



新编计算机专业
重点课程辅导丛书

新编 计算机组成原理 习题与解析

李春葆 安扬
喻丹丹 曾平 曾慧 编著

名师
执笔

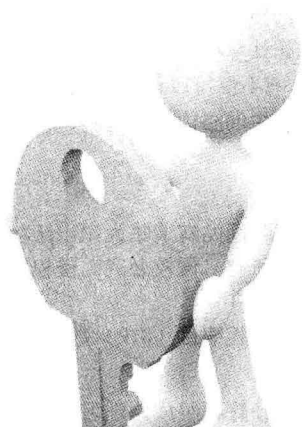
百万册畅销书全面升级

知识体系完整，以典型题目分析带动能力培养
应对：课程复习、考研、程序员面试

清华大学出版社



新编计算机专业
重点课程辅导丛书



新编 计算机组成原理 习题与解析

李春葆 安扬 喻丹丹 曾平 曾慧 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是按照计算机组成原理教学大纲的要求,并参照全国联考大纲编写而成。全书共 11 章,主要内容包括:计算机系统概论、数据编码和表示、数据的机器运算、主存储器、存储系统、指令系统、中央处理器、指令流水线、系统总线、外部设备和输入输出系统。每章按知识点分节,每节先总结核心概念和基本原理,然后通过大量习题及近年考研试题,对相关知识点进行了详细、深入、透彻的分析,使学生充分掌握求解计算机组成原理问题的思想和方法,深化对基本概念的理解,提高分析与解决问题的能力。

本书不仅可以作为计算机专业本、专科学生学习计算机组成原理课程的参考书,也是报考计算机专业硕士研究生的必读参考资料,同时适合于计算机组成原理课程自学者和计算机等级(三级或四级)考试者研习。

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

新编计算机组成原理习题与解析 / 李春葆等编著. —北京:清华大学出版社, 2013.5
(新编计算机专业重点课程辅导丛书)

ISBN 978-7-302-30617-7

I. ①新… II. ①李… III. ①计算机组成原理—高等学校—题解 IV. ①TP301-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 272683 号

责任编辑:夏非彼

封面设计:王 翔

责任校对:闫秀华

责任印制:何 芊

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

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

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

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:190mm×260mm 印 张:28.5 字 数:730 千字

版 次:2013 年 5 月第 1 版 印 次:2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:49.80 元

产品编号:049936-01

《新编计算机专业重点课程辅导丛书》丛书序

“计算机专业教学辅导丛书——习题与解析系列”自 1999 年推出以来，一直被许多院校采用并受到普遍好评，广大师生也给我们反馈了不少中肯的改进建议，总印数超过百万册。这些都是我们修订、扩充该丛书的动力之源。同时，计算机科学与技术的持续发展和不断演化，使得传统的计算机专业教学模式也随之扩充与革新，随着计算机教材改革的不断深化，如何促进学生将理论用于实践，提高分析与动手能力，以及通过实践加深对理论的理解程度，都是 21 世纪计算机教学亟待解决的问题。正是基于这些需求，经过对原有丛书的使用情况的深入调研，并组织专家和一线教师对自身教学经验进行认真总结、提炼之后，我们重新修订了这套“21 世纪计算机专业重点课程辅导丛书”。

依据各门课程的最新教学大纲，对原有图书内容进行了全面的修订和扩充，使其更加完备、充实。修订之后的新版丛书几乎囊括了计算机专业的各个重点科目，与现行计算机专业课程体系更加吻合。

“新编计算机专业重点课程辅导丛书”包括：

- 《新编 C 语言习题与解析》
- 《新编 C++语言习题与解析》
- 《新编 Java 语言习题与解析》
- 《新编数据结构习题与解析》
- 《新编数据库原理习题与解析》
- 《新编操作系统习题与解析》
- 《新编计算机组成原理习题与解析》
- 《新编计算机网络习题与解析》

本套丛书具有如下特点：

以典型题目分析带动能力培养

本丛书注重以典型题目的分析为突破口，点拨解题思路，强化各知识点的灵活运用，启发解题灵感。所有例题不仅给出了参考答案，还给出了详细透彻的分析过程，便于读者在解题过程中举一反三，触类旁通，从而提高分析问题和解决问题的能力。

全面复习，形成知识体系

本丛书以权威教材为依托，对各知识点进行了全面、深入地剖析和提炼，构成了一个完备的知识体系。在各类考试中，一个微小的知识漏洞，就可能造成无法弥补的损失，因此复习必须全面扎实。

把握知识间的内在联系，拓展创新思维

把握知识点之间的关系，这样，掌握的知识就能变“活”。本丛书通过对知识点的分解，找出贯穿于各知识点之间的内在联系，并配上相关的例题，阐明如何利用这些内在联系解

决问题，从而做到不仅授人以“鱼”，更注重授人以“渔”。

紧贴计算机专业考研大纲要求，提高考研成绩

自 2009 年以来计算机科学与技术专业实行全国联考，统一命题和阅卷，联考内容涵盖数据结构、计算机组成原理、操作系统和计算机网络。本丛书的相关课程均以最新联考大纲为基础进行编写，并收录了最新的联考试题。另外，各高校计算机专业研究生复试的常见课程有高级语言程序设计和数据库原理等，这些课程的内容也涵盖在本丛书中。

本套丛书由长期坚持在教学第一线的教授和副教授编写，他（她）们结合自己的教学经验和见解，把多年的教学实践成果无私奉献给读者，希望能够提高学生素质、培养学生的综合分析能力。

如果说科学技术的飞速发展是 21 世纪的一个重要特征，那么，教学改革将是 21 世纪教育工作不变的主题，也是需要我们不断探索的课题。要紧跟教学改革，不断更新，真正满足新形势下的教学需求，还需要我们不断地努力实践和完善。本套教材虽然经过细致的编写与校订，仍然难免有疏漏和不足之处，需要不断地补充、修订和完善。我们热情欢迎使用本套丛书的教师、学生和读者朋友提出宝贵意见和建议，使之更臻成熟。

本套丛书的编写工作得到湖北省教学改革项目——计算机科学与技术专业课程体系改革的资助，武汉大学计算机学院也给予了大力支持，在此表示衷心感谢。

2013 年 3 月

前 言

计算机组成原理是计算机专业的核心课程，也是 2009 年起全国计算机专业硕士研究生入学联考的考试科目之一。计算机组成原理课程的目标是使学生掌握计算机硬件系统中各部件的功能、组成原理以及设计思路和逻辑实现方法，建立整机概念，理解计算机单机系统硬件组织和构成原理，培养学生对计算机硬件系统的分析和设计能力。

学习计算机组成原理课程的基本要求是，理解单处理器计算机系统中各部分的内部工作原理、组成结构以及相互连接方式，具有完整的计算机系统的整机概念；理解计算机系统层次化结构概念，熟悉硬件和软件之间的界面，掌握指令集体系结构的基本知识和基本实现方法；能够综合运用计算机组成的基本原理和基本方法，对有关计算机硬件系统中的理论和实际问题进行计算、分析，并能对一些基本部件进行简单设计。

计算机组成原理课程涉及的知识面广、内容繁杂、要掌握的概念多，是一门教师难教、学生难学的课程。本书是作者根据多年讲授计算机组成原理课程的经验编写而成，其目的是通过对知识点的提炼、典型习题的分析和解答，使学生充分掌握计算机系统的设计思想，深化对基本概念的理解，提高分析与解决问题的能力。

本书主要内容包括：第 1 章是计算机系统概论；第 2 章是数据编码和表示；第 3 章是数据的机器运算；第 4 章是主存储器；第 5 章是存储系统；第 6 章是指令系统；第 7 章是中央处理器；第 8 章是指令流水线；第 9 章是系统总线；第 10 章是外部设备；第 11 章是输入输出系统。

每章内容按知识点进行划分，各个知识点讲授由两部分组成，第一部分归纳本知识点的核心概念和基本原理，第二部分精选了大量典型习题并予以详细解析，给出了清晰的解题思路和完整的求解过程。其中部分习题是一些高等院校计算机专业硕士研究生的入学试题和近几年全国联考试题。附录 A 给出两份本科生期末考试试题和参考答案，附录 B 汇总了近 4 年全国联考计算机组成原理部分的试题。

本书通俗易懂、内容全面、讲解透彻，适合于学习计算机组成原理课程的各类考生。

除本书封面列出的作者外，参与本书编写的人员还有金晶、陶红艳、马玉琳、余云霞和喻卫等。

由于水平所限，尽管作者不遗余力，仍存在错误和不足之处，敬请教师和同学们批评指正，欢迎读者通过 licb1964@126.com 邮箱跟作者联系，在此表示万分的感谢。

编者

2013 年 3 月

目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1.1 知识点 1: 计算机的发展和系统结构.....	1
1.1.1 要点归纳.....	1
1.1.2 例题解析.....	7
1.2 知识点 2: 计算机性能指标.....	13
1.2.1 要点归纳.....	13
1.2.2 例题解析.....	16
第 2 章 数据编码和表示	21
2.1 知识点 1: 数制与编码.....	21
2.1.1 要点归纳.....	21
2.1.2 例题解析.....	25
2.2 知识点 2: 定点数的表示.....	28
2.2.1 要点归纳.....	28
2.2.2 例题解析.....	34
2.3 知识点 3: 浮点数的表示.....	40
2.3.1 要点归纳.....	40
2.3.2 例题解析.....	43
2.4 知识点 4: 校验码.....	49
2.4.1 要点归纳.....	49
2.4.2 例题解析.....	54
第 3 章 数据的机器运算和运算器	60
3.1 知识点 1: 定点数的运算.....	60
3.1.1 要点归纳.....	60
3.1.2 例题解析.....	70
3.2 知识点 2: 浮点数的运算.....	81
3.2.1 要点归纳.....	81
3.2.2 例题解析.....	84
3.3 知识点 3: 运算器的基本组成.....	90
3.3.1 要点归纳.....	90
3.3.2 例题解析.....	96
第 4 章 主存储器	101
4.1 知识点 1: 主存储器的基本概念.....	101
4.1.1 要点归纳.....	101
4.1.2 例题解析.....	112

4.2	知识点 2: 主存储器的连接与控制	120
4.2.1	要点归纳	120
4.2.2	例题解析	129
4.3	知识点 3: 双口 RAM 和并行主存储器	143
4.3.1	要点归纳	143
4.3.2	例题解析	147
第 5 章	存储系统	151
5.1	知识点 1: 存储系统的层次结构	151
5.1.1	要点归纳	151
5.1.2	例题解析	152
5.2	知识点 2: 高速缓冲存储器 (Cache)	154
5.2.1	要点归纳	154
5.2.2	例题解析	165
5.3	知识点 3: 虚拟存储器	180
5.3.1	要点归纳	180
5.3.2	例题解析	188
第 6 章	指令系统	197
6.1	知识点 1: 指令系统的基本概念	197
6.1.1	要点归纳	197
6.1.2	例题解析	202
6.2	知识点 2: 指令的寻址方式	209
6.2.1	要点归纳	209
6.2.2	例题解析	214
6.3	知识点 3: CISC 和 RISC 技术	228
6.3.1	要点归纳	228
6.3.2	例题解析	229
第 7 章	中央处理器	232
7.1	知识点 1: CPU 和控制器	232
7.1.1	要点归纳	232
7.1.2	例题解析	238
7.2	知识点 2: 指令执行过程	244
7.2.1	要点归纳	244
7.2.2	例题解析	247
7.3	知识点 3: 数据通路的功能和结构	252
7.3.1	要点归纳	252
7.3.2	例题解析	265
7.4	知识点 4: 硬布线控制器和微程序控制器	279
7.4.1	要点归纳	279

7.4.2 例题解析	292
第 8 章 指令流水线	316
8.1 知识点 1: 标量指令流水线	316
8.1.1 要点归纳	316
8.1.2 例题解析	324
8.2 知识点 2: 超标量流水线和超流水线技术	332
8.2.1 要点归纳	332
8.2.2 例题解析	334
第 9 章 系统总线	338
9.1 知识点 1: 总线概述	338
9.1.1 要点归纳	338
9.1.2 例题解析	344
9.2 知识点 2: 总线仲裁和总线通信控制	351
9.2.1 要点归纳	351
9.2.2 例题解析	356
第 10 章 外部设备	364
10.1 知识点 1: 输入和输出设备	364
10.1.1 要点归纳	364
10.1.2 例题解析	366
10.2 知识点 2: 外存储器	368
10.2.1 要点归纳	368
10.2.2 例题解析	374
第 11 章 输入输出系统	379
11.1 知识点 1: I/O 系统概述和 I/O 接口	379
11.1.1 要点归纳	379
11.1.2 例题解析	385
11.2 知识点 2: I/O 控制方式	389
11.2.1 要点归纳	389
11.2.2 例题解析	404
附录 A 两份重点大学本科“计算机组成原理”考试试题	420
附录 B 2009 年~2012 年全国计算机专业硕士学位研究生入学考试计算机组成原理部分 试题及参考答案	431
参考文献	448

第1章 计算机系统概论

基本知识点：计算机的发展，计算机组成，计算机硬件中各部件的功能，冯·诺依曼计算机的特点，计算机系统的层次结构，软件与硬件的逻辑等效性，计算机的各种性能指标及其含义。

重点：计算机系统的层次结构，计算机的各种性能指标及其含义。

难点：计算机的各种性能指标及其含义。



1.1 知识点 1：计算机的发展和系统结构

1.1.1 要点归纳

1. 计算机的发展

第一台计算机 ENIAC 于 1946 年在美国宾夕法尼亚大学问世，迄今为止经历了 60 多年，其代表人物是英国的科学家图灵和美籍匈牙利科学家冯·诺依曼。从使用器件的角度来说，计算机发展大致经历了 5 代的变化：

- 第 1 代计算机（1946~1957 年）——电子管时代。主要特点是采用电子管作为运算和逻辑元件，体积大、成本高、可靠性低，运算速度为每秒几千次至几万次。
- 第 2 代计算机（1958~1964 年）——晶体管时代。主要特点是用晶体管代替电子管作为运算和逻辑元件，用磁芯作为主存储器，磁带和磁盘用作外存储器，可靠性提高、体积缩小、成本降低。运算速度为每秒几万次至几十万次。
- 第 3 代计算机（1965~1971 年）——中小规模集成电路时代。主要特点是用集成电路代替了分立元件，用半导体存储器取代了磁心存储器，可靠性进一步提高、体积进一步缩小、成本进一步降低。运算速度为每秒几十万次至几百万次。
- 第 4 代计算机（1972~1990 年）——超大规模集成电路时代。主要特点是以大规模集成电路（LSI）和超大规模集成电路（VLSI）作为计算机的主要功能部件，可靠性高、体积小、成本更低。运算速度为每秒 1000 万次至 1 亿次。

- 第 5 代计算机（1991 年至今）——巨大规模集成电路时代。主要特点是以巨大规模集成电路作为计算机的主要功能部件，可靠性高、容量大和集成度高。运算速度提高到每秒 10 亿次。

计算机按用途可分为专用计算机和通用计算机。根据计算机的速度、价值等，又将通用计算机分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机等，它们的结构规模和性能指标依次递减。

当前计算机的主要发展方向主要体现在 5 个方面：巨型化、微型化、网络化、智能化和多媒体化。

计算机的发展与半导体存储器的发展密不可分。1970 年，仙童半导体公司生产出第一个较大容量的半导体存储器，至今半导体存储器经历了 11 代，即单个芯片从 1KB、4KB、16KB、64KB、256KB、1MB、4MB、16MB、64MB、256MB 到现在的 1GB。

同存储器芯片一样，处理器芯片的单元密度也在不断增加，每块芯片上的单元个数越来越多，构建一个计算机处理器所需芯片数越来越少。1971 年 Intel 公司开发出第一个微处理器 Intel 4004，至今微处理器经历了 Intel 8008（8 位）、Intel 8080（8 位）、Intel 8086（16 位）、Intel 8088（16 位）、Intel 80286（16 位）、Intel 80386（32 位）、Intel 80486（32 位）、Pentium（32 位）、Pentium Pro（64 位）、Pentium II（64 位）、Pentium III（64 位）、Pentium 4（64 位）等。

2. 计算机的系统结构

1) 计算机的系统组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是指有形的物理设备，是计算机系统中实际物理装置的总称。软件是指在硬件上运行的程序和相关的数据库及文档。

硬件是软件的工作基础，软件是硬件功能的扩充和完善。两者相互依存，相互促进。软件与硬件的结合，构成完整的计算机系统。如图 1.1 所示是简单的软硬件层次化结构。

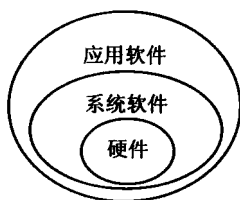


图 1.1 简单的软硬件层次化结构

2) 冯·诺依曼计算机的特点

计算机的硬件系统是根据冯·诺依曼计算机体系结构的思想设计的，冯·诺依曼提出了“存储程序”的概念（把编好的程序和原始数据事先存入存储器中，然后再启动计算机工作，这就是存储程序的基本含义），它奠定了现代计算机的基本结构，以此概念为基础的各类计算机统称为冯·诺依曼机。其特点如下：

- 计算机硬件系统由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备 5 大部件组成。

- 指令和数据以同等地位存放在存储器中，并可按地址寻址。
- 采用二进制形式表示指令和数据。
- 指令由操作码和地址码组成，操作码用来表示操作的性质，地址码用来表示操作数在存储器中的位置。
- 指令在存储器中按顺序存放。通常，指令是顺序执行的，在特定条件下，可根据运算结果或根据设定的条件改变执行顺序。
- 早期的冯·诺依曼计算机以运算器为中心，输入输出设备与存储器间的数据传送通过运算器完成。

从中看到，冯·诺依曼机使用单一的处理部件来完成计算、存储以及通信的工作；存储单元是定长的线性组织，可以直接寻址；在执行程序和处理数据时必须将程序和数据从外存储器装入主存储器中，然后才能使计算机在工作时自动地从存储器中取出指令并加以执行。

3) 计算机的硬件组成

在计算机中，普遍采用如图 1.2 所示典型的冯·诺依曼计算机的结构，其特点是以运算器为中心，在存储器和输入/输出设备之间传送数据时都需要经过运算器。现代计算机已转化为以存储器为中心，如图 1.3 所示。这两种方案相比，并无实质性的区别，只是在一些小的方面做了部分改进，使输入/输出操作尽可能绕过 CPU，直接在输入/输出设备和存储器之间完成，以提高系统的整体运行性能。

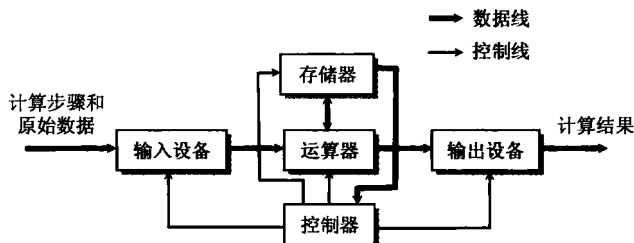


图 1.2 典型的冯·诺依曼计算机结构图

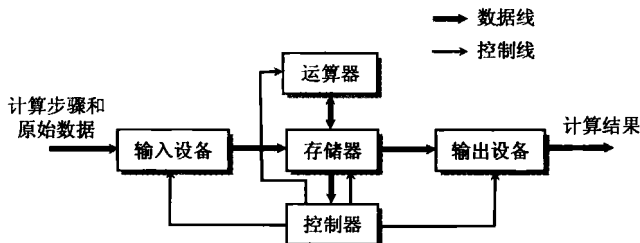


图 1.3 以存储器为中心的计算机结构图

两个图中各部件的功能如下：

- 存储器。用来存放数据和程序。
- 运算器。用来完成算术运算和逻辑运算，并将运算的中间结果暂存在运算器内。
- 控制器。用来控制、指挥程序和数据的输入、运行以及处理运算结果。把运算器和控制器合在一起称为中央处理器，简称为 CPU。CPU 和存储器合起来称为中央处理机，简称为主机。
- 输入设备。用来将人们熟悉的信息形式转换为机器能识别的信息形式，常见的输入设备有键盘、鼠标等。
- 输出设备。可将机器运算结果转换为人们熟悉的信息形式，常用的输出设备有显示器和打印机等。

计算机的 5 大部件在控制器的统一指挥下，有条不紊的工作。又将 CPU 和主存储器合起来称为主机，将输入/输出设备称为外部设备。

(1) 存储器

半导体存储器称为内存储器（简称主存或内存等），包括存储体、各种逻辑部件及控制电路等。磁盘或光盘称为外存储器，这里介绍的存储器主要是内存储器。



存储器一词在不作特别说明时通常指内存储器。

提示

存储体由许多存储单元组成，每个存储单元又包含若干个存储元件，每个存储元件能寄存一位二进制代码“0”或“1”，可见，一个存储单元可存储一串二进制代码，称这串二进制代码为一个存储字，这串二进制代码的位数称为存储字长，可以是 8 位、16 位或 32 位等。每个存储单元都有编号，称为地址。

存储器的工作方式是按存储单元的地址号来实现对存储字各位的存（写入）、取（读出）。这种存取方式称为按地址存取方式，即按地址访问存储器（简称访存）。

为了实现按地址访问，主存中还配置两个寄存器 MAR 和 MDR（有些计算机将 MAR、MDR 集成在 CPU 中）：

- MAR 是地址寄存器，用来存放欲访问的存储单元的地址，其位数对应存储单元的个数（如 MAR 为 10 位，则有 $2^{10}=1024$ 个存储单元，记为 1K）。
- MDR 是数据寄存器，用来存放从存储体 M 某单元取出的代码或准备往某存储单元存入的代码，其位数与存储字长相等。

(2) 运算器

运算器的主要功能是进行加、减、乘、除等算术运算，除此之外，还可以进行逻辑运算。运算器最少包括 3 个寄存器和一个算术逻辑单元 ALU，其中 ACC 为累加器，MQ 为商寄存器，X 为操作数寄存器。这 3 个寄存器在完成不同运算时，所存放的操作数类别也各不相同。

例如，为了实现两个数相乘运算，将[ACC]看做被乘数，先取出存放在主存 M 号地址单元中的乘数[M]并送入乘商寄存器 MQ，再把被乘数送入 X 寄存器，并将 ACC 清“0”，然后[X]和[MQ]相乘，结果（积）的高位保留在 ACC 中，低位保留在 MQ 中，其过程如下：

- [M]→MQ 将 M 号地址单元中的乘数送入 MQ 寄存器
- [ACC]→X 将被乘数送入 X 寄存器
- 0→ACC 将 ACC 寄存器清 0
- [X]×[MQ]→ACC/MQ 将 X 寄存器中的数和 MQ 寄存器中的数相乘

(3) 控制器

控制器是计算机的中枢，由它指挥各部件自动、协调地工作。对于比较复杂的任务，计算机在运算前必须简化成一步一步简单的加、减、乘、除等基本操作来做。每一个基本操作称为一条指令，而完成某一任务的一串指令序列，称为该问题的计算程序。指令由操作码和地址码两部分组成，前者指出指令所进行的操作，后者指出参加运算的数据应从存储器的哪个单元中取出来，或运算结果应该存到哪个单元中去，它们都用二进制代码表示。

控制器的基本任务是按一定的顺序一条接一条地执行指令。首先从存储器读出一条指令放到控制器中，这一过程称为取指过程，通常把取指令的一段时间称为取指周期；接着对该指令进行分析判别，根据指令操作数所在地址以及指令的操作码完成某种操作，这一过程称为执行过程，执行指令的一段时间称为执行周期。因此控制器反复交替地处在取指周期和执行周期之中。

控制器由程序计数器（PC）、指令寄存器（IR）和控制单元（CU）组成。PC 用来存放当前欲执行指令的地址，它与主存的 MAR 之间有一条直接通路，且具有自动加 1 的功能，即可自动形成下一条指令的地址。IR 用来存放当前的指令，其内容来自主存的 MDR。IR 中的操作码（OP(IR)）送至 CU，记作 OP(IR)→CU，用来分析指令；其地址码（Ad(IR)）作为操作数的地址送至存储器的 MAR，记作 Ad(IR)→MAR。CU 用来分析当前指令所需完成的操作，并发出各种微操作命令序列，用以控制所有被控对象。

计算机使用的信息既有指令又有数据，指令和数据都放在内存中，从形式上看它们都是二进制代码，似乎很难区分哪些是指令字，哪些是数据字。然而控制器完全可以区分开，一般来讲，取指周期中从内存读出的信息流是指令流，它流向控制器，而在执行周期中从内存读出的信息流是数据流，它由内存流向运算器。

(4) 输入/输出设备

I/O 子系统包括各种 I/O 设备及其相应的接口。每一种 I/O 设备都由 I/O 接口与主机联系，它接收 CU 发出的各种控制命令，并完成相应的操作。例如，键盘（输入设备）由键盘接口电路与主机联系，打印机（输出设备）由打印机接口电路与主机联系。

4) 计算机的系统层次结构

现代计算机不是一种简单的电子设备，而是由硬件和软件结合而成的复杂整体。它通常由 5 个不同的层次组成，在每一层上都能够进行程序设计，如图 1.4 所示。

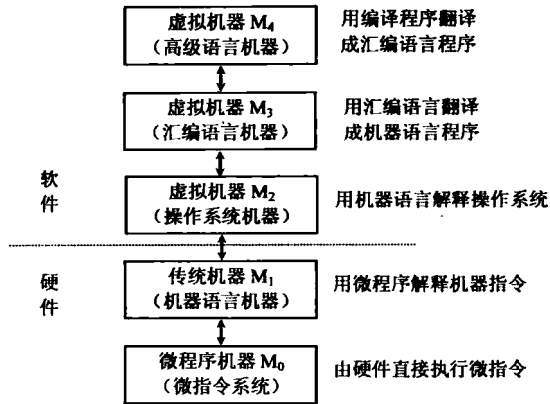


图 1.4 计算机系统层次结构

对图 1-4 的说明如下。

- 第一层是微程序机器级：微指令由硬件直接执行。如果某一个应用程序直接用微指令来编写，那么可在这一级上运行该应用程序。
- 第二层是机器语言级：用微程序解释机器指令。
- 第三层是操作系统级：用机器语言程序解释作业控制语句。
- 第四层是汇编语言机器级：用汇编程序翻译成机器语言程序。
- 第五层是高级语言机器级：用编译程序翻译成汇编语言程序或直接翻译成机器语言。

其中，第三层~第五层称为虚拟计算机。所谓虚拟计算机是指这个计算机只对该层的观察者存在，对某一层次的观察者来说，他只能通过该层次的语言来了解和使用计算机，至于下层是如何工作和实现的不必关心了。简言之，虚拟计算机即是由软件实现的计算机。层次之间关系密切，下层是上层的基础，上层是下层的扩展，但层次的划分不是绝对的。

5) 计算机软件的分类

计算机软件通常分为两大类：系统软件和应用软件。

(1) 系统软件

系统软件又称为系统程序，主要用来管理整个计算机系统，使系统资源得到合理调度、高效运行，包括以下 4 类：①各种服务性程序，如诊断程序、排错程序等；②语言程序，如汇编程序、编译程序和解释程序等；③操作系统；④数据库管理系统。

汇编程序用于将汇编语言程序转换成机器代码；编译程序用于将高级语言程序转换成机器代码。

操作系统是配置在计算机硬件平台上的第一层软件，它是一组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并为用户提供方便的程序和数据的集合。

数据库管理系统是一种操作和管理数据库的大型软件，用于建立、使用和维护数据库。

(2) 应用软件

应用软件又称为应用程序，是用户根据任务需要所编写的各种程序，如科学计算程序、数据处理程序、过程控制程序等。

6) 软件与硬件的逻辑等价性

随着大规模集成电路技术的发展和软件硬件化的趋势，计算机系统的软、硬件界限已经变得模糊了。因为任何操作可以由软件来实现，也可以由硬件来实现。任何指令的执行可以由硬件来完成，也可以由软件来完成。对某一机器功能采用硬件还是软件方案，取决于器件价格、速度、可靠性和存储容量等因素。

现在已经可以把许多复杂的、常用的程序制作成固件。所谓固件，即从功能上来说它是软件，但从形态来说是硬件。

1.1.2 例题解析

1. 单项选择题

【例 1-1-1】通常划分计算机发展时代是以_____为标准的。

- A. 所用电子器件 B. 运算速度 C. 计算机结构 D. 所用语言

解：划分计算机发展时代的标志主要有计算机的器件和计算机体系结构。目前计算机仍采用冯·诺依曼体系结构。本题答案为 A。

【例 1-1-2】能够被计算机硬件直接识别的语言是_____。

- A. 符号语言 B. 机器语言
C. 汇编语言 D. 机器语言和汇编语言

解：计算机硬件只能识别机器语言，其他语言程序要通过汇编或编译转换成机器代码后才能执行。本题答案为 B。

【例 1-1-3】计算机能直接执行的程序是_____。

- A. 命令文件 B. 汇编程序 C. 机器语言程序 D. 源程序

解：解释同上。本题答案为 C。

【例 1-1-4】计算机内的信息都是以_____形式表示的。

- A. BCD 码 B. 二进制码 C. 字母码 D. 符号码

解：考虑到使电子器件容易实现，因此计算机内的信息都以二进制形式表示的。本题答案为 B。

【例 1-1-5】至今为止，计算机中的所有信息仍以二进制方式表示，其理由是_____。

- A. 节省物理器件 B. 运算速度快
C. 物理器件容易实现 D. 信息处理方便

解：解释同上。本题答案为 C。

【例 1-1-6】电子计算机技术在半个世纪中虽有很大进步，但至今其运行仍遵循着一位科学家提出的基本原理。他就是_____。

- A. 牛顿 B. 爱因斯坦 C. 爱迪生 D. 冯·诺依曼

解：至今计算机硬件系统仍遵循冯·诺依曼体系结构。本题答案为 D。

【例 1-1-7】冯·诺依曼计算机的最主要特点是_____。

- A. 存储程序方式
B. 采用大规模电路和超大规模电路
C. 有功能强大的操作系统
D. 采用 Cache、主存和辅存三级存储结构

解：冯·诺依曼计算机的最主要特点是存储程序的概念，即将程序和数据一起存放在存储器中。本题答案为 A。

【例 1-1-8】冯·诺依曼机工作方式的基本特点是_____。

- A. 多指令流单数据流 B. 按地址访问并顺序执行指令
C. 堆栈操作 D. 存储器按内容选择地址

解：解释同上。本题答案为 B。

【例 1-1-9】计算机能自动工作的关键是_____。

- A. 存储程序控制 B. 数据传送 C. 数据处理 D. 操作控制

解：计算机能自动工作的关键是采用冯·诺依曼原理，其主要特点是存储程序控制。本题答案为 A。

【例 1-1-10】主存储器通常是由_____构成。

- A. 半导体存储器 B. 软磁盘 C. 硬盘 D. 光盘

解：主存储器通常是由具有随机存取特性的半导体存储器构成的，相对于磁盘等外存储器，它的成本较高、容量较小。本题答案为 A。

【例 1-1-11】计算机中能对指令进行译码的部件是_____。

- A. ALU B. 运算器 C. 控制器 D. 存储器

解：运算器的主要功能是进行加、减、乘、除等算术运算，其中包含 ALU。存储器主要用于存储数据。控制器是计算机的中枢，由它指挥各部件自动、协调地工作，包含指令译码等功能。本题答案为 C。

【例 1-1-12】控制器是_____。

- A. 计算机中的一个完成算术运算的部件
B. 计算机中的一个部件，根据指令控制运算器、存储器和 I/O 设备的操作
C. 计算机中的一个完成逻辑运算的部件
D. 计算机中的一个存放数据的部件

解：控制器是计算机的中枢，由它指挥运算器、存储器和 I/O 设备的操作。本题答案为 B。