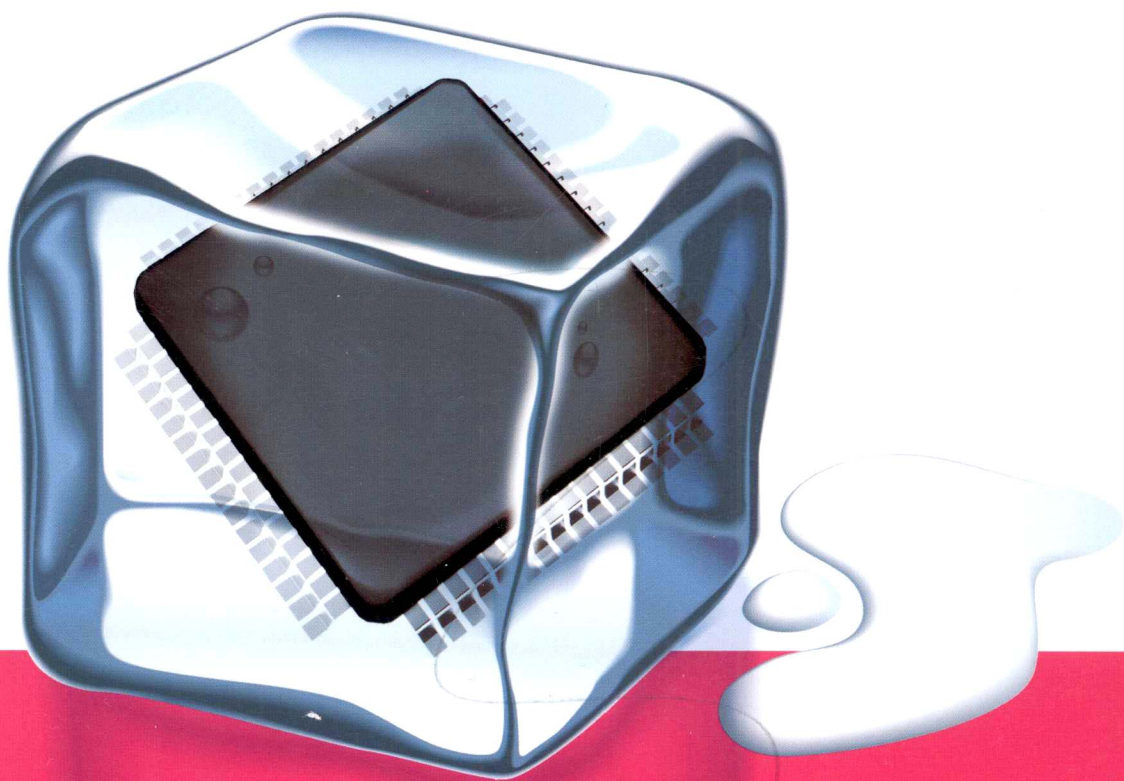


C51 DANPIANJI JICHU
JI BIANCHENG YINGYONG



C51单片机基础 及编程应用

张自红 付伟 罗瑞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

C51单片机基础 及编程应用

张自红 付 伟 罗 瑞 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从实际应用出发,以 C51 系列单片机为背景,介绍单片机基础知识、片内资源、工作原理、存储原理、常用接口及基于 C51 片外资源的开发,注重在讲解资源的同时结合大量编程实例和编程技巧,通俗易懂,易学易用。主要内容包括单片机基本结构, C51 程序开发基本知识, 中断系统, 定时器/计数器以及单片机 PCA/PWM 技术应用, 串行接口, STC 单片机看门狗及软件应用, STC 单片机内部 EEPROM 应用, D/A 和 A/D 转换, 液晶显示原理及编程方法, 单片机串行单总线、IIC 总线、SPI 总线原理及编程方法, 以及单片机驱动直流电动机和步进电动机的编程方法等。

本书可作为高等学校本科自动化、电气工程、电子信息、机电一体化及相关专业的教材, 也可供电气、机电等领域的工程技术人员及单片机爱好者自学或作为培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

C51 单片机基础及编程应用/张自红, 付伟, 罗瑞编著. —北京: 中国电力出版社, 2012. 6

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3227 - 0

I. ①C… II. ①张… ②付… ③罗… III. ①单片微型计算机 - 程序设计 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142136 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 480 千字

印数 0001—3000 册 定价 43.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

单片机因为体积小、价格低、质量轻、控制灵活，已得到越来越广泛的应用，从事单片机开发的人员也越来越多。在各本科院校，电气信息类专业甚至机械类专业都开设了有关单片机的课程，全国大学生电子竞赛更是增加了单片机的项目。

当前单片机开发已由汇编语言编程逐步转为开发效率更高、程序可移植性更好的 C51 编程，片外存储芯片已由原来的并行接口芯片逐渐转换为串行接口芯片，各种新的开发技术不断涌现。本书的内容在组织时注意顺应单片机的发展趋势，兼顾入门读者和已经能进行开发的读者的需要。本书在讲述了单片机的基础知识后，对单片机开发常用的汇编语言和 C51 都进行了介绍，特别是在讲解单片机最重要和最常用的片内资源时，如中断系统、定时器/计数器、串行接口，列举了大量编程实例和编程技巧，程序的可移植性强，通过实例使读者对单片机开发项目的过程有更深刻的了解并提高实战水平。本书附录把单片机的资源专门进行了归纳汇总，便于学习和进行实际开发时查阅。本书适合作为各本科院校的教材，适合由汇编语言开发单片机转向 C51 开发的研究人员和单片机爱好者参考。作为教材使用时，可由教师根据教学需要选择性地讲授，同时本书所讲解的实例也特别适合作为本、专科学生的课程设计和毕业设计课题；作为自学教材，入门级自学者可通过对简单例题的学习，加深理解，对于已有基础的自学者来说，更能迅速提高 C51 的开发水平，掌握现在比较流行的编程技巧。

本书结构体系合理，内容深入浅出，语言流畅，易于理解。全书共分为 15 章，第 1 章介绍了单片机的基本概念、单片机的特点及应用领域、产品分类等；第 2 章介绍了单片机的硬件结构；第 3 章介绍了单片机 C 语言；第 4 章介绍了单片机中断系统；第 5 章介绍了单片机的定时器/计数器；第 6 章介绍了单片机的串行通信接口技术；第 7 章介绍了单片机的 STC 看门狗技术；第 8 章介绍了 STC 系列单片机内部 EEPROM 编程；第 9 章介绍了单片机的 D/A、A/D 转换技术；第 10 章介绍了单片机的各种 LED 技术；第 11 章介绍了单片机的驱动液晶显示；第 12 章介绍了单片机的各种串行通信技术并给出大量开发实例；第 13 章介绍了单片机常用键盘技术以及开发源代码；第 14 章介绍了单片机驱动步进电动机和直流电动机的相关技术；第 15 章介绍了单片机的操作系统编写方法。通过实例使得读者对单片机开发项目的过程有更深刻的了解并提高实战水平；最后附录 A、B 部分介绍了 Keil2 的安装和使用，附录 C 介绍 STC 单片机的下载方法，附录 D 用 4 张图的方式展示单片机的系统资源，附录 E 为 ASCII 码对照表，方便开发查询使用，附录 F 为 C51 指令功能表，附录 G 为 C51 汇编伪指令。

本书由红河学院的张自红编写第 7~15 章和附录，罗瑞编写第 4~6 章，付伟编写第 1~

3 章，全书由张自红统稿。

本书的顺利出版，要感谢红河学院工学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免存在错漏之处，恳请读者及同行专家批评指正。本书提供 PPT 课件、相关的源代码，以及开发板的原理图和 PCB 图纸，并保持不断的更新，有需要的读者可以发邮件至 56090733@qq.com。



前言

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的发展	1
1.2 常用流行单片机介绍	2
1.3 8 位单片机的主要生产厂家和机型	3
1.4 单片机的特点	3
1.5 单片机的应用	4
1.6 CPU 的发展趋势	4
第 2 章 单片机基本结构	6
2.1 51 系列单片机引脚功能	6
2.2 51 单片机的系统组成框图	9
2.3 51 单片机的内部结构	10
2.4 单片机内部执行过程	12
2.5 单片机寻址方式	12
2.6 单片机的存储结构	15
2.6.1 80C51 的程序存储器配置及地址	15
2.6.2 80C51 的数据存储器配置及地址	16
2.6.3 80C51 的特殊功能寄存器 (SFR)	18
2.7 单片机并行 I/O 口的结构	20
2.7.1 P0 口的结构	20
2.7.2 P2 口的结构	21
2.7.3 P1、P3 口的结构	22
2.7.4 并行口的负载能力	23
2.7.5 80C51 单片机的复位	23
2.7.6 80C51 单片机的典型时序	24
2.7.7 CMOS 单片机低功耗工作方式	25
2.8 STC 系列单片机新型 I/O 接口	26
第 3 章 C51 程序开发基本知识	30
3.1 C51 程序设计基础	30
3.1.1 C51 基础知识	30

3.1.2	C51 数据类型	31
3.1.3	C51 常量与变量	33
3.1.4	C51 存储模式与绝对地址访问	36
3.1.5	C51 常用运算符	39
3.1.6	C51 表达式语句与复合语句	43
3.2	C51 基本结构和语句	45
3.2.1	C51 基本结构	45
3.2.2	if 语句	46
3.2.3	switch/case 语句	47
3.2.4	while 语句	48
3.2.5	do-while 语句	49
3.2.6	for 语句	50
3.2.7	循环的嵌套	51
3.2.8	break 和 continue 语句	51
3.2.9	return 语句	52
3.3	C51 构造数据类型	52
3.3.1	数组	52
3.3.2	指针	57
3.3.3	结构	59
3.3.4	联合	61
3.3.5	枚举	62
3.4	C51 函数	63
3.4.1	函数的分类和定义	63
3.4.2	函数的参数和函数值	65
3.4.3	函数的调用与声明	65
3.4.4	函数的嵌套与递归	67
3.5	编程举例	69
3.5.1	用 C 语言实现 I/O 编程	71
3.5.2	用 C 语言实现逻辑运算	72
3.5.3	用 C 语言实现数据转换	73
3.5.4	用 C 语言实现存取代码空间	73

第 4 章 中断系统

4.1	中断的概述	76
4.1.1	中断的概念	77
4.1.2	现场保护和现场恢复	77
4.2	80C51 中断系统	78
4.2.1	80C51 中断系统的结构	78
4.2.2	中断源	78

4.2.3	中断请求标志	79
4.2.4	中断的控制	80
4.2.5	外部中断源	82
4.3	中断服务函数	82
4.4	中断源的扩展	83
4.5	应用实例	84
第5章	定时器/计数器	88
5.1	定时器/计数器的结构和工作原理	88
5.2	定时器/计数器的控制	89
5.3	定时器/计数器的工作模式	90
5.4	定时器/计数器 2	93
5.4.1	T2 控制寄存器 T2CON 和模式寄存器 T2MOD	93
5.4.2	定时器/计数器 2 的工作模式	94
5.5	定时器/计数器用于外部中断扩展	97
5.6	定时器/计数器应用举例	97
5.7	单片机 PCA/PWM 应用	100
5.7.1	PCA/PWM 工作模式	100
5.7.2	PCA/PWM 相关寄存器	103
5.7.3	PCA/PWM 应用示例	105
第6章	串行接口	109
6.1	串口简介	109
6.2	串口通信原理	110
6.2.1	串并行通信	110
6.2.2	异步通信与同步通信	111
6.2.3	RS232 - DB9 信号脚说明	112
6.2.4	串行通信的传输方向	113
6.2.5	串行通信的错误校验	113
6.2.6	传输速率与传输距离	114
6.3	C51 系列串行接口	114
6.3.1	串行信号传输通道	114
6.3.2	串口工作方式	115
6.3.3	串口寄存器	118
6.4	应用实例	119
第7章	STC 单片机看门狗及软件应用	124
7.1	看门狗介绍	124
7.2	基本原理	124
7.3	STC89 系列单片机看门狗	125

7.4	应用实例	127
第8章	STC 单片机内部 EEPROM 应用	128
8.1	IAP 及 EEPROM 特殊功能寄存器介绍	128
8.2	STC 单片机内部特殊功能寄存器 ISP/IAP SFRs	129
8.3	STC89C52/C54 单片机内部可用 Data Flash (EEPROM) 的地址	130
8.4	EEPROM 应用实例	132
第9章	D/A、A/D 转换	136
9.1	D/A、A/D 概述	136
9.1.1	D/A 原理	136
9.1.2	A/D 原理	137
9.2	ADC 0808/0809	139
9.3	DAC0832 芯片及其与单片机接口	142
9.3.1	DAC0832 内部结构及引脚	142
9.3.2	DAC0832 与 80C51 单片机的接口	143
9.4	A/D 转换应用实例	144
第10章	LED 及其应用	151
10.1	LED 概述	151
10.2	LED 灯应用	151
10.2.1	电平指示灯	152
10.2.2	流水灯	152
10.2.3	水滴流水灯	154
10.3	LED 数码管	155
10.3.1	静态数码管显示	157
10.3.2	数码管动态显示	160
10.4	LED 点阵屏幕	163
10.4.1	8×8 LED 点阵屏原理	163
10.4.2	LED 点阵的显示文字图形原理	163
第11章	液晶显示	168
11.1	液晶的种类	168
11.2	液晶的优点	168
11.3	液晶显示模块	170
11.3.1	ST7920 控制驱动器特点	170
11.3.2	ST7920 功能说明	170
11.3.3	ST7920 基本指令集	172
11.3.4	ST7920 扩充指令集	174
11.3.5	液晶显示模块指令系统	174

11.3.6	ST7920 控制时序图	179
11.3.7	液晶引脚	180
11.4	128 × 64 液晶应用实例	182
第 12 章	单片机与串行总线	186
12.1	IIC 总线概述	186
12.2	IIC 总线特征	187
12.3	IIC 总线器件寻址方式	187
12.4	IIC 总线的数据传输协议	188
12.4.1	起始信号时序	188
12.4.2	终止信号时序	188
12.4.3	应答信号时序和非应答信号时序	188
12.4.4	数据传送格式	188
12.5	单片机读写 24C02	191
12.6	SPI 总线	200
12.6.1	SPI 简介	200
12.6.2	单片机读写时钟芯片 DS1302 简介	200
12.6.3	DS1302 各寄存器地址及含义	201
12.6.4	DS1302 读写时序图	202
12.6.5	操作 DS1302 顺序	202
12.6.6	DS1302 应用示例	203
12.7	1 - WIRE 总线	207
12.7.1	单线总线特点	207
12.7.2	DS18B20 的特点	207
12.7.3	DS18B20 内部结构	207
12.7.4	DS18B20 引脚排列	208
12.7.5	DS18B20 寄存器	208
12.7.6	DS18B20 读写时序图	210
12.7.7	DS18B20 编程步骤	212
12.7.8	编程示例	212
12.8	STC12C5A60S2 单片机 SPI 原理	216
12.8.1	系统原理	216
12.8.2	SPI 的接口	217
12.8.3	单主机 - 单从机方式的连接图	218
12.8.4	SPI 波形图原理	219
12.8.5	SPI 特殊功能寄存器	221
12.8.6	SPI 功能演示示例	222
第 13 章	键盘接口	226
13.1	键盘概述	226

13.2	键盘可靠性输入	226
13.3	独立式按键	228
13.3.1	独立按键一般实现方法	228
13.3.2	独立按键新型算法	230
13.4	矩阵式键盘	232
13.5	PS2 接口协议	238
13.5.1	PS/2 接口协议简介	238
13.5.2	PS/2 接口硬件	238
13.5.3	电气特性	238
13.5.4	PS/2 发送协议及步骤	239
第 14 章	步进电动机与直流电动机	248
14.1	步进电动机概述	248
14.1.1	步进电动机特点	248
14.1.2	步进电动机分类	248
14.1.3	反应式步进电动机的结构和工作原理	249
14.1.4	步进电动机驱动示例	251
14.2	直流电动机	253
14.2.1	直流电动机的工作原理	253
14.2.2	直流电动机的驱动	254
14.2.3	直流电动机与单片机的硬件连接	254
第 15 章	51 单片机操作系统	258
15.1	操作系统简介	258
15.1.1	前、后台系统	258
15.1.2	不可剥夺型内核	259
15.1.3	可剥夺型内核	259
15.2	实时操作系统基本概念	259
15.2.1	代码临界段	259
15.2.2	任务	260
15.2.3	任务切换	260
15.2.4	内核	260
15.2.5	调度 (Scheduler)	261
15.2.6	可重入性 (Reentrancy)	261
15.2.7	任务优先级	262
15.2.8	互斥条件	262
15.2.9	任务间的通信	262
15.2.10	中断	262
15.2.11	存储器	263
15.2.12	使用实时内核的优缺点	263

15.3	函数的调用	263
15.4	堆栈指令和人工堆栈	265
15.5	协同式多任务系统	267
15.6	时间片轮转操作系统	268
15.7	keil 中对寄存器的分配与使用	270
15.8	占先式内核	271
附录		279
附录 A	Keil2 的安装	279
附录 B	Keil2 使用步骤	282
附录 C	STC 系列单片机下载	290
附录 D	4 张图学会单片机	292
附录 E	ASCII 码对照表	296
附录 F	C51 指令功能表	298
附录 G	C51 汇编伪指令	304

单片机概述

单片机将中央处理单元 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和多种 I/O 接口，甚至把 A/D、D/A、SPI、VGA 控制器等集成到一块芯片上，这一块芯片就是一台功能独特的计算机。其数据从 4 位、8 位、16 位到 32 位，速度越来越高，功能越来越强，应用越来越广泛。其中应用最多、最基础的就是 MCS-51 系列单片机。

目前，单片机已经应用到社会生活的方方面面，从航天飞机到毛茸茸的儿童玩具，都离不开单片机。对于应用电子类专业的学生来说不学单片机犹如一个文盲！如今，在国外中学生甚至小学生都开始学习 32 位单片机系统，而我们国内绝大部分高校还是学习 8 位单片机。

把 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器，以及输入输出（I/O）接口电路等计算机的主要部件集成在一块芯片上。这样组成芯片级的微型计算机直译为单片微型计算机（Single chip microcomputer）或单片机，在我国，我们习惯上称其为单片机。单片机虽然只是一个芯片，但从组成和功能上看，它已具备微机系统的含义。

1.1 单片机的发展

原始阶段：

1971 年 1 月，Intel 公司的特德·霍夫在与日本商业通信公司合作研制台式计算器时，将原始方案的十几个芯片压缩成三个集成电路芯片。其中的两个芯片分别用于存储程序和数
据，另一芯片集成了运算器和控制器及一些寄存器，称为微处理器（即 Intel 4004）。目前已经淘汰，甚至市场上也无法购买到。

发展阶段：

Intel 公司于 1980 年推出的增强型通用 8 位单片机系列产品，有 8031/8032、8051/8052、8751/8752 等型号。之后不久，Intel 公司开发了 MCS-51 系列单片机的核心技术，加之 51 系列机已经成为 8 位通用单片机的公认标准，因此，许多著名的半导体生产厂家，如 Atmel、Philips、Cygna、Dallas、Winboard 等，纷纷推出以 80C51 为内核的各具特色、性能优异、功能强大的单片机，形成了庞大的 80C51 系列单片机家族。

目前阶段：

这一阶段增强型 8 位单片机以及 16 位单片机大量出现。单片机内部工作频率、内部资源都有很大的提高，如 PIC 系列单片机、ARM 系列单片机、AVR 系列单片机、C8051 系列单片机等。有些厂家推出 32 单片机，在结合嵌入式的微型操作系统（ucos, linux），其功能

越来越强大，应用范围也越来越广泛，如智能手机、GPS 导航系统、掌上电脑等。

单片机已广泛地应用于军事、工业、家用电器、智能玩具、便携式智能仪表和机器人制作等领域，使产品功能、精度和质量大幅度提升，且电路简单，故障率低，可靠性高，成本低廉。

1.2 常用流行单片机介绍

1. AVR 单片机

1997 年，由 ATMEL 公司挪威设计中心的 A 先生与 V 先生利用 ATMEL 公司的 Flash 新技术，共同研发出 RISC 精简指令集的高速 8 位单片机，简称 AVR，它具有以下特点：

(1) 哈佛结构，具备 1MIPS / MHz 的高速运行处理能力。

(2) 超功能精简指令集 (RISC)，具有 32 个通用工作寄存器，克服了如 8051 MCU 采用单一 ACC 进行处理造成的瓶颈现象。

(3) 快速的存取寄存器组、单周期指令系统，大大优化了目标代码的大小、执行效率，部分型号 FLASH 非常大，特别适用于使用高级语言进行开发。

(4) 作输出时与 PIC 的 HI/LOW 相同，可输出 40mA (单一输出)，作输入时可设置为三态高阻抗输入或带上拉电阻输入，具备 10 ~ 20mA 灌电流的能力。

(5) 片内集成多种频率的 RC 振荡器、上电自动复位、看门狗、启动延时等功能，外围电路更加简单，系统更加稳定可靠。

(6) 大部分 AVR 片上资源丰富，带 EEPROM，PWM，RTC，SPI，UART，TWI，ISP，AD，Analog Comparator，WDT 等。

(7) 大部分 AVR 除了有 ISP 功能外，还有 IAP 功能，方便升级或销毁应用程序。

2. MSP430

MSP430 系列单片机是美国德州仪器 (TI) 公司 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗的混合信号处理器 (Mixed Signal Processor)。称之为混合信号处理器，主要是由于针对实际应用需求，把许多模拟电路、数字电路和微处理器集成在一个芯片上，以提供“单片”解决方案。

(1) 强大的处理能力 MSP430 系列单片机是一个 16 位的单片机，在 8MHz 晶体驱动下指令周期为 125ns。

(2) 多功能的硬件乘法器 (能实现乘加) 相配合，能实现数字信号处理的某些算法 (如 FFT 等)。

(3) MSP430 系列单片机的中断源较多，并且可以任意嵌套，使用时灵活方便。当系统处于省电的备用状态时，用中断请求将它唤醒只用 6 μ s。

(4) 超低功耗 MSP430 单片机之所以有超低的功耗，是因为其在降低芯片的电源电压及灵活而可控的运行时钟方面都有其独到之处。

(5) 丰富的芯片上外围模块 MSP430 系列单片机的各成员都集成了较丰富的片内外围设备。它们分别是看门狗 (WDT)、模拟比较器 A、定时器 A、B (Timer_A)、串口 0、1 (USART0、1)、硬件乘法器、液晶驱动器、10 位 / 12 位 ADC、16 位 Sigma-Delta AD、直接寻址模块 (DMA)、端口 0 (P0)、端口 1 ~ 6 (P1 ~ P6)、基本定时器 (Basic Timer) 等的一

些外围模块的不同组合。

3. 无线单片机

为了适应无线通信和无线网络节点的要求，实行较小的体积，极低的功耗，更低的价格，无线片上系统（SOC）近年来得到了快速发展，这种无线片上系统将微控制器、存储器、A/D转换器和需要的接口电路和无线数据通信收发芯片全部集成到一个非常小的芯片上，一个单独的芯片，就可以构成一个独立工作的无线通信和无线网络节点的无线片上系统（又称无线单片机）的出现，为开发无线通信和无线网络，提供了新的选择，同时也使无线通信和无线网络的设计工作更加简化，更容易开发。如常用型号 CC1110，CC2410 等。

4. STM32

STM32 系列基于专为要求高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的 ARM Cortex-M3 内核。按性能分成两个不同的系列：STM32F103 “增强型”系列和 STM32F101 “基本型”系列。增强型系列时钟频率达到 72MHz，是同类产品中性能最高的产品；基本型时钟频率为 36MHz，以 16 位产品的价格得到比 16 位产品大幅提升的性能，是 16 位产品用户的最佳选择。两个系列都内置 32K 到 128K 的闪存，不同的是 SRAM 的最大容量和外围设备接口的组合。时钟频率为 72MHz 时，从闪存执行代码，STM32 功耗 36mA，是 32 位单片机市场上功耗最低的产品，相当于 0.5mA/MHz。

1.3 8 位单片机的主要生产厂商和机型

Intel（美国英特尔）公司：MCS-51/96 机器增强型系列。

Atmel（美国 Atmel）公司：AT89 系列。

NS（美国国家半导体）公司：NS8070 系列。

Microchip 公司：PIC 系列。

TI（美国德州仪器）公司：MSP430 × × × 系列。

Cypress（美国 Cypress 半导体）公司：CY × × 系列。

Cygnal 公司：C8051F × × × 系列。

Motorola（美国摩托罗拉）公司：6805 系列。

Fairchild（美国仙童）公司：FS 系列和 3870 系列。

Zilog（美国齐洛格）公司：Z8 系列及 SUPER8 系列。

National（日本松下）公司：MN6800 系列。

Hitachi（日本日立）公司：HD6301、Hd65L05、HD6305 系列。

NEC（日本电气）公司：uCOM87、(uPD7800) 系列。

Philips（荷兰飞利浦）公司：P89C5 × × 系列。

1.4 单片机的特点

(1) 集成度高。MCS-51 单片机的典型代表产品为 8031，8031 芯片内部包含了 128 个字节的 RAM，4 个 8 位并行 I/O 口，1 个全双工的串行口，2 个 16 位的定时器/计数器，以

及一个处理能力很强的中央处理器。

(2) 系统结构简单。MCS-51 芯片内部采用模块式结构, 增加或更换一个模块, 就能得到指令系统和引脚兼容的新产品。

(3) 系统扩展方便。MCS-51 具有外扩至 64K 字节程序存储器和 64K 字节的外部 RAM 和 I/O 口的能力。

(4) 可靠性高。MCS-51 单片机的总线大多在芯片内部不易受干扰, 而且 MCS-51 应用系统体积小, 容易采取屏蔽等措施, 适应范围宽, 在各种恶劣的环境下都能可靠的工作。民用品 0~70℃, 工业用品 -40~+85℃, 军用品 -65~+125℃。

(5) 处理功能强、速度高。MCS-51 单片机指令系统中有加、减、乘、除及各种逻辑运算和转移指令, 还具有位操作功能。CPU 时钟频率为 12MHz, 指令系统中近 50% 的指令为单字节指令, 指令执行速度快。

(6) 容易产品化。MCS-51 由于单片机应用系统具有体积小、可靠性高、功能强、价格低等特点, 因此容易形成产品, 可以把它装入各种仪器、仪表及控制设备中。

1.5 单片机的应用

(1) 工业方面: 各种测控系统、数据采集系统, 工业智能机器人。

(2) 智能仪器仪表方面: 单片机应用在智能仪器仪表方面, 使传统的仪器仪表发生根本的变革, 加速了仪器仪表向数字化、智能化方向发展, 比如汽车仪表, 如雪铁龙凯旋、世嘉。

(3) 通信方面: 调制解调器、程控交换技术。

(4) 民用方面: 电子玩具、录像机、激光唱机。

(5) 军用方面: 导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、航天飞机导航系统。

(6) 各种计算机外围设备及电器方面: 打印机、硬盘驱动器、彩色与黑白复印机、磁带机等。

(7) 多机分布式系统: 可用单片机构成分布式测控系统。

1.6 CPU 的发展趋势

(1) 采用双 CPU 结构, 以提高处理能力。

(2) 增加数据总线宽度 (16 位甚至 32 位数据总线), 以提高数据处理能力。

(3) 串行总线结构。IIC 总线 (Inter-IC bus)。该总线用两根信号线代替现行的 8 位数据总线, 从而大大地减少了单片机外部引线, 简化了单片机与外部的接口电路, 降低了成本。

(4) 加大存储器容量, 如今芯片内 RAM, ROM 从几千字节到 128K、256K 字节都很常见。芯片内集成 EPROM 采用 EEPROM 或闪存应用都很普遍。

(5) 增加并行口的数目和驱动、逻辑控制能力。设置一些特殊的串行接口功能, IIC, SPI, CAN 等多种接口, 为构成分布式、网络化系统提供了方便。

(6) 外围电路集成化, 随着集成度的提高, 尽可能将众多的外围功能器件都集成在片

内。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外，芯片内集成的部件还有模/数转换器、数/模转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相器、频率合成器、字符发生器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等。

(7) 低耗化，如无线单片机 CC1110 可以用 3V 电池供电。