



摘要

德州仪器 (TI) 提供品类丰富的开关和多路复用器，支持各种配置、电压、带宽和封装需求。本应用手册总结了模拟信号开关的主要特性和性能特征，以及选择合适 TI 信号开关时的应用注意事项。

内容

1 引言	4
1.1 理想与非理想开关	4
2 信号开关基本结构	6
2.1 NFET 开关	6
2.2 传输门开关	6
2.3 带有电荷泵的 NFET	7
3 模拟与数字信号开关	9
3.1 双向开关	9
3.2 配置和通道	9
4 信号开关规格和特性	10
5 德州仪器 (TI) 模拟信号开关和多路复用器产品系列	16
5.1 精密开关和多路复用器	16
5.2 保护开关和多路复用器	16
5.3 通用开关和多路复用器	20
5.4 汽车开关和多路复用器	21
6 数字信号应用中的开关和多路复用器性能	22
7 应用	23
7.1 SPI 多路复用	23
7.2 对外部 ADC 的信号进行多路复用	24
7.3 故障敏感条件下对外部 ADC 的信号进行多路复用	25
7.4 可切换的运算放大器增益设置	25
7.5 多路复用车身控制模块 (BCM) 输入	26
7.6 使用外部电阻器选择高电流范围	27
7.7 工厂自动化控制系统中的故障保护	27
7.8 采样和保持电路	28
8 总结	29
9 修订历史记录	29
A 附录 A	30
A.1 模拟性能 - CD、HC、CBT、LVC 和 LV	30
A.2 SN74CBT 特性	32
A.3 CD74HCT 特性	33
A.4 CD74HC 特性	34
A.5 SN74HC 特性	37
A.6 CD4066B 特性	40
A.7 LV-A 特性	44
A.8 LVC 特性	48
A.9 CBTLV 特性	52

插图清单

图 1-1. 理想开关	4
图 1-2. CMOS (FET) 开关的行为模型	4

图 2-1. N 沟道 FET 开关.....	6
图 2-2. $V_{CC} = 5V$ 时, N 沟道 FET 开关的导通电阻与最低 I/O 电压间的关系.....	6
图 2-3. 并联 N/P 沟道 FET (传输门) 开关.....	7
图 2-4. 并联 n/p 沟道 FET 开关的导通电阻与输入电压间的关系.....	7
图 2-5. 带有电荷泵的 NMOS 系列开关基本结构.....	8
图 3-1. 双向信号路径.....	9
图 4-1. 逻辑阈值.....	10
图 4-2. 导通电阻.....	11
图 4-3. 源极和漏极关断电容.....	11
图 4-4. 源极和漏极导通电容.....	11
图 4-5. 带宽.....	12
图 4-6. 通道-通道串扰.....	12
图 4-7. 电荷注入.....	13
图 4-8. 关断隔离.....	13
图 4-9. 导通泄漏电流.....	13
图 4-10. 关断泄漏电流.....	14
图 4-11. 先断后合时间 (t_{BBM}).....	14
图 4-12. 导通 (t_{ON}) 和关断 (t_{OFF}) 时间.....	14
图 4-13. 自动防故障逻辑.....	15
图 5-1. 断电保护.....	17
图 5-2. 过压保护阈值.....	17
图 5-3. TMUX1072 过压保护波形.....	18
图 5-4. 欠压保护阈值.....	18
图 7-1. 多路复用闪存.....	23
图 7-2. 隔离 JTAG、SPI 和 GPIO 信号.....	23
图 7-3. 对外部 ADC 的信号进行多路复用.....	24
图 7-4. 故障敏感条件下对外部 ADC 的信号进行多路复用.....	25
图 7-5. 可切换的运算放大器增益设置.....	25
图 7-6. 多路复用 BCM 输入.....	26
图 7-7. 使用外部电阻器选择高电流范围.....	27
图 7-8. 工厂自动化控制系统中的故障保护.....	27
图 7-9. 使用 TMUX611x 模拟开关实现采样和保持电路.....	28
图 A-1. $\log r_{on}$ 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125).....	32
图 A-2. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125).....	32
图 A-3. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125).....	33
图 A-4. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD74HCT4066).....	33
图 A-5. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD74HCT4066).....	34
图 A-6. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (CD74HC4066).....	34
图 A-7. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (CD74HC4066).....	35
图 A-8. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (CD74HC4066).....	35
图 A-9. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (CD74HC4066).....	36
图 A-10. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 9V$ (CD74HC4066).....	36
图 A-11. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 9V$ (CD74HC4066).....	37
图 A-12. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74HC4066).....	37
图 A-13. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74HC4066).....	38
图 A-14. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (SN74HC4066).....	38
图 A-15. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (SN74HC4066).....	39
图 A-16. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (SN74HC4066).....	39
图 A-17. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (SN74HC4066).....	40
图 A-18. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD4066B).....	40
图 A-19. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD4066B).....	41
图 A-20. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 10V$ (CD4066B).....	41
图 A-21. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 10V$ (CD4066B).....	42
图 A-22. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 15V$ (CD4066B).....	42
图 A-23. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 15V$ (CD4066B).....	43
图 A-24. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74LV4066A).....	44
图 A-25. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74LV4066A).....	44
图 A-26. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LV4066A).....	45

图 A-27. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LV4066A).....	45
图 A-28. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LV4066A).....	46
图 A-29. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LV4066A).....	46
图 A-30. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LV4066A).....	47
图 A-31. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LV4066A).....	47
图 A-32. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 1.8V$ (SN74LVC1G66).....	48
图 A-33. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 1.8V$ (SN74LVC1G66).....	48
图 A-34. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LVC1G66).....	49
图 A-35. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LVC1G66).....	49
图 A-36. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LVC1G66).....	50
图 A-37. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LVC1G66).....	50
图 A-38. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LVC1G66).....	51
图 A-39. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LVC1G66).....	51
图 A-40. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74CBTLV3125).....	52
图 A-41. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74 CBTLV3125).....	52
图 A-42. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74CBTLV3125).....	53
图 A-43. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74CBTLV3125).....	53

表格清单

表 3-1. 配置和通道.....	9
表 5-1. 模拟精密开关和多路复用器.....	16
表 5-2. 模拟保护开关和多路复用器.....	19
表 5-3. 通用开关和多路复用器.....	20
表 5-4. 汽车开关和多路复用器 - AECQ100.....	21
表 6-1. 数字性能概要.....	22
表 A-1. V_{CC} 大于 5.5V	30
表 A-2. $V_{CC} = 4.5V$	30
表 A-3. $V_{CC} = 3V$	30
表 A-4. $V_{CC} = 2.5V$	31
表 A-5. SN74CBT3125 模拟参数测量数据	33
表 A-6. CD74HCT4066 模拟参数测量数据	34
表 A-7. CD74HC4066 模拟参数测量数据.....	37
表 A-8. SN74HC4066 模拟参数测量数据.....	40
表 A-9. CD4066B 模拟参数测量数据.....	43
表 A-10. SN74LV4066A 模拟参数测量数据.....	47
表 A-11. SN74LVC1G66 模拟参数测量数据.....	51
表 A-12. SN74CBTLV3125 模拟参数测量数据.....	53

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

模拟开关设计用于导通（或隔离）模拟信号（包括电压和电流信号）以及支持模拟应用（例如音频和视频数据传输）。德州仪器 (TI) 提供了各种各样的开关和多路复用器，以提高系统设计的准确性、系统的可靠性和平台的可扩展性。

选择合适的产品可能是一项艰巨的任务。本应用报告探讨了 TI 开关和多路复用器系列的一些关键特征和特性，方便用户更简单、更高效地进行选择。

1.1 理想与非理想开关

首次考虑开关时，可能会想到理想开关的原理图（类似于图 1-1）。

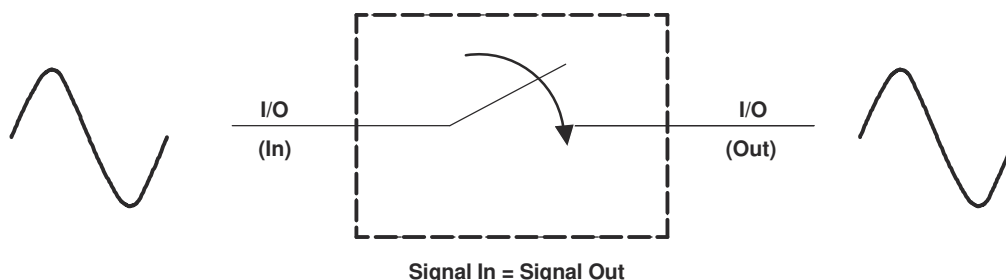


图 1-1. 理想开关

施加到图 1-1 左侧 I/O 引脚（或端口）的输入信号在右侧 I/O 引脚上产生相同的输出信号，反之亦然。但是，在现实世界中，开关并不是理想的，总会有一些损耗。对于正常工作的机械开关，其损耗极小，几乎注意不到。

像机械开关一样，固态开关也不理想。实际上，固态开关相关的损耗可能很大。如果距离理想情况如此之远，为何要使用这样的开关？答案是方便。与继电器等传统的电控开关相比，固态开关的体积小、速度快、易于使用、易于控制，并且消耗的功率相对较少。本应用报告中提到的开关为互补金属氧化物半导体 (CMOS) 场效应晶体管 (FET) 开关。如前所述，这些开关并不理想，因此我们需要一种方法来检查和比较不同 CMOS 系列的性能特征。

图 1-2 示出了 CMOS 开关的简化电路模型。

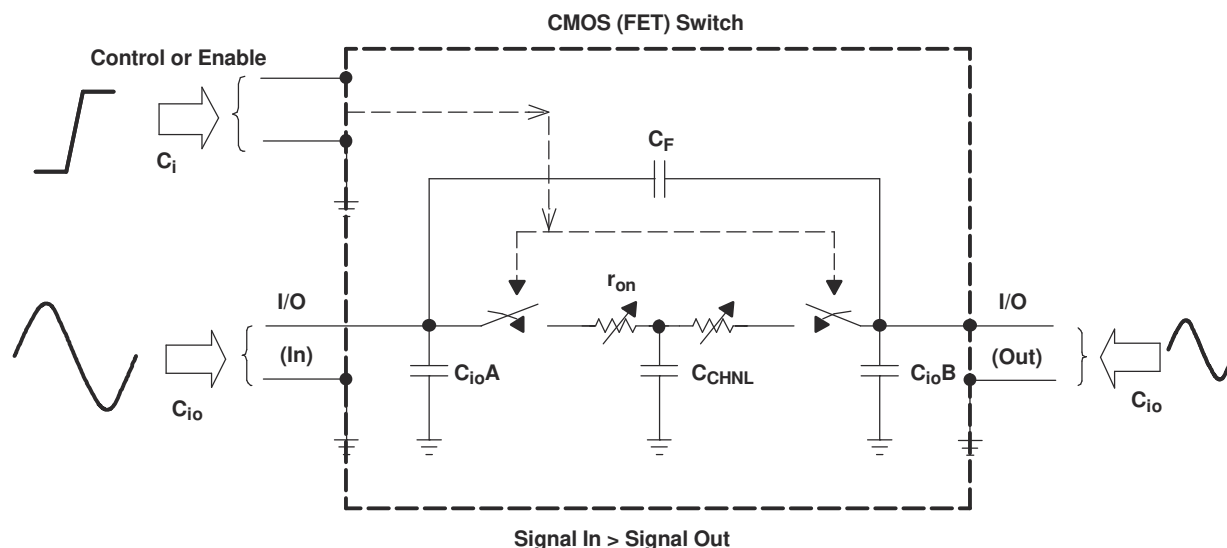


图 1-2. CMOS (FET) 开关的行为模型

输出信号（图 1-2 右侧）因开关的寄生效应发生了改变。结果可能包括幅度降低、信号失真、相移、噪声引入以及频率衰减。

影响非理想特性的参数包括：

- C_i - 控制（启用）引脚输入电容

- C_{io} - 从开关的输入端或输出端测得的电容
- C_{CHNL} - NMOS (PMOS) 通道电容
- R_{ON} - 由于开关路径接通后插入信号路径的电阻
- C_F - 馈通电容；较低频率或开关闭合时可忽略不计。

2 信号开关基本结构

德州仪器 (TI) 信号开关与电荷泵共享通用的开关架构 NFET 开关、传输门开关和 NFET。

2.1 NFET 开关

图 2-1 展示了一个简化的 FET 开关，该开关由一个 N 沟道晶体管以及栅极偏置与使能电路组成。此开关是双向的；源极和漏极可互换（工作时， $V_{I/O}$ 最低的一侧为源极）。TI CBT 总线开关便是这种类型。

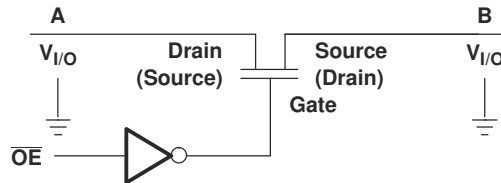


图 2-1. N 沟道 FET 开关

为了使 N 沟道 FET 正常工作，栅极的偏置程度应比要通过的信号幅度更加正向。这是因为导通状态电阻 R_{ON} （也称为 $R_{DS(ON)}$ ）随着栅极减去源极电压 V_{GS} 的结果减小而增大。如果最低的 $V_{I/O}$ 信号接近 V_{CC} 的幅度，则 V_{GS} 减小，而 R_{ON} 增大（请参阅图 2-2）。能否在 FET 开关中保持低 R_{ON} 取决于是否可以保持 V_{GS} 尽可能大。在许多应用中，此特性不是问题，但设计人员应注意此类器件的非线性特征。

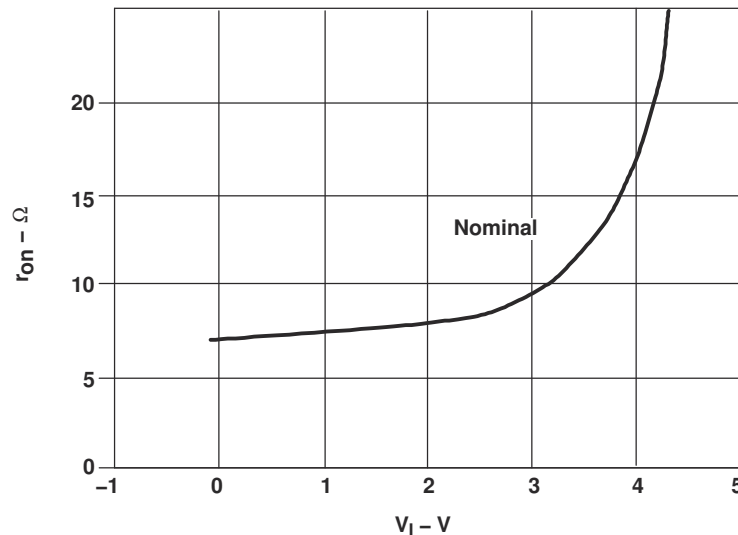


图 2-2. $V_{CC} = 5V$ 时，N 沟道 FET 开关的导通电阻与最低 I/O 电压间的关系

N 沟道 FET 可用于实现电平转换器。此开关可以导通 $0V$ 到 $V_{CC} - V_T$ （其中 V_T 是 NMOS 的阈值电压）的信号。此特征可用于向下转换。对于电压转换应用，需要使用此开关在很宽的频率范围内进行高效转换，还需要使用此开关保持适当的信号电平。例如，从 $5V$ TTL 转换为 $3.3V$ LVTTTL 信号时，需要使用此开关来保持 $3.3V$ LVTTTL 信号所需的 V_{OH} （输出高电压）和 V_{OL} （输出低电压）。一个重要的考虑因素是此开关只能用于向下转换（例如从高电平到低电平）。若要从低电平转换到高电平，还需要额外的元件（例如，上拉电阻器）。

2.2 传输门开关

模拟（也称双向）开关由一个 N 沟道晶体管和 P 沟道晶体管并联组成（请参阅图 2-3）。这些开关也称为传输门开关。

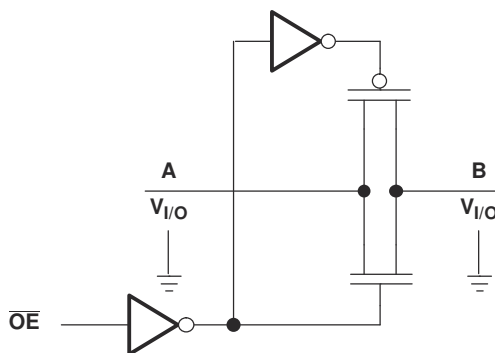


图 2-3. 并联 N/P 沟道 FET (传输门) 开关

如前所述，当 $V_{I/O}$ 接近 V_{CC} 时，N 沟道电导率减小 (R_{ON} 增大)，而 P 沟道栅源电压达到最大且其 R_{ON} 达到最小。产生的并联组合电阻比单通道电阻要平坦得多 (请参阅图 2-4)。具有并联 N 和 P 沟道的开关和多路复用器的示例包括 TMUX11xx、TMUX61xx、TMUX12xx、TMUX13xx、TMUX6xxx、TMUX7xxx、TMUX8xxx、TS5Axxxx、TS3Axxxx、HCT、HC、CD4000、TMUX40xx、LV-A、LVC 和 CBTLV 系列。

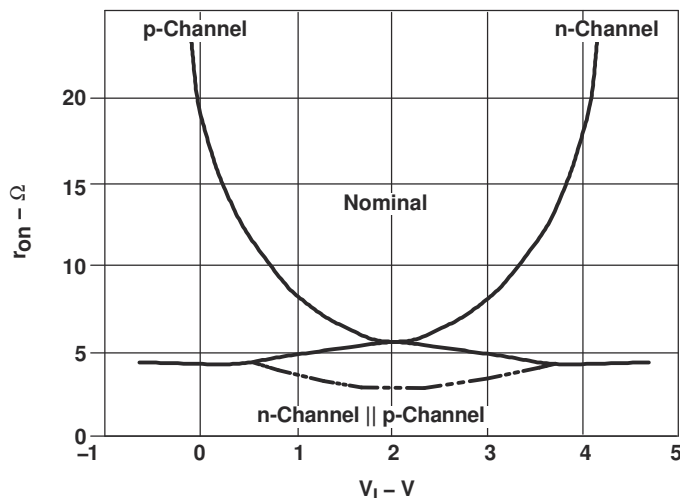
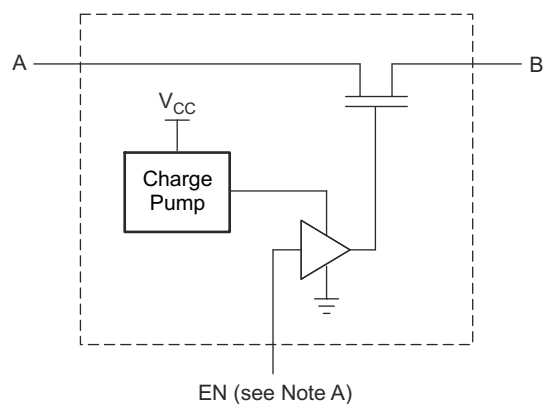


图 2-4. 并联 n/p 沟道 FET 开关的导通电阻与输入电压间的关系

如果 $V_{I/O}$ 信号必须在轨间摆动，则 R_{ON} 平缓尤为重要。然而，由于附加的 P 沟道晶体管和相关的偏置电路，导致开关电容增加。

2.3 带有电荷泵的 NFET

一些制造商提供的 N 沟道信号开关带有电荷泵使能的导通晶体管。如图 2-5 所示，此类设计允许栅极电压高于 V_{CC} 。这样 V_{GS} 增加，超过非电荷泵器件所能达到的水平，并允许大于或等于 V_{CC} 的信号通过。这种开关的优点是 R_{ON} 较低且相对较平坦 (在信号范围内)，无需添加 P 沟道，同时保持的 C_{io} 值与纯 N 沟道 FET 开关相当。这种性能的代价是增加了 I_{CC} (在某些情况下从几 μA 到几 mA)。示例包括 TMUX1072、TMUX136、TMUX15xx 和 CB3Q 系列。



Note A: EN is the internal enable signal applied to the switch.

图 2-5. 带有电荷泵的 NMOS 系列开关基本结构

请参阅 [开关和多路复用器：常见的开关架构是什么？](#)，进一步详细了解德州仪器 (TI) 提供的模拟信号开关基本信息。

3 模拟与数字信号开关

TI 提供了各种各样的信号开关，有时所采用的命名方式会导致混淆，使用户误认为器件或系列的功能有限。请参阅下面有关数字与模拟开关，以及开关的双向功能的详细信息。

- **数字开关**。接受数字输入，并根据输入逻辑驱动输出。
- **模拟开关**。用于导通（或隔离）模拟和数字信号。这些不会驱动新信号，但会为输入/输出信号提供双向性。

如需了解更多详细信息，请参阅 [开关和多路复用器：开关和多路复用器是什么？](#)。

3.1 双向开关

这种开关有两个含义：

- 开关从源极 (S) 到漏极 (D) 和从漏极 (D) 到源极 (S) 的导电性能相同。每个通道在两个方向上都有非常相似的特性，并都支持模拟和数字信号。TI 模拟开关和多路复用器通常是双向的 (图 3-1)。

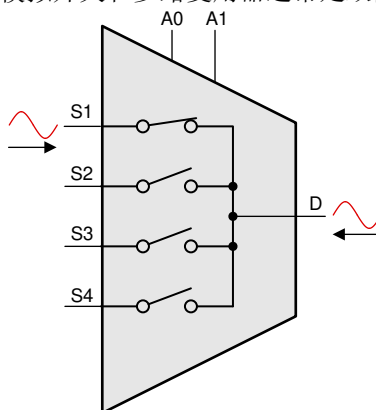


图 3-1. 双向信号路径

- 开关可用于模拟或数字应用。

请参阅 [开关和多路复用器：开关和多路复用器是双向的吗？](#)，了解更多详细信息。

3.2 配置和通道

开关**配置**定义了可以选择的信号数量，而**通道**定义了单个器件中的配置（电路）数量。德州仪器 (TI) 提供具有不同配置和通道数的开关和多路复用器。表 3-1 shows the 1- and 2- channel configurations, but the number of channels may exceed.

表 3-1. 配置和通道

		1 通道	2 通道
配置	1:1		
	2:1		

4 信号开关规格和特性

显然，开关的重要特性取决于开关的用途。例如， V_{CC} 电平是多少，需要导通哪些幅度信号，系统的信号失真极限是多少，等等。下面将进一步详细介绍这些规格和特性：

- **电源电压：单电源** - 仅具有相对接地的正极电源极引脚的器件。对于非电荷泵开关， V_{CC} 确定了无需削波即可通过的模拟信号的幅度。施加的电压被标记为 V_{DD} 、 V_{CC} 、 V_+ ，等等。诸如 TMUX1072、SN3257-Q1、TMUX136 和 TMUX15xx、CB3Q 系列且集成了电荷泵的开关可将栅极电压提升至 V_{CC} 以上（代价是更大的 I_{CC} ），从而导通幅度大于 V_{CC} 的信号。
- **电源电压：双电源** - 具有相对接地的正极和负极电源极引脚的器件。施加到正极引脚的电压被标记为 V_{DD} 、 V_{CC} 、 V_+ 等等，而施加到负极引脚的电压被标记为 V_{SS} 、 V_{EE} 、 V_- 等等。对于非电荷泵开关， V_{CC} 确定了无需削波即可通过的模拟信号的幅度。导通晶体管的一个或多个栅极必须相对于预期输入电压范围中的最小值和最大值进行偏置。诸如 TMUX11xx、TMUX61xx、TMUX62xx、TMUX74xxF、TMUX72xx、TMUX81xx、TMUX82xx、MUX36Sxx、MUX36Dxx、CD4000 和 TMUX40xx 系列之类的开关允许通过两个电源进行偏置，因此易于导通正负信号。
- **开关控制信号电平 (V_{IH}/V_{IL})**： V_{IH} 是让输入控制信号达到逻辑 1 值的最小电压，而 V_{IL} 是让输入控制信号能够保持逻辑 0 值的最大电压。为什么这些是模拟开关的重要注意事项？在大多数应用中，信号开关由数字源的输出进行控制，因此，控制信号电平 V_{IH} 和 V_{IL} 必须与该数字源兼容，以确保开关正常工作。为防止数字逻辑控制问题，系统必须确保输出高电平 (V_{OH}) 逻辑输出高于其所控制的输入高电平 (V_{IH}) 逻辑输入。此外，逻辑输出的输出低电平 (V_{OL}) 必须低于其所控制的逻辑输入的输入低电平 (V_{IL})。有关该逻辑标准，请参阅图 4-1。某些组件可能不符合这一标准，但让 $V_{IH} < V_{OH}$ 且 $V_{IL} > V_{OL}$ 可确保系统正常运行。此外，在 V_{IH} 和 V_{IL} 电平间运行控制逻辑时，器件处于未定状态，无法确定输出。有关更多信息，请参阅 [慢速或浮动 CMOS 输入的含义](#)。

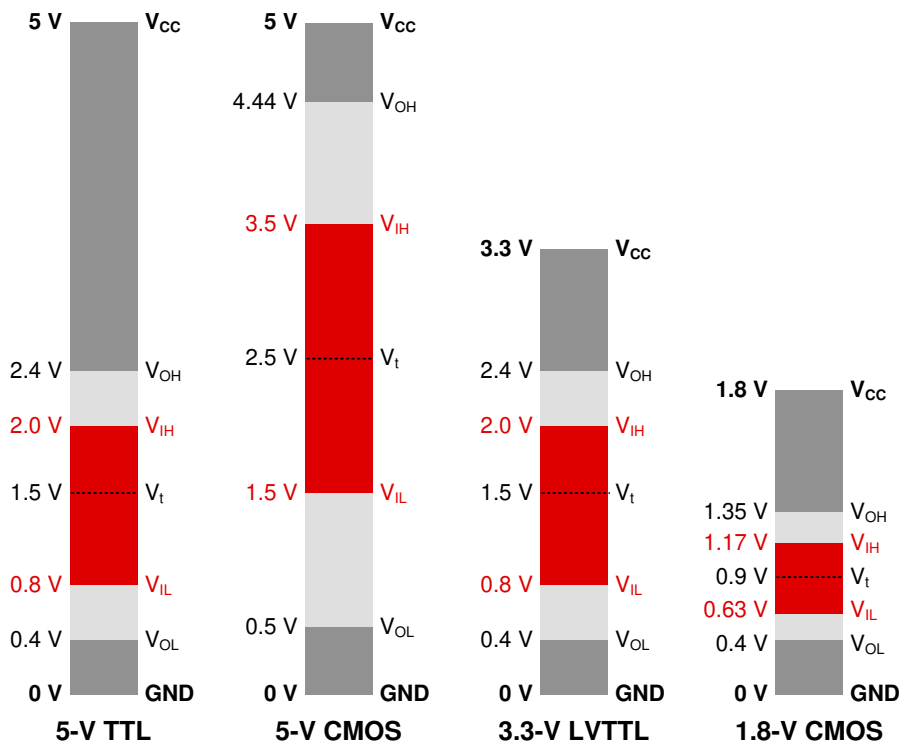


图 4-1. 逻辑阈值

- **逻辑引脚上的集成下拉**：TI 多路复用器的逻辑输入是 CMOS 输入。除非使用的器件在逻辑引脚上有集成有下拉电阻器，在任何情况下都不建议使 TI 多路复用器的逻辑输入保持悬空（请参阅 [慢速或浮点 CMOS 输入的含义](#)）。如果未将电阻器驱动为高电平或低电平，则这些电阻器将逻辑引脚保持为已知状态。这样，无需额外的外部组件，节省了成本和空间。
- **导通电阻 (R_{ON})**：开关路径接通后插入到信号路径的电阻。由于会影响信号损失和衰减，必须考虑采用较低 R_{ON} 的折衷方案。无电荷泵开关通过大型导通晶体管实现了低 R_{ON} 。这些较大的晶体管导致芯片尺寸更大，且

C_{io} 增加。这种附加的通道电容可以限制开关的频率响应，因此非常重要。如 节 2.3 所述，采用电荷泵技术的开关可以实现较低的 R_{ON} 和 C_{io} ，但需要明显更高的 I_{CC} 。

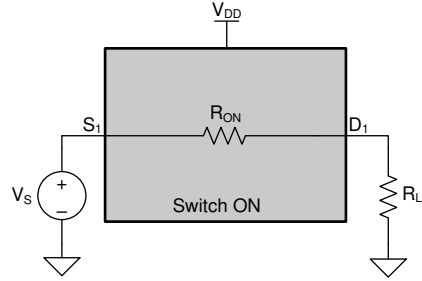


图 4-2. 导通电阻

- **开关输出电平：**不带电荷泵的开关可以通过的最大信号电平通常被限制在开关 V_{CC} 。开关下游器件上是否有足够的噪声容限可以使开关中的信号衰减不会引起数据错误？例如，CBT 器件的 N 沟道晶体管将开关输出钳制在 V_{CC} 运行电压下方略多于 1V 的位置，使其不适合用于 5V CMOS 高电平 ($V_{IH} = 3.5V$) 信号传输（除非从至少 4.5V 的 V_{CC} 运行）。在传输门架构的器件中看不到此钳位。
- **导通和关断电容 (C_{ON}/C_{OFF})：**开关路径处于低阻抗状态时的导通容性负载。开关路径处于高阻抗状态时的关断容性负载。总开关电容和负载电容会影响响应时间、稳定时间和扇出限值，故必须加予考虑。有关更多信息，请参阅应用手册：[使用低导通电容多路复用器改善稳定性问题](#)。 C_{io} 是器件输入/输出 (I/O) 端子在施加输入条件后的电容，根据产品规格在输出端建立高阻抗状态。此参数是在器件输入/输出 (I/O) 端遇到的内部电容。这些值根据器件的设计、工艺和封装进行确定。

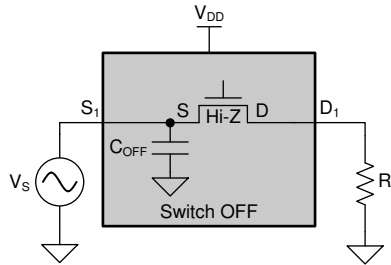


图 4-3. 源极和漏极关断电容

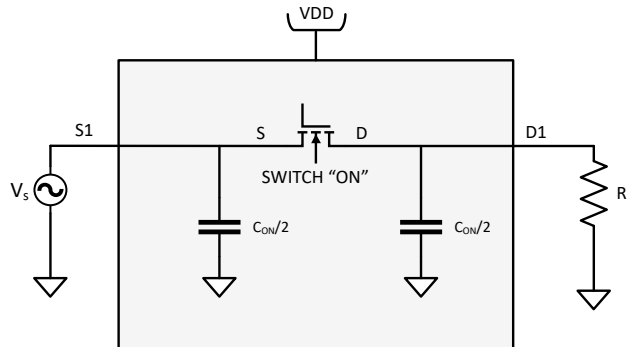


图 4-4. 源极和漏极导通电容

- **频率响应：**所有 CMOS 开关对于可通过的频率都设有上限。无论在芯片制造过程中可以保持多低的 R_{ON} 和 C_{io} ，都会形成一个不需要的低通滤波器，使开关输出信号衰减。开关的**带宽 (BW)** 是指可以通过开关且衰减不超过 3dB 的信号频率范围。

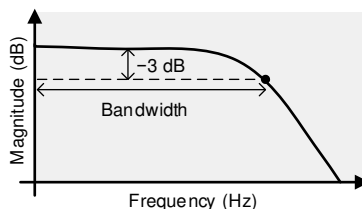


图 4-5. 带宽

- **闩锁效应抑制**：此特性可防止器件的电源轨由于电气过应力、注入电流或电气快速瞬变而短接在一起（闩锁效应）。有关 TI 多路复用器闩锁效应抑制的信息，请参阅 [使用闩锁效应抑制多路复用器帮助提高系统可靠性](#)。
- **正弦波失真或总谐波失真**：这些是器件线性度的量度。非线性的引入可以有多种方式（设计、器件物理特性等），但通常主要影响因素是 R_{ON} 。如 [图 2-2](#) 和 [图 2-4](#) 所示，对于所有类型的 CMOS 开关， R_{ON} 因 V_{IO} 而异。具有低的 R_{ON} 很重要，但在信号范围内保持平缓的 R_{ON} 几乎同样重要。
- **串扰**：需要考虑两种类型的串扰：
 - **通道-通道串扰 (X_{TALK})**：不必要的信号从导通通道耦合到关断通道的量度。此串扰在特定频率下测量得出并以 dB 为单位。串扰水平是开关控制信号与开关输出解耦程度的量度。由于 CMOS 工艺的寄生电容，改变控制信号上的状态会导致输出端出现噪声。在音频应用中，可能正是由于这一原因，有时在打开或关闭音频设备时会听到令人讨厌的噗噗声。TS5A22364 等器件具有内置分流电阻器，可将未选择的信号路径上积累的电容放电，以减少噗噗声。

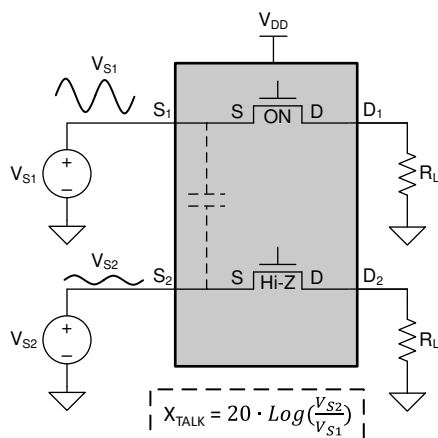


图 4-6. 通道-通道串扰

- **开关间串扰**。串扰水平也是相邻通道抑制的量度。与控制-输出串扰一样，寄生电容可以将一个开关上的信号与另一开关上的信号耦合。
- **电荷注入 (Q_C)**：电荷注入是不必要的信号从控制 (IN) 输入耦合到模拟输出的量度。电荷注入以库仑 (C) 为单位，可通过控制输入切换时引起的总电荷来测量。TI 规定了“使能-输出”串扰规格，一些竞争对手也使用此参数。与“使能-输出”串扰一样，改变控制引脚状态会使电荷耦合到引入信号噪声的晶体管通道。本报告中提供了与竞争对手的相对比较数据。TI 多路复用器（例如 TMUX1308、TMUX1309 和 SN74HC4851）具有内置注入电流控制电路，可将任何注入电流分流到地面上，稳定输出信号。有关更多详细信息，请参阅 [通过控制注入电流防止串扰](#)。

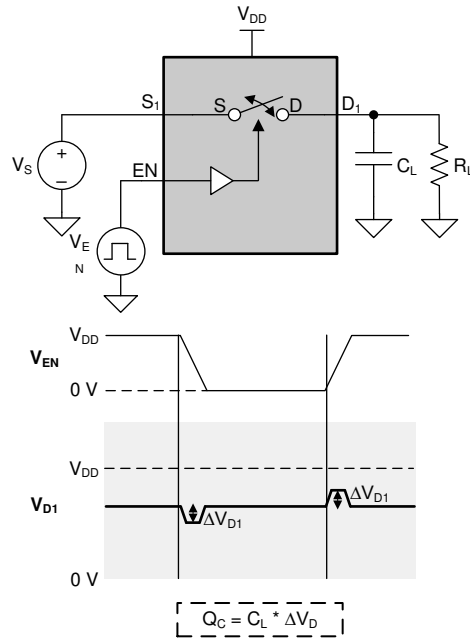


图 4-7. 电荷注入

- **关断隔离**：对关断状态开关阻抗的度量。当相应通道处于关断状态时，关断隔离是在特定频率下测量得出的，以 dB 为单位。

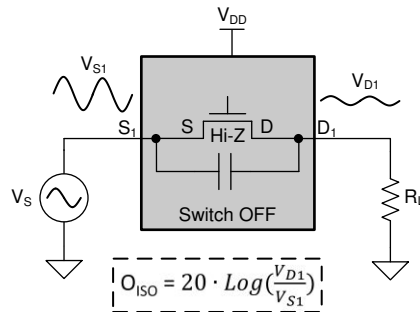


图 4-8. 关断隔离

- **导通泄漏电流**：泄露电流是在输入端口处于导通状态、相应的输出端口处于导通状态且输出端为开路时测得的（请参阅图 4-9）。高阻抗状态下的泄露电流应非常小。泄露电流如果很高，可能会给隔离总线带来负载并破坏数据。

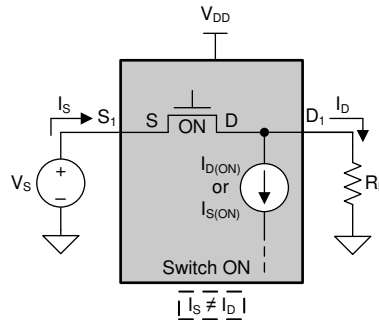


图 4-9. 导通泄漏电流

- **关断泄漏电流**：泄露电流是在最坏的输入和输出条件下且相应通道输出处于关断状态时在输入端口测得的（请参阅图 4-10）。泄露电流是一个重要的参数，因为无论开关闭合还是打开，泄露电流都会导致直流误差。

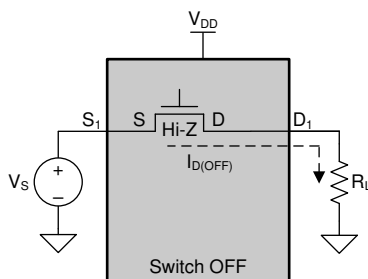
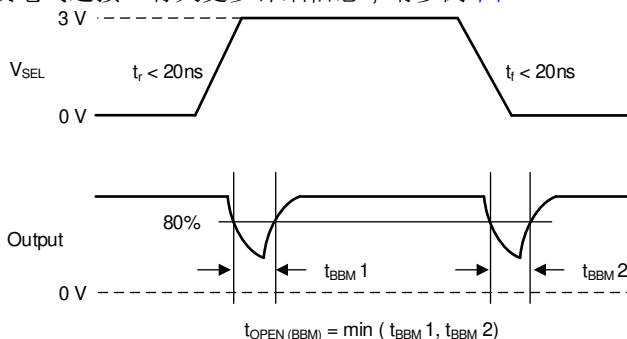
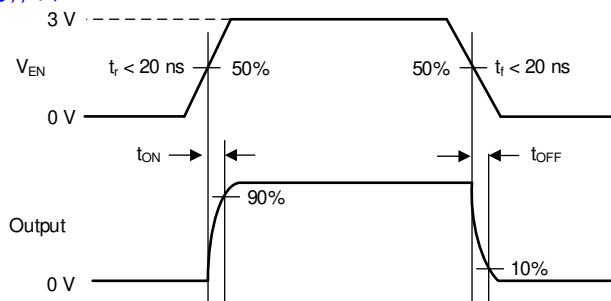


图 4-10. 关断泄漏电流

- **先断后合时间 (t_{BBM})**：确保在多路复用器中，当信号路径被选择输入改变时，两个多路复用器路径绝不会形成电气连接。先断后合之间的延迟是一项安全功能，可防止在器件切换时连接两个输入。输出首先断开与导通状态开关的连接，然后再与下一个导通状态开关建立连接。这样可以保证，当信号路径被选择输入改变时，两个多路复用器路径绝不会形成电气连接。有关更多详细信息，请参阅 [图 4-11](#)。

图 4-11. 先断后合时间 (t_{BBM})

- **导通 (t_{ON})/关断 (t_{OFF}) 时间**：开关路径在内部更改为导通或关断状态所需的时间。这些参数决定了开关能够以多快的速度响应所需的导通或关断状态（请参阅 [图 4-12](#)）。通常，开关的启用和禁用时间是不对称的。这通常不构成问题，因为很少有应用需要高控制（启用）信号频率。有关开关时序特性的更多详细信息，请参阅 [开关和多路复用器：时序特性是什么？](#)。

图 4-12. 导通 (t_{ON}) 和关断 (t_{OFF}) 时间

- **传播延迟 (t_{pd})**：这是信号从输入到输出通过开关所需的时间。除了最关键的时序预算之处，该参数几乎可以忽略不计。当开关接通时，通过一个或多个导通晶体管的传播延迟很小。与开关本身相比，开关输出上的负载和输入的驱动强度对于传播延迟和时序的影响和限制通常要大得多。导通电阻、导通电容以及器件的负载可用作估计传播延迟的方法。
- **1.8V 控制逻辑**：具有此特性的开关具有内置电压转换器，可防止电源轨和控制逻辑之间的电压不匹配。 V_{IH} 和 V_{IL} 电平在任何电压电源下都与 1.8V 逻辑电平兼容。有关更多信息，请参阅 [使用 1.8V 逻辑多路复用器和开关简化设计的技术说明](#)。大多数新的 TMUX 器件（例如：TMUX1108、TMUX1511、TS3A27518E、TS5A26542）都具有 1.8V 控制逻辑特性。内置电压转换器可防止 TMUX 器件的电源轨与处理器的控制逻辑之间的电压不匹配。此特性使处理器可以通过标准的 1.8V GPIO 引脚直接控制多路复用器。这样，无需外部电压转换器，节省了系统空间。
- **1.2V 控制逻辑**：与 1.8V 控制逻辑类似，该特性使 TMUX1575 等多路复用器能够与 1.2V 逻辑电平逻辑兼容，减少了对外部电压转换器的需要，节省了系统空间。

- **支持负电压**：定义为允许负电压通过而无需双电源的多路复用器。TMUX4157N 是具有单一负电压电源的示例，而 TS5A22362 和 TS5A22364 器件均是只通过单侧正电源支持负模拟信号通过的示例。
- **自动防故障逻辑**：当信号引脚上的电压大于 V_{DD} 时，确保开关保持关断状态并且逻辑引脚不会对 V_{DD} 反向供电。当选择引脚上存在逻辑信号且开关未通电时，具有自动防故障逻辑的 TI 开关（例如 TMUX1574、TMUX1575、TMUX72xx、TMUX73xx 和 TMUX4157N）将保护下游元件。此特性允许在电源极引脚之前对控制引脚施加电压，从而保护器件免受潜在的损坏。开关在 SEL 逻辑引脚上保持高阻抗状态，从而防止电源在电源排序期间流经 V_{DD} 。例如，自动防故障逻辑特性允许在电源 $V_{DD} = 0V$ 时将 TMUX1574 的选择引脚斜升至 5.5V。此外，该特性使多路复用器可以在 V_{DD} 低于选择引脚上的电压时运行。
 - 保护多路复用器和下游 IC 免受损坏。
 - 消除对电源排序解决方案的需求。
 - 减少 BOM 数目和成本。简化系统设计。
 - 提高系统可靠性。

有关更多详细信息，请参阅 [自动防故障逻辑是什么？](#)。

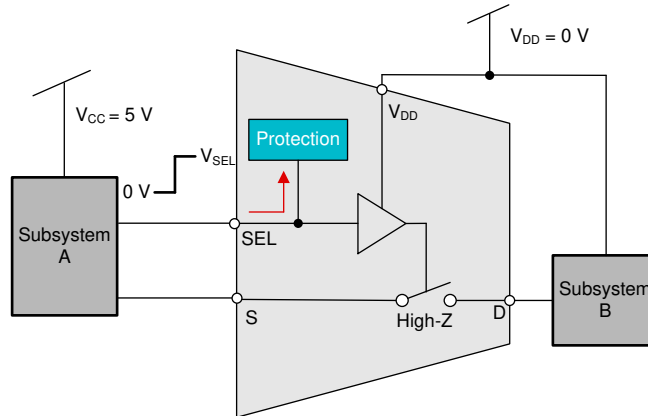


图 4-13. 自动防故障逻辑

5 德州仪器 (TI) 模拟信号开关和多路复用器产品系列

德州仪器 (TI) 提供全面的精密、保护和通用开关与多路复用器产品系列，支持端到端信号链需求。

通过这一 TI 模拟信号开关和多路复用器产品系列，您可以大致了解该类器件的特性和参数。这些类别并非完全不兼容的，特别是在提到保护类别时。保护类别中的许多器件具有一些与精密系列相同的低泄漏/低 R_{ON} 参数，但增加了其他保护特性。

以下各节重点介绍精密、保护和通用开关与多路复用器的主要特性和应用。

5.1 精密开关和多路复用器

TI 提供了多种不同配置的精密多路复用器和开关，以提高性能，并最大程度地减少高精度测量系统中的偏移误差和信号失真。这些精密开关的主要差异化特性包括：

- 低导通泄漏电流 (I_{ON})
- 低导通电阻 (R_{ON})
- 低导通电容 (C_{ON})
- 低电荷注入 (Q_C)

除了上述特性外，TI 模拟精密开关还支持 1.8V 控制逻辑、自动防故障逻辑和先断后合开关，并采用超小型封装。

下面的表 5-1 示出了模拟精密开关的性能规格：

表 5-1. 模拟精密开关和多路复用器

V_{SIGNAL}	零件型号	配置	R_{ON} (典型值) (Ω)	C_{ON} (pF)	Q_C (pC)	I_{ON} (μA)	封装/引脚
低压 ($V_{SIGNAL} \leq 24V$)	TMUX1101/02	1:1, 1 通道	2	18	-1.5	0.002	SC70 5、SOT-23 5
	TMUX1121/22/23	1:1, 2 通道	1.9	17	-1.5	0.002	VSSOP 8
	TMUX1111/12/13	1:1, 4 通道	2	19	-1.5	0.002	TSSOP 16、UQFN 16
	TMUX1119	2:1, 1 通道	2.5	21	-6	0.004	SC70 6、SOT-23 6
	TMUX1136	2:1, 2 通道	1.8	20	-6	0.002	USON 10、VSSOP 10
	TMUX1133	2:1, 3 通道	2	20	-1	0.002	TSSOP 16
	TMUX1134	2:1, 4 通道	2	20	-1	0.002	TSSOP 20
	TMUX1104	4:1, 1 通道	2.5	40	1.5	0.0035	USON 10、VSSOP 10
	TMUX1109	4:1, 2 通道	2.5	35	1	0.003	TSSOP 16、UQFN 16
	TMUX1108	8:1, 1 通道	2.5	65	1	0.004	TSSOP 16、UQFN 16
中压 ($25V \leq V_{SIGNAL} \leq 99V$)	TMUX7234	2:1, 4 通道	3.5	76	3	0.0002	TSSOP 20、WQFN 20
	TMUX6121/22/23	1:1, 2 通道	120	4.2	0.15	0.0004	VSSOP 10
	TMUX6111/12/13	1:1, 4 通道	120	4.2	0.6	0.0005	TSSOP 16、WQFN 16
	TMUX6119	2:1, 1 通道	120	4.3	0.19	0.0004	SOT-23 8
	TMUX6136	2:1, 2 通道	120	5.5	-0.4	0.0004	TSSOP 16
	TMUX6104	4:1, 1 通道	125	5	0.35	0.001	TSSOP 14
	MUX36S04	4:1, 2 通道	125	6.7	0.3	0.0033	TSSOP 16、WQFN 16
	MUX36S08	8:1, 1 通道	125	9.4	0.3	0.0033	TSSOP 16、WQFN 16
	MUX36D08	8:1, 2 通道	125	8.7	0.31	0.0053	QFN 32、SOIC 28、 TSSOP 28、WQFN 32
	MUX36S16	16:1, 1 通道	125	13.5	0.31	0.0053	QFN 32、SOIC 28、 TSSOP 28、WQFN 32

5.2 保护开关和多路复用器

TI 提供多种不同配置的保护多路复用器和开关，以保护上游和下游元件免于发生故障以及在故障期间免受影响，同时最大程度地提高信号完整性。这些保护开关的主要差异化特性包括：

- **断电保护：**当 I/O 引脚上存在信号且 $V_{DD} = 0V$ 时，保护开关并隔离信号路径。有关更多信息，请参阅 [利用关断保护信号开关消除电源排序技术手册](#) 和 [利用关断保护功能简化电源排序](#)。当 I/O 引脚上存在输入信号且开关未通电时，具有关断保护功能的 TI 开关将保护下游组件。开关在 I/O 引脚上保持高阻抗状态，借助以下特性防止对 V_{DD} 和选择 (SEL) 引脚反向供电。
 - 在子系统之间进行电气隔离。

- 防止数据随意传输。
- 消除对上电排序解决方案的需求。
- 减少 BOM 数目和成本。简化系统设计。
- 提高系统可靠性。

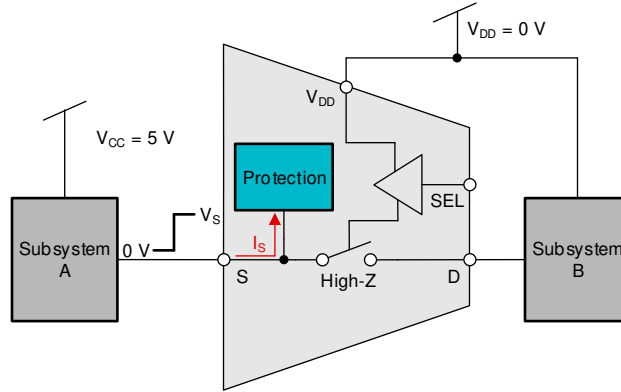


图 5-1. 断电保护

- **过压保护/故障检测**：故障保护多路复用器具有内置故障保护特性，例如过压检测和保护。这种多路复用器很好分辨，名称后跟“F”，例如 TMUX7412F、TMUX7308F 和 TMUX7462F。这些器件通过比较源极引脚上的电压与电源电压来检测过压输入。如果信号超过数据表中列出的电源电压的阈值电压 (V_T 或 V_{TH})，则被视为过压。检测到过压事件后，开关进入高阻抗状态、隔离信号路径并保护下游组件。

根据器件的不同，可以通过三种方式确定过压阈值：固定阈值、等于 VDD 电源电压的阈值，通过 IC 外部电源可配置的阈值。

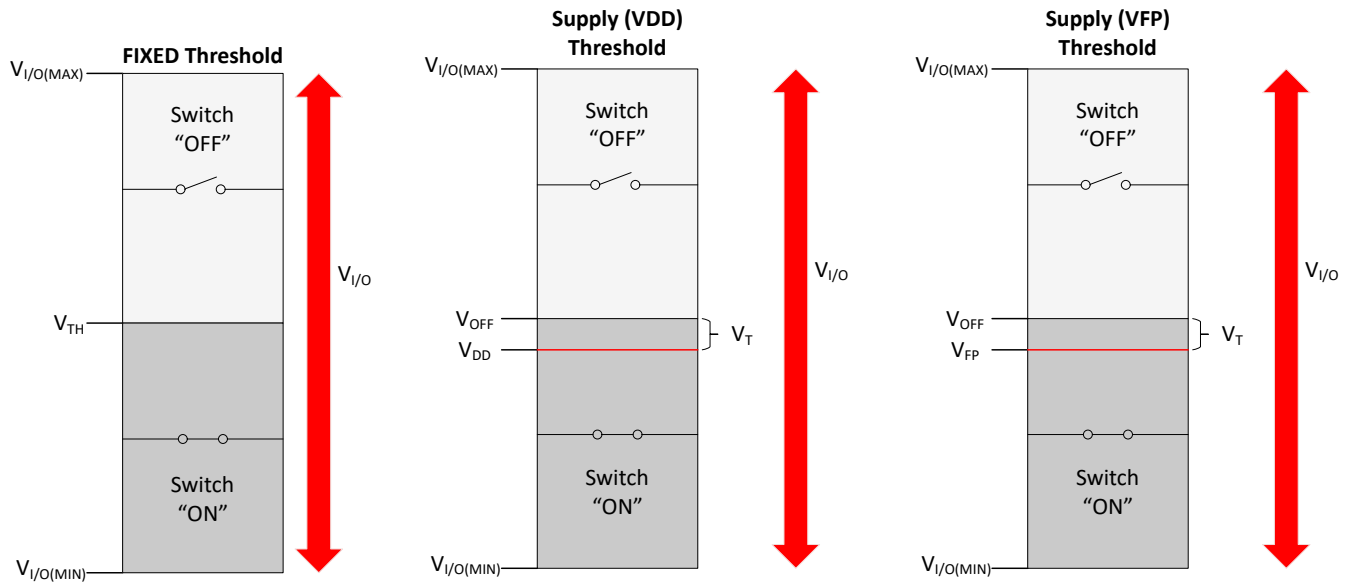


图 5-2. 过压保护阈值

TMUX1072 是一种独特的低电压器件，也支持过压检测。该器件对故障事件具有固定的阈值。如果 COM 引脚上的电压超过过压阈值 $VOVP_TH$ ，开漏输出 FLT 引脚会将该引脚拉低，以指示检测到的过压事件，且 I/O 路径会变为高阻态。当 COM 引脚上的电压恢复到 $VOVP_TH$ 以下，开漏输出将释放 FLT 引脚。

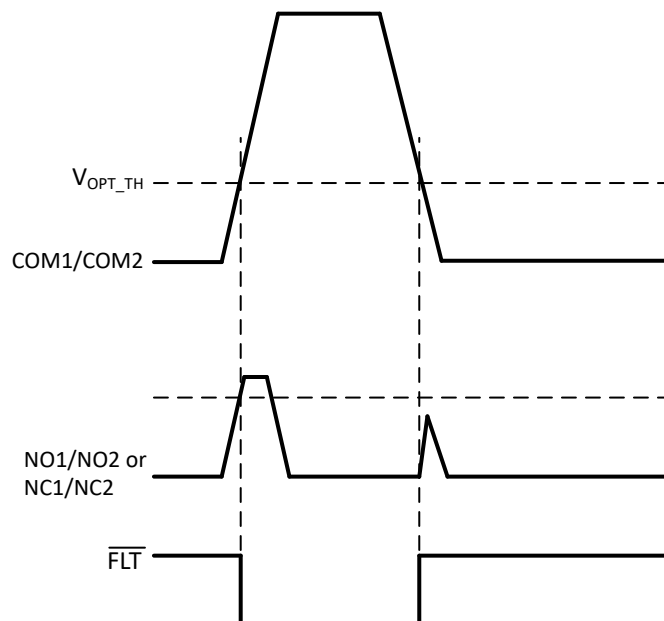


图 5-3. TMUX1072 过压保护波形

- **欠压保护** - 具有欠压保护的器件通过比较源极引脚上的电压与电源电压来检测 I/O 上的欠压输入。如果信号低于数据表中列出的电源电压的阈值电压 (V_{TH})，则被视为欠压。检测到欠压事件后，开关进入高阻抗状态、隔离信号路径并保护下游组件。

根据器件的不同，可以通过两种方式来确定欠压阈值：等于 V_{SS} 电源电压的阈值，或通过 IC 外部电源可配置的阈值。

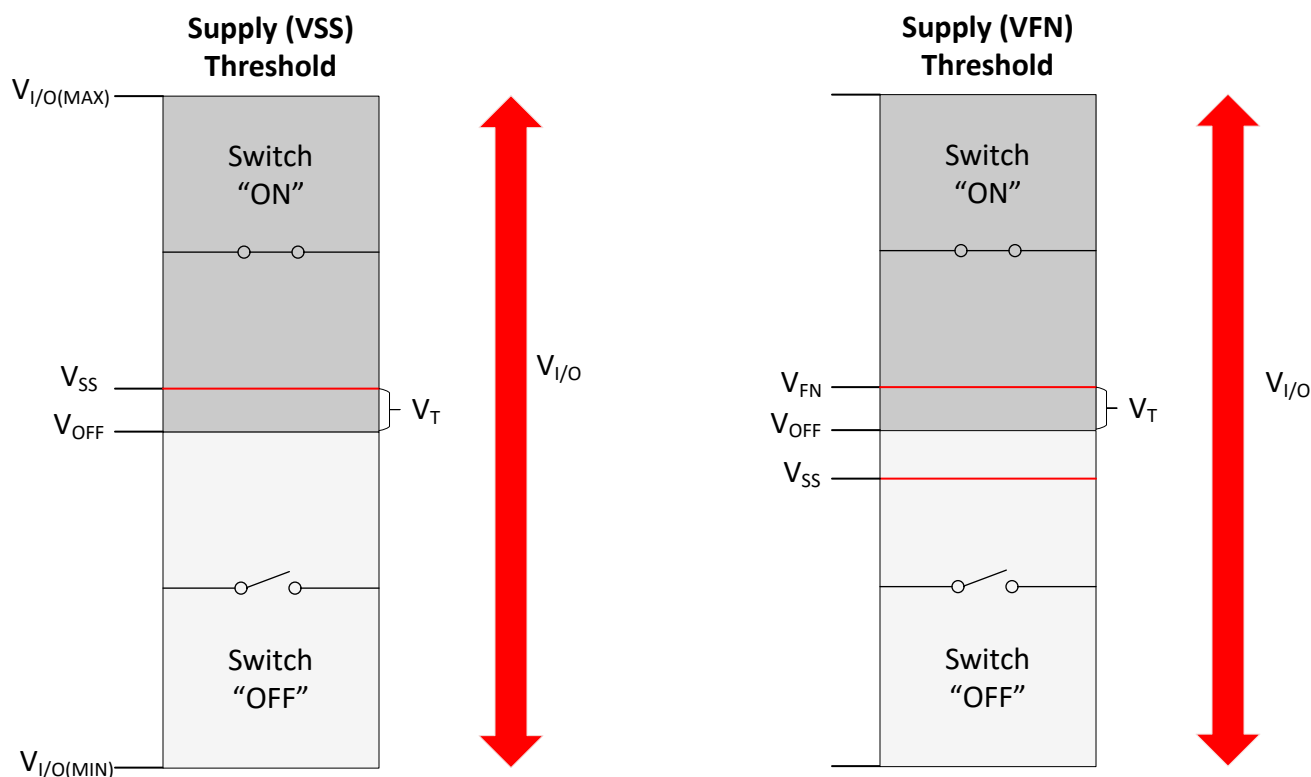


图 5-4. 欠压保护阈值

- **输入电压容差**：其被定义为特定保护，引用可以施加到任何源极引脚上的最大电压。该电压可从源极引脚引用到电源，或置于源极引脚与一个或多个漏极引脚之间。以下示例器件可施加到任何源极输入引脚的最大电压为

+60V 或 -60V。请注意，该器件的额定电压也可处理不同引脚间的最大应力 85V。该器件在不同引脚组合中具有不同的最大额定应力，定义如下：

1. 在源极引脚和电源轨之间

例如，如果器件由 20V 的 VDD 供电，则任何源极引脚上的最大负信号电平为 -60V，以便保持任何源极引脚上的最大额定电压 60V。如果器件由 40V 的 VDD 供电，则任何源极引脚上的最大负信号电平将降为 -45V，以便保持源极引脚和电源之间的最大额定电压 85V。

2. 在源极引脚和一个或多个漏极引脚之间

例如，通道 S1 接通，则 S1(A) 引脚上的电压为 40V。在这种情况下，漏极电压也为 40V。任何其他源极引脚上的最大负电压为 -45V，以便保持源极引脚和漏极引脚之间的最大额定电压 85V。

表 5-2 示出了模拟保护开关的性能规格：

表 5-2. 模拟保护开关和多路复用器

V _{CC}	零件型号	配置	R _{ON} (典型值) (Ω)	封装/引脚	特性
低压 (V _{SIGNAL} ≤ 24V)	TMUX1511	1:1, 4 通道	2	TSSOP 14、UQFN 16	1.8V 兼容控制输入，自动防故障逻辑，支持 JTAG 信号，支持 SPI 信号，支持超出电源电压的输入电压
	TMUX154E	2:1, 2 通道	6	UQFN 10、VSSOP 10	1.8V 兼容控制输入，断电保护，支持 I ² C 信号，支持超出电源电压的输入电压
	TMUX1574	2:1, 4 通道	2	SOT-23-THN 16、TSSOP 16、UQFN 16	1.8V 兼容控制输入，自动防故障逻辑，支持 JTAG 信号，支持 SPI 信号，支持超出电源电压的输入电压
	TMUX1575	2:1, 4 通道	1.7	DSBGA 16	1.2V 兼容控制输入，1.8V 兼容控制输入，断电保护，支持 SPI 信号，支持超出电源电压的输入电压
	TMUX136	2:1, 2 通道	4.6	UQFN 10	1.8V 兼容控制输入，支持 I ² C 信号
	TMUX1072	2:1, 2 通道	6	UQFN 12、VSSOP 10	1.8V 兼容控制输入，支持 I ² C 信号，支持超出电源电压的输入电压
	TS5A3159A	2:1, 2 通道	0.7	DSBGA 6、SC70 6、SOT-23 6	断电保护，先断后合
	SN74CBTLV3257	2:1, 4 通道	5	SOIC 16、SSOP 16、TSSOP 16、TVSOP 16、UQFN 16、VQFN 16	断电保护，支持 JTAG 信号，支持 SPI 信号
	TS5A3359	3:1, 1 通道	0.7	DSBGA 8、VSSOP 8	断电保护，先断后合
	SN74CBT3305C ⁽¹⁾	1:1, 2 通道	3	SOIC 8、TSSOP 8	支持 I ² C 信号，下冲保护
	SN74CBTD3306C	1:1, 2 通道	3	SOIC 8、TSSOP 8	信号路径转换，下冲保护
	SN74CB3Q3257	2:1, 4 通道	4	SSOP 16、TSSOP 16、TVSOP 16、VQFN 16	断电保护，支持 JTAG 信号，支持 SPI 信号，支持超出电源电压的输入电压
	SN74CBTLV1G125 ⁽¹⁾	1:1, 1 通道	5	SOT-23 5、SC-70 5	断电保护
	SN74CB3T1G125 ⁽¹⁾	1:1, 1 通道	5	SC70 5、SOT-23 5	断电保护，信号路径转换
	SN74CBTLV3126	1:1, 4 通道	5	SOIC 14、SSOP 16、TSSOP 14、TVSOP 14、VQFN 14	断电保护，支持 JTAG 信号，支持 SPI 信号
中压 (25V ≤ V _{SIGNAL} ≤ 99V)	TS3A27518E	2:1, 6 通道	4.4	TSSOP 24、WQFN 24	断电保护，先断后合，支持 SPI 信号，支持 JTAG 信号，1.8V 兼容控制输入
	TMUX8212	4:1, 1 通道	5	TSSOP 16	1.8V 兼容控制输入，先断后合，自动防故障逻辑，断电保护
	TMUX8108	8:1, 1 通道	37	TSSOP 16	
	TMUX8109	4:1, 2 通道	37	TSSOP 16	
	TMUX7412F	1:1, 1 通道	9.5	WQFN 16	1.8V 兼容控制输入，先断后合，自动防故障逻辑，过压保护
	TMUX7462F	1:1, 4 通道	9.5	WQFN 16	
	TMUX7308F	8:1, 1 通道	250	TSSOP 16、WQFN 16	1.8V 兼容控制输入，先断后合，自动防故障逻辑，过压保护，断电保护
	MPC509	4:1, 2 通道	1300	SOIC 16、PDIP 16	双电源，先断后合，过压保护，断电保护
	MPC508	8:1, 1 通道	1300	SOIC 16、PDIP 16	
	MPC507	8:1, 2 通道	1300	SOIC 28	
	MPC506	16:1, 1 通道	1300	SOIC 28	

(1) 有关 CBT 和 CBLV 系列的模拟性能，请参阅附录 A。

5.3 通用开关和多路复用器

TI 提供种类繁多的双向通用型开关和多路复用器产品系列、其电压范围宽、通道数多且配置广，常用于尺寸和/或 BOM 优化极为关键的低频或数字（开/关）应用。

表 5-3 显示了通用多路复用器器件系列的性能规格：

表 5-3. 通用开关和多路复用器

V _{SIGNAL}	器件型号	配置	R _{ON} (典型值) (Ω)	封装 引脚	特性
低压 (V _{SIGNAL} ≤ 24V)	TMUX1309	4:1, 2 通道	59	SOT-23-THIN 16, TSSOP 16, WQFN 16	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 注入电流控制
	TMUX1308	8:1, 1 通道	59	SOT-23-THIN 16, TSSOP 16, WQFN 16	
	TMUX1247	2:1, 1 通道	3	SC70 6	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 自动防故障逻辑
	TMUX1219	2:1, 1 通道	3	SC70 6, SOT-23 6	
	TMUX1204	4:1, 1 通道	9	USON 10, VSSOP 10	
	TMUX1209	4:1, 2 通道	5	TSSOP 16, UQFN 16	
	TMUX1208	8:1, 1 通道	5	TSSOP 16, UQFN 16	
	SN74LVC2G66	1:1, 2 通道	6	DSBGA 8, SM8 8, VSSOP 8	支持 I ² C 信号
	TS5A3157	2:1, 1 通道	5.5	DSBGA 6, SC70 6, SOT-23 6	先断后合
	TS5A23157	2:1, 2 通道	10	UQFN 10, VSSOP 10	先断后合, 支持 I ² C 信号
	CD74HC4053 ⁽¹⁾	2:1, 3 通道	45	PDIP 16, SOIC 16, SO 16, TSSOP 16	先断后合
	SN74LV4053A ⁽¹⁾	2:1, 3 通道	23	PDIP 16, QFN 16, SOIC 16, SOP 16, TSSOP 16, CDIP 16	支持所有端口上的混合模式电压运行
	SN74LVC1G3157 ⁽¹⁾	2:1, 1 通道	6	SC70 6, SOT-23 6, SON 6, DSBGA 6, X2SON 6	先断后合
	CD4051B ⁽¹⁾	8:1, 1 通道	125	PDIP 16, SOIC 16, SO 16, TSSOP 16	先断后合
	TMUX4051	8:1, 1 通道	125	SOT-23-THIN 16, TSSOP 16, WQFN 16	±12V 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	TMUX4052	4:1, 2 通道	125	SOT-23-THIN 16, TSSOP 16, WQFN 16	±12V 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	TMUX4053	2:1, 3 通道	125	SOT-23-THIN 16, TSSOP 16, WQFN 16	±12V 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	TS12A4514	1:1, 1 通道	6.5	PDIP 8, SOIC 8, SOT-23 5	先断后合
中压 (25V ≤ V _{SIGNAL} ≤ 99V)	TMUX8212	1:1, 4 通道	5	TSSOP 16	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 自动防故障逻辑, 断电保护
	TMUX8108	8:1, 1 通道	37	TSSOP 16	
	TMUX8109	4:1, 2 通道	37	TSSOP 16	
	TMUX6219	2:1, 1 通道	2	VSSOP 8	
	MUX509	4:1, 2 通道	125	SOIC 16, TSSOP 16	先断后合
	MUX508	8:1, 1 通道	125	SOIC 16, TSSOP 16	
	MUX507	8:1, 2 通道	125	SOIC 28, TSSOP 28	
	MUX506	16:1, 1 通道	125	SOIC 28, TSSOP 28	

(1) 有关 HC、LV、LVC 和 CD400 系列的模拟性能，请参阅 附录 A。

5.4 汽车开关和多路复用器

表 5-4 显示了汽车 (AECQ100) 开关的性能规格：

表 5-4. 汽车开关和多路复用器 - AECQ100

配置	器件型号	封装/引脚	特性
低压 ($V_{\text{SIGNAL}} \leq 24\text{V}$)	TS5A3166-Q1	SC70 5	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 断电保护
	SN74LVC1G66-Q1	SC70 5、SOT-23 5	低 R_{ON} ($<10\Omega$)
	SN74CBTLV1G125-Q1	SOT-23 5	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 断电保护
	SN74LVC2G66-Q1	VSSOP 8	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 支持 I ² C 信号
	CD4066B-Q1	SOIC 14	低 C_{ON} ($<10\text{pF}$)
	CD74HCT4066-Q1	SOIC 14、TSSOP 14 52mm2 : 6 x 8.65 (SOIC 14)	低 C_{ON} ($<10\text{pF}$)
	TS5A3159-Q1	SOT-23 6	先断后合, 低 R_{ON} ($<10\Omega$)
	SN74LVC1G3157-Q1	SC70 6、SOT-23 6	低 R_{ON} ($<10\Omega$)
	TS5A22364-Q1	VSSOP 10	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 先断后合, 支持负电压
	TS5A3357-Q1	VSSOP 10	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 先断后合, 支持 I ² C 信号
	TMUX4053	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16、WQFN 16	R_{ON} ($<125\Omega$), $\pm 12\text{V}$ 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	SN3257-Q1	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 自动防故障逻辑, 逻辑引脚上的集成下拉电阻器, 断电保护, 支持 SPI 信号, 支持超出电源电压的输入电压
	TS3A27518E-Q1	TSSOP 24、WQFN 24	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 断电保护, 先断后合, 支持 SPI 信号, 支持 JTAG 信号, 1.8V 兼容控制输入
	TS5A3357-Q1	VSSOP 8	先断后合
	TMUX1309-Q1	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16、WQFN 16	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 自动防故障逻辑, 注入电流控制
	TMUX4052	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16、WQFN 16	R_{ON} ($<125\Omega$), $\pm 12\text{V}$ 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	TS3A5017-Q1	VQFN 16	断电保护, 支持 SPI 信号
	SN74LV4052A-Q1	SOIC 16、TSSOP 16	低 C_{ON} ($<10\text{pF}$)
	TMUX1308-Q1	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 注入电流控制
	TMUX1208-Q1	UQFN 16	1.8V 兼容控制输入, 先断后合, 自动防故障逻辑
中压 ($25\text{V} \leq V_{\text{SIGNAL}} \leq 99\text{V}$)	TMUX4051	SOT-23-THIN 16、TSSOP 16、WQFN 16	R_{ON} ($<125\Omega$), $\pm 12\text{V}$ 信号范围, 1.8V 兼容逻辑
	SN74HC4851-Q1	SOIC 16、TSSOP 16	电流注入控制
	SN74LV4051A-Q1	SOIC 16、SOIC 16、TSSOP 16	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 先断后合
	CD74HCT4051-Q1	SOIC 16	低 C_{ON} ($<10\text{pF}$), 先断后合
	CD74HCT4067-Q1	SOIC 24	低 C_{ON} ($<10\text{pF}$), 先断后合
	TMUX7212-Q1	TSSOP 16	低 R_{ON} ($<10\Omega$), 1.8V 兼容逻辑输入, 先断后合
	TMUX6219-Q1	VSSOP 8	
	TMUX7219-Q1	VSSOP 8	

6 数字信号应用中的开关和多路复用器性能

对于数字信号应用中使用的开关和多路复用器，除了节 4 中突出显示的信号开关规格外，还需要考虑以下特性：

- 需要切换的位数。借助 TI 种类繁多的信号开关，可以使用单个器件同时在 1 到 32 位之间切换。例如，LVC1G66 或 CBT1G125 可用于切换单个位，而 CBTLV16211 能够切换 12 组中的总共 24 个位。或者，通过将相邻的使能引脚绑定在一起，可以用一个使能信号控制 24 个位。
- 特殊功能。TI 提供具有特殊功能的总线开关，例如用于单分量电平转换的集成二极管 (CBTD)、用于下冲保护的有源钳位 (CBTK)、用于下冲保护的肖特基二极管钳位 (CBTS)、用于将悬空或未使用的 I/O 引脚保持在有效逻辑电平的总线保持选件 (CBTH)、用于降低信号反射噪声的集成串联电阻选项 (CBTR)。

表 6-1 总结了 TI 信号开关的数字性能特征，从中可以得出开关系列性能方面的通用性。如需了解确切的参数，请参阅相应的数据表。

表 6-1. 数字性能概要

零件型号 (1)	V _{CC}	R _{ON}	t _{pd} (2)	t _{ON} (3)	t _{OFF} (4)	V _{IH} (控制输入)	V _{IL} (控制输入)	C _I (控制)	C _{io} (导通)	C _{io} (关断)
TMUX1209	1.08-5.5V	5-9Ω	—	60ns	45ns	1.8V CMOS	1.8V CMOS	1pF	42pF	38pF
TMUX1511	1.5-5.5V	2Ω	67ps	20μs	4μs	1.8V CMOS	1.8V CMOS	3pF	3.3-6pF	2.4-4pF
CD4066	3-18V	200-1300Ω	7-40ns	15-70ns	15-70ns	约为 0.7 × V _{CC}	约为 0.2 × V _{CC}	5-7.5pF	—	8pF
CD74HC4066	2-10V	15-142Ω	4-90ns	8-150ns	12-225ns	5V CMOS	5V CMOS	10pF	—	5pF
CD74HCT4066	4.5-5.5V	25-142Ω	4-18ns	4-18ns	9-36ns	5V TTL	5V TTL	10pF	—	5pF
SN74HC4066	2-6V	30-150Ω	3-75ns	18-225ns	22-250ns	5V CMOS	5V CMOS	3-10pF	—	9pF
LVC1G66	1.65-5.5V	3-30Ω	0.6-2ns	1.5-10ns	1.4-10ns	5V CMOS	5V CMOS	2pF	13pF	6pF
LV4066A	2-5.5V	21-225Ω	0.3-18ns	1.6-32ns	3.2-32ns	5V CMOS	5V CMOS	1.5pF	—	5.5pF
CBT3125	4-5.5V	5-22Ω	0.25-0.35ns	1.8-5.6ns	1-4.6ns	5V TTL/LVTTL	5V TTL/ LVTTL	3pF	—	4pF
CBTLV3125	2.3-3.6V	5-40Ω	0.15-0.25ns	2-4.6ns	1-4.2ns	LVTTL/2.5V CMOS	LVTTL/2.5V CMOS	2.5pF	—	7pF

(1) 数据基于用于测试本应用报告的器件的数据表参数。请参阅相应的数据表，了解特定参数和负载条件。

(2) t_{pd} 与 t_{PLH}/t_{PHL} 相同。在理想电压源（零输出阻抗）的驱动下，除了开关的典型导通状态电阻和负载电容的 RC 延迟外，开关没有明显的传播延迟。

(3) t_{ON} 与 t_{PZL}/t_{PZH} 相同。

(4) t_{OFF} 与 t_{PLZ}/t_{PHZ} 相同。

7 应用

以下示例展示了信号开关和多路复用器的一些常见应用：

7.1 SPI 多路复用

需要多路复用器（如 TMUX1574 和 SN3257-Q1）特性的常见应用包括复用来自处理器或 MCU 的各种协议，例如 SPI、eMMC、I2S 或标准 GPIO 信号。这些器件在通电后可提供出色的隔离性能。断电保护的一项额外好处是，通过消除热插拔和带电插入应用中的电源排序需求，系统可以更大限度降低复杂性。图 7-1 所示的示例说明了如何使用 SN3257-Q1 将 SPI 总线复用到多个闪存器件。

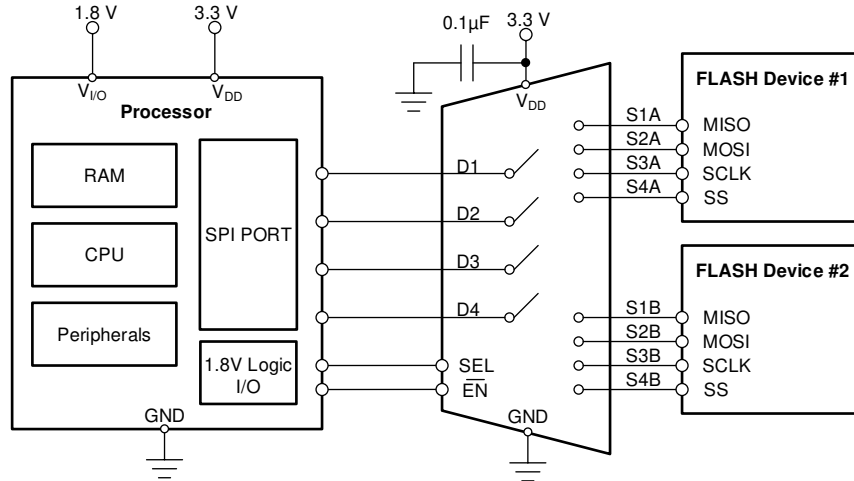


图 7-1. 多路复用闪存

多路复用器的一种有用应用是隔离来自处理器或 MCU 的各种协议，例如 JTAG、SPI 或标准 GPIO 信号。诸如 TMUX1511 之类的开关器件在通电后可提供出色的隔离性能。断电保护的一项额外好处是，通过消除热插拔和带电插入应用中的电源排序需求，系统可以更大限度降低复杂性。

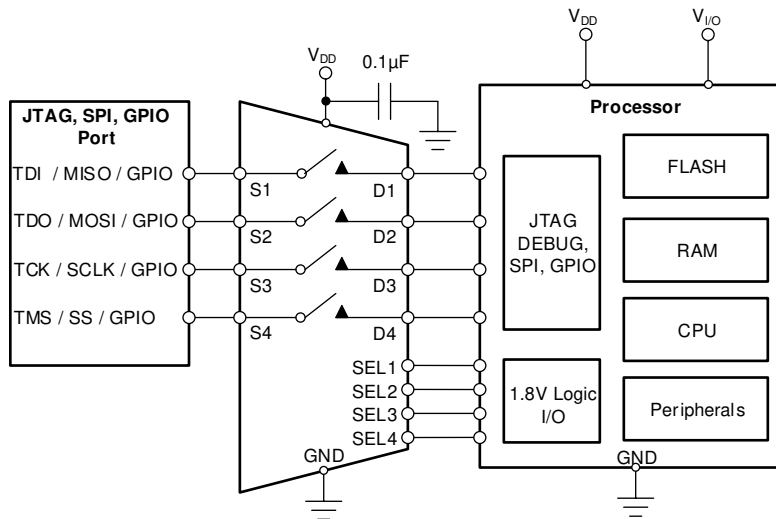


图 7-2. 隔离 JTAG、SPI 和 GPIO 信号

7.2 对外部 ADC 的信号进行多路复用

图 7-3 示出了一种 16 位、4 路输入的多路复用数据采集系统。该示例对于需要以低失真进行精密测量的工业应用而言是很典型的。该电路使用了 ADS8864、16 位的 400kSPS 逐次逼近型电阻 (SAR) 模数转换器 (ADC)，精密放大器和 4 路输入多路复用器 (TMUX1104)。

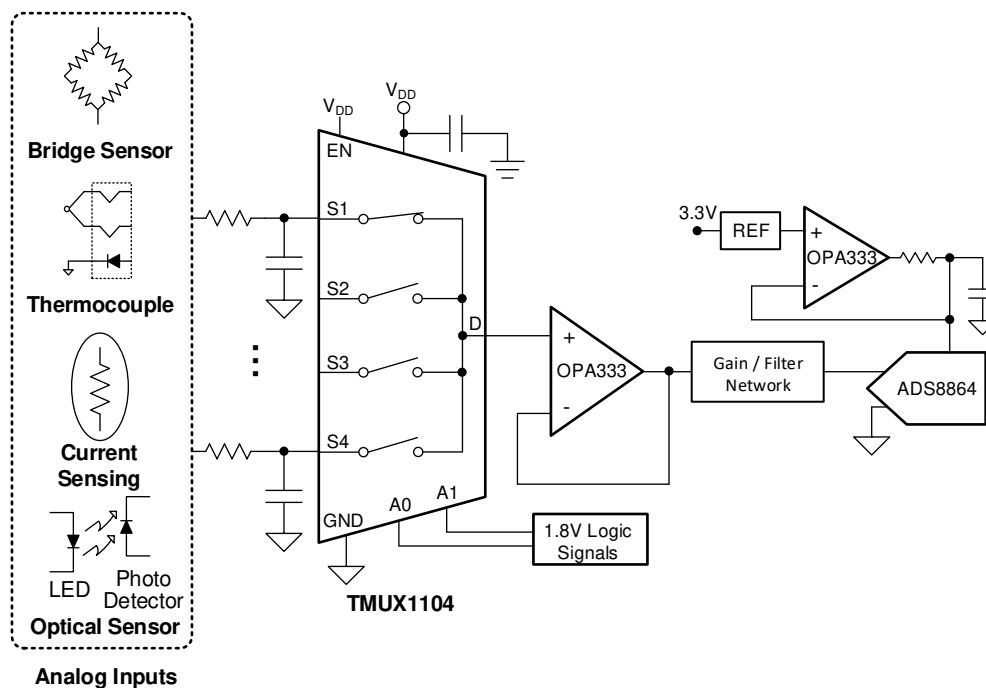


图 7-3. 对外部 ADC 的信号进行多路复用

7.3 故障敏感条件下对外部 ADC 的信号进行多路复用

在模拟输入可编程逻辑控制器 (PLC) 中，多路复用器往往用于将多个传感器切换到单个 ADC。使用多路复用器可减少系统中的元件数量，从而节省系统成本并减小尺寸。在 PLC 模块中， $\pm 10\text{V}$ 输入信号范围常用于连接外部现场变送器和传感器；但可能出现一些故障情况，会损坏许多集成电路。此类故障情况包括但不限于：由于接线误接导致的人为错误、组件故障、接线短路、电磁干扰 (EMI)、瞬态干扰等。TMUX7308F 是一款适合保护下游器件不受此类故障影响的多路复用器。

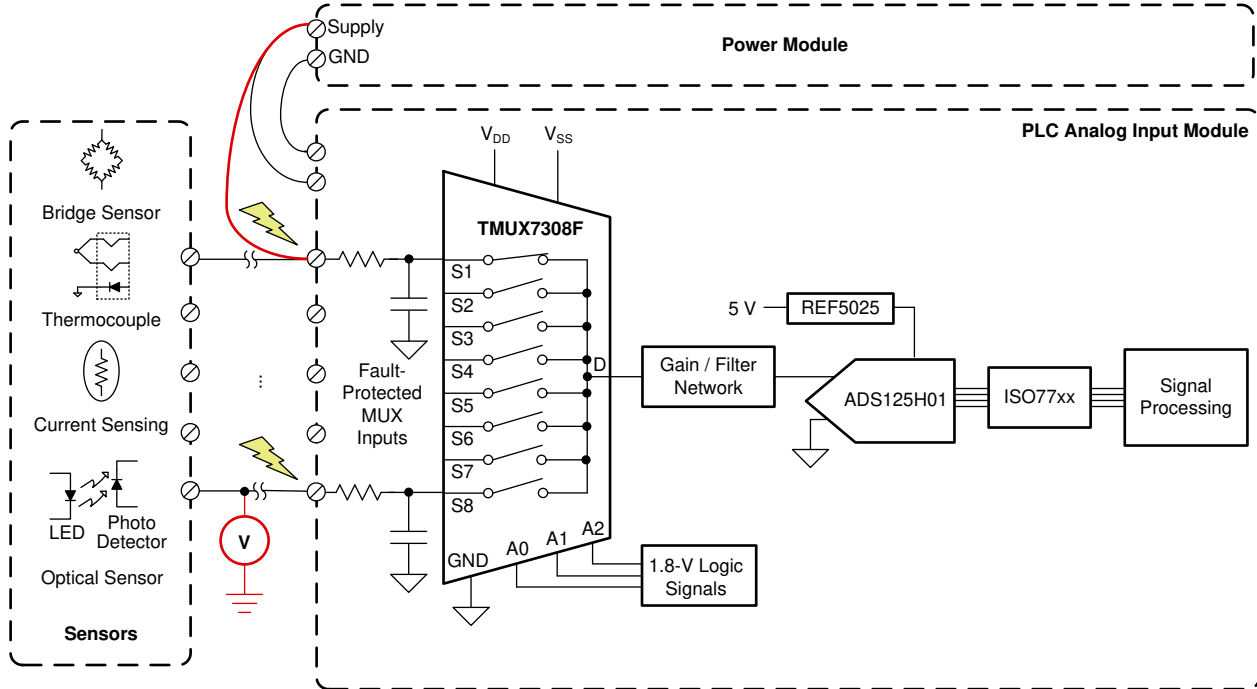


图 7-4. 故障敏感条件下对外部 ADC 的信号进行多路复用

7.4 可切换的运算放大器增益设置

多路复用器的一个示例应用是将运算放大器从单位增益设置更改为反相放大器配置。利用 TMUX1219 之类的开关，可使系统具有可配置的增益，并允许在整个电路板上使用相同的架构来适应系统的各种输入。

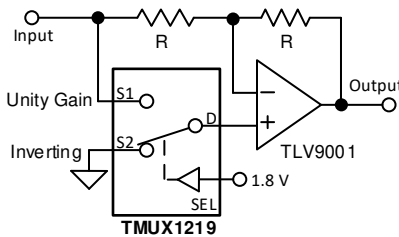


图 7-5. 可切换的运算放大器增益设置

7.5 多路复用车身控制模块 (BCM) 输入

汽车 BCM 是复杂的系统，用于管理众多功能，例如照明、门锁、车窗、雨刮器、转向信号灯以及更多的输入。BCM 会监测这些物理开关并控制提供给车内各种负载的电源。CMOS 多路复用器可用于对输入进行多路复用，并最大程度地减少板载 MCU 所需的 GPIO 或 ADC 输入数量。TMUX1308-Q1 在车身控制模块 (BCM) 或电子控制单元 (ECU) 中对各种物理开关进行复用。图 7-1 示出了使用 TMUX1308-Q1 对系统输入进行多路复用的典型 BCM 系统。

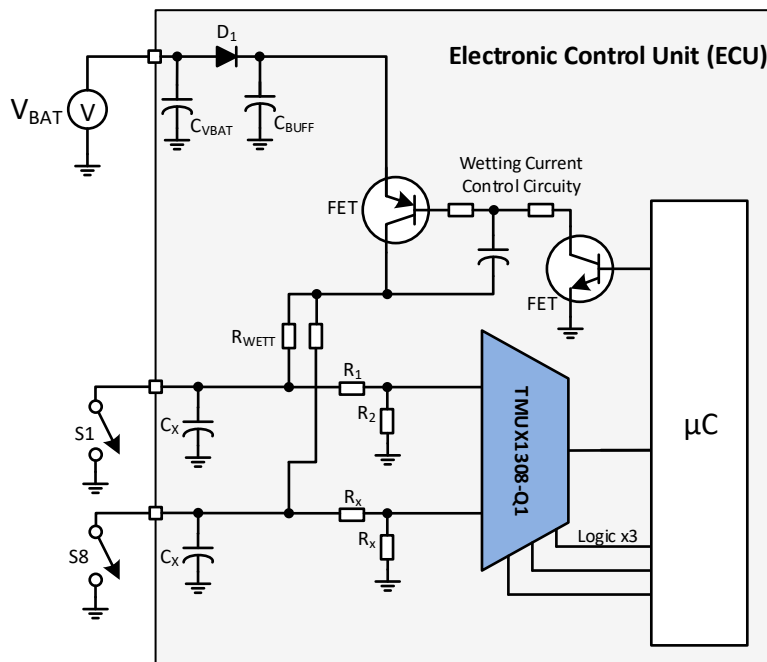


图 7-6. 多路复用 BCM 输入

7.6 使用外部电阻器选择高电流范围

利用 **TMUX721x** 等器件的精密性能提供更高电流支持的示例之一是在半导体自动测试设备 (ATE) 应用中实施参数测量单元 (PMU)。

在自动测试设备 (ATE) 系统中，参数测量单元 (PMU) 的任务是根据电压和电流测量器件 (DUT) 参数信息。测量电压时，在 DUT 引脚上施加电流，通过改变内部检测电阻的值可调整电流范围。根据 DUT 的不同，有时需要使用比系统本身支持的电流更高的测试电流。4 通道 SPST 开关与电流更高的外部放大器和电阻器，可用于实现这种灵活性。PMU 工作电压通常为中压 (最高 20V)。具有低泄漏电流 (典型值为 0.05nA) 的合适开关 (如 **TMUX721x**) 在这些应用中工作良好，可确保测量精度，低 R_{ON} 与平坦的 $R_{ON_FLATNESS}$ 允许更精准地控制电流范围。以下示出了在内存和半导体测试设备中此类实现的简化图。

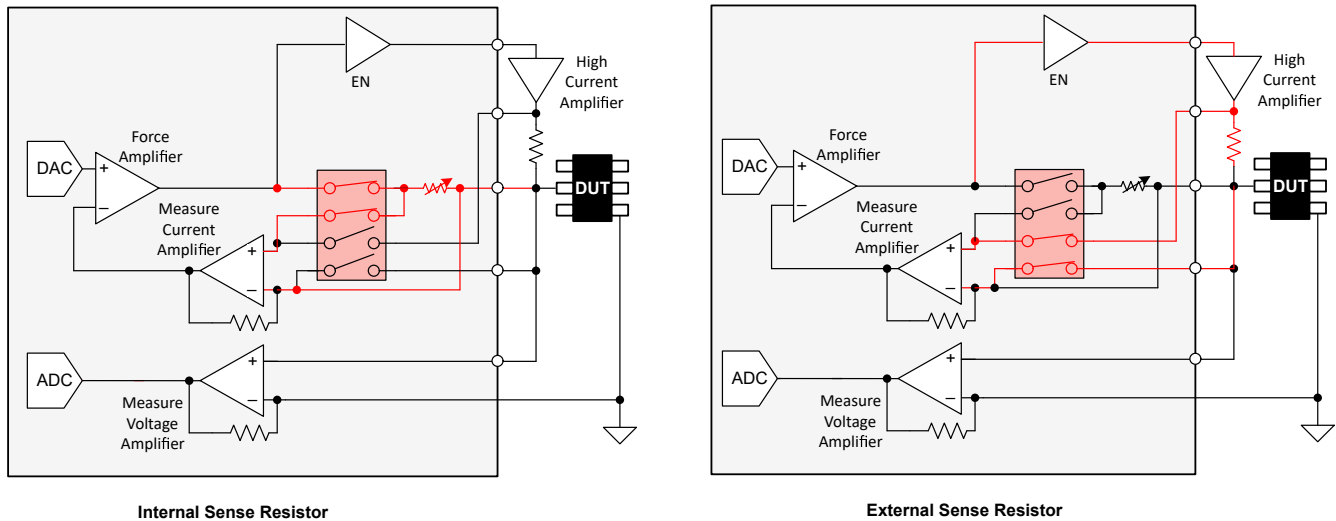


图 7-7. 使用外部电阻器选择高电流范围

7.7 工厂自动化控制系统中的故障保护

在工厂自动化控制系统中，通常需要监控远程传感器。例如，可编程逻辑控制器 (PLC) 的模拟输入模块或混合模块 (AI、AO、DI 和 DO) 将与现场变送器连接，以监控工厂周围远程位置上的各种过程传感器。开关或多路复用器 (例如 **TMUX7462F**) 常常用于连接系统的多个输入，并减少下游通道的数量。

有一些故障情况会损坏许多集成电路。此类故障情况包括但不限于：由于接线误接导致的人为错误、组件故障、接线短路、电磁干扰 (EMI)、瞬态干扰等。

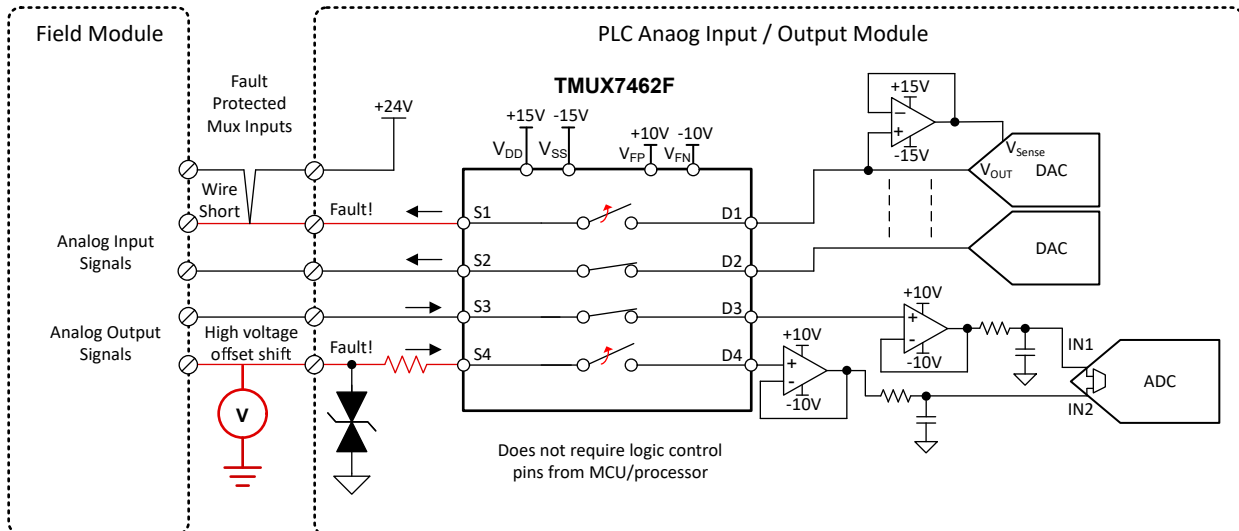


图 7-8. 工厂自动化控制系统中的故障保护

7.8 采样和保持电路

在 **TMUX6121**、**TMUX6122** 和 **TMUX6123** 等器件中复用精度性能的一种有用的应用是采样和保持电路。采样和保持电路可用于模数转换器 (ADC) 对可变输入电压进行采样，同时提高可靠性和稳定性。也可用于在多输出应用中存储单一数模转换器 (DAC) 的输出样本。使用 **TMUX6121**、**TMUX6122** 和 **TMUX6123** 等模拟开关可实现简单的采样和保持电路。

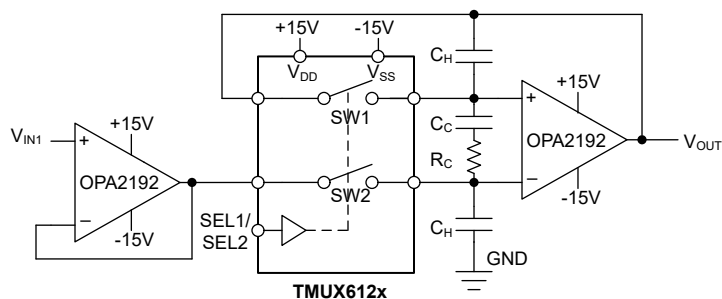


图 7-9. 使用 **TMUX611x** 模拟开关实现采样和保持电路

8 总结

选择信号开关时需要考虑的因素很多（低 R_{ON} 、低泄漏电流、通道数、开关配置、断电保护等）。本应用报告介绍了各种 TI 信号开关架构，重点说明了支持端到端信号链需求的保护、精密和通用开关与多路复用器的主要特性和示例，并提供了开关的示例应用，以帮助设计人员选择合适的 TI 信号开关。

9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision D (December 2021) to Revision E (June 2022)	Page
• 更新了全新 TMUX40xx (TMUX4051、TMUX4052、TMUX4053) 信号开关和多路复用器应用手册	1

Changes from Revision C (August 2021) to Revision D (December 2021)	Page
• 更新了“CMOS (FET) 开关的行为模型”标题.....	4
• 新增了 CF 描述.....	4
• 更新了数字和模拟开关定义.....	9
• 删除了总线开关定义.....	9
• 更新了主题标题.....	10
• 随新款器件发布一同更新.....	10
• 新增了“逻辑引脚上的集成下拉”主题.....	10
• 随新款器件发布一同更新.....	10
• 更新了“源极和漏极导通电容”图像.....	10
• 新增了“闩锁效应抑制”	10
• 更新了传播延迟定义.....	10
• 用示例器件更新了自动防故障逻辑.....	10
• 更新了“模拟精密开关和多路复用器”表.....	16
• 更新了新增有新保护器件的保护开关和多路复用器”主题.....	16
• 更新了“模拟保护开关和多路复用器”表.....	16
• 更新了“通用开关和多路复用器”表.....	20
• 更新了“汽车开关和多路复用器 - AECQ100”表.....	21
• 更新了“数字信号应用中的开关和多路复用器性能”标题.....	22
• 新增了“对外部 ADC 的信号进行多路复用”主题.....	24
• 新增了“故障敏感条件下对外部 ADC 的信号多路复用”主题.....	25
• 新增了“使用外部电阻器选择高电流范围”主题.....	27
• 新增了“工厂自动化控制系统中的故障保护”主题.....	27
• 新增了“采样和保持电路”主题.....	28

Changes from Revision B (April 2020) to Revision C (August 2021)	Page
• 更新了整个出版物中的表格、图和交叉引用的编号格式.....	4

Changes from Revision A (March 2020) to Revision B (April 2020)	Page
• 更新了图 27：可切换的运算放大器增益设置	25

Changes from Revision * (October 2001) to Revision A (March 2020)	Page
• 更新了全新 TMUX 信号开关和多路复用器应用手册	1

A 附录 A

A.1 模拟性能 - CD、HC、CBT、LVC 和 LV

表 A-1. V_{CC} 大于 5.5V

参数 ⁽¹⁾	更好的性能		
R_{ON} (典型值到最大值)	CD74HC4066 15-126 Ω	CD74HC4066 ⁽²⁾ 30 Ω	CD4066 200-550 Ω
R_{ON} (峰值) (典型值到最大值)	SN74HC4066 ⁽²⁾ 50 Ω (典型值)	CD74HC4066 未指定	CD4066 未指定
频率响应	CD74HC4066 ⁽³⁾ 200MHz	CD4066 40MHz	SN74HC4066 ⁽³⁾ 30MHz
THD/正弦波失真	CD74HC4066 0.008%	SN74HC4066 ⁽³⁾ 0.05%	CD4066 0.4%
串扰 (使能到输出)	SN74HC4066 20mV	CD4066 50mV	CD74HC4066 550mV
串扰 (开关间)	CD4066 8MHz 时为 -50dB	CD74HC4066 ⁽³⁾ 1MHz 时为 -72dB	SN74HC4066 ⁽³⁾ 1MHz 时为 -45dB
馈通衰减	CD74HC4066 ⁽³⁾ 1MHz 时为 -72dB	CD4066 1MHz 时为 -50dB	SN74HC4066 ⁽³⁾ 1MHz 时为 -42dB

(1) 数据基于本应用报告中经过测试的器件的数据表参数。请参阅相应的数据表，了解特定参数和负载条件。

(2) $V_{CC} = 6V$ 时的规格。

(3) $V_{CC} = 4.5V$ 时的规格。

表 A-2. $V_{CC} = 4.5V$

参数 ⁽¹⁾	更好的性能					
R_{ON} (典型值到最大值)	LVC1G66 3-10 Ω	CBT3125 ⁽²⁾ 5-15 Ω	LV4066A 21-100 Ω	CD74HC/ HCT4066 25-142 Ω	SN74HC4066 50-106 Ω	CBT3125 ⁽³⁾ 5-1000 Ω
R_{ON} (峰值) (典型值到最大值)	CBT3125 ^{(2) (3)} 10 Ω	LVC1G66 6-15 Ω	LV4066A 31-125 Ω	CD74HC/ HCT4066 ⁽³⁾ 50-70 Ω	SN74HC4066 70-215 Ω	CBT3125 ⁽³⁾ 1000 Ω
频率响应	CBT3125 ^{(2) (3)} >200MHz	LVC1G66 195MHz	CD74HC/ HCT4066 ⁽⁴⁾ 200MHz	LV4066A 50MHz	SN74HC4066 30MHz	
THD/正弦波失真	LVC1G66 0.01%	CD74HC/ HCT4066 0.023%	CBT3125 ^{(2) (3)} 0.035%	SN74HC4066 0.05%	LV4066A 0.1%	
串扰 (使能到输出)	SN74HC4066 15mV	LV4066A 50mV	LVC1G66 100mV	CBT3125 ⁽³⁾ 120mV	CD74HCT4066 130mV	CD74HC4066 200mV
串扰 (开关间)	CD74HC/HCT4066 -72dB	LVC2G66 -58dB	CBT3125 ^{(2) (3)} -53dB	SN74HC4066 -45dB	LV4066A -45dB	
馈通衰减	CD74HC/HCT4066 -72dB	LVC1G66 -58dB	SN74HC4066 -42dB	LV4066A -40dB	CBT3125 ⁽³⁾ -36dB	

(1) 数据基于本应用报告中经过测试的器件的数据表参数。请参阅相应的数据表，了解特定参数和负载条件。

(2) CBT3125, $0 \leq V_{IO} \leq (V_{CC} - 2V)$ 。

(3) 数值来自应用报告中的测量值。在数据表中未指明。

(4) 列在此处是因为负载与本报告中的其他器件不同。

表 A-3. $V_{CC} = 3V$

参数 ⁽¹⁾	更好的性能				
R_{ON} (典型值到最大值)	LVC1G66-15 Ω	CBTLV31255-15 Ω	LV4066A29-190 Ω	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定
R_{ON} (峰值) (典型值到最大值)	CBTLV3125 ⁽³⁾ 15-20 Ω	LVC1G6612-20 Ω	LV4066A57-225 Ω	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定
频率响应	CBTLV3125 ⁽³⁾ >200MHz	LVC1G66175MHz	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A35MHz	SN74HC4066 ⁽¹⁾ 未指定

表 A-3. $V_{CC} = 3V$ (continued)

参数 ⁽¹⁾	更好的性能				
THD/正弦波失真	LVC1G660.015%	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	CBTLV3125 ⁽³⁾ 0.09%	LV4066A0.1%
串扰 (使能到输出)	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A20mV	LVC1G6670mV	CBTLV3125 ⁽³⁾ 70mV	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定
串扰 (开关间)	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LVC2G66-58dB	CBTLV3125 ⁽³⁾ -49dB	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A-45dB
馈通衰减	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LVC1G66-58dB	CBTLV3125-52dB	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A-40dB

- (1) 数据基于本应用报告中经过测试的器件的数据表参数。请参阅相应的数据表，了解特定参数和负载条件。
(2) 根据估算的性能在表中排列。在数据表中未指明信息。
(3) 数值来自应用报告中的测量值。在数据表中未指明。

表 A-4. $V_{CC} = 2.5V$

参数 ⁽¹⁾	更好的性能				
R_{ON} (典型值到最大值)	LVC1G66 9-20 Ω	CBTLV3125 5-40 Ω	LV4066A 38-225 Ω	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽³⁾ 150 Ω
R_{ON} (峰值) (典型值到最大值)	CBTLV3125 ⁽⁴⁾ 15-45 Ω	LVC1G66 20-30 Ω	LV4066A 143-600 Ω	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽³⁾ 320 Ω
频率响应	CBTLV3125 ⁽⁴⁾ >200MHz	LVC1G66 120MHz	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A 30MHz	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定
THD/正弦波失真	LVC1G66 0.025%	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A 0.1%	CBTLV3125 ⁽⁴⁾ 0.11%
串扰 (使能到输出)	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A 15mV	CBTLV3125 ⁽²⁾ 30mV	LVC1G66 50mV	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定
串扰 (开关间)	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LVC2G66 -58dB	CBTLV3125 -45dB	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A -45dB
馈通衰减	CD74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LVC1G66 -58dB	CBTLV3125 -52dB	SN74HC4066 ⁽²⁾ 未指定	LV4066A -40dB

- (1) 数据基于本应用报告中经过测试的器件的数据表参数。请参阅相应的数据表，了解特定参数和负载条件。
(2) 根据估算的性能在表中排列。在数据表中未指明信息。
(3) $V_{CC} = 2V$ 时的数据。
(4) 数值来自应用报告中的测量值。在数据表中未指明。

A.2 SN74CBT 特性

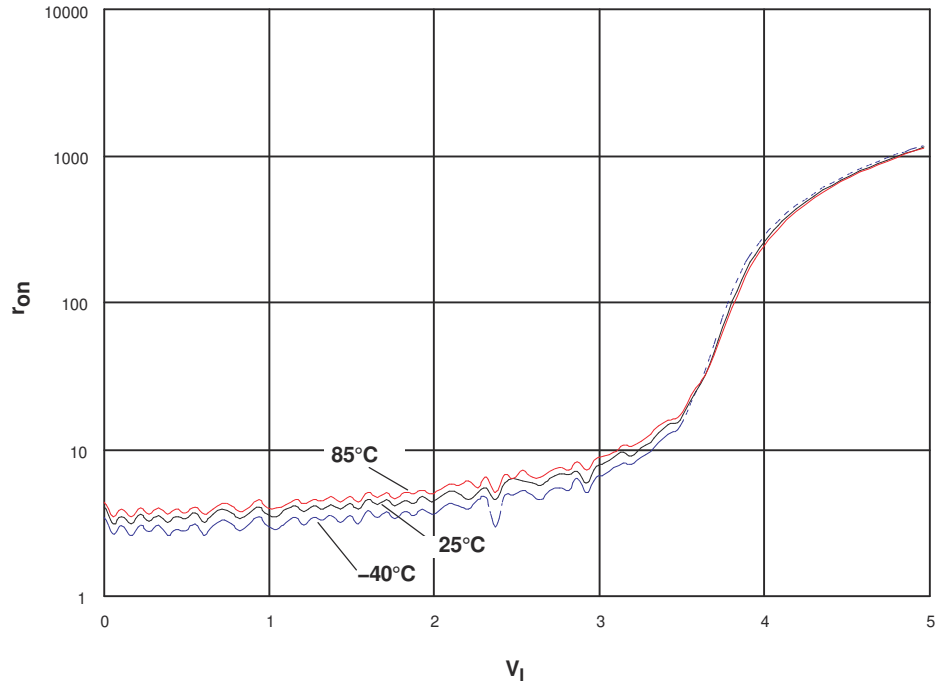


图 A-1. Log r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125)

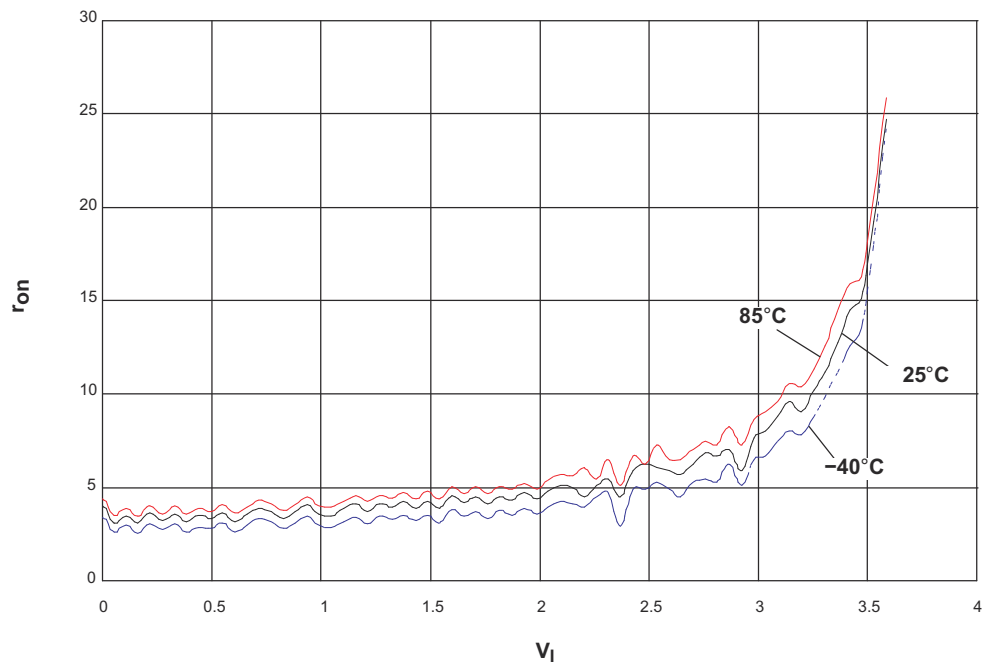


图 A-2. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125)

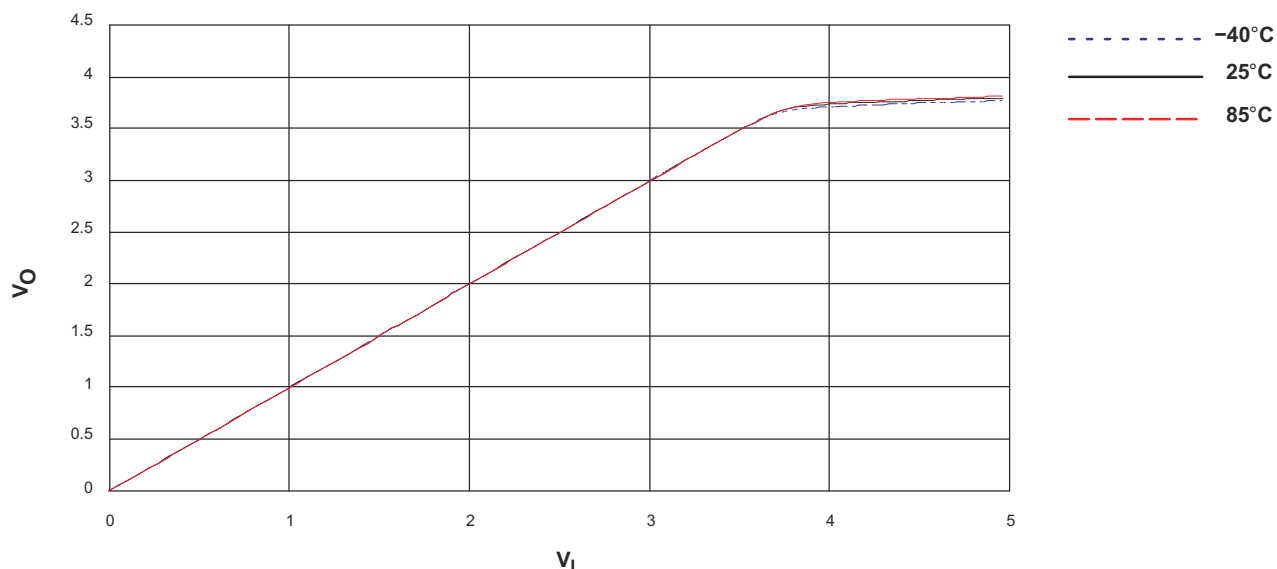


图 A-3. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74CBT3125)

表 A-5. SN74CBT3125 模拟参数测量数据

$V_{CC}^{(1)}$	频率响应	正弦波失真	总谐波失真	串扰		电荷注入	馈通
		1kHz		开关间	使能到输出		
5V	>200MHz	0.035%	0.15%	-53dB	120mV	7.2pC	-36dB

(1) SN74CBT3125 的表征后测量值

A.3 CD74HCT 特性

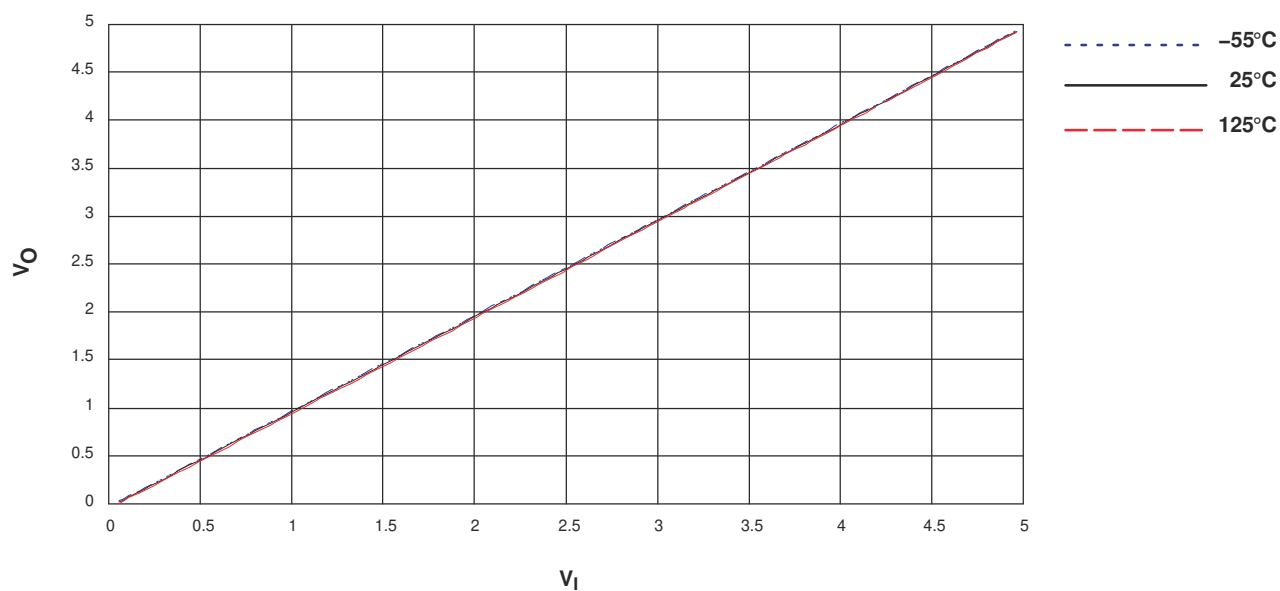


图 A-4. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD74HCT4066)

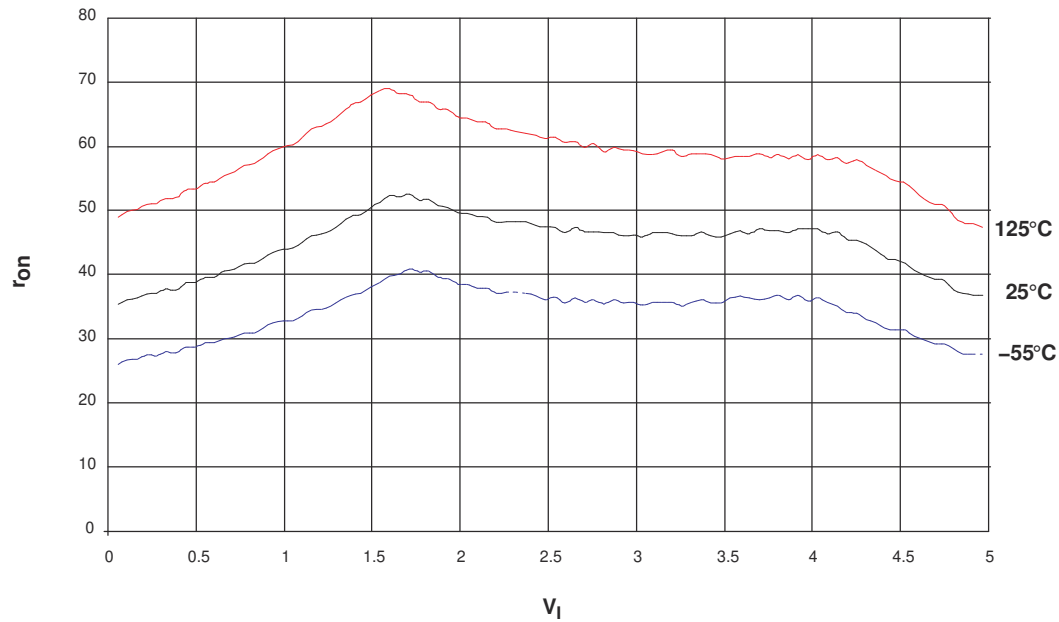


图 A-5. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD74HCT4066)

表 A-6. CD74HCT4066 模拟参数测量数据

V_{CC} ⁽¹⁾	频率响应	总谐波失真	串扰		电荷注入 ⁽²⁾	馈通
		1kHz	开关间	使能到输出		
4.5V	200MHz	0.023%	-72dB	130mV	8.1pC	-72dB

(1) CD74HCT4066 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) CD74HCT4066 的表征后测量值。

A.4 CD74HC 特性

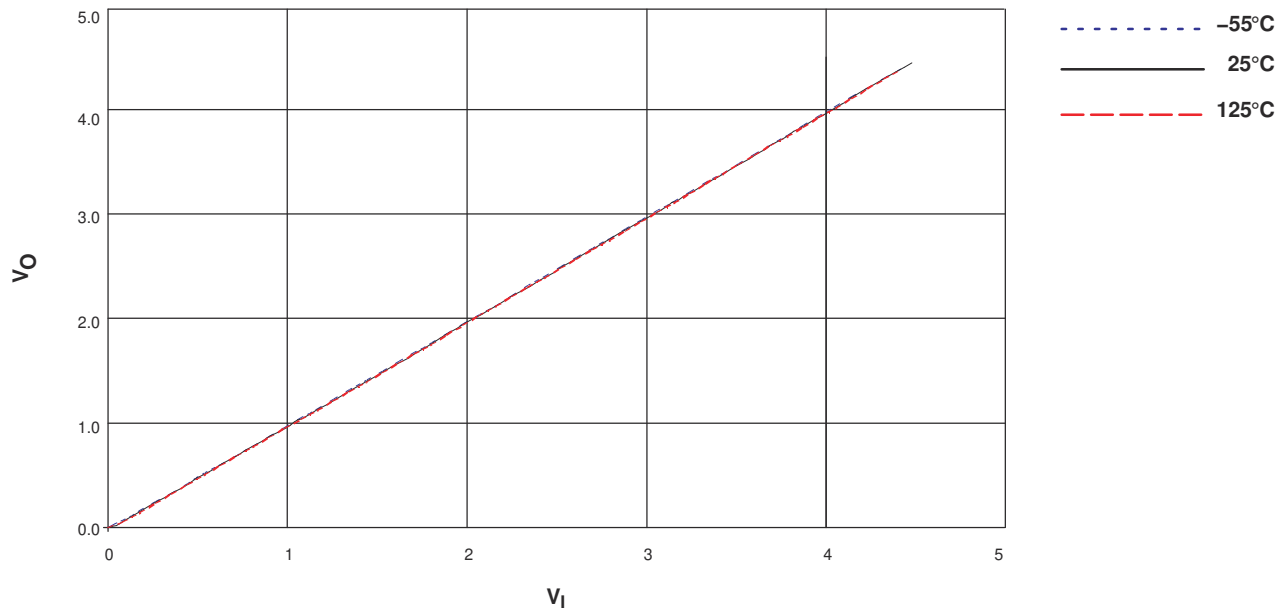


图 A-6. V_I 与 V_O 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (CD74HC4066)

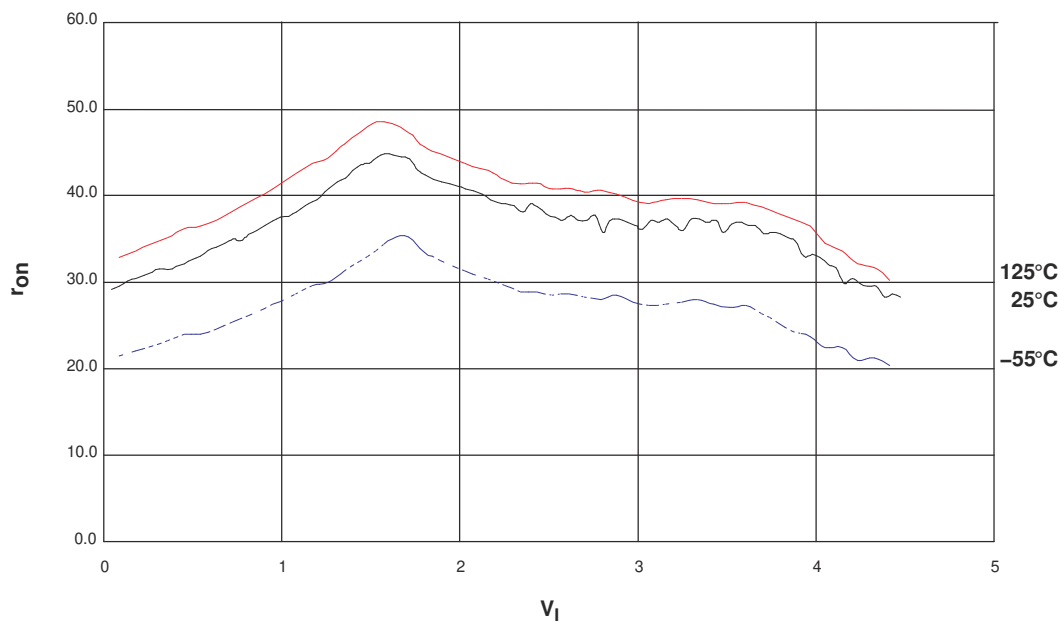


图 A-7. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (CD74HC4066)

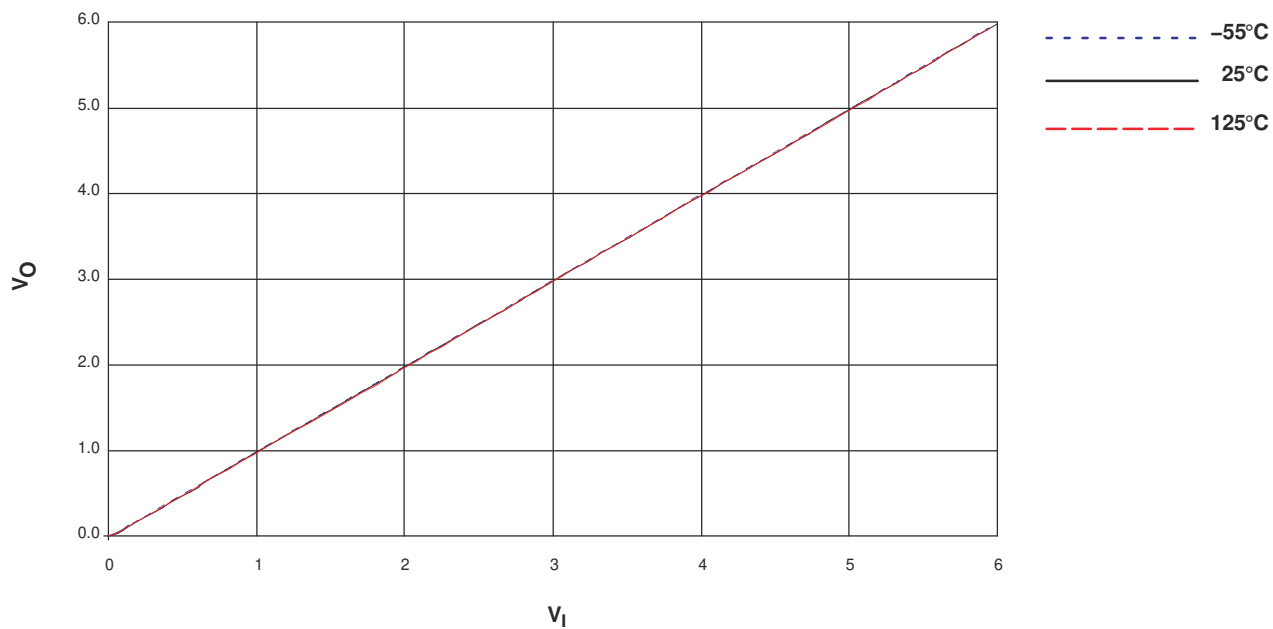


图 A-8. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (CD74HC4066)

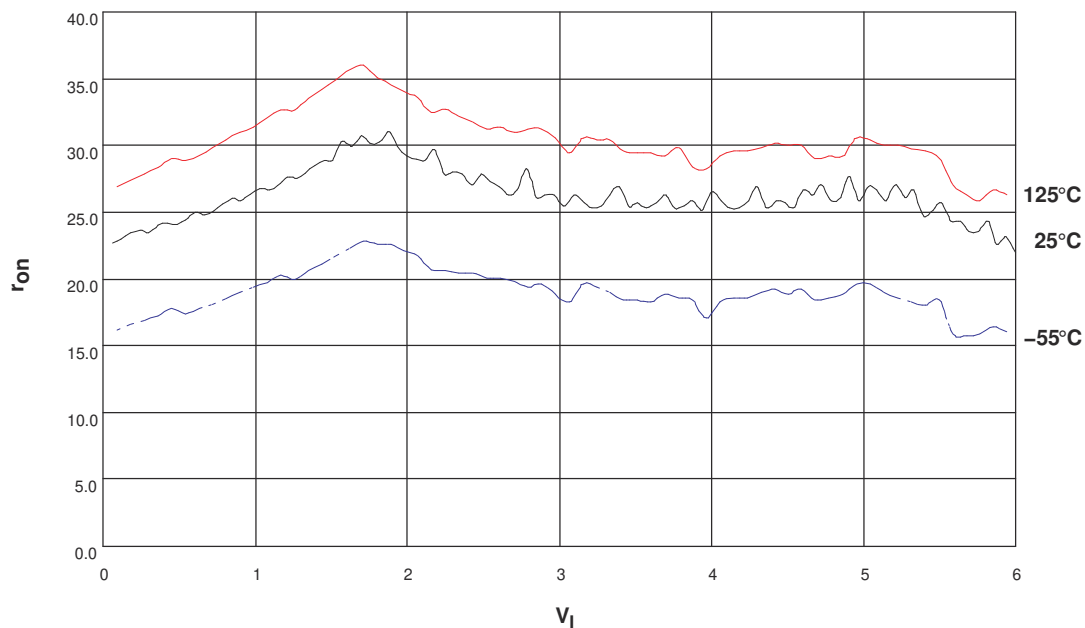


图 A-9. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (CD74HC4066)

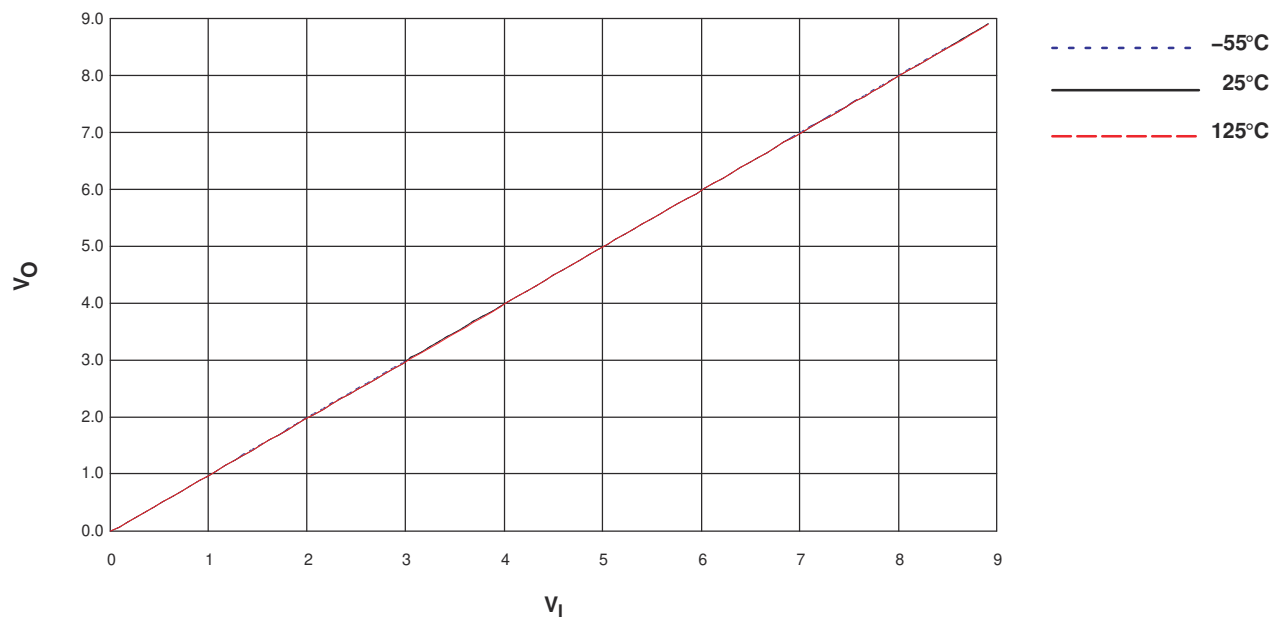


图 A-10. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 9V$ (CD74HC4066)

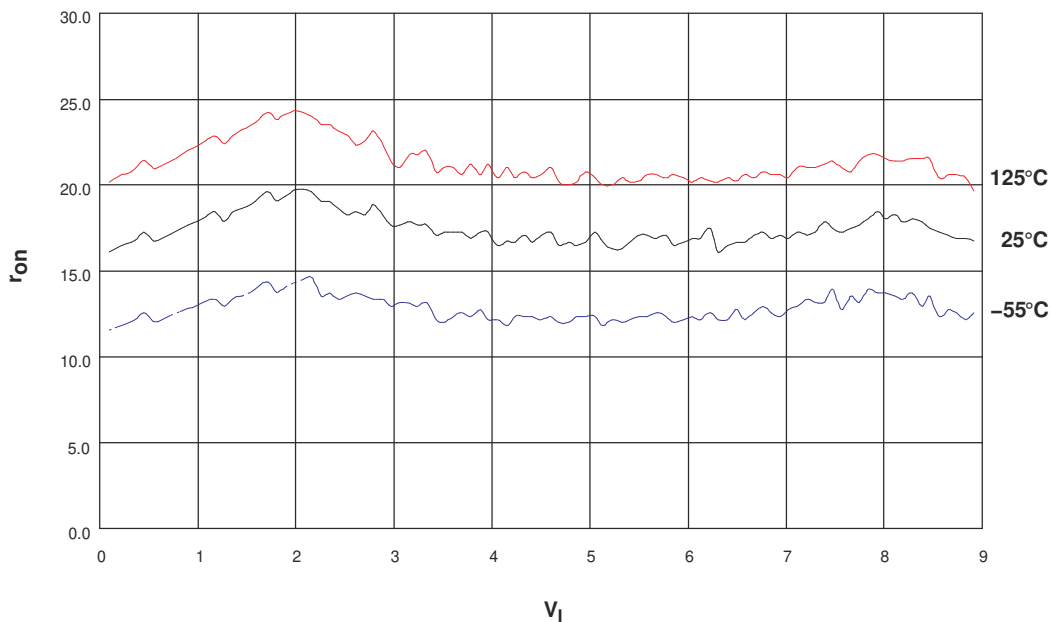


图 A-11. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 9V$ (CD74HC4066)

表 A-7. CD74HC4066 模拟参数测量数据

V_{CC} (1)	频率响应	总谐波失真	串扰		电荷注入 (2)	馈通
		1kHz	开关间	使能到输出		
4.5V	200MHz	0.022%	-72dB	200mV	6.2pC	-72dB
9V	200MHz	0.008%	不适用	550mV	9.0pC	不适用

(1) CD74HC4066 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) CD74HC4066 的表征后测量值。

A.5 SN74HC 特性

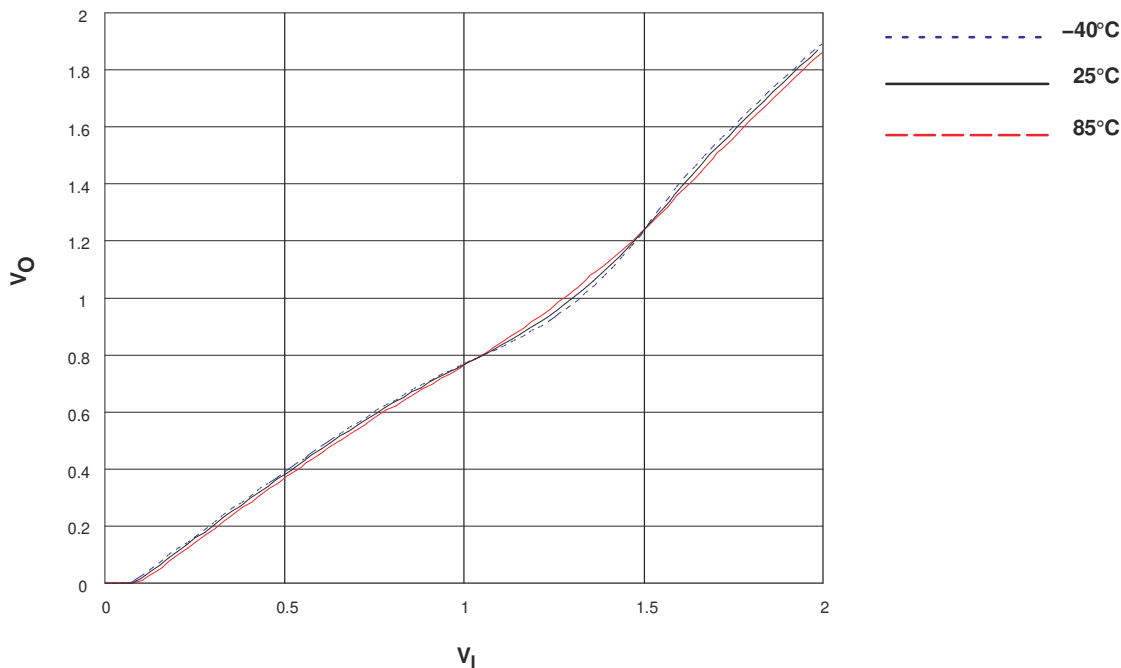


图 A-12. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74HC4066)

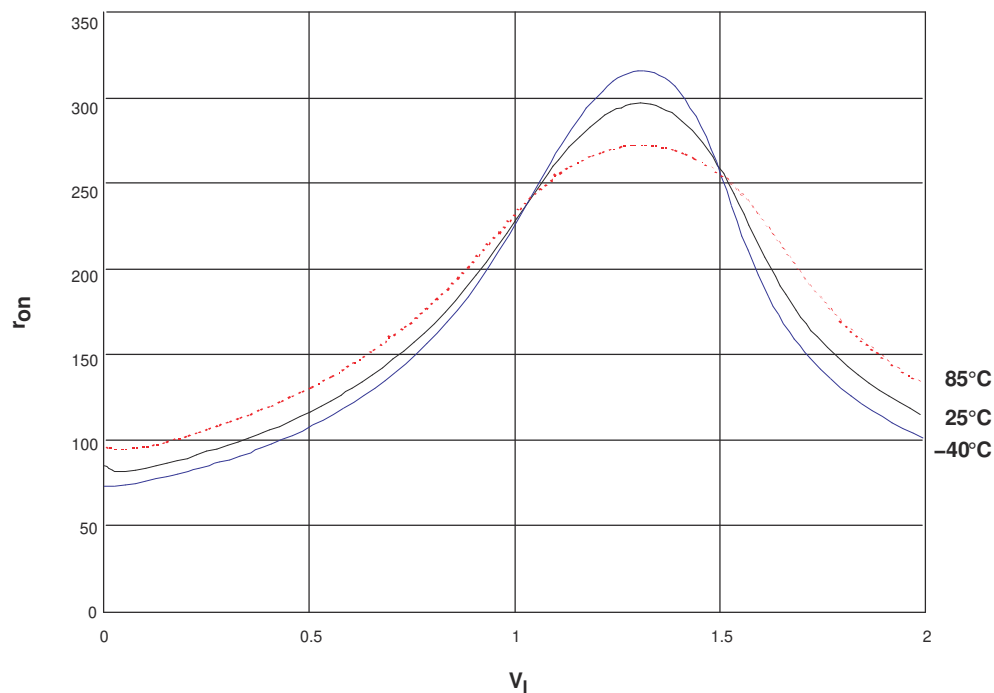


图 A-13. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74HC4066)

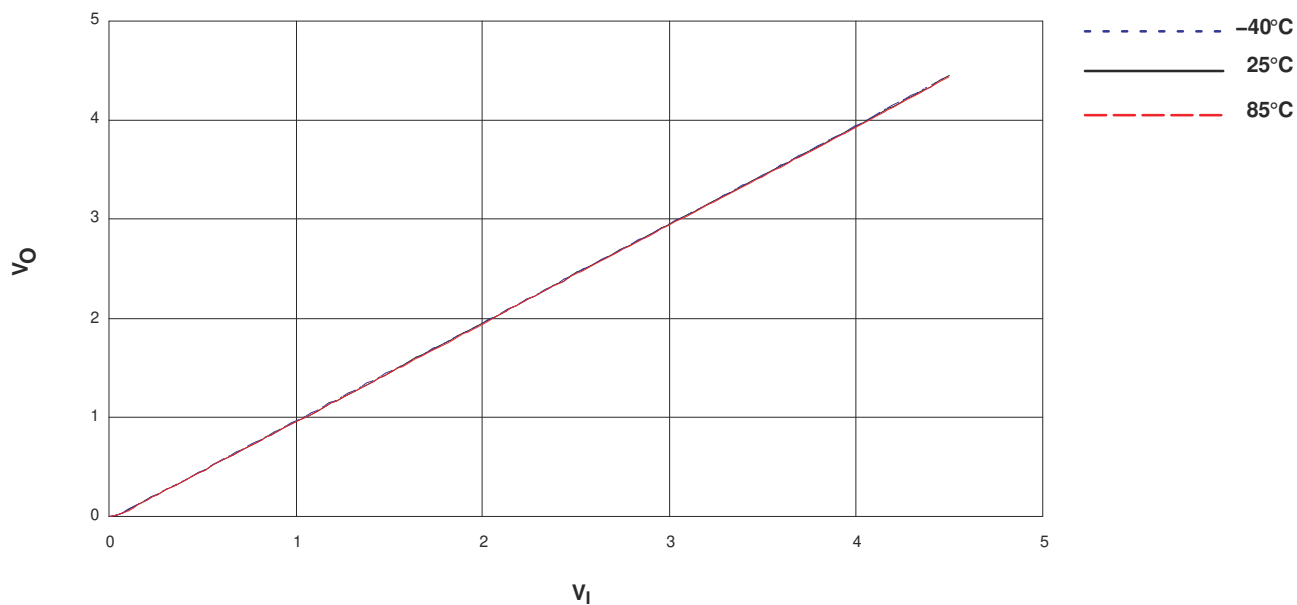


图 A-14. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (SN74HC4066)

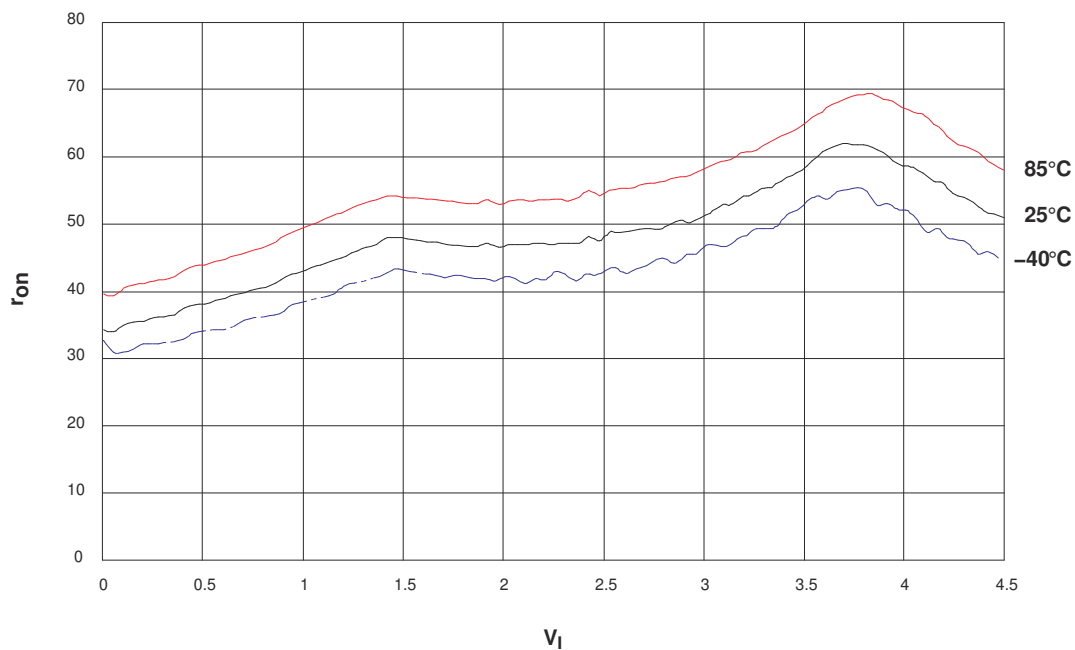


图 A-15. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 4.5V$ (SN74HC4066)

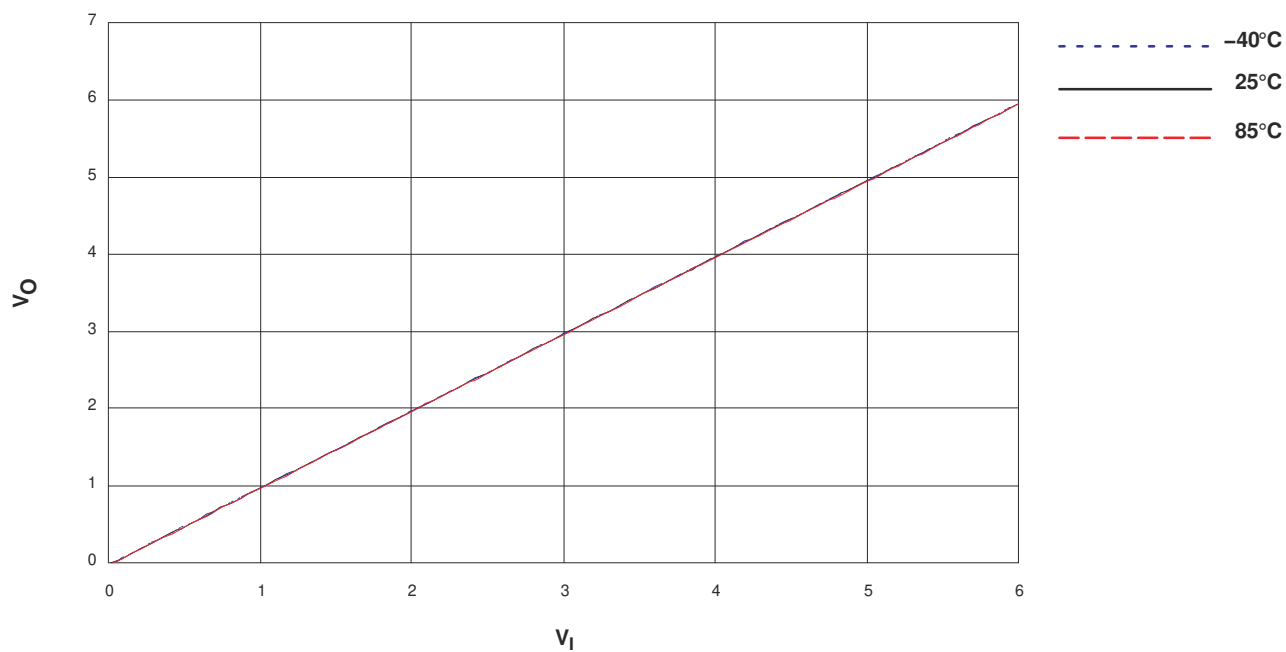


图 A-16. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (SN74HC4066)

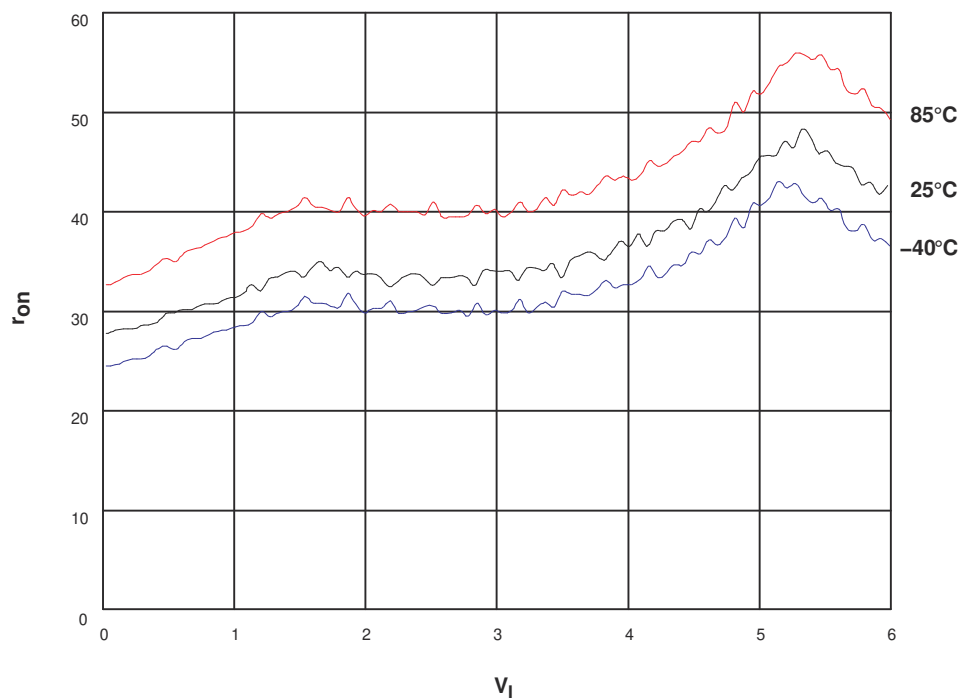


图 A-17. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 6V$ (SN74HC4066)

表 A-8. SN74HC4066 模拟参数测量数据

V_{CC} ⁽¹⁾	频率响应	正弦波失真	串扰		电荷注入 ⁽²⁾	馈通
		1kHz	开关间	使能到输出		
2V	不适用	不适用	不适用	不适用	3.8pC	不适用
4.5V	30MHz	0.05%	-45dB	15mV	5.9pC	-42dB
6V	不适用	不适用	不适用	20mV	7.9pC	不适用

(1) SN74HC4066 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) SN74HC4066 的表征后测量值。

A.6 CD4066B 特性

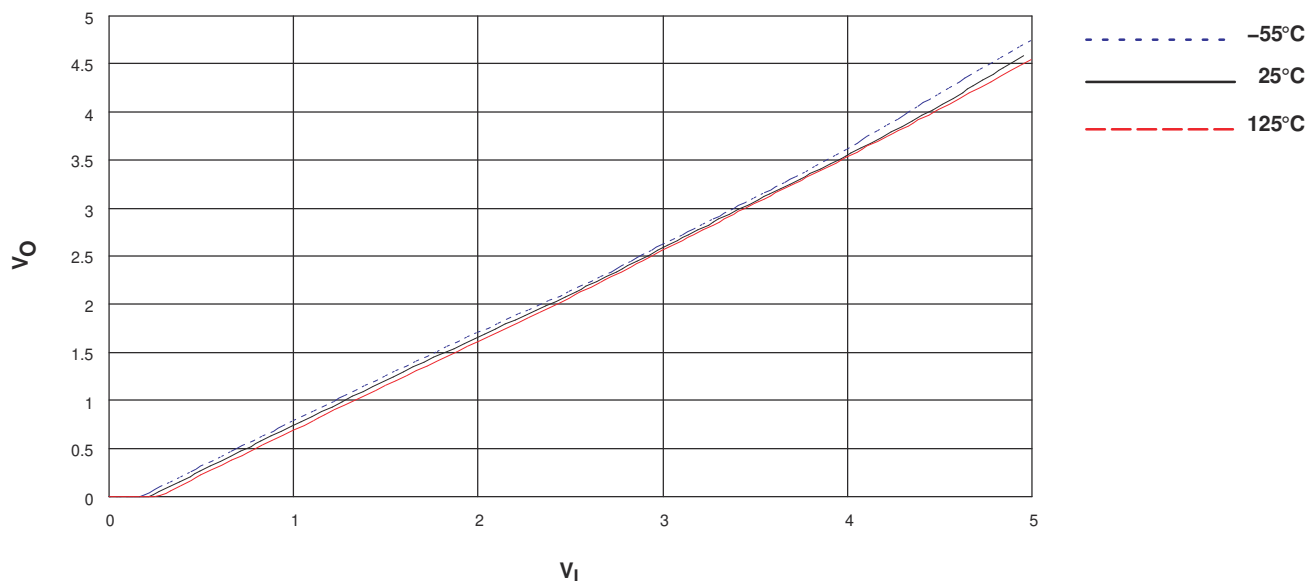


图 A-18. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD4066B)

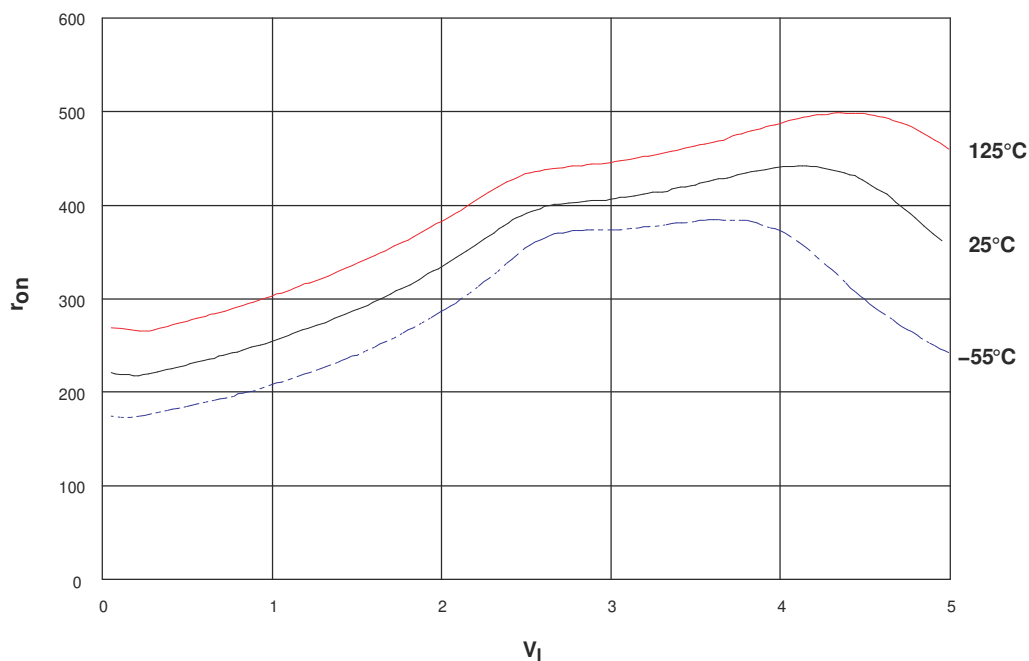


图 A-19. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (CD4066B)

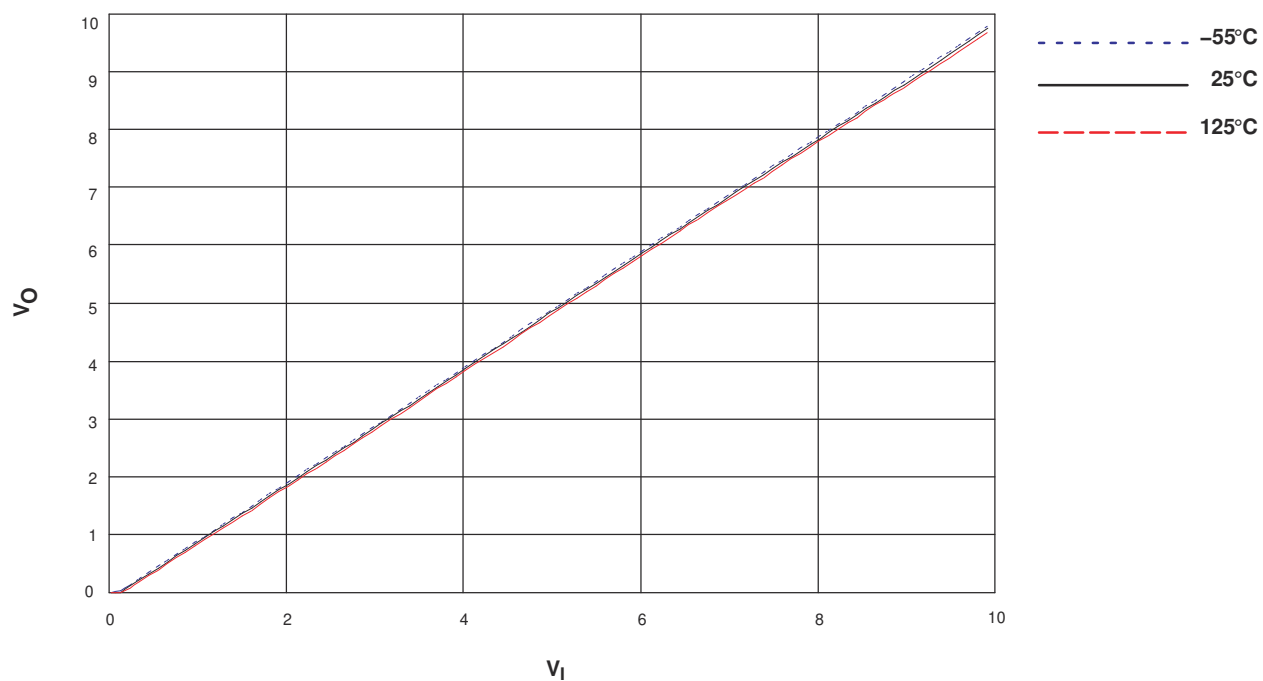


图 A-20. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 10V$ (CD4066B)

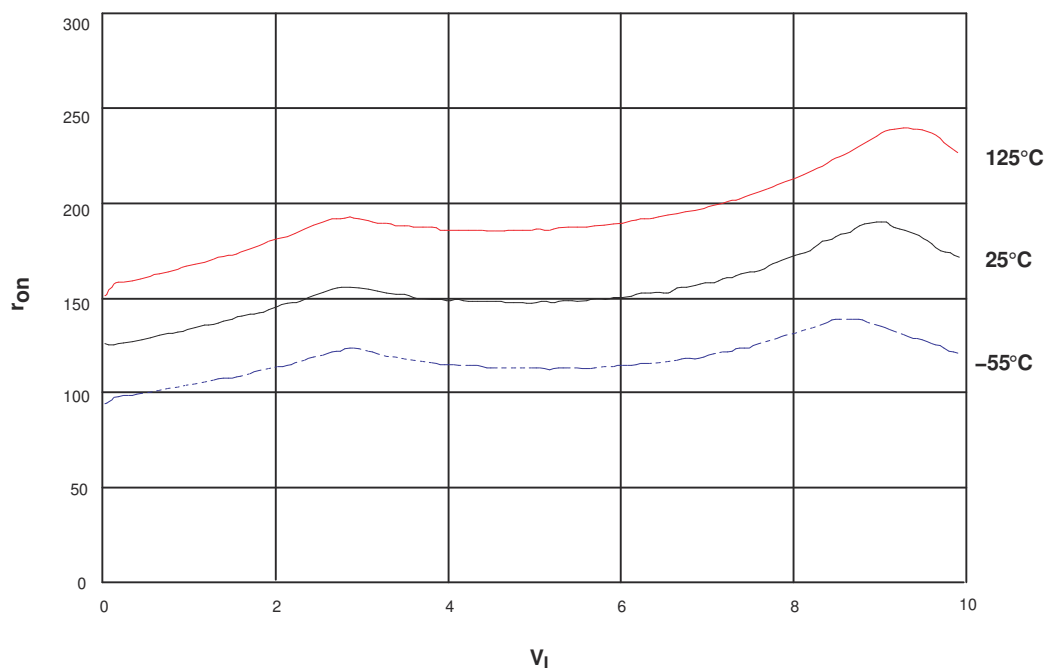


图 A-21. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 10V$ (CD4066B)

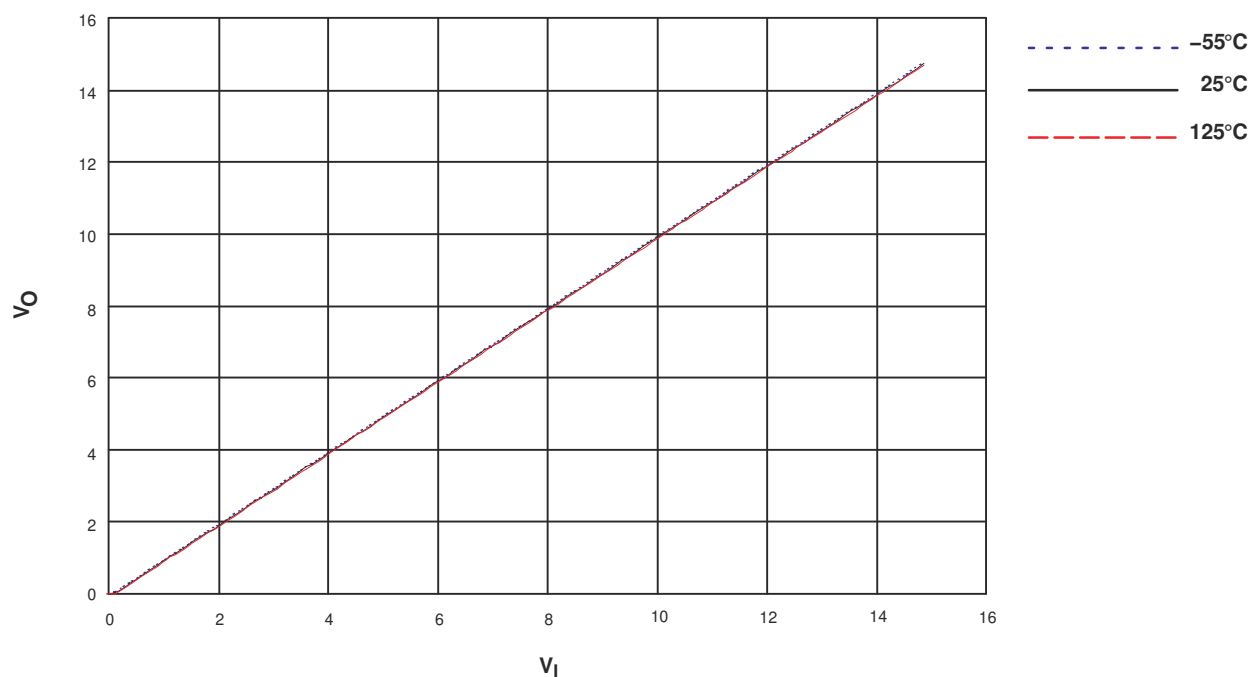


图 A-22. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 15V$ (CD4066B)

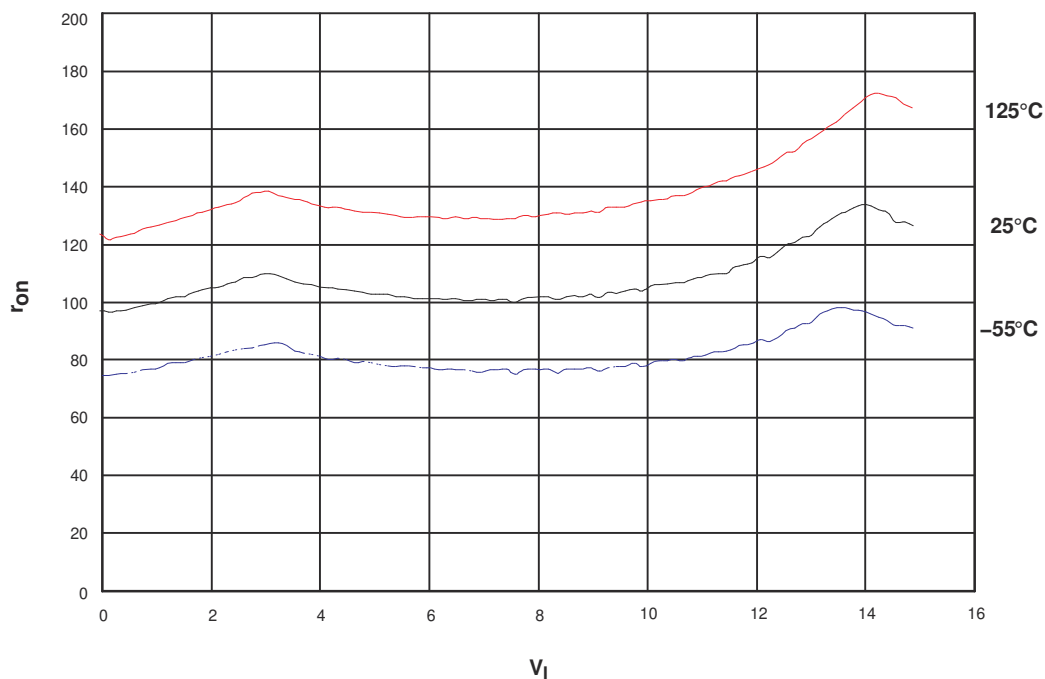


图 A-23. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 15V$ (CD4066B)

表 A-9. CD4066B 模拟参数测量数据

V_{CC}/V_{SS} ⁽¹⁾	频率响应	总谐波失真	串扰		电荷注入 ⁽²⁾	馈通
		1kHz	开关间	使能到输出		
5V/-5V	40MHz	0.04%	8MHz 时为 -50dB	50mV		1MHz 时为 -50dB
10V/0V	141MHz ⁽²⁾	0.032% ⁽²⁾	-75dB ⁽²⁾	35mV ⁽²⁾	18.8pC	-65dB ⁽²⁾

(1) CD4066B 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) CD4066B 的表征后测量值。使用附录 A 中指定的负载条件测量频率响应、THD、串扰和馈通, 以便与本报告中的其他器件进行更有效的比较。

A.7 LV-A 特性

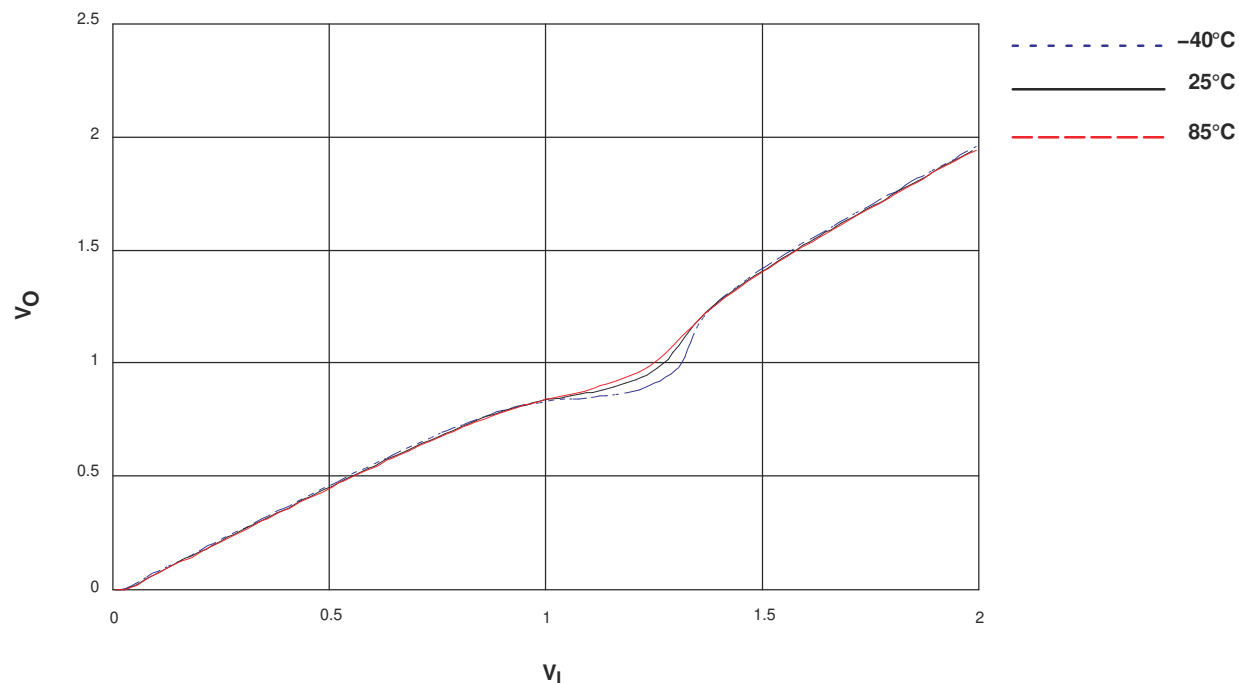


图 A-24. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74LV4066A)

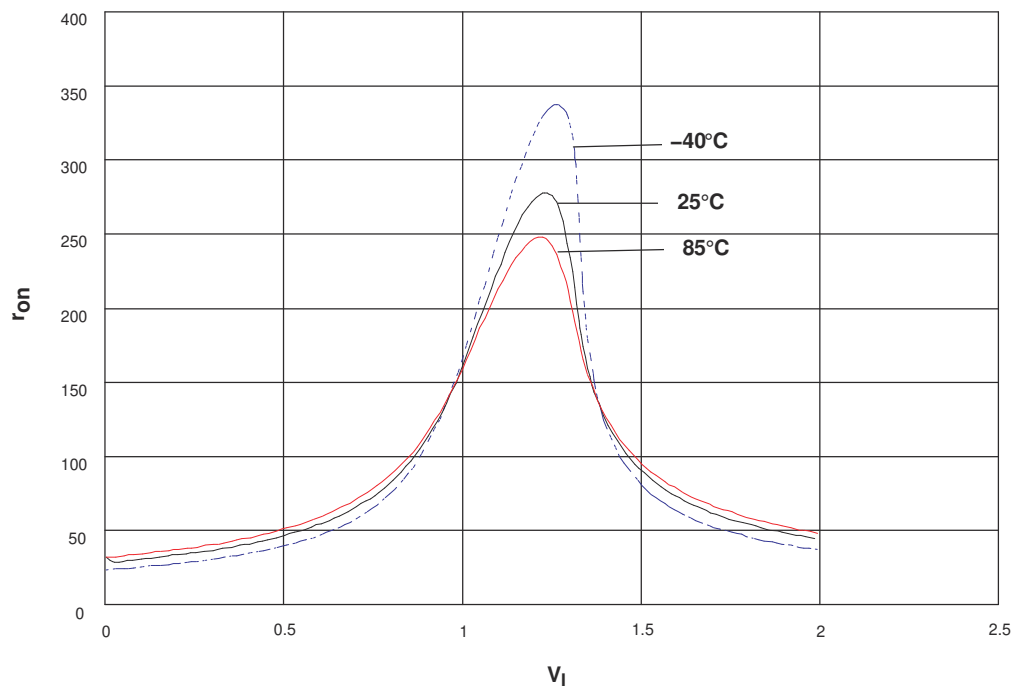


图 A-25. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2V$ (SN74LV4066A)

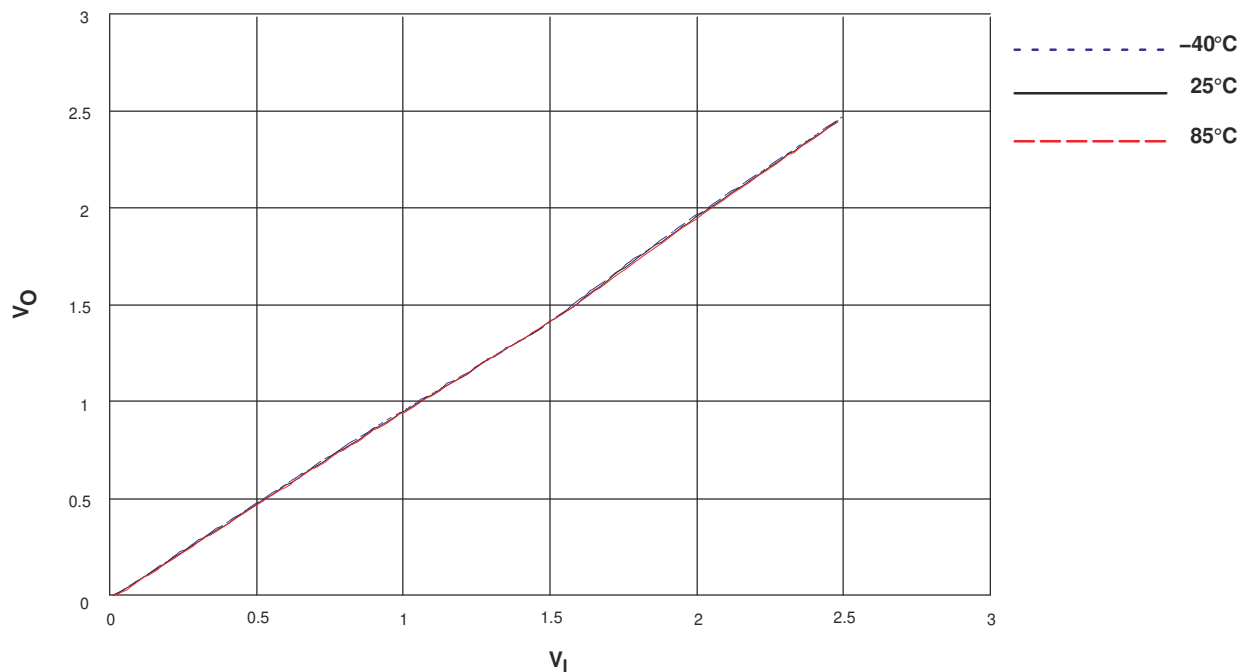


图 A-26. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LV4066A)

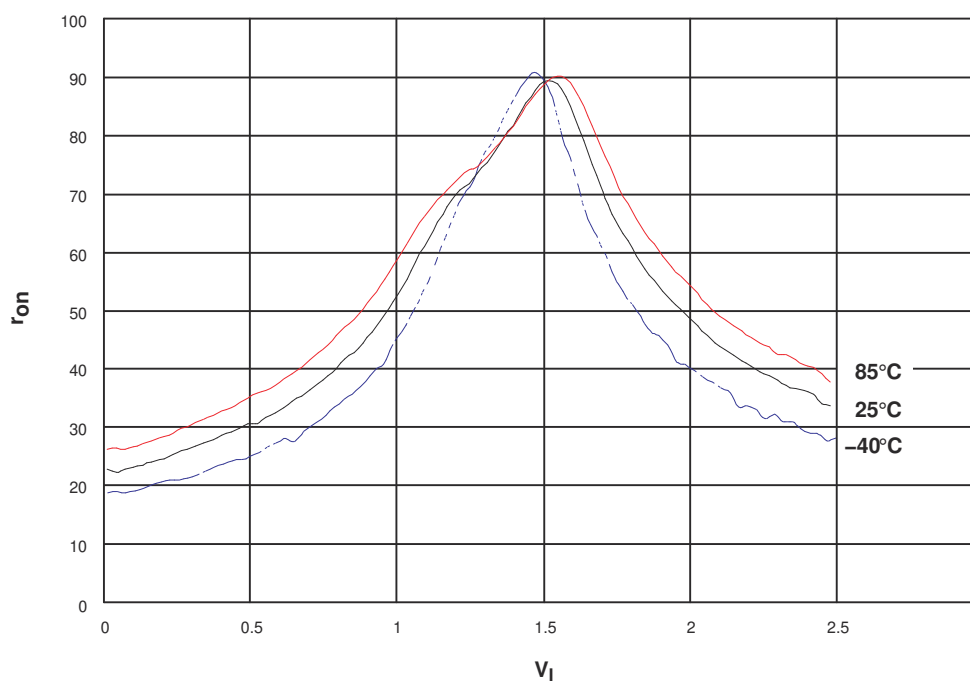


图 A-27. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LV4066A)

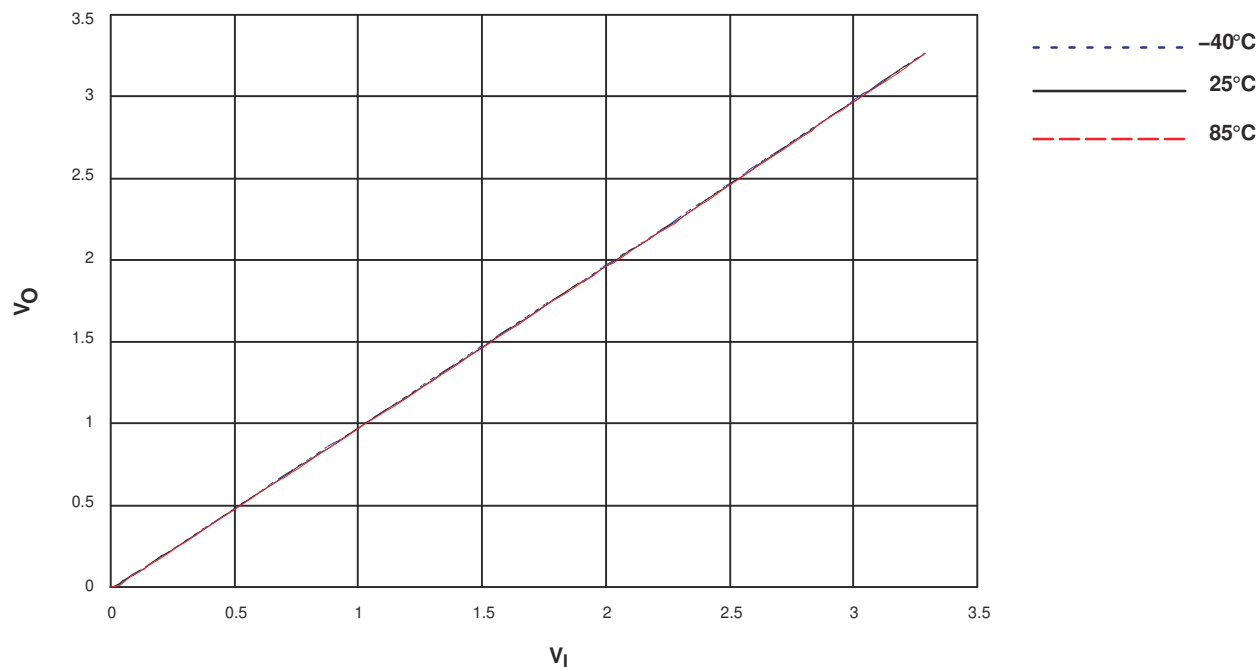


图 A-28. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LV4066A)

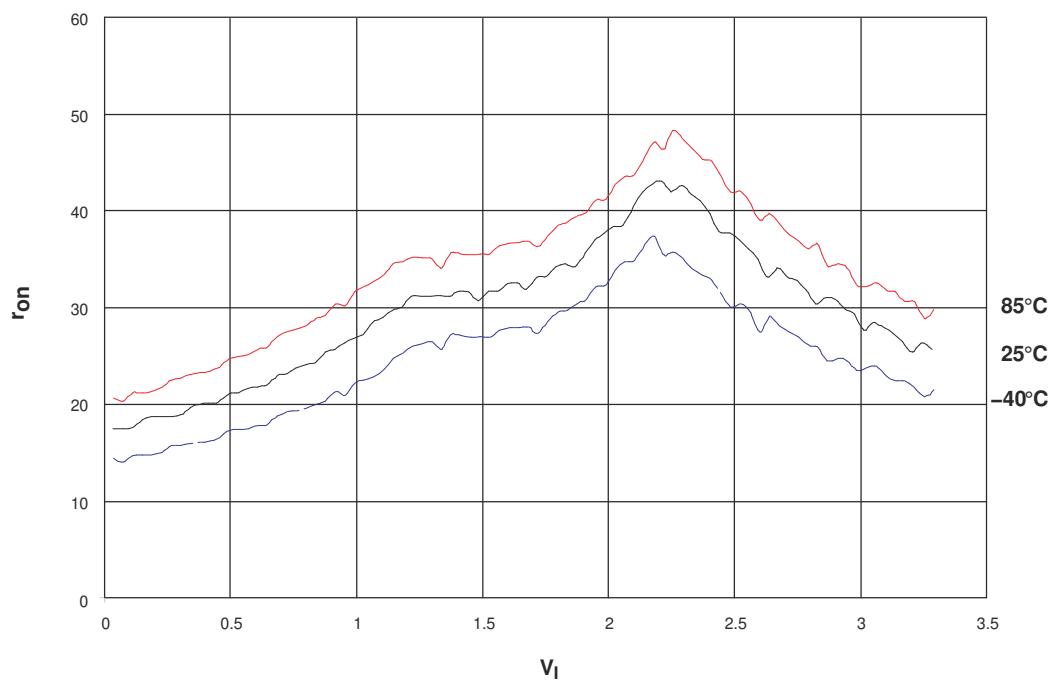


图 A-29. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LV4066A)

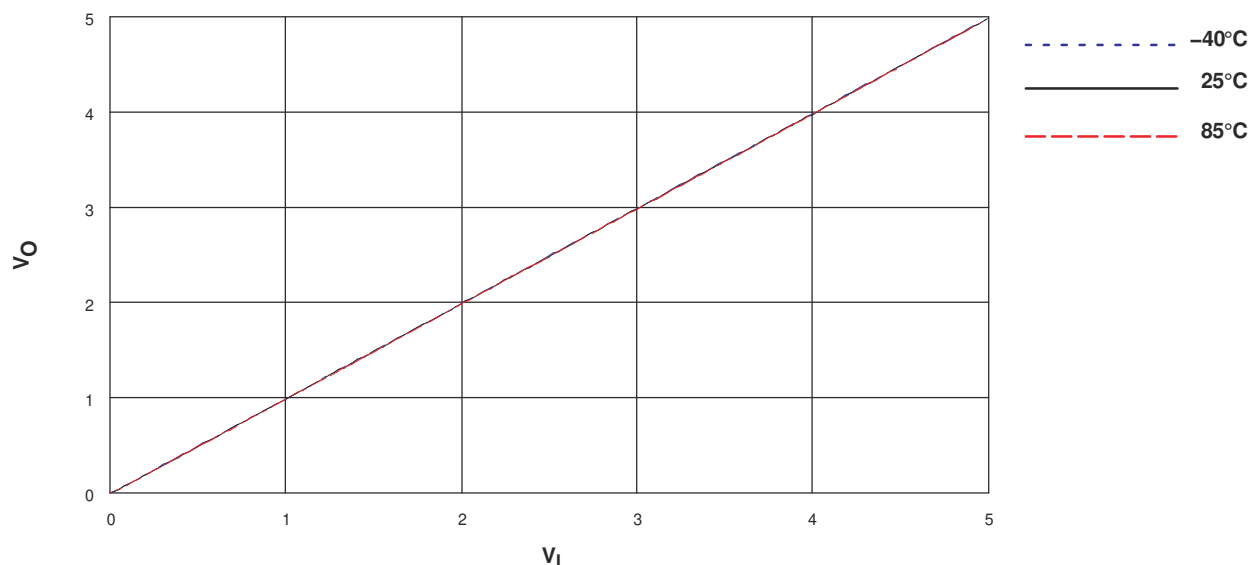


图 A-30. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LV4066A)

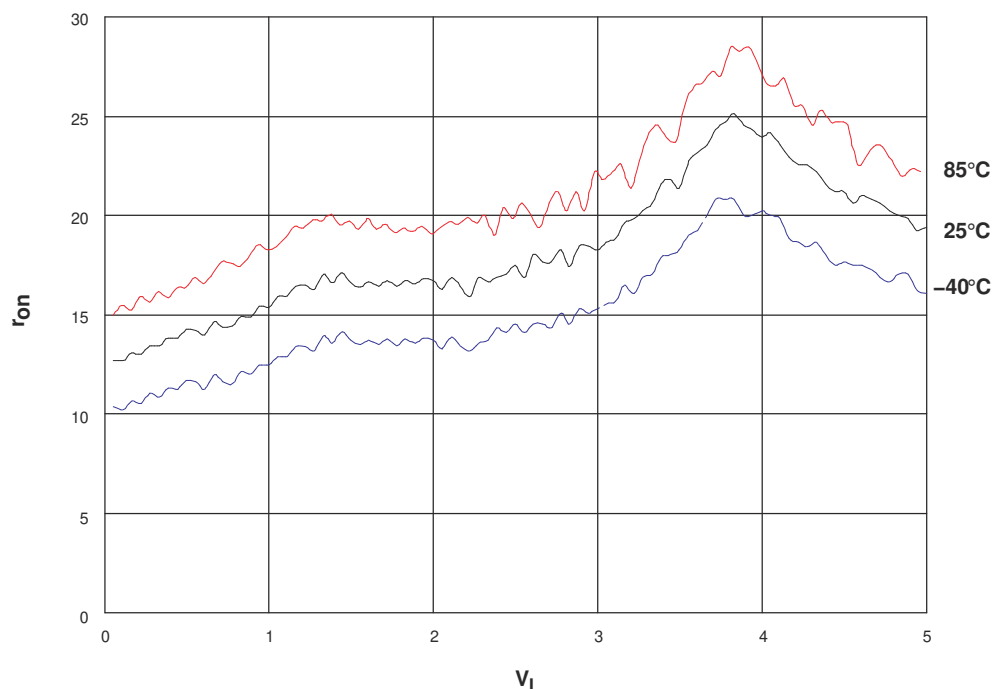


图 A-31. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LV4066A)

表 A-10. SN74LV4066A 模拟参数测量数据

V_{CC} (1)	频率响应	正弦波失真	串扰		电荷注入 (2)	馈通
		1kHz	开关间	使能到输出		
2.3V	30MHz	0.1%	-45dB	15mV	2.1pC	-40dB
3V	35MHz	0.1%	-45dB	20mV	2.7pC	-40dB
4.5V	50MHz	0.1%	-45dB	50mV	3.0pC	-40dB

(1) SN74LV4066A 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) SN74LV4066A 的表征后测量值。

A.8 LVC 特性

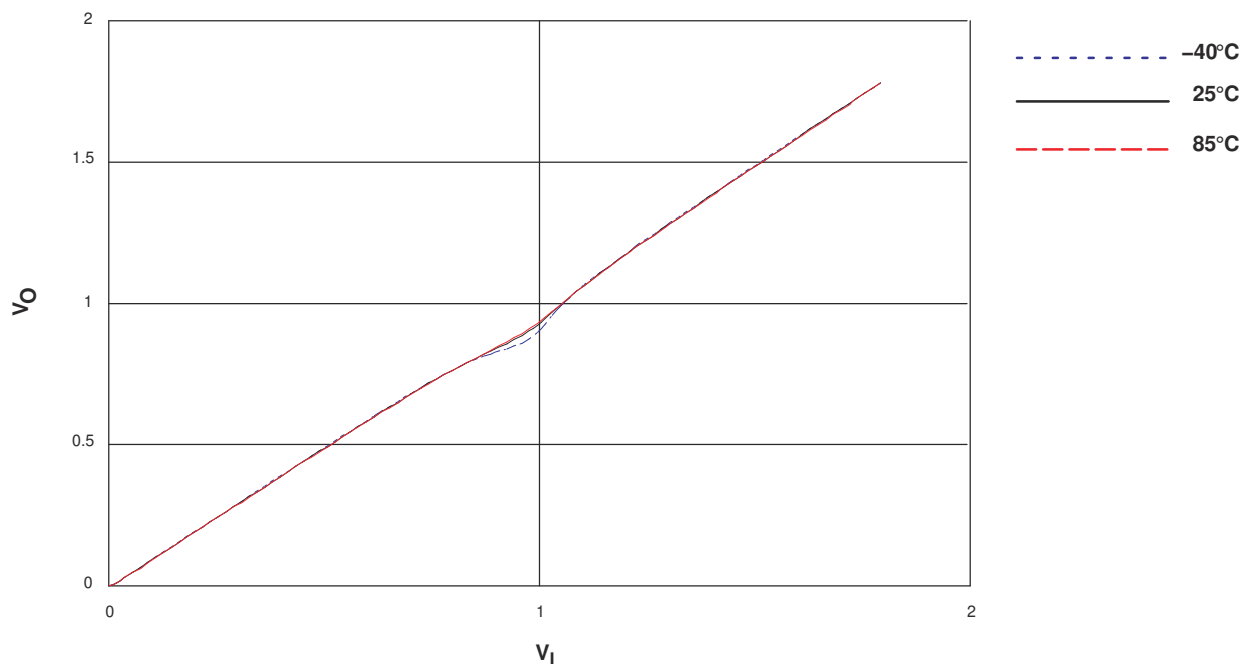


图 A-32. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 1.8V$ (SN74LVC1G66)

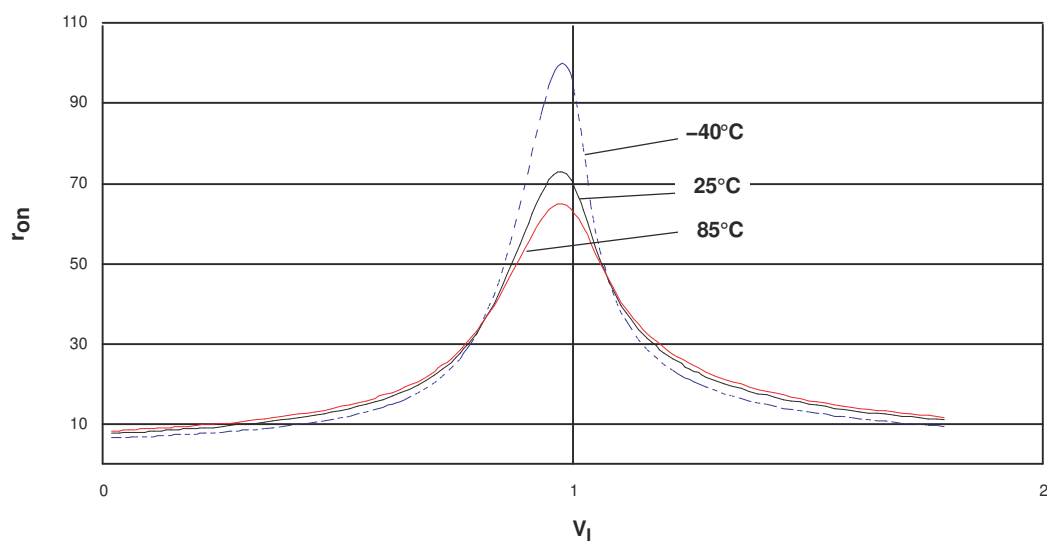


图 A-33. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 1.8V$ (SN74LVC1G66)

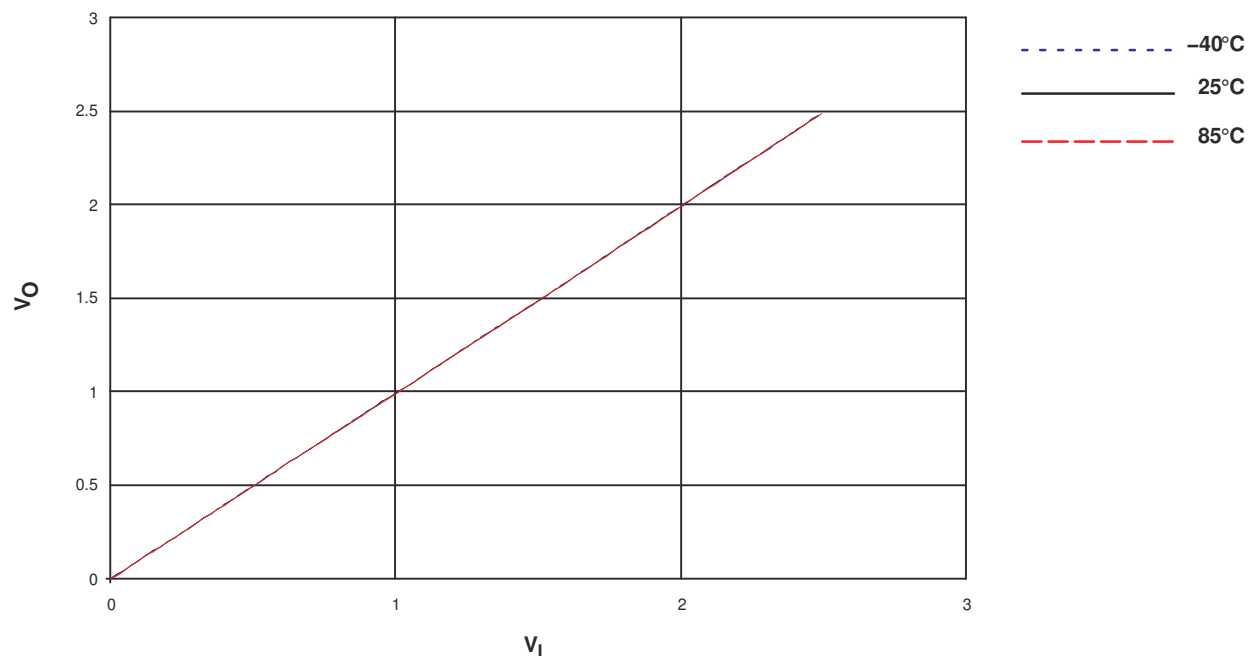


图 A-34. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LVC1G66)

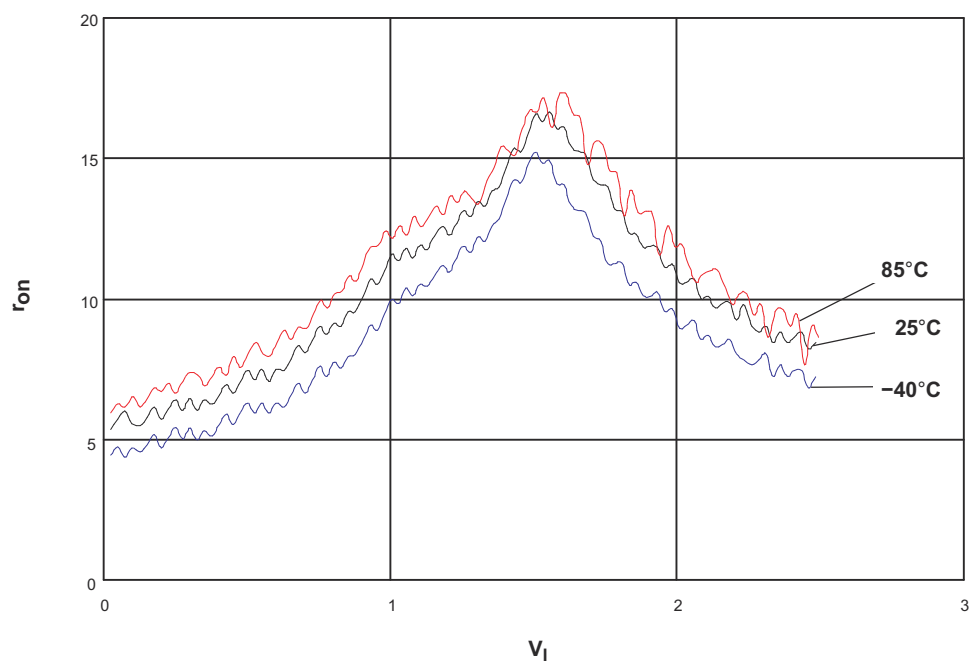


图 A-35. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74LVC1G66)

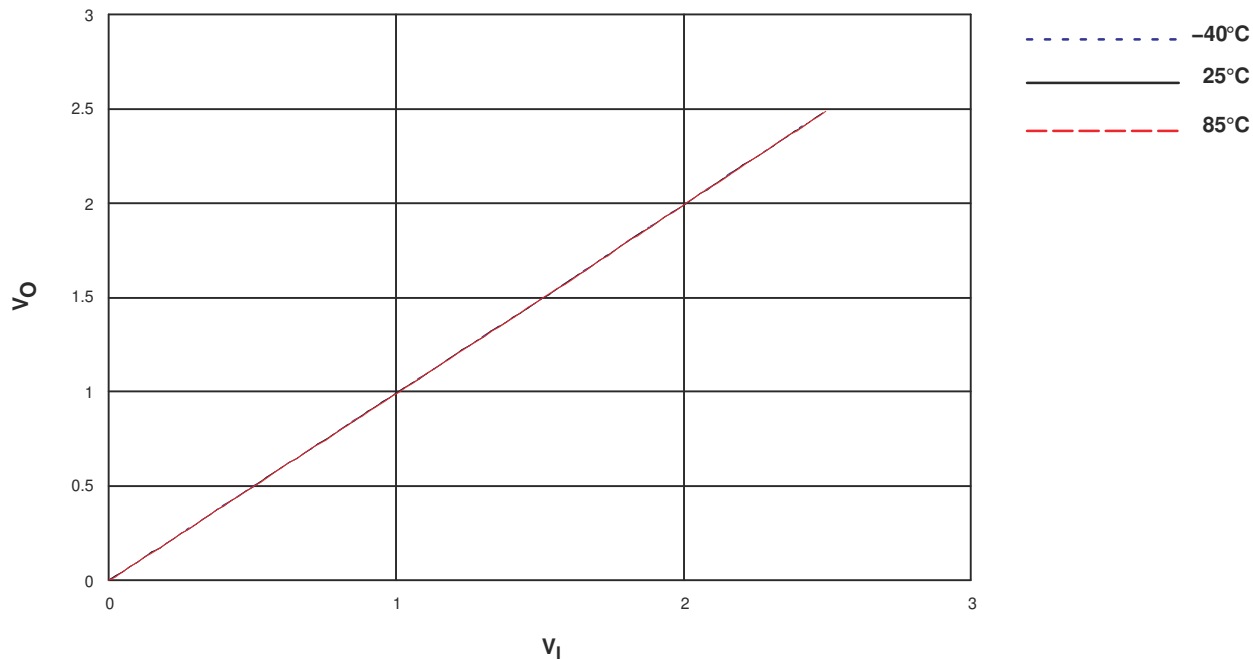


图 A-36. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LVC1G66)

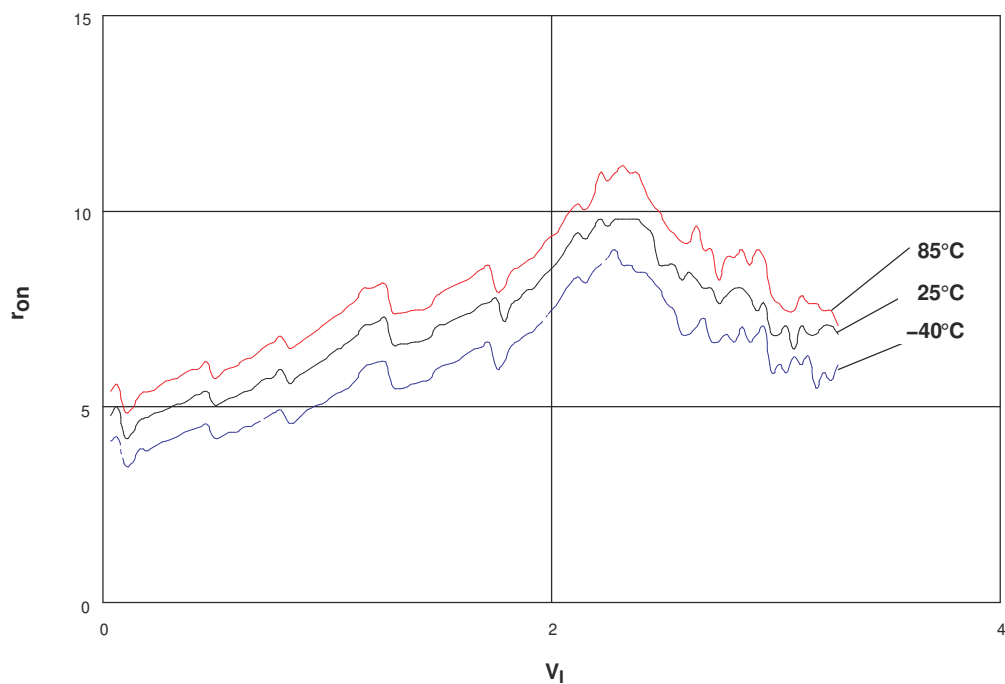


图 A-37. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74LVC1G66)

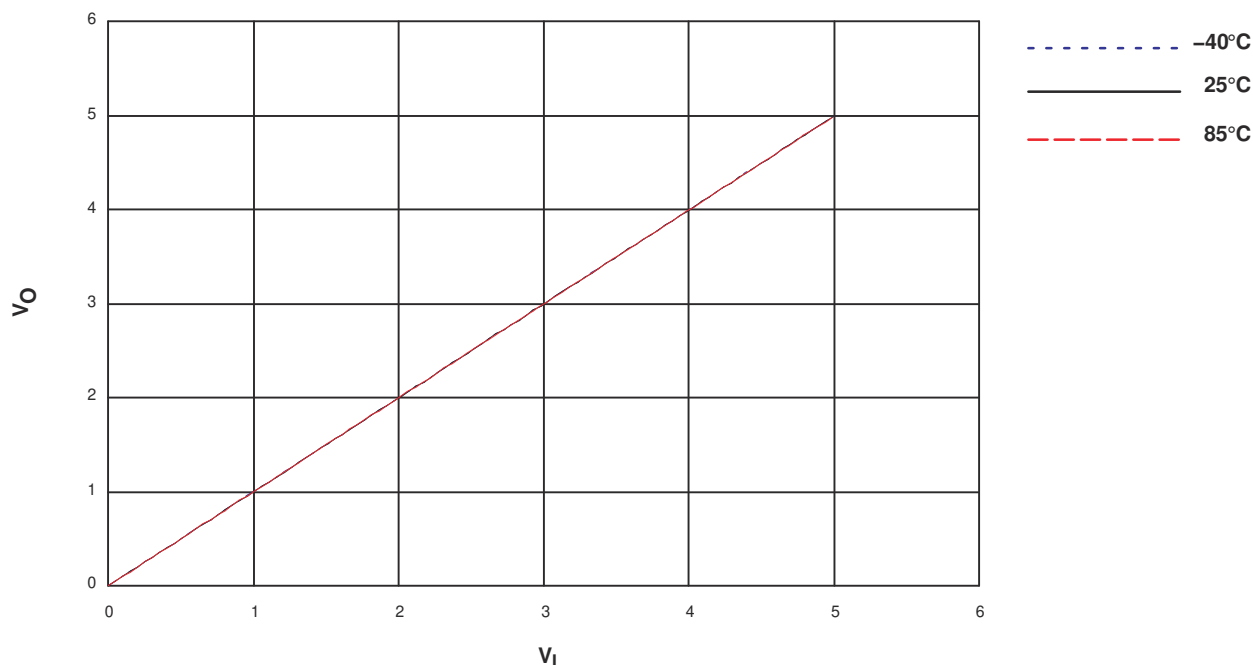


图 A-38. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LVC1G66)

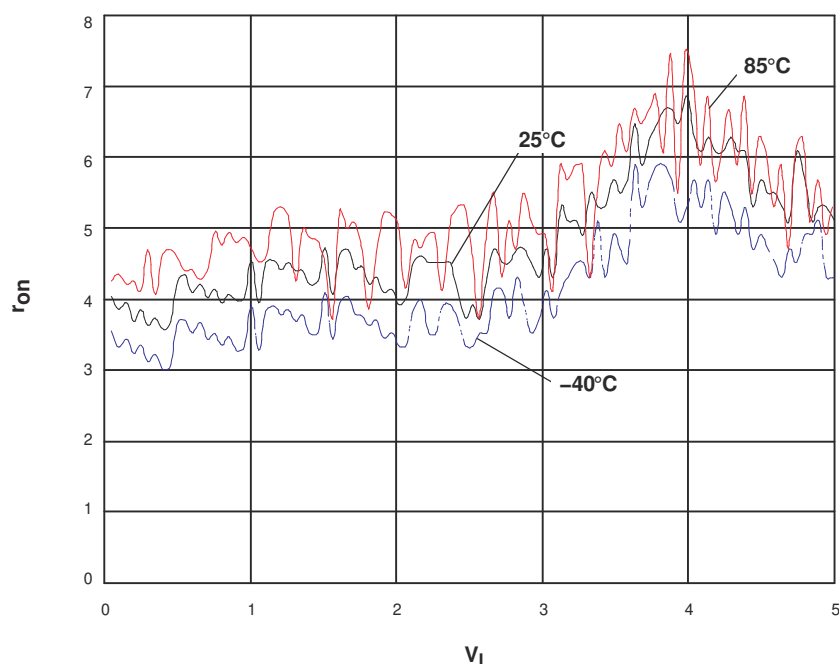


图 A-39. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 5V$ (SN74LVC1G66)

表 A-11. SN74LVC1G66 模拟参数测量数据

V_{CC} ⁽¹⁾	频率响应	正弦波失真		串扰 (使能到输出)	电荷注入 ⁽²⁾	馈通
		1kHz	10kHz			
1.8V	35MHz	0.1%	0.15%	35mV	2.5pC	-42dB
2.5V	120MHz	0.025%	0.025%	50mV	3.0pC	-42dB
3V	175MHz	0.015%	0.015%	70mV	3.3pC	-42dB
4.5V	195MHz	0.01%	0.01%	100mV	3.5pC	-42dB

(1) SN74LVC1G66 的数据表值 (除非另有说明)。

(2) SN74LVC1G66 的表征后测量值。

A.9 CBTLV 特性

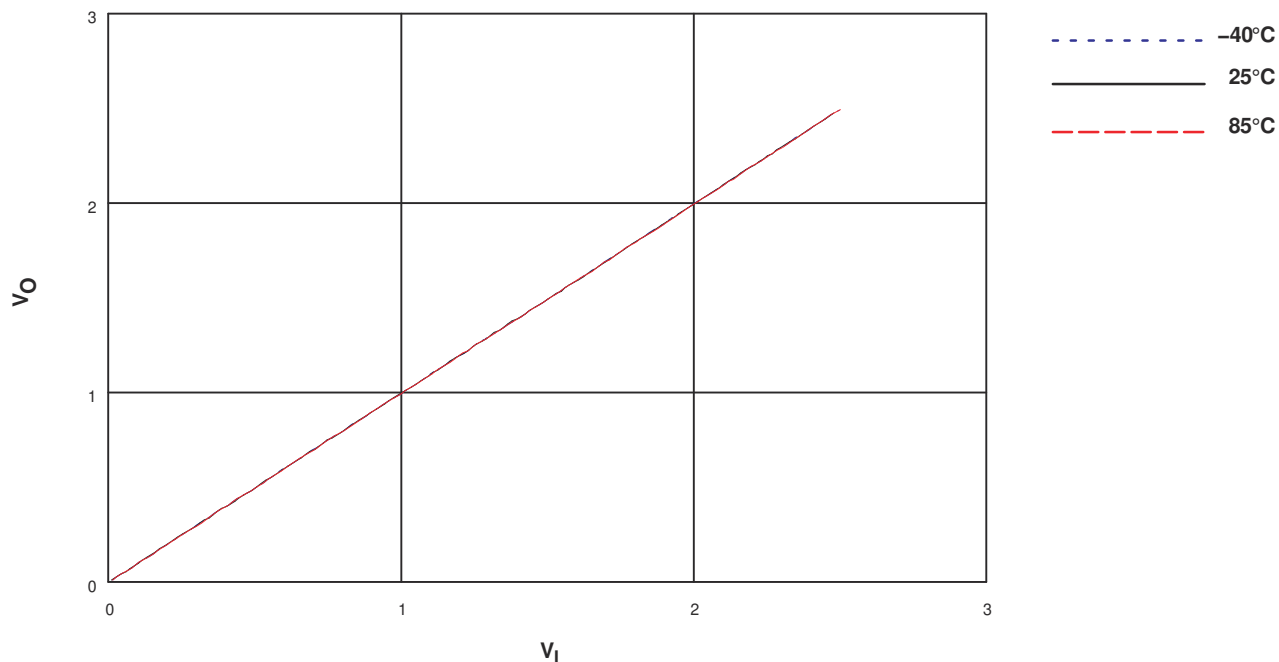


图 A-40. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74CBTLV3125)

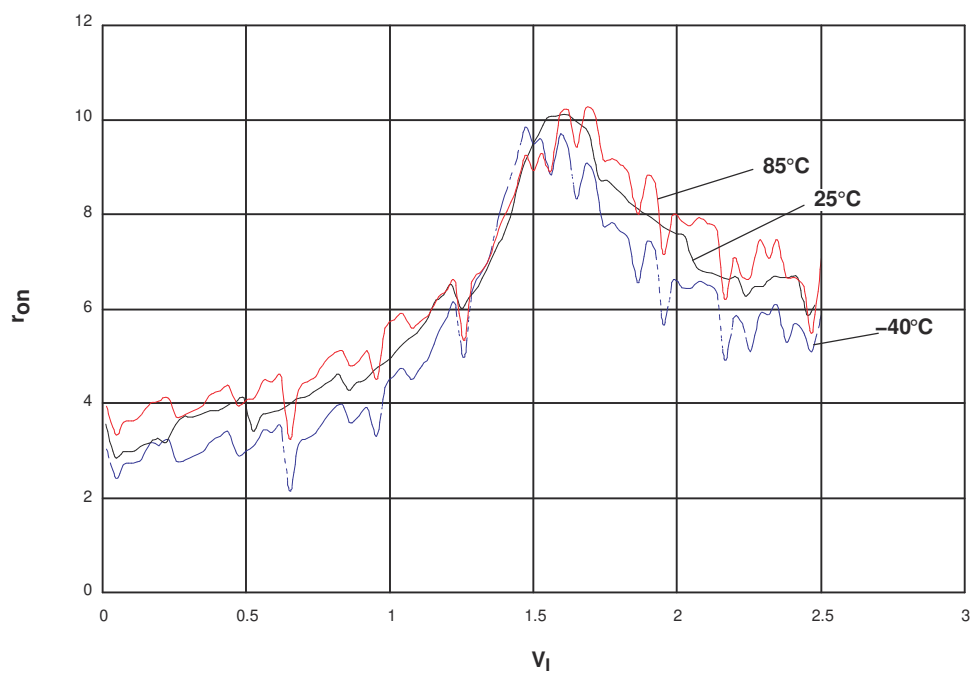


图 A-41. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 2.5V$ (SN74 CBTLV3125)

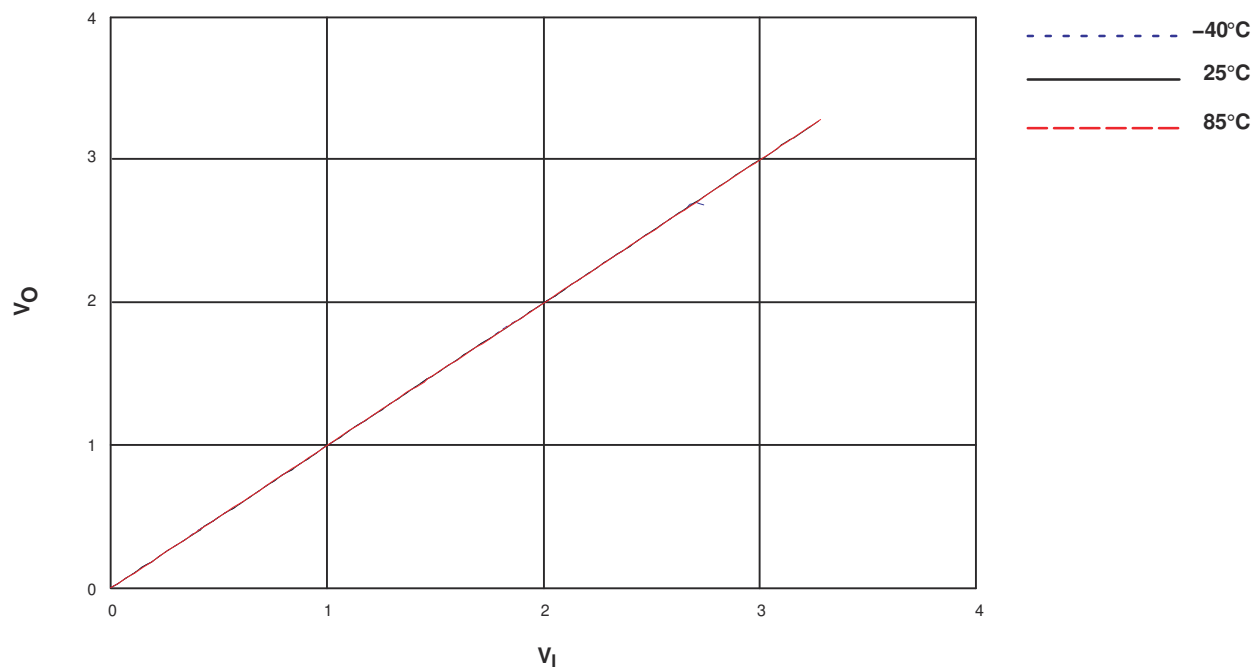


图 A-42. V_O 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74CBTLV3125)

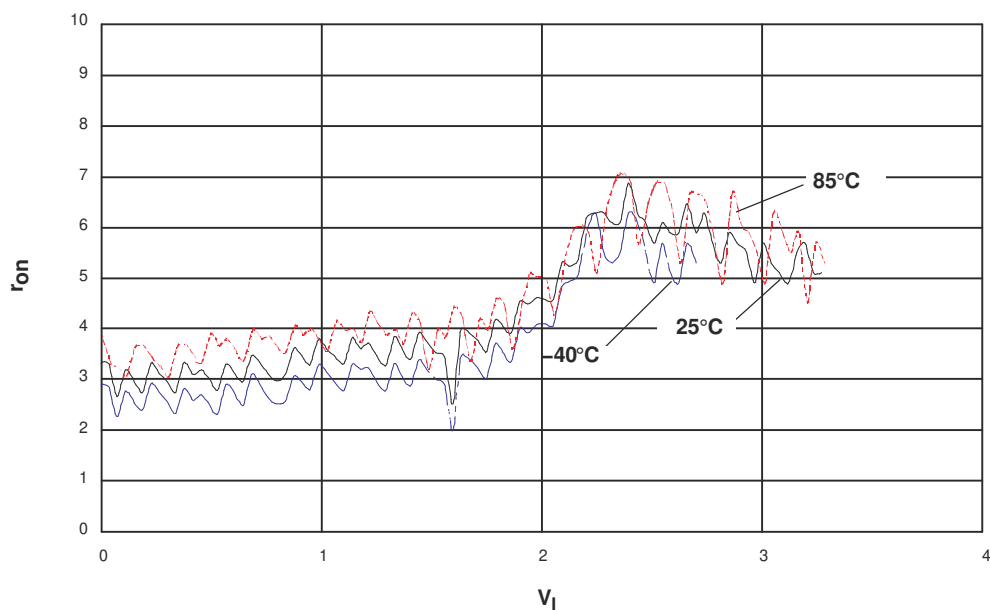


图 A-43. r_{on} 与 V_I 间的关系, $V_{CC} = 3.3V$ (SN74CBTLV3125)

表 A-12. SN74CBTLV3125 模拟参数测量数据

V_{CC} ⁽¹⁾	频率响应	正弦波失真	总谐波失真	串扰		电荷注入	馈通
		1kHz	1kHz	开关间	使能到输出		
2.5V	>200MHz	0.089%	0.11%	-45dB	30mV	12.1pC	-52dB
3.3V	>200MHz	0.033%	0.09%	-49dB	70mV	15.5pC	-52dB

(1) CBTLV3125 的表征后测量值。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司