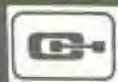
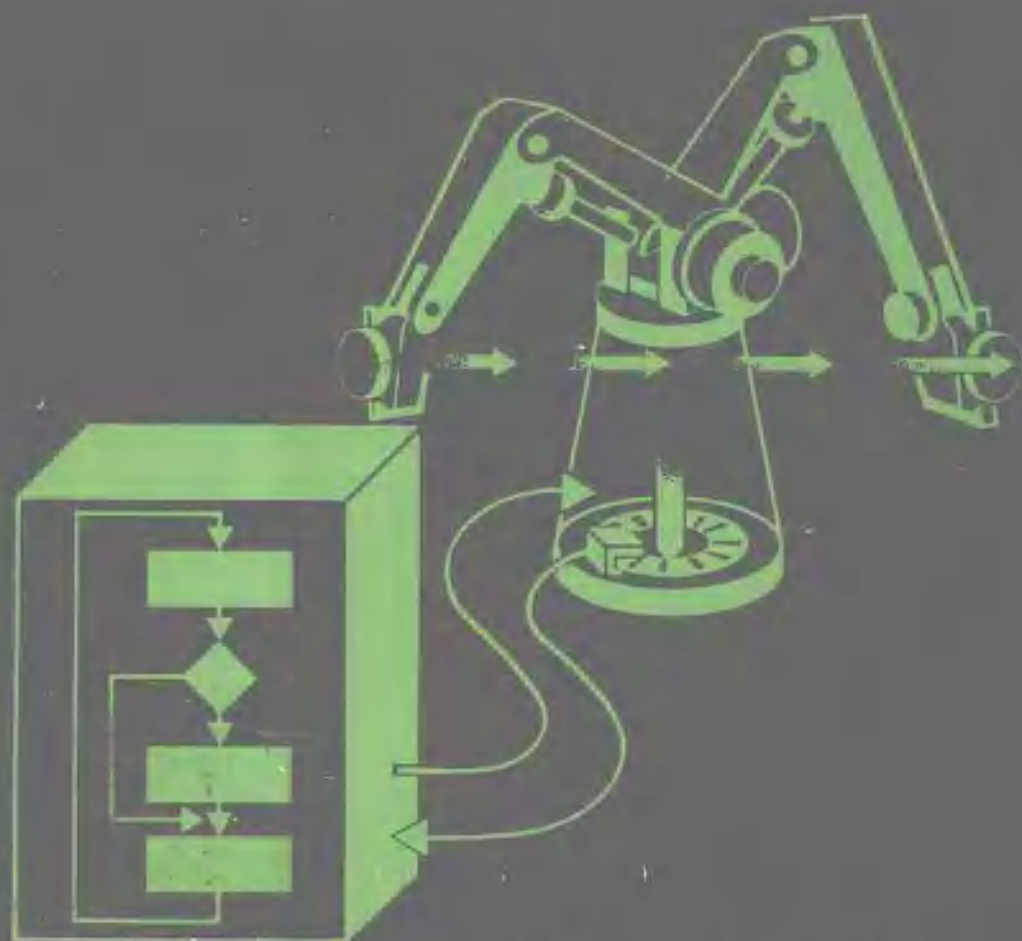


工業用機器人

—— 計算機介面及控制 ——

李進吉 編譯



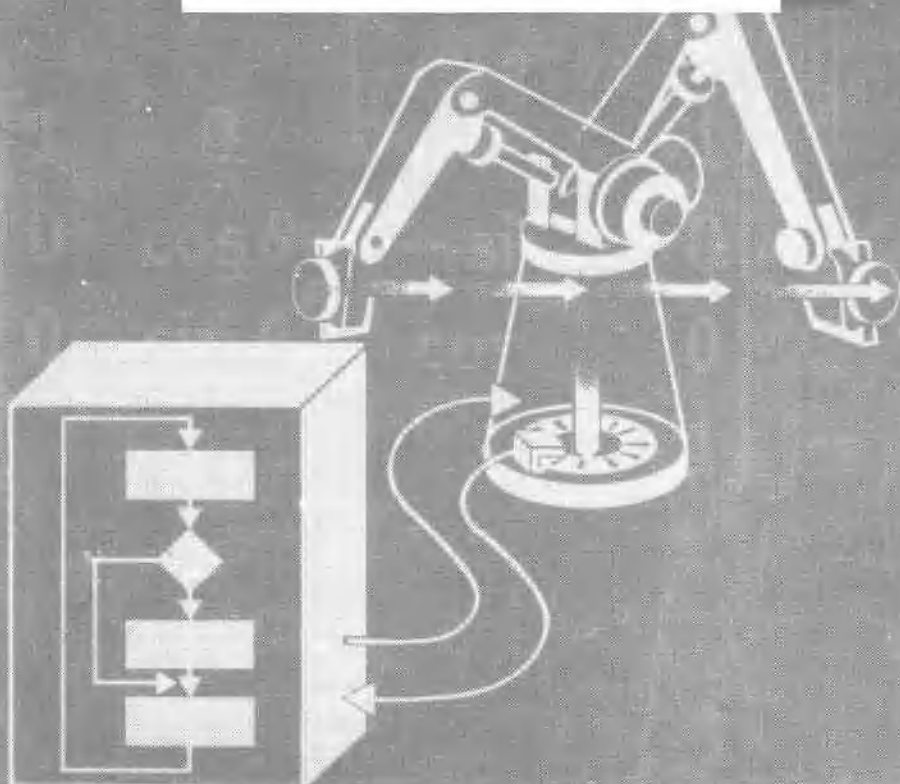
全華科技圖書股份有限公司 印行

TP242.2

3

工業用機器人 ——計算機介面及控制——

李進吉 編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

工業用機械人
—— 計算機介面及控制 ——

李進吉 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司
地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓
電話 / 5811300 (總機)
郵政帳號 / 0100836-1號

發行人 陳 本 源
印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)
地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓
電話 / 3612532 ■ 3612534

定 價 新臺幣 180 元
初版 / 75年 6 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0211029

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙

INDUSTRIAL ROBOTS

Computer Interfacing and Control

WESLEY E. SNYDER

North Carolina State University

PRENTICE-HALL, INC., *Englewood Cliffs, New Jersey 07632*

原 序

在寫這本書的時候我的目的有三：

- (1) 灌輸基本的機器人原理和系統設計。
- (2) 利用機器人這個題目灌輸一些重要的工程觀念。
- (3) 收集一些進一步的文獻並以簡單的方式來解釋它。

爲了達成我的第一個目的，在全書裏我均以一簡單的 $\theta - r$ 作動器 (manipulator) 來灌輸運動學、伺服系統、動力學、路徑控制、速度控制和力量控制等觀念。除此之外，一個具有六個自由度的解也將在運動學那一章予以描述。

這本書的讀者只有極少數會從事機器人的設計工作，絕大多數的讀者將是機器人的使用者，這時他們就必須了解到各型機器人的能力和限制，以爲選擇、使用上的判斷依據，對此，這本書應可提供了足資參考的知識。

爲了達到第三個目的，我儘可能以最簡單的方式來解釋一些基本的觀念，有時爲了簡化起見不免犧牲掉一些實用性，但是這是無損於其基本觀念的。

這本書是針對工程科系和計算機科學的學生而寫的。對於沒有接受過電子學課程的學生而言最好能先有這方面的知識，這樣才易於接受第三章的內容，對於具有電子學知識的機械系學生而言，閱讀這本書應該是輕而易舉的事，尤其是第六章至第八章的內容，他們會比其他科系的學生更易於接受的。

總而言之這本書最主要的目的是在於基本觀念的灌輸，而不是著重於研究結果的報告，希望這本書能爲有志於從事機器人工作的人提供一明確而實用的基本概念，以利再深一層的研究。

Wesley E. Snyder

譯 序

本書的內容主要在介紹有關機器人控制的介面問題，它首先談到機器人的分類，而後再介紹幾種控制的方式，接下來才談到各種力學上的關係，最後則論及了感測器、影像處理和程式語言等問題，對於機器人的控制而言這算是相當完整的一套系統了。

誠如原序中所論及的：閱讀本書必須同時具備有機械和電子的基本知識，這對於在台灣的學生而言可能較為吃力，依筆者對於台灣的教育科系之了解，可能只有工程科學系和工業工程的學生能同時具有較廣泛的基本知識，因此對於這兩個科系的學生而言可能要接受它是比較快一點，對於其他科系的學生則必須再進修相關的學科才能易於了解其內容的。

譯者在翻譯本書時，爲了能使讀者易於接受，對於各章節的描述已儘量的口語化了，並以工程人員慣有的語法來翻譯本書，希望能有助於讀者們的閱讀與吸收。

本書是在譯者工作之餘著手翻譯的，其中難免有所疏漏，還請讀者們多多予以指正，以使其內容能更完美。

李 進 吉 譯於台中

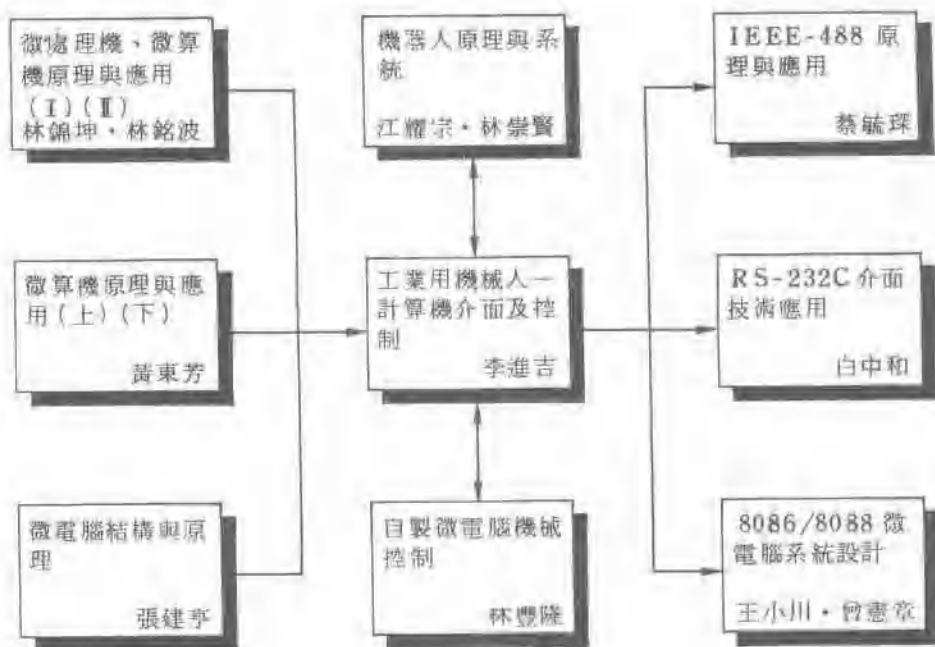
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「工業用機械人——計算機介面及控制」呈獻給您。機械人是尖端科技下的產物，正當國外利用它從事工作時，國內却尚在初萌的階段。坊間有關機器人書籍並不多見，並且侷限在動作原理範圍內，而本書則主要講述有關機器人控制的介面問題，書中介紹的重點在於控制時的座標轉換，以及計算機如何去處理這種轉換的問題等。此外機器人的構成組件也在敘述之列，為坊間最佳的機器人專書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習硬體方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流 程 圖



目 錄

4	機器人概論	1
1.1	機器人幾何學	2
1.2	工業用機器人	7
1.3	機器人組件	8
2	速度和位置檢出	11
2.1	類比 - 數位轉換器	12
2.2	數位 - 類比轉換器	14
2.3	位置之類比量測	18
2.4	位置和速度的數位量測	18
2.4-1	光學軸編碼器	18
2.5	位置計數之硬體	21
2.5-1	利用順序機來解碼	21
2.5-2	利用同步正反器解碼	22
2.6	速度量測之硬體	25
2.7	方向決定	27
2.8	從量測中預估實際速度	28
3	數位雜訊	29
3.1	雜訊來源	30
3.2	外界雜訊和史密特觸發器	31
3.3	串音雜訊	32
3.4	屏蔽——外界雜訊的消除	33
3.5	接 地	34
3.6	傳輸線效應	37
3.7	I_{CC} 突波	43

目 錄

4	致動器	47
4.1	直流馬達	48
4.1-1	直流馬達負載	50
4.1-2	直流馬達的驅動	52
4.2	步進馬達	55
4.2-1	步進馬達的結構	55
4.2-2	步進馬達驅動器	56
4.2-3	步進馬達的效率	57
4.3	油壓致動器	58
4.3-1	油壓致動器的操作原理	59
4.3-2	使用上的觀點	61
4.4	氣壓致動器	61
5	控 制	63
5.1	比例誤差控制	64
5.2	穩態誤差	67
5.3	過頭現象	68
5.4	資料取樣控制器	69
5.5	電壓控制的直流馬達	71
5.6	選擇伺服增益	73
5.7	選擇控制變數	75
6	機器人座標系統	79
6.1	位置和方向	80
6.2	座標系統——相對架構	81
6.3	旋 轉	82
6.4	齊次座標	83
6.5	座標架構	87

目錄

7	運動學	93
7.1	連桿和關節的關係	94
7.1-1	θ - r 作動器的運動方程式	94
7.1-2	對旋轉關節的座標架構	96
7.1-3	線性關節	99
7.1-4	從 A 矩陣計算 ${}^R T_H$	99
7.1-5	關節連接作動器的運動方程式	100
7.2	方向決定	101
7.2-1	RPY 矩陣	102
7.2-2	尤拉角	104
7.2-3	方向表示	105
7.2-4	摘要	106
7.3	Arm Solution	106
7.3-1	θ - r 作動器的解	106
7.3-2	關節連結作動器的解	108
7.4	運動學計算上的問題	112
附錄	線性關節的座標架構	112
8	微小運動和 J 矩陣	115
8.1	微小運動	116
8.2	Jacobian	119
8.2-1	θ - r 作動器的 J 矩陣	120
8.2-2	架構間的微小運動轉換	122
8.2-3	作動器 J 矩陣	125
8.3	反 J 矩陣	133
8.3-1	數值式反矩陣	133
8.3-2	符號式反矩陣	134
8.3-3	反運動解的微分	134

目錄

9	路徑控制	137
9.1	路徑記錄	138
9.2	笛卡爾運動	139
9.2-1	線外路徑計算	139
9.2-2	路徑控制多項式	141
9.2-3	預定路徑動作	144
9.3	插補控制	148
10	動力學	153
10.1	動力學方程式	154
10.1-1	$\theta-\gamma$ 作動器的動力學模式	154
10.1-2	Lagrangian 動力學方程式	154
10.2	力量和扭矩	157
10.3	解答的複雜性	158
10.4	動力方程式的應用	159
10.4-1	作動器的設計	159
10.4-2	工作細胞設計和路徑規劃	160
10.4-3	即時控制的動力學	160
10.5	選擇伺服增益	161
11	力的控制和順應性	163
11.1	力的控制問題	164
11.2	力和力矩	166
11.3	直接感測	168
11.4	順應性	169
11.4-1	活性順應	170
11.4-2	非活性順應	171
11.5	混合式控制	172

目 錄

42	感測器	177
12.1	接觸式感測器	178
12.2	近接感測器	181
12.2-1	光學式近接感測器	181
12.2-2	光的反射	182
12.2-3	三角測量近接感測器	183
12.3	超音波感測器	184
43	電腦影像	185
13.1	基本觀念	186
13.1-1	數位影像的形成	186
13.1-2	取樣過程	188
13.2	影像處理函數	192
13.3	產生影像的硬體方式	194
13.3-1	架構緩衝器	194
13.4	分段	195
13.4-1	定限分段	196
13.5	形狀描述	199
13.6	形狀描述的應用	201
13.7	結構化照射	204
13.7-1	輪廓化	204
13.7-2	三角測量法	205
13.7-3	範圍感測器	206
44	計算機結構	207
14.1	軟體增速	208
14.1-1	整數算數的應用	208
14.1-2	三角函數的計算	209

目 錄

14.1-3 矩陣運算	209
14.2 計算硬體	210
14.2-1 通用型計算機	210
14.2-2 關節分佈的計算	211
14.2-3 機能分佈	212
14.2-4 硬體發展	213
14.3 半硬體發展	213
14.4 階組控制	214
45 機器人程式語言	217
15.1 硬體層次	218
15.2 點至點的層次	219
15.3 運動層次	220
15.4 結構化程式層次	221
15.5 工作指向層次	225
習題	227
索引	234

1

機器人概論

- | | | |
|-----|--------|---|
| 1.1 | 機器人幾何學 | 2 |
| 1.2 | 工業用機器人 | 7 |
| 1.3 | 機器人組件 | 8 |



本書的主旨是在討論機器人本身以及和它有關的計算機科學。在這裏所要提到的一些觀念往往會被人們所忽略掉，首先我們要談的就是有關於機器人座標的問題。

1.1 機器人幾何學 (MANIPULATOR GEOMETRIES)

機器人的形狀和大小可以分成好幾種類別，但是無論是太空梭上的機器人也好或是工業上的機器人也好，我們都可以依照它們動作上的幾何關係而作如下的介紹：

直角座標系統

直角座標機器人的運動方向可以以相互垂直的直角座標來表示，這對於計算機而言，可以說是最簡單的幾何表示法了。圖1.1顯示了此類機器人的座標關係，而圖1.2則是一個直角座標機器人的實例。

圓柱座標系統

圓柱座標系統的機器人，其運動方向可以以三個不同座標來表示。這三個不同的座標分別是 θ （旋轉角度）、 h （高度）和 r （半徑）。圖1.3為此座標系統的示意圖，而圖1.4則為此類座標系統的機器人。如果一個圓柱座標機器人上的某一點座標為已知，設為 (θ, h, r) ，如果我們想要以直角座標來表示的話，那麼我們只須要做點座標系統的轉換工作就可以了。

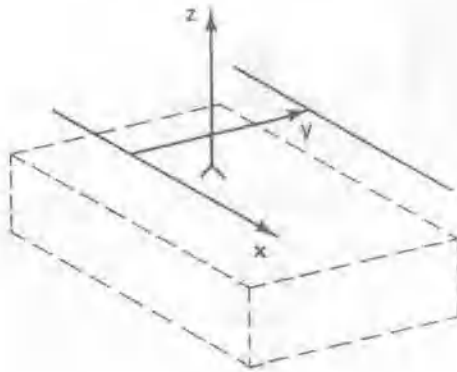


圖 1.1