

西南林业大学
本科毕业(设计)论文
(二〇一八届)

题 目：____操作系统探索____

分院系部：____大数据与智能工程学院____

专 业：____计算机科学与技术专业____

姓 名：____尹志成____

导师姓名：____王晓林____

导师职称：____讲师____

二〇一八年六月

操作系统探索

尹志成

(西南林业大学 大数据与智能工程学院, 云南昆明 650224)

摘 要：操作系统最初的诞生是为了搭配进行简单繁重的数字运算机,但随着时代的演进,计算机不仅作为处理各种运算的机器,其附加价值也越来越被人们看重,随着计算机的发展,多道程序系统,分时操作系统,一个个新技术的诞生标志着操作系统越发的完善,但是为了探究操作系统,那就不应该满足现有的操作系统,应该拨开操作系统华丽的外衣,从底层开始,经过一步步的摸索,不断探索并实现各项功能,从最简洁的代码完成一个满足现代各项需求的操作系统。

关键词：操作系统 设计 原理 简化

Operating system exploration

Zach Yin

School of Big Data and Intelligence Engineering
Southwest Forestry University
Kunming 650224, Yunnan, China

Abstract: The initial version of the operating system was to collaborate with simple and heavy-duty digital computing machines. However, with the evolution of the times, computers have not only been used as machines for processing various operations, but also added more value with people. With the development of computers, The multi-programming system, the time-sharing operating system, and the emergence of new technologies mark the increasingly perfect operating system. However, to explore the operating system, it should not satisfy the existing operating system. It should open up the gorgeous operating system. Starting from the ground floor, after a step-by-step exploration, we constantly explored and implemented various functions, completing an operating system that satisfies modern requirements from the most concise code.

Key words: OperatingSystem Design Principle simplify

目 录

| | | |
|----------|------------------------|-----------|
| 1 | 绪论 | 1 |
| 2 | 思路 | 2 |
| 2.1 | 操作系统探究 | 2 |
| 2.2 | 空白操作系统的启动 | 2 |
| 2.3 | 编写操作系统内核 | 2 |
| 2.4 | 实现对外接口及安全防护 | 2 |
| 3 | 操作系统探索 | 3 |
| 3.1 | 操作系统的诞生 | 3 |
| 3.1.1 | 第一代:真空管 | 3 |
| 3.1.2 | 第二代:晶体管 | 3 |
| 3.1.3 | 第三代:集成电路 | 4 |
| 3.1.4 | 第四代:个人计算机 | 4 |
| 3.1.5 | 第五代:移动计算机 | 5 |
| 3.1.6 | 总结 | 5 |
| 3.2 | 操作系统的规范化 | 5 |
| 3.2.1 | Unix 及类 Unix | 5 |
| 3.2.2 | Windows | 6 |
| 4 | 空白操作系统的启动 | 7 |
| 4.1 | 操作系统启动流程 | 7 |
| 4.2 | 制作 MBR | 7 |
| 4.3 | 制作空白操作系统 | 9 |
| 5 | 编写操作系统内核 | 10 |
| 5.1 | 内存管理 | 10 |

目 录

| | | |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 5.1.1 | 内存分配 | 11 |
| 5.1.2 | 内存释放 | 12 |
| 5.2 | 输入输出 | 17 |
| 5.2.1 | 键盘输入 | 18 |
| 5.2.2 | 鼠标输入 | 19 |
| 5.2.3 | 标准输出 | 20 |
| 5.3 | 多道程序系统 | 21 |
| 5.4 | 分时操作系统 | 22 |
| 6 | 实现对外兼容及安全防护 | 23 |
| | 参考文献 | 24 |
| | 指导教师简介 | 24 |
| | 致 谢 | 26 |
| A | 我也不知道为什么要写附录 | 27 |
| B | 主要程序代码 | 28 |
| B.1 | 初始启动程序代码(ipl09.nas)节选 | 28 |

插图目录

| | | |
|-----|-----------------------|----|
| 3-1 | 批处理系统 | 3 |
| 4-1 | MBR | 7 |
| 5-1 | 前端空闲 | 13 |
| 5-2 | 前端可用, 且后端空闲 | 13 |
| 5-3 | 后端空闲 | 15 |
| 5-4 | 前端后端均被占用 | 16 |

表格目录

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 5-1 | 空闲内存表 free | 11 |
| 5-2 | 修改状态的特殊指令 | 18 |

1 绪论

在数字时代,操作系统的重要性不言而喻,它作为计算机软硬件之间的桥梁,存在于日常生活的每一个角落,而研究一个只有庞大的公司聚集成百上千的高级工程师才能完成的操作系统对于学生而言是一个几乎不可能完成的挑战,但是克服难关是锻炼技术的必经之路^[1],所以研究并完成一个基本满足日常功能需求的操作系统作为此次的目标,并以此为跳板对操作系统进行更深一步的探究。

2 思路

此次的思路由四部分组成：

1. 操作系统探究
2. 空白操作系统的启动
3. 编写操作系统内核
4. 实现对外兼容及安全防护

2.1 操作系统探究

从历史上计算机操作系统的发展联系到人们的日常生活, 寻求符合操作系统发展且适应用户使用的特征要素。

2.2 空白操作系统的启动

利用汇编语言及操作系统相关知识探究操作系统如何从电气设备到软件代码的衔接。

2.3 编写操作系统内核

从内存管理, 输入输出, 多进程, 分时四个模块完成操作系统的内核设计及实现。

2.4 实现对外接口及安全防护

从接口设计及安全防护的角度完善操作系统。

3 操作系统探索

3.1 操作系统的诞生

3.1.1 第一代:真空管

操作系统最初出现的场景是一个工程师小组设计、建造一台机器,之后使用机器语言编写程序并通过将上千根电缆接到插线板上连接成电路,控制机器的基本功能,进而操作机器运算诸如制作正弦、余弦、对数表或计算炮弹弹道的简单数学运算。

这里的人工拔插电缆就充当着操作系统的角色——根据程序直接操作硬件使其运算得出结果。

3.1.2 第二代:晶体管

在晶体管发明后,计算机可靠程度大大增加,计算机开始被一些公司、政府部门或大学使用。

改进后出现了操作系统的载体,卡片和较后期磁带打孔纸带。

由于打孔纸带是分次读入,一次只能读入一个的作业,出现了批处理系统如图 3-1:

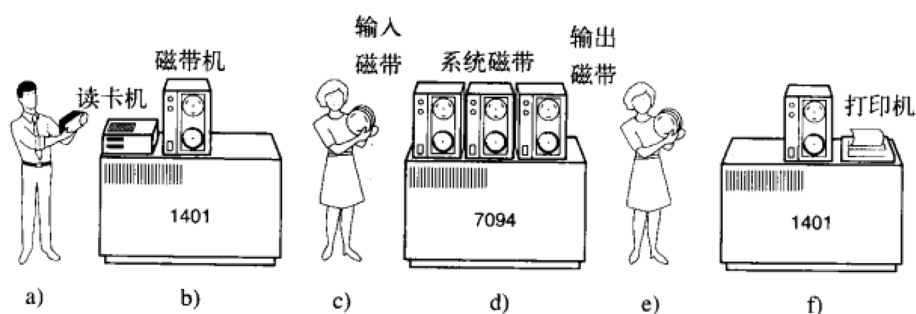


图 3-1 批处理系统

- a. 程序员将打孔纸带拿到 1401 机¹
- b. 1401 机将批处理作业读到磁带上

¹IBM 1401:数据处理计算机^[2]

- c. 操作员将输入磁带送至 7094 机²
- d. 7094 机进行计算
- e. 操作员将输出磁带送到 1401 机
- f. 1401 机打印输出

在这里,操作系统的工作已经由完全的人工转换到一部分人工操作交由机器完成,工作效率较之前大大提高,并且,由于加入了磁带,计算机完成的工作也将及时得到保存。

操作系统的工作已经开始有一定的流程化了。

3.1.3 第三代:集成电路

采用集成电路的第三代计算机较分立晶体管的第二代计算机在性能/价格比上有了很大的提高,

第三代操作系统加入了多道程序设计和分时系统,可以适应多道程序同时运行的任务。

1. 多道程序设计主要目的是解决 CPU 因等待磁带或其他 I/O 操作而暂停工作,多道程序设计可以使 CPU 在程序 a 的 I/O 操作时运行程序 b^[4]。
2. 分时系统解决的主要问题是多用户使用分离的终端,却操作同一台计算机。

3.1.4 第四代:个人计算机

大规模集成电路进一步减小了计算机的大小,进一步为计算机进入大众视野做好了铺垫。

现在使用的台式机和笔记本就是属于第四代计算机发展的较高版本。

第四代计算机和之前的计算机比较而言在于同一台终端的使用人数,第四代之前的计算机主要用于科研和大规模计算,所有硬件都是为这些作业而工作,操作系统也只用为这些作业安排调度,而每个人都能拥有自己的计算机,那么计算机就需要有更多个性化的东西,这对操作系统提出了更多的要求:

1. 更多的进程
2. 更大的存储空间(文件管理)

²IBM 7094: 专为大型科学计算而设计,具有出色的性价比和扩展的计算能力^[3]

3. 更多设备接入(如鼠标)
4. 网络要求的实现
5. 对外防护的要求
6. 对外提供接口(图形化显示)

3.1.5 第五代:移动计算机

第五代计算机是便携式计算机,也就是智能手机或者智能平板设备,较之第四代计算机最大的不同在于易于携带,但是缺点也很显著,受到设备体积和电池的限制,性能受到很大的影响。

第五代计算机对操作系统有了新的要求:

1. 从待机状态极快的响应
2. 电量控制(即低成本完成作业)

3.1.6 总结

纵观操作系统的发展史,发展的中心问题是“如何更低成本完成更多的任务”,而发展的关键节点是多道程序设计以及分时系统。

展望计算机的发展史,大胆的推测下一代计算机可能就是“computer everywhere”,而那时操作系统也会有新的发展。

3.2 操作系统的规范化

3.2.1 Unix 及类 Unix

1. 系统调用接口
2. 进程管理
3. 内存管理
4. 虚拟文件系统
5. 网络堆栈
6. 设备驱动程序

3.2.2 Windows

1. 系统调用接口
2. 进程管理
3. 内存管理
4. 虚拟文件系统
5. 网络堆栈
6. 设备驱动程序

4 空白操作系统的启动

4.1 操作系统启动流程

按下电源键后计算机开始启动, 启动过程分为 3 个阶段^[5]:

BIOS -> MBR -> 操作系统

1. 在 BIOS 完成 POST (硬件自检, Power-On Self Test) 并根据启动顺序 (Boot Sequence) 来选择启动设备。本系统是从 U 盘启动。
2. 计算机读取该设备的 MBR (Master boot record, 位于第一个扇区, 即最前面的 512 个字节, 见图 4-1), 并运行其中的启动程序 IPL (Initial Program Loader), 将 ZOS 加载入内存。本部分的实现代码, 参见附录程序 B.1;
3. 控制权转交给操作系统后, Kernel 开始运行, 操作系统启动完成。

4.2 制作 MBR

MBR 的主要部分是 Bootstrap code area, 即前 446 个字节。负责指出操作系统的位置, 主分区第一个扇区的物理位置(柱面、磁头、扇区号等等), 参见附录程序B-1。

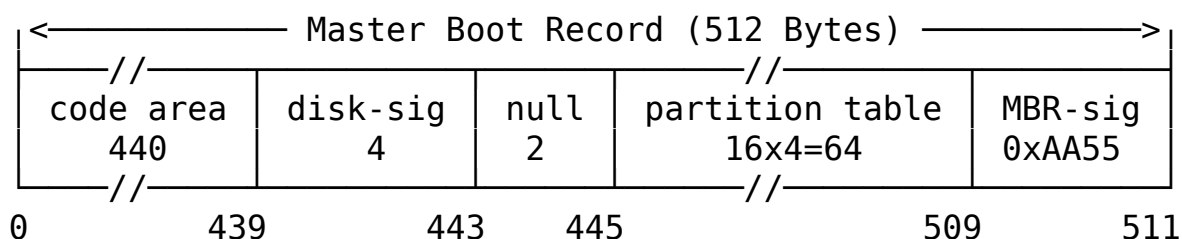


图 4-1 MBR

一个扇区大小为 512 字节, MBR 位于 C0-H0-S1(柱面 0, 磁头 0, 扇区 1)^[6] 从下一个扇区 (C0-H0-S2, 柱面 0, 磁头 0, 扇区 2) 开始加载。

```

43  MOV    CH,0    ; 柱面 0
44  MOV    DH,0    ; 磁头 0
45  MOV    CL,2    ; 扇区 2

```

程序 4-1 初始化读取柱面、磁头和扇区的起点

完成定位后开始将磁盘数据读入内存, 策略是

1. 磁头 0, 柱面 0, 读取 1-18 扇区 (C0-H0-S2)-(C0,H0,S18)
2. 磁头 1, 柱面 0, 读取 1-18 扇区 (C0-H1-S1)-(C0-H1-S18)
3. 磁头 0, 柱面 1, 读取 1-18 扇区 (C1-H0-S1)-(C1-H0-S18)
4. ...
5. 磁头 1, 柱面 78, 读取 1-18 扇区 (C78-H1-S1)-(C78-H1-S18)
6. 磁头 0, 柱面 79, 读取 1-18 扇区 (C79-H0-S1)-(C79-H0-S18)
7. 磁头 1, 柱面 79, 读取 1-18 扇区 (C79-H1-S1)-(C79-H1-S18)

按以上策略将磁盘内容读入内存, 核心代码如程序4-2

```

138  ADD    CL,AL    ; 将 CL 加上 AL
139  CMP    CL,18    ; 将 CL 与 18 比较
140  JBE    readfast ; CL <= 18 则跳转至 readfast
141  MOV    CL,1
142  ADD    DH,1
143  CMP    DH,2
144  JB     readfast ; DH < 2 则跳转至 readfast
145  MOV    DH,0
146  ADD    CH,1
147  JMP    readfast

```

程序 4-2 读取磁盘数据到内存

readfast 位于代码第 76 行, JMP readfast 在此代表循环执行。

4.3 制作空白操作系统

为测试操作系统是否成功被 MBR 启动, 设计将操作系统设置为启动后待机。

```
1  fin:
2  HLT
3  JMP fin
```

按下电源键, 经过启动步骤系统循环执行 HLT¹使得操作系统计算机始终处于待机状态, 启动成功。

¹HLT: 让 CPU 停止动作并进入待机状态

5 编写操作系统内核

从内存管理, 输入输出, 多进程, 分时四个模块丰富操作系统的内容

5.1 内存管理

内存 (RAM) 是计算机中不可缺少的重要硬件, 所有程序的运行都是在内存中进行的, 而 CPU 访问硬盘数据也必须先经过内存交换才得以实现, 内存在加速 CPU 访问硬盘居功至伟。由内存的重要性可知内存管理在操作系统中也非常重要。

内存的结构通常用地址和空间表示, 在计算机运行过程中, 内存的分配是随机的, 导致内存的释放也是相对无序的, 这样导致了很多的碎片化问题, 也就是随计算机运行时间变长, 内存中到处遍布小块零散空闲空间, 虽然零散空间总数很大, 但很难满足新程序的内存需求, 于是内存管理显得十分必要。

内存管理设计的主要目的是快速并且高效的分配内存空间, 并在适当的时间释放并回收内存空间。根据内存管理的设计目的, 内存管理的数据结构如下:

```
137 struct FREEINFO { /* 剩余容量信息 */
138     unsigned int addr, size;
139 };
140 struct MEMMAN { /* 内存管理 */
141     int frees, maxfrees, lostsize, losts;
142     struct FREEINFO free[MEMMAN_FREES];
143 };
```

frees: 当前可用内存组数

maxfrees: 可用内存组数的最大值

lostsize: 释放失败的内存的大小总和

losts: 释放失败次数

经过内存初始化和释放所有内存空间后, 内存管理正常运行。

5.1.1 内存分配

内存的分配方式涉及到内存释放, 好的分配方式会使得内存使用的效率大大提高。根据内存的大小来划分内存如何使用, 预计使用 32KB 用于内存分配的管理空间, 则共有 4000 组左右的内存用于分配给各个程序使用, 每个组 4KB。

每一组内存经过初始化都拥有自己的数据结构, 即每一组空闲内存的地址和大小都被记录到空闲内存表 free。

| 组号 | 地址 |
|----|------------|
| 2 | 0x00005000 |
| 1 | 0x00004000 |
| 0 | 0x00003000 |

表 5-1 空闲内存表 free

一旦系统接收到程序申请内存的请求(需求的内存大小), 就开始在内存中寻找足够大的内存完成这次申请, 并返回可供使用的空闲内存的地址。完成申请后系统需要重新整理空闲内存表 free, 将可用内存组数减一, 将返回给程序空闲空间大小根据程序需求进行调整, 并对剩余的可用内存表进行按地址升序整理。

```

68  /* 找到了足够大的内存 */
69  a = man->free[i].addr;
70  man->free[i].addr += size;
71  man->free[i].size -= size;
72  if (man->free[i].size == 0) {
73      /* 如果 free[i] 变成了 0, 就减掉一条可用信息 */
74      man->frees--;
75      for (; i < man->frees; i++) {
76          man->free[i] = man->free[i + 1]; /* 代入结构体 */
77      }
78  }

```

程序 5-1 分配内存

5.1.2 内存释放

为保证磁盘空闲空间尽可能少的碎片化, 内存释放首先考虑的是使待释放空间与附近空闲空间进行合并。

具体分为三种情况:

前端空闲: 释放内存的相连前端是空闲内存或释放内存相连两端都是空闲内存

后端可用: 释放内存的相连后端是空闲空间

前端后端均不可用: 在当前位置释放内存

已知: 待释放的空间的地址和空间大小

根据空闲内存表 `free` 的编号从 0 到 `frees` 遍历查找地址大于待释放空间的空闲内存, 并根据得到的空闲内存编号 `i` 及大小 `size` 区分此时的待释放内存应当采取何种方式释放。

```
91  for (i = 0; i < man->frees; i++) {  
92      if (man->free[i].addr > addr) {  
93          break;  
94      }  
95  }
```

程序 5-2 确定采取何种方式释放内存

前端空闲:

当相连前端有可用内存时将可释放内存大小归入前端可用内存内, `frees` 不变;

当相连后端也有可用内存时将后端内存大小归入前端可用内存内, `frees` 减一。

内存释放前后情况如图 5-1和图 5-2所示:

| | 释放前 | 释放后 |
|--------------------------|-----|-----|
| 0x00004FFF | 分配 | 分配 |
| 0x00004000 0x00003FFF | 释放 | 空闲 |
| 0x00003000 0x00002FFF | | |
| 0x00002000 0x00001FFF | 空闲 | |
| 0x00001000 0x00000FFF | 分配 | 空闲 |
| 0x00000000 | | |

图 5-1 前端空闲

| | 释放前 | 释放后 |
|--------------------------|-----|-----|
| 0x00004FFF | 分配 | 分配 |
| 0x00004000 0x00003FFF | 空闲 | 空闲 |
| 0x00003000 0x00002FFF | 释放 | |
| 0x00002000 0x00001FFF | 空闲 | |
| 0x00001000 0x00000FFF | 分配 | 分配 |
| 0x00000000 | | |

图 5-2 前端可用, 且后端空闲

```

98  /* 前面有可用内存 */
99  if (man->free[i - 1].addr + man->free[i - 1].size == addr) {
100      /* 可以与前面的可用内存归纳到一起 */
101      man->free[i - 1].size += size;
102      if (i < man->frees) {
103          /* 后面也有 */
104          if (addr + size == man->free[i].addr) {
105              /* 也可以与后面的可用内存归纳到一起 */
106              man->free[i - 1].size += man->free[i].size;
107              /* man->free[i] 删除 */
108              /* free[i] 变成 0 后归纳到前面去 */
109              man->frees--;
110              for (; i < man->frees; i++) {
111                  man->free[i] = man->free[i + 1]; /* 结构体赋值 */
112              }
113          }
114      }
115      return 0; /* 成功完成 */
116  }

```

程序 5-3 前端可用

后端空闲:

内存释放前后情况如图 5-3所示:

当待释放的空间后方有空闲空间时, 将 free[i-1] 的大小加上释放空间的大小

当相连后端有可用内存的时候将 free[i] 的地址换为待释放内存的地址, 相连后端内存大小归入待释放内存大小, frees 不变。



图 5-3 后端空闲

```

118  /* 不能与前面的可用空间归纳到一起 */
119  if (i < man->frees) {
120      /* 后面还有 */
121      if (addr + size == man->free[i].addr) {
122          /* 可以与后面的内容归纳到一起 */
123          man->free[i].addr = addr;
124          man->free[i].size += size;
125          return 0; /* 成功完成 */
126      }
127  }

```

程序 5-4 后端空闲

前端后端均被占用:

由于被释放空间周围没有空闲内存, 为保证 free 内各段内存仍然按照内存地址升序排列, 使空闲空间计数最大值加一, free[i] 后续空闲内存序号加一, 并将释放空间组号定为 i。

内存释放前后情况如图 5-4所示:

| | 释放前 | 释放后 |
|--------------------------|-----|-----|
| 0x00004FFF | 空闲 | 空闲 |
| 0x00004000 0x00003FFF | 分配 | 分配 |
| 0x00003000 0x00002FFF | 释放 | 空闲 |
| 0x00002000 0x00001FFF | 分配 | 分配 |
| 0x00001000 0x00000FFF | 空闲 | 空闲 |
| 0x00000000 | | |

图 5-4 前端后端均被占用

```

128  /* 既不能与前面归纳到一起,也不能与后面归纳到一起 */
129  if (man->frees < MEMMAN_FREES) {
130      /* free[i] 之后的,向后移动,腾出一点可用空间 */
131      for (j = man->frees; j > i; j--) {
132          man->free[j] = man->free[j - 1];
133      }
134      man->frees++;
135      if (man->maxfrees < man->frees) {
136          man->maxfrees = man->frees; /* 更新最大值 */
137      }
138      man->free[i].addr = addr;
139      man->free[i].size = size;
140      return 0; /* 成功完成 */
141  }

```

程序 5-5 前端后端均被占用

5.2 输入输出

输入作为人与计算机之间最基本的交互方式, 其中键盘和鼠标是标准输入设备。

接收输入信号的函数 `fifo32_get(&fifo)` 负责接收所有输入设备发向计算机的数据。

计算机受到数据后根据数据的大小区间区分这一段数据是何处传来的并进行相应处理。

5.2.1 键盘输入

键盘作为最基础也是大众使用最精确的输入设备,它负担着很多的责任:

1. 输入文本按键
2. 修改文本输入的基本指令按键
3. 修改计算机的状态特殊按键

按下不同的功能按键,键盘向计算机发送的指令是不一样的。

若输入指令为 256 到 511,系统判定为键盘输入。

```
161 | if (256 <= i && i <= 511) { /* 键盘数据 */
```

若输入指令为 256-0x80+256 时,为输入文本指令;

输入指令为退格键,回车键;

修改计算机的状态特殊按键如下:

| 功能 | 指令 | 功能 | 指令 |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 左 Shift | 256+0x2a | CapsLock | 256+0x3a |
| 右 Shift | 256+0x36 | NumLock off | 256+0xaa |
| 左 Shift off | 256+0xaa | ScrollLock | 256+0xaa |
| 右 Shift off | 256+0xb6 | | |

表 5-2 修改状态的特殊指令

5.2.2 鼠标输入

鼠标作为操作系统图形化后。。。

当输入为 512 到 767, 系统判定为鼠标输入。

从鼠标传到计算机的信号都是 3 个字节一组的, 分别为 x 坐标, y 坐标以及鼠标按键状态。

```
247 | } else if (512 <= i && i <= 767) { /* 鼠标数据 */
```

5.2.3 标准输出

5.3 多道程序系统

现代的计算机已经不仅仅作为数字计算的工具,而进入大众生活的计算机被赋予了更多的生活需求,用户可能在看电影的同时查看电子邮件,也有可能在写论文的时候进入浏览器查询相关资料,但是更重要的是计算机往往在用户不经意间打开防病毒软件等保证用户计算机的安全。

由此可见多进程的工作方式在计算机工作中不可缺少。

但是在实际的处理过程中,计算机并不能同时处理多个程序,所以必须采用分时的设计,关于分时操作系统的设计在下一节。在此有两个概念,同时处理和多个程序,同时处理属于分时,多道程序属于多道程序设计。

首先要处理的问题是如何运行多个程序,早期的多道程序设计的出发点是充分的利用 CPU,作为输入设备的打孔纸带与 CPU 速度相比差距过大,昂贵的 CPU 常常在等待 I/O 信号而闲置。

具体情形如:A 作业等待磁盘或者其他 I/O 时,CPU 暂停为 A 作业服务,而转向为已 I/O 操作已完成的 B 作业服务。

由于 A 作业和 B 作业并行存储在计算机内存中,操作员无法区分现在是正在运行的是 A 作业还是 B 作业,但两个作业输出在同一个磁盘,故认为是多道程序在计算机中运行。

5.4 分时操作系统

在上一节中说到分时是使得在用户看来计算机的多道程序同时运行,多道程序已经实现了,分时简单说是使得 CPU 在用户不能明显感觉到的时间间隔内切换运行多个程序,在切换后每个程序都能对作业进行一定的处理,在进行多个周期后,各个程序先后完成作业。

不能明显感觉到的时间间隔内切换中有两个概念,时间间隔和切换:

时间间隔太长则用户会有明显的卡顿感,不利于分时概念的实现,而间隔时间太短则时间不足以让程序响应并完成一定量的工作,同样不利于分时概念的实现。

切换涉及到保存当前程序的运行状态以便于程序获得时间片后可以接续上次的任务继续执行。

6 实现对外兼容及安全防护

从接口设计及安全防护的角度完善操作系统

参考文献

- [1] K. Hidemi, *30 天完成! OS 自作入門*, minabi publication, **2006**.
- [2] IBM, 1401 Data Processing System, **2003**.
- [3] IBM, 7094 Data Processing System, **2003**.
- [4] A. S. Tanenbaum, *Modern operating system*, Pearson Education, Inc, **2009**.
- [5] 阮一峰, 如何变得有思想, **2014**.
- [6] 刘伟, 数据恢复技术深度揭秘, **2010**.

指导教师简介

王晓林, 男, 49 岁, 硕士, 讲师, 毕业于英国格林尼治大学, 分布式计算系统专业。现任西南林业大学大数据与智能工程学院教师。执教 Linux、操作系统、网络技术等方面的课程, 有丰富的 Linux 教学和系统管理经验。

致 谢

四年时光匆匆而过,解了不多不少的惑。一初听说最怕的人,成了感谢最多的人。

当过班主任的王晓林老师,在我心里仍然是班主任,我想这不止是因为他当过,而是我认为他当过。他的认真负责和较真较劲让上过课的每个学生印象深刻,他教书教得好,是大家都认同的,而这里的大家还包括一些讨厌他刻板作派的同学。他的一门课只有一个 presentation,学期结束了, presentation 也就结束了, presentation 的内容不跟教学大纲走,在大学课本里也都找不到,但是总能在权威的技术书籍里看到影子,也总能在相关知识的学习中联想到并且用到。他上课不喜欢教,就喜欢问,然后像个学生一样跟学生讨论来讨论去,讨论着讨论着我们就学会了,而且印象深刻。他崇尚 GNU 的自由精神,也不断告诉我们觉得对的就应该不顾一切勇敢的努力的去做。他也喜欢干点专权的事,拿着老师的架子逼着全班学生装 Linux,也许之前也想不通为什么要这样做,但是如果没有这样一个人逼着改变,我想 Linux 对我只是一门课,而现在 Linux 是我提高效率的工具。

选择毕业设计导师的时候我没怎么犹豫,我想,对,就是他。

附录 A 我也不知道为什么要写附录

可以参考模版目录中的 `appendix.tex` 文件来写。

附录 B 主要程序代码

B.1 初始启动程序代码(ipl09.nas)节选

```
12 DB    " zbote  " ; 启动扇区名称(8 字节)
13 DW    512      ; 每个扇区(sector)大小(必须 512 字节)
14 DB    1        ; 簇(cluster)大小(必须为 1 个扇区)
15 DW    1        ; FAT 起始位置(一般为第一个扇区)
16 DB    2        ; FAT 个数(必须为 2)
17 DW    224      ; 根目录大小(一般为 224 项)
18 DW    2880     ; 该磁盘大小(必须为 2880 扇区 1440*1024/512)
19 DB    0xf0     ; 磁盘类型(必须为 0xf0)
20 DW    9        ; FAT 的长度(必须为 9 扇区)
21 DW    18       ; 一个磁道(track)有几个扇区(必须为 18)
22 DW    2        ; 磁头数(必须为 2)
23 DD    0        ; 不使用分区,必须是 0
24 DD    2880     ; 重写一次磁盘大小
25 DB    0,0,0x29 ; 意义不明(固定)
26 DD    0xffffffff ; (可能是)卷标号码
27 DB    "    ZOS    " ; 磁盘的名称(必须为 11 字节,不足填空格)
28 DB    "FAT12    " ; 磁盘格式名称(必须为 8 字节,不足填空格)
29 RESB  18      ; 先空出 18 字节
```

程序 B-1 FAT12 格式磁盘专用代码

```
76 readfast: ; 使用 AL 尽量一次性读取数据 从此开始
77 ; ES: 读取地址, CH: 柱面, DH: 磁头, CL: 扇区, BX: 读取扇区数
78
79     MOV     AX,ES        ; < 通过 ES 计算 AL 的最大值 >
80     SHL     AX,3         ; 将 AX 除以 32,将结果存入 AH(SHL 是左移位指令)
81     AND     AH,0x7f      ; AH 是 AH 除以 128 所得的余数(512*128=64K)
82     MOV     AL,128       ; AL = 128 - AH; AH 是 AH 除以 128 所得的余数
      ↪ (512*128=64K)
83     SUB     AL,AH
84
85     MOV     AH,BL        ; < 通过 BX 计算 AL 的最大值并存入 AH >
86     CMP     BH,0         ; if (BH != 0) { AH = 18; }
87     JE      .skip1
88     MOV     AH,18
```

程序 B-2 将磁盘内容读入内存