

Circuits from the Lab®参考设计是经过测试的参考设计，有助于加速设计，同时简化系统集成，帮助并解决当今模拟、混合信号和RF设计挑战。如需更多信息和/或技术支持，请访问：www.analog.com/cn/CN0429。

连接/参考器件

ADuCM355

集成化学传感器接口的精密模拟微控制器

具有传感器诊断功能的电化学气体测量系统

评估和设计支持

电路评估板

[电化学气体传感器板\(EVAL-CN0429-EBZ\)](#)

[Arduino扩展接口板\(EVAL-M355-ARDZ-INT\)](#)

[ADICUP3029 Arduino尺寸超低功耗ARM Cortex-M3](#)

[开发平台\(EVAL-ADICUP3029\)](#)

设计和集成文件

[原理图](#)、[布局文件](#)、[物料清单](#)、[软件](#)

电路功能与优势

气体检测仪器广泛应用于从家用空气质量测量设备到工业有毒气体检测解决方案的各种应用。其中许多仪器使用电化学气体传感器。这种传感器技术需要专门的前端电路来进行偏置和测量。

利用内置诊断特性（例如阻抗频谱或偏置电压脉冲与斜坡），可以检查传感器健康状况，补偿老化或温度引起的精度漂移，估计传感器的剩余寿命而无需用户干预。这种功能允许各个边缘节点更换智能、精确的传感器。集成超低功耗微控制器直接偏置电化学气体传感器并运行板载诊断算法。

图1所示电路显示了电化学气体传感器如何连接到恒电位仪电路，以及如何对其进行偏置和测量。常见的2引线、3引线和4引线电化学气体传感器可以互换使用。该信号链的集成显著缩减了传感器节点的成本、尺寸、复杂性和功耗。

Rev. 0

Circuits from the Lab® reference designs 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)

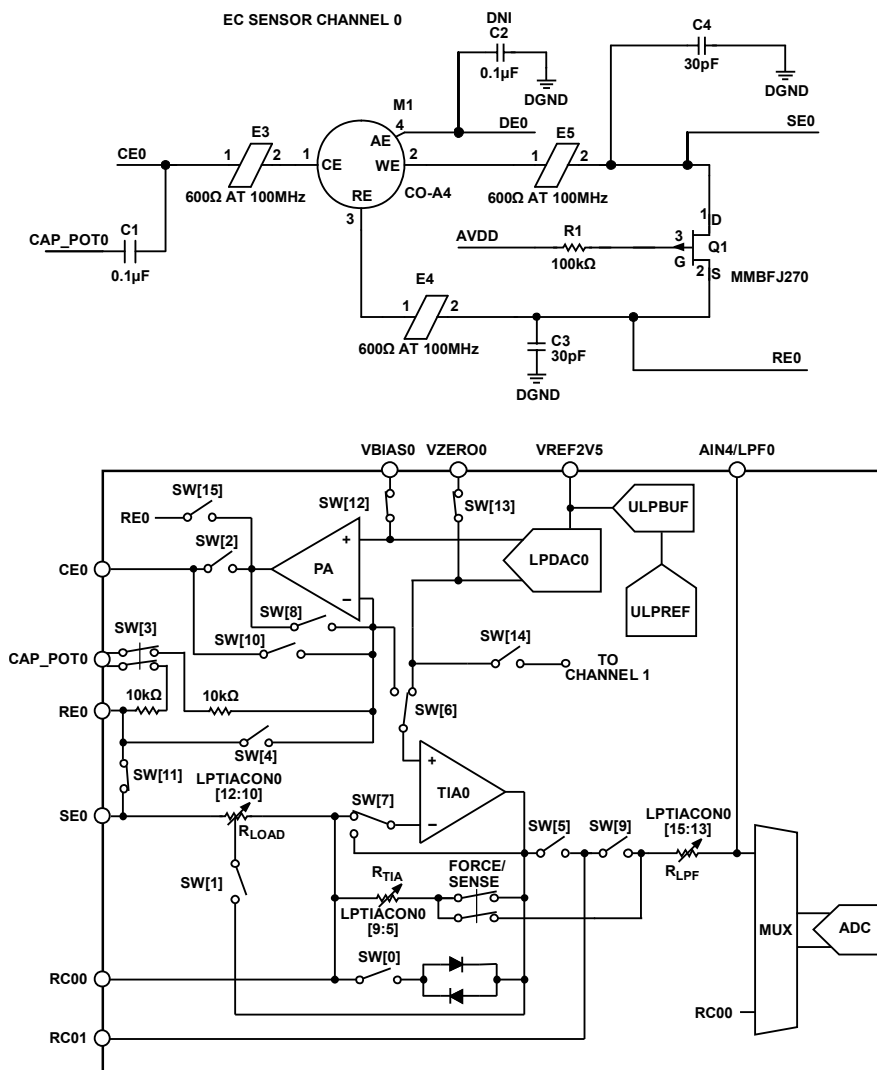


图1. 简化电路方框图

电路说明

电化学气体传感器基础知识

电化学气体检测的基本原理是目标气体在电极处发生氧化或还原，进而产生电流，测量此电流便可检测到目标气体。最常见的传感器有两个或三个电极。一些传感器还有第四个电极。在3电极配置中，各电极分别被称为工作电极(WE，也称为检测电极(SE))、参比电极(RE)和反电极(CE)。图2为这种电化学单元的简化示意图。

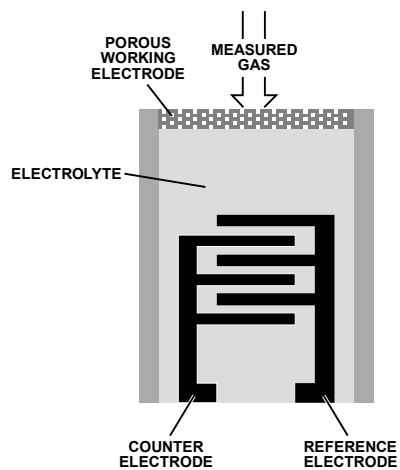


图2. 电化学气体传感器—简化图

目标气体通过多孔工作电极进入传感器室并扩散到电解质（最常见的是酸）中，在那里它被氧化或还原。此反应产生的电流随即被外部恒电位仪电路检测到，并转换为相应的电压电平。常常需要在传感器电极上施加连续或脉冲式偏置电压，以确保性能最优。对于3电极传感器，偏置电压施加于RE和WE之间。CE处发生与RE和WE之间等量但相反的反应。如果WE处发生还原反应，则CE处发生氧化反应。有关恒电位仪电路操作的更多信息，请参阅[ADuCM355硬件参考手册](#)。

电化学气体传感器与ADuCM355的连接

气体传感器的数据手册规定了传感器正常电化学操作所需的偏置电压。偏置电压是指RE和SE/WE之间的电压差。该差分电压由低功耗数模转换器(LPDACx)的输出设置。LPDACx有两个输出：一个12位分辨率的输出(VBIASx)和一个6位分辨率的输出(VZEROx)。LPDACx的VBIASx输出内部连接到功率放大器(PA)的同相端。在外部，VBIASx必须通过100 nF电容连接到AGND引脚。PA放大器的输出直接连到传感器的CE。至PA放大器反相端的反馈来自传感器的RE引脚；因此，VBIASx电压决定RE引脚电压。

LPDACx的VZEROx输出内部连接到低功耗跨阻放大器LPTIAx的同相端。请勿将此引脚用作外部电路的电压源。

电化学气体传感器本身仅通过REx、CEx和SEx端子连接到[ADuCM355](#)，可选的第四个端子可用于诊断电极(DEx)，如图1所示。

使用下式得出传感器的有效偏置电压：

$$V_{BIAS_EFF} = V_{BIAS} - V_{ZERO}$$

建议将VZERO电压设置为1100 mV，然后根据传感器数据手册中的传感器偏置电压值设置VBIAS电压。

根据传感器类型，偏置电压也可能为负。以下公式说明了如何配置DAC的正偏置电压和负偏置电压。

当所需偏置电压为正时（12位输出 ≥ 6位输出），

$$V_{VBIAS} = 0.2 \text{ V} + (LPDACDAT[11:0] \times 0.54 \text{ mV}) + 0.54 \text{ mV}$$

$$V_{VZERO} = 0.2 \text{ V} + (LPDACDAT[17:12] \times 34.38 \text{ mV})$$

当所需偏置电压为负时（12位输出 < 6位输出），

$$V_{VBIAS} = 0.2 \text{ V} + (LPDACDAT[11:0] \times 0.54 \text{ mV})$$

$$V_{VZERO} = 0.2 \text{ V} + (LPDACDAT[17:12] \times 34.38 \text{ mV})$$

其中：

LPDACDAT为低功耗DAC的数据输出控制寄存器。

0.54 mV约为12位DAC的1 LSB。

34.38 mV约为6位DAC的1 LSB。

传感器的检测/工作电极(WE)通过反相输入引脚SEx连接到LPTIAx。LPTIAx具有可编程负载电阻(R_{LOAD})和可编程增益电阻(R_{TIA})。流入/流出传感器SE电极的电流反映传感器周围的大气中的目标气体。传感器数据手册用“电流/ppm”来表示该量。LPTIAx放大器将电流转换为电压，然后通过模数转换器(ADC)进行缓冲和测量。选择 R_{TIA} 电阻值，使其最大化ADC输入范围±900 mV。 R_{TIA} 值使用下式计算：

$$R_{TIA} = \frac{0.9 \text{ V}}{\text{Sensitivity} \times \text{Max_Range}}$$

其中：

0.9 V为ADC输入范围。

Sensitivity定义为nA/ppm。

Max_Range为传感器的最大范围，单位为ppm。

微控制器可以计算流入/流出SEx引脚的电流，并确定目标气体的ppm水平。

有关所用公式的更详细信息，请参阅[ADuCM355硬件参考手册](#)。

传感器健康状况诊断和预期寿命

不同制造商以及针对不同目标气体的电化学气体传感器，寿命也会不同。有关预期寿命的信息可在传感器制造商的数据手册中找到。然而，实际寿命强烈依赖于储存和工作条件。

电化学气体传感器的寿命和需要定期校准，是这类传感器最具挑战性的方面。因此，人们希望能够直接在仪器中监测传感器的健康状况。

ADuCM355内置波形发生器和离散傅里叶变换(DFT)模块，通过对反电极应用交流信号扫描可实现阻抗频谱测量。该测量可显示电极之间电荷转移的质量，从而有效检测传感器电解质的老化情况。实验室测试表明传感器的阻抗和灵敏度之间有很好的相关性。

检测传感器健康状况的其他方法包括脉冲测试和斜坡测试。这些测试是在偏置电压之上施加一个电压脉冲或斜坡，以分别测试传感器响应度和电荷转移。

所有这些测量结果与ADuCM355上运行的算法相结合，有助于改善电化学气体传感器的精度、性能和寿命。为实现这种级别的智能诊断和预测，需要通过测试（例如加速老化）来获得大量传感器的特征。有关此类数据，请与传感器制造商联系。

温度和湿度补偿

传感器板上提供了外部温度和湿度传感器。它通过I²C接口连接到ADuCM355。大多数电化学传感器的性能会随温度和湿度而变化，因此需要补偿这些影响。

常见变化

该电路使用3引线电化学气体传感器（CE、RE、WE）进行测试。但是，它也可以支持4引线（CE、RE、WE1、WE2）和2引线传感器（CE和WE）。

四引线传感器有多种电极配置。第四电极可用作附加诊断电极(DE)。

有些传感器可以检测两种气体，在这种情况下，第四电极被配置为工作电极（例如CO和H₂S组合传感器）。

电路评估与测试

该电路使用EVAL-CN0429-EBZ气体传感器板、EVAL-M355-ARDZ-INT扩展板和EVAL-ADICUP3029 Arduino兼容平台板。关于此平台的用户指南，请访问www.analog.com/cn/EVAL-ADICUP3029。

设备要求

需要以下设备：

- 具有USB端口和Windows® 7（32位）或更高版本的PC
- EVAL-ADICUP3029 Arduino兼容平台并加载CN-0429固件
- EVAL-M355-ARDZ-INT扩展板
- EVAL-CN0429-EBZ气体传感器板
- 合适的电化学气体传感器（例如Citytech 4CF + CiTiceL CO传感器或Alphasense CO-A4传感器）
- USB A型转USB微型电缆
- 串行终端软件（PuTTY、TeraTerm或类似软件）
- 一氧化碳报警测试仪喷雾器（可选，仅适用于CO传感器）或其他目标气体源

系统设置

测量系统包括一片主板(EVAL-ADICUP3029)、一个转接板和最多四个气体传感器子板（见图3）。这四种气体配置广泛用于有毒气体和空气质量应用。

系统采集的传感器数据通过虚拟COM端口接口发送到PC，可以在其中显示和处理。

设置电路进行评估的步骤如下：

1. 将四个 EVAL-CN0429-EBZ 板插入 EVAL-M355-ARDZ-INT 扩展板，然后插入 EVAL-ADICUP3029 电路板。
2. 确保 EVAL-M355-ARDZ-INT 和 EVAL-CN0429-EBZ 评估板上的开关设置正确。
3. 将 EVAL-ADICUP3029 虚拟COM USB 端口连接到PC。
4. 设置串行终端软件以匹配CN-0429固件的设置，并选择正确的虚拟COM端口。
5. 按下 EVAL-ADICUP3029 板上的复位按钮，软件显示气体测量步骤。

EVAL-CN0429-EBZ电路板附带专用固件，但也提供了条件来供用户编写新固件。EVAL-CN0429-EBZ板可由EVAL-ADICUP3029的调试器部分通过USB进行编程。但是，这需要切割三条走线并使用附带的电缆连接到EVAL-M355-ARDZ-INT。其他方案是使用额外的EVAL-ADICUP3029，或使用外部调试器。详细说明请参考CN-0429用户指南。

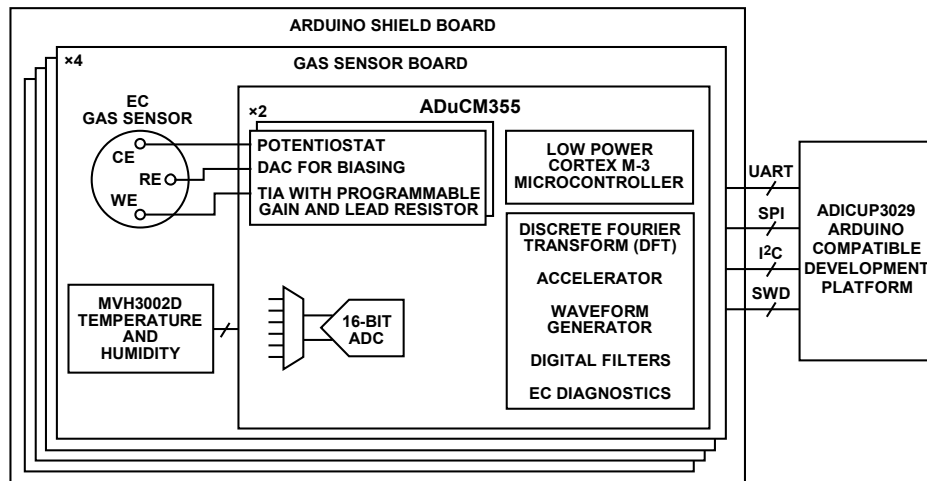
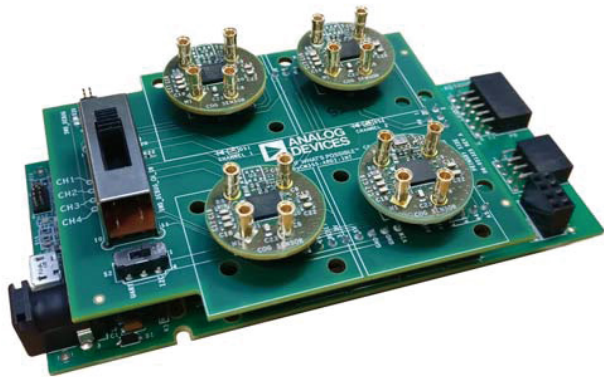


图3. 简化电路方框图

17302-003

通信接口

EVAL-ADICUP3029的示例代码通过EVAL-ADICUP3029微控制器和PC之间的虚拟COM端口提供简单的用户界面。使用TeraTerm等串行端口应用程序可以访问用户界面。用户可以通过该界面配置传感器并读取传感器数据。有关此用户界面操作的更多信息，请参阅CN-0429用户指南。



17302-004

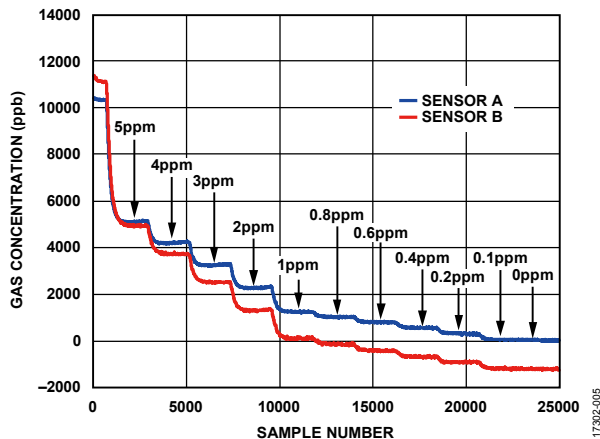
图4. 系统设置—EVAL-ADICUP3029，连接四个气体传感器板

传感器板上的14引脚连接器提供电源以及SPI、I²C、UART通信接口。用户如果决定不使用EVAL-M355-ARDZ-INT，那么可以使用这些接口中的任何一个接口来与传感器板通信。使用哪个接口取决于用户偏好和ADuCM355上加载的固件。如果实现尽可能低的电源电流至关重要，建议使用SPI接口。

测试

通过测量已校准气室中的CO气体浓度来评估系统性能。图5显示了两种不同CO传感器测量结果的比较。

还可以使用其他更简单的测试方法来快速验证电路的基本功能。对许多传感器呼气时，传感器会显示出一定的响应。另外，可以使用无毒的一氧化碳报警测试仪器喷雾器来激发传感器。



17302-005

图5. 两个CO传感器的测试结果比较

更多资料

CN-0429设计支持包:

www.analog.com/cn/CN0429-DesignSupport

数据手册和评估板

[CN-0429电路评估板\(EVAL-CN0429-EBZ\)](#)

[ADuCM355数据手册](#)

修订历史

2018年11月—修订版0: 初始版

I²C指最初由Philips Semiconductors (现为NXP Semiconductors) 开发的一种通信协议。

(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs 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 reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN17302sc-0-3/19(0)



www.analog.com/cn