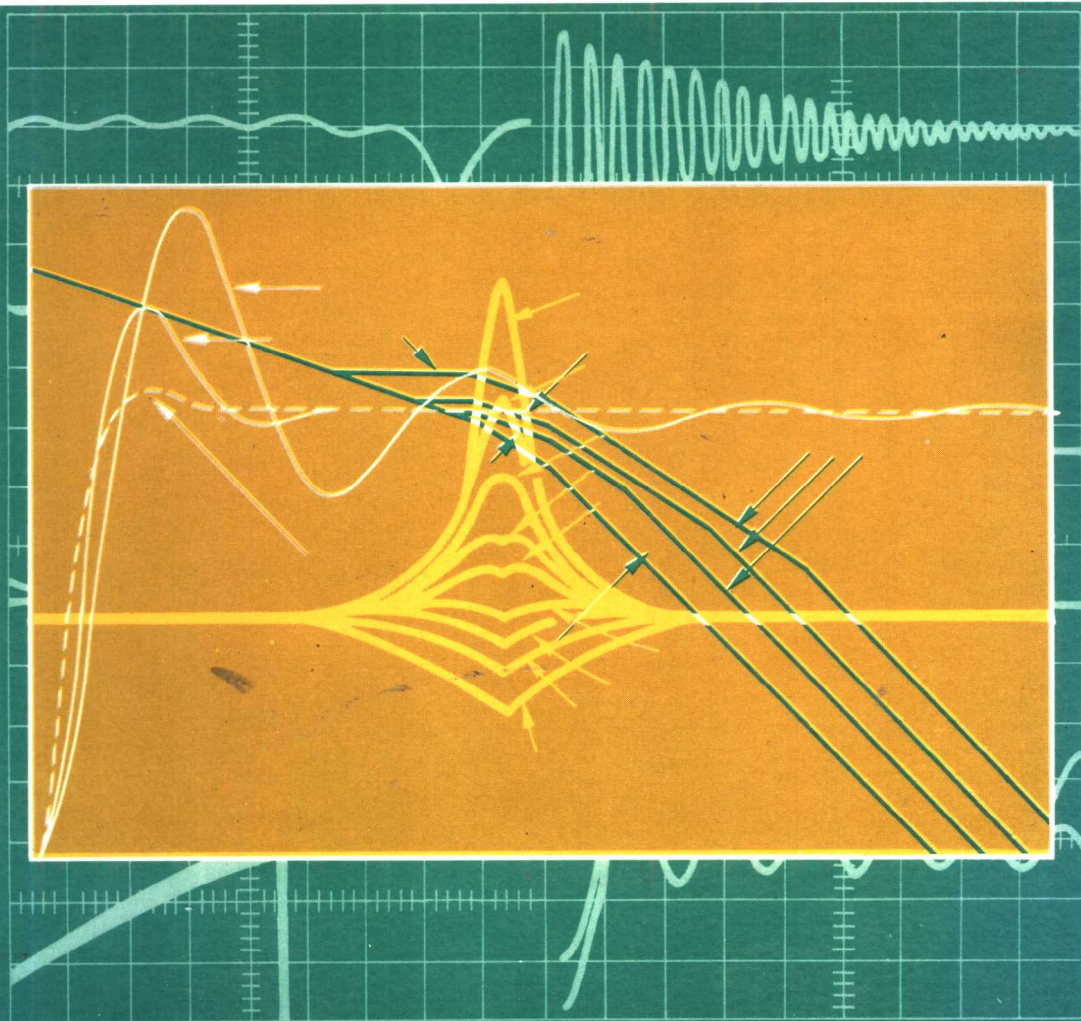


大 專 用 書

自動控制系統

潘純新 編譯

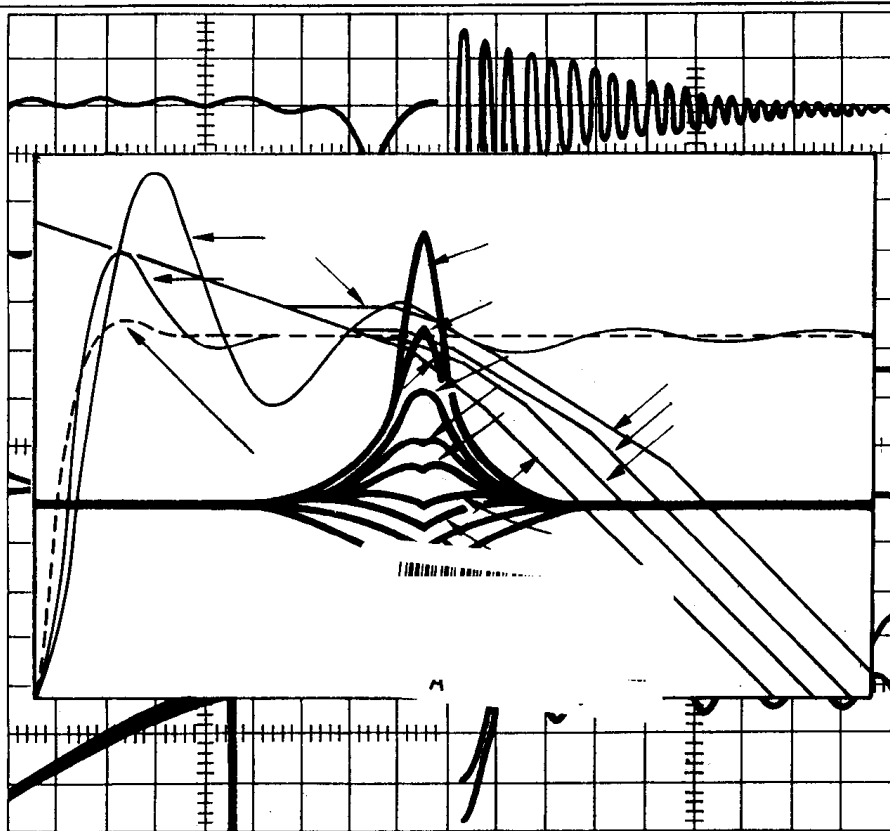


全華科技圖書股份有限公司 印行

大 專 用 書

自動控制系統

潘純新 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

自動控制系統

潘純新 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)

郵撥帳號 / 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

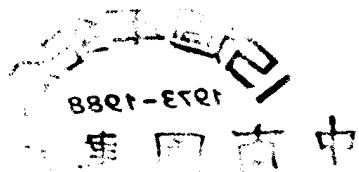
定 價 新臺幣 280 元

初版 / 74年 4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 011835



我們的宗旨：



感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

Automatic Control Systems

fourth edition

Benjamin C. Kuo

Professor of Electrical Engineering
University of Illinois at Urbana-Champaign

PRENTICE-HALL, INC., Englewood Cliffs, NJ 07632

原 序

這一版「自動控制系統」是本書自1962年發行以來的第三次修訂。前兩次修訂是着重於狀態變數法的介紹及斷續資料系統與連續資料系統教材的整合。雖然在近五年來在控制系統課程的教學並未有太多的改變，但是在微電子學與控制技術的不斷進步，使得教科書必須經常修訂，本版書就是針對此一情形而修訂。

此次修訂的主要目的是着重於數位控制與增加一些設計論題。對整體而言，本書的許多章節都已重新寫過。最明顯的改變是刪除了「最佳控制簡介」這一章，因為在大學課程中講授此章，頗值得商榷。

第四版仍將是大學在控制系統的簡介課程。雖然在過去的十五年間，近代控制理論已有不少重大的發展，但如何準備適切而有價值的教材，仍然是一件困難的工作。問題的複雜性是在於現實生活中所遭遇的控制系統都是非線性控制系統，並有時變參數及不確定的性質。在控制系統中，一般認為最佳控制理論與古典法之間有明顯的區分。事實上，在大學階段講授最佳控制理論是有困難的；因此，許多實用的控制系統問題在工業界依然用古典法來解決。雖然近代控制理論中有一些方法比古典法有用且能解較複雜的問題，但這些方法在實際應用上，却存在着許多的限制條件。筆者認為，身為近代控制工程師仍應同時具備古典法與最佳控制法的廣博知識。近代控制理論的知識應該增強其解決複雜控制問題的分析能力方面。因此，在初級控制課程介紹狀態變數與狀態方程式仍是很重要的，即使從理論上的觀點來看或許是不夠嚴謹。

在近幾年來，微算機已經有突破性的發展，許多以往認為以硬體實作太複雜或不經濟的控制計劃，現在都可由數位控制

器來完成。筆者深信在不久的將來，數位控制器將在大多數的控制系統中佔有極重要的地位。這表示初學者應適當的接觸數位控制，才能瞭解更專業化的課程，以尋求更高深的處理方式。讀者將發現，以類比控制的觀點來研究數位控制是有用且令人愉快的，因為許多數位控制的分析與設計方法就是類比控制的延伸。

本書所收集的教材，都是筆者多年來在 Urbana-Champaign 市 Illinois 大學講授大四控制系統課程的精華。本書亦適用於自修及專業參考用，完整的習題解答可向發行人索取。

第四版共有十章及兩篇附錄。第一章介紹控制系統的基本觀念、反饋的定義及影響、各種控制系統的型式也作了定義及說明。第二章介紹了數學基礎與準備，內容有拉氏轉換、Z 轉換、微分及差分方程式，矩陣代數和各種轉換方法的應用。第三章討論了轉移函數及信號流程圖的方法來模式化線性系統。第四章包括了物理系統的數學模式化，並舉例說明了控制系統常用的典型轉換器及原動機。實用上的控制裝置種類繁多，此處不可能全部論及。第五章介紹動態系統的狀態變數分析法，同時並定義了可控制性與可觀測性。第六章說明了控制系統的時域分析，控制系統的性能在實數時域上的計算及用 S—平面上極點—零點來解釋。第七章討論根軌跡法。第八章介紹用時域法的各種設計方法。本版的修訂有一大特色，即每一分析專題之後就有類似的設計技巧介紹。如此，讀者可現學現用而印象深刻。第九章是處理頻域分析與奈氏穩定準則。第十章則討論在頻域中的控制系統設計。

本書的內容實超過了一個學期所需的教材。當作爲大學的教本，有一些複習的教材，如第二章的內容可指定學生自行研讀。若只講授古典控制的分析與設計課程，則第五章可略去，其他幾章介紹設計的某些節，只要與狀態變數有關的都可略去，而不失連貫性。數位控制系統的部份雖與連續資料系統混合在一起，但有必要的話亦可刪除。筆者認爲本書的教材可供一學期或兩學季課程教學之用。

Champaign, Illinois

B.C. Kuo

v

Handwritten signature and date: 6/04

譯 者 序

本書是根據美國 Prentice Hall 公司所發行，Illinois 大學教授 Benjamin C. Kuo 所著的“Automatic Control Systems”第四版一書翻譯而成。本人執教此課程多年，深覺此書內容詳實，取材新穎，堪為同類書籍之冠，適用於國內各大專院校作為控制系統課程教學之用。特將之翻譯成中文，希望能對讀者有所助益。

本人才疏學淺，疏漏及錯誤之處在所難免，尚祈諸學者先進不吝指正，至感榮幸。最後，此書得以順利出版，除感謝陳董事長本源先生鼎力協助與支持外，也非常感謝全華編輯部的諸位先生及小姐們的辛勞工作，尤其是林小姐瑞珠的校對，在此一併致謝。

潘 純 新 於中正嶺
1985.3.1.

編輯部序

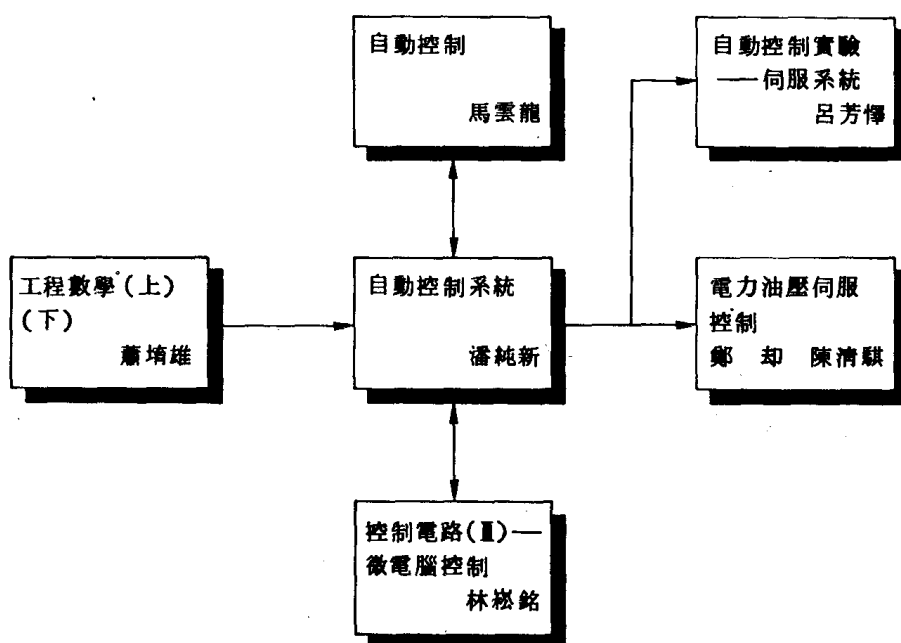
「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在我們就將這本「自動控制系統」呈獻給您。本書譯自 B.C.Kuo 所著 "Automatic Control Systems" 第四版，此書內容詳實，取材新穎，並兼顧理論與實際應用，堪稱為同類書之冠。

本書共計十章，先以數學基礎講解引導讀者，再深入探討穩定度分析、性能分析及控制系統之設計，不但可做為大專自動控制課程之教學，同時也是研究所入學考、留學考及高考不可缺少之參考書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習自動控制方面叢書，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



全華自動控制相關圖書

- 378 直流馬達速度控制、
伺服系統
李適中編著
25K/300頁/180元
- 653 控制電路(Ⅰ)——順序
控制
林崧銘編著
20K/288頁/190元
- 663 控制電路(Ⅱ)——電子
控制與數位控制
林崧銘編著
20K/416頁/260元
- 673 控制電路(Ⅲ)——微電
腦控制
林崧銘編著
20K/424頁/260元
- 019 自動控制
馬雲龍編著
25K/403頁/200元
- 827 電力油壓伺服控制
鄭 卻編譯
20K/176頁/160元
- 729 線性系統分析
潘純新編著
20K/456頁/280元

● 上列書籍為七十四年定價，爾
後若有調整請以最新目錄為準

目 錄

1	引 言	
1-1	控制系統	2
1-2	何謂反饋及其影響	6
1-3	反饋控制系統の種類	11
2	數學基礎	
2-1	引 言	16
2-2	複變數的觀念	16
2-3	微分方程式	19
2-4	拉氏轉換	21
2-5	以部份分式展開法求反拉氏轉換	26
2-6	以拉氏轉換求解線性常微分方程式的應用	32
2-7	基本矩陣理論	34
2-8	矩陣代數	39
2-9	狀態方程式的向量——矩陣形式	46
2-10	差分方程式	47
2-11	Z 轉換	49
2-12	以 Z 轉換求解線性差分方程式的應用	58
3	轉移函數、方塊圖及信號流程圖	
3-1	引 言	66
3-2	線性系統的脈衝響應和轉移函數	66
3-3	方塊圖	73
3-4	信號流程圖	80
3-5	信號流程圖的基本特性摘要	82

3-6	信號流程圖的定義	83
3-7	信號流程圖代數	85
3-8	信號流程圖的構圖實例	87
3-9	信號流程圖的一般增益公式	91
3-10	一般增益公式對方塊圖的應用	96
3-11	狀態圖	97
3-12	斷續資料系統的轉移函數	106

4

物理系統的數學模式化

4-1	引言	130
4-2	電網路的方程式	131
4-3	機械系統元件的模式化	133
4-4	機械系統的方程式	146
4-5	控制系統中的感測器與編碼器	152
4-6	控制系統中的直流馬達	168
4-7	雙相感應馬達	177
4-8	非線性系統的線性化	181
4-9	帶有傳輸落後的系統	187

5

線性動態系統的狀態變數分析

5-1	引言	202
5-2	狀態方程式的矩陣表示法	202
5-3	狀態轉移矩陣	204
5-4	狀態轉移方程式	209
5-5	狀態方程式和高階微分方程式間的關係	214
5-6	轉換至相位變數標準式	217
5-7	狀態方程式和轉移函數間的關係	224
5-8	特性方程式、特性值與特性向量	226
5-9	A矩陣的對角化(相似轉換)	228
5-10	約旦標準式	234
5-11	轉移函數的分解	238
5-12	線性系統的可控制性	243
5-13	線性系統的可觀測性	251

5-14	可控制性與可觀測性的不變定理	254
5-15	可控制性、可觀測性和轉移函數間的關係	257
5-16	線性斷續資料系統的狀態方程式	260
5-17	斷續狀態方程式的 Z 轉換解	264
5-18	斷續資料系統的狀態圖	267
5-19	抽樣資料系統的狀態圖	271

6

控制系統的時域分析

6-1	引 言	296
6-2	控制系統時間響應的典型測試信號	297
6-3	控制系統的時域性能——穩態誤差	299
6-4	控制系統的時域性能——暫態響應	313
6-5	二階系統的暫態響應	314
6-6	印刷輪控制系統的時域分析	326
6-7	控制系統的穩定度——引言	340
6-8	穩定度、特性方程式和狀態轉移矩陣	341
6-9	求線性控制系統穩定度的方法	346
6-10	路茲、哈維次準則	347

7

根軌跡法

7-1	引 言	368
7-2	根軌跡的基本條件	368
7-3	完整根軌跡的作圖	373
7-4	用根軌跡法求解多項式的根	402
7-5	根軌跡作圖的一些重要性質	407
7-6	根廓線——多參數變化	417
7-7	有純時間延遲系統的根軌跡	425
7-8	斷續資料控制系統的根軌跡	436

8

控制系統的時域設計

8-1	引 言	450
8-2	PID 控制器的時域設計	452
8-3	相位超前與相位落後控制器的時域設計	465

8-4	極點與零點對消控制	486
8-5	次迴路反饋控制	496
8-6	狀態反饋控制	501
8-7	經由狀態反饋的極點安置設計	502
8-8	有積分控制的狀態反饋	507
8-9	控制器的數位製作	513

9

控制系統的頻域分析

9-1	引 言	532
9-2	奈奎斯特穩定準則	535
9-3	奈奎斯特準則的應用	547
9-4	增加 $G(s)H(s)$ 的極點與零點對奈奎斯特軌跡 形狀的影響	556
9-5	多迴路系統的穩定度	560
9-6	帶有時間延遲線性控制系統的穩定度	564
9-7	繪轉移函數的數位計算機程式	567
9-8	頻域特性	570
9-9	二階系統的 M_p , ω_p 和頻帶寬度	571
9-10	增加零點於開路轉移函數的影響	575
9-11	增加極點於開路轉移函數的影響	579
9-12	相對穩定度——增益邊際、相位邊際和 M_p	581
9-13	波德圖大小曲線的斜率和相對穩定度間的關係	590
9-14	$G(j\omega)$ 平面上常數 M 的軌跡	592
9-15	$G(j\omega)$ 平面上常數相位的軌跡	596
9-16	大小與相位平面上的常數 M 和 N 軌跡——尼可圖	598
9-17	非單位反饋系統的閉路頻率響應分析	604
9-18	頻域中的靈敏度研究	605
9-19	數位控制系統的頻率響應	608

10

控制系統的頻域設計

10-1	引 言	628
10-2	相位——超前控制器	631
10-3	相位——落後控制器	641

10-4 落後——超前控制器	652
附錄 A 頻域圖	659
A-1 轉移函數的極座標圖	659
A-2 轉移函數的波德圖(轉角圖)	666
A-3 大小相對位圖	677
附錄 B 拉氏轉換表	681
附錄 C 專有名詞中英對照表	685

1

引 言

- 1-1 控制系统
- 1-2 何谓反馈及其影响
- 1-3 反馈控制系统的种类