

连接/参考器件

ADA4817-2	低噪声、1 GHz FastFET双通道运算放大器
ADA4830-1	高速差动放大器，输入具有电池短路保护功能

具有低输入偏置电流和高交流共模抑制性能的 高速FET输入仪表放大器

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0273电路评估板\(EVAL-CN0273-EB1Z\)](#)

设计和集成文件

[原理图、布局文件、物料清单](#)

电路功能与优势

图1所示电路是一款高速FET输入、增益为5的仪表放大器，具有35 MHz带宽和10 MHz时55 dB的出色交流共模抑制(CMR)性能。该电路适用于需要高输入阻抗、快速仪表放大器的应用，包括RF、视频、光学信号检测和高速仪器仪表。高CMR和高带宽特性还使其成为宽带差分线路接收器的理想选择。

大多数分立式仪表放大器需要昂贵的匹配电阻网络才能获得高CMR性能；然而，该电路使用一个集成式差动放大器以及片内匹配电阻改善性能、降低成本，并最大程度减少印刷电路板(PCB)布局面积。

图1中的复合式仪表放大器电路具有下列性能：

- 失调电压：4 mV(最大值)
- 输入偏置电流：2 pA(典型值)
- 输入共模电压：-3.5 V至+2.2 V(最大值)
- 输入差分电压：±3.5 V/G1(最大值)，G1表示第一级增益
- 输出电压摆幅：0.01 V至4.75 V(典型值，150 Ω负载)
- -3 dB带宽：35 MHz(典型值，G = 5)
- 共模抑制：55 dB(典型值，10 MHz)
- 输入电压噪声：10 nV/√Hz(典型值，100 kHz RTI)
- 谐波失真：-60 dBc(10 MHz，G = 5， $V_{OUT} = 1\text{ V}_{P-P}$ ， $R_L = 1\text{ k}\Omega$)

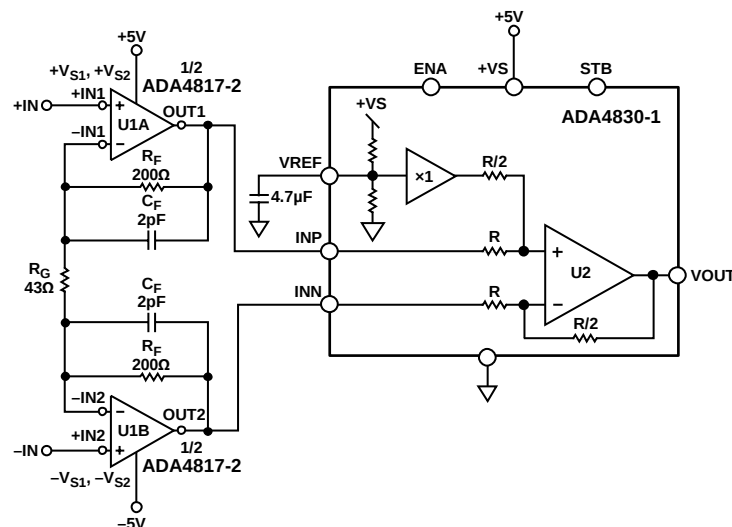


图1. 高速FET输入仪表放大器(注意：未显示电源去耦)

Rev. B

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

大多数全集成式仪表放大器采用双极性或互补双极性工艺制造，并针对低频应用优化，具有50 Hz或60 Hz下的高CMR性能。然而，用于视频和RF系统中放大高速信号并提供高频噪声信号共模抑制特性的宽带宽仪表放大器的需求正不断增长。

需要用到极高速度、宽带宽的仪表放大器时，一种常见的方法是使用两个高输入阻抗的分立式运算放大器来缓冲并放大第一级的差分输入信号，然后在第二级中将单个放大器配置为差动放大器，以便提供差分至单端转换。该配置通常称为三运放仪表放大器。这种方法需要使用4个相对昂贵的精密匹配电阻，以达到良好的CMR性能。如果匹配有误差，则最终输出也会产生误差。

图1所示电路能够解决这一问题。该电路使用ADA4830-1集成式高速差动放大器。激光调整薄膜电阻以极高的精度匹配，因此无需使用4个相对昂贵的精密匹配外部电阻。

此外，使用高速双通道ADA4817-2作为输入级放大器，允许复合式仪表放大器提供高达80 MHz的带宽，同时电路总增益为2.5。

采用4 mm × 4 mm LFCSP单封装的双通道ADA4817-2放大器和集成式ADA4830-1差动放大器可极大地减少电路板空间，从而降低大型系统的设计成本。

该电路可在噪声环境中使用，因为ADA4817-2和ADA4830-1均提供低噪声以及高频下出色的CMR性能。

电路描述

该电路基于传统的三运放仪表放大器拓扑，两个运算放大器用于输入增益级，一个差动放大器用于输出级。该电路增益为5，带宽为35 MHz。

FET放大器输入增益级

ADA4817-2(双通道)FastFET放大器是具有FET输入的单位增益稳定、超高速电压反馈型放大器。这些放大器采用ADI公司的专有超快速互补双极性(XFCB)工艺制造，工作噪声极低，输入阻抗非常高且速度快，适合要求高速和高源阻抗的应用。

ADA4817-2运算放大器配置为共享RG增益电阻。对于差分输入，电路增益为 $1 + 2R_F/R_G$ 。采用共模输入时，无电流流过 R_G 增益电阻。因此，该电路在共模输入时用作缓冲器。随后，第二级差动放大器可有效移除共模输入。

ADA4817-2的单位增益带宽 f_u 等于410 MHz。其闭环带宽可通过下式近似计算：

$$f_{-3\text{dB}} = f_u / G1$$

其中， $G1$ 为第一级的增益。

对于该电路而言，由于第一级闭环增益为10，因此-3 dB带宽估算值为41 MHz。该值非常接近35 MHz的测试带宽。

PCB板上的寄生电容和容性负载可能会使第一增益级振荡。使用低数值的反馈电阻，并使用反馈电容，可缓解这一问题。

本电路选用了200 Ω的反馈电阻。反馈电容 C_F 为2 pF，具有最佳带宽平坦度。

差动放大器和CMR

ADA4830-1是高速差动放大器，具有宽共模电压范围，兼具高速和精密特性。它提供0.5 V/V的固定增益，-3 dB带宽为84 MHz。通过片内激光调整电阻，10 MHz时该器件的CMR典型值为55 dB。

CMR是仪表放大器极为重要的规格参数，主要取决于第二级差动放大器使用的4个电阻的比率匹配，如图2所示。

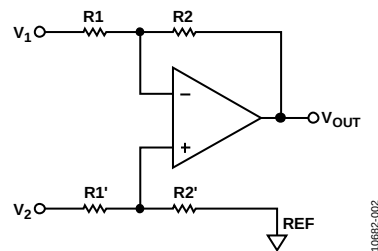


图2. 差动放大器

通常，最差情况下的CMR由下式给出：

$$\text{CMR (dB)} = 20 \log \left[\frac{1 + R2/R1}{4Kr} \right]$$

其中， Kr 是以小数表示的单个电阻容差。上述等式表示最差情况下的CMR为34 dB，其中4个电阻具有相同的标称值(1%容差)。该电路采用单芯片ADA4830-1差动放大器而非分立式电阻，放大器片内集成激光调整薄膜电阻，因此具有出色的CMR性能并节省PCB空间。直流时CMR是65 dB，10 MHz时CMR是55 dB。

差分和共模电压考虑因素

若要最大化输入电压范围并简化电源要求，则电路第一级采用 $\pm 5\text{ V}$ 电源，而第二级采用 $+5\text{ V}$ 。最大差分输入范围由ADA4817-2的输出摆幅决定。采用 $\pm 5\text{ V}$ 电源时，ADA4817-2输出摆幅为 $\pm 3.5\text{ V}$ 。因此，允许的最大差分输入为 $\pm 3.5\text{ V}/G_1$ ，其中 G_1 表示第一级增益。请注意，需在允许的最大差分输入和第一级闭环增益之间作出权衡。

下一步，分析共模电压限制。ADA4817-2输入端的共模电压必须位于 $-V_S$ 至 $+V_S - 1.8\text{ V}$ 之间，即采用 $\pm 5\text{ V}$ 电源时范围为 -5 V 至 $+2.2\text{ V}$ 。采用 $\pm 5\text{ V}$ 电源时，ADA4817-2的输出摆幅限制为 $\pm 3.5\text{ V}$ (参考ADA4817-2数据手册)。因此，ADA4817-2的输出摆幅将电路的负输入共模电压限制为 -3.5 V ，从而复合电路允许的输入共模范围为 -3.5 V 至 $+2.2\text{ V}$ 。

若要从该电路获得高性能，必须采用良好的布局、接地和去耦技术。有关PCB布局详情，请参考指南MT-031、指南MT-101以及“高速印刷电路板布局实用指南”一文。另外，ADA4817-2数据手册和ADA4830-1数据手册中还提供了布局指南。

电路性能

测试该复合电路的4个最重要参数：CMR、 -3 dB 带宽、折到输入端的噪声以及谐波失真，测试结果见图3至图6。

图3显示复合电路的CMR为 -65 dB (直流)，以及 -55 dB (10 MHz)。图4显示增益为5时的带宽为 35 MHz ，输出负载为 $100\ \Omega$ 。图5显示 100 kHz 时，该复合电路折到输入的噪声仅为 $10\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，并且较高频率下的平带噪声为 $8\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。图6显示 10 MHz 时，电路的THD为 60 dBc ($V_{\text{OUT}} = 1\text{ V p-p}$ ， $R_L = 1\text{ k}\Omega$)。

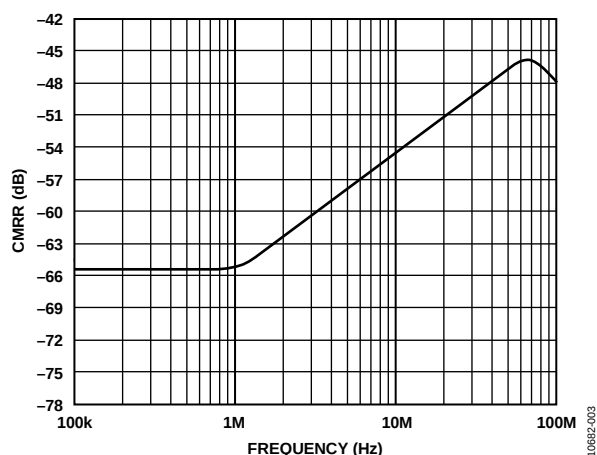


图3. CN-0273 CMR

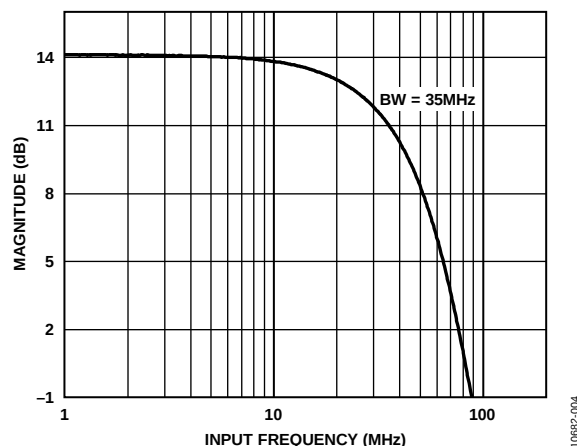


图4. 复合电路的频率响应($V_{\text{OUT}} = 1\text{ V p-p}$, $R_L = 100\ \Omega$)

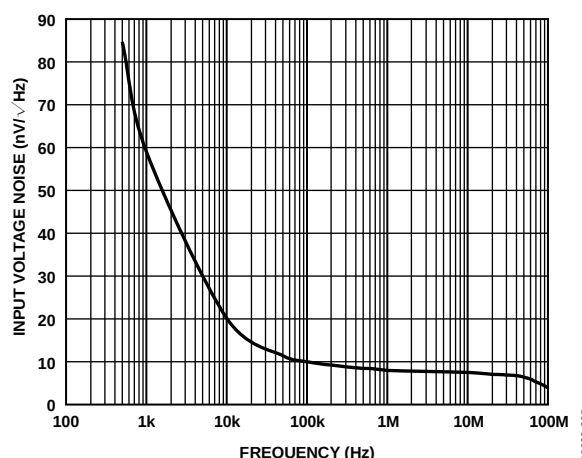


图5. 复合电路折到输入的电压噪声

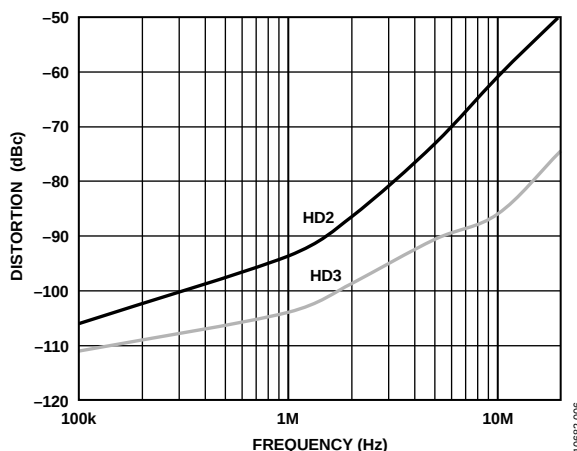


图6. 二次(HD2)和三次(HD3)谐波失真($V_{\text{OUT}} = 1\text{ V p-p}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$)

常见变化

通过增益电阻值 R_G ，可方便地配置该电路的总增益，如图1所示。请注意，总增益越大，电路带宽越窄。

可在速度较低的应用中使用AD8274代替第二级中的差动放大器。AD8274差动放大器具有固定的增益2，因此电路可获得更高的总增益。

若要增加输入共模范围和差分范围，可使用 $\pm 12\text{ V}$ 供电且单位增益带宽为145 MHz的轨到轨高速FET输入放大器，如AD8065/AD8066。

电路评估与测试

可以利用信号发生器和示波器轻松评估该电路。该板采用传统放大器测试方式，通过网络分析仪进行测试。完整原理图和PCB布局，请参考CN0273-设计支持包。电路板的照片如图7所示。

请注意，图3中的CMRR数据在0 V差分输入电压情况下获得。图4中的带宽数据和图6中的失真数据在共模电压为0 V的平衡差分驱动源情况下获得。

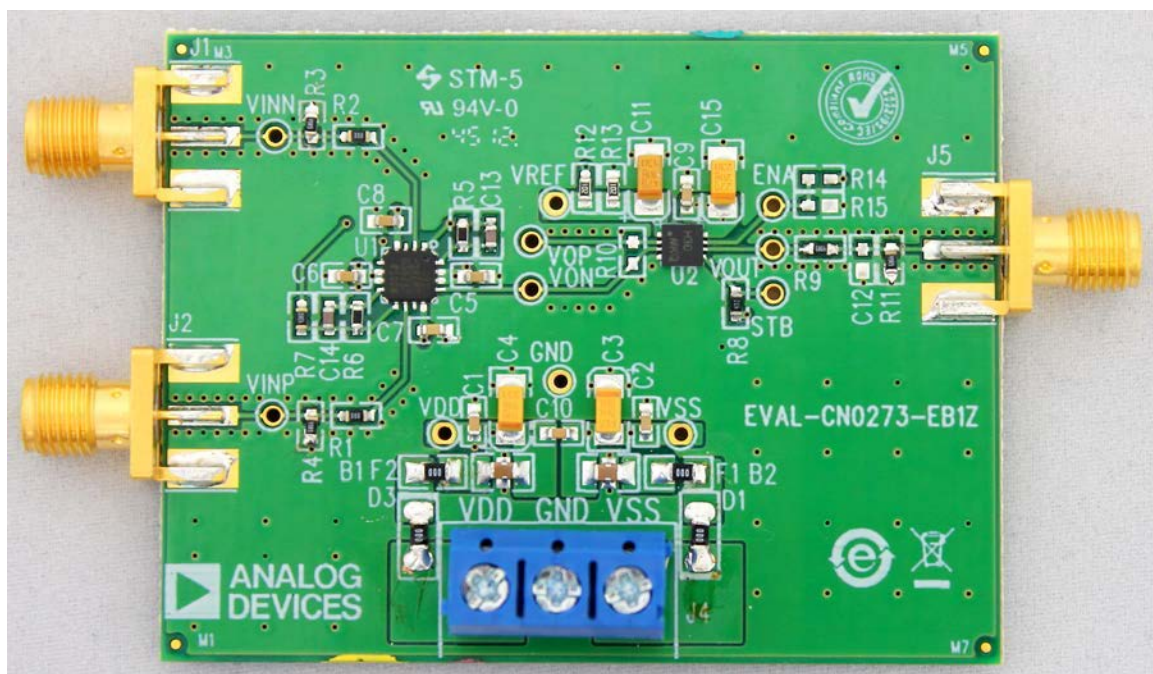


图7. EVAL-CN0273-EB1Z评估板照片

了解详情

CN-0273 Design Support package:
<http://www.analog.com/CN0273-DesignSupport>

Ardizzoni, John. *A Practical Guide to High-Speed Printed-Circuit-Board Layout*, Analog Dialogue 39-09, September 2005.

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of “AGND” and “DGND”*, Analog Devices.

MT-061 Tutorial, *Instrumentation Amplifier (In-Amp) Basics*, Analog Devices.

MT-063 Tutorial, *Basic Three Op Amp In-Amp Configurations*, Analog Devices.

MT-064 Tutorial, *In-Amp DC Sources*, Analog Devices.

MT-068 Tutorial, *Difference and Current Sense Amplifiers*, Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

A Designer’s Guide to Instrumentation Amplifiers, Analog Devices.

数据手册和评估板

CN-0273 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0273-EB1Z)

ADA4817-2 Data Sheet

ADA4830-1 Data Sheet

修订历史

2013年8月—修订版A至修订版B	
更改图7	4
2013年5月—修订版0至修订版A	
更改“电路评估与测试”部分	4
2012年10月—版本0： 初始版	

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab circuits are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.

