

**毕 业 论 文（设计）开 题 报 告**



**论文(设计)题目：**嵌入式实时操作系统设计与验证（基于

Risc-V平台验证）

**学生姓名：** 李轩 **学 号：** 2012001059

**专 业：** 软件工程

**所在学院：** 软件工程学院

**指导教师：** 闵建

**职 称：**

2023 年 12 月 20 日

开题报告填写要求

**1．开题报告（含“文献综述”）作为毕业论文（设计）答辩委员会对学生答辩资格审查的依据材料之一。此报告应在指导教师指导下，由学生在毕业论文（设计）工作前期内完成，经指导教师签署意见及所在专业审查后生效；**

**2．开题报告内容必须用黑墨水笔工整书写或按教务处统一设计的电子文档标准格式打印，禁止打印在其它纸上后剪贴，完成后应及时交给指导教师签署意见；**

**3．“文献综述”应按论文的格式成文，并直接书写（或打印）在本开题报告第一栏目内，学生写文献综述的参考文献应不少于15篇（不包括辞典、手册）；**

**4．有关年月日等日期的填写，应当按照国标GB/T 7408—94《数据元和交换格式、信息交换、日期和时间表示法》规定的要求，一律用阿拉伯数字书写。如“2017年4月26日”或“2017-04-26”。**

**5、开题报告（文献综述）字体请按宋体、小四或五号字体书写，行间距1.5倍（英文字体可采用其它合适的字体，但正文中的英文字体应统一，否则显得凌乱）。**

**6、对每一部分要审清标题，不符合标题的内容不能写入，一定不要把各种材料拿来拼凑某部分的篇幅。**

**7、绝对不能把网上（或书中）材料简单地拷入自己的开题报告（否则一票否决），一定要进行消化整理，用自己的语言，写出相关的内容。**

**8、指称同一概念的名词，全文中使用要统一（如AJAX与Ajax、WEB与Web，只能用其中的一种），以免造成读者的疑问和报告的不规范。**

**9、注意一定用书面语、务必避免口语化倾向，要用客观描述的科技文体，不使用绝对化词语以及夸张的文学词汇及表达，不能有对某种产品的夸张性宣传。**

**毕 业 论 文（设计） 开 题 报 告**

|  |
| --- |
| 1．结合毕业论文（设计）课题情况，根据所查阅的文献资料，每人撰写不少于1500字左右的文献综述： |
| 1. 选题背景和目的   随着物联网和嵌入式系统的快速发展，对于实时性和可靠性要求越来越高的应用程序变得日益普遍。嵌入式实时操作系统作为支持这些应用程序的关键技术之一，起到了至关重要的作用。然而，目前国内在嵌入式实时操作系统设计领域仍存在一定的挑战和问题。  国内嵌入式实时操作系统市场主要依赖于国外商业操作系统，这导致了对于自主设计和研发的需求。虽然一些国内研究机构和企业在实时操作系统方面有一定的研究活动，但在自主设计和验证方面仍然存在较大的欠缺。这使得国内在嵌入式领域的技术和创新受到一定限制。并且部分国内自主研发的实时操作系统体量过于庞大，对于一些资源受限的嵌入式平台不够友好，且对于开发者来说，过于复杂会导致开发成本的提高。  与此同时，RISC-V 架构作为一种简洁、可扩展和灵活的开源指令集架构，在国内也得到了广泛关注和应用。然而，目前在 RISC-V 平台上的嵌入式实时操作系统设计和验证研究还相对较少，缺乏自主设计的解决方案。  因此，本研究旨在探索基于 RISC-V 平台的自主设计的嵌入式实时操作系统，填补国内自主设计的嵌入式实时操作系统的空白。通过深入研究实时操作系统的设计原理和算法，并结合 RISC-V 的特性，我们将开发一个具有实时性和可靠性的嵌入式操作系统，并通过验证实验来评估其性能和可行性。  本研究的主要目的是设计和验证一种基于 RISC-V 平台的自主设计的嵌入式实时操作系统。具体目标包括：  1、分析和研究现有的实时操作系统和 RISC-V 架构的特点，包括其优点和局限性。  2、设计和实现一个针对 RISC-V 平台的自主设计的小巧的嵌入式实时操作系统，具备任务调度、中断处理、资源管理等关键功能，以满足实时应用程序的需求。  3、进行性能评估，比较新设计的实时操作系统与现有商业操作系统在关键指标（如响应时间、任务调度效率、资源利用率等）上的差异。  4、使用实际的嵌入式应用程序对新设计的实时操作系统进行验证，分析其在不同应用场景下的性能和可靠性。  5、探讨新设计的实时操作系统的局限性和改进空间，并提出未来工作的方向。  通过实现上述目标，本研究将为国内嵌入式系统领域的自主设计和创新提供有价值的参考，提升国内在嵌入式实时操作系统领域的技术实力和自主研发能力，推动国内嵌入式行业的发展。   1. 文献综述   嵌入式操作系统在硬件资源受限的嵌入式场景中发挥着重要作用。它的应用领域涵盖了工业控制、航空航天、医疗设备、汽车电子和智能家居等多个领域，为这些领域提供了实时性、可靠性和效能方面的支持。与其他操作系统相比，嵌入式操作系统具有实时性、可裁剪性、可靠性、体积小等特点[1]。  在工业控制领域，嵌入式操作系统被广泛应用于自动化生产线、机械设备和工厂控制系统。它能够实时响应和处理各种传感器和执行器的输入输出，确保生产过程的稳定性和可靠性。同时，嵌入式操作系统还可以提供高度可靠的通信机制，实现设备之间的数据交换和远程监控。  在航空航天领域，嵌入式操作系统被广泛应用于航空电子设备、导航系统和航天器控制系统。它能够处理复杂的飞行算法和导航逻辑，实时监测飞行状态并做出精确的控制决策。同时，嵌入式操作系统还需要具备高度的可靠性和容错性，以应对严苛的航空航天环境和安全要求。  此外，嵌入式操作系统还在医疗设备、汽车电子和智能家居等领域发挥着重要作用。在医疗设备中，嵌入式操作系统能够实现实时监测和控制，确保医疗设备的安全和有效运行。在汽车电子领域，嵌入式操作系统用于管理车载系统、驾驶辅助系统和车联网功能，提供安全、智能的驾驶体验。在智能家居领域，嵌入式操作系统能够实现家庭设备的联网和智能化控制，提供便利、舒适的居家环境。  目前国外主流的嵌入式操作系统主要有VxWorks、Linux、Windows CE三种。这三种操作系统在实时性能、开发环境和适用领域等方面存在差异。VxWorks在实时性和嵌入式调试工具方面表现突出，适用于高实时性要求的领域，但需要付费购买许可证且学习曲线较陡；Linux具有精简的内核和广泛的适用性，适合多种体系结构和嵌入式应用开发，但实时性能相对较弱且学习难度较大；Windows CE作为商用嵌入式系统，提供稳定性和可视化开发环境，但需要购买许可证，开发者的定制能力有限且对硬件资源消耗较大[2]。因此，国内迫切需要一款自主开发的轻量级嵌入式实时操作系统，它应当具备小体积、高实时性和易上手等优势。  当前，ARM公司的Cortex系列和A系列处理器架构是嵌入式平台上的主流芯片架构。然而，与此同时，RISC-V架构也正在迅速崛起。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[3]。RISC-V架构具有开源、免费、开放和自由的特点，它的出现是为了解决现有体系架构长期发展中出现的各种问题，并满足现代信息系统设计需求和体系结构发展的要求[4]。RISC-V采用模块化设计，并提供丰富的自定义编码空间和指令集扩展能力，具备强大的系统定制化能力。与ARM相比，RISC-V的文档内容更为精简，仅有两卷329页，包括238页的指令集手册[5]和91页的特权架构手册[6]。相较于ARM冗长的手册[7]，更易于学习和上手。  因此，基于以上优点，本课题决定基于RISC-V架构的Soc开发嵌入式实时操作系统。目前开发操作系统使用的方式主要是C语言[8]辅以少量的汇编语言。这是因为C语言可以提供较为底层的硬件控制。诸如VxWorks、FreeRTOS等知名操作系统都是由C语言开发。但C语言也存在一些安全隐患。业界表示，约70%的安全漏洞是由于内存问题[9]。这主要是因为C语言实现内存操作的方式很容易导致缓存泄漏或者控制流攻击[10]。因此，也有部分操作系统选择使用Rust语言[11]来进行编写。Rust语言是一个专注于安全和效率的开源编程语言[12]。使其适用于系统编程的原因是它没有运行时和垃圾回收机制。此外，Rust已被证明具有类型安全性和内存安全性[13]。一些由Rust编写的嵌入式操作系统有Redox、Hubris、Tock等[14]。  考虑到C语言在当下操作系统中使用的广泛性以及本人对这两种语言的了解程度，最终决定使用C语言来完成本课题的开发工作。本课题将使用RISC-V汇编语言和C语言，通过RISC-V编译工具链中的GCC将源程序翻译成目标代码。该过程直接影响了处理器系统的整体性能[15]。所以要对GCC参数进行相应的优化。   1. 参考文献 2. 姚锡忠.嵌入式操作系统的现状及发展趋势[J].中国新技术新产品,2009(23):38. 3. 刘海丹,吴砚锋.几种常用嵌入式操作系统的对比分析[J].移动通信,2012,36(S1):78-81. 4. Waterman A,Lee Y,Patterson DA.The RISC-V Instruction Set Manual,Volume I:Base User-Level ISA.Vol.1.2011. 5. 刘畅,武延军,吴敬征等.RISC-V指令集架构研究综述[J].软件学报,2021,32(12):3992-4024.DOI:10.13328/j.cnki.jos.006490. 6. Waterman A,Asanovic K.The RISC-V Instruction Set Manual,Volume I:Unprivileged ISA.Vol.1.Si Five Inc.,2021. 7. Waterman A,Asanovic K,Hauser J.The RISC-V Instruction Set Manual,Volume II:Privileged Architecture.Si Five Inc.,2021. 8. Arm®Architecture Reference Manual.Armv8,for A-profile architecture.ARM Developer.2021.http://developer.arm.com.jit.vpn358.com/documentation/ddi0487/latest 9. Kernighan BW,Ritchie DM.The C Programming Language.Englewood Cliffs,NJ:Prentice Hall,1978. 10. Thomas, G. A Proactive Approach to More Secure Code. Available online: https://msrc-blog.microsoft.com/2019/07/16/a-proactive-approach-to-more-secure-code (accessed on 22 September 2022). 11. Walls, R.J.; Brown, N.F.; Le Baron, T.; Shue, C.A.; Okhravi, H.; Ward, B.C. Control-flow integrity for real-time embedded systems.In Proceedings of the 31st Euromicro Conference on Real-Time Systems (ECRTS 2019), Stuttgart, Germany, 9–12 July 2019. 12. Klabnik S,Nichols C.The Rust Programming Language.2018.http://doc.rust-lang.org.jit.vpn358.com/book/ 13. Mozilla Welcomes the Rust Foundation. Available online: https://blog.mozilla.org/en/mozilla/mozilla-welcomes-the-rust-foundation (accessed on 22 September 2022). 14. Balasubramanian, A.; Baranowski, M.S.; Burtsev, A.; Panda, A.; Rakamaric, Z.; Ryzhyk, L. System programming in rust: Beyondsafety. In Proceedings of the 16th Workshop on Hot Topics in Operating Systems, Whistler, BC, Canada, 7–10 May 2017;pp. 156–161. 15. Culic, Ioana et al. “A Low-Latency Optimization of a Rust-Based Secure Operating System for Embedded Devices.” Sensors (Basel, Switzerland) 22 (2022): n. pag. 16. 陈欣，吴伟，陶秋铭，等.面向C4350AL处理器的GCC移植与优化[J].计算机系统应用，2015,24(9):171-175. |

**毕 业 论 文（设计） 开 题 报 告**

|  |
| --- |
| 2．本课题要研究或解决的问题和拟采用的研究手段（途径）： |
| 一、本课题研究目标  本课题旨在在RISC-V平台上设计一个高效、可靠的嵌入式实时操作系统，以满足实时应用的需求。该操作系统应具备任务调度、中断处理、内存管理、设备驱动和通信等关键功能，同时考虑资源利用效率和响应性能。   1. 关键技术和难点 2. 内存管理和保护机制：内存管理可以通过维护链表或其他数据结构来跟踪可用内存块的分配和释放。通过链表，可以有效地管理内存的分配和回收，确保内存的高效利用和避免内存泄漏。同时，利用虚拟内存技术，实现内存的隔离和保护。通过虚拟内存管理，可以限制进程之间的内存访问，防止越界访问和非法内存操作。此外，可以利用处理器提供的硬件级别的内存保护功能，来提高安全性和可靠性。 3. 中断处理和硬件接口：中断处理可以通过操作系统在S模式下设置中断向量表，将不同类型的中断映射到相应的中断处理函数。当发生中断时，处理器会根据中断向量表中的映射关系，将中断请求定向到相应的处理函数进行处理。在硬件接口的开发中，首先需要了解目标开发板的硬件架构和相关接口信息。然后，根据硬件规格和需求，开发相应的驱动程序来与硬件进行交互。   **要求：找出那些对完成课题而言最困难、最紧要的问题，简单概述自己准备用什么技术或方法去解决这些问题。这部分只需列出最主要的几点（3-4个比较适中），每个问题用三、四行字概述即可。**  三、现有的研究基础  **要求：围绕自己的研究课题，所有与之相关的、自己过去所做过的工作（包括研读相关文献和预研部分所做的准备工作）都可以写进去，要使读者感到你有着比较好的研究基础，因此是有能力完成课题所提出的任务的。**  四、实施方案  **要求：该部分是开题报告最核心的部分，至少写4页以上。根据课题研究目标，在分析的基础上给出具体的实施方案。方案要按top-down的方式写，即先论述总体，再论述分项。方案中要给出自己设计的框架图及流程图，一般来说图越多，越有利于读者了解你的研究思路。对实施方案中的各个分项（或子系统或模块），要给予具体的设计描述（尽可能用图加以辅助说明），说明内容应尽可能详细，便于读者了解你解决问题的思路。**  **如果任务是开发系统，则需先给出系统的总体结构；之后把系统进行分块（一般按子系统或模块分（数据库设计也可以作为一个模块），块数较多时可适当整合，一般3-5块较为适中）；再给出各个子系统或模块的设计方案（要有图），几个块综合起来就成为一个整体的解决方案。**  **对于每个子块，都要再细分到子子模块，并概要阐述一下这些子模块的处理方法。总的目标是能让读者感到：你提出的这个方案是精心考虑过的，在技术上是完全站得住脚的，按照你所给出的这个方案去实施，是能够完成课题所提出的任务的。**  **请特别注意：为毕业设计尽量能够符合复杂工程方面的要求，对于做系统开发的同学，这部分中必须有至少5个处理流程图满足下述条件：每个图中均有至少15个矩形处理框；对于做科学研究的同学，自己必须有创新性的算法或设计，不能仅仅是实现他人的算法。无论哪种情况，如果不满足上述要求，开题报告将不会通过。**   1. 可行性分析   **要求：对本研究工作有利的一切主客观条件都可以写在其中，但要注意不要与第三部分现有的研究基础的内容重复。主要需说明，你的设计、实现思路为什么是可行的？对技术上可能出现的障碍，你有什么办法去克服？你准备采取何种措施，以确保本课题任务的顺利完成？总的目标仍然是让读者感到：对于完成课题所提出的任务，在主客观方面都已经不存在任何障碍了。** |

**毕 业 论 文（设计） 开 题 报 告**

|  |
| --- |
| **指导教师意见：** |
| 1．对“文献综述”的评语：  2．对本课题的深度、广度及工作量的意见和对论文（设计）结果的预测：  3.是否同意开题：□同意 □不同意  　　　　　　　　　　　　　　　　指导教师：  202 年 月 日 |
| 所在专业审查意见：  　　　　　　　　　　　　　　　　负责人：  202 年 月 日 |