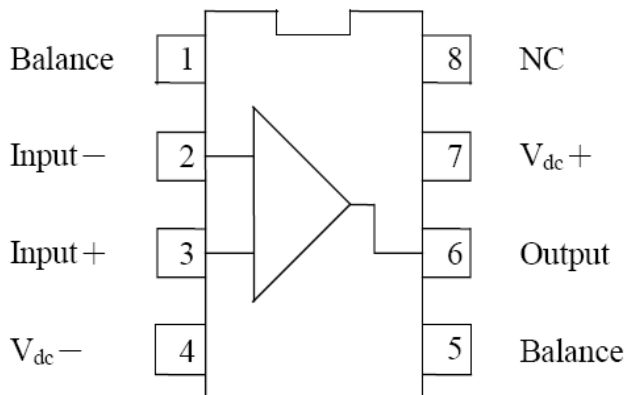


第三章 OP Amp特性參數之測試

國立勤益科技大學資工系
游正義

【E424研究室】

youjy@ncut.edu.tw



輸入阻抗量測

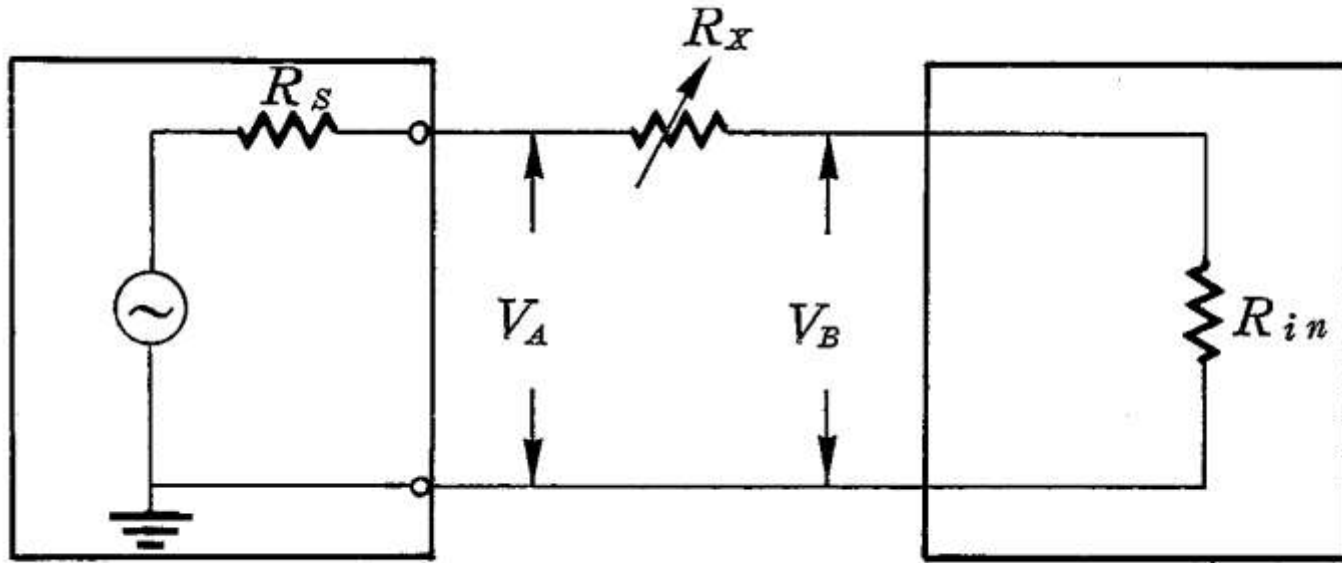


圖 3-1

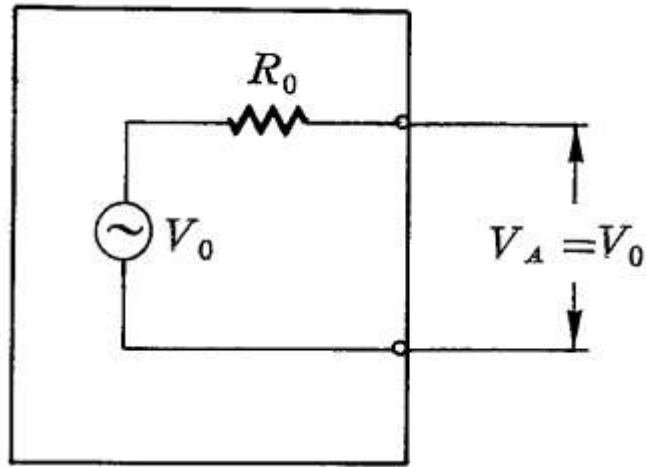
$$V_B = V_A \times \frac{R_{in}}{R_X + R_{in}}$$

$$V_B (R_X + R_{in}) = V_A R_{in}$$

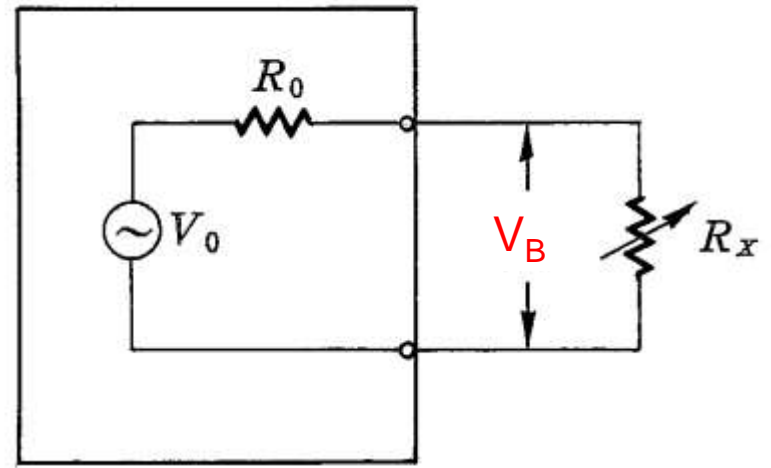
$$R_{in} (V_A - V_B) = R_X V_B$$

$$\therefore R_{in} = \frac{V_B}{V_A - V_B} R_X$$

$$R_{in} = \frac{R_X}{\frac{V_A}{V_B} - 1}$$



(a)



(b)

圖 3-2

$$V_B = V_O \times \frac{R_X}{R_O + R_X} = V_A \times \frac{R_X}{R_O + R_X}$$

$$V_B (R_O + R_X) = V_A R_X$$

$$V_B R_O = (V_A - V_B) R_X$$

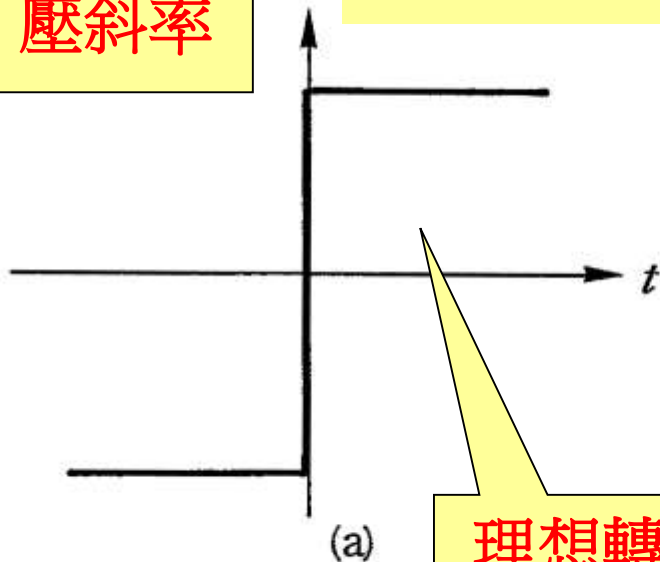
$$\therefore R_O = \frac{V_A - V_B}{V_B} R_X = \left(\frac{V_A}{V_B} - 1 \right) R_X$$

- 轉換時間：指最高值的10%與90%兩點間之時間。
- 恢復時間：指最低值與最高值的10%兩點間之時間。
- 轉換時間+恢復時間=延遲時間。
- 轉動率：輸入電壓加入時，輸出電壓變化的速率，亦即

$$\text{轉動率(SR)} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\text{或} = \frac{dV}{dt} \right)$$

輸出電
壓斜率

轉動率量測



理想轉
換時間

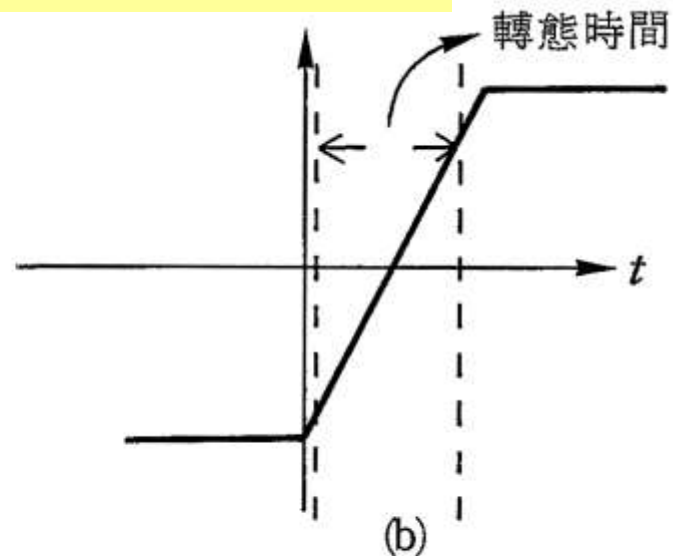


圖 3 - 3

若轉動率為 $0.5V/\mu S$ ，則

$$\Delta t = \frac{20V}{0.5V/\mu S} = 40\mu S$$

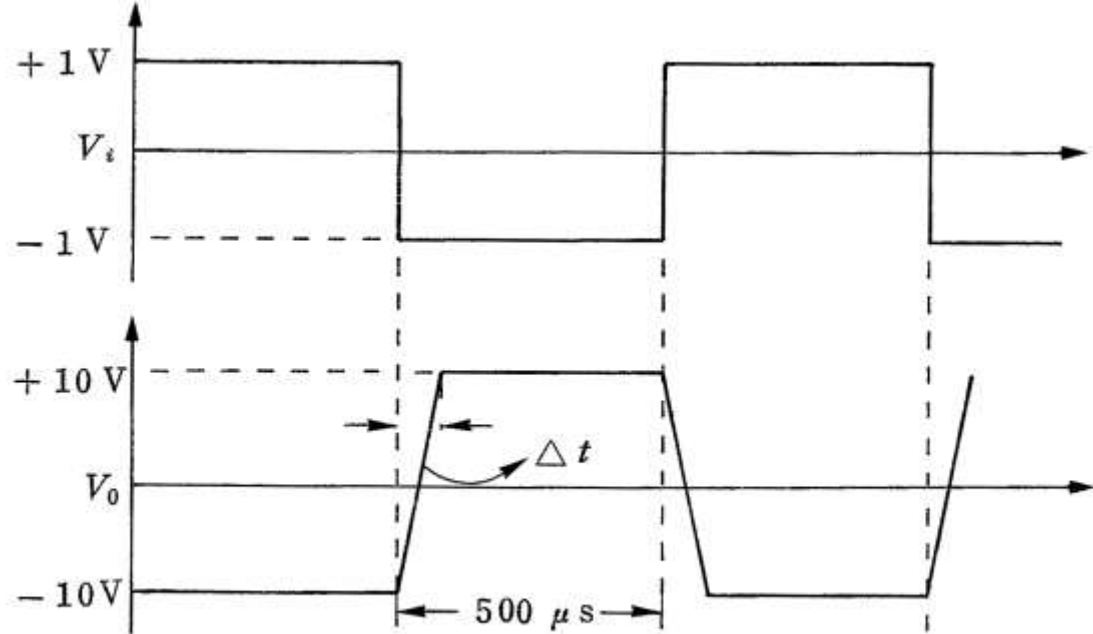


圖 3-5

**$f=1kHz$ ，峯
值 $1V$ 之方波**

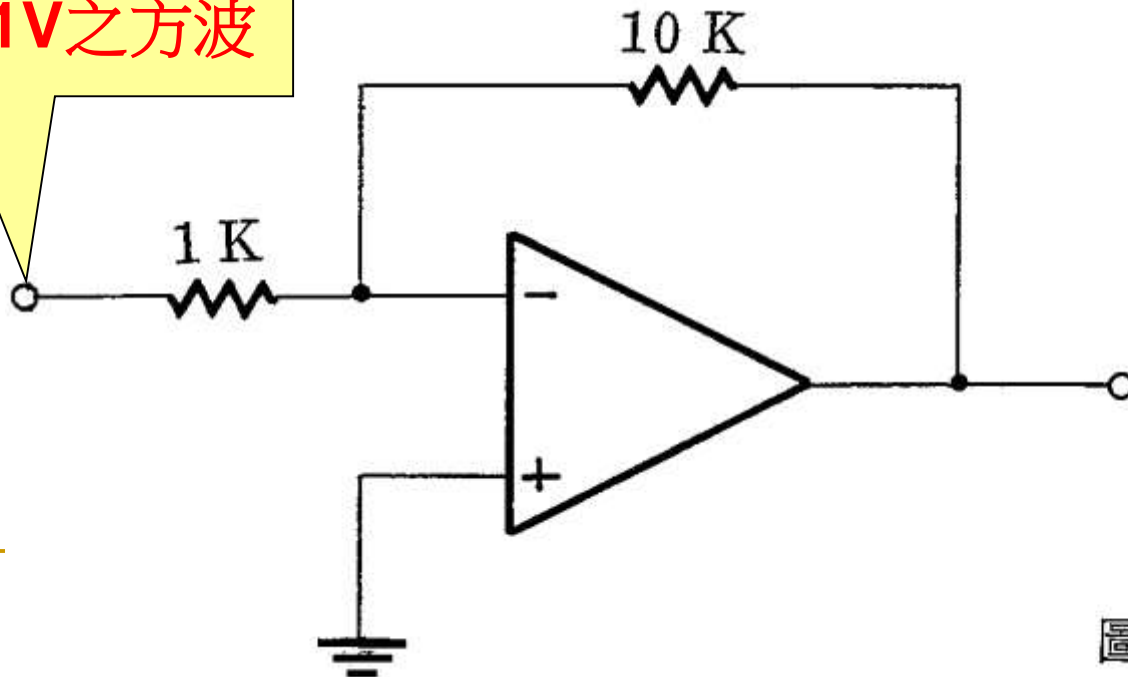


圖 3-4

電壓轉動率仍一樣為
 $0.5V/\mu S$ ，則

$$\Delta t = \frac{20V}{0.5V/\mu S} = 40\mu S$$

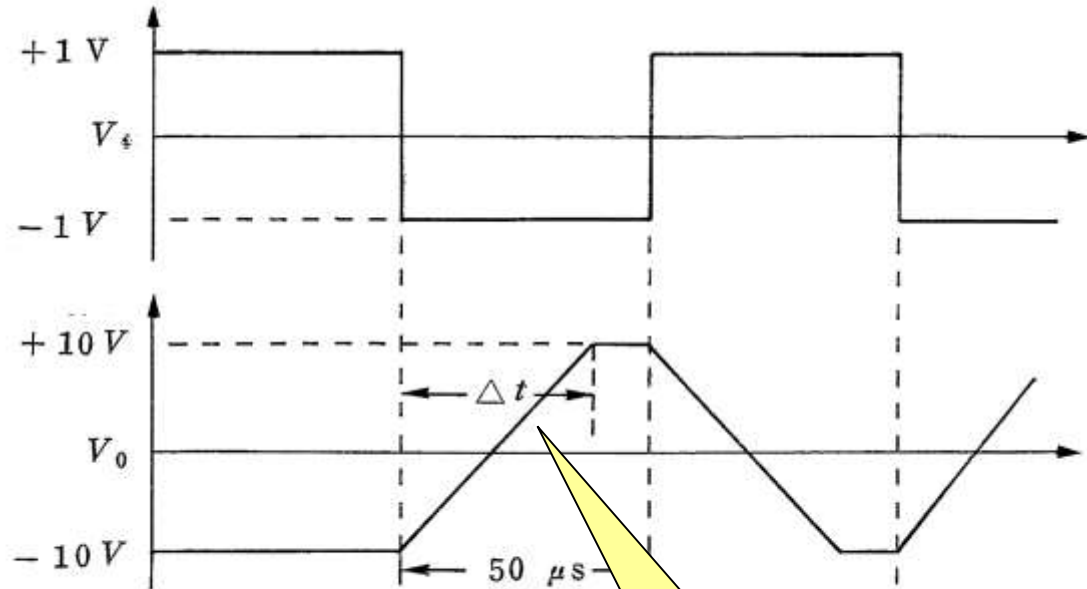
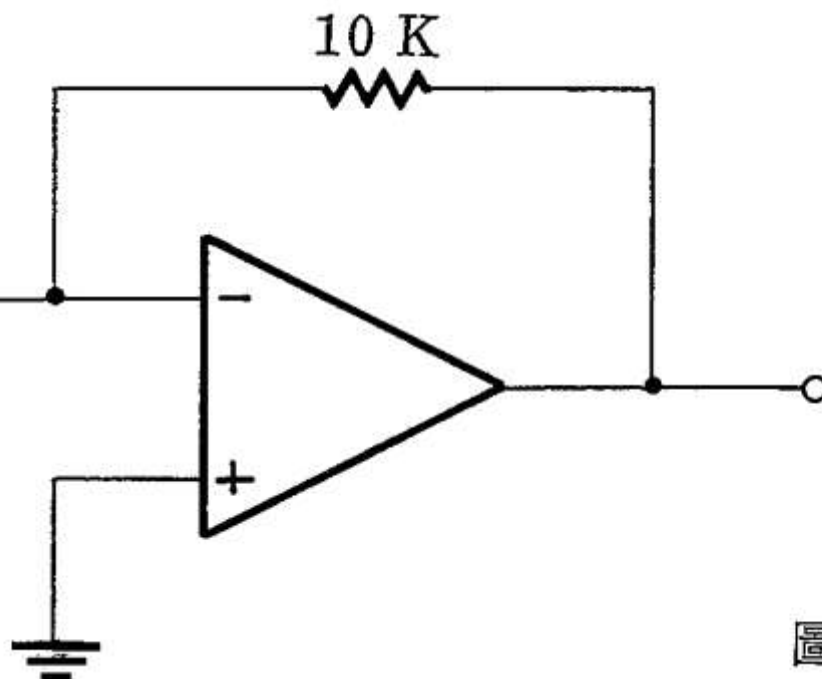


圖 3-6

**f=10kHz，峯
 值1V之方波**



**Δt對輸出波
 形造成嚴重
 失真**

圖 3-4

工作頻率

- 假使輸入為正弦波，若能得到最大不失真之輸出波形，而 V_{OP} 為其峯值電壓，此時之頻率為 f ，每一週度之時間為 $T/2\pi=1/2\pi f$ ，則電路之轉動率為

$$SR = \frac{V_{OP}}{\frac{1}{2\pi f}} = 2\pi f V_{OP}$$

頻率與輸出振幅兩者成反比，降低輸出電壓（或減少輸入電壓），在既定的轉動率值，可提高工作頻率的範圍。

- 根據上式，若已知放大器之轉動率及最大不失真輸出電壓，即可計算此放大器之最高工作頻率。

閉路增益與頻寬乘積之測試

- 運算放大器之閉路增益很大，必須要有穩定作用的回授網路才能使其適當工作，一定的回授網路將產生固定的電壓增益，此閉路增益與放大器之頻帶寬度的乘積為一定值，以**GBP**（gain-bandwidth product）表之，亦即

$$GBP = A_v \bullet BW$$

- 在固定的**GBP**值之下，閉路增益越高，頻寬則越窄。在實際應用上，一般均選用**GBP**值得1/10，作為電路的設計標準，以避免電路之失真。

三、實驗步驟

1 輸入輸出阻抗之測試：

(1) 倒相放大電路：

- ① 如圖 3-7 連接綫路。
- ② 以示波器觀測 V_A 之波形，並記錄其峯值電壓於表 3-1 中。
- ③ 以示波器觀測 V_B 之波形，同時調整可變電阻 R_X ，儘量使 V_B 之峯值電

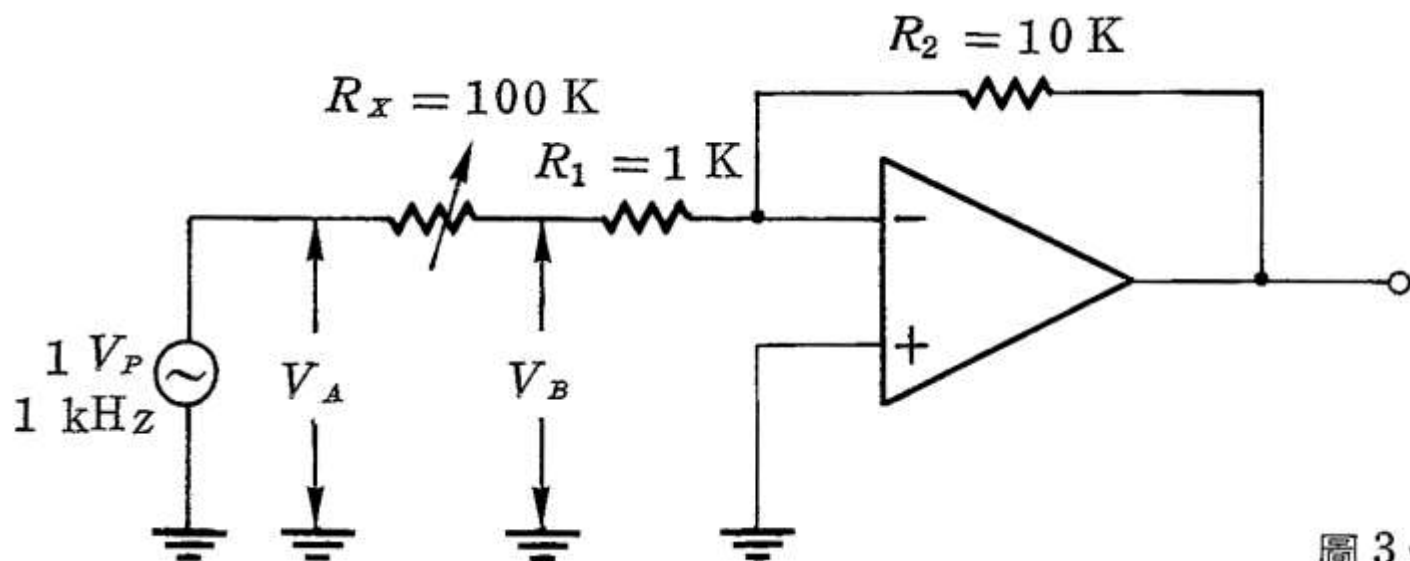


圖 3-7

壓為 V_A 峯值電壓之半，並記錄 V_B 峯值電壓於表 3-1 中。

- ④ 將 R_X 移開（此時不能改變其電阻值），以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-1 中。
- ⑤ 計算表 3-1 之輸入阻抗，並與理論值相比較。
- ⑥ 若 R_1 改用 5 K， R_2 不變，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-1 中。
- ⑦ 若 R_1 改用 10 K， R_2 改用 20 K，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-1 中。
- ⑧ 若 R_1 改用 100 K， R_2 改用 1 M，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-1 中。（若調整 R_X ，無法使 $V_B = \frac{1}{2}V_A$ ，則儘量調整 R_X ，使 V_B 電壓為某一整數值，以利於計算）。
- ⑨ 若 R_1 改用 500 K， R_2 維持 1 M 不變，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-1 中。
- ⑩ 如圖 3-8 連接綫路。

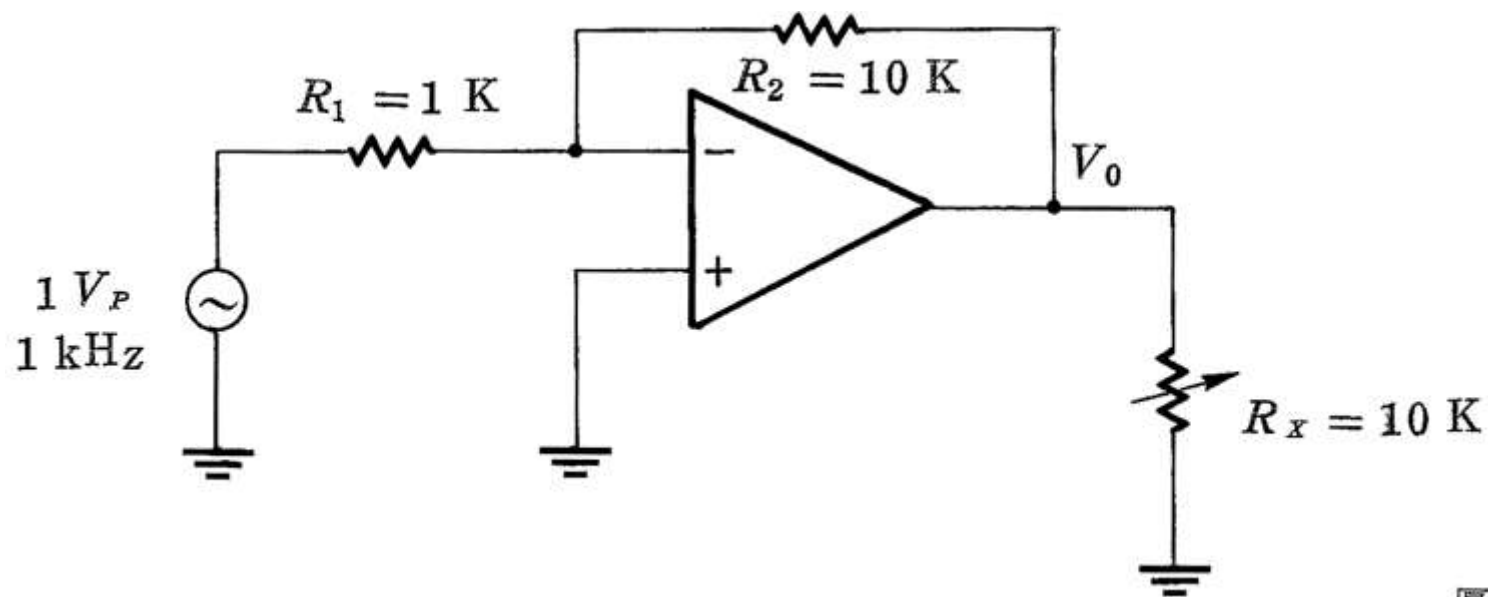


圖 3-8

- ⑪ 首先不接 R_X 電阻，以示波器觀測 V_o 之波形，測出其峯值電壓為 V_A ，並記錄於表 3-2 中。
- ⑫ 然後將 R_X 接上，以示波器觀測 V_o 之波形，測出其峯值電壓為 V_B ，適當地調整 R_X ，使 $V_B = \frac{1}{2} V_A$ 或某一整數值，並記錄 V_B 電壓於表 3-2 中。
- ⑬ 將 R_X 移開，以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-2 中。
- ⑭ 計算表 3-2 之輸出阻抗，並與理論值相比較。
- ⑮ 若 R_2 改用 5 K， R_1 不變，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-2 中。
- ⑯ 若 R_1 改用 100 Ω ， R_2 改爲 500 Ω ，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-2 中。
- ⑰ 若 R_1 改用 10 K， R_2 改用 100 K，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-2 中。

⑬ 若 $R_1 = R_2 = 100\ \Omega$ ，重覆⑪~⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-2 中。

(2) 正相放大電路：

① 如圖 3-9 連接線路。

② 以示波器觀測 V_A 之波形，並記錄其結果於表 3-3 中。

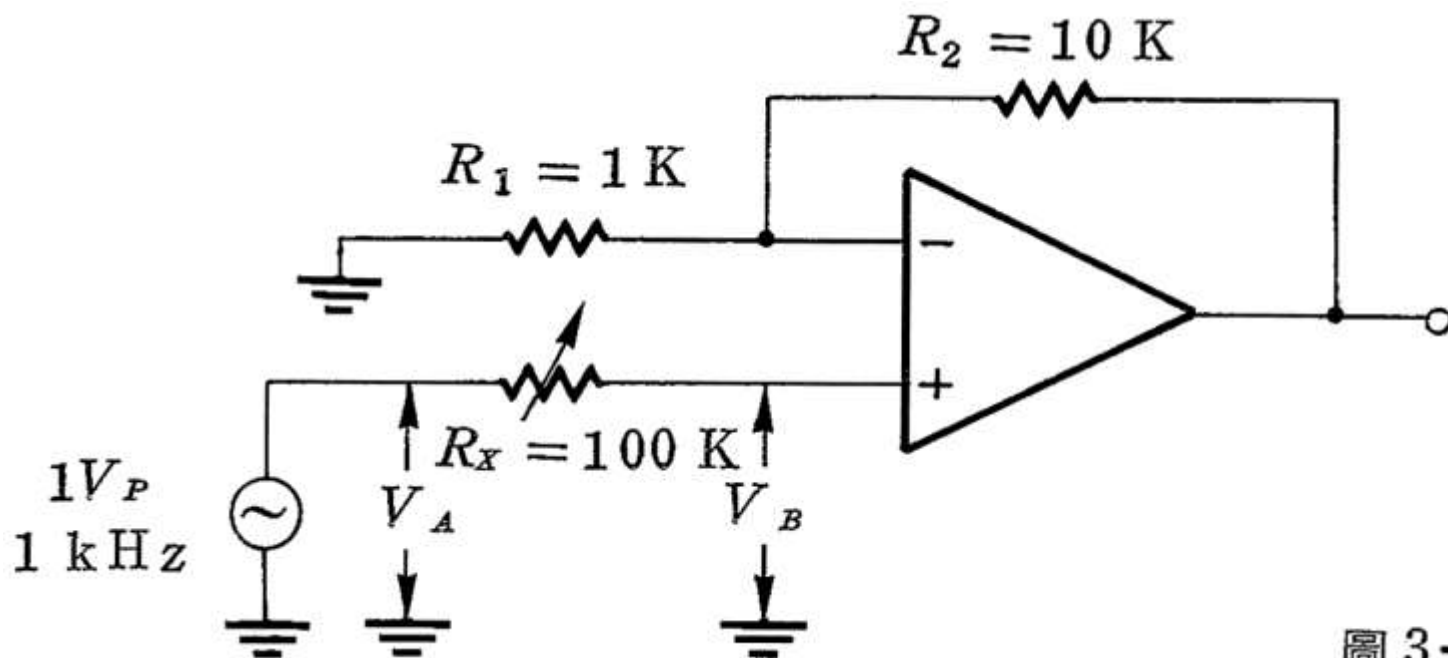


圖 3-9

- ③ 以示波器觀測 V_B 之波形，同時調整可變電阻 R_X ，使 V_B 爲一適當值，並記錄其結果於表 3-3 中。
- ④ 將 R_X 移開，以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-3 中。
- ⑤ 計算表 3-3 之輸入阻抗，並與理論值相比較。
- ⑥ 若 R_1 改用 5 K， R_2 不變，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-3 中。
- ⑦ 若 R_1 改用 10 K， R_2 改用 100 K，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-3 中。
- ⑧ 若 R_1 改用 100 K， R_2 改用 1 M，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-3 中。
- ⑨ 若 $R_1 = R_2 = 1\text{ M}$ ，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-3 中。
- ⑩ 如圖 3-10 連接綫路。

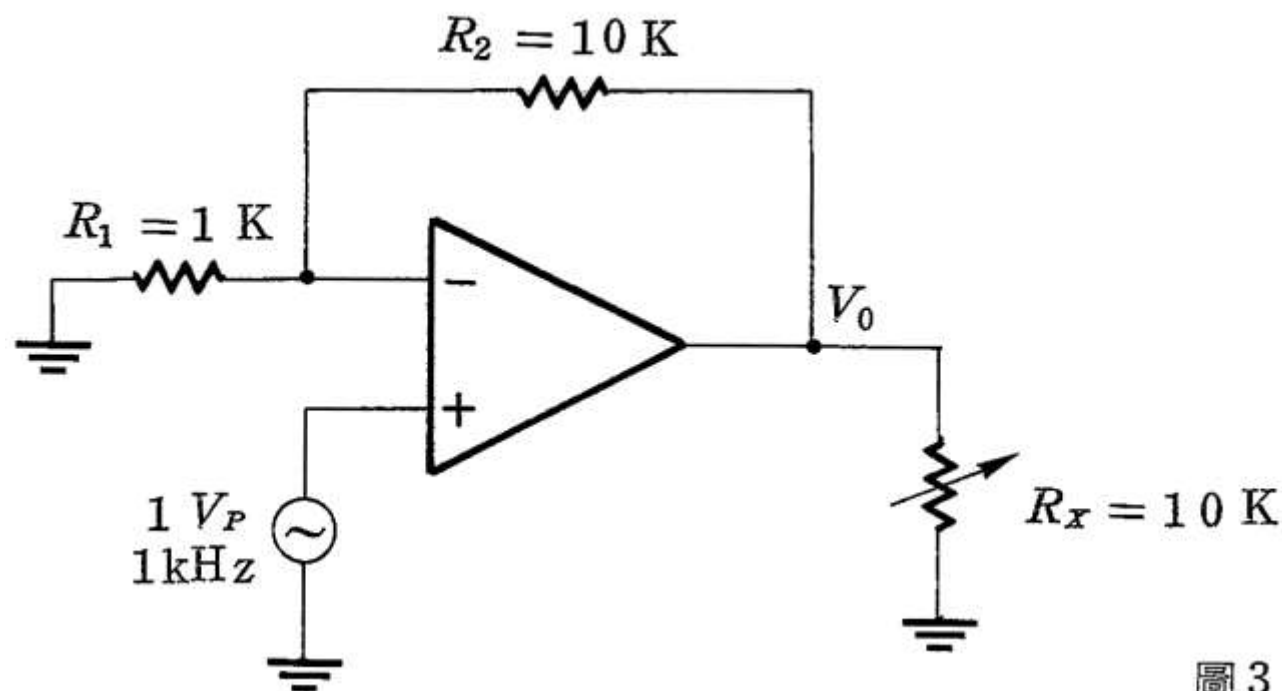


圖 3 - 10

- ⑪ 首先不接 R_X 電阻，以示波器觀測 V_0 之波形，測出其峯值電壓為 V_A ，並記錄於表 3-4 中。
- ⑫ 然後將 R_X 接上，以示波器觀測 V_0 之波形，測出其峯值電壓為 V_B ，適

當地調整 R_X ，使 V_B 為一適當值，並記錄其結果於表 3-4 中。

- ⑬ 將 R_X 移開，以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-4 中。
- ⑭ 計算表 3-4 之輸出電阻，並與理論值相比較。
- ⑮ 若 R_2 改用 5 K， R_1 不變，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-4 中。
- ⑯ 若 R_1 改用 50 Ω ， R_2 改用 100 Ω ，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-4 中。
- ⑰ 若 R_1 改用 100 Ω ， R_2 仍為 100 Ω ，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-4 中。
- ⑱ 若 R_2 改用 1 K， R_1 仍為 100 Ω ，重覆⑪～⑭之步驟，並記錄其結果於表 3-4 中。

(3) 阻抗轉換器：

- ① 如圖 3-11 連接綫路。

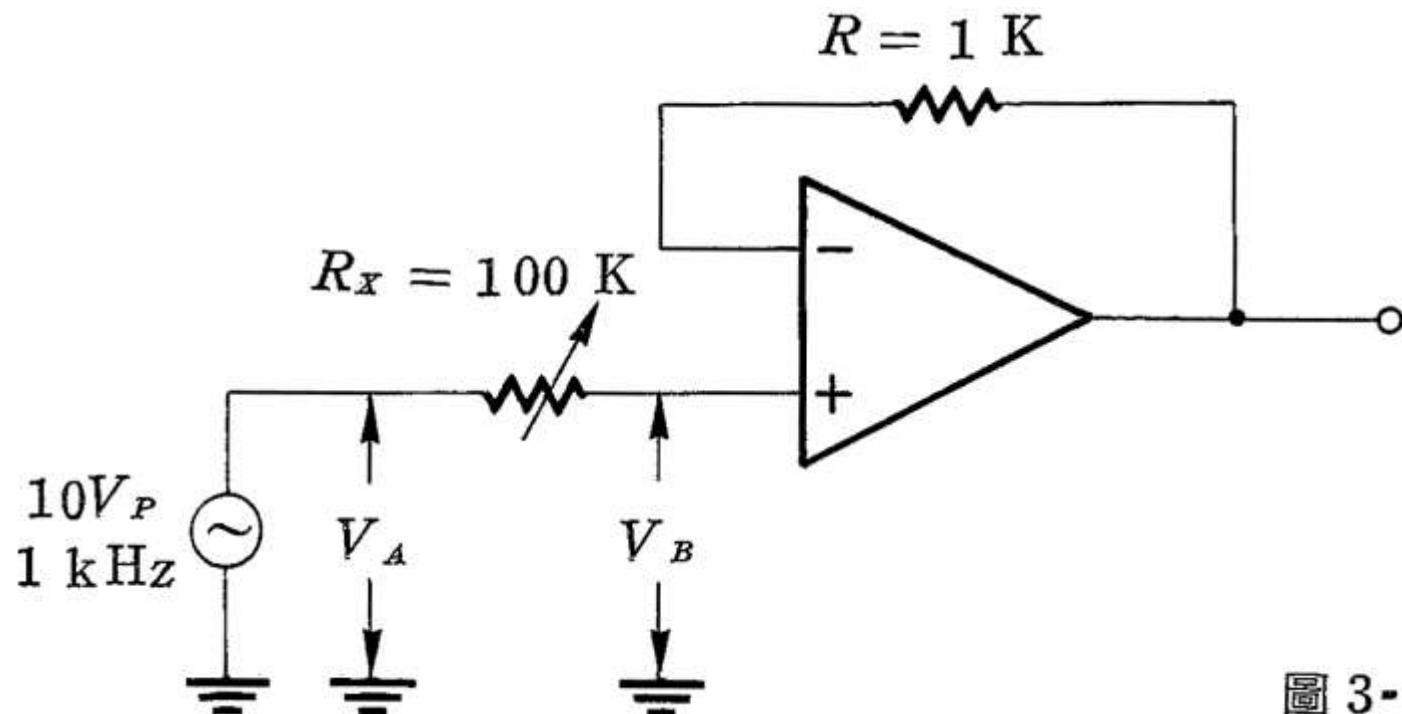


圖 3-11

- ② 以示波器觀測 V_A 之波形，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ③ 以示波器觀測 V_B 之波形，同時調整可變電阻 R_X ，使 V_B 為一適當值，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ④ 將 R_X 移開，以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-5 中。
- ⑤ 計算表 3-5 之輸入阻抗，並與理論值相比較。
- ⑥ R 電阻改用 10 K，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ⑦ R 電阻改用 100K，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ⑧ R 電阻改用 1 M，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ⑨ R 電阻改用 10 Ω ，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ⑩ 將 R 電阻短路，重覆②～⑤之步驟，並記錄其結果於表 3-5 中。
- ⑪ 如圖 3-12 連接綫路。
- ⑫ 首先不接 R_X 電阻，以示波器觀測 V_o 之波形，測出其峯值電壓為 V_A ，並記錄於表 3-6 中。

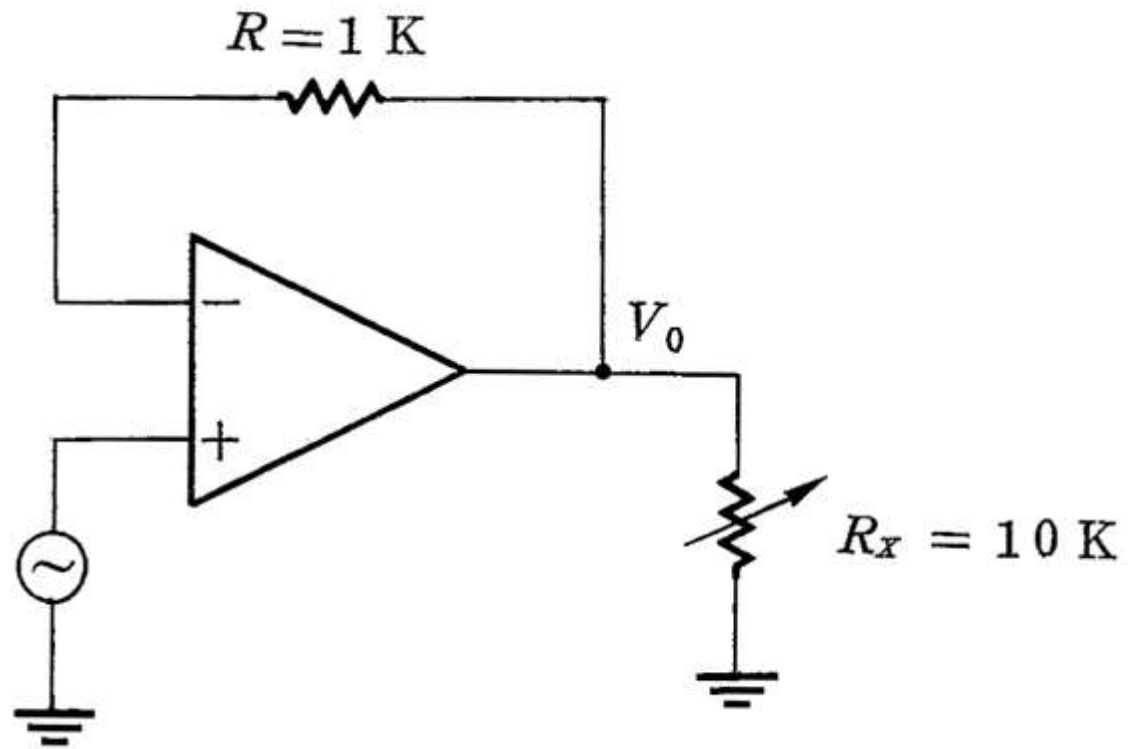


圖 3-12

- ⑬ 隨後將 R_X 接上，以示波器觀測 V_o 之波形，測出其峯值電壓為 V_B ，適當調整 R_X ，使 V_B 為一適當值，並記錄其結果於表 3-6 中。
- ⑭ 將 R_X 移開，以三用表或 DVM 測試其電阻值，並記錄於表 3-6 中。
- ⑮ 計算表 3-6 之輸出阻抗，並與理論值相比較。
- ⑯ 若 R 電阻改用 $500\ \Omega$ ，重覆⑫～⑮之步驟，並記錄其結果於表 3-6 中。
- ⑰ R 電阻改用 $100\ \Omega$ ，重覆⑫～⑮之步驟，並記錄其結果於表 3-6 中。
- ⑱ R 電阻改用 $10\ \Omega$ ，重覆⑫～⑮之步驟，並記錄其結果於表 3-6 中。
- ⑲ 將 R 電阻短路，重覆⑫～⑮之步驟，並記錄其結果於表 3-6 中。
- ⑳ R 電阻改用 $10\ K$ ，重覆⑫～⑮之步驟，並記錄其結果於表 3-6 中。

2. 電壓轉動率之測試：

- (1) 如圖 3-13 連接綫路。

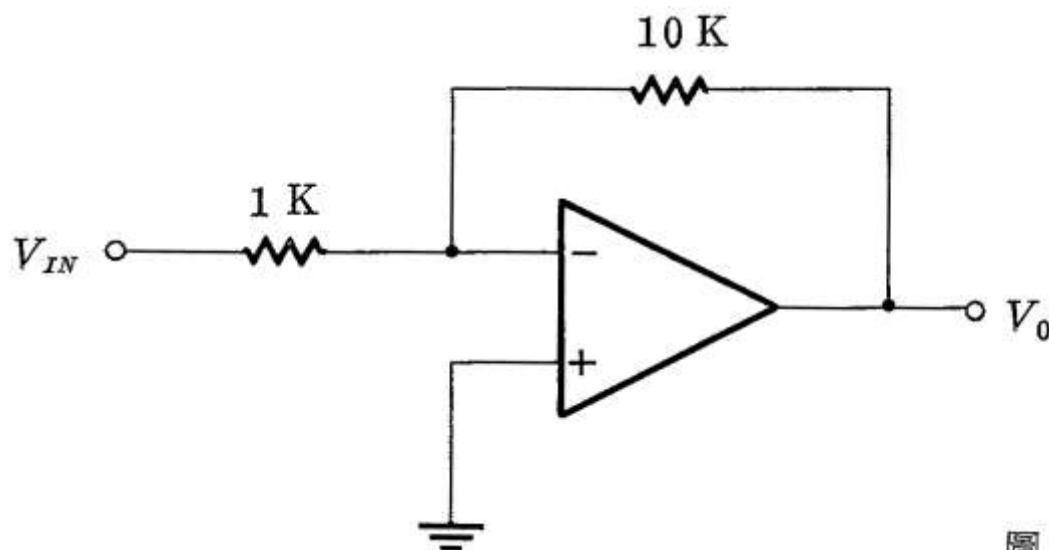


圖 3- 13

- (2) 輸入訊號接峯值電壓為 1 V 之方波，頻率為 100 Hz，以示波器觀測輸出之波形，計算其電壓轉動率，並記錄於表 3-7 中。
- (3) 依表 3-7 所示改變輸入頻率，依次觀測其輸出波形，並計算各頻率之電壓轉動率，且記錄於表 3-7 中。
- (4) 將 OP Amp 更換為其他型號之 IC 如表 3-8 所示，重覆(2)、(3)之步驟，記錄其結果於表 3-8 中。

3. 閉路增益與頻寬乘積之測試：

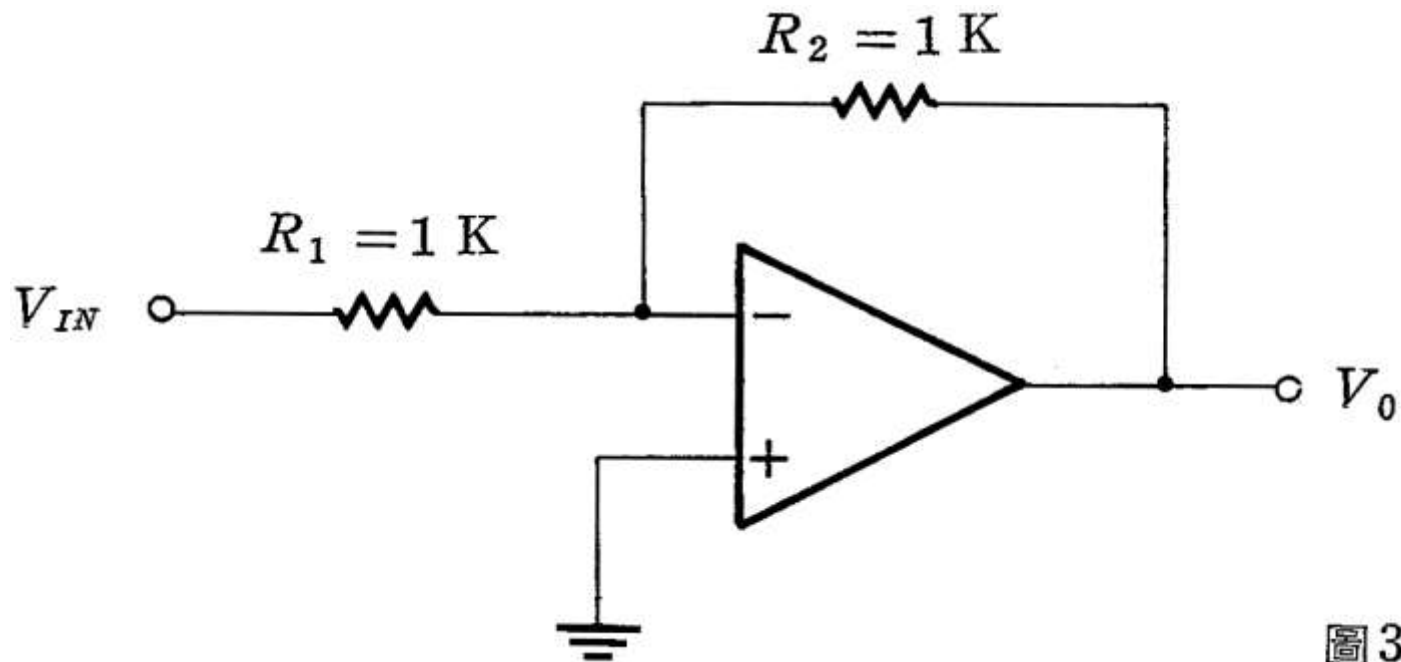


圖 3-14

- (1) 如圖 3-14 連接綫路。
- (2) 輸入訊號接峯值電壓為 1 V 之正弦波，改變輸入頻率由低頻至高頻（此時輸入電壓維持不變），計算高頻 3 dB 點之頻率，並記錄於表 3-9 中。
- (3) 由 R_1 及 R_2 計算電路之 A_v 值。
- (4) 根據(2)、(3)之步驟，計算電路之 $G B P$ 值。
- (5) 若 R_2 改用 5 K，重覆(2)~(4)之步驟，並記錄其結果於表 3-9 中。
- (6) 若 R_2 改用 10 K，重覆(2)~(4)之步驟，並記錄其結果於表 3-9 中。
- (7) 若 R_2 改用 100 K，重覆(2)~(4)之步驟，並記錄其結果於表 3-9 中。（此時輸入峯值電壓須降低，以避免輸出電壓到達飽和而失真）。
- (8) 若 R_2 改用 1 M，重覆(2)~(4)之步驟，並記錄其結果於表 3-9 中。（此時輸入電壓須更低）

討論