

低输入偏置电流前端 SAR ADC 电路

Mike Stout

输入	ADC 输入	数字输出 ADC122S021
VinMin = 0.03V	IN1 = 0.14	115 = 0x073
VinMax = 1.07V	IN1 = 4.88	3998 = 0xF9E
VinMin = 0V	IN2 = 0V	0 = 0x000
VinMax = 1V	IN2 = 1V	819 = 0x333

电源	
V+, VA	V–
5V	0V

设计说明

本设计展示了如何使用低 I_{bias} 放大器来驱动 SAR ADC。具有高输出阻抗的传感器需要具有低输入偏置电流的放大器，以便最大限度减小误差。可能会用到这类传感器的应用示例包括 [气体检测仪](#)、[血液气体分析仪](#) 和 [空气质量探测器](#)。在本设计中，所使用的传感器为 pH 探针。pH 探针的输出阻抗可达 $10M\Omega$ 至 $1000M\Omega$ 。如果将输出阻抗为 $10M\Omega$ 的 pH 探针与具有 $3nA$ 输入偏置电流的运算放大器搭配使用，则由于该运算放大器的输入偏置电流导致的误差将会是 $30mV$ 。使用 [组件选择](#) 部分中所述的输入信号幅度和增益时， $30mV$ 相当于大约 2.9% 的误差。如果使用的是输入偏置电流为 $3fA$ 的运算放大器，那么误差会降低至 $30nV$ 。

pH 传感器的输出不会快速改变，因此设计中可使用速度较慢的 ADC。来自 pH 传感器的值会随温度变化而变化，所以设计中选用了双通道 ADC，以便使用其中一个通道来监控温度。本设计中所使用的 ADC122S021 是一款双通道 12 位 ADC，其采样速率最高可达 $200ksps$ 。

规格

规格	计算值	仿真值	测得值
Ibias	20fA	118fA	20fA

设计说明

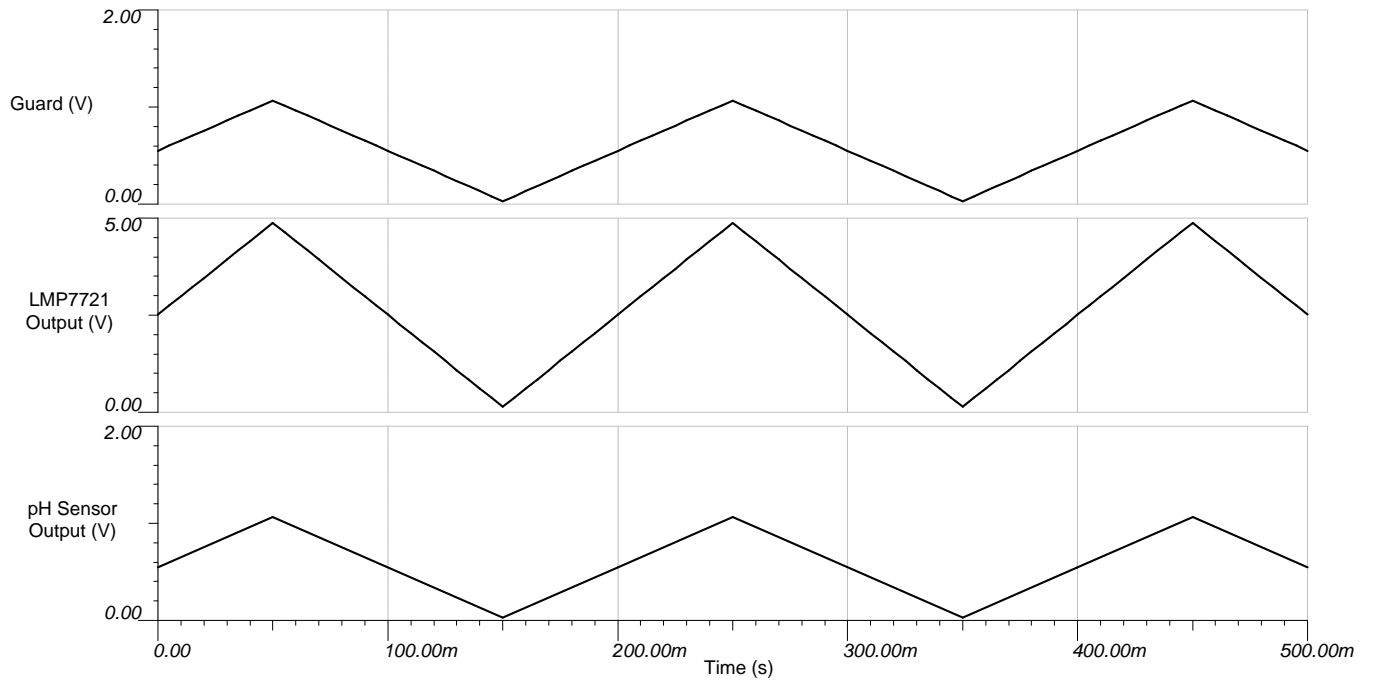
1. 使用 COG (NPO) 型 C3 和 C6 电容器。
2. 每个 IC 都应拥有一个 0.1 μ F 的旁路电容器。
3. PCB 布局非常重要。请参阅《[LMP7721 多功能评估板用户指南](#)》。
4. PCB 必须清洁干净。请参阅《[LMP7721 多功能评估板用户指南](#)》。
5. 如需了解有关低漏电设计的更多信息，请参阅《[设计具有低漏电流的飞安级电路](#)》。

组件选择

1. pH 传感器的输出电压会随温度变化而变化。其在 0 $^{\circ}$ C 下的输出为 54.2mV/pH，在 25 $^{\circ}$ C 下的输出为 59.16mV/pH，在 100 $^{\circ}$ C 下的输出为 74.04mV/pH。这意味着，100 $^{\circ}$ C 时 pH 传感器在其偏置点两边的最大摆幅为 ± 518.3 mV。LMP7721 的最大输出应限制在 ± 2.4 V 范围内，以便能够留出一定的余量。这会将 LMP7721 的增益设置为：
 $2.4\text{V} / 0.5183\text{V} = 4.6\text{V/V}$
 $R2 = 3.57\text{k}\Omega$ 和 $R1 = 1\text{k}\Omega$ 这两个设置电阻器将会设置该增益。
2. 由于 LMP7721 的输入必须在 0V 到 5V 范围内，因此需将 pH 传感器偏置至接地电平之上。分压器配置中的 $R3 = 13.7\text{k}\Omega$ 和 $R4 = 1.69\text{k}\Omega$ 电阻器会将 U1 的输入设置为：
 $5\text{V} \cdot 1.69\text{k}\Omega / (1.69\text{k}\Omega + 13.7\text{k}\Omega) = 549\text{mV}$
U1 的增益为 1V/V，因此 pH 传感器的偏置电压也会是 549mV。由于 pH 传感器可以从偏置点向下摆动 -518.3mV，因此这可以确保 LMP7721 的输入高于接地。LMP7721 的输出将会集中在：
 $0.549\text{V} \cdot 4.6\text{V/V} = 2.52\text{V}$
而且，其输出可以从该中心点上下摆动 ± 2.4 V。
3. U5 用于设置防护环的电压。它的增益被设置为 1V/V，输入则是 LMP7721 的 -IN 引脚上的信号。
4. LMP7721 的输出与 ADC122S021 SAR ADC 的某个输入相连。ADC 的采样电容器为 33pF，放置在 ADC 引脚旁边的外部电容器需要是该值的 10 倍，即 330pF。设计中以串连方式添加了一个 20 Ω 的小型电阻器，以便将该电容器与 LMP7721 隔开。
5. 由于 pH 传感器的输出会随温度变化而变化，所以将温度传感器 LM35 连接到了 ADC122S021 的通道 2。该温度传感器的输出上使用了一个 330pF 的电容器以及一个 20 Ω 的串连电阻器。

直流传输特性

下图展示了 LMP7721 的 pH 传感器输入、防护电压和 LMP7721 输出。这些数据都是在 100°C 情况下测得的，此时 pH 传感器具有最大的输出摆幅。



设计中采用的器件

器件	主要特性	链接	类似器件
ADC122S021	12 位, SPI, 双通道, 50ksps 至 200ksps, 单端输入	www.ti.com.cn/product/cn/adc122s021	www.ti.com.cn/adcs
LMP7721	3fA 的超低输入偏置电流, 25°C 时的额定限制为 ± 20 fA, 失调电压 $\pm 26\mu\text{V}$, GBW 17MHz	www.ti.com.cn/product/cn/lmp7721	www.ti.com.cn/opamps
LMP7715	输入失调电压 $\pm 150\mu\text{V}$, 输入偏置电流 100fA, 输入电压噪声 5.8nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$, 增益带宽积 17MHz	www.ti.com.cn/product/cn/lmp7715	www.ti.com.cn/opamps
LM35	直接在摄氏度下进行校准, + 10mV/ $^{\circ}\text{C}$ 线性比例因数, 可确保 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 的精度 (在 25 $^{\circ}\text{C}$ 下), 额定温度为 -55 $^{\circ}\text{C}$ 至 150 $^{\circ}\text{C}$ 的整个范围	www.ti.com.cn/product/cn/lm35	http://www.ti.com.cn/zh-cn/sensors/temperature-sensors/overview.html

设计参考资料

请参阅《[模拟工程师电路说明书](#)》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

修订历史记录

修订版本	日期	更改
A	2019 年 3 月	缩短了标题并将标题角色更改为“数据转换器”。 添加了电路指导手册登录页面的链接。

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司