




Imagination大學計劃


RVfpga-SoC

入門指南

致謝



imagination
university programme



AUTHORS
Prof. Sarah Harris
Prof. Daniel Chaver
Zubair Kakakhel
M. Hamza Liaqat

ADVISER
Prof. David Patterson

CONTRIBUTORS
Robert Owen
Olof Kindgren
Prof. Luis Piñuel
Ivan Kravets
Valerii Koval
Ted Marena
Prof. Roy Kravitz

ASSOCIATES
Prof. Daniel León
Prof. José Ignacio Gómez
Prof. Katzalin Olcoz
Prof. Alberto del Barrio
Prof. Fernando Castro
Prof. Manuel Prieto
Prof. Ataur Patwary
Prof. Christian Tenllado
Prof. Francisco Tirado

Prof. Román Hermida
Cathal McCabe
Dan Hugo
Braden Harwood
Prof. David Burnett
Gage Elerding
Prof. Brian Cruickshank
Deepen Parmar
Thong Doan

Oliver Rew
Niko Nikolay
Guanyang He
Chuck Faber
Brett Thornhill
Daniel Hale
Joshua Blazek
Tiffani Shiels

Sponsors and Supporters



作者

- Sarah Harris教授 (<https://www.linkedin.com/in/sarah-harris-12720697/>)
- Daniel Chaver教授 (<https://www.linkedin.com/in/daniel-chaver-a5056a156/>)
- Zubair Kakakhel (<https://www.linkedin.com/in/zubairk/>)
- M. Hamza Liaqat (<https://www.linkedin.com/in/muhammad-hamza-liaqat-ab73a0195/>)

顧問

- David Patterson教授 (<https://www.linkedin.com/in/dave-patterson-408225/>)

貢獻者

- Robert Owen (<https://www.linkedin.com/in/robert-owen-4335931/>)
- Olof Kindgren (<https://www.linkedin.com/in/olofkindgren/>)
- Luis Piñuel教授 (<https://www.linkedin.com/in/lpinuel/>)
- Ivan Kravets (<https://www.linkedin.com/in/ivankravets/>)
- Valerii Koval (<https://www.linkedin.com/in/valeros/>)
- Ted Marena (<https://www.linkedin.com/in/tedmarena/>)
- Roy Kravitz教授 (<https://www.linkedin.com/in/roy-kravitz-4725963/>)

聯合作者

- José Ignacio Gómez教授 (<https://www.linkedin.com/in/jos%C3%A9-ignacio-gomez-182b981/>)
- Christian Tenllado教授 (<https://www.linkedin.com/in/christian-tenllado-31578659/>)
- Daniel León教授 (<https://www.linkedin.com/in/danileon-ufv/>)
- Katzalin Olcoz教授 (<https://www.linkedin.com/in/katzalin-olcoz-herrero-5724b0200/>)
- Alberto del Barrio教授 (<https://www.linkedin.com/in/alberto-antonio-del-barrio-garc%C3%ADa-1a85586a/>)
- Fernando Castro教授 (<https://www.linkedin.com/in/fernando-castro-5993103a/>)
- Manuel Prieto教授 (<https://www.linkedin.com/in/manuel-prieto-matias-02470b8b/>)
- Francisco Tirado教授 (<https://www.linkedin.com/in/francisco-tirado-fern%C3%A1ndez-40a45570/>)
- Román Hermida教授 (<https://www.linkedin.com/in/roman-hermida-correa-a4175645/>)
- Cathal McCabe (<https://www.linkedin.com/in/cathalmccabe/>)
- Dan Hugo (<https://www.linkedin.com/in/danhugo/>)
- Braden Harwood (<https://www.linkedin.com/in/braden-harwood/>)
- David Burnett (<https://www.linkedin.com/in/david-burnett-3b03778/>)
- Gage Elerding (<https://www.linkedin.com/in/gage-elerding-052b16106/>)
- Brian Cruickshank (<https://www.linkedin.com/in/bcruiksh/>)
- Deepen Parmar (<https://www.linkedin.com/in/deepen-parmar/>)
- Thong Doan (<https://www.linkedin.com/in/thong-doan/>)
- Oliver Rew (<https://www.linkedin.com/in/oliver-rew/>)
- Niko Nikolay (<https://www.linkedin.com/in/roy-kravitz-4725963/>)
- Guanyang He (<https://www.linkedin.com/in/guanyang-he-5775ba109/>)

- Ataur Patwary教授 (<https://www.linkedin.com/in/ataurpatwary/>)
- Chuck Faber (<https://www.linkedin.com/in/chuck-faber-3b502339/>)
- Brett Thornhill (<https://www.linkedin.com/in/brett-d-thornhill/>)
- Daniel Hale (<https://www.linkedin.com/in/daniel-lee-hale/>)
- Joshua Blazek (<https://www.linkedin.com/in/joshuablazek/>)
- Tiffani Shilts (<https://linkedin.com/in/tiffanishilts/>)

表1. RVfpga術語

名稱	說明
課程	
RVfpga	一門介紹如何使用RVfpgaNexys、RVfpgaSim和RISC-V晶片上系統（System-on-Chip，SoC）的課程，內容涵蓋通過新增週邊設備來執行程式和擴展系統（RVfpga實驗1-10），以及通過執行模擬、測量效能、新增指令和修改記憶體系統來探究核心和記憶體系統（RVfpga實驗11-20）。在本課程中，使用者還將學習如何使用RISC-V工具鏈（編譯器和偵測工具）和模擬器、Verilator HDL模擬器，以及Western Digital的Whisper指令集模擬器（Instruction Set Simulator，ISS）。
RVfpga-SoC	一門介紹如何使用SweRV核心、記憶體和週邊設備等構件，從頭開始構建SweRVolfX SoC子集的課程。本課程還介紹如何將Zephyr即時作業系統（Real-Time Operating System，RTOS）載入到SweRVolf上，以及如何基於該作業系統執行包括Tensorflow Lite的hello world範例在內的程式。
核心和SoC	
SweRV EH1 核心	由Western Digital開發的開放原始碼商用RISC-V核心（ https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRV ）。
SweRV EH1 核心組合	一種增加了記憶體（ICCM、DCCM和指令快取）、可編程中斷控制器（Programmable Interrupt Controller，PIC）、匯流排介面和偵錯單元的SweRV EH1核心（ https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRV ）。
SweRVolfX	我們在RVfpga課程中使用的晶片上系統。它是SweRVolf的延伸模組。 SweRVolf （ https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf ）：一種圍繞SweRV EH1核心組合構建的開放原始碼SoC。它增加了開機ROM、UART介面、系統控制器、互連（AXI互連、Wishbone互連和AXI轉Wishbone橋接器）以及SPI控制器。 SweRVolfX ：與SweRVolf相比增加了四個新的週邊設備：GPIO、PTC、另一個SPI，以及用於8位7段顯示器的控制器。
RVfpgaNexys	以Nexys A7電路板及其週邊設備為目標的SweRVolfX SoC。它增加了DDR2介面、CDC（時鐘域交叉）單元、BSCAN邏輯（用於JTAG介面）和時鐘產生器。RVfpgaNexys與SweRVolf Nexys基本相同（ https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf ），只是後者基於SweRVolf。
RVfpgaSim	一種具有測試平台包裝程式和AXI記憶體的SweRVolfX SoC，用於模擬用途。RVfpgaSim與SweRVolf Sim基本相同（ https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf ），只是後者基於SweRVolf。

RVfpga-SoC實驗概述

本RVfpga-SoC課程介紹如何使用提供的構件和基於視覺區塊的設計方法，從頭開始構建RISC-V SoC。構件包括SweRV EH 1 CPU核心、互連、開機ROM、系統控制器和GPIO控制器。使用者使用區塊設計方法建立的SoC是SweRVolfX的子集。後續實驗將介紹如何在SoC上執行程式，將區塊設計SoC與使用FuseSoC構建的SweRVolf進行比較，在SweRVolf上執行Zephyr即時作業系統，以及在SweRVolf上執行Tensorflow Lite Hello-World範例。

RVfpga-SoC實驗已使用以下平台完成建構：

- 作業系統：Ubuntu 18.04 LTS
 - 實驗1和實驗2可以在Windows 10上輕鬆執行。實驗3、4和5僅使用在Linux環境中執行的一些套件。Windows 10使用者可以使用[適用於Linux的Windows子系統](#)執行實驗的模擬部分。
- 硬體目標（可選）：Nexys A7-100T電路板（或Nexys 4 DDR電路板）
- 全系統模擬器：Verilator

在開始RVfpga-SoC實驗之前，必須已按照RVfpga-SoC安裝指南安裝好相關軟體。安裝指南逐一說明了每個實驗的安裝過程。安裝指南的結構如下所示：

- 實驗1的安裝：安裝Vivado 2019.2 Web Pack、纜線驅動程式和Digilent電路板檔案。
- 實驗2的安裝：安裝Visual Studio Code（VScode）、PlatformIO、Verilator版本4.106和GTKWave。
- 實驗3的安裝：安裝FuseSoC和OpenOCD。
- 實驗4的安裝：安裝Zephyr依存檔、west、CMake、PuTTY和Zephyr SDK版本0.12.4。

如果您已完成RVfpga課程，則大部分軟體應已完成安裝。

確保您已將從Imagination大學計劃下載的**RVfpgaSoC**資料夾複製到電腦。我們將資料夾RVfpgaSoC所在的目錄絕對路徑稱為[RVfpgaSoCPath]。最好將RVfpgaSoC資料夾置於主目錄下，即：/home/<username>/RVfpgaSoC

我們提供以下實驗：

- 實驗1：RVfpga-SoC簡介
- 實驗2：在RVfpga-SoC上執行軟體
- 實驗3：SweRVolf和FuseSoC簡介
- 實驗4：在SweRVolf上執行Zephyr
- 實驗5：在SweRVolf上執行Tensorflow Lite

這些實驗介紹如何通過核心和其他構件建立SoC（實驗1），如何使其以FPGA為目標並在新建立的SoC上執行程式（實驗2），如何將基於FuseSoC的SoC（SweRVolf）用於SweRV EH1（實驗3），如何將即時作業系統（RTOS）新增到SweRVolf（實驗4），以及如何在SweRVolf上執行Tensorflow Lite的Hello World範例（實驗5）。

RVfpgaSoC/Labs/資料夾的結構如下：

- **LabInstructions**：每個實驗的說明。
- **LabProjects**：將建立的專案所在的資料夾。

- Lab1：實驗1 Vivado專案的目錄。
 - SweRVolf：實驗3、4和5的目錄
 - **LabResources**：執行實驗時使用的資源。
 - **LabSolutions**：實驗解決方案。
- 講師在向學員分發RVfpgaSoC之前應先刪除此資料夾。