



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

单片机应用技术

DANPIANJI YINGYONG JISHU

◎ 主 编 张宏伟 李新德
◎ 副主编 孙志强 韩祥凤 李明哲 王桂林
◎ 主 审 汪 洋



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

单片机应用技术

主 编 张宏伟 李新德

副主编 孙志强 韩祥凤 李明哲 王桂林

主 审 汪 江

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共12章:第1章 单片机基础知识;第2章 MCS-51 单片机的基本结构及工作原理;第3章 MCS-51 单片机指令系统;第4章 汇编语言程序设计;第5章 MCS-51 的中断系统;第6章 MCS-51 的定时与计数器;第7章 MCS-51 串行接口;第8章 MCS-51 系统存储器的扩展技术;第9章 MCS-51 系统 I/O 口的扩展技术;第10章 人机接口技术;第11章 I/O 过程通道;第12章 单片机应用系统的设计与开发。整个内容由10个工作任务贯穿:单灯闪烁;流水灯;BCD 码相加;复杂花样彩灯;左右移流水灯;简易交通信号灯;MCS-51 单片机双机通信;矩阵键盘控制数码管;用 DAC0832 实现数模转换;单片机频率测量仪设计,同时给出各任务相应的电路原理图和参考程序。

本书适合高等院校电子类、通信类、电气类、计算机类学生使用,也可用作从事单片机开发的工程技术人员培训教材,还可作为电子设计爱好者的参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术/张宏伟,李新德主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.7

ISBN 978-7-5640-3498-6

I. ①单… II. ①张… ②李… 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(2010)第 144916 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市文通印刷包装有限公司

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/20

字 数/374千字

版 次/2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷

责任编辑/张玉荣

印 数/1~1500册

责任校对/陈玉梅

定 价/39.00元

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

自 20 世纪 70 年代以来,单片机技术作为微型计算机技术的一个分支,在工业控制、仪器仪表、航空航天、家用电器等领域的应用越来越广泛,功能也越来越完善。单片机应用的意义不仅在于它的应用范围广泛,更重要的是它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和方法,使用单片机通过软件来实现硬件电路的大部分功能,简化了硬件电路结构,并实现了智能化的控制。

针对高等院校培养高技能应用型人才的教育目标,本教材在内容的选取上以够用为原则,简化了单片机原理的难度和深度,加强了实践内容的教学,强调单片机技术的应用能力。以任务为驱动,通过实训任务的学习串联起单片机教学的主要内容,在实现工作任务的同时完成了理论知识与实践技能的培养,体现了高职教材的特色。

全书共分为 12 章:第 1 章 单片机基础知识;第 2 章 MCS-51 单片机的基本结构及工作原理;第 3 章 MCS-51 单片机指令系统;第 4 章 汇编语言程序设计;第 5 章 MCS-51 的中断系统;第 6 章 MCS-51 的定时与计数器;第 7 章 MCS-51 串行接口;第 8 章 MCS-51 系统存储器的扩展技术;第 9 章 MCS-51 系统 I/O 口的扩展技术;第 10 章 人机接口技术;第 11 章 I/O 过程通道;第 12 章 单片机应用系统的设计与开发。整个内容以 10 个工作任务贯穿:单灯闪烁;流水灯;BCD 码相加;复杂花样彩灯;并行移位流水灯;简易交通信号灯;MCS-51 单片机双机通信;矩阵键盘控制数码管;用 DAC0832 实现数模转换;单片机频率测量仪设计,同时给出各任务相应的电路原理图和参考程序。

本书由张宏伟、李新德主编,由孙志勇、曹祥凤、李明哲、王桂林副主编;王华、金赛赛、王远、胡辉参加编写;全书由曹祥凤统稿并主审。

由于编者水平有限,书中不足之处恳请使用本书的读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 单片机基础知识	(1)
1.1 单片机的概念及发展	(1)
1.2 微型计算机的组成	(3)
1.3 单片机的特点及应用领域	(6)
1.4 单片机的发展趋势	(8)
1.5 常用数值和编码	(9)
1.6 数据在计算机中的表示	(16)
习题	(18)
第 2 章 MCS-51 单片机的基本结构及工作原理	(19)
任务一 单灯闪烁	(19)
2.1 MCS-51 系列单片机的结构及引脚	(21)
2.2 中央处理单元 CPU	(24)
2.3 MCS-51 存储器结构	(28)
2.4 并行 I/O 端口	(34)
2.5 时钟和 CPU 时序	(39)
2.6 复位、低功耗及最小系统	(42)
习题	(46)
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统	(48)
任务二 流水灯	(48)
任务三 BCD 码相加	(50)
3.1 指令系统概述	(53)
3.2 寻址方式	(56)
3.3 MCS-51 指令系统	(60)
习题	(89)
第 4 章 汇编语言程序设计	(92)
任务四 复杂花样彩灯	(92)
4.1 汇编语言程序设计步骤	(97)

4.2 伪指令	(98)
4.3 汇编语言程序设计	(101)
习题	(119)
第5章 MCS-51 的中断系统	(122)
任务五 左右移流水灯	(122)
5.1 概述	(125)
5.2 MCS-51 的中断系统	(126)
5.3 MCS-51 外中断应用设计举例	(137)
习题	(138)
第6章 MCS-51 的定时/计数器	(140)
任务六 简易交通信号灯	(140)
6.1 定时/计数器结构与功能	(145)
6.2 定时/计数器相关寄存器	(146)
6.3 定时/计数器工作方式	(147)
6.4 定时/计数器的编程	(150)
6.5 定时/计数器应用	(152)
习题	(158)
第7章 MCS-51 串行接口	(159)
任务七 MCS-51 单片机双机通信	(159)
7.1 串行口的结构	(164)
7.2 串行口通信的工作方式	(166)
7.3 多机通信	(172)
7.4 波特率的设定	(173)
7.5 串行口的编程和应用	(175)
习题	(177)
第8章 MCS-51 系统存储器的扩展技术	(178)
8.1 概述	(178)
8.2 系统总线及总线构造	(179)
8.3 扩展存储器编址技术及实例	(182)
8.4 MCS-51 程序存储器的扩展	(184)
8.5 MCS-51 数据存储器的扩展	(198)
习题	(202)

第 9 章 MCS-51 系统 I/O 口的扩展技术	(203)
9.1 总线 I/O 口扩展技术	(203)
9.2 并行 I/O 口扩展技术	(214)
9.3 串行 I/O 口扩展技术	(215)
习题	(217)
第 10 章 人机接口技术	(219)
任务八 矩阵键盘控制数码管	(219)
10.1 LED 数码管显示	(223)
10.2 键盘接口技术	(229)
习题	(239)
第 11 章 I/O 过程通道	(240)
任务九 用 DAC0832 实现数模转换	(240)
11.1 过程 I/O 通道基本概念	(242)
11.2 开关量输入	(243)
11.3 输出驱动能力及其外围集成数字驱动电路	(246)
11.4 D/A 转换器的接口和应用	(252)
11.5 A/D 转换器的接口与应用	(258)
习题	(264)
第 12 章 单片机系统的设计与开发	(265)
12.1 总体设计	(265)
12.2 硬件设计	(267)
12.3 软件设计	(271)
12.4 单片机常用开发工具	(279)
12.5 应用系统实例	(289)
任务十 单片机频率测量仪设计	(289)
习题	(295)
附录 A MCS-51 系列单片机指令表	(296)
附录 B MCS-51 指令代码(操作码)速查表	(303)
附录 C 按字母顺序的 MCS-51 指令表	(305)

第1章 单片机基础知识

知识目标

1. 了解单片机的概念及发展史。
2. 掌握单片机的组成及各个部分的功能和应用。
3. 掌握数制之间的相互转换。

能力目标

1. 掌握单片机的组成结构及各个部分的功能作用。
2. 掌握单片机发展的特点和发展趋势。

1.1

单片机的概念及发展

1.1.1 什么是单片机

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 简称单片机, 由于它的结构及功能均按工业控制要求设计, 因此其确切的名称应是单片微控制器 (Single Chip Micro-controller)。单片机是把微型计算机的各个功能部件, 即中央处理器 (CPU)、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、I/O 接口、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片上, 构成一个完整的微型计算机, 故它又称为单片微型计算机。

1.1.2 单片机的发展史

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末, 经历了 SCM、MCU、SoC 三大阶段。单片机作为微型计算机的一个重要分支, 应用面很广, 发展很快。自单片机诞生至今, 已发展为上百种系列的近千个机种。目前, 单片机正朝着高性能和多品种方向发展, 趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。

1. 单片机发展历程

- (1) SCM 即单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 阶段, 主要是寻

求最佳的单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展道路上, Intel 公司功不可没。

(2) MCU 即微控制器 (Micro Controller Unit) 阶段,主要的技术发展方向是:不断扩展满足嵌入式应用时,对象系统要求的各种外围电路与接口电路,突显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关,因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在电气、电子技术厂家。从这一角度来看, Intel 逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展到微控制器。因此,当我们回顾嵌入式系统发展道路时,不要忘记 Intel 和 Philips 的历史功绩。

(3) 单片机是嵌入式系统的独立发展之路。向 MCU 阶段发展的重要因素,就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决;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。

以 8 位单片机为起点

(1) 第一阶段 (1976—1978) 单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段 (1978—1982) 单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

① 完善的外部总线。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机的总线结构,包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口。

② CPU 外围功能单元的集中管理模式。

③ 体现工控特性的位地址空间及位操作方式。

④ 指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3) 第三阶段 (1982—1990) 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段,也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机,将一些用于测控系统的模数转换器、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 系列的广泛应用,许多电气厂商竞相使用 80C51 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,增强了外围电路功能,

强化了智能控制的特征。

(4) 第四阶段 (1990—): 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地发展和应用, 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 微型计算机的组成

微型计算机是随着大规模集成电路的发展而产生的一种新型计算机。它在结构上与通用计算机十分相似, 但也有独到之处。微型计算机以微处理器为核心, 采用总线结构, 其中三总线结构尤为普遍, 如图 1-1 所示。微处理器 MPU 是通过 AB、DB 和 CB 三总线同存储器 ROM 和 RAM 及 I/O 接口相连的。如图 1-1 所示为微机组成的结构框图, 然后对各部件作基本介绍。

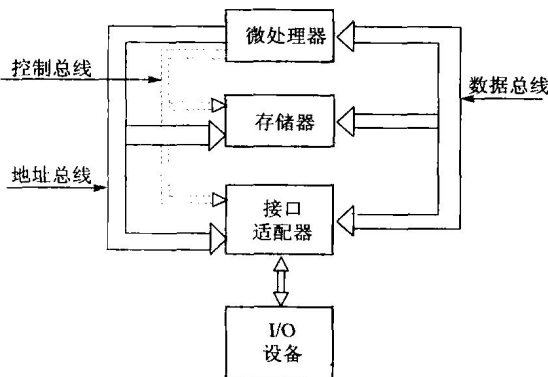


图 1-1 微机的组成

1. 存储器

存储器又称内存或主存, 是计算机的存储部件, 用来存放程序和数据 (原始数据、中间结果及最后结果)。微机内存由半导体存储器 ROM 和 RAM 组成, 它们都是采用大规模或超大规模集成电路工艺制成的存储器芯片, 具有体积小、质量轻、集成度高等特点, 现已制成包含 1.4 亿只晶体管的 8 MB 的 DRAM 芯片。

只读存储器 ROM (Read Only Memory) 是一种在正常工作时只能读不能写的存储器, 利用特殊手段将固定程序和常数存入 ROM, 一旦写入便能长期保存 (断电也不丢失), 需要时即可读出使用。ROM 中通常用来存放不变的程序, 如基本 I/O 程序、监控程序、汇编程序、高级语言解释/编译程序等, 还存储各种常用数据和表格。ROM 的种类很多, 通常按存储容量分类, 例如 4 KB × 8 bit ROM 的存储量为 4 096 个 8 位二进制数, 1 M × 8 bit ROM 存储量为 1 024 × 1 024 个 8 位二进制数。按照编程方式, 只读存储器 ROM 分为掩模 ROM、可编程 PROM、可擦除 EPROM、电擦除 E²PROM 和闪速存储器 Flash PEROM。Flash PEROM 可以在线写入 (自动擦除), 并且可以按页连续字节写入, 读出速度也很快, 又称 “F” OR “Flash” PEROM (闪速可编程可擦除 ROM)。

随机存取存储器 RAM (Random Access Memory) 是一种在正常工作时既能读又能写的存储器, 用来存放用户要运行的程序及运行程序所需的原始数据、中

间结果、最终结果以及实时数据等。RAM 中存储的信息不能长久保存, 停电后立即消失, 因此又称为易失性或易挥发性存储器。RAM 存储器的规格品种也很多, 如 4 KB、8 KB、32 KB、64 KB、256 KB、1 MB 等等。按照存储电路的不同, 随机存取存储器 RAM 又可分为动态 RAM (DRAM), 静态 RAM (SRAM), 不挥发 RAM (NVRAM)、全集成化 DRAM (I RAM)。DRAM 芯片以 MOS 管栅极电容是否充有电荷来存储逻辑 1 或 0 信息, 需要外接刷新电路来周期性地对其电荷进行刷新以维持它所代表的的数据。SRAM 芯片以触发器来存储逻辑 1 或 0 信息, 无需刷新电路。SRAM 比 DRAM 集成度低、成本高、速度快。SRAM 和 DRAM 均为易失性存储器。NVRAM 由高速 SRAM 及其后备 E²PROM 不挥发存储阵列构成, 上电时按 SRAM 实时读/写, 掉电时由其后备 E²PROM 保护存储内容不消失。I RAM 是将 DRAM 和刷新电路集成在一起, 如同 SRAM 一样使用。

ROM 和 RAM 的主要区别在于: 一是断电后 ROM 内的信息不丢失, 而 RAM 中的信息立即消失; 二是读/写方式不同, ROM 采用特殊方式写入信息, 正常工作是只读方式, 而 RAM 正常工作既能读又能写。

2. 微处理器 MPU

微处理器 MPU 是微型计算机的运算和指挥控制中心, 其性能决定了微型计算机的性能。虽然各种微处理器性能和内部结构有差异, 指令系统也不同, 但它们的基本组成相同, 都包含有控制器、运算器和内部总线。微处理器 MPU 结构框图如图 1-2 所示。

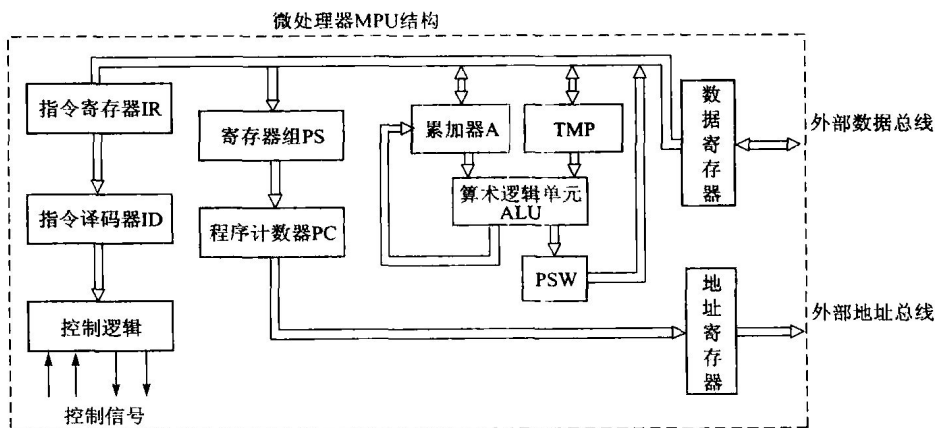


图 1-2 微处理器 MPU 结构框图

(1) 运算器。运算器在控制器的控制下, 对二进制数进行算术运算或逻辑操作。运算器由算术逻辑单元 ALU, 累加器 A、通用寄存器 PS, 暂存器 TMP 和状态寄存器 PSW 等五部分组成。

① 算术逻辑单元 ALU。ALU 是运算器的核心, 它以全加器为基础, 并辅以

移位和控制逻辑组合而成。在控制信号的控制下、可进行加减乘除等算术运算和各种逻辑运算。

② 累加器 A。累加器 A 是由触发器组成的移位寄存器，在运算前存放一个操作数，运算后存放运算结果。

③ 暂存器 TMP。TMP 也是一个寄存器，用于暂存另一操作数。

④ 程序状态字 PSW。PSW 由 8 位触发器组成，存放 ALU 操作过程中形成的状态。例如累加器 A 中的运算结果是否为零，最高位是否有进位或借位，低四位向高四位是否有进位或借位等等，都在 PSW 中相应位上进行标志。

⑤ 通用寄存器 PS。PS 用于存放操作数或运算结果。在运算前，将运算所需操作数送入累加器和暂存器，由控制信号控制 ALU 进行某种运算，把运算结果存放到累加器 A，并根据运算结果设置程序状态字 PSW 某些状态位的值。

(2) 控制器。控制器是发布操作命令的机构，是计算机的指挥中心，相当于人脑的神经中枢，控制计算机的各部分协调工作，用以自动执行整个程序。控制器由指令部件、时序部件和微操作控制部件等组成。

① 指令部件。指令部件是用来读取指令、分析指令和为完成指令产生控制信号的逻辑部件，也是控制器的核心。通常指令部件由程序计数器 PC、指令寄存器 IR 和指令译码器 ID 等三部分组成。

② 时序部件。时序部件由时钟系统和脉冲分配器组成，用于产生微操作控制部件所需的定时脉冲信号。时钟系统产生机器的时钟脉冲序列，脉冲分配器又称节拍发生器，用于产生节拍电位和节拍脉冲。

③ 微操作控制部件。此部件为指令译码器 ID 的输出信号配上节拍电位和节拍脉冲，也可和外部进来的控制信号组合，共同形成相应的微操作控制序列，以完成规定的操作。

计算机的工作就是执行程序。要执行一个程序必须将该程序放入内存，而程序是若干指令的有序排列，要执行程序只要从第一条指令开始，逐条读取指令、分析指令、执行指令直至执行到停机指令即完成程序。要从内存中读取指令，必须给出内存单元的地址，这就需要有一个专门的寄存器用来存放将要执行指令的内存地址，这个寄存器就是程序计数器 PC。当计算机根据 PC 中地址取出要执行指令的一个字节后，PC 就自动加 1，指向指令的下一字节，为机器下次读取指令做好准备。

指令寄存器 IR 用来存放从存储器中取出的当前要执行指令的指令码。该指令码在 IR 中得到寄存和缓冲后被送到指令译码器 ID 中译码，经译码后就知道该指令所要进行的操作，并在时序部件和微操作控制部件的作用下控制相应部分进行操作，执行指令。

3. I/O 接口和外设

I/O 接口是架设在微处理器和外设间的桥梁，是一种过渡的大规模集成电路

芯片。由于大多数外部设备都是机电型的，工作速度较慢，因此微处理器 MPU 通常不能和它们直接相连，而是通过 I/O 接口缓冲后再和外设相连，以便实现速度、电平和信号性质的匹配。

4. 地址总线、数据总线和控制总线

总线是在微型计算机各部分之间传送信息的公共通道，也是沟通微型计算机各种器件的桥梁。

(1) 地址总线 AB。地址总线 AB 用来传送 MPU 发出的地址码，是单向总线。当微处理器 MPU 对存储器或外部设备进行读/写操作时，首先要把存储单元或外设的地址码送到地址总线上选中，然后进行读写。地址总线条数由 MPU 型号决定，在大部分 8 位机中，地址总线通常为 16 条。

(2) 数据总线 DB。数据总线 DB 用来传送数据和指令码，是双向总线。通过 DB，MPU 可将数据写入存储器或从外设输出数据，也可从存储器或输入设备输入数据。数据总线条数常和所用微处理器字长相等，但也有内部为 16 位运算而外部仍为 8 位数据总线的情况。8 位机中数据总线通常有 8 条。

(3) 控制总线 CB。控制总线 CB 用来传送 MPU 发出的控制信号、存储器或外设的状态信号和时序信号等。每根控制总线的信息传送方向是固定的、单向的，而控制总线作为整体则为双向的。控制总线的条数因机器而异，每条控制线最多传送两个控制信号。

微型计算机采用总线结构，使得它能够十分方便地实现存储器的扩充和 I/O 接口板的增删。

1.3

单片机的特点及应用领域

1.3.1 单片机的特点

(1) 集成度高。单片机尽可能把实际应用所需要的 CPU、RAM、ROM、I/O 接口及定时器/计数器都集成在一块芯片内，使之成为名副其实的单片机。内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连接，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。与常规的计算机系统相比，具有体积小、集成度高的特点。

(2) 存储容量大。采用了 16 位地址总线的 8 位单片机 8051 可寻址外部 64 KB 数据存储器和 64 KB 程序存储器。有的单片机为了提高速度和执行效率，采用了 RISC 流水线和 DSP 的设计技术，使单片机的性能明显优于同类微处理器，单片机的寻址已突破 64 KB 的限制，8 位和 16 位单片机寻址可达 1 MB 和 16 MB。

(3) 外部扩展能力强。在单片机内部的各种功能部分不能满足应用需求时，均可在外部进行扩展（如扩展 ROM、RAM、I/O 接口、定时/计数器，中断系统

等), 给应用系统设计带来极大的方便和灵活性。

(4) 控制功能强。采用面向控制的指令系统, 能针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务。为满足控制的需要, 单片机有很强的逻辑控制能力, 特别是具有很强的位处理能力。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机。可以方便地实现多机和分布式控制, 使整个控制系统的效率和可靠性大为提高。

(5) 低电压、低功耗。单片机大量应用于便携式产品和家用电器产品, 低电压和低功耗的特性尤为重要。采用 CHMOS 制造工艺, 集 HMOS 的高速、高集成度和 CMOS 的低功耗技术于一体, 使单片机的功耗进一步降低, 适应电压范围更宽 (2.6 ~ 6 V)。

(6) 性能价格比高。单片机另一个显著特点是成本低, 运用灵活, 易于产品化, 能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器, 做到机电一体化。因此世界上各大公司在提高单片机性能的同时, 进一步降低价格, 提高性能价格比是各公司竞争的主要策略。

(7) 可靠性高。抗干扰能力强, 适用温度范围宽, 在各种恶劣的环境下都能可靠地工作, 这是其他类型计算机无法比拟的。

1.3.2 单片机的应用领域

单片机有着体积小、功耗低、功能强、性能价格比高、易于推广应用等显著特点, 具体体现在以下几个方面: 智能化仪器仪表、自动化装置、家用电器、医用设备、计算机网络和通信领域等, 大致可分如下几个范畴:

(1) 在智能仪器仪表上的应用。可实现如电压、功率、频率、温度、流量、重量、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化, 且功能更强。例如精密的测量设备中电子秤、功率计、数字示波器等。

(2) 在工业控制中的应用。用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。如智能传感器、数控机床、工业机器人、电梯智能化控制、自动生产线控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用。可以这样说, 现在的家用电器基本上都采用了单片机控制, 如电饭煲、微波炉、洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、DVD 机、游戏机、录像机、音响设备等。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用。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, 从调制解调器、集群移动通信、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信, 再到日常工作中随处可见的电话机、移动电话和无线电对讲机等。

(5) 单片机在医用设备领域中的应用。单片机在医用设备中的用途亦相当

广泛,例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

(6) 其他领域的应用。单片机在工商、金融、交通、教育、国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。如自动售货机、电子收款机、银行统计机;交通指示灯、加油机、汽车内部的自动装置;传真机、复印机、打印机、绘图仪、磁盘驱动器、显示器、图形终端机、智能终端机;导弹制造、雷达、目标识别、跟踪、航天事业等。

1.4

单片机的发展趋势

现在可以说单片机是百花齐放,百家争鸣的时期,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 80C51 系列兼容的,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。纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势大致包括:

1. 低功耗 CMOS 化

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630 mW,而现在的单片机普遍都在 100 mW 左右,随着对单片机功耗要求越来越低,现在的各个单片机制造商基本都采用了 CMOS (互补金属氧化物半导体工艺)。像 80C51 就采用了 HMOS (即高密度-金属-氧化物-半导体工艺)和 CHMOS (互补-高密度-金属-氧化物-半导体工艺)。CMOS 虽然功耗较低,但由于其物理特征决定其工作速度不够高,而 CHMOS 则具备了高速和低功耗的特点,这些特征,更适合于在要求低功耗如电池供电的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。

2. 微型单片化

现在常规的单片机普遍都是将中央处理器 (CPU)、随机存取数据存储 (RAM)、只读程序存储器 (ROM)、并行和串行通信接口,中断系统、定时电路、时钟电路集成在一个单一的芯片上,增强型的单片机集成了如 A/D 转换器、PMW (脉宽调制电路)、WDT (看门狗),有些单片机将 LCD (液晶)驱动电路都集成在单一的芯片上,这样单片机包含的单元电路就更多,功能就越强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有个性特色的单片机芯片。此外,现在的产品普遍要求体积小、重量轻,这就要求单片机除了功能强和功耗低外,还要求其体积要小。现在的许多单片机都具有多种封装形式,其中 SMD (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方向发展。

3. 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 80C51 为核心的单片机占主流,兼容其结构和指令系统的有 PHILIPS 公司的产品、ATMEL 公司的产品和中国台湾的 Winbond 系列单片机。所以 80C51 为核心的单片机占据了半壁江山。而 Microchip 公司的 PIC 精简指令集 (RISC) 也有着强劲的发展势头,中国台湾的 HOLTEK 公司近年的单片机产量与日俱增,以其低价质优的优势,占据一定的市场份额。此外还有 MOTOROLA 公司的产品。在一定的时期内,这种情形将得以延续,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补,相辅相成,共同发展的道路。

综上所述,由于 8 位单片机在性能价格比上占有绝对优势,而且 8 位增强型单片机在速度和功能上向现在的 16 位单片机挑战,因此在未来相当长的时期内,无论是从全国范围还是全球范围来看,使用最为广泛的应属 MCS-51 单片机,8 位单片机仍是单片机的主流机型。正是基于这一事实,本书以应用最为广泛的 MCS-51 系列 8 位单片机 8051 为研究对象,介绍 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的硬件结构、工作原理、指令系统及应用系统的设计。

1.5 常用数值和编码

计算机是用于处理数字信息的,单片机也是如此。各种数据及非数据信息在进入计算机前必须转换成二进制数或二进制编码。下面介绍计算机中常用数值和编码以及数据在计算中的表示方法。

1.5.1 数制及数制间转换

1. 数制——计数的进位制

单片机中常用的有 3 种数制:二进制、十进制和十六进制。其中只有二进制数是计算机能直接处理的,但是二进制数表达过于繁杂,所以引入十六进制数,十进制是人们最熟悉的数制。这 3 种数制在单片机中都是经常使用的。

① 十进制 (Decimal, 用 D 表示)。大约在公元 400 年左右,印度数学家首先发明了用十进制计数,这可能是由于人有十个手指和十个脚趾的缘故吧。约在公元 800 年,阿拉伯人开始使用它,所以又称它为阿拉伯数制,以后传到了欧洲,才被命名为“十进制数制”。

十进制用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 十个数字来表示数。十进制数的基数是 10, 当计数时,每一计到十就往上计一位,也就是逢十进一;或者说,上一位的数是下一位的十倍。

如果用 α 表示任何一个十进制数,那么一个含有 n 位整数、 m 位小数的十进制数的通用表达式是:

$$N = \alpha_{n-1} \times 10^{n-1} + \alpha_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + \alpha_0 \times 10^0 + \alpha_{-1} \times 10^{-1} + \cdots + \alpha_{-m} \times 10^{-m}$$

或写成:

$$N = \sum_{i=-m}^{n-1} \alpha_i \times 10^i$$

十进制是人们习惯的数制,但不是唯一的数制,比如,还有二进制、八进制、十二进制、十六进制和六十进制等。

② 二进制数(Binary,用B表示)。以2为基数的数制叫二进位计数制,计算机中采用的是二进制数。它只包括两个符号,即0和1。在一个二进制数中,前一位的权是后一位的两倍,即逢二进一。对于整数,从右往左各位的权是1,2,4,8,16,32,⋯;对于小数,从左往右各位的权是1/2,1/4,1/8,1/16,1/32⋯。把十进制表示式中的10都换为2就得到二进制的表示式:

$$N = \alpha_{n-1} \times 2^{n-1} + \alpha_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + \alpha_0 \times 2^0 + \alpha_{-1} \times 2^{-1} + \cdots + \alpha_{-(m-1)} \times 2^{-(m-1)} + \alpha_{-m} \times 2^{-m}$$

或简写成为:

$$N = \sum_{i=-m}^{n-1} \alpha_i \times 2^i$$

式中 α_i 是0或1,具体取值由N决定。例如:

二进制数1010110.1011B(Binary)表示的十进制数值是:

$$\begin{aligned} & 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + \\ & 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} = 128 + 32 + 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.125 + 0.0625 \\ & = 173.6875 \end{aligned}$$

日常生活中人们习惯于十进位计数制,所以感到二进位计数制很不方便,那么电子计算机为什么还采用二进位计数制呢?因为目前研究最成熟的是具有两个稳定状态,且具有记忆功能的电子电路,使用二进制能够很方便又直观地表示出机器中双稳态电路的两个稳定,并可相互交换的物理状态;反过来,一个双稳态电路的0或1两个状态可以用来表示一位二进制数,几个电子器件就可以代表一组多位二进制数。

③ 十六进制数(Hexadecimal,用H表示)。尽管用二进制数表示计算机中的信息很方便,但为了便于书写和阅读,经常采用十六进制,即在计数时,逢十六进一。这样,书写的长度非常短,且可很方便地将十六进制数转换为二进制或将二进制转换为十六进制。大部分计算机所处理的数据位长都是4的整数倍(如4位、8位、16位、32位等),所以计算机经常采用十六进制。它有以下3个基本特征:

1) 具有十六个数字符号:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F;