



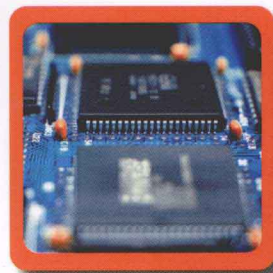
全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材

测控电路 设计与应用

◎郝晓剑 主编

◎杜红棉 戴萧嫣 副主编

◎杨述平 主审



500张授课幻灯片，提供教学方便
20多个设计案例，提高设计能力

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材

测控电路设计与应用

郝晓剑 主 编

杜红棉 戴萧嫣 副主编

杨述平 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从测控电路应用出发,以电路设计为重点,较全面地介绍测控电路中典型单元电路的基本概念、原理、设计方法及应用范例等,重点讲述电路的外特性,注重应用。本书内容丰富,概念清楚,涉及面广,理论联系实际,对测控电路设计有一定的指导和参考作用。

本书分为12章,第1章介绍测控电路的组成、功用及设计方法,第2章介绍传感器的基本概念和典型传感器的接口电路,第3~8章介绍测控电路的典型单元电路设计方法(以模拟电路、集成电路为重点),包括运放的特性及各种连接、信号的滤波、运算、转换、调制解调和信号源,第9章介绍电路设计中的抗干扰技术,第10章介绍实现信号执行的各种机构,第11章介绍测控电路与计算机接口电路及应用,第12章提供多种测试系统工程设计实例,供读者借鉴。附录A是关于测控电路设计的实验和电子电路仿真技术的应用。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、机械工程及自动化等专业的本科生和研究生教材,也可供从事电子仪器设计和调试工作的相关工程技术人员自学和参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

测控电路设计与应用/郝晓剑主编. —北京:电子工业出版社,2012.8

(全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-121-18071-2

I. ①测… II. ①郝… III. ①电气测量—控制电路—高等学校—教材 IV. ①TM930.111

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第198745号

策划编辑:郭穗娟(guosj2008@163.com)

责任编辑:刘凡 特约编辑:王燕

印刷:北京季峰印刷有限公司

装订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:495千字

印次:2012年8月第1次印刷

印数:3000册 定价:39.80元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

《全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材》
编委会名单

主任：许贤泽

副主任：谭跃刚

刘波峰	郝晓剑	杨述斌	付 华
委 员：赵 燕	黄安贻	郭斯羽	武洪涛
靳 鸿	陶晓杰	杨书仪	李志华
秦 斌	王 欣	李德俊	孙士平
冯先成	白福忠	张国强	王后能
张雪飞	谭保华	郑红霞	

前 言

目前,在国内外,关于测控电路的书籍种类繁多,但是其内容体系相差较大,大致可以分为通用电子仪器原理及应用和电子线路两大类型。通用电子仪器原理及应用主要对象是大专院校、科研单位和厂矿企业,这些单位常用的电子仪器书籍以实际商品化仪器的机型分析为主,着重分析整机电子线路的工作原理等,具有较强的通用性,但内容比较陈旧;电子线路则重点介绍常用的单元电路,但将一些明显落后、没有多少启发和创新价值的内容也编入其中。当前,在电类专业的教学中,普遍有一种呼声,要求增设电子线路系统应用课程,这是继低频电路、数字电路和高频电路等先导课程之后的一门综合性强的课程,以克服这些先导课程只讲授单元电路的不足。测控电路是一个整机电路,本身就构成一个独立的电子线路系统(包括光、机、电和计算机四部分)。据此,编者在综合考虑电子技术新的发展成果与趋势的基础上,采用理论学习与实践相结合的思路,使测控系统与仪器设计总体思想和电子线路紧密结合,成为电子线路系统应用课程的延伸和“课尾”。这对读者巩固所学知识、提高测控系统电路设计的总体能力和工程估算能力是有实用价值的,与此同时,结合编者科研成果中所采用的新器件、新技术、新工艺,目的是开拓读者的思路,使本书具有较高的借鉴价值。

本书由课程授课部分与实验部分构成,其中课程授课部分主要向读者介绍测控电路设计的基础理论与应用范例。

在编写过程中,本书综合了编者单位中北大学自编的讲义“仪用电子线路”、“电子仪器设计”、“测试仪器系统设计”和许多与现代电子技术相关的教材、教辅参考书的核心内容以及编者自身20多年的教学经验。本书重视理论与应用相结合,强调基础知识与实践的结合,突出应用,力求编写精练、图文并茂、易于领会。

本书强调测控电路设计的系统性,从内容构成上以测控电路总体设计思想和方法为导航,分别系统性地介绍接口电路和常用典型模拟器件的基本概念、原理、实施方法及应用范例,使读者循序渐进地了解与掌握测控电路设计的主要知识点。在此基础上,编者设计了多个典型的测控系统,提出设计步骤和实现过程,供读者借鉴。

本书主要研究测控系统的电路设计问题,但现在测控系统的含义已不仅仅局限于工业领域中的测控系统,而是包括科学研究、农业、医学和日常生活等多个领域中的测量和控制系统。因此,“测控电路设计与应用”课程已被越来越多的高等院校列入理工科教学计划,成为许多本科专业的必修课程。本书使用多媒体授课方式,编者已经制作出500余张授课幻灯

片，供其他院校老师参考使用。

本书在编写过程中，参阅了很多文献，在此向这些文献的作者表示感谢。中北大学的潘德恒教授、周汉昌教授和祖静教授对本书的编写工作给予了大力的帮助和支持，本书中的部分电路设计实例借用了他们的科研成果，特向他们表示敬意和谢意。吕梁学院杨述平院长审阅了全部书稿，提出了许多建设性意见，特此致谢。

本书绪论及第1、3、12章由中北大学郝晓剑编写，第2、4、6章由中北大学杜红棉编写，第5章由中北大学郝丽娜编写，第7、8章及附录A由中北大学戴萧嫣编写，第9章由吕梁学院杨述平编写，第10章由中国北车太原轨道交通装备有限责任公司张连红编写，第11章由中北大学马游春编写，郝晓剑负责统稿。

尽管全体编者都尽心尽力，但终因水平有限，书中难免有不足或疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2012年5月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应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，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E - mail：dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

绪论	1
第 1 章 测控电路概述	4
1.1 测控系统组成	4
1.2 测控系统设计要求	6
1.3 测控电路的功能及要求	9
1.3.1 测控电路的功能	9
1.3.2 测控电路的主要要求	10
1.4 测控电路设计及优化	11
1.5 部件之间的连接与匹配	15
1.5.1 电气性能相互匹配问题	15
1.5.2 信号耦合方式和时序配合	16
第 2 章 传感器与接口电路	18
2.1 传感器技术基础	18
2.1.1 传感器的分类	18
2.1.2 传感器的主要技术特性指标	19
2.1.3 传感器的选择	24
2.2 阻性传感器的接口电路	25
2.2.1 电压驱动方式	25
2.2.2 电流驱动方式	28
2.2.3 振荡器驱动方式	29
2.3 容性传感器的接口电路	29
2.4 电压输出型传感器的接口电路	30
2.5 电荷输出型传感器的接口电路	31
2.6 电流输出型传感器的接口电路	32
2.7 新型传感器的接口电路	33
2.7.1 ICP 传感器的接口电路	33
2.7.2 光纤传感器的接口电路	35
2.7.3 数字输出传感器的接口电路	36
第 3 章 运算放大器的特性及各种连接	38
3.1 运算放大器基本原理和主要性能指标	39
3.1.1 集成运算放大器基础	39
3.1.2 集成运算放大器的主要参数及分类	41
3.2 集成运算放大器的基本分析方法和典型电路	44
3.2.1 基本分析方法	44
3.2.2 典型电路	45
3.3 测量放大电路	56



3.3.1	低漂移直流放大器设计	56
3.3.2	高输入阻抗放大器和低输入阻抗放大器设计	58
3.3.3	仪用放大器	61
3.3.4	可编程增益放大器	63
3.3.5	隔离放大电路	67
3.4	电阻或电容值的 E 系列值	72
第 4 章	信号的滤波	74
4.1	滤波器的基本知识	74
4.1.1	滤波器的分类	74
4.1.2	滤波器的主要特性指标	78
4.2	滤波器特性的逼近	78
4.2.1	巴特沃斯逼近	79
4.2.2	切比雪夫逼近	79
4.2.3	贝塞尔逼近	81
4.2.4	椭圆形响应频率	82
4.3	常用滤波电路结构	82
4.3.1	一阶滤波器电路	82
4.3.2	二阶滤波器电路	86
4.4	有源滤波器的设计	91
4.4.1	公式法	91
4.4.2	滤波器辅助设计软件	96
4.5	数字滤波器简介	101
第 5 章	信号运算电路	106
5.1	差分放大电路	106
5.2	加法放大器	107
5.3	减法运算电路	108
5.4	微分积分运算电路	109
5.5	对数反对数运算电路	111
5.6	模拟乘法器组成的运算电路	112
第 6 章	信号转换电路	120
6.1	采样/保持 (S/H) 电路	121
6.2	电压比较电路	125
6.2.1	过零比较器	126
6.2.2	单限比较器	127
6.2.3	滞回比较器	128
6.2.4	双限比较器	129
6.2.5	集成电压比较器	129
6.2.6	主要参数	130
6.3	电压/频率转换电路	131
6.4	电压/电流转换电路	133
6.5	波形变换电路	137



第7章 信号调制与解调电路	139
7.1 调制与解调的功用与类型	139
7.2 调幅式测量电路	140
7.2.1 幅值调制与解调概念	140
7.2.2 调幅原理与方法	140
7.2.3 调幅波的解调	144
7.3 调频式测量电路	157
7.3.1 调频原理和方法	158
7.3.2 鉴频电路	159
7.4 集成锁相环	165
7.5 脉冲宽度调制	169
第8章 振荡器与信号源	173
8.1 振荡电路的作用和分类	173
8.2 正弦波振荡电路的基本原理	174
8.2.1 RC串并联电路的选频特性	175
8.2.2 文氏电桥振荡器	176
8.3 非正弦波振荡器的组成	178
8.4 晶体振荡器	180
8.5 集成波形发生器	183
第9章 电子测试仪器仪表的抗干扰措施	187
9.1 干扰源简介	187
9.1.1 干扰与噪声源	188
9.1.2 干扰与噪声的耦合方式	188
9.1.3 干扰与噪声抑制的一般措施	191
9.2 干扰抑制技术的基础知识	191
9.2.1 屏蔽技术	191
9.2.2 接地技术	193
9.2.3 隔离技术	196
9.2.4 布线技术	196
9.2.5 灭弧技术	198
9.2.6 其他抗干扰技术	198
9.3 电源干扰的抑制	199
9.3.1 电网干扰抑制技术	200
9.3.2 电源稳定净化技术	201
第10章 信号的执行	207
10.1 继电器	207
10.2 电动机	209
10.3 数字式显示电路	211
10.3.1 辉光数码管	212
10.3.2 荧光数码管	212
10.3.3 LED数码管	214

10.3.4	LCD 显示器	218
10.3.5	DVM 显示器	220
10.3.6	CRT 显示器	220
10.3.7	数字存储示波器	223

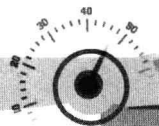
第 11 章 测控电路与计算机接口电路

11.1	串行通信接口	226
11.1.1	同步串行通信与异步串行通信的区别	227
11.1.2	UART 简介	227
11.1.3	UART 的基本特点	228
11.1.4	基于 FPGA 的 UART 接口电路	228
11.1.5	UART 接收发送模块 VHDL 编程实例	230
11.1.6	串行通信接口	235
11.2	PCI 总线	239
11.2.1	PCI 总线概述	239
11.2.2	PCI 内部结构及外围信号	239
11.2.3	基于 PCI9054 从模式的数据采集卡设计与应用	240
11.3	USB 接口	243
11.3.1	USB 接口简介	243
11.3.2	FT245BM 与 FPGA 的接口设计	243
11.3.3	基于 PL2303 的 USB 接口设计	247
11.3.4	基于 CY7C68013 的 USB 接口设计	249
11.4	Internet 接口	253
11.4.1	基本概念	253
11.4.2	目前常用以太网接口芯片	253
11.4.3	DM9000A 与 FPGA 的接口	254
11.4.4	网络接口常用调试工具	256
11.4.5	基于网络接口的光栅解调仪实例	256
11.4.6	UDP 与 ARP 数据包设计	258

第 12 章 测控电路设计实例

12.1	瞬态高温测量及校准仪	263
12.1.1	蓝宝石光纤瞬态表面高温仪	263
12.1.2	瞬态表面温度动态校准仪	268
12.2	运动物体速度测试仪	272
12.2.1	创伤弹道研究专用激光测速靶	272
12.2.2	激光光幕原向反射触发信号源	278
12.2.3	定距测速法的应用探索	283
12.3	爆炸冲击波超压测试系统	290
12.3.1	测试方法	290
12.3.2	无线冲击波场超压测试系统原理	291
12.3.3	测试电路	292
12.3.4	测试结果	298
12.4	NDVI 测量仪	298





附录 A 测控电路实验与仿真	301
第一部分 实验部分	301
实验一 运算放大器	301
实验二 非线性放大器	303
实验三 直流稳压电源	306
实验四 光电耦合放大器	309
实验五 有源滤波电路	311
实验六 锁相环	314
实验七 多谐振荡器	316
实验八 光电报警	318
第二部分 电子电路仿真技术的应用	320
参考文献	327



1. “测控电路设计与应用”课程的性质、任务及内容

电子电路课程已在大部分大专院校开设，相对应的教材与参考书种类繁多，应用领域也各异，但大多侧重于电子电路原理的分析和计算，缺少一本既包含丰富的电子电路基础理论又包括大量应用实例研究的，既面向本科生、研究生又面向非专业人员的教材。本书试图介绍一些典型标准器件和技术，以简化设计过程，通过测控系统中常用单元电路和系统电路的学习，使读者熟悉如何运用电子技术解决实际工程中的检测、计量及控制任务。

在综合考虑电子技术新的发展成果与趋势的基础上，本书采用理论学习与实践相结合的思路，力求从测控系统总体设计角度出发，对测控系统的总体设计、机械系统设计、电子系统设计及光电系统设计有一个概念性的认识，使读者学会如何从设计任务出发进行测控系统的设计分析、计算与综合。本书重点不是分析测控电路的内部工作原理，而是研究其外部特性所达到的指标、适用的场合，也就是说创造性地把所学过的电路和元器件进行组合以达到测控系统所规定的性能指标。

本书主要讲述测控电路的设计方法、分立器件的特性、测控系统的典型单元电路（以模拟电路和集成电路为重点）、电路中的抗干扰技术、测控系统设计实例（本书提供了如何将各种电路组合成完整测控系统的实例）。对基本的和常用的测控电路，做了充分的说明，使读者了解测控电路的工作原理，而避免过多的数学推导和烦琐的专题论述。如果读者对某些特殊电路的详细内容感兴趣，可查阅相关参

考书或自己分析这些电路。本书在测控系统设计案例中,力求反映电子技术学科中的新思想、新技术、新工具、新手段,编者将最新的科研成果及学术界正在争辩的论题融进教学内容中去,身体力行地站在创新的前沿去教导学生和开拓学生视野。从总体设计出发,用创新设计思想组织机、光、电、计算机相结合的测控系统,如本书的十余个案例分析就是以编者近年来取得的科研成果为基础的。

测控系统总体设计的能力不是通过纸上谈兵可以培养的,需要广泛的实践才可以获得。鉴于各方面的原因,读者通过本书的学习,应重点掌握测控电路的分析、选择及设计方法,能自己动手设计、制作测控系统中常用的电子线路。实验环节包括运算放大器设计、非线性放大器设计、光耦合放大器设计、有源滤波器设计、振荡器设计、电源设计及光电报警器设计等。

本书概念清楚,深入浅出,能引导读者正确掌握测控系统的设计思想和方法,并注意测控系统调试和结构方面的问题,如果读者没有学过电子技术,或者对某些专题想作深入分析和计算,则需参阅有关专业书籍和文献。本书避免讲解过于详细而留给大量练习的机会,对于学生来说,即使在学校环境下也能获得类似在工业环境中才会得到的经验,而这种经验被公认为对培养工程师是有价值的。

2. 学习“测控电路设计与应用”课程的意义

凡具有电工学、电子学和计算机基础的读者,均可领会本书全部内容。本书更适用于从事测控系统、电子仪器设计及调试工作的工程技术人员及在校师生。非电子类专业的学生通过本书的学习可以克服对电子产品设计的畏缩心理,加强应用电子技术的信心;电子类专业的学生会发现这是一本有价值的参考书,不仅可以从本书学到新的知识,巩固以前学过的内容,而且在应用新技术解决实际问题方面更上一层楼。从某种意义上说,单靠书本是学不会设计的,还要通过实践和借助实验室的工作经验。测控电路设计必须由学生亲身实践,书本只能以指南的形式提供设计的方法步骤以及组成测控系统及仪器的标准元件的基本电路。

众所周知,电子技术在人类生活中占据的位置越来越重要,是其他新技术的助产士,如电子显微镜导致了新材料的诞生,无线电使航空、航天技术有了质的飞跃,精密电子测试仪器提高了测距、探伤的精度。因此,测控系统及仪器能对极大(宇宙空间)、极微(显微镜)、极远(无线电视)、极快(高速摄影)、极巨(计算机)高精度信息具有检测、传递、存储、变换、计算、判断、过滤的能力。

电子电路设计的质量对产品性能的优劣和经济效益的高低具有举足轻重的作用。如果设计时所采用的方案和电路方式不好,选用的元器件太贵或筛选困难,往往会造成产品性能差、生产困难、成本高、销路不畅、经济效益低等严重后果,甚至不得不重新设计,但那时也许错失良机,造成整个研制工作的失败。

例如,装一个10倍的同相放大器,误差不超过1%。该如何设计电路?

一般情况下可选用LM318($GBW=15\text{ MHz}$),LF353($GBW=4\text{ MHz}$),LF741($GBW=1\text{ MHz}$),OP37($GBW=40\text{ MHz}$),以及美信公司的MAX475、476和AD公司的AD603等集成运算放大器,根据 $G=1+R_f/R_1=10$,合理选择 R_f 和 R_1 即可。事实上,并没有那么简单,这毕竟是纸上谈兵。在设计一个仪器系统时,需要考虑高输入阻抗、低输出阻抗、不同增益、不同频带信号选用的器件,以及一些特殊要求,如高速时对转换速率的要求。对于电压



放大倍数：理想要求应有足够大的输入阻抗（但增加了电路的噪声），以减小从信号源索取的电流；足够小的输出电阻，以增强带负载能力。另外，还要考虑是否能满足增益带宽积 GBW 的要求。

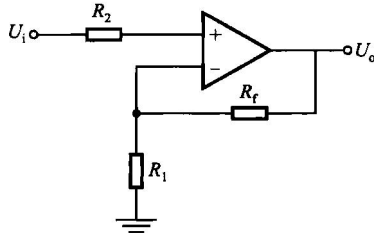


图 0.1 10 倍同相放大器设计

解法 I：由 $G = 1 + R_f/R_1 = 10$ 可得 $R_f = 9R_1$ $R_2 = R_1 // R_f$

根据对电压放大倍数的精度要求， R_f 和 R_1 应选用误差小于 0.5% 的精密金属膜电阻器， R_2 的精度要求低，可采用廉价的碳膜电阻器。当 $R_2 = R_1 // R_f$ 时，运放的偏置电流在其输入端所产生的附加电压为零。因此，为了减小直流漂移，应正确选择 R_2 的大小。

根据性能指标，从理论上可选用无穷多组值满足要求（实际上不能选第二、三组）。

一组 $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_f = 18 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1.8 \text{ k}\Omega$

二组 $R_1 = 2 \text{ }\Omega$, $R_f = 18 \text{ }\Omega$, $R_2 = 1.8 \text{ }\Omega$

三组 $R_1 = 3 \text{ M}\Omega$, $R_f = 27 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 2.7 \text{ M}\Omega$

对于第二组，假设输入 $U_i = 0.5 \text{ V}$ ，输出 $U_o = 5 \text{ V}$ ，则流过 R_f 的电流 $I = (5 - 0.5)/18 = 0.25 \text{ A} = 250 \text{ mA}$ 。假设选用集成运放 LF741，通过查手册可知，这个电流值超过了 LF741 的最大输出电流（20 ~ 30 mA），放大电路不能正常工作。对于第三组，阻值高达 27 M Ω 的电阻器不仅不易生产，价格较高，而且噪声大，稳定性差，精度低。对于第一组，不仅，阻值数量级的选择符合要求，所选阻值在常用标称电阻值系列之内且阻值适中，而且，流过 R_f 的电流 $I = (5 - 0.5) / 18 \text{ k}\Omega = 0.5 / 2 \text{ k}\Omega = 250 \text{ }\mu\text{A}$ ，这个电流值比 LF741 的最大输出电流（20 ~ 30 mA）小得多，因此能正常工作。

解法 II：可用分立元件，如三极管、场效应管构成的放大电路去实现，但这样做无论从哪方面讲都不是最好的方案。

通过这道题的解法分析可以看出，这和“电子技术”课是不一样的，前者将大多数参数值作为已知量给出，一般只求一、两个参数值，且正确答案唯一；而后者设计时，除了对电路性能指标有要求外，通常没有其他已知参数，几乎全部由设计者自己选择计算，而且理论上满足要求的参数值通常不是唯一的，给设计者提供了选择的自由度，即可根据价格、体积和货源等具体情况灵活选择。在设计完成之后，需要对电路进行调试，必然要用到测试仪器，如常用的信号发生器、示波器、直流稳压电源、毫伏表、万用表等，并用其来检测是否达到了所要求的性能指标。



第1章

测控电路概述

“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。钱学森院士说：“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”。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。测控系统在工作生产中起着把关者和指导者的作用，广泛应用于炼油、化工、冶金、电力、电子、轻工、纺织等行业。

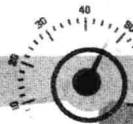
1.1 测控系统组成

测控系统是测量与控制系统的简称。依据被控对象、被控参数的检测结果，按照人们预期的目标对被控对象实施控制。广义地讲，单独的检测系统或单独的控制系统，也可以称为测控系统，因为检测与控制很难分开。

尽管测控系统的种类千变万化，其集成方式也各不相同，但是现代测控系统的基本构成大致相同，如图 1.1 所示。图中的部分模块属于可选配模块，最简单的测控系统只需传感器模块和执行器两部分组成。不同系统可以根据其功能和使用要求的不同进行配置，以达到最优的性能价格比。

1. 传感器

传感器是任何一种非电量测试系统中必须配备的单元，也是测试



系统中最为重要的单元之一。其主要功能是信号的获取，将非电量变成电信号或将不容易处理的电参量变成容易处理电信号的部件。例如，压力传感器是将压力信号转换成电荷或电压信号。目前，各种形式的传感器层出不穷，选好、用好传感器往往是决定仪器是否高质量工作的关键。

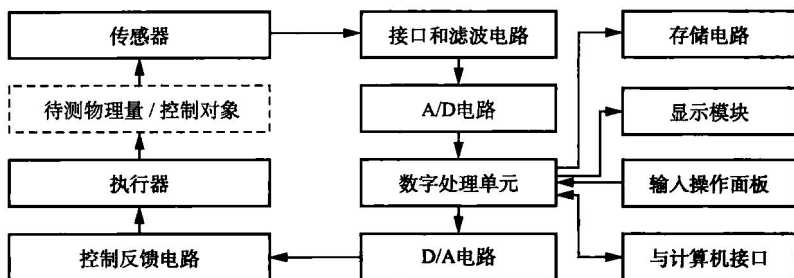


图 1.1 测控系统的组成

2. 信号调理电路

信号调理电路包括接口（适配）、放大、整形、滤波、变换、隔离电路等，其目的是对信号进行加工，使其能适合传输的需要。尽管现代数字化技术已经把信号处理变得十分简单，但无论从系统成本、连续信号的运输速度、系统复杂程度，还是实现技术的方便性等方面考虑，模拟信号的基本运算电路在仪器技术中都将一直占有较为重要的位置。

3. A/D 电路

信息数字化单元，将模拟信号数字化，以便后续信号处理电路对传感器拾取的信号进行处理。复杂仪器同时包含多种不同类型的传感器或多个同类型的传感器，分别用于待测对象的不同状态量或不同部位状态的检测，多个传感器的信号经过数字化以后将汇聚到系统中央处理器进行分析和综合，最终得出系统的测量结果。例如，导弹姿态角测试系统需要三个加速度传感器和三个磁传感器来完成，系统的组成框图如图 1.2 所示。

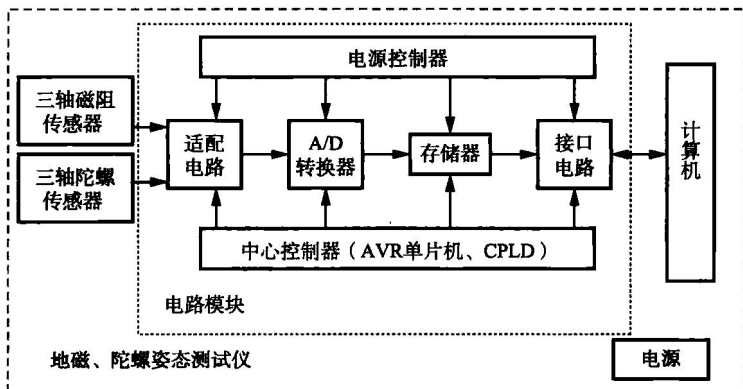


图 1.2 姿态角测试系统的组成框图

4. 数字单元

数字单元一般由单片机、ARM、CPLD/FPGA、DSP 等高性能运算处理器构成，其复杂程度完全取决于系统的功能要求和使用要求。