

## 不同采样率对波形的影响-示波器实测案例分析

我们知道示波器的运作过程大致如下图所示：

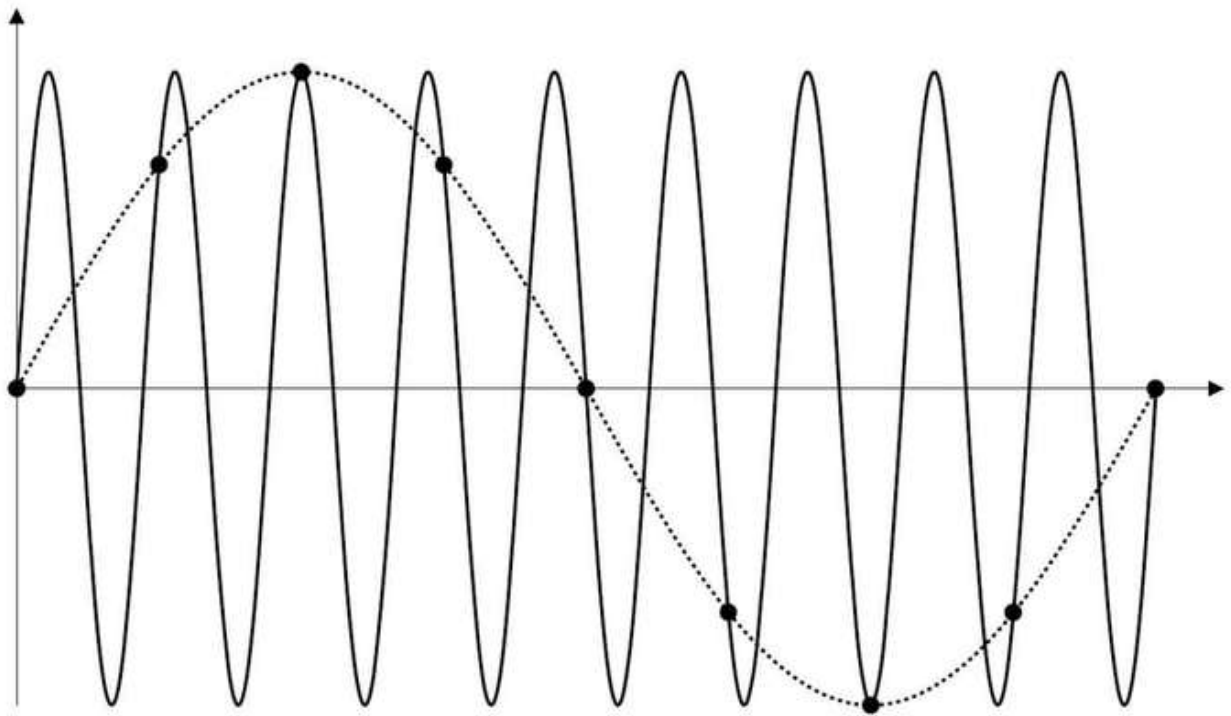


我们通过探头给示波器输入一个信号，被测信号经过示波器前端的放大、衰减等信号调理电路后，然后高速ADC模数转换器进行信号采样和数字量化，示波器的采样率就是对输入信号进行模数转换时采样时钟的频率，通俗的讲就是采样间隔，每个采样间隔采集一个采样点。比如1GSa/s的采样率，代表示波器具备每秒钟采集10亿个采样点的能力，此时其采样间隔就是1纳秒。

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。

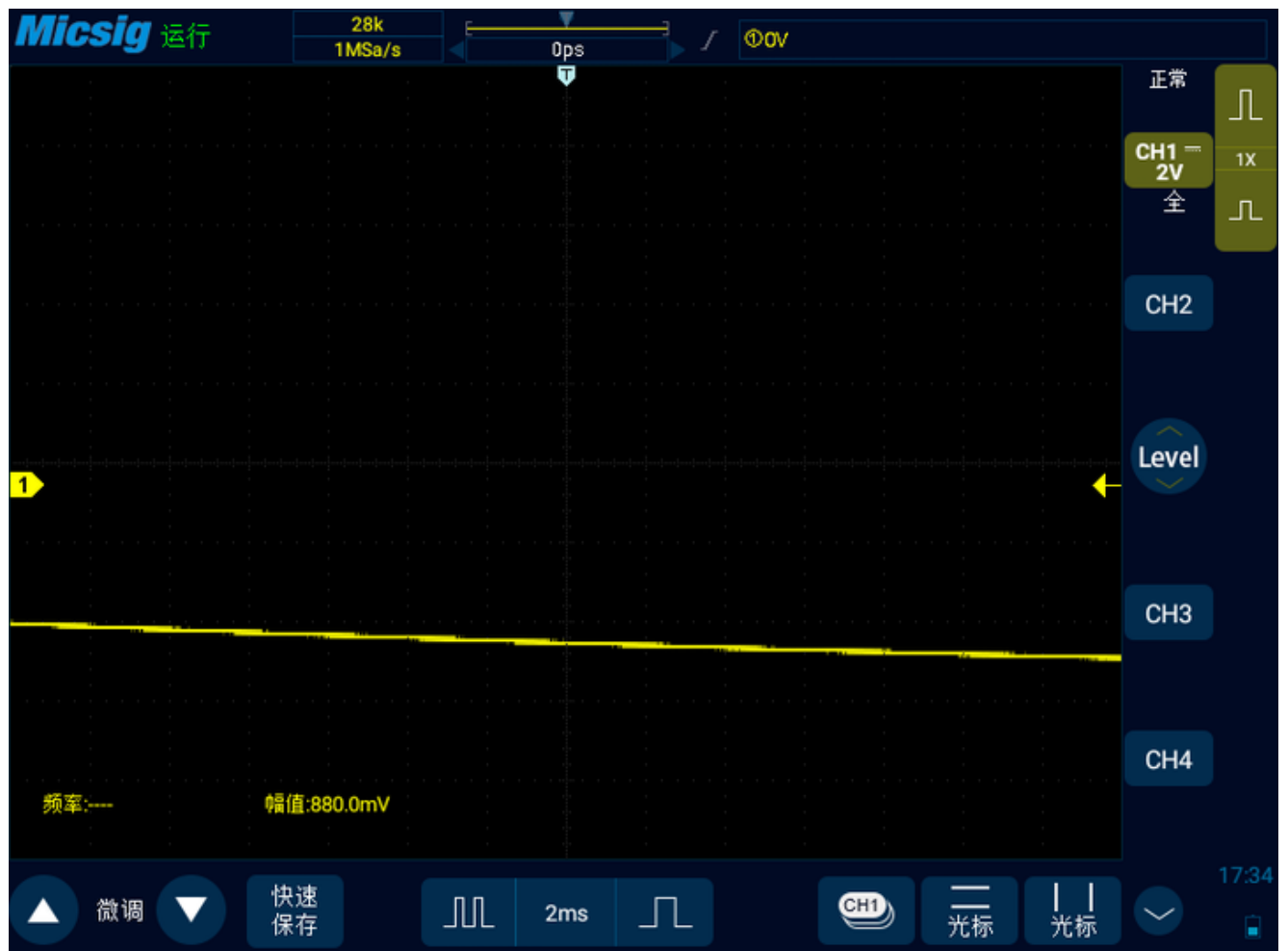
那么究竟要快多少呢？数字信号处理中的奈奎斯特（Nyquist）定律说，如果被测信号带宽是有限的，那么在对信号进行采样和量化时，如果采样率是被测信号带宽的2倍以上，就可以完全重建或恢复出信号中承载的信息而不会产生混叠。

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。

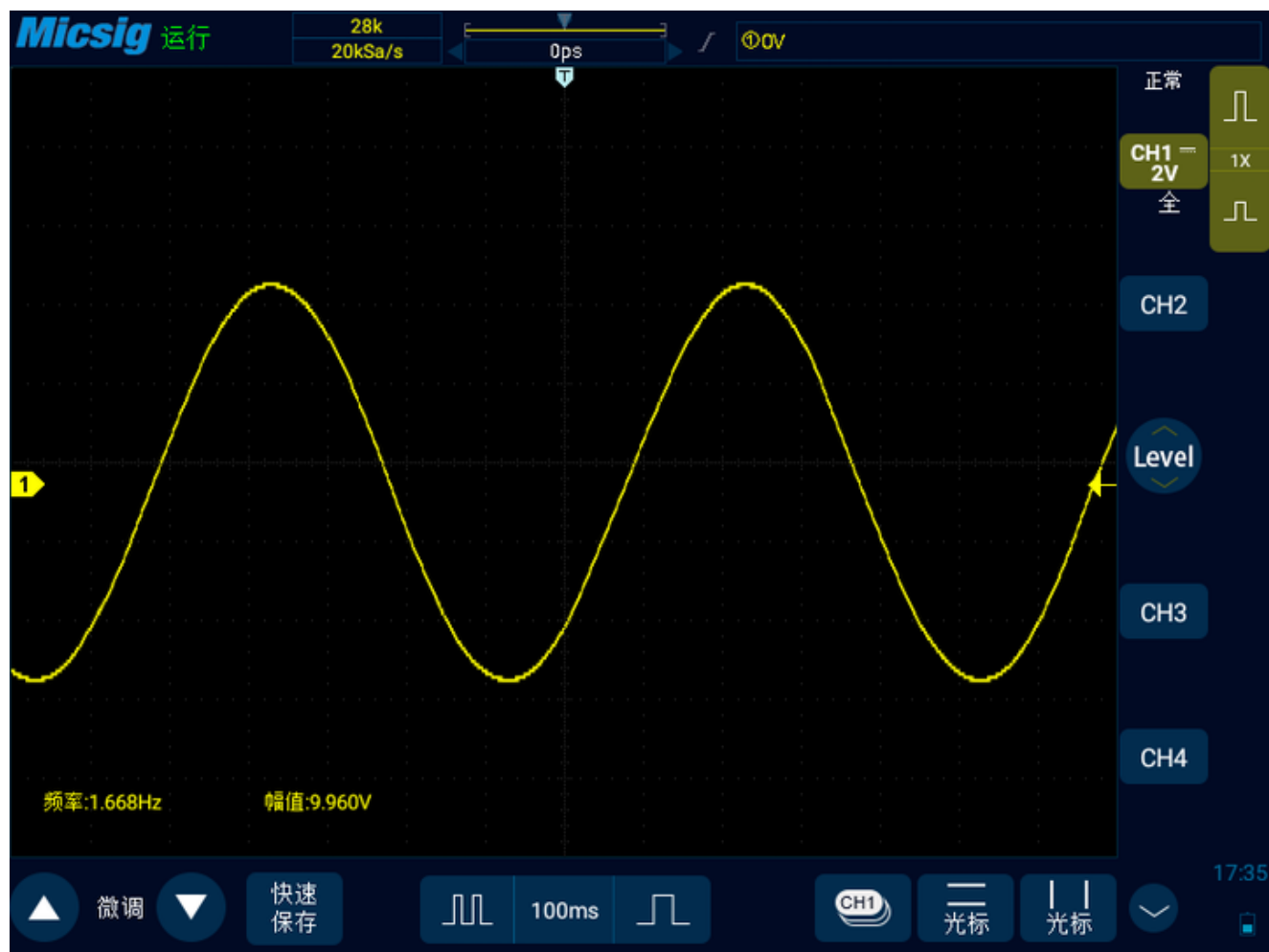


如果对示波器采样率概念不是很了解的朋友，可以搜索查看我们之前的文章《示波器的采样率概念详解》进行学习。今天我们抛开理论，分别用示波器对1MHz正弦波，1MHz方波，100KHz锯齿波，100KHz三角波进行实际测量一下，看看结果。

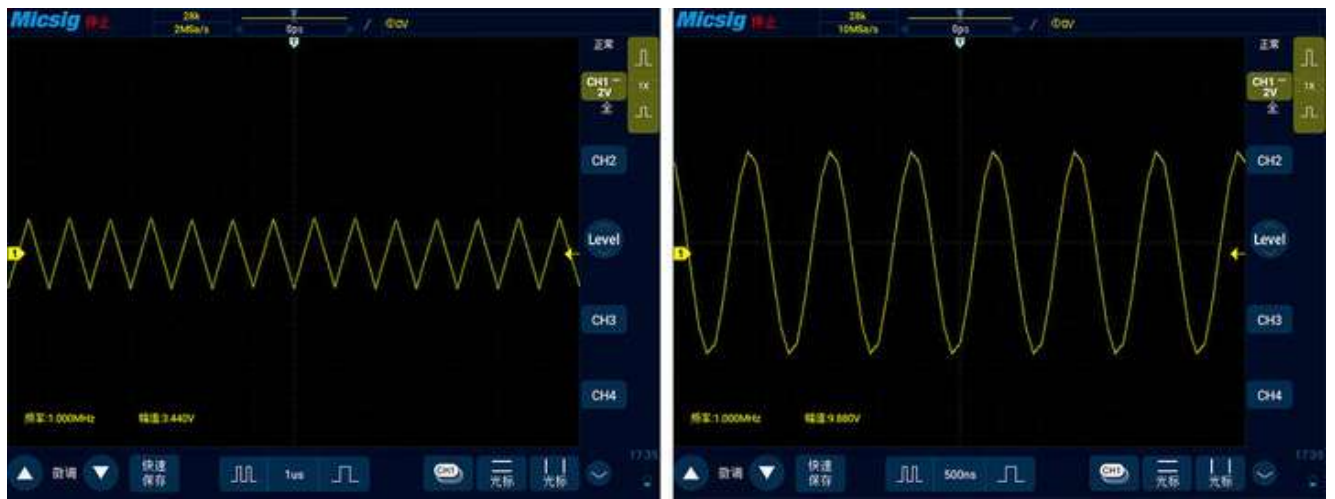
我们先用信号发生器生成一个幅值为10V，频率为1MHz的正弦波输入到示波器，通过调节存储深度和时基，将采样率降到我们期望的值。如下图种可以看出示波器此时的时基是2ms，存储深度是28K，采样率 = 存储深度 / (时基\*14)，采样率正好就是1MSa/s。



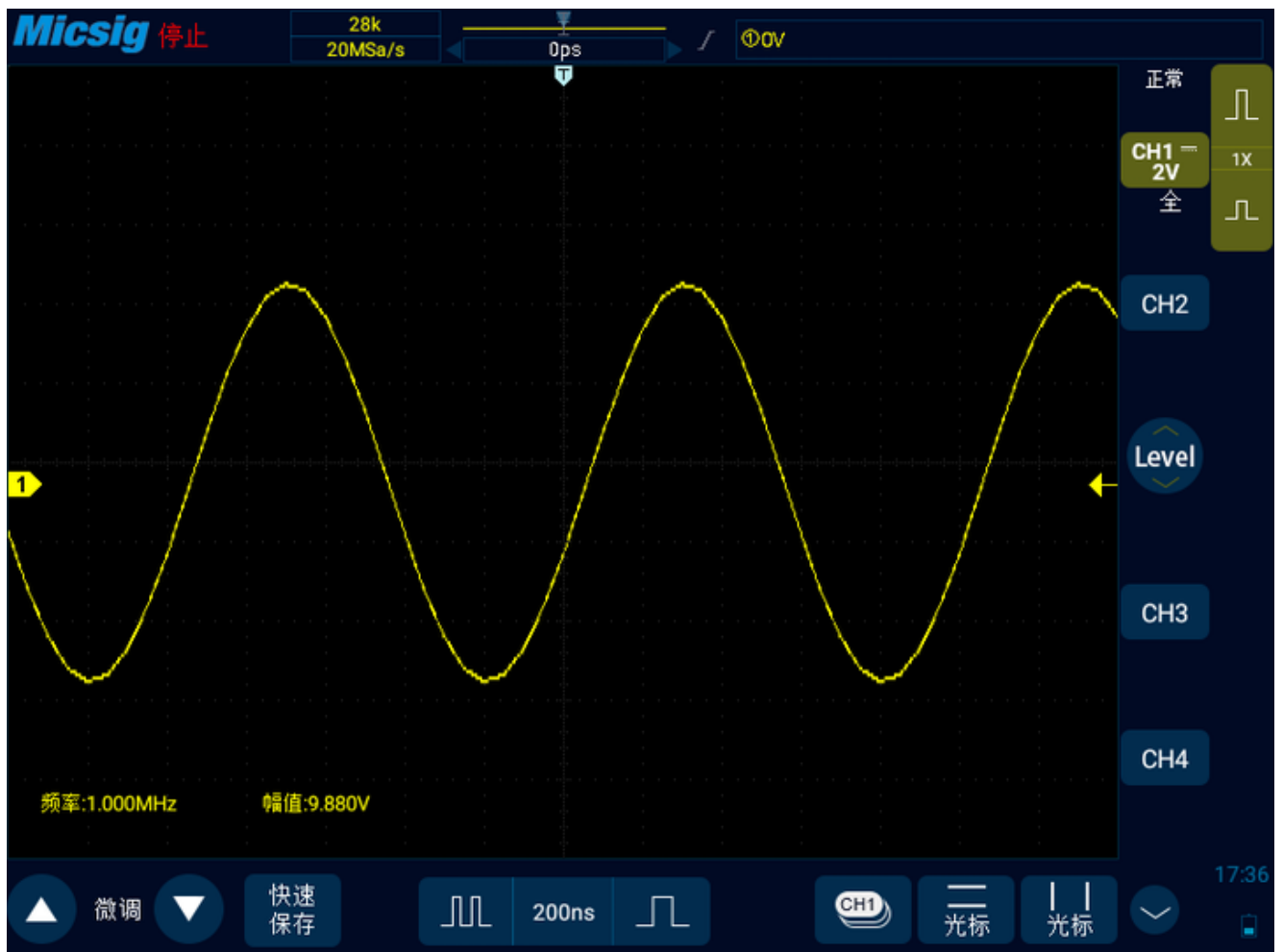
可以看到，当采样率等于信号频率的时候，示波器无法显示正常的正弦波图形，波形已经失真。我们将时基继续打大，存储深度固定不变，此时采样率下降到了20KSa/s，可以看到示波器屏幕中可以看出信号是正弦波，但是信号的频率从真实的1MHz下降到了1.668Hz，也就是发生了上述采样率不足导致的信号混叠。



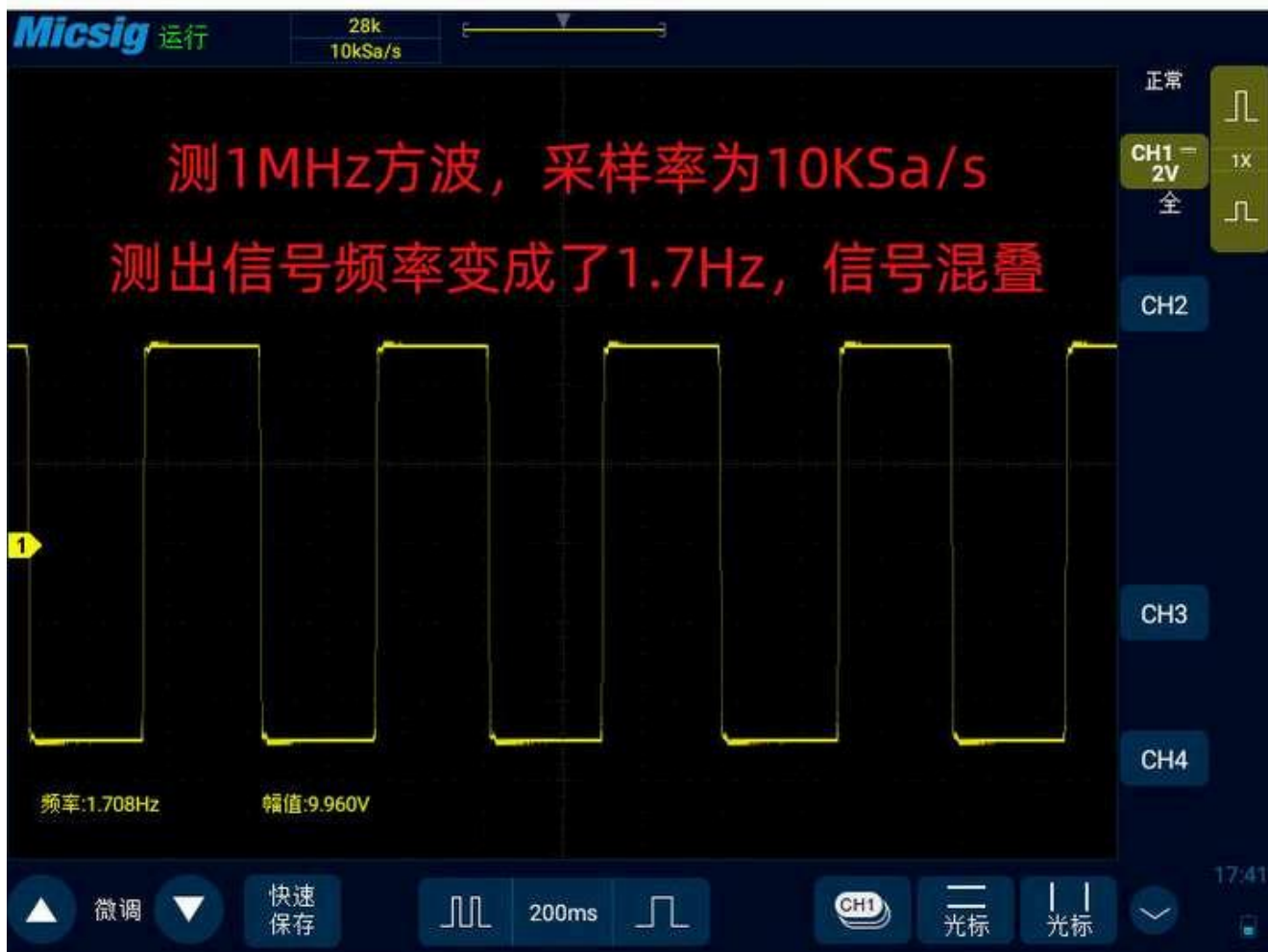
接下去我们将时基调小，这样采样率就变大了，一直调到采样率为信号频率的2倍和10倍来观察信号变化，也就是2MSa/s和10MSa/s。下图中左边的信号就是2MSa/s采样率下的，可以看到信号的频率变回了1MHz，也就是信号正确的频率值。但是原本的正弦波变成了三角波，波形已经失真。当采样率变为10MSa/s时，也就是下图右边的信号，可以看到信号越来越接近正弦波的样子了，但依然不是很漂亮。

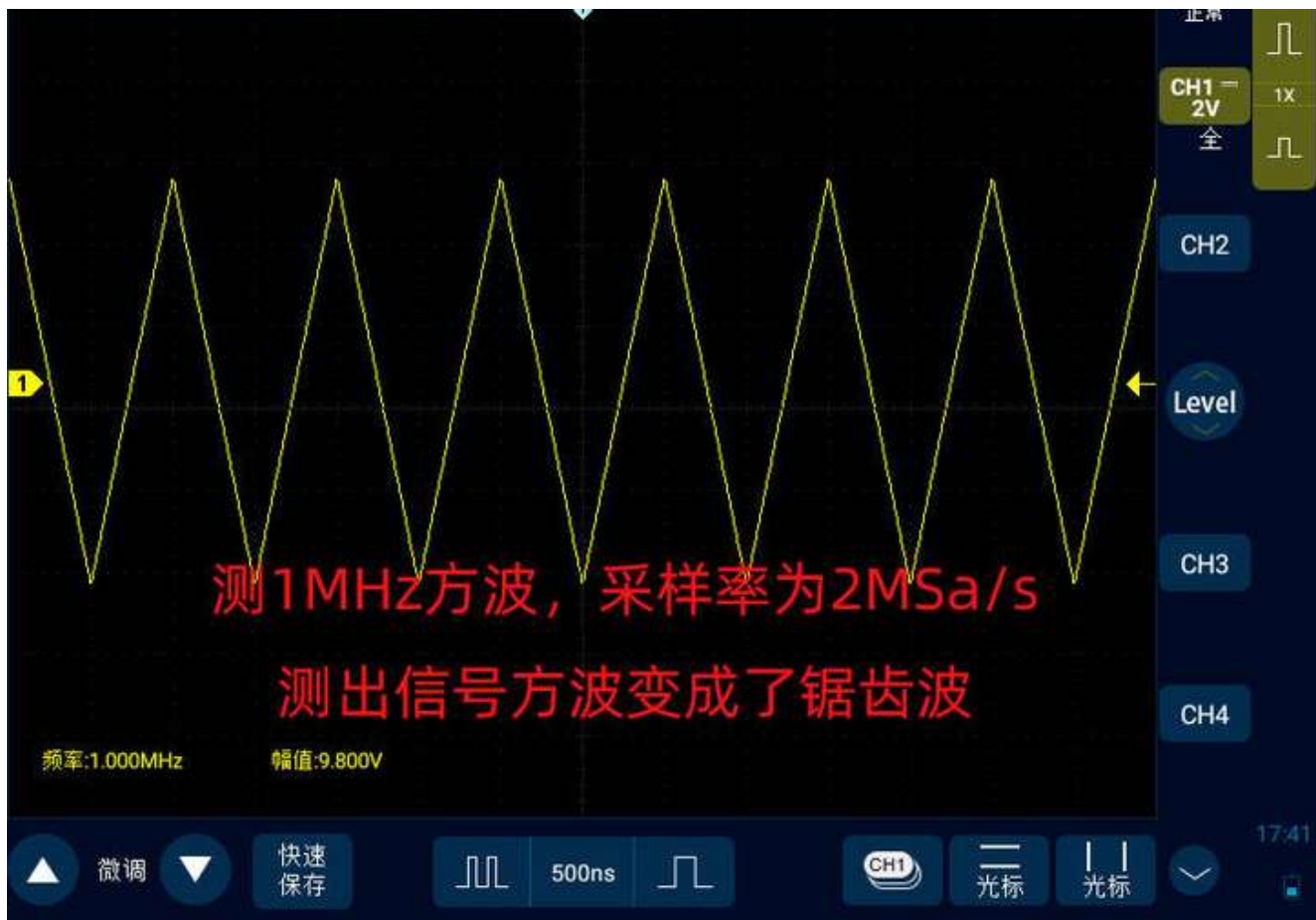


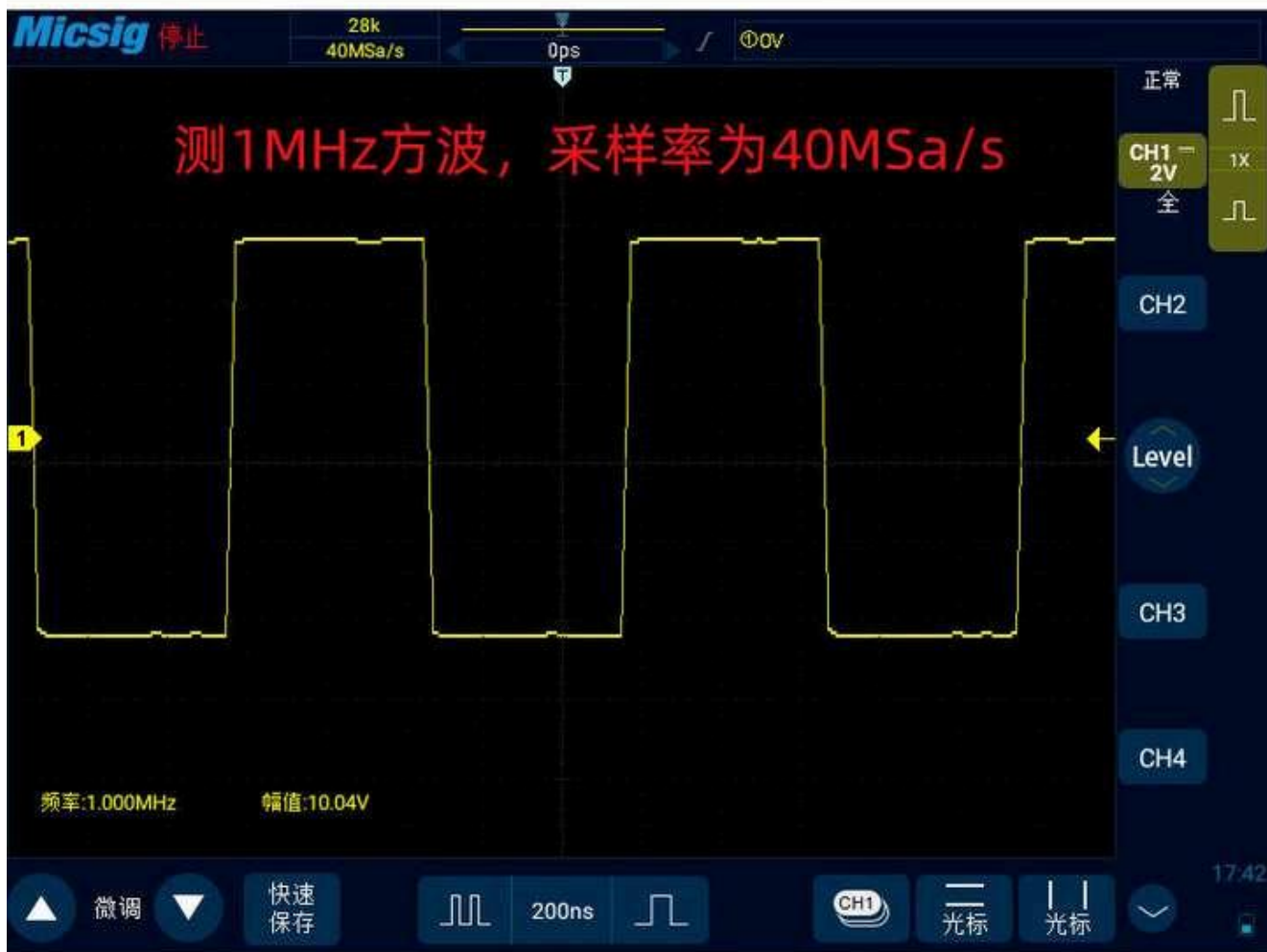
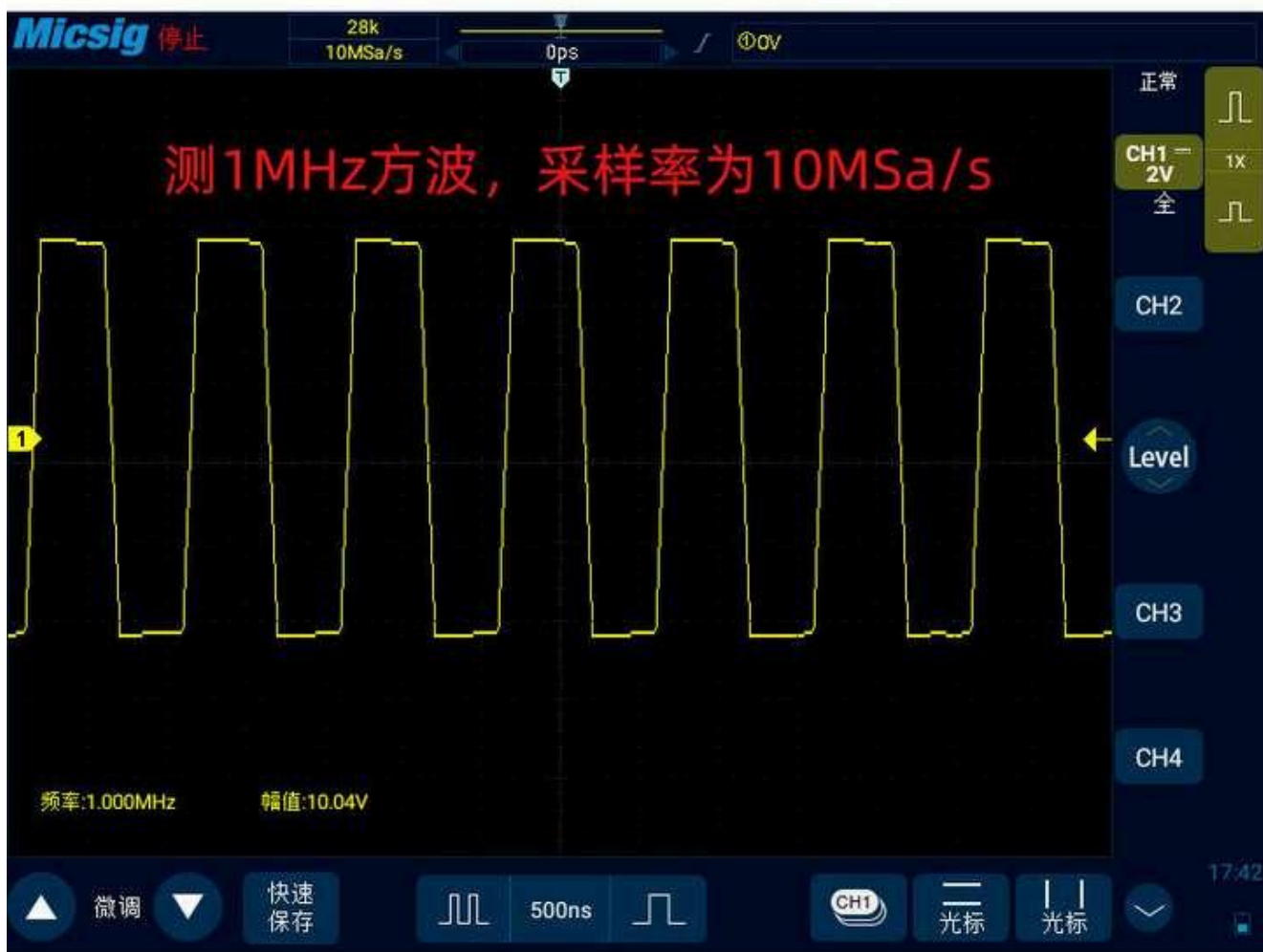
我们继续减少时基，使得采样率为信号频率的20倍，也就是20MSa/s，此时可以看到就是比较漂亮的正弦波了，因此可以得出结论，观察1MHz的正弦波，采样率最好可以至少达到其20倍，才可以还原信号真实的样子。

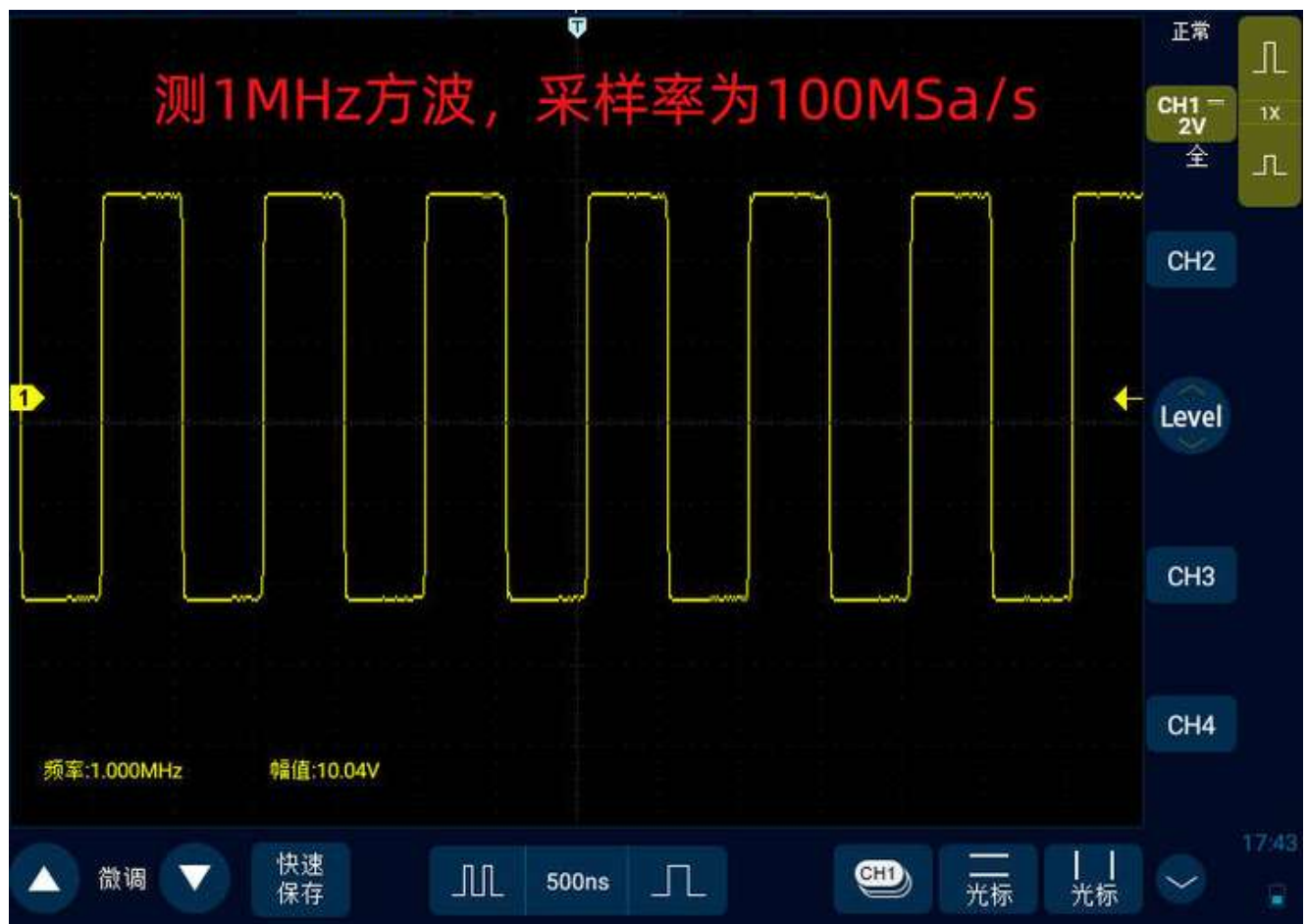


我们以同样的方式对1MHz方波，100KHz三角波，100KHz锯齿波进行实际测量，结果如下图所示：



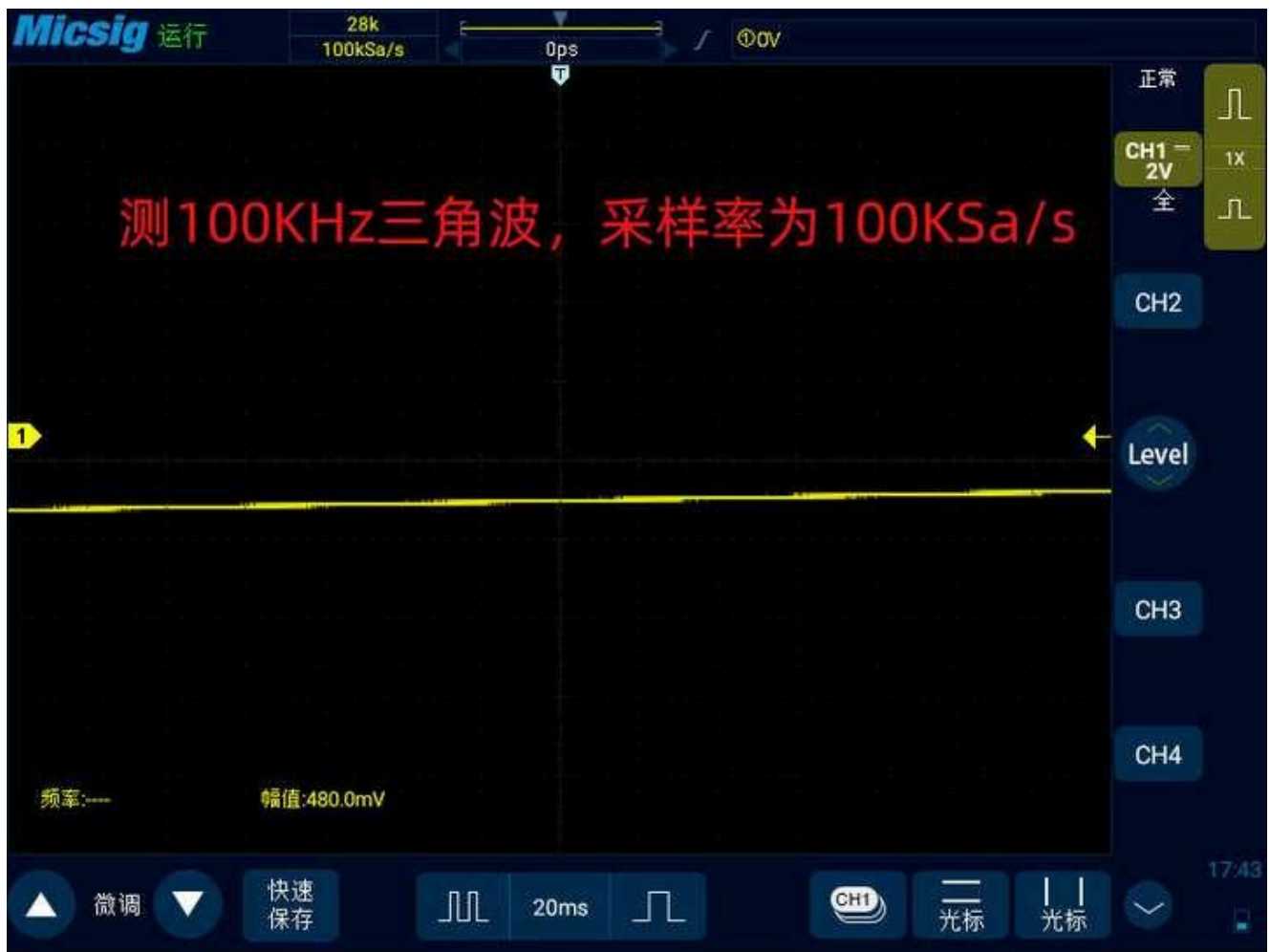


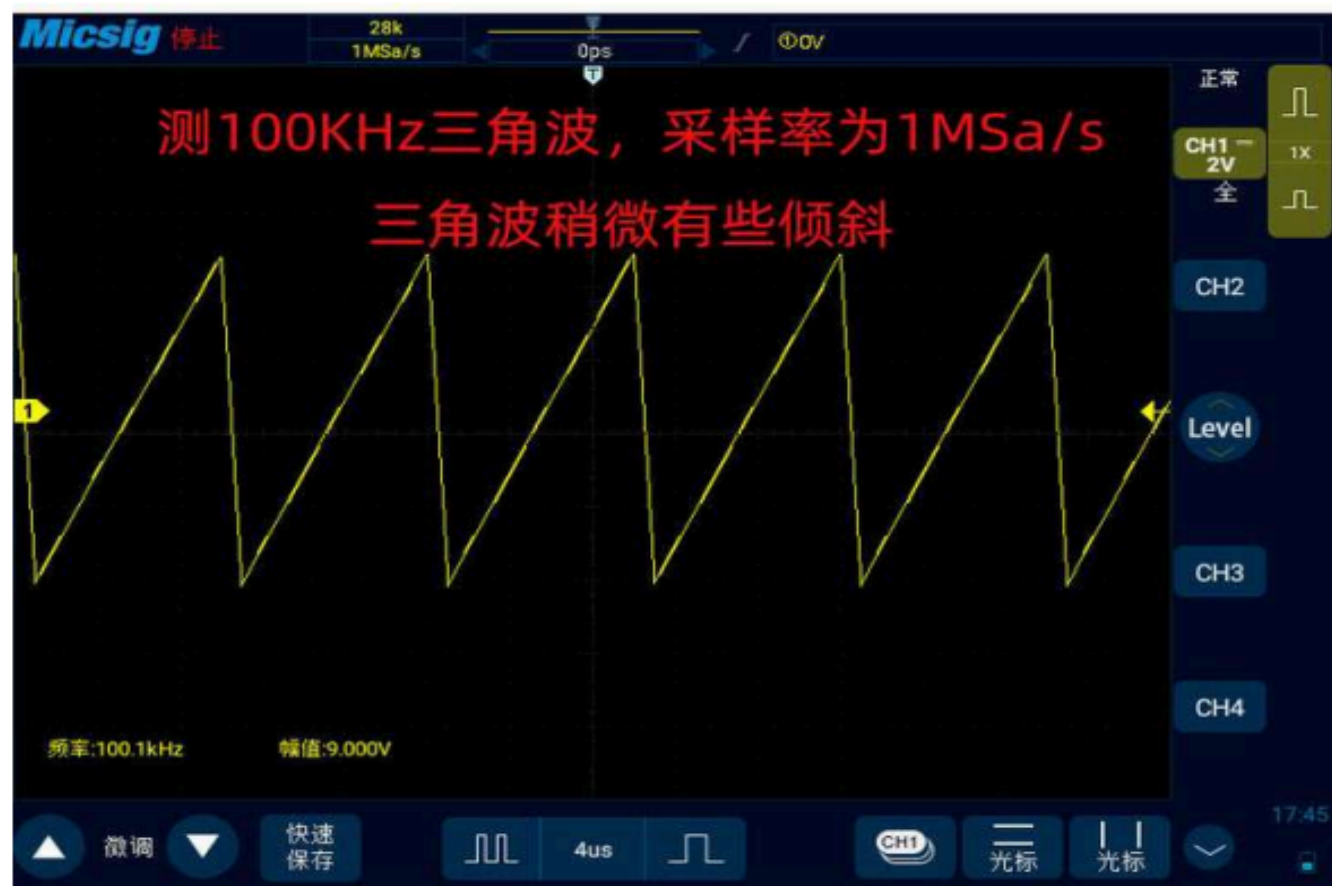
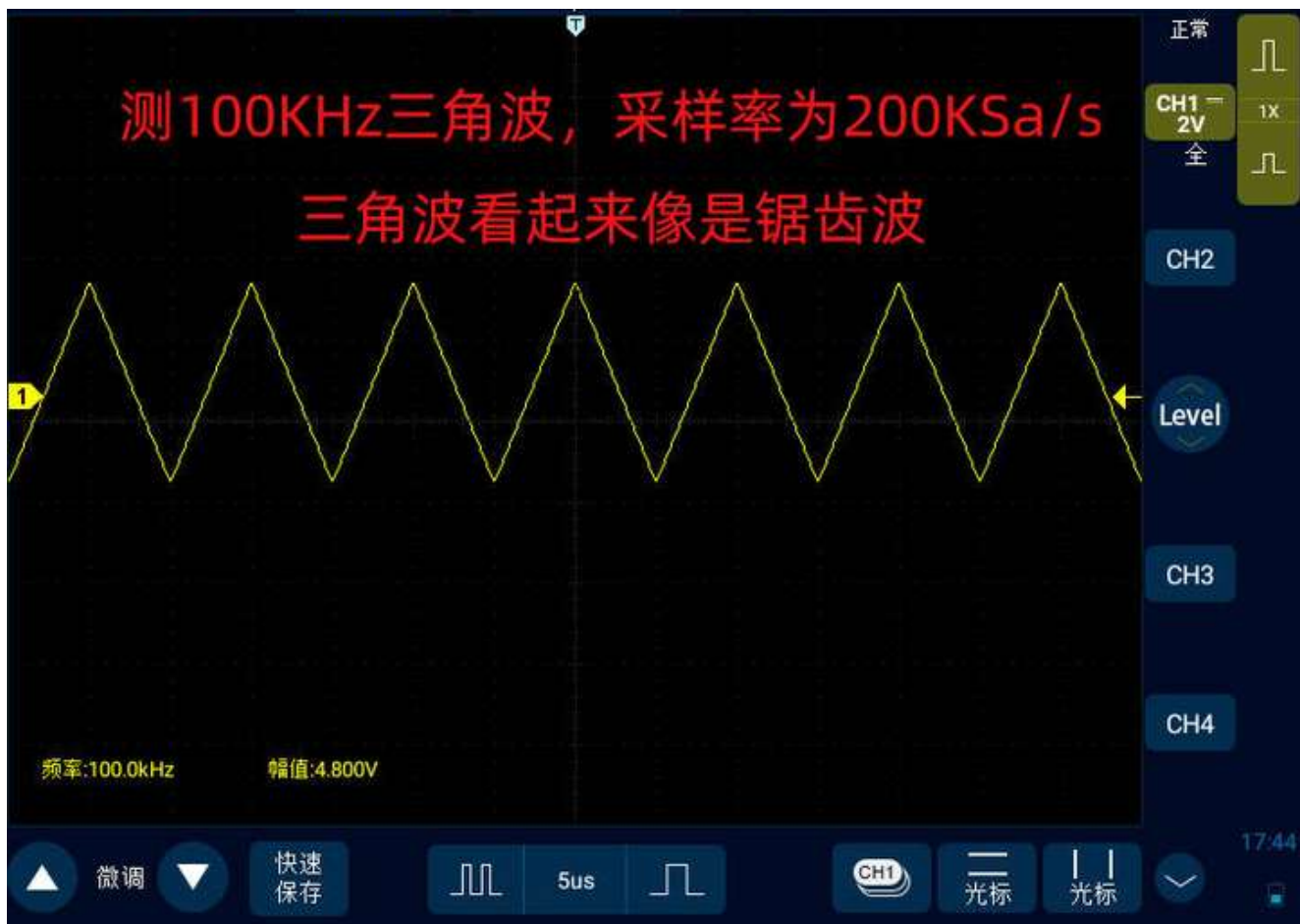


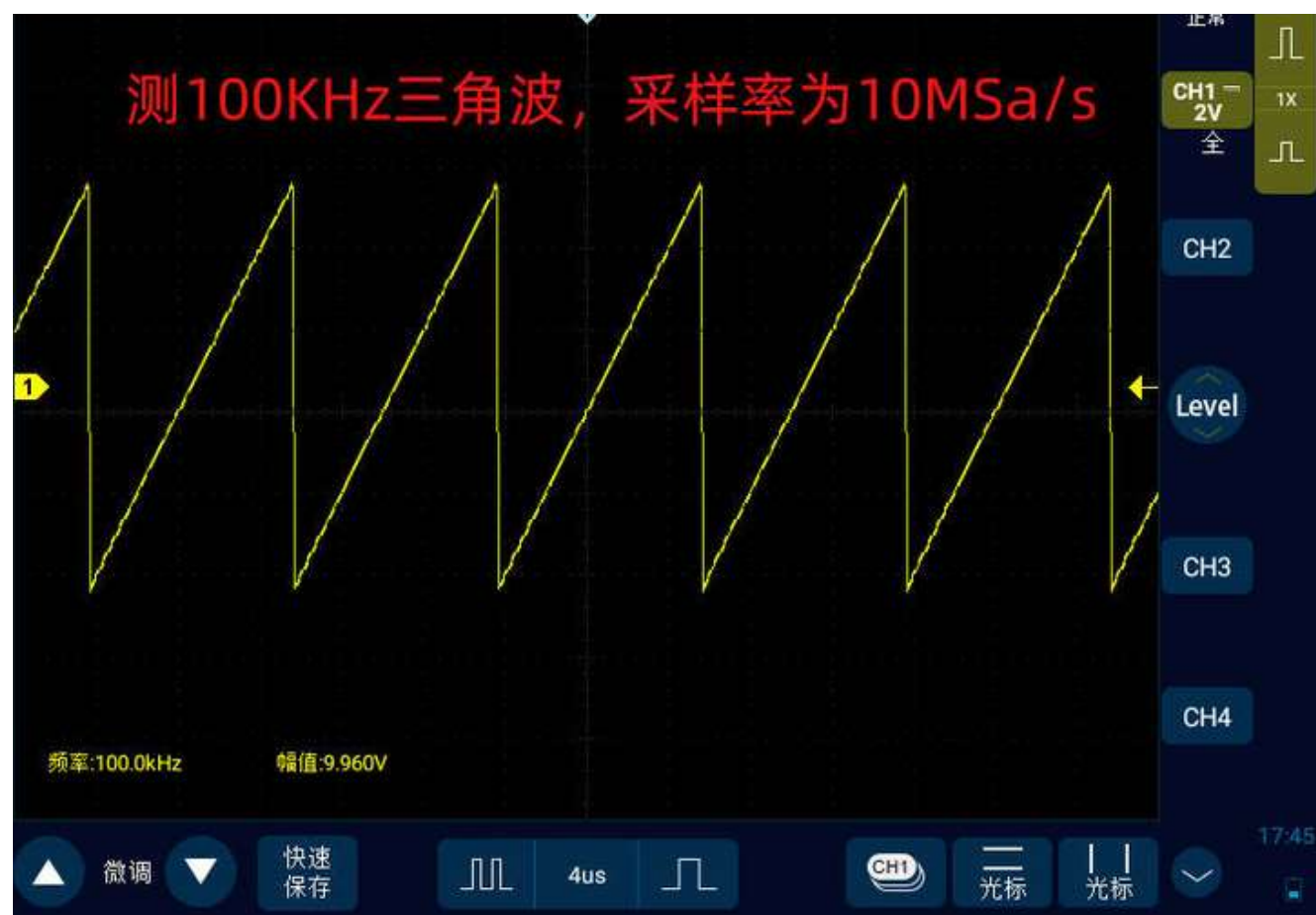
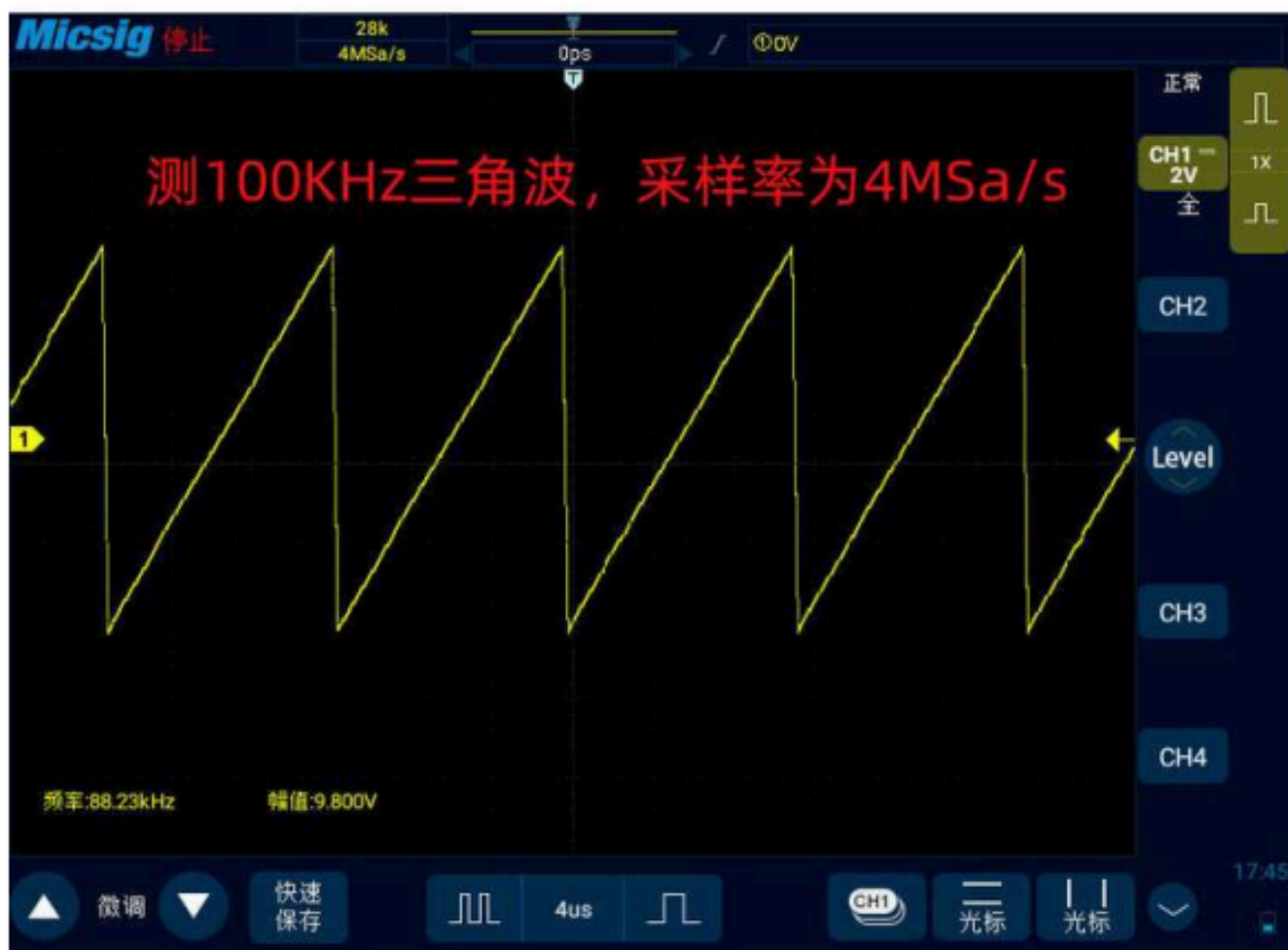


由此可以看出，测量1MHz方波对采样率的要求比测量1MHz正弦波要高的多。测量1MHz正弦波在20倍的采样率下就可以接近真实信号，而测量1MHz方波即使到了40倍上升沿依然坡度比较明显的不直。

下面来看100KHz三角波：







最后我们来看下100KHz锯齿波：

