

21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

单片机原理 及应用案例教程

杜文洁 王晓红 主编

清华大学出版社



中国地质大学（北京）教材

地质工程系列教材

单片机原理 及应用案例教程

王明海 王明海 编

地质出版社



21世纪高职高专规划教材

电子信息基础系列

单片机原理 及应用案例教程

杜文洁 王晓红 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从应用的角度出发,以 80C51 单片机为主要对象,系统地介绍了单片机的基本硬件结构和工作原理、指令系统与汇编语言程序设计、中断与定时器/计数器、串行接口(简称串口)与通信技术、系统扩展、接口技术、C 语言程序设计和基础实训等。

本书注重将理论讲授和实践训练相结合,特别增加大量实训内容,强调应用性和实践性,初步培养学生的单片机开发能力。每章都安排了丰富的例题、思考题与习题,附录部分给出了思考题与习题的参考答案,便于学生的复习、巩固和训练提高。

本书可作为普通高等专科学校和高等职业学院电子信息、工业自动化、机电一体化、计算机应用等专业的教材,也可作为成人教育相应专业的教材或教学参考书,还可供从事单片机应用的工程技术人员参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用案例教程/杜文洁,王晓红主编. —北京:清华大学出版社,2011.7

(21 世纪高职高专规划教材. 电子信息基础系列)

ISBN 978-7-302-27638-8

I. ①单… II. ①杜… ②王… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 272765 号

责任编辑:田 梅

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.5

字 数:561 千字

版 次:2012 年 7 月第 1 版

印 次:2012 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:46.00 元

产品编号:042923-01

单片微型计算机简称单片机，它是将计算机的中央处理器、存储器、定时器/计数器、并行接口和串行接口以及中断系统等部件集成在一块芯片中构成的。由于单片机具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、可靠性高等优点，在工业控制、机电一体化、通信终端、智能仪表、家用电器等领域得到了广泛应用。因此，单片机技术已成为高职高专院校机械、电子、计算机等专业的重要课程。

本书是单片机基础教材，讲述初学者必须掌握的基本知识，因而在编写过程中力求易于学生阅读和理解，做到结合实际、注重应用、便于教学、内容新颖、实用性强。每章配有小结、思考题与习题，并附有参考答案。本书另辟一章介绍基础实训。

本书共分 10 章，主要内容如下：

第 1 章 单片机基础知识，主要介绍单片机的发展、特点，单片机开发快速入门及数制知识。

第 2 章 80C51 单片机的内部结构，主要介绍 80C51 单片机（简称 80C51）的内部结构、工作原理及功能。

第 3 章 80C51 单片机的指令系统，主要介绍 80C51 的寻址方式、基本指令的格式及功能。

第 4 章 汇编语言程序设计基础，主要介绍汇编语言程序设计的方法。

第 5 章 80C51 的中断系统及定时器/计数器，介绍单片机定时与中断原理，并编写实例帮助读者理解。

第 6 章 80C51 的串行接口及串行通信技术，介绍串行通信的原理、工作方式及优缺点。

第 7 章 C51 程序设计入门，主要介绍单片机 C 语言程序开发。

第 8 章 单片机系统扩展，主要介绍存储器、I/O 接口的扩展技术，以及 I²C 总线在单片机中的应用。

第 9 章 单片机接口技术，介绍键盘、显示器、D/A、A/D、打印机等常见接口的工作原理及设计方法。

目 录

CONTENTS

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 微处理器、微型计算机和单片机的概念	1
1.1.2 单片机的发展状况	2
1.1.3 单片机的特点	3
1.1.4 单片机的应用	3
1.1.5 常用单片机系列产品	4
1.2 数制与编码	7
1.2.1 数制	7
1.2.2 编码	12
1.2.3 计算机中带符号数的表示	14
1.3 单片机应用开发系统	15
1.3.1 开发系统的功能	15
1.3.2 开发过程	17
1.4 单片机开发快速入门	17
1.4.1 μ Vision 集成开发环境简介	18
1.4.2 工程建立和编译的基本步骤	21
1.4.3 仿真器的使用	22
1.4.4 编程器的使用	23
1.5 案例——点亮发光二极管	23
1.5.1 功能和设计思路	23
1.5.2 硬件电路设计	24
1.5.3 程序流程及软件设计	24
1.5.4 仿真和调试	24
本章小结	25
思考题与习题	25

第2章 80C51单片机的内部结构	27
2.1 80C51单片机的基本结构	27
2.1.1 80C51系列概述	27
2.1.2 80C51单片机的基本结构	28
2.1.3 引脚及封装	29
2.2 中央处理器	30
2.2.1 运算器	30
2.2.2 控制器	32
2.2.3 CPU的工作流程	33
2.3 存储器	34
2.3.1 程序存储器	35
2.3.2 数据存储器	35
2.3.3 特殊功能寄存器	37
2.4 时钟电路和时序	38
2.4.1 时钟电路	38
2.4.2 基本时序单位	38
2.4.3 80C51的典型时序	39
2.5 复位电路	40
2.5.1 复位电路	40
2.5.2 单片机复位后的状态	41
2.6 并行输入/输出端口	42
2.6.1 P0口的位结构	42
2.6.2 P1口的位结构	43
2.6.3 P2口的位结构	44
2.6.4 P3口的位结构	44
2.7 80C51单片机的低功耗方式	45
2.7.1 电源控制寄存器	45
2.7.2 待机方式	46
2.7.3 掉电方式	46
2.8 案例——霓虹灯控制	46
2.8.1 功能和设计思路	46
2.8.2 硬件电路设计	47
2.8.3 程序流程及软件设计	47
2.8.4 仿真和调试	49
本章小结	49
思考题与习题	50

第 3 章 80C51 单片机的指令系统	53
3.1 指令系统简介	53
3.1.1 指令的格式	53
3.1.2 指令的三种表示形式	53
3.1.3 指令的字节数	54
3.1.4 指令的分类	55
3.2 寻址方式	55
3.2.1 符号约定	55
3.2.2 寻址方式说明	55
3.3 80C51 指令系统	60
3.3.1 数据传送类指令	60
3.3.2 算术运算类指令	64
3.3.3 逻辑操作类指令	69
3.3.4 控制转移类指令	71
3.3.5 位操作类指令	77
3.4 案例——霓虹灯的控制	78
3.4.1 功能和设计思路	78
3.4.2 硬件电路设计	79
3.4.3 程序流程及软件设计	79
3.4.4 仿真和调试	81
本章小结	82
思考题与习题	82
第 4 章 汇编语言程序设计基础	86
4.1 汇编语言源程序的设计与汇编	86
4.1.1 程序设计步骤	86
4.1.2 源程序的汇编	87
4.1.3 伪指令	87
4.2 汇编语言程序设计	90
4.2.1 顺序程序设计	90
4.2.2 分支程序设计	91
4.2.3 循环程序设计	92
4.2.4 子程序设计	94
4.3 实用程序举例	96
4.3.1 延时	96
4.3.2 代码转换	97
4.3.3 数据处理	100

4.3.4	算术运算	103
4.3.5	组合逻辑设计	106
4.4	案例——信号灯的控制	107
4.4.1	功能和设计思路	107
4.4.2	硬件电路设计	107
4.4.3	程序流程及软件设计	108
4.4.4	仿真和调试	108
	本章小结	109
	思考题与习题	109

第5章 80C51 的中断系统及定时器/计数器 112

5.1	中断概述	112
5.1.1	中断的特点	112
5.1.2	中断的基本概念	112
5.1.3	中断的过程	113
5.1.4	中断嵌套	114
5.2	80C51 中断系统	114
5.2.1	中断源及中断向量地址	114
5.2.2	中断系统结构	115
5.2.3	中断标志与控制	116
5.2.4	中断请求的响应、撤除及返回	118
5.3	中断系统的应用	120
5.3.1	中断系统初始化	120
5.3.2	中断服务子程序	121
5.4	定时器/计数器 T0、T1 概述	121
5.4.1	定时器/计数器 T0、T1 的结构	121
5.4.2	定时器/计数器的原理	122
5.5	定时器/计数器的控制方法	122
5.5.1	定时器/计数器寄存器	122
5.5.2	定时器/计数器的初始化	123
5.5.3	定时器/计数器初值的确定方法	124
5.6	定时器/计数器 T0、T1 的工作方式	124
5.6.1	方式 0	124
5.6.2	方式 1	125
5.6.3	方式 2	125
5.6.4	方式 3	126
5.7	定时器/计数器 T0、T1 应用举例	127
5.7.1	定时器应用举例	127

5.7.2 计数器应用举例	129
5.7.3 门控位应用举例	130
5.8 案例——四人抢答器	131
5.8.1 功能和设计思路	131
5.8.2 硬件电路设计	131
5.8.3 程序流程及软件设计	131
5.8.4 仿真和调试	134
本章小结	134
思考题与习题	135
第 6 章 80C51 的串行接口及串行通信技术	138
6.1 串行通信概述	138
6.1.1 同步通信和异步通信方式	138
6.1.2 串行通信的数据传输速率	139
6.1.3 波特率和收/发时钟	140
6.1.4 单工、半双工、全双工工作方式	140
6.1.5 信号的调制与解调	140
6.1.6 差错检测和校正	141
6.1.7 串行通信接口电路	141
6.2 串行通信总线标准及其接口	142
6.2.1 RS-232C 接口	142
6.2.2 RS-449、RS-422A、RS-423A 标准接口	144
6.2.3 20mA 电流环串行接口	144
6.3 80C51 串行接口简介	145
6.3.1 串行接口结构与工作原理	145
6.3.2 串行接口控制寄存器	146
6.3.3 波特率的设置	147
6.4 串行通信工作方式	148
6.4.1 方式 0	148
6.4.2 方式 1	150
6.4.3 方式 2 和方式 3	151
6.5 串行接口应用举例	152
6.5.1 用串行接口扩展 I/O 接口	152
6.5.2 用串行接口进行异步通信	153
6.5.3 单片机与 PC 间的通信	154
6.6 80C51 单片机之间的通信	156
6.6.1 双机通信硬件电路	156
6.6.2 双机通信软件编程	156

6.6.3 多机通信	160
6.7 案例——单片机之间的双机通信	162
6.7.1 功能和设计思路	162
6.7.2 硬件电路设计	163
6.7.3 程序流程及软件设计	164
6.7.4 仿真和调试	169
本章小结	169
思考题与习题	169
第7章 C51 程序设计入门	172
7.1 C51 的数据与运算	172
7.1.1 C51 的数据类型	172
7.1.2 C51 的数据存储类型	173
7.1.3 C51 的数据存储模式	174
7.1.4 C51 的运算符	175
7.2 数组、指针和结构	177
7.2.1 数组	177
7.2.2 指针	178
7.2.3 结构	179
7.3 C51 的程序设计	180
7.3.1 C51 的程序结构	180
7.3.2 C51 流程控制语句	181
7.3.3 函数的定义与调用	185
7.3.4 C51 中调用汇编程序	188
7.4 51 单片机内部资源的 C51 编程	189
7.4.1 中断的 C51 编程	189
7.4.2 定时器/计数器的 C51 编程	190
7.4.3 串行接口的 C51 编程	192
7.5 Keil C51 程序开发基本步骤	194
7.6 案例——简易红外报警器	194
7.6.1 功能和设计思路	194
7.6.2 硬件电路设计	195
7.6.3 程序流程及软件设计	196
7.6.4 仿真和调试	197
本章小结	197
思考题与习题	197

第 8 章 单片机系统扩展	200
8.1 系统扩展概述	200
8.1.1 简介	200
8.1.2 扩展系统总线结构	200
8.1.3 地址的译码	202
8.2 存储器的扩展	205
8.2.1 常用存储器扩展芯片	205
8.2.2 程序存储器的扩展与设计	208
8.2.3 数据存储器的扩展与设计	211
8.3 并行 I/O 接口的扩展	214
8.3.1 简单的并行 I/O 接口扩展	215
8.3.2 可编程 I/O 接口电路扩展	218
8.4 串行扩展概述	230
8.4.1 串行扩展特点	230
8.4.2 串行扩展分类	230
8.4.3 单片机串行扩展的虚拟技术	233
8.5 I ² C 总线	233
8.5.1 I ² C 总线基础	233
8.5.2 I ² C 总线基本工作原理	234
8.5.3 80C51 与 I ² C 总线芯片接口程序设计	237
8.6 案例——记忆训练器	239
8.6.1 功能和设计思路	239
8.6.2 硬件电路设计	239
8.6.3 程序流程及软件设计	240
8.6.4 仿真和调试	243
本章小结	243
思考题与习题	244
第 9 章 单片机接口技术	246
9.1 概述	246
9.1.1 单片机的接口信号和编址方法	246
9.1.2 单片机与外设的数据交换方式	247
9.2 单片机与键盘接口	248
9.2.1 键盘工作原理	248
9.2.2 独立式按键	249
9.2.3 矩阵式按键	251
9.3 单片机与显示器接口	256

9.3.1	LED 显示和接口	256
9.3.2	可编程键盘/显示器接口——Intel 8279	262
9.3.3	LED 大屏幕显示	271
9.3.4	LCD 液晶显示和接口	274
9.4	A/D 转换器接口	281
9.4.1	A/D 转换器概述	281
9.4.2	典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	283
9.4.3	80C51 单片机与 ADC0809 接口	284
9.5	D/A 转换器接口	286
9.5.1	D/A 转换器概述	286
9.5.2	典型 D/A 转换器芯片 DAC0832	287
9.5.3	DAC0832 单缓冲工作方式接口与应用	289
9.5.4	DAC0832 双缓冲工作方式接口与应用	291
9.6	步进电动机与单片机的接口	293
9.6.1	步进电动机的控制原理	293
9.6.2	步进电动机的单片机控制	295
9.7	案例——密码锁的设计	297
9.7.1	功能和设计思路	297
9.7.2	硬件电路设计	297
9.7.3	程序流程及软件设计	298
9.7.4	仿真和调试	300
本章小结		301
思考题与习题		301
第 10 章 基础实训		303
10.1	单片机基础知识	303
10.1.1	应用系统开发过程演示	303
10.1.2	仿真器和烧录器的使用	304
10.2	80C51 单片机的内部结构	305
10.2.1	片上资源认知	305
10.2.2	闪烁灯控制	306
10.3	80C51 单片机指令系统	307
10.3.1	寻址方式练习	307
10.3.2	数据传送程序练习	308
10.3.3	算术逻辑指令练习	309
10.3.4	其他功能指令练习	311
10.4	汇编语言程序设计	313
10.4.1	分支和循环程序练习	313

10.4.2	查表程序练习	314
10.4.3	查找程序练习	316
10.4.4	数码管显示	317
10.5	单片机的中断系统及定时器/计数器	318
10.5.1	中断控制	318
10.5.2	方波发生器	320
10.6	80C51 的串行接口及串行通信技术	323
10.6.1	单片机与 PC 通信	323
10.6.2	双机通信	325
10.7	C51 程序设计入门	327
10.7.1	I/O 位操作应用	327
10.7.2	定时器应用	328
10.7.3	串行中断应用	329
10.8	单片机系统扩展	331
10.8.1	片外 RAM 数据传送	331
10.8.2	简单 I/O 接口扩展	332
10.9	单片机接口技术	333
10.9.1	A/D 转换	333
10.9.2	D/A 转换	336
10.10	综合实训	338
10.10.1	按键显示控制	338
10.10.2	步进电动机的控制	340
10.10.3	数字时钟	344
10.10.4	调光灯的设计	351
10.10.5	火灾报警控制	354
附录	思考题与习题参考答案	357
参考文献		375

单片机基础知识

单片机在现代电子设计领域应用相当广泛,存在于数不胜数的家用电器、工业控制设备、电子仪器等电子产品中。单片机的应用知识对于每一个电子工程师来说都是必不可少的。

1.1 单片机概述

随着大规模集成电路技术的不断发展,中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、I/O 接口、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片上,构成了一个单片微型计算机,简称为单片机(Single-Chip Microcomputer)。单片机的这种特殊的结构形式,在某些应用领域中,承担了大中型计算机和通用微型计算机无法完成的一些工作。因此,单片机在各个领域中得到了广泛应用和迅猛发展。

1.1.1 微处理器、微型计算机和单片机的概念

微处理器是用一片或少数几片大规模集成电路组成的中央处理器。这些电路执行控制部件和算术逻辑部件的功能。微处理器与传统的中央处理器相比,具有体积小、重量轻和容易模块化等优点。微处理器的基本组成部分有寄存器堆、运算器、时序控制电路以及数据和地址总线。微处理器能完成取指令、执行指令以及与外界存储器和逻辑部件交换信息等操作,是微型计算机的运算控制部分。它可与存储器和外围电路芯片组成微型计算机。

微型计算机简称微型机、微机,由于其具备人脑的某些功能,所以也俗称为“微电脑”。微机是由大规模集成电路组成的、体积较小的电子计算机。它是以微处理器为基础,配以内存存储器及输入/输出(I/O)接口电路和相应的辅助电路而构成的裸机,其特点是体积小、灵活性大、价格便宜、使用方便。把微型计算机集成在一个芯片上即构成单片微型计算机。由微型计算机配以相应的外围设备(如打印机)及其他专用电路、电源、面板、机架以及足够的软件构成的系统叫做微型计算机系统(Microcomputer System,即通常说的电脑)。

单片机是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计时器等主要计算机部件(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等

电路)集成到一块电路芯片上构成的一个小而完整的微型计算机。

1.1.2 单片机的发展状况

1. 单片机的发展过程

单片机作为微型机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。它的产生与发展和微处理器的产生与发展同步,以 8 位单片机为起点,其发展过程大致可分为五个阶段。

第一阶段(1976—1978 年):以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为代表,该系列成为计算机发展史上的重要里程碑,开始了工业控制领域的智能化控制时代。这个系列单片机在片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等。无串行 I/O 接口,中断处理较简单,片内 RAM、ROM 容量较小,且寻址范围不大于 4KB。

第二阶段(1978—1982 年):这一阶段以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表,单片机结构和性能在不断改进和发展。这个系列的单片机均带有串行 I/O 接口,具有多级中断处理系统,定时器/计数器为 16 位,片内 RAM 和 ROM 容量相对增大,有的片内还带有 A/D 转换接口。

第三阶段(1982—1990 年):为高档 8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段。此阶段主要特征是,一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其性能、结构,以满足不同用户的需要;另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。16 位单片机除了 CPU 为 16 位外,片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大,片内 RAM 为 232B,ROM 为 8KB,片内带有高速输入/输出部件,多通道 10 位 A/D 转换部件,8 级中断处理功能,其实时处理能力更强。

第四阶段(1990—2000 年):新的高性能的单片机不断出现,新单片机普遍采用 RISC(精简指令集计算机)架构,向高速、高集成度、数模混合、超低功耗方向发展。

现阶段(2001 年至今):32 位微控制器应用日益广泛,许多应用场合在单片机上大量使用 RTOS(实时操作系统),Embedded System(嵌入式系统)获得较大发展。在专用单片机发展方面,SOC(系统级芯片)开始从概念走向实际应用。

2. 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势是向着大容量、高性能化,小容量、低价格化和外围电路内装化等几个方面发展。

(1) 大容量化:进一步扩大片内存储器容量。以往单片机的片内程序存储器 ROM 为 1~4KB,片内数据存储器 RAM 为 128~256B,因此在特殊的场合,存储容量不够,不得不外接扩充。为适应特殊领域的要求,运用新工艺,片内存储器逐步大容量化。片内程序存储器 ROM 扩大到 12KB 或更大;片内数据存储器 RAM 扩大到 1MB。今后,随着工艺技术的不断发展,片内存储器容量将进一步扩大。

(2) 高性能化:主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运行速度,加强位处理功能、中断和定时控制功能,采用流水线技术,加快指令运算速度和提高系统控制的可靠性。

(3) 小容量、低价格化:小容量、低价格化是单片机的发展动向之一,这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路简单化。

(4) 外围电路内装化: 随着大规模集成电路的发展,集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片内集成的部件还有 A/D、D/A、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

(5) 串行扩展技术: 在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programmable)及各种特殊类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

1.1.3 单片机的特点

单片机是在一块超大规模集成电路芯片上,集成了 CPU、存储器(包括 RAM/ROM)、I/O 接口、定时器/计数器、串行通信接口等电路的设备。片内各功能部件通过内部总线相互连接起来。就其组成而言,一块单片机芯片就是不带外部设备的微型计算机。图 1-1 为典型单片机的结构图。

单片机的特点可归纳为以下几个方面。

(1) 集成度高、体积小、可靠性高。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连接,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。单片机的体积小,对于强磁场环境易采用屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。

(2) 性价比高。高性能、低价格是单片机推广应用的重要因素,也是各公司竞争的主要策略。

(3) 控制功能强。单片机是微型计算机的一个品种,它的体积虽小,但“五脏俱全”,适用于专门的控制用途。在工业测控应用中,单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同档次的微型计算机。

(4) 系统配置较典型、规范。单片机的系统扩展容易,易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 低功耗。适用于携带式产品和家用电器产品。

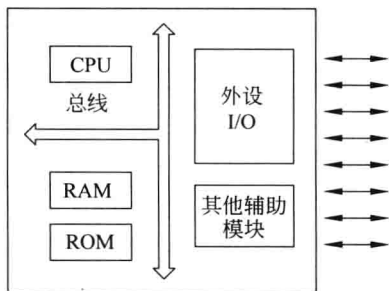


图 1-1 典型单片机的结构图

1.1.4 单片机的应用

单片机具有高性能、体积小、低功耗、低电压、低成本等特点。由于单片机具有这些特点,因此它的应用范围越来越广泛。它主要用在以下几个方面。

1. 单片机在仪器仪表中的应用

单片机被广泛地应用于各种仪器仪表中,除了完成原来仪器仪表的测量、控制外,还可以提高仪器仪表的测量自动化程度,可以对误差进行修正和对测量的数据进行线性化处理。可使测量、处理、控制于一体,可以简化硬件结构并提高性能价格比,使仪器仪表实