

高等教育自学考试 计算机类

学习指导与题典

计算机系统 结构

薛倡新 编著



科学出版社

www.sciencep.com

高等 教育自学考试 计算机类

学习指导与题典

计算机系统结构

薛倡新 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是根据全国高等教育自学考试委员会指定教材《计算机系统结构》(独立本科段)编写的同步辅导教材。本书围绕教材,紧扣自考大纲,每一章分为大纲要求、重点难点提要、经典例题及解题技巧、教材练习题同步辅导和自测题5个部分,最后还附录了若干模拟题和全国的自考真题,供学生进行最后的自我测试使用。

本书主要面向参加自学考试的学生进行辅助学习使用,也可以作为高等学校本科、专科学生进行参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

学习指导与题典:计算机系统结构/薛倡新编著. —北京:科学出版社, 2003

(高等教育自学考试 计算机类)

ISBN 7-03-012343-3

I.学... II.薛... III.计算机体系结构—高等教育—自学考试—自学参考资料 IV.TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第092251号

策划编辑:李娜/责任编辑:丁波

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年11月第一版 开本:787×1092 1/16

2003年11月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—5 000 字数:236 000

定价: 15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

高等教育自学考试 计算机类

《学习指导与题典》丛书

(第二批)

编委会

主 编

乔川龙

编委会委员

(以姓氏笔画为序)

王 兵 王 鹏 王睿伯 李 霞

乔川龙 周 倜 薛倡新 潘 莉

前言

高等教育自学考试在我国方兴未艾，据不完全统计，全国每年参加自学考试的考生以百万计，尤其是计算机专业的考生更是占相当的部分。相对于全日制高等学校的学生来说，自考学生的学习受到多方面因素的制约，有如下三个特点：第一，他们一般不会像全日制学生那样系统地参加学习，大多是通过自学的形式完成学业；第二，在参加自考的学生中有相当一部分是已经参加工作的在职人员，因此，在学习时间上，他们又不可能像全日制学生那样有充分的保证；第三，不在学校里学习，少了一种氛围，有问题往往不能及时得到解答，因此，学习效果也是大打折扣。

基于对自学考试学生在学习中存在上述困难的深刻认识，我们认为帮助他们就是一件十分重要的事情，一本好的辅导书对他们来说就显得很重要了，这也是我们写这本书的出发点。

经过多年的自学考试辅导的教学经验和对考生心理的把握，我们自信能写出一套真正适合他们，帮助他们在学习上达到事半功倍效果的辅导书，本套书的特点如下。

1. 围绕大纲、内容详略得当。针对大纲中对内容掌握要求的4个不同的层次，以及对近几年考试试题重点的分析，我们在内容提要中对那些大纲要求高、考试出题频繁的内容做了重点提示，而对那些大纲要求不高，考试中出题又很少涉及的地方，我们都是一带而过，甚至不提。这样，考生在复习中，参照我们的辅导书，有针对性地学习，不需要面面俱到就可以达到效果。

2. 规划合理、层次泾渭分明。每一章基本按照大纲要求、重点难点提要、经典例题及解题技巧、教材练习题同步辅导和自测题5个部分进行安排，这样，考生可以先知道本章的考试要求，然后带着要求看内容，掌握了内容以后就可以看例题，最后做习题，可以说各个环节都紧密相扣，最后的模拟题更是对考生考前实战冲刺大有裨益。

3. 注重全局、不搞题海战术。可以说本书中到底要编写多少习题，是最令编者头疼的事，如果编写很多的题给考生，我们认为至少存在以下两个方面的问题：一是题海战术往往使考生对教材上的内容还没有深刻理解的时候便急于做题，这样的话势必是吃夹生饭，有些问题当时看了答案，好像理解了，但是当再出现类似的题时，还是不会；二是大量的习题会占用考生大量的时间，对自学的学生来说，他们不同于全日制学生有大量的学习时间，所以题量过大，势必影响他们的工作。基于以上方面的考虑，我们对每一章习题都是尽量做到精简，尽量选择那些有代表性，能够起到举一反三作用的题让考生进行自测，这样就会达到非常理想的效果。

4. 成系统、注意概念把握。操作系统的教学历来是重点也是难点，因为它比较抽象，所以学生一般很难理解一些概念的实质，导致很多学生只能死记硬背概念。在本书中，我们对各种概念都做了深入的分析，把彼此之间有关联的概念放在一起加以理解，这样给学生的感觉就不是非常零散的，而是形成一个整体概念。在看完书以后，学生对《计算机系统结构》这门课就会有系统的认识。

通过对近几年的考题研究分析，我们了解到，本门课程的命题严格按照大纲的要求来进行的，即“识记”为20%，“领会”为30%，“简单应用”为30%，“综合应用”为20%，4个

层次的难易程度分别为：易、较易、较难、难。所以考生在学习的时候应该注意对基本知识的掌握，要认真研读大纲，对大纲中重点要求的地方要多花些精力，而对于大纲中要求层次比较低的地方可以一带而过甚至可以忽略其中的一部分内容。本书的编写正是在对于考题和大纲分析的基础上形成的，专注于重点难点，对各个环节的安排由浅入深，希望考生严格按照本书的次序进行学习。

《计算机系统结构》近两年全国的命题题型为：单项选择题、填空题、改错题、简答题和应用题 5 个部分，它们所占的分数比例分别为：10%、20%、10%、30%、30%，根据这个比例，考生要有重点地进行学习，尤其是简答题和应用题要作为重中之重。本书中每一章后面所附的自测题正是按照这个要求来做的，希望考生要认真练习。

本书还附录了一些模拟题和自考真题，以便考生在考试之前作为实战练习，提前进入临战状态。每套自测题和真题后面都附有标准答案，考生可以做完题后根据答案对自己的学习效果进行评测。

参加本书编写的人员都是长年参加自考教学、经验丰富的老师，他们和自考学生打交道，可以说考生需要什么样辅导书他们是最清楚的，因此写书的时候会充分考虑考生的需求，写出真正符合考生需要的自学辅导书。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请各位考生以及同仁们不吝赐教，以便再版时进行修正。

编者

2003 年 9 月于国防科技大学计算机学院

目 录

第1章 计算机系统结构的基本概念	1
1.1 大纲要求	1
1.2 重点难点提要	2
1.2.1 计算机系统的多级层次结构	2
1.2.2 计算机系统结构、组成与实现	3
1.2.3 软硬件取舍与计算机系统设计思路	4
1.2.4 结构设计要解决好软件的可移植性	5
1.2.5 应用与器件的发展对系统结构的影响	6
1.2.6 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类	7
1.3 经典例题及解题技巧	10
1.4 教材练习题同步辅导	11
1.5 自测题	12
第2章 数据表示与指令系统	14
2.1 大纲要求	14
2.2 重点难点提要	15
2.2.1 数据表示	15
2.2.2 寻址方式	18
2.2.3 指令格式的优化设计	19
2.2.4 按 CISC 方向发展与改进指令系统	21
2.2.5 按 RISC 方向发展与改进指令系统	21
2.3 经典例题及解题技巧	22
2.4 教材练习题同步辅导	23
2.5 自测题	28
第3章 总线、中断与输入输出系统	29
3.1 大纲要求	29
3.2 重点难点提要	30
3.2.1 输入输出系统的基本概念	30
3.2.2 总线设计	30
3.2.3 中断系统	32
3.2.4 通道处理机	32
3.3 经典例题及解题技巧	33
3.4 教材练习题同步辅导	35
3.5 自测题	38
第4章 存储体系	40

4.1	大纲要求	40
4.2	重点难点提要	41
4.2.1	存储体系概念与并行主存系统	41
4.2.2	虚拟存储器	43
4.2.3	高速缓冲存储器	44
4.3	经典例题及解题技巧	45
4.4	教材练习题同步辅导	48
4.5	自测题	53
第 5 章	重叠、流水和向量处理机	54
5.1	大纲要求	54
5.2	重点难点提要	55
5.2.1	重叠方式	55
5.2.2	流水方式	57
5.2.3	向量的流水处理与向量流水处理机	58
5.2.4	指令级高度并行的超级处理机	58
5.3	经典例题及解题技巧	60
5.4	教材练习题同步辅导	62
5.5	自测题	74
第 6 章	阵列处理机	75
6.1	大纲要求	75
6.2	重点难点提要	76
6.2.1	阵列处理机原理	76
6.2.2	阵列处理机的并行算法	76
6.2.3	SIMD 计算机的互联网络	76
6.2.4	并行存储器的无冲突访问	76
6.3	经典例题及解题技巧	76
6.4	教材练习题同步辅导	78
6.5	自测题	82
第 7 章	多处理机	84
7.1	大纲要求	84
7.2	重点难点提要	85
7.2.1	多处理机的特点及主要技术问题	85
7.2.2	多处理机的硬件结构	85
7.2.3	程序并行性	86
7.2.4	多处理机的性能	86
7.2.5	多处理机的操作系统	87
7.3	经典例题及解题技巧	87
7.4	教材练习题同步辅导	88
7.5	自测题	93

第 8 章 其他计算机结构	95
8.1 大纲要求	95
8.2 重点难点提要	95
8.2.1 脉动阵列机	95
8.2.2 大规模并行处理机 MPP 与机群系统	95
8.2.3 数据流机	96
8.2.4 规约机	96
8.2.5 智能机	96
8.3 教材练习题同步辅导	96
8.4 自测题	100
附录 A 自测题参考答案	101
附录 B 模拟题及真题 (附答案)	109
模拟试卷 1	109
模拟试卷 2	114
模拟试卷 3	119
模拟试卷 4	124
模拟试卷 5	128
模拟试卷 6	134
模拟试卷 7	139
模拟试卷 8	144
全国 2002 年 4 月高等教育自学考试计算机系统结构试题	148
全国 2003 年 4 月高等教育自学考试计算机系统结构试题	154
主要参考文献	160

第1章 计算机系统结构的基本概念

1.1 大纲要求



学习要求

本章着眼于建立和掌握计算机系统结构设计应具备的基本知识和概念,为进一步深入学习后续章节打好基础。

总的要求为:理解一个完整的计算机系统可以被看成是由多个机器级的层次结构的概念,知道层次的划分;掌握结构、组成、实现三者的定义及包含方面,能对透明性做出正确的判断;掌握计算机设计的三种思路,各自的优缺点,理解“从中间向两边设计”的思路是最好的;理解软、硬件功能分配的原则;掌握实现软件移植性的途径、方法、使用场合、问题及对策;了解应用和器件的发展对系统结构设计的影响。掌握并行性概念与计算机系统结构中并行性的发展、并行性结构的分类;了解计算机系统的分类。

重点是:结构、组成设计研究的方面,计算机系统的设计思路,软件的可移植性途径,系统结构的并行性。

难点是:透明性分析。



考核要求

- 计算机系统的多级层次结构,要求达到领会层次。
现代通用计算机系统可分成哪几级,它们的相对位置。
各机器级的实现所用的翻译或解释技术。
层次结构概念对推动系统结构发展的作用。
- 计算机系统结构、组成和实现,要求达到领会层次。
计算机系统的结构定义和研究方面。
计算机系统结构是软、硬件主要交界面的概念。
计算机组成和计算机实现的定义和研究方面。
系统结构、组成和实现的相互影响。
透明性的概念,对具体问题能给出是否应透明的正确选择。
- 软、硬件取舍与计算机系统的设计思路,要求达到领会层次。
软、硬件实现的优缺点。
软、硬件取舍的基本原则。
计算机系统“由上往下”和“由下往上”设计的方法和问题。
计算机系统“由中间开始”设计的方法和优点。

- 系统结构设计要考虑解决软件的可移植性，要求达到领会层次。
软件的可移植性定义、实现途径，并理解解决好软件可移植的必要性。
采用统一高级语言途径的方法、适用场合、存在问题和应采用的策略。
采用系列机途径的方法、适用场合、好处、问题和应采用的策略。
软件向前、向后、向下、向上兼容的定义，系列机对软件兼容的要求。
正确判断系列机中发展新型号机器做法是否可取。
采用模拟与仿真途径的方法、适用场合、优点和问题以及应采用的策略。
对各种软件移植手段的综述。
- 应用与器件的发展对系统结构的影响，要求达到领会层次。
明白非用户片、现场片和用户片的定义。
器件发展史推动系统结构和组成前进的关键因素。
器件发展是如何改变逻辑设计的传统方法的。
- 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类，要求达到识记层次。
并行性定义，并行性的二重含义和开发并行性的三种途径。
各种并行性等级的划分和并行性高低的顺序。
计算机系统沿三种不同的并行性发展途径开发出的多机系统类型与特点。
耦合度的概念。
计算机系统弗林分类法。

1.2 重点难点提要

1.2.1 计算机系统的多级层次结构

一般来说，现代的计算机系统都可以按功能被看成由若干机器级组成的层次结构，如图 1-1 所示。虽然大体上该层次结构由高到低可分为应用语言机器级、高级语言机器级、汇编语言机器级、操作系统机器级、传统机器语言机器级和微程序机器级，但是会因具体系统的不同而有所不同。

在熟悉了计算机系统层次划分以后，某一级的程序员变得更加专业，对程序员来讲，只需熟悉和掌握该级语言规范，便能够做开发，而不需要理会这个机器其他细节方面的问题。这里的机器被定义为：能存储和执行相应语言程序的算法和数据结构的集合体。

各机器级的实现主要有翻译（Translation）和解释（Interpretation）两种方法。一般来说，翻译的代码具有较高的执行速度：一次翻译多次运行。

有的机器级既可以用硬件实现又可以用软件模拟实现，这说明软件和硬件在逻辑功能上是等价的，只是实现起来性能和代价会有所不同。

将计算机系统加以层次划分是计算机发展史上的重大认识突破，这推动了计算机系统软硬件比例的调整，系统性能的优化等。

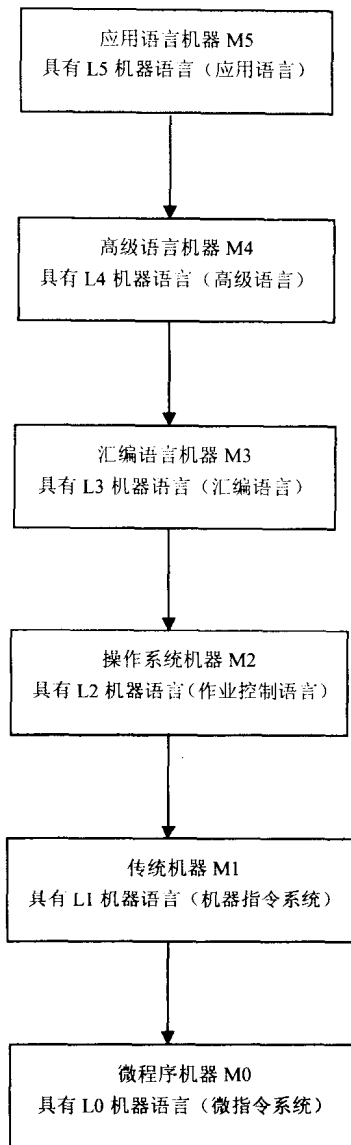


图 1-1 计算机系统的多级层次结构

1.2.2 计算机系统结构、组成与实现

必须清楚如下几个概念：

① 系统结构 (System Architecture) 是对计算机系统中各级界面的划分、定义及其上下的功能分配。

② 透明性指的是看不到客观存在的某些事物，具体说就是某些计算机属性。

③ 计算机体系结构 (Computer Architecture) 是系统结构中的一部分，指传统机器级的系统结构，是软硬件的交界面，有如下属性：

- 数据表示。
- 寻址方式。

- 寄存器组织。
- 指令结构。
- 内存组织。
- 中断机制。
- 机器的状态（管态和目态）。
- I/O 部件。
- 系统的保护机构。

④ 计算机组成（Computer Organization）指计算机系统机构的逻辑实现，包括机器级内的数据流和控制流的组成以及逻辑设计，主要应确定以下方面：

- 数据通路宽度。
- 专用部件的设置。
- 各种操作对部件的共享程度。
- 功能部件的并行度。
- 控制部件的组成方式。
- 缓冲和排队技术。
- 预估、预判技术。
- 可靠性技术。

⑤ 计算机实现（Computer Implementation）指计算机组成的物理实现，包括处理机、主存等部件的物理结构，器件的集成度和速度，器件、模块、插件、底板的划分和连接，专用器件的设计，微机组装技术，信号传输技术等，它着眼于器件技术和微机组装技术。

计算机的系统结构、组成和实现是相互影响的。结构相同（指令集相同）的机器，可以因速度性能要求的不同而采用不同的组成。同样，组成相同的机器也可以有不同的实现技术。结构的不同导致可以采用的组成和实现技术的不同，所以结构设计要避免过多地限制各种组成、实现技术的采用和发展。反过来，计算机组成也影响着结构，如微程序控制。所以说，如果没有组成技术的进步，结构发展是不可能的。

1.2.3 软硬件取舍与计算机系统设计思路

软硬件功能分配是计算机系统结构设计的主要目的，其原则只有一条：提交系统的性价比。

一般来说，硬件比例高，则解题速度快、实现成本高、机器（指硬件）利用率低、系统灵活性差；提高软件比例效果则相反。

计算机系统的设计思路有三种：由上往下（图 1-2）、由下往上（图 1-3）、由中间开始。

- “由上往下”面向应用，适用于专用机型的设计。
- “由下往上”针对器件，先设计出微程序机器级和传统机器级，然后针对应用配置不同的操作系统和编译器。

上述两种方法的主要缺点是软、硬件设计分离和脱节，所以“由中间开始”应时而生。

- “由中间开始”首先要定义好软硬件功能分配的交界面，从这个交界面往上和往下同时进行软件和硬件的设计。这是一种交互式的设计方法，但对设计者的要求较高。

随着 VLSI 的发展，计算机组成更多地采用各种芯片，软、硬件结合得更加紧密，通过优

化实现来分配软硬件功能受到人们的普遍重视,同时软硬件之间的界面越来越难以分清,计算机组成和实现终将融入 VLSI 之中。

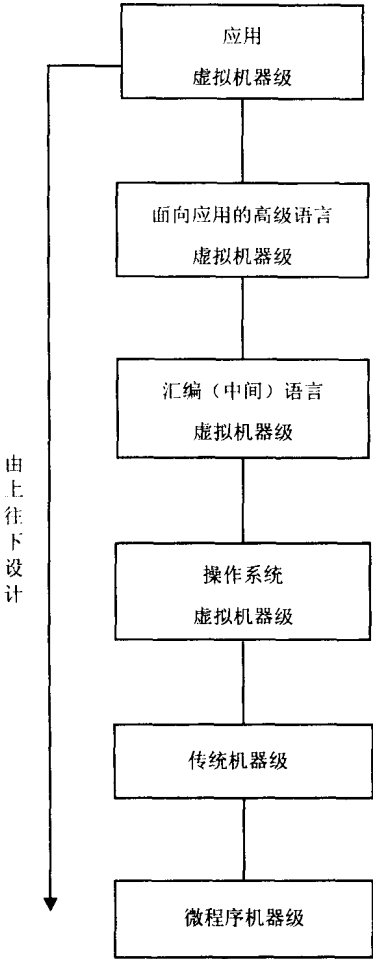


图 1-2 计算机系统由上往下设计

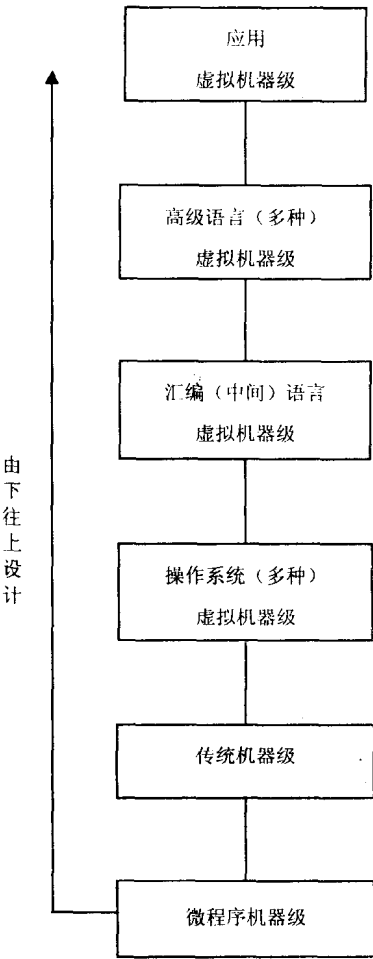


图 1-3 计算机系统由下往上设计

1.2.4 结构设计要解决好软件的可移植性

大家知道,软件不仅相对于硬件的成本是越来越高,而且其产出率和可靠性也很难得到保证。以前的设计思路是增加软件的复杂度从而简化硬件,现在随着器件的发展,我们必须重新分配软硬件的功能,充分利用硬器件技术发展的有利条件,为程序设计提供有力支持。

由于多年来积累的大量的宝贵的软件遗产,而重新修改这些被实践证明正确的软件是很不划算的,人们就着力解决如何在新的系统结构上使用这些软件,即软件的可移植性问题。

软件的可移植性 (Portability) 指的是软件不修改或只经过少量修改就可以从一台机器搬到另一台机器上运行,同一软件可以应用于不同的环境。

目前实现软件的可移植性有以下主要技术:

① 统一高级语言。高级语言是面向问题和算法的,和机器的具体结构联系不大。只要能统一出一种能满足各种应用需求的通用高级语言,用这种语言编写的应用软件就能移植于不同

的机器上（当然需要编译器的支持）。但是就目前的情况看来，统一高级语言是相当困难的，这是一个必须解决的方向性问题。

② 采用系列机。这是一个在一定范围内实现软件的可移植性的不错选择。只要能统一该范围内的机器语言，就能达到机器语言的可移植，不过这只能在结构相似的机器之间才是可行的。系列机较好地解决了软件环境要求相对稳定，而硬件技术发展迅速的矛盾，稳定的环境使得不断积累、丰富、完善软件产品成为可能，同时因不断采用新的硬件技术而提升机器性能。

系列机是计算机工业发展史上的一个里程碑。之所以叫做系列机，是因为它们在较长时间里保持了系统结构的不变，这就要求在设计系列机的指令集、数据表示和寻址方式时要特别谨慎。到目前为止，各大公司都推出了自己的系列机产品。

系列机要解决如下两个兼容性问题：

- 向上（下）兼容指按某档机器编写的软件，能够不加修改地运行于比它高（低）档的机器上。
- 向前（后）兼容指在某个时期投入市场的该型号机器上编写的软件，能够不加修改地运行于在它之前（后）投入市场的机器上。

系列机软件的基本特征是确保向后兼容，力争向上兼容。

为了实现不同系统结构机器之间的软件的可移植性问题，出现了模拟和仿真的概念。

- 模拟（Simulation）是用机器语言解释实现软件移植的方法。进行模拟的机器叫做宿主机，被模拟的机器叫做虚拟机。
- 仿真（Emulation）指的是用微程序直接解释另一种机器指令系统的方法。进行仿真的机器叫做宿主机，被仿真的机器叫做目标机。

模拟和仿真的主要区别：模拟用机器语言解释，解释程序放在主存中；仿真是用微程序解释，其解释程序放在控存中。

1.2.5 应用与器件的发展对系统结构的影响

应用对结构提出的要求是广泛的。但一些要求诸如：程序可移植性、性价比、可用性、精简性、可靠性、可维性体现了一定的共性。

对用户来讲，机器性能越强越好，即应用范围要广。以前巨型机的性能现在的普通微机就能具备，价格却低得多（图 1-4）。

到目前，计算机应用可以归纳为 4 类：数据处理、信息处理、知识处理、智能处理。

器件的发展对系统结构发生了巨大影响。有些很好的系统结构方面的思想很早就有了，但是苦于缺乏器件技术的支持，到后来才成为现实，如微程序控制技术。

简言之，软件、应用、器件对系统结构的发展有着巨大影响，同时它们又受制于系统结构发展所提出的新要求。

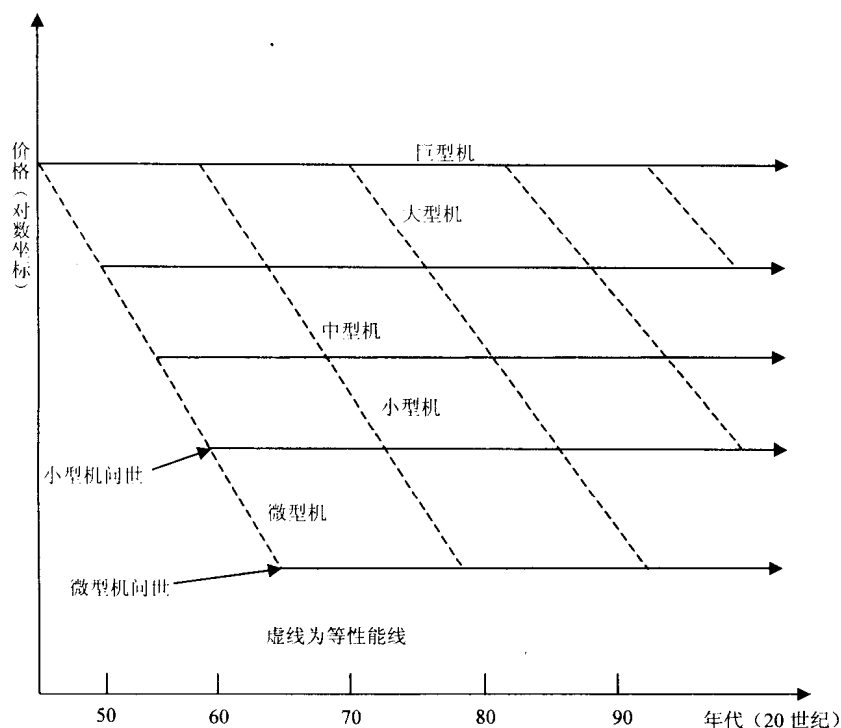


图 1-4 各类型机器性能价格随时间变化的趋势

1.2.6 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类

解题中具有可以同时进行运算或操作的特性，称为并行性（Parallelism）。并行性包含同时性和并发性两重含义。同时性（Simultaneity）指两个或多个事件在同一时刻发生，而并发性（Concurrency）指两个或多个事件在同一时间间隔内发生。

从计算机系统执行程序的角度看，并行性等级由低到高可分为四级：指令内部、指令之间、进程之间、程序之间。

从计算机系统处理数据的并行性来看，并行性又可分为：位串字串、位并字串、位片并字串、位片串字并、全并行。

从计算机信息加工的各个步骤和阶段看来，并行性又可分为：存储器操作并行，处理器操作步骤并行，处理器操作并行，指令、任务、作业并行。

充分挖掘程序的并行性，是提高解体速度的有效途径。而开发并行性的途径主要有：时间重叠（Time Interleaving）、资源重复（Resource Replication）和资源共享（Resource Sharing）。

时间重叠指让多个处理过程在时间上相互错开，轮流使用同一套硬部件，加快硬部件周转速度来提高指令的吞吐率（图 1-5）。

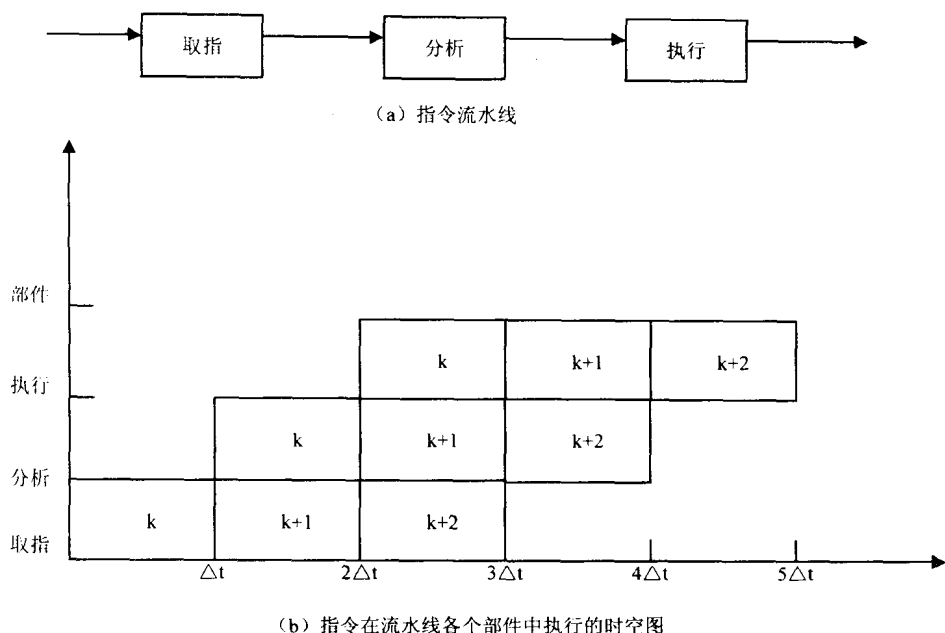


图 1-5 时间重叠的例子

资源重复是指引入空间因素，通过重复设置执行部件（图 1-6）来提高系统性能，典型的如双工系统。

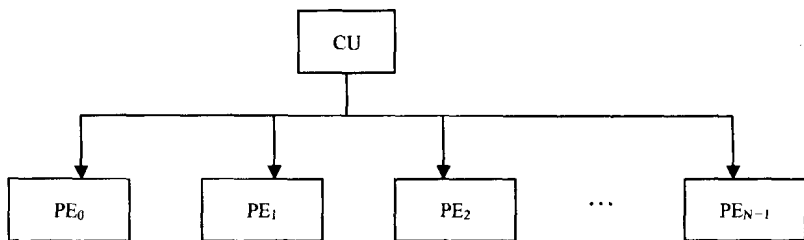


图 1-6 资源重复的典型例子

资源共享是用按一定软件算法让多个用户分时间片轮流使用同一硬部件，提高硬部件的利用率从而提高了系统的整体性能。

并行处理机系统按照基本结构特点可分为流水处理机、阵列处理机、多处理机、数据流机四种结构。而多机系统则包括多处理机系统和多计算机系统，只是在各自的组成部分的独立性和完整性上有所区别。多机系统有最低耦合（Least Coupled System）、松散耦合（Loosely Coupled System）、紧密耦合（Directly Coupled System）之分。

到目前为止，已有多种计算机系统的分类方法，其中由 Michael J.Flynn 于 1966 年提出的按指令流和数据流的多倍性对计算机系统进行的分类影响较为广泛。

Michael J.Flynn 将计算机系统分为以下四类：

单指令流单数据流（Single Instruction Stream Single Data Stream, SISD）（图 1-7）。

单指令流多数据流（Single Instruction Stream Multiple Data Stream, SIMD）（图 1-8）。

多指令流单数据流（Multiple Instruction Stream Single Data Stream, MISD）（图 1-9）。

多指令流多数据流（Multiple Instruction Stream Multiple Data Stream, MIMD）（图 1-10）。