

全国高等教育自学考试辅导教材
计算机及应用专业（独立本科段）



计算机系统结构

方安祥 编著

解析·思路·习题



机械工业出版社
China Machine Press

全国高等教育自学考试辅导教材
计算机及应用专业（独立本科段）

计算机系统结构—— **解析·思路·习题**

方安祥 编著



机械工业出版社

本书是按照全国高等教育自学考试指导委员会制定的计算机及应用专业独立本科段“计算机系统结构自学考试大纲”要求,并以其指定的自学教材内容为依据编写而成的计算机系统结构辅导教材。全书共八章,内容与大纲及其指定的自学教材完全对应。每章由知识结构、知识解析、同步练习和习题答案等四个部分组成。

本书适用于自学者作为辅导教材,也可供助学教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机系统结构——解析·思路·习题/方安祥编著. —北京:机械工业出版社, 2003.9

全国高等教育自学考试辅导教材.计算机及应用专业(独立本科段)

ISBN 7-111-12764-1

I. 计… II. 方… III. ①电子计算机-高等教育-自学考试-自学参考资料
IV. TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第067012号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:姜淑欣 版式设计:张丽花

三河市宏达印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年9月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·14印张·342千字

0001-4000册

定价:18.00元

凡购本图书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

出版说明

1. 出版目的

全国高等教育自学考试不仅要考查考生自身的能力和已有知识经验，更多的是考查考生对指定教材内容的理解与把握。自学考试的一个特点就是考查范围广、信息量大，这就要求考生对指定教材的学习要花费大精力、长时间。如何提高学习和复习的效率，是困扰广大考生的最大问题。由此，我们“想考生所想，急考生所急”，推出这套层次清晰、结构合理、内容具有很强的针对性和实用性的“应试法宝”。

2. 编写依据

- (1) 全国高等教育自学考试指导委员会最新颁布的“自学考试大纲”。
- (2) 全国高等教育自学考试指导委员会组织编写的指定教材。
- (3) 历年全国高等自学考试试卷及参考答案。

3. 优秀作者

(1) 部分指定教材的作者——拥有熟悉教材的得天独厚的优势，对每年的“自考考试大纲”的变化信息掌握第一手资料。

(2) 从事自考辅导、培训的一线教师——拥有几年甚至十几年丰富的教学经验，深谙自考学生的应试心理，具备临考的实战经验。

这样一群优秀的作者，倾注多年心血，打造出兼具针对性与实用性的本套丛书，定能帮助广大自考生轻松通过考试。

4. 结构特色

(1) 本套丛书中，每章均分为 5 大板块：即

☆ 知识结构：结合大纲，与指定教材同步，归纳该章的主要内容及其相互间的联系，列举大纲提出的对知识点掌握和考核的要求，部分科目还以知识结构图的形式描述说明。

☆ 知识解析：按照大纲编目，突出重点和难点，是知识结构的“细化”和“具体化”，方便读者在有限的时间内掌握最关键的知识点。

☆ 解题思路：介绍各种题目的解题思想和解题技巧，使考生能够活学活用、融会贯通。

☆ 同步练习：以练习题的方式，巩固每章所学知识，掌握重点和难点，体会解题思路。

☆ 参考答案：给出了习题答案，并对一些重点习题进行解析，以帮助读者掌握解题思路与方法。

(2) 附录 A 为模拟试题。依据“自考考试大纲”的内容，结合历年试题的命题思路与阅卷要求，科学、合理地设计出模拟试题（根据每科的特点，模拟试题数为 2~7 套），并附有详细的参考答案，以及重点题目的解析。力求达到题型、题量和难度基本与历年试题

一致，自考考生通过这些模拟试题，加强实战演练，可及时查漏补缺，培养应试经验，提高应试水平。

(3) 附录 B 为历年试题。给出最近 2~3 年的自考试卷，并附有参考答案及重点题目的解析。力求使考生对试卷的题型特点、出题方向等有清醒的认识，体会该科目的重点与难点。正所谓“知己知彼，百战不殆”，做到心中有数，复习才有针对性，学习才会有效率。

5. 丛书书目

独立本科段：

- 《计算机系统结构——解析·思路·习题》
- 《面向对象程序设计——解析·思路·习题》
- 《数据结构——解析·思路·习题》
- 《数据库原理——解析·思路·习题》
- 《软件工程——解析·思路·习题》
- 《计算机网络与通信——解析·思路·习题》
- 《操作系统——解析·思路·习题》

专科：

- 《数据库及其应用——解析·思路·习题》
- 《操作系统概论——解析·思路·习题》
- 《计算机组成原理——解析·思路·习题》
- 《计算机应用——解析·思路·习题》
- 《高级语言程序设计——解析·思路·习题》

6. 读者对象

- (1) 计算机及应用专业（独立本科段、专科）的自考学生。
- (2) 民办高校计算机及应用专业的师生。
- (3) 有志于提高计算机水平的在职人员。

祝每一位自考学生考试成功，梦想成真！

前 言

有志于自学以成才者，需要具备强烈的求知欲望、坚韧不拔的毅力和付出刻苦的努力。作者以崇敬的心情奉上本书，期望能予自学者一臂之助，以达事半功倍之效果。

自学考试是对学员学习所达水平的测试，自学考试的通过是对自学成果的认定，自学考试大纲则是考试命题、自学和社会助学的依据。因此，本书是严格按照全国高等教育自学考试指导委员会制定的计算机及应用专业独立本科段“计算机系统结构自学考试大纲”要求，并以其指定的自学教材内容为依据进行编写而成的。诚然，本书仅仅是一册辅导教材，读者仍应以大纲及其指定的自学教材为主进行学习。

计算机系统结构是一门概念性强，内容多而且涉及面较宽的课程。学习过程中务必要以纲带目，沿总纲逐步深入学习研究各章节细目，以各章节细目的学习体验更加加深对总纲的理解。如此反复推敲，循序渐进，必能领悟真谛，学有所得，自学考试的通过自然寓于其中。切忌临考突击死记硬背赌猜试题，既偏离自学自考初衷本意，于己也是空耗时光而无益，绝不可取。

软、硬件的功能分配以及如何更好、更合理地实现分配给硬件的功能，采用各种并行技术以提高计算机系统的性能，并形成不同并行等级的各种计算机系统是贯穿本课程始终的主线，当然也就是贯穿本书的主线。本书共八章，与大纲及其指定的自学教材完全对应。每章包括四个部分，各作为一节。第1节是知识结构，归纳该章的主要内容及其相互间的联系并以知识结构图和相应文字描述说明。第2节是主要知识点，本节尽量按照大纲编目，按照大纲提出的对知识掌握和考核的要求进行组织，以便于阅读。第3节同步练习题是按照大纲要求内容选拟的练习，以练习题的方式加深对主要知识点的理解与掌握。第4节给出了习题答案，并对一些重点习题进行解析，以帮助读者掌握解题思路与方法。

希望本书能对自学者有所帮助，并祝愿自学成功。谬误之处恭请指正，并预致谢忱。

编者

目 录

前言

第 1 章 计算机系统结构的基本概念	1
1.1 知识结构	1
1.2 知识解析	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的设计思路	7
1.2.4 结构设计要解决好软件的可移植性	8
1.2.5 应用与器件的发展对系统结构的影响	12
1.2.6 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类	13
1.3 同步练习	15
1.3.1 计算机系统的多级层次结构习题	15
1.3.2 计算机系统结构、组成与实现习题	16
1.3.3 软、硬件取舍与计算机系统的设计思路习题	18
1.3.4 结构设计要解决好软件的可移植性习题	19
1.3.5 应用与器件的发展对系统结构的影响习题	21
1.3.6 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类习题	22
1.4 习题答案	23
1.4.1 计算机系统的多级层次结构习题解答	23
1.4.2 计算机系统结构、组成与实现习题解答	24
1.4.3 软、硬件取舍与计算机系统的设计思路习题解答	27
1.4.4 结构设计要解决好软件的可移植性习题解答	27
1.4.5 应用与器件的发展对系统结构的影响习题解答	29
1.4.6 系统结构中的并行性发展及计算机系统的分类习题解答	29
第 2 章 数据表示与指令系统	31
2.1 知识结构	31
2.1.1 数据表示	31
2.1.2 寻址方式	32
2.1.3 指令系统设计与改进	32
2.2 知识解析	34
2.2.1 数据表示	34
2.2.2 寻址方式	37



2.2.3	指令格式的优化设计	39
2.2.4	按 CISC 方向发展与改进指令系统.....	40
2.2.5	按 RISC 方向发展与改进指令系统.....	42
2.3	同步练习	43
2.3.1	数据表示习题	43
2.3.2	寻址方式习题	45
2.3.3	指令格式的优化设计习题	46
2.3.4	按 CISC 方向发展与改进指令系统习题.....	47
2.3.5	按 RISC 方向发展与改进指令系统习题.....	47
2.4	习题答案	48
2.4.1	数据表示习题解答	48
2.4.2	寻址方式习题解答	52
2.4.3	指令格式的优化设计习题解答	52
2.4.4	按 CISC 方向发展与改进指令系统习题解答.....	61
2.4.5	按 RISC 方向发展与改进指令系统习题解答.....	62
第 3 章	总线、中断与输入输出系统	64
3.1	知识结构	64
3.2	知识解析	65
3.2.1	输入输出系统的基本概念	65
3.2.2	总线设计	65
3.2.3	中断系统	70
3.2.4	通道处理机	72
3.3	同步练习	74
3.3.1	输入输出系统的基本概念习题	74
3.3.2	总线设计习题	75
3.3.3	中断系统习题	78
3.3.4	通道处理机习题	79
3.4	习题答案	80
3.4.1	输入输出系统的基本概念习题解答	80
3.4.2	总线设计习题解答	80
3.4.3	中断系统习题解答	81
3.4.4	通道处理机习题解答	84
第 4 章	存储体系	86
4.1	知识结构	86
4.1.1	存储器与存储体系	86
4.1.2	虚拟存储器	87

4.1.3	Cache 存储器	88
4.2	知识解析	88
4.2.1	存储体系概念与并行主存系统	88
4.2.2	虚拟存储器	91
4.2.3	Cache 存储器	96
4.3	同步练习	101
4.3.1	存储体系概念与并行主存系统习题	101
4.3.2	虚拟存储器习题	103
4.3.3	Cache 存储器习题	105
4.4	习题答案	107
4.4.1	存储体系概念与并行主存系统习题解答	107
4.4.2	虚拟存储器习题解答	109
4.4.3	Cache 存储器习题解答	114
第 5 章	重叠、流水和向量处理机	118
5.1	知识结构	118
5.2	知识解析	119
5.2.1	重叠方式	119
5.2.2	流水方式	121
5.2.3	向量流水与向量流水机	127
5.2.4	指令级并行的超级处理机	129
5.3	同步练习	129
5.3.1	重叠方式习题	129
5.3.2	流水方式习题	131
5.3.3	向量流水与向量流水机习题	133
5.3.4	指令级并行的超级处理机习题	134
5.4	习题答案	134
5.4.1	重叠方式习题解答	134
5.4.2	流水方式习题解答	136
5.4.3	向量流水与向量流水机习题解答	144
5.4.4	指令级并行的超级处理机习题解答	145
第 6 章	阵列处理机	147
6.1	知识结构	147
6.2	知识解析	148
6.2.1	阵列机原理	148
6.2.2	阵列处理机的并行算法	149
6.2.3	SIMD 互联网络	150



6.2.4 并行存储器的无冲突访问	152
6.3 同步练习	153
6.3.1 阵列机原理习题	153
6.3.2 阵列处理机的并行算法习题	154
6.3.3 SIMD 互连网络习题	155
6.3.4 并行存储器的无冲突访问习题	156
6.4 习题答案	156
6.4.1 阵列机原理习题解答	156
6.4.2 阵列处理机的并行算法习题解答	156
6.4.3 SIMD 互连网络习题解答	157
6.4.4 并行存储器的无冲突访问习题解答	160
第 7 章 多处理机	162
7.1 知识结构	162
7.2 知识解析	163
7.2.1 多处理机的特点和主要技术问题	163
7.2.2 多处理机的硬件结构	164
7.2.3 程序并行性	166
7.2.4 多处理机性能	169
7.2.5 多处理机操作系统	169
7.3 同步练习	170
7.3.1 多处理机的特点和主要技术问题习题	170
7.3.2 多处理机的硬件结构习题	171
7.3.3 程序并行性习题	171
7.3.4 多处理机性能习题	172
7.3.5 多处理机操作系统习题	173
7.4 习题答案	174
7.4.1 多处理机的特点和主要技术问题习题解答	174
7.4.2 多处理机的硬件结构习题解答	174
7.4.3 程序并行性习题解答	175
7.4.4 多处理机性能习题解答	178
7.4.5 多处理机操作系统习题解答	178
第 8 章 其他计算机结构	179
8.1 知识解析	179
8.1.1 脉动阵列机原理和结构特点	179
8.1.2 大规模并行处理机 MPP 与机群系统的特点	179
8.1.3 数据流机的原理与组织	180

8.1.4 归约机结构特点与形式	180
8.1.5 智能机的结构特点和组成	181
8.2 同步练习	182
8.3 习题答案	182
附录	184
附录 A 模拟试题	184
模拟试题（一）	184
参考答案	187
模拟试题（二）	190
参考答案	194
附录 B 历届考题	197
2001 年上半年高等教育自学考试全国统一命题考试计算机系统结构	197
参考答案	200
2002 年上半年高等教育自学考试全国统一命题考试计算机系统结构	204
参考答案	207
参考文献	210

第 1 章 计算机系统结构的基本概念

1.1 知识结构

本章的主要内容是介绍计算机系统结构的基本概念，包括计算机系统结构的定义和研究内容、影响计算机系统结构的诸多因素、计算机系统的发展以及相关的一些概念。

知识结构如图 1.1 所示。首先从使用语言的角度，将计算机系统划分为多个机器级组成的层次结构，并说明计算机系统由硬件和软件组成，而且软件和硬件在逻辑功能上是等效的，所以在设计计算机系统时，必须要进行软、硬件的功能分配，确定软、硬件的界面，从而引入了计算机系统结构的概念。

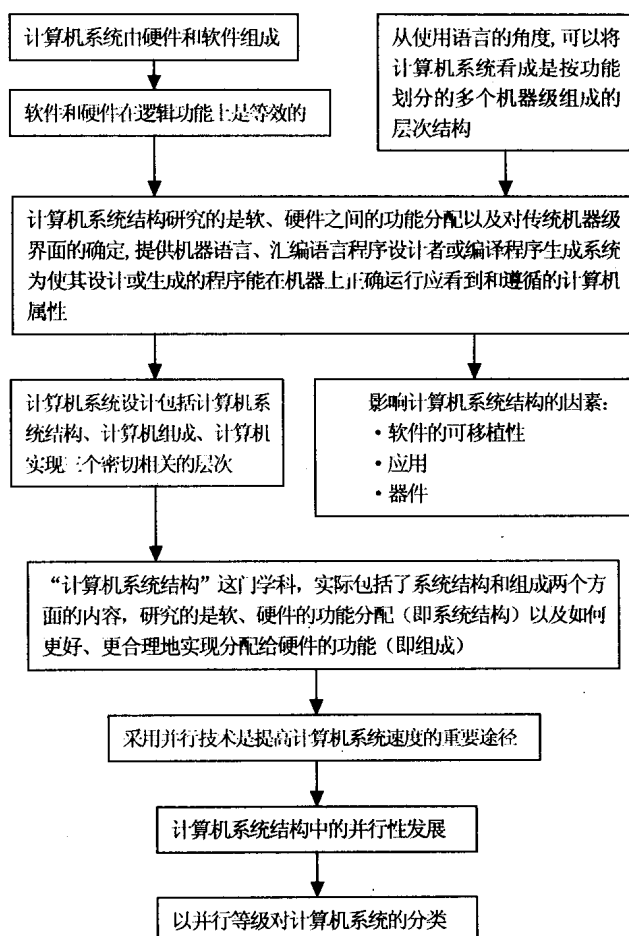


图 1.1 第 1 章知识结构图

计算机系统设计包括计算机系统结构、计算机组成和计算机实现三个层次的设计。三者的关系形成了多种多样的面向不同需要的不同性能价格比的计算机系统。对“计算机系统结构”这门学科来讲,实际包括了系统结构和组成两个方面的内容,研究的是软、硬件的功能分配(即系统结构)以及如何更好、更合理地实现分配给硬件的功能(即组成)。本课程同样包括了系统结构和组成两个方面的内容。

影响计算机系统结构的因素包括软件的可移植性、应用和器件。

速度是本课程讨论的计算机系统主要的性能指标,提高速度的主要途径是并行技术。本章最后介绍计算机系统中并行性的概念和发展,以及计算机系统的分类。

软、硬件的功能分配以及如何更好、更合理地实现分配给硬件的功能,采用各种并行技术以提高计算机系统的性能是贯串本课程始终的主线。

1.2 知识解析

1.2.1 计算机系统的多级层次结构

1. 计算机系统层次结构的分级

(1) 计算机系统的组成

计算机系统是由紧密相关的硬件和软件组成的。

(2) 机器

机器是能存储和执行相应语言程序的算法和数据结构的集合体。

(3) 计算机系统的层次结构

从使用语言的角度,可以将系统看成是按功能划分的多个机器级组成的层次结构。层次结构由高到低分别为:

- ◆ 应用语言机;
- ◆ 高级语言机;
- ◆ 汇编语言机;
- ◆ 操作系统机;
- ◆ 传统机器语言机;
- ◆ 微程序机。

2. 翻译和解释技术

(1) 机器语言程序

只有二进制机器指令即传统所讲的机器语言,与机器硬件直接对应,可以直接被硬件识别和执行。各机器级的实现主要靠翻译或解释,或者是这两者的结合,最终形成以机器语言描述的程序并执行。

(2) 翻译

先用转换程序将高一级机器级上的程序整个地变换成低一级机器级上等效的程序,然



后再在低一级机器级上实现的技术。

(3) 解释

在低级机器级上用它的一串语句或指令来仿真高级机器级上的一条语句或指令的功能，通过对高级机器语言程序中的每条语句或指令逐条仿真来实现其功能的技术。

3. 层次结构概念对推动系统结构发展的作用

(1) 软件和硬件在逻辑功能上的等效

软件和硬件在逻辑功能上是等效的。原理上，软件的功能可用硬件或固件完成，硬件的功能也可用软件模拟来完成，只是性能、价格、实现的难易程度不同。

(2) 层次结构对推动计算机系统结构发展的作用

将计算机系统看成是多个机器级构成的层次结构推动了计算机系统结构的发展。

- ◆ 由于软件和硬件在逻辑功能上是等效的，所以可以重新调整软、硬件比例，为应用语言级、高级语言级、操作系统级提供更多更好的硬件支持；
- ◆ 既然层次中每一级都有其自己的用户、实现方法和指令系统，因此可让各虚拟机器级用真正的实处理机代替，发展高级语言机器等结构；
- ◆ 发展多处理机、分布处理、计算机网等系统结构；
- ◆ 可在一台宿主主机上模拟或仿真另一台机器，推动自虚拟机、多种操作系统共行等技术的应用，从而促进软件移植、计算机系统性能评价、计算机设计自动化等的发展。

1.2.2 计算机系统结构、组成与实现

1. 计算机系统结构定义和研究内容

(1) 系统结构

系统结构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。每级都有其自己的系统结构。

(2) 计算机系统结构

计算机系统结构也称为计算机体系结构，它只是系统结构中的一部分，指的是传统机器级的系统结构。

(3) 计算机系统结构的研究内容

计算机系统结构研究的是软、硬件之间的功能分配以及对传统机器级界面的确定，提供机器语言、汇编语言程序设计者或编译程序生成系统为使其设计或生成的程序能在机器上正确运行并看到和遵循的计算机属性。

(4) 计算机系统结构的属性

计算机系统结构具体的研究内容也就是计算机系统结构的属性，包括：

- ◆ 数据表示：硬件能直接识别和处理的数据类型和格式等的数据表示。
- ◆ 寻址方式：最小可寻址单位、寻址种类、地址计算等的寻址方式。
- ◆ 寄存器组织：通用及专用寄存器的设置、数量、字长、使用约定等的寄存器组织。
- ◆ 指令系统：二进制或汇编级指令的操作类型、格式、排序方式、控制机构等的指令

系统。

- ◆ 存储系统组织：内存的最小编址单位、编址方式、容量、最大可编址空间等的存储系统组织。
- ◆ 中断机构：中断的分类与分级、中断处理程序功能及入口地址等的中断机构。
- ◆ 系统机器级的管态和用户态的定义与切换。
- ◆ 机器级 I/O 结构：输入/输出设备的连接、使用方式、流量、操作结束、出错指示等的机器级 I/O 结构。
- ◆ 系统各部分的信息保护方式和保护机构。

2. 计算机系统结构是软、硬件主要交界面

计算机系统结构指的是传统机器级的系统结构。其界面之上包括操作系统级、汇编语言级、高级语言级和应用语言级中所有软件功能，界面之下包括所有硬件和固件的功能。因此，它是软件和硬件、固件的交界面，是机器语言、汇编语言程序设计者，或编译程序设计者能够看到的机器物理系统的抽象。

3. 计算机组成和实现

(1) 计算机组成定义

计算机组成是计算机系统结构的逻辑实现，包括机器级内的数据流和控制流的组成以及逻辑设计等。

(2) 计算机组成设计要解决的问题

在所希望达到的性能和价格下，怎样更好、更合理地把各种设备和部件组织成计算机，来实现所确定的系统结构。

(3) 计算机组成要研究的内容

计算机组成设计要研究确定的内容包括：

- ◆ 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；
- ◆ 控制机构的组成方式；
- ◆ 缓冲和排队技术；
- ◆ 预估、预判技术；
- ◆ 可靠性技术。

(4) 计算机实现定义

计算机实现指的是计算机组成的物理实现。它着眼于器件技术和微组装技术。其中，器件技术在实现技术中起着主导作用。

(5) 计算机实现的研究内容

计算机实现的研究内容包括：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、底板的划分与连接，专用器件的设计、微组装技术、信号传输、电源、



冷却及整机装配技术等。

4. 计算机系统结构、组成和实现三者的相互影响

(1) 系统结构促进了组成技术的发展

一种计算机系统结构,可以采用不同的组成,确定采用哪一种组成的考虑因素是性能、价格和系统的效率,如表 1.1 所示。

表 1.1 一种计算机系统结构,可以采用不同的组成示例

一种计算机系统结构	可以采用不同的组成	性能与价格	考虑因素
1 设计指令系统	1 指令间顺序执行	速度慢、价格低	性能价格比
	2 指令间重叠执行	速度快、价格高	
2 乘法指令	1 用加法器、移位器	速度慢、价格低	性能价格比、乘法指令使用频度
	2 用专门乘法器	速度快、价格高	

所以,计算机系统结构促进了计算机组成新技术的研究发展,实现以高性能价格比的组成技术,实现计算机系统结构的要求。

(2) 组成促进了实现技术的发展

一种组成可有多多种不同的实现,确定采用哪一种实现的考虑因素是性能价格比和器件技术状况。

例如:主存储器,可用双极型器件来实现,也可用 MOS 型器件来实现。

所以,计算机组成促进了计算机实现的新技术、新器件的研究发展,以尽可能高的性能价格比的物理实现技术实现计算机组成的要求。

(3) 组成技术促进结构发展

例如:微程序控制技术属于计算机组成,通过改变控制存储器中的微程序,就可改变系统的机器指令,从而支持了可改变指令系统的系统结构,实现了在一台计算机上提供对应多种指令系统。

(4) 实现技术的发展促进了组成与结构发展

例如:超大规模集成电路技术的发展促进了计算机组成与计算机系统结构的技术发展和设计方式。

总之,计算机系统结构、组成和实现三者之间在相互促进中发展。

5. 计算机系统结构学科

(1) 广义的计算机实现

由于计算机组成和计算机实现关系密切,有人将它们合称为计算机实现,即计算机系统的逻辑实现和物理实现。

(2) 计算机系统结构设计任务

计算机系统结构设计任务是进行软、硬件的功能分配,确定传统机器级的软、硬件

界面。

(3) 计算机系统结构学科

计算机系统结构这门学科，实际包括了系统结构和组成两个方面的内容。

(4) 计算机系统结构学科研究的内容

“计算机系统结构”这门学科研究的内容是，软、硬件的功能分配以及如何更好、更合理地实现分配给硬件的功能。

(5) 从程序设计者来看的计算机系统结构

从程序设计者来看的计算机系统结构，指的是着眼于软、硬件功能分配和确定程序设计者所看到的机器级界面的计算机系统结构。

(6) 从计算机设计者来看的计算机系统结构

从计算机设计者来看的计算机系统结构，指的是着眼于如何更好、更合理地实现分配给硬件的功能的计算机组成。

6. 透明性

(1) 透明性的含义

客观存在的事物或属性从某个角度看不到，则称对它是透明的。

(2) 系统结构与透明性

系统结构设计就是要研究对某一级，哪些应透明，哪些不应透明。透明可简化该级的设计，但因无法控制，也会带来不利。因此，要正确进行透明性取舍。

(3) 透明性的识别

识别、确定一个具体事物从某个角度来看是否透明的关键是能清楚地了解和理解从该角度所看到的属性的内容，如多级层次结构的各级机器的属性，计算机系统结构、组成、实现的研究内容与方面等。组成、实现的研究内容与方面对于计算机系统结构是透明的，实现的研究内容与方面对于计算机组成是透明的。机器级内部的数据流和控制流的组成，逻辑设计和器件设计等都不包含在计算机系统结构中，也就是说，它们都对系统结构设计是透明的。

例如：

①从对计算机系统结构透明性来看：

- ◆ 浮点数据表示：是数据表示问题，属于计算机系统结构，所以对计算机系统结构设计不是透明的。
- ◆ 数据总线宽度：属于计算机组成，所以对计算机系统结构设计是透明的。

②从对系统程序员和应用程序员透明性来看：

- ◆ 虚拟存储器：是硬件与系统软件结合来实现的，对系统程序员是不透明的，对应用程序员是透明的。
- ◆ Cache 存储器：是全部用硬件来实现的，所以对系统程序员和应用程序员都是透明的。

③从机器（汇编）语言程序员角度透明性来看：

从机器（汇编）语言程序员角度看到的机器属性就是计算机系统结构，所以要从计算