一、運算放大器簡介 Introduction to Operational Amplifiers

運算放大器是一種很有用的IC，實驗室所需要的電路大多可以用運算放大器做出來。

1.1 **差動放大器** Difference Amplifier

1.2 **理想的運算放大器** Ideal Operational Amplifiers

1.3 **簡易運算放大器電路**

1.4 **主動式積分器、微分器與濾波器**

1.5 **運算放大器的頻率響應**

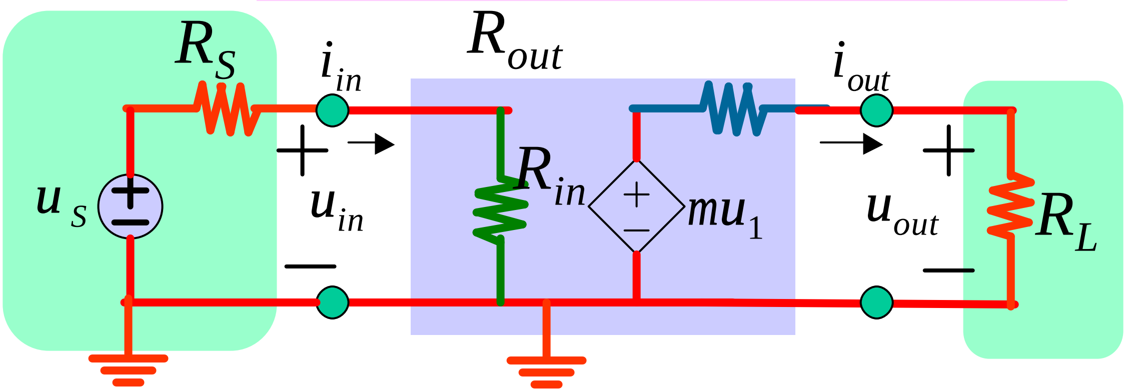
1.6 **實密特觸發---正回授的例子**

差動放大器 Difference Amplifier

單端(single-ended)與雙端(double-ended)放大器

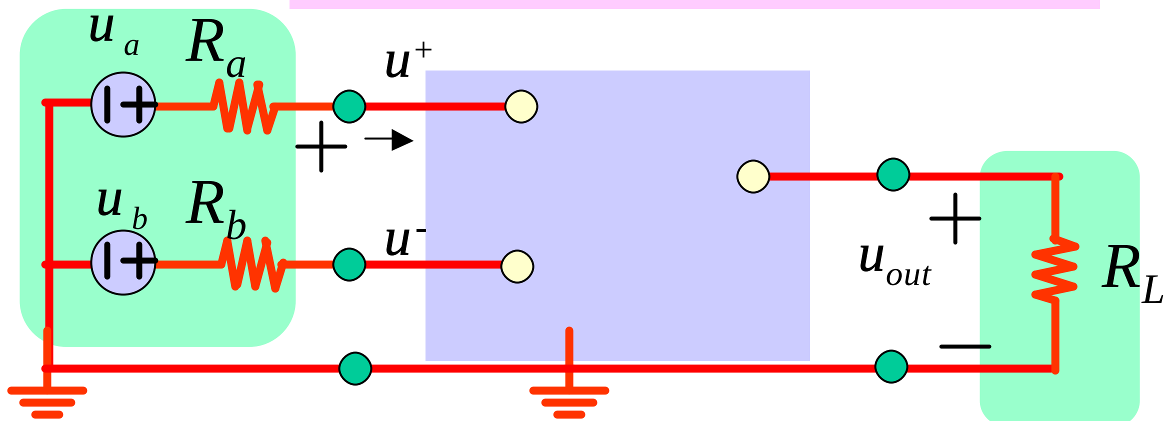
單端輸入單端輸出電壓放大器

單端訊號源 (single-ended source)



雙端輸入單端輸出電壓放大器

雙端(平衡式)訊號源 (double-ended or balanced source)



$$u_{out} = H(u^+, u^-)$$

u_{out}是u^+與u^-的線性函數。

$$u_{out} = A^{+}u^{+} + A^{-}u^{-}$$

令

$$u_d \equiv u^{+} - u^{-}$$

"差模"訊號 difference-mode signal

$$u_c \equiv \frac{u^{+} + u^{-}}{2}$$

"共模"訊號 common-mode signal

$$u^{+} = u_c + \frac{1}{2}u_d \qquad u^{-} = u_c - \frac{1}{2}u_d$$

$$u_{out} = A^{+}u^{+} + A^{-}u^{-} = A^{+}(u_c + \frac{1}{2}u_d) + A^{-}(u_c - \frac{1}{2}u_d)$$

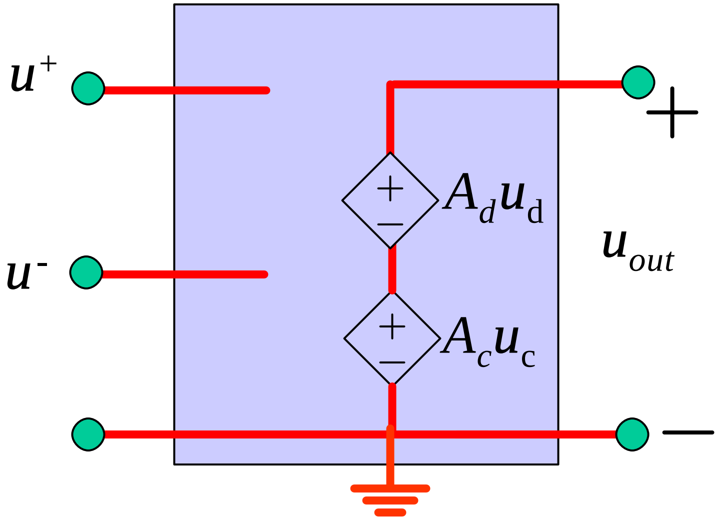
$$= (A^{+} + A^{-})u_c + \frac{(A^{+} - A^{-})}{2}u_d$$

$$u_{out} = A_c u_c + A_d u_d = u_{oc} + u_{od}$$

A_c：共模增益 common-mode gain

A_d：差模增益 difference-mode gain

不含輸入阻抗的difference amplifier模型



$$u_d \equiv u^+ - u^-$$

$$u_c \equiv \frac{u^+ + u^-}{2}$$

$$u_{out} = A_c u_c + A_d u_d$$

如何求A_c與A_d？

用線性疊加的概念。

求A_c時，令 $u_d = 0$ ，即 $u_c = u^+ = u^-$ $u_{out} = A_c u_c$

求A_d時，令 $u_c = 0$ ，即 $u^+ = -u^- = \frac{u_d}{2}$ $u_{out} = A_d u_d$

共模拒絕比 common-mode rejection ratio (CMRR)

在一般的運用（如測腦波、心電圖等），我們希望將$u^+ - u^-$ **（即**u_d**）部分放大，而將**u_c**部分抑制，也就是說**$A_d >> A_c$**。我們定義**A_d/A_c**的大小為共模拒絕比。**

$$CMRR \equiv \left|\frac{A_d}{A_c}\right| \qquad CMRR_{\mathrm{dB}} \equiv 20\log\left|\frac{A_d}{A_c}\right|$$

例題

$$u_a(t) = 0.010\cos(2p \cdot 400t) + 0.20\cos(2p \cdot 60t)$$

$$u_b(t) = -0.010\cos(2p \cdot 400t) + 0.20\cos(2p \cdot 60t)$$

A_d=100,
A_c=0.50

$$u_d(t) = 0.020\cos(2p \cdot 400t) \qquad u_c(t) = 0.20\cos(2p \cdot 60t)$$

$$u_{out}(t) = 2.0\cos(2p \cdot 400t) + 0.10\cos(2p \cdot 60t)$$

$$CMRR = 200 \qquad CMRR_{\mathrm{dB}} = 46\mathrm{dB}$$

一般好的差動放大器的CMRR**都在**90dB**以上。**