

具有注流控制功能的 4:1 双通道多路复用器

1 特性

- 注入电流控制
- 反向供电保护
-无至 V_{DD} 的 ESD 二极管路径
- 工作电压范围: **1.6V ~ 5.5V**
- 兼容 **1.8V** 逻辑电平
- 故障安全逻辑
- 先断后合开关
- 轨到轨操作
- 工作温度范围: **-40°C ~ 125°C**
- 封装: **TSSOP16、QFN2.5X3.5-16**

2 应用

- 模拟与数字多路复用及解复用
- 诊断与监测
- 车身控制模块
- 电池管理系统 (BMS)
- 暖通空调控制模块
- 汽车主机单元
- 远程信息处理
- 车载充电器 (OBC) 与无线充电

3 概述

RMUX1309 是一款 4:1 双通道多路复用器。该器件支持源极 (S_x) 和漏极 (D_x) 引脚上的双向模拟/数字信号, 其电压范围覆盖 GND 至 V_{DD} 。

RMUX1309 器件具有内部注入电流控制功能, 无需使用传统保护开关的外部二极管和电阻网络, 即可将输入信号箝位在电源电压范围内。该内部注入电流控制电路允许禁用信号路径上的电压超过电源电压, 且不会影响启用路径的信号完整性。此外, RMUX1309 器件没有通向电源引脚的内部二极管路径, 从而消除了损坏连接电源引脚的元件或向电源轨反向供电的风险。

所有逻辑输入端均具备 1.8V 逻辑兼容阈值, 在有效电源电压下工作时, 可同时兼容 TTL 和 CMOS 逻辑电平。失效防护逻辑电路支持控制引脚电压先于电源引脚施加, 从而保护器件免受潜在损坏。

器件信息 ⁽¹⁾

型号	封装	封装尺寸 (标称值)
RMUX1309	TSSOP16	5.00mm×4.40mm
	QFN2.5X3.5-16	2.50mm×3.50mm

(1) 详细的订单型号说明, 请参考数据表后的封装选项部分。

目录

1 特性.....	1
2 应用.....	1
3 概述.....	1
4 修订历史.....	3
5 封装和订单说明 ⁽¹⁾	4
6 引脚定义和功能.....	5
7 规格.....	6
7.1 绝对最大额定参数.....	6
7.2 ESD 等级.....	6
7.3 推荐工作条件.....	7
7.4 典型电气参数.....	8
7.5 逻辑和动态特性.....	9
7.6 时序特性.....	10
7.7 注入电流耦合.....	12
7.8 应用信息.....	13
8 参数测量信息.....	15
8.1 导通电阻.....	15
8.2 关断漏电流.....	15
8.3 导通漏电流.....	16
8.4 转换时间.....	16
8.5 先断后合.....	17
8.6 $t_{ON(EN)}$ 和 $t_{OFF(EN)}$	17
8.7 电荷注入.....	18
8.8 关断隔离.....	18
8.9 串扰.....	19
8.10 带宽.....	19
8.11 注入电流控制.....	20
9 详细说明.....	21
9.1 概览.....	21
9.2 功能框图.....	21
9.3 特性说明.....	21
9.3.1 双向操作特性.....	21
9.3.2 轨到轨操作.....	21
9.3.3 1.8V 逻辑兼容输入.....	21
9.3.4 故障安全逻辑.....	22
9.3.5 注入电流控制.....	22
9.4 器件功能模式.....	25
9.5 真值表.....	25
10 封装规格尺寸.....	26
11 包装规格尺寸.....	28

4 修订历史

注意: 更新前的版本页码可能与当前版本不同。

版本	更新日期	变更项目
A.0	2024/11/15	初始版
A.1	2025/03/31	正式版
A.2	2025/12/29	1. 第 4 页封装和订单说明表中 RMUX1309XTQW16 型号的丝印从 RMUX1309 更新为 R1309 2. 更改第 14 页应用信息中的图 10 3. 第 27 页增加 QFN2.5X3.5-16 封装推荐焊盘尺寸信息

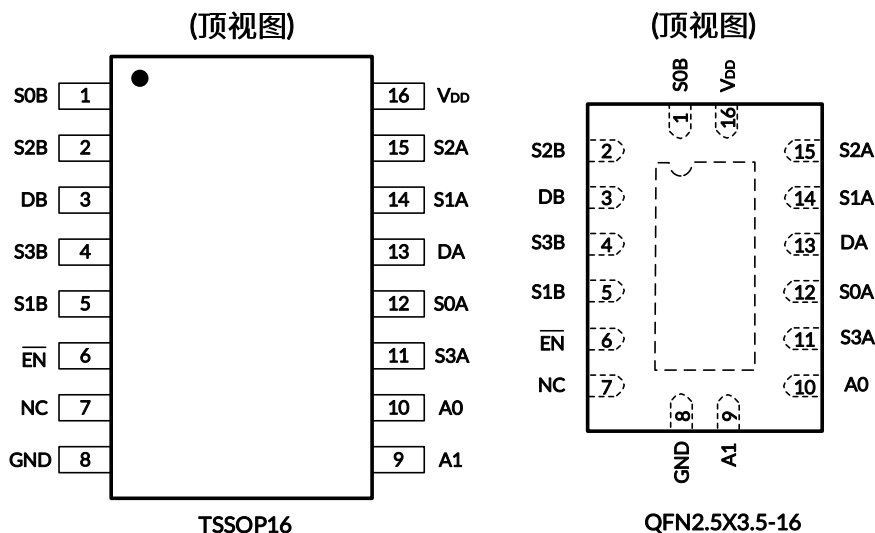
5 封装和订单说明⁽¹⁾

产品名称	订单型号	工作温度(°C)	封装类型	丝印 ⁽²⁾	MSL ⁽³⁾	包装规格
RMUX1309	RMUX1309XTSS16	-40°C ~125°C	TSSOP16	RMUX1309	MSL3	Tape and Reel,4000
	RMUX1309XTQW16	-40°C ~125°C	QFN2.5X3.5-16	R1309	MSL3	Tape and Reel,5000

注意:

- (1) 该信息是当前版本的最新数据, 这些数据如有更新, 将及时更新到我司官网, 恕不另行通知。
- (2) 丝印可能会有其他附加的代码, 用于产品的内控追溯 (包括数据代码和供应商代码) 或者标志产地。
- (3) Runic 装配厂使用符合 JEDEC 工业标准 J-STD-20F 的通用预处理设置对 MSL 级别进行分类。如果您的最终应用对预处理设置非常关键, 或者您有特殊要求, 请与 Runic 技术支持联系。

6 引脚定义和功能



引脚功能

引脚名称	引脚	类型 ⁽¹⁾	功能说明 ⁽²⁾
	TSSOP16/ QFN2.5X3.5-16		
S0B	1	I/O	多路复用器 B 的源极引脚 0。可作为输入或输出。
S2B	2	I/O	多路复用器 B 的源极引脚 2。可作为输入或输出。
DB	3	I/O	多路复用器 B 的漏极引脚（公共端）。可作为输入或输出。
S3B	4	I/O	多路复用器 B 的源极引脚 3。可作为输入或输出。
S1B	5	I/O	多路复用器 B 的源极引脚 1。可作为输入或输出。
EN	6	I	低电平有效逻辑输入。当该引脚为高电平时，所有开关均关闭；当该引脚为低电平时，A[1:0] 地址输入决定哪个开关被导通。
NC	7	无连接	未连接到内部
GND	8	P	接地 (0 V) 基准。
A1	9	I	地址信号线 1。控制开关配置，具体状态对应关系见表1
A0	10	I	地址信号线 0。控制开关配置，具体状态对应关系见表1
S3A	11	I/O	多路复用器 A 的源极引脚 3。可作为输入或输出。
S0A	12	I/O	多路复用器 A 的源极引脚 0。可作为输入或输出。
DA	13	I/O	多路复用器 A 的漏极引脚（公共端）。可作为输入或输出。
S1A	14	I/O	多路复用器 A 的源极引脚 1。可作为输入或输出。
S2A	15	I/O	多路复用器 A 的源极引脚 2。可作为输入或输出。
V _{DD}	16	P	正电源引脚。此引脚为最高正电源电位。为确保可靠运行，需在 V _{DD} 与 GND 之间连接一个 0.1μF 至 10μF 的去耦电容。
散热焊盘	-	-	裸露的散热焊盘连接导电芯片。无需对该焊盘进行焊接。若需连接，则应保持悬空或接地。

(1) I=输入管脚，O=输出管脚，I/O=输入和输出管脚，P=供电管脚。

(2) 关于未使用引脚的处理方法，请参阅第 9.4 节。

7 规格

7.1 绝对最大额定参数

在自然通风温度范围内（除非特别注明）^{(1) (2) (3)}

符号	参数		最小值	最大值	单位
V_{DD}	电源电压范围		-0.5	6.5	V
V_{SEL} or V_{EN}	逻辑控制输入引脚电压 ($\overline{EN}$, A0, A1)		-0.5	6.5	
V_S or V_D	源极或漏极电压 (S_X , D_X)		-0.5	$V_{DD}+0.5$	
I_{SEL} or I_{EN}	逻辑控制输入引脚电流 ($\overline{EN}$, A0, A1)		-50	50	mA
I_S or I_D (CONT)	通过开关的连续电流 (S_X , D_X 引脚)		-50	50	
I_{GND}	通过 GND 的连续电流		-100	100	
P_{tot}	总功耗			500	mW
θ_{JA}	结至环境热阻 ⁽⁴⁾	TSSOP16		125	°C/W
		QFN2.5X3.5-16		65	
T_J	结温 ⁽⁵⁾			150	°C
T_{stg}	储存温度范围		-65	150	

- (1) 这里只表示产品在测试条件下得到的极限值，并不表示产品在这些条件下或者其他超出规格限定的参数条件下能够正常工作，超过上述绝对最大额定值所规定的范围将对产品造成损害，无法预测产品在上述条件外的工作状态。如果产品长期在上述条件外的条件下工作，可能影响产品性能。
- (2) 代数表示法规则：在电压范围定义中，最负值视为最小值，最正值视为最大值。
- (3) 除非另有说明，所有电压均以地为参考基准。
- (4) 封装热阻抗根据 JESD-51 标准计算。
- (5) 最大功耗是有关 $T_{J(MAX)}$ 、 $R_{\theta JA}$ 和 T_A 的函数。任意环境温度下的最大功耗为 $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{\theta JA}$ 。适用于直接焊接到 PCB 上的封装。

7.2 ESD 等级

以下 ESD 信息仅针对在防静电保护区内操作的敏感设备。

			标称值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体模型 (HBM), 符合 AEC-Q100-002-REV-E (2013) 规范	±2000	V
		带电器件模型 (CDM), 符合 AEC-Q100-011 REV-D (2019) 规范	±1000	



ESD 灵敏性警告

ESD 损坏的范围可以从细微的性能下降到完全的设备失效。精密集成电路可能更容易受到损坏，因为非常小的参数变化有可能导致器件不符合其公布的参数规格。

7.3 推荐工作条件

在自然通风温度范围内（除非特别注明）

符号	参数	最小值	最大值	单位
V_{DD}	工作电压范围	1.6	5.5	V
V_S or V_D	信号通路输入/输出电压（源极或漏极引脚） (S_X , D_X)	0	V_{DD}	V
V_{SEL} or V_{EN}	逻辑控制输入引脚电压 ($\overline{EN}$, $A0$, $A1$)	0	5.5	V
I_S or I_D (CONT)	通过开关的连续电流 (S_X , D_X 引脚)	-50	50	mA
I_{OK}	当信号电压超过推荐工作电压时，源极或漏极引脚每输入电流 ⁽¹⁾	-50	50	mA
I_{INJ}	单路关断开关注入电流	-50	50	mA
I_{INJ_ALL}	多路关断开关总注入电流	-100	100	mA
T_A	自然通风条件下的工作温度范围	-40	125	°C

- (1) 若源极或漏极电压超过 V_{DD} ，或低于 GND ，该引脚将通过内部场效应管被箝位至 GND ，电流必须限制在规定值范围内。当 $V_{signal} > V_{DD}$ 或 $V_{signal} < GND$ 时。

7.4 典型电气参数

在指定 $V_{DD} \pm 10\%$ 电压范围内。典型值在标称 V_{DD} 电压下测得。

符号	参数	测试条件	V _{DD}	温度	最小值	典型值	最大值	单位
模拟开关								
R _{ON}	导通开关电阻	V _S = 0V to V _{DD} I _{SD} = 0.5mA	1.8V	25°C		800	1500	Ω
				全温			1700	
			2.5V	25°C		230	600	
				全温			670	
			3.3V	25°C		140	330	
				全温			370	
5V	25°C		95	200				
	全温			270				
ΔR _{ON}	输入间导通开关电阻差异	V _S = V _{DD} / 2 I _{SD} = 0.5mA	1.8V	全温		35	52	Ω
			2.5V	全温		10	22	
			3.3V	全温		3	15	
			5V	全温		2	14	
I _{S(OFF)} I _{D(OFF)}	关断漏电流	Switch Off V _D or V _S = 0 to V _{DD}	1.6V to 5.5V	全温		±0.1	±3	μA
I _{D(ON)} I _{S(ON)}	通道导通漏电流	Switch On V _D or V _S = 0 to V _{DD}	1.6V to 5.5V	全温		±0.1	±3	μA
C _{SOFF}	源极关断电容	V _S = V _{DD} / 2 f = 1 MHz	1.8V	25°C		4		pF
			2.5V			4		
			3.3V			4		
			5V			4		
C _{DOFF}	漏极关断电容	V _S = V _{DD} / 2 f = 1 MHz	1.8V	25°C		6		pF
			2.5V			6		
			3.3V			6		
			5V			6		
C _{SON} C _{DON}	导通电容	V _S = V _{DD} / 2 f = 1 MHz	1.8V	25°C		12		pF
			2.5V			12		
			3.3V			12		
			5V			12		
电源								
I _{DD}	V _{DD} 电源电流	Logic inputs = 0V or V _{DD}	1.6V to 5.5V	25°C		0.1	1	μA
				全温			4	

7.5 逻辑和动态特性

在指定 $V_{DD} \pm 10\%$ 电压范围内。典型值在标称 V_{DD} 电压和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 下测得。

符号	参数	测试条件	V_{DD}	温度	最小值	典型值	最大值	单位
逻辑输入 (EN, A0, A1)								
V_{IH}	输入逻辑高电平		1.8V	全温	1.1			V
			2.5V		1.2			
			3.3V		1.25			
			5V		1.4			
V_{IL}	输入逻辑低电平		1.8V	全温			0.55	V
			2.5V				0.65	
			3.3V				0.75	
			5V				0.9	
I_{IN}	输入漏电流	$V_{IN} = 0\text{ V or }V_{DD}$	1.6V to 5.5V	25°C		± 0.1	± 1	μA
				全温			± 2	
C_{IN}	逻辑输入电容	$V_{LOGIC} = 0\text{ V, }1.8\text{ V, }V_{DD}$ $f = 1\text{ MHz}$	1.6V to 5.5V	25°C		6.5		pF
动态特性								
Q_{INJ}	电荷注入	$V_S = V_{DD} / 2$ $R_S = 0\ \Omega, C_L = 100\text{ pF}$	1.8V	25°C		-0.5		pC
			2.5V			-0.5		
			3.3V			-1		
			5V			-6.5		
O_{ISO}	关断隔离	$V_{BIAS} = V_{DD} / 2$ $V_S = 200\text{mVpp}$ $R_L = 50\ \Omega, C_L = 5\text{ pF}$ $f = 100\text{ kHz}$	1.8V	25°C		-110		dB
			2.5V			-110		
			3.3V			-110		
			5V			-110		
O_{ISO}	关断隔离	$V_{BIAS} = V_{DD} / 2$ $V_S = 200\text{mVpp}$ $R_L = 50\ \Omega, C_L = 5\text{ pF}$ $f = 1\text{ MHz}$	1.8V	25°C		-90		dB
			2.5V			-90		
			3.3V			-90		
			5V			-90		
X_{TALK}	串扰	$V_{BIAS} = V_{DD} / 2$ $V_S = 200\text{mVpp}$ $R_L = 50\ \Omega, C_L = 5\text{ pF}$ $f = 100\text{ kHz}$	1.8V	25°C		-110		dB
			2.5V			-110		
			3.3V			-110		
			5V			-110		
X_{TALK}	串扰	$V_{BIAS} = V_{DD} / 2$ $V_S = 200\text{mVpp}$ $R_L = 50\ \Omega, C_L = 5\text{ pF}$ $f = 1\text{ MHz}$	1.8V	25°C		-90		dB
			2.5V			-90		
			3.3V			-90		
			5V			-90		
BW	带宽	$V_{BIAS} = V_{DD} / 2$ $V_S = 200\text{mVpp}$ $R_L = 50\ \Omega, C_L = 5\text{ pF}$	1.8V	25°C		185		MHz
			2.5V			200		
			3.3V			210		
			5V			220		

7.6 时序特性

在指定 $V_{DD} \pm 10\%$ 电压范围内。典型值在标称 V_{DD} 电压下测得。

符号	参数	测试条件	V_{DD}	温度	最小值	典型值	最大值	单位
开关特性								
t_{PD}	传播延迟	$C_L = 50pF$ S_X to D_X , D_X to S_X	1.8V	25°C		15	31	ns
				全温			48	
			2.5V	25°C		10	17	
				全温			20	
			3.3V	25°C		6	14	
				全温			23	
		$C_L = 15pF$	5V	25°C		5	8	
				全温			18	
t_{TRAN}	输入间转换时间	$R_L = 10k\Omega$, $C_L = 50pF$ A_X to D_X , A_X to S_X	1.8V	25°C		71	104	ns
				全温			150	
			2.5V	25°C		45	66	
				全温			95	
			3.3V	25°C		37	53	
				全温			75	
		$R_L = 10k\Omega$, $C_L = 15pF$	5V	25°C		32	46	
				全温			63	
$t_{ON(EN)}$	使能启动时间	$R_L = 10k\Omega$, $C_L = 50pF$ EN to D_X , EN to S_X	1.8V	25°C		78	99	ns
				全温			142	
			2.5V	25°C		50	63	
				全温			96	
			3.3V	25°C		41	51	
				全温			77	
		$R_L = 10k\Omega$, $C_L = 15pF$	5V	25°C		36	45	
				全温			69	
$t_{OFF(EN)}$	使能关断时间	$R_L = 10k\Omega$, $C_L = 50pF$ EN to D_X , EN to S_X	1.8V	25°C		110	130	ns
				全温			175	
			2.5V	25°C		84	100	
				全温			135	
			3.3V	25°C		73	88	
				全温			115	

			5V	25°C		41	50	
				全温			65	
		$R_L = 10k\Omega, C_L = 15pF$	5V	25°C		35	45	
				全温			55	
t_{BBM}	先断后合时间	$R_L = 10k\Omega, C_L = 15pF$ S_X to D_X, D_X to S_X	1.8V	全温		46	82	ns
			2.5V			42	75	
			3.3V			35	60	
			5V			32	65	

7.7 注入电流耦合

在指定 $V_{DD} \pm 10\%$ 电压范围内。典型值在标称 V_{DD} 电压和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 下测得。

符号	参数	测试条件		V_{DD}	温度	最小值	典型值	最大值	单位
ΔV_{OUT}	启用模拟输入的最大输出电压偏移	$R_S \leq 3.9\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$0 \leq I \leq 1\text{mA}$	1.8V	全温		0.2	1	mV
				3.3V			0.1	1	
				5V			0.05	1	
		$R_S \leq 3.9\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$0 \leq I \leq 10\text{mA}$	1.8V	全温		0.3	4	
				3.3V			0.15	4	
				5V			0.1	4	
		$R_S \leq 20\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$0 \leq I \leq 1\text{mA}$	1.8V	全温		0.2	2	
				3.3V			0.1	2	
				5V			0.05	2	
		$R_S \leq 20\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$0 \leq I \leq 10\text{mA}$	1.8V	全温		0.25	15	
				3.3V			0.15	15	
				5V			0.1	15	
ΔV_{OUT}	启用模拟输入的最大输出电压偏移	$R_S \leq 3.9\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$-1\text{mA} \leq I \leq 0$	1.8V	全温		3	50	mV
				3.3V			0.7	1	
				5V			0.5	1	
		$R_S \leq 3.9\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$-10\text{mA} \leq I \leq 0$	1.8V	全温		32	50	
				3.3V			5	8	
				5V			3.5	8	
		$R_S \leq 20\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$-1\text{mA} \leq I \leq 0$	1.8V	全温		4	50	
				3.3V			0.7	2	
				5V			0.5	2	
		$R_S \leq 20\text{k}\Omega$, $V_{IN} = V_{DD}/2$	$-10\text{mA} \leq I \leq 0$	1.8V	全温		40	50	
				3.3V			5.8	15	
				5V			3.5	15	

7.8 应用信息

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

测试条件为： $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ （除非特别注明）

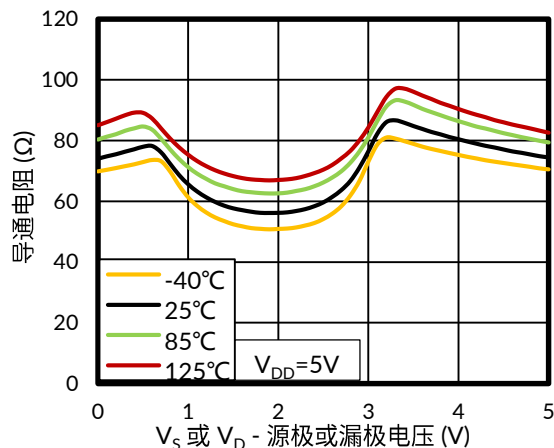


图 1. 导通电阻与温度的关系

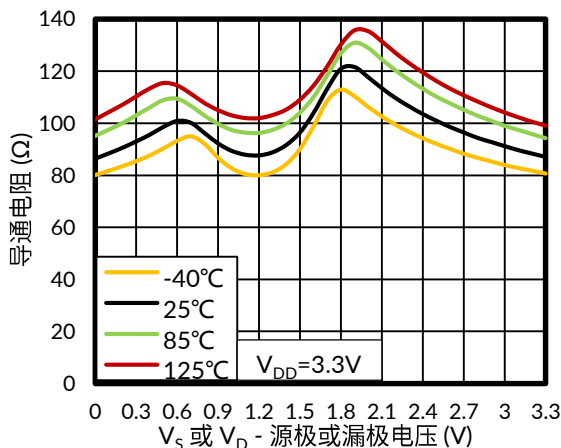


图 2. 导通电阻与温度的关系

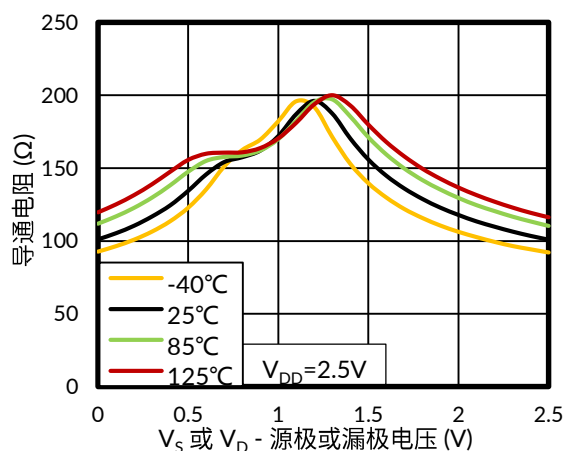


图 3. 导通电阻与温度的关系

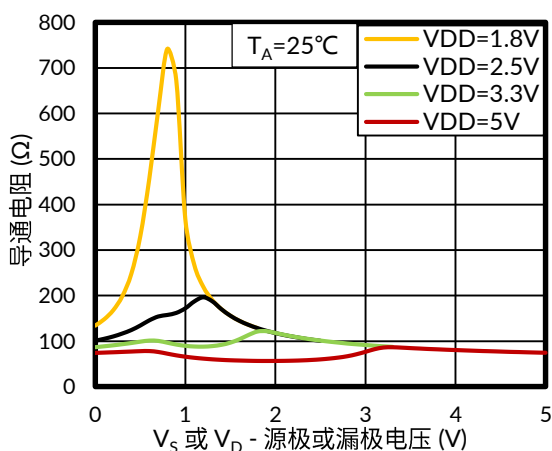


图 4. 导通电阻与源极或漏极电压的关系

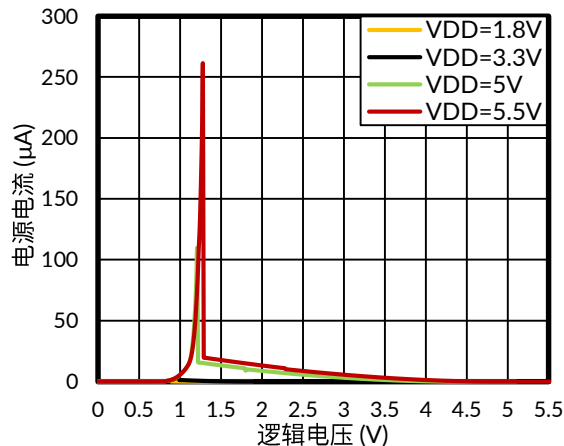


图 5. 电源电流与逻辑电压的关系

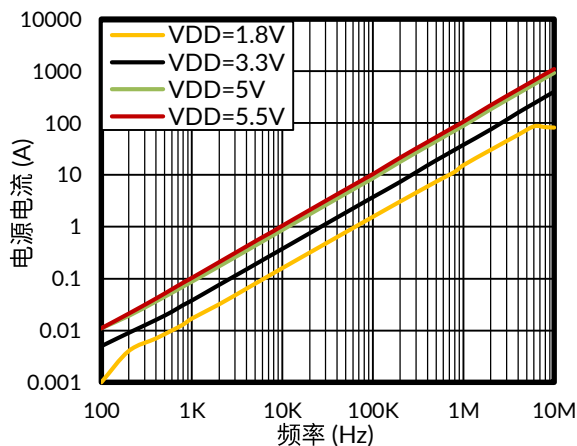


图 6. 电源电流与输入开关频率的关系

应用信息

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

测试条件为： $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5\text{V}$ （除非特别注明）

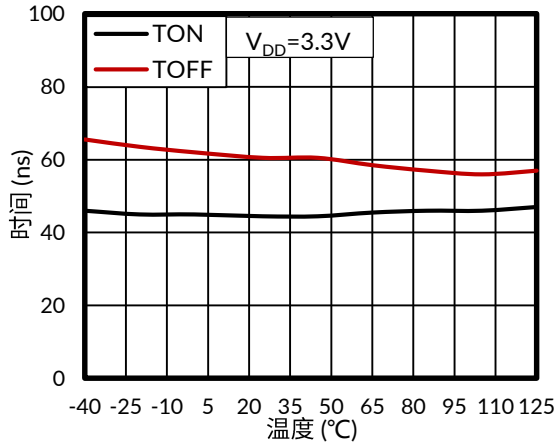


图 7. T_{on} 和 T_{off} 与温度的关系

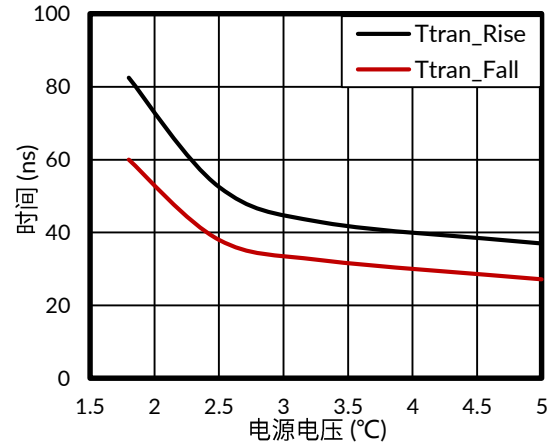


图 8. $T_{TRANSITION}$ 与电源电压的关系

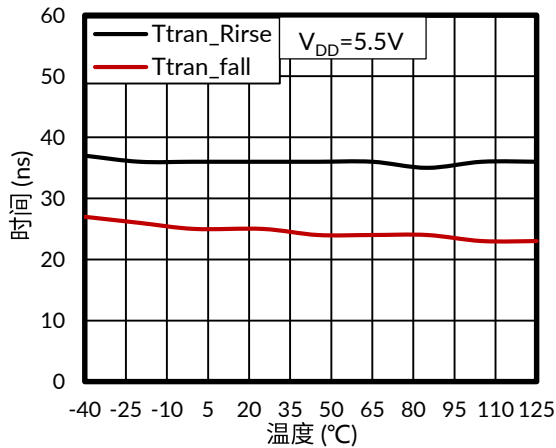


图 9. $T_{TRANSITION}$ 与温度的关系

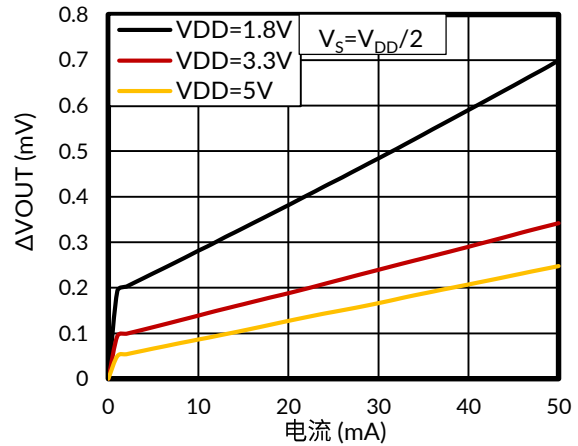


图 10. 注入电流与最大输出电压偏移的关系

8 参数测量信息

8.1 导通电阻

器件的导通电阻是指其源极 (S_x) 与漏极 (D_x) 引脚之间的欧姆电阻。导通电阻会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。下图展示了测量 R_{ON} 的测试配置，通过该配置测量电压 (V) 和电流 (I_{SD})，并按图 11 所示，导通电阻值按公式 $R_{ON} = V / I_{SD}$ 计算得出。

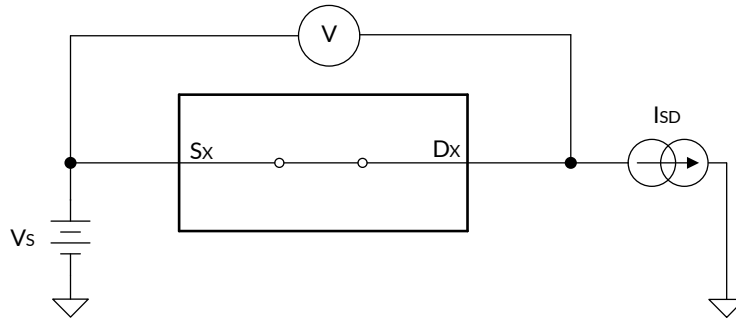


图 11. 导通电阻测量配置

8.2 关断漏电流

开关器件在关断状态下存在两类漏电流：

1. 源极关断漏电流
2. 漏极关断漏电流

源极漏电流定义为开关关断时流入或流出源极引脚的漏电流，该电流用符号 I_{S(OFF)} 表示。

漏极漏电流定义为开关关断时流入或流出漏极引脚的漏电流，该电流用符号 I_{D(OFF)} 表示。

图 12 展示了用于测量这两种关断漏电流的测试配置。

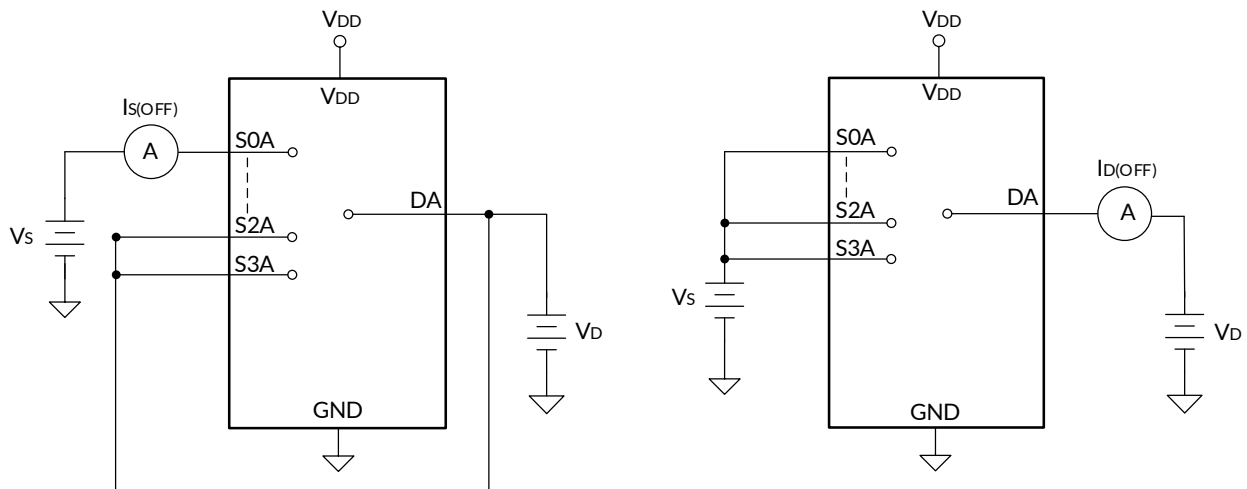


图 12. 关断漏电流测量配置

8.3 导通漏电流

源极导通漏电流定义为开关导通时流入或流出源极引脚的漏电流。该电流用符号 $I_{S(ON)}$ 表示。

漏极导通漏电流定义为开关导通时流入或流出漏极引脚的漏电流。该电流用符号 $I_{D(ON)}$ 表示。

测量过程中源极引脚或漏极引脚保持悬空状态。图 13 显示了用于测量导通漏电流的电路，该电流用 $I_{S(ON)}$ 或 $I_{D(ON)}$ 表示。

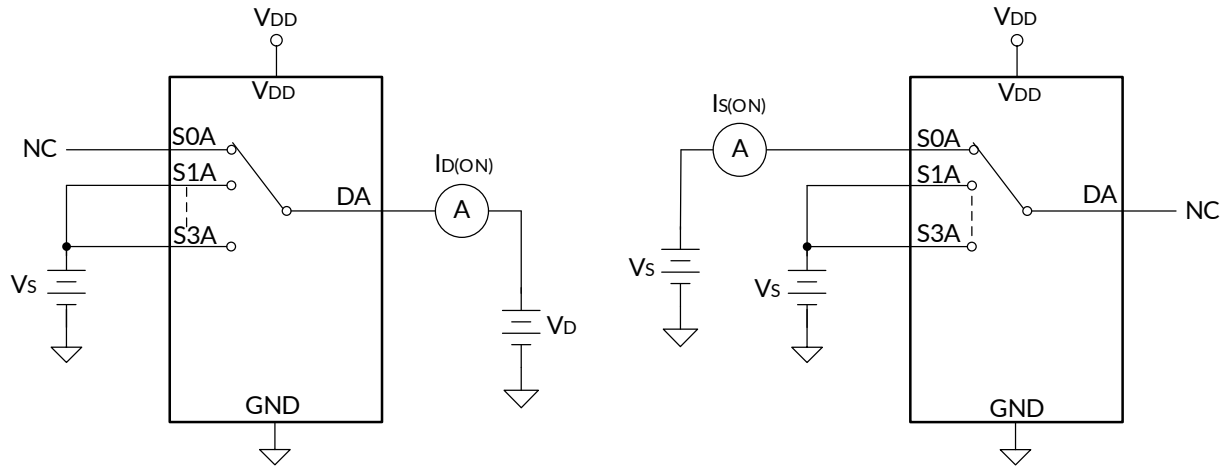


图 13. 导通漏电流测量配置

8.4 转换时间

转换时间定义为地址信号上升或下降超过 50% 阈值后，器件输出上升或下降 50% 所需的时间。图 14 展示了用于测量转换时间的设置，该参数用符号 $t_{\text{TRANSITION}}$ 表示。

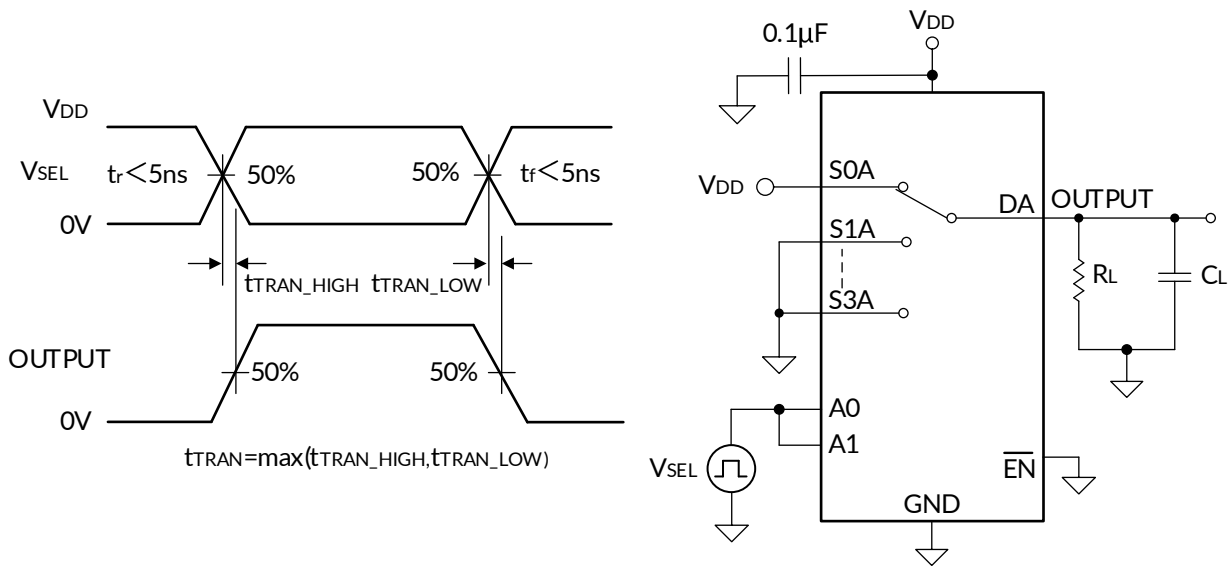


图 14. 转换时间测量配置

8.5 先断后合

先断后合延迟是一项安全特性，用于防止设备切换时两个输入端意外连接。输出端会先断开原有导通开关，再与下一个导通开关建立连接。这段断开与接通之间的时间间隔即称为先断后合延迟。图 15 展示了测量先断后合延迟（以符号 $t_{\text{OPEN(BBM)}}$ 表示）的测试配置。

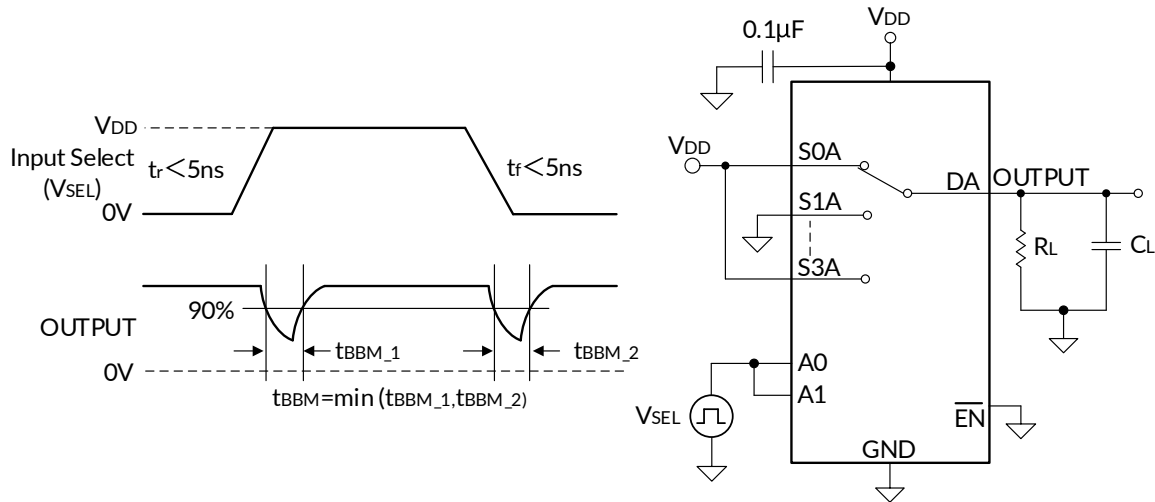


图 15. 先断后合延迟测量配置

8.6 $t_{\text{ON(EN)}}$ 和 $t_{\text{OFF(EN)}}$

启动时间定义为使能信号上升超过 50% 阈值后，器件输出上升至 10% 电平所需的时间。10% 电平测量点用于测定器件时序，系统级时序设计需额外计入负载电阻与负载电容引入的时间常数。图 16 展示了测量转换时间的实验配置，该参数用符号 $t_{\text{ON(EN)}}$ 表示。

关断时间定义为使能信号下降超过 50% 阈值后，器件输出下降至 90% 电平所需的时间。90% 电平测量点用于测定器件时序，系统级时序设计需额外计入负载电阻与负载电容引入的时间常数。图 16 展示了测量转换时间的实验配置，该参数用符号 $t_{\text{OFF(EN)}}$ 表示。

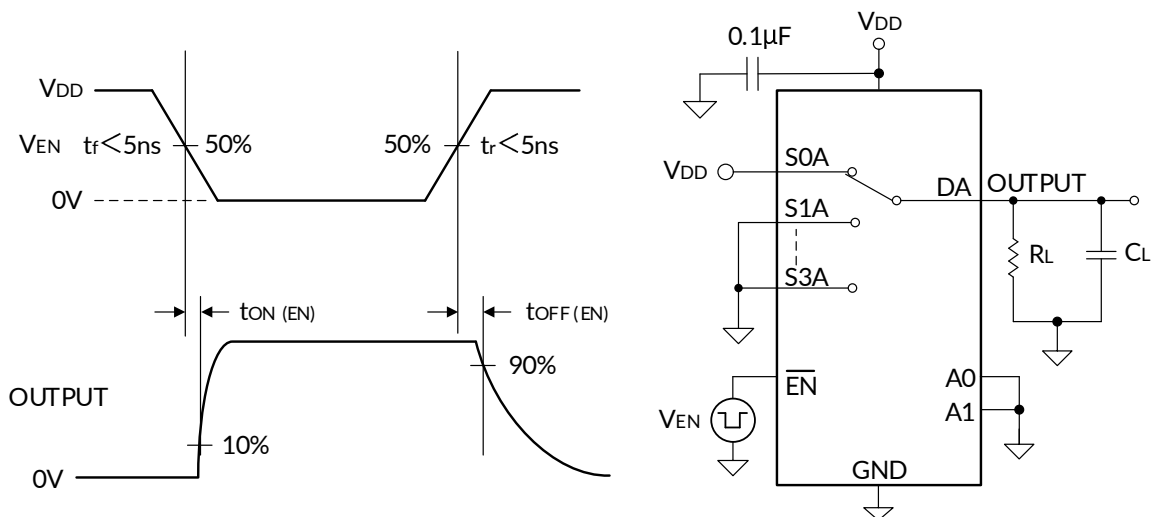


图 16. 启动和关断时间测量配置

8.7 电荷注入

RMUX1309 器件采用传输门架构。当栅极信号处于下降沿或上升沿时，NMOS 与 PMOS 晶体管之间的电容失配会导致电荷注入漏极或源极。这种注入器件源极或漏极的电荷量被称为电荷注入，用符号 Q_C 表示。图 17 展示了用于测量从源极 (S_x) 到漏极 (D) 电荷注入的测试配置。

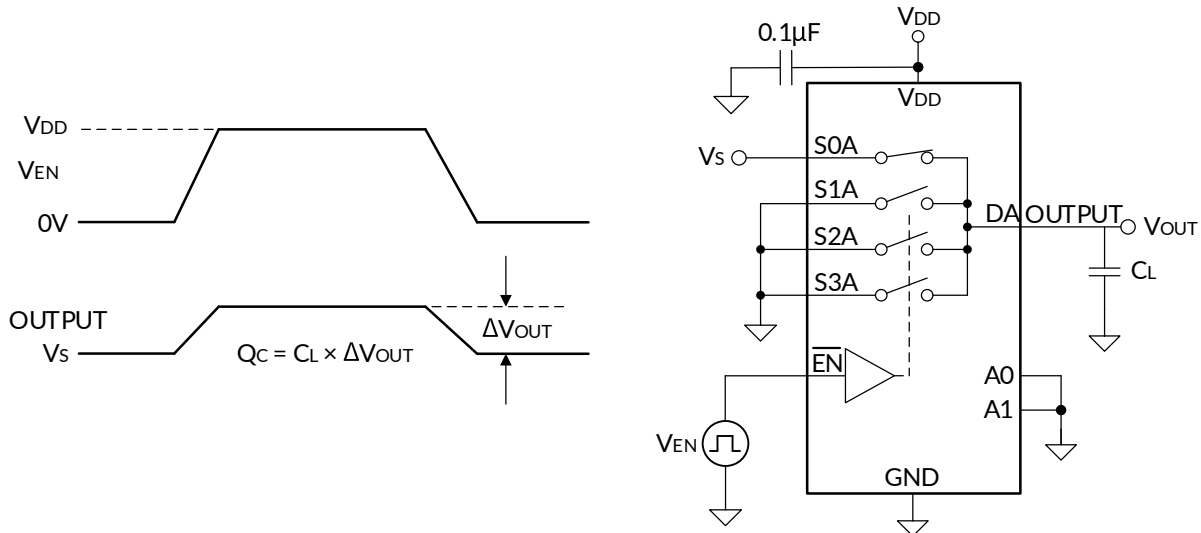


图 17. 电荷注入测量配置

8.8 关断隔离

关断隔离度的定义是：当信号施加在关断通道的源极引脚 (S_x) 上时，器件漏极引脚 (D) 处输出信号的衰减比率。图 18 展示了测量所用的实验装置，以及关断隔离度的计算公式。

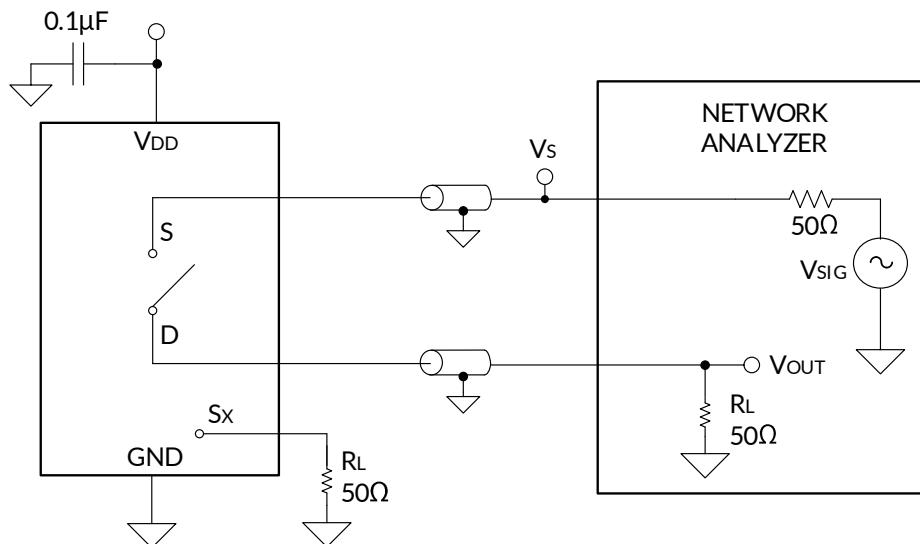


图 18. 关断隔离测量配置

$$\text{Off Isolation} = 20 \cdot \log \left(\frac{V_{\text{OUT}}}{V_s} \right)$$

8.9 串扰

串扰的定义是：当信号施加于导通通道的源极引脚 (S_x) 时，在不同通道漏极引脚 (D) 上测得干扰信号的比率。图 19 展示了用于测量的实验装置，以及串扰的计算公式。

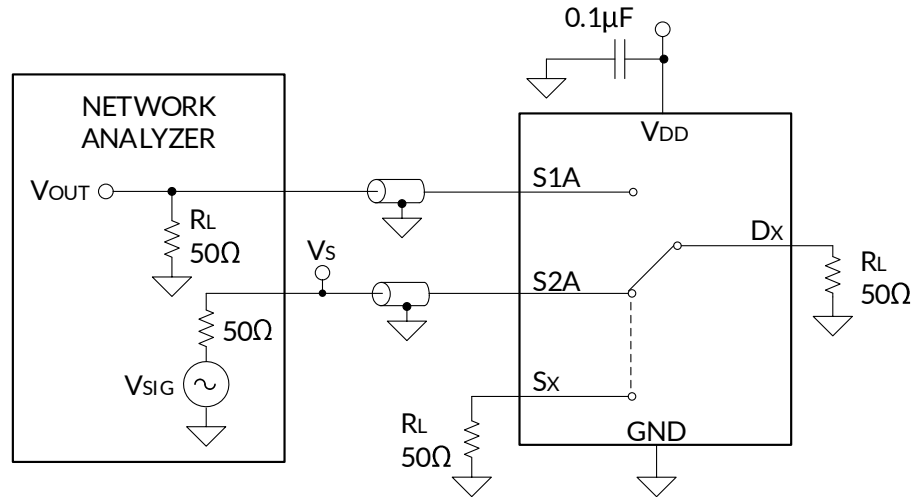


图 19. 通道间串扰测量配置

$$\text{Channel-to-Channel Crosstalk} = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{V_{\text{OUT}}}{V_S} \right)$$

8.10 带宽

带宽的定义是：当输入信号施加在导通通道的源极引脚 (S_x) 上，并在器件漏极引脚 (D) 处测量输出时，信号衰减小于 3dB 的频率范围。图 20 展示了用于测量带宽的测试配置。

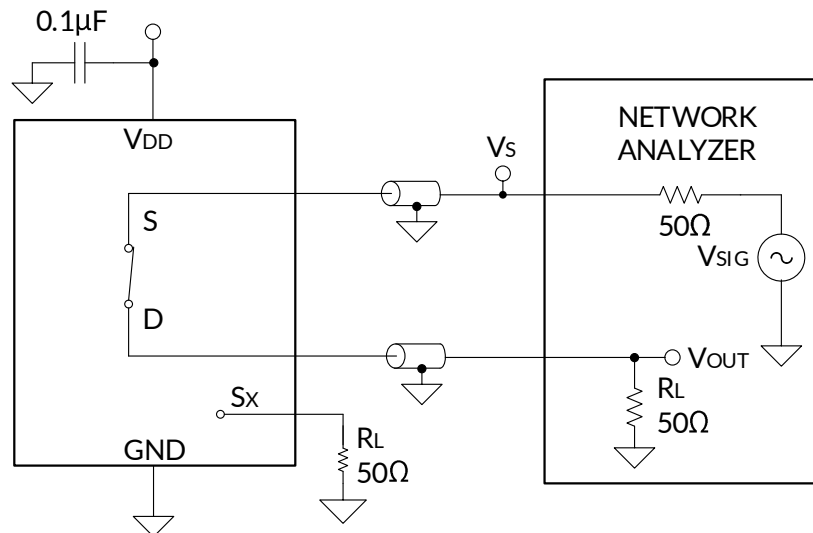


图 20. 带宽测量配置

$$\text{Attenuation} = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

8.11 注入电流控制

注入电流的测量方法是：当电流注入未使能信号路径时，在使能信号路径输出端测得的变化量。图 21 展示了用于测量注入电流控制的实验配置。

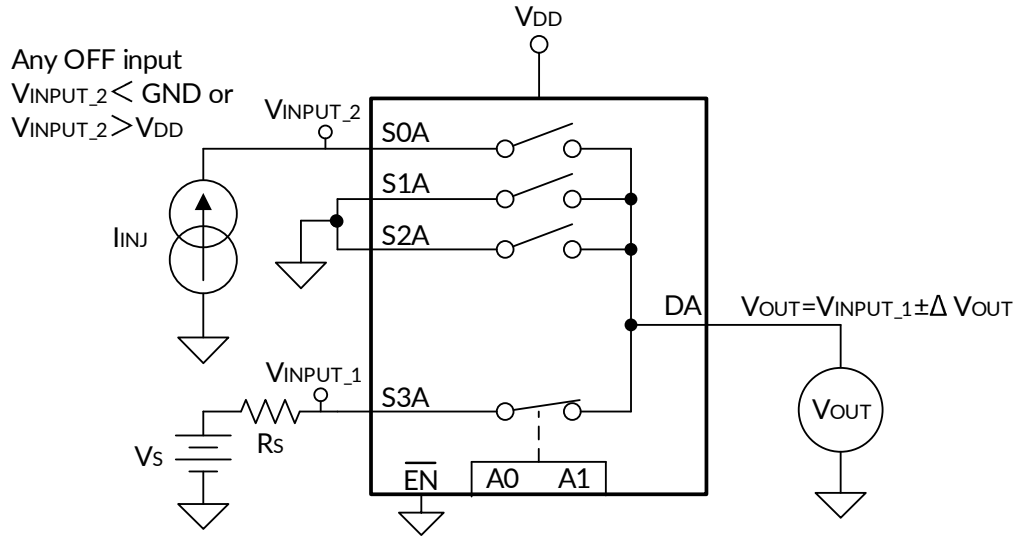


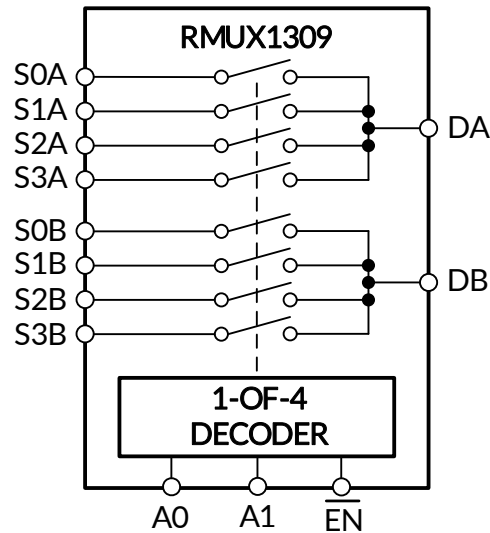
图 21. 注入电流测量配置

9 详细说明

9.1 概览

RMUX1309 是一款 4:1 差分（双通道）多路复用器。每个通道的导通或关断取决于地址线和使能引脚的状态。

9.2 功能框图



9.3 特性说明

9.3.1 双向操作特性

RMUX1309 器件的信号路径在从源极 (S_x) 到漏极 (D_x) 或从漏极 (D_x) 到源极 (S_x) 方向上具有完全等效的导通特性。每个信号路径在双向传输时电气特性高度一致，因此既可作为多路复用器也可用作解复用器，同时支持模拟与数字信号传输。

9.3.2 轨到轨操作

RMUX1309 的有效信号路径输入和输出电压范围为从 GND 至 V_{DD} 。

9.3.3 1.8V 逻辑兼容输入

RMUX1309 所有逻辑控制输入均支持 1.8V 逻辑电平兼容控制。该逻辑输入阈值随电源电压自适应偏移，即使在 5.5V 供电下运行时仍可提供 1.8V 逻辑控制能力。1.8V 逻辑电平输入使多路复用器能够直接连接低压 I/O 处理器，无需外部电平转换器，既节省空间又降低 BOM 成本。当以 1.8V 逻辑电平控制且电源电压升高时，RMUX1309 的静态电流将相应增大。

9.3.4 故障安全逻辑

RMUX1309 器件的控制输入引脚 (EN、A0、A1) 采用故障安全逻辑设计，支持 5.5V 耐压操作，且不受供电引脚状态约束。该特性允许控制引脚电压先于供电引脚施加，避免器件因电压时序错误导致损坏。故障安全逻辑消除逻辑控制引脚对电源时序的要求，显著降低系统设计复杂度。例如，当 $V_{DD}=0V$ 时，该特性仍可使 RMUX1309 的选择引脚电压斜坡上升至 5.5V 而不损坏器件。此外，该特性支持多路复用器在 $V_{DD}=1.8V$ 条件下运行，选择引脚可直接连接 5.5V 逻辑电平设备，无需外部电平转换器。

9.3.5 注入电流控制

注入电流是指当输入电压 (V_{IN}) 高于正电源轨 ($V_{DD} + \Delta V$) 或低于地电位 (V_{SS}) 时，强制注入引脚的电流。该电流流经输入保护二极管进入器件电源轨系统，可能影响系统精度与可靠性。根据应用场景不同，注入电流可能源自多种途径：

- 恶劣环境及长线缆应用场景（如工厂自动化与汽车系统）易受开关瞬变事件产生的注入电流影响。
- 独立系统若连接传感器或电流源类信号，同样可能产生注入电流。

注入电流影响：典型 CMOS 开关在输入和输出端均设有 ESD 保护二极管。这些二极管兼具 ESD 防护与电压箝位功能，防止输入和输出超过 V_{DD} 或低于 GND 及 V_{SS} 。当电流被注入至禁用信号路径时，少量电流流经 ESD 二极管，但大部分电流会通过导通流向漏极。若 ESD 二极管的正向导通电压 (V_F) 高于 PMOS 阈值电压 (V_T)，则所有关断开关的 PMOS 管将被导通，导致源极与漏极之间亚阈值泄漏，这种漏电流还可能抬升关断源极引脚的电位。图 22 展示了典型 CMOS 开关及其相关注入电流路径的简化示意图。

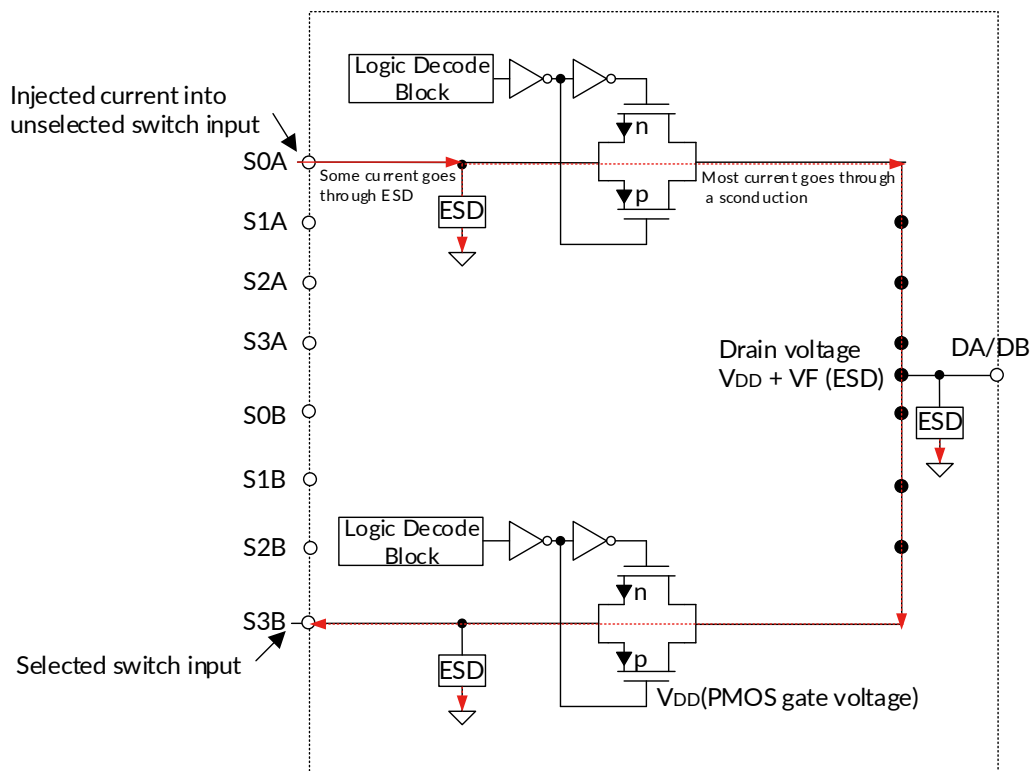


图 22. 典型 CMOS 开关及相关注入电流通路的简化示意图

要阻断这些电流路径相当困难。漏极引脚电压严禁超过 V_{DD} 一个 V_T 以上。可以通过添加外部元件（如漏极至地的肖特基二极管）来保护模拟引脚免受电流注入，将漏极电压钳位在 $< V_{DD} + V_T$ 并切断电流路径。

导通电阻因电流注入产生的变化：由于使能场效应管开关的导通电阻受电源轨电压变化影响，当漏极引脚电压超过 $V_{DD} + V_T$ 时，输出信号电压将出现预期误差。该异常输出变化将引发误触发事件及测量读数错误，影响系统精度及可靠性。如图 23 所示，S2 作为使能信号通路，负责将信号从 S2 引脚传导至 D 引脚。由于被禁用的 S1 引脚存在电流注入，该引脚电压会升至电源电压之上，导致 ESD 保护二极管正向偏置，从而引发电源轨电压偏移。这种电源电压偏移会改变内部场效应管开关的 R_{ON} ，最终在 D 引脚输出端产生 ΔV 误差。

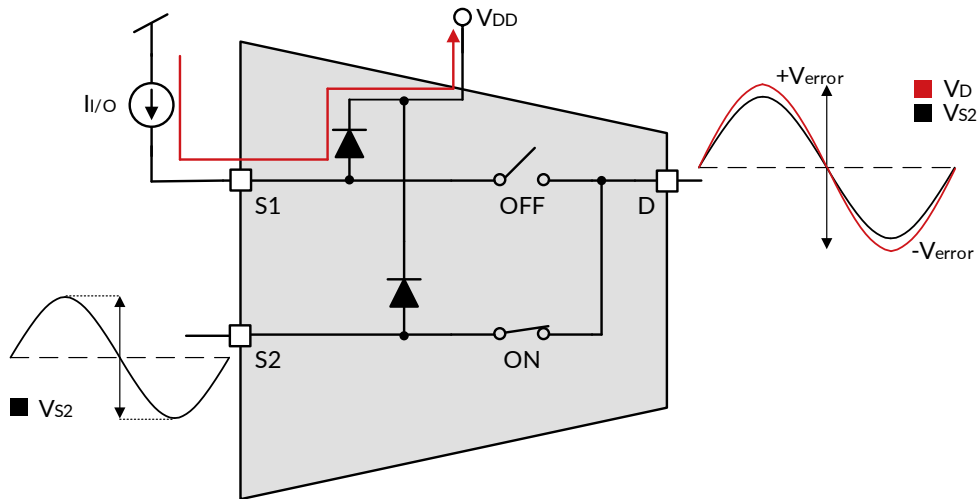


图 23. 注入电流对 R_{ON} 的影响

为避免外部保护电路给系统带来的复杂性，RMUX1309 器件内置了注入电流控制功能，无需使用传统保护开关所需的二极管和电阻网络即可将输入信号限制在电源电压范围内。该内部注入电流控制电路允许禁用信号路径上的信号超出电源电压，而不会影响启用信号路径的信号传输。与典型 CMOS 开关不同，该控制电路还能防止禁用信号路径的注入电流影响启用信号路径，同时保护 RMUX1309 不受损害。此外，RMUX1309 不存在通向电源引脚的内置二极管路径，既避免了连接电源引脚的元件受损风险，也杜绝了向系统电源轨意外供电的可能性。关于 RMUX1309 单信号路径及其注入电流控制电路的简化示意图，请参阅 9.2 章节。

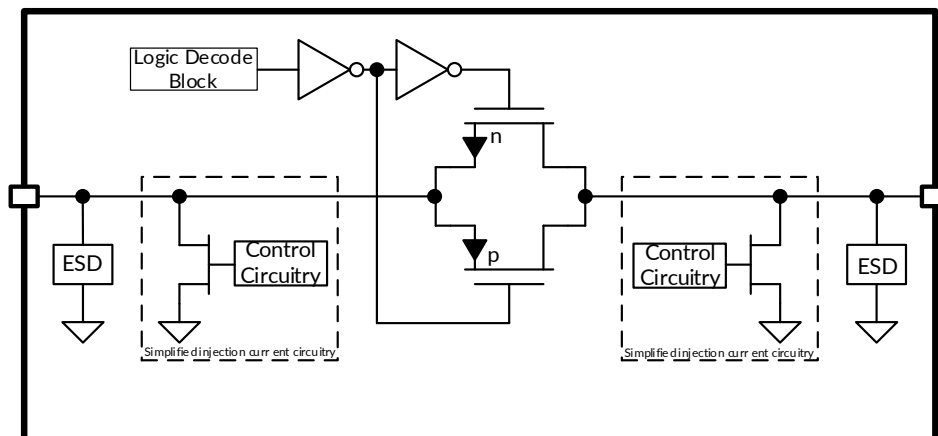


图 24. 注入电流控制简化示意图

注入电流控制电路针对每个源极或漏极引脚（ S_x 或 D_x ）独立控制。当逻辑引脚禁用特定输入引脚，且注入电流导致该引脚电压高于 V_{DD} 或低于 GND 时，该引脚对应的控制电路激活。该保护电路采用场效应管（FET）将过压或电流注入事件中的异常电流分流至 GND 。每个注入电流电路的额定处理能力为 50mA；但器件在任何时刻最高可承受 100mA 电流。根据系统应用需求，可串联限流电阻并需合理选型。图 24 展示了 RMUX1309 在输入引脚遭遇电流注入时的保护电路架构。

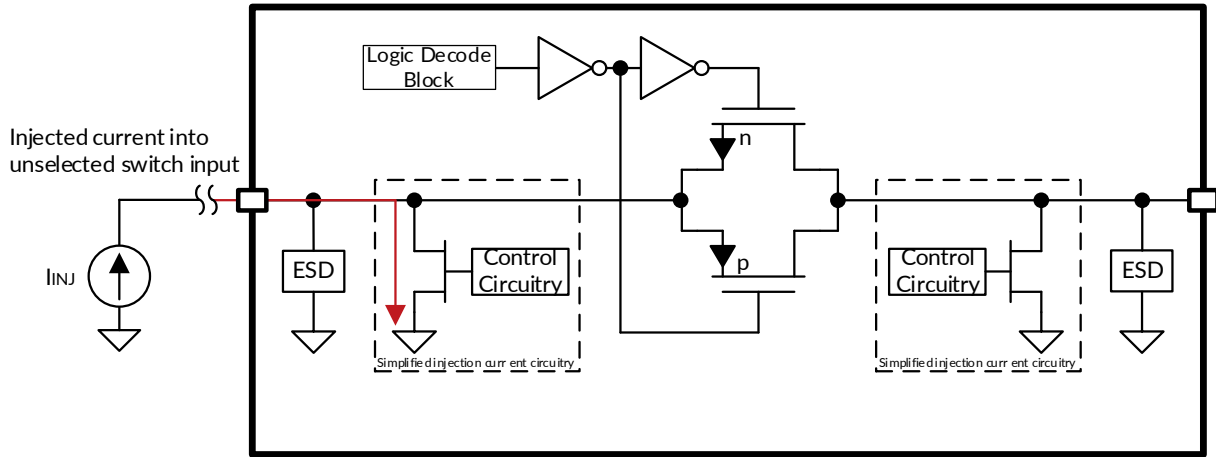


图 25. 输入引脚注入电流

图 26 展示了在过压情况下使用串联限流电阻的示例。

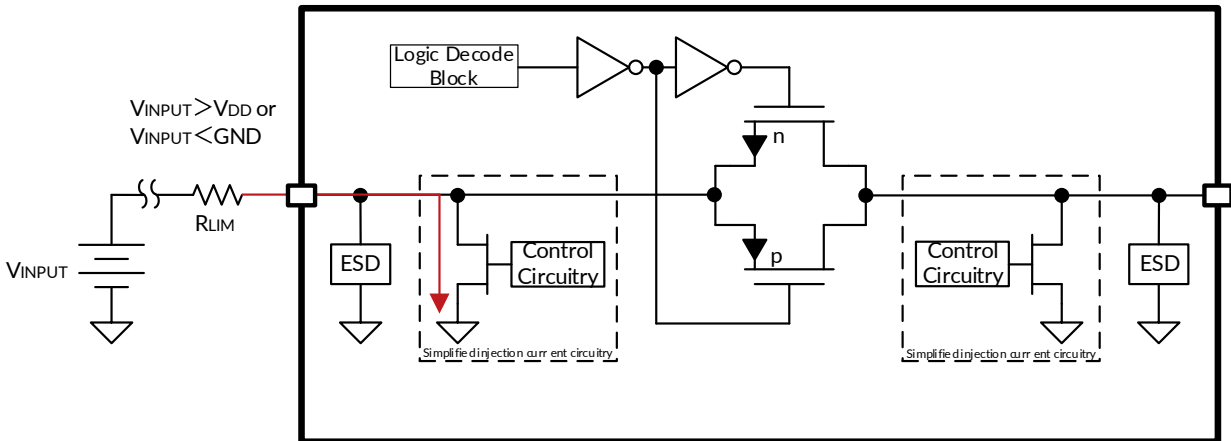


图 26. 串联电阻过压事件

要使注入电流控制电路激活，必须满足两个条件。首先，源极或漏极引脚上的电压需高于 V_{DD} 或低于 GND 。其次，对应通道必须处于禁用状态。当这两个条件同时满足时，保护场效应管会导通任何禁用信号路径，并将引脚分流至 GND 。此时需串联限流电阻确保注入总电流小于 100mA。后续章节将详述三种典型应用场景。

9.3.5.1 RMUX1309 已通电，通道禁用，且输入信号高于 V_{DD} ($V_{DD} = 5V$, $V_{INPUT} = 5.5V$)

典型的 CMOS 开关通常会在电源引脚内置一个额定电流约 30mA 的 ESD 二极管，该二极管将被导通，此时需要串联限流电阻。然而，任何传导电流都会注入电源轨，可能导致系统损坏、意外触发同一电源轨上的其

他器件，或需要额外保护元件。RMUX1309 的解决方案同样采用串联限流电阻处理这种情况；但不同之处在于，其电流路径现在导向接地端，从而避免了电流注入电源轨所带来的各类问题。

9.3.5.2 RMUX1309 已通电，通道启用，且输入信号高于 V_{DD} ($V_{DD} = 5V$, $V_{INPUT} = 5.5V$)

当通道禁用且发生过压事件时（过压定义为高于电源轨 0.5V），注入电流控制电路将完全激活工作。然而在通道启用状态下发生过压事件时，该保护电路仍会保持部分激活状态。此时部分注入电流将通过保护电路分流至地，但不会形成完全旁路，因此仍有部分电流会流经源极至漏极路径。这种设计使得器件在通道被选中状态下能够耐受过压情况，但仍需采取预防措施（例如配置限流电阻）来保护器件免受过流事件影响，确保器件工作电流不超过源漏极最大持续电流规格值。

9.3.5.3 RMUX1309 未通电且输入信号存在电压 ($V_{DD} = 0V$, $V_{INPUT} = 3V$)

许多 CMOS 开关在缺乏有效供电电压时无法支持输入端电压，否则电压会从输入端耦合至输出端，可能损坏下游器件或影响电源时序。RMUX1309 的电路设计能够在无供电电压情况下处理输入信号，同时最大限度降低开关从输入端到输出端的功率传输。通过将输出电压耦合限制在 400mV 以内，RMUX1309 有助于降低任何下游 ESD 二极管导通的可能性。

9.4 器件功能模式

当 RMUX1309 的 $\overline{EN}$ 引脚被拉低时，根据地址线的状态会闭合其中两个开关。当 $\overline{EN}$ 引脚被拉高时，无论地址线处于何种状态，所有开关均保持断开状态。

未使用的逻辑控制引脚必须接至 GND 或 V_{DD} ，以确保器件不会产生额外功耗。未使用的信号路径输入端 (S_x 和 D_x) 应接至 GND。

9.5 真值表

表 1 为 RMUX1309 的真值表

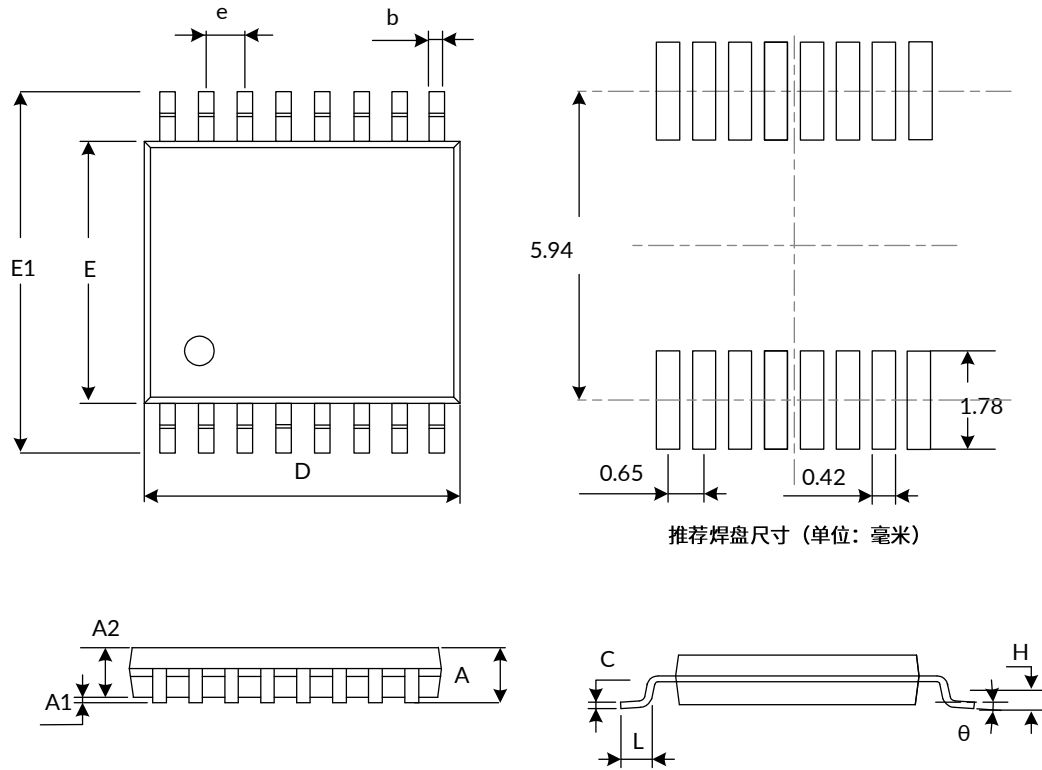
表 1. RMUX1309 真值表

EN	A1	A0	所选信号路径连接至漏极 (DA 和 DB) 引脚
0	0	0	S0A to DA S0B to DB
0	0	1	S1A to DA S1B to DB
0	1	0	S2A to DA S2B to DB
0	1	1	S3A to DA S3B to DB
1	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	所有通道关闭

(1) X 表示无关。

10 封装规格尺寸

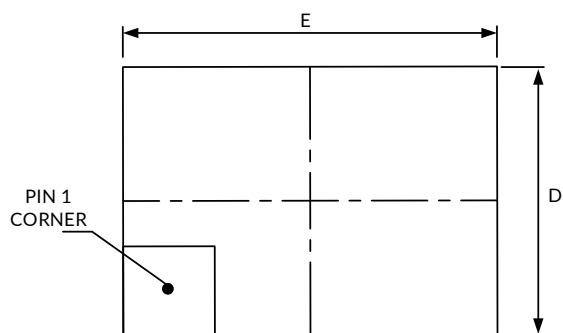
TSSOP16⁽³⁾



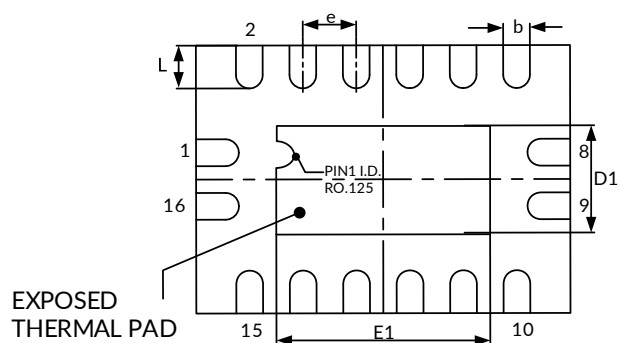
符号	尺寸 (单位: 毫米)		尺寸 (单位: 英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A ⁽¹⁾		1.200		0.047
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	0.800	1.050	0.031	0.041
b	0.190	0.300	0.007	0.012
c	0.090	0.200	0.004	0.008
D ⁽¹⁾	4.860	5.100	0.191	0.201
E ⁽¹⁾	4.300	4.500	0.169	0.177
E1	6.200	6.600	0.244	0.260
e	0.650(BSC) ⁽²⁾		0.026(BSC) ⁽²⁾	
L	0.500	0.700	0.02	0.028
H	0.25TYP		0.01TYP	
θ	1°	7°	1°	7°

注意:

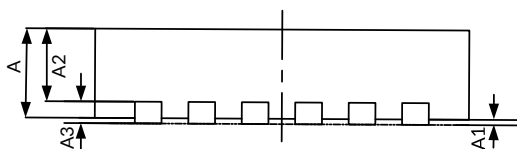
1. 不包括每侧最大 0.15mm 的塑封料或金属突起。
2. BSC (基本中心间距), “基本”间距为标称间距。
3. 本图如有更改, 恕不另行通知。

QFN2.5X3.5-16⁽⁴⁾


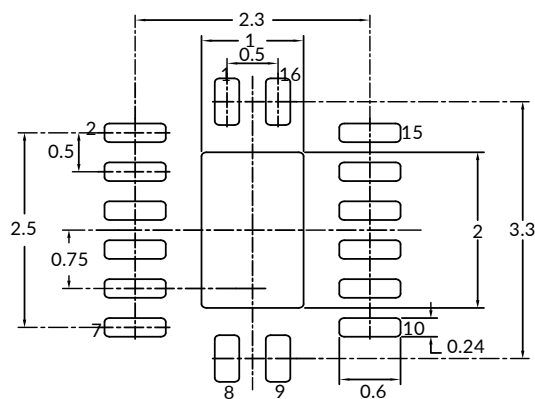
顶视图



底视图



侧视图



推荐焊盘尺寸 (单位: 毫米)

符号	尺寸 (单位: 毫米)		尺寸 (单位: 英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A ⁽¹⁾	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A2	0.600	0.700	0.024	0.028
A3	0.203(REF) ⁽²⁾		0.008(REF) ⁽²⁾	
D ⁽¹⁾	2.400	2.600	0.094	0.102
E ⁽¹⁾	3.400	3.600	0.134	0.142
e	0.500(BSC) ⁽³⁾		0.020(BSC) ⁽³⁾	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
L	0.300	0.500	0.012	0.020
D1	0.850	1.150	0.033	0.045
E1	1.850	2.150	0.073	0.085

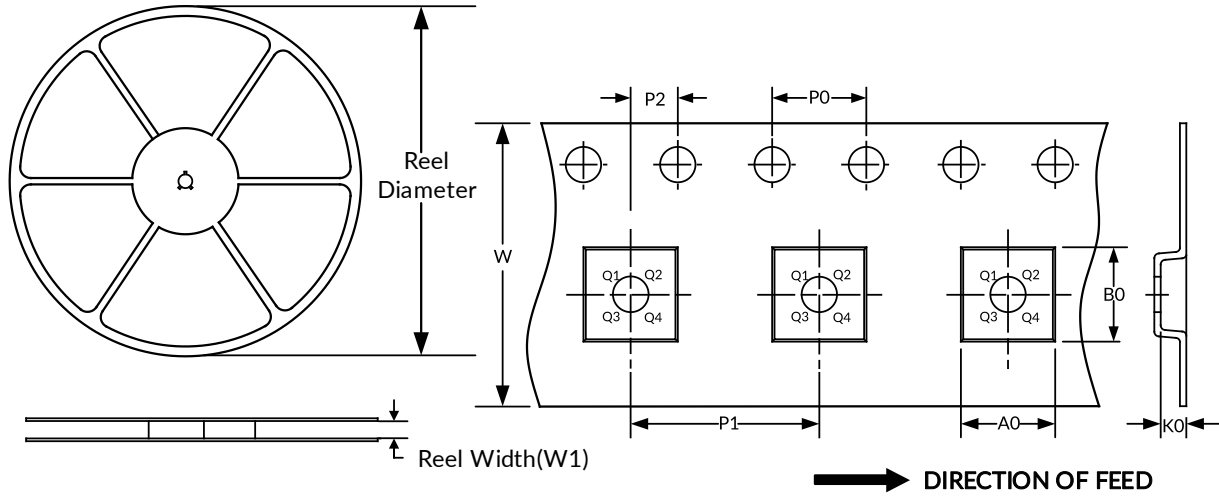
注意:

1. 不包括每侧最大 0.075mm 的塑封料或金属突起。
2. REF 是 Reference 的缩写。
3. BSC (基本中心间距), “基本”间距为标称间距。
4. 本图如有更改, 恕不另行通知。

11 包装规格尺寸

卷盘尺寸

编带尺寸



注意：图片仅供参考。请以实物为标准。

关键参数表

Package Type	Reel Diameter	Reel Width(mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TSSOP16	13"	12.4	6.90	5.60	1.20	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1
QFN2.5X3.5-16	7"	15.0	2.80	3.80	1.20	4.0	4.0	2.0	12.0	Q1

注意：

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 不包括每边最大 0.15 毫米的塑封料或金属突起。

重要通知及免责声明

江苏 Runic 科技有限公司将准确可靠地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、WEB 工具、安全信息等资源, 不保证无任何缺陷, 也不作任何明示或暗示的保证, 包括但不限于适用性保证, 暗示其适用于特定目的的应用。且没有侵犯任何第三方的知识产权。

这些资源适用于使用 Runic 产品设计的熟练开发人员, 您将全权负责: (1)为您的应用程序选择合适的产品; (2) 设计、验证和测试您的应用程序; (3) 确保您的应用程序符合适用标准、安全标准或其他要求; (4) Runic 及 Runic 标识为 Runic Incorporated 的注册商标。所有商标均为其各自所有者的财产; (5) 对于发生改变的细节, 应查看修订文件中包含的修订历史。资源如有更改, 恕不另行通知。本公司对使用本芯片设计的终端产品的侵犯专利的行为或侵犯第三方知识产权的行为不承担任何连带责任。