

1 . 测试与控制系统

用单片机可以构成各种工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等。例如，数控机床、水闸自动控制、电镀生产线自动控制、车辆检测系统、机器人处理器、电机控制、温度控制等。

2 . 智能仪表

用单片机改造原有的测量和控制仪表，能促进仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化发展。如温度、压力、流量、浓度显示、控制等仪表仪器。通过采用单片机软件编程技术，使长期以来测量仪表中的误差修正、线性化处理等难题迎刃而解。

3 . 机电一体化产品

单片机与传统的机械产品结合，使传统机械产品结构简化、控制智能化，从而构成新一代的机电一体化产品。例如，在电传打字机的设计中由于采用了单片机，从而取代了近千个机械部件；在数控机床简易控制机中，采用单片机可提高可靠性及增强功能，降低控制机床成本。还有自动取款机 ATM、自动售货机、电子收款机、电子秤等。

4 . 计算机外部设备与智能接口

在较大型的工业测控系统中，经常采用单片机进行前端数据采集、信号处理，而系统主机承担数据处理、人机界面、数据库、网络通信等工作。单片机与系统主机通过串行通信传递数据，这样就大大提高了系统的运行速度。如图形终端机、传真机、复印机、打印机、绘图仪、智能终端机等。

5 . 家用电器

家用电器中单片机的应用更多。如手机、电视机、空调、洗衣机、电冰箱、微波炉、录像机、饮水机、音响设备等。

1.4 含 51 内核的常用单片机

目前已投放市场与 51 兼容的单片机产品多达 70 多个系列，500 多个品种。这其中还不包括那些系统或整机厂商定制的专用单片机，及针对专门业务、专门市场的单片机品种。

1 . ATMEL 单片机

ATMEL 公司的 8 位单片机有 AT89C、AT90 两个系列，AT89C 系列是 8 位 Flash 单片机，与 8051 系列单片机相兼容，静态时钟模式；AT90 系列单片机是增强 RISC 结构、全静态工作方式、内载在线可编程 Flash 的单片机，也叫 AVR 单片机。

2. PHILIPS 单片机

PHILIPS 公司的增强型 8 位 80C51 单片机系列提供了完整的产品类型，可满足各个应用领域的需求。其产品类型包括通用型、Flash 型、OTP 型和低成本经济型。其主要产品系列包括 P80、P87、P89、LPC76、LPC900 等，有 50 多种产品。

在同一时钟频率下这类单片机的运行速度是 8051 的 6 倍，应用编程 (IAP) 和在线编程 (ICP) 允许用户 EPROM 实现简单的串行代码编程，使得程序存储器可用于非易失性数据的存储，配有模拟比较器、WDT、复位电路等。

3 . SST89 系列单片机

SST89 系列单片机为 MCS-51 标准系列单片机，包括 SST89E/V52RD2，SST89E/V54RD2，SST89E/V58RD2，SST89E/V554RC，SST89E/V564RD 等。

SST 单片机是在目前所有的 51 单片机产品中 IAP 技术最强的单片机，单片机内部 FLASH 扇区小（128 字节）、速度快、功耗低、稳定性高，为客户的在线升级和加密技术提供强有力的技术保障。

4 . SM 系列单片机

SM 系列单片机是 SYNCMOS 半导体公司推出的与 MCS-51 系列产品兼容的 8 位单片机，SM 系列产品克服其他产品的不足，可替代 PHILIPS、WINBOND、ATMEL、HYNIX（HYUNDAI/LG）、ISSI、SST 单片机，性价比极高。同以上厂家 51 系列单片机不同的是不可解密，保护您的知识产品，让用户节省更多的空间与成本，成品更可靠，内带 Watchdog Timer 电路。如：SM8951A 替代 AT89C51，SM8952A 替代 AT89C52，SM8958A 替代 AT89C55 和 W78E58，SM89516A 替代 W78E516B 等。

1.5 数制与码制

迄今为止，所有计算机都是以二进制形式进行算术运算和逻辑运算的，微型计算机也不例外。因此，对于用户在键盘上输入的十进制数字和符号命令，微型计算机必须先把它转换成二进制形式，然后才能进行识别、运算和处理，最后再把运算结果还原成十进制数字和符号通过输出终端显示出来。

虽然上述过程十分烦琐，但这些工作都是由微型计算机在后台完成的。为了使读者清楚

地了解计算机的这一工作原理，下面首先对微型计算机中常用的数制、数制之间的转换以及编码进行介绍。

1.5.1 基本概念与常用术语

(1) 位 (bit): 位是计算机中构成信息的最小单位，表示二进制数中的某个数位“0”或“1”。

Bit 是 Binary Digit 的缩写。

(2) 字 (Word): 字是 CPU 与输入/输出设备和存储器之间传送数据的单位，由若干位组成。它与数据总线的宽度 (根数) 一致。

(3) 字节 (Byte): 一个字节包含 8 位 (Bit) 二进制数，是计算机数据的基本存储单位。

1.5.2 计算机中常用的进制数

所谓数制是指数的制式，是人们利用符号表示数的一种科学方法。数制是人类在长期的社会实践中逐步形成的。数制有很多种，最常用的数制有二进制、八进制、十进制和十六进制等，如表 1-2 所示。

表 1-2 各种进制换算表

十进制 (D)	二进制 (B)	十进制 (BCD)	十六进制 (H)
0	0000	0000	0
1	0001	0001	1
2	0010	0010	2
3	0011	0011	3
4	0100	0100	4
5	0101	0101	5
6	0110	0110	6
7	0111	0111	7
8	1000	1000	8
9	1001	1001	9
10	1010	×	A

11	1011	×	B
12	1100	×	C
13	1101	×	D
14	1110	×	E
15	1111	×	F

1. 十进制数

十进制 (Decimal) 是大家很熟悉的进位计数制, 它的主要特点有:

(1) 它有 0~9 十个不同的数码, 构成所有十进制数的基本符号。

(2) 它的进位规则是“逢十进一”。在十进制数计数过程中, 当某位计数满十时就要向它邻近高位进一, 借位规则是“借一当十”。

2. 二进制表示法

二进制 (Binary) 是计算机技术中采用的数制。基数为 2 的计数制叫做二进制。它有以下两个主要特点:

(1) 它共有 0 和 1 两个数码, 任何二进制数都是由这两个数码组成的。

(2) 它的基数为 2, 进位规则是“逢二进一”, 借位规则是“借一当二”。

3. 八进制表示法

八进制数有两个主要特点:

(1) 它有 0, 1, 2, ..., 7 共 8 个数码, 任何一个八进制数都是由其中的部分或全部数码构成。

(2) 它的基数为 8, 进位规则是“逢八进一”, 借位规则是“借一当八”。

4. 十六进制表示法

十六进制 (Hexadecimal) 是人们学习和研究计算机中二进制数的一种工具, 十六进制数有两个主要特点:

(1) 它有 0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F 共 16 个数码, 任何一个十六进制数都是由其中的部分或全部数码构成的。

(2) 它的基数为 16, 进位规则是“逢十六进一”, 借位规则是“借一当十六”。

1.5.3 进制间的转换

1. 二进制数和十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换为十进制数。

方法: 按二进制数的位权进行展开并且相加求和即可。

例: 11101.101

$$= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

$$= 16 + 8 + 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 = 29.675$$

其他进制的数据转换成十进制的方法同上。

(2) 十进制数转换为二进制数 (或其他进制)。

方法:

① 将整数部分和小数部分分别进行转换, 然后再把转换结果进行相加。

② 整数转换采用除 2 取余法: 用 2 不断地去除要转换的数, 直到商为 0。再将每一步所得的余数, 按逆序排列, 便可得转换结果。

③ 小数转换采用乘 2 取整法：每次用 2 与小数部分相乘，取乘积的整数部分，再取其小数部分乘 2 直到小数部分为 0。将所取整数顺序放在小数点后即为转换结果。

【例 1-1】将十进制数 136 转换为二进制数。

基数	十进制数	余数
2	136	0 最低位
2	68	0
2	34	0
2	17	1
2	8	0
2	4	0
2	2	0
2	1	1
	0	0 最高位

转换结果： $(136)_D = (10001000)_B$ 。

【例 1-2】将十进制数 0.625 转换为二进制数。

0.625	
× 2	

1.25	.....取整 1 高位
0.25	
× 2	

0.5	.....取整 0
0.5	
× 2	

1.0	.....取整 1 低位

转换结果： $(0.625)_D = (0.101)_B$ 。

对于小数转换取乘积的整数部分，再取其小数部分乘 2 的算法，如果小数部分无法为 0。则根据数据精度确定数据位数。

2. 二进制数和八进制数、十六进制数间的转换

(1) 二进制数到八进制数转换采用“三位化一位”的方法。从小数点开始向两边分别进行，每三位分一组，向左不足三位的，从左边补 0；向右不足三位的，从右边补 0。

(2) 二进制数到十六进制数的转换采用“四位化一位”的方法。从小数点开始向两边分别进行，每四位分一组，向左不足四位的，从左边补0；向右不足四位的，从右边补0。

【例 1-3】将 $(1000110.01)_B$ 转换为八进制数和十六进制数。

$$(1000110.01)_B = (106.2)_O = (46.4)_H$$

1.5.4 带符号二进制数的表示与运算

数有正负之分，这时的数就是带符号数。在计算机中符号用 1 位二进制数表示。8 位微型计算机中约定，最高位 D7 表示符号，其他 7 位表示数值，如图 1-5 所示。D7 = 1 表示负数，D7 = 0 表示正数。

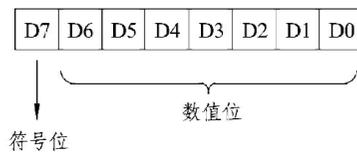


图 1-5 8 位微机中的带符号数

带符号数在计算机中可以分别用原码、反码、补码 3 种方法表示，习惯上把计算机中存放的数称作机器数。原码、反码、补码都是机器数。其中，负数采用反码或补码表示的目的是将负数转化为正数，使减法操作转变为单纯的加法操作。目前，在计算机系统中，均采用补码表示负数。下面对计算机中的原码、反码、补码作一介绍。

注意：正数的三码是相同的，只有负数才有三码的表示形式。

(1) 原码表示法：规定用最高位表示符号，正数的符号位用“0”表示，负数的符号位用“1”表示，其他位表示数值的绝对值。一个 8 位的二进制表示一个带符号数，最高有效位 D7 位为符号位。其余表示数值。如：

+ 1 表示为： 00000001B + 127 表示为： 01111111B

- 1 表示为： 10000001B - 127 表示为： 11111111B

(2) 反码表示法：除符号外，其余数据位各位求反。如：

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

$[+1100111]_{\text{反}} = 01100111$ $[-1100111]_{\text{反}} = 10011000$

(3) 补码表示法：仍然规定最高位定为符号位，对于正数，其余各位表示数值。对于负数，除符号位外，其余按原码的各位值，逐位取反，取反后再加 1，简称为反码加 1，即：负数的补码 = 反码 + 1。

【例 1-4】求 0.1011 和 -0.1011 的补码 (8 位)。

$[+0.1011]_{\text{补}} = [+0.1011]_{\text{原}} = [+0.1011]_{\text{反}} = [+0.1011]_{\text{补}} = 01011000\text{B}$

$[-0.1011]_{\text{补}} = [11011000]_{\text{反}} + 1 = 10100111\text{B} + 1 = 10101000\text{B}$

$[0]_{\text{补}} = [+0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{补}} = 00000000$

【例 1-5】带符号二进制数表示方法举例 (见表 1-3)。

表 1-3 带符号二进制数表示方法

真 值	原 码	反 码	补 码
+ 1010101B	01010101B	01010101B	01010101B
- 1010101B	11010101B	10101010B	10101011B

可见正数的反码、补码与原码的数值完全相同。

注释：① 正数的真值就是该数本身。

② 8 位二进制负数真值 = 负数的补码 - 100H。

③ 8 位二进制的补码范围是 +127 ~ 128。

这些数字、字母和符号进行二进制编码，以供微型计算机识别、存储和处理。这些数字、字母和符号统称为字符，字符的二进制编码又称为字符编码。目前计算机常用的字符编码有 ASCII 码和 BCD 码。

1. ASCII 码

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 码，是美国信息交换标准代码的简称，是目前常用的编码方式。用数据 00000000B ~ 01111111B，即 00H ~ 7FH，表示各种文字或符号，其中用于表示英文大小写字母的有 52 个，表示 0~9 数字的有 10 个，常用书写符号 (!、% 等) 和常用运算符号 (如 +、-、<、> 等) 有 32 个，另外还有控制符号 34 个，共计 128 个。例如，英文大写字母 A 的 ASCII 码为 01000001B，或写成十六进制为 41H (见表 1-5)。

表 1-5 ASCII 码表

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

2 . BCD 码

BCD 码是一种用 4 位二进制数字来表示一位十进制数字的编码，也称为二进制编码表示的十进制数 (Binary Code Decimal)，简称 BCD 码。

BCD 码以 4 位为一组，选用 0000 ~ 1001B 的十种状态代表 0 ~ 9 共 10 个数，舍弃二进制表示法中的其余 6 种状态。

例如，十进制数 84.70 的 BCD 码为：

8 4 . 7 0
1000 0100. 0111 0000

BCD 码 10010100 . 01110010 转换为十进制数为：

1001 0100.0111 0010
9 4 . 7 2

BCD 码有两种格式：

(1) 压缩 BCD 码格式 (Packed BCD Format)。

用 4 个二进制位表示一个十进制位，就是用 0000 ~ 1001B 来表示十进制数 0 ~ 9。一个字节中有两个 BCD 码数。

例如：十进制数 4256 的压缩 BCD 码表示为：0100 0010 0101 0110 B

(2) 非压缩 BCD 码格式 (Unpacked BCD Format)。

用 8 个二进制位表示一个十进制位，其中，高四位无意义，我们一般用 XXXX 表示，低四位和压缩 BCD 码相同，一位 BCD 码占一个字节。

例如，十进制数 4256 的非压缩 BCD 码表示为：

XXXX0100 XXXX0010 XXXX0101 XXXX0110 B

习 题

1. 单片机与微型计算机的区别？
2. 简单介绍单片机的发展历史和过程？
3. 单片机主要应用于哪些领域？
4. 将下列各数按权展开为多项式：
(1) 110110B (2) 5678.32D (3) 1FB7H
5. 把下列十进制数转化为二进制、八进制和十六进制：
(1) 135.625 (2) 548.75 (3) 376.125 (4) 254.25
6. 将下列二进制数转换为十进制数、八进制和十六进制：
(1) 1101110B (2) 01101101.011011101B (3) 0.1101001B (4) 11.01001B
7. 什么是原码、反码和补码？微型计算机中的数为什么常用补码表示？
8. 写出下列十进制数原码、反码和补码（用 8 位二进制表示）：
(1) $+X = +65$ (2) $+X = +115$ (3) $-X = -65$ (4) $-X = -115$
9. 什么是 BCD 码？
10. 什么是 ASCII 码？查表写出下列字符的 ASCII 码。
(1) H (2) 6 (3) b (4) #