

德国大学测试技术经典教材

电测技术

(第八版)

Elektrische Messtechnik

(8. Auflage)

[德] Elmar Schröfer 著

段伟群 译



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

德国大学测试技术经典教材

电测技术（第八版）

Elektrische Messtechnik
(8.Auflage)

【德】 Elmar Schrüfer 著

爰伟群 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

/

内 容 简 介

本书讲述了电测技术的基本理论,包括国际单位制,静态测量误差和测量不确定度,测量仪器的动态特性和动态测量误差的校正方法等,以及传感器和测量方法等内容。本书理论阐述深入浅出,精选出来的应用实例典型详实、富有教益。本书采用了与传统不同的编排方式:不是按照被测量(如温度、压力、流量等)进行编排,而是按照传感器的输出改变量(如电流、电压、电阻及电感和电容等)来编排。这种独特的方式更符合教学规律,更具有系统性,也更容易为读者所接受和理解。此外,在本书中,增加了现代测量技术中常用的数字信号处理技术以及计算机辅助测量系统等内容,使得本书更具有时代的气息。

本书非常适合作为高等院校机械、电子、仪器、测控和自动化等专业本科生和研究生学习电测技术的教科书,对相关领域的科研和工程技术人员,也不失为一本极有价值的参考书。

Copyright © 2001 i.e. 2003

Carl Hanser Verlag, Munich/FRG

All Rights reserved.

Authorized translation from the original German language edition published by Carl Hanser, Munich/FRG.

本书中文简体版专有出版权由 Carl Hanser Verlag 授予电子工业出版社,未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号图字:01-2003-4010

图书在版编目(CIP)数据

电测技术:第八版/(德)施吕费尔(Schrufer,E.)著;爰伟群译.一北京:电子工业出版社,2005.2
书名原文:Elektrische Messtechnik(8.Auflage)

ISBN 7-121-00917-X

I. 电… II. ①施… ②…爰 III. 电测法 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 008516 号

责任编辑:杨丽娟 特约编辑:明足群

印 刷:涿州京南印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

印 次:2005 年 2 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:38.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。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。

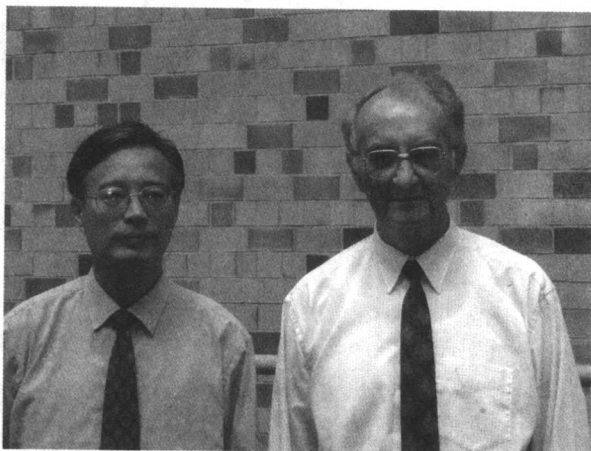


埃尔马·施吕费尔 (Elmar Schrüfer): 德国慕尼黑工业大学教授, 电测技术教研室主任, 德国联邦十字勋章和慕尼黑工业大学的 Max-von-Bauernfeind 奖章获得者, “测量技术德国高校教师论坛” 创始人及首任主席, 德国研究会、洪堡基金会和大众汽车公司基金会的专业评审人。

施吕费尔教授在电测技术、可靠性技术及数字信号处理等方面造诣很深, 在声表面波传感器和直管式科里奥氏力质量流量计等研究领域颇有建树。他的《电测技术》一书是德国高校的“标准”教科书, 为各大学所采用。

本书译者爰伟群教授与施吕费尔教授合影。

爰伟群教授, 上海同济大学中德学院教授、博士生导师, 德国博世基金教研室主任, 上海市计量测试学会理事, IEEE 学报“Instrumentation and Measurement” 的审稿人。



译 者 序

慕尼黑工大的 Schrüfer 教授是德国测量界一位德高望重的专家。长期以来,他所撰写的书籍被德国各高校广为采用,几乎可称得上是测量技术领域“标准”的教科书和参考书。《电测技术》一书是德国各大学有关电测技术的一本经典教科书。本书自 1983 年问世以来,一直广受德国高校教师、学生和工程技术人员的欢迎,目前已出到了第八版。其原因在于,Schrüfer 教授用最容易让人理解的方式表达原本不太容易理解的专业内容。看他的书既让人觉得水平不低,又让人觉得轻松愉快。我所执教的同济大学中德学院电学专业多年来一直采用他所写的教科书。虽然是德文原版,学生们也都反映良好,感觉受益匪浅。尤其是本书,既有一定理论,又很注重实际;既包含一些传统的内容,又介绍一些很先进的技术,确实不失为一本很好的专业书籍。个人感觉既适合于在校学生学习,也适合于从事相关专业的技术人员参考。本书的德文最新版本(第八版)于 2004 年夏在德国出版,而中译本的翻译工作则几乎是同步进行的。

值得一提的是,Schrüfer 先生是中国人民的一位真诚的朋友。正如他在本书“中文版序言”中所说的那样,他曾多次来华,在多所大学讲学。与此同时,也有相当数量的中国同行在慕尼黑工业大学他的教研室里进修过或短期访问过。自 1997 年以来,他受德国学术交流中心的委托,负责协调同济大学中德学院电学专业的教学和学生培养。七十高龄,不辞辛劳,做了大量细致的工作,甚至在老伴突然去世、孤身一人的情况下仍然不放弃这些工作,实在令人敬佩。

我有幸受电子工业出版社、慕尼黑 Hanser 出版社和 Schrüfer 教授本人的委托,将本书的最新版本译成中文,介绍给国内的读者,感到非常高兴。但由于受专业知识和德语水平的双重局限,译文中错误在所难免,恳切希望国内同行不吝指教。

在本书的翻译过程中,曾得到我的学生的大力帮助,他们是万辉、周涛、丘伟阳、姜华、贾志峰、童如松、王琪、牟恒、王宏伟、钱轶、张永明、潘滢、顾清、夏利华等,在此一并表示衷心的感谢。

译 者

2004 年 12 月于上海

中文版序言

测量技术这门专业课对德国高等技术学院和大学来说,通常是攻读学士或硕士的必修课程,尤其电子技术专业和机械制造专业的学生。这也说明了这门专业课对工程科学的重要性。手头的这本书目前在德国被广为使用,已出到了第八版。它不仅被大学生们所采用,也为已参加工作的工程师们所采用。

电子工业出版社决定出此书的中文版,对此我非常高兴。20多年来,我经常到中国去,并有幸在那里的大学授课和作报告。在这段时间内也不断有中国学者到我所在的教研室来。我就是这样结识了许多中国朋友,他们来自清华大学、华中理工大学、上海交通大学、同济大学、西北工业大学,还有不少来自其他一些大学。

我感到特别高兴的是,由爰伟群教授这样一位有才华的专家来翻译这本书。爰教授于1987年在德国获得博士学位,几十年来一直在测量技术领域工作。他曾在北京长城计量测试技术研究所工作多年,1999年成为上海同济大学中德学院的教授,曾在专业杂志,其中包括一些国际专业杂志上发表过多篇研究论文。

我祝愿本书能够得到中国读者的认可。我努力尝试让读者对该专业的了解变得容易些。相信读者也将从学到的知识中得到一定的乐趣。

Elmar Schröfer

2004年9月于慕尼黑

第八版序言

本书第八版的内容反映了技术进展的现状,并且得到大量的扩充。

举例来说,在作为理论基础的第1章中,深化了对测量不确定度的阐述;测量方法中增加了通过射频连接的无线测量方法;还新收入了两个较长的章节,一个章节专门阐述PC辅助的测量技术,另一个章节介绍离散的傅里叶变换。这样就不光只研究时间域的测量方法,而且也研究频率域的测量方法。在新的版本中还考虑到了DIN的有关规定,并且更新了文献目录。公式和公式符号根据标准使用了斜体。

当然,为了加入新的章节,不得不压缩先前的文本。作者谨慎地进行了这一工作。原书所确立的目标保持不变,内容仍然应当面向应用,难度不增加,不能因为压缩而使理解遇到困难。本书沿用了以前的章节划分和结构,传感器和敏感元件仍然和以前一样占据了很大的篇幅,对方法的强调要超过仪器的技术细节。

我要感谢修改过程中来自各方面的支持。这里特别要感谢我的同事 Leonhard M. Reindl 先生,在由他编写的第9章中,引入了他在计算机应用领域的大量经验。此外我的许多同事给了我有关内容缩减或扩展方面的建议。其中一些关键性的建议来自教研室的科研助手工学硕士 G. Lebelt 先生。这里特别要强调的是 Hermann R. Dobler 博士先生的才能和耐心。他仔细研读了文稿,并将手稿和所有的图形重新编写为电子文档。莱比锡专业图书出版社方面的 E. Hotho 女士、R. Rossbach 女士和 F. Kaufmann 女士非常协作地承担了审校和出版工作。在此谨向所有这些人的协作表示衷心的感谢。

E. Schröfer

2003年11月于慕尼黑

第一版序言

本书对电测技术的介绍是按照电工技术的观点来划分章节的。这样就不会在阐述最重要的测量仪器和测量方法时发生内容交叉和重复现象。

读者不一定非要一开始就全文阅读介绍测量技术基础理论的第1章。因为要理解这些理论,需要有一定的测量技术基本知识,而这些知识要在后面的章节中才介绍。后面的章节涉及有关电流和电压的测量,电阻、电感和电容的测量,以及相位角和频率的测量。其中首先涉及幅值模拟的信号,接着是数字信号,最后讨论时间模拟信号和频率模拟信号。

在内容的选择方面进行了尝试,不让过多的细节影响到对全貌的认识,但对选入书中的电路和测量方法则进行较为详细的阐述,分别用文字、公式、图形和表格进行解释。书中的数学推导是从非常一般的先决条件出发的。这样的目的在于减轻读者记忆的负担,并让学到的知识容易举一反三。

在章节划分方面,非电量电测的各种方法没有按照工程中的被测量,而是按照所产生或受影响的电量来安排的。这样就能使对信号处理有着重要意义的电特性得到更好的显现,且能联系起来讨论。书中对传感器和敏感元件以及它们所依据的物理效应进行了较详细的介绍。

总的来看,本书涉及的内容超出了入门课程的范围。它不仅面向大学生,而且也面向已在测量技术领域工作的自然科学家和工程师。希望通过本书向读者介绍目前可供使用的测量方法,并帮助读者在实际测量工作中进行合理的选择。

E. Schröder

1983年3月于慕尼黑

译名探讨

英文:Sensor

德文:Aufnehmer, Fühler, Geber, Messfühler, Messgeber, Sensor

计量名词译文:传感器

计量名词定义:直接作用于被测量,且能按一定规律将其转换成同种或别种量值输出的器件。

英文:Measuring Transducer

德文:Umsetzer, Messgeber, Messumformer, Messwandler, Messwertgeber, Umwandler

计量名词译文:测量变换器

计量名词定义:提供与输入量有给定关系的输出量的测量器件(输入量为被测量的测量变换器也就是传感器。传感器也可认为是初级测量变换器)。

英文:Transmitter

德文:Sensor, Geber

计量名词译文:变送器

计量名词定义:输出[量]为标准信号的传感器。

英文:Detector

德文:Detektor

计量名词译文:检测器

计量名词定义:用以指示特定量的存在而不必提供量值的器件或物质。

决定:

Aufnehmer	一般译为 传感器
Sensoren	一般译为 敏感元件,有时译为 传感器
Detektoren	一般译为 检测器
Fühler	一般译为 探测器,有时译为 传感器
Umformer	一般译为 测量变换器,有时译为 转换器
Geber	一般译为 变送器,有时译为 传感器
Sonde	一般译为 探头
Messer	一般译为 计
Meßdose	一般译为 测量元件,有时译为 传感器
Meter	一般译为 计
Element	一般译为 电池
Blindwiderstand	一般译为 电抗,而不译为 虚电阻,无功电阻
Scheinwiderstand	一般译为 阻抗,而不译为 视在电阻

Wirkwiderstand	一般译为 有效电阻,而不译为 直流电阻,电阻
Induktive Widerstand	一般译为 感抗,而不译为 感性电抗
Kapazitive Widerstand	一般译为 容抗,而不译为 容性电抗
Wirksame Kapazität	一律译为 有效电容
Impedanz	一律译为 阻抗

目 录

第 1 章 基础知识	(1)
1.1 电测技术的范围和意义	(1)
1.2 计量单位	(3)
1.2.1 国际单位制, SI 单位	(3)
1.2.2 单位及基本常数	(6)
1.2.3 力学基本单位的实现	(7)
1.2.4 电学单位的实现、复现、保存和传递	(8)
1.2.5 可溯源性; 德国的校准服务	(10)
1.2.6 量的方程及数值方程	(11)
1.3 测量仪器的静态特性	(11)
1.4 静态测量误差和测量不确定度	(13)
1.4.1 引言	(13)
1.4.2 影响量已知时的系统测量误差	(14)
1.4.3 影响量未知导致的测量不确定度	(15)
1.5 测量仪器的动态特性	(25)
1.5.1 一阶延迟环节	(26)
1.5.2 二阶延迟环节	(32)
1.5.3 有关时间响应特性的其他例子	(38)
1.6 动态测量误差	(40)
1.6.1 产生误差的可能性	(40)
1.6.2 动态误差的校正	(42)
1.7 测量装置的结构	(44)
1.7.1 链式结构	(44)
1.7.2 并联结构	(45)
1.7.3 环状结构	(46)
1.8 测量信号中携带信息的参数	(47)
1.9 非电量的电测	(49)
1.9.1 用于非电量电测的物理效应	(49)
1.9.2 传感器的信号处理	(50)
第 2 章 电流和电压的测量; 输出电压和电流的传感器	(51)
2.1 机电式测量仪器及其应用	(51)
2.1.1 测量机构	(51)
2.1.2 直流电流与直流电压的测量	(55)
2.1.3 交流电流与交流电压的测量	(60)
2.1.4 功率的测量	(65)

2.1.5	电功的测量	(70)
2.1.6	测量记录仪表	(71)
2.2	电子射线示波器	(73)
2.2.1	电子射线管	(73)
2.2.2	结构组件	(74)
2.2.3	专用示波器	(79)
2.2.4	电子射线示波器的工作方式	(80)
2.3	测量放大器	(81)
2.3.1	引言	(81)
2.3.2	非反相电压放大器	(85)
2.3.3	反相电流放大器	(90)
2.3.4	电压放大器的应用	(94)
2.3.5	电流放大器的应用	(95)
2.3.6	实际运算放大器的零点误差	(100)
2.4	输出电压的电动力学传感器	(104)
2.4.1	位移测量和角度测量	(104)
2.4.2	模拟电压的转速传感器	(105)
2.4.3	霍尔探测器	(105)
2.4.4	电磁流量计	(108)
2.5	输出电压的热学传感器	(110)
2.5.1	热电偶	(110)
2.5.2	集成 pn 结温度传感器	(115)
2.6	输出电压的化学换能器和传感器	(116)
2.6.1	原电池	(116)
2.6.2	用玻璃电极构成的 pH 值测量链	(116)
2.6.3	用固态离子导体进行氧测量	(118)
2.7	输出电荷的压电式传感器和热电式传感器	(121)
2.7.1	工作原理和材料	(121)
2.7.2	压电型力传感器	(122)
2.7.3	热电式红外传感器	(126)
2.8	光学换能器和传感器	(128)
2.8.1	光电池和光电二极管	(129)
2.8.2	用于位置测量和成像的光敏传感器	(131)
2.8.3	光电管	(133)
2.8.4	光电倍增管	(133)
2.9	离子辐射传感器	(134)
2.9.1	电离室	(134)
2.9.2	触发计数管	(136)
2.9.3	半导体辐射探测器	(137)
第 3 章	电阻的测量;电阻式传感器	(139)
3.1	电流和电压的测量	(139)
3.1.1	同时测量电压和电流	(139)

3.1.2 用参考电阻作比较·····	(140)
3.2 恒流源供电的应用·····	(140)
3.3 电桥电路·····	(144)
3.3.1 平衡式电阻测量电桥·····	(144)
3.3.2 不平衡式电阻测量电桥·····	(146)
3.4 电桥电路放大器·····	(150)
3.4.1 使用反相放大器的减法器·····	(150)
3.4.2 使用静电计放大器的减法器·····	(150)
3.4.3 载频电桥和载频测量放大器·····	(152)
3.5 测量位移和角度的电阻式传感器·····	(155)
3.6 电阻式温度传感器·····	(156)
3.6.1 金属电阻温度计·····	(156)
3.6.2 热导体(负温度系数热敏电阻)·····	(159)
3.6.3 冷导体(正温度系数热敏电阻)·····	(161)
3.6.4 硅电阻温度传感器·····	(162)
3.6.5 接触式电子温度计使用中的误差来源·····	(163)
3.7 通过温度测量确定工业过程量·····	(164)
3.7.1 液位显示器·····	(164)
3.7.2 热力学质量流量计·····	(164)
3.7.3 空气湿度的测量;气体浓度的测量·····	(166)
3.8 半导体金属氧化物气体传感器·····	(167)
3.9 光敏电阻·····	(168)
3.10 磁控电阻·····	(169)
3.11 电阻应变片·····	(170)
3.11.1 工作原理·····	(170)
3.11.2 金属应变片·····	(171)
3.11.3 干扰量·····	(172)
3.11.4 电阻应变片在应力分析中的应用·····	(172)
3.11.5 半导体应变片·····	(175)
3.12 电阻式传感器特性曲线的线性化·····	(176)
3.12.1 通过串联或并联电阻进行线性化·····	(177)
3.12.2 差动式电阻传感器的电压差的测量·····	(179)
3.12.3 半桥电路中的差动式电阻传感器·····	(180)
第4章 电抗和阻抗的测量;电感式和电容式传感器 ·····	(181)
4.1 电流和电压的测量·····	(182)
4.1.1 有效值的测量·····	(182)
4.1.2 与参考元件作比较·····	(182)
4.1.3 分别测量电抗和电阻·····	(183)
4.1.4 相角的测量·····	(184)
4.1.5 强迫振荡电路中的电流测量·····	(186)
4.2 交流平衡式电桥·····	(187)
4.2.1 原理·····	(187)

4.2.2	维恩电容测量电桥	(187)
4.2.3	麦克斯韦电感测量电桥	(188)
4.2.4	麦克斯韦-维恩电感测量电桥	(188)
4.2.5	移相电桥	(189)
4.3	交流不平衡式电桥	(189)
4.4	电感式传感器	(190)
4.4.1	用于位移和角度测量的插入衔铁式传感器	(191)
4.4.2	用于位移和角度测量的横向衔铁式传感器	(193)
4.4.3	短路环传感器	(194)
4.4.4	电感式位移和角度传感器的应用	(195)
4.4.5	用电感式环线探测装置检测车辆	(196)
4.4.6	磁弹性测力传感器	(196)
4.5	电容式传感器	(197)
4.5.1	改变极板的间距	(197)
4.5.2	改变极板的面积	(198)
4.5.3	改变电介质的几何尺寸	(199)
4.5.4	湿度或温度引起的介电常数的变化	(200)
4.6	电感和电容读出器在压差测量变送器中的应用	(201)
4.7	电感式位移传感器和电容式位移传感器的比较	(202)
4.7.1	磁场和电场的能量	(203)
4.7.2	电桥的最大输出功率	(204)
4.7.3	传感器变换位置所需要的控制功率	(205)
第5章	数字基础电路;时间和频率测量技术	(206)
5.1	二进制信号及其逻辑运算	(206)
5.1.1	二进制信号	(206)
5.1.2	二值信号的逻辑运算	(206)
5.2	数字化测量值的表示、显示和输出	(209)
5.2.1	二进制数制	(209)
5.2.2	十进制数的二进制码	(209)
5.2.3	数字显示;与刻度盘显示的比较	(211)
5.2.4	数字信号转换为电压;D/A转换器;数字控制的电压源	(212)
5.3	双稳态触发器	(213)
5.3.1	异步RS触发器	(213)
5.3.2	时钟脉冲控制的RS触发器	(214)
5.3.3	脉冲沿控制的D触发器	(215)
5.3.4	脉冲沿控制的JK触发器	(215)
5.3.5	脉冲沿控制的T触发器	(216)
5.4	计数器	(217)
5.4.1	二进制异步正向计数器	(217)
5.4.2	二进制同步正向计数器	(218)
5.4.3	同步BCD正向计数器	(218)
5.5	寄存器	(219)

5.5.1	并行寄存器	(220)
5.5.2	用于并行/串行转换的移位寄存器	(220)
5.5.3	用于串行/并行转换的移位寄存器	(221)
5.5.4	用多路选通器作并行/串行转换器	(222)
5.6	数字时间测量	(223)
5.6.1	概述	(223)
5.6.2	时间间隔的数字测量	(223)
5.6.3	一个周期的测量	(224)
5.6.4	相位角的测量	(224)
5.7	频率的数字测量方法	(225)
5.7.1	频率或脉冲速率的数字测量方法	(225)
5.7.2	两个频率或两个转速之比的测量	(226)
5.7.3	两个频率或两个转速之差的测量	(226)
5.7.4	通用计数器	(227)
5.8	时间间隔或频率的模拟测量	(228)
5.8.1	时间间隔的模拟测量; t/u 转换	(228)
5.8.2	频率或脉冲速率的模拟测量; f/u 转换	(228)
5.9	转速传感器	(229)
第6章	电量和机械量的模数转换器	(231)
6.1	带有多路选通器的采样与保持环节	(231)
6.2	直接比较式 A/D 转换器	(232)
6.2.1	比较器	(232)
6.2.2	带回差的比较器	(233)
6.2.3	带并行比较器的 A/D 转换器	(234)
6.2.4	串接式并行 A/D 转换器	(235)
6.2.5	对测量值进行渐次逼近的 A/D 转换器	(236)
6.3	电压/时间转换器和电压/频率转换器	(237)
6.3.1	u/t 双斜坡转换器	(237)
6.3.2	电荷平衡式 u/f 转换器	(239)
6.3.3	同步的电荷平衡式 u/f 转换器	(241)
6.3.4	Delta-Sigma 转换器	(241)
6.4	模数转换器的特征量	(244)
6.4.1	特性曲线	(244)
6.4.2	采样定律	(245)
6.4.3	转换速率和分辨率	(246)
6.4.4	量化噪声和有效 Bit 的个数	(247)
6.5	测量仪器中的 A/D 转换器	(249)
6.5.1	数字万用表	(249)
6.5.2	数字存储示波器	(249)
6.5.3	逻辑分析仪	(251)
6.6	用于机械量的 A/D 转换器	(252)
6.6.1	终端开关	(253)

6.6.2	编码式长度和角度传感器	(254)
6.6.3	增量式长度传感器和角度传感器	(255)
6.6.4	编码式和增量式长度传感器的比较	(257)
第7章	振荡测量	(259)
7.1	作为频率转换器的非稳态振荡电路	(259)
7.1.1	使用放大器和比较器的振荡电路	(259)
7.1.2	带辅助稳压源的多谐振荡器	(262)
7.2	谐波振荡器	(263)
7.2.1	非衰减振荡的产生	(263)
7.2.2	LC 振荡器	(264)
7.2.3	RC 振荡器	(266)
7.3	压电谐振器	(268)
7.3.1	整体振动石英	(268)
7.3.2	石英中的声表面波	(274)
7.3.3	可无线访问的传感器	(277)
7.3.4	超声波流量计	(279)
7.4	机械振动	(282)
7.4.1	特征量	(282)
7.4.2	相对振动测量	(282)
7.4.3	绝对振动测量	(284)
7.4.4	单片集成的加速度计	(286)
7.4.5	振弦式频率转换器	(287)
7.4.6	音叉式频率转换器	(288)
7.4.7	科里奥氏力质量流量计	(289)
第8章	频谱分析	(292)
8.1	任务的提出	(292)
8.2	连续时间信号的傅里叶变换(FTC)	(292)
8.3	离散时间信号的傅里叶变换(FTD)	(293)
8.3.1	从连续时间信号过渡到离散时间信号	(293)
8.3.2	连续时间信号变换和离散时间信号变换之间的区别	(294)
8.3.3	采样定理	(295)
8.4	采样时限信号的离散傅里叶变换(DFT)	(295)
8.4.1	有限个值组成的数据段;离散的频谱函数	(295)
8.4.2	FTD 与 DFT 之间的关系;加零	(299)
8.4.3	采样频率的选择	(301)
8.4.4	逆离散傅里叶变换 IDFT	(301)
8.5	采样的非时限信号的 DFT	(303)
8.5.1	常数信号	(303)
8.5.2	周期性信号	(306)
8.5.3	加零,采样频率和测量时间	(309)
8.5.4	逆离散傅里叶变换 IDFT	(311)

8.6	窗函数	(312)
8.6.1	评判准则	(312)
8.6.2	窗函数和它们的谱	(313)
8.6.3	给瞬态信号加窗	(316)
8.7	DFT 的应用	(317)
8.8	时域和频域的功率测量	(317)
第 9 章	计算机辅助测量系统	(321)
9.1	引言	(321)
9.2	个人计算机的结构	(321)
9.2.1	仪器技术	(321)
9.2.2	软件	(322)
9.3	接口和总线系统	(323)
9.3.1	引言	(323)
9.3.2	串行的 RS-232 接口和导出的接口	(326)
9.3.3	通用串行总线 USB	(328)
9.3.4	并行的 IEC 总线	(329)
9.3.5	使用蓝牙接口和 WLAN 接口的射频网络	(332)
9.4	带有集成数字接口的测量仪器	(333)
9.4.1	连接	(333)
9.4.2	控制	(333)
9.5	没有集成接口的测量仪器	(334)
9.5.1	原理	(334)
9.5.2	测量卡的结构	(335)
9.5.3	测量卡和计算机的连接	(338)
9.6	测量程序	(339)
9.6.1	测量程序的任务	(339)
9.6.2	计算机辅助测量过程的运行	(340)
9.6.3	虚拟的测量仪器	(343)
9.6.4	LabVIEW	(343)
9.6.5	MATLAB	(344)
9.7	例子:线性频率过程的测量	(345)
参考文献		(349)