

双平衡混频器

双平衡混频器使用问答

问：双平衡混频器的关键指标是什么？

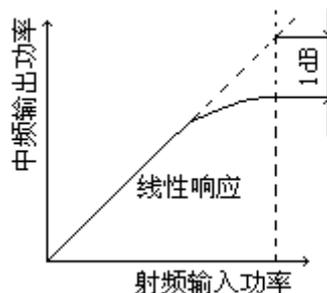
答：双平衡混频器的关键指标是变频损耗、隔离度和动态范围。

变频损耗是混频器变频效率的一个量度，它等于单边带输出电平与射频输入电平之比。一般，混频器的噪声系数约比变频损耗高 0.5dB。

隔离度是混频器内部电路平衡度的一个量度，它等于某一端口的输入电平与泄漏到另一个端口的输出电平之比。当隔离度很高时，各端口间泄漏是很小的。但隔离度随频率提高而下降，这是由于变压器的不平衡以及二极管参数的不平衡造成的。

动态范围是混频器所能提供正常应用的射频功率范围。动态范围的上限受 1dB 压缩点限制，其下限由混频器噪声系数来决定。

问：混频器 1dB 压缩点表示什么意义？



答：在正常情况下，射频输入电平远低于本振电平，此时中频输出将随射频输入线性地增加；当射频输入增加到一定程度，输出随输入增加的速度减慢，混频器输出出现饱和，如图所示，好像使输出受到压缩，当中频输出偏离线性响应为 1dB，该点就称为 1dB 压缩点。这表示当射频输入电平增加到与 1dB 压缩点和电平相对应时，输出受到的压缩是 1dB。

1dB 压缩点的电平是本振电平的函数，本振电平越高，1dB 压缩点电平也越高，动态范围就大。

问：大多数双平衡混频器的电参数，根据频率用三段来考核，请明确地解释下面的术语：下边频向上 10 倍频程；上边频向下 1 倍频程。

答：在电参数表上，混频器的频率范围分为三段：低（L）、中（M）、高（H）。

低段（L）包括从最低频率起，再上升十个倍频程（即十倍于最低频率），高段（H）包括从最高频率起，再向下一个倍频程（即最高频率除以 2），中段（M）是上述两段之间的频率。例如混频器的频率为 1—500MHz，则低段（L）指 1—10MHz，高段（H）指 250—500MHz，中段（M）指 10—250MHz。

问：选择混频器时，到底应如何考虑才能达到最佳效果？

答：国外双平衡混频器的电平规格有：电平 3、电平 7、电平 10、电平 13、电平 17、电平 23 和电平 27 等，其中数字代表本振的 dBm 数。电平 7 称为标准电平，是用到最多的一种，因为其所需的本振电平小、内部本振泄漏小，价格也便宜。

混频器电平的选择，根据不同的用途，可以用不同的方法来考虑。

1 根据预期的最大射频输入电平来考虑，应使 1dB 压缩点的电平超过你所预期的最大射频输入电平，电平 7 的最大射频输入电平为 1dBm，电平 10 为 5dBm，电平 13 为 9dBm，电平 17 为 10dBm，电平 23 为 15dBm。

2 根据给定的电压失真系数来考虑，例如在电视应用中就是这样。此时应将电压失真系数转换成压缩量。转换方法如下：设电压失真系数为 0.1%，这表示输入电压按线性响应时，有 0.999 出现在混频器的输出端，将其平方得 0.998，变为功率比，再取 $10\lg$ 得 0.009dB，这表明 0.1 的失真系数相当于压缩量为 0.009dB。若压缩量允许增加 10 倍，则射频输入电平亦可允许增加 10 倍。下面举例说明，设要求输入电平为 -10dBm 时，失真系数为 0.1%，应选什么电平的混频器。根据上面推断，当压缩量为 0.09dB 时，允许输入为 0dBm，再引伸当压缩量为 0.9dB 时，允许输入 10dBm，所以该混频器应选电平 17。

3 根据给定的三阶交调电平来考虑。由交调电平可以计算出三阶交叉点。三阶交叉点是在射频输入对中频输出曲线上的一个假想点，在该点三阶电平与输入电平相等，实际上在该点混频器已无法工作，但可据此判断性能。三阶交调电平和交叉电平的关系为

交调电平=交叉电平-[（交叉电平-射频输入电平）×谐波指数]

交叉点约在 1dB 压缩点上面 10—15dB 左右，在频带低端为 15dB，在频带中段和高端为 10dB。一旦根据某一给定交调电平算出了交叉点电平，就能推算在任何输入电平下的三阶响应，要强调的是，输入每变化 10dB，三阶产物将按三次方变化，即变化 30dB，两者相差 20dB。为了恰当地使用混频器，必须把双音输入电平与避免引入额外产物的三阶输出电平联系起来，并折中处理。

从以上考虑来看，对混频器电平来说，1dB 压缩点是关键。

问：对电平已选定的混频器，如果本振激励电平不足或本振激励电平过大将出现什么问题？

答：本振激励的作用是使混频二极管在最佳状态下充分导通和截止。混频器电参数都是在规定的本振电平下测试的。在正确使用情况下，本振电平与规定电平稍有出入，对混频器性能影响不大，但电平过小是不行的，它可能使混频管工作在 I-V 特性的弯曲部份，使变频效率降低，非线性失真增加，甚至可能使混频器不能工作；本振电平高于规定电平，对性能可能有某些改善，但应保证器件不受损坏，务必使电平低于极限使用电平。

问：对宽带工作，要求在整个频率范围内变损的响应是平坦的，应当怎样来选择混频器？

答：双平衡混频器的变损随频率的响应，在频率中段，本身就是平坦的，选择时应使中频范围能覆盖你的需要。但应指出，能否保持中段平坦，不能单靠混频器，还和外部电路有关，应尽可能使各端口匹配。假如希望非常平坦，则应保证最佳的宽带匹配，办法是在混频器各端口插进 3dB 或 9dB 微型 50Ω 衰减器。

问：双平衡混频器的端口阻抗，一般为 50Ω，如果把它用到 75Ω 系统中去，会出现什么问题？

答：绝大多数混频器虽都标定端口阻抗为 50Ω，但工作在 75Ω 系统中仍然很好，但这样运用时有使频带变窄的趋势。例如原频带为 1—500MHz，用于 75Ω 系统时，可能变为 15—400MHz。

问：双平衡混频器是否仅适用于处理正弦信号？

答：不。双平衡混频器可作为开关器件来应用，自然也适用于电路中的脉冲信号，而且对脉冲信号，可能使失真更加小些。

问：有一种应用，其射频响应从几百 Hz 到 10MHz，找不到射频端有这样低频率的混频器，应怎么办？

答：绝大多数混频器的一个特性是中频可从最高频率延伸到直流。因为双平衡混频器各端口都是隔离的，相互均可以互换，简单的办法是可将射频输入接到中频端，而从射频端输出中频。当然混频器射频端响应要满足中频的需要。这样接的一个不利之处是信号瞬变有可能损坏混频器内部的二极管。

问：如果应用频率包括 10KHz 到 50MHz，是否还是象上面说的那样，把射频和中频端口对换，还是用其它方法？

答：当然这样做是可以的。但是较好的方法是选择适用于 10KHz 到 50MHz 范围的混频器，这样可能会获得较小的失真以及减少二极管损坏等好处。

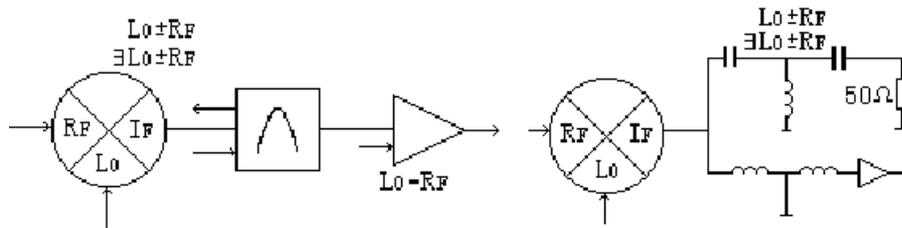
问：有些混频器仅封装形式不同，而频率范围和本振激励都相同，为什么？

答：整机系统的要求是各式各样的，有的要求有低的侧面，有的要求在印制板上有高的密度，有的可能要求不同的连接结构，考虑到这些需要，相应的有许多不同的外形。

问：双平衡混频器的接口电路有何要求？

答：制造厂提供的产品性能，通常是在匹配下测试的，当接口电路失配时，可以预料会有一定变化。一个驻波比为 2:1 的混频器和一个驻波比为 2:1 的源，用 $\lambda/4$ 的传输线相连，其综合的驻波为 4:1，这在一个倍频程以上的带宽内，可能使变损约有 1.5dB 的起伏，适当地设计接口电路，可以获得比匹配条件下更低的变损，但更为普遍的是使变损增加。因此应注意接口失配对混频器工作的影响。

混频器输出中，除了 $LO \pm RF$ （或 $RF \pm LO$ ）有相等的输出外，一般 $3LO \pm RF$ 也有较大的振幅（-13dB 左右）。对这四个频率项需要适当注意，当中频端接窄带滤波器时，仅对所需频率是理想的，而其它项则又通过反射进入混频器，它们再和本振混合，对混频器的交调产物有很大影响。为了获得非反射的终端，需要使用双通路滤波器，如图所示。



接口电路改善混频器性能

当然，由于双平衡混频器频谱很纯，许多应用常常不用滤波器也能很好的工作，这需要用户自己来判断。

问：双平衡混频器用作平衡混频器时，是否需要外加偏置，什么情况下才需要加偏置？

答：当用作平衡混频器时，电路是与射频、本振和中频信号打交道，根本不需要加直流偏置，但是双平衡混频器的一个有趣应用是用作开关、衰减和两相调制器，此时可能需要在中频端加控制信号，例如把一个射频信号加至 L 端，则当中频端不加信号时，R 端与 L 端有 20—30dB 的隔离，当中频端加一个正向直流电流时，L 端的信号将以一个特定的相位传输至 R 端，当中频端加一个反向电流时，R 端输出的相位相反，这种调制技术对数字通讯是有用的。此外，改变中频（I）端的直流电流的大小，就能改变输至 R 端的信号电平，起一个衰减作用。



问：如何正确选用双平衡混频器？

答：要明确自己的特定要求，例如频率范围、可能的本振电平、谐波电平、双音调三阶交调电平、失真要求及动态范围，还要了解结构方面的要求。

简单的说有三个步骤：

- 1 决定用印制板插脚还是同轴连接器形式。
- 2 按应用要求选择混频器电平。
- 3 选择适当频率范围，特别是注意低频极限及中段范围。

问：环境温度对混频器性能有何影响，选择时应如何考虑？

答：在混频器内部，变压器铁芯的磁率随温度降低而降低，使频率的低端变损增加，因此对极冷环境（例如-55°C），应挑选混频器的最低频率比实际的最低频率低 2 个倍频程，假如你用到 30MHz，则应选择能低到 7.5MHz 或更低的混频器。

对高温环境，混频二极管对变损起主要作用。二极管阻抗的改变，使混频器失配，破坏变损的平坦度。所以选择混频器高端的频率，应比实际工作的最高工作频率高一个倍频程，例如你要关心 500MHz 上的高温性能，选择频率应能到 1000MHz 的混频器。

问：当混频器后边有一个中频放大器时，对中放的输入阻抗有何要求？

答：应尽量使电路匹配，否则混频产物将重新进入混频器，使失真叠加。

问：如何判断双平衡混频器的故障？

答：混频器的失效大多数是由于二极管损坏造成的，可先检查低频端（10MHz 或更低）本振对中频的隔离度。如果隔离度降低很多，很可能是一个二极管短路或漏电。再检查变损，一个二极管漏电可能增加 0.5dB 的变损，而一个二极管开路，可能使变损增加 2dB。

问：什么是双平衡混频器的谐波失真？

答：当混频器射频端只有一个输入信号时，它和本振信号组合，就发生谐波失真（或单音失真）。实际上，即使本振信号本身是理想的正弦波，由于它在混频时起到控制二极管的开关作用，必然会产生很

多谐波，射频信号和本振信号及其各次谐波相互作用，就产生高阶产物。何况，本振和射频信号都不可能是理想的正弦波，因此会产生更多的谐波。双平衡混频器可减少这些谐波产物，但无法消除。这些产物的振幅是射频输入电平和本振电平的函数。

问：什么是双音三阶交调失真？

答：当混频器射频端有两个输入信号时，它们与本振信号组合，就产生双音三阶交调失真。组合信号的频率为 $(2f_{R2}-f_{R1}) \pm f_L$ ，其中 f_R 为射频信号频率， f_L 为本振信号频率。这个组合信号正好落在所需中频信号的两边，很难用滤波器滤掉，引起讨厌的干扰。

需要强调的是，三阶产物的电平，与射频输入电平的三次方成正比。因此输入电平降低 10dB，三阶交调电平就降低 30dB，净改善 20dB。即随着输入电平的降低，三阶响应有 2:1 的改善。三阶交调失真虽然是产品的一个重要参数，但一般都不列入数据表，因为这个参数与输入电平、工作频率、终端阻抗等诸多因素有关。不在给定条件下测试，提供的交调指标就毫无意义，更不能简单的用三阶交调的指标去比较混频器，例如一个输入为-30dB 的混频器，其三阶交调电平为-100dBm，是否比一个输入为-20dBm、三阶响应为-70dBm 的混频器更好呢？不能这样比，因为这两个混频器的失真性能是完全不一样的。

问：本振电平与规定电平稍有出入，对混频器失真电平有何影响？

答：本振功率的变化对失真电平是有影响的，利用频谱分析仪就可以观察到这种影响。例如某混频器，当射频输入为-10dBm、400MHz，而本振输入为 370MHz 时，如果考查射频的三次谐波与本振基波混频，则当本振电平为+4dB 时， 3×1 产物比中频低 40dB；本振电平为+7dBm 时为-56dB；本振电平为+10dBm 时为-63dB。这就是失真电平随本振功率变化的关系，这也说明，当要求失真电平很小时，需要用高电平的双平衡混频器。

问：双平衡混频器 R-I（射频对中频）的隔离度未给出，这个规格是否重要？

答：当用作平衡混频时，这个规格不很重要，因为 R 端的电平远低于 L 端，一般对矩形外壳而言，R-I 的隔离度约比 L-R 的隔离度低 10dB 左右。

但是当把双平衡混频器用作鉴相器时，R-I 的隔离度是很重要的，因为此时 R 端电平与 L 端电平是一样的。