

编者注：

本文件为电子工程专辑网站编辑部原创，电子工程专辑享有本文章完全著作权，如需转载该文章，必须经过电子工程专辑网站编辑部同意。联系电子工程专辑网站编辑部，[请发信至eetcol@globalsources.com](mailto:eetcol@globalsources.com)

示波器基础知识百问

1. 对一个已设计完成的产品，如何用示波器进行检测分析其可靠性？

答：示波器早已成为检测电子线路最有效的工具之一，通过观察线路关键节点的电压电流波形可以直观地检查线路工作是否正常，验证设计是否恰当。这对提高可靠性极有帮助。当然对波形的正确分析判断有赖于工程师自身的经验。

2. 决定示波器探头价格的主要因素是什么？

答：示波器的探头有非常多的种类，不同的性能，比如高压，差分，有源高速探头等等，价格也从几百人民币到接近一万美元。价格的主要决定因素当然是带宽和功能。探头是示波器接触电路的部分，好的探头可以提供测试需要的保真度。为做到这一点，即使无源探头，内部也必须有非常多的无源器件补偿电路(RC 网络)。

3. 一般的示波器探头的使用寿命有多长时间？探头需不需要定期的标定？

答：示波器的探头寿命不好说，取决于使用环境和方法。

标准对于探头没有明确的计量规定，但是对于无源探头，至少在更换探头，探头交换通道的时候，必须进行探头补偿调整。所有有源探头在使用前应该有至少 20 分钟的预热，有的有源探头和电流探头需要进行零点漂移调整。

4. 什么是示波器的实时采样率？

答：实时采样率是指示波器一次采集(一次触发)采样间隔的倒数。据了解，目前业界的最高水平是四个通道同时使用。

5. 什么是示波器的等效时间采样？

答：等效时间采样指的是示波器把多次采集(多次触发)采集到的波形拼凑成一个波形，每次采样速率可能很慢，两次采集触发点有一定的偏移，最后形成的两个点间的最小采样间隔的倒数称为等效采样速率。其指标可以达到很高，如 1ps。

6. 什么是功率因数？如何如何测量？

答：功率因数：在直流电路里，电压乘电流就是有功功率。但在交流电路里，电压乘电流是视在功率，而能起到作功的一部分功率（即有功功率）将小于视在功率。有功功率与视在功率之比叫做功率因数，以 $\cos \Phi$ 表示，其实最简单的测量方式就是测量电压与电流之间的相位差，得出的结果就是功率因数。

7. 如何表达和测试功率密度？

答：功率密度就是单位体积里的功率，一般电源里用 W/in³。

8. 有无办法利用示波器测出高频变压器或电感磁芯的工作情况？

答：TEK 推出的功率测试方案里就有一项功能——B-H 曲线的分析，它能反应磁芯的工作状态，还能测出动态电感值，并得出磁芯损耗。

9. 开关电源的噪声有多种如布线不合理引起的交叉干扰、电感漏磁、二极管反向尖峰...等引起噪声，如何用示波器鉴别？

答：TEK 的 TDS5000 示波器上有频域分析、分析噪声的频率段就能分析出噪声的种类，才好用相应的处理方法。示波器只能提供数据分析和波段形显示。

10. 用示波器怎样可以测试到开关电源的幅射？

答：开关电源存在辐射干扰，一般做法是设法探出干扰源，然后再去屏蔽它。用示波器可以傅立叶变换的功能分析其频率成份构成，根据频率范围，从而判断干扰的种类。

11. 在反激式电源设计过程当中，经常会因为变压器漏感大，而使变压器的转换效率降低，绕制时采用初级中间夹绕次级的方式仍然不大理想。变压器绕制有什么技巧吗？

答：将大功率的输出绕组绕在里面，尽量靠近原边，加强耦合。

12. 有没有能分析开关损耗的示波器？

答：泰克的电源测试系统即 TDS5000 系列数字荧光示波器加上 TDSPOWER2 功率分析软件就可以轻松的分析开关损耗以及每周期的功率损耗甚至包括 RDS ON。

13. 示波器能否进行傅立叶分解？

答：现代数字示波器大多具有 FFT 功能，其中上述系统甚至可以按 EN61000-3-2 标准对电流谐波进行预测试。

14. 示波器能否进行滤波处理？如对 PWM 波进行低通滤波？

答：TDS5000 可以进行 20MHz, 150MHz 低通滤波，还可以进行一种称之为高分辨率采集的数字低通滤波，在此种模式中采样点的垂直分辨率可从 8bits 提高到 12bits，上述系统可以输出像比如 PWM 这样的信号按照脉宽变化的趋势的类似正弦波波形。

15. 使用数字示波器时，对 B 触发和触发电平的设置与被测信号有什么原则？

答：泰克的示波器支持 A,B trigger 功能，简单说就是可以双事件序列触发，当选择 A-B seq 时，A 事件作为主触发，配合 B 事件捕获复杂的波形。触发方法为 A 事件 arm 触发系统，当定义的 B 事件出现时在 B 事件处触发。具体详细的触发说明，请参考示波器的手册。

16. 如何用 TDS3052B 测量载波频率为几十 K，调制波频率为电源频率的已调波的最大值？

答：工频输入可能为低频的 50Hz/60Hz，同时载波为几十 K，一个工频周期为 20ms 左右，如果示波器需要观测 20ms 信号，即示波器的 duration 采集窗口至少为 2ms/div × 10 格，同时根据几十 k 的载波信号，确定示波器的采样率。最后可以估算出需要的采集内存长度，判断是否能够满足测试要求。

17. 使用一台标称 100MHz 的 DSO 示波器，测量一个高频开关幅值 400V，f=50M，示波器如何描绘出它的波形和上升时间？

答：① 示波器的带宽是以正弦波幅度衰减-3dB 点为带宽定义的。

② 数字示波器中对于波形和上升时间的描绘都是通过实时采样电路和高速 A/D 变换器获得波形数据，再通过插值运算得到的。

③ 在泰克的示波器中，有实时的处理电路完成所谓的正弦内插功能，在信号采集电路部分完成。当然，很多示波器也是通过示波器的主处理器进行数学运算完成的，这个时候会花比较多的时间。

④ 对于您测量的信号，恐怕使用 100MHz 的示波器是无法进行。50MHz 的方波，理论上应该使用 450MHz 以上的示波器才能将信号中最重要的 9 次以下谐波准确重新，从而保证波形不失真。更何况，您恐怕还要考虑信号上升时间的问题，理论上，示波器的上升时间应该比信号快 5 倍以上。

⑤ 探头也一样，由于普通探头在测量高压的时候会产生高频失真的效应，您应该采用特别的差分探头或者高压探头比如，泰克的 P5205，P5100 进行测量。

18. 如何在模拟电路用好数字示波器，比如测音频放大器的小信号，电源的杂波等？

答：要注意的问题有：

① 示波器的接地问题，示波器的机壳和探头的参考地线都是连接地线的，因此良好的接地是测量干扰的首要条件。

② 示波器参考地线引入的干扰问题，由于普通探头通常都有一段接地线，会与待测点构成一个类似环形天线的干扰路径，引入比较大的干扰，因此要尽量减少这一干扰，可以采用的方法是将探头帽拿掉，不使用探头上引出的地线，而直接使用探头尖端和探头内的地点接触待测点进行测量。

③ 使用差分测量的方法，消除共模噪声。泰克提供一系列的差分探头，比如专门针对小信号的 ADA400A 可以测量到几百微伏，用于高速信号测量的 P7350 提供高达 5GHz 的带宽

④ 在泰克的很多示波器里提供高分辨率采集（Hi-Res）的信号捕获模式，可以过滤信号上叠加的随机噪声。

19. 在测量离板信号线的传导骚扰时，发现在两个特定频点（一个是 659K 另一个是 1.977K）上由两个很大的噪声信号。初步分析是由于板上的开关电源芯片引起的，如何使用示波器测量这样的噪声信号？

答：示波器可以测试噪声信号有几个考虑的因素：

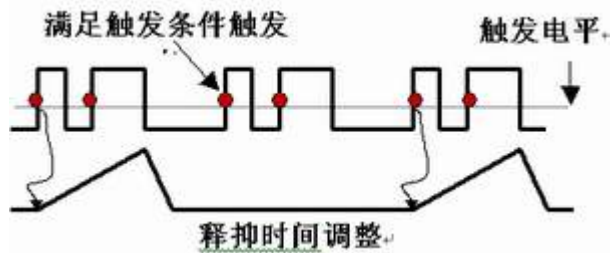
① 被测信号的幅度，是否为小信号，示波器配合探头可以测试 uA 级的信号

② 被测信号的频率。

③ 探头的连接方式不当会产生噪声，影响测试结果。

20. 在用泰克的示波器时，如何理解 Holdoff 这个参数？

答：Holdoff（触发释抑）的含义是暂时将示波器的触发电路封闭一段时间（即释抑时间），在这段时间内，即使有满足触发条件的信号波形点示波器也不会触发。在数字示波器中也会用百分比来表示，意义是整个记录长度或者整个屏幕的百分比。



示波器的触发部分的作用就是稳定的显示波形，触发释抑也是为了稳定显示波形而设置的功能。主要针对大周期重复而在大周期内有很多满足触发条件的不重复的波形点而专门设置的。比如图中所示，图中红色的点都可以满足触发条件，如果不用释抑功能，触发点将不固定，造成显示不稳定，使用触发释抑后，每次都在同一个点触发，因此可以稳定显示。此外，对于调幅信号等也一样要使用触发释抑。详情请参见泰克文章《示波器 XYZ》。

21. 关于 holdoff，所谓触发与非触发，示波器对采集信号的处理有什么区别？
 答：对于数字示波器，不论是否触发，示波器实际上都是在不断地采集波形，但是如果只有稳定的触发才能有稳定的显示。也会出现这种状况，示波器触发电路的模式出于“自动”模式，即不论是否满足触发条件都进行波形显示。如果使用“通常” Normal 模式，不满足触发条件就不会显示波形。

22. 关于 holdoff，如果在水平时间分辨率不变的前提下，是否百分比设置越大（对应信号显示逐渐稳定）那么就意味着信号的周期越长？
 答：是的，百分比越大，释抑时间越长。

23. 如何使用示波器测量差分信号？
 答：最好的方法是选用差分探头，这时测到的信号最为真实客观；若没有差分探头，可使用两个差分探头接到示波器的两个通道上(如 Ch1, Ch2)，然后用数学运算，得到 ch1-ch2 的波形并进行分析，这时尽量保持两根探头完全一样，示波器两个通道的 Vertical scale (每格多少伏)设置一样，否则，误差会较大。

24. 怎样用示波器测量出 USB 总线上的差分信号？
 答：USB 信号的测试分为 2 种情况：
 第一种是需要进行符合 USB 组织定义 USB1.1/2.0 总线的物理层测试规范，只有通过 USB 一致性测试后方可打上 USB 标识。USB 物理层一致性测试分为很多个测试项目,主要是考察 USB 信号的信号质量如何，象
 Signal Quality Test
 Droop & Drop Test
 Inrush Current Test
 HS Specific Tests
 Chirp Test
 Monotonic Test
 Receiver sensitivity Test
 Impedance Test (TDR) 等等。

第二种情况是仅观测 USB 总线上的信号，可以选择合适的差分探头连接到 D+, D-，直接进行 USB 信号的观测。USB2.0 信号速度比较快，上升时间为几百皮秒，为了保证信号的包真

度测试，需要选择大于 2GHz 的示波器和差分探头进行测试。

25. PCB 板上的高速信号特征：XAUI 接口 3.125GBd 串行差分信号：60ps，请问需要多高带宽的示波器才能精确测量？测量误差可达多少？

答：对 XAUI 接口 3.125GBd 串行差分信号，听起来有点象 InfiniBand 信号，用正弦内插的方式，或类似等效采样的方式来采集，但由于本身带宽和触发动抖等因素，在其测量 100ps ~ 130ps 范围内的上升时间时，采用 7GHz 差分探头可保证误差 < 3%，对于 < 80ps 的上升时间测量，其误差会大于 10%，虽然这已经是实时示波器中最好的方案，单就上升时间测量而言，最精确的方案是安捷伦的网络分析仪(需配上物理层分析软件)，因为其带宽可高达 50GHz。

26. 对时钟的相位噪声参数的要求很高的设计，需要考虑哪些关键性的问题来降低相位噪声？

答：在 ADC, DAC 的器件中衡量性能有很多项指标：象位数、转换速度、DC 精度、开关性能、动态性能 (SNR, SINAD, IMD) 等等。

27. 对时钟的相位噪声参数的要求很高的设计，怎样测量相位噪声？

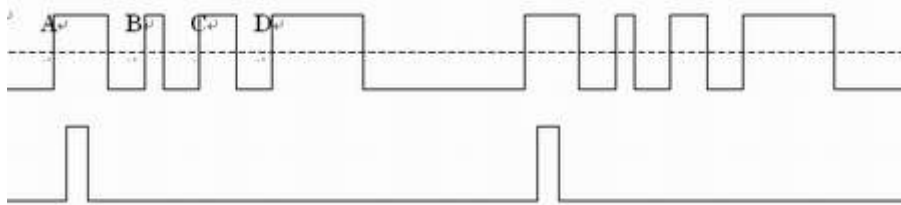
答：从示波器的角度来看，可以测试 ADC, DAC 的模拟和数字信号的幅度，时间，转换后的信号质量，转换速度，时钟和数据的建立/保持时间等参数，还可以通过 TDS 示波器中的高级运算功能 (频谱分析功能) 来定性测量 SNR, SINAD 等参数。

28. 由于可能需要引入外界的时钟，这样时钟存在 2 选 1 的问题，此时用什么方案才能使相位噪声的恶化最小？

答：首先要分析抖动产生的来源，示波器来分析抖动是一个很好的工具，目前可以使用 TDS5000B/6000B/7000B 系列示波器配合抖动分析软件进行彻底抖动分析，象确定抖动 (Dj)，随机抖动 (Rj)，Rj 和 Dj 的分离，最后通过分析造成抖动的原因来消除抖动。

29. 在示波器上看波形时，用外触发和自触发来看有何区别？

答：示波器的通常触发是边沿触发，其触发条件有 2 个，触发电平和触发边沿；即：信号的上升沿 (或者下降沿) 达到某一特定电平 (触发电平) 时，示波器触发。示波器只有在信号自触发有问题的时候才会使用外触发，没有哪一个更好的问题。而这种问题通常可能是，信号比较复杂，有很多满足触发条件的点，无法每次在同一位置触发，从而得到稳定的显示。这时需要使用外触发。举例如下：



观测上面的信号，由于 ABCD 各点都会触发，示波器显示波形将不能稳定。这时可以使用下面的信号作为触发信号，示波器将得到能够全部周期的显示。

30. TDS3032B 的带宽是 300MHz，采样频率为 2.5G/s，采样频率为带宽的 8 倍。请问带宽和采样频率之间有什么固定关系？我们也有一款其它厂家的示波器，带宽 100MHz、

采样频率只有 200MHz。为什么两个示波器的带宽采样频率比相差这么大？

答：带宽是示波器最重要的指标，因为在数字示波器中有 ADC，它的采样率理论上需要满足 Nyquist 采样定律，即被测信号的最高频率信号的每个周期理论上至少需要采 2 个点，否则会造成混叠。但是在实际上还取决于很多其它的因素，比如波形的重构算法等。泰克示波器采用先进的波形重构算法，被测信号的每个周期只需要 2.5 个点就能够重构波形。也有的示波器采用线性插值算法，可能就需要 10 个点。一般采样率是带宽的 4—5 倍就可以比较准确地再现波形。

泰克的 TDS3000B 系列是“实时采样”示波器，即，它的单次带宽（捕获单次信号的能力）=重复带宽，您所说的另一种示波器的单次带宽显然不到 100MHz，您可以看一下它的指标。

31. 示波器指标中的带宽如何理解？

答：带宽是示波器的基本指标，和放大器带宽的定义一样，是所谓的一3dB 点，即，在示波器的输入加正弦波，幅度衰减为实际幅度的 70.7%时的频率点称为带宽。也就是说，使用 100MHz 带宽的示波器测量 1V，100MHz 的正弦波，得到的幅度只有 0.707V。这还只是正弦波的情形。因此，我们在选择示波器的时候，为达到一定的测量精度，应该选择信号最高频率 5 倍的带宽。

32. 测量系统的总带宽如何获得？

答：测量系统的总带宽=0.35/上升时间(1GHz 以下示波器)。

33. 在带宽一定的条件下，采样频率太大是否也没有太大的意义？

答：带宽是限制被测信号高频分量被捕获的基本条件。使用泰克的示波器每个被测信号周期只需 2.5 个点就能够最大限度的重构波形。其它一些示波器需要大于 4 个样点/周期，即 100MHz 带宽示波器单次采集至少需要 400MS/s 的采样率，有些示波器甚至需要 10 个点(线性内插技术)才能保证采集信号有意义。

34. 所谓高斯响应示波器和平坦响应示波器各有何优缺点和适合的领域？

答：在示波器的规范中并没有平坦相应和高斯相应的指标。在示波器中会出现类似的比较或探讨，可能有如下原因：

众所周知，示波器是时域的仪器，从泰克发明第一台可触发的模拟示波器以来，示波器的带宽一直是最重要的指标，它是指示波器内部的前置放大器的模拟带宽。但是，示波器带宽的定义却是频域的定义，即正弦波幅度衰减到-3dB 点时的频率点。一个复杂高速信号含有丰富的频谱分量，如果需要精确测量信号，必须知道它们的每一个频谱分量的幅度和相位，所以示波器的幅频特性和相频特性非常重要。

从最近几年的发展来看，目前数字示波器的带宽越做越高，从泰克 2000 年推出 TDS7000 4GHz 带宽示波器，2001 年推出 TDS6000 6GHz 带宽示波器，2003 年推出 TDS7704B 7GHz 带宽示波器，到最近 TDS6804B 8GHz 带宽示波器，带宽几乎每年都在提升。当示波器带宽到达几个 GHz 时，前置放大器作为模拟器件，保证良好的幅频和相频特性越来越难，泰克是掌握这一最关键技术的唯一公司。有些厂商无法做到，就不得不采用其它的一些方法来修补模拟器件带宽的不足，获得更高的带宽，频响曲线自然发生变化。

随着目前各种高速信号越来越多，信号速率越来越快，对实时示波器提出了新的要求，示波器厂商的数字示波器中也出现了一些新的技术，最显著的是示波器通过数字信号处理技术（DSP）来得到更好的性能。DSP 就在数字示波器主要应用包括：

增强带宽

更快的上升时间

增益和波形校准与改善

幅度和相位的改善

光参考接收机归一化

其中泰克的第三代示波器（DPO）就是 DSP 技术的最好体现。合理的利用 DSP 可以提升示波器测试的信号保真度。

但是，DSP 技术的使用会是每一个示波器的使用者产生迷惑，特别是在“带宽是否可以通过 DSP 可以提升”，“示波器的带宽是模拟带宽，和 DSP 技术有何关系”，“当前的示波器带宽到底是模拟带宽还是 DSP 带宽？”“DSP 技术带来的负面效应是什么？”

在泰克最新的 TDS6804B 8GHZ 带宽的示波器中的模拟带宽是 7GHZ，通过 DSP 增强后的带宽是 8GHZ，为了保证每一个测试人员对这两种方式的理解，在 TDS6804B 中可以打开和关闭 DSP 的带宽增强功能。泰克将 DSP 增强带宽带来的优点和问题告诉每一个测试人员，帮助测试人员理解模拟带宽和 DSP 增强带宽的测试结果，更好的进行高速信号测试。

35. 除高斯响应示波器和平坦响应示波器之外，还有基于其它响应的示波器吗？

答：示波器前置放大器的频响特性是决定测试结果的最关键因素，它由模拟器件决定。关键在于用何种方法来获得足够的频响。

36. 以前在用 TDS744,TDS745 等示波器时，使用的是无源探头(如 P6139A,带宽 500M)。

在购买了有源探头(P6237)之后，从测试波形来看(特别是测高频信号时),两者的测试结果差异较大. 从探头参数得知，有源探头的输入电容<1pF,而无源探头则为 10pF 左右. 这样看来应该是有源探头的测试结果更能反映信号真实的情况. 既然无源探头对高频信号衰减很大，那么 500M 的带宽有什么意义呢？ 如何根据测试情况来选择使用有源或无源探头？

答：您的 P6139A 探头加上泰克的 500MHz 示波器典型带宽值还是可以达到 500MHz，但是正如您所说，其输入电容不同，这一电容将产生对于待测信号的负载效应，造成信号振铃，形状发生改变，因此这个时候使用有源探头时能反映信号的真实情况。实际上，使用探头不光要考虑带宽，所有这些因素我们在测量高频信号的时候都要考虑：

带宽/上升时间

动态范围

负载效应

接地效应

共振效应

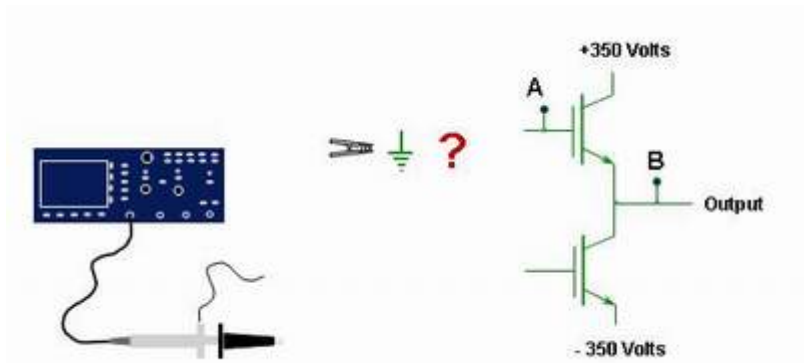
尤其 P6139A 时您还要考虑地线的影响，探头上的接地线也会带来振铃，测量高频信号的时候应该尽量缩短地线的长度。

另外，您使用的 P6247 是有源差分探头，共模的影响也可能是一个因素。

选择无源探头主要是因为其动态范围大，比如 P6139A 可以测量从毫伏到几百伏的信号，而 P6247 只能测量+-8.5V 的信号。另外有源探头价格也是一个因素。

37. 实验时，示波器接地线后，导致 MOSfet 炸掉，现在将示波器都剪掉了地线。这是什么原因？

答：为保证测试中的人身安全以及获得良好的测量效果，一般示波器的所有探头的地线都与机壳连接在一起，并连接到示波器电源线的地线。因此，您在电源中测量 MOSFET 管波形的时候，如果其中任何一个点都不是地，就会产生问题，如下图所示。



剪断地线可以防止对 MOSFET 管测试中的短路问题，但是也会带来一些其它的测试问题，比如示波器机壳带电，示波器机壳分布参数对测量信号造成影响等。解决的办法是使用差分探头，比如泰克的 P5205，可以测量所谓的 2 个测试点都不是地的差分信号。

38. 用示波器抓取数据时，发现存储的文本里只有当前屏幕的数据，且是按照 resolution 为时间间隔的。如何利用软件实时处理数据 (matlab?)，如何抓到更多数据？

答：泰克示波器采用压缩屏幕的显示风格，即屏幕显示的波形为采集下来的所有数据，配合 TDS5000B 的 multiViewZoom 功能，可以方便显示所有波形。

泰克 TDS5000B, TDS6000, TDS7000B, TDS8000B 系列示波器都采用完全开放的 WINDOWS 平台，支持当前所有的流行工具，象 Matlab, LabView, VB, VC, .NET, MicroSoft Office VBA 等等，可以灵活进行数据分析和处理。

这些分析工具还可以直接安装在示波器里面，构成一台集数据采集，分析，显示，处理的仪器。单次采集更多的数据，需要示波器配备更深的存储深度，象 TDS5000B 系列通用示波器可以支持到 16M 内存。

39. 影响示波器工作速度的因素有哪些？

答：实际上任何一台示波器的原理都差不多，前端是数据采集系统，后端是计算机处理。影响速度主要有两方面，一是从前端数采到后端处理的数据传输，一般都是用 PCI 总线，此乃传输瓶颈，但已有新技术可以突破；另一个是后端的处理方式，提高处理速度可以通过数据分包共享来实现。

40. 我们的应用通常会捕获 2M 甚至更多的数据进行分析，且采样率通常会高达 10GS/S，但在进行参数测试和 FFT 等分析时总是显得很慢，为什么？

答：处理的数据量大，速度自然会慢。要想获得大数据量的高速实时 FFT 分析，除非采用专用 FFT 处理器，但成本较高。

41. 使用泰克的 TDS2014 数字示波器抓一个并口的时序时，总能测到能量很强的 50Hz 交流，而测不到信号，但是示波器的地和所测并口的地是一致的，怎么办？

答：可以从以下几方面入手：

- ① 检查示波器是否很好的接地或采用隔离变压器隔离；
- ② 附近是否有较强 50Hz 信号感应；
- ③ 在较强干扰环境下，应注意并口的驱动能力及工作频率与测试操作选择是否合适。若只看到 50Hz 干扰正弦波，且波形较规则，则应考虑并口可能未工作；
- ④ 检查一下探头尖是否损坏了；

- ⑤ 建议把用不着的外设都拔掉，也有可能从显示器上来的；
- ⑥ 如果示波器用了很久，就要考虑底线是否正常，就是那个小夹子。把探头取下，用万用表量一量。

42. 要解决抗电源干扰问题，想测量总电源的干扰信号串入到弱信号放大器电源的情形。结果，即使示波器探头和地连在一起，都有干扰信号，不管测哪里都一样。干扰信号是音频。这是为什么？

答：要注意的问题有：

- ① 示波器的接地问题，示波器的机壳和探头的参考地线都是连接地线的，因此良好的接地是测量干扰的首要条件；
- ② 示波器参考地线引入的干扰问题，由于普通探头通常都有一段接地线，会与待测点构成一个类似环形天线的干扰路径，引入比较大的干扰，因此要尽量减少这一干扰，可以采用的方法是将探头帽拿掉，不使用探头上引出的地线，而直接使用探头尖端和探头内的地点接触待测点进行测量；
- ③ 使用差分测量的方法，消除共模噪声。泰克提供一系列的差分探头，比如专门针对小信号的 ADA400A 可以测量到几百微伏，用于高速信号测量的 P7350 提供高达 5GHz 的带宽；
- ④ 在泰克的很多示波器里提供高分辨率采集 (Hi-Res) 的信号捕获模式，可以过滤信号上叠加的随机噪声。

43. 在 EMC 试验中有时候会出现指示表短暂的指示消失现象，使用示波器进行检测，发现试验过程中示波器有屏幕整个晃动的现象。试验的项目是 EFT (瞬变脉冲串抗扰度试验)，如何解释和怎样在试验中消除这种现象？

答：EFT 有时会对示波器造成干扰，造成误触发，可尝试使用示波器的高频抑制触发模式，限制示波器带宽等办法。

44. 为什么示波器有时候抓不到经过放大后的电流信号？

答：如果信号的确存在，但示波器有时能抓到，有时抓不到，这可能和示波器的设置有关系。通常若您可将示波器触发模式设置成 Normal，触发条件设置成边沿触发，并将触发电平调到适当值，然后将扫描方式设置成单次方式，如果这种方式还不行，通常仪器可能出了问题。

45. 新型数字示波器怎样用于单片机开发呢？

答：单片机电路开发过程中，一般来讲所用的元件和芯片本身都没有问题，有问题的往往是他们之间相互通信和预想的不同，单片机中，常见的总线是 SPI,I2C,USB,LIN,CAN, 54621A 和 54621D 示波器本身支持串行信号的触发功能，可直接调试串行总线上的通信情况，另外，若您使用 DSP 结合 MCU 开发电路板，可能牵涉到软硬件联调，这时您可以用 54621D 的数字逻辑通道连接到控制线或数据、地址线上，借以判断在特定的操作条件或子程序运行下，电路是否能正常工作。而且其每通道 2M 点的存储深度非常有助于分析问题的原因，观察长时间的串行信号，观察握手时序等。而且其放大功能，可将信号放大数万倍以观察细节。54621A 的价格应在 US\$2500 左右，54621D 的价格应该在低于 US\$4000。您可以访问 <http://www.agilent.com/find/mso> <http://www.agilent.com/find/test> 下载相关的许多应用文章。

46. 新型数字示波器 54621A 和 54621D 在检测时是否对 (Inter-IC) 总线的不同信号和不同速率有影响呢？

答: I2C Bus 信号一般工作速率不超过 400Kbit/s,最近也出现了几 Mbit/s 的芯片, 54621A 和 54621D 在设置触发条件时, 无需顾及不同速率的影响, 但对其它总线, 如 CAN 总线, 您先要在示波器上设置 CAN 总线当前的实际工作速率以便示波器能正确解协议, 并正确触发。

47. 除示波器 54621A 和 54621D 外, 还有什么其他仪器可以检测和分析 Inter-IC 总线信号?

答: 想对 Inter-IC 总线信号进行进一步的分析, 如协议级的分析, 可使用安捷伦的逻辑分析仪, 但相对来说, 价格比 54621A/D 要高。

48. 数字示波器的各种触发的应用, 比如说边沿触发, 毛刺触发和脉宽触发等, 它们各自适合测试那种信号?

答: ① edge trigger, 边沿触发, 可设触发电平, 上升沿或下降沿。边沿触发也称为基本触发。

② advanced trigger, 即高级触发, 里面含概各种不同的触发功能, 可以根据被测信号的特征, 设置相应的触发条件, 定位感兴趣的波形。

高级触发是电路调试的关键。在电路调试过程中, 如果事先不了解被测信号可能的问题, 可以先使用泰克数字荧光示波器, 利用 400,000/秒波形捕获速度, 迅速发现电路中的各种问题, 再配合不同的高级触发功能来进行故障的细节定位, 这样可以缩短您的调试周期。

49. 关于毛刺测量, 以前请教过相关的技术人员, 得到的答复是, 示波器所能捕捉的最小毛刺就是示波器的采样速率。是否所有的示波器都遵循这一规律? 此时示波器的前置滤波器不会对它有影响吗?

答: 不能断言所有的示波器都是这样。比如, 有些示波器达到 1GS/s, 带宽只有 60MHz, 显然, 1ns 的毛刺不可能捕捉到。其实捕捉毛刺的能力除了带宽, 采样率, 还取决于波形捕获率, 即每秒能够捕捉的波形数量, 详情请参见泰克关于 DPO 的应用文章。

50. 在使用示波器时如何消除毛刺?

答: 如果毛刺是信号本身固有的, 而且想用边沿触发同步该信号 (如正弦信号), 可以用高频抑制触发方式, 通常可同步该信号。如果信号本身有毛刺, 但想让示波器滤除该毛刺, 不显示毛刺, 通常很难做到。可以试着使用限制带宽的方法, 但不小心可能也会把信号本身滤掉一部分信息。若使用逻辑分析仪器, 一般来说, 使用状态采集的方法, 有些在定时方式下采集到的毛刺, 就看不到了。

51. 在实际工作中, 当碰到突发的毛刺信号, 如何捕捉和测试?

答: 比如我们在进行时钟测试时, 经常会碰到偶发毛刺信号, 该信号将会对我们的电路产生误动作, 因此捕获该信号成为测试的关键, 由于事先我们无法判断该毛刺为正还是为负, 因此我们须先利用 TDS5000 示波器的数字荧光功能即快速波形捕获模式结合无限余辉查看毛刺特征, 然后利用示波器的高级触发功能——脉宽触发依照信号特征, 如: 小于正常时钟脉冲宽度触发。

52. 毛刺/脉宽触发的应用场合有哪些?

答: 毛刺/脉宽触发一般有两种典型应用场合, 一是同步电路行为, 如利用它来同步串行信号, 或对于干扰非常严重的应用, 无法用边沿触发正确同步信号, 脉宽触发就是一个选择; 另一是用来发现信号中的异常现象, 如因干扰或竞争引起的窄毛刺, 由于该异常是偶发显现,

必须用毛刺触发来捕获(另一种方法是峰值检测方式,但峰值检测的方法有可能受其最大采样率的限制,同时,一般是能看,不能测)。若被测对象的脉冲宽度是 50ns,而且该信号没有任何问题,也就是说,没有因干扰,竞争等问题引起的信号畸变或更窄的,用边沿触发就可同步该信号,无需使用毛刺触发。有不少用户将脉宽触发设置为 10ns ~ 30ns,幸运的是,5462x 和 5464x 是业界难得的能完成该操作的仪器。若想验证该 10MHz 方波中是否有异常脉冲,包括比 50ns 窄很多的脉冲,就会用到脉宽或毛刺触发,也就有可能会用到 5ns 的设置。

53. 安捷伦的数字示波器有没有 DPO 功能?

答: DPO 是一个专用名词,只有一个示波器公司使用该名词,安捷伦对应的功能叫 MegaVision,和 DPO 相同之处是:①可以直接信号中的异常现象。②波形捕获率远高于普通数字存储示波器。不同之处:①发现异常信号后, MegaVision 可对该异常直接放大并观察信号细节。②MegaVision 示波器的实时采样率突破 1.25GSa/s 极限,可达 2GSa/s(如 5464xA/D 示波器)甚至更高。③MegaVision 示波器是为需要深存储的应用场合优化的,当示波器存储深度>10K,甚至 100K, 2M 时,其波形刷新率是业界及其领先的。

54. 如果依据信号上升时间确定了带宽后,按照该带宽确定采样率的原则仅仅是为了实现无采样混叠误差吗?

答:确定带宽后再确定采样率,业界的一些公式,的确确定采样率的原则是为了实现无采样混叠误差,但它是泛泛的评估说法,具体还要看您被测对象的特征,因为最高的指标往往是在特定条件下给出的,未必满足您的测试应用。

55. 示波器如何显示两个采样点之间的波形?

答:示波器的显示方式有多种:点显示、正弦内插显示、直线连接显示;示波器的缺省显示方式通常为矢量连接显示方式,有的示波器仅支持直线连接方式;无论是直线连接还是正弦内插,在两个实际采样点之间提供的信息都不是实际采集的,由于直线连接方式可能会导致显示出现突变,如在一正弦波的波峰采集一个点,两边的波谷各采集一点,会显示出三角波,而用正弦内插显示出来仍是正弦波,所以,有些应用文章中的说法是:采用直线连接,对采样率的要求更高,如 10 倍的关系(以真实再现波形);采用正弦内插,对采样率要求稍低以下,也有文章说,2.5 倍就可以,工程上一般说 4 倍以上,也有 5 倍,6 倍的说法。

56. PCB 板上的高速信号特征: 156.25MHz 差分时钟信号, Rise/Fall Time(20%~80%)<100ps, jitter tolerance(p-p<30ps,RMS<2ps),skew(+ vs.-)<20ps, 请问需要多高带宽的示波器才能精确测量? 测量误差可达多少?

答:对于 156.25MHz 差分时钟信号, Rise/Fall Time(20%~80%)<100ps, 若您想精确测试该上升时间,如 3%的测试精度, $0.4/100ps * 1.4 = 5.6GHz$ 带宽示波器及其探头系统,若 10%精度可接受, $0.4/100ps * 1.2 = 4.8GHz$ 带宽示波器及其探头系统。注意若您使用差分探头,您要确保,从被测点算起,整个示波器的带宽是 5.6GHz,幸运的是目前安捷伦推出了 7GHz 带宽的差分探头。同时,54855A 本身的上升时间指标实测是 65ps,说明书上给出 72ps 的指标。jitter tolerance(p-p<30ps,RMS<2ps),要精确测量抖动指标,要求示波器本身的抖动指标要更高,54855A 本身的触发动抖指标是 1ps RMS,比业界同类产品好 7 倍,另一相关指标是 Delta Time meas. Accuracy (peak) 是 $\pm [(7.0 ps) + (1 x ppm * |reading|)]$,好过同类产品 2 倍以上,这和它真正使用 20GSa/s 的 A/D 有关,它消除了使用多个(10GSa/s A/D 或 5GSa/s A/D)拼凑成一个 20GSa/s 所带来的误差。

57. 在选择示波器时，一般考虑的多的是带宽。那么，在什么情况下要考虑采样速率？
答：取决于被测对象，在带宽满足的前提下，希望最小采样间隔(采样率的倒数)能够捕捉到您需要的信号细节。业界有些关于采样速率经验公式，但基本上都是针对示波器带宽得出的，实际应用中，最好不用示波器测相同频率的信号。若您在选型，对正弦波，选择示波器带宽是被测正弦信号频率的 3 倍，以上，采样率是带宽的 4 到 5 倍，实际上是信号的 12 到 15 倍，若是其它波形，要保证采样率足以捕获信号细节。若您正在使用示波器，可透过以下方法验证采样率是否够用：

将波形停下来，放大波形，若发现波形有变化（如某些幅值），采样率就不够，否则无碍。也可用点显示来分析，采样率是否够用。

58. 100MHz 的模拟示波器可以较清楚看到寄生波形，而 100MHz 的数字示波器却看不到（仅能看到波形加粗）？

答：此现象和示波器显示有关，模拟示波器上看到的迹线一般较细，它通过垂直偏转器直接将电压打到屏幕上，而且扫描速率和波形刷新率都很快。数字示波器是通过 A/D 将波形电压量化，存到内存中，处理之后再显示，数字示波器屏幕的显示分辨率是有限的，通常为 640 点或 1000 点，若您将示波器的存储深度(记录长度)设置成 10K 或 2M，这意味着，要让内存中 10K 或 2M 点的信息量通过 640 个点或 1000 个点来反映，无论算法有多好，都会带来一定的显示误差，波形加粗的程度和存储深度是相关的，这些问题是数字示波器特有的问题，另外数字示波器缺省显示方式为矢量显示方式，即会在两个采样点之间以线性算法，或正弦内插算法插入一些点，模拟示波器没有这些问题。您可试着将示波器记录长度改为 500 点，并将矢量显示改为点显示，观察数字示波器每次采样实际得到的数据，调整时基，可以清楚得看到这些点，即使使用矢量显示，线会变细些。仅从仪器角度出发，另外测量小信号，使用 1:1 得探头得结果，可能会比 10:1 探头更好些。另外，模拟示波器没有采样率得概念，只有扫描速率概念，使用数字示波器，采样率很多时候需考虑。

59. 模拟和数字示波器在观察波形的细部时，那个更有优势（例如：在过零点和峰值时，观察 1% 以下的寄生波形）？

答：观察 1% 以下的寄生波形，无论是模拟示波器还是数字示波器，观察其精度都不是很好，模拟示波器的垂直精度未必比数字示波器更高，如某 500MHz 带宽的模拟示波器垂直精度是 $\pm 3\%$ ，并不比数字示波器(通常为 1~2% 精度)更具优势，而且对细节，数字示波器的自动测量功能比模拟示波器的人工测量更精确。

60. 数字示波器一般提供在线显示均方根值，它的精度一般是多少？

答：示波器的幅值测量精度，很多人用 A/D 位数来衡量，实际上，随着您所用的示波器带宽，实际的采样率设置等，会有变化，若带宽不够，本身带来的幅值测量误差就很大，若带宽够了，采样设置很高，实际的幅值测量精度就不如采样率低的时候的精度(您有时可参考示波器的用户手册，它可能会给出不同采样率下，示波器的 A/D 实际有效位数);总的来讲，示波器测量幅值，包括均方根值的精度往往不如万用表，同样，测量频率，它不如频率计数器。

61. 如何捕捉并重现稍纵即逝的瞬时信号？

答：将示波器设置成单次采集方式(触发模式设置成 Normal，触发条件设置成边沿触发，并将触发电平调到适当值，然后将扫描方式设置成单次方式)，如果使用的是安捷伦 5462xA/D,5464xA/D,5483xB/D,5485xA,这些仪器都支持 MegaZoom 功能，就是说，可在观察

信号全局的同时，对局部细节进行放大观察，或者通过移动屏幕的方式，或者通过双时基显示功能来完成。注意示波器的存储深度将决定所能采集信号的时间，和能用到的最大采样速率。

62. 安捷伦的哪种示波器能够测试频率为 500M 的载波信号？

答：如果仅测载波信号本身，通常载波信号为正弦波，推荐使用 1.5GHz 示波器(安捷伦 54845B),使用 BNC 电缆连接被测对象，可得到~94.6%的上升时间测量精度。若必须使用探头，推荐使用 1157A 有源探头(2.5GHz 带宽)。如果使用 500MHz 带宽的示波器，即使使用 BNC 电缆，最好情况下得到的幅度测量误差是 29.3%,上升时间测量精度是 58.6%。

63. 示波器标称为 60MHZ，是否可以理解为它最大可以测到 60MHZ？

答：60MHz 带宽示波器，并不意味着可以很好地测量 60MHz 的信号，根据示波器带宽的定义，如果输入峰峰值为 1V 的 60MHz 的正弦波到 60MHz 带宽的示波器上，从示波器上将看到 0.707V 的信号(30%幅值测量误差)。

64. 用标称为 60MHZ 的示波器测 4.1943MHZ 的方波时测不到，为什么？

答：如果要测试的是方波，选择示波器的参考标准是信号的上升时间，若示波器带宽=0.35/信号上升时间* 3，则上升时间测量误差为 5.4%左右。

示波器的探头带宽也很重要，如果使用的示波器探头包括其前端附件构成的系统带宽很低，将会使示波器带宽大大下降。如若您使用 20MHz 带宽的探头，则能实现的最大带宽是 20MHz。如果在探头前端使用连接导线，会进一步降低探头性能(但对~4MHz 方波，不应有太大影响，因为速度不是很快)。

另外，查看一下示波器使用手册，有的厂家新推出的示波器，在 1:1 设置下，其实际带宽将锐减到≤6MHz,对于~4MHz 的方波，其三次谐波是 12MHz,其五次谐波是 20MHz,若带宽降到 6MHz,对信号幅值衰减很大，即使能看到信号，也绝对不是方波，而是幅值被衰减了的正弦波。当然，测不出信号的原因可能有多种，如探头接触不好，但该现象很容易被排除。建议可以用 BNC 电缆连接一函数发生器，检验该示波器本身有没有问题，探头有没有问题，如有问题，可和厂家直接联系。

65. 怎样测量时钟的稳定度？

答：假设使用的是 5483xB/D、548xxA、5484xB 或 5485xA，可以用其标准配置的直方图方式测量，其时钟边沿或幅值的抖动情况，具体可参见安捷伦的应用文章：“Jitter Analysis Techniques Using an Agilent Infiniium Oscilloscope” (P/N:5988—6109EN)，可测量其最坏情况下的抖动情况。对于 5485xA,若您希望更加强大的抖动分析功能，其配有专门的抖动分析软件，提供功能十分强大的抖动分析，具体可参见 5485x 示波器的 Datasheet，更详细的信息，可致电安捷伦。

66. 使用安捷伦示波器精确测量 PLL 中周期抖动有什么方法和技巧？

答：如果用的是 5483xB/D、548xxA、5484xB 和 5485xA，可以用其标准配置的直方图方式测量，其时钟边沿或幅值的抖动情况，具体可参见安捷伦的应用文章“Jitter Analysis Techniques Using an Agilent Infiniium Oscilloscope” (P/N:5988—6109EN)，可测量其最坏情况下的抖动情况。对于 5485xA，如果希望更加强大的抖动分析功能，其配有专门的抖动分析软件，提供功能十分强大的抖动分析，具体可参见 http://www.agilent.com/find/test_5485x 示波器的 Datasheet,更详细的信息，可致电安捷伦。提醒在使用示波器时，要注意其本身的抖

动相关指标是否满足测试需求,如示波器本身的触发动抖指标等,同时要注意使用不同的探头和探头连接附件时,若不能保证示波器的系统带宽,测量结果会不准确。

67. 如何使用安捷伦示波器测量 PLL 的 Settle time?

答:可使用安捷伦 548xx 系列示波器+USB-GPIB 82357A 适配器+软件选件 来完成。也可使用安捷伦的较低价位的调制域分析仪来完成。

68. 设计一个 PLL, 如何测量 PFD(频率鉴相器)的死区?

答:可以将示波器的一个通道连接到参考信号,另一通道连到反馈信号,设置示波器的触发条件为建立保持时间触发,这时,在调整示波器建立保持时间设置的同时,调整参考信号,直到失锁,这时的建立保持时间设置就对应您的 PFD 死区。理论上,认为失锁会在两个时刻发生,一是在初始工作时间,两个信号相差(频差)超过 PLL 的捕捉带宽;另一始在跟踪过程种,反馈信号变化过大,使两个信号相差超过 PLL 的跟踪带宽会失锁。安捷伦所有 548xx 系列示波器都可完成该测量(在带宽满足的前提下)。

69. 使用安捷伦设备如何测试光信号?

答:安捷伦有全套测试方案测量光信号,从光源、光谱仪、光万用表、光示波器、光波长计等,如果想用实时示波器测量光信号,可使用光电转换器结合示波器完成测量。

70. 如何使用示波器测量电源纹波?

答:可以先用示波器将波形整个波形捕获,然后将关心的纹波部分放大来观察和测量(自动测量或光标测量),同时还利用示波器的 FFT 功能从频域分析。

通常若不太清楚被测对象细节(幅值,频率等)的情况下,可使用"AutoScale"按钮,观察到信号的大概,再调整水平控制旋钮和垂直控制旋钮,以得到最佳的显示(如,幅值尽量满屏显示),再用 Zoom 功能将波形作满平放大显示,测电源纹波时,可将纹波部分用 Zoom 功能放大来分析;另外,可能会考虑从频域角度分析电源,观察其谐波和杂波情况,为此,可让示波器显示尽量多个周期信号,将示波器的存储深度仅可能用到最大,采样率设置成适当的数值,以保证波形不失真,这样得到的频率分辨率为采样率除以当前存储深度设置,观察各次谐波及其与基波的幅度差。另外,若使用 MatLab 软件,可利用 MatLab 软件的强大功能对捕获的信号数据进行更加深入的分析。546xx、548xx 都标准配置有和计算机相连的软件,直接将数据取到计算机中,以进一步分析,当然,也可将 Matlab 软件直接装到 548xx 中。

若已经知道电路的参数,可直接调整示波器设置,让其工作在合适的采样率和垂直刻度下。

71. 开关电源输出电压的纹波是一个重要的指标,如何正确使用示波器来测量这个指标?

答:纹波的定义是附着于直流电平之上的包含周期性与随机性成分的杂波信号,英文称为 PARD (Periodic And Random Deviation)。它的定义是杂波的峰峰值。测量纹波要注意的事项:示波器探头地线会带来很大纹波,应该拔掉地线直接使用探头内地线进行测量。当然,最好的测量方法是使用 50 欧姆终端电阻,用 BNC 电缆直接联结到示波器,这里应该注意该 50 欧姆电阻要考虑功耗,可能要大功率电阻。相关的标准要求,比如是否要分出周期性工频纹波和开关纹波,高频噪声等。再比如,测量频率是否要限制在 20MHz 以下。

72. 测纹波时有很大一部分是 50 赫兹的周期性尖脉冲, 负载电流越大, 脉冲幅度越大, 有哪些具体的解决办法?

答: 在泰克功率测量系统中, 当进行纹波测量时, 我们可以选择工频纹波测试或开关纹波测试, 这样就可自动滤掉不相关频率的纹波, 比如: 选择测试 200KHz 的纹波, 那么示波器将会自动对其他频率成分进行滤波。

73. 测量纹波时怎样去除在纹波上的噪声, 比如工频噪声?

答: 纹波上的噪声可通过 TDS5000 示波器在捕获模式中的高分辨率捕获模式就可以去除这些随机的噪声。纹波分两种一种是工频的, 100Hz, 一种是开关纹波。TEK 推出的 TDSPWR2 就能把这两种纹波分离后分别测量得出结果。

74. 精确测试开关电源的纹波与噪音时, 是否要在专门的实验室里才可以?

答: 当然如果有专门的实验室进行纹波测量是最理想的。在不具备这个条件的时候应当注意的问题有:

- ① 示波器应该有良好的接地;
- ② 如果测量标准有带宽限制的要求, 应该打开 TDS430A 中的 20MHz 带宽限制;
- ③ 使用示波器的交流耦合;
- ④ 使用 BNC 电缆, 并用 TDS430A 的 50 欧姆输入阻抗档进行测量 (这时可能需要 50 欧姆的大功率负载, BNC 适配器或者制作测试夹具)

为提高测量精度, 不应该使用示波器的探头, 示波器探头的地线会引入比较大的噪声。

75. 如何使用示波器测量一些低纹波电源的输出纹波值? 比如测量 1.8V 的输出纹波, 一般都标称输出纹波小于 20mV, 如何用示波器来验证? 而普通示波器即使直接探头接探头地夹的噪声就有二三十毫伏了。

答: 这个问题很有代表性。要用到高共模抑制比的电压差分探头, 它能工作在高噪声环境中。

76. 怎样用数字示波器查看和读出所显示的波形的周期?

答: 所有的数字示波器都支持波形周期测量, 从提高测试精度的角度出发, 如果使用的是 5462x/5464x (54645 除外), 可在其测量参数中选择 Counter, 其内嵌硬件频率计数器会被启动进行精确的频率测量(5 digit), 若使用的是其他型号示波器, 尽量让示波器屏幕显示一个周期的信号, 幅值尽量满刻度, 这时测量精度一般较好, 可以用示波器的自动测量功能, 也可用光标手动测量。

77. 在开发当中碰到一个问题, 在样板机上加改功能, 检测样板的声频, 数据输出, 触发信号等等, 检测的结果跟设计的结果差不多一样, 为什么样板声音清晰, 显示准确, 而成品的声音有时候是可以接受, 但是有时候不行?

答: 实际被测对象的声音有时可以接受, 有时不行, 但示波器上的波形显示看不出什么问题, 或示波器显示数据和被测对象上的数据相差很远。往往是示波器和您的被测对象没有同步造成的。可尝试下面的方法:

声音信号通常为低速信号, 可让示波器工作在滚动方式下, 观察信号出现问题时, 手动停止波形采集, 并进行分析。

在时域中观察声音信号往往不太全面, 安捷伦的动态信号分析仪在很多时候是更好的选择, 但若没有该仪器, 可结合示波器的 FFT 功能从频域观察。

尝试用示波器的触发功能，若手边有混合信号示波器(54xxxD)，可结合其逻辑通道定义触发条件(如类似逻辑分析仪的状态触发，顺序触发)。

78. 如何 tds3012 示波器进行时钟抖动测试？

答：在泰克的开放平台示波器中（比如 TDS7000，TDS5000）有专门的抖动测量软件，可以进行全面的抖动测量（比如 Rj，Dj 等）。在 TDS3012 中只能通过无限余辉对信号进行比较长时间的累计测量。另外，一般频率比较高的时钟才需要测量抖动。一般示波器测量信号的原则是：示波器的带宽应该是信号最高频率的 5 倍，如果上升时间比较快的方波可能需要示波器带宽是信号频率的 10 倍甚至更高。所以建议采用更高带宽，开发平台的示波器。

79. 在 AC/DC 开关电源中如何用示波器进行功率因数测量？

答：其实使用示波器测量功率因数就是测量电压与电流之间的相位差即 $\cos \phi$ ，同时泰克 TDS5000 功率测试系统也自动对 PFC 的相关参数进行测量（如：THD, True Power, Apparent Power, Power Factor 等）。

80. 用泰克示波器的 FFT 功能可以看到开关电源的辐射的频率及幅度，但是这里面的幅度的值与认证中心的值的概念是一样吗？假如不是，怎样转换？而且，假如在看波形时选不同的 V/DIV，在 FFT 状态下有不同的幅度，是否正常？---我用的型号是 TDS1012。

答：使用示波器的 FFT 功能测得的幅值只能作为定性的分析，而不能作为定量的分析，因此只具备参考价值，如果希望对频谱幅度进行分析可选择 Blackman-Harris 窗口，这样效果会好一些；当转换 V/div 时一定会对 FFT 的幅值产生影响，因为这是受到示波器本身的 ADC 的分辨率限制，所以为了提高测量精度，一般会选择将波形尽可能占满整个屏幕（但决不能超出屏幕），也就是选择较小的 V/div 档位。

81. 选择什么型号的示波器可有效提高设计效率？

答：示波器发展到现阶段，已把数据分析提高到重要的位置。使用示波已不仅仅是在调试中观察波形，更重要的是能很好的在设计中分析计算器件参数，帮助大家优化设计方案。选择什么样的示波器最适合要结合您所观察分析的信号决定。

82. 如何用示波器测试视频参数（包括视频输出电平、水平清晰度、亮度幅频响应、色度幅频响应、亮度信噪比、色度信噪比、亮度非线性失真等等视频参数）？

答：泰克 TDS3000B 系列示波器加上 TDS3VID 或 TDS3SDI 以及 TDS5000 系列示波器均提供强大的视频测量功能，甚至包括模拟 HDTV 功能，以及内置矢量示波器能力，帮助你进行分析各种视频参数。

83. 在高频端，如何判断示波器探头本身的阻抗对信号的影响？

答：示波器的探头都有特定的指标，可以参照探头的等效阻抗—频率图确定探头在频率点的等效阻抗。关于探头，泰克有专门的文章叫做《探头 ABC》。

84. 为什么用泰克示波器测试 30MHz 时钟的波形振铃要比安杰仑的大的多（示波器探头是 250MHz 的）？

答：测量状态转换时，只需采用示波器的自动触发方式，将电压和电流的波形设置为比较理想的显示方式。如果使用 TDS5000，还可调节 resolution 旋钮将采样率调至合适档位（一般为信号频率的 10 倍左右）。然后利用 PWR2 软件对被测数据进行自动计算。对于 MOSFET

我们选择 V_{ds} 和 I_{ds} 作为被测信号 IGBT 选择 V_{ce} 和 I_{ce} 作为被测信号。

当用数字示波器测试开关电源时,可否预先设置限制参数(如测试时间,每次采样数)如何用泰克示波器实现对开关电源状态变换的测试。连接方式(可举例),示波器按键的设置,必要的注意事项。

85. 在设计软开关 PWM 变换器时(如 PWM 半桥开关变换器),怎样用示波器观察 MOSFET V_t/I_t 轨迹?

答:首先示波器要有通道间的时延校正功能,这样进行相关数学运算时才能保证基本的准确性。使用高压差分电压探头及电流探头测量。TEK 推出的功率测试方案中就可以动态的观察 MOSFET 的整个工作过程。

86. 输出电容和输出电感的选择不应该根据负载的供电需求确定,那对于 L 和 C 值都应该按照 datasheet 上的确定的公式套用吗?如果按照公式推算出来的值在实际应用中出现了问题,那么我们应该根据什么来更换呢?

答:不同拓扑的输出扼流圈及输出滤波电容的计算公式是不同的,应该按自己所选的电路结构选择合适的计算公式。输出电容的大小主要由输出纹波电压要抑制为几毫伏决定。这就要计算出 ESR,然后可按厂家提供的 DATASHEET 选择。但选电容时还要考虑负载的变化、电流变化范围、输出电感性量等等,因为它们会使电容特性改变。

87. 目前, HID 疝气灯已经广泛用在一些高档轿车大灯上,但在 HID 灯安定器的高压电路设计中,发现由于高压回收速度不够快,造成有时点灯不畅。如何解决?

答: HID 疝气灯一般都有一个二次击穿的过程,然后大灯趋于稳定的工作状态;首先要对二次击穿进行有效的控制方可保证其稳定工作,量测二次击穿只需使用 TDS5000 的长记录长度,进行单次触发捕获其波形,然后分别测量一次击穿和二次击穿的峰值电压以及其脉冲宽度,再测量两次击穿脉冲间的时间即可,根据实际状况看看以上参数是否满足设计要求。

88. 如果使用探头和虚拟仪器,可以在 PC 机上显示出波形。同时,各种各样的计算都可以轻松实现。TEK5000 系列和虚拟仪器有何本质区别?

答: DS5000 虽然是一台基于 Windows 2000 的示波器,但实际上它是分成两个重要部分的,首先它具有一个真正意义上的示波器采集和处理的部分,这部分的数据处理是通过示波器本身的一个专业处理器进行的,而 Windows2000 的计算机平台只是对示波器采集下来的数据(内部通过 PCI 总线通讯)进行一些后台分析计算处理,这部分与示波器本身的显示并无联系。

而所谓的虚拟仪器(大多为 PC 插卡式的),它通过一个数据采集卡(一般速度很慢)将外界的信号采入计算机内部,通过计算机自身的 CPU 对数据进行处理,它是一种廉价的解决方案,它的致命弱点是没有任何溯源性(它受计算机主机的影响太大,不同主机导致的测试结果有较大的误差),我们知道测试仪器的一致性决定测试结果成败的关键。

89. 如何减小 DC-DC 变压器的热损,在设计变压器时应注意那些问题?对变压器的外围电路有何要求?

答:应遵循磁通复位的原则。设计变压器无非要选择磁芯规格及尺寸、计算占空比、磁感应增量、原,副边的匝数。在实验中校对最坏情况下的磁饱和的情况。

90. 在开关电源的设计中常会遇到的棘手问题是效率问题。而整机的效率很大程度上取

决与开关管的损耗，在我们的电路和器件选定后，开关管的开关波形测量很重要，可以根据它的数据来判断和改善开关工作状态。那么在利用示波器进行这项测试时应该如何正确操作和注意哪些问题呢？

答：开关电源中有两大主题：提高效率和提高可靠性。效率就要测损耗，损耗主要集中在开关管和磁性元件上，为此我们应该通过示波器测量开通损耗、截止损耗、导通损耗，同样的对变压器和电感能测量其磁芯损耗和动态电感。

91. 在实际工作中，需要对开关振荡信号，视频信号等进行测试和分析，该如何进行？

答：TEK 的 TDS5000 系列示波器能很轻松的对这两类信号进行测量分析。

对于开关电源你所说的驱动信号，我们的 TDSPWR2 提供了四种分析：占空比趋势分析，开关频率趋势分析。

宽度及周期趋势分析：TDS5000 示波器更具有丰富的视频触发，能应用多种制式，能单独对场，并行进行触发。

92. 在反激式开关电源电源用一种变压器算法，总是需要再进行好多次的调整。反激式开关电源有没有一种比较通用的变压器参数计算方法？

答：变压器的设计虽然通过理论计算，但因为磁芯，绕制方法等的差异性，仍需要多次试验调整。一般是先计算原边电感，根据输出功率来选磁芯材料与骨架尺寸，然后根据手册确定一些如磁芯截面积等参数等。单端设计变压器就是要让磁芯的磁通复位。

93. 使用 TDS3032B 和 THS710 示波器，怎样将一次性随机出现的信号完整地捕捉并存储下来，然后重显分析？

答：如果测的所谓随机信号为一个单次信号，那么只要设置与该信号相匹配的垂直和水平刻度，调整好触发电平，使用单次触发等待信号出现即可，然后利用 SAVE/RECALL 将它存入 ref 里即可随时调出；若是该信号为重复信号中出现的某种异常，则可先 Autoset，然后将获取模式设为快速 500 点显示，调整余辉至无限即可。

94. 开关电源在低温下启动（如：-20℃以下）有什么特殊的要求？

答：关键是器件选择的温度范围。比如电容、MOSFET、二极管等等。

95. 开关电源总会有电磁辐射，同时越有可能受到其他电器设备的干扰。怎样做才能达到即不受其他电器的干扰，又有效地防止向外辐射呢？

答：开关电源因工作在高电压大电流的开关状态下，其引起的电磁兼容性问题是相当复杂的。从整机的电磁兼容性讲，主要有共阻抗耦合、线间耦合、电场耦合、磁场耦合和电磁波耦合几种。电磁兼容产生的三个要素为：干扰源、传播途径及受干扰体。共阻抗耦合主要是干扰源与受干扰体在电气上存在共同阻抗，通过该阻抗使干扰信号进入受干扰对象。线间耦合主要是产生干扰电压及干扰电流的导线或 PCB 线，因并行布线而产生的相互耦合。电场耦合主要是由于电位差的存在，产生的感应电场对受干扰体产生的耦合。

磁场耦合主要是大电流的脉冲电源线附近产生的低频磁场对干扰对象产生的耦合。而电磁波耦合，主要是由于脉动的电压或电流产生的高频电磁波，通过空间向外辐射，对相应的受干扰体产生的耦合。实际上，每一种耦合方式是不能严格区分的，只是侧重点不同而已。从电磁兼容性的三要素讲，要解决开关电源的电磁兼容性，可从三个方面入手。

- 1) 减小干扰源产生的干扰信号；
- 2) 切断干扰信号的传播途径；

3) 增强受干扰体的抗干扰能力。

在解决开关电源内部的电磁兼容性时，可以综合运用上述三个方法，

以成本效益比及实施的难易性为前提。对开关电源产生的对外干扰，如电源线谐波电流、电源线传导干扰、电磁场辐射干扰等，只能用减小干扰源的方法来解决。

一方面，可以增强输入输出滤波电路的设计，改善有源功率因数校正（APFC）电路的性能减少开关管及整流续流二极管的电压电流变化率，采用各种软开关电路拓扑及控制方式等。

另一方面，加强机壳的屏蔽效果，改善机壳的缝隙泄漏，并进行良好的接地处理。而对外部的抗干扰能力，如浪涌、雷击应优化交流输入及直流输出端口的防雷能力。通常，对 1.2/50 μ s 开路电压及 8/20 μ s 短路电流的组合雷击波形，因能量较小，可采用氧化锌压敏电阻与气体放电管等的组合方法来解决。

减小开关电源的内部干扰，实现其自身的电磁兼容性，提高开关电源的稳定性及可靠性，应从以下几个方面入手：

注意数字电路与模拟电路 PCB 布线的正确区分、数字电路与模拟电路电源的正确去耦；

注意数字电路与模拟电路单点接地、大电流电路与小电流特别是电流电压取样电路的单点接地以减小共阻干扰、减小地环的影响；

布线时注意相邻线间的间距及信号性质，避免产生串扰；减小地线阻抗；减小高压大电流线路特别是变压器原边与开关管、电源滤波电容电路所包围的面积；

减小输出整流电路及续流二极管电路与直流滤波电路所包围的面积；减小变压器的漏电感、滤波电感的分布电容；采用谐振频率高的滤波电容器等。

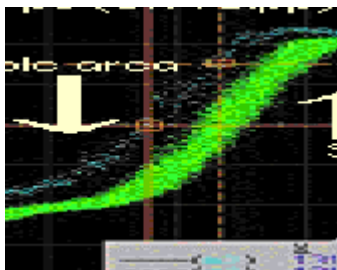
TEK 推出的功率测试方案就可以对电流谐波按 EN61000-3-2 标准进行预先一致性测试，

96. SOA 测试是通过什么数据得到的，可以通过示波器的什么测量方法得到该数据？

答：SOA 就是安全工作区域测量，它是用来判断功率器件的可靠性的，当出现短路或启动加电等时，超过安全工作区域的可能是仅有的几个周期，而且这也是不易被察觉的，但器件受到的影响不至于损坏，但对器件来说也是一种积累，器件的裕量可能不够了。

97. 用示波器如何测试抖动分量？

答：确定性抖动可以用示波器测量出来，在示波器上可以读出上升/下降沿的时间宽度，根据信号周期可以换算成 UIp-p 即是抖动的峰值幅度，如下图。更详细的内容可以参考示波器厂家如泰克的相关资料。



98. 如何区分模拟带宽和数字实时带宽？

答：带宽是示波器最重要的指标之一。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顺序采样或随机采样技术所能达到的最高带宽为示波器的数字实时带宽，数字实时带宽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适合重复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，数字实时带宽是要低于这个值的。例如说 TEK 公司的 TES520B 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。

99. 示波器是否可作为数字化仪使用？

答：最快的示波器和数字化仪通常都采用并行的闪速转换器和 8 位的分辨率。8 位或 256 级数字化足够表达一个比较平滑和容易了解的波形显示。因此，为何不用数字存储示波器(DSO)作为数字化仪，特别对于高速信号，两种仪器都难以获得 8 位以上的分辨率。

事实上，这样做的结果是满意的，但是也有例外。示波器是非连续采集仪器而数字化仪可以不是那样。示波器捕获信号后再捕获更多信号之前要有地方放置数据，除非采用类似电视帧速率的连续波形采集把数据存入像素映像。这样的采集和等效显示率很高，但数据格式使进一步的外部分析数据量非常巨大。

除上述特殊处理外，示波器只能以很低速度连续采集和显示信号。数字化仪可获得连续的 100MS/s 或更高的吞吐率，只受存储器总线速度的限制。例如一种 PCI 总线的数字化插卡，数据传输率达到 100MB/s，PCI 总线可工作至 66MS/s (132MB/s)。

示波器的吞吐率受较慢、低的 I/O 能力的数据处理速度的限制。速度较慢的数字化仪和数据记录器可将数据直接写入硬盘，存档几 GB 的数据，而示波器一般最高只有 16MB。如果从另一方面看数据传输率，许多应用只需要捕捉偶发性数据，但这些突发信号可能很接近。这时快速地传输数据记录就十分重要，这类信号有高重复脉冲频率 (PRF) 的扫描雷达、时间分辨的超声声纳、飞行时间的质谱仪、以及核子计数等应用。

100. 什么是组合示波器？

答：组合示波器是一种把模拟示波器和数字存储示波器(DSO)两者的能力和优点结合在一起的示波器。当组合示波器被设置成 DSO 时，用户可以用它来进行自动参数，测量，存贮采集的波形进而制作硬拷贝；同时，在需要的时候还能具有模拟示波器的无限分辨率以及熟悉而可信的波形显示，并且使用组合示波器时，不管信号重复速率的高低，都可获得最亮的显示。