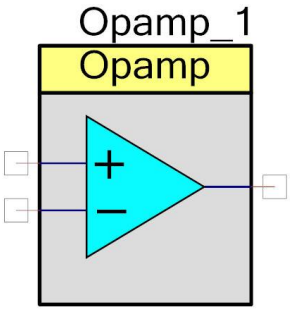
PSoC 4 运算放大器（Opamp）

1.10



特性

- 可配置为跟随器或通用运算放大器
- 轨至轨输入和输出
- 运放输出端通过低阻抗链路与特定引脚直接相连
- 1 mA 或 10 mA 驱动输出电流
- 通过内部连接实现跟随器

概述

Opamp 组件可作为现成运算放大器使用。其输出与特定 GPIO 引脚直接相连以提供低输出阻抗。该组件可以提供两种输出模式（Internal only（内部）和 Output to pin（输出到引脚））来分别驱动内部或外部信号。其中，“输出到引脚”可同时驱动内部（SAR 组件）和外部信号。用户也可以控制不同的功耗等级，这些功耗等级提供了功耗和带宽间的权衡。

对于 PSoC 4200 BLE 器件，比较器可以在深度睡眠模式下运行。

注意：需要外部电阻网络实现放大增益。

何时使用 Opamp 组件

以下列表是 Opamp 组件的常规应用：

- SAR ADC 输入增益放大器
- SAR ADC 高阻抗缓冲器
- 通用信号放大器
- 有源滤波器

输入/输出接口

本节介绍 Opamp 组件的各种输入和输出接口。

正输入 — 模拟输入

当 Opamp 组件被配置为跟随器模式时，该 I/O 为电压输入。如果 Opamp 组件被配置为运算放大器模式，则该 I/O 就作为标准运算放大器同相输入。

负输入 — 模拟输入

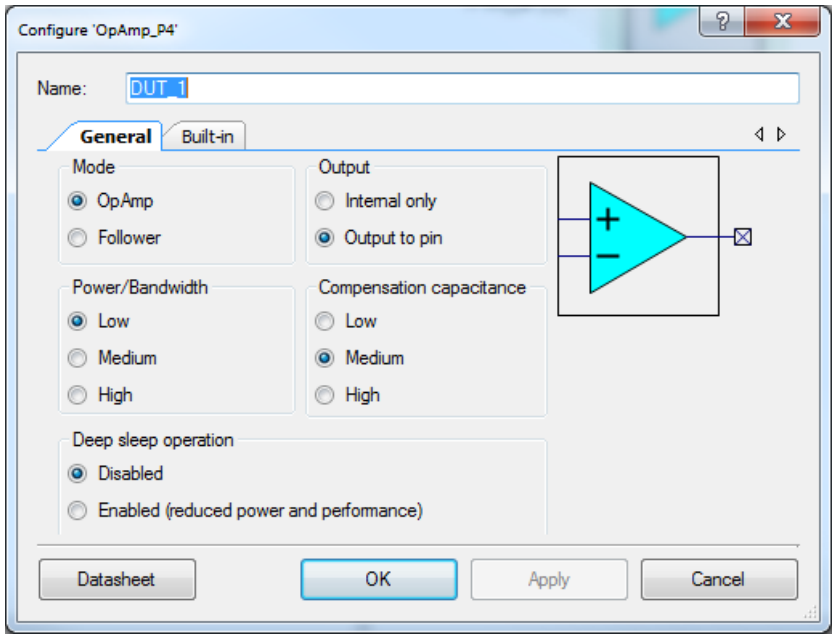
将 Opamp 组件配置为运算放大器模式时，该 I/O 为常规的反相输入。将 Opamp 组件配置为跟随器模式时，该 I/O 硬连接至输出，且 I/O 不可用。

Vout — 模拟输出

输出可直接连接至引脚和/或通过篇日志输出参数将输出路由到内部负载。驱动强度可选择 Output to pin（输出到引脚）或 Internal only（内部）。连接至引脚需要设置为“输出到引脚”。内部连接则可以设置为“内部”或“输出到引脚”，但通常应配置为“内部”。

组件参数

将 Opamp 组件拖放到您的设计上，并双击它以打开 Configure（配置）对话框。



Opamp 组件提供以下参数：

模式

用户可通过配置该参数来选择组件工作模式：**运算放大器（Opamp）**和**跟随器（Follower）**。**运算放大器（Opamp）** 模式是默认配置。在该模式下，三个终端都可用于连接。在跟随器模式下，反相输入端内部连接至输出端，以创建电压跟随器。

功耗/带宽

Opamp 组件可在多种工作电流范围下进行工作。工作电流越高，带宽越大。**功耗/带宽**参数允许用户选择功耗等级：High（高功耗）、Medium（中等功耗）和 Low（低功耗）。

输出

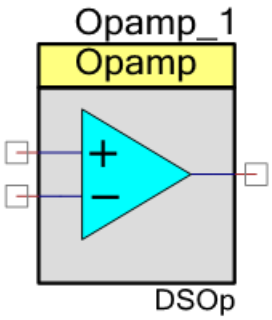
该参数选择了一个输出模式：Internal only（内部） — 内部连接或 Output to pin（输出到引脚） — 连接到引脚（外部）。

补偿

运算放大器提供三种补偿设置：Low（低）、Med（中）和 High（高）。当运算放大器环路增益降低时，可通过降低补偿来增加带宽。

深度睡眠操作

该参数仅适用于 PSoC 4200 BLE 器件。它能够使组件在深度睡眠模式下运行。如果该选项被使能，那么“DSOp”标签会显示在符号下方。



注意：只有专用引脚才能用于深度睡眠模式下执行的操作。

注意：对于深度睡眠模式下执行的正确操作，V_{DDA} 必须大于 2.5 V。升压泵不会工作于深度睡眠模式。

应用编程接口（API）

通过应用编程接口（API）函数，您可以使用软件对组件进行配置。下表列出每个函数的接口，并对其进行说明。以下各节将对每个函数进行更加详细的介绍。

默认情况下，PSoC Creator 将实例名称“Opamp_1”分配给指定设计中组件的第一个实例。您可以将其重新命名为遵循标识符语法规则的任何唯一值。实例名称会成为与该组件相关的每个全局函数名称、变量和常量符号的前缀。为便于阅读，下表中使用的实例名称为“Opamp”。

函数

函数	说明
Opamp_Start()	对组件执行所有必需的初始化，并给模块上电。
Opamp_Stop()	关闭Opamp模块电源。
Opamp_Init()	根据自定义程序“Configure”对话框设置，初始化或恢复组件。
Opamp_Enable()	激活硬件，并开始执行组件操作。
Opamp_SetPower()	将驱动功耗设置为以下三种之一：LOW_POWER、MED_POWER、HIGH_POWER。
Opamp_PumpControl()	打开或关闭升压泵。
Opamp_Sleep()	这是让组件进入睡眠的首选API。
Opamp_Wakeup()	该API是将组件恢复到调用Opamp_Sleep()时状态的首选API函数。

void Opamp_Start(void)

说明： 对组件执行所有必需的初始化，并给模块上电。第一次执行函数时，将会设置功耗水平、模式和输出模式。在调用Stop()后重启Opamp会保留当前组件的参数设置。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Stop(void)

说明： 关闭Opamp组件。

参数： 无

返回值： 无

其他影响: 不影响Opamp工作模式或功耗设置

void Opamp_Init(void)

说明： 根据自定义程序“Configure”对话框设置初始化或恢复组件。无需调用Init()，因为Start() API会调用该函数，这是开始组件操作的首选方法。

参数： 无

返回值： 无

其他影响: 根据自定义程序“Configure”（配置）对话框中的内容设置所有寄存器。

void Opamp_Enable(void)

说明： 激活硬件，并开始执行组件操作。无需调用Enable()，因为Start() API会调用该函数，这是开始组件操作的首选方法。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_SetPower(uint32 power)

说明： 将opamp设置为三个功耗等级中的一个。

参数： (uint32) power：功耗等级。请参见以下表格。

参数值	说明
Opamp_LOW_POWER	最低的工作功耗。
Opamp_MED_POWER	中等功耗。
Opamp_HIGH_POWER	最大的工作功耗。

返回值： 无

void Opamp_PumpControl(uint32 onOff)

说明： 用户使用它可打开或关闭Opamp的升压泵。默认情况下，Opamp_Start()函数会打开泵，使用该命令可以将其关闭。当供电电压小于2.7 V时，请打开升压泵；供电电压大于4 V时，请关闭它。

参数： (uint32) onOff：控制泵。请参见以下表格。

参数值	说明
Opamp_PUMP_OFF	关闭升压
Opamp_PUMP_ON	打开升压

返回值： 无

其他影响: 关闭升压将会降低Opamp输入范围1.8 V或（Vssa到（Vdda – 1.8 V））。

void Opamp_Sleep(void)

说明： 这是让组件准备进入睡眠状态的首选API。Sleep() API保存当前组件的状态。在调用CySysPmDeepSleep()或CySysPmHibernate()函数前调用Sleep()函数。“深度睡眠操作”选项影响到该函数的实现。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Wakeup(void)

说明： 这是将组件恢复到调用Sleep()时状态的首先函数。如果组件在调用Sleep()函数前已使能，则Wakeup()函数还将重新使能组件。“深度睡眠操作”选项影响到该函数的实现情况。

参数： 无

返回值： 无

其他影响: 如果调用了Wakeup()函数，并非先调用Sleep()函数，会导致意外行为。

示例固件源代码

在“Find Example Project”对话框中，PSoC Creator 提供了大量的示例项目，包括原理图和示例代码。要获取组件特定的示例，请打开器件目录中的对话框或原理图中的器件实例。要查看通用示例，请打开“Start Page”或 **File** 菜单中的对话框。根据要求，可以通过使用对话框中的 **Filter Options** 选项来限定可选的项目列表。

更多有关信息，请参考《PSoC Creator 帮助》中主题为“查找示例项”的部分。

MISRA 合规性

本节介绍了MISRA-C:2004合规性和本器件的偏差情况。定义了下面两种类型的偏差：

- 项目偏差 — 适用于所有 PSoC Creator 组件的偏差
- 特定偏差 — 仅适用于该组件的偏差

本节提供了有关组件特定偏差的信息。*《系统参考指南》*的 MISRA 合规性章节中介绍了项目偏差以及有关 MISRA 合规性验证环境的信息。

Opamp 组件具有以下特定偏差：

MISRA-C: 2004规则	规则类别（必须（R）/建议（A））	规则说明	偏差说明
19.7	A	函数优先于类似函数的宏使用。	因为使用函数宏以实现更高的代码效率而导致了偏差。

API 储存器使用情况

根据编译器、器件、所使用的 API 数量以及组件的配置不同，组件对存储资源的占用也不一样。下表提供了在某种器件配置中所有 API 占用存储器的大小。

下表中的存储器大小是在将相应编译器设置为 Release（发布）模式并且优化选项为 Size 的情况下测得的。有关特定的设计，可分析编译器生成的映射文件以确定存储器使用情况。

PSoC 4 （GCC）

配置		闪存（字节）	SRAM（字节）
深度睡眠操作	禁用	240	9
	使能	188	8

功能说明

该组件为一个基本运算放大器。可以配置功耗、输出强度，并将 Opamp 与其他组件互联。运算放大器的三个端口分别低阻连接到选择的引脚，该连接方式可以提供优化性能。

补偿选项的使用

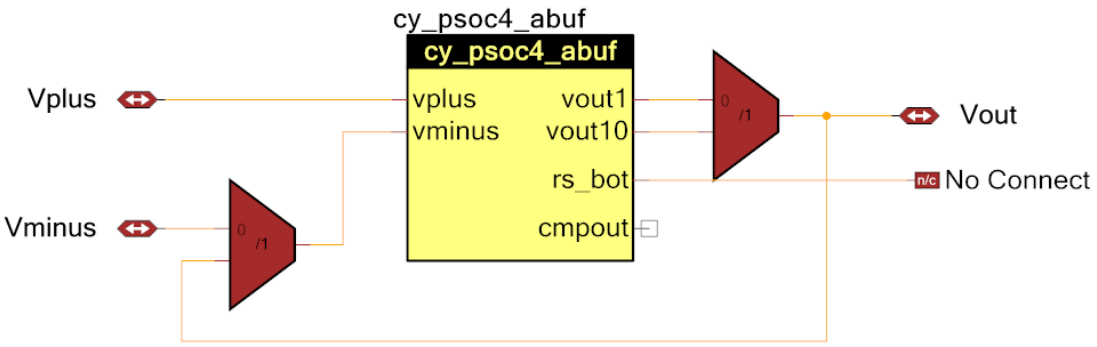
补偿选项有以下几种建议设置：

环路增益	负载电容	
	小于50 pF	50 pF ~ 125 pF
1-6	中	高
7或以上	低	中

这些设置适用于“输出到引脚”设置，该设置能够驱动引脚。125 pF 为该输出地最大负载电容。

框图和配置

组件使用 cy_psoc4_abuf 基元。



放置

每个 Opamp 直接连接至特定的 GPIO，同时连接至内部结构。如果需要输出端直接输出至特定 GPIO，请将其连接到特定的引脚。有关用于特定引脚连接的器件信息，请参考器件数据手册。

寄存器

有关这些寄存器的更多信息，请参考该芯片的技术参考手册（TRM）。

组件调试窗口

通过 PSoC Creator，您可以查看设计中有关各组件的调试信息。每个组件窗口中列出了实例的存储器和寄存器。有关硬件寄存器的详细说明，请参考相应的器件技术参考手册。有关该组件所使用的 UDB 寄存器的详细说明，请参考本数据手册中介绍寄存器的内容。

要想打开 Component Debug（组件调试）窗口，请进行下述操作：

1. 请确保调试器处于运行模式或中断模式。
2. 从 **Debug** 菜单中依次选择 **Windows > Components**…。
3. 在 Component Window Selector 对话框中，选择需要查看的组件实例，并点击 **OK**。

已选的 Component Debug 窗口将显示在调试器框架内。更多有关信息，请参考《PSoC Creator 帮助》中标题为“组件调试窗口”的内容。

资源

在 PSoC 4 中，运算放大器使用一个 Opamp（ CTBm）模块实现，无需其他资源。

直流和交流电气特性

除非另有说明，否则这些规范的适用条件是：–40 °C ≤ T_A ≤ 85 °C，T_J ≤ 100 °C 且电压范围为 1.71 V 到 5.5 V。

直流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{DD}	Opamp模块电流。无负载。		–	–	–	–
I_{DD_HI}	功耗 = 高		–	1000	1300	µA
I_{DD_MED}	功耗 = 中		–	320	500	µA
I_{DD_LOW}	功耗 = 低		–	250	350	µA
I_{DD}	Opamp模块电流。V_{DD} = 1.8 V。无负载。	PSoC 4200 BLE系列	–	–	–	–
I_{DD_HI}	功耗 = 高	PSoC 4200 BLE系列	–	1000	1300	µA
I_{DD_MED}	功耗 = 中	PSoC 4200 BLE系列	–	500	–	µA
I_{DD_LOW}	功耗 = 低	PSoC 4200 BLE系列	–	250	350	µA

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{OUT_MAX}	V_{DDA} ☐ 2.7 V， 轨道的电压500 mV		–	–	–	–
$I_{OUT_MAX_HI}$	功耗 = 高		10	–	–	mA
$I_{OUT_MAX_MID}$	功耗 = 中		10	–	–	mA
$I_{OUT_MAX_LO}$	功耗 = 低		–	5	–	mA
I_{OUT}	V_{DDA} = 1.71 V，轨道的电压500 mV		–	–	–	–
$I_{OUT_MAX_HI}$	功耗 = 高		4	–	–	mA
$I_{OUT_MAX_MID}$	功耗 = 中		4	–	–	mA
$I_{OUT_MAX_LO}$	功耗 = 低		–	2	–	mA
V_{IN}	电荷泵打开，V_{DDA} ☐ 2.7 V		–0.05	–	VDDA – 0.2	V
V_{CM}	电荷泵打开，V_{DDA} ☐ 2.7 V		–0.05	–	VDDA – 0.2	V
V_{OUT}	V_{DDA} ☐ 2.7 V					
V_{OUT_1}	功耗 = 高，I_{LOAD}=10 mA		0.5	–	VDDA – 0.5	V
V_{OUT_2}	功耗 = 高，I_{LOAD}=1 mA		0.2	–	VDDA – 0.2	V
V_{OUT_3}	功耗 = 中，I_{LOAD}=1 mA		0.2	–	VDDA – 0.2	V
V_{OUT_4}	功耗 = 低，I_{LOAD}=0.1 mA		0.2	–	VDDA – 0.2	V
V_{OS_TR}	偏移电压，校准后	高功耗模式	1	±0.5	1	mV
V_{OS_TR}	偏移电压，校准后	中等功耗模式	–	±1	–	mV
V_{OS_TR}	偏移电压，校准后	低功耗模式	–	±2	–	mV
$V_{OS_DR_TR}$	偏移电压漂移，校准后	高功耗模式	–10	±3	10	µV/C
$V_{OS_DR_TR}$	偏移电压漂移，校准后	中等功耗模式	–	±10	–	µV/C
$V_{OS_DR_TR}$	偏移电压漂移，校准后	低功耗模式	–	±10	–	µV/C
CMRR	DC	VDDD = 3.6 V	70	80	–	dB
CMRR	DC（针对PSoC 4200 BLE系列）	VDDD = 3.6 V ，高功耗模式	65	70	–	dB
PSRR	工作频率为1 kHz，纹波电压 = 100 mV	VDDD = 3.6 V	70	85	–	dB

交流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GBW	负载 = 20 pF，0.1 mA。V_{DDA} = 2.7 V		–	–	–	–
GBW_HI	功耗 = 高		6	–	–	MHz
GBW_MED	功耗 = 中		4	–	–	MHz

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GBW_LO	功耗 = 低		2	–	–	MHz
GBW_LO	功耗 = 低	PSoC 4200 BLE系列	–	1	–	MHz
噪声			–	–	–	–
V_{N1}	参考输入，1 Hz - 1GHz，功耗 = 高		–	94	–	µVrms
V_{N2}	参考输入，1 kHz，功耗 = 高		–	72	–	nV/rtHz
V_{N3}	参考输入，10 kHz，功耗 = 高		–	28	–	nV/rtHz
V_{N4}	参考输入，100 kHz，功耗 = 高		–	15	–	nV/rtHz
C_{LOAD}	稳定输出模式下的最大负载。性能输出模式为50 pF。		–	–	125	pF
Slew_rate	Cload = 50 pF，功耗 = 高， V_{DDA} ☐ 2.7 V		6	–	–	V/µsec
T_op_wake	从禁用到启用的时间，无外部RC电路。		–	300	–	µSec
深度睡眠模式（仅适用于PSoC 4200 BLE系列；VDDA > 2.5 V 时才会得到保证）						
GBW_DS	增益带宽积		–	50	–	kHz
IDD_DS	电流		–	15	–	µA
Vos_DS	偏移电压		–	5	–	mV
Vos_dr_DS	偏移电压漂移		–	20	–	µV/°C
Vout_DS	输出电压		0.2	–	V_{DD} – 0.2	V
Vcm_DS	共模电压		0.2	–	V_{DD} – 1.8	V

组件更改

本节列出了该组件各版本中的主要更改内容。

版本	更改内容	更改原因/影响
1.10.b	编辑了数据手册。	为PSoC 4200 BLE器件添加了CMRR参数值。
1.10.a	编辑了数据手册。	添加了深度睡眠模式下的正确操作信息：V_{DDA}必须大于2.5 V。
1.10	添加了深度睡眠模式的参数，以便控制深度睡眠模式下组件的可用性。	更新对PSoC 4200 BLE器件的支持。
	更新了API存储器使用和MISRA合规性章节。	
	删除了SaveConfig()和RestoreConfig() API的参考，因为它们都是空的。	

	将输出模式参数从“1 mA”和“10 mA”分别更改为“内部”和“输出到引脚”。	
1.0.a	更新了数据手册。	更正了器件规范，使之符合器件数据手册的要求。
1.0	第一版	

©赛普拉斯半导体公司，2014-2015。此处，所包含的信息可能会随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品内嵌的电路外，赛普拉斯半导体公司不对任何其他电路的使用承担任何责任。也不会根据专利权或其他权利以明示或暗示的方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订了明确的书面协议，否则赛普拉斯产品不保证产品能够用于或适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用领域。此外，对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

PSoC®是赛普拉斯半导体公司的注册商标，PSoC Creator™和 Programmable System-on-Chip™是赛普拉斯半导体公司的商标。该处引用的所有其它商标或注册商标归其各自所有者所有。

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司（赛普拉斯）所有，并受全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定的用途外，未经赛普拉斯明确的书面许可，不得对此类源代码进行任何复制、修改、转换、编译或演示。

免责声明：赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不仅限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于合理预计可能发生运转异常和故障，并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能受适用于赛普拉斯软件许可协议的限制。