



普通高校“十三五”规划教材

单片机原理与 接口技术

(第2版)

主编 祁伟 刘克江



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校

单片机原理与接口技术

(第2版)

主编 祁 伟 刘克江

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是广东省教学质量工程建设项目“自动化专业基础课程”“电气类主干课程”教学团队项目研究之教材建设规划课程用书。教材撰写中对传统教学内容进行了精选与整合,授课过程以自行开发的实验板为研究对象,改变以理论授课为主的教学方式,将单片机学习需要掌握的理论融汇于项目设计中。

项目设计以最终构建总项目为原则。各子项目硬件设计、软件编程前后衔接,循序渐进。学习者完成各章节学习后,稍加集成,即可完成总任务设计(如电子时钟)。本书可引导学习者将零散的知识信息编织成完整的知识结构体系。

授课使用的电子教案及相关资料通过邮箱 qwl_a@163.com 索取。

本书可作为高等院校电气类、自动化类、测控技术与仪器类、机电一体化类等相关专业应用型人才培养的教学用书,也可作为单片机爱好者的自学用书或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术 / 祁伟,刘克江主编. -- 2
版. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2017.2
ISBN 978-7-5124-0813-5

I. ①单… II. ①祁… ②刘… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 000297 号

版权所有,侵权必究。

单片机原理与接口技术 (第 2 版)

主编 祁 伟 刘克江
责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京泽宇印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:17.25 字数:368 千字

2017 年 1 月第 2 版 2017 年 1 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-0813-5 定价:35.00 元

前 言

无论是在工业部门、国防部门、民用部门还是事业部门,单片机的作用发挥得淋漓尽致。一个功能强大的智能化产品,单片机当之无愧地承担着调度、指挥任务,是系统的核心。在各类智能化产品中都可以看到单片机的身影。如智能仪表、各种智能电子产品、智能测控技术领域。单片机技术是一门含金量高的技术,其以高集成度、高性价比、组合性强等特点活跃在智能产品世界。

对一个初学单片机的人来说,如果按教科书式的学法,一开始就学习一大堆指令、名词,学了半天还搞不清这些指令起什么作用,能够产生什么实际效果,那么也许用不了几天就会觉得枯燥乏味而半途而废。学习单片机的最有效方法是理论与实践并重。理论与实践结合是一个好方法,边学习、边演练,循序渐进,这样用不了几次就能将用到的指令理解、吃透、扎根于脑海,甚至“根深蒂固”。也就是说,当你每次学习完某几条指令后(一次数量不求多,只求懂),通过动手实践和演练,可以感受到指令产生的控制效果,眼见为实深刻理解指令与电子产品的相互联系及控制原理。实践验证:单片机技术与其说是学出来的,还不如说是实践训练出来的。这里要纠正一个错误的认识,实践并不是只要知道怎么做就可以了,学习者要在知道怎么做的基础上寻找其理论依据及理论基础上的知识拓展。本书的设计思想就是基于这样一种边学边练的理念展开的。

本书主要以 MCS-51 系列单片机为教学对象,前 4 章重点学习单片机硬件结构。在学生对单片机知识完全陌生的阶段,选用易于观察单片机硬件运行机理的 MedWin 开发环境(MedWin v2.39);汇编语言编程技术,引导学习者从单片机硬件层面思考问题,加强其对单片机结构的学习。学习者利用 MedWin 开发环境(版本不能太高,越高越不利于学生对底层硬件的学习),通过项目编程,训练其编程算法的建立。项目调试,训练其指令选择与单片机内部 RAM 区域寄存器区、特殊功能寄存器区、反汇编窗口、数据区 IData、Data、Code、Bit、XData、Pdata 的关联,使学习者对单片机硬件和应用程序之间的交互形成一个清晰认识,培养学习者从 CPU 的层面思考问题。PROTEUS 仿真软件平台主要帮助学习者即时看到实际的控制效果,即时享受成功愉悦,增强学习信心,训练思维深度。相比传统的电子产品设计流程,PROTEUS 仿真软件平台不仅能节省学习者设计时间与经费,提高设计效率与质量,更可以提高其反复训练的速度,达到反复循环多次就能彻底弄懂消化、永不忘却的目的。有道是:若人生能细看《水浒传》10 遍,其中的故事内容、人物场景将永生不忘。

后 3 章重点学习单片机接口技术。利用 C 语言的高效移植性、标准库函数更接近学习者思维等特点。选用自行研制的实验板,Keil μ Vision4 集成开发环境,将学习者从虚拟的仿真带入真实的单片机开发世界。学习者应将重点放在接口技术的结构化编程训练、各子项目的集成技术训练,进一步认识、理解前后知识的相关性,使理论在实践中的升华。

单片机学习最重要的就是实践。在学习者已渐入单片机学习情境之时,后几章

训练学习者自己制作单片机电子作品。即学习者选用设计好的 PCB 板,采购元件、焊接实验板,进一步理解单片机电子产品开发过程。选用与市场接轨的 Keil μ Vision4 集成开发环境,使学习者从虚拟的仿真带入真实的单片机世界。利用 Keil μ Vision4 集成开发环境与单片机产品友好的接口设置 Keil Monitor-51 Driver,训练学生学习单步、断点、运行调试过程;学会分析判断程序编程出现的错误现象,进而彻底掌握单片机技术。

全书共分 7 章,授课学时 64 学时,理论与实践环节的比例为 3:2。第 1 章:单片机资源认识——学习单片机工作所具备的最基本条件,单片机最小系统硬件电路设计。第 2 章:单片机最小资源组成及应用——学习单片机基本 I/O 硬件电路设计,软件编程控制。第 3 章:汇编语言程序设计及单片机中断系统应用——学习中断系统对单片机系统的影响,单片机中断源构成,单片机最小系统基础上的外部中断源电路设计及编程控制,中断服务程序编写。第 4 章:单片机定时/计数器原理及应用——学习单片机查询方式、中断方式下的时间计时及外部事件计数编程、调试。第 5 章:单片机 C51 语言及人机接口应用——学习 C51 平台下的单片机编程技术,结构化编程思想和人机接口显示应用,Keil 同 μ Vision4 集成开发环境在接入硬件下的系统调试。第 6 章:8051 单片机 C51 串行通信接口显示应用——学习串行通信原理,移位寄存器应用和双机、多机通信技术。第 7 章:单片机系统扩展及环境温度检测(18B20 温度检测系统设计)——学习单片机对外部 RAM、ROM、I/O 扩展技术,键盘设计应用,环境温度检测设计。

附录 1 是授课中使用的实验板原理设计图,学习人员可以依据原理图完成制版、选择元器件、实验板测试等工作。

附录 2 是 MCS-51 单片机汇编语言指令表,为学习人员完成项目设计提供指令查找路径。通过 7 章的学习,学习者应具备单片机常规系统软硬件设计能力。

附录 3 介绍了 AT89 系列单片机的简介、内部结构、型号、编码分类和特点。

本书选用 MedWin 开发环境、Proteus 仿真软件平台、自行研制的单片机实验板、Keil μ Vision4 集成开发环境。MedWin 开发环境、Proteus 仿真软件平台及 Keil μ Vision4 集成开发环境可到相关网站下载。书中教学方式已在本校进行多年验证教学。

参与本书的编写人员有杨宁教授、张华副教授、卢旭老师、温宗礼、刘克江及李玉娜老师。书中引入的大量范例来源于本校毕业从事单片机产品开发的工程设计人员,以及平时授课过程中学生的编程设计。在此,作者向为本书做过贡献的人们表示衷心感谢!

由于作者在单片机系统知识方面掌握深度有限,在每章节理论概念梳理上,重点、难点讲解上有很多不足甚至错误,在此诚挚希望读者批评指正。

作者

2016 年 10 月

目 录

第 1 章 单片机资源认识	1
1.1 单片机的发展及特点	2
1.1.1 单片机的发展过程	2
1.1.2 单片机的发展特点	6
1.2 单片机选择及应用	7
1.2.1 单片机的选择	7
1.2.2 单片机的应用	10
1.3 8051 单片机结构组成及存储器配置	11
1.3.1 8051 单片机内部结构组成	14
1.3.2 8051 单片机的存储器配置	17
1.3.3 8051 单片机 I/O 接口	22
1.4 8051 单片机的引脚组成及总线结构	26
1.4.1 8051 单片机的引脚组成	26
1.4.2 8051 单片机的总线结构	29
1.5 8051 单片机的工作时序	31
1.5.1 8051 单片机的几种周期及相互关系	31
1.5.2 8051 单片机指令的取指和执行时序	32
1.5.3 8051 单片机访问外部 ROM 和 RAM 的时序	33
1.6 单片机的发展趋势	34
本章总结	36
思考与练习	37
第 2 章 单片机最小资源组成及应用	38
2.1 计算机基本输入输出接口概述	38
2.2 输入输出接口的编址方式	40
2.3 输入输出接口的工作方式	40
2.4 8051 单片机输入输出接口设计	42
2.4.1 8051 单片机输入输出接口概述	42
2.4.2 8051 单片机输入输出(I/O)端口应用	43
2.4.3 单片机应用系统开发流程	44
2.5 单片机应用系统程序设计	46
2.5.1 程序设计语言	46

2.5.2	软件构筑及程序设计	48
2.6	汇编语言编程及开发环境	52
2.6.1	汇编语言的指令分析	52
2.6.2	汇编语言开发环境介绍	55
2.7	汇编语言程序设计	55
2.7.1	汇编语言顺序程序设计	56
2.7.2	汇编语言分支程序设计	59
2.8	项目设计及训练	63
2.8.1	项目设计	63
2.8.2	项目训练	66
	本章总结	66
	思考与练习	67
第3章	汇编语言程序设计及单片机中断系统应用	68
3.1	汇编语言循环程序设计	69
3.1.1	循环程序设计概述	69
3.1.2	汇编语言循环程序设计涉及的条件转移指令	70
3.1.3	汇编语言循环程序设计	70
3.2	汇编语言子程序设计	72
3.2.1	堆 栈	72
3.2.2	子程序设计	76
3.3	中断概述	78
3.4	单片机中断系统	79
3.4.1	单片机的中断概念	79
3.4.2	单片机中断源介绍	80
3.4.3	单片机中断过程分析	82
3.5	单片机中断寄存器	83
3.5.1	中断允许控制寄存器 IE(A8H)	83
3.5.2	中断优先级控制寄存器 IP(B8H)	84
3.5.3	定时/计数器控制寄存器 TCON(88H)	85
3.6	外部中断源中断应用设计	86
3.6.1	CPU 响应中断的条件	86
3.6.2	CPU 中断响应过程	87
3.6.3	中断服务程序的编写	88
3.7	项目设计及训练	89
3.7.1	项目设计1	89

3.7.2 项目设计 2	93
3.7.3 项目训练	94
本章总结	94
思考与练习	96
第 4 章 单片机定时/计数器原理及应用	97
4.1 单片机定时/计数器结构组成和工作原理	97
4.1.1 定时/计数器结构组成	97
4.1.2 定时/计数器工作原理	98
4.2 单片机定时/计数器工作寄存器	99
4.2.1 工作方式寄存器 TMOD	99
4.2.2 控制寄存器 TCON	100
4.3 定时/计数器工作过程分析	101
4.3.1 定时/计数器方式 0 工作过程分析	101
4.3.2 定时/计数器方式 1 工作过程分析	104
4.3.3 定时/计数器方式 2、3 工作过程分析	106
4.4 MCS-51 单片机定时/计数器典型应用	109
4.5 MCS-51 单片机定时/计数器应用设计	117
4.6 项目设计及训练	120
本章总结	121
思考与练习	122
第 5 章 单片机 C51 语言及人机接口应用	123
5.1 汇编语言与 C51 语言	123
5.1.1 学习汇编语言的重要性	123
5.1.2 应用 C51 编程的优势	125
5.1.3 单片机汇编语言与 C 语言程序设计对照范例	126
5.1.4 汇编语言与 C51 混合编程	129
5.2 C51 对标准 C 语言的扩展	129
5.2.1 C51 语法基础	130
5.2.2 C51 存储类型及存储区	141
5.2.3 C51 存储器模式	143
5.2.4 函数(FUNCTION)的使用	144
5.3 Keil C51 的代码效率	146
5.3.1 存储模式的影响	146
5.3.2 程序结构的影响	146

5.4 使用 C51 的技巧	147
5.5 C51 使用规范	148
5.5.1 注 释	148
5.5.2 命 名	149
5.5.3 编辑风格	149
5.5.4 C51 编程实例	150
5.6 单片机人机接口及显示应用	152
5.6.1 发光二极管介绍	153
5.6.2 数码管介绍	154
5.6.3 数码管驱动方式	156
5.6.4 LED 数码管的检测方法	157
5.7 MCS-51 单片机 LED 显示电路设计及编程方法	158
5.7.1 单片机 I/O 口静态驱动 LED 数码管显示电路设计	158
5.7.2 单片机 I/O 口动态驱动 LED 数码管显示电路设计	162
本章总结	167
思考与练习	168

第 6 章 8051 单片机串行通信接口 169

6.1 计算机串行口通信基础	170
6.1.1 通信概述	170
6.1.2 串行通信的基本概念	170
6.1.3 串行通信数据的传送方向	172
6.1.4 串行通信的数据校验	172
6.1.5 串行通信的传输速率与传输距离	173
6.2 8051 单片机串行口结构及工作原理	173
6.2.1 8051 单片机串行口结构组成	173
6.2.2 8051 单片机串行口工作原理	175
6.3 串行口涉及的有关寄存器	175
6.4 8051 单片机串行口工作方式及工作原理分析	180
6.5 波特率计算	184
6.6 8051 单片机串行口方式 0 应用设计	185
6.7 串行通信接口标准	189
6.7.1 RS232C、RS449、RS423/422、RS485 标准总线接口	189
6.7.2 RS232C、RS449、RS423/422、RS485 标准总线接口介绍	190
6.7.3 RS232C 电平与 TTL 电平转换驱动电路	192
6.8 单片机与单片机串行通信电路设计	193

6.9 串行口多机通信原理及控制方法	203
本章总结	204
思考与练习	205
附 件	205
第7章 单片机系统扩展技术	208
7.1 MCS-51 单片机系统扩展	208
7.2 单片机的外部资源并行扩展	209
7.2.1 存储器的空间地址分配	209
7.2.2 单片机与片外程序存储器/数据存储器的信号连接	211
7.2.3 外部存储器扩展	212
7.3 可编程并行接口 8255 接口设计	216
7.3.1 并行接口 8255 概述	216
7.3.2 8255 引脚介绍	217
7.3.3 8255 工作方式及控制字	218
7.4 单片机键盘接口设计	220
7.4.1 单片机键盘工作原理介绍	220
7.4.2 键盘的工作方式及按键处理	222
7.4.3 独立式键盘程序的编写	223
7.4.4 8255 与矩阵键盘接口设计	224
7.4.5 项目训练:独立式按键编程	225
7.4.6 项目设计:矩阵式按键设计与控制	230
7.5 DS18B20 温度传感器应用	233
7.5.1 DS18B20 温度传感器概述	233
7.5.2 DS18B20 温度传感器介绍	233
7.5.3 DS18B20 温度检测应用	242
本章总结	247
思考与练习	248
附 录	249
附录1 实验板原理图	250
附录2 51 单片机汇编语言指令表	253
附录3 AT89 系列单片机	259
参考文献	263

第1章 单片机资源认识

在当今的工作和生活环境中,有越来越多的单片机在为人类服务,而人们却意识不到它的存在。如:当用遥控操作电视或 VCD 机享受多彩的画面时,并没有意识到这是单片机在接收我们的遥控指令;当我们在享受全自动洗衣机的先进功能时,并不知道这是单片机在代替人控制洗衣机运作;单片机在曾经的 Call 机和手机等现代通信设备中亦发挥着重要的作用;汽车、工业控制器、仪器仪表,网络路由器及家用电器甚至电饭煲和面包机等中,都有单片机的身影。在现代化家庭中,平均每家有 30~40 个单片机制成的各种电器。

本章主要从单片机的发展及应用角度,叙述学习单片机的基础知识,使读者对单片机学习产生感性认识,并从原理上学习单片机结构组成,有助于后续各章节的学习。

1. 教学目标

最终目标:会绘制单片机最小系统原理图。

促成目标:

- 1) 会选择单片机最小系统中各元件参数;
- 2) 会绘制单片机最小系统 PCB 版图(要求手工布线);
- 3) 会分析处理单片机最小系统工作时出现的问题。

2. 工作任务

1) 认识单片机在控制领域及日常生活中的作用。

2) 单片机内部结构及外围接口:

① 单片机中央处理器构成及作用;

② 数据/程序存储器结构组成及作用;

③ 位处理器组成及作用;

④ 特殊功能寄存器作用;

⑤ 并行 I/O 接口结构组成及作用。

3) 8051 单片机的引脚组成及总线结构:

① 8051 单片机引脚组成;

② 单片机最小系统构成原理分析:

晶振电路:晶振、电容作用及参数;

复位电路:上拉电阻、充电电容作用及参数选择;

单片机四个专用控制线原理及硬件设计。

③ 8051 单片机总线结构:

单片机三大总线原理设计;

单片机三大总线在系统中的作用分析。

4) 8051 单片机工作时序分析。

1.1 单片机的发展及特点

1.1.1 单片机的发展过程

简要回顾一下计算机的发展历程对人们认识单片机有帮助。计算机的经典结构如图 1-1 所示。这种结构是由计算机的开拓者——数学家约翰·冯·诺依曼最先提出的,所以称之为冯·诺依曼计算机体系结构,也称为普林斯顿结构。冯·诺依曼理论的要点是:数字计算机的数制采用二进制;计算机应该按照程序顺序执行。人们把冯·诺依曼的这个理论称为冯·诺依曼体系结构。从 ENIAC(第一台电子计算机为 ENIAC,电子数字积分计算机的简称,英文全称为 Electronic Numerical Integrator And Computer)到当前最先进的计算机都采用的冯·诺依曼体系结构。冯·诺依曼是当之无愧的数字计算机之父。根据冯·诺依曼体系结构构成的计算机,必须具有如下功能:

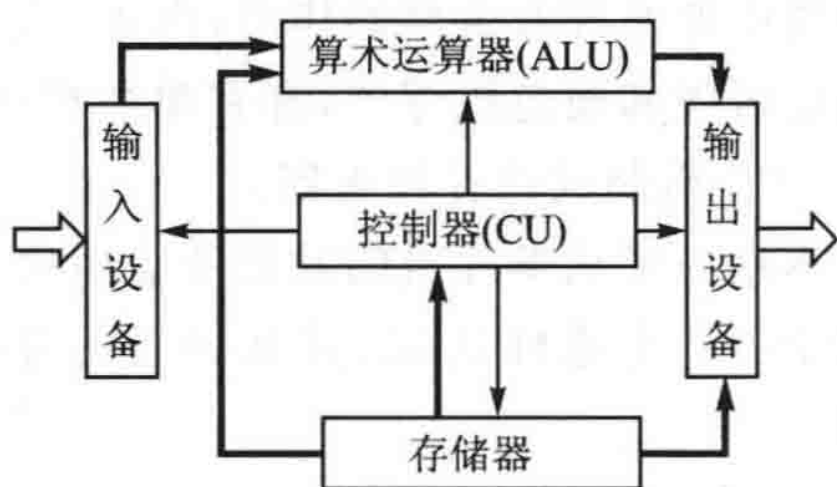


图 1-1 计算机的典型结构

- ① 把需要的程序和数据送至计算机中;
- ② 必须具有长期记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果的能力;
- ③ 能够完成各种算术、逻辑运算和数据传送、数据加工处理的能力;
- ④ 能够根据需要控制程序走向,并能根据指令控制机器的各部件协调操作;
- ⑤ 能够按照要求将处理结果输出给用户。

为了完成上述功能,计算机必须具备五大基本组成部件,包括:输入数据和程序的输入设备,记忆程序和数据存储器,完成数据加工处理的运算器,控制程序执行的控制器和输出处理结果的输出设备。

按计算机专家的原始定义,计算机系统由五大部分组成,即控制单元(CU)、算术运算单元(ALU)、存储器(Memory)、输入设备(Input)和输出设备(Output),如图 1-1 所示。迄今为止,计算机的发展已经经历了四代,即电子管时代(1946—1957 年)、晶体管时代(1957—1964 年)、中小规模集成电路时代(1964—1970 年)、大规模及超大规模集成电路时代(1970 年到现在)。20 世纪 70 年代以后,计算机用集成电路的集成度迅速从中小规模发展到大规模、超大规模的水平,微处理器和微型计算机

应运而生,各类计算机的性能迅速提高。随着字长4位、8位、16位、32位和64位的微型计算机相继问世和广泛应用,微型计算机技术也得到了充分的发展,但仍未超出冯·诺依曼体系。当前,市场上常见的大多数型号的单片机仍遵循着冯·诺依曼体系。

1971年Intel公司的霍夫成功研制世界上第一块4位微处理器芯片Intel 4004,标志着第一代微处理器问世,微处理器和微机时代从此开始。因发明微处理器,霍夫被英国《经济学家》杂志列为“二战以来最有影响力的7位科学家”之一。

1946年第一台电子计算机诞生至今,依靠微电子技术和半导体技术的进步,从电子管—晶体管—集成电路—大规模集成电路,使得计算机体积更小,功能更强。特别是近20年时间里,计算机技术获得飞速的发展,计算机在工业、农业、科研、教育、国防和航空航天领域获得了广泛的应用,计算机技术已经是一个国家现代科技水平的重要标志。

早期计算机(晶体管或集成电路的,不包括电子管的)的控制单元(CU)或算术逻辑单元(ALU)由一块甚至多块电路板组成,CU和ALU是分离的;随着集成度的提高,CU和ALU合在一起就组成了中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),接着将CPU集成到单块集成电路中就产生微处理器(Micro Processing Unit,MPU),出现了如Intel4004、8008、8080、8085、8086、8088、Z80等MPU。

此后,MPU的发展产生了两条分支,一分支往高性能、高速度、大容量方向发展,典型芯片如:Intel80186、286、386、486、586、P2、P3、P4等,速度从4.7 MHz到现在的3.2 GHz甚至更高;另一分支则往多功能方向发展,将存储器(ROM、PROM、EPROM、EEPROM、FLASH ROM、SRAM等)、输入/输出接口、定时/计数器(Timer/Counter)、脉宽调制PWM(Pulse Width Modulation)、数模转换器ADC/DAC、异步接收/发送装置UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)、两线式串行总线IIC(Inter Integrated Circuit)、串行外围设备接口SPI(serial peripheral interface)、实时时钟芯片RTC(Real Time Clock)等根据需要集成在一块芯片中,这就是当今广泛应用的单片微型计算机,即MCU(Micro Controller Unit)微型控制单元,简称单片机。这一分支可谓品种繁多,位宽从8位到32位,引脚数从6个到几百个,工作频率从几十千赫兹到几百兆赫兹。

MCU的体系结构既有CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令系统计算机)也有RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机),数不胜数。常用的有8051系列、MCS-96系列、PIC系列、AVR系列、ARM7/9系列、TMS320系列、MSP430系列和MOTOROLA等众多的单片机。

单片机的发展经历了探索→完善→MCU化→百花齐放四个阶段。

1. 芯片化探索阶段

20世纪70年代,美国的Fairchild(仙童)公司首先推出了第一款单片机F-8,随后Intel公司推出了影响面大、应用更广的MCS-48单片机系列。MCS-48单片机系列的推出,标志着在工业控制领域已进入到智能化嵌入式应用的芯片形态的计算

机探索阶段。参与这一探索阶段的还有 Motorola、Zilog 和 Ti 等大公司,它们都取得了满意的探索效果,确立了在 SCMC 的嵌入式应用中的地位。这就是 Single Chip Micro Computer 的诞生年代,单片机一词即由此而来。这一时期的特点是:

- ◆ 嵌入式计算机系统的芯片集成设计;
- ◆ 少资源、无软件,只保证基本控制功能。

2. 结构体系的完善阶段

在 MCS-48 探索成功的基础上很快推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。8051 系列单片机的推出,标志 Single Chip Microcomputer 体系结构的完善。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机的体系结构。

(1) 完善的总线结构

- ◆ 并行总线:8 位数据总线、16 位地址总线及相应的控制总线,两个独立的地址空间;
- ◆ 串行总线:通信总线和扩展总线。

(2) 完善的指令系统

- ◆ 具有很强的位处理功能和逻辑控制功能,以满足工业控制等方面的需要;
- ◆ 功能单元 SFR 的(特殊功能寄存器)集中管理。

(3) 完善的 8051 成为 SCMC 的经典体系结构

许多电气商在 8051 内核和体系结构的基础上,生产出各具特色的单片机。

3. 从 SCMC 向 MCU 化过渡阶段

Intel 公司推出的 MCS-96 单片机,将一些用于测控系统的模数转换器(ADC)、程序运行监视器(WDT)、脉宽调制器(PWM)、高速 I/O 口纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。8051 单片机系列向各大电气商的广泛扩散,许多电气商竞相使用 80C51 内核,将许多测控系统中使用的电路技术、接口技术、可靠性技术应用到单片机中;随着单片机内外围功能电路的增强,强化了智能控制器特征。微控制器(Micro Controllers)成为单片机较为准确表达的名词。其特点是:

- ① 满足嵌入式应用要求的外围扩展,如 WDT、PWM、ADC、DAC、高速 I/O 口等。
- ② 众多计算机外围功能集成,如:
 - ◆ 提供串行扩展总线:SPI、IIC、BUS、Microwire;
 - ◆ 配置现场总线接口:CAN BUS。
- ③ CMOS 化,提供功耗管理功能。
- ④ 提供 OTP 供应状态,以利于大规模和批量生产。

4. MCU 的百花齐放阶段

单片机发展到这一阶段,表明单片机已成为工业控制领域中普遍采用的智能化控制工具——小到玩具、家电行业,大到车载、舰船电子系统,遍及计量测试、工业过程控制、机械电子、金融电子、商用电子、办公自动化、工业机器人、军事和航空航天等

领域。为满足不同的需求,出现了高速、大寻址范围、强运算能力和多机通信能力的8位、16位、32位通用型单片机,小型廉价型、外围系统集成的专用型单片机,以及形形色色各具特色的现代单片机。可以说,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空间。这一时期的特点为:

(1) 电气商、半导体商的普遍介入

MCS-48产品的成功,刺激了许多半导体公司竞相研制和发展自己的单片机系列。到目前为止,世界各地厂商已相继研制出大约50个系列300多个品种的单片机产品,其中较有代表性的有Motorola公司的6801、6802,Zilog公司的Z-8系列,Microchip公司的PIC系列等。此外,日本的NEC公司、日立公司也都推出了各自具有特色的单片机品种。

(2) 大力发展专用单片机

通用型与专用型是按某一型号单片机适用范围区分的。例如,80C51是通用型单片机,它并不是为某一种专门用途设计的单片机;而专用型单片机是针对某一类产品甚至某个产品需要而设计、生产的单片机。例如,来电显示电话中配有液晶驱动器接口的单片机和全自动洗衣机中的微控制器,都是专用单片机;特别是小家电、玩具领域的单片机,因为小封装、价格低廉(外围器件、外设接口集成度高),多数为专用单片机。

(3) 提高综合品质

在体系结构(RISC)、电磁兼容性能(EMC)、开发环境(高级语言支持ISP、IAP等)、功耗管理等诸方面得到了提高。根据控制单元设计的方式与采用的技术不同,目前市场上的这些单片机可区分为两大类型:繁杂指令集结构(CISC架构)和精简指令集结构(RISC架构)。繁杂指令集结构(CISC)的特点是指令数量多,寻址方式丰富,较适合初学者系统学习,如Intel的80C51或80C196、MC68K;而精简指令集结构(RISC)具有较少的指令与寻址模式,结构简单,成本较低,执行程序的速度较快,成为单片机的后起之秀,如PIC、EM78XXX和Z86HCXX。

ISP(In System Programming)和IAP(In Application Programming)方式是两种先进的实时在线开发方式。它们无需传统的开发装置,借助计算机和单片机的高性能,实现了真正的在线仿真。

(4) C语言的广泛支持

◆ 单片机普遍支持C语言编程,为后来者学习和应用单片机提供了方便;

◆ 高级语言减少了选型障碍,便于程序的优化、升级和交流。

(5) 多种选择下的选择原则

◆ 寻求最简化的单片机应用系统;

◆ 尽可能选择专用单片机;

◆ 综合考虑下进行合理的选择。

1.1.2 单片机的发展特点

自单片机出现至今,单片机技术已走过 40 多年的发展路程。纵观单片机发展历程可以看出,单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域为拉动,表现出较微处理器更具个性的发展趋势。

1. 单片机的长寿命

这里所说的长寿命,一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作十年、二十年,另一方面是指与微处理器(MPU)相比的长寿命。随着半导体技术的飞速发展,MPU 更新换代的速度越来越快,以 386、486、586 为代表的 MPU,很短的时间内就被淘汰出局,而传统的单片机(MCU)如 68HC05、8051 等年龄已有 40 多年,产量仍是上升的。这一方面是由于其对相应应用领域的适应性,另一方面是由于以该类 CPU 为核心,集成以更多 I/O 功能模块的新单片机系列层出不穷。可以预见,一些成功上市的相对年轻的 CPU 核心,也会随着 I/O 功能模块的不断丰富,有着相当长的生存周期。新的 CPU 类型的加盟,使单片机队伍不断壮大,给用户带来了更多的选择余地。

2. 8 位、16 位、32 位单片机共同发展

这是当前单片机技术发展的另一动向。长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的。随着移动通信、网络技术、多媒体技术等高科技产品进入家庭,32 位单片机应用得到了长足发展。以 Motorola 68K 为 CPU 的 32 位单片机 1997 年的销售量达 8 千万枚。过去认为由于 8 位单片机功能越来越强,32 位机越来越便宜,使 16 位单片机生存空间有限,而 16 位单片机的发展无论从品种和产量方面,近年来都有较大幅度的增长。

3. 单片机的工作速度越来越快

MPU 的工作速度越来越快是以时钟频率越来越高为标志的。而 MCU 则有所不同,为提高单片机抗干扰能力,降低噪声,降低时钟频率而不牺牲运算速度是单片机技术发展之追求。一些 8051 单片机兼容厂商改善了单片机的内部时序,在不提高时钟频率的条件下,使运算速度提高了很多,Motorola 单片机则使用了锁相环技术或内部倍频技术使内部总线速度大大高于时钟产生器的频率。68HC08 单片机使用 4.9 MHz 外部振荡器而内部时钟达 32 MHz,而 M68K 系列 32 位单片机使用 32 kHz 的外部振荡器频率内部时钟可达 16 MHz 以上。低电压与低功耗自 20 世纪 80 年代中期以来,NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺代替,功耗得以大幅度下降。随着超大规模集成电路技术由 3 μm 工艺发展到 1.5 μm 、1.2 μm 、0.8 μm 、0.5 μm 、0.35 μm 进而实现 0.2 μm 工艺,全静态设计时可使时钟频率到数十兆赫兹任选,并使功耗不断下降。Motorola 最近推出的 M. CORE 可在 1.8 V 电压以下、50M/48MIPS 全速工作,功率约为 20 mW。几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式。允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3~6 V 范

围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7 V 降至 2.2 V、1.8 V、0.9 V 供电的单片机已经问世。

4. 低噪声与高可靠性技术

为提高单片机系统的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂商在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如美国国家半导体 NS 的 COP8 单片机内部增加了抗电磁干扰电路 EMI (Electromagnetic Interference),增强了“看门狗”的性能。Motorola 也推出了低噪声的 LN(Low - Noise)系列单片机。

5. OTP 与 MASK

OTP(One Time Programmable)是一次性写入的单片机。MASK——掩膜,单片机掩膜是指程序数据已经做成光刻版,在单片机生产的过程中把程序做进去。单片机产品的成熟是以投产掩膜型单片机为标志的。由于掩膜需要一定的生产周期,而 OTP 型单片机价格不断下降,使得近年来直接使用 OTP 完成最终产品制造更为流行。它较之掩膜具有生产周期短、风险小的特点。近年来,OTP 型单片机需求量大幅度上扬,为适应这种需求许多单片机都采用了在片编程技术 ISP (In System Programming)。未编程的 OTP 芯片可采用裸片绑定(Bonding)技术或表面贴 SMT (Surface Mount Technology)技术,先焊在印刷板上,然后通过单片机上引出的编程线、串行数据线、时钟线等对单片机编程。解决了批量写 OTP 芯片时容易出现的芯片与写入器接触不好的问题。使 OTP 的裸片得以广泛使用,降低了产品的成本。编程线与 I/O 线共用,不增加单片机的额外引脚。而一些生产厂商推出的单片机不再有掩膜型,全部为有 ISP 功能的 OTP。

6. MTP 向 OTP 挑战

MTP(Multi - Time Programmable)是可多次编程的意思。一些单片机厂商以 MTP 的性能、OTP 的价位推出各自的单片机,如 Atmel AVR 单片机,片内采用 Flash,可多次编程。华邦公司生产的与 8051 兼容的单片机也采用了 MTP 性能,OTP 的价位。这些单片机都使用了 ISP 技术,待安装到印刷线路板上以后再下载程序。

1.2 单片机选择及应用

1.2.1 单片机的选择

1. Motorola 单片机

Motorola 公司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,