

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
电子信息

现代信号数据获取 与信息处理系统

郭从良 编著

清华大学出版社



高等学校教材
电子信息

现代信号数据获取 与信息处理系统

郭从良 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

现代信号数据获取与信息处理系统是反映电子科学与信息工程最新成就的专业课程之一,培养学生掌握坚实的理论基础,具有系统而广泛的专业知识,能独立从事本专业领域的研究与工程开发工作。

信号的数据获取与信息处理系统以光、机、电、生物等各种形式信号为对象,研究其获取、处理和传输的理论和技術。主要包括人机自然交互测量系统、嵌入式系统数据获取系统、实时信号数据获取、语音数据获取、图像数据获取、编码压缩存储、信息网络与技術、光电信号处理、智能信息处理等。

本书是作者多年来从事相关的科学研究、本科生教学和研究生教学的总结,总共有10章。第1章介绍数据获取与处理系统概述,第2章介绍基于PC的NI数据获取与处理系统,第3章介绍高速数据获取与处理系统,第4章介绍嵌入式数据获取与处理系统,第5章介绍数字传感器网络,第6章介绍无线传感网络,第7章介绍声音信号的计算机获取,第8章介绍图像信号的计算机获取,第9章介绍图像信号的压缩编码存储,第10章介绍超越PC的虚拟仪器系统。

本书适用于研究生、大学本科学工院校学生以及工科类大专学生,也适合各学科的相关研究人员参考。

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

现代信号数据获取与信息处理系统/郭从良编著. —北京:清华大学出版社,2009.7
(高等学校教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-19373-9

I. 现… II. 郭… III. 信号处理—数据处理系统—高等学校—教材 IV. TN911.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第012399号

责任编辑:魏江江 李玮琪

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

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

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.5 字 数:691千字

版 次:2009年7月第1版 印 次:2009年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:014011-01

编审委员会成员

重庆通信学院

重庆大学

重庆邮电学院

西安电子科技大学

西北工业大学

集美大学

云南大学

东华大学

曾凡鑫 教授

曾孝平 教授

谢显中 教授

张德民 教授

彭启琮 教授

樊昌信 教授

何明一 教授

迟 岩 教授

刘惟一 教授

方建安 教授

改改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合新世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻

性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

信号的获取与信息处理系统存在于具有生命的自然界之中。在认识自然界的过程中,人们不断地获取知识,并且运用于世界的科学开发与改造过程。客观世界信号的获取与处理极大地促进了科学技术的发展。数字化是当前信息领域发展的趋势,其核心技术之一是信号获取的数字化及其相关的信息处理。现代信号获取与信息处理系统已经成为现代信息技术领域的核心系统,对社会发展、科技进步起着越来越重要的作用。

信号的数据获取与信息处理系统已经成为现代信息技术领域的核心,它在工业自动化、航空航天、军事工程、气象与环境监测、天体观测、海洋探测、石油化工、生物工程等许多领域得到了越来越广泛的应用。信号测量或探测的目的是准确地获取被测参数的值。通过测量能使人们对事物产生定量的概念,从而发现事物的规律。

现代信号的数据获取与信息处理系统是传统的测量系统与计算机技术相结合的智能化自动测试系统,所获取的数据量大得惊人,涉及海量数据的管理和基于 Internet 网络空间的实时信息处理。客观的实验系统和环境总有大量非感兴趣的事例存在,因此在进行任何实验时,人们希望更多地获取感兴趣事例的数据,并尽可能排除无用的数据。

例如在精细农作物生长实践中,需要在较精细的空间尺度上获取农田作物生产有关的空间分布信息,包括利用不同的传感技术采集数据,采用适当的方法对数据进行处理,转变为易于理解和利用的可视化空间分布图形信息。需要获取和处理的主要信息包括农田作物产量空间分布信息、农田土壤信息、农田作物苗情信息。

又如在处理核信息或高能粒子信息时,宇宙线、束流碰到残余气体发生作用所产生的事例,就是所谓的本底。在实际的高能物理实验中,本底事例与感兴趣事例之比可能高达 10^6 以上。为了排除这些本底的影响,在数据进入计算机之前要经过判选,只使那些满足一定判选条件的事例去触发计算机使之读取数据。这可以排除大量宇宙线本底。

遥感、地理信息系统技术和最近发展起来的全球定位技术为地球科学提供了全新的研究手段,导致了地球科学的研究范围、内容、性质和方法的巨大变化,标志着地球科学的一场革命。遥感技术正在改变着地球科学研究的进程。国际科学联合会理事会于 1986 年组织了以研究全球变化为目的的国际地圈生物圈计划,该计划的科学目标是:描述和了解控制整个地球系统的关键的、相互作用的物理、化学和生物学过程;描述和

了解支持生命的独特环境；描述和了解发生在地球系统中的变化以及人类活动对它们的影响方式。该计划的目的是在社会科学领域仿效自然科学领域所特有的大规模合作精神，力求更好地了解导致全球环境变化的人类原因，包括以下四个方面：

- (1) 促进对左右人与整体地球系统相互作用的复杂动因的科学理解和认识；
- (2) 不断努力探索和预测全球环境的社会变化；
- (3) 确定大范围的社会战略及防止或减轻全球变化的不利影响，或适应无法避免的变化；
- (4) 制订对付全球环境变化、促进可持续发展目标实现的政策方案。

中国第一颗探月卫星“嫦娥一号”工程有四大科学目标：一是获取覆盖整个月面的三维立体影像；二是分析月面有用元素含量和物质类型的分布特点，即对月面有用元素进行探测，初步编制各元素的月面分布图；三是探测月壤特性；四是探测地月空间环境。这有利于人类对月球的科学开发和利用。

人是技术的主体，信息技术是在扩展人的信息功能。人们获取信息的目标是对事物进行认识。其一般环节是：获取与收集信息，分析与判断信息，分类整理信息，运用信息，分析与综合。在一般性的环节中，获取与收集信息的主要目标首先是为了初步了解概况；分析信息是为了判断与评价信息的相关性与有效性；分类整理信息是为了建立整体的认知结构，了解信息间相互的联系；运用信息是为了验证前几个环节中产生的想法是否正确与有效；分析综合结果是为了最终形成结论。

现代信号数据获取与信息处理系统的理论与技术设计的知识面比较广，为了较好地学习和应用，需要一本专门的书籍提供给大学本科生、研究生以及科技工作者作学习和参考。本书的作者郭从良老师，根据三十多年的教学和信号获取与信息处理系统研究的经验，以丰富的专业知识和不断进取的精神完成了这本教材的编写工作。

崔向群

2009年4月于南京

数据获取与信息处理系统的应用十分广泛,在不同的应用领域以及不同的应用场合,需求是多种多样的。本书收录了现代科学研究和工程实践中常用的一些数据获取系统及其信息处理的基本理论和方法,尽量使内容贴近现代科学研究和先进工业界的最新应用。因此本书在编写上将数据获取系统的概念与实际应用有机地融合为一体,目的在于使学生能够尽快适应社会上科学和技术研发的要求。本书是一本应用性比较强的教材。

与国内同类教材相比,本书在内容上有较大的更新,涉及的应用范围比较宽,在选材方面力求做到深浅适度,融合得当,同时使理论阐述部分的安排更加合理。因此,本教材的总体特色是:突出数据获取与信息处理的系统概念,注重训练学生面向实际应用的思维方式,科学技术与现实生活联系密切,从而使学生比较容易适应现代社会工作的需求。

数据获取与处理系统属于电子信息系统,是对自然界原始物质运动参数的检测和处理系统,也是人类生产活动、社会活动和科学实验过程中建立起来的认知系统。它由五个主要部分组成:系统的硬件、软件、数据集、过程信号信息处理和控制、系统的管理和工作人员。现代数据获取与处理系统是复杂的智能系统,它的主要功能是将所研究的实际目标的信号转换成适合数字系统处理的信号,并通过计算机进行分析、处理、存储和显示。数据的获取、自动数据处理、信息管理对事务处理的支持和控制对于系统是非常重要的。

本书介绍数据获取与信息处理系统的基本组成、工作原理和性能、现代数据获取系统及其应用等,目的在于使学生熟悉和掌握数据获取系统的基本理论和技术,了解近代数据获取系统的发展及应用背景,为信息科学与技术及相关专业的本科生以及研究生进一步学习、应用和研究打下良好的基础。课堂教学同课程设计进行有机配合是本书的主要特点,目的在于帮助学生由浅入深、由表及里、由感性到理性地系统学习知识,从而逐步提高自我学习能力。

本书分为10章,第1章介绍数据获取与处理系统概述,第2章介绍基于PC的NI数据获取与处理系统,第3章介绍高速数据获取与处理系统,第4章介绍嵌入式数据获取与处理系统,第5章介绍数字传感器网络,第6章介绍无线传感网络,第7章介绍声音信号的计算机获取,第8章介绍图像信号的计算机获取,第9章介绍图像信号的压缩编码存储,第10章介绍超越PC的虚拟仪器系统。

数字化已经是当今社会科学技术发展的趋势,信号数据获取与信息处理系统的研究更加深入,技术更加先进,应用日益广泛。本书是在这一背景下编写的,它可作为理工科大学的研究生、本科生的教材,也可以作为电子类专科院校的教学用书,同时也可以提供给从事电子工程、自动化、测控技术的工程技术人员参考以及各学科领域从事相关科学研究的工作者作为参考用书。由于编著者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,殷切希望读者提出宝贵意见。

郭从良

2009年4月于合肥

第 1 章 数据获取与处理系统概述	1
1.1 传统测量技术的数字化与网络化	2
1.2 基于 PC 的虚拟测量技术	5
1.3 虚拟仪器软件平台	9
1.4 广义虚拟测量技术	12
1.5 虚拟测量系统的集成环境	16
本章总结	18
习题与思考	19
第 2 章 基于 PC 的 NI 数据获取与处理系统	20
2.1 数据获取与信息处理系统中的个人计算机	20
2.2 传感器和信号调理	21
2.3 信号调理硬件选型	23
2.4 数据获取硬件	26
2.5 软件	32
习题与思考	36
第 3 章 高速数据获取与处理系统	37
3.1 高速及超高速数据获取系统的发展	38
3.2 高速数据获取系统结构	40
3.3 高速 A/D 转换器的特点	41
3.4 高速 A/D 模块	45
3.5 高速数据获取系统中的接口总线	49
3.6 高速数据获取的存储	63
3.7 VC++ 环境下的高速数据获取系统	68
3.8 基于 LabVIEW 的 USB 实时数据获取处理系统	72
习题与思考	76

第 4 章 嵌入式数据获取与处理系统	78
4.1 嵌入式系统	79
4.2 嵌入式芯片技术	82
4.3 嵌入式现场仪器	89
4.4 嵌入式操作系统	91
4.5 嵌入式基于 SITSANG 的无线声控、环境传感系统	95
习题与思考	106
第 5 章 数字传感器网络	108
5.1 微集成传感器	109
5.2 网络传感器	126
5.3 传感器网络	138
5.4 传感器网络的性能	140
5.5 传感器网络的功能结构	141
习题与思考	154
第 6 章 无线传感网络	156
6.1 无线传感网络基本结构	157
6.2 无线传感网络的同步	163
6.3 无线传感网络的定位	178
6.4 无线传感网络的管理	181
6.5 无线传感网络的操作系统	192
6.6 无线传感网络的产品及应用	201
习题与思考	209
第 7 章 声音信号的计算机获取	211
7.1 声音的计算机数据获取和模拟	212
7.2 语音信号获取系统设计	225
7.3 声音数据的记录与处理	232
7.4 语音信号的计算机获取与逐字分离	236
习题与思考	246
第 8 章 图像信号的计算机获取	249
8.1 彩色数字图像	250
8.2 图像的获取	260
8.3 图像数字化	310
8.4 图像数据文件格式	314
习题与思考	320

第 9 章 图像信号的压缩编码存储	322
9.1 人眼视觉特性与视频编码压缩技术	325
9.2 静态图像压缩的标准——JPEG	330
9.3 H. 261、H. 263、H. 264 压缩	342
9.4 运动图像压缩编码的国际标准——MPEG	356
习题与思考	387
第 10 章 超越 PC 的虚拟仪器系统	391
10.1 虚拟仪器技术	391
10.2 虚拟仪器技术在产品测试、控制和设计中的应用	394
10.3 超越 PC 的虚拟仪器系统	397
10.4 LabVIEW 图形化开发平台	401
10.5 基于 LabVIEW 7 的主要特性	411
10.6 LabVIEW 8 及其发展	414
10.7 基于 LabVIEW 开发的虚拟仪器	422
习题与思考	435
参考文献	437

数据获取与处理系统概述

信号测量或探测的目的是准确地获取被测参数的值。通过测量能使人们对事物产生定量的概念,从而发现事物的规律性。因而,测量是人类认识事物不可缺少的手段,离开测量,人们就不能真正准确地认识世界。物理定律是定量的定律,只有通过精确的测量才能确定它们的准确性。例如,光谱学中的精密测量帮助人们揭示了原子结构的秘密,对 X 射线衍射的研究揭示了晶体结构的秘密,用射电望远镜在对宇宙的观测中人们发现了类星体和脉冲星。这类例子举不胜举。另一方面,科学技术的发展也推动了测量技术的发展。比如像时间这样的基本量,在以前很长一段时期内一直用沙钟和滴漏进行极其粗略的测量,直到伽利略对摆的观察才启发人们用计数周期的谐振系统(如钟表)来测量时间。目前,使用铯原子谐振和氢原子谐振来测量时间,其准确度相当于在三万年内误差小于 1 秒。客观世界信号的获取与处理极大地促进了科学技术的发展。

近几十年来,电子技术,特别是光电子技术、微电子技术、微机电系统技术和计算机技术的迅猛发展促进了信号的获取与信息处理技术的发展。信号的获取与信息处理系统是传统的测量系统与计算机技术相结合的先进的光机电一体化智能仪器系统和由计算机控制的模块式测试系统。同时,微电子技术及相关技术的发展,也不断为电子仪器提供各种新型器件,如 ASIC 电路、信号处理芯片、新型显示器件及新型传感器件等,不仅使电子仪器变得“灵巧”、功能强、体积小、功耗低,而且使过去难以测试的一些参数变得容易测试,嵌入式系统的出现就是一个突出的例子。

20 世纪 70 年代以来,计算机技术和微电子技术的惊人发展对电子仪器及自动测试领域产生了巨大的影响。近年来在数据获取领域出现了一些关键性技术,例如智能化仪器仪表技术、接口总线技术、个性化技术、嵌入式技术等。这些技术的采用,改变了并且继续推动着信号的获取与信息处理系统领域的发展进程,使之朝着智能化、自动化、小型化、模块化和开放式系统的方向发展。

计算机技术引入电子测量仪器后不但增强了测量仪器功能,同时也提高了它的性能指标。通过微处理机的数据处理和存储等能力,可容易地实现各种自动校正、多次测量平均等功能,从而提高了测量精度。

从几十年来的发展看,信号的获取与信息处理系统的智能化具有两大特点:一是操作自动化,这一特点省却了烦琐的人工调节,既方便了操作,又提高了测试精度和稳定度;二是具有对外接口功能,该系统通常都具有标准接口,能够容易地接入自动测试

系统接受遥控,进行自动测试。采用嵌入式处理芯片实现“硬件软化”,使许多传统的硬件逻辑都可用软件取代。这不仅降低了成本,而且减小了体积,降低了功耗并提高了可靠性。

随着科学技术和生产的不断发展,测试任务日趋复杂,对测试系统的功能、速度及精度等各方面的要求也越来越高,而人工测试已经很难满足这些要求,为此必须发展自动测试。通用接口总线标准可将不同厂家生产的各种型号的仪器用一条统一的无源标准总线方便地连接起来并组建成各种自动测试系统,而不需要在接口硬件方面再做任何工作,这大大方便了系统的组建,因此得到了广泛的应用。

数字化已经是当今社会发展的趋势,特别是计算机科学与技术、超大规模集成电路、光电子技术、通信技术的飞速发展,必将使来自自然界的、生产过程和研究过程中的信号的数据获取与信息处理技术的研究更加深入,技术更加先进,应用日益广泛。

1.1 传统测量技术的数字化与网络化

1. 传统测量技术

传统测量系统由物理信号源、信号传感部分、前置放大部分、信号调理部分(低噪声放大和精密放大等)、信号处理、人机接口界面和控制界面组成,如图 1-1 所示。根据所获取的物理信号的特点不同,测量的信号对象可以是模拟信号,也可以是脉冲数字信号。单一通道模拟信号数据获取系统的基本结构如图 1-2 所示。单一通道序列脉冲信号数据获取系统实际上是一个计数系统,可以工作在定时计数方式,也可以工作在定数计时方式。它包括信号传感器、前置放大器、脉冲鉴别器、脉冲整形器、输入输出接口、处理器、存储器等,如图 1-3 所示。这种结构常用于随机信号或非随机信号的数据获取。

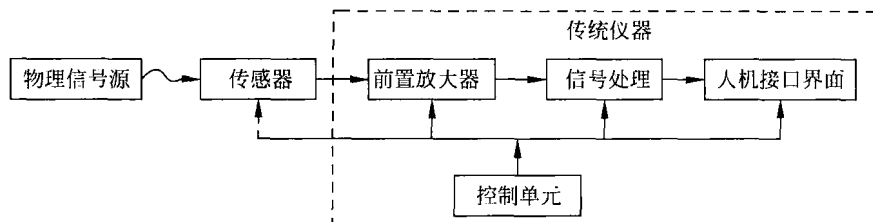


图 1-1 传统信号数据获取系统

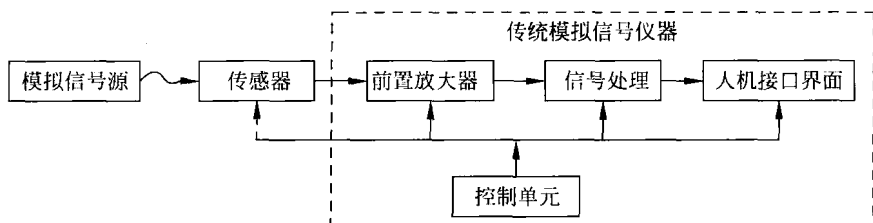


图 1-2 单一通道模拟信号数据获取系统

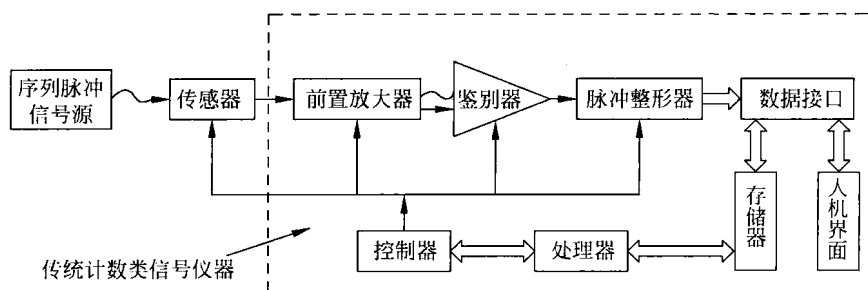


图 1-3 单一通道序列脉冲信号数据获取系统

传统的测量仪器有计量仪器（示波器、频谱仪、信号发生器、逻辑分析仪、电压电流表等）、专用测量仪器（专业分析仪器）和控制系统中的测量和监控单元等。

传统测量系统的不足之处如下：

（1）传统仪器都是用电子线路来实现的，即采用硬件来实现。传统仪器的功能固定而且由厂商定义。独立的传统仪器，例如示波器和波形发生器，性能强大，但是价格昂贵，且被厂家限制了功能，只能完成一件或几件具体的工作，因此，用户通常都不能够对其加以扩展或自定义其功能。仪器的旋钮和开关、内置电路及用户所能使用的功能对这台仪器来说都是固定的。另外，开发这些仪器还必须用专门的技术和高成本的元部件，从而使它们身价颇高且很不容易更新。

（2）电子测试仪器是电子行业的基础，它在电子行业中长期占据着十分重要的地位，是一个时代的电子行业发展水平的标志，并随着科学技术的发展而不断地更新变化。传统的测试仪器由于功能固定、研制生产周期长等缺点，越来越不能满足信息时代的要求。

2. 传统测量系统的数字化

信号的具体形式可分为两类：一类是一个物理量作为连续的时间函数，称为波形信号；另一类是由一些“数”（变元）按一定顺序的排列，称为序列信号。序列信号中的变元，可以作为时间的函数，即时间序列，也可以作为位序号的函数或其他空间函数，而不涉及时间的概念。

信号的数字化采集就是将所感兴趣对象的物理量等通过各种传感元件作适当转换后，进行信号调理、采样、量化、编码、传输等，然后进行存储和处理。处理后所得到的真实信息将使人们进一步认识客观世界。

信号的数字化获取和处理是信息科学的一个重要分支，它是以传感技术、信号检测与处理、电子科学与技术、计算机和通信技术为基础的应用技术学科。数据采集过程实质上是由控制器按照预先选定模式的采样间隔，对输入到采集系统的信号进行采样，并对采样的数据进行加工处理的过程。

1) 单一通道模拟信号数据获取系统

单一通道模拟信号数据获取系统的总线式结构如图 1-4 所示，主要组成部分有其他信号变换成电信号的传感器、前置放大器、取样保持器、A/D 变换器、输入输出接口、中央处理器、控制器和存储器等。