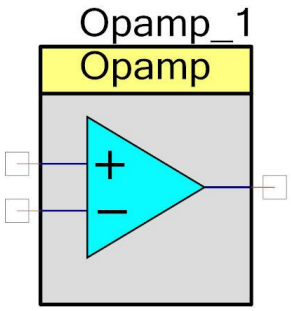
PSoC 4 运算放大器（Opamp）

1.0



特性

- 可配置为跟随器或运算放大器
- 轨至轨输入和输出
- 组件输出与 GPIO 引脚直接低阻抗连接
- 1mA 或 10mA 输出电流
- 跟随器内部连接

概述

Opamp 组件可作为现成运算放大器使用，其输出与 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电流强度（1 mA 和 10 mA）来分别驱动内部或外部信号，其中 10 mA 电流可同时驱动内部（SAR 组件）和外部信号。用户可以通过配置不同的功耗等级来实现功耗和带宽的折中。

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 组件的常用例子：

- SAR ADC 增益
- SAR ADC 高阻抗缓冲
- 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。

正端输入 — 模拟输入

当 Opamp 组件配置为跟随器时，此 I/O 为电压输入。如果 Opamp 组件配置为运算放大器，此 I/O 就充当标准运算放大器同相输入。

负端输入 — 模拟输入*

当 Opamp 组件配置为运算放大器模式，此 I/O 为常规的反相输入。当 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。

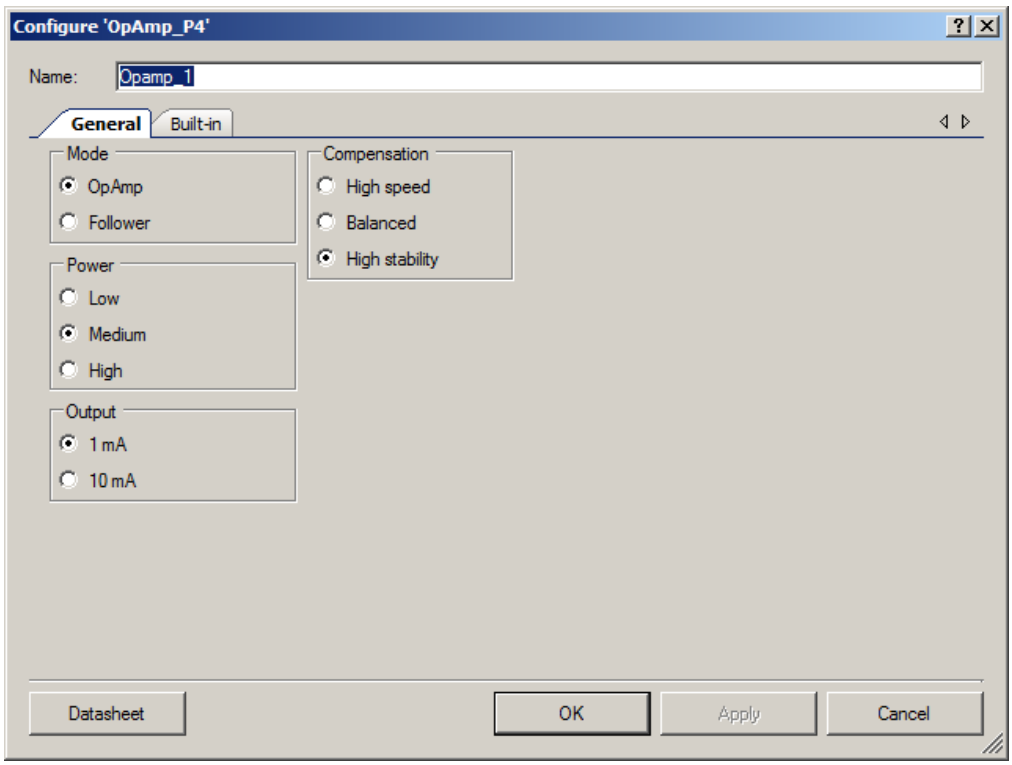
Vout — 模拟输出

输出可直接连接至引脚或使用模拟路由结构连接至内部负载。驱动强度可以选择 10 mA 或 1 mA，其中连接至引脚需要设置为 10 mA，内部连接则可以设置为 1 mA 或 10 mA，但通常应配置为 1 mA。

组件参数

将 Opamp 组件拖放到您的设计上，并双击以打开“配置”对话框。图 1 显示的是配置对话框。

图 1. 配置运算放大器对话框



Opamp 组件提供以下参数可供配置。

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，在此模式下，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，以实现电压跟随器。

功耗

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

输出

选择输出模式：1 mA – 内部连接或 10 mA – 连接至引脚。

补偿

运算放大器提供三种补偿模式：High speed（高速）、Balanced（平衡）和 High stability（高稳定性）。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。

连接布置

每个 Opamp 组件端口都被直接连接至特定的 GPIO，同时也被连接至内部路由结构。如果需要输出端直接输出至 GPIO，注意将其连接到特定的引脚。有关用于特定引脚连接的部件，请参考器件数据手册。

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。

应用编程接口（API）

通过应用编程接口（API）子程序，您可以使用软件对组件进行配置。下表列出并说明了每个函数的接口。以下各节将更详细地介绍每个函数。

默认情况下，PSoC Creator 将实例名称“Opamp_1”分配给指定设计中 Opamp 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_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_Start()	对组件执行所有必需的初始化，并打开模块的电源。
Opamp_Stop()	关闭Opamp模块电源。
Opamp_SetPower()	将驱动功耗设置为以下三种之一：低、中或高功耗。
Opamp_PumpControl()	打开或关闭升压转换器。
Opamp_Sleep()	这是让组件进入睡眠的首选API。
Opamp_Wakeup()	它是将组件恢复到调用Opamp_Sleep() 前状态的首选API函数。
Opamp_SaveConfig()	保存组件的配置。

函数	说明
Opamp_RestoreConfig()	恢复组件的配置。

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Opamp_Init()，因为Opamp_Start() API会调用该函数，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“Configure”对话框中的内容，对所有相关寄存器进行设置。

void Opamp_Enable(void)

说明： 激活硬件并开始执行组件操作。无需调用Opamp_Enable()，因为Opamp_Start() API会调用该函数，它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_Start(void)

说明： 对组件执行所有必需的初始化，并打开模块的电源。首次执行子程序时，将会设置功耗水平、模式和输出模式。在调用Opamp_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_SetPower(uint32 power)

说明： 将驱动功耗设置为以下三种之一：Opamp_LOWPOWER（低）、Opamp_MEDPOWER（中）、Opamp_HIGHPOWER（高）。

参数： (uint32) power: Opamp_LOWPOWER, Opamp_MEDPOWER, Opamp_HIGHPOWER.

返回值： 无

void Opamp_PumpControl(uint32 onOff)

说明： 用户使用它可打开或关闭Opamp的升压转换器。默认情况下，Opamp_Start()函数会打开转换器，使用此命令可以将其关闭。

参数： (uint32) onOff：Opamp_PUMPON将会打开升压转换器，Opamp_PUMPOFF将关闭升压转换器。

返回值： 无

其他影响： 关闭此转换器将会降低运算放大器输入范围1.5V，输入范围将变为Vssa到（Vdda — 1.5V）

void Opamp_Sleep(void)

说明： 这是让组件进入睡眠的首选API。Opamp_Sleep() API保存当前组件的状态。然后调用Opamp_Stop()函数，并调用Opamp_SaveConfig()以保存硬件配置。在调用CySysPmDeepSleep()或CySysPmHibernate()函数之前，请先调用 Opamp_Sleep()函数。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Wakeup(void)

说明： 此API是将组件恢复到调用Opamp_Sleep()时状态的首选API函数。Opamp_Wakeup()函数调用Opamp_RestoreConfig()函数以恢复配置。如果组件在调用Opamp_Sleep()函数前已启用，则Opamp_Wakeup()函数也将重新启用组件。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 如果调用Opamp_Wakeup()函数前未调用Opamp_Sleep()或Opamp_SaveConfig()函数可能会产生意外行为。

void Opamp_SaveConfig(void)

说明： 此函数会保存组件配置和非保留寄存器。此函数由Opamp_Sleep()函数调用。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_RestoreConfig(void)

说明： 该函数会恢复组件配置和非保留寄存器。此函数由Opamp_Wakeup()函数调用。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

MISRA 合规性

本节介绍了 MISRA-C:2004 合规性和本组件的偏差情况。定义了两种类型的偏差：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 组件没有任何特定偏差。

固件源代码示例

PSoC Creator 在“Find Example Project”对话框中提供了大量包括原理图和代码的示例项目。要获取组件特定的示例，请打开组件目录中的对话框或原理图中的组件实例。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** 项来限定可选的项目列表。

更多有关信息，请参考 PSoC Creator 帮助中的“Find Example Project”（查找示例项目）主题。

功能说明

此组件为一个基本运算放大器。可以配置功耗、输出强度，并与其他组件互联。运算放大器的三个端口分别低阻连接到指定的引脚，该连接方式可以提供性能的优化。

补偿选项的使用

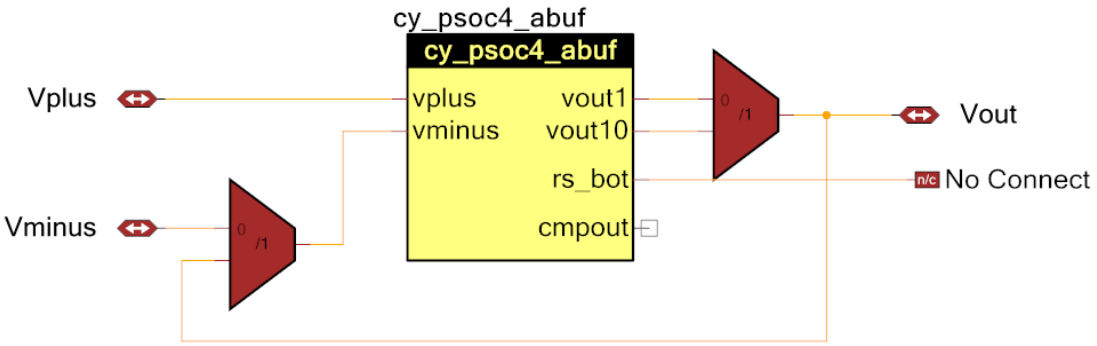
补偿选项有以下几种建议设置：

环路增益	功耗模式	负载电容	
		50 pF	125 pF（最大）
1-6	低	平衡	高稳定性
	中	平衡	高稳定性
	高	平衡	高稳定性
7或以上	低	高速	平衡
	中	高速	平衡
	高	高速	平衡

这些设置适用于 10 mA 的电流输出，该输出能够驱动引脚。125pF 为最大负载电容。50pF 为“中间”值。

框图和配置

组件使用 cy_psoc4_abuf 基元。



寄存器

更多有关寄存器的详细信息，请参见芯片的《技术参考手册》（TRM）。

API 存储器使用情况

根据不同的编译器、器件、所使用的 API 数量以及组件的配置情况，组件所用的存储空间大小也不一样。下表提供了在某一器件配置中的所有 API 使用的存储器使用情况。

通过使用“释放”模式下相应的编译器，可以完成测量操作。在该模式下，存储器的大小得到了优化。有关特定的设计，可分析编译器生成的 m 映射文件以确定存储器的大小。

配置	PSoC 4（GCC）	
	闪存 字节	SRAM 字节
默认值	252	12

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 和 T_J ≤ 100 °C。除非另有说明，否则这些规范的适用范围为 1.71 V 到 5.5 V。

运算放大器直流参数

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情/条件
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_{OUT_MAX}	V_{DDA} ≥ 2.7 V, 距电源轨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	10	5	—	mA	
I_{OUT}	V_{DDA} = 1.71 V, 距电源轨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	4	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，负载电流=10 mA	0.5	—	VDDA – 0.5	V	
V_{OUT_2}	功耗 = 高，负载电流=1 mA	0.2	—	VDDA – 0.2	V	

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情/条件
V_{OUT_3}	功耗 = 中，负载电流=1 mA	0.2	—	VDDA – 0.2	V	
V_{OUT_4}	功耗 = 低，负载电流=0.1mA	0.2	—	VDDA – 0.2	V	
V_{OS_TR}	失调电压，校准后	1	±0.5	1	mV	高模式
V_{OS_TR}	失调电压，校准后	—	±1	—	mV	中模式
V_{OS_TR}	失调电压，校准后	—	±2	—	mV	低模式
$V_{OS_DR_TR}$	失调电压漂移，校准后	–10	±3	10	µV/C	高模式
$V_{OS_DR_TR}$	失调电压漂移，校准后	—	±10	—	µV/C	中模式
$V_{OS_DR_TR}$	失调电压漂移，校准后	—	±10	—	µV/C	低模式
CMRR	DC	70	80	—	dB	VDDD = 3.6 V
PSRR	工作在1 kHz，存在100 mV纹波	70	85	—	dB	VDDD = 3.6 V
Cload	达到最大负载。50 pF时性能规范。	—	—	125	pF	

运算放大器交流参数

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位	详情/条件
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	
GBW_LO	功耗 = 低	2	—	—	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，10kHz，功耗 = 高	—	28	—	nV/rtHz	
V_{N4}	参考输入，100kHz，功耗 = 高	—	15	—	nV/rtHz	
Cload	达到最大负载。50 pF时性能规范。	—	—	125	pF	
摆率	Cload = 50 pF，功耗 = 高，$V_{DDA} \geq$ 2.7 V	6	—	—	V/µsec	
T_op_wake	从禁用到启用，无额外RC支配。	—	300	—	µSec	

组件更新

本节列出了各版本的主要组件更新内容。

版本	更新内容	更新原因/影响
1.0.a	更新了数据表。	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，2013-2016 年。本文件是赛普拉斯半导体公司及其子公司，包括 Spansion LLC（“赛普拉斯”）的财产。本文件，包括其包含或引用的任何软件或固件（“软件”），根据全球范围内的知识产权法律以及美国与其他国家签署条约由赛普拉斯所有。除非在本款中另有明确规定，赛普拉斯保留在该等法律和条约下的所有权利，且未就其专利、版权、商标或其他知识产权授予任何许可。如果软件并不附随有一份许可协议且贵方未以其他方式与赛普拉斯签署关于使用软件的书面协议，赛普拉斯特此授予贵方属人性质的、非独家且不可转让的如下许可（无再许可权）：（1）在赛普拉斯特软件著作权项下的下列许可权：（一）对以源代码形式提供的软件，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的且仅在贵方集团内部修改和复制软件，和（二）仅限于在有关赛普拉斯硬件产品上使用之目的将软件以二进制代码形式的向外部最终用户提供（无论直接提供或通过经销商和分销商间接提供），和（2）在被软件（由赛普拉斯公司提供，且未经修改）侵犯的赛普拉斯专利的权利主张项下，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的制造、使用、提供和进口软件的许可。禁止对软件的任何其他使用、复制、修改、翻译或汇编。

在适用法律允许的限度内，赛普拉斯未对本文件或任何软件作出任何明示或暗示的担保，包括但不限于关于适销性和特定用途的默示保证。赛普拉斯保留更改本文件的权利，届时将不另行通知。在适用法律允许的限度内，赛普拉斯不对因应用或使用本文件所述任何产品或电路引起的任何后果负责。本文件，包括任何样本设计信息或程序代码信息，仅为供参考之目的提供。文件使用人应负责正确设计、计划和测试信息应用和由此生产的任何产品的功能和安全性。赛普拉斯产品不应被设计为、设定为或授权用作武器操作、武器系统、核设施、生命支持设备或系统、其他医疗设备或系统（包括急救设备和手术植入物）、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，或产品植入之设备或系统故障可能导致人身伤害、死亡或财产损失其他用途（“非预期用途”）。关键部件指，若该部件发生故障，经合理预期会导致设备或系统故障或会影响设备或系统安全性和有效性的部件。针对由赛普拉斯产品非预期用途产生或相关的任何主张、费用、损失和其他责任，赛普拉斯不承担全部或部分责任且贵方不应追究赛普拉斯之责任。贵方应赔偿赛普拉斯因赛普拉斯产品任何非预期用途产生或相关的所有索赔、费用、损失和其他责任，包括因人身伤害或死亡引起的主张，并使之免受损失。

赛普拉斯、赛普拉斯徽标、Spansion、Spansion 徽标，及上述项目的组合，及 PSoC、CapSense、EZ-USB、F-RAM 和 Traveo 应视为赛普拉斯在美国和其他国家的商标或注册商标。请访问 cypress.com 获取赛普拉斯商标的完整列表。其他名称和品牌可能由其各自所有者主张为该方财产。