

# 似曾相识

## ——认识数字示波表

文/庄军

### 一、数字示波表的由来

数字示波表出身“豪门”，祖先要追溯到20世纪40年代，雷达和电视的出现需要性能良好的波形观察工具，这时候模拟示波器兴起，到70年代达到高峰。随后，高速A/D采样技术的应用及大规模集成电路的产生，为数字示波器设计、普及提供了充分的基础空间。由于数字示波器能充分利用记忆、存储和处理，以及多种触发和预前触发能力，解决了模拟示波器长久以来难以解决的对高速过程、瞬间过程记录 and 重现的难题。从此，数字示波器异军突起，大有全面取

代模拟示波器之势。

数字示波表是在数字存储示波器基础上发展起来的一种新型便于现场检测、维修使用的手持型仪表。高速采样技术的成熟，液晶显示器件的普及都为数字示波表发展铺平了道路。数字示波表覆盖了数字存储示波器的基本功能，不仅能完成对被测信号波形捕获和显示，自动计算处理，提取峰峰值、平均值、有效值、频率、周期等信号参数，还可以测量电阻值、二极管正向压降、开路短路。它采取直流供电，体积小，重量轻，携带使用方便、可靠，因而被称为掌上数

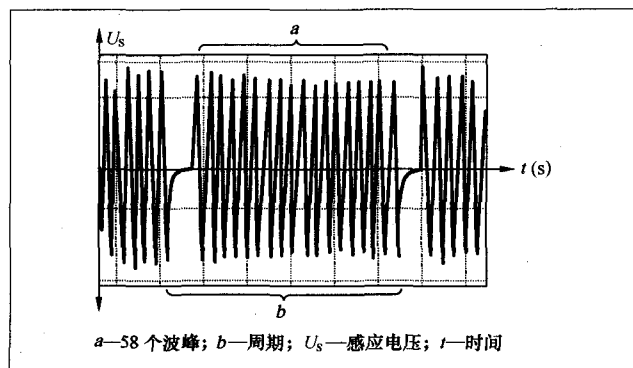


图2 示波器检测波形

轴位置和发动机转速信息。发动机运转时，用示波器检测发动机转速传感器得到的波形如图2所示。

当今，数控技术的应用给传统制造业带来了革命性的变化。数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量与机械能量流向有关的开关量。这种技术用计算机按事先存储的控制程序来执行对设备的控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置，使输入数据的存储、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现，均可通过计算机软件来完成。

### 选择数字示波表是现场检测的需要

在今年年初南方地区发生的冰冷雪灾造成电力中断、通信失灵、交通堵塞等，多少抗灾现场需要便利的检测手段；家电产品上门服务、机电设备调试、低压电器安装、铁路信

号检测、数控机床的维护也都需要便利的检测手段。数字示波表具备了起码的电信号检测能力，运用波形及数据存储丰富的波形分析功能，再加上不受现场环境影响，可以用直流电池供电，使数字示波表的应用如鱼得水。

### 选择数字示波表是提高效率的有效手段

日常的维修工作中，遇到疑难故障，一时无法对故障原因做出判断，往往采取迂回战术，运用替代法、间接测量法逐步缩小故障范围，费时费力，一不小心造成新的器件损坏。有了数字示波表，可以深入“病灶”，直接观测核心电路动态特性，了解造成故障的直接原因，提高了效率，节省了时间。

### 选择数字示波表是实现综合检测的前提

数字示波表通过高速采样将模拟信号变换为数字信号进行处理，在中央处理芯片的控制下，可对被测信号进行存储、分析及无纸记录，为实现现场综合检测奠定了基础。以ET521A为例，除了25MHz模拟通道数字存储示波功能外，增添了LCR数字电桥，60MHz数字频率计，可以用来调试38MHz中周；还可以输出正弦波、方波、锯齿波、三角波等函数信号以及遥控器/晶振检测。一台仪器具备了各种测试功能，真正为现场提供了综合检测的手段。

人们常说：“磨刀不费砍柴功”、“没有金刚钻，那能揽瓷器活”，就是说没有掌握好的“利器”会耽误时间，又影响生意。选择数字示波表使你在掌握必备的检测手段的同时，促使你更加努力学习新的知识，更加充分地了解被测对象的原理，使你的事业上升到一个新的台阶。④



字示波表和工业示波器。特别在家用电器、工业电器设备的现场安装调试、快速故障诊断排除、设备运行状况监测、日常检查维护,以及野外移动作业等场合,有了数字示波表就不必继续搬运笨重的台式示波器上场了。

目前常见的国外品牌数字示波表有Fluke、Tektronix、Metrix、Svmmit、Velleman、Metex等,其中美国福禄克(Fluke)作为数字示波表测量领域的行业龙头,形成了强大的品牌效应,但其昂贵的价位,也使众多家电维修人员只能望梅止渴。

从2000年起,国内的一些院校、厂家开始研发数字示波表产品。主要的品牌有:成都五行、郑州中健、镇江思宇、漳州利利普、东莞优利德、珠海伊万等。由成都五行科技发展有限公司研制、开发的WX4451型数字示波表,可谓首款国产数字示波表,伊万科技开发的ET521A将数字示波表和视波万用表结合在一起,也是不错的创新。

图1~图8为市场上常见的数字示波表和视波万用表。

据有关部门的统计资料显示,近几年国内对数字示波表的需求量每年可达上万台。因此,从行业需求上来看,

20MHz带宽的产品是目前市场的主流。正是由于面对这样的市场需求,所以,国内数字示波表生产企业都把基础产品设定在20MHz带宽、100MS/s采样率的机型。福禄克销售量较大的数字示波表为F123和F124两个型号,其带宽分别为20MHz和40MHz,采样率为25MS/s。

## 二、数字示波表与视波万用表的区别

视波万用表的出现,弥补了万用表不能观测波形的缺陷,非常适合家电维修者使用,本文将从不同视角,对数字示波表和视波万用表加以区别。

### 1.出身不同

数字示波表是从模拟示波器→数字读出示波器→数字存储示波器→数字示波表发展而来;

视波表是从指针式万用表→数字万用表→视波万用表发展而来。

### 2.用途不同

数字示波表是用来满足对测试对象的波形作出定量的分析,尤其工作在高频状态下;

视波表是作为测量过程中,观察被测信号是否正常的一

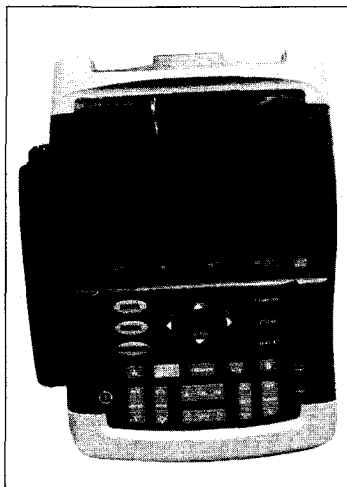


图1 福禄克 F196c

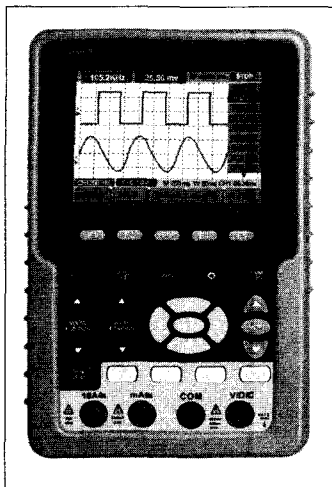


图2 利利普 HDS1022M

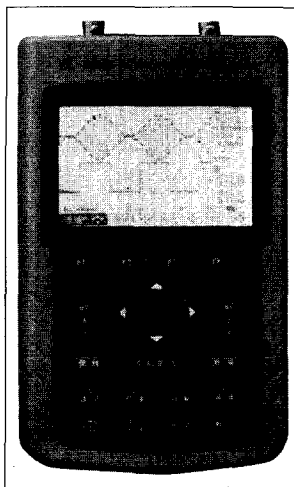


图3 五行 WX4451

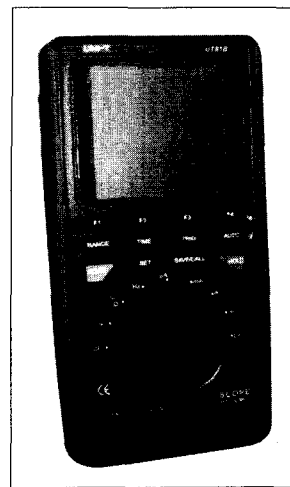


图4 优利德 UT81B

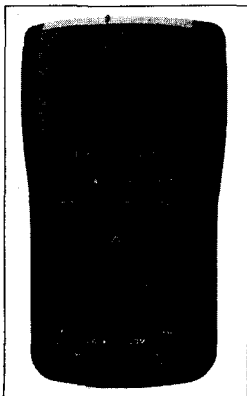


图5 伊万 VC301A

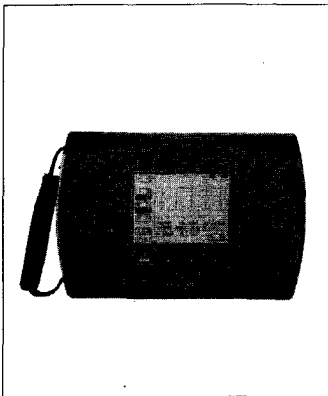


图6 伊万 ET521A

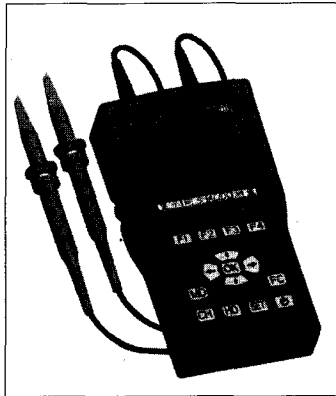


图7 有利华 YS3C20



图8 思宇 ZB22011

种手段,主要工作在音频或工频范围内。

### 3. 功能不同

数字示波表追求的是采样高速度、模拟宽频带、丰富的数学运算、指示精度以 dB 为单位;

视波表则以双积分 A/D 采样为测量结果,运用高速采样就是为了观测波形,不影响测量精度;不牺牲输入阻抗,具备万用表所有功能。

### 4. 操作不同

数字示波表已经考虑到传统示波器使用习惯,从波形分析角度,也需要约 20 个以上的按键配合,没有使用过示波器的人不容易掌握;

视波表在传统数字万用表基础上扩展为带波形显示,凡是使用过万用表的人群,只要按一个 DIS 键,就能自动转换为波形显示,基本不需调节。

### 5. 价格不同

数字示波表是采用高速 A/D、高速 CPU、FPGA 等昂贵器件,成本高,售价在 2000 元到 10000 元以上;

视波表是以万用表芯片为核心,配以点阵液晶和带高速 A/D 的 CPU,成本相对较低,售价在几百元不等。

### 6. 前景不同

数字示波表是手持式仪器的发展,更多的是面向专业工程技术人员。

视波表是测量工具的发展,易于普及到使用万用表的人群。

数字示波表——可以表示出波形的表,强调的主体是仪器。

视波表——可以看得见波形的表,强调的主体是人。

在有些产品介绍中提到的万用数字示波表,只不过是数字示波表中增加了部分万用表测量功能,其主体还是数字示波表。

这回想必你不再有任何疑问了吧?

## 三、视波表是第三代的万用表

依上面比较可见,视波万用表则出身“平民”世家。从指针万用表到数字万用表历经半个多世纪的发展,已经成为电工,电子技术工程人员必不可少的测量工具。但是,指针和数字万用表只能提供测量结果与数据,无法直观区别信号和噪声的瞬间特性,无法显示在电路中非正弦信号的动态及干扰信号的严重程度,就无法对引起故障的根本原因作出分析。

“视波表”顾名思义,就是看到波形的表。视波表的波形再现与数字示波表有着根本的不同:数字示波表主要用来进行波形分析和波形记录,注重频率响应宽范围,操作相对要繁杂许多;而视波表强调测量功能的准确性,波形再现仅

是现场故障诊断的辅助手段,所有测量参数都是双积分 A/D 测量的结果,并以数码形式显示出来,更准确直观。

市场调查表明,拥有示波器的群体,对测量高频信号、对被测波形做出详尽的分析,只占 40% 左右,众多使用者是用来观测 100kHz 以下的低频信号,如晶闸管整流器、开关电源的脉冲调宽电路、微处理器给出的逻辑控制信号、通信协议之间的数字信号、I<sup>2</sup>C 总线控制等,其间绝大部分波形的观测也只是定性的分析,如波形有无、是否正常。在这种情况下,选择数字示波表实际上是种浪费。视波万用表的出现,给这样的使用群体带来更多的选择余地。

在 20 世纪 80 年代初,当数字万用表出现时,人们已经感觉科技进步给电子、电工检测带来的精确和便利。相信在不远的将来,带波形显示的万用表逐渐被人们所认知。视波万用表是测量工具型仪表的一次变革,成为继指针式万用表——数字万用表之后的第三代万用表。

目前市场上的视波万用表除具有大家熟悉的一般万用表的功能之外,还具有 44kS/s 到 400kS/s 的采样速率,2kHz 到 50kHz 交流电压测量带宽和波形观测功能,基本满足万用表所有领域测量的需要。测量时通过“自动”键的一键转换,不需繁杂按键操作便可轻而易举地看到被测信号的波形。能看到波形的万用表,测试中会发挥怎样的作用,我会在应用举例中详细介绍。

要想深入了解数字示波表和视波万用表的使用,有必要对其基本知识做个交待。

### 1. 带宽

随着正弦波频率增加,液晶显示屏幕上所观测的信号幅度下降到 3dB (70.7%),在此频点为数字示波表的带宽。带宽决定数字示波表对信号的基本测量能力。如果没有足够的带宽,将无法测量高频信号,幅度将出现失真,边缘将会消失,细节数据将被丢失;如果没有足够的带宽,得到的信号所有特性,包含响铃和振鸣等都毫无意义。影响带宽有两个因素:一是垂直通道模拟电路,包括输入衰减、可变增益放大等,表现为硬件电路对测量信号的衰减度。二是下面提到的高速 A/D 的最高采样率。

### 2. 采样率

高速 A/D 对信号采样的频率,单位为每秒采样次数 (S/s)。最高采样率是指在单一触发中,模拟数字转换器能采集的最大采样点数目。数字示波表的采样速率越快,所显示的波形的分辨率和清晰度就越高,见图 9。前面所讲目前多数数字示波表采样速率为 100MS/s,对应 20MHz 的带宽,每个测量周期仅采样 5 个点。随着采样速率的提高,对应示波器带宽也随之增加,价格也变得更加昂贵。

### 3. 记录长度



# 一 览 无 余

## 剖析数字示波表

文/庄 军

### 一、数字示波表的组成结构和工作原理

以国产 WX4451 数字示波表为例做简单说明, 数字示波表系统是由模拟输入通道、信号采样与存储、核心控制逻辑、微处理器、共享存储器、液晶显示器、元件测量以及电源变换等功能单元组成, 如图 1 所示。

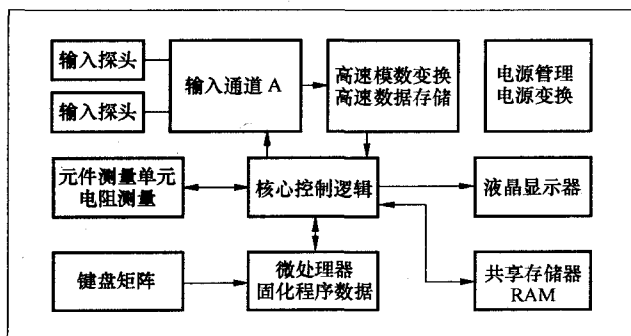


图 1

数字示波表要达到 20MHz 的带宽, 其输入通道必须保证模拟带宽和垂直测量精度, 这就要求输入阻抗变换、信号衰减放大、垂直增益细调等电路的精确、稳定和可靠。

输入的模拟波形经连续模数变换转为数字流, 是数字示波表的关键技术, 也是区别于模拟示波器的标志特征。WX4451 采用 AD 公司低功耗、高速双通道模数转换器 AD9288, 在核心逻辑电路控制下捕获波形数据, 存储于

FIFO 中, 等待处理器读出处理。

核心逻辑单元功能复杂, 而且要求高速度、低功耗、小体积。要求现场可编程门阵列 (FPGA) 要产生时钟, 控制信号采样过程, 过滤采样数据, 压缩数据存储量, 产生液晶显示扫描刷新信号, 提供高速 VRAM 方式屏幕操作。选用 ALTERA 公司 FLEX 6016 FPGA, 满足了该系统设计要求。

处理器单元包括键盘、微处理器、数据程序存储器, 掉电保持存储器。在程序控制下, 完成键盘按键扫描, 输入操作命令; 通过核心控制逻辑单元, 协调系统各功能单元运行; 处理波形数据, 形成显示的图形点阵数据, 通过核心逻辑, 写入共享存储器 RAM; 提取参数, 显示测量数值; 连接计算机, 回传捕获数据。

### 二、视波万用表的组成结构和工作原理

现以 VC301A 真有效值视波表为例, 介绍其组成结构

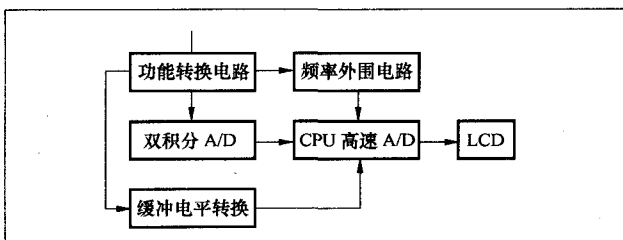


图 2

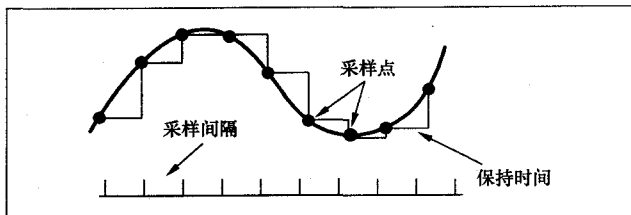


图 9

记录长度是指可被数字示波表一次性采集的波形点数, 它由数字示波表的存储容量决定, 要增加存储容量才能增加记录长度。如果你需要不间断地捕捉一个脉冲串, 则要求数字示波表有足够大的存储器以便捕捉整个事件。存储深度是

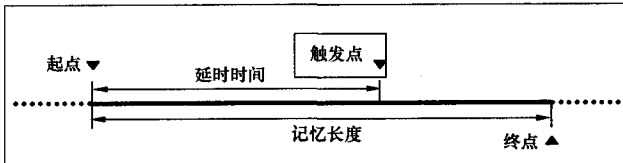


图 10

将所要捕捉的时间长度除以精确重现信号所需的采样速率。存储深度与采样速率密切相关, 见图 10。

数字示波表还分为常规、单次、视频不同的测量模式, 垂直分辨率一般为 8bit, 垂直灵敏度从 5mV/div ~ 50V/div 等, 在此不一一介绍。⊗