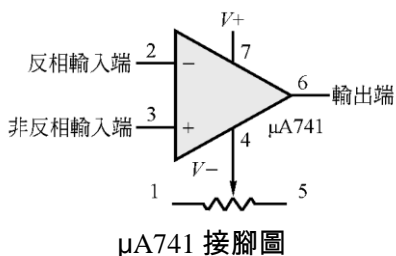
重點整理

1. 運算放大器(Operational Amplifier ; OP-AMP)內部電路 :



2. 運算放大器

運算放大器符號



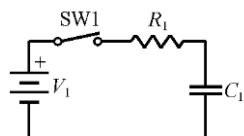
理想運算放大器特性

1. 增益無窮大, $A_v \rightarrow \infty$
2. 輸入阻抗無窮大, $R_i \rightarrow \infty$
3. 輸出阻抗為零, $R_o \rightarrow 0$
4. 頻帶寬度無窮大, $B.W. \rightarrow \infty$
5. 共模拒斥比無窮大, $CMRR \rightarrow \infty$
6. 變動率無窮大, $S.R. \rightarrow \infty$
7. 輸入抵補電壓、偏壓電流為零, $V_{io} = 0, I_B = 0$
8. 特性不隨溫度改變※ 註:1,5 腳抵補歸零調整

頻寬與上升時間 :

◎ 答題要訣 : 熟記 $B.W. = \frac{0.35}{t_r}$

◎ 詳細說明 :



電容上之電壓由最大值的百分之十到百分之九十所需時間稱為上升時間

$$0.1 \times E = E \times \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC}}\right) \Rightarrow t_1 = 0.1 \times RC$$

$$0.9 \times E = E \times \left(1 - e^{-\frac{t_2}{RC}}\right) \Rightarrow t_2 = 2.3 \times RC$$

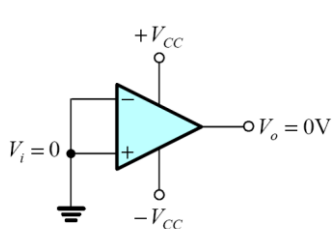
$$t_r = t_2 - t_1 = 2.2 \times RC$$

$$t_r = 2.2RC, B.W. = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow B.W. = \frac{0.35}{t_r}$$

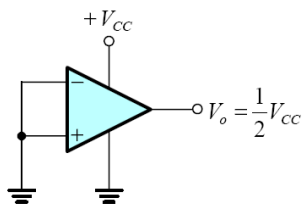
◎ 例題解說：

某廠家所列出之 t_r 值為 $0.2\mu s$ ，則其頻帶寬為 (A)1.75MHz (B)2MHz (C)10.75MHz (D)15.75MHz。	$B.W. = \frac{0.35}{t_r} = \frac{0.35}{0.2\mu s} = 1.75MHz$
---	---

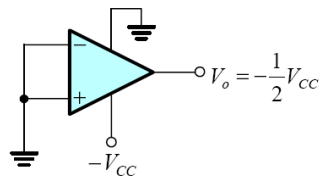
3. OPA 工作電源與輸出



採用雙電源時，若 $V_i = 0$ ，則 $V_o = 0$



(a) 只有 $+V_{CC}$



(b) 只有 $-V_{CC}$

一般 OPA 使用單電源之情形

4. 變動率(slew rate, S.R.)：

◎ 答題要訣：表示輸出電壓追隨時間變化的參數，典型值為 $0.5(V/uS)$ 至 $50(V/uS)$ ，運算放大器為避免高頻震盪，利用米勒補償技術加入一主宰低頻極點，因電容之充放電而影響高頻響應。

◎ 詳細說明：

$$S.R. = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$V_i(t) = V_m \sin \omega t, \frac{dV_i(t)}{dt} = \omega V_m \cos \omega t, \left. \frac{dV_i}{dt} \right|_{\max} = \omega V_m,$$

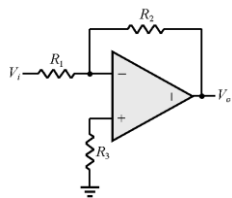
$$\text{若 } \omega V_m \leq S.R. \text{ 則不會發生失真} \Rightarrow 2\pi f_{\max} V_m \leq S.R.$$

$$\therefore f_{\max} \leq \frac{S.R.}{2\pi V_m}$$

◎ 例題解說：

某一運算放大器之轉動率 $SR=0.6V / \mu s$ ，若此運算放大器之輸出電壓峰對峰值為 $10V$ ；則此運算放大器在輸出不允許失真的狀況下，輸入所能允許正弦波之最高頻率約為 (A)9.5kHz (B)19kHz (C)38kHz (D)57kHz。	$f_{\max} \leq \frac{S.R.}{2\pi V_m} = \frac{0.6V / \mu s}{2\pi \times 5} = 19KHz$
---	--

5. 偏壓電流：實際 OPA 之偏壓電流不為零，因此電路中將會產生抵補電壓，可利用電路接法減小抵補電壓之影響，如電路圖所示

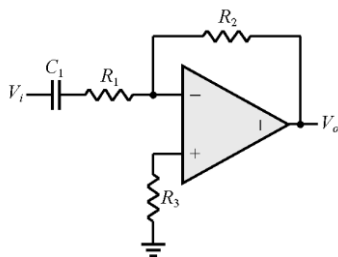


$$R_3 = R_1 // R_2$$

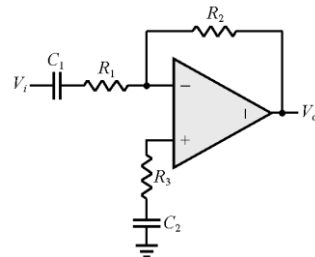
一般將 I_- 及 I_+ 之偏壓電流視為相等

因此當 $R_3 = R_1 // R_2$ 時可得 $V_- = V_+$ 等電位

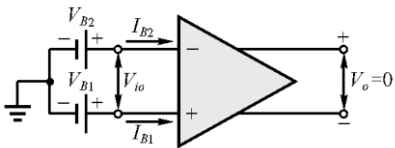
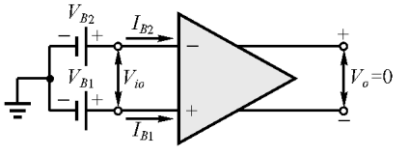
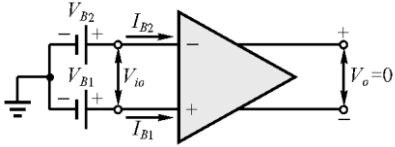
藉以消除偏壓電壓之影響



$$R_3 = R_2$$



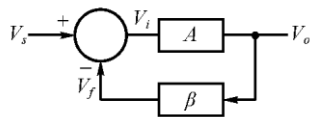
直流偏壓電流無法工作

<p>圖中，當 $V_o=0$ 時，若 $V_{B1}=10\text{mV}$，$V_{B2}=12\text{mV}$，則輸入抵補電壓為 (A)2mV (B)22mV (C)10mV (D)12mV。</p> 	<p>$V_{io}=12\text{mV}-10\text{mV}=2\text{mV}$</p>
<p>圖中，當 $V_o=0$ 時，若 $I_{B1}=30\mu\text{A}$，$I_{B2}=20\mu\text{A}$，則輸入抵補電流 I_{io} 為 (A)30μA (B)20μA (C)10μA (D)50μA。</p> 	<p>$I_{io}=30\mu\text{A}-20\mu\text{A}=10\mu\text{A}$</p>
<p>圖中，當 $V_o=0$ 時，若 $I_{B1}=30\mu\text{A}$，$I_{B2}=20\mu\text{A}$，輸入偏壓電流 I_{ib} 為 (A)15μA (B)30μA (C)20μA (D)25μA。</p> 	<p>$I_{ib} = \frac{I_{B1} + I_{B2}}{2} = 25\mu\text{A}$</p>

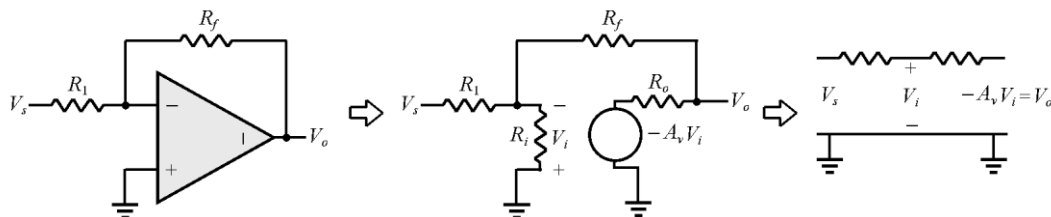
4. 虛短路(Virtual Short Circuit)

(1) 負回授電路型式

(2) 說明

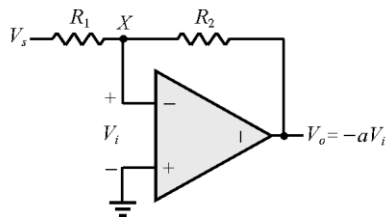


$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1 + \beta A} \quad \text{if } A \rightarrow \infty \quad A_v \approx \frac{1}{\beta}$$



利用重疊定理 $V_{i1} = \frac{R_f}{R_1 + R_f} \times V_s, V_{i2} = \frac{R_1}{R_1 + R_f} \times (-A_v V_i) \Rightarrow V_i = \frac{R_f}{R_f + (1 + A_v) \cdot R_1} \times V_s$ if $A_v \gg 1, A_v R_1 \gg R_f$

$$V_i = \frac{R_f}{A_v R_1} \times V_s \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{-A_v V_i}{V_i} = \frac{-A_v R_f V_s}{V_i A_v R_1} = \frac{-R_f}{R_1} \times \frac{V_s}{V_i} \Rightarrow \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_f}{R_1}$$



假設運算放大器輸入電阻為無窮大、輸出電阻為零

$$\text{列節點電壓方程式 } \frac{V_s - V_i}{R_1} + \frac{V_o - V_i}{R_2} = 0$$

$$\text{開路增益為 } a, \text{ 則 } V_i = \frac{-V_o}{a}$$

$$\frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1} \left[\frac{1}{1 + \frac{1}{a} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)} \right], \text{ 若 OPA 放大器增益夠大, 使得}$$

$$a \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \gg 1, \text{ 則閉迴路增益為 } \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

若 OPA 放大器接在負回授電路(電路有一穩定工作點), 而且 OPA 放大器增益夠大, 則當輸出電壓為一有限值時(未飽和), V_i 電壓必須趨近於零, 稱為虛短路, 若 V_+ 接地時 V_- 又可稱虛接地(Virtual ground)因此我們改用下列觀念來求解: 電阻 R_1 將輸入電壓 V_s 變成輸入電流 $\frac{V_s}{R_1}$, 但此電流無法流入 OPA 放大器, 只好流經 R_2 在 R_2 上產生一個壓降 $\frac{V_s R_2}{R_1}$, 由輸出端

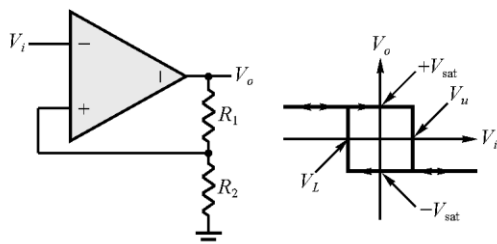
$$\text{往回看至地端得輸出電壓為 } \frac{-V_s R_2}{R_1}, \text{ 即電壓增益為 } \frac{V_o}{V_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

※※ 利用上述觀念即可將輸入電壓轉電流, 再由電流轉電壓求出輸出端電壓及電壓增益

◎ 例題解說:

圖中, 如 $V_1 = 0.2V$, $V_2 = 0.5V$, 則 V_o 為 (A)7V (B)10V (C)35V (D)70V (E)17V。【78 四技電子】【90 年四技電子-統一入學測驗】

反相樞密特觸發電路



正回授, 輸出電壓為正負飽和電壓, 利用正負飽和電壓求上下限電壓及磁滯電壓【善用

密爾門定理求上下限電壓及磁滯電壓】

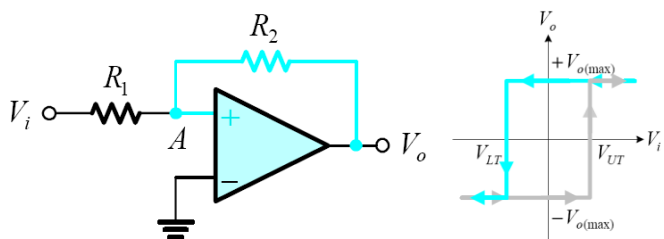
$$V_o = \pm V_{sat}$$

$$V_U = +V_{sat} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

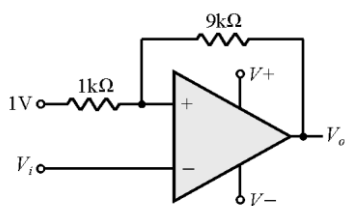
$$V_L = -V_{sat} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_H = V_U - V_L = 2V_{sat} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

非反相樞密特觸發電路



如圖所示為樞密特觸發電路，假設 OPA 輸出飽和電壓為 $\pm 13V$ ，則此電路之磁滯電壓範圍為 (A)2.6V (B)2.2V (C)1.3V (D)1.1V。



$V_o = \pm 13V$

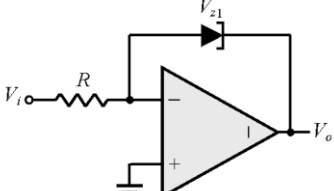
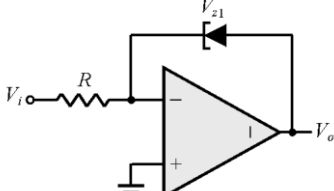
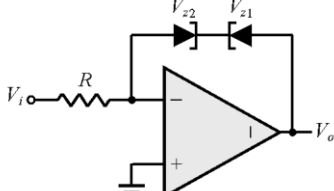
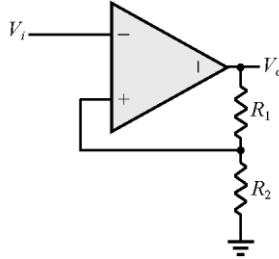
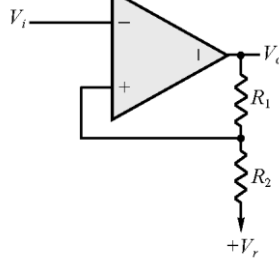
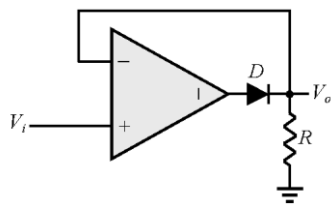
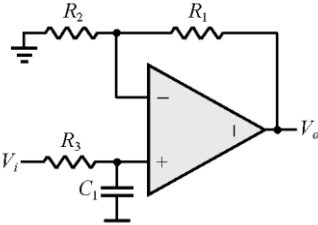
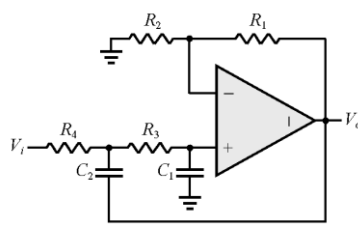
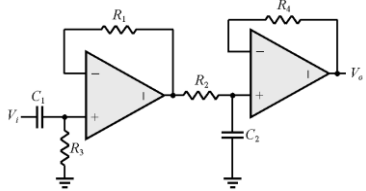
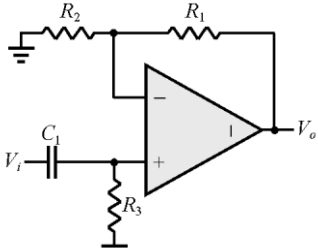
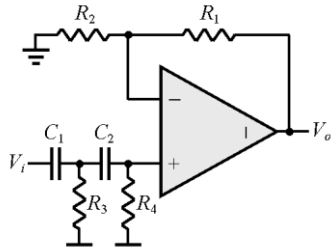
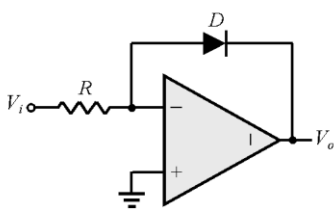
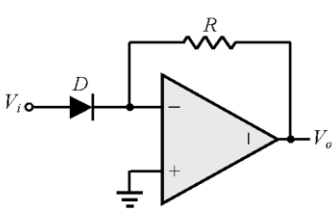
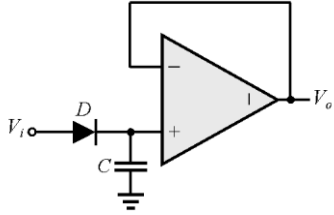
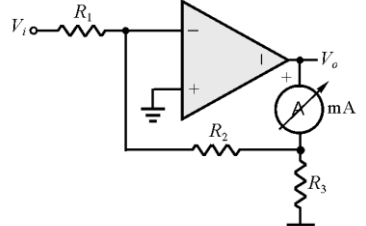
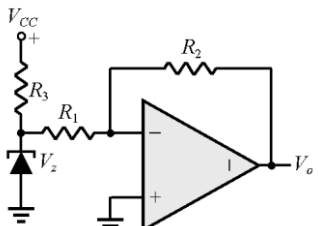
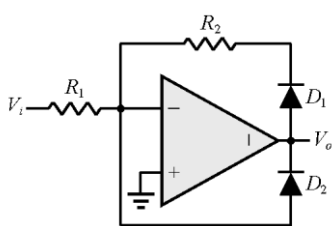
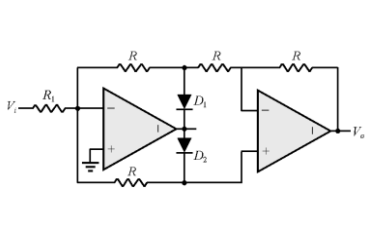
$$V_U = (13 - 1) \times \frac{1K}{1K + 9K} + 1 = 2.2V$$

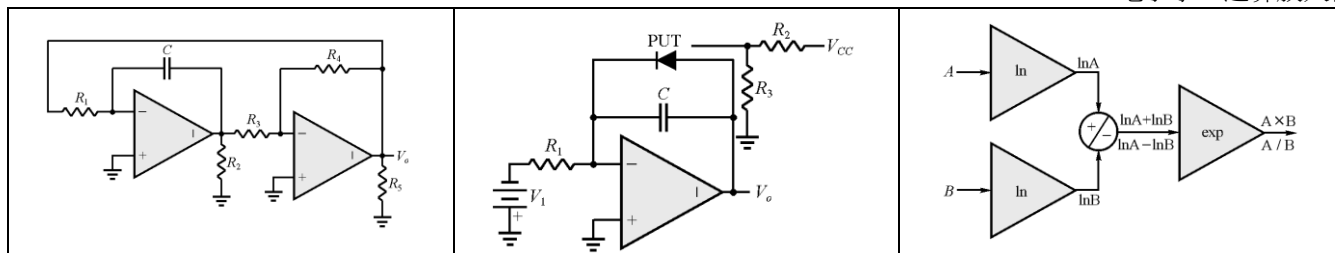
$$V_L = (-13 - 1) \times \frac{1K}{1K + 9K} + 1 = -0.4V$$

$$V_H = V_U - V_L = 2.6V$$

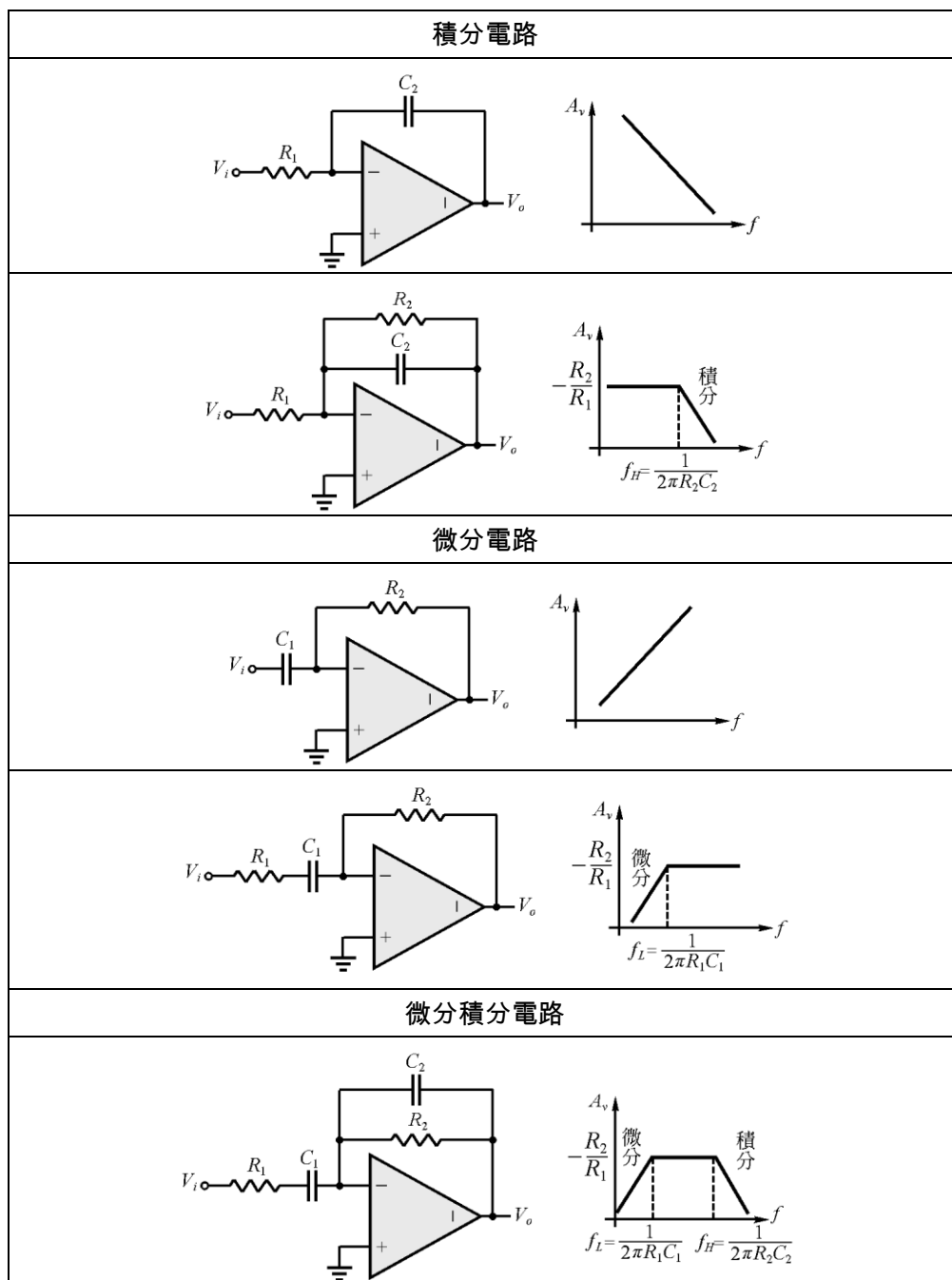
5. OPA 電路

反相放大器	非反相放大器	加法器
減法器	積分器 1	積分器 2
微分器	比較器(零位檢測器)	比較器(非零位檢測器)
正輸出限制	負輸出限制	雙向限制輸出

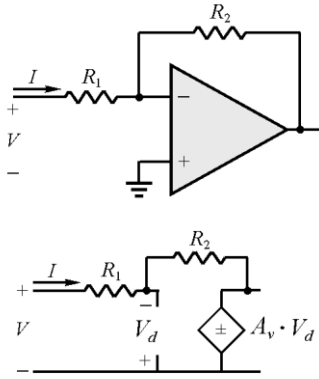
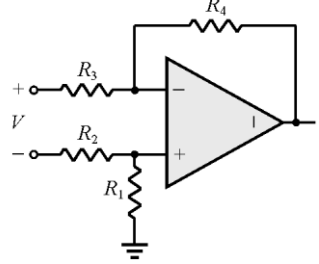
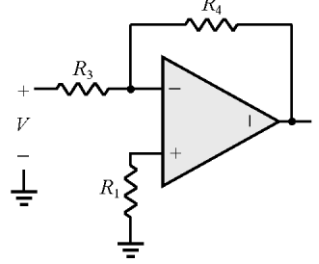
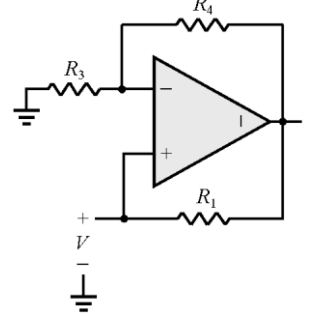
		
<p>樞密特觸發電路 1</p>	<p>樞密特觸發電路 2</p>	<p>超級二極體</p>
		
<p>一階低通濾波器</p>	<p>二階低通濾波器</p>	<p>帶通濾波器</p>
		
<p>一階高通濾波器</p>	<p>二階高通濾波器</p>	<p>對數放大器</p>
		
<p>指數放大器</p>	<p>峰值隨耦器</p>	<p>直流毫伏計</p>
		
<p>定電流產生器</p>	<p>精密半波整流</p>	<p>精密全波整流</p>
		
<p>三角波產生器</p>	<p>鋸齒波產生器</p>	<p>乘法器、除法器</p>



6. 微分及積分電路



7. 輸入阻抗

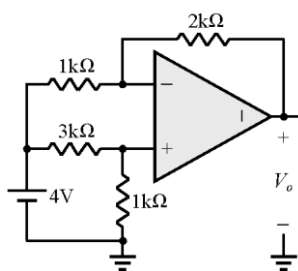
	$\begin{cases} V = IR_1 + IR_2 + A_v V_d \\ V = IR_1 - V_d \end{cases}$ $\frac{V}{I} = \frac{R_1 + R_2 + A_v R_1}{1 + A_v}$ $R_{in} = \frac{R_1 + R_2}{1 + A_v} + \frac{A_v R_1}{1 + A_v}$ $A_v \rightarrow \infty$ $R_{in} = R_1$
	$\begin{cases} V = IR_3 + IR_4 + A_v V_d + IR_1 + IR_2 \\ V + V_d = IR_3 + IR_2 \end{cases}$ $A_v \rightarrow \infty$ $R_{in} = R_2 + R_3$
	$\begin{cases} V = IR_3 + IR_4 + A_v V_d \\ V + V_d = IR_3 \end{cases}$ $A_v \rightarrow \infty$ $R_{in} = R_3$
	$\begin{cases} V = IR_1 + IR_4 + V \\ I = \frac{V}{R_3} \end{cases}$ $R_{in} = -\frac{R_1 \times R_3}{R_4}$



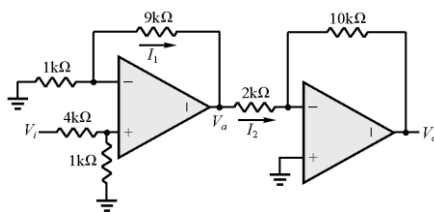
歷屆試題精選

- () 1. 有關理想運算放大器的特性描述，下列何者錯誤？ (A)開路電壓增益 $A_v \rightarrow \infty \rightarrow \infty$ (B)輸入阻抗 $R_i \rightarrow \infty$ (C)輸出阻抗 $R_o \rightarrow \infty$ (D)頻帶寬度 B.W. $\rightarrow \infty$ 。 【93 四技二專】
- () 2. 理想運算放大器電路，如圖所示，請問 $V_o = ?$ (A) - 5V (B) 5V (C) - 6V (D) 6V。

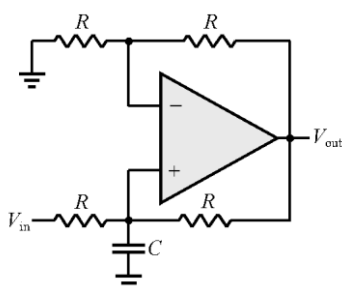
【93 四技二專】



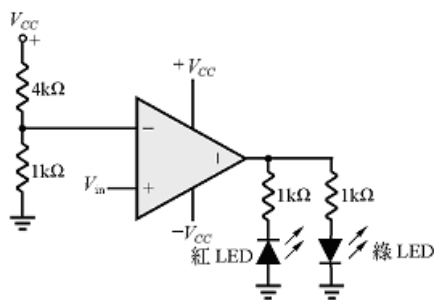
- () 3. 理想運算放大器電路，如圖所示，其中 $V_i=0.2V$ ，請問下列電流、電壓值何者錯誤？
 (A) $V_o=2V$ (B) $V_a=0.4V$ (C) $I_2=0.2mA$ (D) $I_1= - 0.04mA$ 。【93 四技二專】



- () 4. 圖為何者電路？ (A)反相微分器 (B)反相積分器 (C)非反相微分器 (D)非反相積分器。
 【93 四技二專】



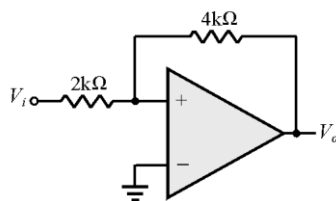
- () 5. 圖之電路，其中 $V_{cc}=5V$ ，請問下列何者敘述錯誤？ (A)電路中的運算放大器作為比較器使用 (B) $V_{in}=1.5V$ 時，紅光 LED 亮，綠光 LED 不亮 (C) $V_{in}=5V$ 時，綠光 LED 亮，紅光 LED 不亮 (D)若輸入電壓 $V_{in}=5\sin\omega t$ ，紅、綠光 LED 會交互發光，且紅光 LED 亮的時間比綠光 LED 亮的時間長。
 【93 四技二專】



- () 6. 圖為示的電路功能為？ (A)非反相放大器 (B)波形整形電路 (C)單穩態電路 (D)無穩

態電路。

【93 四技二專---電子專二】

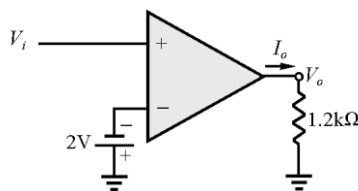


- () 7. 同上題，運算放大器的飽和電壓為 $\pm 12V$ ，下列選項何者正確？ (A)若 $V_i = -3V$ 則 $V_o = -9V$ (B)若 $V_i = -3V$ 則 $V_o = +9V$ (C)若 $V_i = +7V$ 則 $V_o = -12V$ (D)若 $V_i = +7V$ 則 $V_o = +12V$ 。
【93 四技二專---電子專二】

- () 8. 同上題，運算放大器的飽和電壓為 $\pm 12V$ ，若 $V_i = 5\sin 377t$ 之正弦波，下列選項何者正確？ (A) V_o 波形為一直線 (B) V_o 波形為一方波 (C) V_o 波形為一三角波 (D) V_o 波形為一正弦波。
【93 四技二專---電子專二】

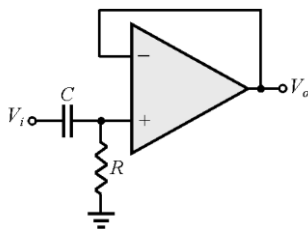
- () 9. 如圖所示的電路，運算放大器的飽和電壓為 $\pm 12V$ ，下列選項何者正確？ (A)若 $V_i = -3V$ 則 $I_o = +10mA$ (B)若 $V_i = -3V$ 則 $V_o = +12V$ (C)若 $V_i = -1V$ 則 $I_o = +10mA$ (D)若 $V_i = -1V$ 則 $V_o = -12V$ 。

【93 四技二專---電子專二】



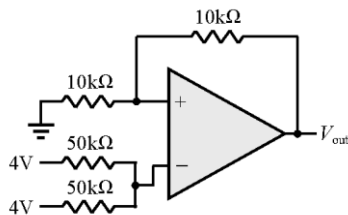
- () 10. 有關圖所示之濾波電路，下列敘述何者有誤？ (A)為高通濾波器 (B)截止頻率 $f_c = 1/(2\pi\sqrt{RC})$ (C)截止頻率 $f_c = 1/(2\pi RC)$ (D)若增大 R 值，則截止頻率 f_c 下降。

【93 四技二專---電子專二】

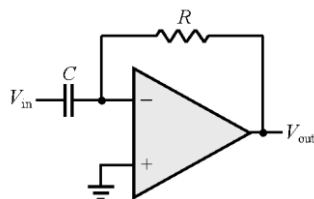


- () 11. 如圖所示，求輸出電壓 $V_{out} = ?$ (A)4V (B)6V (C)8V (D)10V。

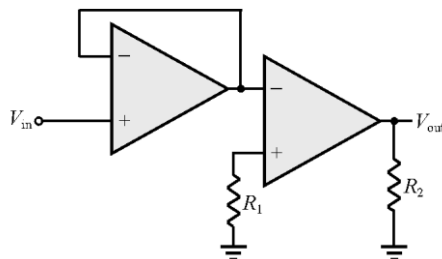
【93 四技二專---電機專二】



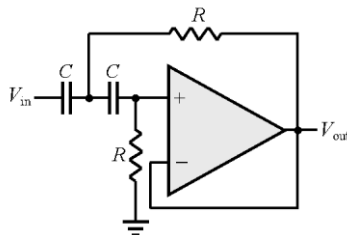
- () 12. OPA 應用電路中，圖屬於下列何種電路？ (A)微分器 (B)積分器 (C)指數放大器 (D)對數放大器。
【93 四技二專---電機專二】



- () 13. 如圖所示，輸入信號為正弦波，則輸出端 Vout 的波形為： (A)正弦波 (B)三角波 (C)方波 (D)鋸齒波。
【93 四技二專---電機專二】

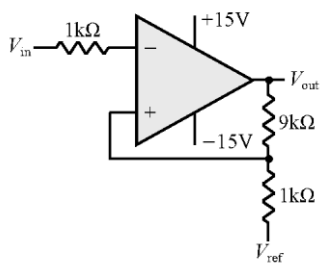


- () 14. 如圖所示屬於下列何種電路？ (A)高通濾波器 (B)低通濾波器 (C)帶通濾波器 (D)帶阻濾波器。
【93 四技二專---電機專二】

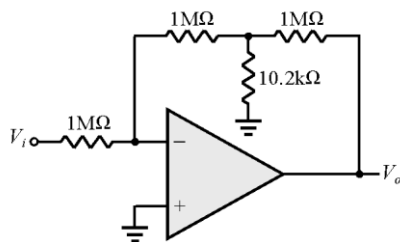


- () 15. 同上題，濾波器之截止頻率為： (A) $2\pi RC$ (B) $1/2\pi RC$ (C) $1/2\pi\sqrt{RC}$ (D) $2\pi\sqrt{RC}$ 。
【93 四技二專---電機專二】

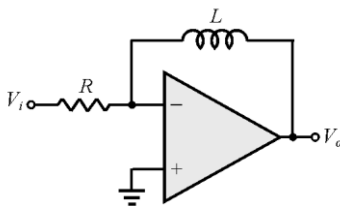
- () 16. 如圖所示為運算放大器組態的史密特觸發電路，求此電路之磁滯電壓大小為多少？ (A)3V (B)4V (C)5V (D)6V。 【93 四技二專---電機專二】



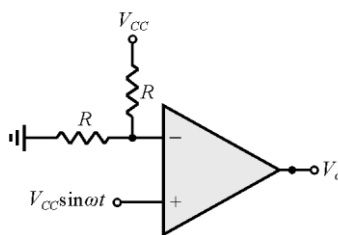
- () 17. 如下圖所示為理想運算放大器之電路，其電壓增益為： (A) - 1.01 (B) - 2 (C) - 2.01 (D) - 100。
【92 四技二專】



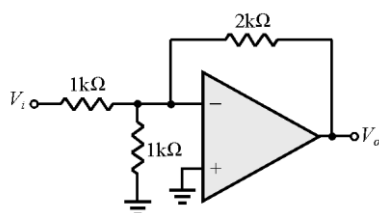
- () 18. 如下圖所示屬於何種電路？ (A) 積分器 (B) 微分器 (C) 倒相放大器 (D) 非倒相放大器。
【92 四技二專】



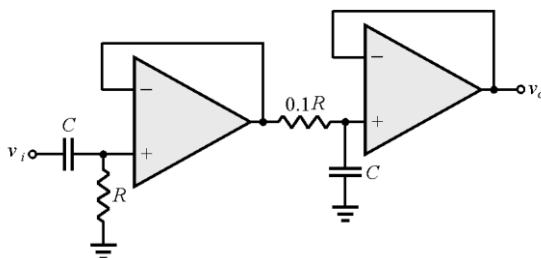
- () 19. 如下圖所示電路中，輸出電壓 V_o 之工作週期(duty cycle)為： (A) 50% (B) 33% (C) 25% (D) 20%。
【92 四技二專】



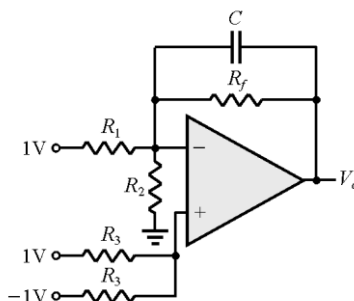
- () 20. 如下圖，假定運算放大器為理想，求 $\frac{V_o}{V_i} = ?$ (A) +1 (B) -1 (C) +2 (D) -2。
【91 四技二專】



- () 21. 如下圖所示屬於何種電路？ (A)帶通濾波器 (B)帶拒濾波器(帶止濾波器) (C)高通濾波器 (D)低通濾波器。
【92 四技二專】



- () 22. 如下圖所示為理想運算放大器之電路，其輸出電壓為多少伏特？ (A) $-\frac{R_f}{R_1}$
(B) $\frac{1/(1/R_f + C)}{R_1}$ (C) $-\frac{(R_f + 1/C)}{R_1 + R_2}$ (D) $-(\frac{R_f}{R_1})(\frac{R_3}{R_2})$ 。
【92 四技二專】



- () 23. 某一運算放大器之轉動率 S.R. = $0.6V/\mu s$ ，若此運算放大器之輸出電壓峰對峰值為 10V；則此運算大器在輸出不允許失真的狀況下，輸入所能允許正波之最高頻率約為 (A)9.5kHz (B)19kHz (C)38kHz (D)57kHz。
【90 年四技電機-統一入學測驗】

- () 24. 運算放大器之積體電路編號 741 的接腳定義，下列何者正確？ (A)第 3 腳為輸出 (B)第 6 腳為輸出 (C)第 2 腳為輸出 (D)第 7 腳為輸出。
【90 年四技電機-統一入學測驗】

- () 25. 下列何者為運算放大器的編號？ (A)C106B (B) $\mu A741$ (C)2SC1815 (D)1N4001。
【89 四技聯招電機】

- () 26. 在 $\mu A741$ 電路中，只有一個電容器，此電容器的作用為(A)耦合電容 (B)補償電容 (C)極際電容 (D)旁路電容。
【88 電子保甄】

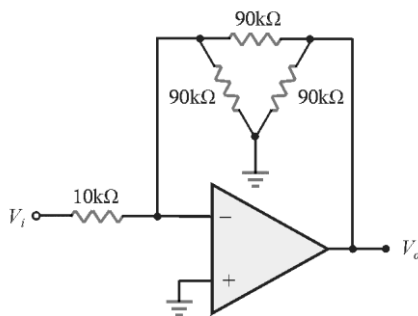
- () 27. 下列何者不為理想運算放大器(OPA)的特性？ (A)輸入阻抗無限大 (B)輸出阻抗無限大 (C)頻寬無限大 (D)共模拒斥比無限大。
【87 南區夜二專電子】

【88 北區夜二專電子】 【88 四技電機】 【88 中區夜二專電子】

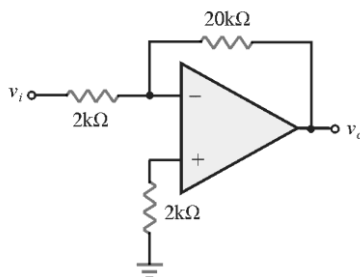
【84 夜二專中電子(一)】 【78 夜二專聯招】 【74 保送甄試】

【84 二技電機專業實務】 【85 北、南電機夜二專】

- () 28. 假設圖中 OP 為一理想放大器，試求整個電路之電壓增益 V_o/V_i ？ (A)-4.5 (B)-8.1 (C)-9.0 (D)-16.2。
【89 二技電子電路】

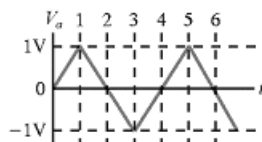
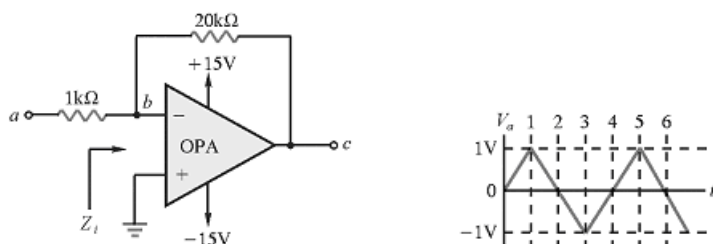
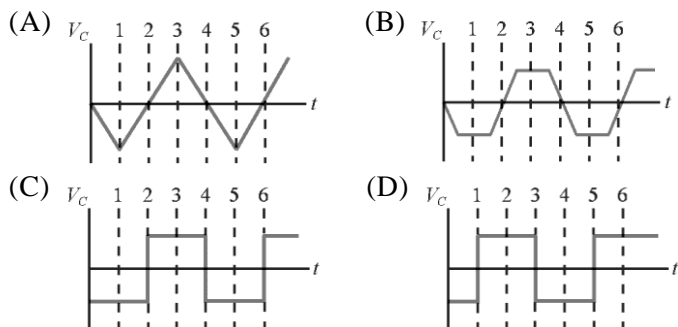


- () 29. 如圖之反相放大器中，其電壓增益 v_o/v_i 為多少分貝？ (A) + 20dB (B) + 10dB
(C) - 10dB (D) - 20dB。 【90年四技電機-統一入學測驗】



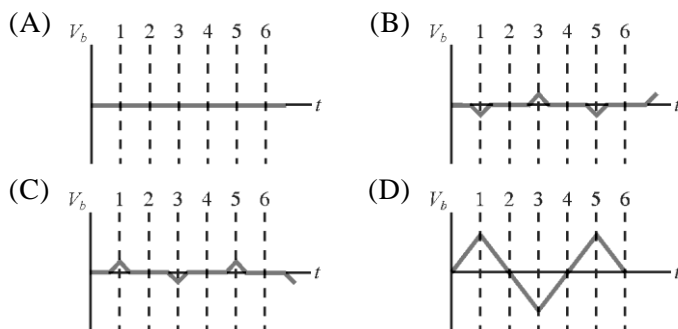
- () 30. 如下左圖電路，若 a 點電壓波形如下右圖，則 c 點電壓波形為以下何者？

【88 電子保甄】



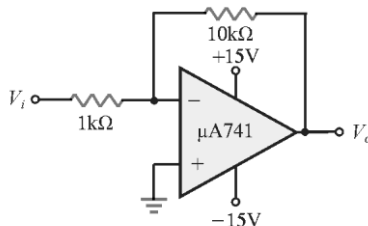
- () 31. 接上題， b 點電壓波形為以下何者？

【88 電子保甄】



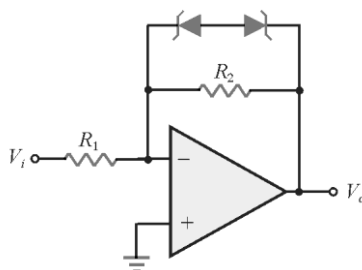
- () 32. 下圖為實際運算放大器之接線圖，且電源供給電壓為 15 伏特及 -15 伏特，若輸入電壓為 2 伏特，則輸出電壓約為多少？ (A)20 伏特 (B)14 伏特 (C)-14 伏特 (D)-20 伏特。

【90 年四技電機-統一入學測驗】



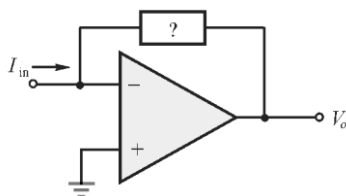
- () 33. 下圖電路的功用為何？ (A)作比例限制器使用 (B)作精密整流器使用 (C)作信號比較器使用 (D)作電壓振盪器使用。

【90 年四技電機-統一入學測驗】



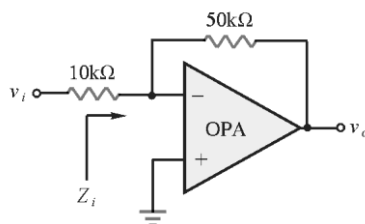
- () 34. 如圖所示，電路之輸出電壓 V_o 隨電流 I_{in} 大小成比例變化 ($V_o = K \times I_{in}$ ， K 為定值)，則方格中放入何種元件最合適？ (A)電阻 (B)二極體 (C)電感 (D)電池。

【88 四技推甄】



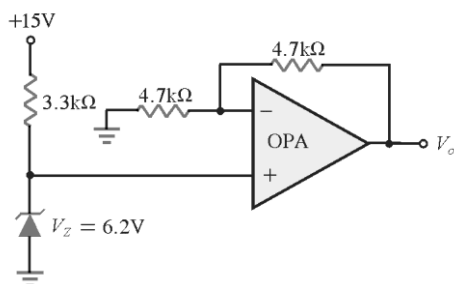
- () 35. 如圖所示之理想 OPA 電路，若 $V_i = 200\text{mV}$ ，下列敘述何者為錯誤？ (A) $\frac{V_o}{V_i} = -5$ (B) $Z_i = 10\text{k}$ (C) $Z_i = \infty$ (D) $V_o = -1\text{V}$ 。

【87 四技電子】 【88 四技電子】



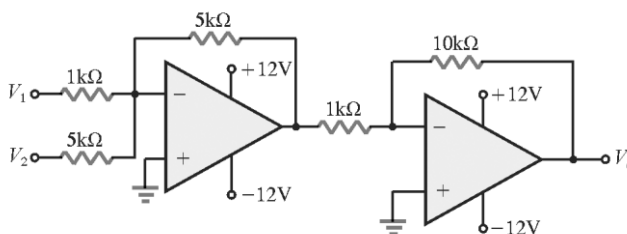
- () 36. 如圖所示電路，輸出電壓 V_o 為 (A)15V (B)12.4V (C)6.2V (D)3.1V。

【82 四技電子】 【90 年四技電子-統一入學測驗】



- () 37. 如圖所示，若 $V_1 = 0.1V$ ， $V_2 = 0.2V$ ，則 $V_o = ?$ (A)5V (B)6V (C)7V (D)8V。

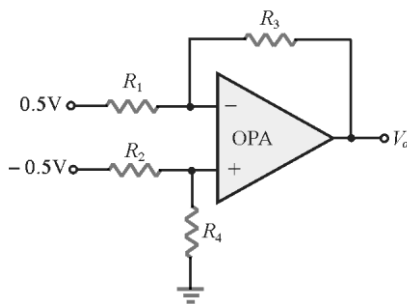
【87 四技電子】



- () 38. 如圖的輸出電壓應近似於下列何值？當 $R_1=R_2=2k\Omega$ ， $R_3=R_4=20k\Omega$ (A)10V (B)0V (C)-10V (D)15V。

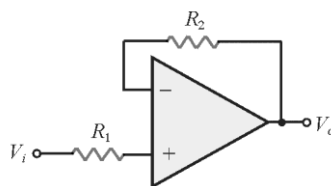
【89 四技聯招電子】

【89 夜二專中區電子】 【89 夜二專北區電子】 【89 四技推甄電子】



- () 39. 如圖所示理想運算放大器電路， $R_1=R_2 = 1,000$ 歐姆， $V_i = 10$ 伏特，則 V_o 應為 (A)4 伏特 (B)6 伏特 (C)8 伏特 (D)10 伏特。

【88 電機保甄】 【86 夜二專電子南】

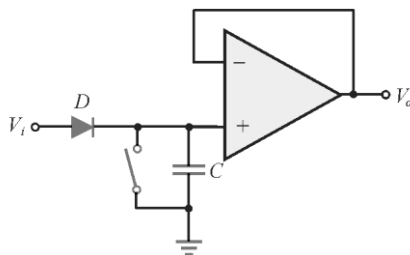


- () 40. 如圖所示電路，下列何者正確 (A)積分器 (B)對數放大器 (C)平均值檢波器 (D)峰值

檢波器。

【86 電機保甄】【87 四技電機】

【88 北區夜二專電子】



歷屆試題解答

1. (C) 2. (A) 3. (A) 4. (D) 5. (B) 6. (B) 7. (D) 8. (A) 9. (C) 10. (B)
 11. (C) 12. (A) 13. (C) 14. (A) 15. (B) 16. (A) 17. (D) 18. (B) 19. (B) 20. (D)
 21. (A) 22. (A) 23. (B) 24. (B) 25. (B) 26. (B) 27. (B) 28. (C) 29. (A) 30. (B)
 31. (C) 32. (C) 33. (A) 34. (A) 35. (C) 36. (B) 37. (C) 38. (C) 39. (D) 40. (D)

1. 輸出阻抗 $R_o \rightarrow 0$

$$2. V_+ = 4 \times \frac{1K}{3K + 1K} = 1V$$

$$I_{1K} = \frac{4V - 1V}{1K} = 3mA$$

$$V_o = 1 - (3mA \times 2K) = -5V$$

$$3. V_+ = 0.2V \times \frac{1K}{4K + 1K} = 0.04V$$

$$I_1 = -\frac{0.04V}{1K} = -0.04mA$$

$$V_a = 0.04V + (0.04mA \times 9K) = 0.4V$$

$$I_2 = \frac{0.4V}{2K} = 0.2mA$$

$$V_o = -0.2mA \times 10K\Omega = -2V$$

$$4. V_o = \frac{2V_i}{sCR} \Rightarrow \text{非反相積分器}$$

5. 輸入電壓與 1V 比較， $V_{in}=1.5V$ 時，紅光 LED 不亮，綠光 LED 亮

6. 樞密特電路為波形整形電路

$$7. \left(\frac{V_i}{2K} + \frac{V_o}{4K} \right) \times (2K // 4K) = 0, V_o = \pm 12V$$

$$V_U = +6V, V_L = -6V$$

$$\therefore V_i = +7V \text{ 時 } V_o = +12V$$

8. 輸入信號未達上下臨界電壓， V_o 波形為一直線

9. 比較器

$$\text{當 } V_i = -3V \text{ 時, } V_o = -12V, I_o = -10mA$$

當 $V_i = -1V$ 時, $V_o = +12V$, $I_o = +10mA$

10. 截止頻率 $f_c = 1/(2\pi RC)$

11. $V_- = V_+ = 4V$

$$V_{out} = 4V + 4V = 8V$$

12. $V_o = -sRCV_i \Rightarrow$ 反相微分器

13. 第一為電壓隨耦器, 第二為比較器, 輸入信號為正弦波, 則輸出端 V_{out} 的波形為方波

14. 二階高通濾波器

15. 截止頻率為 $1/2\pi RC$

16. 假設 $V_{ref} = 0V$

$$V_{+UL} = \pm 15 \times \frac{1K}{9K + 1K} = \pm 1.5V$$

$$V_H = V_U - V_L = 3V$$

17. $-\left(\frac{V_i}{10.2K} + \frac{V_i}{1M}\right) \times 1M - V_i = V_o$

$$A_v = -100.04$$

18. $V_o = -\frac{sL}{R} \times V_i \Rightarrow$ 反相微分器

19. $V_{cc} \sin \omega t = \frac{V_{cc}}{2} \Rightarrow \theta = 30^\circ \text{ 或 } 150^\circ$

$$Duty \quad cycle = \frac{150^\circ - 30^\circ}{360^\circ} \times 100\% = 33\%$$

20. $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{2K}{1K} = -2$

21. 第一為高通濾波電路, 第二為低通濾波電路, 第二時間常數小於第一, 故兩串聯後為帶通濾波電路

22. 直流時電容開路

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1}$$

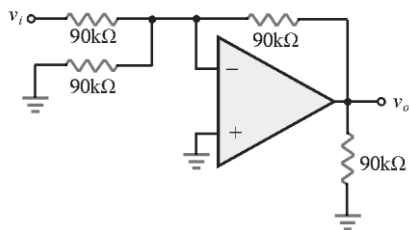
23. (1) $S.R. = \frac{V_m}{RC} \Rightarrow RC = \frac{V_m}{SR} = \frac{5V}{\frac{0.6V}{3}} = \frac{25}{3} \mu s$

(2) $f_{max} = \frac{1}{2\pi RC} = 0.159 \times \frac{1}{\frac{25}{3} \mu} = 19.08 \text{ kHz}$

28. (1) 本電路為基本之倒相大電路而已

(2) 移開兩個 $90k\Omega$

(3) $A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{90k}{10k} = -9 \text{ 倍}$



29. (1) $A_v = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{20\text{k}\Omega}{2\text{k}\Omega} = -10$ 倍
 (2) $\text{dB} = 20\log|A_v| = 20\log| -10| = 20\text{dB}$

30. (1) $A_v = -\frac{20\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} = -20$ 倍

(2) 不失真之輸出波形為：

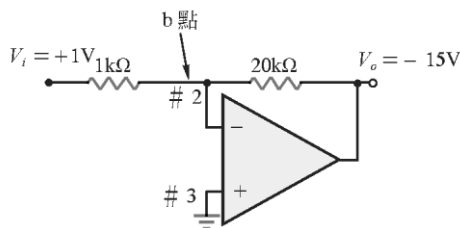
$$V_o = V_i \times A_v = (\pm 1\text{V}) \times (-20) = \pm 20\text{V}$$

(3) V_o 之振幅已超出 $\pm V_{CC} (\pm 15\text{V})$ 之限制，故有發生截波現象。

31. (1) OPA 一旦進入飽和狀態，則同電位立即失效。

(2) V_3 仍然地 0V

$$(3) V_b = \frac{\frac{+1\text{V}}{1\text{k}} + \frac{-15\text{V}}{20\text{k}}}{\frac{1}{1\text{k}} + \frac{1}{20\text{k}}} = \frac{+5}{21} \text{ 伏} \quad \text{在 } b \text{ 點}$$



32. $V_o = 2\text{V} \times -\frac{10\text{k}}{1\text{k}} = -20\text{V}$ 運算放大器飽和
 $V_o = -14\text{V} (V_{\text{sat}} \doteq 0.9V_{CC})$

33. 稽納二極體作為限制輸出信之最大值

34. $V=I \times R$ ，放入電阻可符合要求

35. $Z_i = 10\text{k}\Omega$

36. $V_o = 6.2\text{V} \times \left(1 + \frac{4.7\text{k}\Omega}{4.7\text{k}\Omega}\right) = 12.4\text{V}$

37. $V_{5\text{k}\Omega} = \left(\frac{0.1\text{V}}{1\text{k}\Omega} + \frac{0.2\text{V}}{5\text{k}\Omega}\right) \times 5\text{k}\Omega = 0.7\text{V}$

$$V_o = -0.7\text{V} \times \left(-\frac{10\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega}\right) = +7\text{V}$$

38. $V_+ = -0.5\text{V} \times \frac{20\text{k}}{2\text{k} + 20\text{k}} = -0.455\text{V}$

$$V_o = -\left(\frac{0.5\text{V} + 0.455\text{V}}{2\text{k}}\right) \times 20\text{k} - 0.455 = -10.005\text{V}$$

39. $V_o = 10\text{V}$

40. 輸入電壓大於電容電壓可充電，故電容上為入信號之最大峰值電壓。

