

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



单片机系统设计与开发

张小鸣 主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



单片机系统设计与开发

张小鸣 主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书从 MCS-51 单片机集成开发环境、51 单片机汇编语言与 C51 编程语言和单片机最常用的接口技术等方面出发,系统介绍单片机应用系统的设计方法和基本接口电路。内容覆盖了单片机最常用的前后台程序结构设计方法,最典型的译码电路、并行接口、串行接口、SPI、I²C 接口、并行 A/D、串行 A/D、并行 D/A、串行 D/A、LED 数码管、字符 LCD 模块、图形 LCD 模块等接口电路;融入了单片机应用系统许多成功的设计电路与设计经验,包括 MCS-51 单片机的模块化软件设计方法,混合编程方法、建库等。内容新颖丰富,思考题和练习题深入浅出,弥补了当前单片机技术本科教材缺乏系统设计的不足。

本书可作为高等院校电子信息类本科专业的单片机课程教材、高职高专院校的单片机课程教材,也可供单片机应用开发人员学习参考。

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。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统设计与开发/张小鸣主编. —北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校规划教材·电子信息

ISBN 978-7-302-35299-0

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018860 号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

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:010-62770175 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24 字 数:596 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版 印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.80 元

产品编号:037597-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup. tsinghua. edu. cn



前言

“单片机原理及接口技术”是嵌入式系统教学的首选基础课程,一直以来作为大学本科电子信息类专业基础必修课程之一。“单片机原理及接口技术”的传统教学内容主要包括 51 单片机的汇编指令系统和程序设计、51 单片机的常规接口技术,例如并行接口、串行接口、A/D 转换器接口、I²C 接口、SPI 等。现有的教材分为两大类。一类侧重于 51 单片机汇编语言程序设计,简单介绍常规接口技术;另一类侧重于 51 单片机的语言(C51)程序设计。虽然有些教材增加了一些 Proteus 软件的模拟教学内容,但重点仍是传统的教学内容。学生使用这些教材,只能学到简单的编程方法和简单的接口技术,缺乏单片机系统整体设计概念,不能从系统的角度来设计一个单片机应用系统。

本书的特色就是从单片机系统设计的方法来构思教材的整体结构,改革单片机教学内容,空出单片机的系统设计。为此,本教材在内容安排上,系统介绍了目前流行的 Keil C51 集成开发环境 μ Visions IDE,Proteus 软件模拟单片机开发仿真环境,51 单片机硬件仿真器配套集成开发环境 MedWin V3.0。

在编程语言上,在结合汇编指令介绍的基础上,兼顾 C51 的特点,介绍 C51 的编程方法,并改革以往教材不讲汇编语言的模块化设计技术的不足,介绍了汇编语言的模块化设计结构和编程方法,把单片机技术的教学引入实用系统设计相结合的层次。

在接口技术上,本书不仅介绍了经典的单片机接口技术,而且结合有代表性的外围芯片作为实例,系统介绍了译码技术。单片机异步串口实用通信技术,SPI 技术,I²C 总线接口技术,A/D 和 D/A 芯片接口技术,键盘与 LCD、LED 交互接口技术,并系统总结了这些接口技术的特点与接口方法,从而有能力开发实用的单片机应用系统。

本书作者还为每章编写了大量的思考题和练习题,个别章节还编写了讨论题,帮助读者举一反三,更好地理解和掌握该章知识。

参与本书编写工作的有马正华、何可人、万军、韩学超、屈霞,全书由张小鸣统稿和校稿。

本书可作为普通高校电子信息类本科专业的单片机课程教材,也可作为科技人员的参考书。本书的配套课件及其他相关资源可以从清华大学出版社网站 www.tup.tsinghua.edu.cn 下载,下载、使用中有任何问题,请联系 fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。

编 者

2014 年 1 月

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的发展与应用概况	1
1.1.1 单片机概述	1
1.1.2 单片机与微控制器的关系	1
1.1.3 单片机与嵌入式系统的关系	2
1.1.4 单片机的发展史	2
1.1.5 单片机的发展趋势	3
1.1.6 单片机的分类	4
1.1.7 单片机的应用系统结构	5
1.1.8 单片机的特点	6
1.1.9 单片机的应用领域	6
1.1.10 小结	9
1.2 典型单片机产品	9
1.2.1 MCS-51 系列单片机	9
1.2.2 PIC 系列单片机	9
1.2.3 STC 系列单片机	11
1.2.4 MSP430 系列单片机	14
1.2.5 小结	16
1.3 数值运算基础	17
1.3.1 机器数表示法	17
1.3.2 二-十进制转换算法	25
1.3.3 二进制数运算规则	30
1.3.4 小结	36
思考题	37
练习题	37
第 2 章 单片机集成开发环境	39
2.1 Keil C51	39
2.1.1 Keil C51 概述	39
2.1.2 Keil C51 集成开发工具	39
2.1.3 Keil C51 使用指南	42
2.2 MedWin V3.0	62

2.2.1	MedWin V3.0 概述	62
2.2.2	MedWin V3.0 使用指南	63
第 3 章	单片机仿真开发软件 Proteus	82
3.1	Proteus 软件概述	82
3.1.1	Proteus 构成	82
3.1.2	Proteus 特点	83
3.1.3	Proteus 微处理器系统虚拟仿真	83
3.1.4	Proteus ISIS 入门指南	83
3.2	Proteus 仿真 MCS-51 单片机配置方法	87
3.2.1	Proteus 汇编编译器	87
3.2.2	Keil C51 与 Proteus 离线联调配置	89
3.2.3	Keil C51 与 Proteus 在线联调配置	89
3.3	Proteus 仿真设计 MCS-51 单片机举例	90
3.3.1	将元件添加到元件列表界面	91
3.3.2	绘制单片机控制原理图	94
3.3.3	跑马灯程序设计流程图	95
3.3.4	Proteus 仿真实验跑马灯	97
	练习题	101
第 4 章	C51 程序设计基础	104
4.1	C51 概述	104
4.2	C51 的主要特点	105
4.2.1	C51 与 ANSI C 的区别	105
4.2.2	单片机特有的数据类型	106
4.2.3	C51 变量的存储模式	109
4.3	单片机常量变量定义	111
4.3.1	片内 RAM 的存储器类型与变量定义	111
4.3.2	片外 RAM 的存储器类型与变量定义	112
4.3.3	片内 RAM 指针变量存储器类型与变量定义	113
4.3.4	片外 RAM 指针变量存储器类型与变量定义	114
4.3.5	片内特殊功能寄存器(SFR)的定义	114
4.3.6	片内位寻址变量定义	115
4.3.7	绝对地址变量定义	116
4.3.8	抽象指针定义	117
4.3.9	绝对地址访问宏常量定义	117
4.4	C51 的中断函数	118
4.4.1	C51 中断函数声明格式	118
4.4.2	C51 中断函数调用规则	119

4.5 C51 的库函数	120
4.5.1 寄存器定义库 reg51.h	120
4.5.2 数学函数库 math.h	120
4.5.3 字符函数库 ctype.h	121
4.5.4 内部函数库 intrins.h	122
4.5.5 标准 I/O 函数库 stdio.h	122
4.5.6 字符串函数 string.h	123
4.5.7 变量参数表库 stdarg.h	124
4.5.8 绝对地址访问库 absacc.h	124
4.5.9 全程跳转库 setjmp.h	125
4.5.10 标准函数库 stdlib.h	126
4.6 C51 重入函数	126
思考题	127
练习题	128

第 5 章 MCS-51 系列单片机硬件结构与指令系统 129

5.1 MCS-51 系列单片机硬件结构与封装引脚	129
5.1.1 MCS-51 系列单片机硬件结构	129
5.1.2 MCS-51 系列单片机封装引脚	129
5.2 MCS-51 系列单片机 CPU 结构	132
5.2.1 算术逻辑单元	132
5.2.2 内部寄存器组	132
5.2.3 总线结构	134
5.3 MCS-51 系列单片机时钟与复位电路	134
5.3.1 时钟电路	134
5.3.2 复位电路	136
5.4 MCS-51 系列单片机存储器空间	137
5.4.1 程序、数据存储器空间	137
5.4.2 片内 RAM 空间	139
5.5 MCS-51 单片机数字 I/O 口	144
5.5.1 P1 数字 I/O 口	144
5.5.2 P2 数字 I/O 口	145
5.5.3 P3 数字 I/O 口	145
5.5.4 I/O 口读-修改-写操作	146
5.5.5 I/O 口内部提升电阻	147
5.6 片内外设	147
5.6.1 16 位定时器/计数器	147
5.6.2 异步串行接口	152
5.7 MCS-51 系列单片机中断系统	172

5.7.1	中断系统结构	172
5.7.2	中断向量表	173
5.7.3	中断控制与优先权管理	175
5.7.4	中断请求与响应过程	176
5.7.5	中断服务程序结构	177
5.7.6	中断系统初始化流程图	178
5.8	指令系统	180
5.8.1	寻址方式	180
5.8.2	指令系统集	183
5.8.3	数据传送指令	188
5.8.4	算术运算指令	191
5.8.5	逻辑运算指令	200
5.8.6	控制转移指令	204
5.8.7	位操作指令	217
5.9	伪指令	220
5.9.1	定位伪指令 ORG	220
5.9.2	字节型数据定义伪指令 DB	220
5.9.3	字型数据定义伪指令 DW	221
5.9.4	汇编结束伪指令 END	221
5.9.5	保留数据空间伪指令 DS	221
5.9.6	等价伪指令 EQU	221
5.9.7	等价伪指令 SET	222
5.9.8	全局符号伪指令 PUBLIC	222
5.9.9	引用符号伪指令 EXTRN	222
5.9.10	通用段定义伪指令 SEGMENT	222
5.9.11	再定位段选择伪指令 RSEG	223
5.9.12	数据存储器地址赋值伪指令 DATA	223
5.9.13	位地址赋值伪指令 BIT	224
5.9.14	以位为单位保留存储空伪指令 DBIT	224
5.9.15	绝对位寻址数据段选择伪指令 BSEG	224
5.9.16	绝对代码段选择伪指令 CSEG	224
5.9.17	内部绝对数据段选择伪指令 DSEG	224
5.9.18	内部绝对数据段选择伪指令 ISEG	224
5.9.19	外部绝对数据段选择伪指令 XSEG	225
	思考题	225
	练习题	227
第 6 章	MCS-51 单片机程序设计	229
6.1	MCS-51 单片机汇编语言程序设计	229

6.1.1	子程序设计	229
6.1.2	中断服务程序设计	235
6.1.3	汇编语言前后台程序设计方法	242
6.1.4	汇编语言模块化结构设计方法	243
6.1.5	汇编语言建库调库方法	244
6.2	MCS-51 单片机的 C51 程序设计	245
6.2.1	数据类型	246
6.2.2	程序结构	247
6.2.3	C51 程序前后台程序设计方法	247
6.2.4	C51 模块化设计方法	247
6.2.5	C51 建库调库方法	249
	思考题	249
第 7 章	MCS-51 单片机接口技术	251
7.1	接口技术概述	251
7.1.1	接口技术与 CPU 的关系	251
7.1.2	接口电路功能	251
7.1.3	接口电路种类	252
7.2	地址译码器	252
7.2.1	线译码器	252
7.2.2	门电路译码器	253
7.2.3	3-8 译码器	255
7.2.4	地址译码器应用设计举例	256
7.3	存储器接口	257
7.3.1	扩展程序存储器和数据存储器	257
7.3.2	存储器体扩展技术	258
7.4	A/D 转换器接口	259
7.4.1	A/D 转换器的工作原理	259
7.4.2	并行 A/D 转换器接口技术	260
7.4.3	串行 A/D 转换器接口技术	263
7.5	D/A 转换器接口	271
7.5.1	D/A 转换的工作原理	271
7.5.2	并行 D/A 转换器接口	273
7.5.3	串行 D/A 转换器接口	283
7.6	人机接口	289
7.6.1	键盘接口	289
7.6.2	LED 数码显示器接口	296
7.6.3	LCD 显示器接口	309
7.7	并行接口	338

7.7.1 单片机并口的输入输出	338
7.7.2 单片机并口的指示灯控制设计举例	340
7.7.3 I/O 口线隔离	343
7.8 串行接口	347
7.8.1 扩展 RS-232 通信接口	347
7.8.2 扩展 RS-485 通信接口	351
7.9 I ² C 接口	353
7.9.1 I ² C 总线规范	353
7.9.2 AT24C256 芯片介绍	355
7.9.3 MCS-51 单片机模拟 I ² C 接口	358
7.9.4 单片机与 AT24C256 接口设计举例	359
7.10 SPI	360
7.10.1 SPI 总线规范	360
7.10.2 MCS-51 单片机模拟 SPI	361
7.10.3 单片机与 DSP-SPI 设计举例	361
思考题	363
练习题	364
讨论题	365
参考文献	367

1.1 单片机的发展与应用概况

1.1.1 单片机概述

当今单片机厂商琳琅满目,产品性能各异。单片机结构分为复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer,CISC)和精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer,RISC)。采用 CISC 结构的单片机数据地址总线和指令地址总线分时复用、数据数据总线和指令数据总线分时复用,即所谓的冯·诺依曼结构。它的指令丰富,功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,速度受限。MCS-51 系列单片机属于 CISC 结构。采用 RISC 结构的单片机数据地址总线和指令地址总线独立使用、数据读写数据总线和指令数据读总线独立使用,即所谓的哈佛结构。这使得取指令和取数据可同时进行,使其指令较同类 CISC 单片机指令速度更快,执行效率更高。同时,这种单片机指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。属于 CISC 结构的单片机有 Motorola 公司的 M68HC 系列、Atmel 公司的 AT89 系列、中国台湾 Winbond(华邦)公司的 W78 系列、荷兰 Philips 公司的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 公司的 Z86 系列、Atmel 公司的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、中国台湾义隆公司的 EM-78 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电,可以采用 CISC 型单片机;控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统应采用 RISC 单片机。

根据程序存储方式的不同,单片机可分为 EPROM、OTP(一次可编程)和 QTP(掩膜)三种。我国一开始都采用 ROMless 型单片机(片内无 ROM,需片外配置 EPROM),对单片机的普及起了很大作用,但这种强调接口的单片机无法广泛应用,甚至走入了误区。如单片机的应用一味强调接口,外接 I/O 及存储器,便失去了单片机的特色。目前,单片机大都将程序存储体置于其内,给应用带来了极大的方便。

1.1.2 单片机与微控制器的关系

单片机,也称单片微电脑或单片微型计算机(Single Chip Microcomputer,SCM)。它是把中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)和输入/输出端口(I/O)设备等主要计算机功能部件都集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。这种微型计算机因其制作在一块芯片上而被称为单片机或微控制器(Micro Controller Unit,MCU)。单片

机是中国的叫法,国际通用叫法是 MCU。单片机是大规模集成电路技术发展的产物。单片机具有性能高、速度快、体积小、价格低、稳定可靠、应用广泛和通用性强等突出优点。

单片机的设计目标主要是增强“控制”能力,满足实时控制(就是快速反应)方面的需要。它的硬件结构、指令系统、I/O 端口、功率消耗及可靠性等方面均能满足控制功能的需要,一般标配外设包括定时器、异步串口、并行口、I/O 位控口、片上 RAM 和中断控制器等,具有体积小、功耗低、价格廉、简单运算和控制等显著特点。

1.1.3 单片机与嵌入式系统的关系

嵌入式系统可定义为“嵌入到对象体系中的专用计算机系统”。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素。对象系统则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。

由于嵌入式系统有过很长的一段单片机独立发展道路,大多是基于 8 位单片机,实现最底层的嵌入式系统应用的,带有明显的电子系统设计模式特点。大多数从事单片机应用开发的人员,都是对象系统领域中的电子系统工程师。单片机以“智能化”器件身份进入电子系统领域,立即脱离了计算机专业领域,没有带入“嵌入式系统”概念。因此,不少从事单片机应用的人,不了解单片机与嵌入式系统的关系,在谈到“嵌入式系统”领域时,往往理解成计算机专业领域的基于 32 位嵌入式处理器且从事网络、通信和多媒体等的应用。这样,“单片机”与“嵌入式系统”形成了嵌入式系统中常见的两个独立名词。但由于单片机是典型的、独立发展起来的嵌入式系统,从学科建设的角度出发,应该把它统一成“嵌入式系统”。考虑到原来单片机电子系统底层应用的特点,可以把嵌入式系统应用分成高端与低端,把原来的单片机应用理解成嵌入式系统的低端应用,含义为它的底层性以及对象系统的紧耦合性。就是用一片 CPU 内核加上内置的小容量的 Flash/ROM/RAM 等外设资源完成一个功能相对简单、以逻辑控制为主的微控制器。

1.1.4 单片机的发展史

单片机诞生于 20 世纪 70 年代。当时,微电子技术正处于发展阶段,集成电路属于中规模发展时期,各种新材料新工艺尚未成熟,单片机仍处在初级的发展阶段,元件集成规模还比较小,功能比较简单,一般均把 CPU、RAM,有的还包括了一些简单的 I/O 口集成到芯片上,像 Zilog 公司的 Z80 微处理器就属于这一类型,它还需配上外围的其他处理电路才能构成完整的计算机系统。

1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机,这个时期的单片机才是真正的 8 位单片微型计算机,并推向市场。它以体积小、功能全、价格低赢得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展史上的重要里程碑。

在 MCS-48 的带领下,各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机,如 Zilog 公司的 Z8 系列。到了 20 世纪 80 年代初,单片机已发展到高性能阶段,像 Intel 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 6801 和 6802 系列, Rokwell 公司的 6501 及 6502 系列等,此外,日本著名的电气公司 NEC 和 HITACHI(东芝)都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

20 世纪 80 年代,世界各大公司均竞相研制出品种多功能强的单片机,有几十个系列,三百多个品种,此时的单片机均属于真正的单片化,大多集成了 CPU、RAM、ROM、数目繁多的 I/O 接口、多种中断系统,甚至还有一些带 A/D 转换器的单片机,功能越来越强大, RAM 和 ROM 的容量也越来越大,寻址空间甚至可达 64KB,可以说,单片机发展到了一个

新的平台。

单片机的发展经历了4个阶段。

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。

第二阶段(1978—1982),单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 的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、控制总线及具有很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。

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。

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。

1.1.5 单片机的发展趋势

(1) 互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)是一种电压控制的放大器件,是组成 CMOS 数字集成电路的基本单元。近年来,由于 CHMOS 技术的进步,大大地促进了单片机的 CMOS 化。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS(高密度沟道 MOS 工艺)的结合,除了保持 HMOS 高速度和高密度之外,还有 CMOS 低功耗的特点。两类器件的功能是完全兼容的,区别在于 CHMOS 器件具有低功耗的特点,CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。这也是今后以 80C51 取代 8051 为标准 MCU 芯片的原因。

因为单片机芯片多数采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产。CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)和 CHMOS 工艺以及 CHMOS 和 HMOS 工艺的结合。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度,传输延迟时间小于 2ns,它的综合优势在于低功耗且高速。因而,在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

(2) 低功耗化。单片机的功耗已从毫安级,降低到 $1\mu\text{A}$ 以下。使用电压在 3~6V 之间,完全适应电池的工作。低功耗化的效应不仅是功耗低,而且带来了产品的高可靠性、高

抗干扰能力以及产品的便携化。

(3) 低电压化。几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6V 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限可达 1~2V。目前 0.8V 供电的单片机已经问世。

(4) 低噪声与高可靠性。为了提高单片机的抗电磁干扰能力,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,各单片机厂家在单片机内部电路中都采用了新的电磁兼容性技术措施。

(5) 大容量化。以往单片机内的 ROM 为 1~4KB, RAM 为 64~128B。但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种控制领域的要求,必须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 64KB, RAM 最大为 2KB。

(6) 高性能化,主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集计算机(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS(Million Instruction Per Seconds),即百万条指令每秒,并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度,就可以用软件模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

(7) 小容量、低价格化,与上述相反,以 4 位机、8 位机为中心的小容量、低价格化也是其发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化,广泛用于家电产品。

(8) 外围电路内嵌化。这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM 和定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。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。

(9) 串行扩展技术。在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programmable)及各种类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

1.1.6 单片机的分类

单片机的分类目前尚无统一标准。例如,80C51 类单片机既是通用型又是总线型,还可以作工控用。通常根据应用领域、总线类型来分。

(1) 工控型/家电型。工控型的单片机主要面向测控,要求寻址范围大,运算能力强。家电型的单片机要求体积小、价格低,外围器件少,使用方便。

(2) 总线型/非总线型。总线型单片机是指单片机设有并行总线,用于扩展并行外围器件。非总线型单片机是指单片机通过串行口与外围器件连接,或直接把外围器件、外设接口

集成在片内。

(3) 通用型/专用型。通用型单片机,它的应用范围宽,如 Intel 公司的 MCS-51 系列产品 8031、80C51 等通过不同的外围扩展就可以用在不同的设备中。专用型单片机是专门为某一产品设计生产的,如电子体温计、计费电表等。

1.1.7 单片机的应用系统结构

单片机的应用系统结构指的是单片机应用在不同的场合所应该具有的结构,大致可以分为最小系统和扩展系统两大类。

1. 单片机的最小系统

最小系统就是单片机在发挥具体测控功能时所必需的最小组成部分,如图 1.1 所示。

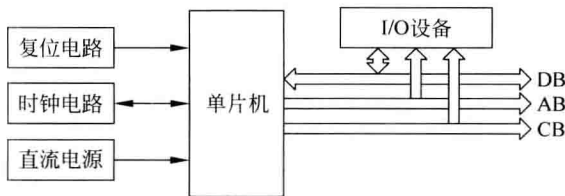


图 1.1 单片机最小系统框图

单片机最小系统是指单片机外部没有程序存储器、数据存储器或 I/O 电路等扩展部件,它是由 Mask ROM(掩膜型 ROM)、E²PROM 型(电可擦除型)单片机,通过数据总线(Data Bus,DB)、地址总线(Address Bus,AB)、控制总线(Control Bus,CB)外接一定的 I/O 设备所组成的单片机系统,典型的 I/O 设备如键盘、显示器、A/D 转换器等。批量较大的单片机最小系统一般选用 Mask ROM 型单片机比较合适,样机或个别单片机产品可选用 E²PROM 型单片机。

2. 扩展系统

单片机的扩展系统指的是,通过单片机的并行扩展总线或串行扩展口在单片机外部扩展了程序存储器、数据存储器或 I/O 接口电路,来满足较复杂的应用系统功能要求。典型的单片机扩展系统如图 1.2 所示。典型的 I/O 设备有键盘、显示器、A/D 转换器、D/A 转换器和 USB 接口等。

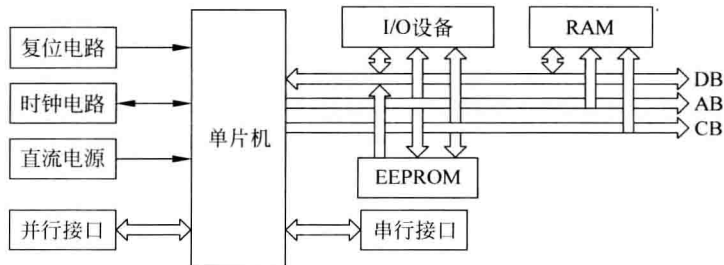


图 1.2 单片机扩展系统框图