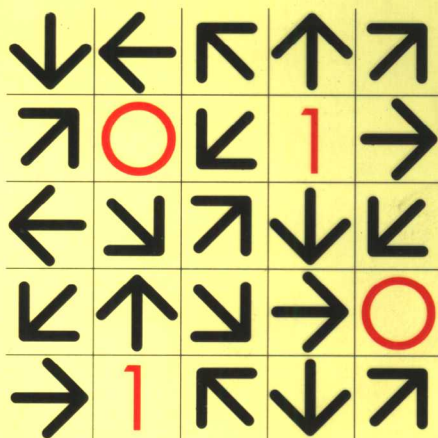


# 计算机组成原理

## 与系统结构

史士英 编著

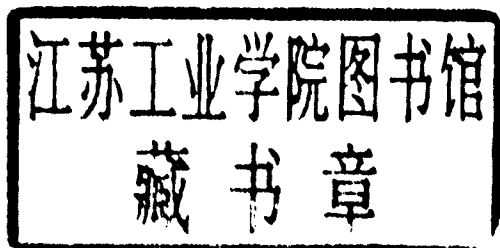


国防工业出版社

National Defense Industry Press

# 计算机组成原理 与系统结构

史士英 编著



国防工业出版社

·北京·

**图书在版编目(CIP)数据**

计算机组成原理与系统结构/史士英编著. —北京:  
国防工业出版社, 2006.8  
ISBN 7-118-04674-4

I. 计... II. 史... III. 计算机体系结构  
IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 084993 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710×960 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$  字数 243 千字

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 20.00 元

---

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

# 前 言

《数字逻辑与数字系统》、《计算机组成原理》和《计算机系统结构》是计算机科学与技术专业本科生的必修课程。第一门课是技术基础课,讲授逻辑部件的分析与设计方法。第二门课是专业基础课,讲授单处理机系统的组成分析和设计方法,偏重于处理机的整机概念。第三门课属于专业课,着重讲授并行计算机系统的基本概念、结构、分析和设计方法。本书将《计算机组成原理》和《计算机系统结构》两门课程的内容进行有机整合,形成一门课程,即《计算机组成原理与系统结构》,主要供计算机科学与技术专业高年级本科生使用。

本书是在作者多年来讲授《计算机原理》、《计算机原理与系统结构》、《计算机系统结构》和《微机原理与接口技术》等课程教学材料基础上精炼而成,以计算机认知方法论作指导,全面而有重点地介绍计算机体系结构的主要课题,且特别注重可读性、科学性、系统性和实用性。书中备有大量专门设计的图表以及精选的例子,并附加了近年来部分重点大学硕士研究生的入学试题,以方便广大读者使用。

全书共分 10 章。第 1 章介绍计算机发展、特点、计算机的组成和计算机系统的构成;第 2 章讨论定点数、浮点数的机器码表示和计算;第 3 章讨论指令的结构及指令格式优化、寻址技术和典型指令;第 4 章介绍主存和辅存的结构、存储体系构成原理、存储器的扩充以及高速缓冲存储器和虚拟存储;第 5 章讲述 CPU 的结构组织、控制器的结构、指令的执行过程和运算器的组织;第 6 章重点介绍程序查询方式、中断方式和 DMA 方式的控制及接口组织;第 7 章~第 9 章讲述计算机系统结构的基本知识,主要包括标量计算机、向量计算机、并行计算机和多处理机;第 10 章讲述实验仪和 5 个基本实验要求。

本书可作为《计算机原理与系统结构》课程或其他类似名称课程的教材,

参考授课学时为 72 学时。本书也可供高等教育自学考试、计算机软件专业技术资格和水平考试辅导班作为硬件应试辅导教材以及供从事计算机系统应用、开发和维护维修的工程技术人员参考。

本书的编写得到了山东交通学院房庆平研究员、周应兵教授和吴昌平副教授的精心指导,山东科技大学刘法胜教授审阅并提出了许多宝贵意见,在此谨表深深的谢意。国防工业出版社和山东交通学院的高学文等同志对本书的出版也做了大量的工作,在此对他们表示衷心的感谢!

虽然编者在成书之前对书稿进行了多次修改和校正,但由于作者水平有限,疏忽之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编者  
2006 年 7 月

# 目 录

<b>第 1 章 计算机系统概论</b> .....	1
1.1 电子数字计算机 .....	1
1.2 存储程序工作原理 .....	7
1.3 计算机系统的硬件组成 .....	8
1.4 计算机系统组成的层次结构.....	11
1.5 计算机的工作过程与性能评价.....	14
1.6 关于本书内容组织的说明.....	16
小结 .....	17
练习题 .....	17
<b>第 2 章 计算机中数据信息的表示</b> .....	21
2.1 数据、信息和媒体 .....	21
2.2 数字化信息编码.....	24
2.3 数值数据的编码表示.....	25
2.4 带符号数的表示.....	30
2.5 数的定点表示与浮点表示.....	33
2.6 定点数与浮点数的计算.....	36
2.7 字符数据的表示.....	43
小结 .....	50
练习题 .....	50
<b>第 3 章 指令系统</b> .....	53
3.1 指令格式.....	53
3.2 寻址技术.....	55
3.3 堆栈和堆栈存取方式.....	61
3.4 指令格式的优化设计.....	63
3.5 典型指令介绍.....	66
3.6 CISC 与 RISC .....	72
小结 .....	73

练习题 .....	73
<b>第 4 章 主存储器与存储体系 .....</b>	<b>75</b>
4.1 存储器的基本概念 .....	75
4.2 半导体随机存储器和只读存储器 .....	81
4.3 存储器接口技术 .....	86
4.4 主存储器容量的扩展 .....	87
4.5 高速缓冲存储器(Cache) .....	90
4.6 虚拟存储器 .....	94
小结 .....	99
练习题 .....	99
<b>第 5 章 CPU 组织 .....</b>	<b>101</b>
5.1 CPU 的组成和功能 .....	101
5.2 组合逻辑控制器 .....	105
5.3 指令执行的基本过程 .....	108
5.4 微程序控制原理 .....	110
5.5 加法器 .....	114
5.6 运算器的基本组成与实例 .....	116
5.7 典型 CPU 介绍 .....	122
小结 .....	125
练习题 .....	126
<b>第 6 章 输入/输出系统 .....</b>	<b>127</b>
6.1 主机和外设的连接 .....	127
6.2 输入/输出信息传送控制方式 .....	130
6.3 程序查询方式及其接口 .....	132
6.4 中断系统 .....	133
6.5 DMA 方式及其接口 .....	138
6.6 通道控制方式 .....	141
6.7 总线技术 .....	144
小结 .....	150
练习题 .....	151
<b>第 7 章 标量计算机 .....</b>	<b>152</b>
7.1 计算机系统结构 .....	152
7.2 流水线处理技术 .....	154
7.3 超标量、超流水线和超标量超流水线处理机 .....	163

小结.....	167
练习题.....	168
<b>第 8 章 向量处理机</b> .....	169
8.1 向量处理的基本概念 .....	169
8.2 向量处理机的结构 .....	172
8.3 提高向量处理机性能的方法 .....	176
8.4 向量处理机的性能评价 .....	178
8.5 向量处理机实例 .....	180
小结.....	184
练习题.....	184
<b>第 9 章 并行处理机和多处理机</b> .....	186
9.1 并行处理机 .....	186
9.2 多处理机系统 .....	191
小结.....	196
练习题.....	197
<b>第 10 章 实验</b> .....	198
10.1 JYS-Ⅲ型计算机组成试验仪 .....	198
10.2 实验一 寄存器与数据通路实验 .....	200
10.3 实验二 运算器的组成实验 .....	201
10.4 实验三 半导体存储器的组成实验 .....	203
10.5 实验四 寄存器的控制实验 .....	205
10.6 实验五 运算器与存储器组成实验 .....	207
<b>参考文献</b> .....	209



# 第 1 章 计算机系统概论

本章将从存储程序的概念入手,讨论电子数字计算机的基本组成与工作原理,使读者对计算机系统有一个简单的整体概念,为以后各章深入讨论各个部件打下基础。

## 学习目标

- 掌握存储程序的工作方式、计算机的基本组成与各部件的功能、衡量计算机性能指标;
- 初步掌握计算机软件系统的主要内容和计算机的工作过程;
- 理解计算机的发展、计算机的特点和计算机的应用领域。

## 1.1 电子数字计算机

### 1.1.1 电子数字计算机的基本概念

人类在长期的生产实践中,创造了各式各样的工具,其中有一类工具能代替并扩展人的大脑功能,这就是各种计算工具。我国古代就开始使用的算盘、17世纪欧美相继出现的计算尺、手摇计算机和电动计算机等就是这样一类工具。随着科学技术的不断发展,计算工具也在不断地发展,直至 20 世纪中叶电子计算机应运而生。

我们现在广泛使用的计算机,其全名是电子数字计算机,俗称电脑。简单地讲,计算机是一种能够存储程序、自动连续地执行程序、对各种数字化信息进行算术运算和逻辑运算的快速工具。计算机的运算可以分为两大类:算术运算和逻辑运算。算术运算的对象是数值型的数据,以四则运算为基础,许多复杂的数学问题可通过相应的算法最终分解为若干四则运算。而逻辑运算则用来解决逻辑型问题,如信息检索、判断分析和辅助决策等。我们常将计算机的工作泛称为对信息进行运算处理。

电子数字计算机能够自动、高速、精确地完成各种各样的信息存储、数值计

算、过程控制和数据处理等方面的任务,且已成为信息处理装置的主流。本书所讨论的对象也只是电子数字计算机,因而,在以后各章的论述中所涉及到的计算机一词,均是指电子数字计算机。

### 1.1.2 计算机的发展历程

从 1946 年出现第一台电子计算机起,到现在已 60 年,计算机技术的发展极为迅速,日新月异。这些进展涉及到许多方面,例如,硬件方面的逻辑器件和体系结构,软件方面的程序设计语言、操作系统、网络软件和人工智能等,这些方面的发展相辅相成。

由于计算机的发展极为迅速,人们将取得特别重大突破后的计算机称为新一代计算机。

#### 1. 第一代(电子管计算机)

第一代计算机的主要特征是采用电子管构成逻辑电路,运算速度约为几千次到几万次的定点加法运算每秒,生存时期大约是 1946 年—1957 年。这期间主要使用机器语言或汇编语言编程,后期出现了一些简单的输入/输出管理程序。

#### 2. 第二代(晶体管计算机)

第二代计算机的主要特征是采用晶体管构成逻辑电路,运算速度为几千次到几十万次每秒,生存时期约为 1958 年—1963 年。软件方面出现了高级程序设计语言 FORTRAN,相应地出现了编译程序、子程序库和批处理管理程序等系统软件。

#### 3. 第三代(中、小规模集成电路计算机)

第三代计算机的主要特征是采用中、小规模集成电路,开始用半导体存储器作为主存,生存时期约为 1964 年—1970 年。硬件方面采用了流水线技术和微程序控制技术,提出了系列机的概念。软件方面操作系统逐渐成熟,出现了虚拟存储技术、信息管理系统和网络通信软件等,开始出现独立的软件企业。

#### 4. 第四代(大规模、超大规模集成电路计算机)

在集成电路中,每块芯片内含有的门电路数或元件数称为集成度。集成度在几百门至几千门的集成电路称为大规模集成电路(LSI),更高的称为超大规模集成电路(VLSI)。随着 LSI、VLSI 的出现,计算机的发展又出现了一次飞跃,进入了第四代时期。一般认为第四代约从 1971 年开始,直至今天。当前大多数使用的计算机都属于第四代的计算机。

在使用 VLSI 后,一个重大的飞跃是出现了微型计算机,从而打破了原有的计算机体系结构,为以后计算机的应用拓展了极其广阔的空间。

进入第四代后,计算机的发展更为迅速。在计算机的系统结构上发展了并行处理、多机系统、分布式计算机和计算机网络等技术。软件方面提出了软件工程的概念,出现了一些更为完善的高级语言、操作系统、数据库系统和网络软件,近期又出现了多媒体技术等。

### 1.1.3 计算机的功能与分类

#### 1. 计算机的功能

##### (1) 运算速度快

现在高性能的计算机能进行超过 10 亿次每秒的加减运算。例如,气象、水情预报要分析大量的资料,用手工计算需 10 多天才能完成,失去了预报的意义。现在利用计算机的快速运算能力,10 多分钟就能做出一个地区的气象、水情预报。

##### (2) 计算精度高

计算机内部采用二进制数字进行运算,表示二进制数值的位数越多,精度就越高。因此,可以用增加表示数字的设备和运用计算技巧的方法,使数值计算的精度越来越高。电子计算机的计算精度在理论上不受限制,一般的计算机均能达到 15 位有效数字,通过技术处理可以达到任何精度要求。

##### (3) 记忆能力强

计算机可以存储大量的数据和资料,这是人脑所无法比拟的。在计算机中有一个承担记忆职能的部件,即存储器。存储器的容量可以做得非常大,能够记忆大量的信息,不但能够记忆各类数据信息,还能够记忆处理、加工这些数据信息的程序。

##### (4) 复杂的逻辑判断能力

计算机具有逻辑判断能力,可以根据判断结果,自动决定以后执行的命令。1997 年 5 月在美国纽约举行的国际象棋“人机大战”中,世界冠军卡斯帕罗夫输给了国际商用机器公司(IBM)的超级计算机“深蓝”。虽然“深蓝”的运算速度不是最快的,但具有强大的计算和逻辑判断能力,能够快速读取所存储的 10 亿个棋谱,能模拟 2 亿步棋每秒,它的快速分析和判断能力是取胜的关键。当然,这种能力是通过编制程序,由人赋予计算机的。

##### (5) 执行程序的能力

计算机是一个自动化程度极高的电子装置,在工作过程中不需人工干预,能够自动执行存放在存储器中的程序。程序是人周密设计好的,设计好的机器语言程序被输入计算机后,计算机就会不知疲倦地执行下去。因而,计算机适合去完成那些枯燥乏味、令人厌烦的重复性劳动,也适合控制以及深入到人类难以胜

任的、有毒的、有害的作业场所。

## 2. 计算机的类型

随着大规模集成电路的迅速发展,计算机进入大发展时期。根据人类对计算机功能需求的不断细化,通用机、巨型机、小型机、微型机以及工作站都得到了发展。

### (1) 巨型机

巨型机运算速度超过 1 亿次/s,存储容量大,主存容量甚至超过几千兆字节。其结构复杂,价格昂贵,研制这类巨型机是现代科学技术,尤其是国防尖端技术发展的需要。核武器、反导弹武器、空间技术、大范围天气预报和石油勘探等都要求计算机具有很高的速度、很大的容量,一般的计算机远远不能满足要求。

### (2) 大型机

大型机的运算速度一般在 100 万次/s 至几千万次/s,字长 32 位~64 位,主存容量在几百兆字节以上。它有比较完善的指令系统、丰富的外部设备和功能齐全的软件系统。其特点是通用性好,有极强的综合处理能力,主要应用于银行、政府部门和大型制造厂家等。

### (3) 小型机

小型机规模小、结构简单,所以设计试制周期短,便于及时采用先进工艺,生产量大,硬件成本低。同时,由于小型机软件比大型机简单,所以软件成本也低。小型机打开了在控制领域应用计算机的局面,适用于数据的采集、整理、分析和计算等方面。

### (4) 微型机

微型机采用微处理器、半导体存储器和输入/输出接口等芯片组装而成,使得微型机具有设计先进、软件丰富、功能齐全、价格便宜、可靠性高和使用方便等特点。微型计算机已经普及到家庭,促进着人们的学习、交流和社会的发展。

### (5) 工程工作站

工程工作站是 20 世纪 80 年代兴起的面向工程技术人员的计算机系统,其性能介于小型计算机和微型计算机之间。一般具有高分辨力的显示器、交互式的用户界面和功能齐全的图形软件等。

### (6) 网络计算机

网络计算机是应用于网络上的计算机。这种机器简化了普通个人计算机中支持计算机独立工作的外部存储器等部件,设计目标是依赖网络服务器提供的各种能力支持,以尽可能地降低制造成本。这种计算机简称为“NC”(Network Computer)。

## 1.1.4 计算机的应用领域

### 1. 工业应用

#### (1) 过程控制

在现代化工厂里,计算机普遍用于生产过程的自动控制。这样可以大大提高产品的产量和质量,提高劳动生产率,改善工人工作条件,节省原材料的消耗,降低生产成本等。用于自动控制的计算机,一般都是实时控制。它们对计算机的速度要求不高,但可靠性要求却很高,否则将生产出不合格的产品,甚至发生重大设备事故或人身事故。

#### (2) 计算机辅助设计(CAD)/计算机辅助制造(CAM)

CAD/CAM是借助计算机进行设计/制造的一项实用技术。采用CAD/CAM实现设计/制造过程自动化或半自动化,不仅可以大大缩短设计/制造周期,加速产品的更新换代,降低生产成本,节省人力物力,而且对于保证产品的质量有着重要作用。由于计算机具有快速的数值计算、较强的数据处理以及模拟的能力,因而在船舶、飞机等设计/制造中,CAD/CAM占有越来越重要的地位。

#### (3) 企业管理

现代计算机更加广泛地应用于企业管理。由于计算机强大的存储能力和计算能力,现代化的企业充分利用计算机的这种能力对生产要素的大量信息进行加工和处理,进而形成了基于计算机的现代化企业管理的概念。对于生产工艺复杂、产品与原料种类繁多的现代化企业,计算机辅助管理的意义是与企业在激烈的市场竞争中能否生存这个概念紧密相连的。

#### (4) 辅助决策

计算机辅助决策系统是计算机在人类预先建立的模型基础上,根据对所采集的大量数据的科学计算而产生出可以帮助人类进行判断的软件系统。计算机辅助决策系统可以节约人类大量的宝贵时间并可以帮助人类进行“知识存储”。

### 2. 科学计算

科学计算一直是电子计算机的重要应用领域之一。在天文学、核物理学和量子化学等领域中,都需要依靠计算机进行复杂的运算。

### 3. 商业应用

用计算机对数据及时地加以记录、整理和运算,加工成人们所要求的形式,称为数据处理。数据处理系统具有输入/输出数据量大而计算却很简单的特点。在商业数据处理领域中,计算机广泛应用于财会统计与经营管理中。

#### (1) 电子银行

“自助银行”是20世纪产生的电子银行的代表,完全由计算机控制的“银行

自助营业所”可以为用户提供 24 小时的不间断服务。

## (2) 电子交易

“电子交易”是通过计算机和网络进行的商务活动。电子交易是在 Internet 的广阔联系与传统信息技术系统的丰富资源相结合的背景下,应运而生的一种网上相互关联的动态商务活动,是在 Internet 上展开的。

## 4. 教育应用

### (1) 远程教学

使用计算机的通信功能,利用互联网实现的远程教学是当今教育发展的重要技术手段之一。远程教育可以解决教育资源短缺和知识交流困难等问题。

### (2) 模拟教学

对于代价很高的实验教学和现场教学,可以利用计算机的模拟功能在屏幕上展现教学环节,既达到教学目的,又节约开支。

### (3) 多媒体教学

多媒体技术的应用使得计算机与人类的沟通变得亲切了许多。多媒体教学就是将原本呆板的文稿配上优美的声音、图形、图像和动画等媒体,使教学效果更加生动完美。

### (4) 数字图书馆

数字图书馆是将传统意义上的图书“数字化”。经过“数字化”的图书存放在计算机中,通过计算机网络可以同时为更多的读者服务。

## 5. 生活领域应用

### (1) 数字社区

“数字社区”特指现代化的居住社区。连接了高速网络的社区为拥有计算机的住户提供互联网服务,真正实现了“足不出户”就可以漫游网络世界的美好愿望。

### (2) 信息服务

信息服务行业是 21 世纪的新兴产业,遍布世界的信息服务企业为人们提供住房、旅游和医疗等诸多方面的信息服务。这些服务都是依靠计算机的存储、计算以及信息交换能力来实现的。

## 6. 人工智能

人工智能是将人脑中进行演绎推理的思维过程、规则和所采取的策略、技巧等变成计算机程序,在计算机中存储一些公理和推理规则,然后让机器去自动探索解题的方法,让计算机具有一定的学习和推理功能,能够自己积累知识,并且独立地按照人类赋予的推理逻辑来解决问题。

综上所述,计算机的应用范围非常广泛。但是我们必须清楚地认识到:计算

机本身是人设计制造的,还要靠人来维护,只有提高使用计算机的知识水平,才能充分发挥计算机的作用。

## 1.2 存储程序工作原理

第一台计算机 ENIAC 有一个很大的缺点,即它的存储容量极小,只能存 20 个字长为 10 位的十进制数,所以只能用线路连接的方法来编排程序,每次解题都要依靠人工来改变接线,因而准备时间大大超过了实际计算时间。

在研制 ENIAC 的同时,以美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John Von Neumann)为首的研制小组提出了“存储程序控制”的计算机结构,并开始了存储程序控制的计算机 EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)的研制。出于种种原因,EDVAC 直到 1951 年才问世。而吸收了冯·诺依曼的设计思想,由英国剑桥大学的威尔克斯(M. V. Wilkes)研制的 EDSAC(Electronic Delay Storage Automatic Calculator)则先于它 2 年诞生,成为事实上的第一台存储程序的计算机。

存储程序的概念是冯·诺依曼等人 1946 年 6 月在一篇题为“电子计算机装置逻辑结构初探”的报告中首先提出来的,这个报告的内容可以简要地概括为以下几点:

- ① 计算机(指硬件)应由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大基本部件组成;
- ② 计算机内部采用二进制数来表示指令和数据;
- ③ 将编写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,使计算机在不需要人工干预的情况下,自动、高速地从存储器中提取指令并加以执行,这就是存储程序的基本含义。

冯·诺依曼对计算机界的最大贡献在于“存储程序控制”概念的提出和实现。近 60 年来,虽然计算机的发展速度是惊人的,但就其结构原理来说,目前绝大多数计算机仍是建立在存储程序概念的基础上。按照这个基本原理建立起来的计算机统称为冯·诺依曼型计算机。当然,现代计算机与早期的计算机相比在结构上还是有许多改进的。

随着计算机技术的不断发展,也暴露出了冯·诺依曼型计算机的一些缺点。目前已出现了一些突破冯·诺依曼结构的计算机,统称为非冯·诺依曼结构计算机,如:数据驱动的数据流计算机、需求驱动的归约计算机和模式匹配驱动的智能计算机等。

## 1.3 计算机系统的硬件组成

### 1.3.1 计算机的主要部件

计算机硬件系统由中央处理器、存储器和输入/输出设备组成。输入设备用来输入原始数据,输入的信息有数字、符号、字母、图像、声音和控制符等。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪。输出设备用来输出计算机的处理结果,输出的可以是字母、数字、表格和图形等。常用的输出设备有显示器、打印机及绘图仪。存储器用来存放程序和数据,是计算机各种信息的存储和交流中心。存储器又有内部存储器(简称内存)与外部存储器(简称外存)之分。计算机正在运行的程序和数据存放在内存中,内存是高速、暂存性存储器;外存用来存放大量的、需要长期保存的数据。当计算机需要处理存放在外存中的数据时,需先将数据从外存调入内存。

中央处理器又称 CPU,由运算器和控制器组成。运算器主要对信息或数据进行处理和运算,控制器主要实现计算机本身运行过程的自动化。在早期的计算机内它们是分开的,由于电路集成度的提高,现在已把它们集成在一个芯片里。在计算机中,各部件间来往的信号可分成 3 种:地址、数据和控制信号。通常这些信号是通过总线传递的。

#### 1. 运算器

运算器是计算机的核心部件,是对信息进行加工、运算的部件,它的速度几乎决定了计算机的计算速度。参加运算的数(称之为操作数)由控制器指示从存储器或寄存器中提取到运算器。运算器的主要功能是对二进制编码进行算术运算和逻辑运算,这些功能是由运算器内部的一个被称之为算术逻辑运算单元(ALU)完成的,ALU 往往也是运算器内部传送数据的重要通道。

运算器一般包括 ALU、一组通用寄存器和专用寄存器及一些控制门。ALU 进行算术逻辑运算。通用寄存器可提供参与运算的操作数,并存放运算结果。哪些数参与运算,常由输入选择门的控制条件决定。

#### 2. 控制器

控制器的作用是控制程序的执行。控制器一般是由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序电路和控制电路组成。

##### (1) 程序计数器(PC)

程序计数器又称指令地址寄存器,有时用来存放当前正在执行的指令地址,而在另一些时候则用来存放即将执行的下一条指令地址。在有指令预取功能的



计算机中,程序计数器可能存放下一条要取出的指令地址。

### (2) 指令寄存器(IR)

指令寄存器用以存放当前正在执行的指令,以便在指令执行过程中,控制完成一条指令的全部功能。

### (3) 指令译码器或操作码译码器

指令译码器对存放在指令寄存器中的操作码进行分析解释,产生相应的控制信号。

## 3. 存储器

存储器是计算机的一个重要组成部分,它用来保存计算机工作所必需的程序和数据。CPU 直接从内存提取指令或存取数据。存储器的基本容量计算单位是二进制位(bit),8 个二进制位叫做一个字节(Byte),1024( $2^{10}$ )字节叫做 1KB,1024KB 叫做 1GB,1024GB 叫做 1TB。

计算机常用的存储部件,按在计算机中的作用可以分为内存、外存、缓冲存储器等几类。

### (1) 内存

内存是计算机用于直接存取程序和数据的地方,因此计算机在执行程序前必须将程序装入内存中。内存是由集成电路组成,没有机械装置,所以内存的速度远远高于外存,但其容量小,价格较高。

内存按照存取方式可分为只读存储器和随机访问存取存储器。

① 只读存储器(ROM):ROM 是一种对其内容只能读出但不能写入的存储器,即预先一次性写入的存储器。它主要由地址译码器和存储单元体组成。其工作原理是:地址译码器根据输入地址选择某条输出(字线),由它再去驱动该字线的各位线,以便读出储存在该字线上的代码。

② 随机访问存储器(RAM):RAM 在工作过程中可以按需要随时把信息存进去,也可以随时提取出来使用。它可分为静态 RAM(SRAM)和动态 RAM(DRAM)。SRAM 使用触发器存储数据,只要不对它断电,存放在里面的数据就可以永久保存,其速度快,访问时间短,但价格昂贵。DRAM 使用由晶体管和小电容构成的阵列来存放数据,通过电容的充电和放电来存放 0 和 1。由于存放在电容中的电荷会泄漏,DRAM 中的每一位在几个毫秒的时间内都需刷新一次,以防止数据丢失。

### (2) 外存

磁盘、光盘、磁带等存储器称为外存,其速度慢、容量大、价格低。必须将存储在外存中的数据送到内存后才能由 CPU 进行处理。外存的容量一般都比较 大,而且可以移动,便于在不同的计算机间进行信息交换。