

“十三五”规划教材
科学与工程类专业规划教材

单片微型计算机 原理及应用 (第2版)

◆ 徐春辉 陈忠斌 章海亮 主编

Electronic Information
Science and Engineering



“三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

单片微型计算机 原理及应用

(第2版)

徐春辉 陈忠斌 章海亮 主 编
张永贤 吴 翔 李 宋 高彦丽 聂 森 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从微型计算机的基本结构和工作原理入手,以 AT89S51 单片机为例介绍单片微型计算机的结构、工作原理及应用。注重基础性和实用性相结合,从二进制数和基本逻辑电路为起点阐述微型计算机的基本工作原理,并通过丰富的实例清楚、透彻地介绍基本概念、基本理论、基本方法。引入并尽早介绍 Keil μ Vision 和 Proteus,配备丰富的课堂演示实例,将实验室搬入课堂,使读者能够在学习之初就获得单片机应用系统设计调试的初步能力,并在后续的学习中不断强化和提高。本书采用汇编和 C51 双语言方案。本书提供配套电子课件、习题解答、教学指南和程序代码。

本书可作为高等学校本科非计算机专业相关课程的教材,也可供相关领域工程技术人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用/徐春辉,陈忠斌,章海亮主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2017.8
ISBN 978-7-121-32236-5

I. ①单… II. ①徐… ②陈… ③章… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 169360 号

策划编辑:王羽佳

责任编辑:王羽佳 特约编辑:曹剑锋

印 刷:三河市良远印务有限公司

装 订:三河市良远印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:22.75 字数:664 千字

版 次:2013 年 8 月第 1 版

2017 年 8 月第 2 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:49.90 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254535 wyj@phei.com.cn。

前 言

“单片机原理及应用”是电气与电子信息类、机械类等众多工科专业的必修课。在以往的教学安排中,很多学校都是将“微机原理”作为基础必修课,将“单片机原理及应用”作为专业课来开设的,这样,微型计算机的基础理论和实用技术都得以完整体现。随着高等学校教学改革的深入和本科生教学总学时的减少,许多高校的非计算机专业已经将这两门课程压缩成为一门课程,并且从偏向于实用性的角度出发,这门课程一般也命名为“单片微机原理及应用”或相关名称。虽然课程名称未变,但教学内容和教学目标都发生了很大变化。为了便于在较少的学时内使读者既能掌握单片机技术以直接解决工程实际问题,又能较系统地获取微机原理的基础知识与基础理论,为今后进一步拓展微机应用的深度和广度打下基础,这就要求对教学内容和教材做出改革。本教材正是基于这样一种思路编写的。在具体内容的组织安排上,重点考虑了如下几个问题。

(1) 在内容安排上,本书以数字电子技术为起点,以单片微型计算机技术的学习为主线,围绕这条主线补充微机原理的基础理论,从而将“微机原理”和“单片机原理及应用”这两门课程的内容有机地结合在一起,达到了理论性与实用性兼具的要求。这样安排既有利于读者掌握单片机技术,又有利于读者系统地掌握微型计算机的基础知识和基本理论。

(2) 技术的发展使得单片机的开发工具不断推陈出新,如 Keil μ Vision、Proteus 这些单片机软硬件的调试及仿真软件目前已得到广泛应用。这些软件既是单片机开发者的强大工具,也是单片机技术学习者得力的学习助手。因此,本书着力引入了这些新的技术与工具。本书尽量靠前安排这些工具软件的教学内容,以便读者能尽早将这些工具软件用于本课程的学习。除此之外,在所有涉及硬件的例题中给出 Proteus 的仿真方案,供教师用于演示,从而起到将实验室搬入课堂的效果,同时也能达到活跃课堂气氛、提高学生学习兴趣的目的。

(3) 考虑到汇编语言在单片微机原理学习上的重要性,本书依然把它作为基本的编程语言,并在教学内容体系上保持独立完整,不受 C51 语言程序设计部分的影响。同时,考虑到 C51 语言在单片机开发工程中的广泛使用,本书也引入了 C51 程序设计的知识,并在编程例题中同时提供汇编语言和 C51 语言的程序清单,以便对照学习。这部分内容作为基础教学内容的拓展部分加以星号标识,供教师根据学时数的情况选讲或交由学生自学。

(4) 单片机作为嵌入式微控制器,在工业测控系统、智能仪器和家用电器中得到了广泛应用。市场上单片机的品种繁多,但 51 系列单片机仍不失为单片机中的主流机型。其内部结构相对简单,是初学者学习单片机技术的最好对象,掌握了 51 系列单片机再延伸到其他单片机就比较容易了。而且 51 系列单片机有丰富的教学参考资料和价廉质优、易于获取的开发工具相配合,开发工具所提供的优秀的软/硬件仿真功能,为初学者学习单片机工作原理及提高程序设计和调试能力带来极大的便利。因此,本书以 51 系列单片机为核心,以系列中最具典型性、代表性的 AT89S51 为具体分析产品,系统地介绍单片微型计算机原理及应用。

(5) 由于课时和篇幅所限,本书不可能做到面面俱到,因此,在内容的安排上侧重于把基本原理和基本方法讲清、讲透。同时,为了拓宽读者的视野,本书对单片机应用的新技术和新器件也做了介绍,这部分知识作为拓展部分加星号标识,供教师选用。

(6) 为了达到强化基础、突出应用和便于自学的目的,本书力求文字精练、通俗易懂、深入浅出。书中提供了大量例题和应用实例,并对其进行了详尽的说明和论述,在每章最后设计了针对性较强的

习题与思考题,以帮助学生更好地巩固、理解课堂所学的内容。

(7) 单片机原理及应用是一门实践性很强的课程,实验在课程的教学起着非常重要的作用。但是,不同专业的侧重点不一样,不同学校的实验条件也可能不一样,因此,很难设置一套完美的实验方案普适所有的用户。本书作者准备另外编写单独的实验与课程设计指导书,供用户自由选用。

(8) 为服务于使用本书作为教材的教师,本书配套完整的教学支持资源,包括多媒体电子课件、调试通过的例题源程序文件、供教师课堂演示用的 Proteus 仿真的项目文件、习题与思考题的参考答案。教师可通过华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册下载。

本书深入浅出,层次分明,实例丰富,内容实用,可操作性强,特别适合作为普通高等学校非计算机类专业相关课程的教材,亦可作为高职高专或培训班的教材。

全书共分为 16 章。第 1 章主要以一个简单易懂的应用实例展示单片机应用系统设计所要面对的基本问题,从而为读者的学习指明方向;第 2 章介绍微型计算机的基础知识和基本原理,为单片机技术的学习打下基础;第 3~10 章详细介绍 51 系列单片机(AT89S51)的硬件结构、指令系统、程序设计方法、软/硬件模拟调试方法及片内各功能部件的原理与使用;第 11~15 章介绍单片机系统扩展技术和各种常用硬件接口及软件设计;第 16 章结合实例介绍单片机应用系统的设计与调试。全书的参考学时数为 48~72 学时。教师可根据实际情况,对各章节所讲授的内容进行取舍。

本书由华东交通大学徐春辉、陈忠斌、章海亮担任主编,张永贤、吴翔、李宋、高彦丽、聂森担任副主编,全书由徐春辉统稿和整理。

本书在编写过程中得到了国家级科学技术奖评审专家、“新世纪百千万人才工程”国家级人选、华东交通大学杨辉教授的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于计算机技术的发展日新月异,作者水平有限,书中疏漏和不足之处敬请读者批评指正。

编 者
2017 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.5.7 51 系列单片机简介	30
1.1 计算机的诞生、发展及基本结构	1	习题与思考题 2	32
1.2 计算机类型划分	2	第 3 章 51 系列单片机的硬件结构与 时序	34
1.2.1 通用计算机	2	3.1 AT89S51 单片机的结构概述	34
1.2.2 嵌入式计算机	2	3.2 AT89S51 单片机的外部引脚	35
1.3 嵌入式计算机的类别及应用特点	3	3.2.1 电源及时钟引脚	35
1.3.1 嵌入式计算机的类别	3	3.2.2 控制引脚	36
1.3.2 嵌入式计算机系统的应用特点	3	3.2.3 并行 I/O 口引脚	36
1.4 单片微型计算机应用系统举例	3	3.3 AT89S51 单片机的 CPU	37
习题与思考题 1	5	3.3.1 运算器	37
第 2 章 微型计算机基础	6	3.3.2 控制器	39
2.1 计算机中的数、编码和运算	6	3.4 AT89S51 单片机存储器的结构	39
2.1.1 计算机中常用的数制及相互 转换	6	3.4.1 程序存储器空间	39
2.1.2 微型计算机中常用的编码	7	3.4.2 数据存储器空间	40
2.1.3 微型计算机的运算基础	8	3.4.3 特殊功能寄存器	41
2.2 微型计算机的基本结构	11	3.4.4 位地址空间	45
2.2.1 存储器的组成及功能	12	3.5 AT89S51 单片机的并行输入/ 输出接口	45
2.2.2 微处理器的结构及工作原理	14	3.5.1 P0 口	46
2.2.3 输入/输出设备及其接口电路	19	3.5.2 P1 口	47
2.2.4 微型计算机的总线连接结构	20	3.5.3 P2 口	47
2.3 微型计算机的指令执行过程	22	3.5.4 P3 口	48
2.4 微型计算机系统	24	3.6 AT89S51 单片机的时钟电路与 时序	49
2.4.1 微型计算机系统的组成	24	3.6.1 AT89S51 单片机的时钟电路	49
2.4.2 微型计算机系统的性能指标	26	3.6.2 时序与时序定时单位	51
2.4.3 微型计算机的分类	27	3.6.3 AT89S51 指令的取指/执行 时序	52
2.5 单片微型计算机概述	27	3.6.4 AT89S51 对片外存储器的操作 时序	53
2.5.1 什么是单片微型计算机	27	3.7 复位操作与复位电路	55
2.5.2 单片机的发展历史	27	3.8 AT89S51 单片机的低功耗节电	
2.5.3 单片机的特点	28		
2.5.4 单片机的应用	28		
2.5.5 单片机的发展趋势	29		
2.5.6 单片机的主要制造厂商和机型	30		

模式与看门狗定时器·····	56	5.1.5 汇编语言程序设计的一般步骤·····	96
3.8.1 空闲模式·····	57	5.2 汇编语言源程序的基本结构·····	96
3.8.2 掉电运行模式·····	58	5.2.1 顺序结构·····	96
3.8.3 掉电和空闲模式下的看门狗定 时器 WDT·····	58	5.2.2 分支结构·····	97
习题与思考题 3·····	58	5.2.3 循环结构·····	98
第 4 章 51 系列单片机的指令系统 ·····	60	5.2.4 子程序·····	102
4.1 指令及其格式·····	60	5.3 51 系列单片机汇编语言实用 程序设计举例·····	105
4.1.1 指令系统概述·····	60	5.3.1 查表程序设计·····	105
4.1.2 指令描述符号的约定·····	61	5.3.2 散转程序设计·····	107
4.1.3 机器指令的字节编码格式·····	61	5.3.3 码制转换程序设计·····	108
4.1.4 符号指令的书写格式·····	62	5.3.4 运算程序设计·····	109
4.2 51 系列单片机的寻址方式·····	62	5.4 程序调试与集成开发环境软件 Keil μ Vision·····	110
4.2.1 立即寻址·····	62	5.4.1 程序调试概述·····	110
4.2.2 直接寻址·····	63	5.4.2 Keil μ Vision 软件简介·····	110
4.2.3 寄存器寻址·····	63	5.4.3 Keil μ Vision 集成开发环境中 调试单片机汇编语言源程序的 方法·····	112
4.2.4 寄存器间接寻址·····	64	习题与思考题 5·····	116
4.2.5 变址寻址(基址寄存器加变址 寄存器间址寻址)·····	64	*第 6 章 单片机的 C 语言程序设计 ·····	118
4.2.6 相对寻址方式·····	65	6.1 单片机 C 语言概述·····	118
4.2.7 位寻址方式·····	65	6.1.1 采用 C51 的优点·····	118
4.3 51 系列单片机指令系统分类 介绍·····	66	6.1.2 C51 的程序框架·····	118
4.3.1 数据传送类指令·····	66	6.1.3 C51 的程序开发过程·····	119
4.3.2 算术运算类指令·····	71	6.2 C51 的数据与运算·····	120
4.3.3 逻辑运算与移位指令·····	77	6.2.1 C51 的数据类型·····	120
4.3.4 控制转移类指令·····	79	6.2.2 C51 的数据存储类型·····	121
4.3.5 位操作类指令·····	84	6.2.3 C51 数据的存储器模式·····	121
4.3.6 51 系列单片机指令汇总·····	86	6.2.4 C51 的指针变量·····	121
习题与思考题 4·····	89	6.2.5 C51 对 SFR、可寻址位、 存储器和 I/O 口的定义·····	124
第 5 章 51 系列单片机汇编语言程序 设计及仿真调试 ·····	91	6.3 C51 的运算符和表达式·····	126
5.1 汇编语言程序设计基础·····	91	6.4 C51 的基本语句·····	129
5.1.1 机器语言、汇编语言与高级 语言·····	91	6.4.1 表达式语句·····	129
5.1.2 汇编语言的语句和格式·····	92	6.4.2 复合语句·····	129
5.1.3 伪指令·····	93	6.4.3 选择语句·····	129
5.1.4 汇编语言源程序的汇编·····	95	6.4.4 循环语句·····	130

6.5	C51 的函数	131	8.1.2	中断的分类	152
6.5.1	函数的分类	131	8.1.3	中断系统的基本结构及功能	152
6.5.2	C51 函数的定义	132	8.2	AT89S51 单片机的中断系统	157
6.5.3	C51 函数的调用	133	8.2.1	AT89S51 的中断请求源和 中断标志	157
6.5.4	对被调函数的说明	133	8.2.2	AT89S51 对中断请求的控制	159
6.5.5	C51 的库函数	133	8.2.3	AT89S51 中断处理的过程	161
6.6	C51 编程实例	133	8.3	中断系统的程序设计及实例	164
6.6.1	C 语言程序与汇编语言源程序的 关系	133	8.3.1	中断系统的程序设计	164
6.6.2	顺序程序的设计	135	8.3.2	中断系统程序设计举例	166
6.6.3	循环程序的设计	136	8.4	AT89S51 对外部中断源的扩展	170
6.6.4	分支程序的设计	136	8.4.1	采用中断加查询法扩展外部 中断源	171
6.7	汇编语言和 C 语言的混合编程	138	习题与思考题 8		174
	习题与思考题 6	139	第 9 章	51 系列单片机的定时器/计 数器	175
第 7 章	51 系列单片机 I/O 口应用与 软/硬件系统模拟调试	140	9.1	定时器/计数器概述	175
7.1	AT89S51 单片机 I/O 接口的 应用	140	9.2	AT89S51 单片机定时器/计数器 的结构	175
7.1.1	AT89S51 单片机 I/O 接口的 操作方式	140	9.2.1	工作方式控制寄存器 TMOD	176
7.1.2	I/O 接口的应用实例: 发光 二极管的控制	141	9.2.2	定时器/计数器控制寄存器 TCON	177
7.2	软/硬件系统的模拟调试与 Proteus 软件	143	9.3	定时器/计数器的 4 种工作 方式	177
7.2.1	Proteus 软件的特点	143	9.3.1	方式 0	177
7.2.2	Proteus 软件对于单片机教学的 重要意义	143	9.3.2	方式 1	178
7.3	Proteus 软件快速入门	143	9.3.3	方式 2	179
7.3.1	Proteus 工作界面	144	9.3.4	方式 3	179
7.3.2	使用 Proteus 进行单片机系统 仿真设计的步骤	146	9.4	对外部输入信号的要求	181
7.4	应用实例	146	9.5	定时器/计数器的编程和应用	181
7.4.1	原理图设计	146	9.5.1	定时器/计数器的编程	181
7.4.2	Proteus 仿真	149	9.5.2	定时器/计数器的应用举例	182
	习题与思考题 7	150	习题与思考题 9		195
第 8 章	51 系列单片机的中断系统	151	第 10 章	51 系列单片机的串行接口及其 应用	197
8.1	中断系统的基本概念	151	10.1	计算机串行通信基础	197
8.1.1	中断的定义和作用	151	10.1.1	计算机通信方式的分类	197
			10.1.2	串行通信的分类	198

10.1.3	串行通信的制式	200	11.5.1	数据存储器芯片类型的 选择	239
10.1.4	串行通信中的调制与解调	200	11.5.2	常用静态数据存储器 RAM 芯片简介	239
10.1.5	串行通信的校验	201	11.5.3	AT89S51 单片机与外部 RAM 的 接口电路设计	240
10.1.6	串行通信中串行 I/O 数据的 实现	201	11.5.4	单片机外扩数据存储器的 时序分析与使用	242
10.2	AT89S51 单片机串行口的 结构及工作原理	202	11.6	程序存储器和数据存储器的综 合扩展	243
10.2.1	串行口的结构	202	11.7	E ² PROM 的扩展简介	245
10.2.2	串行口的工作方式	204	11.7.1	并行 E ² PROM 芯片简介	245
10.3	AT89S51 单片机串行口的 应用	210	11.7.2	E ² PROM 的工作方式	246
10.3.1	串行通信的编程要点	210	11.7.3	并行 E ² PROM 与单片机的 接口设计	246
10.3.2	串行口在方式 0 下的应用	211	11.8	AT89S51 单片机片内 Flash 存储器的编程	246
10.3.3	串行口在其他方式下的 应用	214	11.8.1	AT89S51 单片机片内 Flash 存储器概况	247
10.4	单片机的主从式多机通信	222	11.8.2	AT89S51 单片机片内 Flash 存储器的编程	247
10.5	单片机与 PC 间的串行通信	223	习题与思考题 11	249	
10.5.1	单片机与 PC 串行通信的 硬件连接	223	第 12 章	51 系列单片机的并行 I/O 接口扩展	250
10.5.2	通信协议与通信程序	225	12.1	I/O 接口扩展概述	250
习题与思考题 10		226	12.1.1	I/O 接口的功能	250
第 11 章	51 系列单片机的存储器扩展	228	12.1.2	I/O 端口的编址	251
11.1	单片机系统扩展概述	228	12.1.3	单片机与 I/O 设备的数据 传送方式	252
11.2	51 系列单片机并行总线构造和 地址锁存器	229	12.1.4	单片机并行 I/O 接口的扩展 方法概述	253
11.2.1	并行总线的构造	229	12.2	简单 I/O 接口的扩展	253
11.2.2	外部地址锁存器	229	12.3	利用可编程接口芯片 82C55 扩展并行口	254
11.3	51 系列单片机地址空间分配和 地址译码器	230	12.3.1	82C55 芯片简介	254
11.4	程序存储器的扩展	234	12.3.2	工作方式选择控制字及端口 C 按位置位/复位控制字	256
11.4.1	程序存储器芯片类型的选择	234	12.3.3	82C55 的 3 种工作方式	258
11.4.2	常用 EPROM 芯片的简介	234			
11.4.3	访问程序存储器的控制信号	236			
11.4.4	AT89S51 单片机与 EPROM 的 接口电路设计	237			
11.4.5	单片机外扩程序存储器的 时序分析与使用	238			
11.5	数据存储器扩展	239			

12.3.4	AT89S51 单片机与 82C55 的 接口设计·····	261	初始化·····	293
12.4	利用可编程接口芯片 81C55 扩展并行口·····	262	13.4.4	AT89S51 单片机与 LCD1602 模块的接口示例·····
12.4.1	81C55 的内部结构和外部 引脚·····	263	13.5	AT89S51 单片机与微型打印机 TP μ P-40A/16A 的接口·····
12.4.2	单片机对 81C55 端口的控制·····	264		习题与思考题 13·····
12.4.3	81C55 的工作方式·····	265	第 14 章	51 系列单片机模拟量接口 技术·····
12.4.4	AT89S51 单片机与 81C55 的 接口设计及软件编程·····	267	14.1	51 系列单片机与 D/A 转换器的 接口·····
12.5	利用单片机的串行口扩展并行 I/O 口·····	269	14.1.1	器件选型·····
12.5.1	用 74LS164 扩展并行输出口·····	269	14.1.2	AT89S51 与 8 位 D/A 转换器 DAC0832 的接口设计·····
12.5.2	用 74LS165 扩展并行输入口·····	270	14.1.3	AT89S51 与 12 位 D/A 转换器 DAC1210 的接口设计·····
	习题与思考题 12·····	272	14.1.4	AT89S51 与串行输入的 12 位 D/A 转换器 AD7543 的接口 设计·····
第 13 章	51 系列单片机与常用外设的 接口设计·····	273	14.2	51 系列单片机与 A/D 转换器的 接口·····
13.1	AT89S51 单片机与 LED 数码管 显示器的接口·····	273	14.2.1	A/D 转换器简介·····
13.1.1	LED 数码管的结构与工作 原理·····	273	14.2.2	AT89S51 与逐次比较型 8 位 A/D 转换器 ADC0809 的 接口·····
13.1.2	LED 数码管显示器的工作 原理·····	274		习题与思考题 14·····
13.1.3	LED 数码管显示器应用 举例·····	276	*第 15 章	51 系列单片机的串行总线 扩展技术·····
13.2	AT89S51 单片机键盘接口 技术·····	278	15.1	I ² C 总线接口及其扩展·····
13.2.1	键盘的任务和分类·····	278	15.1.1	I ² C 串行总线概述·····
13.2.2	按键输入信号的特点和处理·····	279	15.1.2	I ² C 总线的数据传送·····
13.2.3	非编码键盘的工作原理·····	279	15.1.3	应用举例: AT89S51 与 AT24C02 的接口·····
13.2.4	单片机对键盘的监控方式·····	285	15.2	SPI 串行总线接口及其扩展·····
13.3	键盘/显示器接口设计举例·····	286	15.2.1	单片机扩展 SPI 总线的系统 结构·····
13.4	AT89S51 单片机与液晶显示器的 接口·····	290	15.2.2	单片机的 SPI 总线读写时序 模拟·····
13.4.1	LCD1602 模块的外形与 引脚·····	291	15.2.3	应用举例·····
13.4.2	LCD1602 模块的组成·····	291		
13.4.3	LCD1602 模块的命令及			

习题与思考题 15	332	16.4.1 设计任务及要求	340
第 16 章 单片机应用系统的设计与调试	333	16.4.2 总体方案设计	340
16.1 单片机应用系统的设计过程	333	16.4.3 硬件设计	341
16.1.1 单片机应用系统的基本要求	333	16.4.4 系统控制算法的实现	344
16.1.2 单片机应用系统设计的步骤	334	16.4.5 系统软件的实现	345
16.2 单片机应用系统设计	336	16.4.6 软件调试与系统仿真	345
16.2.1 硬件设计应考虑的问题	336	习题与思考题 16	347
16.2.2 典型的单片机应用系统	336	附录 A ASCII 码表	348
16.2.3 单片机应用系统软件的总体框架	337	附录 B 常用逻辑门电路图形符号对照表	349
16.3 单片机应用系统的仿真与调试	338	附录 C 按字母顺序排列的指令表	350
16.4 单片机应用系统设计举例——基于 AT89S51 和模糊控制算法的温控仪的设计	340	参考文献	353

第1章 绪 论

内容提要

本章介绍计算机的基本结构、发展概况、分类及嵌入式计算机系统的开发和应用特点。

教学目标

- 了解单片机的应用领域，知道单片机能干什么，以便提高学习的兴趣。
- 了解单片微型计算机系统应用开发的特点，增加今后学习的针对性。

1.1 计算机的诞生、发展及基本结构

世界上第一台数字电子计算机 ENIAC 是 1946 年 2 月 15 日在美国宾夕法尼亚大学诞生的，虽然这台计算机体积庞大，占地面积 170 平方米，重达 30 吨，与现代计算机相比，性能还非常低，每秒只能执行 5000 次加法运算，但它的问世却标志着计算机时代的到来，对人类的生产和生活方式产生了巨大的影响。

随着电子技术的迅猛发展，电子计算机也不断更新换代，迄今为止，已经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、超大规模集成电路计算机和目前正在盛行的高性能智能计算机这样五代，目前计算机正在向超高性能和超小体积两个方向发展。

尽管工艺和技术都发生了天翻地覆的变化，但是自从 1945 年由冯·诺依曼（John Von Neumann）提出“存储程序”工作原理以来，迄今为止，不论是巨型机、大型机、中型机、小型机还是微型机都遵循这个原理，存储程序计算机的工作原理可以归纳为 3 点：①计算机是通过执行程序来完成指定的任务的；②程序在执行之前存放在计算机的存储部件中；③程序不需要人工干预而自动执行。依据这个原理构建的计算机的基本组成如图 1-1 所示。由图可知，由输入设备、输出设备、运算器、控制器和存储器等五大部件组成计算机的硬件系统。

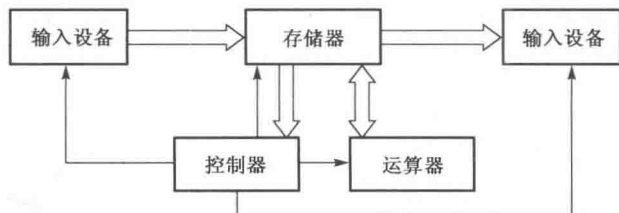


图 1-1 计算机的基本组成结构

输入设备的作用是把程序和原始数据转换成计算机能够直接识别与接收的代码，并存入计算机。例如，键盘就是一种输入设备。

存储器用来存放计算机中的所有信息，包括程序、原始数据、运算的中间结果及最终结果等。由于计算机只能直接识别和接收二进制代码，故无论是指令还是数据都是以二进制代码存放在计

算机中的。

运算器用来完成算术运算和逻辑运算。

控制器是解释输入计算机中的命令并发出相应控制信号的机构，它是全机的指挥中枢。在控制器的控制下执行命令及原始数据的输入、机器内部的信息处理、处理的结果输出、外部设备与主机的信息交换，以及对异常情况和特殊请求的处理等操作。

输出设备的作用是把计算机处理的中间结果和最终结果，以人们可以识别的字符、汉字、图形及图像等形式记录下来或显示出来，供用户分析、判断和永久保存。

图 1-1 只是一个非常概念化的框图，具体到某些不同种类的计算机，图中方框内的具体组成可能会大相径庭，如早期的计算机其控制器体积可能会大到需要一个或多个机柜来安放，而在微型计算机系统中，通常把运算器和控制器集成在一个芯片上，合称为中央处理器，简称 CPU（Central Processing Unit）。

1.2 计算机类型划分

计算机的类型根据视角的不同有多种划分方法。例如，根据计算机体系结构、运算速度、结构规模、适用领域、价格等指标，可以将计算机分为微型机、小型机、中型机、大型机和巨型机。随着计算机技术的飞速发展，计算机技术和产品对其他行业的广泛渗透，目前较为流行的分类方法是以应用为中心，按照计算机的用途进行分类。按照用途，计算机可分为通用计算机和嵌入式计算机（专用计算机）两大类。

1.2.1 通用计算机

通用计算机的硬件系统及系统软件均由有关的计算机公司设计制造，其用途不是针对某一个或某一类用户的，而是可以满足许多用户。例如，目前国内外广泛使用的台式 PC 或笔记本电脑，用户可直接在市场上购买，在厂家提供的软件支持下工作。就算是使用要求较高的用户，可能也只需要配上少量的软件或硬件，即可满足目标任务的需求。

对于各种服务器或高性能计算机，它们具有更高的性能，可以适用于许多领域或部门的需求。它们也可以视为通用计算机。

1.2.2 嵌入式计算机

嵌入式计算机系统的定义可表述如下：以应用为目标，以计算机技术为基础，软/硬件可裁剪，适应对功能、实时性、可靠性、安全、体积、重量、成本、功耗、环境、安装方式等方面有严格要求的专用计算机系统。

可见，嵌入式计算机是能嵌入到对象体系中，以实现对象体系智能化为目的的一类专用计算机系统。嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机，一台通用计算机的外部设备中就包含了多个嵌入式微处理器，键盘、鼠标、光驱、硬盘、显示卡、显示器、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机、手机等均是嵌入到处理器控制的。在制造业、过程控制、通信、仪器、仪表、汽车、船舶、航空、航天、军事装备、家用电器等方面无不是嵌入式计算机的应用领域。图 1-2 所示是在一辆家用小汽车中嵌入式计算机的使用情况。

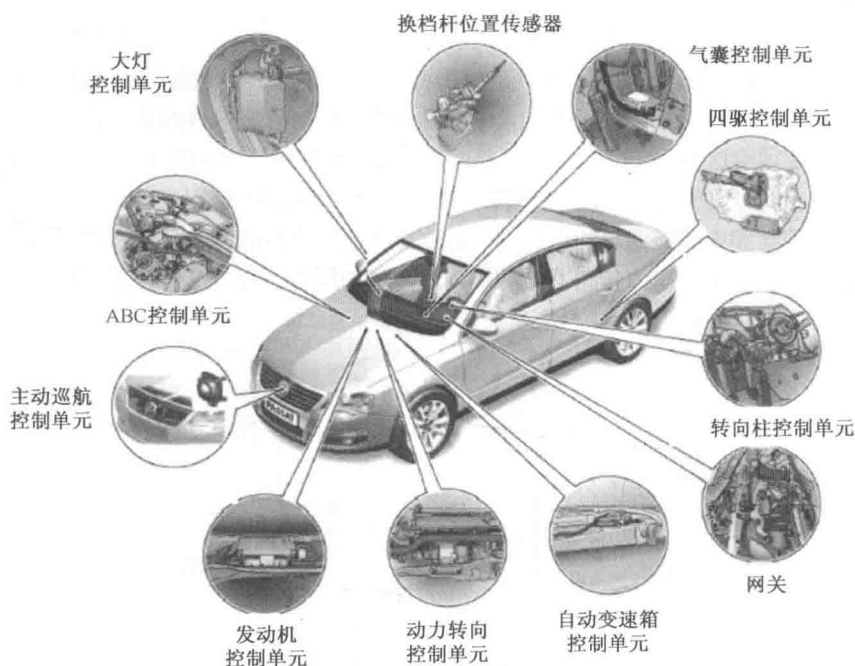


图 1-2 汽车电控系统中的单片机应用

1.3 嵌入式计算机的类别及应用特点

1.3.1 嵌入式计算机的类别

按处理器体系结构的不同,可以将嵌入式计算机系统分成 4 类,分别是:嵌入式微处理器 (Micro Processor Unit, MPU)、嵌入式微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)、嵌入式 DSP 处理器 (Digital Signal Processor, DSP) 和嵌入式片上系统 (System on Chip, SoC)。

1.3.2 嵌入式计算机系统的应用特点

在通用计算机系统中,由于具有良好的人机界面,用户不需要对计算机本身有过多的了解,只需要掌握系统和工具软件的使用,就可以解决许多问题。为人们广为使用的 PC 加上 Windows 操作系统就是这类计算机系统的一个典型。

在嵌入式计算机系统的应用中,为了在特定的应用场合下实现特定的功能,必须对计算机系统进行二次开发,即利用设备供应商所提供的部件,进行硬件系统和软件系统集成来构成嵌入式计算机。对某些特殊要求的计算机,如要求体积特别小、工作温度特别高、振动特别剧烈等无法进行系统集成时,则需要由设计者从元器件开始设计嵌入式系统或者采用片上系统 (SoC) 进行嵌入式系统的设计。这就要求系统开发者熟练地掌握计算机的软/硬件系统。

1.4 单片微型计算机应用系统举例

嵌入式计算机系统的应用实例有很多,例如,在手机、空调、洗衣机等和人们的生活密切相关的设备中都不乏其身影,而单片机应用系统是中低档嵌入式系统的主流,具有简单易学、易开发、应用

较广的特点，是学习嵌入式系统的入门首选。

为了简单明了地展示嵌入式计算机系统的应用特点，下面举一个简单的单片机应用系统的例子。图 1-3 所示为一个简单的电加热锅炉。为了在无人值守的条件下随时都有热开水供应，且锅炉的安全生产还必须得到保障，必须给这个锅炉配备一套可靠的监控系统。在这个监控系统中，通过 J1 电磁阀来控制高压蒸汽的排出，以防气压过高造成炉体爆裂事故的发生；电磁阀 J2 用来控制冷水的加入；继电器 J3 用来控制加热电阻丝和电源的通与断；通过高低水位传感器来监测锅内的储水量，以防止过多进水或缺水干烧而造成事故；通过压力传感器检测锅内水蒸气的压力；通过温度传感器检测水温，以保证水烧开后停止加热，当水温低于 95°C 时重新加热，以便保温。

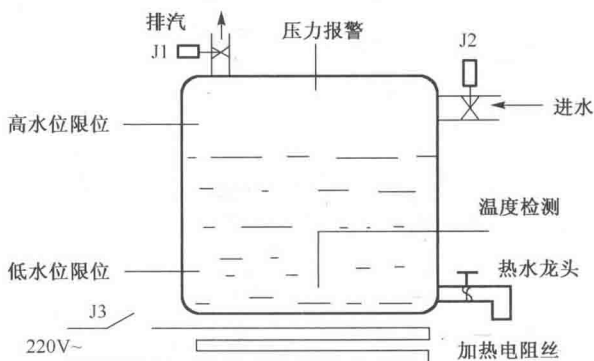


图 1-3 电加热锅炉

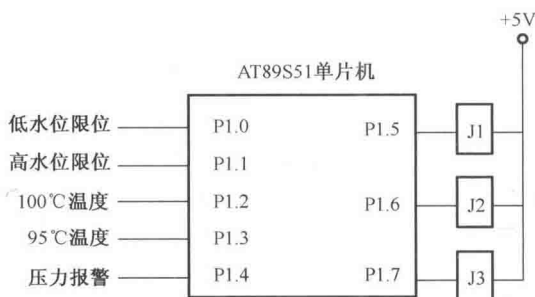


图 1-4 电加热锅炉单片机控制系统

为了能自动获取锅炉的状态，并产生适当的操作，使锅炉能按所设计的要求工作，设计了以 AT89S51 单片机为核心的电加热锅炉单片机控制系统，如图 1-4 所示。在这里，为了简化系统，假设各传感器都能将有效的动作信号转换为 TTL 高电平信号输出，单片机通过有关端口的引脚获取这些电平信号。同样为了简化起见，对炉温的控制也是采用开关控制而非连续控制，更没有使用控制算法。

在电加热锅炉单片机控制系统中，通过接口的引脚，将有关检测信号输入单片机，根据输入信号判断锅炉的状态，进而通过引脚输出控制信号控制相关继电器动作，从而实现对锅炉的控制，使其按照要求安全工作。

为使系统实现预期的功能，单片机必须运行相应的程序，程序流程图如图 1-5 所示。具体程序清单暂且略去。

将硬件系统设计、制作、连接调试完毕，并将所编制的程序经过图 1-6 所示的单片机开发装置调试成功后，将程序代码写入单片机的程序存储器。至此，整个系统的软硬件系统开发完毕，系统上电后，整个电加热锅炉就可以按照所要求的功能开始工作了。

通过这个简单的例子可以认识到，要设计一个嵌入式计算机应用系统，除了要掌握程序设计方面的软件知识外，还必须掌握计算机本身的结构、工作原理及与外部连接方面的硬件知识，这也是学习本课程的目标之一。

为了解计算机的工作原理，进而掌握其应用系统的设计和开发，下面将从最基础的数制出发，一

步一步地将计算机的基本工作原理展示出来。

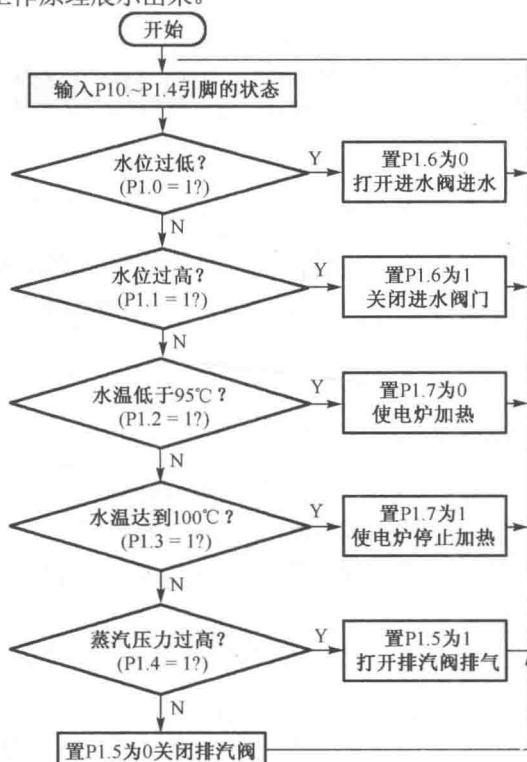


图 1-5 电加热锅炉单片机控制程序流程图

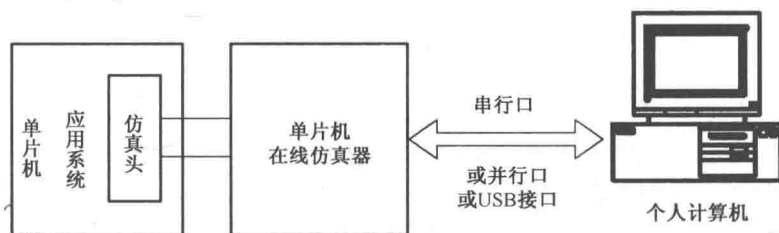


图 1-6 单片机应用系统开发装置示意图

习题与思考题 1

- 1.1 简述计算机的基本组成结构。
- 1.2 简述单片微型计算机系统应用和开发的特点。

第2章 微型计算机基础

内容提要

本章从微型计算机最基本的功能出发,介绍其基本结构及工作原理,以便在有限的学时内给读者一个较完整的概念。然后,在以后各章节中,结合实际的微型计算机逐步完善微型计算机原理及应用的具体细节。

学习要点

- 了解计算机中数和其他信息的编码表达方式。
- 了解计算机运算基础,理解加法在二进制运算中的重要地位。
- 了解微型计算机的结构特点及各功能模块的作用和工作原理。
- 了解微型计算机执行指令的例行程序,重点理解其取指令、分析指令和执行指令的过程。
- 了解单片微型计算机结构 and 应用方面的特点。
- 了解 51 系列单片机的历史沿革,重点了解 AT89 系列单片机和原型机的关系。

2.1 计算机中的数、编码和运算

2.1.1 计算机中常用的数制及相互转换

计算机要能计算,首先必须解决数和其他信息的表达问题。

1. 计算机中常用的数制

数制是人们利用符号来记数的科学方法。数制可以有很多种,但在计算机的设计与使用上,常用的有十进制、二进制、八进制和十六进制。

存在决定意识。拥有十个手指这个客观存在,使得人类在远古时代就想到了采用十进制数来记数。计算机要能计算,首先必须解决记数问题。如果用物理器件的一个状态来表示和存储一个数的话,显然基数越多系统越复杂,而基数最少的二进制只有“0”和“1”两个基数,因而可以方便地用二值电路来表达。用电路来组成计算机,有运算迅速、电路简便、成本低廉等优点,这也正是在计算机中为什么要使用二进制的根本原因。

虽然二进制数便于机器表达,但其过于冗长的缺点却给人们的书写、阅读及记忆带来了不便,于是十六进制数便应运而生。八进制数的引入也是基于这个原因。

2. 不同数制间的转换

由于人们习惯用十进制记数,在研究问题或讨论解题的过程时,总是用十进制数来考虑和书写。考虑成熟后,要把问题变成计算机能够“看得懂”的形式时,就得把问题中的所有十进制数转换成二进制代码。这就需要用到“十进制数转换成二进制数的方法”。在计算机运算完毕得到二进制数的结果时,又需要用到“二进制数转换为十进制数的方法”,才能把运算结果用十进制形式显示出来。3种常用数制间的转换方法可总结为如图 2-1 所示。