第一代电力传输微控制器

EZ-PD ™ PMG1 系列概述

EZ-PD ™ PMG1 (第一代 PD 微控制器) 是具有电力传输 (PD) 应用的高压微处理器成员之一。这些芯片拥有一个 Arm® Cortex®-M0/M0+ CPU、USB-C PD 控制器以及模拟和数字外设。EZ-PD ™ PMG1 适用于嵌入式系统，这些系统为高压 USB PD 端口提供电源或消耗来自该端口的电源，并利用微控制器提供额外的控制功能。**Figure 1** 是 EZ-PD ™ PMG1 系列的细分情况。

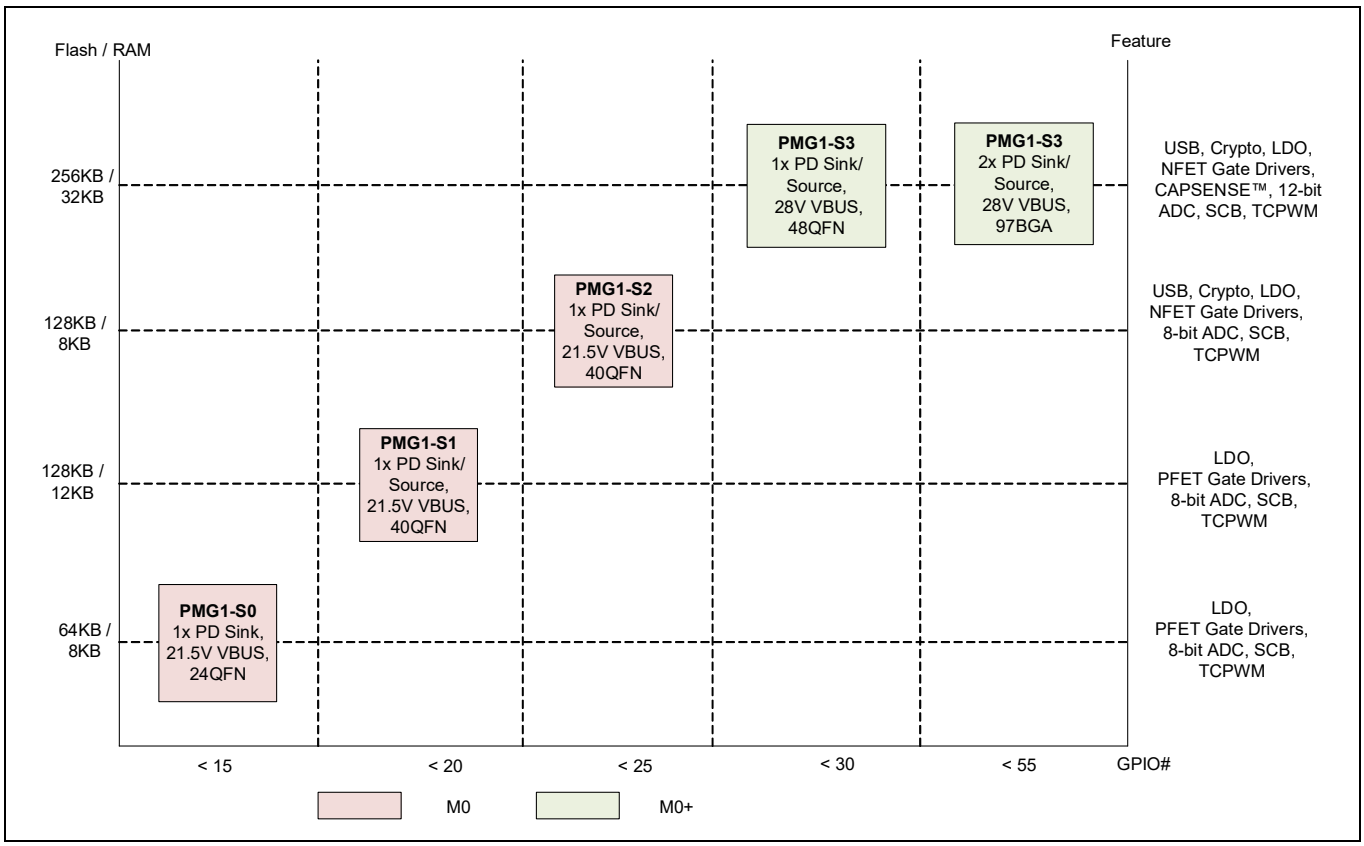


Figure 1　　PMG1 系列细分情况

Table 1 显示了 EZ-PD ™ PMG1 系列中不同 MCU 的性能对比。

Table 1　　EZ-PD ™ PMG1 系列中不同 MCU 的性能对比

子系统或范围	条目	PMG1-S0	PMG1-S1	PMG1-S2	PMG1-S3
CPU 和存储器子系统	内核	Arm® Cortex®-M0	Arm® Cortex®-M0	Arm® Cortex®-M0	Arm® Cortex®-M0+
	最大频率 (MHz)	48	48	48	48
	Flash (KB)	64	128	128	256
	SRAM (KB)	8	12	8	32
电力传输	电力传输端口	1	1	1	48-QFN 具有一个端口 97-BGA 具有两个端口
	功能	接收源	DRP	DRP	DRP
	MOSFET 栅极驱动程序	1x PFET	2x PFET	2x NFET	灵活的 2x NFET
	故障保护	VBUS OVP 和 UVP	VBUS OVP、UVP 和 OCP。SCP 和 RCP（仅限发送源配置）	VBUS OVP、UVP 和 OCP	VBUS OVP、UVP 和 OCP。SCP 和 RCP（仅限发送源配置）
USB	支持公告牌类的集成全速 USB 2.0 器件	不支持	不支持	支持	支持
电压范围	电源 (V)	VDDD (2.7 - 5.5) VBUS (4 - 21.5)	VSYS (2.75 - 5.5) VBUS (4 - 21.5)	VSYS (2.7 - 5.5) VBUS (4 - 21.5)	VSYS (2.8 - 5.5) VBUS (4 - 28)
	IO (V)	1.71 - 5.5	1.71 - 5.5	1.71 - 5.5	1.71 – 5.5
数字模块	SCB（可配置为 I2C/UART/SPI)	2	4	4	48-QFN 具有七个（其中只有五个可以配置为 SPI 和 UART) 97-BGA 具有八个
	TCPWM 模块（可配置为定时器、计数器或脉宽调制器）	4	2	4	48-QFN 具有七个 97-BGA 具有八个
	硬件验证模块（加密）	不支持	不支持	支持 (AES-128/192/256、SHA1、SHA2-224、SHA2-256、PRNG、CRC)	支持 (AES-128、SHA2-256、TRNG、向量单位）
模拟模块	ADC	2x 8 位 SAR	1x 8 位 SAR	2x 8 位 SAR	2x 8 位 SAR 1 x 12 位 SAR
	片上温度感应器	支持	支持	支持	支持
直接储存器访问 (DMA)	DMA	不支持	不支持	不支持	支持

Table 1 EZ-PD™ PMG1 系列中不同 MCU 的性能对比（续）

子系统或范围	条目	PMG1-S0	PMG1-S1	PMG1-S2	PMG1-S3
GPIO	最大输入 / 输出数量	12 个 (10 个 +2 个 OVT)	17 个 (15 个 +2 个 OVT)	20 个 (18 个 +2 个 OVT)	48-QFN 具有 26 个 (24 个 + 2 个 OVT) 97-BGA 具有 50 个 (48 个 + 2 个 OVT)
充电标准	充电发送源	–	BC 1.2、AC	BC 1.2、AC	BC 1.2、AC、AFC 以及 QC 3.0
	充电接收源	BC 1.2、苹果充电 (AC)	BC 1.2、AC	BC 1.2、AC	BC 1.2、AC
ESD 保护	ESD 保护	支持 (接触放电可达 ± 8 kV、空气放电可达 ±15 kV、人体模型和充电器件模型)	支持 (人体模型和充电器件模型)	支持 (接触放电可达 ± 8 kV、空气放电可达 ±15 kV、人体模型和充电器件模型)	支持 (人体模型和充电器件模型)
封装	封装选项	24-QFN (4 × 4 mm、间隙为 0.5 mm)	40-QFN (6 × 6 mm、间隙为 0.5 mm)	40-QFN (6 × 6 mm、间隙为 0.5 mm)	48-QFN (6 × 6 mm、间隙为 0.5 mm) 97-BGA (6 × 6 mm、间隙为 0.5 mm 和 0.65 mm)

本文档的其余部分详细介绍了有关 EZ-PD™ PMG1-S3 器件的内容。

EZ-PD ™ PMG1-S3 概述

PMG1 系列的 EZ-PD ™ PMG1-S3 包括 256 KB Flash、32 KB SRAM、50 个 GPIO、全速 USB 器件控制器、用于验证的加密引擎、模拟资源 (ADC、运算放大器、比较器、CAPSENSE ™) 以及双 Type-C PD 端口。该芯片适用于各种器件、坞站和配件应用，并采用了 QFN 和 BGA 的封装形式。

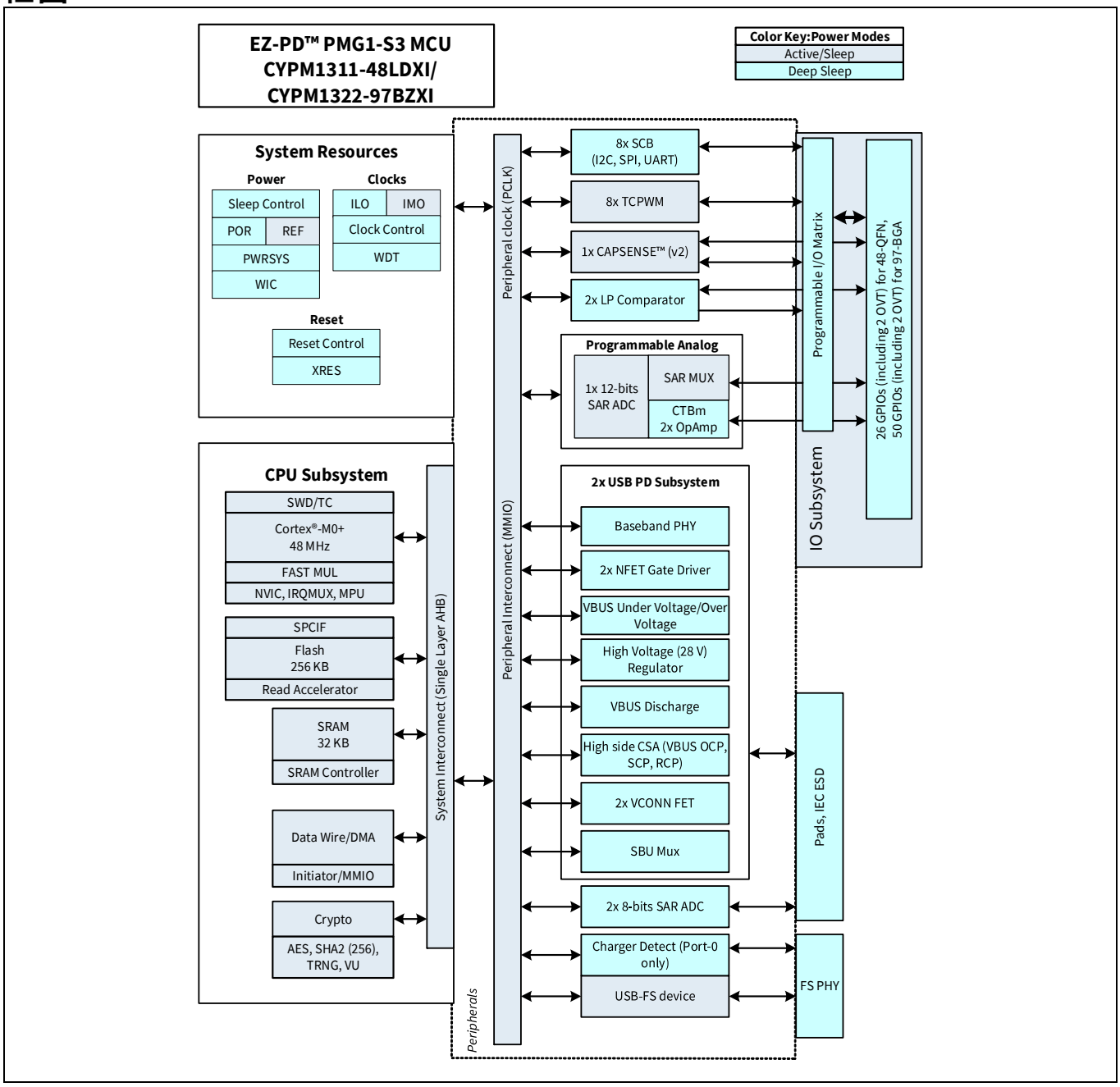
性能

- 32 位 MCU 子系统
- 带有 DMA 功能、工作频率为 48 MHz 的 ARM® Cortex®-M0+ CPU
- 存储器
  - 256 KB Flash
  - 32 KB SRAM 以及
  - 具有 PD 代码的 96 KB ROM
- Type-C/PD 模块
  - 有两个 Type-C/PD 模块，每个模块带有一个基带收发器
  - 两个集成 VBUS NFET 栅极驱动器
  - 用于限制栅极驱动器上浪涌电流的转换速率控制。对浪涌电流进行配置，以便在 VBUS 发送或接收路径上使用它们
  - 支持集成 USB 电力传输 (USB-PD) 3.1
  - 支持 28 V 的扩展功率范围 (EPR)
  - 高电压 (28 V) 调节器与 VBUS 放电
  - 可配置的 VBUS 过压保护 (OVP)、过电流保护 (OCP)、短路保护 (SCP) 和反向电流保护 (RCP)
  - 具有 OCP 性能的 VCONN FET
  - 在 97-BGA 器件上提供了两个处于备用模式 (显示端口和 Thunderbolt) 的集成 3:1 SBU 模拟复用器
- 接口
  - 多达八个运行时可配置的串行通信模块 (SCB)，可将这些模块配置为 I^2C、SPI 或 UART
  - 多达八个定时器 / 计数器脉冲宽度调制器 (TCPWM)
- 可编程的 GPIO 引脚
  - 多达 50 个 GPIO 引脚
  - 任何 GPIO 引脚都可以作为 CAPSENSE ™、模拟或数字引脚使用
  - 可编程的驱动模式、强度和转换速率
- 集成模拟模块
  - 两个 8 位 SAR ADC
  - 一个 12 位 SAR ADC
  - 两个运算放大器
  - 两个低功耗比较器
- 电容式感应
  - CAPSENSE ™ sigma-delta (CSD) 提供了一流的信噪比 (SNR) (> 5:1) 和耐水性
  - 通过 Infineon ™提供的软件组件可以更轻松地实现电容式感应设计
  - 自动硬件调试 (SmartSense)
- 用于安全 FW 启动和签名 FW 更新的硬件加密引擎
- USB 全速器件
- 充电器检测模块

框图

- 电源
  - VSYS (2.8 V-5.5 V)
  - VBUS (4 V-28 V)
  - GPIO 的独立供电电压引脚。通过它，可以在 1.71 V 至 5.5 V 电压范围内在 I/O 上发出信号
- 封装
  - 48-QFN
  - 97-BGA
- 软件工具
  - ModusToolbox ™

框图



目录

EZ-PD ™ PMG1 系列概述 1
EZ-PD ™ PMG1-S3 概述 4
性能 4
框图 5
目录 6
1 开发支持 8
1.1 文档 8
1.2 在线支持 8
1.3 工具 8
1.4 ModusToolbox ™ IDE 与 EZ-PD ™ PMG1 SDK 8
2 功能概述 10
2.1 CPU 和存储器子系统 10
2.1.1 CPU 10
2.1.2 Flash 10
2.1.3 SRAM 10
2.1.4 ROM 10
2.1.5 加密加速器 10
2.2 系统资源 11
2.2.1 电源系统 11
2.2.2 时钟系统 11
2.2.3 看门狗定时器 11
2.2.4 复位 12
2.2.5 电压参考 12
2.3 模拟模块 12
2.3.1 12 位 SAR ADC 12
2.3.2 微型的连续时间模块 (CTBm) 12
2.3.3 温度感应器 12
2.3.4 低功耗比较器 13
2.3.5 模拟复用总线 13
2.4 USB-PD 子系统 13
2.4.1 USB-PD 物理层 13
2.4.2 VCONN FET 13
2.4.3 ADC 13
2.4.4 SBU 复用器 14
2.4.5 负载开关控制器 15
2.5 USB2.0 全速器件和充电器检测 17
2.6 固定功能数字模块 17
2.6.1 定时器 / 计数器 /PWM 模块 17
2.6.2 SCB 18
2.6.3 GPIO 接口 18
2.7 特殊功能外设 19
2.7.1 CAPSENSE ™ 19
3 电源系统概述 20
4 引脚分布 21
5 应用框图 27
6 电气规范 28
6.1 器件级规范 30
6.2 GPIO 32
6.2.1 XRES 34
6.3 模拟外设 35
6.3.1 比较器 39

目录

6.3.2 温度感应器 39
6.3.3 SAR ADC 40
6.3.4 CSD 41
6.4 数字外设 43
6.4.1 定时器 / 计数器 /PWM 43
6.4.2 I2C 44
6.4.3 UART 47
6.4.4 SPI 47
6.4.5 存储器 48
6.5 系统资源 50
6.5.1 欠压时的上电复位直流规范 50
6.5.2 SWD 50
6.5.3 内部主振荡器 50
6.5.4 内部低速振荡器 51
6.6 USBDPD 外设 51
6.6.1 模数转换器 51
6.6.2 VBUS 调节器 52
6.6.3 CSA 53
6.6.4 VBUS 放电 54
6.6.5 UVOV 55
6.6.6 SBU 55
6.6.7 VCONN 开关 56
6.6.8 VSYS 56
6.6.9 栅极驱动器规范 57
6.6.10 充电器检测 60
7 订购信息 62
7.1 订购代码定义 62
8 封装 63
9 缩略语 66
10 文档规范 68
10.1 测量单位 68
修订记录 69

1 开发支持

EZ-PD™ PMG1 系列具有一系列丰富的文档、开发工具和在线资源，能够在开发过程中为您提供帮助。更多有关信息，请访问 **www.infineon.com/products/ez-pd-pmg1** 网站。

1.1 文档

通过为 EZ-PD™ PMG1 系列提供说明的文档集，您可以快速找到问题的答案。本节列出了一些关键文档。

软件用户指南：介绍了有关使用 ModusToolbox™ (MTB) 的逐步指南。该指南详细说明了 MTB 的构建流程，以及如何将源控件与 MTB 结合使用等信息。

组件数据手册：EZ-PD™ PMG1 非常灵活，在投入生产很长时间后依然可以创建新的外设 (组件)。组件数据手册提供了选择和使用特定组件所需的全部信息，其中包括功能说明、API 文档、示例代码以及交流 / 直流规范。

应用笔记：包括入门应用笔记和硬件设计指南。

技术参考手册 ： 技术参考手册 (TRM) 包含使用 EZ-PD™ PMG1 器件所需的全部技术细节，其中包括所有 EZ-PD™ PMG1 寄存器的相关完整说明。可以在 **www.infineon.com/products/ez-pd-pmg1** 网站的文档部分找到技术参考手册 (TRM)。

1.2 在线支持

除了印刷版文档外，您还可以随时通过 **EZ-PD™ PMG1 论坛** 与世界各地的 PMG1 用户和专家取得联系。

1.3 工具

EZ-PD™ PMG1 系列具备工业标准的内核、编程和调试接口，它是开发工具体系的一个组成部分。

有关易于使用的创新型 ModusToolbox™ IDE、所支持的第三方编译器、编程器、调试器和开发工具包的最新信息，请访问我们的网站 **https://www.infineon.com/products/modustoolbox-software-environment**。

1.4 ModusToolbox™ IDE 与 EZ-PD™ PMG1 SDK

ModusToolbox™是 Windows、macOS 和 Linux 平台上基于 Eclipse 的开发环境，包括 ModusToolbox™ IDE 和 EZ-PD™ PMG1 SDK。ModusToolbox™ IDE 将多个器件资源、中介软件和固件整合在一起，以构建应用程序。通过使用 ModusToolbox™，您可以启用和配置器件资源和中介软件库、编写 C/C++/ 汇编源代码，并且可以编程和调试器件。

PMG1 SDK 是 EZ-PD™ PMG1 MCU 的软件开发工具包。通过 SDK，您可以更加轻松地为受支持的器件开发固件，而无需了解器件资源的复杂性。

有关使用 ModusToolbox™的更多详细信息，请参阅 **Modus Toolbox™**应用笔记中的 EZ-PD™ PMG1 MCU 入门部分以及集成到ModusToolbox™中的文档和帮助部分的内容。如**Figure 2**所示，使用ModusToolbox™ IDE 时，您可以：

1. 根据模板应用程序列表创建新应用程序，按套件或器件过滤，或在线浏览代码示例集合。
2. 在器件配置器中对器件资源进行配置，以便在工作区中构建您的硬件系统设计。
3. 添加软件组件或中介软件。
4. 开发您的应用程序固件。

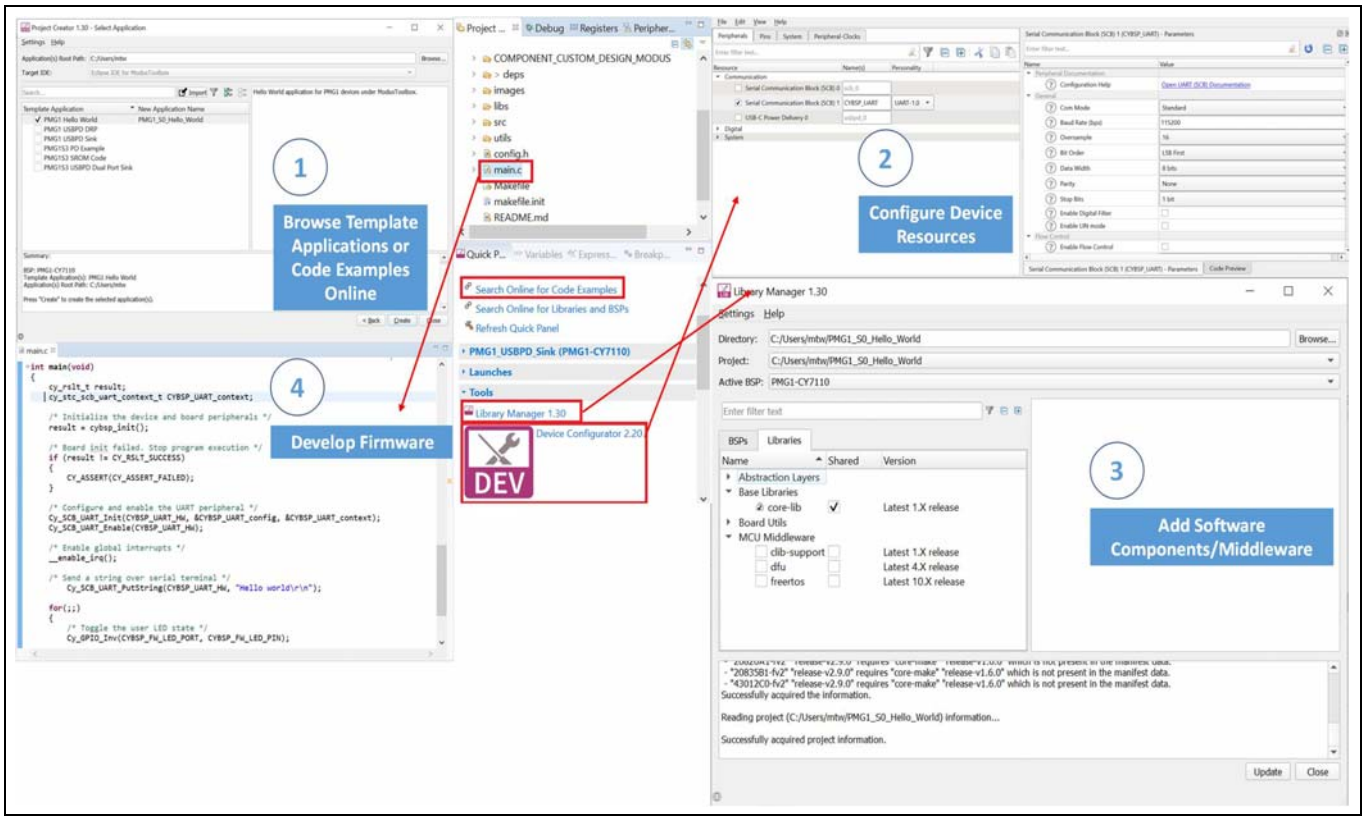


Figure 2　　ModusToolbox ™ IDE 资源和中介软件

2 功能概述

2.1 CPU 和存储器子系统

2.1.1 CPU

PMG1-S3 中的 Cortex®-M0+ 是一个 32 位的 MCU，该内核通过扩展的时钟门控来优化低功率操作。它通常使用 16 位指令并可以执行 Thumb-2 指令子集。Infineon 实现了一个能在一个周期内计算出 32 位结果的硬件乘法器。它包括一个带有 32 个中断输入的嵌套向量中断控制器 (NVIC) 模块和一个唤醒中断控制器 (WIC)。通过 WIC 将处理器从深度睡眠模式唤醒，这样在芯片处于深度睡眠模式时，可以关闭主处理器的电源。

CPU 子系统还包含一个 16 通道的 DMA/Datawire 模块和一个串行线调试 (SWD) 接口，即 JTAG 的一个两线模式。为 PMG1-S3 提供的调试配置具有四个断点 (地址) 比较器和两个观察点 (数据) 比较器。

2.1.2 Flash

PMG1-S3 具有一个 256 KB (2x 128KB) Flash 模块。

2.1.3 SRAM

提供了 32 KB 的 SRAM，在深度睡眠模式中保留了该模块。

2.1.4 ROM

所提供的 96 KB 监控 ROM 包含了引导和配置子程序。除了为 PMG1-S3 提供的闪存擦除和编程子程序外，SROM 还包含闪存校验子程序。

2.1.5 加密加速器

加密加速器模块支持以下要求：

- 支持非对称密钥加密的向量单元 (VU)
- SHA2 (256 位)
- 能够执行 RSA-4096、3072、ECC-256 的非对称加密向量单元
- AES (128 位) 支持前向分组密码
- 真随机数生成器 (符合 AIS-31 标准)
- 频率为 48 MHz 时的性能
  - RSA-3072 验证操作性能 : 25 ms
  - 使用 SHA-2 256 位算法加密 64 KB 数据的时间 : 10 ms
  - 安全启动在 50 ms 内将控制权转换给用户程序
- 公钥存储
  - Flash： 2KB RSA-3072 密钥结构存储在闪存中。密钥结构包括模数、指数和三个系数

2.2 系统资源

2.2.1 电源系统

有关电源系统的详细信息，请参考**电源系统概述**中介绍的内容。该系统可确保电压电平符合每个相应模式的要求，并且会延迟进入模式 (例如发生上电复位 (POR) 时)，直到电压电平符合器件正常工作的要求或者生成复位 (欠压检测 (BOD)) (如果器件即将运行于不安全的电源电平条件下) PMG1-S3 采用单个外部电源，其范围为 2.8 V ~ 5.5 V (VSYS) 或 4 V ~ 28 V (VBUS)。该器件还有三种不同的功耗模式 (活动、睡眠、深度睡眠)，它们之间的转换由电源系统控制。

根据内部外设为 PMG1-S3 电源系统设计的电流承受能力为 60 mA。在使用 28 V 电压调节器进行操作时，根据封装和 VBUS 电源值，要确保限制电流消耗 (通过关闭外设) 并保证芯片 T_{JA} 不超过 125 °C。

2.2.2 时钟系统

PMG1-S3 的时钟系统是 M0S8 平台的严格子集。PMG1-S3 具有一个完整的集成时钟，因此不需要外部晶振。该时钟系统为所有需要时钟的子系统 (SCB、TCPWM、可编程模拟子系统 (PASS) 和 PD) 提供时钟源，并在不同时钟源之间进行无毛刺切换。此外，它还确保不发生亚稳态。

Figure 3 显示了 PMG1-S3 的时钟系统，它由内部主振荡器 (IMO) 和内部低功耗振荡器 (ILO) 组成。PERXYZ_CLK 指示不同外设的时钟。

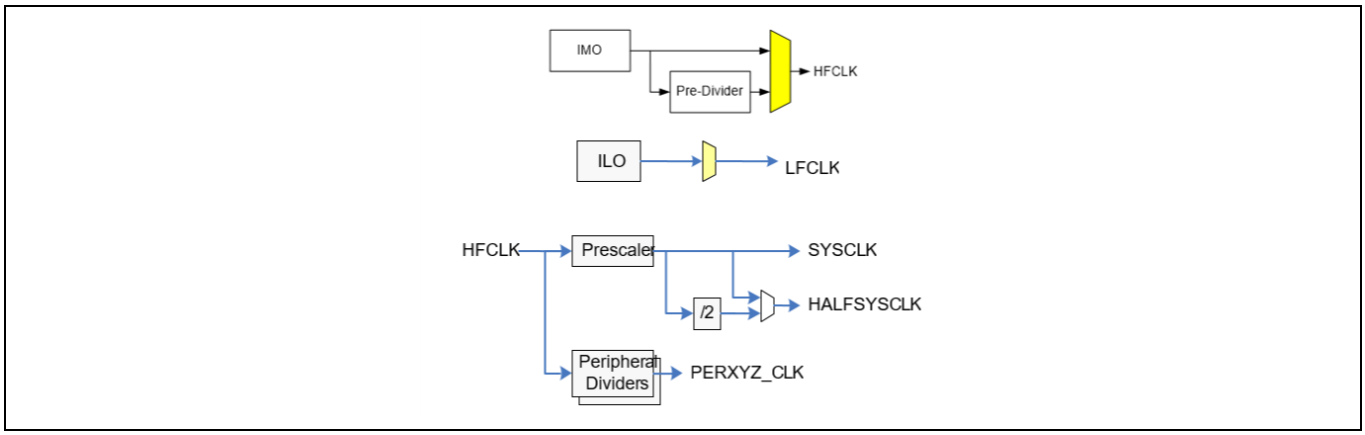


Figure 3 PMG1-S3 的时钟架构

通过分频 HFCLK 信号可以生成用于模拟和数字外设的同步时钟。PMG1-S3 具有 21 个时钟分频器 (其中 5 个具有小数分频功能，16 个具有整数分频功能)。在生成数字时钟前先生成模拟时钟，这样，可以在数字时钟相关噪声出现之前实现模拟事件。数字时钟分频器生成启用的时钟 (即 N 时钟源中的 1，其中 “N” 是除数)。模拟时钟分频器需要提供真正的 50% 占空比，这样才能在所有允许的频率下保持模拟性能 .

IMO 时钟源

在 PMG1-S3 中，IMO 是主要的内部时钟源。在生产过程中对该时钟源进行调整，使之满足所需的 +/-2% 准确度。调整值被存储在闪存存储器的监控行中。存储在闪存中的额外校准设置可在 IMO 频率变化时进行补偿。IMO 的默认频率为 48 MHz ±2%。在 IMO RMS 抖动的条件下可以获得 12 位 SAR 的准确度。

ILO 时钟源

ILO 是一个超低功耗但相对不准确的振荡器，主要用于在 USB 暂停 (深度睡眠) 模式下为外设操作提供时钟。它是一个 32 kHz 的振荡器，未调整精度为 -70 至 +150% 并且能够在 ±55% 范围内进行微调。

2.2.3 看门狗定时器

在由 ILO 提供时钟的时钟模块中执行看门狗定时器，这样看门狗可以在深度睡眠模式下工作。如果看门狗没有得到处理，则在超时发生前生成看门狗复位。如果需要，除了生成复位外，还可以通过该定时器生成中断。

2.2.4 复位

可以通过各种源 (包括软件复位) 对 PMG1-S3 进行复位。复位事件是异步的，并能够确保器件恢复到一个已知状态。复位原因被记录在寄存器内，该寄存器在复位过程中保持不变，从而软件可以确定复位原因。芯片为外部复位提供了一个 XRES 引脚，从而可以避免在上电或重新配置期间对配置和多个引脚造成任何负向影响。

2.2.5 电压参考

PMG1-S3 参考系统生成芯片所需要的所有内部参考。为了获得更好的信噪比和更高的绝对精度，可以通过使用 GPIO 引脚将内部参考旁路到特定引脚上或使用 12 位 SAR ADC 的外部参考源。通过使用片上运算放大器中的某一个，可以对引脚上的内部参考进行缓冲，并将其作为外部参考使用。

2.3 模拟模块

2.3.1 12 位 SAR ADC

12 位、1 MS/second 的 SAR ADC 可以在最大时钟速率为 18 MHz 的条件下运行，在该频率下进行 12 位数据转换至少需要 18 个时钟周期。通过将 CPU 时钟速率除以一个整数从而获取 ADC 时钟输入。这意味着在 CPU 时钟速率为 48 MHz 的条件下，允许的 ADC 最高时钟速率为
16 MHz。时钟速率为 16 MHz 时，能够以 1 MS/ 秒的速度执行 10 位转换 (10 位转换最少需要 16 个时钟周期)。使用整数分频器时，可以在频率为 48 MHz 的条件下以 890 次采样 / 秒的速度进行 12 位 ADC 转换。在频率为 18 或 36 MHz 时，该速度达到 1 MS/ 秒的峰值。ADC 需要占空比约为 50% 的时钟，并且该数值适用于所有整数分频器的值。

通过向该模块添加一个参考缓冲器并提供 3 个内部电压参考 (VDDA、VDDA/2 和 Vref (额定电压为 1.2 V)) 和一个通过 GPIO 引脚提供的外部参考电压，可以增强该模块的功能。采样和保持 (S/H) 时间是可编程的。可以通过该值降低对放大器增益带宽的要求，从而可以使用更便宜的外部运算放大器。该放大器驱动 SAR 输入，而该输入又决定了该放大器的建立时间。在使用了准确的参考，对于真正的 12 位精度，系统性能为 68 dB。此外，还可以为内部参考放大器提供一个外部旁路电容 (通过一个固定的引脚位置)。

SAR 通过一个 8 输入定序器连接一组固定的引脚。定序器自动地循环性通过已选通道 (定序器扫描)，而不需要任何切换开销 (即无论是在单通道上还是分布在多通道上，总采样带宽一直等于 1 Msps)。定序器的切换通过一个状态机或固件驱动切换实现。定序器可通过缓冲每个通道来减轻 CPU 中断处理的要求。为了适应各种源阻抗和频率的信号，每个通道可有不同的可编程采样时间。另外，SAR ADC 支持硬件的转换结果溢出检测机制。可以指定转换结果的上下限并将其保存在寄存器里，当 ADC 转换结果上 / 下溢出时，会触发中断。这样节省了 CPU 软件检测转换结果溢出与否的时间。

SAR 能够对多个采样求平均值，这样可以节省 CPU 带宽。它可以量化板上温度感应器的输出，以进行校准和实现与温度有关的其它功能。因为 SAR 需要使用高速时钟 (高达 18 MHz)，所以它不能在深度睡眠模式下运行。SAR 的工作电压范围为 1.71 至 5.5 V。

2.3.2 微型的连续时间模块 (CTBm)

PMG1-S3 具有一个由两个运算放大器组成的 CTBm 模块。这些运算放大器的输入和输出连接到固定引脚上。此外，它们还有三种功耗模式和一个比较器模式。这些放大器的输出可作为 SAR 输入的缓冲器使用。CTBm 模块连接到优先的引脚，并且可以通过各引脚和模拟路由结构进行完全互连。该模块具有高、中和低三种功率模式。在不使用该模块时，可以关闭 (电源切换) 它，以减低功耗。此外，还可以在深度休眠模式下运行该模块，这样从深度休眠状态唤醒后可以快速启动模拟系统。可以对运算放大器进行微调，以获得小于 1 mV 的偏移电压。

2.3.3 温度感应器

PMG1-S3 具有一个片上温度感应器。该感应器包含一个二极管，该二极管的偏置电流由一个电源 (可被禁用以便节省功耗) 提供。在生产过程中可以对该二极管进行校准，以获取 ±5% 的最大精度偏差 (典型值为 ±1%)。由于测量的温度为二极管的片上温度，因此要将二极管放置在靠近 SAR ADC 的位置，以进行更准确的测量。

2.3.4 低功耗比较器

PMG1-S3 具有一对能够在深度睡眠模式下工作的低功耗比较器。这样，当模拟系统模块被禁用时，仍可以在低功耗模式下监控外部电压电平。比较器输出通常都被同步到主时钟，以避免亚稳态发生，除非它在一个异步功耗模式 (深度睡眠) 下操作，在此模式下，比较器开关事件由系统唤醒电路激活。可以将比较器输出路由到各引脚，以便能够在没有同步或栅极的情况下使用比较器输出来实现控制循环 (例如迟滞控制)。

2.3.5 模拟复用总线

PMG1-S3 具有两个围绕芯片周边的同心独立总线。它们 (称为 AMUX 总线) 与固件可编程的模拟开关连接，通过这些开关，芯片的内部资源 (SAR ADC、比较器、CSD、运算放大器) 可连接到 I/O 端口上任何引脚。可以将这两个 AMUX 分成 3 部分，以隔离 CSD、ADC 和 GPIO 的连接。

2.4 USB-PD 子系统

该子系统为 Type-C USB 端口提供接口。

2.4.1 USB-PD 物理层

USB-PD 子系统由 USB-PD 物理层模块和配套电路组成。该物理层包含一个符合 PD 3.1 标准对 CC 通道上的 BMC 编码数据进行通信的发送器和接收器。所有通信都是半双工的。物理层 (PHY) 实施冲突避免，从而最小化通道上的通信错误。

2.4.2 VCONN FET

PMG1-S3 共有两个集成 VCONN FET，用于为 CC1 或 CC2 引脚供电。此外，还提供了一个电源输入 VCONN_Source 引脚，用于通过这些 VCONN FET 为 EMCA 线缆供电。这些 FET 可以在 4.85V 至 5.5V 的有效 VCONN 范围内为每个端口提供 1.5W 的功耗，并且通过 CC1/2 引脚给 EMCA 线缆供电。在任何给定时间内，只会开启两个 VCONN FET 中的一个。

2.4.3 ADC

ADC 是一个低占用空间的 8 位 SAR ADC，用于芯片上的通用模数转换应用。使用片上模拟复用器可以通过 GPIO 引脚访问该 ADC。在 PMG1-S3 中，每个 PD 端口都将实例化一个 ADC。

2.4.4 SBU 复用器

PMG1-S3的97-BGA封装包含一组模拟开关，用于将Type-C连接器的SBU1和SBU2引脚连接到DisplayPort的 AUX 或 Thunderbolt 的 LSx 和 UART 调试引脚。根据其各自规范的要求，AUX 引脚配有可切换的上拉和下拉电阻，如 **Figure 4** 所示。LSTX/RX，调试端口以数字方式多路复用，这些输入不需要模拟复用器。

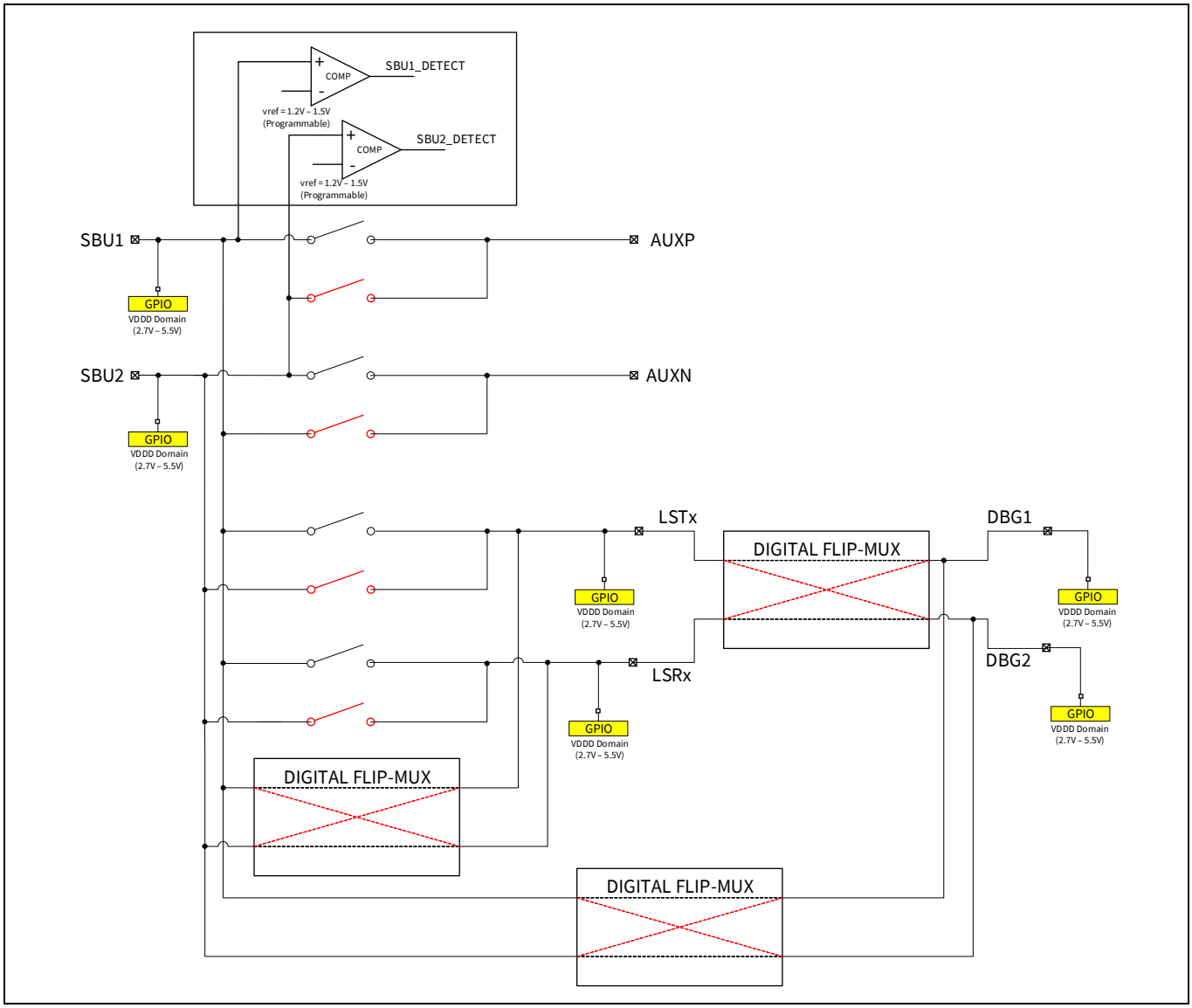


Figure 4 SBU 复用器

2.4.5 负载开关控制器

PMG1-S3 具有一个集成负载开关控制器，其功能如下。

VBUS 上的过压和欠压保护

该芯片为 VBUS 电源实现一个欠压 / 过压 (UVOV) 检测电路。UV 和 OV 的阈值均为可编程的值。

VBUS 的过电流、短路电流和反向电流故障检测比较器

该芯片支持检测 VBUS 发送路径上过电流、短路电流和反向电流等故障。放置在连接器 VBUS 路径上的外部电阻 (5 mΩ) 与芯片连接。通过监控该电阻上的压降可以检测这些故障。当 Type-C VBUS 大于 VIN (VBUS NFET 之前的发送端电压) 时，PMG1-S3 将 VBUS 发送路径上的反向电流限制为 400 mA。PMG1-S3 将进行快速反应并关闭 VBUS 发送端 NFET。接收路径上不支持该功能。只要接收端电压超过接收路径上连接器端的电压，就会出现反向电流。

VBUS 放电

PMG1-S3 具有一个集成高电压 (28 V) VBUS 放电电路。检测到拔线事件后，该芯片会释放残留电荷，并使浮动的 VBUS 回到 vSafe0V

VBUS 调节器

该芯片共有三个输入电源 – VSYS 和 VBUS_C (Port0 和 Port1)。芯片的工作电源由这些输入电源上的调节器提供。VSYS 始终优先于 VBUS。在没有 VSYS 的情况下，VBUS (根据其可用状态选用 Port0 或 Port1) 将通过调节器给芯片供电。

VBUS NFET 的灵活栅极驱动器

PMG1-S3 具有两个用于驱动外部 NFET 的集成栅极驱动器。这些栅极驱动器很灵活，它们独立于发送 / 接收路径，并且根据需求可以针对两个端口中的任何一个配置这些驱动器。针对给定的电路板 / 应用，将这些驱动器配置为发送端 / 接收端，除非重装电路板，否则无法更改已配置的功能。这些栅极驱动器只支持外部 NFET。这些 NFET 必须能够支持 ±VBUS_NGDO_MAX 的最大 VGS。这些栅极驱动器不支持 FRS 功能。

Figure 5 至 **Figure 9** 显示的是在不同情况下配置栅极驱动器的方法。

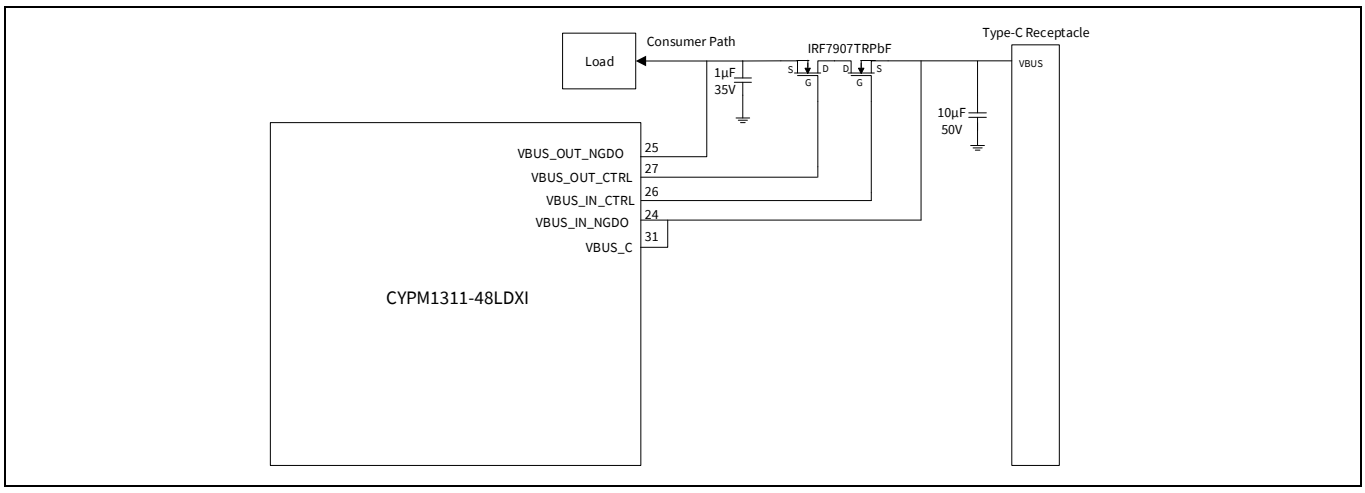


Figure 5 48-QFN 封装中 Type-C 端口上的接收源配置

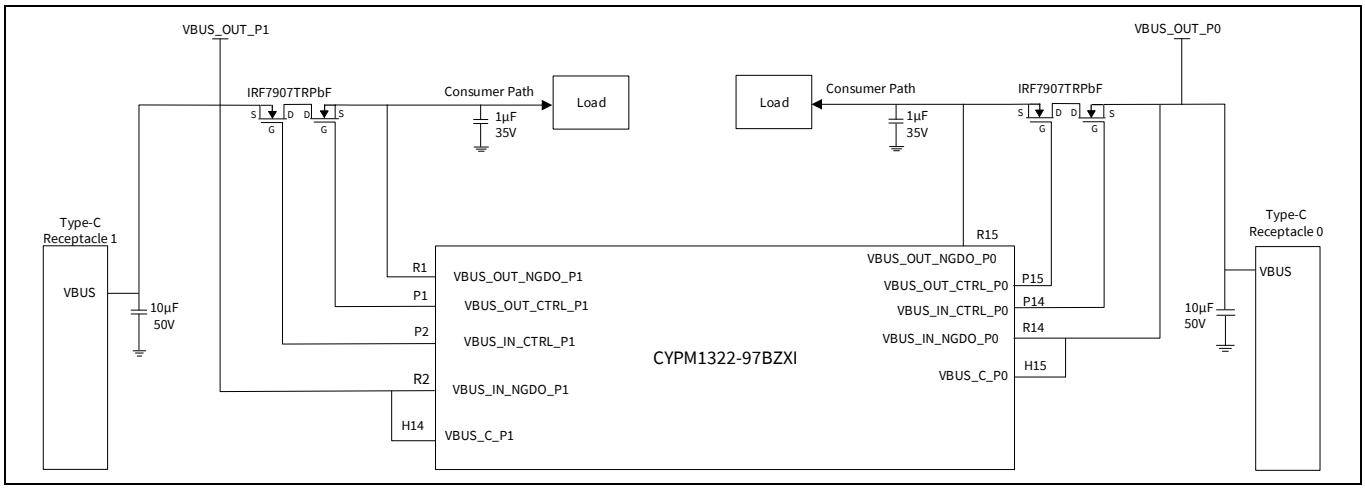


Figure 6　　97-BGA 封装中两个 Type-C 端口上的接收源配置

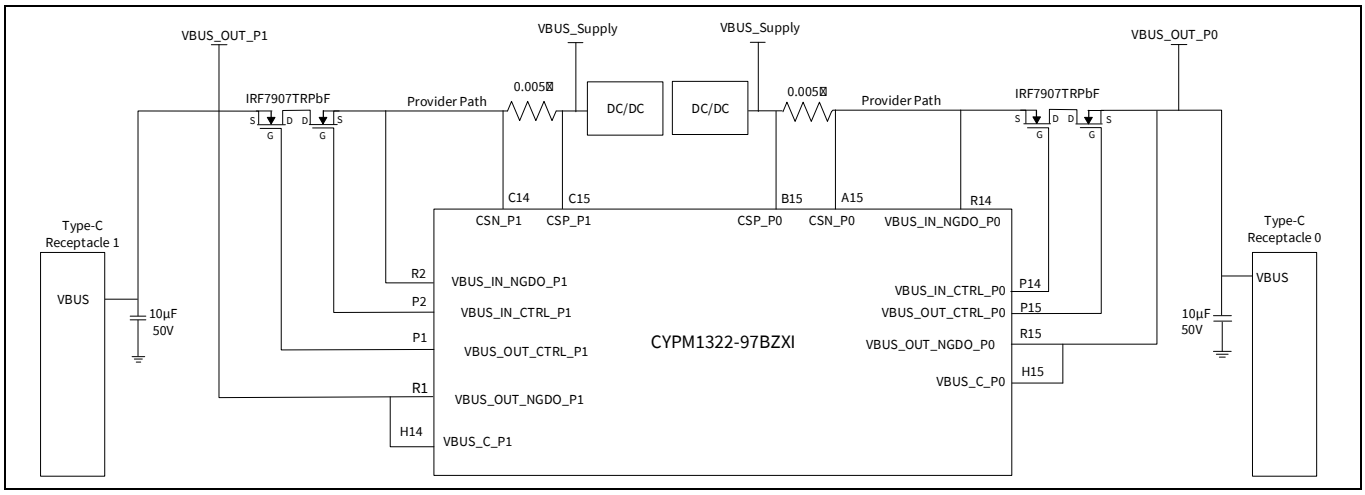


Figure 7　　97-BGA 封装中两个 Type-C 端口上的发送源配置

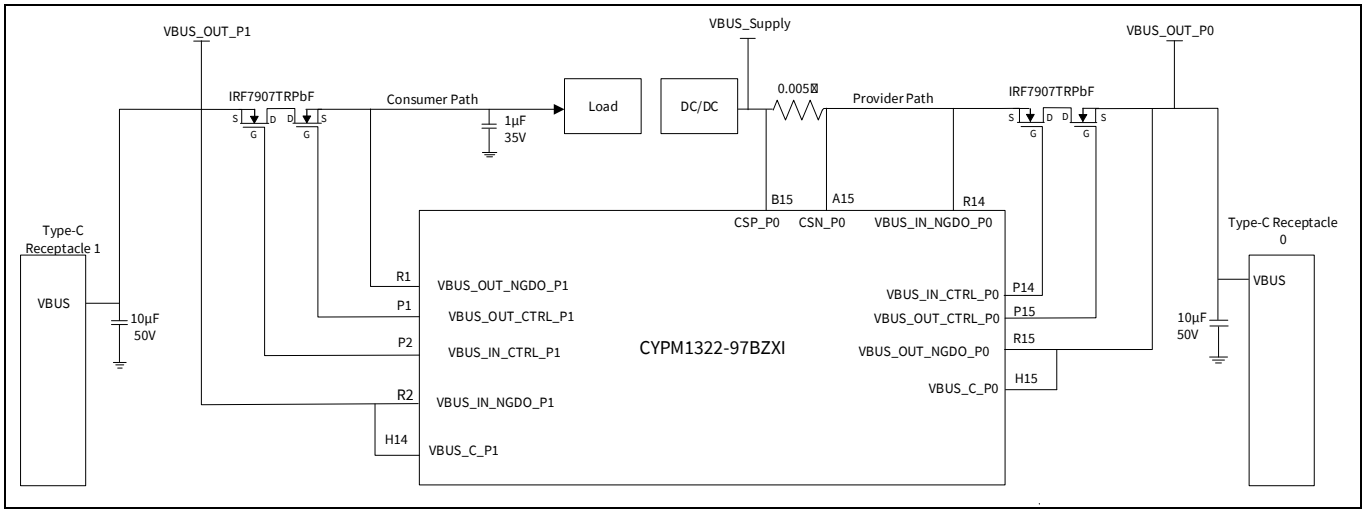


Figure 8　　97-BGA 封装中，一个 Type-C 端口上的发送源，另一个 Type-C 端口上的接收源

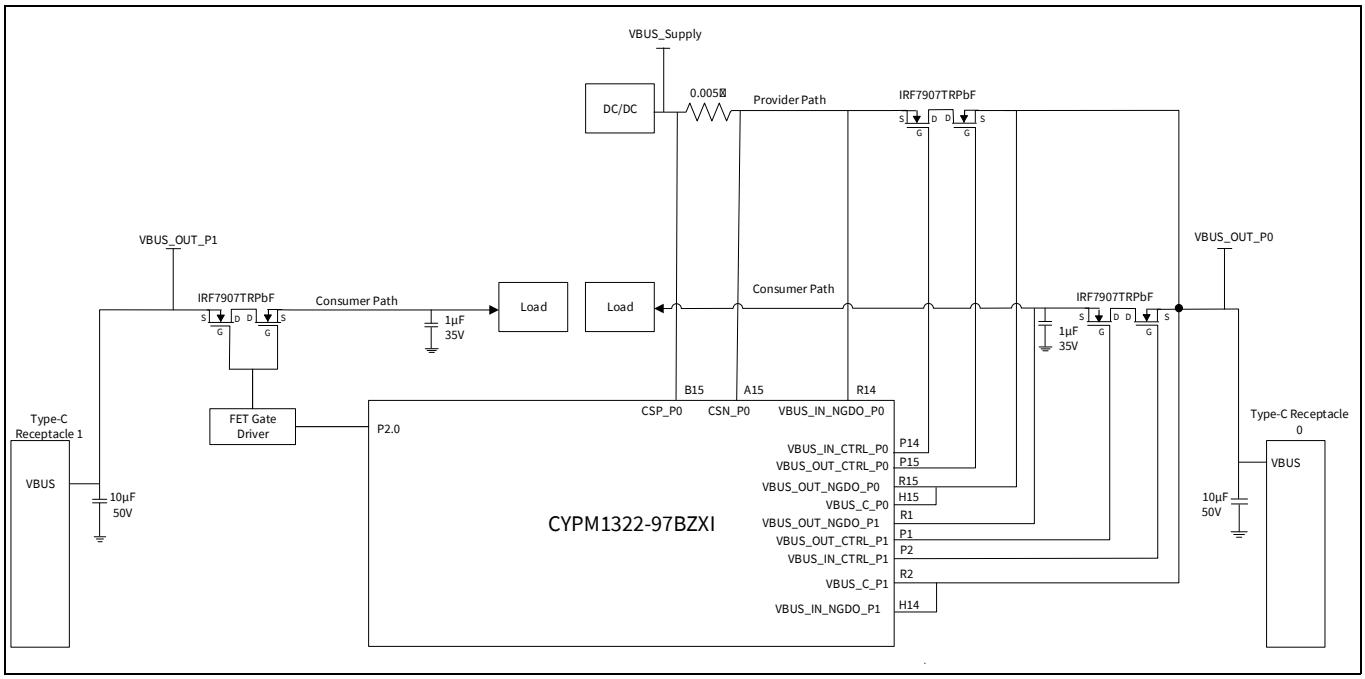


Figure 9　　97-BGA 封装中，一个 Type-C 端口上的 DRP，另一个 Type-C 端口上的接收源

在 **Figure 9** 中，端口 0 被配置为 DRP，并且两对 PMG1-S3 栅极驱动器引脚均被使用。因此，在端口 1 的接收路径上使用了由 GPIO 控制的外部 FET。

2.5　　USB2.0 全速器件和充电器检测

PMG1-S3 具有一个支持公告类的 USB 2.0 FS 器件和用于下载固件的 HID 类应用。通过连接到 DP/DM 引脚的充电器检测模块，PMG1-S 可以检测符合 BC 1.2、Apple Charger、QC3.0 和 AFC 标准的常规电池充电器。仅在发送源配置中支持 QC 和 AFC 协议。

2.6　　固定功能数字模块

2.6.1　　定时器 / 计数器 /PWM 模块

定时器 / 计数器 /PWM 模块包含一个用户可编程周期长度的 16 位计数器。另外，还有一个捕获寄存器，该寄存器用于记录事件 (可能是 I/O 事件) 发生时的计数值；一个周期寄存器，该寄存器用于停止或自动重新加载计数器 (如果计数值与周期寄存器的值相等)；一个比较寄存器，它被用于生成比较值信号，以作为 PWM 占空比输出使用。该模块还提供了正向输出和反向输出间的可编程偏移。这样，这些输出可以作为可编程死区的互补 PWM 输出使用。它还提供一个用于强制输出进入预定义状态的停止 (Kill) 输入。例如，在马达驱动系统中，当出现过电流状态时，需要立即通过它来关闭驱动FET的PWM，而没有时间等待软件干预。

PMG1-S3 具有多达八个 TCPWM。固件可以将这些模块作为内部定时器使用，或者在 GPIO 上使用这些模块提供基于 PWM 的功能。

2.6.2 SCB

PMG1-S3 具有八个 SCB 模块，可以将这些模块配置为 I2C、SPI 或 UART。这些模块可以实现完整的多主设备和从设备 I2C 接口。这些接口具有多主设备仲裁功能。I2C 符合标准 Philips I2C 规范 V3.0。这些模块的工作速度可达 1 Mbps，另外它还提供了各种灵活的缓冲选项，以降低 CPU 的中断开销和延迟。

此外，SCB 模块还支持一个深度为 8 字节的 FIFO，用于接收 (RX) 和传送 (TX) 数据。这些模块延长了 CPU 读取数据的时间，从而降低了时钟延展的发生 (由于 CPU 没有及时读取数据，因此才导致时钟延展)。在没有 DMA 的情况下，该 FIFO 模式非常有用。数据吞吐量并非 I2C 的关键考虑因素。SCB0 的 I2C 端口 I/O 具有过压容差功能 (OVT)。SCB1-7 的 I2C 端口没有 OVT 功能。

UART 模式：这是一个运行速度高达 1 Mbps 的全功能 UART。此外，它还支持 9 位多处理器模式。通过该模式可以寻址连接到通用 RX 和 TX 线的外设。支持通用 UART 功能，如奇偶校验错误、中断检测和帧错误。

SPI 模式：SPI 模式支持全 Motorola SPI、TI SSP (基本上添加了一个用于同步 SPI 编解码器的启动脉冲) 和 National Microwire (SPI 的半双工形式)。SPI 模块也可以使用 FIFO。

2.6.3 GPIO 接口

PMG1-S3 具有 50 个 GPIO，其中包含 SCB 和 SWD 引脚，可以将这些引脚作为 GPIO 使用。

GPIO 模块实现以下功能：

- 支持以下八种强驱动模式：强推拉、电阻上拉和下拉、弱 (电阻) 上拉和下拉、开漏及开源、仅输入以及禁用。
- 选择输入阈值 (CMOS 或 LVTTL)。
- 输入和输出禁用的独立控制。
- 用于锁存前一状态的保持模式 (用于保留 I/O 在深度睡眠模式的状态)
- dV/dt 相关噪声控制的可选转换速率。

引脚被分组为逻辑单元 (又称端口)，其宽度为 8 位。在上电和复位期间，各模块被强制进入禁用状态，从而避免为任何输入端供电和 / 或造成引脚启用时的过流现象。这是一个复用网络，又称高速 I/O 矩阵，用于复用可能连接到一个 I/O 引脚的各种信号。固定功能外设的引脚位置也被固定，以降低内部使用的复杂性。数据输出寄存器和引脚状态寄存器分别用于保存引脚上需要驱动的值和引脚的状态。可以通过软件对寄存器进行编程，从而配置每个数字 I/O 端口的引脚。

如果中断被使能，则每个 I/O 引脚都能生成一个由边沿触发的中断，并且每个 I/O 端口都有一个与其相关的中断请求 (IRQ) 和中断服务子程序 (ISR) 向量。

I/O 端口可以在深度休眠模式下保持其状态或保持开启状态。如果通过复位恢复操作，则引脚将进入高阻抗状态。如果通过中断事件恢复操作，则引脚驱动器将保持其状态，直到固件更改其状态为止。断电时，(数据总线上的) I/O 不会消耗电流。

GPIO 电源域

所有 GPIO 都被放置在一个独立的 I/O 电源域中 (VDDIO) (SBU GPIO 除外)。独立的 I/O 电源域提供了灵活的系统级接口连接。连接到 SBU (连接器端) 的 GPIO 位于 VDDD 域而不是 VDDIO 域。

Table 49 列出了 48-QFN 和 97-BGA 封装中 VDDIO 和 VDDD 域上的 GPIO 数量。在 97-BGA 封装中 VDDIO 上的 38 个 GPIO 里面，特殊模拟外围模块 (CTBm、12 位 SAR ADC、CAPSENSE ™输入和 LPCOMP) 使用了 26 个 GPIO (端口 1 (仅低功耗比较器输入)、端口 2、3 和 5)。对于这些 GPIO，请确保满足下面要求：

1. I/O 采用的外部电压或内部路由到 I/O 的电压不能超过 VDDIO 电源电压 (因为 VDDIO ≤ VDDA)
2. 启动时，只有所有电源 (VDDIO、VDDD 和 VDDA) 都通电后，才能在这些 I/O 上采用外部电压。

对于 97-BGA 中的所有 50 个 GPIO，AMUXBUSA 和 AMUXBUSB 线上的电压不能超过 VDDA 电源电压。

2.7 特殊功能外设

2.7.1 CAPSENSE ™

PMG1-S3 通过一个 CAPSENSE ™ sigma-delta (CSD) 模块在 16 个引脚上支持 CAPSENSE ™；通过一个模拟复用器总线，该模块可以连接到任何一个引脚，所有 GPIO 引脚都可以连接到该模拟复用器总线。因此，在软件控制的系统中，任何引脚或引脚组都可以提供 CAPSENSE ™功能。

CAPSENSE ™模块具有两个 IDAC。在不使用 CAPSENSE ™功能的情况下，这些 IDAC 可用于通用目的。由于具有两个 AMUX 总线，因此 CAPSENSE™可以使用其中一个 IDAC（不防水），而另一个 IDAC 可用于通用目的。

使用第二个 IDAC 提供耐水性的屏蔽驱动，用于驱动屏蔽，从而能够在感应期间寄生电容保持同一个电荷值。CAPSENSE ™模块提供自电容感应和互电容感应。

3 电源系统概述

Figure 10 显示了 PMG1-S3 上电源引脚的一般要求。通过 PMG1-S3 电源方案可以实现不同的 VDDD 和 VDDA 连接。此外，不需要电压排序。下面框图显示的是 VDDD 和 VDDA 可以是单独的网络，它们没有在芯片上欧姆连接。根据不同的封装要求，可能需要在绑定筹备中或者在芯片外连接这些电源。

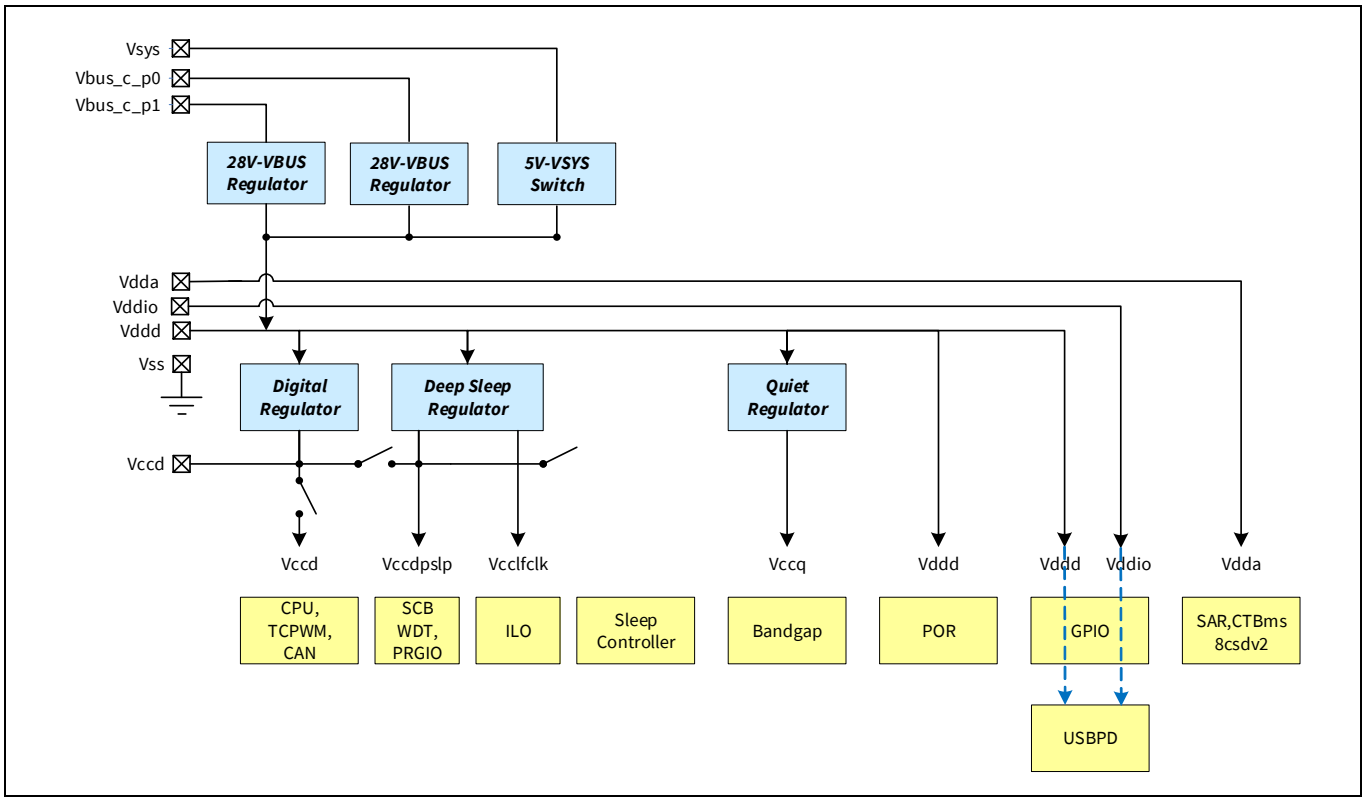


Figure 10 PMG1-S3 电源系统框图

4 引脚分布

Table 2 PMG1-S3 CYPM1322-97BZXI 和 CYPM1311-48LDXI 的引脚列表

组	97-BGA	48-QFN	引脚名称	备用功能 (HSIOM_PORT_SEL)								引脚说明
				模拟	ACT#0	ACT#1	ACT#2	ACT#3	DS#0	DS#2	DS#3	
GPIO	H2		P1.0	–	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CSD
	P3	12	P1.1	lpcomp1_inp	–	–	scb3_uart_rx	–	swd_clk	scb3_spi_clk	scb3_i2c_scl	GPIO、COMP1、SCB3、CSD、串行线调试时钟
	R3	13	P1.2	lpcomp1_inn	–	–	scb3_uart_tx	–	swd_data	scb3_spi_miso	scb3_i2c_sda	GPIO、COMP1、SCB3、CSD、串行线调试数据
	K4	14	P1.3	–	tcpwm4_line	tcpwm4_compare_match	scb3_uart_cts	tcpwm4_tr_in	–	scb3_spi_mosi	–	GPIO、SCB3、TCPWM4、CSD、thunderbolt 中断 PD 端口 0
	M10	20	P1.4	–	tcpwm5_line	tcpwm5_compare_match	scb3_uart_rts	tcpwm5_tr_in	–	scb3_spi_select	–	GPIO、SCB3、TCPWM5、CSD、热插拔检测 PD 端口 0
	M12	21	P1.5	lpcomp0_inn	–	–	scb1_uart_tx[1]	–	–	scb1_spi_miso	scb1_i2c_sda	GPIO、COMP0、SCB1、CSD
	K12	22	P1.6	lpcomp0_inp		–	–	–	–	scb1_spi_clk	scb1_i2c_scl	GPIO、COMP0、SCB1、CSD
	A2		P2.0	sarmux_0	–	–	scb5_uart_rts	–	–	scb5_spi_select	–	GPIO、SAR 输入、SCB5、CSD
	B2	48	P2.1	sarmux_1	tcpwm2_line	tcpwm2_compare_match	scb0_uart_rts	tcpwm2_tr_in	–	scb0_spi_select	–	GPIO、SAR 输入、TCPWM2、SCB0、CSD
	A3	47	P2.2	sarmux_2	–	–	scb5_uart_tx[1]	–	–	scb5_spi_miso	scb5_i2c_sda	GPIO、SAR 输入、SCB5、CSD
	B5	46	P2.3	sarmux_3	–	–	scb5_uart_rx[1]	–	–	scb5_spi_clk	scb5_i2c_scl	GPIO、SAR 输入、SCB5、CSD
	A7	45	P2.4	sarmux_4	tcpwm3_line	tcpwm3_compare_match	scb0_uart_cts	tcpwm3_tr_in	–	scb0_spi_miso	–	GPIO、SAR 输入、TCPWM3、SCB0、CSD
	A5		P2.5	sarmux_5	–	–	scb5_uart_cts	–	–	scb5_spi_mosi	–	GPIO、SAR 输入、SCB5、CSD
	B7		P2.6	sarmux_6	–	–	scb1_uart_rts	–	–	scb1_spi_mosi	–	GPIO、SAR 输入、SCB1、CSD
	A8		P2.7	sarmux_7	–	–	scb1_uart_cts		–	scb1_spi_select	–	GPIO、SAR 输入、SCB1、CSD
	A1	1	P3.0	sar_ext_vref0 sar_ext_vref1 ctb1_oa+	tcpwm6_line	tcpwm6_compare_match	scb4_uart_cts	tcpwm6_tr_in	–	scb4_spi_mosi	–	GPIO、CTBm、TCPWM6、SCB4、CSD
	B3		P3.1	ctb0_oa-	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CTBm、CSD
	C2		P3.2	ctb1_oa+	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CTBm、CSD
	B1	2	P3.3	ctb1_oa-	tcpwm7_line	tcpwm7_compare_match	scb4_uart_rts	tcpwm7_tr_in	-	scb4_spi_select	–	GPIO、CTBm、TCPWM7、SCB4、CSD
	D4		P3.4	ctb1_oa_out_10x	–	–	–	–	–	–	–	CTBm、GPIO、CSD
	F4	3	P3.5	ctb0_oa_out_10x	–	–	scb4_uart_rx	–	–	scb4_spi_clk	scb4_i2c_scl	GPIO、CTBm、SCB4、CSD
	E2	4	P3.6	ctb0_oa-	–	–	scb4_uart_tx	–	–	scb4_spi_miso	scb4_i2c_sda	GPIO、CTBm、SCB4、CSD
	C1		P3.7	ctb0_oa+	–	–	-	–	–	–	–	GPIO、CTBm、CSD
	E15	34	P4.0	–	–	–	scb0_uart_rx	–	swd_clk(alt)	scb0_spi_clk	scb0_i2c_scl	GPIO、SCB0、CSD
	D12	35	P4.1	–	–	–	scb0_uart_tx	–	swd_data(alt)	scb0_spi_mosi	scb0_i2c_sda	GPIO、SCB0、CSD
	G2	7	P5.0	csd_csh_tank	–	–	scb2_uart_rx	–	–	scb2_spi_clk	scb2_i2c_scl	GPIO、SCB2、CSD
	E1	8	P5.1	csd_c_mod	–	–	scb2_uart_tx	–	–	scb2_spi_mosi	scb2_i2c_sda	GPIO、SCB2、CSD
	H6	9	P5.2	–	–	–	scb2_uart_cts	–	–	scb2_spi_miso	lpcomp1_comp	GPIO、CSD
	H1	10	P5.3	csd_vref_ext	–	–	scb2_uart_rts	–	–	scb2_spi_select	lpcomp0_comp	GPIO、SCB2、CSD

Table 2 PMG1-S3 CYPM1322-97BZXI 和 CYPM1311-48LDXI 的引脚列表（续）

组	97-BGA	48-QFN	引脚名称	备用功能 (HSIOM_PORT_SEL)								引脚说明
				模拟	ACT#0	ACT#1	ACT#2	ACT#3	DS#0	DS#2	DS#3	
GPIO	G1		P5.4	–	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CSD
	H4	11	P5.5	–	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CSD、嵌入式控制器中断
	G15		P7.0	–	–	–	scb1_uart_rx	–	–	–	–	GPIO、SCB1、thunderbolt 中断 PD 端口 1
	G14		P7.1	–	–	–	–	–	–	–	–	CSD、热插拔检测 PD 端口 1
	A14		P7.2	–	–	–	–	–	–	–	–	GPIO、CSD
	B13		P7.3	–	–	–	scb7_uart_tx	–	–	scb7_spi_miso	scb7_i2c_sda	GPIO、SCB7、CSD
	B11		P7.4	–	–	–	scb7_uart_rx	–	–	scb7_spi_clk	scb7_i2c_scl	GPIO、SCB7、CSD
	A9		P7.5	–	–	–	scb7_uart_cts	–	–	scb7_spi_mosi	–	GPIO、SCB7、CSD
	B9		P7.6	–	–	–	scb7_uart_rts	–	–	scb7_spi_select	–	GPIO、SCB7、CSD
复用器 / 开关	R8	17	P0.0/LSRX_P1	–	–	–	–	–	usbpd1_sbu_lsrx[1]	–	–	GPIO、LSRX 端口 1
	R7		P0.1/LSTX_P1	–	–	–	–	–	usbpd1_sbu_lstx	–	–	GPIO、LSTX 端口 1
	P7		P0.2/DBG1_P1	–	–	–	–	–	usbpd1_sbu_dbg1	–	–	GPIO、SBU-LSTX debug1 引脚端口 1
	K6		P0.3/DBG2_P1	–	–	–	–	–	usbpd1_sbu_dbg2	–	–	GPIO、SBU-LSTX debug2 引脚端口 1
	P8		P0.4/DBG2_P0	–	tcpwm1_line	tcpwm1_compare_match	–	tcpwm1_tr_in	usbpd0_sbu_dbg2	–	–	GPIO、TCPWM1、SBU-LSTX debug2 引脚端口 0
	M8		P0.5/DBG1_P0	–	–	–	–	–	usbpd0_sbu_dbg1	–	–	GPIO、SBU-LSTX debug1 引脚端口 0
	R9		P0.6/LSTX_P0	–	–	–	–	–	usbpd0_sbu_lstx	–	–	GPIO、LSTX 端口 0
	R11		P0.7/LSRX_P0	–	–	–	–	–	usbpd0_sbu_lsrx	–	–	GPIO、LSRX 端口 0
	R5	15	P6.0/SBU1_P1	–		–	scb6_uart_tx	–	usbpd1_sbu_io1	scb6_spi_miso	scb6_i2c_sda	GPIO、DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 连接器端：端口 1、SCB6
	P5	16	P6.1/SBU2_P1	–	–	–	scb6_uart_rx	–	usbpd1_sbu_io2	scb6_spi_clk	scb6_i2c_scl	GPIO、DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 连接器端：端口 1、SCB6
	P13	18	P6.2/SBU2_P0	–	tcpwm0_line	tcpwm0_compare_match	scb6_uart_rts	tcpwm0_tr_in	usbpd0_sbu_io2	scb6_spi_select	–	GPIO、DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 连接器端：端口 0、SCB6
	R13	19	P6.3/SBU1_P0	–	–	–	scb6_uart_cts	–	usbpd0_sbu_io1	scb6_spi_mosi	–	GPIO、DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 连接器端：端口 0、SCB6
	M4		AUX_P_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 系统端：端口 1
	M6		AUX_N_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 系统端：端口 1
	P11		AUX_P_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 系统端：端口 0
	P9		AUX_N_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	DisplayPort 的 Type-C 辅助信号 – 系统端：端口 0
USB FS	A11	40	USBDM	–	–	–	–	–	–	–	–	USB 2.0 (FS-PHY) DM
	A13	39	USBDP	–	–	–	–	–	–	–	–	USB 2.0 (FS-PHY) DP

Table 2 PMG1-S3 CYPM1322-97BZXI 和 CYPM1311-48LDXI 的引脚列表（续）

组	97-BGA	48-QFN	引脚名称	备用功能 (HSIOM_PORT_SEL)								引脚说明
				模拟	ACT#0	ACT#1	ACT#2	ACT#3	DS#0	DS#2	DS#3	
VBUS OCP/SCP/RCP	A15	37	CSN_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	VBUS 端外部 Rsense 的电流感应负输入：端口 0
	B15	38	CSP_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	VBUS 端外部 Rsense 的电流感应正输入：端口 0
	C14		CSN_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	VBUS 端外部 Rsense 的电流感应负输入：端口 1
	C15		CSP_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	VBUS 端外部 Rsense 的电流感应正输入：端口 1
USB PD Type-C	N14	28	CC1_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	USB PD 端口 0 连接器检测 / 配置通道 1
	N15											
	N1		CC1_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	USB PD 端口 1 接器检测 / 配置通道 1
	N2											
	J14	30	CC2_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	USB PD 端口 0 连接器检测 / 配置通道 2
	J15											
	J1		CC2_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	USB PD 端口 1 连接器检测 / 配置通道 2
	J2											
VBUS_NGDO	R14	24	VBUS_IN_NGDO_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输入 — Path-0 (4 V-30 V)
	R2		VBUS_IN_NGDO_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输入 — Path-1 (4 V-30 V)
	R15	25	VBUS_OUT_NGDO_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输出 — Path-0 (4 V-30 V)
	R1		VBUS_OUT_NGDO_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输出 — Path-1 (4 V-30 V)
	P14	27	VBUS_IN_CTRL_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	用于使能 / 禁用 USB Type-C 端口 0 的 NFET (输入端) 的全轨控制 I/O
	P2		VBUS_IN_CTRL_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	用于使能 / 禁用 USB Type-C 端口 1 的 NFET (输入端) 的全轨控制 I/O
	P15	26	VBUS_OUT_CTRL_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	用于使能 / 禁用 USB Type-C 端口 0 的 NFET (输出端) 的全轨控制 I/O
	P1		VBUS_OUT_CTRL_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	用于使能 / 禁用 USB Type-C 端口 1 的 NFET (输出端) 的全轨控制 I/O
复位	E14	33	XRES	–	–	–	–	–	–	–	–	复位输入

Table 2 PMG1-S3 CYPM1322-97BZXI 和 CYPM1311-48LDXI 的引脚列表（续）

组	97-BGA	48-QFN	引脚名称	备用功能 (HSIOM_PORT_SEL)								引脚说明
				模拟	ACT#0	ACT#1	ACT#2	ACT#3	DS#0	DS#2	DS#3	
电源	D8	43	VDDD	–	–	–	–	–	–	–	–	VDDD 电源输出 1. 由 VSYS 供电 - (最小值：VSYS-100 mV) 2.7V - 5.5V 2. 由 VBUS 供电 - 2.7V -3.6V
	B14	36	VSYS	–	–	–	–	–	–	–	–	系统的电源，其范围为 2.8-V - 5.5-V
	D6	5	VDDA	–	–	–	–	–	–	–	–	电路板级上与 VDDD 短接的可编程模拟电源 (2.7V - 5.5V)
	F6			–	–	–	–	–	–	–	–	
	B8	23	VDDIO	–	–	–	–	–	–	–	–	GPIO 电源 (1.71V - 5.5V)
	H12	42		–	–	–	–	–	–	–	–	
	D10	41	VCCD	–	–	–	–	–	–	–	–	用于过滤电容的 1.8 V 调节器输出。该引脚不能驱动外部负载。
	H15	31	VBUS_C_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输入 — 端口 0 (4V - 30V)
	H14		VBUS_C_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	NGDO 的 VBUS 输入 — 端口 1 (4V - 30V)
	L14	29	VCONN_Source_P0	–	–	–	–	–	–	–	–	用于 Type-C VCONN FET 的电源，其范围为 4.85V - 5.5V：端口 0
	L15			–	–	–	–	–	–	–	–	
	L1		VCONN_Source_P1	–	–	–	–	–	–	–	–	用于 Type-C VCONN FET 的电源，其范围为 4.85V - 5.5V：端口 1
	L2			–	–	–	–	–	–	–	–	
接地	F10	6	VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	F12	32	VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	F8	44	VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	H10		VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	H8		VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	K10		VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地
	K8		VSS	–	–	–	–	–	–	–	–	接地

Note
1. 48-QFN 封装中不提供。

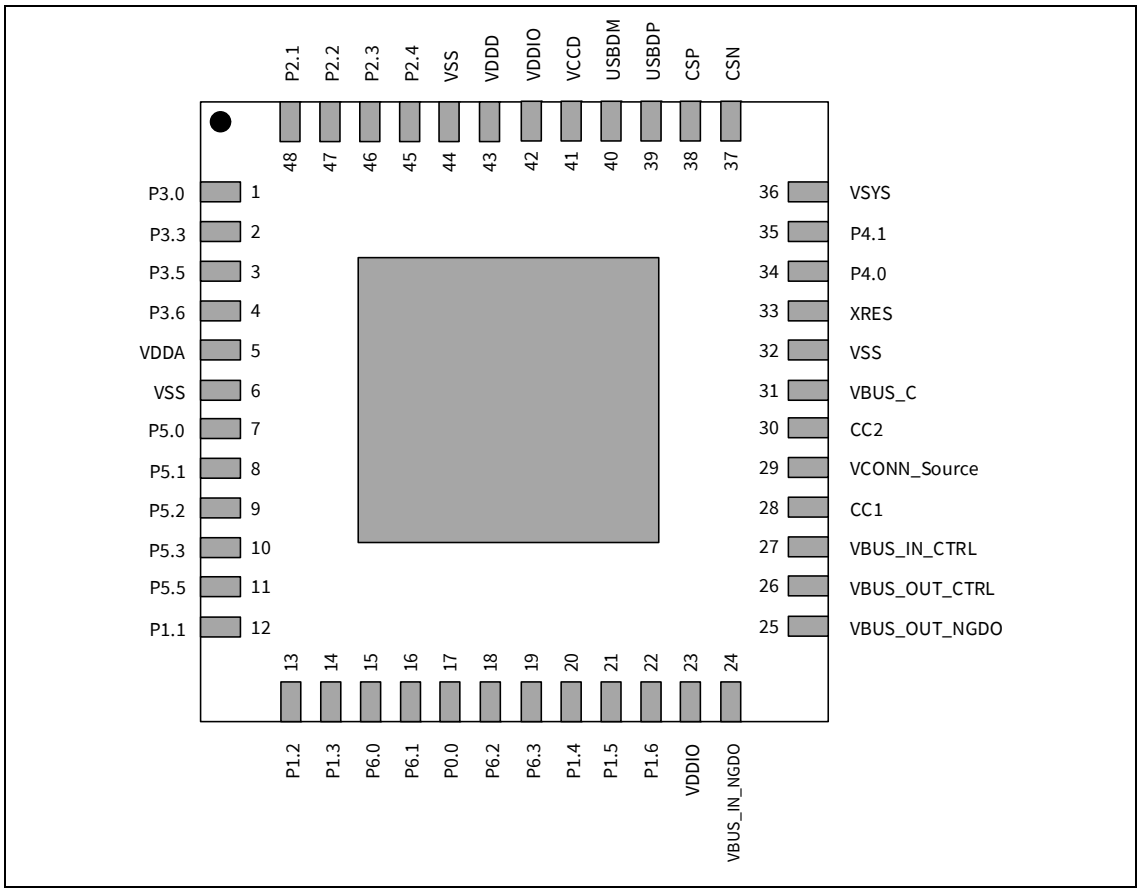


Figure 11 CYPM1311-48LDXI: 单端口 48-QFN

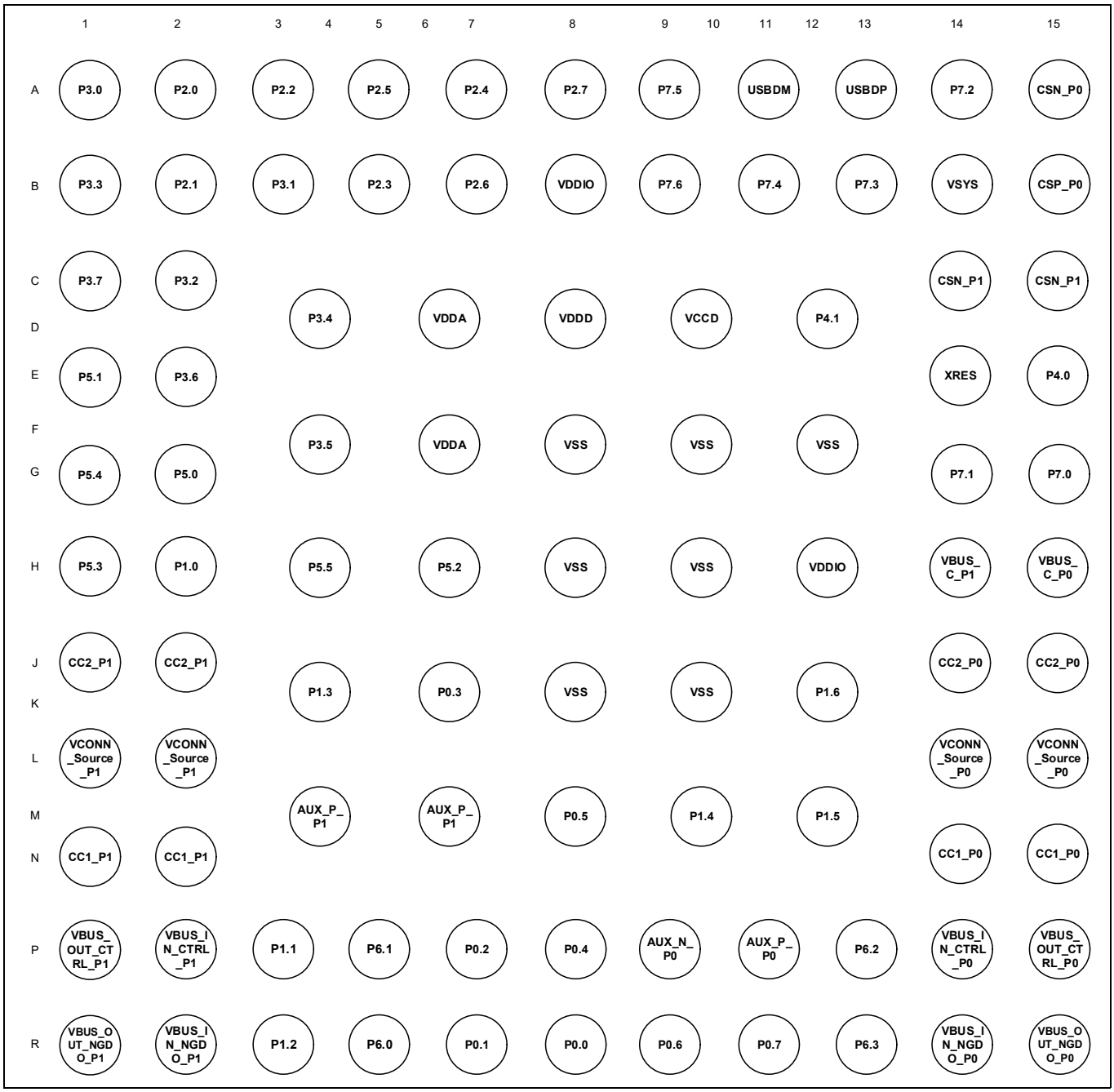


Figure 12 CYPM1322-97BZXI: 双端口 97-BGA

5 应用框图

Figure 13 显示的是 PMG1-S3 作为一个电源接收源使用，并与所连接的充电器协商 PD 合约，以获得更高的电压，同时，它也充当系统中 MCU 的角色。对于该器件应用，PMG1-S3 的封装形式为 48-QFN。

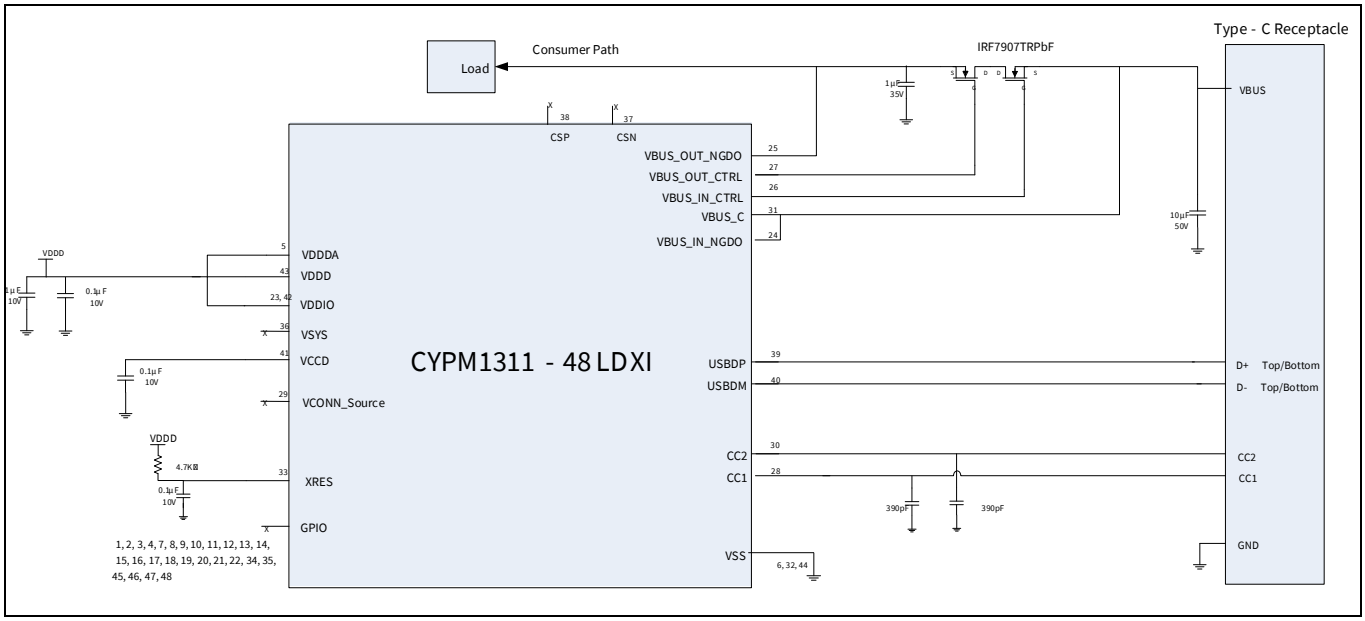


Figure 13 使用 48-QFN PMG1-S3 的电源接收源应用

Figure 14 显示了一个使用 97-BGA PMG1-S3 的应用。该应用在其中一个 Type-C 端口上作为电源发送端，并在另一个 Type-C 端口上作为电源接收端使用。

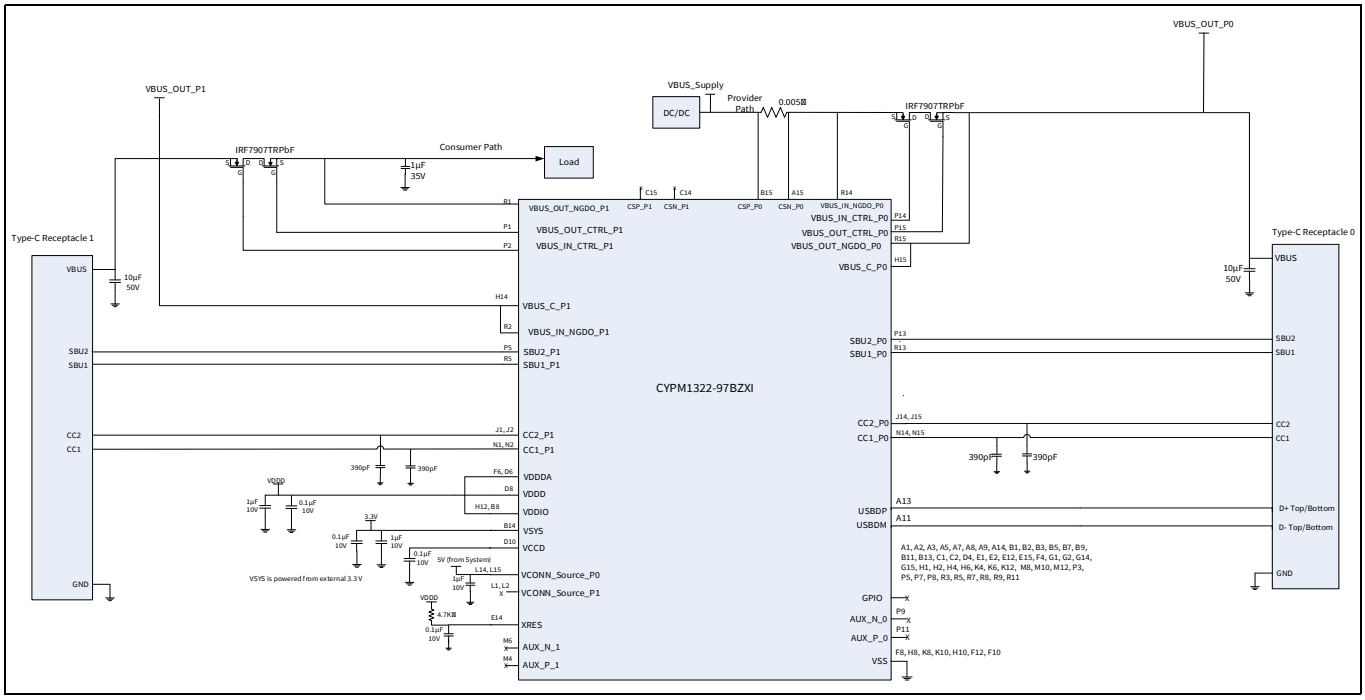


Figure 14 使用 97-BGA PMG1-S3 的电源发送端和接收端应用

6 电气规范

Table 3 最大绝对额定值 [2]

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PWR.ABS#1	V_{DDIO_ABS}	相对于 V_{SS} 的 I/O 供电电压 (V_{SSIO}=V_{SSD}=V_{SSA})	– 0.5[3]	–	6	V[4]	最小 - 最大绝对值
SID.PWR.ABS#2	V_{CCD_ABS}	相对于 V_{SSD} 的直接数字内核输入电压	-0.5	–	1.95	V	最小 - 最大绝对值
SID.PWR.ABS#3	V_{GPIO_ABS}	GPIO 电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值 在任何情况下，该值都不能超过 “V_{DDIO} +0.5” 。
SID.PWR.ABS#4	$V_{GPIO_OVT_ABS}$	GPIO OVT 电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值
SID.PWR.ABS#5	I_{GPIO_ABS}	每个 GPIO 上的电流	-25	–	25	_	最小 - 最大绝对值
SID.PWR.ABS#6	$I_{GPIO_injection}$	每个引脚上的 GPIO 注入电流	-0.5	–	0.5	_	最小 - 最大绝对值
SID.PD.PWR.ABS#1	$V_{CONN_SOURCE_ABS}$	相对于 Vss 的最小 - 最大供电电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值
SID.PD.PWR.ABS#2	V_{SYS_ABS}	相对于 Vss 的最小 - 最大供电电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值
SID.PD.PWR.ABS#3	V_{BUS_ABS}	相对于 Vss 的最小 - 最大 VBUS_C_P0/1 电压	-0.3	–	34	V	最小 - 最大绝对值
SID.PD.PWR.ABS#4	$V_{BUS_NGDO_ABS}$	相对于 Vss 的最小 - 最大 VBUS_IN/OUT_P0/1 电压	-0.3	–	34	V	最小 - 最大绝对值
SID.PD.PIN.ABS#1	$V_{CC_PIN_ABS}$	CC1 和 CC2 引脚上的最小 - 最大电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值 在任何情况下，该值都不能超过 “V_{DDD} +0.5” 。
SID.PD.PIN.ABS#2	$V_{SBU_PIN_ABS}$	SBU1 和 SBU2 引脚上的最小 - 最大电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值 在任何情况下，该值都不能超过 “V_{DDD} +0.5” 。

Notes

2. 使用高于 **Table 3** 中所列出的最大绝对值可能会给器件造成永久性损害。长期使用在最大绝对额定值下可能会影响器件的可靠性。最大存放温度是 150°C，符合 JEDEC 标准 JESD22-A103 — 高温度存放使用寿命标准 。如果采用的值低于最大绝对值但高于正常值，则器件可能不会正常工作。
3. 在一个系统中，如果负尖峰超过此处指定的最小电压，建议添加肖特基二极管来钳位负尖峰。
4. 除非另有说明，否则所有电压都相对于对地电压。

Table 3 最大绝对额定值 [2]（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.PIN.ABS#3	$V_{USB_PIN_ABS}$	USBDP 和 USBDM 引脚上的最小 - 最大电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值 在任何情况下，该值都不能超过 “V_{DDD} +0.5”。
SID.PD.PIN.ABS#4	$V_{AUX_PIN_ABS}$	AUX_N_P0/1 和 AUX_P_P0/1 引脚上的最小 - 最大电压	-0.5	–	6	V	最小 - 最大绝对值 在任何情况下，该值都不能超过 “V_{DDD} +0.5”。
SID.PD.PIN.ABS#5	$V_{CSA_PIN_ABS}$	CSP_P0/1 和 CSN_P0/1 引脚上的最小 - 最大电压	-0.3	–	34	V	最小 - 最大绝对值
BID1	TSTG_AMAX	存放温度	-55	25	150	°C	非工作温度。根据 JESD22-A103 HTSL 测试。
BID44	ESD_HBM	静电放电电压	2000	–	–	V	人体模型 ESD。
BID45	ESD_CDM	静电放电电压	500	–	–	V	充电器件模型 ESD
BID46	I_LU	栓锁电流范围	– 100	–	100	_	所有输入或输出、引脚至引脚或引脚至电源的最大 / 最小电流。

Notes

2. 使用高于 **Table 3** 中所列出的最大绝对值可能会给器件造成永久性损害。长期使用在最大绝对额定值下可能会影响器件的可靠性。最大存放温度是 150°C，符合 JEDEC 标准 JESD22-A103 — 高温度存放使用寿命标准 。如果采用的值低于最大绝对值但高于正常值，则器件可能不会正常工作。
3. 在一个系统中，如果负尖峰超过此处指定的最小电压，建议添加肖特基二极管来钳位负尖峰。
4. 除非另有说明，否则所有电压都相对于对地电压。

6.1 器件级规范

Table 4 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PWR#1	V_{DDD}	调节后的输出电压，在由 VSYS 供电的电源电压 (并非外部驱动) 条件下	V_{SYS} - 0.1	–	V_{SYS}	V	T_A = -40°C ~ +85°C，负载电流来自 V_{DDD} = 30 mA
SID.PWR#1A	V_{DDD}	调节后的输出电压，在由 VSYS 供电的电源电压 (并非外部驱动) 条件下	3	–	3.65	V	T_A = -40°C ~ +85°C
SID.PWR#1B	V_{DDD}	USB 总线电源的供电电压	4.25	–	5.35	V	USB-PHY 内部调节器被启用
SID.PWR#1C	V_{DDD}	旁路模式下 USB PHY 的供电电压 参数得到保证	3.05	–	3.55	V	旁路模式下的 USB-PHY 内部调节器
SID.PWR#1D	V_{DDD}	旁路模式下 USB PHY 的供电电压，仅功能得到保证	2.95	–	3.63	V	旁路模式下的 USB-PHY 内部调节器
SID.PWR#2	$V_{DDWRITE}$	闪存写操作的供电电压	2.7	–	5.5	V	T_A = -40°C ~ +85°C 所有 V_{DDD} 值。
SID.PWR#4	V_{DDIO}	I/O 的供电电压	1.71	–	V_{DDD}	V	T_A = -40°C ~ +85°C 所有 V_{DDD} 值
SID.PWR#5	V_{DDA}	I/O CAPSENSE ™、运算放大器、比较器和 12 位 ADC 模块的供电电压	V_{DDD}	–	V_{DDD}	V	T_A = -40°C ~ +85°C 所有 V_{DDD} 值；V_{DDA} = V_{DDD}
SID.PWR#6	V_{CCD}	输出电压 (供给内核逻辑)	–	1.8	–	V	–
SID.PWR#7	Cefc	V_{CCD} 的外部调节器电压旁路电容	80	100	120	nF	X5R 陶瓷电容或性能更好的电容
SID.PWR#8	Cexc	V_{DDD} 的外部调节器电压旁路电容	–	4.7	–	µF	X5R 陶瓷电容或性能更好的电容
SID.PWR#9	Cexv	V5V_0 和 V5V_1、V_{SY}、V_{DDIO}、V_{DDA} 的电源去耦电容	–	1	–	µF	X5R 陶瓷电容或性能更好的电容
SID.PD.PWR#1	V5V	V_{CONN} 的供电电压	4.85	–	5.5	V	T_A = -40°C ~ +85°C
SID.PD.PWR#2	VSYS_UFP	VSYS 的有效范围	2.8	–	5.5	V	UFP 应用
SID.PD.PWR#2A	VSYS_DFP_DRP	VSYS 的有效范围	3	–	5.5	V	DFP/DRP 应用
SID.PD.PWR#3	VBUS	VBUS_C_P0/1 的有效范围	4	–	30	V	–
SID.PD.PWR#3A	VBUS_NGDO	VBUS_IN/OUT_NGDO_P0/1 的有效范围	4	–	30	V	–
活动模式，VDD = 1.71 V - 5.5 V							
SID16	IDD11	从闪存内执行； CPU 的工作频率为 24 MHz	–	5.8	–	–	V_{DD} = 3.3 V 时，典型值 = 25°C，
SID19	IDD14	从闪存内执行； CPU 的工作频率为 48 MHz	–	11.2	–	–	V_{DD} = 3.3 V 时，典型值 = 25°C，

Table 4　　直流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
睡眠模式，VDD = 2.0 V ～ 5.5 V (调节器处于开启状态)							
SID22	IDD17	I^2C 唤醒、WDT 和比较器均处于开启状态，频率为 6 MHz。	–	1.3	2.2	–	V_{DD} = 3.3 V 时，典型值 = 25°C 电压为 5.5 V 时，最大值 = 85°C
SID25	IDD20	I^2C 唤醒、WDT 和比较器均处于开启状态。频率为 12 MHz。	–	1.85	2.5	–	V_{DD} = 3.3 V 时，典型值 = 25°C 电压为 5.5 V 时，最大值 = 85°C
深度睡眠模式，VDD = 2.7 V - 5.5 V							
SID34	IDD29	I^2C 唤醒和 WDT 处于开启状态。	–	250	–	µA	V_{DD} = 3.3 V 时，典型值 = 25°C，电源 = VSYS，未连接 Type-C，CC 被启用，用于唤醒，R_P 和 R_D 由 CPU 以 70 ms 的时间间隔进行连接。应该为两个 PD 端口启用 Rp、Rd 的连接。 如果 VBUS_IN_NGDO 和 VBUS_OUT_NGDO 均可用，请查看 SID.PD.GD#11 和 SID.PD.GD#12
SID_DS1	IDD_DS1	VSYS = 3.3 V 端口 0 和 1：CC 唤醒处于开启状态，未连接 Type-C	–	200	–	µA	电源 = VSYS，未连接 Type-C，CC 被启用，用于唤醒 R_P 和 R_D 由 CPU 以 70 ms 的时间间隔进行连接。应该为两个 PD 端口启用 Rp、Rd 的连接。如果 VBUS_IN_NGDO 和 VBUS_OUT_NGDO 均可用，请查看 SID.PD.GD#11 和 SID.PD.GD#12
SID_DS3	IDD_DS2	VSYS = 3.3 V 端口 1：CC 唤醒处于开启状态， 端口 0：CC/VCONN/SBU/NGDO/CSA/UVOV 被启用，SBU 被禁用	–	600	–	µA	电源 = VSYS，连接了一个端口，芯片处于深度睡眠模式 端口 1：CC 唤醒处于开启状态， 端口0：CC/VCONN/SBU/NGDO/CSA/UVOV 被启用，SBU 被禁用

Table 4　　直流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID_DS3_A	IDD_DS2A	VSYS = 3.3 V 端口 0 和 1： CC/ VCONN/SBU/NGDO/CSA/ UVOV 被启用， SBU 比较器被禁用	–	1100	–	µA	连接了两个端口 (CC/ VCONN/ SBU/NGDO/CSA/ UVOV 被启用， SBU 比较器被禁用)，芯片处于深度睡眠模式
XRES 电流							
SID307	IDD_XR	激活 XRES 时的供电电流	–	130	–	µA	电源发送源 = VSYS = 3.3 V，未连接 Type-C， TA = 25°C 如果 VBUS_IN_NGDO 和 VBUS_OUT_NGDO 均可用，请查看 SID.PD.GD#11a 和 SID.PD.GD#12a

Table 5　　交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.CPU#1	F_{CPU}	CPU 频率	DC	–	48	MHz	TA = -40°C ~ +85°C， 所有 V_{DDD} 值
SID.CPU#2	T_{SLEEP}	从睡眠模式唤醒的时间	–	0	–	µs	–
SID.CPU#3	$T_{DEEPSLEEP}$	从深度睡眠模式唤醒的时间	–	35	–	µs	–

6.2　GPIO

Table 6　　GPIO 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.GPIO.DC#1	Vih_CMOS	输入高电平电压阈值	0.7* V_{DD}	–	–	V	CMOS 输入
SID.GPIO.DC#2	Vil_CMOS	输入低电平电压阈值	–	–	0.3 * V_{DD}	V	CMOS 输入
SID.GPIO.DC#1a	Vih_VDDIO2.7-	LVTTL 输入、VDD < 2.7 V	0.7* V_{DD}	–	-	V	–
SID.GPIO.DC#2a	Vil_VDDIO2.7-	LVTTL 输入、VDD < 2.7 V	-	–	0.3 * V_{DD}	V	–
SID.GPIO.DC#1b	Vih_VDDIO2.7+	LVTTL 输入、VDD ≥ 2.7 V	2	–	–	V	–
SID.GPIO.DC#2b	Vil_VDDIO2.7+	LVTTL 输入、VDD ≥ 2.7 V	-	–	0.8	V	–
SID.GPIO.DC#1c	Vih_VCCHIB	V_{IH}、1.8 V 输入模式	1.26	–	–	V	–
SID.GPIO.DC#2c	Vil_VCCHIB	V_{IL}、1.8 V 输入模式	–	–	0.54	V	–

Table 6 GPIO 直流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.GPIO.DC#4	V_{OH}	高电平输出电压	V_{DD}-0.6	–	–	V	V_{DD} = 3 V 时，Ioh = 4 mA
SID.GPIO.DC#4a	V_{OH}	高电平输出电压	V_{DD}-0.5	–	–	V	V_{DD} = 1.8 V 时，Ioh = 4 mA
SID.GPIO.DC#5	V_{OL}	低电平输出电压	–	–	0.6	V	V_{DD} = 1.8 V 时，Iol = 4 mA
SID.GPIO.DC#5a	V_{OL}	低电平输出电压	–	–	0.6	V	V_{DD} = 3 V 时，Iol = 10 mA
SID.GPIO.DC#5b	V_{OL}	低电平输出电压	–	–	0.4	V	V_{DD} = 3 V 时，Iol = 3 mA
SID.GPIO.DC#6	R_{PULLUP}	上拉电阻	3.5	5.6	8.5	kΩ	–
SID.GPIO.DC#7	$R_{PULLDOWN}$	下拉电阻	3.5	5.6	8.5	kΩ	–
SID.GPIO.DC#8	I_{IL}	输入漏电流 (绝对值)	–	–	2	nA	25°C、V_{DD} = 3.0 V
SID.GPIO.DC#8a	I_{IL_CTBM}	CTBm 输入引脚上的输入漏电流	–	–	4	nA	–
SID.GPIO.DC#9	C_{IN}	输入电容	–	–	7	pF	–
SID.GPIO.DC#3b	V_{HYSTTL}	LVTTL 输入迟滞电压 VDD > 2.7 V	15	40	–	mV	–
SID.GPIO.DC#3	$V_{HYSCMOS}$	CMOS 输入迟滞电压	0.05* V_{DD}	–	–	mV	V_{DDIO} < 4.5V
SID.GPIO.DC#3a	VHYSCMOS55	CMOS 输入迟滞电压	200.0	–	–	mV	V_{DDIO} > 4.5V
SID.GPIO.DC#3c	V_{HYS_VCCHIB}	输入迟滞电压，1.8 V 输入模式	90	–	–	mV	V_{DDIO} > 4.5V
SID.GPIO.DC#10	I_{DIODE}	通过保护二极管到达 V_{DD}/V_{SS} 的电流	–	–	100	µA	–
SID.GPIO.DC#11	I_{TOT_GPIO}	V_{DDIO} 由外部源供电时发送源或接收源芯片的最大总电流	–	–	200	_	–
SID.GPIO.DC#11a	$I_{TOT_GPIO_VDDD}$	V_{DDD} 与 V_{DDIO} 在电路板上短接时发送源或接收源芯片的最大总电流	–	–	10	_	–

Table 7 GPIO 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.GPIO.AC#1	T_{RISEF}	快速强驱动模式下的上升时间	2	–	12	ns	3.3 V V_{DD}，Cload = 25 pF
SID.GPIO.AC#2	T_{FALLF}	快速强驱动模式下的下降时间	2	–	12	ns	3.3 V V_{DD}，Cload = 25 pF
SID.GPIO.AC#3	T_{RISES}	慢速强驱动模式下的上升时间	10	–	60	ns	3.3 V V_{DD}，Cload = 25 pF
SID.GPIO.AC#4	T_{FALLS}	慢速强驱动模式下的下降时间	10	–	60	ns	3.3 V V_{DD}，Cload = 25 pF
SID.GPIO.AC#5	FGPIOUT1	GPIO Fout；3.3 V≤V_{DD}≤5.5 V。 快速强驱动模式。	–	–	33	MHz	90/10%， 负载电容为 25-pF 60/40 占空比
SID.GPIO.AC#6	FGPIOUT2	GPIO Fout；1.71 V≤V_{DD}≤3.3 V。 快速强驱动模式。	–	–	16.7	MHz	90/10%， 负载电容为 25-pF， 60/40 占空比
SID.GPIO.AC#7	FGPIOUT3	GPIO Fout；3.3 V≤V_{DD}≤5.5 V。 慢速强驱动模式。	–	–	7	MHz	90/10%， 负载电容为 25-pF， 60/40 占空比
SID.GPIO.AC#8	FGPIOUT4	GPIO Fout；1.71 V≤V_{DD}≤3.3 V。 慢速强驱动模式。	–	–	3.5	MHz	90/10%， 负载电容为 25-pF， 60/40 占空比
SID.GPIO.AC#9	F_{GPIOIN}	GPIO 输入工作频率； 1.71 V ≤ V_{DD} ≤ 5.5 V	–	–	16	MHz	90/10% V_{IO}

6.2.1 XRES

Table 8 XRES 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.XRES.DC#1	VIH_XRES	输入高电平电压阈值	0.7* V_{DD}	–	–	V	CMOS 输入
SID.XRES.DC#2	VIL_XRES	输入低电平电压阈值	–	–	0.3* V_{DD}	V	CMOS 输入
SID.XRES.DC#3	CIN_XRES	输入电容	–	–	7	pF	–
SID.XRES.DC#4	VHYSXRES	输入电压迟滞	–	0.05 * V_{DDIO}	–	mV	–
SID.XRES.DC#5	IDIODE	通过保护二极管到达 VDD/Vss 的导通电流	–	–	100	µA	–

Table 9 XRES 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.XRES.AC#1	$T_{RESETWIDTH}$	复位脉冲宽度	5	–	–	µs	TA = -40°C ~ +85°C，所有 V_{DDIO} 值
SID.XRES.AC#2	T_{XRES_GF}	外部复位毛刺过滤时间	–	20	–	ns	TA = -40°C ~ +85°C，所有 V_{DDIO} 值
BID194	$T_{RESETWAKE}$	从复位释放到唤醒的时间	–	–	2.7	ms	–

6.3 模拟外设

Table 10 运算放大器规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
IDD： 运算放大器模块电流。外部负载。							
SID269	IDD_HI	功耗 = 高	–	1100	1900	µA	–
SID270	IDD_MED	功耗 = 中	–	550	1020	µA	–
SID271	IDD_LOW	功耗 = 低	–	150	370	µA	–
GBW： 负载 = 20 pF，0.1 mA。VDDA = 2.7 V							
SID272	GBW_HI	功耗 = 高	6	–	–	MHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
SID273	GBW_MED	功耗 = 中	3	–	–	MHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
SID274	GBW_LO	功耗 = 低	–	1	–	MHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
IOUT_MAX： VDDA=>2.7 V，电源电压 = 500 mV							
SID275	IOUT_MAX_HI	功耗 = 高	10	–	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
SID276	IOUT_MAX_MID	功耗 = 中	10	–	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
SID277	IOUT_MAX_LO	功耗 = 低	–	5	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
IOUT： VDDA = 1.71 V，电源电压 = 500 mV							
SID278	IOUT_MAX_HI	功耗 = 高	4.0	–	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
SID279	IOUT_MAX_MID	功耗 = 中	4	–	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
SID280	IOUT_MAX_LO	功耗 = 低	–	2	–	_	输出电压为 0.5 V V_{DDA}-0.5 V
IDD_Int： 运算放大器模块电流。外部负载。							
SID269_I	IDD_HI_Int	功耗 = 高	–	1500	1700	µA	–
SID270_I	IDD_MED_Int	功耗 = 中	–	700	980	µA	–
SID271_I	IDD_LOW_Int	功耗 = 低	–	–	–	µA	–

Table 10　运算放大器规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
GBW： VDDA = 2.7 V							
SID272_I	GBW_HI_Int	功耗 = 高	8	–	–	MHz	输入电压范围为 0.25 V ~ V_{DDA}-0.25 V
SID273_I	GBW_MED_Int	功耗 = 中	4	–	–	MHz	输入电压范围为 0.25 V ~ V_{DDA}-0.25 V
SID274_I	GBW_LO_Int	功耗 = 低	1	–	–	MHz	输入电压范围为 0.25 V ~ V_{DDA}-0.25 V
内部和外部模式的通用运算放大器规范							
SID281	VIN	电荷泵处于开启状态，V_{DDA} => 2.7 V	-0.05	–	V_{DDA}-0.2	V	–
SID282	VCM	电荷泵处于开启状态，V_{DDA} => 2.7 V	-0.05	–	V_{DDA}-0.2	V	–
VOUT : VDDA=> 2.7 V							
SID283	VOUT_1	功耗 = 高、Iload = 10 mA	0.5	–	V_{DDA}-0.5	V	–
SID284	VOUT_2	功耗 = 高、Iload = 1 mA	0.2	–	V_{DDA}-0.2	V	–
SID285	VOUT_3	功耗 = 中、Iload = 1 mA	0.2	–	V_{DDA}-0.2	V	–
SID286	VOUT_4	功耗 = 低、Iload = 0.1 mA	0.2	–	V_{DDA}-0.2	V	–
SID288	VOS_TR	偏移电压，校准后	-1	±0.5	1	mV	高功耗模式，输入电压范围为 0 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID288A	VOS_TR	偏移电压，校准后	–	+/-1	–	mV	中等功耗模式，输入电压范围为 0 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID288B	VOS_TR	偏移电压，校准后	–	+/-2	–	mV	低功耗模式，输入电压范围为 0 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID290	VOS_DR_TR	偏移电压飘移，校准后	-10	+/-3	10	µV/C	高功耗模式
SID290A	VOS_DR_TR	偏移电压飘移，校准后	–	+/10	–	µV/C	中等功耗模式
SID290B	VOS_DR_TR	偏移电压飘移，校准后	–	+/-10	–	µV/C	低功耗模式
SID291	CMRR	DC	70	80	–	dB	输入电压范围为 0 V ~V_{DDA}-0.2 V，输出电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID292	PSRR	工作频率为 1 kHz，纹波电压 = 10 mV	70	85	–	dB	V_{DDD} = 3.6 V，高功耗模式，输入电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V

Table 10　运算放大器规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
噪声							
SID293	VN1	输入相关噪声，频率为 1 Hz ~ 1 GHz，功耗 = 高	–	94	–	µVrms	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
SID294	VN2	输入相关噪声，频率 =1 kHz，功耗 = 高	–	72	–	nV/rtHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2V
SID295	VN3	输入相关噪声，频率 =10 kHz，功耗 = 高	–	28	–	nV/rtHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
SID296	VN4	输入相关噪声，频率 = 100 kHz，功耗 = 高	–	15	–	nV/rtHz	输入和输出的电压范围为 0.2 V~V_{DDA}-0.2 V
SID297	CLOAD	稳定输出模式下的最大负载。Cload = 50 pF 时满足性能规范。	–	–	125	pF	–
SID298	Slew_rate	Cload = 50 pF，功耗 = 高，V_{DDA} => 2.7 V	4	–	–	V/µs	–
SID299	T_OP_WAKE	从禁用到启用的时间，无外部 RC 电路支配	–	–	25	µs	–
SID299A	OL_GAIN	开环增益	–	90	–	dB	–
COMP_MODE：比较器模式；50mV 驱动，Trise = Tfall (近似值)							
SID300	TPD1	响应时间；功耗 = 高	–	150	–	ns	输入的电压范围为0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID301	TPD2	响应时间；功耗 = 中	–	500	–	ns	输入的电压范围为0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID302	TPD3	响应时间；功耗 = 低	–	2500	–	ns	输入的电压范围为0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID303	VHYST_OP	迟滞	–	10	–	mV	–
SID304	WUP_CTB	从启用到可用的唤醒时间	–	–	25	µs	–
深度睡眠模式：模式 2 有最低的电流范围。模式 1 有更高的 GBW。							
SID_DS_1	IDD_HI_M1	模式 1，高电流	–	1400	–	µA	25 °C
SID_DS_2	IDD_MED_M1	模式 1，中电流	–	700	–	µA	25 °C
SID_DS_3	IDD_LOW_M1	模式 1，低电流	–	200	–	µA	25 °C
SID_DS_4	IDD_HI_M2	模式 2，高电流	–	120	–	µA	25 °C
SID_DS_5	IDD_MED_M2	模式 2，中电流	–	60	–	µA	25 °C
SID_DS_6	IDD_LOW_M2	模式 2，低电流	–	15	–	µA	25 °C
SID_DS_7	GBW_HI_M1	模式 1，高电流	–	4	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V

Table 10 运算放大器规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID_DS_8	GBW_MED_m1	模式 1，中电流	–	2	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_9	GBW_LOW_M!	模式 1，低电流	–	0.5	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_10	GBW_HI_M2	模式 2，高电流	–	0.5	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_11	GBW_MED_M2	模式 2，中电流	–	0.2	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_12	GBW_Low_M2	模式 2，低电流	–	0.1	–	MHz	Cload = 20 pF，无直流负载 电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_13	VOS_HI_M1	模式 1，高电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_14	VOS_MED_M1	模式 1，中电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_15	VOS_LOW_M2	模式 1，低电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_16	VOS_HI_M2	模式 2，高电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_17	VOS_MED_M2	模式 2，中电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_18	VOS_LOW_M2	模式 2，低电流	–	5	–	mV	已微调，T = 25°C，电压范围为 0.2 V ~ V_{DDA}-0.2 V
SID_DS_19	IOUT_HI_M!	模式 1，高电流	–	10	–	–	输出电压范围为 0.5 V ~ V_{DDA}-0.5 V
SID_DS_20	IOUT_MED_M1	模式 1，中电流	–	10	–	–	输出电压范围为 0.5 V ~ V_{DDA}-0.5 V
SID_DS_21	IOUT_LOW_M1	模式 1，低电流	–	4	–	–	输出电压范围为 0.5 V ~ V_{DDA}-0.5 V
SID_DS_22	IOUT_HI_M2	模式 2，高电流	–	1	–	–	–
SID_DS_23	IOU_MED_M2	模式 2，中电流	–	1	–	–	–
SID_DS_24	IOU_LOW_M2	模式 2，低电流	–	0.5	–	–	–

6.3.1 比较器

Table 11 比较器直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID84	VOFFSET1	输入偏移电压，出厂校准值	–	–	±10	mV	–
SID85	VOFFSET2	输入偏移电压，自定义校准	–	–	±4	mV	–
SID86	V_{HYST}	迟滞 (使能时)	–	10	35	mV	–
SID87	VICM1	正常模式下的共模输入电压	0	–	V_{DDD}- 0.1	V	模式 1 和 2
SID247	VICM2	低功耗电压模式下的共模输入电压	0	–	V_{DDD}	V	–
SID247A	VICM3	超低功耗模式下的共模输入电压	0	–	V_{DDD}- 1.15	V	温度为 -40 °C 时，$V_{DDD} \geq 2.2$ V
SID88	CMRR	共模抑制比	50	–	–	dB	$V_{DDD} \geq 2.7$ V
SID88A	CMRR	共模抑制比	42	–	–	dB	$V_{DDD} \leq 2.7$ V
SID89	ICMP1	模块电流，正常模式	–	–	400	µA	–
SID248	ICMP2	模块电流，低功耗模式	–	–	100	µA	–
SID259	ICMP3	模块电流，超低功耗模式	–	6	28	µA	温度为 -40 °C 时，$V_{DDD} \geq 2.2$ V
SID90	Z_{CMP}	比较器的直流输入阻抗	35	–	–	MΩ	–

Table 12 比较器交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID91	TRESP1	响应时间，正常模式 过压值为 50 mV	–	38	110	ns	–
SID258	TRESP2	响应时间，低功耗模式， 过压值为 50 mV	–	70	200	ns	–
SID92	TRESP3	响应时间，超低功耗模式， 过压值为 200 mV	–	–	35	µs	温度为 -40 °C 时，$V_{DDD} \geq 2.2$ V

6.3.2 温度感应器

Table 13 感应器的温度规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID93	TSENSACC	温度感应器准确度	-5	±1	5	C	-40 ~ +85 °C

6.3.3 SAR ADC

Table 14 SAR ADC 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID94	A_RES	分辨率	–	–	12	位	–
SID95	A_CHNLS_S	通道数量 — 单端	–	–	8		8 个全速通道。
SID96	A-CHNKS_D	通道数量 — 差分	–	–	4		差分通道的输入端使用相邻 I/O
SID97	A-MONO	单调性	–	–	-		有。
SID98	A_GAINERR	增益误差	–	–	±0.1	%	使用外部参考。
SID99	A_OFFSET	输入偏移电压 。由出厂校准保证	–	–	2	mV	在参考电压为 1 V 时测量得到。
SID100	A_ISAR	电流消耗	–	–	1	_	–
SID101	A_VINS	输入电压范围 — 单端	V_{SS}	–	V_{DDA}	V	–
SID102	A_VIND	输入电压范围 — 差分	V_{SS}	–	V_{DDA}	V	–
SID103	A_INRES	输入电阻	–	–	2.2	kΩ	–
SID104	A_INCAP	输入电容	–	–	10	pF	–
SID260	VREFSAR	校准后的 SAR 内部参考电压	1.18	1.2	1.22	V	–

Table 15 SAR ADC 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID106	A_PSRR	电源抑制比	70	–	–	dB	–
SID107	A_CMRR	共模抑制比	66	–	–	dB	在电压 = 1 V 时测量得到
SID108	A_SAMP	采样率	–	–	1	Msps	–
SID109	A_SNR	信噪比和失真比 (SINAD)	65	–	–	dB	Fin = 10 kHz
SID110	A_BW	无混叠输入带宽	–	–	A_samp/2	kHz	–
SID111	A_INL	积分非线性。V_{DD} = 1.71 ~ 5.5，1 Msps	-1.7	–	2	LSB	VREF = 1 ~ V_{DD}
SID111A	A_INL	积分非线性。V_{DDD} = 1.71 ~ 3.6，1 Msps	-1.5	–	1.7	LSB	VREF = 1.71 ~ V_{DD}
SID111B	A_INL	积分非线性。V_{DD} = 1.71 ~ 5.5，500 ksps	-1.5	–	1.7	LSB	VREF = 1 ~ V_{DD}
SID112	A_DNL	微分非线性。V_{DD} = 1.71 ~ 5.5，1 Msps	-1	–	2.2	LSB	VREF = 1 ~ V_{DD}
SID112A	A_DNL	微分非线性。V_{DD} = 1.71 ~ 3.6，1 Msps	-1	–	2	LSB	VREF = 1.71 ~ V_{DD}
SID112B	A_DNL	微分非线性。V_{DD} = 1.71 ~ 5.5，500 ksps	-1	–	2.2	LSB	VREF = 1 ~ V_{DD}
SID113	A_THD	总谐波失真	–	–	-65	dB	Fin = 10 kHz
SID261	FSARINTREF	没有外部参考旁路的 SAR 工作速度	–	–	100	ksps	12 位分辨率

6.3.4 CSD

Table 16 CSD V2 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SYS.PER#3	VDD_RIPPLE	电源的最大允许纹波，DC ~ 10 MHz	–	–	±50	mV	V_{DD} > 2V (包括波纹)，25 °C TA，灵敏度 = 0.1pF
SYS.PER#16	VDD_RIPPLE_1.8	电源的最大允许纹波，DC ~ 10 MHz	–	–	±25	mV	V_{DD} > 1.75V (包括波纹)，25 °C TA，寄生电容 (CP) < 20 pF，灵活度 ≥ 0.4 pF
SID.CSD.BLK	ICSD	最大模块电流	–	–	4000	µA	动态 (切换) 模式下两个 IDAC 的最大模块电流，包括比较器和切换电流。
SID.CSD#15	VREF	CSD 和比较器的参考电压	0.6	1.2	VDDA - 0.6	V	V_{DDA} - 0.6 或 4.4 (选择较低的值)
SID.CSD#15A	VREF_EXT	CSD 和比较器的外部参考电压	0.6	–	VDDA - 0.6	V	V_{DDA} - 0.6 或 4.4 (选择较低的值)
SID.CSD#16	IDAC1IDD	IDAC1 (7 位) 模块电流	–	–	1750	µA	–
SID.CSD#17	IDAC2IDD	IDAC2 (7 位) 模块电流	–	–	1750	µA	–
SID308	VCSD	工作电压范围	1.71	–	5.5	V	1.8 V ±5 % 或 1.8 V~5.5 V
SID308A	VCOMPIDAC	IDAC 的合规电压范围	0.6	–	VDDA –0.6	V	V_{DDA} - 0.6 或 4.4 (选择较低的值)
SID309	IDAC1DNL	DNL	-1	–	1	LSB	-
SID310	IDAC1INL	INL	-2	–	2	LSB	V_{DDA} < 2 V 时，INL 为 +/-5.5 LSB
SID311	IDAC2DNL	DNL	-1	–	1	LSB	-
SID312	IDAC2INL	INL	-2	–	2	LSB	V_{DDA} < 2 V 时，INL 为 +/-5.5 LSB
SID313	信噪比	手指计数与噪声的比率。由出厂校准保证	5	–	–	比率	电容值范围 = 5 ~ 35 pFF 灵敏度 = 0.1 pF。所有使用场合。V_{DDA} > 2 V。
SID314	IDAC1CRT1	低范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流	4.2	–	5.4	µA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID314A	IDAC1CRT2	中范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流	34	–	41	µA	LSB = 300 nA (典型值)
SID314B	IDAC1CRT3	高范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流	275	–	330	µA	LSB = 2.4 µA (典型值)
SID314C	IDAC1CRT12	低范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流，2X 模式	8	–	10.5	µA	LSB = 75 nA (典型值)
SID314D	IDAC1CRT22	中范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流，2X 模式	69	–	82	µA	LSB = 600 nA (典型值)
SID314E	IDAC1CRT32	高范围的 IDAC1 (7 位) 输出电流 2X 模式	540	–	660	µA	LSB = 4.8 µA (典型值)

Table 16 CSD V2 规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID315	IDAC2CRT1	低范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流	4.2	–	5.4	µA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID315A	IDAC2CRT2	中范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流	34	–	41	µA	LSB = 300 nA (典型值)
SID315B	IDAC2CRT3	高范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流	275	–	330	µA	LSB = 2.4 µA (典型值)
SID315C	IDAC2CRT12	低范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流，2X 模式	8	–	10.5	µA	LSB = 75 nA (典型值)
SID315D	IDAC2CRT22	中范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流，2X 模式	69	–	82	µA	LSB = 600 nA (典型值)
SID315E	IDAC2CRT32	高范围的 IDAC2 (7 位) 输出电流，2X 模式	540	–	660	µA	LSB = 4.8 µA (典型值)
SID315F	IDAC3CRT13	低范围的 IDAC (8 位模式) 输出电流	8	–	10.5	µA	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID315G	IDAC3CRT23	中范围的 IDAC (8 位模式) 输出电流	69	–	82	µA	LSB = 300 nA (典型值)
SID315H	IDAC3CRT33	高范围的 IDAC (8 位模式) 输出电流	540	–	660	µA	LSB = 2.4 µA (典型值)
SID320	IDACOFFSET	所有输入都为零	–	–	1	LSB	由源电流或灌电流设置的极性。对于 37.5 nA LSB 模式，偏移为 +/-2 LSB。
SID321	IDACGAIN	满量程误差减去偏移	–	–	±10	%	–
SID322	IDACMISMATCH1	IDAC1 和 IDAC2 在低功耗模式下的差异	–	–	9.2	LSB	LSB = 37.5 nA (典型值)
SID322A	IDACMISMATCH2	IDAC1 和 IDAC2 在中等功耗模式下的差异	–	–	5.6	LSB	LSB = 300 nA (典型值)
SID322B	IDACMISMATCH3	IDAC1 和 IDAC2 在高功耗模式下的差异	–	–	6.8	LSB	LSB = 2.4 µA (典型值)
SID323	IDACSET8	8 位 IDAC 达到 0.5 LSB 所需的建立时间	–	–	10	µs	满量程转换。无外部负载。
SID324	IDACSET7	7 位 IDAC 达到 0.5 LSB 所需的建立时间	–	–	10	µs	满量程转换。无外部负载。
SID325	CMOD	外部调制器电容	–	2.2	–	nF	额定电压 = 5 V，电容 = X7R 或 NP0。

6.4 数字外设

下列规范适用于定时器模式下的定时器 / 计数器 /PWM 外设。

6.4.1 定时器 / 计数器 /PWM

Table 17 TCPWM 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.TCPWM#1	ITCPWM1	频率为3 MHz时的模块电流消耗	–	–	45	µA	所有模式（定时器 / 计数器 /PWM)
SID.TCPWM#2	ITCPWM2	频率为 12 MHz 时的模块电流消耗	–	–	155	µA	所有模式（定时器 / 计数器 /PWM)
SID.TCPWM#2A	ITCPWM3	频率为 48 MHz 时的模块电流消耗	–	–	650	µA	所有模式（定时器 / 计数器 /PWM)
SID.TCPWM#3	TCPWMFREQ	工作频率	–	–	Fc	MHz	Fc max = Fcpu. 最大值 = 48 MHz
SID.TCPWM#4	TPWMENEXT	所有触发 * 事件的输入触发脉冲宽度	2/Fc	–	–	ns	根据选择的工作模式，触发事件可以为： Stop、Start、 Reload、Count、Capture 或 Kill。
SID.TCPWM#5	TPWMEXT	输出触发 * 脉冲宽度	2/Fc	–	–	ns	上溢、下溢和 CC（计数器值等于比较值）触发输出的最小可能宽度
SID.TCPWM#5A	TCRES	计数器的分辨率	1/Fc	–	–	ns	连续计数间的最短时间
SID.TCPWM#5B	PWMRES	PWM 分辨率	1/Fc	–	–	ns	PWM 输出的最小脉宽
SID.TCPWM#5C	QRES	正交输入分辨率	1/Fc	–	–	ns	正交相位输入间的最小脉冲宽度。

* 根据所选的工作模式，触发事件可以为：Stop、Start、Reload、Count、Capture 或 Kill。

6.4.2 I2C

Table 18 固定 I²C 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID149	II2C1	频率 = 100 kHz 时的模块电流消耗	–	–	60	µA	–
SID150	II2C2	频率 = 400 kHz 时的模块电流消耗	–	–	185	µA	–
SID151	II2C3	速率 = 1 Mbps 时的模块电流消耗	–	–	650	µA	–
SID152	II2C4	I2C 在深度睡眠模式下被使能时的模块电流消耗	–	1	–	µA	–

Table 19 固定 I2C 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID153	FI2C1	比特率	–	–	1	Mbps	–
SID.I2C#1	FSCLI2C_SM	I2C SCL 时钟频率	0	–	100	kHz	标准模式
SID.I2C#2	FSCLI2C_FM	I2C SCL 时钟频率	0	–	400	kHz	快速模式
SID.I2C#33	FSCLI2C_FMP	I2C SCL 时钟频率	0	–	1000	kHz	增强型快速模式
SID.I2C#3	THDSTAI2C_SM	(重复) START 事件的保持时间。经过这段时间后，会生成第一个时钟脉冲	4	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#4	THDSTAI2C_FM	(重复) START 事件的保持时间。经过这段时间后，会产生第一个时钟脉冲。	0.6	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#34	THDSTAI2C_FMP	(重复) START 事件的保持时间。经过这段时间后，会产生第一个时钟脉冲。	0.26	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#5	TSUSTAI2C_SM	重复 START 事件的建立时间	4.7	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#6	TSUSTAI2C_FM	重复 START 事件的建立时间	0.6	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#35	TSUSTAI2C_FMP	重复 START 事件的建立时间	0.26	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#7	TLOWI2C_SM	SCL 时钟为低电平的时间	4.7	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#8	TLOWI2C_FM	SCL 时钟为低电平的时间	1.3	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#36	TLOWI2C_FMP	SCL 时钟为低电平的时间	0.5	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#9	THIGHI2C_SM	SCL 时钟为高电平的时间	4	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#10	THIGHI2C_FM	SCL 时钟为高电平的时间	0.6	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#37	THIGHI2C_FMP	SCL 时钟为高电平的时间	0.3	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#11	THDDATI2C	数据保持时间	0	–	–	µs	所有 I2C 速度
SID.I2C#12	TSUDATI2C_SM	数据建立时间	250.0	–	–	ns	标准模式

Table 19　　固定 I2C 交流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.I2C#13	TSUDATI2C_FM	数据建立时间	100	–	–	ns	快速模式
SID.I2C#38	TSUDATI2C_FMP	数据建立时间	50	–	–	ns	增强型快速模式
SID.I2C#14	TSUSTOI2C_SM	I2C STOP事件的建立时间	4	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#15	TSUSTOI2C_FM	I2C STOP事件的建立时间	0.6	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#39	TSUSTOI2C_FMP	I2C STOP 事件的建立时间	0.26	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#16	CB_SM	每条 I2C 总线线路上的电容负载	–	–	400	pF	标准模式
SID.I2C#17	CB_FM	每条 I2C 总线线路上的电容负载	–	–	400	pF	快速模式
SID.I2C#40	CB_FMP	每条 I2C 总线线路上的电容负载	–	–	550	pF	增强型快速模式
SID.I2C#18	TVDDATI2C_SM	数据有效时间	–	–	3.45	µs	标准模式
SID.I2C#19	TVDDATI2C_FM	数据有效时间	–	–	0.9	µs	快速模式
SID.I2C#41	TVDDATI2C_FMP	数据有效时间	–	–	0.45	µs	增强型快速模式
SID.I2C#20	TVDACKI2C_SM	数据有效应答的时间	–	–	3.45	µs	标准模式
SID.I2C#21	TVDACKI2C_FM	数据有效应答的时间	–	–	0.9	µs	快速模式
SID.I2C#42	TVDACKI2C_FMP	数据有效应答的时间	–	–	0.45	µs	增强型快速模式
SID.I2C#22	TSPI2C_FM	输入过滤器抑制的尖峰脉冲宽度	–	–	50	ns	快速模式
SID.I2C#43	TSPI2C_FMP	输入过滤器抑制的尖峰脉冲宽度	–	–	50	ns	增强型快速模式
SID.I2C#23	TBUFI2C_SM	STOP 和 START 事件之间的总线空闲时间	4.7	–	–	µs	标准模式
SID.I2C#24	TBUFI2C_FM	STOP 和 START 事件之间的总线空闲时间	1.3	–	–	µs	快速模式
SID.I2C#44	TBUFI2C_FMP	STOP 和 START 事件之间的总线空闲时间	0.5	–	–	µs	增强型快速模式
SID.I2C#25	VIL_I2C	低电平输入电压	-0.5	–	0.3 * V_{DDIO}	V	快速和标准模式中 I2C 速度
SID.I2C#26	VIH_I2C	高电平输入电压	0.7* V_{DDIO}	–	–	V	快速和标准模式中I2C速度
SID.I2C#27	VOL_I2C_L	低电平输出电压，低电平电压范围	–	–	0.2 * V_{DDIO}	V	快速和标准模式中I2C速度，V_{DDIO} < 2 V，灌电流 = 2 mA
SID.I2C#28	VOL_I2C_H	低电平输入电压，高电平电压范围	–	–	0.4	V	快速和标准模式中I2C速度，V_{DDIO} < 2 V，灌电流 = 2 mA

Table 19　　固定 I2C 交流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.I2C#29	IOL_I2C_SM	I2C 输出低电流	3	–	–	_	标准模式，1.71 V ≤ V_{DDIO} ≤ 5.5 V，负载 = CB_SM，VOL = 0.4 V
SID.I2C#30	I2C_VHYS_HV	I2C 输入迟滞电压	0.05 * VDDIO	–	–	mV	快速和标准模式中I2C速度。2 V ≤ V_{DDIO} ≤ 4.5 V
SID.I2C#30A	I2C_VHYS_5V	I2C 输入迟滞电压	200	–	–	mV	快速和标准模式中I2C 速度，V_{DDIO} > 4.5 V
SID.I2C#31	I2C_VHYS_LV	I2C 输入迟滞电压	0.10 * VDDIO	–	–	mV	快速和标准模式中I2C 速度，V_{DDIO} < 2 V
COM.REQ#7	I2C_ADD	I2C 地址宽度	–	–	8	位	7 位地址和 1 RW 位
SID.I2C#32	IOL_I2C_FM	I2C 输出低电流	6	–	–	_	快速模式，1.71 V ≤ V_{DDIO} ≤ 5.5 V，负载 = CB_SM，VOL = 0.6V
SID.I2C#45	IOL_I2C_FMP	I2C 输出低电流，高电压范围	20	–	–	_	增强型快速模式，3.0 V ≤ V_{DDD} ≤ 5.5 V，负载 = CB_FMP，TA = –40°C ~ 85°C，仅 GPIO_OVTV2 端口
SID.I2C#45A	IOL_I2C_FMP	I2C 输出低电流，低电压范围	3	–	–	_	增强型快速模式，1.71 V ≤ V_{DDD} ≤ 3.0 V，加载 = CB_FMP，TA = –40°C ~ 85°C

6.4.3 UART

Table 20 固定 UART 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID160	IUART1	速度为100 Kbps时的模块电流消耗	–	–	125	µA	–
SID161	IUART2	速度为 1000 Kbps 时的模块电流消耗	–	–	312	µA	–

Table 21 固定 UART 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID162	FUART	比特率	–	–	1	Mbps	–

6.4.4 SPI

Table 22 固定 SPI 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID163	ISPI1	速度为 1 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	360	µA	–
SID164	ISPI2	速度为 4 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	560	µA	–
SID165	ISPI3	速度为 8 Mbps 时的模块电流消耗	-	-	600	µA	–

Table 23 固定 SPI 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID166	FSPI	SPI 工作频率 (主设备；6 倍过采样)	–	–	8	MHz	–

Table 24 固定 SPI 主设备模式交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID167	TDMO	Sclock驱动边沿后MOSI有效的时间	–	–	15	ns	–
SID168	TDSI	Sclock 捕获边沿前 MISO 有效的时间	20	–	–	ns	使用了全时钟、MISO 推迟采样
SID169	THMO	先前的MOSI数据保持时间	0	–	–	ns	表示从设备捕获边沿

Table 25 固定 SPI 从设备模式交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID170	TDMI	Sclock捕获边沿前MOSI有效的时间	40	–	–	ns	–
SID171	TDSO	Sclock驱动边沿后MISO有效的时间	–	–	48 + 3*Tcpu	ns	Tcpu = 1/Fcpu
SID171A	TDSO_EXT	在外部时钟模式下 SClock 驱动边沿后 MISO 有效的时间	–	–	48	ns	–
SID172	THSO	先前的 MISO 数据保持时间	0	–	–	ns	–
SID172A	TSSELSCK	从 SSEL 有效到第一个 SCK 有效边沿的时间	100	–	–	ns	–

6.4.5 存储器

Table 26 闪存直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID173	V_{PE}	擦除和编程电压	1.71	–	5.5	V	–
SID173A	I_{PW}	频率为16 MHz时的页写入电流	–	–	3.5	–	5.5 V VDD

Table 27 闪存交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID174	$T_{ROWWRITE}$	行 (块) 编写时间 (擦除和编程)	–	–	20	ms	行 (块) = 256 字节
SID175	$T_{ROWERASE}$	行擦除的时间	–	–	16	ms	–
SID176	$T_{ROWPROGRAM}$	擦除后的行编程时间	–	–	7	ms	–
SID178	$T_{BULKERASE}$	批量擦除时间 (32 K Byte)	–	–	35	ms	–
SID180	$T_{DEVPROG}$	器件总编程时间	–	–	7	秒	–
SID181	F_{END}	闪存擦写次数	100 K	–	–	周期	–

Table 27 闪存交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID182	F_{RET}	闪存数据保持时间。 Ta <= 55 C， 10 万个编程 / 擦除周期。	20	–	–	年	–
SID182a		闪存数据保持时间。 Ta <= 85 C， 一万个编程 / 擦除周期。	10	–	–	年	–
SID256	TWS48	频率为 48 MHz 时的 等待状态数量	2	–	–		CPU 从闪存内执行
SID257	TWS24	频率为 24 MHz 时的 等待状态数量	1	–	–		CPU 从闪存内执行

6.5 系统资源

6.5.1 欠压时的上电复位直流规范

Table 28 上电复位规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.POR#1	SR_POWER_UP	电源转换速率	1	–	67	V/ms	TA = -40°C ~ +85°C，所有 VDDD 值；上电时
SID.POR#2	$V_{RISEIPOR}$	上升触发电压	0.8	–	1.5	V	–
SID.POR#3	$V_{FALLIPOR}$	下降触发电压	0.7	–	1.4	V	–

Table 29 VCCD 的欠压检测 (BOD)

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.BOD#1	$V_{FALLPPOR}$	活动和睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.48	–	1.62	V	–
SID.BOD#2	$V_{FALLDPSLP}$	深度睡眠模式下的 BOD 触发电压	1.1	–	1.5	V	–

6.5.2 SWD

Table 30 SWD 接口

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.SWD#1	F_SWDCLK1	3.3 V ≤ V_{DD} ≤ 5.5 V	–	–	14	MHz	SWDCLK ≤ 1/3 FCPU
SID.SWD#2	F_SWDCLK2	1.71 V ≤ V_{DD} ≤ 3.3 V	–	–	7	MHz	SWDCLK ≤ 1/3 FCPU
SID.SWD#3	T_SWDI_SETUP	T = 1/f SWDCLK	0.25*T	–	–	ns	–
SID.SWD#4	T_SWDI_HOLD	T = 1/f SWDCLK	0.25*T	–	–	ns	–
SID.SWD#5	T_SWDO_VALID	T = 1/f SWDCLK	–	–	0.5*T	ns	–
SID.SWD#6	T_SWDO_HOLD	T = 1/f SWDCLK	1	–	–	ns	–

6.5.3 内部主振荡器

Table 31 IMO 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.IMO.DC#1	IIMO1	频率为48 MHz时的IMO工作电流	–	–	250	µA	–
SID.IMO.DC#2	IIMO2	频率为24 MHz时的IMO工作电流	–	–	180	µA	–

Table 32 IMO 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.IMO.AC#1	FIMO	IMO 频率	–	48	–	MHz	TA = -40°C ~ +85°C，所有 V_{DDD} 值
SID.IMO.AC#2	FIMO_RES	IMO 频率分辨率	–	0.25	–	%	TA = -40°C ~ +85°C，所有 V_{DDD} 值
SID.IMO.AC#3	IMO_STL	更改校准寄存器时的 IMO 建立时间	–	–	200	ns	T_A = +25 °C，所有 V_{DDD} 值，FIMO =48 MHz
SID.IMO.AC#4	FIMOTOL1	在频率为 24、32 和 48 MHz 时测量频率差异 (出厂调整后)	–	–	±2	%	2.7 V ≤ V_{DDD} < 5.5 V，-25°C ≤ TA ≤ 85°C
SID.IMO.AC#4a	FIMOTOLVCCD	在频率为 24、32 和 48 MHz 时测量频率差异 (出厂调整后)	–	–	±4	%	所有条件
SID.IMO.AC#5	IMO_HOP_RANGE	TRIM寄存器的FIMO频率差异范围	-10	–	10	%	T_A = +25 °C，所有 V_{DDD} 值，48 MHz = F_{IMO}
SID.IMO.AC#6	TSTARTIMO	IMO 启动时间	–	–	7	µs	–
SID.IMO.AC#7	TJITRMSIMO2	频率为 24 MHz 时的 RMS 抖动	–	145	–	–	–

6.5.4 内部低速振荡器

Table 33 ILO 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.ILO.DC#1	IILO1	频率为32 kHz时的ILO工作电流	–	0.3	1.05	µA	–
SID.ILO.DC#2	IILOLEAK	ILO 漏电流	–	2	15	nA	–

Table 34 ILO 交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.ILO.AC#1	FILO	工作频率	20.0	40.0	80.0	kHz	–
SID.ILO.AC#2	TSTARTILO1	ILO 启动时间	–	–	2	ms	–
SID.ILO.AC#3	TLIODUTY	ILO 占空比	40	50	60	%	–

6.6 USBDPD 外设

6.6.1 模数转换器

Table 35 ADC 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.ADC.DC#1	分辨率	ADC 分辨率	–	–	–	–	–
SID.PD.ADC.DC#2	INL	积分非线性	-1.5	–	1.5	LSB	–
SID.PD.ADC.DC#3	DNL	差分非线性	-2.5	–	2.5	LSB	–

Table 35 ADC 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.ADC.DC#4	增益误差	增益误差	-1.5	–	1.5	LSB	–
SID.PD.ADC.DC#5	VREF_ADC1	ADC 的参考电压	V_{DDDmin}	–	V_{DDDmax}	V	由 V_{DDD} 生成的参考电压
SID.PD.ADC.DC#6	VREF_ADC2	ADC 的参考电压	1.96	2	2.04	V	由深度睡眠参考生成的参考电压

Table 36 ADC 直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.ADC.AC#7	SLEW_Max	采样电压信号变化率	–	–	3	V/ms	–

6.6.2 VBUS 调节器

Table 37 VBUS 调节器直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.20VREG.DC#1	VBUSREG1	VBUS 调节器输出电压 (最小 VBUS = 4.2 V~ 28 V)	3	–	3.65	V	通过 VBUS_C_P1/VBUS_C_P2 给芯片供电，在 V_{DDD} 上测量输出
SID.PD.20VREG.DC#2	VBUSREG2	VBUS 调节器输出电压 (最小 VBUS = 4 V ~ 4.2 V)	3	–	3.65	V	通过 VBUS_C_P1/VBUS_C_P2 给芯片供电，在 V_{DDD} 上测量输出

Table 38 VBUS 调节器交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.20VREG.AC#1	Tstart	调节器电源输出的总启动时间	–	–	200	µs	使用 VBUS 并测量 VDDD 引脚上的启动时间。
SID.PD.20VREG.AC#2	Tstop	从 vreg_en = 0 到调节器禁用的调节器掉电时间	–	–	4	µs	从激活内部禁用信号到 VDDD 上负载电流从 30 mA 降至 10 µA 之间的时长。

6.6.3 CSA

Table 39 CSA 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.HS-CSA.DC#1	Isense_scp	电流为6A、10A时SCP的电流感应准确度	–	±10	–	%	–
SID.PD.HS-CSA.DC#1a	Isense_scp_epr	电流为6A、10A时SCP的电流感应准确度	–	±12	–	%	对于 30 V EPR
SID.PD.HS-CSA.DC#2	Vsense_rcp	“Rsense” 上的 RCP 感应阈值	–	2	4	mV	–
SID.PD.HS-CSA.DC#3a	Isense_ocp_2A	电流为 2 A、3 A 和 4 A时OCP的电流感应准确度	–	±15	–	%	–
SID.PD.HS-CSA.DC#3b	Isense_ocp_5A	电流为5A时OCP的电流感应准确度	–	±10	–	%	–
SID.PD.HS-CSA.DC#3c	Isense_ocp_5A_epr	电流为5A时OCP的电流感应准确度	–	±12	–	%	对于 30 V EPR
SID.PD.HS-CSA.DC#3	Isense_ocp_1A	电流为1A时OCP的电流感应准确度	–	±20	–	%	–
SID.PD.HS-CSA.DC#4	Rsense	外部 Rsense	4.95	5	5.05	m Ω	–
SID.PD.HS-CSA.DC#5	Vtrip_slow_rcp_33pct	电压为 5 V 时设置慢速 RCP 跳闸点，并且选择了 33% 的分接点	4.5	–	5.5	V	–
SID.PD.HS-CSA.DC#5a	Vtrip_slow_rcp_10pct	电压为 20 V 时设置慢速 RCP 跳闸点，并且选择了 10% 的分接点	18	–	22	V	–
SID.PD.HS-CSA.DC#5b	Vtrip_slow_rcp_6pct	电压为 30 V 时设置慢速 RCP 跳闸点，并且选择了 60% 的分接点	27	–	33	V	–
SID.PD.HS-CSA.DC#9	Isb_csp_5v	SCP、OCP 和 RCP 模块关闭时 CSP 引脚的输入漏电流	–	–	6	µA	CSP = CSN = 5 V
SID.PD.HS-CSA.DC#10	Isb_csn_5v	SCP、OCP 和 RCP 模块关闭时 CSN 引脚的输入漏电流	–	–	5	µA	CSP = CSN = 5 V
SID.PD.HS-CSA.DC#9a	Isb_csp_30v	SCP、OCP 和 RCP 模块关闭时 CSP 引脚的输入漏电流	–	–	26	µA	CSP = CSN = 30 V
SID.PD.HS-CSA.DC#10a	Isb_csn_30v	SCP、OCP 和 RCP 模块关闭时 CSN 引脚的输入漏电流	–	–	5	µA	CSP = CSN = 30 V
SID.PD.HS-CSA.DC#17	I_CSP_SCP_ON_OCP_ON_RCP_ON	SCP、OCP 和 RCP 模块开启时 CSP 引脚的输入电流	–	–	500	µA	–
SID.PD.HS-CSA.DC#18	I_CSN_SCP_ON_OCP_ON_RCP_ON	SCP、OCP 和 RCP 模块开启时 CSN 引脚的输入电流	–	–	65	µA	–

Table 39 CSA 规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.HS-CSA.AC#1	Tdelay_scp_6A	6 A 模式下的 SCP 延迟 (5 mV 过压值)	–	–	300	ns	由设计保证
SID.PD.HS-CSA.AC#2	Tdelay_scp_10A	10 A 模式下的 SCP 延迟 (5 mV 过压值)	–	–	300	ns	
SID.PD.HS-CSA.AC#3	Tdelay_rcp	RCP 延迟 (5 mV 过压值)	–	–	250	ns	
SID.PD.HS-CSA.AC#4	Tdelay_ocp	OCP 延迟 (5 mV 过压值)	–	–	250	ns	

6.6.4 VBUS 放电

Table 40 VBUS 放电规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.VBUS_DISC#1	Ron1	20 V NMOS 处于开启状态时的电阻 (其中，dischg_ds<0> = 1; dischg_ds<4:1> = 0)	1500	–	3000	Ω	–
SID.PD.VBUS_DISC#2	Ron2	20 V NMOS 处于开启状态时的电阻 (其中，dischg_ds<1:0> = 1；dischg_ds<4:2> = 0)	750	–	1500	Ω	–
SID.PD.VBUS_DISC#3	Ron3	20 V NMOS 处于开启状态时的电阻 (其中，dischg_ds<2:0> = 1；dischg_ds<4:3> = 0)	500	–	1000	Ω	–
SID.PD.VBUS_DISC#4	Ron4	20 V NMOS 处于开启状态时的电阻 (其中，dischg_ds<3:0> = 1；dischg_ds<4> = 0)	375	–	750	Ω	–
SID.PD.VBUS_DISC#5	Ron5	20 V NMOS 处于开启状态时的电阻 (其中，dischg_ds<4:0> = 1)	300	–	600	Ω	–

6.6.5 UVOV

Table 41 UV/OV 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.PD.UVOV#1	VTHUVOV1	活动模式下使用带隙参考的电压阈值准确度	–	+/-3	–	%	–
SID.PD.UVOV#2	VTHUVOV2	深度睡眠模式下使用深度睡眠参考的电压阈值准确度	–	+/-5	–	%	–
SID.PD.COMP_ACC#1	COMP_ACC	4 sigma 条件下的比较器输入偏移电压	-15	–	15.0	mV	–
SID.PD.UVOV.AC#1	Tov_gate	从0 V阈值触发到外部NFET电源栅极关闭的延迟时间	–	–	50	µs	–

6.6.6 SBU

Table 42 SBU 开关规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.PD.SBU.DC#1	Ron_hs1	开关在 HS 模式下处于打开状态时的电阻 (输入电压范围为 0 V ~ 0.4 V)	–	–	4.5	Ω	–
SID.PD.SBU.DC#2	Ron_fs	开关在 FS 模式下处于打开状态时的电阻 (输入电压范围为 0 V ~ 3.6 V)	–	–	6.5	Ω	–
SID.PD.SBU.DC#3	Ron_flat_hs1	开关在 HS 模式下处于平坦状态时的电阻 (输入电压范围为 0 V ~ 0.4 V)	–	–	0.5	Ω	–
SID.PD.SBU.DC#4	Ron_flat_fs	开关在 FS 模式下处于平坦状态时的电阻 (输入电压范围为 0 V ~ 3.6 V)	–	–	2.5	Ω	–
SID.PD.SBU.DC#7	Ileak1	电压为 3.6 V 时的 SBU1、SBU2 引脚漏电流，AUX_P/AUX_N 处于浮动状态，T = 85 °C 时 V_{DDD} = 3.3 V	-4.5	–	4.5	µA	–
SID.PD.SBU.DC#7a	Ileak2	电压为 3.6 V 时的 AUX_P/AUX_N 引脚漏电流，SBU1、SBU2 处于浮动状态 T = 85 °C 时 V_{DDD} = 3.3 V	-1	–	1	µA	–
SID.PD.SBU.DC#8	Rpu_aux_1	AUX_N 上的上拉电阻	80	–	120	kΩ	–
SID.PD.SBU.DC#9	Rpu_aux_2	AUX_P 上的上拉电阻	0.8	–	1.2	M Ω	–
SID.PD.SBU.DC#10	Rpd_aux_1	AUX_P 上的下拉电阻	80	–	120	kΩ	–
SID.PD.SBU.DC#11	Rpd_aux_2	AUX_N 上的下拉电阻	0.8	–	1.2	MΩ	–
SID.PD.SBU.DC#12	Rpd_aux_3	AUX_P 上的下拉电阻	329	–	611	k Ω	–
SID.PD.SBU.DC#13	Rpd_aux_4	AUX_N 上的下拉电阻	3.29	–	6.11	M Ω	–
SID.PD.SBU.AC#1	Con	开关打开时的电容	–	–	50	pF	–
SID.PD.SBU.AC#2	Coff	开关关闭时的电容 — 连接器端	–	–	25	pF	–

Table 42 SBU 开关规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.PD.SBU.AC#3	Off_isolation	F = 1 MHz 时的开关隔离	–	–	-50	dB	由设计保证
SID.PD.SBU.AC#4	X_talk_AC	F = 1 MHz 、且从 OUT 传输数据时 IN1/2 到 IN2/1 的开关串扰	–	–	-50	dB	由设计保证

6.6.7 VCONN 开关

Table 43 VCONN 开关规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.VCONN.DC#1	Ron	V5V = 5 V、 负载电流 = 215 mA、 开关打开时的电阻	–	0.7	1.3	Ω	–
SID.PD.VCONN.DC#3	Ileak	连接器端引脚漏电流	–	–	10	µA	–
SID.PD.VCONN.DC#4	VTHDETECT_V5V	v5v 检测器的电压阈值	2.05	–	2.65	V	–
SID.PD.VCONN.DC#9	Iocp	CC1/CC2 的过电流检测范围	550	–		_	–
SID.PD.VCONN.DC#12	OCP_hysteresis	过电流检测迟滞电压	20	–	80	_	–
SID.PD.VCONNAC#1	Ton	开关打开时间	–	–	200	µs	–
SID.PD.VCONNAC#2	Toff	开关关闭时间	–	–	3	µs	–
SID.PD.VCONN.DC#14	Rfrs_pd	快速角色切换请求发送驱动器电阻 (线缆电阻除外)	-	-	5	Ω	–

6.6.8 VSYS

Table 44 VSYS 调节器

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.vdddsw.DC#1	Res_sw	电源输入和输出电源 V_{DDD} 之间的电阻	–	–	1.5	Ω	在 V_{DDD} 上负载电流为 5 mA~10 mA 的条件下测量得到。

6.6.9 栅极驱动器规范

Table 45 NFET 栅极驱动器

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.GD#1	GD_VGS	在打开状态条件下栅极与发送源之间的过电压	4.5	–	10.5	V	NFET 驱动器为打开状态
SID.PD.GD#3	GD_VGS_OFF	在关闭状体条件下外部FET栅极与发送源之间的电压	-VBUS_NGDO_ABS	–	+VBUS_NGDO_ABS	V	将栅极电压下拉到 “0 V” 时，外部 NFET 必须能够在关闭状态中承受 “VGS < -VBUS_NGDO_ABS”
SID.PD.GD#11	ISB_VBUS_IN_NGDO	NGDO 处于最低功耗状态（被禁用）时的 VBUS_IN_NGDO 漏电流	–	–	70	µA	VBUS_IN_NGDO = 5 V；en_hv = 1、ngdo_en = 1、keepoff_dis = 1、cp_en = 0、gdrv_en = 0、en_g1_chrg = 0、equalizers-off
SID.PD.GD#11a	Ixres_VBUS_IN_NGDO	芯片 XRES 被激活时的 VBUS_IN_NGDO 漏电流	–	–	650	µA	VBUS_IN_NGDO = 5 V; 芯片 XRES 被激活；由设计保证
SID.PD.GD#12	ISB_VBUS_OUT_NGDO	NGDO 处于最低功耗状态（被禁用）时的 VBUS_OUT_NGDO 漏电流	–	–	140	µA	VBUS_OUT_NGDO = 5 V; en_hv = 1、ngdo_en = 1、keepoff_dis = 1、cp_en = 0、gdrv_en = 0、en_g1_chrg = 0、equalizers-off
SID.PD.GD#12a	Ixres_VBUS_OUT_NGDO	芯片 XRES 被激活时的 VBUS_OUT_NGDO 漏电流	–	–	500	µA	VBUS_OUT_NGDO = 5 V; 芯片 XRES 被激活；由设计保证
SID.PD.ngdo_fet_sys.AC#2	Ton	NGDO 打开时间 (VBUS_IN_NGDO = 5 V)	–	10	–	ms	负载电容 = 3nF 时 VBUS_CTRL_1 从 0.5 上升到 VBUS_IN_NGDO+1V 所需要的时间

Table 45 NFET 栅极驱动器（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.ngdo_fet_sys.AC#3	Toff	NGDO 关闭时间 (无故障) (VBUS_IN_NGDO = 5 V)	–	7	–	µs	负载电容 = 3nF 时 VBUS_CTRL_1 从 VBUS_IN_NGDO+10V 下降至 VBUS_OUT_NGDO (电容 = 10 µF) 所需要的时间
SID.PD.ngdo_fet_sys.AC#4	Toff-fault	NGDO 关闭时间，用于响应 SCP/RCP 事件 (VBUS_IN_NGDO = 5 V)	–	1	–	µs	通过 VBUS_CTRL_0 引脚的 VGS 均衡关闭 NGDO，以便响应 RCP 事件 通过 VBUS_CTRL_1 = 0.8 V 关闭 NGDO，以便响应 SCP 事件

Table 46 CC-PHY PD 规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.cc_shvt.DC#1	vSwing	发送器输出高电压	1.05	–	1.2	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#2	vSwing_low	发送器输出低电压	–	–	0.075	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#3	zDriver	发送器输出阻抗	33	–	75	Ω	–
SID.PD.cc_shvt.DC#4	zBmcRx	接收器输入阻抗	10	–	–	M Ω	由设计保证
SID.PD.cc_shvt.DC#5	Idac_std	USB 标准广告的源电流	64	–	96	µA	–
SID.PD.cc_shvt.DC#6	Idac_1p5a	广告电压为 5 V 时 1.5 A 的源电流	165.6	–	194.4	µA	–
SID.PD.cc_shvt.DC#7	Idac_3a	广告电压为 5 V 时 3 A 的源电流	303.6	–	356.4	µA	–
SID.PD.cc_shvt.DC#8	Rd	作为上行端口 (UFP) 时的下拉终端电阻	4.59	–	5.61	k Ω	–
SID.PD.cc_shvt.DC#9	Rd_db	作为上行端口 (UFP) 时的下拉终端电阻，带无电电池 (上行端口)	4.08	–	6.12	k Ω	–
SID.PD.cc_shvt.DC#10	zOPEN	该信号被禁用时 CC 阻抗接地	108	–	–	k Ω	–
SID.PD.cc_shvt.DC#11	DFP_default_0p2	DFP 端的 CC 电压 — 标准 USB	0.15	–	0.25	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#12	DFP_1.5A_0p4	DFP 端的 CC 电压 —1.5 A	0.35	–	0.45	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#13	DFP_3A_0p8	DFP 端的 CC 电压 —3 A	0.75	–	0.85	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#14	DFP_3A_2p6	DFP 端的 CC 电压 — 3 A	2.45	–	2.75	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#15	UFP_default_0p66	UFP 端的 CC 电压 — 标准 USB	0.61	–	0.7	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#16	UFP_1.5A_1p23	UFP 端的 CC 电压 —1.5 A	1.16	–	1.31	V	–
SID.PD.cc_shvt.DC#17	Vattach_ds	深度睡眠连接阈值	0.3	–	0.6	%	–
SID.PD.cc_shvt.DC#18	Rattach_ds	深度睡眠上拉电阻	10	–	50	k Ω	–
SID.PD.cc_shvt.DC#19	VTX_step	TX 驱动电压步长大小	80	–	120	mV	用户和数据手册中不支持
SID.PD.cc_shvt.DC#30	FS_0p53	快速交换检测的电压阈值	0.49	–	0.58	V	–

6.6.10 充电器检测

Table 47 充电器检测直流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.chgdet.DC#1	VDAT_REF	充电器检测模式下的数据检测电压	250	–	400	mV	–
SID.PD.chgdet.DC#2	VDM_SRC	充电器检测模式下的 dn 电压源	500	–	700	mV	–
SID.PD.chgdet.DC#3	VDP_SRC	充电器检测模式下的 dp 电压源	500	–	700	mV	–
SID.PD.chgdet.DC#4	IDM_SINK	充电器检测模式下的 dn 灌电流	25	–	175	µA	–
SID.PD.chgdet.DC#4a	IDM_SINK_trim	35 µA 电流模式下的 dn 灌电流	25	–	45	µA	VDAT_SINK ≥ 0.25V
SID.PD.chgdet.DC#5	IDP_SINK	充电器检测模式下的 dp 灌电流	25	–	175	µA	–
SID.PD.chgdet.DC#5a	IDP_SINK_trim	35 µA 电流模式下的 dp 灌电流	25	–	45	µA	VDAT_SINK ≥ 0.25V
SID.PD.chgdet.DC#6	IDP_SRC	数据接触检测源电流	7	–	13	µA	–
SID.PD.chgdet.DC#27	RDP_UP	dp/dm 上 Qualcomm 上拉终端电阻	0.9	–	1.575	k Ω	–
SID.PD.chgdet.DC#32	RDM_UP	Dp/Dm 上拉电压	0.9	–	1.575	k Ω	–
SID.PD.chgdet.DC#28	RDP_DWN	dp/dm 上 Qualcomm 下拉终端电阻	14.25	–	24.8	k Ω	–
SID.PD.chgdet.DC#31	RDM_DWN	Dp/Dm 下拉电阻	14.25	–	24.8	k Ω	–
SID.PD.chgdet.DC#29	RDAT_LKG	Dp/Dm 上的数据线漏电	300	–	500	k Ω	–
SID.PD.chgdet.DC#34	VSETH	逻辑阈值	1.26	–	1.54	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#30	RLOAD_DET	AFC Rload 检测阈值。vpwrhv > 2.6 V。	1.4	–	2	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#31	VAFC_TX_HI	AFC TX 高电平有效输出。vpwrhv > 2.6 V。	1.44	–	–	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#32	VAFC_TX_LO	AFC TX 低电平有效输出。vpwrhv > 2.6 V。	–	–	0.16	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#33	VAFC_VIH	AFC RX 高电平有效输入。vpwrhv > 2.6 V。	–	–	1	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#34	VAFC_VIL	AFC RX 低电平有效输入。vpwrhv > 2.6 V。	0.4	–	–	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#35	SAMS_RCVR_HYS	Samsung 接收器迟滞电压。vpwrhv > 2.6 V。	10	–	–	mV	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#36	VQCOM_VIH	QCOM RX 高电平有效输入。vpwrhv > 2.6 V。	–	–	2	V	–

Table 47 充电器检测直流规范（续）

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细说明 / 条件
SID.PD.chgdet_afc.DC#37	VQCOM_VIL	QCOM RX 低电平有效输入。vpwrhv > 2.6 V。	0.8	–	–	V	–
SID.PD.chgdet_afc.DC#38	QCOM_RCVR_HYS	Qualcomm 接收器迟滞电压。vpwrhv > 2.6 V。	10	–	–	mV	–
SID.PD.ccg6.dpdm.DC#14	RDCP_DAT	DP 和 DN 上的专用充电端口电阻	–	–	40	Ω	–

Table 48 充电器检测交流规范

规范 ID	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详细信息 / 条件
SID.PD.chgdet_afc.AC#4	Trise	AFC TX D- 上升时间。vpwrhv > 2.7 V。	0.5	–	3.6	µs	–
SID.PD.chgdet_afc.AC#.5	Tfall	AFC TX D- 下降时间。vpwrhv > 2.7 V。	0.5	–	3.6	µs	–
SID.PD.chgdet.AC#6	AFC_DATA_RATE	用于发送和接收的AFC数据切换率。vddd > 2.7 V。	35	–	45	µs	–

7 订购信息

下表显示的是 PMG1-S3 器件编号和特性。

Table 49 PMG1-S3 MPN 特性

MPN	GPIO				SCB			可编程模拟资源						
	GPIO (总数)	GPIO (VDDIO)	OVT (VDDIO)	GPIO (VDDD)	I2C	SPI	UART	12 位 SAR ADC 输入	12 位 SAR ADC 输出	SAR ADC VREF	运算放大器	运算放大器输入 / 输出	LP-Comp	TCPWM
CYPM1311-48LDXI CYPM1311-48LDXIT	26	19	2	5 (粘合到引脚)	7	5	5	4	0	1	1 (仅 Opamp0)	3 个输入和 1 个输出	2	7
CYPD1322-97BZXI CYPD1322-97BZXIT	50	36	2	12	8	8	8	8	1	1	2	6 个输入和 2 个输出	2	8

MPN	SBU - 复用器	VCONN	SCP/RCP/OCP	NGDO	20Vreg	VDDD 开关	8 位 PD ADC	FS-PHY	充电器检测
CYPM1311-48LDXI CYPM1311-48LDXIT	0	1	1	1	1	1	1	1	1
CYPD1322-97BZXI CYPD1322-97BZXIT	2	2	2	2	2	1	2	1	1

7.1 订购代码定义

器件编号的格式为 CYPM1ABC-DEFGHIJ，其中各字段的定义如下所示。

字段	说明	数值	意义
CY	CYPRESS ™前缀	CY	公司 ID
PM	销售代码	PM	PM = 电力传输 MCU 系列
1	第一代 PM 系列	1	产品系列一代
A	系列	0	S0
		1	S1
		2	S2
		3	S3
B	PD 端口	1	1-PD 端口
		2	2-PD 端口
C	特定应用	X	特定应用
DE	引脚	XX	封装中的引脚数量
FG	封装代码	LD	QFN
		BZ	BGA
		FN	CSP
H	无铅	X	含铅：X = 无铅
I	温度范围	I	工业级
J	仅用于 T&R	T	盘带封装

8 封装

Table 50 封装特性

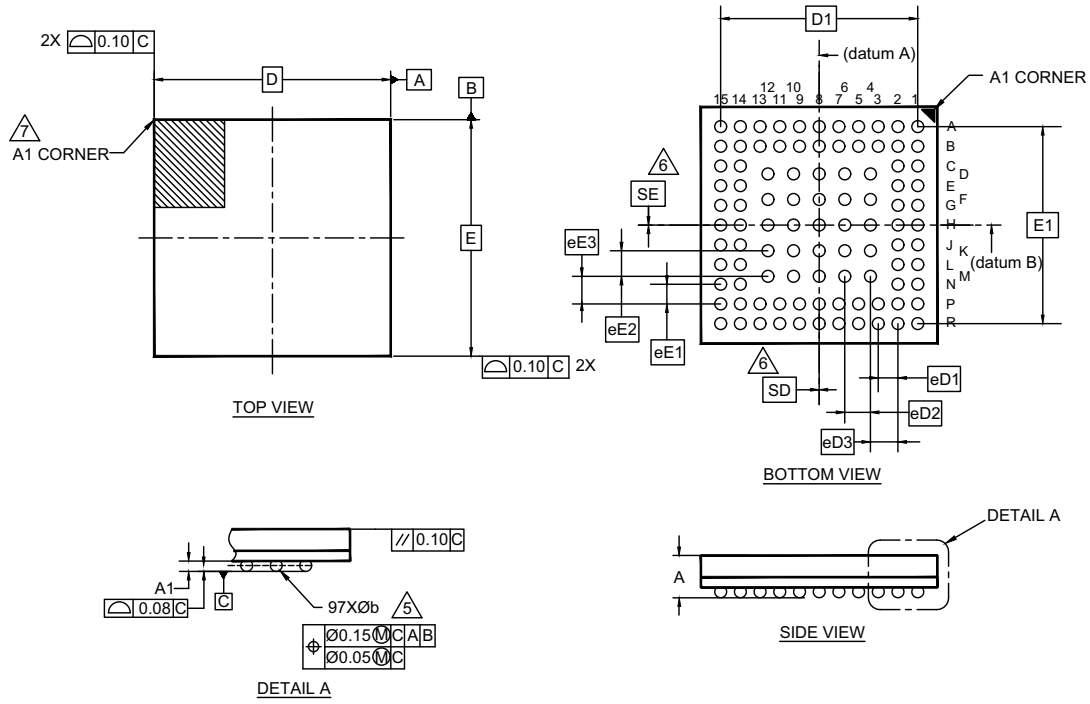
参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_A	工作环境温度	工业级	-40	25	85	°C
T_J	工作结温				125	
T_{JA}	封装 θ_{JA} (97-BGA)	–	–	42	–	°C/W
T_{JC}	封装 θ_{JC} (97-BGA)		–	15.9	–	
T_{JA}	封装 θ_{JA} (48-QFN)		–	16.6	–	
T_{JC}	封装 θ_{JC} (48-QFN)		–	6.5	–	

Table 51 回流焊峰值温度

封装	最高峰值温度	在与峰值温度相差 5 °C 时的最长时间
97-BGA	260 °C	30 秒
48-QFN		

Table 52 封装潮敏等级 (MSL)，IPC/JEDEC J-STD-2

封装	MSL
97-BGA	MSL 3
48-QFN	



SYMBOL	DIMENSIONS		
	MIN.	NOM.	MAX.
A	-	-	1.00
A1	0.16	-	-
D	6.00 BSC		
E	6.00 BSC		
D1	5.00 BSC		
E1	5.00 BSC		
MD	11		
ME	11		
N	97		
∅ b	0.25	0.30	0.35
eD1	0.50 BSC		
eE1	0.50 BSC		
eD2	0.65 BSC		
eE2	0.65 BSC		
eD3	0.70 BSC		
eE3	0.70 BSC		
SD	0.00		
SE	0.00		

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. SOLDER BALL POSITION DESIGNATION PER JEP95, SECTION 3, SPP-020.
3. "e" REPRESENTS THE SOLDER BALL GRID PITCH.
4. SYMBOL "MD" IS THE BALL MATRIX SIZE IN THE "D" DIRECTION.
   SYMBOL "ME" IS THE BALL MATRIX SIZE IN THE "E" DIRECTION.
   N IS THE NUMBER OF POPULATED SOLDER BALL POSITIONS FOR MATRIX SIZE MD X ME.
5. DIMENSION "b" IS MEASURED AT THE MAXIMUM BALL DIAMETER IN A PLANE PARALLEL TO DATUM C.
6. "SD" AND "SE" ARE MEASURED WITH RESPECT TO DATUMS A AND B AND DEFINE THE POSITION OF THE CENTER SOLDER BALL IN THE OUTER ROW.
   WHEN THERE IS AN ODD NUMBER OF SOLDER BALLS IN THE OUTER ROW "SD" OR "SE" = 0.
   WHEN THERE IS AN EVEN NUMBER OF SOLDER BALLS IN THE OUTER ROW, "SD" = eD/2 AND "SE" = eE/2.
7. A1 CORNER TO BE IDENTIFIED BY CHAMFER, LASER OR INK MARK METALIZED MARK, INDENTATION OR OTHER MEANS.
8. "+" INDICATES THE THEORETICAL CENTER OF DEPOPULATED SOLDER BALLS.
9. JEDEC SPECIFICATION NO. REF. : MO-225.

002-31241 *A

Figure 15 97-BGA 多间隔 (6 × 6 × 0.5 mm/0.65 mm)、6.0 x 6.0 x 1.0 mm 封装外形

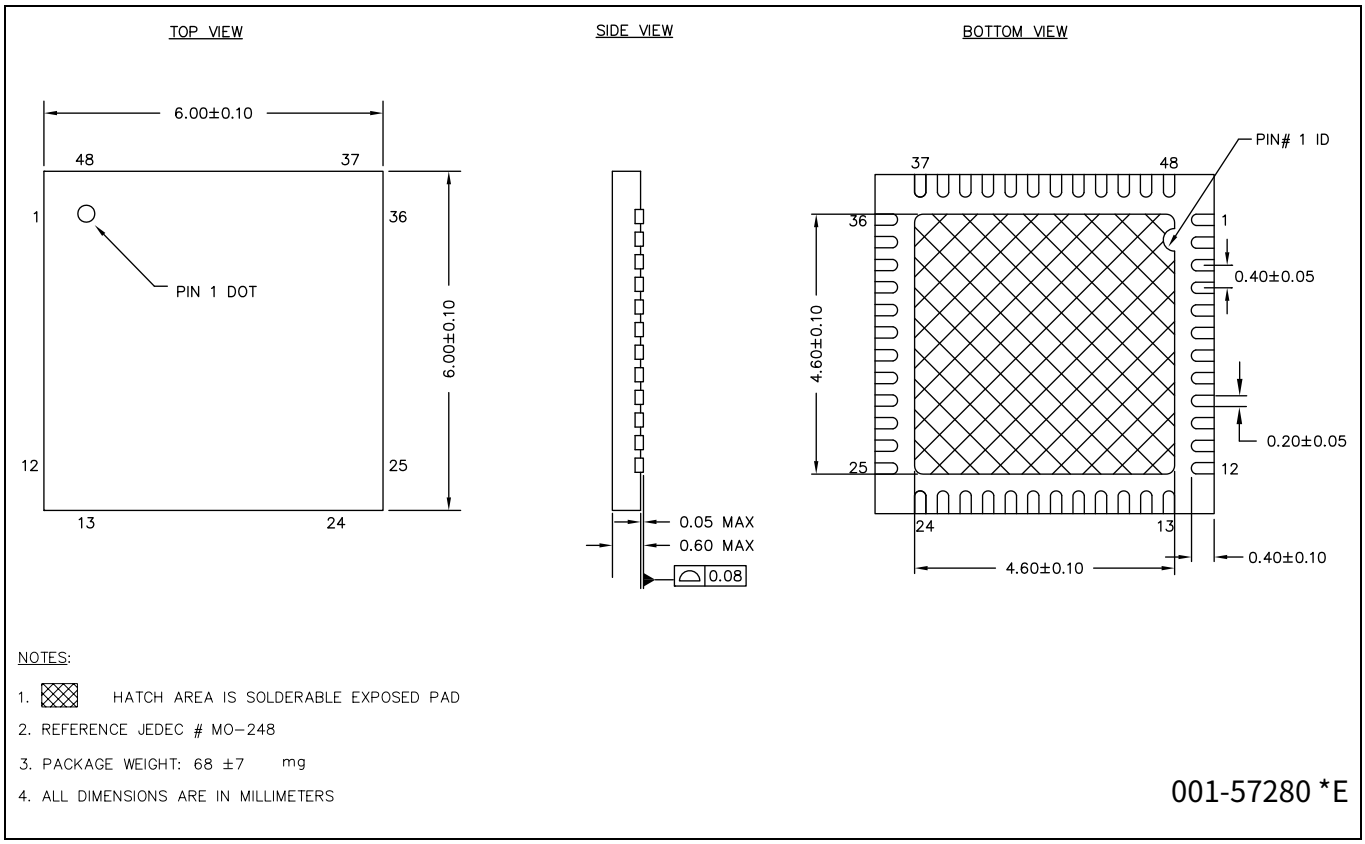


Figure 16 48L-QFN 6 mm x 6 mm x 0.6 mm 封装外形

9 缩略语

Table 53 本文档中使用的首字母缩略词

缩略语	说明
ADC	模数转换器
AES	高级加密标准
AHB	AMBA (先进的微控制器总线架构) 高性能总线
API	应用编程接口
ARM	高级 RISC 机器，即为一种 CPU 架构
BMC	双相标记代码
CC	配置通道
CPU	中央处理单元
CRC	循环冗余校验，即为一种错误校验协议
CS	电流感应
DFP	下行端口
DIO	数字输入 / 输出，GPIO 只具有数字功能，无模拟功能。请参见 GPIO。
DRP	双功能端口
ECC	椭圆曲线密码术
EEPROM	电可擦除可编程只读出存储器
EMCA	电子标记线缆组件，是一种 USB 线缆，它包含一个可将线缆特性 (如电流比率) 报告给 Type-C 接口的 IC。
EMI	电磁干扰
ESD	静电放电
FS	全速
GPIO	通用输入 / 输出
HPD	热插拔检测
IC	集成电路
IDE	集成开发环境
I^2C 或 IIC	内部集成电路，一种通信协议
ILO	内部低速振荡器，另请参见 IMO
IMO	内部主振荡器，另请参见 ILO
IOSS	输入 / 输出子系统
I/O	输入 / 输出，另请参见 GPIO
LDO	低压差调节器
LVD	低电压检测
LVTTL	低电压晶体管 — 晶体管逻辑
MCU	微控制器
MMIO	存储器映射输入 / 输出
NC	无连接
NMI	不可屏蔽中断
NVIC	嵌套向量中断控制器
opamp	运算放大器

Table 53　　本文档中使用的首字母缩略词（续）

缩略语	说明
OCP	过电流保护
OVP	过压保护
PASS	可编程模拟子系统
PCB	印刷电路板
PD	电力传输
PGA	可编程增益放大器
PHY	物理层
POR	上电复位
PRES	准确上电复位
PWM	脉宽调制器
RAM	随机存取存储器
RISC	精简指令集计算
RMS	均方根
RSA	里维斯特 · 沙米尔 · 阿德尔曼
RTC	实时时钟
RX	接收
SAR	逐次逼近寄存器
SCB	串行通信模块
SCL	I2C 串行时钟
SDA	I2C 串行数据
S/H	采样和保持
SHA	安全哈希 (hash) 算法
SPI	串行外设接口，即为一种通信协议
SRAM	静态随机访问存储器
SWD	串行线调试，即为一种测试协议
TCPWM	定时器 / 计数器脉宽调制器
Thunderbolt	英特尔的商标
TX	发送
Type-C	USB 连接器更细长，并且线缆可反向使用的新标准，能够提供 100 W 的电源
UART	通用异步发送器接收器， 即为一种通信协议
USB	通用串行总线
USB-FS	USB 全速
USBIO	USB 输入 / 输出，即用于连接到 USB 端口的 PMG1-S3 引脚
USB PD	USB 电力传输
USBPD SS	USB PD 子系统
VDM	供应商定义的消息
XRES	外部复位 I/O 引脚

10 文档规范

10.1 测量单位

Table 54 测量单位

符号	测量单位
°C	摄氏度
Hz	赫兹
KB	1024 字节
kbps	每秒千比特
kHz	千赫兹
kΩ	千欧
ksps	每秒千次采样
Mbps	每秒兆比特
MHz	兆赫
MΩ	兆欧姆
Msps	每秒兆次采样
µA	微安
µF	微法
µs	微秒
µV	微伏
µW	微瓦
mA	毫安
ms	毫秒
mV	毫伏
nA	纳安
ns	纳秒
Ω	欧姆
pF	皮法
ppm	百万分比
ps	皮秒
s	秒
sps	每秒采样数
V	伏特

修订记录

文档 版本	发布日期	更新内容
**	2022-01-24	本文档版本号为 Rev**，译自英文版 002-31288 Rev. *F。

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2022-01-24
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2022 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Go to www.cypress.com/support

Document reference
002-34647 Rev. **

重要提示

本文档所提供的任何信息**绝不应当**被视为针对任何条件或者品质而做出的保证（质量保证）。英飞凌对于本文档中所提及的任何事例、提示或者任何特定数值及 / 或任何关于产品应用方面的信息均在此明确声明其不承担任何保证或者责任，包括但不限于其不侵犯任何第三方知识产权的保证均在此排除。

此外，本文档所提供的任何信息均取决于客户履行本文档所载明的义务和客户遵守适用于客户产品以及与客户对于英飞凌产品的应用所相关的任何法律要求、规范和标准。

本文档所含的数据仅供经过专业技术培训的人员使用。客户自身的技术部门有义务对于产品是否适宜于其预期的应用和针对该等应用而言本文档中所提供的信息是否充分自行予以评估。

如需产品、技术、交付条款和条件以及价格等进一步信息，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽 (**www.infineon.com**)。

警告事项

由于技术所需产品可能含有危险物质。如需了解该等物质的类型，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽。

除非由经英飞凌科技授权代表签署的书面文件中做出另行明确批准的情况外，英飞凌科技的产品不应当被用于任何一项一旦产品失效或者产品使用的后果可被合理地预料到可能导致人身伤害的任何应用领域。