哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHENZHEN

实验四　数据库系统功能实现

2024秋

本学期实验总体安排

本学期实验课程共 16 个学时，3个实验项目，总成绩为 30 分。

实验项目	MySQL及SQL的使用		数据库设计	数据库系统功能实现	
学时	2	2	4	4	4
分数	8		8	14	

目录

实验目的

- 掌握缓冲池管理中的页面调度策略LRU算法。
- 学习并实现磁盘存储管理器、缓冲池替换策略，以及缓冲池管理器。
- 理解记录管理器的工作原理及其在数据库中的作用。
- 掌握定长记录的组织形式和记录操作的实现。

实验环境

- 操作系统：Ubuntu 18.04 及以上(64位)
- 编译器：GCC
- 编程语言：C++17
- 管理工具：cmake
- 推荐编辑器：VScode

```
 ____   _    _  ____ ____     _     ____  _____
|  _ \| |  | |/ ___| __ )   / \   / ___|| ____|
| |_) | |  | |   |  _ \ / _ \ \___ \|  _|
|  _ <| |_| | |___| |_) / ___ \ ___) | |___
|_| \_ \___/ \____|____/_/   \_\____/|_____|
```

链接：GitHub - ruc-deke/rucbase-lab: RUC Educational Database Project open lab

实验内容

		需编码的文件	测试文件	分值
任务一：缓冲池管理器	任务1.1 磁盘存储管理器	src/storage/disk_manager.cpp	src/test/storage/disk_manager_test.cpp	10
	任务1.2 缓冲池替换策略	src/replacer/lru_replacer.cpp	src/test/storage/lru_replacer_test.cpp	20
	任务1.3 缓冲池管理器	src/storage/buffer_pool_manager.cpp	src/test/storage/buffer_pool_manager_test.cpp	40
任务二：记录管理器	任务2.1 记录操作	src/record/rm_file_handle.cpp	src/test/storage/record_manager_test.cpp	30
	任务2.2 记录迭代器	src/record/rm_scan.cpp		

rucbase-lab/docs/Rucbase-Lab1[存储管理实验文档].md

实验步骤

环境准备（3选1）

1、可参考官方文档进行安装配置：Rucbase环境配置文档及Rucbase使用文档

2、可使用实验室的机器进行开发测试

3、可使用老师提供的虚拟机进行开发测试（推荐）

实验步骤

了解框架代码

Rucbase项目结构.pdf

RMDB项目结构详解

实验步骤

了解本次实验任务

Rucbase-Lab1[存储管理实验文档]

本实验要求依次完成三个子任务，实现DiskManager、Replacer、BufferPoolManager类的接口。

实验步骤

开发

任务1.1 磁盘存储管理器

本任务要求补全DiskManager类，其负责读写指定页面、分配页面编号，以及对文件进行操作。

`DiskManager` 类的接口如下：

```
class DiskManager {
   public:
    explicit DiskManager();        // Constructor
    ~DiskManager() = default;    // Destructor
    // 读写页面
    void write_page(int fd, page_id_t page_no, const char *offset, int num_bytes);
    void read_page(int fd, page_id_t page_no, char *offset, int num_bytes);
    // 对指定文件分配页面编号
    page_id_t allocate_page(int fd);
    // 文件操作
    bool is_file(const std::string &path);
    void create_file(const std::string &path);
    int open_file(const std::string &path);
    void close_file(int fd);
    void destroy_file(const std::string &path);
}
```

这些接口的内部实现调用了Linux操作系统下 `/usr/include/unistd.h` 提供的 `read()` 、 `write()` 、 `open()` 、 `close()` ， `unlink()` 等函数。

（1）读写页面

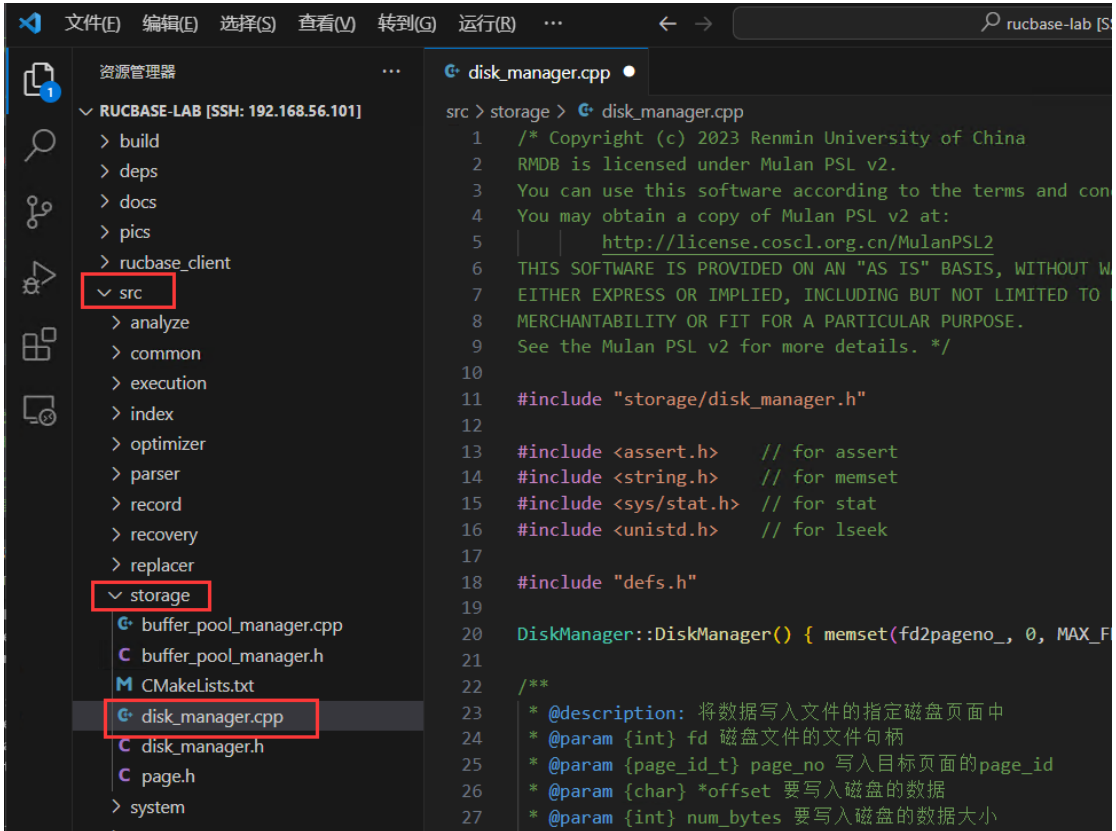
- `void write_page(int fd, page_id_t page_no, const char *offset, int num_bytes);`
- `void read_page(int fd, page_id_t page_no, char *offset, int num_bytes);`

  提示：可以调用 `read()` 或 `write()` 函数。通过(fd,page_no)可以定位指定页面及其在磁盘文件中的偏移量。注意：这里支持读写的字节长度为

实验步骤

开发

在框架代码中找到DiskManager类：



实验步骤

开发

找到需要补充的部分：

disk_manager.cpp

src > storage > disk_manager.cpp

```cpp
#include <string.h>    // for memset
#include <sys/stat.h>  // for stat
#include <unistd.h>    // for lseek

#include "defs.h"

DiskManager::DiskManager() { memset(fd2pageno_, 0, MAX_FD * (sizeof(std::atomic<page_id_t>) / sizeof(char))); }

/**
 * @description: 将数据写入文件的指定磁盘页面中
 * @param {int} fd 磁盘文件的文件句柄
 * @param {page_id_t} page_no 写入目标页面的page_id
 * @param {char} *offset 要写入磁盘的数据
 * @param {int} num_bytes 要写入磁盘的数据大小
 */
void DiskManager::write_page(int fd, page_id_t page_no, const char *offset, int num_bytes) {
    // Todo:
    // 1.lseek()定位到文件头，通过(fd,page_no)可以定位指定页面及其在磁盘文件中的偏移量
    // 2.调用write()函数
    // 注意write返回值与num_bytes不等时 throw InternalError("DiskManager::write_page Error");

}

/**
 * @description: 读取文件中指定编号的页面中的部分数据到内存中
 * @param {int} fd 磁盘文件的文件句柄
 * @param {page_id_t} page_no 指定的页面编号
 * @param {char} *offset 读取的内容写入到offset中
 * @param {int} num_bytes 读取的数据量大小
 */
void DiskManager::read_page(int fd, page_id_t page_no, char *offset, int num_bytes) {
    // Todo:
    // 1.lseek()定位到文件头，通过(fd,page_no)可以定位指定页面及其在磁盘文件中的偏移量
    // 2.调用read()函数
```

实验步骤

开发

补充完后保存：

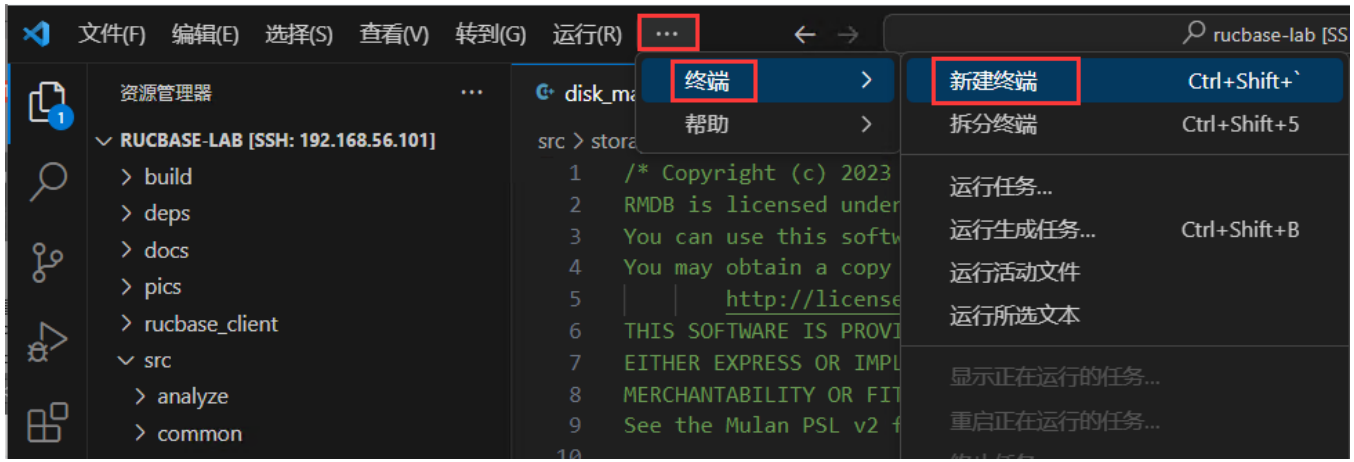
src > storage > disk_manager.cpp > read_page(int, page_id_t, char *, int)

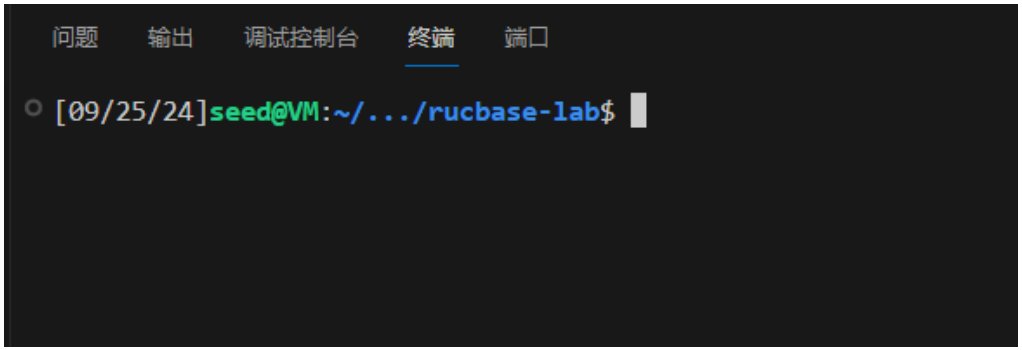
```
11  #include "storage/disk_manager.h"
18  #include "defs.h"
19
20  DiskManager::DiskManager() { memset(fd2pageno_, 0, MAX_FD * (sizeof(std::atomic<page_id_t>) / sizeo
21
22  /**
23   * @description: 将数据写入文件的指定磁盘页面中
24   * @param {int} fd 磁盘文件的文件句柄
25   * @param {page_id_t} page_no 写入目标页面的page_id
26   * @param {char} *offset 要写入磁盘的数据
27   * @param {int} num_bytes 要写入磁盘的数据大小
28   */
29  void DiskManager::write_page(int fd, page_id_t page_no, const char *offset, int num_bytes) {
30      // Todo:
31      // 1.lseek()定位到文件头，通过(fd,page_no)可以定位指定页面及其在磁盘文件中的偏移量
32      // 2.调用write()函数
33      // 注意write返回值与num_bytes不等时 throw InternalError("DiskManager::write_page Error");
34
35      lseek(fd, page_no * PAGE_SIZE, SEEK_SET);
36      int write_bytes = write(fd, offset, num_bytes);
37      if (write_bytes != num_bytes) throw InternalError("DiskManager::write_page Error");
38  }
39
40  /**
41   * @description: 读取文件中指定编号的页面中的部分数据到内存中
42   * @param {int} fd 磁盘文件的文件句柄
43   * @param {page_id_t} page_no 指定的页面编号
44   * @param {char} *offset 读取的内容写入到offset中
```

实验步骤

测试

- 可以直接在VSCode上打开终端执行:





实验步骤

测试

- 在build目录下执行make disk_manager_test：

```
问题    输出    调试控制台    终端    端口

[09/25/24]seed@VM:~/.../rucbase-lab$ cd build
[09/25/24]seed@VM:~/.../build$ pwd
/home/seed/temp/20198001/rucbase-lab/build   在此目录下执行
[09/25/24]seed@VM:~/.../build$ make disk_manager_test
Scanning dependencies of target gtest
[ 10%] Building CXX object deps/googletest/googletest/CMakeFiles/gtest.dir/src/gtest-all.cc.o
[ 20%] Linking CXX static library ../../../lib/libgtest.a
[ 20%] Built target gtest
[ 60%] Built target storage
Scanning dependencies of target gtest_main
[ 70%] Building CXX object deps/googletest/googletest/CMakeFiles/gtest_main.dir/src/gtest_main.cc.o
[ 80%] Linking CXX static library ../../../lib/libgtest_main.a
[ 80%] Built target gtest_main
Scanning dependencies of target disk_manager_test
[ 90%] Building CXX object src/test/CMakeFiles/disk_manager_test.dir/storage/disk_manager_test.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/disk_manager_test
[100%] Built target disk_manager_test
```

实验步骤

测试

•执行测试：

```
问题    输出    调试控制台    终端    端口

[ 90%] Building CXX object src/test/CMakeFiles/disk_manager_test.dir/storage/disk_manager_test.cpp.o
[100%] Linking CXX executable ../../bin/disk_manager_test
[100%] Built target disk_manager_test
[09/25/24]seed@VM:~/.../build$ ./bin/disk_manager_test
Running main() from /home/seed/temp/20198001/rucbase-lab/deps/googletest/googletest/src/gtest_main.cc
[==========] Running 2 tests from 1 test suite.
[----------] Global test environment set-up.
[----------] 2 tests from DiskManagerTest
[ RUN      ] DiskManagerTest.FileOperation
[       OK ] DiskManagerTest.FileOperation (5 ms)
[ RUN      ] DiskManagerTest.PageOperation
[       OK ] DiskManagerTest.PageOperation (7 ms)
[----------] 2 tests from DiskManagerTest (13 ms total)

[----------] Global test environment tear-down
[==========] 2 tests from 1 test suite ran. (13 ms total)
[  PASSED  ] 2 tests.
```

实验步骤

测试

•本实验涉及的测试：

实验计分

在本实验中，每个任务对应一个单元测试文件，每个测试文件中包含若干测试点。通过测试点即可得分，满分为100分。

测试文件及测试点如下：

任务点	测试文件	分值
任务1.1 磁盘存储管理器	src/test/storage/disk_manager_test.cpp	10
任务1.2 缓冲池替换策略	src/test/storage/lru_replacer_test.cpp	20
任务1.3 缓冲池管理器	src/test/storage/buffer_pool_manager_test.cpp	40
任务2 记录管理器	src/test/storage/record_manager_test.cpp	30

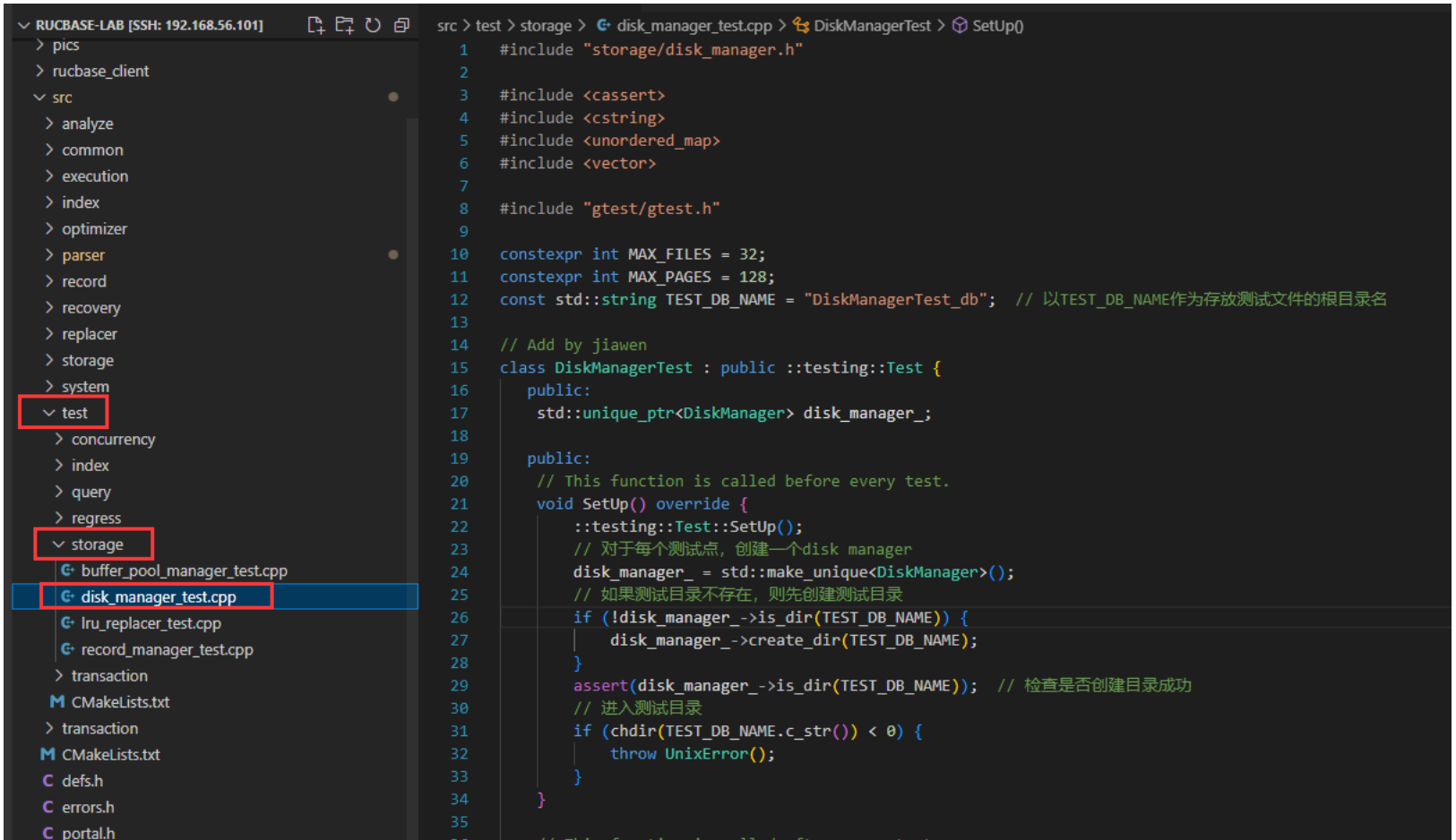
编译生成可执行文件进行测试：

```
cd build

make disk_manager_test
./bin/disk_manager_test

make lru_replacer_test
./bin/lru_replacer_test

make buffer_pool_manager_test
./bin/buffer_pool_manager_test

make record_manager_test
./bin/record_manager_test
```

实验步骤

测试

- 可以自己新增或修改测试案例：



实验步骤

测试

- 可以自己新增或修改测试案例：

```
/**
 * @brief 测试文件操作 create/open/close/destroy file
 * @note lab1 计分：5 points
 */
TEST_F(DiskManagerTest, FileOperation) {…

/**
 * @brief 测试读写页面，分配页面编号 read/write page, allocate page_no
 * @note lab1 计分：5 points
 */
TEST_F(DiskManagerTest, PageOperation) {…
```

参考资料

全国大学生计算机系统能力大赛

CSCC 全国大学生计算机系统能力大赛

首页 成绩查询 我的报名 个人信息 通知|新闻

通知、新闻 查看更多 》

2024年数据库管理系统设计赛全国总决赛获奖名单

查看详情

2024年数据库管理系统赛全国总决赛重要事项提醒函

查看详情

数据库管理系统设计赛

大赛时刻 章程与技术方案 比赛内容与提交方式 技术报告 优秀作品 技术支持 常见问题

2024年全国大学生计算机系统能力大赛-数据库管理系统设计赛全国总决赛获奖名单

参考资料

全国大学生计算机系统能力大赛

2024全国大学生系统能力大赛数据库管理系统设计赛第二场技术培训会

1. 直播时间：2024年5月20日19:00-20:30
2. 培训日程与直播地址：点击查看
3. 直播回放：点击查看
4. 直播下载：下载

题目	讲者	报告文件
主持人	彭煜玮	
分布式数据库发展简介	马晓宇	下载
数据库管理系统-存储管理	刘斌	下载
数据库管理系统设计赛参赛经验分享	江梓雯	下载

提交方式

课后提交：

- 将实验报告、工程文件打成zip包，提交至作业提交平台（截止日期参考平台发布）

  作业平台入口：http://grader.tery.top:8000/#/login

同学们
请开始实验吧！