

工程科技叢書

機器人的製作

李適中編譯 林俊炘校訂



工程科技叢書

機器人的製作

李適中編譯 • 林俊炘校訂

工程科技叢書編審委員會

主任委員：虞兆中

編審委員：于惠中

呂維明

於幼華

郭德盛

黃正義

葉超雄

羅文偉

王瑞材

林世昌

施振纓

陳義男

黃丕陵

鄧啓福

李家同

孟繼洛

夏鑄九

陳興時

黃秉鈞

劉清田

機器人的製作 / [羅保隆] Tod Loofbourrow 著；

李適中編譯.--臺北市：聯經，民74

[5], 207面：圖；24公分.--(工程科技叢書)

譯自：How to build a computer controlled ROBOT

附錄：主要元件來源與編號一覽表等3種

新台幣200元(平裝)

I. 羅保隆 (Cookbourrow, Tod) 著 II. 李適中編譯

446.014/8594

序

萬能「機器人」經常是科幻小說、卡通影片以及連環圖畫中的主角，他可以滿足人類對未來世界無限的憧憬。

但是電影與小說中的人物畢竟不是真實的，大家一定都極想知道萬能「機器人」的夢想究竟什麼時候才能實現？想想看，自己若能造出一個活生生的機器人那該有多好！

不過夢想終歸是夢想，製造機器人可不是一件容易的事情，在製造的過程中將面臨各式各樣的難題，除了電子電路、機械設計之外還包括了生物、心理等等問題，尤其是如何讓機器人具有「智能」更是一門大學問，畢竟造人的「上帝」是不好當的。

隨著半導體製造技術的神速進步，微電腦的時代終於來臨了，神奇的微電腦迅速地被引進到了各個領域中，使許多不可能的事變為可能，許多的好夢成真，萬能「機器人」的夢想也終於漸漸地付諸實現了。

Tod Loofbourrow所著的“*How To Build a Computer-Controlled ROBOT*”一書詳細地敘述他本人利用微電腦製造機器人的經驗，內容生動詳實，小至一顆螺絲的固定，大至整個系統的結構與未來遠景，均不厭其詳地加以介紹，尤其是軟體控制程式，除了詳細註解之外，更利用流程圖來幫助讀者的了解，實為一本不可多得的好書，詳讀本書，讀者必可具備製造機器人的知識與能力，本書同時也為讀者揭開了神奇微電腦的奧秘，

使讀者對於微電腦的應用有更充分的認識，這也是本書最彌足珍貴的一點。目前國內非常重視自動化之推廣，本書雖屬簡介性質，但提供及介紹了一些自動車，碰撞偵查，語音控制，微處理控制等有關自動化問題之基本觀念。

本人即擬藉此翻譯，以達拋磚引玉之目的，一來引發讀者興趣，二來以此實作之範例鼓勵有興趣者進行實際設計與製作，以便進一步發展這方面的技術。

本書的文字力求淺顯平易，使讀者在輕鬆愉快中自然接受新知識，所有元件電路與觀念均儘量從頭詳細解釋，期使沒有良好電學基礎的讀者，在閱讀本書時亦不致發生太大困難，同時在本書的附錄中對微電腦的基本原理亦有詳盡的介紹，使完全不懂電腦的讀者亦能一窺電腦的奧秘，本書的各章並列出製作材料清單，以利對實作有興趣者順利完成機器人的製作。

本書之完成，特別要感謝恩師郭德盛教授的鼓勵與指導，同時要感謝林俊忻教授的校閱，最後謹以此書獻予我的愛妻與父母。

李適中 謹識

目錄

序

第一章 時代的新寵兒—機器人

1-1	前言.....	1
1-2	小精靈的第一階段——運動自如.....	2
1-3	小精靈的第二階段——獨立自主.....	4
1-4	小精靈的第三階段——更敏銳的感測系統.....	6
1-5	製作順序表.....	8

第二章 機器人的基本架構

2-1	前言.....	11
2-2	下層三角結構的製作.....	11
2-3	上層三角結構的製作.....	14
2-4	電瓶座的製作.....	17
2-5	方向控制機構的製作.....	20
2-6	基本架構材料清單.....	22

第三章 機器人活力的泉源—電源供應器、 速度控制與方向控制電路

3-1	前言	25
3-2	電源供應器	25
3-3	速度控制電路	28
3-4	方向控制電路	33
3-5	製作材料清單	35

第四章 機器人的大腦—微電腦與界面電路

4-1	前言	39
4-2	類比／數位 (A/D) 轉換電路與反向電路	40
4-3	手操縱器與方向回授電位計	43
4-4	微電腦系統	46
4-5	軟體程式	47
4-6	自我導向程式	61
4-7	系統材料清單	68

第五章 機器人的感覺細胞—碰撞感測系統

5-1	前言	71
5-2	外圍框架的製作	71
5-3	碰撞感測器	77
5-4	碰撞感測電路	80
5-5	軟體程式的設計	83
5-6	碰撞感測系統材料清單	92

第六章 機器人的千里眼—超音波感知系統

6-1	前言	95
6-2	超音波感知電路	96
6-3	軟體程式的設計	99
6-4	超音波感知電路的調整	103
6-5	超音波感知系統材料清單	104

第七章 機器人的順風耳——語音識別系統

7-1	前言	107
7-2	語音識別電路	107
7-3	軟體程式的設計	111
7-4	語音識別系統材料清單	151

第八章 機器人的未來——成長茁壯前程似錦

8-1	前言	153
8-2	機器人的身軀	153
8-3	機器人的喉嚨——發音系統	155
8-4	鍵盤與終端機	156
8-5	機器人的手臂	156
8-6	機器人的慧眼——影像感測系統	158

附錄一	主要元件來源與編號一覽表	161
-----	--------------	-----

附錄二 6502微處理機與6530 RRIOT簡介

A2-1	6502微處理機	163
A2-2	6502指令集	168
A2-3	6502微電腦系統的記憶器與輸出／入埠	172

A2-4	6530 <i>RRIOT</i> 簡介	174
A2-5	6530的內部結構.....	178
A2-6	6530的位址選擇法.....	184

附錄三 *KIM-1* 微電腦系統簡介

A3-1	<i>KIM-1</i> 系統簡介	189
A3-2	<i>KIM-1</i> 微電腦的記憶區分配法	201
A3-3	<i>KIM-1</i> 系統的作業程式	205

第一章

時代的新寵兒——機器人

§1-1 前言

打開這本有關機器人製作的書，讀者諸君或許會問：「爲什麼要造個機器人？有什麼意義呢？」如果造個玩伴、奴隸這些說詞都不能打動您心的話，至少將製造機器人看成學習電子技術、自動化技術與微電腦應用的有效辦法，該是很適當的。動動手也許可發現自己也有遇到困難的時候，多幾次失敗的經驗必可達到成功之途。在製作機器人的過程中，必可學得許多寶貴的經驗，並可對微電腦有更進一步的認識，尤其當您辛苦的成果「活生生地」呈現眼前時，那種樂趣更是筆墨所難形容的。

機器人的成長就如同生物的進化一般，由最簡單的結構與最低級的智能慢慢地演進成具有複雜器官與高級智慧的人類，目前，人類正試圖在機器人的身上建立智慧，使機器人的智能成爲人類智慧的延伸。

所謂的「機器人」，其定義是相當廣泛的，凡是由人類所建立的機器，不論其外形爲何，只要具有相當程度的智能便可稱爲機器人，時下常認爲只有機械手才稱爲機器人，事實上某些智能

不足的機械手只能稱為自動機器，而智能較高的機械手往往也只配稱為「工業機器人」，因其不具人形與真正的機器人仍是不同的。本書的主角——小精靈，並非一般所謂的工業機器人，可說只是一個人形機器人的底部，也許有一天他將被建立成完整的人形，但目前它更像走迷宮的機器老鼠或無人駕駛的自動車。

小精靈的建造是循序漸進的，一共分成三個階段：在第一階段時，小精靈完全沒有自主能力，只能由外界的手操縱器來控制，因此假如我們命令它衝向障礙物，它就會毫無選擇地撞個滿懷，一點也不知道反抗；第二階段的小精靈開始具有了獨立自主的能力，它具有視覺和觸覺，因此可以「看」也可以「摸」，同時並能針對外界的狀況作適當的反應，因此要他撞向障礙物就比登天還難了；第三階段的小精靈增加了聽覺，因此可由聲音直接加以控制。此外我們尚可賦予他許多高級的智能，本書將作簡單之描述。

§1-2 小精靈的第一階段—運動自如

在小精靈製作的第一階段中，最主要的工作是機械結構的建立，首先利用角鋁構成他的基本三角框架，並將一只12V的汽車電瓶固定於框架上以供應他活力的泉源。他的運動是由三只馬達帶動輪子所牽引的，小精靈的速度共分爲5段，可前進與後退，最高速度約等於常人步行的速度，同時前輪可由馬達帶動而在 0° 至 60° 的範圍內左右旋轉，速度與方向均可由一只手操縱器來加以控制，該操縱器與小精靈間則利用一條電纜線來連接。

第一階段機器人的高度約爲14吋，而三角框架每邊的長度各爲23吋，看來就像一個矛頭，其頂端有一組編號爲 KIM-1 的微

電腦系統，電腦指引小精靈所有的動作，藉著電腦的協助，機器人方能執行我們的命令，手操縱器送出兩個電壓形式的命令信號至類比／數位轉換（ A/D ）電路， A/D 電路可將電壓信號轉換成數位形式的數值以儲存於微電腦中，微電腦則根據這兩個數值，決定小精靈所應旋轉的角度與前進的正確速度，假使真實值與命令值不同，小精靈便自我調整直至與命令值相符合為止。

小精靈的荷重能力相當驚人，他可推拉重逾 150 磅的物體，也可輕易地載運重達 600 磅的物體，為試驗他能力的極限，可將他置於各種不同的區域以做實地試驗。小精靈的三組主要電路——電源供應電路、速度控制電路與方向控制電路各安裝於三角框架的一邊， $KIM-1$ 微電腦則固定於三角框架頂端的合板底座上， $KIM-1$ 與電源供應電路、 A/D 電路、反向器電路間均以電線互相連接。電源供應電路供應 $KIM-1$ 與其他邏輯電路予電源， A/D 電路隨時提供前輪的真實方向訊息使微電腦得以將手操縱器的方向命令與真實的方向回授值相比較。反向電路則將微電腦的邏輯輸出準位由 0 變成 1，如此方可控制速度與方向控制電路，並進而控制馬達帶動的輪子與方向控制馬達。

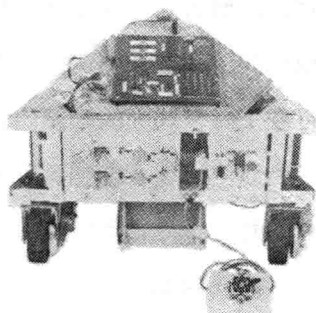


圖1-1 第一階段機器人的全貌

第一階段完成時，小精靈的全貌如圖1-1所示，這時候的小精靈完全在我們的掌握之下，他只能遵守手操縱器的指示行動，

假如我們爲他加入一段自我導向程式，則小精靈將可依循一個預定的軌跡運動，只須改變兩個數值表的內容，運動軌跡便可被更動，目前我試驗過兩種軌跡其一爲星形軌跡，其一爲苜蓿葉軌跡，讀者也可依自己的喜好寫入其他的軌跡以爲試驗。

第一階段完成時，小精靈離「人」還有一大段差距，只勉強可稱得上是一部遙控車而已。

§1-3 小精靈的第二階段—獨立自主

第二階段小精靈具有獨立自主的能力，可獨立穿行於任何充滿障礙物的環境中，他的外觀也和第一階段稍有不同，在三角框架的外圍又套上了一個八面體，雖然他的高度仍只有14吋，但是寬度卻增加爲27吋，因此看起來已有幾分酷似真正機器人的底座了。

第二階段小精靈具有一只由超音波感測器所構成的慧眼，超音波轉換器每隔1/4秒即發射一小撮無法耳聞的超音波信號，根據發射與接收反射波時間間隔的長短，即可決定障礙物的遠近，一旦感測出障礙物的存在，他將立即後退並右轉以避開障礙物，然後繼續前進並不停地感測，超音波感測的範圍藉著更改電腦內一個記憶器的數值便可在1吋至10呎的範圍內加以調整。

假使障礙物偏向一側而使得超音波感測器無法測得，小精靈仍可利用碰撞感測器來感知，碰撞感測器在感受障礙之後將使小精靈自動離開障礙物，碰撞感測器固定於小精靈的外圍八面體上，每一組感測器由五只絨帶開關所構成，由於絨帶開關所具有的收縮性抵消了大部分的衝擊力，因而使小精靈與障礙物間的接觸變得十分輕微，即使和您撞個滿懷也不致有何大礙。

碰撞開關受到撞擊之後的反應與碰撞點的位置有關，例如，當碰撞點為前端開關時，小精靈將迅速後退以離開障礙物，接著右轉並繼續前進；若碰撞點為兩側開關時，他將迅速後退並轉離障礙物（左右轉視碰撞點位置而定）。小精靈對每一碰撞點的反應動作，完全由存於微電腦內的一個數值表所決定，只須將數值表的內容加以修改便可很容易地改變小精靈的反應動作，甚至可賦予小精靈智慧，使他具有走出迷宮的能力，第二階段小精靈的碰撞感測器，目前已足以使他由層層障礙中自行尋得出路了。

有時候，某些很低的障礙物可能會同時逃過超音波的慧眼與碰撞感測器的觸覺，針對這些漏網之魚，可考慮另外安裝數只軟橡皮觸角，這種觸角位於離地僅2吋之處，當它觸及任何物體時，將帶動一只單刀雙投瞬間接觸跳開關，因而使小精靈感受障礙並採取適當的反應，安裝時可將兩只觸角置於前端，另兩只觸角置於後端。

第二階段小精靈已是一個獨立的機器人，當然只要載入手操縱器控制程式，仍可利用手操縱器來加以控制，當小精靈繞著房間行走，耳聰目明地「看」到障礙物後迅速離開，並沿著預定的軌跡運動，實在令人興奮不已。（見圖1-2）

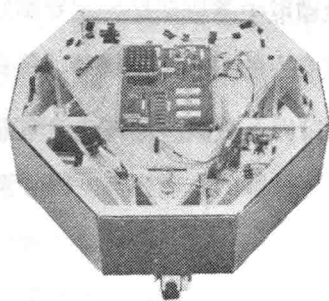


圖1-2 第二階段小精靈圖

§1-4 小精靈的第三階段—更敏銳的感測系統

第三階段小精靈可辨認頻率固定的哨音或口語命令並採取適當的反應，小精靈隨時都在「聽」，任何風吹草動都不放過，並將外來的聲音與存於記憶器的聲音樣本加以比較，假使兩相吻合（差別不大），小精靈便認為已聽得一個自己認得的字元，於是立即執行該字元所命令的動作，例如，聽到「左轉」命令之後，小精靈將立即左轉。由於哨音的頻率固定，口語的頻率則變化較多，因此小精靈較不易辨認口語命令，目前本系統已能正確無誤地辨識哨音，至於口語命令的識別也正在改進中。

由於語音辨認的工作是由比較的方法來完成的，因此必先建立語音的樣本以做為比較的依據，本系統有一「樣本載入程式」專做樣本的載入之用，藉著本程式，任何短截的口語命令均可載入電腦中做為比較的樣本，因此本系統的特色是，只有將聲音載入電腦使成為口音樣本的人可以命令小精靈，其他任何人均無法使小精靈聽其擺佈（見圖1-3）。

第三階段小精靈的製作，尚包括許多正在研擬中的未來計劃，計劃之一是裝上一只影像感測攝影機，攝影機可產生一個周遭環境的黑白影像，因此小精靈可經由這個影像而認知周圍環境，甚至具有在周遭環境中選取某些特定物體的能力。

準備加於小精靈身上的另一套系統是「語音合成器」，有了這套系統，小精靈便可與人交談。此外我還準備賦予小精靈上半部的身軀，目前已決定身軀的長度應為5呎，至於確實的形狀尚未定案。

如果可能的話，我準備在小精靈的身軀裝上一或二隻手臂，使他能利用手臂來幫我們做事，在手腕上的抓具內將包含一組施

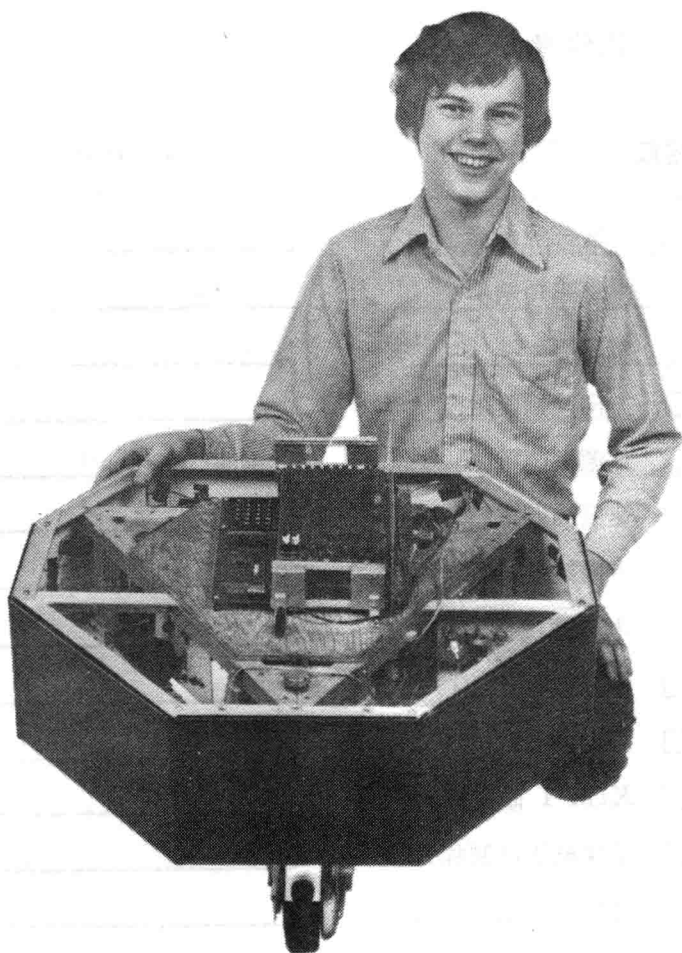


圖1-3 小精靈的第三階段

力感測器，使小精靈在抓物時能有適當的出力。

最後我準備利用一組鍵盤和螢幕終端機來做為與小精靈溝通的工具，利用這具終端機，我們可以很容易將程式載入電腦中，並從事測試與修改的工作，甚至可建立一套專門命令小精靈的高階控制語言，如此便可方便地控制小精靈的動作了。

當您從事小精靈的製作時，可依據下面的製作順序表來製作，每當您完成一項工作之後，便在該工作名稱欄上做一記號並記下工作完成日期。現在就讓我們開始動手吧！

§1-5 製作順序表

第一階段

完成日期

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| ☐ 下層三角結構 | _____ |
| ☐ 上層三角結構 | _____ |
| ☐ 電瓶座 | _____ |
| ☐ 方向控制器組合 | _____ |
| ☐ 電源供應電路 | _____ |
| ☐ 速度控制電路 | _____ |
| ☐ 方向控制電路 | _____ |
| ☐ A/D與反向器電路 | _____ |
| ☐ 手操縱器 | _____ |
| ☐ 方向控制電位計 | _____ |
| ☐ KIM-1 微電腦的安裝 | _____ |
| ☐ 手操縱器控制程式 | _____ |
| ☐ 自我導向控制程式 | _____ |

第二階段

- | | |
|-----------------------------------|-------|
| ☐ 外圍框架 | _____ |
| ☐ 碰撞感測器 | _____ |
| ☐ 碰撞感測電路 | _____ |
| ☐ 碰撞感測控制程式 | _____ |
| ☐ 超音波感測電路 | _____ |
| ☐ 超音波感測程式 | _____ |