

# 电子工程师手册

ELECTRONICS ENGINEERS' HANDBOOK

上册

## 第13篇 电子计算机

主 编	翁瑞琪	
执 笔	翁瑞琪	翁瑞平
	吴庆华	王同胜
	魏仲山	边奠英
	张春林	朱振邻
	王艺梅	来 珠
	张寿天	杨 辉
	房景蕤	曲庭维
	张雅绮	亢 羽
	郑树行	
主 审	黎 达	
副主审	单 娟	徐时新
	蔡月茹	

# 电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

下 册



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册系统地概括了电子技术基础及其应用领域的主要技术内容，有一定的深度和广度。

全书按其内容，大体上可分为如下三个部分：

1. 基础知识部分，包括：常用符号、物理化学常数、单位、标准和数学公式；电磁学与电路基础；信号与系统分析等。
2. 技术基础部分，包括：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构、电磁兼容与可靠性。
3. 技术应用部分，包括：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机与人工智能；自动控制系统与控制仪表；数控技术与机器人；广播、电视与声像处理技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

本书在编写上，力求简明扼要、深入浅出、直观易懂、归类便查。注意理论阐述的严谨和采用数据、图表和公式的准确可靠。努力做到既反映我国电子技术近年来的主要成就，也介绍国外的先进技术和发展动向。

本手册主要供机电工业系统和其他行业系统的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅使用，也可供大专院校有关专业师生参考。

## 电子工程师手册

电子工程师手册编辑委员会 编

责任编辑：贾 馨 版式设计：霍永明  
封面设计：姚 毅 责任校对：肖新民  
责任印制：路 琳

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张 182<sup>1</sup>/<sub>2</sub>·插页 8·字数 5756 千字

1995年4月北京第1版·1995年4月北京第1次印刷

印数 00,001—10 000 定价：上、下册共198.00元

ISBN 7-111-04178-X/TM·523

发展电子技术促  
进经济繁荣与社  
会进步

孙俊人

一九八二年六月

中国电子学会理事长孙俊人为本书题词

# 电子工程师手册编委会

主任委员	吴咏诗					
副主任委员	胡健栋	邹洵	罗命钧(常务)			
委	翁瑞琪(常务)		秦起佑(常务)	张长生		
员	黄仕机	周孝琪	阚石	俞斯乐	丁润涛	
	郭维廉	徐苓安	张国雄	朱梦周		
总编辑	吴咏诗					
副总编辑	秦起佑	翁瑞琪				
秘书	尹明丽					

## 序

电子技术是一门发展迅速，应用广泛的技术。它的发展可以说是日新月异，新技术层出不穷。它的应用则已遍及工业、农业、国防、科技、文教和人民日常生活的各个领域，对于经济发展和社会进步有着重要的促进作用。当前第三次新的技术革命正在兴起，如果说第一次技术革命是以机械化为标志，第二次技术革命是以电气化为标志的话，那么，第三次新的技术革命就应该说是以电子化作为标志。前两次技术革命主要都是人类体能的延伸，而第三次新的技术革命则主要是人类智能的扩展，其基础就是电子技术。也有人说目前已是信息时代，而信息的获取、处理、传输也是要依赖于电子技术的。所以为了加速我国的现代化建设，体现“科学技术是第一生产力”的伟大作用，在各个领域，尤其是机电工业系统中推广与普及电子技术是十分重要的。在这种情况下，编写和出版这部《电子工程师手册》是很有必要的。

这部手册是为机电工业系统和其他行业系统中具有中等以上技术水平的工程技术人员在处理专业工作中涉及电子技术问题时查阅而编写的，是以应用为主的、综合性的电子技术手册。它是一部工具书，主要为工程技术人员在研究、处理电子技术问题时起备查、提示和启发的作用。它也可为高等学校有关专业师生及其他有关人员提供参考。

这部手册系统地概括了电子技术及其主要应用领域的基本技术内容。在内容取舍上力求做到：科学性、实用性和先进性。科学性是要体现现代电子科学技术的基本内容，介绍必要的基础知识，注意理论阐述的严谨，采用数据、图表的准确可靠；实用性是要从实用出发建立自己的体系，主要提供一些结论性的技术内容以及这些结论的应用，在编写上简明扼要，深入浅出，直观易懂，归类便查；先进性则是既要反映我国电子技术近年的主要成就，也要介绍国外的先进技术和发展动向，注意反映电子技术的时代特征。

整个手册共17篇，按其内容大体上可分为以下三个部分：

(1) 基础知识 共2篇，分别是：常用资料（符号、常数、单位、标准和数学公式）；电磁学与电路基础。

(2) 技术基础 共6篇，分别是：电子材料；电子元器件；模拟电路；数字电路；微波技术、电波传播与天线；电子产品的工艺、结构与可靠性。

(3) 技术应用 共9篇，分别是：电力电子技术；电子测量与电子仪器；机械量的电子测量；电子计算机；自动控制与控制仪表；电子技术在机械制造方面的应用；广播、电视与声像技术；通信、雷达、导航与电子对抗；医疗电子技术。

这部手册的编写方式也是一种改革的尝试。过去一部综合性手册的编写一般是组织全国各地的有关专家分头编写，然后集中统稿编辑的。由于专家分散在全国各地，联系讨论不便，统稿、编辑过程中也要往返于各地进行讨论、修改，这就不能不拖延时日，往往要5~6年，大型的甚至要8~10年才能出版。电子技术发展非常迅速，如果从编写到出版要花这样长的时间，那么，手册出版之日可能已是内容陈旧之时。因此，这部手册是主要聘请天

津、北京两地的有关专家编写、审稿，而且由机械工业出版社委托天津大学承担了具体的组织工作。由于编写人员居住相对集中，便于交流与讨论，主编与主审也能及时交换意见，除出版社外，还有一个专业面较宽的学术单位负责组织工作，这就使整个手册的编写、审稿和定稿工作在两年之内顺利完成，而且保证了质量，基本上达到了预定的目标和要求。应该说这种做法是成功的，不足之处则可能是未能充分反映其他各地有关专家的经验与成就，这就希望各位专家和广大读者对本手册多提宝贵意见，以便今后能予以修改和补充。

这部手册能以顺利地完成和出版，我愿诚挚地感谢编委会各位委员、各篇的主编、主审以及全体编者所付出的辛勤劳动，感谢他们认真负责的态度和友好合作的精神。我还要特别感谢机械工业出版社的罗命钧、秦起佑、贾馨三位同志和天津大学的翁瑞琪教授，他们为本手册的组织编写、统稿定稿、编辑出版做了大量的工作，为保证手册的质量做出了重要的贡献。

我希望，这部手册的出版，能为有关专业的工程技术人员和高等学校的师生，在从事电子技术应用与推广工作中提供一本实用的工具书。如果它能为我国电子技术的广泛应用起到一些促进作用的话，这将使我们所有这些参加手册编写、出版工作的同志感到荣幸和欣慰。

吴咏诗



# 目 录

## 第1章 计算机概论

1 计算机的定义与功能	13-1
2 现代计算机的特点	13-1
3 计算机的组成	13-1
3.1 硬件	13-1
3.2 软件	13-2
4 计算机的性能指标	13-3
5 计算机的分类	13-3
6 计算机的处理方式	13-4
7 存储器	13-5
8 输入设备与输出设备	13-7
9 系统软件	13-8
10 计算机的应用	13-10
10.1 计算机在科学与工程计算中的应用	13-10
10.2 计算机在数据与事务处理中的应用	13-10
10.3 计算机在过程控制中的应用	13-10
10.4 计算机辅助设计	13-10
10.5 计算机辅助教学	13-10
10.6 计算机与人工智能	13-10
10.7 计算机进入生活与家庭	13-10
11 计算机的最新发展	13-11

## 第2章 数制与数据表示

1 数制	13-13
1.1 基本定义	13-13
1.2 二进制	13-13
1.3 八进制	13-14
1.4 十六进制	13-15
2 计算机中数值数据的表示	13-16
2.1 二进制位和字节	13-16
2.2 符号位	13-16
2.3 定点表示	13-16
2.4 浮点表示	13-16
2.5 原码、反码和补码表示	13-17

3 二进制算术运算	13-17
3.1 二进制定点加法与减法	13-17
3.2 二进制定点乘法与除法	13-17
3.3 浮点运算	13-19
4 字符在计算机中的表示	13-19

## 第3章 计算机系统结构

1 计算机系统的一般组织	13-24
2 CPU 寄存器	13-24
3 指令与寻址方式	13-24
4 控制方式	13-26
4.1 顺序解释方式	13-26
4.2 重叠解释方式	13-26
4.3 相关	13-26
4.4 流水解释方式	13-27
5 存储体系	13-28
6 I/O 系统	13-29
6.1 I/O 系统的组成	13-29
6.2 中断系统	13-29
6.3 通道	13-30
7 计算机系统结构的发展	13-31
7.1 流水线结构	13-31
7.2 堆栈结构	13-33
7.3 并行处理结构	13-34

## 第4章 数据结构

1 概述	13-36
2 表结构	13-36
2.1 线性表	13-36
2.2 线性链表	13-38
2.3 数组与串	13-40
2.4 队列与栈	13-42
3 图	13-43
3.1 图的基本概念与定义	13-43
3.2 图的计算机表示	13-44
3.3 图的运算	13-45
4 树	13-47

4.1 树状结构的基本概念.....13-47	1.3 数据库的分类.....13-83
4.2 二叉树.....13-48	1.4 数据库与数据库系统的发展.....13-84
5 文件.....13-49	1.5 DBMS的组成与功能.....13-84
5.1 文件的结构概念.....13-49	2 关系数据库管理系统dBASE III.....13-85
5.2 文件的组织形式.....13-49	2.1 dBASE III基础.....13-85
5.3 文件的存取方式.....13-51	2.2 dBASE III命令.....13-88
<b>第5章 程序设计与程序设计语言</b>	3 应用软件Lotus1-2-3.....13-97
1 程序设计.....13-52	3.1 Lotus1-2-3简介.....13-97
2 程序设计语言.....13-53	3.2 Lotus1-2-3的使用与操作初步.....13-98
2.1 机器语言与汇编语言.....13-53	3.3 Lotus1-2-3的函数.....13-101
2.2 高级语言.....13-54	3.4 Lotus1-2-3的命令.....13-103
3 FORTRAN 77语言.....13-54	4 文件和磁盘管理软件PCTOOL.....13-107
3.1 FORTRAN基础.....13-55	4.1 PCTOOL的功能.....13-107
3.2 FORTRAN语句.....13-60	4.2 PCTOOL的运行环境与起动.....13-107
3.3 FORTRAN文件.....13-60	4.3 文件处理功能的使用.....13-108
4 COBOL语言.....13-65	4.4 磁盘处理功能与特殊服务功能的使用.....13-109
4.1 COBOL基础.....13-66	<b>第7章 微处理器与微型计算机</b>
4.2 标识部.....13-67	1 概述.....13-111
4.3 设备部.....13-67	2 微处理器.....13-114
4.4 数据部.....13-67	2.1 微处理器的结构.....13-114
4.5 过程部.....13-6 <sup>8</sup>	2.2 典型微处理器80386.....13-115
4.6 表的处理.....13-71	3 单片机及其典型产品.....13-119
4.7 COBOL程序间的通信.....13-72	3.1 单片机简述.....13-119
4.8 排序与合并.....13-73	3.2 Intel单片机系列.....13-119
4.9 COBOL文件.....13-73	3.3 Motorola单片机系列.....13-120
5 BASIC语言.....13-73	3.4 其他公司的单片机.....13-120
5.1 BASIC基础.....13-74	4 微型计算机的存储器与存储管理.....13-122
5.2 常用的BASIC命令与语句.....13-76	4.1 微型计算机的存储器.....13-122
5.3 BASIC文件.....13-76	4.2 微型计算机的存储管理.....13-122
6 True BASIC、ALGOL、PASCAL、ADA与C语言.....13-80	5 I/O接口及中断系统.....13-125
6.1 True BASIC语言.....13-80	5.1 I/O寻址方式.....13-125
6.2 ALGOL语言.....13-80	5.2 I/O控制方式.....13-125
6.3 PASCAL语言.....13-81	5.3 中断系统.....13-126
6.4 ADA语言.....13-81	6 微型计算机的总线.....13-129
6.5 C语言.....13-81	6.1 总线结构.....13-129
<b>第6章 数据库系统与几种应用软件</b>	6.2 典型总线简介.....13-130
1 数据库与数据库系统.....13-82	<b>第8章 软件工程</b>
1.1 数据管理技术的发展.....13-82	1 概述.....13-132
1.2 数据库系统的组成与特点.....13-83	

1.1	软件的组成与规模	13-132
1.2	软件的特点与质量	13-132
1.3	软件工程概念	13-133
2	软件开发技术	13-134
2.1	结构化分析方法	13-134
2.2	结构化设计方法	13-138
2.3	结构化程序设计	13-140
2.4	软件的测试与测试用例的设计	13-142

## 第9章 计算机制图

1	概述	13-144
1.1	计算机制图的主要应用领域	13-144
1.2	计算机制图系统的功能	13-144
1.3	计算机制图系统的分类	13-145
2	计算机制图系统的硬件	13-145
2.1	图形输入设备	13-145
2.2	图形输出设备	13-147
3	计算机制图系统的软件	13-148
4	计算机绘图软件Auto CAD	13-149
4.1	Auto CAD的主要功能	13-149
4.2	Auto CAD的装配与运行	13-149
4.3	Auto CAD的功能键	13-151
4.4	Auto CAD命令系统	13-151

## 第10章 计算机辅助设计

1	概述	13-155
1.1	CAD的分类	13-155
1.2	CAD系统的组成	13-155
1.3	CAD的应用	13-156
2	电子线路CAD	13-157
2.1	电子线路CAA	13-157
2.2	SPICE通用电路模拟程序	13-157
2.3	SPLICE混合级模拟程序	13-158
2.4	电路的计算机辅助优化设计	13-159
3	印制电路板CAD	13-159
3.1	Smartwork软件	13-159
3.2	Tango多层自动布线软件	13-162
4	集成电路辅助布图	13-164

## 第11章 计算机网络

1	概述	13-166
1.1	计算机网络的定义和功能	13-166

1.2	计算机网络的分类	13-166
1.3	计算机网络的基本组成	13-167
2	数据通信	13-167
3	计算机网络体系结构	13-168
3.1	网络体系结构概述	13-168
3.2	开放系统互连参考模型及若干重要概念	13-168
4	计算机网络协议	13-169
4.1	物理层、数据链路层和网络层协议	13-169
4.2	传输层和其他高层协议	13-171
5	局域网	13-172
5.1	局域网LAN概述	13-172
5.2	介质访问技术	13-173
5.3	典型局域网及其应用	13-173
6	网络互连与综合服务数字网ISDN	13-174
6.1	网络互连	13-174
6.2	CBX与综合服务数字网ISDN	13-175

## 第12章 管理信息系统与决策支持系统

1	概述	13-176
1.1	管理信息系统	13-176
1.2	决策支持系统	13-177
2	系统的开发	13-177
2.1	系统发展的生存期	13-177
2.2	系统规划	13-178
2.3	系统需求分析	13-178
2.4	系统设计	13-180
2.5	系统装设、测试与维护	13-182

## 第13章 人工智能

1	概述	13-183
1.1	人工智能的产生和发展	13-183
1.2	人工智能的定义	13-183
1.3	人工智能的三大分支	13-183
2	知识工程	13-183
2.1	知识工程的定义	13-184
2.2	知识的表达	13-184
2.3	知识的获取	13-184
2.4	知识推理	13-184
2.5	知识工程系统的典型结构	13-184

3 专家系统 .....	13-185	1.1 存储器保护 .....	13-188
3.1 专家系统的定义 .....	13-185	1.2 中央处理机控制保护 .....	13-189
3.2 专家系统的组成 .....	13-185	2 通信网络保护 .....	13-190
3.3 专家系统的建立过程 .....	13-185	2.1 加密及加密长度 .....	13-190
3.4 专家系统的评价 .....	13-185	2.2 数据加密标准 .....	13-190
3.5 专家系统的分类 .....	13-185	2.3 公开键密码 .....	13-191
4 模式识别 .....	13-186	2.4 网络加密 .....	13-192
4.1 模式识别的定义 .....	13-186	3 软件保护 .....	13-192
4.2 模式识别系统的过程组成 .....	13-186	3.1 存取控制 .....	13-192
4.3 统计模式识别法 .....	13-186	3.2 口令字保护 .....	13-193
4.4 语法模式识别法 .....	13-186	3.3 用户编程控制 .....	13-193
5 人工智能语言 .....	13-186	3.4 信息流向控制 .....	13-194
5.1 IPL 语言 .....	13-186	3.5 防治计算机病毒 .....	13-194
5.2 KRL 语言 .....	13-186	3.6 操作系统自身保护 .....	13-195
5.3 LISP 语言 .....	13-186	4 数据库保护 .....	13-195
5.4 PLANNER 语言 .....	13-187	4.1 保护数据完整的安全机构 .....	13-196
5.5 PROLOG 语言 .....	13-187	4.2 数据库存取控制 .....	13-196
5.6 SAIL 语言 .....	13-187	4.3 推断控制 .....	13-196
<b>第14章 计算机信息保护</b>		<b>参考文献</b> .....	13-197
1 硬件保护机构 .....	13-188		

# 第1章 计算机概论

电子计算机可分为数字式、模拟式与混合式三大类。由于数字式计算机所固有的优异特点，目前它的应用最为广泛。从实用出发，本篇只介绍数字式计算机，并为叙述方便起见，省略地称之为计算机。

## 1 计算机的定义与功能

计算机 (Computer) 是一种能接收和储存数据和程序，并能根据所储存的程序对数据进行加工处理，从而提供有效解答的信息处理机。计算机的俗名是电脑，它是人类脑力劳动的辅助工具。

计算机能快速地处理大量复杂的信息。它所进行的信息处理活动是人类脑力劳动在体外的某种扩展。

计算机不仅是高速的计算工具，而且是高效的信息处理系统。它不仅可用于数值计算和数据处理，还可用于自动控制和处理语言、文字、图象、音乐等各种形式的信息。

计算机的产生和发展，使世界发生了深刻的变化。国内外大量应用计算机的事例充分说明计算机已经成为发展科学技术、提高工农业生产、促进生产管理的强有力的手段。所以，现在常把计算机的生产技术水平、拥有量和应用程度作为衡量一个国家科学技术和生产力发展水平的重要标志之一。

## 2 现代计算机的特点

### 1. 计算机的外部特性

- (1) 运算速度快。
- (2) 计算精度高。
- (3) 重复性好。
- (4) 信息储存性好。
- (5) 通用性强。
- (6) 逻辑判断能力强。
- (7) 自动化程度高。

2. 计算机的内在特性 计算机的外部特性来源于计算机固有的内在特性。

- (1) 极高的信息处理速度。
- (2) 数字化的信息编码方式 (二进制)。

(3) 逻辑判断和处理的能力。

(4) 存储程序方式。

其中，二进制与存储程序方式两者尤为至关重要。可以说，现代计算机的基本原理主要基于二进制与存储程序方式。

## 3 计算机的组成

计算机系统是以硬件为基础、软件为灵魂，由硬件与软件有机地结合而构成的统一整体。

### 3.1 硬件

硬件是计算机系统在实际装置的总称，它由电子线路和机械部件组成，是看得见、摸得着的“硬设备”。硬件包括主机和外部设备。主机主要由运算器、控制器、内存存储器 (简称内存) 组成，运算器与控制器合在一起称为中央处理机 (CPU)；外部设备指与主机交接时信息进入与取出的设备，包括基本输入、输出设备与外存储器 (简称外存)。此外，还有电源、控制台等。当计算机应用于实时控制等用途时，通常还需要模/数转换器和数/模转换器、开关量输入/输出及数据终端等，这些设备一般称为外围设备。主机通过通道和外部设备、外围设备连接。

其中，运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备是计算机硬件的五大功能部分。计算机硬件的组成如图13·1-1所示。图13·1-2示出了计算机的一般结构，图中实线表示信息 (数据和指令) 的传送方向，虚线表示控制命令的传送方向。

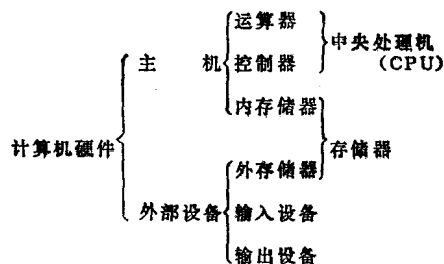


图13·1-1 计算机硬件的组成

1. 运算器 运算器的功能是对数据进行运算和处理。计算机中实际的计算工作是由运算器完成的。运算器能快速地进行加、减、乘、除等算术运

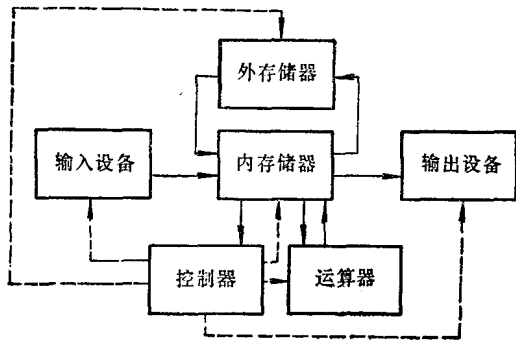


图13-1-2 计算机的一般结构

算和若干逻辑运算。在整个运算过程中，它不断地从内存器取得数据，并把计算结果送回内存器。

2. 控制器 控制器的功能是统一指挥和控制全机各部分按程序中的指令进行工作。控制器从内存器取出控制机器动作的指令，译码后产生一串脉冲使其他部分相应电路进行动作以执行此指令。控制器在完成当前指令所要完成的操作后，需取出下一条指令。下一条指令在内存器中的地址可用以下两种方法确定：其一是由上一条指令指出，另一是用专用程序计数器来确定，后者是较普遍采用的方法。当出现转移指令时，控制转移到指定的某一步，然后由此接着进行下去。如是进行以致完成给定程序。可见，控制器按照程序的指定来控制全机各部分按要求动作。

3. 存储器 存储器的功能是实现信息的记忆与存取。对存储器的要求是：一定的存储空间、快的存取速度和可靠的工作。由于技术上与经济上的原因，计算机的存储器分为主存储器和辅助存储器。根据其在计算机中的位置，通常把主存储器称为内存器，把辅助存储器称为外存储器。

1) 内存器 内存器用来储存计算程序、原始数据与中间结果等。与外存储器相比，内存器的容量较小、价格较贵。在大型高速计算机中内存器又分为缓冲存储器（缓存）与主存储器（主存）。缓冲存储器用以储存立即使用的数据、指令以及中间运算结果；主存储器用以储存主程序、主要子程序和常用数据。

2) 外存储器 外存储器又称辅助存储器（缓存），它起辅助储存作用，可储存大量信息。需要时可把它所储存的信息成批转移给内存器，也可把内存器的信息转移给外存储器。外存储器的特

点是容量大、成本低，但存取速度较慢。常用的外存储器有磁带、磁盘、磁鼓等。

由于辅助存储器上的信息是以文件的形式进行组织和保存的，辅助存储器又称文件存储器。显然，这样的文件存储器起到输入设备和输出设备的作用。用作输出设备，可把计算机内存中的信息以文件形式保存到文件存储器中。用作输入设备，可把文件存储器中以文件形式保存的信息装入到内存中。

4. 输入设备 输入设备的功能是接受计算机外界的信息（如原始数据和指令等），并把它以适宜的编码形式传送到内存器中。常用的输入设备有纸带输入机、卡片输入机、键盘等。

5. 输出设备 输出设备的功能是把机器的运算处理结果传送到外界。常用的输出设备有各种打印机、终端显示器、绘图仪等，用以产生可为人们容易处置和理解的输出。也可把输出结果输出在穿孔纸带、穿孔卡片或磁带、磁盘上，用以保存要保留下来以便以后使用或要进一步处理的信息。

### 3.2 软件

计算机软件是管理和运用计算机的各种计算机程序以及运行及维护这些计算机程序所需的文档资料的总称，是计算机系统的灵魂。这里提到的计算机程序，不同于为求解某个具体问题而设计的一般解题程序。它们是这样一类计算机程序：它们是为了方便用户使用、充分发挥计算机功能、提高计算机使用效率而事先编制的计算机程序，它们是用来辅助其他程序的产生、调试、维护和有规则地运行的计算机程序。

软件可分为系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件 系统软件是用于计算机系统内部的管理、维护、控制和运行以及计算程序的翻译、装入、编辑、控制和运行的程序。系统软件是计算机的必要的组成部分，故又称驻机程序。系统软件主要包括以下几部分：操作系统、语言加工程序、服务程序、数据库管理系统等。

2. 应用软件 应用软件是为方便某种应用，解决某一类问题，针对不同专业用户的需要所编制的大量的应用程序。如进一步将它们实现标准化、模块化，就形成了解决各种典型问题的应用程序的组合，这就是应用软件包，例如图形软件包、会计软件包、仿真软件包等。应用软件包是由计算机厂商和专业用户提供的商品，其他用户需要时可以购

买，只要基本的操作系统支持就可方便地应用。

由计算机硬件、软件构成的计算机系统，如图13-1-3所示。

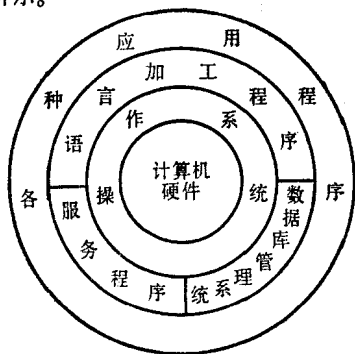


图13-1-3 由硬件、软件构成的计算机系统

#### 4 计算机的性能指标

1. 字长(word length) 字长指一个机器字的长度，以位(bit)为单位，因机器而异，例如，字长4位、8位、16位、32位或64位。计算机字长影响到计算机的精度、功能和速度。

2. 主存容量(memory capacity) 指可存储在计算机主存中的数据总量，以字节为单位。例如，微型计算机的主存容量一般最大为64kB(千字节)，其中1k=1024；大型计算机的主存容量通常在1MB以上，其中1M=1024k。主存容量的大小关系到计算机可处理的数据量和程序的大小，从而确定可计算问题的大小。若主存容量不足以容纳待计算的数据和程序，势必要动用辅存(辅助存储器)，但这将减慢计算。另外，主存容量小，则势必要求操作系统、编译程序等软件尽量紧凑，占用较少的存储容量，或借助辅存来解决。

3. 指令执行时间(周期时间) 指机器执行一条指令(通常为加法指令)所需的时间，是衡量计算机处理能力的重要指标，以 $\mu s$ (微秒)为单位。例如，大型机的典型加法时间为十分之几微秒，微型机的典型加法时间为 $2\mu s$ 。

4. 运算速度 一般以每秒完成的定点加法的次数来衡量，例如，200万次/s。

5. 输入/输出数据最高传送率 输入/输出(I/O)传送率不仅决定计算机可用什么外部设备，还决定与外界对象交换数据的速度。I/O传送率以字节/s为单位。例如，大型机的I/O传送率达几十兆字节/s，它适用于要求外界响应时间为微秒( $\mu s$ )数量级的场合，而微型机的I/O传送率仅几

百K字节/s，只适用于速度较慢的场合。

6. 通用寄存器的数目 通用寄存器是在CPU中直接与运算器打交道的寄存器，用来保存常用数据或中间结果，可看作是快速的存储器。采用通用寄存器可减少CPU访问主存所花费的时间。因此，计算机中通用寄存器的数目多少也是影响计算机性能的一项指标。大型机通常有几十个通用寄存器。

7. 配备的软件 计算机所配备的软件是否齐全是关系到计算机功能是否丰富的重要性能，选择机型时应加重视。

#### 5 计算机的分类

计算机可按用途、规模大小、指令流和数据流的可能组合进行分类，如图13-1-4所示。

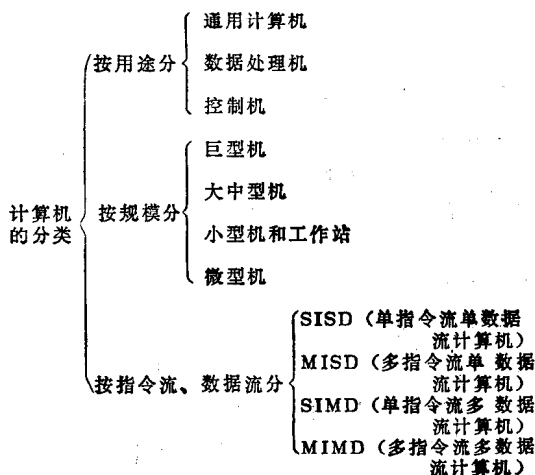


图13-1-4 计算机的分类

##### 1. 按用途分

(1) 通用计算机(general-purpose computer) 用于科研与工程设计中复杂的数学问题(例如微分方程、代数方程等)的计算、物体运动规律的计算和最佳方案的选择等。例如，用于导弹、人造卫星的运动轨迹的计算，热核反应、分子运动、晶体结构、流体力学、热力学、应力、光学等的计算，水坝、桥梁、厂房等设计中最佳方案的选择等。

(2) 数据处理机 用于综合分析数据。例如，用于对实验数据、观测数据、统计数据、原始数据等进行归纳、整理、排序、分类、归并和统计，自动绘出数据分布曲线或自动打印报表。又例如对图书资料、科技信息、经济信息、人事档案、航空卫星摄影图片等进行保存、检索。

(3) 控制机 又叫实时控制机，即实际、及时地搜集检测数据，经过计算和判断，按最佳值进

表13·1-1 各种类型计算机的性能比较

	巨型机	大中型机	小型机与工作站	微型机
字长(位)	64以上	32~64	16或32	4~16(32)
主存容量(字节)	10M以上	1M以上	64k~1M	最大64k
周期时间( $\mu$ s)	约百分之几	约十分之几	约几	约几
运算速度(次/s)	几~几十亿	500万以上	200~500万	200万以下
I/O最高传送率 (字节/s)	—	几十M	几M	几百k
通用寄存器个数	—	约几十个	8~16个	约8个

表13·1-2 几种典型计算机的性能比较

	巨型机 CYBER-203	大型机 IBM370/168	小型机 PDP11/45	微型机 MCS-80
字长(位)	64和32	32	16	8
主存容量(字节)	16M	8.4M	256k	64k
加法执行时间( $\mu$ s)	0.01	0.13	0.9	2.0
运算速度(次/s)	1亿	770万	110万	50万
I/O最高传送率 (字节/s)	—	16M	4M	500k
通用寄存器个数	—	64个	16个	7个

行自动控制。

2. 按规模大小分 表13·1-1列出各种规模大小的计算机性能指标比较。

表13·1-1中列举的数字仅指一般情况, 只作对比参考。

表13·1-2列出典型机器的性能比较。

3. 按指令流和数据流的组合分 计算机的工作过程是通过一串指令的执行实现对一组数据的处理。数据流(Data stream)有单数据流(SD)和多数据流(MD)之分, 指令流(Instruction stream)也有单指令流(SI)和多指令流(MI)之分, 两者的可能组合有四种, 据此分类有 SISD、MISD、SIMD、MIMD 四种类型的计算机。

(1) SISD(单指令流单数据流计算机) 目前使用的大多数串行计算机属于 SISD 计算机, 例如PDP-11属于 SISD 类型的计算机。

(2) MISD(多指令流单数据流计算机) IBM-370是 MISD 计算机的一个例子。在MISD计算机上作业也是串行处理的。

(3) SIMD(单指令流多数据流计算机) SIMD是多处理机系统, 例如ILLIAC IV和CRAY-1均属于 SIMD 类型的计算机。

(4) MIMD(多指令流多数据流计算机) MIMD也是多处理机系统。其典型的例子是ARPA

网。

## 6 计算机的处理方式

1. 成批处理、远程成批处理、分时处理和实时处理 这是按处理目的的不同对计算机处理方式所作的分类。

1) 成批处理(batch processing) 指按某一时间间隔把一批作业(包括程序和数据)进行集中处理的处理方式。在成批处理中, 输入/输出通过靠近计算机的外设进行。其特征有以下三点。

- (1) 采用不开放工作制。
- (2) 作业连续处理。
- (3) 运算和输入/输出是并行的。

2) 远程成批处理(remote batch processing) 与前述的成批处理方式的不同之处是: 通过通信线路把作业从分散的远程终端输入到计算机, 经成批处理后, 把结果送回远程终端。

3) 分时处理(time sharing) 又称交互式处理(interactive processing) 多个用户同时分别以会话方式使用同一台计算机进行各自的作业。

4) 实时处理(real time processing) 指每当有处理请求或数据时就立即输入并能迅速及时地加以处理和输出符合系统环境动作的处理结果。其特点是即时处理、即时响应。它有以下三类应用。



(1) 联机询问和事务处理 使用计算机快速访问一批数据,把数据库更新或在其中插入新数据。每次询问或事务处理时间(例如进行一次飞机订票)与需要输入和显示信息的时间相比一般是轻微的。例如,用于飞机票预订、银行业务、股票交易、库存管理、情报检索、公用信息服务等。

(2) 报文交换 把从一场所接收到的报文按指明去向的目标报头自动送到另一场所,对每一输入(报文)的处理量很小。报文交换通常和公共电话网联结在一起使用。大的商业、工业和政府的企业和企业单位使用报文交换可实现办公室之间的高速通信。

(3) 数据采集和控制 这类应用对计算机能力和主存、辅存的处理速度都有较高的要求。它可用来实现工业上的过程控制和军事上的指令控制。

2. 联机处理和脱机处理 这是按系统的构成对计算机处理方式所作的分类。最常见的系统结构是把数据输入/输出点和计算机直接相联结。在这种情况下处理方式称为联机处理(on-line processing)。与之相对的是脱机处理(off-line processing)。前述的成批处理属于脱机处理,而远程成批处理则属于联机处理。分时处理和实时处理有联机的,也有脱机的。

综上所述,前述各种处理方式的的关系可用图13-1-5表示。

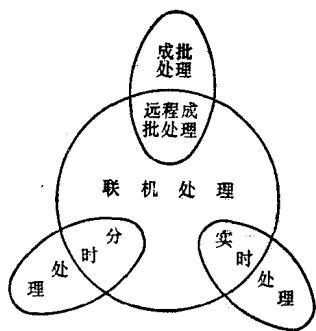


图13-1-5 各种处理方式的关系

## 7 存储器

1. 内存储器(internal memory) 简称内存。一个内存储器由许多存储单元组成。通常,每个存储单元存放一个信息代码。为了区分不同的存储单元,把它们按一定的顺序编号,这样的编号称为存储单元的地址。把信息代码存入存储单元或从存储单元取出信息代码这样的操作称为存取。有了地

址,就可按地址对存储器进行存取。

按照工作方式,内存储器可分为随机存取存储器和只读存储器。

(1) 随机存取存储器 随机存取存储器简称RAM(Random Access Memory),它是可随时存取其中任何单元的信息的存储器。构成RAM的器件主要有磁芯器件和半导体器件。由于半导体技术的飞速发展,从70年代起,磁芯存储器件已被半导体存储器件所取代。半导体存储器具有存取速度快、存储密度高、功耗低以及与其他集成电路部件容易匹配等优点,但它存在信息易失的缺点。一旦电源被切断,它所保存的信息将消失。半导体存储器的核心是由存储芯片构成的存储矩阵。一个存储矩阵是大量存储单元的集合,它们是由“按地址存取”的原则构成的,每个地址对应一个存储单元。信息的存取是以存储单元为单位进行的。所有存储单元具有相同的字长。通常字长为8位到64位。存储矩阵的大小决定了存储器的容量。存储容量是存储单元数目与存储单元字长之乘积。假设有一存储器,其存储矩阵有4096个存储单元,每个单元字长8位,则其存储容量为 $4096 \times 8$ 位,也可记为4096个字节或4K字节。

(2) 只读存储器 只读存储器是只能对已写(存)入的信息进行读(取)出的存储器,其中的信息是在脱机情况下用特定的方式写入的。只要不损坏,只读存储器中已写入的信息可永久性地保存。计算机不能改变其中的信息,已写入的信息也不会因断电而丢失。通常,只读存储器又分为ROM、PROM、EPROM三类。ROM(Read Only Memory)是由芯片制造厂使用掩膜工艺生产的只读存储器,通常用来储存生产批量大的固定程序。PROM(Programmable ROM)是可由用户编程的可编程只读存储器,用户可利用PROM写入器写入所要求的信息代码,但信息写入后就不能再更改。EPROM(Erasable PROM)是可擦可编程只读存储器,用户在写入信息代码后,尚可用紫外线擦除器擦掉原写入的信息代码以便重写新的信息代码。只读存储器可用作RAM的扩充存储器,用以存放固定的程序和消息。

2. 外存储器(external storage) 简称外存,又称辅助存储器(auxiliary storage)。

(1) 磁带与磁带机 磁带是涂有磁性表面的柔软带状磁记录媒体,是一种大容量的顺序存储媒