

全面介绍串口通信与数据采集控制程序设计的实战性书籍

单片机串口 通信及测控 应用实战详解

李江全 聂晶 梁习卉子 刘新英 等 编著

串口通信实战

单片机与单个单片机串口通信
单片机与多个单片机串口通信
单个单片机与PC串口通信数据传送
多个单片机与PC串口通信数据传送

数据采集与控制实战

单片机与PC串口通信模拟量输入
单片机与PC串口通信模拟量输出
单片机与PC串口通信开关量输入
单片机与PC串口通信开关量输出
单片机与PC串口通信组态应用
单片机与PC串口通信温度检测
单片机与PC、智能仪器串口通信
单片机与PC串口通信短信收发



附源代码光盘

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

全面介绍串口通信与数据采集控制程序设计的实战性书籍

单片机串口通信及测控 应用实战详解

李江全 聂晶 梁习卉子 刘新英 等 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

单片机串口通信及测控应用实战详解 / 李江全等编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-115-35892-9

I. ①单… II. ①李… III. ①单片微型计算机—计算机通信②单片微型计算机—自动检测系统 IV. ①TN919
②TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第139779号

内 容 提 要

本书从应用的角度介绍了单片机串口通信及测控技术。主要内容包括单片机及其控制系统概述, 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; 分别采用汇编语言和 C51 语言编写单片机端程序; 分别采用 Visual Basic 和 Visual C++ 语言编写 PC 端程序, 实现单片机与单片机串口通信, 实现单片机与 PC 模拟量输入与输出、开关量输入与输出, 实现单片机测控应用 (温度检测、短信收发、智能仪器); 采用组态软件 KingView 实现单片机与 PC 串口通信。

本书内容丰富, 可供自动化、计算机应用、机电一体化等相关专业的大学生、研究生学习单片机通信技术, 也可供从事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, 本书提供了超值配套光盘, 内容包括实例源程序、程序运行录屏、系统测试录像及软硬件资源等。

◆ 编 著 李江全 聂 晶 梁习卉子 刘新英 等

责任编辑 张 涛

责任印制 彭志环 杨林杰

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21.25

2014 年 8 月第 1 版

字数: 563 千字

2014 年 8 月河北第 1 次印刷

定价: 59.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



前 言

目前,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一般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、使用方便及性价比高等优点。但是,单片机也有不易显示各种实时图表/曲线和汉字、无良好的用户界面及不便于监控等缺点。而作为上位机的计算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,它包括下位机和上位机之间、客户端和服务端之间以及客户端和客户端之间的通信,而下位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串口通信及测控技术。主要内容包括单片机及其控制系统概述,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;分别采用汇编语言和 C51 语言编写单片机端程序;分别采用 Visual Basic 和 Visual C++ 语言编写 PC 端程序,实现单片机与单片机串口通信,实现单片机与 PC 模拟量输入与输出、开关量输入与输出,实现单片机测控应用(温度检测、短信收发、智能仪器);采用组态软件 KingView 实现单片机与 PC 串口通信。

本书内容丰富,可供自动化、计算机应用、机电一体化等相关专业的大学生、研究生学习单片机通信技术,也可供从事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,本书提供了超值配套光盘,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。

本书由石河子大学聂晶编写第 1、2 章,梁习卉子编写第 3、4 章,温宝琴编写第 5 章,任玲编写第 6 章,李江全编写第 7、8 章,塔里木大学刘新英编写第 9、11 章,廖结安编写第 12 章,国家电网公司柯义柱编写第 14 章,宁夏农机推广站万平编写第 10、13 章,全书由李江全教授担任主编并统稿,聂晶、梁习卉子、刘新英担任副主编。参与编写、程序设计、插图绘制和文字校核工作的人员还有田敏、邓红涛、汤智辉、胡蓉、刘恩博、李宏伟等老师,同时,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,编者在此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

第 1 章 单片机及控制系统概述	1	2.4.3 波特率的计算与串行 口初始化	44
1.1 单片机概述	1	2.5 串行通信控件 MSComm	46
1.1.1 单片机的组成	1	2.5.1 MSComm 控件处理通信 的方式	46
1.1.2 单片机的分类和指标	3	2.5.2 MSComm 控件的引用	47
1.1.3 常用的单片机系列	3	2.5.3 MSComm 控件的常用 属性	49
1.1.4 单片机的开发工具	5	2.5.4 MSComm 控件的 OnComm 事件	53
1.1.5 单片机的特点及应用	6	2.5.5 MSComm 控件通信 步骤	54
1.2 单片机应用系统概述	7	第 3 章 单片机与单个单片机串口 通信编程实例	55
1.2.1 单片机应用系统的种类	7	3.1 系统设计说明	55
1.2.2 单片机控制系统的组成	8	3.1.1 设计任务	55
1.2.3 单片机应用系统的开发 过程	11	3.1.2 线路连接	55
1.3 单片机开发板 B 简介	14	3.2 使用查询方式	57
1.3.1 单片机开发板 B 的功能	14	3.2.1 C51 程序设计	57
1.3.2 单片机开发板 B 的主要 电路	15	3.2.2 汇编程序设计	63
1.3.3 单片机开发板 B 的功能测 试程序	18	3.3 使用中断方式	66
第 2 章 单片机串行通信概述	26	3.3.1 C51 程序设计	66
2.1 串行通信的基本概念	26	3.3.2 汇编程序设计	70
2.1.1 并行通信与串行通信	26	第 4 章 单片机与多个单片机串口 通信编程实例	74
2.1.2 串行通信工作模式	27	4.1 系统设计说明	74
2.1.3 异步传输与同步传输	28	4.1.1 多机通信原理与通信 协议	74
2.1.4 串行通信的基本参数	30	4.1.2 设计任务	75
2.2 串行通信的接口标准	30	4.1.3 线路连接	76
2.2.1 RS-232C 接口标准	30	4.2 使用查询方式	76
2.2.2 RS-422/485 接口标准	32	4.2.1 C51 程序设计	77
2.3 个人计算机中的串行端口	34	4.2.2 汇编程序设计	83
2.3.1 查看串行端口信息	34	4.3 使用中断方式	87
2.3.2 串口通信线路连接	35	4.3.1 C51 程序设计	88
2.3.3 串口通信调试	37		
2.3.4 虚拟串口的使用	38		
2.4 单片机中的串行口	39		
2.4.1 串行口的结构与控制	40		
2.4.2 串行口的工作方式	41		

4.3.2 汇编程序设计.....	93	7.3.2 采用 Visual C++实现	151
第 5 章 单个单片机与 PC 串口通信的 数据传送	98	第 8 章 单片机与 PC 串口通信的 模拟量输出	155
5.1 系统设计说明	98	8.1 系统设计说明	155
5.1.1 设计任务	98	8.1.1 设计任务.....	155
5.1.2 线路连接	99	8.1.2 线路连接.....	155
5.2 单片机端程序设计	100	8.2 单片机端电压输出程序设计.....	156
5.2.1 采用 C51 语言实现	100	8.2.1 采用 C51 语言实现	156
5.2.2 采用汇编语言实现.....	103	8.2.2 采用汇编语言实现	160
5.3 PC 端程序设计	107	8.3 PC 端电压输出程序设计.....	165
5.3.1 采用 Visual Basic 实现	107	8.3.1 采用 Visual Basic 实现	165
5.3.2 PC 端采用 Visual C++ 实现	113	8.3.2 采用 Visual C++实现	167
第 6 章 多个单片机与 PC 串口通信 的数据传送	120	第 9 章 单片机与 PC 串口通信的 开关量输入	169
6.1 系统设计说明	120	9.1 系统设计说明	169
6.1.1 设计任务	120	9.1.1 设计任务.....	169
6.1.2 线路连接	120	9.1.2 线路连接.....	169
6.2 单片机端程序设计	121	9.2 单片机端开关量输入程序 设计	170
6.2.1 使用查询方式 C51 程 序设计	121	9.2.1 采用 C51 语言实现	170
6.2.2 使用查询方式汇编程 序设计	125	9.2.2 采用汇编语言实现	173
6.2.3 使用中断方式 C51 程 序设计	127	9.3 PC 端开关量输入程序设计	175
6.2.4 使用中断方式汇编程 序设计	130	9.3.1 采用 Visual Basic 实现	175
6.3 PC 端程序设计	132	9.3.2 采用 Visual C++实现	178
6.3.1 采用 Visual Basic 实现	132	第 10 章 单片机与 PC 串口通信的 开关量输出	181
6.3.2 采用 Visual C++实现	134	10.1 系统设计说明	181
第 7 章 单片机与 PC 串口通信的 模拟量输入	138	10.1.1 设计任务	181
7.1 系统设计说明	138	10.1.2 线路连接	181
7.1.1 设计任务	138	10.2 单片机端开关量输出程 序设计	182
7.1.2 线路连接	138	10.2.1 采用 C51 语言实现	182
7.2 单片机端电压输入程序设计.....	139	10.2.2 采用汇编语言实现	184
7.2.1 采用 C51 语言实现	140	10.3 PC 端开关量输出程序设计.....	185
7.2.2 采用汇编语言实现	143	10.3.1 采用 Visual Basic 实现	185
7.3 PC 端电压输入程序设计	149	10.3.2 采用 Visual C++实现	187
7.3.1 采用 Visual Basic 实现	149	第 11 章 单片机与 PC 串口通信的 组态应用	190
		11.1 系统设计说明	190

11.1.1	设计任务	190
11.1.2	线路连接	191
11.1.3	组态王设置	192
11.1.4	单片机与 KingView 通信协议	193
11.2	单片机端 C51 程序设计	195
11.2.1	模拟电压输入	195
11.2.2	模拟电压输出	201
11.2.3	开关量输入	207
11.2.4	开关量输出	212
11.3	PC 端 KingView 程序设计	215
11.3.1	模拟电压输入	215
11.3.2	模拟电压输出	223
11.3.3	开关量输入	227
11.3.4	开关量输出	231

第 12 章 单片机与 PC 串口通信的

	温度检测	236
12.1	单片机板采用 DS18B20 进行温度检测	236
12.1.1	设计任务	236
12.1.2	线路连接	236
12.1.3	采用 C51 语言实现	238
12.1.4	采用汇编语言实现	245
12.2	单片机板采用 Pt100 进行温度检测	254
12.2.1	设计任务	254
12.2.2	线路连接	254
12.2.3	采用 C51 语言实现	255
12.2.4	采用汇编语言实现	259
12.3	PC 端温度测控程序设计	265
12.3.1	设计任务	265
12.3.2	采用 Visual Basic 实现	265
12.3.3	采用 Visual C++ 实现	270

第 13 章 单片机与 PC 串口通信的

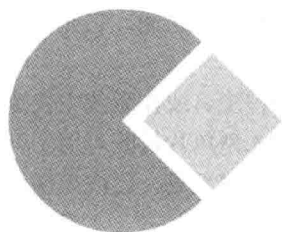
	智能仪器	275
13.1	典型智能仪器简介	275
13.1.1	智能仪器的结构与特点	275
13.1.2	XMT-3000A 型智能仪器的通信协议	276

13.2	单台智能仪器温度测量程序设计	279
13.2.1	设计任务	279
13.2.2	线路连接与测试	279
13.2.3	PC 端采用 Visual Basic 实现	281
13.2.4	PC 端采用 Visual C++ 实现	284
13.3	多台智能仪器温度测量程序设计	286
13.3.1	设计任务	286
13.3.2	线路连接与测试	287
13.3.3	PC 端采用 Visual Basic 实现	288
13.3.4	PC 端采用 Visual C++ 实现	293

第 14 章 单片机与 PC 串口通信的

	短信收发	298
14.1	GSM 网络短信测控技术	298
14.1.1	GSM 短信测控系统的特点与组成	298
14.1.2	AT 指令介绍	302
14.1.3	超级终端的使用	306
14.2	系统设计说明	310
14.2.1	设计任务	310
14.2.2	线路连接	310
14.3	单片机端短信收发程序设计	311
14.3.1	采用 C51 语言实现短信发送	311
14.3.2	采用 C51 语言实现短信接收	316
14.4	PC 端短信收发程序设计	322
14.4.1	采用 Visual Basic 实现短信收发	322
14.4.2	采用 Visual C++ 实现短信收发	325

参考文献	334
------	-----



第1章 单片机及控制系统概述

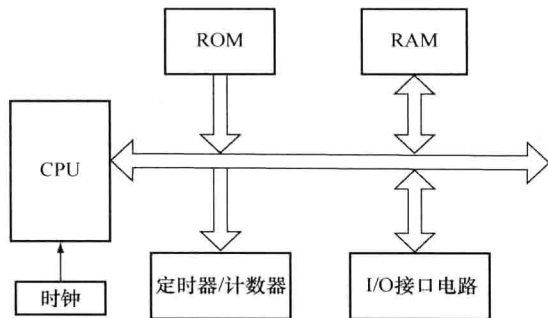
单片机以其独特的优点，在智能仪表、家用电器、工业控制、数据采集、网络通信等领域得到了广泛的应用。各行各业的工程技术人员都在根据自己的工程任务进行单片机应用系统的开发设计工作，从而改变了传统控制系统的设计思想和设计方法。以前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分控制功能，现在已能由单片机通过软件方法来实现了，因此使控制系统的性能大大提高，应用领域更加广泛。

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，主要包括微处理器(CPU)、存储器(随机访问存储器 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、串行口、A/D 转换器以及脉冲宽度调制(PWM)等，如图 1-1 所示。



▲图 1-1 单片机组成框图

1. 程序存储器 (ROM)

ROM 用来存放用户程序，分为 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，故特别适用于开发阶段，但 EPROM 型单片机价格很高。

Mask ROM 型单片机价格最低，适用于批量生产。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。

OTPROM 型（一次可编程）单片机价格介于 EPROM 和 MaskROM 型单片机之间，它允许用户对其编程，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阶段，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。

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，通常仅有几十到几百字节。RAM 的内容具有易失性（也称为易挥发性），掉电后数据会丢失。最近出现了 EEPROM 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

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 接口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. 定时器/计数器（T/C）

用于单片机内部精确定时或对外部事件（输入信号如脉冲等）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，有的也使用内部 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，如模拟/数字转换器（A/D）、数字/模拟转换器（D/A）、温度传感器、液晶（LCD）驱动电路、电压监控、看门狗（WDT）电路、低压检测（LVD）电路等。此时的单片机才是真正单片化。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 控制器和数码相机控制器芯片等。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。我们常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: 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)等。

(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, 字节数一般从几 KB 到几十 KB, 另外还有不同的类型, 如 ROM、EPROM、E²PROM、Flash ROM 和 OTP ROM 型。数据存储器的字节数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考虑的一个重要因素, 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编程(ISP, In-System-Programmable)或在应用再编程(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: 即输入/输出接口, 一般有几个到几十个, 用户可以根据需要进行选择。

(4) 速度: 指的是 CPU 的处理速度, 以每秒执行多少条指令来衡量, 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 的主频)相联系的, 但并不是频率高的处理速度就一定快, 但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 3V/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, 在 2.5V~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 μA 或 nA 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) 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 3 种。民用级的温度范围是 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$, 工业级是 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$, 军用级是 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ (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, 用户可根据需要选择适合自己的产品。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

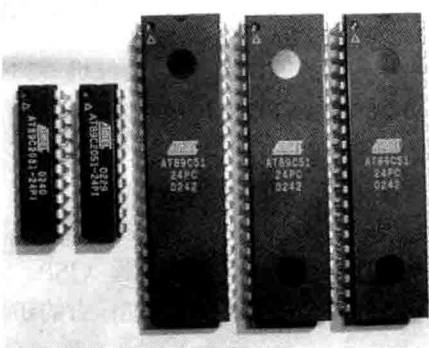
1. MCS-51 系列及与之兼容的 80C51 系列单片机

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 位单片机, 但它品种齐全、兼容性强、性价比高, 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 8031、8051、8751 3 个基本型和对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51。

MCS-51 系列及 80C51 单片机有多种品种。它们的引脚及指令系统相互兼容, 主要在内部结构上有所区别。最常用的 51 系列单片机是 8051 和 AT89C51 (如图 1-2 所示) 等。

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, 但它价格很低, 软硬件系统开发成熟, 所以应用也非常广泛。目前 51 系列的产品大多是 8031、8051 和 AT89C51 等。



▲图 1-2 AT89C51 系列单片机产品示意图

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、高性能的 CMOS 8 位单片机, 片内含 2Kbyte 的可反复擦写的只读程序存储器 (PEROM) 和 128byte 的随机存取数据存储器 (RAM), 工作电压为 2.7V~6V, 还含有 2 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

有业界最佳“绿色微控制器 (Green MCUs)”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 MCUs) 的 1/5。在 3V 工作电压下其耗电电流低于 350μA/MHz, 待机模式仅为 1.5μA/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 微控制器可广泛地应用于煤气表、水表、电子电度表、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。由于 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, 因此, MSP430 Flash 系列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微控制器, 其工作电压可低至 1.25V, 使用 32kHz 的工作频率, 工作电流可低至 3μA~5μA, HALT (关断) 模式下小于 1μA, 而其功能却并不逊色。MSM64K 系列单片机片内集成了 LCD (液晶显示器) 驱动器, 可方便地与液晶显示器连接, 且具有片内掩模 (Mask) 的程序存储器, 有些型号还带有串口、RC 振荡器、看门狗、模数转换器 (ADC)、脉宽调制 (PWM) 等, 几乎不需要外扩芯片即可满足应用, 其工作温度范围可达 -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 微电子有限公司是一家独立的全球性公司，专门从事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需要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、价低格等特点，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、串行口、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 端口的功能。应用中，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较高。用汇编语言开发软件是比较辛苦的，这是因为程序量通常较大，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者的水平。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,很多细节问题无需考虑,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,汇编语言才能更好地胜任。因此,在很多情况下,采用 C 语言和汇编语言混合编程才是最佳选择。

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 接口及定时器/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、集成度高等特点,如 MCS-51 系列单片机,具有 16 位的定时器/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,大多数情况下,内部存储器大小已能满足要求,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、位处理和判断转移等功能,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,因此能较快地付诸实际应用。

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。以下简单介绍一些典型的应用。

(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。采用单片机控制能使仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子电路或数字电路更加强大,提高了其性价比,例如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪等)。

(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。例如,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,使它可以在恶劣环境中工作。

(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机(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,超乎想象。单片机应用的意义不仅在于它的广阔应用范围及所带来的经济效益,更重要的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来实现。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。微控制技术是一种全新的技术应用,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。

12 单片机应用系统概述

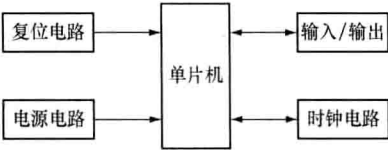
1.2.1 单片机应用系统的种类

由于应用场合及系统控制的要求不同,单片机系统在规模、结构上存在很大差异,根据使用功

能器件的种类和数量，单片机应用系统可分为基本系统和扩展系统。

1. 基本系统

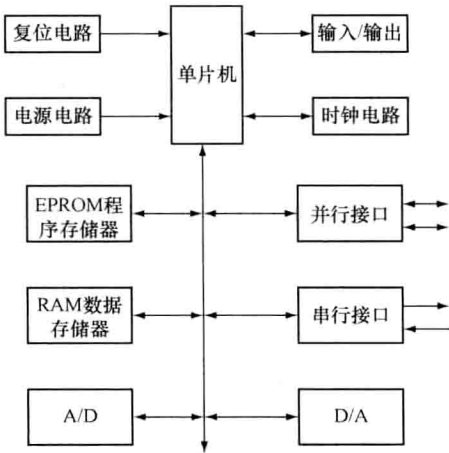
基本系统中，包括一个单片机，在该单片机中含有程序存储器和数据存储器，仅在外部配制了维持系统运行的基本部件，例如电源、输入/输出等，除了这些，还包括不扩充程序存储器、数据存储器、I/O 接口及其他功能部件，因此也被称为最小系统，其结构如图 1-3 所示。



▲图 1-3 单片机最小系统结构示意图

2. 扩展系统

在大多数系统中，由于需要实现一些特殊功能，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 接口或者串行接口做总线，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，其结构如图 1-4 所示。



▲图 1-4 单片机扩展系统结构示意图

1.2.2 单片机控制系统的组成

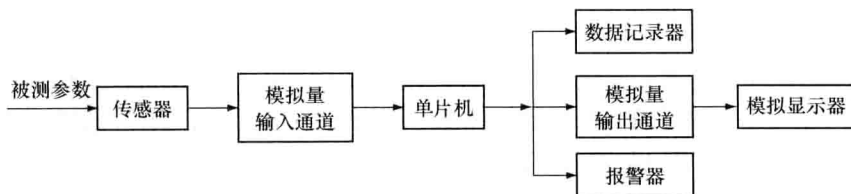
由单片机与其他器件和装置适当连接起来的硬件，在软件的操作下协调运行以执行预定的测量或测量控制任务，这些硬件和软件的整体就是单片机测量和控制系统，简称单片机控制系统。顾名思义，单片机测量系统的功能是对某些参数进行测量，单片机控制系统的任务是对生产过程或某些物理量进行控制。要控制就必须测量，因此可以认为单片机测量系统是单片机控制系统的一个特例。

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,以“检测”或“测试”为目的的系统。它是单片控制系统的一个特例。一般用来对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 单片机测量系统框图

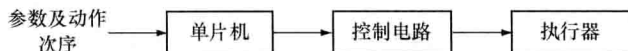
被测参数经传感器转换成模拟信号,再由模拟量输入通道进行信号调理和数据采集,转换成单片机要求的数据格式,再送入单片机进行必要的处理,最后送到磁带机、打印机等数据记录器记录下来,这样就得到了供进一步分析和处理的测量数据记录。

为了对测量过程进行集中实时监视,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。在对生产过程中某些参数进行检测的场合,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等几部分)。

(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,以程序控制为目的的系统,其组成框图如图 1-6 所示。

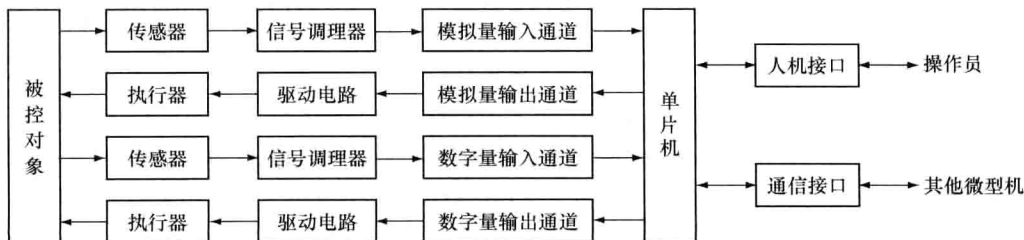


▲图 1-6 单片机开环控制系统框图

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基于对被控对象的测量结果而定的。因此,其基本组成框图如图 1-7 所示。



▲图 1-7 单片机闭环控制系统框图

图 1-7 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、开关量输入通道和开关量输出通道。其中模拟量输入通道和开关量输入通道统称为前向通道,模拟量输出通道和开关量输出通道统称为后向通道。

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,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。系统软件包括以下内容。

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。编制用户程序时,同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。

操作系统是微型计算机的一款大型管理程序,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 CP/M、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)。例如 MCS-51 单片机仿真器里有 MCS-51 汇编程序,用户可以把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。解释程序的功能是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。编译程序的功能是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,这些子程序可分为两类,分别为通用软件和专用软件。

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,有些软件常会被用到,这些软件称为通用软件。如数制转换程序,包括二进制数与 BCD 码之间相互转换程序等;运算程序,包括加、减、乘、除、乘方、开方、函数运算等;数字滤波程序,用于对数据进行处理;工程量程序,在工程显示时往往用到这类程序;查表程序,例如查找热电势对应的温度值;报警程序等。