普通高等教育“十二五”规划教材

◎电子信息科学与工程类专业 规划教材

单片微机原理与接口技术

（第2版）

◎宋 跃 主编

中国工信出版集团

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

电子信息科学与工程类专业规划教材

广东省高等学校本科精品课程
广东省精品开放资源共享课程

单片微机原理与接口技术

（第2版）

主　编　宋　跃

副主编　石　伟　黄　辉　蒋业文

参　编　任　斌　雷瑞庭　王照平

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 80C51 系列单片机为典型机介绍微机基本理论与原理，实现将微机原理的学习和具体的单片机应用实践密切结合。本书从计算机基础知识入手，全面介绍微机的基本组成和原理，重点讲述 80C51 系列单片机的结构、指令系统、程序设计以及常用的接口技术，对 8086 系统和 C51 语言分设两章介绍，一些最新实用的接口技术和接口芯片的使用穿插在相关的章节中介绍。

本书（含习题）以汇编语言为主、C51 为辅来讲述程序的设计方法与技巧，对 Proteus8、μVision4 软件、C51 语言作基本介绍，其应用与汇编有机穿插在各章教学案例及习题中，C51 与汇编编程在教学案例中交叉出现，对典型或重要知识点案例通常给出汇编语言与 C51 对应的源程序及软件仿真过程。本书选材规范，通俗易懂，每章都配有小结、思考题及习题。

本书可作为高等院校电气与电子信息类专业“微机原理”与“单片机技术”的教材，也可作为高职高专相关专业的教材，同时可作为学习单片机应用基础的培训教材和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微机原理与接口技术/宋跃主编. —2 版. —北京：电子工业出版社，2015.8

电子信息科学与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-26617-1

Ⅰ. ①单… Ⅱ. ①宋… Ⅲ. ①单片微型计算机－基础理论－高等学校－教材②单片微型计算机－接口技术－高等学校－教材 Ⅳ. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 159857 号

责任编辑：凌 毅
印 刷：三河市华成印务有限公司
装 订：三河市华成印务有限公司
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：787×1 092 1/16 印张：20 字数：538 千字
版 次：2011 年 7 月第 1 版
2015 年 8 月第 2 版
印 次：2015 年 8 月第 1 次印刷
印 数：3 000 册 定价：39.80 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。

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

服务热线：（010）88258888。

再 版 前 言

“微机原理及应用”是高等学校电气与电子信息类各专业的计算机硬件基础课程，“单片机与接口技术”是上述各专业的应用技术课程，目前地方院校电子、通信、控制、电气、自动化等专业学生在就业见习时，单片机的设计开发已被企业视为毕业生必备的基本能力。在目前教学时大量压缩的情况下，“微机原理及应用”作为学科基础课程和“单片机与接口技术”作为实践动手要求很高的专业课程，同时分学期前后开设，在学时安排上势必存在一定的困难，由于两门课程存在衔接关系，所以很难保证不在教学内容上出现重复和遗漏。

如何既要让学生学习掌握微机的基本理论和原理，为后续课程（EDA 设计、ARM、嵌入式系统、DSP 等课程以及自主性学习与研究）打下较扎实的理论基础，又要让学生真正掌握单片机的应用技术（包括原理、接口技术、最新设计技术等），以提高学生的实验实践能力、创新创业（就业）能力，这对以培养应用型人才为主的一般院校的本科教学来说极为重要，为此我们试探着编写满足这种要求的教材。本教材第 1 版经过 4 年多的教学实践，为更好实现以上目标和服务于应用型大学教学，在听取专家和用户使用意见后，历时一年多修订出版第 2 版。

本书主要面向教学型、教学研究型的大学教学，旨在将“微机原理及应用”和“单片机与接口技术”两门课程合二为一，在较系统讲述微机基本理论和原理的同时，突出单片机（以 80C51 为典型机）应用的技术性、实用性、前沿性，以满足本科教学“质量工程”的需要。

本书由东莞理工学院宋跃教授担任主编，湖南工业大学石伟副教授、五邑大学黄辉副教授、佛山科技学院蒋业文副教授任副主编。编写分工如下：宋跃编写第 2 章、第 4 章、第 7 章、8.4.1 节，石伟编写第 1 章、第 6 章，黄辉编写第 9 章、第 10 章，蒋业文编写第 8 章，东莞理工学院任斌教授编写第 3 章、第 5 章，东莞理工学院雷瑞庭老师编写第 11 章、1.5 节、12.4 节，黄河科技学院王照平副教授编写第 12 章，东莞理工学院彭超博士、余炽业高级实验师提供协助。

本书是广东省高等学校本科精品课程和广东省精品开放资源共享课程配套教材，精品课程网址：http://jpkc.dgut.edu.cn/mcu。在本书编写过程中，感谢东莞理工学院胡必武副教授、朱德海老师对本书的编写与修改提出的指导和建议。在编写过程中参考了许多文献和资料，在此向各文献资料的作者表示感谢。东莞理工学院本科生黄晓鸿、杨文陶、彭钦发、崔东亮、王磊、谭东洁、曾勇华等承担了全书图文、表格的整理、PPT 设计制作以及程序的仿真与实验等工作，在此向以上各位表示感谢。

本书按照 **80 学时**组织编写，具体教学内容可根据实际情况取舍。本书配有**电子课件、程序源代码、思考题及习题参考解答、STC 单片机参考资料**等，读者可登录华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 下载。

由于作者水平有限，书中肯定存在错误和不足之处，敬请各位同仁不吝批评指正，不胜感谢。

作 者

2015 年 7 月

目 录

第1章　微机基础知识

1.1　计算机中负数的表示和运算

1.1.1　机器数

在计算机中用 0 和 1 表示的数统称为机器数，机器数通常用二进制形式表示。机器数有 3 个基本特征。

（1）机器数的真值

机器数的数值称为机器数的真值，真值一般用十进制数表示，即用正、负符号加绝对值来表示的实际数值，如+10，-30 等。

（2）机器数的符号

实际数据有正数和负数之分，由于计算机内部硬件只能表示两种物理状态（0 和 1），因此，实际数据的符号在机器里就用二进制数的最高位表示，通常以 0 代表符号“+”，以 1 代表符号“-”。

（3）机器数的字长

机器设备一次能表示的二进制位数叫机器数的字长，一台机器数的字长是固定的。通常 8 位二进制数称为 1 字节（Byte），目前机器数字长一般都是字节的整数倍，如字长 8 位、16 位、32 位、64 位。

机器数根据小数点位置固定与否可以分为定点数和浮点数。通常使用定点数表示整数，用浮点数表示实数。

定点整数：整数可以分为无符号整数和有符号整数两类。无符号整数的所有二进制位全部用来表示数值的大小；有符号整数用最高位表示数的符号，剩余位表示数值的大小。

浮点实数：任意一个实数 N 都可以写成 $N=2^P*S$ 的形式，其中 P 称为阶码，俗称指数，S 为尾数。因为同一个数可以写成很多种形式，因此，浮点数必须按照某一个标准写成规范化的形式，现在普遍采用的浮点数格式是 IEEE 标准。IEEE 标准对于单精度浮点数采用 4 字节表示，其中数符占 1 位，阶码占 8 位，尾数占 23 位。如图 1.1 所示。

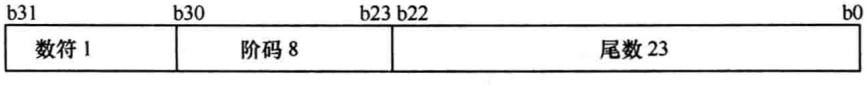

图 1.1　IEEE 浮点数格式

1.1.2　机器数的原码、反码和补码

1．原码

将机器数真值形式中的最高位用“0”表示“+”号，用“1”表示“-”号，这种数码形式叫做原码。当 X 为正数时，$[X]_{原}=X$。当 X 为负数时，将 | X | 数值部分绝对值前面的符号位上写成“1”即可。如：

X1=69　　$[X1]_{原}=01000101$

X2=-69　　$[X2]_{原}=11000101$

原码表示法比较直观，其数值部分就是该数的绝对值，而且与真值、十进制数的转换十分

方便。但是用原码进行加减运算时，因符号位不能与数值部分一起参加运算，而必须利用单独的线路确定符号位，造成运算电路变得很复杂，由此提出了反码和补码的概念。

2．反码

如果是正数，其反码和原码的形式相同；如果是负数，其反码为原码的数值部分按位取反，符号位保持不变。如：

X1=69　　$[X1]_{反}$=01000101

X2=−69　　$[X2]_{反}$=10111010

在反码中，数值 0 有两种形式，对于 8 位数来说：

$[+0]_{反}$=00000000　　$[-0]_{反}$=11111111

3．补码

补码是根据补数的概念引入的，假定现在的时间为 6 点整，而手表却是 8 点整。手表校准的方法有两种，一种是倒拨 2 小时，可以理解为减法运算（−2），一种是正拨 10 小时，可以理解为加法运算（+10），那么对校准手表来讲，减 2 与加 10 是等价的，也就是说，减 2 可以用加 10 来实现。这是因为 8 加 10 等于 18，然而手表最大只能表示 12，当大于 12 时进位自然丢失，18 减去 12 就只剩 6 了。这说明减法在一定条件下，是可以用加法来代替的。在以上例程中“12”称为“模”，“+10”称为“−2”对模 12 的补数。

假设 X 为 n 位二进制数，则其模为 2^n，因此 X 的补码可表示为

$$[X]_{补}=2^n+X$$

对于二进制数的补码求解可分为正数和负数分别讨论。

当 $X=+x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0$ 时，有

$$[X]_{补}=2^n+X=0x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0$$

所以正数的补码和原码的形式相同。

当 $X=-x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0$ 时，有

$$\begin{aligned}[X]_{补}&=2^n+X=2^n-x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0\\&=2^{n-1}+2^{n-1}-x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0\\&=2^{n-1}+(2^{n-1}-1)-x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0+1\\&=2^{n-1}+(11\cdots1-x_{n-2}x_{n-3}\cdots x_1x_0)+1\\&=2^{n-1}+\overline{x}_{n-2}\overline{x}_{n-3}\cdots\overline{x}_1\overline{x}_0+1\\&=(\overline{0}\,\overline{x}_{n-2}\overline{x}_{n-3}\cdots\overline{x}_1\overline{x}_0)+1\end{aligned}$$

所以负数的补码等于它的绝对值（符号位除外）按位取反后加 1。如：

X1=69　　$[X1]_{补}$=01000101

X2=−69　　$[X2]_{补}$=$1\,\overline{1}\,\overline{0}\,\overline{0}\,\overline{0}\,\overline{0}\,\overline{1}\,\overline{0}$+1=10111010+1=10111011

1.1.3　补码加减运算

在微机加减运算中一般都以补码的形式进行，因为补码运算不需要进行符号判别，符号位和数值部分一并参与运算，当然运算结果也是以补码的形式出现的。

补码加减运算法则：两数和的补码等于两数的补码和；两数差的补码等于两数的补码差。

$[X+Y]_{补}=2^n+[X+Y]=[2^n+X]+[2^n+Y]=[X]_{补}+[Y]_{补}$

$[X-Y]_{补}=2^n+[X-Y]=[2^n+X]-[2^n+Y]=[X]_{补}-[Y]_{补}$

【例 1.1】已知 X=+1101，Y=+0110，用补码计算 Z=X-Y。

解

方法 1：$[X]_{补}$=01101，$[Y]_{补}$=00110，则$[Z]_{补}=[X]_{补}-[Y]_{补}$=01101-00110=00111。

方法 2：$[X]_{补}$=01101，$[-Y]_{补}$=11010，则$[Z]_{补}=[X]_{补}+[-Y]_{补}$=01101+11010=00111。

显然，两种方法的计算结果完全一致，所以利用补码可以将减法运算转换成加法运算，从而彻底解决了符号位问题。

补码的加减运算要注意以下几个问题。

① 补码运算时，其符号位与数值部分一起参加运算。

② 补码的符号位相加后，如果有进位出现，要把这个进位舍去（自然丢失）。

③ 用补码运算，其运算结果亦为补码。在转换为真值时，若符号位为 0，数位不变；若符号位为 1，应将结果求补才是其真值。

1.1.4 原码乘除运算

计算机中的乘除运算一般都是通过原码来实现的，在运算过程中要分别确定运算结果的符号和数值。计算机一般不按照通常的乘除运算来实现，因为这样对硬件的要求太高，所以通常采用移位的方式实现。具体法则是：左移（右移）n 位，相当于乘（除）以 2^n。

1.2 微机中的常用编码

在计算机应用中，经常要用二进制代码表示各种字符和符号，同时也要将二进制数表示成与现实生活相适应的十进制数，所有这些都与计算机的编码有关，下面介绍几种常见的编码类型。

1.2.1 ASCII 码

计算机系统中除了数字 0～9 之外，还经常要用到字母、标点符号以及其他如空格、换行等控制符号。20 世纪 60 年代，美国制定了一套字符编码，对以上列举的常用字符用二进制数做了统一编码规定，这种编码的全称为美国信息交换标准代码，简称 ASCII 码。后来国际标准化组织（ISO）和国际电报电话委员会以它为基础制定了相应的国际标准，目前计算机系统中都采用 ASCII 码。

ASCII 码是一种 7 位代码，共有 128 个编码。具体编码如表 1.1 所示。

表 1.1 ASCII 码字符表

b6b5b4 / b3b2b1b0		000	001	010	011	100	101	110	111
		0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	、	p
0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	2	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0011	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u

（续表）

b3b2b1b0 \ b6b5b4		000	001	010	011	100	101	110	111
		0	1	2	3	4	5	6	7
0110	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	7	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1000	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	C	FF	FSP	,	<	L	\	l	|
1101	D	CR	GSP	-	=	M	]	m	}
1110	E	SO	RSP	.	>	N	^	n	~
1111	F	SI	USP	/	?	O	_	o	DEL

在计算机的存储单元中，1 个 ASCII 码值占 1 字节（8 位），其最高位（b7）用作奇偶校验位。

1.2.2 非 ASCII 编码

英语用 128 个符号编码就够了，但是用来表示其他语言时 128 个符号是不够的。我国于 1980 年制定了信息交换 7 位编码字符集，即国家标准 GB1988-80，除了用人民币符号￥代替美元符号$外，其余代码与 ASCII 码相同。当然除了国家标准 GB1988-80 外，我国还编写了简体中文常见的编码方式表 GB2312，使用两个字节表示一个汉字，所以理论上最多可以表示 256×256=65536 个符号。

1.2.3 BCD 码

BCD 码是用 4 位二进制码来表示十进制数中的 0～9 这 10 个数码，英语全称为 Binary-Coded Decimal，简称 BCD 码。BCD 码有很多种形式，如 8421 码、余 3 码、5421 码和 2421 码等，其中 8421 码应用最为广泛，它们的对应关系如表 1.2 所示。

表 1.2　BCD 码对应表

十进制数	8421 码	余 3 码	5421 码	2421 码
0	0000	0011	0000	0000
1	0001	0100	0001	0001
2	0010	0101	0010	0010
3	0011	0110	0011	0011
4	0100	0111	0100	0100
5	0101	1000	1000	0101
6	0110	1001	1001	0110
7	0111	1010	1010	0111
8	1000	1011	1011	1110
9	1001	1100	1100	1111

1.3 微 机 概 述

1.3.1 微型计算机的发展

计算机（Computer）又称电脑，是20世纪最重要的科技成果。电子计算机通常可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机5类。其中微型机具有体积小、重量轻、结构灵活、价格低廉且应用广泛等特点。自从1946年第一台计数机ENIAC问世到今天，微型机的发展可以分为以下5个阶段。

第一阶段（1971—1973）：（之前为电子计算机）这一阶段典型的微型机以Intel 4004和Intel 4040为基础。微处理器和存储器采用PMOS工艺，工作速度很慢。

第二阶段（1974—1977）：以8位微处理器为基础，典型的微处理器有Intel 8080/8085、Zilog公司的Z80及Motorola公司的6800。

第三阶段（1978—1981）：以16位和准32位微处理器为基础，如Intel公司的8086、Motorola的68000和Zilog的Z8000。

第四阶段（20世纪80年代）：20世纪80年代初，IBM公司推出开放式的IBM PC，这是微型机发展史上的一个重要里程碑。IBM PC采用Intel 80X86（当时为8086/8088、80286、80386）微处理器和Microsoft公司的DOS操作系统与总线设计方法。

第五阶段（20世纪90年代开始）：RISC（精简指令集计算机）技术的问世使微型机的体系结构迈向了嵌入式的发展道路，目前ARM、Power PC、68000、MIPS、SC-400等处理器已经在高端电子产品中占据了主导地位。

1.3.2 微型计算机的基本组成

微型计算机由CPU、存储器、输入/输出接口电路和系统总线构成，具体方框图如图1.2所示。

CPU：CPU俗称中央处理器，是微型计算机的心脏，其性能直接决定了整个微型机的各项性能指标。

存储器：包括随机存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM），其中ROM用来长期存储程序代码，RAM用来暂时保存程序代码和运行所需数据。

I/O接口电路：用来使外部设备和微型机相连。

系统总线：总线是连接多个功能部件或多个装置的一组公共信号线，为CPU和其他部件之间传输数据、地址和控制信息提供传输通道。按所传送信息类型，总线可以分为数据总线DB（Data Bus）、地址总线AB（Address Bus）和控制总线CB（Control Bus）3种类型。

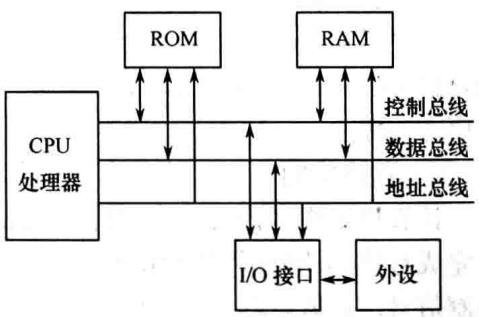

图1.2 微机计算机系统结构图

地址总线AB：是微型计算机用来传送地址信息的信号线。地址总线是单向、三态总线。

数据总线DB：是CPU用来传送数据信息的信号线。数据总线的位数和处理器的位数相对应。数据总线是双向、三态总线。

控制总线CB：是用来传送控制信号的一组总线。控制总线的信号线可为单向或双向，也可为三态或非三态，取决于具体的信号线。

微型计算机系统是在微型计算机的基础上，配上必要的外设（如键盘、光驱等）、电源以及必要的软件而构成的系统。

1.3.3 微处理器的基本组成

微处理器是微型计算机的核心，是控制器和运算器的合称。不同的 CPU，其内部结构、硬件设置都不尽相同，但基本部件基本相同。

1．算术逻辑单元 ALU

算术逻辑单元（ALU）是中央处理器 CPU 的一部分，用以处理计算机指令集中的算术与逻辑操作。在某些处理器中将 ALU 分为两部分，即算术单元（AU）与逻辑单元（LU）。

2．累加器 ACC

累加器 ACC 是一个寄存器，是 CPU 中工作最繁忙的寄存器。许多指令的操作数取自 ACC，许多运算中间结果也存放于 ACC。ACC 中的数据还可以根据需要进行左右移位，使用非常灵活。

3．标志寄存器 FR

标志寄存器是所有处理器的一个重要部件。它是用来存放运算结果特征的，以便于判断 CPU 的运行状态。不同的处理器的标志寄存器的位定义不尽相同。

4．程序计数器 PC

程序计数器是用于存放下一条指令地址的地方，通常又称为指令计数器。在程序开始执行前，必须将要运行程序的起始地址送入 PC，当执行指令时，CPU 将自动修改 PC 的内容。

5．指令寄存器 IR

指令寄存器 IR 是用来保存当前正在执行的一条指令。当执行一条指令时，先把它从内存取到数据寄存器（DR）中，然后再传送至指令寄存器 IR 保存，供 CPU 分析并发出相应的控制信号。

1.3.4 微机系统的程序存储与控制

计算机之所以能在没有人直接干预的情况下能自动地完成各种信息处理任务，是因为人们事先为它编制了各种工作程序，计算机的工作过程实质就是程序执行过程。

1．程序存储

程序是由一条条指令组合而成的，而指令是以二进制代码的形式出现的，把执行一项信息处理任务的程序代码，以字节为单位，按顺序存放在存储器的一段连续的存储区域内，这就是程序存储概念。

2．程序控制

计算机工作时，CPU 中的控制器部分，按照设计的程序到存储器中取出指令代码，在 CPU 中完成对代码的分析，然后由 CPU 的控制器部分适时地向各个部件发出完成该指令功能的所有控制信号，这就是程序控制的概念。

1.4 单片微型计算机概述

单片微型计算机作为微机家族中的一员，自 1976 年问世以来，以其极高的性价比越来越受到人们的重视和关注。目前单片机已成功地应用在智能仪表、机电设备、过程控制、数据处理、自动检测和家用电器等各个领域方面。

1.4.1 单片机的发展过程及产品近况

什么叫单片机？单片机就是在一块硅片上集成了 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多种 I/O 口（如并行、串行及 A/D 变换器等）的一个完整的微机处理系统。

单片机可分为通用型和专用型两大类，通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。通用型单片机是把可开发资源（如 ROM、RAM、I/O 口等）全部提供给使用者，如 51 系列、AVR 系列等单片机。专用型单片机也叫专用微控制器，如频率合成调谐器、打印机控制器等。

1．单片机的发展过程

随着单片机的迅速发展，其品种日益增多。纵观单片机的发展过程，大致可以分为 3 个阶段。

（1）单片机形成阶段

1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机。其片内结构有：8 位 CPU、1KB ROM、64B RAM、27 根 I/O 线和 1 个 8 位定时/计数器，2 个中断源。

（2）单片机性能完善提高阶段

1980 年 Intel 公司推出了 MCS-51 系列单片机，其片内结构有：8 位 CPU、4KB ROM、128B RAM、4 个 8 位并口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器，5 个中断源，其寻址范围 64KB，并有控制功能较强的布尔处理器。

（3）微控制器化阶段

1982 年 Intel 推出 MCS-96 系列单片机。芯片内集成：16 位 CPU、8KB ROM、232B RAM、5 个 8 位并口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时/计数器。寻址范围 64KB。片上还有 8 路 10 位 ADC、1 路 PWM 输出及高速 I/O 部件等。

2．单片机的产品近况

20 世纪 80 年代以来，单片机发展极其迅速。就通用单片机而言，世界上一些著名的计算机厂家已投放的产品就有几十个系列，数百个品种。许多公司以 MCS-51 的内核为基础，推出了各种衍生品种。目前世界上较为著名的单片机的生产厂家和主要机型见表 1.3。

表 1.3　单片机生产厂家和主要机型

生产厂家	单片机型号
美国 Intel 公司	MCS-51 系列、MCS-96 系列
荷兰 Philips 公司	80C552 系列
台湾华邦公司	W78C51 高速低价系列
Maxim 公司	DS89C420 系列
Cygnal 公司	C8051F 高速 SOC 系列
ADI 公司	ADuC8**高精度 ADC 系列
美国 Atmel 公司	AT89 系列、AVR 系列
Microchip 公司	PIC 系列
TI 公司	16 位低功耗 MSP430 系列
深圳宏晶公司	STC 系列（增强型 8051 内核）

尽管单片机品种很多，但在我国使用最多的还是 Intel 公司的 51 系列单片机及其增强型、扩展型等衍生机型。51 系列单片机产品繁多，主流地位已经形成，所以本书将以 80C51 为对象讲述单片机的原理和接口技术。

1.4.2 单片机的特点及应用领域

1．单片机的特点

单片机问世以来的发展与微处理器不同。微处理器沿着高速运算、大规模数据分析与处理

能力、大规模存储容量等方向发展，以提高通用计算机的性能，其接口界面也是为了满足外设和网络接口而设计的。单片机则是从工业测控对象、环境、接口特点出发，向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活性等方向发展。因此，单片机有着自己的特点。

① 品种多样，型号繁多。品种型号逐年扩充以适应各种需要，使系统开发者有很大的选择自由。CPU 从 4、8、16、32 到 64 位，有些还采用 RISC 技术。

② 存储容量大。目前片内 RAM 发展到 2KB、4KB，TI 公司的 CC2538 甚至达到了 32KB；片内 ROM 发展到 512KB，一般的程序都可以不用外接存储器。而且存储技术也发生了很大的变化，从 EPROM、E^2PROM、Flash，到如今的 FRAM（铁电技术），新存储器技术的应用使电路设计更简单、方便。

③ 频率高，速度快。目前单片机的总线工作速度已达数百万条指令每秒，工作频率达到 50MHz 甚至更高，指令执行周期减到数十微秒。

④ 控制功能强，集成度高。现今的单片机不仅含有 CPU、RAM、ROM 存储器和 I/O 接口，还有 A/D、PWM、UART、定时/计数器、DMA、看门狗监视器、串行接口、传感器、驱动器等，可以说单片机已经构成了一个完整的功能强大的计算机应用系统。

⑤ 功耗低。目前的单片机生产工艺已经完成了 CMOS 化，并逐步向 HCMOS 过渡。芯片供电电压从 5V 降到 3V、2V 甚至 1V 左右，工作电流从 mA 级降到 μA 级。

⑥ 配套应用软件多。众多的配套软件提供了强大的软件库，使用单片机应用系统开发更快速、方便。

⑦ 易扩展。片内具有计算机正常运行所必需的部件，芯片外部有许多供扩展用的总线及并行、串行输入/输出引脚，很容易构成各种规模的计算机应用系统。

2. 单片机的应用领域

由于单片机有良好的控制性能，所以结合不同类型的传感器，可实现对电压、电流、功率、频率、湿度、温度、角度、长度和压力等物理量的测量。近年来，单片机在智能仪器仪表、机电一体化产品、实时工业控制、计算机网络和通信、家用电器以及交通领域中的汽车、火车、飞机、航天器等各个领域取得了广泛的应用。

通用单片机由于结构简单、价格便宜、使用方便，因而易于推广。但也有一定的局限性，这表现在资源利用率较低，且体积较大，抗干扰能力差，在恶劣的工作环境中还是 PLC 的天下。

1.4.3 单片机的供应状态

1. 片内无 ROM 状态

单片机内部没有程序存储器。使用这种单片机时，必须在外部配置程序存储器，典型芯片为 8031，这是目前使用最广泛的一种单片机形式。

2. 片内有 ROM 状态

单片机内带有掩模 ROM 的典型芯片为 MCS-51 中的 8051。掩模 ROM 必须由厂家才能写入固定的程序，用户自己一般是不能写入的，使用方式通常是用户将调试好的应用程序交由厂家固化到片内 ROM 中，故这种单片机只是在用于大批量生产的产品中才会使用。

3. 片内有 EPROM 状态

单片机内带有片内 EPROM，典型芯片为 MCS-51 系列的 8751。EPROM 是用户自己可以改写的只读存储器，但存储空间一般都有限，通常是在开发的程序量不大时才使用，而且这种单片机的价格比较高。

4．一次性可编程 ROM

一次性可编程 ROM（OTP），也称现场可编程 ROM（PROM），Microchip 公司的 PIC 系列芯片就是典型应用。这种 ROM 的内容可以由用户写入，但只能写入一次，容量可以从 512B 到 32KB 不等。

5．片内 Flash 存储器配置

单片机内带 Flash，典型芯片为 Atmel 公司的 89C51 系列。Flash 存储器是一种可擦除、可改写的 ROM，具有编程速度快，容量大，可以反复改写，且价格比片内 EPROM 的单片机便宜的优点。

6．铁电存储技术 FRAM

FRAM 技术是利用铁电晶体的铁电效应实现数据存储的，这是近期最新的存储技术。因为 FRAM 技术保持数据不需要电压，也不需要像 DRAM 一样周期性刷新，所以 FRAM 的特点是速度极快，功耗极低，擦除次数高，TI 公司的 MSP430FR57xx 系列是首款采用该技术的单片机。

1.5　单片机应用的开发仿真工具

1.5.1　Keil C51 μVision 集成开发环境简介

Keil μVision IDE 是德国 Keil 公司开发的基于 Windows 平台的嵌入式集成开发环境，包含一个高效的编译器、项目管理器和一个 MAKE 工具。Keil μVision IDE 包括一系列工具，支持 ARM®，Cortex™-M，Cortex-R，8051，C166 和 251 处理器，其中 Keil C51 是一种专门为 8051 单片机设计的高效率 C 语言编译器，符合 ANSI 标准，生成的程序代码运行速度极高，所需要的存储器空间极小，完全可以与汇编语言媲美。

Keil μVision4 集成开发环境总体上可分为程序编辑、编译用户界面和程序调试界面。程序编辑、编译用户界面如图 1.3 所示。Keil μVision4 启动界面即为程序编辑、编译用户界面，在此用户可进行汇编语言源程序或 C51 源程序的输入、编辑与编译。选择菜单命令 Debug→START/STOP Debug Session 或单击工具栏的图标，进入程序调试界面。

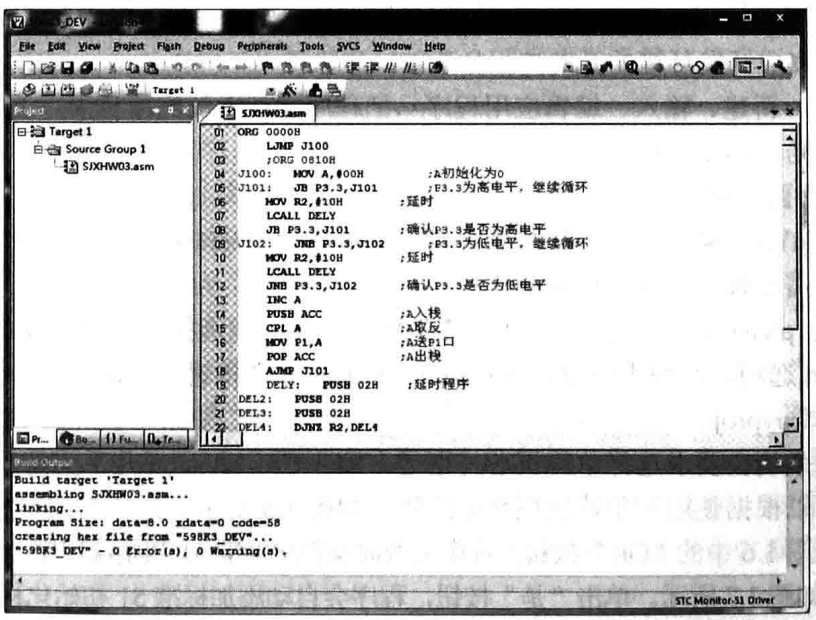

图 1.3　μVision4 程序编辑、编译用户界面