

西安电子科技大学计算机科学与技术学院

本科生毕业论文（设计）开题报告

（2019 届）

学生姓名 _____ 杜俊科

专 业 _____ 软件工程

学 号 _____ 19030500215

指导教师 _____ 张剑贤

2023 年 2 月 12 日

（本表一式三份，学生、指导教师、学院各一份）

一、论文名称及项目来源

论文名称: 面向 RISC-V 架构的简易操作系统设计实现

指导教师: 张剑贤

题目类别: () 软件 () 硬件 (✓) 软硬结合

二、研究目的和意义

RISC-V 是一种新兴的开源精简指令集架构, 由加州大学伯克利分校在 2010 年首次发布^[7]. RISC-V 的出现和迅速发展有其必然的原因, 它是建立在现有的体系结构(如 x86、ARM、MIPS 等)经长期发展所暴露出的种种问题之上, 顺应现代信息系统设计需求和体系结构发展趋势而生的。

(1) 现有体系结构往往缺乏开放性, 存在许多知识产权、政治干预等非技术性问题. 例如, Intel 公司持有 x86 架构的专利(1978 年开始), 使用 x86 指令集相关技术需要向其支付高昂的授权费用, 对 x86 指令集的模拟也将引发法律上的争议^[8]. 这种封闭的态势与体系结构发展的开放趋势背道而驰, 抬高了系统研发与成果转化的成本, 阻碍了技术的推广和进步. RISC-V 具有开源、免费、开放、自由的特点, 其基金会总部于 2020 年 3 月正式迁往永久中立国瑞士^[9], 更是释放了坚持服务全世界的信号, 使任何组织和个人都可以不受地缘政治影响、自由平等地使用 RISC-V。

(2) 现有体系结构经过长期发展, 多个版本的迭代, 积累了许多历史遗留问题. 基于各历史版本的技术产品在市场生态中共存, 使得新版本的研发必须考虑向后兼容性, 去支持一些过时的定义和其实不需要的技术特性. 例如, AMD64 是对 32 位 x86 架构的 64 位扩展, 面向 64 位开发与应用环境; 但它同时仍要向后兼容 32 位甚至 16 位的 x86 架构, 使早期 x86 架构下开发的应用同样可以在 AMD64 系统中正常运行. 这种积重难返的状态削弱了现有体系结构的可定制化能

力，难以满足现代信息系统对于多样化的工作环境与功能表现的需求. RISC-V 作为一种从零开始设计的新体系结构，吸收了现有各体系结构优点的同时，去除了对历史遗留问题的顾及和旧有技术的依赖；进一步地，RISC-V 采用模块化设计，并提供大量自定义编码空间以支持对指令集的扩展，从而允许开发者根据资源、能耗、权限、实时性等不同需求，基于部分特定的模块和扩展指令集进行精细化的系统设计研发，体现了强大的系统可定制化能力。

(3) 现有主流架构的文档资源种类繁多、内容冗长，学习与维护的成本较高，使开发者难以在短时间内掌握所需的技术，遇到问题时也不易迅速定位到相关的信息区间. 例如，ARMv8-A 架构的官方手册^[10]仅一卷就多达 8 538 页；相比之下，RISC-V 官方手册仅有两卷 329 页，包括 238 页的指令集手册^[11]和 91 页的特权架构手册^[12]，文档精简，学习门槛更低，更有助于研发团队的不壮大和技术实力的不断进步。

结合当前中美之间的科技战争，RISC-V 架构能完美的承接起对主流指令集（x86，ARM）的替代工作，在国防安全上也具有重大意义。

随着 RISC-V 在国内外的逐渐推广，对于小型的 RISC-V 嵌入式设备，对实用的 RTOS 的需求必然扩大，本毕设就是针对该方向的需求进行研究。

三、国内外研究现状和发展趋势

（一）国内外研究现状

对于 RISC-V 架构的 RTOS，目前国内外已有多家公司或教育机构给出相关产品，比较出名的如下：

1、FreeRTOS



作为老牌的 RTOS, FreeRTOS 是一个很流行的应用在嵌入式设备上的实时操作系统内核，诞生于 2003 年，采用 MIT 许可证发布，他具有以下特点：

- 。设计小巧，整个代码只有 3 到 4 个 C 文件。
- 。可读性强，易维护，大部分的代码都是 C 语言编写，很少的部分采用汇编语言。
- 。支持优先级多线程、互斥锁、信号量和软件计时器，支持低功耗处理以及一定程度上的内存保护。
- 。已经被移植到多款微处理器上。

2、RT-Thread



RT-Thread 是一个集实时操作系统（RTOS）内核、中间件组件和开发者社区于一体的技术平台，……也是一个组件完整丰富、高度可伸缩、简易开发、超低功耗、高安全性的物联网操作系统。诞生于 2006 年。采用 Apache2.0 许可证发布。

- 。面向对象的实时内核。
- 。8, 32 或 256 个优先级的多线程调度。对于同优先级线程使用时间片轮转调度法。
- 。提供信号量，也提供互斥信号量以防止优先级反转。
- 。支持其他高效通信方式，比如邮箱、消息队列和事件标志。
- 。支持静态内存分配方法，也支持线程安全的动态内存管理。
- 。对高层应用提供设备框架。
- 。几乎支持市场上所有主流的 MCU 的 Wi-Fi 芯片。

其它公司的 RTOS 也在蓬勃发展。

（二）发展趋势

从当前的形势来看，RISC-V 目前最大的短板在于基于这一架构的生态发展还处于初级阶段，目前国内正在完善这张“拼图”的玩家尚有一些，如赛昉（SiFive）中国、芯来科技、平头哥、台湾晶心科技（Andes）等，但整体而言生态发展还在起步阶段。根据 Tractica 的预测，基于 RISC-V 的 IP 和软件工具的全球收入将在 2025 年增加到 11 亿美元，高于 2018 年的 5200 万美元。由此可见，对 RISC-V 架构的生态支持研发未来将是一个巨大的蓝海市场。

而在这个市场中，基于 RISC-V 架构的 RTOS 也必将占用一定的份额。据了解，RISC-V 被认为适合应用在 IoT 市场。IoT 的相关设备通常内存较小且需要高度定制，此时一款合适的支持灵活定制的小型模块化 RTOS 必将备受青睐。

四、主要研究内容、要解决的问题及本文的初步方案

主要研究内容：

本文主要研究内容是设计一个简单的 RTOS，首先设计出裸机系统，再逐步添加相应的功能迭代成一个 RTOS，之后利用 QEMU 进行单板模拟跑通系统，之后选择合适的开发板，对其进行移植，直到能在具体的开发板上跑通 RTOS。

要解决的问题：

1. 如何设计一个 RTOS，包括内存管理、任务调度、中断处理等模块。
2. 如何将 RTOS 移植到开发板上，涉及底层的汇编的移植，Bootload 的设计。

初步方案：

1. 跟随 PLCT 实验室汪辰老师的网课《循序渐进、学习开发一个 RISC-V 上的操作系统》学习 RISC-V 汇编编程，QEMU 测试环境的搭建，一个简易 RTOS 的实现。
2. 根据课程写出一个基础的 RTOS，之后结合书本《一个 64 位操作系统的设计与实现》尝试对其进行 64 位扩展，同时对其基础功能进行补充与完善，改进相关的算法及数据结构。
3. 选择合适的 RISC-V 开发板（初步计划为嘉楠科技 K510 开发版）进行 RTOS 的移植。

五、工作的主要阶段、进度和完成时间

2022 年 12 月-2023 年 2 月 完成相应课程的学习，搭建 QEMU 测试平台，实现初版 RTOS。

2022 年 3 月 完成操作系统的改进，同时撰写中期报告及论文初稿。

2022 年 4 月 完成开发板移植工作，同时完善论文。

2022 年 5 月 完善项目及论文。

六、已进行的前期准备工作

1. 课程已学习过半，获得了基础的 RISC-V 汇编编程能力。
2. 搭建好了 QEMU 的测试平台。

七、参考文献

- [1] Liu C, Wu YJ, Wu JZ, Zhao C. Survey on RISC-V System Architecture Research[J]. Journal of Software, 2021, 32(12): 3992-4024(in Chinese)
- [2] Manolis G.H. Katevenis, Robert W. Sherburne, Jr., David A. Patterson, and Carlo H. S'equin. The RISC II micro-architecture. In Proceedings VLSI 83 Conference, August 1983
- [3] David A. Patterson and Carlo H. S'equin. RISC I: A reduced instruction set VLSI computer. In ISCA, pages 443–458, 1981.
- [4] Andrew Waterman. Design of the RISC-V Instruction Set Architecture. PhD thesis, University of California, Berkeley, 2016
- [5] Andrew Waterman. Improving Energy Efficiency and Reducing Code Size with RISC-V Compressed. Master's thesis, University of California, Berkeley, 2011
- [6] A. Waterman and K. Asanovi'c, editors. The RISC-V Instruction Set Manual Volume II: Privileged Architecture Version 1.10. May 2017.

八、指导教师意见

通过

签名 张剑贤

2023 年 3 月 17 日

九、学院审核意见

通过

签名 张剑贤

2023 年 3 月 17 日