《Linux 环境程序设计》大作业报告

题目： Linux 下 ls 命令的实现

学　　院　物联网工程学院

专　　业　计算机科学与技术

班　　级　计科 1404

学　　号　1030414414

学生姓名　阎覃

二〇一七年十二月

目录

一、设计思想

本次大作业采用 C++ 编写，运行于 Unix/Linux 环境。通过 opendir、readdir、closedir 等函数来操作目录，利用 stat 函数来获取文件信息，完成了一个 Linux 下 ls 命令的程序，并能在 Unix/Linux 环境下正确地运行。

最终实现-R、-S、-a、-i、-l、-r、-t、-1 这几个选项的功能，即递归查看子目录、按大小排序、显示隐藏文件、显示 inode、长格式、倒序显示、按修改时间排序、单列显示。

在设计上尽可能地模仿原版的 ls 命令，通过 man ls 命令[1] 查看原版程序的手册，并且通过亲自试验加强对命令的理解。原版的 ls 命令有很多细节需要注意，如图1所示，输出的行数会随着终端窗口的宽度自动调整。默认的排序是按照字母顺序排列的，并且是从上到下输出的。所以在编程时要注意输出的排版。每一项最后会添加若干制表符，在终端中每一个制表符的宽度小于等于 8 个空格，保证最后的输出可以显示最长的文件名。

由于 opendir 函数不能解析 home 目录，所以在设计时需要考虑如何获取 home 目录的路径，替换掉查询中的'~'字符。

```
MacBook-Pro:test ethan$ ls
a       d       g       j       m
b       e       h       k       n
c       f       i       l
```

(a) 宽窗口

```
MacBook-Pro:test ethan$ ls
a       e       i       m
b       f       j       n
c       g       k
d       h       l
```

(b) 窄窗口

```
MacBook-Pro:/ ethan$ ls
$RECYCLE.BIN                Users                       net
Applications                Volumes                     opt
Library                     bin                         private
Network                     cores                       sbin
PackageInfo                 dev                         tmp
Scripts                     etc                         usr
System                      home                        var
System Volume Information   installer.failurerequests
```

(c) 每一项用制表符对齐

图 1: 原版的 ls 命令（短格式）

对于长格式的排版如图2所示，每列之间用空格隔开，用户名、用户组名、文件名是左对齐，其余右对齐，宽度要可以显示最长的一项。

```
MacBook-Pro:/ ethan$ ls -l
total 53
drwxr-xr-x@  3 ethan  staff   102 11  6  2016 $RECYCLE.BIN
drwxrwxr-x+ 91 root   admin  3094 11 24 15:05 Applications
drwxr-xr-x+ 60 root   wheel  2040 11  1 23:49 Library
drwxr-xr-x@  2 root   wheel    68  7 31  2016 Network
-rw-r--r--   1 root   wheel  1037 11 11  2014 PackageInfo
drwxr-xr-x  12 root   wheel   408 11 11  2014 Scripts
drwxr-xr-x@  4 root   wheel   136 10 26  2016 System
drwxr-xr-x@  3 ethan  staff   102 10 15  2016 System Volume Information
drwxr-xr-x   6 root   admin   204  9  7 14:22 Users
drwxr-xr-x@  7 root   wheel   238 12  2 13:12 Volumes
drwxr-xr-x@ 38 root   wheel  1292 10 26  2016 bin
drwxrwxr-t@  2 root   admin    68  7 31  2016 cores
```

图 2: 原版的 ls 命令（长格式）

二、总体设计

2.1 数据定义

程序主要包含两个类：MyDir 和 MyFile。

MyDir 类表示被查询的所有目录，可以是通过命令行参数传递进来的目录，也可以是递归查询的子目录。类中有两个成员变量：dir 和 name。其中 dir 是一个指向 DIR 的指针，可以通过 opendir 系统调用得到。name 是一个 string 类型的字符串，保存了目录的路径。这里的路径既可以是相对路径也可以是绝对路径，对于相对路径则始终是相对当前工作目录的路径。

MyFile 类表示被查询的所有目录，通过遍历 MyDir 得到。类中有多个成员变量，包括一个 stat 类型的成员变量 s 和多个 string 类型的输出字段。它有一个构造函数，通过输入所在文件夹的路径和文件名来初始化所有成员变量。它还重载了小于运算符，以便支持排序功能。

程序还有若干全局变量：dirs、options、homeDir、cols。

dirs 是一个存放 MyDir 的栈，它的类型是 std::stack<MyDir>。栈顶的元素就是当前需要查询的目录。当查询一个目录时，会将栈顶元素出栈。若开启了递归查询选项，则会将当前查询目录中所有文件夹类型的文件再次入栈。

options 是一个整数。利用二进制位来保存程序当前的选项。若开启某一个选项，则将对应的二进位置 1。系统支持的选项如图3所示。

```
1 #define LONG_FORMAT     1<<0        // -l
2 #define INODE           1<<1        // -i
3 #define SORT_BY_TIME    1<<2        // -t
4 #define ALL             1<<3        // -a
5 #define ONE_PER_LINE    1<<4        // -1
6 #define SORT_BY_SIZE    1<<5        // -S
7 #define REVERSE         1<<6        // -r
8 #define RECURSIVE       1<<7        // -R
```

图 3: 配置项的二进制定义

2.2 系统（函数）调用

opendir[2] 打开一个由文件名指定的目录，并且返回一个与其相关的目录流指针。

```
#include <dirent.h>

DIR *
opendir(const char *filename);
```

readdir[2] 返回一个指向下一个文件的指针。

```
#include <dirent.h>

struct dirent *
readdir(DIR *dirp);
```

closedir[2] 关闭一个目录流并且释放结构体的内存。

```
#include <dirent.h>

int
closedir(DIR *dirp);
```

getpwuid[3] 根据提供的 uid 在用户数据库中搜索，返回一个指向 passwd 结构体的指针，其中包含用户名等信息。

```
#include <sys/types.h>
#include <pwd.h>
#include <uuid/uuid.h>

struct passwd *
getpwuid(uid_t uid);
```

getgrgid[4] 根据提供的 gid 在用户组数据库中搜索，返回一个指向 group 结构体的指针，其中包含用户组名称等信息。

```
#include <grp.h>
#include <uuid/uuid.h>

struct group *
getgrgid(gid_t gid);
```

time[5] 返回 1970 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒至今的毫秒数。

```
#include <time.h>

time_t
time(time_t *tloc);
```

localtime[6] 返回一个被转换为本地时间的时间结构体 tm，其中包含详细的年，月，日等信息。

```
#include <time.h>

struct tm *
localtime(const time_t *clock);
```

put_time[7] 按指定的格式格式化时间。

```
#include <iomanip>

template <class charT>
/*unspecified*/ put_time (const struct tm* tmb, const charT* fmt);
```

getenv[8] 获取环境变量

```
#include <stdlib.h>

char *
getenv(const char *name);
```

ioctl[9] 一个专用于设备输入输出操作的系统调用，系统调用的功能完全取决于请求码。

```
#include <sys/ioctl.h>

int
ioctl(int fildes, unsigned long request, ...);
```

2.3 处理流程

系统的流程图如图4所示。首先系统会对输入的所有参数进行处理，对于以'-' 开头的字符串，将会被识别为选项。若处理完全部选项则将剩余的作为待查询目录，放入堆栈。之后对栈顶元素进行出栈，遍历此目录。若开启了递归遍历选项则将此目录中所有文件夹再次入栈。遍历完一个目录后再按照格式对所有文件进行输出。重复以上操作直到栈为空，程序结束。

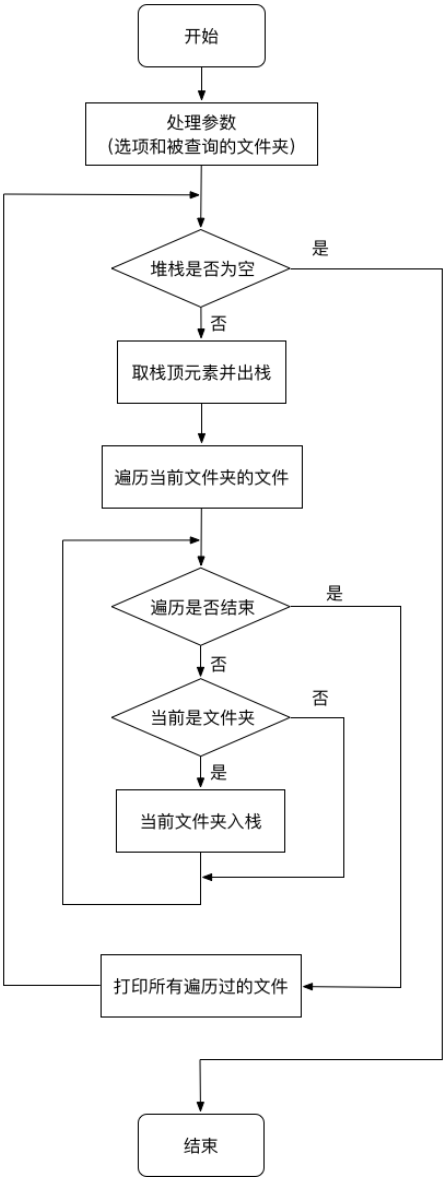


图 4: 系统流程图

三、详细设计（含源程序）

```
/*
 * 简易ls程序
 *
 * Author: 阎覃 <ethanyt@qq.com>
 * Blog: https://ethan-yt.github.io/
 * Github: https://github.com/Ethan-yt/JNU-Linux-exp
 *
 * 本程序实现了简易的ls命令，可以用的选项有-R、-S、-a、-i、-l、
 * -r、-t、-1，功能分别为递归查看子目录、按大小排序、显示隐藏文
 * 件、显示inode、长格式、倒序显示、按修改时间排序、单列显示。
 *
 * 用法： ./ls [-RSailrt1] [file ...]
 *
 */

#include <iostream>
#include <dirent.h>
#include <sys/stat.h>
#include <sstream>
#include <iomanip>
#include <pwd.h>
#include <grp.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/ioctl.h>
#include <vector>
#include <stack>

#define LONG_FORMAT     1<<0        // -l
#define INODE           1<<1        // -i
#define SORT_BY_TIME    1<<2        // -t
#define ALL             1<<3        // -a
#define ONE_PER_LINE    1<<4        // -1
#define SORT_BY_SIZE    1<<5        // -S
#define REVERSE         1<<6        // -r
#define RECURSIVE       1<<7        // -R

using namespace std;

struct MyDir {
    DIR *dir;
    string name;
};

stack<MyDir> dirs;      // 被查询的所有目录

const char *homeDir;    // home目录 以便替换~
int options = 0;        // 配置项 以二进制形式存储
int cols;               // 控制台的宽度 便于格式化输出

struct MyFile {
    struct stat s{};
    string strInode;
    string strLinksNumber;
    string strOwnerName;
    string strGroupName;
    string strBytes;
    string strName;

    MyFile(const string &dirName, const string &fileName) {
        string fullPath = dirName + "/" + fileName;
        lstat(fullPath.c_str(), &s);
```

```
62
63          if (options & INODE)                            // 节点
64              strInode = to_string(s.st_ino);
65
66          if (options & LONG_FORMAT) {                    // 长格式输出
67              strLinksNumber = to_string(s.st_nlink); // 链接数
68              passwd *pw = getpwuid(s.st_uid);        // 用户名
69              strOwnerName = pw->pw_name;
70              group *gr = getgrgid(s.st_gid);         // 用户组
71              strGroupName = gr->gr_name;
72              strBytes = to_string(s.st_size);        // 字节数
73          }
74
75          strName = fileName;                             // 文件名
76      }
77
78      friend bool operator<(const MyFile &lhs, const MyFile &rhs) {
79          if (options & REVERSE) {
80              if (options & SORT_BY_SIZE && lhs.s.st_size != rhs.s.st_size)
81                  return lhs.s.st_size < rhs.s.st_size;
82              if (options & SORT_BY_TIME && lhs.s.st_mtime != rhs.s.st_mtime)
83                  return lhs.s.st_mtime < rhs.s.st_mtime;
84              else
85                  return lhs.strName > rhs.strName;
86          } else {
87              if (options & SORT_BY_SIZE && lhs.s.st_size != rhs.s.st_size)
88                  return lhs.s.st_size > rhs.s.st_size;
89              if (options & SORT_BY_TIME && lhs.s.st_mtime != rhs.s.st_mtime)
90                  return lhs.s.st_mtime > rhs.s.st_mtime;
91              else
92                  return lhs.strName < rhs.strName;
93          }
94      }
95
96      string getFileMode() {
97          ostringstream ss;
98          char c1[] = "pcdb-ls";                              // 文件类型
99          int mask1[] = {S_IFIFO, S_IFCHR, S_IFDIR,
100                         S_IFBLK, S_IFREG, S_IFLNK, S_IFSOCK};
101         for (int n = 0; n < 7; n++) {
102             if ((s.st_mode & S_IFMT) == mask1[n]) {
103                 ss << c1[n];
104                 break;
105             }
106         }
107         char c2[] = "rwxrwxrwx-";                           // 属性
108         int mask2[] = {S_IRUSR, S_IWUSR, S_IXUSR, S_IRGRP,
109                        S_IWGRP, S_IXGRP, S_IROTH, S_IWOTH, S_IXOTH};
110         for (int n = 0; n < 9; n++) {
111             if (s.st_mode & mask2[n])
112                 ss << c2[n];
113             else
114                 ss << c2[9];
115         }
116         return ss.str();
117     }
118
119     string getDateTime() {
120         ostringstream ss;
121
122         time_t today;
123         time(&today);
124         tm *t = localtime(&today);                  // 今天
125         int thisYear = t->tm_year;
```

```
126         t = localtime(&s.st_mtime);                 // 文件修改时间
127 
128         ss << right << setw(2) << t->tm_mon + 1 << " ";
129         ss << right << setw(2) << t->tm_mday << " ";
130 
131         if (t->tm_year == thisYear) {               // 今年修改 则显示时间
132             ss << put_time(t, "%H:%M");
133         } else {                                    // 非今年修改 显示年份
134             ss << put_time(t, " %Y");
135         }
136 
137         return ss.str();
138     }
139 
140 };
141 
142 struct Info {
143     size_t maxInodeLen = 0;
144     size_t maxLinksNumberLen = 0;
145     size_t maxOwnerNameLen = 0;
146     size_t maxGroupNameLen = 0;
147     size_t maxBytesLen = 0;
148     size_t maxNameLen = 0;
149     unsigned long long blocks = 0;
150 };
151 
152 // 获得最长长度以便格式化输出
153 Info getMaxLength(vector<MyFile> &files) {
154     Info ret = Info();
155     for (MyFile &f : files) {
156         if ((options & INODE) && ret.maxInodeLen < f.strInode.length())
157             ret.maxInodeLen = f.strInode.length();
158         if (options & LONG_FORMAT) {
159             if (ret.maxLinksNumberLen < f.strLinksNumber.length())
160                 ret.maxLinksNumberLen = f.strLinksNumber.length();
161             if (ret.maxOwnerNameLen < f.strOwnerName.length())
162                 ret.maxOwnerNameLen = f.strOwnerName.length();
163 
164             if (ret.maxGroupNameLen < f.strGroupName.length())
165                 ret.maxGroupNameLen = f.strGroupName.length();
166             if (ret.maxBytesLen < f.strBytes.length())
167                 ret.maxBytesLen = f.strBytes.length();
168             ret.blocks += f.s.st_blocks;
169         }
170         if (ret.maxNameLen < f.strName.length())
171             ret.maxNameLen = f.strName.length();
172     }
173     ret.maxNameLen = (ret.maxNameLen / 8 + 1) * 8;
174     return ret;
175 }
176 
177 
178 void printUsage() {
179     cerr << "用法:  ./ls [-RSailrt1] [file ...]" << endl;
180 }
181 
182 void display(vector<MyFile> files, const char *dirName) {
183 
184     Info info = getMaxLength(files);
185 
186     sort(files.begin(), files.end());                       // 排序
187 
188     if (dirName != nullptr)
189         cout << dirName << ":" << endl;                     // 输出当前被查
```

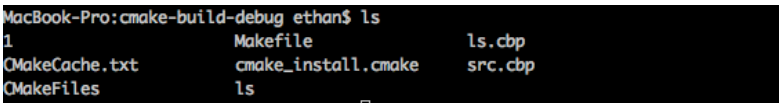
```
            询文件夹
    if (options & LONG_FORMAT) {                                // 长格式输出
        cout << "total " << info.blocks << endl;                // total blocks
        for (auto &file : files) {
            if (options & INODE)
                cout << right << setw((int) info.maxInodeLen)
                     << file.strInode << " ";
            cout << file.getFileMode() << "  ";
            cout << right << setw((int) info.maxLinksNumberLen)
                 << file.strLinksNumber << " ";
            cout << left << setw((int) info.maxOwnerNameLen)
                 << file.strOwnerName << "  ";
            cout << left << setw((int) info.maxGroupNameLen)
                 << file.strGroupName << "  ";
            cout << right << setw((int) info.maxBytesLen)
                 << file.strBytes << " ";
            cout << file.getDateTime() << " ";
            cout << file.strName << endl;
        }
    } else {
        size_t c;
        size_t s = files.size();                                // 总数
        if (options & ONE_PER_LINE)
            c = 1;
        else {
            size_t len = (options & INODE)                      // 每条的总长度
                         ? info.maxNameLen + info.maxInodeLen + 1
                         : info.maxNameLen;
            c = cols / len;                                     // 列数
            if (c == 0) c = 1;
        }
        size_t r = s / c;                                       // 行数
        if (s % c > 0) r++;                                     // 向上取整
        for (size_t i = 0; i < r; i++) {
            for (size_t j = 0; j < c; j++) {
                if (j * r + i >= s) continue;
                if (options & INODE)
                    cout << right << setw((int) (info.maxInodeLen))
                         << files[j * r + i].strInode << " ";
                cout << left << setw((int) (info.maxNameLen))
                     << files[j * r + i].strName;
            }
            cout << endl;
        }
    }
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    if ((homeDir = getenv("HOME")) == nullptr) {    // 获取home目录以便替换~
        homeDir = getpwuid(getuid())->pw_dir;
    }

    bool optionflag = true;
    int dirNum = 0;

    for (int i = 1; i < argc; i++) {                // 处理参数
        if (argv[i][0] != '-')
            optionflag = false;
        if (optionflag) {
            size_t len = strlen(argv[i]);
            for (int j = 1; j < len; j++) {
                switch (argv[i][j]) {
                    case 'l':
                        options |= LONG_FORMAT;
```

```
253                         break;
254                     case 'i':
255                         options |= INODE;
256                         break;
257                     case 't':
258                         options |= SORT_BY_TIME;
259                         break;
260                     case 'a':
261                         options |= ALL;
262                         break;
263                     case '1':
264                         options |= ONE_PER_LINE;
265                         break;
266                     case 'S':
267                         options |= SORT_BY_SIZE;
268                         break;
269                     case 'r':
270                         options |= REVERSE;
271                         break;
272                     case 'R':
273                         options |= RECURSIVE;
274                         break;
275                     default:
276                         cerr << "ls: 非法参数 -- " << argv[i][j] << endl;
277                         printUsage();
278                         return EPERM;
279                 }
280             }
281         } else {
282             dirNum++;
283             MyDir d{};
284             string path;
285             if (argv[i][0] == '~') {
286                 path = homeDir;
287                 path += (argv[i] + 1);
288             } else {
289                 path = argv[i];
290             }
291 
292             d = {opendir(path.c_str()), path};
293             if (d.dir == nullptr)
294                 cerr << "ls: " << argv[i]
295                      << ": " << strerror(errno) << endl;
296             else
297                 dirs.push(d);
298 
299         }
300     }
301 
302     if (dirNum == 0) {
303         MyDir d{opendir("."), "."};
304         dirs.push(d);                       // 若不指定目录则查看当前目录
305         dirNum++;
306     }
307 
308     if (!(options & LONG_FORMAT)) {         // 若不是长格式获取控制台大小
309         winsize w{};
310         ioctl(STDOUT_FILENO, TIOCGWINSZ, &w);
311         cols = (w.ws_col == 0) ? 82 : w.ws_col;
312     }
313 
314     while (!dirs.empty()) {                     // 遍历所有被查询的文件夹
315         MyDir dir = dirs.top();
316         dirs.pop();
```

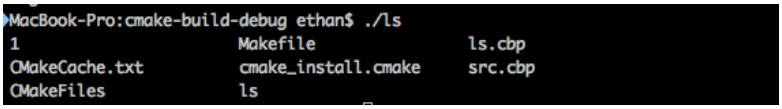
```
317         vector<MyFile> files;                   // 存放当前目录的所有文件
318         vector<MyDir> dirfiles;
319         dirent *pDirent;
320         while ((pDirent = readdir(dir.dir))) {  // 遍历每个文件夹的文件
321             if (!(options & ALL)
322                 && pDirent->d_name[0] == '.')   // 过滤隐藏文件
323                 continue;
324             MyFile file(dir.name, pDirent->d_name);
325             if (options & RECURSIVE
326                 && S_ISDIR(file.s.st_mode)
327                 && file.strName != "."
328                 && file.strName != "..") {      // 递归查看文件夹
329                 string fullPath = dir.name + "/" + file.strName;
330                 DIR *d = opendir(fullPath.c_str());
331                 if (d != nullptr)
332                     dirfiles.push_back({d, fullPath});
333 
334             }
335             files.push_back(file);
336         }
337         for (auto i = dirfiles.rbegin(); i != dirfiles.rend(); i++)
338             dirs.push(*i);
339 
340         closedir(dir.dir);
341         display(files, dirNum > 1 || options & RECURSIVE
342                        ? dir.name.c_str()
343                        : nullptr);              // 输出files
344         if (!dirs.empty()) cout << endl;        // 若没有结束则加一个空行
345     }
346 
347     return 0;
348 }
```

四、运行结果与分析

如图5所示，本程序的排版和 linux 系统自带的 ls 命令差别不大。



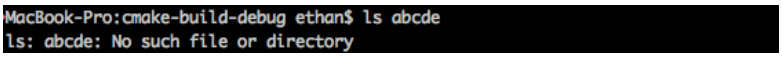
(a) 系统的 ls 命令



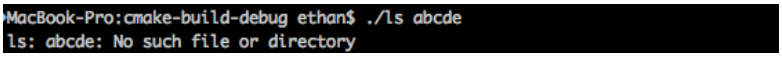
(b) 本程序

图 5: 本程序和系统的 ls 命令对比

如图6所示，当输入的文件名出错时，会有相应的错误提示。



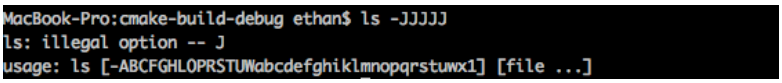
(a) 系统的 ls 命令



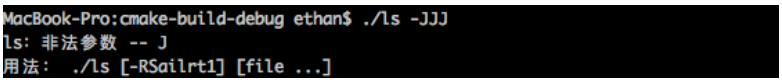
(b) 本程序

图 6: 本程序和系统的 ls 命令对比（文件名错误）

如图7所示，当输入的选项错误时，会有用法提示。



(a) 系统的 ls 命令



(b) 本程序

图 7: 本程序和系统的 ls 命令对比（选项错误）

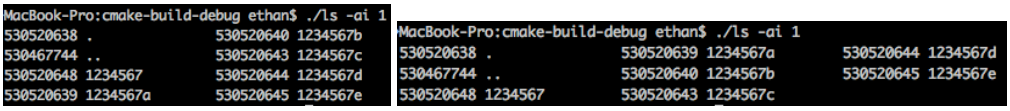
如图8所示，开启递归选项（'-R'）时，会按照深度优先的方式递归搜索所有子文件夹。

(a) 系统的 ls 命令　　(b) 本程序

图 8: 本程序和系统的 ls 命令对比（递归搜索）

在不同宽度的窗口中，输出的行数会随之变化。图9展示了开启了选项-a、-i，即显示所有文件和 inode 时，窗口宽度不同本程序的输出。

如图10所示，输入名称中包含字符'~'时，会自动替换为 Home 目录的路径并成功查询。



(a) 窄窗口　　(b) 宽窗口

图 9: 不同宽度下的输出排版

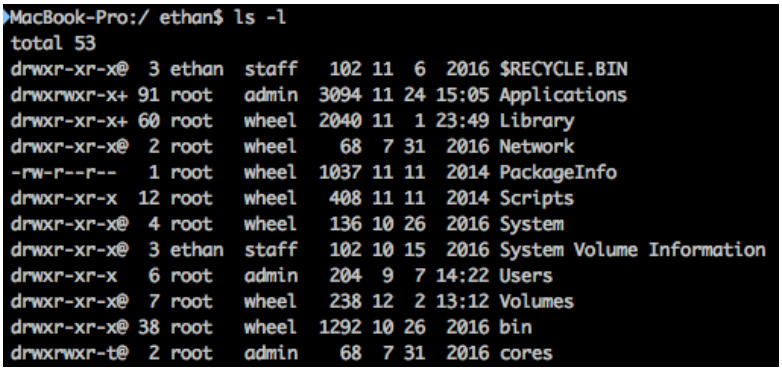


图 10: 输入字符包含'~'

如图11所示，程序开启了-a、-i、-l、-r、-t 选项，长格式按时间升序显示所有文件，显示 inode。

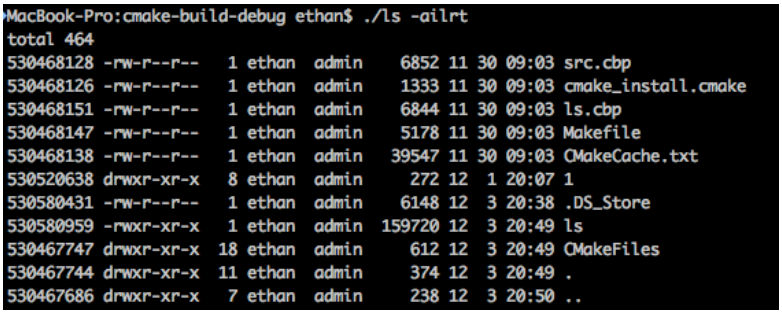


图 11: 开启选项-ailrt

如图12所示，程序开启了-1 选项，即无论窗体宽度为多少，都采用单列的方式输出。

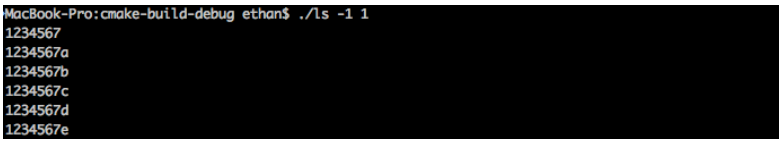


图 12: 开启选项-1

五、设计体会

经过本次的大作业，我学会了 linux 中关于目录和文件的一些系统调用，并且更加巩固了文件、用户、组、文件属性和许可权限的概念。在这次作业的过程中我遇到了许多问题，但是查阅相关网页资料和 linux 自带的手册后都可以得到解决。本次作业提高了我的实际操作能力，也提高了我编程的能力。实验报告采用 LaTeX 排版。

参考文献

[1] LS(1) BSD General Commands Manual. [A]. 2002.

[2] DIRECTORY(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 2008.

[3] GETPWENT(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 2011.

[4] GETGRENT(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 2011.

[5] TIME(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 2003.

[6] CTIME(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 1999.

[7] Put_time - C++ Reference[EB/OL]. [2017–12–3]. http://www.cplusplus.com/reference/iomanip/put_time/.

[8] GETENV(3) BSD Library Functions Manual. [A]. 2007.

[9] IOCTL(2) BSD System Calls Manual. [A]. 1993.