

示波器电源纹波分析及测试

一、什么叫纹波？

纹波 (ripple) 的定义是指在直流电压或电流中，叠加在直流稳定量上的交流分量。

它主要有以下害处：容易在用电器上产生谐波，而谐波会产生更多的危害；降低了电源的效率；较强的纹波会造成浪涌电压或电流的产生，导致烧毁用电器；会干扰数字电路的逻辑关系，影响其正常工作；会带来噪音干扰，使图像设备、音响设备不能正常工作。

二、纹波、纹波系数的表示方法

可以用有效值或峰值来表示，或者用绝对量、相对量来表示；

单位通常为：mV

例如：一个电源工作在稳压状态，其输出为 12V5A，测得纹波的有效值为 10mV，这 10mV 就是纹波的绝对量，而相对量，即纹波系数=纹波电压/输出电压=10mv/12V=0.12%。

三、纹波的测试方法

以 20M 示波器带宽为限制标准，电压设为 PK-PK（也有测有效值的），去除示波器控头上的夹子与地线（因为这个本身的夹子与地线会形成环路，像一个天线接收杂讯，引入一些不必要的杂讯），使用接地环（不使用接地环也可以，不过要考虑其产生的误差），在探头上并联一个 10UF 电解电容与一个 0.1UF 瓷片电容，用示波器的探针直接进行测试；如果示波器探头不是直接接触输出点，应该用双绞线，或者 50Ω 同轴电缆方式测量。

四、开关电源纹波的主要分类

开关电源输出纹波主要来源于五个方面：输入低频纹波；高频纹波；寄生参数引起的共模纹波噪声；功率器件开关过程中产生的超高频谐振噪声；闭环调节控制引起的纹波噪声。

五、电源纹波测试

纹波是叠加在直流信号上的交流干扰信号，是电源测试中的一个很重要的标准。尤其是作特殊用途的电源，如激光器电源，纹波则是其致命要害之一。所以，电源纹波的测试就显得极为重要。

电源纹波的测量方法大致分为两种：一种是电压信号测量法；另一钟是电流信号测量法。

一般对于恒压源或纹波性能要求不大的恒流源，都可以用电压信号测量法。而对于纹波性能要求高的恒流源则最好用电流信号测量法。

电压信号测量纹波是指，用示波器测量叠加在直流电压信号上的交流纹波电压信号。对于恒压源，测试可以直接用电压探头测量输出到负载上的电压信号。对于恒流源的测试，则一般是通过使用电压探头，测量采样电阻两端的电压波形。整个测试过程中，示波器的设置是能否采样到真实信号的关键。

所用的仪器是：配有电压测量探头的 TDS1012B 示波器。

测量之前需要进行如下设置。

1. 通道设置：

耦合：即通道耦合方式的选择。纹波是叠加在直流信号上的交流信号，所以，我们要测试纹波信号就可以去掉直流信号，直接测量所叠加的交流信号就好。

宽带限制：关

探头：首先选用电压探头的方式。然后选择探头的衰减比例。必须与实际所用探头的衰减比例保持一致，这样从示波器所读取数才是真实的数据。比如，所用电压探头放在×10 档，则此时，这里的探头的选项也必须设置为×10 档。

2. 触发设置：

类型：边沿

信源：实际所选择的通道，如，准备用 CH1 通道进行测试，则此处就应该选择为 CH1。

斜率：上升。

触发方式：如果是在实时地观察纹波信号，则选择‘自动’触发。示波器会自动跟随实际所测信号的变化，并显示。这个时候，你也可通过设置测量按钮，实时地显示你所需要的测量的数值。但是，如果你想要捕捉某次测量时的信号波形，则需要将触发方式设置为‘正常’触发。此时，还需要设置触发电平的大小。一般当你知道你所测量的信号峰值时，将触发电平设置为所测信号峰值的 1/3 处。如果不知道，则触发电平可以设置的稍微小一些。

耦合：直流或交流…，一般用交流耦合。

3. 采样长度（秒/格）：

采样长度的设置决定能否采样到所需要的数据。当所设置的采样长度过大时，就会漏掉实际信号中的高频成分；当所设置的采样长度过小时，就只能看到所测实际信号的局部，同样无法得到真实的实际信号。所以，在实际测量时，需来回旋转按钮，仔细观察，直到所显示波形是真实的完整的波形。

4. 采样方式：

可根据实际需要设定。如，要求测量纹波的 P-P 值，则最好选择峰值测量法。采样次数也可根据实际需要设定，这与采样频率及采样长度有关。

5. 测量：

通过选择对应通道的峰值测量，示波器就可以帮你把所需要的数据及时显示出来。同时也可以选择对应通道的频率、最大值、均方根值等。

通过对示波器进行合理设置和规范的操作，一定可以得到所需的纹波信号。但是，在测量过程中一定要注意防止其它信号对于示波器探头自身的干扰，以免所测量的信号不够真实。

通过电流信号测量法测量纹波值是指，测量叠加在直流电流信号上的交流纹波电流信号。对于纹波指标要求比较高的恒流源，即要求纹波比较小的恒流源，采用电流信号直接测量法可以得到更加真实纹波信号。与电压测量法不同的是，这里还用到了电流探头。比如，继续用上述的示波器，再加一个电流放大器和一个电流探头。此时，只需用电流探头夹住输出到负载的电流信号，就可以进行电流测量法来测量输出电流的纹波信号了。与电压测量法一样，整个测试过程中，示波器及电流放大器的设置是能否采样到真实信号的关键。

其实，用这种方法测量时，示波器的基本设置及用法与上述相同。不同的是，通道设置中探头的设置有所不同。在这里，需要选则电流探头的方式。然后，选择探头的比例，必须与放大器所设置的这个比例相同，这样从示波器所读取数才是真实的数据。比如，所用放大器的这个比例设置为 5A/V，则此时示波器的这一项也需设置为 5A/V。至于电流放大器的耦合方式，当示波器的通道耦合已经选择为交流耦合时，则这里选择交流或直流都可以。

需要注意的是，用这种方法时，需先打开示波器，然后再打开电流放大器。且记得在使用前对电流探头先消磁。

另外，测量电源纹波本身有一定技巧性。不当使用示波器测量电源纹波首先是使用了接地线很长的示波器探针；其二是让由探针和接地线形成的回路靠近功率变压器和开关元件；最后是允许在示波器探针和输出电容之间形成额外的电感。其结果带来的问题是在测得的纹波波形中携带了拾取的高频成分。

在电源中有许多很容易耦合到探针中的高速的、大电压和电流信号波形，其中包括来自功率变压器的磁场耦合、来自开关节点的电场耦合、以及由变压器交绕（interwinding）电容产生的共模电流。

采用正确的测量技术可切实改善纹波测量的结果。首先，通常会规定纹波的带宽上限，以避免拾取超出纹波带宽上限的高频噪声，应该给用于测量的示波器设定合适的带宽上限。其次，可以通过摘掉探针的“帽子”来去掉接地长引线形成的天线。我们把一段短线绕在探针接地引线周围，并使之与电源地相连接。这样做附带的好处是缩短暴露在电源附近高强度电磁辐射中的探针长度，从而进一步减少高频拾取。

最后，在隔离电源中，真正的共模电流是由在探针接地引线中流动的电流产生的，这就使得在电源地和示波器地之间产生电压降，表现为纹波。要抑制这个纹波，需要在电源设计中仔细考虑共模滤波问题。

此外，把示波器引线绕在铁芯上可减小这个电流，因为这样会形成一个不影响差分电压测量、但可降低由共模电流产生的测量误差的共模电感。可以看到，高频尖刺已几乎消除。

事实上，当电源集成到系统中之后，电源纹波性能甚至会更好。在电源和系统其它部分之间几乎总会存在一定量的电感。电感可能是由导线或在印刷线路板上的蚀刻线形成的，而在芯片附近总会有作为电源负载的附加旁路电容，这两者形成低通滤波效应并进一步降低电源纹波和/或高频噪声。

举一个极端的例子，由电感量为 15nH 的长一英寸的短线和电容量 10 μ F 的旁路电容构成的滤波器，其截止频率为 400kHz。该实例意味着能大幅减少高频噪声。该滤波器的截止频率比电源纹波频率低很多倍，可以切实降低纹波。聪明的工程师应该在测试过程中设法利用它。