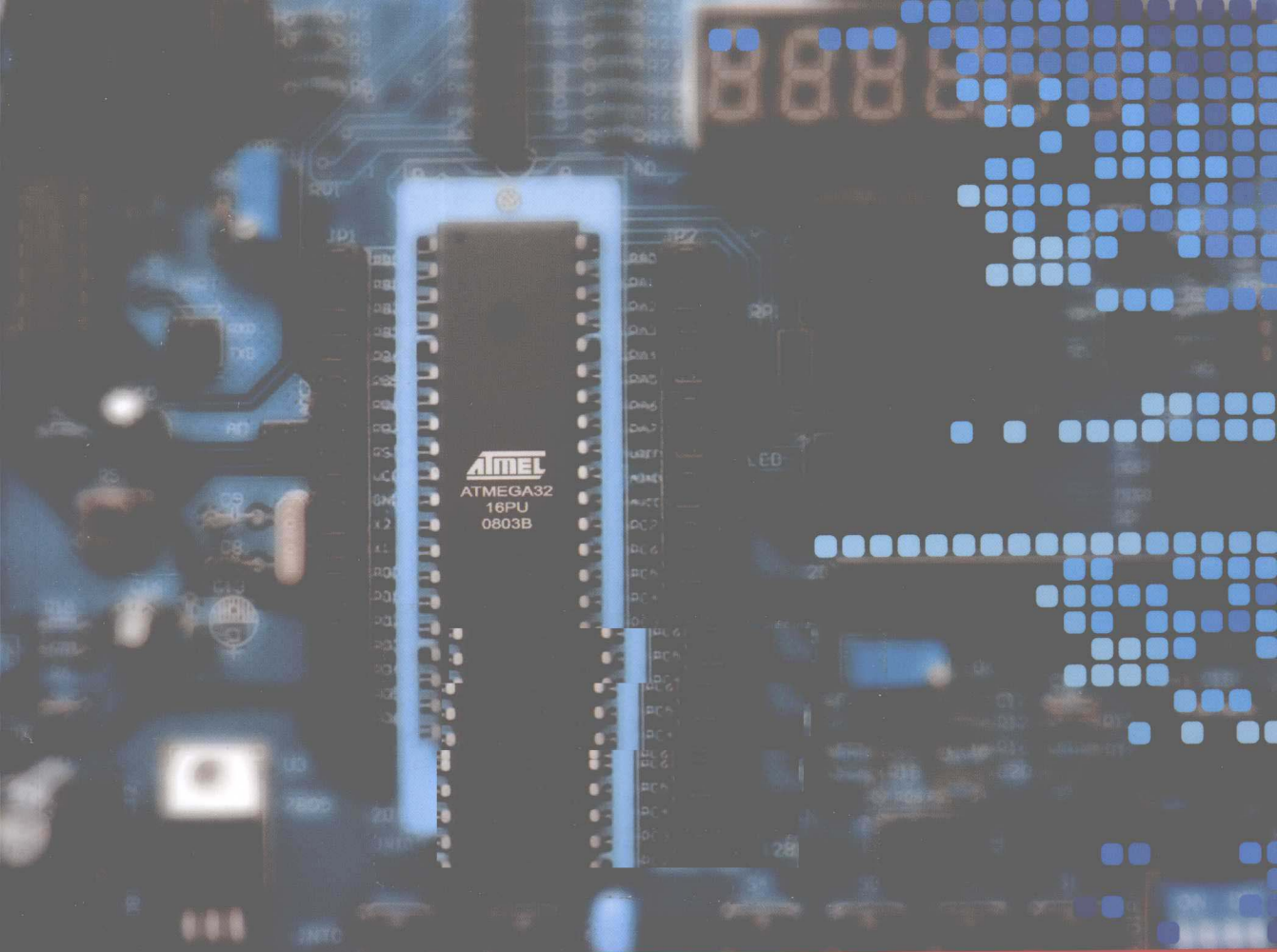




江志红 编著

AVR单片机系统开发 实用案例精选



北京航空航天大学出版社

AVR 单片机系统开发 实用案例精选

江志红 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 ATmega32 为蓝本,通过大量的实际应用案例,详细介绍了 AVR 单片机应用系统的开发环境和工具、设计流程及软硬件设计一体化的设计方法。

全书共 10 章。前 5 章为 AVR 单片机系统开发的基础部分,分别介绍了 AVR 单片机的基础知识、开发环境和开发工具、系统开发流程、片内资源的应用和典型的外部电路。这部分的内容主要以生动短小的实例为主线,并穿插了常用模块的设计注意事项。第 6~10 章分别介绍了 5 个大型的应用系统案例,内容包括办公室自动灭火系统、手持式电子血压计、带触摸屏的无线遥控机器人、无线多路报警系统、MP3 播放系统。这些精选的案例涉及了消费电子、医疗电子、工业控制、无线通信和智能仪表等单片机系统主要的应用领域。

本书以实践为主线,紧扣单片机技术发展和应用的热点,具有很强的典型性、实用性和指导性。本书结构清晰、语言简练、重点突出,非常适合高等院校电子、通信、自动控制、计算机等相关专业的学生以及从事 AVR 单片机开发的工程师使用。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机系统开发实用案例精选/江志红编著. —

北京:北京航空航天大学出版社,2010.4

ISBN 978-7-5124-0046-7

I. ①A… II. ①江… III. ①单片机微型计算机—系统设计 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 047840 号

© 2010,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书内容。
侵权必究。

AVR 单片机系统开发实用案例精选

江志红 编著

责任编辑 刘晓明

*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:25.5 字数:571 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0046-7 定价:48.00 元

前言

随着信息技术的发展,嵌入式系统已经越来越深入地渗透到人们的日常学习、工作和生活中。从家用电器到通信设备,从智能仪表到工业控制,嵌入式系统极大地提高了工作效率,提升了人们的生活品质。嵌入式系统以其结构紧凑、可靠性高、实时性好、功耗低、价格低等一些显著特点,区别于人们所熟悉的通用计算机系统,成为计算机技术的主流发展方向之一。

在各种不同类型的嵌入式系统中,单片机嵌入式系统占据着非常重要的地位。在我国,应用最广泛的单片机系统当属 8051 单片机系统。但随着技术的不断进步和应用需求的不断提高,传统的 8051 系列单片机由于自身结构的原因,在数据通信和系统扩展等方面,已经不能满足一些新的应用。功能越来越强大、体积越来越小、成本越来越低成为推动单片机技术发展的几大主要动因。

AVR 单片机是 Atmel 公司 1997 年推出的一种新系列的单片机。它采用精简指令集(RISC),以字作为指令长度单位,将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中,取指周期短。它采用哈佛结构,数据线和地址线分开,可预取指令,实现流水作业,因而可高速执行指令。另外,它还采用 32 个通用工作寄存器构成快速存取寄存器组,避免了在传统结构中累加器和存储器之间数据传送造成的瓶颈现象,进一步提高了指令的运行效率和速度。另外,AVR 单片机在内存容量、内部功能模块的集成化、以串口为主的外围扩展等诸多方面具有优势,都比较充分和全面地代表着 8 位单片机技术的发展方向。

与 8051 单片机相比,目前介绍 AVR 单片机方面的图书无论是在种类、内容还是质量上都还有很大的不足。本书立足于实践,面向工程应用,着重强调系统层面的设计和开发,不仅介绍软件开发工具,还介绍硬件开发工具;不仅介绍软硬件的设计方法,还强调完整的开发流程;不仅讲解单个模块的设计和调试,还给出系统级的测试和联调;不仅介绍具体工程项目的开发,还进一步挖掘其可能的改进,给读者以提升的空间。本书试图通过这样的一些编写方式,尽量完整地再现项目开发的整个流程,不仅为读者提供技术,而且还提供方法,使读者能尽快将知识转化为实际的产品。

AVR 系列单片机型号众多,目前应用广泛的是 ATmega16 和 ATmega32,这两款单片机除了片内存储器容量不同之外,几乎没有区别。本书选择 ATmega32 为蓝本,



内容可以很容易地扩展到其他型号的 AVR 单片机。软件开发工具则选择了 HP Info Tech 公司的 CodeVision AVR(CVAVR)。全书内容安排如下:

第 1 章介绍了 AVR 单片机的基础知识。内容包括单片机的发展和应用、AVR 单片机的主要特点和选型指南、AVR 单片机的主要硬件结构等。

第 2 章介绍了 AVR 单片机的开发工具。内容包括开发工具的概述、硬件开发工具 Protel99 SE、软件开发工具 CVAVR 和 AVR Studio 等。

第 3 章介绍了 AVR 单片机的系统开发过程。内容包括开发流程、系统定义、总体方案设计、硬件设计、软件设计、系统调试和程序下载等。

第 4 章介绍了 AVR 单片机片内资源的编程。内容包括 I/O 端口子系统、中断子系统、定时子系统、串行通信子系统和模拟接口子系统等。

第 5 章介绍了 AVR 单片机典型的外部电路。内容包括按键开关、矩阵式键盘、LED 数码管、LED 点阵、LCD 显示等。

第 6~10 章结构基本相同,每章安排了一个典型的应用实例,分别为办公室自动灭火系统、手持式电子血压计、带触摸屏的遥控机器人、多路无线报警系统、MP3 播放系统。每章都按照项目背景、系统功能、方案设计、硬件设计、软件设计、系统测试和可能的改进这样的框架组织内容。每个案例都给出了完整的硬件电路原理图和软件代码。

本书前 5 章是 AVR 单片机系统开发的基础部分。这部分的内容是按照初学者入门学习的次序排列的。刚入门的读者按照次序阅读,再将书中的案例自己实际做一遍,可以很快掌握 AVR 单片机系统开发的基本方法。由于篇幅所限,初级读者在阅读过程中可能还要查阅相关的基础书籍。对于有一定基础的读者,阅读这部分内容时可以直接找自己感兴趣的内容。后 5 章内容在结构上是完全独立的。阅读这部分内容时需要读者有一定的 AVR 单片机系统开发基础。

本书可以作为高等院校电子、通信、自动控制、计算机等相关专业的学生学习 AVR 单片机系统开发的教材,也可以作为学生开展 AVR 单片机课程设计及毕业设计的参考用书;本书还非常适合作为 AVR 单片机工程师进行项目开发的参考用书。

本书主要由江志红负责编写,参加编写的人员还有张跃常、杨光、刘军等。全书由江志红统稿并负责审核。本书在编写过程中得到了国防科技大学马伯宁博士的大力帮助,在此一并表示衷心的感谢!

限于作者的水平和经验,若书中存在疏漏或者错误之处,敬请读者批评指正。有兴趣的读者,可以发送邮件到 fighter_jzh@163.com,与作者进一步交流;也可发送邮件到 buaafy@sina.com,与本书策划编辑进行交流。

作者
2009 年 8 月

目 录

第 1 章 AVR 单片机基础	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的发展	1
1.1.2 单片机的应用领域	4
1.2 AVR 系列单片机简介	4
1.2.1 AVR 单片机的主要特点	5
1.2.2 AVR 单片机选型指南	6
1.3 ATmega32 单片机总体结构	7
1.3.1 片内总体结构	7
1.3.2 外部引脚与封装	9
1.4 ATmega32 中央处理器	11
1.4.1 运算逻辑单元	12
1.4.2 特殊寄存器	12
1.4.3 通用寄存器	14
1.5 ATmega32 存储器结构	16
1.5.1 可编程的 Flash 程序存储器	16
1.5.2 SRAM 数据存储器	16
1.5.3 EEPROM 存储器	17
1.6 外围接口特征	18
1.6.1 I/O 端口子系统	18
1.6.2 中断子系统	19
1.6.3 定时子系统	21
1.6.4 串行通信子系统	22
1.6.5 模拟接口子系统	25
1.7 本章小结	26



第2章 AVR 单片机的开发工具

2.1	开发工具概述	27
2.1.1	硬件开发工具	27
2.1.2	软件开发工具	29
2.2	Protel 使用介绍	31
2.2.1	环境简介	31
2.2.2	绘制原理图流程	32
2.3	CVAVR 使用介绍	37
2.3.1	环境简介	37
2.3.2	项目开发流程	38
2.3.3	代码生成器	52
2.4	AVR Studio 使用介绍	58
2.4.1	环境简介	59
2.4.2	软件模拟仿真	60
2.5	本章小结	66

第3章 AVR 单片机系统开发过程

3.1	系统开发概述	67
3.2	系统定义	68
3.2.1	系统功能描述	68
3.2.2	可行性论证	69
3.2.3	撰写任务书	69
3.3	总体方案设计	69
3.3.1	方案描述	70
3.3.2	系统划分	70
3.4	系统硬件设计	70
3.4.1	硬件逻辑框图设计	70
3.4.2	器件选型	71
3.4.3	单片机最小系统设计	71
3.4.4	外围电路设计	75
3.4.5	硬件可靠性设计	76
3.5	系统软件设计	78
3.5.1	绘制程序流程图	79

3.5.2 代码优化	80
3.5.3 软件可靠性设计	83
3.6 系统调试	85
3.6.1 硬件调试	85
3.6.2 软件调试	86
3.6.3 系统联调	87
3.7 程序下载	87
3.8 本章小结	89

第4章 AVR 单片机片内资源的编程

4.1 I/O 端口子系统的编程	90
4.1.1 资源概述	90
4.1.2 I/O 端口使用注意事项	91
4.1.3 应用举例:跑马灯	92
4.2 中断子系统	94
4.2.1 资源概述	95
4.2.2 中断使用注意事项	98
4.2.3 应用举例:报警器	99
4.3 定时子系统的编程	101
4.3.1 T/C0	101
4.3.2 T/C1	107
4.3.3 T/C2	116
4.4 串行通信子系统的编程	122
4.4.1 USART	122
4.4.2 SPI	128
4.4.3 TWI	135
4.5 模拟接口子系统的编程	141
4.5.1 ADC	141
4.5.2 模拟比较器	149
4.6 本章小结	152

第5章 AVR 单片机典型外部电路

5.1 按键开关	153
5.1.1 概 述	153
5.1.2 应用举例	154



5.2 矩阵式键盘	159
5.2.1 概 述	159
5.2.2 应用举例	160
5.3 LED 数码管显示	163
5.3.1 概 述	163
5.3.2 应用举例	166
5.4 LED 点阵显示	176
5.4.1 概 述	176
5.4.2 应用举例	177
5.5 LCD 显示	179
5.5.1 概 述	179
5.5.2 应用举例	180
5.6 本章小结	190

第 6 章 办公室自动灭火系统

6.1 系统概述	191
6.1.1 项目背景	191
6.1.2 系统功能	192
6.2 系统方案设计	192
6.2.1 功能组成框图	192
6.2.2 总体结构	192
6.3 硬件设计	193
6.3.1 火焰检测单元	193
6.3.2 烟雾检测单元	195
6.3.3 步进电机单元	195
6.3.4 电子阀门单元	201
6.3.5 单片机控制单元	203
6.4 软件设计	203
6.4.1 总体框图	203
6.4.2 完整代码	204
6.5 系统测试	217
6.6 进一步的分析	218
6.7 本章小结	219

第7章 手持式电子血压计

7.1 系统概述	220
7.1.1 项目背景	220
7.1.2 需求分析	221
7.2 系统方案设计	221
7.2.1 系统结构设计	221
7.2.2 设备选型	222
7.3 硬件设计	223
7.3.1 传感器电路	223
7.3.2 人机接口电路	228
7.3.3 单片机电路	232
7.3.4 电源电路	233
7.4 软件设计	234
7.4.1 软件框图	234
7.4.2 代码详解	237
7.5 系统测试	251
7.6 进一步的分析	252
7.7 本章小结	252

第8章 带触摸屏的遥控机器人

8.1 系统概述	253
8.1.1 项目背景	253
8.1.2 需求分析	254
8.2 系统方案设计	255
8.2.1 系统结构设计	255
8.2.2 设备选型	255
8.3 遥控端硬件设计	257
8.3.1 触摸屏电路	257
8.3.2 无线发送电路	258
8.3.3 单片机电路	259
8.4 受控端硬件设计	260
8.4.1 无线接收电路	261
8.4.2 电机驱动电路	261
8.4.3 单片机电路	263



8.5	软件设计	264
8.5.1	触摸屏坐标点捕获	265
8.5.2	速度和方向计算	265
8.5.3	控制信号生成	266
8.5.4	遥控端代码详解	266
8.5.5	受控端代码详解	283
8.6	系统测试	292
8.7	进一步的分析	293
8.8	本章小结	293

第9章 多路无线报警系统

9.1	项目概述	294
9.1.1	项目背景	294
9.1.2	需求分析	295
9.2	系统方案设计	295
9.3	硬件设计	297
9.3.1	发射机电路	297
9.3.2	接收机电路	303
9.3.3	电源电路	309
9.4	软件设计	310
9.4.1	软件框图	310
9.4.2	代码详解	313
9.5	进一步的分析	319
9.6	本章小结	320

第10章 MP3 播放系统

10.1	项目概述	321
10.1.1	项目背景	321
10.1.2	需求分析	322
10.2	系统方案设计	324
10.3	硬件设计	325
10.3.1	MCU 和红外接收头电路	326
10.3.2	MP3 解码电路	327
10.3.3	音效处理电路	327
10.3.4	耳机放大电路	328

10.3.5	收音机模块电路	330
10.3.6	SD 卡接口电路	330
10.3.7	液晶接口电路	330
10.3.8	电源部分电路	331
10.3.9	硬件 PCB 设计	333
10.4	软件设计	334
10.4.1	系统软件框图	334
10.4.2	LCD 模块驱动程序设计	335
10.4.3	红外遥控解码模块驱动程序设计	338
10.4.4	SD 卡模块驱动程序设计	341
10.4.5	VS1003 驱动模块程序设计	342
10.4.6	CD3314 驱动模块程序设计	345
10.4.7	TEA5767 驱动模块程序设计	347
10.4.8	FAT 文件系统管理模块程序设计	352
10.4.9	音乐播放模块程序设计	363
10.5	进一步的分析	374
10.6	本章小结	375
附录 A	ATmega32 I/O 寄存器汇总	376
附录 B	ATmega32 熔丝位汇总	379
B.1	功能熔丝	379
B.2	与 Bootloader 有关的熔丝	379
B.3	与系统时钟源选择和上电启动延时时间有关的熔丝	380
B.4	保密熔丝	386
附录 C	ATmega32 汇编指令集	
C.1	算术和逻辑指令	387
C.2	跳转指令	388
C.3	数据传送指令	390
C.4	位操作和位测试指令	391
C.5	MCU 控制指令	392
参考文献		393

AVR 单片机基础

单片机就是在一片硅芯片上集成了中央处理单元(CPU),它是具有中央处理器(CPU)、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、中断系统、定时器和输入/输出端口(I/O)等主要计算机功能部件的一个不带外部设备的微型计算机。AVR 单片机是 Atmel 公司研发的增强型内置 Flash 的 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)高速 8 位单片机。相比 8051 系列单片机,AVR 单片机在软/硬件开销、速度、性能和成本诸多方面取得了优化平衡,是一种高性价比的单片机。本章将以 ATmega32 为蓝本,介绍 AVR 单片机的总体结构、引脚功能及片内主要的系统资源等。

1.1 单片机概述

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 20 世纪 70 年代诞生以来,目前世界上单片机厂商有几十家,单片机的型号有数百种。从各种新型单片机的性能上看,单片机正朝着面向多层次用户的多品种、多规格方向发展。

1.1.1 单片机的发展

单片机自问世以来,性能不断提高和完善,其资源不仅能满足很多应用场合的需要,而且具有集成度高、功能强、速度快、体积小、功耗低、使用方便、性能可靠、价格低廉等特点,因此,它在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信系统、网络系统、汽车工业、国防工业、高级计算器具、家用电器等领域的应用日益广泛,并且正在逐步取代现有的多片微机应用系统,单片机的潜力越来越被人们所重视。特别是当前用 CMOS 工艺制成的各种单片机,由于功耗低,适用的温度范围大,抗干扰能力强,能满足一些有特殊要求的应用场合,更加扩大了单片机的应用范围,也进一步促进了单片机技术的发展。如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段。

第一阶段(1976—1978 年):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”一词即由此时而来。



第二阶段(1978—1982年):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。

第三阶段(1982—1990年):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,许多电气厂商竞相以 8051 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 转换部件和可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路的功能,强化了智能控制的特征。

第四阶段(1990—今):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的发展和应用,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。

纵观单片机的发展过程,可以看出,单片机正朝着多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、大容量及加强 I/O 功能等方向发展。其进一步的发展趋势是多方面的,主要有:

① 全盘 CMOS 化。CMOS 电路具有许多优点,如极宽的工作电压范围、极佳的低功耗及功耗管理特性等。CMOS 化已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

② 采用 RISC 体系结构。早期的单片机大多采用 CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令集计算机)结构体系,指令复杂,指令代码、周期数不统一;指令运行很难实现流水线操作,大大阻碍了运行速度的提高。如 MCS-51 系列单片机,当外部时钟为 12 MHz 时,其单周期指令运行速度也仅为 1 MIPS。采用 RISC 体系结构和精简指令后,单片机的指令绝大部分成为单周期指令。在这种体系结构中,很容易实现并行流水线操作,大大提高了指令运行速度。目前一些 RISC 结构的单片机,如美国 Atmel 公司的 AVR 系列单片机已实现了一个时钟周期执行一条指令。与 MCS-51 相比,在相同的 12 MHz 外部时钟下,单周期指令运行速度可达 12 MIPS。这一方面可获得很高的指令运行速度,另一方面,在相同的运行速度下,可大大降低时钟频率,有利于获得良好的电磁兼容效果。

③ 多功能集成化。单片机在内部已集成了越来越多的部件,这些部件不仅包括一般常用的电路,如定时器/计数器、模拟比较器、A/D 转换器、D/A 转换器、串行通信接口、WDT 电路和 LCD 控制器等,还有的单片机为了构成控制网络或形成局部网,内部含有局部网络控制模块 CAN 总线,以方便地构成一个控制网络。为了能在变频控制中方便地使用单片机,形成最

具经济效益的嵌入式控制系统,有的单片机内部设置了专门用于变频控制的脉宽调制控制电路 PWM。

④ 片内存储器的改进与发展。目前新型的单片机一般在片内集成两种类型的存储器:随机读/写存储器 SRAM,作为临时数据存储器,存放工作数据用;只读存储器 ROM,作为程序存储器,存放系统控制程序和固定不变的数据。片内存储器的改进与发展的方向是扩大容量、ROM 数据的易写和保密等。

⑤ ISP、IAP 及基于 ISP、IAP 技术的开发和应用。ISP(In System Programmable)技术称为在线系统可编程技术。微控制器在片内集成 EEPROM 以及 FlashROM 的发展,导致了 ISP 技术在单片机中的应用。首先,实现了系统程序的串行编程写入(下载),使得不必将焊接在 PCB(印刷电路板)上的芯片取下,就可直接将程序下载到单片机的程序存储器中,淘汰了专用的程序下载写入设备。其次,基于 ISP 技术的实现,使模拟仿真开发技术重新兴起。在单时钟、单指令运行的 RISC 结构的单片机中,可实现 PC 通过串行电缆对目标系统的在线仿真调试。在 ISP 技术应用的基础上,又发展了 IAP(In Application Programmable)技术,也称应用可编程技术。利用 IAP 技术,实现了用户可随时根据需要对原有的系统方便地在线更新软件、修改软件,还能实现对系统软件的远程诊断、远程调试和远程更新。

⑥ 以串行总线方式为主的外围扩展。目前,单片机与外围器件接口技术发展的一个重要方面是由并行外围总线接口向串行外围总线接口的发展。采用串行总线方式为主的外围扩展技术具有方便、灵活、电路系统简单和占用 I/O 资源少等特点。采用串行接口虽然比采用并行接口数据传输速度慢,但随着半导体集成电路技术的发展,大批采用标准串行总线通信协议(如 SPI、I²C、1-Wire 等)的外围芯片器件的出现,串行传输速度也在不断提高(可达到 1~10 Mbps 的速率);在片内集成程序存储器而不必在外部并行扩展程序存储器,加之单片嵌入式系统有限速度的要求,使得以串行总线方式为主的外围扩展方式能够满足大多数系统的需求,成为流行的扩展方式。而采用并行接口的扩展技术则成为辅助方式。

⑦ 单片机向片上系统 SOC 的发展。SOC(System On Chip)是一种高度集成化、固件化的芯片级集成技术,其核心思想是把除了无法集成的某些外部电路和机械部分之外的所有电子系统电路全部集成在一片芯片中。现在一些新型的单片机(如 AVR 系列单片机)已经是 SOC 的雏形,在一片芯片中集成了各种类型和更大容量的存储器,更多性能更加完善和强大的功能电路接口,使得原来需要几片甚至十几片芯片组成的系统,现在只用一片就可以实现。其优点是不仅减小了系统的体积和降低了成本,而且也提高了系统硬件的可靠性和稳定性。



1.1.2 单片机的应用领域

由于单片机芯片的微小体积、极低的成本和面向控制的设计,使得它作为智能控制的核心器件被广泛地用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器、电子通信产品等各个领域的电子设备和电子产品中。

主要的应用领域有:

① 智能仪表。单片机广泛地用于各种仪器仪表中,使仪器仪表智能化,并可以提高测量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 机电一体化。机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高和功能强等优点,可大大提高机械的自动化、智能化程度。

③ 实时控制。单片机广泛地用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

④ 分布式多机系统。在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以在恶劣环境中工作。

⑤ 家居生活。自从单片机诞生以后,它就进入了人类生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适和丰富多彩。

1.2 AVR 系列单片机简介

AVR 是 Atmel 公司在 1997 年研发的采用哈佛结构的 RISC 单片机。

早期由于工艺及设计水平不高、功耗高和抗干扰性能差等原因,通常采取稳妥的方案,即采用较高的分频系数对时钟分频,使得指令周期长,执行速度慢。以后的 CMOS 单片机虽然采用提高时钟频率和缩小分频系数等措施来提高单片机运行速度,但这种状态并未得到根本改变。

AVR 单片机的推出,彻底打破了这种旧的设计格局,废除了机器周期,抛弃了复杂指令集追求指令完备的做法;采用精简指令集,以字作为指令长度单位,将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中,取指周期短,又可预取指令,实现流水作业,故可高速执行指令。另外,传统的基于累加器结构的单片机,如 8051,需要大量的程序代码来完成和实现在累加器和存储

器之间的数据传送。而在 AVR 单片机中,由于采用 32 个通用工作寄存器构成快速存取寄存器组,用 32 个通用工作寄存器代替了累加器,从而避免了在传统结构中累加器和存储器之间数据传送造成的瓶颈现象,可进一步提高指令的运行效率和速度。

1.2.1 AVR 单片机的主要特点

AVR 单片机吸取了 PIC 及 8051 等系列单片机的优点,同时在内部结构上还作了一些重大改进。

其主要的优点如下:

① 内嵌高质量的 Flash 程序存储器,可反复擦写,支持 ISP 和 IAP,便于产品的调试、开发、生产、更新。内嵌长寿命的 EEPROM,可长期保存关键数据,避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用,同时也能更有效地支持使用高级语言开发系统程序。

② 高速度、低功耗,具有 SLEEP(休眠)功能。AVR 的一条指令执行周期可达 50 ns (20 MHz),而耗电则在 $1\ \mu\text{A}\sim 2.5\ \text{mA}$ 之间。AVR 采用 Harvard 结构,以及一级流水线的预取指令功能,即对程序的读取和数据的操作使用不同的数据总线,因此,当执行某一指令时,下一指令被预先从程序存储器中取出,这使得指令可以在每一个时钟周期内被执行。

③ 外设丰富。AVR 单片机包含的外设有 $I^2\text{C}$ 、SPI、EEPROM、RTC、看门狗定时器、ADC、PWM 和片内振荡器等,可以真正做到单片。

④ 抗干扰性好。有看门狗定时器(WDT)安全保护,可防止程序走飞,提高产品的抗干扰能力。此外,电源抗干扰能力也很强。

⑤ 高度保密。可多次烧写的 Flash 具有多重密码保护锁定(LOCK)功能,因此可低价快速完成产品商品化,且可多次更改程序(产品升级),方便了系统调试,而且不必浪费 IC 或电路板,大大提高了产品质量及竞争力。

⑥ 驱动能力强。具有大电流:10~20 mA(输出电流)或 40 mA(吸电流),可直接驱动 LED、SSR 或继电器。

⑦ 低功耗。具有 6 种休眠功能,能够从低功耗模式迅速唤醒。

⑧ 超功能精简指令。具有 32 个通用工作寄存器(相当于 8051 中的 32 个累加器),克服了单一累加器数据处理造成的瓶颈现象。片内含有 128 字节~4 KB 的 SRAM,可灵活使用指令运算,适合使用功能很强的 C 语言编程,易学、易写、易移植。

⑨ 中断向量丰富。有 34 个中断源,不同中断向量入口地址不一样,可快速响应中断。

⑩ 可靠性高。AVR 单片机内部有电源上电启动计数器,当系统 RESET 复位上电后,利用内部的 RC 看门狗定时器,可延迟 MCU 正式开始读取指令执行程序的时间。这种延时启动的特性,可使 MCU 在系统电源、外部电路达到稳定后再正式开始执行程序,提高了系统工作的可靠性,同时也可节省外加的复位延时电路。此外,内置的电源上电复位(POR)和电源掉电检测(BOD),也有效提高了单片机的可靠性。