

LMV851,LMV852,LMV854

Application Note 1698 A Specification for EMI Hardened Operational Amplifiers



Literature Number: ZHCA323

EMI加固运放的规格

美国国家半导体公司
应用注释1698
Gerrit de Wagt and Arie van Staveren
2007年9月



引言

世界上电子（移动）设备的数量仍然在不断增加。随着发送设备的增加，器件之间和其它设备之间的电磁干扰(EMI)正变成越来越严重的挑战。这增加了对设备以及集成电路的要求，能对空气中的电磁波干扰(EMI)具有更强的鲁棒性。因此美国国家半导体开发出具有增强对EMI鲁棒性的运放以克服电磁干扰的问题。连同这些EMI辐射加固运放，我们将引入一种参数以明确定义这种运放的EMI鲁棒性: EMI抑制比 (EMIRR)。本应用注释介绍了EMIRR参数的背景，细节和使用。

下一节从开始描述了射频信号是如何被拾取,并传送到运放的引脚。最后给出了射频信号和运放的相互关系的定性说明。为了比较不同运放对于EMI的鲁棒性，专门定义了EMI抑制比(EMIRR)。EMIRR是一个定量说明射频信号影响运放性能的参数。采用一种直接方法来讨论EMIRR的定义，用以测量EMIRR。最终对两种典型应用的讨论可以说明EMI加固运放的优势。

EMI和运放

为了说明与运放EMI鲁棒性相关的运放性能，首先需要推导出模型，说明(射频)干扰源信号是如何停留在运放引脚。这要求确认一个(射频)干扰源耦合到运放（受干扰的电子器件）的可能路径。其次，需要考虑运放引脚处接收的信号与运放电路之间实际的相互影响。

扰动或(射频)干扰信号能通过两种不同类型的耦合路径传送到运放：

- 辐射路径
- 传导路径

当电子器件本身拾取电磁波时，随即产生辐射干扰信号。只要发生EM干扰，都和电磁波的频率,以及工作在该频率的电子器件的敏感性有关。这种敏感性在很大程度上取决于受干扰电子器件的尺寸相对干扰电磁波的波长大小。在通过传导路径干扰的情况下，连接到受扰器件的电缆和PCB迹线，会作为接收器件，例如电磁波的天线。随后，接收信号（电压和电流）通过一个传导通路传递到受扰器件。

因为运放IC的尺寸相比于射频干扰信号的波长(千兆赫芝范围的几厘米至几百兆赫芝范围中的几十厘米)是如此之小(几个毫米)，干扰将主要通过传导通路到达运放的引脚。运放引脚上的这些传导干扰可用(射频)电压和电流来表示，都是通过PCB和连接线来接收。这些电压和电流可能会干扰运放并妨碍其正常的表现。干扰信号

主要通过传导路径传播的事实意味着当确定运放的EMI鲁棒性时，考虑传导性的接收干扰就已足够了。所以，传导干扰的测量对于确定运放的EMI鲁棒性是足够的。不需要在昂贵的EMI腔体内再进行任何测试。

射频信号通过运放电路的非线性来干扰运放。对落在运放电路频带之外的信号，获得最大的非线性，例如，在整体反馈实际为零的频率处。这种非线性导致对所谓的频带外信号的检波。得到的结果是带外信号的幅度调制下转换至基带中。这种基带很容易与运放电路的频带相交叠。

作为实例,图1表示有开关键控的射频载波检波的运放的等效输入失调电压。假定运放以单位增益 ($A_V = 1$) 方式连接，这表明所获得的输出电压变化等效于输入失调电压的变化。显然,失调电压变化与射频载波的开关键控保持同一节奏。

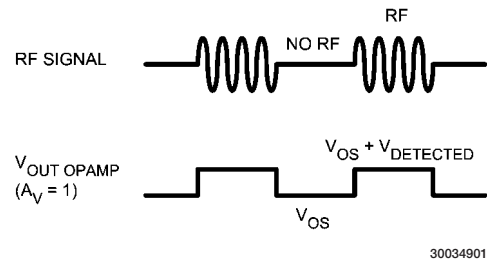


图 1. 射频信号检波产生的失调电压变化

描述运放的EMI鲁棒性能的关键是将所加的射频信号电平与失调电压变化的结果相联系。

EMIRR 的定义

为了鉴别EMI鲁棒性的运放，需要一种参数来量化EMI性能。一种量化测试能比较并根据EMI鲁棒性来对运放进行定级。本应用注释引入了EMI抑制比(EMIRR)。这个参数描述了运放的最终输入参考失调电压漂移是由于所加的特定频率和电平的射频载波（干扰）造成的。EMIRR的定义由下式给出：

$$EMIRR_{V_{RF_PEAK}} = 20 \log \left(\frac{V_{RF_PEAK}}{\Delta V_{OS}} \right)$$

其中 V_{RF_PEAK} 为施加的未调制射频信号的幅度 (伏特), ΔV_{OS} 为最终的输入参考失调电压漂移 (伏特)。

在这种定义中, 射频信号电平作为确定 EMIRR 的条件包含其中。这要求生成的失调电压漂移和射频信号电平之间的关系是二次多项式(关于二次多项式关系的详细内容已经超出了本应用注释的范围)。生成的失调漂移 (ΔV_{OS}) 与施加的射频电平 (射频峰值电压) 的关系如图 1 所示 (EMIRR 测量一节更详细地说明了为获得这些结果而进行的测量设置)。以对数-对数坐标显示的曲线清楚地说明了失调电压漂移与射频电平之间的二次方关系, 例如曲线包含两种斜率。曲线在信号范围的底部受到限制, 因为相应的较低射频信号电平生成的失调漂移低于测量设置的精度(噪声)。对于灵敏度相对较高(低 EMIRR) 的运放, 曲线可能会在较高的射频输入电平饱和。这是由于失调漂移变得非常大, 使得运放受到削减的结果。

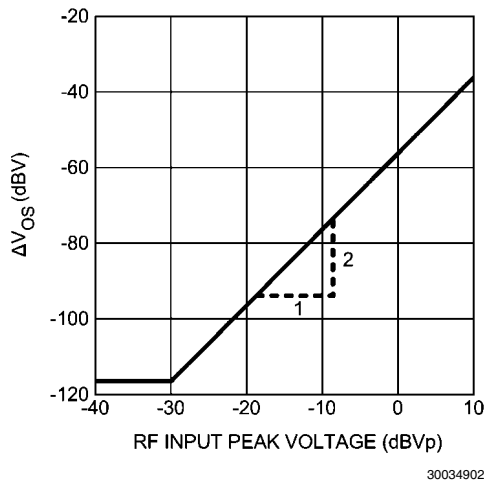


图2. 测得的输入参考失调电压漂移与施加的射频峰值电平的关系

很容易用图示来理解 EMIRR (施加的射频电平与生成的失调电压漂移之间) 的两次方关系的影响。

在 EMIRR 的定义中, 将 ΔV_{OS} 用与射频信号电平相关的二次关系等式来替换, 得到

$$\begin{aligned} EMIRR_{V_{RF_PEAK}} &= 20 \log \left(\frac{V_{RF_PEAK}}{\Delta V_{OS}} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{V_{RF_PEAK}}{C \cdot V_{RF_PEAK}^2} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{1}{C \cdot V_{RF_PEAK}} \right) \end{aligned}$$

这个等式说明了对于两倍的射频信号电平, EMIRR 要减少 6dB, 例如, 两倍的射频电平会造成失调电压漂移变为四倍。

采用 100mVP 的标准测试条件, EMIRR 等效于 -20 dBV。对于 EMI 加固运放, 这是必须的。然而, 为了获得远超出测量测试电路的噪声电平的失调漂移, 可使用更大的射频信号。在该等情况下, 当详细说明 EMIRR 时, 需要指明所用的射频电平。应注意到, 用不同射频信号电平所得到的 EMIRR 数字妨碍了相应运放之间的比较。因此, 应选择通过同一射频信号电平所获得的 EMIRR, 而不是将 100 mVP 转换为标准的 EMIRR。这种转换根据下式, 通过将所用的信号电平 $V_{RF_PEAK_B}$ 规范至 100 mVP 得到:

$$\begin{aligned} EMIRR &= 20 \log \left(\frac{100 \text{ mV}_P}{\Delta V_{OS}} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{V_{RF_PEAK_B}}{\Delta V_{OS}} \cdot \frac{100 \text{ mV}_P}{V_{RF_PEAK_B}} \right) \\ &= EMIRR_{V_{RF_PEAK_B}} + 20 \log \left(\frac{100 \text{ mV}_P}{V_{RF_PEAK_B}} \right) \end{aligned}$$

例如, 假定 $EMIRR_{1V}$ 是对运放测量得到的, 将其转换为相对于标准 EMIRR 的数值, 得到:

$$\begin{aligned} EMIRR &= EMIRR_{1V_P} + 20 \log \left(\frac{100 \text{ mV}_P}{1V} \right) \\ &= EMIRR_{1V_P} - 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

EMIRR 参数的解释是直观的。当两个运放的 EMIRR 差别为 20dB 时, 生成的误差信号以 EMI 作为结果, 当采用同样的设置时, 差别仍然为 20dB。所以, EMIRR 参数数值越大, 运放的鲁棒性也就越强。

EMIRR 的测量

测量 EMIRR 是直接的, 需要三种基本的操作:

1. 以一种很好定义的方法将一个射频信号加到待测运放。
2. 当射频信号关闭时测量失调电压, 当射频信号开通时再次测量失调电压。
3. 计算生成的失调电压以获得 EMIRR 处的漂移。

EMIRR 是一种能够比较运放 EMI 性能的量度。为了获得更好的比较, 首先要确定这些 EMIRR 测量条件的一致性, 以及测试设置的影响, 例如用最少数量的仪器和测试电路板。这里介绍的测量电路和方法确保了 EMIRR 测量是精确并可重复的。核心部分是用标准器件的简单电路板。采用的仪器也是标准的市售设备, 例如电源, 射频发生器和一个万用表。需要特别注意射频信号加到待测引脚上的方法, 例如设置和测试电路板时需谨慎处理射频设置。

应注意到, 当需要更高精度时, 也能使用一个调幅射频载波来确定 EMIRR, 并通过频谱分析仪测量下转换调幅

电平。在这种情况下，EMIRR的计算需要针对不同的测量方法使用一些纠正因子。因为射频干扰信号能进入运放的所有引脚，可以为所有的运放引脚分别说明EMIRR测试。

- IN+
- IN-
- VDD
- VSS
- VOUT

在讨论每个引脚的设置之前，首先给出建立测试电路和开始测量时需考虑的某些一般评论和指南。

运放组态

为了使待测引脚上具有最佳定义的射频电平，在射频信号路径中应不存在运放反馈。因此，如果有可能，应将运放接成单位增益组态。由于反馈网络的原因可得到最低的射频滤波。

施加射频信号

需要小心考虑如何将射频信号加在待测引脚上。采用的是高达几千兆赫兹的信号，所以需要将整个射频信号路径与射频发生器的特征阻抗相匹配。这要求发生器到测试电路板之间应用合适的同轴电缆。需在测试板上用一个 50Ω 带状线并尽可能靠近待测引脚引入射频信号。同时要求待测引脚处有 50Ω 的终接阻抗。以这种方法设置的测试环境确保了待测引脚处射频信号电平的正确定义。

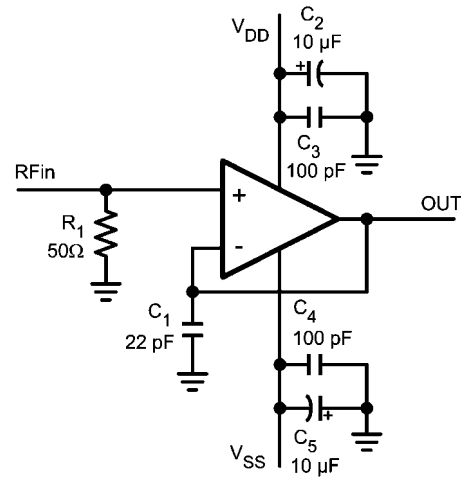
隔离其它引脚

当测试待测引脚时，需要为其它引脚作射频信号退耦。这可保证得到的失调电压漂移主要是由耦合到待测引脚的射频信号造成的。这种退耦可采用标准SMD器件。

测试编号1：将射频信号耦合到 IN+引脚

为了测试IN+引脚，运放采用单位增益结构连接。施加射频信号简单而直接，因为可将它直接连到IN+引脚上。结果在射频信号路径上有最小的干扰分量。电路如图3所示。从RFin至In+引脚的PCB路径应为 50Ω 带状线，目的是匹配电缆和射频发生器的射频阻抗。在PCB上采用一个 50Ω 终接阻抗。也可采用 50Ω 电阻来设置IN+引脚对地的偏置电平。

在运放的输出端进行直流测试。因为运放采用单位增益结构，输入参考失调电压漂移与测量的输出电压漂移逐一对应。

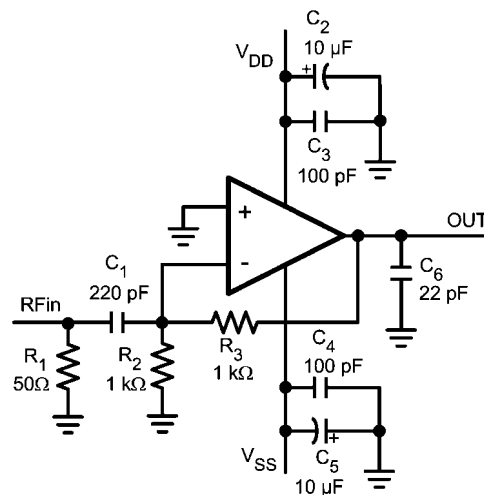


30034906

图 3. 将射频信号耦合到IN+引脚上的电路图

测试编号2：将射频信号耦合到IN-引脚

为了将射频信号耦合至IN-引脚，采用讨论的单位增益结构，因而不能采用IN+引脚。在那种结构中，射频信号不仅加到IN-引脚而且到输出引脚上。为了精确测量IN-引脚的EMIRR，要求在输出引脚上采用射频隔离。因此，采用如图4所示的电压增益结构。对最终的失调漂移提供的低频增益被设置为2。反馈电阻R3和负载电容可以将输出引脚与注入IN-引脚上的射频信号相隔离。



30034905

图 4. 将射频信号耦合到 IN- Pin上的电路图

反馈网络的增益对于所加的射频信号而言并不重要。因为射频频率远高于运放的增益带宽乘积 (GBP)，对于射频信号而言可将运放结构看成是开环电路。运放结构的增益对于将得到的输出电压漂移转换成输入参考失调电压漂移是重要的。将测量的输出电压漂移除以电压增益，本例中为2，可以计算出输入参考失调电压漂移。

同样, 对于这种PCB, 从RFin到IN-引脚的信号路径应为带有合适终接的50Ω带状线。通过一个耦合电容C1将射频信号加在IN-引脚上。有必要将该电容的寄生串联电感与射频信号通路的50Ω阻抗相比较。所以, 当测量高达几个千兆赫兹的信号时可采用几个nH的电感。从而在这里也可采用标准SMD器件。

由于对称的原因, 希望正向和负向输入对于施加的射频信号而言具有相同的敏感度, 但是对于获得的输入参考失调漂移则具有相反的极性。因此输入引脚具有相同的EMIRR。

测试编号3, 4: 将射频信号耦合到电源引脚上

为了将射频信号耦合到电源引脚上, 再次将运放连接成单位增益结构。可用单个PCB测量V_{DD}和V_{SS}两个电源引脚的EMIRR。图5所示为电路图。在这块PCB上从射频输入点至电源引脚的两个射频信号路径都应为50Ω终接的50Ω带状线。重要的一点是, 在待测引脚上移除退耦电容。因而, 在V_{DD}引脚注入射频信号时, 应移除电容C₄和C₅, 同时在V_{SS}引脚上注入射频信号时, 应移除电容C₆和C₇。电感L1和L2将电源与射频信号相隔离。这可防止电源检测到会劣化测量精确性的射频信号。

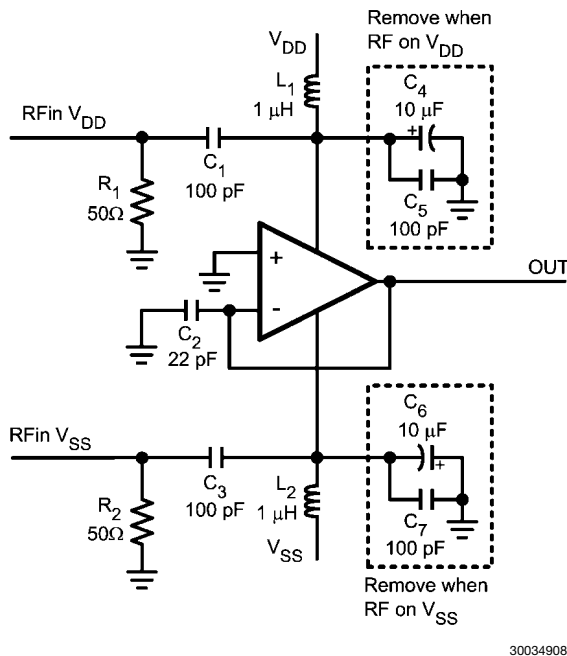


图 5. 将射频信号耦合到任一电源引脚的电路图

测试编号5: 将射频信号耦合到输出引脚

与测试 IN-引脚的电路相类似, 要求测试输出引脚的电路具有电压增益结构。把射频信号加到输出引脚上时, 需要将IN-引脚隔离。因为希望输出引脚的敏感性低于输入引脚, 这种情况需要更好的隔离。将射频信号耦合到输出引脚上的电路如图6所示。在输出端再次测量生

成的失调漂移的。所以, 将得到的输出电压漂移除以电路增益: $1+(R_2+R_3)/R_1$ 可以得到等效输入参考失调电压漂移。需要特别注意要隔离连接到输出端的直流电表。

因为射频信号加到需测量生成失调电压漂移的相同结点上, 在射频输入结点和DC电压表之间放置低通滤波器 (R₅, R₆, C₇)。这个低通滤波器可防止直流电表检测到会直接影响测量结果的射频信号。

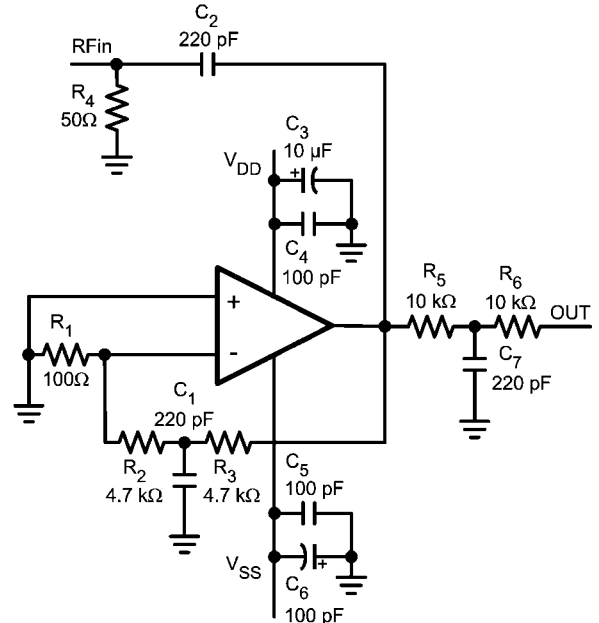


图 6. 将射频信号耦合到输出引脚的电路图

测试流程

所有五个测试电路的测量流程相同。为了测量计算EMIRR所必需的输入参考失调电压漂移, 采用下列流程:

1. 当射频信号关闭时测量 V_{OUT}。
2. 当射频信号接通时测量 V_{OUT}。
3. 将测量的V_{OUT}电压 (除于电路增益) 转换为输入参考电压。
4. 将两个测得的输入参考电压相减。
5. 验证失调漂移是否高于运放的噪声电平以及运放是否饱和。若未发生这种情况, 选择其它射频电平并再次启动流程。
6. 计算EMIRR。
7. 如果需要, 将结果转换为基于100 mV_p射频信号的EMIRR。

LMV851/LMV852/LMV854 的测量结果

以上描述的五种测试电路可用于LMV851的EMIRR测试。LMV851是具有8 MHz带宽的单个EMI加固运放。

正电源电压为2.5V，负电源电压为-2.5V。测量结果同样适用于双通道版本LMV852以及四通道版本LMV854。为了更好地表征不同引脚的敏感性，提出两种类型的测试结果：

- 将EMIRR作为所加信号频率的函数。信号电平设置为100 mVp 的标准电平(-20 dBVP)。
- 将EMIRR作为所加信号电平的函数。频率设置为四种典型值：400MHz,900MHz,1.8千兆赫芝,和2.4千兆赫芝。

EMIRR 与频率之间的关系

图7所示为不同引脚的EMIRR与频率之间的关系。测量采用固定的射频电平-20 dBVP以及变化的射频信号频率。频率范围在10兆赫芝至1千兆赫芝之间。

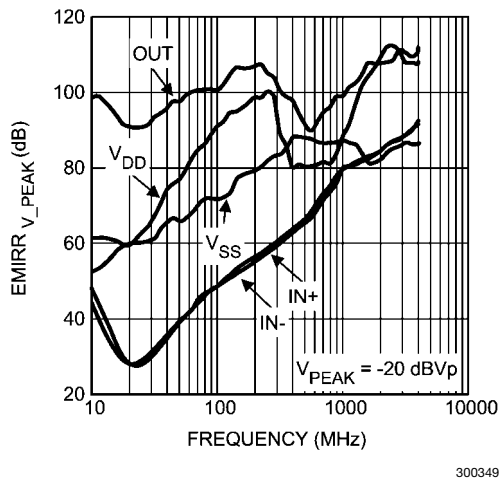


图7. 引脚IN+,IN-,V_{DD},V_{SS}和OUT的EMIRR与频率的关系

从这些结果中可得到一些结论。首先，可清楚地看到IN+和IN-引脚具有相同的EMIRR。由于输入级对称的原因，已经注意到这点。其次，V_{DD},V_{SS}和输出引脚比输入引脚具有明显高很多的EMIRR。因为输入对于信号的敏感性，这也是非常合理的。然而也应注意到，电源和输出通常都不比输入引脚更加鲁棒。需要特别设计运放，使得那些引脚同样具有高的EMIRR。

EMIRR 与功率的关系

图8描述了在四种典型频率处EMIRR作为射频峰值电平的函数。

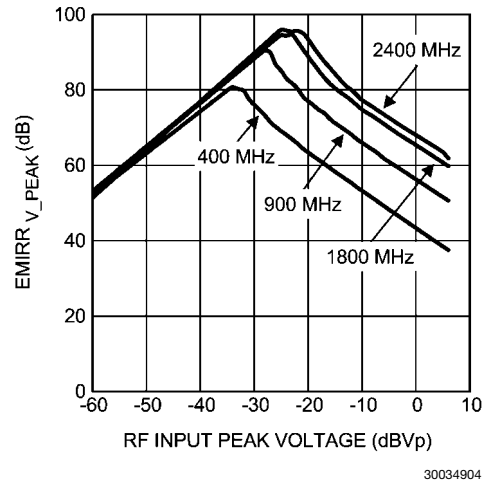


图 8. IN+引脚的EMIRR与射频输入峰值电平的关系

在该图中，可以分辨出两块区域。在该图的左侧，EMIRR作为输入电平的函数递增；反之，在右侧图中，EMIRR作为输入电平的函数递减。

该图的左侧实际上是从测试设置的有限精度中得到的典型结果。对于相对较低的输入电平，生成的失调电压漂移远低于噪声电平。因此，当计算那块区域的EMIRR时，可得到输入电平与噪声电平之比。因为噪声电平相对于设置而言是恒定的，增加输入信号电平也可得到增加的EMIRR。

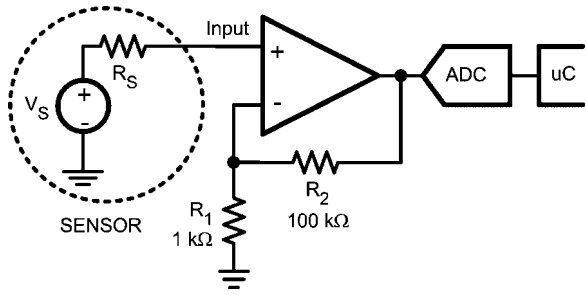
对于图中右侧，得到的失调漂移远高于噪声电平。因为失调电压漂移和射频输入电平之间的关系是四次方，在EMIRR中采用的比率与射频输入电平成反比，这也符合显示的“-1”斜率。

典型的应用和 EMIRR

EMI加固运放可用在大量的应用中。产生相对较低信号电平的传感器应用从EMI鲁棒性中尤为获益。这些小信号很容易受到射频干扰信号的影响。因为小信号需要大增益的运放电路，检测到的射频信号也能得到放大，可能会在整个信号处理路径中产生显著的误差。运放一旦检测到EMI，会将其传播到其后的电路中，EMI加固运放使干扰的影响最小。提供两个例子来说明EMI加固运放的优势。第一个例子说明了一个普通的信号通路应用；第二个例子描述了对手机干扰压力传感应用的测试。

信号通路的应用

图9是一种典型的信号路径应用，其中有一个传感器，一个运放以及连到微控制器的一个ADC。传感器可以是光传感器或者热偶传感器，能产生需要测量的信号。信号经过运放被放大，与ADC的输入范围相匹配。因而ADC将信号转换成数字信号，使其可以被微控制器读取，再做进一步的处理。



30034915

图 9. 典型的信号路径应用

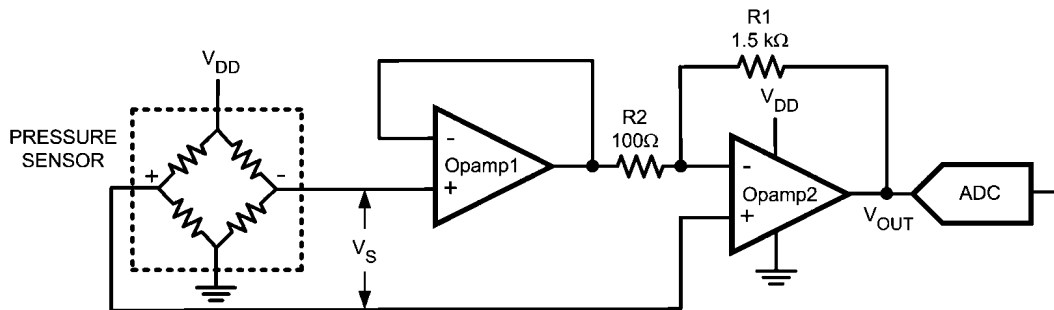
假定此应用处于包含丰富EM的环境中，干扰信号主要通过传感器及其线路来接收。结果导致射频信号出现在运放的输入端。进而，假定在运放输入端的射频信号在900 MHz时为-20dBVP。运放结构的增益为101倍。采用的ADC具有10位的精度和5V的输入范围。给出两个例子来说明干扰信号对ADC测量精度，以及对整体性能的影响。

首先，采用了无任何特别EMI鲁棒性的标准运放。这样的运放在900MHz处有50dB的EMIRR。这意味着射频信号为-20 dBVP的情况下输入参考失调电压漂移约为0.32 mV。增益为101倍的结果导致输出电压漂移等于32mV。

其次，在此次应用中放置一个LMV851EMI加固运放。LMV851在900MHz处具有约80dB的EMIRR。这会产生大约10 μ V的输入参考失调电压漂移，等效于输出端的1 mV 电压漂移。ADC在5V电压范围时具有10位的精度。这表明1位精度对应于5/1024=4.88 mV。为了能使用全精度测量而不出现错误读数，误差信号应严格小于半位或者2.44 mV。标准运放具有32mV的输出漂移，这等效于大约7位精度。LMV851EMI加固运放的1mV输出漂移等效于0.2位。

手机通话

在设置中演示了电磁干扰效应，其中手机会干扰压力传感器应用（图11）。此应用需要两个运放，因此采用了

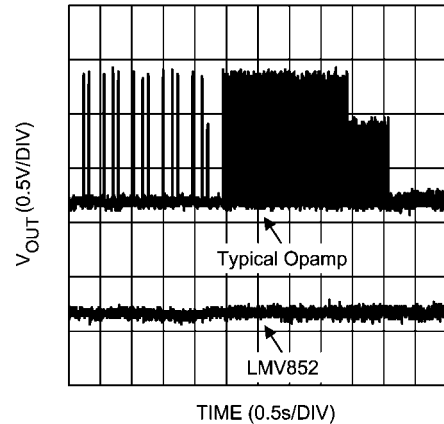


30034913

图11. 压力传感器的应用

一个双通道运放。如上述例子，采用两个不同的双通道运放来测试：一个典型的标准运放和双通道LMV852 EMI加固运放。运放连到一个单独电源上。手机放置在与运放相距几厘米的固定位置上。

当手机被呼叫时，运放检测到手机发送的射频信号。第二个运放的输出电压上得到的效果如图10所示。



30034914

图 10. EMI 鲁棒性的比较

两种类型的双通道运放之间的差别很明显。典型的标准双通道运放有大约1V的输出电压漂移(干扰信号)，这是手机发送射频信号而造成的。LMV852 EMI加固运放没有显示出任何明显的受扰现象。

应注意到，在这两个例子中，输出信号中干扰的相对大小等于采用的两个双通道运放的EMIRR差别。所以，EMIRR可以用来为建立EMI鲁棒性应用作早期的器件选择。

注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。

想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范（CSP-9-111C2）》以及《相关禁用物质和材料规范（CSP-9-111S2）》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。

无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
Email: new.feedback@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560

www.national.com

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP 机动性处理器	www.ti.com/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity		
	德州仪器在线技术支持社区		www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司