

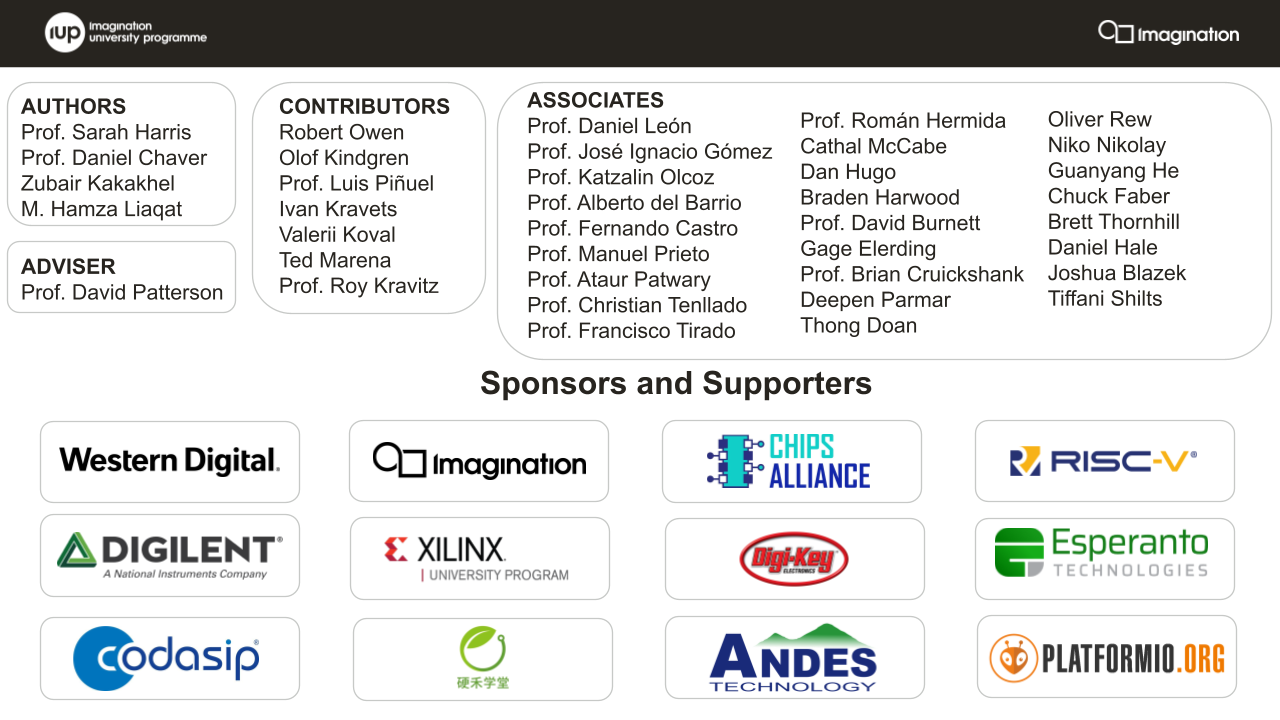
**Imagination大学计划**

**RVfpga-SoC**

**入门指南**

# 

# 致谢



**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/zubairlk/>）
* M. Hamza Liaqat（<https://www.linkedin.com/in/muhammad-hamza-liaqat-ab73a0195/>）

**顾问**

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

**贡献者**

* 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/>）

**联合作者**

* José Ignacio Gómez教授（[https://www.linkedin.com/in/jos%C3%A9-ignacio-gomez-182b981/](https://www.linkedin.com/in/josé-ignacio-gomez-182b981/)）
* Christian Tenllado教授（<https://www.linkedin.com/in/christian-tenllado-31578659/>）
* Daniel León教授（[www.linkedin.com/in/danileon-ufv](http://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/](https://www.linkedin.com/in/alberto-antonio-del-barrio-garcía-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/](https://www.linkedin.com/in/francisco-tirado-fernández-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/](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术语**

|  |  |
| --- | --- |
| **名称** | **说明** |
| **课程** | |
| **RVfpga** | 一门介绍如何使用RVfpgaNexys、RVfpgaSim和RISC-V片上系统（System-on-Chip，SoC）的课程，内容涵盖通过添加外设来运行程序和扩展系统（RVfpga实验1-10）以及通过运行仿真、测量性能、添加指令和修改存储器系统来探究内核和存储器系统（RVfpga实验11-20）。在本课程中，用户还将学习如何使用RISC-V工具链（编译器和调试器）和仿真器、Verilator HDL仿真器以及Western Digital的Whisper指令集仿真器（Instruction Set Simulator，ISS）。 |
| **RVfpga-SoC** | 一门介绍如何使用SweRV内核、存储器和外设等构件从头开始构建SweRVolfX SoC子集的课程。本课程还介绍如何将Zephyr实时操作系统（Real-Time Operating System，RTOS）加载到SweRVolf上，以及如何基于该操作系统运行包括Tensorflow Lite的hello world示例在内的程序。 |
| **内核和SoC** | |
| **SweRV EH1 内核** | 由Western Digital开发的开源商用RISC-V内核  （<https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRV>）。 |
| **SweRV EH1 内核组合** | 一种增加了存储器（ICCM、DCCM和指令高速缓存）、可编程中断控制器（Programmable Interrupt Controller，PIC）、总线接口和调试单元的SweRV EH1内核（<https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRV>）。 |
| **SweRVolfX** | 我们在RVfpga课程中使用的片上系统。它是SweRVolf的扩展。  **SweRVolf**（<https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf>）：一种围绕SweRV EH1内核组合构建的开源SoC。它增加了引导ROM、UART接口、系统控制器、互连（AXI互连、Wishbone互连和AXI转Wishbone桥）以及SPI控 制器。  **SweRVolfX**：与SweRVolf相比增加了四个新外设：GPIO、PTC、另一个SPI以及用于8位7段显示屏的控制器。 |
| **RVfpgaNexys** | 以Nexys A7电路板及其外设为目标的SweRVolfX SoC。它增加了DDR2接口、CDC（时钟域交叉）单元、BSCAN逻辑（用于JTAG接口）和时钟发生器。  RVfpgaNexys与SweRVolf Nexys基本相同（<https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf>），只是后者基于SweRVolf。 |
| **RVfpgaSim** | 一种具有测试平台包装程序和AXI存储器的SweRVolfX SoC，用于仿真。  RVfpgaSim与SweRVolf Sim基本相同（<https://github.com/chipsalliance/Cores-SweRVolf>），只是后者基于SweRVolf。 |

# RVfpga-SoC实验概述

本RVfpga-SoC课程介绍如何使用提供的构件和基于视觉块的设计方法从头开始构建RISC-V SoC。构件包括SweRV EH 1 CPU内核、互连、引导ROM、系统控制器和GPIO控制器。用户使用块设计方法创建的SoC是SweRVolfX的子集。后续实验将介绍如何在SoC上运行程序，将块设计SoC与使用FuseSoC构建的SweRVolf进行比较，在SweRVolf上运行Zephyr实时操作系统，以及在SweRVolf上运行Tensorflow Lite Hello-World示例。

RVfpga-SoC实验已使用以下平台完成构建：

* 操作系统：Ubuntu 18.04 LTS
  + 实验1和实验2可以在Windows 10上轻松运行。实验3、4和5仅使用在Linux环境中运行的一些软件包。Windows 10用户可以使用[适用于Linux的Windows子系统](https://docs.microsoft.com/en-us/windows/wsl/install-win10)运行实验的仿真部分。
* 硬件目标（可选）：Nexys A7-100T电路板（或Nexys 4 DDR电路板）
* 全系统仿真器：Verilator

在开始RVfpga-SoC实验之前，必须已按照RVfpga-SoC安装指南完成相关软件的安装。安装指南逐一说明了每个实验的安装过程。安装指南的文档编排结构如下：

* **实验1的安装：**安装Vivado 2019.2 Web Pack、线缆驱动程序和Digilent电路板文件。
* **实验2的安装：**安装Visual Studio Code（VScode）、PlatformIO、Verilator版本4.106和GTKWave。
* **实验3的安装：**安装FuseSoC和OpenOCD。
* **实验4的安装：**安装Zephyr依赖文件、west、CMake、PuTTY和Zephyr SDK版本0.12.4。

如果您已完成RVfpga课程，则大部分软件应已完成安装。

确保您已将从Imagination大学计划下载的***RVfpgaSoC***文件夹复制到计算机。我们将文件夹RVfpgaSoC所在的目录绝对路径称为[*RVfpgaSoCPath*]。最好将**RVfpgaSoC**文件夹置于主目录下，即：/home/<username>/RVfpgaSoC

我们提供以下实验：

* **实验1**：RVfpga-SoC简介
* **实验2**：在RVfpga-SoC上运行软件
* **实验3**：SweRVolf和FuseSoC简介
* **实验4**：在SweRVolf上运行Zephyr
* **实验5**：在SweRVolf上运行Tensorflow Lite

这些实验介绍如何通过内核和其他构件创建SoC（实验1），如何使其以FPGA为目标并在新创建的SoC上运行程序（实验2），如何将基于FuseSoC的SoC（SweRVolf）用于SweRV EH1（实验3），如何将实时操作系统（RTOS））添加到SweRVolf（实验4），以及如何在SweRVolf上运行Tensorflow Lite的Hello World示例（实验5）。

RVfpgaSoC/Labs/文件夹的结构如下：

* **LabInstructions：**每个实验的说明。
* **LabProjects：**创建的项目所在的文件夹。
  + Lab1：实验1 Vivado项目的目录。
  + SweRVolf：实验3、4和5的目录。
* **LabResources：**实验过程中使用的资源。
* **LabSolutions：**实验解决方案。

**讲师在向学员分发RVfpgaSoC之前应先删除此文件夹。**