

# 新一代万能表 ——“示波表”的设计思想和功能

沈阳工业大学 邵大川

## 1 引言

万能表,数字式万能表(简称为 DMM)是工业上电器、电子设备安装、维护和修理的常用仪器。随着工业和科学技术的发展,今天的测试环境正在发生重大而迅速的变化。交流调速电机、开关电源、电子控制器的广泛使用,以及数字数据网络的形成已经提出了新的测试要求。这些要求中最突出的是动力线和电子控制信号质量的检验,在这种场合下

不论是万能表还是数字式万能表都无法显示在电路中存在着的噪声干扰和谐波失真情况(见图 1)。然而,往往就是由于它们引起了数据误差、电路损坏,乃至电力网的重大事故,造成重大的经济损失。另外,不论是平均值显示,还是峰值显示,万能表都无法区分信号和噪声的瞬态特性,这就使我们无法及时了解复杂生产现场控制信号的质量,失去了宝贵的机会。要想解决这个问题,就得搬运昂贵而沉重的示波器到现场去,这谈何容易!

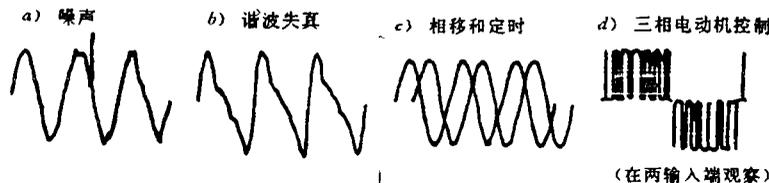


图 1

示波表系列产品的出现揭开了电器和电子维修测量能力的新时代。由美国 Tektronik 公司首先推出的示波表——Tekmeter(见图 2),在 1994 年一上市就引起了世人的广泛注意。它使人们能够一按按钮就可以看到正在测量的究竟是什么。示波表巧妙地集示波器和万能表于一身,它以惊人的技术解决了人们梦寐以求的示波器小型化的技术难关,显示了 Tek 公司示波器技术在世界领先的实力。

要想把示波器和万能表一体化,而其大小依然保持万能表原来那样的大小,就要解决许多技术难题。如,要建立全功能的“单片示波器”来满足尺寸和成本的要求;开发新的动态显示图象技术;开发新的自动转换和自

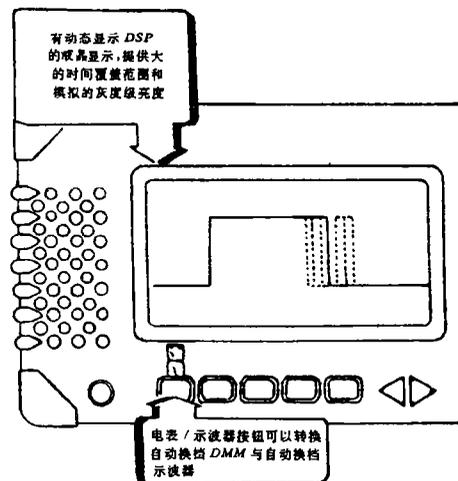


图 2

动调节技术;建立可编程的用户接口,满足应用中的特定要求。下面,我们分别说明这几个问题。

## 2 单片示波器

为了把示波器小型化,并统一到万能表中去,就必须重新设计示波器的结构和功能。Tek 公司为此而提出了全新的“单片示波器”概念,如图 3 所示。所谓的“单片示波器”是由两部分组成。即输入电路和示波器专用集成电路(ASIC)。

### (1) 输入电路

包括输入调节环节和模数转换器两个部分。其中,输入调节环节的作用有两个,一个是提供能抗 6000V 浪涌电压的能力;另一个是通过一组衰减器来提供以 5mv/div 到 500mv/div 的垂直灵敏度。显然,这两个作用能够保证示波表具有适用于从数字电路到电

力电器的广阔应用范围。因此,示波表既可以作为电子电路的,也可以作为电器电路的常规维修测量仪来使用。第二部分是由两个各自独立的 8 位模数(A/D)转换器所组成,它们和对应的调节环节组成两个独立的输入通道,而且每一个通道都有全实时 5MHz 带宽和 25MHz 取样率的能力。所以说,示波表是真正的双通道数字示波器。这一点是不同于一般示波器的地方,一般示波器往往是两个通道共用一个 A/D 转换器,因而牺牲了取样率和取样点。应该注意的是,要想实现这种独立双通道的并行性,必须配有两个触发电路和双时基电路, Tekmeter 把它们都集成在后面的大规模集成电路中。为什么一定要独立双通道?这主要是为了适应控制电路中的定时测量和在多相配电系统中进行电源电压或电流的比较,否则是难以进行这种测量的。

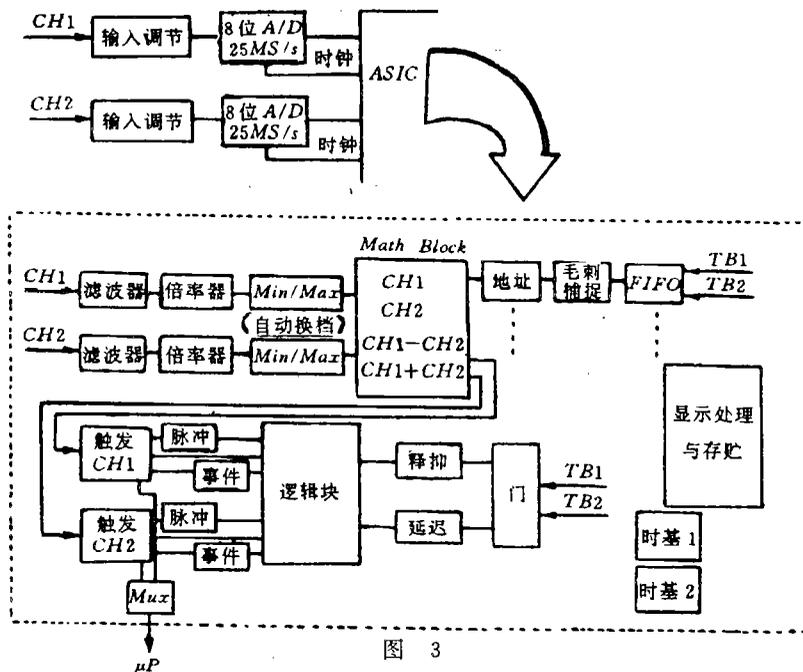


图 3

### (2) 示波器专用集成电路(ASIC)

除了输入电路以外,所有其它示波器必需的组成部分全都集成在一块大规模集成电路上,这样做的原因是:

a 减少体积,适应于示波表的需要;提

高工艺性,降低成本;

b 体现现代化仪器设备的新概念,特别是为了便于采用新的动态显示(DSP)技术和设置可编程用户接口。

## 2.1 全新的技术和功能

示波表不仅从结构上提出了全新“单片示波器”的概念,而且为了把示波器和数字万能表能够统一在一起,在技术上和功能上都进行了很多创新,极大地方便了用户。

### (1) 新技术

#### 动态显示(DSP)

为了满足尺寸、重量和成本方面的要求,示波表也采用了最先进的无源矩阵液晶显示器(LCD),这对于数字万用表所需要的字母和数字显示来说,是足够了。但是,仅仅用一般的无源矩阵LCD显示技术来同时显示动态波形是不可能的,还必须从技术上做一些改进。这是因为液晶显示器更新一次画面,至少需要200ms的时间。这样慢的显示时间是不能用来显示动态波形的。显示慢的根本原因是:LCD是慢速器件,其响应和余辉都是毫秒级,再加上一般的液晶显示方法是采用所谓的“双缓冲”技术。一组信号:可以是数字、字母或波形,若想显示在LCD的屏幕上,首先必须被存到第一个缓冲器中进行等待,然后再进入第二个缓冲器,当然进入第二个缓冲器的前提条件是第二个缓冲器原来的信号已被调出到LCD上显示了。所以,一幅画面的显示,事先必须经过两个缓冲器的依序转换后,最后才能到达LCD上加以显示。这样一个显示过程需要200ms的时间。因此,双缓冲显示技术只适合于缓慢变化的图象或者是多次重复的图象,而对那些快波形和脉冲都会被丢失掉的。(如图4所示)这是一个脉冲器构成的图象序列,其中,A脉冲是多次重复出现的,故在200ms间隔内能被记录和显示出来;而B和D脉冲持续时间短,不能被显示出来,被丢失了。为了解决这个问题,示波表采用了信号经过“或”和“与”运算处理后,再显示的动态显示技术。我们首先说明什么是采用“或”起来的双缓冲。如图5所示,除了第一个脉冲以外,其它脉冲B、C、D……I等全要经过一个“或”门的处理,然后再存到图象缓冲器中去进行显示。因此,不管哪一个

脉冲都有机会被送去显示,只不过最后显示的是缓冲器中所累积的图形,也就是多个脉冲的重叠而成的图形(见图5右下角所示的波形)。显然,“或”起来的双缓冲显示能够捕获和显示每一个脉冲波形,但是,它不能指出变化是多快或多少时间发生一次,也不能区别不稳定波形的形状。换句话说,稳定和不稳定脉冲的后沿都复盖在重叠区域内,而无法区分。因此,我们说“或”起来的双缓冲只完成了任务的一半而已。为了区分开稳定脉冲后沿在哪里,并把不稳定后沿也显示出来,示波表又采用了“与”运算处理(“与”的结果是仅仅在全部输入端为1时,在输出端产生1。任何一个输入为零,输出都为零),见图6所示。

具体地说,首先把各个不同的脉冲用不同的数(伪随机数)来代替,然后用这些数同LCD的每个象素来进行“与”运算。显然,出现次数多的稳定脉冲,如:脉冲A激活的象素多而时间长,在LCD的屏幕上就比较亮;相反,不稳定的脉冲B、D激活象素时间短而少,所以在LCD上就显得比较暗而窄。(在图6中,实线代表稳定脉冲A,虚线代表不稳定的脉冲B、D)。因此,“与”运算的结果是把某个脉冲波形重复出现的次数的多少对应为LCD显示灰度的高低,这样一来,稳定和不安定的波形就被区别开了。因此,我们可以说,“或”运算处理使得各种脉冲波形都得以显示,“与”运算处理则使稳定和不定波形以不同灰度在LCD上显示出来,从而在屏幕上得以区别开来。总之,采用信号“与”“或”运算的动态显示技术具有两个突出的作用:一是具有较大的不稳定脉冲的捕捉能力;二是把动态显示事件发生的频率转换为屏幕上亮度等级,从而把它们区别开来。

#### 另一个富有革新精神的设计

示波表的设计者以全新的思想和方法开创了属于下一代的仪器类别。即在结构上要满足市场变化的要求,在能力上不仅要满足一般的测量要求,而且还要满足未来特定应用的要求;在时间上不仅要满足现在的要求,

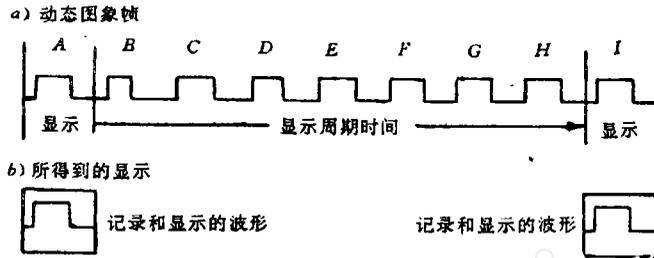


图 4

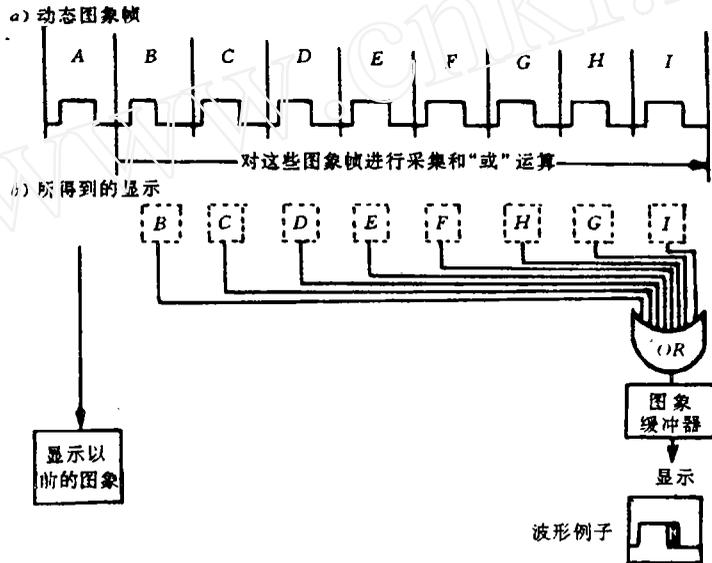


图 5

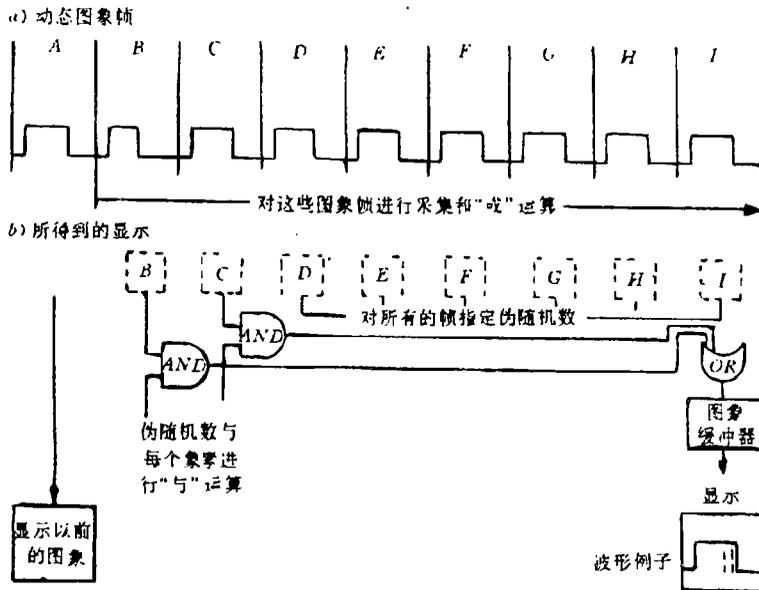


图 6

还要满足一个时代的要求。设计者为了实现上述目标而提出了全新的结构：“功能块+可编程软件”。在示波表的“单片示波器”上，采用的不是一般的大规模集成电路，而是有几个“基本功能块”如：倍率器功能块、触发块、数学运算块和布尔逻辑块等(见图3)。它们像是积木块一样组合成一个示波器，而且它们中的每一个都是可以进行独立的编程。一旦出现特定市场和特定应用的要求，生产者或用户就可以通过改变软件来定义新功能，而不必去重新设计硬件。换句话说，示波表被设计成一个以数字逻辑为基础的测量平台，可以通过软件的重新编程，开发出各种功能，及时适应于各种需要。

为了实现用户可编程，设计者还开发了用户接口语言，这可以使工程师们利用计算机高级语言和PC机来开发专用的操作和相应的接口。另，还准备了基于PC机的用户接口仿真器，以便允许在PC机上模拟示波表的显示和控制，实现对用户接口的检验与改进。最后得到的功能软件配置和用户接口就通过示波表的RS-232接口存储在各功能块中。显然，这种“功能块+可编程软件”加上配套工具后具有强大能力和灵活性，它允许设计者和用户反复改进仪器的最后操作特性，并允许建立很多的特殊性能，以满足各种用户不断变化的需要。例如，可以根据任何定数因数来设计倍率块，以便显示捕捉到的电压或电流的波形；可利用软件配置触发块以适应电动机的控制触发；就象电力变压器谐波降额因数的自动计算，也可以作为用户需要的市场发展方向增加进去。从以上不难看出

(上接14页)

## 5 结 语

设计战略是一种能达到某个要求的综合水平的方法，以信息流为基础的系统设计战略取决于以计算机为基础的设计方法和相应的控制系统的综合。

出，在各种创新技术中，要以用户可编程的用户接口对未来有长远的影响和意义。从此，工程师们可以编制和存储不同的程序，建立各种新的专用功能。它们可以为电力、电机控制；可以为数字过程控制，也可以用于各种电器维修使用。

## (2) 全新的功能

一个外形尺寸只有 $14 \times 20 \times 5.1$ (cm)的示波表还没有一个饭盒大，它究竟能有多少功能？我们以美国泰克公司生产的Tekmeter来说，大约有20余类，而且每一类还有多项功能。除了具有数字万能表的全部功能和具有全功能实时数字示波器的能力和特性外，还具有一些特定增加的功能，它们为从简单屏幕波形定时测量到电动机控制触发、电力变压器谐波降额因数的自动计算等特殊功能都提供了先进的分析能力。Tekmeter的灵敏度范围从 $5\text{mv/div}$ 到 $500\text{mv/div}$ ，测量最大电压为 $600\text{V RMS}$ ，可以抗 $6000\text{V}$ 的冲击电压，被列为CSA、UL和IEC1010二类环境。显然，它完全适合于现代工业生产环境。在世界上以示波器著名的泰克公司把有关技术都体现在示波表中，它可以精确地捕捉噪声尖峰，高速控制波形的转换和显现数字网络波形，它的取样率五倍于带宽，从而保证了信号的真实性。特别令人注目的是在Tekmeter的小小面板上仅仅有12个按钮，具备高度全自动转换功能，正是这种全自动转换功能，才使得示波表可以吸引任何一个人，从技术员到工程师都无需特别学习就可以掌握它，这也是它的一个优点。

## 参考文献

- 1 张建民. 机电一体化原理与应用. 国防工业出版社, 1992. 11
- 2 姚一平. 可靠性及余度管理. 航空出版社, 1991
- 3 韩梦玮. 顺序控制技术. 国防工业出版社, 1987
- 4 三菱 F1 系列可编程序控制器编程手册