

信号分析的数据采集

[英] K. G. 比彻姆 著

C. K. 尤 恩

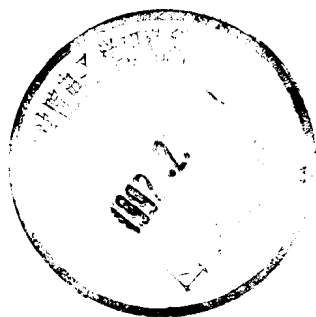
宁克明 李志强 等译

国防工业出版社

530052
102

信号分析的数据采集

〔英〕 K. G. 比彻姆 著
C. K. 尤 恩
宁克明 李志强 等译



国防工业出版社

9210061

(京)新登字106号

DT36/15
内 容 简 介

本书阐述了数据采集的原理和信号分析的先进方法,系统地论述了从信息源采集的信息转换成适用于科学分析形式全过程所涉及的理论以及装置设备,诸如传感装置、预处理与数字化以及应用计算机进行实时数据处理等有关的设备功能。

本书内容简练,取材新颖。

本书适合试验测试专业的工程技术人员和高等院校的师生阅读,也可供从事有关工程技术设计的人员参考。

DATA ACQUISITION FOR
SIGNAL ANALYSIS
K. G. BEAUCHAMP
C. K. YUEN
London
GEORGE ALLEN & UNWIN
Boston Sydney
1980
*

信号分析的数据采集

[英]K. G. 比彻姆 著
C. K. 尤恩
宁克明 李志强 等译

*
国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*
850×1168 1/32 印张8⁵/₈ 222千字

1992年1月第一版 1992年1月第一次印刷 印数: 0,001—2,000册

ISBN 7-118-00854-0/TP·111 定价: 7.95元

译 者 的 话

本书系统的从信号源与能量传输传感部分的数据测量开始到预处理、数据采集以及应用现代化计算技术，对按照工程要求的程序最终给出准确结果的全过程作了详细地介绍。电测技术在各个领域的应用越来越广泛，本书的译出适应发展与普及的需要。由于往往从事数据分析的人员并不是既有相关专业技术知识又有电子方面实践经验的，对于建立一种同时满足这两方面知识的人员就显得十分必要，本书则提供了所需的基础知识和通用知识。

参加翻译的还有章熙康、史尚畚、陈其炯。

译者在此还对为该书译校给予帮助的杨大懌、荣宪志和李军表示感谢。

限于水平，译文不当之处，请读者批评指正。

译者

序 言

过去的十年，在数据采集的应用方法和设备方面已有了迅速的进展。这主要是由于数字技术和集成电路技术有了很大的发展，使人们可以采用新的技术以及更复杂而极可靠的器件和系统的缘故。随着这一进展，人们越来越需要有关这些设备的使用方法以及它们在特定条件下的使用限度的知识，而这些知识应是综合性的和易于接受的。本书对填补这种知识空白是一种尝试。

遗憾的是，往往有这种情况，从事数据分析的人员并不是既有技术知识又有电子方面实践经验的。但对于要建立一种同时能满足测量和分析要求的科学数据采集系统来说，这两方面的知识都是需要的。不管人们是否意识到，该系统往往要担负起真实地采集数据的任务。即使在这种情况下，两种人员也都需要充分了解工作主题，才能进行有意义的交流。近来，由于发展重点放在与数据采集“智能”技术有关的微处理机上，这就大大地扩大了系统设计和数据分析可供选择的范围，因而对知识广阔性的要求已成为当务之急。

本书的目的是提供所需的基础知识和通用知识。作者意图用本书来补充前著《信号分析的数学方法》。在前书中只讨论了数字分析方面的问题而把数据采集的基本问题留下在本书中讨论。

在我们安排的八个章节中，首先论述了数据采集装置中的主要组成部分，即测量、记录和数字转换的设备；然后，把这些设备作为整个采集系统的一部分加以讨论，并对微处理机作为这些系统中一个组件时的作用加以研究。同时还研究了在数据采集中所需的各种辅助部分，包括对通讯问题的介绍，因为在远距离存取数据并用各种方法传输到记录和分析装置时就会产生通讯问题。

在像数据采集这种包含有许多种不同专业的，范围宽广的专题中，不可避免地许多有关的资料将被略去，另外，对于确实很复杂的特殊领域要给以简化处理。对微处理机及其编程和接口技术的要求所作的极简单的介绍，就是一个明显的例子。仅这些课题本身就需要许多本优秀而且完整的教科书予以讨论。不过，由于在每章的最后附有许多参考文献，我们希望对围绕着有效地采集数据的许多问题，本书将成功地提供概括的论述，同时还为专业读者指出深入研究的途径。

K.G.比彻姆

兰开斯特大学

C.K.尤恩

塔斯马尼亚大学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 信号源与能量传输	2
1.3 连续的和采样的数据采集	3
1.4 人工输入数据	5
1.5 联机数据采集	6
1.5.1 数据记录	8
1.6 可见数据的采集和转换	9
1.7 计算机入门	9
1.7.1 逻辑元件	14
1.8 遥感与遥测	21
1.9 数据采集系统的原理	22
参考文献	24
第二章 数据测量	25
2.1 引言	25
2.2 传感器	25
2.3 位移测量	27
2.4 加速度与振动测量	31
2.4.1 地震式加速度计	32
2.4.2 压电式加速度计	35
2.4.3 振动传感器	36
2.4.4 反馈式传感器	37
2.5 角速度测量	39
2.6 液体流量测量	39
2.7 光传感器	42
2.8 声学传感器	42
2.9 其它能量的测量	43
2.9.1 温度测量	43

2.9.2 湿度和氢离子浓度(pH值)的测量	45
2.9.3 真空度测量	46
2.10 信号调节	48
参考文献	50
第三章 预处理	51
3.1 引言	51
3.2 信号放大	53
3.2.1 仪器放大器	55
3.2.2 容性放大器	57
3.2.3 电荷补偿放大器	58
3.2.4 采样-保持放大器	59
3.3 滤波器	60
3.3.1 模拟有源滤波器	61
3.3.2 软件数字滤波器	66
3.3.3 硬件数字滤波器	73
3.4 趋势消除	76
3.5 抽取	78
3.6 校准方法	79
参考文献	83
第四章 数据采集	84
4.1 引言	84
4.2 用墨水在纸上的记录法	84
4.2.1 描笔式记录仪	85
4.2.2 “无笔”图形记录	86
4.2.3 电位计记录仪	87
4.2.4 X-Y绘图机	87
4.2.5 线状图形的转换	88
4.3 模拟式磁带记录	89
4.3.1 记录系统的基本部件	90
4.3.2 直接记录法	90
4.3.3 直接记录法的限制	94
4.3.4 频率调制记录法	97
4.3.5 记录和重现磁头	99
4.3.6 磁带传送机构	100
4.3.7 控制装置	101
4.3.8 磁带移动误差	102

4.3.9 误差补偿.....	104
4.3.10 调频系统的 IRIG 标准	104
4.3.11 试验和校准	107
4.4 数字记录和存储	109
4.4.1 磁带记录.....	110
4.4.2 磁盘和磁鼓记录.....	112
4.4.3 数字记录方法.....	113
参考文献	118
第五章 数字化	119
5.1 引言	119
5.2 采样与量化	119
5.2.1 理论的论证.....	123
5.2.2 混淆.....	125
5.2.3 量化噪声.....	126
5.3 模拟-数字转换器.....	127
5.3.1 轴式编码器.....	127
5.3.2 电子转换器.....	129
5.3.3 锯齿波保持法.....	132
5.3.4 逐次逼近法.....	133
5.3.5 平行法.....	137
5.3.6 多路传输系统.....	139
5.4 图像数字化	141
5.4.1 移动光源.....	142
5.4.2 电视摄像机的使用.....	144
5.4.3 移动取样法.....	145
5.4.4 数字化转换.....	146
5.4.5 采样和量化.....	146
5.4.6 噪声问题.....	148
参考文献	150
第六章 数据采集系统	151
6.1 引言	151
6.2 数据显示系统	152
6.2.1 仪表.....	153
6.2.2 数字显示.....	154
6.2.3 示波器.....	155
6.3 数据记录系统	157

6.3.1 模拟与数字记录的比较	161
6.4 数据处理系统	163
6.4.1 门限控制	163
6.4.2 持续时间检测与事件计数	165
6.4.3 统计值	167
6.4.4 谱分析	170
6.5 综合数据系统	170
6.6 互联及标准	173
6.7 数据采集系统实例	177
参考文献	184
第七章 数据采集用的微处理器	185
7.1 微处理器硬件介绍	185
7.1.1 存储器	186
7.1.2 程序计数器和指令寄存器	189
7.1.3 实例	193
7.1.4 转移码与条件码	199
7.1.5 子程序转移与堆栈	201
7.2 输入-输出与接口	203
7.2.1 输入-输出传送	203
7.2.2 缓冲器	204
7.2.3 中断	207
7.2.4 直接存储器存取	209
7.2.5 总线及其它组件	209
7.3 微处理器软件发展	210
7.3.1 汇编程序	210
7.3.2 自我和交叉汇编	213
7.3.3 高级语言与程序包	215
7.3.4 发展系统	216
7.4 数据采集系统中的微处理器	221
7.4.1 输入-输出接口	221
7.4.2 预处理	223
7.4.3 综合系统控制	224
7.4.4 微处理器的选择	226
参考文献	228
第八章 远距离数据采集	229
8.1 引言	229

8.2 被动遥感	231
8.2.1 光	231
8.2.2 红外线辐射	234
8.2.3 紫外线和其它射线	235
8.2.4 无线电波	236
8.2.5 振动	236
8.3 主动遥感	237
8.3.1 雷达	237
8.3.2 地震波	239
8.3.3 声纳	240
8.3.4 激光	242
8.4 电信导论	243
8.4.1 信号的直接传输	243
8.4.2 载波与调制	247
8.4.3 调制解调器	251
8.4.4 讯道利用——多路复用和误差防止	254
8.5 遥测	258
8.5.1 载波遥测	258
8.5.2 短距离无线电遥测	260
8.5.3 长距离无线电遥测	262
参考文献	264

第一章 绪 论

1.1 引 言

计算机是处理信息的工具。但是，在能够开始处理之前，需要把将由计算机处理的数据收集起来。首先，需从信息源处采集到所需的信息。然后，需把信息转换成一种特殊的形式以适用于我们想进行的某种分析和操作。这两步的过程称为数据采集。举个实例，人口统计的信息源是个别人的。数据采集来自每个人并用适当的形式记录下来。除非作了专门安排以保证这些形式能直接为计算机阅读外，通常需将数据转换成机器可读的状态，比如，作成计算机用的穿孔卡。但即使如此，数据采集的过程也未必已完成。人们会感到在全部原始数据上完成全部分析，因其量太大，太麻烦了，可以用不同的方法将信息概括成各种表格以作为进一步专门分析的中间结果。有时，当我们取得这些中间结果后就可以舍弃掉那些原始数据了。

本书主题——数据采集，是一种范围有限的数据收集。主要是科学家和工程师对此感兴趣。它有两个特点：第一，我们要采集的信息限于物理变量，如温度、速度和电流等。信息源可以是人类、动物、植物、非生物或工业设备，而为了采集到所要的信息就需要将一些测量装置连接到这些物体上，以便能够确定物理变量的值。这意味着需要设计出一些专用装置以便于把测量装置的输出转换成适合于计算机处理的形式。第二，物理变量通常是时间的函数。实际上有些量随时间变化得很快，因而，数据采集过程需要高度自由化，以使数据采集装置在速度上能与信息源匹配。

前面的论述概括地说明了为什么数据采集是一种与数据收集

9210061

在性质上不同的课题；也说明了为什么这种课题势必要面向着工程学，特别是电子学。许多种测量和数据转换装置中有电子组件，而设计数据采集系统必定要涉及许多工程知识。

然而，由于数据采集系统的广泛应用，它已经在相当程度上实现了标准化，并且，设计过程除了在特殊领域外，也已经高度地积木化了。许多制造者出售的设备具有数据采集过程所需的意义明确的部分功能。一个精通的用户用这种模块去建立一套完整的数据采集系统时不会有很大的困难，尽管他可能对这些模块的内部结构知道的很少。本书的目的是一步一步的讨论数据采集系统中各种组件的功能和特性，以帮助读者成为如上所述的一个精通的用户。

对这样采集到的数据的处理是一个独立的课题，在许多书中得到了充分的论述，其中，也有作者所著的本书的姊妹篇^[1]。本章之后的参考文献中列出了其中一部分书目^[2~8]。

1.2 信号源与能量传输

在数据采集的实用中，任何一个载有信息的物理变量被称为信号。但是，必须明白，一个具体的变量，是否含有信号要取决于人的观点。当某人想要收听一个特定的无线电台，那么，从其它电台传来的播音对他来说仅仅是种不需要的干扰，或叫做噪声，尽管其他收听者都把那些播音认为是很好的信号。这样，物理变量的范围事实上是无限的；它们可以是潜在的信号，其信号源的范围也同样是无限的。我们可以用几种办法对信号分类。一种方案是按照其信号源分类；另一种方案是按照信号本身的物理性质分类。按前一种方案可分类如下：

1. 生物信号：由植物和动物产生的信号，如体温和二氧化碳发生率。

2. 生理信号：由人体产生的信号，主要用于医疗诊断目的，如脑电波（脑髓X光摄影）和心电记录（心电图）。

3. 环境信号：由自然界某些综合现象产生的信号，如风速、河水流速、日光强度、特定地区的动物数量或植物密度。

4. 仪器信号：由实验室设备或工业设备产生的信号（如振动、压力改变等）。

该表述不一定很完全，但确实包含了我们感兴趣的用计算技术进行处理的大部分信号。

谈到信号的物理性质，能携带信息的最最重要的物理变量是电流或电压，因电信号易于产生，检测和控制，而且其特性已较为人们所熟知。因此，尽管可以用其它方法处理信息，但我们的许许多多的测量装置和处理设备的器件都是以电为基础的。一些信号在其发源处就是以电的形式产生的，如心电记录器。其它大部分信号是与某些能量形态有关，不管是机械能（力、速度、加速度、声），热能（温度）或电磁能（光、辐射）。众所周知，能量可从一种形态转变成其它形态，这就是上述每一种变量都可以用来产生电信号的原因。例如，传声器由声音产生电流，而光电探测器由光产生电流，应变计则由力产生电流。因而，不管信号在原始产生时的形态是什么，我们总是可以把信息转变为一种电的形态。即，对一个给定的非电量信号，我们能制做出一些仪器，它们能接受这信号，并输出重现此信号中信息的电流或电压。这种仪器叫做传感器。它通常是数据采集系统与信号源之间的第一个接触点。直接的数字传感器是非常少有的，大部分传感器是把所研究的物理现象转换成一个连续的（模拟）信号，后继一种模、数转换器以产生一个为数字计算机能接受的输入。

1.3 连续的和采样的数据采集

如前所述，许多信号随时间而变化，它们通常是时间的连续函数，在每个不同的瞬时 t 具有不同的值。即使在一个有限的持续时间内，也存在着无限个不同的瞬间，而在每一个瞬间，信号可能有不同的值。因此，要完整地复制信号内的信息，在理论上

是不可能的，因为它要求我们采集无限多的数据量。此外，因每个信号值是一个连续变化着的量，即一个实数，如要以绝对的精确度去记录其数值，就会要求我们取无限多位的数，这也是不可能的。

我们知道数据采集的任何一个过程都涉及某些近似法。我们必须在一组离散的瞬时中测量一个信号，而信号在每一瞬时的真值用一个有限位数的表值来逼近。我们称第一过程为采样，第二过程为量化。图 1.1 表示其综合的效果。显然，采集到的数据，将与原始信号不同，这就是含有采样和量化误差。除了弄乱了曲线的形态外，其采样和量化的结果并没有造成根本性的差别。任何一种仪器都必然只有有限的反应时间，因此，永远不可能准确地重现一个信号中全部的瞬时变动。此外，信号本来总是处于各种干扰源中，而且含有误差。采样和量化仅仅是扩大了原已存在的误差值，而设计数据采集装置的任务就只是要确保把不管原因造成的总误差控制在一定的容许范围内。正如我们所知道的，已有一些明确数学关系式可用来估计采样和量化误差的大小，这些误差来自信号的性质和数据采集的参数。选择正确的采样率和数字精度，可以保证以最少的费用取得最高的精度。

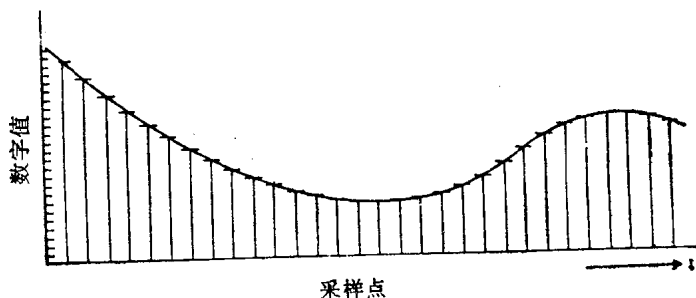


图 1.1 连续变量的数字化

由于计算机是数字式设备，因此，为将数据输入计算机就需要采样和量化。这个转换过程称为数字化。在现代技术条件下，由于许多原因，在数据处理中，主要采用数字方法。首先，在过

去 20 年中, 数字电路费用的降低, 使我们能以合理的价格获得复杂的设备; 其次, 数字方法是灵活的, 可以用编制适当的计算机程序的办法, 而不是用硬件设备来完成处理的任务, 对人们能进行的各类分析工作的限制很少, 而且变动也较轻微; 最后, 在一定的费用下, 数字式处理可达到更高的精度, 这是由于我们总是可以通过增加位数和采用更精确而稳定的公式来达到这个目的。

同时, 我们必须指出, 有可能不需要最初的数字化而对信号直接进行某些类型的处理。这种方法称为模拟数据处理。例如, 汽车变速箱实际上是一个可变比率的乘法器, 它将输入扭矩(发动机发出的)乘以由驾驶员选定的数值, 以产生输出扭矩。然而, 大多数模拟计算是以电信号为基础的。利用模拟电路除了可作众所周知的算术过程外, 还可对一函数进行微分和积分, 比较两个函数以及滤除不需要的频率等。

这样, 我们可以经常得知模拟法能够在数据采集过程中起有益的作用, 主要是用于数字简化和信号改善。例如, 有可能将一批数量大而变动迅速的信号组合起来以产生出数量少而变动缓慢的信号, 其中, 包括着我们感兴趣的全部的主要信息。这就大大地减少了后继的数据采集和处理的复杂性。有时, 我们还会遇到这种情况, 原始信号的特性分析与我们的仪器所要求的不同, 仪器无法处理它们。在这种情况下, 我们可能需要使用模拟电路将它们转换成与我们的设备相匹配的形式。总之, 我们应该仔细地分析一个特定数据采集问题的特殊环境, 以便决定如何在模拟技术与数字技术之间分配任务。

1.4 人工输入数据

大量的测量装置产生适合于人们观测的数据形式, 如温度表和气压表。其输出通常为模拟形式, 诸如水银柱长度或者表盘上指针的位置等。因为这种形式易于从输入信号产生且易于为观察者识读。这就是一种简单形式的数据采集: 从刻度器上读出数字

并写下，将这些数值用于随后的处理。显然，这只对变动缓慢的信号才是适用的，因为人的阅读和记录的速度是非常慢的。对此可作的第一步改进就是用仪器来完成信号记录工作。例如，把测量装置的输出指针连到一支笔上，而在笔下有一卷被恒速拉动的纸。当信号变化时，笔的位置就改变，这种变动被记录在纸上，其每一瞬时的数值记录在图形的不同位置处。随后，从图形上取得读数。这种安排解决了信号变动速率与人记录速度之间不匹配的问题，因为在纸上记录信号与人阅读信数据是分别进行的，而后者不必与前者在速度上同步。

然而，即使如此，从图上读出数值仍要花费体力。第二步改进是制做数字式仪表，它将信号值转换成数值。这种数值既可以在一个数字显示器上显示供人观察，也可以由测量仪表具有的硬拷贝机将数值打印出来，以节省写录的人力。当输入变化时，数字的输出可再次显示。

但是，还有一个问题，即把数据变成计算机可读，所需的费用问题。如数值只记在一张纸上，那就需由人将数据输入计算机，这可以由计算机终端打入，或在卡片上穿孔输入。在数据量很大时这是非常费钱的。下一个改进是将测量仪器连接到某种输出装置上。它在一种介质上产生的数据，可以用来直接输入计算机。过去，纸带曾一度被广泛地采用，然而在近几年来，根据价格情况，磁带、盒带和磁盘已可使用。

这样，在数据采集过程中，由人所起的作用已逐渐减少，因为他们的作用已逐步地为价格更低、性能更好的复杂仪器所接替。显然，下一个合乎逻辑的步骤就是将测量仪器直接连到计算机上。在下一节中，我们将讨论这种所谓联机数据采集的优点。

1.5 联机数据采集

当把测量装置直接连接到一台计算机时，就可取消中间的数据存储器以及将数据由采集系统传输到计算机的装置。这种做法