

# 第 1 章 概 述

本章主要对单片机概念与发展过程、单片机应用领域与嵌入式系统概念、单片机应用系统开发过程、本书编写指导思想与教学安排建议等内容，进行简要介绍，以便读者对单片机及其应用技术有一个初步的了解。

## 1.1 单片机概念与发展过程

自 1971 年微型计算机问世以来，由于实际应用的需要，微型计算机向着两个方向发展：一是向着高速度、大容量、高性能的高档微机方向发展；二是向着稳定可靠、体积小、功耗低、价格低廉的单片机方向发展。单片机是微型计算机的一个重要分支，它的出现是计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它使计算机从海量存储与高速复杂数值计算进入智能化控制领域。从此，计算机技术的两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式计算机领域都取得了极其重大的进展。

### 1.1.1 单片机概念

单片机在一块半导体硅片上集成了计算机的所有基本功能部件，包括中央处理器（CPU）、存储器（RAM 和 ROM）、输入/输出接口电路、中断系统、定时器/计数器和串行通信接口电路等。因此，单片机只需要与适当的软件及适当的外部设备相结合，就可以构成一个完整的计算机应用系统。

单芯片形式的微型计算机简称单片机，“单片机”一词真实地反映了单片机的形态和本质。由于单片机主要应用于各种测控系统中，因此目前国外普遍称单片机为微控制器（MicroController Unit, MCU）。鉴于单片机在应用时通常是测控系统的核心并融入被控对象，即以嵌入被控对象的方式进行使用，为强调其嵌入式应用特点，我们又称其为嵌入式控制器（Embedded MicroController Unit, EMCU）。

在汉语中，单片机的称呼简洁通俗，以致单片机一词约定俗成而沿用至今，因此本书仍然使用“单片机”一词。

### 1.1.2 单片机技术发展过程

单片机诞生于 20 世纪 70 年代。自美国 Intel 公司于 1976 年宣布并于 1977 年推出 MCS-48 单片机以来，单片机技术已走过了 40 余年的历程。我国自 20 世纪 70 年代末 80 年代初就开始进行单片机的应用与开发工作。1987 年 10 月 27 日，我国在上海成立中国微计算机单片机学会，中国的单片机开发与应用经历了 30 余年。几十年来，单片机不以其位数的高低来决定其优劣，而以如何适合千变万化的应用产品的需求、高性价比的配置来决定其优劣。因此，高性价比、多功能、低功耗的 8 位单片机一直是单片机的主角。

单片机作为微型计算机的一个重要分支，应用面很广，发展很快。如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段。

### 1. 第一阶段 (1976—1978 年): 单片机探索阶段

工控领域对计算机提出了嵌入式应用的要求, 首先是实现单芯片形态的计算机, 以满足构成大量中小型智能化测控系统的要求。因此, 这一阶段的任务是探索计算机的单芯片集成。“单片机”一词即由此而来。

在单片机探索阶段, 单片机体系结构有两种模式, 即通用 CPU 模式和专用 CPU 模式。

(1) 通用 CPU 模式。采用通用 CPU 和通用外围单元电路的集成方式, 这种模式以美国 Motorola 公司的 MC6801 单片机为代表, 它将通用 CPU、增强型 6800+ 和 6875 (时钟)、6810 (128B RAM)、2×6830 (1KB ROM)、1/2 6821 (并行 I/O 端口)、1/3 6840 (定时器/计数器)、6850 (串行 I/O 端口) 集成在一个芯片上构成, 使用 6800 CPU 指令系统。

(2) 专用 CPU 模式。采用专门为嵌入式系统要求设计的 CPU 与外围电路集成的方式。这种模式以美国 Intel 公司的 MCS-48 单片机为代表, 其 CPU、存储器、定时器/计数器、中断系统、I/O 端口、时钟以及指令系统都是按嵌入式系统要求而专门设计的。

事实证明, 这两种模式都是可行的。专用 CPU 模式能充分满足嵌入式应用的要求, 成为今后单片机发展的主要体系结构模式; 通用 CPU 模式则与通用计算机兼容, 应用系统开发方便, 成为后来嵌入式微处理器的发展模式。

### 2. 第二阶段 (1978—1982 年): 单片机完善阶段

Intel 公司在 MCS-48 单片机基础上推出了完善的、典型的 MCS-51 系列单片机。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构:

(1) 规范的总线结构。有 8 位数据总线、16 位地址总线及多功能的异步串行通信接口 UART。

(2) CPU 外围功能单元电路的集中管理模式。

(3) 提供体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

(4) 指令系统趋于丰富和完善, 并且增加了许多突出控制功能的指令。

### 3. 第三阶段 (1982—1990 年): 微控制器形成阶段

8 位单片机的巩固和发展以及 16 位单片机的推出阶段, 正是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机, 将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入芯片内部, 体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列的广泛应用, 许多半导体制造厂商竞相使用 80C51 为内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机, 增强了外围电路功能, 强化了智能控制的特征。

为了满足测控系统的嵌入式应用要求, 这一阶段单片机的主要技术发展方向是满足测控对象要求的外围电路的增强, 从而形成了不同于 Single Chip MicroComputer 的特点的微控制器, 微控制器 (MicroController Unit, MCU) 一词源于这一阶段, 至今微控制器 (MCU) 是国际上对单片机的标准称呼。

在微控制器形成阶段, 单片机技术的主要发展如下:

(1) 外围功能电路集成到了芯片内部。满足模拟量输入的 ADC; 满足伺服驱动的 PWM; 满足高速 I/O 控制的高速 I/O 端口; 保证程序可靠运行的程序监视定时器 WDT。

(2) 出现了为满足串行外围扩展要求的串行扩展总线及接口, 如 SPI、I<sup>2</sup>C、MICROWIRE、USB、1-Wire 等。

(3) 出现了为满足分布式系统、突出控制功能的现场总线接口, 如 CAN 总线。

(4) 在程序存储器方面, 迅速推出了 OTP (一次可编程) 单片机, 为单片机的单片应用创造了良好的条件; 随后 Flash ROM 单片机的推广, 为最终取消单片机外部程序存储器奠定了良好的基础。

#### 4. 第四阶段 (1990 年至今): 微控制器全面发展阶段

随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用, 出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机, 以及小型廉价的专用型单片机。其特点是, 百花齐放、技术创新, 以满足日益增长的广泛需求, 将单片机用户带入了一个可以广泛选择的时代。

### 1.1.3 单片机技术发展方向

单片机的发展趋势是向 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。

#### 1. 主流机型发展趋势

在未来较长的一段时间内, 8 位单片机将仍是主流机型, 许多厂家还会不断改进与完善 8 位单片机, 使 8 位单片机不断保持活力; 在满足高速数字处理方面, 32 位单片机会发挥重要作用; 16 位单片机的空间有可能被 8 位单片机、32 位单片机挤占。

#### 2. CMOS 化趋势

CMOS 工艺很早就已出现, 它具有十分优异的性能, 只是运行速度较慢, 因而长期被冷落。HCMOS 工艺出现后, HCMOS 器件得到了飞速发展。从第三代单片机起, 开始淘汰非 CMOS 工艺。CMOS 芯片除具有低功耗特性外, 还具有功耗的可控性, 使单片机可以工作在功耗精细管理状态。另外, 如今的数字逻辑集成电路、计算机外围器件都已普遍 CMOS 化。

#### 3. RISC 体系结构单片机的大发展

早期的单片机大多是复杂指令集计算机 (CISC) 体系结构, 指令复杂, 指令代码、周期数不统一, 指令运行很难实现流水线操作, 大大阻碍了运行速度的提高。例如, MCS-51 系列单片机, 其晶振频率为 12MHz 时, 单周期指令速度仅为 1MIPS。虽然单片机对运行速度的要求远不如通用计算机或数字信号处理器 (DSP) 对指令运行速度的要求, 但速度的提高会带来许多好处, 并拓宽单片机应用领域。如果采用精简指令集计算机 (RISC) 体系结构, 那么精简指令后不令绝大部分指令成为单周期指令, 而且增加程序存储器的宽度 (如从 8 位增加到 10 位、12 位、14 位) 能实现一个地址单元存放一条指令。在这样的体系结构中, 很容易实现并行流水线操作, 其结果是能大大提高指令运行速度, 在相同的运行速度要求下, 可大大降低晶振频率, 进而有利于获得良好的电磁兼容效果。

#### 4. 大力发展专用型单片机

专用型单片机是专门针对某类产品系统的要求设计的。使用专用型单片机可最大限度地简化系统结构, 提高资源利用效率。在大批量使用时, 有可观的经济效益和可靠性效益。

#### 5. 推行串行扩展总线

目前, 计算机外围器件技术发展的一个重要方面是串行接口技术的发展。采用串行接口, 可以大大减少器件的引脚数量, 简化系统结构。采用串行接口虽然较之并行接口数据传输速度慢, 但由于串行传输速度的不断提高, 加之单片机所面对被控对象的有限速度要求, 使单

片机应用系统中的串行扩展技术有了很大发展,而单片机的并行接口技术则日渐衰退。目前,许多原有的带并行总线的单片机系列,推出了许多删去了并行总线的非总线型单片机。

### 1.1.4 常用数制与编码

计算机是用来处理数字信息的,单片机也是如此。各种数据信息、非数据信息在进入计算机前必须转换成二进制数、二进制编码。

#### 1. 常用数制

每个数在计算机中是用半导体器件的物理状态来表示的,即利用半导体器件的高电平状态、低电平状态来表示,并且一般用半导体器件的高电平状态表示“1”,用半导体器件的低电平状态表示“0”。不同的0和1组合,就可以表示不同的数或值。例如,二进制数10001000表示十六进制数0x88,即十进制数136。

计算机在对数进行处理时,只认识0和1,即只认识二进制数。然而,当数值较大时,二进制数很难为人们辨认,并且人们在编写单片机源程序时,书写二进制数也很不方便。因此,在单片机技术应用中,人们常使用二进制数、十进制数和十六进制数,它们之间的关系如表1.1所示。

表 1.1 二进制数、十进制数和十六进制数的关系

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0	6	0110	6	12	1100	C
1	0001	1	7	0111	7	13	1101	D
2	0010	2	8	1000	8	14	1110	E
3	0011	3	9	1001	9	15	1111	F
4	0100	4	10	1010	A	16	10000	10
5	0101	5	11	1011	B			

在使用不同的数制时,各种数制用简码来标示。例如,十进制数用D(decimal)来标示或省略;二进制数用B(binary)来标示;十六进制数用H(hexadecimal)或0x来标示。

例如,十进制数123可以表示成123D或123;二进制数1011表示成1011B。在编写汇编语言源程序时,十六进制数3A4表示成3A4H,十六进制数A4表示成0A4H。在编写C51语言源程序时,十六进制数3A4表示成0x3A4或0x3a4,十六进制数A4表示成0xA4或0xa4。

#### 2. 常用编码

由于计算机只能识别二进制数0和1,因此计算机处理的任何信息必须以二进制形式表示,这些二进制形式的代码称为二进制编码(Encode)。计算机中常用的二进制编码有BCD码和ASCII码等。

##### (1) BCD码——二-十进制码

在计算机中,各种数据要转换为二进制编码才能进行处理,而人们习惯于使用十进制数,所以在计算机的输入/输出中仍然采用十进制数,这样就产生了用4位二进制数表示1位十进制数的方法,这种用于表示十进制数的二进制代码称为二-十进制码(Binary Coded Decimal),简称BCD码。它具有二进制数的形式以满足计算机的要求,又具有十进制数的特点,并且只有十种有效状态。最常用的BCD码有8421BCD码,如表1.2所示。

表 1.2 8421BCD 码表

十进制数	8421BCD 码	二进制数	十进制数	8421BCD 码	二进制数	十进制数	8421BCD 码	二进制数
0	0000	0000	6	0110	0110	12	0001 0010	1100
1	0001	0001	7	0111	0111	13	0001 0011	1101
2	0010	0010	8	1000	1000	14	0001 0100	1110
3	0011	0011	9	1001	1001	15	0001 0101	1111
4	0100	0100	10	0001 0000	1010	16	0001 0110	10000
5	0101	0101	11	0001 0001	1011			

表 1.2 中的最后 7 行是用 1 个字节表示 2 位十进制数的代码，称为压缩 BCD 码。而用 1 个字节表示 1 位十进制数（高 4 位补 0）的代码，称为非压缩 BCD 码。在某些情况下，单片机也可对压缩 BCD 码表示的数直接进行运算，2 个压缩 BCD 码进行运算时，可能会产生非法码（代码在 1010B~1111B 范围内），此时需要对运算结果进行调整。

另外，BCD 码还有余 3 码、格雷码等，相关内容请参见数字电子技术教材。

## (2) ASCII 码

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 码是一种字符编码，它是美国信息交换标准代码的简称，如表 1.3 所示。它由 7 位二进制数码构成，共表示 128 个字符，包括英文字母、数字、标点符号、控制字符和一些其他字符。ASCII 码用于计算机和计算机之间、计算机和外围设备之间的文字交互。

表 1.3 ASCII 码字符表

高位	低位																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	
0	000	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	001	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	010	SP	!	“	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	:	<	=	>	?
4	100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	111	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

比如，字母“A”的编码是  $0x41 = 65$ ；字母“a”的编码是  $0x61 = 97$ ，PC 键盘上的空格键的编码是  $0x20 = 32$ ，等等。当然，仅用 ASCII 码是不能完全表示所有字符的，如汉字、韩文、日文等都无法用 ASCII 码直接表示。

数据在计算机中是以二进制形式表示的，单片机也是如此。正数用原码表示，负数用补码表示，相关内容请参见计算机基础方面的书籍。

## 1.2 单片机应用领域与嵌入式系统概念

单片机是一种经典的嵌入式系统。自 20 世纪 70 年代问世以来，单片机以极高的性价比，

受到人们的重视和关注,应用很广,发展很快,已对人类社会产生了巨大的影响。在我国,单片机已广泛地应用在各个方面。单片机技术开发和应用水平已成为一个国家工业化发展水平的标志之一。

### 1.2.1 单片机应用领域

由于单片机具有显著的优点,因而广泛应用于家用电器、智能化仪器仪表、医用设备、汽车电子产品、航空航天、专用设备的智能化管理及工业生产过程控制等领域。下面简单介绍一些单片机的典型应用。

#### 1. 仪器仪表

单片机广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可以实现诸如电压、功率、频率、温度、湿度、流量、速度、厚度、角度、压力等物理量的测量与控制。单片机的使用加速了仪器仪表向数字化、智能化、多功能和柔性化方向发展。

#### 2. 机电一体化

单片机作为机电一体化产品中的控制器,能大大提高产品的自动化、智能化水平。例如,可编程控制器是一种典型的机电控制器,其核心常常就是由单片机构成的。

#### 3. 实时控制

单片机的实时数据处理能力和控制功能,使其广泛地应用于工业控制、航空航天、尖端武器等各种实时控制系统中。在现代化的飞机、军舰、坦克、大炮、导弹、火箭和雷达等各种军用装备上,都有单片机的身影。

#### 4. 分布式多机系统

在比较复杂的控制系统中,常采用分布式多机(CPU)系统。单片机在这种系统中经常作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时测量与控制。

#### 5. 消费类电子产品

这种应用主要体现在家用电器方面,如在洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、电视机、电热水器、音响、影碟机、游戏机、电子计价秤、汽车电子与保安系统等产品中,使用单片机后,其控制功能和性能大大提高,并且能实现智能化、最优化控制。

#### 6. 终端及外部设备

计算机网络终端设备(如银行终端、商业自动收款机等)和计算机的外部设备(如键盘、鼠标、打印机、磁盘驱动器等),以及自动化办公设备(如传真机、复印机、绘图仪、考勤机等)都使用了单片机,因此具有输入、计算、存储、显示等功能,并且具有与计算机相连接的接口。

据统计,我国的单片机年产量已达1亿~3亿片,并且每年以约16%的速度增长,而单片机的年需求量达50亿~60亿片,销售额可达400亿元人民币。这说明单片机在我国有着广阔的应用前景。

### 1.2.2 嵌入式系统概念

嵌入式系统技术是21世纪最为重要的关键性技术之一,是继个人计算机技术和互联网技术之后人类最伟大的技术之一。

## 1. 嵌入式系统的定义

关于嵌入式系统的概念，目前还没有统一的说法。国内学术界通常认为嵌入式系统技术是在单片机上发展起来的，是单片机技术的延伸；而业界通常所说的嵌入式系统技术，是指应用 ARM、MIPS、PowerPC 等架构的 32 位片上系统（System of Chip, SoC）和 DSP 等专用芯片的软件与硬件技术。

关于嵌入式系统，目前国内比较公认的定义是：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁剪，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。

可以看出，嵌入式系统包括软件和硬件两个方面，在计算机技术基础上发展起来，同时又具有很强的行业背景。嵌入式系统是多学科的融合，在硬件上，是微电子技术和电子技术的融合，以超大规模集成电路技术和电子技术的发展为基础；在软件上，主要以计算机技术为基础。由于以应用为中心，加之与应用行业/领域密切结合，所以又以相应的应用领域学科为基础，如图 1.1 所示。

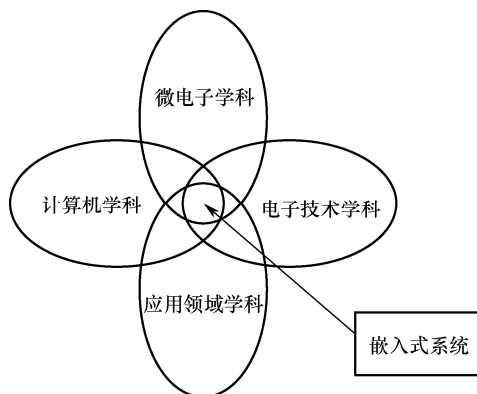


图 1.1 嵌入式系统的多学科融合

## 2. 嵌入式系统的种类

嵌入式系统通常分为工控计算机（简称工控机）、通用 CPU 模块、嵌入式微处理器、嵌入式微控制器。前两者是基于通用 CPU 的计算机系统，后两者是芯片形态的计算机系统。嵌入式微控制器是嵌入式系统概念广泛使用后，对传统单片机定位的称呼。

### （1）工控机

工控机是早期嵌入式系统常常采用的方式。工控机大多数是对通用计算机系统进行了机械加固、电气加固后构成的，以满足应用系统的应用环境要求。工控机有通用计算机丰富的软件及周边外设支持，有很强的数据处理能力，应用软件开发十分方便。但由于体积庞大，因此仅适用于具有大空间嵌入应用的环境，如航船、大型试验装置、分布式测控系统等。

### （2）通用 CPU 模块

通用 CPU 模块是由通用 CPU 构成的各种形式的主机板系统。与工控机相比，其体积较小，可以满足较小空间的嵌入式应用环境。为了满足工控测控对象要求，通用 CPU 模块上常常会设置一些满足测控对象要求的接口电路。通用 CPU 模块具有较强的数据处理能力，借助通用计算机可方便地开发应用软件。通用 CPU 模块常用在需要大量数据处理、逻辑判断的系统中，如中大型试验系统、电视机顶盒（Top Box）、收银机等。

### （3）嵌入式微处理器

早期，微处理器（MicroProcessor Unit, MPU）主要用来构成通用计算机系统，而后随着嵌入式应用极其庞大的市场潜力，众多的 MPU 生产厂家开始发展嵌入式微处理器。

嵌入式微处理器是在通用微处理器（MPU）的基核上，添加外围单元电路和满足对象测控要求的外围接口电路后，构成的单芯片形态计算机系统。例如，Intel 公司早期将通用微处理器 80386 与定时器/计数器、中断系统、串行口、并行口、DMA、WDT 及 MMU 存储器管理部件集成在一个芯片上，构成了 386EX，它就是典型的嵌入式微处理器。

嵌入式微处理器由于总线、I/O 地址与通用微处理器构成的 PC 兼容，有较好的操作系统支持，易于开发，又是单芯片形态的嵌入式系统，因此在许多嵌入式应用系统中使用广泛。

#### （4）单片机（微控制器）

由于单片机具有唯一的专门为嵌入式应用设计的体系结构与指令系统，所以它最能满足嵌入式的应用要求。目前，国内外公认的单片机标准体系结构是美国 Intel 公司的 MCS-51 系列，其中 8051 由 Intel 公司以技术转卖的方式，被许多半导体生产厂家作为基核，发展了许多兼容系列，所有这些系列统称为 80C51 系列。单片机是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。用户可根据应用系统的要求，广泛选择最佳型号的单片机。

美国 Atmel 公司的单片机 AT89S51 是 80C51 系列的典型代表，本书以 89S51 芯片为主线介绍单片机原理与应用。

### 3. 单片机是经典的嵌入式系统

单片机从体系结构到指令系统，都是按照嵌入式应用特点而专门设计的，它能最好地满足面对控制对象、嵌入应用系统、现场可靠运行及非凡控制品质的要求。因此，单片机最广泛地应用在中小型工控领域，是电子系统智能化的最重要的工具。

目前，单片机尚不具备自开发能力，常常需要专门的开发工具。下一节简要介绍单片机应用系统的开发过程。

## 1.3 单片机应用系统开发过程简述

单片机应用系统由硬件系统和软件系统组成，因此要实现一个基于单片机的产品应用系统时，需要进行硬件开发和软件开发。

### 1.3.1 单片机编程语言

在单片机软件开发过程中，势必要使用到单片机的编程语言。单片机常用的编程语言包括汇编语言和高级语言，现在几乎没有人还使用机器语言来编写单片机软件，但应用系统中的单片机只能识别并运行机器语言程序。

#### 1. 机器语言

机器语言是用二进制代码表示的指令。由汇编语言编写的单片机源程序经过汇编器的汇编后可以产生机器语言程序，由高级语言编写的单片机源程序经过编译器的编译后也可以产生机器语言程序。这里提到的汇编器和编译器是单片机开发工具，实际上是 Windows 应用程序。

#### 2. 汇编语言

汇编语言是用助记符表示的指令，是单片机常用的程序设计语言。汇编语言与单片机硬件关系密切，可以方便地实现诸如中断管理、模拟量/数字量的输入/输出等功能，占用的单片机资源少，执行速度快。但是，对于复杂的大型单片机应用系统而言，汇编语言源程序代码的可读性差，不利于单片机软件的升级和维护。

用汇编语言编写的单片机程序称为汇编语言源程序，简称源程序。汇编语言源程序必须经过汇编器的汇编后，才能产生机器语言代码，这种机器语言代码称为目标程序，如图 1.2 所示。单片机运行时，不能执行汇编语言源程序，只能执行目标程序。



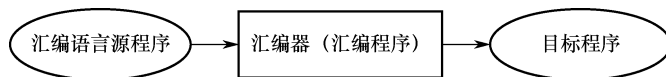


图 1.2 目标程序的产生方法之一

### 3. 高级语言

高级语言的程序结构清晰、可读性好、开发周期短，并具有极好的可移植性。高级语言的代码效率和长度一般不如汇编语言，但随着单片机制造技术的不断改进和编译器性能的不不断提高，新型单片机内部都嵌入了大容量的 Flash E<sup>2</sup>PROM，高级语言的代码运行效率低和代码长的缺陷已得到了弥补，因此高级语言在单片机软件的开发中得到了极其广泛的应用。

C 语言是现代单片机软件开发中常用的高级语言。经过 Keil 公司和 Franklin 公司的努力，面向单片机的 C 语言在 20 世纪 90 年代趋于成熟，已成为专业化的单片机高级语言。

C51 是面向 80C51 单片机的 C 语言编译器。采用 C51 程序设计语言，编程者只需了解变量和常数的存储器类型与 80C51 单片机存储空间的对应关系，而不必深入了解单片机芯片内部的硬件结构，C51 编译器会自动完成变量和常数的存储单元的分配。目前，C51 语言已经得到了广泛的推广和应用，成为单片机的主流程序设计语言。本书主要采用 C51 语言编写单片机程序。

用 C51 语言编写的单片机程序称为 C51 语言源程序，简称源程序。C51 语言源程序必须经过编译器的编译后，才能产生机器语言代码，这种机器语言代码也称目标程序，如图 1.3 所示。单片机运行时，不能执行 C51 语言源程序，只能执行目标程序。

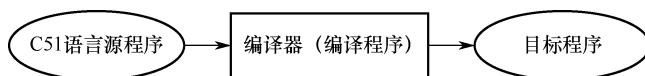


图 1.3 目标程序的产生方法之二

## 1.3.2 单片机应用系统结构

单片机应用系统的结构通常分为单片机、单片机系统、单片机应用系统 3 个层次，如图 1.4 所示。

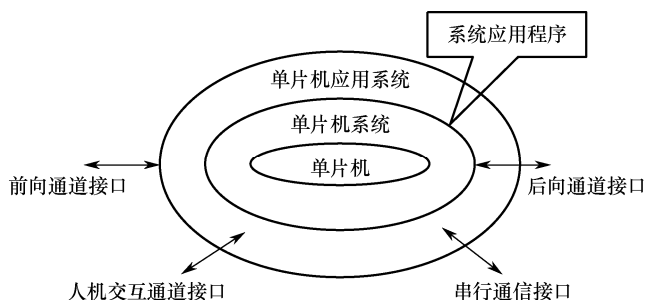


图 1.4 单片机应用系统的 3 层次结构

单片机通常是指单片机芯片本身，但一个单片机芯片并不能把计算机的全部电路都集成到其中，如组成谐振电路的石英晶体、组成复位电路的电阻电容等，这些电子元件在单片机应用系统中一般以分立元件的形式出现（最新的片上系统单片机和一些新的 MCS-51 派生产品已经可以取消这些外部元件）。

为了实现某一应用，由用户设计的以单片机为核心，配以控制、输入、输出、显示等外

围电路的系统,称为单片机系统。

单片机应用系统是满足嵌入式对象要求的全部电路系统,它在单片机系统的基础上配置了面向对象的接口电路,主要包括如下电路。

### 1. 前向通道接口电路

这是单片机应用系统面向检测对象的输入接口,通常是各种物理量的传感器、变送器输入通道。电量输出信号类型(如小信号模拟电压、大信号模拟电压、开关信号、数字脉冲信号等)不同,接口电路也不同。通常有信号调理器、模/数转换器、开关输入、频率测量输入接口等。

### 2. 后向通道接口电路

这是单片机应用系统面向控制对象的输出接口。根据伺服控制要求,后向通道接口电路通常有数/模转换器、开关输出、功率驱动接口电路等。

### 3. 人机交互通道接口电路

人机交互通道接口是满足单片机应用系统人机交互需要的电路,如键盘、显示器、打印机等 I/O 接口电路。

### 4. 串行通信接口

串行通信接口是满足远程数据通信或构成多机(多 CPU)网络系统的接口,如标准的 RS-232C、RS-422/485 和现场总线接口等。

单片机应用系统是最终产品的目标系统,除硬件电路外,还包括单片机应用程序。

## 1.3.3 单片机应用模式

按单片机应用系统的体系结构划分,单片机的应用模式大致分为通用型应用模式和专用型应用模式。通用型应用模式又分为总线应用模式、非总线应用模式、总线型单片机的非总线应用模式。

### 1. 专用型应用模式

这种应用模式使用专用型单片机,将应用系统所需的接口电路集成到单片机芯片中,如图 1.5(a)所示。应用系统的硬件电路简单,只有一些无法集成到单片机内部的外部设备及周边元器件。例如, freescale (飞思卡尔) 单片机主要用于汽车和通信应用中。

### 2. 通用型应用模式

这种应用模式使用通用型单片机,应用系统中所需的外围电路可通过并行总线或串行总线进行扩展。

#### (1) 总线应用模式

这种应用模式使用总线型单片机,外围接口电路可通过并行总线或串行总线进行扩展,如图 1.5(b)所示。并行扩展时电路较复杂,但能满足必须使用并行接口的外围器件的扩展要求。

#### (2) 非总线应用模式

这种应用模式使用非总线型单片机,如图 1.5(c)所示。应用系统的所有外围器件都通过串行总线扩展。单片机引脚数量较少,I/O 口数量不多,常用于一些小型应用系统。

#### (3) 总线型单片机的非总线应用模式

这种应用模式使用总线型单片机,但并行总线不用于扩展外围器件,而将这些总线的引脚作

为 I/O 口使用。应用系统的所有外围器件都通过串行总线扩展，如图 1.5(d)所示。使用这种应用模式可以获得较多的 I/O 口线，通过串行扩展后，还可以简化应用系统的硬件电路，因此这种应用模式使用得越来越广泛。

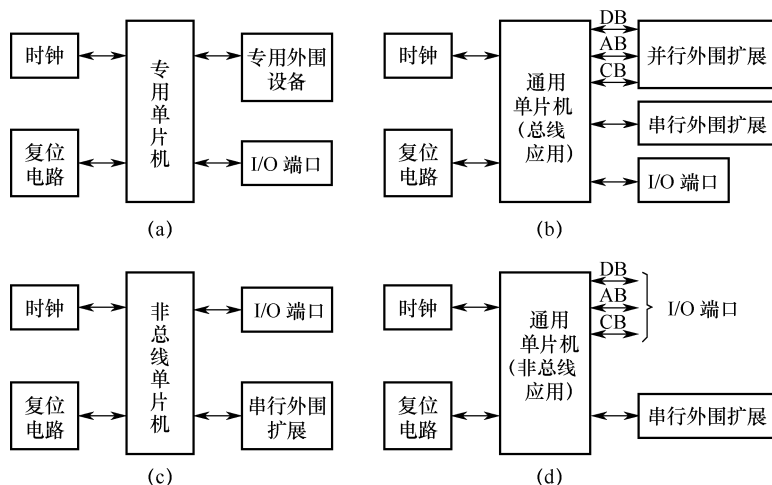


图 1.5 单片机的应用模式

### 1.3.4 单片机应用系统开发过程简介

正确的硬件设计和良好的软件功能设计是一个实用单片机应用系统的设计目标，完成该目标的过程称为单片机应用系统的开发。

单片机应用系统的开发过程如图 1.6 所示。除单片机应用系统产品立项后的方案论证、总体设计外，单片机应用系统的开发过程主要包括 4 部分：硬件系统的设计与调试，单片机应用程序设计，应用程序的仿真调试，系统调试。

#### 1. 硬件系统的设计与调试

硬件系统的设计包括系统硬件电路原理图的设计、印制电路板 (PCB) 的设计与制作、元器件的安装与焊接。完成硬件系统的设计后，应采用适当的手段对硬件系统进行测试，测试合格后，硬件系统的设计与调试完毕。获得的硬件系统一般称为单片机目标板。

#### 2. 单片机应用程序设计

将单片机应用程序按系统软件的功能划分成不同的子功能模块和子程序，无论是子功能模块还是子程序，都要在单片机应用系统开发环境的编辑软件支持下，先编写好源程序，并且在汇编器/编译器的支持下，通过汇编/编译来检查源程序中的语法错误。只有通过汇编/编译，没有语法错误后，才能进入应用程序的仿真调试。

#### 3. 应用程序的仿真调试

应用程序仿真调试的目的是：检查应用程序是否有逻辑错误，是否符合软件功能要求，纠正错误并完善应用程序。应用程序的仿真调试分为模拟仿真（也称软件仿真）和硬件仿真。模拟仿真仅在 PC 上完成，与目标板没有关系；硬件仿真需要借助单片机仿真器、PC 和目标板进行，硬件仿真的前段是为了调试应用程序本身，而当确认应用程序没有问题时，硬件仿真的后段实际上属于系统调试。

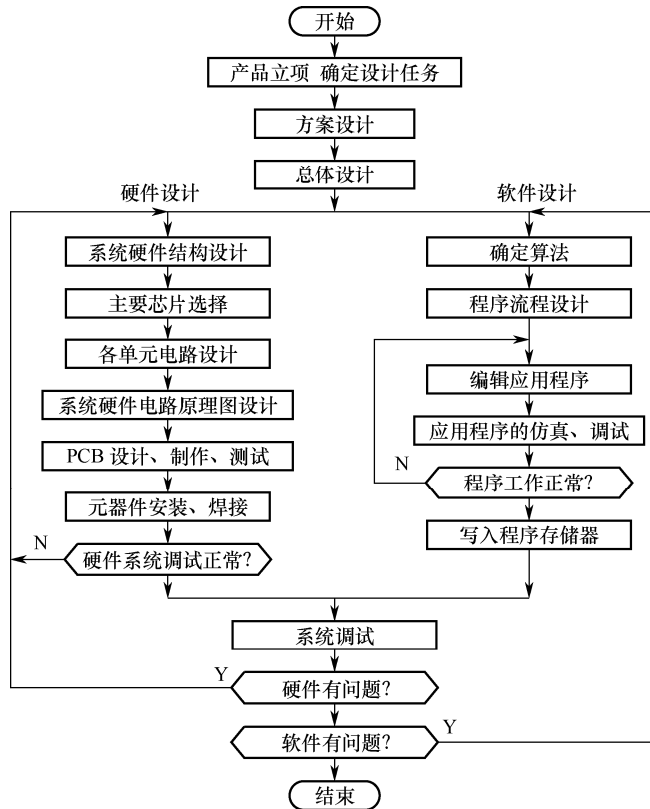


图 1.6 单片机应用系统的开发过程

因为任何单片机应用程序都是针对某个单片机硬件电路设计的，所以有条件的话，一般要采用硬件仿真。但是，具有丰富单片机设计经验的高手只用软件仿真也能完成艰巨的任务。

#### 4. 系统调试

仿真通过的应用程序，通过编程器将目标程序下载到单片机应用系统的程序存储器中，并通过人机交互通道接口，在给定的不同运行条件下，观测系统的具体功能能否实现。根据系统运行结果，若运行正确，则系统的某项具体功能实现得到确认；若运行错误，则应根据错误的具体现象修改应用程序设计，甚至修改系统硬件电路，最终满足系统的所有功能要求。

由于单片机的实际运行环境一般是工业生产现场，即使硬件仿真调试通过的单片机应用系统，在脱机运行于工况现场时，也可能出现错误，这时应特别注意单片机应用系统的防电磁干扰措施，应对设计的单片机应用系统进行全面检查，针对可能出现的问题，修改应用程序、硬件电路、总体设计方案，直至达到用户要求。

单片机应用系统开发过程的进一步介绍，请见本书第 10 章。

## 1.4 本书特点与教材使用建议

随着计算机技术、大规模集成电路技术、软件技术的飞速发展，单片机技术也在快速更新。多年的单片机原理与应用课程教学经验，以及实际的单片机应用系统设计经历，促使我们有了这样的想法：撰写一本既包含较新单片机技术又适合教与学的书。

### 1.4.1 本书编写指导思想

下面谈一谈本书的编写指导思想。

#### 1. 整体架构

为了将当前的单片机应用技术反映到本书中,而本书又要能适合教师的教学工作,且符合学生的学习规律,我们认为,全书可分为两大部分。

第一部分,即本书的第1章~第8章,主要介绍单片机结构、工作原理、基本应用,是继续学习单片机应用技术的基础,是单片机原理与应用课程的经典内容。

第二部分,即本书的第9章~第13章,主要介绍当前的单片机应用新技术,以及单片机应用系统设计方法和工程设计实例。显然,第二部分是单片机原理与应用课程经典内容的扩展,主要目的是给读者提供继续学习和掌握单片机应用系统开发技术的精选内容,让读者了解当前单片机应用新技术、开发小工具、开发环境、开发过程,从而达到初步掌握单片机应用系统设计和开发技术的目的。

具体来说,本书以89S51为典型机,从工程应用出发,主要论述单片机的基本结构与工作原理,以及单片机应用系统的设计与开发方法。全书内容分为13章:概述,单片机的结构和工作原理,指令系统,单片机C51语言程序设计基础,中断系统,定时器/计数器,单片机的串行口UART,单片机常用并行接口技术,串行总线接口技术,单片机应用系统开发环境,基于嵌入式实时操作系统的单片机程序设计方法,基于RTX51的乐曲编辑器和发生器的设计,数控电流源的设计。

书后附录给出了18个单片机原理与应用课程设计题,以及单片机89S51的指令系统。本书为任课教师免费提供电子课件。

#### 2. 贴近单片机应用技术发展现状,完善单片机原理与应用课程内容体系

##### (1) 关于单片机的选型

目前,国内外公认的单片机标准体系结构是美国Intel公司的MCS-51系列,其中的8051单片机由Intel公司以技术转卖的方式,被许多半导体生产厂家作为基核,发展了许多兼容系列,所有这些系列统称为80C51系列。因此,人们在设计单片机应用系统时,可以根据应用系统的要求,广泛选择最佳型号的单片机。然而,美国Atmel公司的单片机AT89S51是80C51系列的典型代表,所以本书以89S51芯片为主线来介绍单片机原理与应用。

当然,在讲授89S51单片机的同时,也要时刻注意我国单片机的市场动态,根据市场的变化来选择主流单片机,只有这样,才能使单片机原理与应用课程真正适应社会需要。例如,深圳宏晶科技股份有限公司生产的STC系列单片机就具有很高的性价比,并且STC系列单片机的开发调试方法比较好——无须仿真器,直接通过UART串口以ISP方式下载目标程序查看运行结果即可,STC系列单片机的指令系统与MCS-51系列单片机的指令系统完全兼容。值得一提的是,目前STC系列单片机在业界的使用很广泛。

##### (2) 精心安排“经典内容”,认真撰写第1章~第8章

目前,国内所有的工科院校,包括职业技术学院,无论是本科层次还是专科层次,都无一例外地开设了单片机原理与应用课程,单片机原理与应用课程的“经典内容”是单片机初学者的必学内容,由于大家的努力,单片机原理与应用课程的教材也出版了很多。然而,当我们使用了多种类型的教材后,觉得很有必要出版一本既包含单片机当前新技术又适合当前

学与教的教材。

从工程应用的角度出发,通过精心安排本书第1章~第8章的内容,达到既能讲透单片机的结构原理,又能精简“经典内容”体系结构的目的。比如,单片机的工作方式有多种,但工程应用中主要用到的是复位工作方式、低功耗工作方式和编程工作方式,因此本书在介绍复位电路的基础上,重点介绍复位工作方式、低功耗工作方式和 AT89S51 的 ISP 编程工作方式,而对其他工作方式则只是略微提一下。又如,定时器/计数器有4种工作方式,其他教材一般按顺序介绍工作方式0~工作方式3,但在实际工程应用中,工作方式0很少采用而工作方式1应用最多,所以本书按照工作方式1、工作方式2、工作方式3、工作方式0的顺序进行介绍,以便使教材内容贴近实际需要。再如,单片机的存储器分为程序存储器和数据存储器,而实际上特殊功能寄存器也属于单片机的存储器,所以本书将这三方面的内容放在一个小节内进行介绍,这种安排是有别于其他教材的。为了保证本书中所用实例程序的正确性,选用的实例程序都通过了实际验证。

具体来说,本书的重点注意事项如下:① 精简“经典内容”的体系结构;② 统一单片机的概念和称呼;③ 杜绝程序错误;④ 避免文字错误。

### (3) 详细介绍串行总线接口技术

随着计算机技术和半导体技术的发展,MCU 芯片的内部资源越来越丰富,总线型单片机的非总线应用模式使用得越来越广泛;而在 MCU 的外部很少采用并行三总线(数据总线、地址总线、控制总线)结构,使得人们常常采用具有串行总线接口的外围芯片。因此,本书简化并行扩展的内容,在介绍单片机常用并行接口技术的基础上,特别增加串行总线接口技术,用一章的篇幅详细介绍 RS-232、RS-485、SPI、I<sup>2</sup>C、1-Wire、CAN、USB 等串行总线技术。

鉴于以上考虑,如果希望在单片机原理与应用课程中让学生基本了解微机原理与接口技术的内容,那么本书是比较适合的。

### (4) 介绍 C51 语言程序设计方法

目前,单片机程序设计部分的讲授内容大多限于“汇编语言”,而实际应用中单片机程序设计多年前就进入了“高级语言”阶段,各种单片机高级语言开发工具的相继出现,使得高级语言程序设计在可读性、可靠性和编程效率上都远超汇编语言,德国 Keil Software 公司的 Keil C51 编译器就是典型代表。Keil C51 编译器是一种专为 MCS-51 系列单片机应用开发而设计的高效率 C 语言编译器,它包括 C51 交叉编译器、A51 宏汇编器、BL51 连接定位器和基于 Windows 的集成化文件管理编译环境、多视窗软件仿真调试器等一系列开发工具,具有高效、可靠、使用方便等许多优点,应用如今已十分普及。因此,本书的程序设计实例全部采用 C51 语言编写。

我们认为在教学中,目前还不宜完全忽略汇编语言程序设计方法的介绍,因为在许多实时控制时序和时间要求十分苛刻的场合,尤其是在控制接口硬件时,用汇编语言进行程序设计显得非常简洁。因此,作为选学内容,本书保留了 MCS-51 单片机指令系统并简要介绍了汇编语言程序设计方法(第3章)。

### (5) 介绍基于嵌入式实时操作系统的单片机程序设计方法

第11章介绍适用于 MCS-51 系列 8 位单片机的嵌入式实时操作系统 RTX51 及其应用方法。这个内容有别于嵌入式系统课程的内容:一方面,实时操作系统 RTX51 是适用于 MCS-51 系列 8 位单片机的,而嵌入式系统课程中介绍的实时操作系统是适用于 32 位嵌入式微处理器或 64 位嵌入式微控制器的;另一方面,实时操作系统 RTX51 易学好用,笔者在实际工程

项目中使用它后觉得很好，因此放在本书中，这是本书的亮点之一。

#### (6) 简单介绍单片机应用系统设计的开发环境

第10章主要介绍单片机开发小工具、开发环境 Keil  $\mu$ Vision4 和 Proteus 以及开发步骤，目的是让读者了解单片机应用系统设计开发的方法和工程设计步骤，建立单片机应用系统开发的全局观念。一般来说，单片机开发环境的介绍需要较大的篇幅，且已有专门的书籍进行了介绍，而要真正掌握单片机的开发环境，只有经过大量的训练后才能实现，因此对于这部分内容本书只做简单介绍，读者必须通过实际操作，不断积累经验，直至熟练运用单片机开发环境。

#### 3. 与工程应用相结合，选取完整的设计实例

第12章和第13章是两个完整的单片机应用系统的设计实例，取材于全国大学生电子设计竞赛的国家级获奖作品和实际的工程设计。这两章都给出了完整的系统设计过程，不仅给出了完整的系统硬件电路原理图，而且给出了完整的系统软件设计源程序代码，系统应用程序采用 C51 语言进行编写，或采用 C51 语言和 MCS-51 汇编语言混合编写。此外，这两章的编写体例是按照电气信息类专业本科毕业设计的论文格式要求进行撰写的，在书中还给出了所设计与制作实物的数码照片，以便增强实际效果。因此，本书的这两章不仅可供从事单片机应用系统开发的工程技术人员参考，还可作为各类电子设计竞赛的培训内容，以及单片机原理与应用课程设计的参考内容和电气信息类专业学生毕业设计的参考内容。

确定了本书的编写指导思想后，我们撰写了一份包含3级标题的编写提纲，并在较广泛的范围内进行了讨论，参加讨论的人员包括长期从事单片机原理与应用课程教学的老师、学习过单片机原理与应用课程的在校学生、已走上工作岗位的电气信息类专业的毕业生等。在此讨论的基础上，对编写提纲进行了修改，并要求根据编写提纲完成各章的撰写工作。

### 1.4.2 本书特点

#### 1. 全书内容结构合理，贴近单片机应用技术发展现状

全书分为两大部分。第1章~第8章为第一部分，主要介绍单片机芯片内部逻辑结构与工作原理及基本应用，是继续学习单片机应用技术的基础；第9章~第13章为第二部分，主要介绍当前的单片机应用新技术，以及单片机应用系统设计开发方法和工程设计实例。

#### 2. 突出了单片机应用技术的新颖性和实用性

全书以单片机 89S51 芯片为主线，简化了传统教材中单片机并行扩展的内容，在介绍单片机常用并行接口技术的基础上，特别增加了串行总线技术，如 RS-232、RS-485、SPI、I<sup>2</sup>C、1-Wire 单总线、CAN、USB 等；介绍了适用于 MCS-51 系列 8 位单片机的嵌入式实时操作系统 RTX51 及其应用方法，传统的单片机教材中一般没有介绍相关内容；本书采用的实例程序全部通过了实际验证，杜绝了程序错误；本书采用 C51 语言进行单片机程序设计；简单介绍了单片机开发小工具、集成开发环境 Keil  $\mu$ Vision4、PC 环境下的单片机应用系统仿真软件 Proteus，目的是让读者了解单片机应用系统设计开发的方法和设计步骤，建立单片机应用系统开发的全局观念；最后两章精选了两个单片机应用系统设计实例。

#### 3. 目标明确，本书有配套的资料

本书的目标是：让当前的单片机应用新技术较好地体现到本书中，使之适合教师的教学工作，并符合学生的学习规律。本书能满足工科院校电气信息类专业课程教学、课程设计和

毕业设计对单片机原理与应用系统设计的要求。在单片机原理与应用课程中,如果期望学生基本了解微机原理与接口技术的内容,那么本书是比较适合的。

我们精心制作了与本书相配套的 PPT 电子课件,可为选用本书作为教材的教师免费提供;此外,为提高读者的动手能力,我们特意研制了多种规格的单片机实验开发板,以提升学习单片机技术的效果与效率。

### 1.4.3 教材使用建议

本书内容共 13 章,任课教师可根据实际情况选用本书的内容,组织教学,并处理好与其他相关课程的关系。

#### 1. 建立嵌入式系统课程体系

规划课程体系时,应考虑人才培养目标。电气信息类专业的嵌入式系统人才培养目标是:培养初步掌握嵌入式系统设计和底层驱动开发方法,熟练掌握上层嵌入式系统软件开发方法和技术的应用型人才。

随着集成电子技术的飞速发展及信息化社会的到来,社会对工科学生在单片机应用技术方面不仅有较高的要求,对学生在 DSP 应用技术和嵌入式微处理器的应用技术方面的要求也逐渐增高,这从目前的学生求职过程中即可看出。为适应社会的需求并提高学生的就业率,我们考虑为电气信息类专业建立一个嵌入式系统课程群,这个课程群包括 4 门课程:单片机原理与应用,EDA 技术与应用,DSP 技术与应用,ARM 嵌入式系统原理与应用。除单片机原理与应用、EDA 技术与应用为必修课外,DSP 技术与应用、ARM 嵌入式系统原理与应用可作为选修课,有条件的学校可把 DSP 技术与应用课程作为必修课。

要做好课程群建设,不仅要建立一支过硬的教师队伍,还要注意建立一个好的实践教学环境。教师队伍的建设主要考虑那些工作在科研一线并具有实践经验的青年教师。实践教学环境也是一个重要方面,实践教学环境的建设要寻求学校的大力支持。

#### 2. 教学方法与教学手段

课堂教学除发挥教师的主导作用外,应充分利用教师与学生的互动,调动学生主动学习的积极性。在授课中,要特别注意课堂教学方法的改进。由于单片机原理与应用课程是紧密结合实际的,因此一定要让学生清楚所讲授内容的意义和目的,要与实际相结合,使学生感兴趣。讲授的内容要承上启下,先行课程为数字电子技术。如果已将微机原理与接口技术作为先修课程,那么当然更好;如果没有先修微机原理与接口技术课程,并且希望在单片机原理与应用课程中让学生基本了解微机原理与接口技术,那么教师就要把所讲授的内容与先行内容间的联系和区别讲清楚,比如微型计算机中对所有存储器采用统一编址,但单片机将程序存储器和数据存储器独立编址。教学过程中要经常与学生交流,充分利用课前的时间和课间时间,发现问题并及时讲解。

课堂教学中,要注重问题的引出,如何深入,采用何种工具和方法,都有哪些设计方案,这些设计方案各有哪些特点,适用什么场合,在做出结论时进行适当启发,尽量引导学生做出正确的结论。在介绍应用系统设计时,尤其要注意设计能力的培养,要有系统的概念。把具体的单片机应用系统的实物拿到课堂上,让学生对实际应用系统有一个感性认识。课程结束时,给学生布置一个应用系统设计的大作业,这对培养学生的设计能力、与实际联系的能力是大有益处的。要使学生自己真正地应用所学知识去设计一个应用系统。



单片机原理与应用课程属于应用设计类课程,它与实际紧密结合,因此一定要有市场观和成本观。在讲授有关设计方面的内容时,应注重使学生树立经济效益、性价比的观念,这对工科的学生十分重要。不能只讲授功能设计而不顾经济效益。要把几种设计方案加以比较,注重工程上的可行性、性价比,这就对教师提出了更高的要求。教师要积极参加科研,多看最新的期刊,要了解市场,了解最新元器件的性能与基本价格。

为了让学生注重实验、注重作业、注重教师的课堂提问,避免一张试卷就决定成绩的现象,单片机原理与应用课程的最终成绩由三部分组成:课程考试占 70%,实验占 20%,平时占 10%。

单片机原理与应用课程还应注重把先进的信息技术手段应用到教学中。要让精心制作的电子课件在多媒体教室投入使用,因此课堂教学内容中有较多的接口电路图与程序,而使用电子课件会感到很方便,同时也可加大讲授的信息量。

在讲授单片机原理与应用课程时,还要同时向学生介绍与单片机相关的后续内容,如数字信号处理器(DSP)、嵌入式微处理器 ARM 等,激发学生的兴趣,开阔学生的眼界,真正让他们把学到的内容与上述内容联系起来,做到举一反三,为就业和攻读硕士学位打好基础。

单片机原理与应用课程结束后,应鼓励学生积极参加各种电子设计竞赛,对学生来说这也是很好的锻炼机会。

### 3. 少学时单片机原理与应用课程内容的安排

本书第一部分是单片机原理与应用课程的“经典内容”,是初学者必须学习的内容,其中第 3 章是选讲内容,讲授完这部分内容一般需要 34~38 学时,可供任课教师参考的具体学时分配情况如表 1.4 所示。

表 1.4 少学时单片机原理与应用课程学时分配情况表

序号	章节	学时
1	第 1 章 概述	2
2	第 2 章 单片机的结构和工作原理	8
3	第 3 章 指令系统*	4*
4	第 4 章 单片机 C51 语言程序设计基础	6
5	第 5 章 中断系统	4
6	第 6 章 定时器/计数器	4
7	第 7 章 单片机的串行口 UART	4
8	第 8 章 单片机常用并行接口技术	6
合计		34~38

### 4. 多学时单片机原理与应用课程内容的安排

本书第二部分是单片机原理与应用课程的“扩展内容”,具体包括第 9 章~第 13 章,任课教师宜根据学时多少选择讲授。其中,第 10 章宜在单片机实验课中介绍,第 12 章与第 13 章只需选讲一章,另一章可让学生在课后阅读。多学时情况下,可供任课教师参考的具体学时分配情况如表 1.5 所示。

表 1.5 多学时单片机原理与应用课程学时分配情况表

序号	章节	学时
1	第 1 章 概述	2
2	第 2 章 单片机的结构和工作原理	8
3	第 3 章 指令系统*	4*
4	第 4 章 单片机 C51 语言程序设计基础	6
5	第 5 章 中断系统	4
6	第 6 章 定时器/计数器	4
7	第 7 章 单片机的串行口 UART	4
8	第 8 章 单片机常用并行接口技术	6
9	第 9 章 串行总线接口技术	6
10	第 10 章 单片机应用系统开发环境	4
11	第 11 章 基于嵌入式实时操作系统的单片机程序设计方法	6
12	第 12 章 基于 RTX51 的乐曲编辑器和发生器设计	4
13	第 13 章 数控电流源设计	4
合计		58~62

## 1.5 本章小结

单片机在一块半导体硅片上集成了计算机的所有基本功能部件，包括中央处理器、存储器、输入/输出接口电路、中断系统、定时器/计数器和串行通信接口电路等。因此，单片机只需与适当的软件及适当的外部设备相结合，就能构成一个完整的计算机应用系统。“单片机”是单片微型计算机的简称，是一种通俗的称呼。单片机的另外两种叫法是：微控制器（MCU），嵌入式微控制器（EMCU）。

自美国 Intel 公司于 1976 年宣布并于 1977 年推出 MCS-48 单片机以来，单片机技术已经走过了 30 余年的历程。几十年来，单片机不以其位数的高低来决定优劣，而以如何适合千变万化的应用产品的需求的高性价比的配置来决定优劣。因此，高性价比、多功能、低功耗的 8 位单片机一直是单片机的主角。美国 Atmel 公司的单片机 AT89S51 是 8 位单片机的典型代表。

单片机的发展趋势是，向 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。

嵌入式系统的概念是：以应用为中心，以计算机技术为基础，软件/硬件可裁剪，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。单片机是经典的嵌入式系统。

单片机具有显著的优点，因而广泛应用于家用电器、智能化仪器仪表、医用设备、汽车电子产品、航空航天、专用设备的智能化管理及工业生产过程控制等领域。

单片机常用的编程语言包括汇编语言和 C51 语言，源程序必须经过汇编器/编译器的汇编/编译后，才能产生机器语言代码，这种机器语言代码称为目标程序，单片机运行时，只能执行目标程序。

单片机的应用模式大致分为通用型应用模式和专用型应用模式。通用型应用模式又分为总线应用模式、非总线应用模式、总线型单片机的非总线应用模式。

单片机应用系统的开发过程，除产品立项后的方案论证、总体设计外，主要包括硬件系统的设计与调试、单片机应用程序设计、应用程序的仿真调试、系统调试 4 部分。

## 1.6 思考题与习题

1. 什么是单片机？什么是单片机系统？什么是单片机应用系统？
2. 除单片机这一名称外，单片机还可称为（ ）和（ ）。
3. 微处理器、微型计算机、CPU、单片机，它们之间有何区别？
4. 单片机与普通计算机的不同，在于其将（ ）、（ ）和（ ）三部分集成在一块芯片上。
5. 单片机有哪些特点？
6. 单片机技术的发展方向如何？
7. 单片机的发展过程大致分为哪几个阶段？
8. 单片机根据其基本操作处理的数据位数可分为哪几种类型？
9. 单片机主要应用在哪些领域？
10. 举例说明单片机在嵌入式系统中的应用。
11. 举例说明单片机控制系统的组成、结构和工作原理。
12. 在单片机应用系统中，硬件与软件是什么关系？软件如何实现对硬件的控制功能？
13. 什么是总线型单片机？什么是非总线型单片机？对于总线型单片机而言，什么情况下是总线应用？什么情况下是非总线应用？
14. 单片机应用系统开发过程主要包括哪些步骤？