

## USER STORY

MATLAB®  
& SIMULINK®運用 Simulink® 和  
Lyrtech SignalWAVE  
進行衛星定位系統接收器的設計與驗證

陳育暄 國立成功大學電機所博士生

Lyrtech SignalWAVE

目前一般市面所使用的衛星定位系統為美國所發展的全球定位系統，在汽車導航以及個人定位的應用上，均已可提供相當的定位精度。但是在室內或是市區內，由於衛星訊號被遮蔽，能夠接收到的衛星顆數有限，因此很難得到穩定的定位解。而為了解決這個限制，下一代衛星定位系統，如美國未來的全球定位系統將在新發射的衛星上增加新的載波訊號，另外歐盟所發展的衛星定位系統-伽利略，也將採用新的訊號格式，以提供更精確的定位。兩個系統的衛星數量也將由原來的二十幾顆增加到五十幾顆，所以訊號的取得會變得更為容易。在新的訊號格式中，將採用新的調變方式-二進位偏置載頻 ( Binary Offset carrier )，採用這種調變的好處是可增加接收器抗多路徑干擾的能力，以及能夠得到更精確的距離量測量，然而訊號處理的複雜度也隨之增加。

## 背後的挑戰

目前的 GPS 接收器所使用的架構大多是射頻前端、基頻訊號處理器與微控制器，其中射頻前端的功用，是將射頻訊號降頻並轉為數位訊號；而基頻訊號處理器，是將數位訊號解展頻和獲得測距資訊；微控制器則是控制基頻訊號處理器，將其輸出做定位的解算。不過由於 GPS 接收器已經是成熟的技術，射頻前端與基頻訊號器都已成型，而下一代衛星定位系統會採用不同的訊號格式，它需要一個平台可以讓使用者自定基頻訊號處理器與微處理器，共同設計來驗證新的演算法則。

進行下一代衛星定位系統接收器的研究，FPGA/DSP-Based 平台可協助加快設計和驗證流程。研究者可使用FPGA 來設計基頻訊號處理器，而微控制器則可利用數位訊號處理器或是微處理器來設計。但無論是學習使用FPGA 或數位訊號處理器都需要很長的時間；而在設計的流程中，所面臨的困難是如何快速將整個模組架構出來。電路模擬的真實性與電路合成的便捷性，以及偵錯工具的便利性也是設計流程中很重要的一部分。另外一方面，要如何制定 FPGA 與數位訊號處理器之間的介面，也是研究人員所將面臨的重大挑戰。

“我參加了 The MathWorks 所舉辦的網路研討會 “Implementing a GPS Receiver with DSP and FPGA Hardware using Simulink® and Related Tools”，讓我找到了解決方案。”

陳育暄 博士生  
國立成功大學電機所

 The MathWorks

The MathWorks為全球最頂尖提供學界及業界最佳高科技運算分析研發設計平台之最大領導廠商。以MATLAB & Simulink為平台延伸出的數百種相關高效能工具軟體，在數學、運算分析、控制、數位訊號處理、通訊、影像處理甚至是醫學、財務...等領域，則提供了無數的解決方案。

 LYRTECH  
LYRTECH SIGNAL PROCESSING

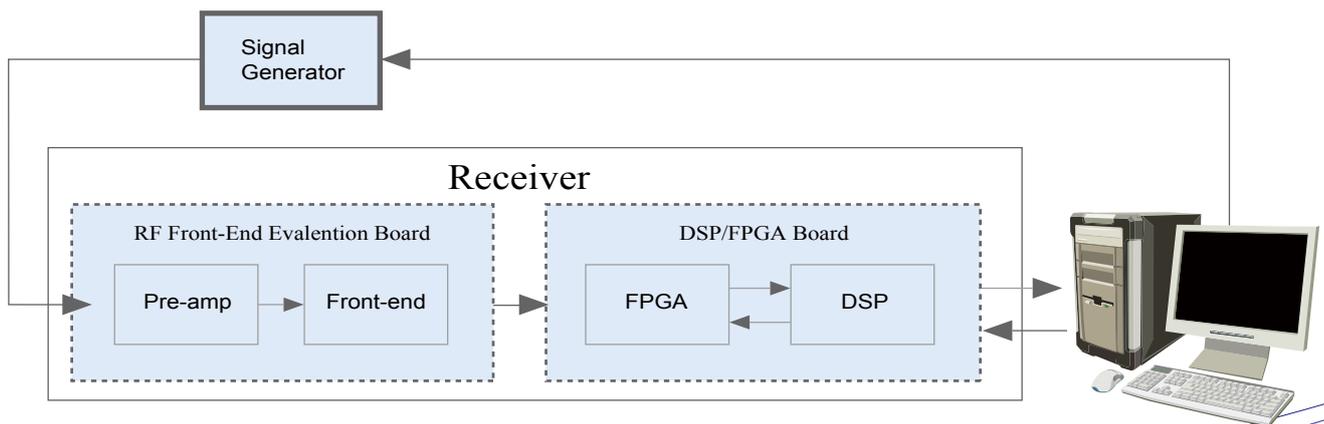
Lyrtech全球數位訊號處理系統的技術先驅及市場領導者之一，提供各種高成本效益的DSP及FPGA整合開發/原型化解決方案，可協助縮短設計週期，提昇開發效率並強化系統效能。除此之外，其解決方案平台同時可與MATLAB & Simulink系統層級設計環境以及Xilinx SystemGenerator for DSP完全整合，構成一個一體成型的完整開發解決方案。

## 成功的契機

採用的解決方案所使用的平台是加拿大 Lyrtech 公司的 SignalWAVE 發展板，SignalWAVE 所採用的硬體架構是 DSP+ FPGA：DSP 是 Texas Instruments TMS320C6713，而 FPGA 為 Xilinx XC2V3000 VirtexII。這樣的平台符合軟體無線電使用者的要求，使用者可以在 FPGA 裡架構重複性高、耗費計算量的部分，另外撰寫訊號處理法則快速的在 DSP 執行，以達到功能與即時的目的。

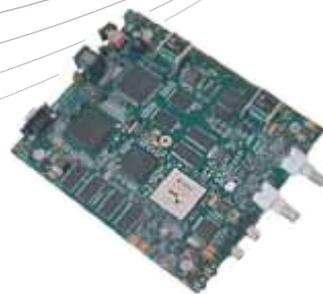
除此之外，此平台最大的好處是搭配了 MATLAB® & Simulink® 的發展環境，從模擬到執行驗證可以進行三個步驟：首先利用 Simulink 所提供的互動式圖形介面，提早模擬法則的運作。更進一步使用 Simulink 中 Xilinx Blockset 建構出數位邏輯電路，且在合成電路之前就進行 FPGA 功能性的模擬，免去合成後電路再偵錯所花的時間。最後在 Simulink 中直接使用 System Generator 連結到 Xilinx ISE Foundation 進行電路合成，減少使用合成軟體的複雜性。另外在 DSP 應用方面，以 Simulink 建構好訊號處理模組之後，接下來使用 Real-Time Workshop® 將 Simulink 的模型自動轉成可在 DSP 執行的 C 程式碼，免除以人工方式編寫程式碼的繁雜和可能發生的錯誤。

而在偵錯的過程中，Simulink 還提供 HIL ( hardware-in-the-loop ) 的功能，將 FPGA 合成出的電路放在 Simulink 做模擬以確認電路是否可行。而在 FPGA 與 DSP 的介面，Lyrtech 公司在 Simulink 內提供 Lyrtech SignalWAVE Blockset 分別在 FPGA 與 DSP 都有連結的方塊方便使用，簡化了溝通介面的設計。在執行時同樣也可使用 Simulink 透過網路線下載到發展板上的 FPGA 與 DSP 來執行，將結果回傳到電腦即時秀出。幾乎所有的動作都在 Simulink 裡完成，極為便利。整個驗證的示意圖如圖一：



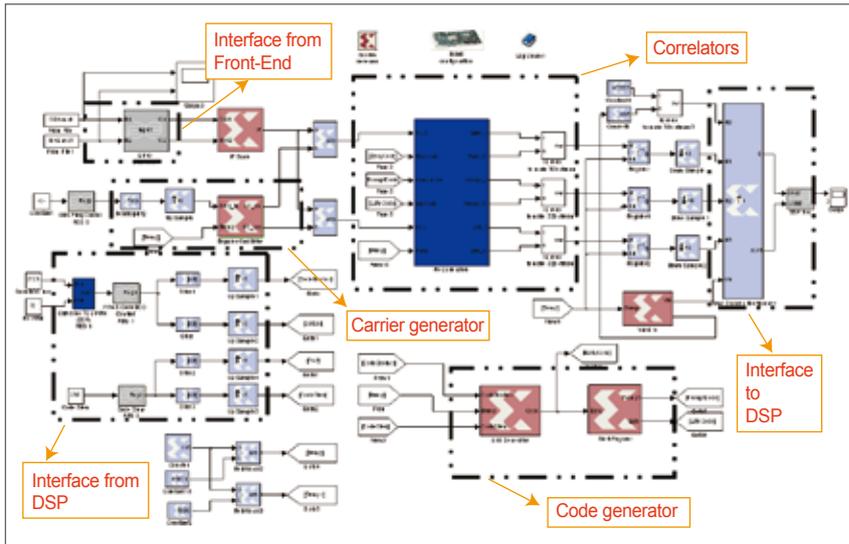
圖一 接收器驗證示意圖

在這個驗證中所使用的訊號產生器是 Agilent E4431B，產生二進位偏置載頻調變的射頻訊號，接下來訊號會由射頻前端模組降頻，以及從類比訊號轉換成數位訊號；數位訊號接進 SignalWAVE 發展板之後，由 FPGA 的 Digital I/O 連接此數位訊號，訊號處理法則就在此發展板裡實現。

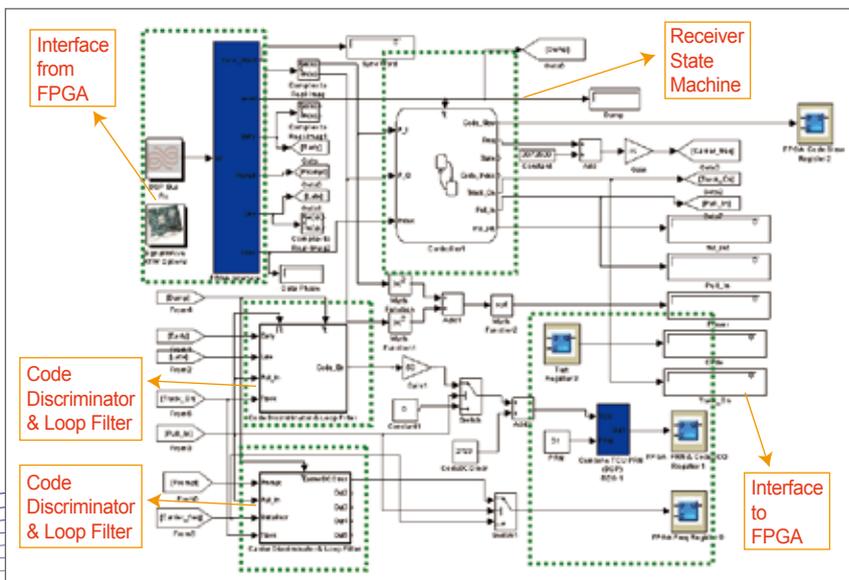


圖二 Lyrtech SignalWAVE

設計的部分分為 FPGA 與 DSP，其中 FPGA 部分的設計如圖三所示，DSP 部分的設計如圖四所示：

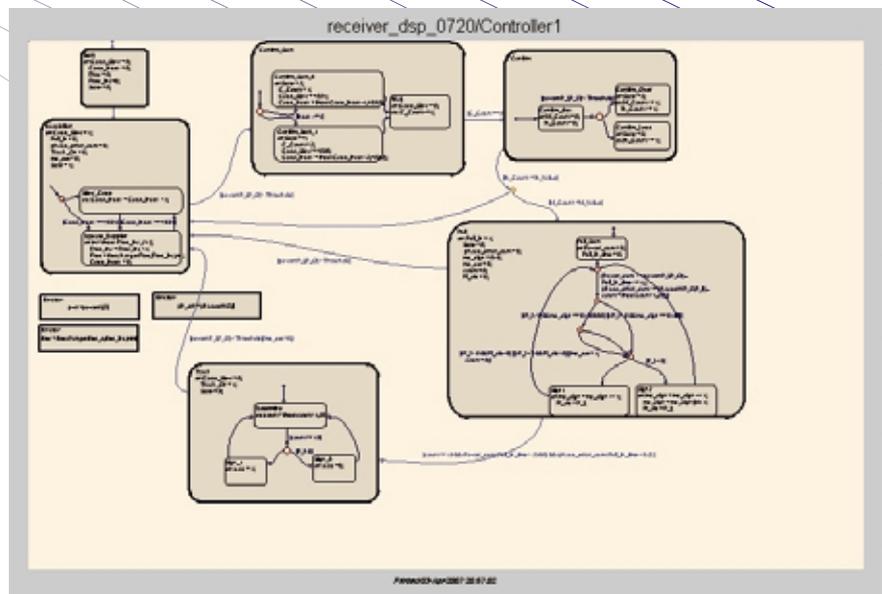


圖三 FPGA 部分



圖四 DSP 部分

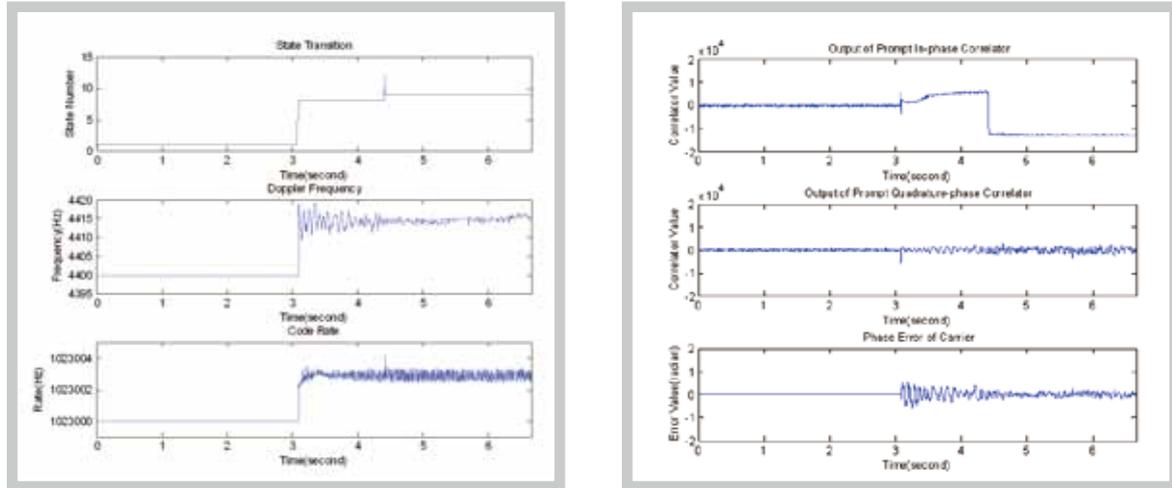
在 DSP 裡的狀態機是使用 MATLAB Stateflow 來規劃，將狀態以流程圖的方式呈現，並可直接編譯成可執行檔，規劃如圖五所示：



圖五 狀態機

## 驚人的成果

將執行後訊號處理結果儲存在電腦後以 MATLAB 來畫出圖形如圖六，可看出訊號的載波以及電碼的頻率都已穩定，資料位元解調完成。



圖六 訊號處理結果

### ■ 大幅縮短系統驗證時間

使用此一解決方案，在短短的三個月內即順利完成下一代衛星定位系統的初期驗證，省下了許多時間，因而能夠投入更多時間專注於演算法則的建立上。

### ■ 減少系統設計的複雜度

由於 MATLAB & Simulink 和 Lyrtech SignalWAVE 設計工具的整合，提供了絕佳的便利性，從系統設計到模擬、驗證，都能在同一個環境下完成，設計的過程變得更為容易，也能夠快速地得到很好的結果。

### ■ 提供良好的性能與可變動性

使用 FPGA 平台來開發系統，在進行驗證時具有相當的彈性，讓未來的發展有無限的可能。



**TeraSoft** 鈦思科技  
www.terasoft.com.tw

## 使用產品

MATLAB®  
Simulink®  
Real-Time Workshop®  
Stateflow®  
Stateflow® Coder  
Lyrtech SignalWAVE

鈦思科技成立於1998年9月，以提供創新、高效率的專業技術支援為經營理念，提供研發導向之專業軟體工具，服務於半導體、控制工程、通訊系統、無線通訊、RF/微波設計、影像處理、量測、光電、生物科技與財務模型分析等領域之高科技研發人員、科學家與工程師。秉持對客戶的承諾，將不斷地追求創新，以豐富與精深的專業知識，提供客戶具前瞻性的解決方案與設計環境，從研發設計周期之分析、架構、模擬、驗證，乃至HDL驗證、硬體實現之完整解決方案。

#### ■ 台北總公司 Head Office

115 台北市忠孝東路六段21號8樓之3  
(遠雄國際金融廣場)  
8F-3, No.21, Sec. 6, Jhongsiao E. Rd.,  
Taipei 115, Taiwan, R.O.C.  
Tel : +886.2.2788.9300  
Fax : +886.2.2788.9308

#### ■ 新竹 Hsinchu Office

300 新竹市公道五路二段176號8樓  
(德安科技園區三期)  
8F, No. 176, Sec.2, Gongdaowu Rd.,  
Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.  
Tel : +886.3.611.5678  
Fax : +886.3.611.5679

#### ■ 台中 Taichung Office

407 台中市中港路三段123號12F-8  
12F-8, No.123, Sec. 3, Taichung Port Rd.,  
Taichung City 407,  
Taiwan, R.O.C.  
Tel : +886.4.2358.7685  
Fax : +886.4.2358.9134

#### ■ 台南 Tainan Office

710 台南縣永康市中華路1-31號8樓  
8F, No.1-31, Jung Hua Road,  
Yung Kang City,  
Tainan County 710, Taiwan, R.O.C.  
Tel : +886.6.313.6725  
Fax : +886.6.313.6704