

嵌入式系統開發技術

組込みシステム開発のための

エンベデッド技術

社団法人日本システムハウス協会

エンベデッド技術者育成委員会 原著

卓聖鵬 編譯



附 練習問題



全華科技圖書股份有限公司 印行

嵌入式系統開發技術

組込みシステム開発のためのエンベデッド技術

社団法人日本システムハウス協会
エンベデッド技術者育成委員会 原著

卓聖鵬

編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

嵌入式系統開發技術/社團法人日本システムハウス協会、
エンベデッド技術者育成委員会

原著；卓聖鵬編譯。 -- 初版。 -- 臺北市：

全華，2005[民 94]

面；公分

含索引

譯自：組込みシステム開発のためのエンベデッド技術

ISBN 957-21-5007-3(平裝)

1. 系統程式設計

312.952

94011656

嵌入式系統開發技術

組込みシステム開発のためのエンベデッド技術

原出版社 電波新聞社

原 著 社團法人日本システムハウス協会
エンベデッド技術者育成委員会

編 譯 卓聖鵬

執行編輯 巫柏彥

發行人 陳本源

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地 址 104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2 樓

電 話 (02) 2507-1300 (總機)

傳 真 (02) 2506-2993

郵政帳號 0100836-1 號

印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司

登 記 證 局版北市業第〇七〇一號

圖書編號 05598

初版一刷 2005 年 08 月

定 價 新台幣 350 元

I S B N 957-21-5007-3

有著作權・侵害必究

版權聲明

©2004 (社) 日本システムハウス協会

『組込みシステム開発のためのエンベデッド技術』

この中国語繁体字版が電波新聞社と(社) システムハウス協会の許諾を受け、

全華科技圖書股份有限公司が発行しています。本書の一部あるいは全部を無断で複製・
転載等を行うことは、法律で認められた場合を除き、著作者および出版者の権
利の侵害となります。

©2005 全華科技圖書股份有限公司

全華科技圖書

www.chwa.com.tw

book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech

www.opentech.com.tw

前言

數位相機、DVD、攜帶式資訊終端機、資訊家電、汽車導航系統、汽車、網路等，我們周遭正充滿了利用有機性嵌入矽晶片和軟體技術之製品，這種技術稱為嵌入式技術。藉由技術，在以最終用戶導向之製品中，能具有體積小、重量輕、高功能、高可靠度、低消耗電力、低價格等特徵。另一方面，在各種製品之開發或製造中，亦能用來作為提供強力且彈性開發環境和製造環境之技術。因此，嵌入技術係在電子裝置、通訊、機械、精密機械、輸送、食品、化學等所有領域和製造系統中，成為必須使用之技術。

嵌入技術係範圍廣泛之基本技術，而且，係以資訊處理技術士考試之技術士考試(嵌入式系統)來認知。但是，在許多之企業中，運用嵌入式系統之技術者，有“軟體店”或“硬體店”，就應用嵌入式技術之技術者而言，不太理解。其結果，在企業內沒有培養嵌入式技術者技巧之環境，就嵌入式技術者而言，亦可說是沒有公正之評價。

另一方面，企業之各種評價基準係嵌入國際評價之框體中，在企業中，會有提高國際競爭力之義務。為了用低風險來提高競爭力，沿著該企業之活動方向，具有競爭力之人材和技術成為大支柱。嵌入式技術係該支柱之一，在製作企業內組織上應用強化嵌入式技術之履歷，同時，與認知嵌入式技術者整理培養之環境，可說是處於戰略位置等之重要且優先之課題。但是，包含企業在大學等教育機關中，具有教育嵌入式技術之環境實際上亦極少。其結果，培養嵌入式技術者之負荷係在設計、開發之現場。

本書係針對這種現狀，以能使用於企業和大學等之標準技巧為主。內容不僅包括有關嵌入技術之技術，而且充分考慮具有特性嵌入式技術之做法及今後嵌入式技術之進展方向。為此，決心排除之技術亦很多，且光靠本書，不能充分說明技術。這種情形，在本文中，因進行啓發作用，希望藉此引導，能擴大學習範圍。

本書希望對培養嵌入式技術者有所幫助。最後，編輯本書時，對(社)日本系統工作室協會、(財)日本資訊處理開發協會、電波新聞社等感謝大力協助，並藉本書，向有關人員，致以由衷之謝意。

(社)日本系統工作室協會 嵌入技術者培養委員會

譯者序

隨著製品之輕、薄、短、小化，除了將硬體利用超微細電子元件加工技術之外，最重要的係把數位像機、PDA、GPS、電腦等製品所需要功能直接嵌入矽晶片中，藉由軟體來執行此功能。不僅能達到上述輕、薄、短、小化之功能，並且能達到高可靠度、低消耗電力及低價格，能提高企業在市場上之進競爭力。

嵌入式技術之領域很廣，已涉及電子裝置、通訊、機械、輸送、食品、化學等所有領域及製造系統中，但在國內，為因應後PC時代3C整合之大趨勢，並提升我國在全球3C市場之競爭力，資策會積極投入各項前瞻性及關鍵性嵌入式技術研發工作，來掌握國際網路與無線通訊應用潮流趨勢，發展硬體加值網路，並支援產業新興家電手持式資訊產品(例如：PDA、E-Book Reader、Smart Phone)，使這些產品成為我國繼PC產業之下一波主流產業。

因此，嵌入式技術係今後之發展趨勢，本書不僅包括軟體技術、硬體技術、通訊服務及網路技術、多媒體技術、控制理論基礎及開發過程及專案管理，且介紹具有特性之嵌入式技術做法及今後嵌入式技術之發展方向，並附日本技術士考試之試題，可作為大專院校教材。

本書係根據「嵌入式技術」一書編譯而成，內容新穎，深入淺出地介紹嵌入式技術。對想進入嵌入式技術領域之工程師或大專院校相關科系學生，及一般對嵌入式系統有興趣之人士，本書可說是最好之啟蒙及捷徑。由於編譯倉促，立意雖宏，疏漏之處尚祈先進不吝指教。

卓聖鵬

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。

現今電子產品已進入輕、薄、短、小化的時代，其中最大的功臣，便是嵌入式系統的開發，而本書正是從各個領域中，來探討嵌入式系統的應用。本書第一章介紹嵌入式系統的特徵與構成概要；第二章到第三章則介紹嵌入式系統軟、硬體技術；第四章則介紹通訊服務和網路技術；第五章則介紹多媒體技術上的應用；第六章到第七章則說明嵌入式系統的控制理論與專案管理。書末並附有練習題，相信更能讓讀者深刻地了解嵌入式系統在各生活領域上的應用。本書適合嵌入式技術相關領域的工程師或對嵌入式系統有興趣的讀者使用。

同時，爲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，我們將竭誠爲您服務。

相關叢書介紹

書號：05447

書名：以電腦為組件－嵌入式
計算系統設計原理

編譯：蕭榮修

16K/608 頁/650 元

書號：05385007

書名：SOC 系統晶片：ARM 軟硬
體原理(附展示光碟片)

編著：李隆財、溫宏仁

20K/656 頁/625 元

書號：05689

書名：ARM Linux 嵌入式系統發
展技術

編著：張正源

20K/280 頁/300 元

書號：05633007

書名：嵌入式系統構件(附範例光碟片)

編譯：黃文增

16K/664 頁/650 元

書號：05618007

書名：ARM 內核嵌入式 SOC 實作
(附範例光碟片)

編著：新華電腦股份有限公司

16K/368 頁/450 元

書號：05634007

書名：Micro C/OS- II 即時作業系統核
心(附系統及範例光碟片)

編譯：黃文增

16K/744 頁/650 元

書號：05713007

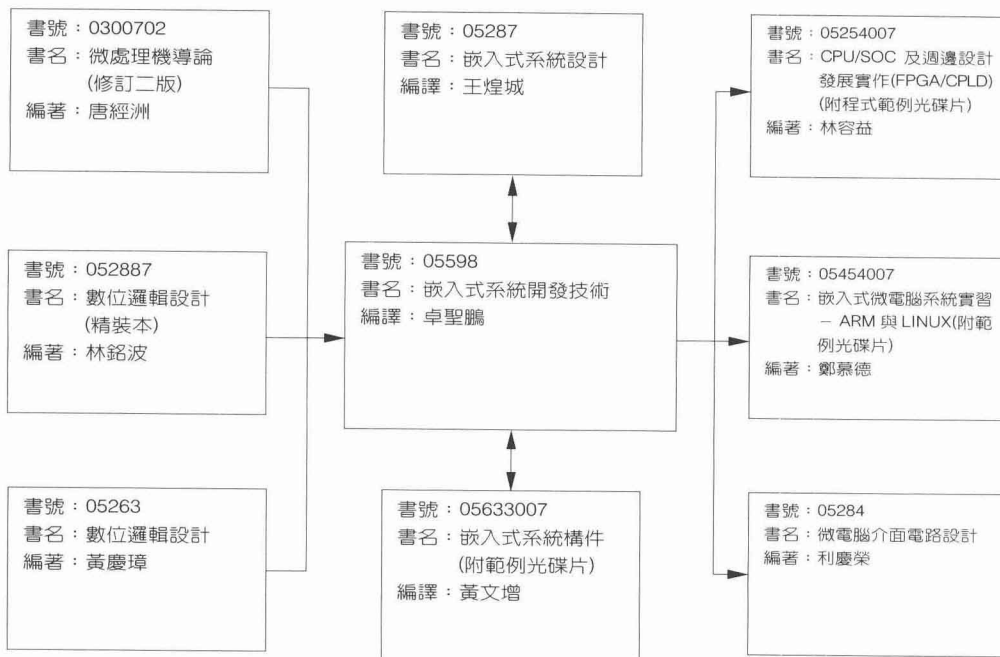
書名：ARM9 S3C2410 嵌入式 SOC
實作(附範例光碟片)

編著：新華電腦股份有限公司

16K/296 頁/350 元

◎上列書價若有變動，請以
最新定價為準。

流程圖



目錄

第 1 章 總 論	1
1.1 嵌入式技術之特徵	2
1.2 嵌入式技術之效用	3
1.3 嵌入式系統之硬體構成概要	4
1.4 嵌入式系統之軟體構成概要	5
1.5 嵌入式系統之資源和設計	6
1.6 用來構築嵌入式系統之技術	7
1.7 第 2 章之導讀	9
第 2 章 軟體技術	11
2.1 嵌入式軟體之特徵	12
2.1.1 即時處理	12
2.1.2 軟體構成	14
2.1.3 封閉式開發環境	15
2.1.4 程式開發語言	17
2.2 即時核心	18
2.2.1 中斷和事態	19
2.2.2 多重程式化	23
2.2.3 核心功能	26
2.2.4 任 務	28
2.2.5 任務和程序	31
2.2.6 系統呼叫	32
2.2.7 記憶體管理	32
2.2.8 執行區域管理	35
2.3 利用核心嵌入式即時系統之製作	40

2.3.1	嵌入式系統之軟體設計	40
2.3.2	即時核心之系統呼叫服務	40
2.3.3	同 步	43
2.3.4	排他控制	44
2.3.5	死 鎖	47
2.3.6	任務間通訊	48
2.3.7	構造化程式化	51
2.4	裝置驅動器和中介軟體	53
2.4.1	裝置驅動器之構造	54
2.4.2	中斷處理器	57
2.4.3	中介軟體之流通	60
2.4.4	通訊功能之中介軟體	61
2.5	執行環境	62
2.5.1	ROM 化和導引安裝	62
2.5.2	記憶對映	63
2.5.3	ROM 化模式	65
2.6	開發環境	66
2.6.1	硬體除錯器	66
2.6.2	軟體除錯器	69
2.6.3	綜合開發環境	71
2.7	嵌入式軟體之現狀	72
2.7.1	代表性之核心	73
2.7.2	多重處理器支援	75

第 3 章 硬體技術 77

3.1	嵌入式系統之結構	78
3.1.1	基本結構	78
3.1.2	MPU	80
3.1.3	匯流排	83
3.1.4	記憶體	85

3.1.5	系統 LSI	87
3.2	MPU 週邊	88
3.2.1	中斷技術	88
3.2.2	DMA 技術	91
3.2.3	快取記憶體技術	93
3.2.4	虛擬記憶技術	95
3.2.5	對應低消耗電力	97
3.3	基本輸入／輸出(I/O)	98
3.3.1	數位電路和類比電路	99
3.3.2	I/O 界面之概要	100
3.3.3	並列 I/O	101
3.3.4	串列 I/O	104
3.3.5	定時器／計數器	106
3.3.6	類比 I/O	108
3.4	代表性之外部週邊裝置	113
3.4.1	外部記憶裝置	113
3.4.2	外部輸入輸出裝置	115
3.4.3	感測器	117
3.4.4	致動器	124
3.4.5	電源裝置	127
3.5	實裝技術	129
3.5.1	ROM 化	130
3.5.2	框體設計	131
3.5.3	維護性	132
3.5.4	生產性	135
3.6	高可靠度設計	136
3.6.1	錯誤檢測和遮蔽	136
3.6.2	冗長構成技術	137
3.6.3	系統恢復技術	140
3.7	安全性設計	141

3.7.1	來自周圍之影響	141
3.7.2	有關周圍之影響	142
3.7.3	安全規格、製造物責任法	144
3.8	系統 LSI 開發技術	145
3.8.1	FPGA 設計環境	146
3.8.2	輔助設計	148
第 4 章	通訊服務和網路技術	151
4.1	通訊、網路技術之概要	152
4.1.1	無線通訊技術	152
4.1.2	網路技術	154
4.1.3	網路拓樸	155
4.1.4	資料之編碼化和密碼化	156
4.2	電腦網路	157
4.2.1	網路所使用之裝置	158
4.2.2	協定和 OSI 參照模式	159
4.2.3	網際網路	161
4.2.4	藉由網際網路來傳送資料	162
4.2.5	VPN	164
4.3	FA 網路	164
4.3.1	控制器層網路	165
4.3.2	場位準網路	167
4.4	車用網路	168
第 5 章	多媒體技術	171
5.1	影像處理	172
5.2	影像壓縮	173
5.3	資料處理所使用之基本技術	175
5.3.1	傅立葉轉換	175
5.3.2	FFT	176

5.4	多媒體用記憶裝置	179
5.5	顯示裝置	180
5.6	多媒體用處理器	182
5.7	DSP 和其應用	183

第 6 章 控制理論之基礎 187

6.1	單位制和測量	188
6.1.1	SI 單位制	188
6.1.2	測量和誤差	189
6.1.3	追溯性(traceability)	191
6.2	控制系統和控制理論	193
6.2.1	反饋控制和前饋控制	193
6.2.2	程序控制和伺服控制	194
6.2.3	傳達函數	195
6.2.4	物理量之變化和控制要件	196
6.2.5	響應特性	197
6.2.6	穩定性	200
6.3	新的控制理論	201
6.3.1	模糊控制	201
6.3.2	現代控制理論	203
6.4	分散型控制系統	205

第 7 章 開發程序和專案管理 207

7.1	開發程序	208
7.1.1	開發步驟	208
7.1.2	受託開發工程	209
7.2	專案管理	210
7.2.1	專案管理	210
7.3	專案管理之基礎知識	211
7.3.1	估價	211

7.3.2	開發模式	214
7.3.3	品質保證計劃和試驗	220
7.3.4	試驗技法	221
7.3.5	智慧財產權(工業所有權、著作權、其他)	223
7.3.6	要求獲得	226

附錄	練習題	229
----	-----	-----

索 引	267
-----	-----

總論

所謂嵌入技術之技術係相互連接軟體技術、硬體技術、網路技術、通訊技術、機械技術等，故要定義嵌入技術不易。為此，要有系統地學習嵌入技術，或培訓嵌入技術者不易。本章爲了連接第2章以後，明確何謂嵌入系統、嵌入系統在何處能發揮效果、及嵌入系統之體系。主要係說明以下之事項。

1 嵌入技術之特徵	針對嵌入技術如何成為一體之技術，處理哪種對象之技術加以敘述。
2 嵌入技術之效用	嵌入技術雖能看作許多技術之集合體，但針對由哪種要件技術來成立加以敘述。
3 嵌入系統之硬體構成概要	表示從硬體面所見之基本構造，針對輸入和輸出之關係等，來敘述嵌入系統。
4 嵌入系統之軟體構成概要	嵌入系統之開發係往往嚴格限制開發期間，按照市場實際空間之大小和製品出貨量，不良之存在會失去市場。用短期間，為了減少不良存在之可能性，針對如何進行較佳加以敘述。
5 嵌入系統之資源和設計	嵌入系統係要求即時動作，複數個任務同時動作。針對用來設計這種系統之注意點等加以說明。
6 用來嵌入系統構築之技術	就嵌入技術者而言，針對必要之條件：系統設計、硬體設計、軟體設計、網路設計等，其中必要之技術加以詳細說明。
7 第2章之導讀	在閱讀本書之前，針對用語等定義之統一、概念之定義等加以敘述。

1.1

嵌入式技術之特徵

所謂嵌入系統(Embedded System)係各式各樣，故要整體掌握設計此系統之嵌入技術可說是非常困難。例如，若比較汽車導航和電子鍋，兩者之結構零件和功能完全不同，而且，各使用之知識和技術亦不同。然而，兩者之規模對不同系統內部之邏輯和時序之設計，係共同使用嵌入技術。其他之嵌入技術亦使用在攜帶資訊終端、數位相機、工廠生產線等，其係指在各種應用領域之共通基礎技術而定位。

此處，疑問之處係為何嵌入技術能使用在許多之應用領域。一面從技術上之觀點來看該理由，一面列舉 2 個例子如下：

- (1) 把能用邏輯和時序來說明之功能當作設計對象。
- (2) 為防止開發技術之多樣化，擁有電腦功能，作為共通基礎，能削減各種硬體設計，將軟體之開發當作重點，當作該權衡。

從這些特徵，擁有嵌入技術，能藉由軟體，來實現採用邏輯和時序之功能。並且，根據該二個技術特徵，能帶來以下之兩種效果。

- (1) 舊系統所佔之硬體比例係藉由嵌入技術進行軟體化來減少，剩餘之硬體構成要件進而能在系統晶片化之方向來減少。因此，藉由嵌入技術，能激減硬體之組裝零件點數。這在減低零件獲得上之風險、設計及開發工程之彈性化、製造成本之減低、工場之簡化及多功能化、提高品質等多方面，能帶來很大效果。
- (2) 同時能實現不易實現之功能，功能之高度化、多功能化及超小型化之實裝。此係牽涉到新製品之新技術開發、競爭力之強化及涉及次世代人才之培養之故。

為了充分發揮以上所述嵌入技術之技術特徵，體系性開發嵌入系統之組織，充分理解硬體和軟體境界區域之人材培養等成為重要課題。換句話說，不能忘記的嵌入軟體開發工程係大支柱。

1.2

嵌入式技術之效用

如上所述，不易嚴格定義嵌入系統，但大致係指嵌入微晶片和控制該晶片之程式或嵌入IT(資訊技術)之系統。具體列舉嵌入技術係指家電製品、音響機器、通訊機器、控制機器、輸送機器等不勝枚舉。構成設計開發嵌入系統之嵌入技術主要要件係電腦技術、軟體技術、通訊技術、網路技術、測量及控制技術等。嵌入系統之特徵，軟體和硬體係一組，其大部份係具有即時性。

嵌入技術係運用這些技術，將從輸入至輸出之直接關係加以資訊化之技術，在使用者之眼中，不在意微電腦和程式。藉由嵌入技術，將取決於電路零件和機構零件之功能加以軟體化，能大幅削減零件點數。圖 1.2.1 係使用普及型數位相機之情形，說明靠軟體來削減零件點數之意。該例係將當作硬體影像處理用、訊號處理用及動作控制之處理器，作成高速執行程式之RISC晶片1個之點，備受矚目。在該1個RISC晶片上，把影像處理、訊號處理、及動作控制當作軟體來執行，該方向可說是嵌入技術之真髓。關於多工和RISC之詳細，請參照第2章及第3章。

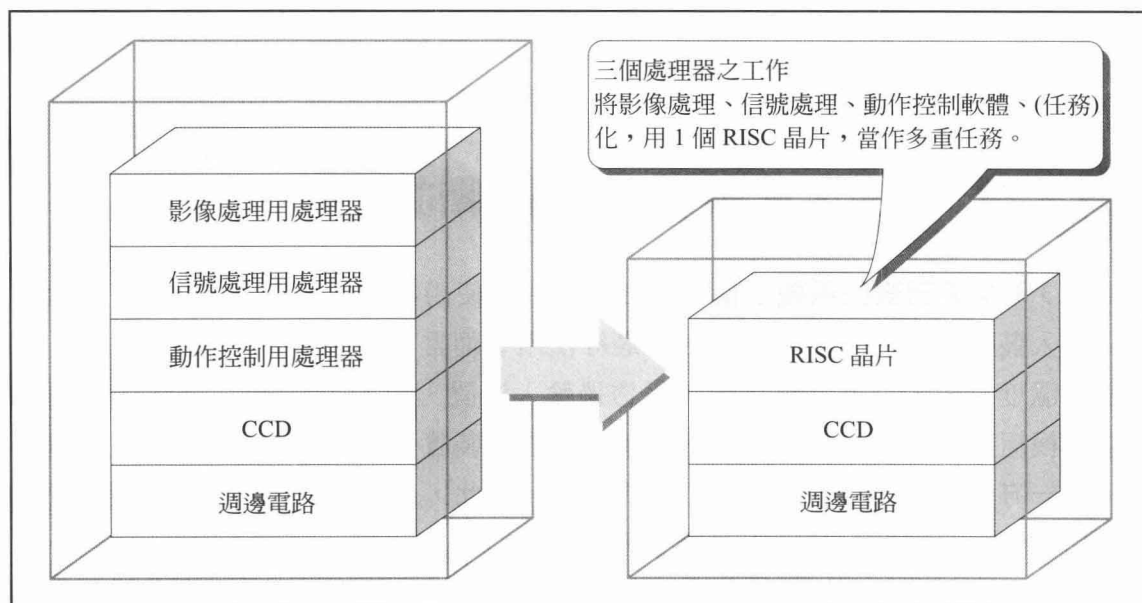


圖 1.2.1 普及型數位相機之軟體化例

因此，爲了進行軟體化，包含硬體結構和軟體設計技術之嵌入技術成爲必要。將其優點表示如下：

- (1) 降低成本及提高效益
- (2) 小型化
- (3) 可靠度高
- (4) 省電
- (5) 提高維護性
- (6) 縮短設計開發期間
- (7) 減低製造期間及製造成本
- (8) 縮小製造工廠之規模
- (9) 減低製造工程之人爲技術

其中，(1)～(4)很清楚，對最終使用者而言，直接受惠。(5)係對最終使用者和製造商方面兩者，係有效之點。對最終使用者而言，因係相同之硬體，故只要更換軟體就能變更或追加功能。對製造商方面而言，要好好地構築軟體之開發工程管理、版本管理、再利用管理、外包管理之體制，能得到(6)～(9)之大效果。此處之重點係藉由嵌入系統之生產活動，相對地，企業獲得之利益源不是在製造階段，轉移至設計或開發之上游階段，而且，成本之比率係硬體轉移至軟體之點。

1.3

嵌入式系統之硬體構成概要

圖 1.3.1 係表示嵌入系統之構成概要。當最終使用者利用嵌入系統之情形，直接使用處係輸入裝置和輸出裝置。其他，對最終使用者而言，係通常不接觸之處。

所謂溫度和壓力之外部環境資訊係透過輸入裝置、輸入 I/F(I/F、界面)、輸入埠，取入功能模組，進行保存及處理，熱及壓力等輸入裝置係使用熱感測器和壓力感測器來檢測。另一方面，處理功能模組之資料係數位。因此，用感測器所檢測出之類比訊號，俾使用功能模組來處理，藉由 A/D 轉換器，轉換爲數位資料，從輸入埠取入。

用功能模組所求出之結果和保存之內容，係被用來作爲控制溫度及壓力等外部環境之資訊，這些資訊係透過輸出埠、輸出 I/F，傳送至輸出裝置。對用類比訊號來動作之