

21世纪计算机科学与技术系列教材

高职高专

计算机 组成原理

李用江 苏运霖 主编



3-43
311

华南理工大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/李用江, 苏运霖主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2003.11

(21 世纪计算机科学与技术系列教材 (高职高专))

ISBN 7-5623-1961-8

I. 计… II. ①李…②苏… III. 计算机体系结构-高等学校-教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 048024 号

总发行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

Email: scut202@scut.edu.cn

<http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 欧立局

印刷者: 中山市新华印刷厂有限公司

开本: 787×960 1/16 印张: 19.5 字数: 380 千

版次: 2003 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1~3000 册

定价: 29.50 元

版权所有 盗版必究

总 序

进入 21 世纪后,人类社会在全球化知识经济这一形态下的进步更为加速,全球化知识经济推动了整个人类文明的进步,也更加剧了世界各国尤其是各经济大国间的竞争,因为全球化知识经济并不是要消除竞争,而是促使全球更激烈地竞争。那些在科技上占有优势的国家,其经济发展也快于技术上落后的国家,它在科技上的优势保证了它在国力竞争上和经济发展上的优势。

科技的优势归根结蒂是人才的优势和教育的优势,因为所谓科技是靠人才掌握的。正是有了这些掌握了先进科技的人才,使科技——第一生产力创造出物质文明和精神文明成为现实。只有通过教育培养一代又一代的年轻人去继承和发扬科技的优势,才能造就一代比一代强的科技人才。

这一切为我们提供了深刻的启迪:要在这场全球人才和科技竞争中取得优胜地位,在新世纪里实现中华民族的伟大复兴的目标,就必须在教育上实现创新,实现发展。因此,作为教育工作者的我们,首当其冲的任务是使教育紧跟科技的发展与时俱进。

课程设置和教材在整个教育中起着关键性的作用。教师要按课程对学生进行讲授,就必须有内容合适的教材。

全球权威机构 ACM(计算机协会)和 IEEE(电子与电气工程师学会)的联合教育委员会针对进入 21 世纪后计算机科学技术的发展,对于整个计算机科学领域的课程表及这些课程的内容进行了认真深入的研究,于 2001 年年底形成了计算机课程表及其体系结构的建议。“课程表”和“建议”既反映了计算机科学这一领域的基础知识,又反映了它的各个分支的知识前沿。

为此,广东省高等职业技术教育研究会和华南理工大学出版社组织了计算机界的专家学者,对出版教材问题进行了探讨,协力推出高职高专层次的计算机科学与技术系列教材。

经过作者们的共同努力,这个层次的教材将陆续出版。目前您手中见到的这一本,正是我们共同努力的结晶。我们相信您能从本书和我们陆续出版的这套书中发现它们的特色,以及与同类教材相比的长处。在这方面,至少我们比较注意与时俱进,突出创新和实践能力的培养,充分体现高职高专教育的特点。

当然,这批教材在编写和出版方面难免会有缺点或不足,我们诚恳希望使用这些教材的教师和学生以及其他读者不吝提出宝贵意见,以便本书再版时能对它进行改进。

苏运霖

2003年6月于广州

前 言

计算机组成原理是计算机专业的基础课。这门课对于使学生了解现代计算机的各个组成部分及其工作原理具有重要作用,对于学生后续课程的学习无疑也具有积极的意义。

但是,在这以前,我们一直未发现适合高职高专层次的这门课程的教材。国内现有的多本计算机组成原理的教材,大多是为本科层次编写的,或者内容已经过时。

我们希望这本教材能真正为高职高专学生学好这门课程服务,使他们既掌握这门课程的内容,又能初步了解这门课程所涉及的学科领域的知识前沿。为了使学生学好这门课程,我们在教材的系统性、逻辑性以及叙述的可读性、趣味性方面也都作了探索,力求使它可以让学生看得懂,好理解,感兴趣,想学下去。

本书的第一、二、三、四、五、九章由广东湛江海洋大学的李用江编写,第八、十、十一章由广东暨南大学苏运霖编写,第六、七章由广东湛江海洋大学的彭小红编写。全书由苏运霖统稿。

由于水平经验所限,我们虽竭尽全力,务使书中少出差错,但缺点和疏漏可能仍然难免。我们诚恳希望采用此书作为教材的学校、教师、学生以及其他读者不吝指正,给我们提出宝贵的改进意见。

湛江海洋大学胡日章教授对本书的编写工作给予了大力支持,提出很多宝贵意见,在此表示感谢。

苏运霖

2003年6月

目 录

1 计算机系统概论	(1)
1.1 计算机发展简史	(1)
1.2 计算机组成和工作原理	(2)
1.2.1 计算机的基本组成	(2)
1.2.2 计算机的工作过程	(3)
1.2.3 计算机的特点	(5)
1.2.4 计算机的性能指标	(6)
1.3 计算机分类及其应用	(8)
1.3.1 计算机的分类	(8)
1.3.2 计算机的应用	(9)
1.4 计算机系统的组成	(10)
1.4.1 计算机硬件系统	(10)
1.4.2 计算机软件系统	(11)
1.4.3 计算机系统的层次结构	(11)
小结	(13)
练习与思考	(13)
2 数字逻辑基础	(14)
2.1 三种基本逻辑操作及布尔代数的基本公式	(14)
2.1.1 三种基本逻辑操作	(14)
2.1.2 逻辑代数的运算法则	(14)
2.2 逻辑电路	(15)
2.3 触发器	(16)
2.3.1 R-S 触发器	(16)
2.3.2 D 触发器	(17)
2.4 加法器	(18)
2.5 寄存器	(18)
2.5.1 基本寄存器	(19)
2.5.2 移位寄存器	(19)
2.6 计数器	(20)
2.6.1 二进制计数器	(20)
2.6.2 十进制计数器	(21)
2.7 译码器及分配器	(22)

2.7.1 译码器·····	(22)
2.7.2 分配器·····	(23)
小结·····	(24)
练习与思考·····	(25)
3 计算机数据表示 ·····	(26)
3.1 进位计数制及其相互转换·····	(26)
3.1.1 进位计数制·····	(26)
3.1.2 二进制·····	(27)
3.1.3 八进制与十六进制·····	(28)
3.1.4 十进制与二进制的相互转换·····	(30)
3.2 计算机数值数据的表示方法·····	(31)
3.2.1 机器数和真值·····	(31)
3.2.2 计算机符号数的表示方法·····	(32)
3.2.3 机器数的定点与浮点表示·····	(37)
3.3 二十进制数字编码·····	(41)
3.3.1 8421 BCD 码·····	(41)
3.3.2 其他带权 BCD 码·····	(42)
3.3.3 几种 4 位无权码·····	(43)
3.4 字符编码·····	(44)
3.4.1 字符与字符串的表示方法·····	(44)
3.4.2 计算机汉字信息表示方法—汉字编码·····	(46)
3.5 数据校验码·····	(52)
3.5.1 奇偶校验码·····	(52)
3.5.2 海明校验码·····	(52)
3.5.3 循环冗余校验码·····	(54)
小结·····	(56)
练习与思考·····	(57)
4 运算方法和运算器 ·····	(59)
4.1 定点加法、减法运算·····	(59)
4.1.1 补码加法运算·····	(59)
4.1.2 补码减法运算·····	(61)
4.1.3 溢出概念与检测方法·····	(62)
4.1.4 基本的二进制加法、减法器·····	(64)
4.1.5 基本的十进制加法器·····	(66)
4.2 定点乘法运算·····	(68)

4.2.1	原码一位乘法	(68)
4.2.2	补码一位乘法	(72)
4.2.3	阵列乘法器	(77)
4.3	定点除法运算	(78)
4.3.1	原码一位除法	(78)
4.3.2	补码一位除法	(82)
4.3.3	阵列除法器	(84)
4.4	逻辑运算	(87)
4.4.1	逻辑非	(88)
4.4.2	逻辑加	(88)
4.4.3	逻辑乘	(89)
4.4.4	逻辑异或	(89)
4.5	定点运算器的组成和结构	(90)
4.5.1	多功能算术-逻辑运算单元(ALU)	(90)
4.5.2	内部总线	(92)
4.5.3	运算器的基本结构	(93)
4.5.4	运算器组成实例	(95)
4.6	浮点算术运算方法和浮点运算器	(96)
4.6.1	浮点加法和减法	(96)
4.6.2	浮点乘法运算	(99)
4.6.3	浮点除法运算	(99)
4.6.4	浮点运算器	(100)
小结		(101)
练习与思考		(101)
5	存储系统	(103)
5.1	存储器概述	(103)
5.1.1	主存储器处于全机中心地位	(103)
5.1.2	存储器分类	(103)
5.1.3	存储器的分级结构	(105)
5.1.4	主存储器的技术指标	(106)
5.2	随机读写存储器	(106)
5.2.1	SRAM 存储器	(107)
5.2.2	DRAM 存储器	(114)
5.2.3	存储器的读写操作	(119)
5.3	非易失性半导体存储器	(119)

5.4 高速存储器	(121)
5.4.1 多体交叉存储器	(121)
5.4.2 双端口存储原理	(125)
5.5 Cache 存储器	(125)
5.5.1 Cache 基本原理	(125)
5.5.2 主存与 Cache 的地址映射	(128)
5.5.3 替换策略	(130)
5.5.4 Cache 的写操作策略	(131)
5.6 虚拟存储器	(132)
5.6.1 虚拟存储器的基本概念	(132)
5.6.2 页式虚拟存储器	(135)
5.6.3 段式虚拟存储器	(136)
5.6.4 段页式虚拟存储器	(138)
5.6.5 替换算法	(140)
5.7 存储保护	(141)
5.7.1 存储区域保护	(141)
5.7.2 访问方式保护	(143)
5.8 硬磁盘存储设备	(144)
5.8.1 磁记录原理	(144)
5.8.2 硬磁盘机的基本组成和分类	(147)
5.8.3 硬磁盘驱动器和控制器	(148)
5.8.4 磁盘上信息的分布	(150)
5.8.5 磁盘存储器的技术指标	(151)
5.9 软磁盘存储设备	(152)
5.9.1 软磁盘存储器与硬磁盘存储器的异同	(152)
5.9.2 软磁盘片	(153)
5.9.3 软磁盘驱动器和控制器	(154)
5.10 光盘存储设备	(155)
5.10.1 光盘的分类	(155)
5.10.2 光盘的读写原理	(157)
5.10.3 光盘存储器的组成	(158)
5.10.4 CD-ROM 驱动器及其接口	(159)
5.11 硬盘、软盘、磁带和光盘存储器的综合比较	(160)
小结	(161)
练习与思考	(163)

6 指令系统	(165)
6.1 指令系统的发展与性能要求	(165)
6.1.1 指令系统的发展	(165)
6.1.2 指令系统的性能要求	(166)
6.1.3 计算机语言与硬件结构的关系	(167)
6.2 指令格式	(167)
6.2.1 操作码	(168)
6.2.2 地址码	(168)
6.2.3 指令字长度	(170)
6.2.4 指令格式举例	(170)
6.3 指令和数据的寻址方式	(171)
6.3.1 指令的寻址方式	(171)
6.3.2 操作数的寻址方式	(171)
6.3.3 寻址方式举例	(174)
6.4 指令系统	(175)
6.4.1 指令的分类	(176)
6.5 基本指令系统	(179)
小结.....	(181)
练习与思考.....	(181)
7 中央处理器	(183)
7.1 CPU 的功能和组成	(183)
7.1.1 CPU 的功能	(183)
7.1.2 CPU 的基本组成	(184)
7.1.3 CPU 中的寄存器	(185)
7.1.4 操作控制器与时序产生器	(186)
7.2 指令周期	(187)
7.2.1 指令周期的基本概念	(187)
7.2.2 CLA 的指令周期	(189)
7.2.3 ADD 指令周期	(191)
7.2.4 STA 指令的指令周期	(194)
7.2.5 JMP 指令的指令周期	(196)
7.3 时序系统和控制方式	(198)
7.3.1 时序系统	(198)
7.3.2 控制器的控制方式	(198)
7.4 硬布线控制器	(200)

7.5	微程序控制器	(204)
7.5.1	微程序控制的基本原理	(205)
7.5.2	微指令和微操作	(206)
7.5.3	微指令和微程序	(207)
7.6	微程序设计	(208)
7.6.1	微命令编码	(208)
7.6.2	微地址的确定方法	(209)
7.6.3	微指令的格式	(210)
7.6.4	微程序举例	(213)
7.7	流水 CPU	(215)
7.7.1	并行处理技术	(215)
7.7.2	流水控制方式	(216)
7.7.3	流水线分类	(217)
7.8	CPU 结构举例	(217)
7.8.1	8086 CPU	(217)
7.8.2	80486 CPU	(219)
7.8.3	Pentium 微处理器	(220)
	小结	(221)
	练习与思考	(222)
8	总线系统	(225)
8.1	假如没有总线	(225)
8.2	总线的作用	(225)
8.2.1	数据总线	(226)
8.2.2	地址总线	(226)
8.2.3	控制总线	(226)
8.3	总线的标准化	(227)
8.4	系统总线结构	(228)
8.4.1	单总线结构	(229)
8.4.2	双总线结构	(230)
8.4.3	三总线结构	(230)
8.5	总线的操作	(231)
8.5.1	总线仲裁机构的操作	(231)
8.5.2	总线对数据的传送	(233)
	小结	(234)
	练习与思考	(235)

9 外围设备	(236)
9.1 外围设备概述	(236)
9.1.1 外围设备的一般功能	(236)
9.1.2 外围设备的分类	(237)
9.2 输入设备	(238)
9.2.1 图形输入设备	(238)
9.2.2 图像输入设备	(240)
9.2.3 语音输入设备	(242)
9.3 显示设备	(243)
9.3.1 显示设备的分类与有关概念	(243)
9.3.2 字符-图形显示	(244)
9.3.3 图像显示设备	(247)
9.3.4 IBM-PC 系列机的显示系统	(248)
9.4 打印设备	(250)
小结	(254)
练习与思考	(254)
10 输入/输出实现	(256)
10.1 接口的概念	(256)
10.1.1 串行传送	(256)
10.1.2 并行传送	(257)
10.1.3 分时传送	(257)
10.2 输入/输出的定时方式和信息交换方式	(258)
10.2.1 输入/输出的定时方式	(258)
10.2.2 输入/输出的信息交换方式	(259)
10.3 程序中中断方式	(260)
10.3.1 中断源的确定	(261)
10.3.2 中断的级别层次	(263)
10.4 直接存储器存取(DMA)方式	(264)
10.4.1 直接存储器存取的实现原理	(264)
10.4.2 DMA 的传送方式	(266)
10.4.3 DMA 控制器的组成	(268)
10.4.4 DMA 方式的应用	(270)
10.5 通道控制方式	(271)
10.5.1 通道的工作过程	(273)
10.5.2 通道技术的发展	(274)

10.6 并行输入/输出标准接口 SCSI	(274)
小 结.....	(275)
练习与思考.....	(276)
11 计算机系统组织	(278)
11.1 冯·诺依曼结构的计算机	(278)
11.2 输入/输出结构	(279)
11.2.1 直接内存访问结构.....	(282)
11.3 存储器结构.....	(283)
11.3.1 内存.....	(284)
11.3.2 磁盘.....	(284)
11.3.3 磁带.....	(286)
11.4 存储体系.....	(286)
11.4.1 高速缓冲.....	(287)
11.5 双工系统.....	(287)
11.6 阵列机和并行机组织.....	(288)
11.7 网络结构.....	(289)
11.8 量子计算机和分子计算机.....	(292)
小 结.....	(293)
练习与思考.....	(293)
参考文献	(295)

1 计算机系统概论

1.1 计算机发展简史

20 世纪是人类最辉煌的世纪之一。在这个世纪里发明了电子计算机,发明了原子反应堆,进行了宇宙航行……其中电子计算机的出现对生产技术、社会生活等影响之深远和广泛难以用恰当的语言来描述。第一台计算机是 1946 年问世的,距今 50 多年。尽管这台被命名为 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator)的计算机现在看起来是那样“笨拙”和“低级”,可在当时却轰动了世界,它的意义在于宣告人类开始了一个新的时代——信息技术时代。

50 多年来,电子计算机的发展是那样的目不暇接,那样的绚丽多彩,所以对计算机发展史的划分就显得困难和多样化。早先,学术界常以器件作为划分的标准:

第一代:电子管计算机,1946—1957 年。

第二代:晶体管计算机,1958—1964 年。

第三代:集成电路(IC)计算机,1965—1970 年。

第四代:大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)计算机,1970—。

第五代:新一代计算机……

目前,按器件划分时代的方法遇到了问题。究竟什么是第五代(或新一代)计算机呢?其构想和理论非常活跃,而且不可能单用器件来区分了。例如,对新一代计算机的构想和理论认为,它采用超大规模的集成电路,系统结构将有革命性的变化,类似于人脑的神经网络;使用常温超导材料和光器件;采用超并行结构的数据流计算等。这样,新一代计算机就不光是器件问题,它涉及系统结构、新材料、人工智能等众多领域,所以很难再以器件为标准划分计算机的时代。

在计算机硬件发展的同时,软件始终伴随其步伐迅猛发展。就计算机语言而言,也划分了若干时代:

第一代:机器语言。每条指令用二进制编码。效率很低。

第二代:汇编语言。用符号编程,和具体机器指令相对应。效率也不高。

第三代:高级语言。从 20 世纪 50 年代起出现了许多高级语言,如 FORTRAN, ALGOL, COBOL, BASIC, PASCAL, C 等。

第四代:所谓第四代语言实际上是在高级语言的基础上集成的模块化语言,它有更强的编程功能。如 SQL POWER BUILDER, POWER POINT, EXCELL,

DELPHI 等。近年来,更广泛应用面向对象的编程语言和网络语言,如 VB,VC,C++ 以及 HTML,Java 等。近来,出现了各种软件开发工具,即所谓 CASE(计算机辅助软件工程),实际上 CASE 已超出了语言的范围,集语言、数据库等于一体,形成了所谓信息系统应用生成工具(而且这方面的研究仍然是热门课题)等等,从而以语言划分时代的标准也将结束了。

第三种划分计算机发展史的标准是应用。计算机是在应用中发展的,应用始终是计算机发展的动力和归宿。因此,也以应用的不同阶段进行划分:

第一阶段:军事方面的应用。如弹道计算、核武器设计等。

第二阶段:科学计算、工程设计等方面的应用。

第三阶段:应用于管理。这是计算机应用最广泛的领域。

第四阶段:计算机广泛用于辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)。

第五阶段:综合应用。包括 CAD,CAM,CAPP,MIS,DSS 以及 OA,ES 等形成所谓计算机集成制造系统(CIMS)。

第六阶段:家庭应用。广泛用于教学、日常生活等。

以上这些阶段都不十分严格,实际上所有应用都在继续着。今天,计算机已无处不在,无处不用,深入到社会的各个角落。

第四种划分方法则是所谓几个“浪潮”的观点。

第一次浪潮(20 世纪 50~60 年代):以 IBM 70 为代表的所谓“大型机”(Main Frame)浪潮,其特点是以批处理为主,主要用于大规模科学计算。

第二次浪潮(20 世纪 60~70 年代):小型机浪潮,典型的是 DEC 公司的 PDP 和 VAX 机的出现,其特点是多用户分时处理。

第三次浪潮(20 世纪 70 年代以后):是微型计算机(Micro Computer)出现,并迅速渗入到企业、机关、学校和家庭。目前微型机继续向大规模集成、微型化、智能化、网络化方向发展。

1.2 计算机组成和工作原理

计算机之所以能自动连续地工作,是采用了“存储程序”的概念。这个概念是美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann)在 1946 年提出的。其中思想是:将程序和原始数据事先存放在主存储器中,这样计算机就能够自动地从主存储器中取出指令加以执行。这就是计算机自动连续工作的基础。

1.2.1 计算机的基本组成

在讨论计算机基本组成之前,我们先看一看人工求解问题的过程。对于一般问题,通常是先找到解决问题的方法,然后通过计算工具进行计算,并将结果记录

下来。通过这个过程可以看到,计算工具相当于“运算器”;笔将题目记录在纸上,所以此时的笔相当于“输入设备”;纸相当于“存储器”;再用笔将结果记录在纸上,此时的笔相当于“输出设备”;而思考解决问题方法的大脑相当于“控制器”。

几十年来,计算机一直是按冯·诺依曼提出的设计思想发展的。其基本思想主要是:

- ①采用二进制表示数据和指令;
- ②将编制好的程序和原始数据送入主存储器中,然后启动计算机工作;
- ③计算机应包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部件,并规定了各基本部件的功能。

冯·诺依曼思想被看做计算机发展史上的里程碑,直到现在各类计算机的基本组成均属于冯·诺依曼型。计算机基本组成如图 1-1 所示。

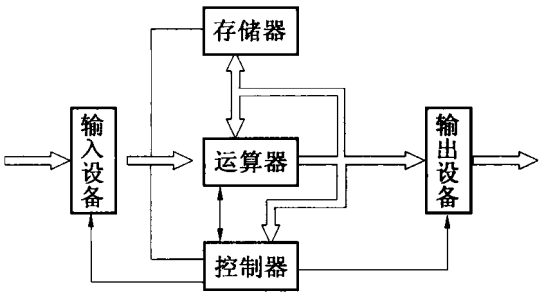


图 1-1 计算机硬件的基本组成

□ 数据流;→控制流

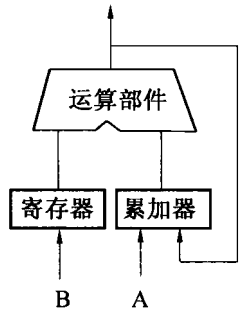


图 1-2 运算器结构示意图

1.2.2 计算机的工作过程

在介绍计算机的工作过程之前,先介绍计算机五大部件的功能。由于各类计算机都是根据以“存储程序”为基本原理的冯·诺依曼思想设计的,所以基本配置相同,即有 5 大部件。

1.2.2.1 运算器

运算器是进行算术运算和逻辑运算的部件,其任务是对二进制信息进行加工处理。运算器通常由算术逻辑运算部件(ALU)、寄存器组及控制数据传送电路组成,如图 1-2 所示。算术逻辑运算部件可以具体完成算术运算和逻辑运算,其核心部分是加法器。寄存器组可以暂存数据,一个寄存器能存放一个数据。

1.2.2.2 控制器

控制器是统一指挥和控制计算机各部件进行工作的中央机构,控制和协调整机各功能部件工作。它根据人们预先确定的操作步骤,产生各种控制信号,然后向

其他部件发出相应的操作命令和控制信号,控制各部件有条不紊地工作。

控制器主要由指令部件、时序部件、控制信号形成部件组成。它把从主存储器中取出的指令暂存在指令部件中,对指令进行译码,以便确定该指令所指明的计算机操作。时序部件能产生各种时序信号,使操作命令有序地发送,从而使机器协调地工作。控制信号形成部件是控制器的核心部件,其功能是产生各种控制信号。可以采用两种方式产生控制信号:一种是组合逻辑电路的方法;另一种是微程序技术。

1.2.2.3 存储器

存储器是用来存放程序和数据的部件,具有“记忆”功能。它的基本功能是按照指定的位置“存入”或“取出”信息。存储器主要由地址寄存器、数据寄存器、存储体及读写控制电路组成。地址寄存器存放“读”、“写”数据的地址;数据寄存器存放要进行“读”、“写”的数据。存储体中有若干个存储单元,每个存储单元可以存放一个数据或一条指令。

1.2.2.4 输入设备

输入设备的任务是将程序和原始数据送到计算机的存储器中。其功能是将外界的信息转换成机器能够识别的电信号,并将这些电信号存入计算机的存储器中。

常用的输入设备有键盘、鼠标器、数字化仪、图像扫描仪、触摸屏以及早期的纸带输入机和卡片输入机等。

1.2.2.5 输出设备

输出设备的任务是输出计算机的工作结果。其功能是将机器中用二进制描述的结果转换成人类认识的符号进行输出。

常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、穿孔机等。输出设备与主机之间也需要接口。

通常将运算器和控制器称为中央处理单元,简称 CPU。CPU 连同主存储器一起称为主机。而输入设备和输出设备均称为外部设备。

设置在主机外部的存储器称为外部存储器(又称为辅助存储器,简称外存)。外存也是外部设备,它既可以作为输入设备,也可作为输出设备,其功能是用来存放暂时不执行的程序和数据。常用的外存有磁盘、磁带机、光盘等。

计算机的工作过程就是执行程序的过程,而程序是由一条条机器指令按照一定的顺序排列起来的。计算机工作时,必须按程序的规定次序去执行每条指令,才能完成解题任务。计算机能自动连续地工作,是按照存储原理实现的,所以人们必须事先把编制好的程序和原始数据通过输入设备送到存储器中保存起来,然后控制器通过它的信号传送到存储器中以便逐条取出指令,对指令进行分析,产生相应的控制信号控制其他部件执行。运算后的最终结果可以送到主存储器,也可以通过输出设备输出。由此可见,计算机的工作过程就是取指令、分析指令、执行指令的过程。