
序

〔啟迪〕浸淫在數位電腦之電路裡的愜意之感，
就如同站在高山之巔或隱匿在花瓣之中那種感覺。

—羅伯特·波席格
《禪與機車維修之藝術》

歡迎蒞臨《設計嵌入式硬體》第二版。希望本書能讓你瞭解建構電腦硬體的設計過程。如同寫得好的軟體一樣，設計良好的硬體也有它美妙之處。在嵌入式電腦當中，你可以了解機器的各個層次，得知電流在電路中流動的現象，以及軟體執行複雜演算法的情形。事實上，如果不了解硬體就寫不出嵌入式軟體；同樣的，如果不了解軟體也無法設計出硬體。你對嵌入式電腦投入的程度必須超過桌上型電腦才行。但最棒的是，這當中樂趣無窮。

選擇本書所使用的晶片與設計時，我特別挑選了一些容易完成但又相當實用的設計。我與書中所提到的任何公司或企業都沒有任何商業上或其他形式上的往來。不過，讀者或許會發現有不少元件來自特定的廠商。之所以使用他們的晶片，僅僅反映了基於我自身經驗的個人偏好罷了。這些廠商所生產的晶片不僅容易使用，可靠而堅固，具有良好的技術支援，更提供了完整而廣泛的技術資料。換言之，對一本供初學者使用的書籍而言，它們具備了所有必要的條件。

本書第一版發行時，我刻意不談軟體。我有兩個理由。首先，市面上已經有許多書在探討 C 程式設計、如何以 C 語言開發嵌入式軟體、移植 Linux 到嵌入式系統、Python 程式設計以及 Java 程式設計，等等。（當然，O'Reilly 所出版的相關書籍自然是其中最好的。）其次，組合語言是最基本的編程工具，然而不同的處理器之間，組合語言的差異是如此之大，所以一本書的篇幅絕不可能完整地涵蓋各個處理器所有的指令集，我只有一視同仁了。然而，我在這一版決定要納入若干軟體的議題。我並不打算在本書提到每種處理器的指令集。我只想介紹若干簡單的組合語言技術。儘管不同的架構之間組合語言的差異是如此之大，然而基本的概念卻是一樣的。

本書還新增了一章，專門介紹 Forth 程式語言。Forth 是一個相當老的語言，已經不是主流的開發軟體，因此你很難找到這方面的書。Forth 是個非常有用的嵌入式系統開發工具，然而有許多工程師迄今還不知道這件事。Forth 是 Open Firmware 標準的依據，也是 Apple、Sun 和許多其他製造商之設計工程師所採用的語言。Forth 是個相當有用的語言，值得你花時間來學習。

這本書裡大部分的設計看起來都很簡單，事實上也的確是如此。這裡所選的都是一些簡單的建構元件 (building block)，讀者可以加以組合運用，以完成自己所要的嵌入式系統。希望讀者將會發現這些內容很有用。看完本書之後，自己動手做看看吧！

- John Catsoulis
Brisbane, Australia
January 2005
jtc@embedded.com.au
<http://www.embedded.com.au>

本書架構

本書大致分成四個部分。第一部分涵蓋基本觀念以及導讀資料。第二部分介紹組合語言以及 Forth。有了這些背景知識後，接著會說明周邊裝置，以及如何為你的嵌入式系統添加新機能。最後，將會介紹被廣泛應用在嵌入式系統的處理器，以及把它們整合進系統的設計程序。

第 1 章會介紹電腦架構的基本概念，並說明嵌入式系統的架構。第 2 和 3 章會探索組合語言和 Forth 等軟體。

第 4 章會為讀者提供若干電子學理論的背景知識，並介紹一些重要的觀念。如果讀者已經讀過電子學，可以直接跳到第 5 章，這一章會介紹如何為嵌入式系統提供所需的電源，以及說明如何保護嵌入式電腦，以避免電氣干擾和其他會讓它失效的小精靈 (gremlin)。第 6 章會介紹如何生產以及除錯嵌入式電腦系統。

第 7 和 8 章會說明 SPI 與 I²C，這兩種通訊協定讓你得以為微控制器添加各式各樣的小型周邊裝置。第 9、10 和 11 章涵蓋了各種序列介面 (RS-232C、RS-422、紅外線傳輸以及 USB)，嵌入式系統可以透過它們連上主機電腦，或外部的周邊裝置 (例如數據機)。

有關網路的部分則會在第 12 章加以說明，其中讀者將會學到，如何為嵌入式電腦添加價格低廉的工業級網路（CAN）。此外，在這一章裡，讀者也會學到如何為嵌入式系統添加 Ethernet 埠，透過它我們得以連上其他電腦、伺服器、閘道器（gateway）以及網際網路（Internet）。

第 13 章要來看的是與真實世界的介面。這一章將會探討，如何把類比訊號轉成數位訊號加以處理，以及相反的，如何把數位訊號還原成類比訊號。讀者將會學到如何在嵌入式系統中使用感應器（sensor）來量測溫度、光線、壓力、加速度、磁場，以及如何利用嵌入式電腦來控制小型的電子馬達。

第 14 章開始是本書用來探討微處理器的部分，讀者會在這裡看到本書的第一個嵌入式電腦架構，Microchip PIC。後續的各章，讀者會看到各種的處理器，從極小的獨立式電腦、8 位元的微控制器，到 32 位元、以匯流排為基礎、具有若干計算能力的晶片。由於不可能涵蓋每一種嵌入式處理器（毫不誇張的說，有數百種之多），所以本書只好從中選出具代表性的晶片。儘管如此，你在本書所學到的技巧，將可應用在你所選用的任何處理器上。

程式碼範例的使用

出版本書的目的，是為了協助你把事情做好。基本上，你不用事先聯絡我們，就可以使用本書所提供的程式碼及文件，除非是大量複製。舉例來說，在你所寫的程式中，若用到幾段本書的程式碼，並不用經過我們的同意。但是做成光碟散佈、販賣 O'Reilly 書中的範例，則必須經過授權。回答別人問題時，引用本書的文字跟程式碼，並不用經過我們的同意。在你的產品文件中，若大量加入本書的文字與程式碼，則必須經過授權。

雖非必要，但我們會十分感謝你在引用本書的內容和範例時提到出處。完整的資訊通常包括書名、作者、出版商，還有 ISBN。比如說："Designing Embedded Hardware, by John Catsoulis. Copyright 2005 O'Reilly Media, Inc., 0-596-00755-8."

本書使用以下字型慣例

內文

原始碼

Signal（高電位動作）

Signal（低電位動作）

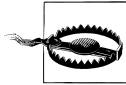
十六進制數字會前置 $0x$ 符號，對某些處理器而言，有時會前置 $\$$ 。

二進制數字會前置 $\%$ 符號。

K 代表 1024，而 k 代表 1000。



此圖示用來表示與鄰近文字相關的秘訣、建議，或通用註解。



此圖示用來表示警告，或與鄰近文字相關的警示。

建議與問題

歐萊禮公司是世界性的電腦資訊出版公司。我們永遠樂意聽到讀者對出版品的意見，包括如何讓本書可以更好的建議、指正本書的錯誤、或是讀者建議本書往後改版時，應該再加進來的其它主題。以下是本公司的聯絡資料：

美商歐萊禮股份有限公司台灣分公司

電話：(02) 2709-9669

傳真：(02) 2703-8802

網頁：<http://www.oreilly.com.tw>

電子郵件：

sales@oreilly.com.tw

(業務部)

edit@oreilly.com.tw

(編輯部)

bookquestion@oreilly.com.tw

(書籍內容的問題)

與本書有關的線上資訊（包括勘誤、範例程式、相關連結）：

原文書

<http://www.oreilly.com/catalog/dbhardware2/>

中文書

http://www.oreilly.com.tw/product_others.php?id=a189

誌謝

在此要特別感謝我的兩位編輯 Andy Oram 和 Mike Hendrickson。我還要感謝第一版的編輯 Jon Orwant。在過去，我常常在序中看到，作者如何感謝編輯所提供的協助。現在我才真正明白這些幫助的重要性。

如同讀者早已熟知的，歐萊禮出版了許多精心編排的圖書。我想要感謝製作本書的小組 — 尤其 Sanders Kleinfeld — 的大力協助。他們為本書所做的貢獻不亞於我撰寫本書時所做的努力。我還要感謝 David Chu 的所有協助。

感謝 Dallas Semiconductor、Kathy Vehorn、Don Loomis、Mike Quarles 以及 Moe Rubenzahl 的協助，讓我得以取得 MAXQ 處理器的搶鮮版 (pre-release version)。謝謝 Peter Paine。

感謝 Donna Mack 和 Cooper Tools、Karen Rolan 和 Fluke Corporation 以及 Tektronix 允許我在書中使用他們的照片。還要感謝 Picochip 之 Rupert Baines 的協助。

我的好友 Geoff McDonald 對於本書的內容提供了許多有用的建議。他同時還協助校對的工作，感謝他所提供的所有協助。

謝謝 Michael、Mary、Renee 以及 Mitchell Lees。Michael 幫忙審閱本書草稿，並提供許多有用的建議。

我還要感謝 Dr. Jeff O'Keefe 長期以來的友誼和支持。我們從大學時代就是好朋友，在二年級上實驗課的時候，我們甚至做過炸毀積體電路與使用光線照射講師的事！

謝謝 Neil Bergmann 教授、John Williams 博士、Keith Ball、Denis Bill、Barry Bettridge，以及昆士蘭大學 ITEE 系全體職員的協助和支持。

我想要感謝我的朋友和同事：David Nicholls、Peter Stewart、Mark Gentile、John Devlin 教授、Richard Wiltshire、Michelle 和 Robert Salier、Addy 和 Derek Clark、Kam Tam、Phil McDonald 以及 Vamsi Madasu。

最後也是最重要的，我要謝謝家人給我的愛與支持。特別要感謝我的姊姊 Kris，以及兩個外甥 Andrew 與 James，他們的愛與幽默感，讓我的生活變得更有意思。我還要感謝一直支持我的 Chris 與 Jeff Goopy，以及我的堂表兄弟姊妹們 Theo 與 Maree；David 與 Jenevieve；Michael、Andrew 與 Karen；Antony；以及 Fiona、Drew、Ashley 與 Max 的關心和支持。尤其要感謝我的兩位叔叔 Vince 與 Dave Catsoulis，他們告訴我愛、榮譽以及健全人格的意義何在。我欠他們太多了。