

## 示波器基础系列之五

## ——电源噪声测试

美国力科公司深圳代表处 张昌骏

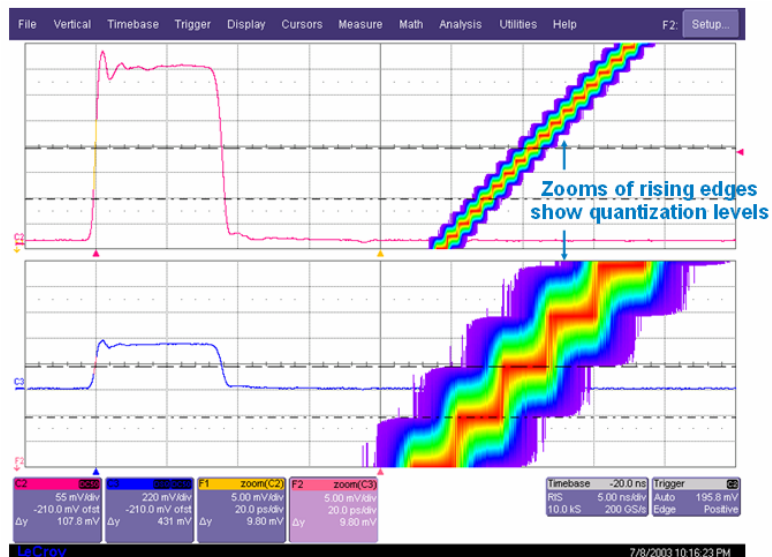
当今的电子产品，信号速度越来越快，集成电路芯片的供电电压也越来越小，90年代芯片的供电通常是5V和3.3V，而现在，高速IC的供电通常为2.5V、1.8V或1.5V等等。对于这类电压较低直流电源的电压测试（简称电源噪声测试），本文将简要讨论和分析。

在电源噪声测试中，通常有三个问题导致测量不准确

- 示波器的量化误差
- 使用衰减因子大的探头测量小电压
- 探头的GND和信号两个探测点的距离过大

示波器存在量化误差，实时示波器的ADC为8位，把模拟信号转化为2的8次方（即256个）量化的级别，当显示的波形只占屏幕很小一部分时，则增大了量化的间隔，减小了精度，准确的测量需要调节

示波器的垂直刻度（必要时使用可变增益），尽量让波形占满屏幕，充分利用ADC的垂直动态范围。在图一中蓝色波形信号（C3）的垂直刻度是红色波形（C2）四分之一，对两个波形的上升沿进行放大（F1=ZOOM(C2), F2=ZOOM(C3)），然后对放大的波形作长余辉显示，可以看到，右上部分的波形F1有较多的阶梯（即量化级别），而右下部分波形F2的阶梯较少（即量化级别更少）。如果对C2和C3两个波形测量一些垂直或水平参数，可以发现占满屏幕的信号C2的测量参数统计值的标准偏差小于后者的。说明了前者测量结果的一致性和准确性。



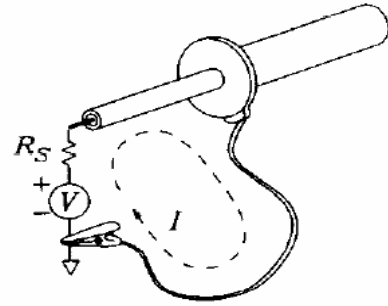
衰减4倍后的信号产生4倍量化间隔 = 损失2比特的分辨率!

图一：示波器 ADC 的量化误差

通常测量电源噪声，使用有源或者无源探头，探测某芯片的电源引脚和地引脚，然后示波器设置为长余辉模式，最后用两个水平游标来测量电源噪声的峰峰值。这种方法有一个问题是，常规的无源探头或有源探头，其衰减因子为10，和示波器连接后，垂直刻度的最小档位为20mV，在不使用DSP滤波算法时，探头的本底噪声峰峰值约为30mV。以DDR2的1.8V供电电压为例，如果按5%来算，其允许的电源噪声为90mV，探头的噪声已经接近待测试信号的1/3，所以，用10倍衰减的探头是无法准确测试1.8V/1.5V等小电压。在实际测试1.8V噪声时，垂直刻度通常为5-10mV/div之间。

另外，探头的GND和信号两个探测点的距离也非常重要，当两点相距较远，会有很多

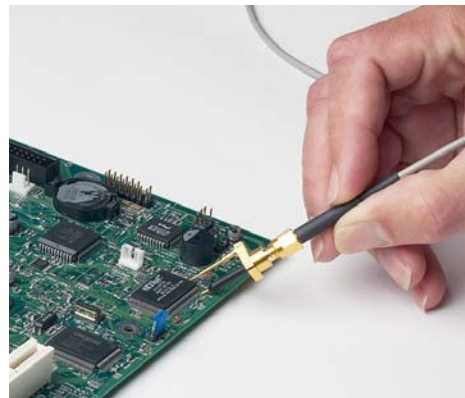
EMI 噪声辐射到探头的信号回路中（如图二所示），示波器观察的波形包括了其他信号分量，导致错误的测试结果。所以要尽量减小探头的信号与地的探测点间距，减小环路面积。



图二：探头上的信号电流回路

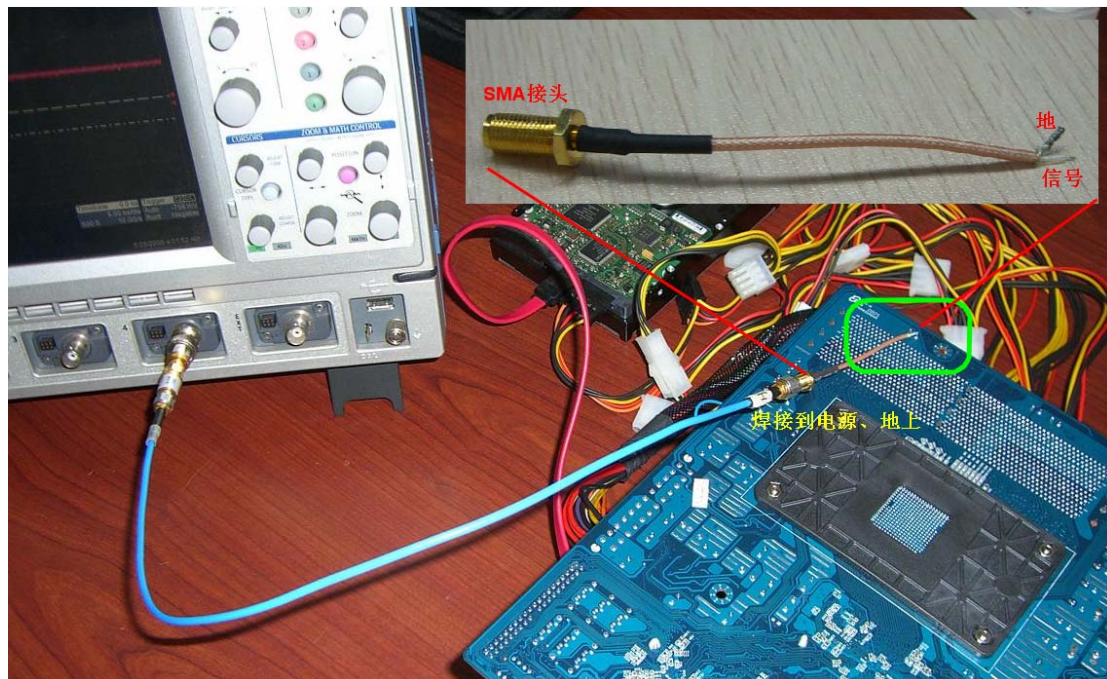
对于小电源的电压测试，我们推荐衰减因子为 1 的无源传输线探头。使用这类探头时，示波器的最小刻度可达  $2\text{mV/div}$ ，不过其动态范围有限，偏移的可调范围限制在  $\pm 750\text{mV}$  之间，所以，在测量常见的  $1.5\text{V}$ 、 $1.8\text{V}$  电源时，需要隔直电路（DC-Block）后再输入到示波器。

如图三为力科 PP066 探头，该探头的地与信号的间距可调节，探头的地针可弹性收缩，操作起来非常方便。通过同轴电缆加隔直模块后连接到示波器通道上。



图三：力科 PP066 探头示意图

也可以把同轴电缆剥开，直接把电缆的信号和地焊接到待测试电源的电源和地上。在图四中把 SMA 接头的同轴电缆的一段剥开，焊接到了电脑主板的 DDR2 供电的  $1.8\text{V}$  上面，测量其电源噪声。



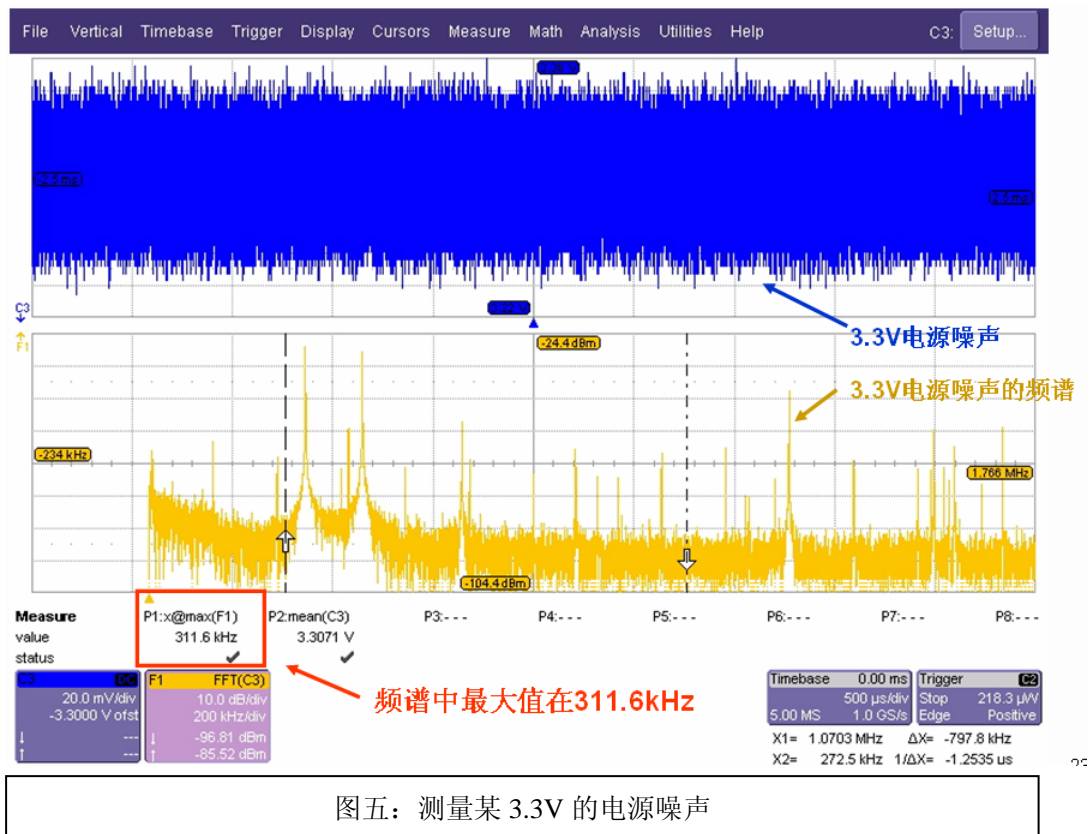
图四：测量某电脑主板 DDR2 的  $1.8\text{V}$  的电源噪声

在电源噪声测试中，还存在示波器通道输入阻抗选择的争议。示波器的通道有 DC50/DC1M/AC1M 三个选项可选（对于高端示波器，可能只有 DC50 一个选项）。一些工

程师认为应该使用 1M 欧的输入阻抗，另一些认为 50 欧的输入阻抗更合适。

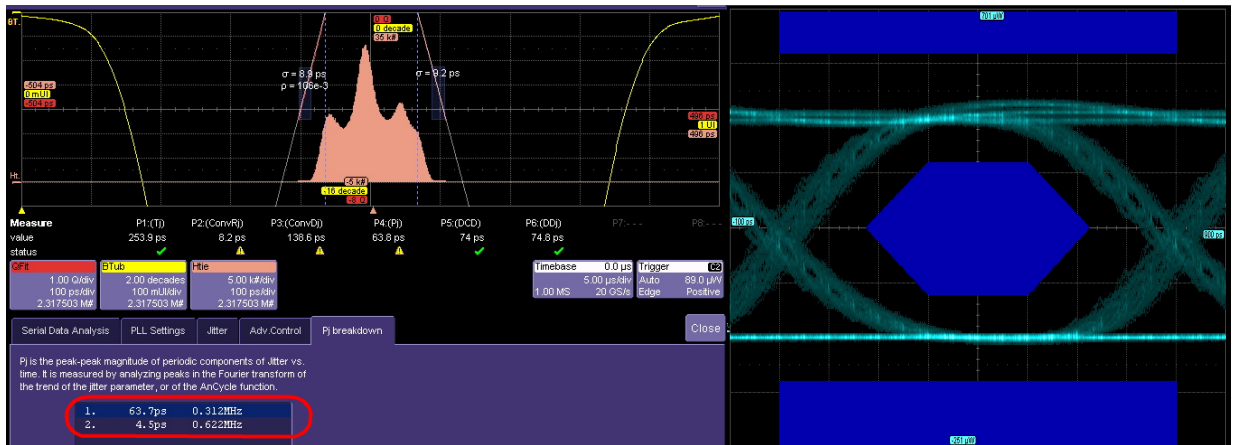
在测试中我们发现：如果使用 1 倍衰减的探头测试，当示波器通道输入为 1M 欧时，通常其测量出的电源噪声大于 50 欧输入阻抗的。原因是：高频电源噪声从同轴电缆传输到示波器通道后，当示波器输入阻抗是 50 欧时，同轴电缆的特性阻抗 50 欧与通道的完全匹配，没有反射；而通道输入阻抗为 1M 欧时，相当于是高阻，根据传输线理论，电源噪声发生反射，这样，导致 1M 欧输入阻抗是测试的电源噪声高于 50 欧的。所以，测量小电源噪声推荐使用 50 欧的输入阻抗。

在准确测量到电源噪声的波形后，可以计算出噪声的峰峰值，如果电源噪声过大，则需要分析噪声来自哪些频率，这时，需要对电源噪声的波形进行 FFT，转化为频谱进行分析。FFT 中信号时间的长度决定了 FFT 后的频谱分辨率，在力科示波器中，支持业界最大的 128M 个点的 FFT，能准确定位电源噪声来自于哪些频率(其频谱分辨率是同类仪器的 40 倍以上)。



图五：测量某 3.3V 的电源噪声

如图五所示为某光模块的 3.3V 电源的噪声。其噪声的频谱最高点的频率为 311.6KHz。这个光模块输出的 1.25Gbps 光信号的抖动测试中发现了同样的 312KHz 的周期性抖动。在图六中可以看到，把 1.25G 串行信号的周期性抖动分解后(Pj breakdown 菜单)，发现 312KHz 的周期性抖动为 63.7 皮秒，在眼图中也明显可以观察到抖动。通过这个案例说明，电源噪声很可能导致一些高速信号的眼图和抖动变差。对电源噪声进行频谱分析，能有效定位噪声的来源，指引调试的方向。



图六：某 1.25Gbps 信号的抖动和眼图测试结果

在使用示波器测量电源噪声时，为了保证测量精度，需要选择足够的采样率和采集时间。

推荐采样率在 500MSa/s 以上，这样奈科斯特频率为 250M，可以测量到 250MHz 以下的电源噪声，对于目前最普及的板级电源完整性分析，250M 的带宽已足够。低于这个频率的噪声可以使用陶瓷电容、PCB 上紧耦合的电源和地平面来滤波。而高于这个频率的只能在封装和芯片级的去耦措施来完成了。

波形的采集时间越长，则转化为频谱后的频谱分辨率（即  $\Delta f$ ）越小。通常我们的开关电源工作在 10KHz 以上，如果频谱分辨率要达到 100Hz 的话，至少需要采集 10ms 长的波形，在 500MSa/s 采样率时，示波器需要  $500\text{MSa/s} * 10\text{ms} = 5\text{M pts}$  的存储深度。

总结：本文简要介绍了电源噪声测试中的注意事项和分析方法。欢迎读者与笔者联系，交流电源噪声测试的技术。