

### ADA4530-1 飞安级输入偏置电流测量

#### 简介

ADA4530-1 是一款静电计级的单路运算放大器，具有飞安级 ( $10^{-15}$ ) 的输入偏置电流 ( $I_B$ ) 和超低的失调电压。该器件具有超低输入偏置电流，并且在  $25^{\circ}\text{C}$  和  $125^{\circ}\text{C}$  的温度下对这些输入偏置电流进行生产测试，以确保器件达到系统应用的性能目标。图1和图2显示该器件的输入偏置电流随温度和输入共模电压变化的出色性能。

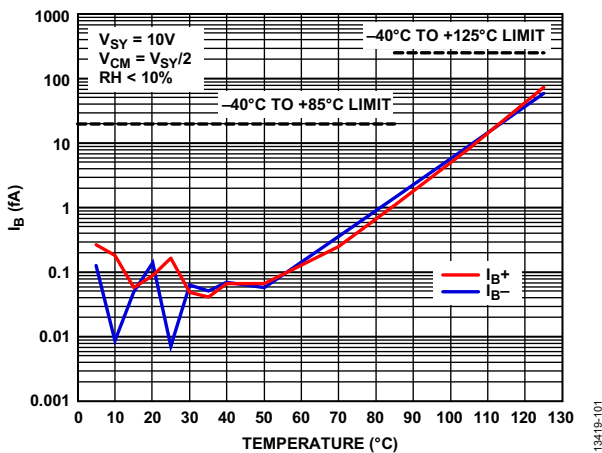


图1. 输入偏置电流 ( $I_B$ ) 与温度的关系

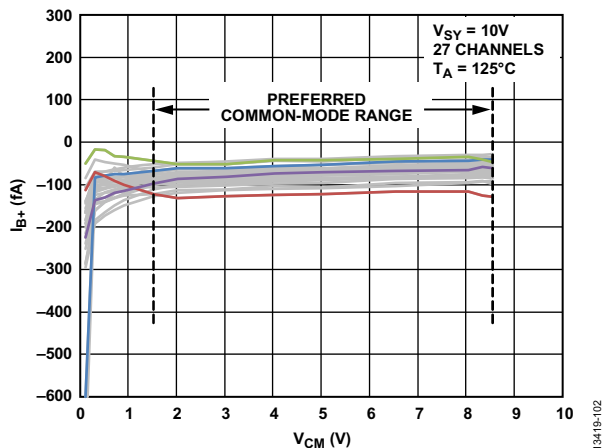


图2. 同相输入偏置电流 ( $I_{B+}$ ) 与共模电压 ( $V_{CM}$ ) 的关系

ADA4530-1 工作在  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  的工业温度范围内，采用8引脚SOIC封装。它适合要求极低输入偏置电流和低输入失调电压的应用，如用于各种电流输出传感器(光电二极管、光电倍增管)的前置放大器、质谱分析、色谱分析以及用于化学传感器的高阻抗缓冲。

ADA4530-1 具有独特的引脚排列。输入和电源引脚分别放置在封装的两侧以避免泄漏。为了方便用户进行设计，ADA4530-1 集成了保护环缓冲器。保护环缓冲器可驱动输入引脚周围的保护环，从而将印刷电路板(PCB)设计中的输入引脚泄漏降至最低，并最大程度减少电路板上的器件数量。此外，还将保护环缓冲器输出引脚放置在输入引脚旁边，使得保护环的布线更加方便。有关保护环以及保护环技术的物理实现的更多信息，请参见ADA4530-1数据手册。

一般来说，低输入偏置电流放大器也可采用T0-99封装。这些封装允许用户通过架空线连接高阻抗输入引脚或使用Teflon®绝缘体支柱防止泄漏电流。但这些技术会增加制造成本且与现代自动化PCB组装工艺不兼容。ADA4530-1 提供的表贴塑料封装并未采用此传统组装方法，在现代表贴制造环境中十分可靠。

此应用笔记重点说明了几种不同的方法，以用于测量采用SOIC封装的ADA4530-1的飞安级输入偏置电流特性，使用的评估板是ADA4530-1R-EBZ-TIA或ADA4530-1R-EBZ-BUF。

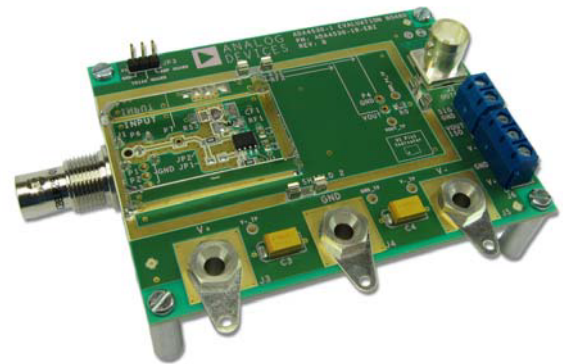


图3. ADA4530-1R-EBZ-TIA的照片

图3显示ADA4530-1R-EBZ-TIA的照片。请注意，下文中的ADA4530-1R-EBZ同时指ADA4530-1R-EBZ-TIA和ADA4530-1R-EBZ-BUF。

有关ADA4530-1的详情，请参见ADA4530-1数据手册。ADA4530-1R-EBZ用户指南(UG-865)也应该与此应用笔记一同参阅。

## 目录

简介.....	1	通过输入测试电容测量总输入电容.....	6
修订历史.....	2	通过已知输入电容测量 $I_{B+}$ .....	6
清洁和处理.....	3	$\Delta V_{OUT}$ (双测试输出电压)测量.....	8
测量技术.....	4	$I_{B-}$ 测量.....	8
Keithley 6430测量.....	4	$I_{B+}$ 测量.....	10
容性集成测量.....	5	结论.....	11
通过输入串联电阻测量总输入电容.....	6		

## 修订历史

2015年10月—修订版0： 初始版

## 清洁和处理

此应用笔记中概述的输入偏置电流测量方法使用的是ADA4530-1R-EBZ。在每次测量前需正确清洁ADA4530-1R-EBZ以清除所有污染，如焊剂、含盐水分或灰尘。此清洁操作可维持ADA4530-1R-EBZ的低泄漏性能。

有效的清洁步骤如下：

1. 通过洁净室级别的异丙醇对ADA4530-1R-EBZ进行超声波浴，持续15分钟。超声波清洗使用高频率的超声波，可在清洗液中创建气穴。此过程有助于移除ADA4530-1R-EBZ表面上的污染，以及焊接器件下方难以接触到的区域上的污染。下一个清洁步骤需要使用新鲜的异丙醇。
2. 通过镊子将ADA4530-1R-EBZ从超声波浴中移出。通过异丙醇冲洗ADA4530-1R-EBZ移除污染残留物。
3. 使用异丙醇淹没ADA4530-1R-EBZ并通过酸刷轻轻擦洗它。集中擦洗U1引脚、到J1的输入走线和保护环之间的区域，以及SHIELD1内的区域。

4. 通过异丙醇再次冲洗ADA4530-1R-EBZ。
5. 对ADA4530-1R-EBZ底部重复步骤3和步骤4。
6. 最后通过异丙醇冲洗ADA4530-1R-EBZ的顶部和底部。
7. 使用压缩的干燥空气吹干ADA4530-1R-EBZ。在U1引脚、到J1的输入走线和保护环周围区域吹入空气。同时向J1和U1下方吹入压缩空气。
8. 在125°C的恒温室对ADA4530-1R-EBZ进行烘烤，持续15分钟，以确保ADA4530-1R-EBZ完全干燥。
9. 清洁后，将盖放置在金属屏蔽体上。金属屏蔽体也有助于防止对保护区域的接触。

始终通过边缘处理ADA4530-1R-EBZ，切勿触碰SHIELD1或SHIELD2内的区域。

## 测量技术

ADA4530-1R-EBZ提供两种默认配置：一种是ADA4530-1R-EBZ-BUF，即缓冲模式下的受测试器件(DUT)，另一种是ADA4530-1R-EBZ-TIA，即跨阻模式下的DUT。

ADA4530-1R-EBZ上的金属屏蔽体可防止外部干扰造成的电容耦合。屏蔽体也可防止对保护区域的接触，因此可防止手指上的污染物或灰尘对高阻抗输入造成影响。ADA4530-1R-EBZ-BUF和ADA4530-1R-EBZ-TIA各具有两个1.0英寸×1.5英寸×0.25英寸的金属屏蔽体，分别预安装在评估板的顶部(SHIELD1)和底部(SHIELD3)。此外，每个评估板还单独随附一个1.5英寸×3英寸×0.75英寸的较大金属屏蔽体(SHIELD2)。各个评估板上装有金属夹用于固定SHIELD2。保护环缓冲器可将这些屏蔽体驱动至DUT同相引脚电位。

为了提供更加稳固的静电屏蔽效果，评估输入偏置电流时需通过金属盒屏蔽ADA4530-1R-EBZ。此盒型结构十分有效，外屏蔽体驱动至地，内屏蔽体通过保护环驱动。有关防护和屏蔽的更多信息，请参见ADA4530-1数据手册。

ADA4530-1R-EBZ还预装有499Ω的输出电阻，可以将任何输出负载和放大器输出隔离，防止过多的容性负载导致振荡。

在此应用笔记中， $I_{B+}$ 代表流经DUT同相引脚的输入偏置电流， $I_{B-}$ 代表流经DUT反相引脚的输入偏置电流。 $I_B$ 同时代表 $I_{B+}$ 和 $I_{B-}$ 。

下面三部分将介绍可以在ADA4530-1R-EBZ上实现的不同输入偏置电流测量方法。

### KEITHLEY 6430 测量

温度为25°C时，ADA4530-1的典型输入偏置电流<1 fA，此超低电流无法通过任何仪表准确测量。例如，Keithley 6430 SourceMeter®的失调电流在1 pA量程下最低为7 fA。因此，要测量 $I_B$ ，需要加热DUT以增大输入偏置电流，使其达到可测量的值。根据数据手册规格，温度为125°C时，可测量到的最大 $I_B$ 值为±250 fA。

为了测试 $I_{B+}$ ，将ADA4530-1R-EBZ-BUF放入恒温室。要测量 $I_{B+}$ ，需通过三同轴电缆将ADA4530-1同相引脚(通过J1)直接连接到Keithley 6430 SourceMeter。有关三同轴电缆的更多信息，请参见ADA4530-1数据手册。

简化原理图如图4所示，使用的SourceMeter如图5所示。

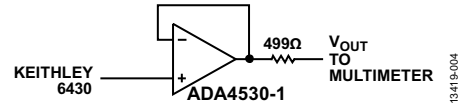


图4. 通过Keithley 6430 SourceMeter测量 $I_{B+}$ 的简化原理图



图5. Keithley 6430 SourceMeter

测量测试设置步骤如下：

1. 使用ADA4530-1R-EBZ-BUF。确保SHIELD1和SHIELD3已关闭。
2. 将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在金属盒中(见图6)。
3. 盖上金属盒的盖子，将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在恒温室中。
4. 通过承受温度可达125°C的三同轴电缆将输入三同轴连接器(J1)连接到Keithley 6430远程前置放大器的输入/输出端口。很多三同轴电缆的最高运行温度仅达85°C。可使用Harbour Industries的M17/131-RG403 TRX 电缆和Pomona Electronics的Model 5218三同轴连接器建立可运行于125°C下的三同轴电缆。
5. 将恒温室的温度设置为125°C。请勿将Keithley 6430远程前置放大器或SourceMeter放置在恒温室中。
6. 恒温室的温度达到125°C后，让评估板在其中放置一小时。



图6. 内含ADA4530-1R-EBZ-BUF的金属盒(连接到信号地)

使用Keithley 6430 SourceMeter测量ADA4530-1的 $I_{B+}$ 的测试步骤如下:

- 为ADA4530-1R-EBZ-BUF上电:
  - V+ (J3): 5 V
  - GND (J4): 0 V
  - V- (J5): -5 V
- 为 Keithley 6430 SourceMeter 进行测试设置:
  - 自动量程: 关闭
  - 源电压 (V): 0 V
  - 测量电流 (I): 将电流范围设置为1 pA
  - 电源线周期数(NPLC): 1(正常速度)
  - 滤波器: 自动
- 以每秒采样1次(SPS)的速度记录测量数据, 持续300秒, 然后计算 $I_{B+}$ 平均值。注意, 增加测量时间可提高平均值的精度。 $I_{B+}$ 平均值应小于100 fA。

图7显示典型DUT在5000秒内的测量数据。温度为125°C时,  $I_{B+}$ 的平均测量值约为11 fA到12 fA。温度为125°C时, 典型输入偏置电流会因器件而异。对于ADA4530-1R-EBZ-BUF, 预期要测试的大多数DUT的值将小于100 fA。

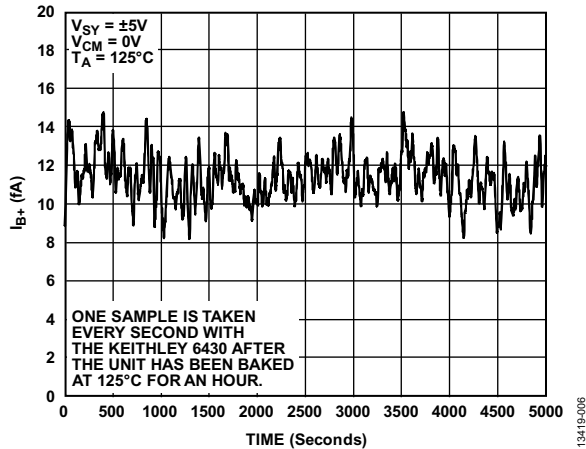


图7. 同相输入偏置电流( $I_{B+}$ )与时间的关系

## 容性集成测量

使用电容值(C)和测量的电容输出电压随时间的变化( $dV_C/dt$ )可以计算出流过电容的电流( $I_C$ ), 具体公式如下:

$$I_C = \frac{C dV_C}{dt}$$

使用此关系, 根据其DUT输入电容充电的速率可以计算 $I_{B+}$ 。在缓冲器配置下, 断开同相输入, 测量DUT输出以观察输入电容的充电情况。

使用以下公式计算 $I_{B+}$ :

$$I_{B+} = \frac{C_P dV_{OUT}}{dt}$$

其中:

$C_P$ 为输入电容。

$dV_{OUT}/dt$ 为放大器输出电压随时间的变化。

图8显示容性集成方法的简化原理图。

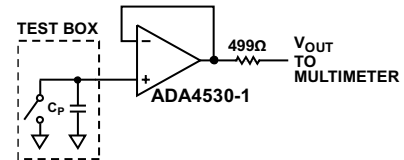


图8. 容性集成方法的简化原理图

与Keithley 6430测量部分描述的测量方法相同, 将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在保温箱中。使用三同轴电缆/连接器将DUT的同相输入连接到保温室外部的测试盒(见图9)。测试盒包含的三同轴连接器可连接到同相输入信号、防护和信号地电位(见图10)。因此可实现在保温室外部将DUT的同相输入引脚短接至地。



图9. 容性集成测量方法

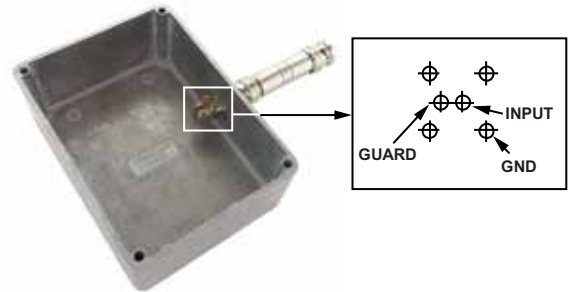


图10. 测试盒和三同轴连接器

要通过DUT的输出电压斜率来计算输入偏置电流, 则必须已知输入电容值。因此, 必须测量总输入电容( $C_P$ ), 其包含DUT、评估板、走线以及三同轴电缆/连接器的电容。但是, 输入电容很小, 难以测量。推荐两种交叉检测 $C_P$ 值的方法, 即使用输入串联电阻和使用输入测试电容。



### 通过输入串联电阻测量总输入电容

此方法通过测量极点频率来计算总输入电容，而该极点通过已知电阻和输入电容之间的交互创建。

测量指南如下：

1. 使用ADA4530-1R-EBZ-BUF。使用JP3将三同轴防护短路到ADA4530-1R-EBZ-BUF上的放大器防护。
2. 将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在金属盒中。通过三同轴电缆/连接器将ADA4530-1R-EBZ-BUF连接到测试盒(见图9)。
3. 通过输入串联电阻 $R_S$ 将函数发生器连接到测试盒的输入引脚，将示波器连接到ADA4530-1R-EBZ-BUF的输出(见图11)。
4. 将输入串联电阻 $R_S$ 短路。
5. 使用函数发生器施加1 kHz、1 V p-p的输入正弦波。
6. 使用示波器确定 $V_{OUT} = V_{IN}$ 。
7. 解除RS的短路。 $R_S$ 使用8 M $\Omega$ 的电阻。为了减少杂散电容，需使用多个串联电阻，而不使用一个大电阻。在此情况中，串联焊接四个2 M $\Omega$ 的电阻。
8. 缓慢增加输入信号频率，直到输出值降至原值的 $\sqrt{2}$ 为止。在此频率下，-3 dB点的输入信号频率为：

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2 \times \pi \times R_S \times C_p}$$

因此，

$$C_p = \frac{1}{2 \times \pi \times R_S \times f_{-3dB}}$$

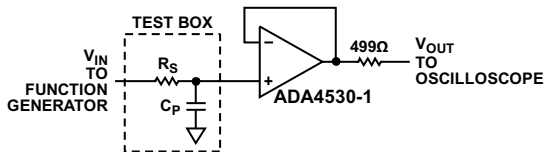


图11. 通过输入串联电阻测量总输入电容

### 通过输入测试电容测量总输入电容

此方法使用分压器测量输入电压的衰减来计算总输入电容，分压器通过输入电容和已知电容创建。

测量指南如下：

1. 使用ADA4530-1R-EBZ-BUF。使用JP3将三同轴防护短路到ADA4530-1R-EBZ-BUF上的放大器防护。
2. 将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在金属盒中。通过三同轴电缆/连接器将ADA4530-1R-EBZ-BUF连接到测试盒(见图9)。
3. 在输入引脚处放置一个电容值已知的电容 $C_{TEST}$ 。使用10 pF的测试电容。通过 $C_{TEST}$ 将函数发生器连接到测试盒

的输入引脚，将示波器连接到ADA4530-1R-EBZ-BUF的输出，见图12。

4. 使用函数发生器施加1 kHz、1 V p-p的输入正弦波。
5. 使用示波器测量输出电压峰峰值。
6. 输入/输出传递函数如下：

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{C_{TEST}}{C_p + C_{TEST}}$$

因此，

$$C_p = \frac{C_{TEST}(V_{IN} - V_{OUT})}{V_{OUT}}$$

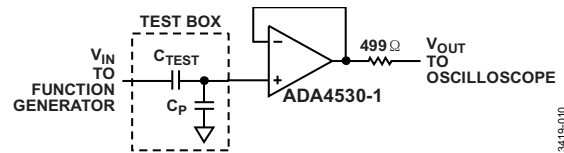


图12. 通过输入测试电容测量总输入电容

### 通过已知输入电容测量 $I_{B+}$

对于ADA4530-1R-EBZ-BUF，两种输入电容测量方法得到的测量输入寄生电容平均值约为2 pF。注意此电容值小于数据手册上的放大器规格，考虑到使用的三同轴电缆长度，此值相对较低。大部分物理电容为内部防护缓冲器的自举电容，这大幅降低了有效输入电容值。

在输入电容已知的情况下，可以测量DUT的输出电压斜率以计算 $I_{B+}$ 。

此容性集成方法的简单原理图如图8所示。

测试测量设置步骤如下：

1. 使用ADA4530-1R-EBZ-BUF。确保SHIELD1和SHIELD3已关闭。
2. 使用JP3将三同轴防护短路到ADA4530-1R-EBZ-BUF上的放大器防护。
3. 将ADA4530-1R-EBZ-BUF放置在金属盒中(见图9)。
4. 将包含ADA4530-1R-EBZ-BUF的金属盒放置在恒温室中。
5. 将输入三同轴连接器(J1)连接到测试盒(见图8)。使用可以承受125°C温度的三同轴电缆。很多三同轴电缆的最高运行温度仅达85°C。可使用Harbour Industries的M17/131-RG403 TRX电缆和Pomona Electronics的Model 5218三同轴连接器建立可运行于125°C下的三同轴电缆。
6. 通过输出BNC连接器或输出端子板将评估板的输出连接到万用表。在此实验中，使用支持数据记录的5.5位至6.5位的万用表。
7. 将恒温室的温度设置为125°C。
8. 恒温室的温度达到125°C后，让ADA4530-1R-EBZ-BUF在其中放置一小时。

使用容性集成测量方法测量ADA4530-1的 $I_{B+}$ 的测试步骤:

- 为ADA4530-1R-EBZ-BUF上电, 数值如下:
  - V+ (J3): 5 V
  - GND (J4): 0 V
  - V- (J5): -5 V
- 为Keithley 2000进行测试设置:
  - 自动量程: 关闭
  - 自定义范围: 10 V
  - 时间延迟: 1毫秒
  - 测量延迟: 1秒
  - NPLC: 1(正常速度)
- 使用测试盒将DUT同相输入短路到信号地, 持续约10秒。
- 移除短接至地, 保持同相引脚断开。
- 流过输入电容的容性电流( $I_{CAP}$ )表现为DUT输出电压的变化。
- 使用万用表以1 SPS的速率记录输出电压, 持续300秒。

图13和图14分别显示评估板输出电压和容性电流与时间的关系。

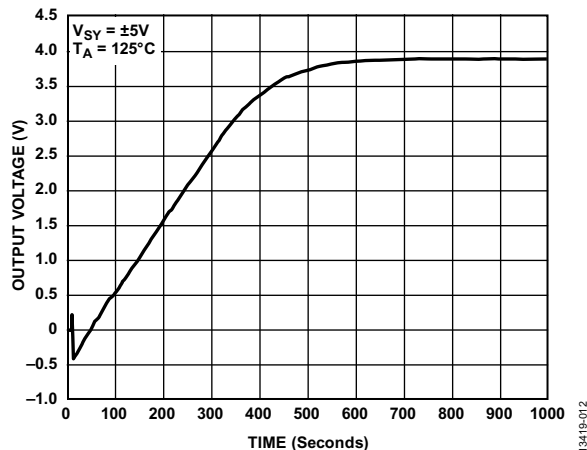


图13. 输出电压与时间的关系

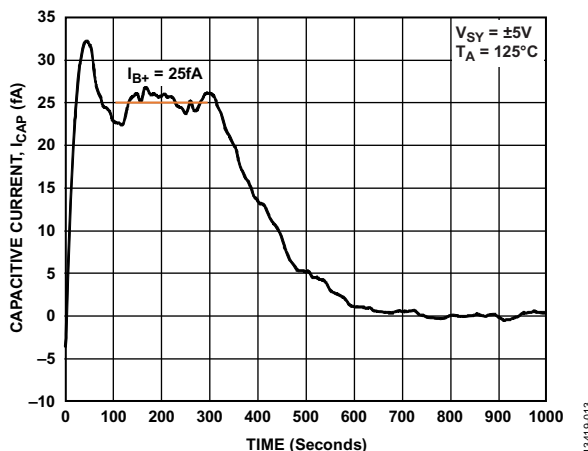


图14. 容性电流与时间的关系

观察图13。从0秒到10秒, 同相输入短接至地。因此输出电压测量值在最初10秒接近0 V。同相输入和地断开后, 输入电压陡然变化。因为这是人工断开, 来自手指的振动或电荷会耦合到输入, 引起输出电压瞬间突增, 如10秒时所示。不使用继电器来短路和断开输入引脚, 因为它们的绝缘电阻很低。低绝缘电阻的继电器将有力降低总电阻, 如同相输入所示, 这会影响测量精度。有关绝缘电阻的更多信息, 请参见ADA4530-1数据手册。

保持同相输入断开后, 输入偏置电流( $I_{B+}$ )会立即流过输入寄生电容, 引起输出电压变化。应在同相引脚与地断开后立即测量容性电流(见图14), 因为在此短时间内, 容性电流( $I_{CAP}$ )与 $I_{B+}$ 的值更接近。随着同相输入电压幅值的增加, 评估板上通过寄生电阻的泄漏电流( $I_{RES}$ )会变得明显, 因此, 输出电压的变化同时是 $I_{RES}$ 和 $I_{CAP}$ 的函数(见图15)。

此外, 输入偏置电流在输入共模电压范围内不是恒定的(参见ADA4530-1数据手册中输入偏置电流和输入共模电压的关系图)。此变化可以导致集成的坡度变化(见图14)。当输入偏置电流等于输入共模电压除以 $R_P$ 时, 输出电压停止斜升(见图13)。输入偏置电流接近零时, 此情况易发生在输入共模电压范围外部。

注意, 在低温下, ADA4530-1的输入偏置电流处于超低等级, 此时介电弛豫是另一种降低此方法精度的误差。这些介电弛豫电流可能比实际的偏置电流还要大。因此, 使用此方法进行的测量在125°C的高温下执行, 此时输入偏置电流足以消除介电效应的影响。有关介电弛豫的更多信息, 请参见ADA4530-1数据手册。

使用容性集成方法时, 125°C温度下输入偏置电流的测量值小于100 fA。

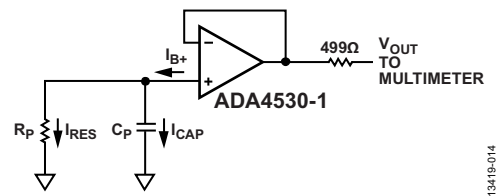


图15. 用于测量输入偏置电流的评估板输入寄生电容

## $\Delta V_{OUT}$ (双测试输出电压) 测量

此应用笔记前面讨论的两种测量方法均需要将评估板加热到125°C以将输入偏置电流增大到可测量的级别。此 $\Delta V_{OUT}$ 测量方法允许用户在室温下测量 $I_{B+}$  (或 $I_{B-}$ )，不需要恒温室。

此 $\Delta V_{OUT}$ 方法需要两个测试来测量输入偏置电流。第一个测试测量 $V_{OUT1}$ ，对应于ADA4530-1R-EBZ的基准失调电压，第二个测试测量 $V_{OUT2}$ ，即基准失调电压和流过反馈或输入串联电阻的 $I_{B-}$ 或 $I_{B+}$ 所造成的压降的总和。

使用ADA4530-1R-EBZ-TIA测量 $I_{B-}$ ，使用ADA4530-1R-EBZ-BUF测量 $I_{B+}$ 。

## $I_{B-}$ 测量

图16显示使用ADA4530-1R-EBZ-TIA测量 $I_{B-}$ 的原理图。DUT配置为跨阻模式，使用8.5位万用表Keysight 3458A测量并记录输出电压。应使用电阻值接近千兆欧(GΩ)或兆兆欧(TΩ)级别的大反馈电阻以获得可测量的输出电压，例如，为ADA4530-1使用1 TΩ ( $T\Omega = 10^{12} \Omega$ ) 的电阻，其灵敏度为1 mV/fA。

ADA4530-1R-EBZ-TIA的 $R_{F1}$ 为预装的10 GΩ SMT电阻。反馈电阻会将 $I_{B-}$ 转化为输出电压( $V_{OUT}$ )，其中

$$V_{OUT} = I_{B-} \times \text{反馈电阻}$$

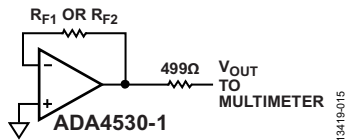


图16.  $I_{B-}$  测量原理图

首先，将反馈电阻短路，在缓冲模式下测量DUT的输出电压( $V_{OUT1}$ )，从而确定ADA4530-1R-EBZ-TIA的基准失调电压。然后，移除短路，测量使用反馈电阻时的输出电压。

反馈电阻可将 $I_{B-}$ 转换为可测量的输出电压。 $V_{OUT2}$ 是基准失调电压和流过反馈电阻的 $I_{B-}$ 所造成的压降的总和。

通过公式计算 $I_{B-}$ 。

$$I_{B-} = \frac{(V_{OUT2} - V_{OUT1})}{\text{Feedback Resistor}}$$

测试测量设置步骤如下：

1. 使用ADA4530-1R-EBZ-TIA。
2. 卸下SHIELD1盖子。使用P7和VOUT引脚插槽将反馈电阻( $R_{F1}$ )短路。
3. 将ADA4530-1R-EBZ-TIA放置在金属盒中。
4. 将ADA4530-1R-EBZ-TIA的输出连接到Keysight 3458A万用表。

测量 $I_{B-}$ 的分步测试步骤如下：

1. 为ADA4530-1R-EBZ-TIA上电：
  - a. V+ (J3): +5 V
  - b. GND (J4): 0 V
  - c. V- (J5): -5 V
2. 为Agilent 3458A进行测试设置：
  - a. 自动量程：关闭
  - b. 手动量程：0.1 V
  - c. NPLC：10
3. 测量输出电压。记录结果并计算输出电压平均值( $V_{OUT1}$ )。注意，增加测量时间可提高平均值的精度。最短60秒的测试长度适用于所有预热效应。
4. 为ADA4530-1R-EBZ-TIA断电。
5. 移除短路。默认情况下，预期放大器处于跨阻模式， $R_{F1}$ 为10 GΩ的反馈电阻。
6. 将盖子放置在SHIELD1上。
7. 测量输出电压(评估板的失调电压和流过反馈电阻的 $I_{B-}$ 所造成的压降的总和)。记录结果并计算输出电压平均值( $V_{OUT2}$ )。建议的测试长度为300秒。取平均值可降低电阻噪声。10 GΩ的电阻具有 $12.8 \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的热噪声。对于300秒的数据，总集成电阻噪声约为 $6 \mu\text{V p-p}$ 。这相当于约0.6 fA的测量精度。如果取平均值的测量值更多，则会产生“效应递减”现象，因为此时低频率1/f噪声会增加。
8. 通过公式计算输入偏置电流

$$I_{B-} = \frac{V_{OUT2} - V_{OUT1}}{10 \text{ G}\Omega}$$

9. 步骤8中的公式假设已知反馈电阻的准确值。强行为ADA4530-1R-EBZ-TIA施加已知的测试电流并测量输出电压可确认此假设。使用Keithley 6430 SourceMeter通过J1为DUT的反相引脚施加250 pA的电流。输出值应约为 $250 \text{ pA} \times 10 \text{ G}\Omega = 2.5 \text{ V}$

输出电压与预期电压值的偏差由反馈电阻的容差导致。预装的10 GΩ电阻 $R_{F1}$ 具有10%的容差。



图17和图18显示采样对象在300秒内的 $V_{OUT1}$ 和 $V_{OUT2}$ 以及它们的相关平均值。图19显示算得的 $I_{B-}$ 。图20显示测量的反馈电阻平均值 $R_{F1}$ 。电阻值在10%的容差范围内。

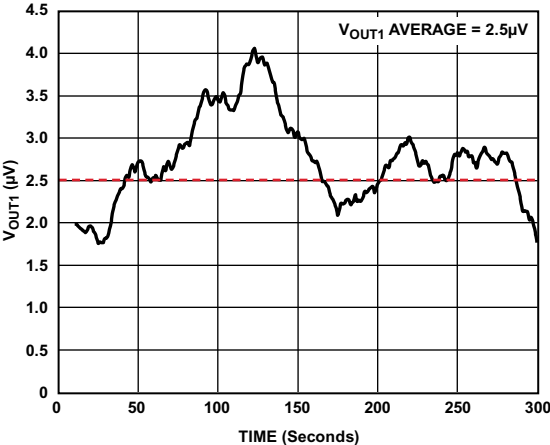


图17.  $V_{OUT1}$  与时间的关系

13419-017

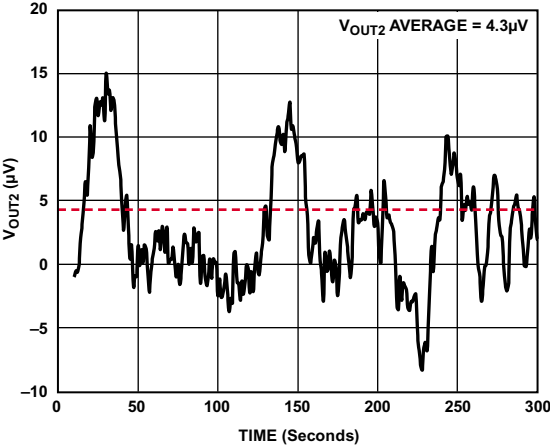


图18.  $V_{OUT2}$  与时间的关系

13419-117

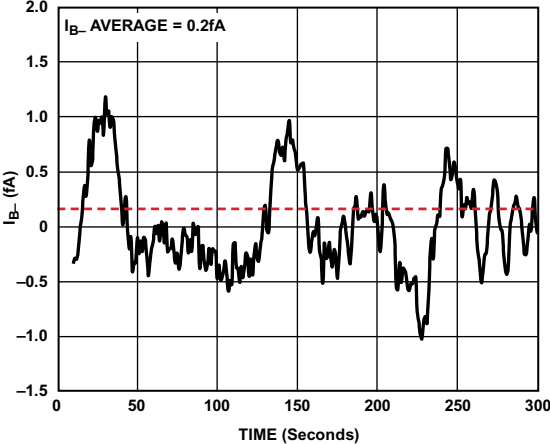


图19.  $I_{B-}$  与时间的关系

13419-018

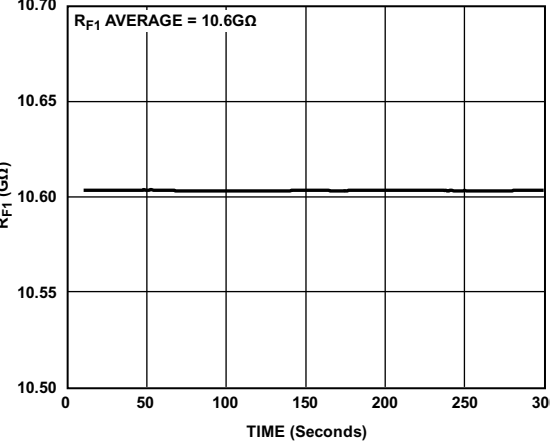


图20. 测量的反馈电阻( $R_{F1}$ )与时间的关系

13419-019

还可以通过更大的反馈电阻执行此测量方法。这些大电阻常常采用玻璃封装和陶瓷密封，体积较大。使用较大的反馈电阻可提高输出信噪比，实现更精确的测量。ADA4530-1R-EBZ-TIA具有引脚插槽，可以使用通孔电阻(RF2)，如Ohmite RX-1M超高电阻以及高稳定性的陶瓷密封电阻。使用这些通孔大电阻时，需卸下预装在ADA4530-1R-EBZ-TIA上的 $R_{F1}$ 。重新安装电阻后，需要根据清洁和处理部分的说明清洁ADA4530-1R-EBZ-TIA，然后再进行测量。将通孔大电阻插入P7和VOUT引脚插槽之间，通过重复此部分列出的相同步骤测量 $I_{B-}$ 。根据步骤9，改变注入DUT的电流幅值。

# AN-1373

## $I_{B+}$ 测量

使用ADA4530-1R-EBZ-BUF测量 $I_{B+}$ 。此测量方法与 $I_{B-}$ 测量部分列出的测量方法类似。参见图21的 $I_{B+}$ 测量原理图。输入串联电阻会将 $I_{B+}$ 转化为J2处的输出电压( $V_{OUT}$ )，其中：

$$V_{OUT} = I_{B+} \times \text{输入串联电阻}$$

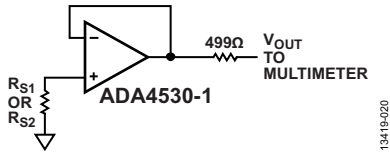


图21.  $I_{B+}$  测量原理图

将DUT同相引脚短接至地，确定ADA4530-1R-EBZ-TIA的基准失调电压。为此，通过导线连接P7和P4(GND)引脚插槽。基准失调电压为 $V_{OUT1}$ 。移除短路，测量使用输入串联电阻时的输出电压。用户可在RS1处组装1206或1210封装大小的SMT电阻，或通过P7和P4(GND)引脚插槽使用通孔大电阻。输入串联电阻可将 $I_{B+}$ 转换为可测量的输出电压。 $V_{OUT2}$ 是基准失调电压和流过输入串联电阻的 $I_{B+}$ 所造成的压降的总和。通过公式计算 $I_{B+}$

$$I_{B+} = \frac{V_{OUT2} - V_{OUT1}}{\text{Input Series Resistor}}$$

## 结论

ADA4530-1是一款静电计级的放大器，具有飞安级的输入偏置电流。此应用笔记详细介绍了三种方法用于测量飞安级输入偏置电流。分别是Keithley 6430测量、容性集成测量和 $\Delta V_{OUT}$ （双测试输出电压）测量。

- Keithley 6430测量方法使用Keithley 6430 SourceMeter直接测量 $I_{B+}$ 。此测量方法仅需使用一台校准的仪器测量输入偏置电流。但由于DUT输入偏置电流极低( $<1$  fA)，因此无法在室温下准确测量 $I_B$ 。必须对DUT加热以使 $I_B$ 增大到可测量的等级。因此此方法需要使用恒温室、可承受 $125^{\circ}\text{C}$ 的三同轴电缆和Keithley 6430 SourceMeter。这样一来，对于简单的直接测量来说，设置成本过高。
- 容性集成方法通过已知的输入电容测量放大器输出电压随时间的变化，从而计算出 $I_B$ 。此测量方法无需使用高端的信号源测量单元(SMU)，仅需使用万用表监视输出电压即可，但设置时间较长。为了计算输入偏置电流，必须已知总输入电容值。因此，必须在集成测试前测量输入电容。此测量方法需要手动断开导线，避免使用绝缘电阻较低的继电器，还需使用恒温室加热DUT以使 $I_B$ 增大到可测量的等级。此外， $I_B$ 在输入共模电压范围内不是恒定的。另外，仅可在很短一段时间内通过容性集成测量方法计算 $I_B$ 。

- $\Delta V_{OUT}$ （双测试输出电压）测量方法需要进行两个测试以测量输入偏置电流。第一个测试测量 $V_{OUT1}$ ，对应于ADA4530-1R-EBZ的基准失调电压，第二个测试测量 $V_{OUT2}$ ，即基准失调电压和流过反馈或输入串联电阻的 $I_{B-}$ 或 $I_{B+}$ 所造成的压降的总和。设置较快，成本较低。ADA4530-1R-EBZ-TIA预装有 $10\text{ G}\Omega$ 的电阻，且可以通过万用表进行测量。但是，如果用户想得到更精确的测量结果，可以选择使用阻值更大的反馈或输入串联电阻。这些大电阻常常采用玻璃封装或陶瓷密封，可实现很高的精度和稳定性。但是成本通常较高。这些电阻还需要特殊的清洁度和清洁步骤，仅可通过端子对其进行处理以避免污染。

有关ADA4530-1的更多信息，请参见ADA4530-1数据手册和ADA4530-1R-EBZ用户指南UG-865。