

防止模拟开关的 额外电流消耗

Prasad Dhond

标准线性 and 逻辑产品

摘要

模拟开关广泛应用于对电池供电型应用（如移动电话）中的音频信号进行开关控制。在许多情况下，开关直接从电池获得电源，但是它从电压更低的处理器 GPIO 接收控制信号。对于大多数模拟开关而言，此应用条件将产生额外的电源电流，这是系统设计人员所不希望看到的。本应用报告阐述了出现额外电流消耗的原因，并介绍了解决此问题的有效方法。

关键词语： TS、模拟开关、开关、 I_{CCT} 、 ΔI_{CC} 、电压转换、低阈值控制输入

内容

1	额外电流消耗的原因	2
2	模拟开关应用中的额外电流消耗	4
3	如何解决额外电流消耗问题	6
4	汇总和总结	9
附录 A	测试设置	10

附图目录

1	视频编码结构图 [1]	3
2	宏块编码循环	4
3	运动估值循环	4
4	DM64x 上的像素内插	5
5	宏块重构循环	5
6	9-SAD 表	7
7	ME 的 4 步快速搜索方案	8
8	视频编码器中的视频帧的数据依赖关系	9
9	视频编码缓冲方案	10
10	视频编码中 PI 的存储器缓冲偏移	11
11	ME 的 QDMA 管理	12
12	算法内核的高速缓存效率分析	13
13	高速缓存效率系统级别分析	13

附表目录

1	视频处理步骤	10
2	基于帧的 ME 的 QDMA 通道和优先级利用	12
3	DM642 上的 MPEG2 编码器 L1 高速缓存性能	14

1 额外电流消耗的原因

CMOS 逻辑电路的输入阈值电压通常设计为等于电源电压 (V_+) 的二分之一。大于 $V_{IH(MIN)}$ 的输入信号将被识别为有效逻辑高电平，而小于 $V_{IL(MAX)}$ 的输入信号则被识别为有效逻辑低电平。但是，如果输入信号不是始终驱动到 V_+ 以上或始终驱动到 GND 以下，则它将导致更高的电源电流，如图 1 中所示。

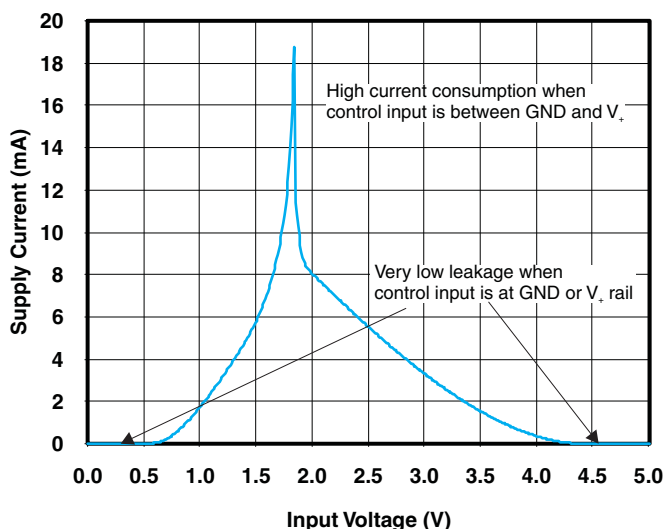


图 1. TS5A3159A 的电源电流与控制输入电压 ($V_+ = 5\text{ V}$)

通过观察简单 CMOS 反向器的结构 (如图 2 中所示)，您便可以了解额外电流的原因。在输入端应用与 V_+ (高) 相等的电压时，上方的 p 通道晶体管 (P1) 将截止，而下方的 n 通道晶体管 (N1) 将导通。此时会通过晶体管 N1 将输出拉至 GND (低)。同样，在输入端应用与 GND (低) 相等的电压时，N1 将截止，而 P1 将导通，此时会通过晶体管 P1 将输出拉至 V_+ (高)。如果将输出状态从高改为低，则晶体管 P1 将开始截止，而晶体管 N1 将开始导通。如果 V_{IN} 是从 V_+ 或 GND 中分离的某个晶体管阈值电压 (V_{TT})，例如 $(V_+ - V_{TT}) > V_{IN} > (GND + V_{TT})$ ，则 P1 和 N1 都将部分导通。这会产生穿越性电流 I_+ ，它从 V_+ 流向 GND。当 $V_{IH(MIN)} > V_{IN} > V_{IL(MAX)}$ 并且出现大的电流峰值时，此效应最为明显。在将输出从低切换至高时，也会出现类似情况。

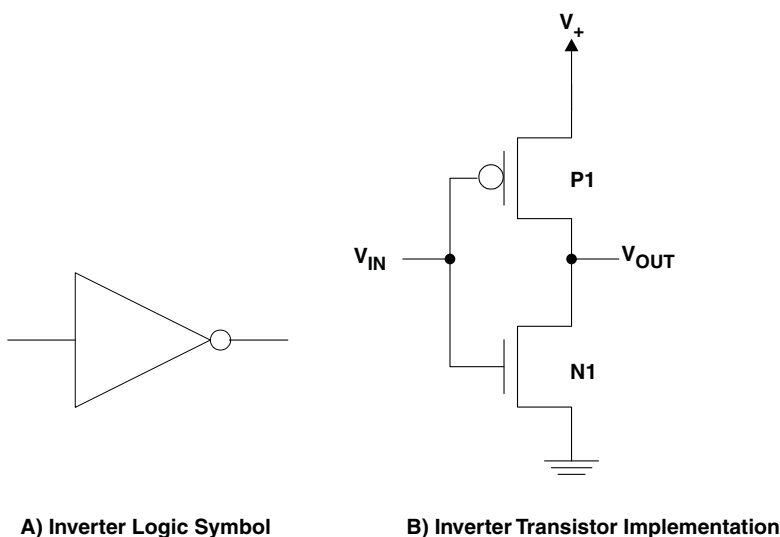


图 2. 简单 CMOS 反向器

正如图 3 中所示，模拟开关的控制块是使用 CMOS 逻辑电路构建的，因此容易受到此相同电源消耗问题的影响 (如果控制输入电压不在电压轨 (V_+ 或 GND) 上)。在电池供电型应用中，任何额外电流消耗都是不可容忍的，因此必须从一开始就了解和解决这个问题。

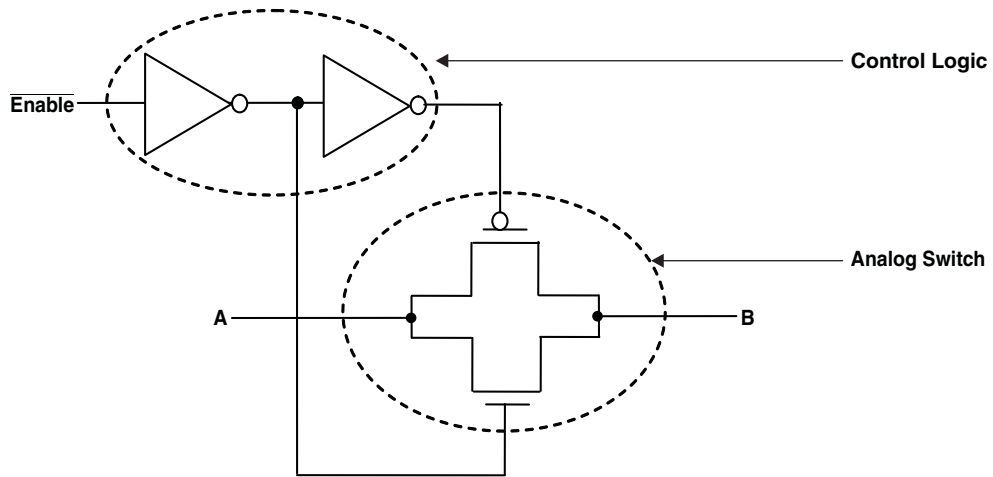


图 3. 典型模拟开关的内部结构

2 模拟开关应用中的额外电流消耗

模拟开关广泛用于需要传输音频信号的多种应用中。图 4 中突出显示了典型的使用案例。需要为此模拟开关提供 5V 电压，并且控制输入也来自 5V 处理器 GPIO。在此例中，不存在额外功耗的问题。

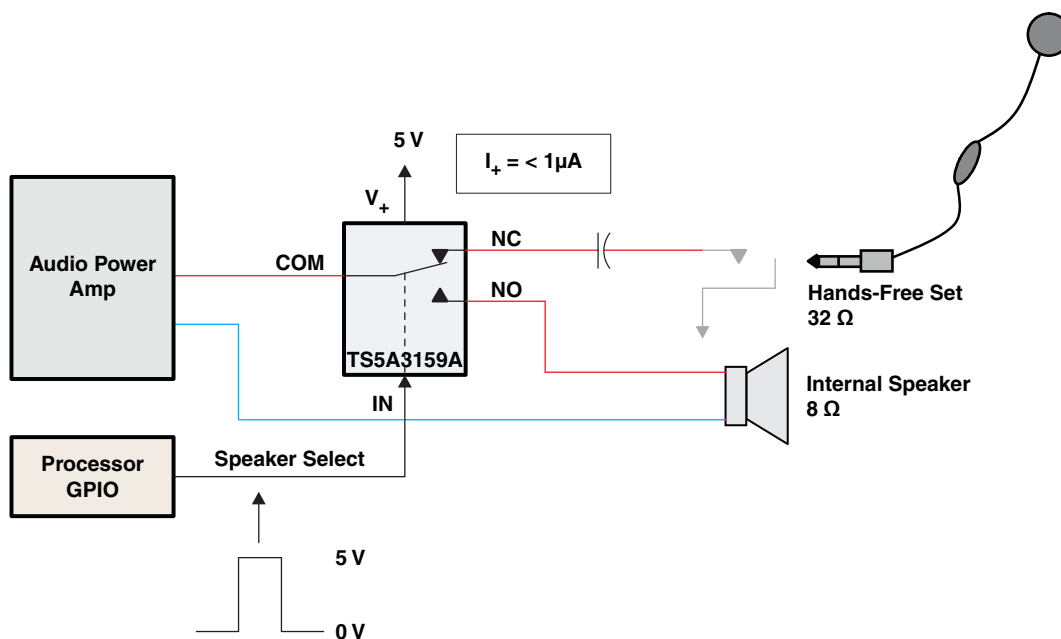


图 4. 无额外电流消耗 — 电源电压和控制输入处于相同的电压电平

在许多电池供电型应用中，实际的电路设置与图 5 中显示的相似。

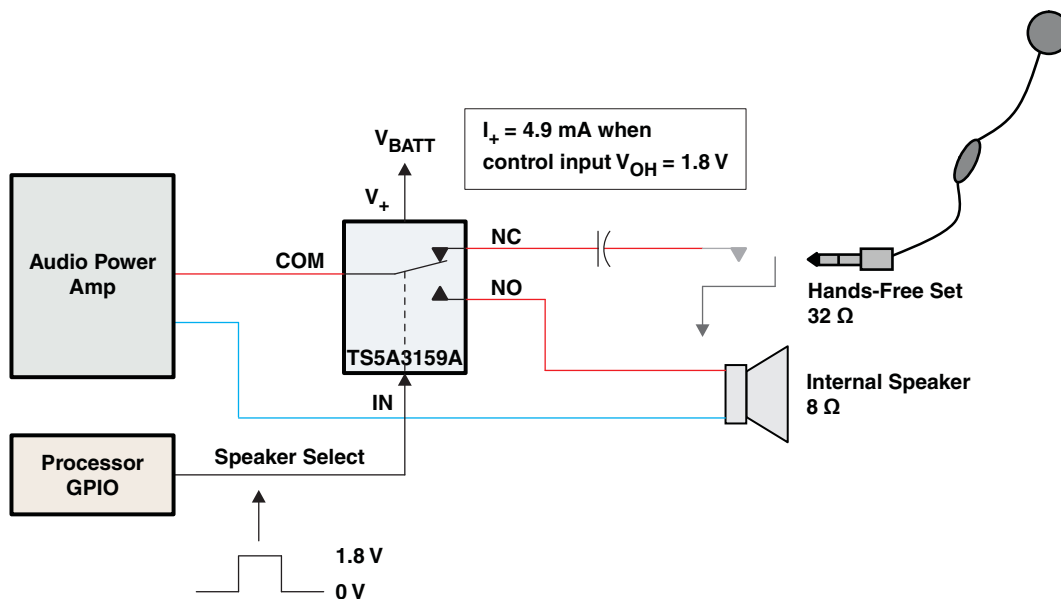


图 5. 额外电流消耗 — 控制输入电压比 V_+ 低

图 5 下面将对图 5 进行说明:

- 模拟开关电源电压 (V_+) 直接与电池相连, 其电压范围为 3V 至 4.2V 或 2.2V 至 4.5V, 具体取决于电池技术。系统设计人员希望模拟开关具有低而平坦的导通电阻 (r_{ON}), 以最大程度减少通过开关的音频信号的失真。由于当提供更高的电源电压时模拟开关具有更低且更平坦的 r_{ON} 性能, 因此直接使用 V_{BATT} (它通常是电路板上可提供的最大电源电压) 为其供电。
 - 负责控制模拟开关的处理器具有电压更低的 GPIO (如 1.8V), 这可降低电流消耗。
- 如果 V_+ 是 4.2V, 而控制输入是 1.8V, 则会导致 V_+ 电源引脚产生额外电流 (原因如第 1 部分中所述)。

警告
请不要直接在处理器 GPIO 与 V_{BATT} 之间使用上拉电阻进行电平转换。

为了解决额外电流消耗问题, 系统开发人员有时会尝试在处理器 GPIO 与 V_{BATT} 之间使用上拉电阻对控制信号进行电平转换 (图 6)。但是, 此种技术具有几个应避免的缺点。其中一个缺点就是每当 GPIO 输出切换到低电平时 (N1 处于导通状态), 功耗就会增加。当 CMOS 驱动器的输出为高电平时, 会出现另一种问题。在这种状态下, 下面的 N 通道晶体管 (N1) 截止, 上面的 P 通道晶体管 (P1) 导通。会有一个回流电流从高电源经过电阻 R 和晶体管 P1 流向低电源。该电流流入低电源会产生不好的影响。第三个缺点是处理器 GPIO 可能没有过压容限功能, 任何高于 V_{DDIO} 的 I/O 电压都可能损坏 GPIO。

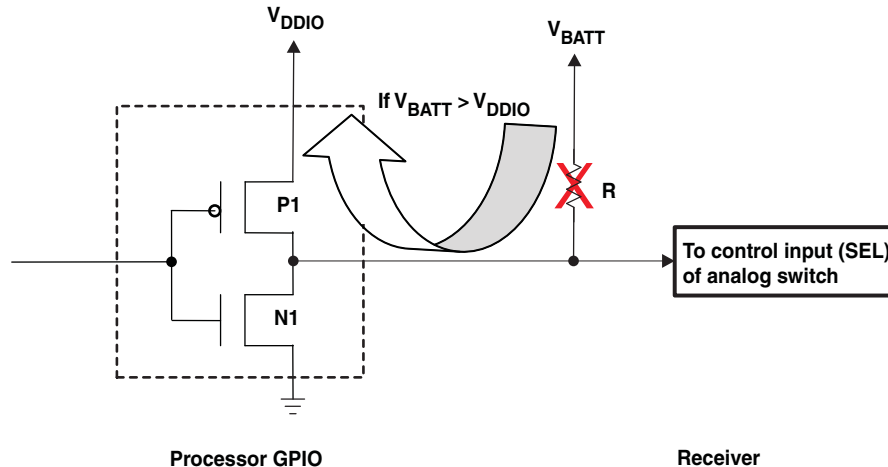


图 6. 直接在处理器 GPIO 与 V_{BATT} 之间使用上拉电阻进行上升转换的缺点

3 如何解决额外电流消耗问题

一种解决额外电流消耗问题的方法就是使用电平转换器 (SN74LVC1T45) 对控制信号进行电平转换。但是, 这样做会增加电路板面积和物料清单 (BOM) 上的部件数。德州仪器 (TI) 拥有多款模拟开关, 它们专为从低压微处理器接收控制信号和解决额外电流消耗问题而设计。

- 具有低控制输入阈值的模拟开关 – 这些器件的控制输入具有比 V_+ 的二分之一还低的开关阈值电压。当控制信号从低压 GPIO 输入时, 此功能有助于减少电流消耗。但是, 控制输入阈值电压却与 V_+ 相关。如果 V_+ 与 V_{BATT} 相连, 则阈值将随着电池放电而减小。TS3A44159 就是一款使用此类低压控制输入的模拟开关。
- 双电源模拟开关 – 此模拟开关具有两个电源电压引脚。一个电源电压用于控制输入, 另一个电源电压则为模拟开关供电。此方法的优点在于控制输入阈值将保持不变, 并且与 V_+ 无关。因此, 即使在电池放电时, 控制输入阈值也会保持不变。但是, 系统设计人员必须将两个电源轨连接至模拟开关。TS5A6542 和 TS5A26542 就是具有双电源电压引脚的模拟开关。

为了克服上述解决方案的缺点, 德州仪器 (TI) 推出了一款具有单电源电压引脚和具有不随电源电压变化的低压控制输入阈值的模拟开关。此模拟开关的特性和优势将在第 3.1 部分中作介绍。

3.1 TS5A12301E – 具有固定低控制输入阈值的模拟开关

TS5A12301E 是一款 SPDT 模拟开关, 专为支持低压控制引脚而设计 (参见图 7 和表 1)。此模拟开关具有 0.75Ω 的超低 R_{ON} , 这使它成为音频应用中的理想选择。此器件的控制输入 (IN) 可以接受 1.2V、1.5V、1.8V、2.5V、3.3V 和 5V 逻辑控制信号, 无论电源电压 V_+ 如何变化, 都不会出现任何额外电流消耗。此器件的控制输入所使用的电路可以使输入阈值保持不变, 并且与 V_+ 无关。这可以在图 8 中得到证明, 其中控制输入阈值在很宽的 V_+ 值范围内始终保持在约 0.81V (典型)。

请参阅附录 A A 以查看这些波形的测试设置。

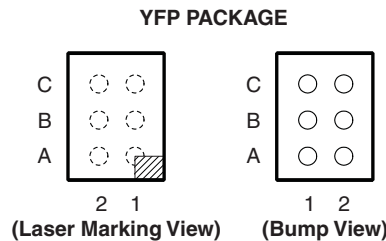


图 7. TS5A12301E 封装引脚

表 1. YFP 封装终端分配

C	NC	V_+
B	GND	COM
A	NO	IN
	1	2

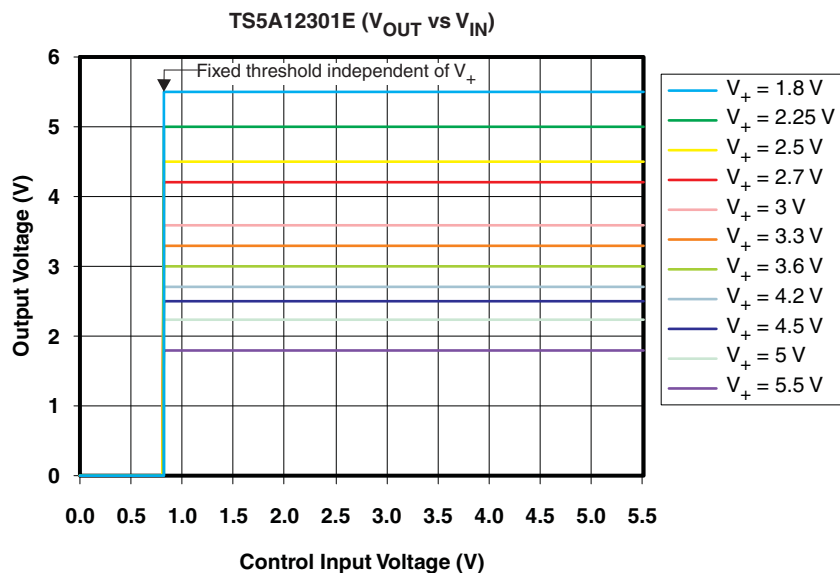


图 8. 控制输入阈值与 V₊ 无关

图 9 显示竞争对手的同样具有低控制输入阈值的解决方案。但是，对于竞争对手的这款器件，控制输入阈值会随着 V₊ 的变化而改变。

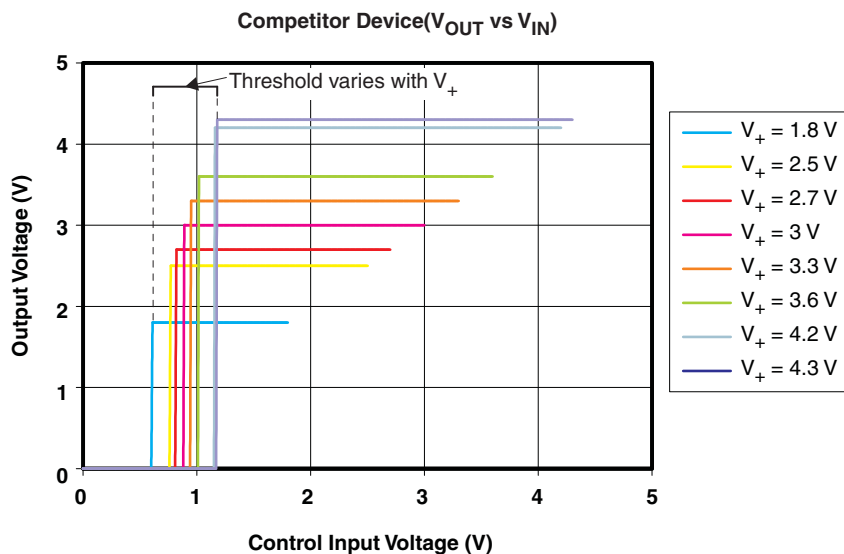


图 9. 竞争对手的器件上的输入阈值变化

如果 TS5A12301E 直接从 V_{BATT} 获得电源，则控制输入的输入阈值 (V_{IH(MIN)} 和 V_{IL(MAX)} 要求) 即使在电池放电时也会保持不变，如图 10 中所示。但是，对于竞争对手的解决方案，控制输入阈值与 V₊ 相关，并且会随着电池电压的放电而减小。

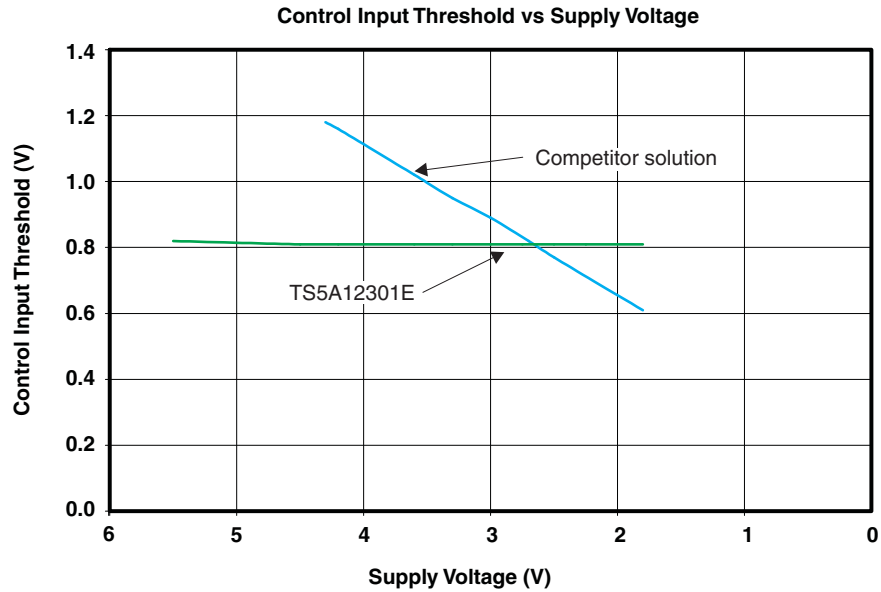


图 10. 即使在电池放电时 TS5A12301E 也具有恒定阈值

TS5A12301E 的控制输入具有过压容限功能，因此，即使控制输入的 V_{OH} 超过了 V_+ ，该器件也能正常工作。如果负责控制模拟开关的处理器 GPIO 的电压比模拟开关的电源电压要高，此功能将非常有用。竞争对手的解决方案并不具有过压容限控制输入，因而不能用于此类应用。

正如图 11 中所示，TS5A12301E 的峰值电流消耗非常低，与竞争对手的解决方案相比，它具有恒定功耗。这有助于在控制输入 (IN) 的转换过程中降低电流消耗。

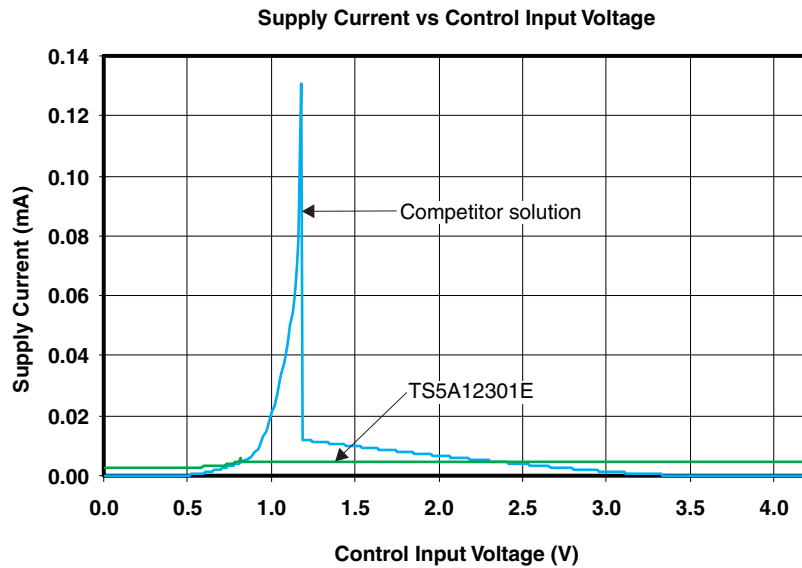


图 11. 竞争对手的解决方案与 TS5A12301E 在电源电流上的比较

4 汇总和总结

如果传输到模拟开关的控制信号的 V_{OH} 电压低于它的电源电压，则系统设计人员必须确保不会出现额外功耗。一种防止额外功耗的方法就是在控制输入线路上使用外部电平转换器。但是，这种方法会增加电路板面积和部件数。TS5A12301E 是一款旨在使用单芯片解决方案解决此问题的模拟开关。表 2 提供了汇总并显示了两种不同解决方案的各自优势。

表 2. 不同解决方案的功耗汇总

模拟开关	控制输入电压		电源电压	是否需要电平转换器？	使用的电平转换器	静态电流消耗（典型）
TS5A3159A	0 至 5V 摆幅	逻辑低电平: 0V	5V	否	无	<0.5 μ A
		逻辑高电平: 5V				<0.5 μ A
TS5A3159A	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	是	无	<0.5 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				4.9mA
TS5A3159A	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	是	SN74LVC1T45	<1 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				<1 μ A
TS3A44159	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	否	无	<1 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				19 μ A
竞争对手	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	否	无	<0.75 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				7.3 μ A
TS5A6542	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	否	无	<0.75 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				<0.75 μ A
TS5A12301E	0 至 1.8V 摆幅	逻辑低电平: 0V	4.2V	否	无	3 μ A
		逻辑高电平: 1.8V				5 μ A

当控制输入的 V_{OH} 大于或等于 V_+ （最高 5.5V）时，TS5A3159A 模拟开关能够正常工作。但是，如果控制信号的 V_{OH} 低于 V_+ ，将导致额外电流消耗，如汇总表中所示。额外电流消耗问题可以通过添加外部电压电平转换器（如 SN74LVC1T45）来解决，但是此方法会增加电路板面积和 BOM 成本。

另一个替代解决方案是使用具有低控制输入阈值的器件，例如 TS3A44159。当控制输入电压为 1.8V 时，电流消耗仅为 19 μ A（典型）。但是，对于此解决方案，输入阈值电压会随着电源电压的降低而减小。此处所示的竞争对手的解决方案也受此相同缺点的影响，即控制输入阈值与 V_+ 相关。通过为控制输入电压提供单独的电源引脚，TS5A6542 解决了这个问题。此解决方案解决了额外功耗的问题，并把控制输入阈值维持在一个固定水平。但是，系统设计人员必须为模拟开关提供两个单独的电源电压。

TS5A12301E 克服了上述器件的所有弊端。它解决了额外功耗的问题，提供不随电源电压变化的固定阈值，并且仅使用一个电源电压引脚。TS5A12301E 是音频应用（其中模拟开关的电源电压大于控制信号的 V_{OH} ）的理想选择。

附录 A 测试设置

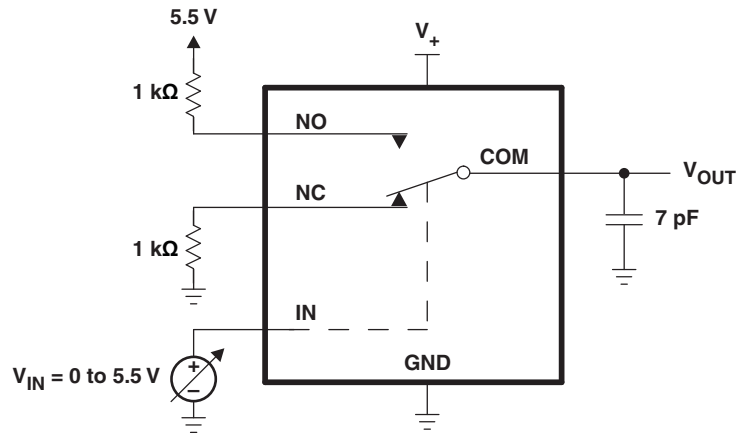


图 A-1. TS5A12301E 的测试设置 (V_{OUT} 与 V_{IN})

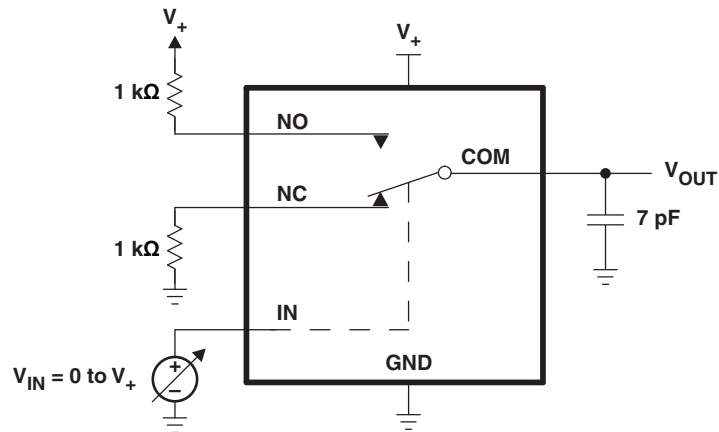


图 A-2. 竞争对手的器件的测试设置 (V_{OUT} 与 V_{IN})

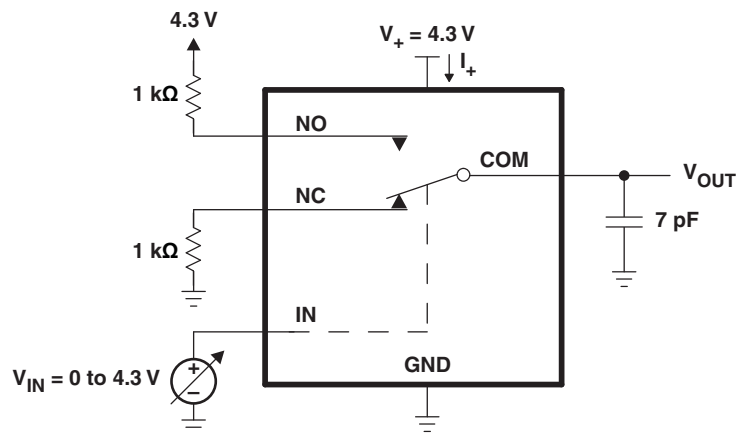


图 A-3. 电源电流与控制输入电压的测试设置

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/opticalnetwork
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated