

TUSB322I USB Type-C™ 配置通道逻辑和端口控制，支持 VCONN

1 特性

- USB Type-C™ 规范 1.1
- 向后兼容 USB Type-C 规范 1.0
- 支持高达 3A 的电流广播和检测
- 模式配置
 - 仅主机 - DFP/源 (仅限 I²C 模式)
 - 仅器件 - UFP/受电端 (仅限 I²C 模式)
 - 双角色端口 - DRP
- 通道配置 (CC)
 - USB 端口连接检测
 - 电缆方向检测
 - 角色检测
 - Type-C 电流模式 (默认、中等和高等) +u
- V_{BUS} 检测
- I²C 或 GPIO 控制
- 针对有源电缆提供 VCONN 支持
- 针对外部开关的电缆检测与方向控制
- 通过 I²C 实现角色配置控制
- 电源电压 : 4.5V 至 5.5V
- 低电流消耗
- 工业温度范围 : -40°C 至 85°C

2 应用

- 主机、器件、双角色端口应用
- 手机
- 平板电脑和笔记本电脑
- USB 外设

说明

TUSB322I 器件为 USB Type-C 端口提供配置通道 (CC) 逻辑，该逻辑是 Type-C 生态系统所必需的。TUSB322I 器件使用 CC 引脚来确定端口连接和分离、电缆方向、角色检测以及对 Type-C 电流模式的端口控制。TUSB322I 器件可配置为下行端口 (DFP)、上行端口 (UFP) 或双角色端口 (DRP)，因此让 TUSB322I 器件成为了任何应用的理想选择。

根据 Type-C 规范，TUSB322I 器件会交替配置为 DFP 或 UFP。CC 逻辑块通过监视 CC1 和 CC2 引脚上的上拉或下拉电阻来确定 USB 端口的连接时间、电缆的方向以及检测到的角色。CC 逻辑根据检测到的角色来确定 Type-C 电流模式为默认模式、中等模式还是高级模式。该逻辑通过实施 V_{BUS} 检测来确定端口在 UFP 和 DRP 模式下是否连接成功。检测到有源电缆时，TUSB322I 将为 VCONN 供电。

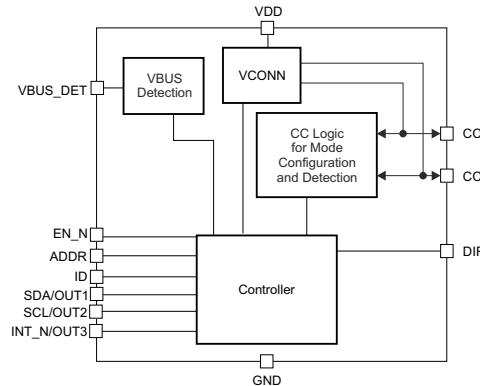
该器件可在宽电源电压范围内运行，并具有低功耗。

TUSB322I 器件可用于工业温度范围。

器件信息 (1)

器件型号	封装	封装尺寸 (标称值)
TUSB322I	X2QFN (12)	1.60mm × 1.60mm

(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。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

简化版原理图



示例应用



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

内容

1 特性	1	6.4 器件功能模式.....	13
2 应用	1	6.5 编程.....	15
3 修订历史记录	2	6.6 寄存器映射.....	16
4 引脚配置和功能	3	7 应用和实施	20
5 规格	4	7.1 应用信息.....	20
5.1 绝对最大额定值.....	4	7.2 典型应用.....	20
5.2 ESD 等级.....	4	7.3 初始化设置.....	27
5.3 建议运行条件.....	4	8 布局	28
5.4 热性能信息.....	4	8.1 布局指南.....	28
5.5 电气特性.....	5	8.2 布局示例.....	28
5.6 时序要求.....	6	9 器件和文档支持	29
5.7 开关特性.....	7	9.1 文档支持.....	29
6 详细说明	8	9.2 接收文档更新通知.....	29
6.1 概述.....	8	9.3 社区资源.....	29
6.2 功能方框图.....	8	9.4 商标.....	29
6.3 特性说明.....	8	10 机械、封装和可订购信息	29

3 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 C (May 2017) to Revision D (March 2021)	Page
• 更新了 INTERRUPT_STATUS 字段说明以阐明需要写入 1 来清除该字段。	17

Changes from Revision B (September 2016) to Revision C (May 2017)	Page
• 将 R_{VBUS} 值从：最小值 = 891、典型值 = 900、最大值 = 909K Ω 修改为：MIN = 855 , TYP = 887 , MAX = 920K Ω	5

Changes from Revision A (May 2016) to Revision B (September 2016)	Page
• 将引脚 CC1 和 CC2 值从最小值 = -0.3 最大值 = $V_{DD} + 0.3$ 更改为：在 节 5.1 中最小值 -0.3 最大值 = 6.....	4

Changes from Revision * (October 2015) to Revision A (May 2016)	Page
• 向 节 5.5 表中添加了关断电流消耗。	5

4 引脚配置和功能

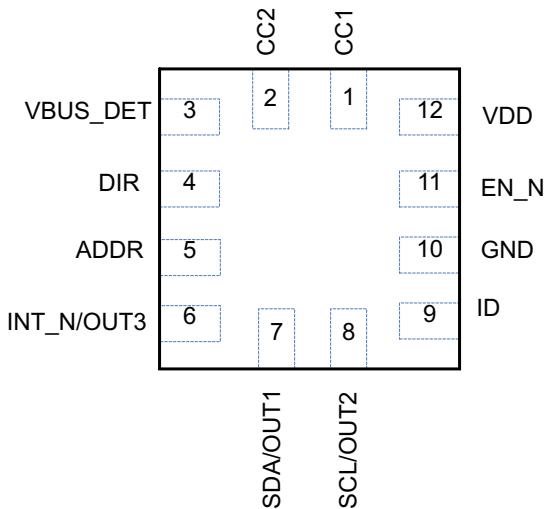


图 4-1. RWB 封装 12 引脚 X2QFN 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
CC1	1	I/O	Type-C 配置通道信号 1
CC2	2	I/O	Type-C 配置通道信号 2
VBUS_DET	3	I	5V 至 28V V _{BUS} 输入电压。V _{BUS} 检测可确定 UFP 连接。系统 V _{BUS} 和 V _{BUS_DET} 引脚之间需要一个 900K Ω 外部电阻器。
DIR	4	O	插头 DIR。开漏输出指示已检测到的插头方向：Type-C 插头位置 2 (H)；Type-C 插头位置 1 (L)。
ADDR	5	I	三电平输入引脚，用以指示 I ² C 地址或 GPIO 模式： H - I ² C 已启用且 I ² C 7 位地址为 0x67。 NC - GPIO 模式 (禁用 I ² C) L - I ² C 已启用且 I ² C 7 位地址为 0x47。 如果需要高电平配置，ADDR 引脚应上拉至 V _{DD}
INT_N/OUT3	6	O	INT_N/OUT3 是双功能引脚。当用作 INT_N 时，该引脚在 I ² C 控制模式下是开漏输出，并且是低电平有效中断信号，用于指示 I ² C 寄存器的变化。用作 OUT3 时，该引脚用于 GPIO 模式下的音频附件检测：无检测 (H)、检测到音频附件连接 (L)。
SDA/OUT1	7	I/O	SDA/OUT1 是双功能引脚。当启用 I ² C 时 (ADDR 引脚为高电平或低电平)，该引脚是 I ² C 通信数据信号。当处于 GPIO 模式 (ADDR 引脚为 NC) 时，该引脚是开漏输出，用于在 TUSB322I 器件处于 UFP 模式时传达 Type-C 电流模式检测：已检测到的默认电流模式 (H)；已检测到的中或高电流模式 (L)。
SCL/OUT2	8	I/O	SCL/OUT2 是双功能引脚。当 I ² C 启用时 (ADDR 引脚为高电平或低电平)，该引脚是 I ² C 通信时钟信号。当处于 GPIO 模式 (ADDR 引脚为 NC) 时，该引脚是开漏输出，用于在 TUSB322I 器件处于 UFP 模式时传达 Type-C 电流模式检测：已检测到的默认或中等电流模式 (H)；已检测到的高电流模式 (L)。
ID	9	O	开漏输出；当端口是供电端 (DFP) 或用作供电端 (DFP) 的双角色 (DRP) 时，如果 CC 引脚检测到器件连接，则置为低电平。
GND	10	G	接地
EN_N	11	I	EN_N。低电平有效使能端。
V _{DD}	12	P	正电源电压

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
电源电压	V _{DD}	-0.3	6	V
控制引脚	ADDR、ID、DIR、INT_N/OUT3、EN_N	-0.3	V _{DD} + 0.3	V
	CC1、CC2	-0.3	6	
	SDA/OUT1, SCL/OUT2	-0.3	V _{DD} + 0.3	
	V _{BUS_DET}	-0.3	4	
贮存温度, T _{stg}		-65	150	°C

(1) 应力超出绝对最大额定值下列出的值可能会对器件造成永久损坏。这些仅仅是应力额定值，并不意味着器件在这些条件或超出 [图 5.3](#) 下的任何其它条件下能够正常工作。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

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⁾	±3000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101 ⁽²⁾	±1500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 可通过标准 ESD 控制流程实现安全生产。

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

5.3 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 _{DD}	电源电压	4.5	5	5.5	V
V _{BUS}	系统 V _{BUS} 电压	4	5	28	V
V _{CONTR} OL	控制线路的直流电压范围：ADDR、ID、DIR、INT_N/OUT3、SDA/OUT1、SCL/ OUT2、EN_N、CC1 和 CC2。	0		5.5	V
	V _{BUSDET} 的直流电压范围	0		4	V
V _{CONN}	有源电缆的电源 (V _{DD} 为 5V)	4.75		5.5	V
T _A	自然通风条件下的工作温度	TUSB322I	-40	25	85 °C

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TUSB322I	单位
		RWB (X2QFN)	
		12 引脚	
R _{θ JA}	结至环境热阻	169.3	°C/W
R _{θ JC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	68.1	°C/W
R _{θ JB}	结至电路板热阻	83.4	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	2.2	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	83.4	°C/W
R _{θ JC(bot)}	结至外壳 (底部) 热阻	不适用	

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅 [半导体和 C 封装热指标应用报告，SPRA953](#)。

5.5 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)

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
功耗						
$I_{SHUTDOWN_UFP}$	给 VDD 供电但器件未启用时的漏电流。 $(VDD = 5V, EN_N = H)$			0.04	μA	
$I_{UNATTACHED_UFP}$	端口未连接并等待连接时，未连接模式下的电流消耗。 $(VDD = 5V, ADDR = NC, MODE_SELECT = 2'b01)$			70	μA	
I_{ACTIVE_UFP}	工作模式下的电流消耗。 $(VDD = 5V, ADDR = NC, MODE_SELECT = 2'b01)$			70	μA	
CC1 和 CC2 引脚						
R_{CC_DB}	处于电池无电模式下的下拉电阻。		4.1	5.1	$k\Omega$	
R_{CC_D}	处于 UFP 或 DRP 模式时的下拉电阻。		4.6	5.1	$k\Omega$	
$V_{UFP_CC_USB}$	当配置为 UFP 且 DFP 正在广播默认电流源能力时，用于检测 DFP 连接情况的电压电平范围。		0.25	0.61	V	
$V_{UFP_CC_MED}$	当配置为 UFP 且 DFP 正在广播中等 (1.5A) 电流源能力时，用于检测 DFP 连接情况的电压电平范围。		0.7	1.16	V	
$V_{UFP_CC_HIGH}$	当配置为 UFP 且 DFP 正在广播高 (3A) 电流源能力时，用于检测 DFP 连接情况的电压电平范围。		1.31	2.04	V	
$V_{TH_DFP_CC_USB}$	当配置为 DFP 且正在广播默认电流源能力时，用于检测 UFP 连接情况的电压阈值。		1.51	1.6	1.64	V
$V_{TH_DFP_CC_MED}$	在配置为 DFP 并广播中电流 (1.5A) 源能力时，用于检测 UFP 连接的电压阈值。		1.51	1.6	1.64	V
$V_{TH_DFP_CC_HIGH}$	在配置为 DFP 并广播高电流 (3.0A) 源能力时，用于检测 UFP 连接的电压阈值。		2.46	2.6	2.74	V
$V_{TH_AC_CC_USB}$	当配置为 DFP 且广播默认电流源时，用于检测有源电缆连接情况的电压阈值。		0.15	0.2	0.25	V
$V_{TH_AC_CC_MED}$	当配置为 DFP 且广播中电流 (1.5A) 源时，用于检测有源电缆连接情况的电压阈值。		0.35	0.4	0.45	V
$V_{TH_AC_CC_HIGH}$	当配置为 DFP 且广播高电流源 (3.0A) 时，用于检测有源电缆连接情况的电压阈值。		0.76	0.8	0.84	V
$I_{CC_DEFAULT_P}$	在 DFP 或 DRP 模式下运行时的默认模式上拉电流源。		64	80	96	μA
$I_{CC_MED_P}$	在 DFP 或 DRP 模式下运行时的中等 (1.5A) 模式上拉电流源。		166	180	194	μA
$I_{CC_HIGH_P}$	在 DFP 或 DRP 模式下运行时的高 (3A) 模式上拉电流源。 ⁽²⁾		304	330	356	μA
控制引脚 : EN_N、ADDR、INT/OUT3、DIR、ID						
V_{IL}	低电平控制信号输入电压， $(EN_N, ADDR)$			0.4	V	
V_{IM}	中电平控制信号输入电压 (ADDR)		$0.28 \times V_{DD}$	$0.56 \times V_{DD}$	V	
V_{IH}	高电平控制信号输入电压 $(EN_N, ADDR)$		$V_{DD} - 0.3$	V_{DD}	V	
I_{IH}	高电平输入电流		-20	20	μA	
I_{IL}	低电平输入电流		-10	10	μA	
$I_{ID_LEAKAGE}$	ID 引脚上的漏电流。	$V_{DD} = 0V ; ID = 5V$		10	μA	
R_{EN_N}	EN_N 的内部上拉电阻。			1.1	$M\Omega$	
R_{pu}	内部上拉电阻 (ADDR)			588	$k\Omega$	
R_{pd}	内部下拉电阻 (ADDR)			1.1	$M\Omega$	
V_{OL}	低电平信号输出电压 (开漏) $(INT_N/OUT3, ID)$	$I_{OL} = -1.6mA$		0.4	V	
R_{p_ODext}	开漏 IO 上的外部上拉电阻器 $(INT_N/OUT3, ID)$			200	$k\Omega$	
R_{p_TLext}	三电平外部上拉电阻器 (ADDR)			4.7	$k\Omega$	
当 ADDR 引脚为低电平或高电平时，I ² C - SDA/OUT1、SCL/OUT2 可在 1.8V 或 3.3V ($\pm 10\%$) 电压下运行。 ⁽²⁾						
V_{DD_I2C}	I ² C 的电源电压范围 (SDA/OUT1, SCL/OUT2)		1.65	1.8	3.6	V
V_{IH}	高电平信号电压		1.05			V
V_{IL}	低电平信号电压			0.4	V	

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_{OL} 低电平信号输出电压 (开漏)	$I_{OL} = -1.6\text{mA}$			0.4	V
VBUS_DET IO 引脚 (连接到系统 V_{BUS} 信号)					
V_{BUS_THR} V _{BUS} 阈值范围		2.95	3.3	3.8	V
R_{VBUS} V _{BUS} 和 V _{BUS_DET} 引脚之间的外部电阻器		855	887	920	k Ω
R_{VBUS_PD} V _{BUS_DET} 的内部下拉电阻			95		k Ω
DIR 引脚 (漏极开路 IO)					
V_{OL} 低电平数字输出电压	$I_{OL} = -1.6\text{mA}$			0.4	V
VCONN					
R_{ON} VCONN 功率 FET 的导通电阻				1.25	Ω
V_{TOL} VCONN 功率 FET 上的电压容差				5.5	V
V_{PASS} 通过 VCONN 功率 FET 的电压				5.5	V
I_{VCONN} VCONN 电流限制 ; 高于该值时 , VCONN 断开连接		225	300	375	mA
C_{BULK} VCONN 上的大容量电容 ; 放置在 V _{DD} 电源上		10		200	uF

- (1) V_{DD} 必须为 3.5V 或更大值时才能广播 3A 电流。
 (2) 当 I²C 为 3.3V 时 , 客户必须始终确保 V_{DD} 高于 3.0V。

5.6 时序要求

	最小值	标称值	最大值	单位
I²C (SDA, SCL)				
$t_{SU:DAT}$ 数据设置时间	100			ns
$t_{HD:DAT}$ 数据保持时间	10			ns
$t_{SU:STA}$ SCL 到启动条件的建立时间	0.6			μ s
$t_{HD:STA}$ 保持时间 , (重复) 启动条件到 SCL	0.6			μ s
$t_{SU:STO}$ 停止条件的设置时间	0.6			μ s
$t_{VD:DAT}$ 数据有效时间		0.9		μ s
$t_{VD:ACK}$ 数据有效确认时间		0.9		μ s
t_{BUF} 停止条件和启动条件之间的总线空闲时间	1.3			μ s
f_{SCL} SCL 时钟频率 ; 本地 I ² C 控制的 I ² C 模式		400		kHz
t_r SDA 和 SCL 信号的上升时间		300		ns
t_f SDA 和 SCL 信号的下降时间		300		ns
C_{BUS_100KHZ} 以 $\leq 100\text{KHz}$ 运行时 , 每个总线线路的总容性负载		400		pF
C_{BUS_400KHZ} 以 400KHz 运行时 , 每个总线线路的总容性负载.		100		pF

5.7 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
$t_{CCCB_DEFAULT}$ 默认 CC1 上电和 CC2 电压去抖时间	去抖寄存器= 2'b00	168			ms
t_{VBUS_DB} 在运行有效的 V_{BUS_THR} 后对 $VBUS_DET$ 引脚去抖		2			ms
$t_{DRP_DUTY_CYC}$ 电源开启时默认情况下, DRP 在 T_{DRP} 期间广播 DFP 的时间百分比	DRP_DUTY_CYCLE 寄存器 = 2'b00	30%			
t_{DRP} TUSB322I 在 DFP 模式下完成一次从 DFP 到 UFP 再返回的广告循环。		50	75	100	ms
t_{I2C_EN} 从 EN_N 低电平且 V_{DD} 有效时到 I^2C 访问可用所需要的时间			100		ms
t_{SOFT_RESET} 软复位持续时间		26	49	95	ms

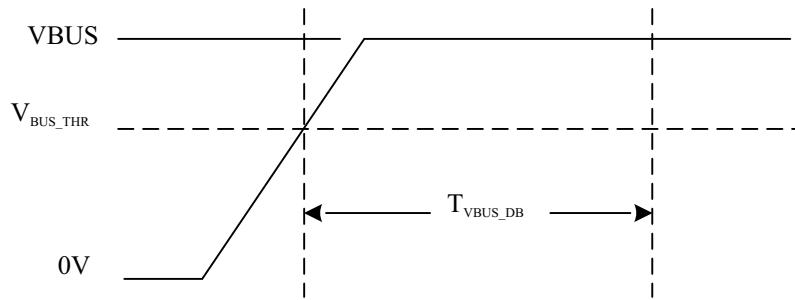


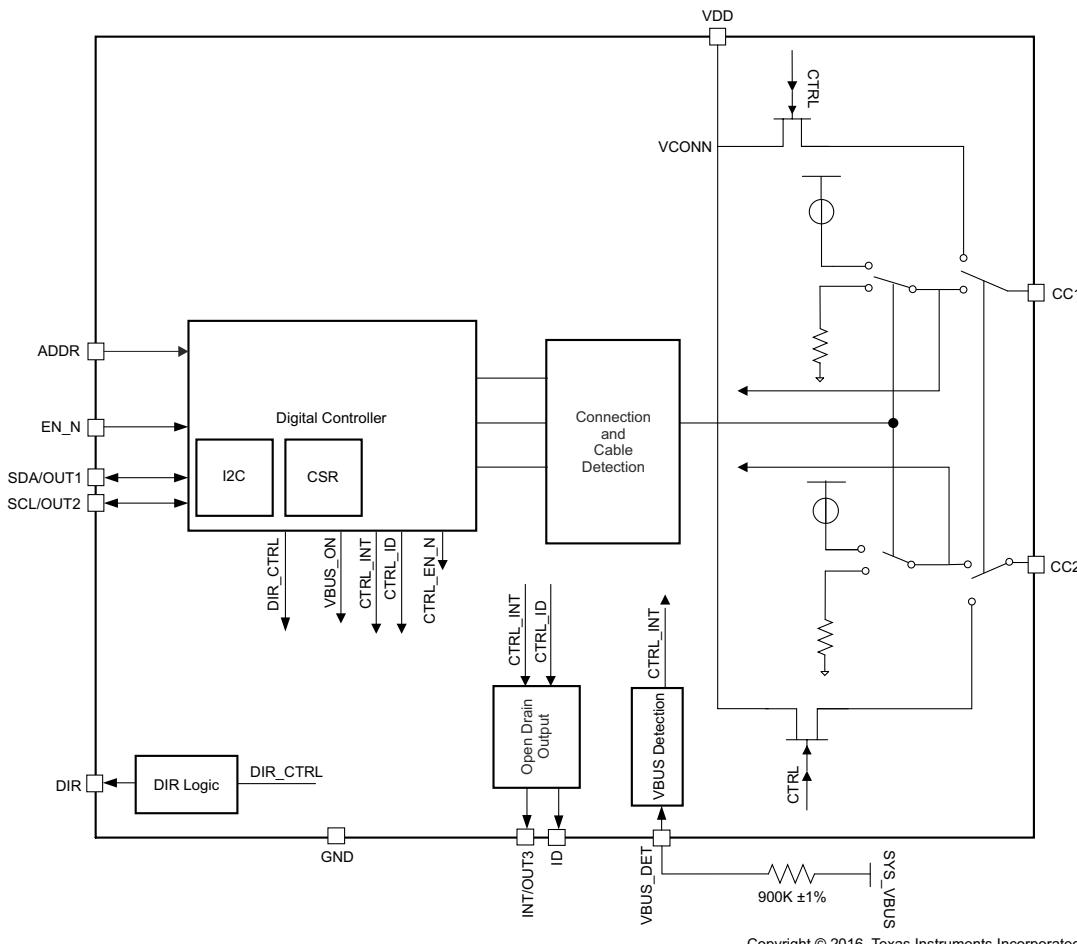
图 5-1. VBUS 检测和去抖

6 详细说明

6.1 概述

USB Type-C 生态系统的运行采用可翻转的小型连接器和可逆电缆。鉴于连接器的性质，需要使用一种方案来确定连接器方向。还需要使用其他方案来确定 USB 端口连接时间、USB 端口角色 (DFP、UFP、DRP) 并传送 Type-C 电流能力。根据 USB Type-C 规范，可以在 CC 引脚上实现这些方案。TUSB322I 器件提供配置通道 (CC) 逻辑，用于确定 USB 端口的连接和分离、角色检测、电缆方向和 Type-C 电流模式。TUSB322I 器件还包含多种特性，例如 VCONN 拉电流、USB3.1 多路复用器方向控制、模式配置和低待机电流，所有这些特性使得 TUSB322I 器件非常适合 USB2.0 或 USB3.1 应用中的拉电流或灌电流。

6.2 功能方框图



6.3 特性说明

6.3.1 电缆、适配器和直接连接器件

Type-C 规范 1.1 定义了用于连接端口的多种电缆、插头和插座。TUSB322I 器件支持所有电缆、插座和插头。TUSB322I 器件不支持任何需要通过 CC 线路进行 USB 电力输送通信的 USB 功能，例如电子标识或交替模式。

6.3.1.1 USB Type-C 插座和插头

以下是 TUSB322I 器件支持的 Type-C 插座和插头列表：

- 适用于 USB2.0 和 USB3.1 以及全功能平台和器件的 USB Type-C 插座
- USB 全功能 Type-C 插头
- USB2.0 Type-C 插头

6.3.1.2 USB Type-C 电缆

以下是 TUSB322I 器件支持的 Type-C 电缆类型列表：

- 具有 USB3.1 全功能插头的 USB 全功能 Type-C 电缆
- 具有 USB2.0 插头的 USB2.0 Type-C 电缆
- 具有 USB 全功能插头或 USB2.0 插头的固定电缆

6.3.1.3 传统电缆和适配器

TUSB322I 器件支持 Type-C 规范定义的传统电缆适配器。电缆适配器必须与 TUSB322I 器件的模式配置相对应。

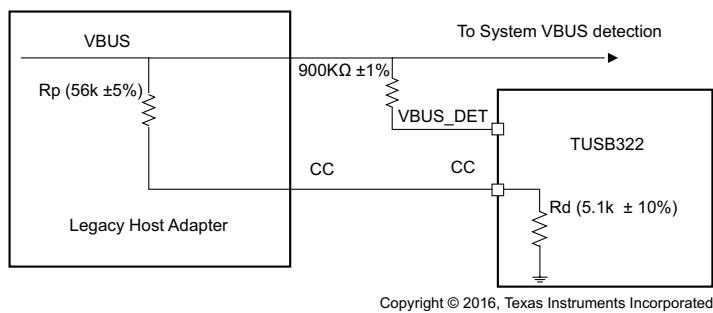


图 6-1. 传统适配器实现电路

6.3.1.4 直接连接器件

TUSB322I 器件能连接和断开直接连接器件。

6.3.1.5 音频适配器

此外，TUSB322I 器件还支持音频附件模式下的音频适配器，包括：

- 无源音频适配器
- 通过音频适配器充电

6.3.2 端口角色配置

默认 TUSB322I 为双角色端口 (DRP) 运行。只要 EN_N 从高电平置为低电平或设置了 I2C_SOFT_RESET 位，始终默认 TUSB322I 进入 DRP 运行。但是，通过更改 MODE_SELECT 寄存器的默认状态，可以将 TUSB322I 配置为仅 DFP 或仅 UFP。在 GPIO 模式下，仅 DFP 模式和仅 UFP 模式不可用。表 6-1 列出了每种模式下支持的功能：

表 6-1. TUSB322I 器件在不同模式下支持的功能

支持的功能	仅 DFP	仅 UFP	DFP
端口连接和断开	是	是	是
电缆方向 (通过 I ² C)	是	是	是
通过 DIR 引脚的电缆方向	是	是	是
电流广播	是	—	是 (DFP)
电流检测	—	是	是 (UFP)
附件模式 (音频和调试)	是	是	是
有源电缆检测	是	—	是 (DFP)
Try.SRC	—	—	是 (DFP)
Try.SNK	—	—	是 (UFP)
VCONN	是	—	是 (DFP)
I ² C / GPIO	是	是	是
传统电缆	是	是	是
V _{BUS} 检测	—	是	是 (UFP)

6.3.2.1 下行端口 (DFP) - 源

通过更改 MODE_SELECT 寄存器的默认设置，可将 TUSB322I 器件配置为仅支持 DFP 的器件。在 DFP 模式下，TUSB322I 器件在两条 CC 上始终存在 Rp。在 DFP 模式下，TUSB322I 器件一开始将广播默认的 USB Type-C 电流。如果要求系统增加电流广播值，则可以通过 I²C 来调节 Type-C 电流。TUSB322I 器件会调整 Rp 以匹配所需的 Type-C 电流广播。作为 DFP，TUSB322I 会监测 CC 引脚上的电压电平，以了解 UFP 端接的 Rd。当检测到 UFP 且 TUSB322I 处于 Attached.SRC 状态时，TUSB322I 能给 CC 引脚上的 VCONN 供电，CC 的引脚配有 Ra。

以下列表介绍了仅启用 DFP 的步骤。

1. 将 1'b1 写入 DISABLE_TERM 寄存器 (地址 0x0A 位 0)
2. 将 2'b10 写入 MODE_SELECT 寄存器 (地址 0x0A 位 5:4)
3. 将 1'b0 写入 DISABLE_TERM 寄存器 (地址 0x0A 位 0)

当配置为 DFP 时，TUSB322I 可与较旧的 USB Type-C 1.0 设备 (USB Type-C 1.0 DRP 设备除外) 一起工作。TUSB322I 无法与 USB Type-C 1.0 DRP 器件一起工作。此限制是由于 USB Type-C 1.1 DFP 和 USB Type-C 1.0 DRP 之间存在向后兼容性问题。

6.3.2.2 上行端口 (UFP)- 受电端

更改 MODE_SELECT 寄存器默认设置，将 TUSB322I 器件配置为仅 UFP。在 UFP 模式下，TUSB322I 器件在两个 CC 引脚上始终应用下拉电阻 (Rd)。TUSB322I 器件监控 CC 引脚电压电平，该电压电平与由所连接 DFP 通告的 Type-C 模式电流相符。TUSB322I 器件可去除 CC 引脚的抖动，等待 V_{BUS} 检测，直到成功连接。作为 UFP，TUSB322I 器件在进入 Attached.SNK 状态后，会通过 I²C CURRENT_MODE_DETECT 寄存器检测并向系统报告 DFP 当前已广播的电流电平。

启用仅 UFP 的步骤：

1. 将 1'b1 写入 DISABLE_TERM 寄存器 (地址 0x0A 位 0)。
2. 将 2'b01 写入 MODE_SELECT 寄存器 (地址 0x0A 位 5:4)
3. 将 1'b0 写入 DISABLE_TERM 寄存器 (地址 0x0A 位 0)。

6.3.2.3 双角色端口 (DRP)

默认 TUSB322I 是一款双角色端口控制器。作为一个 DRP，TUSB322I 可以用作 UFP (受电端) 或 DFP (源)。在 DFP 模式下，TUSB322I 在 DFP (两个 CC 引脚上均为 Rp) 和 UFP (两个 CC 引脚上均为 Rd) 角色之间切换。

当显示为 DFP 时，TUSB322I 会监测 CC 引脚上的电压电平，以了解 UFP 端接的 Rd。当检测到 UFP 且 TUSB322I 处于 Attached.SRC 状态时，TUSB322I 会将 ID 引脚拉至低电平，以向系统指示端口已连接至受电端 (UFP)。此外，当检测到 UFP 时，如果还检测到 Ra，TUSB322I 给未连接的 CC 引脚上的 VCONN 供电。在 DFP 模式下，TUSB322I 一开始将广播默认的 USB Type-C 电流。如果系统希望增加电流广播值，则可以通过 I2C 来调节 Type-C 电流。TUSB322I 会调整 Rp，以匹配所需的 Type-C 电流广播。在 GPIO 模式下，TUSB322I 只会广播默认的 Type-C 电流。

当显示为 UFP 时，TUSB322I 会监测与所连接 DFP 的 Type-C 模式电流广播对应的 CC 引脚电压电平。TUSB322I 会去除 CC 引脚的抖动，等待 VBUS 检测，直到成功连接。作为 UFP 时，TUSB322I 会通过 OUT1 和 OUT2 GPIO (处于 GPIO 模式) 或 I2C CURRENT_MODE_DETECT 寄存器 (处于 Attached.SNK 状态) 检测并向系统传输 DFP 广播的电流电平。

TUSB322I 支持两个称为 Try.SRC 和 Try.SNK 的可选 Type-C DRP 功能。支持双角色功能的产品在连接到另一个支持双角色功能的产品时，可能需要作为供电端 (DFP) 或受电端 (UFP)。例如，当连接到平板电脑时，支持双角色的笔记本电脑可用作供电端，而当连接到笔记本电脑或平板电脑时，手机可用作受电端。当标准 DRP 产品 (不支持 Try.SRC 或 Try.SNK 的产品) 连接在一起时，不能预先确定角色 (UFP 或 DFP)。这两个可选的 DRP 功能提供了一种方法，可以让支持双角色的产品以所需角色连接到另一个支持双角色的产品。只有当 TUSB322I 配置为 I2C 模式时，Try.SRC 和 Try.SNK 才可用。在 GPIO 模式下运行时，TUSB322I 将始终作为标准 DRP 运行。

TUSB322I 器件的 Try.SRC 功能提供了一种方法，使 DRP 产品作为 DFP 连接到另一个未实现 Try.SRC 的 DRP 产品。当两个实现了 Try.SRC 的产品连接在一起时，UFP 或 DFP 的角色结果与标准 DRP 相同。可通过将 I2C 寄存器 SOURCE_PREF 更改为 2'b11 来启用 Try.SRC。一旦该寄存器更改为 2'B11，TUSB322I 将始终尝试作为 DFP 连接到另一个支持 DRP 的器件。

6.3.3 Type-C 电流模式

一旦完成有效的电缆检测和连接，DFP 就可以选择广播 UFP 可以灌入的 Type-C 电流电平。TUSB322I 器件的默认电流广播为 500mA (适用于 USB2.0) 或 900mA (适用于 USB3.1)。如果存在更高的电流电平，则可以写入 I2C 寄存器以提供 1.5A 的中等电流或 3A 的高电流。当写入 CURRENT_MODE_ADVERTISE 寄存器以广播高于默认电流的电流时，DFP 会针对指定的电流电平调整 Rp。如果 DFP 广播 3A，则可确保 TUSB322I 器件的 V_{DD} 为 3.5V 或更高。[表 6-2](#) 列出了 GPIO 和 I2C 模式下 Type-C 电流广播情况。

表 6-2. GPIO 和 I²C 模式的 Type-C 电流广播

Type-C 电流		GPIO 模式 (NC 中的 ADDR 引脚)		I ² C 模式 (ADDR 引脚 H, L)	
		DRP 模式下的 UFP	DRP 模式下的 DFP	UFP	DFP
默认值	500mA (USB2.0) 900mA (USB3.1)	检测到电流模式并通过 OUT1/OUT2 输出	仅广播	检测到电流模式并通过 I ² C 寄存器读取	I ² C 寄存器默认值为 500 或 900mA
	中等电流 - 1.5A		不适用		通过写入 I ² C 寄存器选择广播
	高电流 - 3A				

6.3.4 附件支持

TUSB322I 器件在 UFP、DFP 和 DRP 模式下支持音频和调试附件。通过读取 I²C 寄存器支持音频和调试附件。也可以在 GPIO 模式下通过 INT_N/OUT3 引脚支持音频附件 (当 INT_N/OUT3 引脚处于低电平时已检测到音频附件)。

6.3.4.1 音频附件

通过两种类型的适配器支持音频附件模式。首先，无源音频适配器可用于将 Type-C 连接器转换为音频端口。为了有效检测无源音频适配器，TUSB322I 必须检测两个 CC 引脚上的电阻小于 R_a 。

其次，可以使用通过音频适配器充电。无源和通过适配器充电之间的主要区别在于，通过适配器充电支持通过 V_{BUS} 提供 500mA 的电流。通过适配器充电包含一个插座和一个插头。在插头检测到连接时，插头充当 DFP，为 V_{BUS} 供电。

当 TUSB322I 器件配置为 GPIO 模式时，应使用 OUT3 引脚来确定是否连接了音频附件。当检测到音频附件时，OUT3 引脚被拉至低电平。

6.3.4.2 调试附件

调试是 USB Type-C 支持的附加状态。该规范未定义此状态的特定用户方案，但最终用户可以使用调试附件模式进入特定于应用的生产测试状态。在 DRP 或 UFP 模式下，TUSB322I 不支持通过调试附件充电。当 TUSB322I 配置为仅 DFP 或用作 DFP 的 DRP 时，其会检测到一个调试附件，该调试附件在 CC1 和 CC2 引脚上存在 R_d 。TUSB322I 将 ACCESSORY_CONNECTED 寄存器设置为 3'b110 以指示 UFP 调试附件。当 TUSB322I 配置为仅 UFP 或用作 UFP 的 DRP 时，其会检测到一个调试附件，该调试附件在 CC1 和 CC2 引脚上存在 R_p 。TUSB322I 将 ACCESSORY_CONNECTED 寄存器设置为 3'b111 以指示 DFP 调试附件。

6.3.5 I²C 和 GPIO 控制

使用 ADDR 引脚，将 TUSB322I 器件配置为 I²C 通信或 GPIO 输出。ADDR 引脚是一个三电平控制引脚。当 ADDR 引脚保持悬空 (NC) 时，TUSB322I 器件处于 GPIO 输出模式。当 ADDR 引脚被拉至高电平或拉至低电平时，TUSB322I 器件处于 I²C 模式。

TUSB322I 器件的所有输出均为开漏配置。

OUT1 和 OUT2 引脚用于输出处于 GPIO 模式时的 Type-C 电流模式。此外，OUT3 引脚用于传达 GPIO 模式下的音频附件模式。表 6-3 列出了输出引脚设置。有关引脚及其用途的更多信息，请参阅节 4。

表 6-3. OUT1 和 OUT2 的简化操作

OUT1	OUT2	说明
H	H	未连接状态下的默认电流
H	L	连接状态下的默认电流
L	H	连接状态下的中等电流 (1.5A)
L	L	连接状态下的高电流 (3.0A)

在 I²C 模式下运行时，TUSB322I 器件使用 SCL 和 SDA 线路提供时钟和数据，并通过 INT_N 引脚向系统传达 I²C 寄存器变化或中断信息。当 TUSB322I 器件使用新信息更新寄存器时，INT_N 引脚将被拉至低电平。INT_N 引脚为开漏。当 INT_N 引脚被拉至低电平时，应设置 INTERRUPT_STATUS 寄存器。要清除 INTERRUPT_STATUS 寄存器，终端用户会写入 I²C。

在 GPIO 模式下运行时，使用 OUT3 引脚代替 INT_N 引脚，以确定是否检测到并连接了音频附件。当检测到音频附件时，OUT3 引脚被拉至低电平。

备注

当 I²C 使用 3.3V 的电源时，终端客户必须确保 V_{DD} 为 3V 和更大值。否则，I²C 可能会对器件反向供电。

6.3.6 V_{BUS} 检测

TUSB322I 器件支持符合 Type-C 规范的 V_{BUS} 检测。检测 V_{BUS} ，确定 UFP 的连接和分离，以及确定附件模式的进入和退出。检测 V_{BUS} ，成功解析 DRP 模式下的角色。

系统 V_{BUS} 电压必须通过 $900\text{k}\Omega$ 电阻器路由至 TUSB322I 器件上的 $VBUS_DET$ 引脚。

6.3.7 电缆方向和外部多路复用器控制

TUSB322I 器件能够使用 DIR 引脚来控制外部/分立式多路复用器。TUSB322I 通过监控 CC 引脚上的电压来检测电缆方向。当在 $CC1$ 上检测到处于适当阈值内的电压电平时， DIR 引脚被拉至低电平。当在 $CC2$ 上检测到处于适当阈值内的电压电平时， DIR 被拉至高电平。 DIR 引脚是一个开漏输出。 I^2C 传达 TUSB322I 器件的电缆方向状态。

6.3.8 针对有源电缆提供 VCONN 支持

当 TUSB322I 器件配置为 DFP 模式或配置为 DRP 模式且作为 DFP 运行时，其会向有源电缆提供 VCONN 电源。仅当确定未连接的 CC 引脚端接至电阻 R_a 并且在检测到 UFP 并进行 Attached.SRC 状态后，才会提供 VCONN。当处于 DFP 模式或在 DFP 模式用为 DRP 运行时，必须在 Attached.SRC 之后将 5V 电源连接至 TUSB322I 器件的 VDD 引脚。VCONN 由 VDD 通过低电阻功率 FET 提供给未连接的 CC 引脚。当检测到分离事件并拔下有源电缆时，VCONN 将被移除。

6.4 器件功能模式

TUSB322I 器件具有四种功能模式。表 6-4 列出了这些模式：

表 6-4. TUSB322I 功能模式对应的 USB Type-C 状态

模式	一般行为	模式	状态 ⁽¹⁾
未连接	USB 端口未连接。ID、PORT 正常工作。 I^2C 开启。	仅 UFP	Unattached.SNK
			AttachWait.SNK
		DRP	切换 Unattached.SNK → Unattached.SRC
			AttachedWait.SRC 或 AttachedWait.SNK
		仅 DFP	Unattached.SRC
			AttachWait.SRC
有效	USB 端口已连接。所有 GPIO 均正常工作。 I^2C 开启。	仅 UFP	Attached.SNK
			音频附件
			调试附件
		DRP	Attached.SNK
			Attached.SRC
			音频附件
			调试附件
		仅 DFP	Attached.SRC
			音频附件
			调试附件
电池无电	无操作。 V_{DD} 不可用。	DRP	器件默认状态为 UFP/SNK，带有 R_d 。
关断	无操作。 V_{DD} 可用且 EN_N 引脚为高电平	DRP	器件默认状态为 UFP/SNK，带有 R_d 。

(1) 必需；不按顺序排列。

6.4.1 未连接模式

未连接模式是 TUSB322I 器件的主要工作模式，因为一个 USB 端口可被断开很长时间。在未连接模式下， V_{DD} 可用，所有 IO 和 I^2C 均可运行。TUSB322I 器件上电后，器件进入未连接模式，直到确定连接成功。最初，TUSB322I 器件在上电后的状态是 Unattached.SNK。如果 TUSB322I 器件配置为 DRP，则其会在 UFP 和 DFP 之间切换。

6.4.2 工作模式

工作模式由连接的端口定义。在工作模式下，所有 GPIO 均正常运行，I²C 为读取/写入 (R/W)。在工作模式下，TUSB322I 器件与连接了 USB 端口的 AP 进行通信。如果 TUSB322I 配置为 DFP 或作为供电端连接的 DRP，则通过 ID 引脚进行此通信。如果 TUSB322I 配置为 UFP 或作为受电端连接的 DRP，则使用 OUT1/OUT2 和 INT_N/OUT3 引脚。在下列条件下，TUSB322I 器件会退出工作模式：

- 拔掉电缆
- 如果作为 UFP 连接，则移除 V_{BUS}
- 电池电量耗尽；系统电池或电源被移除
- EN_N 悬空或拉高。

6.4.3 关断模式

TUSB322I 的关断模式定义如下：

- 电源电压可用且 EN_N 引脚为高电平或悬空。
- EN_N 引脚具有内部上拉电阻器
- TUSB322I 器件处于关闭状态，但仍会保留 CC 引脚上的 Rd。

6.4.4 电池无电模式

在电池无电模式期间，V_{DD} 不可用。在电池无电模式下，CC 引脚始终默认下拉电阻。电池无电模式意味着：

- TUSB322I 在 UFP 下具有 5.1kΩ ±20% Rd；电缆已连接并提供电荷
- TUSB322I 在 UFP 下具有 5.1kΩ ±20% Rd；未连接（应用程序可能已关闭或电池电量耗尽）

备注

当 V_{DD} 关闭时，如果 TUSB322I 非失效防护引脚（DIR、VBUS_DET、ADDR、OUT[3:1] 引脚）处理不当，可能会对 TUSB322I 器件进行反向驱动。必要时上拉这些引脚，TI 建议将 DIR、ADDR 和 INT_N/OUT3 上拉至器件的 V_{DD} 电源。VBUS_DET 必须通过 900kΩ 电阻被上拉至 V_{BUS}。

6.5 编程

为了实现进一步的可编程性，可使用 I²C 来控制 TUSB322I 器件。在器件上电后，TUSB322I 器件本地 I²C 接口经 T_{I²C_EN} 使能后能进行读写/写入操作。SCL 和 SDA 端子分别用于 I²C 时钟和 I²C 数据。如果 I²C 是首选的控制方法，则必须相应地设置 ADDR 引脚。

表 6-5. TUSB322I I²C 地址

TUSB322I I ² C 目标地址								
ADDR 引脚	位 7 (MSB)	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0 (W/R)
H	1	1	0	0	1	1	1	0/1
L	1	0	0	0	1	1	1	0/1

写入 TUSB322I I²C 寄存器时应遵循以下过程：

1. 主器件通过生成启动条件 (S) 以及 TUSB322I 7 位地址和一个用以指示写入周期的零值 R/W 位来启动写入操作
2. TUSB322I 器件确认地址周期
3. 主器件提供要写入的子地址 (TUSB322I 器件中的 I²C 寄存器)，其中包含一个字节的数据，MSB 在前
4. TUSB322I 器件确认子地址周期
5. 主器件提供要写入 I²C 寄存器的数据的第一个字节
6. TUSB322I 器件确认字节传输
7. 主器件可以继续提供要写入的额外字节的数据，每个字节传输都在 TUSB322I 器件发出确认后完成
8. 主器件通过生成停止条件 (P) 来终止写入操作

读取 TUSB322I I²C 寄存器时应遵循以下过程：

1. 主器件通过生成启动条件 (S) 以及 TUSB322I 7 位地址和一个用以指示读取周期的 R/W 位 (值为 1) 来启动读取操作
2. TUSB322I 器件确认地址周期
3. TUSB322I 器件从寄存器 00h 或上次读取的子地址的后一个地址开始传输存储器寄存器的内容，MSB 在前。如果写入 T^{I²C} 寄存器发生在读取之前，则 TUSB322I 器件从写入中指定的子地址开始。
4. 在每次字节传输后，TUSB322I 器件会等待主器件发出确认 (ACK) 或不确认 (NACK)；I²C 主器件确认接收到传输的每个数据字节
5. 如果接收到 ACK，TUSB322I 器件将传输下一个数据字节
6. 主器件通过生成停止条件 (P) 来终止读取操作

为 I²C 读取设置起始子地址时应遵循以下过程：

1. 主器件通过生成启动条件 (S) 以及 TUSB322I 7 位地址和一个用以指示读取周期的零值 R/W 位来启动写入操作
2. TUSB322I 器件确认地址周期
3. 主器件提供要读取的子地址 (TUSB322I 器件中的 I²C 寄存器)，其中包含一个字节的数据，MSB 在前
4. TUSB322I 器件确认子地址周期
5. 主器件通过生成停止条件 (P) 来终止读取操作

备注

如果读取过程不包含子寻址，则读取操作从寄存器偏移 00h 开始并逐字节继续，直到 I²C 主器件终止读取操作为止。如果 I²C 地址写入发生在读取之前，则读取操作从地址写入指定的子地址开始。

6.6 寄存器映射

6.6.1 CSR 寄存器

表 6-6. CSR 寄存器

偏移	复位	寄存器名称	部分
0x07 至 0x00	[0x00, 0x54, 0x55, 0x53, 0x42, 0x33, 0x32, 0x32]	器件标识	器件标识寄存器
0x08	0x00	连接状态	连接状态寄存器
0x09	0x20	连接状态和控制	连接状态和控制寄存器
0x0A	0x00	常规控制	通用控制寄存器
0xA0	0x02	器件修订版本	器件修订版本寄存器

6.6.1.1 器件标识寄存器 (偏移 = 0x07 至 0x00) [复位 = 0x00、0x54、0x55、0x53、0x42、0x33、0x32、0x32]

图 6-2. 器件标识寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
DEVICE_ID							
R-0							

说明 : R = 只读 ; -n = 复位后的值

表 6-7. 器件标识寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	DEVICE_ID	R		在 TUSB322I 器件中 , 这些字段会返回一串 ASCII 字符 , 返回 TUSB322I 地址 0x07 - 0x00 = {0x00, 0x54, 0x55, 0x53, 0x42, 0x33, 0x32, 0x32}

6.6.1.2 连接状态寄存器 (偏移 = 0x08) [复位 = 0x00]

图 6-3. 连接状态寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
CURRENT_MODE_ADVERTISE		CURRENT_MODE_DETECT		ACCESSORY_CONNECTED		ACTIVE_CABLE_DETECTION	
RW		RU		RU		RU	

说明 : R/W = 读取/写入 ; R/U = 读取/更新

表 6-8. 连接状态寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	CURRENT_MODE_ADVERTISE	R	2'b00	应用程序对这些位进行编程 , 以将电流广播从默认值提高至更高值。 00 - 启动时的默认 (500mA / 900mA) 初始值 01 - 中 (1.5A) 10 - 高 (3A) 11 - 保留

表 6-8. 连接状态寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
5-4	CURRENT_MODE_DETECT	RU	2'b00	<p>当 UFP 确定 Type-C 电流模式时，将设置这些位。</p> <p>00 - 默认值 (启动时的值)</p> <p>01 - 中等</p> <p>10 - 通过附件充电 - 500mA</p> <p>11 - 高电平</p>
3-1	ACCESSORY_CONNECTED	RU	2'b00	<p>应用程序读取这些位以确定是否连接了附件。</p> <p>000 - 未连接附件 (默认)</p> <p>001 - 保留</p> <p>010 - 保留</p> <p>011 - 保留</p> <p>100 - 音频附件</p> <p>101 - 通过附件给音频充电</p> <p>110 - TUSB322I 作为 DFP 连接时调试附件。</p> <p>111 - TUSB322I 作为 UFP 连接时调试附件。</p>
0	ACTIVE_CABLE_DETECTION	RU	1'b0	此标志表示有源电缆已插入 Type-C 连接器。设置此字段后，会检测到有源电缆。

6.6.1.3 连接状态和控制寄存器 (偏移 = 0x09) [复位 = 0x20]
图 6-4. 连接状态和控制寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
ATTACHED_STATE	CABLE_DIR	INTERRUPT_STATUS	VCONN_FAULT	DRP_DUTY_CYCLE	DISABLE_UFP_ACCESSORY		
RU	RU	RCU	RCU	RW	RW		

说明 : R/W = 读取/写入 ; R/U = 读取/更新 ; R/C/U = 读取/清除/更新

表 6-9. 连接状态和控制寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	ATTACHED_STATE	RU	2'b00	<p>这是除 ID 引脚外的另一种用于传达连接状态的方法。应用程序可以读取这些位来确定所连接的内容。</p> <p>00 - 未连接 (默认)</p> <p>01 - Attached.SRC (DFP)</p> <p>10 - Attached.SNK (UFP)</p> <p>11 - 连接到附件</p>
5	CABLE_DIR	RU	1'b1	<p>电缆方向。应用程序可以读取这些位以获取电缆方向信息。</p> <p>0 - CC1</p> <p>1 - CC2 (默认)</p>

表 6-9. 连接状态和控制寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
4	INTERRUPT_STATUS	RCU	1'b0	每当 CSR 发生变化时, INT 引脚将被拉至低电平。当 CSR 发生更改时, 该位应保持为 1, 直到软件清除该位为止。需要写入 1 才能清除该字段。软件必须确保该字段已清除为零。在所有中断事件中, 需要重写此字段才能将 INT_N 引脚正确置为有效。 0 - 清零 1 - 中断 (当 INT_N 被拉至低电平时, 该位将为 1。每当 CSR 发生更改时, 该位为 1)
3	VCONN_FAULT	RCU	1'b0	每当触发 VCONN 过流限制时, 都会设置 VCONN_FAULT 位。 0 - 无故障。 (默认) 1 - 中断 (INT_N 置为低电平)
2-1	DRP_DUTY_CYCLE	RW	2'b00	DRP 在 tDRP 期间广播 DFP 的时间百分比 00 - 30% (默认) 01 - 40% 10 - 50% 11 - 60%
0	DISABLE_UFP_ACCESSORY	RW	1'b0	设置此字段将禁用 UFP 附件支持。 0 - 启用 UFP 附件支持 (默认) 1 - 禁用 UFP 附件支持

6.6.1.4 通用控制寄存器 (偏移 = 0x0A) [复位 = 0x00]

图 6-5. 通用控制寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
DEBOUNCE		MODE_SELECT		I ² C_SOFT_RESET	SOURCE_PREF	DISABLE_TERM	
RW		RW		RSU	RW	RW	

说明 : R/W = 读取/写入 ; R/S/U = 只读/设置/更新

表 6-10. 通用控制寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-6	DEBOUNCE	RW	2'b00	TUSB322I 器件的标称时间量会对 CC 引脚上的电压进行去抖。 00 - 168ms (默认) 01 - 118ms 10 - 134ms 11 - 152ms

表 6-10. 通用控制寄存器字段说明 (续)

位	字段	类型	复位	说明
5-4	MODE_SELECT	RW	2'b00	<p>可以写入该寄存器来设置 TUSB322I 器件模式运行。ADDR 引脚必须设置为 I²C 模式。</p> <p>00 - DRP 模式 (从 unattached.SNK 开始) (默认值)</p> <p>01 - UFP 模式 (unattached.SNK)</p> <p>10 - DFP 模式 (unattached.SRC)</p> <p>11 - DRP 模式 (从 unattached.SNK 开始)</p>
3	I ² C_SOFT_RESET	RSU	1'b0	<p>该寄存器会复位数字逻辑。该位自行清除。写入 1 会开始复位。设置此位后,以下寄存器可能会受到影响:</p> <p>CURRENT_MODE_DETECT</p> <p>ACTIVE_CABLE_DETECTION</p> <p>ACCESSORY_CONNECTED</p> <p>ATTACHED_STATE</p> <p>CABLE_DIR</p>
2-1	SOURCE_PREF	RW	2'b00	<p>该字段用于控制 TUSB322I 在配置为 DRP 时的行为。</p> <p>00 - 标准 DRP (默认值)</p> <p>01 - DRP 将执行 Try.SNK</p> <p>10 - 保留</p> <p>11 - DRP 将执行 Try.SRC</p>
0	DISABLE_TERM	RW	1'b0	<p>该字段会禁用 CC 引脚上的端接,并将 CC 状态机转换为禁用状态。</p> <p>0 - 根据 TUSB322I 工作模式启用端接 (默认)</p> <p>1 - 禁用终止且状态机保持禁用状态。</p>

6.6.1.5 器件修订版本寄存器 (偏移 = 0xA0) [复位 = 0x02]
图 6-6. 器件修订版本寄存器

7	6	5	4	3	2	1	0
修订版本							
R							

说明: R = 只读

表 6-11. 器件修订版本寄存器字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7-0	修订版本	R	'h02	TUSB322I 的修订版本。默认设置为 0x02。

7 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。

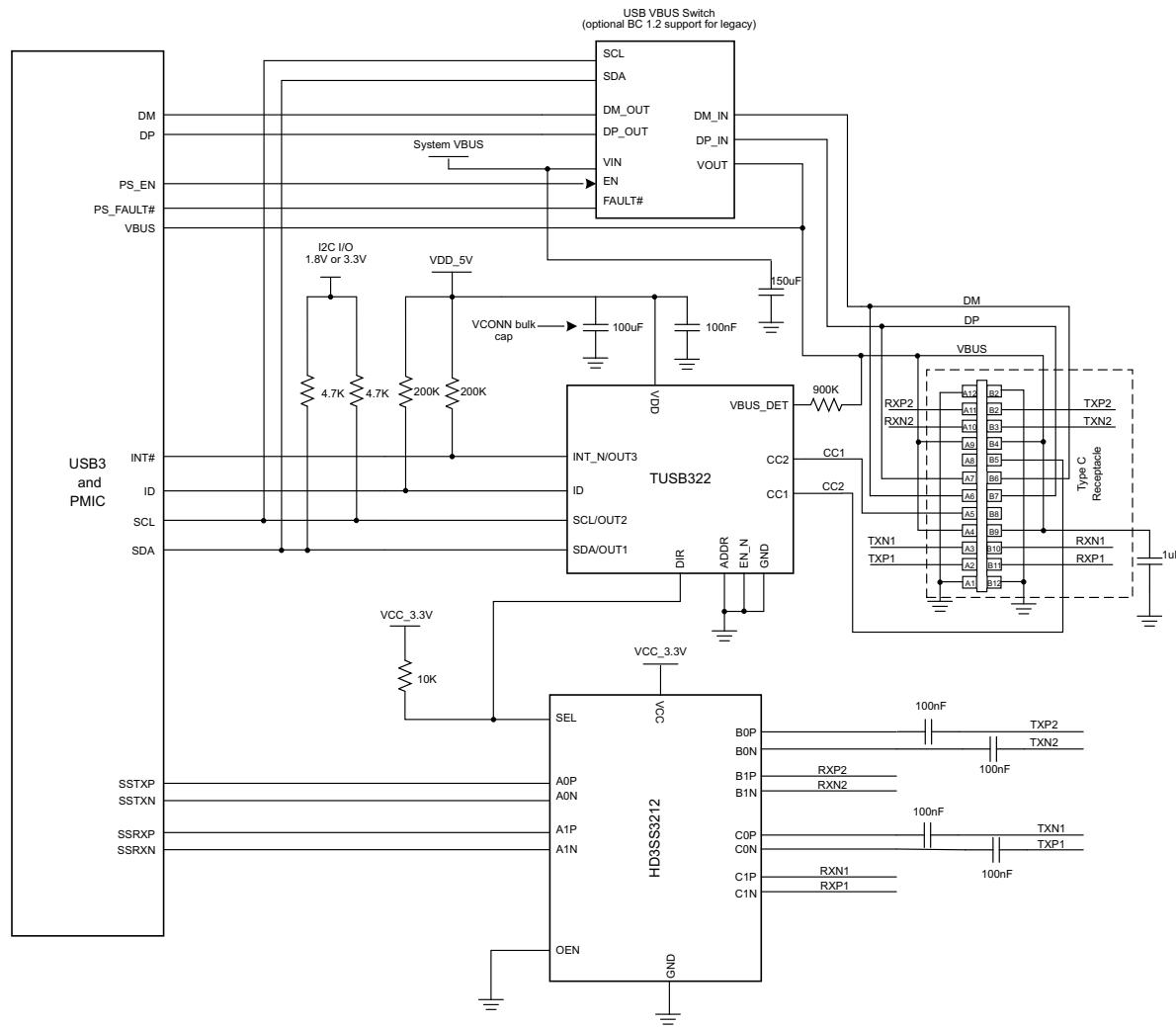
7.1 应用信息

TUSB322I 器件是一个 Type-C 配置通道逻辑和端口控制。TUSB322I 器件可以检测 Type-C 器件的连接时间、所连接的器件类型、电缆方向以及电源功能（包括检测和广播）。TUSB322I 器件可用于源端 (DFP) 或接收端 (UFP)。

7.2 典型应用

7.2.1 I²C 模式下的 DRP

图 7-1 显示 TUSB322I 器件配置为 I²C 模式下的 DRP。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 7-1. I²C 模式下的 DRP 原理图

7.2.1.1 设计要求

对于该设计示例，请使用 表 7-1 中列出的参数。

表 7-1. I²C 模式下 DRP 的设计要求

设计参数	值
V _{DD} (4.5V 至 5.5V)	5V
模式 (I ² C 或 GPIO)	必须下拉或上拉 I ² C ADDR 引脚
I ² C 地址 (0x67 或 0x47)。	0x47 ADDR 引脚必须下拉至低电平或连接到 GND
Type-C 端口类型 (UFP、DFP 或 DRP)	DRP MODE_SELECT 寄存器= 2'b00。
VCONN 支持	是

7.2.1.2 详细设计过程

TUSB322I 器件支持 4.5V 至 5.5V 范围内的 V_{DD} 。在该特定用例中，5V 电压连接到 V_{DD} 引脚。由于 DRP 需要 VCONN 支持，因此 V_{DD} 上的 5V 电压满足 USB Type-C VCONN 中 4.75V 至 5.5V 的要求。在 V_{DD} 附近放置一个 100nF 电容器。此外，使用 100 μ F 电容器来满足 10 μ F 至 220 μ F 的 USB Type-C 大容量电容要求。

通过拉高或拉低 ADDR 引脚，可将 TUSB322I 器件置于 I²C 模式。在这种情况下，ADDR 引脚连接到 GND，从而产生 I²C 的地址 0x47。SDA 和 SCL 必须上拉至 1.8V 或 3.3V。当上拉至 3.3V 时， V_{DD} 电源必须至少为 3V，以防止 I²C 接口反向驱动。

TUSB322I I²C 寄存器发生变化时，使用 INT_N/OUT3 引脚通知 PMIC。该引脚是一个开漏输出，需要使用一个外部上拉电阻器。使用 200k Ω 电阻器将引脚上拉至 V_{DD} 。

如果 TUSB322I 器件在配置为 DRP 时作为 DFP 工作，ID 引脚用于指示何时发生连接。OTG USB 控制器可以使用此引脚确定何时作为 USB 主机或 USB 器件运行。当此引脚被驱动为低电平时，OTG USB 控制器用作主机，然后启用 V_{BUS} 。在 Type-C 标准中，要求 DFP 在 V_{BUS} 处于 Attached.SRC 状态之前不启用 V_{BUS} 。如果 ID 引脚不是低电平但检测到 V_{BUS} 时，则 OTG USB 控制器用作器件。ID 引脚是一个开漏输出，需要使用一个外部上拉电阻器。使用 200k Ω 电阻器将 ID 引脚上拉至 V_{DD} 。

使用 DIR 引脚控制多路复用器，以将 USB3 SS 信号连接到 USB Type-C 插座上的相应引脚上。在这种特定情况下，HD3SS3212 用作多路复用器。为了更大限度地减少 USB3 SS 信号至 USB Type-C 连接器的交叉布线，CC1 和 CC2 与 TUSB322I 之间的连接被交换。交换 CC1 和 CC2 的连接时，CABLE_DIR 寄存器也将反转 (0 = CC2 和 1 = CC1)。

必须通过 900k Ω 电阻器，将 VBUS_DET 引脚连接至已连接的 Type-C 上的 V_{BUS} 。需要使用这个大电阻器，保护 TUSB322I 器件免受当前系统中可能出现的高 V_{BUS} 电压的影响。该电阻器与内部下拉电阻器将 TUSB322I 器件观察到的电压保持在建议范围内。

USB2 规范要求基于 UFP 或 DFP 的 V_{BUS} 采用大容量电容。在 DRP 模式下运行 TUSB322I 器件时，该器件在 UFP 和 DFP 之间交替。如果 TUSB322I 器件以 UFP 模式连接，则必须移除大容量电容。

表 7-2. USB2 大容量电容要求

端口配置	最小值	最大值	单位
下行端口 (DFP)	120		μ F
上行端口 (UFP)	1	10	μ F

7.2.1.3 应用曲线

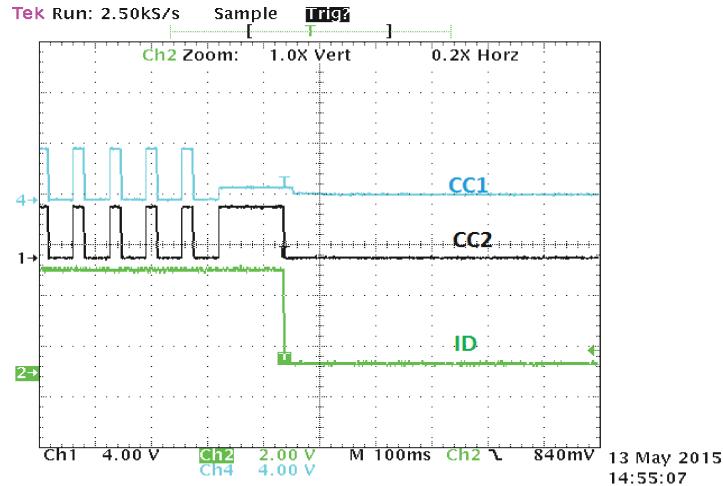
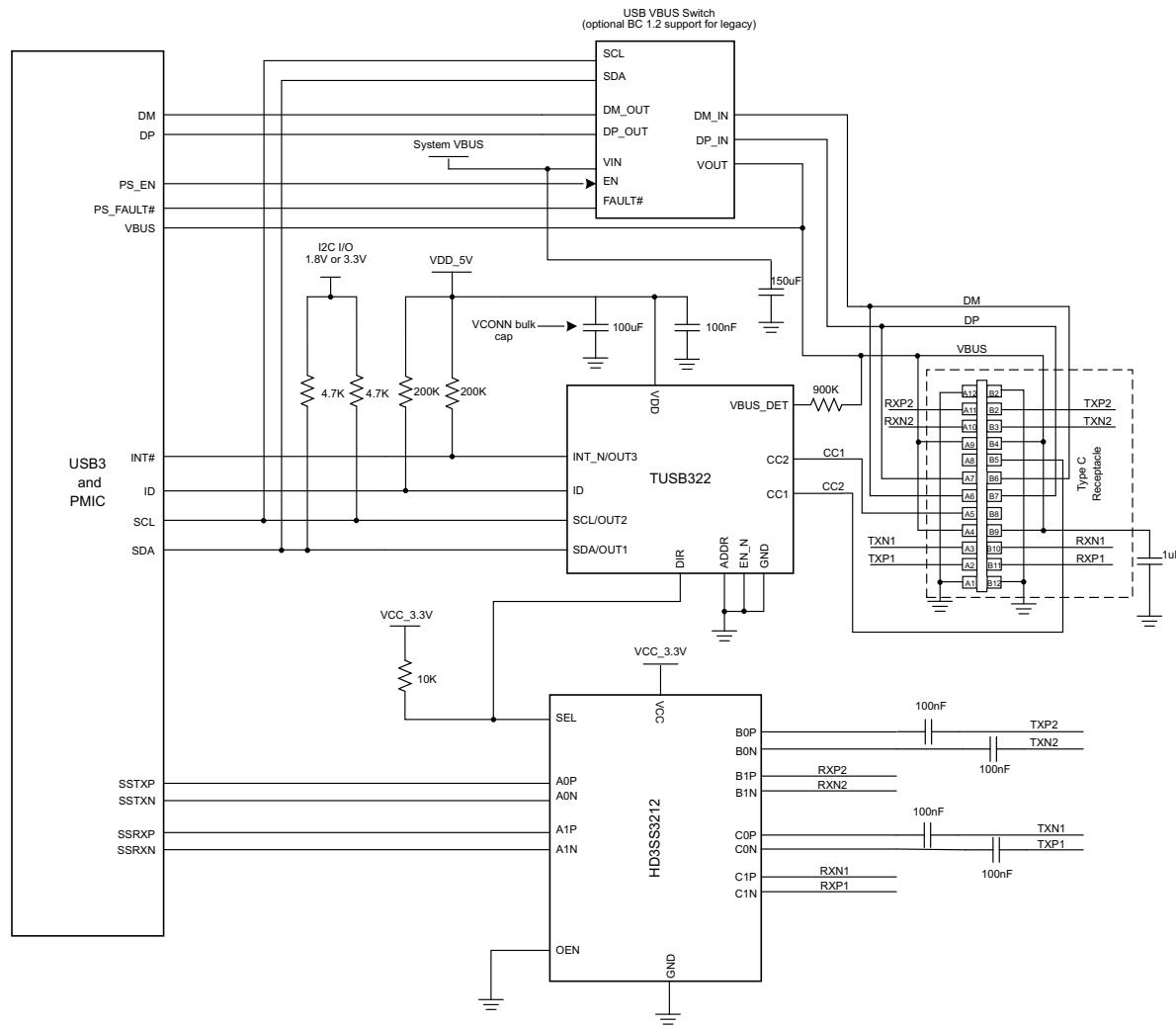


图 7-2. I²C 模式下 DRP 的应用曲线

7.2.2 I²C 模下的 DFP

图 7-3 显示 TUSB322I 器件配置为 I²C 模式下的 DFP。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 7-3. I²C 模式中的 DFP 原理图

7.2.2.1 设计要求

对于该设计示例，请使用 表 7-3 中列出的参数：

表 7-3. I²C 模式下 DFP 的设计要求

设计参数	值
V _{DD} (4.5V 至 5.5V)	5V
模式 (I ² C 或 GPIO)	必须下拉或上拉 I ² C ADDR 引脚
I ² C 地址 (0x61 或 0x60)。	0x47 ADDR 引脚必须下拉至低电平或连接到 GND
Type-C 端口类型 (UFP、DFP 或 DRP)	DFP MODE_SELECT = 2'b10
VCONN 支持	是

7.2.2.2 详细设计过程

TUSB322I 器件支持 4.5V 至 5.5V 范围内的 V_{DD} 。在这种特定情况下， V_{DD} 设置为 5V。在 V_{DD} 附近放置一个 100nF 电容器。此外，使用 100 μ F 电容器来满足 10 μ F 至 220 μ F 的 USB Type-C 大容量电容要求。

通过拉高或拉低 ADDR 引脚，可将 TUSB322I 器件置于 I²C 模式。在这种特定情况下，ADDR 引脚连接到 GND，从而产生 I²C 的地址 0x47。SDA 和 SCL 必须上拉至 1.8V 或 3.3V。当上拉至 3.3V 时， V_{DD} 电源必须至少为 3V，以防止 I²C 接口反向驱动。

TUSB322I I²C 寄存器发生变化时，使用 INT_N/OUT3 引脚通知 PMIC。该引脚是一个开漏输出，需要使用一个外部上拉电阻器。使用 200k Ω 电阻器将引脚上拉至 V_{DD} 。

使用 DIR 引脚控制多路复用器，以将 USB3 SS 信号连接到 USB Type-C 插座上的相应引脚上。在这种特定情况下，HD3SS3212 用作多路复用器。为了更大限度地减少 USB3 SS 信号至 USB Type-C 连接器的交叉布线，CC1 和 CC2 与 TUSB322I 之间的连接被交换。交换 CC1 和 CC2 的连接时，CABLE_DIR 寄存器也将反转 (0 = CC2 和 1 = CC1)。

Type-C 端口模式由 MODE_SELECT 寄存器的状态决定。当 MODE_SELECT 寄存器为 2'b10 时，TUSB322I 器件处于 DFP 模式。如果更改 MODE_SELECT 寄存器，设置 I2C_SOFT_RESET 或 EN_N 引脚从高电平转换为低电平，TUSB322I 将退出 DFP 模式。

必须通过 900k Ω 电阻器，将 VBUS_DET 引脚连接至已连接的 Type-C 上的 V_{BUS} 。需要使用这个大电阻器，保护 TUSB322I 器件免受当前系统中可能出现的高 V_{BUS} 电压的影响。该电阻器与内部下拉电阻器将 TUSB322I 器件观察到的电压保持在建议范围内。

USB2 规范要求基于 UFP 或 DFP 的 V_{BUS} 采用大容量电容。在 DFP 模式下运行 TUSB322I 器件时，需要至少 120 μ F 的大容量电容。在这种特定情况下，选择了 150 μ F 电容器。

7.2.2.3 应用曲线

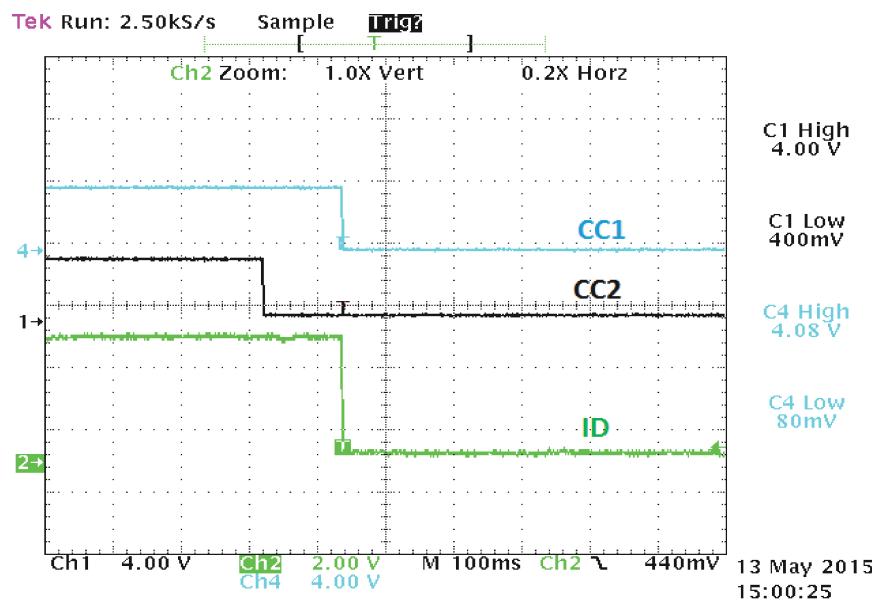


图 7-4. I²C 模式下 DFP 的应用曲线

7.2.3 I²C 模式下的 UFP

图 7-5 显示在 I²C 模式下将 TUSB322I 器件配置为 UFP。

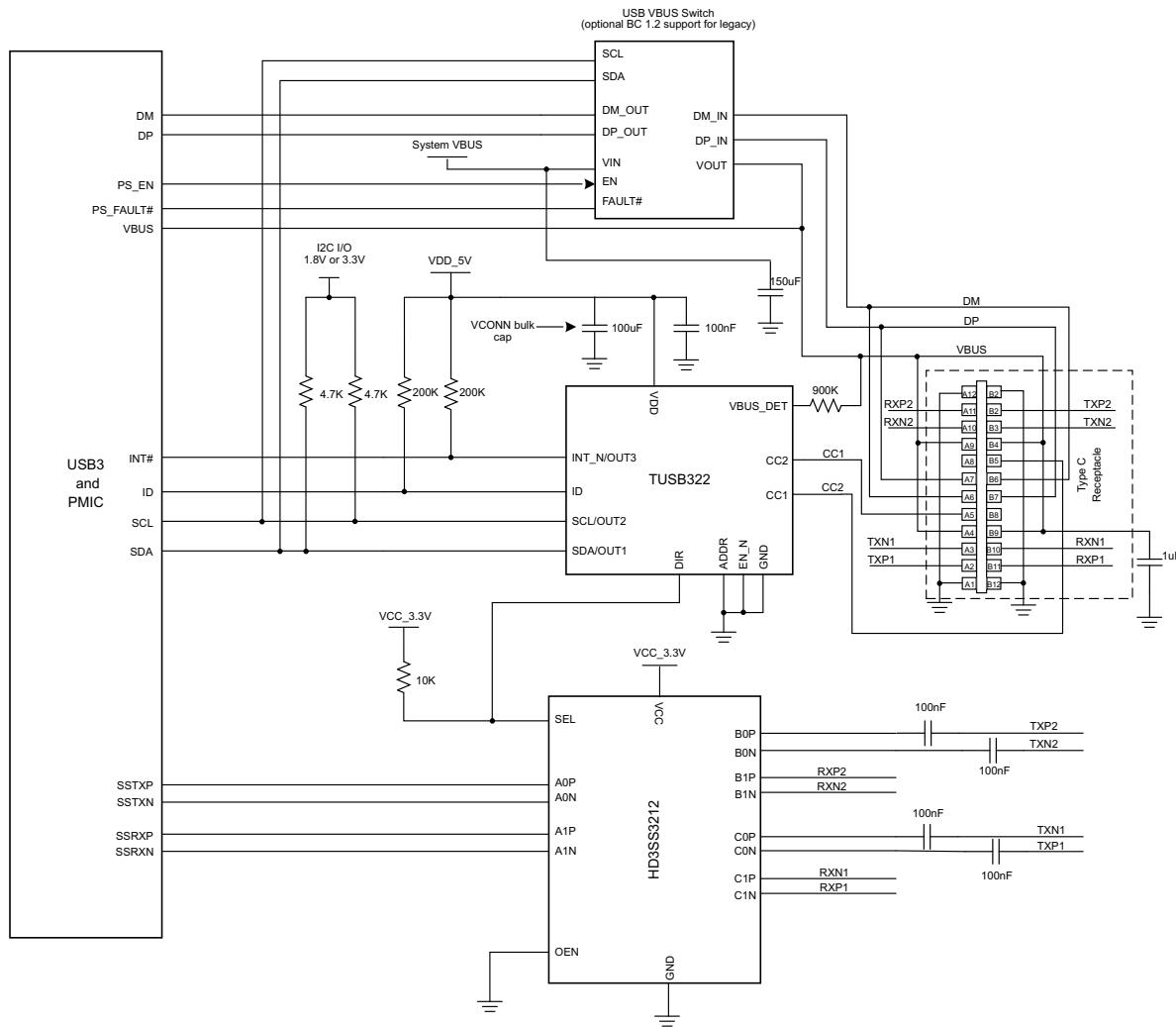


图 7-5. I²C 模式下的 UFP 原理图

7.2.3.1 设计要求

对于该设计示例，请使用 表 7-4 中列出的参数：

表 7-4. I²C 模式下 UFP 的设计要求

设计参数	值
V _{DD} (4.5V 至 5.5V)	5V
模式 (I ² C 或 GPIO)	必须下拉或上拉 I ² C ADDR 引脚
I ² C 地址 (0x61 或 0x60)	0x47 ADDR 引脚必须下拉至低电平或连接到 GND
Type-C 端口类型 (UFP、DFP 或 DRP)	UFP MODE_SELECT = 2'b01
VCONN 支持	否

7.2.3.2 详细设计过程

TUSB322I 器件支持 4.5V 至 5.5V 范围内的 V_{DD} 。在这种特定情况下， V_{DD} 设置为 5V。在 V_{DD} 附近放置一个 100nF 电容器。

通过拉高或拉低 ADDR 引脚，可将 TUSB322I 器件置于 I²C 模式。在这种情况下，ADDR 引脚连接到 GND，从而产生 I²C 的地址 0x47。SDA 和 SCL 必须上拉至 1.8V 或 3.3V。当上拉至 3.3V 时， V_{DD} 电源必须至少为 3V，以防止 I²C 接口反向驱动。

TUSB322I I²C 寄存器发生变化时，使用 INT_N/OUT3 引脚通知 PMIC。该引脚是一个开漏输出，需要使用一个外部上拉电阻器。使用 200k Ω 电阻器将引脚上拉至 V_{DD} 。

使用 DIR 引脚控制多路复用器，以将 USB3 SS 信号连接到 USB Type-C 插座上的相应引脚上。在这种特定情况下，HD3SS3212 用作多路复用器。为了更大限度地减少 USB3 SS 信号至 USB Type-C 连接器的交叉布线，CC1 和 CC2 与 TUSB322I 之间的连接被交换。交换 CC1 和 CC2 的连接时，CABLE_DIR 寄存器也将反转 (0 = CC2 和 1 = CC1)。

Type-C 端口模式由 MODE_SELECT 寄存器的状态决定。当 MODE_SELECT 寄存器为 2'b01 时，TUSB322I 器件处于 UFP 模式。如果更改 MODE_SELECT 寄存器，设置 I2C_SOFT_RESET 或 EN_N 引脚从高电平转换为低电平，TUSB322I 将退出 UFP 模式。

必须通过 900k Ω 电阻器，将 VBUS_DET 引脚连接至已连接的 Type-C 上的 V_{BUS} 。需要使用这个大电阻器，保护 TUSB322I 器件免受当前系统中可能出现的高 V_{BUS} 电压的影响。该电阻器与内部下拉电阻器将 TUSB322I 器件观察到的电压保持在建议范围内。

USB2 规范要求基于 UFP 或 DFP 的 V_{BUS} 采用大容量电容。在 UFP 模式下运行 TUSB322I 器件时，需要在 1 μ F 与 10 μ F 之间连接一个大容量电容。在这种特定情况下，选择了 1 μ F 电容器。

7.2.3.3 应用曲线

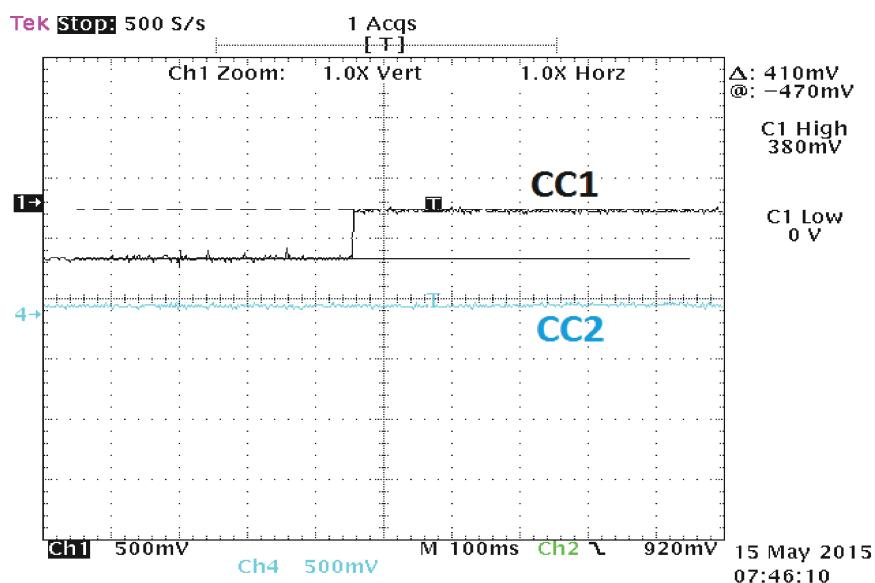


图 7-6. I²C 模式下 UFP 的应用曲线

7.3 初始设置

TUSB322I 器件的通用上电序列 (EN_N 连接至 GND) 如下所述：

1. 系统已关闭 (器件无 V_{DD}) 。 TUSB322I 器件在内部配置为 UFP 模式 , CC 引脚上有 R_d (电池无电) 。
2. V_{DD} 斜坡 - POR 电路。
3. I^2C 电源斜升。
4. TUSB322I 器件进入 unattached.SNK 状态 , 并充当 DRP 运行。如果 DRP 不是所需的运行模式 , 则软件必须将 MODE_SELECT 寄存器更改为所需的模式 (UFP 或 DFP) 。
5. TUSB322I 器件将 CC 引脚作为 DFP 进行监控 , 并将 V_{BUS} 作为 UFP 进行连接。
6. 成功检测到连接后 , TUSB322I 器件将进入工作模式。

电源相关建议

TUSB322I 器件具有 4.5V 至 5.5V 的宽电源电压范围。 TUSB322I 器件可以使用系统电源 (如电池) 运行。

8 布局

8.1 布局指南

1. 当连接超过两个点时，会创建一个额外的连接点（或称残根）。将引脚 A6 连接到引脚 B6 的布线会创建一个残根，因为该布线也必须转到 USB 主机。确保：
 - Type-C 插座上的引脚 A6 (DP) 和引脚 B6 (DP) 短接产生的残根不超过 3.5mm。
 - Type-C 插座上的引脚 A7 (DM) 和引脚 B7 (DM) 上的短接创建的残根不超过 3.5mm。
2. 100nF 电容器应尽量靠近 TUSB322I V_{DD} 引脚放置。

8.2 布局示例

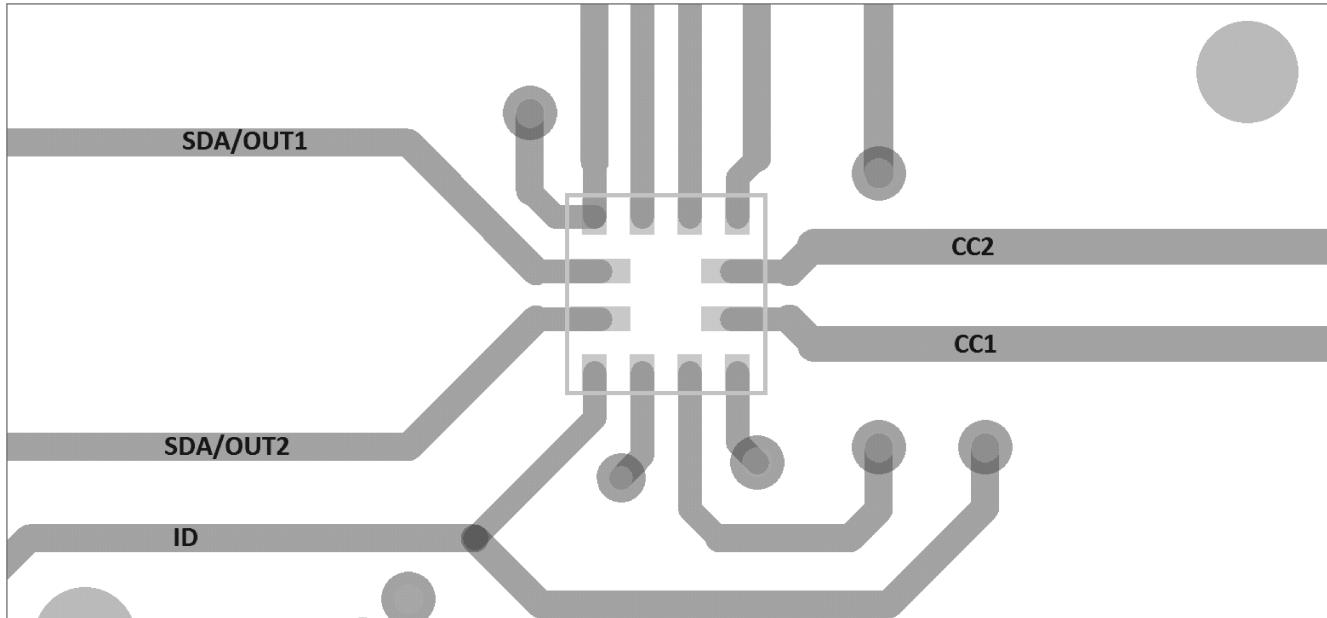


图 8-1. TUSB322I 布局

9 器件和文档支持

9.1 文档支持

9.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 半导体和 C 封装热指标应用报告，[SPRA953](#)

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。点击右上角的 [提醒我](#) 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 社区资源

9.4 商标

USB Type-C™ is a trademark of USB Implementers Forum.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10 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)
TUSB322IRWBR	Active	Production	X2QFN (RWB) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	72
TUSB322IRWBR.A	Active	Production	X2QFN (RWB) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	72
TUSB322IRWBRG4	Active	Production	X2QFN (RWB) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	72
TUSB322IRWBRG4.A	Active	Production	X2QFN (RWB) 12	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	72

⁽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.

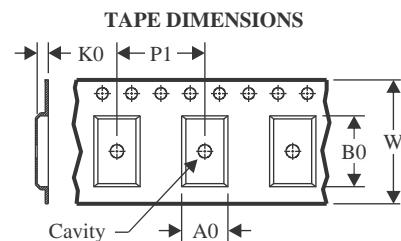
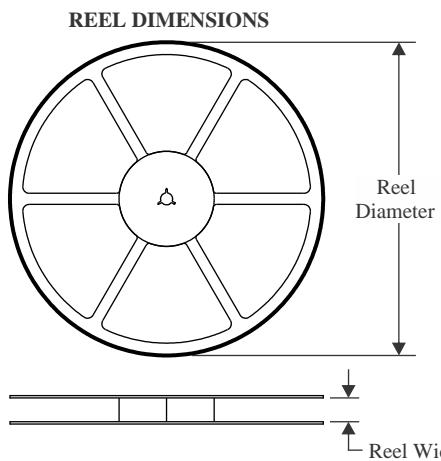
⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will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

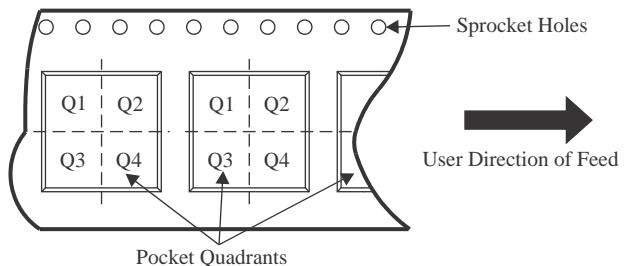
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

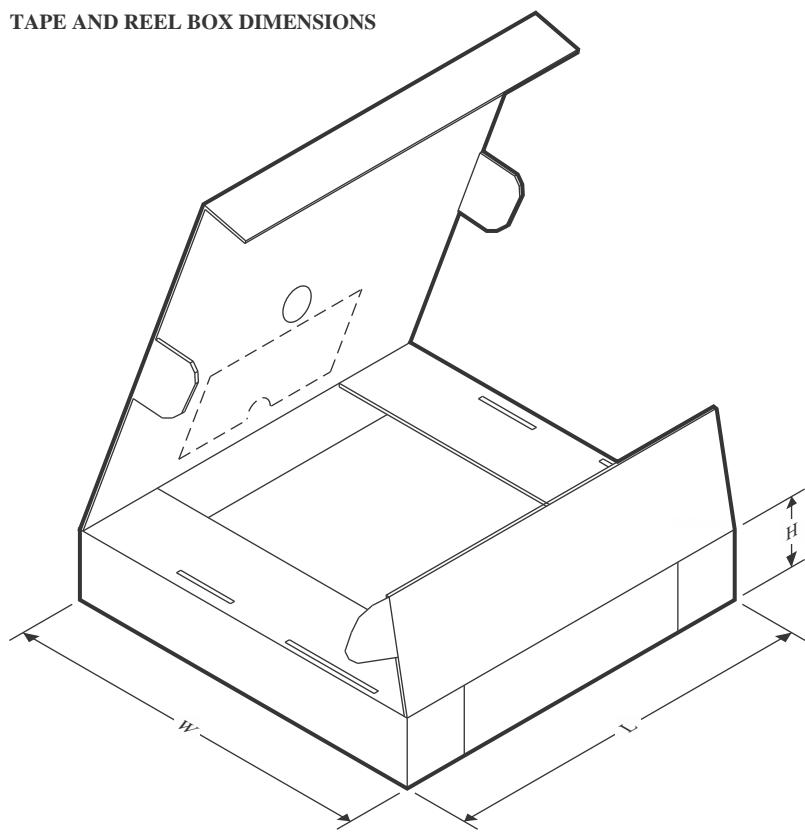
TAPE AND REEL INFORMATION


A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*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
TUSB322IRWBR	X2QFN	RWB	12	3000	180.0	8.4	1.8	1.8	0.48	4.0	8.0	Q2
TUSB322IRWBRG4	X2QFN	RWB	12	3000	180.0	8.4	1.8	1.8	0.48	4.0	8.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TUSB322IRWBR	X2QFN	RWB	12	3000	210.0	185.0	35.0
TUSB322IRWBRG4	X2QFN	RWB	12	3000	210.0	185.0	35.0

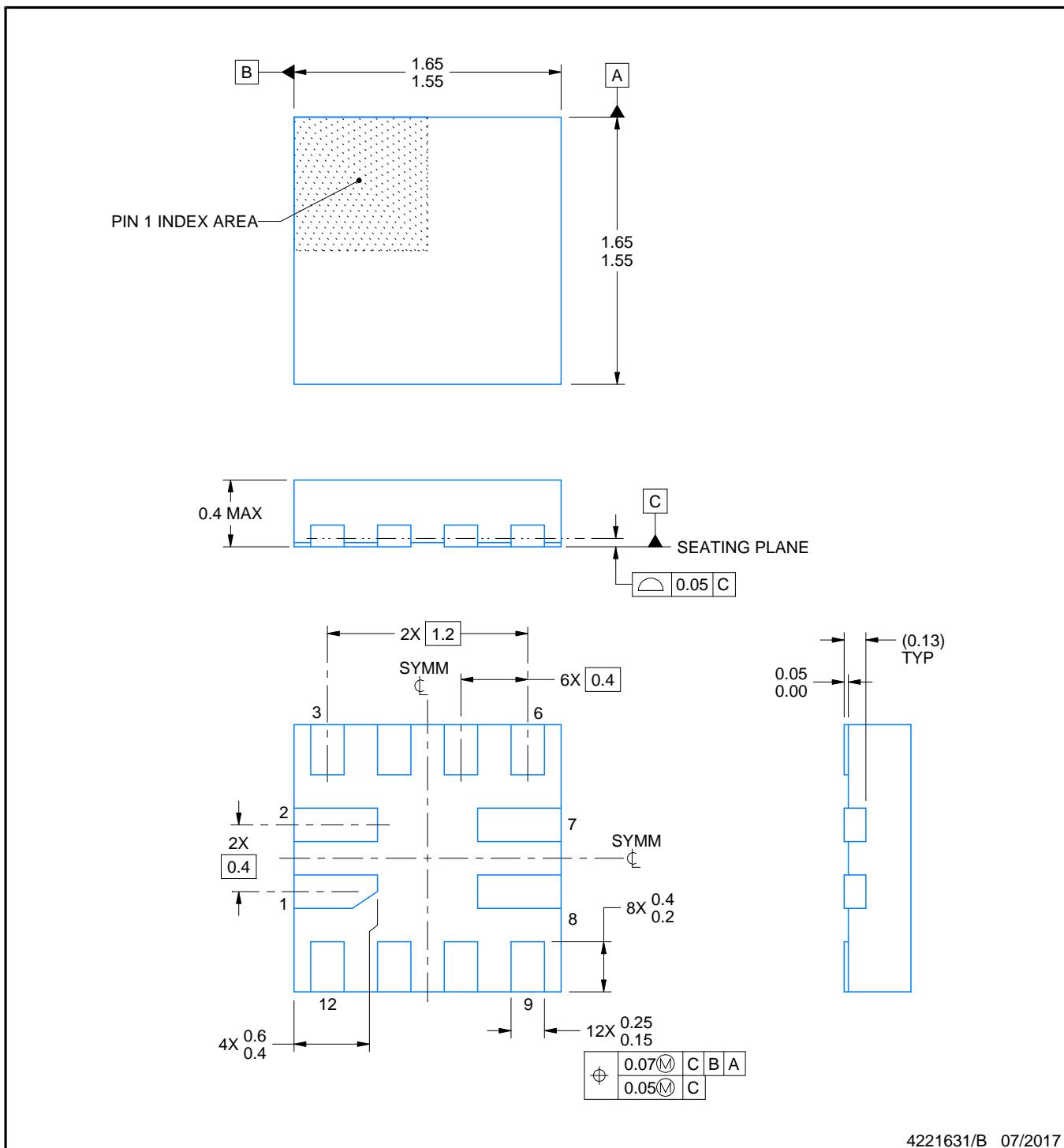
PACKAGE OUTLINE

RWB0012A



X2QFN - 0.4 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4221631/B 07/2017

NOTES:

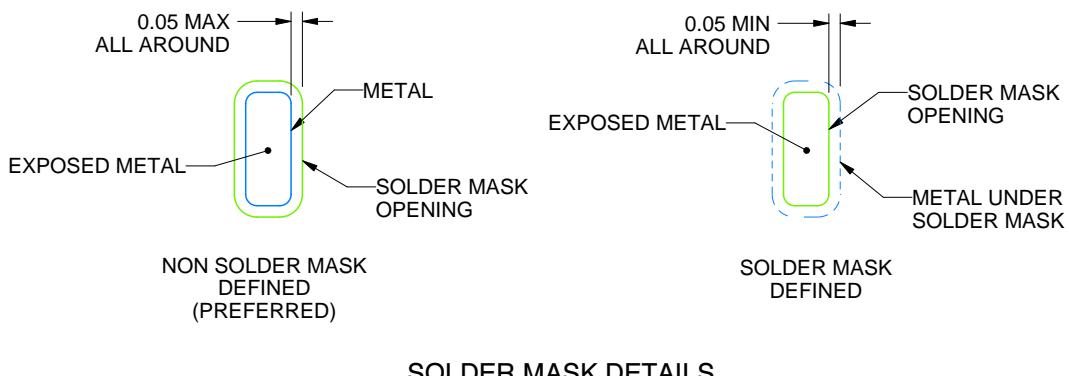
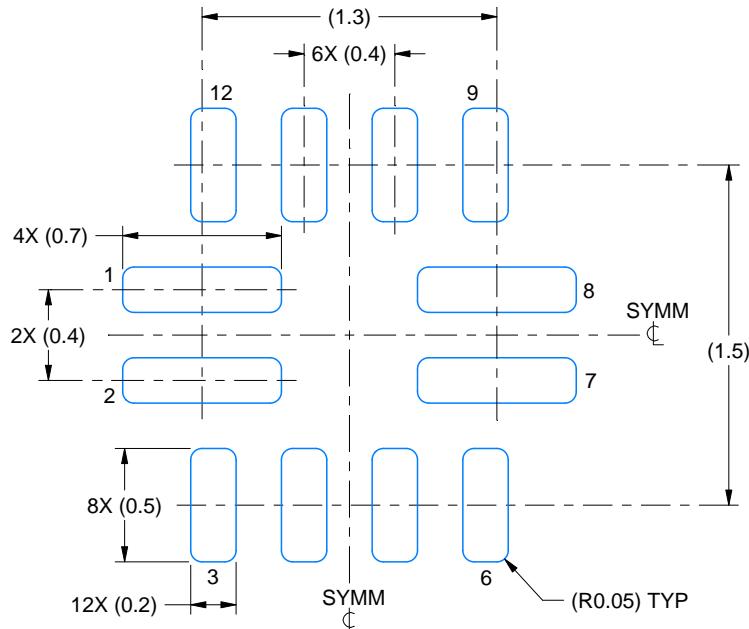
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

RWB0012A

X2QFN - 0.4 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4221631/B 07/2017

NOTES: (continued)

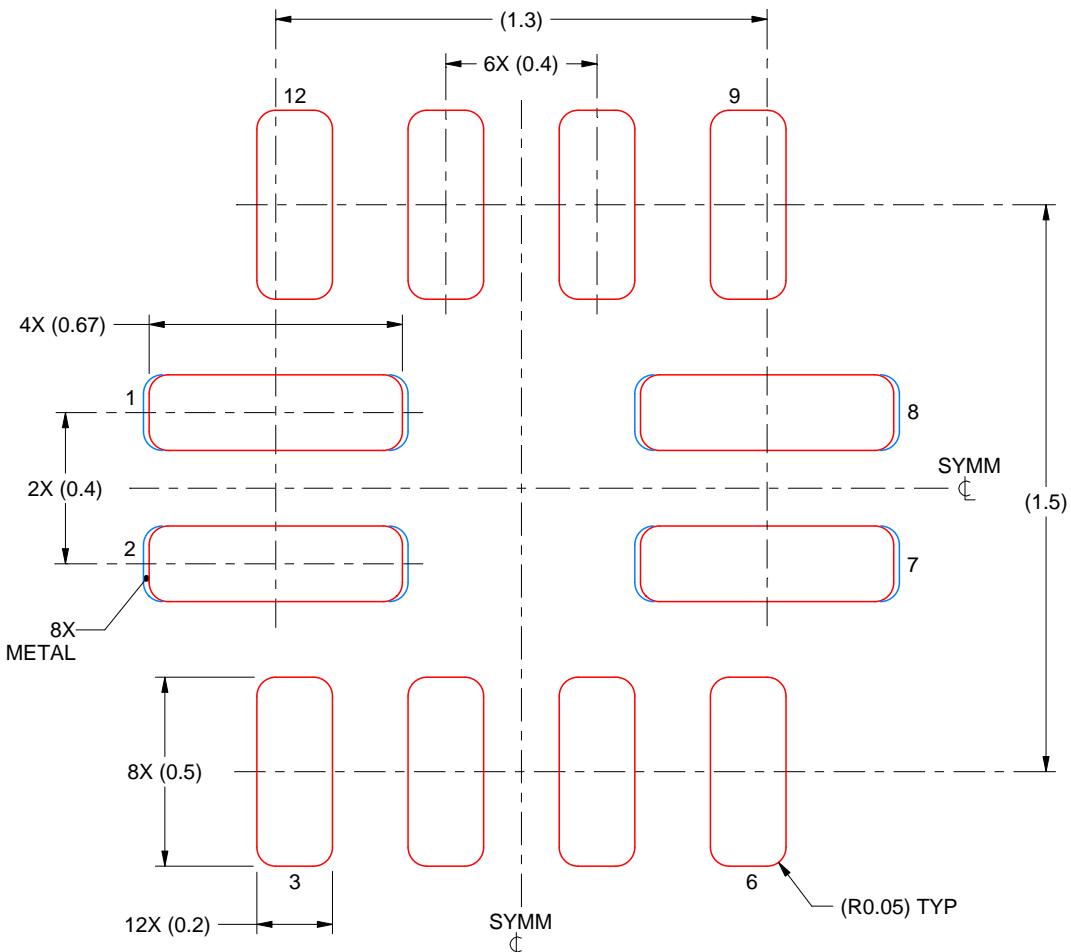
3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RWB0012A

X2QFN - 0.4 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL

PADS 1,2,7 & 8
96% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:50X

4221631/B 07/2017

NOTES: (continued)

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

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月