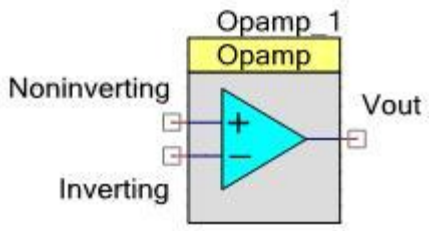
运算放大器（Opamp）

1.90



性能

- 跟随器或 Opamp 配置
- 单位增益带宽 > 3.0 MHz
- 输入偏移电压最大为 2.0 mV
- 轨至轨输入和输出
- 输出引脚的直接低阻抗连接
- 25 mA 输出电流
- 可编程功耗和带宽
- 跟随器的内部连接（节省引脚）

概述

运算放大器组件提供了一个低电压、低功耗的运算放大器，并且可以进行内部连接，从而用作电压跟随器。输入和输出可能连接至内部路由节点，直接连接至引脚，或者连接至内部和外部信号。运算放大器适用于与高阻抗传感器进行连接、缓冲电压 DAC 的输出、驱动最高达 25 mA 以及在任何标准拓扑中构建有源滤波器。

输入/输出连接

本节介绍 Opamp 的各种输入和输出连接。I/O 列表中的星号（*）表示，在 I/O 说明部分中所列出的情况下，该 I/O 可能不可见。

同相 — 模拟

当 Opamp 配置为跟随器时，此 I/O 为电压输入。如果 Opamp 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。

反相 — 模拟*

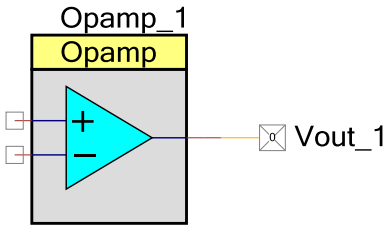
当 Opamp 组件配置为运算放大器模式，此 I/O 为常规的反相输入。当运算放大器设置为跟随器模式时，该 I/O 硬连接至输出，且 I/O 不可用。

Vout — 模拟

输出直接连接至引脚。它能够驱动 25 mA，并且可以使用模拟路由结构连接至内部负载。当用于内部路由时，输出仍连接至引脚。

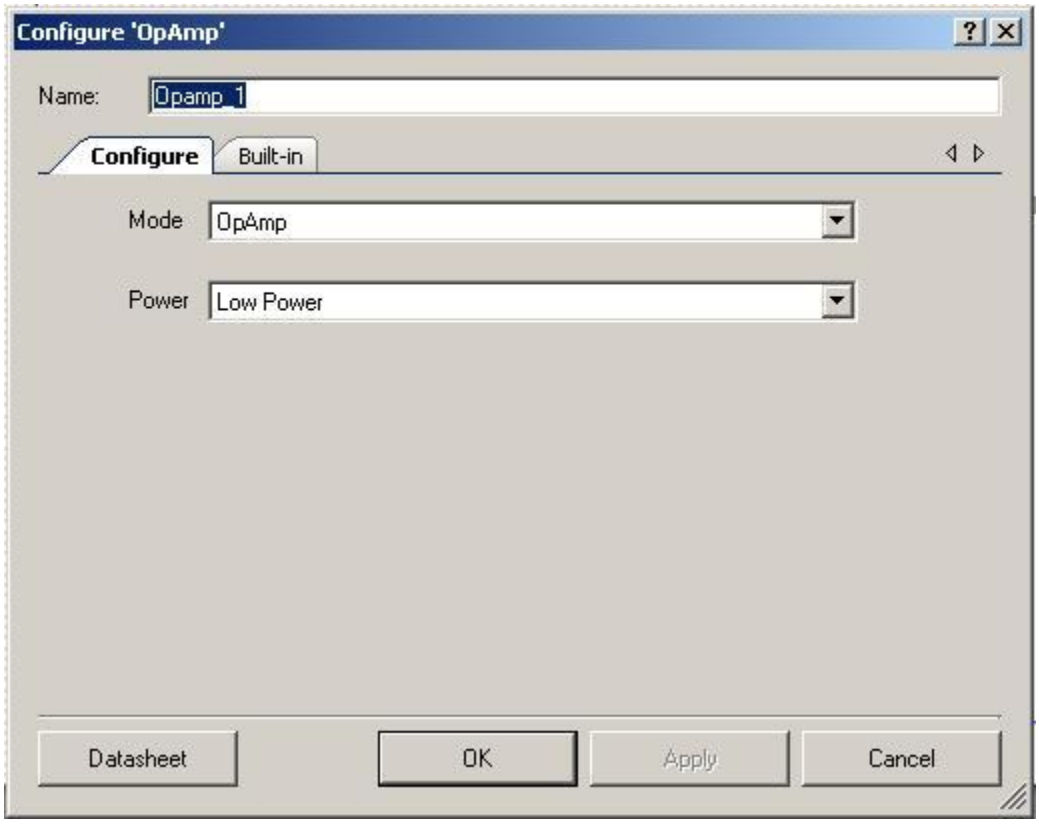
原理图宏信息

组件目录中的默认运算放大器是使用带默认设置的运算放大器组件的原理图宏。运算放大器组件连接至一个名为 Vout_1 的模拟引脚组件。



组件参数

将运算放大器组件拖入设计中，双击该组件，打开 **Configure**（配置）对话框。

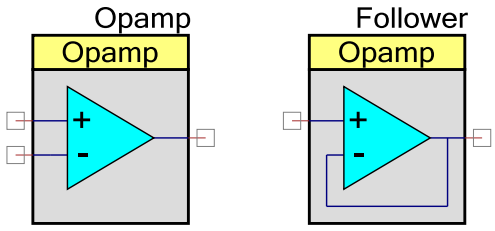


运算放大器具有下列参数：

Mode（模式）

该参数使用户能够在两种配置中进行选择：**OpAmp** 和 **Follower**。**Opamp** 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，反相输入内部连接至输出，以创建电压跟随器。

图 1. 配置选项



Power（功耗）

Opamp 的工作电流范围非常宽广。工作电流越高，Opamp 带宽便越大。用户可通过 **Power** 参数选择功耗水平：

- 在 **High Power**（高功耗）和 **Med Power**（中等功耗）模式下，输出为 AB 级，以直接驱动高输出电流。
- 在 **Low Power**（低功耗）模式下，输出为 A 级，电流驱动有限。
- 在 **Low Power Over Compensated**（低功耗过度补偿）（LPOC）模式下，输出为 A 级。

  对于 PSoC 3 Production 芯片，LPOC 模式用于低功耗互阻放大器（TIA）。该模式的驱动能力与低功耗模式相同，但是包括了通过高于正常水平的输入电容对电路拓扑结构进行的额外补偿，光传感器和其他不同类型的电流输出传感器上通常具有这样的电容。

  使用中等功耗或高功耗设置可使 TIA 的带宽更大。在这种情况下，按照常规的注意程度处理电容性负载源的补偿。

注意：以上对 LPOC 模式的说明仅对 PSoC 3 Production 芯片有效。

放置

每个运算放大器均直接连接至特定的 GPIO 上。

	同相输入	反相输入	输出
opamp_0	P0[2]	P0[3]	P0[1]
opamp_1	P3[5]	P3[4]	P3[6]
opamp_2	P0[4]	P0[5]	P0[0]
opamp_3	P3[3]	P3[2]	P3[7]

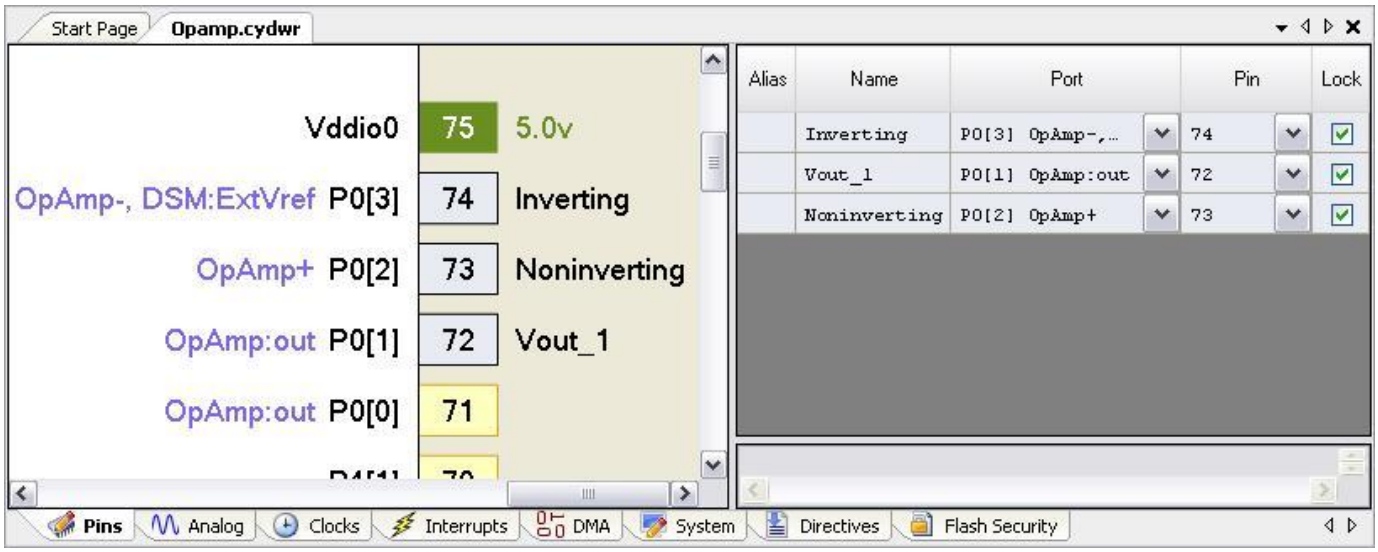
有关用于特定物理引脚连接的器件，请参考器件数据手册。

输入信号可以使用除专用输入引脚以外的模拟全局路由总线。使用直接连接所利用的内部路由资源较少，并且可使线路电阻和电容更小。与每个特定位置相关联的输出引脚在启用时始终由运算放大器驱动。

对于参考输出或来自外部参考的输入，端口 P0[3]和 P3[2]也可用于连接至用于绕过提供给 ADC 的带隙参考电压的电容器。使用这些参考连接时，必须通过模拟全局路由总线路由到运算放大器反相输入。

图 2 显示如何使用设计范围资源引脚编辑器连接运算放大器的示例。

图 2. 示例放置



应用编程接口

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。下面的表格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”分配给指定设计中组件的第一个实例。您可以将其重命名为遵循标识符语法规则的任何唯一值。实例名称会成为所有全局函数名称、变量和符号常量的前缀。出于可读性考虑，下表中使用的实例名称为“Opamp”。

函数	说明
Opamp_Start()	打开运算放大器，并将功耗水平设置为参数选择过程中所选的值。
Opamp_Stop()	禁用运算放大器（断电）。
Opamp_SetPower()	设置功耗水平。
Opamp_Sleep()	停止并保存用户配置。
Opamp_Wakeup()	恢复并启用用户配置。
Opamp_Init()	初始化或恢复默认运算放大器配置。
Opamp_Enable()	启用运算放大器。
Opamp_SaveConfig()	空函数。预留将来使用。
Opamp_RestoreConfig()	空函数。预留将来使用。

全局变量

变量	说明
Opamp_initVar	指示运算放大器是否已初始化。变量将初始化为0，并在第一次调用Opamp_Start()时设置为1。这样，第一次调用Opamp_Start()子程序后，组件不用重新初始化即可重启。 如需重新初始化组件，可在Opamp_Start()或Opamp_Enable()函数前调用Opamp_Init()函数。

void Opamp_Start(void)

说明： 打开运算放大器，并将功耗水平设置为参数选择过程中所选的值。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Stop(void)

说明： 关闭运算放大器，并启用其最低功耗状态。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_SetPower(uint8 power)

说明： 设置功耗水平。

参数： uint8 power：将功耗水平设置为四种设置之一：LPOC、低、中等或高。

功耗设置	注释
Opamp_LPOCPOWER	最低功耗，补偿TIA
Opamp_LOWPOWER	最低功耗，减小带宽
Opamp_MEDPOWER	中带宽
Opamp_HIGHPOWER	最大带宽

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Sleep(void)

说明： 这是准备组件睡眠的首选子程序。Opamp_Sleep()子程序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CyPmSleep()或CyPmHibernate()函数之前调用Opamp_Sleep()函数。有关功耗管理函数的详细信息，请参考PSoC Creator *《系统参考指南》*。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_Wakeup(void)

说明： 该函数是将组件恢复到调用Opam_Sleep()时状态的首选子程序。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

副作用： 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_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()子程序会调用该函数，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”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Opamp_Enable()，因为Opamp_Start()子程序会调用该函数，这是开始组件操作的首选方法。

参数： 无

返回值： 无

副作用： 如果已设置initVar变量，则该函数仅调用Opamp_Enable()函数。

void Opamp_SaveConfig(void)

说明： 空函数。预留将来使用。

参数： 无

返回值： 无

其他影响： 无

void Opamp_RestoreConfig(void)

说明： 空函数。预留将来使用。

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

本节介绍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”对话框中提供了包括原理图和代码示例的许多示例项目。要查看特定组件实例，请打开“Component Catalog”中的对话框或者原理图中的组件样例。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》部分中主题为“Find Example Project”（查找样例项目）的内容。

资源

运算放大器组件在每个实例中使用一个运算放大器的固定模块。当用于带有外部组件的运算放大器模式下时（即不通过模拟全局路由输出），不使用路由资源。

API 存储器使用

根据编译器、器件、所使用的 API 数量以及组件的配置情况不同，组件的存储器大小也不一样。下表提供了组件配置中所有 API 占用的存储器大小。

通过使用“释放”模式下的相应编译器，可以进行测量操作。在该模式下，存储器的大小得到优化。对于特定的设计，分析编译器生成映射文件后可以确定存储器的使用大小。

配置	PSoC 3 （Keil_PK51）		PSoC 5LP（GCC）	
	闪存 字节	SRAM 字节	闪存 字节	SRAM 字节
默认值	130	2	198	5

PSoC 3 的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 且 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。

直流电特性

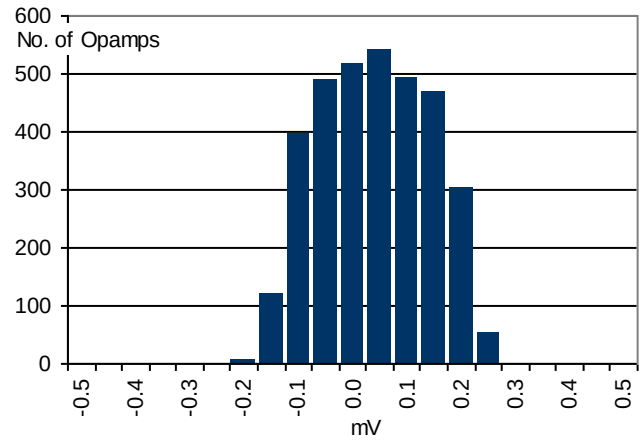
参数	说明	条件	最小值	典型值 [1]	最大值	单位
V_I	输入电压范围		V_{SSA}	–	V_{DDA}	V
V_{IOFF}	输入偏移电压	温度 = -40 °C至+70 °C	–	0.5	2	mV
TCVos	输入偏移电压温度漂移	功耗模式 = 高	–	±12	±30	µV/°C
Avol	开环增益	功耗模式 = 高	90	–	–	dB
Ge1	增益误差，单位增益缓冲区模式	R_{LOAD} = 1 kΩ	_	_	±0.1	%

1. 所提供的触摸屏系统性能。除非另有说明，这些值分别采用：T_A = 25 °C，V_{DDA} = 5.0 V，功耗为高，参考模拟接地输出，V_{SSA}。

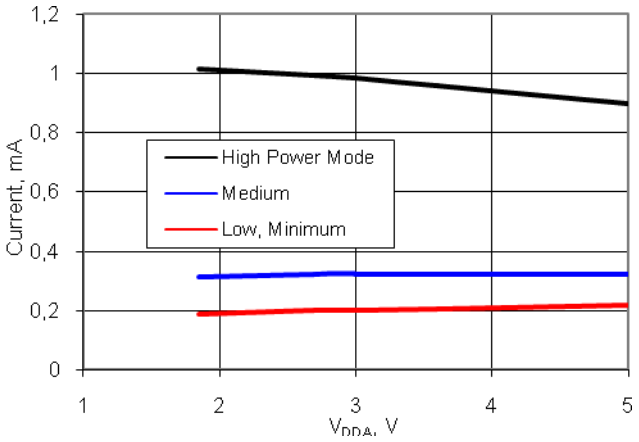
参数	说明	条件	最小值	典型值 [1]	最大值	单位
R_{IN}	输入电阻	正增益，同相输入	–	–	–	MΩ
C_{IN}	输入电容	从引脚路由	–	–	18	pF
V_O	输出电压范围	1 mA，源电流或灌电流，功耗模式 = 高	V_{SSA} + 0.05	_	V_{DDA} – 0.05	V
		100 K至V_{DDA}/2，G = 1	–	–		V
I_{OUT}	输出电流，源电流或灌电流	V_{SSA} + 500 mV ≤ V_{OUT} ≤ V_{DDA} – 500 mV, V_{DDA} > 2.7 V	25	_	_	mA
		V_{SSA} + 500 mV ≤ Vout ≤ V_{DDA} – 500 mV, 1.7 V = V_{DDA} ≤ 2.7 V	16	_	_	mA
I_{DD}	静态电流	功耗模式 = 最低	–	200	270	µA
		功耗模式 = 低	–	250	400	µA
		功耗模式 = 中	–	330	950	µA
		功耗模式 = 高	–	1000	2500	µA
CMRR	共模抑制比		80	–	–	dB
PSRR	电源抑制比	V_{DDA} ≥ 2.7 V	85	–	–	dB
		V_{DDA} ≤ 2.7 V	70	–	–	

图形

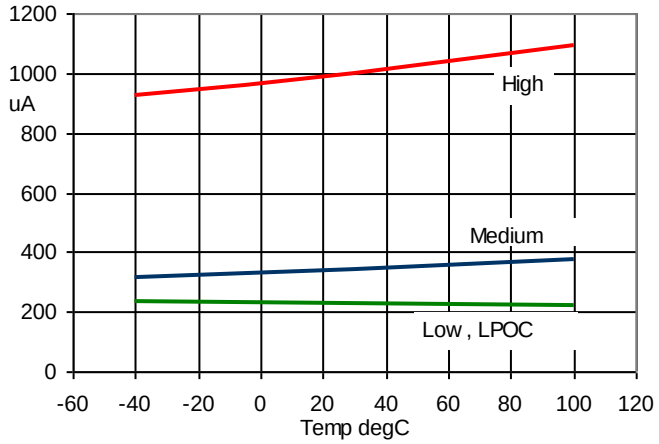
柱状图输入偏移电压
T = 25 °C，V_{DDA} = 5.0 V



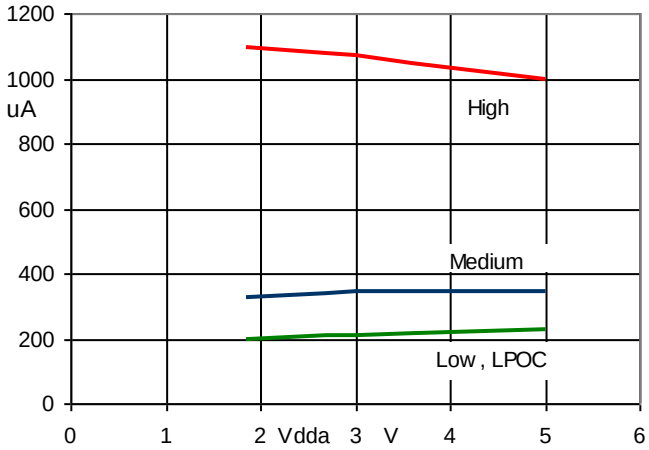
运算放大器工作电流与$_{VDDA}$和功耗模式



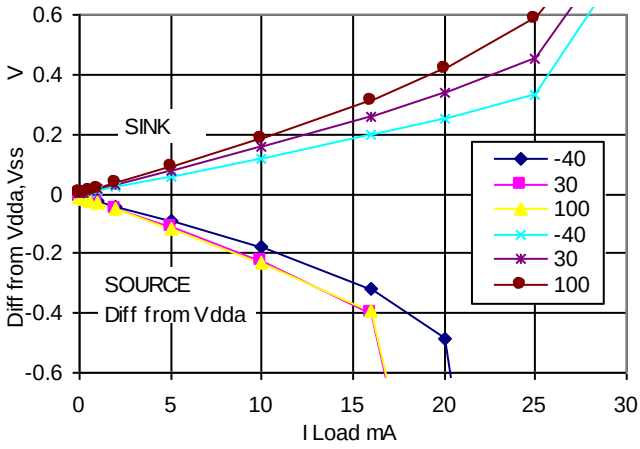
工作电流与温度，V_{DD} = 5.0 V



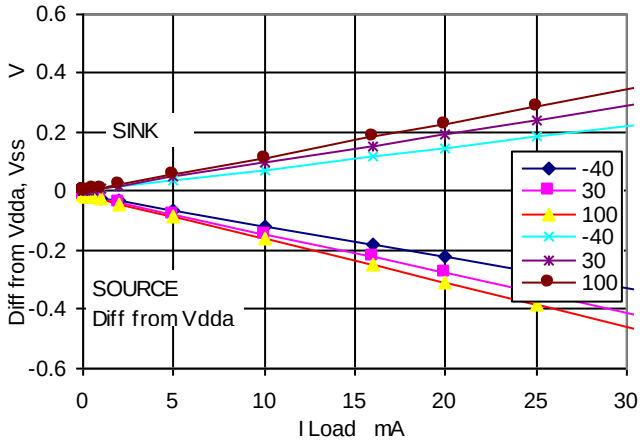
工作电流与电压T = 25 °C



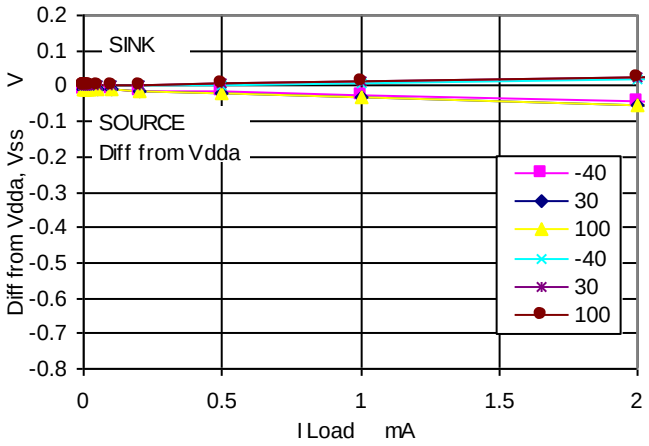
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 1.71 V，功耗模式 = 高



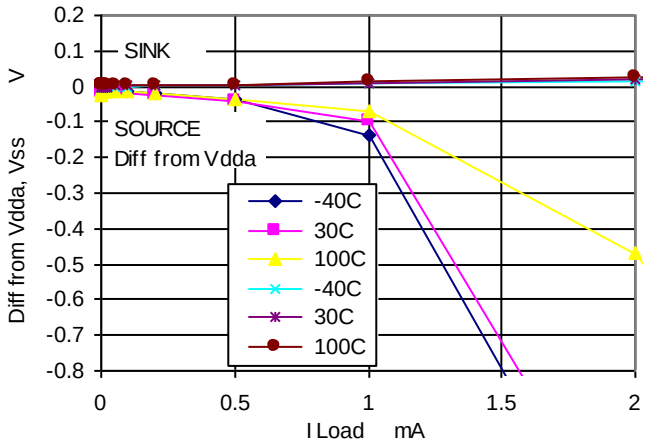
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 高



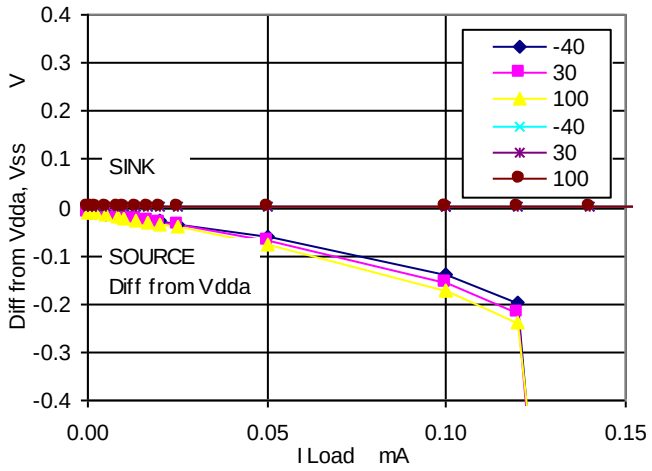
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 2.7 V，功耗模式 = 中等



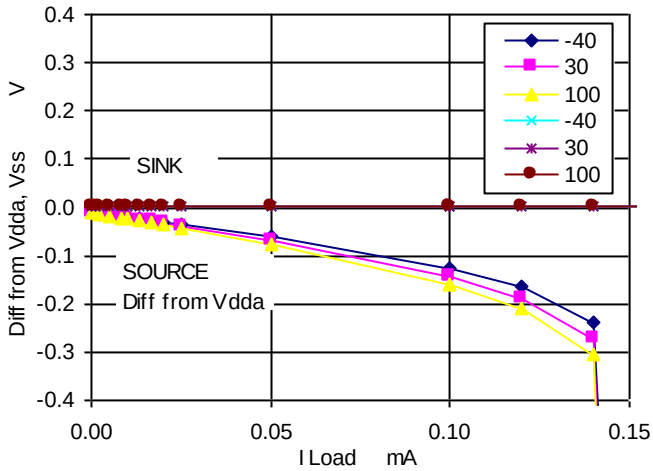
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 中等



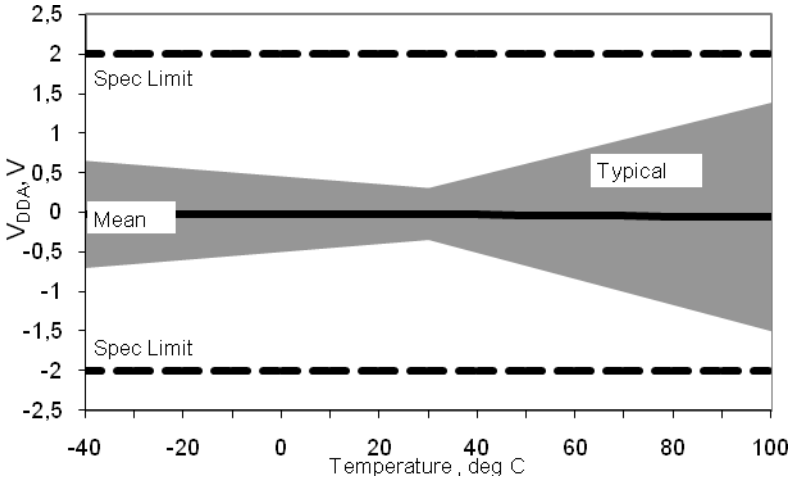
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 2.7 V，功耗模式 = 低



输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 低



输入偏移电压与温度，
功耗模式 = 高，V_{DDA} = 5.0 V



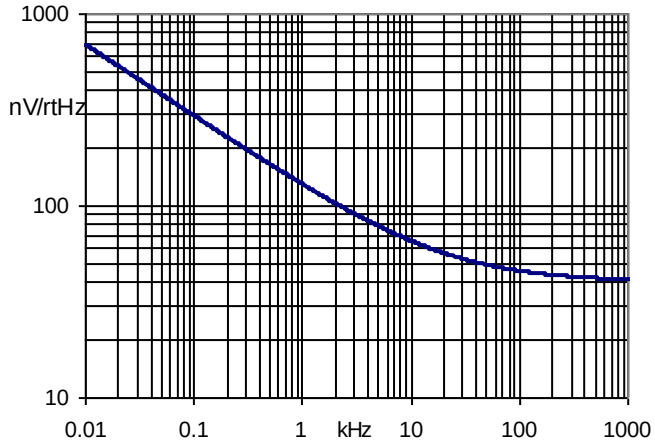
交流特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
增益带宽	增益带宽积	功耗模式 = 最低，100 mV峰至峰，15 pF负载	1	5.4	_	MHz
		功耗模式 = 低，100 mV峰至峰，15 pF负载	2	5.1	_	MHz
		功耗模式 = 中，100 mV峰至峰，15 pF负载	1	3.5	_	MHz

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		功耗模式 = 高，100 mV峰至峰，200 pF负载	3	8	_	MHz
SR	斜率	功耗模式 = 低，15 pF负载	1.1	2.4	–	V/µs
		功耗模式 = 中，15 pF负载	0.9	1.4	–	V/µs
		功耗模式 = 高，200 pF负载	3	4.3	–	V/µs
e_n	输入噪声密度	功耗模式 = 高，V_{DDA} = 5 V，100 kHz	_	45	_	nV/sqrtHz

图形

输入电压噪声密度
T = 25 °C，V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 高



PSoC 5 LP 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 且 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。

直流电特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_I	输入电压范围		V_{SSA}	–	V_{DDA}	V
V_{OS}	输入偏移电压	工作温度 > 70 °C	–	–	3	mV
		工作温度范围为-40 °C至70 °C	–	–	2	mV

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
TCVos	输入偏移电压温度漂移		–	±12	±30	µV/°C
Ge1	增益误差，单位增益缓冲区模式	R_{LOAD} = 1 kΩ	_	_	±0.1	%
C_{IN}	输入电容	从引脚路由	–	–	18	pF
V_O	输出电压范围	1 mA，源电流或灌电流	V_{SSA} + 0.05	_	V_{DDA} – 0.05	V
I_{OUT}	输出电流，源电流或灌电流	V_{SSA} + 500 mV ≤ Vout ≤ V_{DDA} – 500 mV	10	_	_	mA
I_{DD}	静态电流	V_{SSA} + 50 mV ≤ V_{OUT} ≤ V_{DDA} – 500 mV	_	1	2.5	mA
CMRR	共模抑制比		80	–	–	dB
PSRR	电源抑制比		75	_	_	dB

交流特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
增益带宽	增益带宽积	200 pF负载	3	–	–	MHz
SR	斜率	200 pF负载	3	–	–	V/µs
e_n	输入噪声密度	V_{DDA} = 5 V，100 kHz	_	45	_	nV/sqrtHz

组件更改

本节列出了各版本的主要组件更改内容。

版本	更改说明	更改原因/影响
1.90.a	清除数据手册中有关PSoC 5的参考内容。	PSoC 5被替代为PSoC 5LP。
1.90	已添加MISRA合规性章节。	此组件没有任何特定偏差。
1.80	添加了PSoC 5LP支持。	

版本	更改说明	更改原因/影响
	向.cyre文件中包括的所有API添加了CYREENTRANT关键词。	并非所有API都是真正可重入的函数。组件API源文件中的注释指出了适用的函数。 对于采用了安全方式并且是不可重入的函数，则需要该项变更，这样可以消除编译器警告：通过标志或关键节防止并发调用。
	数据手册更新了x和y轴标签上的输入偏移电压与温度的值。	需要将标签添加到轴上。
	对数据手册进行了少量编辑。	提高可读性。
1.70.a	已添加PSoC 5直流和交流特性	
1.70	已针对PSoC 3 Production移除了低功耗模式DRC错误	PSoC 3 Production中支持低功耗模式
	已实施DRC错误，使PSoC5仅可使用高功耗模式	PSoC 5中仅支持高功耗模式
	已编辑Opamp_SetPower() API，使PSoC 5仅可使用高功耗模式	
	已添加调试窗口支持	已添加新功能
1.60	添加了GUI配置编辑器	为便于使用，添加了GUI ，以设置下拉菜单中的两个参数
	向数据手册中添加了特性数据	
	进行了较小程度的数据表编辑和更新	
1.50	添加了睡眠/唤醒和初始化/启用API。	为支持低功耗模式并提供常用接口，以单独控制大多数器件的初始化和使能。

© 赛普拉斯半导体公司，2013。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以外，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。也不根据专利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明确的书面协议，否则赛普拉斯产品不保证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。此处引用的所有其他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，未经赛普拉斯的明确书面许可，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。赛普拉斯保留在不另行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器件。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导致的所有风险，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的赛普拉斯软件许可协议限制。