

单片机原理及应用

陈志龙 主 编



江西高校出版社

单片机原理及应用

主 编 陈志龙

副主编 胡 花 韩慧敏 樊梁燕

江西高校出版社

图书在版编目(C I P)数据

单片机原理及应用/陈志龙主编. —南昌:江西高校出版社, 2010. 8

ISBN 978—7—5493—0045—7

I. ①单... II. ①陈... III. ①单片微型计算机
IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010) 第 163301 号

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮 政 编 码	330046
总编室电话	(0791)8504319
销 售 电 话	(0791)8510930
网 址	www.juacp.com
印 刷	江西教育印务实业有限公司
照 排	江西太元科技有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	13.5
字 数	330 千字
版 次	2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
印 数	1~2000 册
书 号	ISBN 978—7—5493—0045—7
定 价	28.60 元

赣版权登字—07—2010—138

版权所有 侵权必究

前 言

单片机更确切地应称为微控制器,是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种功能强、体积小、可靠性高、面向控制和价格低廉的大规模集成电路器件。单片机的开发应用已成为高科技和工程领域的一项重要内容。在发达国家,单片机技术的开发应用发展很快,收到了明显的经济效益和社会效益。在我国,近几年单片机的应用研究进展很快,特别是在工业控制、通信、智能化仪器仪表、产品自动化、分布式控制系统中已取得了可喜成果。各高等院校也非常重视这门技术的应用和推广,纷纷开设有关单片机课程。

本书由南昌理工学院电子与信息学院陈志龙、胡花,海南科技职业学院电子信息工程学院韩慧敏、樊梁燕合作编著。以上教师均长期从事单片机应用技术方面的教学、实验、实训和科研工作,拥有较为丰富的理论教学和实践指导经验。全书由陈志龙统稿。

本书在编著过程中,参阅和借鉴了许多书籍、资料和文献,本书的出版得到作者所在学校领导和同事的大力支持和鼓励,江西高校出版社的领导和编辑人员给予了热情的帮助和指导,在此一并表示深深的感谢!

单片机应用技术所包含的内容很丰富,涉及知识面也很广泛,由于编者学识水平和经验所限,书中难免存在不妥和疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2010 年 6 月

目 录

第一章 微型计算机基础

- 第一节 计算机中的数制及相互转换
- 第二节 二进制数的运算
- 第三节 带符号数的表示
- 第四节 定点数和浮点数
- 第五节 BCD 码和 ASCII 码
- 第六节 微型计算机的组成及工作过程
- 第七节 自测题与习题

第二章 单片机的硬件结构和原理

- 第一节 单片机概述
- 第二节 MCS-51 单片机硬件结构
- 第三节 MCS-51 单片机的内部存储器
- 第四节 MCS-51 单片机的组成电路
- 第五节 MCS-51 单片机最小系统
- 第六节 自测题与习题

第三章 MCS-51 单片机基本指令系统

- 第一节 MCS-51 单片机指令格式
- 第二节 MCS-51 单片机寻址方式
- 第三节 MCS-51 单片机指令分类介绍
- 第四节 自测题与习题

第四章 MCS-51 单片机汇编语言程序设计

- 第一节 汇编语言基本概念
- 第二节 MCS-51 汇编语言的伪指令
- 第三节 汇编语言源程序的汇编
- 第四节 汇编语言程序设计的基本结构
- 第五节 汇编语言程序设计举例
- 第六节 自测题与习题

第五章 MCS-51 单片机基本系统及应用

- 第一节 基本 I/O 端口及其应用
- 第二节 MCS—51 单片机的中断系统
- 第三节 MCS—51 单片机定时器/计数器
- 第四节 MCS—51 的串行接口及串行通信
- 第五节 自测题与习题

第六章 MCS—51 单片机系统扩展及接口技术

- 第一节 MCS—51 单片机系统扩展概述
- 第二节 MCS—51 单片机存储器的扩展
- 第三节 MCS—51 单片机接口的扩展
- 第四节 键盘/按键及其接口技术
- 第五节 LED 显示及其接口技术
- 第六节 A/D、D/A 转换器与单片机的接口
- 第七节 自测题与习题

附录 单片机指令汇总表

模拟试卷

自测题参考答案

主要参考文献

第1章 微型计算机基础

【主要内容】

- 1.1 计算机中的数制及相互转换
- 1.2 二进制数的运算
- 1.3 带符号数的表示
- 1.4 定点数和浮点数
- 1.5 BCD 码和 ASCII 码
- 1.6 微型计算机的组成及工作过程
- 1.7 自测题与习题

【重要知识点】

进制数：二进制、十进制、十六进制，及相互转换；带符号数的表示；码制：BCD 码、ASCII 码。

1.1 计算机中的数制及相互转换

1.1.1 进位计数制

按进位原则进行计数的方法，称为进位计数制。

计算机中常用的有二进制，十进制，十六进制。

1. 十进制数

十进制数有两个主要特点：

- (1)有 10 个不同的数字符号：0、1、2、…、9；
- (2)低位向高位进位的规律是“逢十进一”。基数为 10

2. 二进制数

在二进制数中，只有两个不同数码：0 和 1，进位规律为“逢二进一”。基数为 2

3. 十六进制

在十六进制中，有 0、1、2、…、9、A、B、C、D、E、F 共 16 个不同的数码，进位方法是“逢十六进一”。基数为 16

1.1.2 不同进制间的相互转换

- 1. 任何进制数转换为十进制数

方法:任何进制数转换为十进制数的方法都是:按“权”展开并求和。

例 1 将数 $(10.101)_2$ 、 $(2D.A4)_{16}$ 转换为十进制。

$$(10.101)_2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 2.625$$

$$(2D.A4)_{16} = 2 \times 16^1 + 13 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} = 45.64062$$

2. 十进制转换为任意其他进制

方法:(1)整数部分除以“基数”取余数,并将最后得的余数放在左边,最先得的余数放右边

(2)小数部分则相反,乘以“基数”取整数,并把先乘得的整数放左边,最后乘得的整数放右边。

例 2 将 $(168.645)_{10}$ 转换成二、十六进制数。

$$(168.645)_{10} = (10101000.10100)_2$$

$$= (A8.A51EB)_{16}$$

3. 二进制转换为十六进制

方法:整数部分从低位到高位每四位一组,分别转换为十六进制数;小数部分从高位到低位每四位一组,分别转换为十六进制数。

例 3 将 $(110101.011)_2$ 转换为十六进制数。

$$(110101.011)_2 = (35.6)_{16}$$

4. 十六进制转换为二进制

方法:每位十六进制数分别转换为四位二进制数。

例 4 将 $(4A5B.6C)_{16}$ 转换为二进制数。

$$(4A5B.6C)_{16} = (0100101001011011.01101100)_2$$

1.2 二进制数的运算

1.2.1 二进制数的算术运算

1. 加法运算

规则: $0+0=0$; $0+1=1$; $1+0=1$; $1+1=10$ (有进位)

例 1 求 $1001B+1011B$ 。

解: $1001B+1011B=10100B$

2. 减法运算

规则: $0-0=0$; $1-1=0$; $1-0=1$; $0-1=1$ (有借位)

例 2 求 $1100B-111B$ 。

解: $1100B-111B=0101B$

3. 乘法运算

规则: $0 \times 0=0$; $0 \times 1=0$; $1 \times 0=0$; $1 \times 1=1$

例 3 求 $1011B \times 1101B$ 。

被乘数1011

乘数×1101

1011

0000

1011

+

1011

积10001111

即1011B×1101B=10001111B

4. 除法运算

规则:0/1=0;1/1=1

例 4 求 10100101B/1111B

1011

1111)10100101

1111

1011

0000

10110

1111

1111

1111

0

即10100101B/1111B=1011B

1.2.2 二进制数的逻辑运算

1. “与”运算

“与”运算是实现“必须都有,否则就没有”这种逻辑关系的一种运算。运算符为“·”,其运算规则如下:

0·0=0 0·1=0 1·0=0 1·1=1

例 5 若 X=1011B,Y=1001B,求 X·Y。

即X·Y=1001B

2. “或”运算

“或”运算是实现“只要其中之一有,就有”这种逻辑关系的一种运算,其运算符为“+”。“或”运算规则如下:

0+0=0,0+1=1,1+0=1,1+1=1

例 6 若 X=10101B,Y=01101B,求 X+Y。

$$\begin{array}{r} 10101 \\ + 01101 \\ \hline 11101 \end{array}$$

即 $10101\text{B} + 01101\text{B} = 11101\text{B}$

3. “非”运算

“非”运算是实现“求反”这种逻辑的一种运算,其运算规则如下:

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

例 7 若 $A=10101\text{B}$, 求 $\overline{A}$

$$\overline{A}=01010\text{B}$$

4. “异或”运算

“异或”运算是实现“必须不同,否则就没有”这种逻辑的一种运算,运算符为“ $\oplus$ ”。其运算规则是:

$$0\oplus 0=0, 0\oplus 1=1, 1\oplus 0=1, 1\oplus 1=0$$

例 8 若 $X=1010\text{B}$, $Y=0110\text{B}$, 求 $X\oplus Y$ 。

$$\begin{array}{r} 1010 \\ \oplus 0110 \\ \hline 1100 \end{array}$$

即 $1010\text{B} \oplus 0110\text{B} = 1100\text{B}$

1.3 带符号数的表示

1.3.1 机器数及真值

计算机在数的运算中,不可避免地会遇到正数和负数,那么正负符号如何表示呢? 由于计算机只能识别 0 和 1,因此,我们将一个二进制数的最高位用作符号位来表示这个数的正负。规定符号位用“0”表示正,用“1”表示负。

例如, $X=-1101010\text{B}$, $Y=+1101010\text{B}$

则 X 表示为:11101010B, Y 表示为 01101010B。

1.3.2 数的码制

1. 原码:用最高位表示符号,规定符号位用“0”表示正数,用“1”表示负数,其他位为有效数据位。

例 1 $X=-1101010\text{B}$, $Y=+1101010\text{B}$

$[X]_{\text{原}}=11101010\text{B}$, $[Y]_{\text{原}}=01101010\text{B}$

2. 反码:正数的反码是原码本身,负数的反码是在原码基础上,符号位不变其他位求反。

例 2 $X=+1010110B$ $Y=-0101101B$

$[X]_{原}=01010110B; [Y]_{原}=10101101B$

$[X]_{反}=01010110B; [Y]_{反}=11010010B$

3. 补码:正数的补码是原码本身,负数的补码是在原码基础上,符号位不变其他位求反加 1。8 位二进制补码所能表示数的范围 $-128\sim+127$

例 3 $X=+1010110B$ $Y=-0101101B$

$[X]_{原}=01010110B; [Y]_{原}=10101101B$

$[X]_{反}=01010110B; [Y]_{反}=11010010B$

$[X]_{补}=01010110B; [Y]_{补}=11010011B$

1.4 定点数和浮点数

1.4.1 定点法

定点法中约定所有数据的小数点隐含在某个固定位置。对于纯小数,小数点固定在数符与数值之间;对于整数,则把小数点固定在数值部分的最后面。

1.4.2 浮点法

浮点法中,数据的小数点位置不是固定不变的,而是可浮动的。因此,可将任意一个二进制数 N 表示成

$$N=\pm M \cdot 2^{\pm E}$$

其中, M 为尾数,为纯二进制小数, E 称为阶码。可见,一个浮点数有阶码和尾数两部分,且都带有表示正负的阶码符与数符

1.5 BCD 码和 ASCII 码

1.5.1 BCD 码

BCD 码是将每一位十进制数用二进制数编码,它保留了十进制的权,数字则用二进制数表示,因而也称为二—十进制数。一般用标识符 $[\cdots]_{BCD}$ 表示。BCD 码种类较多,如 8421 码、2421 码、格雷码等,其中最常用的编码为 8421 码。

8421 码与十进制数的对应关系

十进制数	8421BCD 码	十进制数	8421BCD 码
0	0000	1	0001
2	0010	3	0011
4	0100	5	0101

6	0110	7	0111
8	1000	9	1001

BCD 码的运算:BCD 码用 4 位二进制数表示 0~9 十个十进制数,但 4 位二进制数可表示 16 种状态。因而有六种状态在 BCD 编码中为非法码。这样在 BCD 码的运算中必须进行修正才能得到正确的结果。

例 1 写出 69.25 的 BCD 码。

$$(69.25)_{10}=(01101001.00100101)_{BCD}$$

1.5.2 ASCII 码

在微型计算机中,除了处理数字信息外,还要处理大量字母和符号信息。这些字母和符号统称为字符,它们也必须用特定规则进行二进制编码,以供微型计算机识别和处理。ASCII 码是用 7 位二进制表示一个字母和符号。

ASCII 码表

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

1.6 微型计算机的组成及工作过程

1.6.1 基本组成

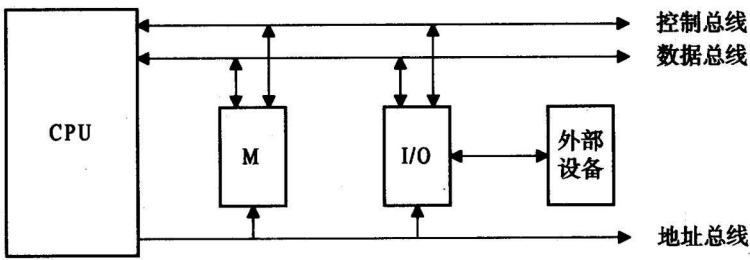


图 1.1 微型计算机的基本组成

1. 中央处理器 CPU

CPU(Central Processing Unit)是计算机的核心部件,它由运算器和控制器组成,完成计算机的运算和控制功能。

运算器又称算术逻辑部件(ALU, Aithmctieal Logic Unit),主要完成对数据的算术运算和逻辑运算。

控制器(Controller)是整个计算机的指挥中心,它负责从内部存储器中取出指令并对指令进行分析、判断,并根据指令发出控制信号,使计算机的有关部件及设备有条不紊地协调工作,保证计算机能自动、连续地运行。

2. 存储器 M

存储器(Memory)是具有记忆功能的部件,用来存储数据和程序。存储器根据其位置不同可分为两类:内存储器和外存储器。内存储器(简称内存)和 CPU 直接相连,存放当前要运行的程序和数据,故也称主存储器(简称主存)。它的特点是存取速度快,基本上可与 CPU 处理速度相匹配,但价格较贵,能存储的信息量较小。外存储器(简称外存)又称辅助存储器,主要用于保存暂时不用但又需长期保留的程序和数据。存放在外存的程序必须调入内存才能运行。外存的存取速度相对较慢,但价格较便宜,可保存的信息量大。

3. 输入/输出接口(I/O 接口)

输入/输出(I/O)接口由大规模集成电路组成的 I/O 器件构成,用来连接主机和相应的 I/O 设备(如:键盘、鼠标、显示器、打印机等),使得这些设备和主机之间传送的数据、信息在形式上和速度上都能匹配。不同的 I/O 设备必须配置与其相适应的 I/O 接口。

4. 总线

总线(BUS)是计算机各部件之间传送信息的公共通道。微机中有内部总线和外部总线两类。内部总线是 CPU 内部之间的连线。外部总线是指 CPU 与其他部件之间的连线。外部总线有三种:数据总线 DB(Data Bus),地址总线 AB(Address Bus)和控制总线 CB(Control Bus)。

1.6.2 基本工作过程

根据冯·诺依曼原理构成的现代计算机的工作原理可概括为:存储程序和程序控制。存储程序是指人们必须事先把计算机的执行步骤序列(即程序)及运行中所需的数据,通过一定的方式输入并存储在计算机的存储器中。程序控制是指计算机能自动地逐一取出程序中的一条条指令,加以分析并执行规定的操作。

1.7 自测题与习题

1.7.1 自测题

1. 二进制数、十进制数、十六进制数各用什么字母尾缀作为标识符? 无标识符时表示什么进制数?

2. 写出 0~15 的二进制数和十六进制数。

3. 将下列十进制数转换为二进制数。(小数取 8 位):

(1)93 (2)123 (3)0.48 (4)0.93 (5)3.66 (6)101.4

4. 将下列二进制数转换为十进制数:

(1)11011111.01101101B (2)11101110.001101101B

5. 将题 3 中十进制数转换为十六进制数。(小数取 2 位)。

6. 将题 4 中二进制数转换为十六进制数。

7. 将下列十六进制数转换为十进制数:

(1)2AH (2)364H (3)0.846H (4)0.FFH (5)12.34H (6)B8.8BH

8. 将题 7 中十六进制数转换为二进制数。

1.7.2 习题

1. 已知下列二进制数 X、Y,试求 $X+Y$ 、 $X-Y$ 。

(1) $X=11011010B$, $Y=10010101B$;

(2) $X=10101110B$, $Y=10011010B$;

(3) $X=11100110B$, $Y=01011001B$;

(4) $X=10110001B$, $Y=01111110B$;

2. 已知下列二进制数 X、Y,试求 $X \times Y$ $X \div Y$ 。

(1) $X=11010011B$, $Y=1101B$;

(2) $X=11001010B$, $Y=1101B$;

3. 已知下列二进制数 X、Y,试求 $X \wedge Y$ 、 $X \vee Y$ 、 $X \odot Y$ 。

(1) $X=11010011B$, $Y=11100011B$;

(2) $X=11001010B$, $Y=11011100B$;

4. 已知下列十六进制数 X、Y,试求 $X+Y$ 、 $X-Y$ 、 $X \wedge Y$ 、 $X \vee Y$ 。

- (1) $X=ABH$ $Y=78H$; (2) $X=36H$ $Y=CDH$;
(3) $X=29H$ $Y=54H$; (4) $X=F1H$ $Y=0EH$;
5. 在 8 位计算机中, 数的正负号如何表示?
6. 什么叫机器数、机器数的真值和原码?
7. 分别求下列各数的原码、反码和补码:
(1) $+36$ (2) -25 (3) $+99$ (4) -88
8. 如何理解补码的含义? 8 位二进制数的模是什么? 8 位补码表示的范围是多少?
9. 原码、反码和补码之间的换算关系是什么?
10. 什么是 BCD 码? 为什么要采用 BCD 码? BCD 码与二进制数有何区别?
11. 简述 BCD 码加减运算出错修正的条件和方法
12. 将下列十进制数转换成 BCD 码:
(1) 34 (2) 100 (3) 78 (4) 29
13. 将下列二进制数转换成 BCD 码:
(1) 10110101B (2) 11001011B (3) 01110010B (4) 11111010B
14. 已知 BCD 码 X 、 Y , 求 $X+Y$ 、 $X-Y$:
(1) $X=(00110100)BCD$, $Y=(00100110)BCD$;
(2) $X=(10011000)BCD$, $Y=(01000100)BCD$;
(3) $X=(00100111)BCD$, $Y=(01101001)BCD$;
(4) $X=(01010001)BCD$, $Y=(10000111)BCD$;
15. 什么是 ASCII 码?
16. 查表写出下列字符的 ASCII 码:
(1) B (2) 8 (3) a (4) @ (5) = (6) ?
(7) 空格符 SP

第 2 章 单片机的硬件结构和原理

【主要内容】

- 2.1 单片机概述
- 2.2 MCS-51 单片机硬件结构
- 2.3 MCS-51 单片机的内部存储器
- 2.4 MCS-51 单片机的组成电路
- 2.5 MCS-51 单片机最小系统
- 2.6 自测题与习题

【重要的知识点】

硬件结构及引脚;存储器的结构特点和使用;定时单位与时序;复位电路和复位状态。

2.1 单片机概述

2.1.1 单片机的名称

单片机因其将主要组成部分集成在一块芯片上而得名,具体说就是把中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 口电路等主要微机部件,集成在一块芯片上。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上,它已具有计算机的属性,所以称它为单片微型计算机 SCMC,简称单片机。由于单片机主要应用在控制领域,实现各种测试和控制功能,为了强调其控制属性,又把它称作微控制器 MCU。单片机在应用时通常是处于被控系统的核心地位并融入其中,即以嵌入的方式使用,为了强调其“嵌入”的特点,也常常将单片机称为嵌入式控制器 EMCU。

2.1.2 单片机与单片机系统

单片机是指芯片本身,而单片机系统是为实现某一控制应用需要由用户设计的,是一个围绕单片机芯片而组建的计算机应用系统,这是单片机应用系统。单片机开发系统是指单片机开发调试的工具。人们把能开发单片机的微型计算机称为微型机开发系统 MDS;此外还有专门的单片机开发系统,称为在线仿真器 ICE,通过它可以进行单片机应用系统的软件硬件开发和 EPROM 写入。

2.1.3 单片机的发展和应用领域

1. 单片机的发展

1971年出现了微处理器后不久,就出现单片机,但是一位位的单片机。1976年Inter公司推出了8位的MCS-48系列的单片机,为单片机的发展奠定了坚实的基础。到80年代末,世界各地已相继研制出大约50个系列300多个品种的单片机产品。继8位单片机之后,又出现了16位的单片机,如Intel公司的MCS-96系列。与MCS-51系列相比96系列的产品不但字长增加了一倍,而且在其他性能方面有很大的提高,特别是芯片内还增加了一个4路或8路的10位的A/D转换器。

纵观单片机近30年的发展历程,我们认为单片机今后将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内存储器容量增加的方向发展。但其位数不一定会增加。尽管现在已有32位的单片机,但用的很少。此外,专用化也是其一个发展方向,针对单一用途的专用单片机将会越来越多。

2. 单片机的应用领域

现在单片机的应用已极为广泛,比较典型的方面有:

(1)工业自动化方面

自动化能使工业系统处于最佳状态、提高经济效益、改善产品质量和减轻劳动强度。自动化技术广泛应用于机械、电子、石油、化工、纺织、食品等轻重工业领域中,而在工业自动化技术中,无论是过程控制技术、数据采集和测控技术,还是生产线上的机器人技术,都需要单片机的参与。

(2)仪器仪表方面

现代仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高,对此最好使用单片机来实现,而单片机的使用又将加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化和柔性化方向发展。此外,单片机的使用还有助于提高仪器仪表的精度和准确度,简化结构、减小体积及重量,并具有降低成本,增强抗干扰能力,便于显示、报警和自诊断能力。

(3)家用电器方面

家用电器产品的一个重要的发展趋势是不断提高其智能化的程度,而其智能化的进一步提高就需要单片机的参与。智能化家用电器将给我们带来更大的舒适和方便,进一步改善我们的生活质量,使我们的生活变得更加丰富多彩。

(4)信息和通信产品方面

信息和通信产品的自动化和智能化程度很高,离不开单片机的参与。如计算机的外部设备(键盘、打印机、磁盘驱动器)和自动化办公设备(传真机、复印机、考勤机、电话机)中,都有单片机在其中发挥着作用。

(5)军事装备方面

科技强军、国防现代化离不开计算机,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,都有单片机深入其中。