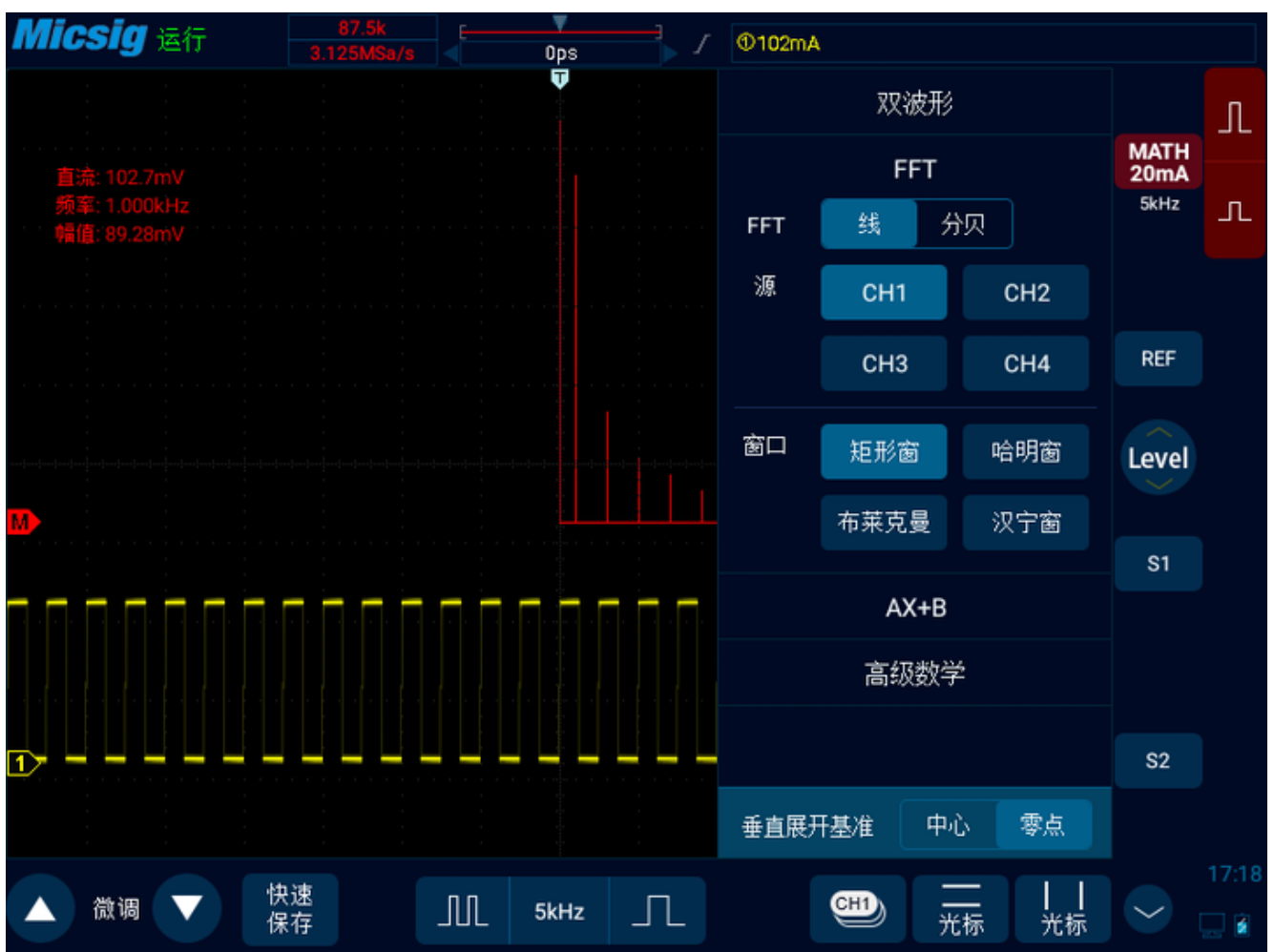


使用示波器进行信号频谱分析(FFT)的设置教学

对信号中的频率分量进行分析是十分重要的，因为他们常常会在设计中引起噪声，一旦超出允许的公差，就可能进而导致器件发生故障功能失常。严重的还可能导致电压尖峰，损坏器件。如果我们在设计的时候没有进行正确的测试，那么上述问题就很可能发生。那么如何对信号进行频率分量的分析呢？

也许大家会认为这个活只有频谱分析仪能干，但实际上示波器也能部分胜任，示波器除了时域分析外，还有一个FFT的功能，就可以用来做这个事。FFT是快速傅里叶变换的缩写。简单的说

，FFT其实是一种算法，可以帮助我们对时域信号进行分离，然后再将这些分离的信号转换到频域，此时示波器将从时域转换成频域，显示的是信号幅值与频率之间的关系。



FFT的菜单栏中，包含FFT运算频谱类型的选择，可以选择线或者分贝来作为幅值分别以V-Hz或dB-Hz被绘制在示波器显示屏上。当FFT开启的时候，可以看到水平轴的时基从时间变成了频率，垂直轴单位变为V或者dB。

频谱类型下方是触发源的选择，这个比较好理解，要对哪个通道进行FFT运算，我们就选哪个通道为源。
源下方是四种不同的FFT窗，分别是矩形窗、哈明窗、布莱克曼窗、汉宁窗。那么为什么FFT会有不同的窗选择呢？

因为FFT算法计算频谱信号采样时，只能得到采样点的信息，不可能对无限长的信号进行测量和运算，而是取其有限的时间片段进行分析，因此忽略了采样间隔中数据信息，这是不可避免的，也称之为栅栏效应。示波器是对有限长度的时间记录进行FFT变换，FFT算法是假设时域波形是不断重复的。这样当周期为整数时，时域波形在开始和结束处波形的幅值相同，波形就不会产生中断。但是，如果时域波形的周期为非整数时，就引起波形开始和结束处的波形幅值不同，从而使连接处产生高频瞬态中断。在频域中，这种效应称为泄漏。因此，为避免泄漏的产生，在原波形上乘以一个窗函数，强制开始和结束处的值为零。

而不同的窗函数采用不同的算法，在不同的情况下有着各自的优势。窗函数会改变频域波形，让频谱形成方便我们观察的样子，但是本质上不会消除频谱泄露，不同的窗函数都有其独特的特性，我们只需要根据测量需要选择即可。

窗函数	效果	应用
矩形窗 (Rectangular)	对非常接近同一值的分辨频率，这是最好的窗口类型，但此类型在精确测量这些频率的幅度时效果最差。	测量非重复信号的频谱和测量接近直流的频率分量最佳。该窗口用于信号级别在具有几乎相同的事件之前或之后的瞬态或突发。
哈明窗 (Hamming)	对非常接近同一值的分辨频率，这是最佳的窗口类型，并且幅度精度比矩形窗口也略有改进。哈明窗类型比汉宁窗类型的频率分辨率要略有提高。	测量正弦、周期性和窄带随机噪声。该窗口用于信号级别在具有重大差别的事件之前或之后的瞬态或突发。
汉宁窗 (Hanning)	用于测量幅度精度极好，但对于分辨频率效果较差。	同哈明窗
布莱克曼 (Blackman-Harris)	用于测量频率幅度最佳，但对于测量分辨频率效果却是最差。	使用Blackman-Harris测量查找高次谐波的主要单信号频率波形。

同时，测量时要注意以下几点：

1. 由于FFT是一个数学函数，对于数学函数来说处理的数据越多，他就越准确。因此测量的时候，我们要把存储深度打大，时基尽量打大，这样频率分辨率才更高。如下面两张图分别是时基打到 $200\mu\text{s}$ 和 2ms 的对比，可以清楚的看到， 2ms 时基下的FFT效果要好很多。





但也要注意时域信号长度不是越长越好，因为示波器的存储深度有限，波形记录时间越长，采样率越低，可能导致源波形失真。一般来说，在时域图上最少出现4到8个波形周期的波形时长是比较合适的。

2. 具有直流成分或偏差的信号会导致FFT波形成分的错误或偏差，为减少直流成分我们可以选择交



3. 在获取周期性信号时，应使用平均采样模式来降低信号噪音。建议平均数不小于16。



FFT在电子测量中可以帮助找到噪声干扰源，测试滤波器和系统的脉冲响应，抖动分析，谐波功率分析，电磁干扰分析、频率响应分析等。