

利用 ADI 公司产品进行电路设计
放心运用这些配套产品迅速完成设计。
欲获得更多信息和技术支持，请拨打 4006-100-006 或
访问 www.analog.com/zh/circuits。

连接/参考器件

AD8657	18V、精密、低功耗 CMOS 轨到轨输入/输出双通道运算放大器
ADR125	精密、低功耗 LDO 基准电压源，采用 TSOT 封装
AD5621	2.7 V 至 5.5 V、<100 μA、12 位 nanoDAC，SPI 接口

使用有源环路滤波器和 RF 预分频器的 低噪声 12 GHz 微波小数 N 分频锁相环 (PLL)

电路功能与优势

图 1 所示电路是一个 4 mA 至 20 mA 电流环路发送器，用于过程控制系统与其执行器之间的通信。除具有高性价比外，此电路还是业界功耗最低的解决方案。4 mA 至 20 mA 电流环路广泛用于采用数字或模拟输入输出的可编程逻辑控制器 (PLC) 和分布式控制系统 (DCS)。电流环路接口之所以颇受青睐，是因为它能以高性价比方式进行长距离抗扰数据传输。低功耗双通道运算放大器 AD8657、DAC AD5621 和基准电压源 ADR125 的组合，可以为微控制器和数字隔离器等更高功耗器

件提供更多功耗预算。此电路输出电流为 0 mA 至 20 mA。4 mA 至 20 mA 范围一般对应表示 DAC 或微控制器的输入控制范围，0 mA 至 4 mA 的输出电流范围则常用于诊断故障条件。12 位、5 V AD5621 需要 75 μA 的电源电流（典型值）。AD8657 是一款轨到轨输入/输出双通道运算放大器，而且是目前业界功耗最低的放大器之一（在整个电源电压和输入共模范围内，其耗电为 22 μA），工作电压最高可达 18 V。ADR125 是精密低功耗 5 V 带隙基准电压源，仅需要 95 μA 电源电流。这三个器件总共消耗 192 μA 的电源电流（典型值）。

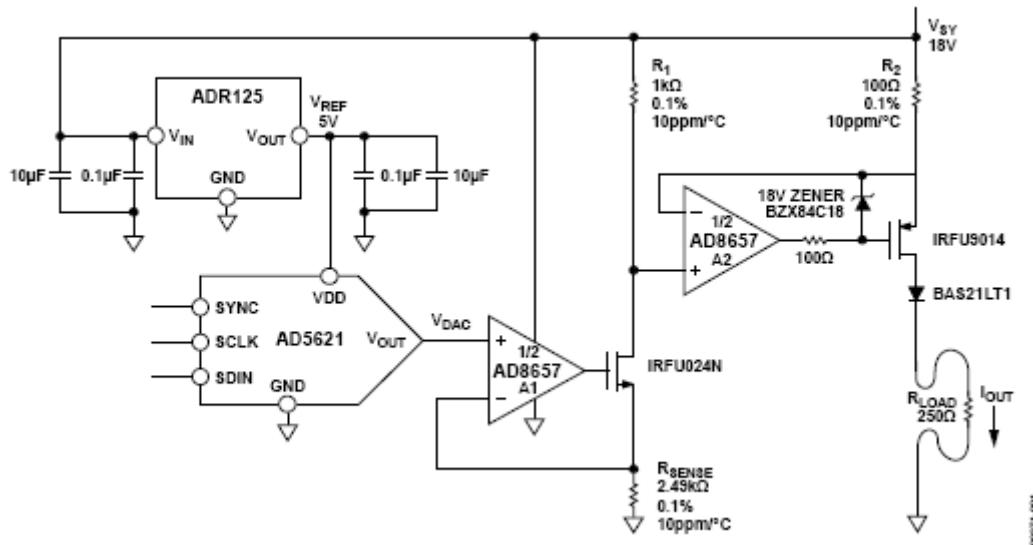


图 1. 低功耗 4 mA 至 20 mA 过程控制电流环路（原理示意图：未显示去耦和所有连接）

Rev.0

“Circuits from the Lab” 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 “Circuit from the Lab”. (Continued on last page)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

电路描述

对于工业和过程控制模块，4 mA至 20 mA 电流环路发送器用作控制单元与执行器之间的通信手段。12 位DAC AD5621位于控制单元，根据输入代码产生 0 V至 5 V之间的输出电压 V_{DAC} 。代码通过SPI接口设置。输入代码与输出电压之间的理想关系可用下式表示：

$$V_{DAC} = V_{REF} \times (D/2^{12}) \quad (1)$$

其中：

V_{REF} 为ADR125的输出电压和AD5621 的电源电压。

D 是载入AD5621的二进制代码的十进制等效值。

DAC输出电压设置流过检测电阻 R_{SENSE} 的电流：

$$I_{SENSE} = V_{DAC}/R_{SENSE} \quad (2)$$

流过 R_{SENSE} 的电流作为 V_{DAC} 的函数在 0 mA至 2 mA范围内变化。此电流会在 $R1$ 两端产生一个电压，并设置AD8657 放大器(A2)的同相输入端电压。A2 AD8657使环路闭合，并将反相输入端电压拉至与同相输入端相同的电压。因此，流过 $R1$ 的电流以 10 倍的系数镜像到 $R2$ 。这可以通过公式 3 表示：

$$I_{OUT} = I_{R2} = (V_{DAC}/R_{SENSE}) \times (R1/R2) \quad (3)$$

V_{DAC} 的范围为 0 V至 5 V，因此该电路产生的电流输出范围为 0 mA至 20 mA。

AD5621是一款 12 位DAC，属于nanoDAC系列，采用基准电压源ADR125的 5 V输出电压工作。它有一个片内精密输出缓冲器，该缓冲器能够提供轨到轨输出摆幅，因此其动态输出范围非常高。电源电压为 5 V时，AD5621消耗的电源电流为 75 μ A（典型值）。

此外，本电路解决方案需要一个轨到轨输入放大器。双通道运算放大器AD8657是绝佳选择，具有低功耗和轨到轨特性。在额定电源电压和输入共模电压范围内，该运算放大器的工作电源电流为 22 μ A（典型值）。它还提供出色的单位电流噪声和带宽性能。AD8657是功耗最低的放大器之一，工作电源电压最高可达 18 V。

ADR125是一款精密、低功耗、低压差(LDO)基准电压源。输入电压为 18 V时，静态电流仅 95 μ A（典型值）。之所以首选LDO基准电压源，是因为它能使从控制单元到执行器的环路电线承受更多压降。为了保持稳定，ADR125的输出端需要一个 0.1 μ F小电容。另外再并联一个 0.1 μ F至 10 μ F电容可以提高负载瞬态响应性能。虽然输入电容不是必需的，但建议使用。输入端可以串联一个 1 μ F至 10 μ F的电容，以改善电源电压突然变化时的瞬态响应性能。再并联一个 0.1 μ F电容

同样有助于降低电源噪声。

还需要旁路电容（图 1中未显示）。本例中，每个双通道运算的每个电源引脚上都应有一个 10 μ F钽电容与一个 0.1 μ F陶瓷电容并联。有关正确去耦技巧的详细说明，请参考教程 MT-101。

该电路解决方案输出 0 mA至 20 mA的电流。图2显示在 250 Ω 负载电阻中测得的电路输出电流。图 3所示为输出电流误差图。

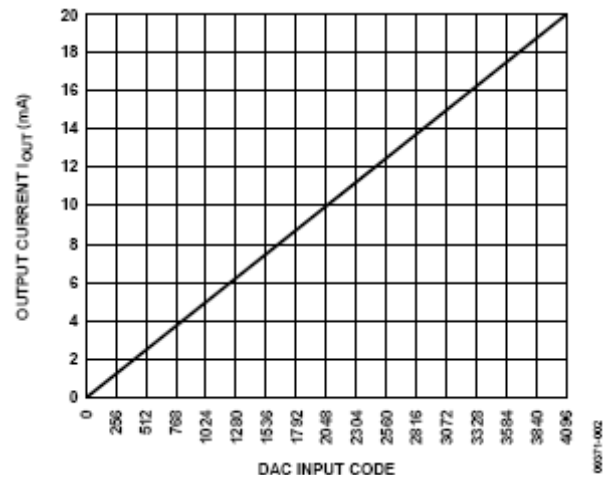


图2. 0 mA 至 20 mA 输出电流

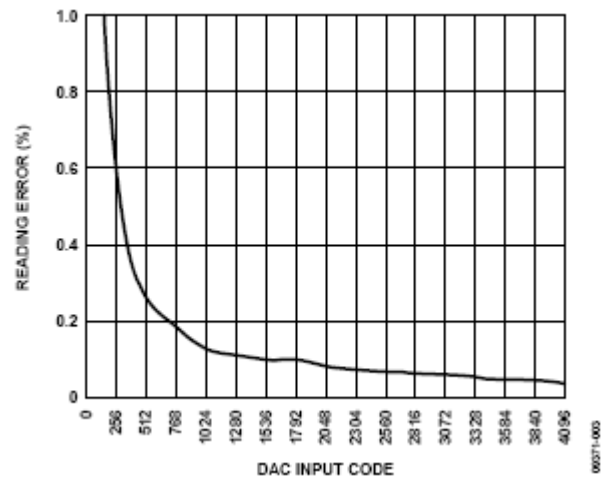


图3. 输出电流误差图

常见变化

对于 14 位或 16 位分辨率的解决方案，请考虑采用 [AD5641](#) 或 [AD5662](#)。16 V CMOS 运算放大器 [ADA4665-2](#) 是另一个选择，可以代替 [AD8657](#)。它的性价比更高，电压噪声更低，但缺点是电源电流较高。

针对此类应用选择放大器时，务必确保不要超出输入共模电压和电源电压范围。

对于更高的电源电压，请考虑采用基准电压源 [ADR02](#)，其工作电源电压最高可达 36 V。

进一步阅读

[AN-202 Application Note, *An IC Amplifier User's Guide to Decoupling, Grounding, and Making Things Go Right for a Change*](#), Analog Devices.

[AN-345 Application Note, *Grounding for Low- and High-Frequency Circuits*](#), Analog Devices.

[AN-347 Application Note, *Shielding and Guarding: How to Exclude Interference-Type Noise*](#), Analog Devices.

Colm Slattery, Derrick Hartmann, and Li Ke, "PLC Evaluation Board Simplifies Design of Industrial Process Control Systems," *Analog Dialogue* (April 2009).

Jung, Walt. *Op Amp Applications*, Analog Devices. Also available as *Op Amp Applications Handbook*, Elsevier.

Kester, Walt. 2005. *The Data Conversion Handbook*. Chapters 3 and 7. Analog Devices.

MT-015 Tutorial, *Basic DAC Architectures II: Binary DACs*. Analog Devices.

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

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*. Analog Devices. Voltage Reference Wizard Design Tool.

数据手册和评估板

[AD8657 Data Sheet](#)

[ADR125 Data Sheet](#)

[AD5621 Data Sheet](#)

[AD5641 Data Sheet](#)

[AD5662 Data Sheet](#)

[ADA4665-2 Data Sheet](#)

[ADR02 Data Sheet](#)

修订历史

12/10—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) "Circuits from the Lab" 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" 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". Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, "Circuits from the Lab" 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" at any time without notice, but is under no obligation to do so. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN09371sc-0-12/10(0)



www.analog.com