

浅谈工程上对纹波和噪声测试的几个误区

王宏生 林建伟

西安伟京电子制造有限公司

摘要： 本文主要围绕工程上对纹波和噪声测试的几个误区，介绍了纹波和噪声的产生和正确的测量，并给出了工程上的几种对纹波和噪声的抑制方法。

关键词： 开关电源；纹波噪声测试；纹波噪声抑制

引言： 开关电源在很多领域得到了广泛的应用，尤其上在航空、航天、通信、高可靠领域得到了广泛的应用。有些场合对开关电源的输出纹波和噪声要求比较严格，比如激光电源、图像、音频处理设备。输出纹波如果过大则会影响图像和音频的质量。所以正确的认识、测试和抑制纹波就显得非常重要。很多人在测试纹波和噪声时往往会出现上百 mv，或者几百 mv，远远比说明书提供的纹波值大很多，这主要是测试方法不正确造成的。造成对纹波测试的几点误区。

误区一：纹波和噪声的区别

开关电源以工作频率高、体积小、效率高代替了线性电源，得到了大量的应用。但同时由于开关电源的开关管工作在高频的开关状态，每一个开关过程，电能从输入端被“泵到”输出端，在输出电容上形成一个充电和放电的过程，从而造成输出电压的波动，而且此波动的频率与开关管的开关频率相同，这个波动就是输出纹波(见图1)，是叠加在输出直流上的交流成分，纹波的幅值是该交流成分的波峰与波谷之间的峰峰值，其大小与开关电源的输出电容的容量和品质有

关。而噪声是开关电源自身产生一种高频脉冲串，由发生在开关导通与截止瞬间产生的尖脉冲所造成，噪声的频率比开关频率高的多，噪声电压的大小很大程度上与开关电源的拓扑、变压器的绕制、电路中的寄生参数、测试时外部的电磁环境以及 PCB 的布线设计有关。

纹波和噪声是两种不同的概念，但在工程上，在对电源进行测试时，一般并不刻意的去把他们分开，我们关注的是接受供电的电路、仪器、仪表是否会收到影响，所以我们测量的是纹波和噪声两者的合成干扰，用峰峰值（VP-P）表示。

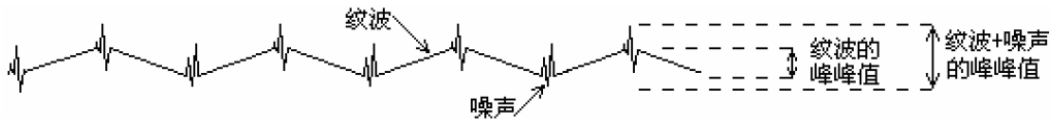


图 1

误区二：测试带宽的选择，带宽越大测试越准确

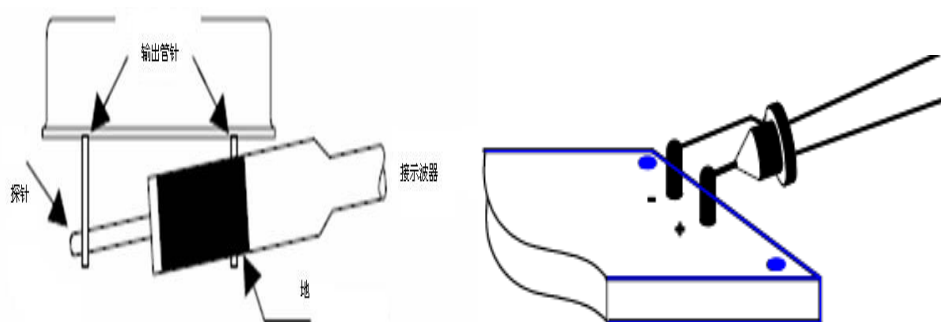
这种认为是不正确的。输出纹波的频率和电源的开关频率相同，而开关频率目前一般从几十 KHZ 到几 MHZ, 另外由开关器件所造成的干扰也小于 20MHZ，带宽限制在 20MHZ，也是避免外界的高频噪声影响纹波的测试。一般情况下，模块使用说明书都会提到该模块在测试纹波时所选用的示波器测试带宽。通常没有特殊说明，纹波测试的带宽一般设定为 20MHZ。目前市面上的示波器都有 20MHZ 带宽限制功能。

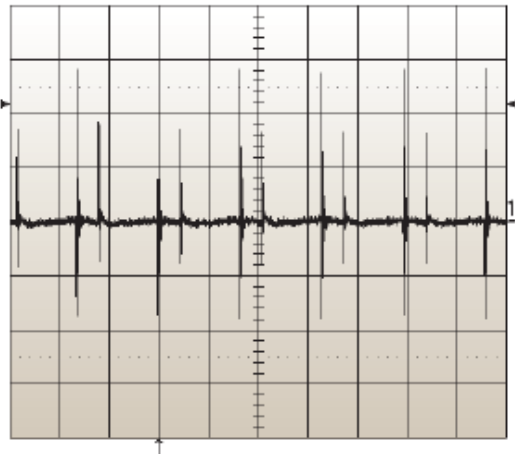
误区三：测试方法的选择

测试方法的选择在目前是存在较大争议的，同一个模块采用不同的测试方法会得到不同的结果。目前行业内普遍流行的有靠测法、

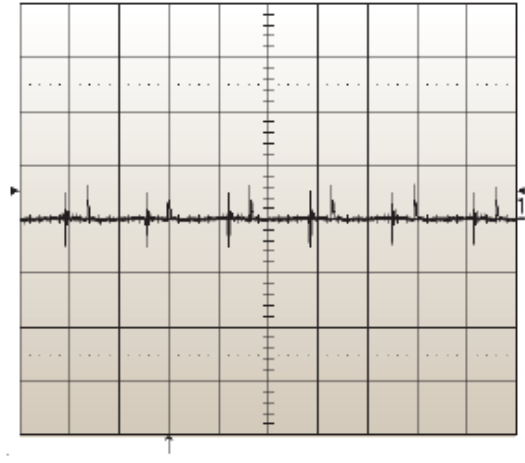
双绞线法、平行线法、50 欧同轴电缆测试四种方法，其目的只有一个，就是真实客观的测试模块的输出纹波。而用户在使用中因为种种客观因素一般采用的是甩线法，就是拿示波器探头、地线夹直接接在模块的输出管脚测试，这种方法不能说不正确，但会对测试结果带来很大的不同，一般可达到上百或者几百毫伏的纹波。

示波器探头的地线长度约 13cm，自身电感约为 80nH，共模电流会在地线夹子上产生一定量不可忽略的尖峰电压。在实际测试时，地线夹通常会以环形出现，所以很容易接收到空间辐射。测试端子和地线夹构成的环路就像天线一样在工作，地线环的面积越大，开关过程中获取的噪声就越大，影响到纹波的正确测试。为减小地线夹过长所造成的影响，探头应该直接靠在输出管脚两端，这样信号和地相连处的地线环面积就很小了，这就是靠测法。测试时去掉示波器探头的地线夹和探头帽子，直接靠在输出管脚上进行测试，如果输出管脚间距稍大，示波器探头不能直接靠上，可以用自制地线环进行测试，如下图所示。





使用地线夹直接测试



采用靠测法测试

对于一些需要低纹波输出的特定场合，需要采取特定的设计方案，采用甩线法测试也能得到比较小的纹波。西安伟京电子制造有限公司推出了两款输入 16VDC—40VDC, 输出 5VDC、12VDC、15VDC、 ± 5 VDC、 ± 12 VDC、 ± 15 VDC 六种输出电压，输出功率 15W, 内置输入滤波器输出低纹波的高可靠军用电源模块，一种采用全金属气密性封装，一种采用优良导热灌封胶的五面体金属结构，两种模块采用甩线法测试 20MHZ 带宽，纹波在 20—50mv, 并且该模块不用外加滤波器可以通过 GJB151-97 中 CE102 的要求。

纹波和噪声的抑制

正确认识纹波和噪声的产生，测量，还要掌握纹波和噪声的抑制，最终我们要得到的是一个干净的输出电压，不对我们的电路造成影响的电压，所以对于纹波的抑制也相当重要。纹波和噪声一般由低频纹波、高频纹波、共模噪声等组成。

1. 低频纹波的抑制

低频纹波的大小一般由输出电感的电感量和输出电容的容量以

及反馈补偿网络的性能有关。电感内纹波电流 $\Delta I = \frac{(V_{in}-V_{out}) \cdot V_{out}}{L \cdot V_{in} \cdot f}$ ，输出纹波和输出电容的关系 $v_{ripple} = I_{max} / (C_o \times f)$ ，所以加大电感量和输出电容容量、提高工作频率都可以减小输出纹波。工程上通常采用多个电容并联的方法，一方面可以增大电容容量，同时也可以减小电容的 ESR。对于输出电感，因受到体积的限制，一般不会做的很大；提高开关频率，又会增加开关损耗，因此要综合考虑。

2. 高频纹波的抑制

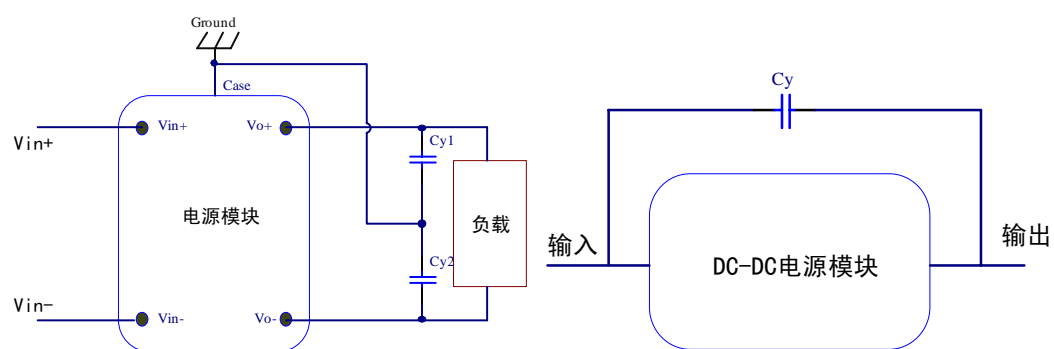
高频纹波来源于开关变换电路。开关电源的开关管在导通和截止的时候，都会有一个上升和下降时间，随同会出现一个与开关上升与下降时间的频率相同或者奇数倍频的噪声，一般为几十 MHz。同样二极管在反向恢复瞬间，其等效电路为电阻电容和电感的串联，会引起高频衰减谐振，产生的噪声频率也为几十 MHz。变压器存在的漏感也会产生高频干扰。这些噪声通称为高频纹波噪声，幅值通常要比纹波大得多。在工程上可采取减缓开关管开通的速度、改进变压器的绕制工艺减小变压器的漏感、采用软恢复特性的二极管或者在二极管上并联 RC 缓冲网络、多级 LC 滤波电路等方法。

3. 共模噪声的抑制

功率器件与散热器底板和变压器原边与副边之间存在寄生电容，导线存在寄生电感，因此当电压作用于功率器件时，导致开关电源的输出端产生共模纹波噪声。

抑制共模噪声最好的方法就是减小电路到外壳的寄生电容，降低输出到外壳的共模阻抗，从而减小噪声的幅度。同时也可以在输出加

共模抑制电感。在工程上通常是在输出两个管脚到外壳接一个陶瓷电容，或者是在输入地和输出地之间接一个陶瓷电容，也就是通常所说的 Y 电容，该电容容值一般为几百 PF 到几 NF，电容的电压等级要符合模块的安规要求。如下图。



小结:

以上主要介绍了工程上对纹波测试的几个误区，纹波的抑制。正确认识 and 测量纹波，根据模块的体积、成本等选择合适的纹波抑制方法，得到自己满意的输出电压。