

## 利用普通数字存储示波器排除嵌入式系统数字类故障

在现有技术市场条件下,工程师们需要一种低成本高性能的测量仪器,以便为设计和调试工作提供支持。目前有一类工具正在不断发展,可以满足多变的市场需求,这就是数字存储示波器(DSO),它可以应付各种产品内部数字子系统和核心处理器的一些共性要求,如希望速度与数据处理量越来越高等。本文主要介绍新一代低成本DSO在数字检测方面的应用。

虽然目前的服务器和PC越来越青睐先进高速处理器,但是低档的20或30MHz处理器在现实生活中还在发挥作用。尽管这些粗笨的微处理器设计陈旧,已有多年历史,它们却依然在机械、消费类电子及车用电器中占有一席之地。

这些嵌入式处理器及其应用有什么共同点呢?归纳起来有这样几个明显特征:第一,这类处理器经过很多产品充分验证,人们都非常了解,而且开发可得到广泛支持,易于设计;第二,与现有高端方案比较,其时钟速率相对较慢,总线速率也很慢;第三,应用系统(从自动售饮料机到航空电子设备)必须要有很高的可靠性;最后,成本(包括设计、制造和维护费用)必须尽可能低。

还有一个特性值得注意,即目前存在这样一个稳定的发展趋势,这些嵌入式器件和总线时钟速率都在不断提高,倒不是说要赶上速度最快的服务器,而是将朝“短时钟周期”器件方向发展,时钟速率比以前快5~6倍。和过去的处理器相比,新器件具有相同引脚和功能,但能在给定时间内做更多工作,它可执行更多指令周期完成更复杂工作而不会拖慢整个系统运行速度。这一点尤其对软件开发商有利,因为耗时的代码优化不再显得重要,新产品将会更快更便宜地推向市场。

进行基本数字检查的普通示波器带宽已比以前翻了一番,达到200MHz,而且一些非常有用的“高档”测量特性如高级触发、快速傅立叶变换(FFT)分析及彩色显示等也都相继加入到低档仪器中。如今的设计人员在面对民用产品嵌入式处理器时,也都能用得上数字式故障检测方案。

### 带宽决定应用

不久前生产的处理器和十年前生产的同一器件相比,多了一个隐蔽的“性能”,即信号边缘转换速度更快。从15年前生产这些产品所使用的CMOS工艺到5年前开发的快速5V工艺,边缘转换速度提高了约3倍,很多新设计都用这种最快的5V工艺,甚至有的还进一步降低内核部分电压而只在外围采用5V,对后者而言还能达到更快时钟速率,这种速度加快是硅片特征尺寸缩小所带来的副产品。

边缘速度更快通常是件好事,可减少系统内的时延、设置时间及冲突等问题,但传播延迟更短(大部分是由于CMOS更快边缘速率所造成)也会产生不利影响。当这类延迟越来越短时,通常取决于地址线逻辑和总线控制线间延迟的地址解码余量将遇到更多麻烦。因此设计人员需要知道并了解这些边缘状况、越来越窄的瞬时现象及高速转换时可能出现的其它脉冲特性。

在为一个含20MHz嵌入式处理器的数字设计选择DSO时,人们可能会认为用带宽50MHz或100MHz仪器对付这项工作完全绰绰有余。当然对一些基本故障检测,诸如有没

有信号或者时序和同步是否准确之类的问题,确实是这样的,但其它细节可能就不那么明显。

具有较高带宽的 DSO 比低带宽仪器能更加深入地了解信号特性,因为示波器上升时间已成为确定被观察信号质量的因素之一,有公式如下:

$$\text{测得上升时间} = \sqrt{(\text{示波器上升时间})^2 + (\text{信号上升时间})^2}$$

在低带宽观察时显得“正确”的脉冲可能会在前沿有一个幅值偏差,使其表现像两个脉冲;或者总线输出上的一个很窄瞬时信号可能完全注意不到,导致后面器件输入不稳定。如上面公式所示,一个 200MHz 的 DSO 可以捕捉到 100MHz 仪器看不到的细节。

DSO 带宽大的好处不仅仅限于观察信号边缘,使用高带宽仪器时,接地反弹、噪声、串扰及其它许多偏差都更易于观察到,也更不容易忽略。带宽越高,信号再现就越准确。图 1 显示了同一信号在 60MHz 和 200MHz 带宽示波器上看到的不同情形。

### 用条件触发检测时序问题

在数字存储示波器中,触发条件选择是一个重要但有时却不太为人所知的省力工具,它使 DSO 触发符合所指定的条件。如同显示波形一样,条件触发是嵌入式系统检测的一个基本工具,很多人使用噪声抑制(通常增大触发滞后)来限制短脉冲,并用各种带宽限制选择所需要的信号。

一种最通用的触发特性——脉宽触发最近已从高档实验室仪器移植到普通 DSO 中,这种设置可在输入信号脉宽处于下列情况时使示波器触发:

小于指定时间大于指定时间

等于指定时间(在标称误差范围内)

不等于指定时间(在标称误差范围内)

“小于”脉宽触发是在总线或器件输出端发现可疑瞬时脉冲的最快方法之一。当串扰或时序引起的短暂瞬时脉冲选通器件的输出使能或片选输入端时,将带来间歇性问题,使器件在错误的时刻把数据送到总线上,从而导致不可预见的结果。“小于”触发检测的脉冲比用户指定的宽度要短,使示波器能捕捉到探针输入端出现的所有信号。这种方法得到的不仅是瞬时现象本身,而且还有输出使能及数据总线所产生的结果。

“大于”触发有助于发现一些“被卡住”(stuck)的数据或经过处理后没有回到缺省状态的其它信号,当脉冲下降沿未发生在指定时间时使示波器触发。例如一个数据总线输出信号转换到“1”以响应输出使能动作,之后并没有再转变为新状态,这可能是由于输出使能信号本身不准确、被驱动器件三态转换时间太长或者数据总线下一数值没有出现等多种原因造成,“大于”触发就能发现这种错误,重现所有示波器连接通道上会产生影响的信号,再通过一些检查,就可以发现到底是什么原因造成的问题。这里的时间范围和其它脉宽触发设置一样,从几十纳秒到几秒,可提供充足的时间以确保测量的真正是被“卡住”的信号而不延

迟信号。

“等于”触发在触发信号(如输出使能)受到瞬态信号或噪声干扰而引起示波器伪触发时,提供一种替代电压门限触发的方法。用基本嵌入式微处理器可以说明这种情况。大多数这类器件包括一个外部总线,使处理器能对内置存储器或外围接口进行扩展,通常该总线允许由外围电路控制与处理器之间数据传送的时序。处理器先给出一个地址,然后发送地址选通,被选到的外围电路最后发出“收到”信号确认收到了处理器的指令。该过程需要的时钟延迟是已知的(一般可由用户指定),具体电路各有不同。

知道这个延迟时间是区别各外围电路及检查测试点响应活动的关键。方法很简单,把地址选通作为触发并将脉宽触发时间设置为与具体外设时钟延迟数相等,地址选通上升沿启动倒计时开始,触发电路等待一个预设时间,然后示波器将触发并探测测试点上的信号情况。根据定义,这就是外设在总线上活动的时间,因此“等于”脉宽触发使示波器在一定程度上可承担逻辑分析仪的工作。

### 用内置计数器进行频率测量

自动频率测量几乎从一开始就是 DSO 的功能之一,一般来讲检查被采集波形的第一个周期就可以得到。这是测量一次性事件很有用的工具,但它不能得出连续的高精度波形平均频率值。

频率测量的另一个方法就是常见的频率计数器所使用的,这类频率计一般都找得到且通常比较便宜。利用触发信号作为平均频率读数的源信号也能在 DSO 中实现该方法,这是当前低档 DSO 的一个新特性。频率计数器采用多种不同方式来测量,最常用且最简单的方法是固定式频率计数器,它在一固定时间内计算输入周期的数量(显示计数);或者是固定式周期计数器,计算一个周期所用的时间数(显示计数的倒数)。两种方法在计数量大时精度很好,在计数量低时精度较差。一个类似的方法是把测量间隔分成两半,前一半计算时间和激励数,一旦达到一半的点数,则当输入发生转换(与测量开始时转换的极性相同)即终止测量。这种方法在极端情况下无法达到最高精度,但一般精度都在最高精度的 1/2,为有效触发事件提供稳定易读的频率显示(精确到 6 位数)。由于任何一个事件(在合理幅度范围内)实质上都可作为触发事件,所以这里的“读数”实际上就是一个通用频率计数器。

对嵌入式系统进行故障检测时,经常还必须要检查各种局部时钟信号的频率,包括主晶振。此时示波器触发计数器即可提供一个快速内部解决方案,其测量比在波形基础上的自动频率测量更加准确,而且无需为频率计数单独设一个仪器。

计数器还有助于寻找串扰和噪声源。例如计数器发现总线上一个噪声信号频率是 100kHz,那么可能是开关电源部分的串扰或接地有问题;同样,如果噪声信号频率是主时钟的 1/2,问题就可能出在旁边总线发出的串扰。因为实际上信号源可以是任何触发信号,所以计数器可测量任何条件触发事件的频率,并不仅仅是每个周期出现一次的电压触发,如将计数器与脉宽触发结合,还可以确定发生在连续脉冲内特定脉宽的频率。

### 彩色波形显示器

彩色液晶显示器以前仅在高档实验仪器中才会有,但现在也可见于一些普通的 DSO。

彩色给显示器多增加了一层信息，使这种仪器在作检测时比以前更加容易。

波形只不过是屏幕上的一条线，以颜色表示能带来什么样的好处呢？主要是在观察多条波形线时彩色能看得更清楚，每条线都采用不同的颜色。这种彩色编码方法还沿用到示波器前面板上，例如黄色旋钮控制黄色波，通过黄色探针连接进来，它还可以一路延长到探头，甚至到被测电路上，用不同的颜色标出测试点。另外，在叠加两个波形比较区别时彩色也很有用，一些颜色在调光照明条件下还会更加清晰。

彩色示波器可以提高生产率，简单地讲就是应用简单，能减少很多细小的人为错误，而这种小错误常常要花几个小时才能解决。

作者：*David Hiltner*

硬件工程师

*Tektronix*

--摘自《电子工程专辑》