

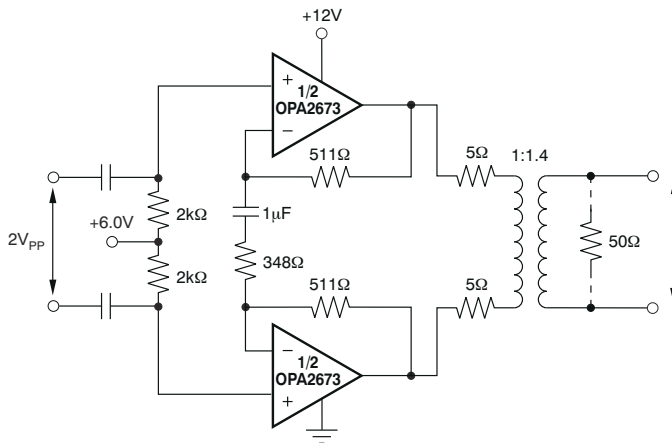
OPA2673 具有主动离线控制的双路 高输出电流运算放大器

1 特性

- 宽带运行：340 MHz ($G = 4 \text{ V/V}$)
- 单位增益稳定：600 MHz ($G = 1 \text{ V/V}$)
- 高输出电流：700 mA
- 发生 TDMA 事件时采用主动离线模式
- 可调功耗模式：
 - 满偏置模式：16.5 mA/通道
 - 75% 偏置模式：12.5 mA/通道
 - 50% 偏置模式：8.5 mA/通道
 - 离线模式：2.4 mA/通道
- 双极电源电压范围： $\pm 3.5 \text{ V}$ 至 6.5 V
- 单电源电压范围：5.75 V 至 13 V
- 高压摆率：3500V/ μs
- 过热保护电路
- 输出电流限制 ($\pm 1 \text{ A}$)

2 应用

- 电源线调制解调器
- 匹配的 I/Q 通道放大器
- 宽带视频线路驱动器
- ARB 线路驱动器
- 高容性负载驱动器
- 超声波压电式驱动器



单电源 PLC 线路驱动器

3 说明

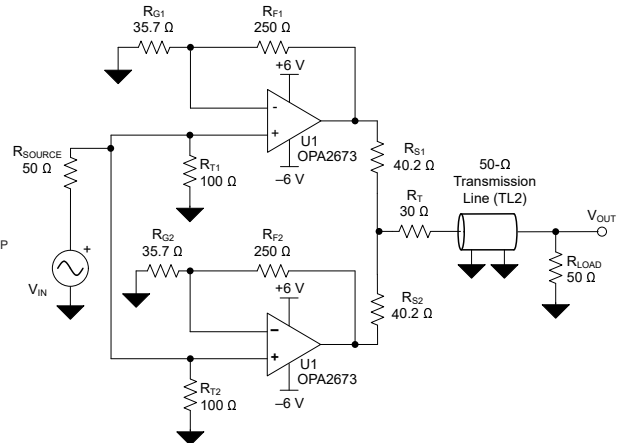
OPA2673 提供电力线调制解调器驱动器和测试测量应用所需的高输出电流和低失真。OPA2673 由 5.75 V 到 13 V 的电源电压供电运行，消耗 16.5 mA/通道的低静态电流以提供非常高的 700 mA 输出电流。OPA2673 通过 460 mA 指定的最小输出电流驱动（在 25°C 下）支持最苛刻的电力线调制解调器要求。

该器件包括电源控制功能，以尽可能减少系统功耗。两条逻辑控制线实现了四种静态功率设置：全功率、75% 偏置功率、50% 偏置功率和具有主动离线控制功能的离线模式，在输出引脚上存在大信号时，也能提供高阻抗。OPA2673 的两个通道可以作为单个运算放大器独立使用，也可以配置为差分输入到差分输出的高电流线路驱动器。

封装信息⁽¹⁾⁽²⁾

器件型号	封装	封装尺寸 ⁽³⁾
OPA2673	RGV (VQFN, 16)	4.00mm x 4.00mm

- (1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
- (2) 请参阅 [器件比较表](#)
- (3) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



50 Ω 传输线路驱动器



内容

1 特性	1	8 详细说明	19
2 应用	1	8.1 概述.....	19
3 说明	1	8.2 功能方框图.....	19
4 修订历史记录	2	8.3 特性说明.....	19
5 器件系列比较表	4	8.4 器件功能模式.....	25
6 引脚配置和功能	5	9 应用和实施	26
7 规格	6	9.1 应用信息.....	26
7.1 绝对最大额定值.....	6	9.2 典型应用.....	26
7.2 ESD 等级.....	6	9.3 电源相关建议.....	29
7.3 建议运行条件.....	6	9.4 布局.....	29
7.4 热性能信息.....	7	10 器件和文档支持	31
7.5 电气特性：满偏置和离线模式 $V_S = \pm 6V$	7	10.1 器件支持.....	31
7.6 电气特性：75% 偏置模式 $V_S = \pm 6V$	9	10.2 接收文档更新通知.....	31
7.7 电气特性：50% 偏置模式 $V_S = \pm 6V$	10	10.3 支持资源.....	31
7.8 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，满偏置.....	11	10.4 商标.....	31
7.9 典型特性： $V_S = \pm 6V$ 差分，满偏置.....	15	10.5 静电放电警告.....	31
7.10 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，75% 偏置.....	17	10.6 术语表.....	31
7.11 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，50% 偏置.....	18	11 机械、封装和可订购信息	31

4 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision G (December 2021) to Revision H (June 2023)	Page
• 更改了图 7-15 “开环跨阻增益和相位”的精度.....	11

Changes from Revision F (April 2010) to Revision G (December 2021)	Page
• 添加了器件信息表、引脚功能表、ESD 等级表、建议运行条件表、热性能信息表、概述部分、功能方框图部分、特性说明部分、器件功能模式部分、应用和实施部分、电源相关建议部分、布局部分、器件和文档支持部分以及机械、封装和可订购信息部分.....	1
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 将相关产品部分的标题更改为器件系列比较表.....	4
• 删除了封装/订购信息表.....	4
• 将引脚配置部分的标题更改为引脚配置和功能.....	5
• 通篇将 QFN 更改为 VQFN.....	5
• 将所有输入引脚电流限制从 $\pm 30mA$ 更改为 $\pm 10mA$	6
• 添加了新的热指标表.....	7
• 将 $G = 4V/V$ 时整个温度范围内的 SSBW 从 260MHz 更改为 300MHz.....	7
• 将 $G = 8V/V$ 时整个温度范围内的 SSBW 从 260MHz 更改为 300MHz.....	7
• 添加了增益为 9V/V 和 8V/V 时 LSBW 的新规格.....	7
• 将 $G = 4V/V$ 时的 LSBW 从 300MHz 更改为 144MHz.....	7
• 将压摆率规格从 3000V/ μs 更改为 3500V/ μs	7
• 将 HD2 从 -68dBc 更改为 -70dBc.....	7
• 将 HD3 从 -72dBc 更改为 -73dBc.....	7
• 将同相输入电流噪声从 5.2pA/ $\sqrt{Hz}$ 更改为 3pA/ $\sqrt{Hz}$	7
• 将反相输入电流噪声从 35pA/ $\sqrt{Hz}$ 更改为 25pA/ $\sqrt{Hz}$	7
• 将串扰从 -92dBc 更改为 -85dBc.....	7
• 将同相输入电阻典型值从 1.5M Ω 更改为 3M Ω	7
• 将最小反相输入电阻从 16 Ω 更改为 10 Ω	7
• 将典型短路电流限值从 $\pm 800mA$ 更改为 $\pm 1000mA$	7

• 将闭环输出阻抗典型值从 10m Ω 更改为 0.4m Ω	7
• 将满偏置时的最大静态电流从 38mA 更改为 42mA.....	7
• 将满偏置时整个温度范围内的最大静态电流从 42mA 更改为 46mA.....	7
• 添加了 +PSRR 规格.....	7
• 添加了 75% 偏置时的交流性能数据.....	9
• 将 75% 偏置时的 HD3 规格从 -66dBc 更改为 -72dBc.....	9
• 将 75% 偏置时的最大静态电流从 29mA 更改为 31mA.....	9
• 添加了 50% 偏置时的交流性能数据.....	10
• 将 50% 偏置时的 HD3 规格从 -60dBc 更改为 -70dBc.....	10
• 将室温下和整个温度范围内 75% 和 50% 偏置条件下的静态电流增加了 2mA.....	10
• 将满偏置时的最大静态电流从 19mA 更改为 21mA.....	10

Changes from Revision E (April 2010) to Revision F (May 2010)
Page

• 添加了 最小工作电压 (单电源) 参数.....	6
------------------------------	---

Changes from Revision D (January 2010) to Revision E (April 2010)
Page

• 修订了 绝对最大额定值 表；删除了引线温度规格，并将存储温度范围从 -40°C 更改为 -65°C.....	6
--	---

5 器件系列比较表

单通道	双通道	三通道	说明
OPA691	OPA2691	OPA3691	支持 +12V 单电源
—	THS6042	—	支持 $\pm 15V$
—	OPA2677	—	支持 +12V 单电源
—	OPA2675	—	支持 +12V 单电源、输出电流限制

6 引脚配置和功能

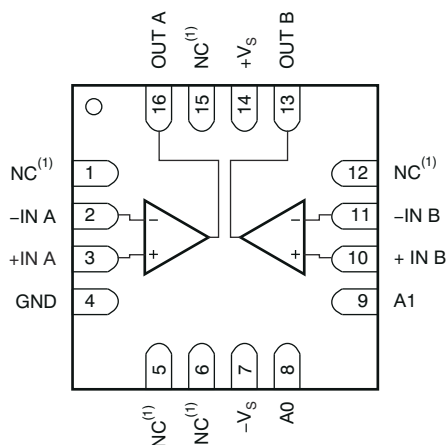


图 6-1. RGV 封装，
16 引脚 VQFN
(顶视图)

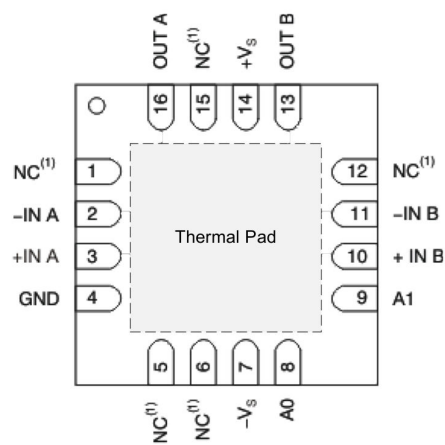


图 6-2. RGV 封装，
16 引脚 VQFN
(底视图)

表 6-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
名称	编号		
A0	8	输入	偏置模式控制
A1	9	输入	偏置模式控制
GND	4	Power	接地
- IN A	2	输入	放大器 A 反相输入
+IN A	3	输入	放大器 A 同相输入
- IN B	11	输入	放大器 B 反相输入
+IN B	10	输入	放大器 B 同相输入
NC	1、5、6、 12、15	—	请勿连接。没有内部连接。通常，建议将 GND 连接到散热平面。
OUT A	16	输出	放大器 A 输出
OUT B	13	输出	放大器 B 输出
- Vs	7	电源	负电源连接
+Vs	14	电源	正电源连接
散热焊盘		—	电连接至裸片基板和 Vs-。连接到 PCB 上的 Vs- 以获得最佳性能。

7 规格

7.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
电压	电源电压, $V_S = (V_{S+}) - (V_{S-})$ ⁽²⁾		13	V
	偏置控制引脚电压, 以 GND 为基准	0	$V_{S-} + 5$	
	除 V_{S+} 、 V_{S-} 和偏置控制引脚外的所有引脚	V_{S-}	V_{S+}	
	GND 引脚	V_{S-}	V_{S+}	
	输出引脚: 离线模式		± 4.5	
	反相输入引脚: 离线模式		± 1.1	
	差分输入电压 (每个放大器)		± 2	
电流	所有输入引脚, 电流限制		± 10	mA
	连续功耗	请参阅 热性能信息		
温度	持续运行结温 ⁽³⁾		139	°C
	最大结温, T_J (在任何情况下) ⁽⁵⁾		150	
	贮存温度, T_{stg}	-65	150	

(1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果在建议运行条件之外但在绝对最大额定值范围内短暂运行, 器件可能不会受到损坏, 但可能无法完全正常工作。以这种方式运行器件可能会影响器件的可靠性、功能和性能, 并缩短器件寿命。

(2) 请参阅“击穿测试”。

(3) 持续运行时的绝对最大结温受封装约束的限制。在超过这个温度条件下运行有可能降低此器件的可靠性以及/或者使用寿命。该器件具有热保护功能, 可在大约 180°C 的结温下关断器件, 并在大约 160°C 的温度下恢复器件。

7.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, 所有引脚 ⁽¹⁾	± 2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准, 所有引脚 ⁽²⁾	± 1500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文件 JEP157 指出: 250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

7.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_S	双电源电压	± 3.5		± 6.5	V
V_S	单电源电压	5.75		13	
GND	GND 引脚电压	V_{S-}		$V_{S+} - 2.5$	
T_A	工作环境气温	-40	25	85	°C
	热关断 ⁽¹⁾		180		

(1) OPA2673 具有热保护功能, 可在大约 180°C 的结温下关断器件, 并在大约 160°C 的温度下恢复器件。

7.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		OPA2673A	单位
		RGV (VQFN)	
		16 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	43	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	43	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	18	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.1	°C/W
Y_{JB}	结至电路板特征参数	18	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	2.5	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅[半导体和 IC 封装热指标](#)应用报告。

7.5 电气特性：满偏置和离线模式 $V_S = \pm 6V$

除非另有说明, 否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $A_0 = A_1 = 0$ (全功率)、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 、 $C_L = 1pF$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
交流性能⁽¹⁾						
SSBW	小信号带宽	$G = 1V/V$, $R_F = 511\Omega$, $V_O = 0.5V_{PP}$		600		MHz
		$G = 2V/V$, $R_F = 475\Omega$, $V_O = 0.5V_{PP}$		450		
		$G = 4V/V$, $R_F = 402\Omega$, $V_O = 0.5V_{PP}$	270	340		
		$G = 4V/V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C		300		
		$G = 8V/V$, $R_F = 250\Omega$, $V_O = 0.5V_{PP}$	270	340		
		$G = 8V/V$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C		300		
	$G = 1V/V$ 时达到峰值	$G = 1V/V$, $R_F = 511\Omega$		1.5		dB
	$G = 4V/V$ 时达到峰值	$G = 4V/V$, $R_F = 402\Omega$		0.1		dB
LSBW	大信号带宽	$G = 9V/V$, $R_F = 250\Omega$, $V_O = 9V_{PP}$		230		MHz
	大信号带宽	$G = 8V/V$, $R_F = 250\Omega$, $V_O = 5V_{PP}$		330		
	大信号带宽	$G = 4V/V$, $V_O = 5V_{PP}$		144		
	$\pm 0.1\text{dB}$ 带宽平坦度			70		
SR	压摆率 (20% 至 80%)	$V_O = 5V$ 阶跃		3500		V/ μs
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C	2300			
	上升和下降时间 (10% 至 90%)	$V_O = 2V$ 阶跃		1.2		ns
HD	二阶谐波失真	$V_O = 2V_{PP}$, 20MHz, $R_L = 50\Omega$		-70		dBc
	三阶谐波失真			-73		
HD	二阶谐波失真	$V_O = 2V_{PP}$, 20MHz, $R_L = 50\Omega$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C	-63			
	三阶谐波失真		-61			
e_n	输入电压噪声			2.4	2.62	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_{n+}	同相输入电流噪声	$f \geq 1\text{MHz}$, 以输入为基准		3	4.6	pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_{n-}	反相输入电流噪声			25	30	
e_n	输入电压噪声	$f \geq 1\text{MHz}$, 以输入为基准, $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C			4.2	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_{n+}	同相输入电流噪声				8.3	pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
i_{n-}	反相输入电流噪声				35	
	通道至通道串扰	$f \geq 1\text{MHz}$, 以输入为基准		-85		dBc

7.5 电气特性：满偏置和离线模式 $V_S = \pm 6V$ (continued)

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ C$ 、 $A_0 = A_1 = 0$ (全功率)、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 、 $C_L = 1pF$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
直流性能						
Z _{OL}	开环跨阻增益		60	90		k Ω
		T _A = - 40°C 至 85°C	55			
	输入失调电压（每个放大器）			±2	±7	mV
		T _A = - 40°C 至 85°C			±9	
	输入失调电压失配	放大器 A 到 B		±0.5	±2.2	
		T _A = - 40°C 至 85°C			±2.5	
	输入失调电压漂移	T _A = - 40°C 至 85°C			±30	
	同相输入偏置电流			±5	±25	μA
		T _A = - 40°C 至 85°C			±28	
	反相输入偏置电流			±6	±48	
		T _A = - 40°C 至 85°C			±55	
	同相输入偏置电流匹配			±0.5	±5	μA
		T _A = - 40°C 至 85°C			±7	
	反相输入偏置电流匹配			±6	±25	
		T _A = - 40°C 至 85°C			±30	
	同相输入偏置电流温漂	T _A = - 40°C 至 85°C			±47	nA/°C
	反相输入偏置电流温漂				±110	
输入特性						
CMIR	共模输入范围		±3.5	±3.6		V
		T _A = -40°C 至 85°C	±3.2			
CMRR	共模抑制比		50	56		dB
		T _A = - 40°C 至 85°C	47			
	同相输入电阻			3 1.5		M Ω pF
	反相输入电阻		10	24	40	Ω
	关断隔离，离线模式	1MHz 时输入与输出隔离		85		dB
输出特性						
V _O	输出电压摆幅 ⁽²⁾	空载	±4.8	±4.9		V
		无负载，T _A = - 40°C 至 85°C	±4.7			
V _O	输出电压摆幅 ⁽²⁾	R _L = 100 Ω	±4.75	±4.9		V
		R _L = 100 Ω，T _A = - 40°C 至 85°C	±4.65			
		R _L = 25 Ω	±4.5	±4.7		
		R _L = 25 Ω，T _A = - 40°C 至 85°C	±4.4			
I _O	输出电流（拉电流和灌电流） ⁽²⁾	R _L = 4 Ω	±460	±700		mA
		R _L = 4 Ω，T _A = - 40°C 至 85°C	±425			
	短路输出电流	拉电流和灌电流		±1000		mA
Z _{OUT}	闭环输出阻抗	f = 100kHz		0.4		m Ω
Z _O	开环输出阻抗	f = 100kHz，离线模式		25 4.5		k Ω pF

7.5 电气特性：满偏置和离线模式 $V_S = \pm 6V$ (continued)

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ C$ 、 $A_0 = A_1 = 0$ (全功率)、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 、 $C_L = 1pF$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
电源						
I _Q	两个通道的总静态电流	满偏置 (A ₀ = 0 , A ₁ = 0)		33	42	mA
		满偏置, T _A = - 40°C 值 85°C			46	
		离线模式 (A ₀ = 1 , A ₁ = 1)		5.5	7.2	
		离线模式, T _A = - 40°C 至 85°C			9	
+PSRR	正电源抑制比	T _A = - 40°C 至 85°C	57	60	dB	
- PSRR	负电源抑制比		47	55		
偏置控制						
	偏置控制引脚逻辑阈值	逻辑 1, 相对于 GND	2		V	
		逻辑 0, 相对于 GND		0.8		
	偏置控制引脚电流	A ₀ 、A ₁ = 0.5V ⁽³⁾ , T _A = - 40°C 至 85°C		30	μA	
		A ₀ 、A ₁ = 3.3V, T _A = - 40°C 至 85°C		150		

- (1) 交流性能的最小/最大限值由设计设定
- (2) 有关输出电压与输出电流特性间关系的信息，请参阅[输出裕度与输出电流之间的关系](#)。
- (3) 电流流入引脚。

7.6 电气特性：75% 偏置模式 $V_S = \pm 6V$

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ C$ 、 $A_0 = 1, A_1 = 0$ (75% 偏置)、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 、 $C_L = 1pF$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
交流性能						
SSBW	小信号带宽	$G = 4V/V$ 、 $R_F = 402\ \Omega$ 、 $V_O = 0.5V_{PP}$	310			MHz
LSBW	大信号带宽	$V_O = 4\ V_{PP}$	160			
SR	压摆率 (20% 至 80%)	$V_O = 5V$ 阶跃	3000			V/ μs
HD2	二阶谐波失真	$V_O = 2V_{PP}$, 20MHz, $R_L = 50\ \Omega$	-69			dBc
HD3	三阶谐波失真		-72			
e_n	输入电压噪声	$f \geq 1MHz$, 以输入为基准	2.6			nV/ $\sqrt{Hz}$
	输入失调电压 (每个放大器)		± 2		± 7	mV
		$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$			± 9	
I_O	输出电流 (拉电流和灌电流)	$R_L = 4\ \Omega$	± 350	± 500		mA
		$R_L = 4\ \Omega$, $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$	± 300			
	短路输出电流	拉电流和灌电流	± 1000			
电源						
I_Q	两个通道的总静态电流		25		31	mA
		$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$			34	

7.7 电气特性：50% 偏置模式 $V_S = \pm 6V$

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $A_0 = 0$ 、 $A_1 = 1$ (50% 偏置)、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 、 $C_L = 1pF$ 。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
交流性能						
SSBW	小信号带宽	$G = 4V/V$ 、 $R_F = 402\ \Omega$ 、 $V_O = 0.5V_{PP}$	260		MHz	
LSBW	大信号带宽	$V_O = 4\ V_{PP}$	140			
SR	压摆率 (20% 至 80%)	$V_O = 5V$ 阶跃	2700		V/ μs	
HD2	二阶谐波失真	$V_O = 2V_{PP}$ ，20MHz， $R_L = 50\ \Omega$	-66		dBc	
HD3	三阶谐波失真		-70			
e_n	输入电压噪声	$f \geq 1MHz$ ，以输入为基准	3.2		nV/ $\sqrt{Hz}$	
	输入失调电压 (每个放大器)		± 2		± 7	mV
		$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$			± 9	
I_O	输出电流 (拉电流和灌电流)	$R_L = 4\ \Omega$	± 120	± 180	mA	
		$R_L = 4\ \Omega$ ， $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$	± 110			
	短路输出电流	拉电流和灌电流	± 1000			
电源						
I_Q	两个通道的总静态电流		17		21	mA
		$T_A = -40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$			23	

7.8 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，满偏置

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

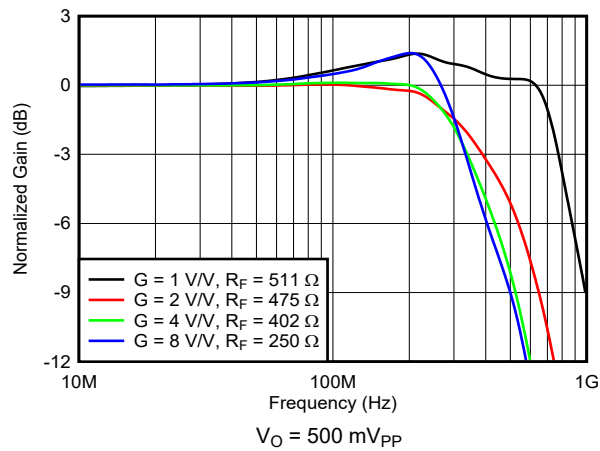


图 7-1. 小信号频率响应

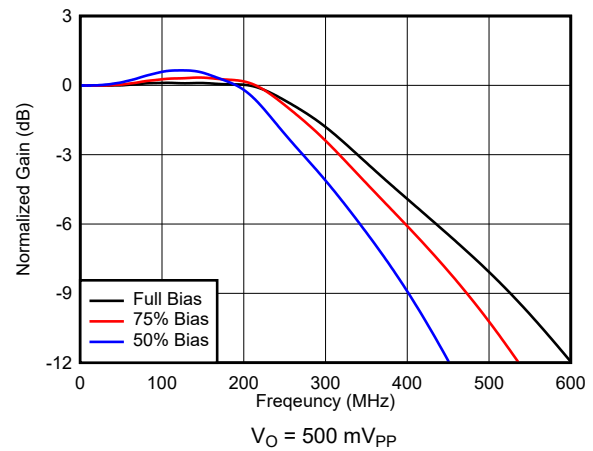


图 7-2. 不同电源设置的小信号频率响应

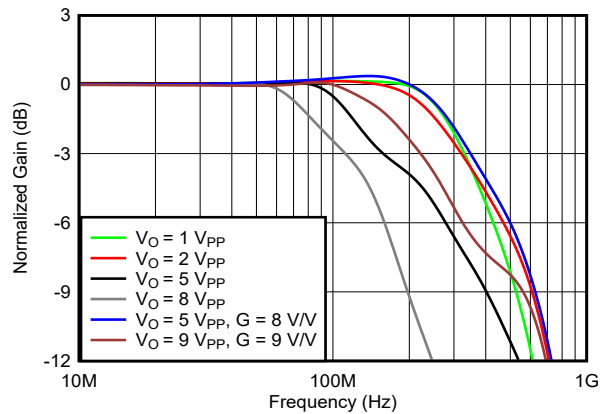


图 7-3. 大信号频率响应

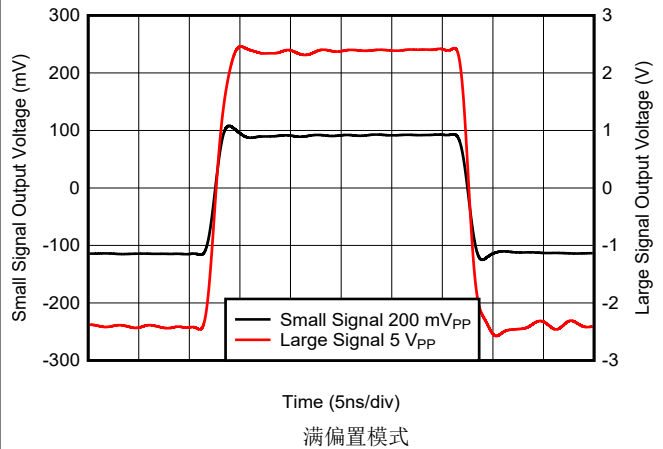


图 7-4. 小信号和大信号脉冲响应

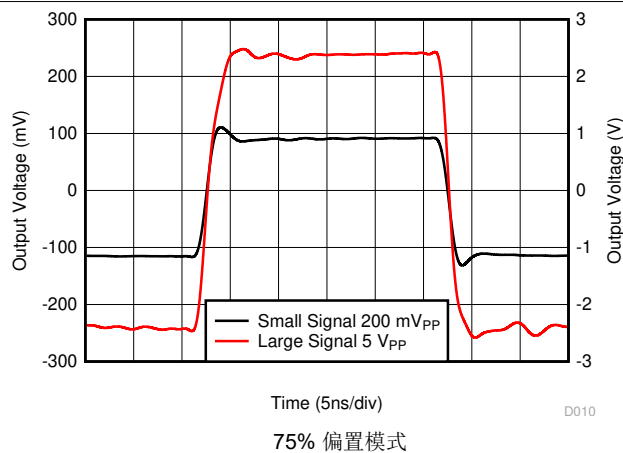


图 7-5. 小信号和大信号脉冲响应

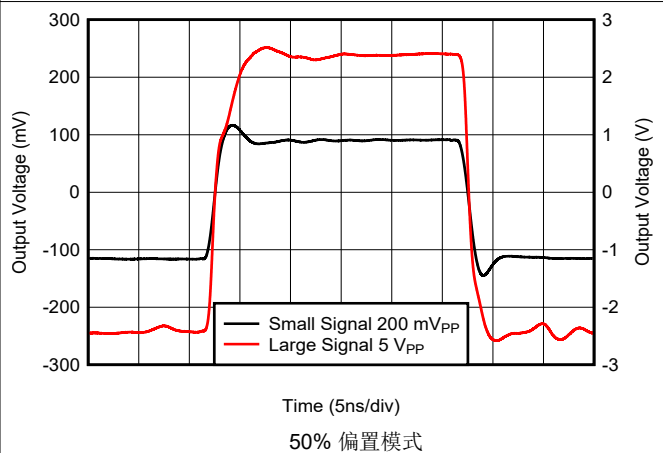


图 7-6. 小信号和大信号脉冲响应

7.8 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，满偏置 (continued)

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

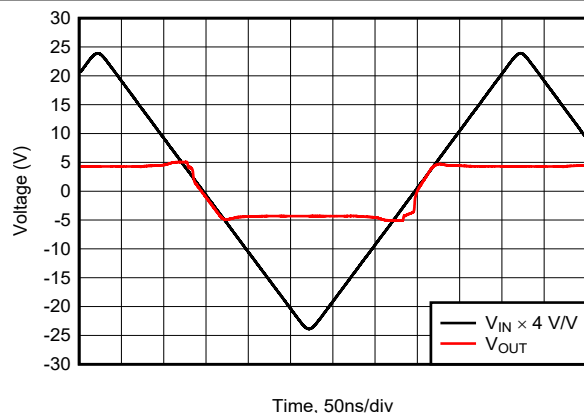


图 7-7. 过驱恢复

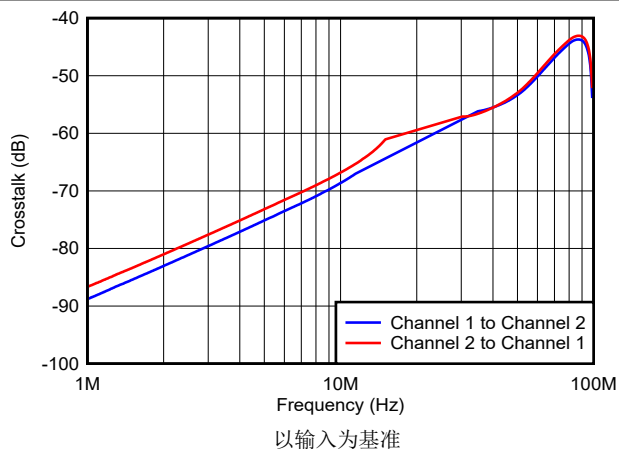


图 7-8. 通道-通道串扰

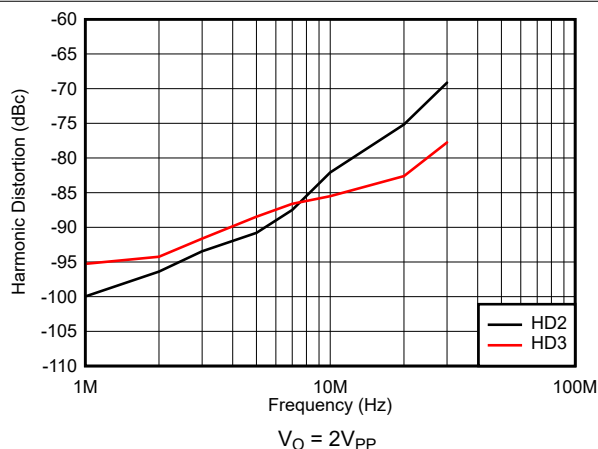


图 7-9. 谐波失真与频率间的关系

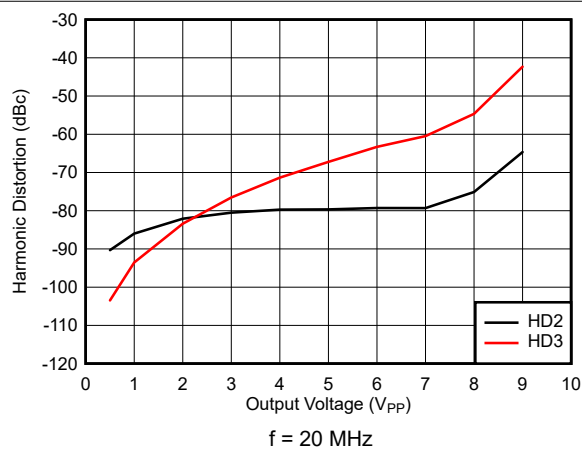


图 7-10. 谐波失真与输出电压间的关系

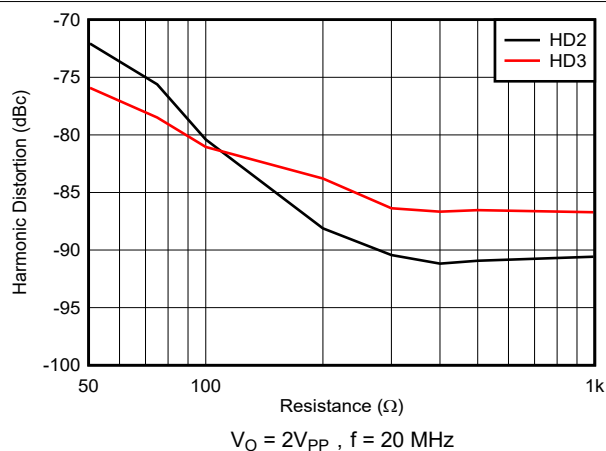


图 7-11. 谐波失真与负载电阻间的关系

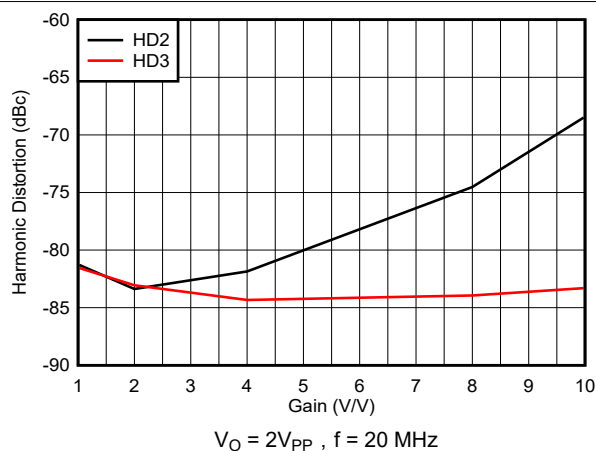


图 7-12. 谐波失真与同相增益间的关系

7.8 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，满偏置 (continued)

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

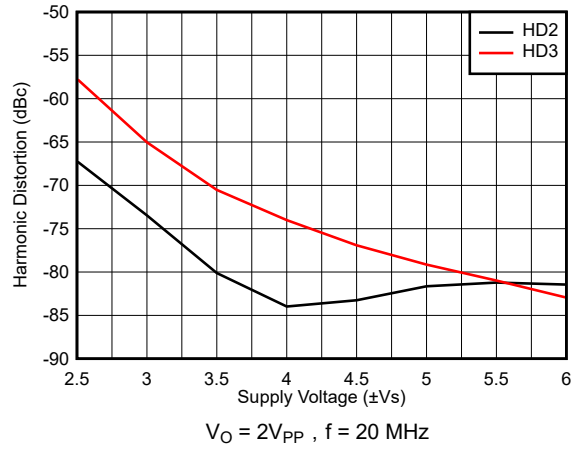


图 7-13. 谐波失真与电源电压间的关系

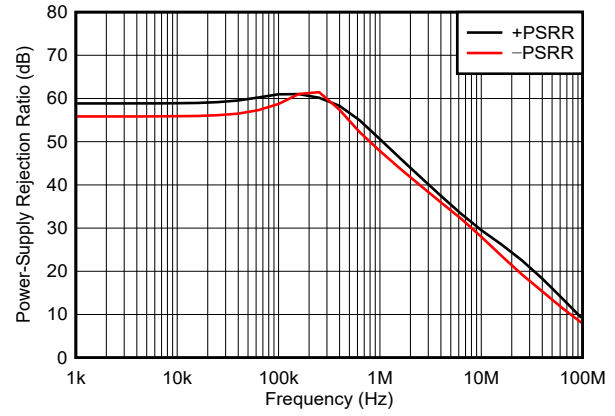


图 7-14. CMRR 和 PSRR 与频率间的关系

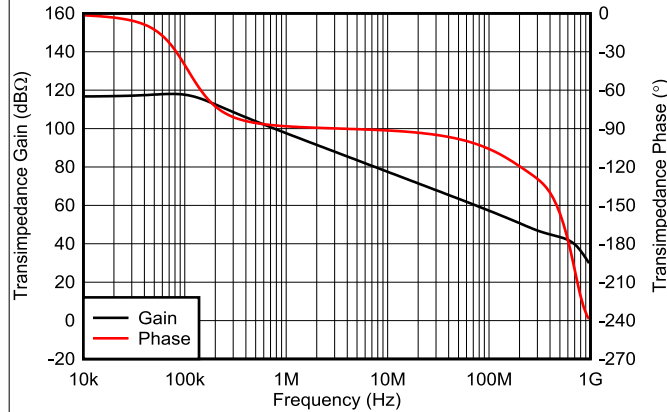


图 7-15. 开环跨阻增益和相位

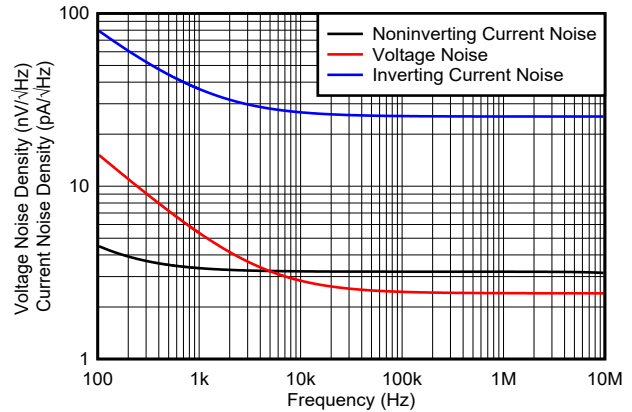


图 7-16. 输入电压和电流噪声密度

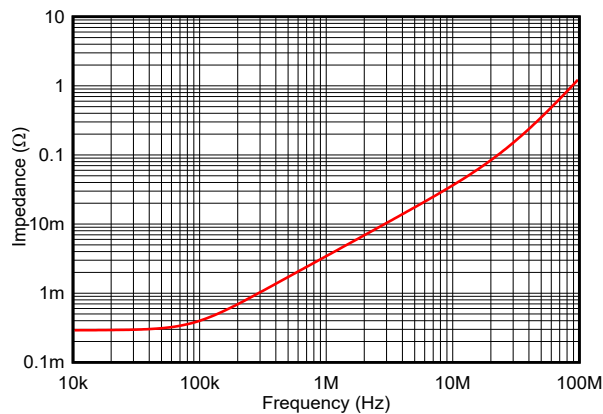


图 7-17. 闭环输出阻抗与频率间的关系

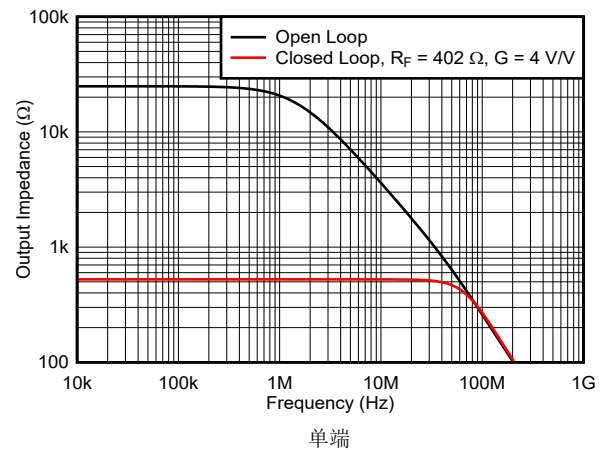


图 7-18. 主动离线阻抗与频率间的关系

7.8 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，满偏置 (continued)

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

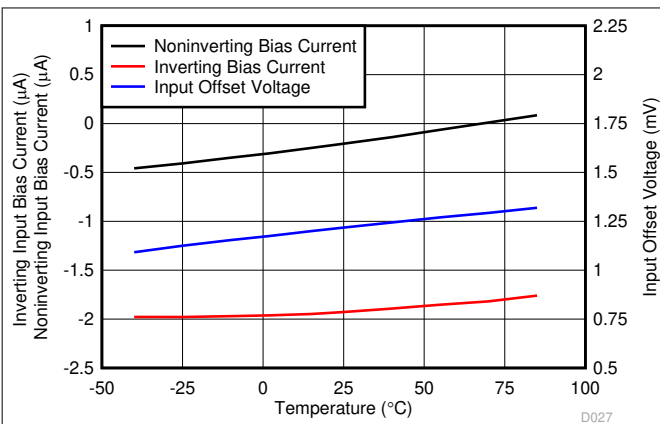


图 7-19. 不同温度下的典型直流漂移

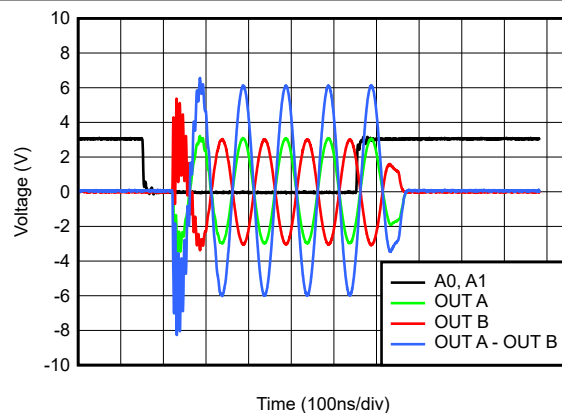


图 7-20. 满偏置模式到离线模式的转换时间

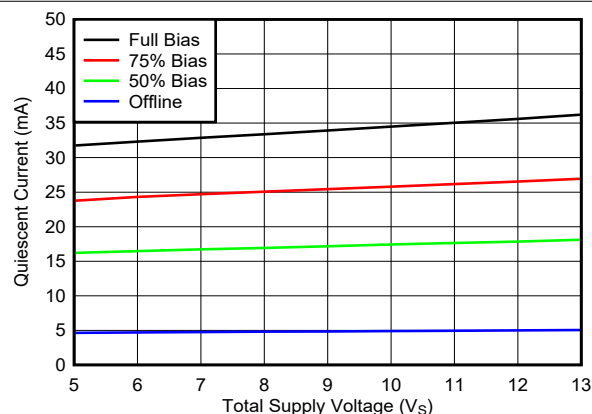


图 7-21. 电源电流与电源电压间的关系

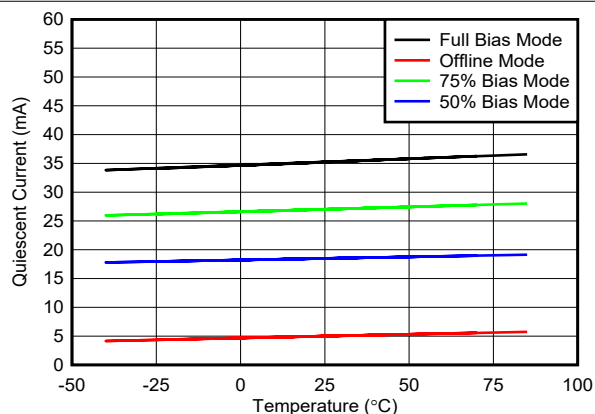


图 7-22. 电源电流与温度间的关系

7.9 典型特性： $V_S = \pm 6V$ 差分，满偏置

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ C$ 、 $R_F = 511\Omega$ 、 $R_L = 100\Omega$ 差分、 $G_{DIFF} = +4V/V$ 且 $G_{CM} = +1V/V$ 。

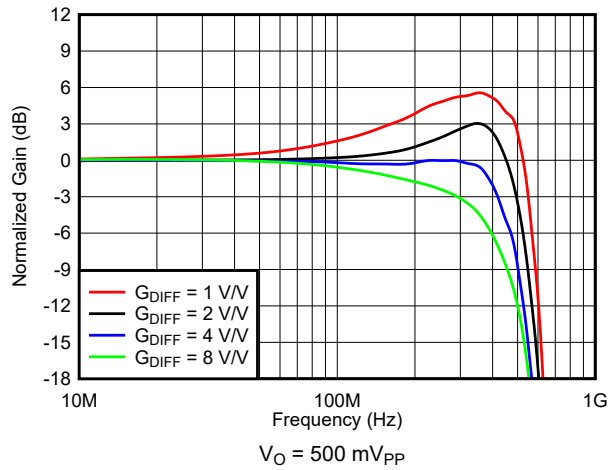


图 7-23. 小信号频率响应

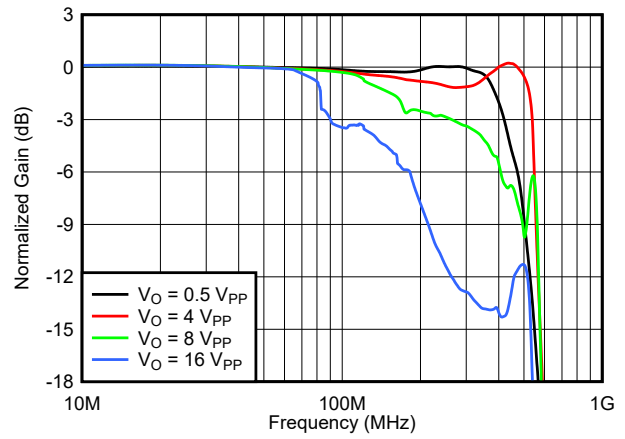


图 7-24. 大信号频率响应

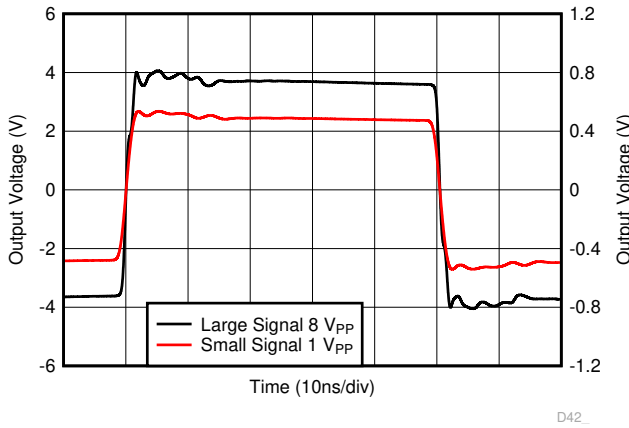


图 7-25. 小信号和大信号脉冲响应

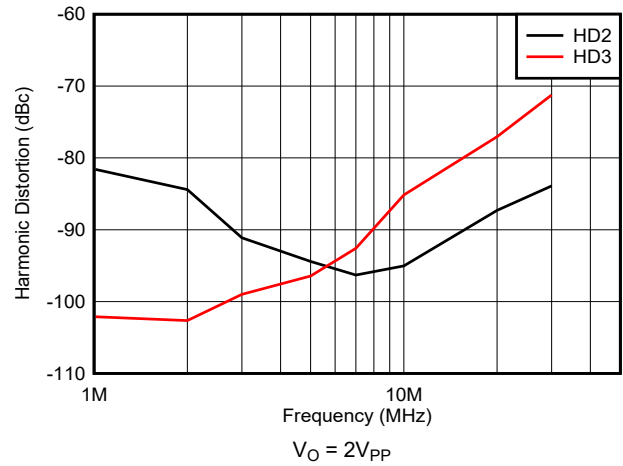


图 7-26. 谐波失真与频率间的关系

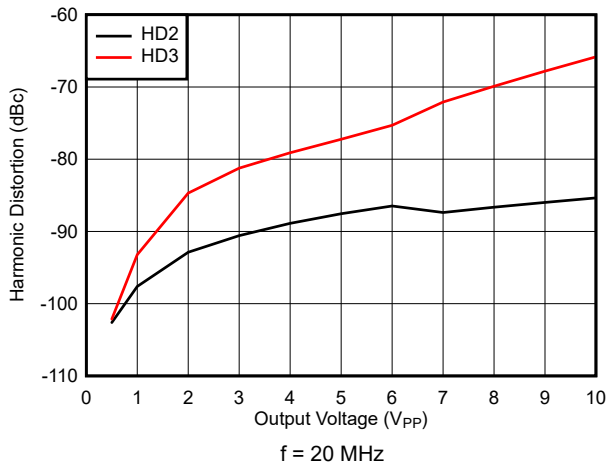


图 7-27. 谐波失真与输出电压间的关系

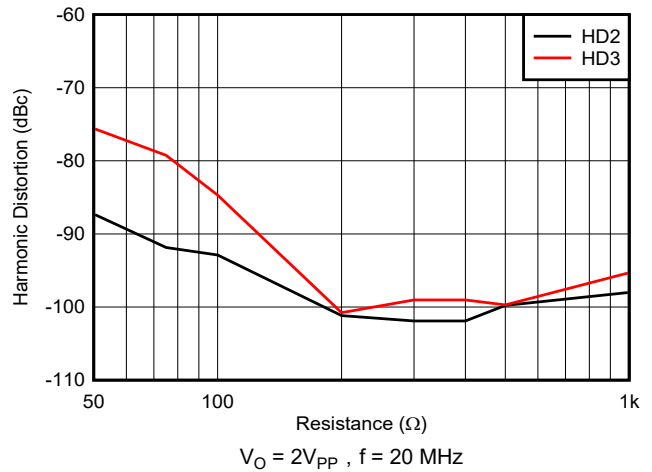
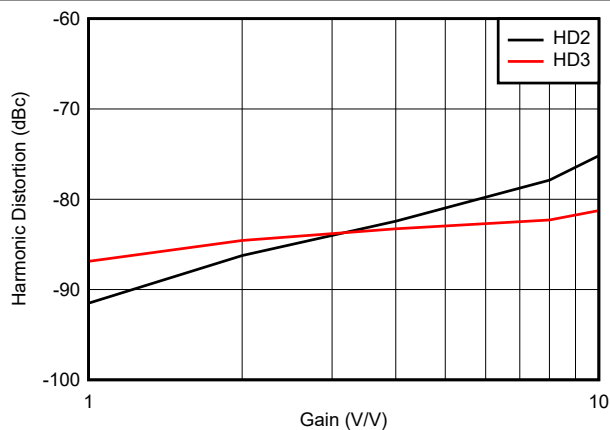


图 7-28. 谐波失真与负载电阻间的关系

7.9 典型特性： $V_S = \pm 6V$ 差分，满偏置 (continued)

除非另有说明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $R_F = 511\Omega$ 、 $R_L = 100\Omega$ 差分、 $G_{\text{DIFF}} = +4V/V$ 且 $G_{\text{CM}} = +1V/V$ 。



$V_O = 2V_{\text{PP}}$, $f = 20\text{ MHz}$

图 7-29. 谐波失真与同相增益间的关系

7.10 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，75% 偏置

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

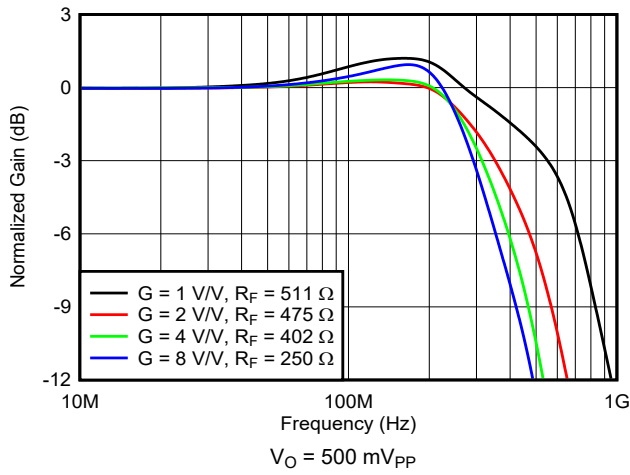


图 7-30. 小信号频率响应

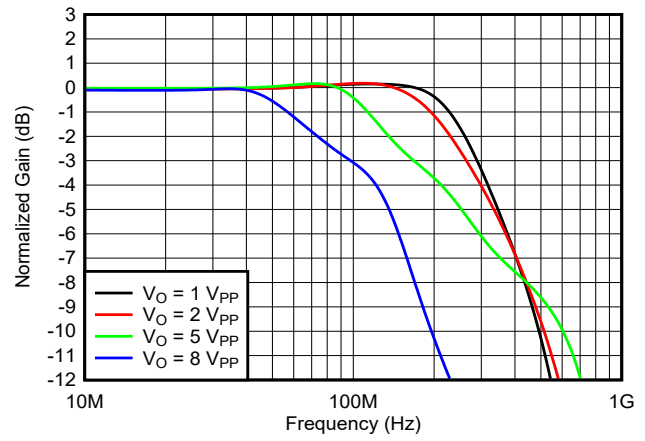


图 7-31. 大信号频率响应

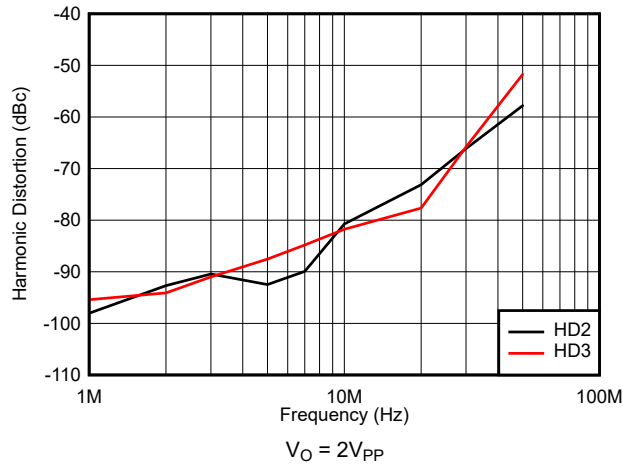


图 7-32. 谐波失真与频率间的关系

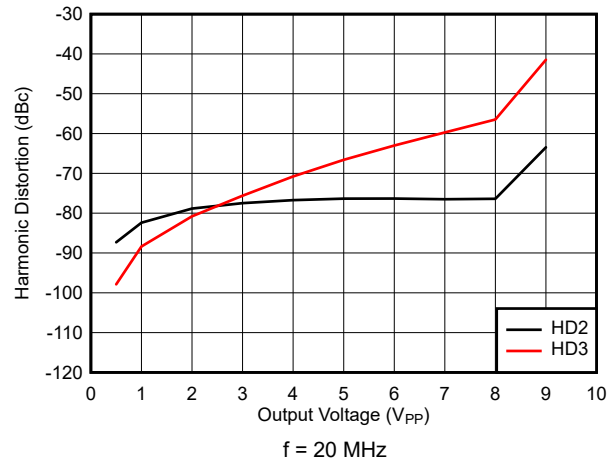


图 7-33. 谐波失真与输出电压间的关系

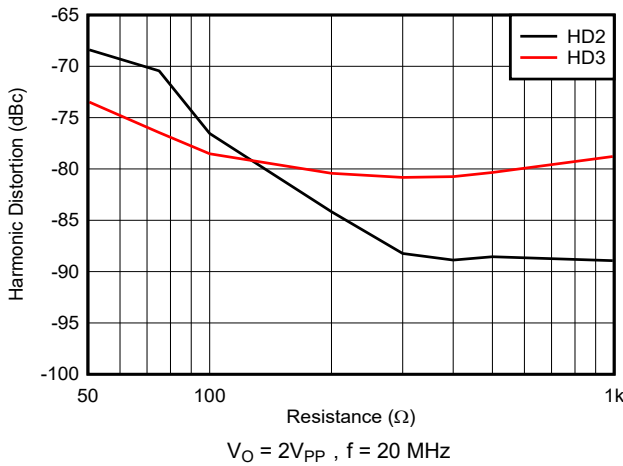


图 7-34. 谐波失真与负载电阻间的关系

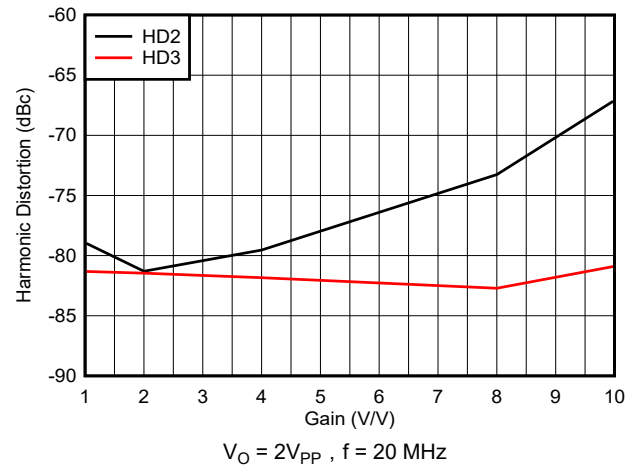


图 7-35. 谐波失真与同相增益间的关系

7.11 典型特性： $V_S = \pm 6V$ ，50% 偏置

除非另有说明， $T_A = +25^\circ C$ 、 $G = +4V/V$ 、 $R_F = 402\Omega$ 且 $R_L = 100\Omega$ 。

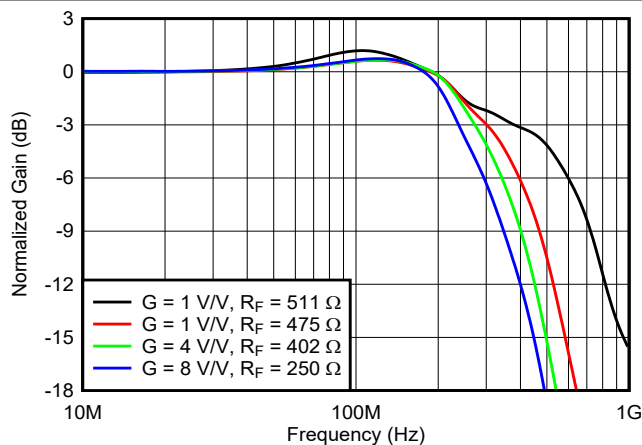


图 7-36. 小信号频率响应

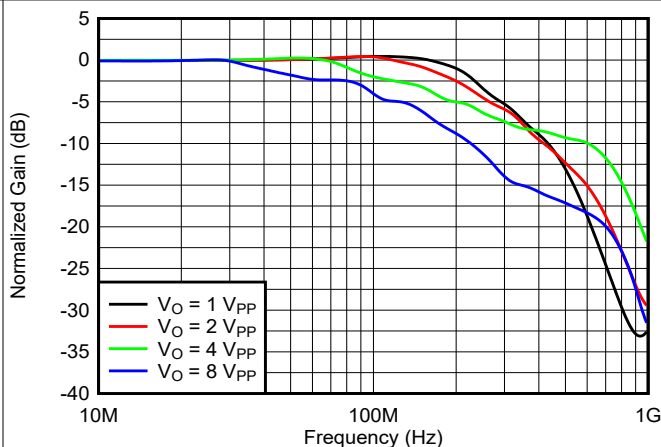


图 7-37. 大信号频率响应

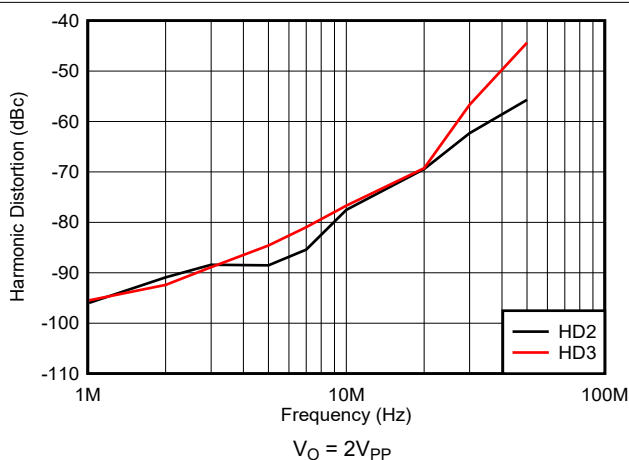


图 7-38. 谐波失真与频率间的关系

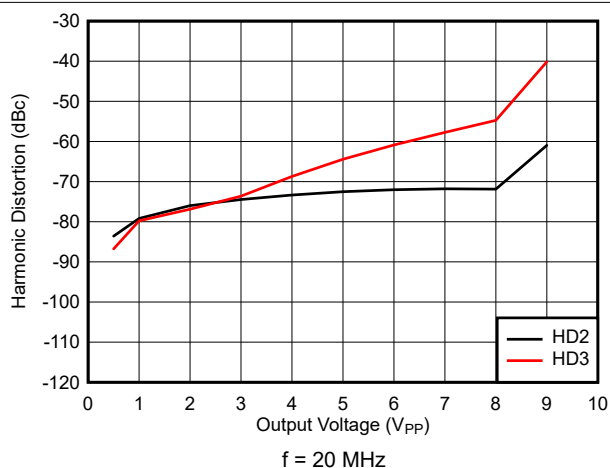


图 7-39. 谐波失真与输出电压间的关系

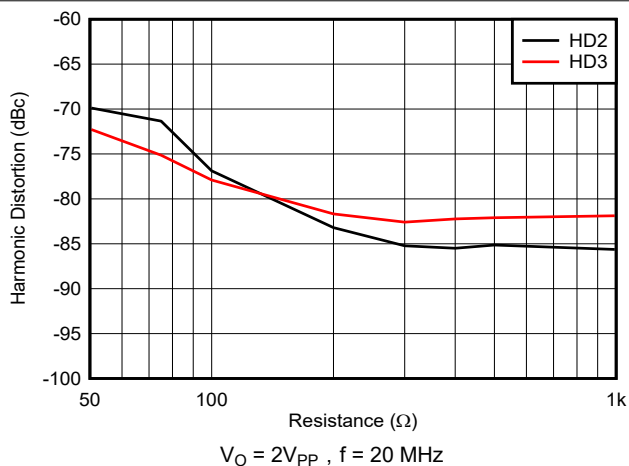


图 7-40. 谐波失真与负载电阻间的关系

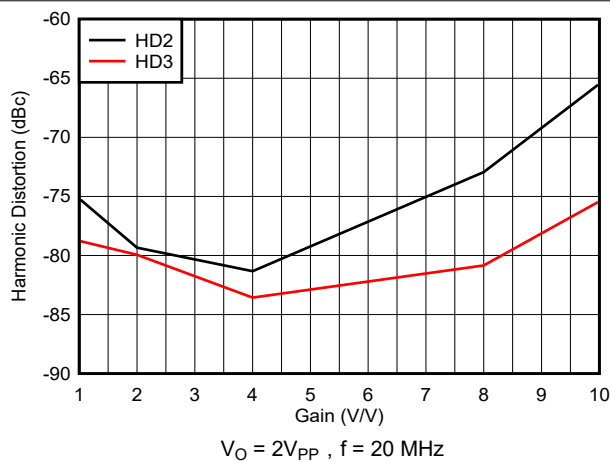


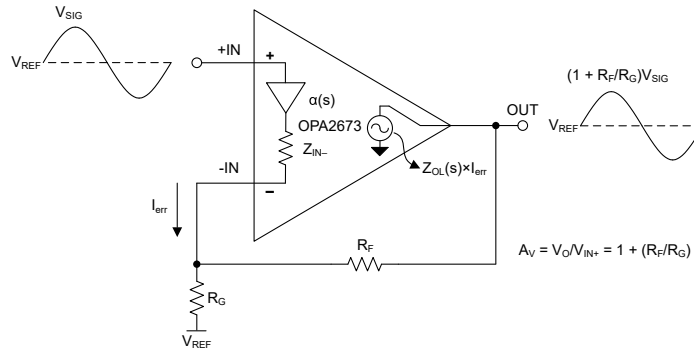
图 7-41. 谐波失真与同相增益间的关系

8 详细说明

8.1 概述

OPA2673 是一款高速、高电流输出、电流反馈放大器 (CFA)，旨在 $\pm 3.5\text{ V}$ 到 $\pm 6.5\text{ V}$ 的宽电源电压范围内运行，适用于需要大驱动电流和宽带宽的应用。OPA2673 具有离线模式，使放大器能够在高输出阻抗条件下运行，并且在总线拓扑中连接时不会对网络产生负载。图 3-1 展示了 OPA2673 的两个通道如何用作两个独立的放大器，或者如何采用差分输入到差分输出配置进行连接。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

OPA2673 通过高线性度、高功率输出级提供出色的交流性能。OPA2673 的每个通道需要 16mA 的静态电流，可在任一电源轨的 1.1V 范围内摆动，并可在室温条件下提供超过 460 mA 的输出。这种低输出裕量要求以及电源电压无关的偏置可实现出色的双电源 ($\pm 6\text{V}$) 运行。OPA2673 提供大于 450MHz 的带宽，可在 12V 单电源条件下提供 2V_{PP} 输出来驱动 100Ω 负载。

电流反馈运算放大器相对于电压反馈运算放大器的主要优点是交流性能 (带宽和失真) 相对独立于信号增益。图 8-1 展示了增益为 +4V/V 的直流耦合双电源电路配置用作 $\pm 6\text{V}$ 电气特性和典型特性的测试电路。电气特性中报告的电压摆幅直接取自输入和输出引脚。为了测量交流性能，OPA2673 的输出端接匹配的 50Ω 负载。因此，OPA2673 的总有效负载为 $100\Omega \parallel 402\Omega = 80\Omega$ 。

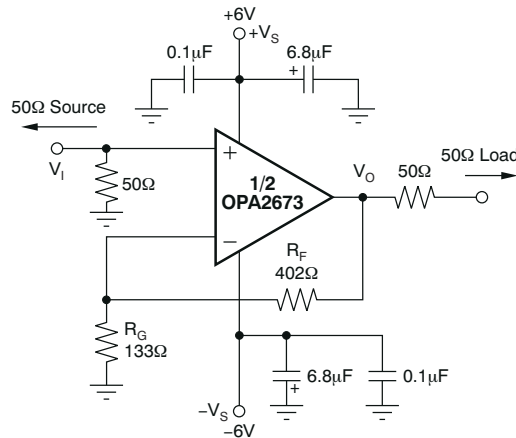


图 8-1. 直流耦合、 $G = +4\text{V/V}$ 、双极性电源

8.3.1 操作建议

8.3.1.1 设置电阻值以优化带宽

通过适当调整外部电阻值，OPA2673 等电流反馈运算放大器可以在信号增益设置条件下保持几乎恒定的带宽，如典型特性所示；小信号带宽只会随着增益的增加而略有下降。这些特性曲线还显示针对每个增益设置更改了反馈

电阻器。电流反馈运算放大器电路反相侧的 R_F 绝对值可以视为频率响应补偿元件，而 R_F 和 R_G 的比率设置信号增益。

图 8-2 展示了 OPA2673 的小信号频率响应分析电路。

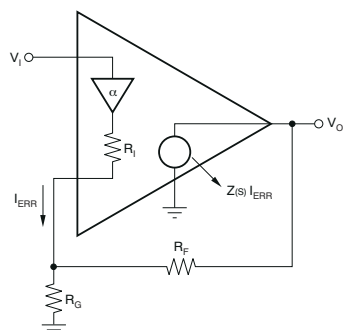


图 8-2. 电流反馈传递函数分析电路

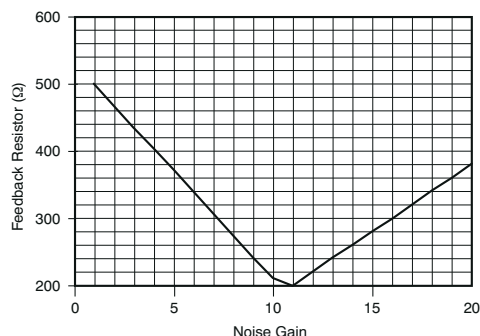


图 8-3. 反馈电阻与噪声增益间的关系

此电流反馈运算放大器模型的关键要素为：

- α = 从同相输入到反相输入的缓冲器增益
- R_I = 缓冲器输出阻抗
- I_{ERR} = 反馈误差电流信号
- $Z(s)$ = 从 I_{ERR} 到 V_O 的频率相关开环跨阻增益

$$NG = \text{Noise Gain} = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (1)$$

电流反馈运算放大器检测反相节点中的误差电流（相对于电压反馈运算放大器的差分输入误差电压），并通过与频率相关的内部跨阻增益将其传递到输出端。[典型特性](#) 展示了此开环跨阻响应，类似于电压反馈运算放大器的开环电压增益曲线。要进一步了解 CFA 工作原理，请参阅 [TI 高精度实验室](#) 中显示的培训视频。

图 8-3 中显示的 R_F 与增益的值大约等于用于生成[典型特性](#) 的值，并且为需要优化带宽的设计提供了一个良好的起点。

8.3.1.2 输出电流和电压

OPA2673 提供低成本双路单片运算放大器无法比拟的输出电压和电流功能。在 $+25^\circ\text{C}$ 的无负载条件下，输出电压通常在任一电源轨小于 1.1V 的范围内摆动；在 $+25^\circ\text{C}$ 条件下测试发现，摆幅限制在任一电源轨的 1.2V 范围内。OPA2673 能够在室温下提供大约 700 mA 的拉电流和灌电流。图 8-4 和图 8-5 展示了不同温度下 OPA2673 的电流输出与负载条件下该电流输出下的最大电压摆幅之间的关系。

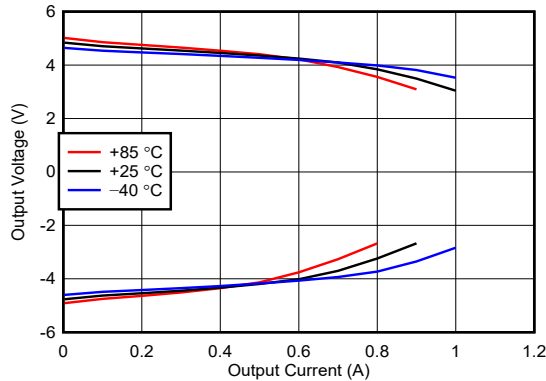


图 8-4. 输出裕量与输出电流间的关系

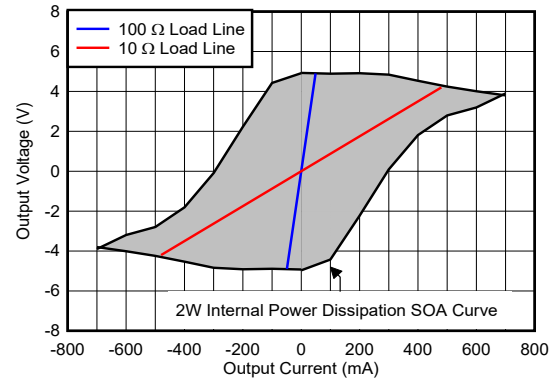


图 8-5. 输出电压和电流限制

对于前面所述的规格，请分别考虑电压和电流限制。在许多应用中，电压乘以电流（或 V-I 乘积）与电路运行更为相关。图 8-5 分别展示了 X 轴和 Y 轴上的零电压输出电流限制和零电流输出电压限制。四个象限给出了 OPA2673 输出驱动能力的更详细的视图，请注意该图由 2W 最大内部功耗的安全工作区域限定（本例中仅为一个通道）。将电阻器负载线路叠加到图上可以看出，OPA2673 可以在 10 Ω 负载条件下驱动 $\pm 4V$ 电压或在 25 Ω 负载条件下驱动 $\pm 4.5V$ 电压，而不会超过输出能力或 2W 的功耗限制。如电气特性中所述，100 Ω 负载线路（标准测试电路负载）展示了完整的 $\pm 4.8V$ 输出摆幅能力。

8.3.1.3 驱动容性负载

对于运算放大器来说，要求最苛刻但很常见的负载条件之一是容性负载。通常，容性负载是模数转换器 (ADC) 的输入，其中包括推荐用于改善 ADC 线性度的附加外部电容。当容性负载直接置于输出引脚上时，高速高开环增益放大器（如 OPA2673）可能非常容易降低稳定性和闭环响应峰值。考虑放大器开环输出电阻时，该容性负载会在信号路径中引入额外的极点，从而可以减小相位裕度。

当主要考虑因素为频率响应平坦度、脉冲响应保真度和失真时，最简单和最有效的解决方案是在放大器输出端与容性负载之间插入串联隔离电阻器 (R_{ISO}) 来隔离容性负载 (C_L) 与反馈环路。图 8-6 显示了该配置。该方法不会消除环路响应中的极点，而是会移动极点，并在更高的频率下增加零点。附加的零点可用于消除来自容性负载极点的相位滞后，从而增大相位裕度并提高稳定性。图 8-7 展示了建议的 R_{ISO} 与 C_L 之间的关系，而图 8-8 展示了使用优化的 R_{ISO} 值产生的频率响应。

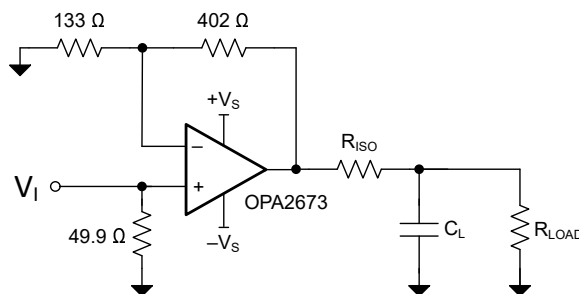


图 8-6. 使用输出串联隔离电阻器驱动大容性负载

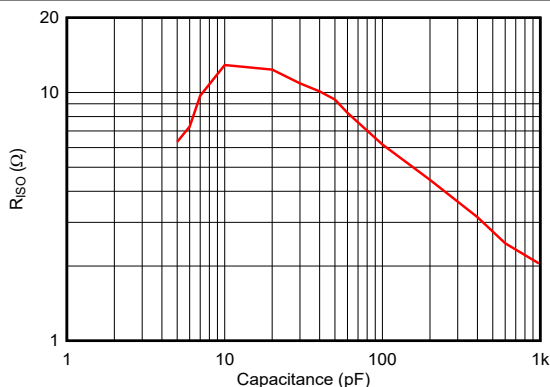
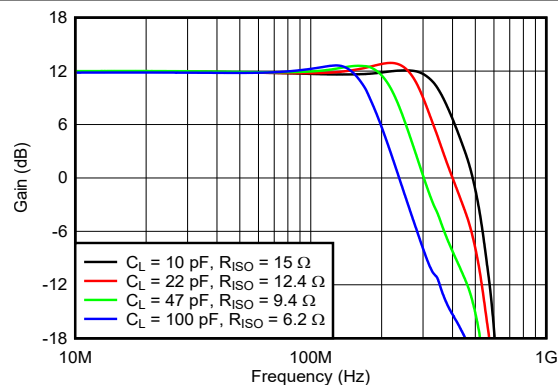
图 8-7. 建议的 R_{ISO} 与容性负载间的关系

图 8-8. 频率响应与容性负载间的关系

8.3.1.4 线路驱动器净空模型

驱动器设计的第一步是根据目标规格计算峰峰值输出电压。该计算是使用以下公式来完成的：

$$P_L = 10 \times \log \frac{V_{RMS}^2}{(1mW) \times R_L} \quad (2)$$

当负载上存在 P_L 功率和 V_{RMS} 电压且已知 R_L 负载阻抗时，该计算得出：

$$V_{RMS} = \sqrt{(1mW) \times R_L \times 10^{\frac{P_L}{10}}} \quad (3)$$

$$V_P = \text{CrestFactor} \times V_{RMS} = CF \times V_{RMS} \quad (4)$$

其中，负载处的 V_P 峰值电压和波峰因数 CF ：

$$V_{LPP} = 2 \times CF \times V_{RMS} \quad (5)$$

其中， V_{LPP} ：负载峰峰值电压。

通过整合 [方程式 2](#) 到 [方程式 5](#)，可将所需的峰峰值电压表示为波峰因数、负载阻抗和负载功率的函数。因此：

$$V_{LPP} = 2 \times CF \times \sqrt{(1mW) \times R_L \times 10^{\frac{P_L}{10}}} \quad (6)$$

此 V_{LPP} 通常是针对标称线路阻抗进行计算的，可以作为一个固定的设计目标。

该驱动器的下一步是计算单个放大器输出电压和电流（是线路上的 V_{PP} 和变压器匝数比的函数）。当匝数比变化时，允许的最小电源电压也会变化。放大器中的峰值电流如下所示：

$$\pm I_P = \frac{1}{2} \times \frac{2 \times V_{LPP}}{n} \times \frac{1}{4R_M} \quad (7)$$

其中， V_{LPP} 如 [方程式 6](#) 定义，而 R_M 如 [方程式 8](#) 定义。

$$R_M = \frac{Z_{LINE}}{2n^2} \quad (8)$$

总负载为 $4R_M$ 且峰值电流是使用 V_{LPP} 计算出的峰峰值电流的一半，峰值电流的计算方式如图 8-9 中所示。

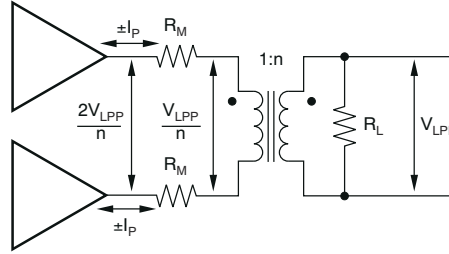


图 8-9. 驱动器峰值输出模型

根据所需的输出电压和电流与匝数比之间的关系，输出级余量模型允许开发所需的电源电压与匝数比。

余量模型 (请参阅图 8-10) 可通过下面的一组公式进行说明：

首先，作为每个放大器的可用输出电压：

$$V_{OPP} = V_{CC} - (V_1 + V_2) - I_P \times (R_1 + R_2) \quad (9)$$

或者，其次，作为所需的单电源电压：

$$V_{CC} = V_{OPP} + (V_1 + V_2) + I_P \times (R_1 + R_2) \quad (10)$$

一组功率和负载要求的最小电源电压由方程式 10 给出，其中 V_1 、 V_2 、 R_1 和 R_2 是 OPA2673 的内部元件。

表 8-1 给出了 OPA2673 在 +12V 工作电压下的 V_1 、 V_2 、 R_1 和 R_2 。

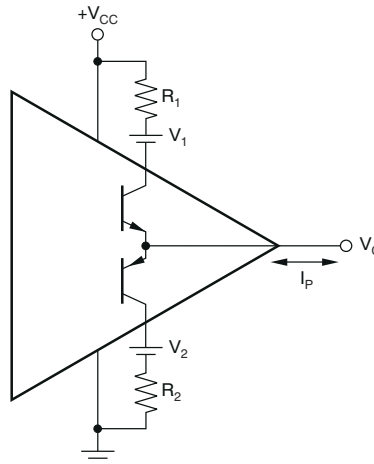


图 8-10. 线路驱动器净空模型

表 8-1. 线路驱动器净空模型值

V_1	R_1	V_2	R_2
0.9V	2Ω	0.9V	2Ω

8.3.1.5 噪声性能

宽带电流反馈运算放大器的输出噪声通常高于同类电压反馈运算放大器。OPA2673 可在电压和电流噪声项之间实现出色的平衡, 从而实现低输出噪声。以较高的同相输入电流噪声 ($3\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$) 为代价可以实现低输入电压噪声。只要同相节点的交流源阻抗小于 $100\ \Omega$, 该电流噪声不会对总输出噪声产生显著影响。运算放大器输入电压噪声和两个输入电流噪声项相结合, 可在各种工作条件下提供低输出噪声。图 8-11 展示了包含所有噪声项的运算放大器噪声分析模型。在此模型中, 电压噪声和电流噪声的单位为 $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 或 $\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

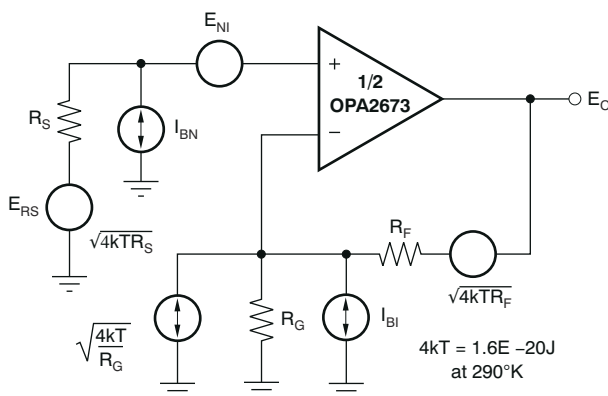


图 8-11. 运算放大器噪声分析模型

总输出点噪声电压可以计算为所有输出噪声电压贡献项之和的平方根。[方程式 11](#) 使用 [图 8-11](#) 中所示的各项显示了输出噪声电压的一般形式。

$$E_0 = \sqrt{\left[E_{Ni}^2 + (I_{BN}R_S)^2 + 4kTR_S \right] \times NG + (I_{BI}R_F)^2 + 4kTR_F NG} \quad (11)$$

将该表达式除以噪声增益 $[NG = (1 + R_F / R_G)]$ 可得出同相输入端的等效输入基准点噪声电压, 如方程式 12 中所示。

$$E_I = \sqrt{E_{NI}^2 + (I_{BN} \times R_S)^2 + 4kTR_S + \frac{(I_{BI} \times R_F)^2}{NG^2} + \frac{4kTR_F}{NG}} \quad (12)$$

将图 8-1 的 OPA2673 电路和元件值代入这些公式，可计算得出总输出点噪声电压为 $15.6\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，而总等效输入点噪声电压为 $3.9\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。仅针对运算放大器电压噪声，该总输入基准点噪声电压高于 $2.4\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 规格。这是由于这种情况下反相电流噪声乘以反馈电阻器 402Ω 而添加到输出端的噪声造成的。如果在高增益配置中减小反馈电阻器（如前所述），则方程式 12 中给出的总输入基准电压噪声仅接近运算放大器的 $2.4\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。例如，当 $R_F = 250\Omega$ 且增益为 $+8\text{V/V}$ 时，则总输入基准噪声为 $2.9\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。

8.4 器件功能模式

OPA2673 具有由 A0 和 A1 引脚设置的四种不同功能模式。表 8-2 展示了器件模式引脚配置的真值表以及每种模式的相关说明。

表 8-2. A0 和 A1 逻辑表

A0	A1	功能	说明
0	0	满偏置模式 (100%)	两个放大器都开启并具有尽可能低的失真
1	0	中偏置模式 (75%)	两个放大器都开启且具有省电功能和降低的失真性能
0	1	低偏置模式 (50%)	两个放大器都开启且具有增强省电功能和降低的总体性能
1	1	离线模式	两个放大器都关闭且输出为高阻抗

OPA2673 通过将 A0 和 A1 连接在一起，只需使用一个控制位即可在满偏置和离线模式之间切换。如果应用需要在中偏置或低偏置模式与离线模式之间进行切换，则可以将 A0 或 A1 引脚接地，并将控制引脚连接至未接地 BIAS 引脚。

OPA2673 的 OUT 引脚会在离线模式下进入高输出阻抗。但是，由于存在反馈电阻器 R_F (如图 8-12 所示)，进入 OPA2673 的负载检测到的阻抗为高阻抗 $\parallel R_F$ ，使得从负载检测到的净阻抗等于 R_F 。绝对最大额定值中提到了离线模式期间允许施加在 OUT 引脚和反相输入引脚上的最大电压。图 8-12 展示了出现在反相输入引脚上的电压是 OUT 引脚上电压的电阻分压值。确保满足针对 OUT 引脚和反相引脚提到的绝对最大限值。

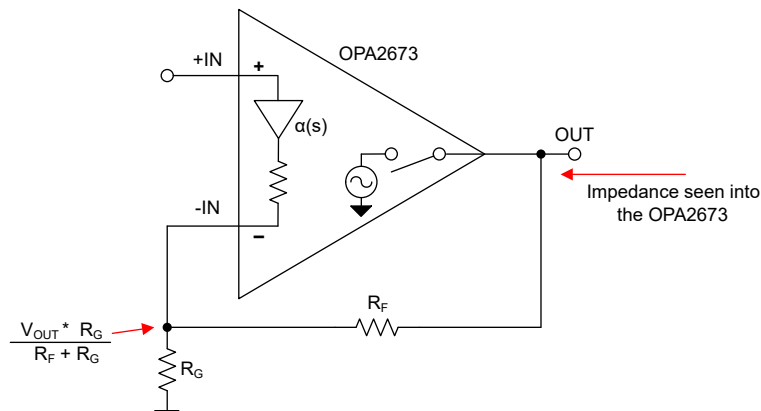


图 8-12. OPA2673 离线模式

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

9.1 应用信息

OPA2673 是一款高速、高电流输出、电流反馈放大器(CFA)，可在 $\pm 3.5\text{V}$ 至 $\pm 6.5\text{V}$ 的宽电源电压范围内运行。该器件专为需要大驱动电流和宽带宽的应用而设计。OPA2673 的两个通道可用作两个独立的放大器，也可以采用差分输入到差分输出配置进行连接。

9.2 典型应用

9.2.1 高速有源滤波器

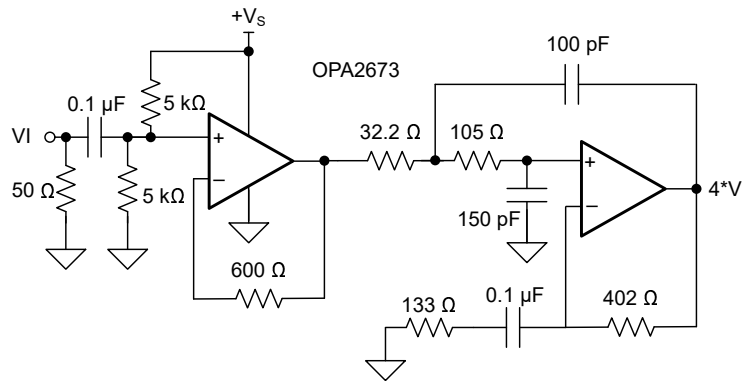


图 9-1. 缓冲单电源有源滤波器

9.2.1.1 设计要求

宽带电流反馈运算放大器非常适合用于实现高速有源滤波器，其中放大器用作无源 RC 电路网络内的固定增益块。带宽与增益之间相对恒定的关系使得实际滤波器极点与放大器所需增益之间的相互作用较低。图 9-1 展示了一个单电源缓冲滤波器应用示例。在该示例中，OPA2673 的其中一个通道用于设置直流工作点，并提供从信号源到第二级滤波器的阻抗隔离。该功率级设置用于实现 20MHz、最大平坦度的巴特沃斯频率响应，并提供 $+4\text{V/V}$ 的交流增益。

9.2.1.2 详细设计过程

在本例中， $51\ \Omega$ 输入匹配电阻器是可选的。输入信号交流耦合到由 10V 电源通过电阻分压器产生的 5V 直流基准电压。这个第一级充当信号的 $+1\text{V/V}$ 增益电压缓冲器，其中需要 $600\ \Omega$ 反馈电阻器来保持稳定。这个第一级可以轻松驱动此高频滤波器输入端所需的低输入电阻器。第二级的直流增益设置为 $+1\text{V/V}$ ，用于将 5V 工作点传递到输出引脚，而交流增益设置为 $+4\text{V/V}$ 。反馈电阻器经过了调整，以优化放大器本身的带宽。图 9-1 和图 9-2 展示了 OPA2673 可在此配置中提供大于 400MHz 的小信号带宽。选择尽可能低但足以覆盖放大器寄生输入电容的电容值。电阻器值经过了轻微调整，以提供所需的滤波器频率响应，同时考虑到 OPA2673 的每个通道具有大约 1ns 的传播延迟。

9.2.1.3 应用曲线

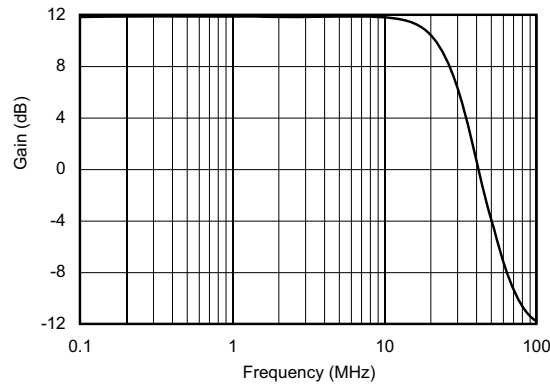


图 9-2. 缓冲单电源有源滤波器：增益与频率的关系

9.2.2 PLC 线路驱动器

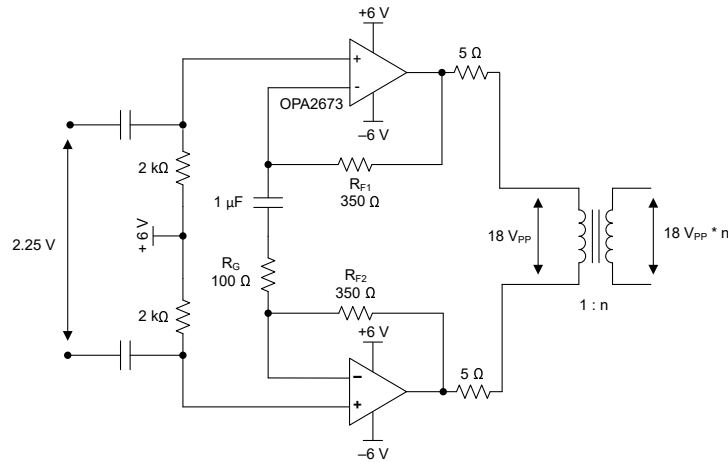


图 9-3. PLC 应用的典型原理图

9.2.2.1 设计要求

交流耦合宽带电流反馈操作的主要设计选择是选择能满足输出电压要求的电源，并且使用能够在保持稳定性的同时支持适当带宽的反馈电阻值。利用表 9-1 所示的要求设计一个宽带 PLC 应用电路。

表 9-1. 设计要求

设计参数	值
电源	12V, 单电源
差分增益 G_{DIFF}	8 V/V
输出电压	18 V V_{PP}
大信号带宽	220MHz

9.2.2.2 详细设计过程

差分线路驱动器的闭环增益公式为 $G_{DIFF} = 1 + 2 \times (R_F / R_G)$ ，其中 $R_F = R_{F1} = R_{F2}$ 。OPA2673 是一款电流反馈放大器，因此闭环配置的带宽由 R_F 电阻器的值设置。电流反馈架构的这一优势允许在不降低带宽的情况下通过选择 R_G 电阻器的值来灵活设置差分增益，这与电压反馈放大器的情况一样。OPA2673 设计用于在 $R_{F1} = R_{F2} = 350 \Omega$ 时提供出色的带宽性能。要将器件配置为 8V/V 增益，请使用 100Ω 的 R_G 电阻器。

9.2.2.3 应用曲线

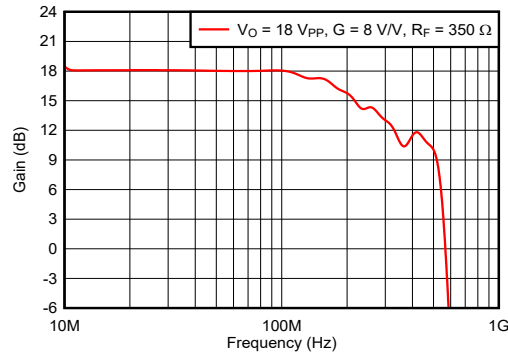


图 9-4. 大信号频率响应

9.3 电源相关建议

9.3.1 热分析

由于 OPA2673 具有高输出功率能力，因此在极端工作条件下可能需要散热器或强制通风。所需的最高结温决定了允许的最大内部功率损耗，如下一段所述。不要超出 150°C 的结温上限。

工作结温 (T_J) 由下式给出：

$$T_J = T_A + P_D \times \theta_{JA} \quad (13)$$

总内部功率损耗 (P_D) 是静态功耗 (P_{DQ}) 和输出级中用于提供负载功率的额外功耗 (P_{DL}) 的总和。静态功耗是指定的空载电源电流乘以整个器件的总电源电压。 P_{DL} 取决于所需的输出信号和负载，但对于接地的阻性负载，当输出固定在等于任一电源电压 1/2 (对于平等双极电源) 的电压时， P_{DL} 将处于最大值。在此条件下，

$$P_{DL} = V_S^2 / (4 \times R_L) \quad (14)$$

其中 R_L 包括反馈网络负载。

方程式 14 是 OPA2673 输出级中的功耗，决定了内部功率损耗。

作为最坏情况下的示例，在图 8-1 所示的电路中使用 OPA2673 VQFN-16 在 85°C 最高额定环境温度下运行并将接地 20 Ω 负载驱动至 2.5V 时，计算得出最大 T_J 。

$$P_D = 12V \times 33mA + 2 \times [5^2 / (4 \times [20\Omega // 535\Omega])] = 1.05W \quad (15)$$

$$T_J \text{ 最大值} = +85^\circ\text{C} + (1.05 \times 45^\circ\text{C/W}) = 132.2^\circ\text{C} \quad (16)$$

输出电流和电压中的输出 V-I 图包括这些条件下 2W 最大内部功耗的边界。

9.3.2 输入和 ESD 保护

OPA2673 采用高速互补双极性工艺制造而成。绝对最大额定值中显示了内部结击穿电压。如图 9-5 所示，所有器件引脚都由连接到电源的内部二极管提供有效的 ESD 保护。

这些二极管还针对高于电源的输入过驱电压提供温和和保护。这些保护二极管通常可支持 10mA 的连续电流。在可能有较高电流的情况下 (例如，在将 $\pm 15V$ 电源器件驱动到 OPA2673 中的系统中)，应在两个输入端添加限流串联电阻器。

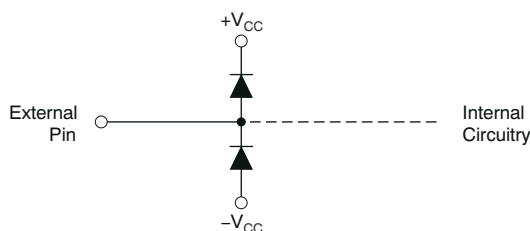


图 9-5. ESD 导流二极管

9.4 布局

9.4.1 布局指南

为了使用 OPA2673 等高频放大器实现最佳性能，需要特别注意电路板布局布线的寄生和外部器件类型。

a) 尽可能减小所有信号 I/O 引脚的、连接到任何交流接地端的寄生电容。输出引脚和反相输入引脚上的寄生电容可能导致不稳定；在同相输入端，寄生电容可与源阻抗发生反应，造成意外的频带限制。为了减少不必要的电容，信号 I/O 引脚周围的窗口应在这些引脚周围的所有接地平面和电源平面中打开。否则，请确保电路板其他位置处的接地和电源平面完好无损。

b) 尽可能减小从电源引脚到高频 $0.1\ \mu\text{F}$ 去耦电容器之间的距离 (小于 0.25 英寸/ 6.35 毫米)。始终使用低 ESR 电容器对电源连接 (对于 VQFN 封装, 是在引脚 7 和 14 上) 进行去耦。请勿将接地平面和电源平面布局靠近信号 I/O 引脚。避免电源走线和接地走线过于狭窄, 以便最大限度减小引脚和去耦电容器之间的电感。两个电源 (适用于双极性工作模式) 之间连接的可选电源去耦电容器可改善二次谐波失真性能。

c) 谨慎选择和放置外部器件有助于确保 OPA2673 的高频性能。使用电抗极低的电阻器。表面贴装电阻器、金属膜和基于碳素混合体的轴向引线电阻器可提供良好的高频性能。尽可能缩短引线和 PCB 走线。尽管输出引脚和反相输入引脚对寄生电容最为敏感, 但务必将反馈电阻器和串联输出电阻器 (如果有) 尽可能靠近输出引脚放置。在允许双面组件安装的情况下, 将反馈电阻器直接放置在电路板另一面封装下面, 即输出引脚和反相输入引脚之间。

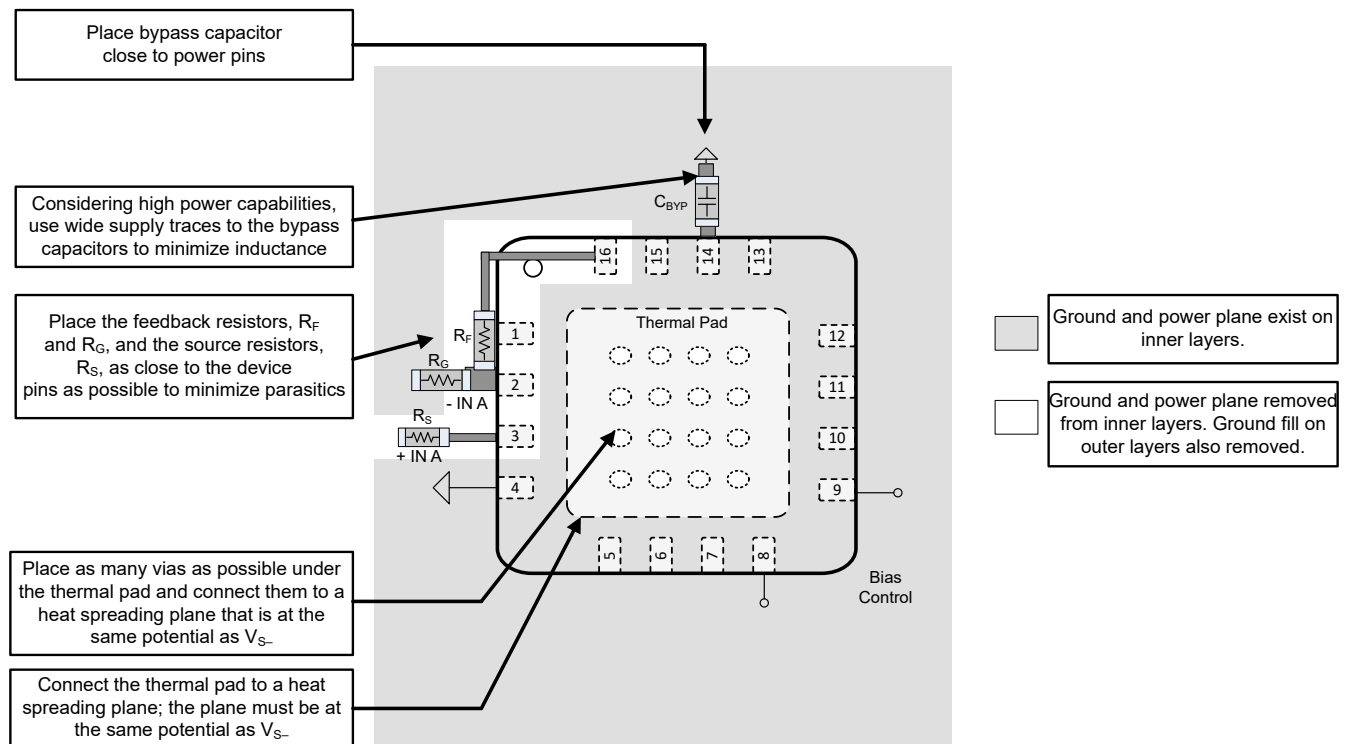
d) 频率响应主要由反馈电阻值决定, 如前文所述。增大该值会降低带宽, 而减小该值会导致峰值更高的频率响应。[典型特性](#) 中使用的 $402\ \Omega$ 反馈电阻器采用 $\pm 6\text{V}$ 电源并具有 $+4\text{V/V}$ 增益, 是良好的设计起点。请注意, 即使在单位增益跟随器配置中, 电流反馈运算放大器也需要一个反馈电阻器来控制稳定性。对于单位增益跟随器应用, 建议使用 $511\ \Omega$ 反馈电阻器, 而不是直接短路。

e) 与电路板上其他宽带器件的连接可以使用较短的直接走线或通过板载传输线进行。对于短连接, 应考虑将走线和下一个器件的输入视为集总容性负载。应使用相对较宽的走线 (50 密耳至 100 密耳, 或者 1.27mm 至 2.54mm), 最好在它们周围打开接地平面和电源平面。估算总容性负载并根据 [图 8-7](#) 的图设置 R_{ISO} 。低寄生容性负载 (小于 5pF) 可能不需要 R_{ISO} , 因为 OPA2673 会在名义上得到补偿, 从而使用 2pF 的寄生负载运行。

如果需要很长的走线, 并且可以接受双端接传输线固有的 6dB 信号损耗, 则可以使用微带或带状线技术来实施匹配阻抗传输线 (有关微带和带状线布局技术, 请参阅 ECL 设计手册)。

凭借 OPA2673 的高输出电压和电流能力, 可将多个目标器件视为单独的传输线, 每条传输线都有自己的串联和并联终端。如果不能接受双端接传输线的 6dB 衰减, 则只能在源端对长走线进行串联短接。

9.4.2 布局示例



这里仅显示了针对通道 A 的布局建议, 通道 B 采取类似的预防措施。

图 9-6. 布局建议

10 器件和文档支持

10.1 器件支持

10.1.1 开发支持

10.1.1.1 TINA-TI™ 仿真软件 (免费下载)

TINA-TI™ 仿真软件是一款简单易用、功能强大且基于 SPICE 引擎的电路仿真程序。TINA-TI 仿真软件是 TINA™ 软件的一款免费全功能版本，除了一系列无源和有源模型外，此版本软件还预先载入了一个宏模型库。TINA-TI 仿真软件提供所有传统的 SPICE 直流、瞬态和频域分析，以及其他设计功能。

TINA-TI 仿真软件提供全面的后处理能力，便于用户以多种方式获得结果，用户可从[设计工具和仿真网页](#)免费下载。虚拟仪器提供选择输入波形和探测电路节点、电压以及波形的能力，从而构建一个动态的快速启动工具。

备注

必须安装 TINA 软件或者 TINA-TI 软件后才能使用这些文件。请从 [TINA-TI™ 软件文件夹](#) 中下载免费的 TINA-TI 仿真软件。

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [订阅更新](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的《[使用条款](#)》。

10.4 商标

TINA-TI™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

TINA™ is a trademark of DesignSoft, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
OPA2673IRGVR	Active	Production	VQFN (RGV) 16	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	OPA 2673
OPA2673IRGVR.B	Active	Production	VQFN (RGV) 16	2500 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	OPA 2673
OPA2673IRGVT	Active	Production	VQFN (RGV) 16	250 SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	OPA 2673
OPA2673IRGVT.B	Active	Production	VQFN (RGV) 16	250 SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	OPA 2673

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

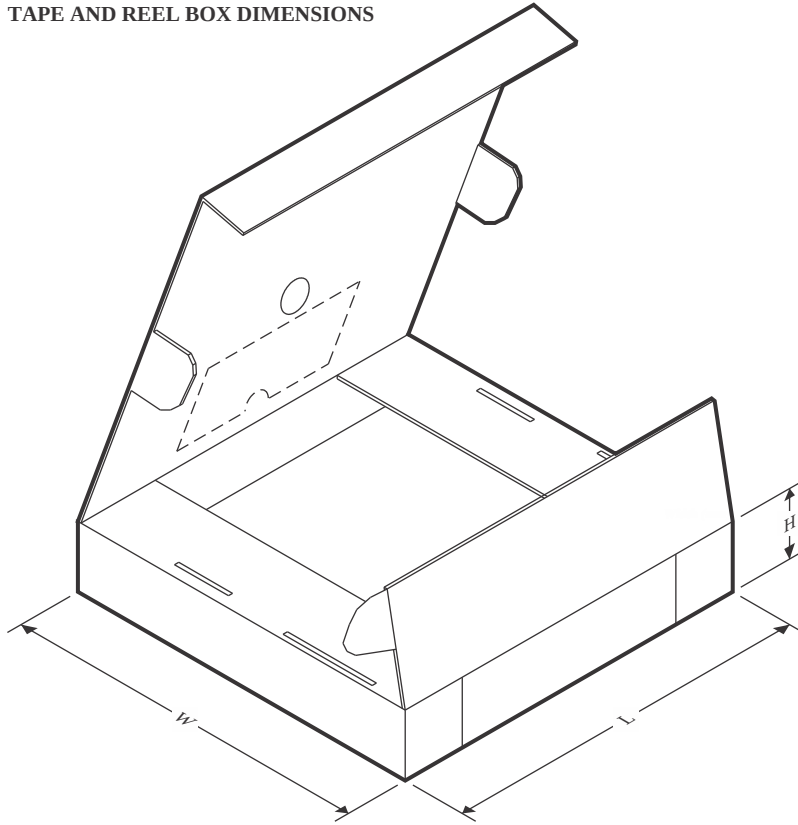
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
OPA2673IRGVR	VQFN	RGV	16	2500	330.0	12.4	4.25	4.25	1.15	8.0	12.0	Q2
OPA2673IRGVT	VQFN	RGV	16	250	180.0	12.4	4.25	4.25	1.15	8.0	12.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
OPA2673IRGVR	VQFN	RGV	16	2500	360.0	360.0	36.0
OPA2673IRGVT	VQFN	RGV	16	250	210.0	185.0	35.0

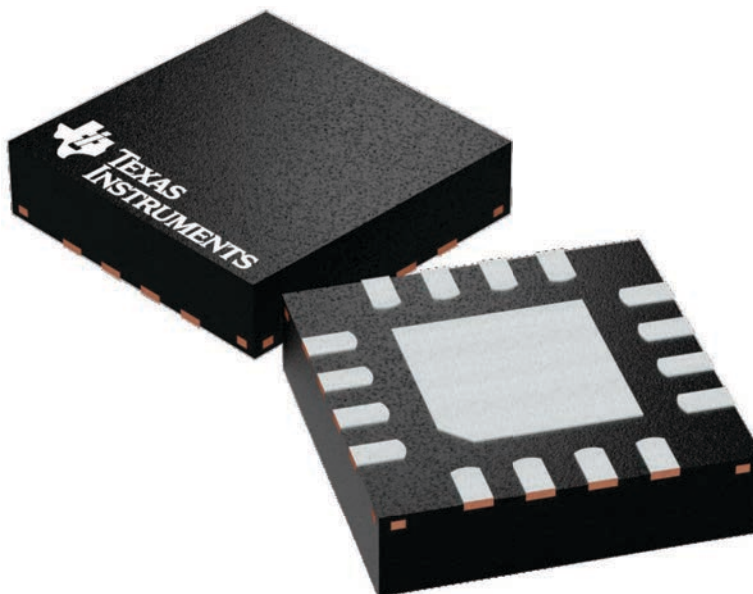
GENERIC PACKAGE VIEW

RGV 16

VQFN - 1 mm max height

4 x 4, 0.65 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.

4224748/A



VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



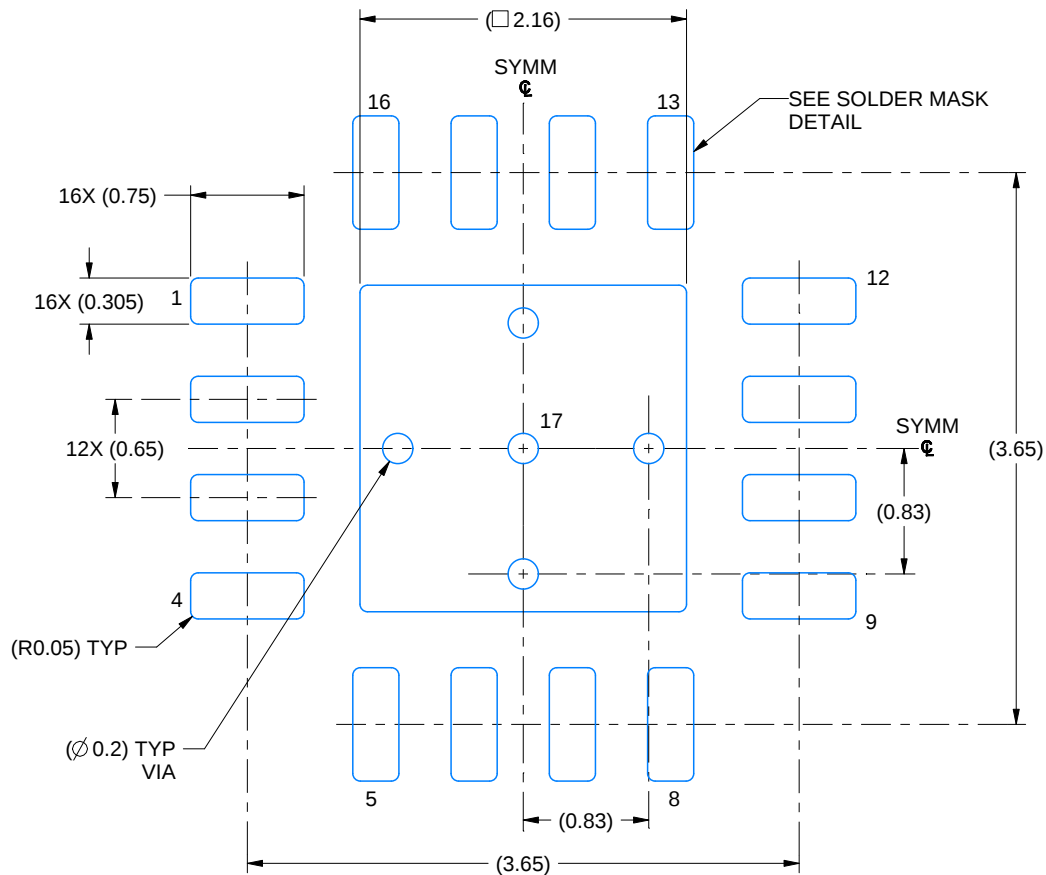
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

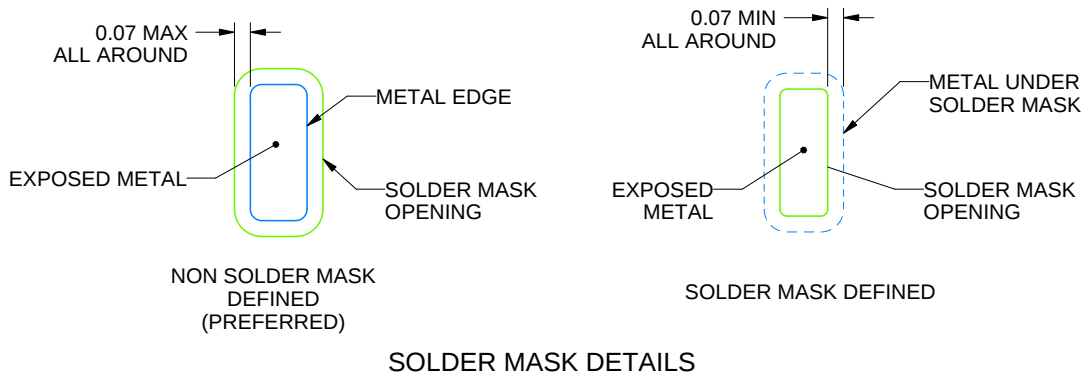
RGV0016A

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 20X



4219037/A 06/2019

NOTES: (continued)

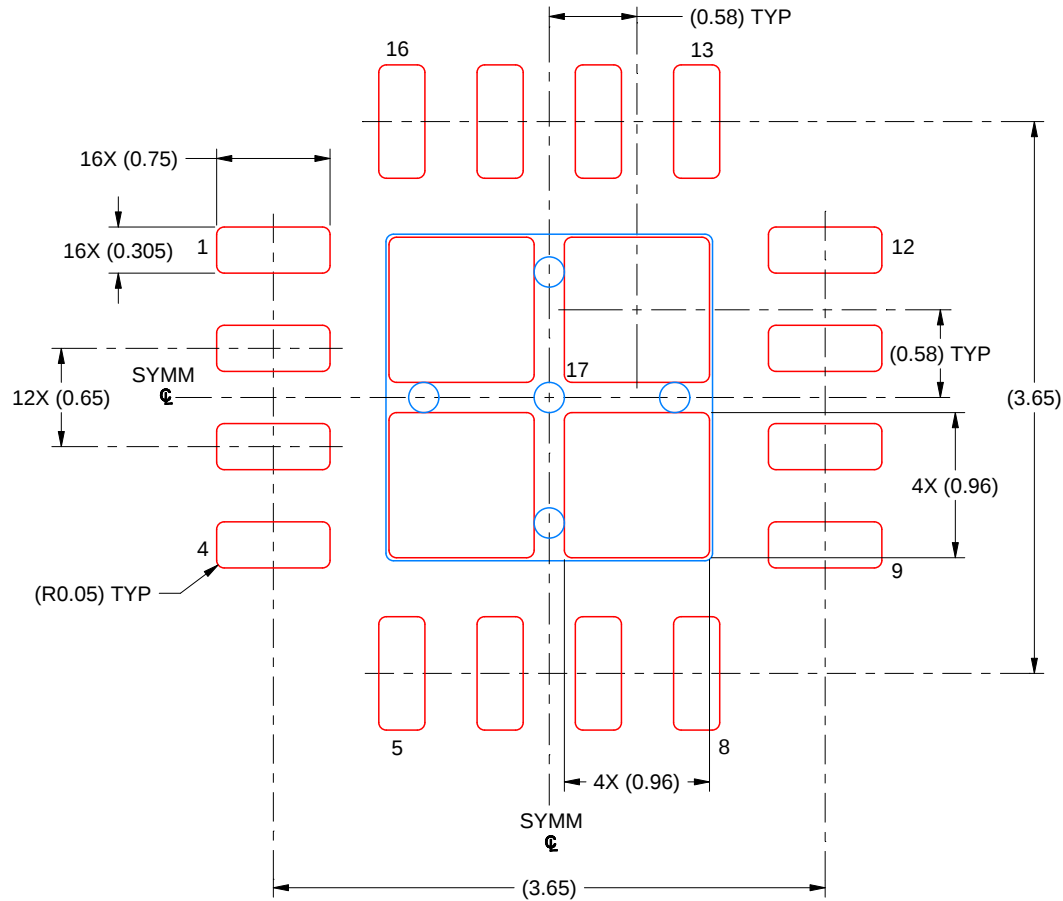
- This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
- Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RGV0016A

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 MM THICK STENCIL
SCALE: 20X

EXPOSED PAD 17
79% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE

4219037/A 06/2019

NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月