

普通高等院校
计算机专业(本科)实用教程系列

操作系统实用教程

(第三版) 实验指导

任爱华 罗晓峰 等编著



清华大学出版社

普通高等院校计算机专业（本科）实用教程系列

操作系统实用教程（第三版）

实验指导

任爱华 罗晓峰 等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

操作系统课的实验环节一直是操作系统教学的难点。本书通过 Windows 和 Linux 两个操作系统各自的编程接口, 提供一些编程实例, 以此加深学生对操作系统设计原理的领会和对操作系统实现方法的理解, 并且使学生在程序设计方面能够得到基本的训练。

本书提供了操作系统接口的设计实例以及有关进程调度、作业调度、虚存管理、文件管理、设备管理等内容的实践例子。书中的实验环境基于 Windows 操作系统或者 Linux 操作系统。每个实验分为六个部分, 即实验目的、实验要求、相关基础知识、实验设计、实验总结、源程序与运行结果。

本书的使用对象是普通高等院校计算机专业的学生, 或者是具有一些操作系统基本知识并想进一步了解程序设计以及操作系统实验内容的读者, 也可作为普通高等院校操作系统实验教学的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统实用教程 (第三版) 实验指导 / 任爱华等编著. —北京: 清华大学出版社, 2009.9
(普通高等院校计算机专业 (本科) 实用教程系列)

ISBN 978-7-302-20250-9

I. 操… II. 任… III. 操作系统 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 082254 号

责任编辑: 郑寅堃 薛 阳

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

邮 购: 010-62786544

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 20.75 字 数: 502 千字

版 次: 2009 年 9 月第 1 版 印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 032663-01

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便我们更好地对本教材做进一步改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 室 计算机与信息分社营销室 收
邮编：100084 电子信箱：jsjc@tup.tsinghua.edu.cn
电话：010-62770175-4608/4409 邮购电话：010-62786544

教材名称：操作系统实用教程（第三版）实验指导

ISBN：978-7-302-20250-9

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：指定教材 选用教材 辅导教材 自学教材

您对本书封面设计的满意度：

很满意 满意 一般 不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

很满意 满意 一般 不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 很满意 满意 一般 不满意

从科技含量角度看 很满意 满意 一般 不满意

本书最令您满意的是：

指导明确 内容充实 讲解详尽 实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案（素材），有需求的教师可以与我们的联系，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案（素材），希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjc@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页（<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>）上查询。

普通高等院校计算机专业（本科）实用教程系列
编 委 会

主 任 孙家广（清华大学教授，中国工程院院士）

成 员（按姓氏笔画为序）

王玉龙（北方工业大学教授）

艾德才（天津大学教授）

刘 云（北京交通大学教授）

任爱华（北京航空航天大学教授）

杨旭东（北京邮电大学副教授）

张海藩（北京信息工程学院教授）

徐孝凯（中央广播电视大学教授）

耿祥义（大连交通大学教授）

徐培忠（清华大学出版社编审）

樊孝忠（北京理工大学教授）

丛书策划 徐培忠 徐孝凯

序 言

时光更迭，历史嬗递。中国经济以令世人惊叹的持续高速发展驶入了一个新的世纪，一个新的千年。世纪之初，以微电子、计算机、软件和通信技术为主导的信息技术革命给我们生存的社会所带来的变化令人目不暇接。软件是优化我国产业结构、加速传统产业改造和用信息化带动工业化的基础产业，是体现国家竞争力的战略性产业，是从事知识的提炼、总结、深化和应用的高智型产业；软件关系到国家的安全，是保证我国政治独立、文化不受侵蚀的重要因素；软件也是促进其他学科发展和提升的基础学科；软件作为 20 世纪人类文明进步的最伟大成果之一，代表了先进文化的前进方向。美国政府早在 1992 年“国家关键技术”一文中提出“美国在软件开发和应用上所处的传统领先地位是信息技术及其他重要领域竞争能力的一个关键因素”，“一个成熟的软件制造业的发展是满足商业与国防对复杂程序日益增长的要求所必需的”，“在很多国家关键技术中，软件是关键的、起推动作用（或阻碍作用）的因素”。在 1999 年 1 月美国总统信息技术顾问委员会的报告“21 世纪的信息技术”中指出“从台式计算机、电话系统到股市，我们的经济与社会越来越依赖于软件”，“软件研究为基础研究方面最优先发展的领域”。而软件人才的缺乏和激烈竞争是当前国际的共性问题。各国、各企业都对培养、引进软件人才采取了特殊政策与措施。

为了满足社会对软件人才的需要，为了让更多的人可以更快地学到实用的软件理论、技术与方法，我们编著了《普通高等院校计算机专业（本科）实用教程系列》。本套丛书面向普通高等院校学生，以培养面向 21 世纪计算机专业应用人才（以软件工程师为主）为目标，以简明实用、便于自学，反映计算机技术最新发展和应用为特色，具体归纳为以下几点。

1. 讲透基本理论、基本原理、方法和技术，在写法上力求叙述详细，算法具体，通俗易懂，便于自学。

2. 理论结合实际。计算机是一门实践性很强的科学，丛书贯彻从实践中来到实践中去的原则，许多技术以理论结合实例进行讲解，便于学习理解。

3. 本丛书形成完整的体系，每本教材既有相对独立性，又有相互衔接和呼应，为总的培养目标服务。

4. 每本教材都配以习题和实验，在各教学阶段安排课程设计或大作业，培养学生的实战能力与创新精神。习题和实验可以制作成光盘。

为了适应计算机科学技术的发展，本系列教材将本着与时俱进的精神不断修订更新，及时推出第二版、第三版……

新世纪曙光激人向上，催人奋进。江泽民同志在十五届五中全会上的讲话：“大力推进国民经济和社会信息化，是覆盖现代化建设全局的战略举措。以信息化带动工业化，发挥后发优势，实现社会生产力的跨越式发展”，指明了我国信息界前进的方向。21 世纪日趋开放的国策与更加迅速发展的科技会托起祖国更加辉煌灿烂的明天。

孙家广
2004 年 1 月

第三版前言

操作系统课程是一门实践性很强的技术课程，是计算机专业本科生的必修课。开设本实验课的目的是培养学生的实践能力，促进理论与实践的结合。本书通过两个著名的操作系统 Windows 和 Linux 各自的编程接口，提供一些编程实例，使学生熟悉对操作系统程序接口的使用，并了解如何模拟操作系统原理的实现，加深对操作系统设计原理和实现方法的理解，使学生在程序设计方面能够得到基本的训练。

操作系统本身的构造十分复杂，如何在有效的时间内，使学生既能了解其实现原理，又能对原理部分进行有效的实践，是操作系统教学一直在探索的内容。本书从基本原理出发，提供了不同类型的上机实习题。每个实习题都配有测试通过的源程序代码供读者参考，也对实习题的设计进行了详细的讲解和指导。

本书的使用对象是针对普通高等院校计算机专业的学生，或者是具有一些操作系统基本知识并想进一步了解程序设计以及操作系统实验内容的读者。实验的环境是 Windows 操作系统或者是 Linux 操作系统。Windows 操作系统已经很普及，但是对于 Linux 操作系统并不是每个用户都有所了解，仅是有具体应用目的或者对 Linux 感兴趣的人才会去接触 Linux。所以，在附录 B 中为读者提供了有关 Linux 的安装知识和常用命令。而对 Windows 的使用，我们便主观地认为学生已经熟知了它的使用，所以在介绍实验方法时，只重点介绍编程工具的使用过程以及实验设计本身的内容。

在 Windows 的实验中，重点放在对 Windows 的应用程序接口 API 的使用上。利用这些与操作系统原理直接相关的 API，编写一些实践操作系统概念的实例，便于对抽象概念的理解和具体化；通过阅读本书提供的实例程序代码，使读者得到编程方面的体验和训练。

在 Linux 的实验中，基本上也是在系统调用的层次上对学生进行训练，所不同的是 Linux 是开放源代码的自由软件，读者可以很方便地得到 Linux 操作系统的全部源代码。比如常用的由 Red Hat Software 公司提供的 Red Hat Linux，既可从网站上下载，也可从一般的书店中买到安装光盘。Linux 是深入学习操作系统的有利环境，通过对 Linux 的不断了解，不仅可以深入学习操作系统的设计原理和技巧，还可以在互联网上与热衷于编程的人探讨与 Linux 相关的技术难题。如今的笔记本电脑已经十分普及，从而使 Linux 的实验环境可以随读者的笔记本电脑安装并建立。

本书在 Windows 环境下提供了四个实验，分别是关于操作系统命令接口的设计、进程调度、虚存管理以及文件管理方面的实验内容。

在 Linux 环境下提供了四个实验，分别是关于操作系统的命令接口程序 shell 的编制、虚存管理、作业控制系统以及文件系统方面的实例。

书中有些实验题目是基于北京航空航天大学计算机学院操作系统课设的实验内容，书中配备的实验源程序有一部分来自于学生提交的实际作业。考虑到实验的覆盖面，在附录中增加了存储管理以及命令接口设计等方面的实验实例供读者参考和学习。

本书的 Windows 实验部分由罗晓峰执笔，Linux 的实验部分由李鹏和罗晓峰执笔，任爱华完成全书的统稿、编写和审校工作。参与本书实验的设计与验证工作的还有李萌、张恺、张晓敏、原攀峰、郝美玲、胡宝雷、郭威、丛佩政、张迪、茹晓毅、余世伟、杨洋、郑志明等。

限于编者水平，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

任爱华 于北京
2009年6月

目 录

实验一 命令解释程序	1
1.1 实验目的	1
1.2 实验要求	1
1.2.1 基本要求	1
1.2.2 进一步要求	2
1.2.3 实验步骤建议	3
1.3 相关基础知识	3
1.3.1 命令解释程序与内核的关系	3
1.3.2 系统调用	4
1.3.3 重要 API 的使用说明	10
1.4 实验设计	12
1.4.1 重要的数据结构	12
1.4.2 程序实现	14
1.5 实验总结	15
1.6 源程序与运行结果	16
1.6.1 程序源代码	16
1.6.2 程序运行结果	29
1.6.3 实验报告模板	29
实验二 虚存管理 (Windows)	31
2.1 实验目的	31
2.2 实验要求	31
2.2.1 基本要求	31
2.2.2 进一步要求	31
2.3 相关基础知识	32
2.3.1 虚拟存储器	32
2.3.2 页式存储管理方式	32
2.3.3 Windows 中的虚拟存储技术	35
2.4 实验设计	38
2.4.1 重要的数据结构	38
2.4.2 程序实现	40
2.5 实验总结	45

2.6	源程序与运行结果	45
2.6.1	程序源代码	45
2.6.2	程序运行结果	57
实验三	进程调度	58
3.1	实验目的	58
3.2	实验要求	58
3.2.1	基本要求	58
3.2.2	进一步要求	59
3.3	相关基础知识	59
3.3.1	进程调度	59
3.3.2	Windows 中的进程和线程	61
3.3.3	相关 Win32 API 介绍	62
3.4	实验设计	64
3.4.1	重要的数据结构	64
3.4.2	程序实现	65
3.5	实验总结	68
3.6	源程序与运行结果	68
3.6.1	程序源代码	68
3.6.2	程序运行结果	83
实验四	文件系统	85
4.1	实验目的	85
4.2	实验要求	85
4.2.1	基本要求	85
4.2.2	进一步要求	86
4.3	相关基础知识	87
4.3.1	Windows 的文件系统	87
4.3.2	FAT16 文件系统	88
4.3.3	相关 API 函数说明	92
4.4	实验设计	95
4.4.1	重要的数据结构	95
4.4.2	程序实现	97
4.4.3	编译及运行	102
4.5	实验总结	103
4.6	源程序与运行结果	103
4.6.1	程序源代码	103
4.6.2	程序运行结果	119

实验五 shell 程序	120
5.1 实验目的	120
5.2 实验要求	120
5.2.1 基本要求	120
5.2.2 进一步要求	122
5.2.3 实验步骤建议	122
5.3 相关基础知识	123
5.3.1 shell 与内核的关系	123
5.3.2 系统调用	123
5.3.3 Lex 和 YACC 介绍	133
5.4 实验设计	134
5.4.1 重要的数据结构	135
5.4.2 程序实现	136
5.5 实验总结	143
5.6 源程序与运行结果	143
5.6.1 程序源代码	143
5.6.2 程序运行结果	160
实验六 虚存管理 (Linux)	162
6.1 实验目的	162
6.2 实验要求	162
6.2.1 基本要求	162
6.2.2 进一步要求	162
6.3 相关基础知识	163
6.3.1 存储管理	163
6.3.2 虚拟存储的功能	163
6.3.3 虚拟存储的抽象模型	163
6.3.4 按需装入页面	164
6.3.5 页面交换	165
6.3.6 共享内存	166
6.3.7 存取控制	166
6.3.8 系统页表	167
6.3.9 页面的分配和释放	168
6.3.10 内存映射	169
6.3.11 缺页中断	170
6.4 实验设计	171
6.4.1 重要的数据结构	171
6.4.2 虚存管理程序的实现	172

6.5	实验总结	178
6.6	源程序与运行结果	178
6.6.1	程序源代码	178
6.6.2	程序运行结果	190
实验七	作业调度	192
7.1	实验目的	192
7.2	实验要求	192
7.2.1	基本要求	192
7.2.2	进一步要求	193
7.3	相关基础知识	194
7.3.1	进程及作业的概念	194
7.3.2	作业调度	195
7.3.3	进程间通信	196
7.4	实验设计	198
7.4.1	重要数据结构	198
7.4.2	程序实现	199
7.5	实验总结	201
7.6	源程序与运行结果	202
7.6.1	程序源代码	202
7.6.2	程序运行结果	218
实验八	文件系统	219
8.1	实验目的	219
8.2	实验要求	219
8.2.1	基本要求	219
8.2.2	进一步要求	220
8.3	相关基础知识	220
8.3.1	虚拟文件系统	220
8.3.2	FAT 文件系统结构	224
8.4	实验设计	229
8.4.1	重要的数据结构	229
8.4.2	程序实现	230
8.5	实验总结	234
8.6	源程序与运行结果	235
8.6.1	程序源代码	235
8.6.2	程序运行结果	253

附录 A 存储管理应用实例	254
A.1 概述	254
A.2 存储管理对内存硬件的抽象	255
A.3 用户编程中申请与释放内存实例分析	258
A.3.1 Malloc.h 文件	258
A.3.2 Malloc.c 文件	259
A.3.3 Test.c 文件	262
A.3.4 Makefile 文件	263
A.4 小结	263
A.5 习题	264
附录 B 操作系统接口	265
B.1 操作系统接口	265
B.1.1 系统调用	265
B.1.2 shell 命令及其解释程序	274
B.2 Linux 的安装	283
B.2.1 安装前的准备	283
B.2.2 建立硬盘分区	284
B.2.3 安装类型	285
B.2.4 安装过程	286
B.2.5 操作系统的安装概念	286
B.3 Linux 的使用	287
B.3.1 使用常识	287
B.3.2 文件操作命令	288
B.3.3 文本编辑命令	294
B.3.4 shell 的特殊字符	296
B.3.5 进程控制命令	300
B.3.6 网络应用工具	303
B.3.7 联机帮助	305
B.4 系统管理	305
B.4.1 超级用户	305
B.4.2 用户和用户组管理	306
B.4.3 文件系统管理	308
B.4.4 Linux 源代码文件安放结构	312
B.5 小结	313
B.6 习题	313
参考文献	314

实验一 命令解释程序

1.1 实验目的

- 掌握命令解释程序的设计方法。
- 学习 Windows 系统调用的使用，了解目录操作、进程控制等相关知识。
- 理解并发程序中的同步问题。
- 培养 C/C++ 语言程序设计技能，提高程序设计和文档编写能力。
- 锻炼团队成员的交流与合作能力。

1.2 实验要求

1.2.1 基本要求

本实验要求实现一个简单的命令解释程序，其设计类似于 MS-DOS 的 Command 程序，程序应当具有如下一些重要特征：

- 能够执行 cd、dir、tasklist、taskkill、history、exit 等内部命令。
- 能够创建前台进程和后台进程。

此外，还应做到：

- 使用 VC 建立工程。
- 提供清晰、详细的设计文档和解决方案。

本实验的具体要求如下：

(1) 参考 Command 命令解释程序，采用控制台命令行输入，命令提示行是当前目录与提示符“>”，在提示符后输入命令，执行结果在控制台中显示，如图 1-1 所示。

(2) 实现以下内部命令。

- cd <路径> 切换目录。
- dir 显示指定目录下的文件、目录及磁盘空间等相关信息。
- tasklist 显示系统当前进程信息，包括进程标识符 pid、线程数、进程名等。
- taskkill <pid> 结束系统中正在运行的进程，须提供进程标识 pid。
- history 显示控制台中曾经输入过的命令。
- exit 退出控制台。

(3) 对前台进程和后台进程的操作。

本实验设计的命令解释程序可以将进程放在前台执行或者后台执行。

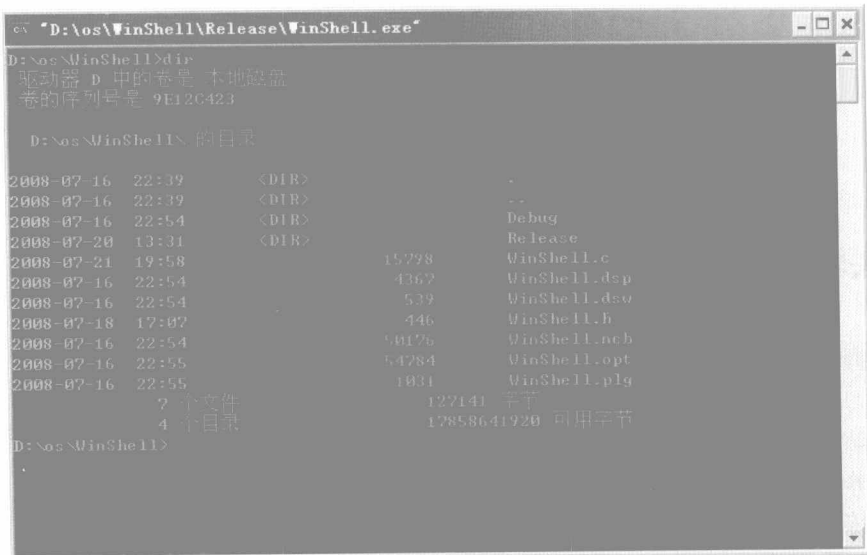


图 1-1 命令解释器界面

启动前台进程，即在提示符下输入：

```
fp <可执行文件>
```

启动后台进程的命令格式为：

```
bg <可执行文件>
```

解释程序在前台进程运行期间需要一直等待，直到前台进程运行结束才打印命令提示符，而在后台进程运行期间不必等待，会立刻打印出命令提示符，允许用户输入下一条命令。命令解释程序中还需要捕获 Ctrl+C 组合键的信号来结束前台正在运行的进程，并返回用户输入界面，等待新命令输入。

(4) 其他要求。

该命令解释程序应该具有相应的出错提示功能。程序每次接收用户输入的一行命令，在用户按下回车键（Enter）后开始执行命令。空命令只打印一个新的提示行，不做其他处理。定义空格为分隔符，程序应能处理命令行中出现的重复空格符。提供帮助命令 help，供使用者查询每个命令的用法。

1.2.2 进一步要求

(1) 实现管道命令。命令格式为：

```
<命令> { | <命令> }
```

管道命令的作用是将管道分隔符 | 前一个命令的输出作为后一个命令的输入。

(2) 仿照 MS-DOS Command 命令解释程序对现有命令语法进行改进，实现命令参数处理功能。例如 dir 命令，附加/A（显示具有指定属性的文件），附加/B（使用空格式），

附加/C（在文件大小中显示千位数分隔符）等参数。如 `dir /A`。

(3) 实现进程的前台/后台切换命令，这需要查阅相关 Windows API 来解决。

1.2.3 实验步骤建议

(1) 熟悉 Windows 相关 API 函数的调用。

(2) 编写小程序练习使用这些系统调用。

(3) 编写命令解释器设计文档。

(4) 按照设计文档编写代码。

(5) 不断完善程序细节。

(6) 测试。

(7) 写实验报告（包括需求、设计、测试和使用说明等内容，格式可参考 1.6 节源程序与运行结果之“实验报告模板”）。

1.3 相关基础知识

1.3.1 命令解释程序与内核的关系

命令解释程序是用户和系统内核之间的接口程序。对于 Windows 系统来说，由于已经提供了具有良好交互性的图形用户界面，传统的控制台命令解释程序已经很少被广大用户所了解和使用了。但是，对于某些应用，例如删除所有扩展名为 `tmp` 的文件，或是删除某些具有特殊名字的病毒文件，在图形用户界面下很难甚至不能完成，这时需要通过 Windows 提供的 `Command` 命令接口来完成。`Command` 程序是一个命令语言解释器，它拥有自己内建的命令集，用户或其他应用程序都可通过对 `Command` 程序的调用完成与系统内核的交互。我们可以把系统内核想象成一个球体的中心，`Command` 命令解释程序就是包围内核的外壳，如图 1-2 所示。

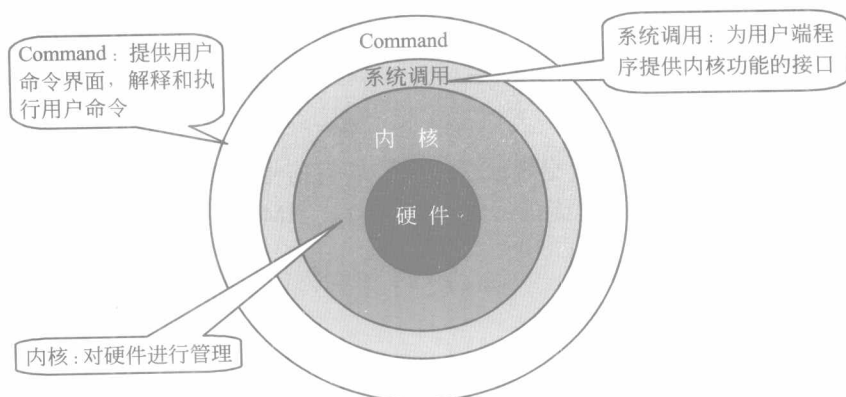


图 1-2 硬件、内核、系统调用以及 Command 之间的层次关系

1.3.2 系统调用

应用程序是以函数调用的方式来通知操作系统执行相应的内核功能。操作系统所能够完成的每一个特殊功能通常都有一个函数与其对应，即操作系统把它所能够完成的功能以函数的形式提供给应用程序使用。应用程序对这些函数的调用叫做系统调用，这些函数的集合就是 Windows 操作系统提供给应用程序编程的接口（Application Programming Interface），简称 Windows API 或 Win32 API（注：某些 Win32 API，如管理 Windows 线程的 API 等，它们并没有操纵内核对象，因此不是系统调用。本实验只讨论 API 的使用，不再做进一步区分）。所有在 Win32 平台上运行的应用程序都可以调用这些函数。

使用 Windows API，应用程序可以充分挖掘 Windows 的 32 位操作系统的潜力。Microsoft 的所有 32 位平台都支持统一的 API，包括函数、结构、消息、宏及接口。使用 Windows API 不但可以开发出在各种 Windows 平台上都能运行的应用程序，而且也可以充分利用每个平台特有的功能和属性。

Windows 的相关 API 都可以在 MSDN 中查到，包括定义、使用方法等。下面简单介绍本次实验中所涉及的 Windows API。

1. GetCurrentDirectory 函数

功能说明

查找当前进程的当前目录，调用成功返回装载到 lpBuffer 的字节数。

格式

```
DWORD GetCurrentDirectory(  
    DWORD nBufferLength,  
    LPTSTR lpBuffer  
)
```

参数说明

nBufferLength: 缓冲区的长度。

lpBuffer: 指定一个预定义字符串，用于装载当前目录。

2. WaitForSingleObject 函数

功能说明

等待一个事件信号直至该信号出现或是超时。若有信号则返回 WAIT_OBJECT_0，若等待超过 dwMilliseconds 时间还是无信号则返回 WAIT_TIMEOUT。

格式

```
DWORD WaitForSingleObject(  
    HANDLE hHandle,  
    DWORD dwMilliseconds  
)
```