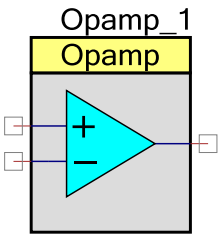
运算放大器 (Opamp)

1.70



特性

- 跟随器或运算放大器配置
- 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

本节介绍运算放大器的各种输入和输出连接。I/O 列表中的星号 (*) 表示，在 I/O 说明中列出的情况下，该 I/O 可能不可见。

同相 — 模拟

当运算放大器配置为跟随器时，该 I/O 为电压输入。如果运算放大器配置为运算放大器，该 I/O 就充当标准运算放大器同相输入。

反相 — 模拟 *

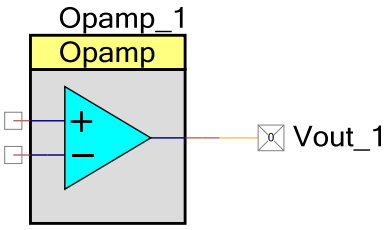
当运算放大器组件配置为运算放大器模式时，该 I/O 为常规的反相输入。当运算放大器设置为跟随器模式时，该 I/O 硬连接至输出，且 I/O 不可用。

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。

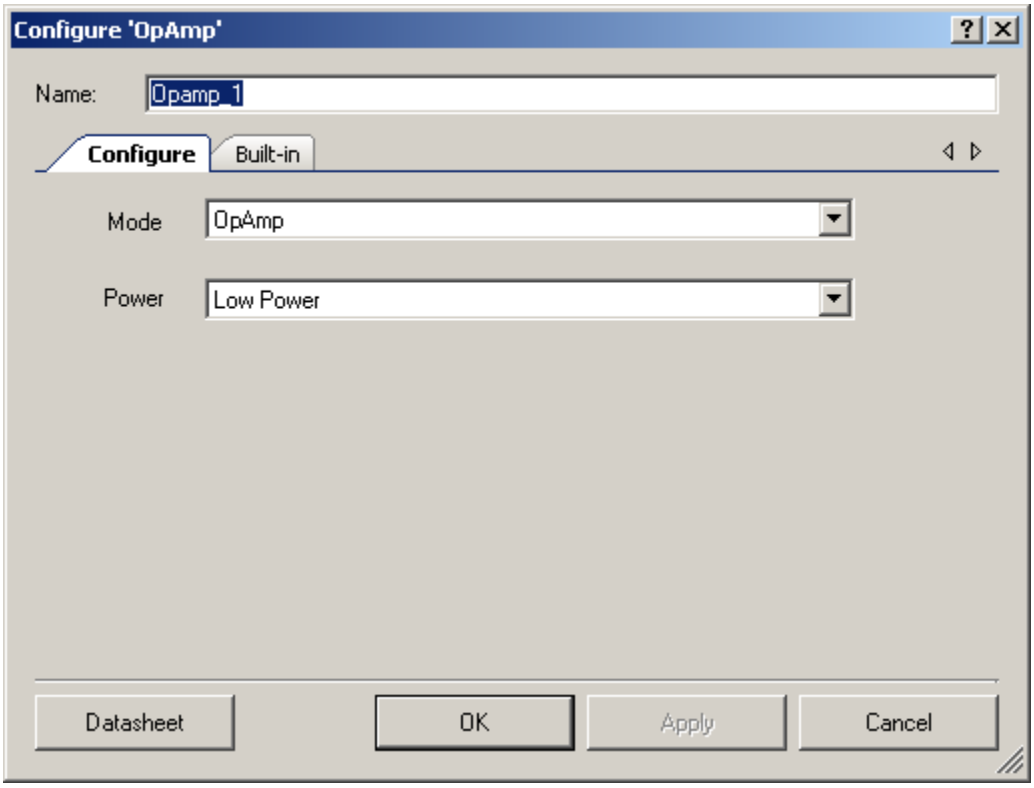
原理图宏信息

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。



元件参数

将一个运算放大器组件拖放到您的设计上，并双击以打开 **Configure**（配置）对话框。

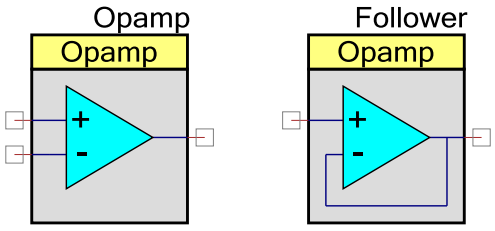


运算放大器具有下列参数：

模式

该参数使用户能够在两种配置中进行选择：**OpAmp**（运算放大器）和 **Follower**（跟随器）。**OpAmp**（运算放大器）是默认配置。在运算放大器模式下，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，以创建一个电压跟随器。

图 1. Configuration Options（配置选项）



功耗

运算放大器可在多种工作电流范围下进行工作。较高的工作电流会使运算放大器的带宽增加。**Power**（功耗）参数使用户能够选择功耗水平：

- 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，按照正常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。对于 PSoC 3 ES2 芯片，LPOC 模式不受支持；而是使用高功耗模式。对于 PSoC 3 ES2 芯片，高功耗设置可在正向输入上产生 1.024 V 的 Vref。任何需要该 Vref 的运算放大器设计必须至少包括一个使用该高功耗模式设置的运算放大器。PSoC 5 芯片上仅支持高功耗模式。

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]

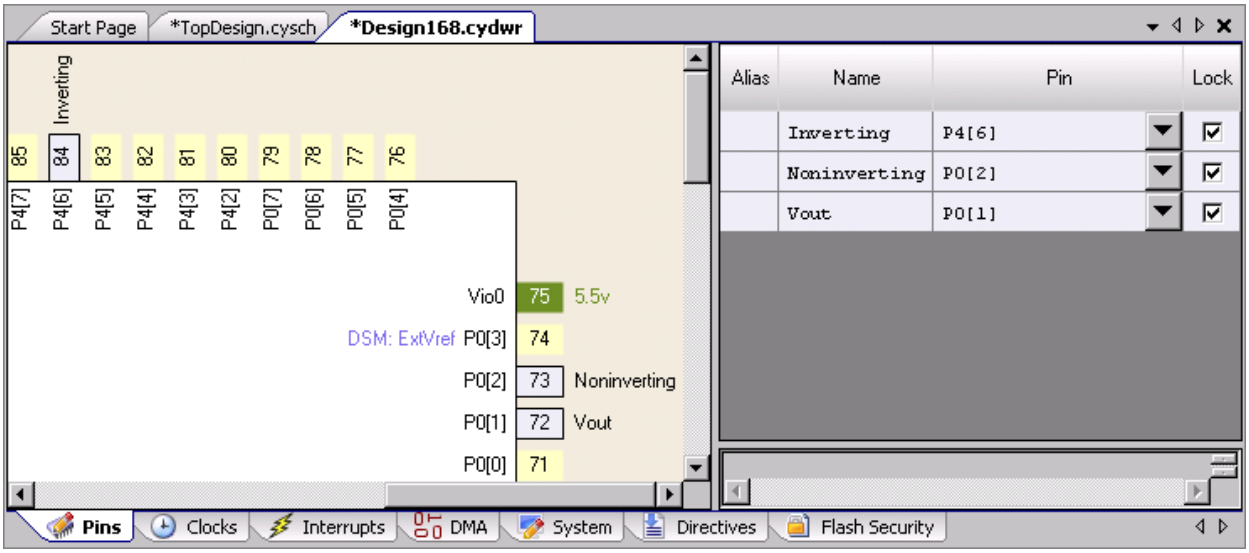
有关用于特定物理引脚连接的部件，请参见器件数据表。

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



资源

运算放大器组件在每个实例中使用一个运算放大器资源。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。

模拟模块	数字模块					API Memory（API 存储器）（字节）		Pins（引脚）（每个外部 I/O）
	Datapaths（数据路径）	Macro cells（宏单元）	Status Registers（状态寄存器）	Control Registers（控制寄存器）	Counter7（计数器 7）	Flash（闪存）	RAM	
1 个运算放大器固定模块	不可用	不可用	不可用	不可用	不可用	202	2	3

应用程序编程接口

应用程序编程接口 (API) 子程序允许您使用软件配置组件。下表列出了每个函数的接口，并进行了说明。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。实例名称会成为每个全局函数名称、变量和常量符号的前缀。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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Opamp_SetPower(uint8 power)

说明： 设置功耗水平。

注意：PSoC 5 芯片上仅支持高功耗模式。

参数： uint8 功耗：将功耗水平设置为以下四种设置之一：LPOC、低、中等、高。

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

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（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。有关电源管理函数的更多信息，请参考 PSoC Creator *System Reference Guide*（《系统参考指南》）。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： 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“配置”对话框设置来初始化或恢复组件。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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： 所有寄存器将设置为自定义程序“配置”对话框中的值。

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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（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： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Opamp_RestoreConfig(void)

说明： 空函数。预留将来使用。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

固件源代码示例

PSoC Creator 在“查找示例项目”对话框中提供了很多包括原理图和代码示例的示例项目。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。要获取通用的示例，请打开 Start Page（开始页）或 **File**（文件）菜单中的对话框。根据需要，使用对话框中的 **Filter Options**（滤波器选项）可缩小可选项目的列表。

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

PSoC 3 的直流和交流电气特性

下列值基于特性数据。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。除非下表中另外指定，否则所有典型值的适用条件是 T_A = 25° C，V_{DDA} = 5.0 V，功耗 = 高，输出相对于模拟接地，V_{SSA}。

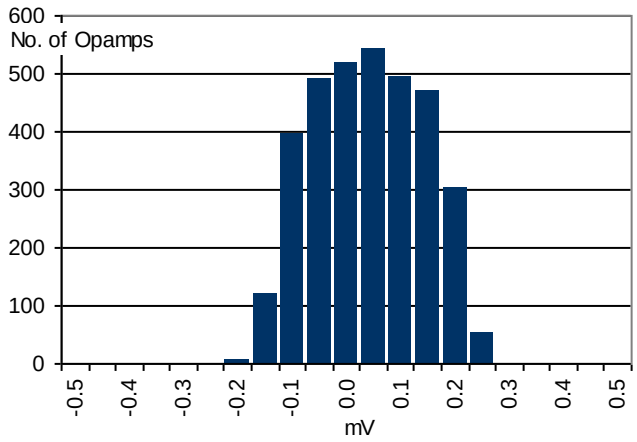
5.0 V/3.3 V 直流电气特性

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_{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	%
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

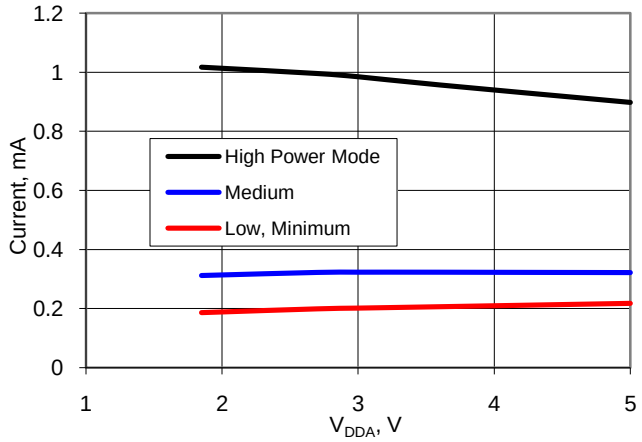
参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		功耗模式 = 高	–	1160	2500	µA
CMRR	共模抑制比		80	–	–	dB
PSRR	电源抑制比	V_{DDA} ≥ 2.7 V	85	–	–	dB
		V_{DDA} ≤ 2.7 V	70	-	-	

图

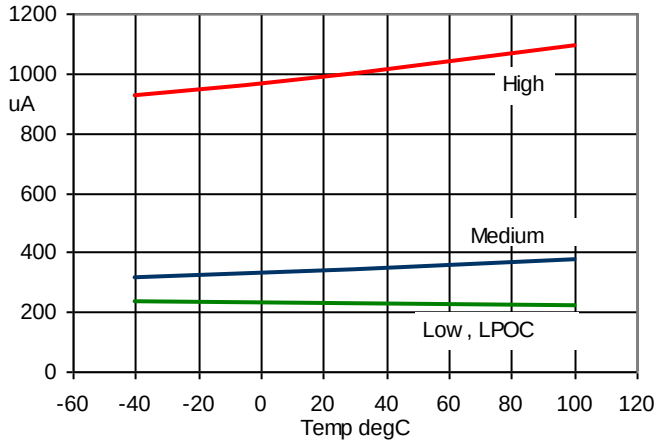
柱状图输入偏移电压
T = 25 °C，V_{DDA} = 5.0 V



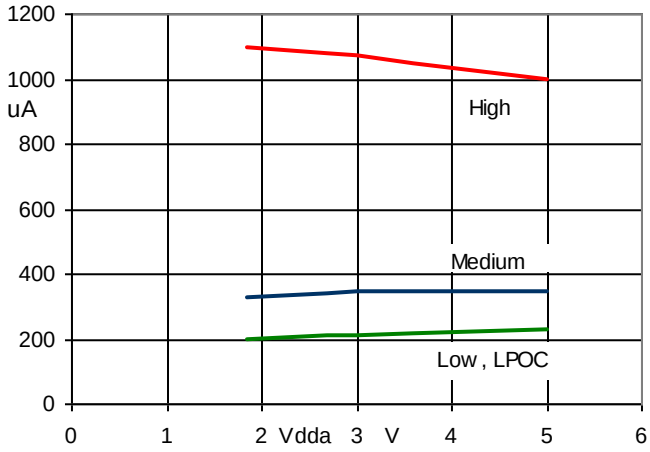
运算放大器工作电流与 V_{DDA} 和功耗模式



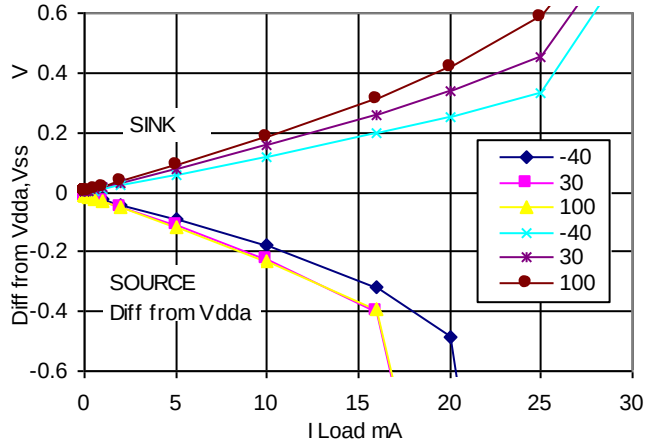
工作电流与温度，V_{DD} = 5.0 V



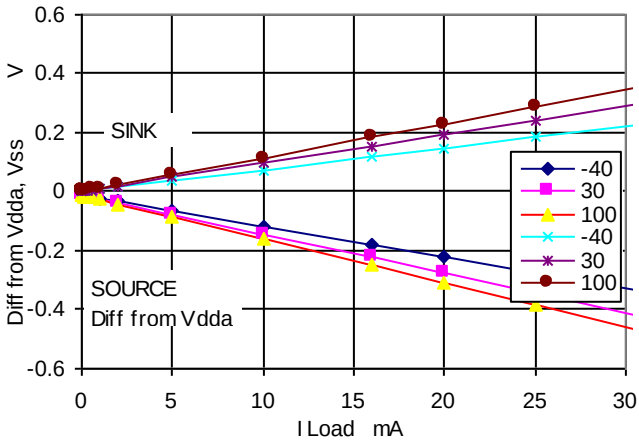
工作电流与电压 T = 25 °C



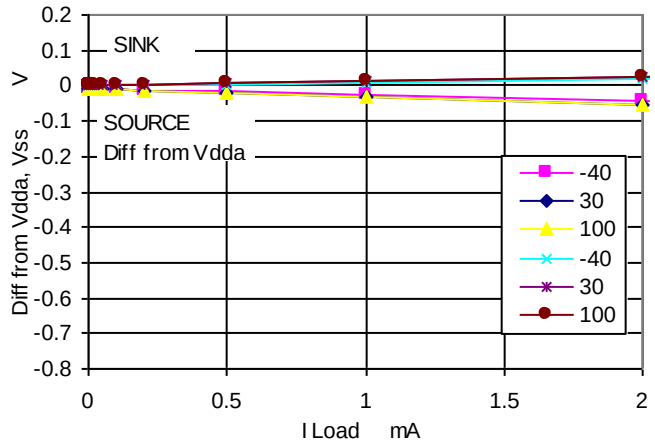
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 1.71 V，功耗模式 = 高



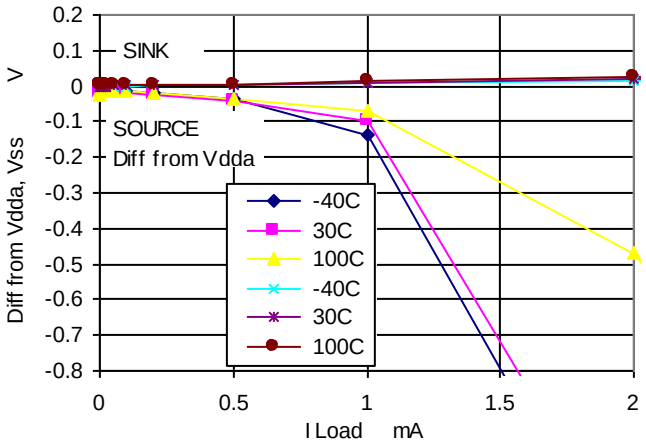
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 高



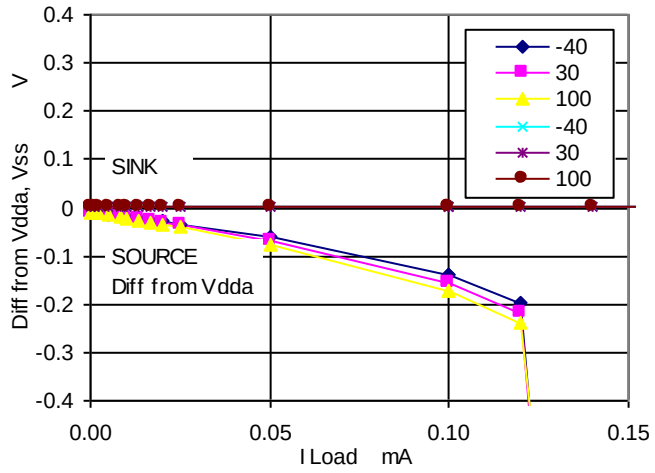
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 2.7 V，功耗模式 = 中等



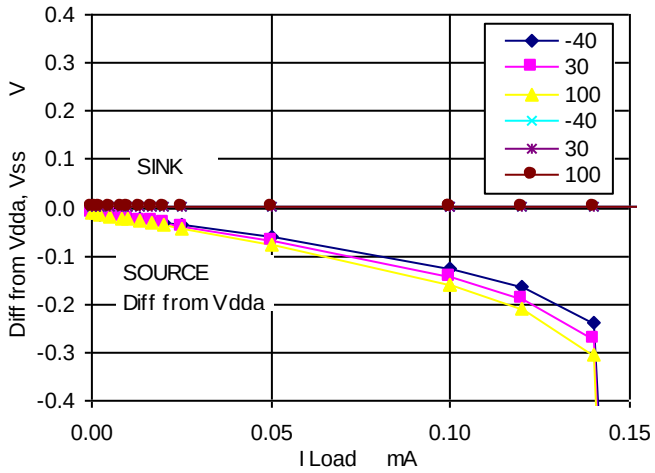
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 5.0 V，功耗模式 = 中等



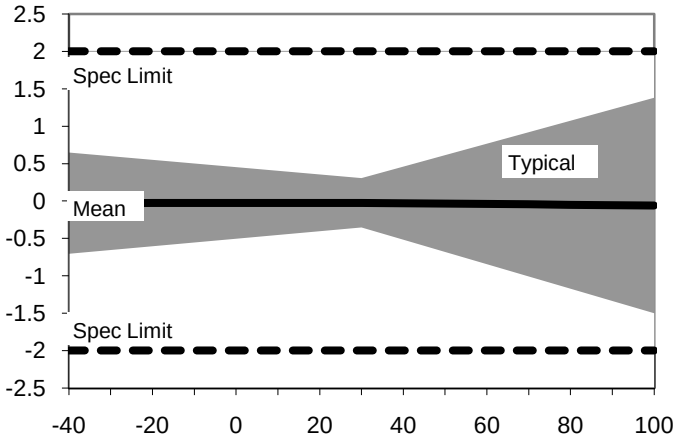
输出电压与负载电流，
V_{DDA} = 2.7 V，功耗模式 = 低



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

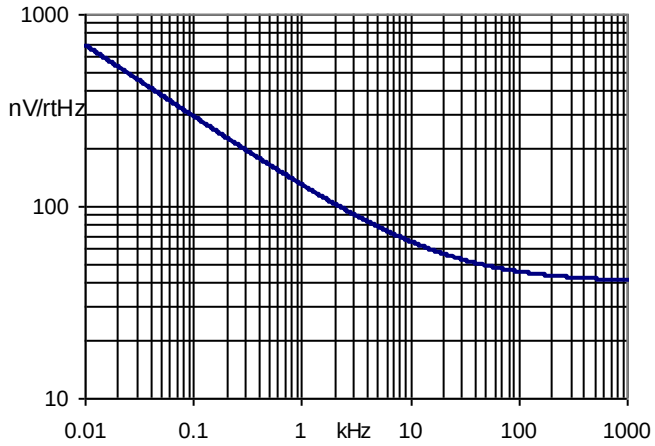


5.0 V/3.3 V 交流电气特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GBW	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
		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

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



PSoC 5 的直流和交流电气特性

下列值基于特性数据。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。除非下表中另外指定，否则所有典型值的适用条件是 T_A = 25° C，V_{DDA} = 5.0 V，功耗 = 高，输出相对于模拟接地，V_{SSA}。

5.0 V/3.3 V 直流电气特性

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
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

5.0 V/3.3 V 交流电气特性

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
GBW	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

本节介绍组件与以前版本相比的主要更改。

版本	更改说明	更改/影响原因
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	
	对数据表进行了少量编辑和更新	
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，以单独控制大多数组件的初始化和启用。

© 赛普拉斯半导体公司，2012。此处所包含的信息可能会随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品的内嵌电路之外，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。

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。除上述指定的用途之外，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的赛普拉斯软件许可协议限制。