

## “工程师示波器测量方面的问题集(第一期)” 参考答案

美国力科公司中国区

**1, 为什么说测量有些 100MHz 的时钟和 3.125Gb/s 的 XAUI 信号, 示波器件的带宽都需要 6GHz 以上?**

**答:** 对于一些标准的信号, 通常选择示波器的带宽为被测信号的频率的 3-5 倍。如对于 3.125Gb/s 的信号, 可以认为其最高频率可达 1.5625GHz, 所以建议选择示波器带宽在 6GHz 以上较佳。而对于 100MHz 的非标准信号, 还需要结合上升时间来选择示波器带宽, 由于信号边沿越陡, 包含的频率分量就越丰富, 因此要想尽可能准确的测量到信号, 则需要更大的带宽。信号的频谱分布范围可用  $0.35/tr$  来估算, 然后选择 3-5 倍与该频率的示波器带宽即可比较准确的测量信号 (具体选择需要参考用户希望得到的测量精度), 请参考: 源于工程师问题的示波器使用技巧大会的 PPT。

**2, 我在测量电源软启动过程中, 电源开关管 MOSFET 的漏源极电压的最大值时, 为什么测量结果会相差很大, 有时候是 2500V, 有时候是 1800V?**

**答:** 测量电源软启动, 必须要捕获足够的时间以能够看到完整的软启动过程, 由于示波器的存储深度是固定的, 所以随着捕获的时间增大, 采样率会自动降低, 这时候尤其要注意确保示波器的采样率是足够的, 否则会影响到软启动电压峰值的测量结果, 导致测量结果不一致, 应尽可能的保证每次测量的设置是一致的。

**3, 为什么我用不同品牌的示波器和探头测量高压时的峰峰值总是差别很大? 对于 400V 电压, 测量结果有时候会差 50V, 到底应相信哪个结果?**

**答:** 测量是一个非常细致的过程。有很多因素会影响到测量结果, 如: 放大器 (包括示波器和探头) 的线性度、探头的地线 (地线长短、地环路的位置、形状等)、示波器中 ADC 的量化误差、探头的负载效应、探头前端的寄生参数、共模干扰、非线性相位响应等等均会影响到测量结果的精度。综合种种因素, 示波器的测量误差有一个范围, 一般认为峰峰值在 10% 以内都是正常的测试结果, 因此示波器也常常被定位为一个定性的仪器, 而非一个定量的仪器。所以说不同品牌的仪器和探头测量得到的结果存在 10% 以内的误差也是可能的。

**4, 在测量电源纹波时, 我们发现将时基设置为 10us/div 和 1ms/div 时的测量结果差别很大, 这是为什么? 正确的时基大小是多少?**

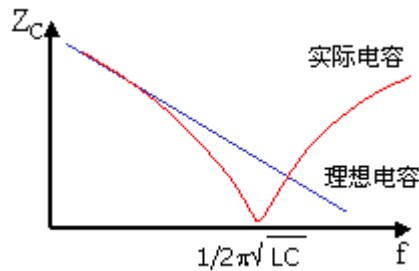
**答:** 捕获的一个基本原则是: 捕获感兴趣的一个完整的低频周期, 如果捕获的时间长度不够, 则会导致测量结果偏差较大。开关电源通常是 AC-DC-DC 的变换过程。AC 源于电网电压, 是一种源效应, 经过闭环控制后仍然很难消除。电网电压的频率是 50Hz, 整流之后是 100Hz。电源纹波测量应完整地包含 100Hz 的低频周期, 因此捕获时间应大于 100ms。

**5, 在您的一篇博文中提到测量纹波的方法, 建议示波器设置为 2mv/div, DC 50 欧耦合, 外面加隔直电容滤掉直流成分, 使示波器的屏幕上只显示纹波, 那么, 我的问题是, 为什么要用 DC 50 欧耦合而不是 AC 1M 欧耦合? 隔直电容值大小该如何选择? 示波器显示的纹波在屏幕上的位置 (即示波器的偏置) 是否会影响测量结果?**

**答:** 如果用 AC1M 的话, 则需要使用无源探头进行测量, 而无源探头有系数为 10 的衰减倍数, 也就意味着示波器的垂直灵敏度最小值为 20mv/div, 这将大大放大示波器的本底噪声以及外界干扰, 从而影响到电源纹波的测量精度, 因此建议用 2mv/div, DC 50 欧, 使用同轴线缆进行测量会有更好的精度。

如果不使用隔直电容，示波器必须设置较大的偏置才能将电源纹波完全的显示在示波器屏幕上，这样将导致示波器的垂直灵敏度不能达到最小，这样也会大大的影响到电源纹波的测量精度，而且示波器的偏置也会有一定的偏置误差。使用的隔直电容主要是用于隔断非常低频段的噪声，所以电容阻抗曲线的谐振点应该处在适当的位置，这个频率位置会有比较低的阻抗，使得该频率的信号容易通过，这个频率应该是我们所关注电源纹波频率。如果要精确选择电容，则应该测试其准确的容值、寄生电感。目前常用的是 1uf 或者 0.1uf 的电容，或者几个电容的组合。陶瓷电容的应该会更好些。电容的串接位置接在靠近示波器端会更好些，可以隔断共模耦合、串扰到线缆上的共模成分。

如下图所示为电容的阻抗曲线：

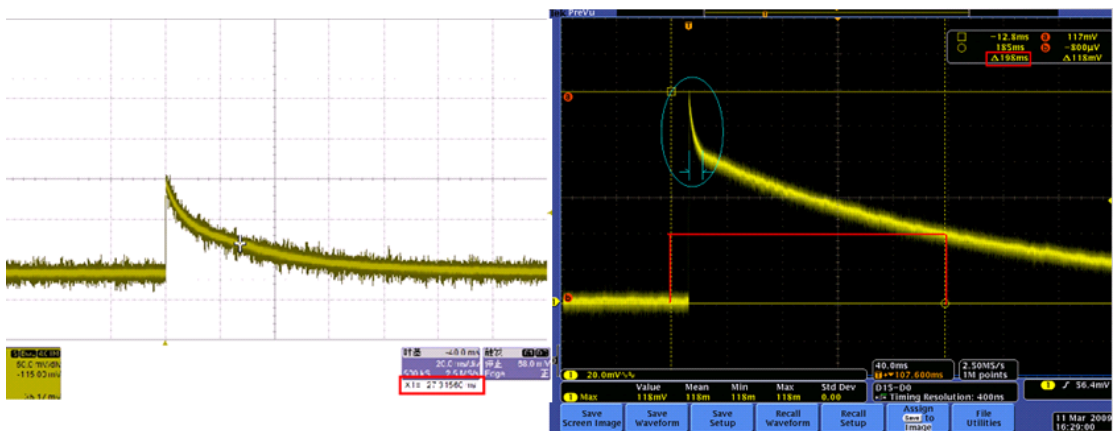


红色曲线为实际电容的阻抗曲线，由于实际电容本身具有一定的寄生电感。因此随着频率的升高，电容的阻抗将会逐渐增大。在电源纹波测量中，我们需要用隔直电容隔掉 DC 直流成分，因此 DC 频点处，电容的阻抗应该足够高，如上图电容曲线最左边即为接近 DC 频点的阻抗，同时还需要保证我们关心的电源纹波频率能够尽可能顺利的通过隔直电容，因此我们关心的电源纹波频率应该位于电容阻抗曲线的最低阻抗位置处为最佳，如图中红色曲线的最低点附近，这时我们就既能有效的隔掉直流成分又不会影响到需要测量的电源纹波成分。通过多个电容的并联可以调整阻抗曲线最低点的位置。

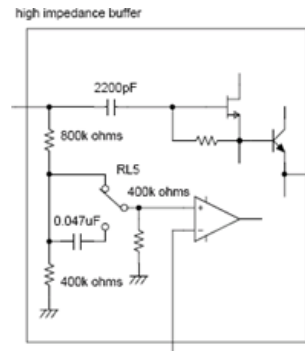
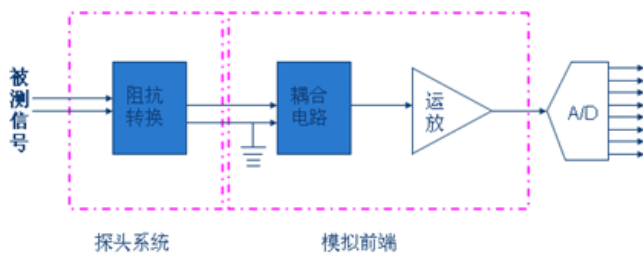
6. 示波器能直接对被测试信号进行滤波吗？还是说一定要通过 Matlab 等软件来做后处理滤波？

答：力科示波器中附带有专门的滤波器软件包 DFP2 可以提供各种各样的滤波功能；同时在通道设置中也包含有平均的功能以及有效位数增强的功能也同样可以达到对波形的滤波的目的。

7. 在测量开关电源的动态恢复特性时，应将示波器设置为 AC 耦合吗？为什么用 Tek 测量的结果与力科相比差别有 10 倍以上，该相信哪个测量结果？



答：请见下图（具体可见源于工程师问题的示波器技巧大会的 PPT 文档）



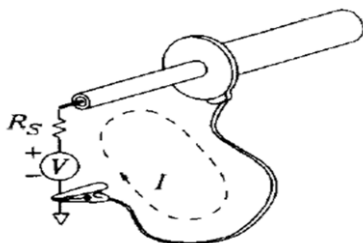
T示波器的AC耦合电容是直接连接到通道输入端的，而且AC耦合电路没有任何buffer设计，截止频率当然就会受到外部输入的影响。不接探头时，1M欧姆的输入电阻和AC电容（大约0.02uF）串联，时间常数为  $R * C$ ，截止频率为  $1/(2 * \pi * R * C) = 1/(2 * 3.14 * 1 * 10^6 (1M\Omega) * 0.02 * 10^{-6})$ ，约等于8Hz。当接上X10无源探头之后，探头的9M欧的电阻和输入端1M欧电阻串行在了一起，时间常数增加10倍，截止频率降低10倍。

Buffer电路通过耦合电容左边的400K欧电阻与探头的9M欧电阻及输入端800K欧电阻并联，然后再和耦合电容及400K欧的电阻串联，时间常数中的R由1M欧变化为784K欧，因此，截止频率基本不变。

- 8, 我在用两个有源单端探头同时测量时，发现交换探头在示波器上的通道之后，测量出来的电压峰峰值差别有 200mv（电压峰峰值大小只有 1V）。最终厂家证实示波器和探头都没有损坏，但为什么会出现这种现象？

答：探头的摆放位置和环路面积对信号测量结果也会带来一定的影响，尤其是在辐射噪声比较大的环境下。为了得到尽可能准确的结果，我们有如下建议：

- (1) 尽可能减小探头之间的环路



### 探头上的信号电流回路

(2) 将探头置于合适的位置，如探头的线缆尽可能的远离辐射源；探头的线缆避免缠绕，以避免自身间形成环路而拾取更大的空间辐射噪声

(3) 对于差分探头，尽量将探头的正、负线缆耦合到一起，使得探头正、负线缆受到平衡的空间辐射，以利于共模噪声的消除

- 9, 我是照明行业的，从事电子整流器研发。当我将探头连接探头到电路上时，发现灯会一闪一闪的，拿开探头，灯就不闪了，这是为什么？如何解决？

答：任何类型的探头连接到被测电路上后，都会给被测电路带来一定的影响，尤其是当被测电路接收端芯片输入阻抗比较低的时候将更为明显。因此上述现象很有可能是由于探头的负载效应引起的。探头阻抗越高，效果越好（阻抗越高，给被测电路带来的负载效应越小），选用阻抗更高的探头可以解决上述现象。需要注意的是探头的阻抗主要决定于探头的寄生电容，且随着频率的变化而变化。通常探头厂家不会直接标出这个值，只会标出寄生电容值，而探头手册中标出的输入阻抗只是 DC 直流时

的阻抗。

- 10, 再次向您请教示波器中的一个名词—波形更新率, 还望您不吝赐教, 继续扫盲。一般示波器都会有波形保持功能, 即可以在原波形上继续添加新的波形。我现在希望了解叠加 100 个波形后我的波形时间宽度。如果能够知道波形的更新率, 即多久会添加一个新的波形后, 我就可以确定多长时间叠加到了 100 个波形。这个波形更新率该怎么计算呢, 它和采样率、存储深度有没有关系? 另外, 它的专业叫法应该是什么?

答: 波形更新率就是 1 秒钟内示波器屏幕能显示多少屏幕的波形; 示波器在实时工作情况下, 屏幕是会被不停的刷新的, 也就是说同一时间只能显示一屏数据, 过去的数据会被覆盖掉; 如果示波器工作到模拟余晖的模式下, 则过去和现在的波形会累加到一起, 使得用户可以看到长时间内波形叠加后的累叠效果, 此方法在传统意义上来说可以帮助用户查找异常, 观察抖动等, 但是由于刷新率的限制, 速度会很慢, 查找频率较高、异常出现概率很罕见的信号则不是很理想, 使用硬件触发的方法则是一种更好更快速的选择; 波形更新率是示波器的一项基本指标, 示波器厂家给出的常常是一个理想值, 即采集数据量很少时候的刷新率。而实际情况是, 屏幕上的波形数据量越大, 刷新速度会越慢, 所以说刷新率和采样率、存储深度有存在一定的反比关系。因此通过刷新率计算叠加 100 次不是一个很好的方法, 对于力科示波器来说, 可以通过设置 sequence 模式自动累加 100 次后观察余辉效果会很方便。

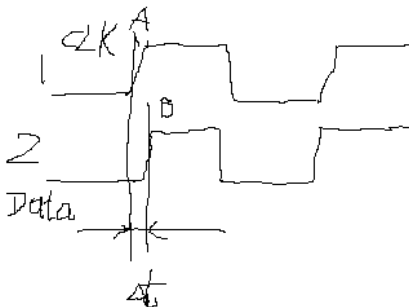
- 11, 我是中兴通讯一位工程师, 咨询一个信号间相对时序关系测试方面的问题, 假如下面 1 通道是时钟、2 通道是数据, A、B 分别是示波器的光标, 比如我要测试时钟的上升沿到数据输出有效, A 光标该放到时钟上升沿的什么位置(上升沿 10%-90%), B 光标该放到数据信号的什么位置, 是数据信号刚好为有效高电平(比如信号刚好超过 2v)或者低电平(刚好低于 0.8V)呢, 还是纯粹的高、低电平(比如 3.3V, 或者 0V)呢, 2 个光标的位置应直接影响测试结果, 这是一个共性的问题, 时序测试很多都存在光标位置的选择问题。

请问我们时序测试选择光标位置的标准是什么?

第 2 个问题是芯片一般 DC、AC 参数如何定义的呢,  $V_{IL}(DC)$ ,  $V_{IH}(DC)$ ,  $V_{IL}(AC)$ ,  $V_{IH}(AC)$ , 这些参数如何构造环境测试呢?

呵呵, 虽然这是芯片方面的问题, 但是你是测试方面的专家, 这些你们都很熟悉了。谢谢!!

Input Low Voltage(DC) <sup>2,3)</sup>	$V_{IL}(DC)$	-0.3	-	$V_{REF} - 0.1$	V
Input High Voltage(DC) <sup>2,4)</sup>	$V_{IH}(DC)$	$V_{REF} + 0.1$	-	$V_{DDQ} + 0.3$	V
Input Low Voltage(AC) <sup>6,7)</sup>	$V_{IL}(AC)$	-	-	$V_{REF} - 0.2$	V
Input High Voltage(AC) <sup>6,7)</sup>	$V_{IH}(AC)$	$V_{REF} + 0.2$	-	-	V



答: A 光标应该放在时钟上升沿的 50%处。

B 光标应该放在数据信号刚好为有效高电平(比如信号刚好超过 2v)或者低电平(刚好低于 0.8V)

光标的方法会带来一定的误差,最主要的是不好准确定位,力科示波器中有专门的测量参数可以用于时序测量,如 setup time(建立时间测量参数)、hold time(保持时间测量参数)、Skew(信号间的延迟等)。

对于 VIL(DC), VIH(DC), VIL(AC), VIH(AC)的含义,可以参见 DDR2 手册中的这些参数的定义,具体定义如下:

VIH(dc)输入高电平直流参数:当信号向上穿越此阈值时,确保电平翻转到 1。是逻辑高电平的翻转阈值。

VIH(ac)输入高电平交流参数:只有信号向上穿越此阈值后,输入的高电平信号才能保持一段时间,此时,介于 VIH(dc)和 VIH(ac)之间的振铃和毛刺才不会引起误触发。

VIL(dc)输入低电平直流参数:当信号向下穿越此阈值时,确保电平翻转到 0。是逻辑低电平的翻转阈值。

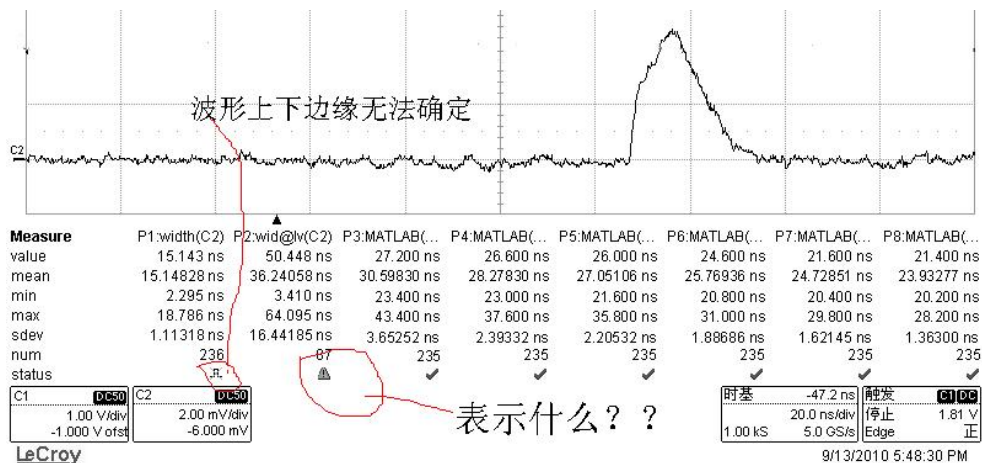
VIL(ac)输入低电平交流参数:只有信号向下穿越此阈值后,输入的低电平才能保持一段时间,此时,介于 VIL(dc)和 VIL(ac)之间的振铃和毛刺才不会引起误触发。

以 VIH(ac)为例,其测量方法如下:

For PUT is DQ or DM:

- 1 Pre-condition the oscilloscope setting.
- 2 Obtain sample or acquire signal data and perform signal conditioning to maximize the screen resolution (vertical scale adjustment).
- 3 Use the Setup time and Hold time to find and capture the Write cycle.
- 4 Find the DQS midpoint and the value of tDS (DM and DQ input setup time in JEDEC specification) which is due to the speed grade.
- 5 Calculate the time where the test result is taken. Calculation is expressed as:  $T_{TESTRESULT} = T_{DQS\ MIDPOINT} - tDS$ .
- 6 Take voltage level of DQ signal at  $T_{TESTRESULT}$  as the test result for  $V_{IH(AC)}$ .

12. 我是中科院的 XX,很高兴能收到您的来信,无论是您的所思所感还是对示波器专业知识的介绍都让我受益匪浅。我们利用力科示波器测量参数的过程中发现,有时在测量状态 status 一栏会出现“一个三角形中间放一个惊叹号”图标,说明书中没有解释出现该符号表示什么,望您给予指点。附件中是示波器截图,其中参数 P2 的状态为我们的问题。





答：对于黄色的告警信息，通过点击测量参数列表会在屏幕下方显示出为什么会有这个提示：



主要的黄色警告含义列举如下：

Symbol:	Description:
	A warning symbol indicates that there is something wrong with the signal or the setup. Touch the parameter list box and read the explanation in the message line at the bottom of the screen.
	A green check mark means that the scope is returning a valid value.
	A crossed-out pulse means that the scope is unable to determine top and base; however, the measurement could still be valid.
	A downward pointing arrow indicates an underflow condition.
	An upward pointing arrow indicates an overflow condition.
	An upward-and-downward pointing arrow indicates an underflow and overflow condition.

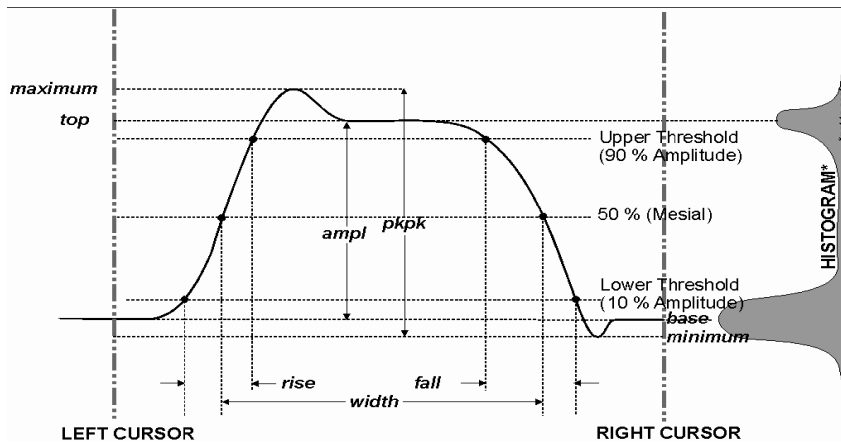
13. 一个脉冲序列信号，脉冲宽度20~30ns，脉冲间隔时间1ms左右，如何在保证采样率足够的情况下测量连续的8000个脉冲的幅度峰值？

答：可以用 Sequence Mode 功能来实现。

- 1) 先在 Real Time Sampling Mode 下把采样率固定到一个合适的值，调整触发、时基和垂直刻度，使屏幕上稳定显示一个完整的脉冲，脉冲在垂直方向上尽量占满屏幕；
- 2) 打开测量功能、统计功能，选择测量脉冲的 Maximum 值；
- 3) 进入 Sequence Sampling Mode，segment number 设置为 8000，屏幕上应该会分段显示 8000 个触发的脉冲；
- 4) Stop 触发，Clear Sweeps 清除之前的测量结果，再按 single 触发，示波器会一次捕获连续的 8000 个脉冲，并计算出峰值的统计数据。在统计数据区会看到统计样本是 8000 个；

14. 我是华为的工程师，我想确认一下，为了准确测量上升时间，屏幕上的波形是只有一个脉冲好，还是越多越好？

答：如果示波器上只一个时钟周期，顶部和底部的样本数很少，如果时钟信号上有一点点的过冲或下冲就会影响到直方图的分布的最大概率状态的确定。因此，在测量时钟我们建议屏幕上采集的周期数尽量多一些。下图所示为示波器参数的测量原理：



下述测量方法为最好的上升时间测量方法，即使有余辉平均的方法：

- Recall a Default Setup
- Display Channel 2 only (turn of C1)
- Set F1=PersistenceTraceMean(C2) (the default setup is fine for this)
- Set P1=RiseTime(F1)
- Set P1=Overshoot(F1)

15. 如何把一次捕获的所有波形的测量值全部导出来，比如测量屏幕上100个脉冲的宽度，如何导出每个脉冲的宽度测量结果？ 如何测量脉冲上升沿和下降沿50%电平对应时刻之间的波形面积？

答：先对100个脉冲的波形宽度进行测量，然后使用力科独特的Track函数功能对脉冲宽度测量参数进行追踪，然后保存Track曲线为文本格式，这个文件里面就列出了这100个脉冲宽度的数值。

另外，还可以通过力科示波器上的AIM、WaveScan、编程功能来完成，具体如下：

- (1) 利用AIM功能来同时测量捕获到的所有波形的参数，给出统计的最大值和最小值。(力科独特的)
- (2) 利用WaveScan功能同时测量出所有波形的参数表用表格的方式列出来，一览无余。(力科独特的)
- (3) 利用力科免费提供ActiveX软件，用户可以在PC上遥控示波器器件，利用VB, VC, Matlab等多种软件的函数来读取示波器测量结果。
- (4) 利用客户自定义分析软件包XDEV，通过示波器提供的软件接口，由用户程序来实现“自定义”测量。力科的XDEV支持自定义测量，自定义运算，自定义用户界面，自定义分析是力科极其方便，极其强大的功能。(力科独特的)

脉冲上升沿和下降沿50%电平对应时刻之间的波形面积也一样可以使用上升编程的方法。