

ASEA

培训与考试指定参考丛书

ASEA

自动化系统工程师资格认证



自动化系统技术基础

中国自动化学会 ASEA 办公室 组编

王文海 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ASEA 培训与考试指定参考丛书

自动化系统技术基础

中国自动化学会 ASEA 办公室 组编

王文海 主编

皮道映 陈安 孔亚广 参编



机械工业出版社

本书全面介绍了自动化系统的技术基础,包括计算机技术基础、网络技术基础、现代通信技术基础、计算机控制技术基础、嵌入式技术基础。内容丰富,注重基本概念和实际应用,文字描述简明扼要,便于自学。既可作为自动化系统工程师资格认证培训与考试的指定参考书,也可供自动化相关行业的工程技术人员、管理人员及大专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动化系统技术基础/中国自动化学会 ASEA 办公室组编.
—北京:机械工业出版社,2006.4
(ASEA 培训与考试指定参考丛书)
ISBN 7-111-18771-7

I. 自… II. 中… III. 自动化系统-工程技术人员-资格
考核-自学参考资料 IV. TP27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 025319 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:董欣 版式设计:张世琴

责任校对:魏俊云 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·14.25 印张·353 千字

0 001—5 000 册

定价:25.00 元

凡购本书,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)68326294

编辑热线电话(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

自动化系统工程师资格认证 (ASEA)

领导小组

戴汝为 吴启迪 孙优贤 李衍达 孙柏林 马正午 李爱国

培训与教材编审委员会

主 任	吴惕华 (河北省科学院)
常务副主任	萧德云 (清华大学, 兼丛书执行主编)
副 主 任	韩崇昭 (西安交通大学)
秘 书 长	刘朝英 (河北科技大学)
	胡毓坚 (机械工业出版社)
委 员	(按姓氏笔画排序):
	马竹梧 (冶金自动化院)
	尹怡欣 (北京科技大学)
	王建辉 (东北大学)
	王钦若 (广东工业大学)
	刘祥官 (浙江大学)
	刘朝英 (河北科技大学)
	关新平 (燕山大学)
	孙鹤旭 (河北工业大学)
	杨煜普 (上海交通大学)
	金以慧 (清华大学)
	胥布工 (华南理工大学)
	段建民 (北京工业大学)
	胡毓坚 (机械工业出版社)
	董春利 (大连职业技术学院)
	廖晓钟 (北京理工大学)
	潘立登 (北京化工大学)

编者的话

为适应在我国开展自动化系统工程师资格认证 (Automation System Engineer Accreditation, ASEA) 的需要, 中国自动化学会全国 ASEA 办公室决定, 由 ASEA 培训与教材编审委员会负责策划、组织编写了这套《ASEA 培训与考试指定参考丛书》。全套丛书共有 20 本左右, 从 2006 年起开始陆续出版问世, 计划用 2~3 年时间完成, 以满足广大自动化系统工程技术人員参加不同层面的 ASEA 培训与考试的需求。

本套丛书主要面向 ASEA 考试, 同时兼顾 ASEA 培训及后续的工程教育, 分五大类出版: (1) 自动化专业基础知识, 包括自动控制理论、自动化控制系统、仿真技术、自动化元件等; (2) 自动化技术基础知识, 包括计算机控制、网络与通信、单片机技术、监控组态技术、嵌入式系统等; (3) 行业自动化专业知识, 包括石油化工自动化、电站过程自动化、冶金工业自动化、机械制造自动化、轻工与制药自动化、煤炭工业自动化、农业自动化、交通智能管理、航空航天自动化、军事工业自动化、建筑智能化、企业信息化、数字化服务、自动化系统工程设计、自动化项目管理等; (4) 自动化专业技能知识, 包括过程控制技能、运动控制技能、计算机控制技能等; (5) ASEA 培训与考试指南, 包括 ASEA 报考范围、考试规则、评审标准及有关 ASEA 的综合问答等。

本套丛书采用了“单元”与“模块”结构的编写风格, 每本书将所要涵盖的自动化知识分成若干“单元”, 每个“单元”由若干“模块”组成, 每个“模块”又按“知识点”、“知识点分析”和“考试训练”分节论述。其中, “知识点”给出本“模块”所应包含的知识要点, 起到画龙点睛的作用; “知识点分析”则以论述或实例的方式对本“模块”所涉及的知识点进行深入分析; “考试训练”就所述的知识点, 从考试训练的角度, 列出或设计出多种考试训练题, 包括思考题、论述题、综合题、设计题、计算题、选择题等题型, 并对考试训练题作必要的分析, 给出解题概要或提示, 以供备考之用。采用这种独具一格的编写风格是从 ASEA 培训与考试的实际需要出发的, 可以使参加 ASEA 培训与考试的学员以较高的效率掌握应知应会的知识点并以较快的速度进入临考状态。应该说, 这是一套系统性和实用性强, 既具有创新性和先进性, 又富有特色的 ASEA 培训与考试参考用书。

本套丛书的主要读者群是准备参加 ASEA 培训与考试的自动化专业及相关专业的工程技术人员和高等学校的本科生与研究生等。我们希望它既是 ASEA 培训与考试指定用书, 也能为广大自动化工程技术人员的知识更新与继续学习提供适合的参考资料。衷心感谢自动化同仁们的热情支持, 并欢迎对本丛书提出批评和意见。

ASEA 培训与教材编审委员会
2006 年 1 月于北京

序

为了逐步改变我国长期以来专业技术职称终身制的状况，不惟学历、不惟资历、以业绩和能力作为考核标准，进行社会化的专业技术资格认证，并逐步实现与国际接轨，在中国科协的领导下，中国自动化学会于2004年在自动化领域开始策划、开展了自动化系统工程师资格认证（Automation System Engineer Accreditation, ASEA）。这是落实中央人才工作会议精神，积极推进专业技术职称改革的一个重要举措，对充分开发和利用我国自动化人才资源，更好地为社会主义现代化建设服务也具有重要的意义。

中国科协学会学术部专门为这项工作进行了批复，要求中国自动化学会“按照国家有关政策，借鉴国外先进经验，积极探索，认真做好自动化系统工程师的培训、考核、认证以及相应的服务工作，并及时总结经验，推动学会改革发展，促进工程师资格的国际互认，促进我国专业技术人才成长和学科发展，不断提高技术人员水平，为我国自动化事业的发展做出新的更大贡献”。这正是我们开展 ASEA 工作的目的和准绳。

为了顺利开展 ASEA 工作，中国自动化学会专门成立了 ASEA 领导小组，下设 ASEA 办公室并分设若干委员会与工作部，依靠全国自动化领域的专家、教授和学者，按照中国科协的指示精神，正在一步一个脚印地开展起来了。

《ASEA 培训与考试指定参考丛书》是在 ASEA 办公室领导下，由 ASEA 培训与教材编审委员会策划、组织编写的，这是一项非常有意义的基础性工作。这套为 ASEA 培训和考试专门设计的参考丛书，内容涵盖自动化专业基础知识、自动化技术基础知识和国民经济主要行业的自动化专业知识，编写风格独树一帜，确有成效地将先进性、实用性和系统性有机地结合起来。在这套参考丛书的编写过程中，充分发挥了高等院校强大的师资力量，也全力调动了自动化企业技术人员的参与，从 ASEA 培训与考试的实际需要出发，全面考虑了理论和技能两个方面的知识考核，充分保证了 ASEA 的质量和水平。

相信本套参考丛书的出版，将为 ASEA 提供特色鲜明的培训与考试资料，对 ASEA 工作一定会起到积极的作用，对大学后的继续教育也是一套宝贵的参考资料。在此，我谨向参与这套参考丛书编写的自动化技术工程师、高校老师，致以诚挚的感谢。对参考丛书的整体结构到每本书的内容所存在的不足甚至谬误之处，还望使用本套参考丛书的各界人士不吝批评指正。

戴汝为 院士

2006年1月于中国科学院

前 言

日新月异的自动化技术为传统产业的改造、生产技术水平的提升和产品的更新换代注入了强大活力，同时对自动化系统工程师的需求日益迫切。开展自动化系统工程师资格认证正是为适应国民经济发展与改革的需要，进一步激励自动化技术人员不断创新和再学习的积极性，提高综合素质，推动国际互认。这也是组织编写本书的宗旨。

本书内容以自动化系统工程师所需掌握的基础技术为重点，包括计算机技术、网络技术、现代通信技术、计算机控制技术、嵌入式技术。在计算机技术基础中，介绍了计算机硬件和软件技术、数据库技术以及单片机技术；对于网络技术和现代通信技术基础，比较全面地介绍了各自的基础知识，并针对工业特殊应用对局域网、以太网进行了详细介绍；在计算机控制技术方面，深入浅出地介绍了计算机控制的基本概念及当前广泛应用的可编程控制器系统、集散控制系统、现场总线控制系统；对于嵌入式技术部分，书中详细介绍了嵌入式硬件、软件、操作系统、网络等方面的知识，并介绍了嵌入式系统的开发过程。全书简明扼要，通俗易懂，以实际应用为重点，突出基本概念，强调系统性和实用性，并且富有工程性，非常便于读者自学。我们希望并相信本书对读者掌握自动化系统技术基础知识、提高综合分析问题的能力都具有重要作用。

本书由王文海担任主编，第一部分由皮道映编写，第二、三部分由陈安编写，第四部分由王文海编写，第五部分由孔亚广编写，全书由王文海统稿。编写过程中得到了浙江大学信息学院控制系和浙大中自集成控制股份有限公司的大力支持和帮助，在此谨致谢意。作者水平有限，书中不足之处诚请广大读者批评指正。作者联系方式 wwh@sunytech.com。

作 者

目 录

编者的话

序

前言

概论 1

第一部分 计算机技术基础 2

第一单元 计算机硬件技术 2

模块一 计算机硬件系统 2

模块二 信息在计算机中的表示 4

模块三 计算机硬件的各组成部分 6

模块四 指令系统 10

第二单元 计算机软件技术 13

模块一 数据结构和算法 13

模块二 程序设计基础 19

模块三 操作系统基础 22

模块四 软件工程 28

第三单元 数据库技术 30

模块一 数据库模型和系统结构 30

模块二 关系数据库与关系运算 33

模块三 关系数据库 SQL 语言简介 36

模块四 数据库的安全 39

第四单元 单片机技术 42

模块一 单片机概述 42

模块二 MCS-51 单片机 44

模块三 单片机应用系统设计 47

第二部分 网络技术基础 51

第一单元 网络基础知识 51

模块一 网络体系结构 51

模块二 网络拓扑结构 54

模块三 传输介质及其选择 56

第二单元 TCP/IP 58

模块一 TCP/IP 参考模型 58

模块二 TCP/IP 协议体系 60

第三单元 局域网技术 63

模块一 局域网的概念、协议标准
和体系结构 63

模块二 以太网 65

模块三 局域网的组建及现代
局域网技术 67

第四单元 广域网技术 70

模块一 路由选择机制 70

模块二 帧中继技术 73

第五单元 网络互联与 Internet
网络技术 75

模块一 网络互联技术 75

模块二 Internet 网络技术 77

第六单元 网络安全与网络工程 81

模块一 网络安全技术 81

模块二 网络工程 83

第七单元 工业企业网技术 86

模块一 工业企业网概述 86

模块二 工业企业网的实现 88

第三部分 现代通信技术基础 92

第一单元 数据通信 92

模块一 数据通信基础 92

模块二 数据编码与解码技术 96

第二单元 调制解调技术 99

模块一 模拟调制与解调 99

模块二 数字调制技术 100

第三单元 多路复用、网络数据
交换与差错控制技术 105

概 论

“自动化系统”可定义为：在人的参与下，机器、设备或系统，通过仪表进行自动检测、各种参数信息的处理、自动分析判断等，为实现人们所预期的自动操作过程而构成的一个系统。

随着科学的进步和高新技术的发展，计算机、网络，以及现代通信技术突飞猛进的发展，加速了“自动化”概念外延的进程，“人”作为一个重要因素，加入到“自动化”进程中来，成为系统中一个不可缺少的重要组成部分，形成了人、机有机组合的“人一机系统”。因此，“自动化系统”是以自动化科学与技术为基础，融入计算机技术、网络技术和现代通信技术，在人的参与下，实现各类工程系统的自动化，包含了控制技术、计算机技术、网络技术和现代通信技术的一种综合系统。

本书包括以下五部分内容：计算机技术基础、网络技术基础、现代通信技术基础、计算机控制技术基础、嵌入式技术基础。

计算机技术是自动化系统的核心技术，评价计算机的性能指标主要有字长、主频、存储容量、存取周期、运算速度等。除此之外，还应考虑机器的兼容性、系统的兼容性、系统的可靠性、系统的可维护性等。目前，计算机正朝着巨型化、微小化、网络化、智能化和多媒体计算机方向发展。操作系统技术、数据库技术、面向对象程序设计技术、软件工程技术的发展也为自动化系统注入了活力。

网络技术通过把分布在不同地理区域的计算机或智能化设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的网络系统，从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息，共享硬件、软件、数据信息等资源，实现分布式计算和并行处理。目前，网络正向着高性能发展，追求高速、高可靠和高安全性，并采用多媒体技术，提供文本、声音、图像等综合性服务。

现代通信技术是信息网络技术的基础，实现数据、文本、语音、图像的同时传输，提供有线、无线的自由选择，支持高速率、高准确率、强实时性数据通信。发展趋势是高吞吐量、高传输速率、低延时、数字化、小型化、智能化、无缝连接。

计算机控制技术包括集散控制系统（DCS）、可编程控制器系统（PCS）、现场总线控制系统（FCS）、基于工业 PC 与组态软件的控制系统、运动控制系统（CNC）共五大类。各系统表现为相互补充、相互促进、相互融合的发展趋势，并不断向开放化、智能化、网络化方向发展。以上控制系统具有配置通用性强、系统组态灵活、控制功能完善、数据处理方便、显示操作集中、人机界面友好以及系统安装、调试和维修简单等特点。通过采用标准化、模块化和系列化技术，系统运行可热备冗余。

嵌入式技术是构建嵌入式系统的相关技术，它是以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可剪裁，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。主要发展趋势有：高可靠性低功耗嵌入式系统；Java 虚拟机与嵌入式 Java；嵌入式系统的多媒体化和网络化；嵌入式系统的智能化，嵌入式系统与人工智能、模式识别技术的结合，将开发出各种更具人性化、智能化的嵌入式系统。

自动化技术是一门集众多技术于一体的综合技术。随着各项技术的进步，自动化系统也在发生革命性的变化，朝着更加稳定、快速、准确、开放的方向发展。

第一部分 计算机技术基础

第一单元 计算机硬件技术

模块一 计算机硬件系统

一、知识点

本模块主要介绍了计算机中硬件系统的组成,包括输入设备、输出设备、运算器、控制器和存储器5部分。知识点涉及每个部分的主要功能,计算机硬件系统的评价指标以及计算机硬件的发展方向。

二、知识点分析

1. 计算机硬件的组成

计算机硬件是计算机系统的重要组成部分,它是计算机系统功能实现的物理载体,所有的计算机程序功能最终必须通过计算机硬件来实现。按照冯·诺依曼的结构,计算机由输入设备、输出设备、运算器、控制器和存储器5部分组成。图1.1-1表示由这5个部分组成的以存储器为中心的计算机硬件组成框图。

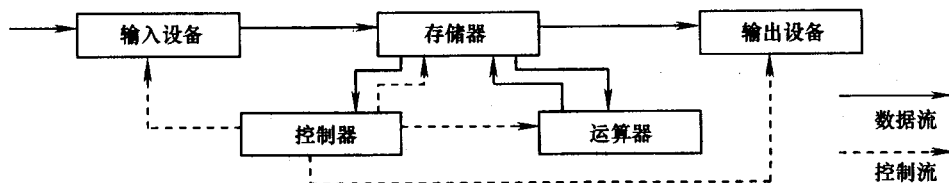


图 1.1-1 以存储器为中心的计算机组成框图

2. 各组成部分的功能

输入设备的功能是从计算机外部把信息和处理这些信息的程序通过输入接口输入到计算机的存储器中。常见的输入设备有键盘和鼠标,此外还有光笔、条码阅读器、图形数字化仪以及各种数模转换器等。

输出设备的功能是用来输出计算机的处理结果。输出的形式可以是数字、字母、文字、图形、图像和声音等。最常用的输出设备是显示器和打印机,其他还有绘图仪、音箱、各种数模转换器等。

输入设备和输出设备统称为输入输出设备，简称 I/O 设备。键盘、鼠标和显示器是每台现代微型计算机必备的 I/O 设备，其他的设备则根据具体的应用需要有选择地配置。I/O 设备属于外围设备，但外围设备除了 I/O 以外，还应包括外存储器设备、多媒体设备、网络通信设备和输入输出处理机等。

存储器是计算机用来存放程序和数据的记忆部件，是计算机各种信息存放和交流的中心。它的基本功能是在控制器的控制下按照指定的地址存入和取出信息。存储器可以分为内存（主存）和外存（辅存）。内存是微型计算机的主要存储和记忆部件，用来存放即将使用或正在使用的数据和程序，也可以存放计算的结果或中间结果。外存则是用来存储暂时不用的程序和数据，它是主存储器的后备和补充。内存可以由中央处理器直接访问，按照工作方式的不同，它又可以分为随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）两大类。

运算器的功能是在控制器的指挥下，对信息或数据进行处理和运算，在其内部有个算术逻辑部件。因为所有的算术运算基本上都可以分解为加法和移位两种基本操作，运算器中还应存放操作数和运算结果的寄存器，包括移位寄存器和若干通用寄存器。运算器的功能可以归纳为：实现对数据的算术和逻辑运算；暂时存放参与运算的数据和某些中间运算结果；挑选参加运算的数据，选中要执行的运算功能，并把运算结果输送到所要求的部件中。

控制器是计算机的控制中心，用来实现计算机本身运算过程的自动化。它指挥计算机各部件按照指令功能的要求进行所需要的操作。它从存储器中取出指令，分析指令的功能（指令译码），产生一系列的控制信号，去控制计算机各个部件协调工作，并控制程序的执行顺序。运算器和控制器统称为 CPU，CPU 通过总线把整个计算机的各个部件连接起来。

3. 性能评价指标和发展方向

评价计算机的性能指标主要有字长、主频、存储容量、存取周期、运算速度等。衡量一台计算机的性能指标很多，除了以上几个以外，还应考虑机器的兼容性、系统的兼容性、系统的可靠性、系统的可维护性等。目前，计算机正朝着巨型化、微小化、网络化、智能化和多媒体计算机方向发展。

三、考试训练

1. 计算机硬件包括哪 5 个部分？

参考答案：计算机的硬件包括输入设备、输出设备、运算器、控制器和存储器 5 个部分。

2. 计算机的运算精度主要是由什么决定的？运算速度呢？

参考答案：计算机的运算精度主要是由字长来决定的，字长越长，则运算精度越高。运算速度是一项综合性指标，影响机器运算速度的因素很多，主要是 CPU 的主频和存储器的存取周期，另外字长也影响机器的运算速度，字长越长，计算机的运算速度越快。

3. 地址是内存各存储单元的编号，现有一个 64KB 的存储器，用十六进制表示它的地址码，则应该是从 0000H 到多少？

参考答案：从 0000H 到 FFFFH。

4. 冯·诺依曼结构计算机的基本特点是什么？

参考答案：冯·诺依曼结构的计算机的基本特点是将程序先存储在计算机内，在程序执行过程中，计算机会根据上一步的执行结果，运用逻辑判断方法自动确定下一步该做什么，

应该执行哪条指令，即具有可靠的逻辑判断能力。

5. 微型计算机系统的主要性能指标有哪些，它们各有什么意义？

参考答案：微型计算机系统的性能指标主要有：主频；字长；存储容量；存取周期；运算速度。除此之外，还有机器的兼容性，系统的可靠性、可维护性等。

模块二 信息在计算机中的表示

一、知识点

计算机的基本功能是对信息进行加工处理，因此需要知道信息在计算机中是如何表示的。本模块主要介绍信息的概念、分类，不同进制数据之间的相互转化，机器数和真值的概念，定点数和浮点数的概念以及它们在计算机中的表示方法。重点介绍定点数和浮点数的各种表示方式，包括原码、反码、补码，还介绍浮点数的两种不同表示方法及应注意的问题。

二、知识点分析

1. 信息的分类

信息包括数据、文字、声音、图形和图像。数据有两类，一类是数值数据；另一类是非数值数据，如各种字母和符号，又称符号数据。无论是数值数据还是非数值数据，在计算机中都是用二进制数码表示的。而文字、声音、图形和图像等信息要在计算机处理，都要事先数字化，把它们转换成二进制数码。在计算机内部各种信息都必须采用数字化编码的形式才能被传送、存储和处理加工。

2. 进位计数制及其转换

常用的进位计数制主要有十进制数、二进制数、八进制数和十六进制数。各种进位计数制可以统一表示为： $\sum_{i=-m}^n k_i R^i$ 。式中， R 为某种进位计数制的基数； i 为位序号； K_i 为第 i 位上的一个数码，为 $0 \sim R-1$ 中的任一个； R^i 则表示第 i 位上的权 m ， n 为最低位和最高位上的位序号。

3. 机器数和真值

为了方便二进制数在计算机中表示，又便于与实际值相区分，引入了机器数和真值的概念。

(1) 机器数

数的符号也用二进制数“0”或“1”来表示，且符号位总是在该数的最高数值之前的数称为机器数。规定“0”表示正号，“1”表示负号。原码、补码、反码、移码等把符号位和数值位一起编码来表示的数就是机器数。

(2) 真值

用“+”、“-”表示符号的数叫做真值。如 $M = +0.1011$ ， $N = -0.1011$ ，这是真值，表示成机器数就是 $[M] = 0.1011$ ， $[N] = 1.1011$ 。

机器数也就是在计算机中表示的数，它具有以下特点：使用元器件简单，便于硬件实现；表示范围有限，无法表示时便产生溢出；符号的数值化表示。

4. 定点数和浮点数的表示

根据小数点位置的不同, 机器数有定点数和浮点数两种表示方式。小数点的位置固定不变的数称为定点数, 而浮点数是一种以指数形式表示的数, 其一般的表示式为: $X = 2^r x$ 式中, r 称为 X 的阶码, 它指明了小数点的位置, 表示数的大小; x 称为 X 的尾数, 表明了 X 的有效值。

(1) 定点数的表示

定点数的表示相对简单, 主要有原码、补码、反码。符号位为 0 表示正数, 为 1 表示负数, 数值部分用二进制数的绝对值表示的方法称为原码表示法。通常用 $[X]_{\text{原}}$ 表示 X 的原码。写成一般式则为:

正数的原码 $[X]_{\text{原}} = X, 2^{n-1} > X > 0;$

负数的原码 $[X]_{\text{原}} = 2^{n-1} - X, -2^{n-1} < X < 0.$

应该注意到, 0 的原码有两个值, 有“正零”和“负零”之分。机器遇到这两种情况都当作 0 处理, $[+0]_{\text{原}} = 00000000, [-0]_{\text{原}} = 10000000.$

一个数用原码表示简单, 与真值转换方便, 但进行减法运算时显得很不方便。于是引进了补码。补码的定义是: 把某数 X 加上模数 K , 称为以 K 为模的 X 的补码, 即: $[X]_{\text{补}} = K + X.$

在定点机中, 模数为 2^n , 因此正数的补码最高位为 0, 数值部分为该数本身; 负数的补码是最高位为 1, 数值为用模 2^{n-1} 减去该数的绝对值。

【例 1.1-1】若 $X = +0.1011; Y = -0.1011$, 求 $[X]_{\text{补}}, [Y]_{\text{补}}.$

解: $[X]_{\text{补}} = 0.1011;$

$[Y]_{\text{补}} = 10 - 0.1011 = 1 + 1 - 0.1011 = 1.0101.$

用模 2 减去某数的绝对值的方法来求某数的补码是比较麻烦的, 因此引入反码来求补码。反码就是对一个数的各位求反。正数的反码是它本身各位取反, 而负数的反码则是符号位为 1, 数值部分等于其绝对值各位求反。求一个二进制数的补码的方法是正数的补码与其原码相同; 负数的补码是先把其原码中除符号位外的各位求反, 然后在最低位加 1。0 的补码只有一种形式, 就是 n 位 0。

综上所述, 可以得出这样的结论: 在 n 位机中, 用 n 位二进制数补码表示一个带符号的整数时, 最高位为符号位, 当最高位为 0 则代表正数, 为 1 则代表负数, 后 $n-1$ 位为数值部分。 n 位二进制数码表示的范围是 $-2^{n-1} \sim +2^{n-1}.$

(2) 浮点数的表示

浮点数表示法是指在数的表示中, 其小数点的位置是浮动的。任一个二进制数 N 可以表示成 $N = 2^E M$, 式中 M 为数 N 的尾数或数码; E 为指数, 是数 N 的阶码, 是一个二进制整数。因此, 一个浮点数可以分为阶码和尾数两个部分。在计算机中, 按照机型的不同, 浮点数通常有以下两种表示格式:

格式 1:

S_m	E	M
-------	-----	-----

例如真值为 $+23.25$ 的十进制数, 用浮点数格式 1 表示法有如下表示: $(23.25)_{10} = (10111.01)_2$, 用浮点数表示其原码为: $2^{+101} \times 0.1011101$, 在机器中表示为:

0	101	1011101
---	-----	---------

这里阶码和尾数都用原码表示, 实际上

往往是尾数用补码表示，阶码用移码表示。

格式 2:	S_m	E	S_m	M
-------	-------	---	-------	---

在浮点数的表示中，要注意以下三个问题：

① 在字长确定的情况下，阶码的位数增加，数的表示范围就增加，但是尾数的位数就会相应减少，使数的有效位减少，表示精度降低。

② 浮点数通常采用规格化的表示方法。所谓规格化就是其尾数的第一位要为 1，若不为 1，就要用“左规”的方法使其为 1。左归就是尾数向左移动（同时调整阶码），直至尾数的第一位为 1 或阶码全为 0 或最小值。如： $2^{10} \times 0.1101$ ， $-2^{10} \times 0.1101$ 就是规格化的浮点数；而 $2^{11} \times 0.0110$ ， $-2^{11} \times 0.0110$ 是非规格化的浮点数。

③ 当一个浮点数的尾数为 0，不论其阶码为何值或者阶码的值遇到比它能表示的最小值还小时，不管其尾数为何值，计算机都把浮点数看成是 0，称为随机零。

浮点数的表示方法与定点数比较，其表示范围要比定点数大得多，规格化的浮点数表示还使数的精度也随之提高。阶码表示数的范围，而尾数则表示数的精度。

三、考试训练

1. 试述什么是机器数和真值，并指出两者的区别。

参考答案：机器数即数的符号也用二进制数“0”或“1”来表示，且符号位总是在该数的最高数值位之前的那种数。真值是用“+”、“-”表示符号的那种数。真值是现实生活中用来书写的，而机器数则用于在计算机中表示，它们的差别在于对符号位的不同表示。

2. 判断对错：浮点数的取值范围由阶码的位数决定，浮点数的精度由尾数的位数决定。

参考答案：对。

3. 带符号的整数在计算机中常用的表示方法有原码、补码和反码三种。在一个 8 位二进制数的机器字中，补码表示的数的范围从_____（小）到_____（大），这两个数在机器中的补码表示分别为_____和_____，而数 0 的补码表示为_____。

- A. -256 B. -255 C. -128 D. -127 E. 0
F. +127 G. +128 H. +255 I. +256

参考答案：C、F、E、F、E

4. 设机器码的长度为 8 位，已知 X，Y 为带符号纯整数，Y 为带符号纯小数， $[X]_{\text{原}} = [Y]_{\text{补}} = 11111111$ ，则 X，Y 的十进制真值是多少？

参考答案：因为 $[X]_{\text{原}} = 11111111$ ，又 X 是带符号的整数，则可以知道 $X = -127$ ；因为 $[Y]_{\text{补}} = 11111111$ ，则 $[Y]_{\text{原}} = 10000001$ ，而 Y 为带符号的纯小数，所以 $Y = 1/128$ 。

5. 求 -102 的原码、反码和补码。

参考答案：-102 的原码 11100110，反码 00011001，补码 00011010。

模块三 计算机硬件的各组成部分

一、知识点

本模块主要介绍计算机各个组成部分，包括 CPU 主要构成部件，控制器的组成及其功

能，运算器的组成及其结构形式；存储器的分类、性能指标，高速缓存和虚拟存储的概念及其优点，存储器的保护；输入输出系统的组成和数据交换的主要方式及其特点；计算机总线的概念分类，及常见的总线。

二、知识点分析

1. CPU 主要组成部件

CPU 由运算器和控制器两个部分组成，是计算机的核心部件。运算器和控制器功能各异，但工作时配合密切。图 1.1-2 是 CPU 主要组成部件逻辑结构示意图。

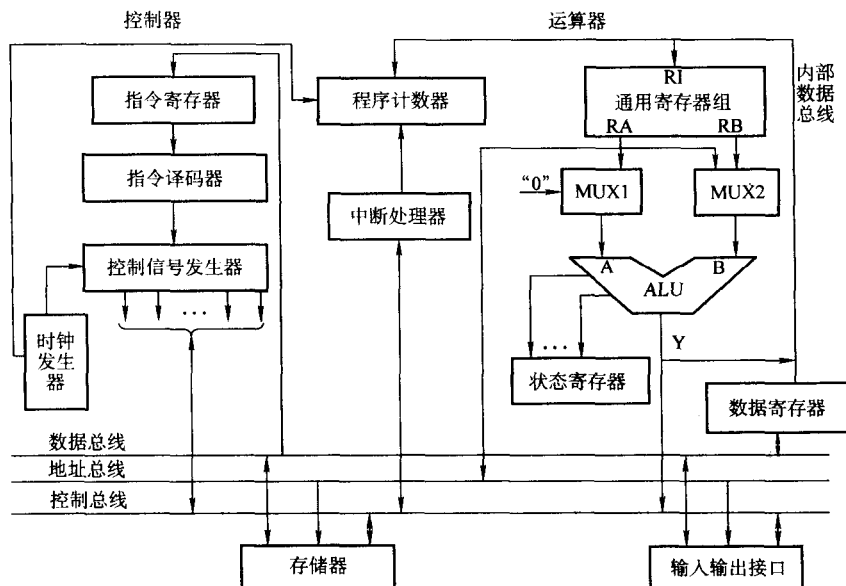


图 1.1-2 CPU 主要组成部件逻辑结构示意图

2. 控制器的组成

从图中可以看到，控制器由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序产生器和操作控制器 5 个部分组成。控制器是协调和指挥整个计算机系统工作的决策机构。控制器的主要任务是：取指、译码和数据流控制。寄存器用来保存运算和控制过程中的中间结果、最后结果、控制信息和状态信息。CPU 主要的寄存器有：数据缓冲寄存器、指令寄存器、程序计数器、地址寄存器、累加寄存器和状态寄存器。

3. 运算器组成及其结构形式

运算器是计算机对数据进行加工处理的中心，它主要由算术逻辑部件（ALU）、通用寄存器组、状态寄存器、数据多路选择器（MUX）等组成。ALU 主要的功能是对二进制数据进行定点算术运算、逻辑运算和各种移位操作，在某些机器上 ALU 还要完成数值比较、变更数值符号、计算操作数在存储器中的地址等。

现代计算机的运算器大体上有 3 种结构形式，即单总线结构、双总线结构和三总线结构。另外对于浮点计算机来说还有浮点运算器。典型的浮点运算器有 Intel 公司研制出的 8087、80287、80387 等。浮点运算器必须和主处理器配对使用，因此常常称它们为协处理

器。

4. 存储器

(1) 存储器分类和性能指标

存储器是计算机的重要组成部分,按照存取方式不同有随机存储器、只读存储器、顺序存取存储器、直接存取存储器。按在计算机中的作用,可以分为主存储器、辅助存储器和缓冲存储器等,如图 1.1-3 所示。衡量一个主存储器的性能指标主要有存储容量、存取时间、存取周期、可靠性和性能价格比等。

(2) RAM 和 ROM

随机存储器按其元件的类型来分,有双极存储器和 MOS 存储器两大类。双极存储器的存取速度比 MOS 存储器高,主要用于高速的小容量存储体系。在 MOS 存储器中,根据存储信息机构的原理不同,又分为静态随机存储器 (SRAM) 和动态随机存储器 (DRAM)。SRAM 采用双稳态触发器来保存信息,只要不断电,信息就能保持; DRAM 则利用记忆电容来保存信息,使用时只有不断地给电容充电才能使信息保持。在现代计算机中,内存容量较大,常由 DRAM 构成。

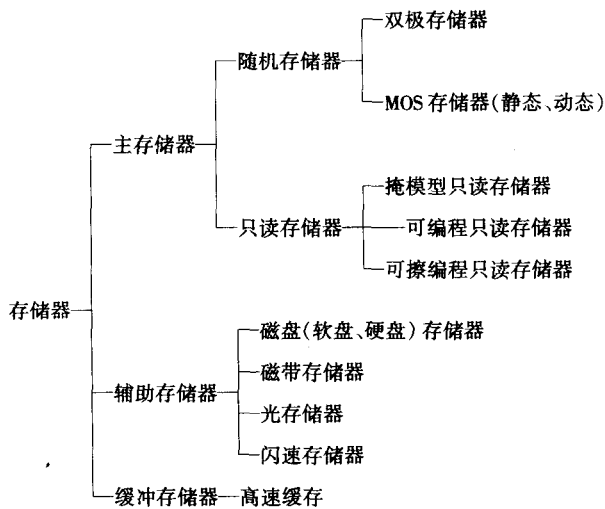


图 1.1-3 计算机存储器的分类

(3) 高速缓存和虚拟存储器

随着软件规模的增大和系统性能要求的提高,要求主存的容量要大,速度要快。尽管主存在存取速度方面提高很快,但是它的速度和 CPU 的速度相比还是存在很大差距,主存的存取速度是整个计算机系统速度的瓶颈。为了解决这个问题,存储器系统采用了层次结构,用虚拟存储器的方式来扩大主存的容量,用高速缓存提高主存的存取速度。

高速缓存是针对 CPU 对程序访问的局部性,为提高计算机系统速度而提出的。它由存储体、Cache-主存地址映像和 Cache 替换机构组成。在当前的一段时间内, CPU 对位于主存的正在运行的程序和正在处理的数据建立一个副本,存放在 Cache 中, CPU 就可以直接从 Cache 中取指令执行程序和处理数据,从而大大提高了计算机运行速度。

虚拟存储器是针对主存容量有限而提出的。为了给大的程序提供方便,使它们摆脱主存容量的限制,由操作系统把主存和辅存这两级存储系统管理起来,实现自动覆盖,即一个大作业在执行时,其一部分地址空间在主存,另一部分在辅存。当所访问的信息不在主存时,则由操作系统安排 I/O 指令把它调入主存中。根据地址格式的不同,虚拟存储器可以分成页式虚拟存储器、段式虚拟存储器和段页式虚拟存储器 3 种。

(4) 存储保护

为了防止一个用户程序出错而破坏其他用户程序和系统软件或者防止用户程序不合法地