

电子、计算机类高职高专规划教材

10
01

DANPIANJI
YUANLI JI
YINGYONG

单片机 原理及应用

主 编 贾 萍 别文群
副主编 彭选荣 朱云鹏 刘映群

广 东 高 等 教 育 出 版 社

单片机原理及应用

主 编：贾 萍 别文群

副主编：彭选荣 朱云鹏 刘映群

主 审：岳连德

广东高等教育出版社

· 广州 ·

内容提要

本书系统地介绍了 MCS-51 单片机系列。全书共 10 章, 主要内容为: 单片机的基础知识、MCS-51 单片机的基本硬件结构和工作原理、单片机的指令系统与程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行通信技术、存储器扩展技术、单片机 I/O 接口及扩展技术、数/模转换及模/数转换技术、单片机应用系统设计。为了方便教学, 每一章都精心设计了思考与练习, 并在附录中简单介绍了单片机仿真软件的使用方法, 以便于缺少单片机实验条件的学生自学。同时本书还配有 PPT 格式电子教案, 免费为任课教师提供。

本书可作为高职高专院校电子、计算机、自动控制等相关专业的教材, 亦可供从事单片机应用的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/贾萍, 别文群主编. —广州: 广东高等教育出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-5361-3507-9

I. 单… II. ①贾…②别… III. 单片微型计算机-高等学校: 技术学校-教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 127176 号

广东高等教育出版社出版发行

地址: 广州市天河区林和西横路

邮编: 510500 电话: (020) 87553335

广东省茂名广发印刷有限公司印刷

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 18.25 字数: 433 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 000 册

定价: 28.00 元

前 言

美国 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机在我国已流行了二十多年，至今仍在发展。单片机以其微小的体积和极低的成本，在我国得到了广泛的推广及应用，单片机技术成为控制系统中最普遍的应用技术。在我国各高等工科院校中，已普遍开设了单片机及其相关课程。

本书在力求对单片机原理叙述准确、全面的基础上，注重实践教学环节，使学生从理论和实践上掌握单片机的硬件和软件方面的知识；同时体现高职教学特色，强调知识覆盖面，深浅适度，恰到好处地反映了高职院校在单片机原理及应用课程教学上的基本要求。最后以附录的形式向学生提供了单片机实验内容和单片机仿真软件的使用方法，以便于缺少单片机实验条件的学生自学。

本书共分 10 章，系统地介绍了 MCS-51 单片机系列的基本原理及其应用技术，主要介绍了单片机的基本结构、指令系统、中断系统和程序设计。通过这些内容的学习，学生可对 MCS-51 单片机系列有一个总体的概念和认识，并在掌握基本硬件的基础上用软件实现单片机的一些基本功能。在单片机的应用中详细介绍了定时器/计数器，串行口、并行口及相应的扩展和应用，简单介绍了数/模转换、模/数转换及单片机应用系统设计。附录内容包括：实验、Keil C51 应用快速入门及 MCS-51 指令表，方便学生自学。

本书的编者都是多年工作在教学一线的教师，有着丰富的教学经验。其中广东岭南职业技术学院的刘映群编写了第 1 章，广东轻工职业技术学院的贾萍编写了第 2 章、第 3 章、附录 A 和附录 B，彭选荣编写了第 4 章、第 5 章和第 10 章，朱云鹏编写了第 6 章和第 7 章，别文群编写了第 8 章、第 9 章和附录 C。全书由贾萍、别文群统稿，由广东岭南职业技术学院的岳连德教授主审。本书在出版过程中，广东轻工职业技术学院的丁向荣副教授提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者 E-mail: 2007danpianji@163.com

编 者
2007 年 6 月

目 录

第1章 基础知识	(1)
1.1 单片机简介	(1)
1.1.1 单片机的发展概况	(1)
1.1.2 单片机的特点和应用	(2)
1.1.3 MCS-51 系列单片机简介	(4)
1.1.4 其他类型的单片机简介	(6)
1.2 数制	(9)
1.2.1 进位计数制	(9)
1.2.2 数制转换	(10)
1.2.3 数的表示方法	(14)
1.2.4 数的运算方法	(16)
1.3 编码	(18)
1.3.1 数字编码	(18)
1.3.2 字符编码	(20)
本章小结	(21)
思考与练习 1	(21)
第2章 MCS-51 单片机的基本结构	(23)
2.1 MCS-51 单片机的内部结构与引脚	(23)
2.1.1 MCS-51 单片机的内部结构	(23)
2.1.2 MCS-51 单片机引脚说明	(25)
2.2 MCS-51 单片机的内部存储器结构	(27)
2.2.1 程序存储器	(27)
2.2.2 片内数据存储器	(28)
2.2.3 片外数据存储器	(33)
2.3 MCS-51 单片机的并行输入/输出口	(33)
2.3.1 P0 口	(33)
2.3.2 P1 口	(34)
2.3.3 P2 口	(34)
2.3.4 P3 口	(35)
2.4 MCS-51 单片机的时钟与时序	(36)
2.4.1 时钟电路	(36)
2.4.2 时序	(36)

2.4.3 复位电路与复位状态	(39)
本章小结	(40)
思考与练习2	(41)
第3章 MCS-51 单片机的指令系统与程序设计	(42)
3.1 指令系统概述	(42)
3.1.1 指令的分类	(42)
3.1.2 指令的格式	(43)
3.1.3 指令系统中的常用符号	(44)
3.1.4 寻址方式	(44)
3.2 MCS-51 单片机指令系统	(48)
3.2.1 数据传送类指令	(48)
3.2.2 算术运算类指令	(54)
3.2.3 逻辑运算类指令	(60)
3.2.4 位操作类指令	(63)
3.2.5 控制转移类指令	(67)
3.3 汇编语言程序设计	(72)
3.3.1 汇编语言简介	(72)
3.3.2 伪指令	(73)
3.3.3 汇编语言程序设计	(75)
本章小结	(80)
思考与练习3	(80)
第4章 中断系统	(83)
4.1 中断系统概述	(83)
4.1.1 中断系统的基本概念	(83)
4.1.2 中断系统的基本功能	(84)
4.1.3 中断处理过程	(85)
4.2 8051 单片机的中断系统	(85)
4.2.1 8051 单片机的中断源	(86)
4.2.2 8051 单片机的中断控制	(86)
4.3 中断应用程序举例	(89)
4.4 外部中断源扩展方法	(93)
4.4.1 中断加查询扩展外部中断	(93)
4.4.2 定时器扩展外部中断	(95)
本章小结	(96)
思考与练习4	(96)
第5章 定时器/计数器应用	(97)
5.1 定时器/计数器简介	(97)
5.2 定时器/计数器设置	(98)

5.2.1 工作模式寄存器 TMOD	(98)
5.2.2 控制寄存器 TCON	(99)
5.2.3 其他寄存器	(99)
5.3 定时器/计数器工作方式及应用	(100)
5.3.1 方式 0	(100)
5.3.2 方式 1	(103)
5.3.3 方式 2	(107)
5.3.4 方式 3	(108)
5.4 定时器/计数器的综合应用	(110)
5.4.1 工作原理	(110)
5.4.2 程序设计	(111)
本章小结	(115)
思考与练习 5	(115)
第 6 章 串行通信技术	(116)
6.1 串行口通信基础	(116)
6.1.1 串行通信的分类	(116)
6.1.2 串行通信的制式	(118)
6.1.3 串行通信的标准接口	(119)
6.2 MCS-51 单片机的串行口	(122)
6.2.1 串行口控制寄存器	(123)
6.2.2 串行口的工作方式	(124)
6.3 MCS-51 单片机串行口通信技术	(129)
6.3.1 串行口的双机通信及应用	(129)
6.3.2 串行口的多机通信及应用	(133)
6.4 MCS-51 单片机串行口的扩展应用	(142)
6.4.1 串行口的编程	(142)
6.4.2 串行口的扩展应用	(142)
本章小结	(146)
思考与练习 6	(146)
第 7 章 存储器扩展技术	(147)
7.1 MCS-51 单片机系统扩展	(147)
7.1.1 单片机最小应用系统	(147)
7.1.2 系统总线扩展	(148)
7.1.3 编址技术	(151)
7.2 程序存储器的扩展	(156)
7.2.1 只读存储器	(156)
7.2.2 常用的程序存储器	(157)
7.2.3 常用的译码器、锁存器	(160)

7.2.4 MCS-51 程序存储器的扩展	(162)
7.3 数据存储器的扩展	(165)
7.3.1 常用的数据存储器	(166)
7.3.2 MCS-51 数据存储器扩展	(166)
7.4 存储器的综合扩展	(168)
本章小结	(168)
思考与练习7	(169)
第8章 单片机 I/O 接口及扩展技术	(170)
8.1 并行 I/O 接口扩展技术	(170)
8.1.1 并行 I/O 接口扩展技术概述	(170)
8.1.2 I/O 扩展接口电路的功能	(171)
8.2 简单 I/O 口扩展	(172)
8.2.1 简单输入口扩展	(172)
8.2.2 简单输出口扩展	(173)
8.2.3 简单输入口扩展和输出口扩展应用	(175)
8.3 8255A 可编程并行接口芯片	(176)
8.3.1 8255A 的概述	(176)
8.3.2 8255A 的逻辑结构及引脚功能	(176)
8.3.3 8255A 的工作方式	(179)
8.3.4 8255A 的控制字及初始化编程	(183)
8.4 8155 可编程并行接口芯片	(184)
8.4.1 8155 芯片的概述	(184)
8.4.2 8155 芯片的内部结构及引脚	(184)
8.4.3 8155 芯片的命令/状态寄存器	(186)
8.4.4 8155 芯片的定时器/计数器	(187)
8.4.5 8155 芯片的初始化	(189)
8.5 键盘接口及应用	(192)
8.5.1 键盘工作原理	(192)
8.5.2 独立式按键	(194)
8.6 显示器接口及应用	(199)
本章小结	(206)
思考与练习8	(206)
第9章 数/模转换及模/数转换技术	(208)
9.1 D/A 转换器的性能指标及与 MCS-51 的接口	(208)
9.1.1 D/A 转换器的性能指标	(209)
9.1.2 D/A 转换器与 MCS-51 的接口	(209)
9.2 A/D 转换器的性能指标及与 MCS-51 的接口	(214)
9.2.1 A/D 转换器的性能指标	(214)

9.2.2 A/D 转换器与 MCS-51 的接口	(214)
本章小结	(217)
思考与练习 9	(218)
第 10 章 单片机应用系统设计	(219)
10.1 单片机应用系统开发流程	(219)
10.2 常用的抗干扰技术	(221)
10.3 管道阀门自动控制系统	(223)
10.3.1 工作原理	(224)
10.3.2 程序设计	(224)
本章小结	(237)
思考与练习 10	(237)
附录 A 实验	(238)
实验一 单片机认识实验	(238)
实验二 熟悉 51 指令	(239)
实验三 数据传送	(241)
实验四 单片机 I/O 口控制实验	(242)
实验五 蜂鸣器驱动实验	(245)
实验六 定时器/计数器实验	(248)
实验七 中断实验	(250)
实验八 串转并的 I/O 口实验	(252)
实验九 串行通信实验	(254)
实验十 74HC138 译码器实验	(256)
实验十一 扩展 8155 实验	(258)
实验十二 A/D 转换实验	(261)
实验十三 D/A 转换实验	(263)
附录 B Keil C51 应用快速入门	(266)
附录 C MCS-51 指令表	(276)

第1章 基础知识

本章要点

- ◆ 单片机的特点及其应用
- ◆ MCS-51 系列单片机简介
- ◆ 数制及编码

1.1 单片机简介

随着社会的发展和需求的提高，计算机也在不断地更新与发展。由于计算机的产生是应数值计算而产生的，因此长期以来电子计算机技术都是沿着满足大量高速数值计算方面而发展的。直到 20 世纪 70 年代，电子计算机在数字逻辑运算、推理、自动控制等方面显露出非凡的功能后，在各种控制领域开始对计算机技术发展提出了与传统大量高速计算完全不同的要求。这些要求是：面对控制对象、各种传感器信号、人机交互操作控制，能方便地嵌入到工控应用系统中等。

为了实现上述要求，近年来，单片微型计算机（简称单片机）应运而生。单片机也被称作“微控制器”、“嵌入式微控制器”。单片机一词最初源于“Single Chip Micro-computer”，简称 SCM。在单片机诞生时，SCM 是一个准确、流行的称谓，“单片机”一词准确地表达了这一概念。随着 SCM 在技术、体系结构上不断扩展其控制功能，单片机已不能用“单片微型计算机”来准确表达其内涵。国际上逐渐采用“MCU”（Micro Controller Unit）来代替，形成了单片机界公认的、最终统一的名词。在国内因为“单片机”一词已约定俗成，故继续沿用。

所谓单片机，就是把中央处理器 CPU（Central Processing Unit）、存储器（Memory）、定时器、I/O（Input/Output）接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。虽然单片机只是一个芯片，但从组成和功能上看，它已具有了微型计算机系统的含义。

1.1.1 单片机的发展概况

单片机出现的历史并不长，但发展十分迅猛。它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体同步，自 1971 年美国 Intel 公司首先推出 4 位微处理器以来，它的发展到目前

为止大致可分为5个阶段。下面以 Intel 公司的单片机发展为代表加以介绍。

第1阶段(1971—1976年):单片机发展的初级阶段。1971年11月 Intel 公司首先设计出集成度为2 000只晶体管/片的4位微处理器 Intel 4004,并配有RAM、ROM和移位寄存器,构成了第一台MCS-4微处理器,而后又推出了8位微处理器 Intel 8008,以及其他各公司相继推出的8位微处理器。

第2阶段(1976—1980年):低性能单片机阶段。以1976年 Intel 公司推出的MCS-48系列为代表,采用将8位CPU、8位并行I/O接口、8位定时器/计数器、RAM和ROM等集成于一块半导体芯片上的单片结构,虽然其寻址范围有限(不大于4KB),也没有串行I/O, RAM、ROM容量小,中断系统也较简单,但功能可满足一般工业控制和智能化仪器、仪表等的需要。

第3阶段(1980—1983年):高性能单片机阶段。这一阶段以 Intel 公司的MCS-51单片机为代表的高性能8位单片机普遍带有串行口,有多级中断处理系统及多个16位定时器/计数器。片内RAM、ROM的容量加大,且寻址范围可达64KB,个别片内还带有A/D转换接口。应用范围涉及各个领域,并得到不断改进和发展。

第4阶段(1983年至20世纪80年代末):16位单片机阶段。1983年 Intel 公司又推出了高性能的16位单片机MCS-96系列,由于其采用了最新的制造工艺,使芯片集成度高达12万只晶体管/片。由于结构相对复杂,在简单系统中应用较少。

第5阶段(20世纪90年代):单片机在集成度、功能、速度、可靠性、应用领域等全方向向更高水平发展。如今,单片机的发展进入了百花齐放的时代,为用户的选择提供了广阔的空间。

1.1.2 单片机的特点和应用

1. 单片机的特点

(1) 体积小,集成度高,可靠性高

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上,集成度很高,体积自然也是最小的。芯片本身是按工业测控环境要求设计的,内部布线很短,其抗工业噪音性能优于一般通用的CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在ROM中,不易破坏,许多信号通道均在一个芯片内,故可靠性高。

(2) 控制功能强

为了满足对对象的控制要求,单片机的指令系统均有极丰富的条件,如分支转移能力、I/O口的逻辑操作及位处理能力,非常适用于专门的控制功能。

(3) 低电压,低功耗,便于生产便携式产品

为了满足广泛使用于便携式系统,许多单片机内的工作电压仅为1.8~3.6V,而工作电流仅为数百微安。

(4) 易扩展

芯片内部具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行输入/输出管脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 优异的性能价格比

单片机的性能极高。为了提高速度和运行效率,单片机已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。单片机的寻址能力也已突破 64 KB 的限制,有的已达到 1 MB 和 16 MB,片内的 ROM 容量可达 62 MB, RAM 容量则可达 2 MB。由于使用广泛,因而单片机的销量极大,各大公司间的商业竞争更使其价格十分低廉,性能价格比极高。

2. 单片机的应用领域

(1) 智能仪器、仪表领域

在各类仪器、仪表中引入单片机,使仪器、仪表智能化,提高测试的自动化程度和精度,简化仪器、仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

(2) 机电一体化领域

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集成机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

(3) 日常生活及家用电器领域

自从单片机诞生以后,它就步入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、空调器、电子玩具、电饭煲、视听音响设备等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了许多功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

(4) 实时过程控制领域

用单片机实时进行数据处理和控制,可以使系统保持最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品的质量。

(5) 办公自动化设备领域

现代办公室使用的大量通信和办公设备多数嵌入了单片机。如打印机、复印机、传真机、绘图机、考勤机、电话以及通用计算机中的键盘译码、磁盘驱动等。

(6) 商业营销设备领域

在商业营销系统中已广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、IC 卡刷卡机、出租车计价器以及仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保险系统等都采用了单片机控制。

(7) 计算机网络和通信领域

现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为其在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,如电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信,以及日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

(8) 医用设备领域

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,例如医用呼吸机、分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

(9) 汽车电子产品领域

现代汽车的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监

视器（黑匣子）等都离不开单片机。

(10) 航空航天系统和国防军事、尖端武器等领域

在这些领域的应用中，单片机的重要性更是不言而喻。

综上所述，单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。此外，单片机应用的重要意义还在于，它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能，现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术，它是传统控制技术的一次革命。

1.1.3 MCS-51 系列单片机简介

MCS-51 单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的产品，与 MCS-48 单片机相比，它的结构更先进，功能更强，在原来的基础上增加了更多的电路单元和指令，指令数达 111 条。MCS-51 单片机可以算是相当成功的产品，一直到现在，MCS-51 系列或其兼容的单片机仍是应用的主流产品，各高校及专业学校的培训教材仍以 MCS-51 单片机作为代表进行理论基础学习。本书中，我们也以这一代表性的机型进行系统的讲解。

MCS-51 系列单片机主要包括 8031、8051 和 8751 等通用产品，其主要功能如下：

- 8 位 CPU。
- 4 KB 程序存储器（ROM）（其中 8031 内部无 ROM，8051 内部有 4 KB ROM，8751 内部有 4 KB EPROM）。
- 128 B 的数据存储器（RAM）。
- 32 条 I/O 口线。
- 111 条指令，大部分为单字节指令。
- 21 个专用寄存器。
- 2 个可编程定时器/计数器。
- 5 个中断源，2 个优先级。
- 1 个全双工串行通信口。
- 外部数据存储器寻址空间为 64 KB。
- 外部程序存储器寻址空间为 64 KB。
- 逻辑操作位寻址功能。
- 双列直插 40 PinDIP 封装。
- 单一 +5 V 电源供电。

表 1-1 列出了这些芯片的结构和性能。

MCS-51 以其典型的结构和完善的总线专用寄存器的集中管理、众多的逻辑位操作功能及面向控制的、丰富的指令系统，堪称一代“名机”，为后来的其他单片机的发展奠定了基础。正因为其优越的性能和完善的结构，后来许多厂商多沿用或参考其体系结构，世界上有许多大的电气商丰富和发展了 MCS-51 单片机，像 Philips、Dallas、Atmel 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品，就连台湾地区的 Winbond 公司也发展了兼容 C51（人们习惯将 MCS-51 简称为 C51，如果没有特别声明，两者同指 MCS-51 系列单片机）的单片机品种。

表 1-1 MCS-51 系列的基本产品

特 类 征 型	8051	8051 AH	8052 AH	80C51 BH	83C51 FA	83C51 FB	83C51 GA	83C512 JA	83C512 JC	83C451	83C452
无 ROM 型	8031	8031 AH	8032 AH	80C31 BH	80C51 FA	80C51 FB	80C51 GA	80C51 JA	80C152 JC	80C451	80C452
EPROM 型		8751 8751BH	8752 BH	87C51	87C51 FA	87C51 FB	87C51 GA			87C451	87C452P
ROM/KB	4	4	8	4	8	16	4	8	8	4	8
RAM/B	128	128	256	128	256	256	256	128	256	128	256
8 位 I/O 口	4	4	4	4	4	4	4	5	5	7	5
16 位定时器/ 计数器	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2
可编程计数器 (PAC)					√	√					
异步串行口 (UART)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
串行扩展口 (SEP)							√				
多功能串行口 (CSC)								√	√		
DMA 通道								2	2		2
A/D 转换器							8				
中断源/中断 向量	6/5	6/5	8/6	6/5	14/7	14/7	8/7	19/11	19/11	6/5	9/8
掉电和空闲 方式				√	√	√	√	√	√	√	√

近年来 C51 获得了飞速的发展，其发源公司 Intel 由于忙于开发 PC 及高端微处理器，无精力继续发展自己的单片机，而由其他厂商将其发展，最典型的是 Philips 和 Atmel 公司。Philips 公司主要是改善其性能，在原来的基础上发展了高速 I/O 口、A/D 转换器、PWM（脉宽调制）、WDT 等增强功能，并在低电压、低功耗、扩展串行总线（I²C）和控制网络总线（CAN）等功能上加以完善。

1.1.4 其他类型的单片机简介

目前单片机已进入广泛、快速发展的阶段，除了 MCS-51 系列单片机以外，单片机的种类和性能有了很大的发展，用户的选择余地也多了，下面介绍比较流行的几种单片机。

1. Microchip 单片机

PIC 单片机是 Microchip 公司的产品，其突出特点是体积小，功耗低，精简指令集，抗干扰性好，可靠性高，有较强的模拟接口，代码保密性好。在一些小型的应用中，比传统的 C51 单片机更加灵活，外围电路更少，因而得到了广泛的应用。另外，其较少的指令及较强的实用功能更使其为许多单片机初学者之首选品牌。PIC 中低档系列单片机指令少，共有 35 条指令，非常有利于记忆和掌握。指令为单字节，占用程序存储器的空间小，而且中档系列单片机的每一条指令为 14 位，前 6 位存操作指令，后 8 位存操作数。大部分芯片有其兼容的 Flash 程序存储器的芯片，支持低电压擦写，擦写速度快，允许多次擦写，程序修改方便。

目前，Microchip 为全球超过 65 个国家或地区的 5 万多个客户提供服务。该公司至今已交付了超过 47 万套开发工具，同时与全球超过 130 家第三方工具制造商建立了合作伙伴关系。

Microchip 现在生产 400 多种 PIC 单片机。交付的第 50 亿颗 PIC 单片机为 PIC18LF8720-1/PT，其独特的 PIC18 系列 8 位架构可提供 128 KB 高耐擦写能力的闪存程序存储器。相比之下，市场上其他 8 位单片机大多只能支持最大 64 KB 的程序存储器，因此，随着程序规模的增加，客户便需要改变平台结构。PIC 单片机的 8 位架构可扩展至 2 MB，有助于保护客户既有的软件投资，让他们可以在多元化单片机产品中重复利用现有软件。

2. C8051F 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 单片机具有片内调试电路，通过 4 脚的 JTAG 接口可以进行非侵入式、全速的系统调试。

早期单片机都是用一个时钟控制片内所有时序。进入 CMOS 时代后，由于低功耗设计的要求，出现了在一个主时钟下 CPU 运行速度可选择在不同的时钟频率下操作；或设置成高、低两个主时钟，按系统操作要求选择合适的时钟速度；或关闭时钟。

而 Cygnal 公司的 C8051F 系列器件则提供了一个完整而先进的时钟系统。在这个系统中，片内设置有一个可编程的时钟振荡器（无需外部器件），可提供 2、4、8 和 16 MHz 时钟的编程设定。外部振荡器可选择 4 种方式。当程序运行时，可实现内外时钟的动态切换。编程选择的时钟输出除供片内使用外，还可从随意选择的 I/O 端口输出。

C8051F 在 8 位单片机中率先配置了标准的 JTAG 接口 (IEEE1149.1)。引入 JTAG 接口将使 8 位单片机传统的仿真调试产生彻底的变革。在上位机软件支持下，通过串行

的 JTAG 接口直接对产品系统进行仿真调试。C8051F 的 JTAG 接口不仅支持 Flash ROM 的读/写操作及非侵入式系统调试, 它的 JTAG 逻辑还为系统测试提供边界扫描功能。通过边界寄存器的编程控制, 可对所有器件引脚、SFR 总线和 I/O 口弱上拉功能实现观察和控制。

在非 CMOS 单片机中, 通常只提供引脚复位一种方法。迄今为止的 80C51 系列单片机仍然停留在这一水平上。为了系统的安全和 CMOS 单片机的功耗管理, 对系统的复位功能提出了越来越高的要求。

Cygnal 公司的 C8051F 系列器件把 80C51 单一的外部复位发展成多源复位。C8051 的多复位源提供了上电复位、掉电复位、外部引脚复位、软件复位、时钟检测复位、比较器 0 复位、WDT 复位和引脚配置复位。众多的复位源为保障系统的安全、操作的灵活性以及零功耗系统设计带来极大的好处。

3. AVR 单片机

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC (Reduced Instruction Set CPU) 精简指令集高速 8 位单片机。AVR 单片机可以广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器、仪表、通讯设备、家用电器等各个领域。

(1) AVR 单片机的主要特性

高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位一直是衡量单片机性能的重要指标, 也是单片机占领市场、赖以生存的必要条件。

早期单片机主要由于工艺及设计水平不高、功耗高和抗干扰性能差等原因, 所以采取稳妥方案, 即采用较高的分频系数对时钟分频, 使得指令周期长, 执行速度慢。以后的 CMOS 单片机虽然采用提高时钟频率和缩小分频系数等措施, 但这种状态并未被彻底改观 (51 以及 51 兼容)。此间虽有某些精简指令集单片机 (RISC) 问世, 但依然沿袭对时钟分频的做法。

AVR 单片机的推出, 彻底打破这种旧设计格局, 废除了机器周期, 抛弃了复杂指令计算机 (CISC) 追求指令完备的做法。AVR 单片机采用精简指令集, 以字作为指令长度单位, 将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中 (指令集中占大多数的单周期指令都是如此), 取指周期短, 又可预取指令, 实现流水作业, 故可高速执行指令。当然这种速度上的跃升, 是以高可靠性为其后盾的。

AVR 单片机硬件结构采取 8 位机与 16 位机的折中策略, 即采用局部寄存器存堆 (32 个寄存器文件) 和单体高速输入/输出的方案 (即输入捕获寄存器、输出比较匹配寄存器及相应控制逻辑), 提高了指令执行速度 (1 Mips/MHz), 克服了瓶颈现象, 增强了功能; 同时又减少了对外设管理的开销, 相对简化了硬件结构, 降低了成本。故 AVR 单片机在软、硬件开销, 速度, 性能和成本诸多方面取得了优化平衡, 是性价比的单片机。

AVR 单片机内嵌高质量的 Flash 程序存储器, 擦写方便, 支持 ISP 和 IAP; 便于产品的调试、开发、生产、更新。内嵌长寿命的 EEPROM, 可长期保存关键数据, 避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用, 同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序, 并可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM。

AVR 单片机的 I/O 线全部带可设置的上拉电阻、可单独设定为输入/输出、可设定(初始)高阻输入、驱动能力强(可省去功率驱动器件)等特性,使得 I/O 口资源灵活,功能强大,可充分利用。

AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器,分别供 URAT、I²C、SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的具有多达 10 位的预分频器,可通过软件设定分频系数提供多种档次的定时时间。AVR 单片机独有的“以定时器/计数器(单)双向计数形成三角波,再与输出比较匹配寄存器配合,生成占空比可变、频率可变、相位可变方波的设计方法(即脉宽调制输出 PWM)”,更是令人耳目一新。

增强性的高速同步、异步串口,具有硬件产生校验码、硬件检测和校验纠错、两级接收缓冲、波特率自动调整定位(接收时)、屏蔽数据帧等功能,提高了通信的可靠性,方便了程序编写,更便于组成分布式网络和实现多机通信系统的复杂应用,串口功能大大超过 MCS-51/96 单片机的串口,加之 AVR 单片机高速、中断服务时间短,故可实现高波特率通讯。

面向字节的高速硬件串行接口有 TWI 和 SPI 两种。TWI 与 I²C 接口兼容,具备 ACK 信号硬件发送与识别、地址识别、总线仲裁等功能,能实现主/从机的收/发全部 4 种组合的多机通信。SPI 支持主/从机等 4 种组合的多机通信。

AVR 单片机有自动上电复位电路,独立的“看门狗”电路,低电压检测电路 BOD,多个复位源(自动上下电复位、外部复位、“看门狗”复位、BOD 复位),可设置的启动后延时运行程序,增强了嵌入式系统的可靠性。

AVR 单片机具有多种省电休眠模式,且可宽电压运行(2.7~5 V),抗干扰能力强,可降低一般 8 位机中的软件抗干扰设计工作量和硬件的使用量。

AVR 单片机技术体现了单片机集多种器件(包括 Flash 程序存储器、“看门狗”、EEPROM、同/异步串行口、TWI、SPI、A/D 模数转换器、定时器/计数器等)和多种功能(增强可靠性的复位系统、降低功耗抗干扰的休眠模式、品种齐全的中断系统、具输入捕获和比较匹配输出等多样化功能的定时器/计数器、具替换功能的 I/O 端口等)于一身,充分体现了单片机技术的从“片自为战”向“片上系统 SoC”过渡的发展方向。

综上所述,AVR 单片机博采众长,又具独特技术,不愧为 8 位机中的佼佼者。

(2) AVR 系列单片机的选型

AVR 单片机系列齐全,可适用于各种不同场合的要求。AVR 单片机有以下 3 个档次:

- ① 低档 Tiny 系列 AVR 单片机:主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等。
- ② 中档 AT90S 系列 AVR 单片机:主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等。
- ③ 高档 ATmega 系列 AVR 单片机:主要有 ATmega8/16/32/64/128(存储容量为 8/16/32/64/128 KB)以及 ATmega8515/8535 等。

AVR 器件引脚从 8 脚到 64 脚,还有各种不同封装供选择。