

单片机

通信与控制应用编程实例

李江全 魏中岩 姚帅 严海娟 等 编著



- 实例源程序
- 程序运行录屏
- 系统测试录像
- 软硬件资源



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

单片机

通信与控制应用编程实例

李江全 魏中岩 姚帅 严海娟 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从应用的角度介绍了单片机通信与控制技术。全书共分 12 章, 分别为: 单片机及控制系统概述; 单片机串行通信概述; 单片机与单片机串口通信编程实例; 单片机与 PC 串口通信之数据传送编程实例; 单片机与 PC 串口通信之模拟量输入编程实例; 单片机与 PC 串口通信之模拟量输出编程实例; 单片机与 PC 串口通信之数字量输入编程实例; 单片机与 PC 串口通信之数字量输出编程实例; 单片机与 GSM 短信模块串口通信编程实例; 单片机与无线数传模块串口通信编程实例; 采用组态软件实现单片机与 PC 串口通信编程实例; 单片机的典型应用——智能仪器温度测量。

本书内容丰富, 可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习单片机通信技术, 也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习, 本书提供超值配套光盘, 内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软硬件资源等。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机通信与控制应用编程实例 / 李江全等编著. —北京: 中国电力出版社, 2011.11

ISBN 978-7-5123-2277-6

I. ①单… II. ①李… III. ①单片微型计算机-数据通信
②单片机控制-程序设计 IV. ①TN919 ②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 220941 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 525 千字

印数 0001—3000 册 定价 42.00 元 (含 1DVD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

单片机以其独特的优点,在智能仪表、家用电器、工业控制、数据采集、网络通信等领域得到广泛的应用。各行各业的工程技术人员正在根据自己的任务进行单片机应用系统的开发设计工作,从而改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在已能由单片机通过软件方法来实现了,单片机使得控制系统的性能大大提高,应用领域更加广泛。

目前,在许多单片机应用系统中,上、下位机分工明确,作为下位机核心器件的单片机往往只负责数据的采集和通信,采用单片机的控制系统或装置具有可靠性高、易于控制、系统设计灵活、编程简单、使用方便、性价比高等优点,但是单片机也有不易显示各种实时图表/曲线和汉字、无良好的用户界面、不便于监控等缺点。而计算机作为上位机通常以基于图形界面的 Windows 系统为操作平台,可以提供良好的人机界面,进行系统的监控和管理,进行程序编制、参数设定和修改、数据采集和保存等,既能保证系统性能,又能使系统操作简便,便于生产过程的有效监督。这种应用的核心是数据通信,它包括单片机和上位机之间、客户端和服务端之间以及客户端和客户端之间的通信,而单片机和上位机之间数据通信则是整个系统的基础。

因此,要求单片机与计算机、单片机与单片机、单片机与其他智能控制装置之间具有稳定、可靠的数据通信。

本书从应用的角度介绍了单片机通信与控制技术。内容包括单片机及控制系统概述,单片机开发板 B 简介;串行通信的基本概念,串行通信的接口标准,个人计算机中的串行端口,单片机中的串行端口,PC 编程软件的串行通信开发工具;单片机与单片机、单片机与 GSM 短信模块、单片机与无线数传模块串口通信编程实例,采用组态软件实现单片机与 PC 串口通信编程实例;最后介绍了单片机的典型应用——智能仪器温度测量。

本书内容丰富,可供各类自动化、计算机应用、机电一体化等专业的大学生、研究生学习单片机通信技术,也可供计算机控制系统研发的工程技术人员参考。

为方便读者学习,本书提供超值配套光盘,内容包括实例的源程序、程序运行录屏、系统测试录像、软硬件资源等。

本书由石河子大学刘姣娣编写第 1、2 章,疆南电力公司姚帅编写第 3、4 章,刘荣编写第 5、6 章,李江全编写第 7、8 章,严海娟编写第 9、10 章,电子开发网魏中岩编写第 11、12 章,全书由李江全教授担任主编并统稿,魏中岩、姚帅、严海娟担任副主编。电子开发网在单片机硬件和软件方面提供了关键技术支持,编者借此机会对他们致以深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章 单片机及控制系统概述	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机的组成	1
1.1.2 单片机的分类和指标	2
1.1.3 常用的单片机系列	3
1.1.4 单片机的开发工具	5
1.1.5 单片机的特点及应用	5
1.2 单片机应用系统概述	7
1.2.1 单片机应用系统的种类	7
1.2.2 单片机控制系统的组成	7
1.2.3 单片机应用系统的开发过程	10
1.3 单片机开发板 B 简介	13
1.3.1 单片机开发板 B 的功能	13
1.3.2 单片机开发板 B 的主要电路	14
1.3.3 单片机开发板 B 的功能测试	16
第 2 章 单片机串行通信概述	23
2.1 串行通信的基本概念	23
2.1.1 并行通信与串行通信	23
2.1.2 串行通信工作模式	24
2.1.3 异步传输与同步传输	25
2.1.4 串行通信的基本参数	26
2.2 串行通信的接口标准	26
2.2.1 RS-232C 接口标准	26
2.2.2 RS-422/485 接口标准	28
2.3 PC 中的串行端口	30
2.3.1 查看串行端口信息	30
2.3.2 串口通信线路连接	31
2.3.3 串口通信调试	32
2.3.4 虚拟串口的使用	33
2.4 单片机中的串行接口	35
2.4.1 串口的结构与控制	35
2.4.2 串口的工作方式	36
2.4.3 波特率的计算与串口初始化	38

2.5	PC 编程软件的串行通信开发工具	40
2.5.1	串行通信控件 MSComm	40
2.5.2	LabWindows/CVI 串口通信函数	47
第 3 章	单片机与单片机串口通信编程实例	51
3.1	单片机与一个单片机串口通信	51
3.1.1	设计任务	51
3.1.2	线路连接	51
3.1.3	使用查询方式 C51 程序设计	52
3.1.4	使用中断方式 C51 程序设计	60
3.2	单片机与多个单片机串口通信	65
3.2.1	多机通信原理与通信协议	66
3.2.2	设计任务	67
3.2.3	线路连接	68
3.2.4	使用查询方式 C51 程序设计	68
3.2.5	使用中断方式 C51 程序设计	76
第 4 章	单片机与 PC 串口通信之数据传送编程实例	85
4.1	单个单片机与 PC 串口通信	85
4.1.1	设计任务	85
4.1.2	线路连接	86
4.1.3	单片机端采用 C51 实现	86
4.1.4	PC 端采用 Visual Basic 实现	91
4.1.5	PC 端采用 C++ Builder 实现	96
4.1.6	PC 端采用 LabWindows/CVI 实现	101
4.2	多个单片机与 PC 串口通信	107
4.2.1	设计任务	108
4.2.2	线路连接	108
4.2.3	单片机端采用查询方式 C51 程序设计	109
4.2.4	单片机端采用中断方式 C51 程序设计	113
4.2.5	PC 端采用 Visual Basic 实现	117
4.2.6	PC 端采用 C++ Builder 实现	118
4.2.7	PC 端采用 LabWindows/CVI 实现	120
第 5 章	单片机与 PC 串口通信之模拟量输入编程实例	123
5.1	系统设计说明	123
5.1.1	设计任务	123
5.1.2	线路连接	123
5.2	模拟电压输入程序设计	124
5.2.1	单片机端采用 C51 实现电压输入	124
5.2.2	PC 端采用 Visual Basic 实现电压输入	129
5.2.3	PC 端采用 C++ Builder 实现电压输入	131
5.2.4	PC 端采用 LabWindows/CVI 实现电压输入	134

第 6 章 单片机与 PC 串口通信之模拟量输出编程实例	137
6.1 系统设计说明	137
6.1.1 设计任务	137
6.1.2 线路连接	137
6.2 模拟电压输出程序设计	138
6.2.1 单片机端采用 C51 实现电压输出	138
6.2.2 PC 端采用 Visual Basic 实现电压输出	143
6.2.3 PC 端采用 C++ Builder 实现电压输出	144
6.2.4 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现电压输出	145
第 7 章 单片机与 PC 串口通信之数字量输入编程实例	147
7.1 系统设计说明	147
7.1.1 设计任务	147
7.1.2 线路连接	147
7.2 数字量输入程序设计	148
7.2.1 单片机端采用 C51 实现数字量输入	148
7.2.2 PC 端采用 Visual Basic 实现数字量输入	151
7.2.3 PC 端采用 C++ Builder 实现数字量输入	153
7.2.4 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现数字量输入	155
第 8 章 单片机与 PC 串口通信之数字量输出编程实例	158
8.1 系统设计说明	158
8.1.1 设计任务	158
8.1.2 线路连接	158
8.2 数字量输出程序设计	159
8.2.1 单片机端采用 C51 实现数字量输出	159
8.2.2 PC 端采用 Visual Basic 实现数字量输出	161
8.2.3 PC 端采用 C++ Builder 实现数字量输出	162
8.2.4 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现数字量输出	164
第 9 章 单片机与 GSM 短信模块串口通信编程实例	167
9.1 系统设计说明	167
9.1.1 设计任务	167
9.1.2 线路连接	167
9.2 短信收发程序设计	168
9.2.1 单片机端采用 C51 实现短信发送	168
9.2.2 单片机端采用 C51 实现短信接收	175
9.2.3 PC 端采用 Visual Basic 实现短信收发	182
9.2.4 PC 端采用 C++ Builder 实现短信收发	186
9.2.5 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现短信收发	198
第 10 章 单片机与无线数传模块串口通信编程实例	203
10.1 系统设计说明	203
10.1.1 设计任务	203
10.1.2 线路连接	203

10.2 温度测控程序设计	204
10.2.1 单片机端采用 C51 实现温度测控	204
10.2.2 PC 端采用 Visual Basic 实现温度测控	214
10.2.3 PC 端采用 C++ Builder 实现温度检测	220
10.2.4 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现温度检测	223
第 11 章 采用组态软件实现单片机与 PC 串口通信编程实例	227
11.1 系统设计说明	227
11.1.1 设计任务	227
11.1.2 线路连接	227
11.1.3 组态王设置	229
11.1.4 单片机与组态王通信协议	229
11.2 程序设计	232
11.2.1 利用 Keil C51 实现单片机模拟电压输入	232
11.2.2 利用 KingView 实现单片机模拟电压输入	240
11.2.3 利用 Keil C51 实现单片机模拟电压输出	246
11.2.4 利用 KingView 实现单片机模拟电压输出	252
11.2.5 利用 Keil C51 实现单片机数字量输入	255
11.2.6 利用 KingView 实现单片机数字量输入	262
11.2.7 利用 Keil C51 实现单片机数字量输出	265
11.2.8 利用 KingView 实现单片机数字量输出	269
第 12 章 单片机的典型应用——智能仪器温度测量	273
12.1 系统设计说明	273
12.1.1 设计任务	273
12.1.2 线路连接	274
12.1.3 通信协议	275
12.1.4 串口调试	277
12.2 单台智能仪器温度测量程序设计	279
12.2.1 PC 端采用 Visual Basic 实现	279
12.2.2 PC 端采用 C++ Builder 实现	282
12.2.3 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现	286
12.3 多台智能仪器温度测量程序设计	290
12.3.1 PC 端采用 Visual Basic 实现	290
12.3.2 PC 端采用 C++ Builder 实现	294
12.3.3 PC 端采用 LabWindows/CVI 实现	299
参考文献	304



第 1 章

单片机及控制系统概述

目前单片机以其独特的优点,在智能仪表、家用电器、工业控制、数据采集、网络通信等领域得到了广泛的应用。各行各业的工程技术人员正在根据自己的任务进行单片机应用系统的开发设计工作,从而改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在已能由单片机通过软件方法来实现了,因此使控制系统的性能大大提高,应用领域更加广泛。

单片机主要用于嵌入式应用,故又被称为嵌入式微控制器,国际上常把单片机称为微控制器(MCU),而国内则比较习惯称为“单片机”。

1.1 单片机概述

1.1.1 单片机的组成

单片机又称单片微控制器,它把一个计算机系统集成到一块芯片上,其主要包括中央处理器(CPU)、存储器(随机存储器 RAM、只读存储器 ROM)和各种输入/输出接口(包括定时器/计数器、并行 I/O 接口、串口、A/D 转换器以及脉冲宽度调制(PWM)等。单片机组成框图如图 1-1 所示。

1. 只读存储器(ROM)

ROM 用来存放用户程序,可分类为 EPROM、Mask ROM、OTP ROM 和 Flash ROM 等。

EPROM 型存储器编程(把程序代码通过一种算法写入程序存储器的操作)后,其内容可用紫外线擦除,用户可反复使用,故特别适用于开发过程,但 EPROM 型单片机价格很高。

Mask ROM 型存储器的单片机价格最低,适用于大批量生产。由于 Mask ROM 型单片机的代码只能由生产厂商在制造芯片时写入,故用户更改程序代码十分不便,在产品未成熟时选用此型单片机风险较高。

OTP ROM 型(一次可编程)单片机价格介于 EPROM 和 Mask ROM 型单片机之间,它允许用户自己对其编程,但只能写入一次。

Flash ROM 型单片机可采用电擦除的方法修改其内容,允许用户使用编程工具或在系统中快速修改程序代码,且可反复使用,故一推出就受到广大用户的欢迎。Flash ROM 型单片机既可用于开发过程,也可用于批量生产,随着制造工艺的改进,价格不断下降,使用越来越普遍,已成为现代单片机的发展趋势。

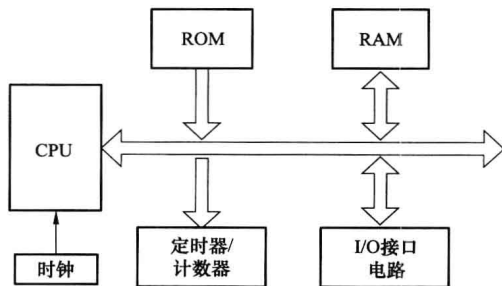


图 1-1 单片机组成框图



2. 中央处理器 (CPU)

CPU 是单片机的核心单元, 通常由算术逻辑运算部件 (ALU) 和控制部件构成。CPU 就像人的大脑一样, 决定了单片机的运算能力和处理速度。

3. 随机存储器 (RAM)

RAM 用来存放程序运行时的工作变量和数据, 由于 RAM 的制作工艺复杂, 价格比 ROM 高得多, 所以单片机的内部 RAM 非常宝贵, 容量通常仅有几十到几百字节。RAM 的内容是易失性 (也有称为易挥发性) 的, 掉电后会丢失。最近出现了 E²PROM 或 Flash ROM 型的数据存储器, 方便用户存放不经常改变的数据及其他重要信息。单片机通常还有特殊寄存器和通用寄存器, 也属于 RAM 空间, 但它们在单片机中存取数据速度很快, 特殊寄存器还用于充分发挥单片机各种资源的功效, 但这部分存储器占用存储空间更小。

4. 并行输入/输出 (I/O) 接口

并行 I/O 接口通常为独立的双向 I/O 接口, 既可以用作输入方式, 又可以用作输出方式, 通过软件编程设定。现代的单片机的 I/O 接口也有不同的功能, 有的内部具有上拉或下拉电阻, 有的是漏极开路输出, 有的能提供足够的电流可以直接驱动外部设备。I/O 是单片机的重要资源, 也是衡量单片机功能的重要指标之一。

5. 串口输入/输出 (I/O) 接口

串行 I/O 接口用于单片机和串行设备或其他单片机的通信。串行通信有同步和异步之分, 这可以用硬件或通用串行收发器件实现。不同的单片机可能提供不同标准的串行通信接口, 如 UART、SPI、I²C、MicroWire 等。

6. 定时/计数器 (T/C)

定时/计数器用于单片机内部精确定时或对外部事件 (输入信号如脉冲) 进行计数, 通常单片机内部有 2 个或 2 个以上的定时/计数器。

7. 系统时钟

通常需要外接石英晶体或其他振荡源提供时钟信号输入, 也有的使用内部 RC 振荡器。系统时钟相当于 PC 微机中的主频。

以上只是单片机的基本构成, 现代的单片机又加入了许多新的功能部件, 如模数转换器 (A/D)、数模转换器 (D/A)、温度传感器、液晶 (LCD) 驱动电路、电压监控、看门狗 (WDT) 电路、低电压检测 (LVD) 电路等。此时的单片机才属于真正的单片化, 内部的 RAM 和 ROM 的容量也越来越大, ROM 寻址空间甚至可达 64KB, 可以说, 单片机发展到了一个新的阶段, 应用领域也更为广泛, 许多家用电器均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

1.1.2 单片机的分类和指标

单片机从用途上可分成专用型单片机和通用型单片机两大类。专用型单片机是为某种专门用途而设计的, 如 DVD 控制器和数码摄像机控制器芯片等。在用量不大的情况下, 设计和制造这样的专用芯片成本很高, 而且设计和制造的周期也很长。我们通常所用的都是通用型单片机, 通用型单片机把所有资源 (如 ROM、I/O 等) 全部提供给用户使用。当今通用型单片机的生产厂家已不下几十家, 种类有几百种之多。

下面对单片机的几个重要指标进行介绍。

(1) 位数。位数是单片机能够一次处理的数据的宽度, 有 1 位机 (如 PD7502)、4 位机 (如 MSM64155A)、8 位机 (如 MCS-51)、16 位机 (如 MCS-96)、32 位机 (如 IMST414)。

(2) 存储器。包括程序存储器和数据存储器, 程序存储器空间较大, 容量一般从几千字节到

几万字节, 另外还有不同的类型, 如 ROM、EPROM、E²PROM、Flash ROM 和 OTP ROM 型。数据存储器的容量则通常为几十字节到几百字节之间。程序存储器的编程方式也是用户选择的一个重要因素, 有的是串行编程, 有的是并行编程, 新一代的单片机有的还具有在系统可编程 (ISP, In-System-Programmable) 或在应用可再编程 (IAP, In-Application re-Programmable) 功能, 有的还有专用的 ISP 编程接口 JTAG 口。

(3) I/O 接口。I/O 接口即输入/输出接口, 一般有几个到几十个, 用户可以根据自己的需要进行选择。

(4) 速度。指的是 CPU 的处理速度, 以每秒执行多少条指令衡量, 常用单位是 MIPS (百万条指令每秒), 目前最快的单片机可达到 100MIPS。单片机的速度通常是和系统时钟 (相当于 PC 机的主频) 相联系的, 但并不是频率高的处理速度就一定快; 对于同一种型号的单片机来说, 采用频率高的时钟一般比频率低的速度要快。

(5) 工作电压。通常工作电压是 5V, 范围是 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$, 也有 3/3.3V 电压的产品, 更低的可在 1.25V 工作。现代单片机又出现了宽电压范围型, 即在 2.5~6.5V 内都可正常工作。

(6) 功耗。低功耗是现代单片机所追求的一个目标, 目前低功耗单片机的静态电流可以低至微安或纳安级。有的单片机还具有等待、关断、睡眠等多种工作模式, 以此来降低功耗。

(7) 工作温度。单片机根据工作温度可分为民用级 (商业级)、工业级和军用级三种。民用级的温度范围是 0~70℃, 工业级是 -40~85℃, 军用级是 -55~125℃ (不同厂家的划分标准可能不同)。

(8) 附加功能。有的单片机有更多的功能, 用户可根据自己的需要选择最适合自己的产品。比如有的单片机内部有 A/D、D/A、串口、LCD 驱动等, 使用这种单片机可减少外部器件, 提高系统的可靠性。

1.1.3 常用的单片机系列

1. MCS-51 系列及与之兼容的 80C51 系列单片机

在我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS-51 系列单片机虽然是 8 位的单片机, 但它品种齐全、兼容性强、性能价格比高, 且软、硬件应用设计资料丰富, 已为广大工程技术人员所熟悉, 因此在我国得到了广泛的应用。

MCS 是 Intel 公司的注册商标。凡 Intel 公司生产的以 8051 为核心单元的其他派生单片机都可以称为 MCS-51 系列, 有时简称为 51 系列。MCS-51 系列单片机包括 3 个基本型 8031、8051、8751 和对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51。

MCS-51 系列及 80C51 单片机有多个品种。它们的引脚及指令系统相互兼容, 主要在内部结构上有些区别。最常用的 51 系列单片机是 8051 和 AT89C51 等。AT89C51 系列单片机产品如图 1-2 所示。

AT89C51 具有片内 E²PROM, 是真正的单片机, 由于不需要外接 EPROM, 所以应用非常普遍。8031、8051 片内没有 EPROM, 但它在市场上价格很低, 软、硬件系统开发成熟, 所以应用也非常广泛, 目前开发的 MCS-51 系列的产品大多是 8031、8051 和 AT89C51。

除了 Intel 公司, 还有 Atmel、Winbond、Philips、TEMIC、ISSI 和 LG 等公司都生产兼容 80C51 的产品。

宏晶公司生产的 STC89C51RC 单片机为低电压、

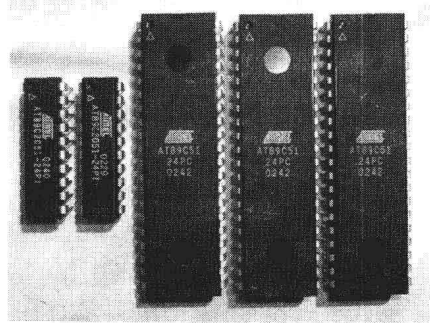


图 1-2 AT89C51 系列单片机产品



高性能的 CMOS 8 位单片机,片内含 2KB 的可反复擦写的只读程序存储器和 128B 的随机存储器 (RAM),工作电压为 2.7~6V,还含有两个 16 位的定时器,6 个内部中断源,可编程的串口 UART,兼容标准 MCS-51 指令系统。片内置有通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元,封装只有 40 针,体积比较小,工作温度为-40~85℃。

STC89C51RC 单片机可以利用 STC-ISP 软件方便地实现在线烧写程序。本书使用的实验开发板采用的就是 STC89C51RC 单片机。

2. TI 公司的超低功耗 Flash 型 MSP430 系列单片机

关于超低功耗单片机,有业界最佳“绿色微控制器 (Green MCU)”称号的 TI 公司的 MSP430 Flash 系列单片机,是目前业界所有内部集成闪速存储器 (Flash ROM) 产品中功耗最低的,消耗功率仅为其他闪速微控制器 (Flash MCU) 的 1/5。在 3V 工作电压下其耗电电流低于 350 μ A/MHz,待机模式仅为 1.5 μ A/MHz,具有 5 种节能模式。该系列产品的工作温度范围为-40~85℃,可满足工业应用要求。MSP430 系列单片机可广泛地应用于煤气表、水表、电子电能表、医疗仪器、火警智能探头、通信产品、家庭自动化产品、便携式监视器及其他低耗能产品。MSP430 微控制器的功耗极低,可设计出只需一块电池就可以使用长达 10 年的仪表应用产品,是不可多得的高性价比单片机。

3. OKI 低电压低功耗单片机

OKI 公司的高性价比 4 位机 MSM64K 系列也是低功耗、低电压的单片机,其工作电压可低至 1.25V,使用 32kHz 的工作频率,典型工作电流可低至 3~5 μ A,HALT(关断)模式下小于 1 μ A,而其功能却并不逊色,片内集成了 LCD(液晶显示器)驱动器,可方便地与液晶显示器接口,具有片内掩模(Mask)的程序存储器,有些型号还带有串口、RC 振荡器、看门狗、ADC(模数转换器)、PWM(脉宽调制)等,几乎不需要外扩芯片即可满足应用,工作温度范围可达-40~85℃,提供 PGA 封装和裸片。该系列微控制器应用广泛,适用于使用 LCD 显示、电池供电的设备,如掌上游戏机、便携式仪表(体温计、湿度计)、智能探头、定时器(时钟)等低成本、低功耗的产品。

4. ST 公司的 ST62 系列单片机

美国 ST 微电子公司(简称 ST 公司)是一家独立的全球性公司,专门从事应用于半导体集成电路的设计、生产、制造和销售,以及生产各种微电子应用中的分立器件。应用领域涉及电子通信系统、计算机系统、消费类产品、汽车应用、工业自动化和控制系统等。ST 公司可提供满足各种场合的单片机或微控制器,其中 ST62 系列 8 位单片机以其简单、灵活、低价格等特点,特别适用于汽车、工业、消费领域的嵌入式微控制系统。ST62 系列提供多种不同规格的单片机以满足各种需要,存储器从 1KB 到 8KB,有 ROM、OTP、EPROM、E²PROM、Flash E²PROM, I/O 接口从 9 个到 22 个,引脚从 16 个到 42 个,还有 ADC、LCD 驱动、看门狗、定时器、串口、电压监控等部件。ST62 单片机采用独特的制造工艺和技术,大大提高了抗干扰能力,能适应于各种恶劣环境。

5. AD 公司的带 A/D 与 D/A 转换器的单片机

AD μ C812 是 AD 公司推出的全集成 12 位数据采集系统,片内集成了 8 路 12 位高性能的自校准 ADC、2 路 12 位 DAC 和与 80C51 指令兼容的 8 位 MCU。AD 公司最近又推出了 16 位和 24 位 ADC 的 AD μ C816 和 AD μ C824,其他性能特性与 AD μ C812 基本相同。

AD μ C812 MCU 包括 8KB 的 Flash 程序存储器、640B 的 Flash 数据存储器、256B 的 RAM 和与 80C51 兼容的内核。并且具有看门狗定时器、电源监视器以及 ADC DMA 功能,32 个可编程 I/O 接口、I²C/SPI 兼容和标准 UART 串行通信接口。芯片具有正常、空闲和掉电三种工作模式,

非常适合低功耗应用的电源管理方案,如智能传感器、电池供电系统(可移动 PC、手持仪器、终端)、瞬时捕捉系统、DAS 和通信系统等。

1.1.4 单片机的开发工具

1. 仿真器

单片机的仿真器本身就是一个单片机系统,具有与所要开发的单片机应用系统相同的单片机芯片。

当一个单片机应用系统电路连接完毕,由于自身无调试能力,无法检验好坏,这时可以将系统中的单片机拔掉,插上在线仿真器提供的仿真头。

仿真头是一个 40 脚插头,它是仿真器的单片机信号的延伸,即单片机应用系统与仿真器共用一块单片机芯片,当在开发工具上通过在线仿真器调试单片机应用系统时,就像使用应用系统中真实的单片机一样,这种替代称为仿真。

在线仿真器是由一系列硬件构成的设备。开发工具中的在线仿真器应能仿真应用系统中的单片机,并能模拟应用系统中的 ROM、RAM 和 I/O 接口的功能。使在线仿真的应用系统的运行环境和脱机运行的环境完全一致,以实现单片机应用系统的一次性开发。

2. 编程语言

开发单片机的编程语言主要是汇编语言和 C 语言。

采用汇编语言编程必须对单片机的内部资源和外围电路非常熟悉,尤其是对指令系统的使用必须非常熟练,故对程序开发者的要求是比较高的。用汇编语言开发软件是比较辛苦的,这是因为程序量通常比较大,方方面面均需要考虑,一切问题都需要由程序设计者安排,其实时性和可靠性完全取决于程序设计人员的水平。采用汇编语言编程主要适用于功能比较简单的中小型应用系统。

采用 C 语言编程时,只需对单片机的内部结构基本了解,对外围电路比较熟悉,而对指令系统则不必非常熟悉。用 C 语言开发软件相对比较轻松,很多细节问题无须考虑,编译软件会替设计者安排好。因此 C 语言在单片机软件开发中的应用越来越广,使用者越来越多。当开发环境为基于操作系统编程时,编程语言通常采用 C 语言。

单纯采用 C 语言编程也有不足之处,在一些对时序要求非常苛刻或对运行效率要求非常高的场合,只有汇编语言能够很好地胜任。因此在很多情况下,采用 C 语言和汇编语言混合编程是最佳选择。

从编程难度来看,汇编语言比 C 语言要难得多,但作为一个立志从事单片机系统开发的科技人员,必须熟练掌握汇编语言程序设计方法。在熟练掌握汇编语言编程之后,学习 C 语言编程将是一件比较轻松的事情,并且能够将 C 语言和汇编语言非常恰当地融合在一起,以最短的时间和最低的代价,开发出高质量的软件。

当系统调试结束,确认软件无故障时,应把用户应用程序固化到 EPROM 中。EPROM 写入器就是完成这种任务的专用设备,也是单片机开发工具中的重要组成部分。

1.1.5 单片机的特点及应用

1. 单片机的特点

(1) 集成度高。单片机把 CPU、RAM、ROM、I/O 接口以及定时/计数器都集成在一个芯片上,和常规的计算机系统相比,它具有体积小,集成度高的特点,如 MCS-51 系列单片机,具有 16 位的定时/计数器和 4 个并行 I/O 接口,此外还提供有串行接口。

(2) 存储量大。采用 16 位地址总线的 8 位单片机可寻址外部 64KB 数据存储器 and 64KB 程序存储器。此外,大部分单片机还有片上 RAM 和内部 ROM,在大多数情况下,内部存储器就已经足够了,从而减少了器件的使用数量,降低了成本。

(3) 性能高、速度快。为了提高速度和执行效率,单片机使用 RISC 体系结构、并行流水线操作和 DSP 等设计技术,指令运行速度大幅提高。一般单片机的时钟频率可以达到 12MHz。

(4) 抗干扰性高。单片机的各种功能部件都集成在一块芯片上,特别是存储器也集成在芯片内部,因此单片机布线短,大都在芯片内部传送数据,因此不易受到外部的干扰,增强了抗干扰能力,系统运行更加可靠。

(5) 指令丰富。单片机一般都有传送指令,逻辑运算指令,转移指令和加、减运算指令,位操作指令。

(6) 实时控制能力强。实时控制又称过程控制,是指及时的检测设备、采集数据信息,并按最佳方案对设备进行自动调节和控制。单片机具有很强的逻辑操作、位处理和判断转移功能,运行速度快,特别适合于工业系统实时控制。

(7) 应用开发周期短。单片机结构简单,硬件组合、软件编程都很方便,又容易进行模拟试验,因此付诸实际应用快。

2. 单片机的应用

单片机由于其体积小、功耗低、价格低廉,且具有逻辑判断、定时计数、程序控制等多种功能,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。以下简单介绍一些单片机的典型应用。

(1) 单片机在智能仪表中的应用。单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,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、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、微型化,且功能比起采用电子或数字电路更加强大,提高了其性能价格比,例如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪)。

(2) 单片机在机电一体化中的应用。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、传感器技术于一体,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,能充分发挥它体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。可编程控制器也是一个典型的机电控制器,其核心常常就是由一个单片机构成的。

(3) 单片机在实时控制中的应用。单片机广泛地应用于各种实时控制系统中。如在工业测控、航空航天、尖端武器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,能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。再如机器人,每个关节或动作部位都是一个单片机实时控制系统。

(4) 单片机在分布式多机系统中的应用。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应用系统组成,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测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

(5) 消费类电子产品控制。该应用主要反映在家电领域,如洗衣机、空调器、汽车电子与保安系统、电视机、录像机、DVD 机、音响设备、电子秤、IC 卡、手机、BP 机等。在这些设备中使用单片机机芯之后,其控制功能和性能大大提高,并实现了智能化、最优化控制。

(6) 终端及外部设备控制。计算机网络终端设备,如银行终端、商业 POS(自动收款机)、

复印机等,以及计算机外部设备,如打印机、绘图机、传真机、键盘和通信终端等。在这些设备中使用单片机,使其具有计算、存储、显示、输入等功能,具有和计算机连接的接口,使计算机的能力及应用范围大大提高,更好地发挥了计算机的性能。

可以毫不夸张地说:凡是能想到的地方,单片机都可以用得上。全世界单片机的年产量数以亿计,应用范围之广,花样之多,一时难以详述。单片机应用的意义不仅限于它的广阔应用范围以及所带来的经济效益,更重要的还在于从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前,必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能,现在可以使用单片机通过软件方法实现。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术称为微控制技术。微控制技术标志着一种全新概念,随着单片机应用的推广普及,微控制技术必将不断发展和日趋完善,而单片机的应用必将更加深入、更加广泛。

1.2 单片机应用系统概述

1.2.1 单片机应用系统的种类

单片机根据应用场合及系统控制要求的不同,在规模、结构上存在很大不同。根据使用功能器件的种类和数量,可将单片机分为基本系统和扩展系统。

1. 基本系统

基本系统中,包括一台单片机,在该单片机中含有程序存储器和数据存储器,仅在外部分配了维持系统运行的基本部件,例如电源、输入/输出,除了这些,还包括不扩充程序存储器、数据存储器、I/O 接口(简称 I/O 口)以及其他功能部件,因此也被称为最小系统,其结构框图如图 1-3 所示。

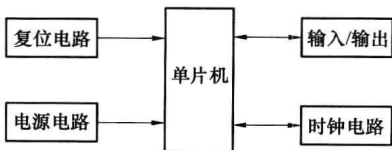


图 1-3 单片机最小系统结构框图

2. 扩展系统

在大多数系统中,由于需要实现一些特殊的功能,采用最小系统无法满足系统的控制要求,所以要扩展特殊功能部件,弥补单片机内部资源的不足。单片机扩展系统通过并行 I/O 口或者串口做总线,在外部扩展了程序存储器、数据存储器、A/D 转换等特殊部件,以满足控制系统的特殊要求,其结构框图如图 1-4 所示。

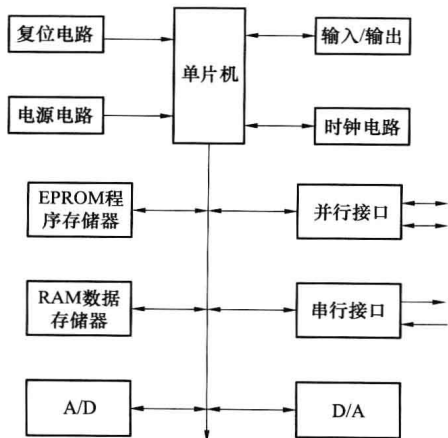


图 1-4 单片机扩展系统结构框图

1.2.2 单片机控制系统的组成

单片机控制系统由单片机与其他器件和装置适当连接起来的所谓硬件,在软件的操作下协调运行以执行预定的测量或测量控制任务,这些硬件和软件的总体就是单片机测量和控制系统,简称单片机控制系统。顾名思义,单片机测量系统的功能是对某些参数进行测量。单片机控制系统的任务是对生产过程或某些物理量进行控制。要控制就必须测量。因此可以认为单片机测量系统是单片机控制系统的特例。

像一般的计算机系统一样,单片机的控制系统也是由硬件和软件所组成。硬件是指单片机、扩展的存储器、输入/输出设备、控制设备、执行部件等组成的系统,

软件是各种工作程序的总称。硬件和软件只有紧密配合，协调一致，才能组成高性能的单片机控制系统。

1. 单片机控制系统的硬件组成

(1) 单片机测量系统。

单片机测量系统是以单片机为核心，单纯以“检测”或“测试”为目的的系统。它是单片机控制系统的一个特例。一般用来对被测过程中的一些物理量进行测量并获得相应的精确测量数据，因此，又称为数据采集系统，其基本组成框图如图 1-5 所示。

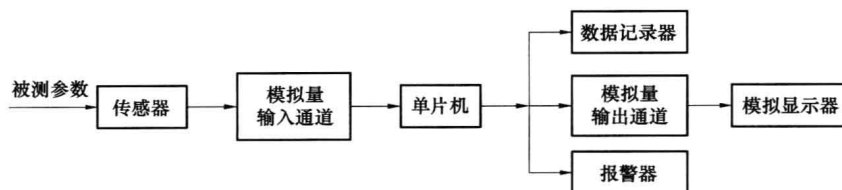


图 1-5 单片机测量系统基本组成框图

被测参数经传感器转换成模拟信号，再由模拟输入通道进行信号调理和数据采集，转换成单片机要求的数据格式送入单片机进行必要的处理，再送到磁带机、打印机等数据记录器记录下来，这样就得到了更进一步分析和处理的测量数据记录。

为了对测量过程进行集中实时监控，模拟输出通道将单片机处理后的测量数据转换成模拟信号在示波器或图示仪等模拟显示器上显示出来。在某些对生产过程进行检测的场合，当被测参数超过规定限度时，单片机还将及时启动报警器发出报警信号。

目前，在野外现场广泛使用的各种存储式测试记录仪就属于这一类系统，只不过结构比较简单（一般只包括传感器、模拟输入通道、单片机和数据记录仪几部分）。

(2) 单片机开环控制系统。

单片机开环控制系统是以单片机为核心，单纯以程序控制为目的的系统，其组成框图如图 1-6 所示。



图 1-6 单片机开环控制系统组成框图

程序控制的基本思想是将被控对象的动作次序和各类参数输入单片机，单片机执行固定的程序，一步一步地控制被控对象的动作，以达到预期的目的，其实质上是一种顺序控制，如机床的单片机控制，预先输入切削量、裕量、进给量、工件尺寸和加工步骤等参数，运行时由单片机控制刀具的动作，最后加工出成品。

(3) 单片机闭环控制系统。

单片机闭环控制系统是以单片机为核心、测控一体化的系统，这种系统对被控对象的控制是依据对被控对象的测量结果而定的。单片机闭环控制系统基本组成框图如图 1-7 所示。

图 1-7 中，左侧的输入、输出通道，称为过程通道，它是单片机与测控对象的连接通道，分为模拟量输入通道、模拟量输出通道、数字（开关）量输入通道和数字（开关）量输出通道，其中模拟量输入通道和数字（开关）量输入通道统称为前向通道，模拟量输出通道和数字（开关）量输出通道统称为后向通道。



图 1-7 单片机闭环控制系统基本组成框图

2. 单片机控制系统的软件组成

单片机控制系统的软件指的是它的全部程序，包括系统软件和应用软件两大类。

(1) 系统软件。

购置的现成的计算机，在计算机出厂之前，已把系统软件装入到 ROM 中，计算机的用户只需熟悉和使用，不能改变。对于自行设计的微机化智能系统，系统软件也需要自行设计，然后固化在 EPROM 等类似的存储器中。系统软件包括监控（监督）程序或操作系统，以及汇编程序、解释程序和编译程序。

1) 监控（监督）程序或操作系统。

监控（监督）程序是一种低级计算机的管理程序。它的功能是扫描键盘，实现人机对话，接收用户程序，显示、调试、修改用户程序，显示和修改存储器中的内容。通电后立即进入监控（监督）程序，各种程序均在监控程序控制下运行。一般在设计单片机智能化仪器、仪表及设备时要自己编制监控（监督）程序。同时在编制用户程序时，可以调用监控程序中的一些子程序，节省用户应用程序的存储空间。

操作系统是一种微型计算机的大型管理程序，是在监控程序的基础上进一步扩展许多控制程序形成的，其主要功能是实现人机对话，管理微型机、存储器、操作台、外部设备（磁盘驱动器、CRT、打印机及其他外围设备）、文件和作业进程。它控制各种软件，如汇编程序、解释程序、编译程序、I/O 驱动程序、连接程序等。不同的计算机系统可能有不同的操作系统，如 CPM、CDOS 等。

2) 汇编程序、解释程序和编译程序。

汇编程序用于把汇编语言程序翻译为计算机能够识别和执行的机器语言程序（也称为目标程序）。如 MCS-51 单片机仿真器里有 MCS-51 汇编程序，用户可以把自己用汇编语言编写的程序送入仿真器，然后把它变为机器语言程序，再把这些机器语言程序固化到 EPROM 中，EPROM 中的程序就可以在用户系统中执行。解释程序能把用某种程序设计语言编写的源程序，翻译成机器语言的目标程序，此目标程序是可执行程序。解释程序翻译一句执行一句。编译程序能把用高级语言编写的源程序，编译成某中间语言或机器目标程序。

(2) 应用软件。

单片机实时控制系统的应用软件是服务于实时控制的程序集合，由单片机实时控制系统的设计者编写。因控制系统的复杂程度和功能差别很大，所以应用软件的差别也很大。应用软件的设计应当留有余地、易于扩展和更改。为此，应用软件宜采用模块化结构，一个程序模块就是一个子程序。主程序的主要任务是调用这些子程序，总的来说，这些子程序可分为通用软件和专用软件两类。

1) 通用软件。

不管控制规模有多大，按什么规律控制，也不管被控对象是什么，一般情况下，有些软件常