

感測器與 數位信號處理

楊武智 編譯

digital

Signal



全華科技圖書股份有限公司 印行

1200339824



1200339824

福州大學
圖書館基座

感測器與 數位信號處理

楊武智 / 編譯

 全華科技圖書股份有限公司 印行

TN 9-3
969

感測器與數位信號處理/ 楊武智編譯. -- 初版.

-- 臺北市:全華,民88

面;公分

ISBN 957-21-2506-0(平裝)

1. 通訊工程 2. 感測器

448.7

88002492

感測器與數位信號處理

編 譯 / 楊 武 智

執行編輯 / 馬 榛 璘

封面設計 / 楊 昭 琅

發行人 / 詹 儀 正

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: 25071300 (總機) FAX: 25062993

郵撥帳號: 0100836-1 號

印 刷 者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

登 記 證 / 局版北市業字第〇七〇一號

圖書編號 / 03533

I S B N / 957-21-2506-0

定 價 / 新臺幣 280 元

初版一刷 / 88年4月

版權所有 / 翻印必究

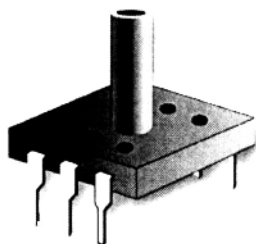
全華網際中心 URL

E-mail

<http://www.chwa.com.tw>

book@msl.chwa.com.tw

序言



隨著 LSI 技術的進步，電子有關的製品亦產生極大變化。於最近的大變化，則為將信號以數位化為核心來做處理。此在計測領域亦然，於類比信號測定用典型的計測器中，如記錄器或示波器，甚或以數位方式為主流。在計測器則依數位化的不同，有些是以標準電纜連接，而來將數據直接傳送到微電腦者。甚至，有以感測驅動電路來接到個人電腦的，而呈現出整體宛如計測器部份者。

另外，LSI 技術在計算機內快速發展後，此不僅使個人電腦的性能提升，同時亦導致價格明顯下降。又由於低價化的結果，而使技術者或研究人員，皆可每人有 1 台個人電腦可用。此真正地實現了個人擁有電腦的時代。

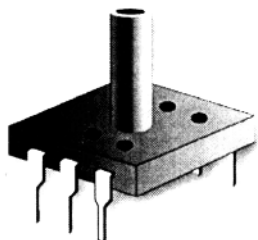
從而，於今，信號處理最常使用的積和計算 $[\sum a, x(i)]$ 信號處理部份，則可利用個人電腦來自由的操作，再加上市售便宜標準製品的組合，而用以構成信號處理所需之硬體。因而，經由微處理器的運算功能的應用，可將取入的數據加工及解析，此即可充份做數位信號的處理。

因此，由於數據可很容易的取入到微處理器，在目前若能對數位信號的概念及信號處理的理論做理解，則對既使是非電子專門技術人員，亦可很輕易溶入於實時間信號處理技術的環境內。

本書基於此背景，以感測信號的數位處理理論及方法可自學為方針，而對各技術人員所寫的入門書。其中之特色是可利用個人電腦學習。書中由第1章至第4章為對感測信號的類比量轉換成數位信號，在硬體中主要元件及信號處理裝置做概要說明，這是以硬體基礎的考量。在第5章則對數位信號處理基礎加以解說。第6章、第7章則是基於第5章的解說，對數位信號處理常使用的高速傅立葉轉換及有關濾波器方面做敘述。最後的第8章則舉出一些應用例，就其使用方法詳細介紹。

書中之第5章以下雖甚多數學式的記述，然對嚴謹的數學並不苟求，主要做容易理解的內容表示，並盡可能以圖來做解釋。本書為依大學上課講義來整理，故而在大學可用，並亦可做為技術院校的教科書、參考書等。本書的推出期望能對學習信號處理技術之各人提供有力的幫忙，在此甚幸。

譯者序



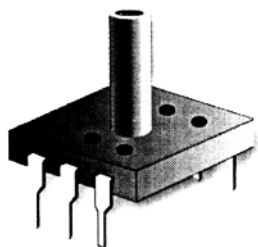
隨著近代微處理器的急速發展，在個人電腦的應用也快速在擴大，以前電腦主要用於數據的計算處理上，而隨微處理器速度之增快，同時可處理位元數的增加。例如，由過去的4位元、8位元，更進而到32位元、64位元等，及記憶容量的大量擴充。使電腦的應用突破過去僅限於數據處理的範疇，而進入更廣泛層面。在此，於工業上更配合感測器的連接，而進入了所謂個人電腦的數位信號處理領域。於本書，主要即在以一有系統方式來介紹此方面的應用。

本書由感測器介紹開始，進而對運算放大器的基本原理做說明。在此，其重點則著重在概括性原理上，而並不對有關所有感測器來做闡述。此皆以一些常用例子來說明，並利用該諸例子等來導入往後不同章節，做為例示說明。本書在有關數位信號處理的感測器應用上，先以數位信號處理的基本知識介紹導入。就此對一些基本概念的關鍵點敘述甚詳。進入對於此感測上最主要應用的數位濾波器，由其設計至特性等亦做解說。本書之一大特點為其所用到數位信號

處理的軟體程式撰寫皆有範例提供讀者參考。故而對一般初學人員而言，不會覺得太抽象、太深奧，爲其最大好處。

本書因其編排方式重點在應用上，故以概念性由淺入深方式撰寫，同時書中亦盡量避免煩雜數學式子的導引，而盡量以數式的應用來做原理解說。因此相當適合一般非本業人員來做此方面研習或參考用。

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。

本書由感測器開始介紹，進而對運算放大器的基本原理做說明。其重點則著重在概括性原理上，皆以一些常用的例子來說明，並利用這些例子作為往後各章節的導引，並加以說明。本書在有關數位信號處理的感測器應用上，先由數位信號處理的基本知識介紹導入，對一些基本概念的關鍵點敘述甚詳。相信讀者讀完本書後，必能收穫良多。

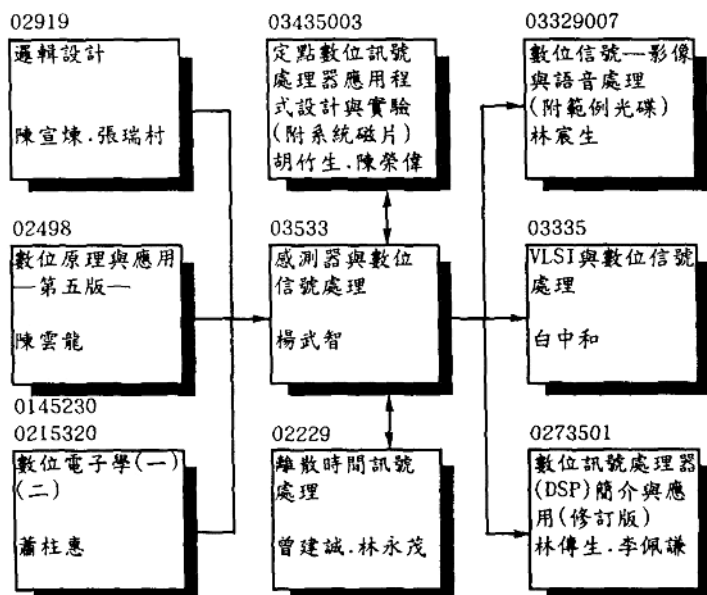
同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

全華實用相關圖書

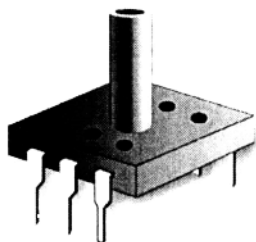
- | | |
|---|---|
| 03329007 數位信號—影像與語音處理(附範例光碟)
林宸生 編著
20K/704頁/450元 | 03435003 定點數位訊號處理器應用程式設計與實驗
(附系統磁片)
胡竹生、陳榮偉 編著
20K/320頁/495元 |
| 03335 VLSI與數位信號處理
白中和 編譯
20K/336頁/295元 | 02229 離散時間訊號處理
曾建誠、林永茂 編譯
20K/1176頁/650元 |
| 03413003 DSP晶片入門(附教學磁片)
吳賢財、洪正瑞 編著
16K/408頁/450元 | 02542 影像壓縮技術與應用
李明昌 編譯
20K/264頁/240元 |
| 0273501 數位訊號處理器(DSP)簡介與應用(修訂版)
林傳生、李佩謙 編著
20K/304頁/280元 | |

●上列書價若有變動
請以最新定價為準

流 程 圖



目錄



1	序論	1-1
2	感測器	2-1
2.1	溫度感測器	2-2
1.	熱電偶	2-2
2.	熱敏電阻	2-5
3.	紅外線溫度感測器	2-5
2.2	光感測器	2-9
1.	光導電元件	2-10
2.	光二極體	2-10
3.	光電晶體	2-12
4.	影像感測器(固態攝影元件)	2-13

2.3	磁性感測器	2-14
-----	-------	------

3

類比信號放大(運算放大器)	3-1
---------------	-----

3.1	運算放大器的基本性質	3-2
3.2	反相放大電路	3-5
3.3	非反相放大電路	3-8

4

A/D 轉換及信號處理裝置	4-1
---------------	-----

4.1	數位電路的基礎	4-1
1.	數位 IC	4-1
2.	數位信號	4-3
3.	標準邏輯 IC	4-6
4.	算術運算電路	4-10
4.2	類比信號的數位化	4-14
1.	A/D 轉換	4-15
2.	取樣及保持	4-20
3.	D/A 轉換	4-22
4.3	信號處理裝置用的微處理器	4-24
1.	微電腦	4-25
2.	CPU 的功能	4-26

3. 微電腦的基本構成	4-27
4. 指令執行的結構	4-28
5. 程式的做成及機械語言的轉換	4-31
6. 執行速度	4-33
7. 個人電腦	4-36
4.4 數位信號處理器	4-37
1. DSP的基本構造	4-38
2. DSP的程式化	4-40

5

數位信號處理的理論基礎 5-1

5.1 取樣化及取樣化定理	5-2
5.2 Z轉換	5-9
1. Z轉換的主要性質	5-12
2. 逆Z轉換	5-15
5.3 脈波轉移函數	5-16
5.4 頻率反應	5-22
5.5 離散傅立葉轉換	5-28
1. 離散傅立葉轉換的定義	5-29
2. 離散傅立葉轉換的定義	5-32
3. 離散傅立葉轉換的性質	5-33
4. 計算步驟	5-34

5.6	連續時間系統的離散時間近似	5-44
1.	後退差分近似	5-48
2.	雙一次轉換	5-49

6

快速傅立葉轉換	6-1
---------	-----

6.1	FFT 的演譯法	6-2
1.	時間間取型	6-3
2.	頻率間取型	6-14
6.2	利用 FFT 來做頻譜解析的問題點	6-16
1.	窗函數	6-17
2.	化頻	6-21
6.3	FFT 的程式	6-22

7

數位濾波器的設計方法	7-1
------------	-----

7.1	類比濾波器	7-3
1.	濾波器的基礎事項	7-3
2.	濾波器的種類	7-5
3.	巴特握濾波器	7-6
7.2	數位濾波器概要	7-10
7.3	數位濾波器的種類及構成	7-13

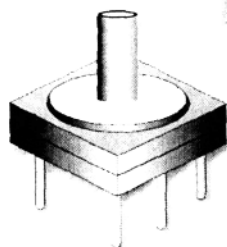
1. IIR 濾波器	7-14
2. FIR 濾波器	7-15
7.4 IIR 濾波器的設計	7-16
7.5 FIR 濾波器的設計(利用窗函數方法)	7-21
1. FIR 濾波器的脈波轉移函數	7-21
2. 利用窗函數做 FIR 濾波器的設計	7-23
3. 頻率轉換	7-29
7.6 濾波器設計的程式	7-33

8

信號處理的應用例 8-1

8.1 渦流探傷信號處理	8-1
1. 頻率分析	8-1
2. 直接型 IIR 濾波器	8-4
3. 串接型 IIR 濾波器	8-6
8.2 振動圓棒的頻率分析	8-11

參考文獻	參-1
------	-----



序論

經由產業界積極的設備投資，製造生產線以可達自動化程度。利用這些自動化生產線，不但使生產量大大的提昇，勞動負擔亦可減輕許多。並且藉製造工程上的穩定化，將可製出更高可靠性的製品。進而，經感測技術或數位信號處理技術的發展，於出廠前自動檢查，則更可使製品的品質保證與精確度更上一層。

所謂自動化則並不限單就機械工程、電機工程之領域技術來組成者，其必要使用到廣泛領域的知識及技術。本書則就其中之一項技術，有關“感測信號”之數位信號處理為範圍，並就數位信號處理理解上必要的硬體及軟體的基本知識來做闡述。

在進入主題前，本章則先舉出二、三個實例，就其自動化裝置的構成，“感測器及數位信號處理”所擔任的角色加以介紹。

首先就以目視作業進行鋼材表面傷痕檢查為例。其中用到一種光感測器 CCD 照相機及數位信號處理的自動化檢查。

【實例 1】 鋼片表面刮傷檢查用螢光磁粉探傷裝置的自動化

於螺栓等之機械構造用零件的素材上，為由邊長大約 200mm 的角柱形狀，稱之“鋼片”的鋼鐵中間材料，以製成螺栓。此將出廠製品的表面損傷及致傷的原因要做分析，以防螺栓在使用中折斷造成事故。因此，除在出廠前要做製品檢查外，於鋼片階段，亦要利用各種檢查裝置做嚴格檢驗。於圖 1.1 所舉為其一例，此檢驗技術稱為螢光磁粉探傷法。

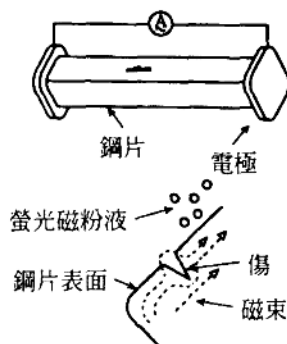


圖 1.1 螢光磁粉探傷法

在螢光粉探傷法上，如同圖所示，於鋼片中通以電流，來使鋼片的內部產生磁化，此時由於傷口局部會有被磁化現象，此可利用在鋼片來散佈螢光磁粉溶液(此為以螢光顏料與燒結之磁粉，在水中所溶解之溶液)，而使傷口附著螢光磁粉。而後，就此狀態鋼片，移送到暗室內，以紫外線照射，此使螢光顏料激起螢光。此之螢光可經由人眼確認，做標記符號，以後再以研磨機之類，就其標記符號部份予以削去，如此即可除去傷口。

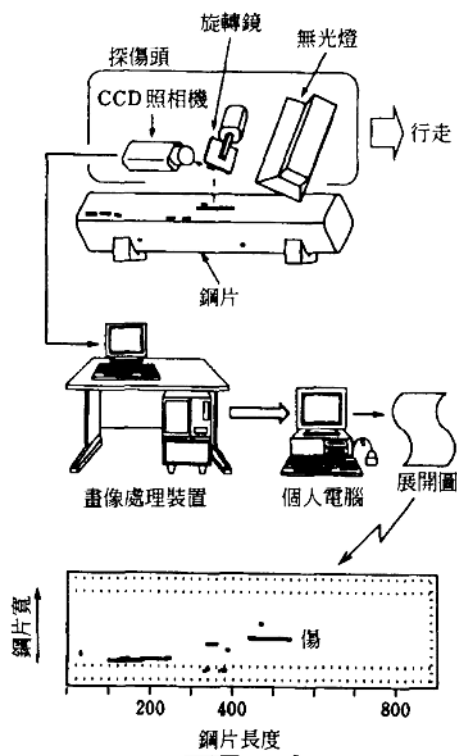


圖 1.2 自動磁粉探傷裝置概念圖

此檢查作業，因在暗室內以人眼進行，所以環境惡劣。如圖 1.2 所示，可經由自動化裝置開發更進步的分法完成。在此裝置以光感測器來取代人眼做螢光的檢出，並將感測器信號取出送到計算機內，利用信號處理將螢光部份，此即傷口位置，自動的來做檢出。

首先，就此自動探傷裝置所構成硬體要件舉出來看。使鋼片磁化所用磁化電源，螢光磁粉散佈機構，但在除去此螢光磁粉探傷機外，尤可舉出者有