

高等院校信息技术规划教材

# 计算机 操作系统原理

刘华文 段正杰 编著



清华大学出版社

高等

才

# 计算机 操作系统原理

刘华文 段正杰 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

操作系统是现代计算机系统中必不可少的系统软件。本书以《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》为指导,依据教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会最新颁布的教学要求,结合多年来的实践教学经验编写而成,力求全面、系统、直观地阐述现代计算机操作系统的基本原理、主要功能及实现技术。

全书共分7章。第1章介绍操作系统的概念、功能、类型及其发展;第2~4章介绍处理器管理,包括进程管理、进程同步与互斥、调度与死锁;第5~7章介绍存储器管理、设备管理和文件管理等。

本书可作为计算机专业及信息类相关专业的操作系统课程教材,也可供从事计算机科学、工程和应用等方面工作的科技人员参考,对报考研究生的学生也有较大的参考价值。

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

计算机操作系统原理/刘华文,段正杰编著. —北京:清华大学出版社,2017  
(高等院校信息技术规划教材)  
ISBN 978-7-302-47212-4

I. ①计… II. ①刘… ②段… III. ①操作系统—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第102498号

责任编辑:焦虹

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:12

字 数:279千字

版 次:2017年6月第1版

印 次:2017年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00元

产品编号:074702-01

# 前言

## foreword

计算机系统是由硬件与软件紧密结合的统一整体。操作系统是硬件功能的首次扩充,也是其他系统软件和应用软件建立的基础和支撑平台,在计算机系统中处于承上启下的关键地位。操作系统是计算机系统的核心软件,它管理和控制整个计算机系统,使之高效、协调地运转,为用户提供方便的服务。操作系统的设计及实现对整个计算机的功能和性能起着至关重要的作用。学习操作系统不仅要掌握其基本概念和原理,更重要的是要了解在操作系统中如何实现这些原理,并学以致用,灵活运用到实际工作中。操作系统是计算机专业的必修课程。掌握操作系统的基本概念、理解其工作原理,对于深入学习计算机乃至信息类专业知识、提升软件开发和项目设计能力都有着非常重要的作用。

本教材以《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》为指导,针对计算机相关专业学生应掌握的知识结构,参照教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会关于操作系统课程的教学要求,参考国内外比较成熟的教材,借鉴新理论和新技术,结合当前国内普通高等院校学生的实际情况,根据作者多年的教学实践经验编写而成。教材以介绍操作系统的基本概念为主,阐述操作系统的基本原理、基本结构,剖析操作系统的工作过程、实现技术和运行机制,希望通过这种方式,使学生更系统、直观、深刻地理解操作系统,并依据所学知识,设计、开发自己的操作系统或应用系统。本教材力求结构清晰、概念清楚,内容由浅入深、易教易学,立足于培养学生的实际应用能力。

本教材共分7章。第1章绪论,概括介绍操作系统的基本概念、主要功能、发展过程、基本特征;第2章进程管理,首先介绍CPU管理的功能,然后介绍进程的概念,进程的特征、状态及其转换,进程的描述与管理,线程的概念;第3章进程同步,首先介绍并发程序的有关技术,讲解进程互斥、同步机制,信号量和管程机制,随后介绍进程通信;第4章调度与死锁,介绍进程调度算法和死锁的基本概念、必要条件和处理方法;第5章存储器管理,讲述存储器管理的基

本概念、各种分配管理方法和虚拟存储管理技术；第6章设备管理，讲解设备控制、设备分配和处理等问题；第7章文件管理，介绍文件结构、文件目录和存储空间管理等。每章均配备了适当的习题，可帮助学生消化并掌握操作系统的知识。

本教材编写分工如下：第1~5章由段正杰编写，第6、7章由刘华文编写。最后由刘华文负责统稿、审阅全书。本教材在编写过程中得到了相关老师的大力支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢！本教材内容参考和引用了国内外相关著作、教材，以及部分互联网上的技术资料，在此，一并表示深深的感谢！

由于编者水平有限，错误与不妥之处在所难免，希望广大读者批评指正，以便我们改进、完善本教材，谢谢！

编 者

# 目录

# Contents

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 操作系统的概念 .....	1
1.1.1 计算机体系结构 .....	1
1.1.2 操作系统的定义 .....	3
1.2 操作系统的发展过程 .....	4
1.2.1 操作系统的形成和发展 .....	4
1.2.2 手工操作 .....	5
1.2.3 批处理系统 .....	6
1.2.4 分时系统 .....	7
1.2.5 实时系统 .....	8
1.2.6 通用操作系统 .....	9
1.2.7 网络操作系统 .....	9
1.2.8 分布式操作系统 .....	10
1.2.9 嵌入式系统 .....	11
1.3 操作系统的功能和特征 .....	11
1.3.1 操作系统的功能 .....	11
1.3.2 操作系统的特征 .....	12
1.4 操作系统的运行环境 .....	13
1.4.1 操作系统的结构 .....	13
1.4.2 处理机的执行状态 .....	15
1.4.3 中断及其处理 .....	15
1.5 操作系统用户接口 .....	17
1.5.1 命令接口 .....	17
1.5.2 程序接口 .....	18
1.5.3 图形接口 .....	19
1.6 现代主流操作系统 .....	19
1.6.1 UNIX 操作系统 .....	19

1.6.2	Linux 操作系统 .....	20
1.6.3	Windows 系统 .....	20
习题	.....	21
<b>第 2 章</b>	<b>进程管理</b> .....	<b>22</b>
2.1	CPU 管理 .....	22
2.1.1	CPU 管理的功能 .....	22
2.1.2	程序的执行 .....	23
2.2	进程的概念 .....	26
2.2.1	进程的定义 .....	26
2.2.2	进程的特征 .....	26
2.3	进程的状态 .....	27
2.3.1	进程的基本状态 .....	27
2.3.2	进程的状态转换 .....	27
2.3.3	进程的挂起状态 .....	28
2.4	进程的描述 .....	29
2.4.1	进程结构 .....	29
2.4.2	进程控制块 .....	30
2.5	进程的组织 .....	30
2.6	进程的控制 .....	32
2.6.1	操作系统内核 .....	32
2.6.2	进程控制原语 .....	33
2.7	线程 .....	35
2.7.1	线程的引入 .....	35
2.7.2	线程的类型 .....	37
习题	.....	38
<b>第 3 章</b>	<b>进程同步</b> .....	<b>40</b>
3.1	基本概念 .....	40
3.1.1	进程的制约关系 .....	40
3.1.2	进程互斥与同步 .....	40
3.2	同步机制 .....	42
3.2.1	软件方法 .....	43
3.2.2	硬件方法 .....	45
3.3	信号量方法 .....	46
3.3.1	信号量机制 .....	47
3.3.2	信号量的分类 .....	47

3.3.3	互斥与同步的实现	50
3.4	经典的同步问题	52
3.4.1	生产者-消费者问题	52
3.4.2	读者-写者问题	54
3.4.3	哲学家进餐问题	56
3.5	管程	58
3.5.1	管程的概念	58
3.5.2	条件变量	59
3.5.3	管程的应用	59
3.6	进程通信	61
3.6.1	共享存储器系统	61
3.6.2	消息传递系统	61
3.6.3	管道通信系统	63
	习题	64
<b>第 4 章</b>	<b>调度与死锁</b>	<b>66</b>
4.1	CPU 调度	66
4.2	进程调度	68
4.3	调度性能衡量	69
4.4	调度算法	70
4.4.1	先来先服务	70
4.4.2	短者优先	71
4.4.3	高响应比优先	71
4.4.4	优先权高者优先	72
4.4.5	时间片轮转	73
4.4.6	多级反馈队列	74
4.5	死锁	75
4.5.1	死锁的基本概念	75
4.5.2	产生死锁的原因	76
4.5.3	产生死锁的必要条件	77
4.5.4	处理死锁的基本方法	77
4.5.5	死锁的预防	78
4.5.6	死锁避免	78
4.5.7	死锁检测与解除	82
	习题	84
<b>第 5 章</b>	<b>存储器管理</b>	<b>87</b>
5.1	存储器管理概述	87





5.1.1	存储体系 .....	87
5.1.2	存储管理功能 .....	88
5.1.3	地址变换 .....	89
5.1.4	存储管理方式 .....	91
5.2	单一连续分配管理 .....	91
5.3	分区存储管理 .....	93
5.3.1	固定分区存储管理 .....	93
5.3.2	可变分区存储管理 .....	95
5.3.3	可重定位分区存储管理 .....	99
5.4	覆盖与交换 .....	100
5.4.1	覆盖技术 .....	100
5.4.2	交换技术 .....	101
5.5	分页存储管理 .....	102
5.5.1	基本概念 .....	102
5.5.2	页表 .....	104
5.5.3	地址转换 .....	105
5.5.4	分页存储管理的改进 .....	106
5.6	分段存储管理 .....	109
5.6.1	基本概念 .....	109
5.6.2	段表 .....	110
5.6.3	地址转换 .....	110
5.6.4	段的保护和共享 .....	111
5.6.5	分页和分段的区别 .....	111
5.7	段页式存储管理 .....	112
5.7.1	基本概念 .....	112
5.7.2	段表和页表 .....	113
5.7.3	地址变换 .....	114
5.8	虚拟存储管理 .....	114
5.8.1	基本原理 .....	115
5.8.2	请求分页存储管理 .....	116
5.8.3	请求分段存储管理 .....	121
	习题 .....	123
<b>第 6 章</b>	<b>设备管理 .....</b>	<b>126</b>
6.1	设备层次结构 .....	126
6.2	设备管理概述 .....	127
6.2.1	设备的分类 .....	127
6.2.2	设备管理的目标和任务 .....	128

6.2.3	设备管理的主要功能	129
6.3	输入输出系统	129
6.3.1	I/O 系统结构	129
6.3.2	I/O 设备控制器	130
6.3.3	I/O 通道	132
6.3.4	设备的控制方式	133
6.4	设备分配与回收	136
6.4.1	数据结构	136
6.4.2	设备分配因素	137
6.4.3	设备分配与回收	139
6.5	设备处理	140
6.5.1	设备驱动程序	140
6.5.2	驱动程序的处理过程	141
6.6	设备管理的实现技术	142
6.6.1	中断技术	142
6.6.2	缓冲技术	144
6.6.3	假脱机技术	147
6.7	存储设备	148
6.7.1	存储设备类型	149
6.7.2	磁盘驱动调度算法	150
	习题	153
<b>第 7 章</b>	<b>文件管理</b>	<b>154</b>
7.1	文件管理概述	154
7.1.1	文件与文件系统	154
7.1.2	文件的分类	155
7.2	文件结构	156
7.2.1	文件的逻辑结构	157
7.2.2	文件的物理结构	158
7.2.3	文件的存取方法	162
7.2.4	记录成组和分解	163
7.3	存储空间管理	164
7.3.1	存储空间的分配	165
7.3.2	存储空间的管理	165
7.4	文件目录	168
7.4.1	基本概念	169
7.4.2	文件目录结构	170
7.5	文件共享与安全	174

7.5.1	文件共享 .....	174
7.5.2	文件安全 .....	175
7.6	文件操作 .....	177
	习题 .....	179
参考文献 .....		181

182	.....	182
183	.....	183
184	.....	184
185	.....	185
186	.....	186
187	.....	187
188	.....	188
189	.....	189
190	.....	190
191	.....	191
192	.....	192
193	.....	193
194	.....	194
195	.....	195
196	.....	196
197	.....	197
198	.....	198
199	.....	199
200	.....	200
201	.....	201
202	.....	202
203	.....	203
204	.....	204
205	.....	205
206	.....	206
207	.....	207
208	.....	208
209	.....	209
210	.....	210
211	.....	211
212	.....	212
213	.....	213
214	.....	214
215	.....	215
216	.....	216
217	.....	217
218	.....	218
219	.....	219
220	.....	220
221	.....	221
222	.....	222
223	.....	223
224	.....	224
225	.....	225
226	.....	226
227	.....	227
228	.....	228
229	.....	229
230	.....	230
231	.....	231
232	.....	232
233	.....	233
234	.....	234
235	.....	235
236	.....	236
237	.....	237
238	.....	238
239	.....	239
240	.....	240
241	.....	241
242	.....	242
243	.....	243
244	.....	244
245	.....	245
246	.....	246
247	.....	247
248	.....	248
249	.....	249
250	.....	250
251	.....	251
252	.....	252
253	.....	253
254	.....	254
255	.....	255
256	.....	256
257	.....	257
258	.....	258
259	.....	259
260	.....	260
261	.....	261
262	.....	262
263	.....	263
264	.....	264
265	.....	265
266	.....	266
267	.....	267
268	.....	268
269	.....	269
270	.....	270
271	.....	271
272	.....	272
273	.....	273
274	.....	274
275	.....	275
276	.....	276
277	.....	277
278	.....	278
279	.....	279
280	.....	280
281	.....	281
282	.....	282
283	.....	283
284	.....	284
285	.....	285
286	.....	286
287	.....	287
288	.....	288
289	.....	289
290	.....	290
291	.....	291
292	.....	292
293	.....	293
294	.....	294
295	.....	295
296	.....	296
297	.....	297
298	.....	298
299	.....	299
300	.....	300
301	.....	301
302	.....	302
303	.....	303
304	.....	304
305	.....	305
306	.....	306
307	.....	307
308	.....	308
309	.....	309
310	.....	310
311	.....	311
312	.....	312
313	.....	313
314	.....	314
315	.....	315
316	.....	316
317	.....	317
318	.....	318
319	.....	319
320	.....	320
321	.....	321
322	.....	322
323	.....	323
324	.....	324
325	.....	325
326	.....	326
327	.....	327
328	.....	328
329	.....	329
330	.....	330
331	.....	331
332	.....	332
333	.....	333
334	.....	334
335	.....	335
336	.....	336
337	.....	337
338	.....	338
339	.....	339
340	.....	340
341	.....	341
342	.....	342
343	.....	343
344	.....	344
345	.....	345
346	.....	346
347	.....	347
348	.....	348
349	.....	349
350	.....	350
351	.....	351
352	.....	352
353	.....	353
354	.....	354
355	.....	355
356	.....	356
357	.....	357
358	.....	358
359	.....	359
360	.....	360
361	.....	361
362	.....	362
363	.....	363
364	.....	364
365	.....	365
366	.....	366
367	.....	367
368	.....	368
369	.....	369
370	.....	370
371	.....	371
372	.....	372
373	.....	373
374	.....	374
375	.....	375
376	.....	376
377	.....	377
378	.....	378
379	.....	379
380	.....	380
381	.....	381
382	.....	382
383	.....	383
384	.....	384
385	.....	385
386	.....	386
387	.....	387
388	.....	388
389	.....	389
390	.....	390
391	.....	391
392	.....	392
393	.....	393
394	.....	394
395	.....	395
396	.....	396
397	.....	397
398	.....	398
399	.....	399
400	.....	400

## 绪 论

计算机技术的发展日新月异,从个人计算机发展到大型乃至巨型计算机,计算机的应用已经渗透到了社会生产和生活的各个领域。为了提高系统资源的利用率、增强处理能力,计算机均配置了一种用以控制计算机的各个组成部分、合理组织安排各项任务的软件系统,该软件系统称为操作系统。如果计算机没有操作系统,那么普通用户将无法操控计算机,完成各项指定的任务。什么是操作系统(Operating System, OS)? 操作系统发展至今经过了哪些变化? 它具有哪些功能和特征? 目前有哪几种现代主流操作系统? 本章将阐述这些问题。

通过学习本章内容,可使学生掌握操作系统的概念,了解操作系统的发展过程,熟悉操作系统的功能和特征。

### 1.1 操作系统的概念

#### 1.1.1 计算机体系结构

一个完整的计算机系统由计算机硬件和计算机软件两部分组成,如图 1-1 所示。

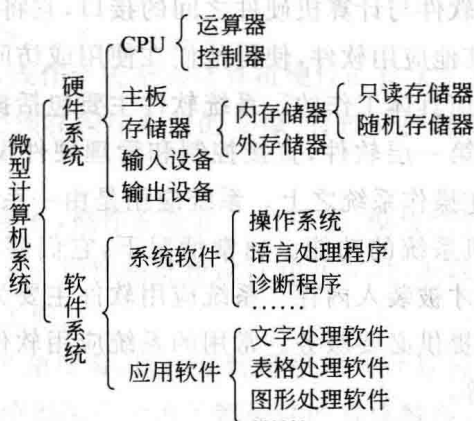


图 1-1 计算机系统的构成

它们是一个统一的整体,各个组成部分之间相互协调、相互制约,共同完成所分配的

各项任务。计算机硬件是指构成能正常工作的计算机所需要的各种硬件设备,即“看得见、摸得着”的实际物理部件,包括键盘、显示器等,它们是计算机系统的物质基础。按照不同的功能,硬件设备通常由五大部分组成:输入设备、输出设备、存储器、运算器和控制器,如图 1-2 所示,其中实线表示控制信号,虚线表示数据传输。

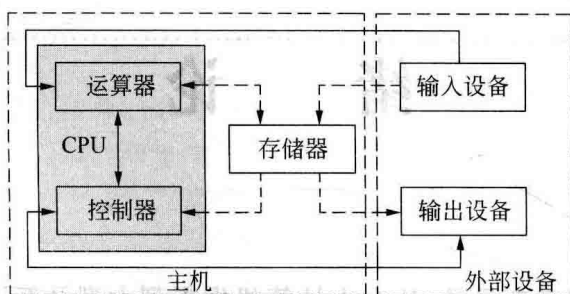


图 1-2 计算机硬件系统的结构

计算机硬件设备中,运算器和控制器通常被称为中央处理器(CPU),它与存储器一起称为“主机”。CPU 是硬件系统的核心,通过执行程序或软件方式,实现运算,并直接控制计算机各个部件的工作。主存储器(俗称内存)用于存放系统中运行的程序和数据。输入、输出设备(统称外围设备或外部设备)用于实现计算机系统与外界信息交换的各种硬件设备,包括键盘、鼠标、打印机等。

计算机软件是指由计算机硬件执行,以完成特定任务的程序及文档数据。程序是计算任务的处理对象和处理规则的描述,而文档则是为了便于了解程序所需的说明性的资料。计算机软件可分为系统软件和应用软件。计算机用户通过应用软件访问、使用计算机,使其为自己服务,应用软件则通过系统软件管理、控制计算机的硬件设备。

系统软件是负责管理计算机系统中各种硬件,使得它们协调工作的软件,其主要功能是简化程序设计,扩大计算机处理能力,提高计算机使用效率,充分发挥各种资源功能的作用。系统软件是应用软件与计算机硬件之间的接口,它将计算机硬件作为一个黑盒子,提供给计算机用户和其他应用软件,使得他们在使用或访问过程中,不需要考虑每个底层计算机硬件设备是如何具体工作的。系统软件主要包括操作系统和系统应用软件。操作系统是紧挨着硬件的第一层软件,直接控制和管理硬件设备,也是对硬件功能的首次扩充,其他软件则建立在操作系统之上。系统应用是由一系列语言处理程序和系统服务程序构成,以扩充计算机系统的功能。通常情况下,它们存放在磁盘或其他外部存储设备上,仅当需要运行时,才被装入内存。系统应用软件主要为用户编制应用软件、加工和调试程序以及处理数据提供必要服务。常用的系统应用软件包括语言处理程序、编译软件,以及各种服务程序等。

应用软件处于计算机层次结构的最外层的应用程序。它们是计算机用户为了使用计算机完成某一特定工作,或者解决某一具体问题而编制的程序,以满足应用要求、服务于特定的用户。应用软件主要通过调用系统软件所提供的接口服务,实现自己的特定功

能。常见的应用软件包括办公软件、售票系统、浏览器、聊天软件、游戏软件等。

计算机系统中,硬件和软件是相辅相成、缺一不可的。计算机硬件是计算机的躯体和基础,计算机软件是计算机的头脑和灵魂,即计算机硬件是构成计算机系统所必须配置的设备,而计算机软件则指挥计算机系统按照指定的要求进行工作。因此,没有软件的计算机和缺少硬件的计算机都不能称为完整的计算机系统。

### 1.1.2 操作系统的定义

随着信息技术的快速发展,计算机系统越来越复杂。这需要一个自动化的管理机构,组织各种硬件资源,提高其利用率,并实现各类软件资源的查找和调用,以方便用户使用计算机。操作系统就扮演了这种角色。

操作系统在计算机系统中具有举足轻重的作用,它不仅是硬件与所有其他软件直接的接口,而且任何电子计算机都必须配置操作系统,才能构成一个可以协调运转的计算机系统。只有在操作系统的指挥控制下,各种计算机资源才能被分配给用户使用,也只有在操作系统支撑下,其他软件才得以正常运行。没有操作系统,任何应用软件均无法运行。由此可见,操作系统实际上是一个计算机系统中硬、软件资源的总指挥部。

操作系统与软件、硬件的关系如图 1-3 所示,其中裸机是指没有配备任何软件的计算机,它是构成计算机系统的物质基础,不能直接被用户使用;操作系统是靠近硬件的软件层,其功能是直接控制和管理系统各类资源。在操作系统的管理和控制下,计算机硬件的功能才能充分发挥。

综上所述,操作系统是控制和管理计算机系统硬件和软件资源、合理地组织计算机工作流程,以方便用户使用的程序的集合。具体而言,可从以下几个方面理解操作系统:

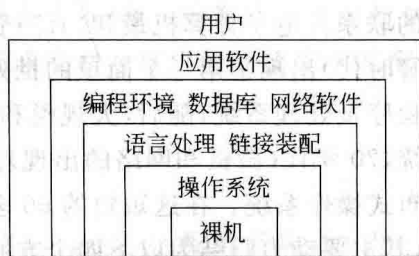


图 1-3 操作系统与软、硬件的关系

(1) 从用户的角度看,操作系统是对计算机硬件的首次扩充,是计算机系统中最复杂的系统软件,其他的软件必须在操作系统的支撑、管理和控制下才能正常运行,完成各自功能。

(2) 从系统结构的角度看,操作系统是一种层次、模块结构的程序集合,每个模块或层次都有特定的功能及含义。操作系统在设计和开发时,采取层次化、模块化方式实现,使计算机系统能够高效的工作。

(3) 从人机交互方式的角度看,操作系统是用户与计算机之间的接口。它提供了一个友好、方便的操作平台,使得用户无须了解硬件的具体特性,就可以通过操作系统提供的接口服务完成自己的任务。

操作系统是一种庞大的系统软件,由大量复杂的程序和众多的数据组合而成。操作系统具有层次和模块结构的特点,其内部分为三个层次:操作系统对象、控制和管理

的软件集合、用户接口。操作系统的具体层次结构如图 1-4 所示,其中层与层之间通过调用和接口这两种方式进行通信服务,即每一层对其直接的上一层提供接口,对其直接的下一层进行调用。

用户接口位于最外层,它是用户与计算机之间的桥梁,为用户提供相应的接口程序或命令,通过调用下层的程序,供用户使用。控制和管理的软件集合是整个操作系统的核心部分,操作系统的绝大部分功能都是在这一层实现的。操作系统对象描述具体的物理设备的相关性质、功能特性等。

用户接口	命令接口
	程序接口
	图形接口
控制和管理的软件集合	文件管理软件
	存储管理软件
	CPU管理软件
	设备管理软件
操作系统对象	文件和作业
	存储器
	CPU
	I/O设备

图 1-4 操作系统的层次模型

## 1.2 操作系统的发展过程

### 1.2.1 操作系统的形成和发展

操作系统的形成迄今已有 60 多年历史,其发展历程与硬件系统结构的发展有着密切的联系。电子计算机最初(真空管时代)没有配备操作系统。20 世纪 50 年代中期(晶体管时代)出现了第一个简单的批处理操作系统,60 年代中期(集成电路时代)产生了多道程序批处理系统,随后(大规模和超大规模集成电路时代)出现了基于多道程序的分时系统,70 年代(微机和网络的出现)产生了微机操作系统和网络操作系统,之后又出现了分布式操作系统。在这短短的 60 多年中,操作系统经历了从无到有、从简单到复杂的过程,其主要动力归结为以下四个方面:

(1) 不断提高计算机资源利用率的需求。计算机发展初期,计算机系统特别昂贵,因此,需要千方百计提高计算机系统中的各种资源的利用率,推动人们不断发展操作系统的功能,由此产生了批处理系统。

(2) 方便用户操作的需求。资源利用率不高的问题解决后,人们想方设法改善用户上机操作和调试程序的条件。由此,操作系统逐渐由命令行方式发展到图形用户界面,形成了允许人机交互的分时系统,使之变得更加友好、易用。

(3) 计算机的硬件不断更新换代。硬件的不断更新,使得计算机性能不断提高,推动操作系统的性能和功能不断改进和完善,如微机操作系统也从 8 位,发展到 16 位、32 位、64 位。

(4) 计算机体系结构的不断发展。计算机体系结构的发展也推动了操作系统的发展,如操作系统也由单处理机操作系统发展到多处理机操作系统;随着网络的发展,操作系统也出现了网络操作系统和分布式操作系统。

目前,操作系统的种类繁多,根据应用领域,可分为桌面操作系统、服务器操作系统、主机操作系统、嵌入式操作系统;根据所支持的用户数目,可分为单用户操作系统、多用

户操作系统;根据源代码的开放程度,可分为开源操作系统和不开源操作系统;根据硬件结构,可分为网络操作系统、分布式系统、多媒体系统;根据使用环境和对作业的处理方式,可分为批处理系统、分时系统、实时系统。

操作系统的发展过程经历了手工阶段(无操作系统)、批处理操作系统、多道程序系统、分时操作系统、实时操作系统、通用操作系统、网络操作系统、分布式操作系统和嵌入式操作系统等。下面主要介绍几种典型的操作系统。

## 1.2.2 手工操作

### 1. 手工操作阶段

20 世纪 40 年代至 50 年代中期,计算机系统没有配置操作系统,也没有任何软件,用户通过手工操作方式操控计算机,独占计算机的全部资源。

手工操作的处理过程:程序员首先将存储了程序和数据的纸带(或卡片)装入输入机,然后启动输入机把程序和数据输入计算机内存,接着通过控制台开关启动并运行程序,计算过程完成后,打印机输出计算结果,最后用户卸下纸带(或卡片),并取走结果。整个过程完成后,才允许下一位用户使用计算机。

手工操作的特点:用户只能串行工作,工作时独占计算机,导致资源利用率低。此外,CPU 等待手工操作,因而 CPU 利用率很低。

早期的计算机运算速度相对较慢,手工操作方式是可行的。随着晶体管时代的到来,计算机的运算速度得到了很大提升,手工操作的慢速度和计算机的高速度不匹配,严重降低了系统资源的利用率,出现了所谓的人机矛盾。

### 2. 脱机输入输出方式

为了解决高速 CPU 与慢速输入输出(I/O)设备之间速度不匹配的矛盾,20 世纪 50 年代末出现了脱机输入输出技术。该技术通过控制外围机方式,完成程序和数据的输入输出,即脱离主机进行程序和数据的输入输出操作,因而称为脱机输入输出方式;反之,程序和数据的输入输出是在主机控制下进行的,称为联机输入输出方式。

脱机输入输出的处理过程:事先将装有用户程序和数据的纸带放入纸带输入机,在一台外围机的控制下,把纸带(卡片)上的数据(程序)输入到磁带上。当 CPU 需要这些数据(程序)时,直接从高速的磁带上调入内存,从而大大加快了数据(程序)输入过程,减少了 CPU 等待输入的时间。类似地,当 CPU 需要输出时,并不是把计算结果直接送至输出设备,而是高速输出至磁带上,然后在另一台外围机的控制下,把磁带上的计算结果送到相应的输出设备上,因而也大大加快了输出过程。

脱机输入输出的特点:由于输入输出均由外围机控制完成,不占用 CPU 时间,因此,减少了 CPU 的空闲等待时间。此外,CPU 需要输入或输出数据时,可从高速磁带上获取,因而提高了 I/O 速度。



### 1.2.3 批处理系统

批处理系统主要利用批处理技术,对系统中的一批作业自动进行处理,它包括单道批处理系统和多道批处理系统。

#### 1. 单道批处理系统

单道批处理系统是 20 世纪 50 年代中期在 IBM701 计算机上实现的第一个操作系统。单道批处理系统就是在监督程序的控制下,计算机系统能够自动地、成批地处理一个或多个用户的作业,其中作业是指将用户在一次事务处理过程中要求计算机系统所完成的工作(包括程序、数据和命令)的集合。

单道批处理系统的处理过程:首先由监督程序将磁带(盘)上的第一道作业装入内存,并把控制权交给该作业;当作业处理完成时,控制权重新交给监督程序,由监督程序将磁带(盘)上的第二道作业调入内存,再将控制权转交给第二道作业,如此反复进行,直到这批作业全部运行完成。虽然作业处理是成批进行的,但内存中始终保持一道作业,故称为单道批处理系统。单道作业的工作情况如图 1-5 所示。



图 1-5 单道作业的工作情况

单道批处理系统的特点:

- (1) 自动性: 磁带(盘)上的一批作业能自动地逐个运行,不需要人工干预。
- (2) 顺序性: 磁带(盘)上的作业是顺序地装入内存,先装入内存的作业先完成。
- (3) 单道性: 监督程序每次只调入一道作业装入内存,即内存中只有一道作业。

单道批处理系统大大地减少了人工操作的时间,提高了计算机的利用率,但由于内存仅存放一道作业,导致每次发出输入/输出(I/O)请求后,高速的 CPU 便处于等待低速的 I/O 完成状态,使得 CPU 处于空闲状态。

#### 2. 多道批处理系统

为了解决单道批处理中 CPU 利用率低的问题,20 世纪 60 年代中期引入了多道程序设计技术,形成了多道批处理系统。多道程序设计技术是指同时将多个程序装入内存,并允许它们交替运行,共享系统中的各种硬、软件资源。当某个程序因 I/O 请求而暂停运行时,CPU 便立即去运行另一个程序。两道程序的运行情况如图 1-6 所示。