

中等职业学校机电类规划教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI

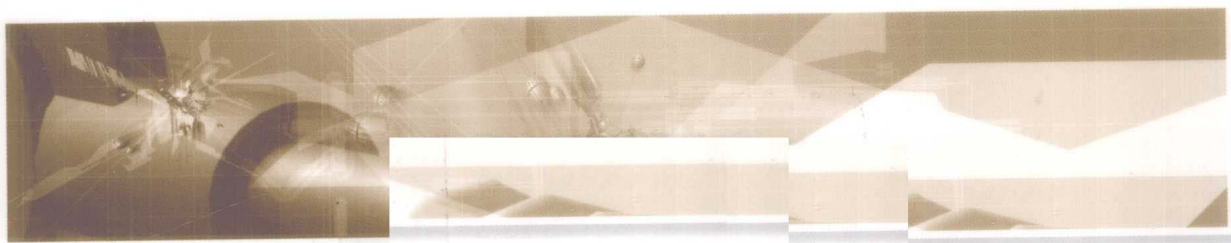


机电技术应用专业系列

# 单片机技术与应用基础

束慧 陈卫兵 主编  
姜源 严飞 茅靖峰 副主编

MECHATRONIC TECHNOLOGY



- 结合教学开发经验并参考企业技术文件
- 以AT89C51为例介绍单片机功能及应用
- 按产品具体设计构建课程技能培训体系



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

中 等 职 业 学 校 机 电 类 规 划 教 材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



机电技术应用专业系列

# 单片机技术 与应用基础

束慧 陈卫兵 主编

姜源 严飞 茅靖峰 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机技术与应用基础 / 束慧, 陈卫兵主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010.4  
中等职业学校机电类规划教材. 机电技术应用专业系列  
ISBN 978-7-115-21963-3

I. ①单… II. ①束… ②陈… III. ①单片微型计算机—专业学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第001022号

## 内 容 提 要

本书是依据行业职业技能鉴定规范,并参考了现代电子企业的生产技术文件而编写的。本书选用单片机主流芯片之一的 AT89C51 为例,结合编者多年的教学和开发经验,以具体的案例由浅入深地介绍 AT89C51 单片机的主要功能及具体应用。具体内容包括单片机基础知识、AT89C51 单片机、AT89C51 指令系统、汇编语言程序设计、中断及其应用、定时器/计数器、A/D 与 D/A 接口技术和串行接口及串行通信技术。

本书可作为中等职业学校电子技术应用、机电技术应用等专业教材,也可作为广大单片机爱好者的参考用书。

中等职业学校机电类规划教材

机电技术应用专业系列

单片机技术与应用基础

- 
- ◆ 主 编 束 慧 陈卫兵  
副 主 编 姜 源 严 飞 茅靖峰  
责任编辑 张孟玮  
执行编辑 李海涛
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
中国铁道出版社印刷厂印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 9.5  
字数: 219 千字  
印数: 1-3 000 册

2010 年 4 月第 1 版

2010 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21963-3

定价: 18.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



我国加入 WTO 以后，国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此，近年来企业对机电人才的需求量逐年上升，对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地，为满足机电行业对人才的需求，中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大，教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要，我们在全国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研；以培养技能型人才为出发点，以各地中职教育教研成果为参考，以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准，经过充分研讨与论证，精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》，该套教材包括四个系列，分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具设计与制造专业系列》、《电子技术应用专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向，以能力为本位”的精神，结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求，精简整合理论课程，注重实训教学，强化上岗前培训；教材内容统筹规划，合理安排知识点、技能点，避免重复；教学形式生动活泼，以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划，面向优秀教师征集编写大纲，并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证，尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上，充分考虑了教学和就业的实际需要，邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底，同时具有实际生产操作的丰富经验，能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求；他们具有丰富的教材编写经验，能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘，光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案（电子教案为教学提纲与书中重要的图表，以及不便在书中描述的技能要领与实训效果）等教学相关资料，部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件，以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作，并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正，以期通过逐步调整、完善和补充，使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址：[lihaitao@ptpress.com.cn](mailto:lihaitao@ptpress.com.cn), [wangping@ptpress.com.cn](mailto:wangping@ptpress.com.cn)

读者服务热线：010-67143761, 67132792, 67184065



随着单片机技术的发展,中等职业学校的单片机教学存在的主要问题是传统的教学模式与实际产品开发存在较大的距离。本书尝试打破原有的学科知识体系,按产品的具体设计来构建本课程的技能培训体系,即:任务→方案设计→具体实现→拓展。

本书是依据行业职业技能鉴定规范,并参考了现代电子企业的生产技术文件而编写的。本书选用单片机主流芯片之一的 AT89C51 为例,结合编者多年的教学和开发经验,以具体的案例由浅入深地介绍 AT89C51 单片机的主要功能及具体应用。通过本课程的学习将使学生具备智能电子产品的设计、调试和维护的基本技能,帮助学生掌握智能电子产品设计的全过程,突出动手能力的培养。

本书既强调基础,又力求体现新知识、新技术,教学内容与国家职业技能鉴定规范相结合。本书在编写案例上采用最具代表性的例子,简约的文字表述,图文并茂,直观明了,注重理论和实践的结合,设置“技能实训”栏目,并通过配套的技能训练项目来加强学生技能的培养。

本课程的教学时数为 106 学时,各章的参考教学课时见以下的课时分配表。

章 节	课 程 内 容	课 时 分 配	
		讲 授	实 践 训 练
第 1 章	单片机基础知识	4	0
第 2 章	AT89C51 单片机	6	4
第 3 章	AT89C51 指令系统	10	4
第 4 章	汇编语言程序设计	6	16
第 5 章	中断及其应用	6	8
第 6 章	定时器/计数器	6	8
第 7 章	A/D 与 D/A 接口技术	6	8
第 8 章	串行接口及串行通信技术	6	8
课 时 总 计		50	56

本书由束慧、陈卫兵任主编,姜源、严飞和茅靖峰任副主编。其中,茅靖峰编写第 1 章,束慧编写第 2 章和第 3 章,陈卫兵编写第 4 章和第 5 章,严飞编写第 6 章,姜源编写第 7 章和第 8 章。



## 单片机技术与应用基础

---

本书在编写过程中，参考了国内外相关的书刊和资料，在此对相关的作者表示感谢。由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者  
2009年12月

# 目 录

<b>第 1 章 单片机基础知识</b> .....	1
<b>【应用导入】</b> .....	1
1.1 单片机概述 .....	2
1.1.1 单片机的概念和结构 .....	2
1.1.2 身边的单片机 .....	4
1.2 单片机中的运算基础 .....	5
1.2.1 常见进制及相互转换 .....	5
1.2.2 二进制数的运算规则 .....	7
1.3 计算机中数的表示 .....	7
1.3.1 计算机中常用的基本术语 .....	7
1.3.2 机器数与数据编码 .....	8
本章小结 .....	10
思考与练习 .....	11
<b>第 2 章 AT89C51 单片机</b> .....	12
<b>【应用导入】</b> .....	12
2.1 认识 AT89C51 单片机 .....	13
2.1.1 I/O 端口功能 .....	13
2.1.2 电源线 .....	16
2.1.3 外接晶振引脚 .....	16
2.1.4 控制线 .....	17
2.2 AT89C51 单片机最小系统 .....	17
2.3 时钟周期、状态周期、机器周期和指令周期 .....	18
2.4 技能实训——单片机最小系统的认识 .....	19
本章小结 .....	20
思考与练习 .....	21
<b>第 3 章 AT89C51 指令系统</b> .....	22
<b>【应用导入】</b> .....	22
3.1 AT89C51 存储器 .....	23
3.1.1 程序存储器 .....	23
3.1.2 数据存储器 .....	24
3.2 AT89C51 寻址方式 .....	28
3.2.1 立即数寻址 .....	28
3.2.2 直接寻址 .....	28



3.2.3 寄存器寻址 .....	29
3.2.4 寄存器间接寻址 .....	29
3.2.5 变址寻址 .....	30
3.2.6 相对寻址 .....	30
3.2.7 位寻址 .....	30
3.3 AT89C51 指令系统 .....	30
3.3.1 数据传送类指令 .....	32
3.3.2 算术运算类指令 .....	36
3.3.3 逻辑操作与移位指令 .....	40
3.3.4 控制转移类指令 .....	45
3.3.5 布尔运算指令 .....	48
3.4 技能实训——左移灯设计 .....	50
本章小结 .....	52
思考与练习 .....	55
<b>第4章 汇编语言程序设计 .....</b>	<b>57</b>
<b>【应用导入】 .....</b>	<b>57</b>
4.1 汇编语言程序设计 .....	58
4.1.1 程序设计步骤 .....	58
4.1.2 源程序的汇编 .....	59
4.1.3 伪指令 .....	59
4.2 几种典型的程序结构 .....	61
4.2.1 顺序程序设计 .....	61
4.2.2 分支程序设计 .....	62
4.2.3 循环程序设计 .....	63
4.2.4 子程序设计 .....	64
4.3 技能实训 .....	65
实训一 按钮开关的使用 .....	65
实训二 一位十六进制计数器的设计 .....	67
实训三 两位十进制计数器的设计 .....	70
实训四 专用键盘显示接口 .....	72
实训五 组合逻辑设计 .....	80
实训六 数据查询 .....	81
实训七 多字节BCD码加法 .....	83
实训八 双字节无符号数乘法运算程序 .....	84
本章小结 .....	86
思考与练习 .....	87







<b>第 5 章 中断及其应用</b> .....	88
<b>【应用导入】</b> .....	88
5.1 AT89C51 中断系统 .....	89
5.2 中断标志与控制 .....	90
5.2.1 中断使能寄存器 IE .....	90
5.2.2 中断优先级寄存器 IP .....	91
5.2.3 定时器控制寄存器 TCON .....	92
5.2.4 串行口控制寄存器 SCON .....	92
5.3 中断的应用 .....	93
5.3.1 中断向量的设置 .....	93
5.3.2 中断初始化 .....	93
5.3.3 中断子程序 .....	93
5.3.4 应用举例 .....	93
5.4 技能实训 .....	94
实训一 单个外部中断控制 .....	94
实训二 两个外部中断控制 .....	96
本章小结 .....	99
思考与练习 .....	99
<b>第 6 章 定时器/计数器</b> .....	100
<b>【应用导入】</b> .....	100
6.1 认识定时器/计数器 .....	101
6.2 定时器/计数器的控制 .....	102
6.2.1 方式控制寄存器 .....	102
6.2.2 工作方式 .....	103
6.3 定时器/计数器的应用 .....	105
6.3.1 初始化 .....	106
6.3.2 初值的计算 .....	106
6.3.3 应用举例 .....	106
6.4 技能实训 .....	107
实训一 定时控制 .....	107
实训二 方波/脉冲波发生 .....	109
本章小结 .....	110
思考与练习 .....	111
<b>第 7 章 A/D 与 D/A 接口技术</b> .....	112
<b>【应用导入】</b> .....	112
7.1 A/D 转换器与接口技术 .....	113





7.1.1 常见的 A/D 转换器 .....	113
7.1.2 A/D 转换器 ADC0809 .....	114
7.1.3 ADC0809 与单片机的接口 .....	115
7.2 D/A 转换器与接口技术 .....	116
7.2.1 常见的 D/A 转换器 .....	117
7.2.2 D/A 转换器 DAC0832 .....	117
7.2.3 DAC0832 与单片机的接口 .....	118
7.3 技能实训——锯齿波发生器的设计 .....	119
本章小结 .....	121
思考与练习 .....	121
<b>第 8 章 串行接口及串行通信技术 .....</b>	<b>122</b>
<b>【应用导入】 .....</b>	<b>122</b>
8.1 串行通信基础知识 .....	123
8.1.1 并行通信和串行通信 .....	123
8.1.2 异步通信和同步通信 .....	124
8.1.3 串行通信的类型 .....	125
8.2 AT89C51 的串行接口 .....	126
8.2.1 串行接口的结构及功能 .....	126
8.2.2 串行通信的工作方式 .....	128
8.3 AT89C51 串行接口的应用与编程 .....	132
8.3.1 初始化 .....	132
8.3.2 方式 1 的应用举例 .....	132
8.4 技能实训 .....	135
实训一 串行口扩展并行输出口 .....	135
实训二 双机通信 .....	136
本章小结 .....	141
思考与练习 .....	141

## 第 1 章

# 单片机基础知识

本章首先介绍单片机相关的概念和发展状况,使读者大致了解相关的背景知识,建立简单的印象,之后重点介绍计算基础知识,这是学习所有计算科学的基础,读者应对其熟练掌握,为后面的学习打好基础。

### 学习目标

- 了解单片机的概念,及其在生产生活中的应用实例
- 掌握二进制运算基础
- 了解计算机中数的表示方法

### 技能目标

- 能熟练进行常用数制间的转换

### 【应用导入】

图 1-1 所示为一块单片机的实验板,实验板上的所有外部设备:按钮开关、拨动开关、蜂鸣器、数码显示管、发光二极管等都由实验板中心的一块小小的单片机控制,通过对它的编程,可以实现很多功能。

事实上,图 1-1 所示的实验板所能实现的功能只是单片机所能实现功能的冰山一角。在生产生活中,单片机无处不在,显示着其强大的生命力。而对于各开发商来说,使用单片机进行项目开发,既简单又经济实惠,在中、小规模电路设计中,单片机无疑成为首选器件。

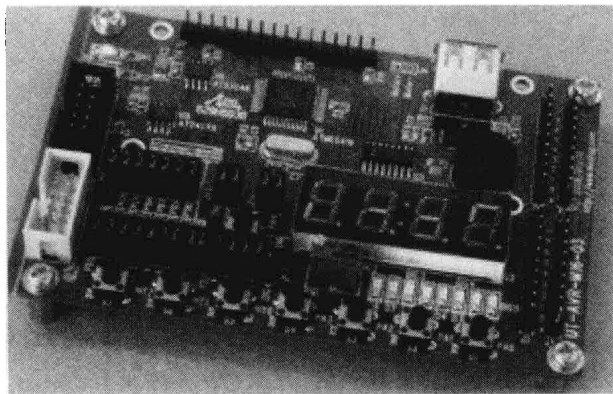


图 1-1 单片机实验板实物图

那么，究竟什么是单片机呢？到底是什么优势使得其备受开发者的关注呢？下面将带您揭开它神秘的面纱。

## 1.1 单片机概述

### 1.1.1 单片机的概念和结构

#### 1. 什么是单片机

计算机高速发展到今天，通常可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机 5 类。它们在系统结构和基本工作原理方面并无本质的区别，只是在体积、性能和应用领域方面有所不同。其中微型机以其体积小、重量轻、功耗低、功能强、价格低、可靠性强等优点而得到广泛应用。本书重点介绍的单片机就是微型机的一种。

图 1-2 所示为我们所熟知的微机系统和单片机的对比，它们的系统结构几乎相同。

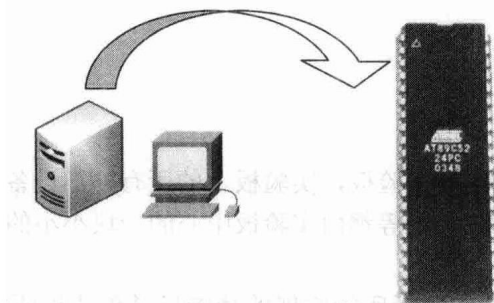


图 1-2 微机系统和单片机的对比

单片机是将微处理器、存储器、I/O (Input/Output) 接口和中断系统集成在同一块芯片上，是具有完整功能的微型机，这块芯片就是其硬件。软件程序存放在片内或片外扩展的只读存



存储器内。由于其构成都集成在一块芯片上，故又称为单片机。

## 2. AT89C51 的结构

AT89C51 源自 Intel 公司的 MCS-51 系列，由 Atmel 公司推出的兼容芯片，价格便宜，性能稳定，开发工具齐全，深受学校和培训机构欢迎，也是本书的介绍对象。图 1-3 所示为 AT89C51 内部基本结构图，下面对其做简单介绍。

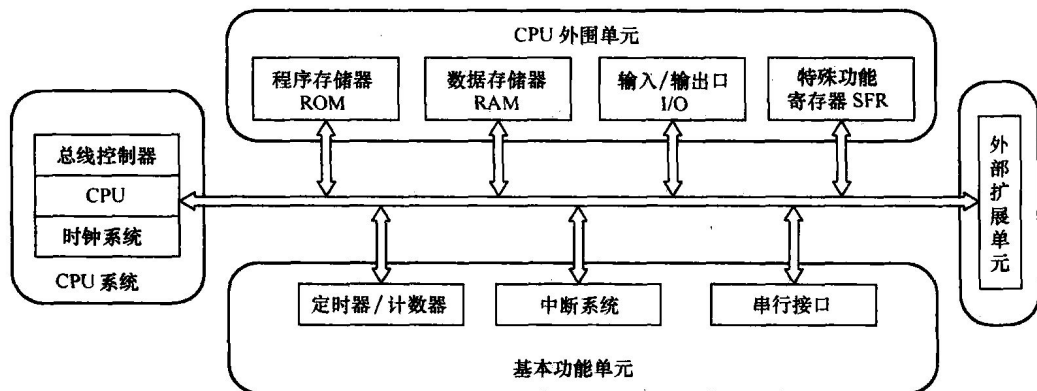


图 1-3 AT89C51 内部基本结构图

标准的 AT89C51 结构如下。

- 8 位中央处理单元 (CPU)：就像人的大脑，主宰整个系统的运行。
- 存储器：存放系统运行所需额度程序及数据，包括 ROM 和 RAM。

程序存储器 ROM：内部 4KB，外部最多可扩展至 64KB，用于存储程序或永久性的数据。

数据存储器 RAM：内部 128B，外部最多可扩展 64KB，用于存放程序执行时的临时数据。

- 4 组 8 位 I/O 端口：P0~P3，是单片机与外部沟通的管道。
- 1 个全双工串行口。
- 5 个中断源。

初次接触单片机，对于它内部的结构只需有一个大概的框架即可，后面各章我们将会详细学习各个部分的结构和使用方法。

### 【阅读材料】单片机的历史

自 1974 年美国仙童 (Fairchild) 公司研制出世界上第一台微型机 F8 开始，单片机就以其集成度高、功能强、可靠性高、体积小、功耗低、价格廉、使用灵活方便等一系列优点而得到迅速的发展，其应用十分广泛，特别是在过程控制、智能化仪器、变频电源、集散控制系统等方面得到了充分的应用。单片机的发展很快，每隔两三年就要更新换代一次，其发展过程大致可分为以下几个阶段。

(1) 第一代单片机 (1974 年—1976 年)：这是单片机发展的起步阶段。这个时期生产的单片机其特点是制造工艺落后，集成度较低，而且采用双片形式，典型的代表产品有仙童公



司的 F8 系列机和 Intel 公司的 3870 系列机。

(2) 第二代单片机 (1976 年—1978 年): 这一阶段生产的单片机已是单块芯片, 但其性能低、品种少、寻址范围有限、应用范围也不广。最典型的产品是 Intel 公司的 MCS-48 系列机。

(3) 第三代单片机 (1979 年—1982 年): 这是 8 位单片机的成熟阶段。这一代单片机和前两代相比, 不仅存储容量大、寻址范围广, 而且中断源、并行 I/O 口、定时器/计数器的个数都有了不同程度的增加, 同时它还新集成了全双工串行通信接口电路。在指令系统方面普遍增设了乘除和比较指令。这一时期生产的单片机品种齐全, 可以满足各方面的需要。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列机, Motorola 公司的 MC6801 系列机等。

(4) 第四代单片机 (1983 年以后): 这一阶段 8 位单片机向更高性能发展, 同时出现了工艺先进、集成度高、内部功能更强和运算速度更快的 16 位单片机, 它允许用户采用面向工业控制的专用语言, 如 C 语言等。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列机和 NC 公司的 HPC16040 系列机等。

最近几年的单片机发展处于 8 位机和 16 位机并行发展的状态, 它们都在向高性能、高运算速度、增加自身程序存储能力的方向发展。虽然出现了 32 位单片机, 但在应用方面仍然是 8 位机和 16 位机占主导地位。

### 1.1.2 身边的单片机

单片机自诞生以来, 就因其集成度高、功能强、可靠性高、体积小、功耗低、价格廉、使用灵活方便等一系列优点而得到十分广泛的应用, 特别是在过程控制、智能化仪器、变频电源、集散控制系统等方面得到了充分的应用。

随着科技的进步, 各种智能产品、智能大厦甚至智能城市的出现, 单片机作为控制核心, 越来越近地来到了我们身边。

大家都非常熟悉的数字闹钟、烤面包机、净水器、电饭锅、电冰箱、搅拌机、微波炉等, 单片机在其中都充当了控制器的角色。

#### 1. 新型家用电器

这方面的应用非常广泛, 包括个人计算机、移动电话、高清晰电视、MP3 播放器、DVD 播放机、电池充电器、电动自行车、电源、电动玩具等。

#### 2. 汽车领域

汽车电子已经成为单片机的一个迅速扩展的应用市场。时至今日, 许多汽车中都使用了单片机, 有些多达 70 个, 一些高档车型中用量甚至近 100 个。其具体应用产品涉及汽车门锁、停车传感器、安全气囊、ABS、牵引控制、HID 灯、导航控制、遥控启动、电子罗盘、电子消音器、翻车传感器、防盗控制与监视、“驾驶习惯”控制与监视、刮水控制器、座椅控制器、无源及远程无匙开锁、温度控制等。

#### 3. 交通控制

这方面的应用涵盖车库大门控制、交通控制、雷达测控、红灯监视器、交通流量监视器、电子路标、街灯控制等。



#### 4. 家庭与办公

这方面的典型应用包括灯光控制、仪器仪表、洗衣机、电梯按钮控制及音效、不间断电源、吸尘器、空调控制等。

以灯光控制为例，通过将单片机用于自动调光控制系统使得大厦在窗帘打开的情况下，根据高低不同楼层所接收的日光光线的强弱有针对性地调整楼内照明灯具的亮度，从而更加合理地使用电能。又比如在电梯应用设计中，通过采用单片机，可以方便及时地取消误按的楼层按钮，也可以发出相应的声响效果，从而让电梯更加个性化及人性化。

#### 5. 家庭保健与医疗器材

这方面的应用包括血压计、血糖仪等各种设备仪表。

以动物标签为例，嵌入了微型单片机的标签植入牛耳后，通过及时地测量牛耳温度，可以较好地实现疯牛病预警。

## 1.2 单片机中的运算基础

各种类型计算机的处理对象都是数。因此，在学习单片机原理之前，首先对数的表示方法及运算规则做简要介绍。

### 1.2.1 常见进制及相互转换

#### 1. 常见数制

在计算机中使用的是二进制数，因为二进制状态简单，凡是具有两个状态的元件都可用来表示二进制数的0和1，容易实现。同时，二进制的运算规则简单，可大大简化计算机中的运算线路。

但由于二进制数书写冗长，阅读不便，为此人们常用十六进制数来书写。此外，人们习惯于十进制数，这就需要学习不同数制之间的相互转换。

一般用两种方法区别所表示数的数制。一种是在数的括号右下角用数字注明该数数制，如二进制数1010可写成 $(1010)_2$ 、十六进制数C8可写成 $(C8)_{16}$ ；另一种是在数字后面跟一个英文字母。通常用B(Binary)表示二进制数，H(Hexadecimal)表示十六进制数，D(Decimal)表示十进制数。所以上面两个数也可写成：1010B、C8H。十进制数的后跟字母“D”一般可省略不写。

#### 2. 数制间的转换

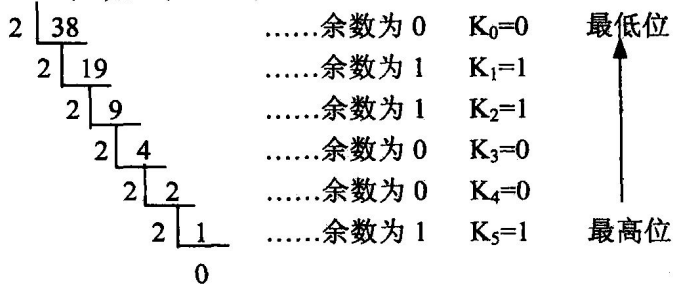
(1) 二进制数转换成十进制数。我们只要将二进制数按权展开相加即可。例如：

$$\begin{aligned} 1010.101 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 0 + 2 + 0 + 0.5 + 0 + 0.125 \\ &= (10.625)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数。可用“除2取余”法，即将十进制整数反复除以2，直至商等于0为止，然后将所得的一系列余数按逆序排列即为所求的二进制数。

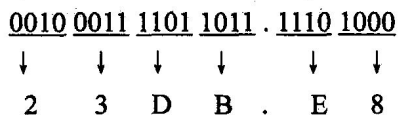


[例 1.1]  $(38)_{10} = (100110)_2$



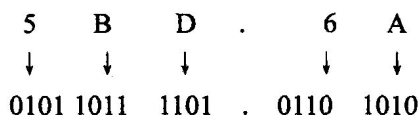
(3) 二进制数转换成十六进制数。由于数 16 与数 2 之间的关系为  $2^4=16$ ，因此 4 位二进制数对应一位十六进制数。因此，对于二进制数的整数部分的转换，从小数点开始依次向左每 4 位为一节，最后不足 4 位的前面补 0；小数部分由小数点向右，每 4 位为一节，最后不足 4 位的后面补 0。然后把每 4 位二进制数用所相应的一位十六进制数代替，即转换成十六进制数。

[例 1.2]  $(10001111011011.111010)_2 = (23DB.E8)_{16}$



(4) 十六进制数转换成二进制数。不论是十六进制的整数或小数，只要把每一位十六进制的数用相应的 4 位二进制数代替，就可以转成二进制数。

[例 1.3]  $(5BD.6A)_{16} = (01101011101.0110101)_2$



我们把常用的 0~15 对应的 3 种进制表示列表 1-1 中，最好能熟练掌握，便于今后的编程。

表 1-1 十进制、二进制、十六进制数对照表

十进制	十六进制	二进制	十进制	十六进制	二进制
0	0	0000	8	8	1000
1	1	0001	9	9	1001
2	2	0010	10	A	1010
3	3	0011	11	B	1011
4	4	0100	12	C	1100
5	5	0101	13	D	1101
6	6	0110	14	E	1110
7	7	0111	15	F	1111





## 1.2.2 二进制数的运算规则

### 1. 算术运算规则

(1) 加法规则。

- ①  $0+0=0$
- ②  $1+0=0+1=1$
- ③  $1+1=10$  (向高位进位1)

(2) 减法规则

- ①  $0-0=0$
- ②  $1-1=0$
- ③  $1-0=1$
- ④  $0-1=1$  (向高位有借位)

(3) 乘法规则

- ①  $0\times 0=0$
- ②  $0\times 1=0$
- ③  $1\times 0=0$
- ④  $1\times 1=1$

(4) 除法规则。

它是乘法的逆运算，规则与十进制除法类似，这里不再赘述。

### 2. 逻辑运算法则

(1) “或”运算（逻辑加），运算符为“+”或“ $\vee$ ”。

- ①  $0\vee 0=0$
- ②  $1\vee 0=1$
- ③  $0\vee 1=1$
- ④  $1\vee 1=1$

(2) “与”运算（逻辑乘），运算符为“ $\cdot$ ”或“ $\wedge$ ”。

- ①  $0\wedge 0=0$
- ②  $0\wedge 1=0$
- ③  $1\wedge 0=0$
- ④  $1\wedge 1=1$

(3) “非”运算（逻辑非）。

$$\bar{0}=1, \bar{1}=0$$

(4) 异或运算（按位加），运算符为 $\oplus$ 。

- ①  $0\oplus 0=0$
- ②  $0\oplus 1=1$
- ③  $1\oplus 0=1$
- ④  $1\oplus 1=0$

按位加是不考虑进位的加法运算。

## 1.3 计算机中数的表示

### 1.3.1 计算机中常用的基本术语

#### 1. 位 (bit) 和字节 (byte)

“位”是计算机能够表示的最小的数据单位，位用  $b$  表示。字节由 8 个二进制位组成，通常一个存储单元中存放着 1 个字节的数据，字节用  $B$  表示。

