

所谓纹波电压,是指输出电压中 50 赫或 100 赫的交流分量,通常用有效值或峰值表示。经过稳压作用,可以使整流滤波后的纹波电压大大降低,降低的倍数反比于稳压系数 S。

问题：如何测量电源纹波？

回答：可以先用示波器将整个波形捕获,然后将关心的纹波部分放大来观察和测量(自动测量或光标测量均可),同时还要利用示波器的 FFT 功能从频域进行分析。

1. 最大纹波电压。

在额定输出电压和负载电流下,输出电压的纹波(包括噪声)的绝对值的大小,通常以峰值或有效值表示。

2. 纹波系数

在额定负载电流下,输出纹波电压的有效值 U_{rms} 与输出直流电压 U_o 之比,既 $y=U_{rms}/U_o \times 100\%$

3. 纹波电压抑制比。

在规定的纹波频率(例如 50HZ)下,输入电压中的纹波电压 $U_{i\sim}$ 与输出电压中的纹波电压 $U_{o\sim}$ 之比,即：

纹波电压抑制比= $U_{i\sim}/U_{o\sim}$ 。

这里声明一下：噪声不同于纹波。纹波是出现在输出端子间的一种与输入频率和开关频率同步的成分,用峰-峰(peak to peak)值表示,一般在输出电压的 0.5% 以下;噪声是出现在输出端子间的纹波以外的一种高频成分,也用峰-峰(peak to peak)值表示,一般在输出电压的 1% 左右。纹波噪声是二者的合成,用峰-峰(peak to peak)值表示,一般在输出电压的 2% 以下

什么是纹波和谐波 如何测量纹波和谐波

纹波和谐波是不是同一种概念呢?显然不是的。我们可以从字面上去理解。纹波,很容易让人联想到波纹。就是在“平静”的水面的一阵阵的水波,言下之意就是在稳定的直流中的交流成分;而谐波呢?有和谐的意思。我们如果学过高频的话,或者是收音机发烧友的话,肯定经常听到二次谐波、高次谐波之类的名词。举个例子吧,我们做一个调频发射机,本振假设为 30M Hz,那么,60M、90M 都是本振的谐波。分别是二次谐波和三次谐波。

那么它们两个是不是都有害呢？我们经常有这样的常识，做电源什么的，都要将纹波降到百分之几以下，所以呢，一般纹波是有百害而无一益的。它主要有以下害处：

- 1、容易在用电器上产生谐波，而谐波会产生较多的危害；
- 2、降低了电源的效率；
- 3、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；
- 4、会干扰数字电路的逻辑关系，影响其正常工作；
- 5、会带来噪音干扰，使图像设备、音响设备不能正常工作。

而谐波呢？是不是也是百害而无一益？显然不是啦！我们通常做调频发射的时候，通常是用晶振的谐波去做本振呢！比如：我们用 10.245M 的晶振去振荡，将滤出的三次谐波作为发射的载波呢！这个还可以增加调制深度呢！但是，那么不要的谐波肯定是有害的啦！主要有以下害处：

- 1、使电网中发生谐振而造成过电流或过电压而引发事故；
- 2、增加附加损耗，降低发电、输电及用电设备的效率和设备利用率；
- 3、使电气设备（如旋转电机、电容器、变压器等）运行不正常，加速绝缘老化，从而缩短它们的使用寿命；
- 4、使继电保护、自动装置、计算机系统及许多用电设备运转不正常或不能正常动作或操作；
- 5、使测量和计量仪器、仪表不能正确指示或计量；
- 6、干扰通信系统，降低信号的传输质量，破坏信号的正常传递，甚至损坏通信设备。

那么，如何测量纹波呢？通常最常用的仪器是高频毫伏表，而用示波器也可以测量；而谐波呢？则要用频谱分析仪去测量啦！

谐波

一、1. 何为谐波？

“谐波”一词起源于声学。有关谐波的数学分析在 18 世纪和 19 世纪已经奠定了良好的基础。傅里叶等人提出的谐波分析

方法至今仍被广泛应用。电力系统的谐波问题早在 20 世纪 20 年代和 30 年代就引起了人们的注意。当时在德国，由于使用静止汞弧变流器而造成了电压、电流波形的畸变。1945 年 J.C.Read 发表的有关变流器谐波的论文是早期有关谐波研究的经典论文。

到了 50 年代和 60 年代，由于高压直流输电技术的发展，发表了有关变流器引起电力系统谐波问题的大量论文。70 年代以来，由于电力电子技术的飞速发展，各种电力电子装置在电力系统、工业、交通及家庭中的应用日益广泛，谐波所造成的危害也日趋严重。世界各国都对谐波

问题予以充分和关注。国际上召开了多次有关谐波问题的学术会议，不少国家和国际学术组织都制定了限制电力系统谐波和用电设备谐波的标准和规定。

谐波研究的意义，道德是因为谐波的危害十分严重。谐波使电能的生产、传输和利用的效率降低，使电气设备过热、产生振动和噪声，并使绝缘老化，使用寿命缩短，甚至发生故障或烧毁。谐波可引起电力系统局部并联谐振或串联谐振，使谐波含量放大，造成电容器等设备烧毁。谐波还会引起继电保护和自动装置误动作，使电能计量出现混乱。对于电力系统外部，谐波对通信设备和电子设备会产生严重干扰。

2 纹波(ripple)的定义

由于直流稳定电源一般是由交流电源经整流稳压等环节而形成的，这就不可避免地在直流稳定量中多少带有一些交流成份，这种叠加在直流稳定量上的交流分量就称之为纹波。纹波的成分较为复杂，它的形态一般为频率高于工频的类似正弦波的谐波，另一种则是宽度很窄的脉冲波。对于不同的场合，对纹波的要求各不一样。对于电容器老练来说，无论是那一种纹波，只要不是太大，一般对电容器老练质量不会构成影响。而对程控机电源或音响设备中所使用的电源，由于宽度很窄的脉冲没有足够的能量来推动喇叭的纸盆或话机的听筒而形成杂音。因此对于这种窄脉冲的要求可以放宽。

而对于音频范围内的类似正弦波的纹波信号，虽然其幅度不是太高，但其能量却使喇叭或听筒发生嗡嗡的杂音。因此对这种形态的纹波应有一定的要求，而对于用于一些控制的场合，由于窄脉冲达到一定的高度会干扰数字或逻辑控制部件，使设备运行的可靠性降低，因此对这种窄脉冲的幅度应有一定的限制，而对类似正弦波的纹波，一般由于其幅度较低，对控制部件的干扰不大。

纹波的表示方法可以用有效值或峰值来表示，可以用绝对量，也可以用相对对量来表示。例如一个电源工作在稳压状态，其输出为 100V5A，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/100V=0.01%，即等于万分之一。

2 纹波(ripple)的定义 补充

纹波就是一个直流电压中的交流成分。直流电压本来应该是一个固定的值，但是很多时候它是通过交流电压整流、滤波后得来的，由于滤波不干净，就会有剩余的交流成分，即便如此，就是用电池供电也因负载的波动而产生波纹。事实上，即便是最好的基准电压源器件，其输出电压也是有波纹的。

要体验，可以用示波器来看，就会看到电压上下轻微波动，就像水纹一样，所以叫做纹波。一般使用交流毫伏表来测量纹波电压，因为交流毫伏表只对交流电压响应，并且灵敏度比较高，可测量很小的交流电压，而纹波往往是比较小的交流电压。如果没有交流毫伏表，也可使用示波器来测量。将示波器的输入设置为交流耦合，调整 Y 轴增益，使波形大小合适，读出电压值，可估算出纹波电压的大小。

纹波电压会影响系统的工作，带来噪声。所以电源要有足够的滤波措施，以将纹波限制在一定的幅度以内。

http://www.eeworld.com.cn/mndz/2009/0318/article_1450.html

教您如何正确地进行电源纹波的精确测量

关键字：[电源纹波](#) [测量](#) [纹波电压](#)

精确地测量[电源纹波](#)本身就是一门艺术。在图 1 所示的示例中，一名初级工程师完全错误地使用了一台示波器。他的第一个错误是使用了一支带长接地引线的示波器探针；他的第二个错误是将探针形成的环路和接地引线均置于电源变压器和开关元件附近；他的最后一个错误是允许示波器探针和输出电容之间存在多余电感。该问题在纹波波形中表现为高频拾取。在电源中，存在大量可以很轻松地与探针耦合的高速、大信号电压和电流波形，其中包括耦合自电源变压器的磁场，耦合自开关节点的电场，以及由变压器互绕电容产生的共模电流。



图 1 错误的纹波测量得到的较差的[测量](#)结果

利用正确的测量方法可以大大地改善测得纹波结果。首先，通常使用带宽限制来规定纹波，以防止拾取并非真正存在的高频噪声。我们应该为用于测量的示波器设定正确的带宽限制。其次，通过取掉探针“帽”，并构成一个拾波器（如图 2 所示），我们可以消除由长接地引线形成的天线。将一小段线缠绕在探针接地连接点周围，并将该接地连接至电源。这样做可以缩短暴露于电源附近高电磁辐射的端头长度，从而进一步减少拾波。

最后，在隔离电源中，会产生大量流经探针接地连接点的共模电流。这就在电源接地连接点和示波器接地连接点之间形成了压降，从而表现为纹波。要防止这一问题的出现，我们就需要特别注意电源设计的共模滤波。另外，将示波器引线缠绕在铁氧体磁心周围也有助于最小化这种电流。这样就形成了一个共模电感器，其在不影响差分电压测量的同时，还减少了共模电流引起的测量误差。图 2 显示了该完全相同电路的纹波电压，其使用了改进的测量方法。这样，高频峰值就被真正地消除了。

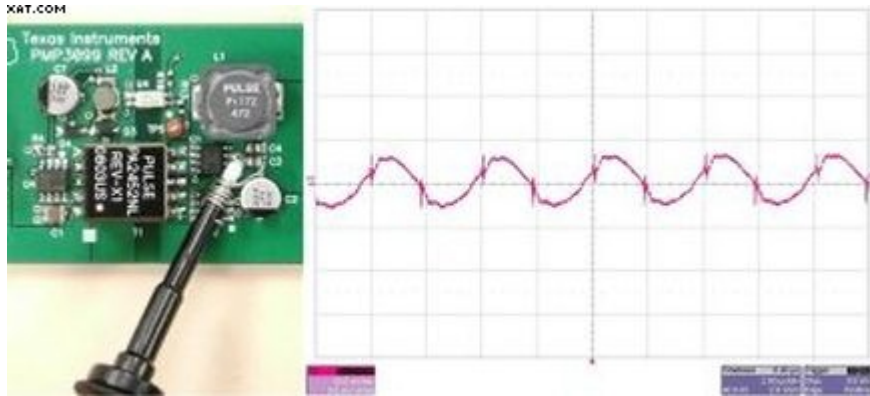


图 2 四个轻微的改动便极大地改善了测量结果

实际上，集成到系统中以后，电源纹波性能甚至会更好。在电源和系统其他组件之间几乎总是会存在一些电感。这种电感可能存在于布线中，抑或只有蚀刻存在于 PWB 上。另外，在芯片周围总是会存在额外的旁路电容，它们就是电源的负载。这二者共同构成一个低通滤波器，进一步降低了电源纹波和/或高频噪声。在极端情况下，电流短时流经 15 nH 电感和 10 μ F 旁路电容的一英寸导体时，该滤波器的截止频率为 400 kHz。这种情况下，就意味着高频噪声将会得到极大降低。许多情况下，该滤波器的截止频率会在电源纹波频率以下，从而有可能大大降低纹波。经验丰富的工程师应该能够找到在其测试过程中如何运用这种方法的途径。

http://tech.163.com/digi/10/0130/08/5U8U8OOL001618J7_5.html

第 5 页：电源纹波好坏如同声音波谱

● 电源输出纹波简介

理想状态时，电源输出的直流电压应为一固定值，但是很多时候它是通过交流电压整流、滤波后得来的，或多或少会有剩余的交流成分，这种包含周期性与随机性成分的杂波信号我们称之为纹波。较大的纹波会影响 CPU 与 GPU 正常工作，这个数值越小越好。

● 判定纹波的标准

Intel 在 ATX12V 2.31 规范中规定+12V 输出纹波不得超过 120 毫伏，+3.3V 与+5V 纹波不得超过 50 毫伏，这个量对于大多品牌电源是非常宽裕的，笔者测试过的绝大多数电源都不会超过这个数值，但几乎所有山寨电源在满载时纹波都会超标，内部用料设计可想而知。

其实，我们完全可以把电源的纹波图案和声音的波谱联系到一起。当声音震动频率十分高时，往往会出现声音波谱杂乱甚至高低偏离十分明显的情况。这和电源纹波中的表现情况是相对一样的。

Output	Maximum Ripple and Noise (mV p-p)
+12 V1DC	120
+12 V2DC	120
+5 VDC	50
+3.3 VDC	50
-12 VDC	120
+5 VSB	50

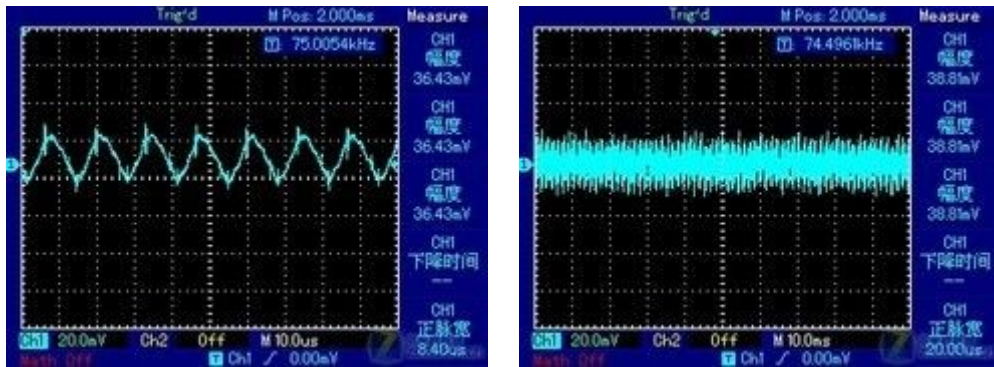
Intel ATX12V 2.31 对电源纹波的规定

• PBzone 输出纹波测试设定

电源每路输出负载的纹波值与该路的电流值有很大关系，一般电源在轻载下纹波是绝不会超标的，所以我们记录三种状态下的纹波：100%负载、+12V 联合输出满载、+3.3V 输出满载，+5V 输出满载。在测试三路输出满载时，我们把其中一路按照铭牌标称满载，另外两路的电流均设定为 2A。



测试纹波使用的数字示波器



+12V 纹波记录截图

纹波测试结果其实不难看懂，上面两张图分别是高频与低频的截图，两种纹波值相加即为最终结果。请大家单击一张图放大，会发现图的最下面一行有两个数值，纵向分度值 20.0mV，和横向分度值 10.0us。我们只需要关注 mV 这个数值，20.0mV 代表 Y 轴网格每一格等于 20mV，第一张图的波峰与波谷相隔大致一个网格，就意味着 10.0us 的高频纹波峰-峰值大约是 $20\text{mV} \times 1 = 20\text{mV}$ 。此外还要注意代表低频的 10.0ms，即右图，右图中除去毛刺后的高频纹波峰-峰值大约是 1 个网格即 20.0mV。高频与低频相加即为该路输出的纹波值，两者相加为 40mV，远远小于 Intel 规定的 120mV，所以测试结果可以说非常优秀。

如何正确的测量直流转换电源纹波

DC/DC 模块的 [电源](#) 纹波指标是一项很重要的参数。干净的电源是数字电路稳定工作的前提，也是模拟器件的各项参数的重要保障。为确定电源的质量，必须对 DC/DC 模块的输出纹波进行测量。但很多人测量得到的纹波值动辄上百 mV，甚至几百 mV，远远比器件手册提供的最大纹波值大，这主要是测量方法的不正确造成的。

正确的测量方法

- 1) 限制示波器带宽为 20MHz(大多中低端示波器档位限制在 20MHz，高端产品还有 200MHz 带宽限制的选择)，目的是避免数字电路的高频噪声影响纹波测量，尽量保证测量的准确性。
- 2) 设置耦合方式为交流耦合，方便测量(以更小档位来仔细观测纹波，不关心直流电平)。
- 3) 保证探头接地尽量短(测量纹波动辄上百 mV 的主要原因就是接地线太长)，尽量使用探头自带的原装测试短针。如果没有测试短针，可以拆除探头的接地线和外壳，露出探头地壳，自制接地线缠绕在探头地壳上，保证接地线长度小于 1cm。
- 4) 示波器地悬空，只通过探头地与测试信号的参考点共地，不要通过其他方式与测试设备共地，这样会给纹波

测量引入很大的地噪声。例如：当示波器和其他仪器共插线板时，其他仪器的开关可能通过接地线给测试带来噪声干扰。

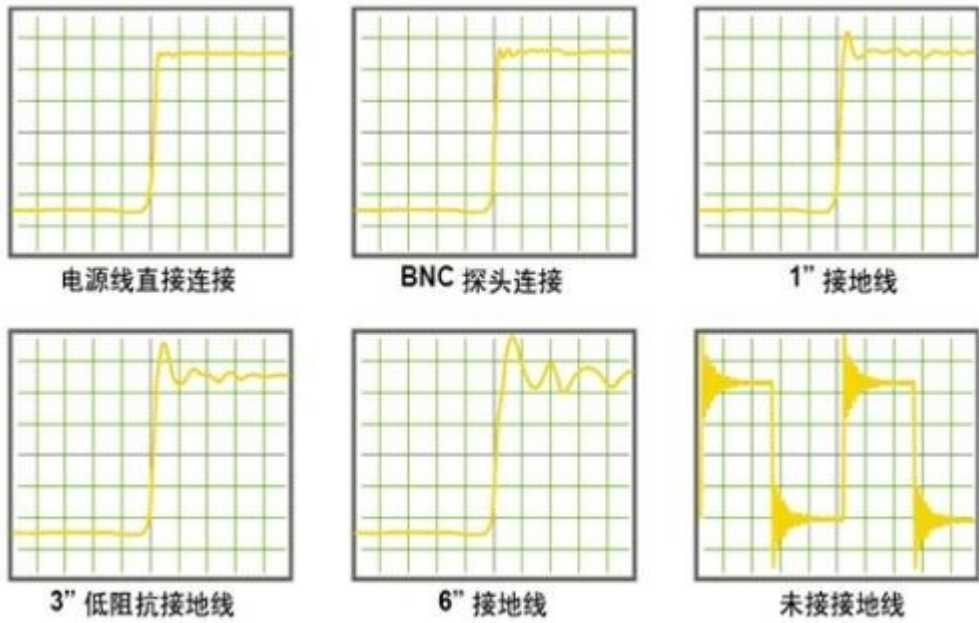


图 1：探头接地线的电感效应。

其中第 3 条是关键中的关键。接地线过长，其电感效应将给测量系统引入额外的噪声，如下图所示。

对仪器的要求

示波器参数要求：支持带宽限制功能：一般示波器都支持 20MHz 带宽限制，如：SDS1102CM。

探头要求：为了使接地线尽量短，尽量使用探头的原装测试短针，若无原装测试短针，则须自制短接地线：去除探头接地线套，用金属丝自行绕制接地短线，推荐五类线中铜丝，强度适中(还是有些偏软，有更好的请推荐)。其他候选有焊锡丝、刻刀。选择 1X 无衰减档位，一般无源探头在 1X 档位时，其带宽限制在 6MHz/10MHz 带宽，如此在前端可有效滤除高频噪声的干扰，减小纹波测量影响。

真正的纹波应该是什么样子？

以下各图可以让大家对纹波的相貌大概有个感性认识。被测 DC/DC 模块 输出 3.3V 与 1.9V 两路电压。

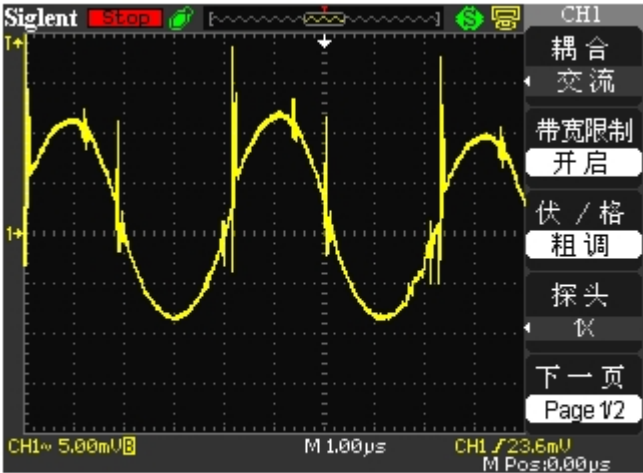


图 2: 3.3V 输出纹波。

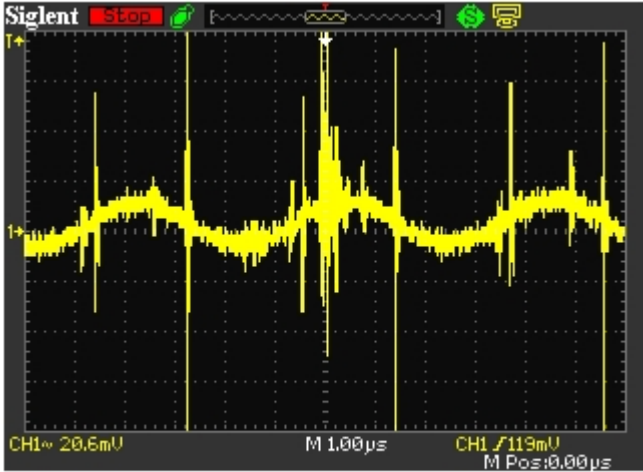


图 3: 测试方法不对 3.3V 输出纹波值明显增大。

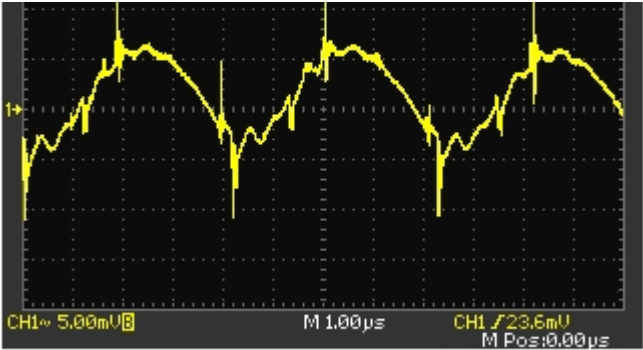


图 4: 1.9V 输出纹波。

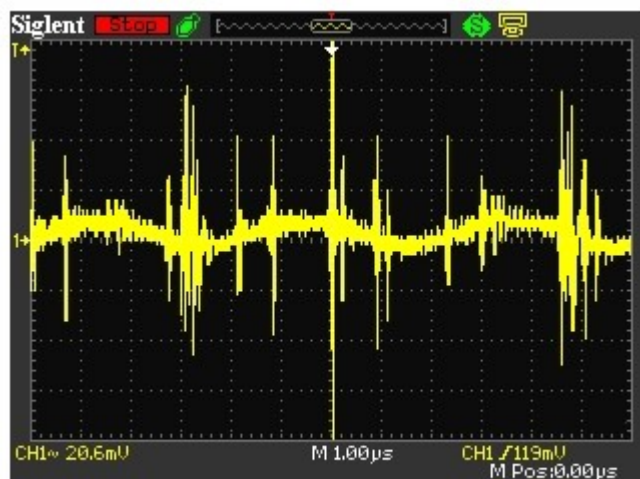


图 5: 测试方法不对 1.9V 输出纹波值明显增大。