具有闩锁效应抑制与 1.8V 逻辑电平的 TMUX9612 220V 扁平 Ron 1:1 (SPST) 四通道开关

1 特性

- 支持高电源电压：
  - 双电源：±10V 至 ±110V
  - 单电源：10V 至 140V
  - 非对称双电源运行：介于 +90V/-130V 和 140V/-80V 之间
- 在整个电源电压范围内提供一致的参数性能
- 闩锁效应抑制
- 高持续电流：200mA
- 低输入泄漏电流：25°C 时的 80pA
- 低电荷注入：–20pC
- 低关断隔离与串扰：< -100dB
- 低导通电阻平坦度：0.435Ω
- 低导通电阻：14Ω
- 低关断电容：5pF
- 无需额外逻辑轨 (V_L)
- 支持 1.8V 逻辑电平
- 失效防护逻辑：高达 48V（与电源无关）
- 逻辑引脚上带有集成下拉电阻器
- 双向信号路径
- 宽工作温度 T_A：-40°C 至 125°C
- 行业标准小型 WQFN 封装

2 应用

- 高电压双向切换
- 模拟和数字信号开关
- 半导体测试设备
- LCD 测试设备
- 电池测试设备
- 数据采集系统 (DAQ)
- 数字万用表 (DMM)
- 工厂自动化和控制
- 可编程逻辑控制器 (PLC)
- 模拟输入模块

3 说明

TMUX9612 是一款具有闩锁效应抑制的现代高压模拟开关。每个器件均具有四个独立可控的 1:1 单极单投 (SPST) 开关通道。该器件能够与最高电源电压不超过 220V 的双电源、单电源或非对称电源搭配使用。TMUX9612 器件能够在整个电源电压范围内提供一致的模拟参数性能。该器件还可在源极 (Sx) 和漏极 (Dx) 引脚上支持双向模拟和数字信号。

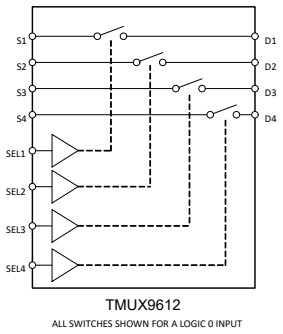
所有逻辑输入均支持 1.8V、3.3V 和 5V 的逻辑电平，并可在电压高达 48V 时进行连接，从而通过控制信号电压实现系统灵活性。失效防护逻辑电路允许在施加电源引脚上的电压之前，先施加逻辑引脚上的电压，从而保护器件免受潜在的损害。

该器件具有闩锁效应抑制功能，可防止器件内寄生结构之间的大电流不良事件。闩锁状态通常会一直持续到电源轨关闭为止，并可能导致器件故障。凭借闩锁效应抑制功能，此系列多路复用器能够在恶劣的环境中使用。

封装信息

器件型号(2)	封装(1)	本体尺寸（标称值）
TMUX9612	RUM（WQFN，16）	4.00mm × 4.00mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
(2) 请参阅*器件比较表*。



功能方框图

ADVANCE INFORMATION

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

ADVANCE INFORMATION

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 器件比较表.....3
5 引脚配置和功能.....4
6 规格.....5
6.1 绝对最大额定值：TMUX961x 器件.....5
6.2 ESD 等级.....5
6.3 建议运行条件：TMUX961x 器件.....5
6.4 源极和漏极持续电流.....6
6.5 源极和漏极脉冲电流.....6
6.6 电气特性（全局）：TMUX961x 器件.....6
6.7 电气特性（±110V 双电源）.....7
6.8 电气特性（±50V 双电源）.....8
6.9 电气特性（100V 单电源）.....9
6.10 开关特性：TMUX961x 器件.....10
6.11 典型特性.....11
7 参数测量信息.....13
7.1 导通电阻.....13
7.2 关断漏电流.....13
7.3 导通漏电流.....14
7.4 器件导通与关断时间.....14
7.5 电荷注入.....15
7.6 关断隔离.....15
7.7 串扰.....16
7.8 带宽.....16
7.9 THD + 噪声.....17
8 详细说明.....18
8.1 概述.....18
8.2 功能方框图.....18
8.3 特性说明.....18
8.4 器件功能模式.....20
9 应用和实施.....21
9.1 应用信息.....21
9.2 典型应用.....21
9.3 电源相关建议.....23
9.4 布局.....23
10 器件和文档支持.....25
10.1 文档支持.....25
10.2 接收文档更新通知.....25
10.3 支持资源.....25
10.4 商标.....25
10.5 静电放电警告.....25
10.6 术语表.....25
11 修订历史记录.....25
12 机械、封装和可订购信息.....25

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

产品	说明
TMUX9612	高电压，4 通道 1:1 (SPST) 开关，（逻辑高电平）

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

5 引脚配置和功能

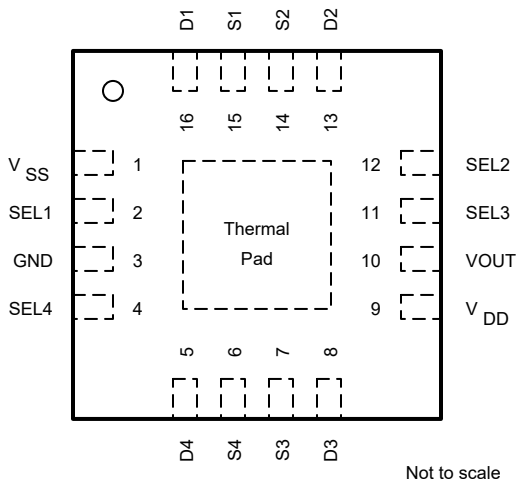


图 5-1. RUM 封装，16 引脚 WQFN（俯视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型[(1)]	说明
名称	WQFN		
D1	16	I/O	漏极引脚 1。可以是输入或输出。
D2	13	I/O	漏极引脚 2。可以是输入或输出。
D3	8	I/O	漏极引脚 3。可以是输入或输出。
D4	5	I/O	漏极引脚 4。可以是输入或输出。
GND	3	P	接地 (0V) 基准
S1	15	I/O	源极引脚 1。可以是输入或输出。
S2	14	I/O	源极引脚 2。可以是输入或输出。
S3	7	I/O	源极引脚 3。可以是输入或输出。
S4	6	I/O	源极引脚 4。可以是输入或输出。
SEL1	2	I	逻辑控制输入 1。
SEL2	12	I	逻辑控制输入 2。
SEL3	11	I	逻辑控制输入 3。
SEL4	4	I	逻辑控制输入 4。
VOUT	10	P	内部生成的电压输出轨。为了实现可靠运行，应在 VOUT 和 GND 之间的引脚 10 或散热焊盘上连接 0.01μF 至 0.1μF 的去耦电容器。让去耦电容器尽可能靠近散热焊盘能够获得出色的性能。
V_{DD}	9	P	正电源。该引脚是正电源电势最高的引脚。为了实现可靠运行，应在 V_{DD} 和 GND 之间连接一个 1μF 至 10μF 的去耦电容器。
V_{SS}	1	P	负电源。该引脚是负电源电势最高的引脚。在单电源应用中，该引脚可以接地。为了实现可靠运行，应在 V_{SS} 和 GND 之间连接一个 1μF 至 10μF 的去耦电容器。
散热焊盘 (VOUT)		P	散热焊盘内部连接到 VOUT（与引脚 10 的节点相同）。VOUT 是内部生成的电压输出轨。为了实现可靠运行，应在 VOUT 和 GND 之间的引脚 10 或散热焊盘上连接 0.01μF 至 0.1μF 的去耦电容器。让去耦电容器尽可能靠近散热焊盘能够获得出色的性能。

(1) I = 输入，O = 输出，I/O = 输入和输出，P = 电源

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值：TMUX961x 器件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

		最小值	最大值	单位
V_{DD} – V_{SS}	电源电压		240	V
V_{DD}		-0.5	240	V
V_{SS}		-135	0.5	V
V_{SELx}	逻辑控制输入引脚电压 (SELx)	-0.5	50	V
I_{SELx}	逻辑控制输入引脚电流 (SELx)	-30	30	mA
V_S 或 V_D	源极或漏极电压（Sx、Dx）	V_{SS} – 2	V_{DD}+2	V
I_{DC}	源极或漏极连续电流（Sx、Dx）	-200	200	mA
I_{IK} [(2)]	85°C 处的二极管钳位电流	-100	100	mA
	125°C 处的二极管钳位电流	-15	15	mA
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C
T_A	环境温度	-55	150	°C
T_J	结温		150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*运行可能会对器件造成损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在*建议运行条件*以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在*建议运行条件*之外但在*绝对最大额定值*范围内短暂运行，器件可能不会受到损坏，但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能，并缩短器件寿命。
(2) 信号路径引脚通过二极管钳位与连接至电源轨。过压信号的电压和电流必须限制在最大额定值内。

6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 [(1)]	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚 [(2)]	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件：TMUX961x 器件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{DD} – V_{SS}	电源电压差	10		220	V
V_{DD}	正电源电压	10		140	V
V_{SS}	负电源电压	-130		0	V
V_S 或 V_D	信号路径输入/输出电压（源极或漏极引脚）	V_{SS}		V_{DD} [(1)]	V
V_{SEL}	逻辑输入引脚电压	0		48	V
T_A	环境温度	-40		125	°C
I_S 或 $I_{D\ (CONT)}$	源极或漏极连续电流（Sx、D）			I_{DC} [(2)]	mA

(1) 当 V_S 或 V_D 的工作电压大于 V_{DD} - 5V 时，R_{ON} 和 R_{ON_FLAT} 将会增加。也可能会违反其他电气特性规格。
(2) 有关 I_{DC} 规格，请参阅*源极或漏极连续电流*表。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

6.4 源极和漏极持续电流

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

	封装			最小值	标称值	最大值	单位
I_{DC} 1 通道 (1)	RUM (WQFN)	流经 1 通道的开关的连续电流	T_A = 25°C			200	mA
			T_A = 85°C			200	
			T_A = 125°C			110	
I_{DC} 全通道 (2)	RUM (WQFN)	同时流经所有通道上的开关的连续电流	T_A = 25°C			150	mA
			T_A = 85°C			100	
			T_A = 125°C			55	

(1) 每次显示单个通道的最大连续电流。
(2) 每次显示所有通道的最大连续电流。请参阅最大功耗 (P_{tot}) 以确保不违反封装限制。

6.5 源极和漏极脉冲电流

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

	封装			最小值	标称值	最大值	单位
I_{DC} 全通道 (1)	RUM (WQFN)	(2)同时流经所有通道上的开关的脉冲电流	T_A = 25°C			250	mA
			T_A = 85°C			200	
			T_A = 125°C			150	

(1) 每次显示所有通道的最大脉冲电流。请参阅最大功耗 (P_{tot}) 以确保不违反封装限制。
(2) 在 10ms、10% 占空比时发出脉冲

6.6 电气特性（全局）：TMUX961x 器件

在自然通风条件下的工作温度范围内（除非另有说明）
V_{DD} = +110V，V_{SS} = –110V，GND = 0V 以及 T_A = 25℃ 时测得的典型值（除非另有说明）

参数		测试条件	T_A	最小值	典型值	最大值	单位
逻辑输入							
V_{IH}	逻辑电压高电平		-40°C 至 +125°C	1.3		48	V
V_{IL}	逻辑电压低电平		-40°C 至 +125°C	0		0.8	V
I_{IH}	输入漏电流	逻辑输入 = 0V、5V 或 48V	-40°C 至 +125°C		0.4	3.8	µA
I_{IL}	输入漏电流	逻辑输入 = 0V、5V 或 48V	-40°C 至 +125°C	-0.2	-0.005		µA
C_{IN}	逻辑输入电容		-40°C 至 +125°C		3		pF
电源							
I_{DD}	V_{DD} 电源电流	逻辑输入 = 0V、5V 或 48V	25°C		130	175	µA
			-40°C 至 +85°C			190	µA
			-40°C 至 +125°C			210	µA
I_{SS}	V_{SS} 电源电流	逻辑输入 = 0V、5V 或 48V	25°C		100	135	µA
			-40°C 至 +85°C			150	µA
			-40°C 至 +125°C			160	µA

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.7 电气特性（±110V 双电源）

V_{DD} = +110V，V_{SS} = -110V，GND = 0V（除非另有说明）
T_A = 25°C 时的典型值（除非另有说明）

参数		测试条件	T_A	最小值	典型值	最大值	单位
模拟开关							
R_{ON}	导通电阻	V_S = -105V 至 +105V I_D = -10mA	25°C		14	19.6	Ω
			-40°C 至 +50°C			21	
			-40°C 至 +85°C			22.4	
			-40°C 至 +125°C			28	
ΔR_{ON}	通道间的导通电阻不匹配	V_S = -105V 至 +105V I_D = -10mA	25°C		0.28	0.84	Ω
			-40°C 至 +50°C			1	
			-40°C 至 +85°C			1.12	
			-40°C 至 +125°C			1.4	
$R_{ON\ FLAT}$	导通电阻平坦度	V_S = -105V 至 +105V I_D = -10mA	25°C		0.435		Ω
$R_{ON\ DRIFT}$	导通电阻漂移	V_S = 0V，I_S = – 10mA	-40°C 至 +125°C		0.08		Ω/°C
$I_{S(OFF)}$	源极关断漏电流(1)	V_{DD} = 110 V，V_{SS} = -110 V 开关状态为关断 V_S = +105 V/-105 V V_D = -105 V/+105 V	25°C		80	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	315	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{D(OFF)}$	漏极关断漏电流(1)	V_{DD} = 110 V，V_{SS} = -110 V 开关状态为关断 V_S = +105 V/-105 V V_D = -105 V/+105 V	25°C		80	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	315	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{S(ON)}$ $I_{D(ON)}$	通道导通漏电流(2)	V_{DD} = 110V，V_{SS} = -110V 开关状态为导通 V_S = V_D = ±105V	25°C		-50	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	120	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	

(1) 当 V_S 为正时，V_D 为负。当 V_S 为负时，V_D 为正。
(2) 当 V_S 处于电压电势时，V_D 处于浮动状态。而当 V_D 处于电压电势时，V_S 处于浮动状态。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

6.8 电气特性（±50V 双电源）

V_{DD} = +50V，V_{SS} = -50V，GND = 0V（除非另有说明）
T_A = 25°C 时的典型值（除非另有说明）

参数		测试条件	T_A	最小值	典型值	最大值	单位
模拟开关							
R_{ON}	导通电阻	V_S = -45V 至 45V I_D = -10mA	25°C		14	19.6	Ω
			-40°C 至 +50°C			21	
			-40°C 至 +85°C			22.4	
			-40°C 至 +125°C			28	
ΔR_{ON}	通道间的导通电阻不匹配	V_S = -45V 至 45V I_D = -10mA	25°C		0.28	0.84	Ω
			-40°C 至 +50°C			1	
			-40°C 至 +85°C			1.12	
			-40°C 至 +125°C			1.4	
$R_{ON\ FLAT}$	导通电阻平坦度	V_S = -45V 至 45V I_D = -10mA	25°C		0.4		Ω
$R_{ON\ DRIFT}$	导通电阻漂移	V_S = 0V，I_S = – 10mA	-40°C 至 +125°C		0.08		Ω/°C
$I_{S(OFF)}$	源极关断漏电流(1)	V_{DD} = 50V，V_{SS} = -50V 开关状态为关断 V_S = +45V/-45V V_D = -45V/+45V	25°C		30	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	130	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{D(OFF)}$	漏极关断漏电流(1)	V_{DD} = 50V，V_{SS} = -50V 开关状态为关断 V_S = +45V/-45V V_D = -45V/+45V	25°C		30	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	130	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{S(ON)}$ $I_{D(ON)}$	通道导通漏电流(2)	V_{DD} = 50V，V_{SS} = -50V 开关状态为导通 V_S = V_D = ±45V	25°C		-35	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	25	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	

(1) 当 V_S 为正时，V_D 为负。当 V_S 为负时，V_D 为正。
(2) 当 V_S 处于电压电势时，V_D 处于浮动状态。或者当 V_D 处于电压电势时，V_S 处于浮动状态。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.9 电气特性（100V 单电源）

V_{DD} = +100V，V_{SS} = 0V，GND = 0V（除非另有说明）
T_A = 25°C 时的典型值（除非另有说明）

参数		测试条件	T_A	最小值	典型值	最大值	单位
模拟开关							
R_{ON}	导通电阻	V_S = 0V 至 +95V I_D = -10mA	25°C		14	19.6	Ω
			-40°C 至 +50°C			21	
			-40°C 至 +85°C			22.4	
			-40°C 至 +125°C			28	
ΔR_{ON}	通道间的导通电阻不匹配	V_S = 0V 至 +95V I_D = -10mA	25°C		0.28	0.84	Ω
			-40°C 至 +50°C			1	
			-40°C 至 +85°C			1.12	
			-40°C 至 +125°C			1.4	
$R_{ON\ FLAT}$	导通电阻平坦度	V_S = 0V 至 +95V I_D = -10mA	25°C		0.36		Ω
$R_{ON\ DRIFT}$	导通电阻漂移	V_S = 50V，I_S = －10mA	-40°C 至 +125°C		0.08		Ω/°C
$I_{S(OFF)}$	源极关断漏电流(1)	V_{DD} = 100V，V_{SS} = 0V 开关状态为关断 V_S = +95V/0V V_D = 0V/+95V	25°C		30	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	130	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{D(OFF)}$	漏极关断漏电流(1)	V_{DD} = 100V，V_{SS} = 0V 开关状态为关断 V_S = +95V/0V V_D = 0V/+95V	25°C		30	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	130	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	
$I_{S(ON)}$ $I_{D(ON)}$	通道导通漏电流(2)	V_{DD} = 100V，V_{SS} = 0V 开关处于导通状态 V_S = V_D = 0V / +95V	25°C		-35	待定	pA
			-40°C 至 +50°C	待定	30	待定	
			-40°C 至 +85°C	待定		待定	
			-40°C 至 +125°C	待定		待定	

(1) 当 V_S 为正时，V_D 为负。当 V_S 为负时，V_D 为正。
(2) 当 V_S 处于电压电势时，V_D 处于浮动状态。或者当 V_D 处于电压电势时，V_S 处于浮动状态。

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

6.10 开关特性：TMUX961x 器件

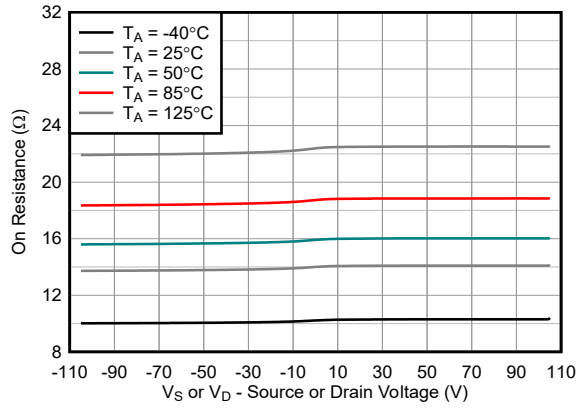
在自然通风条件下的工作温度范围内（除非另有说明）
V_{DD} = +110V，V_{SS} = –110V，GND = 0V 以及 T_A = 25℃ 时测得的典型值（除非另有说明）

参数		测试条件	T_A	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{ON (EN)}$	使能后的开通时间	V_S = 10V R_L = 300Ω，C_L = 35pF	25°C		40		μs
			-40°C 至 +85°C			75	
			-40°C 至 +125°C			75	
$t_{OFF (EN)}$	使能后的关断时间	V_S = 10V R_L = 300Ω，C_L = 35pF	25°C		18		μs
			-40°C 至 +85°C			35	
			-40°C 至 +125°C			35	
$t_{ON (VDD)}$	器件开通时间 （V_{DD} 至输出）	V_{DD} 斜率= 20V/μs， V_S = 10V R_L = 300Ω，C_L = 35pF	25°C		45		μs
t_{PD}	传播延迟	R_L = 50Ω，C_L = 5pF	25°C		410		ps
Q_{INJ}	电荷注入	V_S = (V_{DD} + V_{SS})/2，C_L = 1nF	25°C		-20		pC
O_{ISO}	关断隔离	R_L = 50Ω，C_L = 5pF V_S = (V_{DD} + V_{SS})/ 2，f = 100kHz	25°C		-104		dB
X_{TALK}	通道间串扰	R_L = 50Ω，C_L = 5pF V_S = (V_{DD} + V_{SS})/ 2，f = 100kHz	25°C		-110		dB
BW	-3dB 带宽	R_L = 50Ω，C_L = 5pF V_S = (V_{DD} + V_{SS})/ 2	25°C		530		MHz
I_L	插入损耗	R_L = 50Ω，C_L = 5pF V_S = (V_{DD} + V_{SS})/ 2，f = 1MHz	25°C		-1.13		dB
ACPSRR	交流电源抑制比	V_{PP} = 0.62V（在 V_{DD} 和 V_{SS} 上） R_S = 5Ω，0.01μF 去耦电容（在 VOUT 上） C_L = 50pF f = 1MHz	25°C		-70		dB
THD+N	总谐波失真 + 噪声	V_{PP} = (V_{DD} - V_{SS})/2V（20V 电容），V_S = (V_{DD} + V_{SS})/2 R_L = 1kΩ，C_L = 5pF， f = 20Hz 至 20kHz	25°C		0.0015		%
$C_{S(OFF)}$	源极关断电容	V_S = (V_{DD} + V_{SS})/2V，f = 1MHz	25°C		5		pF
$C_{D(OFF)}$	漏极关断电容	V_S = (V_{DD} + V_{SS})/2V，f = 1MHz	25°C		5		pF
$C_{S(ON)}$， $C_{D(ON)}$	导通电容	V_S = (V_{DD} + V_{SS})/2V，f = 1MHz	25°C		15		pF

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

6.11 典型特性

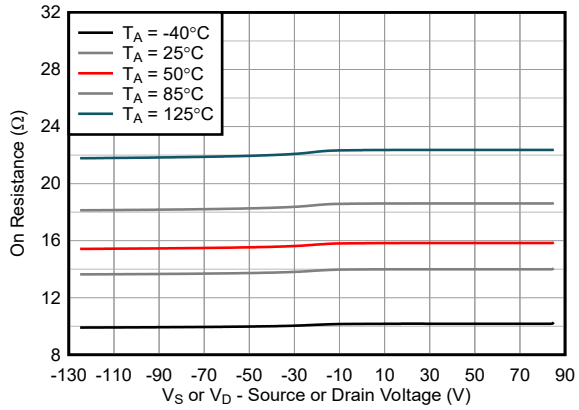
T_A = 25°C，V_{DD} = +110V，且 V_{SS} = -110V（除非另有说明）



V_{DD} = +110V，V_{SS} = -110V

最平坦的 Ron 区域

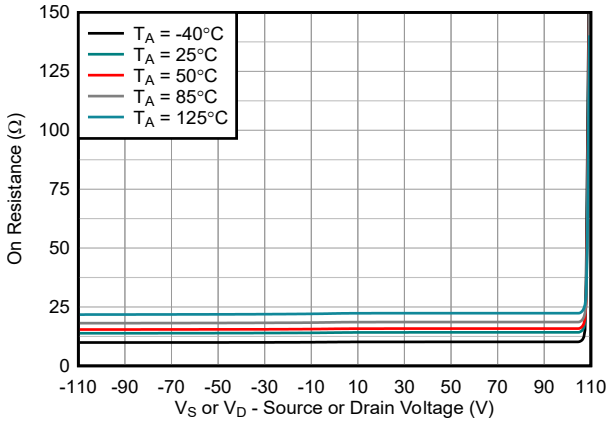
图 6-1. 导通电阻与源极或漏极电压之间的关系



V_{DD} = +90V，V_{SS} = -130V

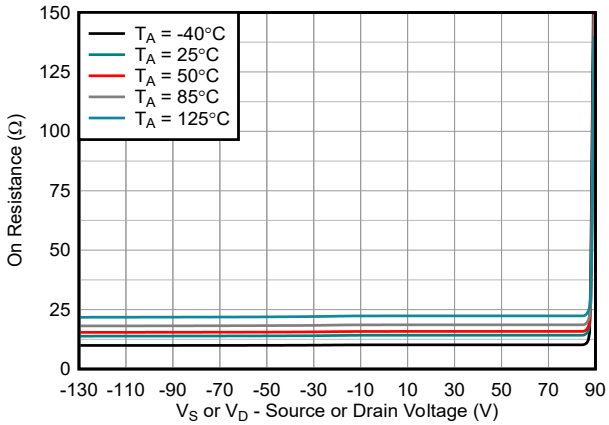
最平坦的 Ron 区域

图 6-2. 导通电阻与源极或漏极电压之间的关系



V_{DD} = +110V，V_{SS} = -110V

图 6-3. 导通电阻与源极或漏极电压之间的关系



V_{DD} = +90V，V_{SS} = -130V

图 6-4. 导通电阻与源极或漏极电压之间的关系

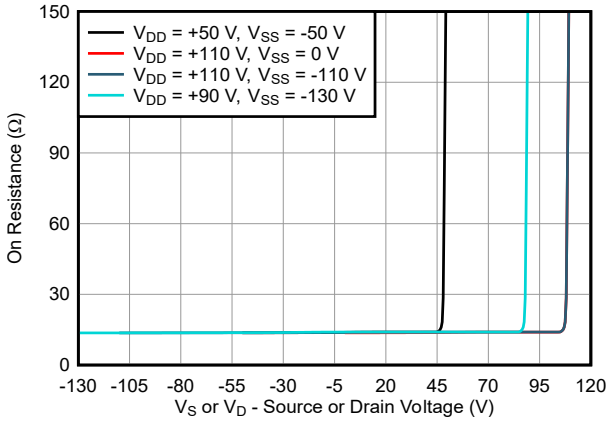
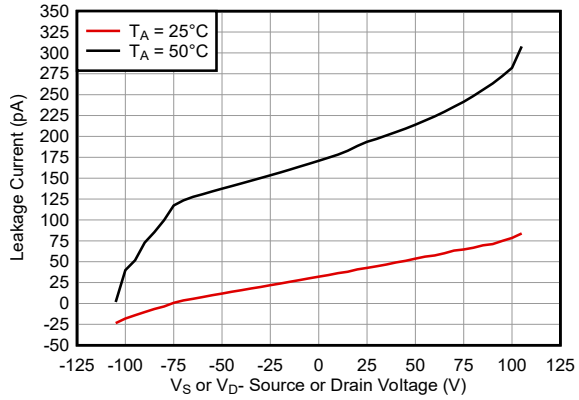


图 6-5. 导通电阻与源极或漏极电压之间的关系



V_{DD} = +110V, V_{SS}= -110V

$I_{S(OFF)}$ and $I_{D(OFF)}$

图 6-6. 关断漏电流与源极或漏极电压间的关系

ADVANCE INFORMATION

6.11 典型特性（续）

T_A = 25°C，V_{DD} = +110V，且 V_{SS} = -110V（除非另有说明）

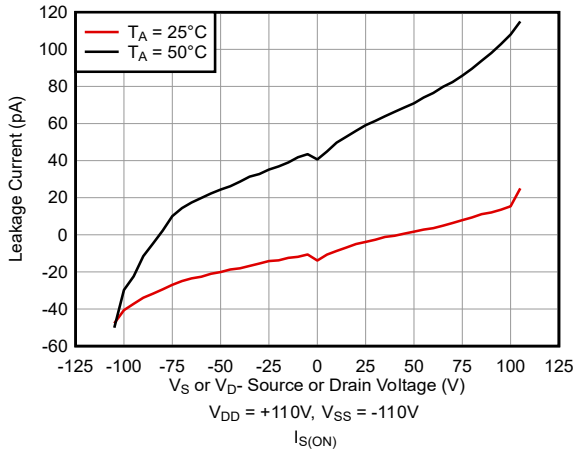


图 6-7. 导通漏电流与源极或漏极电压间的关系

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息

7.1 导通电阻

TMUX9612 的导通电阻是器件源极 (Sx) 与漏极 (Dx) 引脚之间的欧姆电阻。导通电阻随输入电压和电源电压的变化而变化。符号 R_{ON} 用于表示导通电阻。图 7-1 展示了用于测量 R_{ON} 的测量设置。ΔR_{ON} 表示任意两个通道的 R_{ON} 之间的差，而 R_{ON_FLAT} 表示平坦度，该平坦度定义为在指定模拟信号范围内测量的导通电阻的最大值与最小值的差。

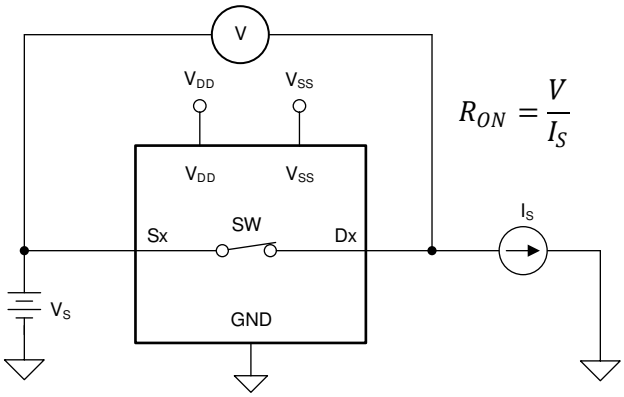


图 7-1. 导通电阻测量设置

7.2 关断漏电流

在关断状态下，开关有两种类型的漏电流：

1. 源极关断漏电流 $I_{S(OFF)}$：开关关断时流入或流出源极引脚的漏电流。
2. 漏极关断漏电流 $I_{D(OFF)}$：开关关断时流入或流出漏极引脚的漏电流。

图 7-2 展示了用于测量两个关断漏电流的设置。

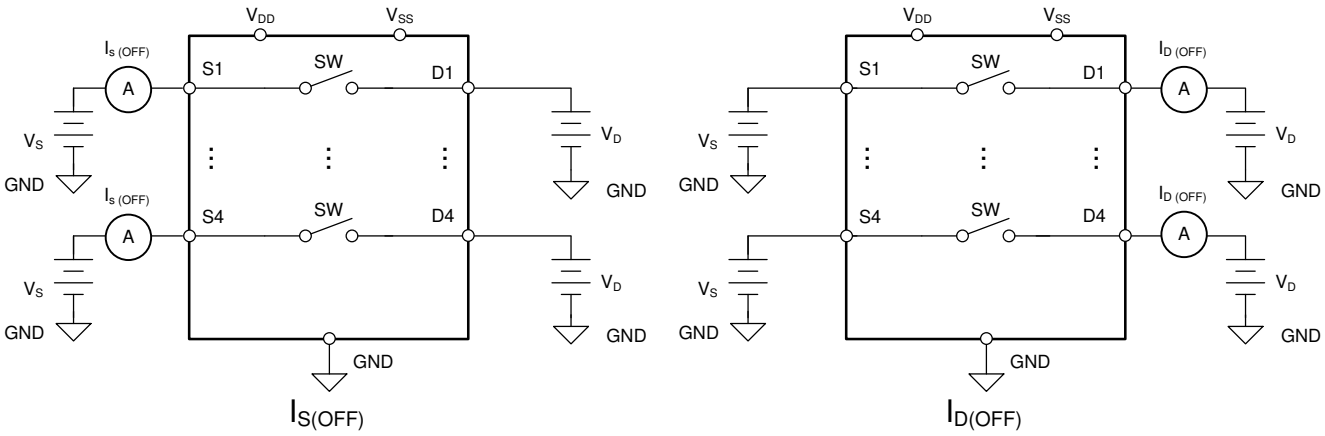


图 7-2. 关断漏电流测量设置

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

7.3 导通漏电流

源极导通漏电流 ($I_{S(ON)}$) 与漏极导通漏电流 ($I_{D(ON)}$) 表示开关处于导通状态时的通道漏电流。$I_{S(ON)}$ 是在漏极浮动的情况下测量的，而 $I_{D(ON)}$ 是在源极浮动的情况下测量的。图 7-3 为用于测量导通漏电流的电路。

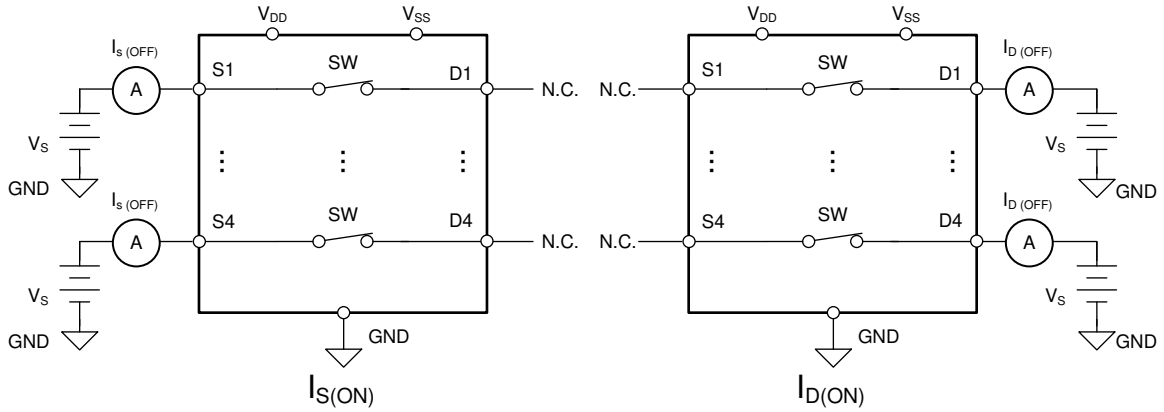


图 7-3. 导通漏电流测量设置

7.4 器件导通与关断时间

导通时间 (t_{ON}) 定义为 SELx 信号上升（对于 NC 开关）或下降（对于 NO 开关）至 50% 最终值以后，TMUX9612 输出上升至 90% 最终值所需要的时间。关断时间 (t_{OFF}) 定义为 SELx 信号下降（对于 NC 开关）或上升（对于 NO 开关）到 50% 初始值后，TMUX9612 输出下降到 10% 初始值所需要的时间。图 7-4 显示了用于测量 t_{ON} 和 t_{OFF} 的设置。

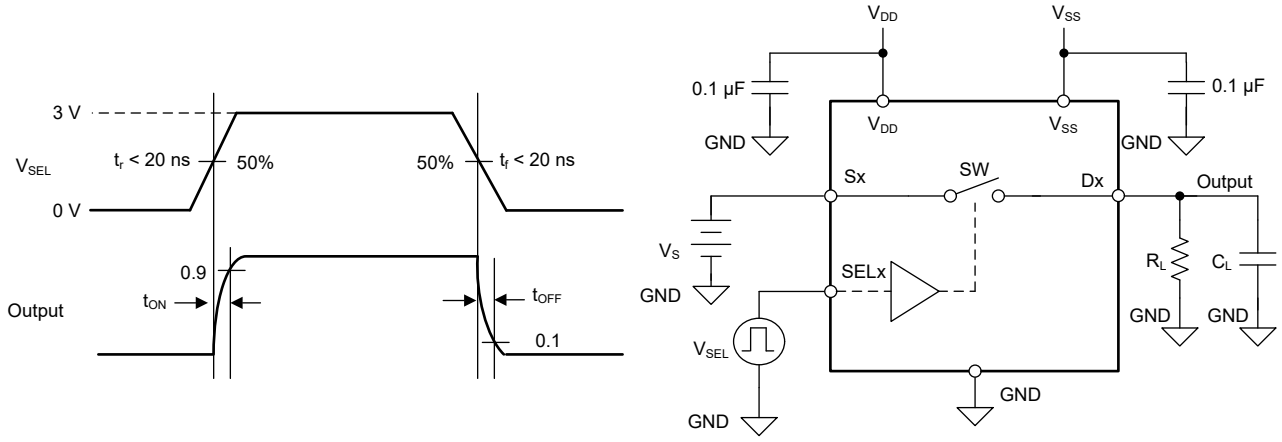


图 7-4. 启用延迟测量设置

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.5 电荷注入

电荷注入是开关期间从数字输入传输到模拟输出的毛刺脉冲的度量，用符号 Q_{INJ} 表示。图 7-5 展示了用于测量从源极到漏极电荷注入的设置。

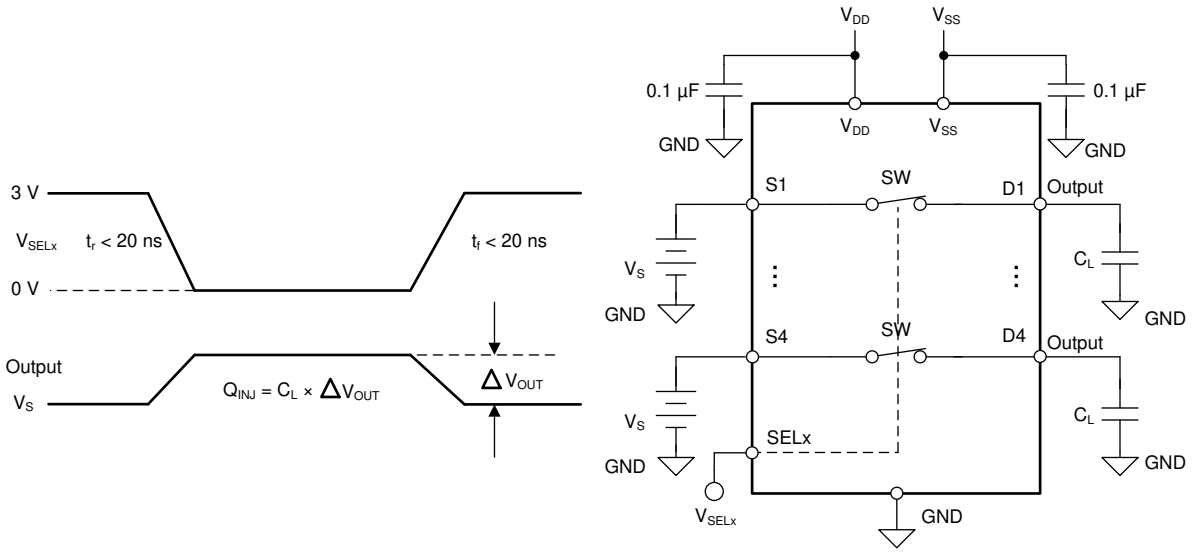


图 7-5. 电荷注入测量设置

7.6 关断隔离

关断隔离定义为器件漏极引脚 (Dx) 处的信号与关断通道的源极引脚 (Sx) 上施加的信号之比。特征阻抗 Z_O 测量值为 50 Ω。图 7-6 和 方程式 1 展示了用于测量关断隔离的设置。

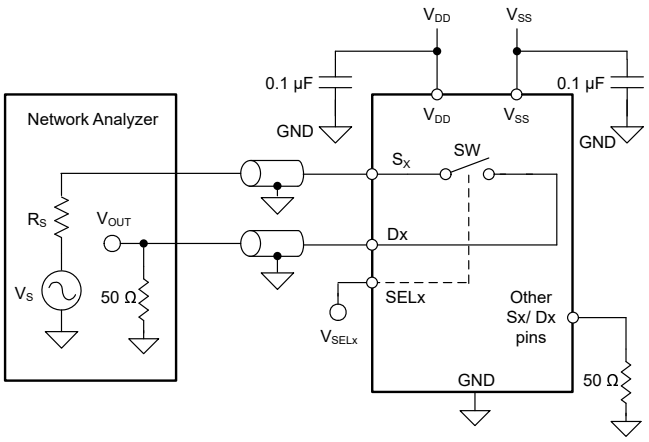


图 7-6. 关断隔离测量设置

$$Off\ Isolation = 20 \times Log \frac{V_{OUT}}{V_S} \quad (1)$$

ADVANCE INFORMATION

ADVANCE INFORMATION

7.7 串扰

串扰 (X_{TALK}) 定义为不同通道的漏极引脚 (Dx) 处的信号与导通通道的源极引脚 (Sx) 上施加的信号之比。特征阻抗 Z_O 测量值为 50Ω，如 图 7-7 与 方程式 2 所示。

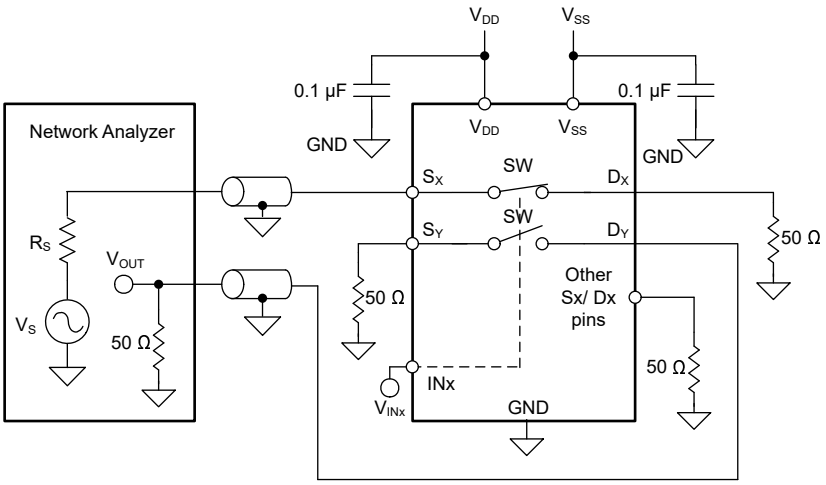


图 7-7. 通道间串扰测量设置

$$Inter-channel\ Crosstalk = 20 \times Log \frac{V_{OUT}}{V_S} \quad (2)$$

7.8 带宽

带宽 (BW) 定义为当输入施加到导通通道的源极引脚 (Sx)，并且在漏极引脚 (Dx) 上测量输出时，衰减小于 3dB 的频率范围。图 7-8 和 方程式 3 展示了用于测量开关带宽的设置。

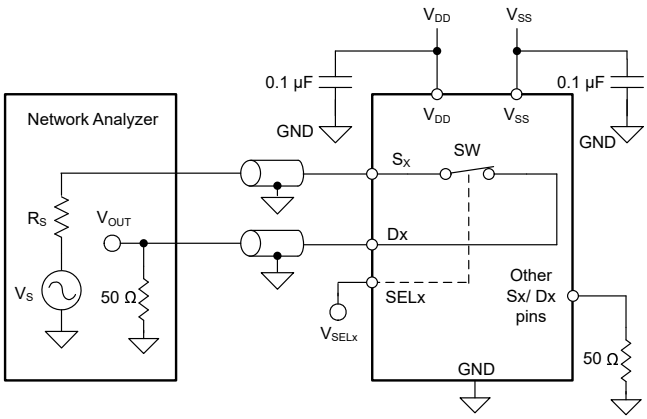


图 7-8. 带宽测量设置

$$Bandwidth = 20 \times Log \frac{V_{OUT}}{V_S} \quad (3)$$

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.9 THD + 噪声

信号的总谐波失真 (THD) 是对谐波失真的度量，定义为多路复用器输出端所有谐波分量的功率之和与基频功率之比。该器件的导通电阻随输入信号振幅的变化而变化，当漏极引脚连接到低阻抗负载时，会导致失真。总谐波失真加上噪声表示为 THD+N。图 7-9 展示了用于测量器件 THD+N 的设置。

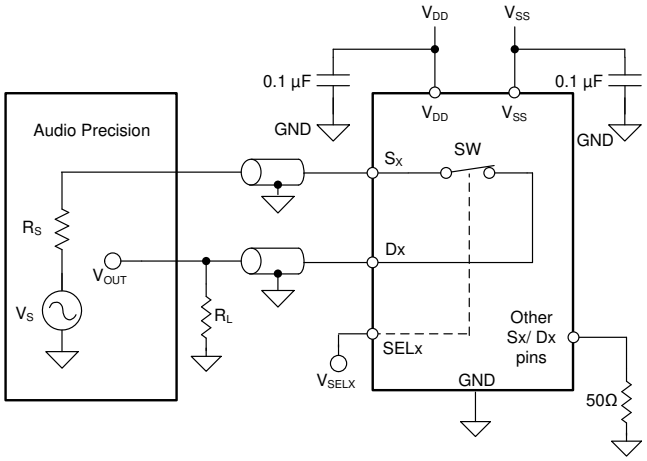


图 7-9. THD+N 测量设置

ADVANCE INFORMATION

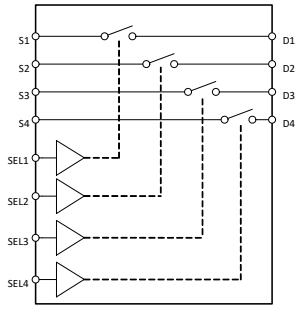
ADVANCE INFORMATION

8 详细说明

8.1 概述

TMUX9612 是四通道单刀单掷配置的现代互补金属氧化物半导体 (CMOS) 模拟开关。该器件能够与双电源、单电源或非对称电源配合使用。

8.2 功能方框图



TMUX9612
ALL SWITCHES SHOWN FOR A LOGIC 0 INPUT

8.3 特性说明

8.3.1 双向运行

该器件从源极 (Sx) 到漏极 (Dx) 或从漏极 (Dx) 到源极 (Sx) 的导电性能同样出色。每个信号路径在两个方向均具有相似特性。

8.3.2 平缓的导通电阻

TMUX9612 器件采用特殊的开关架构设计，能够在大部分开关输入操作区域产生超平坦的导通电阻 (R_{ON})。平坦的 R_{ON} 响应允许该器件用于精密传感器应用，因为无论采样的信号如何，R_{ON} 都会得到控制。该架构在没有电荷泵的情况下实现，因此器件不会产生不必要的噪声来影响采样精度。

最平坦的导通电阻区域从 V_{SS} 延伸到比 V_{DD} 低约 5V。一旦信号在 V_{DD} 为 5V 的范围内，导通电阻会呈指数级增加，并且可能影响所需信号传输。

8.3.3 保护特性

这些器件提供了许多保护功能，以支持强健的系统实现。

8.3.3.1 失效防护逻辑

失效防护逻辑电路允许在施加电源引脚上的电压之前，先施加逻辑控制引脚上的电压，从而保护器件免受潜在的损害。此外，失效防护逻辑功能还允许多路复用器逻辑输入端连接高电压，从而在仅存在高电压控制信号情况下简化连接。断电条件下，逻辑输入能够防止不超过 +48V 的正故障，但不能提供负过压条件保护。

失效防护逻辑还允许器件在正常工作期间与控制引脚上高于 V_{DD} 的电压连接，从而为系统设计带来更大的灵活性。例如，当 V_{DD} 为 15V 时，逻辑控制引脚可连接 +24V 电压，以便获得逻辑高电平信号，该信号允许在控制逻辑输入时使用不同类型的信号，例如：模拟反馈电压。无论电源电压如何，逻辑输入都可以连接高达 48 V 的电压。

8.3.3.2 ESD 保护

所有引脚均支持高达 ±2kV 的 HBM ESD 保护级别，这有助于保护器件在制造过程中免受 ESD 的损坏。

8.3.3.3 闩锁效应抑制

闩锁是指在电源引脚和地之间创建低阻抗路径的情况。这种情况由触发器（电流注入或过压）引起，一旦激活，即使触发器不再存在，低阻抗路径仍会存在。该低阻抗路径可能会因电流电平过高而导致系统混乱或巨大损坏。闩锁情况通常需要下电上电来消除低阻抗路径。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

在 TMUX9612 器件中，在器件基板顶部放置一个绝缘氧化层，以免形成任何寄生结。因此，该器件在所有情况下均会因器件结构具有闩锁效应抑制。

TMUX9612 器件采用基于绝缘体硅 (SOI) 的工艺制造，会在每个 CMOS 开关的 PMOS 与 NMOS 晶体管之间增加氧化层，用于防止形成寄生结构。氧化层也称为绝缘沟道，可防止因过压或电流注入而触发闩锁事件。受闩锁效应抑制影响，TMUX9612 能够在恶劣环境下使用。参阅*《利用闩锁效应抑制多路复用器帮助改善系统可靠性》*，了解有关闩锁效应抑制的更多信息。

8.3.4 1.8V 逻辑兼容输入

对于所有逻辑控制输入，TMUX9612 器件均支持 1.8V 逻辑兼容控制。1.8V 逻辑电平输入支持 TMUX9612 连接具有较低逻辑 I/O 电源轨的处理器，并且不需要外部转换器，从而节省了空间与 BOM 成本。有关 1.8V 逻辑实现的更多信息，请参阅*使用 1.8V 逻辑多路复用器和开关简化设计*。

8.3.5 逻辑引脚上带有集成下拉电阻器

TMUX9612 具有连接至 GND 的内部弱下拉电阻，确保逻辑引脚不悬空。该下拉电阻的值约为 4MΩ，但在较高电压时被钳位至 1μA。此功能集成了最多四个外部元件，可减小系统尺寸并降低成本。

ADVANCE INFORMATION

8.4 器件功能模式

8.4.1 正常模式

正常模式操作下，不超过 V_{DD} 与 V_{SS} 的信号能够通过开关，从源极 (Sx) 传递至漏极 (Dx) 或从漏极 (Dx) 传递到源极 (Sx)。选择 (SELx) 引脚会根据真值表，确定打开哪条开关路径。必须满足以下条件才能使开关保持打开状态：

- 主电源 (V_{DD} – V_{SS}) 之间的差值必须大于或等于 10V。最小 V_{DD} 为 10V。
- 源极 (Sx) 或漏极 (Dx) 上的输入信号必须介于 V_{DD} 与 $V_{SS.}$ 之间。
- 逻辑控制 (SELx) 必须已选择开关。

8.4.2 真值表

TMUX9612 真值表展示了 TMUX9612 的真值表。

表 8-1. TMUX9612 真值表

SEL #[(1)]	通道 #
0	通道 # 关断
1	通道 # 导通

(1) “#”表示 SEL 引脚控制的通道编号：“1、2、3 或 4”

如果未使用，就必须将 SELx 引脚连接至 GND 或逻辑高电平，以便确保器件不会消耗额外电流，*《CMOS 输入缓慢变化或悬空的影响》* 重点介绍了相关内容。未使用的信号路径输入（Sx 或 Dx）应连接至 GND，以便获得最佳性能。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

9.1 应用信息

TMUX9612 是高压开关，能够支持模拟与数字信号。得益于该等多路复用器的高电压功能，因此能够用于具有高电压信号摆幅的系统或具有高共模电压的系统。

此外，TMUX9612 器件能够在整个电源电压范围内提供一致的模拟参数性能，因此该器件能够在通过系统中最方便的电源轨供电的同时，提供出色的性能。

9.2 典型应用

很多 PMU（精密测量单元）有一个共同特点，那就是能够改变电流范围。也正因此，能够在测试器件时使用系统定义的电流钳位，降低可能对 PMU 与 DUT（被测器件）造成的损坏。在高压 PMU 中，通常利用大型继电器实现该等切换，但这需要在尺寸上进行权衡。为了减小系统尺寸，可增加一个多通道高压开关，以便实现该等切换，与此同时，将对系统尺寸与性能的影响降至最低。TMUX9612 能够在多个电流范围之间进行切换，并且具有更大的灵活性，能够在大电流应用中并行使用多个通道。

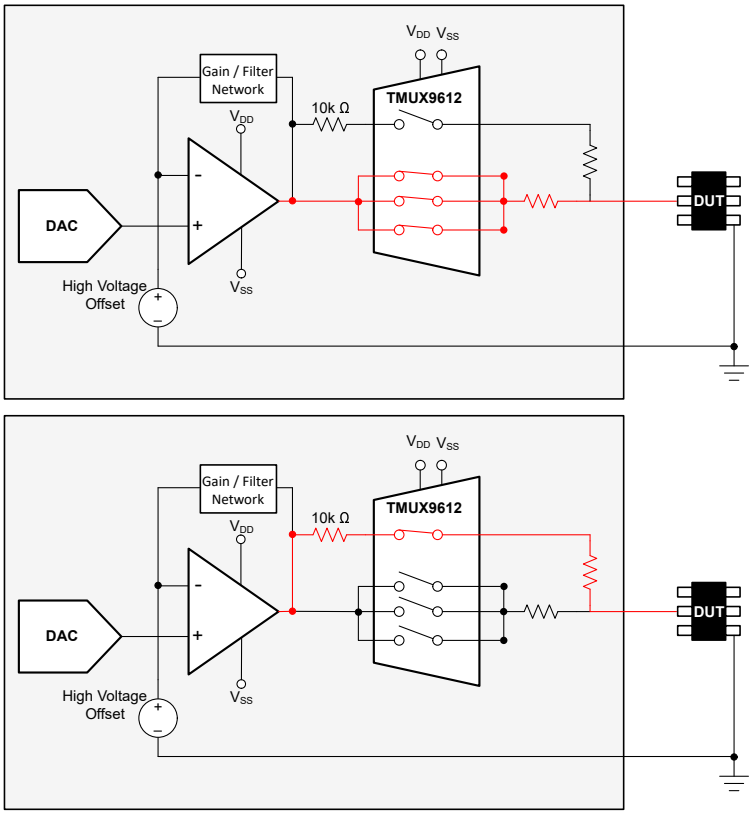


图 9-1. TMUX9612 应用原理图

ADVANCE INFORMATION

9.2.1 设计要求

表 9-1. 设计参数

参数	值
正电源 (V_{DD}) 多路复用器与运算放大器	110V
正电源 (V_{SS}) 多路复用器与运算放大器	-110V
具有共模漂移的最大输入或输出信号	-110V 至 110V
控制逻辑阈值	1.8V 兼容，高达 48V
温度范围	-40°C 至 +125°C

9.2.2 详细设计过程

多路复用 PMU 系统能够实现小巧、灵活的解决方案，适用于各种电流范围。相较典型的继电器解决方案，德州仪器 (TI) 的高压多路复用器具有尺寸优势，同时还能够实现极低的失真、噪声与泄漏水平。该款高压多路复用器能够与高压运算放大器和 DAC 搭配使用，以便创建具有出色信噪比的精确 PMU。

在本应用示例中，TMUX9612 与高压放大器和 DAC 搭配使用。DAC 生成一个任意电压信号，输入放大器。此外，也可以向放大器输入额外的高压偏移，以便增加任何所需的共模偏移。然后，在到达 DUT 以前，该任意信号会通过一个限流电阻器。要改变系统的电流范围，可为多路复用器每个通道串联不同的限流电阻。在本示例中，多路复用器第一个通道采用 10kΩ 电阻器，用作低电流钳位。由于采用了这一设计，因此 PMU 在该范围内的最大输出电流为 5mA。系统运行期间，PMU 会在测试例程开始时被设置为这一较低的电流范围。在该范围内，对 DUT 进行初步检查，确认它能够正常运行并且不存在意外短路以后，可将电流范围切换为大电流。这样，就能够避免 PMU 与 DUT 因短路产生的过大电流产生不必要损坏。在该示例中，TMUX9612 剩余三个通道采取并联连接方式，增大了通过器件的最大电流，降低了低导通电阻。TMUX9612 十分灵活，可以轻松修改，以便满足任何系统需求。例如，如果需要较小的最大电流，就可以并联两个通道（而非三个通道），对于剩余的单个通道，可用于增加第三个电流范围选项。额外的输入通道能够大幅缩小解决方案尺寸，进而提高该等多路复用应用的价值。

TMUX9612 开关在整个信号电压范围内具有出色的平坦导通电阻与低漏电流。超平导通电阻能够让电流箝位在整个信号电压范围内保持恒定，低漏电流能够降低在最低电流范围以内测量时的潜在噪声/偏移。此外，TMUX9612 器件还具有出色的串扰与关断隔离性能，因此在多通道开关应用中具有出色表现，不会因未选择通道导致所选通道测量受到影响。

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

9.2.3 应用曲线

示例应用利用 TMUX9612 器件出色的泄漏和导通电阻平坦度性能。图 9-2 显示了在不同源电压下开启的通道的泄漏电流。图 9-3 显示了在 TMUX9612 器件最平坦的 R_{ON} 范围内工作时跨源电压上极其平坦的导通电阻。这些特性使得这些器件成为需要出色线性度和低失真应用的选择。

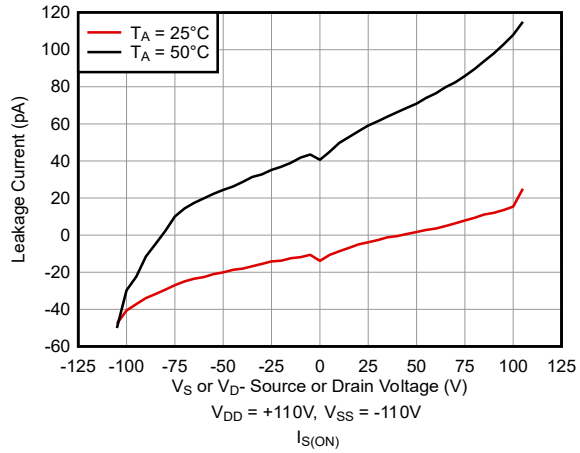


图 9-2. 导通漏电流

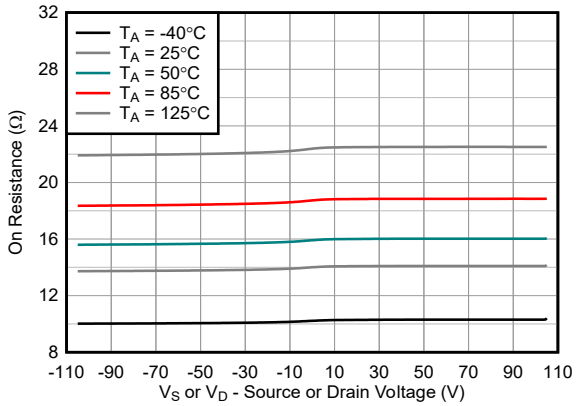


图 9-3. R_{ON} 平坦度

9.3 电源相关建议

TMUX9612 器件能够在 ±10V 至 ±110V（单电源模式下为 10V 至 140V）的宽电源电压范围内运行。该器件还适用于非对称电源，例如 V_{DD} = 140V 且 V_{SS}= –80V 或 V_{DD} = 90V 且 V_{SS}= –130V。为提高电源噪声抗扰度，可在 V_{DD} 和 V_{SS} 引脚与接地端之间使用 1μF 至 10μF 的电源去耦电容器。在最靠近电源引脚的位置再放置一个 0.1μF 电容器，将能够提供最佳的电源去耦解决方案。在电源斜升之前，务必确保已建立接地 (GND) 连接。

VOUT 是内部生成的电压输出轨。为了实现可靠运行，应在 VOUT 和 GND 之间的引脚 10 或散热焊盘上连接 0.01μF 至 0.1μF 的去耦电容器。让去耦电容器尽可能靠近散热焊盘能够获得出色的性能。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

下图显示了 TMUX9612 器件的 PCB 布局示例。一些重要注意事项有：

- 为了确保能够可靠运行，在 V_{DD} 与连接 GND 的 V_{SS} 之间至少连接一个 0.1μF 至 10μF 的去耦电容器。我们建议使用 0.1μF 和 1μF 电容器，将值最低的电容器尽可能靠近引脚放置。确保电容器额定电压足以满足电源电压要求。
- 为了确保能够可靠运行，在 VOUT 与 GND 之间至少连接一个 0.01μF 至 0.1μF 的去耦电容器。我们建议使用具有足够高额定电压，能够在 100V 电压下至少保持 0.01μF 电容值的电容器。
- 尽可能缩短输入线路。
- 使用实心接地层有助于散热和降低电磁干扰 (EMI) 噪声拾取。
- 敏感的模拟布线不能与数字布线平行。尽可能避免数字引线与模拟引线交叉，仅在必要时以垂直交叉方式布线。

ADVANCE INFORMATION

9.4.2 布局示例

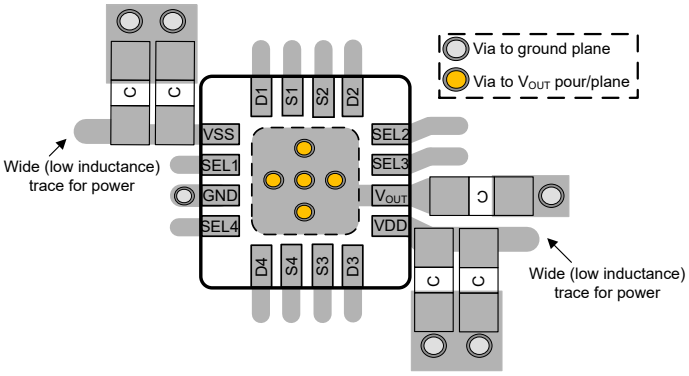


图 9-4. TMUX9612 布局示例

ADVANCE INFORMATION

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*CMOS 输入缓慢或悬空的影响* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*多路复用器和信号开关词汇表* 应用报告
- 德州仪器 (TI)，*使用闩锁效应抑制多路复用器帮助改善系统可靠性* 应用报告

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

日期	修订版本	注释
2025 年 7 月	*	初始 APL 发行版

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

ADVANCE INFORMATION

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
PTMUX9612RUMR	Active	Preproduction	WQFN (RUM) | 16	3000 | LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-	

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

GENERIC PACKAGE VIEW

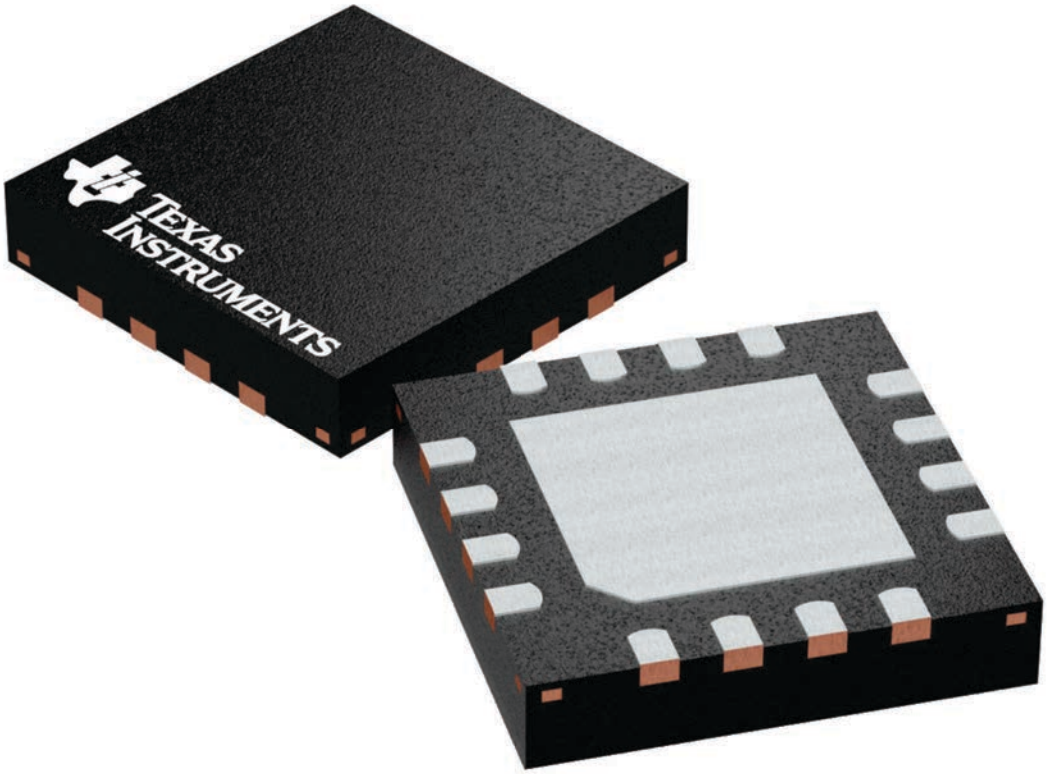
RUM 16

WQFN - 0.8 mm max height

4 x 4, 0.65 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4224843/A

重要通知和免责声明

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出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 产品的相关应用。 严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司