

数字电压表及数字多用表 检测技术

冯占岭 编著



中国计量出版社

27



0010 1010 1001 1001

0010 0010 1010 1001 1001 00

0010 10

0010 1010

0010

数字电压表及数字多用表 检 测 技 术

冯占岭 编著

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电压表及数字多用表检测技术/冯占岭编著. 北京:中国计量出版社,2003.4
ISBN 7-5026-1734-5

I. 数… II. 冯… III. ①数字电压表—测量方法②数字式测量仪器—多用表—
测量方法 IV. TM933.22②TM 938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007940 号

内 容 提 要

本书系统地介绍了数字电压表、数字多用表(包括交直流数字电压表、交直流数字电流表、数字电阻表)、标准电压电流源、多功能标准源等数字式电参数仪表的技术特性、测量原理、使用技巧、维护修理、误差分析、计量检定方法、实验检测技术、抗干扰抑制和自动测试系统。这是一本全面介绍数字电压表和数字多用表的专著。本书内容丰富新颖,条理结构清楚,原理分析与实验技术相结合,涉及范围广泛,具有很强的实用性。

本书可供生产及科研单位、计量检定和进口验收部门、产品质检中心、国防军工系统、机械电子行业、邮电通信系统、石油化工和交通运输等单位的工程技术人员阅读,可作为数字仪表和检测技术培训教材,也可作为高等工科院校有关专业师生的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

E-mail jlfxb@263.net.cn

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 30.75 字数 727 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

*

印数 1—3000 定价:76.00 元

前言

科学技术现代化的今天,是电子技术和信息技术迅速发展的时代。数字电压表和多功能的数字多用表在工程测量、计量检定、科学实验、机械电子、电能电力、邮电通信、国防军工以及工矿企业等诸多领域中,有着非常广泛的应用。尤其是智能化数字仪表的普及和应用,在数字化、自动化、软件化测量技术中更发挥着重要的作用。

本书共分九章。编写内容以直流数字电压表为主体,分别叙述了数字电压表和数字多用表所包括的交直流数字电压表、数字电流表、数字电阻表以及标准电压(电流)源、多功能标准源(多功能校准器)和智能式电参数仪器仪表的技术指标、电路结构、误差分析计算、误差检定方法、计量检测技术、操作使用技巧、维护修理、实验技术、抗干扰措施、自动测试系统、国内外最新技术水平及发展趋势等。本书总结了作者 30 多年来长期从事数字电压表和数字多用表科研和检测技术工作所积累的经验,基本概念和原理分析与电路实例相结合,内容丰富新颖,实用性很强。

数字式电压表和数字多用表集精密电学测量、电子测量、脉冲数字技术、各种非电量测量、微处理器和计算机控制、智能化与自动测试系统为一体,突出地反映了当代测量仪器仪表的新技术和发展方向。可以预见,在我国大中专学生、科研实验室工作人员、计量检定测试人员、工矿企业技术人员、IT 产业工程师中,数字电压表和数字多用表作为通用仪表或计量标准仪表,会有更加广泛的实际应用和普及价值,手持式数字电压表和数字多用表也会进入普通百姓家庭中。如果您想购买各种数字电压表和数字多用表,读了本书后,也会对您选择合适的仪表有所帮助,以便更好地满足您的要求。

本书在编写过程中,得到了各行各业专家和同行技术人员的大力支持和帮助,并提出了许多宝贵意见。为此,作者表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免有不当或错误之处,殷切希望广大读者及有关专家批评指正。

作者

于中国计量科学研究院

2003 年 2 月

目 录

第一章 数字电压表基本工作原理	(1)
第一节 概述	(1)
一、数字仪表的种类	(1)
二、数字电压表发展过程	(1)
三、检测技术的重要性	(3)
第二节 数字电压表电路结构	(4)
一、数字电压表通用框图	(4)
二、数字电压表基本原理	(4)
三、AD 7555 型数字电压表的电路结构	(6)
第三节 A/D 变换技术	(9)
一、数字的表示方法	(9)
二、A/D 变换	(11)
三、D/A 变换	(12)
第四节 逐次逼近型和斜波式 V/T 变换型数字电压表原理	(13)
一、逐次逼近型数字电压表原理	(13)
二、斜波式 V/T 变换型数字电压表原理	(15)
第五节 双积分型数字电压表工作原理	(17)
一、工作过程	(18)
二、微机控制的双积分式 A/D 变换器	(20)
第六节 脉冲调宽型数字电压表工作原理	(22)
一、工作原理分析	(22)
二、7081 型脉冲调宽型 A/D 变换	(24)
三、脉冲调宽型数字电压表的主要优缺点	(25)
第七节 快速变换型数字电压表工作原理	(26)
一、快速测量变换技术	(26)
二、三次积分快速 A/D 变换	(26)
第八节 剩余电压再循环型数字电压表工作原理	(28)
一、工作原理	(28)
二、技术特性	(29)
第九节 复合型数字电压表工作原理	(30)
一、两次采样电感分压式 A/D 变换原理	(30)
二、复合型数字电压表的特点	(31)



第十节 数字仪表的显示器和供电电源	(32)
一、显示器概述	(32)
二、显示器件的种类	(32)
三、数字显示方式	(35)
四、数字电压表的供电电源	(36)
第二章 数字电压表的使用与维修	(38)
第一节 数字电压表的主要技术术语	(38)
一、测量范围和量程	(38)
二、分辨力和抗干扰能力	(41)
三、输入阻抗和零电流	(42)
四、显示能力和显示位数	(42)
五、测量速度和响应时间	(43)
六、信息输出	(44)
第二节 数字电压表的分类和特点	(44)
一、数字电压表的分类	(44)
二、数字电压表的性能特点	(46)
三、数字式与模拟式电压表的性能比较	(47)
第三节 数字电压表的操作和使用	(50)
一、面板结构和操作功能	(50)
二、地址选择开关的使用	(55)
三、PZ115A 型数字电压表的使用	(56)
第四节 数字电压表的预调和校准	(57)
一、数字电压表的预调整	(57)
二、数字电压表的校准	(58)
第五节 数字多用表的自动校准技术	(60)
一、自动校准原理	(60)
二、Datron 数字多用表的自动校准	(61)
三、Solartron 数字多用表的校准方法	(64)
四、自动校准技术的基本特点	(67)
第六节 数字电压表的维护和修理	(68)
一、数字电压表故障检查	(68)
二、数字电压表故障检修方法	(68)
三、故障检修常用仪器仪表	(69)
四、微处理器式数字电压表的故障检修	(70)
第七节 智能式数字多用表的自检和诊断功能	(72)
一、数字多用表的自检功能	(72)
二、数字多用表的故障自动诊断	(75)
三、数字电压表的可靠性	(77)
第八节 手持式数字多用表的普及和应用	(78)

一、国内外状况	(78)
二、手持式数字多用表的发展	(79)
三、普及型数字多用表的功能和类型	(80)
四、数字/模拟条图双显示数字多用表	(82)
五、普及型数字多用表测量功能的扩展	(84)
六、普及型数字多用表使用细则	(85)
第九节 典型数字电压表的主要技术指标	(86)
一、1281 型、1071 型及 1081 型精密数字电压表	(86)
二、7081 型、7075 型、7061 型及 7062 型精密数字电压表	(88)
三、8506A 型和 8508A 型微处理器式电压表	(91)
四、2000 系列数字电压表	(97)
五、HP 3458A 型和 HP 34401A 型数字电压表	(100)
六、TR 6877 型、2501A 型数字电压表	(103)
第三章 数字电压表的误差分析	(105)
第一节 数字电压表的误差源和误差公式	(105)
一、数字电压表的误差源	(105)
二、数字电压表的误差公式	(112)
三、数字电压表的误差曲线	(114)
四、误差系数的比例关系	(117)
第二节 变换量程引起的落差	(118)
一、数字电压表的落差	(118)
二、减小落差的方法	(119)
三、进制方式的比较	(121)
第三节 输入阻抗和零电流对测量误差的影响	(122)
一、输入阻抗的影响	(122)
二、输入零电流的影响	(123)
第四节 数字电压表的误差计算方法	(124)
一、数字电压表的误差计算	(124)
二、输入阻抗和零电流引起误差的计算	(126)
三、温度系数引起误差的计算	(126)
四、误差系数的计算方法	(127)
五、数字电压表长期误差的估计	(128)
六、数字电压表测量数据的处理	(129)
第五节 仪器仪表技术指标的解释	(131)
一、仪器仪表技术指标的组成	(131)
二、技术指标的物理含义	(133)
第六节 测量误差的表示方法	(135)
一、误差的表示方法	(135)
二、常用测量误差的说明	(137)

第四章 直流数字电压表的误差检定	(141)
第一节 检定工作的一般规则	(141)
一、检定概述	(141)
二、外观和通电检查	(141)
三、检定点选取和检定标准的选择	(142)
四、标准条件和额定工作条件	(144)
第二节 电学单位及数字电压表传递系统	(146)
一、溯源能力与电学单位的传递	(146)
二、直流电压和数字电压表传递系统	(147)
三、数字电压表的准确度等级	(149)
第三节 直接比较法检定	(150)
一、检定线路和原理	(150)
二、检定注意事项	(152)
三、检定直流数字电压表低量程的举例	(154)
第四节 直流标准仪器法检定	(155)
一、电位差计和分压箱法	(155)
二、差值法检定	(159)
三、标准电池法	(160)
四、多挡十进分压箱法	(162)
第五节 直流标准电压源法检定	(163)
一、标准源工作特性和误差	(163)
二、检定和操作过程	(165)
第六节 基于直流标准仪器法的检定装置	(166)
一、7105A 型检定装置工作原理及技术指标	(167)
二、自校准工作程序	(170)
三、检定操作方法和误差分析	(173)
第七节 高准确度数字电压表检定标准	(175)
一、标准部件的技术性能	(175)
二、总体误差分析	(177)
第八节 一种直流电压校准系统	(179)
一、系统的构成及工作原理	(179)
二、系统的技术特性	(181)
第五章 多功能标准源原理及特性	(183)
第一节 国内外标准源简介	(183)
一、直流标准源	(183)
二、交流标准源	(184)
第二节 直流标准源工作原理及特性	(186)
一、工作原理和电路结构	(186)
二、国产 BY2072 型多功能标准源	(190)

第三节 可编程直流标准电压电流源	(191)
一、微处理器控制式直流标准源	(191)
二、YJ93 型可编程标准源	(194)
三、可编程标准电压电流源的技术特性	(195)
第四节 电子式电压标准	(197)
一、产生的背景和技术特性	(197)
二、电子式电压标准的误差校验	(199)
三、732A 型电子式电压标准的使用与维护	(202)
第五节 交流标准电压电流源	(203)
一、交流标准电压源	(203)
二、交流标准电压电流源	(206)
三、交直流标准电流源	(207)
第六节 可编程多功能校准器	(208)
一、5700A 型校准器的技术特点	(208)
二、可编程标准源的设计	(209)
第七节 5500A/5520A 型多功能校准器	(212)
一、新一代的多功能校准器	(212)
二、优良的技术特性	(213)
三、先进的校准软件	(214)
四、简易的操作特性	(215)
第八节 交直流标准电压源的检定测试方法	(215)
一、直流标准电压源的检定测试	(215)
二、交流标准电压源的检定测试	(222)
第九节 标准源的自动校准技术	(225)
一、标准源的自动校准	(225)
二、5440 型直流电压源的校准技术	(225)
三、Datron 系列标准源的校准方法	(229)
第十节 一种多功能校准器的自动检定	(230)
一、直流电压和电阻检定	(231)
二、交流电压和电流检定	(235)
三、高频宽带检定	(238)
第六章 数字多用表及检测	(239)
第一节 数字多用表中的转换器	(239)
一、概述	(239)
二、数字多用表中的转换器	(240)
第二节 交流数字电压表	(241)
一、交流数字电压表的分类	(241)
二、交流电压的特征参量	(242)
三、交流数字电压表工作原理	(244)

第三节 有效值电压转换器	(251)
一、热偶式转换器	(251)
二、模拟运算式转换器	(253)
三、对数运算式转换器	(254)
四、计算机采样算法	(255)
第四节 交流有效值测量标准	(256)
一、一种 AC/DC 全固态电压转换器件	(256)
二、交流自动测量标准	(258)
三、交流有效值校准系统	(259)
第五节 交流数字多用表检定测试方法	(261)
一、交流数字电压表误差检定	(261)
二、交流数字电压表主要性能测试	(264)
三、交流数字电流表的检定测试	(267)
第六节 超低频电压的测量	(270)
一、超低频电压测量原理	(270)
二、用数字电压表测量超低频电压	(273)
第七节 交流数字多用表的波形响应和使用方法	(275)
一、电压电流的测量	(275)
二、交流数字多用表的测量和使用方法	(277)
三、交流标准源的正确使用	(279)
四、交流电压计量检定系统	(281)
五、交流电流计量检定系统	(281)
第八节 直流数字电流表及检定方法	(284)
一、直流数字电流表工作原理	(284)
二、直流数字电流表的检定测试方法	(286)
三、直流数字电流表的误差和准确度等级	(290)
第九节 数字电阻表及检定方法	(291)
一、数字电阻表工作原理	(291)
二、数字电阻表的检定测试方法	(296)
三、直流大电阻和小电流的测量技术	(299)
第七章 数字多用表测试及应用技术	(302)
第一节 输入特性及测试	(302)
一、输入阻抗的测试	(302)
二、零电流的测试	(304)
第二节 稳定误差和线性误差的测试	(306)
一、稳定误差的测试	(306)
二、线性误差的测试	(309)
第三节 显示能力和分辨力的测试	(311)
一、显示能力的检查	(311)

二、分辨力的测试	(312)
第四节 抗干扰能力的测试方法	(314)
一、串模干扰抑制比的测试	(314)
二、共模干扰抑制比的测试	(315)
第五节 一般电气指标的测试和检查	(316)
一、温度系数的测试	(316)
二、供电电源电压和频率的影响试验	(318)
三、辅助输出信息的测试	(319)
四、绝缘电阻和耐压强度试验	(320)
五、其他项目的检查试验	(321)
第六节 测试结果的处理	(323)
一、数据处理和检定误差	(323)
二、数据表格	(324)
第七节 数字多用表的应用技术	(326)
一、用数字电压表检定指针式电压表	(326)
二、测量比率值	(327)
三、带打印的数据采集器	(328)
四、数字电压表用于非电量测量	(329)
第八节 直流电阻仪器的数字化检测	(332)
一、用数字电压表检定直流电桥和电阻箱	(332)
二、用数字电压表检定标准电阻和分压箱	(334)
三、用数字电压表检定电位差计	(337)
四、用多功能校准器检定直流仪器	(339)
第九节 1281 型数字多用表的应用操作	(341)
一、键和菜单的设置	(341)
二、直流电压和交流电压测量	(341)
三、电阻测量	(344)
四、直流电流和交流电流测量	(346)
五、其他功能操作	(347)
第十节 计量保证方案及应用	(353)
一、计量保证方案及其特点	(353)
二、测量过程中的质量控制	(355)
三、计量保证方案的应用	(356)
第十一节 数字多用表的技术规格选择	(357)
一、数字多用表的技术规格选择	(357)
二、电压测量和量程选择	(358)
三、根据需要选择工具型数字表	(360)
四、检测校准与维修	(361)
第八章 智能式数字多用表及自动测试	(362)

第一节 智能式数字电压表	(362)
一、基本工作方式	(362)
二、智能式直流数字电压表工作原理	(363)
三、智能式数字多用表的内总线	(364)
第二节 智能式数字多用表的典型结构	(366)
一、8520A 型电路结构	(366)
二、7150P 型数字多用表	(367)
三、HG1850 型电压表	(369)
第三节 智能式数字多用表的运算程序功能	(369)
一、7065 型数字电压表的运算程序	(371)
二、8520A 型数字电压表的运算程序	(373)
三、1281 型数字多用表的校准运行	(375)
第四节 智能式 LCR 测量仪	(379)
一、交流电桥发展简况	(379)
二、智能式 LCR 测量仪工作原理	(381)
三、智能式交流测量仪技术特性	(383)
第五节 自动测试系统的组建	(384)
一、自动测试系统的连接方式	(384)
二、一种直流数字电压表的自动检定	(385)
三、建立数字多用表自动测试系统	(388)
四、编写测试软件	(389)
五、检定数据的处理	(392)
第六节 五功能数字多用表自动检定装置	(393)
一、检定装置及技术指标	(393)
二、如何实现自动测试	(394)
第七节 多功能校准器与数字多用表的误差性能比对	(396)
一、比对测试方案	(396)
二、测试软件	(398)
三、比对测试结果分析	(402)
四、比对评估	(404)
第八节 模拟式电表的自动检定	(408)
一、模拟式电表的半自动检定	(408)
二、微机控制电测仪表的检定系统	(411)
第九节 数据采集系统	(414)
一、数据采集系统概述	(414)
二、数据采集系统的电路结构	(415)
第十节 智能式数字多用表的发展	(417)
第九章 数字电压表的干扰抑制和保护技术	(420)
第一节 干扰的形式和特征	(420)

一、干扰的来源	(420)
二、干扰的形式和特征	(420)
第二节 串模干扰电压的抑制	(423)
一、对工频干扰的抑制——双积分技术	(423)
二、自动频率跟踪技术	(426)
三、滤波技术	(427)
第三节 共模干扰电压的抑制	(429)
一、浮地输入电路	(429)
二、双层浮地保护电路	(431)
第四节 测量电路之间的连接方法	(434)
一、保护电路结构分析	(434)
二、测量电压源及零值检测器的连接	(436)
第五节 数字电压表的屏蔽技术	(440)
一、单元电路之间的隔离	(440)
二、仪用对称放大电路	(443)
第六节 数字电压表保护技术问答	(444)
一、保护端的接法	(444)
二、同一种电路的五种接法	(447)
三、应变仪输出电压的正确测量	(449)
第七节 微伏小电压及其测量	(450)
一、微弱信号测量的重要性	(450)
二、直流纳伏小电压的测量方法	(452)
第八节 数字式纳伏表	(454)
一、电子式指零仪技术状况	(454)
二、高灵敏度自校式纳伏表	(456)
第九节 静电效应及其防护	(458)
一、静电的产生和放电	(458)
二、静电的防护	(459)
第十节 仪器仪表设计的现代化	(460)
一、仪器仪表设计的现代化	(460)
二、电子信息技术与检测技术	(461)
附录 全国计量检定人员考核统一试题集(第四分册)	
数字仪表专业项目试题和部分解答	(463)
参考文献	(478)

第一章 数字电压表基本工作原理

第一节 概 述

一、数字仪表的种类

数字仪表是把连续的被测模拟量自动地变成断续的、用数字编码方式并以十进制数字自动显示测量结果的一种测量仪表。这是一种新型仪表，它把电子技术、计算机技术、自动化技术与精密电测量技术密切地结合在一起，成为仪器仪表领域中一个独立的分支。

数字仪表的种类很多，应用场合各不相同，其内部结构也相差很大。根据仪表的用途（即被测量的性质）分为：数字电压表、数字电阻表、数字电流表、数字功率表、数字 Q （品质因数）表、数字静电计、数字电桥及电子计数器等。经过适当变换，还可制成测量多种非电量的仪表，如数字温度表、数字转速表、数字位移表、数字钟、数字秤、数字测厚仪及数字高斯计等，还有许多其他数字式测量仪器和测量装置。

数字电压表（DVM）是利用模拟/数字变换器（A/D）原理，以十进制数字形式显示被测电压值的仪表。DVM 除广泛用于电压测量外，通过各种变换器还可以测量其他电量和非电量，用途十分广泛。

数字多用表（DMM）是指可直接测量电压、电流、电阻或其他电参量的仪表，其功能可任意组合并以十进制数字显示被测量的结果。它通常具有直流电压、交流电压、直流电流、交流电流、电阻等多种测量功能。有些数字多用表还具有温度、频率等测量功能。但不论有多少测量功能，数字电压表及数字多用表电路结构的基础是直流数字电压表（DC - DVM），所以本书内容以直流数字电压表为主。

数字式电压、电流、电阻测量仪表除数字多用表之外，还包括各种校准器（Calibrator）。近年发展起来的直流电压参考标准（DCV Reference Standard），热电转换标准（Thermal Transfer Standard）等高准确度计量仪器也可归入这一门类。

科学技术的发展为测量（包括计量）提供了新的原理、新的技术、新的仪表及新型元器件，同时又对测量仪表提出了更新、更高的要求。数字电压表及数字多用表就是在这种基础上发展起来的新型仪表。

二、数字电压表发展过程

1952 年，美国 NLS 公司首创 4 位数字电压表，50 多年来，数字电压表有了不断的改进和提高。数字电压表是从电位差计的自动化过程中研制成功的。开始是 4 位数码显示，然后是 5 位、6 位显示，而现在发展到 7 位、8 位数码显示；从最初的一两种类型发展到原理不

同的几十种类型；从最早采用继电器、电子管发展到全晶体管、集成电路、微处理器化；从一台仪器只能测 1~2 种参数到能测十几种参数的多用型；显示器件也从辉光数码管发展到等离子体管、发光二极管、液晶显示器等。数字电压表的体积和功耗越来越小，重量不断减轻，价格也逐步下降，可靠性越来越高，量程范围也逐步扩大。

我国研制数字式电压表是从 1958 年开始的。1960 年研制成数字频率计，计数频率为 0~1MHz，准确度为 1×10^{-6} 。1964 年北京、上海同时研制出 5 位数字电压表。目前我国已有几十个单位研制和生产数字仪表，并出现了许多 6 位、7 位数字电压表，准确度达百万分之几甚至更高，分辨力已达到 $0.01\mu\text{V}$ ，微处理器式数字电压表已大量生产和广泛使用。20 世纪 80 年代初，我国科技人员依靠自己的力量，研制成多种类型、不同工作原理的数字电压表和数字多用表。并配有微处理器和 IEEE—488 接口，已接近当时的国际先进水平。20 世纪 80 年代以来，随着改革开放政策的实施，一些骨干厂相继从国外引进了智能式数字电表的制造技术，北京无线电技术研究所于 1982 年引进智能电表生产线和 8520A，8840A，8050A 3 种产品的制造技术，天津、上海、哈尔滨等电表仪器公司、厂家从国外分别引进了数字多用表的制造技术，这些骨干厂和研究所通过引进、消化、吸收，已推出了一批国产化产品，其综合技术指标接近和达到 20 世纪 80 年代中期的国际先进水平。与此同时，我国许多专家学者对数字仪表的工作原理和检测技术在理论上也进行了多方面的探讨，取得了一批科研成果。计量部门也建立了检定装置，制订了检定规程和量值传递系统。

回顾一下 DVM 的发展过程，大致可分为以下 3 个阶段。

1. 数字化阶段

20 世纪 50 年代至 60 年代中期，DVM 的特点是运用各种原理实现模/数 (A/D) 转换，即将模拟量转化成数字量，从而实现测量仪表的数字化。1952 年，第一台问世的数字电压表是采用电子管的伺服比较式；1956 年出现斜波式 V/T (电压/时间变换型)；1961 年出现全晶体管化的逐次逼近比较式；1963 年出现电压/频率 (V/F) 变换型 (单积分式)；1966 年出现双积分式 (双斜式) 等。这一时期的显示位数是 $3\frac{1}{2} \sim 5\frac{1}{2}$ 位。

2. 高准确度阶段

由于精密电测量的需要，DVM 开始向高准确度、高位数方向发展，出现了所谓复合型原理的仪表。如 1971 年日本研制的 TR-6567 (三次采样积分式)；1973 年英国研制的 SM-215 (两次采样电感分压比较型)；1972 年日本研制的 TR—6501 型 DVM 已达到了 8 位数。与此同时，对积分方案进行了改进和提高，出现了如 Dana 公司的 6900 型 (7 位)、Solartron 公司生产的 7075 型 (8 位)，其准确度可达百万分之几。

3. 智能化阶段

由于电子技术、大规模集成电路 (LSI) 及计算机技术的发展，使人们不久即研制出微处理器 (μP) 数字电压表，实现了 DVM 数据处理自动化和可编程序。因为带有存储器并使用软件支持，所以可进行信息处理，可通过标准接口组成自动测试系统 (ATS)。例如，Fluke 公司的 8506A 型、Solartron 公司的 7065 和 7081 型、Datron 公司的 1071 和 1281 型，以及 Fluke 公司的最新产品 8508A 型等。它们除了完成原有 DVM 的各种功能外，还能够自校、自

检,保证了自动测量的高准确度,实现了仪器、仪表的智能化。当前,智能式仪表发展十分迅速,而微处理式 DVM 在智能仪表中占的比重最大。智能化的 DVM 为实现各种物理量的动态测量提供了可能。

三、检测技术的重要性

多年来,在测量技术领域,各种模拟指针式电表、电位差计、电桥及分压箱等测量设备一直占据着主导地位。这些仪器仪表虽然有工作稳定、可靠、结构简单等多种优点,但操作麻烦、速度慢、量程范围小,不能实现自动化测量。数字式仪表克服了这些缺点,自问世以来发展迅猛,其应用范围也越来越广泛。

DVM 的高速发展,使它已成为实现测量自动化、提高工作效率不可缺少的仪表。数字化是当前计量仪器仪表发展的主要方向之一。而高准确度 DC-DVM 的出现,又使 DVM 进入了精密标准测量领域。与此相适应,测量的可靠性、准确性显得越来越重要。

DC-DVM 的准确度已从 10^{-4} 提高到 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 数量级。使用这种仪表都必须通过计量检定作技术保证,倘若盲目使用,不考虑 DC-DVM 的实际误差和校准误差等因素,往往会造成错误的读数。使用者也不能单纯按 DVM 的显示位数评估指标,必须用计量标准校验其测量误差的大小。

在电测量技术领域,直流电位差计、直流电桥、直流电阻分压箱、直流和交流指针式电压表、电流表、功率表及相位表等作为计量标准仪器仪表使用已有悠久的历史,其量值传递和周期检定已自成系统。如今数字式仪表在计量系统中,大部分可以取代上述各种仪器仪表。因此,各种她字仪表也必须纳入计量检测系统。

近 40 年来,我国除研制生产了大批数字仪表外,还从国外进口了大量的准确度的数字仪表,由于缺乏计量管理,使用不当,量值传递不统一,损坏返修和待测工作量很大,甚至造成了很大的经济损失。

测量是一种认识过程,就是用实验的方法将被测量与所选用单位的相同参量进行比较,从而确定它的大小。科学技术和结构工艺也与测量息息相关。现代化的测量仪器仪表是科学成果之一,但离开测量技术,科学便无从发展。例如,各种物理定律的正确性就必须通过精密的测试来验证。正是坚持理论与实验定量的一致性,才使科学技术获得进步并促进国民经济迅速发展。由此可见,各种仪器仪表的计量检定和性能检测在科学实验和国民经济中的地位是多么重要。DVM 广泛应用于测量领域中,其测量结果的准确度和可信度取决于它的主要性能和技术指标。评价某种 DVM 性能的优劣,产品质量是否合格,是否满足技术指标的要求,必须通过正确的检定和测试结果才能分析判断出来。

数字电压表和数字多用表的应用十分广泛,其准确度也越来越高。因此,研究它的检定测试方法,分析掌握它的工作原理和技术指标,是计量测试部门、科研单位、生产厂家、使用和维修单位的一项重要技术工作。本书所论述的检测技术,不仅适用于所有类型的数字电压表和数字多用表,也适合于用数字电压表和数字多用表来检测其他类型的各种仪表,实用性很强,适用范围也很广泛。为了充分发挥数字电压表和数字多用表的许多突出优点,必须掌握它的技术性能、检定方法和测量技术。

第二节 数字电压表电路结构

自然界中,许多物理量大多数是模拟量,需要进行适当的变换才能转化为数字量。例如,先把被测的模拟物理量通过变换器转换成直流电压,再将所得到的直流电压量转换成数字量;或者将所得到的直流电压转换成时间间隔,再转换成数字量。这个过程称为 A/D 变换过程。直流电压(DCV)的模拟量/数字量变换,是一种最基本的 A/D 变换,而直流数字电压表是数字仪表的主体和核心。将各种换能器、A/D 变换器、电子计数器、数字显示器、数字打印机、数据处理器和记录仪等组合在一起,便构成了一台典型的数字测量仪表。

一、数字电压表通用框图

直流数字电压表就是利用 A/D 变换原理,以十进制数字形式显示被测直流电压值的电表。DC-DVM 除广泛用于电压测量外,还可通过各种变换器测量其他电量和非电量。高性能的直流数字电压表是整个数字仪表的基本组成部分,图 1-1 示出了以变换器为核心的数字电压表的通用结构框图。

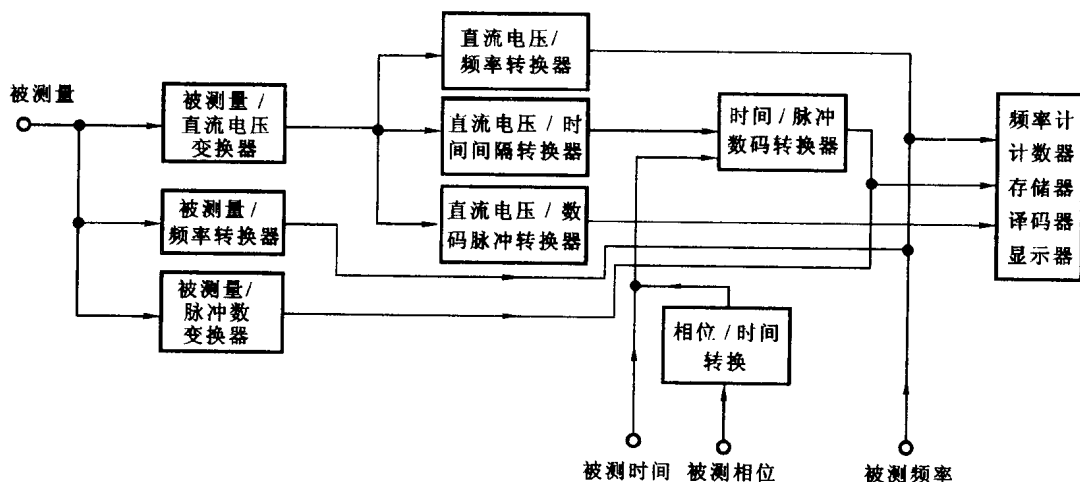


图 1-1 数字电压表通用结构框图

由图 1-1 可见,当被测量变换成直流电压后,由直流电压可变换成相应的频率量 f (即 V/F 变换式 DVM);也可以变换成相应的时间间隔 T (即 V/T 变换式 DVM),然后经过一次时间/脉冲数码变换成频率量 f ;另外一种则是通过直流电压/脉冲数码变换器变成频率量 f (即反馈比较式 DVM)。此外,某些复合型和派生型 DVM 的基本结构也是大同小异。

从图 1-1 还可以看出,有些物理量可直接变换成相应的频率或相应的脉冲数,而后直接由计数器读出。若被测量是时间、相位和频率,则更容易实现数字化测量。

二、数字电压表基本原理

数字电压表的电路结构比较复杂,而且不同变换原理的 DVM 的电路结构也有相当大的差别。但一台典型的 DC-DVM 主要是由输入电路、衰减器、切换开关、前置放大器、标准