



河南省“十四五”普通高等教育规划教材

MCS-51 单片机技术

项目驱动教程

(C 语言)(第 2 版)

牛 军 主编

黄大勇 薛 晓 曹 原 陈华敏 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书首先对 8051 单片机的硬件基础、C51 编程基础、Keil C51 软件的使用等方面进行了详细介绍,然后具体针对基础型 8051 单片机的各功能模块,从工程应用的实际需要出发,将知识点分解为 I/O 口输入输出功能、外部中断功能、LED 数码管显示技术、LED 点阵显示技术、键盘系统设计、定时器/计数器应用、LCD 液晶显示技术、串口通信技术、A/D 转换器应用、D/A 转换器应用、并行 RAM 扩展、I²C 总线扩展、SPI 总线扩展、直流电机控制、步进电机控制、多机通信等十六个部分,采用项目驱动的方式,以项目设计需要带动各部分知识点的学习,再以设计任务为载体,从硬件电路设计、C51 程序编写、系统功能仿真等方面进一步促进读者对知识的理解和掌握,以训练并提高其实践能力。

本书可作为高等院校电子、电气、自动化、计算机应用等相关专业单片机技术课程的教学用书,也可作为广大从事单片机应用系统开发的工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。举报: 010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 单片机技术项目驱动教程: C 语言 / 牛军主编. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2023.5
ISBN 978-7-302-63302-0

I. ①M… II. ①牛… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—教材 IV. ①TP368.1②TP312

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 059266 号

责任编辑: 刘金喜

封面设计: 范惠英

版式设计: 思创景点

责任校对: 成凤进

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编: 100084

社 总 机: 010-83470000

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 三河市龙大印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 18.75

字 数: 480 千字

版 次: 2015 年 9 月第 1 版

2023 年 6 月第 2 版

印 次: 2023 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 69.80 元

产品编号: 101490-01

前 言

单片机技术是一门实践性非常强的专业技术课程。对某一专业技术，往往需要经过理论学习与实践训练过程的反复交叉才能掌握。因此，只有按照理论—实践—理论—实践的路线去培养训练学生，才能达到最佳的教学效果。

当前众多的单片机技术教材，一般注重于对理论知识的介绍，各章节知识点相对比较孤立，在实践练习方面大多停留在以实例仿真促进对相应知识点的理解和掌握上，缺乏从工程应用的角度教会读者如何系统地分析问题和进行设计能力训练，在技能培养方面同工程应用中的实际问题联系不够紧密。

编者具有多年的单片机技术教学和工程实践经验，从学习技术的客观规律出发，开展了以项目驱动法教学的单片机技术课程改革，并取得了显著的教学效果。通过对课程改革经验的总结和提炼，我们组织编写了本书，并根据实际教学应用效果和广大师生反馈进行了修订。本书紧密结合应用型人才培养的目标，从切实提高学生的应用实践能力出发，以工程项目设计为载体，引导学生进行 51 单片机知识点的学习和应用实践能力训练。同时，本书贯彻党的二十大精神，坚持为党育人、为国育才，以立德树人为根本任务，结合专业特点和章节内容，多方位培养学生的爱国情怀、工匠精神、创新意识和职业素养。

本书首先对 51 单片机的硬件基础、单片机的 C 语言编程等方面进行了详细的介绍，然后针对 51 单片机的各功能模块，从工程应用的需要出发，设计了 I/O 口输入输出功能、外部中断功能、LED 数码管显示技术、LED 点阵显示技术、LCD 液晶显示技术、键盘系统设计、定时器/计数器应用、串行口通信技术、A/D 转换器应用、D/A 转换器应用、并行 RAM 扩展、I²C 总线扩展、SPI 总线扩展、直流电机控制、步进电机控制、多机通信等十六个部分，采用项目驱动的方式，以项目设计内容带动知识点学习，以硬件电路、软件编程、运行调试等的设计实现带动实践应用能力的训练。

本书主要具有以下几个特点。

(1) 从工程应用的实际出发，优化了教学内容，删繁就简，抓住核心知识，摒弃过时的理论与技术，补充新技术、新方法。例如：去除了汇编指令和汇编语言编程部分，直接培养学生的单片机 C 语言编程应用能力；在串口通信部分，补充了当前已广泛采用的“USB 转串口”硬件接口方法。

(2) 以项目设计任务为主线带动相关知识的介绍和应用技能训练，通过对多个训练项目的设计与实现，达到对 51 单片机所有知识单元和功能模块的系统学习和训练。

(3) 通过项目设计案例使理论知识和实践应用密切联系，设计方案紧扣工程实际，注重引导读者了解工程应用中需要考虑的实际问题和解决思路，培养工程化设计意识，锻炼学生分析问题、解决问题的能力。

(4) 项目知识点的学习由浅入深，先进行基本编程方法练习，在此基础上，进一步开展工

程项目的综合设计与编程。

(5) 每一个项目的设计例程都在 Proteus 仿真软件中运行通过, 便于读者实践练习。

(6) 每章结尾以小结的形式, 对关键知识和技术要点进行总结和延展, 并结合内容特点, 自然融入了爱国情怀、工匠精神、科学素养、创新意识、责任意识、社会主义核心价值观等方面的内容, 发挥了单片机技术课程的思政育人功能。

全书共分为 19 章。第 1 章为单片机技术概述; 第 2 章介绍 MCS-51 单片机的硬件基础; 第 3 章介绍 51 单片机的 C 语言程序设计基础; 第 4 章~第 19 章为项目设计, 分别针对单片机的 I/O 口输入输出功能、外部中断功能、LED 数码管显示技术、 16×16 LED 点阵显示技术、键盘系统设计、单片机定时器/计数器应用、LCD1602 液晶显示技术、串行口通信技术、8 位并行 A/D 转换器应用、8 位并行 D/A 转换器应用、并行 RAM 扩展、 I^2C 总线扩展、SPI 总线扩展、直流电机控制、步进电机控制、多机通信等内容设计了 16 个项目。该部分首先介绍基本知识点及应用方法, 紧跟着进行项目设计训练, 包括硬件电路设计、软件编程、系统仿真等, 有效促进读者对知识的理解并提高其实践能力。

本书由南阳理工学院的牛军、黄大勇、薛晓、曹原和陈华敏等老师组稿和编写, 全书由牛军统编和审定。其中, 牛军编写了第 3、7、15、16 章和附录, 黄大勇编写了第 6、9、13、14 章, 薛晓编写了第 10、11、12 章, 曹原编写了第 1、2、4、5 章, 陈华敏编写了第 8、17、18、19 章。

本书 PPT 教学课件和案例源文件可通过 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 下载。

衷心期望本书能够对读者的 8051 单片机学习有所帮助和提高, 同时也真诚地欢迎读者对本书的疏漏给予批评和指正。

服务邮箱: 476371891@qq.com。

编 者

2023 年 1 月于南阳理工学院

目 录

第 1 章 单片机技术概述	1	3.3.1 变量存储类型与存储区	28
1.1 单片机的发展	1	3.3.2 变量的绝对定位	30
1.2 单片机的特点	2	3.3.3 C51 位变量的定义	30
1.3 单片机的应用	3	3.3.4 C51 特殊功能寄存器的定义	32
1.4 常用单片机简介	5	3.3.5 C51 指针的定义	33
1.5 单片机常用术语	7	3.3.6 指针的应用	33
1.6 小结	8	3.4 C51 函数的定义	35
思考与练习	9	3.5 C51 中的运算符和表达式	36
第 2 章 MCS-51 单片机硬件基础	10	3.6 C51 语句和控制结构	41
2.1 MCS-51 单片机内部结构		3.7 C51 编程实例	46
及 CPU	10	3.8 C51 程序开发软件 Keil C 简介	48
2.1.1 内部结构	10	3.8.1 建立工程项目	48
2.1.2 8051CPU	11	3.8.2 建立 C 语言程序文件并	
2.2 MCS-51 单片机引脚功能	13	编译	50
2.3 MCS-51 单片机存储器结构	17	3.8.3 调试与仿真	53
2.3.1 程序存储器	17	3.9 小结	55
2.3.2 数据存储器	18	思考与练习	55
2.4 MCS-51 单片机时钟及 CPU		第 4 章 项目一：按键控制 8 个 LED 灯	
时序	21	花样显示	56
2.4.1 单片机时钟	21	4.1 MCS-51 单片机 I/O 口结构及	
2.4.2 CPU 时序	23	工作原理	56
2.5 MCS-51 单片机低功耗工作		4.1.1 P0 口结构与应用	56
方式	23	4.1.2 P1 口结构与应用	60
2.6 小结	24	4.1.3 P2 口结构与应用	60
思考与练习	25	4.1.4 P3 口结构与应用	61
第 3 章 MCS-51 单片机 C 语言程序设计		4.2 MCS-51 单片机 I/O 口编程	62
基础	26	4.3 项目设计	63
3.1 C51 概述	26	4.4 小结	67
3.2 C51 数据类型	26	思考与练习	67
3.3 C51 变量定义	28		

第5章 项目二：两级外部中断控制

LED 灯做不同显示 69

5.1 中断技术概述 69

5.1.1 中断的概念 69

5.1.2 中断的功能 70

5.2 MCS-51 单片机中断系统 70

5.2.1 中断系统结构 70

5.2.2 中断系统中的特殊功能
寄存器 71

5.3 外部中断功能编程实例 75

5.4 项目设计 77

5.5 外部中断源扩展 79

5.6 小结 80

思考与练习 81

第6章 项目三：单片机控制多位 LED

数码管动态显示 82

6.1 LED 数码管结构及显示原理 82

6.2 LED 数码管静态显示及实例 85

6.3 LED 数码管动态显示及实例 86

6.4 项目设计 89

6.5 小结 92

思考与练习 92

第7章 项目四：单片机控制 16×16 LED

点阵显示汉字 93

7.1 LED 点阵结构及显示原理 93

7.1.1 LED 点阵结构 93

7.1.2 显示原理 93

7.2 8×8 点阵应用实例 95

7.3 16×16 点阵汉字显示 97

7.3.1 LED 汉字点阵的编码原理 98

7.3.2 字模的提取 98

7.3.3 16×16 LED 点阵构成 99

7.3.4 应用实例 99

7.4 项目设计 103

7.5 小结 114

思考与练习 114

第8章 项目五：单片机 4×4 矩阵键盘

输入并显示 115

8.1 按键的识别与抖动 115

8.2 独立式键盘设计 116

8.3 矩阵式键盘结构与扫描方法 117

8.3.1 矩阵式键盘结构 117

8.3.2 行扫描法原理及编程 117

8.3.3 行列反转法原理及编程 118

8.4 项目设计 120

8.5 小结 125

思考与练习 126

第9章 项目六：单片机对外部脉冲计数

并定时控制 127

9.1 MCS-51 单片机定时器/计数器
结构 1279.2 AT89C51 单片机定时器/计数器
工作方式与工作模式 1289.2.1 特殊功能寄存器 TMOD 和
TCON 128

9.2.2 定时器的四种模式及应用 130

9.3 AT89C51 单片机定时器/计数器
编程实例 133

9.3.1 编程初始化步骤 133

9.3.2 编程实例 133

9.4 项目设计 138

9.5 小结 141

思考与练习 141

第10章 项目七：LCD1602 液晶显示的

电子密码锁设计 142

10.1 LCD1602 液晶显示模块 142

10.2 LCD1602 液晶显示设计
实例 147

10.3 项目设计 150

10.4 小结 161

思考与练习 161

第 11 章 项目八：单片机与 PC 互发数据	162	13.3 项目设计	198
11.1 数据通信方式	162	13.4 小结	202
11.2 AT89C51 单片机串口结构及工作原理	164	思考与练习	202
11.3 串口工作方式及控制	165	第 14 章 项目十一：基于 DAC0832 的数字波形发生器	203
11.3.1 串口相关的特殊功能寄存器	165	14.1 DAC0832 简介	203
11.3.2 串口工作方式	167	14.2 DAC0832 与 AT89C51 的接口及编程方法	205
11.3.3 波特率设计	169	14.2.1 直通方式	205
11.4 串口应用实例	170	14.2.2 单缓冲方式	206
11.4.1 串口编程初始化步骤	170	14.2.3 双缓冲方式	207
11.4.2 方式 0 应用实例	170	14.3 项目设计	208
11.4.3 方式 1 应用实例	173	14.4 小结	212
11.4.4 方式 3 应用实例	175	思考与练习	212
11.5 串口项目设计	176	第 15 章 项目十二：AT89C51 扩展串行 E²PROM AT24C02	213
11.6 小结	182	15.1 I ² C 总线简介	213
思考与练习	182	15.1.1 I ² C 总线信号逻辑	214
第 12 章 项目九：单片机片外三总线扩展并行 SRAM	183	15.1.2 I ² C 总线数据传输过程	214
12.1 MCS-51 单片机并行扩展三总线结构	183	15.2 AT89C51 扩展 I ² C 总线方法	215
12.2 扩展片外并行 RAM 方法	184	15.3 AT89C51 扩展 I ² C 总线编程	217
12.2.1 常用静态 RAM 芯片	184	15.4 项目设计	218
12.2.2 单片机与 6264 的接口设计	185	15.5 小结	223
12.2.3 访问片外 RAM 的软件编程	188	思考与练习	224
12.3 项目设计	189	第 16 章 项目十三：单片机扩展 SPI 总线接口	225
12.4 小结	191	16.1 SPI 总线简介	225
思考与练习	191	16.2 AT89C51 扩展 SPI 总线接口方法	226
第 13 章 项目十：ADC0809 多通道电压采集与显示	192	16.3 AT89C51 扩展 SPI 总线程序编写方法	226
13.1 ADC0809 简介	192	16.3.1 数据输出	226
13.2 ADC0809 与 AT89C51 的接口及编程方法	194	16.3.2 数据输入	228
13.2.1 采用 I/O 口控制方式	194	16.3.3 数据同时输入/输出	229
13.2.2 采用总线操作方式	196	16.4 项目设计 1：AT89C52 扩展串行 A/D 转换器 TLC2543	230

16.4.1	TLC2543 简介	230	18.2	AT89C51 控制步进电机的驱动 电路设计	255
16.4.2	项目设计	233	18.3	AT89C51 控制步进电机的程序 编写方法	257
16.5	项目设计 2: AT89C52 扩展串行 D/A 转换器 TLC5615	236	18.4	项目设计	259
16.5.1	TLC5615 简介	236	18.5	小结	263
16.5.2	项目设计	238		思考与练习	263
16.6	小结	240	第 19 章	项目十六: AT89C51 单片机 多级通信	264
	思考与练习	240	19.1	单片机多机通信原理	264
第 17 章	项目十四: AT89C51 控制的 直流电机调速系统	241	19.2	AT89C51 单片机多机通信程序 设计	265
17.1	直流电机工作原理	241	19.3	项目设计	272
17.2	单片机控制直流电机的驱动 电路设计	242	19.4	小结	279
17.3	单片机控制直流电机的程序 编写方法	244		思考与练习	280
17.4	项目设计	246	附录 A	ASCII 码表	281
17.5	小结	250	附录 B	C51 库函数	282
	思考与练习	250	B.1	本征函数 intrins.h	282
第 18 章	项目十五: AT89C51 控制的 步进电机调速系统	252	B.2	绝对地址存取库函数 absacc.h	283
18.1	步进电机工作原理	252	B.3	数学函数 math.h	283
18.1.1	步进电机简介	252	B.4	输入/输出库函数 stdio.h	285
18.1.2	步进电机转动机理	252	B.5	字符串函数 string.h	287
18.1.3	28BYJ-48 型步进电机控制 原理	254		参考文献	289

单片机技术概述

单片机是单片微型计算机(single chip microcomputer)的简称, 它将中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、中断系统、定时器/计数器、串行口和 I/O 接口等主要计算机部件集成在一块大规模集成电路芯片上, 如图 1-1 所示。单片机只是一块芯片, 但是它已具有了微型计算机的组成结构和功能, 所以也称为微控制器(micro controller unit, MCU)。单片机以其易开发、性价比高、体积小、使用灵活等特点广受工程技术人员的青睐, 被广泛应用于电子产品、自动化设计、家用电器等各个方面, 引起了仪器仪表结构的根本性变革。

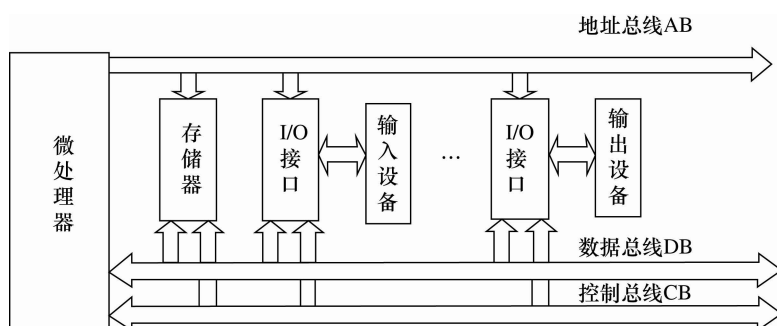


图 1-1 微型计算机示意图

1.1 单片机的发展

美国 Intel 公司在 20 世纪 70 年代初开发生产的 4 位微型计算机 4004 和 8 位微型计算机 8008 是单片机时代的开始, 集成度为 2000 只晶体管/片的 4 位微处理器 Intel 4004, 配有 RAM、ROM 和移位寄存器, 构成了第一台 MCS-4 微处理器。Intel 4004 的推出拉开了单片机研制的序幕, 在其后的几十年间, 单片机经历了四次更新换代, 其发展速度更是达到了每三四年就要更新换代一次, 集成度和处理能力突飞猛进。

1976 年 Intel 公司首先推出 MCS-48 系列单片微型计算机, 它集成了 8 位 CPU、1KB 程序存储器、64KB 随机存储器、27 个 I/O 引脚和 8 位定时器/计数器, MCS-48 已成为真正意义上的单片机, 获得了广泛的应用, 为单片机的发展奠定了基础。这一代单片机的主要特征是为单片机配置了完善的外部并行总线(AB、DB、CB)和具有多机识别功能的串行通信接口(UART),

规范了功能单元的特殊功能寄存器(SFR)控制模式及适应控制器特点的布尔处理系统和指令系统,为发展具有良好兼容性的新一代单片机奠定了良好的基础。在 MCS-48 单片机成功应用于各种电子设备和工业生产的环境下,许多半导体公司和计算机公司争相研制和发展自己的单片机系列,如 Motorola 公司的 6801、6802, Rockwell 公司的 6501、6502,日本的 NEC 公司、日立公司及 EPSON 公司也相继推出了各自的单片机。8 位单片机系列因其性价比的巨大优势,在工业控制、电子产品等诸多应用领域占有较大的比重,估计近十年内,8 位单片机仍将是单片机中的主流机型。目前单片机的品种很多,但其中最具典型性、应用最广泛的非 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机莫属,它具有品种全、兼容性强、应用简单等特点。

从 20 世纪 80 年代开始,各个公司开始推出 16 位单片机。1983 年 Intel 公司推出了 MCS-96 系列单片机,其集成度达到 12 万只晶体管,工作频率提升到 12MHz,片内含 16 位 CPU、8 KB ROM、232B RAM、5 个 8 位并行 I/O 口、4 个全双工串行口、4 个 16 位定时器/计数器、8 级中断处理系统。飞利浦公司推出了与 80C51 兼容的 16 位单片微机 80C51XA,美国国家半导体公司推出了 HPC16040,NEC 公司推出了 783XX 系列等。16 位单片机把单片机的功能又推向了一个新的阶段,其在高速复杂的控制系统中的良好表现使其在工业控制、智能仪表等应用领域得到了长足的发展。

近年来,各计算机生产厂家已进入更高性能的 32 位单片机研制、生产阶段,但是由于控制领域对 32 位单片机的需求并不迫切,所以 32 位单片机的应用并不很多。单片机的发展虽然先后经历了 4 位、8 位、16 位到 32 位,但从实际使用情况看,并没有出现高性能单片机一家独大的局面,4 位、8 位、16 位单片机仍广泛应用在各个领域,特别是 8 位单片机在中、小规模的设计等应用场合仍占主流地位。

1.2 单片机的特点

单片机已被广泛应用于军事、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,使得产品功能、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。单片机具有如下特点。

1. 种类众多

世界上有众多生产单片机的厂商,其产品从普通的单片机到专有的定制产品应有尽有,种类齐全,能满足开发人员的各类设计需求,且产品具有较好的兼容性,适合于各类电子产品和控制系统使用。

2. 性价比高

单片机的集成度已达到百万级以上,并广泛采用 RISC 流水线和 DSP 等技术,其寻址能力已超过 1MB,片内 ROM 容量达到 62MB, RAM 容量达到 2MB,运行速度和效率非常高,再加上单片机应用广泛,市场需求量大,各大公司的商业竞争使其价格十分低廉,性价比极高。

3. 集成度和可靠性高

单片机把各种功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,集成度很高。其芯片按照工业测控环境的要求设计,抗噪声性能强,单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中,不易被破坏,不易受病毒攻击,提高了单片机的可靠性与抗干扰能力,运作时系统稳定可靠。

4. 存储器 ROM 和 RAM 是严格区分的

程序存储器只存放程序、固定常数及数据表格。数据存储器用作工作区及存放用户数据。在使用单片机控制系统时,把开发成功的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在 RAM 中。小容量的数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机内,以加速单片机的执行速度。

5. 采用面向控制的指令系统

为满足控制的需要,单片机有极强的逻辑控制能力,特别是具有很强的位处理能力。单片机的指令系统均有极丰富的条件,具有分支转移能力、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,且硬件资源丰富,能充分满足工业控制的各种要求。

6. I/O 引脚通常是多功能的

由于单片机芯片上引脚数目有限,为了解决实际引脚数和需要的信号线之间的矛盾,采用了引脚功能复用的方法,引脚处于何种功能,可由指令来设置或由机器状态来区分。

7. 外部扩展能力强

当单片机内部的功能部分不能满足应用需求时,可在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM、I/O 接口、定时器/计数器、中断系统等),给设计与应用带来极大的方便和灵活性。

8. 简便易学

大多数单片机采用 C 语言进行编程,且提供大量的函数,这为学习和设计单片机的人员提供了便利,单片机初学者只需把编辑、调试通过的软件程序直接在线写入单片机,即可开发单片机系列中各种封装的器件,这使得进入单片机开发的门槛非常低。

1.3 单片机的应用

由于单片机具有价格低廉、性能优异、体积小和使用简单等优点,其在工业控制、电子制造、农业生产、家电设备甚至军事领域都有广泛的应用,单片机的应用结合软硬件,适合多学科交叉应用,适合现场恶劣环境,应用领域广泛且意义重大。

1. 智能仪器仪表

智能仪器仪表是单片机应用最多最活跃的领域之一。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,提高其性价比。结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、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,且功能比起采用电子或数字电路更加强大。常见的应用单片机的精密测量设备有功率计、示波器、各种分析仪等。

2. 机电一体化产品

机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术和计算机技术于一体,使其产品具有智能化特征的电子产品,它是机械工业发展的方向。用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统,如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制、各种报警系统、与计算机联网构成二级控制系统等。单片机作为机电产品的控制器,可以充分发挥其体积小、控制能力强和安装使用方便的特点,提升机器的自动化和智能化程度。

3. 商用产品和家用电器

目前国内外各种商用产品和家用电器已经普遍用单片机代替传统的控制电路。例如,自动售货机、电子收款机、电子秤、洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、收音机、录像机、电风扇及许多高级电子玩具都配上了单片机。

4. 计算机和通信网络

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,如手机、固定电话、程控交换机、无线对讲机、列车无线通信系统等。

5. 医疗设备

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,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. 办公自动化领域

单片机应用在现代办公室中大量的通信和信息产品中,如绘图仪、复印机、电话、传真机等。一台 PC(个人计算机)可能嵌入了 10 个单片机,分别控制键盘、鼠标、显示器、CD-ROM、声卡、打印机、软/硬盘驱动器和调制解调器等。

7. 汽车电子与航空航天电子系统

通常在这些电子系统中的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驭系统、通信系统以及运行监视器(黑匣子)等,都需要单片机来构成冗余的网络系统。例如,一台 BMW-7 系列宝马轿车就用了 63 个单片机。

8. 军事方面

在国防军事和尖端武器等领域，单片机因其可靠性高和能适应恶劣环境的特点，广泛应用于飞机、大炮、坦克、军舰、导弹、火箭、雷达等系统。

单片机的应用正从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法，从前由模拟电路或数字电路实现的控制功能，体积大、成本高、精度低，现在只需在单片机外围接上接口电路，由人写入程序就可以实现，这样产品的体积变小，成本降低，精度也更高了。据统计，我国的单片机年容量已达 10 亿片，且每年都在以一定的速度增长。

1.4 常用单片机简介

1. MCS-51 单片机

MCS-51 单片机是所有兼容 Intel 8051 指令系统单片机的统称。8051 系列单片机最早由 Intel 公司推出，后来 Intel 公司以专利转让的形式把 8051 的内核转让给许多半导体芯片厂商，如 Philips、三星、华邦等公司，这些厂商在保持与 8051 单片机兼容的基础上改善了 8051 的许多特点，提高了速度，降低了时钟频率，放宽了电源电压的动态范围，降低了产品价格。

MCS-51 系列单片机的 CPU 结构与通用微机的 CPU 结构有所不同。通用微机的 CPU 内部有一定数量的通用或专用寄存器，而 MCS-51 系列单片机则在数据 RAM 区开辟了一个工作寄存器区，该区共分 4 组，每组 8 个寄存器，共计可提供 32 个工作寄存器，相当于通用微机 CPU 中的通用寄存器。除此之外，MCS-51 系列单片机还有颇具特色的 21 个特殊功能寄存器(SFR)。要理解 MCS-51 系列单片机的工作，就必须对特殊功能寄存器(SFR)的工作有清楚的了解。SFR 使仅具有 40 只引脚的单片机系统的功能有了很大的扩展，由于这些 SFR 的作用，每个通道在程序控制下，都可实现第二功能，从而使得有限的引脚能衍生出更多的功能；而且，利用 SFR 可完成对定时器、串行口、中断逻辑的控制，这就使得单片机可以把定时器/计数器、串行口、中断逻辑等集成在一个芯片上。

目前市场上比较有代表性的 51 单片机有 Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机，其中 AT89S51/52 十分活跃；再有就是 STC 系列单片机，其完全兼容传统 8051 单片机，是宏晶科技推出的新一代超强抗干扰、高速、低功耗的单片机，应用日趋广泛。

2. AVR 单片机

AVR 单片机是美国 Atmel 公司推出的增强型内置闪存(flash memory)高速 8 位单片机，其具有精简指令集(RISC)和内载的闪存，其显著的特点为高性能、高速度、低功耗，共有 118 条指令，使得 AVR 单片机具有高达 1MIPS/MHz 的高速运行处理能力。

RISC 结构是 20 世纪 90 年代开发出来的一种综合了半导体集成技术和提高软件性能的新结构，是为了提高 CPU 运行的速度而设计的芯片体系。它的关键技术在于采用流水线操作(pipelining)和等长指令体系结构，使一条指令可以在一个单独操作中完成，从而实现在一个时钟周期内完成一条或多条指令。同时 RISC 体系还采用了通用快速寄存器组的结构，大量使用

寄存器之间的操作,简化了 CPU 中处理器、控制器和其他功能单元的设计。因此,RISC 的特点就是通过简化 CPU 的指令功能,使指令的平均执行时间减少,从而提高 CPU 的性能和速度。在使用相同的晶片技术和相同的运行时钟下,RISC 系统的运行速度是复杂指令集(CISC)的 2~4 倍。RISC 体系所具有的优势,使其在高端系统中得到了广泛的应用。

常用的 AVR 单片机有 ATMEGA8、ATMEGA16 等,其广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、通信设备和家用电器等各个领域。

3. PIC 单片机

PIC 系列单片机是美国微芯公司(Microchip)的产品。CPU 采用 RISC 结构,分别有 33 条、35 条、58 条指令(视单片机的级别而定),属精简指令集。采用 Harvard 双总线结构,运行速度快(指令周期为 160~200ns),它能使程序存储器的访问和数据存储器的访问并行处理。PIC 单片机的 I/O 口是双向的,其输出电路为 CMOS 互补推挽输出电路,端口驱动能力大。PIC 系列单片机具有速度高、价格低以及大电流 LCD 驱动能力的特点,在家电控制、电子通信系统和智能仪器等领域广泛应用。常用芯片有 PIC16FXXX 系列。

4. MSP430 单片机

MSP430 系列单片机是由美国 TI 公司开发的 16 位单片机,单片机集成了模拟电路、数字电路和微处理器,其最大特点为超低功耗,非常适合于功率要求低的场合。MSP430 单片机超低的功耗有两方面原因,首先其电源电压采用的是 1.8~3.6V 电压,可使其在 1MHz 的时钟条件下运行时,芯片的电流值最低在 165 μ A 左右,RAM 保持模式下最低只有 0.1 μ A;其次在 MSP430 内部有两个不同的时钟系统,由系统时钟产生 CPU 和各功能所需的时钟,这些时钟在指令的控制下打开和关闭,实现对总体功耗的控制。MSP430 系列单片机有多个系列和型号,分别由一些基本功能模块按不同的应用目标组合而成,典型应用有流量计、智能仪表、医疗设备和保安系统等方面,由于其具有较高的性价比,应用范围非常广泛。

5. Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,品种全、选择余地大、新产品多是其特点,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 68HC11 也有 30 多个品种,年产量在 1 亿片以上,升级产品有 68HC12。16 位机 68HC16 和 32 位单片机的 683XX 系列也有几十个品种。Motorola 单片机的特点是高频噪声低,抗干扰能力强,更适合于工控领域及恶劣的环境,现在改名为“飞思卡尔”单片机。

6. 其他类型单片机

其他类型单片机还有凌阳单片机、NEC 单片机、富士通单片机、三星单片机、华帮单片机、ZILOG 单片机、东芝单片机、SST 单片机等。

1.5 单片机常用术语

1. 总线(bus)

总线是指从任意一个源点到任意一个终点的一组传输数字信息的公共通道。微型计算机采用总线结构后,芯片之间不需要单独走线,大大减少了连线的数量,系统中各功能部件间的相互关系转变为各部件面向总线的单一关系,符合总线标准的设备都可以连接到系统中,使系统功能得到扩展。微型计算机元件级总线包括地址总线(address bus, AB)、数据总线(data bus, DB)和控制总线(control bus, CB)三种。

(1) 地址总线(AB): 地址总线是单向的,是微处理器用来向存储器或者输入/输出接口发送地址信息的。地址总线的宽度为 8 位或者 16 位,8 根地址线用 A0~A7 表示, A7 为最高位地址线, A0 为最低位地址线,最大寻址范围为 256; 16 根地址线用 A0~A15 表示, A15 为最高位地址线, A0 为最低位地址线, 16 位地址总线由 P0 口经地址锁存器提供低 8 位地址(A0~A7), P2 口直接提供高 8 位地址(A8~A15)。

(2) 数据总线(DB): 数据总线一般为双向,用于 CPU 与存储器、CPU 与外设或外设与外设之间传送数据信息(包括实际意义的数据和指令码)。数据总线的位数与 CPU 的位数相同,有 8 位、16 位和 32 位几种。8 位数据线用 D0~D7 表示, D7 为最高有效地址线, D0 为最低有效位; 16 位数据线用 D0~D15 表示, D15 为最高位地址线, D0 为最低位地址线。最高有效位用 MSB 表示,最低有效位用 LSB 表示。

(3) 控制总线(CB): 控制总线是计算机系统中所有控制信号的总称,在控制总线中传送的是控制信息。由 P3 口的第二功能状态和 4 根独立的控制总线——RESET、EA、ALE、PSEN 组成。

2. 位(bit)

binary digit 的简写。

3. 字节(byte)

1 字节就是相邻的 8 位二进制数,即 D7D6D5D4D3D2D1D0,如 10110011 的 D4 是 1, D6 是 0。

4. 字(word)

在计算机和信息处理系统中,在存储、传送或操作时,作为一个单元的一组字符或一组二进制数称为字。通常是 16 位构成一个字在计算机中使用。

5. 存储器(memory)

存储器用来存放计算机中的所有信息,包括程序、原始数据、运算的中间结果及最终结果等,由存储矩阵、地址译码器、读写控制、三态双向缓冲器等部分组成。它按照存储信息方法

等又可分为以下几种。

(1) 程序存储器 ROM: 由芯片制造厂家掩膜编程的只读存储器, 它是由厂家编好程序写入 ROM(被固化)供用户使用, 用户不能更改内部程序, 其特点是价格便宜。

(2) EPROM: 可擦除可编程 ROM, 它的内容可以通过紫外线照射而彻底擦除, 擦除后又可重新写入新的程序。

(3) OTP(one time program): 只能写一次的 ROM, 它的内容可由用户根据自己所编程序一次性写入, 一旦写入, 只能读出, 而不能再进行更改。

(4) E²PROM: 电擦除可编程 ROM, E²PROM 可用电的方法写入和清除其内容, 其编程电压和清除电压均与微机 CPU 的 5V 工作电压相同, 不需另加电压。它既有与 RAM 一样读写操作简便, 又有数据不会因掉电而丢失的优点, 因而使用极为方便。现在这种存储器的使用最为广泛。

(5) 闪存: 它是在 EPROM 和 E²PROM 的制造基础上产生的一种非易失性存储器, 其集成度高, 制造成本低于动态随机存取存储器(dynamic random access memory, DRAM), 既具有静态随机存取存储器(static random access memory, SRAM)读写的灵活性和较快的访问速度, 又具有 ROM 在断电后可不丢失信息的特点, 所以发展迅速。

(6) 数据存储器(RAM): 这种存储器又叫读写存储器。它不仅能读取存放在存储单元中的数据, 还能随时写入新的数据, 写入后原来的数据就丢失了。断电后 RAM 中的信息全部丢失。因此, RAM 常用于存放经常要改变的程序或中间计算结果等信息。RAM 按照存储信息的方式, 又可分为静态和动态两种。SRAM 的特点是只要有电源加于存储器, 数据就能长期保存。DRAM 写入的信息只能保存若干毫秒时间, 因此, 每隔一定时间必须重新写入一次, 以保持原来的信息不变。

6. 存储地址(memory address)

存储地址用来定义每个存储单元。每个单元能存放 8 位二进制数, 即 1 字节的二进制数。为了区分不同的单元, 每个存储器都有一个地址, 以供 CPU 寻址、操作。

1.6 小结

我国的单片机产业起步较晚, 发展历史比较短, 基本落后于全球产业 20 年。但是, 我国的单片机产业发展迅速, 国内现有百余家 MCU 生产企业, 像兆易创新、中颖电子、华大半导体、灵动微电子等, 具有开发和生产市场主流 MCU 的能力, 性能上从低端到高端全面进步, 并能够满足定制化的需求。

目前, 国产 MCU 不论是市场份额还是技术先进性都无法和国外相比, 主流产品主要集中在 8 位和 16 位 MCU, 32 位 MCU 正在不断发展。在 MCU 应用方面, 国内主要集中在消费电子领域。我国是全球最大的消费电子制造中心, 同时具有广阔的市场空间, 为本土消费电子 MCU 企业提供了优越的成长环境。国内消费电子无论在市场规模还是在质量上都在不断崛起, 以美的、格力为代表的家电企业, 以华为、OPPO、vivo 为代表的手机厂商都已进入全球市场前列。

但是, 国内 MCU 应用领域大多集中在低端电子产品, 中高端的电子产品市场还主要掌握在外企手里, 所以还需要广大的单片机爱好者和技术人员刻苦钻研, 积极创新, 努力为我国

MCU 在高端领域的技术进步做出贡献。

思考与练习

1. 什么是单片机？最早的单片机是什么时间推出的？
2. 简述单片机的特点。
3. 什么是 MCS-51 单片机？它最早是由哪家公司推出的？
4. 说出 4 种以上常用的单片机类型。
5. 什么是总线？单片机中的总线有哪几种？
6. 简述单片机中位和字节的概念。
7. 存储地址的作用是什么？