

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

# 计算机操作系统实验与实践 ——基于Windows与Linux

秦明 李波 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

# 计算机操作系统实验与实践

## ——基于Windows与Linux

秦明 李波 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

“计算机操作系统”是一门非常重要的专业课程,本教材所介绍的“基于 Windows 和 Linux 内核的操作系统实验体系”可使学生对于目前应用面最广的 Windows 和 Linux 操作系统的内部原理有更深入的理解。整个实验体系分别架构在 Windows 和 Linux 这两个内核的基础上,并按照操作系统的进程管理、资源管理、存储管理、设备管理和文件管理设计相应的模拟实验。

本教材分为上下两篇,上篇介绍基于 Windows 内核的围绕操作系统 5 大管理功能的各个实验,共 5 章,每章通过一个典型的实验对操作系统的其中一个管理功能进行模拟;下篇除了介绍基于 Linux 内核的围绕操作系统 5 大管理功能的各个实验之外,还介绍了 Linux socket 编程实验(第 16 章)以及 Linux 操作系统的预备实验(第 7 章和第 8 章),其余各章分别围绕操作系统的 5 大管理功能分别介绍了相应的模拟实验。

本教材所介绍的实验几乎涵盖了操作系统所有的重要原理和机制。本教材既可作为大专院校、计算机职业专科学校或者电子类各专业“操作系统”的实验教学课程教材,也可供从事计算机方向研究的专业技术人员使用。

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

计算机操作系统实验与实践:基于 Windows 与 Linux/秦明,李波编著. —北京:清华大学出版社,2010.9

(21 世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-22895-0

I. ①计… II. ①秦… ②李… III. ①窗口软件,Windows ②Linux 操作系统 IV. ①TP316.7 ②TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 100078 号

责任编辑:魏江江 徐跃进

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, [jsjic@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:jsjic@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18 字 数:434 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版 印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

---

产品编号:038452-01

# 编审委员会成员

(按地区排序)

## 清华大学

周立柱 教授

覃 征 教授

王建民 教授

冯建华 教授

刘 强 副教授

## 北京大学

杨冬青 教授

陈 钟 教授

陈立军 副教授

## 北京航空航天大学

马殿富 教授

吴超英 副教授

姚淑珍 教授

## 中国人民大学

王 珊 教授

孟小峰 教授

陈 红 教授

## 北京师范大学

周明全 教授

## 北京交通大学

阮秋琦 教授

赵 宏 教授

## 北京信息工程学院

孟庆昌 教授

## 北京科技大学

杨炳儒 教授

## 石油大学

陈 明 教授

## 天津大学

艾德才 教授

## 复旦大学

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

## 同济大学

苗夺谦 教授

徐 安 教授

## 华东理工大学

邵志清 教授

## 华东师范大学

杨宗源 教授

应吉康 教授

## 东华大学

乐嘉锦 教授

孙 莉 副教授

## 浙江大学

吴朝晖 教授

扬州大学  
南京大学

南京航空航天大学

南京理工大学  
南京邮电学院  
苏州大学

江苏大学  
中国矿业大学  
武汉大学  
华中科技大学  
中南财经政法大学  
华中师范大学

江汉大学  
国防科技大学  
中南大学  
湖南大学

西安交通大学

长安大学  
哈尔滨工业大学  
吉林大学

山东大学

中山大学  
厦门大学  
仰恩大学  
云南大学  
电子科技大学

成都理工大学

西南交通大学

|     |     |
|-----|-----|
| 李善平 | 教授  |
| 李 云 | 教授  |
| 骆 斌 | 教授  |
| 黄 强 | 副教授 |
| 黄志球 | 教授  |
| 秦小麟 | 教授  |
| 张功萱 | 教授  |
| 朱秀昌 | 教授  |
| 王宜怀 | 教授  |
| 陈建明 | 副教授 |
| 鲍可进 | 教授  |
| 张 艳 | 副教授 |
| 何炎祥 | 教授  |
| 刘乐善 | 教授  |
| 刘腾红 | 教授  |
| 叶俊民 | 教授  |
| 郑世珏 | 教授  |
| 陈 利 | 教授  |
| 颜 彬 | 教授  |
| 赵克佳 | 教授  |
| 刘卫国 | 教授  |
| 林亚平 | 教授  |
| 邹北骥 | 教授  |
| 沈钧毅 | 教授  |
| 齐 勇 | 教授  |
| 巨永峰 | 教授  |
| 郭茂祖 | 教授  |
| 徐一平 | 教授  |
| 毕 强 | 教授  |
| 孟祥旭 | 教授  |
| 郝兴伟 | 教授  |
| 潘小轰 | 教授  |
| 冯少荣 | 教授  |
| 张思民 | 教授  |
| 刘惟一 | 教授  |
| 刘乃琦 | 教授  |
| 罗 蕾 | 教授  |
| 蔡 淮 | 教授  |
| 于 春 | 讲师  |
| 曾华桑 | 教授  |

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与计算机应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

# 前言

“计算机操作系统”是一门重要的专业基础课,也是计算机专业的学位课和考研课程。该课程涉及概念较多,内容抽象,很多初学者常感到不易理解。想要学好该课程,实验环节尤为重要。

选择一本适合的实验教材,对于学习者非常重要。我们认为,教材并非难度大、有深度、面面俱到就是最好;教材应该和学习者的基础和层次紧密相关。目前关于操作系统的实验教材不多,尤其是同时提供 Linux 和 Windows 两种主流操作系统实验内容的实验教材更少。我们希望能够拥有一本适合学生层次,同时具备 Windows 和 Linux 两种主流操作系统内容的实验教材,该教材能够对学生的实验方向有所指引、对实验过程有适当提示和引导,同时,也能够充分调动学生的积极性、发挥他们的主观能动性。

基于以上认识,我们编写了本教材。

本教材是与一般高校计算机专业(本科生)操作系统原理这门专业课相配套的实验指导书,主要介绍了基于 Windows 操作系统内核和 Linux 操作系统内核的操作系统理论课程实验和课程设计的主要实验内容,对操作系统的 5 大管理功能——进程管理、资源管理、存储管理、设备管理、文件管理进行了各种模拟实验,通过这些模拟实验,学生能更深入地理解操作系统管理计算机各类资源的方法,对操作系统原理有更深刻的认识和体会。

本教材部分内容已在教学实践中多次内部使用,读者对象定位在一般高校本科生,注重应用,语言通俗易懂。为了使读者能更好地理解这些实验的目的,本书还对大多数实验的实验结果进行深入分析和总结,力图使学生通过各个实验来更好地理解操作系统管理计算机系统各类资源的机理。与一般教材不同,本教材对实验进行启发式引导,并不给出全部参考源代码,而是给出实验步骤提示。

本书在编写过程中得到了华中科技大学杨有安教授的指导和帮助,在此表示衷心感谢。清华大学出版社的编辑同志在本书出版过程中亦倾注了大量心血,在此谨致谢意。

由于作者水平有限,错误和疏漏之处在所难免,恳请读者和同行批评指正。

秦明、李波

2010 年 5 月于武汉



# 目 录

## 上篇 Windows 操作系统实验与实践

|                        |    |
|------------------------|----|
| <b>第 1 章 生产者-消费者实验</b> | 3  |
| 1.1 实验目的               | 3  |
| 1.2 预备知识               | 3  |
| 1.2.1 基本概念             | 3  |
| 1.2.2 Windows SDK 简介   | 6  |
| 1.2.3 并发程序设计           | 7  |
| 1.2.4 Windows 程序设计简介   | 7  |
| 1.2.5 API 函数           | 9  |
| 1.2.6 相关函数             | 10 |
| 1.3 实验内容               | 13 |
| 1.4 实验指导               | 13 |
| 1.4.1 程序流程图            | 13 |
| 1.4.2 参考部分源程序代码        | 14 |
| 1.4.3 程序运行结果           | 18 |
| 1.4.4 简要分析和说明          | 19 |
| 1.4.5 深入探讨和研究          | 21 |
| <b>第 2 章 进程死锁模拟实验</b>  | 27 |
| 2.1 实验目的               | 27 |
| 2.2 预备知识               | 27 |
| 2.2.1 基本概念             | 27 |
| 2.2.2 句柄简介             | 29 |
| 2.2.3 内核对象简介           | 31 |
| 2.2.4 Windows API 简介   | 32 |
| 2.2.5 相关函数             | 33 |
| 2.3 实验内容               | 33 |
| 2.4 实验指导               | 34 |
| 2.4.1 程序流程图            | 34 |
| 2.4.2 参考程序源代码          | 34 |
| 2.4.3 程序运行结果及简要分析      | 36 |

|            |                       |           |
|------------|-----------------------|-----------|
| 2.4.4      | 深入探讨和研究               | 45        |
| <b>第3章</b> | <b>页式存储管理部分功能模拟实验</b> | <b>46</b> |
| 3.1        | 实验目的                  | 46        |
| 3.2        | 基本概念                  | 46        |
| 3.2.1      | 虚拟存储器                 | 46        |
| 3.2.2      | 程序的局部性原理              | 47        |
| 3.3        | 实验内容                  | 48        |
| 3.4        | 实验指导                  | 52        |
| 3.4.1      | 实验步骤                  | 52        |
| 3.4.2      | 程序流程图                 | 53        |
| 3.4.3      | 参考部分源程序代码             | 53        |
| 3.4.4      | 程序运行结果及简要分析           | 55        |
| 3.4.5      | 深入探讨和研究               | 57        |
| <b>第4章</b> | <b>设备管理模拟实验</b>       | <b>62</b> |
| 4.1        | 实验目的                  | 62        |
| 4.2        | 预备知识                  | 62        |
| 4.2.1      | 基本概念                  | 62        |
| 4.2.2      | 设备处理程序                | 63        |
| 4.2.3      | Windows 设备驱动程序简介      | 64        |
| 4.2.4      | 相关函数                  | 65        |
| 4.3        | 实验内容                  | 66        |
| 4.4        | 参考源程序代码               | 67        |
| <b>第5章</b> | <b>文件管理模拟实验</b>       | <b>70</b> |
| 5.1        | 实验目的                  | 70        |
| 5.2        | 预备知识                  | 70        |
| 5.2.1      | 文件的组织结构               | 70        |
| 5.2.2      | 文件存储空间的管理             | 71        |
| 5.2.3      | 文件目录管理                | 72        |
| 5.2.4      | 文件系统的接口               | 73        |
| 5.2.5      | 相关函数                  | 74        |
| 5.3        | 实验内容                  | 75        |
| 5.4        | 实验指导                  | 75        |
| 5.4.1      | 实现文件基本操作的源程序代码(仅供参考)  | 75        |
| 5.4.2      | 实现文件属性操作的源程序代码(仅供参考)  | 76        |

## 下篇 Linux 操作系统实验与实践

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第 6 章 预备知识</b>       | 81  |
| 6.1 Red hat Linux 简介    | 81  |
| 6.2 Ubuntu 简介           | 83  |
| 6.2.1 安装与设置 Ubuntu      | 84  |
| 6.2.2 Ubuntu 常用服务安装     | 87  |
| 6.3 Linux 的特性           | 87  |
| 6.4 Linux 操作系统的核心结构     | 88  |
| 6.5 Linux 操作系统的特点       | 90  |
| <b>第 7 章 初步使用 Linux</b> | 91  |
| 7.1 实验目的                | 91  |
| 7.2 实验指导                | 91  |
| 7.2.1 C 语言使用简介          | 91  |
| 7.2.2 文件编辑器 vi 简介       | 91  |
| 7.2.3 GNU C 编译器         | 93  |
| 7.2.4 gdb 调试工具          | 94  |
| 7.3 实验基本原理              | 95  |
| 7.4 练习程序                | 97  |
| <b>第 8 章 系统调用</b>       | 98  |
| 8.1 实验目的                | 98  |
| 8.2 实验基本原理              | 98  |
| 8.3 实验参考程序              | 98  |
| 8.4 提高与深化               | 104 |
| <b>第 9 章 进程创建</b>       | 106 |
| 9.1 实验目的                | 106 |
| 9.2 实验内容                | 106 |
| 9.3 实验指导                | 106 |
| 9.3.1 进程的基本概念           | 106 |
| 9.3.2 进程映像              | 107 |
| 9.3.3 进程所涉及的系统调用        | 107 |
| 9.4 参考程序源代码             | 109 |
| 9.5 运行结果及分析             | 109 |
| 9.6 深入理解 fork()         | 110 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第 10 章 进程控制实验</b> ..... | 111 |
| 10.1 实验目的 .....            | 111 |
| 10.2 实验内容 .....            | 111 |
| 10.3 实验指导 .....            | 111 |
| 10.3.1 实验所涉及的系统调用 .....    | 111 |
| 10.3.2 参考源程序代码 .....       | 113 |
| 10.3.3 深入分析和讨论 .....       | 114 |
| <b>第 11 章 进程互斥实验</b> ..... | 115 |
| 11.1 实验目的与实验内容 .....       | 115 |
| 11.1.1 实验目的 .....          | 115 |
| 11.1.2 实验内容 .....          | 115 |
| 11.2 实验指导 .....            | 115 |
| 11.2.1 实验所涉及的系统调用 .....    | 115 |
| 11.2.2 部分源程序代码 .....       | 116 |
| 11.2.3 运行结果及分析 .....       | 116 |
| 11.3 提高与深化 .....           | 117 |
| <b>第 12 章 进程同步实验</b> ..... | 118 |
| 12.1 实验目的 .....            | 118 |
| 12.2 实验的基本原理 .....         | 118 |
| 12.2.1 PV 操作的基本概念 .....    | 118 |
| 12.2.2 Linux 的进程同步原语 ..... | 119 |
| 12.3 参考源程序 .....           | 120 |
| <b>第 13 章 进程通信实验</b> ..... | 123 |
| 13.1 信号机制 .....            | 123 |
| 13.1.1 实验目的 .....          | 123 |
| 13.1.2 实验内容 .....          | 123 |
| 13.1.3 实验指导 .....          | 123 |
| 13.1.4 本次实验所涉及的中断调用 .....  | 124 |
| 13.1.5 部分源程序代码 .....       | 126 |
| 13.1.6 源程序分析及思考 .....      | 127 |
| 13.2 进程管道通信 .....          | 127 |
| 13.2.1 实验目的 .....          | 127 |
| 13.2.2 实验内容 .....          | 127 |
| 13.2.3 实验指导 .....          | 128 |
| 13.2.4 部分源程序代码及结果分析 .....  | 129 |

|               |                                |            |
|---------------|--------------------------------|------------|
| 13.3          | 消息的发送与接收 .....                 | 130        |
| 13.3.1        | 实验目的 .....                     | 130        |
| 13.3.2        | 实验内容 .....                     | 131        |
| 13.3.3        | 实验指导 .....                     | 131        |
| 13.3.4        | 部分源程序代码 .....                  | 135        |
| 13.3.5        | 运行结果简要分析和说明 .....              | 136        |
| 13.4          | 共享存储区通信 .....                  | 136        |
| 13.4.1        | 实验目的 .....                     | 136        |
| 13.4.2        | 实验内容 .....                     | 136        |
| 13.4.3        | 实验指导 .....                     | 136        |
| 13.4.4        | 部分源程序代码 .....                  | 139        |
| 13.4.5        | 源程序运行结果简单分析 .....              | 140        |
| <b>第 14 章</b> | <b>存储管理-页面置换算法模拟 .....</b>     | <b>142</b> |
| 14.1          | 实验目的 .....                     | 142        |
| 14.2          | 实验基本原理 .....                   | 142        |
| 14.3          | 实验内容 .....                     | 143        |
| 14.4          | 实验前的准备工作 .....                 | 143        |
| 14.5          | 实验指导 .....                     | 144        |
| 14.5.1        | 虚拟存储系统 .....                   | 144        |
| 14.5.2        | 页面置换算法 .....                   | 144        |
| 14.5.3        | 参考源程序代码 .....                  | 144        |
| 14.5.4        | 该程序运行结果及对该结果的简要分析 .....        | 150        |
| <b>第 15 章</b> | <b>虚拟文件系统模拟实验 .....</b>        | <b>151</b> |
| 15.1          | 实验目的 .....                     | 151        |
| 15.2          | 实验基本原理 .....                   | 152        |
| 15.3          | 实验指导 .....                     | 155        |
| 15.3.1        | 参考源程序代码 .....                  | 155        |
| 15.3.2        | 源程序的简要说明 .....                 | 188        |
| <b>第 16 章</b> | <b>Linux socket 编程实验 .....</b> | <b>189</b> |
| 16.1          | 实验目的 .....                     | 189        |
| 16.2          | 实验基本原理 .....                   | 189        |
| 16.2.1        | socket 的基本概念 .....             | 189        |
| 16.2.2        | socket 的建立 .....               | 189        |
| 16.2.3        | socket 的配置 .....               | 190        |
| 16.3          | 参考源程序代码 .....                  | 193        |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| <b>第 17 章 Linux 设备驱动程序</b> .....                      | 197 |
| 17.1 实验目的 .....                                       | 197 |
| 17.2 实验基本原理 .....                                     | 197 |
| <b>附录 A Windows API 函数清单</b> .....                    | 200 |
| <b>附录 B Linux 常用命令简介</b> .....                        | 222 |
| B1 Linux 的登录与退出 .....                                 | 222 |
| B2 Linux 命令格式 .....                                   | 222 |
| B3 常用命令 .....                                         | 223 |
| B4 用 cat 命令查看 /proc 动态文件系统目录下的文件, 辨识其中的<br>系统信息 ..... | 231 |
| <b>附录 C Linux 部分源代码</b> .....                         | 232 |
| <b>附录 D 操作系统实验报告要求</b> .....                          | 271 |
| <b>参考文献</b> .....                                     | 272 |

上篇

# Windows操作系统实验与实践





# 第1章

## 生产者-消费者实验

### 1.1 实验目的

- (1) 加深进程概念的理解,明确进程和程序的区别。
- (2) 深入认识程序并发执行过程的实质。
- (3) 深入理解进程争用资源的现象。
- (4) 进一步认识在一个操作系统内部,进程与进程之间的两种相互制约关系的本质。
- (5) 进一步理解解决以上两个问题所使用的基本方法——互斥和同步的基本概念及其实质。
- (6) 掌握基本的互斥与同步的算法,进一步理解“生产者-消费者”模型。
- (7) 通过对“生产者-消费者”问题编程实现,了解线程创建、同步信号量、互斥信号量、临界区的创建和使用,初步了解并发程序设计方法。
- (8) 进一步理解 P、V 原语和信号量在线程互斥和同步机制中的运用。
- (9) 学习使用 Windows 2000/XP 中基本的同步对象,掌握相关 API 的使用方法。
- (10) 进一步了解 Windows 2000/XP 中多线程的并发执行机制,实现线程的同步与互斥的基本方法。

进程是操作系统中最重要、最核心的概念,贯穿于操作系统这门课程的始终,也是掌握好现代操作系统的关键。通过本次实验,要深刻理解操作系统进程的实质和进程管理的机制。

### 1.2 预备知识

#### 1.2.1 基本概念

##### 1. 进程的概念

由于并发程序之间的相互制约关系,有时它处于执行状态,有时它需要等待某种共享资源,有时又可能要等待某些信息而暂时不能继续执行下去,只得处于暂停状态,而当使之暂停的因素消失后,程序又可以恢复执行。所以,并发程序执行时是这样间断地向前推进的。