

## Analog Engineer's Circuit

## 负放大器电源的电荷泵电路 (-0.3V)

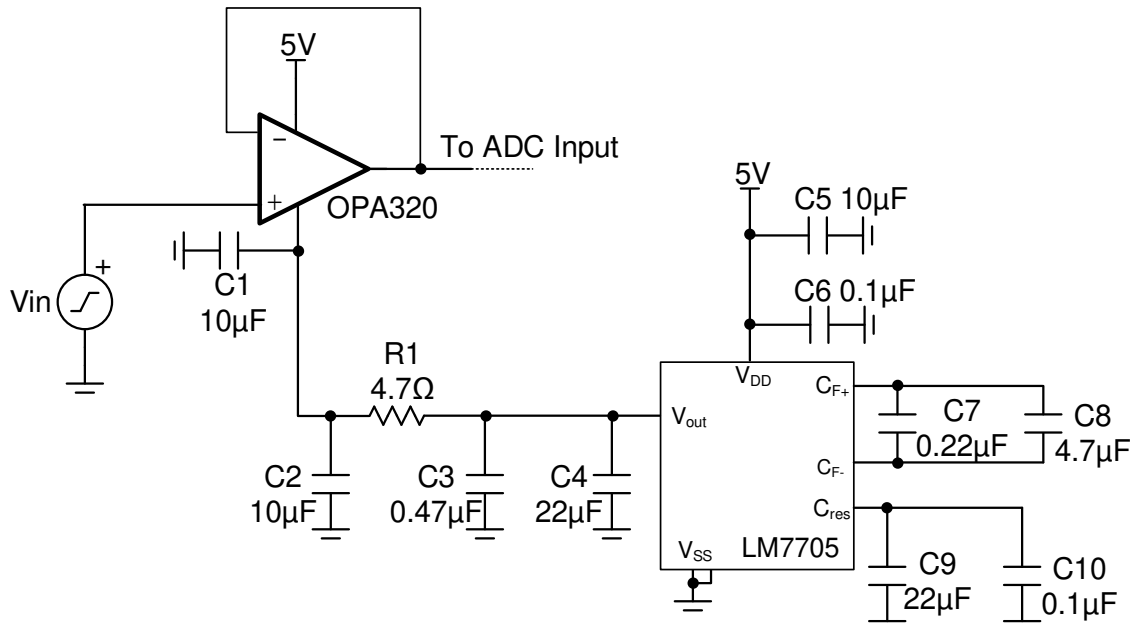


Art Kay

输入电源	输出电源
3V 至 5.25V	-0.232V

## 设计说明

本电路文档介绍了如何使用 **LM7705** 低噪声负偏置发生器和单个 3V 至 5.25V 电源创建小型负电源 (-0.232V)。-0.232V 电源通常用作单电源放大器的负电源，以便放大器能够摆动至 0V。请注意，放大器无法完全摆动至电源轨，而在接近负电源轨时会出现失真和削波。例如，基于 **OPA320** 器件并采用最坏情况下的规格时，它可能从距离负电源 20mV 处发生削波，并且可能在距离负电源 100mV 时变为非线性。如果负电源为地电平，放大器输出可能会在低于 100mV 时出现失真，并且很可能在低于 20mV 时发生削波。否则，如果 **OPA320** 运算放大器的负电源设置为较小的负电压 (-0.232V)，输出将一直保持线性直至地电平。此电路可用于需要单电源放大器摆动至 0V 的任何应用。**LM7705** 使用开关电容器电压反相器将 3V 至 5V 的正电源轨转换为负电压。相关电路文档 [使用一个 LDO 为双电源运算放大器电路供电](#) 展示了一个类似的电路。



## 规格

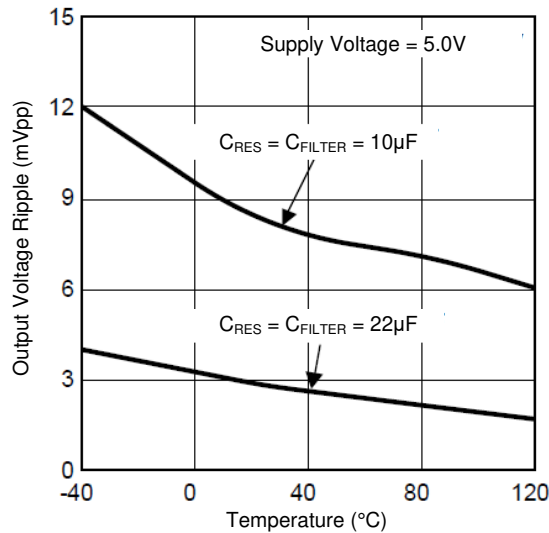
规格	测量：负电源 = GND、正电源 = 5.2V、 $V_{IN} = 5V_{pp}$ (满量程信号)	测量：负电源 = -0.232V、正电源 = 5.2V、 $V_{IN} = 5V_{pp}$ (满量程信号)
THD (ADS8860 + OPA320)	-93.2dB	-112.5dB (使用 LM7705)

## 设计说明

1. 本文档中的所有测量结果均使用第一页所示的元件值得出。上表展示了使用和不使用 [LM7705](#) 器件时，[ADS8860 + OPA320](#) 器件的性能。在该示例配置中，将输入信号特意驱动至非常接近 ADC 的满量程输入范围。
2. 该电路使用开关电容反相器通过正输入电源电压生成负电源电压。进行此反相转换会产生电源纹波和噪声。噪声通常很小，对系统性能的影响极小。然而，如果系统具有负电源，则考虑使用 [TPS7A39](#) LDO 来生成 -0.2V 电源。请参阅 [使用一个 LDO 为双电源运算放大器电路供电](#)，了解详细信息。将 LDO 解决方案 ([TPS7A39](#)) 和开关电容反相器 ([LM7705](#)) 进行比较，可发现通常 LDO 的噪声最低。在系统没有负电源的情况下，使用开关电容反相器。

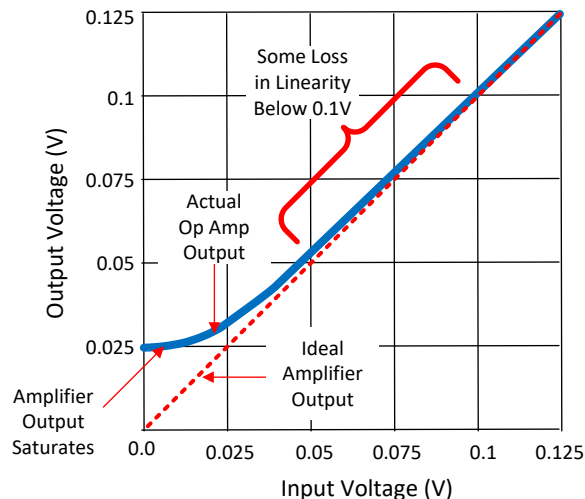
## 元件选型

1. 有关元件选型的详细信息，请参阅 [LM7705 低噪声负偏置发生器数据表](#)。该电路的一个关键问题是来自 [LM7705](#) 器件的时钟馈通噪声。可通过选择较大的电容器来尽可能降低此噪声（请参阅下图）。选择大电容器则需要权衡设计的尺寸、成本和复杂性。



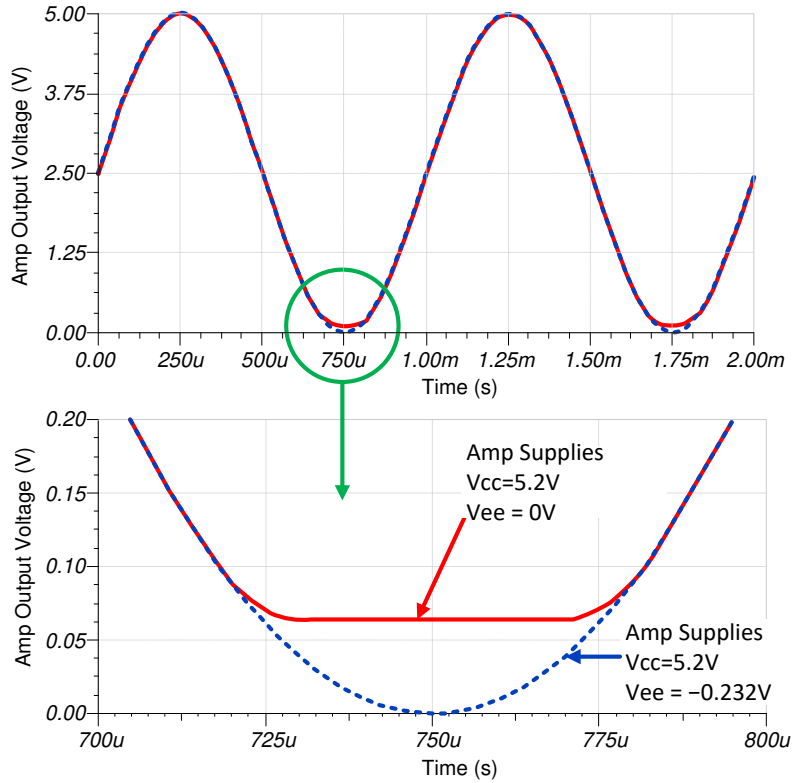
## 典型放大器的输出与输入

下图展示了当输出接近 0V 时，典型单电源 CMOS 运算放大器的输出摆幅限制。请注意，该放大器在距离负电源轨约 0.1V 处变为非线性。此外，请注意，输出在距离负电源轨 0.25V 处饱和（或削波）。使用一个小型负电源 (-0.232V) 即可消除该问题，并且输出呈现为理想曲线。



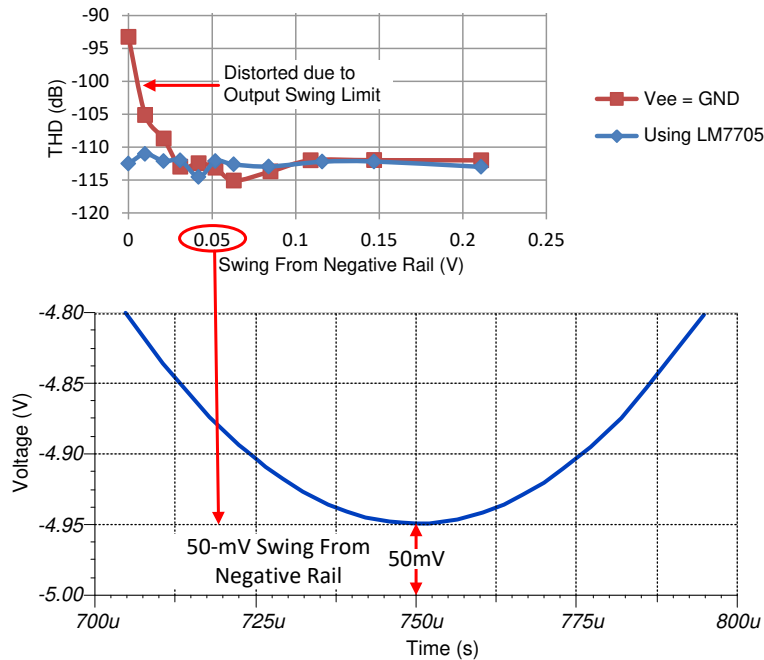
### 负电源轨上的摆幅限制导致削波

下图显示了当正弦波形接近接地时，输出摆幅限制如何使其出现失真或削波。在本示例中，向运算放大器的输入端施加 5Vpp 信号，且负电源连接到 GND 和 -0.232V。正电源连接到 5.2V，因此正电源没有输出摆幅限制。请注意，使用接地负电源的放大器的输出信号在接近接地时出现失真，而使用 -0.232V 负电源的放大器在接近接地时未出现失真。



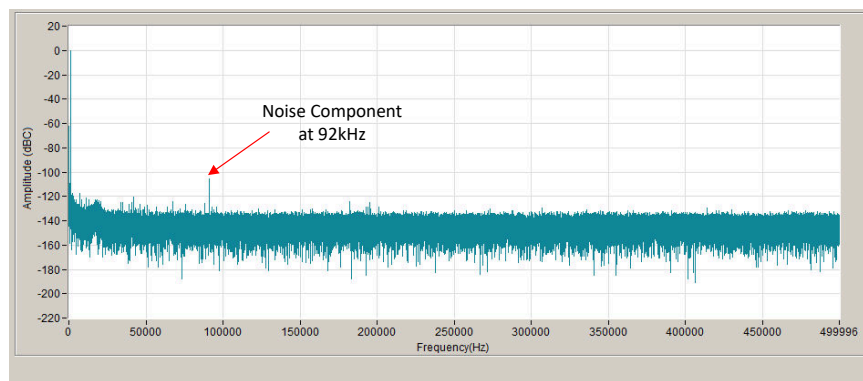
## 使用和不使用 LM7705 时测量的失真与相对于电源轨的摆幅

下图展示了使用  $-0.232\text{V}$  负电源 (LM7705) 和接地负电源时，测得的 OPA320 运算放大器 (驱动 ADS8860 SAR ADC) 的 THD。该曲线显示，使用  $0\text{V}$  负电源时，放大器输出摆动至距离电源轨小于  $50\text{mV}$  时出现失真，而使用  $-0.232\text{V}$  电源时，放大器输出未出现失真。



## 测得的 FFT 显示 LM7705 开关噪声

以下 FFT 图显示了使用 LM7705 器件生成  $-0.232\text{V}$  电源的情况下，测得的 OPA320 运算放大器 (驱动 ADS8860 SAR ADC) 的性能。这里的关键点是，在  $92\text{kHz}$  处可以观察到开关电容反相器信号的噪声。该噪声相对较低，并且对器件的 SNR 和 THD 影响很小。



器件	主要特性	链路	其他可能的器件
LM7705	开关电容电压反相器，稳压输出电压 $-0.232\text{V}$ ，输出电压纹波 $4\text{mV}_{\text{PP}}$ ，电源电压 $3\text{V}$ 至 $5.25\text{V}$	低噪声负偏置	TPS7A3901
ADS8860	16 位分辨率，SPI，1MSPS 采样速率，单端输入， $V_{\text{REF}}$ 输入范围为 $2.5\text{V}$ 至 $5.0\text{V}$	ADS7042	ADC
OPA320	20MHz 带宽、轨到轨 (零交叉失真)， $V_{\text{OS}}(\text{MAX}) = 150\ \mu\text{V}$ ， $V_{\text{OS}}(\text{DriftMAX}) = 5\ \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ， $e_n = 7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	OPA320	运算放大器

## 设计参考资料

有关 TI 综合电路库的信息，请参阅 [模拟工程师电路手册](#)。

## 修订历史记录

<b>Changes from Revision * (June 2019) to Revision A (August 2024)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	<b>1</b>

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司