



高等学校信息工程类专业规划教材

单片机原理及应用

主编 柴 钰



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

TP368.1/506

2009

面向 **21** 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

单片机原理及应用

主 编 柴 钰

参 编 黄向东 雷金莉
杨良煜 宋先文

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书以 AT89S51 单片机为例,介绍了单片机的基本结构、基本原理以及小型系统的设计和应用。

全书共 7 章,内容涉及单片机的发展及特点,单片机的结构及原理,单片机指令系统及程序设计,单片机的基本功能,单片机的扩展技术,单片机系统的设计实例以及与 MCS-51 兼容的高性能单片机 C8051F040 简介等。部分章节配有习题,以帮助读者巩固所学知识。附录中还列出了常用的与单片机技术有关的网站名录——为读者提供了一个信息平台,方便初学者查找资料、拓宽知识。

本书通俗易懂,理论与实践结合紧密,既适合作为高等院校信息工程、计算机应用、自动化、电气工程和机电等专业的教材,又可供有关技术培训及工程技术人员选作自学参考用书。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 柴钰主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.2

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业规划教材

ISBN 978-7-5606-2190-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 209489 号

策 划 臧延新

责任编辑 马晓娟 臧延新

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17

字 数 402 千字

印 数 1~4000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978-7-5606-2190-6/TP·1119

XDUP 2482001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前

言

随着电子技术和计算机技术应用领域的不断扩大,单片机技术已成为当代电子技术领域中的一个亮点,是电子类工作者必须掌握的基本专业技术之一。

为了便于读者学习,本书在教学内容安排上分为三个阶段:起步阶段、提高阶段和综合阶段,分别对应于单片机基础知识、单片机系统知识和单片机系统的设计与应用。由于单片机技术是一门实践性很强的、综合的、技术更新很快的实用技术,因此要真正掌握单片机技术,除了掌握书本上的内容外,在学习中还要重视实践环节,重视与单片机技术有关的知识的融合,重视新技术的发展,重视自身科研能力的培养。

本书可作为高等院校信息工程、计算机应用、自动化、电气工程和机电等专业的教材,也可供有关技术培训及工程技术人员用作自学参考书。

本书分为7章,以AT89S51为例,介绍了51系列单片机基础知识、结构、指令系统,汇编语言程序设计,系统扩展和接口技术,单片机应用系统开发基础及单片机新技术。

本书第1、3章由西安科技大学柴钰编写,第2、4章由宝鸡文理学院雷金莉编写,第5章由西安科技大学杨良煜编写,第6章由西安科技大学黄向东编写,第7章由西安科技大学宋先文编写。全书由柴钰统稿。

在本书编写过程中,得到了西安科技大学电气与控制工程学院、通信学院、计算机学院和教务处的领导及老师的大力支持,并得到了西安电子科技大学赵建教授和西安电子科技大学出版社臧延新老师的热情帮助,在此表示衷心的感谢。本书能够顺利完成还得益于许多优秀的教材和资料,从中我们得到了很多宝贵的经验和启示(特别是从网络上得到的资料,有些作者无法核实),在此也对各位作者表示衷心的感谢。同时也要对笔者的学生张晶圆、李彦春、张奇、曹海虹、姜祥、崔童和武少辉等在收集资料和书稿整理过程中所做的工作表示衷心的感谢。

限于作者水平和经验,书中不足之处在所难免,希望使用本书的广大读者提出批评和建议。

柴钰

2008年11月

于西安科技大学

目

录

第1章 单片机系统概述1	2.5.1 时钟电路..... 30
1.1 概述.....1	2.5.2 CPU 时序..... 31
1.1.1 单片机及其发展.....1	2.5.3 看门狗定时器(WDT)..... 33
1.1.2 单片机的发展趋势.....2	2.6 单片机的工作方式..... 34
1.1.3 单片机的应用.....4	2.6.1 复位方式..... 34
1.2 单片机应用系统及设计简介.....5	2.6.2 程序执行方式..... 35
1.2.1 单片机应用系统及组成.....5	2.6.3 单步执行方式..... 35
1.2.2 单片机应用系统的开发.....6	2.6.4 低功耗方式..... 36
1.2.3 单片机应用系统的设计原则.....6	2.6.5 掉电保护方式..... 37
1.3 单片机的学习方法.....7	2.6.6 Flash 编程和校验方式..... 37
习题 1.....8	习题 2..... 40
第2章 单片机基础知识10	第3章 指令系统及汇编语言
2.1 MCS-51 系列单片机的基本结构.....10	程序设计..... 41
2.1.1 MCS-51 单片机系列.....10	3.1 单片机的汇编语言与指令格式..... 41
2.1.2 MCS-51 系列单片机内部结构及 功能部件.....12	3.1.1 汇编语言..... 41
2.1.3 单片机外部引脚说明.....14	3.1.2 汇编语言的指令格式..... 42
2.2 中央处理器(CPU).....17	3.1.3 汇编语言中常用符号约定..... 42
2.2.1 运算器.....17	3.2 单片机的指令寻址方式..... 43
2.2.2 控制器.....18	3.2.1 立即数寻址..... 43
2.2.3 专用寄存器组.....19	3.2.2 直接寻址..... 43
2.3 存储器及存储空间.....19	3.2.3 寄存器寻址..... 44
2.3.1 存储器空间.....19	3.2.4 寄存器间接寻址..... 44
2.3.2 程序存储器.....20	3.2.5 变址寻址..... 44
2.3.3 内部数据存储器.....21	3.2.6 相对寻址..... 45
2.3.4 外部数据存储器.....25	3.2.7 位寻址..... 45
2.4 并行 I/O 口及其结构.....26	3.3 单片机的指令系统..... 46
2.4.1 P0 口的结构与功能.....26	3.3.1 数据传送类指令..... 46
2.4.2 P1 口的结构与功能.....27	3.3.2 算术运算类指令..... 51
2.4.3 P2 口的结构与功能.....28	3.3.3 逻辑运算类指令..... 55
2.4.4 P3 口的结构与功能.....29	3.3.4 位操作类指令..... 57
2.4.5 I/O 口的应用特性.....29	3.3.5 控制转移类指令..... 60
2.5 时钟电路与 CPU 时序.....30	3.4 汇编语言程序设计..... 66
	3.4.1 常用伪指令..... 66

3.4.2 程序设计方法.....	68	5.4.3 8255A 的控制字及初始化.....	139
3.4.3 汇编语言程序设计举例.....	71	5.4.4 8255A 与系统的连接方法.....	140
习题 3.....	91	5.5 A/D 转换器接口.....	141
第 4 章 中断、定时与串行通信.....	93	5.5.1 A/D 转换器概述.....	141
4.1 中断系统.....	93	5.5.2 ADC0809 及其与系统的连接.....	142
4.1.1 中断的概念.....	93	5.6 D/A 转换器接口.....	147
4.1.2 MCS-51 系列单片机的中断系统.....	94	5.6.1 D/A 转换器的技术指标.....	147
4.1.3 中断处理过程.....	97	5.6.2 DAC0832 及其与系统的连接.....	148
4.1.4 中断请求的撤除.....	99	5.7 应用举例.....	151
4.1.5 中断应用举例.....	100	5.7.1 8255A 应用举例.....	151
4.2 定时/计数器.....	101	5.7.2 A/D 应用举例.....	153
4.2.1 定时/计数器的结构及工作原理.....	101	5.7.3 D/A 应用举例.....	154
4.2.2 定时/计数器的工作方式 及控制器.....	102	5.7.4 集成温度传感器及其应用示例.....	156
4.2.3 定时/计数器应用举例.....	106	5.7.5 液晶显示模块及其应用示例.....	160
4.3 串行通信及其接口.....	107	习题 5.....	162
4.3.1 串行通信的基础知识.....	107	第 6 章 高性能单片机 C8051F040.....	165
4.3.2 MCS-51 单片机的串行通信接口 及其工作方式.....	109	6.1 简介.....	165
4.3.3 串行通信应用举例.....	113	6.1.1 CIP-51 处理器特性.....	171
习题 4.....	117	6.1.2 存储器组织结构.....	172
第 5 章 单片机系统的扩展及 接口技术.....	118	6.1.3 中断系统.....	172
5.1 系统扩展概述.....	118	6.1.4 电源管理模式.....	174
5.1.1 最小应用系统.....	118	6.1.5 CIP-51 寄存器.....	175
5.1.2 系统扩展的内容与方法.....	119	6.2 片内模/数转换器.....	178
5.1.3 常用的扩展器件简介.....	120	6.2.1 12 位模/数转换器 ADC0.....	179
5.2 存储器的扩展.....	121	6.2.2 8 位模/数转换器 ADC2.....	180
5.2.1 存储器扩展概述.....	121	6.3 12 位数/模转换器 DAC.....	181
5.2.2 程序存储器的扩展.....	123	6.4 比较器.....	182
5.2.3 数据存储器的扩展.....	126	6.5 复位及晶振.....	182
5.3 I/O 接口技术概述.....	129	6.5.1 RESET 复位源.....	183
5.3.1 I/O 接口电路的作用.....	129	6.5.2 振荡器.....	183
5.3.2 接口与端口.....	130	6.6 输入/输出端口.....	184
5.3.3 I/O 的编址方式.....	130	6.6.1 P0~P3 交叉开关配置.....	184
5.3.4 I/O 的传送方式.....	131	6.6.2 I/O 端口配置.....	185
5.4 可编程并行 I/O 接口芯片 8255A.....	132	6.6.3 I/O 端口寄存器.....	185
5.4.1 8255A 的内部结构与引脚.....	133	6.7 总线及通信.....	196
5.4.2 8255A 的工作方式.....	135	6.7.1 CAN 总线.....	196
		6.7.2 SMBus 总线.....	196
		6.7.3 SPI 总线.....	197
		6.7.4 UART0 串行通信.....	198

6.7.5 UART1 串行通信	199
6.8 定时器	200
6.9 JTAG 调试和边界扫描	201
6.10 C8051F040 最小系统板简介及 应用实例	202
6.10.1 C8051F040 开发环境简介	202
6.10.2 开发应用实例	202
第 7 章 单片机应用系统设计	208
7.1 单片机应用系统设计实例 1—— 无功功率补偿控制器设计	208
7.1.1 需求分析	208
7.1.2 系统设计	208
7.1.3 硬件电路原理图及 PCB 设计	212
7.1.4 系统调试	216
7.1.5 文档编制	217
7.2 单片机应用系统设计实例 2—— 风力发电并网变流器控制器设计	218
7.2.1 需求分析	218
7.2.2 系统设计	218

7.2.3 硬件电路原理图及 PCB 设计	222
7.2.4 系统调试	225
7.2.5 文档编制	226
7.3 单片机应用系统设计实例 3—— 食堂售饭射频卡收费系统设计	227
7.3.1 需求分析	227
7.3.2 系统设计	227
7.3.3 硬件电路原理图及 PCB 设计	230
7.3.4 系统调试	233
7.3.5 文档编制	233
附录 I ASCII 码与控制字符功能和 单片机指令表	235
I.1 ASCII 码与控制字符功能	235
I.2 单片机指令表	237
附录 II 单片机 C 语言程序设计简介	248
附录 III 部分单片机资料查找 网站名录	257
参考文献	264

第1章 单片机系统概述

本章主要介绍了有关单片机的基础知识,包括单片机的概念以及单片机的发展、单片机的应用领域和发展趋势、单片机应用系统的开发及过程,并对如何学习单片机提出了一些有益的建议。本章的学习目标就是要掌握好单片机的基础知识,培养学习单片机技术的兴趣,为后面的学习打好基础。

1.1 概 述

单片机具有结构简单、控制功能强、可靠性高、性能价格比高、易于推广应用等显著优点。这些优点使得其应用领域越来越广泛,在通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等领域都有它的身影。然而单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益,更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想,是控制技术的一次革命,是一座重要的里程碑。

1.1.1 单片机及其发展

单片机全称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称 SCM,又称微控制器(Microcontroller Unit, MCU)或嵌入式控制器(Embedded Controller)。在单片机诞生时,SCM是一个准确的称谓。单片机是相对于单板机而言的,是指将 CPU、并行 I/O 接口、定时/计数器、RAM、ROM 等功能部件集成在一块芯片上的计算机。随着 SCM 在技术上、体系结构上不断扩展,所集成的部件越来越多,能完成的控制功能越来越丰富,单片机的意义只是在于单片集成电路,而不在于其功能了。国际上逐渐采用“MCU”来代替单片机这一称谓,形成了业界公认的、最终统一的名词。

单片机技术的发展是与微电子技术和半导体技术的发展分不开的,具体分为五个阶段。

第一阶段(1971~1976年):初步阶段。这一阶段,4位逻辑控制器件发展到8位,它们只含有微处理器,并配有 RAM、ROM 等,虽然还不能称之为单片机,但是已形成了单片机的雏形;使用 NMOS 工艺(速度低、功耗大、集成度低);集成度为每芯片晶体管数约千个。代表产品有 Intel 4004、Intel 8008 等。

第二阶段(1976~1980年):低性能阶段。这一阶段,在一块芯片上完成了8位 CPU、并行 I/O 接口、定时/计数器、RAM、ROM 等的集成,成为了名副其实的单片机;采用 CMOS 工艺,并逐渐被高速低功耗的 HMOS 工艺代替;集成度为每芯片晶体管数约数千个。代表产品有 MC6800、Intel 8048 等。

第三阶段(1980~1983年):高性能阶段。这一阶段,在原来单片机的基础上,增加了

多级中断系统、串口、A/D 转换接口等功能模块，并提高了存储器的容量，其执行速度有所提高；集成度为每芯片晶体管数约数十万个。代表产品有 Intel 8051、MC146805 等。

第四阶段(1983~1990 年)：16 位机阶段。这一阶段，CPU 为 16 位，运算能力更强；片内 RAM、ROM 容量进一步增大；中断系统更为复杂；带有多路 A/D 转换和高速输入/输出部件等功能接口；集成度为每芯片晶体管数约数十万个。代表产品有 Intel 8098 等。

第五阶段(1990 年至今)：新一代单片机阶段。这一阶段，单片机在结构、集成度、速度、功能、可靠性等性能指标上有了很大的变化；向多样化、高速度、高集成度、低功耗、低噪声与高可靠性技术、新技术等方向发展，出现了多 CPU 结构或内部流水线结构等技术，使单片机在实时数据处理、机器人、数字信号处理和复杂的工业控制等方面得到了更广泛的应用；集成度为每芯片晶体管数约数百万个。代表产品有 C8051F040、MSP430 等。

1.1.2 单片机的发展趋势

可以说，目前是单片机产品百花齐放、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，有上百个系列、千余种之多，从 8 位、16 位到 32 位，数不胜数，应有尽有，有的与主流 C51 系列兼容，也有的与之不兼容，但它们各具特色，互为互补，为单片机的应用提供了广阔的天地。随着微电子技术和半导体技术的发展，单片机技术的发展大致有以下趋势。

1. 低功耗

MCS-51 系列的 8031 推出时的功耗达 630 mW，而目前的单片机随着制造工艺、工作频率、工作电压等方面的改变，其功耗越来越低。NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺单片机所代替，功耗得以大幅度下降。随着超大规模集成电路技术的发展，由 3 μm 工艺发展到 1.5 μm 、1.2 μm 、0.8 μm 、0.5 μm 、0.35 μm ，进而实现了 0.2 μm 工艺，还使得功耗不断下降。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。同样的工作速度条件下，需要的时钟频率大大降低，从而也大大降低了单片机的功耗。几乎所有的单片机都有暂停、睡眠、空闲、节电等省电运行方式。Philips 公司的单片机 P87LPC762 是一个很典型的例子，在空闲时，其电流为 1.5 mA；而在节电方式中，其电流只有 0.5 mA。TI 公司在单片机功耗上更有杰作，其 MSP430 是一个 16 位机，有超低功耗工作方式，它的低功耗方式有 LPM1、LPM3、LPM4 三种。当电源为 3 V 时，如果工作于 LPM1 方式，则即使外围电路仍处于活动状态，由于 CPU 不活动，因此振荡器仍处于 1~4 MHz，这时电流只有 50 μA ；在 LPM3 时，振荡器处于 32 kHz，这时电流只有 1.3 μA ；在 LPM4 时，CPU、外围及振荡器(32 kHz)都不活动，电流只有 0.1 μA 。

2. 多功能、微型化

目前的单片机功能强大，而且体积小、重量轻。常规的单片机普遍都是将中央处理器(CPU)、随机存取数据存储器(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、时钟电路集成在一块单一的芯片上；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)等功能模块。有些单片机还将 LCD(液晶)驱动电路

集成在单一的芯片上,这样,单片机包含的单元电路就更多,功能就更加强大。甚至单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自身特色的单片机芯片,如 Infineon(英飞凌)公司的 C505C、C515C、C167CR(C167CS-32FM 内部含有局部网络控制模块 CAN)。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. 高速度

MPU 发展中表现出来的速度越来越快是以时钟频率越来越高为标志的,而单片机则有所不同。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,使运算速度提高了许多。Motorola 单片机则使用了锁相环技术和内部倍频技术,使内部总线速度大大高于时钟频率。68HC08 单片机使用 4.9 MHz 外部振荡器,内部时钟达 32 MHz;M68K 系列 32 位单片机使用 32 kHz 的外部振荡频率,内部时钟可达 16 MHz 以上。

4. 多品种

现在,虽然单片机的品种繁多,各具特色,但仍以 8051 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,8051 为核心的单片机占据了半壁江山。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,以其低价格质优的优势,占据了一定的市场分额。此外,占据市场份额的还有 Motorola 公司的产品,以及日本几大公司的专用单片机等。

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的发展。以 Motorola A68K 为例,1997 年的销售量达 8000 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,会使 16 位单片机生存空间受限,然而 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。

特别引人注目的是,现在有的单片机已采用所谓的三核(TriCore)结构。这是一种建立在系统级芯片(System on a Chip)概念上的结构。这种单片机由三个核组成:一个是微控制器和 DSP 核,一个是数据和程序存储器核,最后一个外围专用集成电路(ASIC)。这种单片机的最大特点在于把 DSP 和微控制器同时做在一个芯片上。虽然从结构定义上讲,DSP 是单片机的一种类型,但其作用主要反映在高速计算和特殊处理方面,如快速傅立叶变换等。把它和传统单片机集成大大提高了单片机的性能。这是目前单片机最大的进步之一。这种单片机最典型的有 Infineon 公司的 TC10GP,Hitachi 公司的 SH7410、SH7612 等。这些单片机都是高档单片机,MCU 都是 32 位的,而 DSP 采用 16 或 32 位结构,工作频率一般在 60 MHz 以上。

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,走的仍是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。

5. 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 10 到 20 年,

另一方面指与微处理器相比,其寿命长。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 在很短的时间内就被淘汰出局,而传统的单片机,如 68HC05、8051 等面世已超过 15 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。

6. 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,各单片机商家在单片机内部电路中采取了一些新的技术措施。如美国国家半导体公司(NS)的 COP8 单片机内部增加了抗 EMI 电路,增强了“看门狗”的性能;Motorola 也推出了低噪声的 LN 系列单片机。

7. OTP 与掩膜

OTP 是一次性写入的单片机。过去认为一个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 型单片机的需求量大幅度上扬,为适应这种需求,许多单片机都采用了在系统编程技术(In System Programming, ISP)。未编程的 OTP 芯片可采用裸片 Bonding 技术或表面贴装技术,先将其焊在印刷板上,然后通过单片机上的编程线、串行数据、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 的裸片得以广泛应用,降低了产品的成本。编程线与 I/O 线共用,不会增加单片机的额外引脚,因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。

8. MTP 向 OTP 挑战

MTP 是可多次编程的意思。一些单片机厂商以 MTP 的性能、OTP 的价位推出他们的单片机,如 Atmel 的 AVR 单片机,片内采用 Flash 存储器,可多次编程;华邦(Winbond)公司生产的 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,先安装到印刷板、线路板上以后再下载程序。

1.1.3 单片机的应用

单片机有着一般微处理器(CPU)芯片所不具备的功能,它可单独地完成现代工业控制所要求的智能化控制功能;能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统。现在,单片机控制范畴无所不在,例如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等,单片机的应用领域越来越广泛。

1. 在智能仪表中的应用

智能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,可使仪器仪表智能化,提高测试的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

2. 在人工智能方面的应用

人工智能是模拟人的感觉与思维的一门学科,单片机技术可以模拟人的视觉、听觉、触觉和联想、启发、推理及思维过程,例如特殊行业的机器人、医疗领域的专家诊断系统等,都是人工智能的应用范例。

3. 在实时控制系统中的应用

单片机广泛用于各种实时过程控制的系统中,例如工业过程控制、过程监测、航空航天、尖端武器、机器人系统等各种实时控制系统。用单片机进行实时系统数据处理和控制,能保证系统工作在最佳状态,有利于提高系统的工作效率和产品的质量。

4. 在人们生活中的应用

目前,国内外各种家电已经普遍用单片机代替传统的控制电路,例如洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、收音机、音响、电风扇及许多高级电子玩具都配上了单片机。

5. 在其他方面的应用

单片机还广泛应用于办公自动化、商业营销、安全防卫、汽车、通信系统、计算机外部设备、模糊控制等领域。

1.2 单片机应用系统及设计简介

单片机应用系统及其设计包括单片机应用系统的硬件设计和软件设计、单片机应用系统的开发平台设计、系统的可靠性设计等内容。简单地了解单片机系统的组成和系统设计的过程,有助于我们对于单片机及其应用的学习。要真正掌握单片机应用系统的设计、研发,还需要通过大量的实践,不断总结经验。对于初学者来讲,就是要在掌握了单片机的基本知识后,多实践,由浅入深、由易到难,不断提高自己对于单片机技术的了解和应用。

1.2.1 单片机应用系统及组成

单片机应用系统是以单片机为核心,配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件,能实现一种或多种功能的实用系统。单片机应用系统由硬件和软件组成,硬件是应用系统的基础;软件在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用,从而完成应用系统所要求的任务,二者相互依赖,缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1.1 所示。

图 1.1 中,硬件包括单片机最小系统、接口电路及外设(人机交互通道、输入通道、输出通道、通信及其他电路)等;软件包括在硬件基础上实现各种功能的应用程序。

单片机最小系统由单片机、复位电路、时钟电路以及扩展的程序、数据存储器等组成。

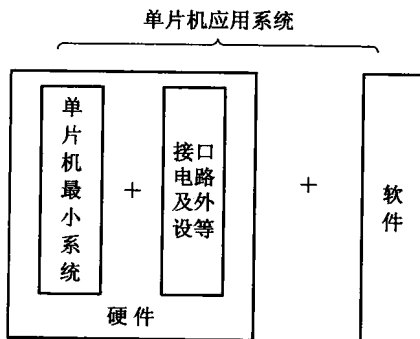


图 1-1 单片机应用系统的组成

人机交互通道一般是指键盘、显示器、打印机等。

输入通道指各种输入信号进入单片机所经过的路径。在通道中可对信号进行各种处理,如调理、放大、滤波、整形和隔离等。

输出通道指由单片机对外部设备发出的各种输出信号所经过的途径。在通道中可对信号进行各种处理,如隔离、放大(驱动)、转换、滤波等。

1.2.2 单片机应用系统的开发

一个单片机应用系统从提出任务到正式投入运行的过程,称为单片机的开发。一般开发可按以下步骤进行:需求调查,可行性分析,系统总体方案设计,单元硬件/软件设计及调试,系统调试及修改,完成产品。

(1) 需求调查。首先根据市场或用户需求,了解对新系统的要求;尽可能多地了解、掌握国内外现有产品的情况、同类产品的最新发展情况、对新技术的应用情况以及效益等信息;经过调查,整理出需求报告,作为可行性分析的主要依据。

(2) 可行性分析。根据需求调查报告和有关情况进行分析,对新产品开发研制的必要性及可实现性给出明确的结论:该产品的开发可以或者不可以。

可行性分析一般从市场需求、技术支持与开发环境、经济效益与社会效益、产品的竞争力及生命力等几个方面进行论证。

(3) 系统总体方案设计。系统总体方案设计是系统实现的基础,一般是根据需求、关键技术、开发人员的设计水平以及资金等情况进行的。

系统总体方案设计的主要内容包括系统结构设计、系统功能设计、系统的可靠性设计以及时间进度等。

(4) 单元硬件/软件设计及调试。根据总体设计进行具体的电路软硬件设计,并对每个单元电路进行不断的调试,直至达到要求为止,为下一步的系统调试打好坚实的基础。

(5) 系统调试及修改。系统调试用于检验设计系统的正确性和可靠性。通过对系统的调试发现小的、局部的设计错误并及时修改,使系统运行成功,达到设计要求。进行系统调试可以避免出现重大事故,否则就可能导致系统的重新设计,甚至设计失败。

(6) 完成产品。产品调试完成只是完成了系统设计的大部分工作,还需向用户提供完整的产品档案:设计方案、硬件原理图、软件清单、系统说明书和操作说明书等文档。

1.2.3 单片机应用系统的设计原则

要使设计的系统达到设计要求,通过市场获得理想的经济效益和社会效益,那么,一个好的设计就不仅仅只在技术层面上尽可能地达到尽善尽美,还要在实用、成本、时效等方面符合市场的需求。单片机系统的设计可按以下原则进行。

1. 可靠性高

高可靠性是单片机系统应用的前提,在系统设计的每一个环节,都应该将可靠性作为首要的设计准则。提高系统的可靠性通常从以下几个方面考虑:

- (1) 使用可靠性高的元器件、典型的电路和成熟的技术。
- (2) 采用冗余技术。

- (3) 设计电路板时布线和接地要合理, 严格按照要求安装硬件设备及电路。
- (4) 对供电电源采用抗干扰措施。
- (5) 输入/输出通道采用抗干扰措施。
- (6) 进行软、硬件滤波。
- (7) 使系统具有自诊断功能。

2. 操作维护方便

在进行系统的软/硬件设计时, 应从使用者的角度考虑, 尽可能地方使用户操作和维护, 尽量减少对操作人员专业知识的要求, 以利于系统的推广。因此, 在设计时, 要尽可能减少人机交互接口, 多采用操作内置或简化的方法。同时, 系统应配有现场故障诊断程序, 一旦发生故障, 就能保证有效地对故障进行定位, 以便进行维修。

3. 性价比高

单片机除体积小、功耗低等特点外, 最大的优势在于高性能价格比。一个单片机应用系统能否被广泛使用, 性价比是其中一个关键因素。因此, 在设计时, 除了保持高性能外, 还应尽可能降低成本, 如简化外围硬件电路, 在系统性能和速度允许的情况下尽可能用软件功能取代硬件功能等。

4. 设计周期短

只有缩短设计周期, 才能有效地降低设计费用, 充分发挥新系统的技术优势和时效性, 及早占领市场并具备一定的竞争力。

1.3 单片机的学习方法

每个人都有适合自己的学习方法, 在这里仅针对单片机技术的特点, 给读者提出一些学习建议, 以便更好地掌握单片机技术。

单片机是一门实践性很强的实用技术, 实际应用时会涉及到许多有关的知识(数电、模电、传感器、控制、通信等知识), 所以要求在学习过程中不但要掌握书中的内容, 还要通过各种实践对单片机的内容及有关其他课程的知识进一步加强、巩固和融合, 为今后单片机应用系统的分析和开发打好坚实的基础。为此, 我们在学习的各个阶段应注意以下几点:

(1) 起步阶段, 主要是学习单片机的初期(第1章和第2章)。学习的内容及要求主要是: 了解单片机的情况, 特别是目前和今后的发展情况; 掌握单片机的结构、基本性能及其工作原理; 熟悉单片机的内部资源的构成、功能和工作原理。

认真对待每一次基础实验; 利用各种资源搜集单片机的有关信息, 建立自己的信息库, 如了解有关公司、厂家、代理商的信息, 注册有关单片机 BBS 论坛和 QQ 讨论群, 若有可能可成立一个单片机兴趣小组。本书在附录 III 中给出了部分网站信息, 供大家(特别是初学者)查找有关单片机资料。

(2) 了解阶段, 主要是通过学习对单片机有一个较完整的了解(第3、4、5章)。学习的内容及要求主要是: 掌握单片机各个功能块的组成、性能和作用; 掌握单片机指令系统、

指令的功能和编程方法,熟悉常用的基本指令;掌握常用系统扩展的基本方法和技术,熟悉常用扩展芯片的结构、工作原理和功能。

在学习书本知识的同时,应广泛了解、对比不同厂家单片机的特点(软件和硬件),掌握一种开发工具(如单片机硬件环境:仿真器、编程器、ISP 下载等;软件环境:Keil μ Vision2、Proteus 等),可以尝试着编一些小的功能程序,并在开发系统上调试、验证。复习有些学过的与单片机学习有关的课程内容(特别是对于有些不清楚的内容),并将这些知识应用于实验当中。建议能有一套简易的单片机开发板和一套常用的工具。

(3) 入门阶段,主要是通过对单片机的深入学习,对单片机应用系统建立一个初步的了解,具备一定的设计能力(第 6、7 章)。学习的内容及要求主要是:掌握单片机应用系统的构成;熟悉软、硬件设计的一般原则和方法。

根据自己的实际情况,运用所掌握的知识和掌握的各种工具,设计一些简单的应用系统或做一些综合性的实验,完成一次完整的设计、制作过程来验证自己对于单片机技术实际掌握的程度,加深对书本知识的理解,为今后的学习和工作打好基础。

习 题 1

1. 什么是微型计算机及系统?它是由哪几部分组成的?
2. 什么是单片机?它由哪几部分组成?什么是单片机应用系统?单片机和单片机应用系统之间是什么关系?
3. 说明微型计算机及系统与单片机及应用系统各自的特点,并说明二者的区别。
4. 除了附录Ⅲ 的网站,你能否再找到与单片机有关的其他网站?
5. 到目前为止,你见过哪几个公司的哪些型号的单片机?请罗列其中几种,并说明其特点。
6. 除了书中罗列的单片机应用领域外,请你再举几个应用单片机的例子。
7. 请你举出在你身边都有哪些家电、设备中使用了单片机。
8. 请列举到目前为止你知道的具有中国自主知识产权的单片机,其特点是什么?
9. 第一款单片机是哪个国家的哪个公司制造的?型号是什么?
10. 请浏览本书的目录,回答该课程的主要内容是什么。你认为单片机的学习和哪些已经学习过的课程或者知识有关?
11. 你现在已有的单片机编程软件是什么?
12. 你知道什么是电路板吗?你会手工制作电路板吗?如果不知道请查阅资料,找到有关这方面的资料,了解这方面的情况,掌握制作的过程和方法。
13. 你去过电子市场吗?买过电子器件吗(电阻、电容、晶振、发光二极管等)?如果没有,请选择两个以上的电子市场,购买一些与单片机有关的电子元器件。请举例说出你已去过的电子市场及买过的有关元器件(写下名称、型号、功能及性能等)。
14. 你过去使用过示波器、信号发生器、直流电源等设备吗?使用过万用表、烙铁等工具吗?如果使用过,你对它们的功能、性能、结构等了解程度如何?请举几个实例说明你基本掌握了它们的功能、性能、结构等知识,并能熟练地使用。

15. 单片机技术发展很快, 查阅有关资料, 说明目前单片机都有哪些更新的功能和更高的性能指标。

16. 为了学习单片机原理, 你目前有几本参考书? 其中有无原版的单片机手册(厂家提供的)?

17. 大家都知道单片机和其他计算机一样, 其工作时内部进行着大量的二进制数据的处理。二进制是最简单的数据形式, 但是通过单片机处理过后, 其结果变化无穷, 你能说明这是为什么吗?

18. 如果同样的产品既可以用单片机设计、制作, 同时也可以传统的电子器件设计、制作, 你想用什么来设计呢? 说出自己的看法。

第2章 单片机基础知识

本章以 AT89S51 为例介绍 MCS-51 系列单片机的基础知识、基本结构以及基本工作原理，是全书的基础。单片机的内部结构、引脚功能、内部各功能模块、时钟电路和 CPU 时序等是本章的重点知识。

2.1 MCS-51 系列单片机的基本结构

2.1.1 MCS-51 单片机系列

MCS-51 系列单片机分为 51 子系列和 52 子系列。51 子系列为基本型，主要有 8031、8051、8751 三种类型；52 子系列为增强型，主要有 8032、8052、8752 三种类型。这两大系列单片机的主要硬件配置如表 2.1 所示。

表 2.1 MCS-51 系列单片机常用产品特性指标

系列	型号	片内 RAM 容量/B	片内 ROM 形式及容量 /KB		定时/计 数器	中断源	并行口	串行口	工作频 率/MHz
			ROM	EPROM					
51 子系列	8031	128	0	0	2×16	5	4×8	UART	2~12
	8051	128	4	0	2×16	5	4×8	UART	2~12
	8751	128	0	4	2×16	5	4×8	UART	2~12
52 子系列	8032	256	0	0	3×16	6	4×8	UART	2~12
	8052	256	8	0	3×16	6	4×8	UART	2~12
	8752	256	0	8	3×16	6	4×8	UART	2~12

从表 2.1 可以看出，51 子系列和 52 子系列的区别在于 RAM 大小、定时/计数器个数及中断源个数不同。MCS-51 系列单片机除 51 子系列和 52 子系列之外，还包括采用 CMOS 工艺的 8XC51、8XC252 等系列，其基本结构与功能和 51 子系列相同，在此不再赘述。

20 世纪 90 年代，美国 Atmel 公司率先把 MCS-51 内核与 Flash 存储技术相结合，推出了轰动业界的 8 位高性能 AT89 系列单片机。AT89 系列单片机与 MCS-51 单片机的指令和引脚完全兼容，但在功能上比 MCS-51 有所增强。AT89 系列单片机内含可编程 Flash 存储器，用户可以很方便地进行程序的擦写操作；采用静态时钟模式，可以节省电能。因此，Atmel 公司单片机在 MCS-51 兼容机市场占据了很大的份额，受到众多用户的喜爱。

AT89 系列单片机分为低档型、标准型和高档型三种。各种不同型号的单片机，其主要差别在于片内的 Flash 程序存储器的容量大小、片内数据存储器的容量大小、并行 I/O 端口线以及中断源个数不同。其常用产品特性如表 2.2 所示。AT89 系列单片机的低档型是功能