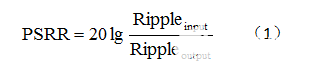
PSRR是什么

PSRR（Power supply rejec[TI](https://bbs.elecfans.com/zhuti_715_1.html)on ra[TI](https://bbs.elecfans.com/zhuti_715_1.html)o）又称电源抑制比，是衡量[电路](https://www.hqpcb.com/" \t "_blank)对于输入电源中纹波抑制大小的重要参数，表示为输出纹波和输入纹波的对数比，单位为分贝（dB）[1]，其计算公式为:

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDOAbA5uAAAJjYjiYGk066.png)

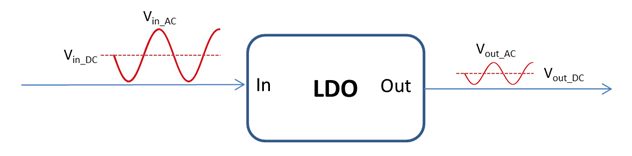
式中：

[https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDOAL8a6AAAFF296lSE238.png](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDOAL8a6AAAFF296lSE238.png)：输入电压中纹波峰峰值

[https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDSAWyq-AAAFoIE1D7A859.png](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDSAWyq-AAAFoIE1D7A859.png)：输出电压中纹波峰峰值

从公式中可以看出PSRR越大，相同输入纹波在输出端的纹波越小，对于纹波有较高要求的[射频](https://www.hqchip.com/app/596" \t "_blank)和无线应用中，需要选用高PSRR的[LDO](https://www.elecfans.com/tags/ldo/" \t "_blank)。那么LDO的PSRR该如何[测量](https://www.hqchip.com/app/851" \t "_blank)呢？本文总结了各种测量方法。

PSRR测量原理

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDSAD7M0AABFxw0Ti0I911.png)

在LDO输入的直流电压Vin\_DC中叠加一定频率且峰峰值为Rippleinput的交流电压Vin\_AC（交流电压峰峰值一般为数百毫伏），然后测量LDO输出电压中Vout\_DC的交流电压Vout\_AC峰峰值Rippleoutput，最后利用公式1计算出在该频率下的PSRR。

LDO的输入电压在[测试](https://www.hqpcb.com/zhuoluye11/?tid=26&plan=fashaoyou)中需要满足以下条件：

1. 输入电压最大值不能超过LDO的最大工作电压。
2. 输入电压最小值大于LDO输出电压与压降之和。

PSRR测量原理十分简单，但是在实际测量的过程中却发现并不容易，主要体现为：

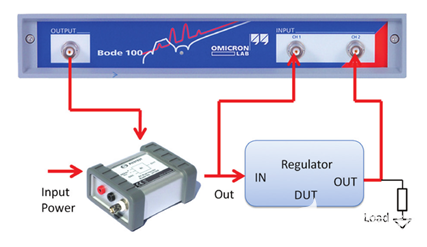
1. 如何在直流电压中叠加交流电压呢？具有偏置电压功能的信号发生器好像可以满足要求，但是信号发生器最大输出[电流](https://www.elecfans.com/tags/%E7%94%B5%E6%B5%81/)一般为数十毫安，如果要测量输出为150mA的LP5907便无法满足要求。
2. 如何测量LDO输出电压中交流电压峰峰值呢？一般的[示波器](https://m.elecfans.com/article/583048.html)只能测量到毫伏级电压，当LDO的PSRR为60dB时，输出纹波通常小于1mV，示波器就无法准确测量了。

针对以上两个问题，本文将介绍相应的解决方法。

输入直流电压叠加交流电压

**1.       输入注入器**

使用专业的输入注入器，比如J2120A，带宽10Hz-10MHz，直流电压最大值为50V，输出电流可达5A，配合网络分析仪分别测量LDO输入和输出的交流电压，利用软件绘制出LDO在设定频率范围内的PSRR。

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDSAaj6mAAEYY9AzQGQ443.png)

**图1 输入注入器和网络分析仪测试PSRR**

**2.       加法运放电路**

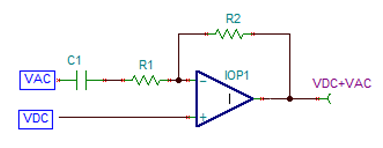
使用[运算放大器](https://m.elecfans.com/article/730528.html)设计加法电路，将直流电压和交流电压叠加在输出端。运放的选择需要满足以下几个基本条件：

1） 运放的带宽满足LDO测试范围。

2） 运放的最大输出电流不小于LDO最大输出电流。

3） 运放的输出电压范围覆盖LDO的输入电压范围。

[TI](https://bbs.elecfans.com/zhuti_715_1.html)满足以上要求的运算放大器有许多，比如OPA552、OPA564、THS3120等，加法电路图如图2所示（R1=R2），该电路的最低截止频率由C1和R1所决定[2]，最高截止频率由运放的带宽所决定。

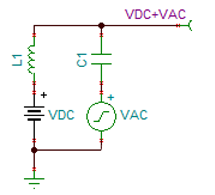
[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDSAVkUHAAAsB6oTYVo048.png)

**图2 加法运放电路**

如果信号发生器直流偏置电压最大值满足测量需求，也可以将运算[放大器](https://www.elecfans.com/tags/%E6%94%BE%E5%A4%A7%E5%99%A8/)设计为电压跟随器。用该方法在测量PSRR时要去掉LDO的输入[电容](https://www.elecfans.com/tags/%E7%94%B5%E5%AE%B9/)，避免运算放大器不稳定。

**3.       LC节点法**

利用[电感](https://m.elecfans.com/article/570177.html)和电容实现直流电压和交流电压叠加的方法如图3所示，该电路的最高频率由L1和C1所决定，最低频率由C1所决定。

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDSADGZGAAAivqEvUnU459.png)

**图3 LC节点法**

LDO输出交流电压测量

**1.       示波器测量**

对于一般的示波器可以测量到毫伏级电压，当LDO的PSRR不高于40dB~50dB时，如果输入交流电压峰峰值为1V，那么LDO输出中的同频率交流电压峰峰值为3mV~10mV，可以用示波器直接测量。

**2.       放大器和示波器测量**

当LDO的PSRR大于50dB时，由于输出纹波幅值通常小于1mV，无法利用示波器直接测量。这时可以考虑使用运算放大器将LDO输出交流电压放大100倍甚至更高，在设计运放时需要考虑:

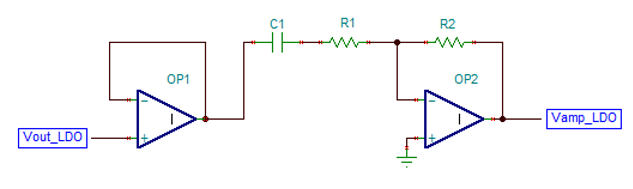
1)      LDO输出有直流电压，电路需要将直流电压去掉。

2)      放大电路自身产生的噪声要远远小于放大后交流电压。

3)      运放输入失调电压不能太大，否则经放大电路放大后会输出很大的直流电压。

4)      放大电路的带宽满足LDO的PSRR测量频率范围。

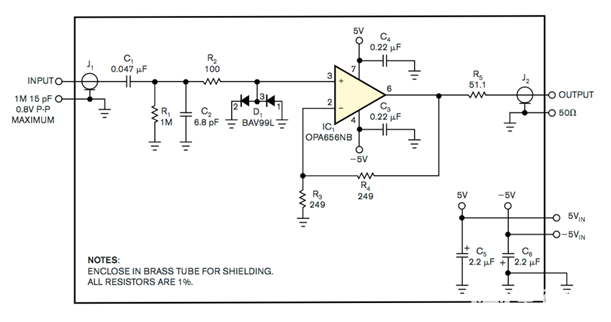
因此在设计时可以选择低噪声、低输入失调电压和高带宽的运算放大器，比如OPA211、OPA228、OPA189等。放大电路如图4所示，该电路的最低截止频率由C1和R1所决定，最高截止频率由运放的带宽所决定。

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDWASflOAAA8j5LrhHM054.png)

**图4 放大电路**

**3.       频谱分析仪测量**

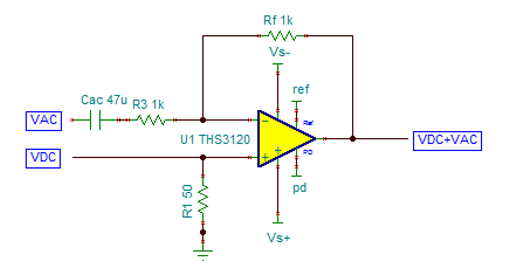
频谱分析仪可以测量微伏级电压信号，可以配合使用高[阻抗](https://www.hqpcb.com/zhuoluye11/?tid=26&plan=fashaoyou)输入探头来测量LDO输出交流电压。但是频谱分析仪高阻抗输入探头通常比较昂贵，一般实验室并没有配备，这时可以考虑用运算放大器搭建一个高输入阻抗探头，可参考Steve Hageman在扩展射频频谱分析仪可用范围的高阻抗FET探头[3]中提到的电路，如图5所示，运算放大器可以选用OPA656。

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDWASYp9AAC3WCPCedQ125.png)

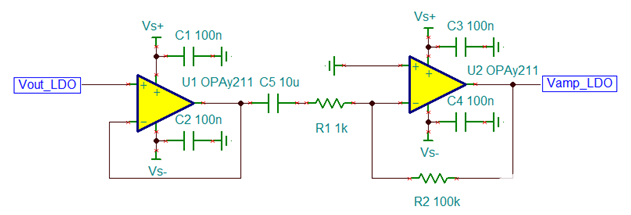
**图5 高阻探头电路**

PSRR测量

本次测量的LDO是TPS7A4901，将TPS7A4901EVM的输出电压重新设计为1.2V，输出电容改为10uF。采用THS3120作为直流电压和交流电压叠加电路，利用THS3120EVM并将其改为图6所示的电路。选用OPA211设计为图7所示的100倍放大电路。

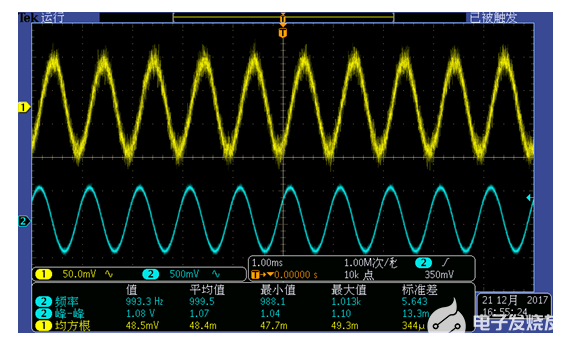
[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDWAV4vTAABRWn7dSUY579.png)

**图6 THS3120直流电压和交流电压叠加电路**

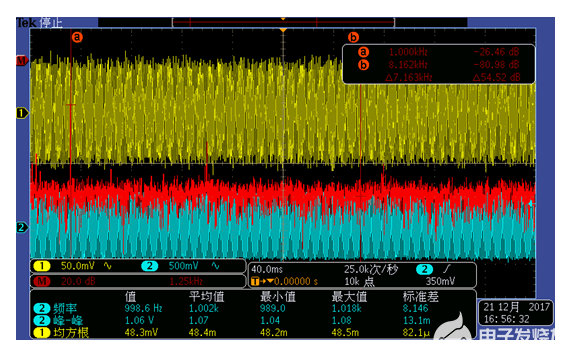
[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/DA/pYYBAGENFDaAGsJyAABzbqUfaXc574.png)

**图7 OPA211放大电路**

THS3120和OPA211供电电压为±15V，THS3120直流电压为3.2V，交流正弦电压为1kHz且峰峰值为1V。 TPS7A4901输出电流为150mA，NR/SS脚电容和前馈电容未接。图8为LDO放大后输出纹波和输入纹波，图9是TPS7A4901放大后输出纹波[FFT](https://www.elecfans.com/emb/fpga/20171116580796.html)变换。

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDaABe04AAGr-J3gdf0180.png)

**图8 LDO放大后输出纹波（黄线）和输入纹波（蓝线）**

[](https://file.elecfans.com/web2/M00/0E/D3/poYBAGENFDaAE4MeAAJqLv0k_RI334.png)

**图9 TPS7A4901放大后输出纹波FFT变换**

从图9中可以得出在1kHz时的输出纹波幅值为-26.46dbV，换算成未放大LDO输出电压中1kHz纹波峰峰值为0.95mV，利用公式1可得出PSRR为60.4dB，与datasheet中62dB较为接近，改变交流电压频率还可以测量在不同频率下的PSRR。

如果使用输入注入器和网络分析仪可以方便得测量出LDO在设定频率范围的PSRR曲线。如果没有输入注入器和网络分析仪，可以选择上诉所列举的输入和输出的一种组合，然后设定一个频率，测量输入输出电压中交流电压幅值 和 ，利用公式1得出PSRR，然后改变输入交流信号频率重复测量，最终得到整个频率范围内的PSRR曲线。