

无锡泰连芯科技有限公司

TLX29539

具有中断输出、复位引脚和配置寄存器的低电
压 16 位 I2C 和 SMBus 低功耗 I/O 扩展器

2025 年 07 月

TLX29539 具有中断输出、复位引脚和配置寄存器的低电压 16 位 I²C 和 SMBus 低功耗 I/O 扩展器

1 特性

- I²C 至并联端口扩展器
- 宽电源电压范围：1.65V ~ 5.5V
- 低待机电流消耗
- 开漏低电平有效中断输出
- 低电平有效复位输入
- 5V 耐压 I/O 端口
- 兼容大多数微控制器
- 400kHz 快速 I²C 总线
- 输入和输出配置寄存器
- 极性反转寄存器
- 内部上电复位
- 上电无毛刺
- SCL 和 SDA 输入端的噪声滤波器
- 通过两个硬件地址引脚可寻址最多四个设备
- 锁存输出具有高电流驱动能力，可直接驱动 LED
- 闩锁性能超过 100mA，符合 JESD 78 II 类标准
- ESD 保护符合 JESD 22 规范
 - 2000V 人体模型 (A114-A)
 - 1000V 带电器件模型 (C101)

2 应用

- 服务器
- 路由器（电信交换设备）
- 个人电脑、智能手机
- 工业自动化
- I²C GPIO 扩展

3 概述

TLX29539 是一款 24 引脚器件，可为双线双向 I²C 总线或 SMBus 协议提供 16 位通用并行输入/输出 (I/O) 扩展功能。该器件可在 1.65 V 至 5.5 V 的电源电压范围内工作。该器件支持 100kHz（I²C 标准模式）和 400kHz（I²C 快速模式）时钟频率。当开关、传感器、按钮、LED、风扇和其他类似设备需要额外的 I/O 时，TLX29539 等 I/O 扩展器可提供简单的解决方案。

TLX29539 的功能包括每当输入端口状态变化时在 INT 引脚会产生中断信号。A0 和 A1 硬件可选地址引脚允许在同一 I²C 总线上连接最多四个 TLX29539 器件。通过循环上电实现电源复位，可使器件恢复默认状态。此外，TLX29539 还具有一个硬件 RESET 引脚，可用于将器件重置为其默认状态。

质量等级：军温级&企军标

器件信息 ⁽¹⁾

型号	封装类型	封装尺寸(标称值)
TLX29539	TSSOP24	7.80mm×4.40mm
	QFN4X4-24	4.00mm×4.00mm

(1) 详细封装信息请参考封装和订单说明部分。

目录

1 特性	2
2 应用	2
3 概述	2
4 修订历史	4
5 封装和订单说明⁽¹⁾	5
6 引脚定义和功能	6
7 规格	8
7.1 绝对最大额定值	8
7.2 ESD 等级	8
7.3 推荐工作条件	9
7.4 典型电气参数	10
7.5 I ² C 接口时序要求	12
7.6 开关规格	13
8 参数测量信息	14
9 详细说明	18
9.1 概览	18
9.2 功能框图	19
9.3 特性说明	21
9.3.1 I/O 端口	21
9.3.2 RESET 输入	21
9.3.3 中断 (INT) 输出	21
9.4 器件功能模式	21
9.4.1 上电复位 (POR)	21
9.5 编程	22
9.5.1 I ² C 接口	22
9.5.2 器件地址	27
9.5.3 控制寄存器和命令字节	27
9.6 寄存器映射	29
9.6.1 寄存器说明	29
10 应用与设计	30
10.1 应用信息	30
10.2 典型应用电路	30
10.2.1 设计要求	31
10.2.2 详细设计程序	32
11 封装规格尺寸	33
12 包装规格尺寸	35

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	2024/08/08	初始版
A.1	2025/02/27	正式版
A.2	2025/07/25	增加 QFN4X4-24 封装

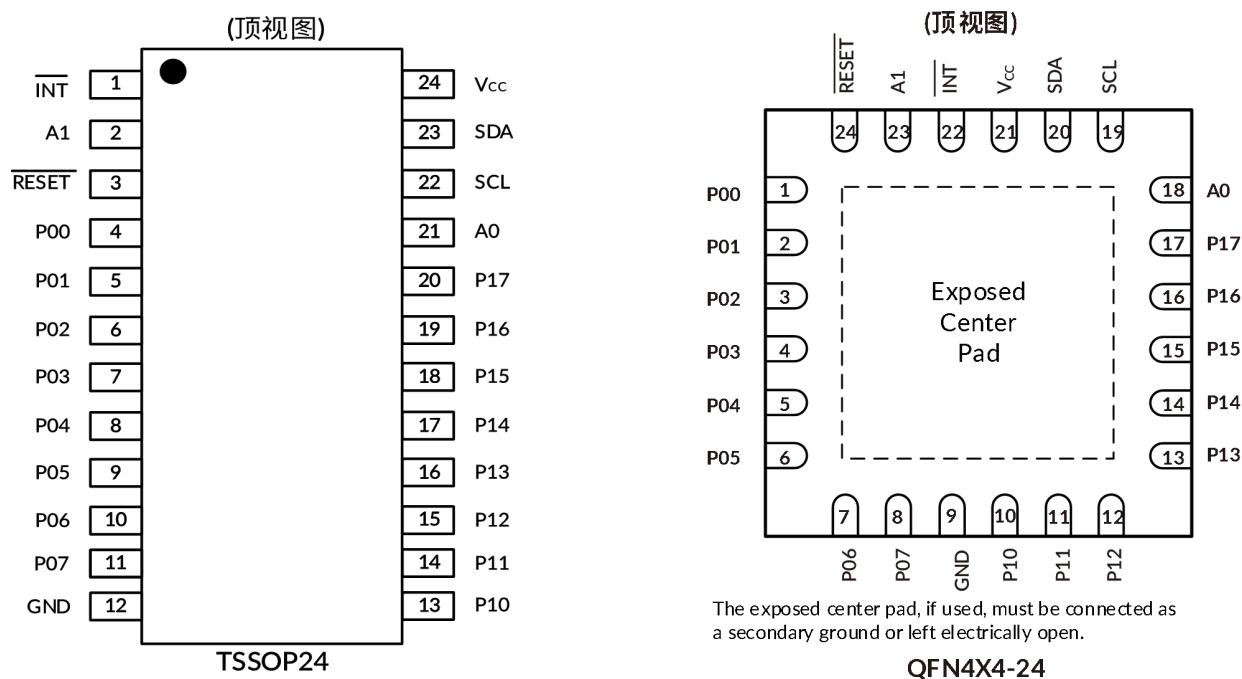
5 封装和订单说明⁽¹⁾

订单型号	工作温度(°C)	封装类型	丝印 ⁽²⁾	MSL ⁽³⁾	质量等级
JTLX29539XTSS24	-55°C ~125°C	TSSOP24	TLX29539	MSL3	企军标
JTLX29539XTQR24	-55°C ~125°C	QFN4X4-24	TLX29539	MSL3	企军标
JTLX29539XTSS24(W)	-55°C ~125°C	TSSOP24	TLX29539	MSL3	军温级
JTLX29539XTQR24(W)	-55°C ~125°C	QFN4X4-24	TLX29539	MSL3	军温级
TLX29539XTSS24	-40°C ~125°C	TSSOP24	TLX29539	MSL3	工业级
TLX29539XTQR24	-40°C ~125°C	QFN4X4-24	TLX29539	MSL3	工业级

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) TLXIC 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 TLXIC 技术支持联系。

6 引脚定义和功能



引脚功能

引脚		引脚名称	类型 ⁽²⁾	功能说明
TSSOP24	QFN4X4-24			
21	18	A0	I	地址输入 0。直接连接到 V _{CC} 或接地
2	23	A1	I	地址输入 1。直接连接到 V _{CC} 或接地
3	24	RESET	I	低电平有效复位输入。如果未使用有源连接，则通过上拉电阻器连接到 V _{CC}
12	9	GND	—	接地
1	22	INT	O	中断输出。通过外部上拉电阻器连接到 V _{CC}
4	1	P00 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P00 配置为输入
5	2	P01 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P01 配置为输入
6	3	P02 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P02 配置为输入
7	4	P03 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P03 配置为输入
8	5	P04 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P04 配置为输入
9	6	P05 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P05 配置为输入
10	7	P06 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P06 配置为输入
11	8	P07 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P07 配置为输入
13	10	P10 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P10 配置为输入
14	11	P11 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P11 配置为输入
15	12	P12 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P12 配置为输入
16	13	P13 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P13 配置为输入

17	14	P14 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P14 配置为输入
18	15	P15 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P15 配置为输入
19	16	P16 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P16 配置为输入
20	17	P17 ⁽¹⁾	I/O	P 端口 I/O。推挽架构。上电时，P17 配置为输入
22	19	SCL	I	串行时钟总线。通过上拉电阻器连接到 V _{CC}
23	20	SDA	I	串行数据总线。通过上拉电阻器连接到 V _{CC}
24	21	V _{CC}	—	电源

- (1) 如果端口未使用，则必须通过中等值（约 10kΩ）的电阻器将其连接到 V_{CC} 或 GND。
- (2) I=输入管脚，O=输出管脚，I/O=输入和输出管脚。

7 规格

7.1 绝对最大额定值

在自然通风温度范围内（除非特别注明）⁽¹⁾

符号	参数		最小值	最大值	单位
V_{CC}	电源电压		-0.5	6.5	V
V_I	输入电压 ⁽²⁾		-0.5	6.5	V
V_O	输出电压 ⁽²⁾		-0.5	6.5	V
I_{IK}	输入钳位电流	$V_I < 0$		-20	mA
I_{OK}	输出钳位电流	$V_O < 0$		-20	mA
I_{IOK}	输入-输出钳位电流	$V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$		±20	mA
I_{OL}	持续输出低电流	$V_O = 0$ to V_{CC}		50	mA
I_{OH}	持续输出高电流	$V_O = 0$ to V_{CC}		-50	mA
I_{CC}	持续通过 GND 电流			-250	mA
	持续通过 V_{CC} 电流			160	mA
θ_{JA}	结至环境热阻 ⁽³⁾	TSSOP24		35	°C/W
T_J	结温 ⁽⁴⁾			100	°C
T_{stg}	存储温度		-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) 测量输入/输出极限电流时可能会超过规格限定的最大值而损坏芯片。
- (3) 封装热阻抗根据 JESD-51 标准计算。
- (4) 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)	±2000	V
		带电器件模型 (CDM)	±1000	V



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）

参数		测试条件		最小值	最大值	单位
V _{CC}	工作电压			1.65	5.5	V
V _{IH}	高电平输入电压	SCL, SDA		0.7 × V _{CC}	V _{CC} ⁽¹⁾	V
		A2-A0, P07-P00, P17-P10		0.7 × V _{CC}	5.5	
V _{IL}	低电平输入电压	SCL, SDA, A2-A0, P07-P00, P17-P10		-0.5	0.3 × V _{CC}	V
I _{OH}	高电平输出电流	P07-P00, P17-P10			-10	mA
I _{OL}	低电平输出电流 ⁽²⁾	P07-P00, P17-P10	T _J ≤ 65°C		25	mA
			T _J ≤ 85°C		18	
			T _J ≤ 100°C		11	
I _{OL}	低电平输出电流 ⁽²⁾	INT, SDA	T _J ≤ 85°C		6	mA
			T _J ≤ 100°C		3.5	
T _A	自然通风条件下的工作温度范围			-55	125	°C

(1) 对于施加 V_{CC} 以上的电压，会导致 I_{CC} 增加。

(2) 所示值适用于特定结温，具体取决于所用封装的 $R_{\theta JA}$ 。有关如何计算结温的信息，请参阅计算结温和功耗部分。

7.4 典型电气参数

在推荐的自然通风温度范围内（除非特别注明）

参数		测试条件	V _{CC}	最小值	典型值 ⁽⁴⁾	最大值	单位
V _{IK}	输入二极管钳位电压	I _I = -18 mA	1.65 V to 5.5 V	-1.2			V
V _{PORR}	上电复位电压, V _{CC} 上升	V _I = V _{CC} or GND, I _O = 0			1.2	1.5	V
V _{PORF}	上电复位电压, V _{CC} 下降	V _I = V _{CC} or GND, I _O = 0		0.8			V
V _{OH}	P 端口高电平输出电压 ⁽²⁾	I _{OH} = -8 mA	1.65 V	1.2			V
			2.3 V	1.8			
			3 V	2.6			
			4.75 V	4.1			
		I _{OH} = -10 mA	1.65 V	1			
			2.3 V	1.7			
			3 V	2.5			
			4.75 V	4			
I _{OL}	低电平输出电流	SDA	V _{OL} = 0.4 V	1.65 V to 5.5 V	3		mA
		P 端口 ⁽³⁾	V _{OL} = 0.5 V	1.65 V to 5.5 V	8		
			V _{OL} = 0.7 V	1.65 V to 5.5 V	10		
		INT	V _{OL} = 0.4 V	1.65 V to 5.5 V	3		
I _I	输入漏电流	SCL, SDA 输入漏电流	V _I = V _{CC} or GND	1.65 V to 5.5 V		±1	μA
		A2-A0 输入漏电流	V _I = V _{CC} or GND	1.65 V to 5.5 V		±1	
I _{IH}	输入高电平漏电流	P 端口	V _I = V _{CC}	1.65 V to 5.5 V		1	μA
I _{IL}	输入低电平漏电流	P 端口	V _I = GND	1.65 V to 5.5 V		-1	μA
I _{CC}	静态电流	运行模式	V _I = V _{CC} or GND, I _O = 0, I/O = inputs, f _{SCL} = 400 kHz, 无负载	5.5 V		75	μA
				3.6 V		39	
				2.7 V		26	
				1.95 V		17	
				1.65 V		15	
		待机模式	V _I = V _{CC} , I _O = 0, I/O = inputs, f _{SCL} = 0 kHz, 无负载	5.5 V	1.5	3.9	
				3.6 V	0.9	2.2	
				2.7 V	0.6	1.8	
				1.95 V	0.6	1.5	
			V _I = GND, I _O = 0, I/O = inputs, f _{SCL} = 0 kHz, 无负载	5.5 V	1.5	8.7	
				3.6 V	0.9	4	
				2.7 V	0.6	3	
				1.95 V	0.4	2.2	
C _I	输入电容	SCL	V _I = V _{CC} or GND	1.65 V to 5.5 V	3	8	pF
C _{io}	输入-输出引脚电容	SDA	V _{IO} = V _{CC} or GND	1.65 V to 5.5 V	3	9.5	pF
		P 端口	V _{IO} = V _{CC} or GND	1.65 V to 5.5 V	3.7	9.5	

- (1) 所有典型值均在标称电源电压（1.8V、2.5V、3.3V 或 5V V_{CC} ）和 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下测得。
- (2) 每个 I/O 必须外部限流为最大 25 mA，每个八进制（P07–P00 和 P17–P10）必须限制为 100 mA 的最大电流，器件总电流为 200 mA。
- (3) 所有 I/O 提供的总电流必须限制为 160 mA（P07–P00 为 80 mA，P17–P10 为 80 mA）。

7.5 I²C 接口时序要求

在推荐的自然通风温度范围内（除非特别注明）

		最小值	最大值	单位
I²C 总线标准模式				
f _{scl}	I ² C 时钟频率	0	100	kHz
t _{sch}	I ² C 时钟高电平时间	4		μs
t _{scl}	I ² C 时钟低电平时间	4.7		μs
t _{sp}	I ² C 峰值时间		50	ns
t _{sds}	I ² C 串行数据设置时间	250		ns
t _{sdh}	I ² C 串行数据保持时间	0		ns
t _{icr}	I ² C 输入上升时间		1000	ns
t _{icf}	I ² C 输入下降时间		300	ns
t _{ocf}	I ² C 输出下降时间	10pF 至 400pF 总线		300 ns
t _{buf}	I ² C 从停止到开始之间的总线空闲时间	4.7		μs
t _{sts}	I ² C 启动或重复启动条件设置时间	4.7		μs
t _{sth}	I ² C 启动或重复启动条件保持时间	4		μs
t _{sps}	I ² C 停止条件设置时间	4		μs
t _{vd(data)}	有效数据时间	SCL 低到 SDA 输出有效		3.45 μs
t _{vd(ack)}	ACK 条件下的有效数据时间	ACK 信号从 SCL 低到 SDA(输出)低		3.45 μs
C _b	I ² C 总线电容负载		400	pF
I²C 总线快速模式				
f _{scl}	I ² C 时钟频率	0	400	kHz
t _{sch}	I ² C 时钟高电平时间	0.6		μs
t _{scl}	I ² C 时钟低电平时间	1.3		μs
t _{sp}	I ² C 峰值时间		50	ns
t _{sds}	I ² C 串行数据设置时间	100		ns
t _{sdh}	I ² C 串行数据保持时间	0		ns
t _{icr}	I ² C 输入上升时间	20	300	ns
t _{icf}	I ² C 输入下降时间	20 × (V _{CC} /5.5V)	300	ns
t _{ocf}	I ² C 输出下降时间	10pF 至 400pF 总线		20 × (V _{CC} /5.5V) ns
t _{buf}	I ² C 从停止到开始之间的总线空闲时间	1.3		μs
t _{sts}	I ² C 启动或重复启动条件设置时间	0.6		μs
t _{sth}	I ² C 启动或重复启动条件保持时间	0.6		μs
t _{sps}	I ² C 停止条件设置时间	0.6		μs
t _{vd(data)}	有效数据时间	SCL 低到 SDA 输出有效		0.9 μs
t _{vd(ack)}	ACK 条件下的有效数据时间	ACK 信号从 SCL 低到 SDA(输出)低		0.9 μs
C _b	I ² C 总线电容负载		400	pF

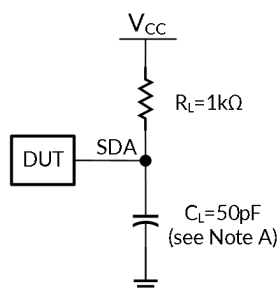
7.6 开关规格

在推荐的自然通风温度范围内， $C_L \leq 100 \text{ pF}$ （除非特别注明）⁽¹⁾

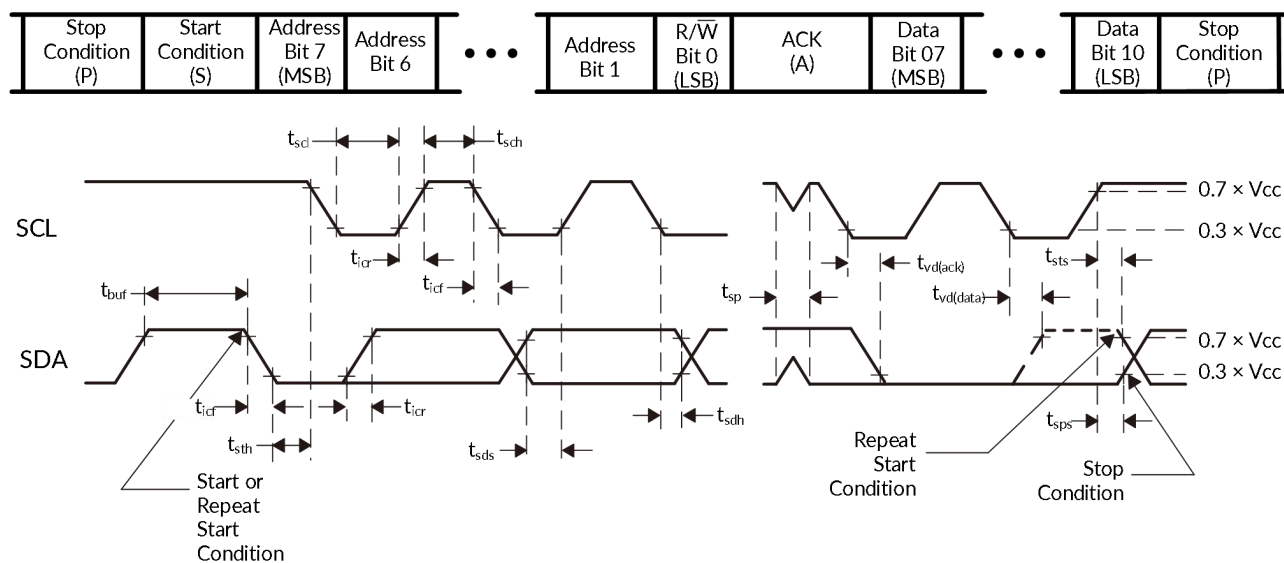
参数		输入	输出	最小值	最大值	单位
t_{iv}	中断有效时间	P 端口	$\overline{INT}$		4	μs
t_{ir}	中断复位延迟时间	SCL	$\overline{INT}$		4	μs
t_{pv}	输出数据有效；适用于 $V_{CC} = 2.3 \text{ V} \sim 5.5 \text{ V}$	SCL	P 端口		200	ns
	输出数据有效；适用于 $V_{CC} = 1.65 \text{ V} \sim 2.3 \text{ V}$				300	ns
t_{ps}	输入数据设置时间	P 端口	SCL	150		ns
t_{ph}	输入数据保持时间	P 端口	SCL	1		μs

(1) 该参数通过设计和/或表征来保证，不在生产中进行测试。

8 参数测量信息



SDA LOAD CONFIGURATION



VOLTAGE WAVEFORMS

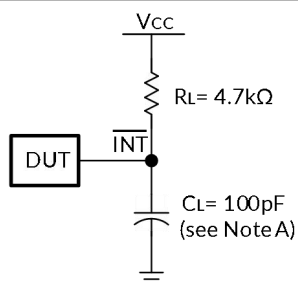
BYTE	DESCRIPTION
1	I ² C address
2, 3	P-port data

A. C_L 包括探头和夹具电容。

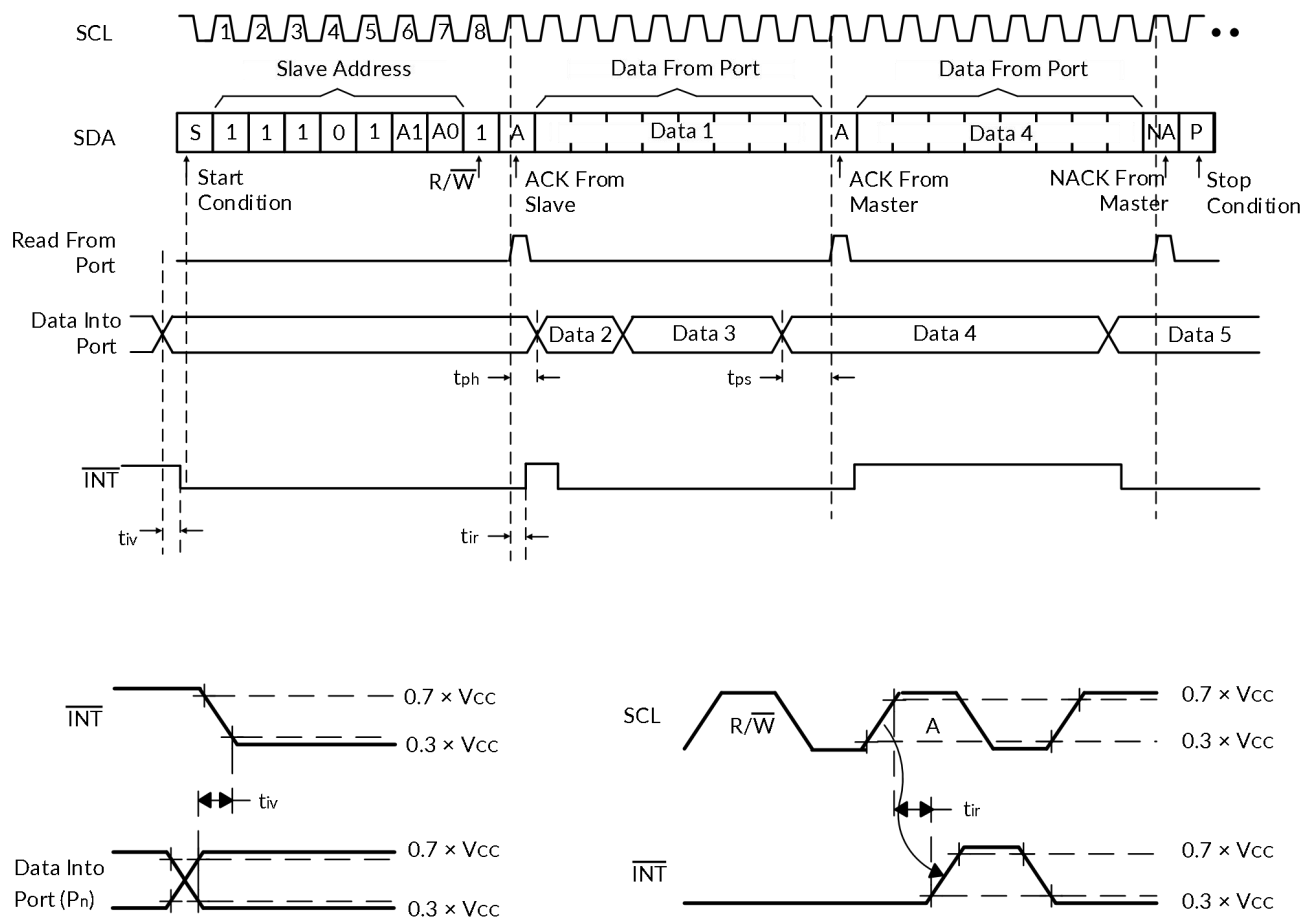
B. 所有输入均由具有以下特性的发生器提供： $PRR \leq 10 \text{ MHz}$ ， $Z_O = 50 \Omega$ ， $t_r/t_f \leq 30 \text{ ns}$ 。

C. 所有参数和波形并非适用于所有设备。

图 1. I²C 接口负载电路和电压波形



Interrupt Load Configuration

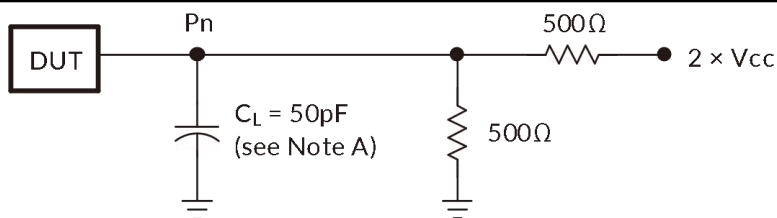


A. C_L 包括探头和夹具电容。

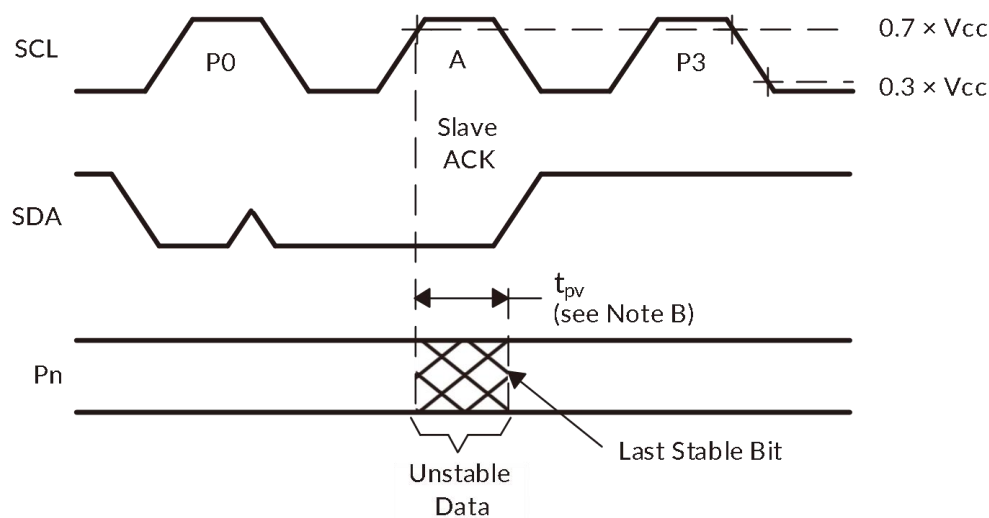
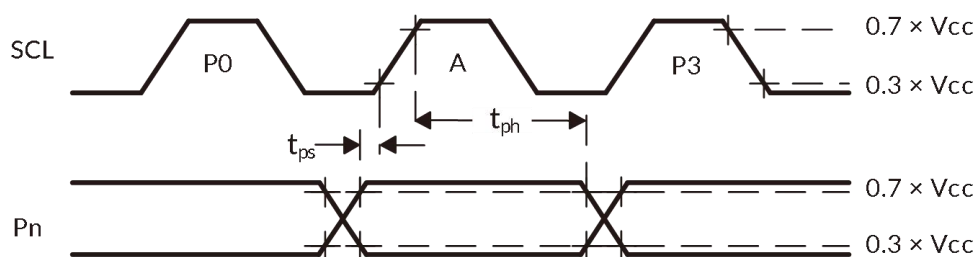
B. 所有输入均由具有以下特性的发生器提供: $\text{PRR} \leq 10 \text{ MHz}$, $Z_0 = 50 \Omega$, $t_r/t_f \leq 30 \text{ ns}$ 。

C. 所有参数和波形并非适用于所有设备。

图 2. 中断负载电路和电压波形



P-Port Load Configuration

Write Mode ($R/\overline{W} = 0$)Read Mode ($R/\overline{W} = 1$)

A. C_L 包括探头和夹具电容。

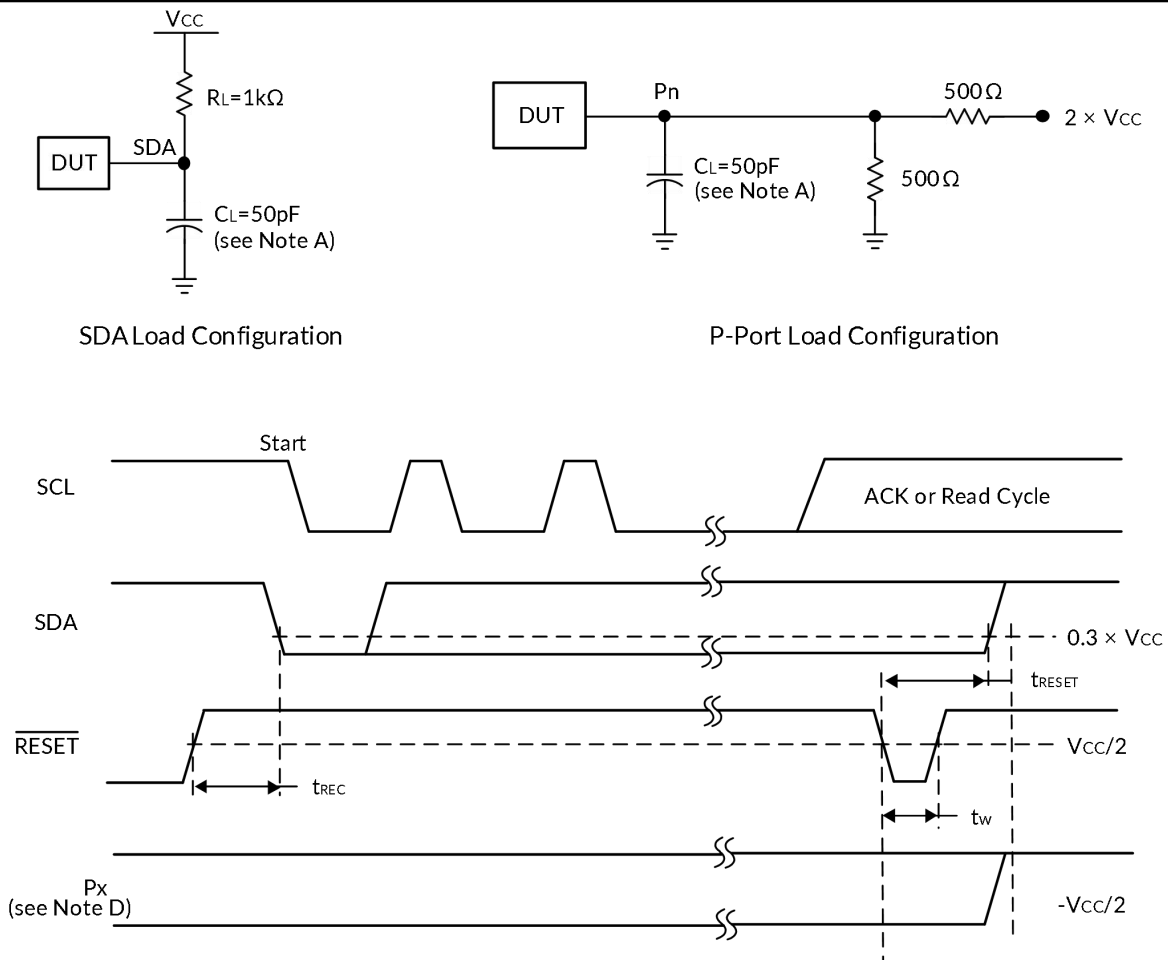
B. t_{pV} 是从 SCL 上的 $0.7 \times V_{CC}$ 到 50% I/O (P_n) 输出范围内测量的。

C. 所有输入均由具有以下特性的发生器提供： $PRR \leq 10 \text{ MHz}$ ， $Z_O = 50 \Omega$ ， $t_r/t_f \leq 30 \text{ ns}$ 。

D. 输出一次测量一个，每次测量都有一个转换。

E. 所有参数和波形并非适用于所有设备。

图 3. P 端口负载电路和电压波形



- A. C_L 包括探头和夹具电容。
- B. 所有输入均由具有以下特性的发生器提供： $PRR \leq 10 \text{ MHz}$ ， $Z_o = 50 \Omega$ ， $t_r/t_f \leq 30 \text{ ns}$ 。
- C. 输出一次测量一个，每次测量都有一个转换。
- D. I/O 配置为输入。
- E. 所有参数和波形并非适用于所有设备。

图 4. 复位负载电路和电压波形

9 详细说明

9.1 概览

TLX29539 器件是一款用于 I²C 总线的 16 位 I/O 扩展器，工作电压范围为 1.65V 至 5.5V。它通过 I²C 接口、串行时钟（SCL）和串行数据（SDA）为大多数微控制器系列提供通用远程 I/O 扩展功能。

TLX29539 包含两个 8 位配置寄存器（用于输入或输出模式选择）、输入端口寄存器、输出端口寄存器和极性反转寄存器（支持高电平有效或低电平有效操作）。所有 I/O 配置为输入。系统主控制器可以通过写入 I/O 配置位来设置 I/O 作为输入或输出。每个输入或输出端口的数据都保存在相应的输入或输出寄存器中。输入端口寄存器的极性可以通过极性反转寄存器实现信号反转。所有寄存器状态都可以由系统主机读取。

当发生超时或其他异常操作时，系统主机可通过将 RESET 复位引脚拉低来重置 TLX29539 器件。上电复位会使所有寄存器恢复默认状态，并初始化 I²C-SMBus 状态机。主动触发 RESET 复位可在不切断电源的情况下实现相同的复位初始化效果。

TLX29539 的开漏中断（INT）输出会在任何输入状态与其对应的输入端口寄存器状态不符时激活，用于向系统主控制器表明输入状态已发生变化。

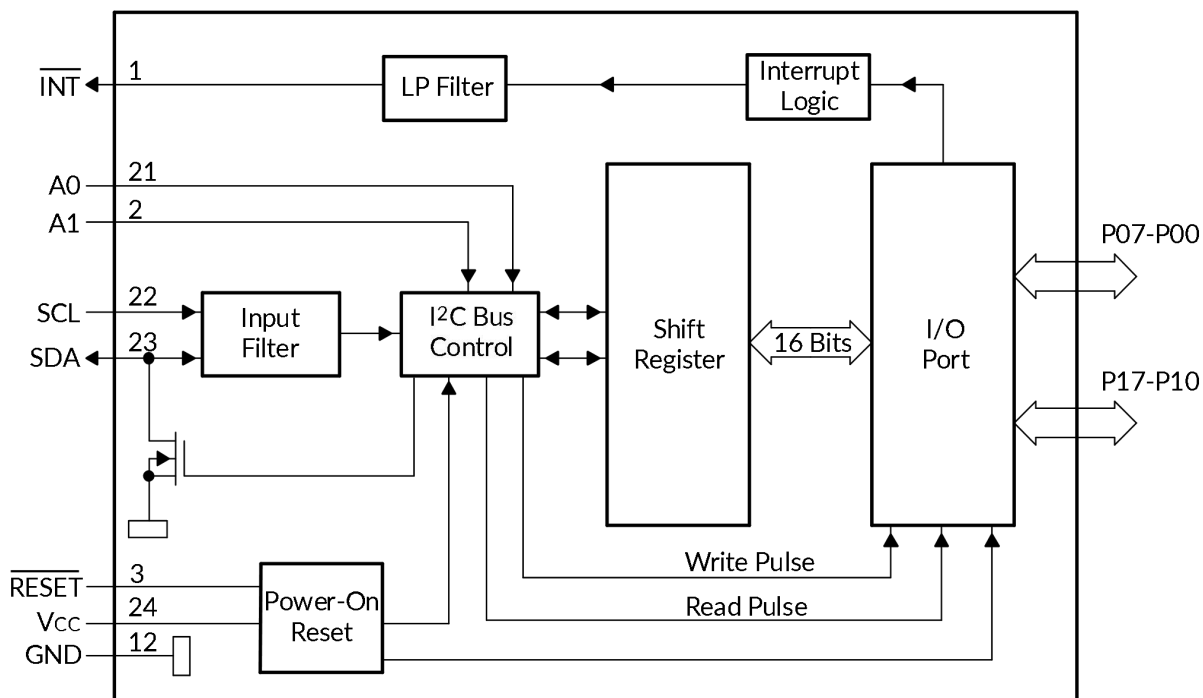
INT 可以连接到微控制器的中断输入端。通过在此线路上发送中断信号，远程 I/O 无需通过 I²C 总线通信即可通知微控制器其端口是否有数据传入。因此，TLX29539 可保持作为简单的从属器件运行。

该器件输出（锁存）具有高电流驱动能力，可直接驱动 LED。该器件具有低功耗特性。

TLX29539 器件与 TLX29555 类似，区别在于去掉了内部 I/O 上拉电阻（当 I/O 保持低电平时可大幅降低功耗）、用 RESET 替代 A2 引脚，以及采用不同的地址范围。

两个硬件引脚（A0 和 A1）用于编程和改变固定的 I²C 地址，并允许多达四个器件共享相同的 I²C 总线或 SMBus。

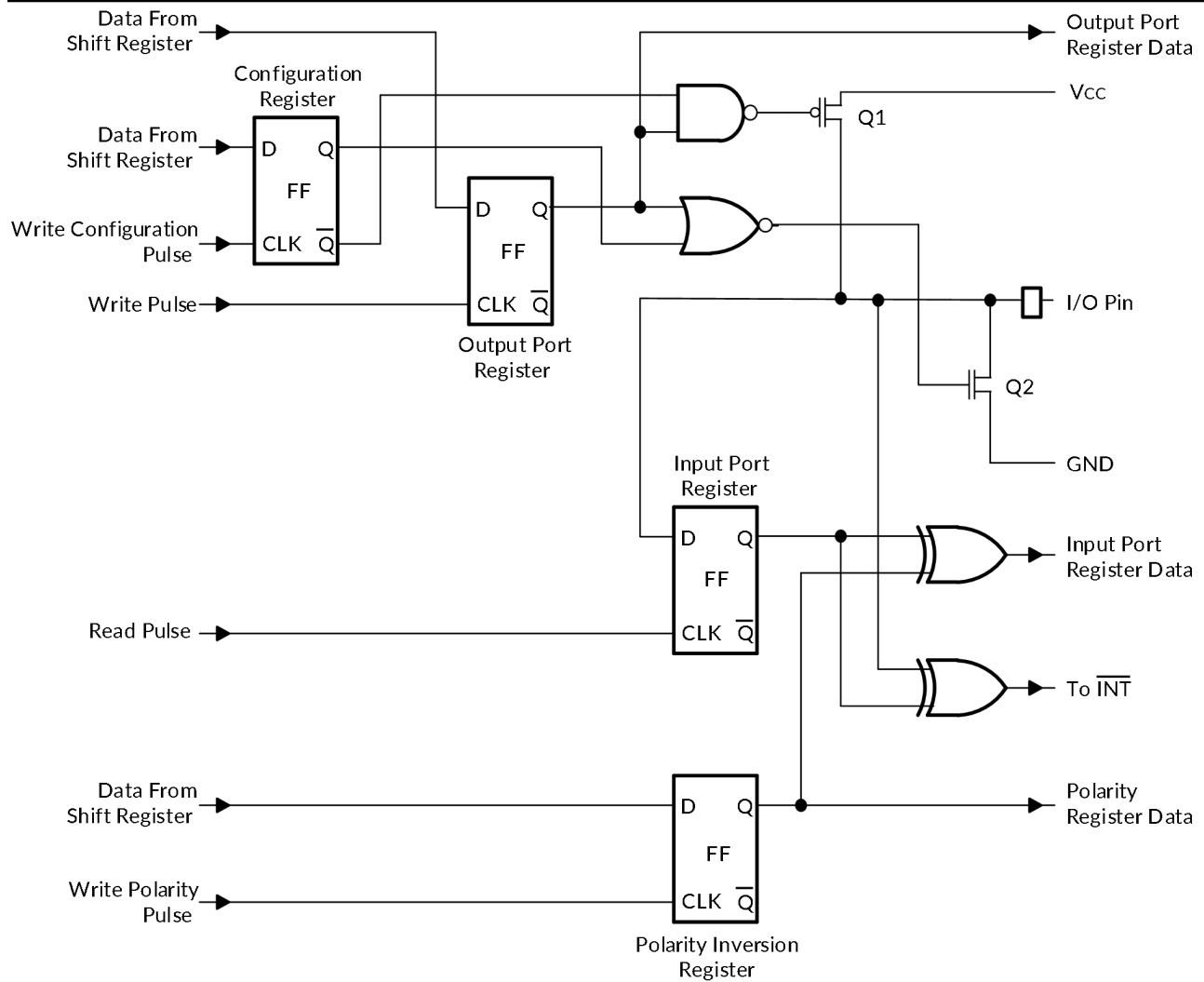
9.2 功能框图



A. 所示的引脚号适用于 TSSOP24 封装。

B. 所有 I/O 在复位时都设置为输入。

图 5. 逻辑图示 (正逻辑)



在上电复位时，所有寄存器都返回到默认值。

图 6. P 端口 I/O 的简化原理图

9.3 特性说明

9.3.1 I/O 端口

当 I/O 端口配置为输入时，场效应管 Q1 和 Q2 关闭，从而形成高阻抗输入。输入电压可以提高到 V_{CC} 以上，最高不超过 5.5 V。

如果 I/O 配置为输出，则 Q1 或 Q2 启用，具体取决于输出端口寄存器的状态。在这种情况下，I/O 引脚和 V_{CC} 或 GND 之间存在低阻抗通路。为确保正常运行，施加于该 I/O 引脚的外部电压不得超过推荐电平。

9.3.2 RESET 输入

通过将 RESET 引脚保持为低电平，最小 t_W 时间即可完成复位操作。TLX29539 寄存器和 I²C/SMBus 状态机保持默认状态，直到 RESET 再次变为高电平。如果未使用有源连接，则此输入需要一个上拉电阻连接到 V_{CC} 。

9.3.3 中断 (INT) 输出

在输入模式下，端口输入的任何上升沿或下降沿都会产生中断。在经过 t_{IV} 时间后，INT 信号有效。当端口上的数据更改为原始设置或从产生中断的端口读取数据时，可以复位中断电路。在读取模式下，在 SCL 信号上升沿之后的确认 (ACK) 位处进行复位。请注意，INT 会在发送变更数据字节前的 ACK 位被复位。由于中断在此脉冲期间被复位，发生在 ACK 时钟脉冲期间的中断可能会丢失（或持续时间极短）。复位后 I/O 状态的每次更改都会被检测并通过 INT 传输。

对其他器件进行读写操作不会影响中断电路，并且配置为输出模式的引脚不会触发中断。如果引脚的状态与输入端口寄存器的内容不匹配，则将 I/O 从输出更改为输入可能会导致发生错误中断。由于每个 8 位端口都是独立读取的，因此端口 0 引起的中断不会被端口 1 的读取清除，反之亦然。

INT 采用开漏结构，需要连接一个 V_{CC} 上拉电阻。

9.4 器件功能模式

9.4.1 上电复位 (POR)

当电源（从 0V 开始）施加到 V_{CC} 时，内部上电复位电路将使 TLX29539 保持复位状态，直至 V_{CC} 达到 V_{PORR} 阈值。此时，复位条件被释放，TLX29539 寄存器和 I²C-SMBus 状态机初始化为默认状态。之后， V_{CC} 必须降低到 V_{PORF} 以下，并重新升至工作电压，才能完成电源复位循环。

9.5 编程

9.5.1 I²C 接口

TLX29539 具有标准的双向 I²C 接口，该接口由主器件控制，以便配置或读取该器件的状态。I²C 总线上的每个从器件都有一个特定的器件地址，以区分同一 I²C 总线上的其他从器件。许多从器件需要在启动时进行配置以设定其工作模式。这通常是由主器件访问从器件的内部寄存器映射实现的，这些映射具有唯一的寄存器地址。器件可包含一个或多个寄存器，用于数据存储、写入或读取操作。

物理 I²C 接口由串行时钟（SCL）和串行数据（SDA）线路组成。SDA 和 SCL 线路都必须通过上拉电阻器连接到 V_{CC} 电源。上拉电阻器的大小由 I²C 线路上的电容负载量决定。只有当总线空闲时，才能启动数据传输。如果 SDA 和 SCL 线路在 STOP 条件后均为高电平，则认为总线处于空闲状态。请参见表 1。

图 7 和图 8 显示了主器件访问从器件的一般过程：

1. 如果主器件想要向从器件发送数据：

- 主发送端发送 START 条件并寻址从接收端。
- 主发送端向从接收端传输数据。
- 主发送端通过 STOP 条件终止传输。

2. 如果主器件想要从器件接收或读取数据：

- 主接收端发出 START 条件并寻址从发送端。
- 主接收端向从发送端发送待读取的寄存器请求。
- 主接收端接收来自从发送端的数据。
- 主接收端通过 STOP 条件终止传输。

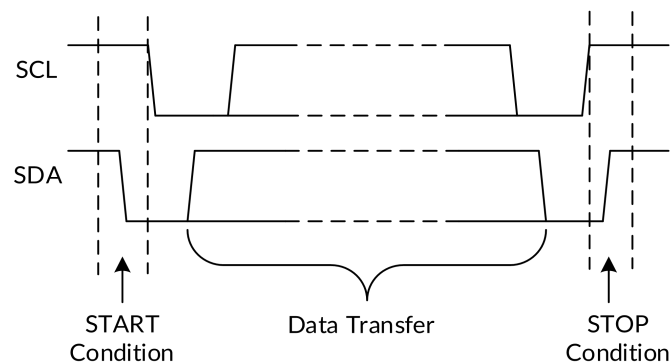


图 7. 启动和停止条件的定义

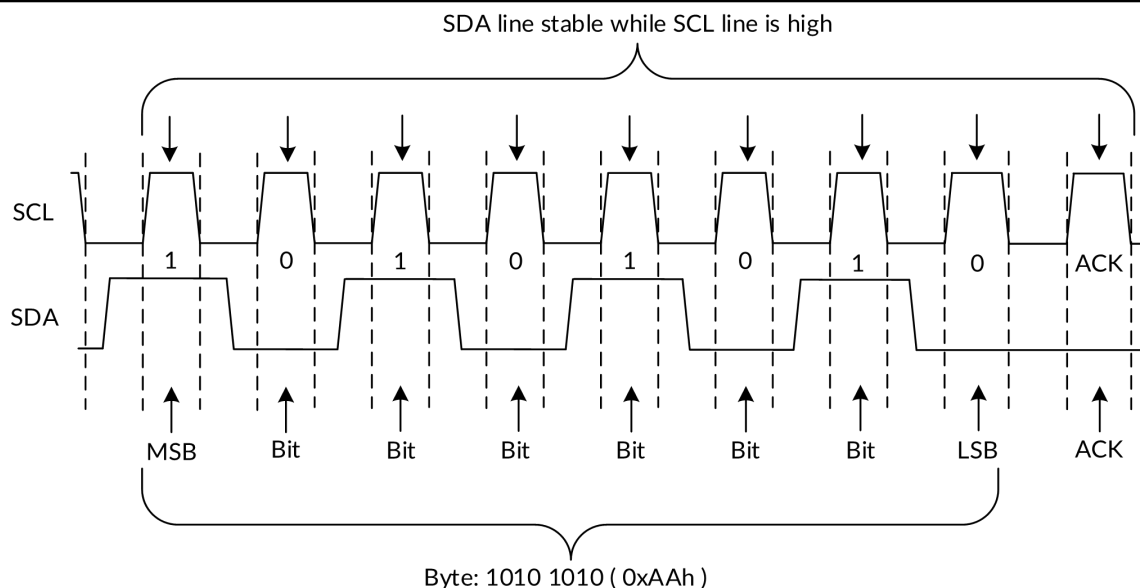


图 8. 位移

表 1 显示了接口定义。

表 1. 接口定义

字节	位							
	7 (MSB)	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
I ² C 从机地址	H	H	H	L	H	A1	A0	R/ $\bar{W}$
P0x I/O 数据总线	P07	P06	P05	P04	P03	P02	P01	P00
P1x I/O 数据总线	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10

9.5.1.1 总线事务

数据通过写入和读取命令在主器件和 TLX29539 之间交换，这是通过读取或写入从器件中的寄存器来实现的。

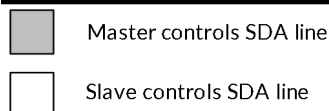
寄存器作为从器件存储器中的特定位置，存储着配置信息或待返回主器件的采样数据等信息。主器件必须将信息写入这些寄存器，才能指令从器件执行特定任务。

9.5.1.1.1 写入操作

为了在 I²C 总线上进行写入操作，主器件在总线上发送一个 START 条件，其中从器件的地址以及最后一位（R/ $\bar{W}$ 位）设置为 0，这表示写入操作。在从器件返回确认位之后，主器件发送它希望写入的目标寄存器地址。从器件再次确认，告知主器件已准备就绪。随后主器件开始向从器件发送寄存器数据，直到传输完所有必要数据（有时仅需单字节），最终主器件以 STOP 条件终止传输。

请参阅控制寄存器和命令字节部分以查看 TLX29539 的内部寄存器列表和每个寄存器的描述说明。

图 9 显示了向从器件寄存器写入单字节的示例时序。



Write to one register in a device

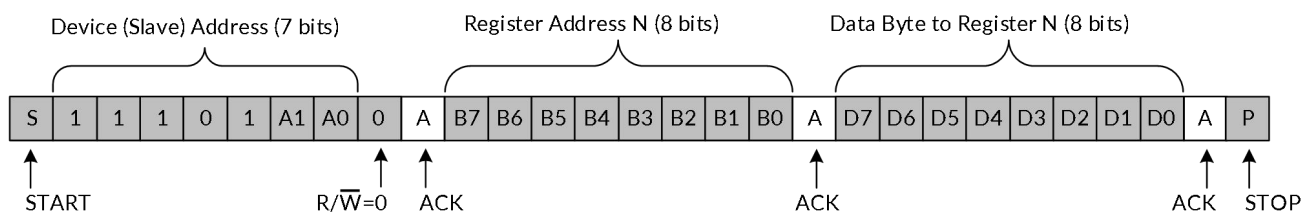


图 9. 写入寄存器

图 10 显示了写入极性反转寄存器。

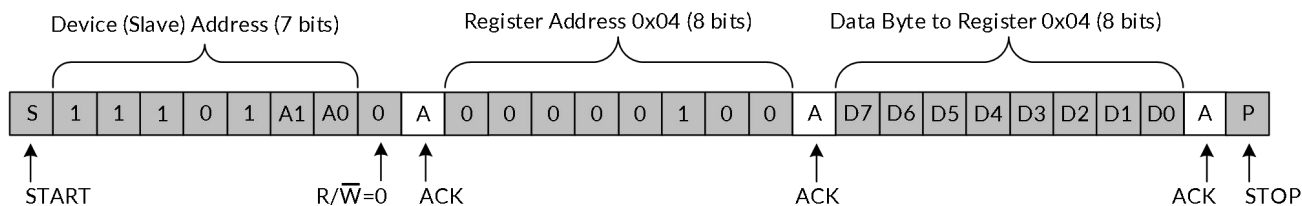
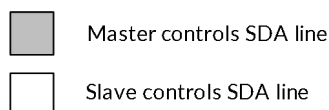


图 10. 写入极性反转寄存器

图 11 显示了写入输出端口寄存器。

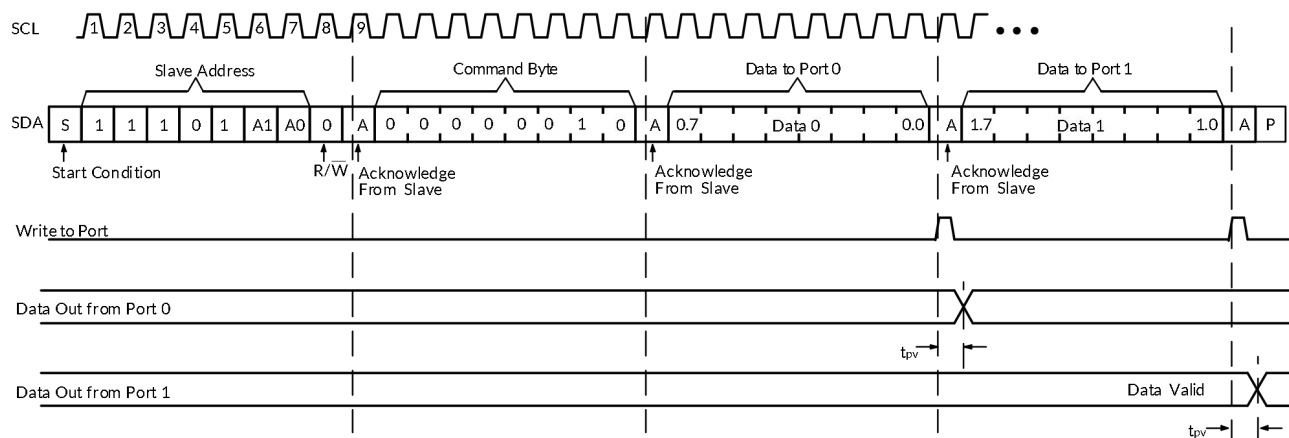


图 11. 写入输出端口寄存器

9.5.1.1.2 读取操作

从从器件读取数据与写入操作非常相似，但需要一些额外的步骤。为了从从器件读取，主器件必须先告知从器件要读取哪个寄存器。这是通过主器件以与写入操作类似的方式开始传输来完成的，方法是主器件首先发送地址（此时 R/W 位设为 0 表示写入），紧接着发送要读取的寄存器地址。当从器件确认此寄存器地址后，主器件再次发送 START 条件，随后发送从器件地址（此时 R/W 位设为 1 表示读取）。从器件确认读请求后，主器件会释放 SDA 总线但持续提供时钟信号。在此阶段，主器件切换为主接收器模式，从器件则转为从发送器模式。

主器件持续发送时钟脉冲，但释放 SDA 线，以便从器件可以传输数据。在每个字节的数据结束时，主器件向从器件发送 ACK 信号，告知其已准备好接收更多数据。当主器件收到预期数量的字节后，它会发送一个 NACK 信号，指示从器件停止通信并释放总线。主器件随后发出 STOP 条件终止传输。

请参阅控制寄存器和命令字节部分以查看 TLX29539 的内部寄存器列表和每个寄存器的描述。

图 12 显示了从从器件寄存器读取单个字节的示例。

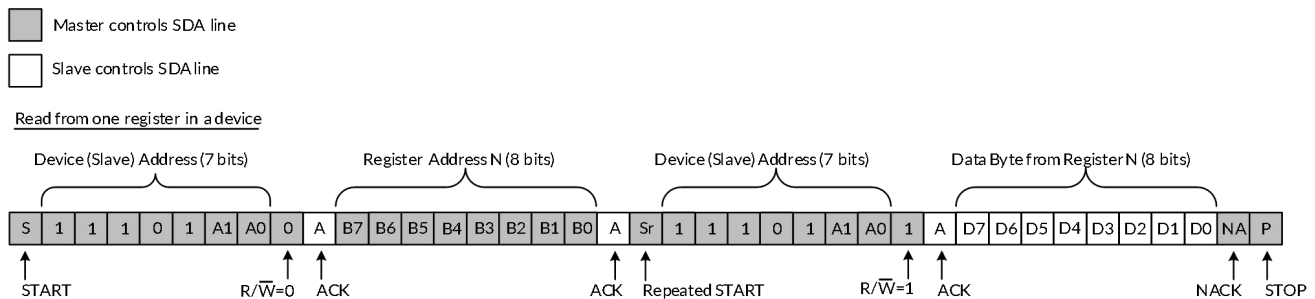
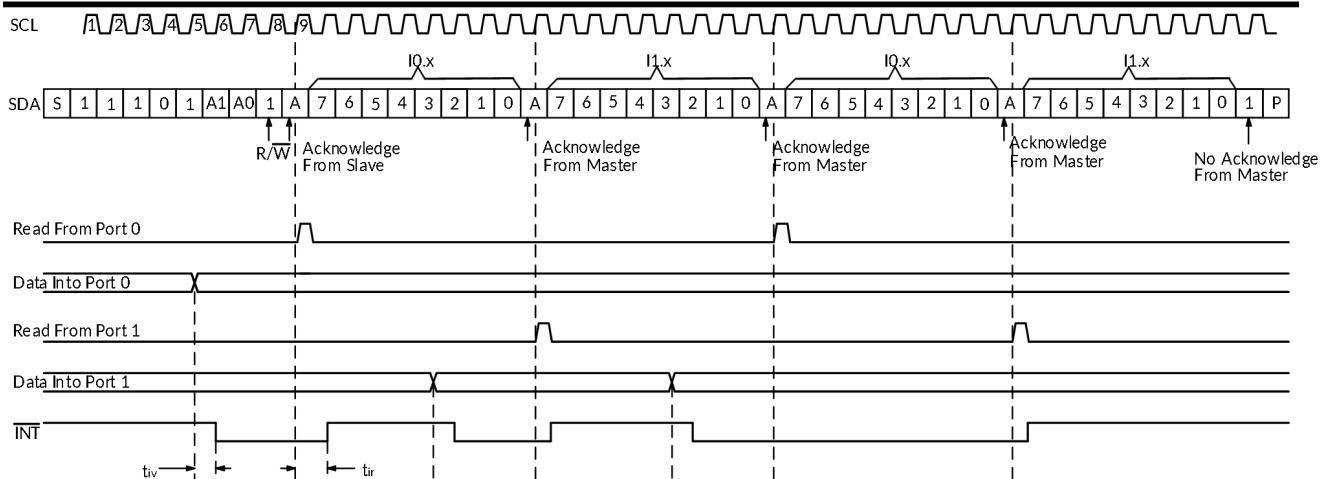


图 12. 从寄存器读取

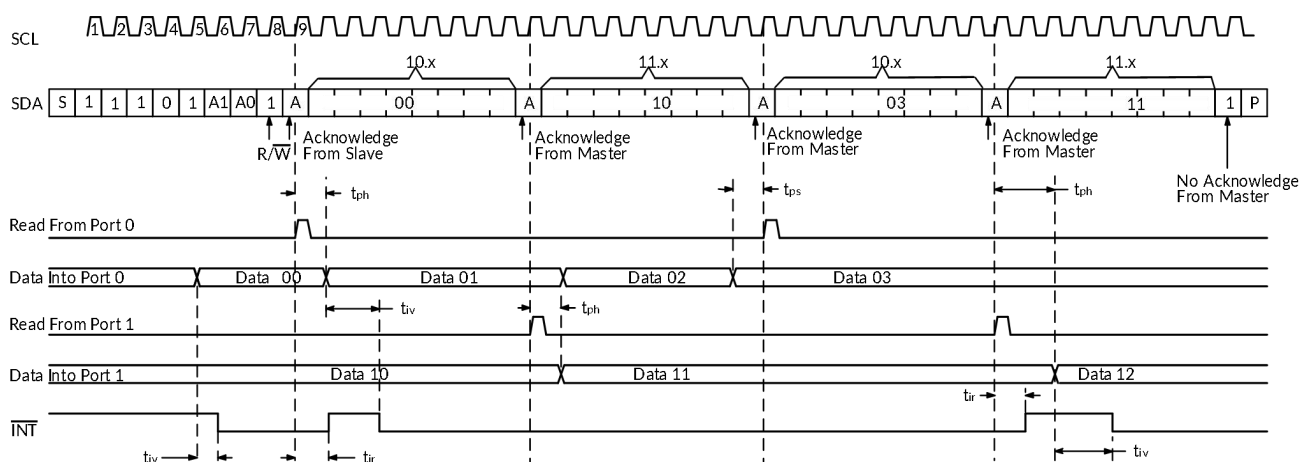
重启后，命令字节定义的寄存器值与重启发生时正在访问的寄存器相匹配。例如，若重启前命令字节指向输入端口 1，而重启发生时正在读取输入端口 0，则存储的命令字节会变更为指向输入端口 0，原始命令字节将被遗忘。若后续再次发生重启，系统将优先读取输入端口 0。数据在 ACK 时钟脉冲的上升沿被锁存至寄存器。读取第一个字节后，可继续读取其他字节，但此时数据将反映该寄存器对中另一个寄存器的信息。例如，若当前读取的是输入端口 1，则下一字节将来自输入端口 0。

数据在 ACK 时钟脉冲的上升沿被锁存至寄存器。单次读取传输中接收的数据字节数不受限制，但是当接收到最后一个字节时，总线主控器必须停止对数据的确认。图 13 和图 14 显示了读取输入端口寄存器的两种不同场景。



- A. Stop 条件可以随时停止数据传输。发生这种情况时，最新确认阶段的数据有效（输出模式）。假设命令字节之前已设置为 00（读取输入端口寄存器）。
- B. 该图省略了初始从机地址调用和来自 P 端口的实际数据传输之间的命令字节传输、重启过程和从机地址二次调用环节。

图 13. 读取输入端口寄存器，场景 1



- A. Stop 条件可以随时停止数据传输。发生这种情况时，最新确认阶段的数据有效（输出模式）。假设命令字节之前已设置为 00（读取输入端口寄存器）。
- B. 该图省略了初始从机地址调用和来自 P 端口的实际数据传输之间的命令字节传输、重启过程和从机地址二次调用环节。

图 14. 读取输入端口寄存器，场景 2

9.5.2 器件地址

图 15 显示了 TLX29539 的地址字节。

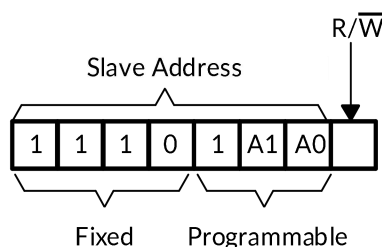


图 15. TLX29539 地址

表 2 显示了 TLX29539 的地址参考。

表 2. 地址参考

输入		I ² C 总线从机地址
A1	A0	
L	L	116 (十进制), 0x74 (十六进制)
L	H	117 (十进制), 0x75 (十六进制)
H	L	118 (十进制), 0x76 (十六进制)
H	H	119 (十进制), 0x77 (十六进制)

从机地址的最后一位决定了要执行的操作（读取或写入）。高电平 (1) 选择读取操作，而低电平 (0) 选择写入操作。

请注意，上面显示的 I²C 地址是 7 位右对齐的十六进制值。

9.5.3 控制寄存器和命令字节

成功确认地址字节后，总线主器件会发送如表 3 所示的命令字节，该字节存储在 TLX29539 的控制寄存器中。此数据字节的三位用于声明操作类型（读取或写入）以及所涉及的内置寄存器（输入、输出、极性反转或配置寄存器）。该寄存器可以通过 I²C 总线进行读写操作。命令字节仅在写入传输过程中发送。

发送命令字节后，被寻址的寄存器将持续处于可读取状态，直至新的命令字节被发送。图 16 显示了控制寄存器的位域结构。

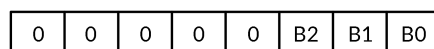


图 16. 控制寄存器位

表 3. 命令字节

控制寄存器位			命令字节 (十六进制)	显示	协议	上电默认值
B2	B1	B0				
0	0	0	0x00	输入端口 0	读取字节	xxxx xxxx
0	0	1	0x01	输入端口 1	读取字节	xxxx xxxx
0	1	0	0x02	输出端口 0	读取-写入字节	1111 1111
0	1	1	0x03	输出端口 1	读取-写入字节	1111 1111
1	0	0	0x04	极性反转端口 0	读取-写入字节	0000 0000
1	0	1	0x05	极性反转端口 1	读取-写入字节	0000 0000
1	1	0	0x06	配置端口 0	读取-写入字节	1111 1111
1	1	1	0x07	配置端口 1	读取-写入字节	1111 1111

9.6 寄存器映射

9.6.1 寄存器说明

表 4 所示的输入端口寄存器 (寄存器 0 和 1) 反映了引脚的输入逻辑电平, 无论该引脚是否被配置寄存器定义为输入还是输出。它仅对读取操作有效。写入这些寄存器不会产生任何影响。默认值 X 由外部施加的逻辑电平决定。

在进行读取操作前, 需先发送包含命令字节的写入传输, 以告知 I²C 器件接下来将访问输入端口寄存器。

表 4. 寄存器 0 和 1 (输入端口寄存器)

位	I0.7	I0.6	I0.5	I0.4	I0.3	I0.2	I0.1	I0.0
默认值	X	X	X	X	X	X	X	X
位	I1.7	I1.6	I1.5	I1.4	I1.3	I1.2	I1.1	I1.0
默认值	X	X	X	X	X	X	X	X

表 5 所示的输出端口寄存器 (寄存器 2 和 3) 显示了由配置寄存器定义为输出的引脚的输出逻辑电平。此寄存器中的位值对定义为输入的引脚没有影响。反之, 从该寄存器读取的值反映的是控制输出选择的触发器中的数值, 而非实际引脚值。

表 5. 寄存器 2 和 3 (输出端口寄存器)

位	O0.7	O0.6	O0.5	O0.4	O0.3	O0.2	O0.1	O0.0
默认值	1	1	1	1	1	1	1	1
位	O1.7	O1.6	O1.5	O1.4	O1.3	O1.2	O1.1	O1.0
默认值	1	1	1	1	1	1	1	1

表 6 中所示的极性反转寄存器 (寄存器 4 和 5) 允许对定义为配置寄存器输入的引脚进行极性反转。若该寄存器某位被置 1 (写入 1), 则对应引脚的极性将发生反转; 若某位被清 0 (写入 0), 则对应引脚将保持原始极性。

表 6. 寄存器 4 和 5 (极性反转寄存器)

位	N0.7	N0.6	N0.5	N0.4	N0.3	N0.2	N0.1	N0.0
默认值	0	0	0	0	0	0	0	0
位	N1.7	N1.6	N1.5	N1.4	N1.3	N1.2	N1.1	N1.0
默认值	0	0	0	0	0	0	0	0

表 7 所示的配置寄存器 (寄存器 6 和 7) 配置 I/O 引脚的方向。若该寄存器某位设为 1, 则对应端口引脚将启用高阻抗输出驱动器作为输入; 若某位清零为 0, 则对应端口引脚将启用为输出。

表 7. 寄存器 6 和 7 (配置寄存器)

位	C0.7	C0.6	C0.5	C0.4	C0.3	C0.2	C0.1	C0.0
默认值	1	1	1	1	1	1	1	1
位	C1.7	C1.6	C1.5	C1.4	C1.3	C1.2	C1.1	C1.0
默认值	1	1	1	1	1	1	1	1

10 应用与设计

以下应用设计部分中的信息不属于 TLXIC 器件规格的范围，TLXIC 不保证其准确性和完整性。TLXIC 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

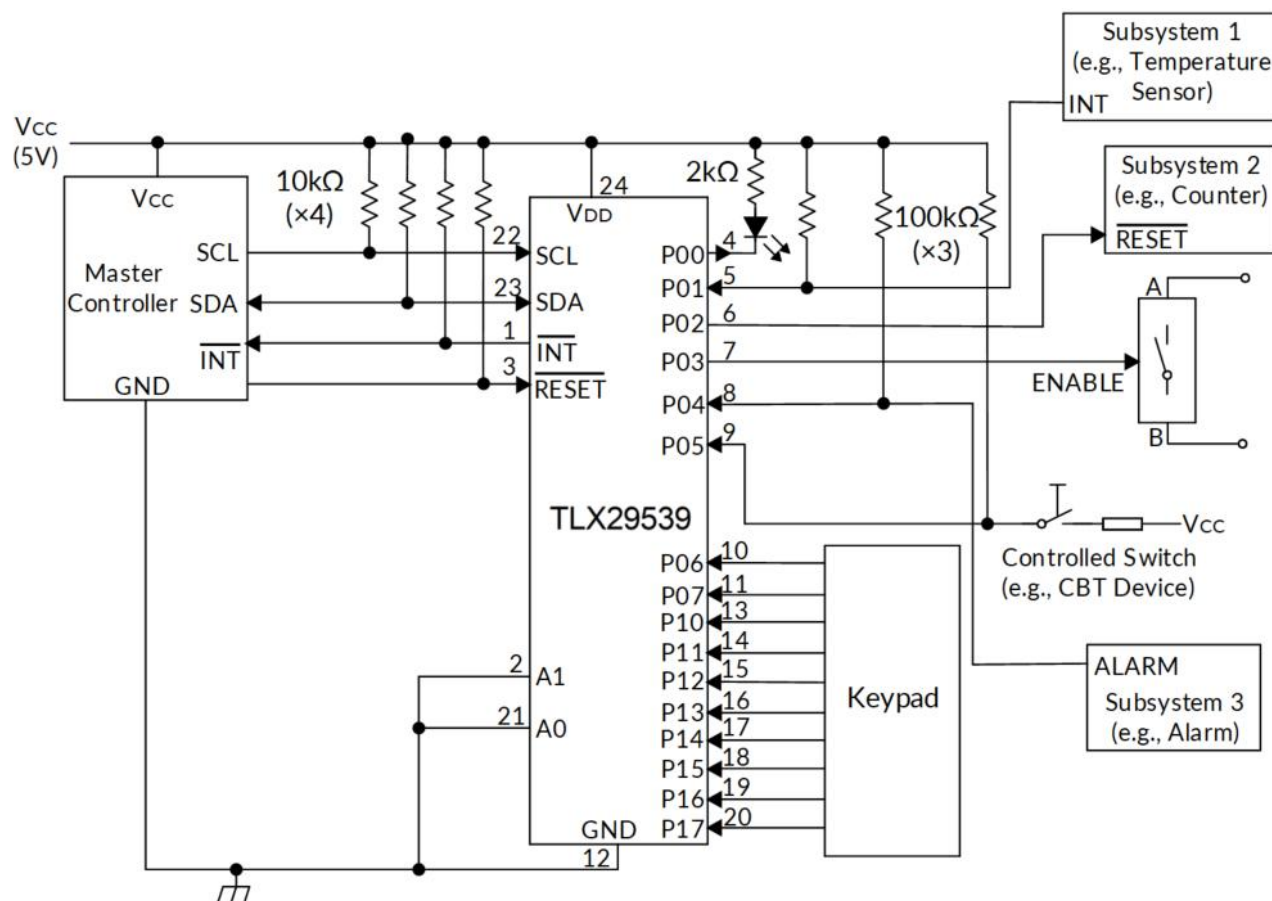
10.1 应用信息

TLX29539 的应用程序将此器件作为从器件连接到 I²C 主器件（处理器），并且 I²C 总线可以包含任意数量的其他从器件。TLX29539 通常安装在远离主器件的远端位置，靠近主器件需要监测或控制的 GPIO 接口。

IO 扩展器（如 TLX29539）通常用于控制 LED（用于反馈或显示）、控制其他器件的使能或复位信号，甚至读取其他器件或按钮的输出信号。

10.2 典型应用电路

图 17 显示了可以使用 TLX29539 的应用程序。



- A. 在本例中，器件地址配置为 1110100。
- B. P00、P02 和 P03 配置为输出端口。
- C. P01、P04-P17 配置为输入端口。
- D. 所示的引脚号适用于 TSSOP24 封装。

图 17. 应用图示

10.2.1 设计要求

10.2.1.1 计算结温和功耗

使用此器件进行设计时，重要的是不要违反推荐工作条件。该器件的许多参数都是根据结温进行额定的。因此，必须计算结温，以验证是否满足器件的安全运行要求。结温的基本公式如公式 1 所示。

$$T_j = T_A + (\theta_{JA} \times P_d) \quad (1)$$

θ_{JA} 是封装标准结至环境热阻的测量值，如热信息表所示。 P_d 是器件的总功耗，其近似值如公式 2 所示。

$$P_d \approx (I_{CC_STATIC} \times V_{CC}) + \sum P_{d_PORT_L} + \sum P_{d_PORT_H} \quad (2)$$

公式 2 是器件功耗的近似计算式。该公式是静态功耗加上每个端口功耗之和（根据端口输出高电平还是低电平，公式不同。如果端口设置为输入，则功耗是引脚的输入漏电流乘以引脚电压）。请注意，这忽略了 INT 和 SDA 引脚中的功耗，假设这些瞬态功耗很小。若要计入这些功耗，可采用公式 3 计算 INT 或 SDA 引脚在拉低状态时的功耗，由此可获得最大功耗值。

$$P_{d_PORT_L} = (I_{OL} \times V_{OL}) \quad (3)$$

公式 3 显示了设置为输出低电平的单个端口的功耗。该端口耗散的功率是其 V_{OL} 乘以它的灌电流。

$$P_{d_PORT_H} = (I_{OH} \times (V_{CC} - V_{OH})) \quad (4)$$

公式 4 显示了设置为输出高电平的单个端口的功耗。端口耗散的功率是端口提供的电流乘以器件两端的电压降（即 V_{CC} 和输出电压之间的差值）。

10.2.1.2 当 I/O 用于控制 LED 时最小化 I_{CC}

当 I/O 用于控制 LED 时，通常它通过电阻器连接到 V_{CC} ，如图 17 所示。由于 LED 具有二极管特性，因此当 LED 熄灭时，I/O 引脚的 V_{IN} 比 V_{CC} 低约 1.2V。典型电气参数表中的 ΔI_{CC} 参数显示了 I_{CC} 如何随着 V_{IN} 低于 V_{CC} 而增加。对于电池供电的应用，当 LED 熄灭时，I/O 引脚的电压必须大于或等于 V_{CC} ，以实现电流消耗最小化。

图 18 显示了一种与 LED 并联的高阻值电阻方案。图 19 显示 V_{CC} 比 LED 电源电压低至少 1.2V。这两种方法都可将 I/O 引脚的 V_{IN} 保持在或高于 V_{CC} ，并防止在 LED 熄灭时产生额外的电源电流消耗。

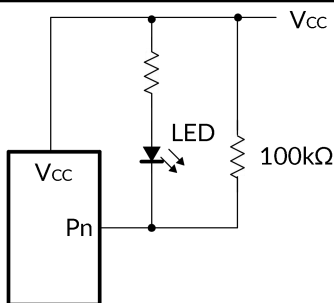


图 18. 高阻值电阻与 LED 并联

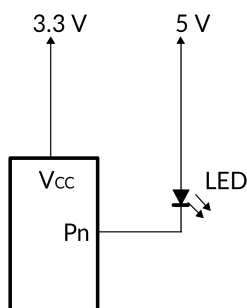


图 19. 由低电压供电的器件

10.2.2 详细设计程序

需合理选择用于 SCL 和 SDA 线路的上拉电阻器 R_P ，并综合考虑 I^2C 总线上所有从器件的总电容。最小上拉电阻阻值取决于 V_{CC} 、 $V_{OL(max)}$ 和 I_{OL} ，如公式 5 所示。

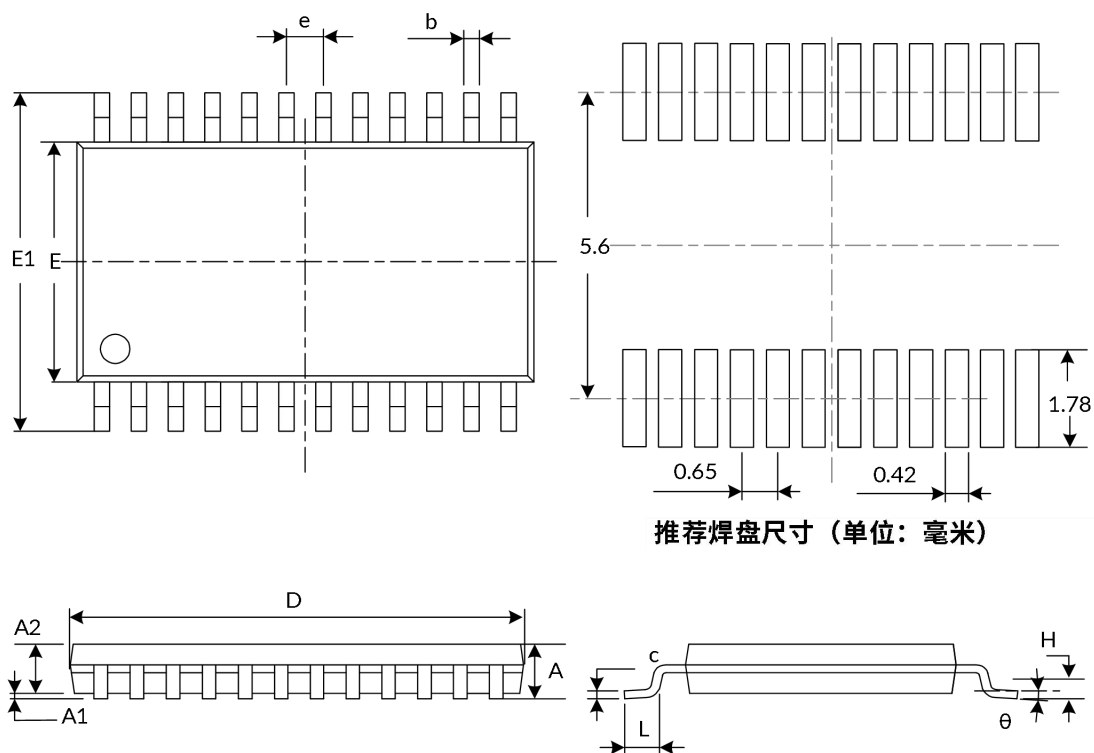
$$R_{P(min)} = \frac{V_{CC} - V_{OL(max)}}{I_{OL}} \quad (5)$$

最大上拉电阻是最大上升时间 t_r （快速模式为 300 ns， $f_{SCL} = 400$ kHz）和总线电容 C_b 的函数，如公式 6 所示。

$$R_{P(max)} = \frac{t_r}{0.8473 \times C_b} \quad (6)$$

对于标准模式或快速模式操作， I^2C 总线的最大总线电容不得超过 400pF。总线电容可以通过添加 TLX29539 的电容（SCL 的 C_i 或 SDA 的 C_{iO} ）、导线/连接/走线的电容以及总线上其他从器件的电容来近似计算。

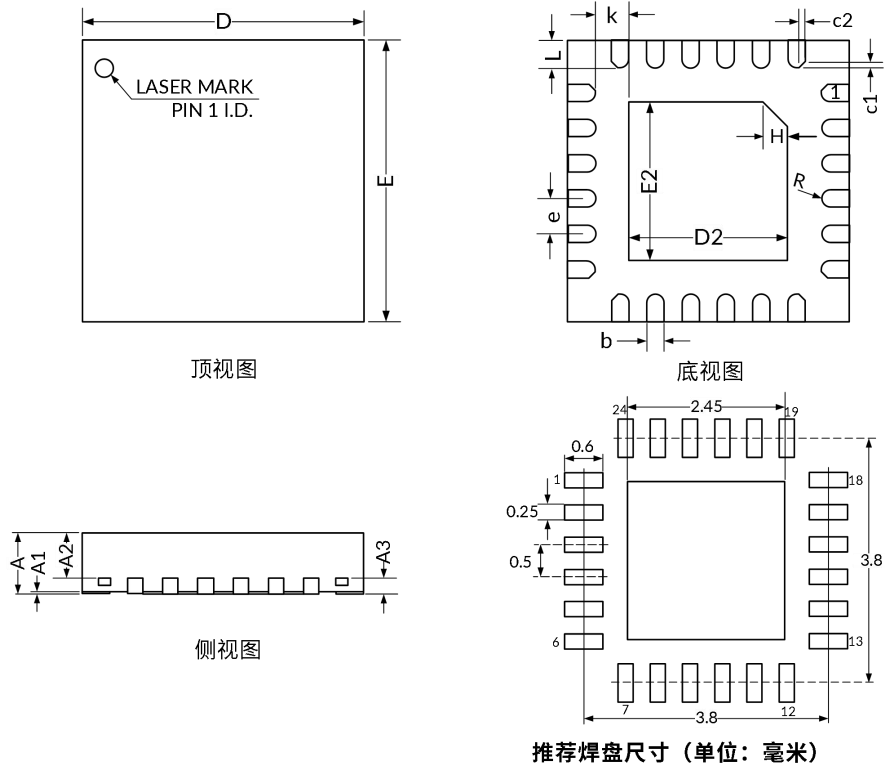
11 封装规格尺寸

TSSOP24⁽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	0.200	0.290	0.008	0.011
c	0.130	0.170	0.005	0.007
D ⁽¹⁾	7.700	7.900	0.303	0.311
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	0.450	0.750	0.018	0.030
H	0.250 (TYP)		0.010 (TYP)	
θ	0°	8°	0°	8°

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。

QFN4X4-24⁽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⁾	0.700	0.800	0.028	0.032
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A2	0.500	0.600	0.020	0.024
A3	0.200 REF ⁽²⁾		0.008 REF ⁽²⁾	
b	0.200	0.300	0.008	0.012
D ⁽¹⁾	3.900	4.100	0.154	0.161
E ⁽¹⁾	3.900	4.100	0.154	0.161
D2	2.150	2.350	0.085	0.093
E2	2.150	2.350	0.085	0.093
e	0.400	0.600	0.016	0.024
H	0.350 REF ⁽²⁾		0.014 REF ⁽²⁾	
K	0.300	-	0.012	-
L	0.350	0.450	0.014	0.018
R	0.090	-	0.004	-
c1	0.080 NOM		0.003 NOM	
c2	0.080 NOM		0.003 NOM	

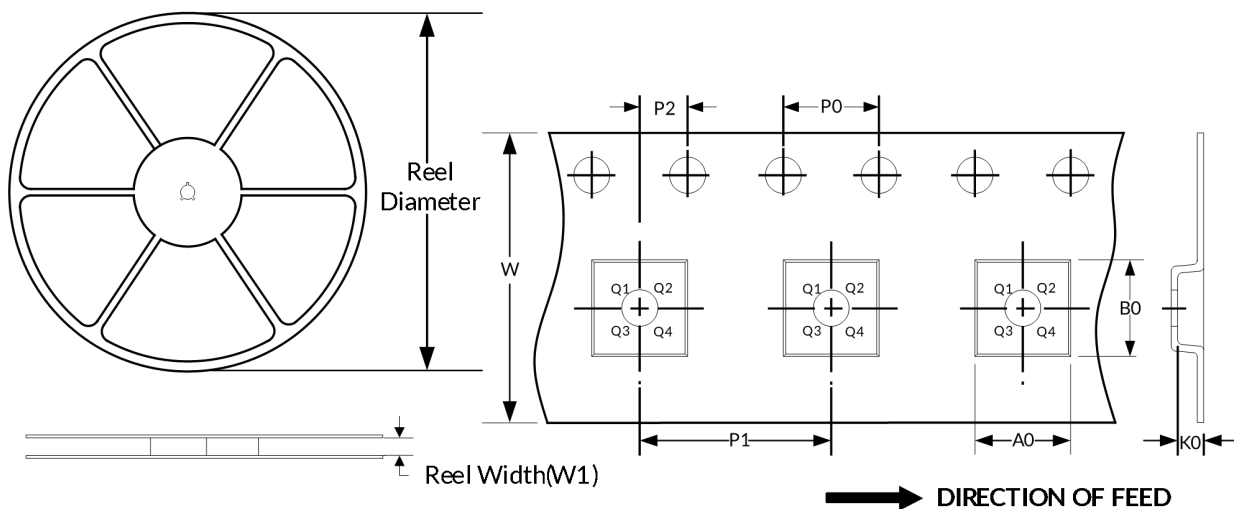
注意:

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. 本图如有更改, 恕不另行通知。

12 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
TSSOP24	13"	16.4	6.95	8.30	1.60	4.0	8.0	2.0	16.0	Q1
QFN4X4-24	13"	12.4	4.40	4.30	1.30	4.0	8.0	2.0	12.0	Q2

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。