

电子工程师
成长之路

新手学用示波器

◎ 陈之勃 编著 ◎ 陈永真 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子工程师成长之路

新手学用示波器

陈之勃◎编著

陈永真◎主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

示波器是电子线路测试时最重要的测试仪器,由于示波器的操作相对万用表复杂得多,所以掌握起来比较困难。在电子线路测试越来越多的今天,示波器的应用已经变得必不可少。如何尽快地学会、熟练地使用示波器成为电子、电气工程师和电子爱好者必须掌握的基本技能。

本书以图文并茂的方式详细讲解了示波器的设置和操作,这使得本书变得通俗易懂。本书的主要内容包为什么使用示波器、示波器的基本原理、示波器面板详解、通用示波器使用实战、通用示波器探头的性能分析、示波器使用中可能出现的问题及解决方法,本书是一本示波器应用入门的书籍。

本书的读者主要为电气、电子工程师,科研人员,以及电子类相关专业的高校师生。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

新手学用示波器 / 陈之勃编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.1

(电子工程师成长之路)

ISBN 978-7-121-19210-4

I. ①新… II. ①陈… III. ①示波器—使用方法 IV. ①TM935.307

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 295323 号

策划编辑: 柴 燕

责任编辑: 侯丽平

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 字数: 294.4 千字

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

电子测量时需要测试仪表，最简单的是早期的指针式电压表、电流表等，再先进一点就是后来的数字万用表和电子电压表。这些测试仪表共同的特点是使用简单，同时显示结果也简单——只有电压或电流的数值。这些测试仪表所能适应的频率是有限的，如电磁系仪表是不能测试交流电的，要想测试交流电需要加整流电路，将电磁系仪表变为整流系仪表。真正能够测试交流电有效值的仪表是电磁系仪表，由于是测试有效值，所以交直流都可以测量。

上述介绍的电工仪表所适应的测试频段仅仅为直流电到 400Hz，而且所测试的电压幅值需要在 100mV 以上，更低幅值或更高频率的交流信号需要用交流毫伏表测试，但是交流毫伏表不能测试小信号直流电压。

对于所要测试的电压或电流是什么样的变化规律，其中是否夹杂着不应有的信号，仅仅用指针式仪表、数字万用表、交流毫伏表测试已经不能满足要求。其原因就是这时的电子线路中处理的信号已经不是正弦波电压信号，因此需要用一个能够看到这些信号随时间变化规律的真实、直观关系的测试仪器。

20 世纪 30 年代，雷达的出现和脉冲电路的大量应用使得测试宽频率范围、非正弦信号成为必需，这时所需要的测试仪器就是示波器。

真正意义上的示波器从开始使用到现在大约已有 70 年的时间，经历了从简单的示波器到脉冲同步示波器，再到今天的通用示波器的发展历程。示波器所显示的信号从单线到双线甚至多线，也就是说示波器可以在一个屏幕上同时、同步显示多个被测信号。示波器从阴极射线管的模拟示波器发展到 LCD 屏显示的“数字”示波器，频带宽度也从兆赫兹级延伸到吉赫兹级，从简单地显示波形到显示波形的同时还能显示被测信号的重要参数，这些示波器不断强大、完善功能，极大地推动了电子测试的进步。

示波器的发展也使得示波器从“阳春白雪”变为“下里巴人”——逐渐步入“寻常百姓家”。现在，大约 1500 元就可以买到双踪 20MHz 带宽的通用示波器，这使得示波器进入到更广泛的测试领域，出现在越来越多的工程师、电子爱好者工作台上。

数字技术的发展使得电子技术变得更加丰富多彩，很多电子装置也从模拟形式变为数字形式，如日常生活中的手机，电视机，等等。示波器也不例外，数字示波器以其强大的功能在很多测试领域中替代了模拟示波器。但是数字示波器存在的问题是，在测试小信号时由于其自身噪声会使得测试结果的可信度变得很差，这是至今模拟示波器存在的原因之一。模拟示波器的相对廉价也是模拟示波器存在的原因之二：现在多数省属高校实验室还大量使用模拟示波器进行教学实验，特别是需要测试小信号的电子技术基础实验，使得模拟示波器没有被数字示波器所完全取代。

然而相对指针式仪表、数字万用表来说，示波器的操作要复杂得多，不仅要在测试前正确地设置示波器，还要在测试过程中根据不同测试情况改变示波器的设置或调试示波器。对于初学者来说，如果有一本“示波器指南”来指导其一步一步地学习、操作示波器，就可以

大大加快其正确、熟练使用示波器的进度。本书就是为此目的所编写。达到通过读这本书，可以一边看书、一边操作，使得示波器应用入门变得轻松、容易，少走弯路的目的。

本书共分为 6 章：第 1 章介绍了为什么要使用示波器；第 2 章介绍了示波器的基本原理；第 3 章介绍了示波器面板详解；第 4 章介绍了通用示波器使用实战；第 5 章介绍了通用示波器探头的性能分析；第 6 章介绍了示波器使用中可能出现的问题及解决方法。在第 1 章前的绪论中还介绍了示波器的发展历程。

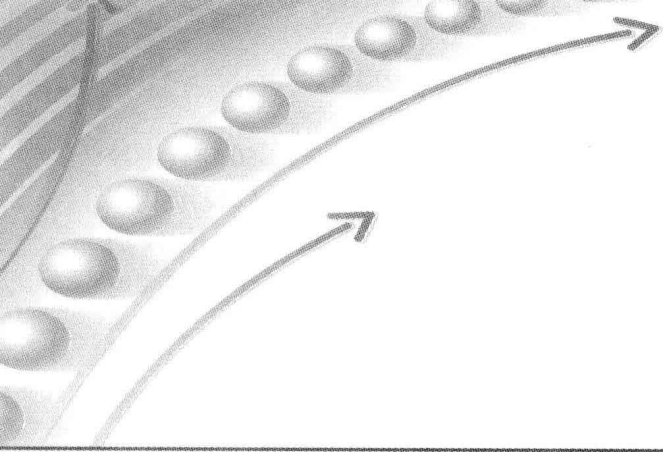
由于作者水平有限，疏漏在所难免，望有关专家和广大读者给予批评指正，在此表示感谢。

作 者

2012 年于辽宁工业大学

绪论	1
第 1 章 为什么要使用示波器	6
1.1 什么是示波器	6
1.2 电压表 VS 示波器——探索示波器的优越性	7
1.2.1 电压表简介	7
1.2.2 电压参数测量对比	9
1.3 示波器快速使用指南	14
1.3.1 示波器的基本设置	14
1.3.2 示波器的信号通道设置	24
第 2 章 示波器的基本原理	36
2.1 示波器所能测量的物理量	36
2.2 示波器是如何测量电压的	36
2.3 示波器是如何将电压“变为波形”的	37
2.4 示波器是如何测量时间的	40
2.5 示波器是如何将波形稳定显示的	42
第 3 章 示波器面板详解	46
3.1 示波器面板概述	46
3.2 示波器的屏幕	47
3.3 示波器的信号输入部分	50
3.4 示波器控制面板上标注名称的中英对照及不同示波器控制面板的主要区别	51
3.5 本书介绍示波器控制面板各旋钮及按钮功能所用的插图提示介绍	57
3.6 电源及显示部分	58
3.7 垂直扫描控制部分	68
3.8 水平扫描控制部分	83
3.9 触发扫描控制部分	94
3.10 不同品牌、型号示波器的面板的比较	103
第 4 章 通用示波器使用实战	106
4.1 示波器最基本的操作要点——如何找到扫描线（示波器快速使用指南）	106
4.2 使用示波器对信号进行检测	106

4.3 信号通道的操作	116
4.3.1 通道的校准	116
4.3.2 探头的校准	119
4.3.3 通道的选择	123
4.3.4 量程的选择	126
4.4 时基与扫描线的校准	128
4.5 触发源的选择	132
4.6 触发电平的调节	136
4.7 触发信号的极性选择	136
4.8 触发方式分析	137
4.9 扫描还是 X-Y	137
4.10 总结	138
第 5 章 通用示波器探头的性能分析	139
5.1 探头的作用	139
5.1.1 探头——测量质量的关键环节	139
5.1.2 什么是探头	139
5.2 理想的探头	141
5.3 实际的探头是什么样子	142
5.4 探头的等效电路	148
5.5 探头的等效电路对测试结果的影响	151
第 6 章 示波器使用中可能出现的问题及解决方法	157
6.1 示波器与被测电路的公共端的处理	157
6.2 示波器使用中公共端的接入	160
6.3 示波器使用中两个探头的接地线问题及处理	163
6.4 示波器处于不校准状态会出现的问题	164
6.5 被测信号不同步的原因及解决方法	167
6.6 一些容易出现但很简单的问题	172
6.7 其他问题	175



绪 论

电子技术始于真空管的发明,电子技术使得第二次工业革命——电气技术革命进入了一个新的领域——电子技术。电气技术改变了工业动力和照明的光源,而电子技术带领人类进入了新的信息世界。

首先是无线电发射与接收,也就是无线电收发报和无线电广播的发射与接收。后者带来了千里之外的新闻和语音的娱乐。对无线电接收的收音机和扩音机来说,仅用万用表测试仪器就可以完成收音机等无线电接收设备的检测与维修。

但是,不管是收音机还是扩音机,还可能会出现一个问题,就是失真。如果一个放大器放大正弦波信号时失真,那会是什么样呢?这时用万用表是无法显示的,这时候就需要一个能够如实地显示出这个失真的信号与时间的关系,最好的办法就是显示这个失真信号的波形;对于脉冲电路,要想了解脉冲电路的工作状态、相关波形,也需要观察其波形;对于数字电路,需要测量逻辑关系、时序关系,用波形来解释是最简捷的方法。随着电子线路的发展和阴极射线管的出现,显示被测信号随时间变化的波形的想法得以实现,这就是示波器。

现在的电子技术基础课程实验中不管是测试放大器的输入/输出波形的幅度、频率还是失真都可以在示波器上一目了然。即使在做数字电路实验时也需要示波器来鉴别逻辑关系、时序关系以及频率、占空比等参数。

一、模拟示波器的发展历程

阴极射线管将电信号变为荧光屏上可见的图像,这是电子技术中一项极其重要的发明。

1879年,W·克鲁克斯利用磁场能量使真空管中的阴极射线偏转,以及荧光材料在电子束轰击下能发出荧光和磷光的原理制成了阴极射线管。

1897年,K·F·布劳恩(1909年的诺贝尔物理奖得主)改进了克鲁克斯管,通过控制电子束电流值改变光点的亮度,从而制成了实用的阴极射线管,如示波管、电视显像管等。示波器在电子测量仪器发展史中是影响最大、用途最广、生产品种最多的仪器,配上适当的非电量传感器后能测量和显示几乎一切物理量和动态过程。在电子测量仪器中,示波器是一种电信号的时域测量和分析仪器;它可以显示信号随时间变化的波形,是一种非常直观的波形分析器。

第一台电子管示波器于1931年问世,随着晶体管、集成组件、超小型元件、器件和新型示波管的出现,现代示波器的性能和结构已有显著的改进。

20世纪40年代是电子示波器兴起的时代,雷达和电视的开发需要性能良好的波形观察

工具, 泰克成功开发了带宽为 10MHz 的同步示波器, 这是近代示波器的基础。50 年代半导体和电子计算机的问世, 促使电子示波器的带宽达到 100MHz。60 年代美国、日本、英国、法国在电子示波器开发方面各有不同的贡献, 出现带宽 6GHz 的取样示波器、带宽 4GHz 的行波示波管、1GHz 的存储示波管, 便携式、插件式示波器成为系列产品。70 年代模拟式电子示波器达到高峰, 形成了完整的示波器体系, 带宽 1GHz 的多功能插件式示波器标志着当时科学技术的高水平, 为测试数字电路又增添了逻辑示波器和数字波形记录器。

模拟示波器从此没有更大的进展, 开始让位于数字示波器, 英国和法国甚至退出示波器市场, 示波器技术以美国领先, 中低档产品由日本生产。

在工业控制领域和需要测量非常低的频率时, 即使是超低频示波器也显得力不从心, 因此示波器的另一个分支——函数记录仪在超低频、缓慢变化测量领域中得到广泛应用。

示波器是发达国家发明的, 那么我国在什么时候有了自己制造的示波器呢? 是什么样子的?

1958 年我国第一台电子示波器诞生, 标志着我国可以自己生产示波器。

SB-10: 最初的单踪示波器, 30 年前的高校基础课实验室中还可以看到, 随后不久, 很快被新型的示波器替代。因此即使在 20 年前, 这种示波器也是很落后的。

ST-16、325: 早期的小型示波器, 特点是体积小, 将 13cm 示波管改用 6cm 示波管, 与 SB-10 示波器相比, 除了便携, 没有其他优点。与 SB-10 一样, 它在 20 年前就被彻底淘汰。

1962 年, SBT-5 单踪 10MHz 示波器研制成功。这是具有同步功能的单踪示波器, 性能远远优于 SB-10, 在 20 年前也被通用双踪示波器替代。

1968 年, SR-8 双踪 15MHz 示波器研制成功。这款示波器具有通用示波器的各种功能, 标志着我国示波器进入了通用示波器行列, 同时, 这款示波器还采用了方管示波管。

1970 年, 宽带 100MHz 单踪示波器研制成功。这标志着我国示波器开始进入 100MHz 带宽行列, 这对电子计算机测试等高端应用具有极其重要的意义。

1972 年, 宽带 100MHz 双踪双时基示波器研制成功。这种示波器不仅可以测试 100MHz 频率以下的被测信号, 还可以测量两个被测信号的时间差或相移, 还可以通过延迟扫描方式 (B 扫描) 来扩展波形, 显示被测波形的细节。

二、示波管的发展

从外形看, 最初的示波管的屏幕是圆的, 其原因就是容易制造, 但是人们已经习惯了在矩形区域里显示信息 (文字、图形), 因此圆管示波管的屏幕利用率仅为 70%, 并占用示波器的很大空间; 随着科学技术的发展, 屏幕为矩形的示波管——方管示波管开始替代圆管示波管。

为了能清晰地读取被测波形的参数, 需要示波管的屏幕上刻有刻度。早期的示波器需要在示波管前面加一块带有刻度的透明有机玻璃, 这样就可以比较准确地读取被测信号参数 (如时间、幅度等)。但是这种外刻度存在视觉差, 如果能将刻度刻在荧光屏发光的同一平面上, 就不会产生视觉差了, 因此后来的示波管将刻度刻在示波管屏幕内侧, 与荧光粉在同一平面上, 这样就可以消除刻度与波形之间的视差。

如果需要测试变化比较慢的波形, 通用示波器的示波管的余辉时间显得不够, 需要余辉长的示波管, 也就是长余辉示波管, 在超低频示波器中常可以看到长余辉示波管的长余辉对

显示低频、超低频波形的作用。

如果是显示两个或两个以上的被测信号,即使是长余辉示波管也不容易满足多通道被测信号的有效显示,因此在超低频示波器中还有双枪(线)或多枪(线)示波管,也就是说这里的示波管含有两个或多个电子枪。多枪示波管构成的示波器线路复杂(相当于多台单枪示波器),因此除非必要,一般不会应用。

三、示波器的衍生产品

示波器的一个主要衍生产品是晶体管图示仪,它是利用示波器的功能,获得晶体管各种特性的显示,如输出特性、输入特性、测试击穿电压等。通过晶体管图示仪可以检测晶体管的质量,在过去,我国的晶体管厂检测其产品质量就是用晶体管图示仪测试的。

示波器的另一个主要衍生产品就是函数记录仪,常用于示波器不能记录的更低的频率甚至是接近直流电的频率。通过描在记录纸上的波形分析被测信号,参与工业现场控制和控制系统研究与调试。当然,函数记录仪已经被现代的数字式测量仪器所替代。

四、示波器的特点

- (1) 非常直观,能将波形直接显示在荧光屏上,还可用照相的方法取得真实性高的永久性记录;
- (2) 测量范围大,可测量从高灵敏示波器的数微伏至高压示波器的数万伏的信号;
- (3) 输入阻抗高,对被测系统影响极小;
- (4) 反应迅速,电子束惰性极小,能显示纳秒级的快速过程;
- (5) 多信道,能在同一荧光屏上同时显示几个过程,便于观察、比较、测量和分析;
- (6) 耐过载能力强,能在恶劣环境下工作。

五、数字时代使用模拟示波器的意义

在数字化、信息化迅猛发展的今天,数字技术已经广泛地进入了各个领域,带来了革命性的变革。示波器本身就是一种电子设备,自然也不例外地会受到数字化的影响。数字示波器可以具有如锁定波形、自动设置等模拟示波器时代不可想象的功能。数字示波器的出现与发展,是否已经彻底改变了示波器市场和人们使用示波器的方式了呢?本书所介绍的模拟示波器是不是已经跟不上时代的步伐,即将退出历史的舞台了呢?

不可否认,全面数字化是一个必然的趋势,这一点已经在各个领域中被证明了,作者相信对于示波器也不例外。但问题在于:现在的数字示波器是否已经先进到可以全面地取代模拟示波器的程度了呢?

很遗憾,现在的数字示波器水平还不足以完全取代模拟示波器,主要原因如下:

(1) 数字示波器操作的连贯性不如模拟示波器。由于数字示波器的任何功能都是微处理器以数字的方式来处理的,相对于没有延迟的模拟示波器,数字示波器或多或少都会有操作和响应之间延迟的问题,而且对于越低档的示波器,这种延迟就越明显。

(2) 数字示波器无法测量微弱的电信号。在实际使用数字示波器的时候,我们会发现在

测量微弱电信号的时候，数字示波器会出现无法测量的情况。其原因是数字示波器内部在进行数字处理的时候产生了大量噪声，而在信号较小的时候，信噪比就变得特别低，被测信号淹没于示波器自身噪声之中，严重影响信号的测量。

例如，使用数字示波器对频率约为 1kHz 的正弦波进行不同幅值测量，我们可以清楚地看出幅值过低对数字示波器测量的影响：当峰值约为 1V 时，直观地看，数字示波器内显示的波形可谓完美，和模拟示波器别无两样。我们可以从测量菜单中看出，峰值和有效值（均方根值）基本符合正弦波的关系，而信号的频率也被真实地测了出来，为 1kHz，如图 0-1 所示。

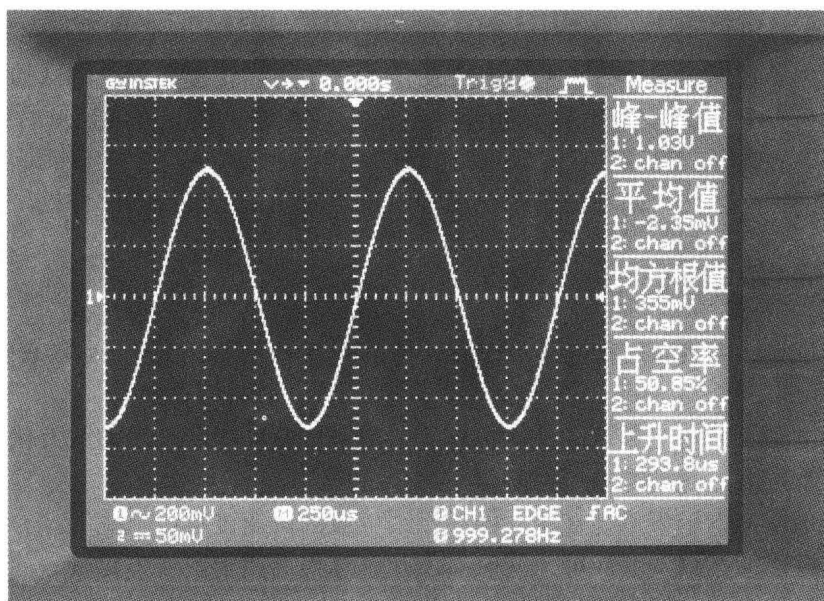


图 0-1 数字示波器测试 1V 正弦信号时的显示波形

而将峰值减小到 13mV 时，情况就完全不同了，信号已经出现了严重影响测量结果的毛刺，如图 0-2 所示。虽然在示波器屏幕中我们还能看出来是“一副正弦波的样子”，但从测量菜单中显示的数据来看，峰值和有效值已经不符合正弦波的关系了，并且信号的频率也没有测得正确的数据，2.66MHz 与 1kHz 实在相差太远。因此，数字示波器并没有正确地测得此幅值下的信号，这就导致屏幕右侧显示的所有参数都是不可信任的了。

而进一步减小信号幅值，我们可以看到此时示波器所测得的波形已经很难分辨出究竟是正弦波还是示波器自身的电磁干扰了，连像图 0-2 “一副正弦波的样子”也看不出来了，如图 0-3 所示。因此此时的测量结果就更加无法让人信服了。

通过上面的例子我们可以看出，无法对微弱信号进行测量是数字示波器目前的一大硬伤。

总之，虽然数字示波器发展迅速，具有模拟示波器所无法实现的功能，但是以现今的水平，还无法完全取代模拟示波器。换言之，在数字时代的今天，模拟示波器仍然有它不可替代的意义，另外，从模拟示波器入门的话，也对一些问题的本质会有更好的理解。因此，研究和学习模拟示波器仍然有其实用意义。

不仅如此，尽管数字示波器获得越来越多的应用，但在大多数普通高校的基础课、专业

课教学中还大量使用模拟示波器，模拟示波器依然是数字示波器应用的基础。学会使用模拟示波器不仅可以提高学生的实践能力，还将使学生在毕业后的工作中得心应手，这就是本书的目的。

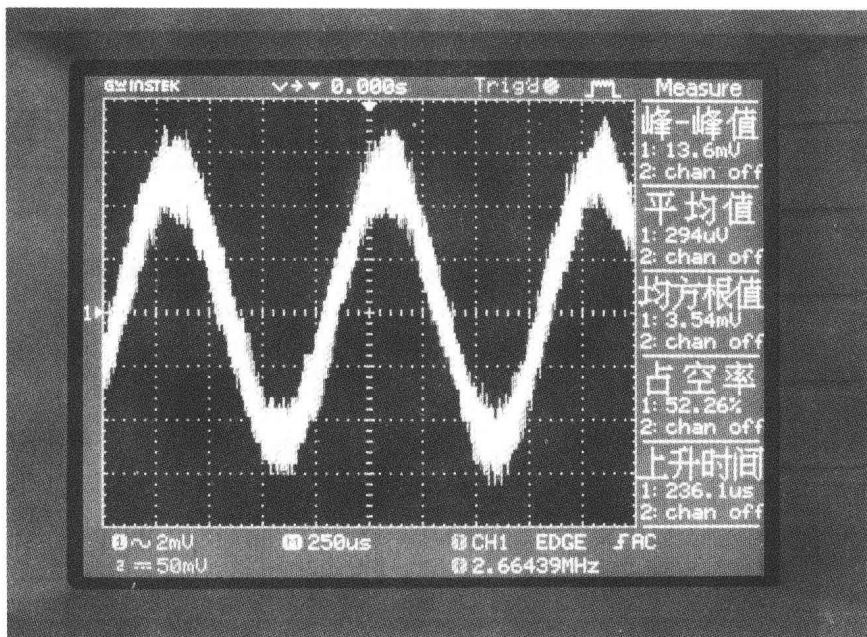


图 0-2 数字示波器测试 13mV 正弦信号时的显示波形

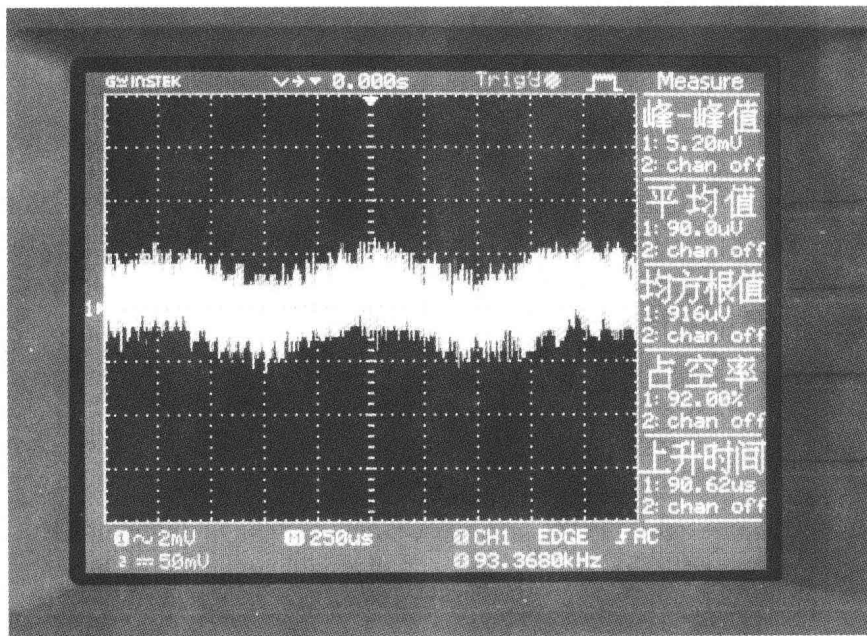


图 0-3 数字示波器测试更小幅值正弦信号时的显示波形

第 1 章

为什么要使用示波器

示波器在电子测量方面具有很多优势，因此它被广泛应用于各个领域。

1.1 什么是示波器

示波器是一种将电压与时间的函数关系以波形的方式显示或显示两个电压的时间函数的相对关系波形的电子测量设备，用于观察所测试的波形是否符合预想的要求，如图 1.1 所示。

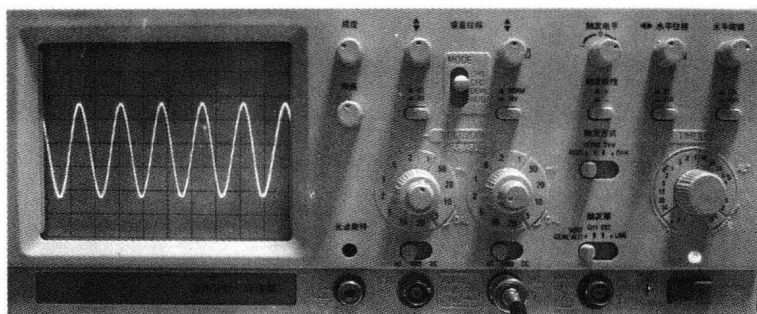


图 1.1 示波器

示波器的基本测量单位是电压和时间，而通过电压和时间又可以间接地得到频率、相位差等信息，所以随着现代电子技术的迅猛发展，示波器已经被越来越广泛地应用于电子设备的测试以及调试领域。图 1.2 为 YB-4320A 型示波器，具有“通用示波器”的基本功能，因此本书将主要以此型号的示波器为例进行说明。

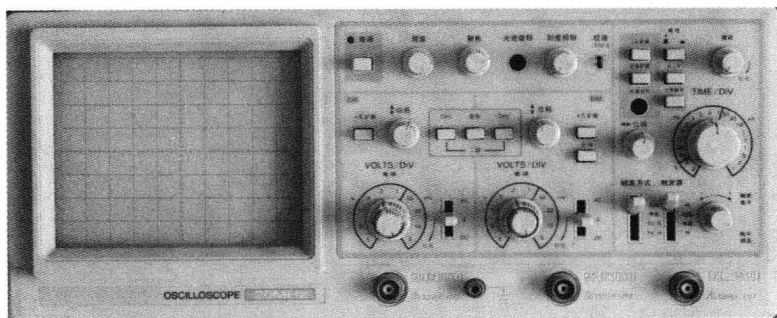


图 1.2 YB-4320A 型示波器

1.2 电压表 VS 示波器——探索示波器的优越性

示波器的基本功能是电压参数的测量，然而，电压参数的测量不仅仅可以用示波器。电压表也是一种电压测量设备，那么两者究竟有什么区别和联系呢？与电压表相比，示波器又有怎样的优越性呢？

1.2.1 电压表简介

电压表可以分为指针式与数字式两种，从基本功能来说，两者是相同的（两者都是具有电压、电流、电阻等测量功能的万用表，在此处仅讨论其电压测量的功能），即都是对电路中的电压量进行测量。指针式电压表的一般测试精度在 1.5% 左右，测试级的指针式电压表可以达到 0.5%，甚至 0.1% 的测试精度。图 1.3 和图 1.4 分别为常用的指针式电压表及常用的数字式电压表。

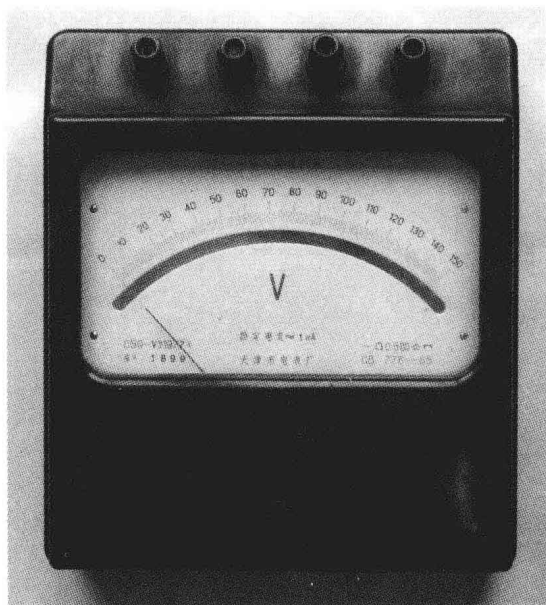


图 1.3 常用的指针式电压表

为了减少测试用仪表，在测量电压等电参数时常用万用表的电压挡测量电压，指针式万用表的直流电压挡精度最高可以达到 1%，可以满足一般测试应用；数字式万用表在理论上可以达到更高的测量精度，比较廉价的数字式万用表也能达到四位半的测量精度。常用的指针式万用表和常用的数字式万用表如图 1.5 和图 1.6 所示。

图 1.5 的 MF47 型指针式万用表是近 20 年来用得最多的指针式万用表，其根本原因是其性价比较高。MF47 型指针式万用表的直流精度为 2.5 级。能达到 1.0 级的指针式万用表是 20 世纪 60 年代至 70 年代的万用表之王——MF18 型万用表，它在一般的企业的仪表室中常替代测试级指针式仪表。而该款万用表的价格至少是 MF47 型指针式万用表的 7 倍。作为一般应用显得过于奢侈。关于万用表的详细叙述，见本书后面内容。

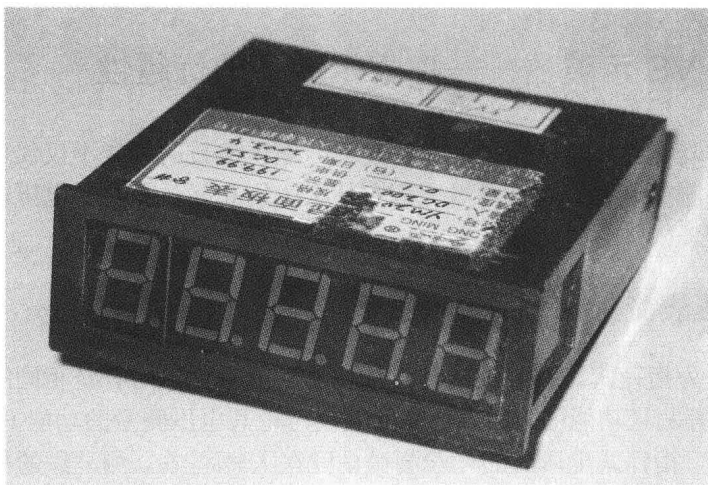


图 1.4 常用的数字式电压表

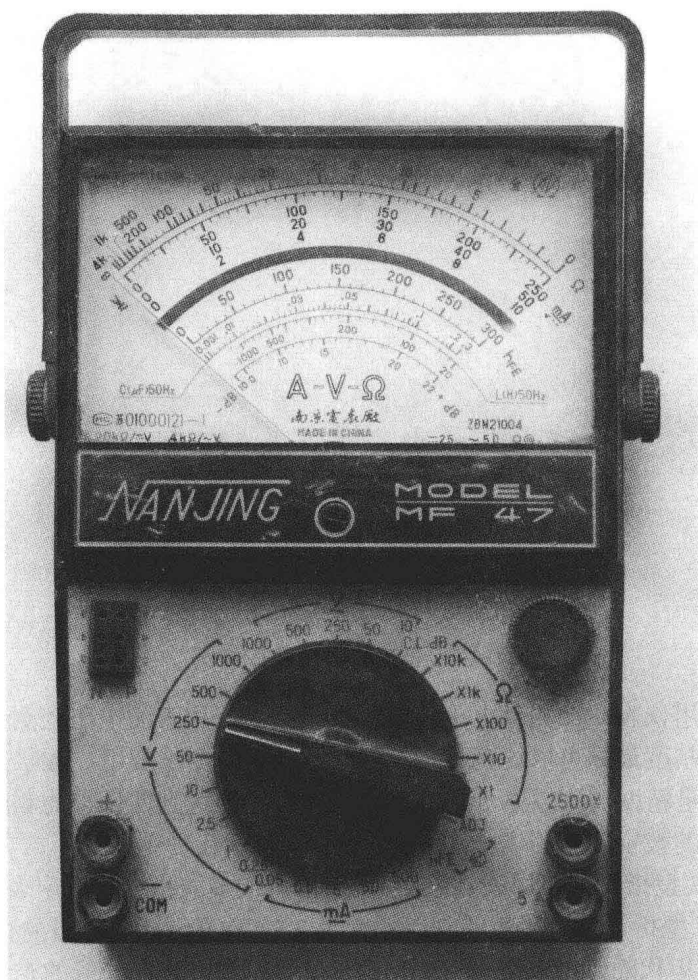


图 1.5 常用的指针式万用表

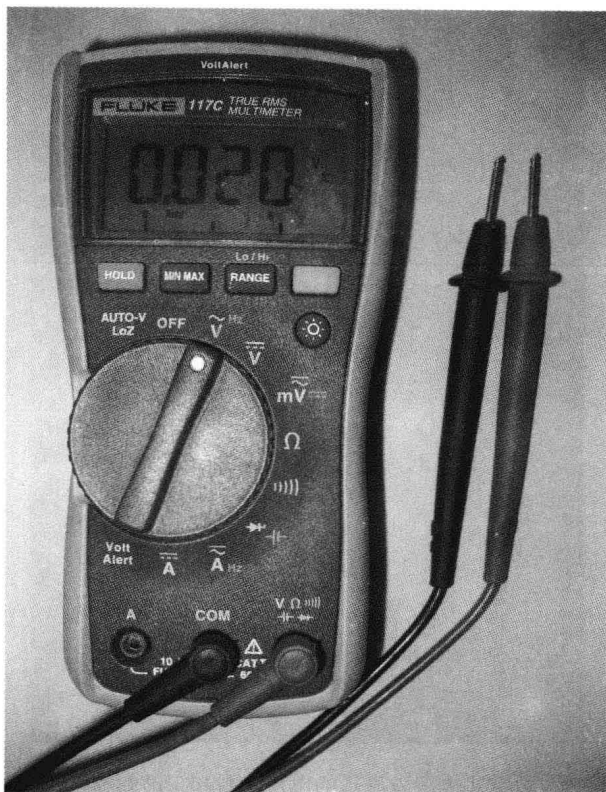


图 1.6 常用的数字式万用表

仅从外观来看,显然示波器的功能看起来要多得多,似乎使用起来也复杂得多。而就其本质来说,两者又是怎样呢?

1.2.2 电压参数测量对比

可以通过下面四种情况进行电压参数测量对比。

1. 直流电压的测量

1) 第1种情况: 直流电压平均值的测量

在这里测试一个输出电压为 5V 的直流稳压电源。两者测量的结果如图 1.7 所示。

对于直流电压的测量,只需要得到电压的一个数值。我们可以看到,两者都可以用来测量直流电压。其中,示波器仅显示一条直线,并且读数的精度很差,一般精度为 3%;对应的,万用表以电压表方式在测量电压的时候,所显示的信息是高精度的电压示数。数字式电压表具有比较高的电压测量精度,手持式数字电压表可以精确到四位半有效数字(19999),台式数字电压表可以达到五位半(199999)甚至更高的精度。另外,示波器开机及设置过程比较复杂,而电压表仅需要打开电源开关(指针式电压表不需要电源,因此不用打开电源开关的操作)选择恰当的量程即可。

因此,仅仅从测量直流电压的平均值的用途来看,电压表明显优于示波器。

2) 第2种情况: 直流电压中带有的毛刺和纹波电压的测量

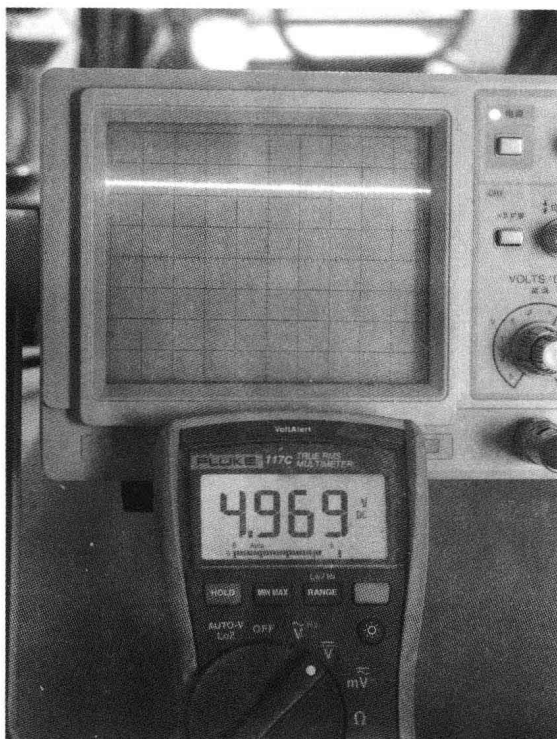


图 1.7 数字式电压表显示的电压示数和示波器显示的波形

理想的直流电压源的理想状态应该是仅有平均值，没有交流分量（如毛刺或纹波电压）。但是在实际应用中直流电压源或者因为自身原因（如整流滤波电路的整流输出电压中存在纹波电压，或开关稳压电源的输出电压中存在尖峰电压），或者来自于负载的交流电流分量，会引起直流电压源产生电压尖峰或毛刺。

如果直流电压中带有毛刺或其他的干扰，如工频交流电整流滤波后的纹波电压，仅能显示电压数值的电压表将无法测量，这时示波器可以将叠加在直流电压上的毛刺或纹波电压很好地显示出来。图 1.8 为用示波器测量直流电压上的毛刺，图 1.9 为用示波器测量工频整流滤波输出的纹波电压。

图 1.8 和图 1.9 显示的波形和参数是一般的电压表所不能显示的，这就显现出示波器的优势，可以通过测得的交流电压分量来了解直流电压源的性能和品质，因为直流电压上叠加的纹波电压和尖峰电压的大小会影响由其供电的电子线路是否能正常工作。

2. 交流电压的测量

对于交流电压的测量，一般来说也是仅需要读取其电压值。我们可以看到，此时的测量情况，基本上与第 1 种情况相同：如果仅仅测量交流电压的有效值，示波器的精度远比不上电压表，特别是数字式电压表。

如果交流电压不是一个纯正正弦波，在示波器的屏幕上会显示出电压随时间的变化，无论是方波、三角波还是其他的电压波形，示波器都可以显示出来，如图 1.10 所示。而电压表仅仅显示此交流电压的有效值或真有效值，这仅仅是一个数字，不能显示出交流电压是如何变化的。在非线性电路中，电子工程师要清楚电路的工作状态是否正确就需要看到电路相关