

● 高等学校教材

# 微机测控系统原理与设计

主编 曹江涛 孙传友

副主编 姬晓飞



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

● 高等学校教材

# 微机测控系统原理与设计

Weiji Cekong Xitong Yuanli yu Sheji

主编 曹江涛 孙传友

副主编 姬晓飞



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

本书全面系统地阐述了基于 80C51 单片机的微机测控系统的整机原理和总体设计。内容包括：绪论、测控通道、80C51 单片机及其接口、测量数据处理、PID 控制算法、监控程序设计、抗干扰技术、微机测控系统设计及实例、微机测控系统新技术。书中给出了大量的实用硬件电路和软件程序。本书各章的习题解答都可在“百度文库”网上浏览和下载。

本书可作为各类工科院校测控技术与仪器、自动化、机电一体化等专业的教材或教学参考书，也可供从事测控领域工作的工程技术人员参考或作为自学读物。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

微机测控系统原理与设计 / 曹江涛, 孙传友主编.

-- 北京: 高等教育出版社, 2013.

ISBN 978-7-04-038719-3

I. ①微… II. ①曹… ②孙… III. ①微型计算机-  
计算机控制系统-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 271264 号

策划编辑 王勇莉 责任编辑 王勇莉 封面设计 于文燕 版式设计 马敬茹  
插图绘制 尹莉 责任校对 王雨 责任印制 田甜

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社址	北京市西城区德外大街 4 号	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印刷	北京铭成印刷有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
开本	787 mm × 1092 mm 1/16		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印张	22.25	版次	2013 年 12 月第 1 版
字数	540 千字	印次	2013 年 12 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定价	34.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究  
物料号 38719-00

# 前 言

“测量”和“控制”是人类认识世界和改造世界的两项基本任务，而测控系统则是人类实现这两项任务的工具和手段。目前，测控系统在国民经济各领域的应用越来越广泛，在军事和国防科技方面的应用更是屡见不鲜，同时，测控系统的应用也遍及现代生活的方方面面。

顾名思义，测控系统是以测量和控制为目的的系统。现代测控系统主要是微机化的测控系统，它是计算机技术与测控技术、电子技术相结合的产物。本教材主要介绍基于80C51单片机的微机测控系统的整机原理和总体设计。全书共分九章：绪论、测控通道、80C51单片机及其接口、测量数据处理、PID控制算法、监控程序设计、抗干扰技术、微机测控系统设计及实例、微机测控系统新技术。

编者根据教育部有关教学改革的精神和自己多年的教学经验，尝试对教学内容和课程体系进行改革。与同类教材相比，本教材具有以下三个特点：

1. 定位明确 本教材的定位是培养应用型(或技术型)专业人才。因此本教材的主要内容是计算机测控技术的应用研究，而不是单纯的理论研究。

2. 注重对各类测控系统共性的研究 不同应用领域的测控系统虽然存在个性，但也存在很多共性，而且个性和共性相比，共性是主要的，它们共同的理论基础和技术基础实质就是计算机测控技术；各种不同的测控系统产品只不过是其“共同基础”，即计算机测控技术与各应用领域的“特殊要求”相结合的产物。因此注重对各类测控系统共性的研究，有利于增强学生的适应能力。

3. 加强课程内容间的联系与综合 本教材从总体设计角度出发，研究各模块设置的必要性以及整机对该模块的技术要求；把硬件与软件结合起来，研究与硬件相关的接口软件、测控算法、监控程序以及影响整机性能的抗干扰技术；加强与先修课程(测控电路、单片机原理等)内容间的联系与综合，使学生进而学习掌握微机测控系统的整机原理与总体设计。

为方便老师教学和学生自学，我们编写了例题和习题解答，并在网上发布供读者浏览和下载。“《微机测控系统原理与设计》习题解答”的下载网址是 <http://wenku.baidu.com/>。

本书可作为各类工科院校测控技术与仪器、自动化、机电一体化等专业的教材或教学参考书，也可供从事测控领域工作的工程技术人员参考或作为自学读物。

本书由辽宁石油化工大学曹江涛教授和长江大学孙传友教授主编，其中第2、3、4、5、6章由曹江涛负责编写，第1章和附录以及全书习题解答由孙传友负责编写，第7、8、9章由沈阳航空航天大学姬晓飞副教授(本书副主编)负责编写。辽宁石油化工大学张一教授审阅全书并提出了宝贵意见。在此，编者谨向高等教育出版社编辑和张一教授以及各参考文献的作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请各位读者批评指正。

编者

2013年7月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1	2.4.3 电平转换接口 .....	57
1.1 测控系统的地位与作用 .....	1	思考题与习题 .....	60
1.2 测控系统微机化的重要意义 .....	2	第 3 章 80C51 单片机及其接口 .....	62
1.3 微机测控系统的类型和组成 .....	3	3.1 80C51 单片机 .....	62
1.3.1 微机检测系统 .....	4	3.1.1 80C51 单片机的内部结构 .....	63
1.3.2 微机控制系统 .....	4	3.1.2 80C51 单片机的外部引脚 .....	65
1.3.3 微机测控系统 .....	4	3.1.3 80C51 单片机的指令系统 .....	68
1.4 微机测控系统的主机类型 .....	5	3.2 输入通道接口 .....	72
1.4.1 PC .....	5	3.2.1 并行 A/D 接口 .....	73
1.4.2 可编程控制器 PLC .....	7	3.2.2 串行 A/D 接口 .....	77
1.4.3 单片机 .....	8	3.2.3 VFC 接口 .....	80
思考题与习题 .....	9	3.3 输出通道接口 .....	82
第 2 章 测控通道 .....	10	3.3.1 并行 D/A 接口 .....	82
2.1 模拟输入通道 .....	10	3.3.2 串行 D/A 接口 .....	85
2.1.1 模拟输入通道的基本类型与 组成结构 .....	10	3.3.3 功率接口 .....	87
2.1.2 传感器的选用 .....	12	3.4 人-机接口 .....	89
2.1.3 信号调理电路的参数设计和 选择 .....	14	3.4.1 显示器接口 .....	90
2.1.4 采集电路参数的设计和选择 .....	21	3.4.2 键盘接口 .....	98
2.1.5 模拟输入通道的误差分配与 综合 .....	31	3.4.3 键盘/显示器接口 .....	106
2.2 模拟输出通道 .....	35	3.4.4 报警器接口 .....	115
2.2.1 模拟输出通道的基本理论 .....	35	3.4.5 打印机接口 .....	118
2.2.2 模拟输出通道的基本结构 .....	39	3.5 通信接口 .....	122
2.2.3 模拟输出通道单元电路的选用 .....	42	3.5.1 串行通信接口 .....	122
2.3 开关量输入输出通道 .....	45	3.5.2 并行通信接口 .....	137
2.3.1 开关量输入通道 .....	46	思考题与习题 .....	146
2.3.2 开关量输出通道 .....	47	第 4 章 测量数据处理 .....	148
2.3.3 开关量输入输出通道设计举例 .....	50	4.1 测量数据的产生过程和影响 因素 .....	148
2.4 单元电路的级联设计 .....	54	4.1.1 测量数据的产生过程 .....	148
2.4.1 电气性能的相互匹配 .....	55	4.1.2 测量数据的影响因素 .....	149
2.4.2 信号耦合与时序配合 .....	55	4.2 零位和灵敏度的误差校正 .....	150
		4.2.1 零位误差和灵敏度误差 .....	150
		4.2.2 软件校正方法 .....	151

4.2.3 硬件校正方法 .....	152	思考题与习题 .....	212
4.3 量程自动切换 .....	154	<b>第6章 监控程序设计</b> .....	213
4.3.1 量程切换的依据 .....	154	6.1 监控程序的功能和组成 .....	213
4.3.2 量程切换的方法 .....	155	6.2 监控主程序和初始化管理 .....	215
4.4 超限自动报警 .....	157	6.2.1 监控主程序 .....	215
4.4.1 超限报警处理程序设计 .....	157	6.2.2 初始化管理 .....	216
4.4.2 超限报警系统设计实例 .....	158	6.3 键盘管理 .....	216
4.5 标度变换 .....	161	6.3.1 一键一义的键盘管理 .....	217
4.5.1 硬件实现方法 .....	162	6.3.2 一键多义的按键管理 .....	218
4.5.2 软件实现方法 .....	165	6.3.3 自动手动切换 .....	221
4.6 非线性校正算法 .....	169	6.4 显示、中断与时钟管理 .....	222
4.6.1 查表法 .....	170	6.4.1 显示管理 .....	222
4.6.2 插值法 .....	171	6.4.2 中断管理 .....	223
4.6.3 拟合法 .....	176	6.4.3 时钟管理 .....	225
4.7 数字滤波 .....	180	6.5 硬件故障的自检 .....	226
4.7.1 限幅滤波和中位值滤波 .....	181	6.5.1 自检方式 .....	226
4.7.2 平均滤波 .....	182	6.5.2 自检算法 .....	227
4.7.3 低通滤波 .....	187	6.5.3 自检软件 .....	229
4.7.4 复合滤波 .....	189	思考题与习题 .....	230
思考题与习题 .....	189	<b>第7章 抗干扰技术</b> .....	231
<b>第5章 PID控制算法</b> .....	191	7.1 噪声干扰的形成 .....	231
5.1 PID控制原理与程序流程 .....	191	7.1.1 噪声源 .....	231
5.1.1 过程控制的基本概念 .....	191	7.1.2 噪声的耦合方式 .....	233
5.1.2 模拟PID调节器 .....	193	7.1.3 噪声的干扰模式 .....	235
5.1.3 数字PID控制器 .....	193	7.2 硬件抗干扰技术 .....	237
5.1.4 PID算法的程序流程 .....	196	7.2.1 接地技术 .....	237
5.2 标准PID算法的改进 .....	199	7.2.2 屏蔽技术 .....	243
5.2.1 微分项的改进 .....	199	7.2.3 长线传输的干扰及抑制 .....	244
5.2.2 积分项的改进 .....	202	7.2.4 共模干扰的抑制 .....	247
5.3 数字PID参数的选择 .....	204	7.2.5 差模干扰的抑制 .....	252
5.3.1 采样周期的选择 .....	204	7.2.6 供电系统抗干扰 .....	254
5.3.2 数字PID控制的参数选择 .....	205	7.2.7 印刷电路板抗干扰 .....	256
5.4 数字PID控制的工程实现 .....	207	7.3 软件抗干扰技术 .....	259
5.4.1 给定值和被控量处理 .....	208	7.3.1 软件冗余技术 .....	260
5.4.2 偏差处理 .....	209	7.3.2 软件陷阱技术 .....	262
5.4.3 控制算法的实现 .....	210	7.3.3 “看门狗”技术 .....	266
5.4.4 控制量处理 .....	210	7.3.4 故障自动恢复处理程序 .....	273
5.4.5 自动/手动切换 .....	211	思考题与习题 .....	278

<b>第 8 章 微机测控系统设计及实例</b> .....	279	9.1.2 集散控制系统(DCS) .....	310
8.1 设计要求和研制过程 .....	279	9.1.3 现场总线控制系统(FCS) .....	312
8.1.1 设计的基本要求 .....	279	<b>9.2 网络化测控系统</b> .....	314
8.1.2 设计研制过程 .....	280	9.2.1 网络化测控系统的发展 .....	314
8.2 总体设计 .....	282	9.2.2 网络化测控系统的结构 .....	315
8.3 硬件设计 .....	284	9.2.3 网络化测控系统功能与特点 .....	320
8.3.1 元器件的选择 .....	285	<b>9.3 虚拟仪器</b> .....	323
8.3.2 电路设计的原则 .....	287	9.3.1 虚拟仪器的概念 .....	323
8.3.3 硬件电路研制过程 .....	288	9.3.2 虚拟仪器的组成特点 .....	324
8.4 软件设计 .....	289	9.3.3 虚拟仪器的体系结构 .....	326
8.4.1 软件研制过程 .....	290	9.3.4 典型的虚拟仪器系统及其总线 .....	328
8.4.2 软件设计的依据——系统定义 .....	291	9.3.5 虚拟仪器网络化 .....	329
8.4.3 软件设计方法 .....	293	<b>9.4 嵌入式系统</b> .....	331
8.4.4 软件的测试和运行 .....	294	9.4.1 嵌入式系统定义和特点 .....	331
8.5 设计实例 .....	295	9.4.2 嵌入式系统的组成 .....	332
8.5.1 电冰箱温度测控系统设计 .....	295	9.4.3 嵌入式系统的应用 .....	334
8.5.2 防盗报警系统设计 .....	299	9.4.4 80C51 单片机的嵌入式系统 .....	335
思考题与习题 .....	307	思考题与习题 .....	337
<b>第 9 章 微机测控系统新技术</b> .....	308	<b>附录 1 80C51 指令表</b> .....	338
9.1 计算机测控系统的发展 .....	308	<b>附录 2 常用集成芯片引脚图</b> .....	342
9.1.1 集中测控系统 .....	308	<b>参考文献</b> .....	345



# 第 1 章

## 绪 论

### ▶▶ 1.1 测控系统的地位与作用

人类在认识世界和改造世界的过程中，一方面要采用各种方法获得客观事物的量值，这个任务我们称之为“测量”，另一方面也要采用各种方法支配或约束某一客观事物的进程结果，这个任务我们称之为“控制”。“测量”和“控制”是人类认识世界和改造世界的两项基本任务，而测控仪器或系统则是人类实现这两项任务的工具和手段。

发明元素周期表的科学家门捷列夫曾说过：“有测量才有科学”。科学的发展、突破往往是以检测仪器和技术方法上的突破为先导的。例如人类在光学显微镜出现以前，只能用肉眼来分辨物质，而16世纪出现了光学显微镜，这就使人们能够借助显微镜来观察细胞，从而大大推动了生物科学的发展。而到20世纪30年代出现了电子显微镜，又使人们的观察能力进入微观世界，这又推动了生物科学、电子科学和材料科学的发展……在诺贝尔物理和化学奖中大约有1/4是属于测试方法和仪器创新。这些事实都说明了测试仪器在科学研究中的重要作用。

测控仪器和系统在工作生产中起着把关者和指导者的作用，它从生产现场获取各种参数，运用科学规律和系统工程的做法，综合有效地利用各种先进技术，通过自控手段和装备，使每个生产环节得到优化，进而保证生产规范化，提高产品质量，降低成本，满足需要，保证安全

生产。

目前，测控技术广泛应用于炼油、化工、冶金、电力、电子、轻工、纺织等行业。据悉，现代化宝钢的技术装备投资，1/3 经费用于购置仪器和自控系统。即使原来认为可以土法生产的制酒工业，今天也需通过精密的仪器仪表严格控制温度流程才能创出名牌。

据美国国家标准技术研究院(NIST)的统计，美国为了质量认证和控制、自动化及流程分析，每天完成 2.5 亿个检测，占国民生产总值的 3.5%。要完成这些检测，需要大量的种类繁多的分析和检测系统。系统与测试技术已是当代促进生产的一个主流环节。美国商业部国家标准局(NBS)，20 世纪 90 年代初评估系统仪表工业对美国国民生产总值的影响作用，提出的调查报告中称：仪器仪表工业总产值只占工业总产值的 4%，但它对国民经济的影响达到 66%。

仪器仪表对国民经济有巨大的“倍增器”和拉动作用，应用仪器仪表是现代生产从粗放型经营转变为集约型经营必须采取的措施，是改造传统工业必备的手段，也是产品具备竞争能力、进入市场经济的必由之路。

仪器在产品质量评估及计算等有关国家法制实施中起着技术监督的“物质法官”的作用。在国防建设和国家可持续发展战略的诸多方面，都有至关重要的作用。现代仪器已逐渐走进千家万户，与人们的健康、日常生活、工作和娱乐活动休戚相关。

今天，世界正在从工业化时代进入信息化时代，向知识经济时代迈进。这个时代的特征是以计算机为核心延伸人的大脑功能，起着扩展人脑力劳动的作用，使人类正在走出机械化的过程，进入以物质手段扩展人的感官神经系统及脑力智力的时代。这时，仪器的作用主要是获取信息，作为智能行动的依据。

仪器的功能在于用物理、化学或生物的方法，获取被检测对象运动或变化的信息，通过信息转换的处理，使其成为易于人们阅读和识别表达(信息显示、转换和运用)的量化形式，或进一步信号化、图像化。通过显示系统，以利观测、入库存档，或直接进入自动化、智能运转控制系统。

仪器是一种信息的工具，起着不可或缺的信息源的作用。仪器是信息时代的信息获取—处理—传输链条中的源头技术，如果没有仪器，就不能获取生产、科学、环境、社会等领域中全方位的信息，进入信息时代将是不可能的。钱学森院士对新技术革命的论述中说：“新技术革命的关键技术是信息技术。信息技术由测量技术、计算机技术、通信技术三部分组成。测量技术则是关键和基础”。现在提到信息技术通常想到的只是计算机技术和通信技术，而关键的基础性的测量技术却往往被人们忽视了。从上所述可以看出仪器技术是信息的源头技术，仪器工业是信息工业的重要组成部分。

## ▶▶ 1.2 测控系统微机化的重要意义

20 世纪 50 年代以前，由于当时企业的生产规模较小，测控仪表处于发展的初级阶段，所采用的仅仅是安装在生产现场、只具备简单测控功能的基于 20.67 ~ 103.35 kPa 气动信号标准的基地式气动仪表。其信号仅在本仪表内使用，不能传送给别的仪表或系统，即各测控仪表处

于封闭的状态,无法与外界沟通信息,操作人员只能通过生产现场的巡视,才可以了解生产过程的情况。

20世纪60年代,随着企业的生产规模进一步扩大,操作人员需要综合掌握多点的运行参数和信息,需要同时按多点的信息实行操作控制,因此出现了气动、电动单元组合式仪表,形成了集中控制室。生产现场中的各参数通过统一的模拟信号,如20.67~103.35 kPa气动信号、0~10 mA、4~20 mA直流电流信号、1~5 V直流电压信号等,送往集中控制室。操作人员可以在控制室内观察生产现场的情况,把各单元仪表的信号按需要组合成复杂测控系统。

20世纪70年代开始,微型计算机被引入测控领域,使测控系统发展到计算机测控系统的新阶段。将微型计算机技术引入测控系统中,不仅可以解决传统测控系统不能解决的问题,而且还能简化电路、增加或增强功能、提高测控精度和可靠性,显著增强测控系统的自动化、智能化程度,缩短系统研制周期、降低成本、易于升级换代等。因此,现代测控系统设计,特别是高精度、高性能、多功能的测控系统,目前已很少有采用计算机技术的了。

计算机技术的引入,可为测控系统带来以下一些新特点和新功能:

(1) 自动对零功能 在每次采样前对传感器的输出值自动清零,从而大大降低了因测控系统漂移变化造成的误差。

(2) 量程自动切换功能 可根据测量值和控制值的大小改变测量范围和控制范围,在保证测量和控制范围的同时提高分辨率。

(3) 多点快速测控 可对多种不同参数进行快速测量和控制。

(4) 数字滤波功能 利用计算机软件对测量数据进行分析,可抑制各种干扰和脉冲信号。

(5) 自动修正误差 许多传感器和控制器的特性是非线性的,且受环境参数变化的影响比较严重,从而给系统带来误差。采用计算机技术,可以依靠软件进行在线或离线修正。

(6) 数据处理功能 利用计算机技术可以实现传统系统无法实现的各种复杂的处理和运算功能,比如统计分析、检索排序、函数变换、差值近似、频谱分析等。

(7) 复杂控制规律 利用计算机技术不仅可以实现经典的PID控制,还可以实现各种复杂的控制规律,例如自适应控制、模糊控制等。

(8) 多媒体功能 利用计算机的多媒体技术,可以使系统具有声光和语音等功能,增强测控系统的个性或特色。

(9) 通信或网络功能 利用计算机的数据通信功能,可以大大增强测控系统的外部接口功能和数据传输功能。采用网络功能的测控系统则将拓展一系列新颖的功能。

(10) 自我诊断功能 采用计算机技术后,可对测控系统进行监测,一旦发现故障则立即进行报警,并可显示故障部位或可能的故障原因,对排除故障的方法进行提示。

## ▶▶ 1.3 微机测控系统的类型和组成

按照担负的任务不同,微机测控系统可分为以下三种类型。

### ▷▷ 1.3.1 微机检测系统

微机检测系统是以微机为核心,单纯以“检测”为目的系统。一般用来对被测过程中的一些物理量进行测量获得相应的精确测量数据,因此又常称为数据采集系统,其基本组成框图如图1-3-1所示。

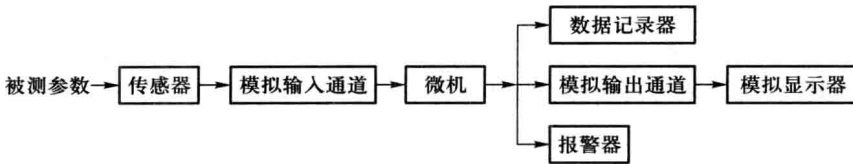


图1-3-1 微机检测系统框图

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,转换成微机要求的数字形式送入微机进行必要的处理,再送到磁带机、打印机等数据记录器记录下来,这样就得到了供今后进一步分析和处理的测量数据记录。为了对被测过程进行集中实时监控,模拟输出通道将微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监测的场合,如果被测参数超过规定限度时,微机还将及时启动报警器发出报警信号。

用于石油勘探的数字地震记录仪和数字测井仪就是这类系统的典型。目前在野外现场广泛使用的各种存储式测试记录系统,也属于这一类,只不过结构比较简单(一般包括传感器、模拟输出通道,微机和数据记录器几部分)罢了。

### ▷▷ 1.3.2 微机控制系统

微机控制系统是以微机为核心,单纯以程序控制为目的的系统,其组成框图如图1-3-2所示。这是一种开环控制系统,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微机,微机执行固定的程序,一步一步地控制被控对象的动作,以达到预期的目的。例如,机床的计算机控制,预先输入切削量、裕量、进给量、工件尺寸、加工步骤等参数,运行时由计算机控制刀具的动作,最后加工出成品。



图1-3-2 微机控制系统框图

### ▷▷ 1.3.3 微机测控系统

微机测控系统是以微机为核心、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决定的。因此,它实质上是一种闭环控制系统,其基本组成框图如图1-3-3所示。

图1-3-3中左侧的输入、输出通道,是微机与测控对象的联系通道,因此,我们称之为

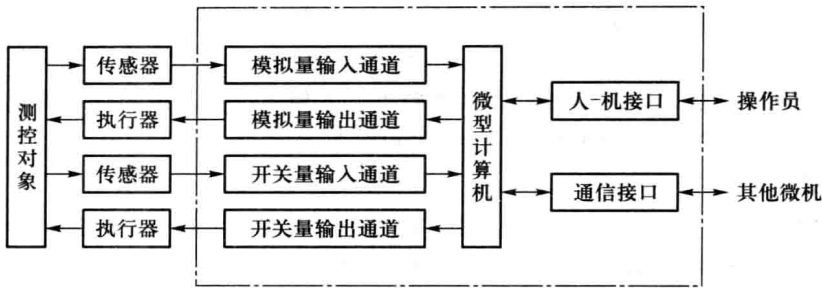


图 1-3-3 微机测控系统典型结构

“测控通道”。测控通道又可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。带有模/数转换器的模拟量输入通道用来连接各类以模拟信号输出的传感器，也可直接用作模拟形式的电压或电流的输入端。模拟量输出通道带有数/模转换器，使计算机能对模拟形式的执行机构或输出设备进行控制。开关量输入通道用来接收外界以“开关”形式表示的信息。例如，在电网实时监控系统中，它可用来监视电网各类断路器的开合状态。在另一些在线检测中，开关量输入可用来表示“超值”“告警”“极性转换”等状态并通知计算机作相应的处理。开关量输入也可用编码的形式向计算机输入信息，这种信息既可以是命令信息（要求计算机执行某种动作），也可以是单纯的数据信息。开关量输出通道通常用来控制开关型执行机构（继电器、步进电机等），也可用来以编码形式输出信息。

图 1-3-3 中右侧“人-机接口”是微型计算机与操作人员的联系通道，称为“人-机通道”，最常用的有输入命令和数据的键盘、展示测量结果和运行状态的显示器、打印机以及各种记录器等。

图 1-3-3 中“通信接口”是图中的微型计算机与其他微型计算机的联系渠道，称为“相互通道”。多微机测控系统的各个微型计算机相互之间通过“通信接口”传送指令或数据。

对比图 1-3-1、图 1-3-2、图 1-3-3 可见，微机测控系统可认为是由“检测系统”和“控制系统”两部分构成，单纯的“检测系统”或单纯的“控制系统”只是“测控系统”的特例。因此，本书为不失普遍性和先进性，主要研究“微机测控系统”。

## ▶▶ 1.4 微机测控系统的主机类型

在微机测控系统中，通常把 CPU 及与其相连的存储器和接口电路统称为主机电路，主机电路是微机测控系统的核心。目前微机测控系统采用的主机主要有 PC、PLC、单片机三种。

### ▷▷ 1.4.1 PC

PC 是 Personal Computer 的缩写，因此 PC 又称个人计算机。基于个人计算机的测控系统的特点是使用灵活，应用广泛，并可以充分利用 PC 的软硬件资源的各种功能，如可以用 CRT 显示测量结果及绘制图形，利用计算机的磁盘存储测量数据和处理结果，利用打印机和绘图仪打

印、绘制图形和文本资料，利用计算机的网络通信功能与其他设备交换数据。更重要的是，PC 强大的数据处理能力和内存容量将使测控系统的性能更上一层楼。另外，PC 的软件系统已成为仪器系统的重要组成部分，通过软件的更新可以方便地进行系统的升级换代。

基于 PC 的测控系统可分为内插式、外接式和组合式三种。

### 一、内插式

内插式测控系统构成如图 1-4-1 所示，它是将输入或输出接口电路制成印制板的插板形式，并直接插入 PC 主机箱内的扩展槽内，通过计算机的各种系统总线与 CPU 交换信息。来自测量电路的测量信号通过插板与计算机打交道，主机与控制电路系统之间也是通过插板进行联系。内插式测控系统的特点是构成简便，结构紧凑，成本低廉，可直接形成典型的个人仪器；另一方面，由于 PC 的扩展槽数量有限，且显示卡、声卡、网卡、调制解调器等均会占用微机扩展槽，因此可用于输入输出接口的扩展槽较少，灵活性较差。

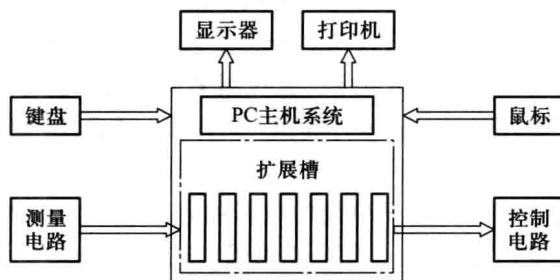


图 1-4-1 内插式测控系统构成

由内插式主机构成的测控系统从外观上看与一般的个人计算机并无明显区别，操作者可以通过键盘和鼠标器向主机发出控制命令和进行各种操作，测量结果及控制状态等信息可通过计算机的显示器显示出来，并可利用计算机的硬盘存储测量及处理结果。

### 二、外接式

外接式测控系统构成如图 1-4-2 所示，它是将输入接口与输出接口安装于 PC 箱外部一个独立的专用电箱中，并通过外部总线(如 RS-232C 串行总线或 IEEE-488 并行总线等)与 PC 通信和传递数据。外接电箱可以独立供电，且不受 PC 总线的限制，必要时可以有自己的微处理器和总线结构，其特点是灵活方便，适用于多通道、高速数据采集或一些特殊场合的测控要求。

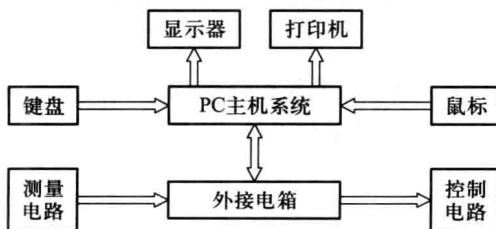


图 1-4-2 外接式测控系统构成

在外接式测控系统中，外接电箱可以根据测控系统的不同功能或要求单独进行设计，也可以购置通用电箱和处理系统。而 PC 既可以供本测控系统专用，也可以兼作他用，或同时管理多个测量仪器和相关设备，因而具有极大的灵活性。

### 三、组合式

组合式系统是将内插式和外接式两种方式有机地结合起来，兼有两种方式的优点或特长。组合式测控系统的结构如图 1-4-3 所示，输入接口与输出接口安装于 PC 箱外部一个独立的专用电箱中，同时在 PC 的内部扩展槽内也安装有接口板，测量信号和控制信号通过外接电箱后，再经过接口板与计算机交换数据。组合式系统的特点是灵活方便，适用范围广，是一些特殊场合下的最佳选择。

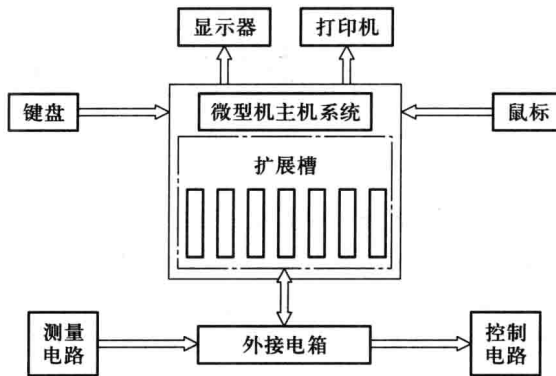


图 1-4-3 组合式测控系统构成

## ▷▷ 1.4.2 可编程控制器 PLC

可编程控制器的全称为可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 简称为 PLC)。PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其外围设备按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则设计。

PLC 是基于微处理器技术的通用工业自动化控制设备。它采用了计算机的设计思想，实际上就是一种特殊的工业控制专用计算机，只不过它的最主要功能是数字逻辑控制。因此，PLC 具有与通用的微型个人计算机相类似的硬件结构。PLC 主要由中央处理器 (CPU)、存储器、输入输出接口、智能接口模块和编程器构成，其结构如图 1-4-4 所示。

PLC 软件系统由系统程序和用户程序两部分组成。系统程序包括监控程序、编译程序和诊断程序等，主要用于管理全机，将程序语言翻译成机器语言，诊断机器故障。系统程序由 PLC 厂家提供并已固化在 EPROM 中，不能直接存取和干预。

PLC 的用户程序是设计人员根据控制系统的工艺控制要求，通过 PLC 编程语言编制设计的。PLC 使用的编程语言有梯形图语言、指令表语言、功能模块图语言、顺序功能流程图语言、结构化文本语言以及一些高级语言。

PLC 主要是为现场控制而设计的，其人机界面主要是开关、按钮、指示灯等。采用 PLC 的控制系统或装置具有可靠性高、易于控制、系统设计灵活、能模拟现场调试、编程使用简单、性价比高、具有良好的抗干扰能力等特点，但是，PLC 也有不易显示各种实用图表/曲线

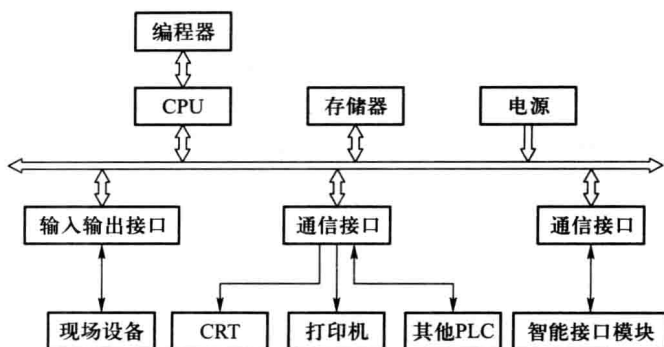


图 1-4-4 PLC 的结构框图

(趋势线)和汉字、无良好的用户界面、不易于监控等缺陷。

20 世纪 90 年代后,许多 PLC 都配备有计算机通信接口,通过总线将一台或多台 PLC 相连接。计算机作为上位机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、数据采集等,既能保证系统性能稳定,又能使系统操作简便,便于生产过程的有效监督。而 PLC 作为下位机,执行可靠、有效的分散控制。

目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业。

### ▷▷ 1.4.3 单片机

单片机是指在一块芯片上集成了计算机的基本部件,包括中央处理器(CPU)、存储器(RAM/ROM)、输入输出接口(I/O)、计数器定时器以及其他有关部件。这样一块集成电路芯片具有一台微型计算机的属性,因而被称为单片微型计算机,简称单片机。

单片机主要应用于测控领域。由于单片机在使用时,通常处于测控系统的核心地位并嵌入其中,所以国际上通常把单片机称为嵌入式控制器或微控制器。而在我国,大部分工程技术人员还是习惯使用“单片机”这一名称。

单片机一般具有以下特点:

(1) 可靠性高 芯片本身是按工业测控环境要求设计的,其工业抗干扰能力优于一般的通用 CPU,且程序指令、系统常数均固化在 ROM 中,不易破坏;硬件集成度高,使系统整体可靠性大大提高。

(2) 易扩展 单片机内具有计算机正常运行所必需的部件,芯片外部有许多供扩展用的三总线及并行、串行 I/O 管脚,很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(3) 控制功能强 为满足工业控制要求,单片机的指令系统均有极为丰富的条件分支转移指令、I/O 端口的逻辑操作以及位处理功能。

(4) 存储器容量小 受集成度限制,一般 ROM 为几千字节, RAM 仅有几百字节,经扩展后也只能达到几十千字节。

(5) 体积小 由于单片机的高集成度,使得整个电路系统的体积有可能大幅度缩小,并形成便携式仪器,携带和使用非常方便。



(6) 开发周期短、成本低 用单片机开发各类微机化产品，周期短、成本低，在计算机和仪器仪表一体化设计中有着一般微机无法比拟的优势。

正因为如此，目前常见的微机测控系统、特别是小型测控系统和便携式测控仪器大多采用单片机。

如上所述，目前微机测控系统采用的主机有 PC、PLC、单片机等。在实际应用中，应根据应用规模、控制目的和控制需要等选用性价比高的计算机。例如，对于小型控制系统、智能仪表及智能化接口，尽量采用单片机模式；对于新产品开发或用量较大，为了降低成本，也可采用单片机模式；对于中等规模的控制系统，为了加快系统的开发速度，可以选用 PLC；对于大型的生产过程控制系统，最好选用 PC。如果控制现场环境比较好，对可靠性要求又不是特别高，可以选择普通的 PC，否则还是选择工业 PC(即工控机)为宜。

### 思考题与习题

1. 为什么说仪器技术是信息的源头技术？
2. 为什么现代测控系统一般都要微机化？
3. 微机测控系统有哪几种类型？画出它们的组成框图。
4. 什么是单片机？为什么有人又称它为嵌入式控制器或微控制器？
5. 微机测控系统的主机有哪几种类型？怎样选择？
6. 在家用电器中使用单片机应属于微计算机的( )。  
(A) 辅助设计应用            (B) 测量、控制应用  
(C) 数字计算应用            (D) 数据处理应用