

英飞凌 PSOC™ 62 MCU

基于 Arm® Cortex® -M4F

概述

PSOC™ 6 MCU 是一款高性能、超低功耗且安全的 MCU 平台，专为物联网应用而构建。CY8C62x4 产品线基于 PSOC™ 6 MCU 平台，是双 CPU 微控制器与低功耗闪存技术、数字可编程逻辑、高性能模数转换和标准通信和计时外设的组合。

特性

- 32位双核CPU子系统
 - 150 MHz Arm® Cortex® -M4F (CM4)，具备单周期乘法器（浮点和内存保护单元）
 - 100 MHz Cortex® -M0+ (CM0+)，带单周期乘法和 MPU
 - 用户可选择 1.1 V 或 0.9 V 的核心逻辑操作电压
 - 三个 DMA 控制器
- 内存子系统
 - 256 KB 应用程序闪存和 32 KB 管理闪存 (SFlash)；支持即读即写 (RWW)。两个 8 KB 闪存缓存，每个 CPU 一个。
 - 具有可编程功率控制和保留粒度的 128 KB SRAM
 - 一次性可编程 (OTP) 1 Kb eFuse 阵列
- 低功耗操作的电压范围: 1.7-V ~ 3.6-V
 - 六种电源模式可实现精细的电源管理
 - 深度睡眠模式电流为 7 μ A，保留 64 KB SRAM 内容
 - 片上 DC-DC 降压转换器，静态电流小于 1 μ A
 - 具有 64 字节内存和实时时钟的备份域
- 灵活的时钟选项
 - 8 MHz 内部主振荡器 (IMO)，精度为 $\pm 2\%$
 - 超低功耗 32 kHz 内部低速振荡器 (ILO)
 - 片上晶体振荡器（16 MHz 至 35 MHz 和 32 kHz）
 - 用于倍增时钟频率的锁相环 (PLL)
 - 锁频环 (FLL)，用于倍频 IMO 频率
- Quad-SPI (QSPI)/串行存储器接口 (SMIF)
 - 从外部四路 SPI 闪存就地执行 (XIP)
 - 即时加密和解密
 - 4 KB 缓存，以更低的功耗实现更高的 XIP 性能
 - 支持单、双和四接口，吞吐量高达 320 Mbps
- 分段液晶驱动器
 - 支持最多 61 个段和最多 8 个公共端
 - 在系统深度睡眠模式下运行
- 串行通信
 - 六个运行时可配置串行通信块 (SCB)
 - 五个 SCB：可配置为 SPI、I²C 或 UART
 - 一个深度睡眠 SCB：可配置为 SPI 或 I²C
 - USB 全速器件接口
 - 一个 CAN FD 块
- 定时和脉冲宽度调制器

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

特性

- 多达十二个定时器/计数器脉冲宽度调制器 (TCPWM)
- 支持中心对齐模式、边缘模式和伪随机模式
- 基于比较器的 Kill 信号触发
- 可编程的模拟资源
 - 两个具有同步采样、差分和单端模式的 12 位 2 Msps SAR ADC、具有结果平均功能的 16 通道序列发生器以及深度睡眠操作
 - 一个 12 位电压模式数模转换器 (DAC)，稳定时间小于 2μs
 - 深度睡眠和休眠模式下有两个低功耗比较器可用
 - 两个具有低功耗操作模式的运算放大器
 - 始终开启低频深度睡眠操作
 - 内置温度传感器连接至 ADC
- 多达 62 个可编程 GPIO
 - 一个 Smart I/O 端口 (6 个 I/O) 支持对 GPIO 引脚进行布尔运算；在系统深度睡眠期间可用
 - 可编程驱动模式、驱动强度和压摆率
 - 两个过压耐受 (OVT) 引脚
- 电容式感应
 - 电容式 Sigma-Delta 转换器 (CSD) 提供一流的 SNR、防水性和接近感应
 - 支持动态使用自感和互感模式
 - 自动硬件调节 (SmartSense)
- 平台架构内置安全性
 - 通过不间断的“安全启动”实现 ROM-based 的信任根
 - 执行固件镜像的分步验证
 - 受保护例程在只执行模式下安全执行代码
 - 所有调试和测试入口路径都可以禁用
 - 最多八个保护上下文
- 密码学加速器
 - 对称和非对称加密方法和哈希函数的硬件加速
 - 真随机数生成器 (TRNG)
- 封装
 - 80 引脚 TQFP、64 引脚 TQFP 和 68 引脚 QFN
- 设备识别和修订
 - 产品线 ID (12 位) : 0x10E
 - 主要/次要裸片修订 ID: 1/3
 - 固件修订: ROM 启动: 8.1, Flash 启动: 3.1.0.528 (参见 [启动代码](#) 部分)

该产品系列具有可通过 SWJ 接口获取的 JTAG ID。它是一个 32 位 ID，其中：

 - 最高有效数字是设备版本，基于主要裸片版本
 - 接下来的四位数字对应于零件编号，例如十六进制数“E4B0”
 - 三个最低有效数字是制造商 ID，在本例中为十六进制数“069”

固件可以使用 Silicon ID 系统调用来获取 Silicon ID 和 ROM 启动数据。更多信息，请参阅[参考手册](#)。

可以直接从指定地址 0x1600 2004 和 0x1600 2018 读取 Flash Boot 版本。有关更多信息，请参阅[参考手册](#)。

目录

目录

概述.....	1
特性.....	1
目录.....	3
1 开发生态系统.....	5
1.1 PSOC™ 资源.....	5
1.2 ModusToolbox™ 软件.....	6
2 模块和功能.....	7
3 功能说明.....	9
3.1 CPU和存储器子系统.....	10
3.1.1 CPUs.....	10
3.1.2 中断.....	11
3.1.3 处理器间通信(IPC).....	11
3.1.4 直接内存访问(DMA)控制器.....	11
3.1.5 加密加速器(加密).....	12
3.1.6 保护单元.....	12
3.1.7 存储器.....	13
3.1.8 启动加载程序.....	14
3.1.9 内存映射.....	15
3.2 系统资源.....	16
3.2.1 电源系统.....	16
3.2.2 电源模式.....	16
3.2.3 时钟系统.....	17
3.2.4 内部主振荡器(IMO).....	17
3.2.5 内部低速振荡器(ILO).....	17
3.2.6 外部晶体振荡器.....	18
3.2.7 看门狗计时器(WDT, MCWDT).....	18
3.2.8 时钟分频器.....	18
3.2.9 触发路由.....	18
3.2.10 复位.....	19
3.3 可编程模拟子系统.....	20
3.3.1 12位 SAR ADC.....	20
3.3.2 温度传感器.....	20
3.3.3 12位数模转换器.....	20
3.3.4 带有两个运算放大器的连续时间块迷你(CTBm).....	20
3.3.5 低功耗比较器.....	21
3.4 可编程数字资源.....	22
3.4.1 智能 I/O.....	22
3.5 固定功能数字模块.....	22
3.5.1 定时器/计数器/脉宽调制器(TCPWM).....	22
3.5.2 串行通信模块(SCB).....	23
3.5.3 USB全速器件接口.....	23
3.5.4 CAN FD 块.....	23
3.5.5 四通道SPI/串行记忆接口(SMIF).....	24
3.5.6 LCD.....	24
3.6 GPIO.....	25
3.7 CAPSENSE™ 子系统.....	26
4 引脚分布.....	30
5 电源设计考虑因素.....	40
6 电气规格参数.....	45
6.1 绝对最大额定值.....	45
6.2 器件级规范.....	46

目录

6.2.1 电源.....	47
6.2.2 CPU 电流和转换时间.....	48
6.2.3 XRES	54
6.2.4 GPIO.....	55
6.3 模拟外设.....	57
6.3.1 运算放大器	57
6.3.2 低功耗比较器.....	61
6.3.3 温度传感器.....	62
6.3.4 内部参考.....	62
6.3.5 SAR ADC.....	63
6.3.6 DAC	66
6.3.7 CSD	67
6.4 数字外设.....	72
6.4.1 定时器/计数器/PWM (TCPWM) 模块.....	72
6.4.2 串行通信模块 (SCB).....	73
6.4.3 LCD 规格.....	75
6.5 存储器.....	76
6.6 系统资源.....	77
6.6.1 上电复位.....	77
6.6.2 电压监视器.....	78
6.6.3 SWD 接口.....	79
6.6.4 内部主振荡器 (IMO).....	80
6.6.5 内部低速振荡器 (ILO).....	81
6.6.6 FLL 规格.....	82
6.6.7 晶体振荡器规格.....	83
6.6.8 外部时钟规范.....	83
6.6.9 PLL规格.....	84
6.6.10 时钟源切换次数.....	84
6.6.11 QSPI.....	85
6.6.12 智能 I/O	86
6.6.13 JTAG 边界扫描.....	86
7 订购信息	87
7.1 PSOC™ 6 MPN 解码器	88
8 封装信息.....	90
9 缩略语	94
10 文档惯例.....	98
10.1 测量单位	98
修订记录.....	99

1 开发生态系统

1.1 PSOC™ 资源

英飞凌在 www.infineon.cn 上提供了丰富的数据，帮助您选择合适的 PSOC™ 器件，并快速有效地将其集成到您的设计中。以下是 PSOC™ 6 MCU 资源的简要列表：

- **概述**：[PSOC™ portfolio](#)
- **产品选择器**：[PSOC™ 6 MCU](#)
- **应用笔记** 涵盖从基础到高级的广泛主题。应用笔记包括：
 - [AN221774](#): Getting started with PSOC™ 6 MCU on PSOC™ Creator
 - [AN218241](#): PSOC™ 6 MCU hardware design considerations
 - [AN213924](#): PSOC™ 6 MCU Device Firmware Update (DFU) software development kit guide
 - [AN215656](#): PSOC™ 6 MCU dual-core system design
 - [AN219528](#): PSOC™ 6 MCU low-power modes and power reduction techniques
 - [AN221111](#): PSOC™ 6 MCU designing a custom secured system
 - [AN85951](#): PSOC™ 4 and PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ design guide
- **代码示例** 展示了产品特性和使用，可访问以下地址获取：[Infineon GitHub repositories](#)。
- **技术参考手册 (TRMs)** 详细介绍了 PSOC™ 6 架构和寄存器。
- PSOC™ 6 MCU 编程规范提供对 PSOC™ 6 MCU 非易失性存储器进行编程的必要信息。
- 开发工具
- **ModusToolbox™** 软件通过强大的工具和软件库实现跨平台代码开发
 - [CY8CKIT-062S4 - PSOC™ 62S4 Pioneer Kit](#)：支持 PSOC™ 62 CY8C62x4 产品线的设计和调试的硬件平台。
 - [PSOC™ 6 CAD 库](#) 为常用工具提供足迹和原理图支持。还提供 [BSDL 文件](#) 和 [IBIS 模型](#)。
- **培训视频** 涵盖各种主题，包括 PSOC™ 6 MCU 101 系列。
- **英飞凌开发者社区** 可以每周7天、每天24小时与世界各地的 PSOC™ 开发者交流，并设置了一个专门的 [PSOC™ 6 MCU Community](#)。

1.2 ModusToolbox™ 软件

ModusToolbox™ 软件是英飞凌的多平台工具和软件库的综合集合，为创建融合的MCU和无线系统提供了沉浸式的开发体验。

- 全面--它拥有你需要的资源
- 灵活--你可以在自己的工作流中使用这些资源

• 原子化--你可以只获得你想要的资源

英飞凌在[GitHub](#)上提供了大量的代码库，包括：

- 与英飞凌套件相一致的电路板支持包 (BSP)
- 底层资源，包括硬件抽象层 (HAL) 和外设驱动程序库 (PDL)
- 中间件支持 CAPSENSE™、低功耗蓝牙和Mesh网络等行业领先功能
- 一套广泛的经过全面测试的**代码示例应用程序**

注释：HAL 提供了一个高级、简化的接口，用于配置和使用英飞凌 MCU 上的硬件模块。它是一个通用接口，可用于多个产品系列。例如，它使用简化的 API 封装了 PSOC™ 6 PDL，但PDL开放了所有底层外设功能。即使应用程序的某个部分需要更精细的控制，您也可以利用 HAL 更简单、更通用的接口来处理大部分内容。

ModusToolbox™ 软件与 IDE 无关，可轻松适应您的工作流程和首选开发环境。它包含项目创建器、外设和库配置器、库管理器，以及适用于 ModusToolbox™ 软件的可选 Eclipse IDE。有关使用英飞凌工具的信息，请参阅 ModusToolbox™ 软件随附的文档和 [AN228571: Getting started with PSOC™ 6 MCU on ModusToolbox™ software](#)。

ModusToolbox™ software。

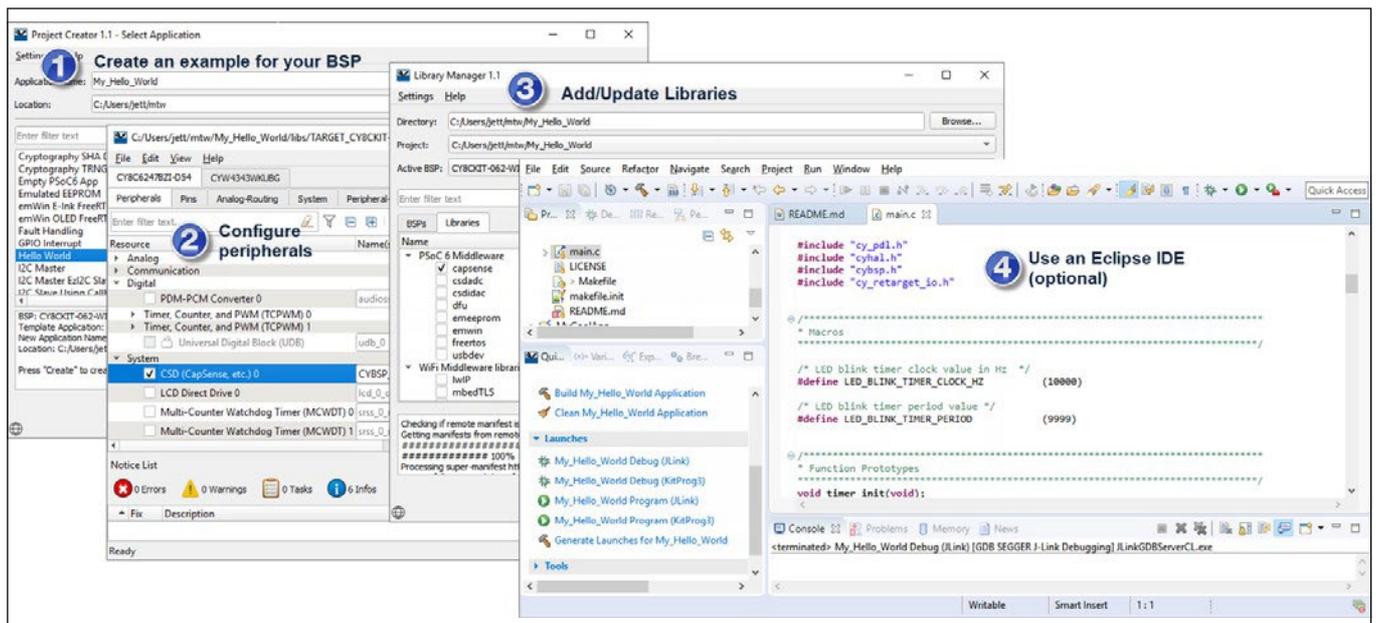


图 1 ModusToolbox™ 软件工具

2 模块和功能

图 2 显示了主要子系统及其互连的简化视图。颜色编码显示了模块在最低功耗模式下仍能正常工作。例如，SRAM 在休眠模式下仍能正常工作。

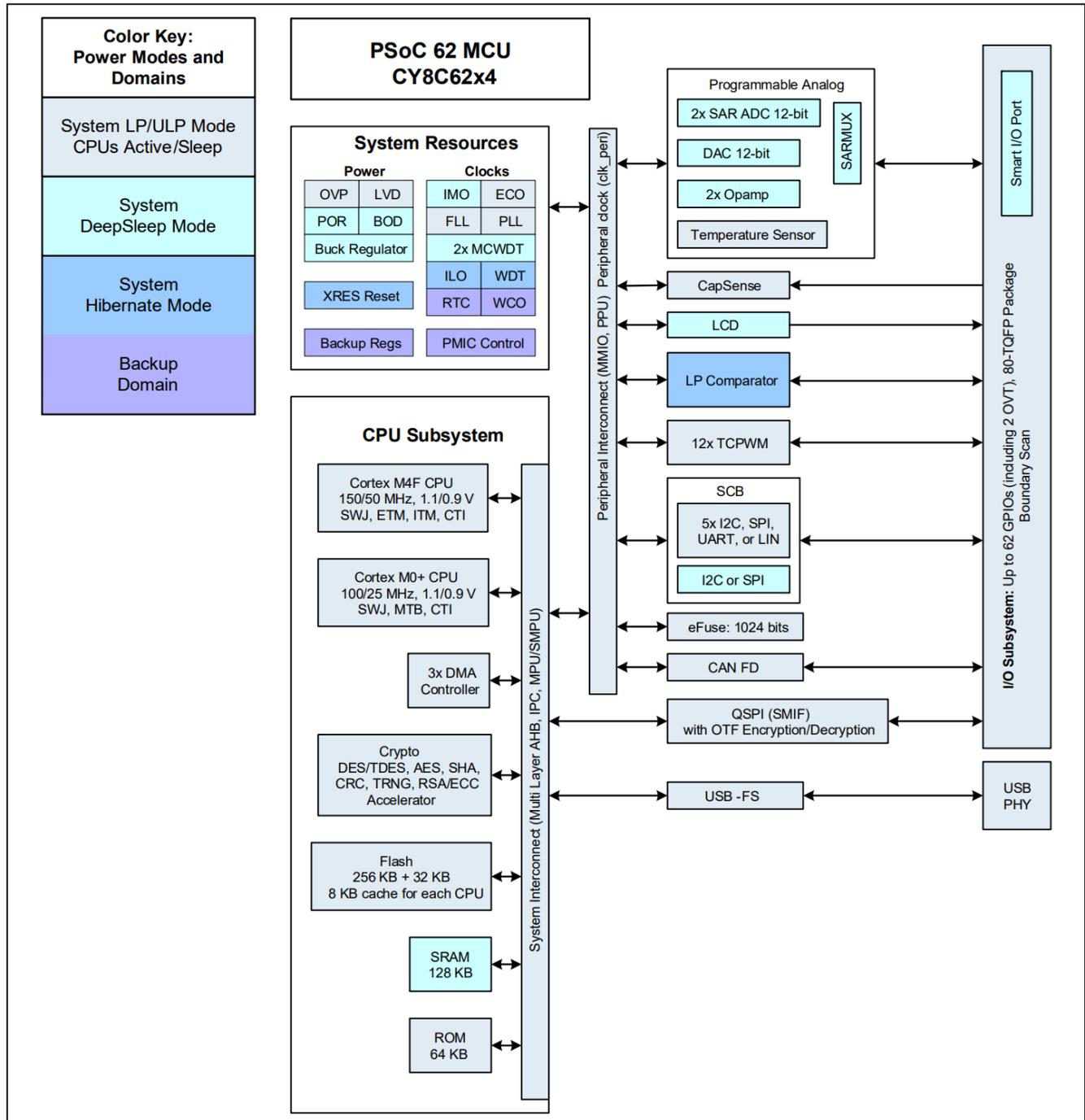


图 2 结构框图

有三个调试访问端口，分别用于 CM4 和 CM0+，还有一个系统端口。

PSOC™ 6 MCU 器件能够为硬件和固件的编程、测试、调试和跟踪提供广泛的支持。如某些应用担心网络钓鱼会通过对器件恶意重新编程来进行攻击或试图启动和中断闪存编程序列来击败安全设定的应用，所有器件接口都可以被永久禁用。当器件的最大安全级别被使能时，将禁用所有编程、调试和测试接口。安全级别可由用户设置。

借助完善的片上调试 (DoC) 功能，可以使用标准的生产用器件在最终系统中进行全面的器件调试。它不需要特殊的接口、调试转接板、模拟器或仿真器。只需要标准的编程连接，即可全面支持调试。

ModusToolbox™ 软件的 Eclipse IDE 为这些设备提供了完全集成的编程和调试支持。SWJ 接口 (SWD 和 JTAG) 与工业标准的第三方工具全面兼容。PSOC™ 6 MCU 具有禁用调试功能、非常强大的闪存保护以及允许在片上可编程模块中实现客户专有功能的能力，从而提供了多级安全性。

3 功能说明

以下章节概述了图 2 框图中标识的每个功能块的特性、功能和操作。有关更多详细信息，请参阅以下文档：

- 板级支持包 (BSP) 文档

BSP 可在 [GitHub](#) 上获取。它们与英飞凌套件保持一致，并提供用于基本设备功能的文件，例如硬件配置文件、启动代码和链接器文件。BSP 还包含支持套件所需的其他库。每个 BSP 都有自己的文档，但通常包含 API 参考，例如 [此处](#) 示例。此 [搜索关联](#) 在英飞凌 GitHub 网站上查找所有当前可用的 BSP。

- 硬件抽象层 API 参考手册

英飞凌硬件抽象层 (HAL) 提供了一个高级接口，用于配置和使用英飞凌 MCU 上的硬件模块。它是一个通用接口，可用于多个产品系列。即使应用程序的某个部分需要更精细的控制，您也可以利用 HAL 更简单、更通用的接口来处理大部分功能。[HAL API 参考](#) 提供完整的详细信息。使用 HAL 的示例应用程序会自动从 GitHub 存储库下载它。

- 外设驱动程序库 (PDL) 应用程序编程接口 (API) 参考手册

外设驱动程序库 (PDL) 将设备头文件和外设驱动程序集成到一个软件包中，并支持所有 PSOC™ 6 MCU 产品线。这些驱动程序将硬件功能抽象为一组易于使用的 API。这些 API 在 [PDL API 参考](#) 中有完整文档。使用 PSOC™ 6 PDL 的示例应用程序会自动从 GitHub 存储库下载它。

- 架构技术参考手册 (TRM)

TRM 提供了设备中每个资源的详细描述。如果需要了解 PDL (外设驱动库) 所提供软件下的硬件操作，这是接下来应该使用的参考资料。它描述了每个资源的架构和功能，并解释了每个资源在所有模式下的操作。它提供了有关使用相关寄存器的具体指导。

- 寄存器技术参考手册

寄存器 TRM 提供了设备中所有寄存器的完整列表。它包括所有寄存器字段的细目分类、它们的可能设置、读/写可访问性和默认状态。所有在典型应用中有合理用途的寄存器都具有从 PDL 内部访问它们的功能。请注意，ModusToolbox 和 PDL 可能会为某些寄存器提供不同于硬件默认值并覆盖硬件默认值的软件默认条件。

3.1 CPU 和存储器子系统

PSOC™ 6 具有多个总线主控器，如图 2 所示。它们分别是：CPU、DMA 控制器、QSPI、USB 和一个加密模块。通常，所有存储器和外设都可以通过多层 Arm® AMBA 高性能总线 (AHB) 仲裁被所有总线主控器访问和共享。CPU 之间的访问可以使用处理器间通信 (IPC) 模块进行同步。

3.1.1 CPUs

有两个 Arm® Cortex® CPU：

Cortex® -M4 (CM4) 具有单周期乘法、浮点单元 (FPU) 和内存保护单元 (MPU)。它的主频最高可达 150 MHz。这是主 CPU，设计用于缩短中断响应时间、提高代码密度和提高吞吐量。

CM4 实现了基于 Thumb-2 技术的 Thumb 指令集（在 [Armv7-M 架构参考手册](#) 中定义）。

Cortex® -M0+ (CM0+) 具有单周期乘法和 MPU。它可以运行最高达 100 MHz；然而，当 CM4 的速度超过 100 MHz 时，CM0+ 和总线外设的速度将被限制为 CM4 速度的一半。因此，当 CM4 运行在 150 MHz 时，CM0+ 和外设的速度将被限制为 75 MHz。

CM0+ 是辅助 CPU；它用于实现系统调用和设备级安全、安全和保护功能。Cortex® -M0+ CPU 提供了安全、不可中断的启动功能。这保证了启动后系统完整性得到检查，并且内存和外围设备的访问权限得到强制执行。

CM0+ 实现了 Armv6-M Thumb 指令集（定义在 [Armv6-M 架构参考手册](#)）。当 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 并使用内部降压调节器时，CPU 的功耗如下：

表 1 使用内部降压调节器时 $V_{DD} = 3.3\text{ V}$ 时的有效电流斜率

		System Power Mode	
		ULP	LP
CPU	Cortex®-M0+	15 $\mu\text{A}/\text{MHz}$	20 $\mu\text{A}/\text{MHz}$
	Cortex®-M4	22 $\mu\text{A}/\text{MHz}$	40 $\mu\text{A}/\text{MHz}$

可以根据 Arm® 的定义选择性地将 CPU 置于睡眠和深度睡眠电源模式。

两个 CPU 都配备了嵌套向量中断控制器 (NVIC)，用于快速和确定性的中断响应，以及唤醒中断控制器 (WIC)，用于从深度睡眠电源模式中唤醒 CPU。

CPU 具有广泛的调试支持。PSOC™ 6 具有调试访问端口 (DAP)，可作为设备编程和调试的接口。外部编程器或调试器（“主机”）通过设备串行线调试 (SWD) 或联合测试行动组 (JTAG) 接口引脚与 DAP 通信。通过 DAP（并受设备安全限制），主机可以访问设备内存和外设以及两个 CPU 中的寄存器。

每个 CPU 都提供如下调试和跟踪功能：

- CM4 支持六个硬件断点和四个观察点、4 位嵌入式跟踪宏单元 (ETM)、串行线查看器 (SWV) 以及通过单线输出 (SWO) 引脚进行的 printf() 式调试。
- CM0+ 支持四个硬件断点和两个观察点，以及一个带有 4 KB 专用 RAM 的微跟踪缓冲区 (MTB)。

PSOC™ 6 还具有嵌入式交叉触发器，用于同步调试和跟踪两个 CPU。

3.1.2 中断

该产品线拥有175个系统和外设中断源，并支持两种CPU上的中断和系统异常。CM4 有 175 条中断请求线 (IRQ)，其中中断源“n”直接连接到 IRQn。CM0+ 有八个中断 IRQ[7:0]，可以将一个或多个中断源配置映射到任意 IRQ[7:0]。CM0+ 还支持八个内部（仅限软件）中断。

每个中断都支持可配置的优先级（CM4 为 8 级，CM0+ 为 4 级）。每个 CPU 的不可屏蔽中断 (NMI) 最多可映射 4 个系统中断。最多 45 个中断源能够使用 WIC 将设备从深度睡眠模式唤醒。请参阅[技术参考手册](#)了解详情。

3.1.3 处理器间通信 (IPC)

除了 Arm® SEV 和 WFE 指令外，还包含一个硬件处理器间通信 (IPC) 模块。它包含 16 个 IPC 通道和 16 个 IPC 中断结构。IPC 通道可用于实现处理器之间的数据通信。每个 IPC 通道还实现一个锁定方案，可用于管理共享资源。IPC 中断允许一个处理器中断另一个处理器，并发出事件信号。这用于触发相应 IPC 通道的通知和释放等事件。一些 IPC 通道和其他资源是保留的，如[表 2](#)所示：

表 2 IPC通道和其他资源的分配

Resources available	Resources consumed
IPC channels, 16 available	8 reserved
IPC interrupts, 16 available	8 reserved
Other interrupts	1 reserved
CM0+ NMI	Reserved
Other resources: clock dividers, DMA channels, etc.	1 CM0+ interrupt mux

3.1.4 直接内存访问 (DMA) 控制器

该产品系列包含三个 DMA 控制器，分别具有 32、30 和 2 个通道，支持独立于 CPU 的内存和外设访问。DMA 通道的描述符可以位于 SRAM 或闪存中。因此，描述符的数量仅受内存大小的限制。每个描述符可以在两个嵌套循环中以可配置的地址增量将数据传输到源和目标。每个描述符的数据传输大小因 DMA 通道的类型而异。请参阅[技术参考手册](#)了解详情。

3.1.5 加密加速器（加密）

该子系统由加密功能和随机数生成器的硬件实现和加速组成。

安全子系统支持以下内容：

- 加密/解密函数
 - 数据加密标准 (DES)
 - 三重 DES (3DES)
 - 高级加密标准 (AES) (128 位、192 位、256 位)
 - 椭圆曲线算法 (ECC)
 - RSA加密算法
- 哈希函数
 - 安全哈希 (hash) 算法
 - SHA-1
 - SHA-224/-256/-384/-512
- 消息认证功能 (MAC)
 - 散列消息认证码 (HMAC)
 - 基于密码的消息认证码 (CMAC)
- 32 位循环冗余码 (CRC) 生成器
- 真随机数生成器
 - 伪随机数生成器
 - 真随机数生成器 (TRNG)

3.1.6 保护单元

该产品线具有多种类型的保护单元，用于控制对内存和外围寄存器的错误或未经授权的访问。CM4 和 CM0+ 具有 Arm® MPU，用于总线主控级别的保护。其他总线主控器使用额外的 MPU。共享内存保护单元 (SMPU) 有助于为多个总线主控器共享的内存/资源实现内存保护。外设保护单元 (PPU) 与 SMPU 类似，但设计用于保护外设寄存器空间。

保护单元支持内存和外设访问属性，包括地址范围、读/写、代码/数据、特权级别、安全/非安全以及保护上下文。部分保护单元资源保留供系统使用；请参阅[技术参考手册 \(TRM\)](#) 了解详情。

3.1.7 存储器

PSOC™ 6 包含闪存、SRAM、ROM 和 eFuse 内存块。

- Flash

应用程序闪存高达 256 KB，分为 128 KB 扇区。还有一个 32 KB 的管理闪存 (SFlash) 扇区。

SFlash 中存储的数据包括器件调整值、**Flash Boot** 代码和加密密钥。设备进入“安全”生命周期阶段后，SFlash 将无法再更改。

闪存具有 128 位宽的访问，以降低功耗。这使得代码执行期间可以进行闪存更新。写入操作可以在行级别执行。一行是 512 字节。系统低功耗模式和超低功耗模式均支持读取操作，但在系统超低功耗模式下可能无法执行写入操作。

闪存控制器配备了两个缓存，每个 CPU 各有一个。每个缓存为 8 KB，具有 4 路组相联性。

- SRAM

提供高达 128 KB 的 SRAM。电源控制和保留粒度以 32 KB 块实现，允许用户控制深度睡眠中保留的内存量。休眠模式下不会保留内存。

- ROM

64 KB ROM，也称为监控 ROM (SROM)，提供代码 (**ROM 启动**) 用于多个系统功能。ROM 包含设备初始化、闪存写入、安全保护、eFuse 编程和其他系统级例程。ROM 代码仅由 CM0+ CPU 在保护上下文 0 中执行。系统功能可以由 CPU 或通过 DAP 启动。这会导致 CM0+ 中发生 NMI，从而导致 CM0+ 执行系统功能。

- eFuse

一次性可编程 (OTP) eFuse 阵列由 1024 位组成，其中 648 位保留供系统使用，例如芯片 ID、设备 ID、初始调整设置、设备生命周期和安全设置。其余位可用于存储安全密钥信息、哈希值、唯一 ID 或类似的自定义内容。

每个保险丝均单独编程；一旦编程（或“熔断”），其状态将无法更改。熔断保险丝会将其从默认状态 0 转换为 1。要对电子保险丝进行编程， V_{DDIO0} 必须为 $2.5\text{ V} \pm 5\%$ ，电流为 14 mA。由于电子保险丝熔断是一个不可逆的过程，因此建议仅在受控的工厂条件下进行量产编程。更多信息，请参阅 **PSOC™ 6 单片机编程规格**。

3.1.8 启动加载程序

两块代码，**ROM 引导**和**Flash 引导程序**预先编程到设备中并协同工作以提供设备启动和配置、基本安全功能、生命周期阶段管理和其他系统功能。

- ROM 启动

在设备复位时，ROM 中的引导程序是第一个执行的程序。此程序执行以下操作：

- 闪存启动代码的完整性检查
- 设备调整设置（校准）
- 设置设备保护单元
- 设置生命周期状态的设备访问限制

ROM 无法更改，并且是安全系统中的信任根。

- 闪存启动

闪存启动是存储在 SFlash 中的固件，可确保只有经过验证的应用程序才能在设备上运行。它还确保固件映像没有被修改，例如被恶意的第三方修改。

闪存启动：

- 通过 ROM 启动验证
- 在 ROM 启动之后、用户应用程序之前运行
- 启用系统调用
- 配置调试访问端口
- 在 CM0+（单 CPU 设备为 CM4）中启动用户应用程序

如果无法验证用户应用程序，则闪存启动可确保设备转换到安全状态。

3.1.9 内存映射

两个 CPU 均具有固定的地址映射，可共享内存和外设访问权限。32 位（4 GB）地址空间被划分为 Arm 定义的区域，如表 3 所示。请注意，代码可以从代码区域和外部 RAM 区域执行。

表 3 CM4 和 CM0+ 的地址映射

Address range	Name	Use
0x0000 0000 to 0x1FFF FFFF	Code	Program code region. Data can also be placed here. It includes the exception vector table, which starts at address 0.
0x2000 0000 to 0x3FFF FFFF	SRAM	Data region. This region is not supported in PSOC™ 6.
0x4000 0000 to 0x5FFF FFFF	Peripheral	All peripheral registers. Code cannot be executed from this region. CM4 bit-band in this region is not supported in PSOC™ 6 .
0x6000 0000 to 0x9FFF FFFF	External RAM	SMIF or Quad SPI, (see “ Quad-SPI/serial memory interface (SMIF) ” on page 24). Code can be executed from this region.
0xA000 0000 to 0xDFFF FFFF	External Device	Not used.
0xE000 0000 to 0xE00F FFFF	Private Peripheral Bus	Provides access to peripheral registers within the CPU core.
0xE010 A000 to 0xFFFF FFFF	Device	Device-specific system registers.

设备内存映射如表 4 所示，适用于两个 CPU。也就是说，两个 CPU 共享所有 PSOC™ 6 MCU 内存和外设寄存器的访问权限。

表 4 CM4 和 CM0+ 的内部存储器地址映射

Address range	Memory type	Size
0x0000 0000 to 0x0000 FFFF	ROM	64 KB
0x0800 0000 to 0x0801 FFFF	SRAM	Up to 128 KB
0x1000 0000 to 0x1003 FFFF	Application flash	Up to 256 KB
0x1600 0000 to 0x1600 7FFF	Supervisory flash	32 KB

请注意，PSOC™ 6 SRAM 位于两个 CPU 的 Arm® 代码区域（参见表 3）。CPU 的 Arm® SRAM 区域中没有物理内存。

3.2 系统资源

3.2.1 电源系统

电源系统确保各模式所需的电压水平达到要求，并在必要时延迟模式进入（例如在上电复位 (POR) 时）直到电压水平满足正常功能的需求，或者在电源电压下降到指定水平以下时触发复位（掉电检测 (BOD)）。该设计保证了电源在电压掉落到低于规定水平时芯片的安全运行（例如，低于 1.7 V）并复位。芯片没有电压上电时序的特别要求。V_{DD} 电源（1.7 V 至 3.6 V）为片内降压稳压器或低压差稳压器 (LDO) 供电，用户可选择其中一种稳压方式。此外，降压稳压器和 LDO 均提供可选的内核工作电压 (V_{CCD})（0.9 V 或 1.1 V）。用户可在两种系统电源模式之间进行选择：

- 系统低功耗 (LP) 在 1.1 V 下操作 V_{CCD} 并提供高性能，且对设备配置没有限制。
- 系统超低功耗 (ULP) 以 0.9 V 运行 V_{CCD}，实现极低的功耗，但对最大时钟速度有所限制。

此外，备份域使用由电池或超级电容等备用电源 (V_{BACKUP}) 供电的独立电源域，增加了“始终开启”功能。它包含一个带闹钟功能的实时时钟 (RTC)，由 32.768 kHz 晶体振荡器 (WCO) 和电源管理 IC (PMIC) 控制提供支持。端口 0 的引脚 5 (P0.5) 可分配为外部 PMIC 的使能信号。

RTC 警报可用作 PMIC 使能信号的触发器。备份域可以通过 RTC 定时器或外部输入向芯片产生唤醒中断。

3.2.2 电源模式

PSOC™ 6 MCU 可在四种系统和三种 CPU 功耗模式下运行。这些模式旨在最大限度地降低应用的平均功耗。有关功耗模式和其他节能配置选项的更多详细信息，请参阅应用笔记 [AN219528: PSOC™ 6 MCU low-power modes and power reduction techniques](#) 和 [Architecture TRM, Power Modes chapter](#)。

PSOC™ 6 MCU 支持的电源模式按功耗降低的顺序如下：

- 系统低功耗 (LP) – 所有外设和 CPU 电源模式均可在最大速度下使用
- 系统超低功耗 (ULP) – 所有外设和 CPU 电源模式均可用，但速度有限
- CPU 激活 – CPU 正在系统 LP 或 ULP 模式下执行代码
- CPU 睡眠 – CPU 代码执行在系统 LP 或 ULP 模式下暂停
- CPU 深度睡眠 – CPU 代码执行暂停，并在系统 LP 或 ULP 模式下请求系统深度睡眠
- 系统深度睡眠 – 两个 CPU 进入 CPU 深度睡眠模式后，只有低频外设可用
- 休眠 – 器件和 I/O 状态被冻结，器件在唤醒时会复位

CPU Active、Sleep 和 Deep Sleep 是 Arm CPU 指令集架构 (ISA) 支持的标准 Arm® 定义电源模式。LP、ULP、深度睡眠和休眠模式是 PSOC™ 6 MCU 支持的其他低功耗模式。

3.2.3 时钟系统

图 3 显示该产品系列的时钟系统由以下部分组成：

- 内部主振荡器 (IMO)
- 内部低速振荡器 (ILO)
- 时钟晶体振荡器 (WCO)
- 外部MHz晶体振荡器 (ECO)
- 外部时钟输入
- 一个锁相环 (PLL)
- 一个频率锁定环路 (FLL)

时钟可以被缓冲并输出到智能 I/O 端口的引脚。

应用程序启动时的默认时钟是 CLK_HF[0]，由 IMO 和 FLL 驱动。CLK_HF[0]、clk_fast、clk_peri 和 clk_slow 均为 50 MHz (LP 模式) 或 25 MHz (ULP 模式)。所有其他时钟 (包括所有外设时钟) 均关闭。

3.2.4 内部主振荡器 (IMO)

IMO是主要的内部时钟源。它在工厂经过校准以达到规定的精度。IMO 频率为 8 MHz，误差为 ±2%。

3.2.5 内部低速振荡器 (ILO)

ILO 是一种非常低功耗的振荡器，标称频率为 32 kHz，可在所有功耗模式下运行。可以根据更高精度的时钟校准 ILO，以获得更好的精度。

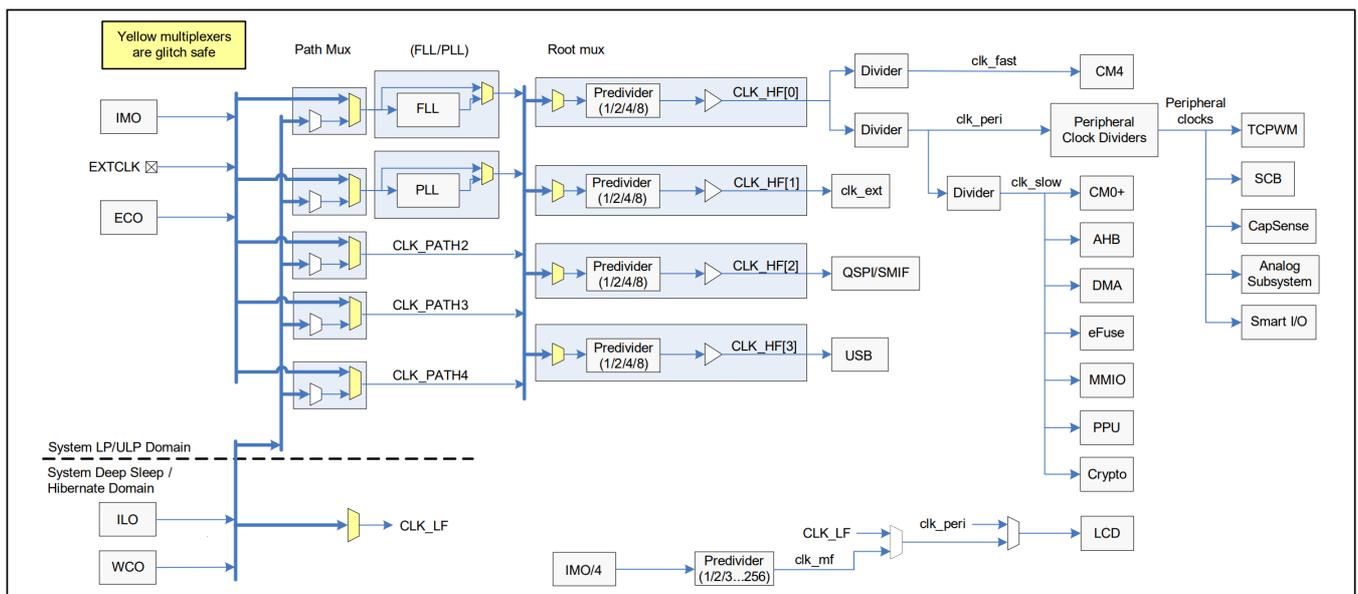


图 3 时钟图

3.2.6 外部晶体振荡器

图 4 显示了该产品系列的所有外部晶振电路。图中所示的元件值为典型值；请参阅表 45。晶振值请参见晶振数据表，负载电容值请参见晶振数据表。ECO 和 WCO 需要平衡的外部负载电容。更多信息，请参阅参考手册和 AN218241, PSOC™ 6 MCU hardware design considerations。

晶体振荡器对 GPIO 开关噪声很敏感，并且需要以下约束才能在 16 至 35 MHz 范围内的多种晶体下可靠运行：

1. 端口 12 必须以低压摆率（慢速）模式使用，该模式将开关频率限制为 2.5 MHz。
2. 端口 11（包括 QSPI 接口）必须限制为使用 QSPI 且处于驱动模式 2 的 60 MHz 操作；请参阅 TRM 了解详细信息。

有关详细信息，请参阅表 5 和 GPIO 部分。

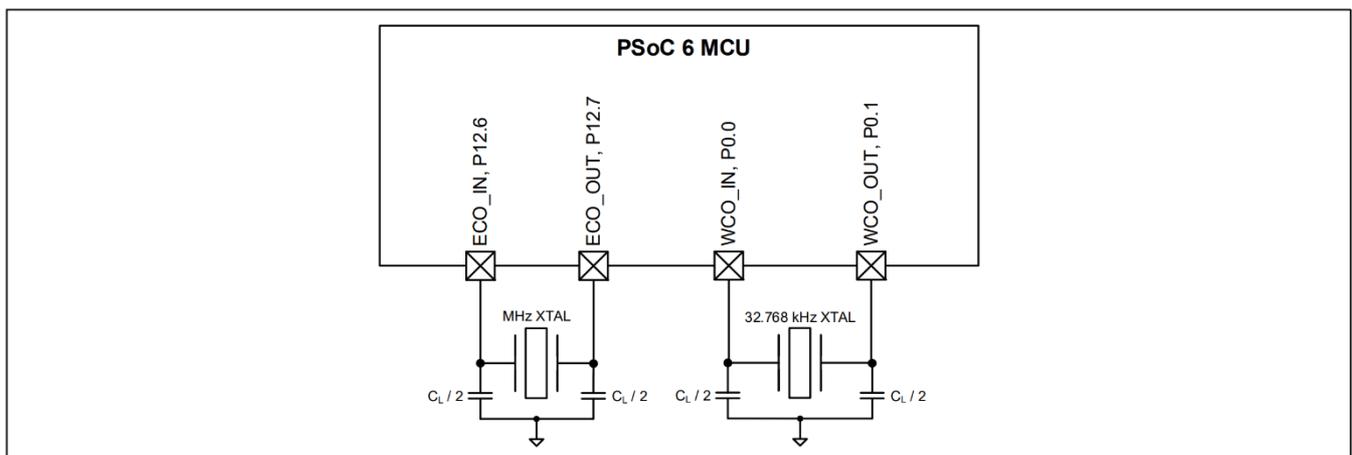


图 4 振荡器电路

3.2.7 看门狗定时器（WDT、MCWDT）

PSOC™ 6 MCU 有一个 WDT 和两个多计数器 WDT (MCWDT)。WDT 有一个 16 位自由运行计数器。每个 MCWDT 有两个 16 位计数器和一个 32 位计数器，具有多种工作模式。所有 16 位计数器均可生成看门狗设备复位。所有计数器都可以在匹配事件时产生中断。

WDT 由 ILO 提供时钟。它可以在 LP/ULP、深度睡眠和休眠电源模式下进行中断/唤醒生成。MCWDT 由 LFCLK (ILO 或 WCO) 提供时钟。它可以在 LP/ULP 和深度睡眠电源模式下进行定期中断/唤醒生成。

3.2.8 时钟分频器

提供整数和小数时钟分频器用于外设和定时目的。包括：

- 四个 8 位时钟分频器
- 八个 16 位整数时钟分频器
- 两个 16.5 位小数时钟分频器
- 一个 24.5 位小数时钟分频器

3.2.9 触发路由

PSOC™ 6 MCU 包含一个触发多路复用器块。这是数字多路复用器和开关的集合，用于在外部设备块之间以及 GPIO 和外部设备块之间路由触发信号。

触发路由有两种类型。触发多路复用器在源和目标中具有可重配置性。还有称为“一对一触发器”的硬连线开关，它将特定的源连接到目的地。用户可以启用或禁用该路线。

3.2.10 复位

PSOC™ 6 MCU 可以通过多种来源复位：

- 上电复位 (POR) 可在电源上升至设备正常运行所需的水平时保持设备处于复位状态。上电时 POR 自动激活。
- 掉电检测 (BOD) 复位用于监控数字电压源 V_{DD} ，并在 V_{DD} 低于所需的最低逻辑工作电压时产生复位。
- 外部复位专用引脚 (XRES)，可使用外部复位源复位器件。XRES 引脚为低电平有效。它可以连接到上拉电阻至 V_{DD} ，也可以连接到有源驱动电路，如图 5 所示。如果使用上拉电阻，请选择其值以最小化引脚拉低时的电流消耗；典型值为 4.7 k Ω 至 100 k Ω 。

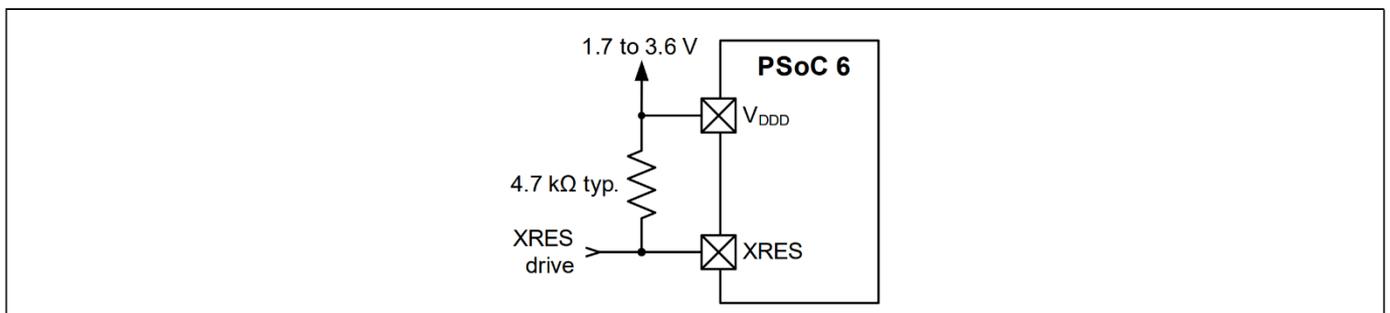


图 5 XRES 连接图

- 看门狗定时器 (WDT或MCWDT) 用于在固件未能在指定超时时间内对其进行服务时复位设备。
- 软件触发复位，可通过固件按需复位设备。
- 如果发生未经授权的操作条件，逻辑保护故障可能会触发中断或复位设备；例如，在执行特权代码时到达调试断点。
- 休眠唤醒复位使设备退出系统休眠低功耗模式。

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，该寄存器的内容在复位过程中保持不变，允许用户通过软件确定复位原因。

3.3 可编程模拟子系统

3.3.1 12 位 SAR ADC

两个 12 位、2 Msps SAR ADC 最高工作时钟频率为 36 MHz，完成 12 位转换至少需要 18 个该频率的时钟周期。ADC 参考电压可使用以下三个内部基准电压源之一： V_{DDA} 、 $V_{DDA/2}$ 和一个模拟基准电压源 (AREF)。AREF 的标称值为 1.2 V，精度为 $\pm 1\%$ ；参见表 22)。也可以使用外部基准电压源，通过驱动 V_{REF} 引脚。当使用 $V_{DDA/2}$ 或 AREF 作为基准电压源时，可将外部旁路电容连接到 V_{REF} 引脚，以提高噪声条件下的性能。这些参考选项允许以所用参考精度进行比率读数或绝对读数。ADC 的输入范围为 V_{SS} 和 V_{DDA}/V_{DDIOA} 之间的全电源电压。ADC 可在同一配置中混合使用单端和差分信号。

如果需要，ADC 的采样保持 (S/H) 孔径是可编程的，以便为高阻抗信号提供足够的时间稳定下来。如果使用适当的参考并且系统噪声水平允许，则真正的 12 位精度的系统性能为 65 dB。

ADC 通过输入序列器连接到固定的引脚组。序列器自动地循环性通过已选通道 (序列器扫描)，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 2 Msps)。每个通道的结果都被缓冲，以便只有当所有通道的完整扫描完成时才会触发中断。此外，可以设置一对范围寄存器来检测输入是否超过最小值和/或最大值并引发中断。这样就可以快速检测超出范围的值，而无需等待序列器扫描完成以及 CPU 读取值并在软件中检查超出范围的值。在固件控制下，ADC 还可以通过模拟多路复用器总线 (AMUXBUS) 连接到大多数其他 GPIO 引脚。休眠模式下 ADC 不可用。ADC 的工作电压范围为 1.71 V 到 3.6 V。

ADC 具有同步采样功能，适用于电源监控和电机控制等应用。SAR ADC 可以在深度睡眠模式下使用 2 MHz 或 8 MHz (LPOSC) 的时钟运行。

3.3.2 温度传感器

每个 SAR ADC 块包含一个温度传感器。该传感器由电流源偏置的二极管组成。可以禁用它以节省电力。温度传感器可以直接连接到 SAR ADC 作为测量通道之一。ADC 将温度传感器的输出数字化，然后可以使用英飞凌提供的软件功能将读数转换为温度，并进行校准和线性化。

3.3.3 12 位数模转换器

芯片上有一个 12 位电压模式 DAC，可以在不到 $2 \mu s$ 的时间内稳定下来。DAC 可以由 DMA 控制器驱动来生成用户定义的波形。芯片的 DAC 输出可以是电阻阶梯输出 (近地高度线性) 或使用 CTBm 块中的运算放大器的缓冲输出。

3.3.4 带有两个运算放大器的连续时间块迷你 (CTBm)

该模块由两个运算放大器组成，其输入和输出连接到引脚和其他模拟模块，如图 6 所示。它们具有三种功耗模式 (高、中、低) 和一种比较器模式。运算放大器可用于缓冲 SAR 输入和 DAC 输出。这些运算放大器的同相输入端可以连接到两个引脚中的任意一个，从而允许在不同时间使用独立的传感器。引脚选择可通过固件进行。

运算放大器还支持系统深度睡眠模式下的运行，性能较低且功耗较低。

3.3.5 低功耗比较器

提供了两个低功耗比较器，可以在所有功率模式下运行。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。比较器输出通常需要进行同步化，以避免亚稳态，除非它在一个异步功耗模式下操作 (在此模式下，比较器电压变动事件可以激活系统唤醒电路)。

图 6 显示了模拟子系统的概览。此图为高级抽象。有关详细的连接信息，请参阅技术参考手册 (TRM)。

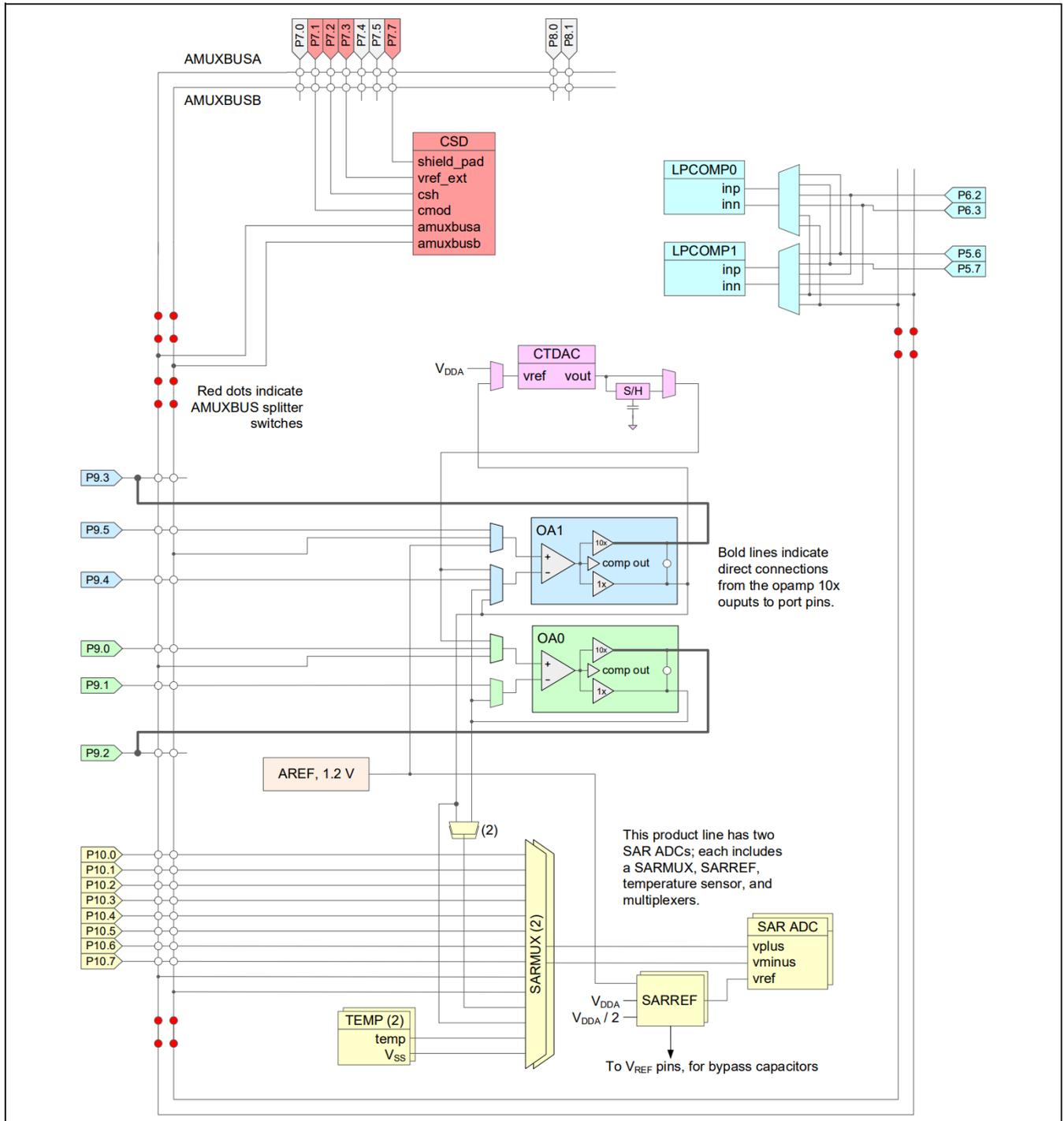


图 6 模拟子系统

3.4 可编程数字资源

3.4.1 智能I/O

Smart I/O™ 是一种可编程逻辑结构，可对从设备内部资源传输到 GPIO 引脚的信号或从外部源传输到设备的信号进行布尔运算。Smart I/O™ 模块位于 GPIO 引脚和高速 I/O 矩阵 (HSIOM) 之间，专用于单个端口。

该产品系列在端口 9 上有一个 Smart I/O™ 模块。当未启用智能 I/O 时，端口 9 上的所有信号都会绕过 Smart I/O™ 硬件。

Smart I/O 支持：

- 系统深度睡眠操作
- 无需 CPU 干预的布尔运算
- 异步或同步（时钟）操作

每个 Smart I/O 包含一个数据单元 (DU) 和八个查找表 (LUT)。DU：

- 根据可选操作码执行独特的功能。
- 可以从内部资源、GPIO 端口或 DU 寄存器中的值获取输入信号。每个 LUT：
- 有四个可选输入源。输入信号可能来自另一个 LUT、内部资源、来自 GPIO 引脚或 DU 的外部信号。
- 充当可编程布尔逻辑表。
- 可以是同步的，也可以是异步的。

3.5 固定功能数字模块

3.5.1 定时器/计数器/脉宽调制器 (TCPWM)

- TCPWM 支持以下操作模式：
 - 带比较功能的定时器计数器
 - 带捕获功能的定时器计数器
 - 正交解码器
 - 脉宽调制器 (PWM)
 - 伪随机 PWM
 - 带死区时间的 PWM
- 向上、向下和向上/向下计数模式。
- 时钟预分频（除以 1、2、4、...64、128）
- 比较/捕获和周期值的双缓冲
- 下溢、溢出和捕获/比较输出信号
- 支持中断：
 - 终端计数——取决于模式；通常发生在溢出或下溢时
 - 捕获/比较——计数被捕获到捕获寄存器或计数器值等于比较寄存器中的值
- PWM 的互补输出
- 可为每个 TCPWM 选择启动、重新加载、停止、计数和捕获事件信号；具有上升沿、下降沿、双沿和电平触发选项。TCPWM 具有 Kill 输入，可强制输出到预定状态。

该设备中有：

- 四个 32 位 TCPWM
- 八个 16 位 TCPWM

3.5.2 串行通信模块 (SCB)

该产品系列有六个 SCB：

- 其中五个可以实现 I²C、UART 或 SPI。
- 一个 SCB (SCB #6) 可以在深度睡眠模式下使用外部时钟运行，该 SCB 可以是 SPI 从机，也可以是 I²C 从机。

I²C 模式： SCB 可实现完整的多主从接口（支持多主仲裁）。该模块最高工作速度可达 1 Mbps（快速模式 Plus）。它还支持 EZI²C，可创建邮箱地址范围，并有效地将 I²C 通信简化为对存储器阵列的读写操作。SCB 支持 256 字节 FIFO 用于接收和发送。

SCB 兼容恩智浦 I²C 总线规范和用户手册 (UM10204) 中定义的 I²C 标准模式、快速模式和快速增强模式设备。I²C 总线 I/O 采用开漏模式的 GPIO 实现。

UART 模式： 这是一个运行速度高达 8 Mbps 的全功能 UART。它支持汽车单线接口 (LIN)、红外接口 (IrDA) 和智能卡 (ISO7816) 协议，这些全部都是基本 UART 协议的衍生协议。此外，它还支持 9 位多处理器模式，此模式允许寻址连接到通用 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。一个 256 字节深度的 FIFO 容许更长的 CPU 服务延迟。

SPI 模式： SPI 模式支持完整的摩托罗拉 SPI、TI 安全简单配对 (SSP)（本质上增加了一个用于同步 SPI 编解码器的启动脉冲）以及 National Microwire（SPI 的半双工形式）。SPI 模块支持 EZSPI 模式，在该模式下，数据交换简化为对设备 SRAM 中的数组进行读写操作。SPI 接口采用 25 MHz 时钟频率工作。

3.5.3 USB 全速器件接口

PSOC™ 6 具有一个全速 USB 设备接口。该设备最多可以有八个端点。提供 512 字节 SRAM 缓冲区，并支持 DMA。

注释

- 在此产品线中，USB 仅在 68-QFN 封装中可用。
- 如果不使用 USB 引脚，请将 V_{DDUSB} 接地，并保持 P14.0/USBDP 和 P14.1/USBDM 引脚悬空。

3.5.4 CAN FD 块

该设备有一个 CAN FD 块，适用于工业和汽车应用。该块包括时间戳支持并具有 4 KB 消息 RAM。支持高达 5 Mbps 的 FD 数据速率。支持 DMA 传输。

3.5.5 Quad-SPI (QSPI)/串行存储器接口 (SMIF)

提供串行存储器接口，运行速度高达 80 MHz。它支持单、双和四 SPI 配置，并支持最多四个外部存储设备。它支持两种操作模式：

- 内存映射 I/O (MMIO)，一种通过 SMIF 寄存器和 FIFO 提供数据访问的命令模式接口
- 就地执行 (XIP)，其中 AHB 读写直接转换为 SPI 读写传输。

在 XIP 模式下，外部存储器被映射到 CPU 内部地址空间，从而可以直接从外部存储器执行代码。为了提高性能，包含一个 4 KB 缓存。XIP 模式还支持 AES-128 即时加密和解密，实现外部存储器中代码和数据的安全存储和访问。

3.5.6 LCD

该块驱动 LCD 公共端和段；大多数 GPIO 均可路由。其中一至八个 GPIO 必须用作公共端，其余的可以用作段端。

LCD 块有两种操作模式：高速（8 MHz）和低速（32 kHz）。两种模式均在系统 LP、ULP 和深度睡眠模式下运行，但低速模式在系统深度睡眠模式下运行时对比度会降低。8 MHz IMO 可在系统深度睡眠模式下使用，并可用于为 LCD 块生成时钟。在使用系统深度睡眠模式之前，请检查公共端线和段线的数量、视角要求和原型性能，然后选择适当的 LCD 时钟频率。

3.6 GPIO

该设备最多有 62 个 GPIO。GPIO 模块实现以下功能：

- 八种驱动模式：
 - 模拟输入模式 (输入和输出缓冲区禁用)
 - 仅限输入
 - 弱上拉和强下拉
 - 强上拉和弱下拉模式
 - 开漏和强下拉模式
 - 开漏和强上拉模式
 - 强上拉和强下拉模式
 - 弱上拉和弱下拉
- 选择输入阈值 (CMOS 或 LVTTTL)。
- 保持模式，用于锁存先前状态 (即保持 I/O 状态处于休眠模式)
- 可选的斜率，用于控制 dv/dt 相关噪声，有助于降低 EMI

引脚被分组为逻辑单元 (又称端口)，其宽度最高为 8 位。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。

如果启用，每个引脚都可以产生中断；每个端口都有一个与之关联的中断请求 (IRQ)。

端口 3 引脚支持过压容错 (OVT) 操作，此时输入电压可能高于 V_{DD} 。OVT 引脚通常与 I²C 一起使用，以便在关闭芯片的同时，保持与正在运行的 I²C 总线的物理连接，且不影响其功能。

GPIO 引脚可以组合起来，用于提供或吸收更高的电流值。GPIO 引脚 (包括 OVT 引脚) 的上拉电流不得超过绝对最大值；请参阅 45 页 [电气规格](#)。

在上电和复位期间，引脚被强制进入模拟输入驱动模式，输入和输出缓冲器被禁用，以免切断任何输入和/或导致过大的导通电流。

一个称为高速 I/O 矩阵 (HSIOM) 的复用网络用于在可能连接到 I/O 引脚的各种外设信号和模拟信号之间进行复用。

模拟性能受 GPIO 开关噪声影响。为了获得最佳模拟性能，必须应用以下频率和驱动模式约束。DRIVE_SEL 值 (参见 [表 5](#)) 表示驱动强度 (更多详细信息，请参阅 CY8C62x4 架构和寄存器 TRM)。

表 5 DRIVE_SEL 值

Ports	Max frequency	Drive strength for $V_{DD} \leq 2.7 V$	Drive strength for $V_{DD} > 2.7 V$
Ports 0, 1	8 MHz	DRIVE_SEL 2	DRIVE_SEL 3
Port 2	50 MHz	DRIVE_SEL 1	DRIVE_SEL 2
Ports 3 to 10	16 MHz; 25 MHz for SPI	DRIVE_SEL 2	DRIVE_SEL 3
Ports 11 to 12	80 MHz for SMIF (QSPI)	DRIVE_SEL 1	DRIVE_SEL 2
Ports 9 and 10	Slow slew rate setting for TQFP Packages for ADC performance	No restrictions	No restrictions

3.7 CAPSENSE™ 子系统

PSOC™ 6 MCU 通过 CAPSENSE™ sigma-delta (CSD) 硬件模块支持 CAPSENSE™。它专为高灵敏度自电容和互电容测量而设计，专为用户界面解决方案而构建。

除了 CAPSENSE™ 之外，CSD 硬件模块还支持三种通用功能。当 CAPSENSE™ 未被使用时，这些功能可用。或者，在固件控制下，可以在应用程序中对两个或多个功能进行分时复用。CSD 硬件模块支持的四种功能是：

- CAPSENSE™
- 10 位模数转换器
- 可编程电流源 (IDAC)
- 比较器

CAPSENSE™

电容式触摸传感器专为依靠人体电容来检测手指在传感器上或附近的存在的用户界面而设计。英飞凌 CAPSENSE™ 解决方案为物联网、工业、汽车和家用电器等应用带来优雅、可靠、简单的电容式触摸感应功能。

英飞凌专有的 CAPSENSE™ 技术具有以下特点：

- 一流的信噪比 (SNR) 和在恶劣和嘈杂条件下的稳定传感
- 自电容 (CSD) 和互电容 (CSX) 感应方法
- 支持各种小部件，包括按钮、矩阵按钮、滑块、触摸板和接近传感器
- 跨多种材料的高性能传感
- 一流的耐液体性
- SmartSense 自动调节技术有助于避免复杂的手动调节过程
- 卓越的抗外部噪声能力
- 低辐射扩频时钟
- 手势和内置自检库
- 超低功耗
- 集成图形 CAPSENSE™ 调谐器，用于实时调谐、测试和调试

ADC

CAPSENSE™ 子系统 ADC 具有以下特点：

- 可选 8 位或 10 位分辨率
- 可选输入范围：任何 GPIO 输入上的 GND 至 V_{REF} 和 GND 至 V_{DDA}
- 无需使用 GPIO 或外部元件，即可根据内部参考测量 V_{DDA}

IDAC

CSD 模块具有两个可编程电流源，具有以下特点：

- 7 位分辨率
- 灌电流和源电流模式
- 可编程电流源，范围为 37.5 nA 至 609 μ A
- 两个 IDAC 可并行使用，形成一个 8 位 IDAC

比较器

CAPSENSE™子系统比较器在系统低功耗和超低功耗模式下运行。反相输入连接到内部可编程参考电压，非反相输入可通过 AMUXBUS 连接到任何 GPIO。

CAPSENSE™硬件子系统

图 7 展示了 CAPSENSE™子系统的高级硬件概述，其中包括一个 delta sigma 转换器、内部时钟分频器、一个屏蔽驱动器和两个可编程电流源。

输入通过模拟多路复用总线（AMUXBUS A/B）进行管理。CSD 模块提供的所有功能的输入和输出均可在软件控制下在任何 GPIO 或一组 GPIO 上提供，但比较器输出和外部电容器使用专用 GPIO 除外。

CSD 模块使用 AMUXBUS A、外部调制器电容器和每个传感器的 GPIO 支持自电容。有一个用于自电容感应的屏蔽电极（可选）。如果需要的话，可以使用 AMUXBUS B 和可选的外部屏蔽槽电容器（以增加屏蔽驱动器的驱动能力）来支持这一点。CSD 模块使用 AMUXBUS A、两个外部集成电容器以及用于发射和接收电极的 GPIO 支持互电容。

该 ADC 无需外部元件。任何连接到 AMUXBUS A 的 GPIO 均可在软件控制下作为 ADC 的输入。ADC 无需 GPIO 即可接受 V_{DDA} 作为输入（例如用于电池电压测量等应用）。

通用模式下的两个可编程电流源 (IDAC) 可以连接到 AMUXBUS A 或 B。因此，它们可以连接到任何 GPIO 引脚。比较器位于 delta-sigma 转换器中。比较器的反相输入可以连接到基准电压源。两个比较器的输入均可通过 AMUXBUS B 连接到任何 GPIO；参见 **图 6**。该参考与专用 GPIO 直接连接；见 **表 8**。

CSD 模块可以在活动和睡眠 CPU 电源模式下运行，并在 LP 和 ULP 系统模式之间无缝转换。它可以在系统深度睡眠和休眠模式下断电。从休眠模式唤醒后，CSD 块需要重新初始化。然而，在退出深度睡眠模式时，可以在固件控制下无需重新初始化即可恢复运行。

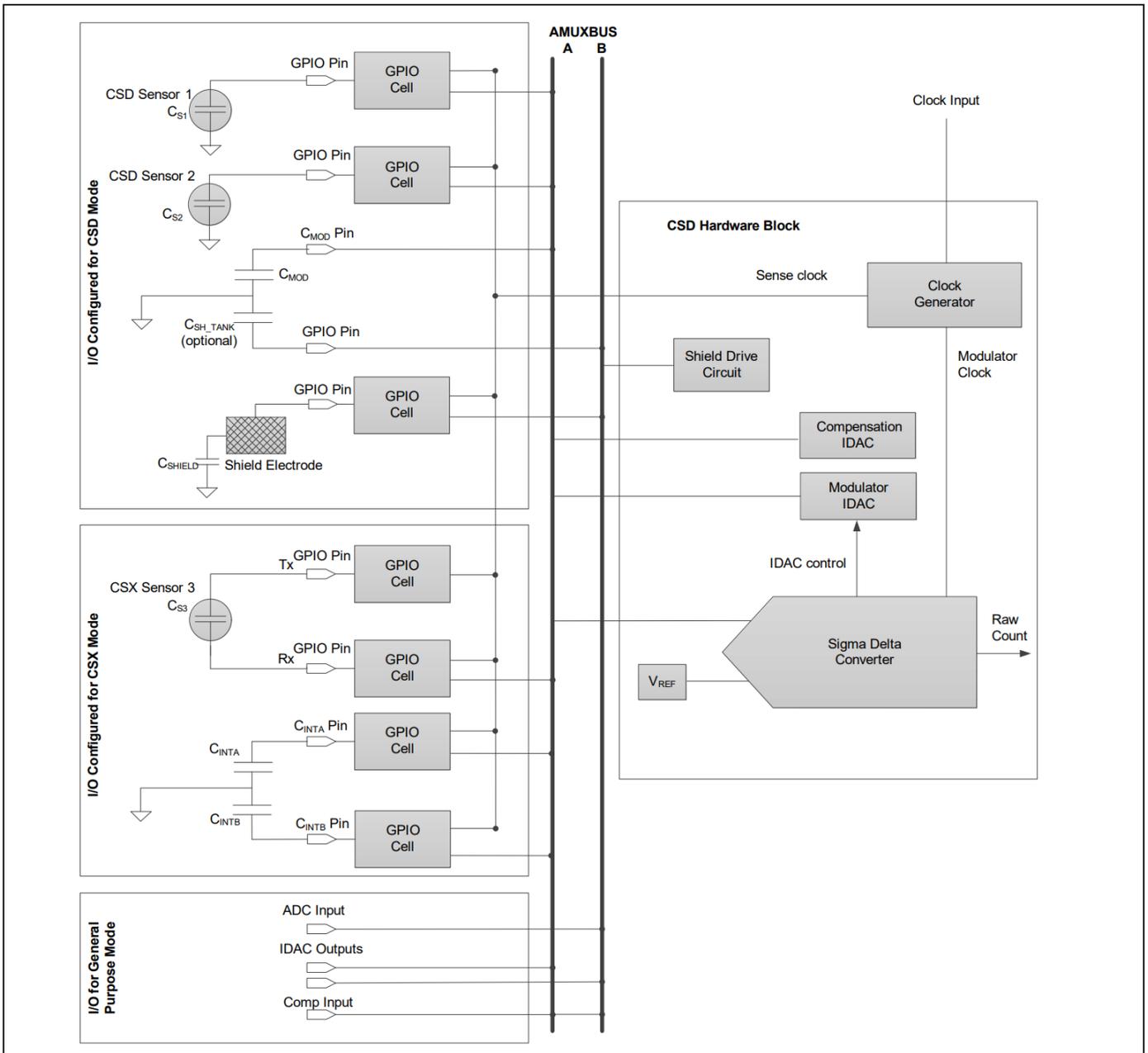


图 7 CAPSENSE™ 硬件子系统

图 8 显示了高级软件概述。英飞凌在 GitHub 上为 CAPSENSE™、ADC 和 IDAC 提供了中间件库, 实现快速集成。任何具有 CAPSENSE™ 功能的套件的板级支持包 (BSP) 都会自动将 CAPSENSE™ 库包含在使用该 BSP 的任何应用程序中。

用户应用程序仅与中间件交互即可实现 CSD 模块的功能。中间件与底层驱动程序交互以根据需要访问硬件。如果项目中存在多个与 CSD 相关的中间件, 则 CSD 驱动程序可以促进 CSD 硬件的时间复用。它可以防止这种情况发生访问冲突。

ModusToolbox™ 软件提供了 CAPSENSE™ 配置器, 可实现快速库配置。它还提供了一个用于系统性能评估和实时调整的调试器。调试器需要应用程序中的 EZI2C 通信接口来实现实时调整功能。调试器可以直接在设备以及配置器中更新配置参数。

CAPSENSE™和 ADC 中间件使用 CSD 中断实现非阻塞感应和数字模拟转换。因此，中断服务程序是中间件中定义的部分，必须由应用程序初始化。中间件和驱动程序可以在任一 CPU 上运行。英飞凌建议仅在一个 CPU 中使用中间件。如果两个 CPU 都必须访问 CSD 驱动程序，则应在应用程序中管理内存访问。

有关 CSX 传感、CSD 传感、屏蔽电极使用及其优点以及电容系统设计指南的更多详细信息，参考 [AN85951: PSOC™ 4 and PSOC™ 6 MCU CAPSENSE™ design guide](#)。

请参阅 GitHub 获取 [CAPSENSE™](#)、[ADC](#) 和 [IDAC](#) 的 API 参考指南。

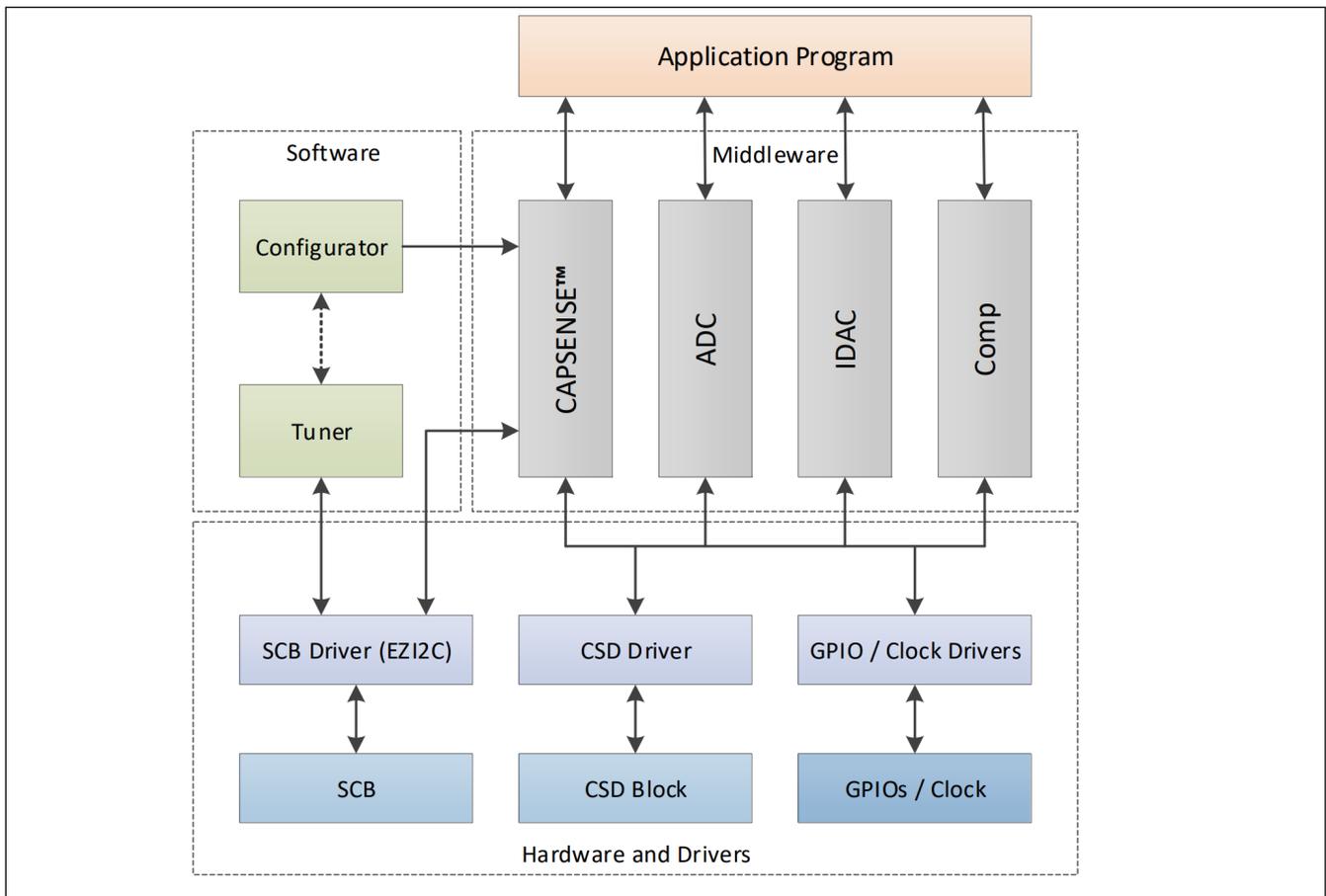


图 8 CAPSENSE™ 软件/硬件子系统

4 引脚分布

GPIO 端口由 V_{DDx} 引脚供电，如下所示：

- P0: V_{BACKUP}
- P1, P2, P3: V_{DDIO2} 。端口 3 引脚具有过压耐受 (OVT) 功能。
- P5, P6, P7, P8: V_{DDIO1}
- P9, P10: V_{DDIOA} 、 V_{DDA} (V_{DDIOA} (如果存在) 和 V_{DDA} 必须在 PCB 上连接在一起)
- P11, P12: V_{DDIO0}
- P14: V_{DDUSB}

引脚分布

表 6 封装和引脚信息

Pin	Package		
	80-pin TQFP	64-pin TQFP	68-pin QFN
V _{DDD}	1	2	68
V _{CCD}	80	1	67
V _{DDA}	59	46	48
V _{DDIOA}	40	–	36
V _{DDIO0}	76	62	64
V _{DDIO1}	39	32	35
V _{DDIO2}	23	19	22
V _{BACKUP}	3	3	1
V _{DDUSB}	–	–	11
V _{SS}	2, 11, 24, 38, 41, 58, 77	GND PAD	GND PAD
V _{DD_NS}	–	–	9
V _{IND1}	–	–	10
XRES	10	10	8
V _{REF}	57, 60	45, 47	49
P0.0	4	4	2
P0.1	5	5	3
P0.2	6	6	4
P0.3	7	7	5
P0.4	8	8	6
P0.5	9	9	7
P1.0	12	–	–
P1.1	13	–	–
P1.2	14	–	–
P2.0	15	11	14
P2.1	16	12	15
P2.2	17	13	16
P2.3	18	14	17
P2.4	19	15	18
P2.5	20	16	19
P2.6	21	17	20
P2.7	22	18	21
P3.0	25	20	23
P3.1	26	21	24
P5.0	27	22	25
P5.1	28	23	26
P5.2	29	–	–
P5.6	30	24	27
P5.7	31	25	28
P6.2	32	26	29
P6.3	33	27	30

引脚分布

表 6 封装和引脚信息 (续)

Pin	Package		
	80-pin TQFP	64-pin TQFP	68-pin QFN
P6.4	34	28	31
P6.5	35	29	32
P6.6	36	30	33
P6.7	37	31	34
P7.0	42	33	37
P7.1	43	34	38
P7.2	44	35	39
P7.3	45	36	40
P7.4	46	-	-
P7.5	47	-	-
P7.7	48	-	41
P8.0	49	37	42
P8.1	50	38	43
P9.0	51	39	44
P9.1	52	40	45
P9.2	53	41	46
P9.3	54	42	47
P9.4	55	43	-
P9.5	56	44	-
P10.0	61	48	50
P10.1	62	49	51
P10.2	63	50	52
P10.3	64	51	53
P10.4	65	52	54
P10.5	66	53	55
P10.6	67	54	56
P10.7	68	55	57
P11.1	69	-	-
P11.2	70	56	58
P11.3	71	57	59
P11.4	72	58	60
P11.5	73	59	61
P11.6	74	60	62
P11.7	75	61	63
P12.6	78	63	65
P12.7	79	64	66
P14.0 / USBDP	-	-	13
P14.1 / USBDM	-	-	12

注释：如果不使用 USB 引脚，请将 VDDUSB 接地，并保持 P14.0/USB DP 和 P14.1/USB DM 引脚悬空。

引脚分布

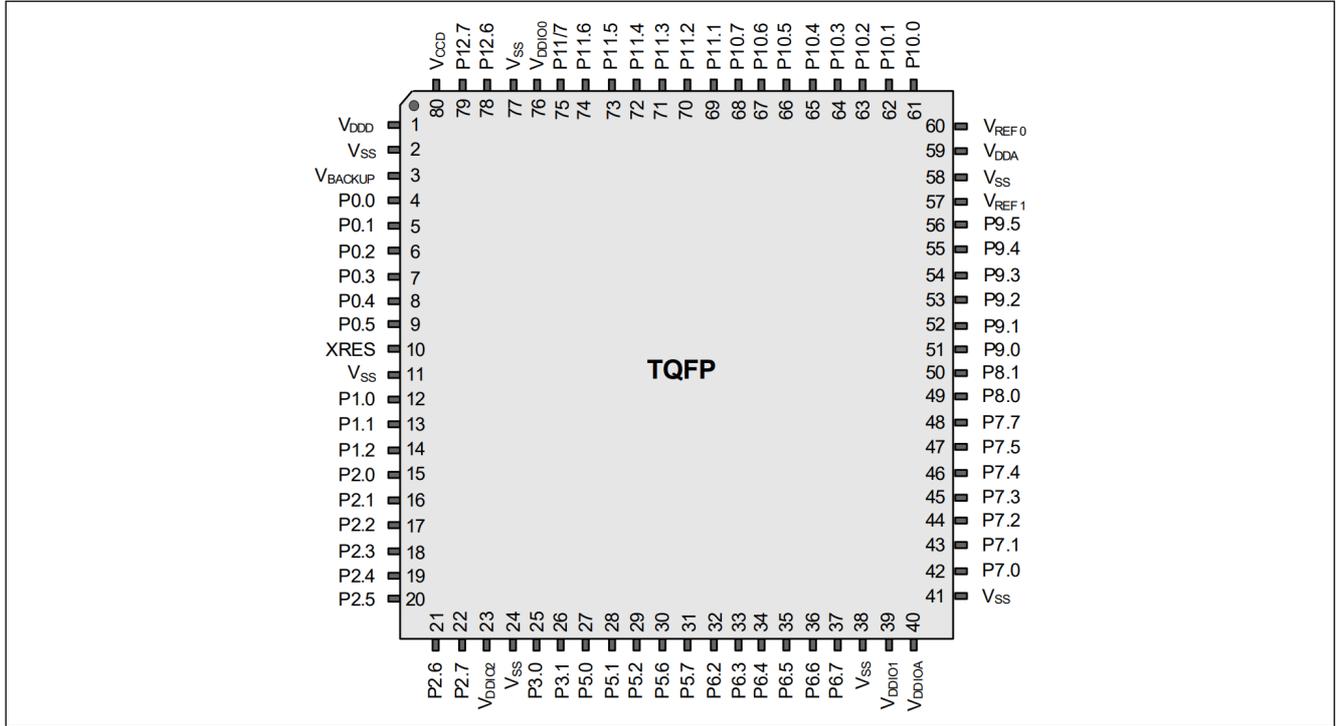


图 9 80 引脚 TQFP 封装器件引脚分布

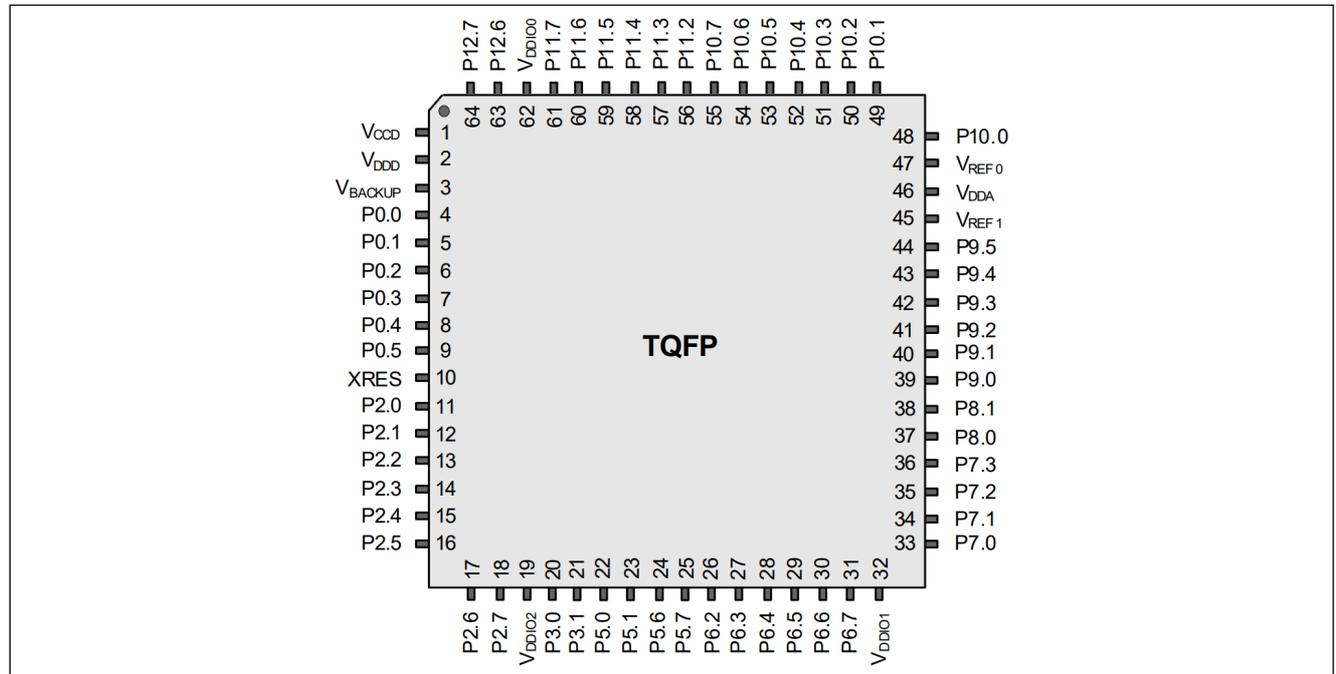


图 10 64 引脚 TQFP 封装器件引脚分布



每个端口引脚都有多个复用功能。这些功能定义在表 7 中。ACT #x 和 DS #y 列分别表示活动信号（系统 LP/ULP）和深度睡眠模式信号。

信号的形式为 IPName[x].signal_name[u]:y。

IPName = 模块的名称（例如 tcpwm），x = IP 的唯一实例，Signal_name = 信号的名称，u = 信号编号，其中特定信号名称有多个信号，y = 指定信号名称的副本。

例如，名称 tcpwm[0].line_compl[3]:4 表示这是 tcpwm 块的实例 0，信号是 line_compl # 3（线路输出的互补信号），这是该信号的第四次出现（副本）。提供信号副本是为了允许路由的灵活性并最大限度地利用片上资源。

表 7 复用替代功能

Port/Pin	ACT #0	ACT #1	ACT #2	ACT #3	DS #2	DS #3	ACT #4	ACT #5	ACT #6	ACT #7	ACT #8	ACT #9	ACT #10	ACT #12	ACT #13	ACT #14	ACT #15	DS #5	DS #6
P0.0	tcpwm[0].line[0]:0	tcpwm[256].line[0]:0	csd.csd_tx:0	csd.csd_tx_n:0	-	-	srss.ext_clk:0	-	-	-	scb[0].spi_select1:0	-	-	peri.tr_io_input[0]:0	-	-	-	-	-
P0.1	tcpwm[0].line_compl[0]:0	tcpwm[256].line_compl[0]:0	csd.csd_tx:1	csd.csd_tx_n:1	-	-	-	-	-	-	scb[0].spi_select2:0	-	-	peri.tr_io_input[1]:0	-	-	-	cpuss.swj_trstn	-
P0.2	tcpwm[257].line[1]:0	tcpwm[257].line[1]:0	csd.csd_tx:2	csd.csd_tx_n:2	-	-	-	-	scb[0].uart_rx:0	scb[0].i2c_scl:0	scb[0].spi_mosi:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P0.3	tcpwm[0].line_compl[1]:0	tcpwm[257].line_compl[1]:0	csd.csd_tx:3	csd.csd_tx_n:3	-	-	-	-	scb[0].uart_tx:0	scb[0].i2c_sda:0	scb[0].spi_miso:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P0.4	tcpwm[0].line[2]:0	tcpwm[258].line[2]:0	csd.csd_tx:4	csd.csd_tx_n:4	-	-	-	-	scb[0].uart_rts:0	-	scb[0].spi_clk:0	-	-	peri.tr_io_input[2]:0	peri.tr_io_output[0]:2	-	-	-	-
P0.5	tcpwm[0].line_compl[2]:0	tcpwm[258].line_compl[2]:0	csd.csd_tx:5	csd.csd_tx_n:5	-	-	srss.ext_clk:1	-	scb[0].uart_cts:0	-	scb[0].spi_select0:0	-	-	peri.tr_io_input[3]:0	peri.tr_io_output[1]:2	-	-	-	-
P1.0	-	-	csd.csd_tx:6	csd.csd_tx_n:6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1.1	-	-	csd.csd_tx:7	csd.csd_tx_n:7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1.2	-	-	csd.csd_tx:8	csd.csd_tx_n:8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.0	tcpwm[0].line[3]:0	tcpwm[0].line[259]:0	csd.csd_tx:9	csd.csd_tx_n:9	-	-	-	-	scb[1].uart_rx:1	scb[1].i2c_scl:1	scb[1].spi_mosi:1	-	-	peri.tr_io_input[4]:0	-	-	-	-	-
P2.1	tcpwm[0].line_compl[3]:0	tcpwm[0].line_compl[259]:0	csd.csd_tx:10	csd.csd_tx_n:10	-	-	-	-	scb[1].uart_tx:1	scb[1].i2c_sda:1	scb[1].spi_miso:1	-	-	peri.tr_io_input[5]:0	-	-	-	-	-
P2.2	tcpwm[0].line[0]:1	tcpwm[0].line[260]:0	csd.csd_tx:11	csd.csd_tx_n:11	-	-	-	-	scb[1].uart_rts:1	-	scb[1].spi_clk:1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.3	tcpwm[0].line_compl[0]:1	tcpwm[0].line_compl[260]:0	csd.csd_tx:12	csd.csd_tx_n:12	-	-	-	-	scb[1].uart_cts:1	-	scb[1].spi_select0:1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.4	tcpwm[0].line[1]:1	tcpwm[0].line[261]:0	csd.csd_tx:13	csd.csd_tx_n:13	-	-	-	-	-	-	scb[1].spi_select1:1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2.5	tcpwm[0].line_compl[1]:1	tcpwm[0].line_compl[261]:0	csd.csd_tx:14	csd.csd_tx_n:14	-	-	-	-	-	-	scb[1].spi_select2:1	-	-	-	-	-	-	-	-

表 7 多个可选功能 (续)

Port/Pin	ACT #0	ACT #1	ACT #2	ACT #3	DS #2	DS #3	ACT #4	ACT #5	ACT #6	ACT #7	ACT #8	ACT #9	ACT #10	ACT #12	ACT #13	ACT #14	ACT #15	DS #5	DS #6
P2.6	tcpwm[0].line[1]:5	tcpwm[1].line[262]:1	csd.csd_tx:15	csd.csd_tx_n:15	-	lpcomp.dsi_comp0:0	-	-	-	-	scb[1].spi_select3:1	-	-	peri.tr_io_input[8]:0	-	-	-	-	-
P2.7	tcpwm[0].line_comp[2]:1	tcpwm[0].line_comp[262]:0	csd.csd_tx:16	csd.csd_tx_n:16	-	lpcomp.dsi_comp1:0	-	-	-	-	-	-	-	peri.tr_io_input[9]:0	-	-	-	-	-
P3.0	tcpwm[0].line[3]:1	tcpwm[0].line[263]:0	csd.csd_tx:17	csd.csd_tx_n:17	-	-	-	-	scb[2].uart_rx:1	scb[2].i2c_scl:1	-	-	-	peri.tr_io_input[6]:0	-	-	-	-	-
P3.1	tcpwm[0].line_comp[3]:1	tcpwm[0].line_comp[263]:0	csd.csd_tx:18	csd.csd_tx_n:18	-	-	-	-	scb[2].uart_tx:1	scb[2].i2c_sda:1	-	-	-	peri.tr_io_input[7]:0	-	-	-	-	-
P5.0	tcpwm[0].line[0]:2	tcpwm[0].line[256]:1	csd.csd_tx:19	csd.csd_tx_n:19	-	-	-	-	scb[5].uart_rx:0	scb[5].i2c_scl:0	scb[5].spi_mosi:0	-	canfd[0].ttcan_rx[0]	peri.tr_io_input[10]:0	-	-	-	-	-
P5.1	tcpwm[0].line_comp[0]:2	tcpwm[0].line_comp[256]:1	csd.csd_tx:20	csd.csd_tx_n:20	-	-	-	-	scb[5].uart_tx:0	scb[5].i2c_sda:0	scb[5].spi_miso:0	-	canfd[0].ttcan_tx[0]	peri.tr_io_input[11]:0	-	-	-	-	-
P5.2			csd.csd_tx:21	csd.csd_tx_n:21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5.6	tcpwm[0].line[1]:2	tcpwm[0].line[257]:1	csd.csd_tx:22	csd.csd_tx_n:22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5.7	tcpwm[0].line_comp[1]:2	tcpwm[0].line_comp[257]:1	csd.csd_tx:23	csd.csd_tx_n:23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6.2	tcpwm[0].line[3]:2	tcpwm[0].line[259]:1	csd.csd_tx:24	csd.csd_tx_n:24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cpuss.fault_out[0]	-	-	-	-
P6.3	tcpwm[0].line_comp[3]:2	tcpwm[0].line_comp[259]:1	csd.csd_tx:25	csd.csd_tx_n:25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cpuss.fault_out[1]	-	-	-	-
P6.4	tcpwm[0].line[0]:3	tcpwm[0].line[260]:1	csd.csd_tx:26	csd.csd_tx_n:26	scb[6].i2c_scl:0	-	-	-	-	-	-	-	-	peri.tr_io_input[12]:0	peri.tr_io_output[0]:1	-	-	cpuss.swj_swo_tdo	scb[6].spi_mosi:0
P6.5	tcpwm[0].line_comp[0]:3	tcpwm[1].line_comp[260]:1	csd.csd_tx:27	csd.csd_tx_n:27	scb[6].i2c_sda:0	-	-	-	-	-	-	-	-	peri.tr_io_input[13]:0	peri.tr_io_output[1]:1	-	-	cpuss.swj_swdo_e_tdi	scb[6].spi_miso:0
P6.6	tcpwm[0].line[1]:3	tcpwm[0].line[261]:1	csd.csd_tx:28	csd.csd_tx_n:28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cpuss.swj_swdio_tms	scb[6].spi_clk:0
P6.7	tcpwm[0].line_comp[1]:3	tcpwm[0].line_comp[261]:1	csd.csd_tx:29	csd.csd_tx_n:29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cpuss.swj_swclk_tclk	scb[6].spi_select 0:0
P7.0	tcpwm[0].line[2]:2	tcpwm[0].line[262]:1	csd.csd_tx:30	csd.csd_tx_n:30	-	-	-	-	scb[4].uart_tx:0	scb[4].i2c_scl:0	scb[4].spi_mosi:0	-	-	peri.tr_io_input[14]:0	-	cpuss.trace_clock	-	-	-
P7.1	tcpwm[0].line_comp[2]:2	tcpwm[0].line_comp[262]:1	csd.csd_tx:31	csd.csd_tx_n:31	-	-	-	-	scb[4].uart_tx:0	scb[4].i2c_sda:0	scb[4].spi_miso:0	-	-	peri.tr_io_input[15]:0	-	-	-	-	-

表 7 多个可选功能 (续)

Port/Pin	ACT #0	ACT #1	ACT #2	ACT #3	DS #2	DS #3	ACT #4	ACT #5	ACT #6	ACT #7	ACT #8	ACT #9	ACT #10	ACT #12	ACT #13	ACT #14	ACT #15	DS #5	DS #6
P7.2	tcpwm[0].line[3]:3	tcpwm[0].line[263]:1	csd.csd_tx:32	csd.csd_tx_n:32	-	-	-	-	scb[4].uart_rts:0	-	scb[4].spi_clk:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.3	tcpwm[0].line_comp[3]:3	tcpwm[0].line_comp[263]:1	csd.csd_tx:33	csd.csd_tx_n:33	-	-	-	-	scb[4].uart_cts:0	-	scb[4].spi_select0:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.4	-	-	csd.csd_tx:34	csd.csd_tx_n:34	-	-	-	-	-	-	scb[4].spi_select1:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.5	-	-	csd.csd_tx:35	csd.csd_tx_n:35	-	-	-	-	-	-	scb[4].spi_select2:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P7.7	-	-	csd.csd_tx:36	csd.csd_tx_n:36	-	-	-	-	-	-	-	cpuss.clk_fm_pump	-	-	-	-	-	-	-
P8.0	tcpwm[0].line[2]:3	tcpwm[0].line[258]:1	csd.csd_tx:37	csd.csd_tx_n:37	-	-	-	-	scb[4].uart_rx:1	scb[4].i2c_scl:1	scb[4].spi_mosi:1	-	-	-	-	peri.tr_io_input[16]:0	-	-	-
P8.1	tcpwm[0].line_comp[2]:3	tcpwm[0].line_comp[258]:1	csd.csd_tx:38	csd.csd_tx_n:38	-	-	-	-	scb[4].uart_tx:1	scb[4].i2c_sda:1	scb[4].spi_miso:1	-	-	-	-	peri.tr_io_input[17]:0	-	-	-
P9.0	tcpwm[0].line[0]:4	tcpwm[0].line[260]:2	csd.csd_tx:39	csd.csd_tx_n:39	-	-	-	-	scb[2].uart_rx:0	scb[2].i2c_scl:0	scb[2].spi_mosi:0	-	-	-	-	peri.tr_io_input[18]:0	-	cpuss.trace_data[3]:1	-
P9.1	tcpwm[0].line_comp[0]:4	tcpwm[0].line_comp[260]:2	csd.csd_tx:40	csd.csd_tx_n:40	-	-	-	-	scb[2].uart_tx:0	scb[2].i2c_sda:0	scb[2].spi_miso:0	-	-	-	-	peri.tr_io_input[19]:0	-	cpuss.trace_data[2]:1	-
P9.2	tcpwm[0].line[1]:4	tcpwm[0].line[261]:2	csd.csd_tx:41	csd.csd_tx_n:41	-	-	-	-	scb[2].uart_rts:0	-	scb[2].spi_clk:0	-	pass.dsi_ctb_cmp0:1	-	-	-	cpuss.trace_data[1]:1	-	-
P9.3	tcpwm[0].line_comp[1]:4	tcpwm[0].line_comp[261]:3	csd.csd_tx:42	csd.csd_tx_n:42	-	-	-	-	scb[2].uart_cts:0	-	scb[2].spi_select0:0	-	pass.dsi_ctb_cmp1:1	-	-	-	cpuss.trace_data[0]:1	-	-
P9.4	-	-	csd.csd_tx:43	csd.csd_tx_n:43	-	-	-	-	-	-	scb[2].spi_select1:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P9.5	-	-	csd.csd_tx:44	csd.csd_tx_n:44	-	-	-	-	-	-	scb[2].spi_select2:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P10.0	tcpwm[0].line[2]:4	tcpwm[0].line[262]:2	csd.csd_tx:45	csd.csd_tx_n:45	-	-	-	-	scb[1].uart_rx:0	scb[1].i2c_scl:0	scb[1].spi_mosi:0	-	-	-	-	peri.tr_io_input[20]:0	-	cpuss.trace_data[3]:0	-
P10.1	tcpwm[0].line_comp[2]:4	tcpwm[0].line_comp[262]:2	csd.csd_tx:46	csd.csd_tx_n:46	-	-	-	-	scb[1].uart_tx:0	scb[1].i2c_sda:0	scb[1].spi_miso:0	-	-	-	-	peri.tr_io_input[21]:0	-	cpuss.trace_data[2]:0	-
P10.2	tcpwm[0].line[3]:4	tcpwm[0].line[263]:2	csd.csd_tx:47	csd.csd_tx_n:47	-	-	-	-	scb[1].uart_rts:0	-	scb[1].spi_clk:0	-	-	-	-	-	cpuss.trace_data[1]:0	-	-
P10.3	tcpwm[0].line_comp[3]:4	tcpwm[0].line_comp[263]:2	csd.csd_tx:48	csd.csd_tx_n:48	-	-	-	-	scb[1].uart_cts:0	-	scb[1].spi_select0:0	-	-	-	-	-	cpuss.trace_data[0]:0	-	-
P10.4	tcpwm[0].line[0]:5	tcpwm[0].line[256]:2	csd.csd_tx:49	csd.csd_tx_n:49	-	-	-	-	-	-	scb[1].spi_select1:0	audioss[0].pdm_clk:0	-	-	-	-	-	-	-

表 7 多个可选功能 (续)

Port/Pin	ACT #0	ACT #1	ACT #2	ACT #3	DS #2	DS #3	ACT #4	ACT #5	ACT #6	ACT #7	ACT #8	ACT #9	ACT #10	ACT #12	ACT #13	ACT #14	ACT #15	DS #5	DS #6
P10.5	tcpwm[0].line_comp[0]:5	tcpwm[0].line_comp[256]:2	csd.csd_tx:50	csd.csd_tx_n:50	-	-	-	-	-	-	scb[1].spi_select2:0	audioss[0].pdm_data:0	-	-	-	-	-	-	-
P10.6	tcpwm[0].line[1]:5	tcpwm[0].line[257]:2	csd.csd_tx:51	csd.csd_tx_n:51	-	-	-	-	-	-	scb[1].spi_select3:0	-	-	peri.tr_io_input[22]:0	-	-	-	-	-
P10.7	tcpwm[0].line_comp[1]:5	tcpwm[0].line_comp[257]:2	csd.csd_tx:52	csd.csd_tx_n:52	-	-	-	smif.spi_select2	-	-	-	-	-	peri.tr_io_input[23]:0	-	-	-	-	-
P11.1			csd.csd_tx:53	csd.csd_tx_n:53	-	-	-	smif.spi_select1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P11.2	tcpwm[0].line[3]:5	tcpwm[0].line[259]:2	csd.csd_tx:54	csd.csd_tx_n:54	-	-	-	smif.spi_select0	scb[5].uart_rts:0	-	scb[5].spi_clk:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P11.3	tcpwm[0].line_comp[3]:5	tcpwm[0].line_comp[259]:2	csd.csd_tx:55	csd.csd_tx_n:55	-	-	-	smif.spi_data3	scb[5].uart_cts:0	-	scb[5].spi_select0:0	-	-	-	peri.tr_io_output[0]:0	-	-	-	-
P11.4	tcpwm[0].line[0]:6	tcpwm[0].line[260]:3	csd.csd_tx:56	csd.csd_tx_n:56	-	-	-	smif.spi_data2	-	-	scb[5].spi_select1:0	-	-	-	peri.tr_io_output[1]:0	-	-	-	-
P11.5	tcpwm[0].line_comp[0]:6	tcpwm[0].line_comp[260]:3	csd.csd_tx:57	csd.csd_tx_n:57	-	-	-	smif.spi_data1	-	-	scb[5].spi_select2:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P11.6	tcpwm[0].line[1]:6	tcpwm[0].line[261]:3	csd.csd_tx:58	csd.csd_tx_n:58	-	-	-	smif.spi_data0	-	-	scb[5].spi_select3:0	-	-	-	-	-	-	-	-
P11.7	tcpwm[0].line_comp[1]:6	tcpwm[0].line_comp[261]:2	csd.csd_tx:59	csd.csd_tx_n:59	-	-	-	smif.spi_clk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12.6	tcpwm[0].line[3]:6	tcpwm[0].line[263]:3	csd.csd_tx:60	csd.csd_tx_n:60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12.7	tcpwm[0].line_comp[3]:6	tcpwm[0].line_comp[263]:3	csd.csd_tx:61	csd.csd_tx_n:61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

引脚分布

模拟和Smart I/O 复用端口引脚功能在 [表 8](#) 中提供。

表 8 端口引脚模拟、数字和Smart I/O 功能

Port/Pin	Analog
P0.0	wco_in
P0.1	wco_out
P5.6	lpcomp.inp_comp0
P5.7	lpcomp.inn_comp0
P6.2	lpcomp.inp_comp1
P6.3	lpcomp.inn_comp1
P6.6	swd_data
P6.7	swd_clk
P7.2	csd.csh_tank
P7.3	csd.vref_ext
P7.7	csd.shield
P9.5	aref_ext_vref
P10.0	sarmux_pads[0]
P10.1	sarmux_pads[1]
P10.2	sarmux_pads[2]
P10.3	sarmux_pads[3]
P10.4	sarmux_pads[4]
P10.5	sarmux_pads[5]
P10.6	sarmux_pads[6]
P10.7	sarmux_pads[7]
P12.6	eco_in
P12.7	eco_out
Port/Pin	Digital
P0.4	pmic_wakeup_in hibernate_wakeup[1]
P0.5	pmic_wakeup_out
P8.1 hibernate_wakeup[0]	hibernate_wakeup[0]
Port/Pin	SMARTIO
P9.0	smartio[9].io[0]
P9.1	smartio[9].io[1]
P9.2	smartio[9].io[2]
P9.3	smartio[9].io[3]
P9.4	smartio[9].io[4]
P9.5	smartio[9].io[5]

5 电源设计考虑因素

以下电源系统图显示了所有受支持封装的电源引脚的典型连接，以及使用和不使用降压调节器的情况。

在这些图中，封装引脚会显示其引脚名称，例如“V_{DDA}, 59”。对于 V_{DDX} 引脚，还会显示由该引脚供电的 I/O 端口，例如“V_{BACKUP}, 3; I/O 端口 P0”。

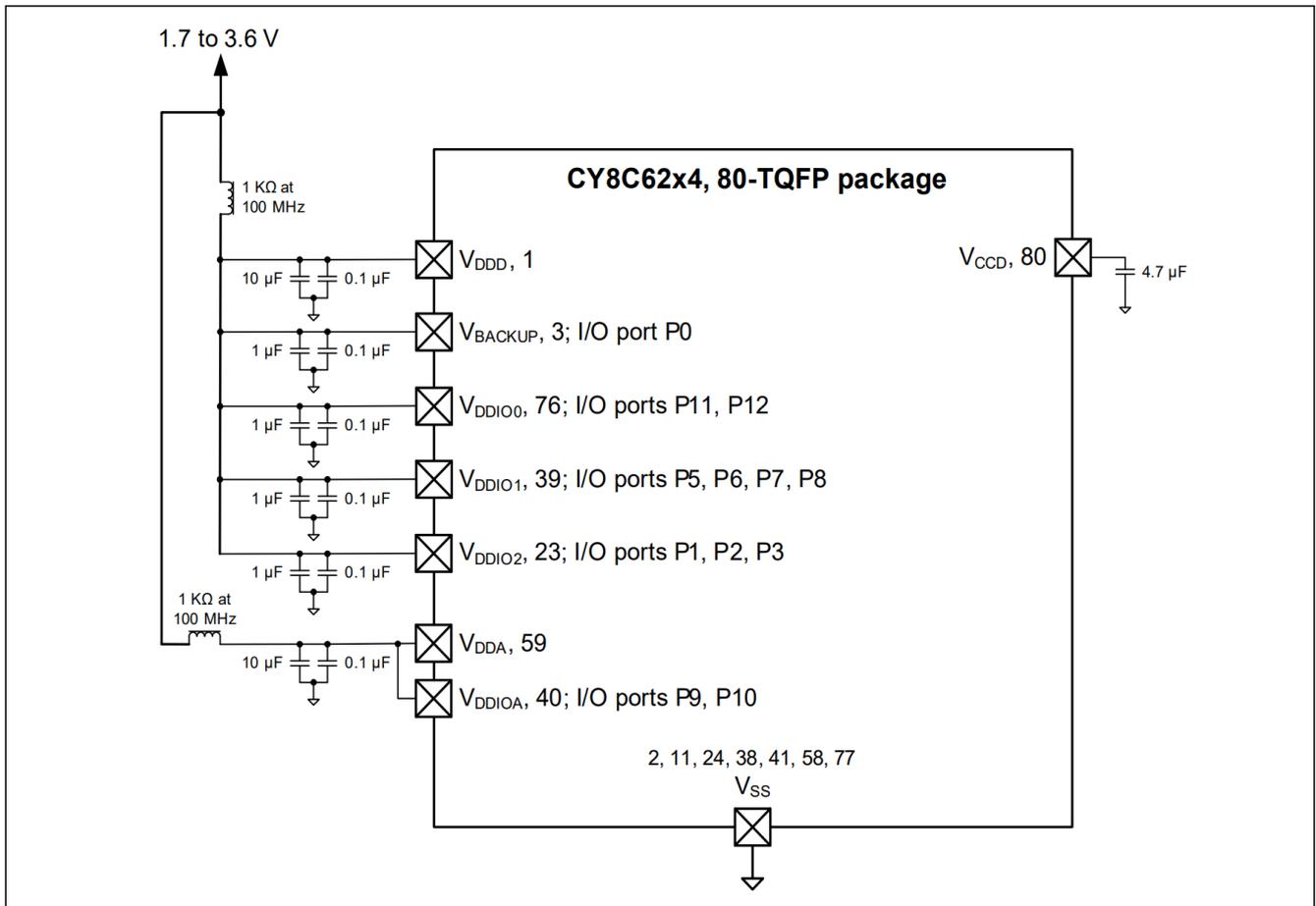


图 12 80 引脚 TQFP 电源连接图

电源设计考虑因素

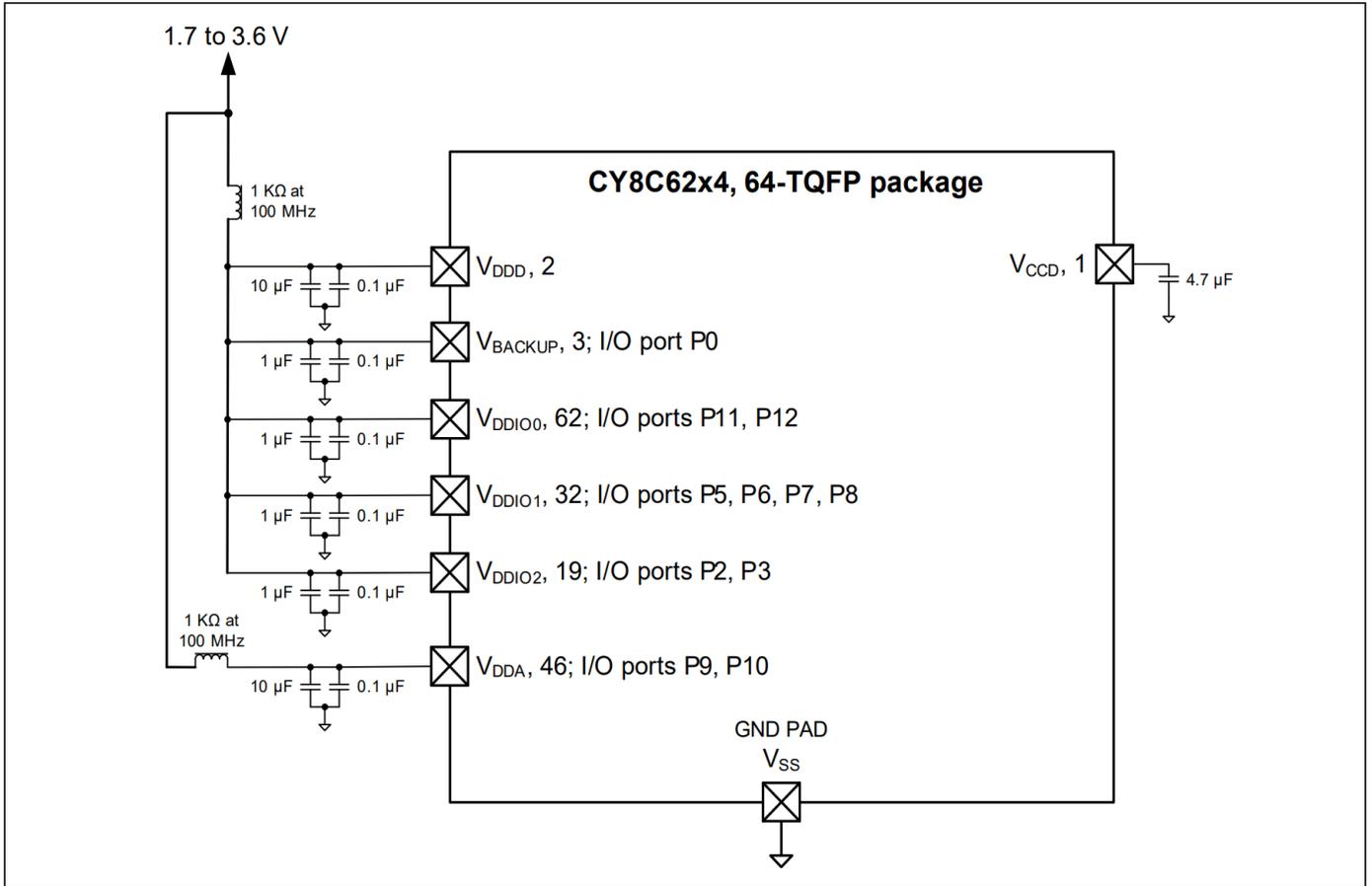


图 13 68 引脚 QFN 电源连接图

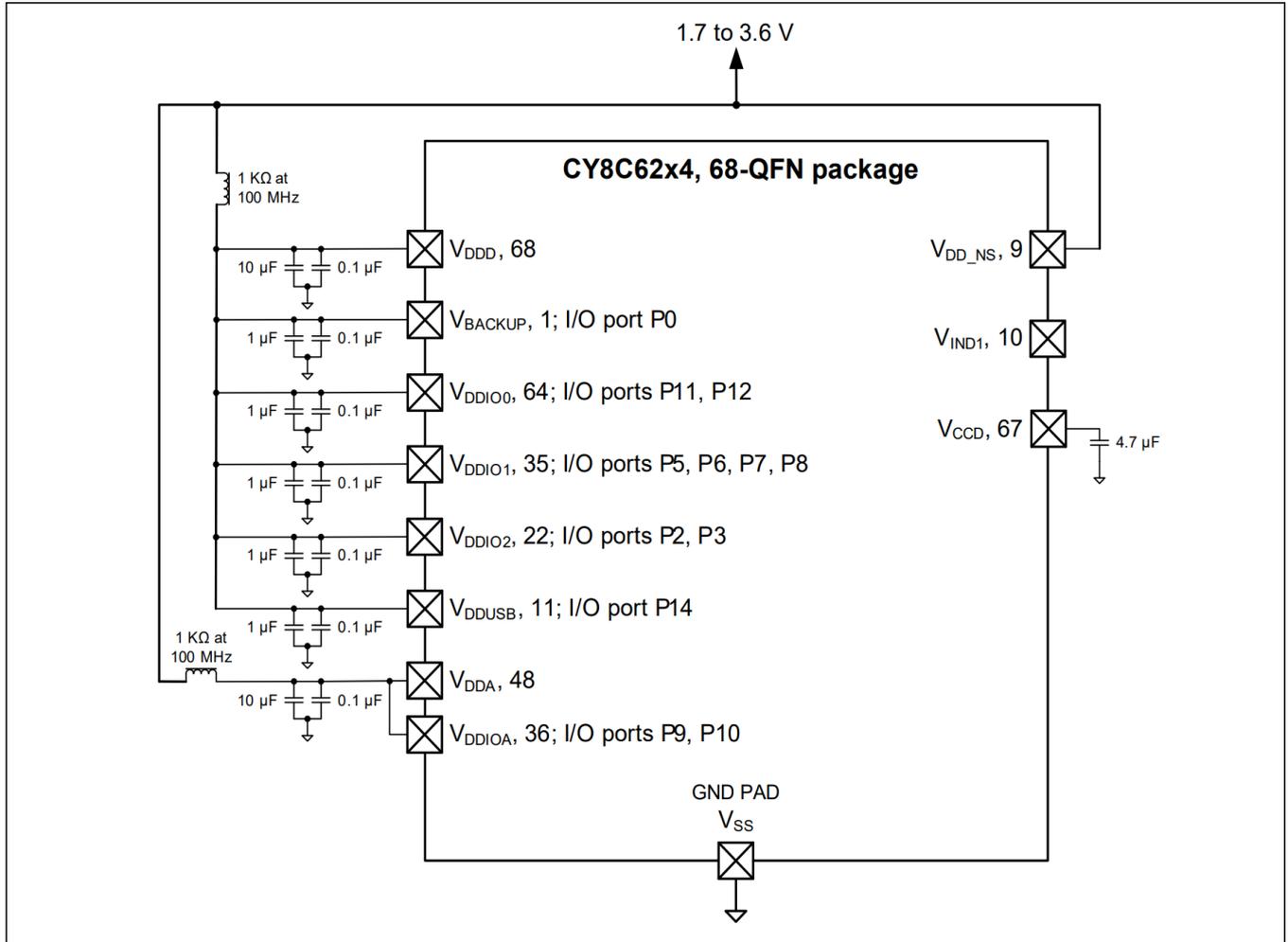


图 14 68 引脚 QFN (无降压) 电源连接图

根据封装不同，最多有八个 V_{DDx} 电源引脚，以及多个 V_{SS} 接地引脚。电源引脚包括：

- V_{DD} ：主数字电源。
- V_{CCD} ：主 LDO 输出。它需要一个 $4.7 \mu\text{F}$ 电容进行稳压。当 V_{CCD} 由开关稳压器驱动时，可以关闭 LDO（见下文）。更多信息，请参阅[器件技术参考手册 \(TRM\)](#) 中的电源系统框图。
- V_{DDA} ：模拟外设的电源。必须在此引脚上施加电压才能正确初始化和启动设备。
- V_{DDIOA} ：I/O 端口 9 和 10 的电源。如果器件封装中存在该电源，则必须将其连接到 V_{DDA} 。
- V_{DDIO0} ：I/O 端口 11 和 12 的电源。
- V_{DDIO1} ：I/O 端口 5、6、7 和 8 的电源。
- V_{DDIO2} ：I/O 端口 1、2 和 3 的电源。

电源设计考虑因素

- V_{BACKUP} ：备份域电源，包括 32 kHz WCO 和 RTC。它可以是低至 1.4 V 的独立电源，用于电池或超级电容备份，如图 15 所示。否则，连接到 V_{DDD} 。它为 I/O 端口 0 供电。

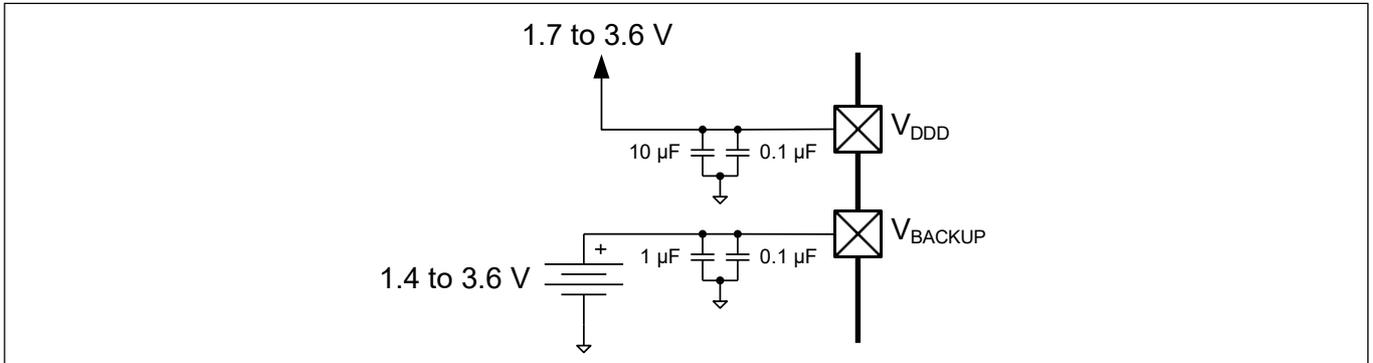


图 15 单独的电池连接到 V_{BACKUP}

- V_{DDUSB} ：USB 外设以及 USBDP 和 USBDM 引脚的电源。USB 工作电压必须为 2.85 V 至 3.6 V。如果不使用 USB，电压可以为 1.7 V 至 3.6 V，并且 USB 引脚可用作 I/O 端口 14 上的有限容量 GPIO。

表 9 显示 I/O 端口电源的摘要：

表 9 I/O 端口电源

Port	Supply	Alternate supply
0	V_{BACKUP}	V_{DDD}
1, 2, 3	V_{DDIO2}	–
5, 6, 7, 8	V_{DDIO1}	–
9, 10	V_{DDIOA}	V_{DDA}
11, 12	V_{DDIO0}	–
14	V_{DDUSB}	–

注释：如果不使用 USB 引脚，请将 V_{DDUSB} 接地，并保持 P14.0/USB DP 和 P14.1/USB DM 引脚悬空。

必须向 V_{DDD} 引脚和 V_{DDA} 引脚施加电压（如上所述），以确保设备正确初始化和运行。如果未使用 I/O 端口，则向相应的 V_{DDx} 引脚施加电压是可选项。

- V_{SS} ：上述电源的接地引脚。所有接地引脚应连接到公共地。除了 LDO 稳压器外，还包含一个开关稳压器。稳压器引脚如下：

- $V_{\text{DD_NS}}$ ：稳压器电源。
- V_{IND1} ：稳压器输出。通常用于通过电感驱动 V_{CCD} 。

V_{DD} 电源引脚在芯片上不连接在一起。它们可以通过一个或多个独立的网络在芯片外连接。如果使用独立的电源网络，可以使用可选的铁氧体磁珠将它们与其他网络的噪声隔离，如图所示。

无论是否使用这些引脚，都不应在 V_{CCD} 或 V_{IND1} 上放置外部负载。

没有电源引脚排序要求；电源可以按任何顺序启动。电源管理系统将设备保持复位状态，直到所有电源引脚都达到正常运行所需的电压水平。

注释：如果先在 PCB 上安装电池， V_{DDD} 必须循环至少 50 μs 。这可以防止电池在产品制造和存储过程中过早耗尽。

电源设计考虑因素

旁路电容必须连接到 V_{DDX} 和其他引脚的公共地，如图所示。此频率范围内的系统的典型做法是使用一个 $10\ \mu\text{F}$ 或 $1\ \mu\text{F}$ 电容与较小的电容器（例如 $0.1\ \mu\text{F}$ ）并联。请注意，这只是简单的经验法则。对于重要的应用，PCB布局、走线间的电感和旁路寄生电容需要通过仿真设计以获得最佳的旁路。

所有电容器和电感器的公差均应达到 $\pm 20\%$ 或更好。建议电感值为 $2.2\ \mu\text{H} \pm 20\%$ （例如，TDK MLP2012H2R2MT0S1）。

良好的做法是检查旁路电容器的数据手册，特别是其工作电压和直流偏置规格。对于某些电容器，当施加的电压占额定工作电压的很大比例时，实际电容可能会大幅下降。

有关焊盘布局的更多信息，请参阅 [PSOC™ 6 CAD 库](#)。

6 电气规格参数

除非另有说明，所有规范均适用于 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 85^{\circ}\text{C}$ 和 1.71 V 至 3.6 V。

6.1 绝对最大额定值

表 10 绝对最大额定值^[1]

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID1	V_{DD_ABS}	Analog or digital supply relative to V_{SS} ($V_{SSD} = V_{SSA}$)	-0.5	-	4	V	-
SID2	V_{CCD_ABS}	Direct digital core voltage input relative to V_{SSD}	-0.5	-	1.2	V	-
SID3	V_{GPIO_ABS}	GPIO voltage; V_{DDD} or V_{DDA}	-0.5	-	$V_{DD} + 0.5$	V	-
SID4	I_{GPIO_ABS}	Current per GPIO	-25	-	25	mA	-
SID5	$I_{GPIO_injection}$	GPIO injection current per pin	-0.5	-	0.5	mA	-
SID3A	ESD_HBM	Electrostatic discharge Human Body Model	2200	-	-	V	-
SID4A	ESD_CDM	Electrostatic discharge Charged Device Model	500	-	-	V	-
SID5A	LU	Pin current for latchup-free operation	-100	-	100	mA	-

注释:

1. 表 10 中所列绝对最大条件以上的使用可能会对器件造成永久性损坏。长时间暴露于绝对最大条件下可能会影响器件的可靠性。最高存储温度为 150°C ，符合 JEDEC 标准 JESD22-A103《高温存储寿命》。在绝对最大条件以下但高于正常工作条件下使用时，器件可能无法按规格运行。

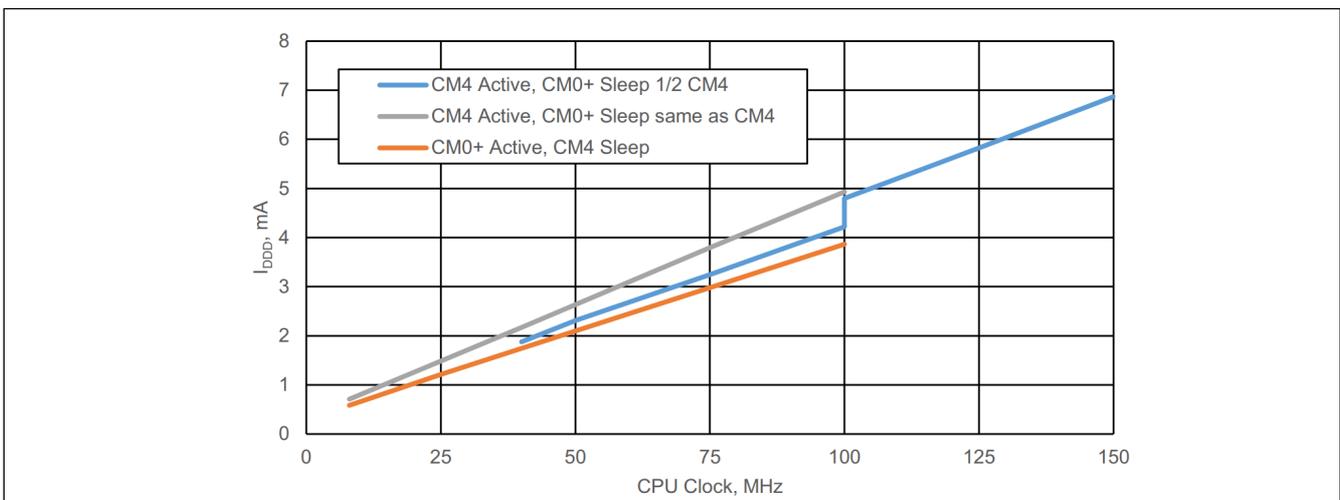
电气规格参数

6.2 器件级规范

表 13 提供了 CPU 电流的详细规格。表 11 总结了这些规格，以便快速查看常见条件下的 CPU 电流。请注意，CM4 的最大频率为 150 MHz，CM0+ 的最大频率为 100 MHz。IMO 和 FLL 用于生成 CPU 时钟；当 CPU 时钟频率为 8 MHz。

表 11 CPU 当前规格摘要

Condition	Range	Typ range	Max range
LP Mode, $V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, $V_{CCD} = 1.1\text{ V}$, with buck regulator			
CM4 active, CM0+ sleep	Across CPUs clock ranges: 8 MHz–150/100 MHz; Dhrystone with flash cache enabled	0.9 mA–6.9 mA	1.5 mA–8.6 mA
CM0+ active, CM4 sleep		0.8 mA–3.8 mA	1.3 mA–4.5 mA
CM4 sleep, CM0+ sleep		0.7 mA–1.5 mA	1.3 mA–2.2 mA
CM0+ sleep, CM4 off		0.7 mA–1.3 mA	1.3 mA–2 mA
Minimum regulator current mode	Across CM4/CM0+ CPU active/sleep modes	0.6 mA–0.7 mA	1.1 mA–1.1 mA
ULP Mode, $V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, $V_{CCD} = 0.9\text{ V}$, with buck regulator			
CM4 active, CM0+ sleep	Across CPUs clock ranges: 8 MHz–50/25 MHz; Dhrystone with flash cache enabled	0.65 mA–1.6 mA	0.8 mA–2.2 mA
CM0+ active, CM4 sleep		0.51 mA–0.91 mA	0.72 mA–1.25 mA
CM4 sleep, CM0+ sleep		0.42 mA–0.76 mA	0.65 mA–1.1 mA
CM0+ sleep, CM4 off		0.41 mA–0.62 mA	0.6 mA–0.9 mA
Minimum regulator current mode	Across CM4/CM0+ CPU active/sleep modes	0.39 mA–0.54 mA	0.6 mA–0.76 mA
Deep Sleep	Across SRAM retention	7 μA –9 μA	–
Hibernate	Across V_{DDD}	300 nA–800 nA	–

图 16 典型器件电流与 CPU 频率的关系；系统低功耗 (LP) 模式^[2]

注释：

2. CM4 Active、CM0+ Sleep 1/2 CM4 跟踪值较高，因为在 100 MHz 以上，必须使用 PLL 而不是 FLL。

电气规格参数

6.2.1 电源

表 12 电源直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID6	V_{DDD}	Internal regulator	1.7	–	3.6	V	–
SID7	V_{DDA}	Analog power supply voltage. Shorted to V_{DDIOA} on PCB	1.7	–	3.6	V	–
SID7A	V_{DDIO1}	GPIO supply for Ports 5 to 8 when present	1.7	–	3.6	V	Must be $\geq V_{DDA}$ if the CSD block is used in the application
SID7B	V_{DDIO0}	GPIO supply for Ports 11 and 12	1.7	–	3.6	V	–
SID7E	V_{DDIO0}	Supply when programming E-Fuse	2.38	2.5	2.62	V	eFuse programming voltage
SID7EI	$I_{DDEFUSE}$	eFuse programming current	–	–	14	mA	–
SID7EP	EFUSETIME	eFuse programming time	–	–	5	μ s	–
SID7C	V_{DDIO2}	GPIO supply for Ports 1 to 3 when present	1.7	–	3.6	V	–
SID7D	V_{DDIOA}	GPIO supply for Ports 9 and 10 when present. Must be connected to V_{DDA} on PCB.	1.7	–	3.6	V	–
SID7F	V_{DDUSB}	Supply for Port 14 (USB or GPIO) when present	1.7	–	3.6	V	Min supply is 2.85 V for USB
SID6B	V_{BACKUP}	Backup power; normally shorted to V_{DDD}	1.7	–	3.6	V	Min is 1.4 V in Backup mode
SID8	V_{CCD} (LP)	Output voltage (for core logic bypass)	–	1.1	–	V	System LP mode
SID9	V_{CCD} (ULP)	Output voltage (for core logic bypass)	–	0.9	–		ULP mode. Valid for -20°C to 85°C .
SID10	C_{EFC}	External regulator voltage (V_{CCD}) bypass	3.8	4.7	5.6	μ F	X5R ceramic or better. Value for 0.8 V to 1.2 V.
SID11	C_{EXC}	Power supply decoupling capacitor	–	10	–	μ F	X5R ceramic or better

6.2.2 CPU 电流和转换时间

表 13 CPU 电流和转换规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
LP range power specifications (for $V_{CCD} = 1.1$ V with Buck and LDO)							
Cortex® M4. Active Mode							
Execute with Cache Disabled (Flash)							
SIDF1	I_{DD1}	Execute from Flash; CM4 Active 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL. While(1).	-	2.3	3.2	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				3.1	3.6		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				5.7	6.5		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDF2	I_{DD2}	Execute from Flash; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. While(1)	-	0.9	1.5	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				1.2	1.6		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				2.8	3.5		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
Execute with Cache Enabled							
SIDC1	I_{DD3}	Execute from Cache; CM4 Active 150 MHz, CM0+ Sleep 75 MHz. IMO & PLL. Dhrystone.	-	6.9	8.6	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				10.9	13.7		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				13.7	15.5		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDC2	I_{DD4}	Execute from Cache; CM4 Active 100 MHz, CM0+ Sleep 100 MHz. IMO & FLL. Dhrystone.	-	4.8	5.8	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				7.4	8.4		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				11.3	12		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDC3	I_{DD5}	Execute from Cache; CM4 Active 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. IMO & FLL. Dhrystone	-	2.4	3.4	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				3.7	4.1		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				6.3	7.2		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDC4	IDD6	Execute from Cache; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. IMO. Dhrystone	-	0.9	1.5	mA	$V_{DDD} = 3.3$ V, Buck ON, Max at 60°C
				1.3	1.8		$V_{DDD} = 1.8$ V, Buck ON, Max at 60°C
				3	3.8		$V_{DDD} = 1.8$ V to 3.3 V, LDO, max at 85°C

电气规格参数

表 13 CPU 电流和转换规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Cortex® M0+. Active Mode							
Execute with Cache Disabled (Flash)							
SIDF3	IDD7	Execute from Flash; CM4 Off, CM0+ Active 50 MHz. With IMO & FLL. While (1).	-	2.4	3.3	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, max at 60°C
				3.2	3.7		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				5.6	6.3		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDF4	IDD8	Execute from Flash; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. While (1)	-	0.8	1.5	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C
				1.1	1.6		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				2.6	3.4		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
Execute with Cache Enabled							
SIDC5	IDD9	Execute from Cache; CM4 Off, CM0+ Active 100 MHz. With IMO & FLL. Dhrystone.	-	3.8	4.5	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C
				5.9	6.5		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				9	9.7		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDC6	IDD10	Execute from Cache; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. Dhrystone	-	0.8	1.3	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C
				1.2	1.7		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				2.60	3.4		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
Cortex® M4. Sleep Mode							
SIDS1	IDD11	CM4 Sleep 100 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL.	-	1.5	2.2	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C
				2.2	2.7		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				4	4.6		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C
SIDS2	IDD12	CM4 Sleep 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL	-	1.2	1.9	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C
				1.7	2.2		V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				3.4	4.3		V _{DDD} = 1.8 V to 3.3 V, LDO, max at 85°C

电气规格参数

表 13 CPU 电流和转换规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SIDS3	IDD13	CM4 Sleep 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.7	1.3	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1	1.5		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.4	3.3		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
Cortex® M0+. Sleep Mode							
SIDS4	IDD14	CM4 Off, CM0+ Sleep 50 MHz. With IMO & FLL.	-	1.30	2	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.9	2.4		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				3.8	4.6		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
SIDS5	IDD15	CM4 Off, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.70	1.3	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1	1.5		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.4	3.3		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
Cortex® M4. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPA1	IDD16	Execute from Flash; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. While (1).	-	0.9	1.5	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.2	1.7		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.8	3.5		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
SIDLPA2	IDD17	Execute from Cache; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.9	1.5	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.3	1.8		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.9	3.7		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
Cortex® M0+. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPA3	IDD18	Execute from Flash; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. While (1)	-	0.8	1.4	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.1	1.6		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.7	3.6		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
SIDLPA4	IDD19	Execute from Cache; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.8	1.4	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.2	1.7		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.7	3.6		$V_{DDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C

电气规格参数

表 13 CPU 电流和转换规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Cortex® M4. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPS1	IDD20	CM4 Sleep 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.7	1.1	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1	1.5		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.4	3.3		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
Cortex® M0+. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPS3	IDD22	CM4 Off, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.6	1.1	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.9	1.5		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.4	3.3		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V to }3.3\text{ V}$, LDO, max at 85°C
ULP Range Power specifications (for $V_{CCD} = 0.9\text{ V}$ using the Buck). ULP mode is valid from -20°C to +85°C. Cortex® M4. Active Mode							
Execute with Cache Disabled (Flash)							
SIDF5	IDD3	Execute from Flash; CM4 Active 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL. While(1).	-	1.7	2.2	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.1	2.4		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDF6	IDD4	Execute from Flash; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. While (1)	-	0.56	0.8	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.75	1		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Execute with Cache Enabled							
SIDC8	IDD10	Execute from Cache; CM4 Active 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL. Dhrystone.	-	1.6	2.2	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				2.4	2.7		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDC9	IDD11	Execute from Cache; CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.65	0.8	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.8	1.1		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Cortex® M0+. Active Mode							
Execute with Cache Disabled (Flash)							
SIDF7	IDD16	Execute from Flash; CM4 Off, CM0+ Active 25 MHz. With IMO & FLL. While(1).	-	1	1.4	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.34	1.6		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDF8	IDD17	Execute from Flash; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. While(1)	-	0.54	0.75	mA	$V_{DDDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.73	1		$V_{DDDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C

电气规格参数

表 13 CPU 电流和转换规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Execute with Cache Enabled							
SIDC10	IDD18	Execute from Cache; CM4 Off, CM0+ Active 25 MHz. With IMO & FLL. Dhrystone.	-	0.91	1.25	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.34	1.6		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDC11	IDD19	Execute from Cache; CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.51	0.72	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.73	0.95		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Cortex® M4. Sleep Mode							
SIDS7	IDD21	CM4 Sleep 50 MHz, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL	-	0.76	1.1	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				1.1	1.4		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDS8	IDD22	CM4 Sleep 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO	-	0.42	0.65	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.59	0.8		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Cortex® M0+. Sleep Mode							
SIDS9	IDD23	CM4 Off, CM0+ Sleep 25 MHz. With IMO & FLL.	-	0.62	0.9	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.88	1.1		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDS10	IDD24	CM4 Off, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.41	0.6	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.58	0.8		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Cortex® M4. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPA5	IDD25	Execute from Flash. CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. While(1).	-	0.52	0.75	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.76	1		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDLPA6	IDD26	Execute from Cache. CM4 Active 8 MHz, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.54	0.76	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.78	1		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
Cortex® M0+. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPA7	IDD27	Execute from Flash. CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. While (1).	-	0.51	0.75	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.75	1		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
SIDLPA8	IDD28	Execute from Cache. CM4 Off, CM0+ Active 8 MHz. With IMO. Dhrystone.	-	0.48	0.7	mA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C
				0.7	0.95		$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$, Buck ON, Max at 60°C

电气规格参数

表 13 CPU 电流和转换规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Cortex® M4. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPS5	IDD29	CM4 Sleep 8 MHz, CM0 Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.4	0.6	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				0.57	0.8		
Cortex® M0+. Minimum Regulator Current Mode							
SIDLPS7	IDD31	CM4 Off, CM0+ Sleep 8 MHz. With IMO.	-	0.39	0.6	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Buck ON, Max at 60°C V _{DDD} = 1.8 V, Buck ON, Max at 60°C
				0.56	0.8		
Deep Sleep Mode							
SIDDS1	IDD33A	With internal Buck enabled and 64K SRAM retention	-	7	-	μA	Max value is at 85°C
SIDDS1_B	IDD33A_B	With internal Buck enabled and 64K SRAM retention	-	7	-	μA	Max value is at 60°C
SIDDS2	IDD33B	With internal Buck enabled and 128K SRAM retention	-	9	-	μA	Max value is at 85°C
SIDDS2_B	IDD33B_B	With internal Buck enabled and 128K SRAM retention	-	9	-	μA	Max value is at 60°C
Hibernate Mode							
SIDHIB1	IDD34	V _{DDD} = 1.8 V	-	300	-	nA	No clocks running
SIDHIB2	IDD34A	V _{DDD} = 3.3 V	-	1400	-	nA	No clocks running
Power Mode Transition Times							
SID12	T _{LPACT_ACT}	Minimum Regulator Current to LP transition time	-	-	35	μs	Including PLL lock time
SID13	T _{DS_LPACT}	Deep Sleep to LP transition time.	-	-	17	μs	Guaranteed by design
SID14	T _{HIB_ACT}	Hibernate to Active transition time including Boot process.	-	900	-	μs	Including PLL lock time

电气规格参数

6.2.3 XRES

表 14 XRES直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID17	T_{XRES_IDD}	I_{DD} when XRES asserted	–	300	–	nA	$V_{DDD} = 1.8\text{ V}$
SID17A	$T_{XRES_IDD_1}$	I_{DD} when XRES asserted	–	1400	–	nA	$V_{DDD} = 3.3\text{ V}$
SID77	V_{IH}	Input voltage HIGH threshold	$0.7 \times V_{DD}$	–	–	V	CMOS input
SID78	V_{IL}	Input voltage LOW threshold	–	–	$0.3 \times V_{DD}$	V	CMOS input
SID80	C_{IN}	Input capacitance	–	3	–	pF	–
SID81	$V_{HYSXRES}$	Input voltage hysteresis	–	100	–	mV	–
SID82	I_{DIODE}	Current through protection diode to V_{DD}/V_{SS}	–	–	100	μA	–

表 15 XRES交流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID15	T_{XRES_ACT}	Time from XRES release to Active mode including Boot process	–	900	–	μs	Not minimum regulator current mode; Cortex®-M0+ executing at 50 MHz
SID16	T_{XRES_PW}	XRES pulse width	5	–	–	μs	–

电气规格参数

6.2.4 GPIO

表 16 GPIO直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID57	V_{IH}	Input voltage HIGH threshold	$0.7 \times V_{DD}$	–	–	V	CMOS Input
SID57A	I_{IHS}	Input current when Pad > V_{DDIO} for OVT inputs	–	–	10	μ A	Per I ² C spec
SID58	V_{IL}	Input voltage LOW threshold	–	–	$0.3 \times V_{DD}$	V	CMOS Input
SID241	V_{IH}	LVTTL input, $V_{DD} < 2.7$ V	$0.7 \times V_{DD}$	–	–	V	–
SID242	V_{IL}	LVTTL input, $V_{DD} < 2.7$ V	–	–	$0.3 \times V_{DD}$	V	–
SID243	V_{IH}	LVTTL input, $V_{DD} \geq 2.7$ V	2.0	–	–	V	–
SID244	V_{IL}	LVTTL input, $V_{DD} \geq 2.7$ V	–	–	0.8	V	–
SID59	V_{OH}	Output voltage HIGH level	$V_{DD} - 0.5$	–	–	V	$I_{OH} = 8$ mA
SID62A	V_{OL}	Output voltage LOW level	–	–	0.4	V	$I_{OL} = 8$ mA
SID63	R_{PULLUP}	Pull-up resistor	3.5	5.6	8.5	k Ω	–
SID64	$R_{PULLDOWN}$	Pull-down resistor	3.5	5.6	8.5	k Ω	–
SID65	I_{IL}	Input leakage current (absolute value)	–	–	2	nA	25°C, $V_{DD} = 3.0$ V
SID65A	I_{IL_CTBM}	Input leakage on CTBm input pins	–	–	4	nA	–
SID66	C_{IN}	Input capacitance	–	–	5	pF	–
SID67	V_{HYSTTL}	Input hysteresis LVTTL $V_{DD} > 2.7$ V	100	0	–	mV	–
SID68	$V_{HYSCMOS}$	Input hysteresis CMOS	$0.05 \times V_{DD}$	–	–	mV	–
SID69	I_{DIODE}	Current through protection diode to V_{DD}/V_{SS}	–	–	100	μ A	–
SID69A	I_{TOT_GPIO}	Maximum total source or sink chip current	–	–	200	mA	–

电气规格参数

表 17 GPIO交流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID70	T_{RISEF}	Rise time in Fast Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	–	–	2.5	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength
SID71	T_{FALLF}	Fall time in Fast Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	–	–	2.5	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength
SID72	T_{RISES_1}	Rise time in Slow Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	52	–	142	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength, $V_{DD} \leq 2.7 V$
SID72A	T_{RISES_2}	Rise time in Slow Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	48	–	102	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength, $2.7 V < V_{DD} \leq 3.6 V$
SID73	T_{FALLS_1}	Fall time in Slow Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	44	–	211	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength, $V_{DD} \leq 2.7 V$
SID73A	T_{FALLS_2}	Fall time in Slow Strong Mode. 10% to 90% of V_{DD} .	42	–	93	ns	Clod = 15 pF, 8-mA drive strength, $2.7 V < V_{DD} \leq 3.6 V$
SID73G	T_{FALL_I2C}	Fall time (30% to 70% of V_{DD}) in Slow Strong mode.	$20 \times (V_{DDIO} / 5.5)$	–	250	ns	Clod = 10 pF to 400 pF, 8-mA drive strength
SID74	$F_{GPIOOUT1}$	GPIO Fout. Fast Strong mode.	–	–	100	MHz	90/10%, 15-pF load, 60/40 duty cycle
SID75	$F_{GPIOOUT2}$	GPIO Fout; Slow Strong mode.	–	–	16.7	MHz	90/10%, 15-pF load, 60/40 duty cycle
SID76	$F_{GPIOOUT3}$	GPIO Fout; Fast Strong mode.	–	–	7	MHz	90/10%, 25-pF load, 60/40 duty cycle
SID245	$F_{GPIOOUT4}$	GPIO Fout; Slow Strong mode.	–	–	3.5	MHz	90/10%, 25-pF load, 60/40 duty cycle
SID246	F_{GPIOIN}	GPIO input operating frequency; $1.71 V \leq V_{DD} \leq 3.6 V$	–	–	100	MHz	90/10% V_{IO}

电气规格参数

6.3 模拟外设

6.3.1 运算放大器

表 18 运算放大器规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
	I_{DD}	Opamp block current. No load.	-	-	-	-	Overvoltage and temp (-40/105°C) unless stated otherwise
SID269	I_{DD_HI}	power = hi	-	1300	1500	μA	-
SID270	I_{DD_MED}	power = med	-	450	600	μA	-
SID271	I_{DD_LOW}	power = lo	-	250	350	μA	-
	GBW	Load = 20 pF, 0.1mA. $V_{DDA} = 2.7 V$	-	-	-	-	-
SID272	GBW_HI	power = hi	6	-	-	MHz	-
SID273	GBW_MED	power = med	2	-	-	MHz	-
SID274	GBW_LO	power = lo	-	1	-	MHz	-
	I_{OUT_MAX}	$V_{DDA} \geq 2.7 V$, 500 mV from rail	-	-	-	-	-
SID275	$I_{OUT_MAX_HI}$	power = hi	10	-	-	mA	-
SID276	$I_{OUT_MAX_MID}$	power = med	10	-	-	mA	-
SID277	$I_{OUT_MAX_LO}$	power = lo	-	5	-	mA	-
	I_{OUT}	$V_{DDA} = 1.7 V$, 500 mV from rail	-	-	-	-	-
SID278	$I_{OUT_MAX_HI}$	power = hi	4	-	-	mA	-
SID279	$I_{OUT_MAX_MID}$	power = med	4	-	-	mA	-
SID280	$I_{OUT_MAX_LO}$	power = lo	-	2	-	mA	-
SID281	V_{IN}	Input voltage range	0	-	$V_{DDA} - 0.2$	V	Charge pump ON
SID282	V_{CM}	Input common mode voltage	0	-	$V_{DDA} - 0.2$	V	Charge pump OFF, $V_{DDA} \geq 2.7 V$
	V_{OUT}	$V_{DDA} \geq 2.7 V$	-	-	-	-	-
SID283	V_{OUT_1}	power = hi, Iload = 10 mA	0.5	-	$V_{DDA} - 0.5$	V	-
SID284	V_{OUT_2}	power = hi, Iload = 1 mA	0.2	-	$V_{DDA} - 0.2$	V	-
SID285	V_{OUT_3}	power = med, Iload = 1 mA	0.2	-	$V_{DDA} - 0.2$	V	-
SID286	V_{OUT_4}	power = lo, Iload = 0.1 mA	0.2	-	$V_{DDA} - 0.2$	V	-
SID288	V_{OS}	Offset voltage. Closed loop configuration.	-1	+/-0.5	1	mV	High mode, 0.2 to $V_{DDA} - 0.2$
SID288A	V_{OS}	Offset voltage	-	+/-1	-	mV	Medium mode
SID288B	V_{OS}	Offset voltage	-	+/-2	-	mV	Low mode

电气规格参数

表 18 运算放大器规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID290	V _{OS_DR}	Offset voltage drift	-10	+/-3	10	μV/°C	High mode, 0.2 to V _{DDA} - 0.2
SID290A	V _{OS_DR}	Offset voltage drift	-	+/-10	-	μV/°C	Medium mode
SID290B	V _{OS_DR}	Offset voltage drift	-	+/-10	-	μV/C	Low mode
SID291	CMRR	DC Common mode rejection ratio	67	80	-	dB	V _{DDD} = 3.3 V. V _{in} = 0.2 to V _{DDA} - 0.2.
SID292	PSRR	Power supply rejection ratio at 1 kHz, 10 mV ripple	70	85	-	dB	V _{DDD} = 3.3 V. V _{in} = V _{DDA} /2.
Noise							
SID293	VN1	Input-referred, 1 Hz–1 GHz, power = hi	-	100	-	μVrms	Guaranteed by design
SID294	VN2	Input-referred, 1 kHz, power = hi	-	180	-	nV/rHz	Guaranteed by design
SID295	VN3	Input-referred, 10 kHz, power = hi	-	70	-	nV/rHz	Guaranteed by design
SID296	VN4	Input-referred, 100 kHz, power = hi	-	38	-	nV/rHz	Guaranteed by design
SID297	CLOAD	Stable up to max load. Performance specs at 50 pF.	-	-	125	pF	High and medium
SID298	SLEW_RATE	Output slew rate	4	-	-	V/μs	Clod = 50pF, Power = High, V _{DDA} ≥ 2.7 V. Refer to Figure 17 and Figure 18 .
SID299	T _{OP_WAKE}	From disable to enable, no external RC dominating	-	-	10	μs	For V _{DDA} ≥ 2.7 V
	COMP_MODE	Comparator mode; 50 mV overdrive.	-	-	-	-	-
SID300	TPD1	Response time; power = hi	-	150	-	ns	-
SID301	TPD2	Response time; power = med	-	400	-	ns	-
SID302	TPD3	Response time; power = lo	-	2000	-	ns	-
SID303	V _{HYST_OP}	Hysteresis	-	10	-	mV	-

电气规格参数

表 18 运算放大器规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Deep Sleep Mode		Mode 2 is lowest current range. Mode 1 has higher GBW.	-	-	-	-	Deep Sleep mode operation: $V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$. V_{IN} is 0.2 to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$.
SID_DS_1	IDD_HI_M1	Mode 1, High current	-	1300	1500	μA	Typ at 25°C
SID_DS_2	IDD_MED_M1	Mode 1, Medium current	-	460	600	μA	Typ at 25°C
SID_DS_3	IDD_LOW_M1	Mode 1, Low current	-	230	350	μA	Typ at 25°C
SID_DS_4	IDD_HI_M2	Mode 2, High current	-	100	-	μA	25°C
SID_DS_5	IDD_MED_M2	Mode 2, Medium current	-	40	-	μA	25°C
SID_DS_6	IDD_LOW_M2	Mode 2, Low current	-	15	-	μA	25°C
SID_DS_7	GBW_HI_M1	Mode 1, High current	-	4	-	MHz	25°C
SID_DS_8	GBW_MED_M1	Mode 1, Medium current	-	2	-	MHz	25°C
SID_DS_9	GBW_LOW_M1	Mode 1, Low current	-	0.5	-	MHz	25°C
SID_DS_10	GBW_HI_M2	Mode 2, High current	-	0.5	-	MHz	20-pF load, no DC load 0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_11	GBW_MED_M2	Mode 2, Medium current	-	0.2	-	MHz	20-pF load, no DC load 0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_12	GBW_LOW_M2	Mode 2, Low current	-	0.1	-	MHz	20-pF load, no DC load 0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_13	VOS_HI_M1	Mode 1, High current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_14	VOS_MED_M1	Mode 1, Medium current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_15	VOS_LOW_M1	Mode 1, Low current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_16	VOS_HI_M2	Mode 2, High current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_17	VOS_MED_M2	Mode 2, Medium current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_18	VOS_LOW_M2	Mode 2, Low current	-	5	-	mV	0.2 V to $V_{DDA} - 1.5\text{ V}$
SID_DS_19	IOOUT_HI_M1	Mode 1, High current	-	10	-	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5\text{ V}$

电气规格参数

表 18 运算放大器规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID_DS_20	IOUT_MED_M1	Mode 1, Medium current	–	10	–	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5$ V
SID_DS_21	IOUT_LOW_M1	Mode 1, Low current	–	4	–	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5$ V
SID_DS_22	IOUT_HI_M2	Mode 2, High current	–	1	–	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5$ V
SID_DS_23	IOU_MED_M2	Mode 2, Medium current	–	1	–	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5$ V
SID_DS_24	IOU_LOW_M2	Mode 2, Low current	–	0.5	–	mA	Output is 0.5 V to $V_{DDA} - 0.5$ V

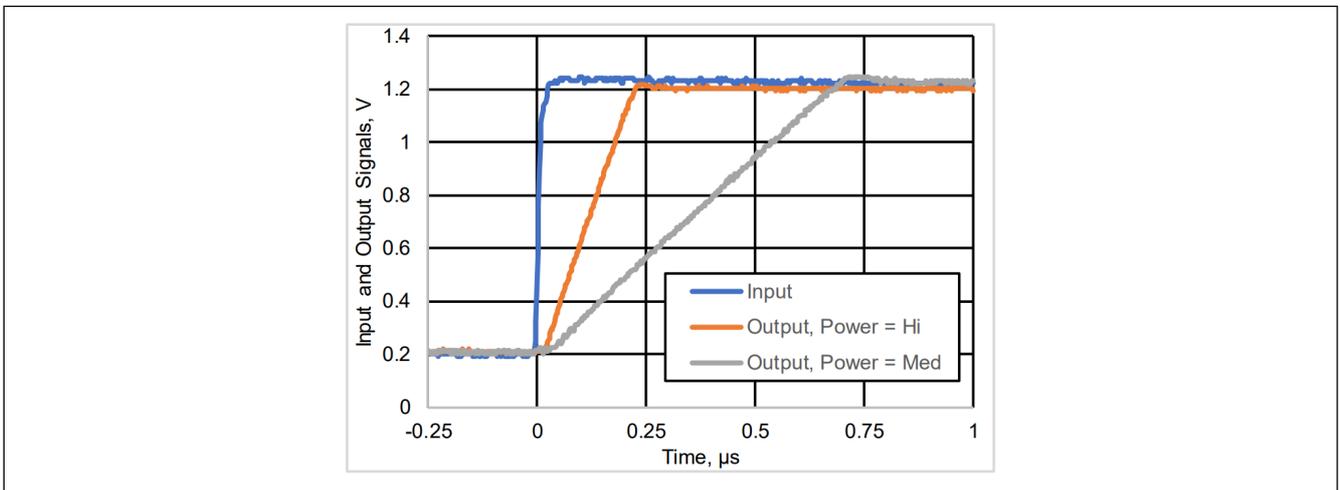


图 17 运算放大器阶跃响应，上升

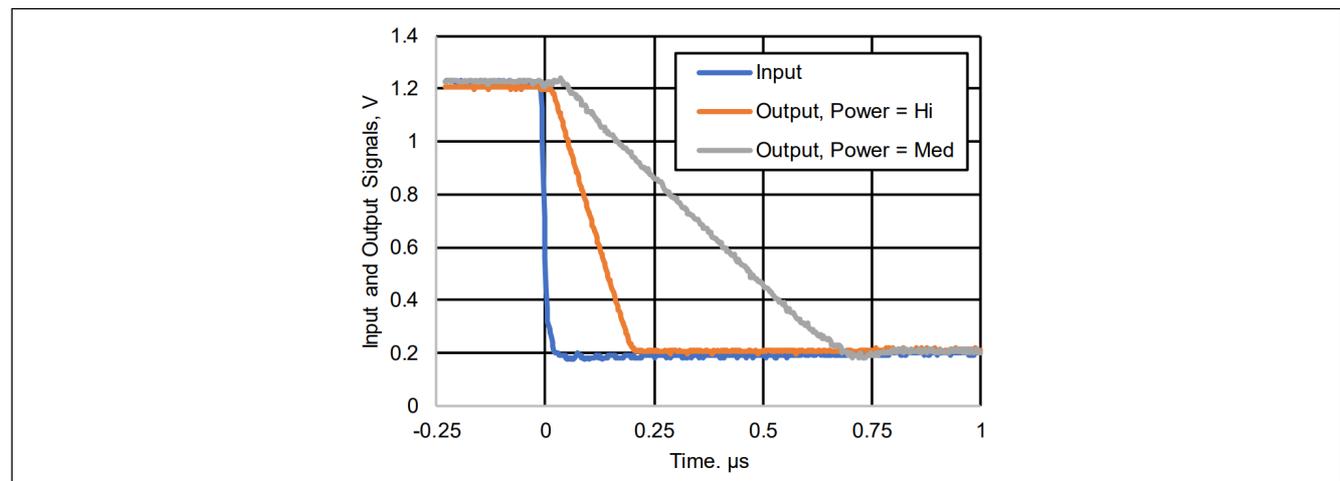


图 18 运算放大器阶跃响应，下降

电气规格参数

6.3.2 低功耗比较器

表 19 LP 比较器直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID84	V_{OFFSET1}	Input offset voltage for COMP. Normal power mode.	-10	-	10	mV	-
SID85A	V_{OFFSET2}	Input offset voltage. Low-power mode.	-25	± 12	25	mV	-
SID85B	V_{OFFSET3}	Input offset voltage. Ultra low-power mode.	-25	± 12	25	mV	-
SID86	V_{HYST1}	Hysteresis when enabled in Normal mode	-	-	60	mV	-
SID86A	V_{HYST2}	Hysteresis when enabled in Low-power mode	-	-	80	mV	-
SID87	V_{ICM1}	Input common mode voltage in Normal mode	0	-	$V_{\text{DDIO1}} - 0.1$	V	-
SID247	V_{ICM2}	Input common mode voltage in Low power mode	0	-	$V_{\text{DDIO1}} - 0.1$	V	-
SID247A	V_{ICM3}	Input common mode voltage in Ultra low power mode	0	-	$V_{\text{DDIO1}} - 0.1$	V	-
SID88	CMRR	Common mode rejection ratio in Normal power mode	50	-	-	dB	-
SID89	I_{CMP1}	Block current, Normal mode	-	-	150	μA	-
SID248	I_{CMP2}	Block current, Low-power mode	-	-	10	μA	-
SID259	I_{CMP3}	Block current in Ultra low-power mode	-	0.3	0.85	μA	-
SID90	ZCMP	DC input impedance of comparator	35	-	-	M Ω	-

表 20 LP 比较器交流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID91	T_{RESP1}	Response time, Normal mode, 100 mV overdrive	-	-	100	ns	-
SID258	T_{RESP2}	Response time, Low power mode, 100 mV overdrive	-	-	1000	ns	-
SID92	T_{RESP3}	Response time, Ultra-low power mode, 100 mV overdrive	-	-	20	μs	-
SID92E	$T_{\text{CMP_EN1}}$	Time from Enabling to operation	-	-	10	μs	Normal and low-power modes
SID92F	$T_{\text{CMP_EN2}}$	Time from Enabling to operation	-	-	50	μs	Ultra-low-power mode

 电气规格参数

6.3.3 温度传感器

表 21 温度传感器规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID93	T _{SENSACC}	Temperature sensor accuracy	-5	±1	5	°C	-40°C to +105°C

6.3.4 内部参考

表 22 内部参考规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID93R	V _{REFBG}	-	1.188	1.2	1.212	V	-

电气规格参数

6.3.5 SAR ADC

表 23 SAR ADC 直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID94	A_RES	SAR ADC resolution	-	-	12	bits	-
SID95	A_CHNLS_S	Number of channels - single-ended	-	-	16	-	8 full speed.
SID96	A-CHNKS_D	Number of channels - differential	-	-	8	-	Diff inputs use neighboring I/O.
SID97	A-MONO	Monotonicity	-	-	-	-	Yes
SID98	A_GAINERR	Gain error	-	-	±0.2	%	With external reference.
SID99	A_OFFSET	Input offset voltage	-	-	2	mV	Measured with 1-V reference.
SID100	A_ISAR_1	Current consumption at 1 Msps	-	-	1.05	mA	At 1 Msps. External reference mode.
SID100A	A_ISAR_2	Current consumption at 1 Msps	-	-	1.3	mA	At 1 Msps. Internal reference mode.
SID1002	A_ISAR_3	Current consumption at 2 Msps	-	-	1.65	mA	At 2 Msps. External reference mode.
SID1003	A_ISAR_4	Current consumption at 2 Msps	-	-	2.15	mA	At 2 Msps. Internal reference mode.
SID101	A_VINS	Input voltage range - single-ended	V _{SS}	-	V _{DDA}	V	-
SID102	A_VIND	Input voltage range - differential	V _{SS}	-	V _{DDA}	V	-
SID103	A_INRES	Input resistance	-	1	-	kΩ	-
SID104	A_INCAP	Input capacitance	-	5	-	pF	-

SAR in Deep Sleep Mode V_{DDA} = 2.7 V. 2-MHz LPOSC and duty-cycled.

SIDP121	IDD_CHIP_1	Chip current consumption for 12 bits, 100 ksps Deep Sleep Mode	-	320	-	μA	-
SIDP122	IDD_CHIP_2	Chip current consumption for 12 bits, 500 sps, duty cycle in Deep Sleep Mode	-	16	-	μA	-
SIDP123	IDD_CHIP_3	Chip Current Consumption for 10 bits (10% power mode), 16 ksps Deep Sleep Mode	-	150	-	μA	-
SIDP124	INL_10bits	Integral non-linearity for 10 bits (10% power mode) mode (V _{DDA} ≥ 2.7 V)	-2	-	2	LSB	-

电气规格参数

表 23 SAR ADC 直流规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SIDP125	DNL_10bits	Differential non-linearity for 10 bits (10% power mode) mode ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-1	-	1	LSB	-
SIDP126	Vos_10bits	Offset for 10 bits (10% power mode) mode ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-2	-	2	LSB	-
SIDP127	GE_10bits	Gain Error for 10 bits (10% power mode) mode ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$, $V_{REF} = 1.2\text{ V}$ bypassed with external cap)	-1	-	1	LSB	-

表 24 SAR ADC 交流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID106	A_PSRR	Power supply rejection ratio	70	-	-	dB	-
SID107	A_CMRR	Common mode rejection ratio	66	-	-	dB	Measured at 1 V.
SID107A	EXT_REF_1	External reference range	1	-	V_{DDA}	V	1 Msps sample rate and below.
SID107B	Ext_REF_2	External reference range	2	-	V_{DDA}	V	> 1 and up to 2 Msps sample rates
SID1081	A_SAMP_1	Sample rate with external reference; With bypass cap	-	-	2	Msps	V_{DDA} 2.7 V–3.6 V
SID1082	A_SAMP_1	Sample rate with external reference; With bypass cap	-	-	1	Msps	V_{DDA} 1.7 V–3.6 V
SID108A1	A_SAMP_2	Sample rate with V_{DD} Reference; No bypass cap	-	-	2	Msps	V_{DDA} 2.7 V–3.6 V
SID108A2	A_SAMP_2	Sample rate with V_{DD} Reference; No bypass cap	-	-	1	Msps	V_{DDA} 1.7 V–3.6 V
SID108B	A_SAMP_3	Sample rate with Internal reference; With bypass cap	-	-	1	Msps	-
SID108C	A_SAMP_4	Sample rate with internal reference; No bypass cap	-	-	200	ksps	-
SID109	A_SINAD	Signal-to-noise and distortion ratio (SINAD).	64	-	-	dB	$F_{in} = 10\text{ kHz}$
SID111A	A_INL	Integral non-linearity. Up to 1 Msps	-2	-	2	LSB	All reference mode
SID111B	A_INL	Integral non-linearity. 2 Msps.	-2.5	-	2.5	LSB	External reference or V_{DDA} Reference Mode, $V_{REF} \geq 2\text{ V}$. $V_{DDA} = 2.7\text{ V} - 3.6\text{ V}$.

电气规格参数

表 24 SAR ADC 交流规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID112A	A_DNL	Differential non-linearity. Up to 1 Msps	-1	-	1.5	LSB	All Reference Mode
SID112B	A_DNL	Differential non-linearity. 2 Msps.	-1	-	1.6	LSB	External Reference or V_{DDA} Reference Mode, $V_{REF} \geq 2\text{ V}$. $V_{DDA} = 2.7\text{ V} - 3.6\text{ V}$.
SID113	A_THD	Total harmonic distortion. 1 Msps.	-	-	-65	dB	$F_{in} = 10\text{ kHz}$. $V_{DDA} = 2.7\text{ V} - 3.6\text{ V}$.

Both SARs with simultaneous sampling. Fclk = 18 MHz, Data Rate = 1 Msps; $V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$; Internal Ref. with Bypass Cap. Simultaneous sampling spec assume the same clock source is used for both SAR ADCs.

SIDP131	INL	Integral Non Linearity ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-2	-	2	LSB	-
SIDP132	DNL	Differential Non Linearity ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-1	-	1	LSB	-
SIDP133	Vos	Offset ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-2	-	2	LSB	-
SIDP134	GE	Gain Error ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$, $V_{REF} = 1.2\text{ V}$ bypassed with external Cap)	-1	-	1	LSB	-

Both SARs internal op amp buffered with simultaneous sampling V_{DDA} reference. Fclk = 18 MHz, Data Rate = 1 Msps; $V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$; $V_{REF} \geq 2\text{ V}$. Simultaneous sampling spec assume the same clock source is used for both SAR ADCs.

SIDP141	INL	Integral Non Linearity ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-3	-	3	LSB	-
SIDP142	DNL	Differential Non Linearity ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-1	-	2	LSB	-
SIDP143	Vos	Offset ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$)	-3	-	3	LSB	-
SIDP144	GE	Gain Error ($V_{DDA} \geq 2.7\text{ V}$, $V_{REF} = 1.2\text{ V}$ bypassed with external Cap)	-1	-	1	LSB	-

电气规格参数

6.3.6 DAC

表 25 12 位 DAC 直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID108D	DAC_RES	DAC resolution	–	–	12	bits	
SID111D	DAC_INL	Integral Non-Linearity	–4	–	4	LSB	
SID112D	DAC_DNL	Differential Non Linearity	–2	–	2	LSB	Monotonic to 11 bits.
SID99D	DAC_OFFSET	Output Voltage zero offset error	–10	–	10	mV	For 000 (hex)
SID103D	DAC_OUT_RES	DAC Output Resistance	–	15	–	kΩ	
SID100D	DAC_IDD	DAC Current	–	–	125	μA	
SID101D	DAC_QIDD	DAC Current when DAC stopped	–	–	1	μA	

表 26 12 位 DAC 交流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID109D	DAC_CONV	DAC Settling time	–	–	2	μs	Driving through CTBM buffer; 25 pF load
SID110D	DAC_Wakeup	Time from Enabling to ready for conversion	–	–	10	μs	

电气规格参数

6.3.7 CSD

表 27 CSD V2 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
CSD V2 specifications							
SYS.PER#3	V _{DD_RIPPLE}	Max allowed ripple on power supply, DC to 10 MHz	-	-	±50	mV	V _{DDA} > 2 V (with ripple), 25°C T _A , Sensitivity = 0.1 pF.
SYS.PER#16	V _{DD_RIPPLE_1.8}	Max allowed ripple on power supply, DC to 10 MHz	-	-	±25	mV	V _{DDA} > 1.75 V (with ripple), 25°C T _A , Parasitic Capacitance (C _p) < 20 pF, Sensitivity ≥ 0.4 pF.
SID.CSD.BLK	I _{CSD}	Maximum block current	-	-	4500	µA	-
SID.CSD#15	V _{REF}	Voltage reference for CSD and Comparator	0.6	1.2	V _{DDA} - 0.6	V	V _{DDA} - V _{REF} ≥ 0.6 V
SID.CSD#15A	V _{REF_EXT}	External Voltage reference for CSD and Comparator	0.6		V _{DDA} - 0.6	V	V _{DDA} - V _{REF} ≥ 0.6 V
SID.CSD#16	I _{DAC1IDD}	IDAC1 (7-bits) block current	-	-	1900	µA	-
SID.CSD#17	I _{DAC2IDD}	IDAC2 (7-bits) block current	-	-	1900	µA	-
SID308	V _{CSD}	Voltage range of operation	1.7	-	3.6	V	1.71 V to 3.6 V
SID308A	V _{COMPIDAC}	Voltage compliance range of IDAC	0.6	-	V _{DDA} - 0.6	V	V _{DDA} - V _{REF} ≥ 0.6 V
SID309	I _{DAC1DNL}	DNL	-1	-	1	LSB	-
SID310	I _{DAC1INL}	INL	-3	-	3	LSB	If V _{DDA} < 2 V then for LSB of 2.4 µA or less.
SID311	I _{DAC2DNL}	DNL	-1	-	1	LSB	-
SID312	I _{DAC2INL}	INL	-3	-	3	LSB	If V _{DDA} < 2 V then for LSB of 2.4 µA or less.

SNRC of the following is Ratio of counts of finger to noise. Guaranteed by characterization.

SID313_1A	SNRC_1	SRSS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.1-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	9.5-pF max. capacitance
SID313_1B	SNRC_2	SRSS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.3-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	31-pF max. capacitance
SID313_1C	SNRC_3	SRSS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.6-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	61-pF max. capacitance

电气规格参数

表 27 CSD V2 规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID313_2A	SNRC_4	PASS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.1-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	12-pF max. capacitance
SID313_2B	SNRC_5	PASS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.3-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	47-pF max. capacitance
SID313_2C	SNRC_6	PASS Reference. IMO + FLL Clock Source. 0.6-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	86-pF max. capacitance
SID313_3A	SNRC_7	PASS Reference. IMO + PLL Clock Source. 0.1-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	25-pF max. capacitance
SID313_3B	SNRC_8	PASS Reference. IMO + PLL Clock Source. 0.3-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	86-pF max. capacitance
SID313_3C	SNRC_9	PASS Reference. IMO + PLL Clock Source. 0.6-pF sensitivity.	5	-	-	Ratio	168-pF Max. capaci- tance
SID314	IDAC _{1CRT1}	Output current of IDAC1 (7 bits) in low range	4.2	-	5.7	μA	LSB = 37.5-nA typ.
SID314A	IDAC _{1CRT2}	Output current of IDAC1 (7 bits) in medium range	33.7	-	45.6	μA	LSB = 300-nA typ.
SID314B	IDAC _{1CRT3}	Output current of IDAC1 (7 bits) in high range	270	-	365	μA	LSB = 2.4-μA typ.
SID314C	IDAC _{1CRT12}	Output current of IDAC1 (7 bits) in low range, 2X mode	8	-	11.4	μA	LSB = 37.5-nA typ. 2X output stage
SID314D	IDAC _{1CRT22}	Output current of IDAC1 (7 bits) in medium range, 2X mode	67	-	91	μA	LSB = 300-nA typ. 2X output stage
SID314E	IDAC _{1CRT32}	Output current of IDAC1 (7 bits) in high range, 2X mode. V _{DDA} > 2 V	540	-	730	μA	LSB = 2.4-μA typ. 2X output stage
SID315	IDAC _{2CRT1}	Output current of IDAC2 (7 bits) in low range	4.2	-	5.7	μA	LSB = 37.5-nA typ.
SID315A	IDAC _{2CRT2}	Output current of IDAC2 (7 bits) in medium range	33.7	-	45.6	μA	LSB = 300-nA typ.

电气规格参数

表 27 CSD V2 规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID315B	IDAC _{2CRT3}	Output current of IDAC2 (7 bits) in high range	270	–	365	μA	LSB = 2.4-μA typ.
SID315C	IDAC _{2CRT12}	Output current of IDAC2 (7 bits) in low range, 2X mode	8	–	11.4	μA	LSB = 37.5-nA typ. 2X output stage
SID315D	IDAC _{2CRT22}	Output current of IDAC2 (7 bits) in medium range, 2X mode	67	–	91	μA	LSB = 300-nA typ. 2X output stage
SID315E	IDAC _{2CRT32}	Output current of IDAC2 (7 bits) in high range, 2X mode. $V_{DDA} > 2V$	540	–	730	μA	LSB = 2.4-μA typ. 2X output stage
SID315F	IDAC _{3CRT13}	Output current of IDAC in 8-bit mode in low range	8	–	11.4	μA	LSB = 37.5-nA typ.
SID315G	IDAC _{3CRT23}	Output current of IDAC in 8-bit mode in medium range	67	–	91	μA	LSB = 300-nA typ.
SID315H	IDAC _{3CRT33}	Output current of IDAC in 8-bit mode in high range. $V_{DDA} > 2V$	540	–	730	μA	LSB = 2.4-μA typ.
SID320	IDAC _{OFFSET}	All zeroes input	–	–	1	LSB	Polarity set by Source or Sink
SID321	IDAC _{GAIN}	Full-scale error less offset	–	–	±15	%	LSB = 2.4-μA typ.
SID322	IDAC _{MISMATCH1}	Mismatch between IDAC1 and IDAC2 in Low mode	–	–	9.2	LSB	LSB = 37.5-nA typ.
SID322A	IDAC _{MISMATCH2}	Mismatch between IDAC1 and IDAC2 in Medium mode	–	–	6	LSB	LSB = 300-nA typ.
SID322B	IDAC _{MISMATCH3}	Mismatch between IDAC1 and IDAC2 in High mode	–	–	5.8	LSB	LSB = 2.4-μA typ.
SID323	IDAC _{SET8}	Settling time to 0.5 LSB for 8-bit IDAC	–	–	10	μs	Full-scale transition. No external load.
SID324	IDAC _{SET7}	Settling time to 0.5 LSB for 7-bit IDAC	–	–	10	μs	Full-scale transition. No external load.
SID325	CMOD	External modulator capacitor.	–	2.2	–	nF	5-V rating, X7R or NP0 cap.

电气规格参数

表 28 CSDv2 ADC 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
CSDv2 ADC specifications							
SIDA94	A_RES	Resolution	-	-	10	bits	Auto-zeroing is required every millisecond.
SID95	A_CHNLS_S	Numberofchannels - single ended	-	-	-	16	-
SIDA97	A-MONO	Monotonicity	-	-	Yes	-	V _{REF} mode
SIDA98	A_GAINERR_VREF	Gain error	-	0.6	-	%	Reference Source: SRSS (V _{REF} = 1.20 V, V _{DDA} < 2.2 V), (V _{REF} = 1.6 V, 2.2 V < V _{DDA} < 2.7 V), (V _{REF} = 2.13 V, V _{DDA} > 2.7 V)
SIDA98A	A_GAINERR_VDDA	Gain error	-	0.2	-	%	Reference Source: SRSS (V _{REF} = 1.20 V, V _{DDA} < 2.2V), (V _{REF} = 1.6 V, 2.2 V < V _{DDA} < 2.7 V), (V _{REF} = 2.13 V, V _{DDA} > 2.7 V)
SIDA99	A_OFFSET_VREF	Input offset voltage	-	0.5	-	LSB	After ADC calibration, Ref. Src = SRSS, (V _{REF} = 1.20 V, V _{DDA} < 2.2 V), (V _{REF} = 1.6 V, 2.2 V < V _{DDA} < 2.7 V), (V _{REF} = 2.13 V, V _{DDA} > 2.7 V)
SIDA99A	A_OFFSET_VDDA	Input offset voltage	-	0.5	-	LSB	After ADC calibration, Ref. Src = SRSS, (V _{REF} = 1.20 V, V _{DDA} < 2.2 V), (V _{REF} = 1.6 V, 2.2 V < V _{DDA} < 2.7 V), (V _{REF} = 2.13 V, V _{DDA} > 2.7 V)
SIDA100	A_ISAR_VREF	Current consumption	-	0.3	-	mA	CSD ADC Block current
SIDA100A	A_ISAR_VDDA	Current consumption	-	0.3	-	mA	CSD ADC Block current
SIDA101	A_VINS_VREF	Input voltage range - single ended	V _{SSA}	-	V _{REF}	V	(V _{REF} = 1.20 V, V _{DDA} < 2.2 V), (V _{REF} = 1.6 V, 2.2 V < V _{DDA} < 2.7 V), (V _{REF} = 2.13 V, V _{DDA} > 2.7 V)

电气规格参数

表 28 CSDv2 ADC 规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SIDA101A	A_VINS_VDDA	Input voltage range - single ended	V_{SSA}	-	V_{DDA}	V	($V_{REF} = 1.20\text{ V}$, $V_{DDA} < 2.2\text{ V}$), ($V_{REF} = 1.6\text{ V}$, $2.2\text{ V} < V_{DDA} < 2.7\text{ V}$), ($V_{REF} = 2.13\text{ V}$, $V_{DDA} > 2.7\text{ V}$)
SIDA103	A_INRES	Input charging resistance	-	15	-	kΩ	-
SIDA104	A_INCAP	Input capacitance	-	41	-	pF	-
SIDA106	A_PSRR	Power supply rejection ratio (DC)	-	60	-	dB	-
SIDA107	A_TACQ	Sample acquisition time	-	10	-	μs	Measured with 50-Ω source impedance. 10 μs is default software driver acquisition time setting. Settling to within 0.05%.
SIDA108	A_CONV8	Conversion time for 8-bit resolution at conversion rate = $F_{hclk} / (2^{(N+2)})$. Clock frequency = 50 MHz.	-	25	-	μs	Does not include acquisition time.
SIDA108A	A_CONV10	Conversion time for 10-bit resolution at conversion rate = $F_{hclk} / (2^{(N+2)})$. Clock frequency = 50 MHz.	-	60	-	μs	Does not include acquisition time.
SIDA109	A_SND_VRE	Signal-to-noise and Distortion ratio (SINAD)	-	57	-	dB	Measured with 50-Ω source impedance.
SIDA109A	A_SND_VDDA	Signal-to-noise and Distortion ratio (SINAD)	-	52	-	dB	Measured with 50-Ω source impedance.
SIDA111	A_INL_VREF	Integral non-linearity. 11.6 ksp	-	-	2	LSB	Measured with 50-Ω source impedance.
SIDA111A	A_INL_VDDA	Integral non-linearity. 11.6 ksp	-	-	2	LSB	Measured with 50-Ω source impedance.
SIDA112	A_DNL_VREF	Differential non-linearity. 11.6 ksp	-	-	1	LSB	Measured with 50-Ω source impedance.
SIDA112A	A_DNL_VDDA	Differential non-linearity. 11.6 ksp	-	-	1	LSB	Measured with 50-Ω source impedance.

电气规格参数

6.4 数字外设

6.4.1 定时器/计数器/PWM (TCPWM) 模块

表 29 TCPWM 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID.TCPWM.1	I_{TCPWM1}	Block current consumption at 8 MHz	–	–	70	μA	All modes (TCPWM)
SID.TCPWM.2	I_{TCPWM2}	Block current consumption at 24 MHz	–	–	180	μA	All modes (TCPWM)
SID.TCPWM.2A	I_{TCPWM3}	Block current consumption at 50 MHz	–	–	270	μA	All modes (TCPWM)
SID.TCPWM.2B	I_{TCPWM4}	Block current consumption at 100 MHz	–	–	540	μA	All modes (TCPWM)
SID.TCPWM.3	$TCPWM_{FREQ}$	Operating frequency	–	–	100	MHz	Maximum = 100 MHz
SID.TCPWM.4	$TPWM_{ENEXT}$	Input trigger pulse width for all trigger events	$2/F_c$	–	–	ns	Trigger Events can be Stop, Start, Reload, Count, Capture, or Kill depending on which mode of operation is selected. FC is counter operating frequency.
SID.TCPWM.5	$TPWM_{EXT}$	Output trigger pulse widths	$1.5/F_c$	–	–	ns	Minimum possible width of Overflow, Underflow, and CC (Counter equals Compare value) trigger outputs. FC is counter operating frequency.
SID.TCPWM.5A	TC_{RES}	Resolution of counter	$1/F_c$	–	–	ns	Minimum time between successive counts. FC is counter operating frequency.
SID.TCPWM.5B	PWM_{RES}	PWM resolution	$1/F_c$	–	–	ns	Minimum pulse width of PWM output. FC is counter operating frequency.
SID.TCPWM.5C	Q_{RES}	Quadrature inputs resolution	$2/F_c$	–	–	ns	Minimum pulse width between Quadrature phase inputs. Delays from pins should be similar. FC is counter operating frequency.

电气规格参数

6.4.2 串行通信模块 (SCB)

表 30 串行通信模块 (SCB) 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Fixed I²C DC specifications							
SID149	I _{I2C1}	Block current consumption at 100 kHz	-	-	30	μA	-
SID150	I _{I2C2}	Block current consumption at 400 kHz	-	-	80	μA	-
SID151	I _{I2C3}	Block current consumption at 1 Mbps	-	-	180	μA	-
SID152	I _{I2C4}	I ² C enabled in Deep Sleep mode	-	-	1.7	μA	At 60°C.
Fixed I²C AC specifications							
SID153	F _{I2C1}	Bit Rate	-	-	1	Mbps	-
Fixed UART DC specifications							
SID160	I _{UART1}	Block current consumption at 100 kbps	-	-	30	μA	-
SID161	I _{UART2}	Block current consumption at 1000 kbps	-	-	180	μA	-
Fixed UART AC specifications							
SID162A	F _{UART1}	Bit Rate	-	-	3	Mbps	ULP Mode
SID162B	F _{UART2}		-	-	8	-	LP Mode
Fixed SPI DC specifications							
SID163	I _{SPI1}	Block current consumption at 1 Mbps	-	-	220	μA	-
SID164	I _{SPI2}	Block current consumption at 4 Mbps	-	-	340	μA	-
SID165	I _{SPI3}	Block current consumption at 8 Mbps	-	-	360	μA	-
SID165A	I _{SP14}	Block current consumption at 25 Mbps	-	-	800	μA	-
Fixed SPI AC specifications for LP Mode (1.1 V) unless noted otherwise.							
SID166	F _{SPI}	SPI Operating frequency externally clocked slave	-	-	25	MHz	6.25-MHz max for ULP (0.9 V) mode
SID166B	F _{SPI_EXT}	SPI operating frequency master (F _{scb} is SPI clock).	-	-	F _{scb} /4	MHz	F _{scb} max is 100 MHz in LP (1.1 V) mode, 25 MHz in ULP mode.
SID166A	F _{SPI_IC}	SPI slave internally clocked	-	-	15	MHz	5 MHz max for ULP (0.9 V) mode.

电气规格参数

表 30 串行通信块 (SCB) 规格 (续)

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
Fixed SPI Master mode AC specifications for LP Mode (1.1 V) unless noted otherwise.							
SID167	T_{DMO}	MOSI valid after SClk driving edge	-	-	12	ns	20 ns max for ULP (0.9 V) mode.
SID168	T_{DSI}	MISO valid before SClk capturing edge	5	-	-	ns	Full clock, late MISO sampling.
SID169	T_{HMO}	MOSI data hold time	0	-	-	ns	Referred to Slave capturing edge
SID169A	$T_{SSELMCK1SSEL}$	Valid to first SCK Valid edge	18	-	-	ns	Referred to Master clock edge
SID169B	$T_{SSELMCK2SSEL}$	Hold after last SCK Valid edge	18	-	-	ns	Referred to Master clock edge
Fixed SPI Slave mode AC specifications for LP Mode (1.1 V) unless noted otherwise.							
SID170	T_{DMI}	MOSI valid before SClk capturing edge	5	-	-	ns	-
SID171A	T_{DSO_EXT}	MISO valid after SClk driving edge in Ext. Clk. mode	-	-	20	ns	35 ns max. for ULP (0.9 V) mode
SID171	T_{DSO}	MISO valid after SClk driving edge in Internally Clk. mode	-	-	$T_{DSO_EXT} + (3 \times T_{scb})$	ns	T_{scb} is Serial Comm. Block clock period.
SID171B	T_{DSO}	MISO Valid after SClk driving edge in Internally Clk. Mode with median filter enabled.	-	-	$T_{DSO_EXT} + (4 \times T_{scb})$	ns	T_{scb} is Serial Comm. Block clock period.
SID172	T_{HSO}	Previous MISO data hold time	5	-	-	ns	-
SID172A	T_{SSEL_SCK1}	SSEL Valid to first SCK valid edge	65	-	-	ns	-
SID172B	T_{SSEL_SCK2}	SSEL Hold after Last SCK valid edge	65	-	-	ns	-

电气规格参数

6.4.3 LCD 规格

表 31 LCD直接驱动器直流规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID154	$I_{LCDLOW1}$	Operating current with 100 kHz LCD block clock in ULP mode in Deep Sleep	-	-	90	μA	32 × 4 small display. 30 Hz. PWM mode. Slow slew rate. 460 k Ω series resistors
SID154A	$I_{LCDLOW2}$	Operating current with 32 kHz LCD block clock in ULP mode in Deep Sleep	-	-	50	μA	-
SID155	C_{LCDCAP}	LCD capacitance per segment/common driver	-	500	5000	pF	-
SID156	LCD_{OFFSET}	Long-term segment offset	-	20	-	mV	-
SID157	I_{LCDOP1}	PWM Mode current. 3.3 V bias. 8 MHz IMO. 25°C.	-	0.6	-	mA	32 × 4 segments 50 Hz
SID158	I_{LCDOP2}	PWM Mode current. 3.3 V bias. 8 MHz IMO. 25°C.	-	0.5	-	mA	32 × 4 segments 50 Hz

表 32 LCD直接驱动器交流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID159	F_{LCD}	LCD frame rate	10	50	150	Hz	-

电气规格参数

6.5 存储器

表 33 Flash 直流规格^[3]

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID173	VPE	Erase and program voltage	1.71	–	3.6	V	–
SID173A	IPE	Erase and program current	–	–	6	mA	–

表 34 Flash 交流规格^[3]

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID174	T _{ROWWRITE}	Row write time (erase and program)	–	–	16	ms	Row = 512 bytes
SID175	T _{ROWERASE}	Row erase time	–	–	11	ms	–
SID176	T _{ROWPROGRAM}	Row program time after erase	–	–	5	ms	–
SID178	T _{BULKERASE}	Bulk erase time (256 KB)	–	–	11	ms	–
SID179	T _{SECTORERASE}	Sector erase time (128 KB)	–	–	11	ms	256 rows per sector
SID178S	T _{SSERIAE}	Subsector erase time	–	–	11	ms	8 rows per subsector
SID179S	T _{SSWRITE}	Subsector write time; 1 erase plus 8 program times ^[4]	–	–	51	ms	–
SID180S	T _{SWRITE}	Sector write time; 1 erase plus 256 program times	–	–	1.3	seconds	–
SID180	T _{DEVPROG}	Total device write time	–	–	2.6	seconds	–
SID181	F _{END}	Flash endurance	100K	–	–	cycles	–
SID182	F _{RET1}	Flash retention. T _A ≤ 25°C, 100K P/E cycles	10	–	–	years	–
SID182A	F _{RET2}	Flash retention. T _A ≤ 85°C, 10K P/E cycles	10	–	–	years	–
SID182B	F _{RET3}	Flash retention. T _A ≤ 55°C, 20K P/E cycles	20	–	–	years	–
SID256	T _{WS100}	Number of Wait states at 100 MHz	3	–	–	–	LP mode (1.1 V)
SID257	T _{WS50}	Number of Wait states at 50 MHz	2	–	–	–	ULP mode (0.9 V)

注释:

3. 可能需要最多16毫秒来写入闪存。在这段时间内请勿复位器件，否则会中止闪存操作并且不能保证该操作的完成。复位源包括XRES引脚、软件复位、CPU锁存状态和特权冲突、不合适的电源电平以及看门狗。需要确保这些复位源不会无意被触发。
4. 子扇区、扇区和设备写入时间不包括数据传输开销。

电气规格参数

6.6 系统资源

6.6.1 上电复位

表 35 带掉电检测 (BOD) 的上电复位 (POR) 直流规范

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID190	$V_{FALLPPOR}$	BOD trip voltage in system LP and ULP modes.	1.54	-	-	V	Reset guaranteed for V_{DD} levels below 1.54 V.
SID192	$V_{FALLDPSLP}$	BOD trip voltage in system Deep Sleep mode.	1.54	-	-	V	

表 36 带 BOD 的 POR 交流规范

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID192A	V_{DDRAMP}	Maximum power supply ramp rate (any supply)	-	-	100	mV/ μ s	System LP mode
SID194A	V_{DDRAMP_DS}	Maximum power supply ramp rate (any supply) in system Deep Sleep mode	-	-	10	mV/ μ s	BOD operation guaranteed.

 电气规格参数

6.6.2 电压监视器

表 37 电压监视器直流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID195R	V _{HVD0}	–	1.18	1.23	1.27	V	–
SID195	V _{HVD11}	–	1.38	1.43	1.47	V	–
SID196	V _{HVD12}	–	1.57	1.63	1.68	V	–
SID197	V _{HVD13}	–	1.76	1.83	1.89	V	–
SID198	V _{HVD14}	–	1.95	2.03	2.1	V	–
SID199	V _{HVD15}	–	2.05	2.13	2.2	V	–
SID200	V _{HVD16}	–	2.15	2.23	2.3	V	–
SID201	V _{HVD17}	–	2.24	2.33	2.41	V	–
SID202	V _{HVD18}	–	2.34	2.43	2.51	V	–
SID203	V _{HVD19}	–	2.44	2.53	2.61	V	–
SID204	V _{HVD110}	–	2.53	2.63	2.72	V	–
SID205	V _{HVD111}	–	2.63	2.73	2.82	V	–
SID206	V _{HVD112}	–	2.73	2.83	2.92	V	–
SID207	V _{HVD113}	–	2.82	2.93	3.03	V	–
SID208	V _{HVD114}	–	2.92	3.03	3.13	V	–
SID209	V _{HVD115}	–	3.02	3.13	3.23	V	–
SID211	LVI_IDD	Block current	–	5	15	μA	–

表 38 电压监视器交流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID212	T _{MONTRIP}	Voltage monitor trip time	–	–	170	ns	–

电气规格参数

6.6.3 SWD 接口

表 39 SWD 和 Trace 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SWD and Trace interface							
SID214	F_SWCLK2	$1.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$	–	–	25	MHz	LP Mode. $V_{CCD} = 1.1\text{ V}$.
SID214L	F_SWCLK2L	$1.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$	–	–	12	MHz	ULP Mode. $V_{CCD} = 0.9\text{ V}$.
SID215	T_SWDI_SETUP	$T = 1/f\text{ SWCLK}$	$0.25 \times T$	–	–	ns	–
SID216	T_SWDI_HOLD	$T = 1/f\text{ SWCLK}$	$0.25 \times T$	–	–	ns	–
SID217	T_SWDO_VALID	$T = 1/f\text{ SWCLK}$	–	–	$0.5 \times T$	ns	–
SID217A	T_SWDO_HOLD	$T = 1/f\text{ SWCLK}$	1	–	–	ns	–
SID214T	F_TRCLK_LP1	With Trace Data setup/hold times of 2/1 ns respectively	–	–	50	MHz	LP Mode. $V_{DD} = 1.1\text{ V}$.
SID215T	F_TRCLK_LP2	With Trace Data setup/hold times of 3/2 ns respectively	–	–	50	MHz	LP Mode. $V_{DD} = 1.1\text{ V}$.
SID216T	F_TRCLK_ULP	With Trace Data setup/hold times of 3/2 ns respectively	–	–	20	MHz	ULP Mode. $V_{DD} = 0.9\text{ V}$.

电气规格参数

6.6.4 内部主振荡器 (IMO)

表 40 IMO 直流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID218	I_{IMO1}	IMO operating current at 8 MHz	-	9	15	μA	-

表 41 IMO 交流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID223	$F_{IMOTOL1}$	Frequency variation centered on 8 MHz	-	-	± 1	%	-40°C to +85°C
			-	-	± 1.5	%	-40°C to +105°C For extended industrial temp MPNs
SID227	T_{JITR}	Cycle-to-Cycle and Period jitter	-	250	-	ps	-

 电气规格参数

6.6.5 内部低速振荡器 (ILO)

表 42 ILO 直流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID231	I_{ILO2}	ILO operating current at 32 kHz	–	0.3	0.7	μA	–

表 43 ILO 交流规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID234	$T_{STARTILO1}$	ILO startup time	–	–	7	μs	Startup time to 95% of final frequency.
SID236	TLIODUTY	ILO Duty cycle	45	50	55	%	–
SID237	$F_{ILOTRIM1}$	ILO frequency	28.8	32	35.2	kHz	Factory trimmed

电气规格参数

6.6.6 FLL 规格

表 44 锁频环 (FLL) 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID450	FLL_RANGE	Input frequency range.	0.001	–	100	MHz	Lower limit allows lock to USB SOF signal (1 kHz). Upper limit is for External input.
SID451	FLL_OUT_DIV2	Output frequency range. $V_{CCD} = 1.1\text{ V}$	24.00	–	100.00	MHz	Output range of FLL divided-by-2 output
SID451A	FLL_OUT_DIV2	Output frequency range. $V_{CCD} = 0.9\text{ V}$	24.00	–	50.00	MHz	Output range of FLL divided-by-2 output
SID452	FLL_DUTY_DIV2	Divided-by-2 output; High or Low	47.00	–	53.00	%	–
SID454	FLL_WAKEUP	Time from stable input clock to 1% of final value on Deep Sleep wakeup	–	–	7.50	μs	With IMO input, less than 10°C change in temperature while in Deep Sleep, and $F_{out} \geq 50\text{ MHz}$.
SID455	FLL_JITTER	Period jitter (1 sigma) at 100 MHz	–	–	35.00	ps	50 ps at 48 MHz, 35 ps at 100 MHz
SID456	FLL_CURRENT	CCO + Logic current	–	–	5.50	$\mu\text{A}/\text{MHz}$	–

电气规格参数

6.6.7 晶体振荡器规格

表 45 ECO 规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
MHz ECO DC specifications							
SID316	I_{DD_MHz}	Block operating current with load up to 18 pF	–	800	1600	μA	Max at 35 MHz. Typ at 16 MHz.
MHz ECO AC specifications							
SID317	F_MHz	Crystal frequency range	16	–	35	MHz	Some restrictions apply. Refer to the device TRM.
kHz ECO DC specifications							
SID318	I_{DD_kHz}	Block operating current with 32-kHz crystal	–	0.38	1	μA	–
SID321E	ESR32K	Equivalent series resistance	–	80	–	kΩ	–
SID322E	PD32K	Drive level	–	–	1	μW	–
kHz ECO AC specifications							
SID319	F_kHz	32-kHz frequency	–	32.77	–	kHz	–
SID320	T_{on_kHz}	Startup time	–	–	1000	ms	–
SID320E	F_{TOL32K}	Frequency tolerance	–	50	250	ppm	May be calibrated to sub-10 ppm levels.

6.6.8 外部时钟规范

表 46 外部时钟规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID305	$EXTCLK_{FREQ}$	External clock input frequency	0	–	100	MHz	Min 200 kHz for 32 kHz clock operation.
SID306	$EXTCLK_{DUTY}$	Duty cycle; measured at $V_{DD}/2$	45	–	55	%	–

电气规格参数

6.6.9 PLL 规格

表 47 PLL 规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID304P	PLL_IN	Input frequency to PLL block	4	–	64	MHz	
SID305P	PLL_LOCK	Time to achieve PLL lock	–	16	35	μs	–
SID306P	PLL_OUT	Output frequency from PLL block	10.625	–	150	MHz	–
SID307P	PLL_IDD	PLL current	–	0.55	1.1	mA	Typ at 100 MHz out.
SID308P	PLL_JTR	Period jitter	–	–	150	ps	100-MHz output frequency.

6.6.10 时钟源切换次数

表 48 时钟源切换时间规格

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID262	TCLK _{SWITCH}	Clock switching from clk1 to clk2 in clock periods ^[5]	–	–	4 clk1 + 3 clk2	periods	–

USB

表 49 USB 规格 (USB 需要 LP 模式 1.1 V 内部电源)

Spec ID	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
USB Block specifications							
SID322U	Vusb_3.3	Device supply for USB operation	3.15	–	3.6	V	USB Configured, USB Reg. bypassed.
SID323U	Vusb_3	Device supply for USB operation (functional operation only)	2.85	–	3.6	V	USB Configured, USB Reg. bypassed.
SID325U	lusb_config	Block supply current in Active mode	–	8	–	mA	V _{DDD} = 3.3 V
SID328	lusb_suspend	Block supply current in suspend mode	–	0.5	–	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Device connected.
SID329	lusb_suspend	Block supply current in suspend mode	–	0.3	–	mA	V _{DDD} = 3.3 V, Device disconnected.
SID330U	USB_Drive_Res	USB driver impedance	28	–	44	Ω	Series resistors are on chip.
SID332U	USB_Pullup_Idle	Idle mode range	900	–	1575	Ω	Bus idle
SID333U	USB_Pullup	Active mode	1425	–	3090	Ω	Upstream device transmitting.

注释:

5. 例如, 如果 clk_path[1] 源从 IMO 更改为 FLL (参见图 4), 则 clk1 为 IMO, clk2 为 FLL。

电气规格参数

6.6.11 QSPI

表 50 QSPI 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SMIF QSPI specifications. All specs with 15-pF load.							
SID390Q	Fsmifclock	SMIF QSPI output clock frequency	–	–	80	MHz	LP mode (1.1 V)
SID390QU	Fsmifclocku	SMIF QSPI output clock frequency	–	–	50	MHz	ULP mode (0.9 V)
SID399Q	Clk_dutycycle	Clock duty cycle (high or low time)	45	–	55	%	
SID397Q	Idd_qspi	Block current in LP mode (1.1 V)	–	–	1900	μA	LP mode (1.1 V)
SID398Q	Idd_qspi_u	Block current in ULP mode (0.9 V)	–	–	590	μA	ULP mode (0.9 V)
SID391Q	Tsetup	Input data set-up time with respect to clock capturing edge	4.5	–	–	ns	
SID392Q	Tdatahold	Input data hold time with respect to clock capturing edge	0	–	–	ns	–
SID393Q	Tdataoutvalid	Output data valid time with respect to clock falling edge	–	–	3.7	ns	7.5-ns max for ULP mode (0.9 V)
SID394Q	Tholdtime	Output data hold time with respect to clock rising edge	3	–	–	ns	–
SID395Q	Tseloutvalid	Output Select valid time with respect to clock rising edge	–	–	7.5	ns	15-ns max for ULP mode (0.9 V)
SID396Q	Tselouthold	Output Select hold time with respect to clock rising edge	Tsclk	–	–	ns	Tsclk = Fsmifclk cycle time

电气规格参数

6.6.12 智能 I/O

表 51 Smart I/O 规格

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
SID420	SMIO_BYP	Smart I/O bypass delay	–	–	2	ns	–
SID421	SMIO_LUT	Smart I/O LUT prop delay	–	8	–	ns	–

6.6.13 JTAG边界扫描

表 52 JTAG 边界扫描

Spec ID#	Parameter	Description	Min	Typ	Max	Units	Details/conditions
JTAG Boundary Scan parameters for 1.1 V (LP) Mode operation:							
SID468	T _{CKLOW}	TCK LOW	52	–	–	ns	–
SID469	TCKHIGH	TCK HIGH	10	–	–	ns	–
SID470	TCK_TDO	TCK falling edge to output valid	–	–	40	ns	–
SID471	TSU_TCK	Input valid to TCK rising edge	12	–	–	ns	–
SID472	Tck_THD	Input hold time to TCK rising edge	10	–	–	ns	–
SID473	TCK_TDOV	TCK falling edge to output valid (High-Z to Active).	40	–	–	ns	–
SID474	TCK_TDOZ	TCK falling edge to output valid (Active to High-Z).	40	–	–	ns	–
JTAG Boundary Scan parameters for 0.9 V (ULP) Mode operation:							
SID468A	TCKLOW	TCK low	102	–	–	ns	–
SID469A	TCKHIGH	TCK high	20	–	–	ns	–
SID470A	TCK_TDO	TCK falling edge to output valid	–	–	80	ns	–
SID471A	TSU_TCK	Input valid to TCK rising edge	22	–	–	ns	–
SID472A	Tck_THD	Input hold time to TCK rising edge	20	–	–	ns	–
SID473A	TCK_TDOV	TCK falling edge to output valid (High-Z to Active).	80	–	–	ns	–
SID474A	TCK_TDOZ	TCK falling edge to output valid (Active to High-Z).	80	–	–	ns	–

订购信息

7 订购信息

表 53 列出了 CY8C62x4 的部件编号和特性。所有器件均包含双 CPU、DMA、DC-DC 转换器、QSPI SMIF、DAC、LPCOMP、6 个 SCB 和 12 个 TCPWM。另请参阅[产品选型指南](#)。

表 53 订购信息

Family	Base features	Product	CM4 CPU Speed (LP/ULP)	CM0+ CPU Speed (LP/ULP)	FLEX (ULP/LP), LP, ULP	Flash (KB)	SRAM (KB)	SAR ADC	Opamp	CapSense	FS-USB	CAN FD	Crypto	GPIO	Package	Silicon Rev.
Performance Line	Arm® CM4 and CM0+, 5x SCBs, DS-SCB, USB-FS	CY8C6244AZI-S4D92	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	1	Y	54	64-pin TQFP	A2
		CY8C6244LQI-S4D92	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	Y	1	Y	52	68-pin QFN	A2
		CY8C6244AZI-S4D93	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	1	Y	62	80-pin TQFP	A2
		CY8C6244AZI-S4D82	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	-	Y	54	64-pin TQFP	A2
		CY8C6244LQI-S4D82	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	Y	-	Y	52	68-pin QFN	A2
		CY8C6244AZI-S4D83	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	-	Y	62	80-pin TQFP	A2
		CY8C6244AZI-S4D62	150/50	100/25	FLEX	256	128	1x 12-bit	-	-	-	1	-	54	64-pin TQFP	A2
		CY8C6244LQI-S4D62	150/50	100/25	FLEX	256	128	1x 12-bit	-	-	Y	1	-	52	68-pin QFN	A2
		CY8C6244AZI-S4D12	150/50	100/25	FLEX	256	128	1x 12-bit	-	Y	-	-	-	54	64-pin TQFP	A2
		CY8C6244LQI-S4D12	150/50	100/25	FLEX	256	128	1x 12-bit	-	Y	Y	-	-	52	68-pin QFN	A2
		CY8C6244AZQ-S4D92	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	1	Y	54	64-pin TQFP	A2
		CY8C6244LQ-Q-S4D92	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	Y	1	Y	52	68-pin QFN	A2
		CY8C6244AZQ-S4D93	150/50	100/25	FLEX	256	128	2x 12-bit	2	Y	-	1	Y	62	80-pin TQFP	A2

订购信息

7.1 PSOC™ 6 MPN解码器

CYXX6ABCDD E - FF GHIJJKL

表 54 解码器

Field	Description	Values	Meaning
CY	Cypress, an Infineon company	CY	Cypress, an Infineon company
XX	Firmware	8C	Standard
		B0	“Secure Boot” v1
		S0	“Standard Secure” - AWS
6	Architecture	6	PSOC™ 6
A	Line	0	Value
		1	Programmable
		2	Performance
		3	Connectivity
		4	Security
B	Speed	2	100 MHz
		3	150 MHz
		4	150/50 MHz
C	Memory size (Flash/SRAM)	0-3	RFU
		4	256K/128K
		5	512K/256K
		6	512K/128K
		7	1024K/288K
		8	1024K/512K
		9	RFU
		A	2048K/1024K
DD	Package	AZ, AX	TQFP
		LQ	QFN
		BZ	BGA
		FM	M-CSP
		FN, FD, FT	WLCSP
E	Temperature range	C	Consumer
		I	Industrial
		Q	Extended Industrial
FF	Feature code		Cypress internal
		S2-S6	
G	CPU core	BL	Integrated Bluetooth® Low Energy
		F	Single Core
H	Attributes Code	D	Dual Core
		0-9	Feature set

 订购信息

表 54 解码器 (续)

Field	Description	Values	Meaning
I	GPIO count	1	31-50
		2	51-70
		3	71-90
		4	91-110
JJ	Engineering sample (optional)	ES	Engineering samples or not
K	Die Revision (optional)		Base
		A1-A9	Die revision
L	Tape/Reel Shipment (optional)	T	Tape and Reel shipment

封装信息

8 封装信息

该产品系列采用 80 引脚 TQFP、64 引脚 E-TQFP 和 68 引脚 QFN 封装。

表 55 封装尺寸

Spec ID#	Package	Description	Package Dwg #
PKG_1	80-pin TQFP	80-pin TQFP, 12 × 12 × 1.6 mm	002-29467
PKG_2	64-pin E-TQFP	64-pin E-TQFP, 10 × 10 × 1.6 mm	002-29202
PKG_3	68-pin QFN	68-pin QFN 8 × 8 × 1 mm	001-96836

表 56 封装特性

Parameter	Description	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T _A	Operating ambient temperature	–	–40	25	85	°C
T _A	Extended Industrial temperature	–	–40	25	105	°C
T _J	Operating junction temperature	–	–40	–	100	°C
T _J	Extended Industrial temperature	–	–40	–	120	°C
T _{JA}	Package θ _{JA} (80-pin TQFP)	–	–	35	–	°C/W
T _{JC}	Package θ _{JC} (80-pin TQFP)	–	–	6	–	°C/W
T _{JA}	Package θ _{JA} (64-pin E-TQFP)	–	–	26	–	°C/W
T _{JC}	Package θ _{JC} (64-pin E-TQFP)	–	–	7	–	°C/W
T _{JA}	Package θ _{JA} (68-pin QFN)	–	–	21	–	°C/W
T _{JC}	Package θ _{JC} (68-pin QFN)	–	–	6	–	°C/W

表 57 回流焊峰值温度

Package	Maximum peak temperature	Maximum time at peak temperature
All packages	260°C	30 seconds

表 58 封装潮敏等级 (MSL), IPC/JEDEC J-STD-2

Package	MSL
All packages	MSL3

封装信息

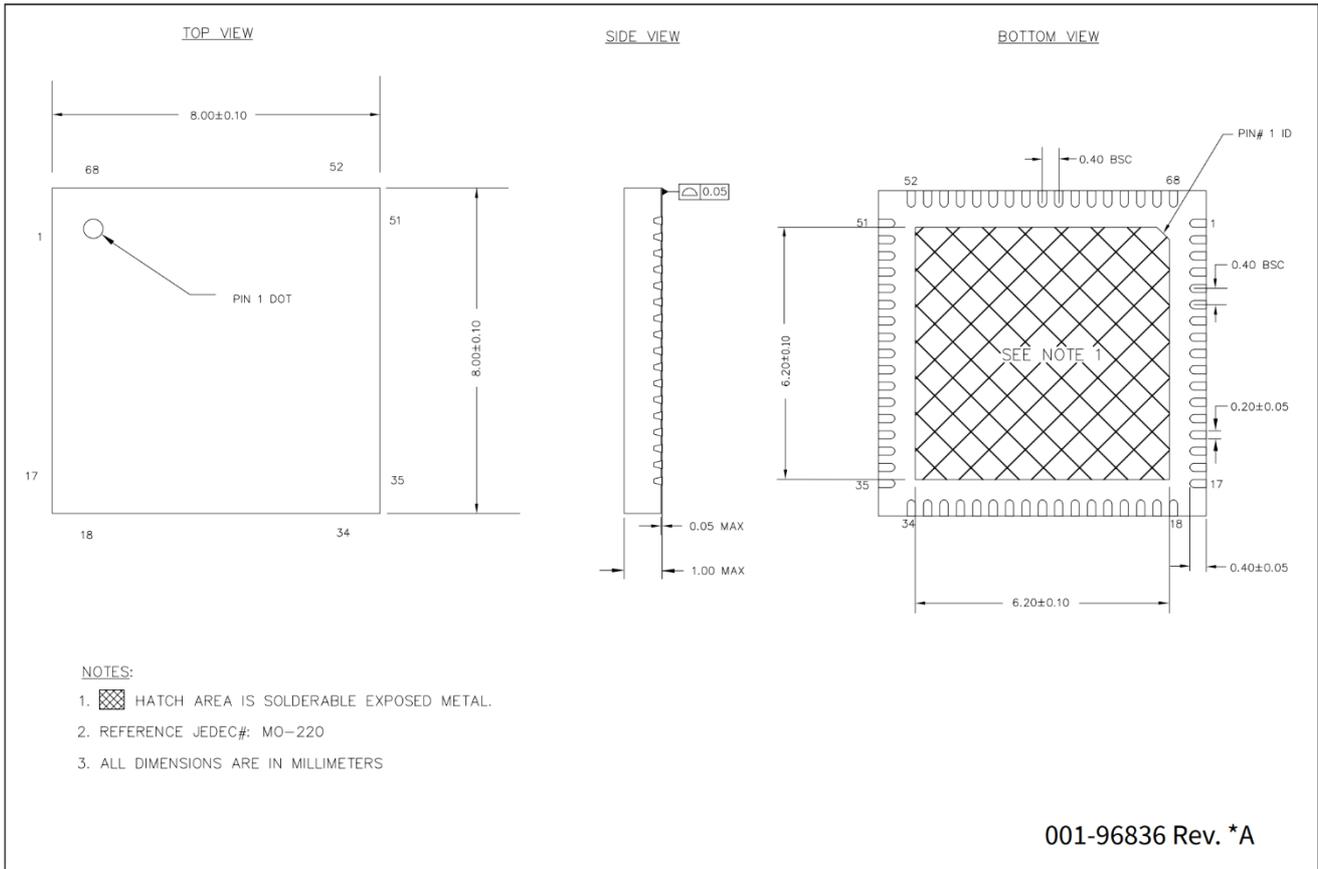


图 19 68 引脚 QFN (8×8×1.0mm) LT68D, 6.2×6.2 mm EPAD (锯齿型) 封装外形, PG-VQFN-68)

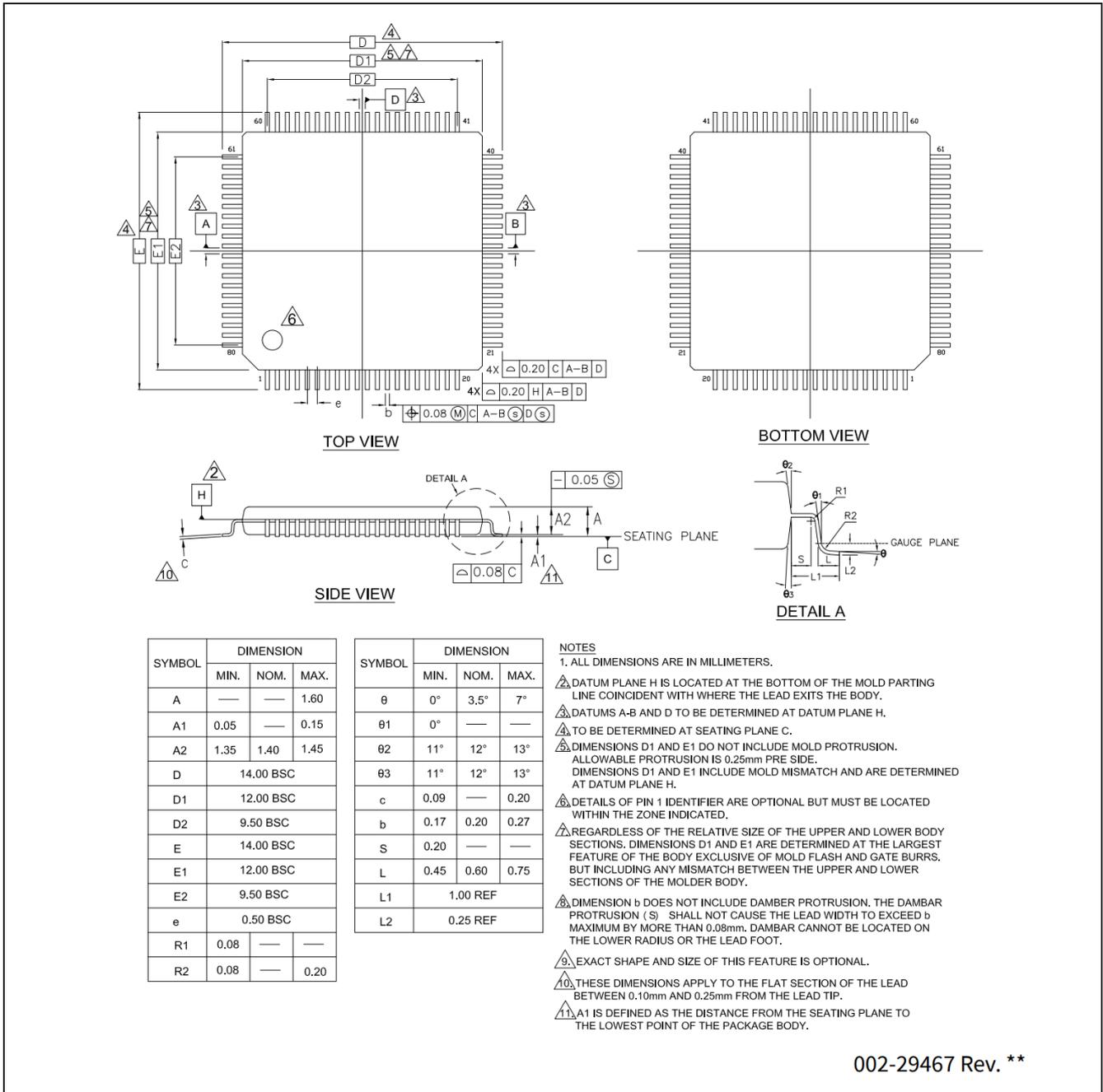
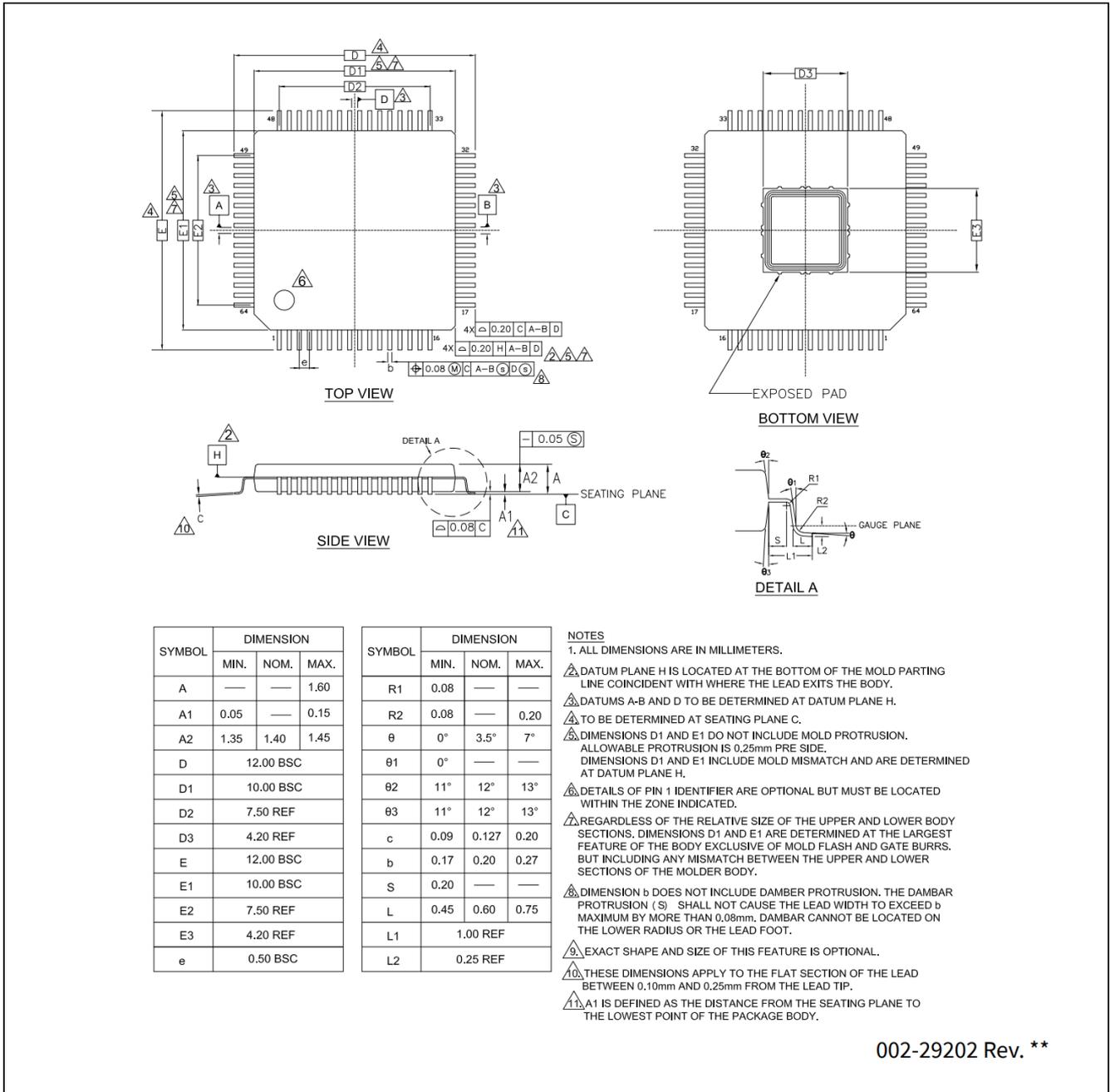


图 20 80 引脚 TQFP ((12.0 × 12.0 × 1.6 毫米) AZ80A) 封装外形 (PG-TQFP-80)

封装信息



002-29202 Rev. **

图 21 64 引脚 E-TQFP (10.0 × 10.0 × 1.6 毫米) AE64A 4.2 × 4.2 毫米 E-Pad 封装外形 (PG-TQFP-64)

9 缩略语

表 59 缩略词

Acronym	Description
3DES	triple DES (data encryption standard)
ADC	analog-to-digital converter
ADMA3	advanced DMA version 3, a Secured Digital data transfer mode
AES	advanced encryption standard
AHB	AMBA (advanced microcontroller bus architecture) high-performance bus, an Arm® data transfer bus
AMUX	analog multiplexer
AMUXBUS	analog multiplexer bus
API	application programming interface
Arm®	advanced RISC machine, a CPU architecture
BGA	ball grid array
BOD	brown-out detect
BREG	backup registers
BWC	backward compatibility (eMMC data transfer mode)
CAD	computer aided design
CCO	current controlled oscillator
ChaCha	a stream cipher
CM0+	Cortex®-M0+, an Arm® CPU
CM4	Cortex®-M4, an Arm® CPU
CMAC	cypher-based message authentication code
CMOS	complementary metal-oxide-semiconductor, a process technology for IC fabrication
CMRR	common-mode rejection ratio
CPU	central processing unit
CRC	cyclic redundancy check, an error-checking protocol
CSD	Capacitive Sigma-Delta
CSV	clock supervisor
CSX	Cypress, an Infineon company mutual capacitance sensing method. See also CSD
CTI	cross trigger interface
DAC	digital-to-analog converter, see also IDAC, VDAC
DAP	debug access port
DDR	double data rate
DES	data encryption standard
DFT	design for test
DMA	direct memory access, see also TD
DNL	differential nonlinearity, see also INL
DSI	digital system interconnect
DU	data unit
DW	data wire, a DMA implementation
ECC	error correcting code
ECC	elliptic curve cryptography
ECO	external crystal oscillator

缩略语

表 59 缩略词 (续)

Acronym	Description
EEPROM	electrically erasable programmable read-only memory
EMI	electromagnetic interference
eMMC	embedded MultiMediaCard
ESD	electrostatic discharge
ETM	embedded trace macrocell
FIFO	first-in, first-out
FLL	frequency locked loop
FPU	floating-point unit
FS	full-speed
GND	Ground
GPIO	general-purpose input/output, applies to a PSOC™ pin
HMAC	Hash-based message authentication code
HSIOM	high-speed I/O matrix
I/O	input/output, see also GPIO, DIO, SIO, USBIO
I ² C, or IIC	Inter-Integrated Circuit, a communications protocol
I ² S	inter-IC sound
IC	integrated circuit
IDAC	current DAC, see also DAC, VDAC
IDE	integrated development environment
ILO	internal low-speed oscillator, see also IMO
IMO	internal main oscillator, see also ILO
INL	integral nonlinearity, see also DNL
IOSS	input output subsystem
IoT	internet of things
IPC	inter-processor communication
IRQ	interrupt request
ISR	interrupt service routine
ITM	instrumentation trace macrocell
JTAG	Joint Test Action Group
LCD	liquid crystal display
LIN	Local Interconnect Network, a communications protocol
LP	low power
LS	low-speed
LUT	lookup table
LVD	low-voltage detect, see also LVI
LVI	low-voltage interrupt
LVTTL	low-voltage transistor-transistor logic
MAC	multiply-accumulate
MCU	microcontroller unit
MCWDT	multi-counter watchdog timer
MISO	master-in slave-out
MMIO	memory-mapped input output
MOSI	master-out slave-in

缩略语

表 59 缩略词 (续)

Acronym	Description
MPU	memory protection unit
MSL	moisture sensitivity level
Msp/s	million samples per second
MTB	micro trace buffer
MUL	multiplier
NC	no connect
NMI	nonmaskable interrupt
NVIC	nested vectored interrupt controller
NVL	nonvolatile latch, see also WOL
OTP	one-time programmable
OVP	over voltage protection
OVT	overvoltage tolerant
PASS	programmable analog subsystem
PCB	printed circuit board
PCM	pulse code modulation
PDM	pulse density modulation
PHY	physical layer
PICU	port interrupt control unit
PLL	phase-locked loop
PMIC	power management integrated circuit
POR	power-on reset
PPU	peripheral protection unit
PRNG	pseudo random number generator
PSOC™	Programmable System-on-Chip™
PSRR	power supply rejection ratio
PWM	pulse-width modulator
QD	quadrature decoder
QSPI	quad serial peripheral interface
RAM	random-access memory
RISC	reduced-instruction-set computing
RMS	root-mean-square
ROM	read-only memory
RSA	Rivest–Shamir–Adleman, a public-key cryptography algorithm
RTC	real-time clock
RWW	read-while-write
RX	receive
S/H	sample and hold
SAR	successive approximation register
SARMUX	SAR ADC multiplexer bus
SC/CT	switched capacitor/continuous time
SCB	serial communication block
SCL	I ² C serial clock
SD	Secured Digital

缩略语

表 59 缩略词 (续)

Acronym	Description
SDA	I ² C serial data
SDHC	Secured Digital host controller
SDR	single data rate
Sflash	supervisory flash
SHA	secure hash algorithm
SINAD	signal to noise and distortion ratio
SMPU	shared memory protection unit
SNR	signal-to-noise ration
SOF	start of frame
SONOS	silicon-oxide-nitride-oxide-silicon, a flash memory technology
SPI	Serial Peripheral Interface, a communications protocol
SRAM	static random access memory
SROM	supervisory read-only memory
SRSS	system resources subsystem
SWD	serial wire debug, a test protocol
SWJ	serial wire JTAG
SWO	single wire output
SWV	single-wire viewer
TCPWM	timer, counter, pulse-width modulator
TDM	time division multiplexed
THD	total harmonic distortion
TQFP	thin quad flat package
TRM	technical reference manual
TRNG	true random number generator
TX	transmit
UART	universal asynchronous transmitter receiver, a communications protocol
UDB	universal digital block
ULP	ultra-low power
USB	Universal Serial Bus
WCO	watch crystal oscillator
WDT	watchdog timer
WIC	wakeup interrupt controller
WLCSP	wafer level chip scale package
XIP	execute-in-place
XRES	external reset input pin

10 文档惯例

10.1 测量单位

表 60 测量单位

Symbol	Unit of measure
°C	degrees celsius
dB	decibel
fF	femto farad
Hz	hertz
KB	1024 bytes
kbps	kilobits per second
khr	kilohour
kHz	kilohertz
kΩ	kilo ohm
ksps	kilosamples per second
LSB	least significant bit
Mbps	megabits per second
MHz	megahertz
MΩ	mega-ohm
MspS	megasamples per second
μA	microampere
μF	microfarad
μH	microhenry
μs	microsecond
μV	microvolt
μW	microwatt
mA	milliampere
ms	millisecond
mV	millivolt
nA	nanoampere
ns	nanosecond
nV	nanovolt
Ω	ohm
pF	picofarad
ppm	parts per million
ps	picosecond
s	second
sps	samples per second
sqrtHz	square root of hertz
V	volt

修订记录

Document revision	Date	Description of changes
**	2020-02-14	New datasheet.
*A	2020-04-03	Updated Features . Updated Functional description . Updated Pinouts . Updated PSOC™ 6 MPN Decoder .
*B	2020-05-29	Updated Features . Updated Clock system and 12-bit SAR ADC . Added DRIVE_SEL values table. Added External clock specifications . Updated SAR ADC DC specifications and SAR ADC AC specifications . Added clarifying footnote for SID262. Updated Packaging . Added Errata .
*C	2020-07-24	Updated Development ecosystem , GPIO , and LCD sections. Updated ModusToolbox™ software . Added BSP, HAL, and PDL documentation references in Functional description . Added External clock specifications . Updated ModusToolbox™ software .
*D	2020-08-17	Added Interprocessor communication (IPC) . Updated Analog Subsystem block diagram. Removed dual-quad and octal support from Quad-SPI/serial memory interface (SMIF) and changed the max throughput from 640 to 320 Mbps. Added pin diagrams in Pinouts . Updated Errata .
*E	2020-11-17	Updated links in PSOC™ resources . Added web page links for the kit, and BSDL and IBIS models. Added a note referring to the Analog Subsystem diagram and TRM. Changed the format of the “Deep Sleep Mode” row and the “Noise” row in Opamp specifications . Updated the VDDA bullet in Power supply considerations . Removed references to “All specifications are valid for $-40\text{ °C} \leq TA \leq 85\text{ °C}$ and for 1.71 V to 3.6 V except where noted”. Added XRES connection diagram and updated XRES section in Reset .
*F	2021-01-22	Corrected clock designation in Figure 2 . Updated recommended values for XRES pull-up resistor in Reset . Added Table 11 and Figure 16 . Formatted Table 18 . Corrected error in SID316 and updated description of SID319. Corrected format issues PSOC™ resources .
*G	2021-06-22	Added opamp graphs (Figure 17 and Figure 18). Updated security terminology to Infineon standards. Changed BLE references to Bluetooth LE.
*H	2021-08-04	Removed the errata section. Updated values for SIDHIB2, SID13, SID14, SID17A, SID15, SIDP122, SIDP123, and SID313_3A. Corrected the silicon revision in Ordering information .

修订记录

Document revision	Date	Description of changes
*I	2021-09-01	Added Q-temp specifications in Opamp specifications , Temperature sensor specifications , and IMO AC specifications . Added Q-temp MPNs in Ordering information .
*J	2021-11-26	Updated the analog subsystem diagram. Updated CPU current values in Features . Added note regarding unused USB pins in USB Full-Speed device interface , Power supply considerations , and Pinouts . Updated SIDC1 description. Updated details/conditions for SID7A. Updated SID325U, SID328, and SID329 description. Updated Figure 16 .
*K	2022-04-13	Updated eFuse description in the Memory section.
*L	2022-10-18	Added device identification and revision information in Features . Added spec SID304P. Updated PLL specifications and Clock system . Updated Protection Units .
*M	2024-09-13	Migrated to Infineon template. Removed preliminary note in Electrical specifications .
*N	2025-04-15	Removed not applicable package diagrams and updated the following: <ul style="list-style-type: none"> • Figure 19: 001-96836 Rev. *A • Figure 20: 002-29467 Rev. ** • Figure 21: 002-29202 Rev. **



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

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

重要通知

版本 2026-02-12

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

**Do you have a question about this
document?**

Email:

erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文档包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。