



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。

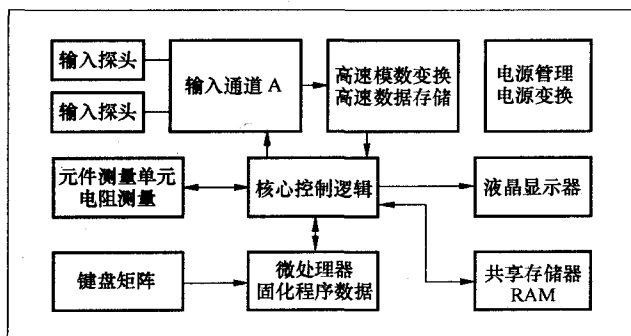


图 1

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

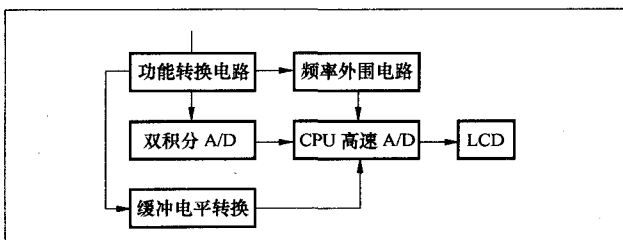


图 2

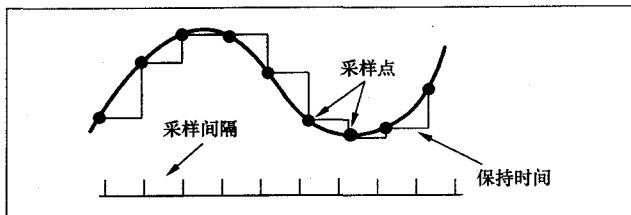


图 9

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

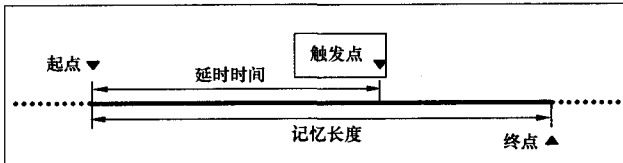


图 10

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。⊗

和工作原理,其功能单元组成见图2。

大家知道,数字万用表是采用2次/秒~3次/秒的双积分式A/D为核心芯片,其优点是测量分辨率高,抗干扰能力强,成本低廉,外围电路简单成熟,抗冲击和电路保护完善。缺点是不能采集波形。而采用双积分A/D和高速多路A/D芯片共同组成视波万用表电路,一方面保持传统数字万用表测量准确等优点,同时将被测信号的波形通过高速A/D取样,送到CPU进行处理,最后将测试结果以数码方式显示和波形再现出来。

输入电路采用并联分压方式,从200mV到1000V(扩展2000V)量程分别在各自的分压电阻上并联不同的补偿电容,以使被测信号能够展宽到20kHz。其他功能转换电路如真有效值测量,电阻测量,电容测量等同传统数字万用表一样,在此不再重复。

被测信号经功能转换电路,一路送双积分A/D转为数字信号给CPU处理,显示测量数据;另一路经缓冲电平转换电路送采样速率200KS/s的高速A/D。高速A/D对被测信号波形进行一个周期内超过10个点的采样,经CPU运算还原出被测波形的形状,由128×64的点阵式LCD显示出来。

在采用高速A/D对交流信号进行采样时,为了不影响被测量电路的准确性,在高速A/D之前加一级缓冲放大器,用来信号隔离。由于被测交流信号有正负半周,直流信号有正负输入,需要极性判别,而在手持式万用表中往往采用单电源供电。为了处理正负信号,采用对被测信号预加一个偏置电压方式,特意将被测信号与预置直流电平相叠加,A/D采样后的数字信号再进行分离,把高于预置电平的信号视为正输入;低于预置电平的信号视为负输入。在处理数字信号时可以充分考虑到零点漂移校正。

为了用最少的按键选择,实现被测信号波形实时再现,在高速A/D采样后数字处理时,设计一个自适应波形再现的数据处理程序。当被测交流信号经连续10:1分压后,已经变为mV信号,此信号大了容易使显示的波形超出LCD可视范围,信号太小不容易观测。如果增加可变增益放大器等附加电路,会增加整机成本和设计的复杂性。自适应计算就是测量被测信号时,将其幅值和频率测到,通过改变送到LCD代码的数字信号,将波形再现的高度和波形个数控制在容易观测的屏幕范围内。显示波形幅值大小与被测信号无比例关系,只为观测的方便。要想知道测试参数,直接读取数码显示内容即可,测量结果一目了然。

由于“视波表”可以根据用户使用的测量范围设计不同带宽及不同功能,使之以最低的成本,发挥最大的测试潜力。作为随身携带测量仪表,同时在用户所需测试范围内,

又能观测到波形,因此适合现场故障诊断和设备安装调试,尤其适合大信号(2000V高压、600A电流)的波形的检测。

三、数字示波表+视波万用表功能工作原理

在测量过程中,有时既要测量高频小信号,又要测量高压信号,而现场检测又不允许携带多种仪器。下面介绍一种既有数字示波表功能,又具备视波万用表功能的ET521A综合性测试仪,可满足上述要求。在设计上充分考虑功能的实用性,包括自动量程的数字万用表芯片和由FPGA及100MS/s高速A/D组成的采样电路,同时采用双核CPU的设计,FPGA及高速A/D高速器件分别由不同的CPU控制,使资源优化最合理。

ET521A不但具备25MHz带宽数字存储数字示波表功能,同时具有6V~2000V自动量程“视波表”功能,不用转换万用表输入端口,直接按键观测被测波形。视波功能采用440KS/s的高速A/D,对万用表电压或电流量程转换后的信号,通过电平转移电路,进行直接的采样。输入衰减电路经过电容的补偿,使之达到在60V量程以内,交流频响为50kHz,其余量程为20kHz。在视波状态下,可以直接观测被测信号的波形,同屏显示万用表的幅值和频率读数。

用户在使用过程中,不需要繁琐的操作,只要按下“AUTO”自动键,被测波形自动捕捉,由320×240点阵式LCD显示出来。该机全部功能采用中文帮助窗口提示,是不看说明书也能使用的自助式仪器,其界面见图3。

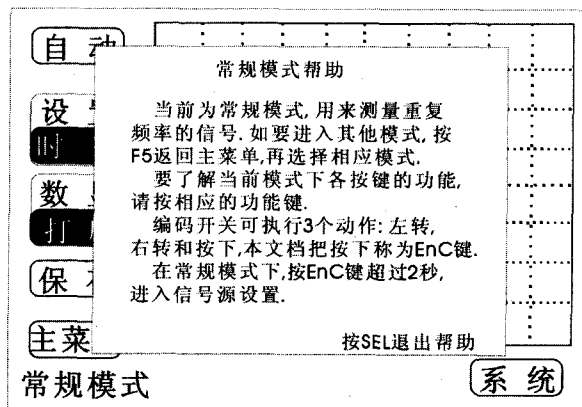


图3

在此平台上,可以针对不同行业用户群体,扩展出不同需要的现场故障诊断仪器,如增加高频测试和手机电源高速采样功能,方便手机故障检测;增加汽车故障码读出,可以方便各类汽车电器的检修。该“数字示波表+视波万用表”的出现,打破了通用测量仪器的概念,一站式功能组合,可满足更多现场故障诊断的需要。④