

THVD4431A RS 多协议 (RS 232、RS-422、RS-485) 收发器， 具有 120Ω 可切换终端、引脚可选诊断环回和 IEC-ESD

1 特性

- 符合或超出 TIA/EIA-485A 和 TIA/EIA-232F 标准的要求
- 3 个发送器、5 个接收器 (对于 RS-232)
- 1 个发送器、1 个接收器 (对于 RS-485)
- 适用于 RS-485 模式的片上可切换 120Ω 端接电阻器
- 用于 RS-232 信号传输的集成电荷泵
- 3V 至 5.5V 的电源电压
- 用于逻辑数据和控制信号的 1.65V 至 5.5V 电源
- RS-485 差分输出超过 2.1V，在 5V 电源下与 PROFIBUS 兼容
- 适用于 RS-232 模式的大输出摆幅 (典型值为 ±9V)
- SLR 引脚可选数据速率：
 - RS-232 3T5R 模式：250kbps 和 1Mbps
 - RS-485 半双工和全双工模式：500kbps 和 20Mbps
- 总线 I/O 保护
 - ±16kV HBM ESD
 - ±8kV IEC 61000-4-2 接触放电和 ±15kV 气隙放电
 - ±4kV IEC 61000-4-4 快速瞬态突发
- 适用于 RS-232 和 RS-485 模式的诊断环回
- 引脚可选诊断环回
- 关断引脚可在禁用状态下实现低电流消耗 (典型值为 10μA)
- 适用于热插拔功能的无干扰上电/断电
- 适用于 RS-485 的 1/8 单位负载 (多达 256 个总线节点)
- 适用于 RS-485 接收器的开路、短路和空闲总线失效防护
- 总线短路保护、热关断
- 更宽的环境温度范围：-40°C 至 125°C
- 节省空间的高效散热型 6mm × 6mm VQFN-40 封装
- 与业界通用的引脚兼容

2 应用

- 工业 PC
- 工厂自动化和控制
- HVAC 系统
- 楼宇自动化
- 销售点终端
- 电网基础设施
- 工业运输

3 说明

THVD4431A 是一款高度集成且稳健的多协议收发器，支持 RS-232、RS-422 和 RS-485 物理层。该器件具有三个发送器和五个接收器，支持 3T5R RS-232 端口。此外，该器件还集成了一个发送器和一个接收器，可支持半双工和全双工 RS-485 端口。MODE 选择引脚支持共享总线和逻辑引脚，以便这些协议共享单个通用连接器。适用于 RS-485 总线引脚和 RS-232 接收器输入的集成端接无需外部元件即可实现全功能通信端口。该器件具有压摆率选择功能，因此可在两种最大速度 (根据 SLR 引脚设置) 下使用。

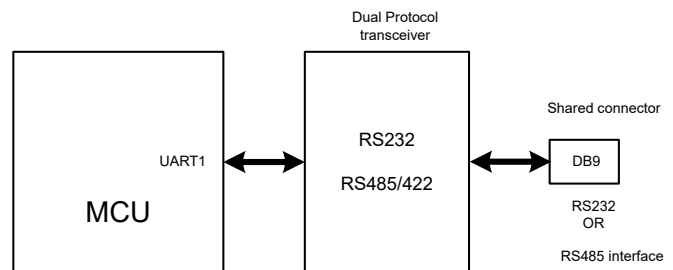
该器件具有集成 4 级 IEC ESD 保护，无需外部系统级保护元件。为 RS-232 和 RS-485 提供的诊断环回模式检查逻辑到总线和总线到逻辑路径的功能完整性，并检查电缆和连接器是否短路。此外，当总线输入处于开路或短接状态或总线空闲时，RS-485 接收器失效防护功能会将接收到的逻辑输出驱动为逻辑高电平。在关断模式下，该器件消耗的电流超低 (典型值为 10μA)，非常适合功耗敏感型应用。该器件需要由 3V 至 5.5V 电源为 RS-232 的电荷泵以及 RS-232 和 RS-485 的驱动器或接收器供电。单独的逻辑电源 V_{IO} (1.65V 至 5.5V) 使得此器件能够与低电平微控制器连接。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
THVD4431A	RHA (VQFN, 40)	6mm × 6mm

(1) 有关更多信息，请参阅节 11。

(2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



简化版原理图



内容

1 特性	1	6 参数测量信息	18
2 应用	1	7 详细说明	26
3 说明	1	7.1 概述.....	26
4 引脚配置和功能	3	7.2 功能方框图.....	26
5 规格	5	7.3 特性说明.....	26
5.1 绝对最大额定值.....	5	7.4 器件功能模式.....	29
5.2 ESD 等级.....	5	8 应用和实施	36
5.3 ESD 等级 [IEC].....	5	8.1 应用信息.....	36
5.4 建议运行条件.....	6	8.2 典型应用.....	36
5.5 热性能信息.....	6	8.3 电源相关建议.....	42
5.6 功率耗散.....	7	8.4 布局.....	43
5.7 电气特性.....	7	9 器件和文档支持	45
5.8 开关特性_RS-485_500kbps.....	10	9.1 器件支持.....	45
5.9 开关特性_RS-485_20Mbps.....	10	9.2 接收文档更新通知.....	45
5.10 开关特性, 驱动器_RS232.....	11	9.3 支持资源.....	45
5.11 开关特性, 接收器_RS232.....	11	9.4 商标.....	45
5.12 开关特性_模式切换.....	12	9.5 静电放电警告.....	45
5.13 开关特性_RS-485_端接电阻器.....	13	9.6 术语表.....	45
5.14 开关特性_环回模式.....	13	10 修订历史记录	45
5.15 典型特性.....	15	11 机械、封装和可订购信息	45

4 引脚配置和功能

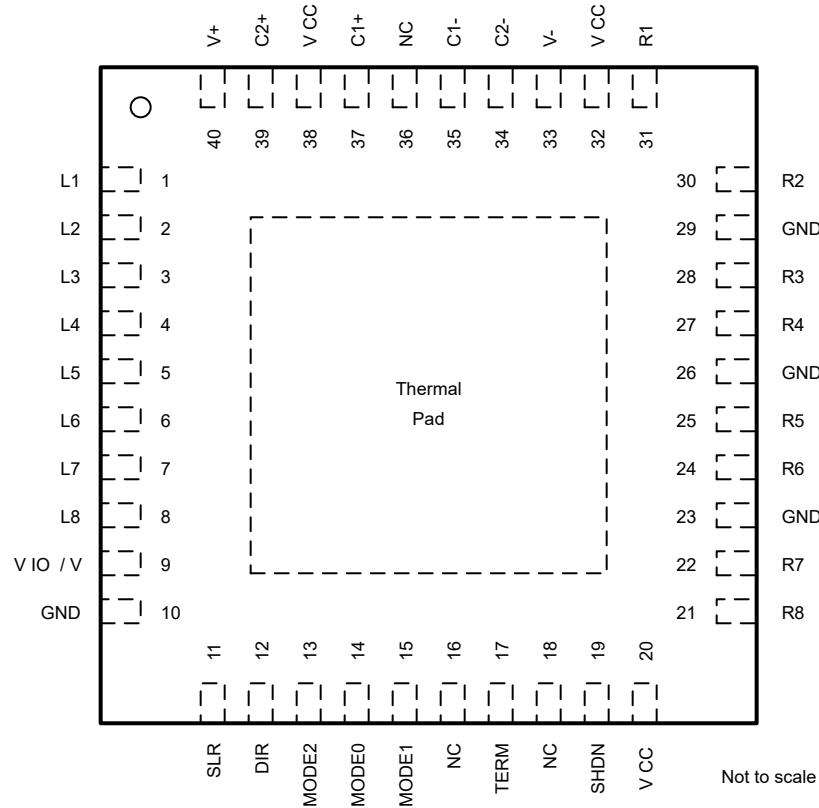


图 4-1. 40 引脚 VQFN 封装 (RHA)
(顶视图)

表 4-1. 引脚功能

名称	编号	类型	说明
L1	1	O	逻辑输出 (RS-232)。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L2	2	O	逻辑输出 (RS-232/RS-485)。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L3	3	I	逻辑输入 (RS-232/RS-485)。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L4	4	I	逻辑输入。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L5	5	O	逻辑输出。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L6	6	I	逻辑输入、集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L7	7	O	逻辑输出。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
L8	8	O	逻辑输出。集成弱上拉电阻器。如果该节点上预计会出现漏电流或其他外部灌电流，则建议使用外部上拉电阻。有关更多详细信息，请参阅 外部上拉寄存器 。
V _{IO} / V _{CC}	9	P	1.65V 至 5.5V 逻辑电源电压。如果不需要更低的逻辑 IO，也可短接至 V _{CC} 。
GND	10	G	GND
SLR	11	I	压摆率控制，内部下拉电阻器。SLR = H 启用低速

表 4-1. 引脚功能 (续)

名称	编号	类型	说明
DIR	12	I	RS-485 TX/RX 启用/禁用。内部下拉电阻器。
MODE2	13	I	MODE 控制引脚，集成弱下拉电阻器
MODE0	14	I	
MODE1	15	I	
NC	16	NC	内部未连接。可连接至电源或在 PCB 上保持开路。
TERM	17	I	在 RS485/HD 模式下跨 R1/R2 以及在 RS485/FD 模式下跨 R3/R4 启用/禁用 120 Ω 端接。内部下拉电阻
NC	18	NC	内部未连接。可以在 PCB 上保持开路或接地。
SHDN	19	I	器件启用/禁用。内部下拉电阻器
V _{CC}	20	P	3V 至 5.5V 电源电压
R8	21	I	RS-232 接收器输入
R7	22	I	RS-232 接收器输入
GND	23	G	接地
R6	24	O	RS-232 驱动器输出
R5	25	I	RS-232 接收器输入
GND	26	G	接地
R4	27	I/O	RS-232 驱动器输出或 RS-485 同相接收器输入 (B)
R3	28	I/O	RS-232 驱动器输出或 RS-485 同相接收器输入 (A)
GND	29	G	接地
R2	30	I/O	RS-232 接收器输入或 RS-485 总线引脚 (Y 或 A)
R1	31	I/O	RS-232 接收器输入或 RS-485 总线引脚 (Z 或 B)
V _{CC}	32	P	3V 至 5.5V 的电源电压
V-	33		负电荷泵轨
C2-	34		电荷泵电容器的负极端子
C1-	35		电荷泵电容器的负极端子
NC	36	NC	内部未连接。可以在 PCB 上保持开路或接地。
C1+	37		电荷泵电容器的正极端子
V _{CC}	38	P	3V 至 5.5V 的电源电压
C2+	39		电荷泵电容器的正极端子
V+	40		正电荷泵轨

5 规格

5.1 绝对最大额定值

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
总线电源电压	V _{CC} 至 GND	-0.5	6	V
逻辑电源电压	V _{IO} 至 GND	-0.5	V _{CC} + 0.2	V
电荷泵正输出电源电压	V+ 至 GND	-0.3	14	V
电荷泵负输出电源电压	V- 至 GND	-14	0.3	V
总线电压	任何总线引脚 (R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8) 上相对于 GND 的电压	-16	16	V
差分总线电压	(R1-R2) 或 (R2-R1)、(R3-R4) 或 (R4-R3) (禁用端接)	-22	22	V
差分总线电压 RS485 模式	(R1-R2) 或 (R2-R1)、(R3-R4) 或 (R4-R3) (启用端接)	-6	6	V
输入电压	任何逻辑引脚 (L3、L4、L6、SLR、SHDN、TERM、MODE0、MODE1、MODE2、DIR) 的范围	-0.3	V _{IO} + 0.2	V
接收器输出电流	I _O (L1、L2、L5、L7、L8)	-8	8	mA
贮存温度	T _{stg}	-65	150	°C
结温	T _J	-40	170	°C

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。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。如果超出建议运行条件但在绝对最大额定值范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

5.2 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 ⁽¹⁾	±16,000	V
		除总线端子和 GND 外的所有引脚	±4,000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 ⁽²⁾	±1,500	V

(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。

5.3 ESD 等级 [IEC]

			值	单位
V _(ESD)		接触放电，符合 IEC 61000-4-2 标准	±8,000	V
		空气间隙放电，符合 IEC 61000-4-2 标准	±15,000	
V _(EFT)	RS485 HD 或 FD 模式下的电气快速瞬变	符合 IEC 61000-4-4 标准	±4,000	V

5.4 建议运行条件

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 _{CC}	电源电压		3		5.5	V
V _{IO}	I/O 电源电压		1.65		V _{CC}	V
V _I (RS-485)	在 RS-485 模式下任何总线端子 (R1、R2、R3、R4) 的输入电压 ⁽¹⁾		-7		12	V
V _{ID}	在禁用片上终端电阻器的情况下, RS RS-485 接收模式下的差分输入电压 [(R1-R2) 或 (R2-R1)、(R3-R4) 或 (R4-R3)]		-12		12	V
V _{ID}	在启用片上终端电阻器的情况下, RS RS-485 接收模式下的差分输入电压 [(R1-R2) 或 (R2-R1)、(R3-R4) 或 (R4-R3)]		- 5.5		5.5	V
V _I (RS-232)	RS-232 模式下的接收器输入电压		-15		15	V
V _{IH}	高电平输入电压 (L3、L4、L6、SLR、 $\overline{SHDN}$ 、TERM、MODE0、MODE1、MODE2、DIR 输入)		0.7xV _{IO}		V _{IO}	V
V _{IL}	低电平输入电压 (L3、L4、L6、SLR、 $\overline{SHDN}$ 、TERM、MODE0、MODE1、MODE2、DIR 输入)		0		0.3xV _{IO}	V
I _O	输出电流, 驱动器处于 RS-485 模式		-60		60	mA
I _{OR}	接收器输出电流	V _{IO} = 1.8V 或 2.5V	-2		2	mA
I _{OR}	接收器输出电流	V _{IO} = 3.3V 或 5V	-4		4	mA
R _L	RS-485 模式下的差分负载电阻		54	60		Ω
1/t _{UI}	RS-485 模式下的信号传输速率	SLR = V _{IO}			500	kbps
		SLR = GND 或悬空			20	Mbps
	RS-232 模式下的信号传输速率	SLR = V _{IO}			250	kbps
		SLR = GND 或悬空			1	Mbps
1/t _{UI} (loopback)	RS-485 环回模式下的信令速率				0.5	Mbps
	RS-232 环回模式下的信令速率				1	Mbps
T _A ⁽²⁾	工作环境温度		-40		125	°C

- (1) 本数据表采用将最小正值 (最大负值) 指定为最小值的代数约定。
 (2) 内部 (结温) 温度额定值高达 $150^{\circ}C$ 。每个应用都必须考虑由于内部功率耗散引起的自热。最大结温受内部热关断 (TSD) 电路的限制, 当结温达到 $170^{\circ}C$ 的典型值时, 该电路会禁用驱动器和接收器。

5.5 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		THVD4431A	单位
		RHA (QFN)	
		40 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	27.4	$^{\circ}C/W$
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	16.8	$^{\circ}C/W$
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	9.8	$^{\circ}C/W$
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.2	$^{\circ}C/W$
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	9.8	$^{\circ}C/W$
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	2.7	$^{\circ}C/W$

- (1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅 [半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册。

5.6 功率耗散

参数		测试条件			典型值	最大值	单位
P _D (RS-485)	全双工模式，其中 DIR = V _{IO} ，MODE2、MODE1、MODE0 = 011、R2/R1 以环回方式从外部连接到 R3/R4； V _{IO} = V _{CC} = 5.5V、T _A = 125°C、L3 = 方波 50% 占空比	未端接，TERM = L	SLR = H	500kbps	160	200	mW
			SLR = L	20Mbps	390	450	
		TERM = V _{IO}	SLR = H	500kbps	430	500	mW
			SLR = L	20Mbps	500	575	
P _D (RS-232)	MODE2、MODE1、MODE0 = 001 的 RS-232 模式	V _{CC} = V _{IO} = 5.5V，R3、R4、R6 总线线路负载为 3kΩ，R3 负载电容 = 1000pF，L3 切换	SLR = L	1Mbps	320	500	mW
		V _{CC} = V _{IO} = 5.5V，R3、R4、R6 总线线路负载为 3kΩ，R3 负载电容 = 2500pF，L3 切换	SLR = H	250kbps	185	200	mW

5.7 电气特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)。除非另有说明, 否则所有典型值均在温度为 $25^\circ C$ 、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
驱动器_RS-485						
V _{OD}	驱动器差分输出电压幅度	R _L = 60 Ω , - 7V ≤ V _{test} ≤ 12V (请参阅图 6-1)	1.5	2		V
		R _L = 60 Ω , - 7V ≤ V _{test} ≤ 12V , 4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (请参阅图 6-1)	2.1	3		V
		R _L = 100 Ω (请参阅图 6-2)	2	2.5		V
		R _L = 54 Ω , 4.5V ≤ V _{CC} ≤ 5.5V (请参阅图 6-2)	2.1	3.3		V
		R _L = 54 Ω (请参阅图 6-2)	1.5	3.3		V
Δ V _{OD}	差分输出电压幅度的改变	R _L = 54 Ω 或 100 Ω (请参阅图 6-2)	-50		50	mV
V _{OC}	共模输出电压	R _L = 54 Ω 或 100 Ω (请参阅图 6-2)		V _{CC} /2	3	V
Δ V _{OC(SS)}	稳态共模输出电压的变化	R _L = 54 Ω 或 100 Ω (请参阅图 6-2)	-50		50	mV
I _{OS}	短路输出电流 (总线端子)	DIR = V _{IO} , -7V ≤ (V _{R2} 或 V _{R1}) ≤ 12V , 或者 R1 端接至 R2	-250		250	mA
I _{OZD}	全双工模式下 R1 和 R2 上的驱动器高阻抗输出漏电流	MODE2、MODE1、MODE0 = 011 , DIR = GND , V _{CC} = GND 或 5.5V , V _O = -7V、+12V	-125		125	μA
		MODE2、MODE1、MODE0 = 011 , DIR = GND , V _{CC} = 5.5V , V _O = -7V、+12V	- 325		350	μA
接收器_RS-485						
I _I	总线输入电流 (禁用端接)	半双工和全双工模式 , DIR = 0V , V _{CC} 和 V _{IO} = 0V 或 5.5V	V _I = 12V	75	125	μ A
			V _I = -7V	-125	-70	μ A
I _{RXT}	启用端接时的接收器总线输入漏电流	全双工模式 , V _{CC} 和 V _{IO} = 5.5V , TERM = V _{IO}	V _I = -7V 至 12V	-325		325 μ A
V _{TH+}	正向输入阈值电压 ⁽¹⁾	在 -7V 至 12V 的共模范围内测量		- 70	- 40	mV
V _{TH-}	负向输入阈值电压 ⁽¹⁾			-200	-150	mV
V _{HYS}	输入迟滞			25	80	mV
C _{A,B}	输入差分电容	在 R3 和 R4 之间测量 , f = 1MHz		45		pF
V _{OH}	输出高电压 , L2 引脚	I _{OH} = - 4mA , V _{IO} = 3V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V	V _{IO} - 0.4	V _{IO} - 0.2		V
V _{OL}	输出低电压 , L2 引脚	I _{OL} = 4mA , V _{IO} = 3V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V		0.2	0.4	V
V _{OH}	输出高电压 , L2 引脚	I _{OH} = -2mA , V _{IO} = 1.65V 至 1.95V 或 2.25V 至 2.75V	V _{IO} - 0.4	V _{IO} - 0.2		V
V _{OL}	输出低电压 , L2 引脚	I _{OL} = 2mA , V _{IO} = 1.65V 至 1.95V 或 2.25V 至 2.75V		0.2	0.4	V
I _{OZ}	输出高阻抗电流 , L2 引脚	V _O = 0V 或 V _{IO} , DIR = V _{IO} , MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工模式)	-8		2	μA
驱动器_RS-232						

5.7 电气特性 (续)

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)。除非另有说明, 否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
V _{OH}	高电平输出电压	所有 DOUT (R3、R4、R6) (R _L = 3kΩ 至 GND , DIN (L3、L4、L6) = GND ; V _{CC} = 3V 至 3.6V)		5	5.5	7.2	V
V _{OL}	低电平输出电压	所有 DOUT (R3、R4、R6) (R _L = 3kΩ 至 GND , DIN (L3、L4、L6) = V _{IO} ; V _{CC} = 3V 至 3.6V)		-7.2	-5.5	-5	V
V _{OH}	高电平输出电压	所有 DOUT (R3、R4、R6) (R _L = 3kΩ 至 GND , DIN (L3、L4、L6) = GND ; V _{CC} = 4.5V 至 5.5V)		7.8	9	11	V
V _{OL}	低电平输出电压	所有 DOUT (R3、R4、R6) (R _L = 3kΩ 至 GND , DIN (L3、L4、L6) = V _{IO} ; V _{CC} = 4.5V 至 5.5V)		-11	-9	-7.8	V
I _{OS}	短路输出电流 ⁽²⁾	V _{CC} = 3.6V	V _O = 0V		±35	±60	mA
		V _{CC} = 5.5V	V _O = 0V				
r _o	R3、R4、R6 上的输出电阻	V _{CC} = 0V , V ₊ = 0V , V ₋ = 0V	V _O = ±2V		300	10M	Ω
I _{off}	R3、R4、R6 上的输出漏电流	SHDN = GND	V _O = ±12V	V _{CC} = 3V 至 3.6V	±125		μ A
			V _O = ±10V	V _{CC} = 4.5V 至 5.5V	±125		μ A
接收器_RS-232							
V _{OH}	高电平输出电压 L1/L2/L5/L7/L8	I _{OH} = - 4mA , V _{IO} = 3V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V		V _{IO} - 0.5	V _{IO} - 0.2	V	
		I _{OH} = -2mA , V _{IO} = 1.65V 至 1.95V 或 2.25V 至 2.75V		V _{IO} - 0.48	V _{IO} - 0.2	V	
V _{OL}	低电平输出电压 L1/L2/L5/L7/L8	I _{OL} = 4mA , V _{IO} = 3V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V				0.4	V
		I _{OL} = 2mA , V _{IO} = 1.65V 至 1.95V 或 2.25V 至 2.75V				0.4	V
V _{IT+}	RS-232 接收器输入 (R1、R2、R5、R7、R8) 上的正向输入阈值电压	V _{CC} = 3.3V		1.6		2.4	V
		V _{CC} = 5V		1.9		2.4	V
V _{IT-}	RS-232 接收器输入 (R1、R2、R5、R7、R8) 上的负向输入阈值电压	V _{CC} = 3.3V		0.6	1.1	V	
		V _{CC} = 5V		0.8	1.4	V	
V _{hys}	接收器输入上的输入迟滞 (V _{IT+} - V _{IT-})			0.4	0.5	V	
I _{off}	接收器输出引脚 L1/L2/L5/L7/L8 上的输出漏电流	SHDN = 0V		±0.05		±10	μ A
r _I	接收器输入引脚上的输入电阻	-15V ≤ V _I ≤ 15V		3	5	7	kΩ
过热保护							
T _{SHDN}	热关断阈值	温度上升		150	170	°C	
T _{HYS}	热关断迟滞			15		°C	
电源							
UV _{VCC} (rising)	V _{CC} 上升欠压阈值			2.5		2.8	V
UV _{VCC} (falling)	V _{CC} 下降欠压阈值			1.9	2.1	V	
UV _{VCC} (hys)	V _{CC} 的欠压迟滞			100	400	mV	
UV _{VIO} (rising)	V _{IO} 上升欠压阈值			1.5		1.6	V
UV _{VIO} (falling)	V _{IO} 下降欠压阈值			1.2	1.4	V	
UV _{VIO} (hys)	V _{IO} 的欠压迟滞			85	100	mV	

5.7 电气特性 (续)

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)。除非另有说明, 否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{CC_SHDN}	关断模式下的电源电流	$V_{CC} = 4.5V$ 至 $5.5V$, $\overline{SHDN} = GND$, 所有其他逻辑输入引脚悬空, 总线上无负载, $T_A \leq 125^\circ C$		5	20	μA
		$V_{CC} = 3V$ 至 $3.6V$, $\overline{SHDN} = GND$, 所有其他逻辑输入引脚悬空, 总线上无负载, $T_A \leq 125^\circ C$		3	15	μA
		$V_{CC} = 4.5V$ 至 $5.5V$, $\overline{SHDN} = GND$, 所有其他逻辑输入引脚悬空, 总线上无负载, $T_A \leq 105^\circ C$		5	15	μA
		$V_{CC} = 3V$ 至 $3.6V$, $\overline{SHDN} = GND$, 所有其他逻辑输入引脚悬空, 总线上无负载, $T_A \leq 105^\circ C$		3	10	μA
I_{IO_SHDN}	关断模式下的逻辑电源电流	$V_{IO} = 1.65V$ 至 $5.5V$, $\overline{SHDN} = GND$, 所有其他逻辑输入引脚悬空			3	μA
I_{CC_485}	电源电流 (静态), $V_{CC} = 4.5V$ 至 $5.5V$ TERM = 悬空或低电平, SLR = X	驱动器和接收器被启用, $DIR = V_{IO}$, MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工)	无负载	1.7	3.5	mA
		驱动器被启用, 接收器被禁用, $DIR = V_{IO}$, MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	1.3	2.8	mA
		驱动器被禁用, 接收器被启用, $DIR = GND$, MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	0.8	1.5	mA
I_{CC_485}	电源电流 (静态), $V_{CC} = 3V$ 至 $3.6V$ TERM = 悬空或低电平, SLR = X	驱动器和接收器被启用, $DIR = V_{IO}$, MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工)	无负载	1.5	2.9	mA
		驱动器被启用, 接收器被禁用, $DIR = V_{IO}$, MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	1	2.4	mA
		驱动器被禁用, 接收器被启用, $DIR = GND$, MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	0.7	1.3	mA
I_{IO_485}	逻辑电源电流 (静态), $V_{IO} = 3V$ 至 $3.6V$ TERM = 悬空	驱动器被禁用, 接收器被启用, $SLR = GND$, $DIR = GND$; MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	7	17	μA
		驱动器被禁用, 接收器被启用, $SLR = V_{IO}$; $DIR = GND$; MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工)	无负载	8	21	μA
I_{CCDT_485}	RS-485 驱动器端接模式下的电源电流	驱动器被启用且端接开启; MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工)	$DIR = V_{IO}$	38	50	mA
I_{CCRT_485}	RS-485 接收器端接模式下的电源电流	接收器被启用且端接开启; MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工)	$DIR = GND$, TERM = V_{IO}	1	1.5	mA
I_{CC_RS232}	RS-232 模式下的电源电流	MODE2、MODE1、MODE0 = 001, $\overline{SHDN} = V_{IO}$; 其他逻辑输入悬空	无负载	4	6	mA
$I_{CC_RS232_LB}$	RS-232 环回模式下的电源电流	MODE2 = 1、MODE1 = 0, MODE0 = 0; L3 = L4 = L6 = 静态逻辑高电平, $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$	RS-232 驱动器或逻辑输出上无额外负载	25	31	mA
$I_{CC_RS485_LB}$	RS-485 环回模式下的电源电流	MODE2 = MODE1 = MODE0 = V_{IO} ; L3 = 静态逻辑高电平	总线或逻辑输出上无负载	3	4	mA
片上端接电阻器_RS-485						
R_{TERM_FD}	接收器输出 R3/R4 端子之间的 120 Ω 端接电阻	MODE2 = MODE1 = MODE0 = 011 (全双工); TERM = V_{IO} , $V_{R3R4} = 2V$, $V_{R4} = -7V$ 、0V、10V; 请参阅 图 6-9	102	120	138	Ω
逻辑						
I_{IN}	输入电流 (L3、L4、L6、DIR、SHDN、SLR、TERM、MODE2、MODE1、MODE0)	$1.65V \leq V_{IO} \leq 5.5V$, $0V \leq V_{IN} \leq V_{IO}$	-20		5	μA
$V_{IT+(IN)}$	上升阈值: 逻辑输入	$1.65V \leq V_{IO} \leq 5.5V$	$0.6 \times V_{IO}$ $0.7 \times V_{IO}$		V	
$V_{IT-(IN)}$	下降阈值: 逻辑输入		$0.3 \times V_{IO}$ $0.4 \times V_{IO}$		V	
$V_{IN(HYS)}$	输入阈值: 逻辑输入		$0.1 \times V_{IO}$ $0.2 \times V_{IO}$		V	

- 在任何特定情况下, 确保 V_{TH+} 至少比 V_{TH-} 高 V_{HYS} 。
- 必须控制短路持续时间, 以防止超过器件的绝对功率耗散额定值, 并且一次不得短接多个输出。

5.8 开关特性_RS-485_500kbps

500Kbps (其中 $SLR = V_{IO}$)，在建议运行条件下测得。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。(1)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
驱动器							
t_r, t_f	差分输出上升/下降时间	$R_L = 54\ \Omega, C_L = 50\text{pF}$ 请参阅图 6-3	$V_{CC} = 3\text{V}$ 至 3.6V ，典型值为 3.3V	210	300	600	ns
			$V_{CC} = 4.5\text{V}$ 至 5.5V ，典型值为 5V	250	300	600	ns
t_{PHL}, t_{PLH}	传播延迟		$V_{CC} = 3\text{V}$ 至 3.6V ，典型值为 3.3V		250	450	ns
			$V_{CC} = 4.5\text{V}$ 至 5.5V ，典型值为 5V		250	450	ns
$t_{SK(P)}$	脉冲延迟， $ t_{PHL} - t_{PLH} $		$V_{CC} = 3\text{V}$ 至 3.6V ，典型值为 3.3V		2	15	ns
			$V_{CC} = 4.5\text{V}$ 至 5.5V ，典型值为 5V		2	15	ns
t_{PHZ}, t_{PLZ}	禁用时间	MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工) 或 011 (全双工)	请参阅图 6-4		80	150	ns
t_{PZH}, t_{PZL}	启用时间	MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工)：接收器被启用			200	650	ns
接收器							
t_r, t_f	输出上升/下降时间	$C_L = 15\text{pF}$	请参阅图 6-4		5	10	ns
t_{PHL}, t_{PLH}	传播延迟				700	1200	ns
$t_{SK(P)}$	脉冲延迟， $ t_{PHL} - t_{PLH} $				10	45	ns
t_{PHZ}, t_{PLZ}	半双工模式下的禁用时间	MODE2、MODE1、MODE0 = 010	请参阅图 6-7		30	80	ns
$t_{PZH(1)}, t_{PZL(1)}$	半双工模式下的使能时间				60	155	ns
					450	1250	ns
$t_{PZH(2)}, t_{PZL(2)}$	在全双工模式下禁用 TX 时从关断开始的启用时间	DIR = 0V；MODE2、MODE1、MODE0 = 011	请参阅图 6-8		7	16	μs

(1) 在全双工模式下，R3、R4 为 RX 输入端子，R2/R1 为驱动器输出端子

5.9 开关特性_RS-485_20Mbps

20Mbps ($SLR = GND$)，在建议运行条件下测得。所有典型值均在 25°C 和电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 时测得。(1)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位	
驱动器								
t _r , t _f	差分输出上升/下降时间	R _L = 54 Ω , C _L = 50pF 请参阅图 6-3	V _{CC} = 3V 至 3.6V , 典型值为 3.3V	5	10	15	ns	
			V _{CC} = 4.5V 至 5.5V , 典型值为 5V	5	10	15	ns	
t _{PHL} , t _{PLH}	传播延迟		V _{IO} = 1.65V 至 1.95V	14	25	58	ns	
			V _{IO} = 3V 至 3.6V	9	20	46	ns	
t _{SK(P)}	脉冲延迟, t _{PHL} - t _{PLH}		V _{CC} = 3V 至 3.6V , 典型值为 3.3V		1	3.5	ns	
			V _{CC} = 4.5V 至 5.5V , 典型值为 5V		1	3.5	ns	
t _{PHZ} , t _{PLZ}	禁用时间		MODE2、MODE1、MODE0 = 010 (半双工) 或 011 (全双工)	请参阅图 6-4		11	65	ns
t _{PZH} , t _{PZL}	启用时间		MODE2、MODE1、MODE0 = 011 (全双工) : 接收器被启用			8	80	ns
接收器								

5.9 开关特性_RS-485_20Mbps (续)

20Mbps (SLR = GND), 在建议运行条件下测得。所有典型值均在 25°C 和电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 时测得。(1)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t _r , t _f	输出上升/下降时间	C _L = 15pF	请参阅图 6-6		5	10	ns
t _{PHL} , t _{PLH}	传播延迟				40	70	ns
t _{SK(P)}	脉冲延迟, t _{PHL} - t _{PLH}					10	ns
t _{PHZ} , t _{PLZ}	半双工模式下的禁用时间	MODE2、MODE1、MODE0 = 010	请参阅图 6-7		20	80	ns
t _{PZH(1)} 、 t _{PZL(1)}	半双工模式下的启用时间（包括根据设置确定的驱动器禁用时间）				50	160	ns
t _{PZH(2)} 、 t _{PZL(2)}	在全双工模式下禁用 TX 时从关断开始的启用时间	DIR = 0V；MODE2、MODE1、MODE0 = 011	请参阅图 6-8		4	15	μ s

(1) 在全双工模式下, R3、R4 为 RX 输入端子, R2/R1 为驱动器输出端子。

5.10 开关特性, 驱动器_RS232

在推荐的电源电压范围和自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另外注明) (1)

参数		测试条件		最小值	典型值 ⁽²⁾	最大值	单位
250kbps							
	最大数据速率	R _L = 3k Ω 单 DOUT 开关	C _L = 2500pF 请参阅图 6-16	250	500		kbps
t _{PHL} , t _{PHL}	发送器传播延迟	R _L = 3kΩ 至 7kΩ	C _L = 150pF 至 2500pF 请参阅图 6-16	0.8		2	μs
t _{sk(p)}	发送器脉冲偏移 ⁽³⁾			220		600	ns
SR(tr)	压摆率, 转换区域	V _{CC} = 3.3V ± 10% , 5V ± 10% , R _L = 3k Ω 至 7k Ω , 请参阅图 6-17	C _L = 150pF 至 1000pF	6		30	V/μs
			C _L = 150pF 至 2500pF	4		30	
1Mbps							
	最大数据速率	R _L = 3k Ω 一个 DOUT 开关, 请参阅图 6-16	C _L = 250pF , V _{CC} = 3V 至 3.6V	1000			kbps
			C _L = 1000pF , V _{CC} = 4.5V 至 5.5V	1000			kbps
t _{PLH} 、 t _{PHL}	发送器传播延迟	R _L = 3k Ω 至 7k Ω , 请参阅图 6-16	C _L = 150pF 至 1000pF	300		800	ns
t _{sk(p)}	脉冲偏移 ⁽³⁾			25		150	ns
SR(tr)	压摆率, 转换区域	R _L = 3k Ω 至 7k Ω , V _{CC} = 4.5V 至 5.5V	C _L = 150pF 至 1000pF 请参阅图 6-17	18		150	V/μs
		R _L = 3k Ω 至 7k Ω , V _{CC} = 3V 至 3.6V		15		150	V/μs

(1) 测试条件为 $C1 - C4 = 0.1 \mu F$ ($V_{CC} = 3.3V + 0.3V$); $V_{CC} = 5V \pm 0.5V$ 。

(2) 所有典型值均在 $V_{CC} = 3.3V$ 或 $V_{CC} = 5V$ 且 $T_A = 25^\circ C$ 时测得。

(3) 脉冲偏移定义为同一器件每个通道的 $|t_{PLH} - t_{PHL}|$ 。

5.11 开关特性, 接收器_RS232

在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) (1)

参数	测试条件	最小值	典型值(2)	最大值	单位
250kbps					
t_{PLH}	传播延迟时间, 低电平到高电平输出	$C_L = 150pF$, 请参阅图 6-18	150	550	ns
t_{PHL}	传播延迟时间, 高电平到低电平输出		150	550	ns
t_{PLH}	传播延迟时间, 低电平到高电平输出	$C_L = 15pF$, 请参阅图 6-18	130	520	ns
t_{PHL}	传播延迟时间, 高电平到低电平输出		130	520	ns

5.11 开关特性，接收器_RS232（续）

在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

参数		测试条件	最小值	典型值 (2)	最大值	单位
t_{R_232} , t_{F_232}	上升/下降时间（接收器缓冲器输出）， $V_{IO} = 3V$ 至 5.5V	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		20	50	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		5	10	ns
	上升/下降时间（接收器缓冲器输出）， $V_{IO} = 1.65V$ 至 2.75V	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		40	90	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		10	20	ns
t_{en}	输出使能时间	$C_L = 150pF$ ， $R_L = 3k\Omega$ ，请参阅图 6-19		6	14	μs
t_{dis}	输出禁用时间			100	200	ns
$t_{sk(p)}$	脉冲偏移(3)	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		50	135	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		50	135	ns
1Mbps						
t_{PLH}	传播延迟时间，低电平到高电平输出	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		150	550	ns
t_{PHL}	传播延迟时间，高电平到低电平输出			150	550	ns
t_{PLH}	传播延迟时间，低电平到高电平输出	$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		130	520	ns
t_{PHL}	传播延迟时间，高电平到低电平输出			130	520	ns
t_{R_232} , t_{F_232}	上升/下降时间（接收器缓冲器输出）， $V_{IO} = 3V$ 至 5.5V	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		20	50	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		5	10	ns
	上升/下降时间（接收器缓冲器输出）， $V_{IO} = 1.65V$ 至 2.75V	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		40	90	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		10	20	ns
t_{en}	输出使能时间	$C_L = 150pF$ ， $R_L = 3k\Omega$ ，请参阅图 6-19		6	14	μs
t_{dis}	输出禁用时间			100	200	ns
$t_{sk(p)}$	脉冲偏移(3)	$C_L = 150pF$ ，请参阅图 6-18		50	125	ns
		$C_L = 15pF$ ，请参阅图 6-18		50	125	ns

(1) 测试条件为 $C1 - C4 = 0.1 \mu F$ ($V_{CC} = 3.3V \pm 0.3V$)； $C1 = 0.047 \mu F$ ， $C2 - C4 = 0.33 \mu F$ ($V_{CC} = 5V \pm 0.5V$)。

(2) 所有典型值均在 $V_{CC} = 3.3V$ 或 $V_{CC} = 5V$ 且 $T_A = 25^\circ C$ 时测得。

(3) 脉冲偏移定义为同一器件每个通道的 $|t_{PLH} - t_{PHL}|$ 。

5.12 开关特性_模式切换

建议工作条件下的参数。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 $25^\circ C$ 、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{RDY}	从关断到 RS-232 就绪的时间		0.05	0.6	ms
			0.1	0.6	ms
t_{R2_R4}	从 RS-232 3T5R 模式切换到 RS-485 全双工模式所需的时间		0.04	0.1	μs
t_{R4_R2}	从 RS-485 全双工模式切换到 RS-232 3T5R 模式所需的时间		2	2.1	μs
t_{LP_RS232}	从 RS-232 环回模式切换到正常 RS-232 模式所需的时间		2	2.4	μs
t_{RS232_LP}	从正常 RS-232 模式切换到 RS-232 环回模式所需的时间		2	15	μs
t_{LP_RS485}	从 RS-485 环回模式切换到 RS-485 全双工模式所需的时间		40	50	μs

5.12 开关特性_模式切换（续）

建议工作条件下的参数。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{RS485_LP}	从 RS-485 全双工模式切换至 RS-485 环回模式所需的时间 MODE1 = MODE0 = V_{IO} ；MODE2 从 GND 至 V_{IO} ；SHDN = V_{IO} ，SLR，TERM = 悬空；L3 = GND，从 MODE2 上升沿的 50% 到 L2 上 50% 下降沿的时间；请参阅图 6-14		1	2	μs
t_{FHD_RS485}	从 RS-485 全双工模式切换到半双工模式所需的时间 DIR = V_{IO} ，MODE2 = GND，MODE1 = V_{IO} ；MODE0 从 V_{IO} 至 GND；SHDN = V_{IO} ，SLR，TERM = 悬空；L3 = GND，L2 上的 10k 下拉电阻器，从 MODE0 下降沿的 50% 到 L2 上 50% 下降沿的时间；请参阅图 6-15		0.5	1	μs
t_{HFD_RS485}	从 RS-485 半双工模式切换到全双工模式所需的时间 DIR = V_{IO} ，MODE2 = GND，MODE1 = V_{IO} ；MODE0 从 GND 至 V_{IO} ；SHDN = V_{IO} ，SLR，TERM = 悬空；L3 = GND，L2 上的 10k 下拉电阻器，从 MODE0 上升沿的 50% 到 L2 上 50% 上升沿的时间；请参阅图 6-15		0.5	1	μs

5.13 开关特性_RS-485_端接电阻器

建议工作条件下的参数。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{DTEN}	驱动器端子端接电阻器开通时间 MODE2、MODE1、MODE0 = 011； $V_{IO} = 3V$ 至 3.6V，DIR = GND， $V_{R2R1} = 2V$ ， $V_{R1} = 0V$ ；请参阅图 6-10		1000	2200	ns
t_{DTZ}	驱动器端子端接电阻器关闭时间 MODE2、MODE1、MODE0 = 011； $V_{IO} = 3V$ 至 3.6V，DIR = GND， $V_{R2R1} = 2V$ ， $V_{R1} = 0V$ ；请参阅图 6-10		2000	7200	ns

5.14 开关特性_环回模式

建议工作条件下的参数。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

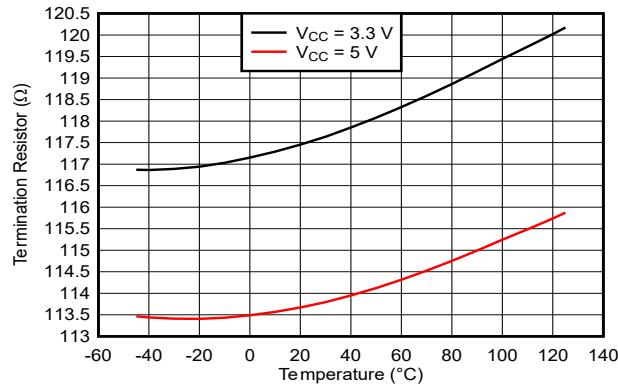
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{LB_RS232_rising}$	在 RS-232 环回模式下从逻辑输入上升沿到逻辑输出上升沿的延迟 MODE2 = V_{IO} 、MODE1、MODE0 = GND；SLR = GND，从 L3/L4/L6 上升沿的 50% 到 L2/L1/L5、L7、L8 上升沿的 50% 的延迟，SHDN = V_{IO} ，TERM 悬空，输出缓冲器上的负载电容 = 15pF，全部 3 个驱动器输出上的 $R_L = 3k\Omega$ ， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		410	920	ns
	MODE2 = V_{IO} 、MODE1、MODE0 = GND；SLR = V_{IO} ，从 L3/L4/L6 上升沿的 50% 到 L2/L1/L5、L7、L8 上升沿的 50% 的延迟，SHDN = V_{IO} ，TERM 悬空，输出缓冲器上的负载电容 = 15pF，全部 3 个驱动器输出上的 $R_L = 3k\Omega$ ， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		640	1100	ns
$t_{LB_RS232_falling}$	在 RS-232 环回模式下从逻辑输入下降沿到逻辑输出下降沿的延迟 MODE2 = V_{IO} 、MODE1、MODE0 = GND；SLR = GND，从 L3/L4/L6 下降沿的 50% 到 L2/L1/L5、L7、L8 下降沿的 50% 的延迟，SHDN = V_{IO} ，TERM 悬空，输出缓冲器上的负载电容 = 15pF，全部 3 个驱动器输出上的 $R_L = 3k\Omega$ ， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		570	760	ns
	MODE2 = V_{IO} 、MODE1、MODE0 = GND；SLR = V_{IO} ，从 L3/L4/L6 下降沿的 50% 到 L2/L1/L5、L7、L8 下降沿的 50% 的延迟，SHDN = V_{IO} ，TERM 悬空，输出缓冲器上的负载电容 = 15pF，全部 3 个驱动器输出上的 $R_L = 3k\Omega$ ， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		600	1500	ns
$t_{SKEW_RS232_LB}$	RS232loopback 模式下从逻辑输入到逻辑输出的脉冲偏移 $ t_{LB_RS232_rising} - t_{LB_RS232_falling} $ ，SLR = V_{IO} ， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		100	860	ns
	$ t_{LB_RS232_rising} - t_{LB_RS232_falling} $ ，SLR = GND， $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$		70	250	ns
$t_{LB_RS485_rising}$	在 RS-485 环回模式下从逻辑输入上升沿到逻辑输出上升沿的延迟 MODE2 = MODE1 = MODE0 = V_{IO} ；SLR = V_{IO} ，从 L3 上升沿的 50% 到 L2 上升沿的 50% 的延迟，SHDN = V_{IO} ，TERM 悬空，L2 上的负载电容 = 15pF，驱动器输出端子上的负载 (R_{2R1}) = 54 Ω		1060	1800	ns

5.14 开关特性_环回模式 (续)

建议工作条件下的参数。除非另有说明，否则所有典型值均在温度为 25°C、电源电压 $V_{CC} = 5V$ 、 $V_{IO} = 3.3V$ 的条件下测得。

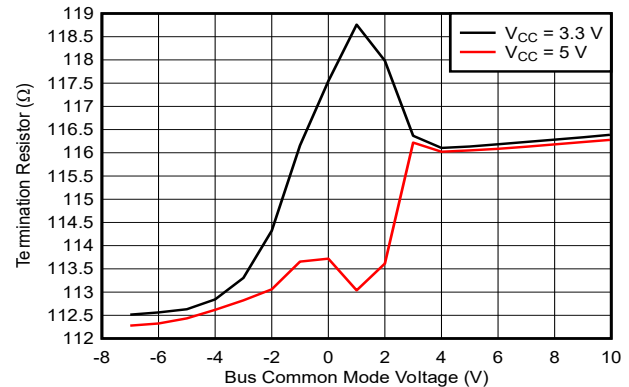
参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{LB_RS485_falling}$	在 RS-485 环回模式下从逻辑输入下降沿到逻辑输出下降沿的延迟	MODE2 = MODE1 = MODE0 = V_{IO} ; SLR = V_{IO} , 从 L3 下降沿的 50% 到 L2 下降沿的 50% 的延迟, $\overline{SHDN} = V_{IO}$, TERM 悬空, L2 上的负载电容 = 15pF, 驱动器输出端子上的负载 (R2R1) = 54 Ω		1060	1800	ns
$t_{SKEW_RS485_LB}$	RS485loopback 模式下从逻辑输入到逻辑输出的脉冲偏移	$ t_{LB_RS485_rising} - t_{LB_RS485_falling} $, SLR = V_{IO}		5	50	ns

5.15 典型特性



RS-485 全双工模式 $V(R3R4) = 2V$

图 5-1. RS-485 端接电阻器与温度之间的关系



RS-485 全双工模式 $V(R3R4) = 2V$

图 5-2. 端接电阻器与总线共模电压之间的关系

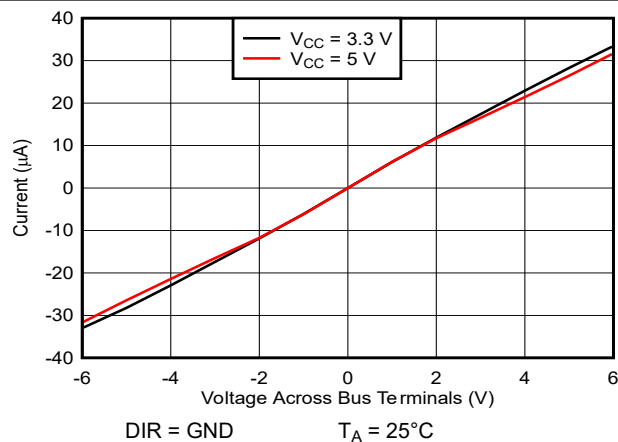


图 5-3. 端接关闭时 R2R1 总线引脚上的电压与电流之间的关系

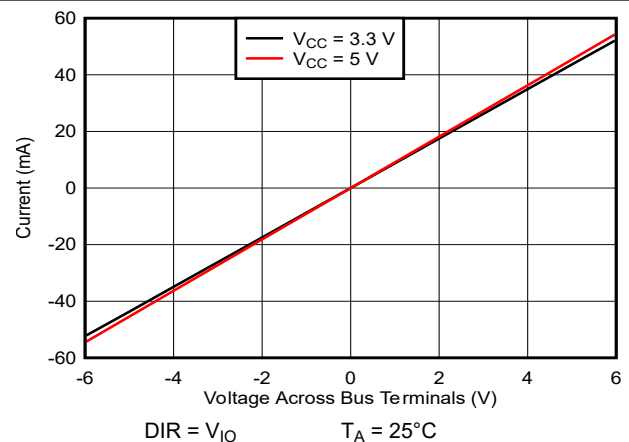


图 5-4. 端接开启时 R2R1 总线引脚上的电压与电流之间的关系

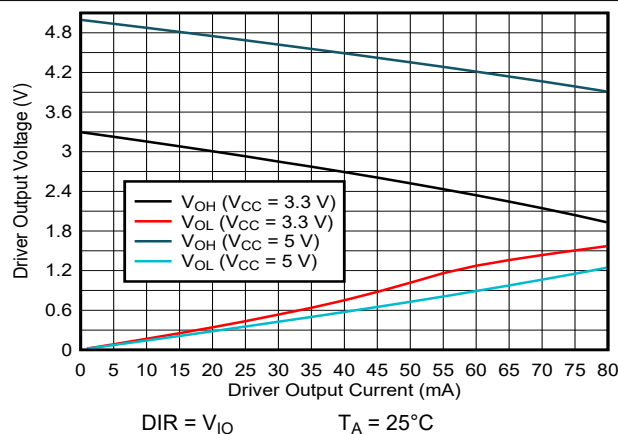


图 5-5. RS-485 驱动器输出电压与驱动器输出电流之间的关系

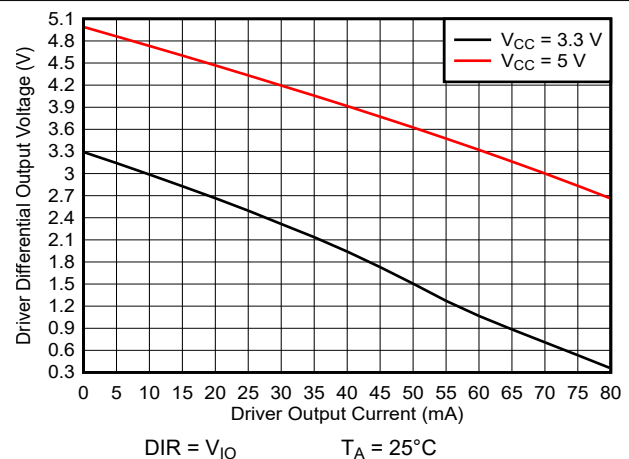


图 5-6. RS-485 驱动器差分输出电压与驱动器输出电流之间的关系

5.15 典型特性 (续)

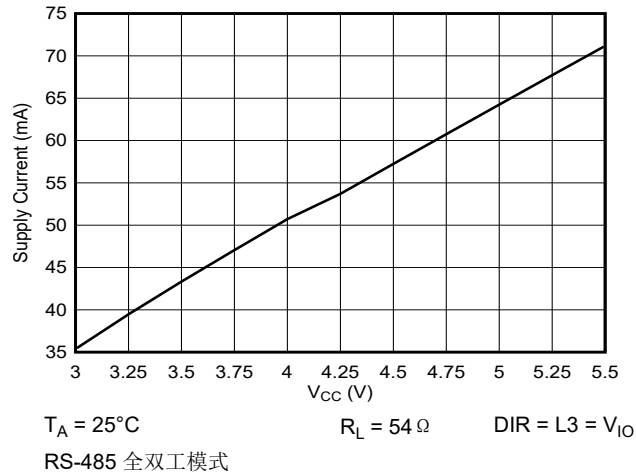


图 5-7. RS-485 电源电流与电源电压间的关系

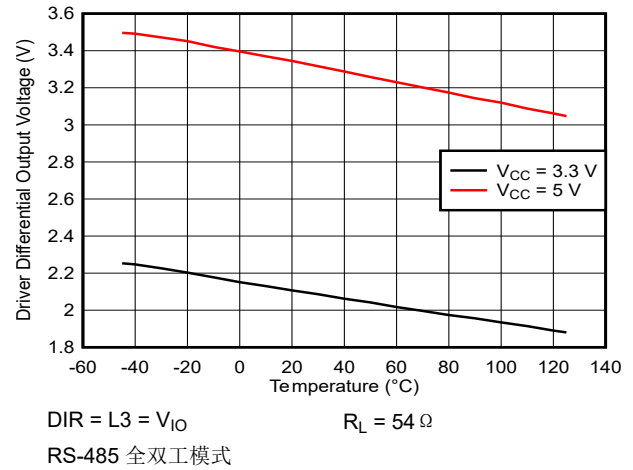


图 5-8. RS-485 驱动器差分输出电压与温度间的关系

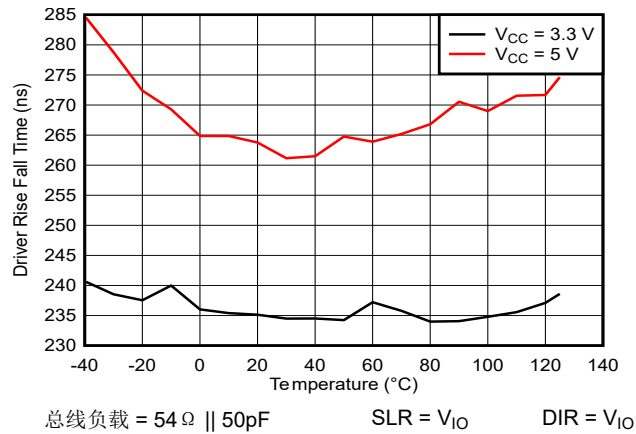


图 5-9. RS-485 500kbps 驱动器上升时间或下降时间与温度间的关系

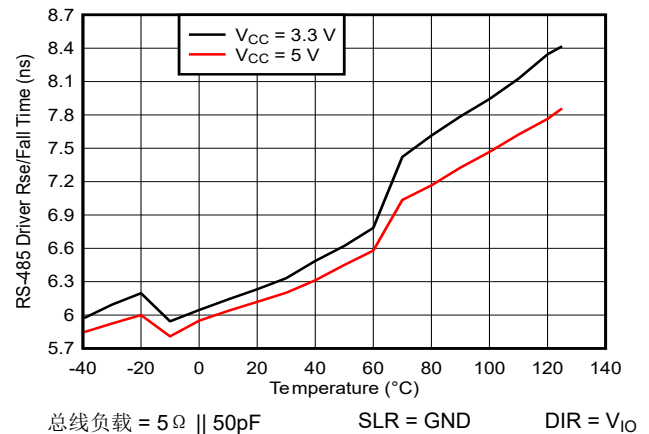


图 5-10. RS-485 20Mbps 驱动器上升时间或下降时间与温度间的关系

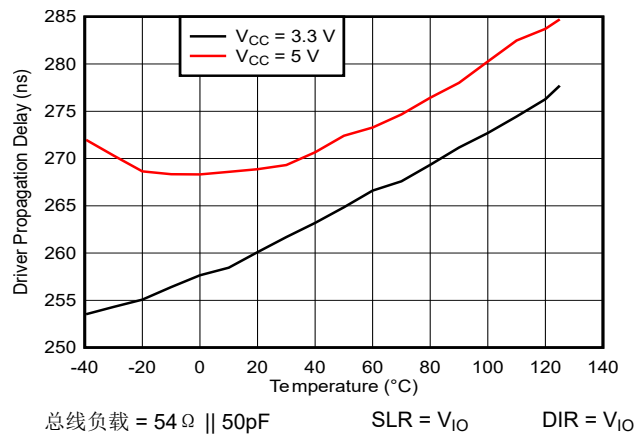


图 5-11. RS-485 500kbps 驱动器传播延迟与温度间的关系

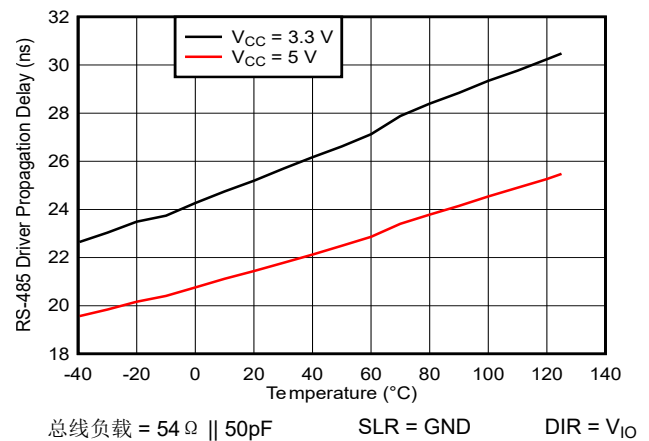


图 5-12. RS-485 20Mbps 驱动器传播延迟与温度间的关系

5.15 典型特性 (续)

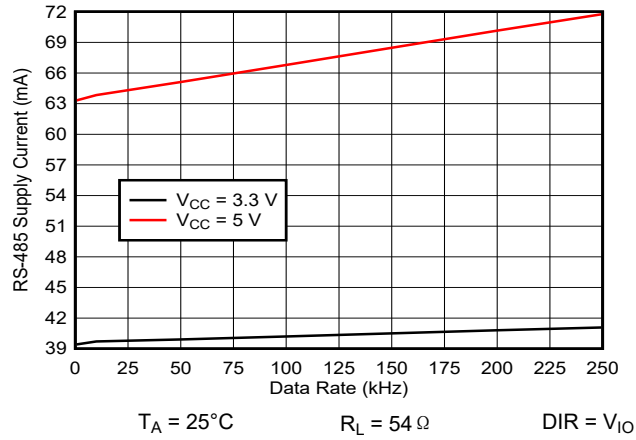


图 5-13. RS-485 500kbps 电源电流与信号传输速率间的关系

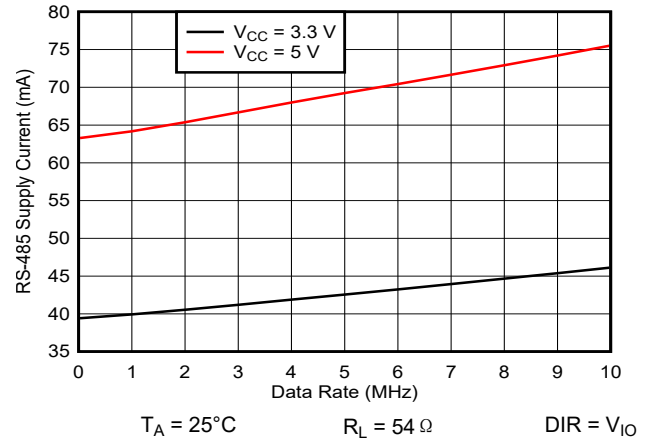


图 5-14. RS-485 20Mbps 电源电流与信号传输速率间的关系

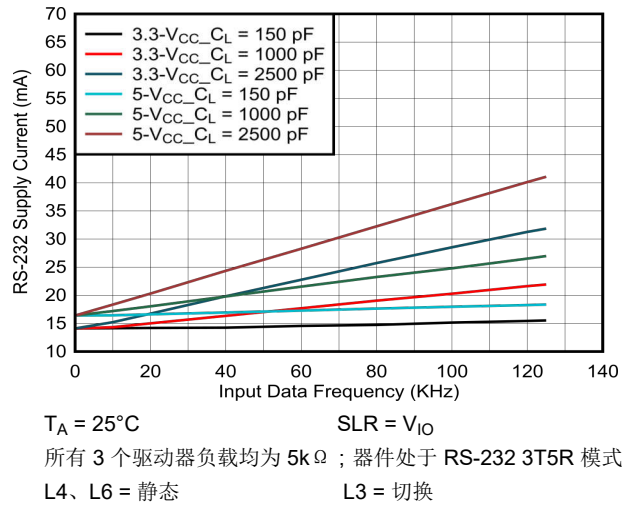


图 5-15. 250kbps 模式下的 RS-232 电源电流与信号传输速率间的关系

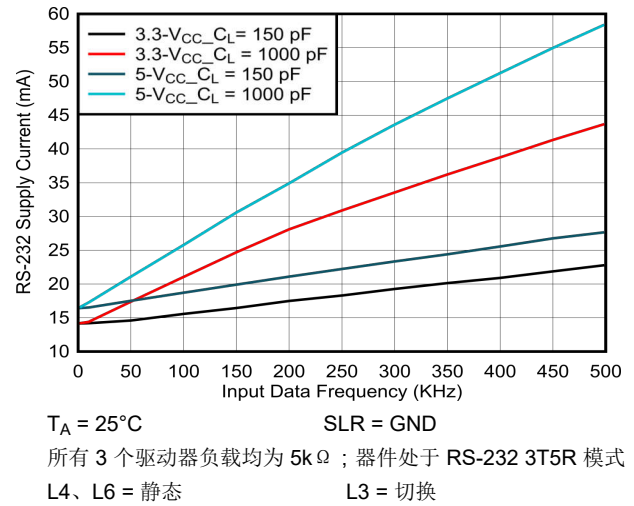


图 5-16. 1Mbps 模式下的 RS-232 电源电流与信号传输速率间的关系

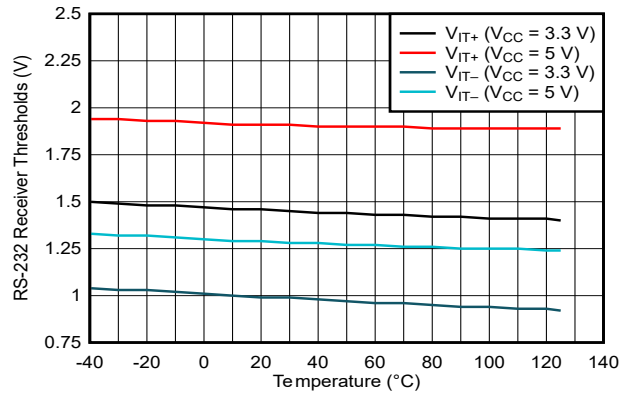


图 5-17. RS-232 接收器阈值与温度间的关系

6 参数测量信息

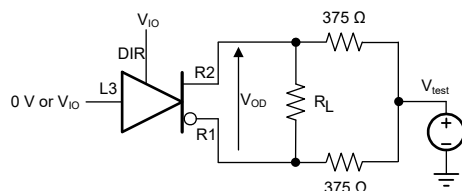


图 6-1. 具有共模负载的 RS-485 驱动器差分输出电压测量

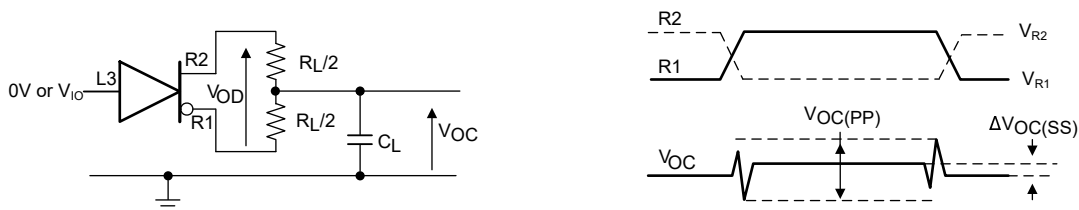


图 6-2. 具有 RS-485 负载的 RS-485 驱动器差分 and 共模输出测量

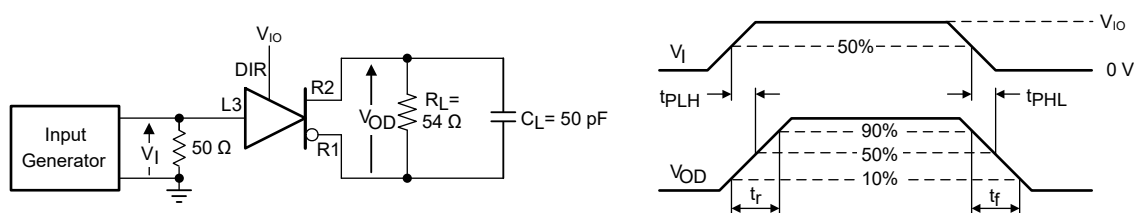


图 6-3. RS-485 驱动差分输出上升和下降时间以及传播延迟测量

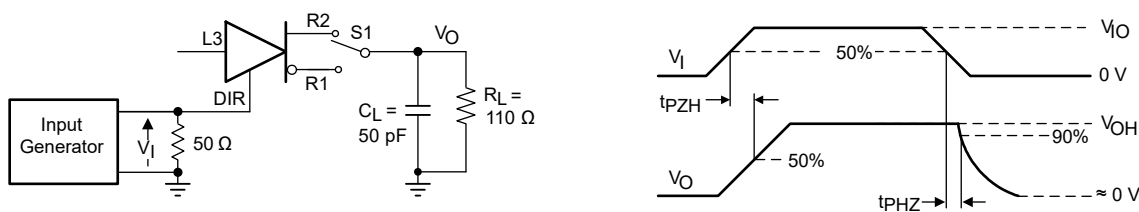


图 6-4. 具有高电平有效输出和下拉负载的 RS-485 驱动器启用和禁用时间测量

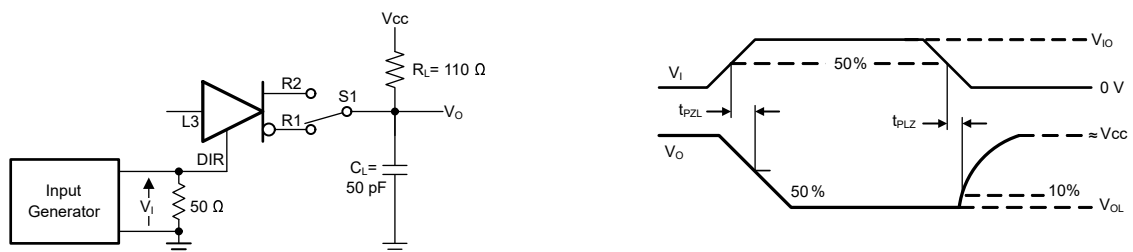


图 6-5. 具有低电平有效输出和上拉负载的 RS-485 驱动器启用和禁用时间测量

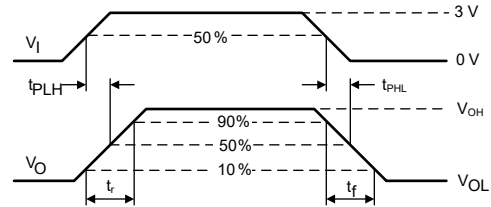
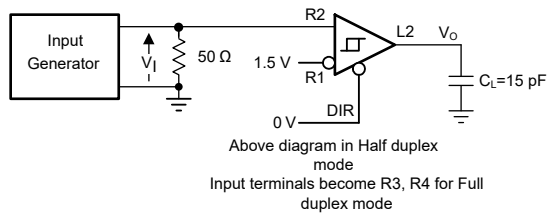


图 6-6. RS-485 接收器输出上升和下降时间以及传播延迟测量

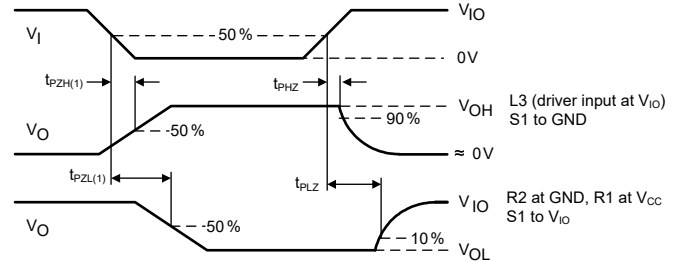
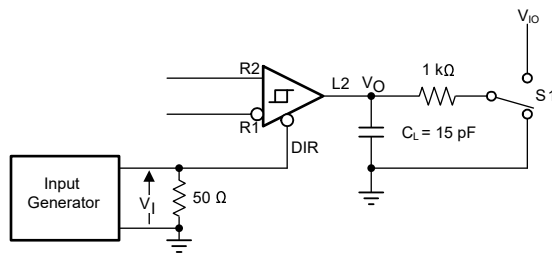


图 6-7. 半双工模式下 RS-485 接收器启用和禁用时间测量

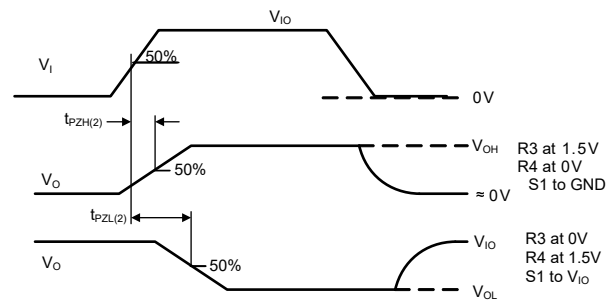
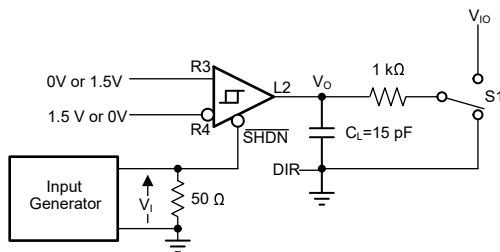


图 6-8. TX 被禁用时 RS-485 接收器从关断开始的启用时间测量：全双工模式

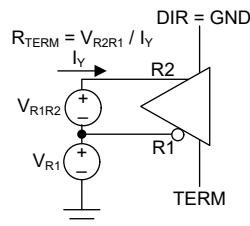


图 6-9. 端接电阻器测量

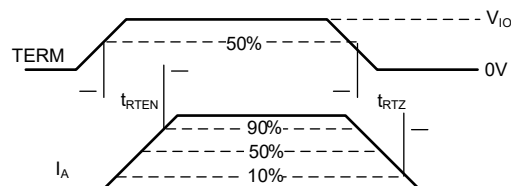
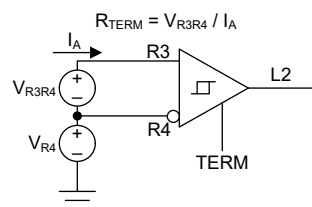


图 6-10. 端接电阻器开关测量



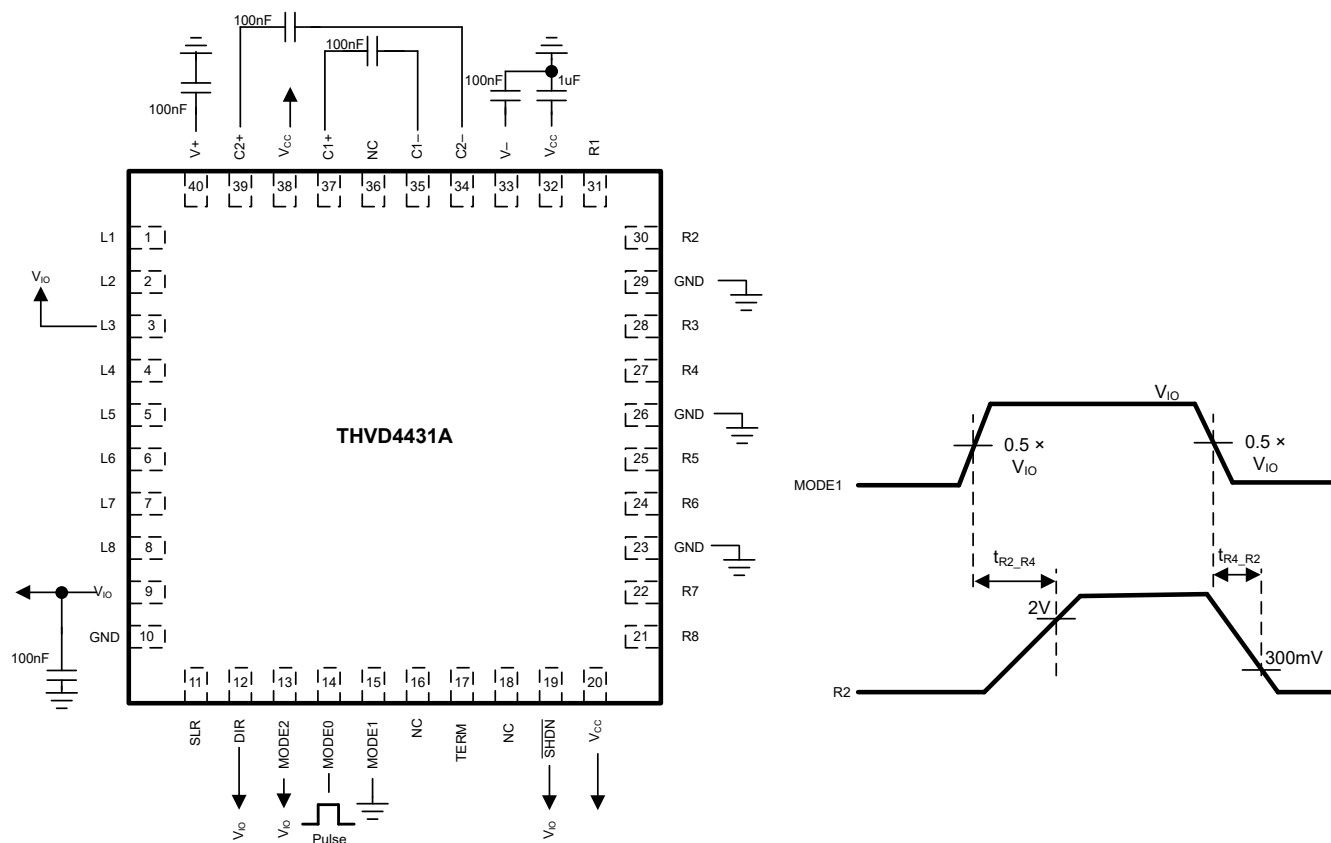


图 6-12. 从 RS-232 3T5R 模式切换到 RS-485 全双工模式和反向切换所需的时间

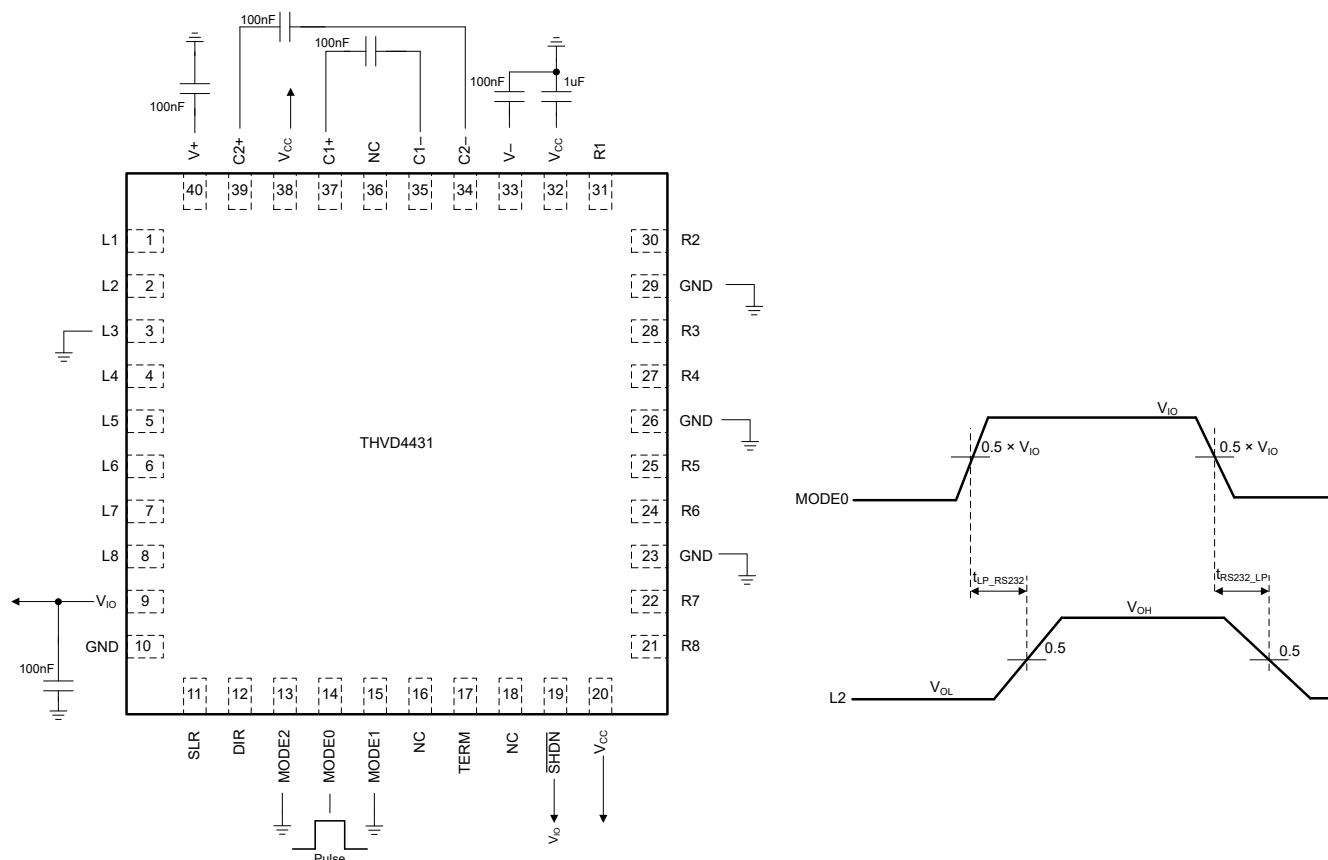


图 6-13. 从 RS-232 模式切换到正常 RS-232 3T5R 模式和反向切换所需的时间

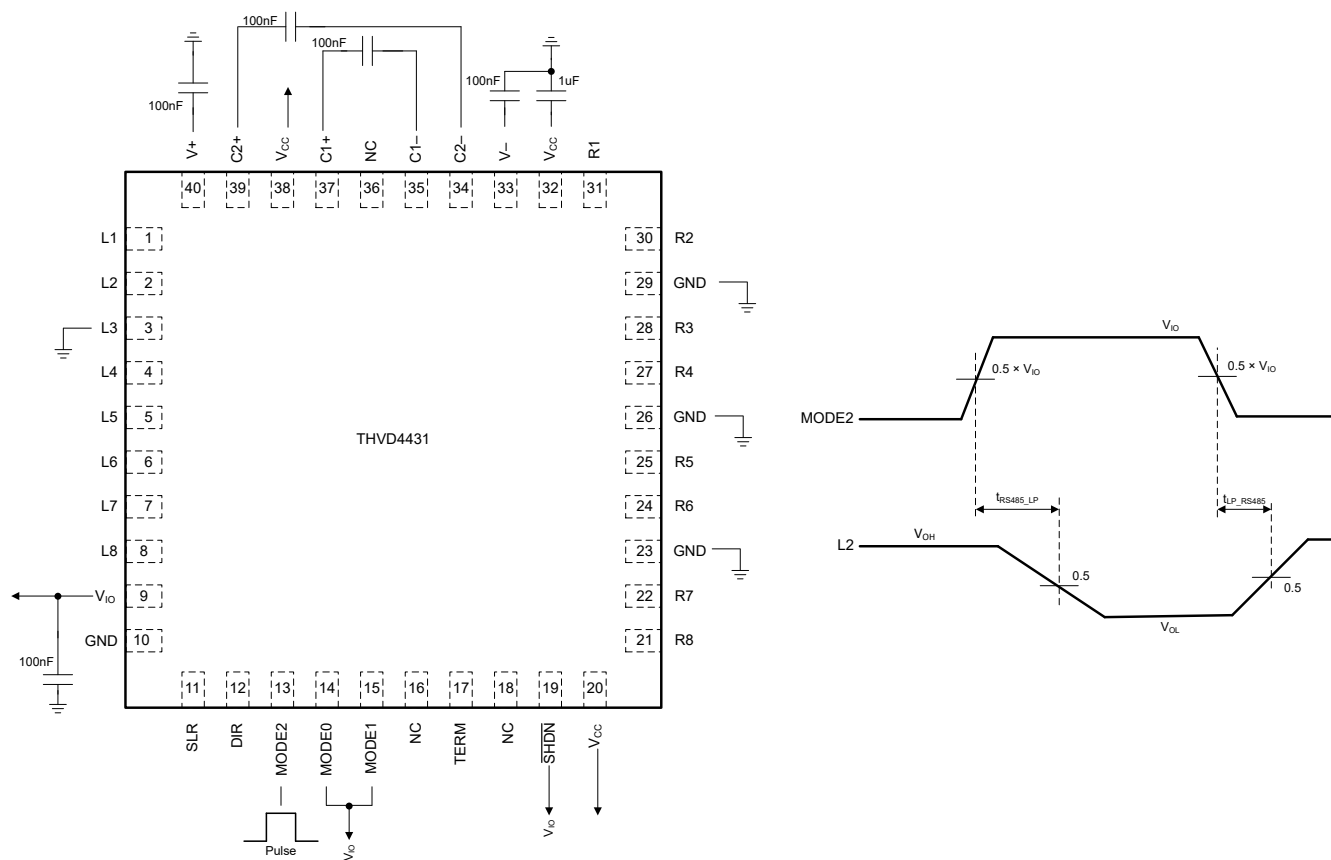


图 6-14. 从 RS-485 环回模式切换到 RS-485 全双工模式和反向切换所需的时间

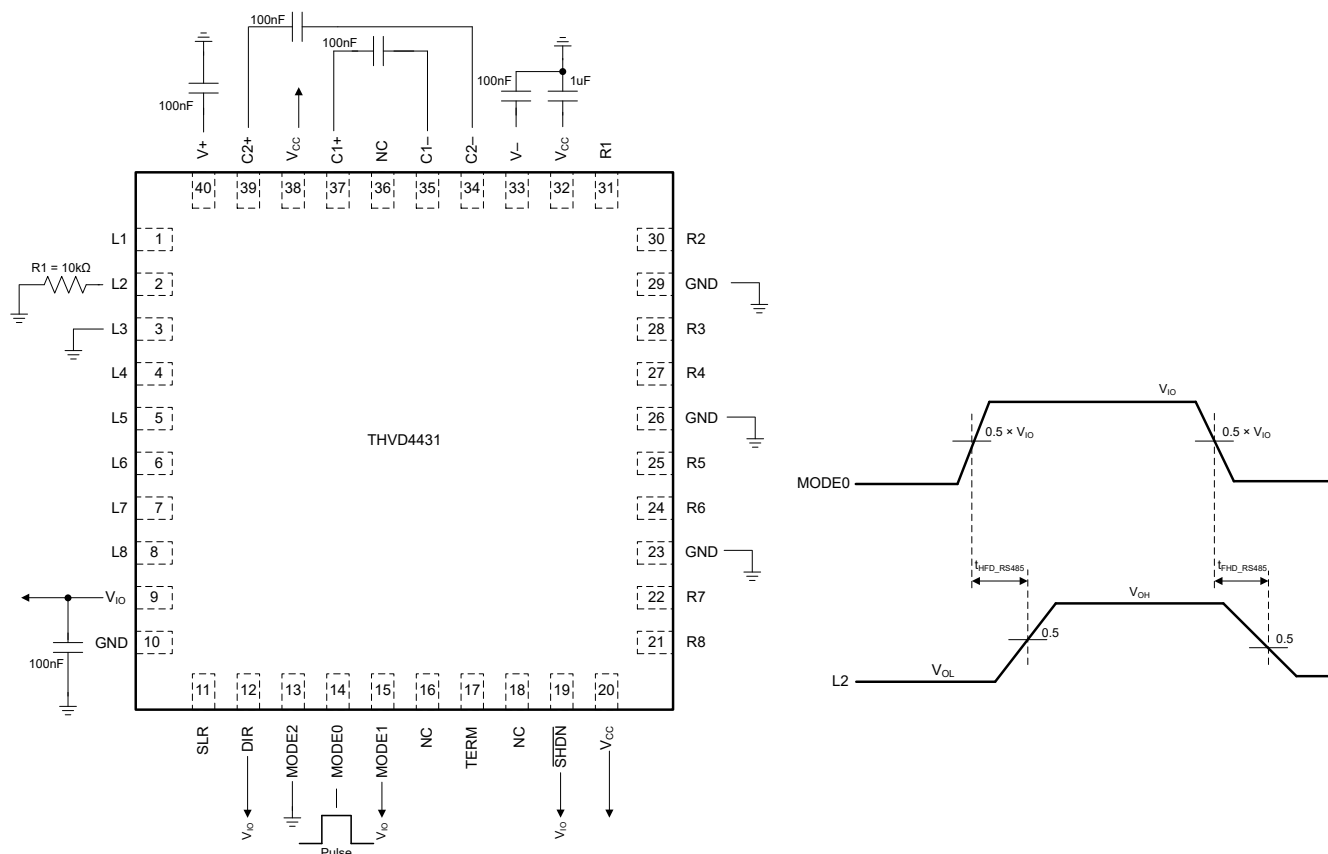


图 6-15. 从 RS-485 全双工切换至半双工和反向切换所需的时间

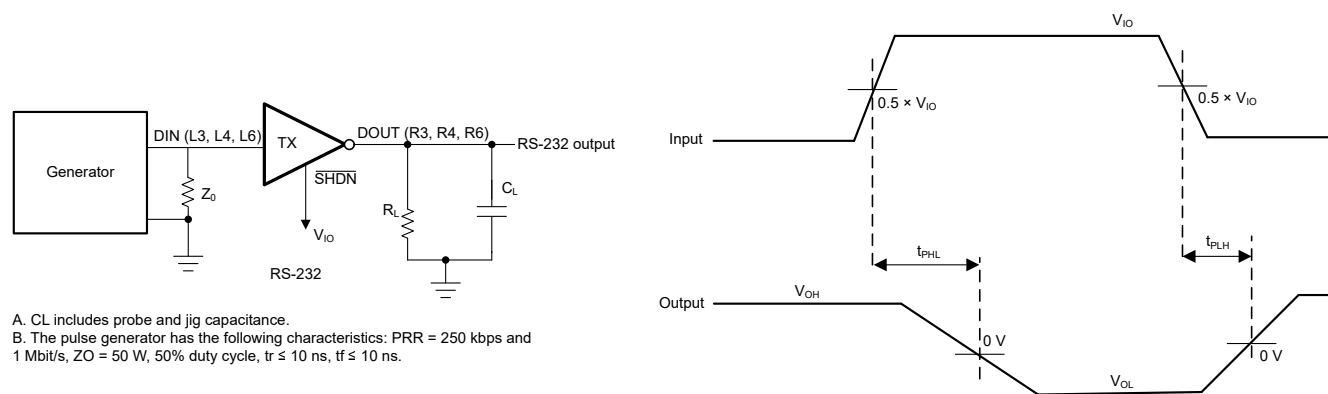


图 6-16. RS-232 驱动器传播延迟，脉冲偏移

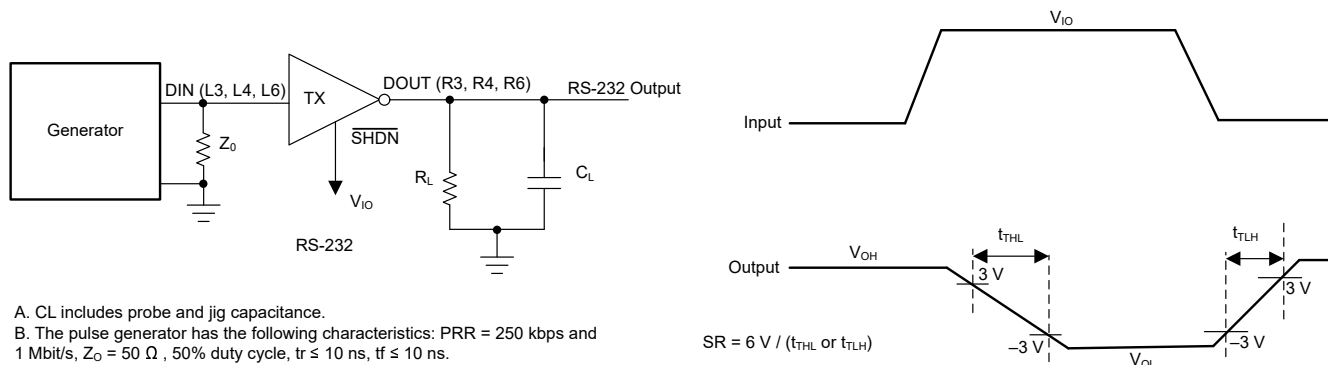


图 6-17. RS-232 驱动器压摆率

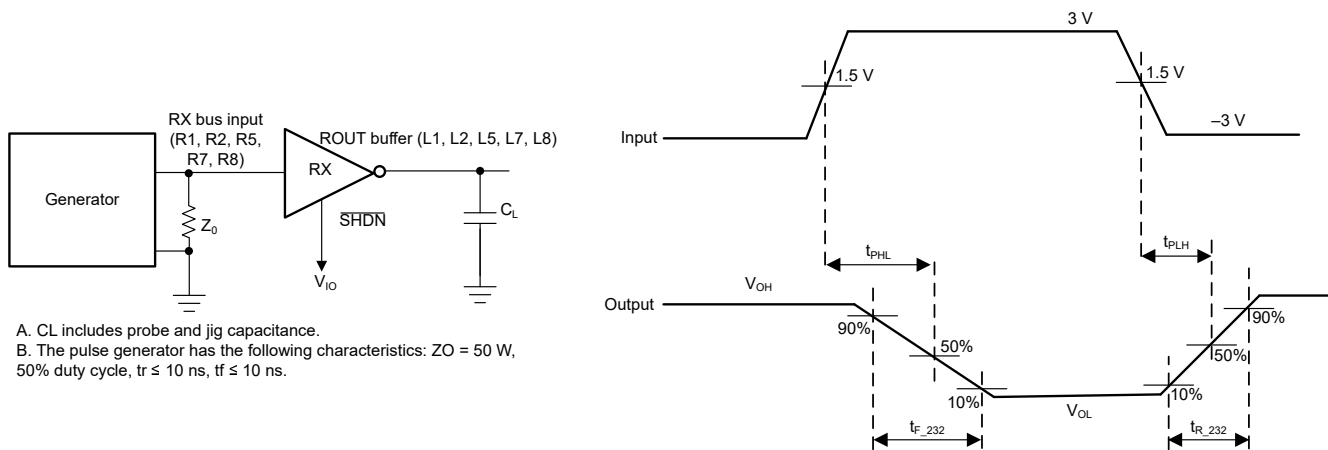


图 6-18. RS-232 接收器传播延迟，脉冲偏移

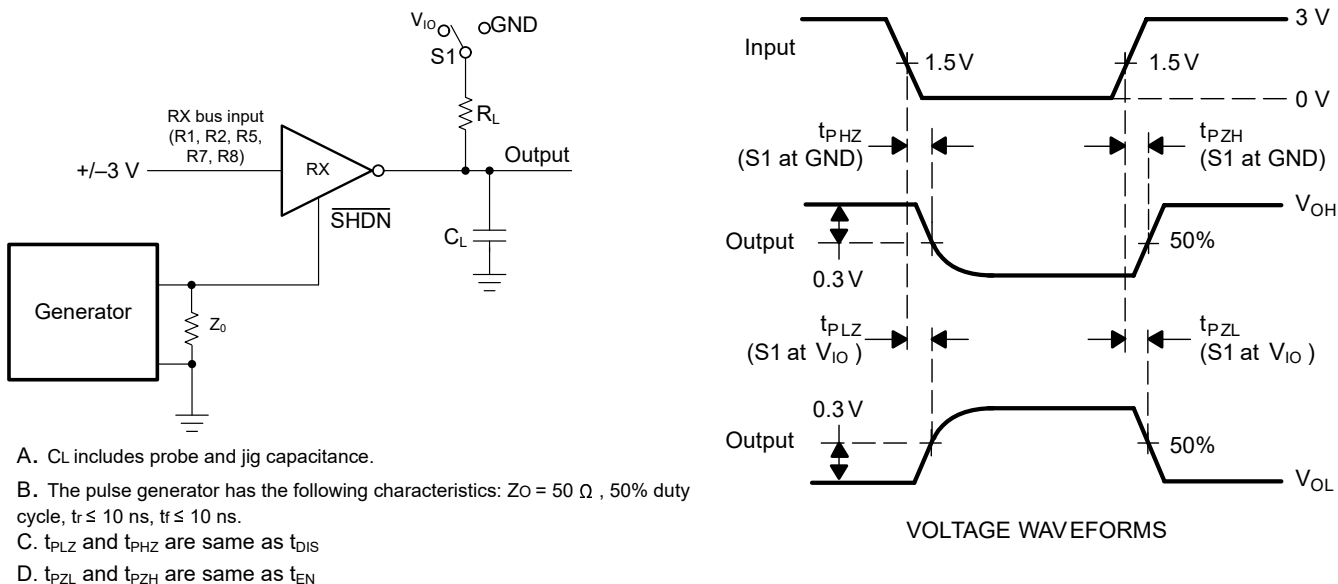


图 6-19. RS-232 接收器使能和禁用时间

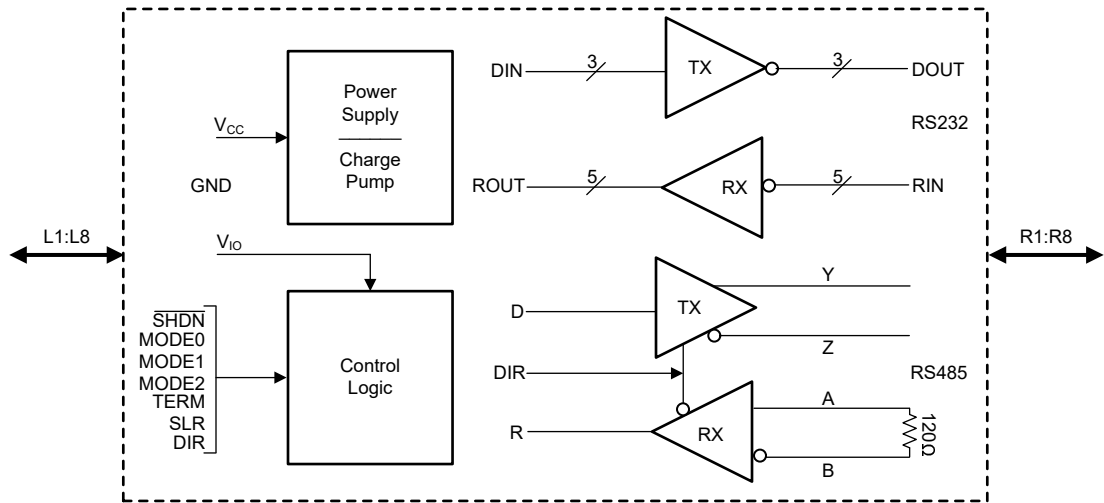
7 详细说明

7.1 概述

THVD4431A 是一款高度集成且稳健的多协议收发器，支持 RS-232、RS-422 和 RS-485 物理层。该器件具有三个发送器和五个接收器，支持 3T5R RS-232 端口。此外，该器件还集成了一个发送器和一个接收器，可支持半双工和全双工 RS-485 端口。MODE 选择引脚支持共享总线 and 逻辑引脚，以便这些协议共享单个通用连接器。

该器件具有 SLR 引脚，可用于 RS-232 和 RS-485 的两种不同最大速度设置。这一点非常有用，因为客户可以鉴定一个器件并将其用于两个单独的终端应用。这些器件还具有灵活的 I/O 电源引脚 V_{IO} ，可实现 1.65V 至 5.5V 的数字接口电压范围，不同于 3V 至 5.5V 的总线电压电源。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 集成 IEC ESD 和 EFT 保护

内部 ESD 保护电路可根据高达 $\pm 8\text{kV}$ 的 IEC 61000-4-2 标准，保护所有收发器总线引脚（驱动器和接收器）免受静电放电（ESD）的影响，用于所有工作模式下的接触放电和 $\pm 15\text{kV}$ （空气放电）。根据高达 $\pm 4\text{kV}$ 的 IEC 61000-4-4 标准，RS-485 模式下的总线线路还可以承受电气快速瞬变（EFT）。

7.3.2 保护特性

THVD4431A 总线引脚受到保护，不会受到 -16V 至 +16V 范围内的任何直流电源短路的影响。在 RS-485 模式下，将短路电流限制为 $\pm 250\text{mA}$ ，以符合 TIA/EIA-485A 标准。在 RS-232 模式下， $\pm 60\text{mA}$ 的电流限制适用于总线引脚可能接地短路的情况。

该器件还具有热关断保护功能，如果结温超过 T_{SHDN} ，则会因片上功率耗散过多而禁用驱动器和接收器。

V_{CC} 和 V_{IO} 电源均具有电源欠压保护功能。当两个电源均高于其上升欠压阈值时，这会使总线输出和接收器逻辑输出保持在已知的驱动状态。下表介绍了不同电源电平情况下的器件行为。

表 7-1. 电源功能表

V_{CC}	V_{IO}	驱动器输出	接收器输出
$> UV_{VCC}(\text{rising})$	$> UV_{VIO}(\text{rising})$	对于 RS-485 模式，由 DIR 和 L3 输入确定。对于 RS-232 模式，由 L3、L4、L6 输入确定。对于关断模式，为高阻态	对于 RS-485 模式，由 DIR 和 (R1R2) 或 (R3R4) 输入确定。对于 RS-232 模式，由 R1、R2、R5、R7、R8 输入确定。对于关断模式，为高阻态
$< UV_{VCC}(\text{falling})$	$> UV_{VIO}(\text{rising})$	高阻抗	不确定
$> UV_{VCC}(\text{rising})$	$< UV_{VIO}(\text{falling})$	高阻抗	高阻抗

表 7-1. 电源功能表 (续)

V_{CC}	V_{IO}	驱动器输出	接收器输出
$< UV_{VCC(falling)}$	$< UV_{VIO(falling)}$	高阻抗	高阻抗

7.3.3 RS-485 接收器失效防护状态运行

THVD4431A 的 RS-485 差分接收器由于以下原因而失效防护至无效总线状态：

- 出现总线开路，例如连接器断开
- 出现总线短路，例如电缆损坏，将双绞线短路在一起
- 当总线上的驱动器没有进行有源驱动时，出现总线空闲

在其中任一种情况下，此差分接收器将输出一个失效防护逻辑高电平状态，因此接收器的输出并非未明确。

接收器失效防护通过将接收器阈值进行偏移来完成，因此输入不确定范围并不包括零电压差分。为了符合 RS-422 和 RS-485 标准，接收器输出必须在差分输入 V_{ID} 正向大于 200mV 时输出一个高电平，并且当 V_{ID} 负向大于 -200mV 时输出一个低电平。用于确定失效防护性能的接收器参数是 V_{TH+} 、 V_{TH-} 和 V_{HYS} (V_{TH+} 和 V_{TH-} 之间的间隔)。如接收器功能表中所述，负电压高于 -200mV 的差分信号总是产生接收器输出低电平，而正电压高于 200mV 的差分信号总是产生接收器输出高电平。

当差分输入信号接近于零时，该信号将仍高于 V_{TH+} 阈值，接收器输出为高电平。只有当差分输入比 V_{TH+} 低出超过 V_{HYS} 时，接收器输出才会转换至低电平状态。因此，总线故障条件下接收器输入的抗噪性包括接收器迟滞值 V_{HYS} 以及 V_{TH+} 的值。

7.3.4 低功耗关断模式

将 $\overline{SHDN}$ 引脚驱动为低电平可使器件进入关断模式。这是该器件的最低功耗模式，典型电流消耗为 10 μ A。在此模式下，所有块均被禁用。

7.3.5 片上可切换端接电阻器

THVD4431A 在 RS-485 模式下时，R3/R4 两端有一个标称 120 Ω 的端接电阻器。如表 7-2 中所述，通过使用引脚来启用或禁用两个端接电阻器。该端接电阻器的启用或禁用都独立于驱动器或接收器的状态。在 RS-232 环回、RS-232 3T5R、RS-485 环回、未供电和热关断模式下，不采用端接。

表 7-2. 片上端接功能

信号状态	器件模式	功能
TERM = V _{IO}	半双工和全双工模式	在 R3 和 R4 之间启用 120 Ω
TERM = GND 或悬空	半双工和全双工模式	在 R3 和 R4 之间禁用 120 Ω

片上 120 Ω 端接电阻器设计为随温度和总线引脚上的共模电压的变化最小。端接块可以为总线提供阻性负载，并且不会改变从直流到 20Mbps 信号的总线信号的幅度或相位。请参阅典型特性曲线，了解端接电阻器随电压和温度的变化情况。

7.3.6 运行数据速率

通过配置压摆率控制 (SLR) 引脚，THVD4431A 可用于低速或快速 RS-485 和 RS-232 应用。表 7-3 介绍了压摆率控制功能。

表 7-3. 压摆率控制功能

信号状态	驱动器	接收器	注释
SLR = V _{IO}	RS-485 的最大运行速度 = 500kbps。在 RS-232 模式下的最大运行速度为 250kbps	RS-485 的最大运行速度 = 500kbps。在 RS-232 模式下的最大运行速度为 250kbps	对驱动器输出端应用有效高压摆率限制。在此配置中，已启用 RS-485 的接收器路径中的干扰滤波器
SLR = GND 或悬空	RS-485 的最大运行速度 = 20Mbps。在 RS-232 模式下的最大运行速度为 1Mbps	RS-485 的最大运行速度 = 20Mbps。在 RS-232 模式下的最大运行速度为 1Mbps	禁用驱动器输出上的压摆率限制。

对于 RS-485 半双工和全双工模式，处于低速模式 (500kbps) 的接收器路径可提供额外的噪声滤除。为了衰减来自总线的可能被错误解释为有效数据的高频噪声脉冲，SLR = V_{IO} 可启用低通滤波器以滤除频率高于典型值 700kHz 的脉冲。

7.3.7 诊断环回

THVD4431A 为 RS-232 和 RS-485 提供完整路径诊断环回模式。这些模式在内部将总线输出短接至总线输入。因此，如果数据从逻辑输入端切换，则数据会到达总线并重新反映在逻辑缓冲器输出端。这使 MCU 能够通过比较逻辑输入和逻辑输出来检测总线侧短路（由于连接器/电缆而导致）。

在 RS-232 硬件环回模式下，L3 反映在 R3/R2/L2 上；L4 反映在 R4/R5/R8/R1/L5/L8/L1 上；L6 反映在 R6/R7/L7 上，支持检测从 R1 到 R8 的所有总线引脚上的接地短路。RS-232 环回模式针对 -40°C 至 85°C 的环境温度进行了优化。即使通过电缆连接了另一个节点 (DUT2)，也可以在一个节点 (DUT1) 上执行 RS-232 诊断环回，但在 DUT1 正在进行环回检查时，不允许侦听节点 (DUT2) 在 RS232 线路上传输任何内容。

在 RS-485 环回模式下，R2 在内部连接到 R3，R1 连接到 R4。L3 输入数据路由到驱动器输出端子和接收器输入端子，反映在 L2 上。在此模式下不支持 DIR 和 TERM。特定于此模式，不支持 R3/R4 上的外部终端，但 R1/R2 可以具有内部或外部终端。这样能够检测 R1/R2 及 R3/R4 总线端子之间的短路。用于检测电缆或连接器短路的 RS-485 诊断环回的建议最大数据速率为 500kbps，SLR = V_{IO}。

7.3.8 适用于 RS-232 的集成电荷泵

THVD4431A 具有集成式高效率 and 低噪声电荷泵，可为 RS-232 信号生成大输出电压。电荷泵由倍压器和逆变器组成，用于分别针对 3.3V 或 5V V_{CC} 运行将电压调节至标称 ±5.5V 或 ±9.5V。这还包括 UV 保护机制。电荷泵需要四个外部陶瓷电容器（2 个飞跨电容器和 2 个存储电容器）并允许 RS-232 的单电源运行。有关 RS-232 电荷泵运行的通用说明，请参阅博客：[RS-232 收发器中已调节电荷泵电路的工作原理](#)。

7.4 器件功能模式

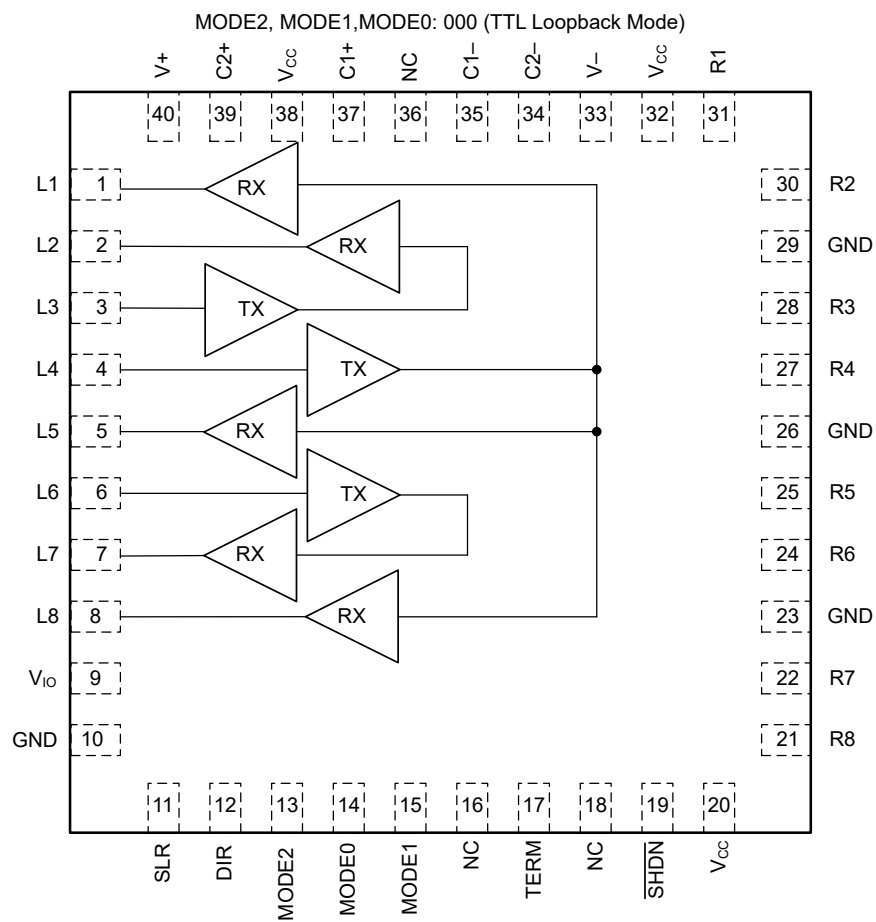


图 7-1. TTL 环回模式

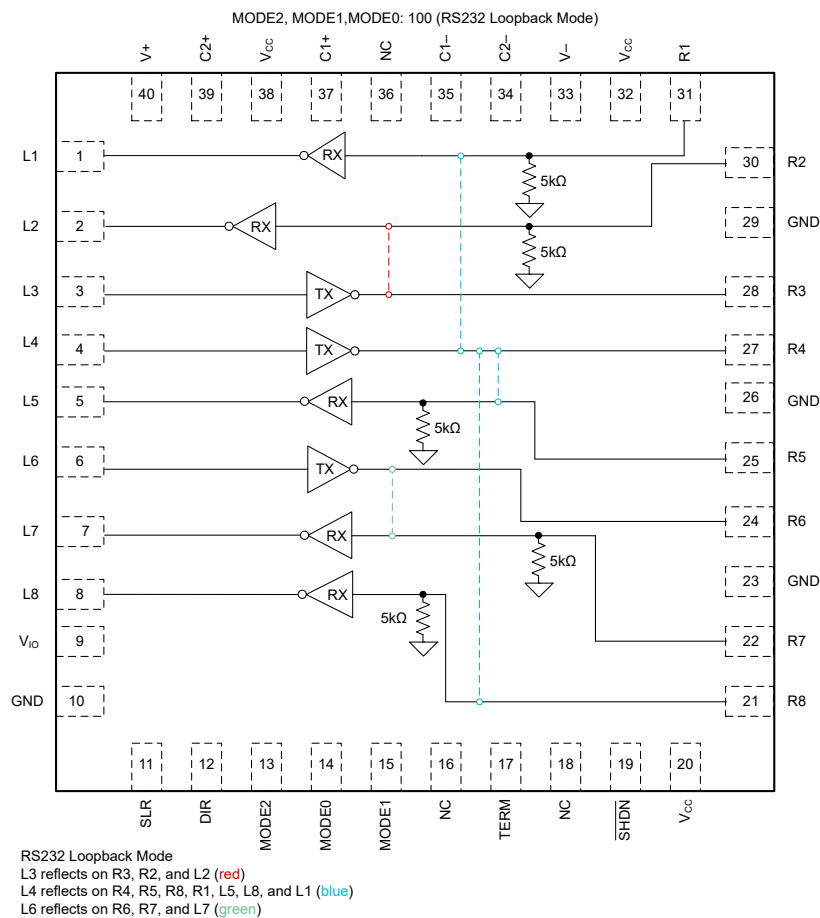


图 7-2. RS-232 环回模式

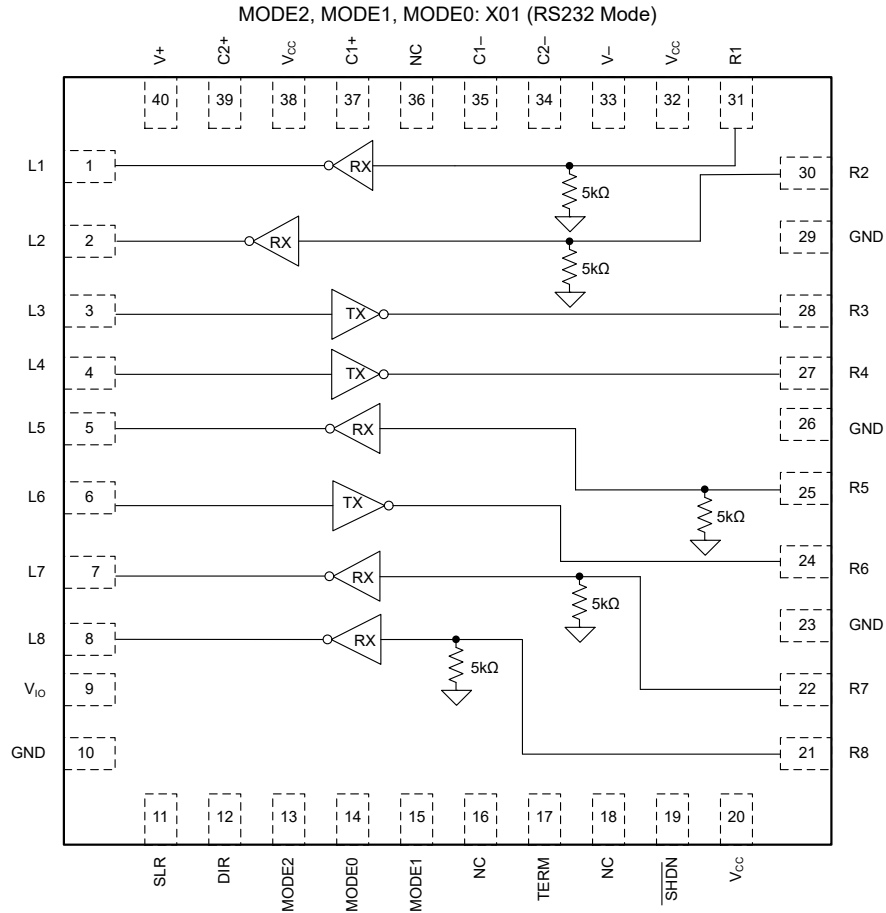


图 7-3. RS-232 3T5R 模式

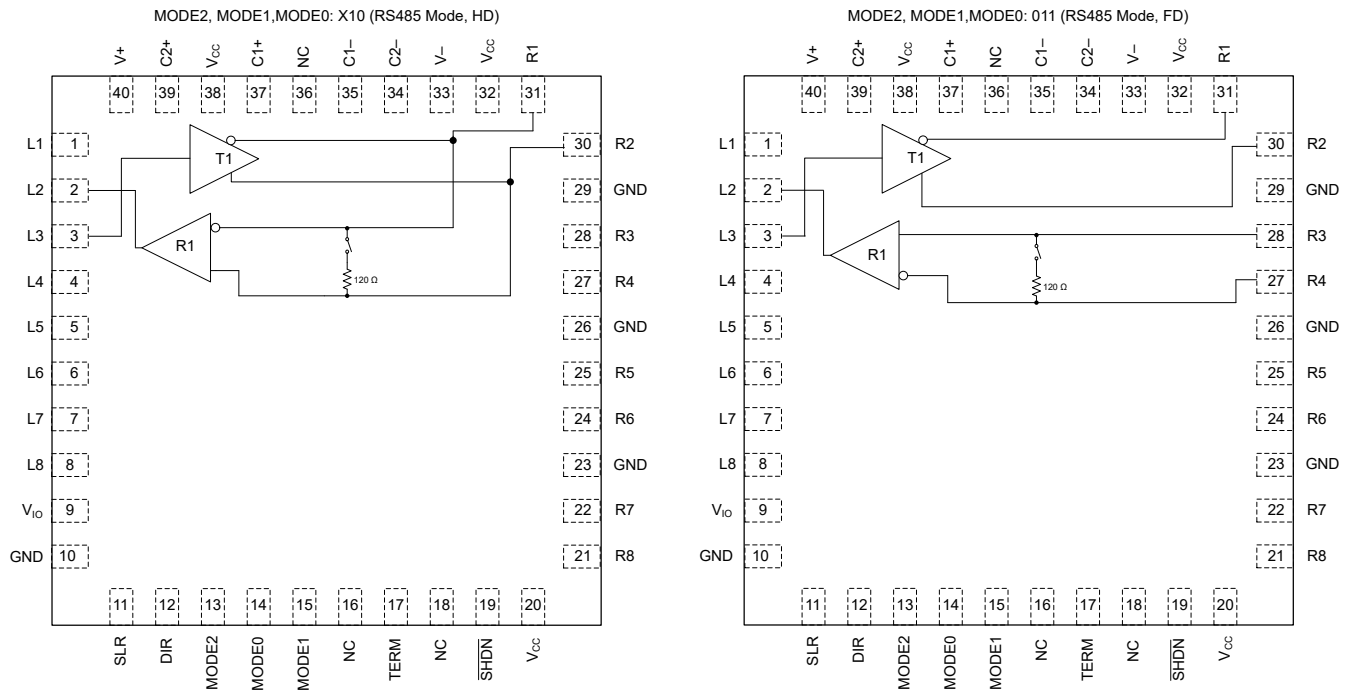


图 7-4. RS485 半双工和全双工模式

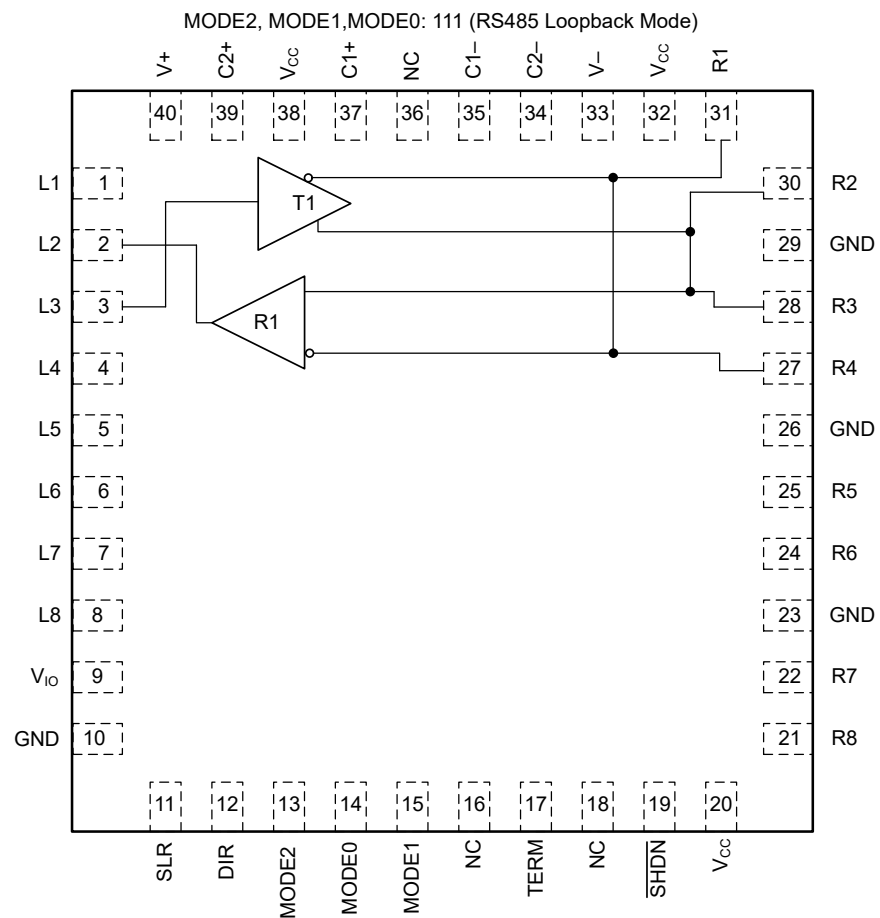


图 7-5. RS-485 环回模式

7.4.1 RS-485 功能

当驱动器使能引脚 DIR 为逻辑高电平时，差分输出 R2 和 R1 遵循数据输入 L3 处的逻辑状态。L3 处的逻辑高电平导致 R2 变为高电平，R1 变为低电平。在这种情况下，定义为 $V_{OD} = V_{R2} - V_{R1}$ 的差分输出电压为正。当 L3 为低电平时，输出状态反转：R1 变为高电平，R2 为低电平， V_{OD} 为负。

当 DIR 为低电平时，两个输出都变为高阻态。在这种情况下，与 L3 处的逻辑状态无关。DIR 引脚有一个内部下拉电阻接地。因此，当处于开路状态时，驱动器默认禁用（高阻抗）。L3 引脚有一个连接到 V_{IO} 的内部上拉电阻器，因此，当启用驱动器且处于开路状态时，输出 R2 变为高电平，R1 变为低电平。

表 7-4 对半双工和全双工模式都有效，与 TERM 和 SLR 引脚的状态无关。

表 7-4. 驱动器功能表

输入	ENABLE	输出		功能
L3	DIR	R2	R1	
H	H	H	L	有源驱动总线高电平
L	H	L	H	有源驱动总线低电平
X	L	高阻抗	高阻抗	驱动器被禁用
X	断开	高阻抗	高阻抗	默认情况下，驱动器被禁用
断开	H	H	L	默认情况下，有源驱动总线为高电平

在全双工模式下，如果 $\overline{SHDN}$ 为高电平，则始终启用接收器。在半双工模式下，接收器启用条件为 DIR = 低电平/悬空，如果 DIR = V_{IO} 则被禁用。当通过 $V_{ID} = V_{R2} - V_{R1}$ 或 $V_{R3} - V_{R4}$ 计算的差分输入电压高于正输入阈值 V_{TH+} 时，接收器输出 L2 变为高电平。当 V_{ID} 低于负输入阈值 V_{TH-} 时，接收器输出 L2 变为低电平。如果 V_{ID} 介于 V_{TH+} 和 V_{TH-} 之间，则输出是不确定的。

当收发器与总线断开（开路）、总线与其他线路短接（短路）或未对总线进行有源驱动（空闲总线）时，接收器输入的内部偏置会导致输出失效防护高电平。

在半双工模式下，当 DIR 为高电平时，接收器输出为高阻抗，与 V_{ID} 的幅度和极性无关。接收器输出包含一个标称值为 $1.2M\Omega$ 的上拉电阻器，用于将引脚偏置到逻辑高电平。在接收器输出节点上存在漏电流或其他灌电流的情况下，此电流可能导致节点上出现压降，而错误地解析为逻辑低电平，并且连接的 MCU 或处理器可能会将此逻辑低电平错误地解释为开始位。可以将一个外部上拉电阻连接到该节点，以确保在发生外部灌电流时保持正确的逻辑状态。此电阻的值取决于电流阱的值，但 TI 建议使用介于 $1k\Omega$ 和 $10k\Omega$ 之间的值。

无论 TERM 和 SLR 引脚的状态如何，表 7-5 都有效。其他的逻辑输出 L1、L5、L7 和 L8 在 RS-485 模式下保持高电平。

表 7-5. 接收器功能表

差分输入	输出	功能
$V_{ID} = V_{R2} - V_{R1}$ (半双工模式) 或 $V_{R3} - V_{R4}$ (全双工模式)	L2	
$V_{TH+} < V_{ID}$	H	接收有效总线高电平
$V_{TH-} < V_{ID} < V_{TH+}$	?	待定总线状态
$V_{ID} < V_{TH-}$	L	接收有效总线低电平
X	在半双工模式下， DIR = V_{IO} 时为高阻抗	在半双工模式下，DIR = V_{IO} 时禁用接收器
开路总线	H	失效防护高电平输出
短路总线	H	失效防护高电平输出
闲置（终止）总线	H	失效防护高电平输出

7.4.2 RS-232 功能

在 RS-232 模式下，禁用驱动器的唯一方法是通过将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚拉至低电平而进入关断模式。当驱动器 L3、L4 和 L6 输入端为逻辑高电平时，会使驱动器 R3、R4 和 R6 的输出被驱动为低电平，靠近负电荷泵的输出 V-。当驱动器 L3、L4 和 L6 输入端为逻辑低电平时，会使驱动器 R3、R4 和 R6 的输出被驱动为高电平，靠近正电荷泵的输出 V+。如果逻辑输入由于驱动器逻辑输入上的上拉电阻器而保持悬空，则驱动器输出会被驱动为低电平，靠近 V-。

表 7-6 有效，与 SLR 引脚的状态无关。

表 7-6. 驱动器功能表

输入	ENABLE	输出	功能
L3、L4、L6	$\overline{\text{SHDN}}$	R3、R4、R6	
H	H	低电平 (驱动至 V-)	采用反相逻辑的正常运行
L	H	H (驱动至 V+)	采用反相逻辑的正常运行
X	L	高阻抗	在关断模式下禁用 TX 和 RX
断开	H	低电平 (驱动至 V-)	由于逻辑输入引脚上拉，因此默认情况下输出驱动为低电平

对于 RS-232 接收器，如果接收器总线输入高于上升阈值 V_{IT+} ，则相应接收到的逻辑输出变为低电平。此外，如果接收器总线输入低于下降阈值 V_{IT-} ，则相应接收到的逻辑输出变为高电平。

表 7-7 有效，与 SLR 引脚的状态无关。

表 7-7. 接收器功能表

RS-232 总线输入	逻辑输出	功能
V_{IRx} (R1、R2、R5、R7 或 R8 上的电压)	L1、L2、L5、L7、L8	
$V_{IT+} < V_{IRx}$	L	采用反相逻辑的正常运行
$V_{IT-} < V_{IRx} < V_{IT+}$	?	待定总线状态
$V_{IRx} < V_{IT-}$	H	采用反相逻辑的正常运行
X	$\overline{\text{SHDN}} = \text{GND}$ 时为高阻抗	接收器在关断模式下被禁用
开路总线	H	失效防护高电平输出

7.4.3 模式控制

表 7-8. 模式控制功能表

MODE2	MODE1	MODE0	工作模式	功能
逻辑低电平或悬空	逻辑低电平	逻辑低电平	TTL 环回	L4 反映在 L1/L5/L8；L3 反映在 L2 上，L6 反映在 L7 上
X	逻辑低电平	逻辑高电平	RS-232 3T5R 模式，电荷泵打开，V+/V- 稳压	3T5R 模式；L3、L4、L6 是 RS232 驱动器的逻辑输入；L1、L2、L5、L7、L8 是逻辑输出
X	逻辑高电平	逻辑低电平	RS-485 半双工模式（电荷泵关闭）	L2 是 RX 逻辑输出；L3 是驱动器逻辑输入；R1R2 分别为总线反相和同相端子
逻辑低电平或悬空	逻辑高电平	逻辑高电平	RS-485 全双工模式（电荷泵关闭）	R1 R2 是反相和同相驱动器端子；R3 R4 是同相和反相接收器端子。
逻辑高电平	逻辑高电平	逻辑高电平	RS-485 环回模式（电荷泵关闭）	R1、R2、R3、R4 仍然是总线端子，并反映 L3 上的数据；在此模式下 DIR 不用考虑；不支持 TERM。R3/R4 上不支持外部端接。R1/R2 可以具有内部或外部端接。
逻辑高电平	逻辑低电平	逻辑低电平	RS-232 环回，电荷泵打开，V+/V- 稳压	L3 反映在 R3/R2/L2 上 L4 反映在 R4/R5/R8/R1/L5/L8/L1 上 L6 反映在 R6/R7/L7 上

8 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 的客户应负责确定各元件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计是否能够实现，以确保系统功能。

8.1 应用信息

THVD4431A 是一款高度集成的多协议收发器，支持 RS-232、RS-422 和 RS-485 物理层，用于异步数据传输。MODE 引脚允许配置不同的工作模式。器件允许通过通用连接器实现点对点 RS-232 通信端口和多点 RS-485 通信端口。该器件还在 RS-485 总线线路上具有 $120\ \Omega$ 可切换集成端接电阻器，使该器件可用于 RS-485 网络中的中间节点或终端节点。当器件配置为 RS-232 模式时，RS-485 电路和 $120\ \Omega$ 端接电阻被禁用，并且不会干扰 RS-232 通信。对于 RS-232 通信，器件中集成了接收器总线引脚上的电荷泵和 $5\text{k}\Omega$ 接地电阻。该 $5\text{k}\Omega$ 电阻器和电荷泵在 RS-485 模式下被自动禁用。通过提供压摆率限制引脚，可在低速或快速 RS-485 和 RS-232 应用中使用同一器件。当需要超低功耗时，可使用 SHDN 引脚将器件置于关断模式。所有这些特性使得此器件十分灵活，可满足各种应用需求。与分立式实施相比，集成端接电阻可显著节省 PCB 面积。

8.2 典型应用

RS-485 总线包含多个并联到总线电缆的收发器。为了消除线路反射，每个电缆末端都用一个端接电阻 R_T ，其值与电缆的特征阻抗 Z_0 匹配。这种方法称为并行端接，通常允许在更长的电缆长度上实现更高的数据速率。

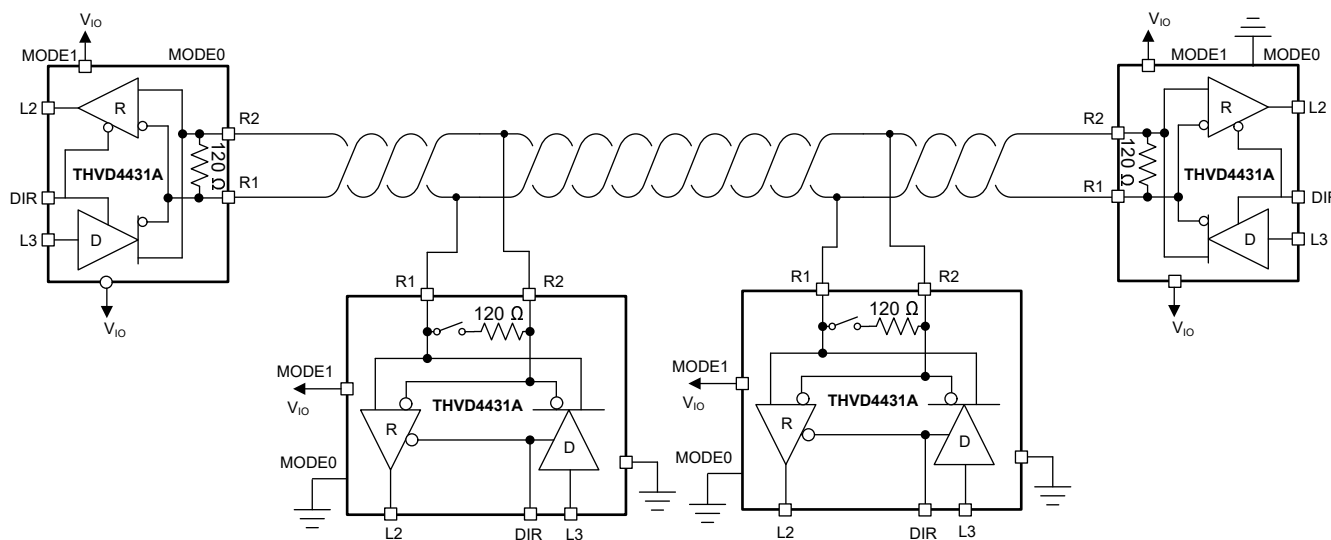


图 8-1. 具有半双工收发器的典型 RS-485 网络

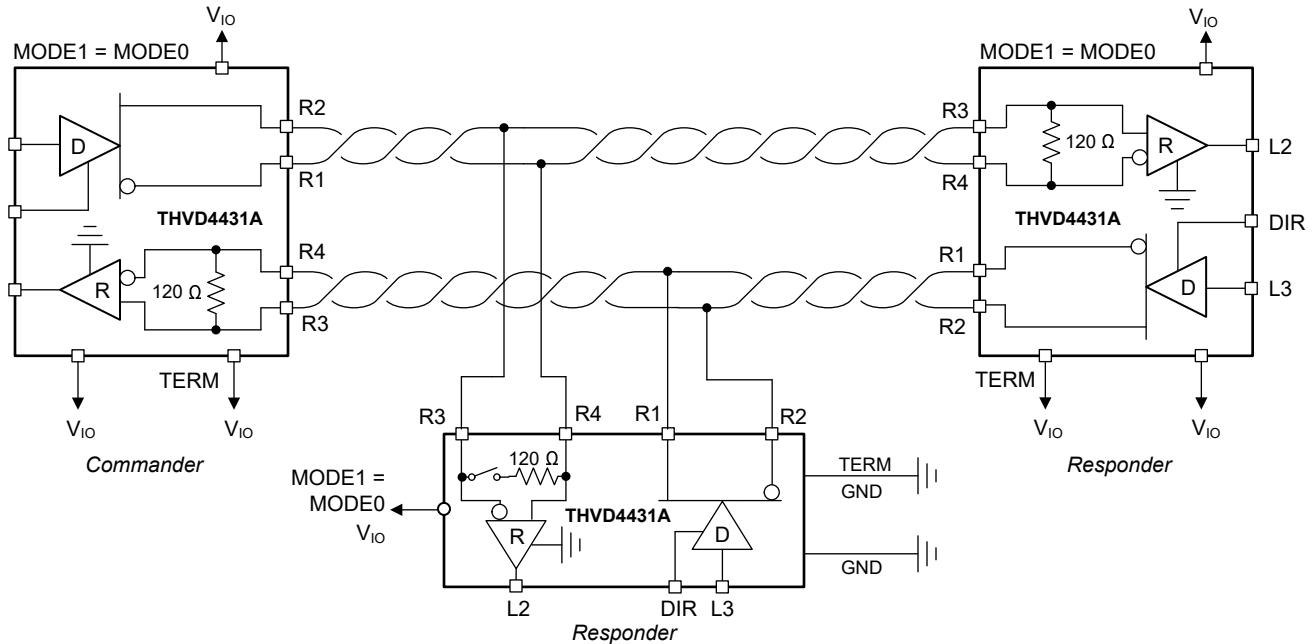


图 8-2. 具有全双工收发器的典型 RS-485 网络

THVD4431A 可用于两个网络（半双工和全双工）和所有节点（终端节点或中间节点），因为器件具有基于 MODE2、MODE1、MODE0 和 TERM 引脚的可配置性。

THVD4431A 还包括三个线路驱动器、五个线路接收器和双电荷泵电路，以实现 RS-232 点对点串行通信。对于该器件，采用硬件流控制的全双工传输是可行的。该器件可在异步通信控制器和串行端口连接器之间提供电气接口。

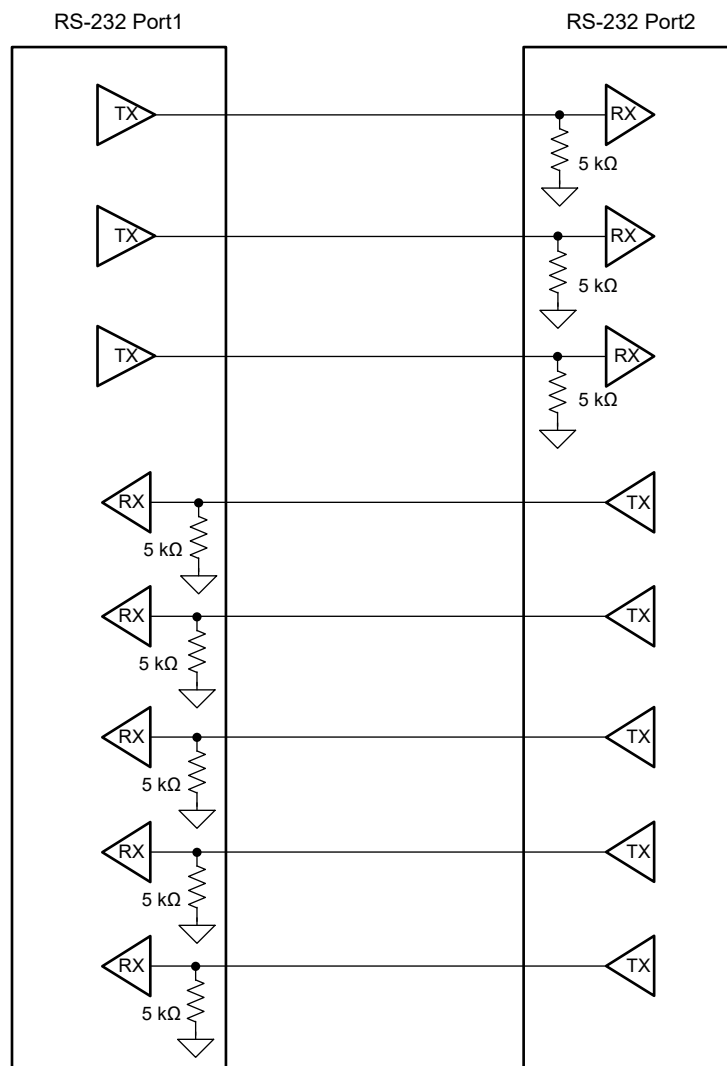


图 8-3. RS-232 串行通信

8.2.1 设计要求

RS-485 是一种稳健的电气标准，适用于长距离网络，可用于具有不同要求（例如距离、数据速率和节点数量）的各种应用。RS-232 更适合调试或配置点对点应用。

8.2.1.1 适用于 RS-485 的数据速率和总线长度

数据速率与电缆长度成反比关系，即数据速率越高，电缆长度越短。相反，数据速率越低，电缆长度越长。虽然大多数 RS-485 系统使用介于 10kbps 和 100kbps 之间的数据速率，但在 4000 英尺或更远距离范围内，某些应用需要的数据速率高达 250kbps。通过允许高达 5% 或 10% 的小信号抖动，可以实现更长的距离。

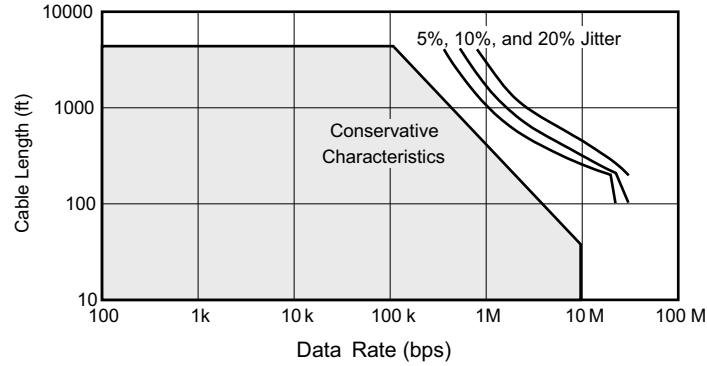


图 8-4. 电缆长度与数据速率特性间的关系

8.2.1.2 适用于 RS-485 网络的残桩长度

将节点连接到总线时，收发器输入和电缆干线之间的距离（称为存根）须尽可能短。桩线是一段无端接的总线线路，随着长度的增加，桩线会引入相位不同的反射。作为通用指南，存根的电气长度或往返延时须小于驱动器上升时间的十分之一，即最大的物理存根长度，如方程式 1 所示。

$$L_{(\text{STUB})} \leq 0.1 \times t_r \times v \times c \quad (1)$$

其中

- t_r 是驱动器上升时间的 10/90
- c 是光速 ($3 \times 10^8 \text{m/s}$)
- v 是电缆或布线的信号速度，以 c 的系数表示

8.2.1.3 适用于 RS-485 网络的总线负载

RS-485 标准规定，符合标准的驱动器必须能够驱动 32 个单元负载 (UL)，其中 1 个单元负载表示大约 $12\text{k}\Omega$ 的负载阻抗。由于 RS-485 半双工和全双工模式的 THVD4431A 包含 1/8 UL 收发器（其代表大约 $96\text{k}\Omega$ 的负载电阻），因此可在 -7V 至 12V 的有限共模范围内将多达 256 个接收器连接到总线。

8.2.2 详细设计过程

图 8-5 给出了 THVD4431A 的应用原理图。器件的一侧为所有逻辑引脚，另一侧为总线侧引脚，可在终端应用中实现直通式布局。

所有 V_{CC} 电源引脚都必须在靠近相应器件引脚的位置具有 $1\mu\text{F}$ 去耦电容器。RS-232 电荷泵的设计可确保 100nF 电荷泵电容器适用于 3.3V 和 5V 工作电压的 V_{CC} 电源。

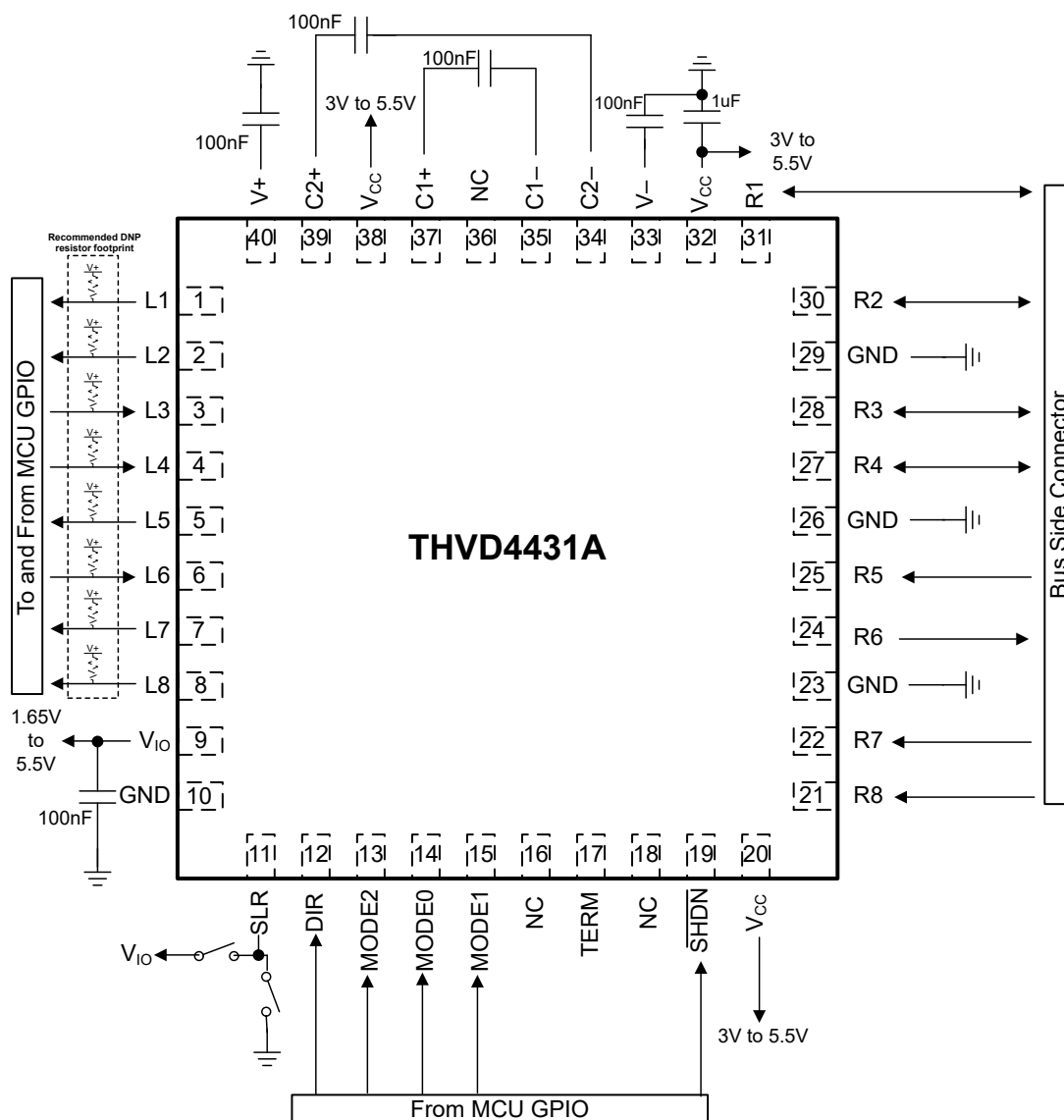
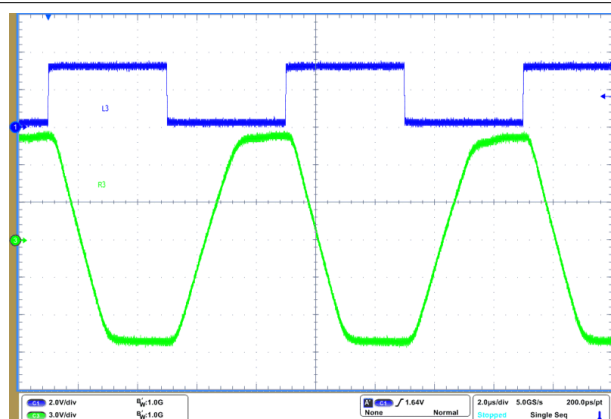


图 8-5. THVD4431A 的典型应用图

8.2.2.1 外部上拉电阻器

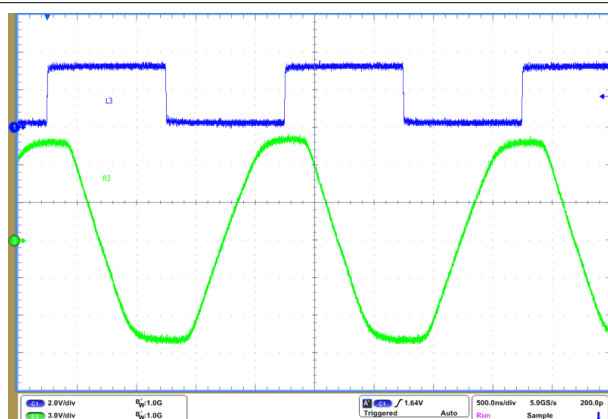
引脚 **L1** 至 **L8** 包含一个 **1.2M Ω** 标称上拉电阻器，用于在未被驱动时将引脚偏置为逻辑高电平。如果在这些引脚上出现漏电路径，传导噪声或其他灌电流路径等外部源，电流可能会在上拉电阻上产生足够大的压降，从而将节点拉至逻辑低电平。外部上拉电阻器可以通过提供足够的电流来为该接收端供电，同时在节点上保持逻辑高电平，从而缓解此问题。该电阻的值取决于电流源，但通常情况下，**1k Ω** 至 **10k Ω** 范围内的电阻器值可提供足够的裕度。建议设计人员在需要时在这些引脚上添加一个未组装的电阻器封装，而这些电阻器在不需要时可以保持未组装状态。

8.2.3 应用曲线



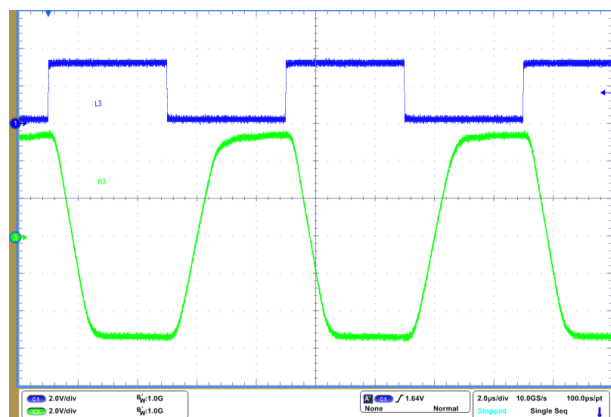
$V_{CC} = 5V$ 总线负载 = $5k\Omega \parallel 2.5nF$
250kbps SLR = V_{IO}

图 8-6. 250kbps 和 $V_{CC} = 5V$ 时的 RS-232 驱动器波形



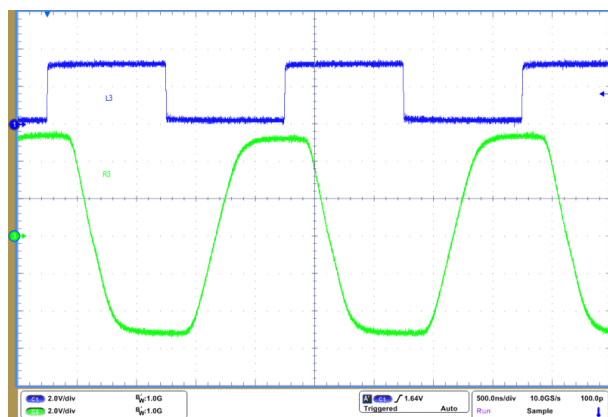
$V_{CC} = 5V$ 总线负载 = $5k\Omega \parallel 1nF$
1Mbps SLR = GND

图 8-7. 1Mbps 和 $V_{CC} = 5V$ 时的 RS-232 驱动器波形



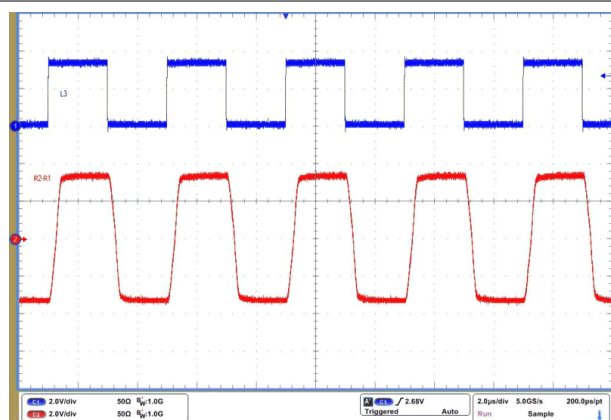
$V_{CC} = 3.3V$ 总线负载 = $5k\Omega \parallel 2.5nF$
250kbps SLR = V_{IO}

图 8-8. 250kbps 和 $V_{CC} = 3.3V$ 时的 RS-232 驱动器波形



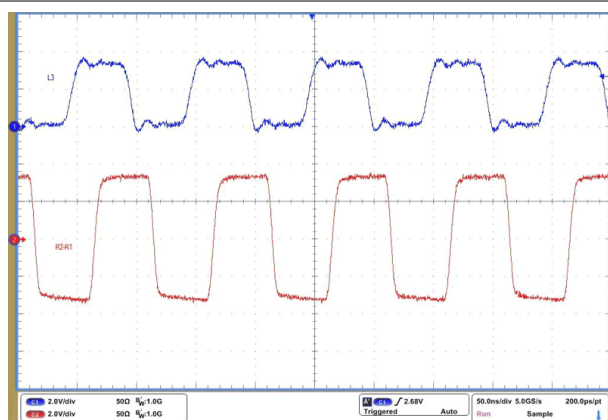
$V_{CC} = 3.3V$ $R_L = 5k\Omega \parallel 1nF$
1Mbps SLR = GND

图 8-9. 1Mbps 和 $V_{CC} = 3.3V$ 时的 RS-232 驱动器波形



$V_{CC} = 5V$ 总线负载 = $54\Omega \parallel 50pF$
SLR = V_{IO} 500kbps 时的方波

图 8-10. 500kbps 和 $V_{CC} = 5V$ 时的 RS-485 驱动器波形



$V_{CC} = 5V$ 总线负载 = $54\Omega \parallel 50pF$
SLR = GND 20Mbps 时的方波

图 8-11. 20Mbps 和 $V_{CC} = 5V$ 时的 RS-485 驱动器波形

8.2.3 应用曲线 (续)

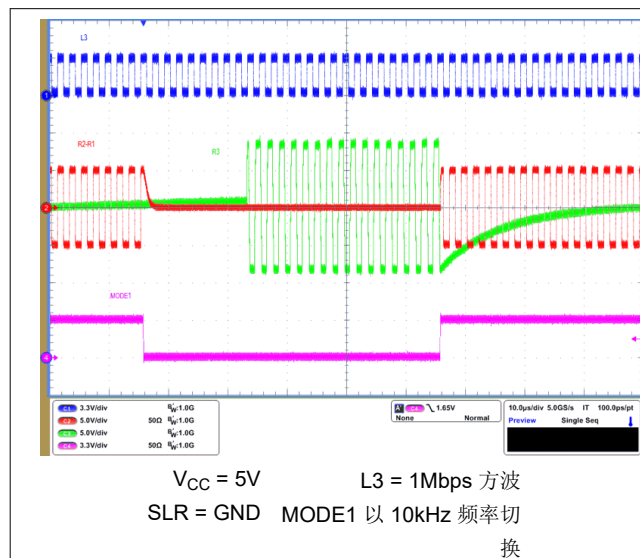


图 8-12. RS-232 至 RS-485 模式切换波形

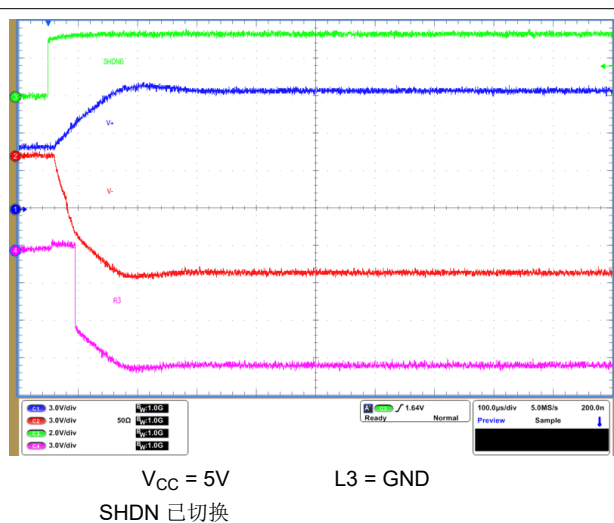


图 8-13. 从关断到 RS-232 模式的模式切换波形

8.3 电源相关建议

为确保在所有数据速率和电源电压下可靠运行，必须使用陶瓷电容对各个电源进行去耦，该电容的位置应尽可能靠近电源引脚。 V_{CC} 的推荐旁路电容器为 $1\mu F$ ， V_{IO} 为 $100nF$ ，对于 $V+$ 、 $V-$ 电荷泵电压电源为 $100nF$ 。除此之外，在 $C1+$ 、 $C1-$ 端子之间以及 $C2+$ 、 $C2-$ 端子之间需要两个 $100nF$ 的电荷泵飞跨电容器。在 $V_{CC} = 3.3V \pm 10\%$ 时， $V+$ 和 $V-$ 电压通常被调节至 $+5.5V$ 和 $-5.5V$ 。如果应用需要更大的 RS-232 输出电压，建议使用 $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ ，因为 $V+$ 和 $V-$ 被调节至 $\pm 9.5V$ 。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

稳健而可靠的总线节点设计通常需要使用外部瞬态保护器件，以抑制工业环境中可能出现的浪涌瞬变。THVD4431A 具有集成 IEC ESD 和 EFT 保护。因此，如果应用不需要 IEC 浪涌保护，则可能并非始终需要外部瞬态保护。因为这些瞬变的频率带宽较宽（大约 3MHz 至 300MHz），因此在 PCB 设计过程中必须应用高频布局技术。

1. 将保护电路放置在靠近总线连接器的位置，以防止噪声瞬变在电路板上传播。
2. 使用 V_{CC} 和接地平面来提供低电感。请注意，高频电流会选择阻抗最小的路径，而非电阻最小的路径。
3. 将保护元件设计成信号路径的方向。不得将瞬态电流从信号路径强行转移至保护器件。
4. 将去耦电容器和电荷泵电容器尽可能靠近相应的器件引脚放置，例如收发器的 V_{CC} 、 V_{IO} 、 $V+$ 、 $V-$ 、 $C1+$ 至 $C1-$ 、 $C2+$ 至 $C2-$ 引脚。
5. 当去耦电容器和保护器件连接 V_{CC} 和地时，应至少使用两个过孔以更大限度减小实际过孔电感。
6. 可选择性为控制线路使用 $1k\Omega$ 至 $10k\Omega$ 的上拉和下拉电阻器，从而在瞬态事件期间限制这些线路中的噪声电流。

至少使用 9 个过孔以实现更好的散热，但只要系统能够确保芯片温度低于建议范围 (150°C)，0 个过孔仍然是可以接受的。使用 21、9 和 0 过孔，对不同的功率耗散水平以及对芯片温度的影响进行了热分析。有关示例，请参阅表 8-1。

表 8-1. 过孔数量对热性能的影响

	575mV			200mV		
过孔数量	21	9	0	21	9	0
最高芯片温度	100.2°C	102.4°C	109.4°C	90.3°C	91.1°C	93.6°C
生效	26.2°C/W	30.1°C/W	42.3°C/W	26.5°C/W	30.4°C/W	42.7°C/W

8.4.2 布局示例

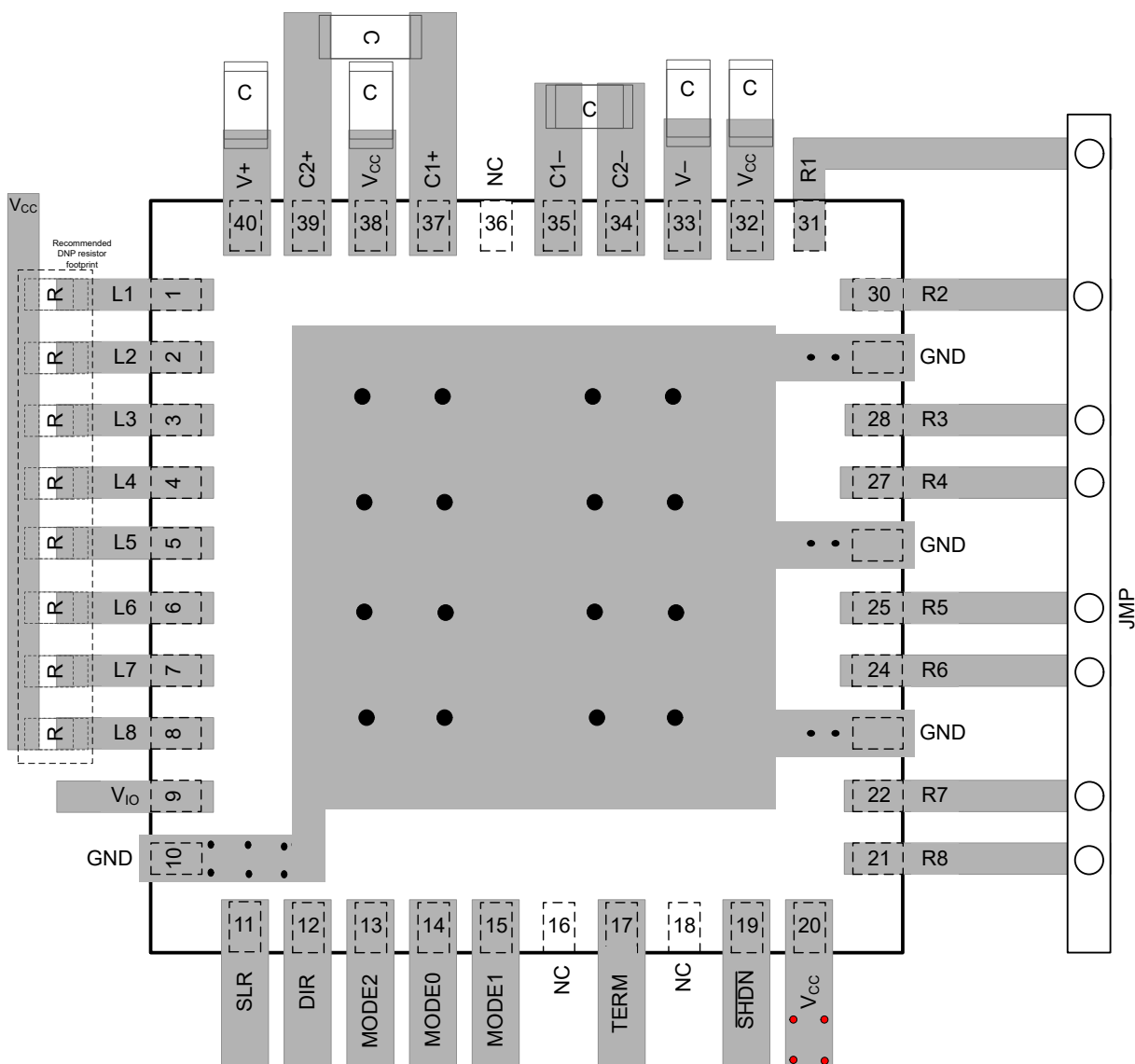


图 8-14. 布局示例

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

9.2 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。

9.3 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](#)。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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。

10 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 * (November 2025) to Revision A (July 2026)		Page
• 将引脚 10 说明从 GND/NC 更正为 GND.....		3
• 更正了 RS - 232 环回模式图.....		33
• 更新了建议的布局图像.....		33

日期	修订版本	注释
November 2025	*	初始发行版

11 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。

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)
THVD4431ARHAR	Active	Production	VQFN (RHA) 40	4000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	THVD 4431A

⁽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.

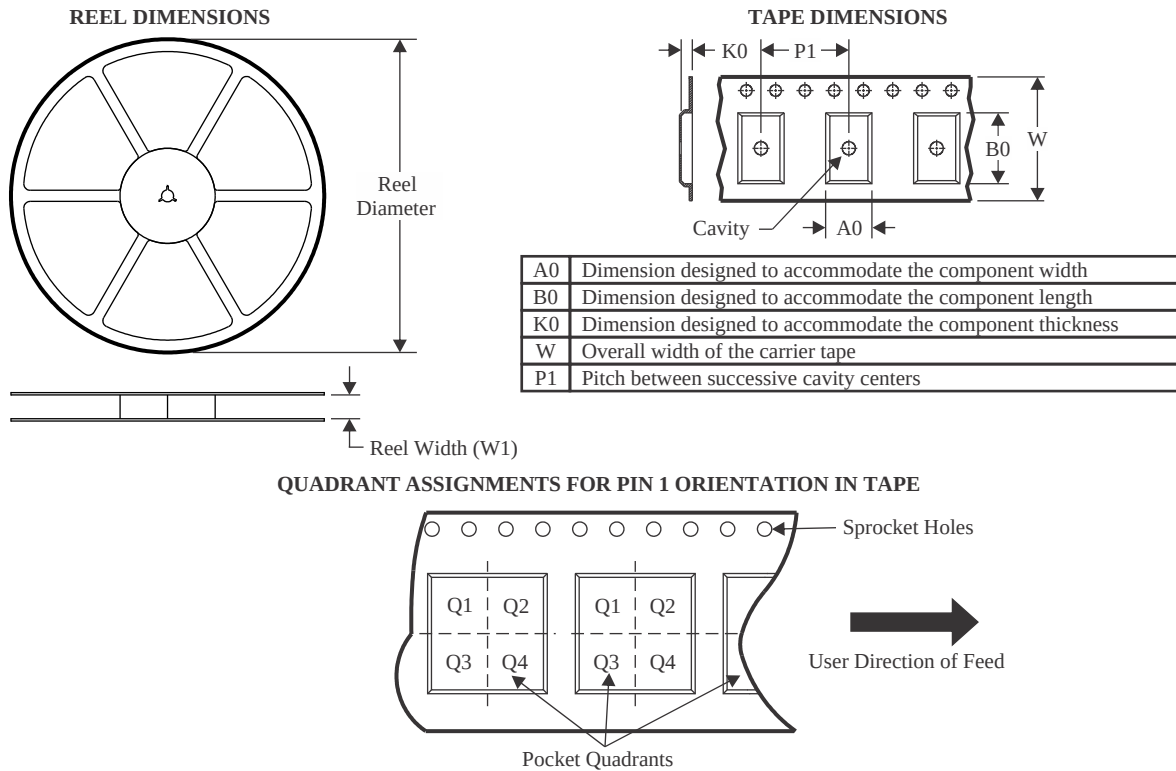
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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.

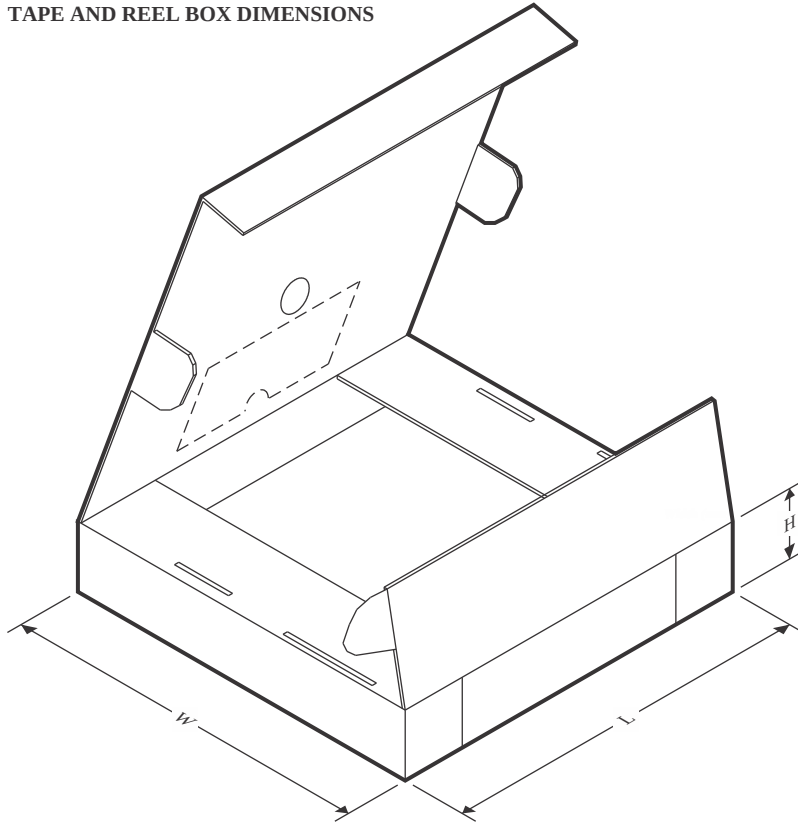
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
THVD4431ARHAR	VQFN	RHA	40	4000	330.0	16.4	6.3	6.3	1.1	12.0	16.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
THVD4431ARHAR	VQFN	RHA	40	4000	360.0	360.0	36.0

GENERIC PACKAGE VIEW

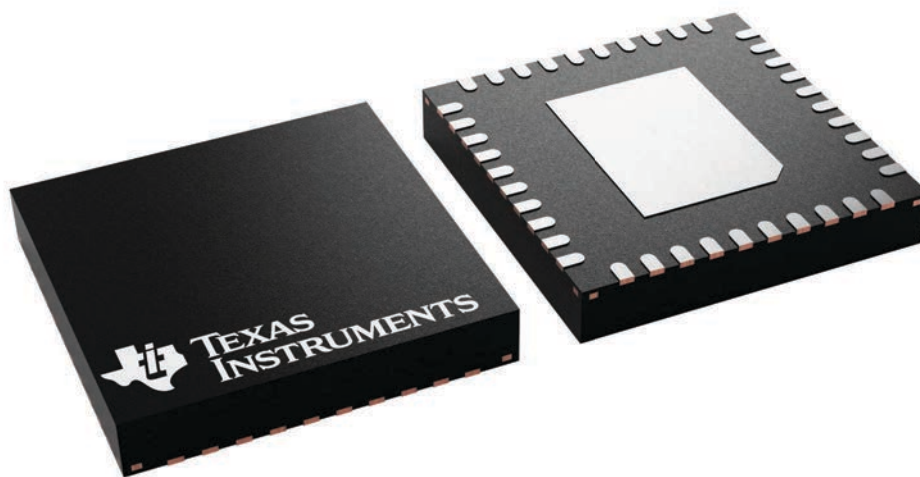
RHA 40

VQFN - 1 mm max height

6 x 6, 0.5 mm pitch

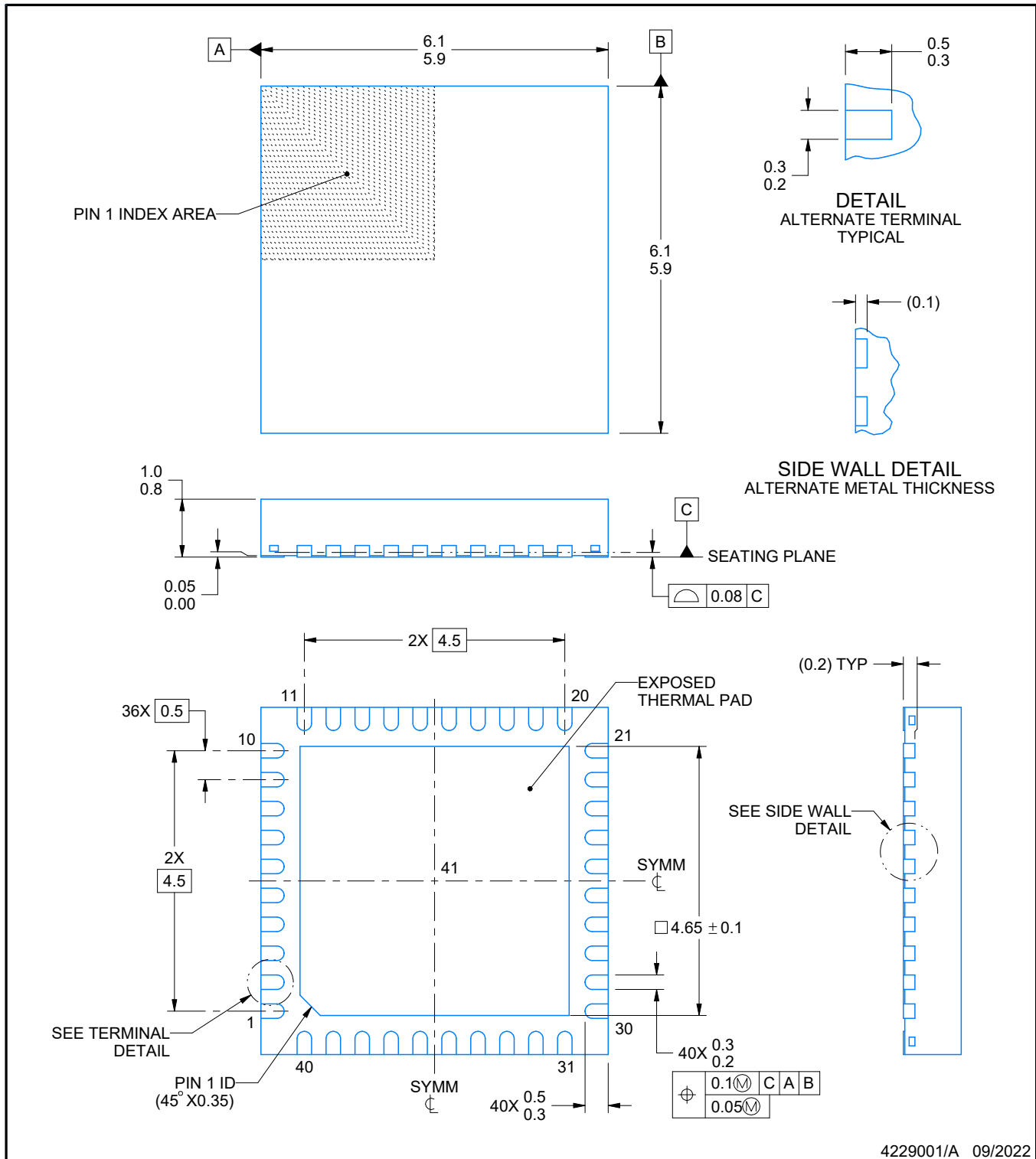
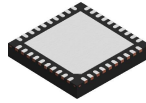
PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

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



DATA BOOK
PACKAGE OUTLINE

DRAFTER:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022	DIMENSIONS IN MILLIMETERS	
DESIGNER:		DATE:		 TEXAS INSTRUMENTS SEMICONDUCTOR OPERATIONS CODE IDENTITY NUMBER 01295 ePOD, RHA0040R / VQFN, 40 PIN, 0.5 MM PITCH	
CHECKER:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022		
ENGINEER:	S. KUMMERL	DATE:	09/01/2022		
APPROVED:	D. CHIN & D. KAN	DATE:	09/01/2022		
RELEASED:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022		
TEMPLATE INFO:	EDGE# 4218519	DATE:	04/07/2016	SCALE NTS	SIZE A
				4229001	REV A
					PAGE 1 OF 5



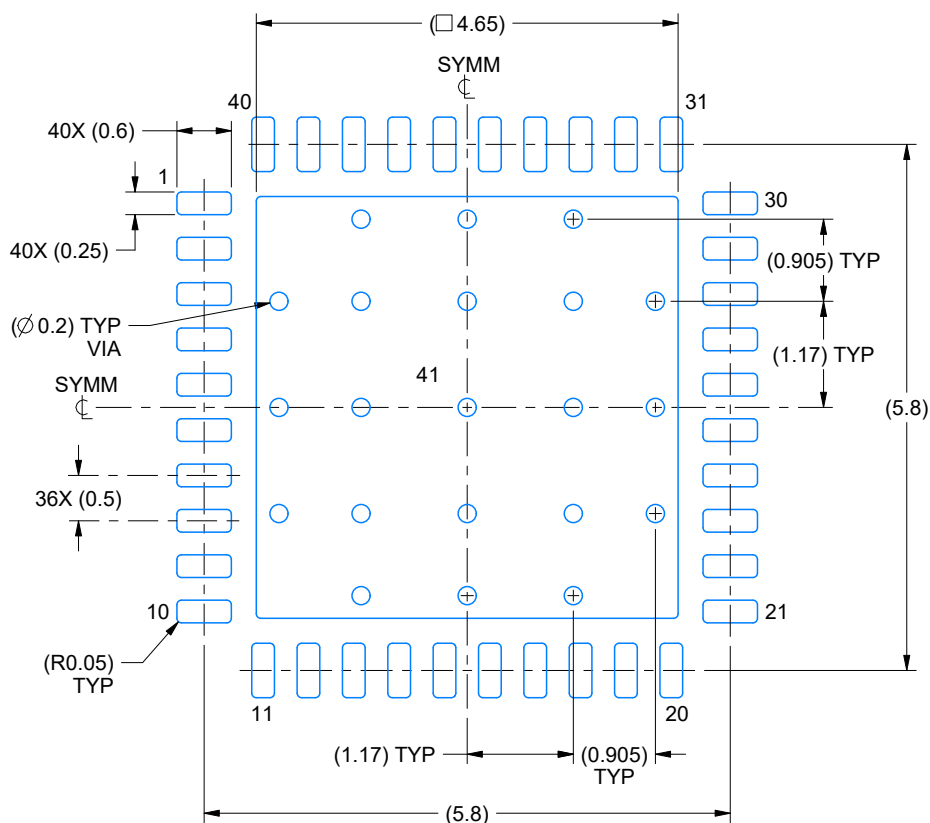
NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

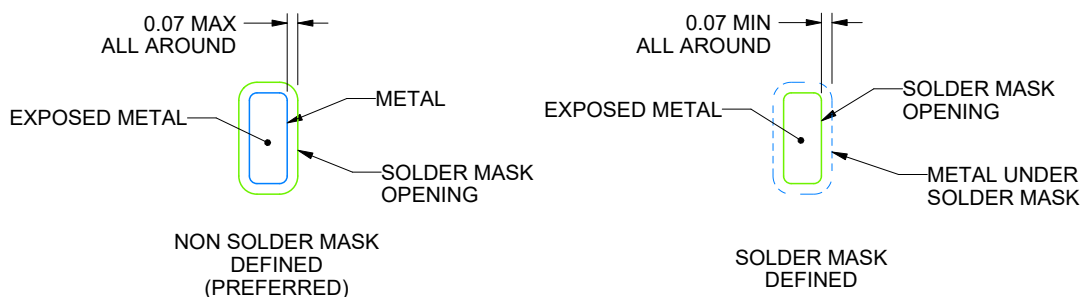
RHA0040R

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:12X



SOLDER MASK DETAILS

4229001/A 09/2022

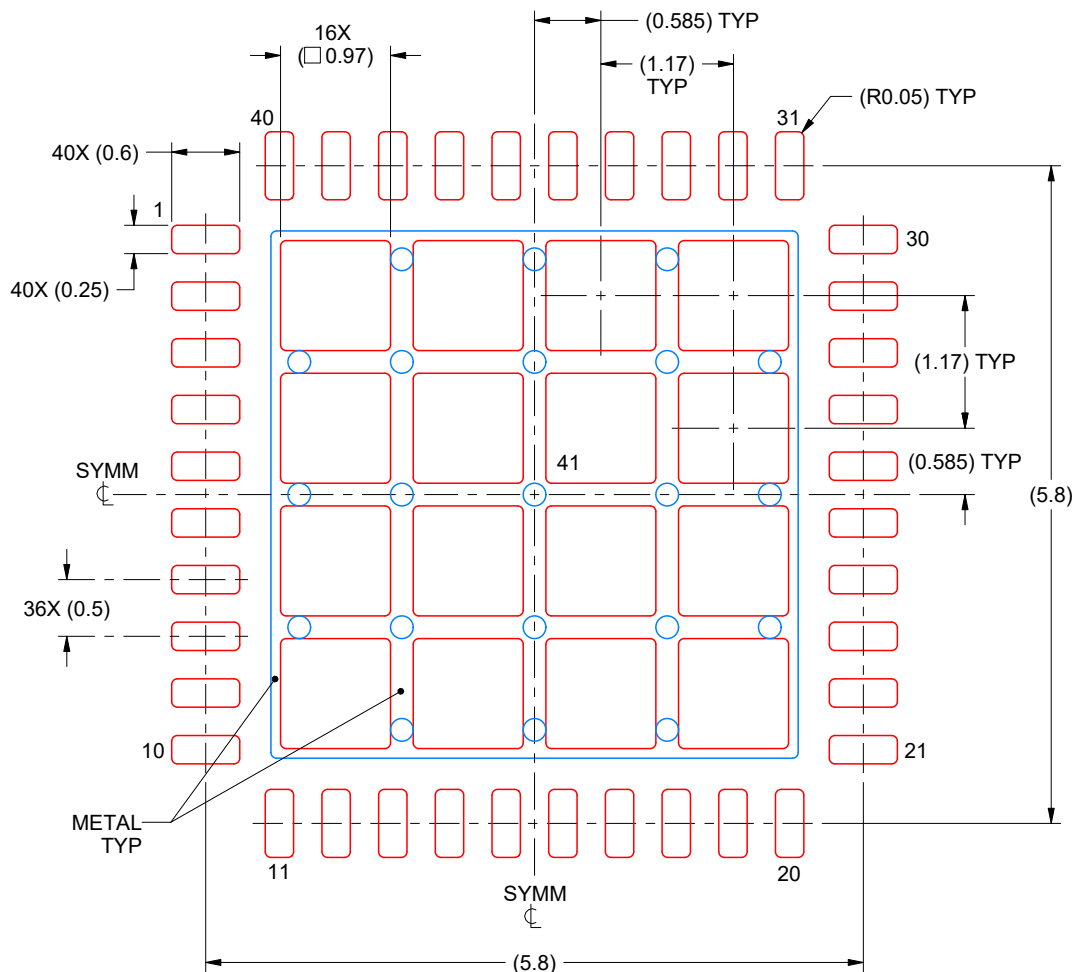
NOTES: (continued)

4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

RHA0040R

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 41:
69% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:15X

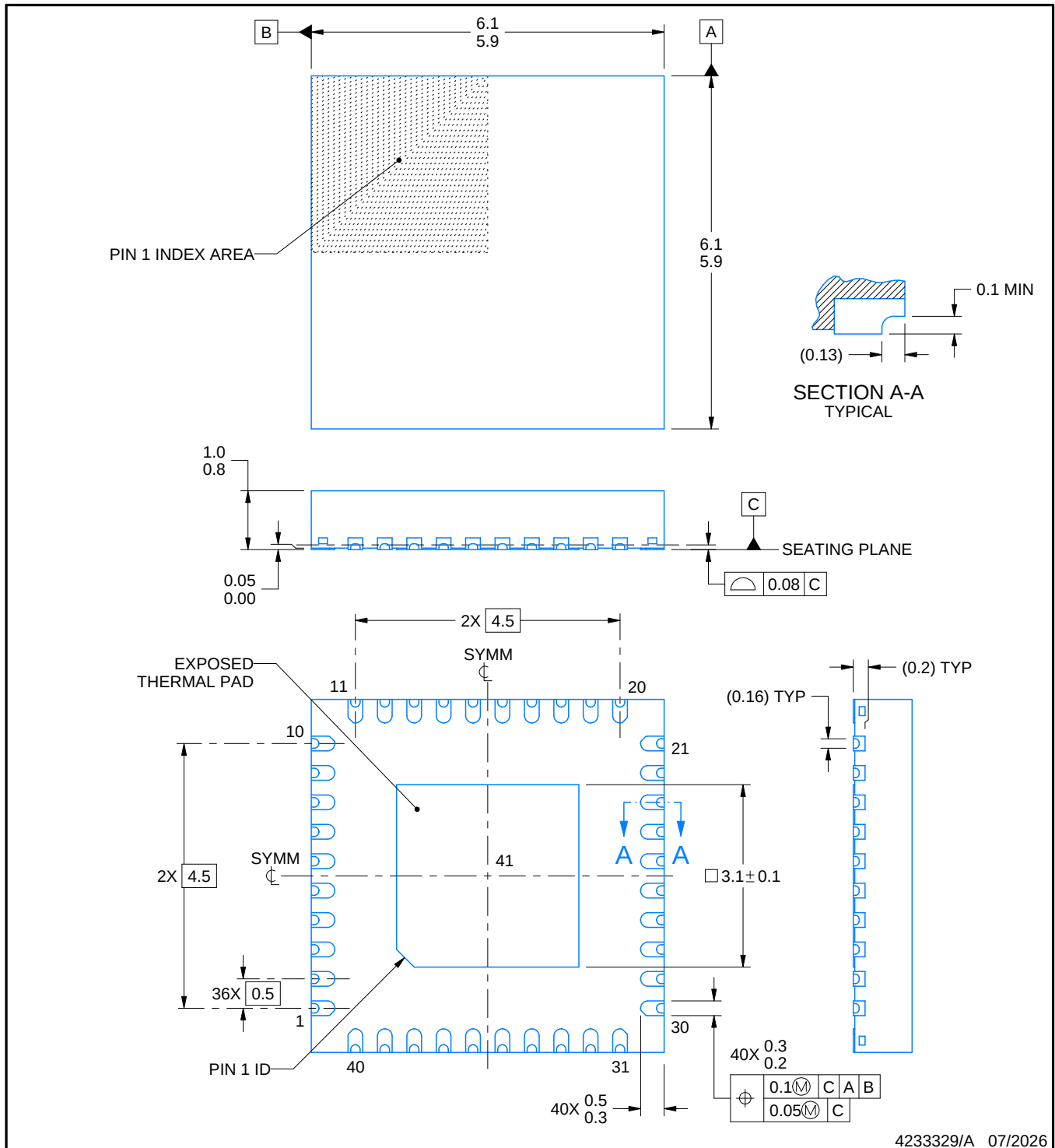
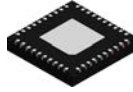
4229001/A 09/2022

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

REVISIONS

REV	DESCRIPTION	ECR	DATE	ENGINEER / DRAFTSMAN
A	RELEASE NEW DRAWING	2201054	09/01/2022	S. KUMMERL / K. SINCERBOX



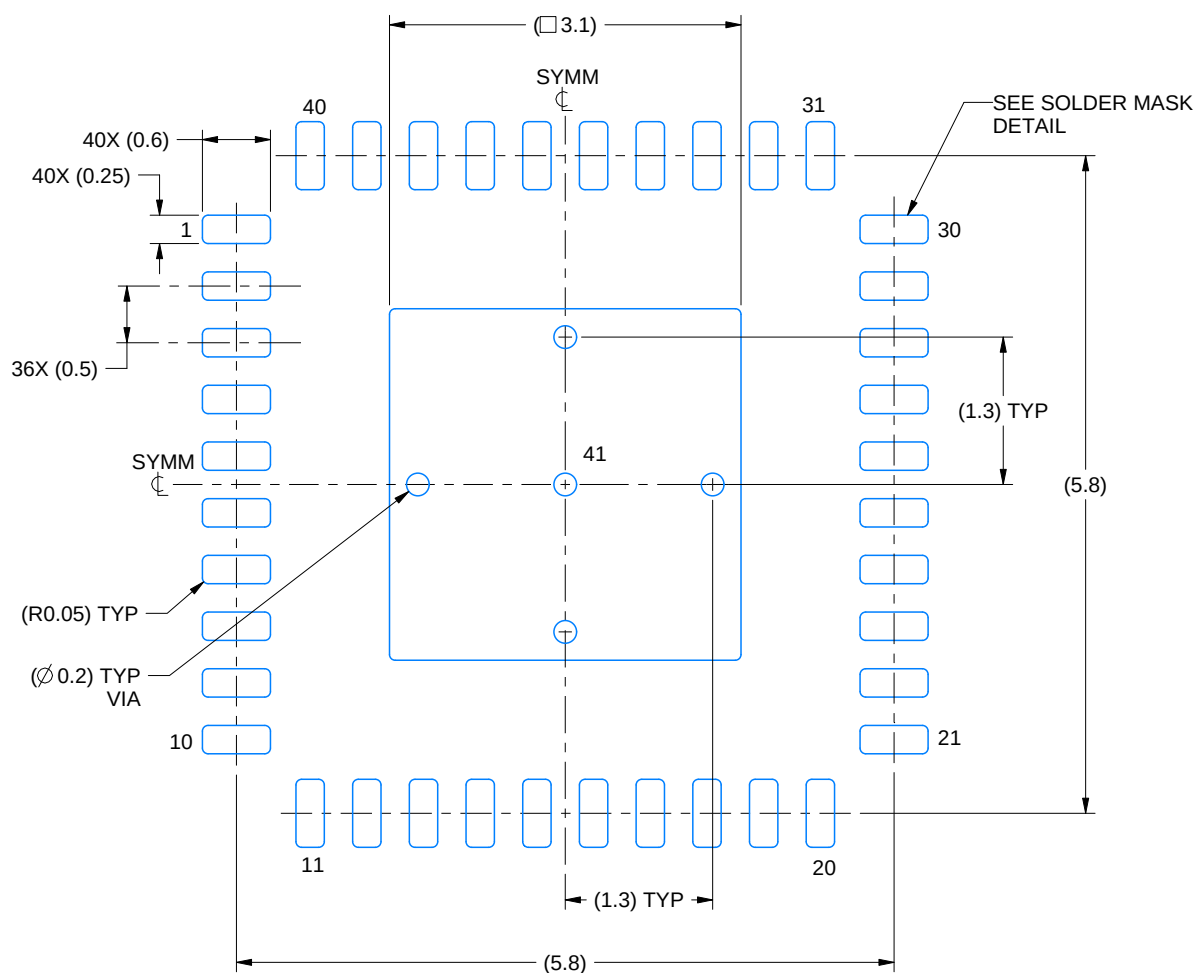
NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

RHA0040Y

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 15X



4233329/A 07/2026

NOTES: (continued)

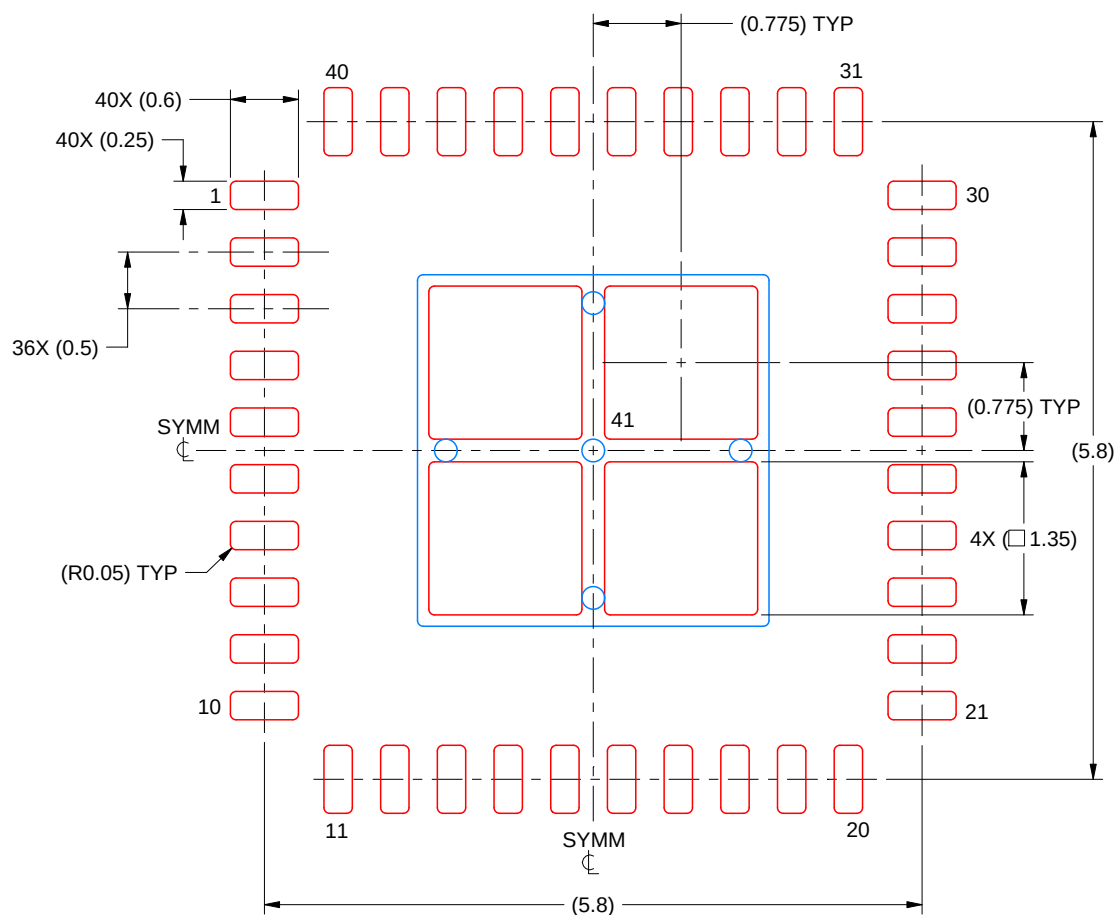
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RHA0040Y

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 15X

EXPOSED PAD 41
76% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4233329/A 07/2026

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

**DATA BOOK
PACKAGE OUTLINE**

DRAFTER:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022	DIMENSIONS IN MILLIMETERS	
DESIGNER:		DATE:		 TEXAS INSTRUMENTS SEMICONDUCTOR OPERATIONS CODE IDENTITY NUMBER 01295 ePOD, RHA0040R / VQFN, 40 PIN, 0.5 MM PITCH	
CHECKER:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022		
ENGINEER:	S. KUMMERL	DATE:	09/01/2022		
APPROVED:	D. CHIN & D. KAN	DATE:	09/01/2022		
RELEASED:	K. SINCERBOX	DATE:	09/01/2022		
TEMPLATE INFO:	EDGE# 4218519	DATE:	04/07/2016	SCALE NTS	SIZE A
				4229001	REV A
					PAGE 1 OF 5

VQFN - 1 mm max height

Top View: Dimensions include 6.1 (total width), 5.9 (inner width), 6.1 (total height), and 5.9 (inner height). A shaded area is labeled "PIN 1 INDEX AREA".

Detail Callouts:

- DETAIL ALTERNATE TERMINAL TYPICAL:** Shows a cross-section of a terminal with dimensions 0.5, 0.3, 0.3, and 0.2.
- SIDE WALL DETAIL ALTERNATE METAL THICKNESS:** Shows a cross-section of the side wall with a dimension of 0.1.

Front View: Dimensions include 1.0, 0.8, 0.05, 0.00, 0.08, and C. A "SEATING PLANE" is indicated. A feature is labeled "EXPOSED THERMAL PAD".

Top View (Detailed): Dimensions include 2X 4.5, 36X 0.5, 11, 20, 21, 10, 41, 2X 4.5, 1, 40, 31, 30, 40X 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, C, A, B, and 0.05. A "SYMM" symbol is present. A feature is labeled "PIN 1 ID (45° X 0.35)".

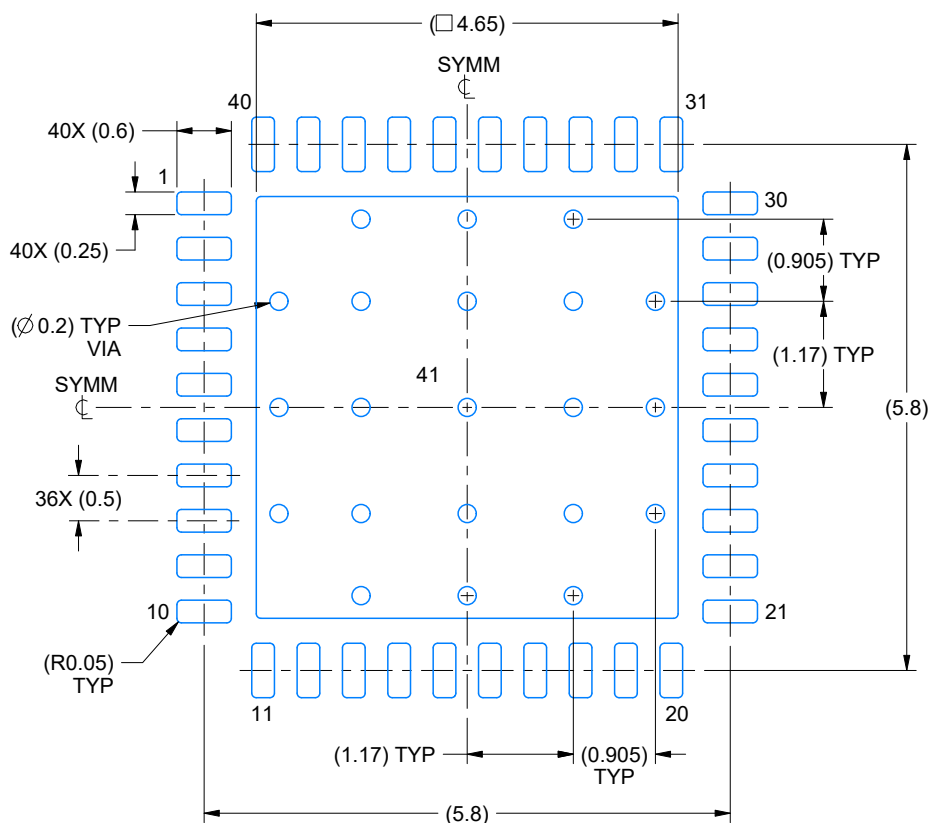
Side View: Dimensions include 0.2 TYP. A callout points to "SEE SIDE WALL DETAIL".

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

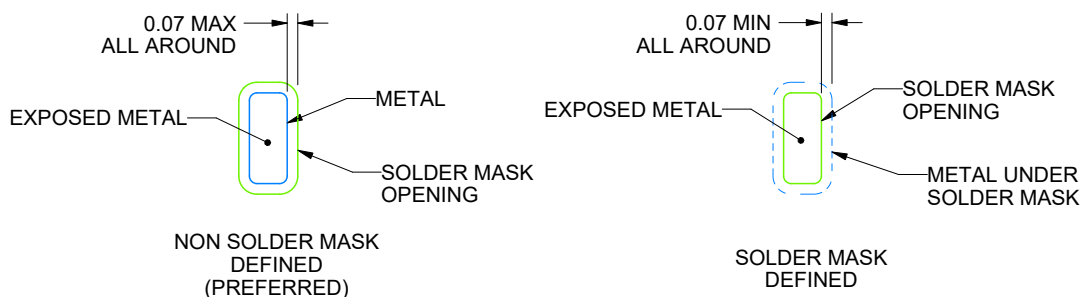
RHA0040R

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:12X



SOLDER MASK DETAILS

4229001/A 09/2022

NOTES: (continued)

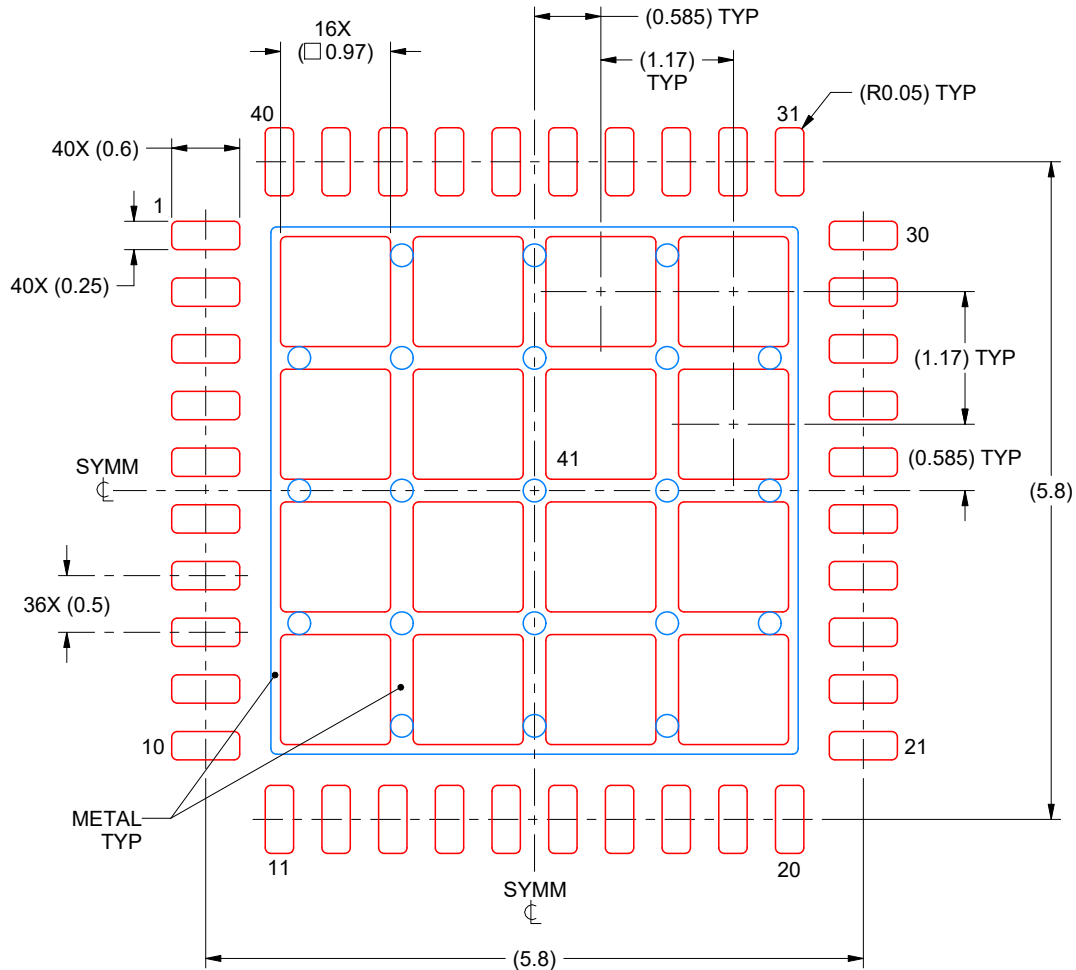
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RHA0040R

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL

EXPOSED PAD 41:
69% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:15X

4229001/A 09/2022

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

REVISIONS

REV	DESCRIPTION	ECR	DATE	ENGINEER / DRAFTSMAN
A	RELEASE NEW DRAWING	2201054	09/01/2022	S. KUMMERL / K. SINCERBOX

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任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月