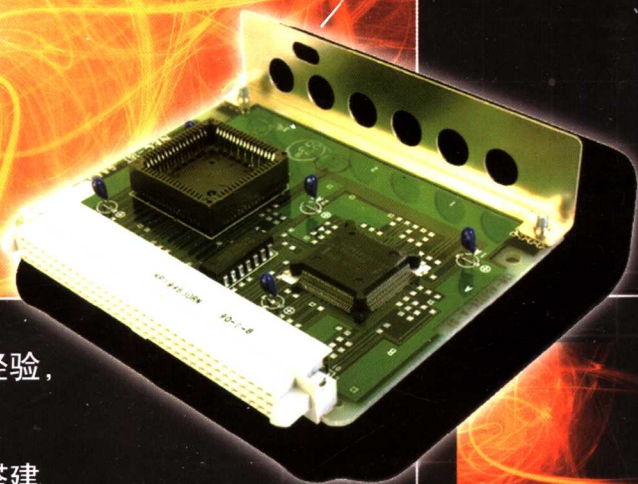


单片机

张萌 和 湘 姜斌 编著

应用系统开发

综 合 实 例



- 由资深工程师编写，综合了多年的开发经验，具有极强的指导价值
- 从应用开发着手，重点介绍整个项目的搭建，具有极高的使用价值
- 精选典型实例，关键部分给出多种设计方案，具有极佳的参考价值



清华大学出版社

内 容 简 介

本书全面、深入地介绍了基于 USB 接口单片机的数据采集及控制系统的开发技术,包括系统的开发流程、总体设计、电源、看门狗复位、强电控制、大范围温度采集、高精度温度采集、LCD 显示、实时时钟、USB 接口设计等。每个部分的内容都作了较为全面的综述,对当前市场上的主流方案作了比较,并且给出了相应的设计示例。

对于想了解单片机应用系统开发的初学者,以及从事仪器控制领域的专业人士来说,本书是一本不错的教材。书中既讲解透彻的原理,又有详细使用的实例,更有作者从事实际开发工作的心得。本书内容丰富、实用性强,涵盖了数据采集控制设计的所有方面,适合从事单片机开发的技术人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教材和参考书。

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。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用系统开发综合实例/张萌,和湘,姜斌编著. —北京:清华大学出版社,2007.7
ISBN 978-7-302-15458-7

I.单… II.①张… ②和… ③姜… III.单片微型计算机—系统开发 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 089007 号

责任编辑:应 勤

封面设计:杨玉兰

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:马素伟

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京国马印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:30.5 字 数:730 千字

版 次:2007 年 7 月第 1 版 印 次:2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:42.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:019393-01

前言

USB 接口以其高速度、低价格、使用方便、易于扩展的特点在 PC 机上取得了巨大成功,越来越多的产品趋向于使用 USB 接口作为数据传输的桥梁。虽然如此,目前国内还是有很多仪器、工业控制系统使用串口、PCI 甚至 ISA 接口作为数据采集或者命令控制的接口。USB 的巨大成功以及其种种便捷的特点,使很多厂商开始转向于开发基于 USB 接口的产品。本书并不是仅仅讲解如何使用 USB 接口芯片,如何开发 USB 驱动程序,而是从头到尾的阐述一个基于 USB 接口进行数据采集工业控制的实际项目。从项目的总体设计,关键部分的方案比较,以及具体实现,涉及了电源、看门狗复位、强电控制、高精度温度采集、大范围温度采集、显示以及 RTC(实时时钟)、USB 接口的软硬件设计等问题。很多部分中并不是给出一种方案,而是给出了几种,可以方便读者以后在实际的工作中进行权衡选择。关键的 USB 实现部分也给出了两种方案,一种是基于接口芯片 CH372,另一种是基于内置 USB 接口单片机 CY7C68013 的方案。第一种方案在开发速度上更占优势,而 CY7C68013 是 Cypress 的产品,在市场上有大量的用户。所以这两种方法都应该有不少的读者群。

本书涉及的内容很多,需要读者有比较丰富的知识背景。当然,很多技术细节在这里不会面面俱到,光要讲清楚 USB 协议和 USB 设计就需要一本书,更不要说 WDM 驱动程序设计等问题了。

本书的侧重点是整个项目,即如何实现整个项目的搭建,项目中需要关注的问题这里会重点讲解,而且是从应用开发的角度来进行阐述,目的是想给读者提供一本使用价值高的资料,以便在以后的开发中遇到类似的问题可以快速解决,使读者可以从一个初学者快速的成长为一名电子工程师。而熟练的电子工程师如果要进行 USB 产品的开发,特别是基于 USB 进行数据采集以及工业控制的产品,本书也是一本不错的选择。

本书全书共分 10 章,主要内容如下。

第 1 章介绍单片机基础知识。对单片机的发展,8051 的体系结构,关键部分做简要的介绍。对 8051 内核比较熟悉的读者对于本章可能有种蓦然回首的感觉,可以在整体上再加深一遍印象;而对于初学者则起到一个提纲挈领的作用,让初学者可以对 8051 系列单片机有个概念上的认知,可以为进一步了解细节打下基础。

第 2 章介绍总体设计部分,详细地介绍了本项目在总体设计的具体问题。

第 3 章详细地讲述了从交流市电获得所需的直流稳压电源的每个环节,并对系统的电源方案进行了详细地介绍。同时详细探讨了看门狗复位电路方面的内容,及本系统使用的看门狗复位电路的方案。

第 4 章介绍一种可以在 $0\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 范围内准确测量的方案。一个温度测量系统实际上包括很多组成部分,包括温度传感器、模拟前端信号处理、A/D 转换器的选择及使用,中间还涉及许多细节比如运算放大器的使用、参考电源的设计等,本章对这些内容都作了较为详细的介绍,然后结合本系统的方案,给出了一个大范围温度测量的实例。

第 5 章介绍一种高精度的温度测量方案,从传感器的使用,电路(引线电阻)的补偿、高精度 A/D 器件的使用、参考电源设计,再到 PCB 的布局、布线,以及最后的软件滤波,方方面面都作了详细的讲解。

第 6 章详细介绍一种很常用的液晶显示屏的使用方法,并对开发系统实时时钟需要注意的问题进行了全面的讨论。

第 7 章主要介绍 USB 数据采集的优势、特点,以及作为外设开发者关心的 USB 数据流模型、设备架构、协议层等问题。最后选择了一款 USB 接口芯片 CH372 作为实例,对其硬件设计、固件设计作了详细的介绍,同时也对使用 USB 通信的应用程序的编写作了简单的说明。很多情况下,开发 USB 外设需要在主机上实现自己的 USB 设备驱动程序,而 CH372 芯片的厂商提供了 Windows 下的驱动程序和应用层接口,所以不需要再开发 USB 设备驱动程序,但是鉴于 USB 设备驱动程序部分的重要性,本章对 WDM 模型也作了简单的介绍。

第 8 章讲述了如何使用芯片内部集成 USB 控制器的单片机来进行系统的开发。在器件的选择上使用了具有代表性的、由 USB 控制器领域的领导厂商 Cypress 研制的 EZ-USB 系列的 FX2 CY7C68013 作为开发的平台。

第 9 章主要讲解了基于 CY7C68013 的 USB 部分功能的实现内容。同时介绍了使用集成开发环境 Keil 时需要注意的一些环境设置,并介绍了使用 Cypress 提供的控制面板的一些注意事项。

附录 A 介绍单片机应用系统开发流程。通常一种产品的设计都有项目开发的生命周期。单片机应用系统虽然多种多样,技术要求各不相同,但大多数情况下都可以采用同样的流程,本章结合本项目开发的实际情况给出了单片机应用系统的研制过程,包括需求分析、总体设计、硬件设计、软件设计、测试、产品化等几个阶段。

本书由张萌、和湘、姜斌、王建明、唐晨光、彭为、杨国锴、钟坚成、胡勇辉、杭志、倪文志、曾健、黄科、文龙、张自辉、胡开胜等编写。

在本书的编写过程中,首先感谢我的父亲、母亲,不但给予了我健康的身体,还给予了我可以思考的灵魂。感谢我的女朋友莫羚,她在攻读硕士学位的同时,帮我查阅了大量的相关资料,并承担了一部分文字录入的工作。还要真诚的感谢陈天霞女士的全盘支持,是她的不懈努力最终促成了这本书的出版。

由于编者水平有限,书中不足及错误之处在所难免,敬请各位专家和读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 8051 单片机基础知识.....1	2.4.3 提高产品电磁兼容性的 具体措施68
1.1 单片机概述.....1	2.5 本章小结.....71
1.1.1 单片机的发展.....2	第 3 章 电源及看门狗复位部分73
1.1.2 单片机的应用.....5	3.1 直流电源.....74
1.2 8051 单片机.....6	3.1.1 直流电源概述74
1.2.1 8051 单片机概述.....7	3.1.2 整流电路75
1.2.2 8051 单片机内部结构.....8	3.1.3 滤波电路79
1.2.3 8051 单片机引脚特性.....10	3.1.4 稳压电路83
1.2.4 8051 单片机存储器组织.....15	3.1.5 三端集成稳压器85
1.2.5 8051 单片机中断系统.....19	3.2 系统电源设计.....87
1.2.6 8051 单片机定时器/计数器24	3.2.1 系统电源需求88
1.2.7 8051 单片机串行口.....28	3.2.2 系统电源设计89
1.2.8 8051 单片机指令系统.....31	3.2.3 大功率交流电控制电路91
1.3 本章小结.....33	3.3 复位电路.....94
第 2 章 总体设计部分35	3.3.1 基本阻容复位电路95
2.1 系统任务、组成及方案.....36	3.3.2 基本手动复位电路95
2.1.1 系统任务.....36	3.3.3 改进型的复位电路96
2.1.2 系统组成.....37	3.3.4 专用复位电路96
2.1.3 系统方案.....41	3.4 基于 X5045 的复位电路硬件设计.....97
2.2 基于 AT89C51 及 USB 接口 芯片的总体设计.....42	3.5 基于 X5045 的复位电路软件设计.....100
2.2.1 MCU 及存储器扩展电路42	3.5.1 寄存器介绍100
2.2.2 I/O 扩展电路48	3.5.2 功能服务函数102
2.2.3 功能扩展电路.....52	3.5.3 接口服务函数107
2.2.4 A/D 转换电路.....56	3.6 本章小结.....117
2.3 基于内置 USB 功能单片机 CY7C68013 的总体设计59	第 4 章 大范围温度采集部分119
2.3.1 MCU 及存储器扩展60	4.1 温度测量概述.....120
2.3.2 A/D 转换电路.....63	4.1.1 温标和温度测量的意义120
2.4 系统电磁兼容性问题.....64	4.1.2 常用的温度测量的方法 和问题120
2.4.1 电磁兼容问题的基本概述.....65	4.1.3 温度测量的基本 组成部分121
2.4.2 电磁干扰抑制技术 基本手段.....67	4.2 温度测量的信号采集及转换.....122

4.2.1 温度传感器.....	123	第 6 章 液晶显示 LCD 及	
4.2.2 模拟前端信号处理.....	126	实时时钟部分	211
4.2.3 A/D 转换器.....	129	6.1 液晶显示 LCD 概述.....	211
4.3 大范围温度采集系统		6.1.1 液晶基本知识.....	212
硬件设计.....	134	6.1.2 液晶显示特点、 应用及发展.....	213
4.3.1 热电偶及前端 放大电路.....	134	6.1.3 液晶显示原理.....	215
4.3.2 A/D 转换电路.....	136	6.1.4 液晶显示常见类型.....	216
4.3.3 基于集成模拟温度传感器 AD590 的冷端补偿.....	140	6.1.5 液晶显示驱动方式.....	218
4.3.4 基于集成数字温度传感器 DS18B20 的冷端补偿.....	141	6.2 液晶显示设计概述.....	220
4.4 大范围温度采集系统软件设计.....	146	6.2.1 液晶显示模块(LCM).....	220
4.4.1 A/D 转换芯片 TLC2543 软件.....	146	6.2.2 液晶显示控制器.....	221
4.4.2 数字温度传感器 DS18B20 芯片软件.....	150	6.2.3 中低分辨率液晶 显示模块选型指南.....	223
4.5 本章小结.....	164	6.3 液晶显示部分硬件设计.....	224
第 5 章 高精度温度采集部分	165	6.3.1 T6963C 芯片特性.....	225
5.1 AD7714 概述.....	165	6.3.2 液晶显示模块的外特性.....	227
5.1.1 一般说明.....	166	6.3.3 液晶显示接口电路.....	228
5.1.2 特点及应用.....	166	6.3.4 液晶模块使用 注意事项.....	230
5.1.3 产品要点.....	167	6.4 液晶显示部分软件设计.....	232
5.1.4 引脚排列和引脚说明.....	167	6.4.1 T6963C 指令集.....	232
5.2 关键部分硬件设计.....	169	6.4.2 液晶功能服务函数.....	238
5.2.1 RTD 测量电路.....	170	6.4.3 液晶接口函数.....	241
5.2.2 基本电路说明.....	172	6.5 实时时钟设计选择和优化.....	245
5.2.3 接口电路.....	174	6.5.1 系统考虑.....	245
5.2.4 模拟输入.....	176	6.5.2 时钟选择.....	246
5.2.5 光隔电路.....	179	6.5.3 附加特性.....	249
5.2.6 电源.....	181	6.5.4 器件选型指南.....	250
5.2.7 接地和布局.....	183	6.6 实时时钟部分硬件设计.....	254
5.2.8 注意事项.....	184	6.6.1 DS1302 芯片特性.....	254
5.3 关键部分软件设计.....	187	6.6.2 DS1302 接口电路.....	255
5.3.1 数字接口及读写操作.....	187	6.7 实时时钟部分软件设计.....	256
5.3.2 片内寄存器以及配置.....	193	6.7.1 命令字节.....	257
5.3.3 校准操作.....	204	6.7.2 基本数据输入 输出函数.....	258
5.4 本章小结.....	209	6.7.3 DS1302 接口程序.....	261
		6.8 本章小结.....	263

第 7 章 基于芯片 CH372 的**USB 接口设计.....264**

- 7.1 数据采集系统概述.....265
- 7.2 USB 协议简介.....267
 - 7.2.1 总线拓扑结构.....268
 - 7.2.2 总线电气特性.....268
 - 7.2.3 端点和管道概念介绍.....269
 - 7.2.4 USB 设备.....270
 - 7.2.5 USB 数据流.....273
 - 7.2.6 包格式.....274
 - 7.2.7 数据触发同步与重试.....277
 - 7.2.8 总线操作的事务格式.....278
 - 7.2.9 低速操作.....281
- 7.3 USB 接口部分硬件设计.....282
 - 7.3.1 CH372 芯片特性.....282
 - 7.3.2 CH372 接口电路.....285
- 7.4 USB 接口部分固件程序设计.....286
 - 7.4.1 内部端点.....287
 - 7.4.2 命令说明.....287
 - 7.4.3 关键部分源程序.....291
- 7.5 上位机软件设计.....299
 - 7.5.1 USB 主机概况.....299
 - 7.5.2 设备驱动程序简介.....302
 - 7.5.3 CH372 驱动程序的
应用层接口.....304
 - 7.5.4 端对端的 USB 传输.....311
 - 7.5.5 应用程序示例.....314
- 7.6 本章小结.....319

第 8 章 EZ-USB FX2 CY7C68013.....320

- 8.1 EZ-USB FX2 CY7C68013
概述.....321
 - 8.1.1 总体介绍及应用.....321
 - 8.1.2 FX2 体系结构以及 SIE.....322
 - 8.1.3 功能概述.....324
- 8.2 中断系统.....330
 - 8.2.1 中断相关的 SFR.....330
 - 8.2.2 中断处理.....334
 - 8.2.3 USB 特殊中断.....335

- 8.2.4 USB 中断自动向量.....339
- 8.2.5 I²C 总线中断.....340

8.3 存储组织.....341

- 8.3.1 内部数据 RAM.....341
- 8.3.2 外部程序存储和外部
数据存储.....342

8.4 复位系统.....347

- 8.4.1 上电复位.....347
- 8.4.2 释放 CPU 复位.....348
- 8.4.3 CPU 复位效果.....349
- 8.4.4 USB 总线复位.....349
- 8.4.5 FX2 断开.....350
- 8.4.6 复位总结.....350

8.5 枚举及重枚举.....351

- 8.5.1 FX2 启动模式.....351
- 8.5.2 E²PROM 启动加载
数据格式.....352
- 8.5.3 E²PROM 配置字.....354
- 8.5.4 Renum 位.....354
- 8.5.5 FX2 设备请求响应
(Renum=0).....355

- 8.5.6 FX2 固件下载厂商请求.....356

- 8.5.7 固件枚举.....357

8.6 端点访问.....357

- 8.6.1 高速和全速差异.....358
- 8.6.2 端点配置.....358
- 8.6.3 端点数据访问.....359
- 8.6.4 端点控制.....360
- 8.6.5 端点 0.....361
- 8.6.6 Setup Data 指针.....364
- 8.6.7 Autopointers.....365

8.7 本章小结.....366**第 9 章 基于 CY7C68013****的系统设计.....368****9.1 硬件设计.....369**

- 9.1.1 MCU.....369
- 9.1.2 USB 接口及系统电源.....376
- 9.1.3 串口电路.....377

9.1.4 扩展电路.....	378	9.3 Keil 环境设置及控制面板	
9.2 软件设计.....	380	使用说明.....	426
9.2.1 主程序框架.....	380	9.3.1 Keil 环境设置.....	427
9.2.2 设备描述符.....	382	9.3.2 控制面板使用说明	432
9.2.3 设备请求处理.....	390	9.4 本章小结.....	437
9.2.4 I ² C 接口程序	415	附录 A 单片机应用系统开发流程	438

第 1 章 8051 单片机基础知识

本章要点

本章首先介绍单片机技术的发展及应用情况, 然后对 8051 单片机的主要功能特点、内部结构、引脚特性、存储器组织、中断系统, 以及定时器/计数器、串行口等片内的外设进行全面的介绍, 并简要介绍 8051 系列单片机的指令系统。

本章主要内容

- 单片机的发展历史、发展特点、发展趋势
- 单片机的应用特点、应用领域
- 8051 单片机的主要特点、内部结构
- 8051 单片机的引脚特性、存储器组织
- 8051 单片机的中断系统
- 8051 单片机的定时器/计数器、串行口
- 8051 单片机的指令系统

本章首先简要地介绍单片机的发展历史以及单片机在市场上的应用状况, 同时针对目前国内较为流行的 MCS-51 系列单片机, 对其主要功能特点、内部结构进行概要性的说明。由于本书的主要目的是介绍一个基于 USB 的数据采集控制系统的设计及实现, 所以侧重点并不是讲解 8051 单片机的基础知识。本章的主要目的是想让读者产生关于 8051 单片机的总体认识, 并着重介绍在应用上的一些细节, 这样读者在阅读后面的章节中对单片机的某些具体应用出现疑问时(特别是相关特殊功能寄存器的配置), 就不必再另外查阅相关资料, 只要重新浏览相关内容即可。本书所讲述的系统在其中一个方案的实现上, 选择 ATMEL 公司的 AT89C51 作为系统的主控芯片, 所以本章介绍 8051 单片机时, 为了配合后面的内容, 很多情况下是以 AT89C51 为例讲解的。

1.1 单片机概述

单片微型计算机(单片机)作为微型计算机的一个很重要的分支, 自问世以来, 以其极高的性价比, 受到人们的重视和关注, 因此应用广泛, 发展迅速。相对而言, 单片机体积小、重量轻、抗干扰能力强, 对环境要求不高, 并且价格低廉、可靠性高、灵活性好, 开发较为容易。目前, 在我国, 单片机已经广泛地应用于智能仪器仪表、机电设备过程控制、自动检测、家用电器和数据处理等各个方面。

1.1.1 单片机的发展

单片机诞生于 20 世纪 70 年代。最初的单片机是利用大规模集成电路技术把中央处理单元(Center Processing Unit, 也即常称的 CPU)和数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM)及其他 I/O 通信口集成在一块芯片上, 构成一个最小的计算机系统。现代的单片机则增加了更多的片内外设(比如定时器、计数器、串行口、中断、并行 I/O 口, 甚至包括 A/D 转换器、脉宽调制器 PWM 等), 使得单片机的功能越来越强大, 应用领域越来越广泛。因为这样一块芯片就具有一台计算机的功能, 因而被称为单片微型计算机, 简称单片机。由于单片机的硬件结构和指令系统都是按照工业控制要求来设计的, 常用在工业的检测、控制装置中, 因而也称为微控制器(Micro-Controller)。

单片机按照其用途可以分为通用型和专用型两大类。通常所说的单片机是指通用型单片机。通用型单片机是把可开发资源(如 ROM、RAM、I/O 口)全部提供给使用者。专用型单片机的硬件结构和指令是按照某个特定用途而设计的, 如: 频率合成调谐器(DDS)、USB 控制器、录音机机芯控制器、打印机控制器等。

1. 单片机发展历史

20 世纪 70 年代, 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, 元器件集成规模还比较小, 功能相对比较简单, 一般只集成了 CPU 和 RAM, 有的还将一些简单的 I/O 口集成到芯片上, 像 Farichild 公司的产品就属于这一类型。这样的单片机通常还需要扩展其他外围处理电路才能构成完整的系统。类似的单片机还有 Zilog 公司的 Z80 微处理器。

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重要的里程碑。

其后, 在 MCS-48 的鼓舞下, 各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 80 年代初, 单片机已经发展到了高性能阶段, 如 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, 日本的著名电气公司 NEC 和 HITACHI 都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

80 年代, 世界各大公司竞相研制出品种多、功能强的单片机, 约有几十个系列, 300 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。单片机功能越来越强, RAM 和 ROM 的容量也越来越大, 其发展到了一个全新的阶段, 应用领域更加广泛, 许多电子产品均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

在众多品种的单片机中, MCS-51 系列是我国较早引进的 Intel 公司的单片机产品。由于其性能优良, 已经被国内用户广泛认可和采用, 占据了主要的市场份额。单片机产品的性能在不断提高, 技术在不断更新换代。近几年, 一些公司面向市场推出以 8051 为内核、独具特色、性能卓越的新型系列单片机, 如 ATMEL 公司的 AT89 系列, Philips 公司的 80C51 系列, ADI 公司的 ADuC 系列, 以及 SIEMENS 等公司也都在 8051 的基础上先

后推出了新型兼容机。就通用单片机而言,世界上著名的计算机厂家投放市场的产品就有 50 多个系列,400 多个品种。单片机产品已占整个微机产品的 80%以上,其中 8 位单片机的产量又占整个单片机产量的 60%以上,8 位单片机在最近若干年将仍是工业检测、控制应用的主角。

2. 单片机发展特点

单片机技术从出现至今已走过了近 30 年的发展路程。纵观 30 年来单片机的发展历程,单片机技术以微处理器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动力,表现出极具个性的发展特点。

(1) 寿命长

这里所说的寿命长,一方面指用单片机开发的产品可以稳定可靠地工作 10 年、20 年,另一方面是指与微处理器相比的长寿命。随着半导体技术的飞速发展,MPU(Micro Processor Unit,微处理器)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,而传统的单片机如 68HC05、8051 等已存在了 15 年,产量仍是上升的。这一方面是由于其对应用领域的适应性,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,一些成功面市的相对年轻的 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 位共同发展

8 位、16 位、32 位单片机共同发展,这是单片机技术发展的另一个动向。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 位单片机应用取得了长足的发展。以 MOTOROLA “68K 系列”的 32 位单片机为例,1997 年的销售量达 8 千万个。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。但实际上 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) 运行速度越来越快

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,为提高单片机的抗干扰能力,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或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 4.9MHz 外部振荡器而内部时钟达 32MHz,而 M68K 系列 32 位单片机使用 32kHz 的外部振荡频率,内部时钟可达 16MHz 以上。

(4) 低电压与低功耗

自 80 年代中期以来,NMOS 工艺单片机逐渐被 CMOS 工艺所代替,功耗得以大幅度下降,随着超大规模集成电路技术由 $3\mu\text{m}$ 工艺发展为 $1.5\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.35\mu\text{m}$ 进而实现了 $0.2\mu\text{m}$ 工艺,全静态设计使时钟频率从直流到数十 MHz 任选,功耗不断下降。MOTOROLA 最近推出任选的 MCORE 可在 1.8V 电压下以 50MHz/48MIPS(百万指令/秒)全速工作,功率约为 20mW。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 3~6V 范围内工作, 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 2.7V 降至 2.2V、1.8V, 甚至 0.9V 供电的单片机都已经问世了。

(5) 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 NS 的 COP8 单片机内部增加了抗 EMI(电磁干扰)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。

(6) 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(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, 先焊在印刷线路板上, 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。

(7) 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。华邦公司生产的与 8051 兼容的单片机具有 MTP 的性能、OTP 的价位。这些单片机都使用了 ISP 技术, 可以安装到印刷线路板上以后再下载程序。

3. 单片机发展趋势

回顾历史, 在 Intel 公司推出了 MCS-51 不久便实施了最彻底的技术开放政策; 在众多电器商、半导体商的积极参与下, 将 MCS-51 发展成了众多型号系列的 80C51 MCU(Micro Controller Unit, 微控制器)家族。MCS-51 经典的体系结构、极好的兼容性和 Intel 公司的开放政策不仅使众多厂家参与发展, 也诱使半导体厂家对 MCS-51 实行为所欲为的改造。从各种新型单片机的性能可以看出, 单片机是向大容量、高性能化、外围电路内装化几方面发展。

(1) CPU 功能的加强

CPU 的能力主要体现在数据处理的速度和精度的提高, 一般通过 CPU 字长的增加、硬部件的扩充、总线速度的提高、指令系统的扩充和效率的提高来实现。甚至还有采用双 CPU 结构或者多 CPU 结构, 以及流水线结构来加强 CPU 的功能。

(2) 存储器的发展

容量不断增大。新型单片机片内 ROM 空间一般可以达到 4K 至 8K 字节, RAM 空间可以达到 256 字节, 有些型号的 ROM 和 RAM 空间更多。片内的 EPROM 开始 E²PROM 和 Flash ROM 化, Flash ROM 的使用加速了单片机技术的发展。基于 Flash ROM 的 ISP

技术,极大地改变了单片机应用系统的结构模式以及开发和运行条件;而在单片机中最早实现 Flash ROM 技术的是 ATMELE 公司的 AT89Cxx 系列。

(3) 片内 I/O 的改进

增加并行口的驱动能力,增加 I/O 端口的逻辑控制能力,最突出的改进是 I/O 从固定方式到交叉开关配置。I/O 端口可编程选择为单向/双向以及上拉、开漏等。固定方式的 I/O 端口,既占用引脚多,配置又不够灵活。为此,Scenix 公司在推出的 8 位 SX 单片机系列中,采取虚拟外设的方法将 I/O 的固定方式转变为软件设定方式。而在 Silabs 公司的 C8051F 中,则采用开关网络以硬件方式实现 I/O 端口的灵活配置。在这种通过交叉开关配置的 I/O 端口系统中,单片机外部为通用 I/O 口,如 P0 口、P1 口和 P2 口。内有输入/输出的电路单元通过相应的配置寄存器控制的交叉开关配置到所选择的端口上。

(4) 片内资源的增加

除了存储器和 I/O 端口增加外,有的还配置了 A/D 转换器、脉宽调制 PWM、正弦波发生器、CRT 控制器、LED 和 LCD 驱动器等。

(5) 调试方式的改进

引入 JTAG 接口将使 8 位单片机传统的仿真调试产生彻底的变革。在上位机软件支持下,通过串行的 JTAG 接口直接对产品系统进行仿真调试。Silabs 公司 C8051F 的 JTAG 接口不仅支持 Flash ROM 的读/写操作及非侵入式在系统调试,还为在系统测试提供边界扫描功能。通过边界寄存器的编程控制,可对所有器件引脚、SFR 总线和 I/O 口弱上拉功能实现观察和控制。

1.1.2 单片机的应用

单片机以其卓越的性能、小巧的体积、极高的性价比,在国民经济的各个领域得到了广泛的应用。但是由于单片机自身的一些特点,在实际应用中又有着自己的应用特性和应用范围。

1. 应用特点

基于单片机的应用系统和其他一般的微型机相比,具有以下一些特点。

(1) 小巧灵活

由于单片机内部包含了计算机的基本功能部件,能满足很多应用领域对硬件功能的基本要求,因此能方便地组装成各种智能式测控设备及各种智能仪器仪表。

(2) 可靠性高

单片机内 CPU 访问存储器和各种外设的接口的总线大多数在芯片内部,因此不易受到外界环境的干扰;同时由于体积小,在很多恶劣的环境下,容易采取对系统进行电磁屏蔽等措施。

(3) 使用方便,容易扩展

系统扩展方便,简化了硬件设计,同时市场上提供了各种成熟的开发工具,具有很强的软硬件调试功能和辅助设计手段。

(4) 性价比高,容易产品化

单片机市场需求量大,厂商一次可以进行大量的生产,同时很多厂商竞争,单片机的

价格一直很具有优势。很多特性缩短了单片机应用系统从样机到正式产品的过渡过程，缩短了研制周期，可使成果迅速转换成生产力。

2. 应用领域

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域，大致可分如下几个方面。

(1) 在智能仪器仪表上的应用

单片机广泛应用于仪器仪表中，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、元素和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、智能化和微型化，且功能比起采用分立器件或数字电路更加强大。例如精密的测量设备(功率计、示波器和各种分析仪)。

(2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统。例如工厂流水线的智能化管理、电梯智能化控制和各种报警系统、与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用

现在的家用电器基本上都采用了单片机控制，从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电和其他音响视频器材，再到电子秤量设备，五花八门，无所不在。家用电器涉及到千家万户，需求非常大，配上单片机后的家用电器在功能上更加智能化，深得用户的欢迎。廉价的单片微机在家用电器上的应用前途十分广阔。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的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，为在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，从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统和列车无线通信，再到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信和无线电对讲机等。

(5) 在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛，例如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

此外，单片机在工商、金融、科研、教育和国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

1.2 8051 单片机

1980 年 Intel 公司在 MCS-48 系列单片机的基础上，又推出了 MCS-51 系列 8 位高档(当时来说)单片机。MCS-51 单片机无论是片内 RAM 容量、I/O 口功能、系统扩展能力，还是指令系统和 CPU 的处理功能都非常强。尤其是 MCS-51 所特有的布尔处理机，在逻辑处理与控制方面具有突出优点。

AT89C51 是 ATMEL 公司 MCS-51 系列兼容单片机中的代表产品，它内部集成了功能强大的中央处理器、21 个专用控制寄存器、4KB 的程序存储器、128 字节的数据存储器、4 组 8 位的并行 I/O 口、两个 16 位的可编程定时/计数器、一个全双工的串行口以及

布尔处理器。

1.2.1 8051 单片机概述

MCS-51 系列中最早的典型代表为 8051、8751、8031，其指令系统完全兼容，仅在内部结构和应用特性方面稍有差异，主要功能特点如下。

- 8 位 CPU。
- 片内 128 字节 RAM(MCS-52 子系列有 256 字节 RAM)。
- 片内 4KB ROM/EPROM(8051/8751)。
- 特殊功能寄存器区。
- 2 个优先级的 5 个中断源结构。
- 4 个 8 位并行 I/O 口(P0、P1、P2、P3)。
- 2 个 16 位定时/计数器(MCS-52 子系列为 3 个)。
- 全双工串行口。
- 布尔处理器。
- 64KB 外部数据存储器地址空间。
- 64KB 外部程序存储器地址空间。
- 片内振荡器及时钟电路。

8051 片内程序存储器为掩膜 ROM，可根据特殊要求和用途在制造芯片时将专用程序固化进去，成为专用单片机。8031 单片机内部没有 ROM，使用时需外接 EPROM 芯片，其他与 8051 完全一样。而 8751 是片内 ROM 采用 EPROM 形式的 8051，能方便地改写程序。如表 1.1 所示为 MCS-51 单片机存储器容量。

表 1.1 MCS-51 单片机存储器容量

系 列	类 型	掩膜 ROM	EPROM	RAM
51 系列	8031	—	—	128B
	8051	4KB	—	128B
	8751	—	4KB	128B
52 系列	8032	—	—	256B
	8052	8KB	—	256B
	8752	—	8KB	256B

以上器件都是采用 HMOS 工艺制造的，另外还有采用低功耗的 CHMOS 工艺制造的器件，它们是 80C31、80C51 和 87C51 等，分别与上述器件兼容。

8052 单片机是增强型的 MCS-51 系列单片机，它除了兼容 8051 的全部功能外，还增强了其他功能，它有 256 字节片内 RAM、三个定时器/计数器、6 个中断源和 8KB 片内 ROM。同样 8032 是无片内 ROM 的 8052，8752 是由 8KB EPROM 代替 ROM 的 8052。

综上所述，8051 与 8751 本身即可构成一个小而完整的微机系统，而 8031 则需外加一片 EPROM 方能构成系统。8051 片内 ROM 中的程序是制造商代为客户固化的，用户只需将程序清单交给厂家，出厂的 8051 便成为具有特殊用途的专用单片机。8751 片内具有

4KB EPROM, EPROM 是面向用户的, 用户可方便地将工作程序固化到 EPROM 中。8751 价格昂贵, 不宜大量应用到产品中去。8031/8032 内部无 ROM, 但外接一片 EPROM, 亦可构成一个完整的系统, 它具有价格低、功能强、使用方便灵活的特点。用户在上述几种单片机中选择机型时, 应根据系统需要来选择。

现代的单片机通常采用 E²PROM 或者 Flash 作为程序存储替代 ROM 或者 EPROM, 这给设计者在开发过程中带来极大的方便, 但是最后发布产品时也可以选择 OTP 产品, 这样会降低产品的价格。

1.2.2 8051 单片机内部结构

MCS-51 是 8051 系列单片机的典型产品, 本节就以这款极具代表性的机型为例(有些部分以 AT89C51 为例)进行系统的讲解。在讲解过程中, 将从系统设计的角度出发, 重点介绍 MCS-51 单片机面向用户的内部资源, 分析其内部结构。读者在学习这部分内容后, 能够对 8051 单片机有个整体上的了解, 并能够理解和掌握单片机的应用特征。

单片机的结构和微处理器类似, 同样具有两种类型。一种是程序存储器和数据存储器分开的形式, 即哈佛(Harvard)结构; 另一种是采用通用计算机广泛使用的程序存储器与数据存储器合二为一的结构, 即冯·诺依曼结构。Intel 的 MCS-51 系列单片机采用的是哈佛结构的形式, Atmel 的 AT89C51 采用的也是这种结构。

如图 1.1 所示为 MCS-51 结构框图。

8051 单片机包含中央处理器、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、定时/计数器、并行接口、串行接口和中断系统等若干单元, 片外扩展能力通过数据总线、地址总线和控制总线实现, 现在分别加以说明。

(1) CPU

中央处理器(CPU)是整个单片机的核心部件, 是 8 位数据宽度的处理器, 能处理 8 位二进制数据或代码。CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调工作, 完成运算和控制输入输出功能等操作。

(2) 数据存储器(RAM)

8051 内部有 128 个 8 位用户数据存储单元和 128 个专用寄存器单元, 它们是统一编址的。专用寄存器用于存放控制寄存器数据, 用户只能通过指令读写, 而不能用于存放用户数据。所以, 用户能使用的 RAM 只有 128 个字节, 可存放读写的数据、运算的中间结果或用户定义的任何数据。

(3) 程序存储器(ROM)

8051 共有 4096 个 8 位掩膜 ROM, 用于存放用户程序、原始数据或表格。

(4) 定时/计数器

8051 有两个 16 位的可编程定时/计数器, 实现定时或计数中断。

(5) 并行输入输出(I/O)

8051 共有 4 组 8 位 I/O 口(P0、P1、P2 或 P3), 用于对外数据的传输。

(6) 全双工串行口

8051 内置一个全双工串行通信口, 用于与其他设备间的串行数据传送, 该串行口既

可以用作异步通信收发器，也可以当同步移位寄存器使用。

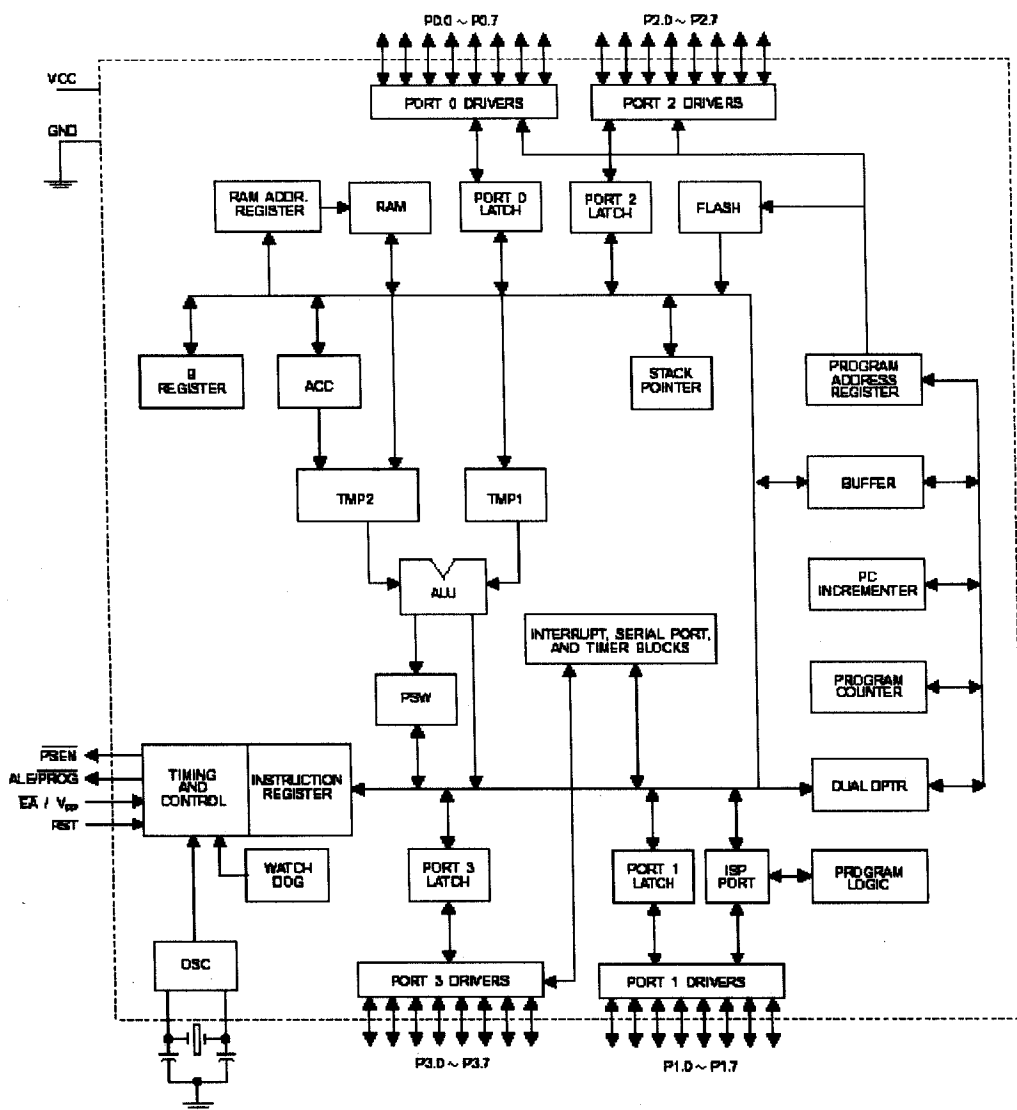


图 1.1 MCS-51 结构框图

(7) 中断系统

8051 具备较完善的中断功能，有两个外中断、两个定时/计数器中断和一个串行中断，可满足不同的控制要求，并具有 2 级的优先级别选择。

(8) 时钟电路

8051 内置最高频率达 12MHz 的时钟电路，用于产生整个单片机运行的脉冲时序，但 8051 单片机需外置振荡电容及晶振。

MCS-51 内部各个部件都是通过内部单一总线连接而成的，其基本结构仍采用 CPU 加外围芯片的结构模式，但在功能单元控制上却有了重大变化，采用特殊功能寄存器集中