北京理工大學

本科生毕业设计（论文）

开题报告

rCore 模块化改进的设计与实现

Design and implementation of modular improvement of rCore

学　　院：　　计算机学院

专　　业：　　计算机科学与技术

班　　级：　　07111703

学生姓名：　　石文龙

学　　号：　　1120173592

指导教师：　　陆慧梅

一、选题依据

（简述该选题的研究意义和背景，国内外研究概况和发展趋势等）

操作系统是计算机的灵魂，目前国外操作系统品牌几乎垄断了巨大的中国市场，其中在桌面端、移动端的市占率分别超过 94.75%、98.86%。根据 Gartner 的统计数据，2018 年中国的操作系统市场容量在 189 亿以上，其中国外操作系统品牌几乎在中国市场处于垄断地位。截至 2019 年 8 月，在中国的桌面操作系统市场领域，微软 Windows 的市占率 87.66%，苹果 OSX 的市占率为 7.09%，合计为 94.75%;在中国的移动操作系统市场领域，谷歌 Android 的市占率为 75.98%，苹果 iOS 的市占率为 22.88%，合计为 98.86%。

虽然当前中国的操作系统市场依旧是微软的 windows+intel 占据了主导地位，但是 windows 的闭源架构正面临着以 linux 为代表的开源操作系统的挑战。中国的操作系统国产化浪潮起源与二十世纪末，目前正依托于开源操作系统的开源生态以及政策东风正在快速崛起，涌现出了中标麒麟、银河麒麟、深度 Deepin、华为鸿蒙等各种国产操作系统。

所以在这个时期，我们进行操作系统的学习和研究是非常可行的。但是由于随着操作系统的功能实现的增多，其复杂程度也在增加；并且在对操作系统的学习过程中，因为各个章节是被 git 分支隔离开的，所以完成前一个章节的实验后，在下一个章节有关

前一个章节的实现内容需要复制代码过来，同样的代码用一次就需要写一次，并且如果改了某一章节的内容，后续的所有章节相同的地方都需要重新改一边，代码的复用性非常不好。

rust 的模块化编程就能很好的解决上述问题，之前做不同章节的课后实验需要切换到对应的 lab 分支去写代码，现在只需要封装一个 crate 加入 workspace 就可以了，之前每个实验都会有大量的代码需要重复的写在每一个章节中，模块化之后这些重复的代码就可以直接引用了，大大提高了代码的复用性。防止修改了某一模块的内容，但是后续章节没有修改造成的错误出现，减少了开发者出错的可能性。

二、研究目标和内容

（研究目标、主要内容及关键问题等）

研究目标：在实验室工作的基础上，实现对于 rcore 内核模块化的改进与优化。主要完善实验室现

有的模块化的 rcore 操作系统内核，针对现有的 rcore 操作系统内核模块化，提出了针对每一个章节模块

的独立测试增加单元测试用例和在用户态对每一个模块进行单元测试的优化方向。

主要内容：首先需要了解 rust 语言的使用和 RISC-V 架构，并且完成用 rust 写操作系统内核的 5 个实验，理解实验室当前对内核模块化的成果，在当前成果的基础上各个章节的模块进行内核态和用户态的单元测试。

三、研究方案

（拟采用的研究方法、技术路线、实验方案及可行性分析等）

3.1 已有工作

目前实现的模块化，主要有在所有的章节中复用的代码形成了单独的 package，各个章节对于这些复用的代码只需要在 cargo.toml 的依赖中添加上需要使用到的 package 就可以了，不需要再像之前一样需要将这些已经写过的代码在每一章节中都重新写一遍。

成功利用了 rust 语言的 workspace 和 crate，使得每一个章节是一个预期目标不同的 package，做不同的章节的实验的时候，只需要封装一个 crate 到对应的 package 中，然后在运行的时候运行指定的 package 就可以了，不需要像之前一样做不同章节的课后实验需要到不同的分支中写代码。

并且实现了系统调用接口的模块化，即系统调用的分发封装到一个 crate 中，这个 crate 就是 syscall/src/kernel/mod.rs。使

得添加系统调用的模式不是为某个 match 增加分支，而是实现一个分发库要求的 trait 并将实例传递给分发库。

3.2 改进方向

首先，针对目前实验室的版本只是实现了操作系统内核模块化的基本功能的问题，增加了每个章节的模块化完成之后的单元测试。增加了单元测试之后，我们能够能够进行小而集中的测试能够在隔离的环境中一次测试一个模块或者测试模块的私有接口，能够更加方便的检测出来是代码的哪个模块甚至是哪个函数出了问题。

继续完善 rcore 操作系统内核的模块化，对已经存在的模块化进行自己的改进，可以在分析了已有模块接口的优缺点的基础上，只进行模块接口定义的改进；也可以对模块的实现方法进行改进，并且通过测试来分析自己的实现与已有模块的实现相比有哪些优缺点。

3.3 各章节单元测试

在 Rust 中一个测试函数的本质就是一个函数，只是需要使用 test 属性进行标注或者叫做修饰，测试函数被用于验证非测试代码的功能是否与预期一致。在测试的函数体里经常会进行三个操作，即准备数据/状态，

运行被测试的代码，断言结果。

在各章节的 src 目录下，每个文件都可以创建单元测试。标注了 #[cfg(test)] 的模块就是单元测试模块，它会告诉

[Rust]只在执行 cargo test 时才编译和运行代码。在 library 项目中，添加任意数量的测试模块或者测试函数，之

后进入该目录，在终端中输入 cargo test 运行测试。

但是，我们的内核是一个 no_std 应用，没有标准库，而 rust 的测试框架会隐饰的调用 test 库，而 test

库使依赖标准库的，所以我们的内核无法使用默认框架。

因此我们需要自定义测试框架，并且幸运的使 Rust 支持通过使用不稳定的自定义测试框架来代替默认的

测试框架，而且该功能不需要额外的依赖库，因此在我们的 no_std 内核中可以使用。它的工作原理是收集所有

标注了#[test_case]属性的函数，然后将这个测试函数的列表作为参数传递给用户指定的 runner 函数。因

此，它实现了对测试过程的最大控制。

完成了自定义测试框架之后，我们现在在_start 函数结束之后进入了一个死循环，在每次运行完 cargo

test 后需要我们手动瑞出 QEMU，非常麻烦。幸运的是 QEMU 支持一种名为 isa-debug-exit 的特殊设备，

它提供了一种从客户系统（guest system）里退出 QEMU 的简单方式。我们可以通过将配置关键字

package.metadata.bootimage.test-args 添加到我们的 Cargo.toml 中来达到目的。

要在控制台上查看测试输出，我们还需要以某种方式将数据从内核发送到宿主系统，发送数据的一个简

单的方式是通过串行端口，QEMU 可将通过串口发送的数据重定向到宿主机的标准输出或是外部文件中。并且

为了查看 QEMU 的串行输出，我们需要使用-serial 参数将输出重定向到 stdout。同时为了在 panic 时使用错

误信息来退出 QEMU，我们可以使用条件编译在测试模式下使用不同的 panic 处理方式。由于我们使用 isa-

debug-exit 设备和串行端口来报告完整的测试结果，所以

我们不再需要 QMEU 的窗口了。我们可以通过向

QEMU 传递-display none 参数来隐藏弹出的窗口。

完成上述功能后我们已经有了一个可以工作的测试框架了，我们可以为我们的 VGA 缓冲区实现创建一些

测试。

3.4 实施技术方案所需的条件

Ubuntu 虚拟机

Rust 版本管理器 rustup 和 Rust 包管理器 cargo

QEMU 7.0 模拟器

VSCode

四、研究计划及进度安排

12.23-12.30

了解课题研究内容，撰写开题报告

12.30-1.10

实现现有的模块化 rcore 内核

1.10-1.17

测试 console 模块的 test_log 函数能否打印出设定的信息，测试 print 宏和 println 宏,并写实验文档

1.17-1.24

测试 linker 模块的 fmt 和 next 函数,kernel-context 模块的 execute，new，

aligned_size 函数，multislot_portal.rs 中 calculate_size，init_transit 函数，lib.rs 中 empty,user,thread,x,x_mut 等读取修改函数，move_next，execute，build_sstatus 函数，syscall 模块的 handle 函数

1.25-2.2

测试 kernel-alloc 中 alloc 函数,kernel-vm 中 mapper.rs 中 new，ans，arrive，meet，block 函数，mod.rs 中 new root_ppn root map_extern maptranslate cloneself fmt 函数，visitor.rs 中 new ans arrive meet block 函数。

2.3-2.10

测试 task-manager 中 id.rs 进程和线程 new from_usize get_usize 函数，proc_manage.rs 中 new find_next set_managermake_current_suspend make_current_exitedadd current get_task wait 函数，proc_rel.rs 中 new add_child del_child wait_any_child wait_child 函数，以及线程中与进程相同的函数。

2.11-2.18

测试 easy-fs 中 bitmap.rs 中 decomposition new alloc dealloc 函数 block_cache.rs 中 new addr_of_offset get_ref get_mut readmodify sync get_block_cache block_cache_sync_all 函数，efs.rs 中 create open root_inode get_disk_inode_posget_data_block_id alloc_inode alloc_data dealloc_data 函数，file.rs 在 new lenread_write readable writable read write 函数，layout.rs 中 fmt initialize is_valid initialize is_dir is_file

data_blocks _data_blocks total_blocks blocks_num_needed get_block_id increase_size clear_size read_at write_at 函数和 DirEntry 结构中的函数

2.19-2.28

测试 signal-impl 的 default_action.rs 中 from into 函数，lib.rs 中 new fetch_signal fetch_and_remove，from_fork is_handling_signal set_action，get_action_ref update_mask handle_signals sig_return 函数，signal_set.rs 中 SignalSet 结构中的函数。

3.1-3.7

测试 sync 中 condvar.rs 中 new signal wait_no_sched，wait_with_mutex 函数，mutex.rs 中 new lock unlock 函数，semaphore.rs 中 new up down 函数，up.rs 中 new enter exit 函数 UPIntrFreeCell 结构中 new exclusive_access exclusive_session 函数。

3.8-5.1

分析各模块接口的优缺点后修改模块的接口

5.1-6 月初

完成毕业论文，参加答辩

五、创新点及预期研究成果

本项目基于实验室的 rcore 操作系统内核的模块化，创新点在于增加了每一章的用户态和内核态的单元测试。

研究成果为：一篇毕业论文，一份软件成果。

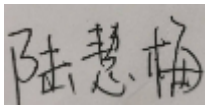
六、参考文献

[1]杨德睿 单核环境的模块化 Rust 语言参考实现

[2]guomeng.2021 年操作系统的商业化应用 国内操作系统现状与前景分析.//2021 年 10 月 20 日中研网

[3]洛佳 使用 Rust 编写操作系统（四）：内核测试.//2019 年 11 月 07 日知乎

七、指导教师意见

签字： 

年 月 日

成绩：，占比：

八、开题审核负责人意见

签字：