

干货分享 | 示波器多大采样率足够？实测示波器不同采样率对不同波形的影响

采样率作为示波器性能的关键指标之一，直接影响到波形的准确度和完整性。本文将探讨示波器的采样率对观察不同波形的影响，并提供实用的选择建议。

示波器采样率的重要性

示波器的运行原理如下图所示：

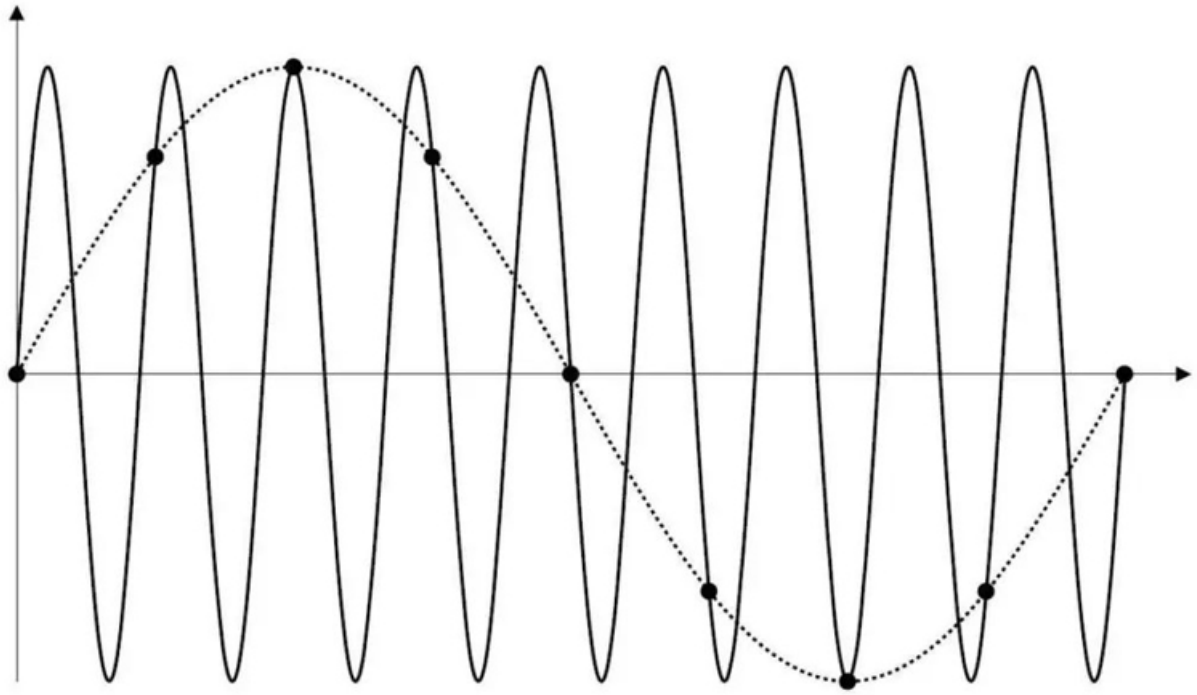


我们通过探头给示波器输入一个信号，被测信号经过示波器前端的放大、衰减等信号调理电路后，然后高速ADC模数转换器进行信号采样和数字量化，示波器的采样率就是对输入信号进行模数转换时采样时钟的频率，通俗的讲就是采样间隔，每个采样间隔采集一个采样点。比如1GSa/s的采样率，代表示波器具备每秒钟采集10亿个采样点的能力，此时其采样间隔就是1纳秒。

对于实时示波器来说，目前普遍采用的是实时采样方式。所谓实时采样，就是对被测的波形信号进行等间隔的一次连续的高速采样，然后根据这些连续采样的样点重构或恢复波形。在实时采样过程中，很关键的一点是要保证示波器的采样率要比被测信号的变化快很多。

那么究竟要快多少呢？按照数字信号处理中的奈奎斯特(Nyquist)定律，如果被测信号带宽是有限的，那么在对信号进行采样和量化时，如果采样率是被测信号带宽的2倍以上，就可以完全重建或恢复出信号中承载的信息而不会产生混叠。

如下图就是采样率不足导致的信号混叠，可以看到采集到的信号和原始信号相比，频率变小了很多。



实测不同采样率对不同波形的影响

本文结合理论，分别用示波器对1.5MHz正弦波，1.5MHz方波，150kHz锯齿波，150kHz三角波进行实测，看下不同采样率对不同波形观察的结果。

这次我们使用麦科信(Micsig)高分辨率示波器MHO3-5004进行测试;MHO3-5004具有500MHz 带宽、12bit垂直分辨率，3GSa/s 实时采样率、4 个模拟通道、360Mpts 的存储深度的专业参数;同时拥有 3.58cm 的超薄设计，可大幅节省桌面空间;配备14 英寸触控屏，1920*1200 分辨率，在我们后面观察波形的时候非常地清晰，同时搭载SigtestUI 专业测试系统;操作界面简洁清晰、运行流畅稳定。



1.正弦波

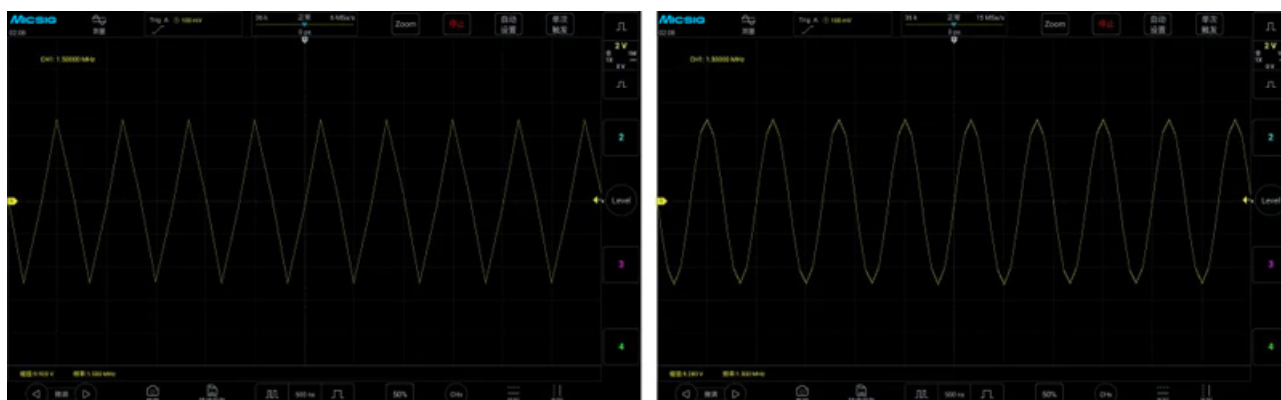
我们先用信号发生器生成一个幅值为10V，频率为1.5MHz的正弦波输入到示波器，通过调节存储深度和时基，将采样率降到我们期望的值。如下图中可以看出示波器此时的时基是2ms，存储深度是36K，采样率 = 存储深度 / (时基*12)，采样率正好就是1.5MSa/s。



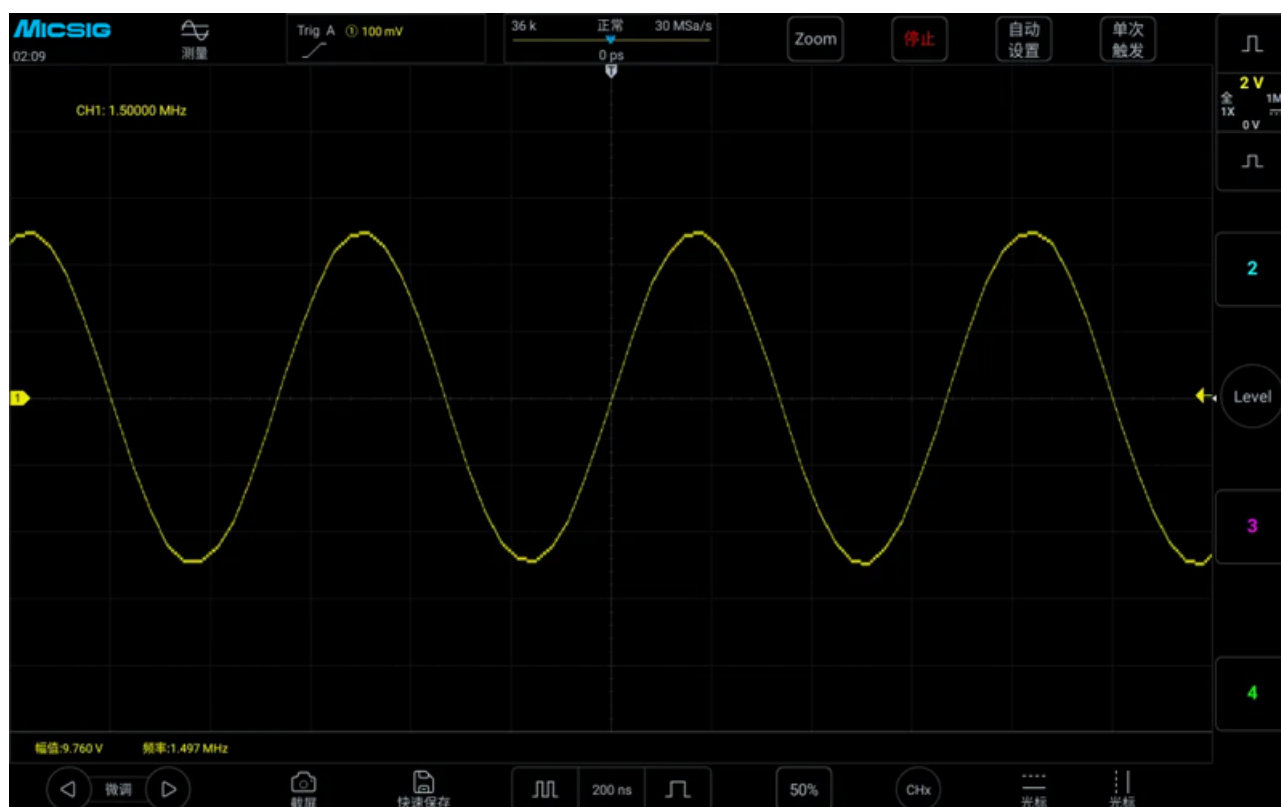
可以看到，当采样率等于信号频率的时候，示波器无法显示正常的正弦波图形，波形已经失真，而左上角的硬件频率计依然可以测得输入的信号频率在1.5MHz。我们将时基继续打大，存储深度固定不变，此时采样率下降到了150KSa/s，可以看到示波器屏幕中可以看出信号是正弦波，但是信号的频率从真实的1.5MHz下降到了9.204Hz，也就是发生了上述采样率不足导致的信号混叠。



接下来我们将时基调小，这样采样率就变大了，一直调到采样率为信号频率的4倍和10倍来观察信号变化，也就是6MSa/s和15MSa/s。下图中左边的信号就是6MSa/s采样率下的，可以看到信号的频率变回了1.5MHz，也就是信号正确的频率值。但是原本的正弦波变成了三角波，波形已经失真。当采样率变为15MSa/s时，也就是下图右边的信号，可以看到信号越来越接近正弦波的样子了，但依然不是很漂亮。



我们继续减少时基，使得采样率为信号频率的20倍，也就是30MSa/s，此时可以看到比较漂亮的正弦波，可以得出结论，观察1MHz的正弦波，采样率最好可以至少达到其20倍以上，才可以比较好地还原信号真实的样子。

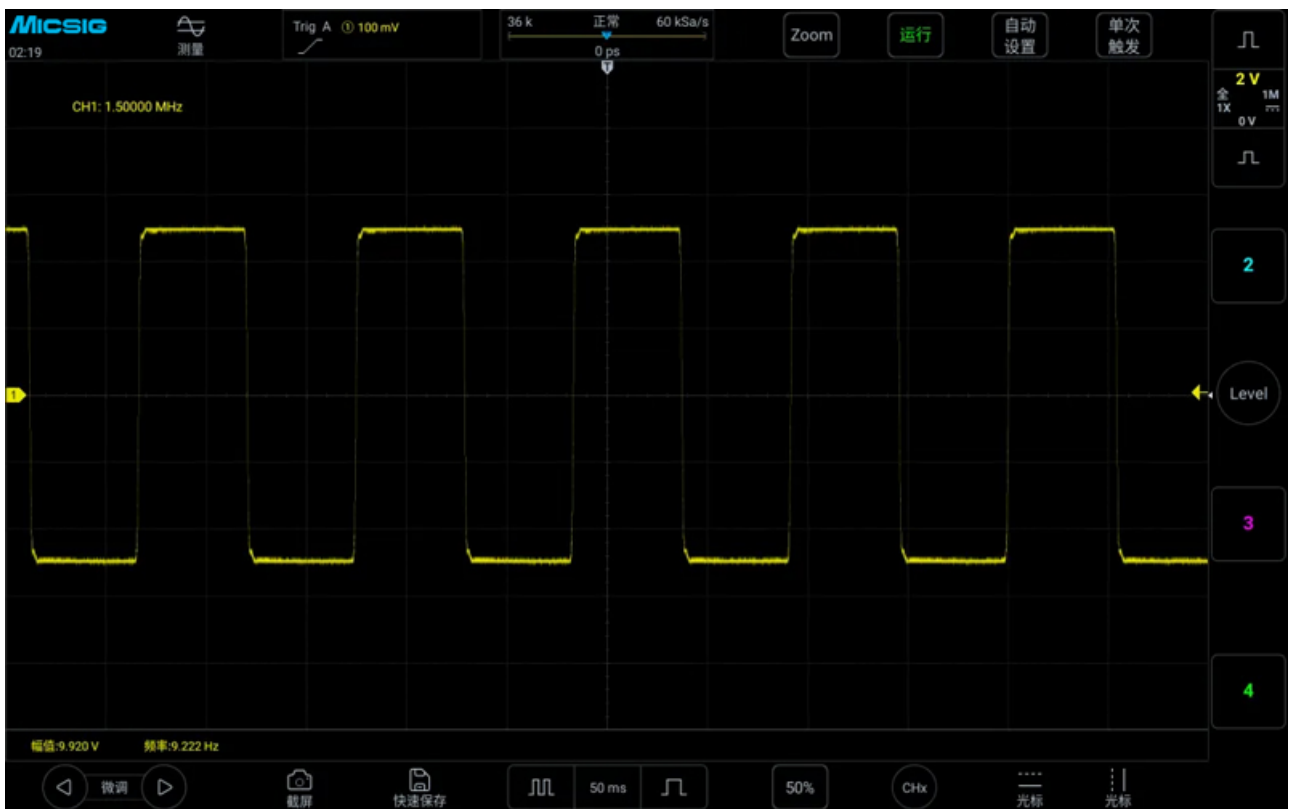


2.方波

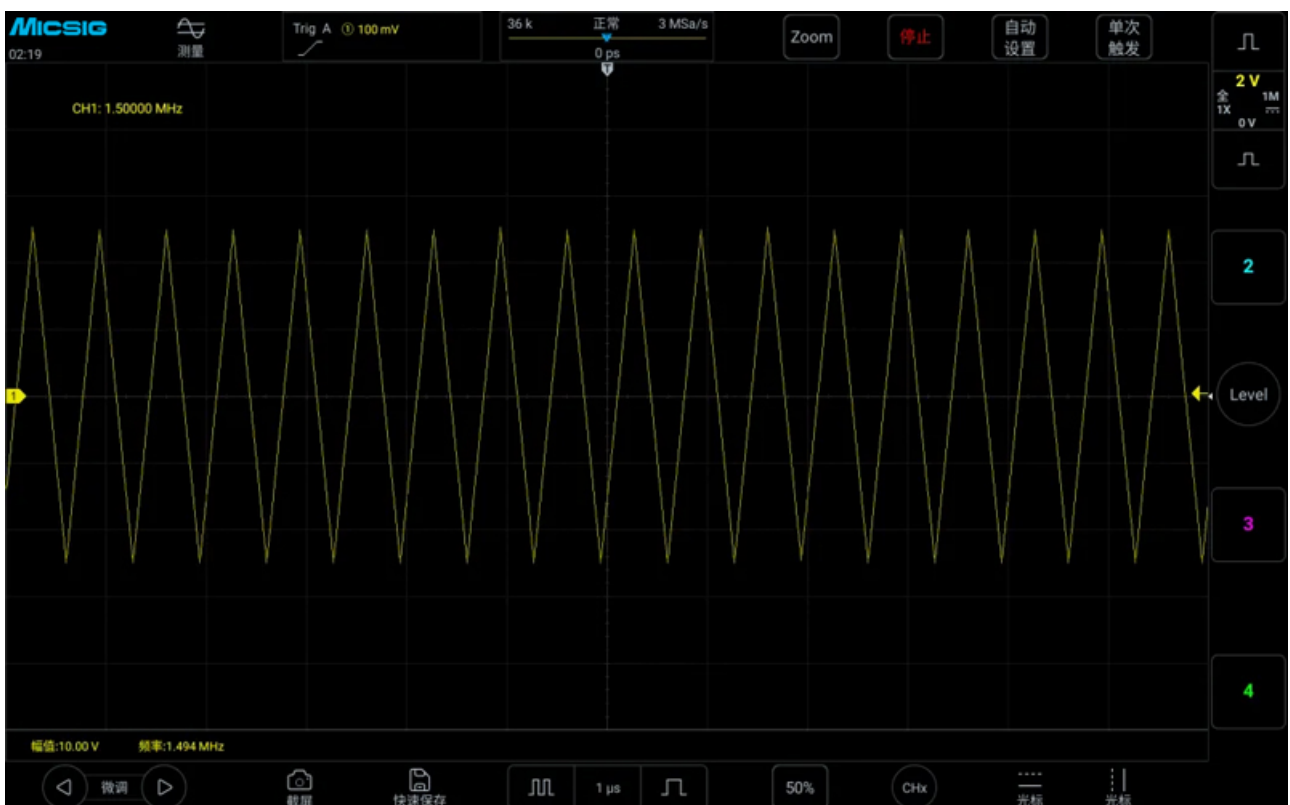
同样的方式对1.5MHz方波进行实际测量，采样率为1.5MSa/s，测出的信号变成了直线，结果如下图所示：



测1MHz方波，采样率为60KSa/s，测出信号频率变成了9.222Hz，信号混叠，如下图所示：

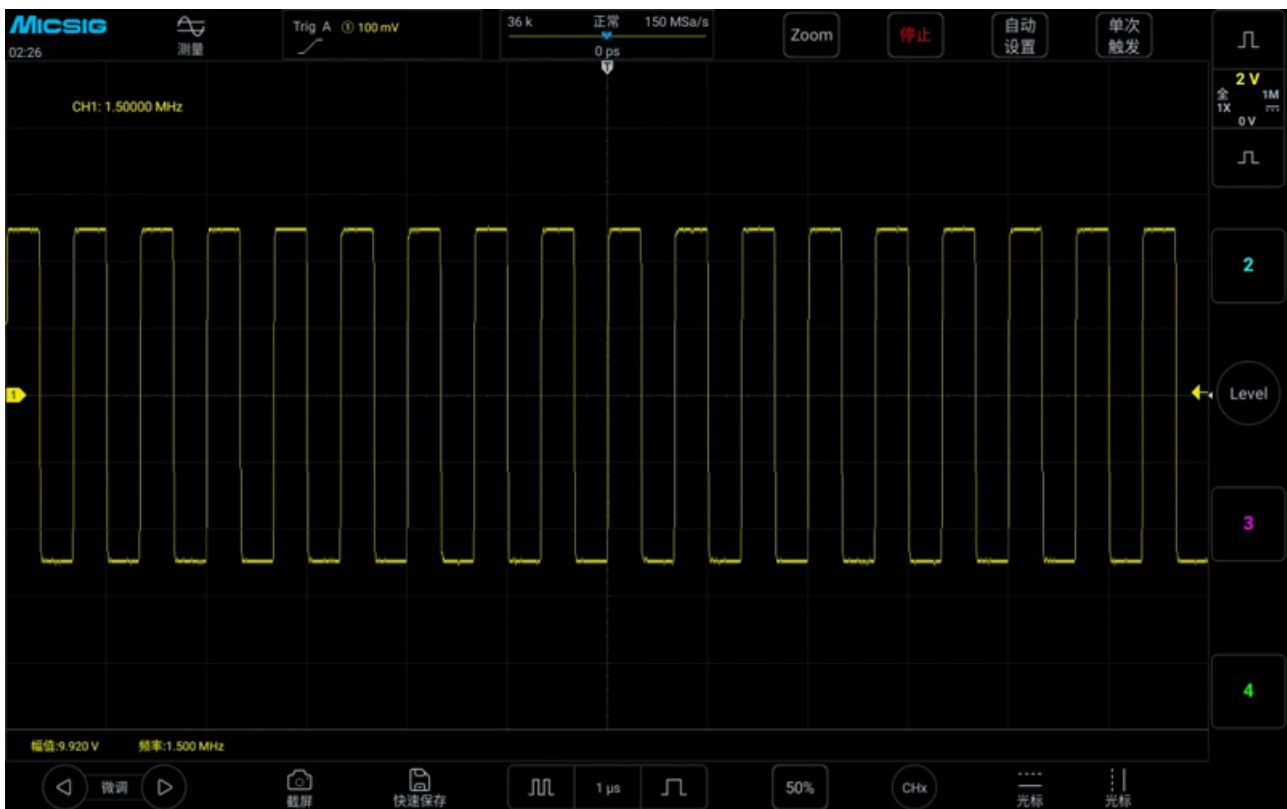


测1.5MHz方波，采样率为3MSa/s，测出信号方波变成了锯齿波，如下：

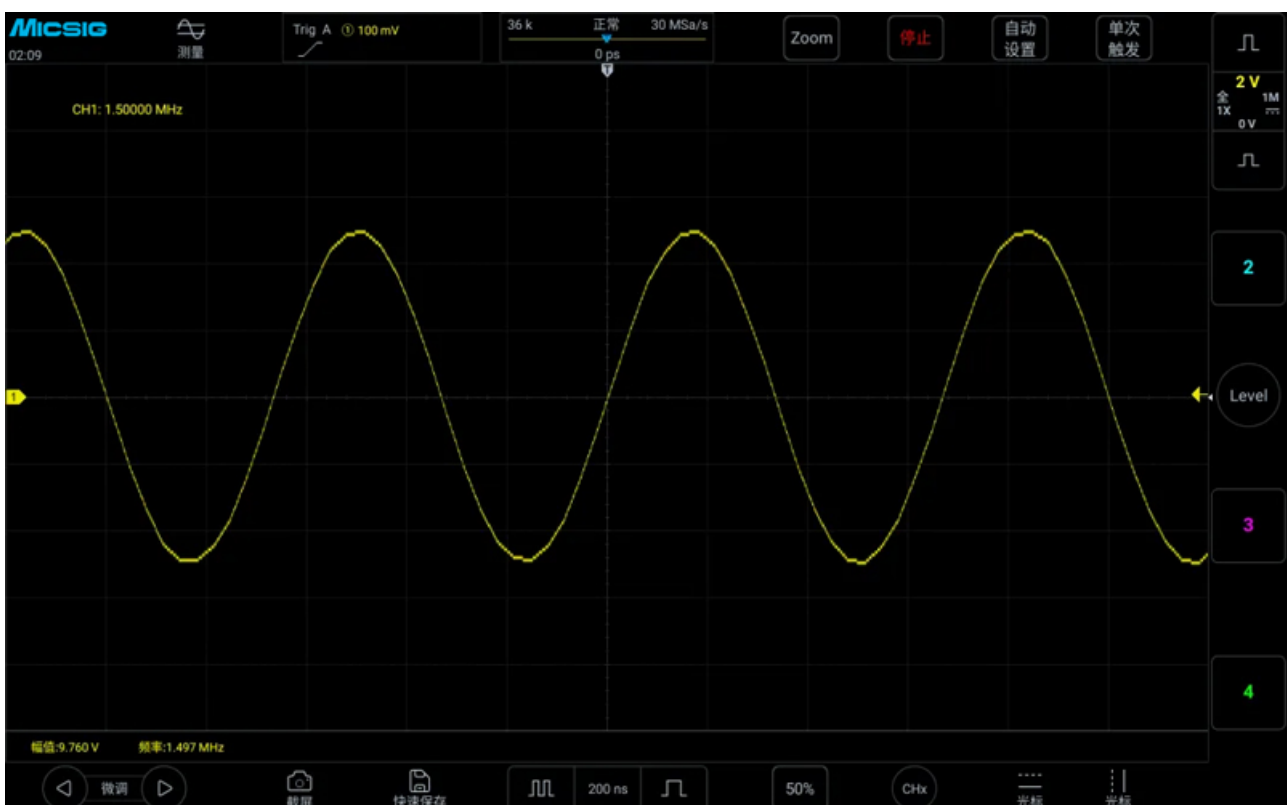


下面分别是测1.5MHz方波，采样率为15MSa/s、60MSa/s、150MSa/s时测出的波形：





由此可以看出，测量1.5MHz方波对采样率的要求比测量1.5MHz正弦波要高很多。测量1.5MHz正弦波在20倍的采样率下就可以接近真实信号，而测量1.5MHz方波即使到了40倍上升沿依然坡度比较明显的不直。其主要原因在于1.5MHz的方波只是其基波频率1.5MHz，而他其中还含有更高频次的谐波。因此，对于方波信号，采样率只满足基波频率是远远不够的。

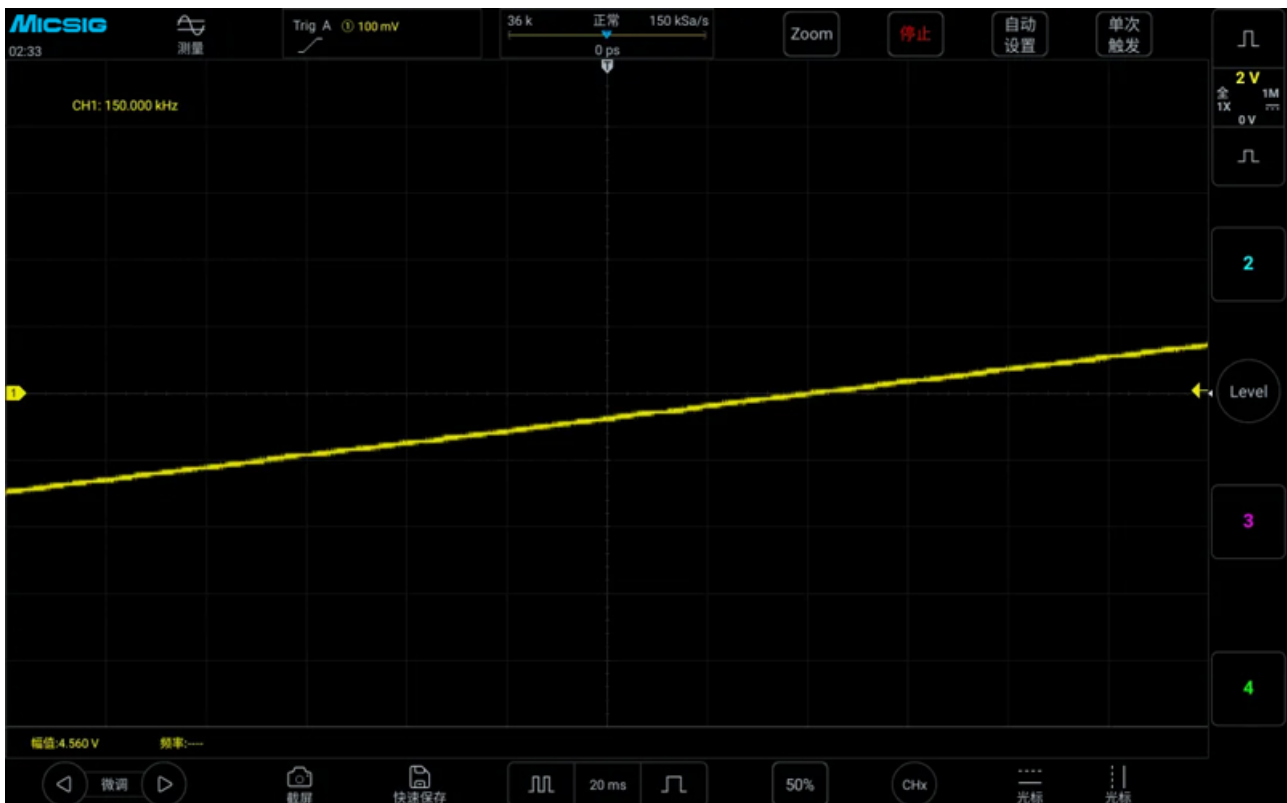


上图为：测1.5MHz正弦波，采样率为30MSa/s

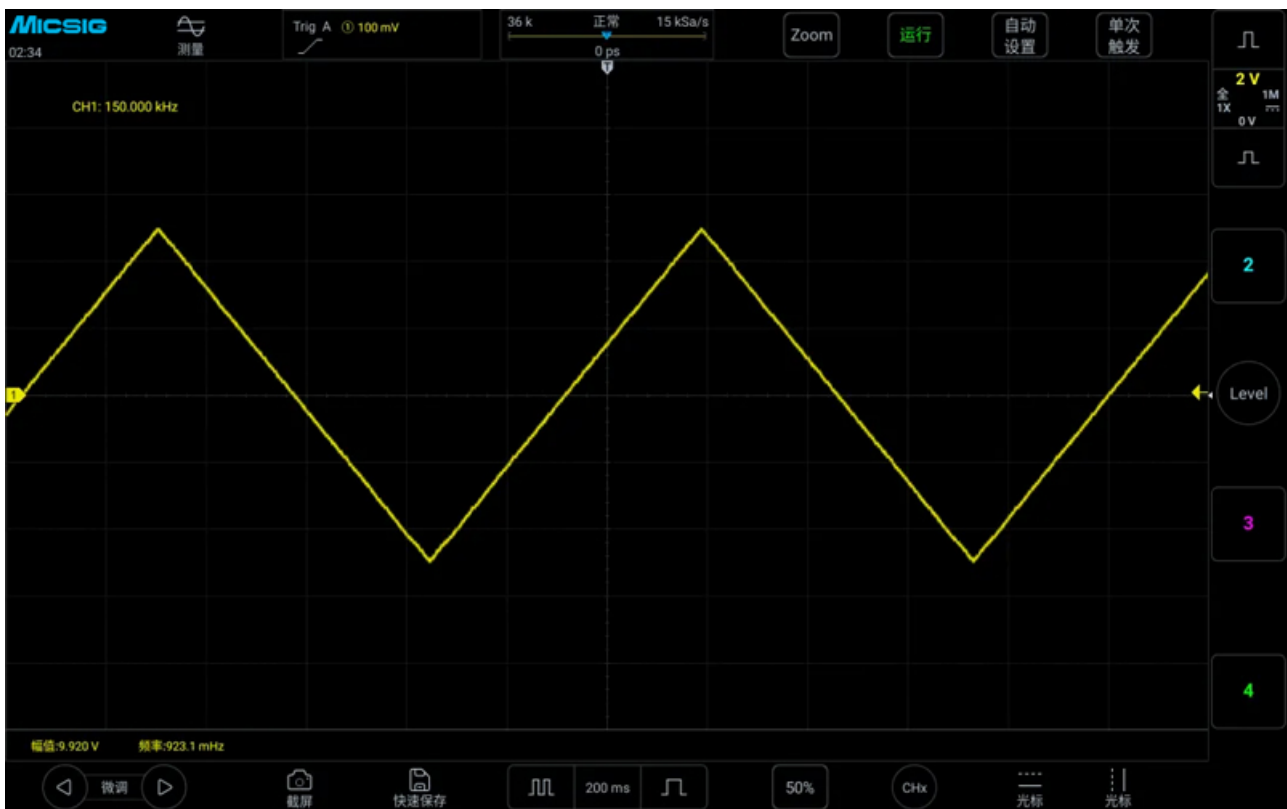
3.三角波

下面来测试一下150kHz，10V的三角波：

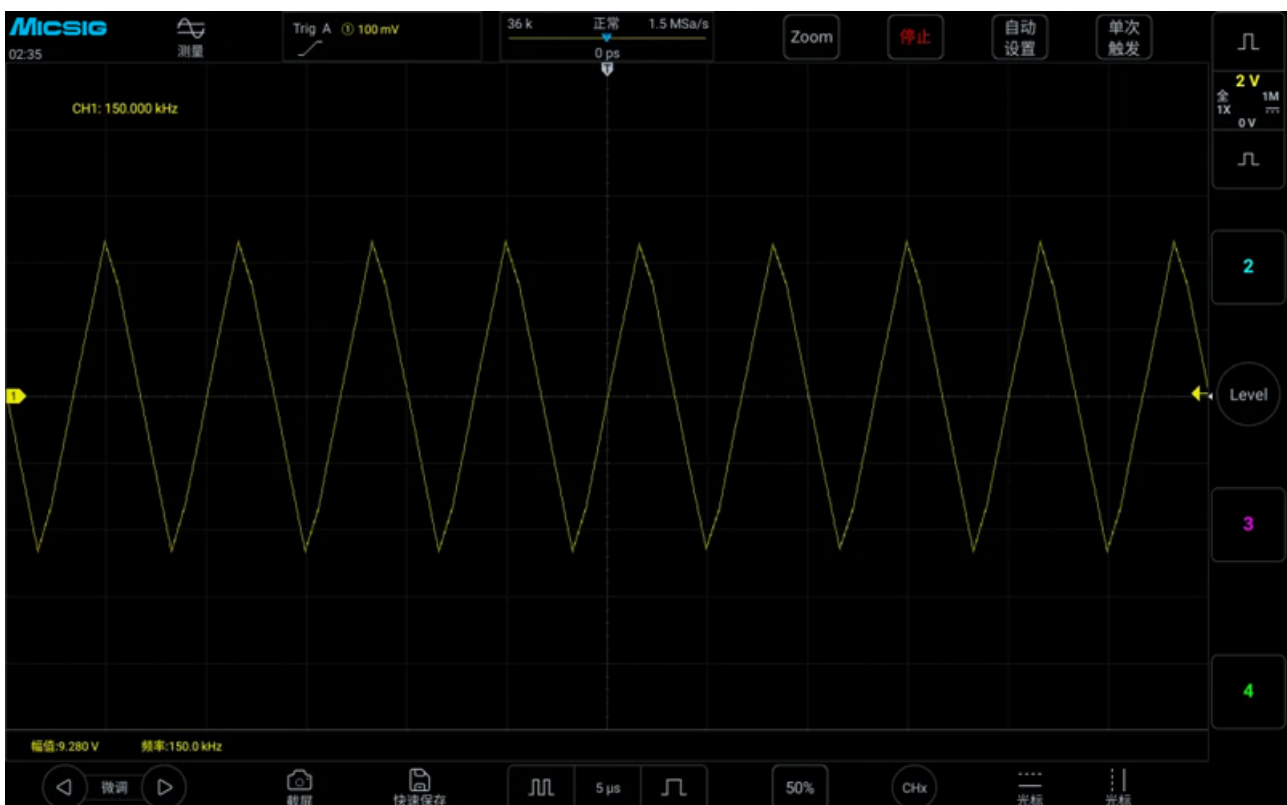
测150kHz三角波，采样率为150kSa/s，如下图：



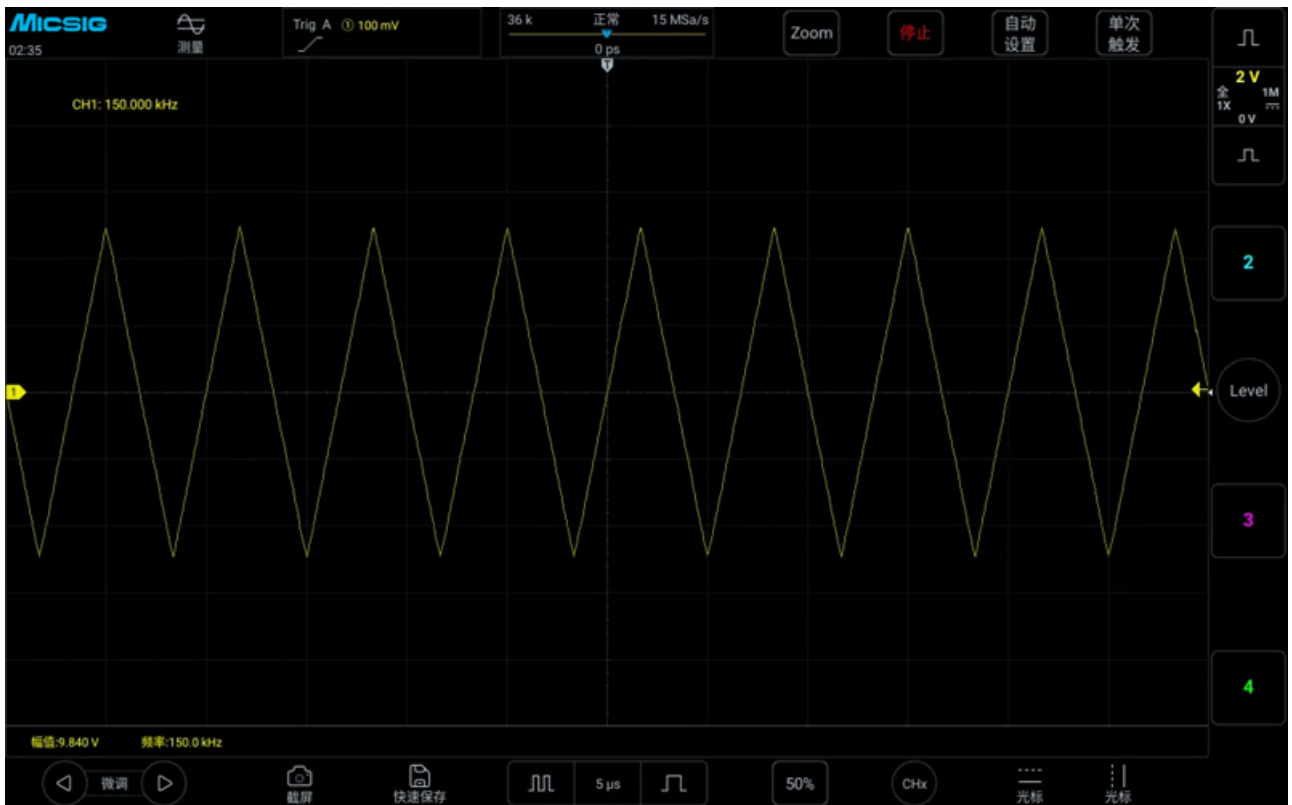
测150kHz三角波，采样率为15kSa/s，频率从150kHz变成了923.1mHz，注意是m不是M，1000mHz= 1Hz，如下图：



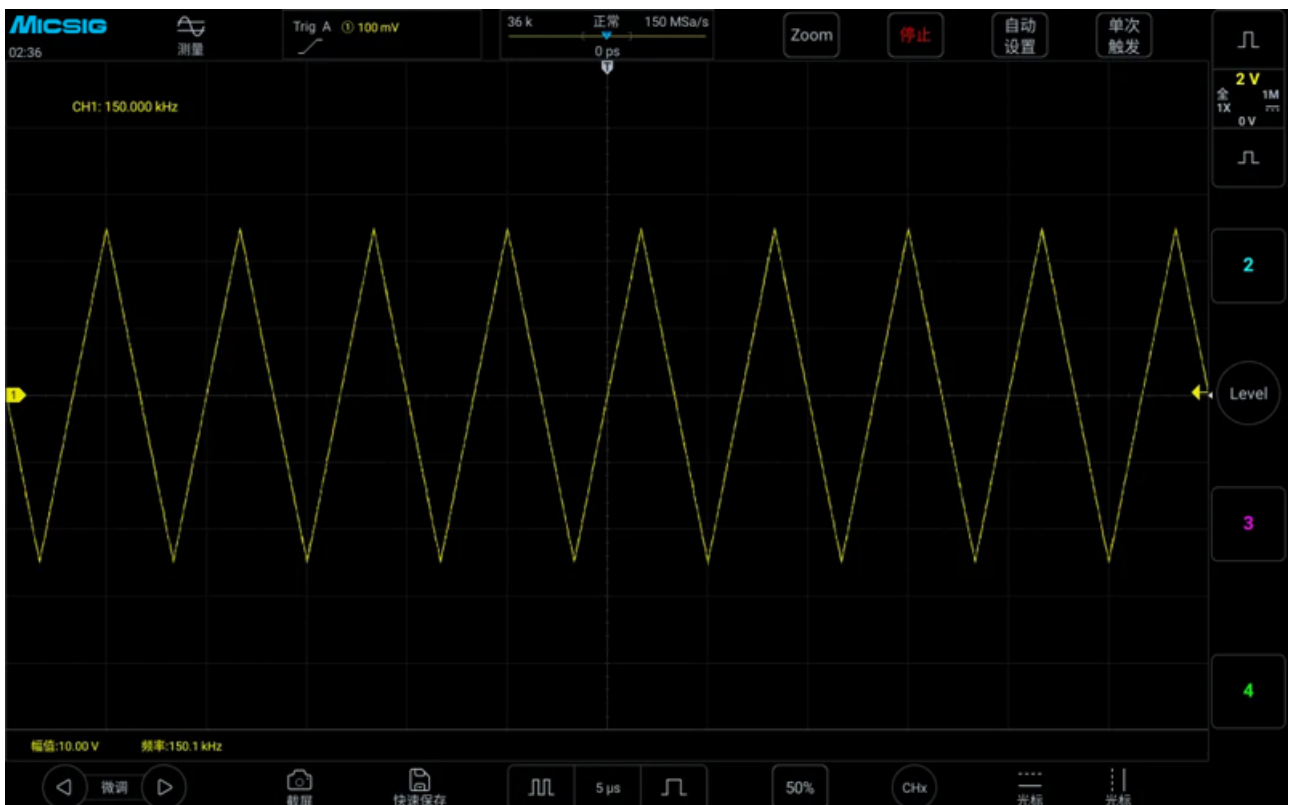
测150kHz三角波，采样率为1.5MSa/s，频率显示正常了，但是波形不正，电压也有差异，如下图：



测150kHz三角波，采样率为15MSa/s，频率显示正常了，波形也正了，电压还存在一些差异：



测150kHz三角波，采样率为150MSa/s，频率显示正常了，波形也正了，电压也正常了，采样率是波形频率的1000倍，如下图：



4.锯齿波

最后我们来看下150kHz锯齿波：

测150kHz锯齿波，采样率为150kSa/s，如下图：



测150kHz锯齿波，采样率为15kSa/s，频率从150kHz变成了924mHz，如下图：

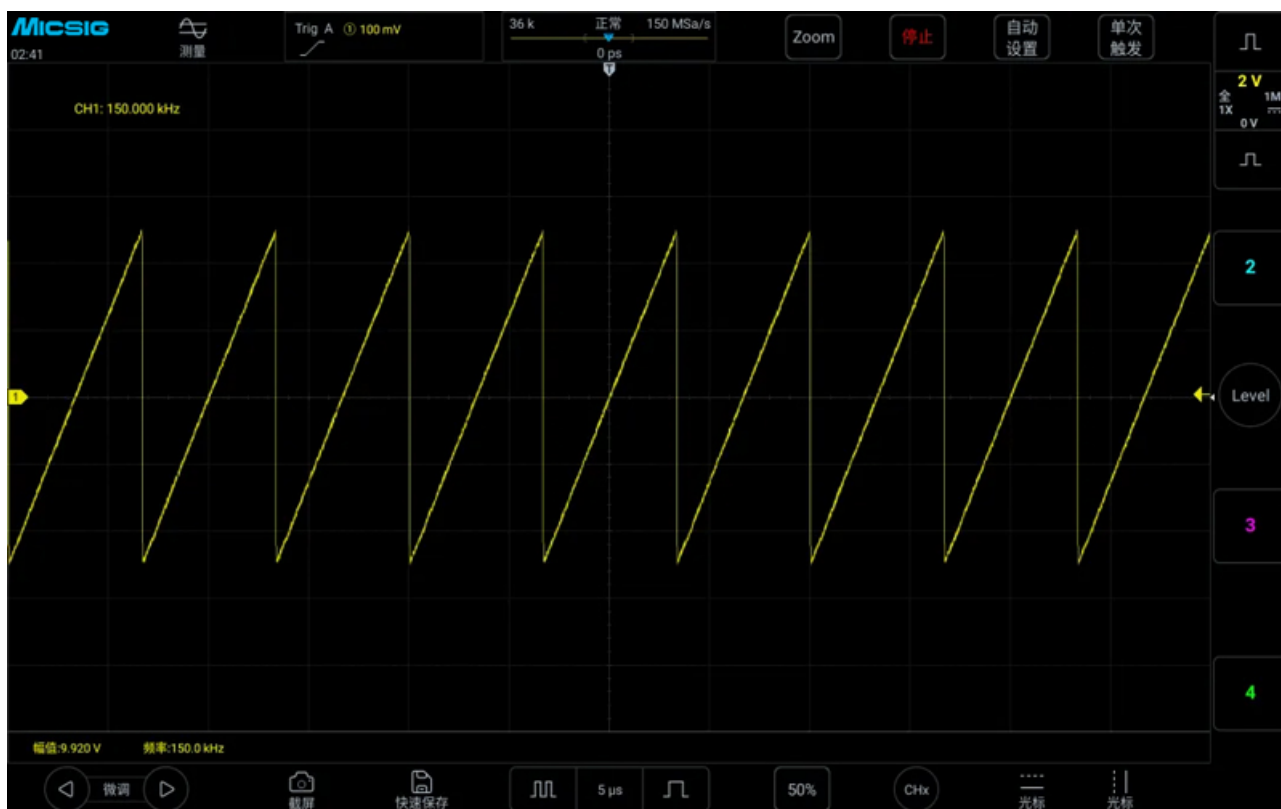


测150kHz锯齿波，采样率为300kSa/s，频率显示正常了，但是波形不正，电压也有差异：



测150kHz锯齿波，采样率为3MSa/s，频率显示正常了，波形正了，电压有差异，如上图：

测150kHz三角波，采样率为150MSa/s，频率显示正常了，波形也正了，电压也正常了，如下图：



总结

通过以上一系列的实际测试，相信大家对于被测信号应该要多大采样率有所了解，有时候发现测出波形和想象中的相差甚远，也可以从采样率的角度去考虑原因。

关于麦科信

深圳麦科信科技有限公司是一家行业技术领先的信号测试测量设备研发制造商和方案提供商，国家级高新技术企业，专精特新企业。麦科信(Micsig)致力于信号测试测量领域前沿技术的研究和开发，尤其在示波器及示波器探头产品领域我们一直走在创新的前沿，是平板示波器开创者，光隔离探头引领者。

我们秉承使命和愿景，从专业出发，不断突破技术边界，助力每一位电子领域工作者与所在组织更加高效和卓越。

我们每一项创新只为突破产品的技术边界，为行业发展趋势探索新的可能。

公司主营产品有示波器系列：高分辨率示波器，平板示波器，汽车诊断示波器，分体式示波器，示波器探头系列：光隔离探头，高压差分探头，柔性电流探头(罗氏线圈)，高频交直流电流探头，低频交直流电流探头等。