

TPS26744E-Q1 支持 240W EPR、和 USB Type-C® DisplayPort™ 的汽车类 双端口/ USB Type-C® PD 控制器

1 特性

- TPS26744E-Q1 是一款完全可配置的双端口 PD3.2 源控制器。
 - 扩展功率范围 (EPR) 支持
 - 40V 耐压 VBUS
 - 24V 耐压 CC 和 DP/DM 引脚
 - 用于为各种应用轻松配置的 GUI 工具
 - 可编程电源 (PPS) 支持 (源端)
- USB Type-C 电力输送 (PD) 控制器
 - 符合 USB PD R3.2 标准
 - 符合 USB Type-C R2.4 标准
 - DisplayPort 交替模式支持
 - 20 个可配置 GPIO
 - 线缆连接和方向检测
 - 集成式 VCONN 开关。无需外部电源即可读取 eMarker
 - 物理层和策略引擎
 - 具有最高 40V 输入电压的集成 LDO
 - 1 个 I²C 控制端口 (I2C2)
 - 2 个 I²C 目标端口 (I2C1、I2C3)
 - UART 和 LIN 支持
 - 不开箱调试
- 集成的闪存存储器支持通过由身份验证检查选通的 I²C 进行更新
 - 通过 I2C4 进行不开箱闪存更新
- 系统电源管理
 - 在多个端口和器件之间
 - 热折返
 - 电源折返
- 液体检测和腐蚀缓解

2 应用

- 汽车 USB 充电
- 汽车媒体中心
- 汽车音响主机
- 汽车显示模块

3 说明

TPS26744E-Q1 是一款独立的双端口 USB Type-C 和电力输送 (PD) 源控制器，适用于包括扩展功率范围 (EPR) 电压在内的任何汽车 USB-C 端口应用。TPS26744E-Q1 支持 AVS 标准功率范围 (SPR) 和 EPR 的所有 USB-PD (固定电源、可编程电源 (PPS) 和可调节电源 (VR)) 电源协商选项。TPS26744E-Q1 自动识别 USB-C 电缆功能，并针对电缆允许的最大电流进行调节，无需为 VCONN 提供外部 5V 电源。TPS26744E-Q1 支持 USB-C DisplayPort 和传统 D+ / D- 充电。

TPS26744E-Q1 通过 I²C 或 PWM 控制直流/直流，以实现完整的 USB-C PD 解决方案。TPS26744E-Q1 具有 SYNC 输出，可通过双随机展频 (DRSS) 为每个端口保持外部直流/直流开关异相。

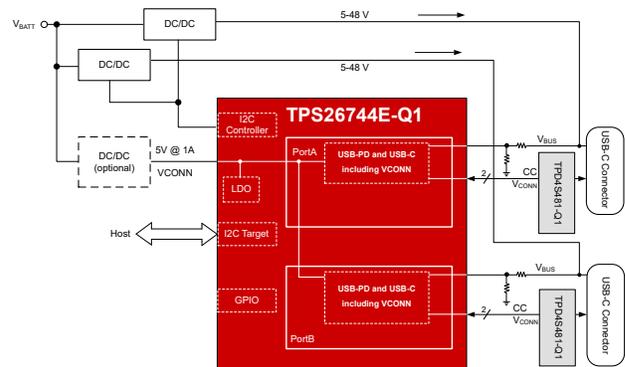
TPS26744E-Q1 集成了热保护和输入电压监控保护功能，可实现功率折返、VBUS 高/低电平监测以及液体检测和腐蚀缓解。

TPS26744E-Q1 还支持 USB-C 交替模式，例如 DisplayPort。TPS26744E-Q1 为系统提供多个接口选项，包括 I²C 和 LIN 支持以及可以配置用于多种功能的 GPIO。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	本体尺寸 (标称值)
TPS26744E-Q1	32-QFN (RHB)	5.0mm x 5.0mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



内容

1 特性	1	6.21 PWM 计时器.....	19
2 应用	1	6.22 闪存存储器特性.....	19
3 说明	1	6.23 引导时序.....	19
4 器件比较	3	6.24 典型特性.....	20
5 引脚配置和功能	4	7 参数测量信息	22
6 规格	7	8 详细说明	24
6.1 绝对最大额定值.....	7	8.1 概述.....	24
6.2 ESD 等级.....	7	8.2 功能方框图.....	25
6.3 建议运行条件.....	8	8.3 特性说明.....	26
6.4 热性能信息 (RHB 5x5).....	8	8.4 器件功能模式.....	49
6.5 推荐电容.....	8	9 应用和实施	51
6.6 电源特性.....	9	9.1 应用信息.....	51
6.7 功耗特性.....	9	9.2 典型应用.....	51
6.8 电源路径监控特性.....	10	9.3 电源相关建议.....	53
6.9 CC 电缆检测特性.....	10	9.4 布局.....	53
6.10 Px_VCONN 开关特性.....	11	10 器件和文档支持	58
6.11 CC PHY 特性.....	12	10.1 文档支持.....	58
6.12 热关断特性.....	13	10.2 接收文档更新通知.....	58
6.13 振荡器特性.....	13	10.3 支持资源.....	58
6.14 ADC 特性.....	13	10.4 商标.....	58
6.15 液体检测特性.....	14	10.5 静电放电警告.....	58
6.16 输入/输出 (I/O) 特性 (P0_GPIOx).....	16	10.6 术语表.....	58
6.17 输入/输出 (I/O) 特性 (P1_GPOx).....	16	11 修订历史记录	58
6.18 I2C 要求和特性.....	17	12 机械、封装和可订购信息	59
6.19 UART.....	18	12.1 封装选项附录.....	60
6.20 数模转换器 (SYNC) 输出.....	18	12.2 卷带包装信息.....	61

4 器件比较

表 4-1. 器件比较

器件	端口数	EPR 支持	DisplayPort 支持	AEC Q100
TPS26744E-Q1	2	是	是	是
TPS26742E-Q1	2	是	否	是
TPS26742-Q1	2	否	否	是
TPS26743E-Q1	1	是	是	是
TPS26741-Q1	1	否	否	是
TPS26741E-Q1	1	是	否	是
TPS26742E	2	是	否	否

5 引脚配置和功能

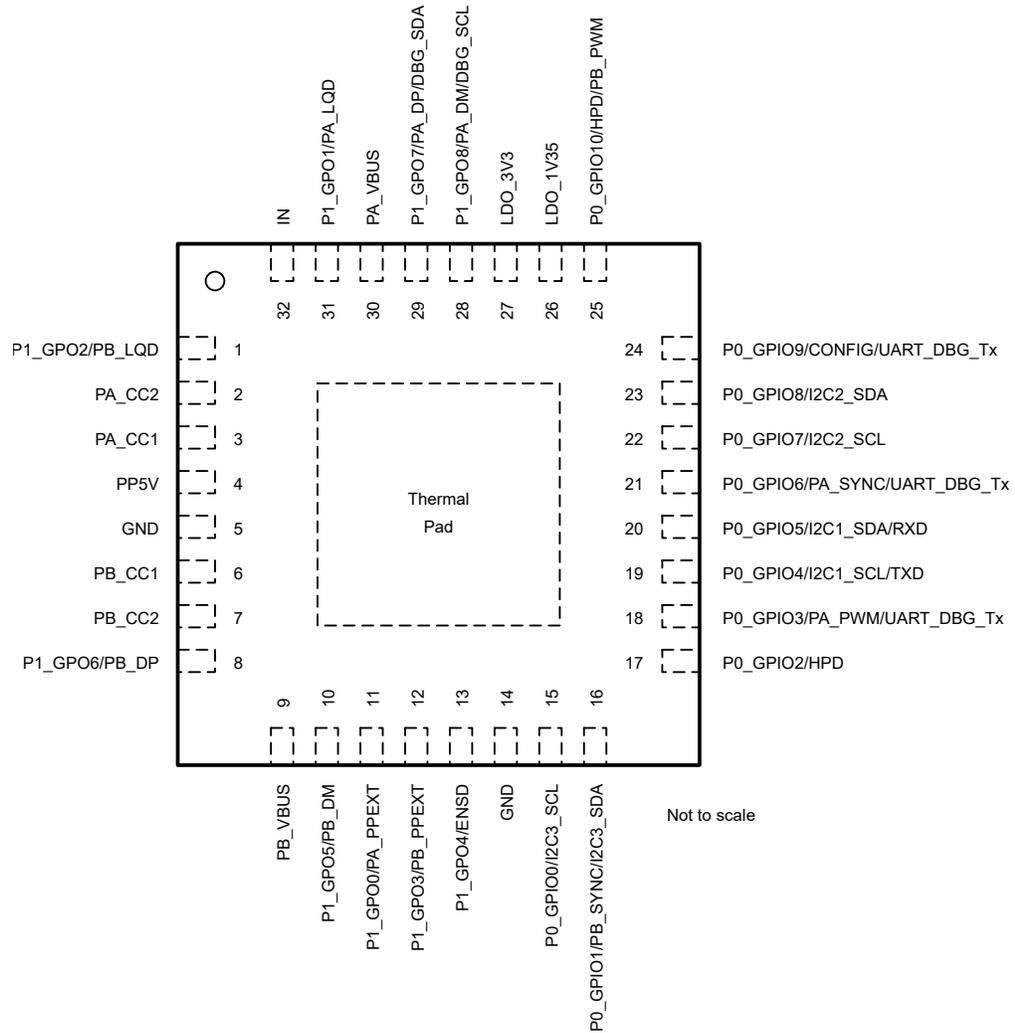


图 5-1. TPS26744E-Q1 RHB 封装 32 引脚 QFN (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
GND	5, 14	GND	接地基准引脚。连接至电源板底部。
IN	32	P	这是器件的输入电源。
LDO_1V35	26	P	内部 LDO 的输出。使用电容 C _{LDO_1V35} 旁路至 GND。它不用于为外部电路供电。

表 5-1. 引脚功能 (续)

引脚		I/O ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
LDO_3V3	27	P	内部 LDO 的输出。使用电容 C _{LDO_3V3} 旁路至 GND。
P0_GPIO0/I2C3_SCL	15	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O 或用于 I2C3 的 SCL。
P0_GPIO1/PB_SYNC/I2C3_SDA	16	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、端口 B 的 SYNC 输出或 I2C3 的 SDA。
P0_GPIO2/HPD	17	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O 或热插拔检测 (HPD)。
P0_GPIO3/PA_PWM/UART_DBG_Tx	18	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、PWM 输出或 UART 调试输出。
P0_GPIO4/I2C1_SCL/TXD	19	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、用于 I2C1 的 SCL，或 LIN 总线发送器。
P0_GPIO5/I2C1_SDA/RXD	20	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、用于 I2C1 的 SDA，或 LIN 总线接收器。
P0_GPIO6/PA_SYNC/UART_DBG_Tx	21	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、端口 A 的 SYNC 输出，或调试输出。
P0_GPIO7/I2C2_SCL	22	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O 或用于 I2C2 的 SCL。
P0_GPIO8/I2C2_SDA	23	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O 或用于 I2C2 的 SDA。
P0_GPIO9/CONFIG/UART_DBG_Tx	24	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、配置输入或调试输出。
P0_GPIO10/HPD/PB_PWM	25	I/O	该引脚支持多种功能：通用 I/O、热插拔检测 (HPD) 或 PWM 输出。
P1_GPO0/PA_PPEXT/ADCIN2	11	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入或端口 A 的外部电源路径控制。
P1_GPO1/PA_LQD/ADCIN3	31	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入或端口 A 上的液体检测。
P1_GPO2/PB_LQD/ADCIN4	1	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入或端口 B 上的液体检测。
P1_GPO3/PB_PPEXT/ADCIN5	12	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入或端口 B 的外部电源路径控制。
P1_GPO4/ENSD	13	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出，或启用关断模式输入 (ENSD)。除非启用关断模式，否则请勿从外部下拉此引脚。
P1_GPO5/PB_DM/ADCIN15	10	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入，或连接到端口 B (用于 BC1.2) 上的 D- 引脚。
P1_GPO6/PB_DP/ADCIN14	8	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入，或连接到端口 B (用于 BC1.2) 上的 D+ 引脚。
P1_GPO7/PA_DP/DBG_SDA/ADCIN12	29	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入，连接到端口 A (用于 BC1.2) 上的 D+ 引脚，或与 I2C4 之间的 SDA 连接。
P1_GPO8/PA_DM/DBG_SCL/ADCIN13	28	I/O	该引脚支持多种功能：通用输出、ADC 输入，连接到端口 A (用于 BC1.2) 上的 D- 引脚，或与 I2C4 之间的 SCL 连接。
PA_CC1	3	I/O	用于 USB Type-C 和 USB PD 的 I/O。使用连接到 GND 的推荐电容器 (C _{PX_CCy}) 过滤噪声。
PA_CC2	2	I/O	用于 USB Type-C 和 USB PD 的 I/O。使用连接到 GND 的推荐电容器 (C _{PX_CCy}) 过滤噪声。
PA_VBUS	30	P	端口 A 的 VBUS 感应输入。使用电容 C _{PX_VBUS} 旁路到 GND。
PB_CC1	6	I/O	用于 USB Type-C 和 USB PD 的 I/O。使用连接到 GND 的推荐电容器 (C _{PX_CCy}) 过滤噪声。
PB_CC2	7	I/O	用于 USB Type-C 和 USB PD 的 I/O。使用连接到 GND 的推荐电容器 (C _{PX_CCy}) 过滤噪声。
PB_VBUS	9	P	端口 B 的 VBUS 感应输入。使用电容 C _{PX_VBUS} 旁路到 GND。

表 5-1. 引脚功能 (续)

引脚		I/O ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
PP5V	4	P	VCONN 的输入电源和 IN 引脚的 LDO 输出。使用电容 C _{PP5V} 旁路至 GND。

(1) 信号类型：I = 输入，O = 输出，I/O = 输入或输出。

6 规格

6.1 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
输入电压范围 ⁽²⁾	PP5V	-0.3	7.0	V
	IN	-0.3	40	
	Px_VBUS	-0.3	40	
	Px_DP、Px_DM、Px_LQD	-0.3	24	V
	Px_CC1、Px_CC2	-0.5	24	
	P0_GPIOx	-0.3	$V_{LDO_3V3} + 0.3$ (最大值为 4.1)	
	P1_GPO3, P1_GPO4	-0.3	6	
	P1_GPO0	-0.3	$V_{LDO_3V3} + 0.3$ (最大值为 4.1)	
	I2Cx_SDA, I2Cx_SCL	-0.3	4	
输出电压范围 ⁽²⁾	LDO_1V35 ^{(3) (4)}	-0.3	2	V
	LDO_3V3 ⁽³⁾	-0.3	4	
拉电流	Px_CCy 上的正拉电流		受内部限制	A
	Px_GPIOy 灌入或拉出的电流		0.005	
	I2Cn_SDA、I2Cn_SCL 的正灌电流		受内部限制	
	LDO_3V3、LDO_1V35 的正拉电流		受内部限制	
T _J 工作结温		-40	155	°C
T _{STG} 贮存温度		-55	150	°C

- 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。
- 所有电压值均以网络 GND 为基准。将 GND 引脚直接连接到电路板的 GND 平面。
- 不要对这些引脚施加电压。
- 请勿向该引脚施加任何外部负载。

6.2 ESD 等级

参数		测试条件		值	单位
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	除 Px_CCy 之外的所有引脚	±2000	V
			引脚 Px_CCy	±6000	
		充电器件模型 (CDM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 ⁽²⁾	转角引脚	±750	
			非转角引脚	±500	

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

6.3 建议运行条件

			最小值	标称值	最大值	单位
V _I	输入电压范围 (1)	IN (用作 Px_VCONN 电源时)	5	12	32	V
		IN(2)	4.5	12	32	
		PP5V (如果从外部供电)	4.75	5	最小值 (5.5, V _{IN})	
		Px_VBUS	0		31	
V _{IO}	I/O 电压范围 (1)	I2Cx_SDA, I2Cx_SCL	0		V _{LDO_3V3}	V
		P0_GPIOx	0		V _{LDO_3V3}	
		P1_GPO0、P1_GPO3、P1_GPO4	0		V _{LDO_3V3}	
		Px_CC1、Px_CC2	0		5.5	
		Px_DP、Px_DM、Px_LQD	0		5.5	
I _O	输出电流 (来自 PP5V)	Px_CC1, Px_CC2			350	mA
I _O	输出电流 (来自 LDO_3V3)	P0_GPIOx, P1_GPOx			1	mA
I _O	输出电流 (来自内部 LDO)	LDO_3V3 和 P0_GPIOx 和 P1_GPOx 的电流之和。			5	mA
T _A	环境工作温度		-40		105	°C
T _J	工作结温		-40		125	°C

- (1) 所有电压值均以网络 GND 为基准。所有 GND 引脚都必须直接连接到电路板的 GND 平面。
(2) 器件首次上电时, 需要 V_{ENSD} > V_{ENSD_THLD} (上升)。

6.4 热性能信息 (RHB 5x5)

热指标(1)		器件		单位
		QFN (RHB)		
		32 引脚		
R _{θJA}	结至环境热阻	32.5		°C/W
R _{θJC} (顶部)	结至外壳 (顶部) 热阻	21.6		°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	12.6		°C/W
ψ _{JT}	结至顶部特征参数	1.3		°C/W
ψ _{JB}	结至电路板特征参数	12.5		°C/W
R _{θJC} (底部)	结至外壳 (底部 GND 焊盘) 热阻	3.2		°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](#) 应用报告。

6.5 推荐电容

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数(1)		电压额定值	最小值	标称值	最大值	单位
C _{Px_VBUS}	Px_VBUS 上的电容	50V	1	4.7	10	μF
C _{IN}	IN 上的电容		0.5	1		μF
C _{LDO_3V3}	LDO_3V3 上的电容	6.3V	2	4.7		μF
C _{LDO_1V35}	LDO_1V35 上的电容			470		nF

6.5 推荐电容 (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)

参数 ⁽¹⁾		电压额定值	最小值 标称值 最大值	单位
C _{PP5V}	PP5V 上的电容, I _{LIMVC} = DisplayPort 设置	10V	25	μF
	PP5V 上的电容, I _{LIMVC} = eMarker 设置	10V	5	
C _{PP5V2} ⁽²⁾	PP5V 引脚上的次级电容	10V	100	nF
C _{Px_CCy}	Px_CCy 引脚上的电容		300	pF
C _{DPDM}	以 DCP 模式使用时, Px_DP 和 Px_DM 上的电容	50V	1	nF

- (1) 电容值不包括任何降额或容差因子。例如, 如果需要 4.5μF 且外部电容值因所需工作电压降额而减少 50%, 并且容差为 -10%, 则需要的外部电容额定值必须是 10μF。
 (2) 放置该电容器将提高 ESD 性能。

6.6 电源特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值 典型值 最大值	单位
I _{IN_LKG}	禁用 5V LDO (外部提供 PP5V) 时, IN 引脚上的泄漏电流。	V _{PP5V} = 5V, 18V > V _{IN} > 7V, 0°C ≤ T _J ≤ 85°C	30 μA
输出			
V _{PP5V}	由内部 LDO 供电时 PP5V 上的电压	7V ≤ V _{IN} ≤ 18V, V _{EN} = 2V, 启用 Px_VCONN。	4.5 4.63 4.75 V
V _{PP5V}	由内部 LDO 供电时 PP5V 上的电压	4.5V ≤ V _{IN} < 7V, V _{EN} = 2V, 已禁用 Px_VCONN。	4.2 4.63 4.75 V
V _{LDO_3V3}	LDO_3V3 上的电压	V _{PP5V} > V _{PP5V_UVLO}	3.0 3.3 3.45 V
V _{LDO_1V35}	LDO_1V35 的输出电压	V _{LDO_3V3} ≥ 3.0V, 最高为最大内部负载条件。	1.35 V

6.7 功耗特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值 典型值 最大值	单位
工作模式			
I _{IN,Act} ⁽¹⁾	流入 IN 的电流	擦除闪存时的模式: V _{PP5V} = 5.0V, V _{IN} = 7V, 这确实包括 IDD _{ERASE} 。	22 mA
	流入 IN 的电流	在对闪存编程时处于运行模式: V _{PP5V} = 5.0V, V _{IN} = 7V, 这确实包括 IDD _{PGM} 。	22 mA
	流入 IN 的电流	工作模式: V _{PP5V} = 5.0V, V _{IN} = 7V, 这确实不包括 IDD _{ERASE} 或 IDD _{PGM} 。	15 mA
睡眠模式			
I _{IN,Sleep} ⁽¹⁾	流入 IN 的电流	V _{IN} = 12V, T _J = 25°C	2 mA
空闲模式			
I _{IN,Idle} ⁽¹⁾	流入 IN 的电流	V _{IN} = 12V	1.3 mA
关断模式			
I _{IN,SD}	流入 IN 的关断电流	V _{IN} = 12V, V _{ENSD} = 0V	1 mA

- (1) 典型值在 1 秒内取平均值。

6.8 电源路径监控特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
过压						
V _{PP5V_OVP}	VBUS 过压 (上升)	当 $V_{P_{X_CCy}} > V_{PP5V_OVP}$ 且 VCONN 通过 P _{X_CCy} 提供时, 检测到 OVP	5.85	6.15	6.55	V
	VBUS 过压 (下降)		5.4	5.7	6.0	
	VBUS 过压 (磁滞)		0.45			
欠压						
V _{PP5V_UVLO}	PP5V 上所需的电压	上升	3.9	4.1	4.3	V
		下降	3.8	4.0	4.2	
		迟滞	0.1			
V _{VBUS_GOOD}	P _{X_VBUS} 的比较器	上升	3.75			V
		下降	3.65			
		迟滞	0.10			
VBUS 放电						
I _{DSCH}	VBUS 放电电流 (1)	$30V \geq V_{P_{X_VBUS}} \geq V_{LDO_3V3}$, 测量 I _{P_{X_VBUS}}	8			mA

(1) 为满足 USB 规范要求, 放电功能会在需要时自动启用, 在不需要时自动禁用。

6.9 CC 电缆检测特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
Type-C 源端 (Rp 上拉电阻)						
V _{SRC1}	施加到 P _{X_CCy} 的 Rp3.0A 的分离阈值	上升	2.56	2.74		V
		下降	2.46	2.64		
		迟滞	0.1			
V _{SRC2}	施加到 P _{X_CCy} 的 Rp1.5A 或 RpDef 的分离阈值	上升	1.54	1.64		V
		下降	1.51	1.61		
		迟滞	0.03			
V _{SRC3}	施加到 P _{X_CCy} 的 RpDef 的 Ra/Rd 检测阈值	上升	0.20	0.24		V
		下降	0.16	0.18	0.20	
		迟滞	0.04			
V _{SRC4}	施加到 P _{X_CCy} 的 Rp1.5A 的 Ra/Rd 检测阈值	上升	0.39	0.44		V
		下降	0.35	0.40		
		迟滞	0.04			
V _{SRC5}	施加到 P _{X_CCy} 的 Rp3.0A 的 Ra/Rd 检测阈值	上升	0.79	0.84		V
		下降	0.75	0.80		
		迟滞	0.04			
V _{Oc}	在启用 Rp 且空载时的 P _{X_CCy} 开路电压	$V_{PP5V_UVLO} < V_{PP5V} < 5.5V$, R _{CC} = 47kΩ	2.95			V
I _{RpDef}	电流源 - USB 默认设置	$V_{PP5V} \geq 4.5V$, $0 < V_{P_{X_CCy}} < 1.5V$, 测量 I _{P_{X_CCy}}	73	80	87	μA
I _{Rp1.5}	电流源 - 1.5A	$V_{PP5V} \geq 4.5V$, $0 < V_{P_{X_CCy}} < 1.5V$, 测量 I _{P_{X_CCy}}	166	180	194	μA
I _{Rp3.0}	电流源 - 3.0A	$V_{PP5V} \geq 4.5V$, $0 < V_{P_{X_CCy}} < 2.45V$, 测量 I _{P_{X_CCy}}	304	330	356	μA

6.9 CC 电缆检测特性 (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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
Type-C 接收端 (Rd 下拉电阻)						
V _{SNK1}	当 Rd 施加到 Px_CCy 时的开路/默认检测阈值	上升	0.2		0.24	V
	当 Rd 施加到 Px_CCy 时的开路/默认检测阈值	下降	0.16		0.20	
		迟滞		0.04		
V _{SNK2}	默认/1.5A 检测阈值	下降	0.62		0.68	V
	默认/1.5A 检测阈值	上升	0.63	0.66	0.69	
		迟滞		0.01		
V _{SNK3}	当 Rd 应用于 Px_CCy 时检测阈值为 1.5A/3.0A	下降	1.17		1.25	V
	当 Rd 应用于 Px_CCy 时检测阈值为 1.5A/3.0A	上升	1.22		1.3	
		磁滞		0.05		
R _{SNK}	Rd 下拉电阻	$0.25V \leq V_{Px_CCy} \leq 2.1V$, 测量 Px_CCy 上的电阻	4.6		5.6	k Ω
R _{VCONN_DIS}	VCONN 放电电阻	$0V \leq V_{Px_CCy} \leq 5.5V$, 测量 Px_CCy 上的电阻	4.1		6.1	k Ω
Z _{Open}	未供电的 CC 阻抗	$V_{IN} = 0V$, $V_{Px_CCy} = 3.3V$	126			k Ω
R _{Open}	配置为开路时从 Px_CCy 到 GND 的电阻。	$V_{Px_VBUS} = 0$, $V_{IN} = V_{PP5V} = 5.0V$, $V_{Px_CCy} = 5V$, 测量 Px_CCy 上的电阻	126			k Ω
通用 (源端和接收端)						
R _a	Ra 下拉电阻	$V_{Px_CCy} \leq 0.25V$, 测量 Px_CCy 上的电阻, 最小值可灵活设置, 避免需要任何修整。			1200	Ω
t _{CC}	Px_CCy 上比较器的默认抗尖峰脉冲时间			3.6		ms

6.10 Px_VCONN 开关特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{VCONN}	VCONN 路径的 Rdson	$V_{PP5V} = 5V$, $I_{Px_CCy} = 350mA$, 测量 PP5V 到 Px_CCy 的电阻		0.7		Ω
I _{LIMVC}	短路电流限值	仅 eMarker 设置, $V_{PP5V} = 5V$, $R_L = 10m\Omega$, 测量 I_{Px_CCy}		50		mA
I _{LIMVC}	短路电流限值	$V_{PP5V} = 5V$, $R_L = 10m\Omega$, 测量 I_{Px_CCy}		450		mA
V _{VCONN_RCP}	Px_VCONN 的反向电流保护阈值, 通过 Px_CCy 提供 VCONN	$V_{PP5V} \geq 4.9V$, $V_{Px_CCz} = V_{PP5V}$, V_{Px_CCy} 上升		200		mV
	Px_VCONN 的反向电流保护阈值, 通过 CCx 提供 VCONN	$V_{PP5V} \geq 4.9V$, $V_{Px_CCz} \leq 4.0V$, V_{Px_CCy} 上升		340		
t _{VCILIM}	电流钳位标志抗尖峰脉冲时间。如果过流的持续时间超过此值, 开关将被禁用。			3		ms

6.10 Px_VCONN 开关特性 (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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{VC_OVP}	对 $V_{Px_CCy} > V_{PP5V_OVP}$ 的响应时间, 而 VCONN 通过 Px_CCy 提供	启用 Px_VCONN , 在 $PP5V$ 上施加 100Ω 负载, 以 $100V/ms$ 从 $4.3V$ 开始斜升 V_{Px_CCy}		150		μs
t_{VC_UVLO}	对 $V_{PP5V} < V_{PP5V_UVLO}$ 的响应时间	$R_L = 100\Omega$, Px_CCy 上无外部电容, 以 $10V/\mu s$ 的速率将 V_{PP5V} 从 $5.5V$ 斜降至 $3.5V$, 测量从 $UVLO$ 检测到电流 $< 10mA$ 的时间		4		μs
t_{VC_RCP}	对 $V_{PP5V} < V_{Px_CCy} + V_{VCONN_RCP}$ 的响应时间	$V_{PP5V} = 5.5V$, 启用 Px_VCONN , 以 $10V/\mu s$ 的速率将 V_{Px_CCy} 从 $4V$ 斜升至 $21.5V$		1		μs
t_{VCON}	从启用信号到 Px_CCy 处于最终值的 90%	$I_L = 250mA$, $V_{PP5V} = 5V$, $C_L = 0$		0.98		ms
t_{VCOFF}	从禁用信号到 Px_CCy 处于最终值的 10%	$I_L = 250mA$, $V_{PP5V} = 5V$, $C_L = 0$		0.22		ms
t_{VCRISE}	Px_CCy 从最终值的 10% 到 90%	$I_L = 250mA$, $V_{PP5V} = 5V$, $C_L = 0$		270		μs
t_{VCFALL}	Px_CCy 从初始值的 90% 到 10%	$I_L = 250mA$, $V_{PP5V} = 5V$, $C_L = 0$		250		μs
t_{IOS_VCONN}	对短路的响应时间	$V_{PP5V} = 5V$, 对于短路 $R_L = 10m\Omega$ 。测量从施加短路到 $I_{VCONN} < I_{LIMVC}$ 的时间。			4.0	μs
		$V_{PP5V} = 5V$, 对于短路 $R_L = 10m\Omega$ 。测量从应用短路到 $I_{VCONN} < I_{LIMVC}$ 的时间。仅 eMarker 设置。。		0.6		

6.11 CC PHY 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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
发送器						
V_{TXHI}	Px_CCy 上的发送高电压	标准外部负载	1.05	1.125	1.2	V
V_{TXLO}	Px_CCy 上的发送低电压	标准外部负载	-75		75	mV
Z_{DRIVER}	使用 Px_CCy 驱动 CC 线路时的发送输出阻抗		33	50	71.4	Ω
t_{TX_RISE}	上升时间。 Px_CCy 上的 10% 至 90% 振幅点, 最小值是空载条件下的值。最大值由 TX 掩码进行设置	$C_{Px_CCy} = 520pF$	300			ns
t_{TX_FALL}	下降时间。 Px_CCy 上的 90% 至 10% 振幅点, 最小值是空载条件下的值。最大值由 TX 掩码进行设置	$C_{Px_CCy} = 520pF$	300			ns
t_{UI}	Px_CCy 上发送期间的数据位的单位时间间隔		3.03		3.7	μs
接收器						
C_{CC}	Px_CCy 上的接收器电容 ⁽²⁾	处于接收器模式时向 CC 引脚输入的电容			100	pF
$t_{RxFilter}$ ⁽¹⁾	Rx 带宽限制滤波器。用于限制宽带噪声输入的单极滤波器的时间常数		100			ns

6.11 CC PHY 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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{RX_SRC}	Px_CCy 上用于接收器比较器的阈值	源端模式 (上升)	775	825	875	mV
		源端模式 (下降)	500	550	600	
V _{RX_SNK}	Px_CCy 上用于接收器比较器的阈值	接收端模式 (上升)	530	575	620	mV
		接收端模式 (下降)	260	300	340	

- 宽带噪声输入是由电缆互连中的耦合引起的。
- 仅当 Px_CCy 引脚配置为接收 BMC 数据时, C_{CC} 才包括该引脚上的内部电容。需要使用外部电容来满足 USB-PD 规范 (cReceiver) 要求的最小电容。因此, TI 建议在外围添加 C_{Px_CCy}。

6.12 热关断特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T _{SD}	关断温度阈值	温度上升	140	158.5	175	°C
		温度下降	125	143.5	162	°C
		迟滞		15		°C
T _{SD_PP}	端口的每个电源路径的温度控制的关断阈值。	温度上升	125	145	165	°C
		温度下降	110	130	150	°C
		迟滞		15		°C

6.13 振荡器特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{OSC_24M}	24MHz 振荡器		22.8	24	25.2	MHz

6.14 ADC 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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
LSB	最低有效位	3.6V 最大缩放, 分压比为 3		3.52		mV
		6.0V 最大缩放, 分压比为 5		5.86		mV
		51.2V 最大缩放, 分压比为 42.7		50		mV
		请参阅 (1)		0.45		°C
GAIN_ERR	增益误差 (包括输入分压比)	0.05V ≤ V _{GPIOx} ≤ V _{LDO_3V3}	-2.7		2.7	%
		2.7V ≤ V _{LDO_3V3} ≤ 3.6V	-2.4		2.4	
		85°C ≤ T _J ≤ 125°C	-12		12	
		0.15V ≤ V _{Px_CCy} ≤ 5.5V	-3		3	
		7V ≤ V _{IN} ≤ 31V	-2.1		2.1	
		0.6V ≤ V _{Px_VBUS} ≤ 31V	-2.1		2.1	

6.14 ADC 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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VOS_ERR	偏移误差 (以输入引脚为基准)	$0.05V \leq V_{GPIOx} \leq V_{LDO_3V3}$	-12.3		12.3	mV
		$2.7V \leq V_{LDO_3V3} \leq 3.6V$	-12.3		12.3	mV
		$85^{\circ}C \leq T_J \leq 125^{\circ}C$	-2		2	°C
		$0.15V \leq V_{Px_CCy} \leq 5.5V$	-20.5		20.5	mV
		$7V \leq V_{IN} \leq 31V$	-175		175	mV
		$0.6V \leq V_{Px_VBUS} \leq 31V$	-175		175	mV

(1) 温度 (摄氏度) = (ADC 数据 - 650) * 0.45 + 25

6.15 液体检测特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{LQD}	PX_LQD 上的弱上拉电流	$V_{PP5V} \geq 4.5V, 0 < V_{PX_LQD} < 2.0V$, 测量 I _{PX_LQD}		40		μA
	PX_LQD 上的强上拉电流	$V_{PP5V} \geq 4.5V, 0 < V_{PX_LQD} < 2.0V$, 测量 I _{PX_LQD}		80		
	PX_LQD 上的强上拉电流	$V_{PP5V} \geq 4.5V, 0 < V_{PX_LQD} < 2.0V$, 测量 I _{PX_LQD}		160		

6.15 液体检测特性 (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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{LQD}	Px_LQD 比较器上的阈值 (上升)	设置 0		0.200		V
		设置 1		0.225		
		设置 2		0.250		
		设置 3		0.275		
		设置 4		0.300		
		设置 5		0.325		
		设置 6		0.350		
		设置 7		0.500		
		设置 8		0.700		
		设置 9		0.800		
		设置 10		0.850		
		设置 11		0.900		
		设置 12		0.950		
		设置 13		1.000		
		设置 14		1.050		
		设置 15		1.100		
		设置 16		1.150		
		设置 17		1.200		
		设置 18		1.250		
		设置 19		1.300		
		设置 20		1.350		
		设置 21		1.400		
		设置 22		1.450		
		设置 23		1.500		
		设置 24		1.550		
		设置 25		1.600		
		设置 26		1.650		
		设置 27		1.700		
		设置 28		1.750		
		设置 29		1.800		
		设置 30		1.850		
		设置 31		1.900		
V _{LQD_OVP}	Px_LQD 上的 OVP 阈值	上升	6		9.5	V
V _{Px_LQD}	施加 R _{LQD} 和 I _{LQD} 时的 Px_LQD 电压	R _{LQD} = 5kΩ, I _{LQD} = 80μA		0.4		V
		R _{LQD} = 10kΩ, I _{LQD} = 40μA		0.4		
		R _{LQD} = 12.5kΩ, I _{LQD} = 160μA		2.0		
		R _{LQD} = 25kΩ, I _{LQD} = 80μA		2.0		

6.15 液体检测特性 (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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
R _{LQD}	Px_LQD 上的弱下拉电阻	V _{Px_LQD} = 0.4V, I _{LQD} = 80μA		5		kΩ
		V _{Px_LQD} = 0.4V, I _{LQD} = 40μA		10		
		V _{Px_LQD} = 2.0V, I _{LQD} = 160μA		12.5		
		V _{Px_LQD} = 2.0V, I _{LQD} = 80μA		25		

6.16 输入/输出 (I/O) 特性 (P0_GPIOx)

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入						
GPIO_VIH	P0_GPIOx 高电平输入电压, 配置为 V _{IO} = 3.3V	V _{LDO_3V3} = 3.3V, 0.7*V _{IO}	2.31			V
GPIO_VIL	P0_GPIOx 低电平输入电压, 配置为 V _{IO} = 3.3V	V _{LDO_3V3} = 3.3V, 0.3*V _{IO}			0.99	V
GPIO_HYS	P0_GPIOx 输入磁滞电压, 配置为 V _{IO} = 3.3V	V _{LDO_3V3} = 3.3V, 0.05*V _{IO}		0.15		V
GPIO_ILKG	P0_GPIOx 漏电流	V _{GPIOx} = V _{LDO_3V3} = 3.3V, T _J ≤ 85°C	-2	-0.85	1	μA
输出						
GPIO_RPU	P0_GPIOx 内部上拉电阻	已启用上拉电阻		40		kΩ
GPIO_RPD	P0_GPIOx 内部下拉电阻	已启用下拉电阻		40		kΩ
GPIO_VOH	P0_GPIOx 的输出高电压	V _{LDO_3V3} = 3.3V, I _{GPIOx} = 2mA	2.64			V
GPIO_VOL	P0_GPIOx 的输出低电压	V _{LDO_3V3} = 3.3V, I _{GPIOx} = 2mA			0.4	V

6.17 输入/输出 (I/O) 特性 (P1_GPOx)

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
GPIO_ILKG	已禁用 GPIOx 泄漏电流、GPIO_RPU 和 GPIO_RPD	V _{GPIOx} = V _{LDO_3V3}	-1		1	μA
		V _{GPIOx} = 5.5V, V _{LDO_3V3} = 3.3V (仅适用于 x=1、2 和 5-8)	-1		1	
输出						
GPIO_RPU	GPIOx 内部上拉电阻	已启用上拉电阻		100		kΩ
GPIO_RPD	GPIOx 内部下拉电阻	已启用下拉电阻		100		kΩ
GPIO_VOH	GPIOx 输出高电压	V _{LDO_3V3} = 3.3V, I _{P1_GPOx} = -2mA	2.9			V
GPIO_VOL	GPIOx 输出低电压	V _{LDO_3V3} = 3.3V, I _{P1_GPOx} = 2mA			0.4	V
替代功能						
V _{ENSD_THLD}	ENSD 功能的输入阈值	上升		0.66		V
		下降		0.56		
		迟滞		0.1		
T _{ENSD_DEG}	ENSD 输入的抗尖峰脉冲时间	此时间段内持续确保 V _{ENSD} < V _{ENSD_THLD} , 以便将 ENSD 视为低电平			300	μs

6.18 I2C 要求和特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
SDA 和 SCL 常见特性 (控制器、目标)						
I_{OL}	最大输出低电平电流	$V_{OL} = 0.4V$	10	17.3		mA
I_{OL}	最大输出低电平电流	$V_{OL} = 0.6V$	15	23.6		mA
t_f	从 $0.7 \cdot V_{IO}$ 到 $0.3 \cdot V_{IO}$ 的下降时间	$C_b = 10pF, R_p = 14k\Omega$	0.3		120	ns
		$C_b = 400pF, R_p = 330\Omega$	12		120	ns
t_{SP}	抑制 I2C 脉宽				50	ns
C_I	引脚电容 (内部)				10	pF
C_b	每个总线的容性负载 (外部)				400	pF
SDA 和 SCL 标准模式特性 (目标)						
f_{SCL}	时钟频率				100	kHz
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			3.45	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			3.45	μs
SDA 和 SCL 快速模式特性 (目标)						
f_{SCL}	时钟频率		100		400	kHz
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			0.9	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			0.9	μs
SDA 和 SCL 快速+ 模式特性 (目标)						
f_{SCL}	时钟频率		400		1000	kHz
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			0.45	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			0.45	μs
SDA 和 SCL 标准模式特性 (控制器)						
f_{SCL}	控制器的时钟频率 ⁽¹⁾			90		kHz
$t_{HD;STA}$	启动或重复启动条件保持时间		4			μs
$t_{HD;DAT}$	串行数据保持时间 (控制器模式)		0	7.7		ns
t_{LOW}	时钟低电平时间		4.7			μs
t_{HIGH}	时钟高电平时间		4			μs
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件建立时间		4.7			μs
$t_{SU;DAT}$	串行数据建立时间	发送	250			ns
$t_{SU;STO}$	停止条件建立时间		4			μs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		4.7			μs
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			3.45	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			3.45	μs
SDA 和 SCL 快速模式特性 (控制器)						
f_{SCL}	控制器的时钟频率 ⁽¹⁾			325		kHz

6.18 I2C 要求和特性 (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)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{HD;STA}$	启动或重复启动条件保持时间		0.6			μs
$t_{HD;DAT}$	串行数据保持时间 (控制器模式)		0	3.9		ns
t_{LOW}	时钟低电平时间		1.3			μs
t_{HIGH}	时钟高电平时间		0.6			μs
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件建立时间		0.6			μs
$t_{SU;DAT}$	串行数据建立时间	发送	100			ns
$t_{SU;STO}$	停止条件建立时间		0.6			μs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		1.3			μs
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			0.9	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			0.9	μs
SDA 和 SCL 快速+ 模式特性 (控制器)						
f_{SCL}	控制器的时钟频率 (1)			708		kHz
$t_{HD;STA}$	启动或重复启动条件保持时间		0.26			μs
$t_{HD;DAT}$	串行数据保持时间 (控制器模式)		0	3.2		ns
t_{LOW}	时钟低电平时间		0.5			μs
t_{HIGH}	时钟高电平时间		0.26			μs
$t_{SU;STA}$	启动或重复启动条件建立时间		0.26			μs
$t_{SU;DAT}$	串行数据建立时间	发送	50			ns
$t_{SU;STO}$	停止条件建立时间		0.26			μs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		0.5			μs
$t_{VD;DAT}$	有效数据时间	发送数据, SCL 低电平到 SDA 输出有效			0.45	μs
$t_{VD;ACK}$	ACK 条件的有效数据时间	发送数据, 从 SCL 低电平到 SDA (输出) 低电平的 ACK 信号			0.45	μs

(1) 实际频率取决于总线电容。

6.19 UART

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{BITCLK}	BITCLK 时钟频率 (等于波特率, 单位为 MBaud)				12	MHz

6.20 数模转换器 (SYNC) 输出

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{SYNC_NOM}	Px_SYNC 输出的额定频率		0.1		2.2	MHz

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
N _{SYNC_NOM}	可配置的额定 SYNC 频率： $f_{\text{SYNC_NOM}} = f_{\text{OSC_24M}} / N_{\text{SYNC_NOM}}$	1		255	
f _{SYNC_SWING}	Px_SYNC 输出的频率摆幅	-10		10	%
N _{MOD}	可配置的调制频率： $f_{\text{MOD}} = 6000 / N_{\text{MOD}}$	461		666	
f _{MOD}	Px_SYNC 输出的调制频率。	9		13	kHz

6.21 PWM 计时器

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
N _{PWM}	PWM 计数器中的最大位数		13		位
T _{PWM_ON}	PWM 周期的导通时间	0		0.341	ms
T _{PWM_TOTAL}	PWM 周期的时间	0		0.341	ms
T _{PWM_PERIOD}	PWM 占空比自动从 100% 转换到 0%，然后返回到 100% 的可配置周期。	0.082		2.6	s

6.22 闪存存储器特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
尺寸					
	闪存大小 (每组)		144		kB
	组数量		1		
电源					
IDD _{ERASE}	擦除操作期间从 VDD 获得的电源电流	电源电流差值		10	mA
IDD _{PGM}	编程操作期间从 VDD 获得的电源电流	电源电流差值		10	mA
耐久性					
NWEC _(UPPER)	擦除/编程周期耐久性 (其余闪存)	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 105^{\circ}\text{C}$		10	k 个周期
NW _(MAX)	在扇区擦除之前每个字线的写入操作 ⁽¹⁾			83	写入操作
保持					
t _{RET_105}	闪存存储器数据保留	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 105^{\circ}\text{C}$		11.4	年

(1) 此参数指定在必须擦除字线之前，每个字线允许的最大写入操作数。如果需要对同一个字线执行额外的写入操作，则一旦达到每个字线的最大写入操作数，就需要执行扇区擦除。

6.23 引导时序

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t _{BOOT}	从 LDO_3V3 变为高电平，直至固件进入“APP”模式的时间		1.5		s

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{TFU}	$f_{SCL} = 1\text{MHz}$ ，使用 I2C1 或 I2C4		13		s
	$f_{SCL} = 400\text{kHz}$ ，使用 I2C1 或 I2C4		14		
	$f_{SCL} = 100\text{kHz}$ ，使用 I2C1 或 I2C4		27		

6.24 典型特性

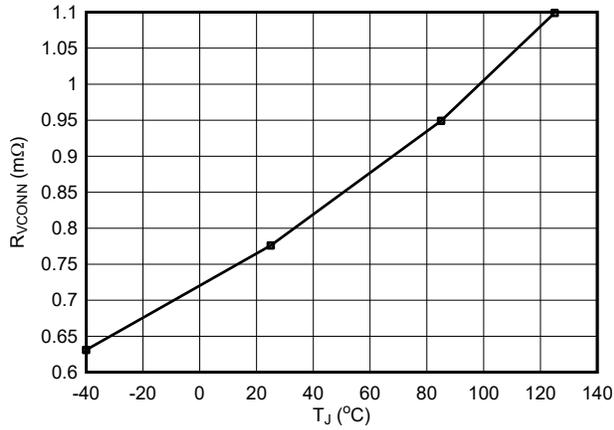


图 6-1. VCONN 开关电阻

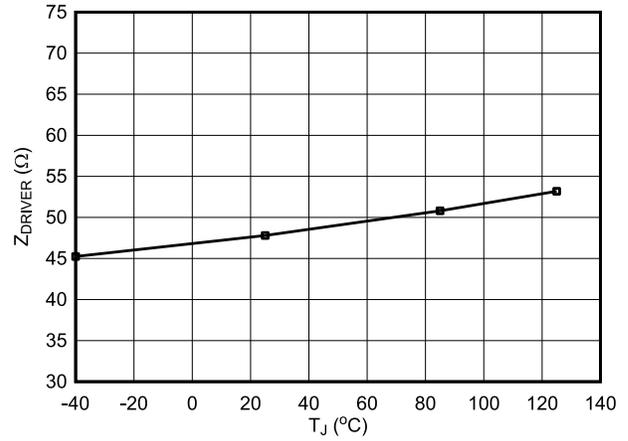


图 6-2. USB-PD PHY 发送阻抗

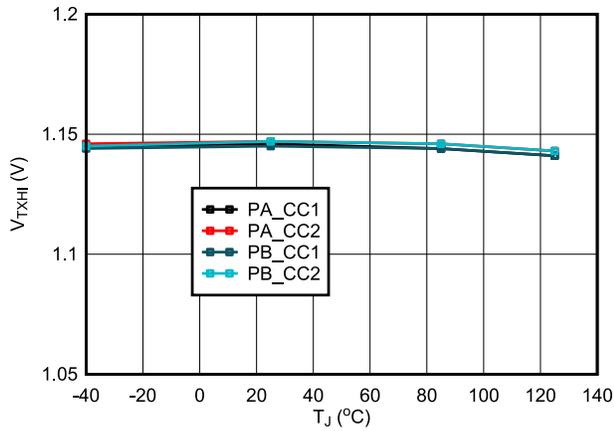


图 6-3. USB-PD PHY 发送高电压

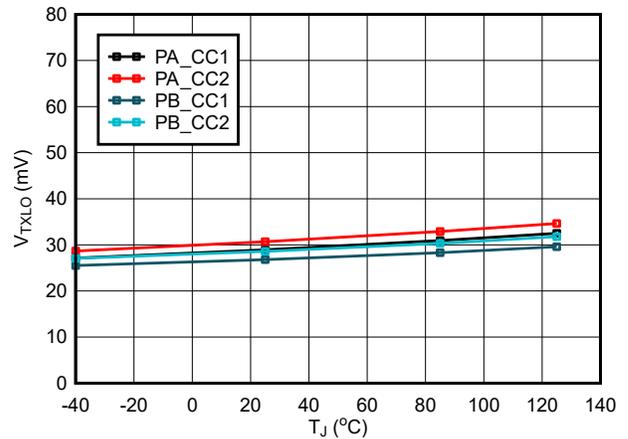


图 6-4. USB-PD PHY 发送低电压

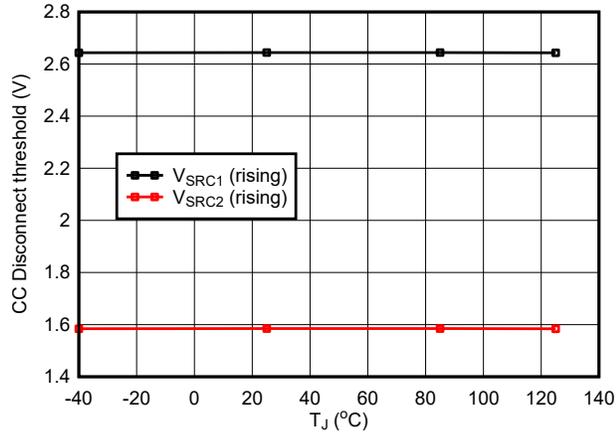


图 6-5. Px_CCy 引脚上的断开电压阈值

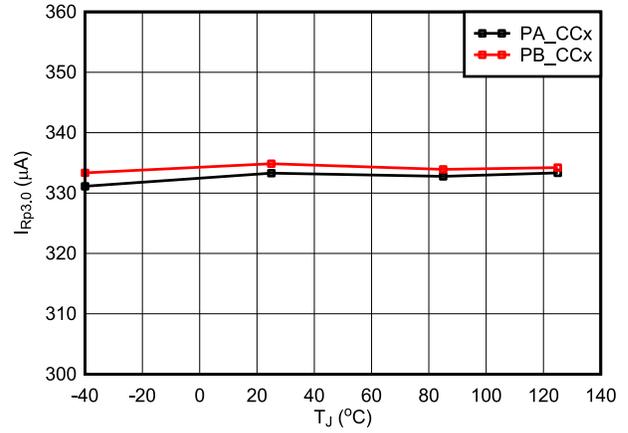


图 6-6. 广播 3A 的电缆检测电流源的强度

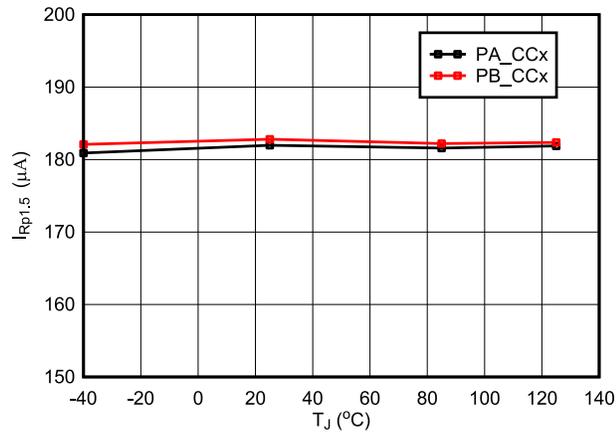


图 6-7. 广播 1.5A 的电缆检测电流源的强度

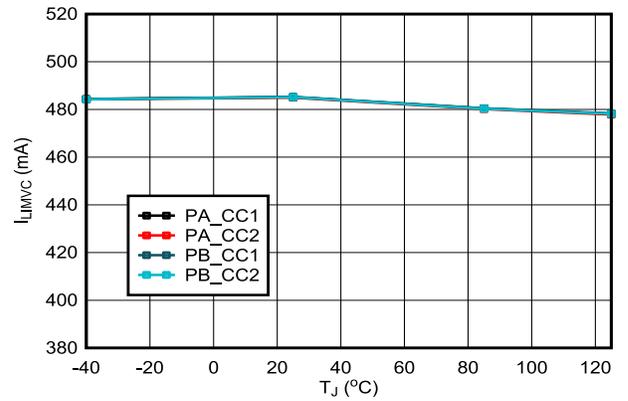


图 6-8. VCONN 开关的电流限制。

7 参数测量信息

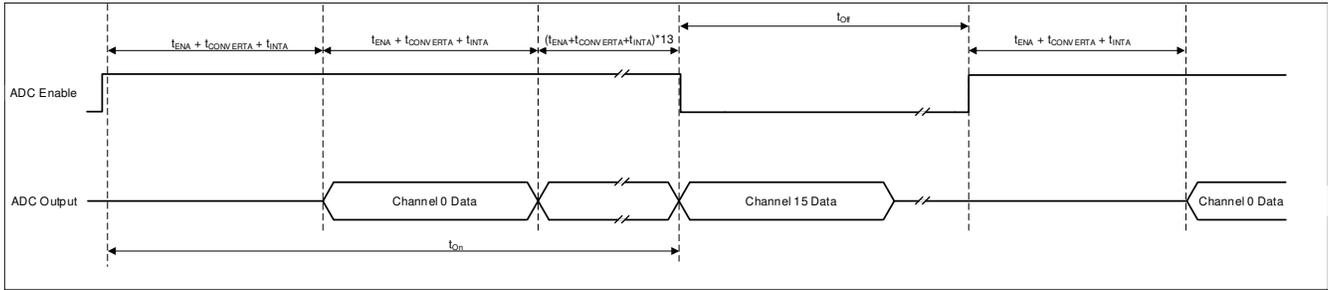


图 7-1. ADC 轮询转换时序

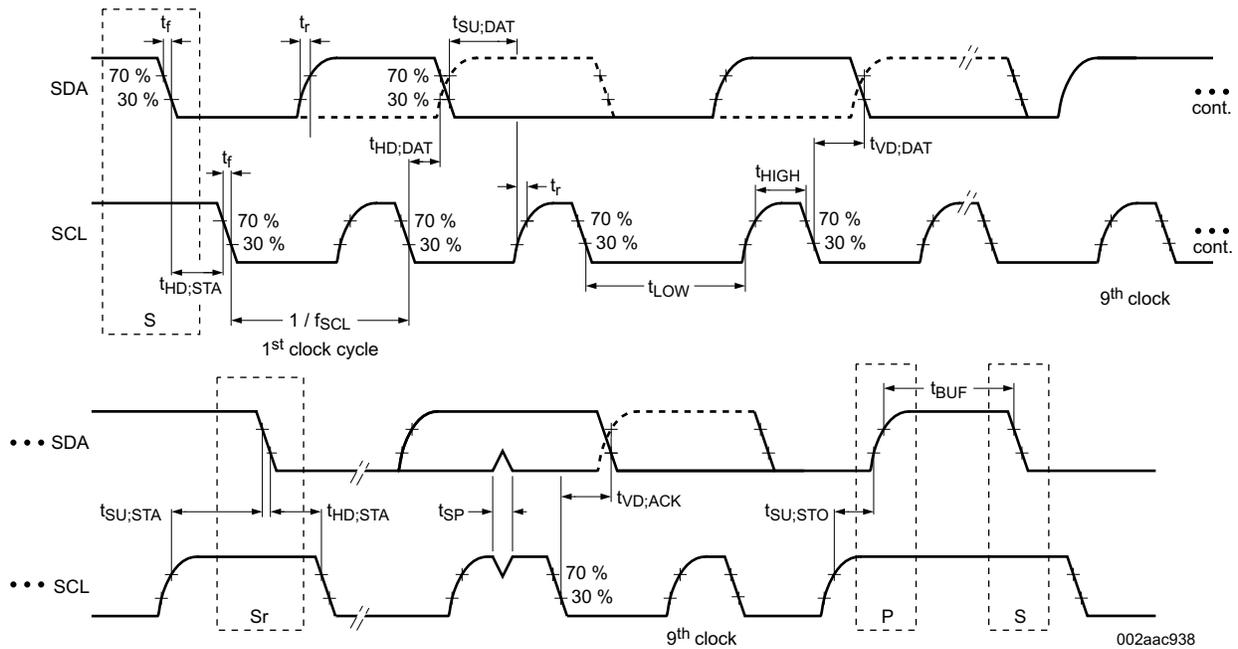


图 7-2. I²C 目标接口时序

ADVANCE INFORMATION

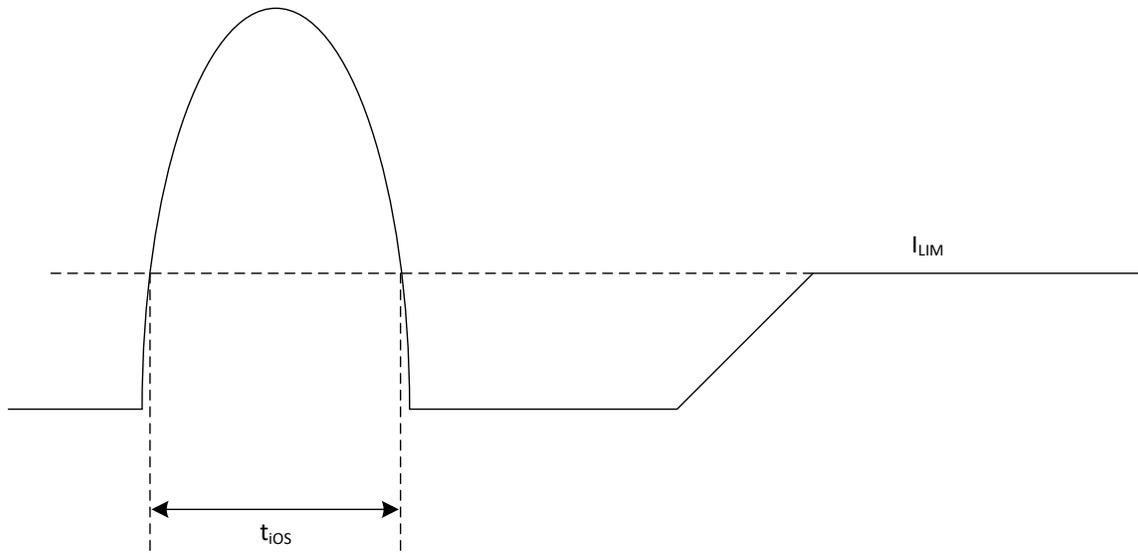


图 7-3. 内部电源路径的短路响应时间

8 详细说明

8.1 概述

TPS26744E-Q1 是一款完全集成的 USB Type-C 源端电力输送 (USB-USB) 管理器件，可为两个 USB Type-C 连接器提供电缆插拔和方向检测。TPS26744E-Q1 与该电缆以及电缆另一端的其他 USB Type-C 和 PD 器件进行通信。TPS26744E-Q1 控制外部电源（例如直流/直流），以便向 USB-C 连接器上的 VBUS 提供请求的电压和电流。

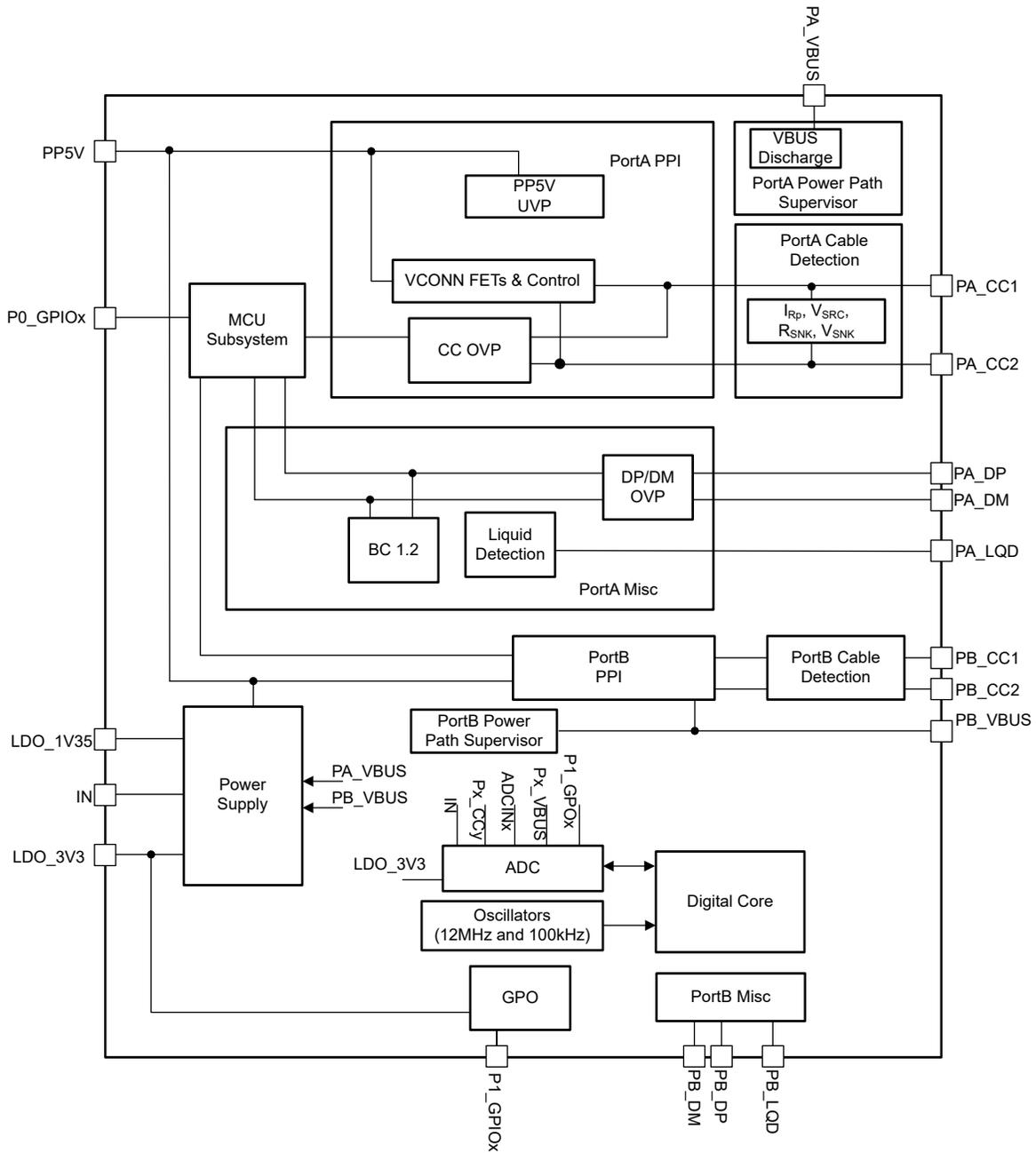
TPS26744E-Q1 还能处理 DisplayPort 交替模式的消息握手，同时将消息转换为 HPD 逻辑电平，反之亦然。TPS26744E-Q1 具有集成的 VCONN 开关，用于为支持 DisplayPort 的电缆供电。

TPS26744E-Q1 控制的每个 Type-C 端口在功能上都相同，并支持全系列 USB Type-C 和 PD 标准。

TPS26744E-Q1 还具有许多专为汽车 USB-C 应用而设计的其他特性，后续小节将对此进行详细介绍。

- 电源折返
- 热折返
- 灵活的 GPIO
- 多个 PD 控制器之间的系统功率共享
- 同步输出信号 (Px_SYNC)
- 本地互连网络 (LIN) 支持
- 液体检测
- BC 1.2
- 脉宽调制 (PWM)

8.2 功能方框图



ADVANCE INFORMATION

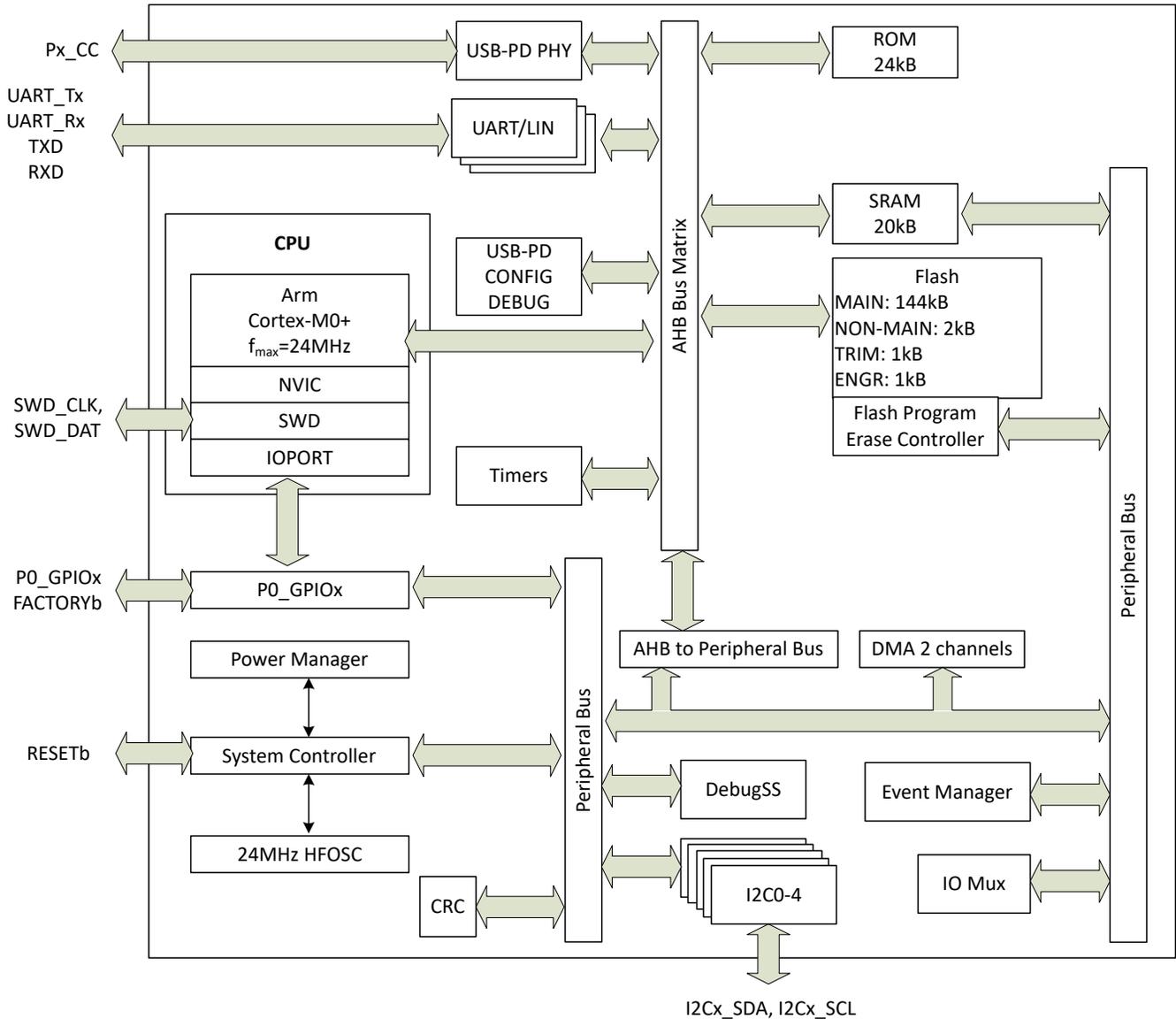


图 8-1. MCU 子系统

8.3 特性说明

8.3.1 电源

TPS26744E-Q1 电源管理模块可接收电力并生成电压来为 TPS26744E-Q1 内部电路供电。这些生成的电源轨为 PP5V、LDO_3V3 和 LDO_1V35。LDO_3V3 也可用作低功率输出。PP5V 可作为大功率 VCONN 电源从外部驱动 (请参阅节 8.3.3)，但内部 LDO 可用于为低功率 VCONN 供电。电源路径如图 8-2 所示。

当 PP5V 电源轨通过内部 LDO 从 IN 引脚生成时，有两个功能区域：

1. 功能 A 类 (ISO 16750-1)，当 IN 电压为 4.5V 或更高时，TPS26744E-Q1 根据电气特性可提供完整的功能。但是，如果 IN 电压低于 7V，则可以向 PP5V 引脚提供更少的电流。
2. 功能 B 类 (ISO 16750-1)，当 IN 电压高于 3.5V 且低于 4.5V 时，TPS26744E-Q1 可以正常工作，但某些参数可能会超过电气特性中给出的限值。请注意，低于 3.5V 的 IN 电压可能会导致 LDO_3V3 降至其 UVLO 以下并复位 TPS26744E-Q1。

当 PP5V 用作大功率 VCONN 的输入电源时，PP5V 电压不能超过 IN 电压，因为它会形成从 PP5V 到 IN 的高漏电路径。在该使用场景中，有两个基于 PP5V 电压的功能区域：

1. 功能 A 类 (ISO 16750-1)，当 PP5V 电压为 4.75V 或更高时，TPS26744E-Q1 根据电气特性可提供完整的功能。当 PP5V 电压为 4.5V 或更高时，TPS26744E-Q1 根据电气特性可提供除 VCONN 电源路径之外的完整功能。
2. 功能 B 类 (ISO 16750-1)，当 PP5V 电压高于 3.5V 且低于 4.5V 时，TPS26744E-Q1 可以正常工作，但某些参数可能会超过电气特性中给出的限值。在此区域中，VCONN 电源路径运行不正常。请注意，低于 3.5V 的 PP5V 电压可能会导致 LDO_3V3 降至其 UVLO 以下并复位 TPS26744E-Q1。

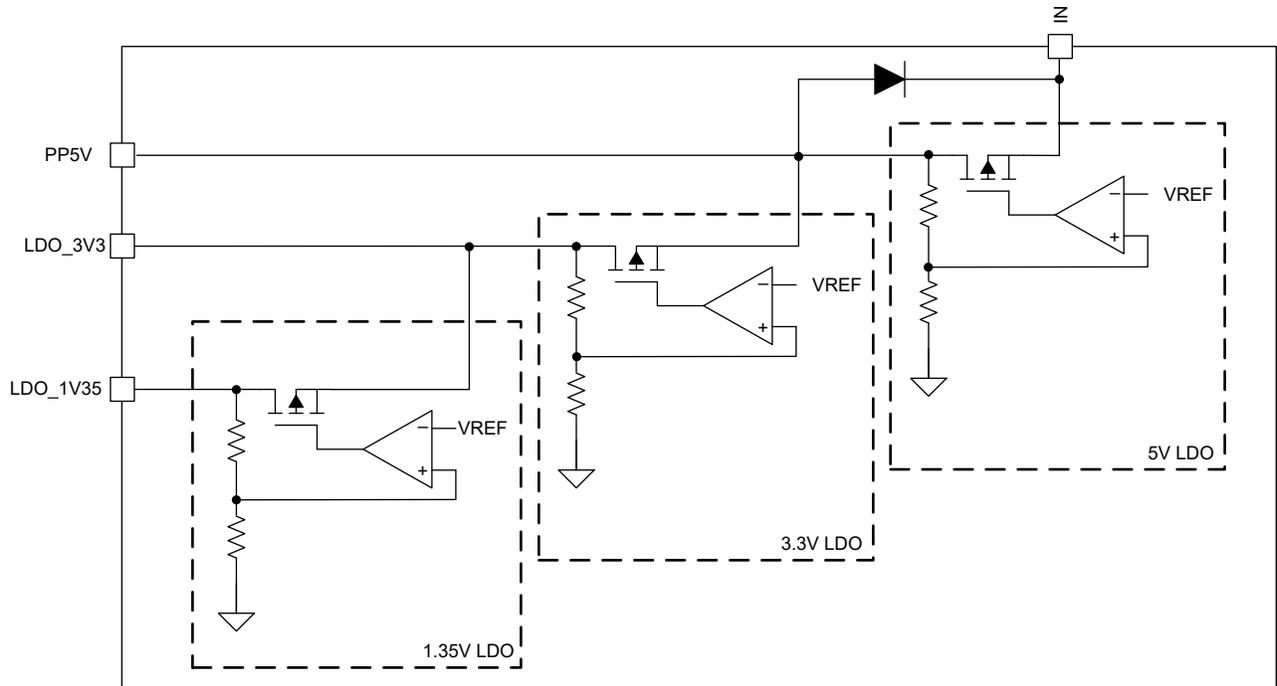


图 8-2. 电源

8.3.1.1 上电和监控功能

上电复位 (POR) 电路会监控每个电源。该 POR 允许工作电路仅在电源正常时导通。

8.3.2 电缆插拔和方向检测

下图显示每个 Px_CCy 引脚上的插头和方向检测块。每个引脚都具有相同的检测电路。

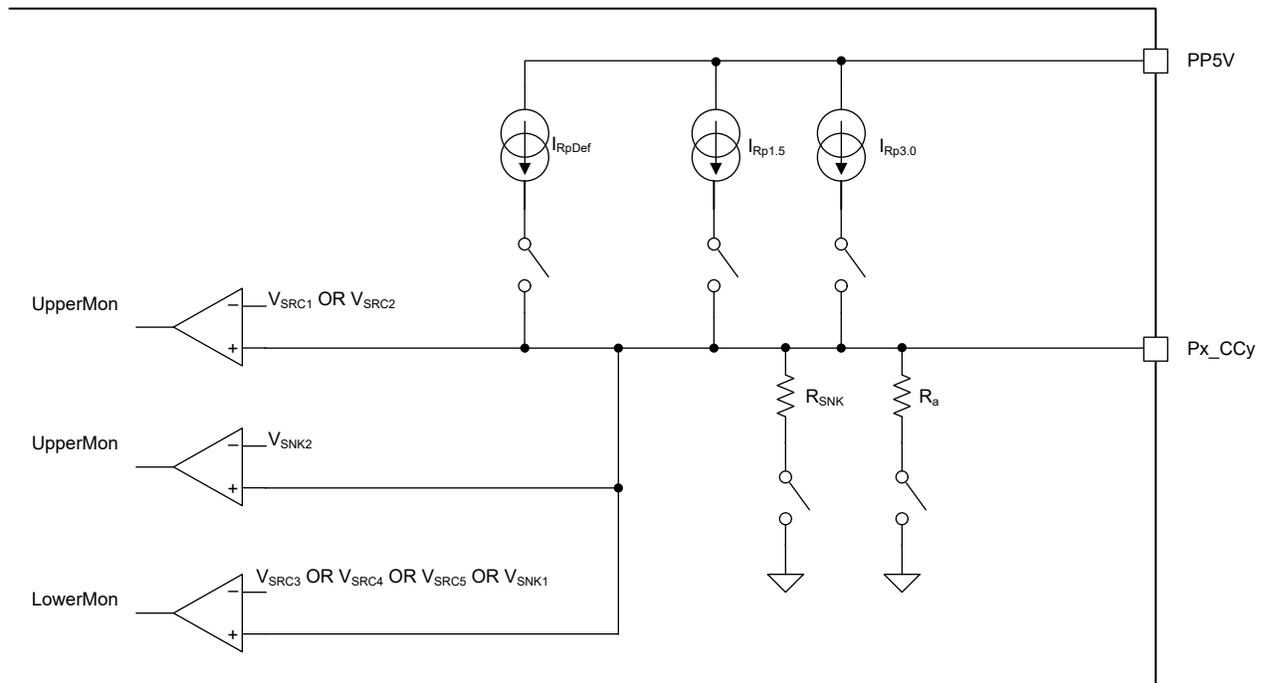


图 8-3. 插头和方向检测块

8.3.2.1 配置为源端

当配置为源端时，TPS26744E-Q1 会使用 Px_CC1 和 Px_CC2 引脚检测是否连接了电缆或接收端。当处于断开状态时，TPS26744E-Q1 会监测这些引脚上的电压，以确定连接了哪些目标（如果有）。有关更多信息，请参阅 [USB Type-C 规范](#)。

表 8-1 显示了源端的电缆检测状态。

表 8-1. 源端的电缆检测状态

CC1	CC2	连接状态	后续操作
SRC.Open	SRC.Open	未连接任何目标	继续监控两个 CCy 引脚是否连接。不为 VBUS 或 VCONN 供电。
SRC.Rd	SRC.Open	已连接接收端	监控 CC1 是否分离。已为 VBUS 供电，但不能为 VCONN 供电。
SRC.Open	SRC.Rd	已连接接收端	监控 CC2 是否分离。已为 VBUS 供电，但不能为 VCONN 供电。
SRC.Ra	SRC.Open	有源电缆 - 未连接 UFP	监控 CC2 是否存在接收端连接，监控 CC1 是否存在电缆分离。不为 VBUS 或 VCONN 供电。
SRC.Open	SRC.Ra	有源电缆 - 未连接 UFP	监控 CC1 是否存在接收端连接，监控 CC2 是否存在电缆分离。不为 VBUS 或 VCONN 供电。
SRC.Ra	SRC.Rd	有源电缆 - 已连接 UFP	为 VBUS 和 VCONN (CC1) 供电，然后监控 CC2 是否存在接收端分离。不监控 CC1 是否存在分离。
SRC.Rd	SRC.Ra	有源电缆 - 已连接 UFP	为 VBUS 和 VCONN (CC2) 供电，然后监控 CC1 是否存在接收端分离。不监控 CC2 是否存在分离。
SRC.Rd	SRC.Rd	已连接调试附件模式	检测任一 CCy 引脚是否存在分离。
SRC.Ra	SRC.Ra	腐蚀缓解	检测任一 CCy 引脚是否存在分离。

当 TPS26744E-Q1 端口配置为源端时，每个 CCy 引脚中会驱动一个电流 $I_{Rp,Def}$ ，并会监控每个引脚的不同状态。当接收端连接引脚到时，会应用连接到 GND 的下拉电阻 R_d 。然后会强制电流 $I_{Rp,Def}$ 流过电阻 R_d ，从而在 CCy 引脚上产生电压。TPS26744E-Q1 应用 $I_{Rp,Def}$ ，直到向 VBUS 施加电压，此时它可能更改为 $I_{Rp3.0A}$ 或 $I_{Rp1.5A}$ 。

当 CCy 引脚连接到有源电缆 VCONN 输入时，下拉电阻会不同 (Ra)。在这种情况下，CCy 引脚上的电压会降低，TPS26744E-Q1 会将其识别为有源电缆。

CCy 上的电压将受到监控，以便根据哪个 Rp 电流源处于工作状态来检测断开情况。当识别到连接并且 CCy 上的电压随后上升到高于断开阈值且持续时间达到 t_{CC} 时，TPS26744E-Q1 会检测到断开连接。

8.3.2.2 配置为接收端

当 TPS26744E-Q1 端口配置为接收端时，TPS26744E-Q1 会在每个 CCy 引脚上提供下拉电阻 R_{SNK}，并等待源端连接并上拉该引脚上的电压。接收端通过 VBUS 的存在状态来检测连接。接收端基于 CCy 引脚上的电压来确定从源端广播的电流。

下表展示了作为接收端的连接状态。

表 8-2. 接收端的电缆检测状态

CC1	CC2	连接状态	后续操作
SNK.Open	SNK.Open	未连接任何目标	继续监控两个 CCy 引脚是否连接。
SNK.Rp	SNK.Open	连接的源端	监控 CC1 中广播的 Rp 的变化，并在某些情况下进行分离。监控 VBUS 以确认连接或检测分离。
SNK.Open	SNK.Rp	连接的源端	监控 CC2 中广播的 Rp 的变化，并在某些情况下进行分离。监控 VBUS 以检测分离。
SNK.Rp	SNK.Rp	连接了调试附件	比较 CC1 和 CC2 以检测方向。监控 VBUS 是否分离。

8.3.3 VCONN 电源路径

TPS26744E-Q1 具有提供电源路径 Px_VCONN 的内部 5V VCONN，如 图 8-4 所示。每个路径都包含可编程电流钳位保护 (I_{LIMVC})、过压保护 (OVP)、UVLO 保护、反向电流保护 (RCP) 和过热保护 (OTSD)。

启用 Px_VCONN 开关后，它将根据参数 t_{VCRISE} 和 t_{VCON} 以转换率控制方式通电。

禁用 Px_VCONN 开关后，它将根据参数 t_{VC FALL} 和 t_{VCOFF} 以转换率控制方式关断。故障事件的关断时间是单独指定的：

- RCP 故障事件：t_{VC_RCP}
- PP5V OVP 故障事件：t_{VC_OVP}
- PP5V UVLO 故障事件：t_{VC_UVLO}

使用仅 eMarker 来设置 IN 引脚上的内部 LDO，可向 PP5V 引脚提供足够的电流。

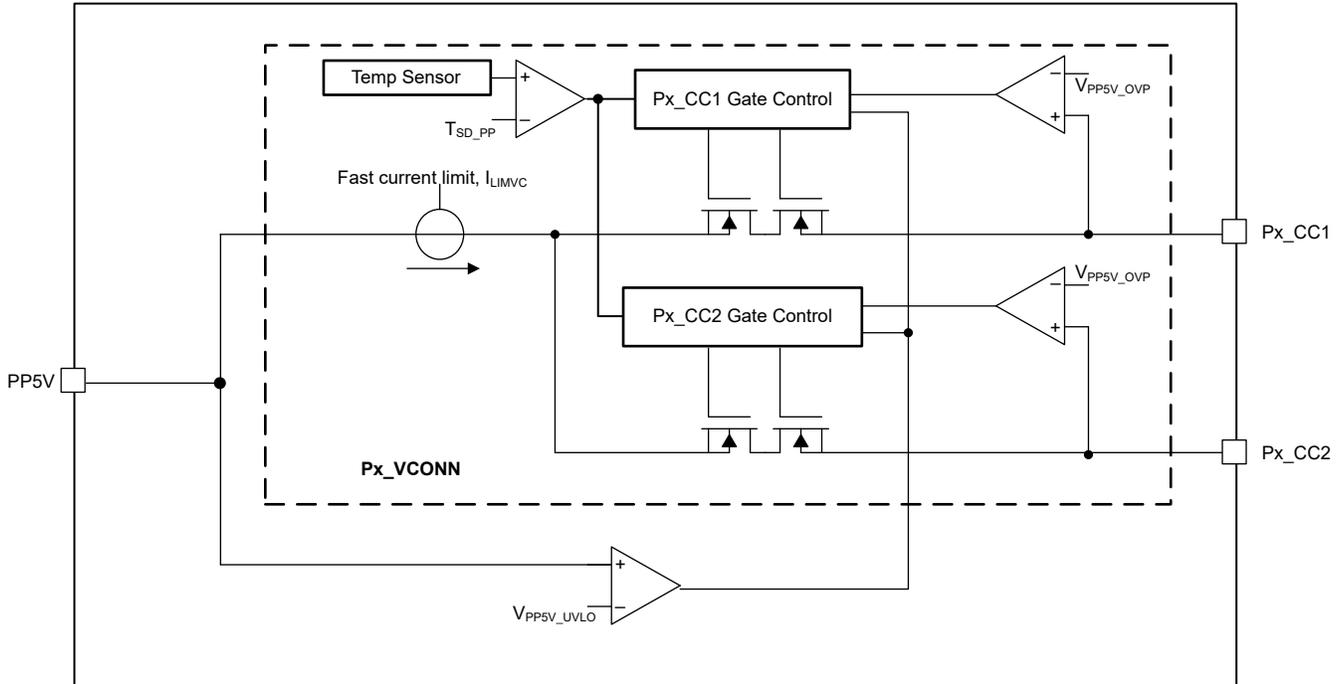


图 8-4. Px_VCONN 电源路径

8.3.3.1 电流钳位

启用并提供 VCONN 电源后，TPS26744E-Q1 Px_VCONN 电源开关会将电流钳制到 I_{LIMVC} 。当流经 Px_VCONN 开关的电流超过 I_{LIMVC} 时，电流钳位电路会在 t_{IOS_VCONN} 内激活，开关会充当恒流源。

8.3.3.2 Px_VCONN 本地过热关断 (OTSD)

当 Px_VCONN 钳制电流时，开关的温度开始升高。当 Px_VCONN 的本地温度传感器检测到 $T_J > T_{SD_PP}$ 时，Px_VCONN 开关将在 t_{VCOFF} 内被禁用。然后，该端口进入 USB Type-C ErrorRecovery 状态。

8.3.3.3 Px_VCONN OVP

Px_VCONN 的输出端（即 Px_CC1 或 Px_CC2 引脚）有一个具有固定阈值的 OVP 比较器。如果在启用 Px_VCONN 时检测到 OVP ($V_{Px_CCy} > V_{PP5V_OVP}$)，则 Px_VCONN 将在 t_{VC_OVP} 内被禁用，端口将进入 Type-C ErrorRecovery 状态。

8.3.3.4 Px_VCONN UVLO

如果 PP5V 引脚电压低于其欠压锁定阈值 (V_{PP5V_UVLO}) 且启用了 Px_VCONN 则 Px_VCONN 将在 t_{VC_UVLO} 内被禁用，并且端口将进入 Type-C ErrorRecovery 状态。

8.3.3.5 Px_VCONN RCP

如果在 Px_VCONN 路径启用时检测到反向电流， $(V_{Px_CCy} - V_{PP5V}) > V_{VC_RCP}$ ，同时已启用 Px_VCONN 路径，则会在 t_{VC_RCP} 内禁用该路径。如果 RCP 条件清除，则 Px_VCONN 路径将在 t_{VCON} 内自动启用。

8.3.4 USB-PD 物理层

图 8-5 展示了 USB PD 物理层块，周围是简化版模拟插拔和方向检测块。此块为第二个 TPS26744E-Q1 端口复制。

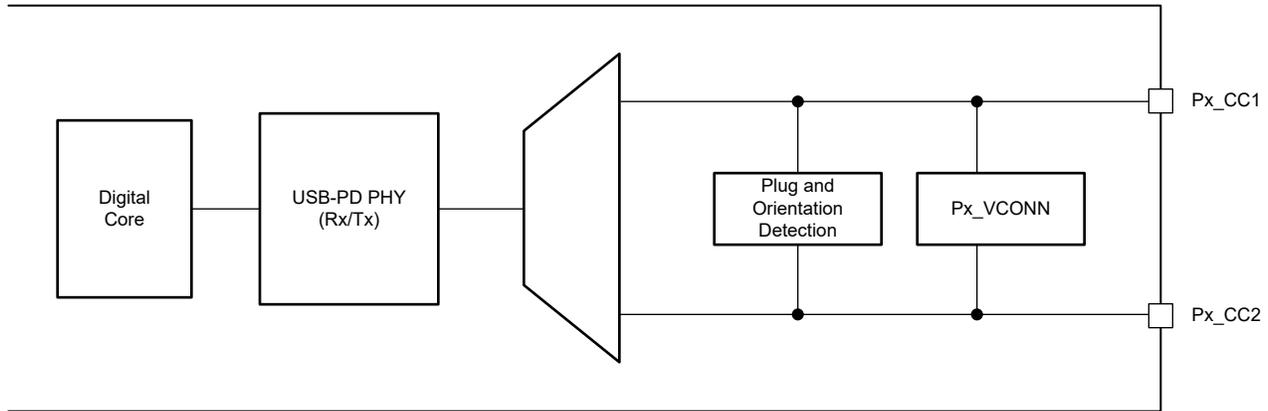


图 8-5. USB-PD 物理层和简化版插拔和方向检测电路

USB-PD 消息在 USB Type-C 系统内用 BMC 信令发送。BMC 信号将在由于 R_p (或 R_d) 电缆连接机制而发生直流偏置的同一引脚 (Px_CC1 或 Px_CC2) 上输出。

8.3.4.1 USB-PD 编码和信令

图 8-6 所示为基带 USB-PD 发送器的简要方框图。图 8-7 所示为基带 USB-PD 接收器的简要方框图。

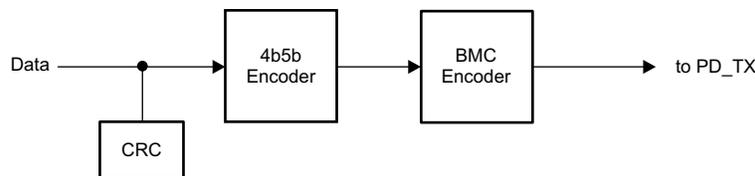


图 8-6. USB-PD 基带发送器方框图

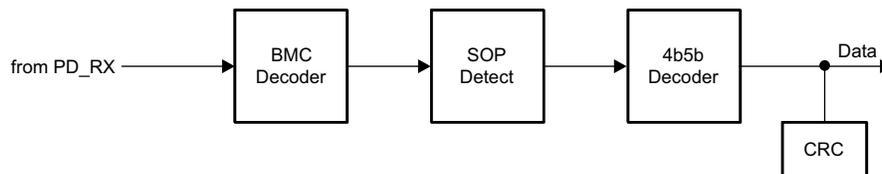


图 8-7. USB-PD 基带接收器方框图

8.3.4.2 USB-PD 双相标记编码

TPS26744E-Q1 中实现的 USB-PD 物理层符合 *USB-PD 规格*。用于基带 PD 信号的编码方案是一种称为双相标记编码 (BMC) 的曼彻斯特编码版本。在该编码中，每个期间位开始时都会有一次转换，当发送 1 时，位单元中间会有第二次转换。这种编码方案几乎是直流平衡的，具有有限的视差 (限制为任意数据包的 1/2 位，因此直流电平非常低)。图 8-8 展示了双相标记编码。

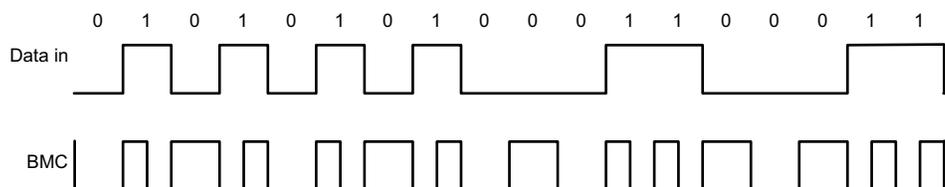


图 8-8. 双相标记编码示例

USB PD 基带信号由三态驱动器驱动至 Px_CC1 或 Px_CC2 引脚。三态驱动器通过转换率控制，来限制与 D+/D- 以及 Type-C 全功能电缆中其他信号线的耦合。发送 USB-PD 前导码时，发送器首先发送低电平。另一端的接收器可承受第一个边沿的损耗。发送器以一个边沿终止最后一位，以便让接收器对 EOP 的最后一位进行计时。

8.3.4.3 USB-PD BMC 发送器

TPS26744E-Q1 通过给定 CC 引脚对 (每个 USB Type-C 端口有一对) 的 Px_CC1 或 Px_CC2 引脚发送和接收 USB-PD 数据。Px_CC1 或 Px_CC2 引脚还用于确定电缆方向并维持电缆/器件连接检测。因此, Px_CCy 引脚上存在直流偏置。发送器驱动器在发送期间会过驱 Px_CCy 直流偏置, 但在不发送时会恢复到高阻态, 允许直流电压返回到 Px_CCy 引脚。虽然 Px_CC1 和 Px_CC2 都可以用于发送和接收, 但在给定的连接期间, 仅使用与插头的 CC 引脚配对的引脚; 因此 Px_CC1 和 Px_CC2 之间不会动态切换。图 8-9 显示了 USB-PD BMC TX 和 RX 驱动器方框图。

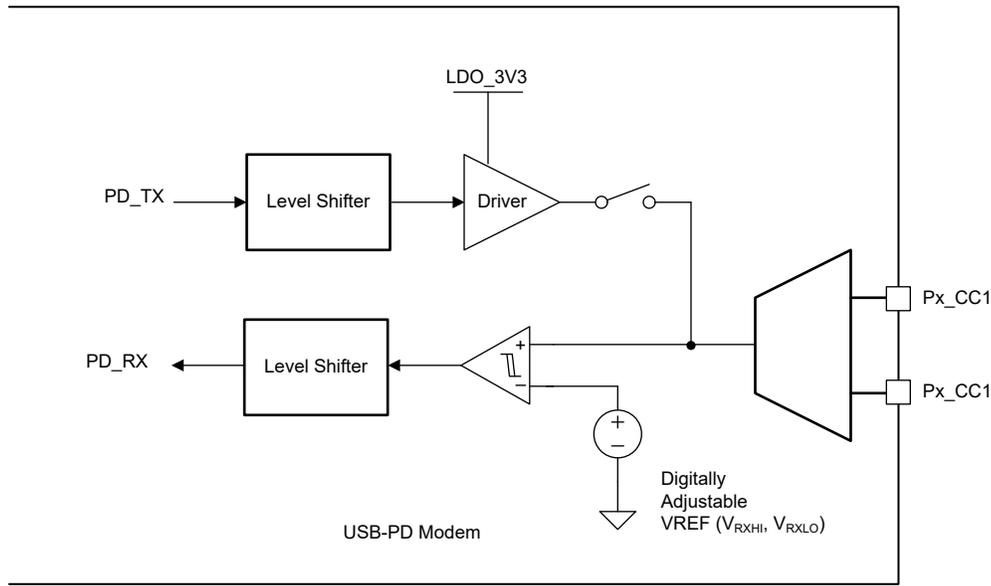


图 8-9. USB-PD BMC TX/Rx 方框图

图 8-10 显示了在直流偏置之上发送 BMC 数据的情况。请注意, 直流偏置可以是介于检测源端连接情况的最小阈值和最大阈值之间的任何值, 并且直流偏置可能高于或低于发送器驱动器的 VOH。

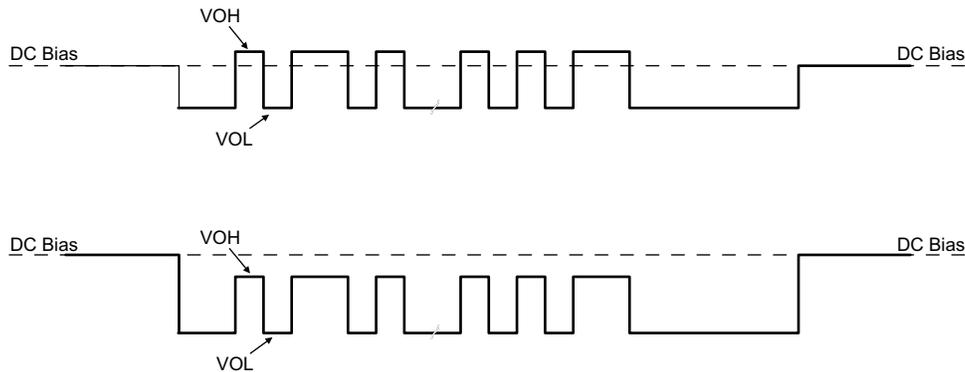


图 8-10. TX 驱动器发送和直流偏置

发送器将数字信号驱动到 Px_CC1 或 Px_CC2 引脚上。信号峰值 V_{TXHI} 设置为符合 [USB-PD 规范](#) 中定义的 TX 掩码。请注意, TX 掩码是在电缆的远端测量的。

驱动线路时，发送器驱动器的输出阻抗为 Z_{DRIVER} 。 Z_{DRIVER} 由驱动器电阻和源并联电容决定，与频率有关。 Z_{DRIVER} 会影响电缆中的噪声输入。

图 8-11 显示了确定 Z_{DRIVER} 的简化版电路。根据设计，接收器上的噪声受限。

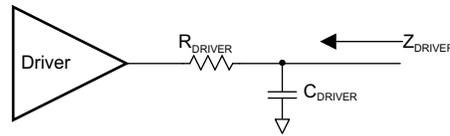


图 8-11. ZDRIVER 电路

8.3.4.4 USB-PD BMC 接收器

TPS26744E-Q1 的接收器块用于接收符合 USB PD 规范中允许的 Rx 掩码范围的信号。接收阈值和迟滞来自该掩码。

图 8-12 显示了多点 USB-PD 连接（仅 CC 线）的示例。该连接具有典型的接收端（器件）至源端（主机）连接，但也包含电缆 USB-PD Tx/Rx 块。每次只能有一个系统进行发送。所有其他系统都是高阻态 (Z_{BMCrx})。USB-PD 规范中还规定了电线上可能存在的电容以及用于连接检测的典型直流偏置设置电路。

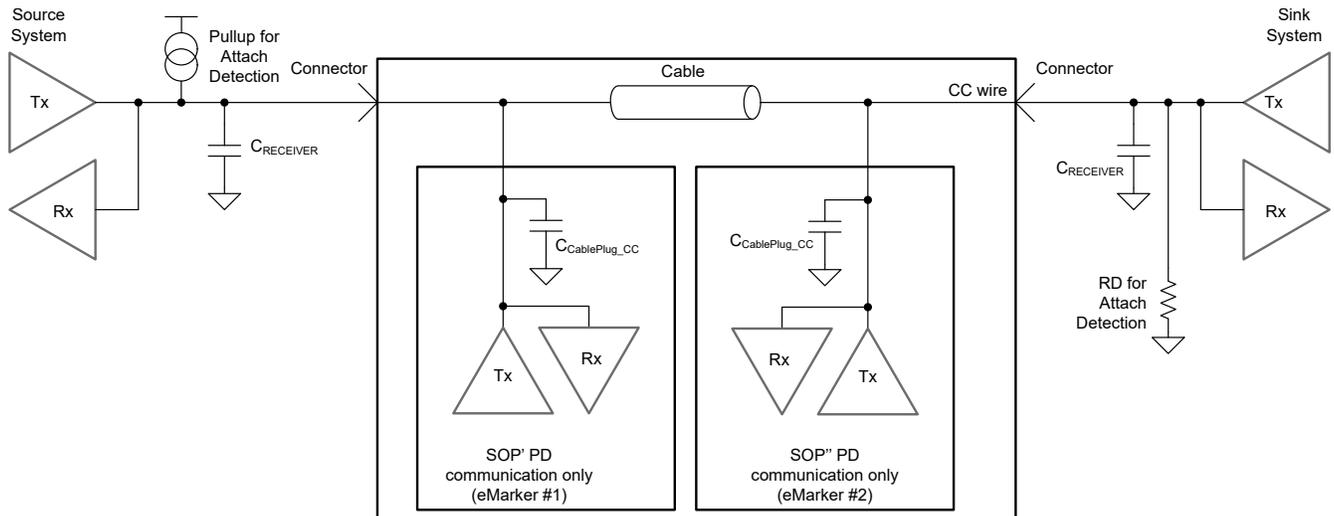


图 8-12. USB-PD 多点配置示例

8.3.4.5 静噪接收器

TPS26744E-Q1 有一个静噪接收器可用于监控 USB PD 规格定义的总线空闲状态。

8.3.5 DBG_SDA、DBG_SCL 和 DP/DM 概述

具有 Px_DP 和 Px_DM 引脚功能的引脚也具有 P1_GPOx 引脚功能。可用于 PA_DP 和 PA_DM 引脚功能的引脚可改用于 DBG_SCL 和 DBG_SDA 引脚功能。DBG_SCL 和 DBG_SDA 引脚功能可以连接到连接器上的 SBUX 引脚或 D+/D- 引脚。本节显示总体图表，以下各小节提供每个图表的更多详细信息。

- DBG_SCL 和 DBG_SDA 引脚功能可用于从 MCU 子系统访问 I2C4 和 UART。此通道可用于更新闪存（请参阅节 8.3.5.1）。
- DP/DM 充电功能 节 8.3.5.2

以下各小节提供更多详细信息。

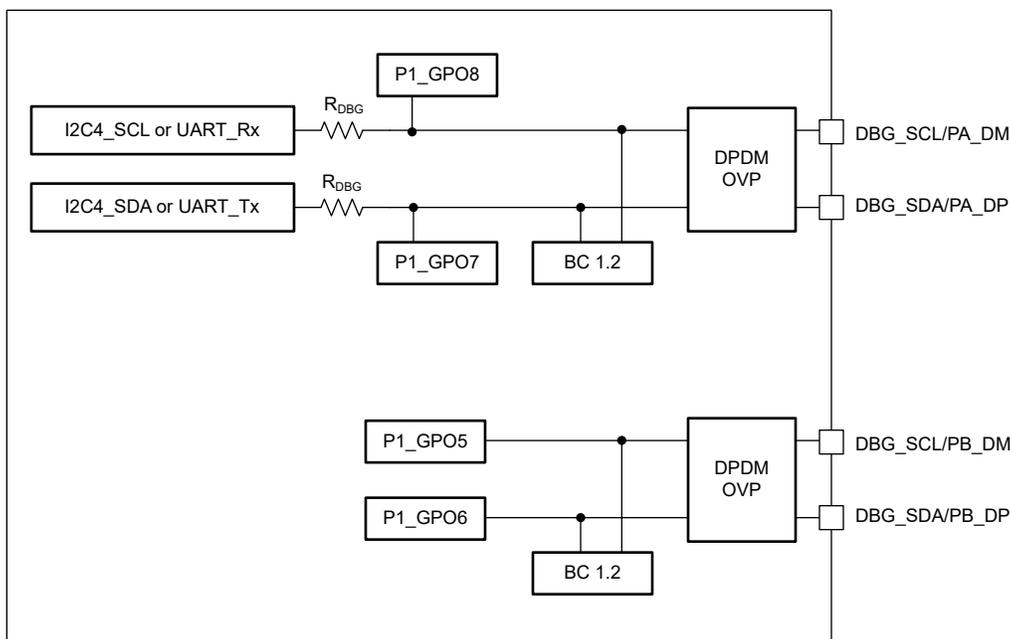


图 8-13. DP DM 硬件功能

8.3.5.1 不开箱调试和更新闪存

DBG_SDA 和 DBG_SCL 引脚可用于连接 USB-C 连接器上的引脚，以访问 I2C4 或 UART。I2C4 访问提供了更新闪存的功能，同时也提供了一种为在调试时监视或控制 TPS26744E-Q1 的方法。也可以永久禁用该调试访问。

DBG_SDA 引脚还可用于输出调试 UART 消息，而不是用于 I2C4 访问。

备注

除非 TPS26744E-Q1 之前已加载启用此功能的固件，否则无法访问 I2C4。

8.3.5.1.1 用于不开箱调试的 I2C4 访问

如果需要 PA_DM 和 PA_DP 引脚功能，则 DBG_SDA 和 DBG_SCL 也应连接到连接器上的 D+/D- 引脚。在其他情况下，DBG_SDA/SCL 可以连接到 SBU1/SBU2。两个选项均如下图所示。在检测到调试附件（两个 CC 引脚上的 5.1kΩ）之前，TPS26744E-Q1 将禁用 I2C4 以避免干扰任何其他信号。

用于访问 I2C4 的调试附件必须提供 I2C 上拉电阻，如下图所示。图 8-14 显示使用 D+/D- 引脚访问 I2C4。请注意，TPS26744E-Q1 可配置为启用 UART 而不是 I2C4。

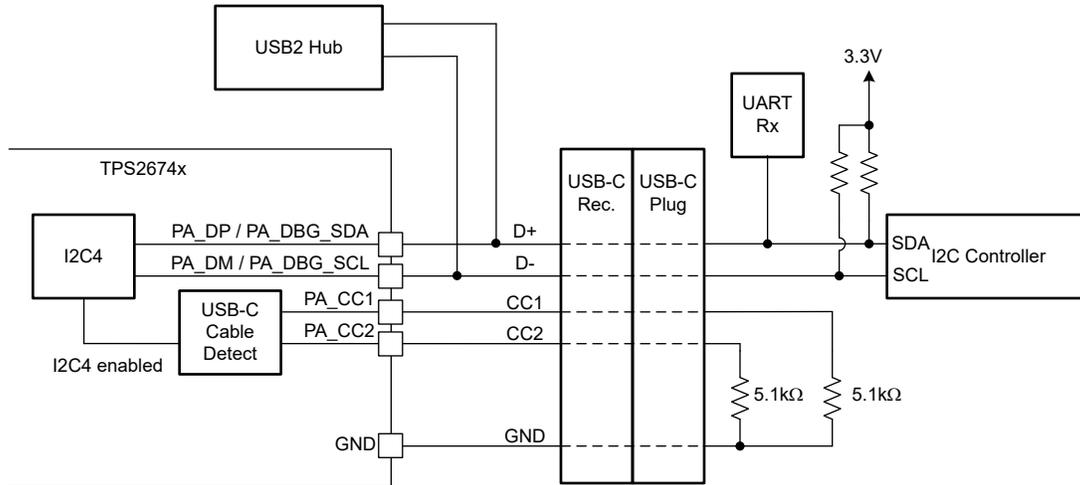


图 8-14. 将 I2C4 连接到调试附件

下图显示了连接到 USB2 器件而不是调试附件时的相同配置。在这种情况下，I2C4 保持禁用状态，因为 TPS26744E-Q1 只有一个 CC 引脚上有一个 5.1kΩ 电阻器（因为电缆只有一条 CC 线）。在这种情况下，I2C4 保持禁用状态以允许 D+/D- 信号传输。

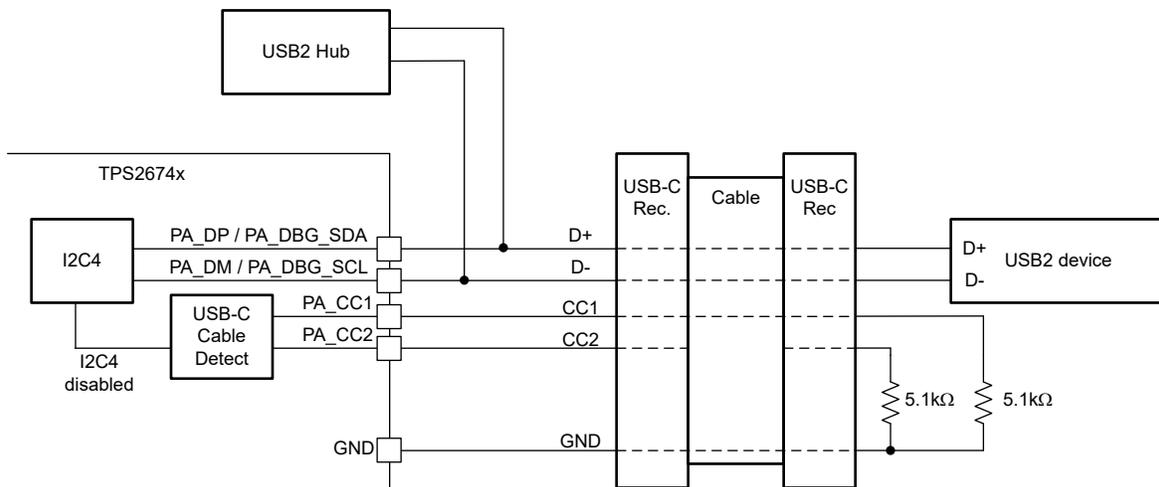


图 8-15. I2C4 不干扰 D+/D- 信号传输

以下两个图展示如何使用 SBU1 和 SBU2 访问 I2C4。图 8-16 显示连接到调试附件，图 8-17 显示连接到 DP 源。该概念与上述 D+/D- 引脚相同。PA_DBG 引脚能以任何类似的方式连接到 I2C 控制器以进行调试访问。

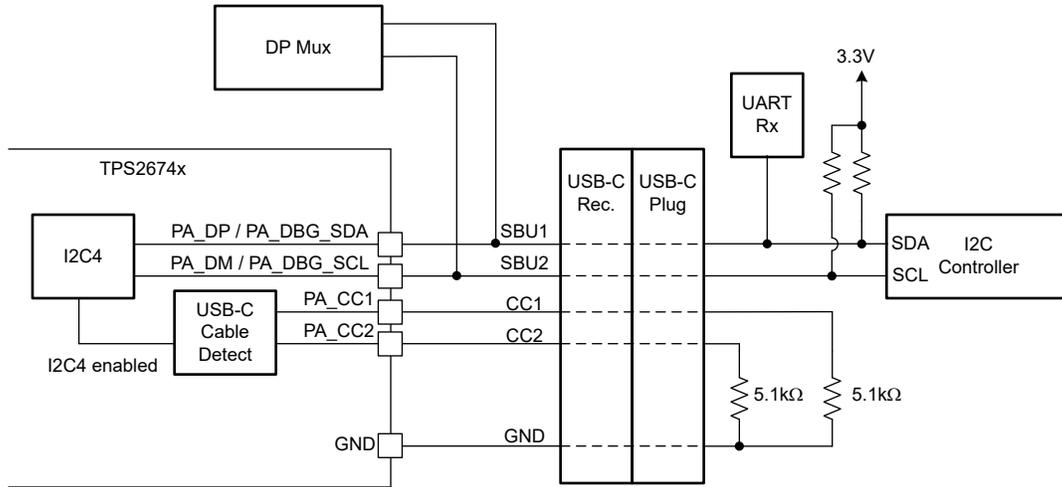


图 8-16. 将 I2C4 连接到调试附件

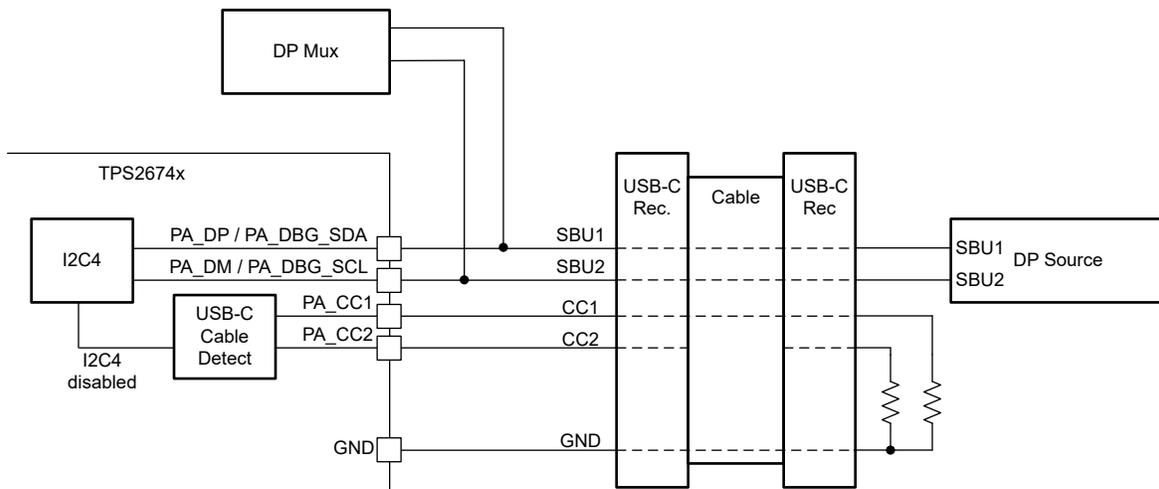


图 8-17. I2C4 不干扰 SBU 信号传输

8.3.5.1.2 用于不开箱调试的 UART 访问

PA_DBG_SDA 引脚还具有 UART_Tx 功能，用于调试输出消息。默认情况下不启用此功能。波特率可配置，通道的电容可能会导致可实现的波特率发生变化。器件输出的调试消息类型也可配置。

8.3.5.2 BC1.2 和传统充电功能

下图显示了用于实现 BC1.2 功能的硬件。

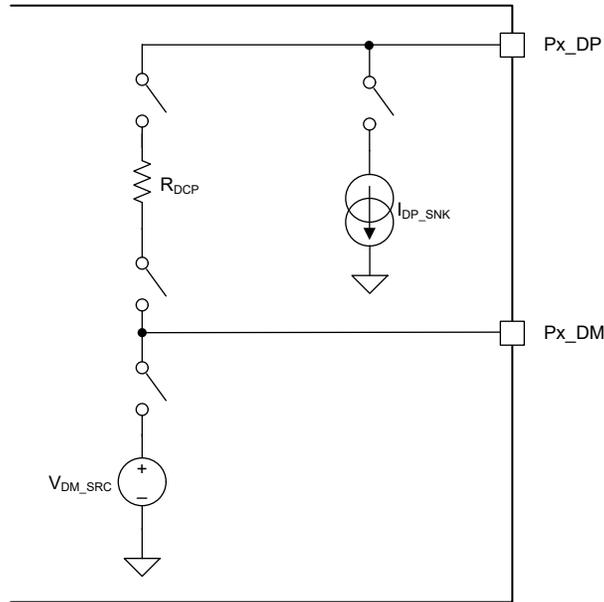


图 8-18. BC1.2 传统充电图表

8.3.5.2.1 充电下行端口 (CDP) 模式

CDP 是一个遵循 USB BC1.2 的 USB 端口，每个端口至少提供 1.5A 电流。CDP 可提供电源并满足 USB 2.0 的设备枚举要求。支持 USB-2.0 通信，且主机控制器必须处于运行状态才能进行充电。CDP 和 SDP 之间的区别是主机充电握手逻辑，此逻辑将此端口标识为 CDP。CDP 可由兼容的 BC1.2 便携式设备识别，并允许便携式设备消耗额外的电流。

CDP 握手过程分为两个步骤。在步骤一中，便携式设备在 DP 线路上输出额定 0.6V 输出，并读取 DM 线路上的电压输入。如果电压低于 0.3V 额定的数据检测电压，则便携式设备会将连接检测为 SDP。如果 DM 电压大于 0.3V 的额定数据检测电压（或同时小于 0.8V），则便携式设备会将连接检测为 CDP。

第二步对于便携式设备确定设备连接到 CDP 还是 DCP 来说，是必要步骤。便携式设备在 DM 线路上输出额定 0.6V 输出，并读取 DP 线路上的电压输入。如果读取的数据线路保持低于 0.3V 的额定数据检测电压，则便携式设备会认定设备已连接到 CDP。如果读取的数据线路高于 0.3V 的额定数据检测电压，则便携式设备会认定设备已连接到 DCP。

8.3.5.2.2 专用充电端口 (DCP) 模式

DCP 仅提供电源，不支持与上游端口的数据连接。要实现 DCP 功能，可以将 USB-C 连接器附近的 D+ 和 D- 引脚短接在一起。这样，Px_DP 和 Px_DM 引脚可用于系统中的其他功能。

8.3.6 液体检测

TPS26744E-Q1 提供了用于液体检测的 Px_LQD 引脚。此引脚可以连接到 USB-C 插座上的相应引脚，用于液体检测。在大多数情况下，最好在 USB-C 规格允许的情况下连接到 SBU1 或 SBU2，因为在交替模式或 USB4 模式功能需要之前，这些都具高阻态。

液体检测背后的原理是在 Px_LQD 引脚上发送电流脉冲，并测量引脚电压达到阈值所需的时间。液体具有电容和电阻元件，可减缓电压上升并限制其最大值。有许多因素可能会影响确切的上升时间，因此我们在设计解决方案时加入了可调性。

为了限制 Px_LQD 最大电压，使用了一个弱下拉电阻器 (R_{LQD})。不同的下拉选项可与不同的电流源强度 (I_{LQD}) 匹配。其目的是使用最大电压约为 2.0V 的液体检测。这些规格都是围绕该用例编写的。第二个最大引脚电压选项为 0.4V，以防用于液体检测的引脚上存在钳位。

图 8-19 解释了这一概念。在时间 0 时，将一个电流脉冲施加到 Px_LQD 引脚。根据所选的 I_{LQD} 和 R_{LQD} ，最大预期引脚电压为 V_{MAX} 。即使在干燥的插座中，也可能存在一些可略微减慢上升时间的电容，但容易引起腐蚀的液体的上升时间也较慢。已选择一个阈值 (V_{LQD})，使干燥插座 (或含有蒸馏水的插座) 不会被检测为故障状态。可在固件中对 T_{RISE} (液体) 阈值进行编程，最长可达约 5ms。如果上升时间超过 T_{RISE} (液体)，则采取措施来缓解因存在液体而导致的腐蚀。一旦检测到液体，将定期重新检查，直至不再检测到液体，然后再恢复正常运行。

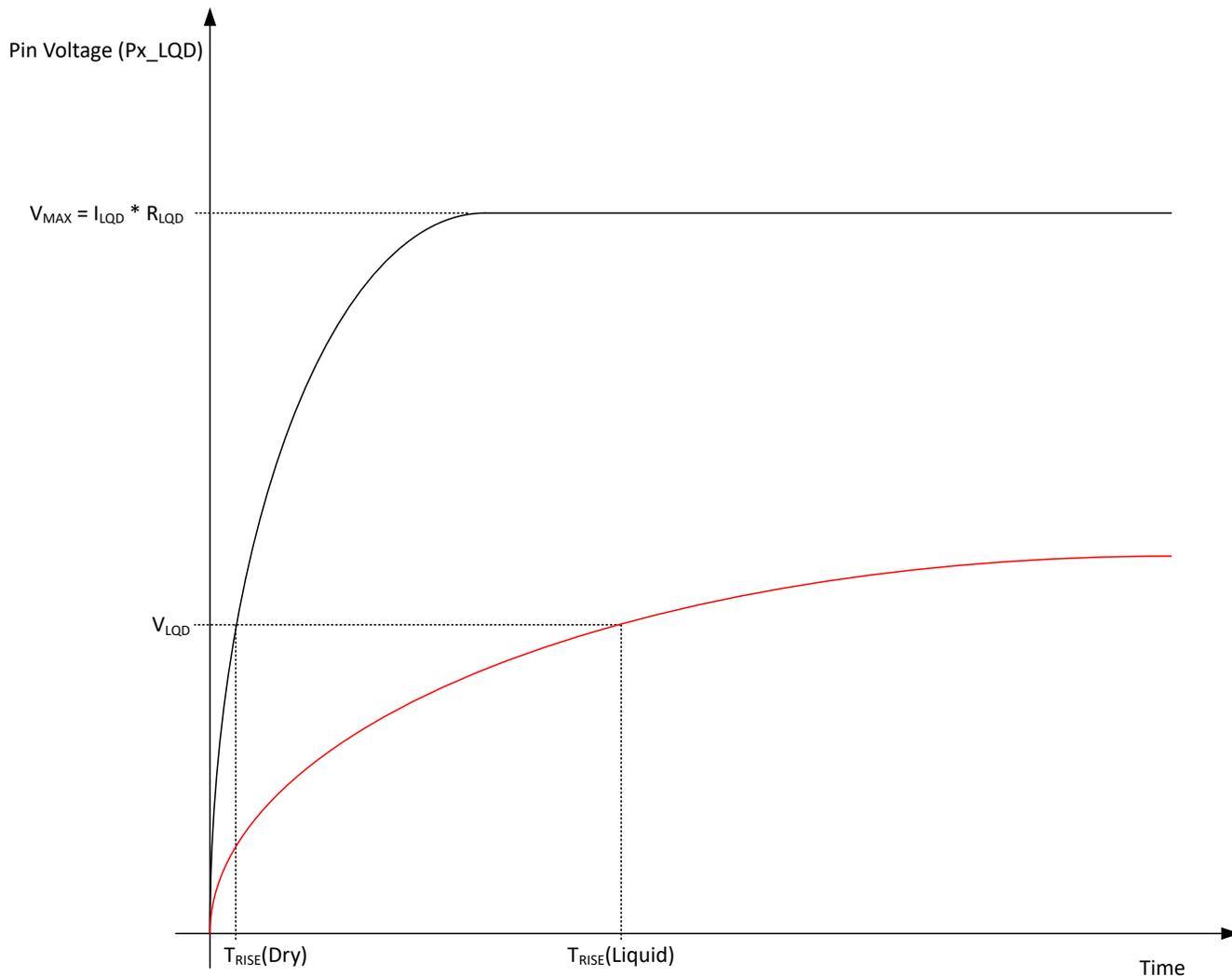


图 8-19. 引脚电压图示

8.3.7 本地互连网络 (LIN) 支持

TPS26744E-Q1 支持使用 LIN 协议代替 I2C 进行通信，以控制或监控电源策略或其他特性。TXD 引脚功能是来自 TPS26744E-Q1 的输出，而 RXD 引脚功能是对 TPS26744E-Q1 的输入。

备注

如果多个 TPS26744E-Q1 的 TXD 按下图所示进行连接，则这些 P0_GPIOx 引脚必须配置为开漏。

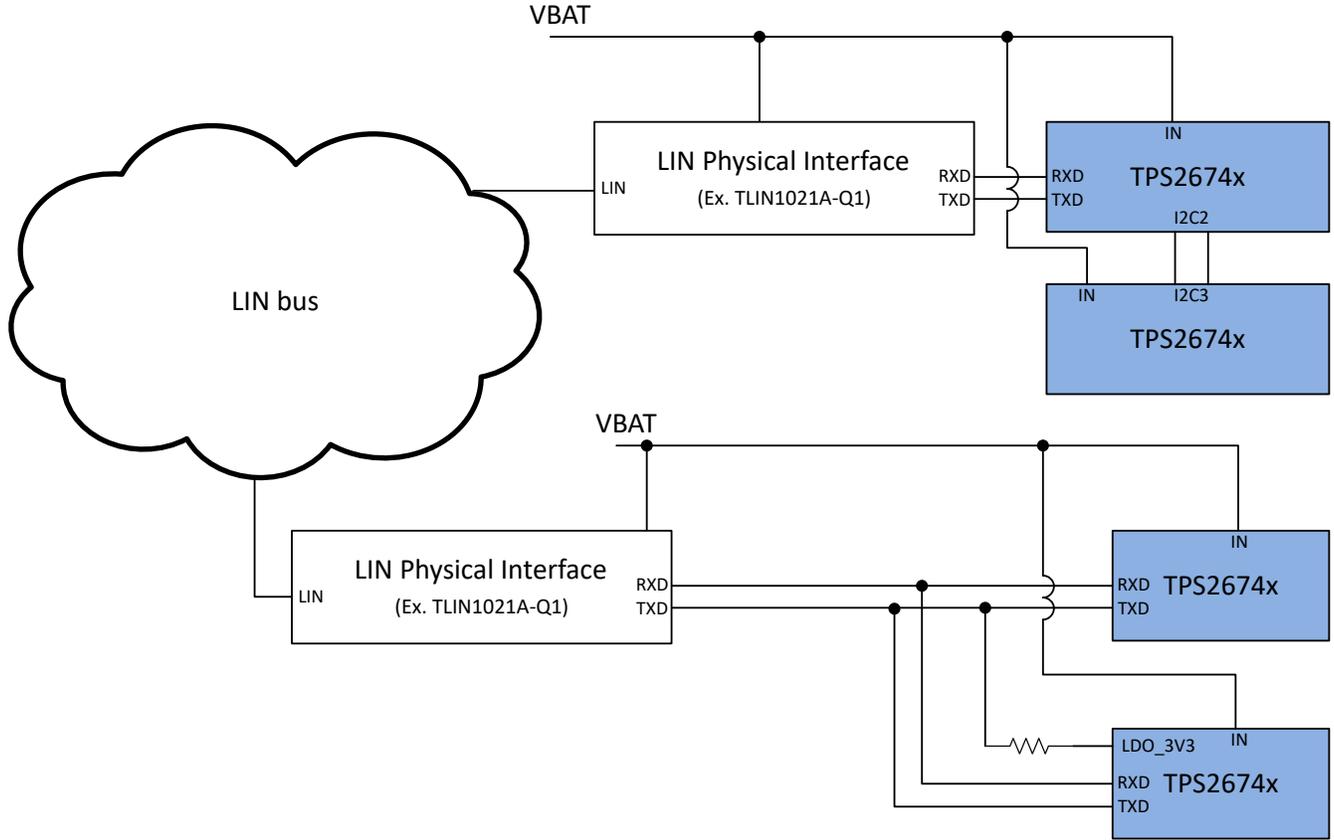


图 8-20. 连接到 LIN 总线的示例

8.3.8 热关断

TPS26744E-Q1 在每个内部电源路径中都具有中央热关断功能以及独立热传感器。中央热关断功能会监测裸片的整体温度，并在裸片温度超过 T_{SD} 的上升温度时禁用除监控电路之外的所有功能。当温度降至阈值以下并清除磁滞时，器件会恢复正常运行。

每个电源路径都有一个热关断监控器。当电源路径的温度超过 T_{SD_PP} 时，将禁用相关的 Px_VCONN 。当温度降至阈值以下并清除磁滞时，电源路径会恢复正常运行。

8.3.9 ADC

TPS26744E-Q1 ADC 如 图 8-21 所示。该 ADC 是逐次逼近 ADC。该 ADC 的输入是一个模拟输入多路复用器，支持器件中各种电压和电流的多个输入。ADC 的输出可通过 I²C 读取，同时也是自动 ADC 监控电路的输入。

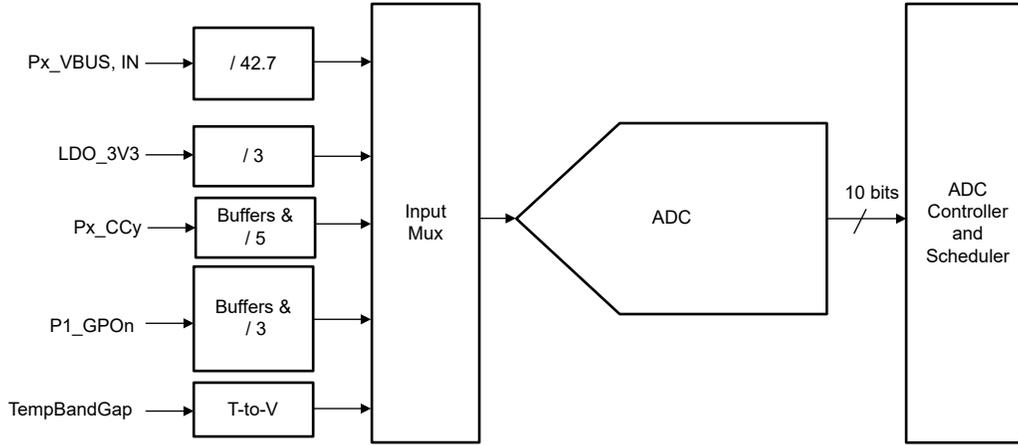


图 8-21. SAR ADC

8.3.9.1 ADC 分压器分压比

每个 ADC 电压输入被分压为 1.2V 的满量标度输入。

下表显示了每个 ADC 输入的分压器分压比。

表 8-3. ADC 输入

通道	信号	类型	LSB	分压器分压比
0	LDO_3V3	电压	3.52mV	3
1	保留			
2	P1_GPO0	电压	3.52mV	3
3	P1_GPO1	电压	3.52mV	3
4	P1_GPO2	电压	3.52mV	3
5	P1_GPO3	电压	3.52mV	3
6	BandGapTemp	温度		不适用
7	IN	电压	50mV	42.7
8-11	保留			
12	P1_GPO7	电压	3.52mV	3
13	P1_GPO8	电压	3.52mV	3
14	P1_GPO6	电压	3.52mV	3
15	P1_GPO5	电压	3.52mV	3
16	PA_VBUS	电压	50mV	42.7
17	PA_CC1	电压	5.86mV	5
18	PA_CC2	电压	5.86mV	5
19-23	保留			
24	PB_VBUS	电压	50mV	42.7
25	PB_CC1	电压	5.86mV	5
26	PB_CC2	电压	5.86mV	5
27-31	保留			

8.3.10 VIN 功率折返

当 IN 引脚上的电压过低时，可能需要电池提供过多的电流才能提供 VBUS 上通常提供的全功率。TPS26744E-Q1 可以监控 IN 电压，并在 VBUS 输出功率下降时降低 IN 电压。

8.3.11 热折返

TPS26744E-Q1 可以测量系统温度，并在必要时调整每个 USB-C 端口的输出功率以降低温度。为了准确感应系统温度，可以将 NTC 连接到具有 ADC 输入的 P1_GPOx 引脚，如下图所示。或者，可以使用支持 I²C 的 NTC。

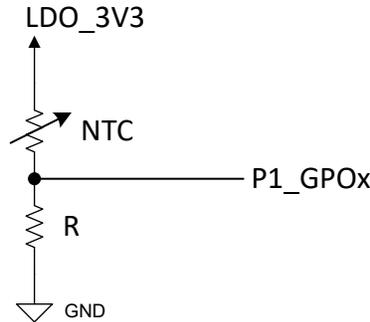


图 8-22. 使用 NTC 感应温度的示例。

8.3.12 DisplayPort 热插拔检测 (HPD)

TPS26744E-Q1 支持通过 USB Type-C 将 DisplayPort 用作 DP 源端或 DP 接收端。TPS26744E-Q1 在 P0_GPIOx 引脚上支持 HPD 转换器功能。PD 消息事件在 DisplayPort 发送器系统中相应的 HPD 引脚上转换为高电平或低电平。另一方面，DisplayPort 接收器系统将其发送的 HPD 引脚 PD 消息转换为高电平或低电平状态。

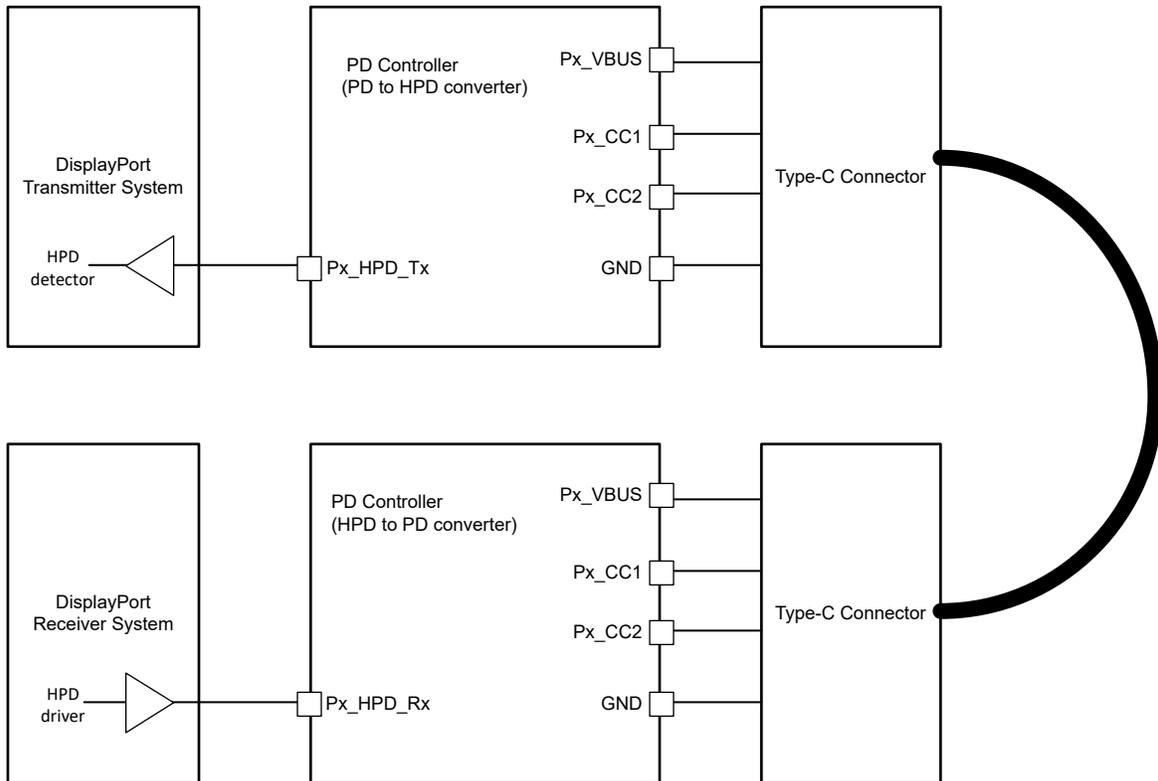


图 8-23. PD 转 HPD 转换器在 DisplayPort 系统中传递 HPD 信号的方式的图示

8.3.13 常规 GPIO

TPS26744E-Q1 具有标记为 P1_GPOx 和 P0_GPIOx 的多组 GPIO 引脚，每组都具有下表中总结的特定属性。以下各小节更详细地介绍了每个组的功能。GPIO/GPO 引脚可映射到 USB Type-C、USB PD 和应用特定事件，以控制其他 IC，中断主机处理器或接收来自其他 IC 的输入。

表 8-4. GPIO/GPO 类型的比较

	P0_GPIOx	P1_GPOx	P2_GPOx ⁽¹⁾
类型	推挽或漏极开路	推挽或漏极开路	漏极开路
最大电压	V _{LDO_3V3}	V _{LDO_3V3}	5.5V
输出电源	LDO_3V3	LDO_3V3	不适用
弱上拉	40k	100k	不适用
弱下拉	40k	100k	不适用
输入电源参考	LDO_3V3	LDO_3V3	不适用
ADC 输入	否	对于某些引脚来说是。	

1. 并非所有器件都支持这些引脚功能。查看引脚列表。

8.3.13.1 P0_GPIOx

下图显示了 P0_GPIOx 引脚的 GPIO I/O 缓冲器。

下表列出了每个 IO 的功能。某些多路复用功能可以分配给多个 P0_GPIOx 引脚，但一次只能分配一个。这些多路复用选项可让您灵活选择特定系统中所需的多路复用功能集的。

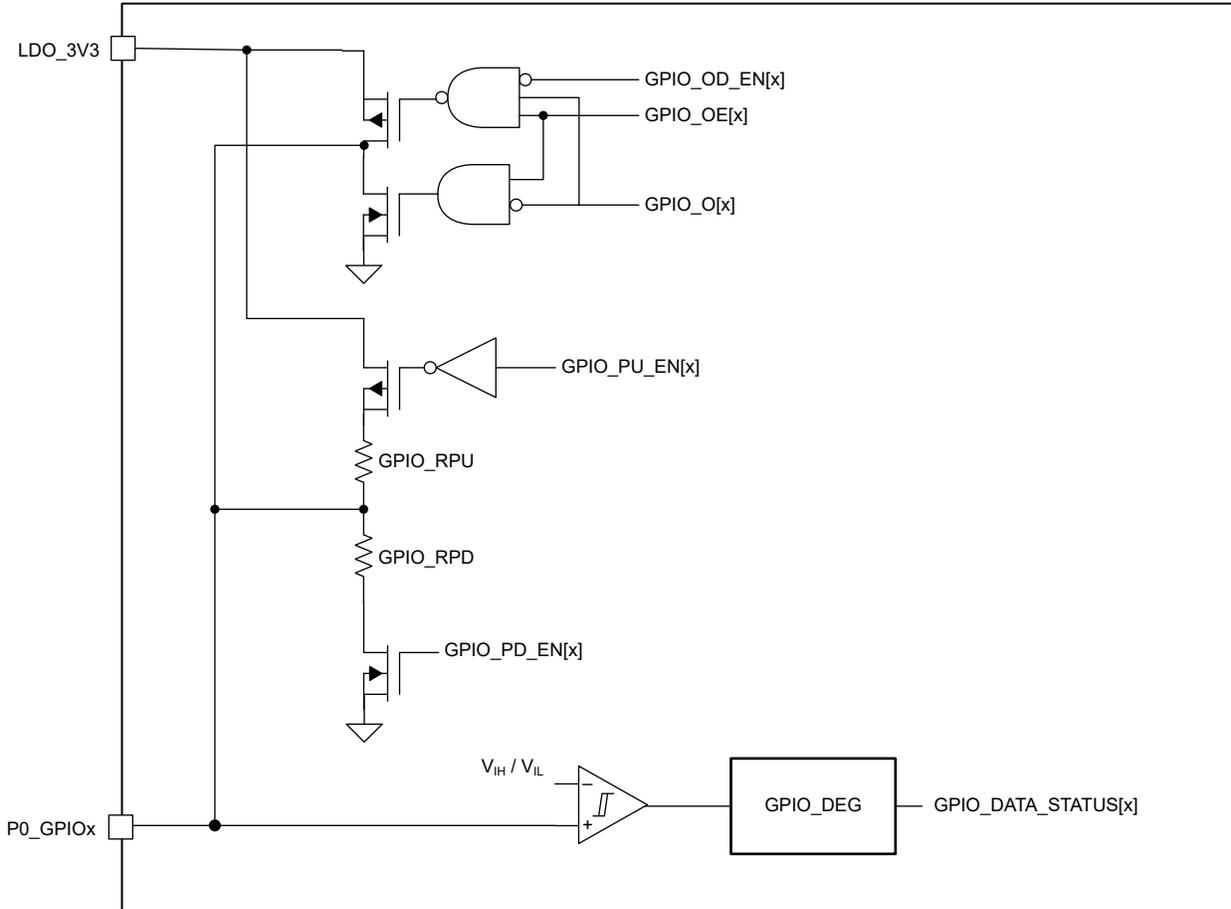


图 8-24. P0_GPIOx 缓冲器图表

表 8-5. P0_GPIOx 功能表

引脚名称	主要多路复用功能	其他可用选项
P0_GPIO0	I2C3_SCL	I2C2_SCL , PB_PWM
P0_GPIO1	PB_SYNC	I2C2_SDA , I2C3_SDA
P0_GPIO2	PB_HPD (Rx 或 Tx)	PA_HPD (Rx 或 Tx)
P0_GPIO3	PA_PWM	UART_DBG_Tx ⁽²⁾
P0_GPIO4	I2C1_SCL	TXD ⁽¹⁾
P0_GPIO5	I2C1_SDA	RXD ⁽¹⁾
P0_GPIO6	PA_SYNC	UART_DBG_Tx ⁽²⁾
P0_GPIO7	I2C2_SCL	I2C3_SCL , PB_PWM
P0_GPIO8	I2C2_SDA	I2C3_SDA , PB_SYNC
P0_GPIO9	UART_DBG_Tx ⁽²⁾	I2C4_SCL , PA_HPD (Rx 或 Tx) , PB_HPD_Rx
P0_GPIO10	PA_HPD (Rx 或 Tx)	I2C4_SDA , PB_PWM , PB_HPD_Rx

1. 一次只能使用 UART_Rx/UART_Tx 或 LIN (TXD、RXD) 函数中的一个。
2. UART_DBG_Tx 一次只能分配给一个引脚。

8.3.13.2 P1_GPOx

图 8-25 显示了 P1_GPOx 引脚的 GPIO I/O 缓冲器。这些引脚具有失效防护功能。GPO 的一个子集是 ADC 输入，请参阅表 8-6。

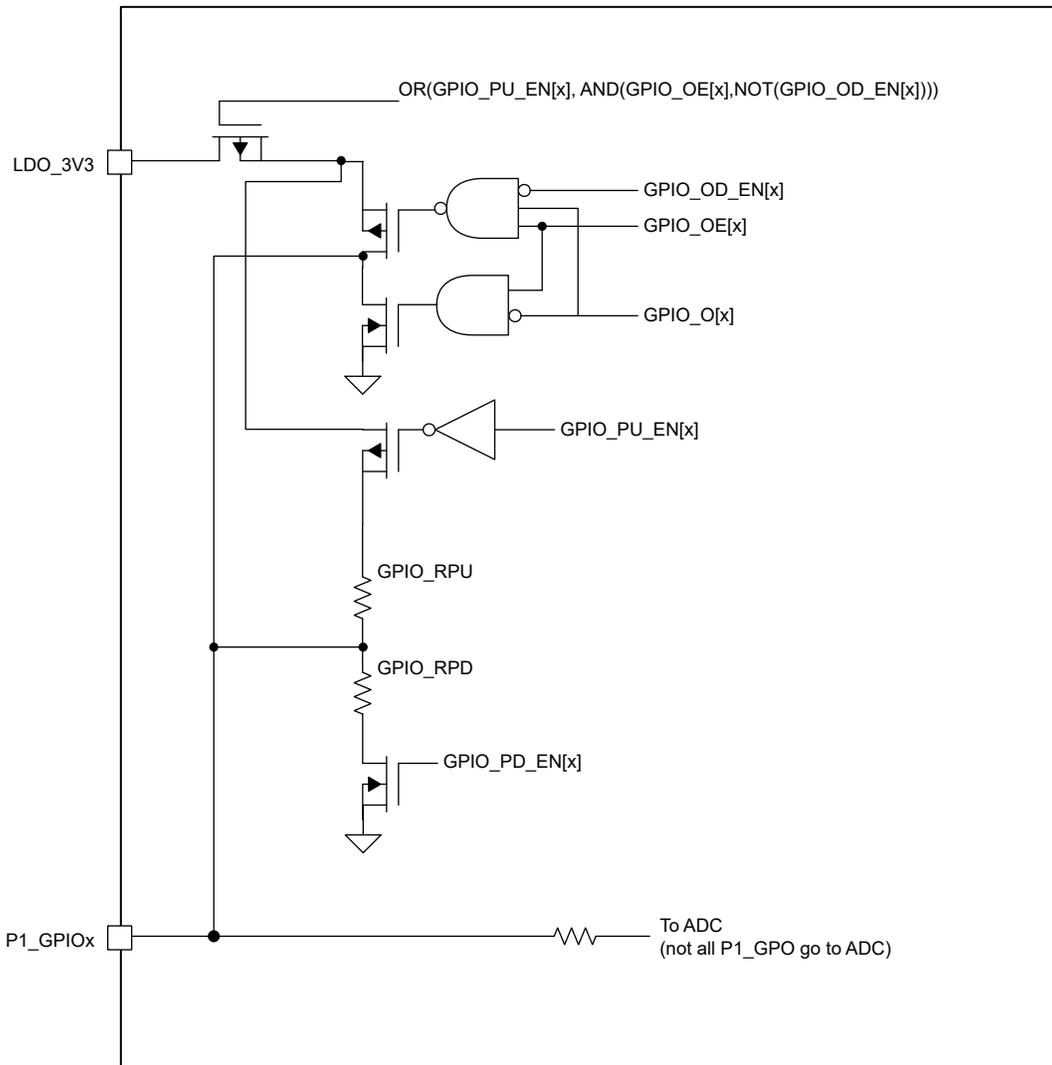


图 8-25. P1_GPOx 缓冲器

表 8-6. P1_GPOx 功能表 (ADCINx = ADC 输入通道 x)

引脚名称	特殊功能	多路复用功能	GPIO 功能
P1_GPO0	ADCIN2	PA_PPEXT	推挽, 弱上拉, 弱下拉
P1_GPO1	ADCIN3	PA_LQD	开漏输出
P1_GPO2	ADCIN4	PB_LQD	开漏输出
P1_GPO3	ADCIN5	PB_PPEXT	推挽, 弱上拉, 弱下拉
P1_GPO4		ENSD	推挽, 弱上拉, 弱下拉
P1_GPO5	PB_DM, ADCIN15		开漏输出
P1_GPO6	PB_DP, ADCIN14		开漏输出
P1_GPO7	PA_DP, ADCIN12, DBG_SDA		开漏输出
P1_GPO8	PA_DM, ADCIN13, DBG_SCL		开漏输出

8.3.14 ENSD 功能

如果在启用 ENSD 引脚功能时 ENSD 引脚为低电平，则器件将保持关断模式（请参阅 $I_{IN,SD}$ ）。当将 ENSD 置为有效以强制进入关断模式时，它保持低电平的时间必须超过抗尖峰脉冲时间 (T_{ENSD_DEG})。

ENSD 引脚通过 GPIO_RPU 电阻在内部上拉。因此，任何比 510kΩ 更高的负载都可能会阻止器件启动，而任何比 110kΩ 更高的负载都会阻止器件启动。因此，当 P1_GPO4 引脚配置为输出 GPO 而不是 ENSD 功能时，在 TPS26744E-Q1 上电期间无法从外部加载该引脚。也可以对 LDO_3V3 施加外部上拉。

8.3.15 Px_SYNC 输出

许多直流/直流控制器的开关环路都有一个 SYNC 输入。TPS26744E-Q1 的 Px_SYNC 引脚用于将该信号驱动到每个端口上的直流/直流，以防止系统中的不同直流/直流控制器同时开关。

内部 HF_OSC 时钟经过分频可创建 HF_SYNC 时钟，后者用于将方波驱动至 f_{SYNC_NOM} 上所选的 P0_GPIO 引脚。PB_SYNC 信号可以配置为相对于 PA_SYNC 信号具有 0°、90°、180° 或 270° 相位延迟。

TPS26744E-Q1 还支持三角频率曲线后的周期间抖动。此三角波的调制频率为 f_{MOD} ，最大摆幅为 f_{SYNC_SWING} 。

TPS26744E-Q1 还通过添加伪随机变化 $f_{DITH}(t)$ ，在 Px_SYNC 信号上添加双随机展频 (DRSS)。

SYNC 频率 f_{SYNC} （以及因此导致的 Px_SYNC 上升沿之间的时间）结合所有配置，会根据以下公式随时间变化：

$$f_{SYNC}(t) = f_{SYNC_NOM} + f_{SYNC_SWING} * \text{triangular}(2 * \pi * f_{MOD}(t) * t) + f_{DITH}(t)$$

用于 Px_SYNC 功能的 P0_GPIOx 可以配置为漏极开路或推挽模式，并且可以配置弱上拉或下拉电阻。

8.3.16 脉宽调制 (PWM) 输出

TPS26744E-Q1 的 PWM 模块可用于各种用途，例如控制 LED 或创建动态电压基准。PWM 模块的占空比可以配置为动态或固定。应用固件还可以动态设置占空比，例如从直流/直流稳压器驱动 VBUS 电压输出。

设置固定占空比时，可以将 T_{PWM_ON} 和 T_{PWM_TOTAL} 配置为控制占空比 (DC) T_{PWM_ON}/T_{PWM_TOTAL} 。应用固件可以根据 USB-DC PD 或其他类型的事件，在不同应用中根据需要设置 DC。

使用动态占空比选项时，占空比可以随 T_{PWM_PERIOD} 周期性变化。该变化可配置为正弦、三角或锯齿波。

用于 Px_PWM 功能的 P0_GPIOx 可以配置为开漏或推挽模式，并且可以配置弱上拉或下拉电阻。

8.3.17 I²C 接口

TPS26744E-Q1 具有多个 I²C 端口。下表列出了每个端口的类型和典型用法。目标端口提供有关 TPS26744E-Q1 的一般状态信息，以及控制器件行为的能力。控制器端口允许 TPS26744E-Q1 控制系统中的其他目标器件。

表 8-7. I²C 摘要

I ² C 总线	类型	典型用法
I2C1	目标	连接到主机控制器。可用于更新闪存。该 I ² C 端口可通过主机接口进行 R/W 访问。
I2C2	控制器	连接到外部直流/直流、USB Type-C 多路复用器或其他目标器件。
I2C3	目标	用于需要两个 I2C 目标的系统。

8.3.17.1 I²C 接口硬件

TPS26744E-Q1 具有多个 I²C 接口，每个接口都使用 I²C I/O 驱动器，如下方示例所示。此 I/O 由一个开漏输出和一个以 LDO_3V3 为基准、经抗尖峰脉冲处理的输入比较器组成。

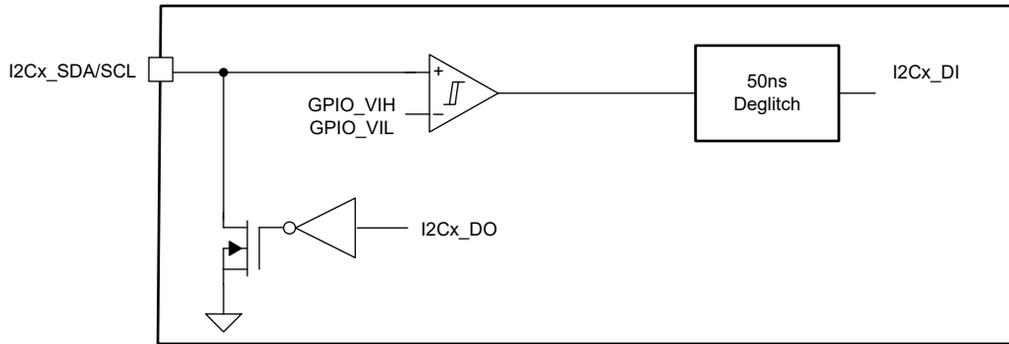


图 8-26. I²C 缓冲器

8.3.17.2 I²C 接口说明

TPS26744E-Q1 支持标准模式、快速模式和快速模式与 I²C 接口结合。双向 I²C 总线由串行时钟 (SCL) 线和串行数据 (SDA) 线组成。这两种线都必须通过上拉电阻器连接至电源。只有当总线处于不忙状态时，才能启动数据传输。

当 SCL 输入为高电平时，控制器将发送启动条件 (SDA 输入和输出端由高电平到低电平转换) 以启动 I²C 通信。在发送启动条件之后，会发送器件地址字节，首先发送最高有效位 (MSB)，包括数据方向位 (R/W)。

接收到有效地址字节后，该器件以确认 (ACK) 响应，在 ACK 相关时钟脉冲的高电平期间，SDA 输入/输出为低电平。在 I²C 总线上，在每个时钟脉冲期间仅传输一个数据位。在时钟周期的高脉冲期间，SDA 线上的数据必须保持稳定，因为此时数据线上的变化会被解释为控制命令 (启动或停止)。控制器会发送停止条件，即当 SCL 输入为高电平时，SDA 输入和输出由低电平到高电平转换。

在开始和停止条件之间，可以将任意数量的数据字节从发送器传输到接收器。每个八位字节后跟一个 ACK 位。发送器必须先释放 SDA 线，接收器才能发送 ACK 位。做出应答的器件必须在 ACK 时钟脉冲期间下拉 SDA 线路，这样，在 ACK 相关时钟周期的高脉冲期间，SDA 线路稳定为低电平。当目标接收器被寻址时，它必须在接收到每个字节后生成一个 ACK。类似地，控制器必须在从目标发送器接收到每个字节之后生成一个 ACK。必须满足设置和保持时间以正常运行。

控制器接收器通过在目标发送器在时钟沿输出最后一个字节后不进行确认 (NACK)，来向目标发送器发送数据结束信号。将 SDA 线保持为高电平的控制器接收器会执行此操作。在这种情况下，发送器必须释放数据线，才能使控制器生成停止条件。

图 8-27 展示了传输的启动和停止条件。图 8-28 展示了用于传输一个位的 SDA 和 SCL 信号。图 8-29 展示了在最后一个时钟脉冲具有 ACK 或 NACK 的数据传输序列。

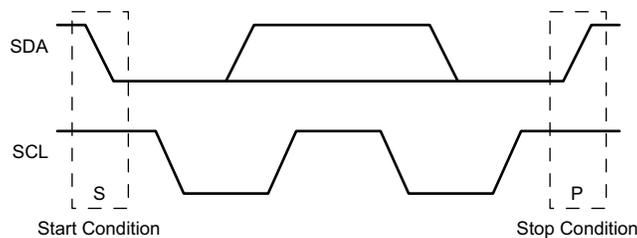


图 8-27. 启动和停止条件的 I²C 定义

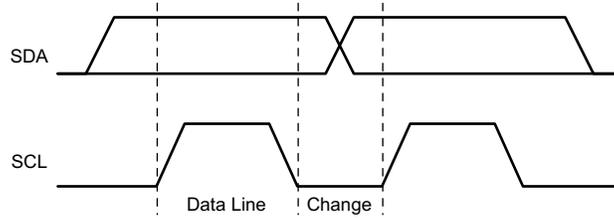


图 8-28. I²C 位传输

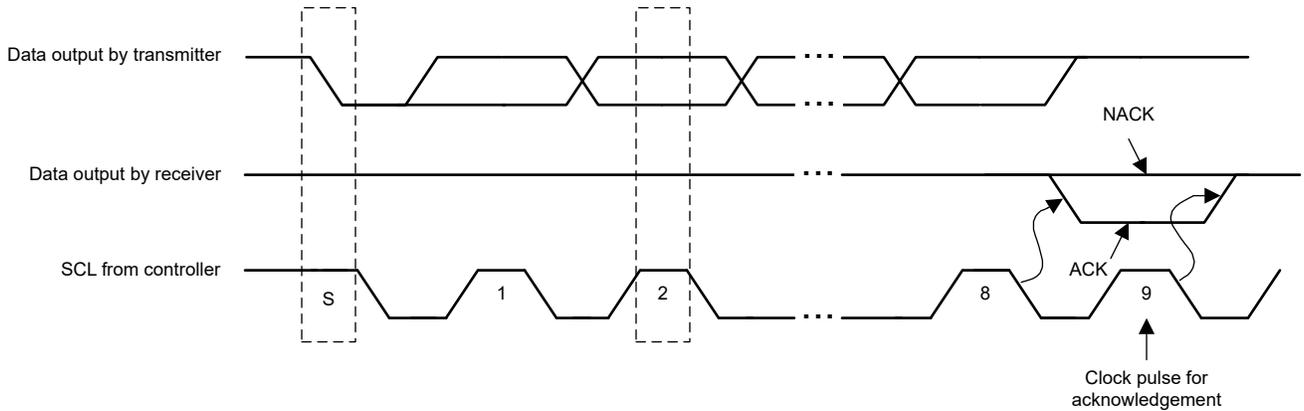


图 8-29. I²C 确认

8.3.17.3 I²C 时钟延展

TPS26744E-Q1 具有适用于 I²C 协议的时钟延展。TPS26744E-Q1 目标 I²C 端口可能会在接收 (或发送) 一个字节后将时钟线 (SCL) 保持为低电平, 表示其尚未准备好处理更多数据。与目标通信的控制器不得完成当前位的发送, 必须等待时钟线实际变为高电平。当目标进行时钟延展时, 时钟线保持低电平。

控制器必须等待观察到时钟线转换为高电平加上额外的最短时间 (对于标准 100kbps I²C, 此时间为 4 μs) 过后才再次将时钟拉至低电平。

任何时钟脉冲都可以延展, 但通常为确认位之前或之后的时间间隔。

8.3.17.4 唯一地址接口

唯一地址接口允许 I²C 控制器和单个 TPS26744E-Q1 之间进行复杂的交互。I²C 目标子地址用于接收或响应主机接口协议命令。图 8-30 和图 8-31 显示了 I²C 目标接口的写入和读取协议, 而图 8-32 中列出了相应的关键字来解释使用的术语。TPS26744E-Q1 主机接口使用不同的唯一地址来标识由 TPS26744E-Q1 控制的两个 USB Type-C 端口中的每一个。协议图的关键字信息位于 SMBus 规范中, 并在此处进行了部分复述。

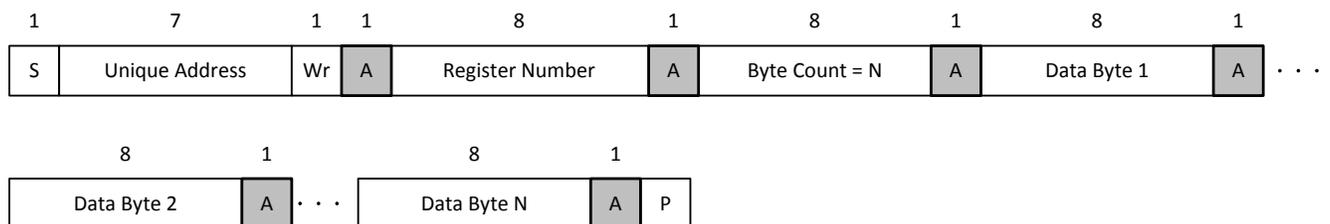


图 8-30. I²C 唯一地址写入寄存器协议

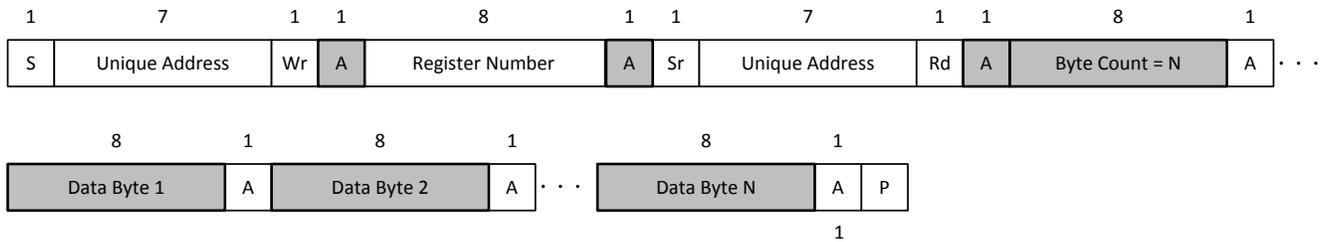
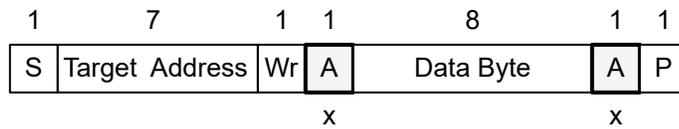


图 8-31. I²C 唯一地址读取寄存器协议



- S Start condition
- SR Repeated start condition
- Rd Read (bit value of 1)
- Wr Write (bit value of 0)
- X Field is required to have the value x
- A Acknowledge (this bit position may be 0 for an ACK or 1 for a NACK)
- P Stop condition

- Controller-to-target
- Target-to-controller

• • • Continuation of protocol

图 8-32. I²C 读取/写入协议关键字

ADVANCE INFORMATION

8.3.17.5 I²C 地址设置

当在同一系统中使用多个 TPS26744E-Q1 器件时，可以连接每个器件的 I2C1 总线。这使外部 I²C 控制器仅通过 I2C1 总线便能控制这两个器件。因此，I²C 目标端口的目标地址根据 CONFIG 引脚设置为默认值，如下表所示。有关如何配置 CONFIG 引脚以选择默认目标地址的详细信息，请参阅节 8.4.1。

这些地址在 BOOT 模式期间可用并可用于更新闪存。

表 8-8. I2C 默认目标地址 (从闪存加载配置之前)

I2C 端口	端口	默认目标地址 (请参阅 CONFIG 解码中的 I ² C 地址索引)			
		CONFIG = #1	CONFIG = #2	CONFIG = #3	CONFIG = #4
I2C1/I2C4	A	0x20	0x21	0x22	0x23
	B	0x24	0x25	0x26	0x27

8.3.18 跨端口的系统电源管理 (SPM)

TPS26744E-Q1 可以连接到多个其他 PD 控制器，从而在多个端口之间实现系统功率共享。一个 TPS26744E-Q1 配置为控制器，另一个配置为目标。在下图中，一个器件的 I2C2 端口连接至另一个器件的 I2C3 端口。由于 I2C2 是控制器端口，它也会使该器件在 SPM 上下文中成为控制器。

SPM 控制器还处理 SPM 控制器内所有端口的功率共享。

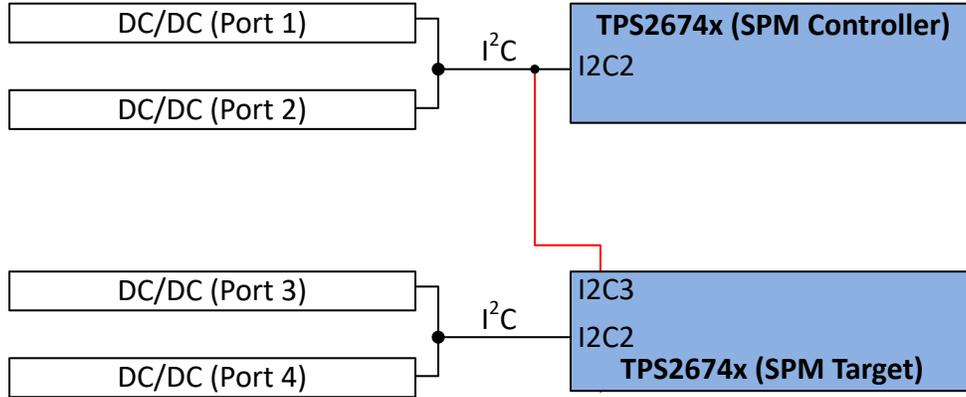


图 8-33. 设备到设备 SPM 的图示

8.4 器件功能模式

8.4.1 通过搭接引脚配置默认行为 (CONFIG)

CONFIG 引脚用于配置默认 I2C 地址索引，如下表所述。

可以在 CONFIG 引脚上启用 UART_Tx 引脚功能，而不会影响 I2C1 地址解码。发送数据时，UART_Tx 引脚功能会过驱外部电阻。

表 8-9. CONFIG 解码

R _{UP}	R _{DOWN}	CONFIG 解码	I ² C 地址索引
∞	>500k Ω	00	#1
>500k Ω	∞	01	#2
< 5k Ω	∞	10	#3
∞	< 5k Ω	11	#4

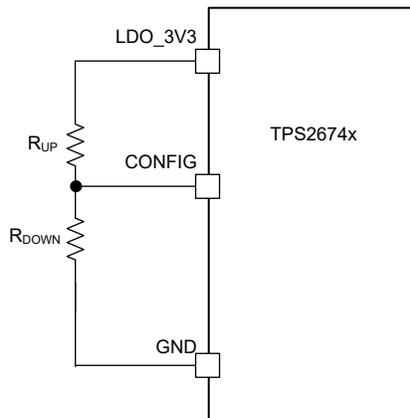


图 8-34. I2C_ADDR 引脚配置概述。

8.4.2 电源状态

TPS26744E-Q1 可在四种不同的电源状态之一下运行：运行、空闲、睡眠或关断。下表中总结了每个状态下可用的功能。该器件会根据处于运行状态和需要的电路在电源状态之间自动转换，请参阅 图 8-35。在睡眠状态下，TPS26744E-Q1 会检测到 Type-C 连接或其他需要进入运行状态的活动。在运行模式与空闲模式之间转换需要一段时间 (T)，其间不执行以下任何活动：

- 传入的 USB PD 消息
- CC 状态变化
- GPIO 输入事件
- I²C 事务
- 电压警报
- 故障警报

在引导模式期间，TPS26744E-Q1 保持运行状态。

为了进入睡眠状态，两个端口都必须满足此状态的进入条件，即 CC 已分离且没有活动。

当 ENSD 引脚配置为运行状态（上电时的默认设置）并且 ENSD 引脚被拉至低电平时，将进入关断模式。进入关断模式会覆盖任何其他电源状态条件。请务必注意，该器件在关断模式下无法正常工作。ENSD 引脚在上电时默认配置，因此如果将 ENSD 引脚拉至低电平，该器件将无法正常工作。

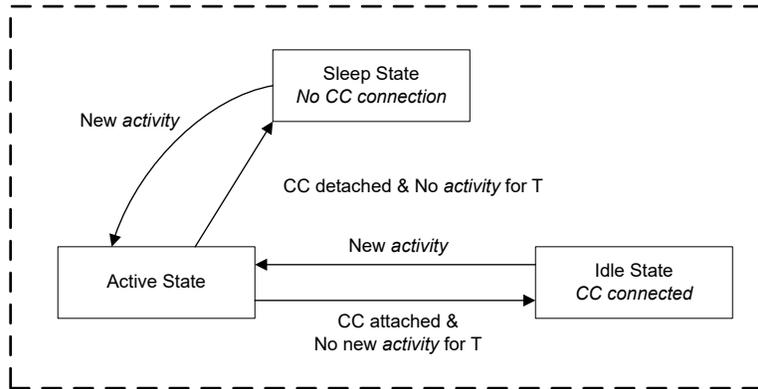


图 8-35. 电源状态流程图

表 8-10. 功耗状态

	工作模式 $I_{IN,Act}$	空闲模式 $I_{IN,Idle}$	睡眠模式 $I_{IN,Sleep}$	关断模式
PA_VCONN	打开	关闭	关闭	关闭
PB_VCONN	打开	关闭	关闭	关闭
外部 PA_CCx 终端	Rp	Rp	Rp	无关
外部 PA_CCy 终端	开路	开路	Rp	无关
外部 PB_CCx 终端	Rp	Rp	Rp	无关
外部 PB_CCy 终端	开路	开路	Rp	无关
液体检测	打开，Px_LQD 保持低电平	关闭	关闭	关闭
USB-PD PHY	两个端口上均可传输	已启用 Squelch Rx，在两个端口上均可唤醒	关闭	关闭
I2C 流量	I2C1、I2C2、I2C3 和 I2C4 都处于运行状态	无活动，仅监控唤醒	无活动，仅监控唤醒	无关
CPU	正在运行，读取和写入 SRAM	睡眠	睡眠	禁用
闪存	从闪存积极执行。	无效	无效	无效

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 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。

9.1 应用信息

TPS26744E-Q1 固件通过 I²C 实现主机接口，从而允许配置和控制所有器件选项。初始器件配置存储在闪存中，并在闪存内容经过身份验证后加载。TPS26744E-Q1 配置和主机接口可用于针对每个特定应用自定义器件。配置可通过应用自定义 GUI 生成。

9.2 典型应用

9.2.1 系统示例

TPS26744E-Q1 支持为两个 USB-C 端口在扩展功率范围 (PD) 下进行 USB-PD 充电。

TPS26744E-Q1 还支持 USB-PD 消息发送，可进入 DisplayPort 交替模式。TPS26744E-Q1 将热插拔检测 (HPD) 信号转换为 DisplayPort 接收器系统的 USB-PD 消息，或将 USB-PD 消息转换为 DisplayPort 发送系统的热插拔检测 (HPD) 信号。DisplayPort 系统中的 PP5V 引脚需要外部 5V 电源，以便通过 CC 引脚 (VCONN) 为 USB-C 电缆提供必要的电源。

当系统有两个以上的 USB-C 端口时，可以通过 I2C 连接多个 TPS26744E-Q1。其中一个 TPS26744E-Q1 用作系统电源管理 (SPM) 控制器，而其他用作目标。

如果系统具有 MCU，它可以连接到 TPS26744E-Q1 上的 I2C1，以便访问监控状态并控制某些行为和配置。

TPS26744E-Q1 的 Px_LQD 引脚可以连接到 USB-C 插座上的 SBU1、SBU2、D+ 或 D-。配置后，TPS26744E-Q1 可以检测液体，实施腐蚀缓解并保护 USB-C 连接器。

9.2.1.1 带有 DisplayPort 的双端口

下图说明了 TPS26744E-Q1 如何在支持 DisplayPort 的双端口系统中使用。TPS26744E-Q1 使用 I2C2 控制外部直流/直流转换器，从而单独在每个端口上提供必要的电压和/或电流。由于 DisplayPort 需要高功率 VCONN，在本系统示例中，将外部 5V 电源连接到 PP5V。

TPS26744E-Q1 热插拔检测 (HPD) 信号与 DisplayPort 系统连接。

所示为外部 OVP 解决方案，用于防止 Px_CCy、Px_DP/DM 和 Px_LQD 引脚与连接器中的 VBUS 发生短路。

下图中的端口 A 在 VBUS 上没有分压器，而端口 B 在 VBUS 上有分压器。由于最大额定电压较低，端口 A 上不需要外部 OVP。

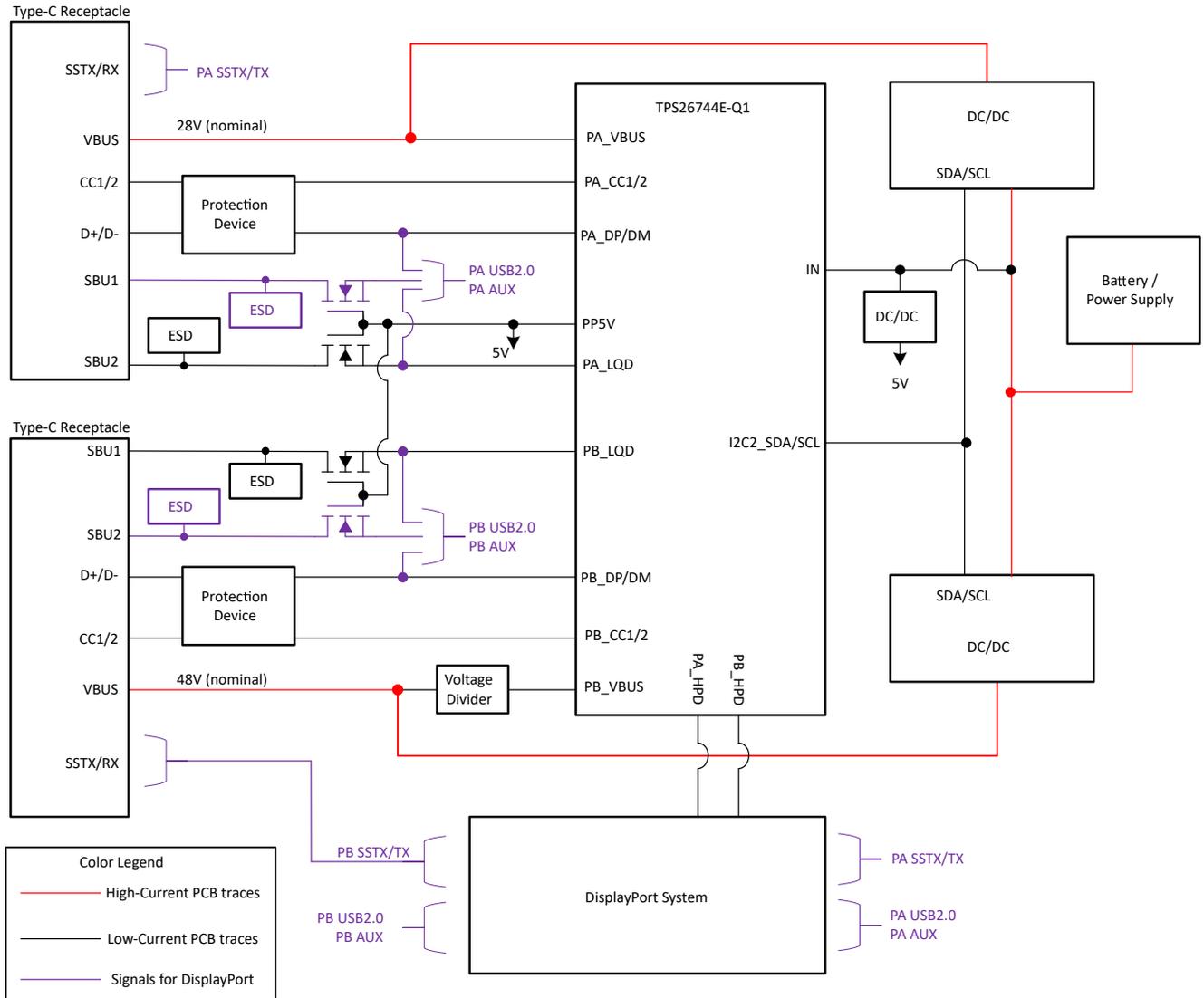


图 9-1. 带有 DisplayPort 的双端口 EPR 充电器

9.3 电源相关建议

9.3.1 输入电源

IN 引脚是器件的主要电源输入。内部 5V LDO 使用 IN 作为输入，在 PP5V 引脚上生成 5V 电压。但是，在某些系统中，可以将外部 5V 电压施加到 PP5V，在这种情况下，IN 引脚可能会短接到 PP5V 引脚，从而使 $V_{IN} \geq V_{PP5V}$ 。将推荐的电容 C_{IN} 从 IN 引脚连接到 GND 引脚。 C_{IN} 应尽量靠近引脚放置。IN 引脚电压不得低于 PP5V 引脚上的电压。

9.3.2 5V 电源

一些内部电路由 5V 电源供电。5V LDO 将电压从 IN 降至 5V。5V LDO 为内部 3.3V LDO 以及内部模拟电路（在某些情况下包括 Px_VCONN）供电。将推荐的电容 C_{PP5V} 从 PP5V 引脚连接到 GND 引脚，并尽可能靠近 PP5V 引脚。

9.3.3 3.3V 电源

一些内部电路由 3.3V 电源供电。3.3V LDO 将电压从 PP5V 降至 3.3V。3.3V LDO 为内部 1.35V LDO 和其他内部电路供电。将推荐的电容 C_{LDO_3V3} 从 LDO_3V3 引脚连接到 GND 引脚，并尽可能靠近 LDO_3V3 引脚。

9.3.4 1.35V 电源

一些内部电路由 1.35V 电源供电。1.35V LDO 将电压从 LDO_3V3 降至 1.35V。1.35V LDO 为包括数字内核和存储器在内的所有内部低压数字电路供电。将推荐的电容 C_{LDO_1V35} 从 LDO_1V35 引脚连接到 GND 引脚，并尽可能靠近 LDO_1V35 引脚。

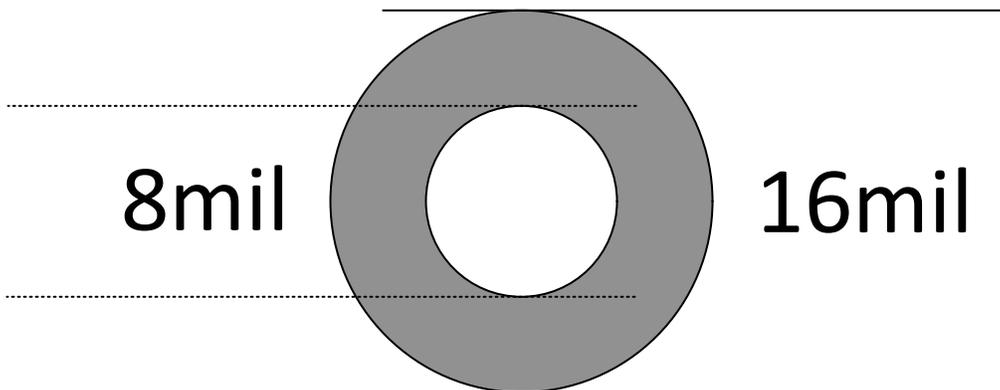
9.4 布局

9.4.1 布局指南

适当的布线和放置可保持高速信号的完整性并改善电源路径的散热。如果遵循以下指南，则可轻松实现电源和高速数据信号的组合。最佳实践是咨询电路板制造部门以验证制造能力。

建议的过孔尺寸

建议使用适当的尺寸和过孔拼接来为 VBUS 电源路径和接地承载电流。建议的最小过孔尺寸如下所示，但对于低密度 PCB 设计而言，更大的过孔是一个选项。单个过孔能够承载 1A 电流，通过电路板制造验证容差。建议在靠近 PD 控制器时包覆过孔。



最小布线宽度

以下是模拟和数字引脚的最小布线宽度。布线宽度限制也由所用的电路板制造工艺定义。请咨询制造部门以确定最小布线宽度和容差

表 9-1. 最小布线宽度

路由	最小宽度 (mil)
VIN、PP5V	10 (外层)、20 (内层)
PA_CC1、PA_CC2、PB_CC1、PB_CC2	10
LDO_1V35、LDO_3V3、PA_VBUS、PB_VBUS	10
P0_GPIOX*、P1_GPOX*	4 (或按制造限制)
元件 GND	16

9.4.2 布局示例

原理图

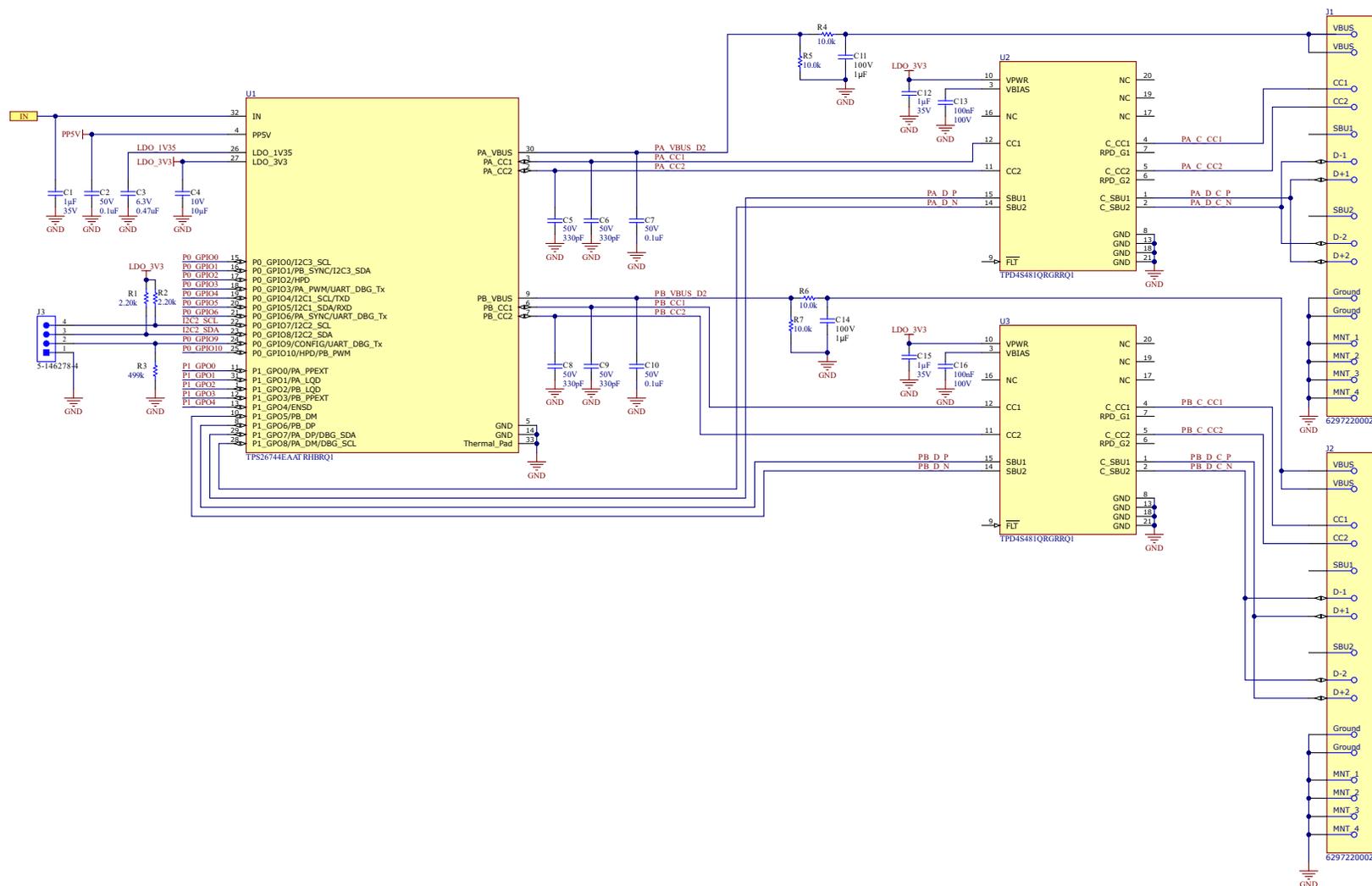
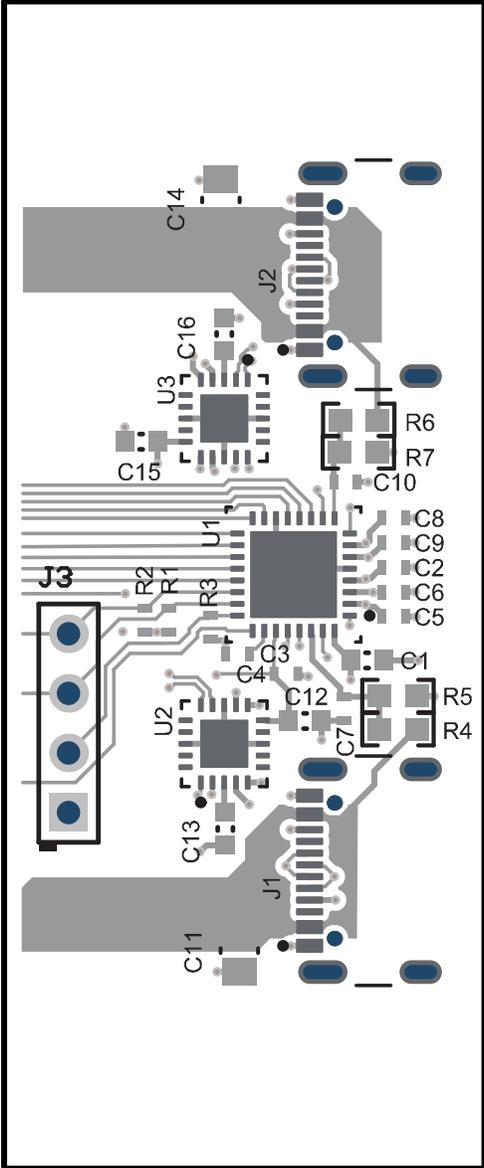
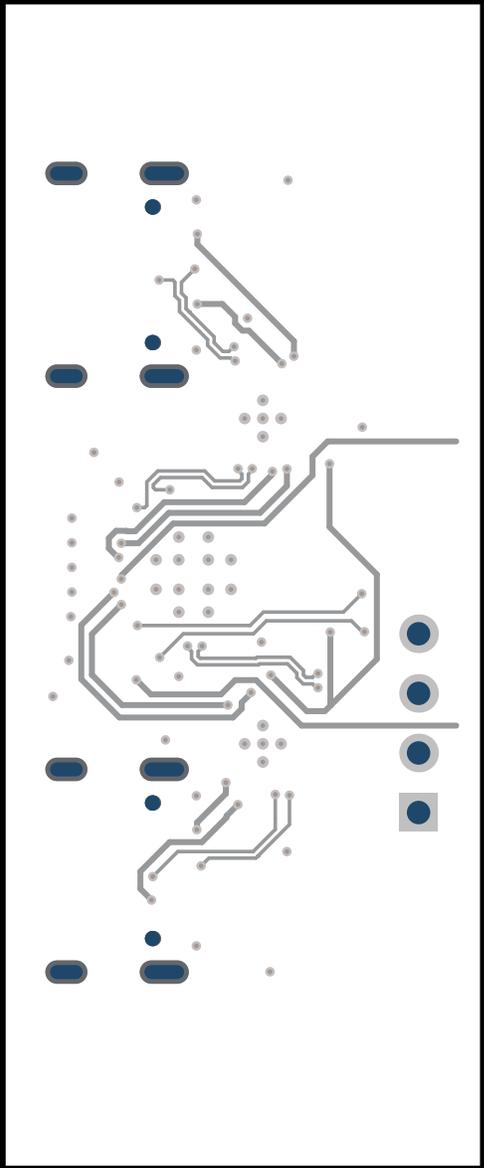


图 9-2. 参考原理图

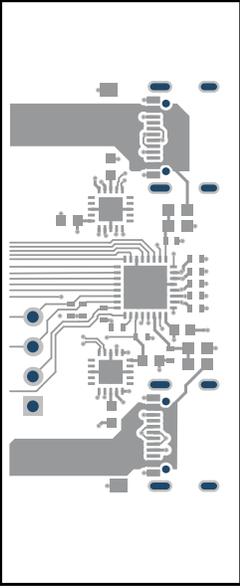
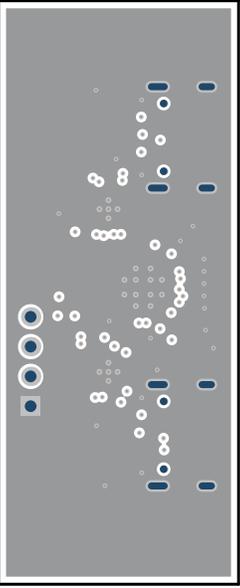
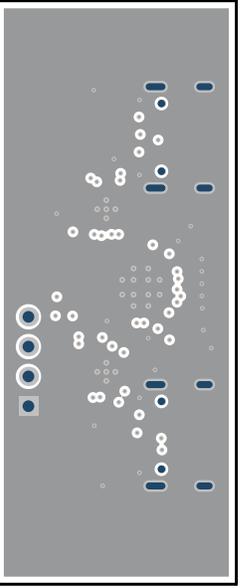
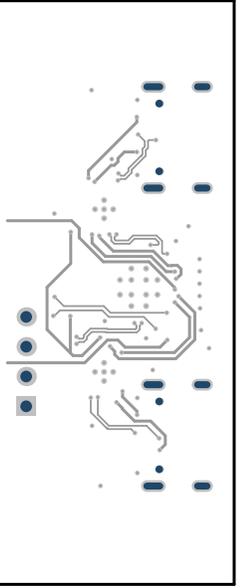
ADVANCE INFORMATION

表 9-2. 复合视图

顶复合视图	底复合视图
 <p>Top composite view of the PCB showing components U1, U2, U3, U16, resistors R1-R8, capacitors C1-C16, and connectors J1, J2, J3.</p>	 <p>Bottom composite view of the PCB showing the reverse side of the components and traces.</p>

ADVANCE INFORMATION

表 9-3. 铜层和布线层

顶层 1	GND 层 2	GND 层 3	底层 4
			

ADVANCE INFORMATION

10 器件和文档支持

TI 提供广泛的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

- [USB-PD 规格](#)
- [USB 电力输送规格](#)

10.2 接收文档更新通知

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

10.3 支持资源

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

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

10.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告



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

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

10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
April 2025	*	预告信息

12 机械、封装和可订购信息

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

12.1 封装选项附录

封装信息

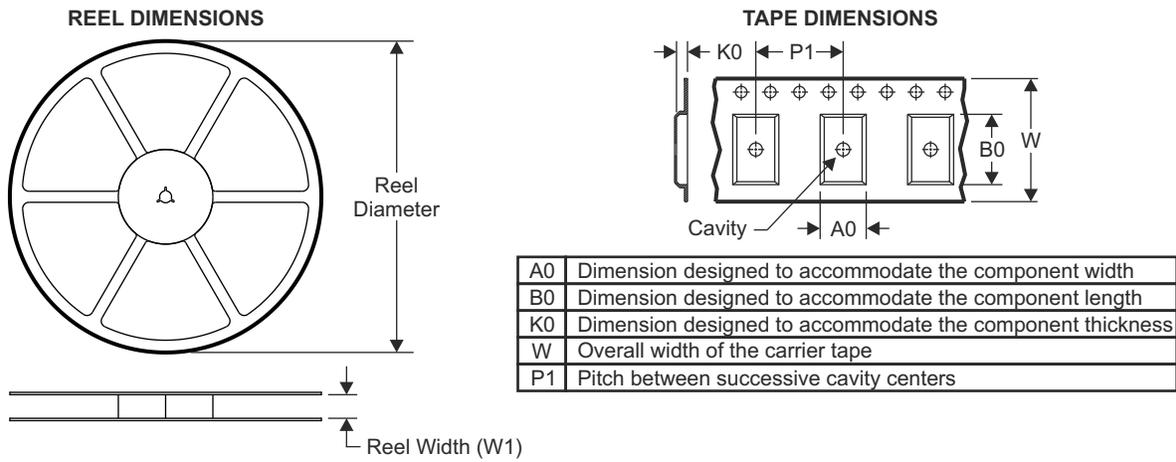
可订购器件	状态 ⁽¹⁾	封装类型	封装图	引脚	包装数量	环保计划 ⁽²⁾	铅/焊球镀层 ⁽⁶⁾	MSL 峰值温度 ⁽³⁾	工作温度 (°C)	器件标识 ^{(4) (5)}
P26744EAATRHBRQ1	预发布	VQFN	RHB	32	5000	RoHS 和绿色 环保	NIPDAU	2 级-260C-1 年	-40 至 125	P26744E AA

- (1) 销售状态值定义如下：
正在供货：建议用于新设计的产品器件。
限期购买：TI 已宣布器件即将停产，但仍在购买期限内。
NRND：不推荐用于新设计。为支持现有客户，器件仍在生产，但 TI 不建议在新设计中使用此器件。
PRE_PROD：器件未发布，尚未量产，未向大众市场供货，也未在网上供应，未提供样片。
预发布：器件已发布，但未量产。可能提供样片，也可能无法提供样片。
已停产：TI 已停止生产该器件。
- (2) 环保计划 - 规划的环保分级包括：无铅 (RoHS)，无铅 (RoHS 豁免) 或绿色 (RoHS，无镉/溴) - 如需了解最新供货信息及更多产品信息详情，请访问 www.ti.com.cn/productcontent。
待定：无铅/绿色环保转换计划尚未确定。
无铅 (RoHS)：TI 所说的“无铅”或“无 Pb”是指半导体产品符合针对所有 6 种物质的现行 RoHS 要求，包括要求铅的重量不超过同质材料总重量的 0.1%。因在设计时就考虑到了高温焊接要求，因此 TI 的无铅产品适用于指定的无铅作业。
无铅 (RoHS 豁免)：该元件在以下两种情况下可享受 RoHS 豁免：1) 芯片和封装之间使用铅基倒装芯片焊接凸点；2) 芯片和引线框之间使用铅基芯片粘合剂。否则，元件将根据上述规定视为无铅 (符合 RoHS)。
绿色环保 (RoHS，无镉/溴)：TI 定义的“绿色环保”表示无铅 (符合 RoHS 标准)、无溴 (Br) 和无镉 (Sb) 系阻燃剂 (均质材料中 Br 或 Sb 的质量不超过总质量的 0.1%)。
- (3) MSL，峰值温度-- 湿敏等级额定值 (符合 JEDEC 工业标准分级) 和峰值焊接温度。
- (4) 器件上可能还有与标识、批次跟踪代码信息或环境分类相关的其他标志。
- (5) 如有多个器件标识，将用括号括起来。不过，器件上仅显示括号中以“~”隔开的其中一个器件标识。如果某一行缩进，说明该行续接上一行，这两行合在一起表示该器件的完整器件标识。
- (6) 铅/焊球镀层 - 可订购器件可能有多种镀层材料选项。各镀层选项用垂直线隔开。如果铅/焊球镀层值超出最大列宽，则会折为两行。

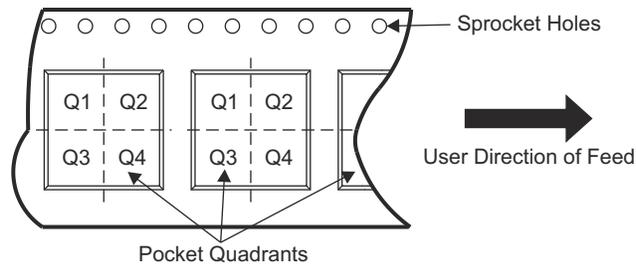
重要信息和免责声明：本页面上提供的信息代表 TI 在提供该信息之日的认知和观点。TI 的认知和观点基于第三方提供的信息，TI 不对此类信息的正确性做任何声明或保证。TI 正在致力于更好地整合第三方信息。TI 已经并将继续采取合理的措施来提供有代表性且准确的信息，但是可能尚未对引入的原料和化学制品进行破坏性测试或化学分析。TI 和 TI 供应商认为某些信息属于专有信息，因此可能不会公布其 CAS 编号及其他受限制的信息。

在任何情况下，TI 因此类信息产生的责任决不超过 TI 每年向客户销售的本文档所述 TI 器件的总购买价。

12.2 卷带包装信息

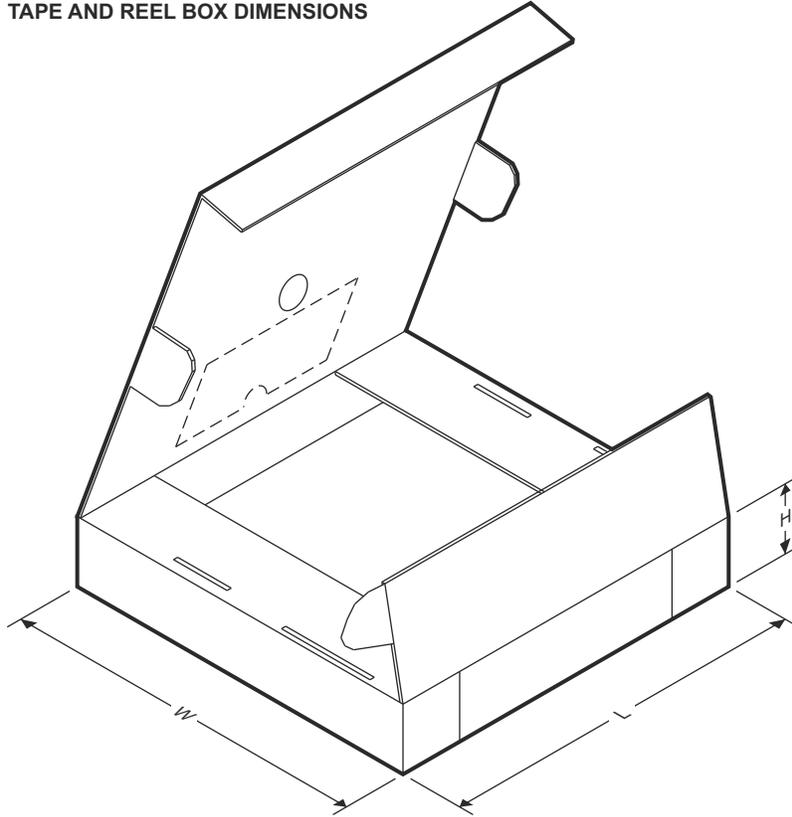


QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



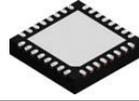
器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	卷带直径 (mm)	卷带宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 象限
P26744EAATHBRQ1	VQFN	RHB0032A A	32	5000	330	12.4	5.3	5.3	1.1	8	12	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



ADVANCE INFORMATION

器件	封装类型	封装图	引脚	SPQ	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)
P26744EAATRHBRQ1	VQFN	RHB0032AA	32	5000	5	5	1

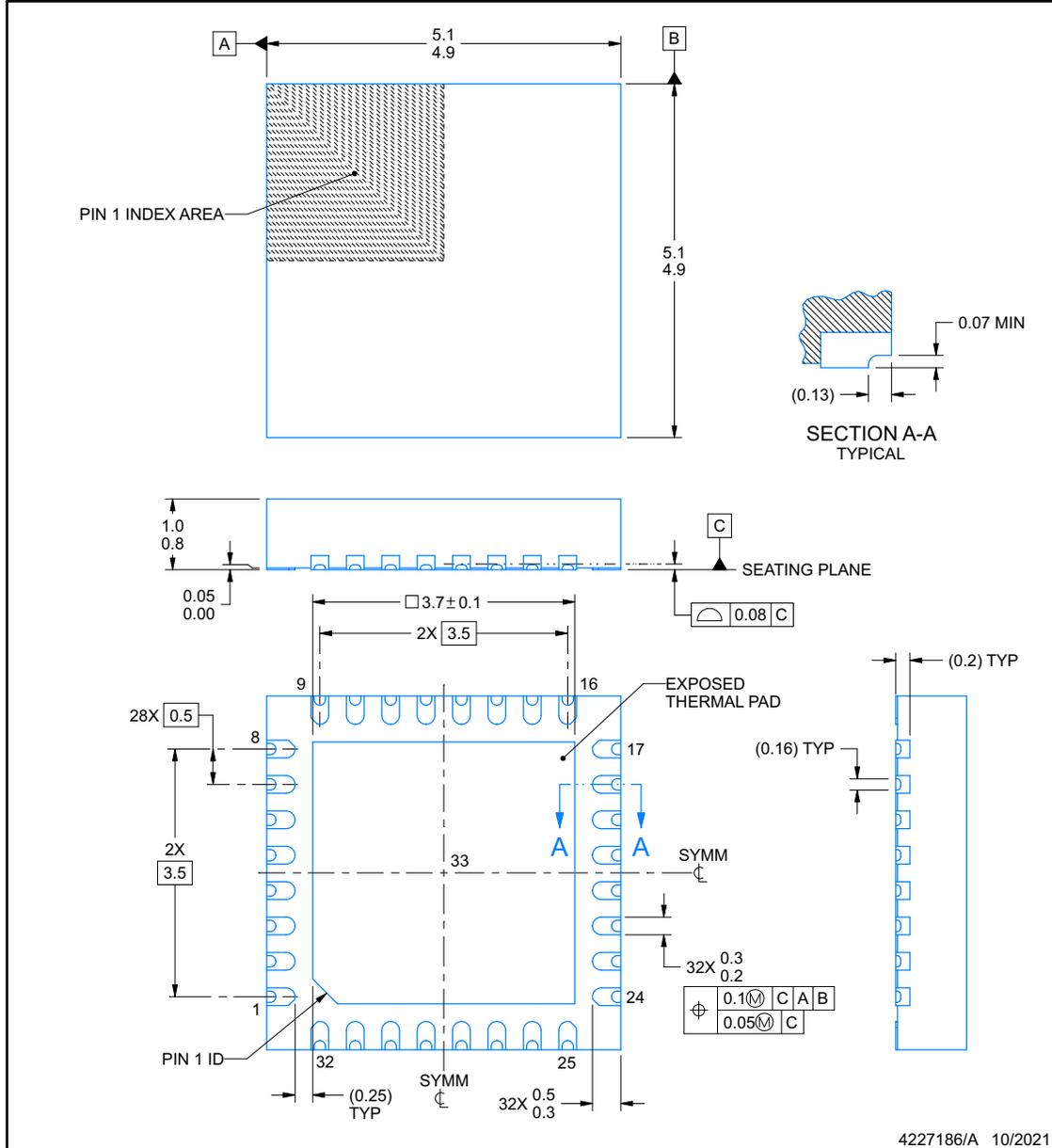


RHB0032AA

PACKAGE OUTLINE

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



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.

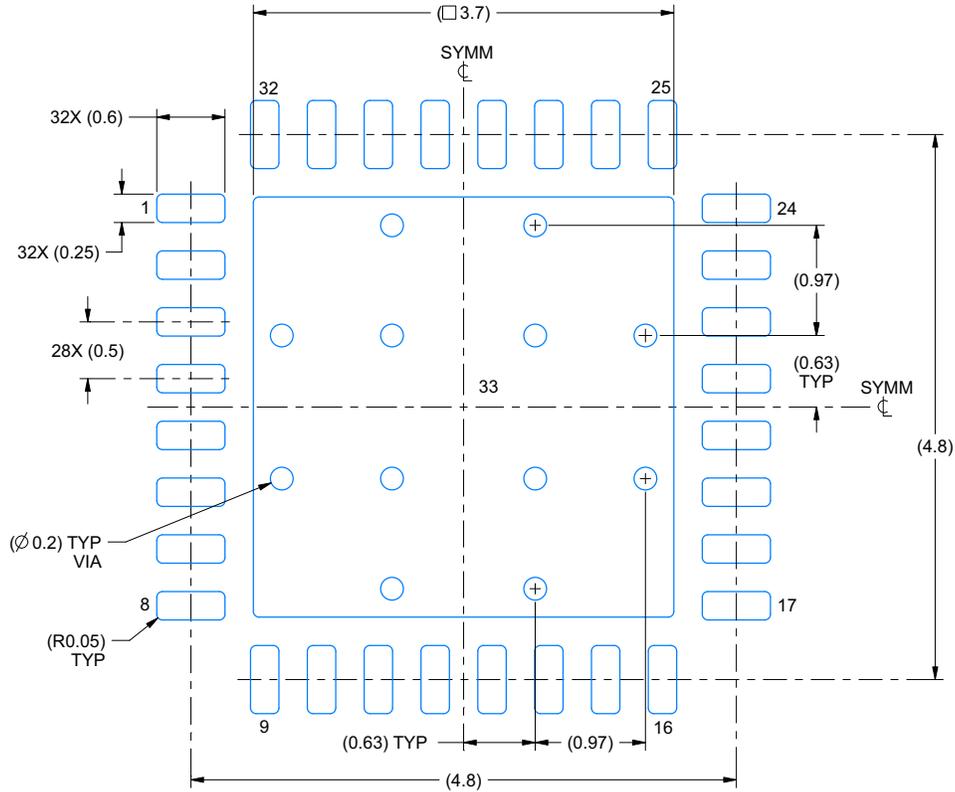
ADVANCE INFORMATION

EXAMPLE BOARD LAYOUT

RHB0032AA

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:18X



SOLDER MASK DETAILS

4227186/A 10/2021

NOTES: (continued)

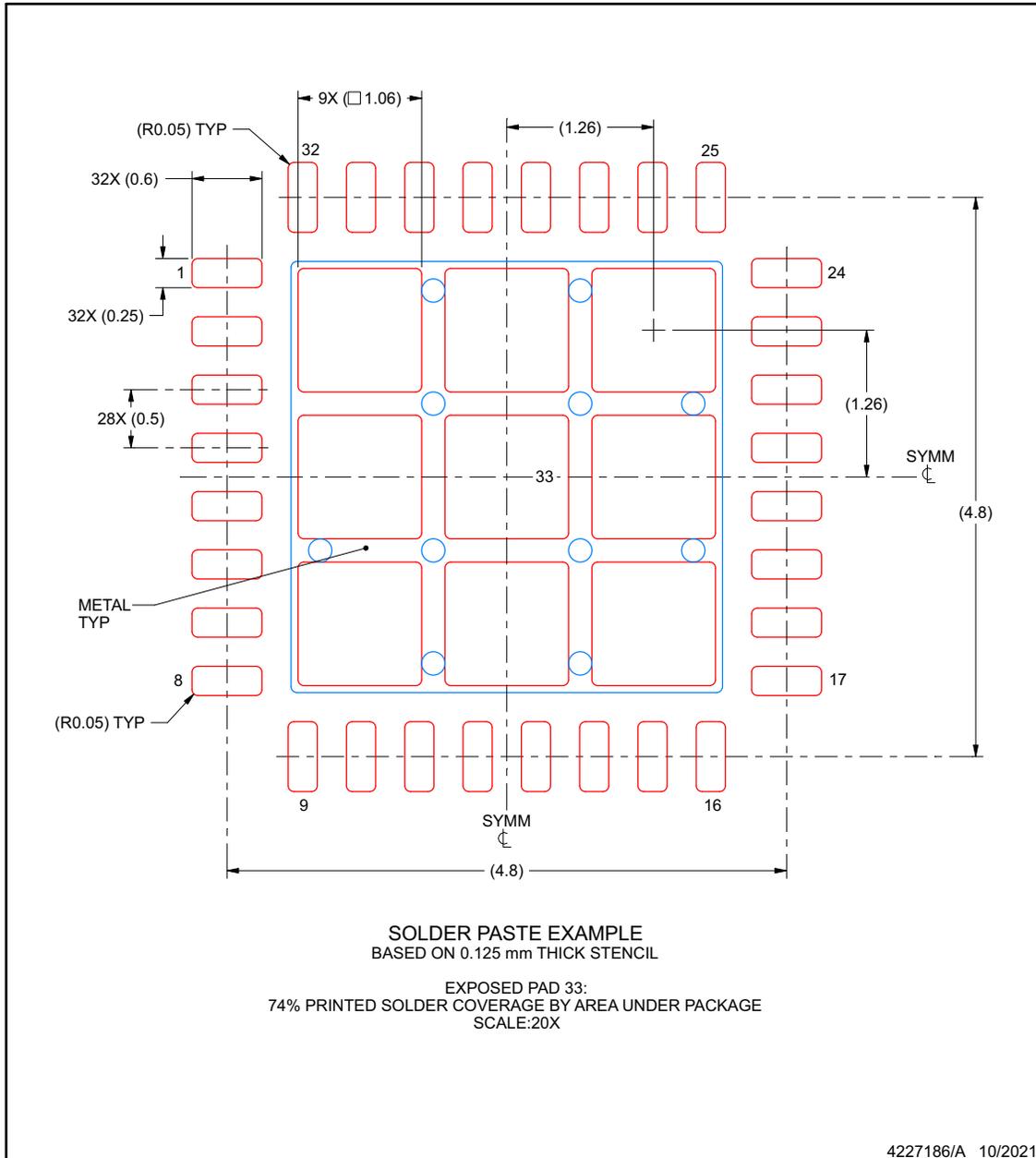
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown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

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RHB0032AA

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

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

ADVANCE INFORMATION

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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司