

## 数字示波器原理与测试分析

■ (山东省莱芜职业技术学院信息工程系, 莱芜 271100) 朱英明

摘要: 本文阐述了数字示波器的电路组成及其基本原理, 并提出了应用数字示波器测试时应注意的问题。

关键词: 模拟示波器; 模拟带宽; 数字实时带宽; 采样速率

数字示波器是智能化数字存储示波器的简称, 是模拟示波器技术、数字化测量技术、计算机技术的综合产物。它能够长期存储波形, 可进行负延时触发, 便于观测单次过程和缓变信号, 具有多种显示方式和多种输出方式, 同时还可以进行数学计算和数据处理, 功能扩展也十分方便, 比普通模拟示波器具有更强大的功能, 因此在电子电信类实验室中使用越来越广泛。

### 1、数字示波器的电路组成与工作原理

数字示波器是由取样存储、读出显示和系统控制三大部分组成, 它们之间通过数据总线、地址总线和控制总线相互联系和交换信息, 以完成各种测量功能, 其基本组成框图如图 1 所示。

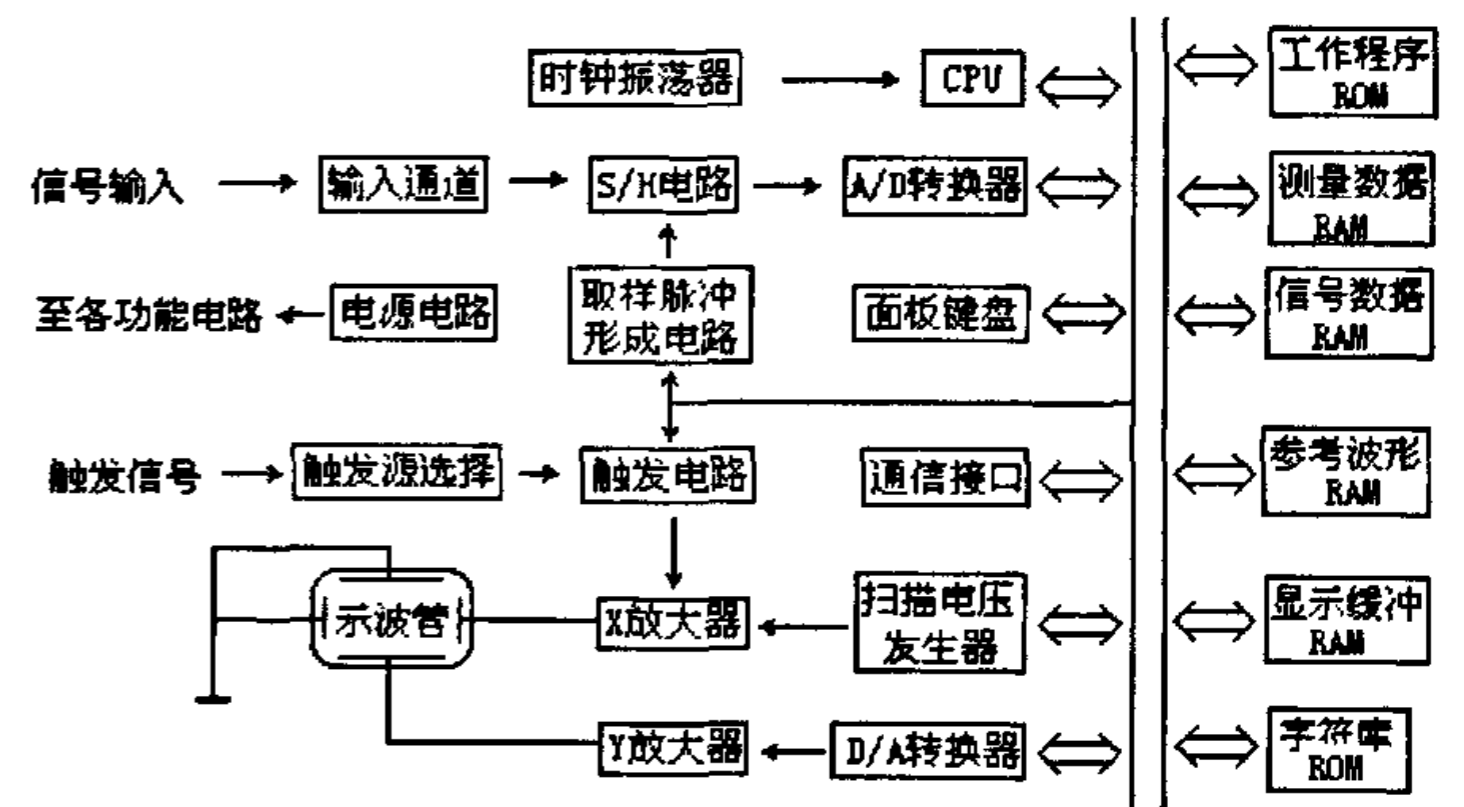


图1 数字示波器基本组成框图

#### 1.1 系统控制部分

系统控制部分由键盘、只读存储器 (ROM)、CPU 及 I/O 接口等组成。在 ROM 内写有仪器的管理程序, 在管理程序的控制下, 对键盘进行扫描产生扫描码, 接受使用者的操作, 以便设定输入灵敏度、扫描速度、读写速度等参数和各种测试功能。

#### 1.2 取样存储部分

取样存储部分主要由输入通道、取样保持电路、

取样脉冲形成电路、A/D 转换器、信号数据存储器等组成。取样保持电路在取样脉冲的控制下,对被测信号进行取样,经 A/D 转换器变换成数字信号,然后存入信号数据存储器中。取样脉冲的形成受触发信号的控制,同时也受 CPU 控制。取样和存储过程如图 2 所示。

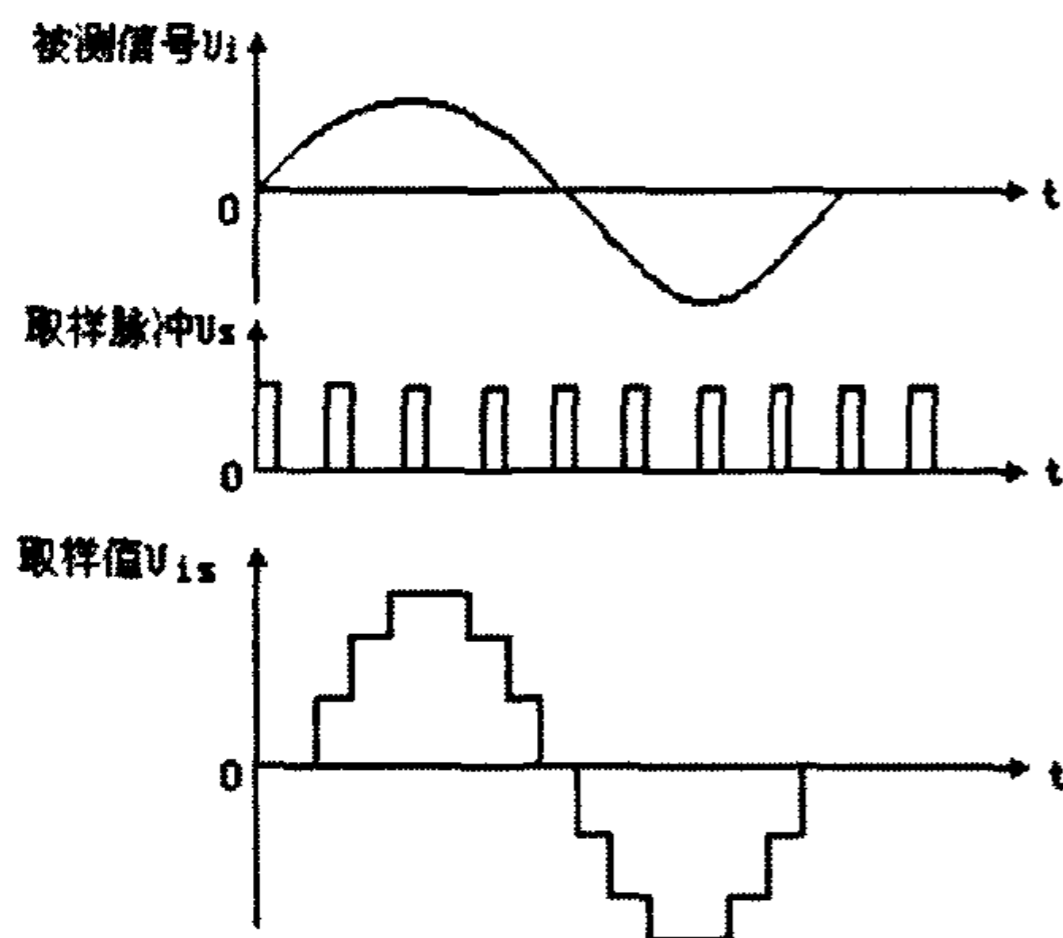


图2 取样和存储过程

### 1.3 读出显示部分

读出显示部分由显示缓冲存储器、D/A 转换器、扫描发生器、X 放大器、Y 放大器和示波管电路组成。它在接到读命令后,先将存储在显示缓冲存储器中的数字信号送 D/A 转换器,将其重新恢复成模拟信号,经放大后送示波管,同时扫描发生器产生的扫描阶梯波电压把被测信号在水平方向展开,从而将信号波形显示在屏幕上。读出和显示过程如图 3 所示。

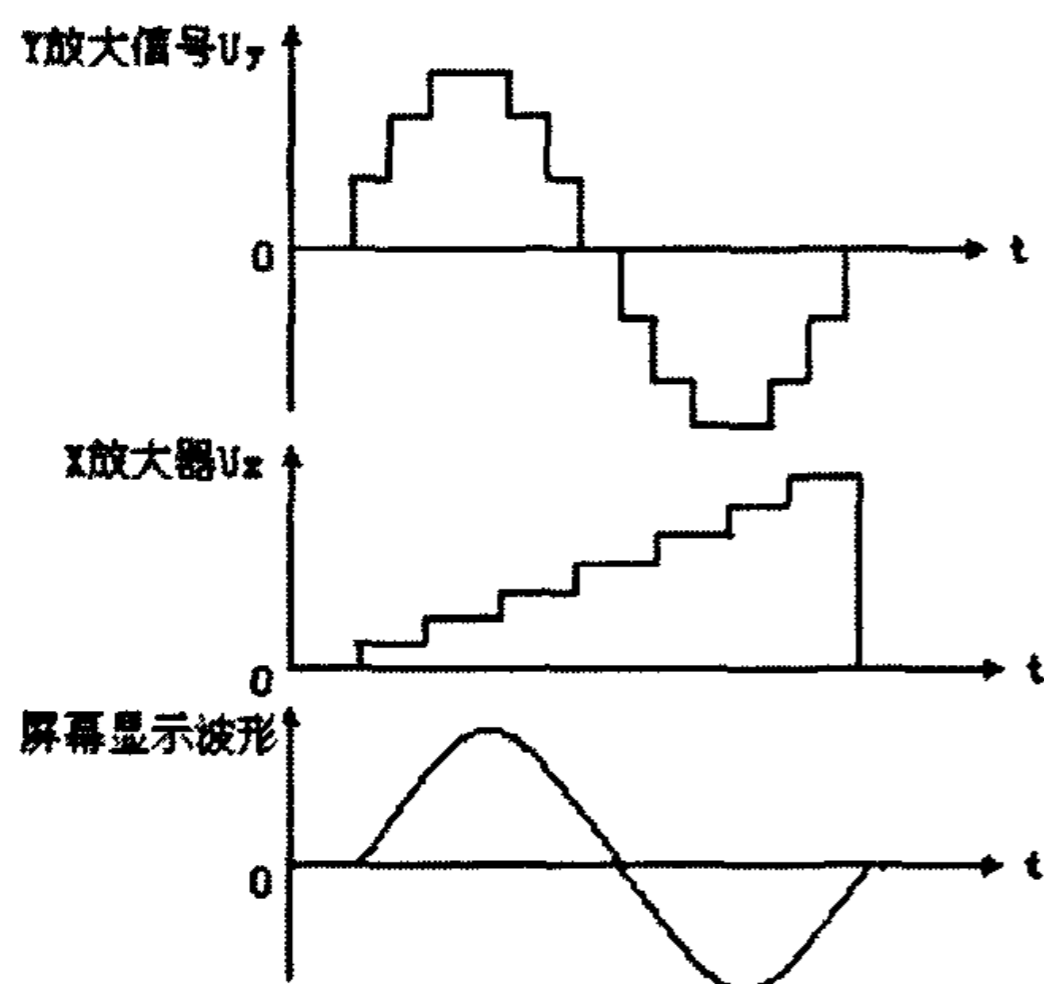


图3 读出和显示过程

## 2、应用数字示波器测试时的注意事项

数字示波器因具有波形触发、存储、显示、测量、波形数据分析处理等独特功能,与普通模拟示波器之间存在较大的性能差异,如果使用不当,会产生较大的测量误差,从而影响测试任务。

### 2.1 区分模拟带宽和数字实时带宽

带宽是示波器最重要的性能指标之一。模拟示波器的带宽是一个固定的值,而数字示波器的带宽有模拟带宽和数字实时带宽两种。数字示波器对重复信号采用与最高数字化频率和波形重建技术因子  $K$  相关(数字实时带宽=最高数字化速率/ $K$ ),一般并不作为一项指标直接给出。从两种带宽的定义可以看出,模拟带宽只适合重复周期信号的测量,而数字实时带宽则同时重复周期信号和单次信号的测量。厂家声称示波器的带宽能达到多少兆,实际上指的是模拟带宽,数字实时带宽要低于这个数值。如 TES520B 型数字示波器的带宽为 500MHz,实际上是指其模拟带宽为 500MHz,而最高数字实时带宽只能达到 400MHz,远低于模拟带宽。所以在测量单次信号时,一定要参考数字示波器的数字实时带宽,否则会给测量带来意想不到的误差。

### 2.2 有关采样速率

采样速率又成为数字化速率,是指单位时间内对模拟输入信号的采样次数,常以 MS/S (多少兆个采样点每秒)表示。采样速率是数字示波器的一项重要性能指标。

(1)如果采样速率不够,容易出现混迭现象造成读数误差

其现象是在测试过程中显示的信号频率远远小于输入信号的频率。造成这种现象的原因是因为示波器的采样速率太慢,产生了混迭现象。混迭就是屏

幕上显示的波形频率低于输入信号的实际频率,或者是示波器触发指示灯亮,但显示的波形仍不稳定。那么,对于一个未知频率的波形,如何判断所显示的波形是否已经产生混迭呢?可以通过慢慢改变扫速  $t/\text{格}$  到较快的时基挡,看波形的频率参数是否急剧改变,如果是,说明波形混迭已经发生;同时晃动的波形如果在某个较快的时基挡稳定下来,也说明波形混迭已经发生。常用防止混迭发生的方法是:

- 调整扫速;
- 自动设置 (Autoset);
- 试着将收集方式切换到包络方式或峰值检测方式,因为包络方式是在多个收集记录中寻找极值,而峰值检测方式则是在单个收集记录中寻找最大最小值,这两种方法都能检测到较快的信号变化;

(上接 34 页)

一。通过在本设备上的开发工作,试验研究人员,尤其是刚工作的毕业生、通过开发工作,对试验过程和原理会有深刻认识、对数据分析方法的研究水平会有很大的提高,同时会对解决一些特殊试验难题带来方便。

## 6.2 应用效果

(1) 开发成功的 21 台数据采集仪已在整车研究室、试车场、检测中心、底盘试验室等部门投入使用。

(2) 在近 2 年的时间里,该平台经受了各种汽车试验、各种路面及海南高温环境的考验,得到了这些部门的有关领导和技术人员的肯定和欢迎。一致认为:该系统功能强、可靠性高,在汽车的经济性、动力性、振动性、平顺性、操纵稳定性、ABS 制动性能等试验方面可替代进口设备。

(3) 在集团公司重大质量改进项目“解决 CA3118K2B 自卸车方向盘 40km/h 抖动”工作中,采用该设备成功地测试分析出是由于传动轴的中间支撑梁共振而导致方向盘抖动,从而使这一严重影响市场和信誉的问题得到了彻底解决。

● 如果示波器有 Insta Vu 采集方式,可以选用,因为这种方式采集波形速度快。

### (2) 采样速率与 $t/\text{格}$ 的关系

每台数字示波器的最大采样速率是一个定值,但在任意一个扫描时间  $t/\text{格}$ ,采样速率由下式给出:

$$f_s = N / (t/\text{格})$$

式中  $N$ —每格采样点。

当采样点数  $N$  为一定值时,  $f_s$  与  $t/\text{格}$  成反比,扫速越大,采样速率越低。

综上所述,在应用数字示波器进行测试时,为了避免混迭,扫描挡最好置于扫速较快的位置。如果想要捕捉到瞬息即逝的毛刺,扫描挡则最好置于主扫速较慢的位置。

## 7 结束语

(1) 这次新型便携采集仪的开发体现了研制者和广大试验用户的集体智慧,将过去五花八门的自制采集仪进行了规范和统一,使我们中心多年的常规道路性能试验的研究技术和经验得以优化、提炼和整合。目前这批自主研发的采集仪基本上满足了全中心的产品质量攻关和技术对标工作。

(2) 在研发过程中创新性地使用 EPP 并行口开发了结构简洁、成本低、读写性能完全可以与 ISA 总线相媲美的非智能化数据采集板,拓宽了打印机并行口中的应用范围。2002 年利用该技术又为电气试验室开发了车速表寿命试验变频扫描信号驱动板。

(3) 该平台性能价格比高,价格仅为进口仪器的 1/20,代替了计划引进的一批车载数据采集仪,如果进口一台按 6 万美元计算,那么 21 台则节省达 120 万美元。

(4) 由于 USB 接口软硬件技术日益成熟,相应的接口控制器芯片价格日渐降低,目前我们已经开始了 USB 接口数据采集仪的研发工作,采集及分析处理。下一代数据采集仪软件将全部在 WINDOW 环境下运行,更多的软硬件功能会为用户使用带来更大的方便,同时使我们的数据采集仪的研发技术真正地与国外的先进技术接轨。