

数字示波器波形显示处理技术

Waveform Display Process Technology for the DSO

郭献宏^{1,2}, 王庚斗³, 褚洪³

(1 中国电子科技集团公司第41研究所)

(2 电子测试技术国家重点实验室)

(3 将军集团济南卷烟厂)

GUO Xiang-hong, WANG Geng-dou, CHU Hong

(1 NO.41 Research Institute of CETC)

(2 Electronics Test Technology National Important Lab)

(3 Jinan Cigarette Factory, General Tobacco Group Company., Ltd)

◎ 摘 要: 本文作者根据多年从事示波器软件经验, 简单介绍示波器波形的显示方式和波形绘图方法。◎

关键词: 可变余辉; 无限余辉; 平均

中图分类号: TM39

文献标识码: A

文章编号: 1003-0107(2004)07-0012-02

Abstract: This paper bases author's several years experience in the DSO development of software, mainly introduces waveform display mode and waveform graphics of the digitizing oscilloscope.**Key words:** variable persistence; infinite persistence; averaging

◎ CLC number: TM39

Documents codes: A

Article ID: 1003-0107(2004)07-0012-02 ◎

1. 前言

数字示波器一般有三种显示波形的的方法: 可变余辉、无限余辉和平均。可变余辉和无限余辉对示波器来说是新技术。平均显示有的选择连续平均, 也有采用最终平均, 即所选择的重复采样达到时才进行平均, 为用户提供了更强的观察电路信号的能力。本文主要介绍这些显示方式软件是如何实现的。随着大规模可编程逻辑器件的发展, 使得很多软件功能由硬件完成, 如使用硬件平均等。本文不作介绍。

2. 图形系统

图1中输入电路包括衰减器和偏移电路, 使信号处于取样器A/D变换器的工作范围之内。取样器完成取样—保持功能。取样窗口足够窄, 以保证带宽要求。

被取样的数据经过A/D变换器将每个样品转换成bit位数据, 这些数据值被存储在高速存储器中, 每个采集周期存储足够的样点(大于显示到屏幕上的样点数), 而显示到屏幕上的样点

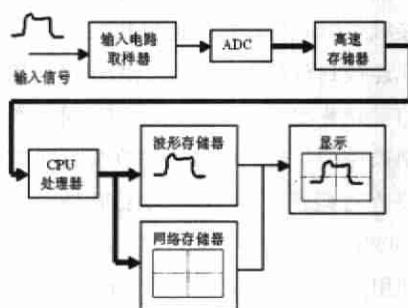


图1 示波器的简化方框图

数与水平扫速设置有关。

当第一个采集周期完成时, 微处理器从高速存储器读取数字化值, 处理这些样点, 并把这些点以bit数据存储在波形像素存储器中。显示电路每隔1/60秒读一次波形存储器, 并把这些像素点显示在屏幕上。

示波器一般采用两个存储区, 一个用来产生刻度, 另一个用于活动的波形, 采用这样的存储区有以下几个优点: ①使刻度或者说静止显示与活动的波形显示分开, 这种方法由于软件不必花费时间去计算刻度, 因此, 当显示和擦除波形时, 获得了加快屏幕更新速率的效果。②波形和刻度能以两

种不同的亮度进行显示, 即半亮和全亮, 这使用户容易区分波形和刻度。

波形和刻度存储器被看做是微处理器的RAM, 图形存储器中的每一个位对应屏幕上的一个像素。当微处理器在存储器中置一个位时, 它就代表屏幕上的一个点。

有关显示的选择有两种不同的方法, 一种是光栅显示, 另一种是传统示波器中所使用的矢量显示。优先选择的是光栅显示, 因为光栅显示的存储器, 对保持无限余辉波形来说是合乎自然的图象存储器。一旦在显示存储器中设置一个点, 它就一直保留着, 直到微处理器把它清除为止。

3. 屏幕更新速率的重要性

示波器的设计目标之一是以非常快的速度把波形展现在屏幕上。由于种种原因, 屏幕更新速率对数字示波器的性能具有更大影响。影响示波器更新速率重要性的几个原因如下:

(1)为了给用户一种示波器正在实时地工作和正在响应着输入信号条件的

变化的感觉,波形必须每秒至少更新10次,更新速率越高,示波器就敏感。

(2)屏幕更新速率影响呆滞时间,这个时间是示波器处理波形所花费的时间,而不是等待触发的时间,减少呆滞时间即可减少丢失的触发链。通常,丢失触发不是重要的,除非这个触发发生在一个包含用户正在观察的不频繁出现的错误的波形上。

(3)增加更新速率即增加了将被显示的信号观测带宽。这是因为随机重复示波器通过对同一信号进行多次取样获得了很宽的带宽,在给定的周期内,信号被取样的次数越多,带宽也就越宽。例如,窄毛刺或垂直尖峰信号,捕捉毛刺的概率跟毛刺宽度与取样时间之比有关。为了取样毛刺,常常增加所检测的数据链的长度。

如果用户观察一个不频繁出现的问题,屏幕更新速率是重要的,增加更新速率就减少了为显示该问题所消耗的时间。数字示波器一个重要特点之一是它具有非常高的更新速率。在可变余辉方式屏幕每秒更新达20,000个点,在无限余辉方式达到每秒50,000个点。下面阐述用于获得如此高的刷新速率的作图算法。

4. 算法

4.1 高速作图算法

高速作图程序的设计采用两种方法取消了浮点运算:

(1)利用查表把数字样品值转换成屏幕上的Y值。仅仅当一个放大系数设置被改变时,这个表才重新计算一次。

(2)对X轴,采用32位整数形式,高16位表示像素中的X值,低16位表示精度。

一个高速作图的pascal程序表示如下。该程序实际上是汇编语言代码,含有17个语句,其中的5个语句用于在屏幕上直接进行点的作图。

```
Integer Variables (Pascal Program)
X = X Value in pixels, number between 0 and 500
Y = Y value in pixels, number between 0 and 255
A_to_d_data = Sample value, 0 to 127
Number_of_points = number of points to be plotted
```

```
Long_X = 32_bit integer
16 MSBs = X in pixels
16 LSBs = accuracy bits
Long_delta_x = step size [ Sample format as Long_x ]
Plotting Routine[ in Pascal ]
For I:= 1 to Number_of_points DO
BEGIN
X:= Long_x / 65536; { Compute X in pixels }
Long_x:= Long_x + Long_delta_x; { Add delta for next points }
Y:= Vertical_table(A_to_d_data[I]); { Look up Y value in table }
Plot(X,Y); { Plot point on screen }
END;
```

该显示程序作图一个点用18us,在无限长余辉方式,一秒钟内能够采集并作图高达50,000个点的波形。

4.2 平均算法

示波器采用连续平均算法,也被称为指数平均。这种算法在其它的一些应用中已被采用,但是有关这种算法的介绍都很有限,尤其是把它用在示波器中,有关介绍就更少了。该算法把记录的波形分成501个时间槽,落在某个时间槽内的所有样品一起被平均。

也考虑了其它几种平均算法。一种方法是最终平均,就是当所采集的样品数目达到要求以后进行平均。对每个时间槽的平均只是简单地对落在该时间槽内的全部样品进行平均。最终平均的计算能够用下式表示:

$$V_{avg} = [V(1) + V(2) + \dots + V(N)] / N \quad (1)$$

其中V(1), V(2), ..., V(N)是对该时间槽的取样值, N是为了平均所选择的样品数目, V_avg是对该时间槽的平均值。

最终平均与示波器的显示方式无关,因为平均和显示更新是在最终平均完成后作到的。信号的后来变化没有反映在屏幕上。更新显示的唯一方法是通过仪器提供的清除功能,才能重新进入平均过程。当信号正在变化或者正在探测不同的信号时,让用户按清除功能键,显然是不方便的。(注:为了通过GP-IB采集数据,示波器也采用了最终平均)

理想的连续平均的方法是动态平均。所谓动态平均,就是连续地采集新的样品,对每个时间槽的平均是在落

在该时间槽内的前N个样品进行平均。动态平均的等式表达如下:

$$V_{avg}(K) = (V(K+1-N) + V(K+2-N) + \dots + V(K)) / N \quad (2)$$

其中V(K+1-N), V(K+2-N), ..., V(K)是对应该时间槽的前N个样品, V_avg(K)是第K次的平均值。

动态平均的缺点是需要大量的存储器去完成,对每个时间槽都必须存储前N个样品值。例如,对两个通道,501个时间槽,每个时间槽存储一个字节,为了进行8个样品的动态平均,要求存储容量为8016个字节(2 × 501 × 1 × 8),为了进行256个样品的动态平均,则要求有256,512个字节的存储容量。

示波器的连续平均算法,两个通道总共使用8016个字节。每次平均都是首先把前一次的平均值乘以(N-1)/N,然后加上新样品值的1/N倍来进行计算的。其算式为:

$$V_{avg}(K) = ((N-1)/N)V_{avg}(K-1) + (1/N)V(K) \quad K \geq N$$

$$V_{avg}(K) = ((K-1)/K)V_{avg}(K-1) + (1/K)V(K) \quad K < N \quad (3)$$

其中V(K)是当前的样品值, N是所选择的平均次数, V_avg(K)是对该时间槽的当前平均值, V_avg(K-1)是对该时间槽的上一次平均值。

为了保持精度和快速运算,采用了上述等式改进形式,对每个样品也进行了求和Sum(K)运算。

$$Sum(K) = Sum(K-1) - V_{avg}(K-1) + 256 \times V(K) \quad (4)$$

$$V_{avg}(K) = Sum(K) / N(5)$$

V(K)值乘上一个系数256(即它被偏移8位)是为了保持精度,使Sum(K)和V_avg(K)中的低8位变成精度位。每个时间槽需要存储8个字节: Sum(K)用4个字节, V_avg(K)用2个字节,平均次数N也用2个字节。

5. 结束语

以上是对示波器的波形算法分析,在实际的软件实现时,为了减少波形显示占用的时间,一般都用汇编语言实现。◆