

基于电化学传感器的ADI低功耗有毒气体检测解决方案

应用简介

有毒气体存在于许多工业环境之中, 比如油井、采矿、塑料生产、造纸等。随着人们对个人安全的日益重视, 对低功耗便携式有毒气体检测器的需求正呈快速增长之势。这种检测器可以让工人随身携带, 也可每隔一定距离安装在工作现场。多数便携式低功耗有毒气体检测器都是以电化学传感器为基础的, 涵盖工业环境中的多数常见气体, 比如一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、硫化氢(H₂S)、和二氧化氮(NO₂)。与其他有毒气体检测方法相比, 电化学传感器具有功耗低、交叉灵敏度低、长期稳定性出色等特点, 非常适合电池供电的便携式应用。

系统设计考虑因素

低功耗

有毒气体检测需要在尽可能无需维护的情况下持续地对环境进行监控。因而, 尽量延长电池寿命对这种应用来说是非常重要的。由于电化学气体传感器只需极少电流即可工作, 因此剩下的信号调理和数据传输电路在实现系统低功耗方面发挥着关键作用。

高可靠性

在某些工业环境中, 人的生命依赖于有毒气体检测器, 为此这些检测器需要高度可靠。高精度、抗干扰能力以及出色的长期稳定性, 这些都是设计过程中需要考虑的重要因素。为了实现这一目标, 就需要精确、强健、低漂移的信号链。

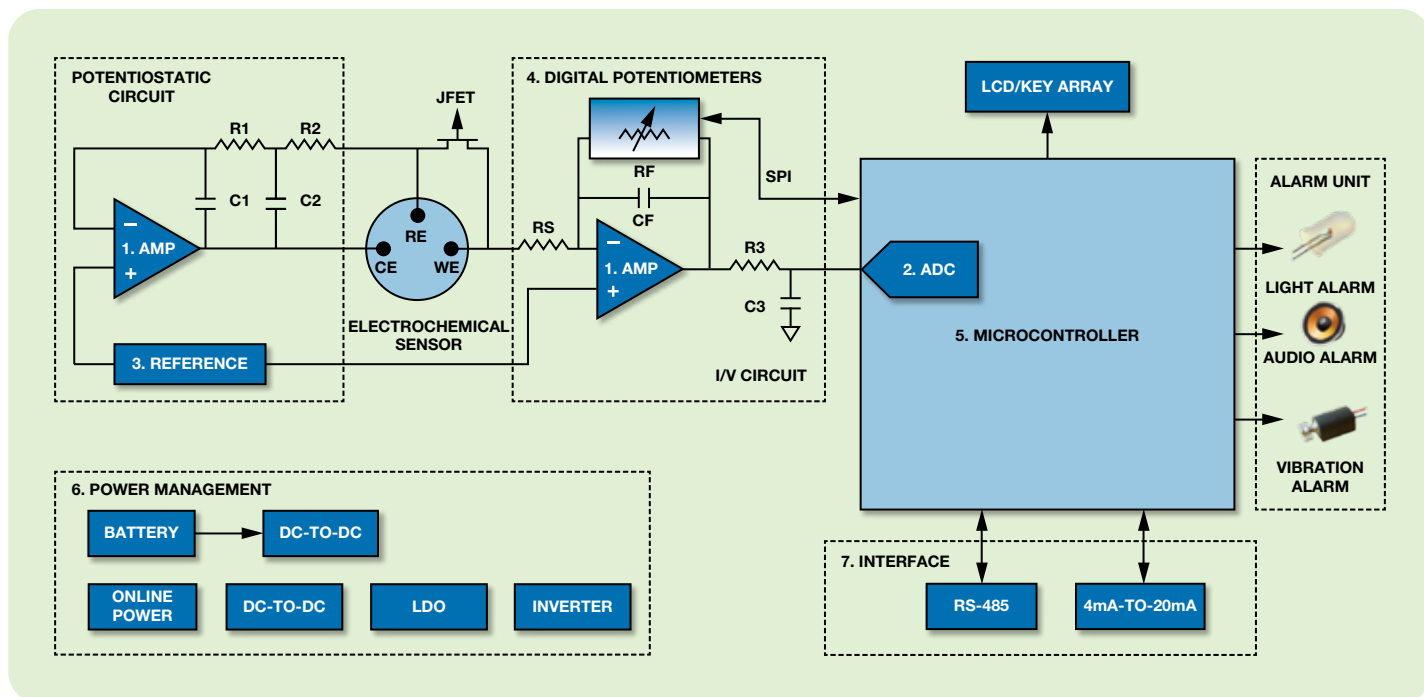
降噪

为了充分发挥电化学传感器的动态范围的优势, 在设计信号链时需要考虑降噪问题。

ADI公司解决方案

系统框图

以下是一种有毒气体检测器的系统框图, 其中包括气体传感器、恒压电路、I/V电路(电流-电压转换)、微控制器、供电电路、接口和报警单元。



注: 上述信号链代表气体检测器设计。模块的技术要求可能不同, 但下表列出的产品代表满足部分要求的ADI解决方案。

1. 放大器	2. ADC	3. 基准电压源	4. 数字电位计	5. 微控制器	6. 电源管理	7. 接口
ADA4505-2/AD8502/ ADA4051-2/ADA4528-1	AD7788/AD7790/ AD7798	ADR291/ADR280/ ADR3425	AD5271	ADuC7023	ADP2503/ADM8828/ ADP2301/ADP160	AD5420/ADM2483/ AD5749

对于上图中的电化学传感器，工作电极(WE)检测有毒气体，并根据气体浓度按比例产生电流，参考电极(RE)使工作电极的电压保持稳定，以便传感器工作于线性范围之内，辅助电极(CE)可以使WE节点上产生的电流达到平衡。恒电位电路保持RE节点电压，并提供CE节点产生的电流。I/V电路把电流信号转换为电压信号传送到ADC(无论是集成在MCU中还是分立式)。包括LCD和键阵列在内的人机接口用于系统设置和显示。LED、蜂鸣器和振动电机有助于提高警报的可靠性。

低功耗：正常条件下¹，实验室电路中的ADI放大器、dc-to-dc转换器和基准电压源需要消耗大约100 μA的电流。单电源工作模式可以避免双极电源的功耗浪费问题²。

高可靠性：ADI致力于提供精确、低漂移的信号链产品，如放大器、基准电压源和ADC等，以帮助设计师构造出精确、稳定的系统。相应的产品列于下面的主要产品表中。另外，运算放大器反馈回路RC (R1、R2、C1、C2)滤波器、串联电阻Rs和反馈电容Cf将使系统保持稳定，以抵消气体传感器极大的电容(mF量级)带来的影响。

降噪：由于受传感器限制的慢速响应(约30秒)，ADC之前的RC (R3、C3)滤波器的截止频率可以设为极低水平很低¹。不但可以降低系统的白噪声，而且也可降低1/f噪声，从而优化系统分辨率。关于ADC分辨率，ADI提供多种选择，例如分立式16位ADC和集成在MCU里的12位ADC。

主要产品

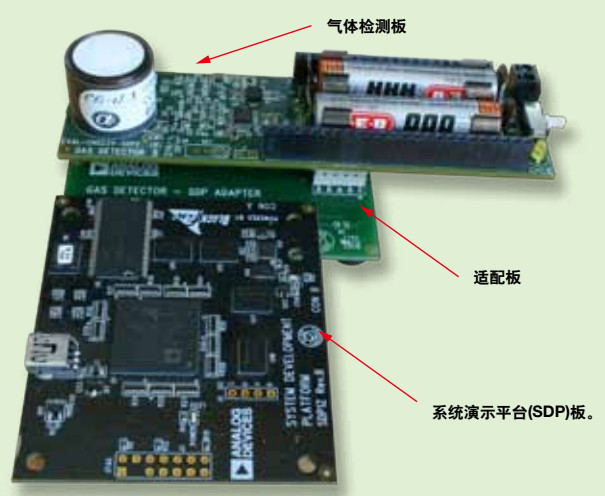
产品型号	描述	优势
放大器		
ADA4505-2	10 μA静态电流、2 pA偏置电流、轨到轨输入/输出、零输入交越失真放大器；电源抑制比(PSRR): 100 dB(最小值)；共模抑制比(CMRR): 105 dB(典型值)	低功耗，适用于便携式仪器仪表，较高的电源抑制比，即使不使用调节器也不会对精度造成大的影响
AD8502	1 μA静态电流、10 pA偏置电流、轨到轨输入/输出	超低功耗，低偏置电流有助于提高转换精度
ADA4051-2	17 μA静态电流、零漂移0.1 μV/°C(最大值)、50 pA偏置电流、轨到轨输入/输出	低功耗、低偏置电流、零漂移有助于保证输出的长期稳定
ADA4528-1 ²	零漂移15 nV/°C(最大值)、超低噪声97 nV p-p(0.1 Hz至10 Hz)	零漂移和低噪声有利于打造精度超高的系统
ADC		
AD7788	80 μA最大静态电流、16.6 Hz固定采样率、16位峰峰值分辨率	超低功耗Σ-Δ ADC、高分辨率、高精度、低成本
AD7790	80 μA最大静态电流、输出更新速率最高达120 Hz、16位峰峰值分辨率 @ 33 Hz采样率、14位峰峰值分辨率 @ 120 Hz采样率	超低功耗Σ-Δ ADC、高分辨率、高精度
AD7798	140 μA最大静态电流、采样率最高达470 Hz、16位峰峰值分辨率(任意采样速率)	低功耗Σ-Δ ADC、高分辨率、高精度
基准电压源		
ADR291	2.5 V输出、12 μA静态电流、低噪声8 μVp-p(0.1 Hz至10 Hz)	低功耗、低噪声
ADR280	1.2 V输出、16 μA静态电流	低功耗、成本效益突出
ADR3425	2.5 V输出、85 μA静态电流、8 ppm/°C、30 ppm/1000小时	低成本、低功耗、低漂移，出色的温度稳定性和长期稳定性
数字电位计		
AD5271	256位分辨率、20 kΩ和100 kΩ电阻、±1% 容差误差、5 ppm/°C漂移、1 μA电源电流	不同气体传感器采用同一封装模式和物料清单
微控制器		
ADuC7023 ²	精密模拟微控制器、10通道12位SAR ADC、62K Flash、8K SRAM、ARM7TDMI MCU；最高20 GPIO	SoC，与信号高度集成，此外MCU有利于小尺寸应用；存储器更大，便于数据存储

¹ 有关器件明细和描述，请参阅本文最后列出的实验室电路和应用笔记。
² 在工业变送器应用等一些情况下，低功耗并不是关键因素(比如在线12V电源供电)。在这种情况下，可以使用双电源和功耗较高的器件，以提高性能和设计灵活性。针对这种情况的某些器件同样列在下面的主要产品表中。

主要产品 (续)

产品型号	描述	优势
电源管理		
ADP2503	38 μ A静态电流; 2.5 MHz降压-升压dc-to-dc转换器, 支持的输入电压可以大于、小于或等于调节输出电压	低功耗可延长电池寿命, 小型封装、少量外部器件只需较小的PCB空间
ADM8828 ²	无电感的电压反相器, 两个1 μ F外部电容	小型封装、少量外部器件只需较小PCB空间
ADP2301 ²	3.0 V至20 V输入、1.2 A, 1.4 MHz频率、效率最高可达91%、电流模式控制架构	SOT-23-6小型封装, 只需极少的外围元件, 小尺寸解决方案
ADP160	2.2 V至5.5 V输入, 150 mA最大输出电流, 1%初始精度, 多达15个固定输出电压选项: 1.2 V至4.2 V; 低静态电流: 42 μ A	低功耗、集成输出放电电阻、小型封装只需2个1 μ F外部电容
接口		
AD5420 ²	16位分辨率; 电流输出范围: 0 mA至24 mA, 0.01% FSR典型总不可调整误差; 3 ppm/ $^{\circ}$ C典型输出漂移; 片内基准电压源(10 ppm/ $^{\circ}$ C最大值)	16位分辨率和单调性, 支持HART通信
ADM2483 ²	半双工, 500 kbps数据速率, 5 V或3 V工作电压, 低功耗: 2.5 mA(最大值)、2.5 kV隔离	低功耗、具竞争力的价格
AD5749 ²	4 mA至20 mA驱动器, 电流输出范围: 0 mA至24 mA或4 mA至20 mA, 0.03% FSR典型总不可调整误差(TUE)、5 ppm/ $^{\circ}$ C典型输出漂移	低成本、精密4 mA至20 mA驱动器

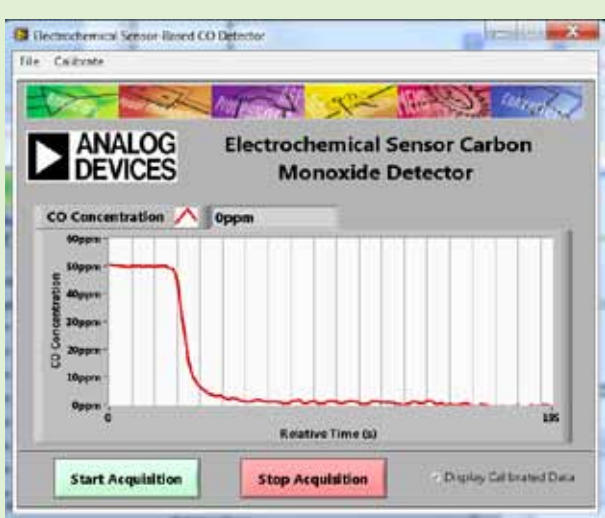
气体检测演示系统



气体检测板

适配板

系统演示平台(SDP)板。



左图所示演示系统采用默认的CO电化学传感器检测CO浓度。系统包括气体检测板(用于功能实现)、适配器板和SDP板,通过连接PC用于支持系统演示。右图是利用基于NI LabView特定PC程序实现的一个演示结果。

¹ 有关器件明细和描述, 请参阅本文最后列出的实验室电路和应用笔记。

² 在工业变送器应用等一些情况下, 低功耗并不是关键因素(比如在线12V电源供电)。在这种情况下, 可以使用双电源和功耗较高的器件, 以提高性能和设计灵活性。针对这种情况的某些器件同样列在下面的主要产品表中。

设计资源

Circuits from the Lab™实验室电路

- 使用电化学传感器的单电源、微功耗有毒气体检测器 (CN0234)—www.analog.com/zh/CN0234

应用笔记/文章

- “低功耗有毒气体检测器设计”模拟对话第46卷，2012年2月—www.analog.com/library/analogDialogue/china/archives/46-02/gas_detector.html

设计工具/论坛

- ADIsimPower™：ADI稳压器设计工具—www.analog.com/adisimpower
- ADIsimOpAmp™：ADI运算放大器设计工具—www.analog.com/adisimopamp
- ADI中文技术论坛：在线技术支持社区—www.analog.com/zh/forum

欲查看有关气体检测器的其他资源、工具和产品信息，请访问

www.analog.com/zh/instrumentation

亚洲技术支持中心 4006-100-006

模拟与其他线性产品	china.support@analog.com
嵌入式处理与DSP产品	processor.china@analog.com
免费样片申请	www.analog.com/zh/sample
ADI在线技术论坛	www.analog.com/zh/forum
网址	www.analog.com/zh/CIC

Analog Devices, Inc.
Worldwide Headquarters
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

亚太区总部
上海市黄浦区湖滨路 222 号
企业天地大厦 22 层
邮编：200021
电话：(86 21) 2320 8000
传真：(86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心 4205-4210 室
邮编：518048
电话：(86 755) 8202 3200
传真：(86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编：100085
电话：(86 10) 5987 1000
传真：(86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编：430073
电话：(86 27) 8715 9968
传真：(86 27) 8715 9931

亚洲技术支持中心
免费热线电话：4006 100 006
电子邮箱：
china.support@analog.com
技术专栏：
www.analog.com/zh/CIC
样品申请：
www.analog.com/zh/sample
在线技术论坛：
www.analog.com/zh/forum