



全国高等职业教育规划教材

计算机接口编程技术

张洪斌 邢海霞 何 涛 编著

- 与清华大学科教仪器厂主流产品TPC-2003A+配套使用
- 编程语言采用C语言，简单易学，符合企业潮流
- 教材内容以实践教学为主线，着重接口编程能力培养



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

计算机接口编程技术

张洪斌 邢海霞 何涛 编著

机械工业出版社

计算机接口编程是掌握与计算机底层硬件相关的程序开发所必备的技术。本书将以清华大学开发的 TPC-2003A+ 通用微机接口实验系统为基础设计的实践环节作为主线,理论和实践相结合,由浅入深、全面透彻地介绍计算机接口编程的相关技术和开发方法。

本书共分为 7 章,分别讲述了微型计算机接口寻址、中断计数、可调宽脉冲生成、数据通信、模拟信号检测和数字控制信号输出、综合项目实训、微机接口实验平台等知识和编程技能,既有计算机硬件的基础知识,又有丰富的编程实例。

本书可作为高职高专院校和相关培训学校的教材,也可作为广大计算机硬件相关程序设计爱好者的参考用书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 81922385, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机接口编程技术 / 张洪斌, 邢海霞, 何涛编著. —北京: 机械工业出版社, 2010.8

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-31448-6

I. ①计… II. ①张… ②邢… ③何 III. ①微型计算机—接口—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TP364.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 147383 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: 鹿 征

责任印制: 乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2010 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12 印张·292 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31448-6

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材计算机专业

编委会成员名单

主 任 周智文

副 主 任 周岳山 林 东 王协瑞 张福强
陶书中 龚小勇 王 泰 李宏达
赵佩华 陈 晴

委 员 （按姓氏笔画排序）

马 伟	马林艺	卫振林	万雅静
王兴宝	王德年	尹敬齐	卢 英
史宝会	宁 蒙	刘本军	刘新强
刘瑞新	余先锋	张洪斌	张 超
杨 莉	陈 宁	汪赵强	赵国玲
赵增敏	贾永江	陶 洪	康桂花
曹 毅	眭碧霞	鲁 辉	裴有柱

秘 书 长 胡毓坚

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

在当前计算机技术发展日新月异、网络技术渗透到各行各业的形势下，接口技术在计算机技术中所占有的地位较以前有明显下降，但对于将要从事单片机、ARM 嵌入式系统相关技术工作的技术人员而言，接口技术仍然是非常重要的。

“计算机接口编程技术”是在原“计算机组成原理和接口技术”课程基础上演变、发展的一门课程。产生这种变化的主要原因在于，“计算机组成原理和接口技术”课程中有比较多的原理性内容（如二进制运算、高速存储器等），还有一些比较传统、目前几乎不可能在实际项目中再使用的内容（如汇编语言等）。考虑高职学生的知识基础和课时限制等因素，本课程选择了与接口编程相关程度比较紧密的内容作为主要的教学内容。在适当弱化理论和较传统内容的基础上，强化了面向编程实战的实践性内容。本教材采用 C 语言而不是汇编语言作为编程语言，降低了课程的难度，同时，又能够比较好地与前后续课程衔接。

1. 本书的服务对象和教学目标

本书主要供高职高专计算机类专业的学生使用，学习目标主要有如下三个。

第一，使读者建立较完整的计算机结构、工作过程等方面的知识和概念。这是学习计算机软件和硬件技术必备的基础，掌握这些知识，将有助于学生学习能力的提高和长远发展。

第二，掌握与硬件相关的程序设计的基本技能。

第三，为后续的单片机、ARM 嵌入式系统课程打下良好基础。从过去几届学生的学习情况看，学好本课程将使学习后续课程的难度明显降低。

2. 本书的重点内容

本书的重点内容为与接口相关的程序设计技术，鉴于高职院校计算机专业的学生模拟电路的基础相对不足，所以课程中的相关电路技术均采用数字电路，没有考虑让学生自己设计和制作电路，而是以使用已经调试好的接口电路为主（这对于电子、通信类专业的学生来讲就显得知识不足）。从这个角度上看，本书主要适用于计算机类专业的学生使用。

3. 实践教学条件需求

本课程最显著的特点是软硬件结合，因此教学过程中的实践教学环节成为最关键的因素。作为课程实践教学环节的设备基础，与本书配套的是清华大学科教仪器厂生产的 TPC-2003A+ 通用微机接口实验系统。实验系统提供了较完整的实践教学内容。为了方便教学，编者又进行了二次加工。经过 2008 年以后的两轮教学实践，已证明它较好地处理了教学过程的一些细节问题。

4. 本书的内容安排

本教材的教学内容组织以实践环节为主线，用 C 语言来编程，在尽量降低学习接口编程难度的同时，以接口寻址、中断系统、计数器/控制器、数据通信和模数及数模转换为主要教学内容，将理论部分和实践教学指导部分结合为一体，便于教师进行理论实践一体化教学。

是否独立安排一周的实训，由任课教师根据实际情况确定。

本书由张洪斌、邢海霞、何涛编著，编写人员分工为：第 1 章由张洪斌编写，第 2 章由张洪斌、邢海霞编写，第 3 章由邢海霞、何涛编写，第 4 章由邢海霞编写，第 5 章由张洪斌、何涛、邢海霞编写，第 6、7 章由邢海霞编写，全书由张洪斌统稿。

限于编者水平，书中难免有不足之处，恳请读者提出宝贵意见和建议。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 微型计算机接口寻址	1	1.6.2 片选地址	51
1.1 微型计算机概述	1	1.6.3 D 触发器	51
1.1.1 微型计算机组成	1	1.6.4 I/O 接口寻址编程	53
1.1.2 微型计算机的主要性能指标	3	本章小结	55
1.1.3 微型计算机的分类和用途	4	习题和课后任务	55
1.1.4 数制和数据编码	6	第 2 章 中断计数	57
1.2 微处理器	8	2.1 8259A 中断控制器简介	57
1.2.1 运算器和控制器	8	2.1.1 8259A 中断控制器引脚和 内部结构	57
1.2.2 8086/8088 微处理器	10	2.1.2 8259A 中断控制器功能及 原理	59
1.2.3 指令系统	18	2.2 8259A 中断控制器的应用	63
1.3 存储器	22	2.2.1 8259A 在 PC 中的应用	63
1.3.1 内存和外存	22	2.2.2 8259A 编程举例	65
1.3.2 半导体存储器	23	2.3 中断系统扩展	67
1.3.3 存储器芯片的基本组成和 工作原理	25	2.3.1 中断系统功能	67
1.3.4 存储器与系统的连接	28	2.3.2 BIOS 功能调用和 DOS 功能 调用	67
1.3.5 存储系统的体系结构	35	2.3.3 在 C 语言环境下使用 BIOS 调用和 DOS 调用	69
1.4 微机接口	36	2.4 单脉冲触发中断计数	71
1.4.1 微机接口定义	36	本章小结	76
1.4.2 微机接口分类	36	习题和课后任务	76
1.4.3 接口功能	37	第 3 章 可调宽脉冲生成	78
1.4.4 I/O 接口基本结构	38	3.1 8253 定时/计数器	78
1.4.5 接口数据传送的控制方式	41	3.1.1 8253 定时/计数器功能	78
1.5 C 语言与接口操作相关的 运算符和函数	44	3.1.2 8253/8254 定时/计数器内部 结构和引脚	79
1.5.1 C 语言与接口操作相关的 运算符	44	3.1.3 8253/8254 定时/计数器工作 原理	81
1.5.2 C 语言中的接口输入/输出 函数	45	3.1.4 利用 8253/8254 定时/计数器 进行单脉冲计数	87
1.6 I/O 地址译码和接口寻址 操作	47		
1.6.1 总线概念	47		

3.2 定时/计数器 8253 扩展应用	89	5.2 A/D 转换器原理和编程	135
3.2.1 定时闪烁灯	89	5.2.1 A/D 转换原理	135
3.2.2 8253 在步进电机转速控制 系统中的应用	91	5.2.2 A/D 转换器的主要技术参数 ...	138
本章小结	94	5.2.3 ADC0809 功能、结构	138
习题与课外任务	94	5.2.4 ADC0809 线路连接相关 问题	140
第 4 章 数据通信	95	5.2.5 ADC0809 与微机的接口 方式	141
4.1 并行通信接口芯片 8255A	95	5.2.6 ADC0809 编程	141
4.1.1 并行通信概述	95	5.3 D/A 转换器原理和编程	143
4.1.2 可编程并行通信接口 8255A	96	5.3.1 D/A 转换原理	143
4.1.3 利用 8255A 进行开关量检测 ...	104	5.3.2 DAC0832 功能和结构	145
4.2 LED 数码管显示	107	5.3.3 DAC0832 线路连接	146
4.2.1 LED 显示器	107	5.3.4 DAC0832 编程	148
4.2.2 静态显示编程	109	本章小结	150
4.2.3 动态显示编程	110	习题与课后任务	151
4.3 LED 点阵显示	112	第 6 章 综合项目实训	152
4.3.1 LED 点阵显示原理	112	6.1 项目一 竞赛抢答器	152
4.3.2 74LS273 简介	114	6.2 项目二 交通灯控制	154
4.3.3 LED 点阵显示编程	115	6.3 项目三 数字录音机	156
4.4 继电器控制	117	6.4 项目四 电子琴	158
4.4.1 继电器概述	117	本章小结	160
4.4.2 继电器分类	117	习题与课后任务	161
4.4.3 直流电磁继电器内部结构及 工作原理	118	第 7 章 微机接口实验平台	162
4.4.4 继电器控制系统编程	118	7.1 微机接口实验平台概述	162
4.5 串行通信和串行通信接口	121	7.2 系统组成和安装方法	162
4.5.1 串行通信	121	7.2.1 系统基本组成	162
4.5.2 串行通信传送方式	121	7.2.2 安装步骤	163
4.5.3 串行通信原理	122	7.3 系统提供的主要实验电路	164
4.5.4 串行通信传送速率	123	7.3.1 I/O 地址译码电路	164
4.5.5 串行接口标准	123	7.3.2 总线插孔	165
4.5.6 可编程串行通信接口 8251A ...	125	7.3.3 时钟电路	165
4.5.7 串口通信编程	131	7.3.4 逻辑电平开关电路	165
4.6 并行通信和串行通信的比较 ...	133	7.3.5 LED 显示电路	166
本章小结	133	7.3.6 七段数码管显示电路	166
习题与课后任务	134	7.3.7 单脉冲电路	167
第 5 章 模拟信号检测和数字控制 信号输出	135	7.3.8 逻辑笔	167
5.1 A/D 和 D/A 的用途	135	7.3.9 继电器及驱动电路	167
		7.3.10 复位电路	168

7.3.11 接口集成电路	168	7.3.19 使用外加直流电源注意	
7.3.12 跳线开关 (JP)	168	事项	169
7.3.13 +5V 电源插针	168	7.3.20 高位地址选择电路	170
7.3.14 通用集成电路插座	168	本章小结	170
7.3.15 数字电路实验区	169	课后习题和任务	171
7.3.16 接线端子	169	附录 1 DOS 功能调用	
7.3.17 50 线总线插座信号	169	(INT 21H)	172
7.3.18 直流电源开关和存储器		附录 2 BIOS 功能调用	176
地址选择开关	169	参考文献	180

第 1 章 微型计算机接口寻址

本章要点:

- 微型计算机的逻辑结构、物理结构、性能指标、数制和数据编码。
- 微型计算机的组成、性能指标、分类、用途、数制和数据编码等方面的基础知识。
- 微型机结构、存储器、微处理器（含 PCI 总线）。
- C 语言接口操作运算符和函数、接口结构和数据传送方式。
- 接口编程操作基本知识。

1.1 微型计算机概述

1.1.1 微型计算机组成

目前使用的计算机可分为大型、中型、小型和微型。这些计算机的基本结构和工作原理是类似的，而人们在实际工作和生活中普遍接触的是微型计算机。

1. 计算机逻辑结构

在计算机发展的历史上，整体结构一直是按照冯·诺依曼的设计思想发展的，其基本思想如下。

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先存储于主存储器，然后再启动计算机程序工作。

3) 计算机的组成包括：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备，如图 1-1 所示。其各个部分的基本功能分别为：运算器负责计算机的运算、处理工作；控制器负责控制计算机内各个部件协调工作；存储器负责存储程序和数据；输入设备负责为计算机获得外部输入信号；输出设备负责将计算机的处理结果提供到外部世界。

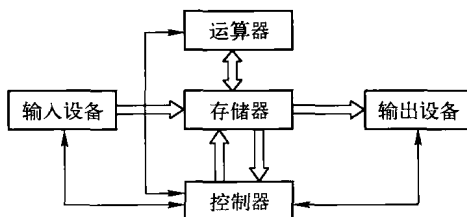


图 1-1 计算机基本组成

冯·诺依曼关于计算机结构的设计思想是计算机发展史上的一个重要里程碑。下面来分析其设计思想。

采用二进制表示数据和指令，这是从计算机结构的简化和可实现性角度出发考虑问题的

必然结果。我们由已经学习过的电路课程可以知道，二进制数据的任何一位只有“0”和“1”两种状态，比较容易由数字电路实现，而数字电路的输出端工作有饱和和截止两种状态，按正逻辑可以分别表示“0”和“1”两个数值。但是，如果要在计算机内采用人们已经习惯使用的十进制，在用硬件表示一位数据时，需要电路输出 10 种状态，同样，识别一位数据的电路也要能够判别 10 种状态，这将使计算机的硬件电路变得十分复杂，从电路实现的角度看，电路的复杂性是难以承受的。

将程序和原始数据先存储于主存储器中，然后再启动计算机程序工作，这种工作方式为计算机的实用化提供了基础。在实际使用过程中，往往是由计算机专业人员或懂得计算机知识的其他专业的人员预先设计、调试好软件程序，然后供计算机软件用户使用。

计算机的五大组成部件是按照功能对计算机部件进行分类的，是对计算机部件类型的合理抽象和归类。在过去几十年中，计算机设备在种类、数量上有很大的发展和变化，但各种设备的功能最终都可以归类于 5 大设备中的某一种或一种以上。

冯·诺依曼的计算机结构所描述的是计算机的逻辑结构。所谓逻辑结构是按照逻辑、功能、信号流程的关系描述计算机设备，与计算机的实际存在形式没有严格的对应关系。逻辑结构从原理上描述计算机，更方便人们对计算机原理的学习，所以计算机结构和原理的初级课程都以逻辑结构为主线。

2. 计算机物理结构

与计算机逻辑结构不同，计算机物理结构按照计算机部件的存在方式、位置关系等描述计算机，是人们实际接触的计算机的外在表现。从总体上来说，计算机包括硬件和软件。硬件根据其存在形式又有所不同，表 1-1 所示为计算机组成。

表 1-1 计算机组成

大 类	部 件	具 体 构 成
硬件	微处理器	运算器、控制器、片内寄存器组、高速缓冲寄存器
	内存	ROM: PROM、EPROM、EEPROM RAM: SRAM、DRAM
	I/O 接口电路	串行接口、并行接口、USB 接口等
	系统总线	数据总线、地址总线、控制总线
	外部设备	键盘、鼠标、打印机、磁盘、光盘等
	电源	
软件	系统软件	操作系统、监控程序、编程语言环境等
	应用软件	各种专用功能的程序，如行业管理信息系统、过程控制软件等
	设计和使用文档	《可行性分析报告》、《需求分析》、《概要设计》、《详细设计》、《测试报告》、《使用说明》等

对表 1-1 做下列说明。

微处理器包含了冯·诺依曼结构中的运算器、控制器；高速缓冲寄存器（CACHE）是 20 世纪 90 年代出现的、用于提高程序运行速度的高速存储器，从编程的角度出发，人们在一般程序编制时是感觉不到高速存储器存在的。

微处理器、内存、I/O 接口电路、系统总线等一般都安装在计算机主板上。

外部设备是计算机中变化最多的部分，计算机上所能连接的外部设备种类繁多，外部设

备的多样化能够决定计算机使用场合的多样化。人们可以根据计算机使用场合的不同，对计算机的外部设备构成进行定制化的裁剪。这就是人们在不同场合所见到的计算机在形态上有所不同的原因。

从本质上讲，软件应该包括程序、数据和文档。程序是可以运行的代码；数据是程序操作的对象和结果；而文档是软件设计过程、使用过程的产物。从软件工程的角度考虑，文档是十分重要、不可缺少的。

用计算机的逻辑结构和物理结构分别描述计算机的组成，在本质上具有一致性，因为两种描述方法所描述的对象是相同的。二者的区别在于：计算机逻辑结构从功能、信号流程等方面描述计算机，是对计算机同类部件的抽象，适合于学习和研究计算机的工作过程和原理，所以一般计算机原理的教材内容按照逻辑结构的顺序进行说明；而计算机物理结构描述计算机部件的实际存在方式，是对实际使用的计算机各个部件的具体描述，适合于学习计算机硬件设备的使用、维护等，所以一般计算机硬件技术、维护维修的教材内容按照计算机物理结构的顺序说明。

因此，要完整地学习和掌握计算机原理，需要从计算机逻辑结构和物理结构两个方面综合考虑。

1.1.2 微型计算机的主要性能指标

微型计算机的性能是由多项技术指标综合确定的，既包含硬件的各类性能，又包括软件的各种功能，这里简要说明硬件的技术指标。

1. 字长

计算机中的信息是用二进制表示的，用一个数字电路表示一位二进制，在 CPU 处理数据时，往往将一组二进制数据作为一个整体来操作，这个用于并行处理的二进制位数就是字长，字长通常与 CPU 内部的寄存器、运算器和数据传输线路的宽度相一致，因此字长是 CPU 内部寄存器的位数，字长越长，用定点二进制表示数值的范围也越大，精度也越高。字长会影响机器的运算速度。倘若 CPU 字长较短、又要运算位数较多的数据，那么就需要经过两次以上的运算才能完成，并取得与字长较长 CPU 相同的运算精度，这样势必影响整机的运行速度。字长对计算机硬件的造价也有较大的影响，随着 CPU 技术的发展，字长已经由初期的 4 位发展到目前的 32 位。

2. 存储容量

存储器包括内存和外存，这里存储容量主要指内存容量。内存容量是指内存中存放二进制代码的总数， $\text{存储容量} = \text{存储单元个数} \times \text{存储字长}$ ，存储器容量用字节作为单位，1 字节已习惯定义为 8 位二进制数。

存储容量与计算机的地址线数相关。在过去的 20 多年时间里，微型计算机内存的主流配置逐步增大，从早期的 640KB、1MB、2MB 发展到目前的 512MB、1GB、2GB 等，这种变化与集成电路技术的发展水平相一致。同时，由于地址线数量的限制，微型计算机的最大内存容量是有限制的，32 位地址线所能支持的最大内存容量为 4GB。

3. 运算速度

运算速度是计算机进行数值计算和信息处理的快慢程度，以“次/s”表示，运算速度与许多因素有关，主要取决于主频（时钟频率）、字长、运算位数、总线结构等硬件特性，提

高计算机的运算速度是多年来计算机技术发展所追求的主要目标，计算机的运算速度也是一个综合性指标。

由于计算机运算过程的复杂性，对计算机的运算速度已经不能单纯用“次/s”来体现。随着计算机完成任务种类的多样化，对计算机运算速度可以用几种方法描述，如每秒完成整数运算的次数、浮点运算的次数、显示图形的帧数等。

目前，有多种专用软件用于测试计算机的速度，其功能是在给定计算任务的情况下，测试计算机的速度“指数”，这个指数可以大致反映计算机的运算速度。

4. 系统配置

一台实用的计算机除必需的主机（主板、内存、CPU）、外设（键盘、鼠标、显示器、硬盘、光驱、打印机）、电源外，还要配置其他必要的外设和各种软件。在这些配置项目中，CPU、内存、主板是决定计算机性能的主要因素，而外设配置档次、软件配置的丰富程度决定了计算机使用的方便程度。对于实用的计算机而言，要综合考虑性能和功能，以满足使用要求为基本目标，而不必片面追求高指标。

5. 性能/价格比

性能/价格比是选购微机计算机时必须考虑的最重要的因素，要从计算机用户的实际需求出发，在性能和价格两个因素之间权衡，选取性能/价格比高的计算机系统。

1.1.3 微型计算机的分类和用途

由于微处理器是决定微机性能的主要因素，因此微机分类主要以微处理器性能、功能为主要参考。

1. 按字长进行分类

以 Intel 系列微处理器为例，在过去的 30 多年中，经历了 4 位微机（Intel 4004）、8 位微机（Intel 8080/8085）、16 位微机（8086/8088/80286）和 32 位微机（80386 及其以后产品）的变化，目前普遍使用的是 32 位微机。

2. 微机系统和嵌入式系统

人们平时一般使用的是微机系统，即包括完整的主机、电源和外设等。微机系统功能齐全，具有标准化的硬件和软件配置。但是，在一些特殊场合，不能将微机系统保持原有形式照搬到特殊系统中，例如对于使用场合、体积等有特殊要求的系统；在飞机、汽车等装置上就需要特殊形态的计算机系统。人们将计算机系统按照实际需要嵌入到应用系统后所构成的系统称为嵌入式系统。

嵌入式系统主要用于通信、测控、数据传输、数字娱乐设备等实时处理能力要求比较高的系统。过去的嵌入式系统主要采用单片机作为处理器，目前正在流行采用 ARM 系列处理器。嵌入式系统是本课程的主要后续课程。

3. 微型计算机的主要用途

(1) 科学计算

科学计算是计算机技术发展最原始的动力，最早的计算机就是为了解决军事领域的计算问题而设计的。60 多年来，尽管计算机技术取得很大的发展，但科学计算的功能仍然是计算机的最基本的用途之一。人们对许多现象已经熟视无睹，例如电视台的气象预报和卫星云图、人造卫星轨迹计算、水利工程大坝结构计算、飞行器空气动力参数计算等，其实，这些

工作都是在计算机进行复杂计算工作的基础上完成的。

目前，所有计算机编程语言都具有比较完善的数学计算功能。

(2) 过程控制

过程控制是计算机应用的一个最重要的方面，其本质是计算机直接参与各种计算机控制系统的检测、处理、通信和控制过程。目前，计算机控制的设备已经普及，其基本原理是借助计算机的检测、处理、通信和控制功能，通过 A/D 和 D/A 将计算机与设备联系成有机整体，实现设备工作过程的计算机自动控制。因此可以大大提高生产效率，节省材料，降低成本。

目前，制造业产量的大幅度提高、生产过程的优化、各种电子电气设备性能改进的主要决定因素之一是计算机控制技术的普及。

(3) 信息处理

信息处理是计算机的重要应用领域之一，经过几十年的发展，各类计算机管理信息系统已经普及于各行各业，许多过去由人工完成的处理工作已由计算机完成。我国最早在银行、税务等部门实现信息化，在医院、车站、银行、商场等许多场合使用计算机管理信息系统。目前，所有发展比较成熟的行业都实现了信息化，只是在不同地区的普及程度不同。计算机对业务过程和机关公文、人事、财务等信息进行全面管理，在业务流程发生的过程中，采集原始数据，并通过数据库存储数据，具备对各类信息的查询、统计、报表生成等功能，并进行决策支持，供各级领导参考。在实现业务流程计算机管理的基础上，计算机管理信息系统还实现了业务流程再造的功能，在系统设计阶段就通过使用计算机优化业务流程。

(4) 计算机网络及相关应用

计算机网络技术的发展最早出于信息共享的需求，但是，在计算机互联网普及以后，计算机网络的作用已经远远超出原有的信息共享、数据通信的范畴，而成为人们生活中密切而不可分割的部分。计算机网络提供了多种信息资源和各种生活、消费、通信、娱乐等多方面的服务，一些传统的行业正在受到计算机网络的冲击和改造。目前，各类计算机管理信息系统都是以计算机网络为基础实现数据共享的，在各类计算机软件、硬件技术产品中，网络化产品已经起到主导作用。

(5) 计算机辅助设计和制造

自 20 世纪 70 年代中期起，在现代工业生产领域中，已经开始利用计算机来参与产品辅助设计、产品辅助工艺设计、产品模拟样机、产品辅助制造、直至产品制造系统，到了 20 世纪 80 年代，计算机辅助设计（CAD）得到极大发展，目前在机械、电子、航空、船舶、汽车、纺织、服装、化工、建筑等各行各业中，CAD 得到广泛的应用。

计算机辅助制造（CAM）是以数控机床为主体，利用加工资源（刀具、夹具和各种另件）的数据库和加工程序，以及在加工过程中自动换刀及加工数据控制，综合数控、物料控制及储存、机器人、柔性制造、生产过程仿真等计算机相关控制技术，构成的计算机辅助制造系统。

计算机集成制造系统（CIMS）是信息技术和现代管理技术改造传统制造业、加强新兴制造业、提高企业市场竞争能力的一种生产模式。要形成计算机集成制造系统的企业，必须广泛地采用 CAD / CAM/CIMS 技术，在已经建立了企业管理信息系统（MIS）的条件下，通过生产、经营各个环节的信息集成，支持技术集成，最终达到物流、信息流、资金流的集

成。计算机集成制造系统是计算机管理信息系统、过程控制系统、网络系统的综合系统。

1.1.4 数制和数据编码

由于电路实现简单化的需要，在计算机内采用二进制来表示数据，使二进制成为计算机内数据表示的基本形式。因此，理解二进制数据在计算机内部工作的原理是学习计算机工作原理必备的环节。

1. 数制

数制中使用的数码个数称为基或模，数制的进位原则是“逢基进一”，具体数值的大小可以按照下列公式求取：

$$N=\sum(\text{数位 } i \text{ 的值})\times(\text{数位 } i \text{ 位权值})$$

例如：

十进制：329.11=3×10²+2×10¹+9×10⁰+1×10⁻¹+1×10⁻²

二进制：110011.11B=1×2⁵+1×2⁴+0×2³+0×2²+1×2¹+1×2⁰+1×2⁻¹+1×2⁻²

在计算机中用二进制表示数据，而人们在现实中习惯用十进制表示数据，因此必然存在不同数制的数据转换问题。具体的转换方法已经在“信息技术基础”等课程中学习了，在此不再赘述。

需要特殊说明的是，在实际应用过程中，最常用的是二进制、十进制和十六进制。其中，二进制是计算机内部数据的表示数制，与计算机的解算过程关系密切；十进制是人类习惯使用的表示数制，在人们日常生活中广泛使用；而十六进制是二进制的简约表示形式，十六进制本身没有实际意义，可以简化在表示二进制时因位数太多所带来的烦琐。

2. 数据编码

在计算机中，运算器中只有加法器，而没有专门的减法电路，这是因为采用了二进制补码。二进制补码统一了加减法，简化了硬件设计。

(1) 定点二进制数

1) 定点整数。定点二进制整数 D_nD_{n-1}D_{n-2}…D₇D₆D₅D₄D₃D₂D₁D₀ 具有(n+1)位，为充分利用计算机字长的效率，(n+1)一般为 8 的整数倍数，定点整数又分为有符号整数和无符号整数，有符号整数的最高位为符号位，正数的符号位为 0，负数的符号位为 1，无符号整数无符号位，只有数值位，因此，对于二进制整数 D_nD_{n-1}D_{n-2}…D₇D₆D₅D₄D₃D₂D₁D₀，满足表 1-2。

表 1-2 定点二进制数表示范围

数据种类	位数	符号位	数值位	数值范围
无符号整数	n+1	0	n+1	0≤N≤2 ⁿ⁺¹ -1
有符号整数	n+1	1	n	-(2 ⁿ -1)≤N≤2 ⁿ -1

2) 定点小数。定点二进制小数 D₀D₁D₂D₃D₄D₅D₆D₇…D_{n-2}D_{n-1}D_n，最高位为符号位，正数的符号位为 0，负数的符号位为 1，其余为数值位，小数点的默认位置为符号位和数值位之间，定点小数的绝对值小于 1，数据位数为 n+1 位，符号位 1 位，数值位 n 位，数值范围为

$$-(1-2^{-n})\leq N\leq 1-2^{-n}$$

(2) 二进制数的补码表示

引入补码是计算机技术发展过程中一件十分有意义的事件，其根本意义在于通过采用补码统一了加法和减法。补码对于定点二进制整数和小数都是适用的，补码变换规则如表 1-3 所示。

表 1-3 二进制数补码求取方法

编 码 种 类	正 数		负 数	
	符号位	数值位	符号位	数值位
原码	0	绝对值	1	绝对值
反码	同原码		1	原码数值位取反
补码	同原码		1	反码数值+1

由上表可见，对于正数，原码、反码、补码是相同的，但对于负数，原码、反码、补码是不同的。在实际使用过程中，反码没有实质性意义，只用于中间转换，而补码是数据在计算机中的正常表示形式。

(3) 定点补码的加减法运算

定点补码的加减法运算符合下列规则：

$$[X+Y]_{\text{补码}} = [X]_{\text{补码}} + [Y]_{\text{补码}}$$

$$[X-Y]_{\text{补码}} = [X]_{\text{补码}} + [-Y]_{\text{补码}}$$

在上述公式中，当进行加法运算时，运算规则与普通加法类似，但当进行减法运算时， $[-Y]_{\text{补码}}$ 项是关键， $[-Y]_{\text{补码}}$ 的实际含义是“相反数的补码”，可以通过对 $[Y]_{\text{补码}}$ 项所有位（含符号位）进行“取反加 1”运算求得。显然，由于补码的应用，使得减法运算时可以引入“相反数的补码”，将减法运算转化为加法运算，这种转换使加法和减法运算得到统一，即都可以用加法运算实现，这正是计算机内引入补码的最重要的意义所在，它简化了计算机的硬件设计。

(4) 浮点二进制数

定点整数和定点小数在表示数值方面能够满足一些场合的使用需求，但其缺陷也是明显的，主要表现为数据表示范围有限，精度不够，这在程序设计和调试过程中是必须特别小心的。

例如：在计算 $S=N!$ 的值时，变量 S 的数据类型设置要充分考虑计算结果数值范围的大小，不能简单地设置以定点整数为基础的整型、长整型类型数据，因为这些类型的数值范围不足够大，很可能因为结果超出表示范围而发生溢出错误。同理，在运算需要小数位数的高精度数据时，定点小数也会因为有效数据位数不够而导致截断误差。

溢出和截断误差问题影响了定点整数和定点小数的实用价值。为了解决实际问题中对数据范围和数据精度的双重要求，在计算机中常常采用浮点数，浮点数的基本原理是用指数方式表示数据，其中，尾数用定点小数，指数用定点整数，底数默认取 2。浮点二进制数由于采用了指数表示，在数值的表示范围和精度上都较定点数有很大提高。

浮点二进制数由尾数和阶码两个部分构成，格式为 $X=B^n \times S$ 。

其中， S 为尾数，采用定点小数，包括尾符和尾数值，尾符就是整个数据的符号； n 为