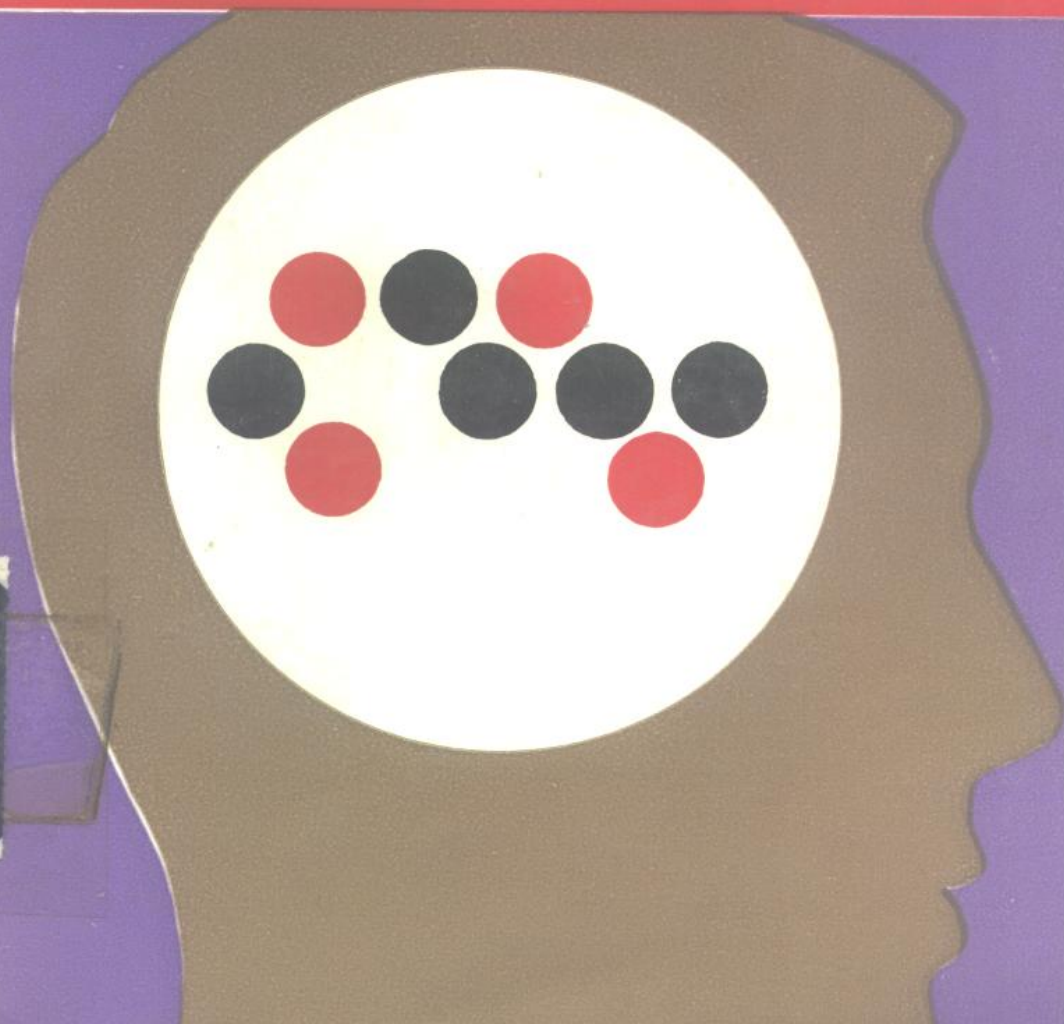


# 機器人基本原理

杜德煒編著

科學技術叢書 / 三民書局印行



7/29/81

2

# 機器人基本原理

杜德煒 編著

學歷：國立台灣大學電機系畢業

美國史蒂文生理工學院電機碩士

經歷：電子計算機程式規劃師

美國矽技術公司研究發展部門

微電子計算機系統設計工程師

美國電機電子工程師學會會員

三民書局印行

正值此書完成之際，家裡傳來四叔杜世珪先生不幸病逝台北的消息，不勝悲痛。四叔自中央警官學校畢業之後，一直服務警界，安良保民，貢獻社會，鞠躬盡瘁。

謹借書中一頁，誌此悼念。

行政院新聞局登記證版字第二〇〇號



反  
蓋

# 機器人基本原理

基本定價肆元肆角肆分

編著者 杜 德 煒  
發行人 劉 振 強  
出版者 三民書局股份有限公司  
印刷所 三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號  
郵政劃撥九九九八號

中華民國七十二年一月初版

## 序

不知何時一陣風，將機器人的熱浪一下子吹遍了全球。

今日，熱衷於機器人的人們就跟熱衷於棒球的球迷那樣威沉空前，大家熱情洋溢地盼望着每一時刻的新的技術突破。機器人就跟洋基棒球隊、金龍少棒隊緊緊地吸引着球迷那樣吸引着機器人迷的心。機器人的金色年華突然間冒出地平線，像旭日之東升。

機器人是一種藝術，一門科學。自從卡爾·加柏克於1921年為了替代人工作而製造出羅森斯萬用機器人以來，機器人的研究和發展已經過一段漫長的路，它將繼續不斷地向前發展。機器人把藝術和科學凝結在一起，給人類帶來完全自動化的前程。

在科學家、工程師研究發展機器人的初期，藝術家已發揮了他們高度的想像力，憑藉着藝術的技巧塑造出機器人的模型，以及它們所具有的智力。這些科學幻想小說和電影在以前看來始終是一些幻覺，但就跟登陸月球一樣，科學家和工程師好像總是在逐步向幻想的境界邁進。

本書共分十一章，重點在討論機器人的基本原理。目的不在設計一部可以操作的機器人，而是盡可能地介紹機器人中各基本元件的特性和應用。因此，本書也可做為其他系統設計的參考。

本書係參考書籍、雜誌、指導手冊及融滙自己的閱讀心得編寫而成。目的是給有興趣的讀者介紹一些機器人的基本知識，而更重要的是希望能起拋磚引玉的作用，對我國升級中的工業發展有所裨益。由於編寫過程，時間倉促，錯誤之處，在所難免，敬請讀者批評指正。

本書之能與讀者見面，皆賴妻子的體諒、容忍和鼓勵，特別是她對

## 2 機器人基本原理

快滿三歲的兒子的無微不至的照顧，使我能專心於此書的編寫。另外，我要感謝父親、舅父和二哥的諸多幫助和鼓勵。

最後，我要特別感謝三民書局的厚愛。由於三民書局的努力，才使筆者的「微電腦基本原理」和「美日電子工業」得以順利地與讀者見面。

杜 德 煒 謹 識

中華民國七十一年九月

# 機器人基本原理 目次

## 序

## 第一章 緒 論

|     |             |   |
|-----|-------------|---|
| 第一節 | 機器人簡史·····  | 1 |
| 第二節 | 機器人的種類····· | 5 |
| 第三節 | 機器人的影響····· | 9 |

## 第二章 機器人的應用

|     |              |    |
|-----|--------------|----|
| 第一節 | 工業應用·····    | 15 |
| 第二節 | 其他方面的應用····· | 24 |

## 第三章 基本結構與元件

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| 第一節 | 基本結構·····   | 35 |
| 第二節 | 基本機械元件····· | 43 |
| 第三節 | 基本電子元件····· | 50 |

## 第四章 機器人的運動

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第一節 | 走動和身體的運動····· | 63 |
| 第二節 | 手臂的構造和運動····· | 74 |

## 第五章 馬達及其控制

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 第一節 | 馬達的種類 | 85  |
| 第二節 | 馬達的特性 | 101 |
| 第三節 | 馬達的控制 | 109 |

## 第六章 電力供應系統

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 第一節 | 交流/直流電源 | 121 |
| 第二節 | 電壓調整器   | 129 |
| 第三節 | 電池      | 138 |
| 第四節 | 其他能源    | 151 |

## 第七章 感測系統

|     |        |     |
|-----|--------|-----|
| 第一節 | 內部感測系統 | 156 |
| 第二節 | 外部感測系統 | 173 |

## 第八章 控制系統

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 第一節 | 電子機械控制系統 | 197 |
| 第二節 | 邏輯電路控制系統 | 204 |

## 第九章 微電腦控制與介面

|     |           |     |
|-----|-----------|-----|
| 第一節 | 微電腦基礎     | 217 |
| 第二節 | 微電腦控制系統   | 243 |
| 第三節 | 馬達的微電腦控制  | 251 |
| 第四節 | 與資料轉換器的介面 | 261 |

|     |                     |     |
|-----|---------------------|-----|
| 第五節 | 太空梭機器人手臂的微電腦控制..... | 281 |
|-----|---------------------|-----|

## 第十章 視覺系統

|     |           |     |
|-----|-----------|-----|
| 第一節 | 概述.....   | 283 |
| 第二節 | 基本方法..... | 287 |

## 第十一章 發展現況和未來展望

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 第一節 | 機器人的年代..... | 293 |
| 第二節 | 未來展望.....   | 303 |

## 主要參考資料

# 第一章 緒 論

## 第一節 機器人簡史

機器人(Robot)的定義來自捷克斯拉夫語ROBOTA 或 ROBOTNIK, 帶有像機械般工作的奴隸的含義; 而 ROBOTISI 則意味着沒有思想的忙碌工作。也就是一種不用思考的工作, 同時帶點人樣的機器。

因此, 機器人可以定義為像機器一樣工作, 沒有自己思想, 也不會替自己設想的人。不過它的精髓在於自動化, 自動地操作, 自動地完成某些事件的執行, 包括實體的移動、測量、某些現象的處理而不必經過人的直接控制。當然這些自動化都是人類的智慧結晶, 離不開人的間接控制。

一百年以前, 機器人早就出現在某些幻想小說裏, 最近的一部電影「星球大戰」給人更深刻的印象。

1921 年, 卡爾·加柏克 (Karel Capek) 先生設計了一部機器人, 叫做羅森斯萬能機器人 (Rossums Universal Robot), 首先用來代替人工

作。

不過，那個時候，機器人還是十分十分稀奇的機械。距離實際應用尚有很大的差距。

到了五十年代，美國發明家喬治·德波爾（George Devol）先生發明了一部程式規劃物體轉移裝置，並申請到專利。後來他將這個專利權出讓給游尼梅省公司（Unimation）的創建人佐依·恩格耳柏革（Joe Engelberger）先生，於 1961 年開始製造，並改稱為機器人。自此，機器人開始為人所知。

圖 1-1 是被譽為機器人開拓者喬治·德波爾先生，而圖 1-2 是為機器人奮鬥了近二十年的佐依·恩格耳柏革先生。

半個世紀以來，喬治·德波爾先生一個發明接着一個，而對機器人堅持不懈的努力研究，終於爆發出熱情洋溢的火花，照亮了通往自動化的道路。

1932 年，在二十歲那一年，他放棄了進入麻省理工學院深造的機會，自組一個專長於運動圖片記錄儀器的公司。不久，因 RCA 和西方電氣公司的強力競爭，不得不改轍更轍，轉向光電池技術的研究。二次大戰期間，他成立了另外一個公司來生產雷達測驗儀器、雷達計數測量系統和為美國中央情報局製造特殊的產品。到 1950 年，他申請到新型的磁性記錄專利，並幫助發展極高速的印刷機和大型雜亂出入記憶器。

跟工人的長期接觸，使他深切地感覺到大部份工作的呆板和重覆，激發了他對自動化機器研究的興趣。到 1954 年，他在程式規劃貨物轉移系統及其工具方面就申請到 40 多種專利。這是機器人的前身。1961 年，他獲得機器人的專利，隨着將此專利權出讓給游尼梅省公司。

德波爾先生今年七十歲了，但他對機器人的熱情不減當年。去年，他在佛爾雷達州還成立了一家顧問公司，幫助機器人使用者評鑑和安裝

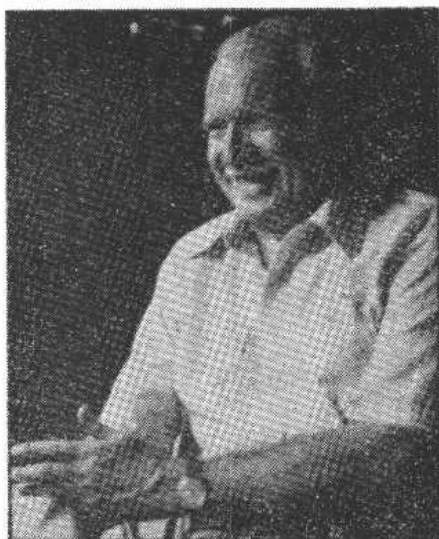


圖 1-1 對設計和開拓機器人有重大貢獻的喬治·德波爾老先生



圖 1-2 自1961年就開始製造機器人並大力提倡和推廣的游尼梅省公司創建人佐依·恩格耳柏革先生

機器人，並向機器人研究發展中心提供改進的意見。在機器人製造者和使用者之間提供橋樑的作用。

德波爾先生目前的興趣在發展輕型的、快速的，更具伸縮性的機器人。

佐依·恩格耳柏革先生早在 1956 年就對德波爾先生的設計感到興趣。德波爾先生一申請到專利，他就迫不及待地將專利權購買下來，並開始從事製造。

1962 年，通用汽車公司 (General Motor Corporation) 安裝了第一部由游尼梅省公司製造的機器人。但是，在那個時候，機器人的作用相當有限，在工廠裏不過是萬綠叢中一點紅，點綴而已。

在六、七十年代，人們的注意力集中在程式控制、數值控制和電腦控制機器的發展上。在這個黃金時期，機器人並沒有獲得人們的青睞。到 1978 年，美國機器人學會僅有的會員包括十家製造公司，三家零件製造公司，二十五個使用者和三家研究機構。但是，到了八十年代，社會經濟結構的逐步轉變，國際市場競爭趨向白熱化，如何提高生產力形成一個焦點。人們開始對機器人發生濃厚的興趣，特別是工業機器人，更被視為是提高生產力的法寶。全世界各先進國家，包括美國、日本、蘇俄、法國、義大利、英國等都在致力於工業機器人的改良和應用。其中，以日本最引人注目。

機器人已不再是幻想小說家筆下的專利，它跟人類登上月球一樣已成為一項事實。不過，不管機器人的神通如何廣大，它終究是一部機器，一部沒有自己思想的智慧機器 (Intelligence Machine)。它的一切行動和反應都是經過人類的預先設計。

今日，熱衷於機器人的人們就跟熱衷於棒球的球迷那樣盛況空前，大家熱情洋溢地盼望着每一分鐘的新的技術突破。機器人就跟洋基棒球

隊、金龍棒球隊緊緊地吸引着球迷那樣吸引着機器人迷的心。機器人的金色年華突然間冒出地平線，像旭日之東升。

## 第二節 機器人的種類

機器人的種類很多。若按用途來分類的話，則可分為工業機器人、商業機器人、醫學機器人、家庭機器人、太空機器人等等。機器人的這些應用，我們留待下一章再詳加討論。

按照功能來分類，機器人大致可分為：基本型、記憶型和智慧型三大類。也有人把它們叫做 $\alpha$ 機器人、 $\beta$ 機器人和 $\gamma$ 機器人。如果以簡單易懂的文字來敘述，大可叫做初級型、中級型和高級型。

### （一）初級型機器人

初級型機器人含有機器人的基本結構，其控制系統或為機械控制，或為程式規劃控制器控制，亦或為電腦控制。它可以接受人的命令，做一些基本的重覆的動作。它不具有記憶過去事件和視覺能力。這類機器人通常可利用來做一些笨拙的、沉悶的、重覆的工作。

圖 1-3 是西屋電氣公司設計的機器人和機器狗。此機器人身高 7 英尺，胸部可擴張到 82 英寸，以鉛片環繞着鋼架做成。它的腳長 18 英寸，寬 9 英寸，每隻腳底裝有四個橡皮滑輪。全身重 260 磅，可執行 26 個動作。

這個機器人的腦袋重 60 磅，含有兩個電子眼和 82 個電子繼電器及訊號光。這些繼電器可以操縱它的神經系統，包括馬達、槓桿、齒輪和鏈帶，而使它說話（它懂得 77 個字彙）、抽煙、走動、算數字、敬禮和分辨色彩等。

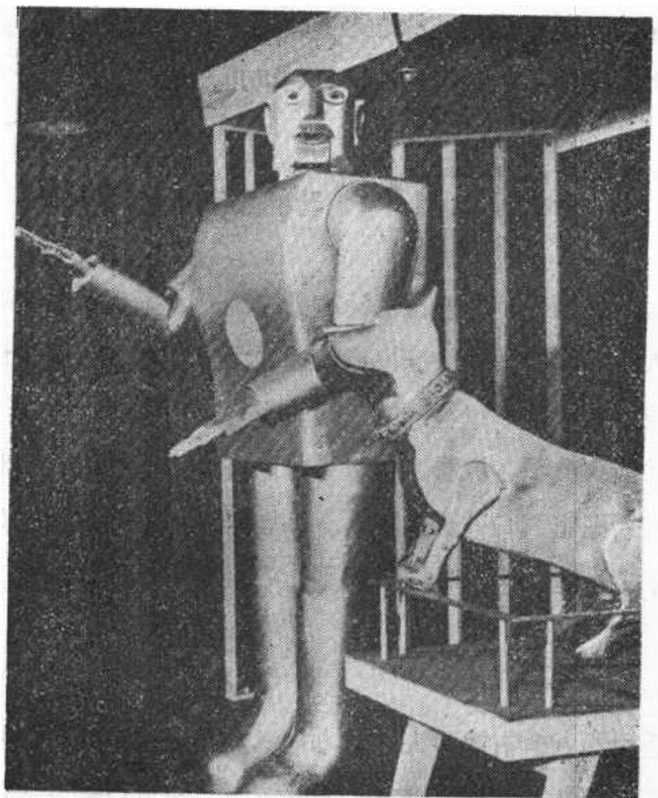


圖 1-3 西屋電氣公司設計的機器人和機器狗

這個機器人和機器狗在設計時，微處理機尚未問世，因此它們顯得十分笨重，其神經系統所用的電線就有幾百英里長，而體重比普通人重得多。

當人給機器人發號施令時，每一個字所產生的振動聲波被轉換成電子脈衝波傳給機器人腦部的電子繼電器，進而控制內部含有的11部馬達。

其中一部馬達推動雙腳下的橡皮滑輪使它走路，九部馬達控制手指、手臂、頭部的運動，另一部馬達則賦予它抽煙的能力。

它的兩個電子眼，一個含有綠光濾波器，另一個含有紅光濾波器，因此可以分辨紅綠光。

機器狗則由兩個馬達操縱，也能接受人的命令。

## （二）中級型機器人

中級型機器人具有初級型機器人的基本機械結構。它比初級型強，主要在於它擁有記憶過去經歷過事件的能力。也就是說，在初級型機器人的基礎上，賦予給它記憶力，使它在遇到過去發生過的類似條件時，能夠適當地作出反應。

這類機器人的控制系統一般都由微處理機或小型電腦組成。過去經歷過的事件可以寫成程式，儲存在記憶器裏，當機器人碰到類似情況時，能夠叫控這些程式，而做出適當的反應。

中級型機器人一般具有兩度空間的視覺能力。這種視覺系統多採用投影識別技術。我們以後會討論到。

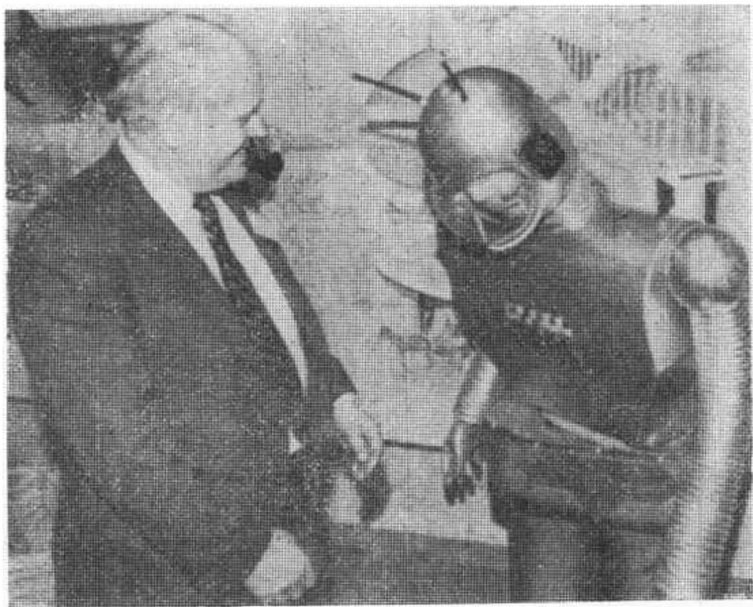


圖 1-4 「你好嗎，歐爾勝先生？」這是最近在芝加哥舉行的電腦銷展中與數位儀器公司總裁肯尼斯·歐爾勝先生閒談的機器人

圖 1-4 所示的是最近在芝加哥舉行的電腦銷展中展示的機器人，它正在向數位儀器公司的創建人肯尼斯·歐爾勝 (Kenneth Olsen) 先生致意。

### (三) 高級型機器人

高級型機器人一樣具有初級型機器人的基本機械結構。它不僅擁有中級型機器人的記憶反應能力，而且具有即時應變能力。就是說，它對某些不曾發生過的事件也能做出適切的反應。

高級型機器人跟人一樣具有聲覺、觸覺和三度空間的視覺能力。這些能力，特別是三度空間視覺系統是目前研究的重點。

圖 1-5 是機器智慧公司 (Machine Intelligence Corporation) 的傑



圖 1-5 機器智慧公司的傑利·格里遜先生正在研究機器人的三度空間視覺系統 (Rick Browne-High Technology)

利·格里遜 (Jerry Gleason) 先生在研究機器人的三度空間視覺系統。機器人看準了散亂地擺在桌子上的螺旋鉗，很容易的開始依次拾起放回牆壁上的工具掛鉤上。

### 第三節 機器人的影響

就跟電腦發展初期所造成的影響一樣，一方面是歡欣雀躍，認為是科學發展勢之所然；另一方面亦不免在社會上產生一些負的影響，其中以對電腦的高度發展將造成大量失業的恐懼最具代表性。事實上，電腦發展迄今，不僅沒有造成大量失業，相反地，却創造了難以數計的就業機會。

做為一種新興的技術，機器人不免也在社會上產生一些負的影響，這主要表現在對機器人的恐懼上，包括了心理恐懼、失業恐懼和管理恐懼。

#### (一) 心理恐懼

過去，不管是在科學幻想小說或是電影裏，極少見過和藹可親的機器人。它們大半被描繪得相貌醜惡、魔力無邊。這多少對人產生一些負的影響，特別是對未曾見過機器人真面目的人們，油然而生一股莫名的恐懼感。而最先湧上心頭的第一個問題可能就是：機器人會不會傷害人？

在卡爾·加柏克設計出第一部替代人工作的機器人數十年之後，曾寫過二百多本科學幻想小說的化學家埃沙克·阿西莫夫 (Isaac Asimov) 教授就已列出了三條機器人必須遵循的法則。

第一條，機器人必須不會傷害到人，也不會因其不工作而受到人的