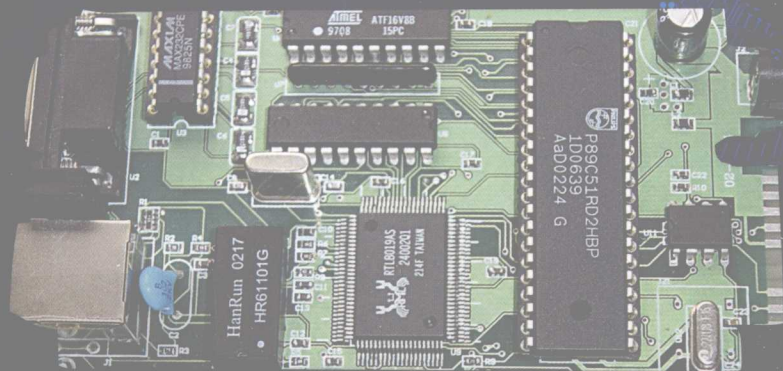


高等学校通用教材

MCS-51/52

单片机原理与实践

公茂法 黄鹤松 杨学蔚 等编著



北京航空航天大学出版社

高等学校通用教材

MCS - 51/52 单片机 原理与实践

公茂法 黄鹤松 杨学蔚 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍 MCS-51 系列单片机的构成、原理及典型外围接口电路及程序实例。第 1 章介绍单片机基础及 MCS-51 在我国的发展及应用概论。第 2~6 章分别介绍 MCS-51 的结构、指令系统、中断系统、计数器/定时器和串行口。第 7 章介绍 MCS-51 基本的并行扩展方法与实例。以上各章是单片机原理与应用的基本内容。第 8 章介绍 C8051F360 的基本内容。第 9~11 章分专题深入介绍 MCS-51 系列单片机常用串行扩展接口实例,典型的 LED 数码显示、键盘和 LCD 显示接口及应用实例。

本教材基本部分仍以介绍 MCS-51 内容为核心,但应用部分,结合当前单片机发展趋势尝试引入 C8051 的部分内容,但这部分内容以应用为重点。

本书力求内容简明易懂,理论联系实际,从实战出发,精选实用接口电路和程序。

本书可作为电气信息类本专科大学生单片机原理与接口技术课程教材,也可以供单片机应用开发技术人员作为参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51/52 单片机原理与实践/公茂法等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-81124-578-3

I. M… II. 公… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016112 号

MCS-51/52 单片机原理与实践

公茂法 黄鹤松 杨学蔚 等编著

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn>; E-mail: bhpresse@263.net

北京时代华都印刷有限公司印制 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:21.25 字数:476 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-578-3 定价:30.00 元

前 言

本书作者长期从事单片机应用开发和教学工作,有着多年指导大学生电子设计竞赛、挑战杯等学生科技创新活动的经历和丰富的教学经验。作者力求通过本书将自己的实践经验介绍给读者,使初学者少走弯路。单片机原理与应用是一门实践性很强的课程,学习单片机,千万不要像学习数学等理论课那样,仅在纸上谈兵,那样是学不好,也是学不会单片机的。所以,在学习过程中,必须早实践、多实践,经过大量实践才能真正掌握好单片机技术。

本书有如下特点:

(1) 简单、易懂。MCS-51 及兼容系列有很多,AT89S51 系列、STC 系列和 C8051 系列等使用量最大。AT89S(C)51/52 与 Intel 公司早期推出 MCS-51 单片机结构非常接近,且使用非常广泛,是 MCS-51 系列单片机最基本的部分。因此,本书第 1~6 章的基本结构和原理部分以 AT89S(C)51/52 系列为范例进行介绍,力求条理清楚、简明易懂。

(2) 实用性。第 7 和 9~11 章,精选了一部分典型实用的接口电路和应用程序供读者进一步提高之用,也可作为课程设计的参考资料。内容中介绍的接口技术如并行端口的扩展、A/D 及 D/A 接口的扩展、键盘/显示接口的扩展、打印机接口的扩展、液晶接口的扩展以及串行接口技术的扩展,都是单片机应用系统十分有用的部分。

(3) 前瞻性。本书还简要介绍了目前市场上在 MCS-51 系列中芯片种类较多、功能比较强大的 C8051FXXX 系列芯片,并对典型芯片 C8051F360 进行了抛砖引玉的介绍。

(4) 实践性强。第 8 章介绍 C8051F360 的基本内容,其目的是,在同学们掌握了 MCS-51 基本内容后,初步掌握 C8051 系列单片机的使用方法。之所以选 C8051F360,主要是考虑其引脚数与 89C51 相近,功能上涵盖了 AT89C52 的全部功能,同时又具有 A/D、D/A 等功能。已经开发了以 C8051F360 为基础的教学实验板,利用 C8051 单片机的在线调试和程序装载功能,无须采用仿真器,便可实现程序编写、调试、装载等调试工作。在线调试结果立竿见影,利于学生建立学习兴趣,增加直观感受和认识,提高学习效果。从第 3 章学习指令系统开始,便可使用该实验板,边学习边实践,改变学习与实践分离的状况。经我们初步体验,这种思路和教学方法是可行的。由于只需要一块 C8051F360 实验板和一个 U-C5 调试接口,成本低且使用方便。对 MCS-51 接口部分的实验,建议由任课老师编写并提供给初始化子程序,把 C8051F360 引脚和功能定义成接近于 AT89C52 的功能,学生只需要按 AT89C52 的方法编程实验就可以了。

本书由山东科技大学的公茂法教授、黄鹤松副教授担任主编。威海恒源热电股份有限公司的杨学蔚工程师、青岛滨海学院董志春老师和山东科技大学的薛琳、孙秀娟、张仁彦老师参

加了部分章节的编写工作。柴龙庆、刘小聪、胡昌伦、公政、张晓明、李春阳、高兆申、王晓、屈谛、王丽丽、贵鹏斐、毕京鹏、刘国忠等同学帮助调试了部分程序,绘制了全部电路图,并在全书的文字录入工作中做了大量的工作,对此表示衷心的感谢。

在编写本书过程中得到新华龙电子公司的大力支持,参阅了新华龙电子网站文献资料和已出版的单片机教材,在此对相关作者和新华龙电子公司的相关人员表示诚挚谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,恳请广大读者批评和指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 单片机的发展历史与发展趋势	1
1.2 MCS-51 及其兼容系列单片机简介	3
1.3 微型计算机数制及转换	8
1.4 微型计算机中数和字符的表示	11
习题 1	19
第 2 章 MCS-51 单片机的结构与组成	20
2.1 MCS-51 单片机的构成	20
2.2 MCS-51 存储器结构	22
2.2.1 核内 RAM 与 SFR	22
2.2.2 XRAM 存储空间	29
2.2.3 程序存储器	30
2.3 MCS-51 的时钟与复位电路	30
2.3.1 时钟电路	30
2.3.2 复位方式与复位电路	32
2.4 AT89C51/52 引脚与功能	36
2.5 AT89C51 的 I/O 接口特性	38
习题 2	42
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统	43
3.1 MCS-51 指令格式	43
3.2 MCS-51 系统的寻址方式	45
3.3 MCS-51 指令集	51
3.3.1 核内传送指令	51
3.3.2 算术运算类指令	56
3.3.3 逻辑运算指令	61
3.3.4 移位类指令	64

3.3.5 转移指令	66
3.3.6 布尔变量操作类指令	71
3.3.7 XRAM 及 ROM 传送指令	74
3.4 汇编语言程序格式与调试环境	76
3.5 汇编语言程序典型结构实例	80
3.5.1 顺序程序设计	80
3.5.2 分支程序设计	81
3.5.3 循环程序设计	83
3.5.4 子程序设计	85
3.5.5 典型程序设计举例	90
习题 3	94
第 4 章 MCS-51/52 中断系统与外部中断	95
4.1 中断的概念	95
4.2 MCS-51/52 中断系统	98
4.3 MCS-51 系统的外部中断	104
习题 4	109
第 5 章 MCS-51/52 的定时器/计数器	110
5.1 MCS-51 定时器/计数器结构与原理	110
5.2 MCS-51 定时器/计数器 T0、T1 应用	116
5.3 MCS-52 定时器 T2	120
习题 5	123
第 6 章 MCS-51 异步串行接口	124
6.1 串行通信的概念	124
6.2 MCS-51 串行接口	128
6.2.1 MCS-51 串行接口的结构	128
6.2.2 MCS-51 串行接口的设置与控制	129
6.2.3 MCS-51 异步串行接口的工作方式	131
6.3 波特率的计算与设置	135
6.4 串行口应用举例	137
6.5 RS-232 接口与应用	140
6.6 RS-485 接口与应用	145

习题 6	154
第 7 章 MCS-51 基本扩展举例	155
7.1 MCS-51 单片机核外总线概述	155
7.2 数据存储器 XRAM 扩展	157
7.3 数字 I/O 扩展	158
7.3.1 简单 I/O 口的扩展	158
7.3.2 可编程并行 I/O 接口 8255A	160
7.4 A/D 转换器及其扩展	170
7.5 D/A 转换器及其扩展	176
7.6 综合扩展实例	182
7.7 非总线式并行扩展举例	183
习题 7	185
第 8 章 C8051F360 简介	187
8.1 C8051F360 概述	187
8.2 存储器组织	190
8.3 时钟系统	204
8.4 复位系统	210
8.5 中断系统	218
8.6 输入输出端口	224
8.7 调试方法与工具	234
习题 8	240
第 9 章 常用的串行接口技术	241
9.1 常用的串行总线简介	241
9.1.1 SPI 串行总线	241
9.1.2 I ² C 总线	243
9.2 串行 E ² PROM X5045 接口扩展技术	246
9.3 串行 A/D 转换芯片 TLC2543	256
9.4 串行 E ² PROM 芯片 AT24CXX 系列	262
9.5 串行 D/A 转换芯片 MAX517	270
9.6 串行实时时钟芯片 PCF8563	274
习题 9	281

第 10 章 LED 显示与键盘接口	283
10.1 键盘接口方式及 LED 显示器接口方式	283
10.2 几种简单键盘接口	285
10.3 串行接口键盘与 LED 数码显示电路	288
10.4 8255 构成的动态扫描显示与行列式键盘电路	294
10.5 串行专用键盘/显示管理芯片 HD7279	298
习题 10	308
第 11 章 LCD 及其接口	309
11.1 数码型 LCD	309
11.2 并口点阵图形 LCD 模块	316
11.3 串口点阵图形 LCD	322
习题 11	330
参考文献	331

第 1 章 绪 论

生活在信息时代,几乎每天都要使用计算机,除了常见的微型计算机以外,单片机作为一种集成在一个芯片上的微型计算机也具有广泛的应用,如:手机、电视、空调、洗衣机和电冰箱等电子产品中都有单片机。

本章将首先介绍单片机的一些基本知识,包括单片机的应用特点和发展趋势等,然后讲解数制、码制和不同数制间的转换方法,为读者后续章节的学习打下坚实的基础。

1.1 单片机的发展历史与发展趋势

1. 单片机的发展历史

我国的单片机发展应用,大体经历了三个时代。

(1) 起步时代

严格意义上讲,单片机是从单板机 TP801 (CPU) 发展开始的,20 世纪 70 年代,以 Z80CPU 为核心的单板机,曾在我国较大范围内流行了一段时间,这一时段虽然不长,但对我国工业领域计算机控制、检测等方面的应用产生了较大的影响,也为后来 MCS-51 单片机的发展和广泛应用奠定了基础。

(2) MCS-51 时代

开始于 Intel 公司推出的 MCS-48,在我国并未大面积推广流行。直到 20 世纪 80 年代初期 MCS-51 的推出,成为这一时代走向辉煌的开始。

在我国,MCS-51 的发展经历了两个阶段。第一阶段主要是 8031、8032 的应用阶段,应用中必须扩充其程序存储器,所以还算不上真正意义的单片机,但与单板机 (TP801) 相比,必须扩充的内容很少,已非常接近“单片机”了。在这一阶段 Intel 公司也有片内带程序的 8051 和 8751 产品,但前者用户无法写入程序,后者虽然应用了 EPROM 作为程序存储器,但这种型号价格太高,需要紫外线擦除,写入擦除极不方便,因此,这种型号在我国很难大面积推广。第二阶段,ATMEL 公司推出 89C51 和后来的 89S51,极大地推动了 MCS-51 单片机的应用。可以说,从这时开始,才有了真正意义上的推广型的“单片机”。

MCS-51 系列单片机 (如 89C52) 的优点是其基本核心构架、指令系统简洁易学。在这一时代,虽然其他型号的单片机如雨后天春笋般层出不穷,但由于 MCS-51 系列单片机在我国应用时间之久、范围之广、影响之大,加之它的诸多优点和新型号单片机功能的不断增强,以及价

格低廉的优势,因此,直到今日在很多应用场合,它仍具有很强的生命力,仍是应用数量最大的单片机。

MCS-51 的兼容型各有特点,89C52 价格低廉,使用方便;Silabs(新华龙)的 C8051F 系列,功能强,可在线调试,但价格偏高;宏晶 STC-51 系列功能强,价格低,但调试不方便。

(3) 多核时代

具体时间作者不好确定,可以认为现在已进入这一时代。MCS-51 最大缺点在于位数低(8 位),数据计算能力明显不足,在计算量大的场合(如流媒体场合),其应用受到计算能力的限制。到目前为止,MCS-51 的霸主地位已经开始动摇,新的霸主可能已经出现,但尚未形成,或者未来不会再出现 MCS-51 这样的霸主,从而进入多核心时代,或者说进入“春秋战国”各路豪杰争雄的时代。目前已有不少型号的单片机具有强劲的发展势头,如 Microchip 公司的 PIC 精简指令集(RISC)8 位单片机;Freescall 公司的 16 位单片机;32 位 ARM 和 DSP 已经单片机化的系统等。随着价格的降低,在越来越多原来应用 MCS-51 的场合正逐渐被 32 位机所代替。

2. 单片机技术发展趋势

数字式微型计算机目前主要沿着两个方向发展,个人微型计算机为代表的通用计算机和各种各样的单片机(DSP 及 ARM)。个人微型计算机主要向超高计算速度方向发展,更新换代速度快。而单片机正向计算速度快,功能强,微型、专用等多样化方面发展,但计算速度和更新换代速度相对个人微型计算机要慢。

① 8 位单片机技术不断更新提高,向在线调试、多功能、低价格方向发展。目前来看仍以 MCS-51 为代表的 8 位单片机为主,并依靠在我国长久的影响力,众多熟练的开发高手,功能不断增强的兼容机、超低的价格、广泛的应用市场,仍具有较强的生命力。

② 16 位单片机,在工业控制场合,仍有其一席之地。若能出现一款与 MCS-51 兼容的 16 位机,可能会拓宽其应用场合,延长其应用寿命。在个人微型计算的发展过程中,Intel 从 8088 16 位微处理器开始发展到目前的 64 位机多核处理器,其中一条原则就是兼容原则。但遗憾的是 Intel 推出的 MCS-96 系列 16 位单片机并不与 MCS-51 兼容,构架也不相似,结果是 MCS-96 系列单片机不但没有取代 8 位 MCS-51 单片机,而且很快消亡了。

目前,16 位机型中,Freescall 公司的 S12 系列、TI 公司的 M430 系列具有较强的影响力。16 位单片机应该定位于:

- 有较强的计算能力;
- 有较强且灵活的控制功能;
- 结构简单易掌握(最好与 MCS-51 有相似性);
- 在线调试功能。

③ 32 位 ARM 系统,近几年 ARM 发展迅速,在流媒体等需要强大数据处理的场合得到了广泛的应用,如手机产品。

但随着技术的进步、价格的降低,结构简单的 ARM 系统开始单片机化(如 LPC2103),ARM 有取代某些原 8 位、16 位单片机应用场合的趋势。

④ DSP 系统,目前有 16 位、24 位、32 位 DSP。DSP 与单片机相比,运算能力超强,具有硬件乘法器等。随着集成电路水平的提高,DSP 已有单片机化的趋势,一般应用在信号处理等计算量特别大的场合。

1.2 MCS-51 及其兼容系列单片机简介

初学者对本节内容可不必进行详细研读,通过阅读,读者了解各种型号单片机的特点和功能便可。

自从单片机诞生以来,由于单片机的众多优点和普遍应用性,使其在 30 多年中迅猛发展,形成了多公司、多系列、多型号百家争鸣的局面。目前我国流行的单片机主要型号系列如表 1-1 所列。

表 1-1 目前我国流行的单片机主要机型

公 司	产 品 型 号	兼 容 性
Intel 公司	MCS-51 及其增强系列单片机	与 MCS-51 兼容
Atmel 公司	AT89X51 系列 Flash 单片机	
Philips 公司	8XC552 及 89C66X 系列高性能单片机	
Winbond	W78C51 和 W77C51 系列高速低价单片机	
宏晶科技	STC89C51 和 STC12C5410/STC12C2052 系列单片机	
Silabs 公司	C8051F 系列高速 SOC 单片机	与 MCS-51 不兼容
Freescale 公司	S12 系列 16 位高性能单片机	
Zilog 公司	Z8 系列特殊应用设计单片机	
Microchip 公司	PIC 系列 RISC 结构单片机	
Atmel 公司	AVR 系列 RISC 结构单片机	

下面主要介绍几种有特色的 MCS-51 及其兼容系列单片机。MCS-51 一词,最早用于专指 Intel 公司生产的 8051、8031、8032、8751 等 MCS-51 系列单片机。由于 Intel 公司将 MCS-51 内核转让给其他公司,这些公司在内核兼容 MCS-51(主要是内核结构与指令系统)的基础上,生产出了众多型号的兼容单片机。人们仍习惯于用 MCS-51 系列单片机来称呼这些型号的单片机,或称为 MCS-51 兼容单片机。

1. Intel 公司的 MCS-51 系列单片机

MCS-51 单片机是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称,这一系列单片机包括了多种型号,如表 1-2 所列。51 子系列为基本型,52 子系列为增强型。其中 8051 是最早

最典型的产品, MCS-51 在我国最初流行的型号是 8031 和 8032。

8031 片内不带程序存储器 ROM, 使用时用户需外接程序存储器和一片逻辑电路 74LS373, 外接的程序存储器多为 EPROM 的 $27\times\times$ 系列。用户若想对写入到 EPROM 中的程序进行修改, 必须先用一种特殊的紫外线灯将其照射擦除之后才可写入, 使用极不方便。

表 1-2 MCS-51 单片机产品

资源 配置 子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量/KB	片内 RAM 容量/B	定时/ 计数器	中断源
	无	ROM	EPROM				
51 子系列	8031	8051	8751	4	128	2×16	5
	80C31	80C51	87C51	4	128	2×16	5
52 子系列	8032	8052	8752	8	256	3×16	6
	80C32	80C52	87C52	8	256	3×16	6

2. AT89C(S)系列单片机

Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机是与 MCS-51 兼容的单片机。AT89 系列单片机片内带有 Flash 程序存储器, 无须扩充程序存储器。AT89 系列单片机在动能上与 87C51/52 相似, 但价格低, 程序写入方便。因此, 它很快取代了 8031 和 8032 成为主流。其特点如下:

① 内部含 Flash 存储器 有了 Flash 存储器, 因此在系统的开发过程中可以十分容易进行程序的修改, 这就大大缩短了系统的开发周期。同时, 在系统工作过程中, 能有效地保存一些数据信息, 即使外界电源损坏也不影响到信息的保存。

② 与 8751 引脚兼容 如 89C51 相当于 $8031+74LS373+2732$, 功能也与 8751 相近。89 系列单片机的引脚与 8751 兼容。所以, 当用 89 系列单片机取代 8751 时, 可以直接进行代换。这时, 不管采用 40 引脚或 44 引脚的产品, 只要用相同引脚的 89 系列单片机取代 80C51 的单片机即可。

③ 静态时钟方式 89 系列单片机采用静态时钟方式, 可以节省电能, 这对于降低便携式产品的功耗十分有用。

④ 错误编程亦无废品产生 一般的 OTP 产品, 一旦错误编程就成了废品。而 89 系列单片机内部采用了 Flash 存储器, 所以, 错误编程之后仍可以重新编程, 直到正确为止。

⑤ 可进行反复系统试验 用 89 系列单片机设计的系统, 可以反复进行系统试验; 每次试验可以编入不同的程序, 这样可以保证用户系统设计达到最优。而且随用户的需要和发展, 还可以进行修改, 使系统能不断追随用户的最新要求。

但 89C51 不支持 ISP(在线更新程序)功能, Atmel 公司目前已经停产 AT89C51, 用 AT89S51 代替。89S51 在工艺上进行了改进, 89S51 采用 $0.35\mu\text{s}$ (微米)新工艺, 成本降低, 而且将功能提升, 增加了竞争力。89SXX 可以向下兼容 89CXX 等 51 系列芯片。89S51 相对于

89C51 增加的新功能包括:

① 新增加的功能,使性能有了较大提升,价格基本不变,甚至比 89C51 更低。

② ISP 在线编程功能,这个功能的优势在于改写单片机存储器内的程序时不需要把芯片从工作环境中剥离,便可直接改写。

③ 最高工作频率为 33 MHz,89C51 的极限工作频率是 24 MHz,89S51 具有更高的工作频率,从而具有了更快的计算速度。

④ 内部集成看门狗计时器,不再需要像 89C51 那样外接看门狗计时器单元电路。

⑤ 双 XRAM 数据指针寄存器。

⑥ 全新的加密算法,程序的保密性大大加强。

Atmel 公司 AT89C(S)系列单片机如表 1-3 所列。

表 1-3 AT89 系列单片机

型 号	片内 Flash 程序存储器/KB	E ² PROM (Kbytes)	片内 RAM/B	$f_{\max}$ (MHz)	VCC(V)	I/O Pins	ISP	定时器/ 计数器	WDT	SPI
AT89C2051	2	—	128	24	2.7~6.0	15	—	2×16	—	—
AT89C4051	4	—	128	24	2.7~6.0	15	—	2×16	—	—
AT89S51 (89C51)	4	—	128	33	4.0~5.5	32	yes	3×16	yes	—
AT89S52 (89C52)	8	—	256	33	4.0~5.5	32	yes		yes	—
AT89S8253	12	2	256	24	2.7~5.5	32	yes		yes	yes
AT89C51ED2	64	2	2 048	60	2.7~5.5	32	API		yes	yes
AT89C51RD2	64	—	2 048	60	2.7~5.5	32	API	3×16	yes	yes

3. 宏晶科技 STC89C51 系列单片机

STC 单片机有三个系列,即 STC12C5410、STC12C205 和 STC89C51。本节仅介绍 STC89C51 系列,主要性能如表 1-4 所列。STC12C205 和 STC12C5410 系列可通过宏晶科技网站了解。

表 1-4 STC89C51 系列单片机

型 号	最高时钟频率/MHz		Flash 存 储器/KB	RAM 字节/KB	降低 EMI	看门 狗	双倍 速	P4 口	ISP	IAP	E ² PROM /KB	AD
	5 V	3 V										
STC89C51RC	0~80		4	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	
STC89C52RC	0~80		8	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	
STC89C53RC	0~80		15	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
STC89C54RD+	0~80		16	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16	

续表 1-4

型 号	最高时钟频率/MHz		Flash 存 储器/KB	RAM 字节	降低 EMI	看门 狗	双倍 速	P4 口	ISP	IAP	E ² PROM /KB	AD
	5 V	3 V										
STC89C55RD+	0~80		20	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16	
STC89C58RD+	0~80		32	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16	
STC89C516RD+	0~80		64	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
STC89LE51RC		0~80	4	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	
STC89 LE 52RC		0~80	8	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	
STC89 LE 53RC		0~80	15	512	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
STC89LE54RD+		0~80	16	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16	
STC89LE58RD+		0~80	32	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓	16	
STC89LE516RD+		0~80	64	1 280	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
STC89LE516RD	0~90 MHz, 1.9~3.6V		64	512	✓		✓	✓	✓			✓

STC89C51RC/RD+系列单片机是宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速度、低功耗单片机,指令代码完全兼容传统的 MCS-51 单片机,12 时钟/机器周期和 6 时钟/机器周期可任意选择,最新的 D 版本内部集成了 MAX810 专用复位电路。

STC89C51RC/RD+系列单片机的特点:

- ① 增强型 6 时钟/机器周期和 12 时钟/机器周期的 8051 CPU。
- ② 工作电压:5.5~3.4 V(5 V 单片机)/3.8~2.0 V(3 V 单片机)。
- ③ 工作频率范围:0~40 MHz,相当于普通 8051 的 0~80 MHz,实际工作频率可达 48 MHz。
- ④ 用户应用程序空间 4K/8K/16K/20K/32K/64K 字节。
- ⑤ 片上集成 1 280 字节/512 字节 RAM。
- ⑥ 通用 I/O 口(32/36 个),复位后为:P1/P2/P3/P4 是准双向口/弱上拉(普通 8051 传统 I/O 口)。P0 口是开漏输出,作为总线扩展用时,不用加上拉电阻;作为 I/O 口用时,需加上拉电阻。
- ⑦ ISP(在线系统可编程)/IAP(在线应用可编程),无须专用编程器/仿真器。可通过串口(P3.0/P3.1)直接下载用户程序,8 K 程序 3 s 即可完成一片。
- ⑧ E²PROM 功能。
- ⑨ 看门狗功能。
- ⑩ 内部集成 MAX810 专用复位电路(D 版本才有),外部晶体 20 MHz 以下时,可省外部复位电路。
- ⑪ 共 3 个 16 位定时器/计数器,其中定时器 0 还可以当成 2 个 8 位定时器使用。
- ⑫ 外部中断 4 路,下降沿中断或低电平触发中断,Power Down 模式可由外部中断低电平触发中断方式唤醒。

⑬ 通用异步串行口(UART),还可定时器软件实现多个 UART。

⑭ 工作温度范围: $0\sim 75^{\circ}\text{C}/-40\sim +85^{\circ}\text{C}$ 。

⑮ 封装: LQFP-44, PDIP-40, PLCC-44, PQFP-44。

STC89C51 系列单片机,功能强大,价格低廉,能够像 89S51 那样在线编程。其中 DIP 封装单片机其引脚与 AT89S51(89C51)相同,可以替代 89S51(89C51)。

但是,STC89C51 系列单片机与 AT89S51(89C51)具有同样的缺点:不能在线调试,给使用者带来极大不便。STC89C51 目前也没有专用仿真器,调试 AT89S51 的功能可以用普通仿真器进行,如 WAVE 仿真器。但这些仿真器还无法仿真 AT89S51/52 部分增强功能。调试这部分功能只能借助于在线编程和串行口通信功能,进行试错性质的调试,调试不太方便。

MCS-51 的兼容型各有特点:如 Silabs(新华龙)的 C8051F 系列,功能强、可在线调试,但价格偏高;宏晶 STC-51 系列功能强、价格低,但调试不方便。

4. C8051F 系列单片机

C8051F 单片机是完全集成的混合信号系统级芯片(SoC),具有与 8051 兼容的高速 CIP-51 内核,与 MCS-51 指令集完全兼容,片内集成了数据采集和控制系统中常用的模拟、数字外设及其他功能部件;内置 Flash 程序存储器、内部 RAM,大部分器件内部还有位于外部数据存储器空间的 RAM,即 XRAM。

C8051F 单片机在功能上比 STC 系列单片机更强大,资源更丰富,型号更多。

C8051F 单片机具有片内调试电路,通过 JTAG 接口可以进行非侵入式、全速的在系统调试,且调试工具价格低廉。

在线调试功能是 C8051F 单片机的独特优势,也是其他 MCS-51 兼容单片机所不具备的。

C8051F 单片机的缺点是,与 STC89 系列和 AT89 系列单片机相比,价格偏高。

表 1-5 是 Silabs(新华龙)C8051F 系列单片机中的几款典型型号。在第 8 章将介绍表中的一种型号,即 C8051F360 单片机。

表 1-5 C8051F 系列单片机实例

型 号	指令速度 百万/秒	Flash 存储器	RAM (字节)	数字 I/O	串行口总线	定时/ 计数器	内部震 荡误差	ADC1	ADC2	DAC
C8051F020	25	64 KB	4 352	64	2 UARTs SMBus, SPI	5	$\pm 20\%$	12 bit, 8ch 100 kb/s	8 bit, 8ch 500 kb/s	12 bit 2ch
C8051F021	25	64 KB	4 352	32	2 UARTs SMBus, SPI	5	$\pm 20\%$	12 bit, 8ch 100 kb/s	8 bit, 8ch. 500 kb/s	12 bit 2ch
C8051F360 -GQ	100	32 KB	1 080	39	UART SMBus, SPI	4	$\pm 2\%$	10 bit, 16ch 200 kb/s	—	10 bit 1ch
C8051F410	50	32 KB	2 304	24	UART SMBus, SPI	4	$\pm 2\%$	12 bit, 24ch 200 kb/s	—	12 bit 2ch

1.3 微型计算机数制及转换

计算机是一种根据一系列指令对数据进行处理机器,迄今为止这些指令和数据在计算机中都是以二进制形式进行存储和处理的,对于单片机也是如此。但是,微型计算机的用户所熟悉和使用的是以十进制形式表示的数字和符号。因此,微型计算机必须能够把用户通过键盘等输入终端输入的信息转换成二进制形式进行存储、识别和处理;然后,再把处理结果转换成用户所熟悉的十进制数字和符号,并通过显示器等输出终端反馈给用户。为了使读者对这一原理有足够的认识,本节将讨论微型计算机中常用的数制和数制转换的基本原理。

1. 数制

数制又称记数法或记数系统,是使用一组数字符号来表示数的体系。数制可以按以下方式进行分类:

① 按照进位制,可分为十进制、二进制、八进制和十六进制等。

② 按照写法,可分为中文数字、阿拉伯数字和罗马数字等。

在计算机科学中,数制是按照进位制进行分类的,常用的数制有十进制、二进制和十六进制。

一个数无论采用何种进制,本质上都反映了一个数值的大小。以同一个数 1110.01 为例,当表示成不同进制的数时,其代表的数值大小是不同的。

① 十进制(Decimal),如

$$1110.01 \text{ D} = 1 \times 10^3 + 1 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 0 \times 10^0 + 0 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2} = 1110.01 \text{ D}$$

② 二进制(Binary),如

$$1110.01 \text{ B} = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 14.25 \text{ D}$$

③ 十六进制(Hexadecimal),如

$$1110.01 \text{ H} = 1 \times 16^3 + 1 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 0 \times 16^0 + 0 \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = 4368.00390625 \text{ D}$$

式中:等式最左面数字后的英文字母用于区分不同进制的数,即 D、B 和 H 分别表示数为十进制、二进制和十六进制(十进制数中 D 标记也可以省略),也可以用 $[1110.01]_{10}$ 、 $[1110.01]_2$ 和 $[1110.01]_{16}$ 的表示方法区分不同进制的数;“□”标出的为权,权由基数和幂两部分组成,不同进制的基数不同;“-”标出的为数码,是组成数的数字符号,数码可取最小为 0 的基数个自然数。经常使用的二进制数、十进制数和十六进制数的基数和数码如表 1-6 所列。