

運算放大器(1)

- r 運算放大器 (Operational Amplifier, 簡稱OP、OPA、OPAMP) 是一種直流耦合，差模 (差動模式) 輸入、通常為單端輸出 (Differential-in, single-ended output) 的高增益 (gain) 電壓 放大器，因為剛開始主要用於加法，乘法等運算電路中，因而得名。
- r 通常使用運算放大器時，會將其輸出端與其反相輸入端 (inverting input node) 連接，形成一 負反饋 (negative feedback) 組態。原因是運算放大器的電壓增益非常大，範圍從數百至數萬倍不等，使用 負回授 方可保證電路的穩定運作。但是這並不代表運算放大器不能連接成 正反饋 (positive feedback) 組態，相反地，在很多需要產生震盪訊號的系統中，正回授組態的運算放大器是很常見的組成元件。

運算放大器(2)

- r 運算放大器有許多的規格參數，例如：低頻增益、單位增益頻率（unity-gain frequency）、相位邊限（phase margin）、功耗、輸出擺幅、共模拒斥比、電源抑制比、共模輸入範圍（input common mode range）、電壓擺動率（slew rate）、輸入偏移電壓（input offset voltage，又譯：失調電壓）及雜訊等。
- r 目前運算放大器廣泛應用於家電，工業以及科學儀器領域。一般用途的積體電路運算放大器售價不到一美元，而現在運算放大器的設計已經非常可靠，輸出端可以直接短路到系統的接地端（ground）而不至於被短路電流（short-circuit current）破壞。

運算放大器的歷史(1)

- r 第一個使用真空管設計的放大器大約在1930年前後完成，這個放大器可以執行加與減的工作。
- r 運算放大器最早被設計出來的目的是將電壓類比成數字，用來進行加、減、乘、除的運算，同時也成為實現模擬計算機 (analog computer) 的基本建構方塊。然而，理想運算放大器的在電路系統設計上的用途卻遠超過加減乘除的計算。今日的運算放大器，無論是使用電晶體 (transistor) 或真空管 (vacuum tube)、分立式 (discrete) 元件或積體電路 (integrated circuits) 元件，運算放大器的效能都已經逐漸接近理想運算放大器的要求。但是如果系統對於放大器的需求超出積體電路放大器的能力時，也會利用分立式元件來實現這些特殊規格的運算放大器。
- r 早期的運算放大器是使用真空管設計，現在則多半是積體電路式的元件，但是如果系統對於放大器的需求超出積體電路放大器的需求時，常常會利用分立式元件來實現這些特殊規格的運算放大器。

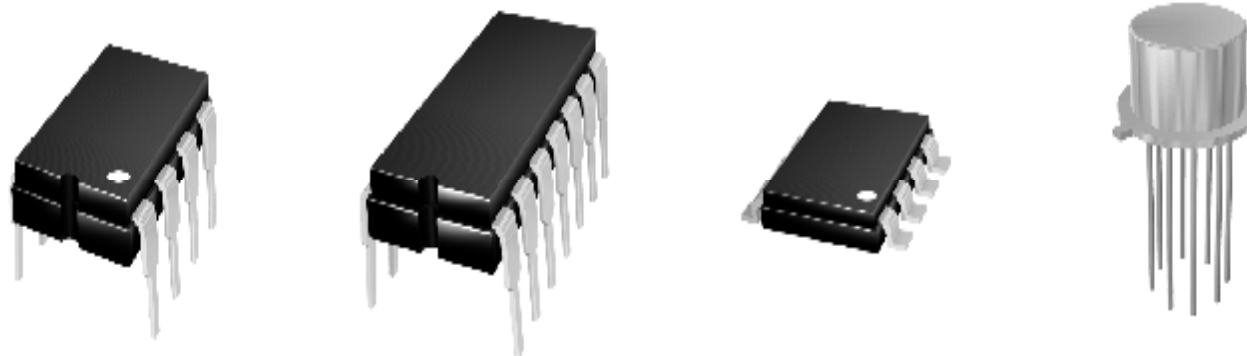
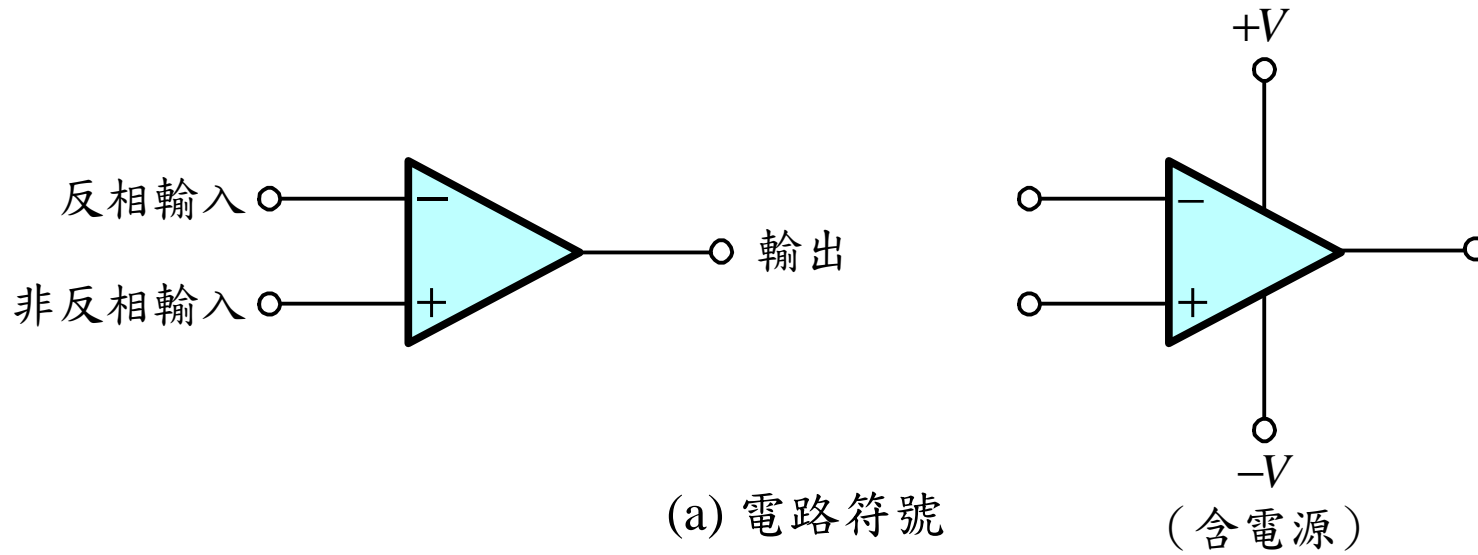
運算放大器的歷史(2)

- r 1960年代晚期，快捷半導體（Fairchild Semiconductor）推出了第一個被廣泛使用的積體電路運算放大器，型號為 μ A709，設計者則是鮑伯·韋勒（Bob Widlar）。但是709很快地被隨後而來的新產品 μ A741取代，741有著更好的效能，更為穩定，也更容易使用。741運算放大器成了微電子工業發展歷史上一個獨一無二的象徵，歷經了數十年的演進仍然沒有被取代，很多積體電路的製造商至今仍然在生產741，而且在元件的型號上一定會加上「741」以資區別。但事實上後來仍有很多效能比741更好的運算放大器出現，利用新的半導體元件，如1970年代的場效電晶體（FET）或是1980年代早期的金氧半場效電晶體（MOSFET）等。這些元件常常能直接使上在741的電路架構中，而獲得更好的效能。
- r 通常運算放大器的規格都會有嚴格的限制，而封裝和對電源供應的需求也已經標準化。通常只需要少量的外接元件（external devices），運算放大器就能執行各種不同的類比訊號處理任務。在售價方面，雖然今日的標準型或是一般用途（general purpose）運算放大器因為需求量及產量皆大的緣故而跌至一元美金以下，但是特殊用途的運算放大器售價仍然有可能是泛用型的一百倍以上。

運算放大器的里程碑

- r 1941年：[貝爾實驗室](#)的 Karl D. Swartzel Jr. 發明了真空管組成的第一個運算放大器，並取得[美國專利 2,401,779](#)，名為「Summing Amplifier」（加算放大器），在第二次世界大戰時，該設計大量用於軍用火砲導向裝置中；
- r 1947年：第一個具有非逆向輸入端的運算放大器由[哥倫比亞大學](#)的 John R. Ragazzini 教授在論文中提出，並提及他的學生隨後會實際設計出具有重大改進的運算放大器；
- r 1949年：第一個使用截波穩定式（Chopper-stabilized）電路的運算放大器；
- r 1961年：第一個由個別電晶體組成的運算放大器電路板組件，GAP/R 公司的 P45；
- r 1962年：第一個膠封模組形式的運算放大器，GAP/R 公司的 PP65；
- r 1963年：第一個以積體電路單一晶片形式製成的運算放大器是[快捷半導體](#)公司 Bob Widlar 所設計的 μ A702，一開始但還不算很成功，直到1965年經修改後推出 μ A709；
- r 1963年：首次作為商業產品販售的運算放大器是 George A. Philbrick Researches (GAP/R) 公司的真空管運算放大器，型號 K2-W；
- r 1966年：第一個使用變容二極體橋（Varactor Bridge）電路的運算放大器；
- r 1967年：[美國國家半導體](#)公司推出 LM101，使積體電路運算放大器開始流行；
- r 1968年：快捷半導體公司推出 μ A741，與 LM101 相比， μ A741 內部增加了30pF的頻率補償電容。該產品第二來源眾多，迄今仍然在生產使用，它是有史以來最成功的運算放大器，也是極少數最長壽的IC型號之一；
- r 1970年：開始出現輸入端使用 [FET](#) 的高速、低輸入電流（高輸入阻抗）運算放大器；
- r 1972年：第一個可使用單電源供應的運算放大器 LM324 推出。LM324 內含四個運算放大器，它的接腳排列方式也被隨後的同類型運算放大器延用，成為業界標準。

運算放大器的電路符號與實體圖

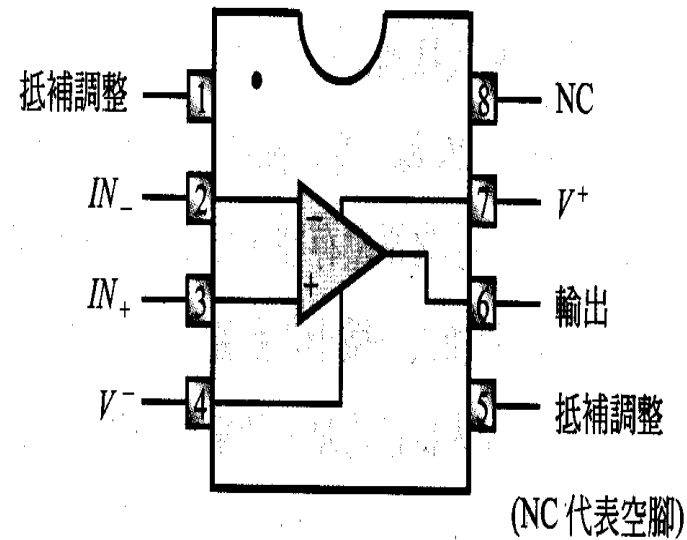
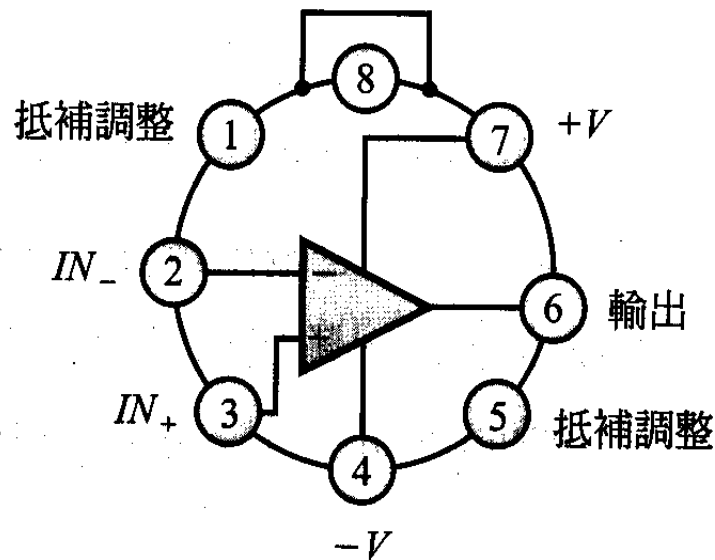


(b) 實體圖

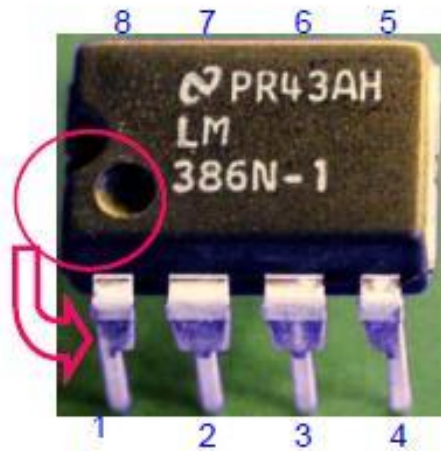
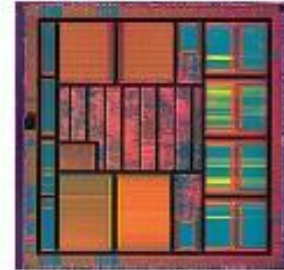
運算放大器之外觀

(a) 金屬殼包裝 (TO-5型)。

(b) 平行雙排八腳包裝 (DIP型)。



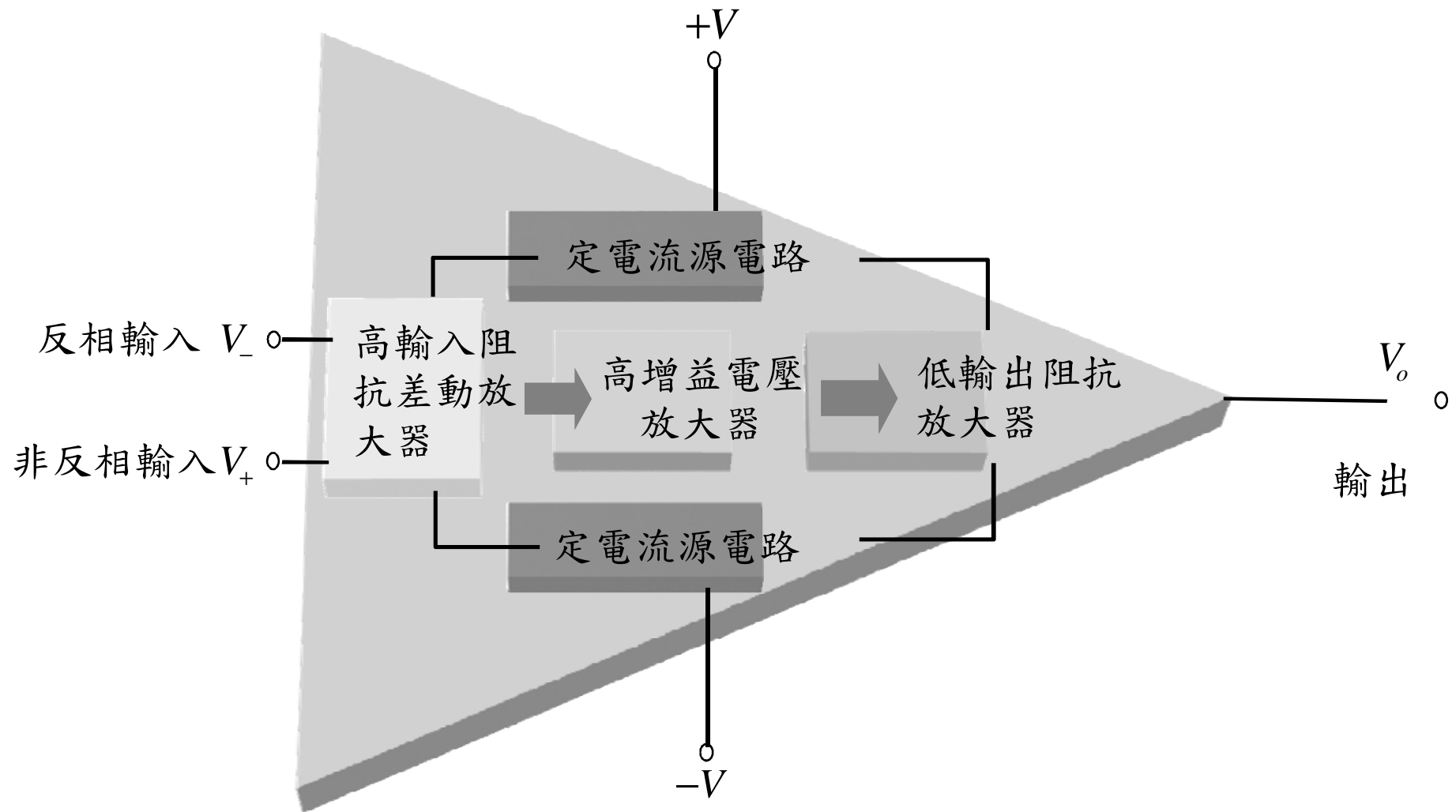
IC 腳位之定義:



OP-Amp LM386 integrated circuit
in a dip-8 package



運算放大器的結構方塊圖



▲ 運算放大器的結構方塊圖