

数据采集与处理

沈 兰 荪



能源出版社

数据采集与处理

沈兰荪 著

能源出版社

1987

数据采集与处理

沈兰荪 著

能源出版社出版 新华书店首都发行所发行

中国科学院高能所印刷厂印制

787×1092 1/32 开本 15.56 印张 350 千字

1987年10月第一版 1987年10月第一次印刷

印数：6500

统一书号： ISBN7-80018-007-7 定价：4.00元
15277·66

序

数据采集与处理技术是信息科学的一个重要分支，它研究信息数据的采集、变换与处理。这一学科领域的工作目前极为活跃，它已广泛应用在我国智能仪器、工业自动化、科学实验、军事、航天以及国民经济的各个领域。可以预言，随着大规模集成电路与计算机技术的进一步发展，数据采集与处理技术必将得到进一步的提高，应用领域将更为广阔。

沈兰荪同志的《数据采集与处理》是讨论数据采集与信号处理技术的一本专门著作。这本书的出版将有助于丰富我国信息科学技术的内容，从而使数据采集与信号处理技术更好地为我国的现代化建设服务。

王大珩

1986年10月10日

前 言

数据采集与处理技术是信息科学的一个重要分支，它研究信息数据的采集、存储、变换、加工处理以及控制等作业。因此，它在通信、雷达、水声、遥感、地震勘探、振动工程、工业无损探测、语声处理及生物医学工程等领域均有广泛的应用。随着计算机技术与大规模集成电路技术的发展，数据采集与处理技术将会变得更为有效，应用领域也更为广阔。

目前出现的智能传感器，具有体积小，灵敏度高，而且有信号预处理的功能。新一代的智能仪器则内含微处理器，把信号的数据采集与信号的数字处理技术结合在一起，这已成为仪器仪表发展的一个主要方向，从而带来了一系列根本性的变革：扩展了仪器功能，做到一机多用；测试自动化，一次可测多个参数；采用数字滤波来抗干扰；通过计算来进行非线性校正与补偿；提高检测精度；具有图形处理的功能；便于通信传输等等。值得注意的是，近年来出现的一些信号处理专用芯片。这种软件硬化电路的出现，不仅大大减少了软件工作量，而且提高了信号处理的速度，极大地推动了数据采集与处理技术的发展。

本书是关于数据采集与信号处理技术的一本专门著作，全书共分三篇。第一篇介绍数据采集技术，它的大部分内容曾以技术讲座的形式于1986年在《电子技术应用》杂志上逐

載。这次对这部分内容又作了必要的补充。第二篇讨论数字信号处理技术并介绍了个人仪器PI。第三篇为数据采集与信号处理系统的设计，介绍了一个通用的信号处理仪。

全书较系统的论述了数据采集与处理技术。对系统的构成，硬件、软件的设计，算法的分析，作了全面而深入的介绍，并给出了大量的经过检验的实用程序。

本书可供从事计算机应用、仪器仪表、自动控制、信号处理等专业的科研、设计、生产与维护的工作人员，以及中专以上有关专业的教师、学生、研究生参考。本书也可作为数据采集与处理技术培训班的教材。

邱瑞芝、孙光臣、费翔等同志参加了第三篇讨论的通用信号处理仪的研制，作了大量工作。许晓晖、王密、林丽霞等同志在作者写作过程中给了不少帮助。对王大珩先生的鼓励与帮助，对《电子技术应用》编辑部的刘秀英同志热情支持深表谢意。

目 录

第一篇 数据采集技术	(1)
一、概述	(1)
(一) 数据传感器	(1)
(二) 数据采集系统的典型结构	(3)
(三) 数据采集中的一些问题.....	(5)
二、微型机的接口技术	(18)
(一) 微处理器的控制信号.....	(19)
(二) 外设接口的寻址方式.....	(21)
(三) 输入与输出的控制方式.....	(27)
(四) 外设接口的数据传送.....	(37)
三、数模转换器 DAC	(39)
(一) 工作原理	(39)
(二) 8位DAC及其与微处理器的接口.....	(42)
(三) 数据的实时显示.....	(49)
(四) 12位DAC的接口方法.....	(52)
四、模数转换器 ADC	(56)
(一) 概 述.....	(56)
(二) 工作原理.....	(59)
(三) 微处理器接口.....	(63)
(四) 通用的 8 位模数转换器	(64)
(五) 数据采集的定时.....	(68)
(六) 使用8255 的 ADC 接口方法.....	(72)

五、其他的数据采集部件	(74)
(一) 模拟多路开关	(74)
(二) 测量放大器	(80)
(三) 采样保持电路	(89)
六、数据采集系统的设计(上)	(94)
(一) 系统的结构配置	(94)
(二) 系统的技术要求	(97)
(三) 系统设计举例	(99)
(四) 系统的控制方式	(105)
(五) 系统的组成	(106)
七、数据采集系统的设计(下)	(108)
(一) 系统的装配	(108)
(二) 设计实例——温室温度的采集	(118)
八、模块结构与板级产品的数据采集系统	(127)
(一) 概述	(127)
(二) 数据采集模块 DT 5712	(128)
(三) 数据采集模块的接口设计	(133)
(四) 其他的数据采集模块	(137)
(五) 模拟输入输出接口板	(139)
(六) MS 1209 模拟输入输出接口板	(142)
(七) 实际使用中的一些问题	(148)
九、高速数据采集系统	(151)
(一) 概述	(151)
(二) 采用DMA 技术的数据采集系统	(152)
(三) 40路数据采集系统	(157)
(四) 采用双端口RAM 技术的高速数据采集	(159)
(五) 一个图象信号的数据采集系统	(161)
十、总线的标准与技术	(165)
(一) 概述	(165)

(二)	S-100 总线.....	(166)
(三)	IEEE - 488 总线	(172)
(四)	EIA-RS-232C 串行总线.....	(178)
十一、	外部噪声的抑制	(182)
(一)	概述	(182)
(二)	干扰途径的讨论	(184)
(三)	信号的隔离与滤波	(187)
(四)	电源的噪声抑制	(188)
(五)	接地	(190)
(六)	浮空加保护屏蔽以抑制共模噪声	(192)
(七)	CMRR 的测量.....	(195)
(八)	关于电源干扰的进一步讨论.....	(196)
十二、	数据采集系统的发展.....	(198)
(一)	新型快速、高分辨率的数据转换部件不断涌现,大大提高了数据采集系统的性能.....	(199)
(二)	专用单片信号处理器的出现,进一步推动了数据采集的广泛应用.....	(199)
(三)	智能化传感器的发展,必将对今后数据采集技术的发展产生深远的影响.....	(205)
(四)	与微型机配套的数据采集部件的大量问世,大大方便了各个领域里数据采集工作的进展.....	(206)
(五)	分布式数据采集是数据采集技术发展的一个重要趋势.....	(210)
第二篇	数字信号处理技术.....	(215)
十三、	数字信号处理的基础	(215)
(一)	信号处理的基本概念.....	(215)
(二)	“波形分析”与“频谱分析”.....	(218)
(三)	随机信号处理.....	(221)
(四)	离散付立叶变换 DFT.....	(226)

(五) 数字信号处理技术的发展.....	(228)
十四、迭加平均	(231)
(一) 基本原理.....	(231)
(二) 平均器的设计.....	(236)
(三) 应用举例.....	(240)
十五、平滑处理	(247)
(一) 基本原理.....	(247)
(二) 单纯移动平均法.....	(251)
(三) 多项式适合法.....	(253)
(四) 适应平滑法.....	(257)
(五) 频域平滑法.....	(260)
(六) 与迭加平均法的比较.....	(262)
十六、数字滤波	(264)
(一) 基本原理.....	(264)
(二) 数字滤波器的递输函数.....	(267)
(三) Hanning 低通滤波器的设计	(268)
(四) 抑制工频干扰的陷波滤波器设计.....	(270)
(五) 整系数线性相位特性的递归低通滤波器的设计...	(272)
(六) 整系数线性相位特性的递归低通滤波器的计算机实现	(277)
十七、快速付立叶变换FFT	(282)
(一) 基本原理.....	(282)
(二) 实际使用中的一些问题.....	(288)
(三) FFT 的软件实现	(291)
(四) 微机外接硬件乘法器.....	(295)
(五) 高性能微处理器实现 FFT	(297)
(六) 多处理器系统.....	(299)
(七) 快速哈尔变换 FHT.....	(301)
十八、相关分析与峰值检测	(310)

(一) 基本原理.....	(310)
(二) 相关器的设计.....	(312)
(三) 相关器的典型应用.....	(316)
(四) 时间间隔的相关函数.....	(318)
(五) 相关分析实际应用中的一些问题.....	(319)
(六) 峰值检测.....	(321)
十九、功率谱分析	(324)
(一) 基本原理.....	(324)
(二) 功率谱的计算.....	(327)
(三) 相干函数的讨论.....	(331)
(四) 功率谱的测定.....	(332)
(五) 应用举例.....	(333)
二十、数据压缩	(334)
(一) 基本原理.....	(334)
(二) 转折点算法.....	(335)
(三) AZTEC算法.....	(335)
(四) 差值算法.....	(339)
(五) 频域数据压缩.....	(340)
(六) 关于图象数据压缩.....	(341)
二十一、最大熵分析MEM	(342)
(一) 概述.....	(342)
(二) MEM的频谱推定理论	(345)
(三) Burg 法的算法说明.....	(347)
(四) MEM程序处理结果的讨论	(353)
二十二、图象处理	(356)
(一) 概述.....	(356)
(二) 逐点灰度处理.....	(357)
(三) 直方图修改.....	(361)
(四) 邻近灰度处理.....	(362)

(五) 邻近处理以加强轮廓	(365)
(六) 频域处理	(366)
二十三、单片信号处理器	(369)
(一) 概述	(369)
(二) 2920模拟信号处理器	(371)
(三) TMS 32010的结构	(376)
(四) 用TMS 32010构成的信号处理机	(382)
(五) TMS 32020简介	(387)
二十四、个人仪器PI	(388)
(一) 概述	(388)
(二) 个人计算机 IBM-PC	(390)
(三) 个人仪器举例	(395)
(四) 个人仪器总线	(396)
(五) 个人仪器软件	(399)
(六) 进一步的讨论	(403)
第三篇 数据采集与信号处理系统的设计	(404)
二十五、通用信号处理仪的设计	(404)
(一) 技术要求	(404)
(二) 总体考虑及硬件设计	(405)
(三) 专用监控程序的设计	(407)
(四) 应用程序的编制	(408)
(五) 程序清单	(410)
参考资料	(482)

第一篇 数据采集技术

一、概 述

在微型计算机应用于智能化仪器仪表、信号处理和工业自动化等的过程中,都存在着模拟量的测量与控制问题。即将温度、压力、流量、位移及角度等模拟量转变为数字信号,再收集到微型机进一步予以显示、处理、记录和传输这个过程即称“数据采集”。相应的系统即为微型机数据采集系统。

科学技术的发展已在速度、分辨率、精度、接口能力,抗干扰能力等方面向现代的数据采集系统提出了越来越高的要求。

从事微型机数据采集工作的同志一方面必须熟悉日新月异的半导体器件,了解各种数据转换器的性能与特点,以便应用这些器件组成系统;另一方面还必须掌握微机本身的性能及其接口技术以及相应的控制程序的编制。

(一)数据传感器

微型计算机数据采集系统对各种被检测量(物理、化学、生物等各种参数)的测量,依赖于各种类型的传感器。传感器是按一定规律将被检测参数转换成便于进一步处理的物理量(一般为电压、电流、电阻或电脉冲等)的元器件。理想的制数(0或1)即可表示。字长8位的微机一次可采集8个这样

传感器应该能够将各种被检测量转变为高输出电平电量，能够提供零输出阻抗，噪声极低，并具有良好的线性。可是实际的传感器一般并非如此。

常用的传感器有热敏传感器、光敏传感器、力与压力传感器、位移、速度与加速度传感器、温度传感器等。还有用于生物医学方面的测量血压、血流、脉象、胎心和血液中电解质和血气中酸碱度的传感器，以及气敏、磁敏、色敏传感器等。一些新型传感器也很值得注意，如光纤传感器、CCD固体摄像传感器及 MOS 场效应结构传感器和智能化多功能传感器等。各种传感器的性能和原理在有关书籍中皆有介绍，这里不做赘述。

值得指出的是，新型的智能化的热敏传感器由于有一套内藏的只读存储器 EPROM，能存贮在各种温度下的校验常数，从而大大提高了传感器的精度。这套 EPROM 也可以为好几种类的传感器提供线性化公式。传感器信号可以在现场经放大，并转换成数字信号。这样，数据信号可以在数字化情况下传输，而不用在易受噪声干扰的模拟信号线上传输。智能传感器各项功能的进一步增强(如精度、自诊断、识别功能等)以及成本的下降，将使传感器市场发生极大的变化。

显然，只有很少几种传感器可以将待测的模拟量直接转换为数字信号，大部分传感器只能产生模拟信号(电压或电流等)。一般说，被处理的信号有以下三类：

1. 开关信号

即两个状态的信号，如电机的运转与停车；开关的合与断；继电器的激励与释放；等等。开关信号只要用一位二进的开关信号。

2. 数字信号

即可用二进制形式表示的数。数字信号可以是数字电压表、键盘、光电输入机、卡片机等输出的信息，也可以是频率输出型传感器的输出信息。数字信号微机可以直接接收。

3. 模拟信号

系指在规定的连续时间内，对信号的幅值可以在连续范围内任意取值。我们所讨论的微机数据采集系统主要处理的即是这一类信号。一般，常称微机数据采集系统处理的信号为数据(DA-TA)，各类传感器为数据传感器。

(二) 数据采集系统的典型结构

实际使用的微型机数据采集系统具有大致相似的典型结构(见图1-1)。系统由四部分组成：

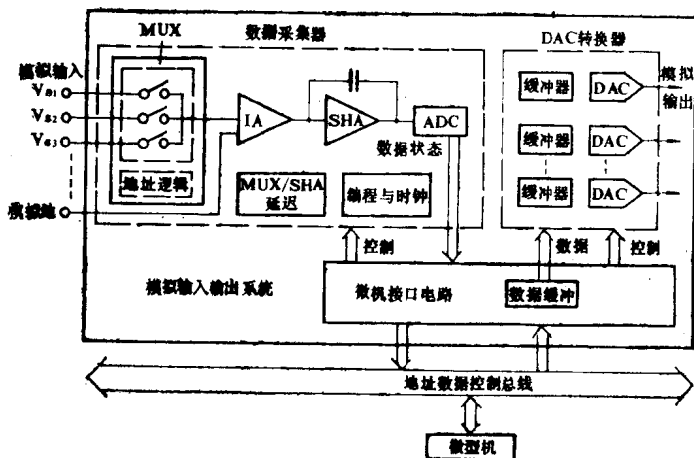


图1-1 微型机数据采集系统典型结构图

1. 数据采集器

包括多路开关MUX，测量放大器IA，取样保持放大器

SHA, 模数转换器ADC等。可将多个现场模拟信号逐个采样再量化成为数字信号后送往微型计算机。

2. 微机接口电路

用来传送数据采集系统运行所需要的数据、状态信息以及控制信号。

3. 数模转换器

将微机输出的数字信号再转换为模拟信号, 以实现系统要求的显示、记录与控制任务。人们将包含模数转换器的数据采集系统也称为模拟输入与输出系统。

4. 应用软件

在许多场合, 多路开关MUX之前还要配置前放与低通滤波器, 以进一步提高输入模拟信号的幅值并减小噪声的影响。

实际上, 从数字信号处理的观点, 我们可以将图1-1改画成如图1-2所示框图。输入的模拟信号(时间、幅值均在连

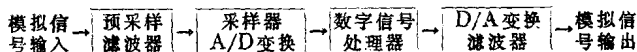


图1-2 数字信号处理系统框图

续变化范围内取值) 首先经过一连续时间的预采样滤波器, 然后由采样器每隔 T 秒读出一次数据, 再由ADC量化为二进制数码, 即为微机可接受的数字信号。信号的采样脉冲应做得很窄, 以便在脉冲空余时间可以进行多路复用。在微机输出端, 利用数模转换器DAC, 可将数字信号再转换为模拟信号。在此转换过程中, 二进制数首先转换为连续时间脉冲。脉冲之间空隙则利用“重建滤波器”填充恢复平滑。

信号的处理过程如图1-3(a)与(b)所示。其中 $X(t)$ 为输入模拟信号。采样号脉冲可以表示为图1-3(c)所示的二进制数。图中用了较宽的时间间隔来表示这些量化的二进制数。

实际上, 代表二进制数的码位应该很短, 以留有足够的空余时间为其它各路信号使用。

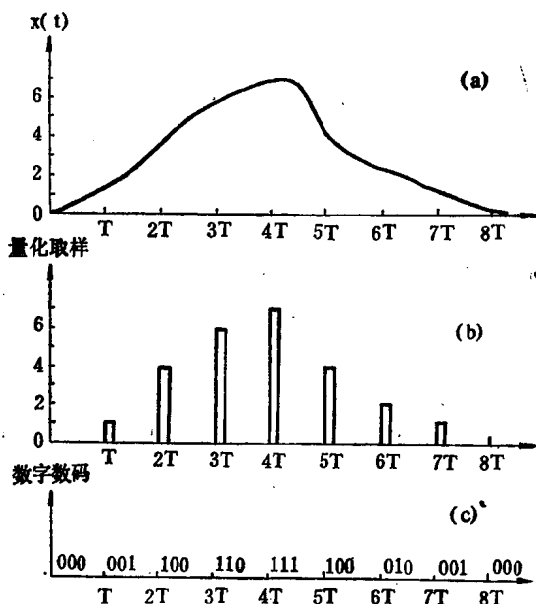


图1-3 采样与数字转换过程

(三) 数据采集集中的一些问题

模拟信号的采样和量化以及转变为二进制数的过程, 总称为模数转换(ADC)。下面比较仔细地讨论数据采集集中的一些问题。

1. 量化噪声

数据采集系统应具有把模拟信号转变为数字信号的功能。所谓数字信号, 是指在时间上和幅值上经过采样和量化的信号。数字信号可以用一序列的数来表示, 而每一个数又是由有限个数码来表示的。图1-4表示一数据采集器, 它接收