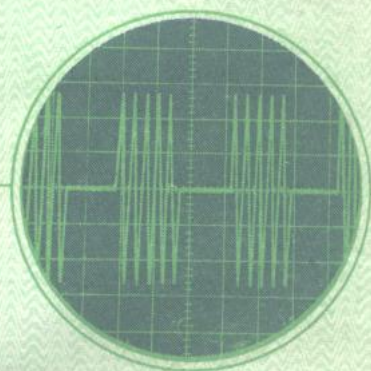


电子测量入门

下 册

(日) 电子学教育研究会 编
张 晋 纯 金 祥 译



中 国 计 量 出 版 社

电子测量入门

(下 册)

〔日〕电子学教育研究会 编

张晋纯 金 祥 译

王汝章 宋东生 校

中国计量出版社

内 容 提 要

《电子测量入门》共上下两册。上册的第一篇“电子测量的基本方法及其应用”，第二篇“同步示波器和模拟计算机的使用方法”。本书是《电子测量入门》的第三、第四篇。

第三篇阐述计数器的基本工作原理、结构及各部分电路的工作原理，介绍了计数器的使用方法和应用范围，最后讨论了数字电压表的基本原理和使用方法。

第四篇阐述万用表、各类电子电压表、各类信号发生器的电路结构、基本工作原理、性能特点、使用方法及应用范围，并结合实际电路介绍了大量的测试方法。

本书适于具有基本电路知识的工人、技术人员、电子技术爱好者和中专、技校有关专业的师生阅读。

電子計測入門シリーズ〔3〕、〔4〕

〔日〕エレクトロニクス教育研究会 編

日刊工業新聞社、478

电子测量入门(下册)

〔日〕电子学教育研究会 編

张喜纯·金 祥 译

王汝章 宋东生 校

—*

中国计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—*

开本 850×1162 1/32 印张 9.625

字数 243 千字 印数 1—10000

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

统一书号 15210·687

定价2.35元

译 者 的 话

随着科学技术的迅速发展，电子技术日益广泛地应用于国民经济的各个部门。因为用电子技术对电量或非电量进行测量具有灵敏度高、响应快、有利于进行数据处理、便于显示或记录等优点，所以应用极为广泛。

日本电子学教育研究会为普及电子测量知识，编写一套《電子計測入門シリーズ》，该书共有四个分册，分别为：《电子测量的基本方法及其应用》；《同步示波器和模拟计算机的使用方法》；《电子计数器和数字电压表的使用方法》；《万用表·电子电压表及振荡器的使用方法》。它很适于我国各行业非电子测量专业人员阅读，为此翻译介绍给我国读者。考虑到篇幅和读者阅读方便，译本分上、下两册出版。本书的第三、第四篇分别为原书的第三、第四分册。

第三篇阐述了电子计数器的总体结构、电路原理、使用方法、应用范围，还介绍了数字电压表的基本原理和使用方法。第四篇阐述了万用表、电子电压表、信号发生器的总体结构、工作原理、性能特点、使用方法及应用范围，并介绍了大量的测试方法。

该书内容通俗易懂、实用性强，适于具有基本电路知识的工人、实验室人员和从事测量工作的技术人员以及广大电子技术爱好者阅读，也可供中专、技校有关专业的师生参考。

本书第三篇由张晋纯翻译，第四篇由金祥翻译。王汝章审校了第四篇，宋东生审校了第三篇。在本书翻译过程中还得到了许多同志的热情帮助，在此仅表谢意。由于译者水平所限，错误和不妥之处在所难免，敬请读者给予批评指正。

译 者

1986. 5

目 录

第三篇 电子计数器和数字电 压表的使用方法

1. 数字化测量仪器的显示和记录	(3)
1.1 数字化测量仪器的优点	(3)
1.2 计数器的定义和功能	(4)
1.3 累计计数的具体应用	(6)
1.4 频率测量实例	(7)
1.5 时间测量的例子	(9)
1.6 功能开关的作用	(12)
2. 频率及其有关量的测量	(14)
2.1 A-D 变换器	(14)
2.2 传输门	(15)
2.3 计数器的两种类型	(17)
2.4 频率测量及其功能	(18)
2.5 集成化	(20)
2.6 从频率上分类	(21)
2.7 变频法和取样法	(23)
2.8 计数器的转速直读法	(25)
3. 通用计数器的工作原理	(27)
3.1 对传送带上的物体计数	(27)

3.2	时间基准电路的检验法	(28)
3.3	利用计数器测量周期的方法和原理	(29)
3.4	设定电平和斜率的用法	(30)
3.5	脉冲宽度的测量	(31)
3.6	计数器的时间间隔测量及其原理	(32)
3.7	频率比和转速比测量	(34)
3.8	一个量的测量有多种方法	(36)
4.	通用计数器的使用方法和电路概要	(38)
4.1	通用计数器电路的总体结构	(38)
4.2	三大功能的基本原理	(40)
4.3	通用计数器的面板及其使用方法	(40)
4.4	由晶体管化到集成化	(43)
4.5	衰减器的作用	(45)
4.6	差动放大器及其作用	(48)
4.7	整形电路的作用	(49)
5.	时间电路和闸门电路	(50)
5.1	触发电压的作用	(50)
5.2	晶体管振荡电路及其功用	(52)
5.3	分频电路的作用和误差问题	(53)
5.4	分频器和多谐振荡器	(54)
5.5	分频过程	(56)
5.6	闸门和闸门控制电路	(56)
5.7	闸门的工作过程	(58)
5.8	门控触发器的工作原理和作用	(60)
5.9	放大和闸门部分的实用电路	(62)
6.	复零和2进制电路	(64)
6.1	信号的流程和复零的作用	(64)

6.2	复零电路的工作原理	(66)
6.3	实际电路	(68)
6.4	双稳态触发器的种类	(71)
6.5	稳定状态的转换及其工作过程	(73)
6.6	T 触发器的工作过程	(73)
6.7	R-S 触发器的工作过程	(74)
6.8	J-K 触发器的工作过程	(75)
6.9	由复零状态输入第一个触发脉冲	(76)
6.10	第二个脉冲到来时的情况	(78)

7. 由 2 进制电路变为 10 进制电路的方法 (80)

7.1	以计数电路为中心看电子计数器的结构	(80)
7.2	2 进制和 10 进制	(82)
7.3	2 进制和 2 进制计数链	(83)
7.4	假如把触发器串联起来	(84)
7.5	N 进制计数器的构成	(85)
7.6	加上反馈时的情况	(87)
7.7	利用反馈法构成 10 进制计数电路	(88)
7.8	反馈法的实际电路	(91)
7.9	其它方法	(93)

8. 计数电路的工作和集成化 (95)

8.1	8-4-2-1 码	(95)
8.2	延时问题	(96)
8.3	门电路法的实际电路和工作过程	(98)
8.4	与门的作用	(100)
8.5	集成 2 进制计数单元	(101)
8.6	集成化计数电路	(102)
8.7	显示电路和计数电路的联接	(103)

9. 数字显示装置及其工作	(107)
9.1 气体放电数码管的发展史	(107)
9.2 辉光放电数码管的构造	(108)
9.3 新型显示器件	(109)
9.4 辉光数码管的驱动方法	(110)
9.5 3 输入端与门电路的作用	(111)
9.6 晶体管数码显示器及其原理	(111)
9.7 镶嵌式显示器的种类	(113)
9.8 点状显示器件	(116)
10. 计数器的种类和预置计数器	(118)
10.1 各种计数器的功能	(118)
10.2 测量用计数器的种类	(119)
10.3 附加装置的目的和种类	(124)
10.4 数字测量仪器和数字记录仪器	(125)
10.5 什么是预置计数器	(129)
10.6 预置计数器的具体应用举例	(129)
10.7 预置计数器的位数和实例	(130)
10.8 预置计数器的使用	(131)
10.9 电路组成	(132)
10.10 实际工作原理	(132)
10.11 集成化	(133)
11. 数字电压表及其种类	(136)
11.1 模拟电压表和数字电压表	(136)
11.2 A-D 变换器	(138)
11.3 电压-时间转换(斜坡式)数字繁用表	(138)
11.4 双积分式数字繁用表和基准电源	(141)
11.5 双积分式数字繁用表的工作原理和显示	(142)

11.6 V-F 转换式数字繁用表和逐次比较式数字繁用表	(146) ₂
------------------------------------	--------------------

第四篇 万用表、电子电压表及 振荡器的使用方法

1. 万用表及其应用技术	(151)
1.1 万用表的原理和使用方法	(151)
1.1.1 动圈式指示仪表的原理	(151)
1.1.2 动圈式指示仪表的构造	(152)
1.1.3 直流仪表加上交流后将会如何	(155)
1.1.4 万用表及其功能	(155)
1.1.5 万用表的实际电路	(158)
1.1.6 等级和测量精度	(160)
1.1.7 万用表的选择方法	(161)
1.1.8 操作注意事项	(161)
1.1.9 万用表和电子电压表的不同点	(161)
1.1.10 代替万用表使用的电子电压表的种类	(165)
1.2 使用万用表测量的技术	(166)
1.2.1 用万用表测试二极管及非线性电阻的方法	(166)
1.2.2 用万用表测试晶体管的方法	(167)
1.2.3 用万用表测量电子管电路的方法	(169)
1.2.4 用万用表检查晶体管仪器故障的方法	(169)
1.2.5 晶体管收音机的修理方法	(172)
1.2.6 用万用表测试电容器的方法	(175)
1.2.7 电压分贝的测量方法	(176)
2. 电子电压表及其应用技术	(178)
2.1 电子电压表及其种类	(178)

2.1.1	电子电压表在电压测量仪器中的地位	(178)
2.1.2	交流电子电压表	(180)
2.1.3	直流电子电压表	(185)
2.2	P型电子电压表	(187)
2.2.1	P型电子电压表	(187)
2.2.2	P型检波电路的工作原理	(188)
2.2.3	P型整流的波形	(189)
2.2.4	P型整流的度盘刻度	(191)
2.2.5	将万用表改造成电子电压表的方法	(192)
2.2.6	直流放大器的工作原理	(194)
2.2.7	场效应晶体管 (FET) 和测量仪器	(196)
2.2.8	P型电子电压表的总体结构	(198)
2.2.9	P型电子电压表的实际电路	(200)
2.2.10	电子电压表使用方法的注意要点	(200)
2.2.11	电子电压表的应用	(203)
2.3	毫伏计型电子电压表	(206)
2.3.1	毫伏表	(206)
2.3.2	优点及用途	(207)
2.3.3	结构	(208)
2.3.4	电路工作原理	(209)
2.3.5	毫伏表的实际电路结构	(212)
2.3.6	毫伏表使用注意要点	(218)
3.	使用振荡器和标准信号发生器 (SG) 的测量技术	(223)
3.1	音频振荡器 (RC 振荡器) 的分类	(223)
3.1.1	测试仪器按使用目的分为两类	(223)
3.1.2	振荡器、标准信号发生器和测试振荡器	(224)
3.1.3	三者的区别	(224)
3.1.4	RC 振荡器的分类方法	(225)
3.1.5	产品样本使用要点	(226)
3.1.6	RC 振荡的基本原理	(227)

3.1.7	相移振荡器	(229)
3.1.8	文氏电桥式振荡器	(230)
3.2	RC 振荡器的电路及其工作原理	(232)
3.2.1	文氏电桥式振荡器的振荡条件	(232)
3.2.2	振荡频率的设计方法	(233)
3.2.3	AVC 的作用和非线性元件	(234)
3.2.4	热敏电阻的使用方法	(235)
3.2.5	平衡式文氏电桥	(235)
3.2.6	稳定灯的作用	(237)
3.2.7	其它元件的使用方法	(237)
3.2.8	振荡器的电路实例	(238)
3.3	信号发生器(SG)的电路及其使用方法	(241)
3.3.1	信号发生器是测试仪器的鼻祖	(241)
3.3.2	信号发生器的用途	(242)
3.3.3	由粗笨结实向美观轻巧变化	(243)
3.3.4	按照频带进行分类	(244)
3.3.5	信号发生器的原理	(247)
3.3.6	分贝 (dB) 和电压 (V)	(249)
3.3.7	信号发生器产品样本所用术语的说明	(252)
3.3.8	信号发生器应具备的条件	(253)
3.4	测试振荡器的电路及其使用方法	(254)
3.4.1	测试振荡器和信号发生器的区别	(254)
3.4.2	测试振荡器的用途	(255)
3.4.3	按照频带进行分类	(255)
3.4.4	实际电路组成	(256)
3.4.5	高频振荡部分	(257)
3.4.6	调制振荡和放大部分	(258)
3.4.7	输出衰减器	(259)
3.4.8	晶体管式测试振荡器的电路实例	(262)
3.5	振荡器用于音响设备方面的测量技术	(263)
3.5.1	输入输出特性 (振幅特性)	(263)
3.5.2	频率特性	(265)
3.5.3	相位特性	(268)

3.5.4	输出阻抗特性	(265)
3.5.5	利用矩形波测量放大器	(269)
3.5.6	测量高性能放大器的失真系数	(270)
3.5.7	其它应用	(270)
3.5.8	失真系数的测量方法	(271)
3.5.9	目前立体声设备的失真系数	(272)
3.6	测试振荡器用于收音机、电视机和业 余无线电活动方面的测量技术	(273)
3.6.1	无线电接收机中频变压器的调整方法	(273)
3.6.2	调频收音机的鉴频变压器的调整方法	(275)
3.6.3	调频收音机的中频变压器的调整方法	(276)
3.6.4	根据扬声器声音调整中频变压器的方法	(276)
3.6.5	统调方法	(277)
3.6.6	短波波段的统调方法	(278)
3.6.7	接收机的性能试验	(279)
3.6.8	汽车收音机中频、振荡、高频电路在故障 检修后的调整方法	(280)
3.6.9	测试振荡器在业余无线电活动中的应用	(284)
3.6.10	测试振荡器运用于彩色电视机的检测	(287)
3.6.11	用于无线电唱机	(291)
3.6.12	L 、 C 的测量	(291)

1. 数字化测量仪器的显示和记录

1.1 数字化测量仪器的优点

电子学的应用技术门类繁多，范围极其广泛。目前，大致可以把它们划分为模拟电子技术和数字电子技术两大类。

模拟电子技术是用连续变化的电压和电流来模拟某些物理量（如温度、压力、湿度，等等）的变化，各种线性放大器、电视、雷达等，都是模拟电子技术的实际应用。数字电子技术则是把被研究的物理量用离散的数字信号来表示。电子计数器和数字电子计算机就是应用数字电子技术的典型例子。

从测量的观点来看，传统的电子测量仪器，几乎都是利用示波器的波形和电磁测量机构的指示（表头）来显示测量结果的模拟测量仪器。

模拟测量仪器的测量精度一般在1%以下，即便可以将测量精度提高到超过这个极限值，但由于人的眼睛无法精确地进行分辨，因此也是毫无意义的。

近年来，应用日益广泛的数字化测量仪器，由于它直接用数字或符号来显示被测量的数值，所以不仅有效地提高了测量精度，而且能够用简单的字符极其紧凑地记录下测量的结果。同时还可以对测量结果进行运算处理，因而在现代数字电子计算机中得到广泛应用。

数字测量仪器在使用上非常简单，工作人员容易掌握，而且比使用模拟测量仪器工作效率高得多。因此电子数字测量技术在新有工业领域、科研部门的应用也日益广泛。

独立的数字测量仪器，有电子计数器（参照图1.1）或数字

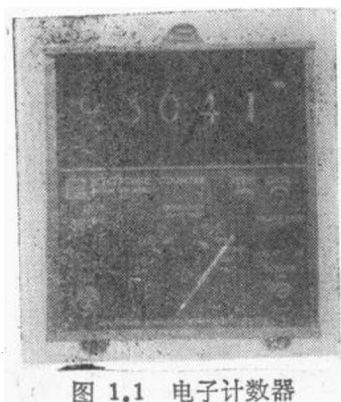


图 1.1 电子计数器

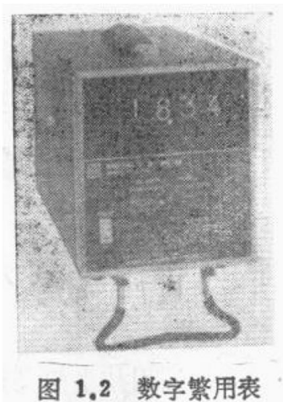


图 1.2 数字频率表

频率表（参照图 1.2）等，它们和一般数字测量仪器一样，随着晶体管、集成电路的普及，以及大规模集成电路的应用而得到不断地展。

1.2 计数器的定义和功能

所谓计数器可以说是一种对“事件”进行计数并能直接以数字形式显示出来的一种电子仪器。这里所说的“事件”是指所有能够变换为电信号的“事物”，这种可以进行计数的“事物”在自然界中是不计其数的，我们可以举出以下一些例子：

(1) 个数 (2) 张数 (3) 放射线 (4) 长度 (5) 距离 (6) 频率 (7) 频率比 (8) 频率稳定度 (9) 转速 (10) 转速比 (11) 转速变化 (12) 振动 (13) 重复周期 (14) 极短的时间 (15) 瞬态现象的速度 (16) 百分比误差 (17) 流量 (18) 流量比 (19) 转矩 (20) 轴功率 (21) 电压 (22) 电流 (23) 电阻。

电子计数器把计数的结果“通知”操作者一般有两种方法，一种是用醒目的数字显示出来，另一种是把计数的结果打印在纸上。

为了能够对所有不同种类的量进行计数，首先必须把它们与计数器联结起来。为此，必须首先将这些量变换为电信号。

具有把其它量变换为电信号这种功能的变换器，一般称之为传感器。关于传感器已在本丛书第一分册第一章中做过介绍（参照图 1.3）。

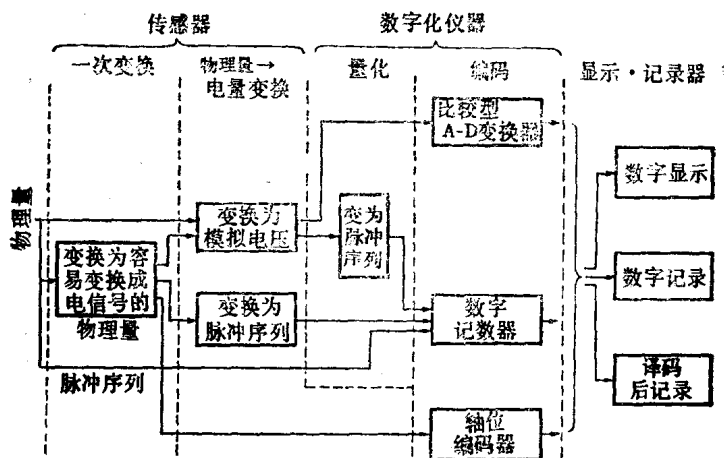
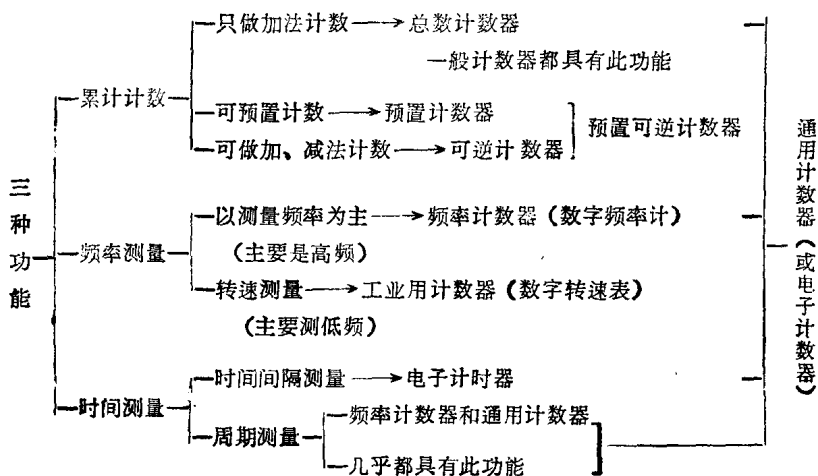


图 1.3 对所有物理量的数字测量

传感器是计数器的附件，必须根据不同的被测量选择各种相应的传感器。

表 1.1 计数器的三种功能



经过传感器变换出来的电信号，可以利用计数器对它们进行计数。计数器通常具有三种主要功能，在实际工作中要根据需要选择适当的功能。

选择功能的转换开关叫做功能开关 (FUNCTION)。上面讲到三种功能是：

- (1) 对输入信号连续地计数 (累计计数)；
- (2) 在确定的时间内对输入信号计数 (频率测量)；
- (3) 对周期准确的时标信号计数 (时间测量)。

表 1.1 总结了上述三种功能。

1.3 累计计数的具体应用

计数器的第一种功能——累计计数的具体应用有如下一些例子：

- (1) 对传送带上的成品计数 (糖果、肥皂、啤酒瓶、书籍、罐头、螺栓、钢板、机械或电气零件、整箱的物品等)；
- (2) 剪票口、百货商店、展览会的入场人数统计；
- (3) 行人、自行车、船舶等交通量的测量；
- (4) 电线、钢板之类物体的长度测量；
- (5) 距离测量；
- (6) 流量测量；
- (7) 重量测量；
- (8) 液面位置测量。

在上列那些累计计数的具体应用中，人们设计了各种各样的传感器。例如，在对传送带上的物品进行计数时，设计了如图 1.4 所示的光电传感器。它是利用传送带上的物品不断地遮断从光源射出的光束，再利用光电三极管把这个光束的变化接收下来，变换成为一个个脉冲信号，输入计数器进行累计计数的。

此外，还可利用诸如电磁方法、接近开关等产生计数脉冲。

假如需要测量电线或电缆的长度，那么可以想办法把电线或

电缆的移动转换为旋转运动，然后，将旋转变换成为电脉冲、进行计数。

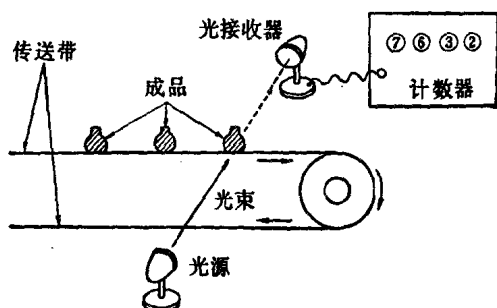


图 1.4 传送带上的物品

1.4 频率测量实例

第二种功能——频率测量的具体应用，可以举出以下一些例子：

- (1) 转速测量（内燃机、电动机、滚筒），
- (2) 频率测量（RC 振荡器、信号发生器、石英晶体片检验、线圈或电容测试）；
- (3) 机械振动的测量；
- (4) 遥测；
- (5) 流量测量；
- (6) 脑电测量；
- (7) 生产速率测量。

以上应用中使用着多种类型的传感器，譬如在测量内燃机或电动机的转速时，就采用了如图 1.5 所示的方法，即把轴的端面用黑白两种颜色各涂一半，或者装上类似的一个圆片，从光源发出的光束投射在端面上的一点，这样当轴旋转时，端面上光束照射那一点的反射率交替变化，反射出来的光束强度也发生变化，利用光电器件把光束的强弱变化转换成电脉冲输入计数器。这样