

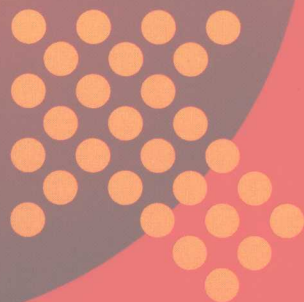
21世纪高等学校规划教材



DANPIANJI YUANLI YU SHIJIAN ZHIDAO

单片机原理与实践指导

杨振江 冯 军 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

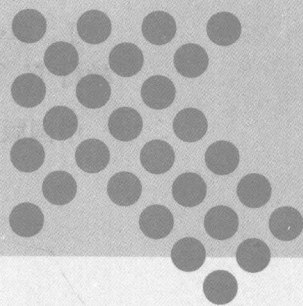
21世纪高等学校规划教材



DANPIANJI YUANLI YU SHIJIAN ZHIDAO

单片机原理与实践指导

编 著 杨振江 冯 军
主 审 范蟠果



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书共分 11 章, 主要内容包括单片机概述、MCS-51 系列单片机的硬件结构与工作原理、MCS-51 系列单片机指令系统、汇编语言程序设计、C51 程序设计、MCS-51 系列单片机的中断系统、MCS-51 系列单片机定时/计数器、MCS-51 系列单片机串行接口、单片机系统的扩展与接口技术、单片机应用系统的设计与开发、单片机应用与实践指导。

本书可作为普通高等院校自动化、计算机科学与技术、电子信息工程及相关专业的本科教材, 也可供从事智能仪器设计、数据采集、数字通信和计算机接口的工程技术人员以及广大电子技术爱好者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与实践指导/杨振江, 冯军编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-7741-4

I. 单… II. ①杨…②冯… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 117573 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 8 月第一版 2008 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 527 千字

定价 32.60 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
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

前 言

单片机以其体积小、功能强、价格低、可靠性高等特点，在各个领域获得了广泛的应用，已经成为产品更新换代的主要手段，工业发展水平的标志之一。

目前，MCS-51 系列单片机在众多的单片机产品中仍然是主流机型。本书以 MCS-51 系列单片机以及派生系列为主，从应用角度出发详细介绍了汇编语言程序设计、C51 编程规则、中断系统、串口技术、系统扩展、接口电路和应用系统等，突出所选内容的准确性、典型性和实用性。

本书融入了作者多年教学、科研中积累的应用实例。实践内容都是经过作者精心设计、挑选，对学习和掌握单片机具有指导作用，部分实例可以直接应用于新产品的设计和开发。同时，书中也优选了较多的汇编和 C51 源程序，使用户可以借鉴所介绍的实例和某些电路的功能，方便地编写具体应用程序，解决编写程序中的困难，减少不必要的重复性工作。

本书主要由杨振江和冯军编写，肖艺等参加部分章节编写，王曙梅为文字的录入、整理付出了心血。本书由西北工业大学范蟠果主审，并提出很多宝贵意见。在此，笔者谨向他们表示由衷的感谢。

限于作者的水平，加之时间仓促，书中难免有纰漏或不妥之处，敬请读者提出宝贵意见，以便今后不断改进。

编 者

2008 年 6 月于西安电子科技大学



目 录

前言

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的定义	1
1.2 单片机的发展概况及发展趋势	1
1.2.1 单片机的发展概况	1
1.2.2 单片机的发展趋势	2
1.3 单片机的结构特点与应用	3
1.3.1 单片机的结构特点	3
1.3.2 单片机的应用	4
1.4 常用单片机系列简介	4
1.5 MCS-51 系列单片机介绍	9
1.6 单片机系统的设计方法与要点	10
1.7 单片机的选择与学习方法	12
1.7.1 单片机的选择	12
1.7.2 单片机课程的学习方法	13
1.7.3 单片机开发技能的提高	13
思考题与习题	15
第 2 章 MCS-51 系列单片机的硬件结构与工作原理	16
2.1 MCS-51 系列单片机的基本组成	16
2.1.1 MCS-51 系列单片机的基本功能特性	16
2.1.2 MCS-51 系列单片机的硬件组成	16
2.2 MCS-51 系列单片机的管脚与功能	19
2.2.1 8051 型管脚与功能	19
2.2.2 其他与 8051 兼容的单片机管脚排列与功能	21
2.3 MCS-51 系列单片机存储器的结构	23
2.3.1 程序存储器	24
2.3.2 片内数据存储器	24
2.3.3 片外数据存储器	28
2.4 单片机 I/O 端口逻辑结构	29
2.4.1 P0 口逻辑结构	29
2.4.2 P1 口逻辑结构	30
2.4.3 P2 口逻辑结构	31
2.4.4 P3 口逻辑结构	31
2.4.5 I/O 口的“读—修改—写”操作	32
2.5 单片机的工作时序及时钟电路	33
2.5.1 时序的基本概念	33

2.5.2 典型的时序	34
2.5.3 CPU 对外部存储器操作的时序	35
2.5.4 MCS-51 系列单片机的时钟电路	37
2.6 MCS-51 系列单片机的复位及省电方式	37
2.6.1 复位方式	37
2.6.2 复位电路	38
2.6.3 省电方式	39
思考题与习题	41
第 3 章 MCS-51 系列单片机指令系统	43
3.1 指令系统概述	43
3.1.1 指令的表示形式	43
3.1.2 指令的格式	44
3.2 指令系统的寻址方式	45
3.3 MCS-51 指令系统	49
3.3.1 数据传送类指令	49
3.3.2 算术操作类指令	57
3.3.3 逻辑操作类指令	64
3.3.4 控制转移类指令	68
3.3.5 布尔操作类指令	73
思考题与习题	76
第 4 章 汇编语言程序设计	79
4.1 程序设计语言概述	79
4.2 汇编语言程序设计要点	80
4.3 常用的伪指令	80
4.4 汇编程序的基本设计	83
4.4.1 顺序结构程序设计	83
4.4.2 分支程序设计	85
4.4.3 循环程序设计	88
4.4.4 查表程序设计	91
4.4.5 子程序设计与调用	93
4.4.6 算术程序设计	99
4.4.7 数码转换程序设计	102
4.5 汇编语言实用子程序	105
4.5.1 二进制乘除运算子程序	105
4.5.2 十进制 (BCD 码) 运算子程序	110
4.5.3 数码转换子程序	116
思考题与习题	119
第 5 章 C51 程序设计	121
5.1 C51 语言特点	121
5.2 标识符与关键字	122
5.3 C51 程序设计的基本规则	124
5.3.1 数据类型与存储模式	124
5.3.2 对硬件主要资源的定义	128

5.3.3 运算符与表达式	130
5.4 基本语句	135
5.4.1 说明与表达式语句	135
5.4.2 复合语句	136
5.4.3 条件语句	136
5.4.4 开关与跳转语句	138
5.4.5 循环语句	140
5.4.6 函数调用语句与返回语句	141
5.4.7 空语句	142
5.5 函数	142
5.5.1 函数的定义	142
5.5.2 函数的调用	144
5.5.3 main 函数	146
5.5.4 C51 中断函数	146
5.5.5 C51 库函数	147
5.6 C51 数据结构	148
5.6.1 数组	148
5.6.2 指针	151
5.6.3 结构	155
5.7 预处理	157
5.7.1 文件包含指令	157
5.7.2 宏定义	157
5.7.3 条件编译	158
5.7.4 其他预处理命令	160
思考题与习题	160
第6章 MCS-51 系列单片机的中断系统	162
6.1 中断的概念	162
6.1.1 中断的过程	162
6.1.2 中断源	163
6.1.3 中断的优点	164
6.2 MCS-51 系列单片机的中断系统	164
6.2.1 中断系统的结构与控制	164
6.2.2 MCS-51 系列单片机中断响应与返回	168
6.3 中断程序的设计与应用	170
6.3.1 中断服务程序的设计结构	170
6.3.2 中断的应用举例	172
思考题与习题	175
第7章 MCS-51 系列单片机定时/计数器	177
7.1 定时/计数器的工作原理	177
7.2 定时/计数器所用到的寄存器	178
7.3 定时/计数器的控制	179
7.3.1 定时/计数器的设置	179
7.3.2 定时/计数器的工作模式	180

7.3.3 8052 定时/计数器 2 的设置	183
7.4 定时/计数器的应用	185
7.4.1 应用注意事项	185
7.4.2 应用举例	186
思考题与习题	189
第 8 章 MCS-51 系列单片机的串行接口	191
8.1 串行通信的基本知识	191
8.1.1 异步通信和同步通信	191
8.1.2 数据传送方向与波特率	192
8.2 MCS-51 系列单片机的串行接口	193
8.2.1 MCS-51 系列单片机串行接口的结构	193
8.2.2 串行口的 4 种工作模式	195
8.2.3 波特率的设置	198
8.3 串口多机通信	199
8.4 RS232 通信电平	200
8.5 串行通信的应用举例	202
思考题与习题	210
第 9 章 单片机系统的扩展与接口技术	212
9.1 单片机系统扩展的原理	212
9.2 外部存储器的扩展	215
9.2.1 外部程序存储器的扩展	215
9.2.2 外部数据存储器的扩展	218
9.2.3 多片存储器的扩展与地址分配	221
9.3 输入/输出接口的扩展	223
9.3.1 用 74 系列器件扩展 I/O 口	223
9.3.2 用专用芯片扩展 I/O 口	227
9.4 键盘的接口技术	233
9.4.1 键盘工作原理	234
9.4.2 键盘与单片机的接口	235
9.5 显示器接口技术	238
9.5.1 LED 数码管显示器的结构	239
9.5.2 LED 数码管显示器的原理与接口	240
9.6 A/D 转换器接口技术	247
9.6.1 双积分 A/D 转换器及接口	248
9.6.2 逐次逼近式 A/D 转换器及接口	252
9.7 D/A 转换器接口技术	257
9.7.1 D/A 转换器的基本原理	257
9.7.2 串行 D/A 转换器的接口	258
9.8 开关电路及驱动电路接口	260
9.8.1 开关电路接口	261
9.8.2 光电耦合器接口	262
思考题与习题	263

第 10 章 单片机应用系统的设计与开发	265
10.1 单片机应用系统的开发过程	265
10.1.1 总体设计	265
10.1.2 硬件与软件设计	266
10.2 单片机系统的可靠性设计	268
10.2.1 干扰来源	268
10.2.2 硬件抗干扰方法	268
10.2.3 软件抗干扰方法	270
10.3 Keil C51 开发工具简介	271
10.4 应用系统的调试	274
10.4.1 硬件与软件的调试方法	275
10.4.2 通过串口工具调试方法	276
10.4.3 目标代码的下载	276
思考题与习题	277
第 11 章 单片机应用与实践指导	278
11.1 基本实践指导	278
11.1.1 流水灯功能的实现与编程	278
11.1.2 按键与数码管显示功能与编程	280
11.1.3 串行口接口实验	283
11.1.4 A/D 转换接口与实验	286
11.1.5 D/A 转换器接口与编程实验	288
11.1.6 I ² C、SPI 接口实验	292
11.1.7 数字钟接口实验	302
11.1.8 微型打印机接口实验	308
11.2 综合实践指导	310
11.2.1 点阵 LED 显示器驱动与接口实验	310
11.2.2 点阵 LCD 显示器接口实验	321
11.2.3 温度测量与控制实验	332
思考题与习题	335
参考文献	337

第1章 单片机概述

在 30 多年的时间里,电子计算机的发展经历了从电子管、晶体管、中小规模集成电路到大规模集成电路四个阶段,特别是随着大规模集成电路技术的飞跃发展,20 世纪 70 年代诞生的微型计算机,使计算机应用日益广泛。而微型计算机的问世,更进一步推动了单片机时代的到来,使单片机几乎在人类生活的各个角落都表现出强有力的生命力。

本章简要地介绍单片机的概念、发展史、发展趋势、特点、应用领域及学习要点等,使读者尽快对学习单片机产生极大的兴趣。

1.1 单片机的定义

单片机是超大规模集成电路发展的产物。它是把组成微型计算机的各种部件,如中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、输入/输出(I/O)接口电路、定时/计数器、模数(A/D)转换器、数模(D/A)转换器、串行通信接口(SPI、I²C、UART、USB)、脉宽调制器(PWM)等单元电路都集成在一块芯片上,就构成了一个完整的单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。

单片机按其用途可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。

通用型单片机具有比较丰富的内部资源,性能全面且适应性强,可满足多种用途和需求。通用型单片机是把可开发的内部资源全部提供给用户,用户可根据需求,充分利用单片机的资源,设计一个以通用单片机为核心,再配以其他外围器件来满足各种测控系统的要求,即有一个再设计的过程。通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用单片机。

然而,有许多应用是使用专门针对某些产品的特定用途而制作的单片机。如家用遥控器、游戏机、收银机、通信设备、时钟模块、电源模块等中的单片机。这类应用的最大特点是针对性强且数量巨大。为此,单片机芯片制造商和产品厂家共同合作,设计成专用型单片机。因为在设计中已对系统结构的最简化、可靠性和成本的最佳化等方面都做了全面的考虑,所以专用单片机具有十分明显的综合优势。但是无论专用单片机多么“专”,其基本结构和工作原理都以通用单片机为基础。

1.2 单片机的发展概况及发展趋势

1.2.1 单片机的发展概况

单片机出现的历史并不长,但它的发展速度十分迅猛,世界上一些著名的半导体厂家均生产单片机。其中,美国 Intel 公司是最早推出单片机的大公司之一。下面我们以美国 Intel 公司为例来介绍单片机的发展历史。单片机的发展大致经历了五个阶段。

第一阶段(1971~1974年):Intel 公司在 1971 年 11 月推出了 4 位微处理器 Intel4004,内含随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM,构成了第一台 MCS-4 微型计算机。1972 年 4

月, Intel 公司又推出了功能较强的 8 位微处理器 Intel8008。同一时期, Fairchild 公司也推出了 F8 微处理器。这些微处理器虽然还称不上是单片机, 但从此拉开了研制单片机的序幕。

第二阶段(1974~1978 年): 初级单片机阶段。以 Intel 公司 MCS-48 系列单片机为代表。这个系列的单片机内集成有 8 位 CPU、I/O 接口、8 位定时/计数器, 寻址范围不大于 4KB, 且无串行接口。

第三阶段(1978~1983 年): 高性能单片机阶段。这一阶段的单片机普遍带有串行 I/O 口, 有多级中断处理系统、16 位定时器/计数器。片内存储器 RAM、ROM 容量加大, 寻址范围可达 64KB, 有的片内还带有 A/D 转换器接口。这类单片机以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表。这类单片机的应用领域广泛, 各家公司正在大力改善其结构及性能。其各类产品是目前国内、外产品的主流。

第四阶段(1983~1990 年): 8 位单片机的巩固和 16 位单片机的推出。这一阶段也是单片机向微控制器发展的阶段。此阶段的主要特征是: 一方面, 发展 16 位单片机及专用单片机; 另一方面, 不断完善高档 8 位单片机, 改善其结构, 以满足不同用户的需求。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机, 将一些用于测控系统的 A/D 转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中, 体现了单片机的微控制器特征。随着 MCS-51 系列单片机的广泛应用, 许多电气厂商竞相使用 80C51, 以此为内核, 将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中, 增强了外围电路的功能, 强化了智能控制的特征。

第五阶段(1990 年至今): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面、深入的发展和应用, 出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机以及小型廉价的专用型单片机。

1.2.2 单片机的发展趋势

伴随着半导体技术的发展和成熟, 面对单片机增长的广泛需求, 单片机出现了百花齐放、百家争鸣的局面。世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机, 从 8 位、16 位到 32 位, 数不胜数, 应有尽有, 有与主流 MCS-51 系列单片机兼容的, 也有不兼容的, 但它们各具特色, 互成互补, 为单片机的应用提供广阔的天地。

用于工业现场以测量控制为主要目的的单片机和用于以大量数据处理为主要目的的高性能单片机, 由于它们的应用领域和应用目的有很大的不同, 所以它们的发展方向也不尽相同。因此, 新一代的单片机并不急于增加数据总线的宽度, 而是大力发展其控制功能和控制运行的可靠性。由于 8 位单片机的价格低, 适用范围广, 在智能化测控仪表领域内有着十分好的应用前景。

纵观单片机的发展历程, 其发展趋势, 大致有以下几个方向。

(一) SoC 化趋势

SoC (System on Chip) 技术是一种高度集成化、固体化的系统集成技术。SoC 技术的设计核心思想是把整个应用电子系统全部集成在一个芯片中。除了无法集成的外部电路或机械部分, 其他所有电路都集成在一个芯片上。如在普通的单片机上, 再集成大容量的 RAM、多路 A/D 转换器、D/A 转换器、PWM 控制器、USB 主从控制器、多用途看门狗定时器、多线 LCD 驱动、CCD 控制器等模块电路。有的还将模拟放大器、比较器、滤波器等

电路混合集成在单一的一个单片机芯片上,以适应嵌入式系统的需要。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的专用单片机芯片。因此,专用单片机的发展自然形成了 SoC 化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SoC 的单片机应用系统设计会有较大的发展。因此,对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。

(二) 高性能化趋势

进一步改进单片机的性能,加快单片机的指令运算速度,加强位处理能力,提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机具有极高的指令速度,可以用软件模拟串口等功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

(三) 低功耗趋势

早期的单片机功耗高达 630mW 以上,而现在的单片机功耗普遍都在 50mW 左右,随着对单片机低功耗的需求,现在的单片机制造商基本都采用了新的制造工艺,如 CMOS 工艺。而且,大部单片机都使用了较低的电源电压,一般从 3~6V 范围可降到 1~2V,甚至有的厂商正在推出电源电压为 0.5V 的单片机。除此之外,几乎所有的单片机都有多个掉电和省电模式。这些特征,更适合于干电池供电的应用场合。因此,研发新的单片机,低功耗肯定是厂家今后要考虑的问题。

(四) 主流与多品种共存

虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以 MCS-51 为内核的单片机会占主流。目前,与 ST、Philips、ATMEL、WinBond、STC、Silicon Labs 等著名公司的产品都与 MCS-51 系列单片机结构和指令系统兼容。另外,TI 公司的 MSP430 系列单片机和 Microchip 公司的 PIC 系列单片机也有着强劲的发展势头,市场上流行的还有 MOTOROLA 公司的产品,日本几大公司的专用单片机等。在一定的时期内,多品种单片机将走的是依存互补,相辅相成、共同发展的道路。

(五) I/O 口的功能增强

为了提高单片机接口的驱动和抗干扰能力,单片机厂商已经在原有 I/O 口可以复用、高速的基础上,增加了强上拉、推挽、高阻等设置功能。在灌电流、直接输出大电流和抗电磁干扰方面都有了提高。随着单片机更深层次的使用,这种对 I/O 口的驱动和功能要求将会更高。

(六) 低成本小型化趋势

设计现代电子产品,往往要求体积和整体成本要小。所以,在选用单片机时,除功能成本符合要求外,还要考虑体积。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中 SSOP、TSSOP、SOP(表面封装)越来越受欢迎,使得由单片机构成的系统正朝微型化的方向发展。

1.3 单片机的结构特点与应用

1.3.1 单片机的结构特点

由于单片机是把多种功能的模块电路集成于一体,内部采用地址总线、数据总线和控制

总线结构,减少了电路之间的连接,所以干扰小、功能强。

目前,单片机有两种基本的结构形式:一种是在通用微型计算机中广泛采用将程序存储器和数据存储器合用一个存储空间的结构,称为普林斯顿(Princeton)结构或称冯·诺依曼结构;另一种是将程序存储器和数据存储器截然分开而分别寻址的结构,称为哈佛(Harvard)结构,通常单片机以采用哈佛结构的较多。

内部数据总线的宽度一般分为4位、8位、16位及32位等。单片机的中央处理器(CPU)和通用微处理器基本相同,只是增设了“面向控制”的处理功能,如位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测、中断处理等功能,增强了控制的实用性和灵活性。

单片机内部均有丰富的指令系统,能够实现各种复杂的计算与控制。除了内部特有的总线结构外,对外,有多种接口方式,可以适合各种需求。其体积虽小,但五脏俱全,系统配置规范,改变控制对象时,基本上不需要改变硬件电路,只要重新编写相关程序就能获得满意的结果。

1.3.2 单片机的应用

由于单片机功能强大、体积小、价格低、I/O线多,指令丰富,逻辑操作能力强等卓越的性能,在小到玩具、路灯、家电,大到分析仪表、工业控制、国防建设等各个领域都得到了广泛的应用。按其特点,一般分为单机应用和多机应用。

(一) 单机应用

单机应用一般只使用一片单片机,是目前应用最多的一种形式。

在工业测控中,单片机应用相当广泛。如将单片机技术应用到各种仪器仪表中包括温度、湿度、流量、流速、电压、频率、功率、厚度、角度、硬度和元件测定等,能够使仪器仪表数字化、智能化、微型化,功能大大提高。如将单片机技术应用到工业控制中,包括工业控制器、自适应控制系统、机电一体化设计等,能够使整个控制系统结构大大简化,可靠性提高。

在日常生活中,单片机应用更加灵活多样。如将单片机技术应用到家电产品中,包括遥控器、彩电、洗衣机、空调、电饭锅、音像、玩具等,使产品更加人性化、智能化。

(二) 多机应用

单片机在多机应用方面性能优越。由于单片机集成有多种通信口,所以很容易实现多个单片机共同完成一个复杂的控制与运算,打印机、绘图机、机器人控制系统、网络通信中,往往都需要多个单片机协调工作。例如,在小型背负式电台采用多单片机技术,能够很方便地完成频率合成、系统监控、信道搜索及自动调谐等任务,不但工作可靠、性能提高,而且使电台的体积大大缩小。

总之,单片机几乎在人类生活的各个领域中都表现出强大的生命力,使计算机的应用范围达到了前所未有的广度和深度。单片机技术的应用尤其对电路工作者产生了观念上的冲击。过去采用模拟电路、脉冲电路/组合逻辑实现的电路系统,现在相当一部分可以用各种单片机予以取代,传统的设计方法正在演变成软件和硬件相结合的方法,许多电路设计将转化为程序设计问题。

1.4 常用单片机系列简介

在近30年单片机的发展中,已有众多的单片机产品系列相继诞生。目前世界上单片机

的生产厂商很多,如 Intel、Motorola、Philips、Siemens、NEC、AMD、Zilog、TI、HOLTEK、FUJITSU、ST、ATMEL、WinBond、Dallas、STC、Silicon Labs 等公司,其主流产品有几十个系列,甚至上百个品种。Intel 公司的 MCS-51 系列单片机是目前世界上用量最大的几种单片机之一。由于 Intel 公司在嵌入式应用方面将重点放在 186、386、奔腾等与 PC 机类兼容的高档芯片的开发上,而渐渐放弃了微控制器的生产,以 MCS-51 技术核心为主导的微控制器技术已被 ATMEL、Philips、三星、华邦等公司所继承,并且在原有基础上又进行了新的开发,从而产生了和 MCS-51 兼容而功能更加强劲的微控制器系列。这些公司都在保持与 8051 单片机兼容的基础上,改善了 8051 单片机的许多性能,如在提高速度、增大功能、降低功耗、放宽电源电压动态范围及降低产品的价格等方面都做了大量的研发工作。

一、ATMEL 单片机

美国 ATMEL 公司所生产的 ATMEL89 系列单片机(简称 AT89 系列单片机),就是基于 Intel 公司的 MCS-51 系列而设计的,该公司的技术优势在于它的 Flash 存储器技术。随着业务的发展,在 20 世纪 90 年代初,ATMEL 公司一跃成为全球最大的 E²PROM 技术供应商。该公司以 E²PROM 技术与 Intel 公司的 80C31 单片机核心技术进行交换,从而获得 80C31 核心的使用权。ATMEL 公司把自身的 Flash 存储器技术和 80C31 核心相结合,而生产出了 Flash 单片机 AT89C51 系列。这是一种内部含 Flash 存储器的特殊单片机。由于它内部含有大容量的 Flash 存储器,所以,在产品开发及生产便携式商品、手提式仪器等方面有着十分广泛的应用,也是目前取代传统的 MCS-51 系列单片机的主流单片机之一。

二、Philips 单片机

荷兰飞利浦(Philips)电子公司是国际上生产 MCS-51 兼容单片机种类最多的厂家之一。Philips 公司的单片机都与 MCS-51 系列单片机兼容,型号有上百种,从内部结构看可以划分为 8 位机与 80C51 兼容系列和 16 位机 XA 系列两大类。Philips 公司的单片机 8 位机的主要产品型号有 P80Cxx、P87Cxx 和 P89Cxx 系列,16 位机的主要产品型号有 PXACxx、PXAGxx 和 PXASxx 等。

Philips 公司的 P8XCxx 兼容系列单片机都是在 80C51 的基础研发而来的,并且做了不同程度的改进和增强。其中 P8CX552 单片机除了提供 80C51 的全部功能外,还增加了很多硬件资源,例如,增加了 I²C 和 CAN 总线接口、A/D 转换单元、PWM 输出等新的功能,是专为仪器仪表、工业过程控制、汽车发动机与传动控制等实时应用场合而设计的高性能单片机,且指令系统与 80C51 系列完全兼容。总之,用户总能在其中找到一款适合自己需要的型号,使其适合各种不同的应用场合。

Philips 公司的 16 位机 XA 系列单片机是 8 位机的升级产品,和 80C51 系列在源代码上保持兼容,即通过简单的变换就可以使原来 80C51 的程序在 XA 单片机中应用。这使用户不必重新学习就可以使用新一代的 16 位单片机。XA 系列单片机除了采用 16 位内核外还增加了不同的功能,使其应用于不同场合。例如, PXAC37 型号中集成了 CAN2.0B 控制器,可以在基于现场总线的应用中做主控结点;在 PXAH40 中集成了 4 个高速 UART,使其更适用于组网应用。

三、WinBond 单片机

台湾华邦(WinBond)公司生产的单片机大致分为 4 位单片机、8 位与 MCS-51 兼容单

片机、监控专用单片机、片内集成 Flash 存储器的单片机和电话应用单片机五大类。

其中第二大类与 MCS-51 兼容单片机又分为标准系列、宽电压范围系列、Turbo-51 系列和工业温度范围系列四个系列。标准系列的型号以 W78 为前缀，主要产品有 W78C32、W78C51D 等；宽电压范围系列的型号以 W78L 为前缀，主要产品有 W78L32、W78L51D 等；Turbo-51 系列是增强型的，型号以 W77 为前缀，主要产品有 W77C32、W77C58、W77C516 等；工业温度范围系列单片机适合于工业温度范围，在型号中以字母“I”为标记，主要型号有 W78IE52、W78IE54、W77IC32 和 W77IE58 等。

WinBond 公司的第三类监控专用单片机，特别适合于监控应用场合，主要产品有 W78C374、W78C378 和 W78E378。与其他公司的单片机相同，WinBond 兼容单片机也在功能上有很大的加强，即增强了诸如看门狗定时器、双数据指针、A/D 转换、PWM 输出、掉电复位、I²C 和 CAN 总线控制器等。

四、Motorola 单片机

美国 Motorola 生产的 MC6805 系列单片机即是具有多种专用用途的单片机大家族，在家用电器及一些专用控制场合中的应用最为广泛。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08、68HC05 有 30 多个系列、200 多个品种，产量已超过 20 亿片；8 位增强型单片机有 30 多个品种，年产量在 1 亿片以上；16 位机有 10 多个品种；32 位单片机有几十个品种。Motorola 单片机的特点之一是，在同样速度下，所用的时钟频率较 Intel 类单片机低很多，因而使得高频噪声低，抗干扰能力强，更适合于工控领域及恶劣的环境。

五、Maxim-Dallas 单片机

美国 Maxim-Dallas 公司生产的与 MCS-51 系列兼容单片机是在 Dallas 公司原有的单片机产品基础上发展而来的。该公司的单片机主要产品可以分为高速单片机和安全单片机两大类。高速单片机的机器周期只包含 1 个时钟周期，而不是 12 个时钟周期，指令的执行速度要比 8051 提高很多倍，主要产品型号有 DS80Cxxx、DS87Cxxx、DS89Cxxx 系列和 MAX765x 系列。安全单片机的最大特点是使用非易失 RAM (NVRAM) 作程序存储器，而不是使用 EPROM 或 ROM。因此，可以采用自举程序加载控制器向 NVRAM 的程序加载，用 40 位或 80 位的加密密钥对地址和数据进行加密，使得任何装载到芯片内部的程序或数据都是经过加密处理的，以防止程序和数据被窃取，为增加系统的安全提供了新手段。安全单片机主要产品有 DS5xxx 和 DS225x 系列。2002 年 Dallas 公司发布的最新款安全单片机 DS5240 提供了目前等级最高的安全性能。这种单片机采用 4 个时钟机器周期内核，增加了加强型存储器加密逻辑、侵入探测器和片内篡改检测器，一个内部的微型探针屏蔽层可以防止对芯片的篡改，一旦检测到有篡改发生就自动擦除存储器。

Maxim-Dallas 公司的单片机除了具有与 8051 兼容的内核外，片内还增加了新的功能，如看门狗定时器、双数据指针、A/D 转换、PWM 输出、PMM、CAN 控制等模块。它以 8 位单片机的价格提供了 16 位机的性能。

六、Silicon Labs 单片机

美国 Silicon Labs 公司推出的 C8051F 系列单片机把 80C51 系列单片机从 MCU（微控制器）推向 SoC（片上系统）时代，而今兴起的片上系统，从广义上讲，也可以看作是一种高级单片机。它使得以 8051 为内核的单片机技术又上了一个新台阶。其主要特点是在保留 80C51 系列单片机的基本功能和指令的基础上，以先进的技术改进了 8051 的内核，采用流

流水线指令结构, 70%指令的执行时间为一个或两个系统时钟周期, 使其指令运行速度比一般的 51 单片机快 15 倍以上; 有多达 22 个矢量中断源, 有 5 个通用的 16 位计数器/定时器。

在芯片上增加了多路 A/D 转换、D/A 转换、USB、PWM、SPI、UART 控制器等模块; I/O 的接口配置由一般 51 单片机的固定方式改变为由软件自由设定的方式, 所有的口线均能承受 5V 电平; 时钟系统更加完善, 有多种复位功能等, 根据不同需求, C8051F 系列单片机有多种产品供用户选择, 如 C8051F120/1/2/3, C8051F130/1/2/3, C8051F124/5/6/7, C8051F02x 等几十种器件。其管脚有 20 脚 SOP 封装, 32 脚、64 脚及 100 脚 TQFP 封装。

七、 μ PSD3200 系列单片机

μ PSD3200 系列单片机是意法半导体 (ST) 公司推出的一款新型单片机。它以增强型 MCS-51 内核单片机 8032 为基础, 集成了可编程外围器件 PSD (Programmable System Device) 模块。该单片机系列含有大量的 FLASH 和 RAM 存储器、I²C 和 USB 接口电路、A/D 转换、PWM 控制、独立的显示数据通道 (DDC)、可编程逻辑器件 (PLD), 是一个典型的具有 SoC 特征的单片机。5V 器件最高工作频率达 40MHz, 3.3V 器件最高工作频率达 24MHz; 有两个 UART 接口, 可独立设置波特率; 三个 16 位定时/计数器; 两块 FLASH 存储器, 当擦除和编程一块存储器时, 可以从另一存储器内读数据, 很容易实现在应用编程 (IAP) 远程更新数据功能。主 FLASH 容量高达 256K 字节, 次 FLASH 容量达 32K 字节; 可选后备电池的大容量 SRAM 高达 8K 字节, 适于高级语言的程序设计和实时操作系统 (RTOS) 以及通信缓冲、堆栈等高级应用。

该系列单片机除具有一般 51 系列功能外, 片内集成有可编程的地址译码 PLD, 为所有的存储器提供灵活的地址映射, 每个 FLASH 和 SRAM 地址范围都可任意设置。内置页存储器, 打破了传统 8051 单片机最多只有 64KB 的寻址空间限制。多功能的 I/O 配置, 不需要外部锁存和逻辑电路。

μ PSD3200 系列单片机有多种产品供用户选择, 如 μ PSD3251、 μ PSD3234/3、 μ PSD3212 等器件。管脚有 52 脚 TQFP 封装及 80 脚 TQFP 封装。由此可见, 该单片机是一种性能强, 功能齐全, 开发容易的 SoC 单片机, 适合于功能复杂且控制对象多的应用系统。

八、STC 系列单片机

STC 系列单片机是美国 STC 公司最新推出的一种新型 51 内核的单片机。片内含有 FLASH、SRAM、E²PROM、UART、SPI、A/D 转换、PWM、看门狗定时器等模块。器件的基本功能与普通的 MCS-51 系列单片机完全兼容, 但存在一些区别, 最大的区别如下:

(1) STC 系列的单片机都具有在线可编程 (ISP) 特性, 省去了购买通用烧写器, 用户只要通过 STC 公司的下载软件工具, 用 RS232 串口就能很好的下载调试, 特别方便实用。

(2) STC 系列单片机对每一个 I/O 管脚都做了特殊处理, 强抗静电、强抗干扰, 适合工业控制。

(3) STC 系列单片机内部均有 E²PROM 存储器, 有的容量较大, 对存储固定的常量数据带来便利。

(4) 型号齐全, 适合各种用途, 有普通的 STC89Cxx 5V 供电的十几种、有 STC89Lxx 3V 供电的十几种、有 STC12Cxx、STC12Lxx 和 STC12C5410xx 等高速的十几种器件。

(5) STC 系列单片机性价比高, 很适合学生等用户使用。

STC12xx 系列单片机是高速/低功耗的新一代机型,采用全新的流水线/精简指令集结构。其工作频率为 0~35MHz,相当于普通 8051 的工作频率为 0~420MHz;内部集成 RC 振荡器;I/O 口可设置成:准双向/弱上拉,推挽/强上拉,仅为输入/高阻和开漏四种模式。

在掉电模式下,功耗小于 0.1 μ A,正常模式下,功耗在 2~4mA。适合干电池供电。

九、TI 公司的单片机

美国 TI 公司生产的单片机主流是 MSP430 系列 16 位单片机。该器件集多种领先技术于一体,以 16 位 RISC 处理器、超低功耗、高性能模拟技术及丰富的片内设置、JTAG 仿真调试定义了新一代单片机的概念,给人以耳目一新的感觉。

在功耗方面,其处理器功耗 (1.8~3.6V, 0.1~400 μ A, 250 μ A/MIPS) 和口线输入漏电流 (最大 50nA) 在业界都是最低的,远远低于其他系列产品。特别适合干电池长时间供电。

在运算性能上,其 16 位 RISC 结构,使 MSP430 单片机在 8MHz 晶振工作时,指令速度高达 8MIPS。同时,MSP430 单片机中采用了一般只有 DSP 中才有的 16 位多功能硬件乘法器、硬件乘—加功能、DMA 等一系列先进的体系结构,大大增强了其数据处理和运算能力,可以有效地实现一些数字信号处理的算法,如 FFT、DTMF 等。

在开发工具上,MSP430 系列单片机支持先进的 JTAG 调试,其硬件仿真工具只是一个非常简单的并口转接器,一般个人都可以制作和熟练使用。

在系统整合方面,MSP430 系列单片机结合 TI 的高性能模拟技术,根据其不同产品,集成了多种功能的模块,包括定时器、模拟比较器、多功能串行接口、LCD 驱动器、硬件乘法器、10/12 位 ADC、12 位 DAC、看门狗定时器 (WDT)、I/O 端口 (P0~P6)、DMA 控制器、2~10KB 的 RAM 以及丰富的中断功能。使用户可以根据需求,选择最合适的 MSP430 系列产品来实现。另外,大部分 MSP430 系列单片机采用 FLASH 技术,支持在线编程,并有保密熔丝。其 BOOTSTRAP 技术为系统软件的升级提供了又一种方便的手段。MSP430 系列单片机均为工业级产品、性能稳定、可靠性高、可用于各种用途。

十、其他公司的单片机

(1) NEC 单片机。NEC 单片机自成体系,以 8 位单片机 78K 系列产量最高,也有 16 位、32 位单片机。16 位以上单片机采用内部倍频技术,以降低外部时钟频率。有的单片机采用内置操作系统。NEC 的销售策略是着重于服务大客户,并投入相当的技术力量帮助大客户开发产品。

(2) 东芝单片机。东芝单片机的特点是从 4 位机到 64 位机,门类齐全。4 位机在家电领域仍有较大的市场。8 位机主要有 870 系列、90 系列等。东芝的 32 位单片机采用 MIPS3000ARISC 的 CPU 结构,面向 VCD、数码相机、图像处理等方面。

(3) Epson 单片机。Epson 公司以擅长制造液晶显示器著称,故 Epson 单片机主要为该公司生产的 LCD 配套。其单片机的特点是 LCD 驱动部分做得特别好,在低电压、低功耗方面有很多特点。目前 0.9V 供电的单片机已经上市,不久,LCD 显示的手表类单片机将使用 0.5V 供电。

(4) PIC 单片机。PIC 系列单片机是全球领先的单片机和模拟半导体供应商,美国 Microchip 公司推出的高性能的单片机系列,适合各种需求。其主要特点为:

1) PIC 不搞单纯的功能堆积,而是从实际出发,重视产品的性能与价格比,靠发展多