

高等学校教材

数据采集与处理

郭虹 艾延廷 盛元生 编

王师 审



航空工业出版社

PDG

数据采集与处理

郭虹 艾延廷 盛元生 编

王师 审

航空工业出版社

1999

内 容 提 要

本书全面系统地论述了数据采集的基本原理、数据采集系统设计的具体方法以及数据处理的有关知识。全书共分6章。第1、2章介绍数据采集与处理技术发展概况,论述采样定理、信号恢复、量化和编码等理论;第3章论述数据采集系统主要器件的特性、工作原理及应用方法;第4章论述数据采集系统设计步骤以及硬件设计、软件设计和抗干扰设计的方法,并介绍系统中常用总线标准。第5、6章论述数据预处理方法、数据分析以及数字信号处理基本理论。本书每章后面还附有思考题与习题。

本书可作为高等工科院校有关测控技术与仪器、机械工程及自动化、电气工程及自动化、控制科学与工程等专业的教材,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数据采集与处理/郭虹等编. - 北京:航空工业出版社,1999.3

ISBN 7-80134-161-9

I. 数… II. 郭 III. ①数据采集—高等学校—教材②数据处理—高等学校—教材 IV. TP274.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 06009 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

沈阳航空工业学院印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

1999 年 3 月第 1 版

1999 年 3 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14

字数:330 千字

印数:1—1000

定价:15.00 元

前 言

本书是根据航空工业总公司航空高等院校“九五”教材出版规划编写的。

数据采集与处理技术是信息科学的一个重要分支,是以传感器、信号测量和微型计算机等内容为基础而形成的一门综合应用技术。近年来,随着计算机和微处理器的迅速发展及工业生产与自动化技术的需要,数据采集与处理技术越来越受到人们的重视,并且在很多工程技术领域发挥了非常重要的作用。例如,在航空航天飞行器研制试验中,在飞行器控制系统中,在飞行器的遥感、遥测、遥控中,以及在电子、机械、化工等领域的生产试验中,数据采集与处理技术都得到了广泛的应用。

可以预言,21世纪的数据采集与处理技术将融合很多高新技术,并得到飞跃性发展;数据采集与处理技术将更加广泛地应用于工业生产与人们的日常生活中。

本书编者自1990年起就一直从事有关数据采集与处理课程的教学和科研工作,并于1992年底编写成《数据采集与处理》教材,由沈阳航空工业学院作为内部讲义使用。由于数据采集与处理技术日新月异的发展,本书在原教材的基础上进行了全面修订,在内容及形式上都有很大改变。教材内容力求取材先进,概念清楚,理论与实践相结合,图文并茂,系统、全面地论述有关理论知识和实践性内容,以便于教学和读者自学。

本书内容基本上分为三个部分:第一部分论述数据采集基本原理与主要器件的特性、工作原理及应用方法;第二部分论述数据采集系统及其设计的有关内容;第三部分论述数据的分析与处理方法。

本书第1、2、3章由郭虹编写,第4、5、6章由艾延廷编写。盛元生教授在本书的编写过程中进行了具体指导。

本书在编写与出版过程中得到了航空工业总公司教材编审室、航空工业出版社及沈阳航空工业学院教务处的的大力支持与帮助,东北大学王师教授对全文进行了认真细致的评审,并提出了宝贵意见。编者在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
1998年4月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 数据采集与处理系统的任务及要求	(1)
1.2 数据的采集	(2)
1.3 数据的处理	(2)
1.4 数据采集与处理的发展趋势	(3)
思考题与习题	(4)
第2章 数据采集原理	(5)
2.1 数据采集系统的基本构成	(5)
2.2 采样定理	(8)
2.2.1 A/D转换过程	(8)
2.2.2 采样开关	(10)
2.2.3 采样过程的信息损失	(11)
2.2.4 采样信号的频谱	(11)
2.2.5 采样定理	(12)
2.3 采样方式	(14)
2.4 信号恢复	(15)
2.5 量化和编码	(18)
2.5.1 量化及量化误差	(18)
2.5.2 编码及各种码制	(22)
2.6 孔径时间	(28)
思考题与习题	(30)
第3章 数据采集系统的主要器件	(31)
3.1 运算放大器和数据放大器	(31)
3.1.1 运算放大器	(31)
3.1.2 测量放大器	(36)
3.1.3 隔离放大器	(42)
3.1.4 程控增益放大器	(43)
3.2 信号调理器	(44)
3.2.1 信号的接地、屏蔽和传感器供电	(44)
3.2.2 有源滤波器	(46)
3.2.3 信号调理器的应用	(51)
3.3 多路模拟开关	(54)
3.3.1 多路模拟开关	(54)

3.3.2 多路模拟开关的性能参数及选择要点	(56)
3.3.3 多路模拟开关的应用	(57)
3.4 采样保持放大器	(58)
3.5 数模转换器(DAC)	(62)
3.5.1 DAC 的基本原理与分类	(62)
3.5.2 DAC 的性能指标和选择要点	(65)
3.5.2.1 DAC 的性能指标	(65)
3.5.2.2 DAC 的选择要点	(66)
3.5.3 DAC 与 8031 单片机的接口设计	(67)
3.5.3.1 DAC0832 与 8031 单片机的接口设计	(67)
3.5.3.2 DAC1020 及 DAC1220 与 8031 单片机的接口设计	(69)
3.6 模数转换器(ADC)	(72)
3.6.1 ADC 的分类与基本原理	(72)
3.6.2 常用集成 ADC 简介	(77)
3.6.3 ADC 的性能指标和选择要点	(78)
3.6.3.1 性能指标	(79)
3.6.3.2 ADC 的选择要点	(80)
3.6.4 ADC 与 8031 单片机的接口设计	(82)
3.6.4.1 ADC0809 与 8031 单片机的接口设计	(82)
3.6.4.2 5G14433(双积分型 ADC)与 8031 单片机的接口设计	(86)
思考题与习题	(90)
第 4 章 数据采集系统设计	(91)
4.1 数据采集系统主要性能指标	(91)
4.2 数据采集系统方案设计	(93)
4.2.1 基本数据采集系统	(93)
4.2.2 微机化的数据采集系统	(94)
4.2.3 多输入通道数据采集系统	(95)
4.2.4 巡回检测系统	(95)
4.2.5 主从式数据采集系统	(96)
4.3 数据采集系统硬件设计	(96)
4.3.1 系统的分辨率与采集精度	(96)
4.3.2 采集速率	(97)
4.3.3 系统的定时和控制	(99)
4.4 数据采集系统软件设计	(101)
4.4.1 程序设计语言	(101)
4.4.2 程序设计过程	(101)
4.4.3 程序设计方法	(102)
4.4.4 应用程序设计举例	(102)

4.5 高速采集系统设计方法	(104)
4.5.1 ADC 并行工作	(104)
4.5.2 采用高速传输接口	(105)
4.5.3 采用降速存储方法	(113)
4.6 数据采集系统抗干扰及容错设计	(113)
4.6.1 干扰的来源	(113)
4.6.2 抗干扰措施	(115)
4.6.2.1 屏蔽与接地	(115)
4.6.2.2 浮空技术	(116)
4.6.2.3 电源的抗干扰措施	(117)
4.6.2.4 过程通道的抗干扰措施	(119)
4.6.2.5 软件抗干扰措施	(119)
4.6.2.6 软、硬件结合的抗干扰方法	(120)
4.6.3 容错设计	(121)
4.7 数据采集系统中常用总线标准	(122)
4.7.1 IEEE-488 总线	(122)
4.7.2 RS-232C 串行接口总线	(125)
4.7.3 VXI 总线	(129)
4.8 数据采集系统设计举例	(133)
4.8.1 数据采集系统前向通道设计	(133)
4.8.2 单片机温度测控系统设计	(137)
思考题与习题	(147)
第 5 章 测量数据预处理	(148)
5.1 消除系统零点漂移与标度漂移	(148)
5.2 测量通道非线性补偿	(152)
5.3 系统温度补偿	(155)
5.4 标度转换	(157)
5.5 数字滤波	(159)
5.5.1 数字滤波基本原理	(159)
5.5.2 几种常用数字滤波方法	(161)
思考题与习题	(171)
第 6 章 信号分析及处理基础	(172)
6.1 信号分析基础	(172)
6.1.1 信号分类	(172)
6.1.1.1 确定性信号分类	(172)
6.1.1.2 随机信号分类	(174)
6.1.2 信号分析方法	(176)
6.1.2.1 确定性信号分析方法	(176)

6.1.2.2 随机信号分析方法	(177)
6.2 数字信号处理基础	(186)
6.2.1 连续函数的傅里叶变换	(187)
6.2.1.1 傅里叶级数	(187)
6.2.1.2 傅里叶变换	(188)
6.2.2 离散傅里叶变换	(190)
6.2.2.1 离散傅里叶变换过程	(190)
6.2.2.2 离散傅里叶变换中存在的问题及其解决方法	(194)
6.2.3 快速傅里叶变换(FFT)	(197)
6.2.3.1 FFT 算法原理	(197)
6.2.3.2 按时间和频率抽取及反向 FFT	(201)
6.2.3.3 FFT 算法及其改进	(202)
6.3 随机信号数字处理方法	(203)
6.3.1 均值、均方值、方差	(203)
6.3.2 概率密度函数	(204)
6.3.3 自功率谱密度函数	(205)
6.3.4 自相关函数	(207)
6.3.5 互功率谱密度函数计算	(209)
6.3.6 互相关函数计算	(210)
思考题与习题	(212)
参考文献	(213)

第 1 章 绪 论

1.1 数据采集与处理系统的任务及要求

数据采集与处理系统的任务是把模拟信号转换成数字信号,并由计算机进行加工处理,以便进行显示或控制。

在现代航空、航天、石油、化工及电力生产过程中,往往需要测量和控制几十点甚至几百点的参数。虽然这一任务可以用常规的模拟仪表来完成,但由于检测点太多,所需测量仪表的数量也很大,使系统的可靠性下降。这样,不仅耗资多,而且维护不方便。现可用一台计算机同时对几十个点进行检测,完成巡回检测,如图 1-1 所示。

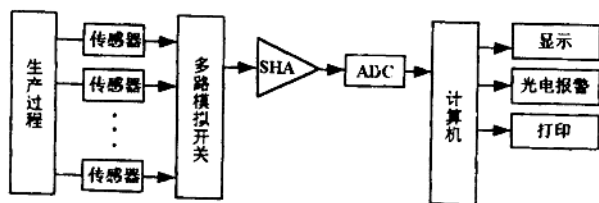


图 1-1 微机化的数据采集系统

在图 1-1 中,生产过程中的被测参数,如温度、压力、物位、流量等,经传感器把非电量参数变成电量,且转换成统一的标准信号。由于信号比较多,计算机不可能把这些信号同时接收,因此需要由多路模拟开关进行通道转换,分时地把信号送到采样保持放大器、A/D 转换器(ADC),把模拟量转换成数字量,然后送到计算机。由计算机对采样数据进行预处理及二次处理,最后从计算机输出,以便进行显示、报警、打印或控制。

智能化 A/D 板中,是用单片机完成数据的采集、滤波和非线性补偿等,主计算机只将其作为一个 I/O 口,每隔一定的时间,读其一次数据,因而大大减轻了主机的负担,提高了系统的扩展能力。这样的智能化 A/D 板自身就是一个小的数据采集与处理系统。

对数据采集与处理系统的要求较多,主要包括精度要求、速度要求和实时性要求。

精度要求和速度要求是数据采集与处理过程中的核心问题,在选择何种采样方式和处理方法时,都不应忘记这个基本要求。

随着科学技术的飞速发展,对数据处理的实时性要求也越来越高。例如在实时控制系统中,必然要求对测量数据实时处理。又如在新型飞机试飞中,如能实现对某些关键数据的实时处理与监测,就能在这些数据发生异常变化时及时发现并采取措施,以避免机毁人亡的重大事故发生。可见实时处理数据意义是很大的。计算机技术的蓬勃发展为提高数据处理的实时性提供了广阔的前景。

1.2 数据的采集

在科研、生产和人们的日常生活中,模拟量的测量和控制是经常的。为了对温度、压力、流量、速度、位移等物理量进行测量和控制,都是通过传感器把上述物理量转换成能模拟物理量的电信号,即模拟电信号。将模拟电信号经过处理并转换成计算机能识别的数字量,送入计算机,这就是数据采集。

数据采集的主要问题是采集速度和精度。采集速度主要与采样频率、A/D 转换速度等因素有关,采集精度主要与 A/D 转换器的位数有关。

最近数据采集技术发展迅速,大中小型计算机、微型机、单片机和大规模集成电路组成的硬件系统配以先进的管理软件,使数据采集系统的成本降低,体积减小,功能成倍增加,测量范围大大扩展,同时数据处理的能力也加强。

数据采集系统一般具有三个突出的优点:

第一,价格低。由于大规模集成电路及计算机技术的飞速发展,使其硬件成本大大降低,因此配备计算机的数据采集系统成本也相应降低。

第二,维修方便,故障自检,模块板标准化、系列化。

第三,功能得到最大的扩展。由于数据采集系统一般都配有 A/D 转换器,有时还配有 D/A 转换器,这样计算机就可以处理模拟量和数字量。另外还有采样保持电路、放大调节电路和逻辑控制电路等等。

在国外,技术先进的国家,数据采集技术已在军事、航空电子设备及宇航技术方面被广泛地采用。早在 20 世纪 70 年代后期,就出现了高性能、高可靠性的单片数据采集系统(DAS)。1983 年美国已设计生产了对军事/航空方面应用的完整的 12 位单片数据采集系统,体积非常小,耐温范围为 $-55 \sim +125^{\circ}\text{C}$,这是与计算机完全兼容的数据采集系统。目前有的系统产品精度已达 24 位,采集速度每秒达到几百万次,甚至更高,采集通道可达几千个。

采用先进的模块式结构,根据不同的应用要求,通过简单地增加和更改模块,就可扩展或修改系统,可以很迅速地组成一个新的系统。如美国 Keithley 公司的 DAS500 系列数据采集系统,就是用十个模块,根据功能不同选择组合,迅速组成小型的数据采集系统。又如美国吉时利仪器公司生产的高通道密度采集系统 DAS-SCAN,只占单个 ISA 插槽,就可采集多达 4096 通道的各种信号,如电压,电流,热电偶,……,并可隔离。广泛适用于工业和实验室高密度采集系统。该公司还生产出网络型数据采集器、DAS-4000 超高速采集卡等系列产品,并配有各种高级语言驱动程序,如 BASIC, C/C++, VB 等,支持 DOS、WIN3.X/95 和 WIN-NT 多种平台,能很好地完成数据采集任务。

1.3 数据的处理

通常,所采集到的数据,是被测对象的某些物理量经过非电量到电量的转换,又经过放大或衰减、采样、编码、传输等环节之后所呈现出来的一种数据形式。显然,这种形式的数据(或信号)对数据使用者来说既不直观,又没有明确的物理意义,因而也是不便使用的。必须把它们恢复成原来的物理量形式,并尽可能形象地给出它们的变化情况,以便使数据使用者能一目

了然地就看出他们所要了解的东西,这是数据处理的一个首要的任务。

另外,在上述各个环节中电子设备性能的不理想,以及外界干扰、噪声的影响,都或多或少地在采集到的数据中引入一定的误差,因而数据处理的另一重要任务就是要采取各种方法(例如,去除趋势项、平滑、滤波等)最大限度地消除这些误差,以尽可能把精确的数据提供给数据使用者。

数据处理的另一项任务就是要对数据本身进行某些变换加工(例如,求均值或进行傅里叶变换等),或在有关联的数据之间进行某些相互的运算(例如,计算相关函数),从而得到某些更能表达该数据内在特征的二次数据。所以有时也称这种处理为二次处理。

按处理的方式来划分,数据处理可分为联机处理(也可叫实时处理)和脱机处理(也可叫离线处理)两种。一般讲,联机处理(即在数据采集系统工作的同时,对数据进行某些处理)由于处理时间是受限制的,因而只能做一些简单的、粗略的、基本的处理,能处理的数据量也是有限的,主要是为了提供一些用以实时监测的数据,其通常的处理有校准、标度变换等。而脱机处理由于处理时间不受限制,因而就可以做一些较为复杂的处理(通常是进行上述的二次处理的那些内容)。

按处理的性质来划分,数据处理又可分为预处理和二次处理,预处理通常包含有这样一些内容:编辑、校准、标度变换、去除趋势项、消除漂移、平滑、滤波等。

虽然数据的种类异常繁多,但从本质上讲可划分为两大类,一类是确定性的数据,即这类数据每次测量值都是有有一定规律性的时间函数;另一类则是随机性的数据,即它的每次测量值都无一定规律性,而只服从统计规律,对这两类数据要采用不同的处理方法。

在计算机问世之前,数据只能靠人工判读和手工计算处理,速度既慢又容易出现差错,实时处理就更难以实现了。现在除了数据量很小,处理异常简单的情况之外,都毫无例外地采用电子计算机进行处理。尤其是近几年来,利用微处理机和微型机构成数据采集与处理系统更引起了人们的极大兴趣。

对于一位数据处理工作者来说,不但要会使用计算机,而且要掌握数据处理的基本方法和原理,并在此基础上绘制出相应的流程图以及进行相应的软件设计。

数据处理领域中当前着重发展高密度、高速的磁体记录,研究各种快速处理方法,采用字长更长、运算速度更高的计算机,引进模式识别技术构成数据分析和判断的智能终端,以进一步提高数据处理的实时性和精度,扩大数据处理应用的领域。

1.4 数据采集与处理的发展趋势

数据采集与处理技术是信息科学的一个重要分支,它与传感器技术、信号处理技术和计算机技术一起构成了现代检测技术的基础。近年来,一个重要的发展趋势是通过信号的测量(数据采集)、处理、控制与管理实现测、处、控、管一体化。一些新技术,如光纤技术、超导技术、人工智能等也在数据采集与处理中得到了应用。

随着科学技术的发展和数据采集与处理系统的广泛应用,人们对数据采集系统的主要技术指标,如通过速率、分辨率、精度、输入电压范围以及抗干扰能力等方面,都提出了越来越高的要求。尤其是通过速率,这是数据采集与处理设计者与使用者都十分关心的一项重要技术指标。

在许多应用场合,人们需要具有很高通过速率的高速数据采集与处理系统。如在航空航天方面,飞机在风洞中颤振与抖振特性的测量,火箭喷气流量的动态测试均要求应用高速数据采集与处理技术,所以数据采集与处理的高速化是它的又一个发展方向。

思考题与习题

- 1-1 简述数据采集与处理系统的任务。
- 1-2 试述数据采集与处理技术的发展概况。

第2章 数据采集原理

本章首先介绍数据采集系统的基本组成。在实际应用中,针对不同的采集任务,其数据采集系统的形式也是多样的,但其基本结构是一定的。目前,发展最快的就是以微型机为核心的可编程的数据采集系统,计算机技术和微电子技术的发展为其奠定了可靠的基础。在生产过程中,利用这一系统可对生产现场进行检测、监视、记录和控制,从而为提高产品质量,降低产品成本提供信息和手段。在科学研究中,利用这一系统可获取大量动态信息,它是研究瞬变物理过程的强有力的工具,诸如在航天、航空和生产技术等研究领域,在爆炸、燃烧和机械等学科中,它已成为获取科学奥秘的重要手段之一。

在本章的2.2、2.3和2.4节,我们将详细研究数据采集的基本原理。数据采集的过程,实质上是信息变换的过程,所以信息的形式、特点及信息变化所遵循的规律,将是我们研究的主要内容。

2.1 数据采集系统的基本构成

数据采集系统的基本构成,从硬件上看包括模拟系统和数字系统两部分;从功能上看既能完成采集,也能实现处理。

测试对象的被采集参数,大部分由传感器将被测量转换为电压信号,或先变为电参数(如电阻、电容或电感),再经过一定的线路(如桥式电路)变换为电压信号,然后通过模数(A/D)转换器将电压信号转换成数字信号。输入电压信号低于1V者称为低电平信号,而高于1V者称为高电平信号。例如,在航空发动机试验中,大部分传感器输出的信号属于低电平信号。

数据采集系统的采集信息有模拟量信号、频率量信号和开关量信号。

下面首先介绍数据采集系统模拟通道的各个环节。

一般的数据采集系统主要由传感器、信号调理器、多路模拟开关、放大器、A/D转换器和数据记录装置组成。图2-1是一种典型的低电平数据采集系统。

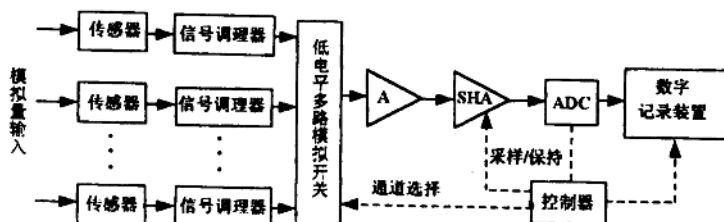


图2-1 低电平数据采集系统

传感器将被测参数(如压力、推力、温度、转速和流量等)的非电量转换成电参数,通过信号

调理器变换成适当量程的电压信号。

信号调理器这一环节,主要的作用是对各个测量传感器输出的信号加以变换、调整和改善,使其满足 A/D 转换器输入的要求,以及提高信号测量的准确度和灵敏度。例如桥路平衡装置、桥路电源、热电偶参考端温度补偿、抗干扰滤波器和信号衰减器等,都属于信号调理装置。

由于大多数传感器信号是低电平的,而 A/D 转换器满量程一般为几伏,如 5V 或 10V,为了有效利用 A/D 转换器的最大分辨率,低电平信号需要进行放大,起这种放大作用的放大器叫低电平放大器或数据放大器。此外还要求放大器能抑制干扰和降低噪声并满足响应时间的要求。在数据采集系统中应选用何种数据放大器应依情况不同而异。总的要求有下面几点:

- (1)高输入阻抗,反应时间快;
- (2)高抗共模干扰能力;
- (3)低漂移、低噪声及低输出阻抗。

另一种放大器叫缓冲放大器。它具有高输入阻抗和低输出阻抗,可起阻抗变换的作用。因为大多数 A/D 转换器的输入阻抗比较低,因此,在测量高阻抗信号源时会引起显著误差。所以缓冲放大器常常是 A/D 转换器的一个组成部分。

第三种放大器叫采样保持放大器(SHA)。这种放大器在接到保持命令后,其输出即保持不变。如图 2-2 所示,SHA 常用于两种用途:一种是在 A/D 转换时,接到保持命令可使输入信号不变,可以降低在采样时间内,由于输入信号变化引起的编码误差;另一种是在系统的各通道中装有 SHA 时,对各个放大器同时给出保持命令,可以使各输入信号保持在同一瞬间的数值,然后再依次进行 A/D 转换。

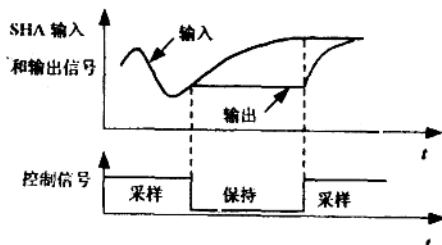


图 2-2 SHA 的工作状况

多路模拟开关(MUX)的作用是将各通道输入的模拟电压信号,依次接到放大器和 A/D 转换器上进行采样,所以也叫采样器。多路模拟开关可以使许多输入通道共用一套低电平放大器,这样,可以降低系统的成本。多路模拟开关由专用的逻辑线路或计算机控制,使输入信号依次地或有选择地送至 A/D 转换器。

A/D 转换器的输出可以用记录装置进行记录,或直接送至计算机进行处理。记录装置根据输出数据的用途和处理方法不同,有各种不同的记录方式。如果数据仅供工作人员参考或人工处理,可采用打字机或打印机记录。如果数据需要再送入计算机进行处理,则最好采用磁记录,以便于直接输入。

整个数据采集系统由控制器控制。控制器使系统的各个部件以适当的时间执行自己的功

能。它依次给出一系列脉冲,使多路模拟开关选择通道、采样保持放大器进行采样保持、启动 A/D 转换器和数字记录装置投入工作。在简单的数据采集系统中,它只能实现顺序采样和选点采样,它们是反复执行同一程序。在复杂的大型系统中,则常由计算机控制。如图 2-3 是微型计算机化的数据采集系统。计算机在系统中负担着数据运算、数据记忆、采样控制、逻辑判断,并指挥各外围设备(即计算机以外的记录装置、输入和输出设备等)自动协调地工作。它不仅可实现顺序测量,而且可以按任意的、预先安排的次序进行测量。

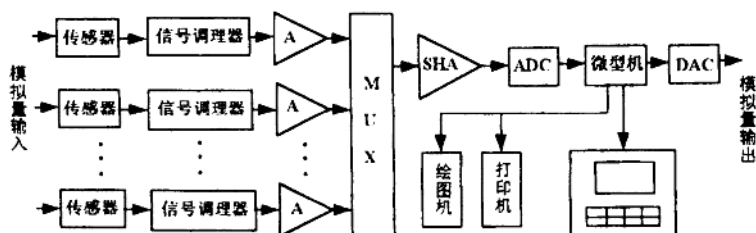


图 2-3 微型计算机化的数据采集系统

低电平数据放大器的频率响应有限,一般只有几十千赫,图 2-1 所示的结构,如果许多通道共用一个低电平放大器,则其输入是通过多路模拟开关快速切换的低电平信号,放大器的响应往往不能满足要求,因此,需要用图 2-3 所示的结构。这种结构因为每个通道要用一个放大器,所以是一个昂贵的系统。但由于输送到多路模拟开关的信号已是高电平信号,所以多路模拟开关对噪声等误差电压要求降低了。这种系统只有在记录和分析宽频带的低电平动态数据时才用。

对于高电平信号,则不需要低电平放大器,信号可直接接到多路模拟开关,多路模拟开关对噪声等误差电压要求也较低。有时要求测量各通道输入信号同一瞬间的数值,则要求在每一输入通道加一采样保持放大器,如图 2-4 所示。在测量时,由控制器对各路的采样保持放大器发出采样-保持命令,使其保持同一瞬间的数值,然后再进行 A/D 转换。这种系统比较昂贵,只有必要时方才采用。

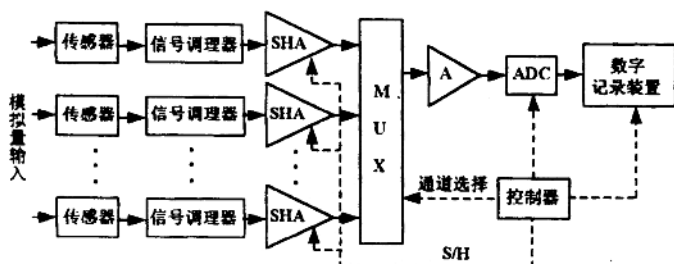


图 2-4 高电平数据采集系统

当采集信息是频率信号时,则需在其后经过转换接到计数器输入端,而计数器输出端接入

模拟通道数据采集系统的信号调理器的输入端。

当采集信息是开关量时,其输入接口电路原理如图 2-5 所示。为了隔离干扰,通常将开关量信号经光电耦合器件加以隔离。

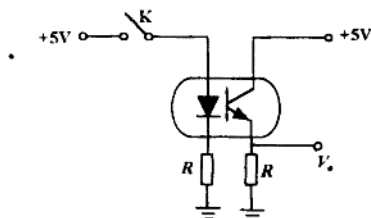


图 2-5 开关量输入接口电路原理

光电耦合器件输入和输出都是开关量信号,夹杂在开关信号中的干扰,因其幅度和宽度的限制,故一般都不能使光—电二极管转换成光数字信号,这个具有一定强度的光数字信号又使光—电二极管工作,从而将其又变成开关信号,数字通道被光数字通道从中截开,实现了完全的电隔离。光—电三极管的输出接到数据采集系统的信号调理器的输入端。

上面我们介绍了数据采集系统的基本结构,在实际应用中,其结构形式多种多样,一般都是通过微机的标准接口、经过标准母线,连接各种功能模块、仪器仪表和传感器,组成测量和控制系统。

采集系统的构成特点:

(1)采集通道组成可多可少,应用灵活。如单参量采集用单通道;多参量采集的大型试验,可用几百以至几千个通道。通道有控制通道、顺序采集通道和同步采集通道,对成千上万个模拟信号和数字信号进行测量和采集,经过输出,实施各种控制。

(2)根据信号电平高低,可以灵活采用不同分辨率的 A/D 和 D/A 转换器完成采集和控制功能。例如热电偶和应变片、位移电桥的输出都是低电平信号,其满量程一般在 5mV 至 20mV 的范围。要求能测出和分辨出微伏级信号,就要用 12 位至 14 位 ADC。对于温度计量或电子计量,为了保证精度要求,可用高分辨率的 16 位或更高位的 A/D 转换器。

(3)能实现实时采样、实时处理、实时控制和实时显示。因为在试验过程中,要测量的信号点多,每一个点的测量时间不能过长。有的试验要采集瞬态过程的数据,这就要求有更高的采集速度,就要用特殊的存取电路和 A/D、D/A 转换电路,从软件和硬件上综合设计。

(4)测量速度快精度高。对于高精度测量,一般测量仪器是不难满足的,但对于高速度高精度的测量一般仪表是无法满足的。对于多点快速数据采集系统,一般精度可达 $\pm 0.1\%$,如精度有特殊要求,可用 16 位 A/D 转换器(转换速度可达 $35\mu\text{s}$),精度可达 0.01% 。

完成上述测量要求的方法比较多,现在广泛用 A/D 和 D/A 转换器组成的数据采集系统,可以提高测量和采集数据的精度,提高数据处理速度。

2.2 采样定理

2.2.1 A/D 转换过程

上节我们研究了数据采集系统的硬件构成,现在我们看采集信息在采集通道中是如何变

化的?数据采集系统在终端采集的信号,大多数是模拟量,要使计算机接受它,必须要转换成数字量,因此要用一些特殊的采样电路,将收到的连续信号,经 A/D 转换器转换成离散信号,供给计算机加工处理。在 A/D 转换器中,因为输入的模拟信号在时间上是连续量,而输出的数字信号代码是离散量,所以进行转换时,必须在一系列选定时间内,对输入的模拟信号采样,然后把这些采样值转换为输出的数字量。因此,一般的 A/D 转换过程至少要通过采样、保持、量化和编码这四个步骤完成。

在实际中如何确定采样频率,才能保证不丢失信息,将采样信号正确地还原成模拟信号,以及分析采样信号的频谱,供选择和设计放大器,确定采样速度之用,这是设计和选择数据采集系统首先要解决的问题。

在数据采集系统中,要用微型机监视和控制过程中发生的各种参数。首先通过传感器把各种参数(如温度、压力等)测量出来,采样保持信号,经过放大调节、低通滤波器、多路模拟开关、A/D 转换器供给计算机。我们知道计算机只识别数字信号,而从传感器上采来的信号多是连续的模拟信号,所以要将连续的模拟信号变换成数字信号。这个变换经历了时间断续和数值断续两个断续过程。图 2-6 是 A/D 转换过程,形象地说明了这两个断续过程。

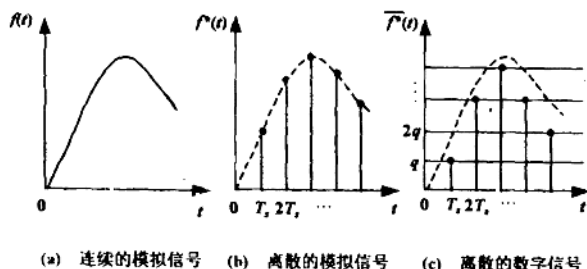


图 2-6 A/D 转换过程

(1) 时间断续——采样过程。连续的模拟输入信号 $f(t)$, 按一定时间间隔 T_s 逐点地输入其瞬时值, 这个过程称为采样。连续的模拟信号 $f(t)$ 经采样过程后变换为离散的模拟信号(或简称为采样信号) $f^*(t)$ 。两个采样值之间的时间间隔 T_s , 称为采样周期。

(2) 数值断续——量化过程。计算机中的信号是以二进制数的代码来表示的。任何数值只能表示成最低位二进制数的整数倍, 小于最低位的剩余部分, 无法表达出来。例如, 若 A/D 转换器中比较放大器鉴别电压的能力为 2mV, 那么, 输入信号中小于 2mV 的剩余部分, 就无法进行编码。上述情况表明, 计算机的断续性表现在数值上是断续的。

采样信号 $f^*(t)$, 在数值上表达成最低位二进制数的整数倍, 这个过程称为量化。采样信号 $f^*(t)$ 经量化过程后变化为离散的数字信号(或简称为数字信号) $\bar{f}(t)$ 。形象地说, 量化过程好像将信号进行分层, 分层的单位 q , 就是 A/D 转换器的最小的二进制单位。例如对角度进行编码时, 比较放大器的鉴别电压 2mV 对应 $2'([角])$, 则对该角度的物理量来说, $q=2'$ 。

数据采集的过程就是信息变换的过程, 那么在信息的变换中是否会损失信息? 怎样完成信息之间的相互转化? 下面我们就详细讨论采样过程有关的问题。