

## 初級 Embedded Linux PDA 之研製

賴南有\*、林雅文\*\*、張家倫\*\*、周芳傑\*\*、連偉智\*\*、楊昌益\*\*

\*國立彰化師範大學工業教育研究所

\*\*國立澎湖科技大學資訊工程學系

\*lainy@mail.savs.hcc.edu.tw、\*\*cyyang@npu.edu.tw

### 論文摘要

本文的目的是開發出一套以 Linux 作業系統為核心，並且具備基本功能之圖形化操作介面 PDA。在硬體部分採用了 Samsung S3C2410 微處理器，以及 MTLCD-0353224 觸控板。S3C2410 內含 ARM920T 核心，用來執行作業系統、驅動程式、視窗程式和其它應用程式等等。而 MTLCD-0353224 則是架設在 S3C2410 上之觸控板，用來顯示圖形化的介面，並且可以讓使用者操作。軟體部分包含了作業系統和應用程式的整合。作業系統是採用 Embedded Linux，架構在 Linux 核心上的使用者圖形化介面(GUI)，則是採用 Trolltech 公司所推出的產品“Qt/Embedded”。應用程式部份包括：Trolltech 所推出架構在“Qt/Embedded”上的套裝 PDA 軟體“Qtopia”。

### Abstract

The purpose of this paper is to develop a Personal Digital Assistant (PDA) in which the graphic user interface (GUI) mode can be operated. The micro-controller, Samsung S3C2410, and the touch panel, MTLCD-0353224, are used for PDA. ARM920T is the core inside the S3C2410. It is used for running the operating system (OS), device driver, GUI, and the other application program, and so on. The embedded Linux is adopted as the OS. MTLCD-0353224 can display the GUI so that the user can operate the PDA easily. The Qt/Embedded provided by Trolltech is used for GUI.

### 一、緒論

#### 1.1 研究背景

隨著科技的進步，CPU 的運算能力越來越強大，目前已有時脈到達 3GHz 以上的 CPU，幾乎沒有什麼功能是個人電腦做不到的。也因此，個人電腦的發展幾乎已到達飽和，消費者漸漸傾向於外型炫麗、攜帶方便、使用方便的產品，因而促使嵌入式系統興起。

根據英國電機工程師協會所做的定義，【嵌入式系統為控制、監視或輔助設備、機器或甚至工廠運作的裝置】。嵌入式系統它是一種電腦軟體與硬體的綜合體，並特別強調『量身定做』，基於某一種特殊用途，且針對此項用途開發出截然不同的專屬系統出來。「用來執行特定功能」就是嵌入式系統最主要的一項特性。

嵌入式系統和一般桌上型電腦系統一樣，也包含了五大部分：處理器、記憶體、輸出/入介面、作業系統和應用軟體。實際上也可以想像成一個個人電腦的縮小版、精簡版。但是嵌入式系統既然是為特定功能而設計的系統，那麼系統架構必定沒有像個人電腦那般複雜，而且每個系統也有一定的差異性。因此，設計嵌入式系統說難不難，說簡單也不簡單，簡單在於它的架構比個人電腦簡單的多，但難就難在每個嵌入式系統都有其個別的差異性。

#### 1.2 研究動機

個人數位化助理 (Personal Digital Assistant, PDA)，又可稱為掌上型電腦，基本只要具備方便攜帶能隨身記錄訊息或查詢所需資料等個人數位助理功能的機器，我們都稱為 PDA。在各家業者競爭下，PDA 所涵蓋的功能越來越強大，除了專注於「個人資訊」管理如行事曆、聯絡人資料存檔與記事本以外，亦增加其它功能像聽音樂、看影片、字典以及電玩等等。

隨著無線網路的興起，幾乎走到哪裡都能夠上網，因此 PDA 亦增加了收發 E-mail、瀏覽網路、線上市查尋、衛星定位系統、線上更新和應用程式下載等功能，使用者可以跟著自己的需求打造出個人化的 PDA 環境。綜合以上幾點，有些人認為 PDA 前景看好，日後 PDA 的功能一定會越來越豐富，那真的是道道地地的掌上型電腦了。

一般而言，PDA 內置之軟體，均有作業系統，目前嵌入式系統之作業系統有 Linux、WinCE、VxWorks、Nucleus 等等。而 Linux 除了作業系統穩定外，在開放原始碼無需負擔高額授權費的優勢條件下，目前已成為 PDA 業者採用的嵌入式作業系統之一。由於 Linux 開放原始碼，而且功能強大、耐用、穩定，也具有相當優的網路及圖形介面、檔案系統、多功支援等功能，也擁 Windows 以外最多的晶片驅動程式支援，加上為數眾多的開發人員支援、快速漏洞修補及更新、大量和持續改進的開發工具支援，以 Linux 作為 PDA 的嵌入式作業系統將能夠隨時掌握技術發展的最新趨勢，所以此次 PDA 之研製所用之作業系統方面使用了 Linux。

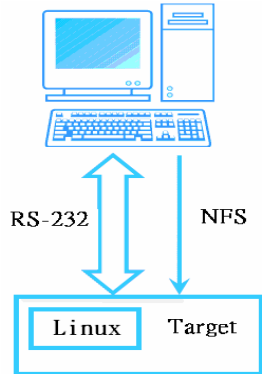
目前在手機或 PDA 上，ARM 核心的使用率占了很大的比例。ARM 系列的 CPU 由於耗電量低，以及擁有不錯的效能，在很多領域中都有著廣泛的應用，所以此次 PDA 所使用的是以 ARM9 為核心的 Samsung S3C2410 微處理器。

### 二、研究方法

本文的主要目的為以 Embedded Linux 為作業系統，開發出一台 Linux 的 PDA。我們要在 Linux 作業系統上面架設一個 Qtopia 的 PDA 軟體，進階在 Qtopia 上面作一些擴充的程式。

首先我們先架設 NFS(Network File System)，NFS 可以讓 Linux 系統透過網路的方式如圖一所示，將遠方的檔案系統 mount 到自己的目錄下，所以在本地端的機器看起來，那個遠端主機的目錄就好像是自己的一個分割槽一樣[1]。在開發初期 NFS Server 是很有用的工具，它可以讓 S3C2410 平台直接執行 PC 硬碟上的程式，而不用每次將程式下載到 RAM，等驗證程式成功之後再把程式下載到 RAM 或燒到 NAND FLASH，這樣可以省去很多開發的時間。

而 Ramdisk 是其中一種在記憶體上實現檔案系統的方法，一般嵌入式系統當中通常沒有硬碟的存在，但是有作業系統就會有檔案系統，因此嵌入式系統就要從記憶體裡面分出一塊區域，來做為檔案系統之用，這個區域就叫 Ramdisk。

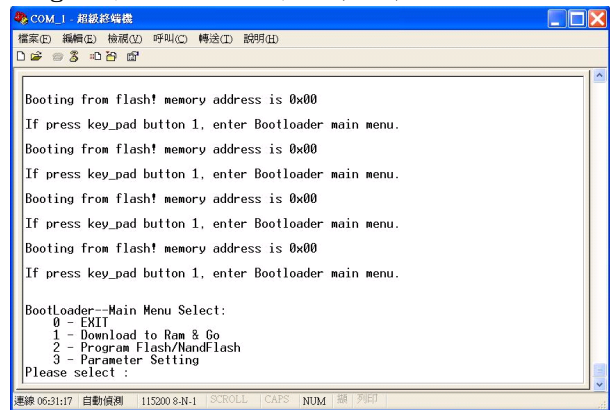


圖一、NFS 結構圖

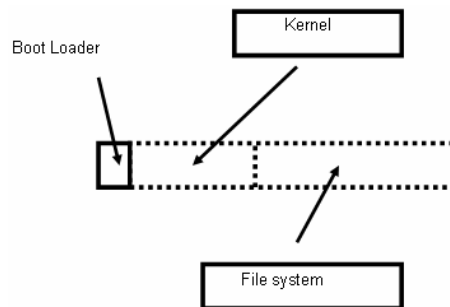
當所有程式開發完畢，最後我們需要讓系統在 Target board 上執行。方法有兩種，第一種是將 Linux kernel image 及 Root File System 下載到 RAM 後直接啟動 Linux[1]；第二種是將 Linux kernel image 及 Root File System 燒錄到 NAND Flash 中，再啟動 Linux。這兩種方法都有一個共同點，就是必需透過 ICE 和 Debug Tool 這兩樣工具，才能將 kernel 下載至 Target 端。但是這樣就產生了一個問題：萬一已經開發完成的 PDA 上市後，發現 kernel 有錯誤或者是不夠完善，那要怎麼讓使用者來更新他們的 PDA 呢？一般使用者不會願意額外花費金錢去購買一套 ICE 和 Debug Tool 而只為了要下載新的 Kernel。針對這個問題，已經有人開發出來相關的軟體了，稱之為 Boot loader 如圖二所示。

所謂 Boot loader 乃是載入各種作業系統核心的程式如圖二所示，它會負責找出系統軟體的起始位置，並將程式從電腦載入至起始位置，然後把工作交給作業系統負責。我們手邊已經有老師提供的 Boot Loader 程式，所以我們只需將它先透過 ICE 和 Debug Tool 燒到 Target 中的 NAND Flash 一小段如圖三，那麼之後要下載的 Kernel 便可透

過終端機和 RS-232 經由 Bootloader 燒到到 Target 的 Nand Flash 中如圖三所示。



圖二、bootloader 啟動畫面



圖三、Boot loader 架構

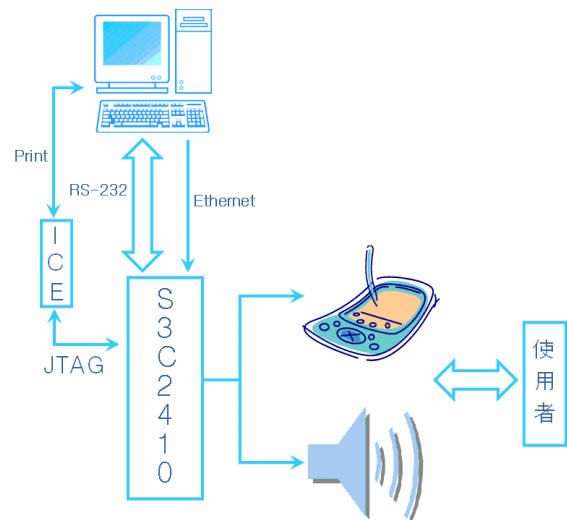
### 三、系統架構

#### 3.1 硬體架構

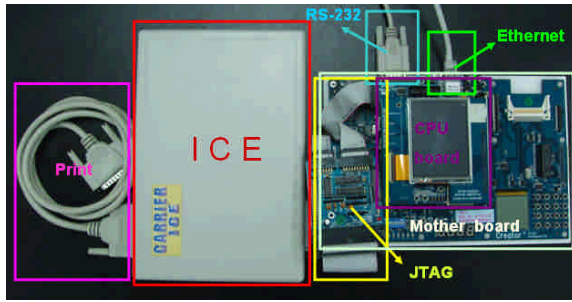


圖四、PDA 整體結構圖

圖四為 PDA 整體結構圖，結構為功能板上主板(S3C2410)，可再加上 Touch Panel 供使用者使用。



圖五、硬體結構圖



圖六、硬體架構

圖五圖六為本系統之 PDA 發展結構圖。嵌入式系統平台上的架構通常很精簡，其發展流程分為「開發端」與「驗證端」。PC 端即為開發端，為編譯和開發 Kernel、GUI 及應用程式的平台，因為它提供較優異的設備及資源，可降低系統開展的時間與困難度。而 Target board 即為驗證端，在開發端編譯和開發好的 Kernel、GUI 及應用程式，可 Download 到 Target board 的 RAM 或者燒錄到 Nand Flash，之後從 Target board 上運行，驗證結果是否正確。

ICE 為模擬 CPU 動作的硬體裝置，是一種極高效率的除錯工具。發展程式時還需要 Debug Tool，它除了偵測邏輯錯誤之外，主要功能便是尋找執行時的錯誤；否則我們只能在程式中加入輸出變數值的指令 `printf()`，來了解程式執行的狀態。

Linux 載入可分動態與靜態載入二種模式，動態載入與靜態載入不同的地方是，動態載入可以在需要時「掛載(`mount`)」[2]，在不需時「卸載(`umount`)」，這樣的好處是節省重新下載整個 Kernel 與應用程式的時間，因為只需將需要的部份 `mount` 就可以了。我們可以利用 NFS Server 動態載入 `zImage`(Linux Kernel)沒有包含的驅動程式及應用程式。靜態載入的方法有數種，例如：配合 ICE 與 Debug tool 所提供的載入/燒錄功能，將 Kernel 與檔案系統透過 JTAG Download 到 Target board 的 RAM 或者燒錄到 Nand Flash。亦可利用上述方法先將 Bootloader 燒錄到 Target board 的 Flash，之後可利用 Bootloader 提供的燒錄功能，將 Kernel 與檔案系統透過 RS-232 燒錄到 Nand Flash 等等。

### 3.2 軟體架構

要在 PC 上開發 ARM 的程式，Cross Compiler 是不可獲缺的重要關鍵。Cross Compiler 的功能就是在某一平台下編譯出不同平台的執行檔，像 `arm-linux-gcc` 就是在 x86 下編譯出 ARM 的執行檔。

要編譯 Linux Kernel Image 之前必須先安裝 Cross Compiler，以提供在編譯時所需的工具，我們在這裡使用的是 GNU 為了 ARM 所做的 Cross Compiler Toolchain。

Linux 作業系統幾乎把每件事物看成檔案，這也包括裝置在內，所有的裝置都可以看成檔案的方式加以存取。相同的裝置若配合不同的驅動程式也會有不同的效果，例如序列埠就可以開啟為

`/dev/ttys0` 和 `/dev/cua0` 等等。

Linux 作業系統將裝置主要分為三類，分別是字元式裝置(character device)、區塊式裝置(block device)和網路裝置三種。字元裝置本身通常只是資料傳送通道，它只能採用循序式(Sequential)的方式來存取操作，意思就是只能像資料流一樣一筆一筆地將資料送到裝置中，而不能隨意地存取自己想要的位址(random access)，例如 RS-232 就是一個很明顯的例子。其它像音效卡、滑鼠、Touch Panel 等等，都是字元式的裝置。

區塊裝置和字元裝置明顯的不同就是區塊裝置可以任意的存取裝置上的任何位置，磁碟就是一個很好的例子。區塊裝置最基本的單位稱之為區塊(block)，通常一個區塊為 1KB 的資料。通常可以掛載一個檔案系統的裝置就是區塊裝置，例如：軟碟、硬碟、記憶卡、RAM 等等。網路裝置較字元和區塊裝置不同的是，網路裝置並不依附在檔案系統中，而是在核心層就直接處理封包的傳遞與接收，因此也不為行程所開啟的檔案所限制。

驅動程式的功能函式(系統呼叫)即類似檔案的操作函式，例如：`open()`、`close()`、`read()`、`write()`等等，都類似於檔案的操作方式。另外，還有一些其包的功能函式，如：`lseek()`是改變檔案的讀寫位置、`ioctl()`則是裝置的專屬命令。

Linux 和驅動程式要辨別不同的裝置，是透過主碼和次碼來辨別，所以建置節點時必需指定：節點名稱、裝置類型、主碼和次碼，例如：`mknod /dev/tsc 130`。

核心是用主碼來識別裝置，再用符合的裝置驅動程式來開啟。次碼是驅動程式內部才會用到，驅動程式利用不同的次碼，來用不同的方式開啟相同的裝置。主碼和次碼必需與向核心註冊過的驅動程式搭配，否則裝置收到錯誤的命令，後果將無法預料[5]。

### 3.3 應用程式

Qt/Embedded 和 Qtopia PDA (Qt Platform Environment)是由 Trolltech 公司所推出如圖七所表示，所有的開發工具和範例程式都是免費的，但商業用的版本要付費。另外，Qt 還支援跨平台的功能，讓同一支程式可以在不同的環境下使用，而且效果幾乎都一樣，Qt/Embedded 的記憶體需求可以從 800KB 到 3MB 之間，開發者可以自由調整[7]。而 Qtopia 是架構在 Qt/Embedded 之上的套裝軟體 PDA，從底層的 GUI 系統、Window Manager 到上層的 PIM、瀏覽器、多媒體..等等，全部一手包辦。

QT Designer 是 Qt 視窗程式設計的工具軟件，如圖八圖九所表示和 Microsoft Windows 視窗程式設計不同，方法比較特殊：

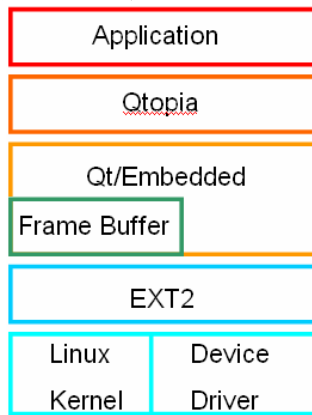
首先用 Qt Designer 劃出視窗圖形，存成 .ui 檔。所有的 .ui 檔在編譯的時候都會產生相同檔名的 .cpp 和 .h 檔，這些檔案裡面包含一些類別(class)，這些類別是和視窗圖形有關。將來寫程

式的時候，可以宣告一個子類別(subclass)去繼承這些和視窗圖形有關的類別，日後要更改視窗時(更改.ui檔)，就不會動到主程式。總而言之，最好不要去直接修改 Qt Designer 所產生的.cpp或.h檔。

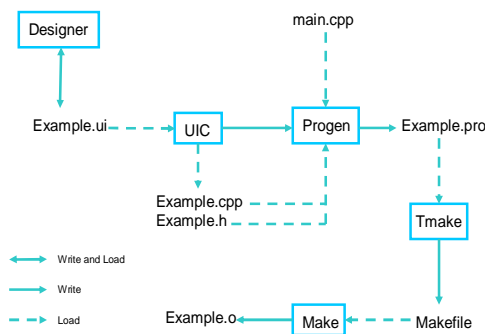
用 progen 程式它會把所要用的 main.cpp、\*.cpp 和 \*.h 建出一個.pro檔，.pro檔是給 tmake 程式用來製作出 Makefile 檔的設定檔。由 progen 程式所產生的.pro檔都是系統預設值，也可以在產生後再修改一下。

有了.pro檔之後，用 tmake 程式產生 Makefile。由於 Qt 支援跨平台的緣故，所以在執行上述指令前要設定好 TMAKEPATH 參數，來決定要產生的 Makefile 檔。

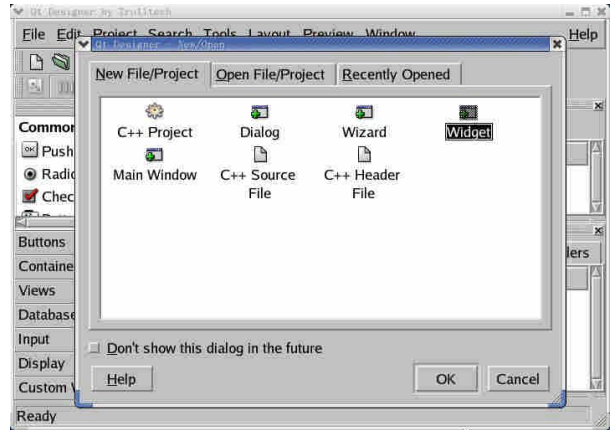
有了 Makefile 之後，就可以開始編譯程式了。產生的執行檔分為兩種，一為動態連結函式庫的執行檔、另一種為靜態連結函式庫的執行檔。通常動態連結的函式庫會放在特定的資料夾裡，例如：/lib、/usr/lib、/usr/local/lib 等等，所以必需設定環境變數 LD\_LIBRARY\_PATH，程式才可以找到所需要的函式庫。



圖七、軟體結構圖



圖八、QT Designer 架構圖



圖九、QT Designer 開啟圖

## 四、系統整合與目前成果

### 4.1 系統整合

當嵌入式硬體尚未準備好或礙於設備不足時，軟體工程師可在 Linux Host 端架設模擬器，模擬器是為了方便設計者除錯、編譯、與執行，更可不受設備有限之因素所影響，除此之外，也替設計者節省不少時間。

安裝模擬器前必須先取得 Qtopia-2.2.0 模擬器安裝程式，由於 Linux 下沒有像微軟般點兩下就可執行安裝程式的執行檔，所以，運用 shell 觀念，從安裝、程式編譯到運行結果只要在 Linux Host 下的終端機輸入幾個方便的指令便可執行並節省冗餘的時間。

為何要使用 shell 呢？因為我們把安裝過程中所需要的繁雜配置，如：環境變數設置、鏈結、編譯甚至運行等等指令都編寫於其中，除其便利性更具省時性。以下為 shell 的特性：

1. 環境變數的設置，可讓 Qtopia 編譯時快速尋找其編譯時所需之相關檔案，並讓編程更加順利。

2. 鏈結，將設計者所開發之程式與模擬器透過軟式連結的方式至 Qtopia 裡的應用程式庫裡，如此可方便程式設計也不會受到 Qtopia 移除的影響。

3. 編譯，除單存編譯開發者程式外還必須把編譯結果複製到 Qtopia 各個相關資料夾如圖檔、h 檔、desktop 檔、\*.o 檔，至 Qtopia 的相關資料夾下。

4. 運行，程式最終莫過於執行結果，一般就微軟程式而言，滑鼠點兩下就可以開啟程式，而 Linux 要開啟 Qtopia 則必須輸入一長串指令才使得開啟，故，運用 shell 的便利性將開啟程式寫於此便可透過 Linux 下的終端機輸入短短的指令即可取代原有開啟的冗長程式。例：原執行指令為”./startdemo - home/path/qtopia/image/opt/Qtopia/demohome - sound system”，現在可用 source 檔名.sh 取代。

在 Qt/Embedded 的原始碼中，\$QTDIR/src/tools 的目錄裡(\$QTDIR 為 Qt/Embedded 的根目錄)，定義了一些標頭檔，名

為 qconfig-mini  
mal.h、qconfig-small.h、qconfig-medium.h、  
qconfig-large.h 及 qconfig-local.h 等等。前面  
幾個標頭檔是 Trolltech 已經預設定義好的功  
能，在組態的時候，即可選擇函式庫要支援的  
多寡，qconfig-minimal.h 所支援的功能最少；  
qconfig-large.h 所支援的功能最多。而 qconfig  
-local.h 則可以讓使用者自行定義所需要的功  
能。

在這些 qconfig-\*.h 檔案中，定義了一些巨  
集，如：

```
#define QT_NO_IMAGEIO_BMP
#define QT_NO_TRUETYPE
```

定義這些巨集表示不使用這些功能，像  
#define QT\_NO\_IMAGEIO\_BMP 代表不支援 BMP 檔  
顯示，所以這些巨集定義的越多，就代表所支  
援的功能越少。在編譯的同時，Qt 會根據  
qconfig-\*.h 檔的內容，去 \$QTDIR/tools/qfeatu  
res.h 檔中比對(此為 Qt/Embedded 的根目錄)，  
來引入不同的標頭檔，如此一來，在編譯函  
式庫的時候，就會根據引入標頭檔的多寡，而  
產生不同的功能[4]。

#### 4.2 目前成果

本系統使用 QT 做出來的一套叫做 Qtopia  
的軟體如圖十圖十一所示，基本上它已經算  
是一個完整的 PDA，我們使用到的版本是  
qtopia-free-2.2.0.tar.gz，包含 Qtopia 的源  
碼、Qt-2.3.12 函式庫和 Qt 的 qmake 的編  
譯器(tmake 為 qmake 的前身)。Qtopia 沒  
有支援 jpeg 的格式，如果要在 Qtopia 加入  
jpeg 的格式就要把該函式庫給編譯進去，  
我們使用的是 jpeg-6b-src。Qtopia 需要  
依靠 Uuid Library 來產生 128 bits 的 UUID  
(universally unique identifier)，否則會  
出現建置、執行時或者連結錯誤，Uuid 在  
e2fsprogs-1.34 裡有提供。要使 Qtopia 支  
援更多功能，就得加入該函式庫至 Qtopia  
中。



圖十、S3C2410 運行 Qtopia 的畫面



圖十一、Qtopia for x86 運行結果

## 五、結論與未來展望

以目前完成度，尚有以下缺陷：

1. GUI 與應用程式因為體積過大，必需透過 NFS Server 掛載運行。解決的辦法為縮減其大小，也就是將不必要的功能刪除。
2. 必需手動運程序，才能啟動 GUI。未來將改成自動運程序，也就是開機即可啟動 GUI。

而未來可以改進及增加的部份為：

1. 採用之 GUI 和應用程式為英文介面，可增加中文介面以便華人使用。
2. 增加無線網路。
3. 此 PDA 僅具備一般常用之功能，未來可進階各項領域；如：VoIP、影音多媒體和家電控制等等。

## 誌謝

本次 PDA 之研製要感謝新華電腦蔡響勇先生的資料提供，以及高應大研究生施亨輝的心得分享。讓我們得以突破瓶頸，達到現今成果。

## 參考文獻

- [1]、Embedded Linux 在 ARM9 S3C2410 上實作 新華電腦股份有限公司 編著 全華科技圖書股份有限公司 印行
- [2]、Fedora Core 4 Linu 實務應用 施威銘 研究室 著
- [3]、鳥哥的 Linux 私房菜 <http://linux.vbird.org/>
- [4]、論文-嵌入式多媒體系統 學生：鄭光輝 指導教授：吳柄飛 國立交通大學電機與控制工程學系
- [5]、LINUX 驅動程式 Alessandro Rubini & Jonathan Corbet 著 林長毅 譯 版本：第二版 O' Reilly 出版
- [6]、Qt 官方網站 <http://www.trolltech.com>
- [7]、摩托學園 <http://people.debian.org.tw/~moto/>