



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

单片机原理与开发

主 编 毋茂盛
副主编 张建平 张素君 刘行兵

高等教育出版社



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

单片机原理与开发

Danpianji Yuanli yu Kaifa

主 编 毋茂盛

副主编 张建平 张素君 刘行兵

高等教育出版社·北京

内容简介

本书以 Atmel 公司设计的 AT89S51 单片机为例从内到外全面系统地介绍了 MCS-51 单片机的结构、工作原理、各种并行和串行接口技术以及进行单片机应用系统开发常用的工具。第 1 章介绍了与单片机技术相关的一些基础知识;第 2~4 章分别讲解了单片机内部的 CPU 结构、存储器组织、单片机的指令系统、汇编语言程序设计以及定时/计数器、中断系统和串行口的工作原理;第 5 章讲解了单片机的工作时序、译码电路设计、并行接口的半导体存储器及其与单片机的接口方法;第 6~7 章重点讲解了单片机应用系统的各种并行和串行接口的设计方法,包括键盘/LED 显示、A/D 和 D/A 转换、微型打印机等并行接口以及 I²C、SPI、1-Wire、USB 以及 CAN 等串行接口技术;第 8 章介绍了单片机学习、开发需要的硬件平台和常用的开发工具 Proteus、 μ Vision3 和 Protel 99 等。

本书是在作者 20 多年从事单片机技术教学与开发的基础上整理而成,内容丰富、新颖、实用,顺序编排合理,语言通俗易懂,可作为自动化、电子信息工程、电子科学与技术、计算机科学与技术、物联网工程、测控技术与仪器、通信工程、机械电子工程、物理学、医学检验技术等相关专业单片机原理与应用或微机原理课程的教材;也可作为单片机爱好者的自学用书。学完本书后,能够胜任单片机应用系统的开发工作。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与开发 / 毋茂盛主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-04-041669-5

I. ①单… II. ①毋… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 295070 号

策划编辑 王勇莉

责任编辑 王勇莉

封面设计 赵 阳

版式设计 范晓红

插图绘制 杜晓丹

责任校对 李大鹏

责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京汇林印务有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 22.5
字 数 550 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
版 次 2015 年 2 月第 1 版
印 次 2015 年 2 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 41669-00

前言

单片机因具有体积小、功耗低、功能强以及便于分布式控制等优点,自问世以来一直受到电子工程师的青睐,应用领域非常广泛。因此,国内不同层次学校,如技校、大专、本科甚至研究生教育中有许多专业都开设了单片机技术相关的课程。MCS-51单片机是世界上最著名的CPU生产厂商Intel公司设计的单片机,虽然已经问世了几十年,但目前基于MCS-51内核结构的单片机仍有很大的市场,世界著名的半导体公司TI、Atmel、NXP、Microchip全资子公司SST、AD以及国内的宏晶公司等目前仍在生产基于MCS-51内核结构多种类型的单片机。MCS-51单片机是最早引入到国内的单片机,其设计非常成功,它的地址、数据、控制总线的形成非常清晰,通过三组总线和译码电路很容易实现存储器和各种外设接口的扩展,通过I/O口线模拟I²C、SPI、1-Wire时序,MCS-51单片机也可以和各种串行外设接口芯片相连接,实现各种简单或复杂的单片机应用系统。单片机是单片微型计算机的简称,掌握了MCS-51单片机的工作原理及其各种并行、串行接口技术,有助于学生理解微型计算机的工作原理,也为学习AVR、PIC或其他类型的单片机打下良好的基础,MCS-51是最适合用作教学的单片机之一。

汇编语言编程具有速度快、代码短等优点,在个别实时性要求很高的特殊场合,只能用汇编语言编程才能满足要求;用汇编语言很容易编写出各种精确的延时程序,有助于学生理解和掌握各种串行接口的时序;汇编语言与硬件联系紧密,使用汇编语言编程时某个地址中存放的内容程序员一清二楚,有利于培养学生的硬件意识。目前大多数学生都学过C语言,学会了汇编语言,再转为高级语言(C51)编程是一件轻而易举的事。因此,本书仍采用汇编语言进行讲解。

AT89S51单片机是Atmel公司生产的与MCS-51完全兼容的单片机,与MCS-51单片机相比,它具有更高的工作频率,增加了看门狗(WTD)电路和4K可在线编程(ISP)的Flash存储器,提高了抗干扰能力,使得修改程序变得更加方便,甚至可以进行远程修改或升级程序。本书以AT89S51单片机为例从内到外循序渐进地讲述了单片机的工作原理和各种并行和串行接口技术,在最后一章介绍了一个学习单片机技术的平台和单片机开发常用的几种工具软件Proteus、 μ Vision3和Protel 99等。

本书是作者在20多年从事单片机技术教学与开发的基础上整理而成,内容丰富、新颖、实用。书中有许多内容如GAL译码技术、时钟日历芯片DS12C887、1-Wire接口的数字温度传感器DS18B20、USB-to-UART芯片FT232RL以及串行接口的键盘/LED接口芯片CH451等都是第一次写入单片机教材,这些内容直接来源于实际的应用系统,非常实用。串行接口芯片因省去了大量的地址线 and 数据线,芯片体积一般较小,节省了PCB电路板的尺寸,且不需要硬件译码电路,可以降低成本,因此,目前有很多外设芯片都采用串行接口。本书用了将近1/3的篇幅讲述了I²C、SPI、1-Wire、USB以及CAN总线等串行接口技术以及串行LCD和键盘/LED接口技术,掌握这些技术对于单片机开发非常重要,这是本书特点之一。另外,本书有配套的教学平台,书中所有与硬件相关的内容都可通过实验教学平台进行演示和验证;书中

所有的单片机指令或程序都可以在教学平台的集成开发环境中运行,并能在计算机屏幕上实时显示运行结果,包括单片机内部各存储单元、寄存器、特殊功能寄存器(SFR)、外部数据存储器以及程序存储器中的内容,可以清楚地看到程序计数器(PC)、堆栈指针(SP)以及堆栈中内容的变化,使得学习和掌握各种单片机指令和汇编语言编程变得非常简单,起到事半功倍的效果。

全书共分8章:

第1章由王俊波老师编写,主要介绍了与单片机技术相关的一些基础知识,如单片机的起源与发展历史、国内常见的单片机及ARM、单片机系统中常用的数制与编码等。

第2章由王静老师编写,主要讲述了单片机内部的CPU结构、存储器组织以及单片机的时钟电路、复位电路的设计方法等。

第3章由张素君老师编写,主要讲述了单片机的指令系统及汇编语言程序的设计方法。

第4章和附录由陈新欣老师编写,主要讲述了单片机的内部资源,即中断技术、定时/计数器以及串行口的工作原理及应用。附录按功能列出了单片机的所有指令以及每个指令的机器码和执行时间。

第5~6章由张建平老师编写,第5章主要讲解了单片机的工作时序、译码电路设计、并行接口的半导体存储器及其与单片机的接口方法;第6章重点介绍了键盘和LED的工作原理以及各种并行接口的扩展方法,包括键盘/LED接口、微型打印机接口、A/D和D/A接口以及单片机系统扩展日历时钟技术。

第7章由毋茂盛老师编写,详细讲述了单片机应用系统的多种串行接口的设计方法,如1-Wire、USB、CAN总线以及串行LCD和键盘/LED显示接口技术。

第8章由刘行兵老师编写,介绍了单片机学习开发需要的硬件平台和常用的开发工具Proteus、 μ Vision3和Protel 99等。

学完本书后,可以胜任单片机技术开发工作。

本书的编写曾得到北京科技大学王志良教授和清华大学官琴教授的指导,在此向他们表示衷心的感谢!

因时间仓促和作者水平有限,书中难免会有不尽如人意的地方,欢迎大家批评指正,如发现错误或需要相关资料和教学软件请与作者联系(QQ: 397221926)。

编 者

2014. 12. 10

目 录

第 1 章 单片机技术基础	1
1.1 单片机与嵌入式系统概述	1
1.1.1 单片机的起源与发展	1
1.1.2 单片机的特点与应用领域	2
1.1.3 嵌入式系统	2
1.2 国内常见的单片机简介	3
1.2.1 Intel 系列单片机	3
1.2.2 Motorola 系列单片机	3
1.2.3 Atmel 系列单片机	4
1.2.4 Microchip 系列单片机	4
1.2.5 其他系列单片机	5
1.3 ARM 公司及 ARM 单片机	5
1.3.1 ARM 公司简介	5
1.3.2 ARM 单片机	5
1.4 单片机系统中使用的数制	6
1.4.1 十进制、二进制与十六进制计数方法	6
1.4.2 不同数制之间的转换	7
1.4.3 单片机系统中有符号数的表示方法	9
1.5 单片机系统常用的编码	9
1.5.1 ASCII 码	10
1.5.2 BCD 码	10
1.6 AT89S51 单片机简介	11
习题	13
第 2 章 AT89S51 单片机的硬件结构	14
2.1 AT89S51 单片机的组成	14
2.2 AT89S51 单片机 CPU 的结构	14
2.3 AT89S51 单片机系统的存储器组织	15
2.3.1 程序存储器	16
2.3.2 数据存储器	16
2.4 AT89S51 单片机引脚及功能	23
2.5 AT89S51 的时钟电路	27
2.5.1 时钟电路	27
2.5.2 单片机的工作周期	27
2.6 AT89S51 的复位电路	28

2.7 节电运行方式	29
习题	31
第3章 指令系统及汇编语言程序设计	32
3.1 AT89S51 单片机寻址方式	32
3.1.1 指令的格式	32
3.1.2 寻址方式	32
3.2 AT89S51 单片机指令系统	35
3.2.1 数据传送类指令	35
3.2.2 算术运算类指令	39
3.2.3 逻辑运算类指令	42
3.2.4 程序分支指令	45
3.2.5 位操作类指令	46
3.2.6 空操作指令	48
3.3 汇编语言程序设计方法	48
3.3.1 汇编语言伪指令	48
3.3.2 汇编语言语句格式	50
3.3.3 汇编语言程序设计步骤	50
3.3.4 汇编语言程序设计实例	51
习题	69
第4章 AT89S51 单片机的内部资源	72
4.1 AT89S51 单片机中断系统	72
4.1.1 单片机的中断源	72
4.1.2 中断系统的控制	73
4.1.3 中断响应过程与响应时间	76
4.1.4 中断服务程序设计	77
4.1.5 多外部中断源系统设计	78
4.2 AT89S51 单片机定时/计数器	81
4.2.1 定时/计数器的控制	82
4.2.2 定时/计数器的4种工作方式	83
4.2.3 定时/计数器计数时对输入信号的要求	85
4.2.4 定时/计数器应用编程实例	85
4.3 AT89S51 单片机串行接口	89
4.3.1 串行通信基础知识	90
4.3.2 AT89S51 串行口的结构与控制	91
4.3.3 AT89S51 串行口的4种工作方式	93
4.3.4 AT89S51 串行口波特率设置方法	96
4.3.5 多机系统通信原理	98
4.3.6 RS-232 和 RS-422A/485 通信接口	99
4.3.7 串行口应用编程实例	106
习题	116

第 5 章 单片机系统的外部存储器与译码电路设计	118
5.1 AT89S51 单片机最小系统组成	118
5.2 单片机的时序	118
5.2.1 单片机读取指令和执行时序	119
5.2.2 单片机访问外部存储器的时序	120
5.3 半导体存储器	121
5.3.1 随机存取存储器 (RAM)	122
5.3.2 只读存储器 (ROM)	122
5.3.3 非易失性存储器 (NVRAM)	122
5.3.4 存储器的主要参数	122
5.3.5 并行接口存储器容量的计算	123
5.4 单片机系统译码电路的设计方法	123
5.4.1 单片机系统的地址、数据和控制总线	123
5.4.2 线选译码法	125
5.4.3 专用译码器 74LS138 译码法	126
5.4.4 使用可编程逻辑器件 GAL16V8 或 GAL20V8 进行译码电路	129
5.5 单片机系统存储器的扩展	132
5.5.1 程序存储器 (EPROM/E ² PROM/Flash) 的扩展技术	132
5.5.2 单片机系统数据存储器 (SRAM/E ² PROM/Flash) 的扩展	133
习题	137
第 6 章 AT89S51 单片机并行接口扩展技术	138
6.1 键盘/显示器	138
6.1.1 键盘的工作原理	138
6.1.2 数码管显示器 LED 简介	142
6.2 逻辑门电路扩展 I/O 口以及系统总线的驱动方法	143
6.2.1 用 74LS245 和 74LS273 扩展 8 位并行 I/O 口	143
6.2.2 通过串行口扩展 I/O 口	145
6.2.3 系统总线的驱动	147
6.3 可编程接口芯片扩展 I/O 口	148
6.3.1 81C55 及其扩展键盘/显示接口技术	148
6.3.2 82C55A 及其与打印机的接口	159
6.3.3 专用可编程键盘/显示器接口芯片 8279 及应用	171
6.4 单片机与 D/A 转换器的接口	181
6.4.1 D/A 转换器的工作原理与技术指标	181
6.4.2 DAC0832 与单片机的接口	183
6.5 单片机与 A/D 转换器的接口	186
6.5.1 A/D 转换器的分类与工作原理	186
6.5.2 ADC0809 及其与 AT89S51 单片机的接口	189
6.6 DS12C887 及其与单片机的接口技术	191
6.6.1 DS12C887 简介	191

6.6.2 DS12C887 的内部结构	191
6.6.3 DS12C887 引脚分配及功能	194
6.6.4 DS12C887 与 AT89S51 单片机的接口	196
习题	199
第 7 章 串行总线技术	200
7.1 I ² C 总线接口	200
7.1.1 I ² C 总线简介	200
7.1.2 I ² C 总线的工作原理	201
7.1.3 E ² PROM 芯片 AT24C0XB 简介	206
7.1.4 AT89S51 单片机与 AT24C0XB 的接口及编程举例	210
7.2 SPI 总线技术	217
7.2.1 SPI 总线简介	217
7.2.2 SPI 接口芯片 X5045 简介	220
7.2.3 AT89S51 单片机与 X5045 的接口及编程方法	227
7.2.4 Microwire 简介	230
7.3 1-Wire 总线	230
7.3.1 1-Wire 总线简介	230
7.3.2 1-Wire 总线的工作原理	231
7.3.3 数字温度传感器 DS18B20 简介	234
7.3.4 基于 DS18B20 的温度测量系统设计	241
7.4 CAN 总线	247
7.4.1 CAN 总线概述	247
7.4.2 CAN 总线控制器 SJA1000	250
7.4.3 CAN 总线驱动器 PCA82C250	260
7.4.4 CAN 总线接口设计及编程举例	262
7.4.5 CAN 总线系统的应用	268
7.5 USB 接口	268
7.5.1 USB 接口的机械特性	269
7.5.2 基于 USB 接口的设备开发	270
7.5.3 USB-to-UART 转换芯片 FT232RL	270
7.5.4 单片机系统与计算机 USB 接口设计实例	272
7.6 串行接口的键盘/LED 及 LCD 显示电路设计	273
7.6.1 串行接口芯片 CH451 及其组成的键盘/LED 显示接口电路设计	273
7.6.2 串行接口的 LCD 显示电路设计	286
习题	299
第 8 章 单片机技术实验教学与开发工具简介	301
8.1 易学单片机实验教学系统	301
8.1.1 易学单片机实验教学系统的特点	301
8.1.2 易学单片机实验教学系统的结构和功能	302
8.1.3 易学单片机实验教学系统的集成开发环境	305

8.2	Proteus	311
8.2.1	ISIS 简介	312
8.2.2	Proteus 仿真实例	313
8.3	单片机高级语言程序开发环境 μ Vision3 简介	329
8.3.1	μ Vision3 简介	330
8.3.2	使用 μ Vision3 进行单片机程序开发的方法	331
8.3.3	Keil C51 与 ANSI C 的差别	337
8.4	印制电路板设计工具软件 Protel 99 SE 简介	340
8.4.1	Protel 99 SE 的功能	341
8.4.2	Altium Designer 简介	342
附录 AT89S51 单片机指令表		344
参考文献		349

第 1 章

单片机技术基础

本章主要介绍有关单片机技术的基础知识。从单片机的起源开始,依次分别对单片机的特点、应用领域、国内常见的单片机品牌、型号、嵌入式系统的概念以及 ARM 单片机技术进行介绍;重点讲解单片机系统常用的数制和编码;最后,介绍 Atmel 公司研制的 AT89S51 单片机的特点。

1.1 单片机与嵌入式系统概述

1.1.1 单片机的起源与发展

1946 年人类发明了电子数字计算机,在其诞生最初的 20 多年中,计算机一直是供养在机房中的大型、昂贵设备,其主要作用是进行数值计算。随着半导体技术,特别是集成电路技术的发展,20 世纪 70 年代初,研制出了微处理器,以微处理器为核心的微型计算机具有体积小、成本低以及可靠性高等特点。控制专业人员将微型计算机配上一些硬件接口电路嵌入到大型、复杂的对象体系中,实现对复杂系统的监测或智能化控制,劳动生产率得到了大幅度提高。从此,计算机便走出机房,进入了自动化控制领域,计算机技术从 20 世纪 70 年代也开始向着通用和专用计算机系统这两个不同的方向发展。

1. 通用计算机系统

通用计算机系统的主要任务是进行数值计算或数据处理等工作,主要的技术发展方向为总线速度越来越快,存储容量越来越大,具体表现为:通用计算机的 CPU 从 8086、80286、80386、80486、80586 等一直发展到今天的多核时代,其运算速度、存储器容量(RAM 和硬盘)等指标提高了数千倍;操作系统也由原来的单任务、单用户 DOS 变为目前基于图形界面的 Windows 等。特别是 Internet 的发明,使得通用计算机变成了现代人类工作和生活中不可缺少的工具。

2. 专用计算机系统

专用计算机系统的主要任务是对被控制对象进行智能化控制。由于众多的被控对象,如家用电器、仪器仪表、工控单元等体积很小,根本无法嵌入通用计算机系统,专用计算机系统就向着小体积、低功耗、单芯片化方向发展。把计算机的 CPU、存储器(RAM、ROM)以及接口电路等集成到一个芯片上,于是就出现了单片微型计算机,简称为“单片机”。第一代单片机诞生于 20 世纪 70 年代,典型代表有 Intel 公司的 8048、Motorola 公司的 6801 以及 Zilog 公司的 Z8 等。20 世纪 80 年代初,Intel 公司在 8048 的基础上成功地研制了 8051 单片机。从此各种品牌和型号的单

片机如雨后春笋般涌现出来,进入了单片机发展的春天。

单片机的发展大致可分为三个阶段:第一阶段称为初级阶段,这个阶段的单片机被称为SCM(Single Chip Microcomputer),主要探索单片机在工业领域的应用;第二阶段为完善阶段,主要的技术特点是不断扩展满足各种对象控制要求的外围接口电路,如在单片机内部加入了A/D、WDT、PWM以及各种串行接口等电路,突显其对象的智能化控制能力,这个阶段的单片机常被称为“微控制单元”或MCU(Micro Controller Unit);第三阶段为系统芯片SOC(System On Chip)阶段,该阶段的单片机技术已发展到可以将所有的硬件和软件都集成到一个芯片中,SOC有时又被称为“片上系统”。

1.1.2 单片机的特点与应用领域

单片机具有体积小、成本低、功能强、功耗低、有很强的抗干扰能力以及易于实现分布式控制等特点,应用领域非常广泛,能想到的领域几乎都有单片机的身影。单片机的应用领域主要有以下几个方面。

(1) 工业控制:电机控制、工业机器人控制、过程控制、数字机床控制等。

(2) 民用方面:各类信息家电、电子玩具、电子字典、手机、数码相机以及安防系统等。

(3) 智能仪器仪表:测量电压、电流、功率、频率、湿度、温度、流量、压力等物理量的各种仪器仪表等。

(4) 医疗器械:呼吸机、数字血压计、各种分析仪、监护仪、病床呼叫系统等。

单片机技术是21世纪最为活跃的新一代电子应用技术,随着半导体技术的发展,单片机的应用必将进一步渗透到生活的每一个领域。因此,学习单片机的原理,掌握单片机应用系统的设计与开发技术具有非常重要的意义。

1.1.3 嵌入式系统

嵌入式系统(Embedded System, ES)是近年来一个非常时髦的词汇,究竟什么是嵌入式系统,没有一个精确的定义,按照电气和电子工程师协会(IEEE)的定义,嵌入式系统就是“控制、监视或者辅助操作机器或装置的设备”,这个定义主要是从应用出发,把嵌入式系统定义为软件和硬件的综合体。目前国内一个普遍被认同的关于嵌入式系统的定义是:“以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、满足应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统”。它有三个基本要素,即嵌入性、专用性和计算机系统。嵌入性是指系统必须嵌入到控制对象中,满足“体积、可靠性、成本”等环境要求;专用性是指系统的软、硬件可裁剪到能满足对某一特定对象控制要求的最小配置;计算机系统是指嵌入式系统实际上仍是一种计算机系统,为了能满足对象控制的要求,这种计算机系统还配置有与对象系统相适应的接口电路。基于上述定义,关于嵌入式系统国内有两种观点,一种观点认为基于单片机、DSP等的应用系统都可被称为嵌入式系统;另一种观点认为含有高档单片机以及嵌入式操作系统的应用系统才可被称为嵌入式系统,不论哪种观点均不会影响单片机的应用。

嵌入式系统有着非常广泛的应用领域,它几乎无所不在,除了航空航天、军用、医疗、通信以及各种工业控制外,仅就居民家庭而言,洗衣机、电视机、空调器、冰箱、微波炉、数码相机、手机以及汽车等无一例外地包含了嵌入式技术。一台通用计算机系统系统中的显卡、硬盘、键盘、鼠标、U

盘,以及显示器、打印机等都是一个完整的嵌入式系统。Internet 的发明,对嵌入式系统的发展起到了巨大的推动作用。目前无论是在数量上还是在规模上,嵌入式应用系统都已远远超过了 PC (Personal Computer)。随着物联网技术的发展,各种嵌入式系统的应用会变得更加广阔。

1.2 国内常见的单片机简介

目前,世界上生产的各类单片机有数千种,按字长可分为 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位等,国内目前和曾经比较流行的单片机主要有以下几种。

- (1) Intel 公司 MCS-51、MCS-96 系列单片机。
- (2) Motorola 公司的 MC68 系列单片机。
- (3) Atmel 公司的 AT89、AVR 系列单片机。
- (4) Microchip 公司 PIC 系列单片机。
- (5) NXP 公司设计生产的各类单片机。
- (6) TI 公司 MSP430 单片机。
- (7) 宏晶公司的 STC 系列单片机。

1.2.1 Intel 系列单片机

Intel 家族的单片机是最早进入国内的单片机之一,曾经普及率很高,主要有 MCS-51、MCS-251、MCS-96、MCS-296 等。

MCS-51 系列单片机是一种高性能的 8 位单片机,使用标准 MCS-51 单片机的体系结构和指令系统,典型代表有:80C31、80C51、87C51。80C31 是 Intel 公司 MCS-51 系列单片机中最基本的产品,内置 CPU、128 字节内部数据存储器(RAM),32 个双向输入/输出(I/O)口,2 个 16 位定时/计数器,5 个中断源,两级中断结构,一个全双工的串行通信接口(UART)以及片内时钟振荡电路等。MCS-51 系列单片机之间的主要区别是:80C31 芯片内无程序存储器;80C51 芯片内含有 4 K ROM;87C51 芯片内含有 4 K EPROM。

MCS-96 系列单片机为 16 位机,典型代表有以下几种。

- (1) 高速系列单片机:8XC196KB、8XC196KC、8XC196KD 等。
- (2) 马达控制系列单片机:8XC196MC、8XC196MH、8XC196MD 等。
- (3) 网络控制系列单片机(有 CAN 总线接口):TN87C196CA、TN87C196CA 等。

Intel 公司是最著名的 CPU 设计厂商,它目前主要生产各类高档 CPU,MCS-51 系列单片机早已停产。

1.2.2 Motorola 系列单片机

Motorola 是世界上最大的单片机生产厂家之一,型号多达数百种,从 1974 年推出第一款 MC6801 单片机之后,相继推出了以下 3 个品种。

- (1) 8 位单片机:MC68HC05、MC68HC08、MC68HC11 等系列。
- (2) 16 位单片机:MC68HC12、MC68HC16、DSP56800 等系列。
- (3) 32 位单片机:MC683xx、MMC2xxx、MPC500 等系列。

Motorola 单片机的特点是外围功能较强,单片机除了包括 CPU、并行 I/O 口、定时/计数器、振荡器、存储器外,还具有脉冲宽度调制(PWM)、实时时钟、串行外设接口(SPI)、看门狗电路(WDT)、D/A 和 A/D 转换、LED 和 LCD 显示驱动器、键盘中断(KBI)、保密通信控制器、锁相环(PLL)、调制解调器等功能。

1.2.3 Atmel 系列单片机

Atmel 是世界上著名的半导体制造公司,它的 E²PROM 和 Flash 技术领先全球,含有 E²PROM 及 Flash 存储器是 Atmel 公司产品的典型特色之一,Atmel 单片机主要有以下三个系列。

1. 8051 体系结构单片机(89 系列)

8051 体系结构的单片机与 MCS-51 完全兼容,由于其中含有 Flash,所以,目前已经完全取代了传统的 MCS-51 单片机成为主导机型,典型代表有以下几种。

- (1) AT89C1051/2051、AT89C51/52/55。
- (2) AT89LV51/52/55 等(Reprogrammable Flash,低电压型)。
- (3) AT89S51/52/53、AT89LSV51/52/53 等(In-System Programmable Flash,ISP Flash)。
- (4) AT89C513x(含有 USB 接口的 MCU)。
- (5) AT89C51CC0x(含有 CAN 总线接口的 MCU)。
- (6) AT83C512x(Smart Card [智能卡] Reader 的 MCU)。

2. AVR 单片机(90 系列)

Atmel 的 AVR 系列单片机是一种使用 RISC(Reduced Instruction Set Computer)的 8 位单片机,采用哈佛结构,即程序存储器和数据存储器分别有自己独立的总线,每个时钟周期执行一条指令,速度快,功能强,目前在国内比较流行,有一定的市场。AVR 单片机的典型代表有以下两种。

- (1) Mega AVR 系列单片机:ATMega8/16/32/64 等。
- (2) Tiny AVR 系列单片机:ATtiny11/12/13/26/28 等。

3. ARM 单片机(91 系列)

Atmel 的 91 系列微控制器是基于 ARM7 的 16/32 位微处理器,它的功耗很低,工作寄存器多,特别适用于实时控制。采用基于先进微控制器总线结构(Advanced Micro-controller Bus Architecture)的模块化设计方法,具有速度快、性价比高等优点。AT91 系列微控制器有 5 个子系列,分别是 AT91X40、AT91X43、AT91X63、AT91X42 和 AT91X55。

1.2.4 Microchip 系列单片机

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司推出的产品,它也是基于 RISC 结构 MCU。采用哈佛结构,具有高速度、宽电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力等优点。PIC 单片机特别适合于家电控制、通信、智能仪器、医疗器械、汽车电子等领域,PIC 单片机目前在国内也有一定的市场。产品主要有 5 个子系列。

- (1) PIC12CXXX 系列(ROM、EPROM、Flash ROM)。
- (2) PIC16CXXX 系列(ROM、EPROM)。
- (3) PIC16FXXX 系列(Flash ROM)。
- (4) PIC17CXXX 系列(EPROM)。

(5) PIC18CXXX 系列 (Flash ROM、EPROM) 等。

1.2.5 其他系列单片机

NXP 半导体公司的前身是 PHILIPS 公司,它的单片机具有功耗低、宽电压、实时性好等优点,广泛应用于各种嵌入式产品中,在国内有一定的市场。LPC700/900 系列单片机的工作速度分别是 MCS-51 单片机的 2/6 倍。NXP 也设计和生产 ARM 系列的单片机,主要系列包括:Context-M0/3/4、ARM7 和 ARM9 等。

TI 公司的 MSP430 单片机是一个 16 位、RISC 结构和超低功耗的混合型单片机,具有非常丰富的外围模块,如 WDT、Timer、双串行口、硬件乘法器、LCD 驱动模块、ADC、I²C、PWM、DMA,以及端口 P1~P6 等。

宏晶公司是国内的单片机设计和生产制造商,其设计的 STC 系列单片机与 MCS-51 兼容,有很强的抗干扰能力,在国内有一定的应用市场。

目前国内还有很多其他厂商生产的单片机,如台湾 Winbond 公司的 WD77/58 系列单片机、AD 公司的 ADuC8xx、Microchip 全资子公司 SST (Silicon Storage Technology) 设计的 SST89XRC/RD 系列单片机等,限于篇幅,不再详细介绍。

1.3 ARM 公司及 ARM 单片机

1.3.1 ARM 公司简介

ARM (Advanced RISC Machines) 公司总部位于英国,诞生于 20 世纪 90 年代初,是一家非常著名、全球领先的 16/32 位嵌入式 RISC 微处理器技术方案供应商。20 世纪 80 年代末,IT 行业的发展迅猛,Intel、Motorola、TI 等厂商都有着不同的数字架构,这使得他们的 CPU 等基础器件各不相同,软件各异,由此产生了越来越多不同的指令集、工具和语言,这对整个数字技术的发展非常不利。ARM 公司董事长兼执行主席 Robin Saxby 梦想建立一个未来数字世界的统一标准体系,这个标准由一个更上游的厂商来制定,于是,ARM 便诞生了。Robin 和他的团队把 ARM 定位成一个自己不生产芯片靠转让设计许可生存的企业。ARM 要做的工作是一个纯粹的知识产权的制造和贩卖,没有硬件和软件,只有图纸上的知识产权。换言之,ARM 公司专门从事基于 RISC 技术的芯片设计开发,作为知识产权 (IP) 供应商,本身不直接从事芯片生产,靠转让设计许可由合作公司生产各具特色的芯片。世界各大半导体生产商从 ARM 公司购买其设计的 ARM 微处理器核,根据各自不同的应用领域,加入适当的外围电路,从而形成自己的 ARM 微处理器芯片进入市场。经过 30 多年的发展,ARM 今天几乎实现了“一统江湖”的目标,它在全球范围内有 100 多个合作伙伴,几乎包括 IT 界的所有巨头,如 Intel、微软、诺基亚、SUN、TI、爱立信、三星、摩托罗拉、索尼、IBM、LG、NEC、SONY、PHILIPS、Atmel 等。据统计,目前在手机处理器方面,ARM 所占的份额已经达到了 90%。

1.3.2 ARM 单片机

“ARM”一词的意思本来是指 ARM 公司,但目前“ARM”也被认为是一个技术名词,是对

ARM 公司设计的基于 ARM 构架的微处理器的通称。ARM 构架的微处理器是一种 RISC 结构的 32 位处理器,主要有以下特点。

- (1) 体积小、功耗低、成本低、性能高。
- (2) 支持 ARM(32 位)和 Thumb(16 位)双指令集,能兼容 8 位/16 位器件。
- (3) 寄存器丰富,大部分数据操作都在寄存器中完成,指令执行速度快。
- (4) 寻址方式灵活简单,执行效率高。
- (5) 指令长度固定。

目前,基于 ARM 架构的 32 位微处理器在业界处于绝对领先的地位。ARM 单片机在移动通信、手持式计算机和多媒体数字消费等领域得到了广泛的应用。

当前,ARM 单片机产品系列主要有:ARM7、ARM9、ARM9E、ARM10 和 SecurCore。

1.4 单片机系统中使用的数制

“数制”就是利用符号进行计数的方法,在日常生活中有很多种不同的数制,如“10 角为 1 元”就是一种十进制的计数方式;每分钟为 60 秒,每小时为 60 分,是一种六十进制的计数方式;一年为 12 月,是一种十二进制的计数方式。

1.4.1 十进制、二进制与十六进制计数方法

单片机系统中常用的数制有十进制、二进制和十六进制计数方式。数制所有数码的个数称为“基”,数字每一位所代表的值称为权。

(1) 十进制 (Decimal)。十进制计数制是生活中最常见的计数方式,用数码 0~9 来表示。它是按照“逢 10 进 1”的原则进行计数,数字所处的位置不同,代表的数的大小也不同。十进制数的权是以 10 为底的幂。每一位上的数字与该位的权的乘积表示了该位数值的大小。任何一个十进制数 N_D 可表示为

$$N_D = d_{n-1} \times 10^{n-1} + d_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + d_1 \times 10^1 + d_0 \times 10^0 + d_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + d_{-m} \times 10^{-m}$$

例如:

$$1963.24 = 1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

(2) 二进制 (Binary)。二进制计数制是按照“逢 2 进 1”的原则进行计数,用数码 0 和 1 表示。二进制数的权是以 2 为底的幂。任何一个二进制数 N_B 可表示为:

$$N_B = b_{n-1} \times 2^{n-1} + b_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0 + b_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + b_{-m} \times 2^{-m}$$

例如:

$$1011.101 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

(3) 十六进制数 (Hex Decimal)。十六进制是按“逢 16 进 1”的原则进行计数,用数码 0~9 和 A~F 来表示。十六进制数的权是以 16 为底的幂。一个十六进制数 N_H 可表示为:

$$N_H = h_{n-1} \times 16^{n-1} + h_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + h_1 \times 16^1 + h_0 \times 16^0 + h_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + h_{-m} \times 16^{-m}$$

h_i 为 0~F 中的 16 个数码之一。例如:

$$8AE6.5B = 8 \times 16^3 + A \times 16^2 + E \times 16^1 + 6 \times 16^0 + 5 \times 16^{-1} + B \times 16^{-2}$$

由于在不同的数制中使用了相同的数码表示,如数码“10”,二进制时,其表示的值为十进制的2;十进制时为10,十六进制时,表示的值为十进制的16。为了准确地表示数的大小,通常用后缀字母D、B和H分别表示十进制数、二进制数和十六进制数。由于大家对十进制数非常熟悉,写十进制数时,其后的D通常可以省略,如十进制数125可写成125D或125;二进制数01110011通常记为01110011B;十六进制数AB43通常记为0AB43H(注:当十六进制数的最高位为A~F时,前面通常要加一个0,说明它是一个十六进制数,而不是标号)。这样,每一串“数码”就唯一地表示了一个确定的数值。

十进制数0~15对应的4位二进制数和1位十六进制数如表1.1所示。

表 1.1 十进制、二进制和十六进制数对照表

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

1.4.2 不同数制之间的转换

1. 十进制数和二进制数之间的转换

(1) 十进制数转换为二进制数。十进制数转换为二进制数时,整数部分和小数部分分别进行转换。整数部分采用“除2取余”的方法,即将十进制整数不断除以2,并取余数,直至商为0,第一次所得的余数为二进制数整数的最低位;小数部分采用“乘2取整”的方法,第一次取整得的数为二进制小数的最高位。

例如,把十进制数45.72转换成二进制数,保留4位小数,方法如下。

先把整数部分45转为对应的二进制数。

$$\begin{array}{r|l} 2 & 45 \cdots \cdots \text{余 } 1(b_0) \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 2 & 22 \cdots \cdots \text{余 } 0(b_1) \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 2 & 11 \cdots \cdots \text{余 } 1(b_2) \end{array}$$