

ADA4938-1/ADA4938-2

产品特性

极低谐波失真(HD)

- 106 dBc HD2 (10 MHz)
- 82 dBc HD2 (50 MHz)
- 109 dBc HD3 (10 MHz)
- 82 dBc HD3 (50 MHz)

低输入电压噪声: 2.6 nV/√Hz

高速

- 3 dB带宽: 1,000 MHz (G = +1)
- 压摆率: 4700 V/μs
- 0.1 dB增益平坦度达150 MHz
- 快速过驱恢复: 4 ns

失调电压: 1 mV(典型值)

外部可调增益

差分转差分或单端转差分操作

可调输出共模电压

宽电源电压范围: +5 V至±5 V

提供单路或双路放大器配置

应用

ADC驱动器

单端转差分转换器

中频和基带增益模块

差分缓冲器

线路驱动器

概述

ADA4938-x是一款低噪声、超低失真、高速差分放大器，非常适合驱动分辨率最高16位、DC至27 MHz或者最高12位、DC至74 MHz的高性能ADC。它的输出共模电压可在较宽范围内调整，因而能够与ADC的输入相匹配。内部共模反馈环路也可提供出色的输出平衡，并能抑制偶数阶谐波失真产物。

利用ADA4938-x很容易实现完全差分 and 单端至差分增益配置。由四个电阻组成的简单外部反馈网络决定放大器的闭环增益。

ADA4938-x采用ADI公司的专有第三代高压XFCB工艺制造，可实现极低的失真水平，输入电压噪声仅为2.6 nV/√Hz。低直流偏置和出色的动态性能使得ADA4938-x特别适合各种数据采集与信号处理应用。

Rev. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

功能框图

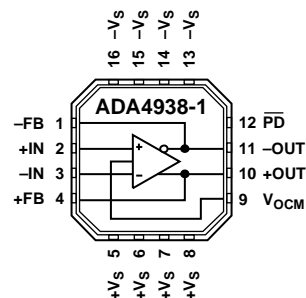


图1. ADA4938-1功能框图

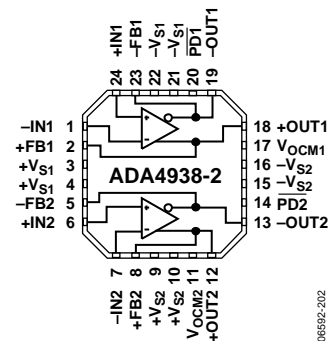


图2. ADA4938-2功能框图

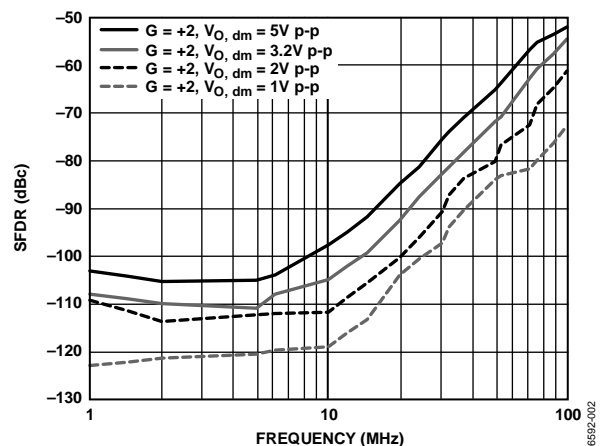


图3. SFDR与频率和输出电压的关系

ADA4938-1(单通道放大器)采用3 mm × 3 mm、16引脚无铅LFCSP封装。ADA4938-2(双通道放大器)采用4 mm × 4 mm、24引脚无铅LFCSP封装。引脚排列经过优化，有助于布局，并且使失真最小。器件的额定工作温度范围为-40°C至+85°C的扩展工业温度范围。

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2007–2009 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目录

产品特性	1	工作原理	19
应用	1	分析应用电路	19
概述	1	设置闭环增益	19
功能框图	1	估算输出噪声电压	19
修订历史	2	反馈网络失配的影响	20
技术规格	3	计算应用电路的输入阻抗	20
双电源供电	3	单电源应用的输入共模电压范围	20
单电源供电	5	单端输入的端接	21
绝对最大额定值	7	设置输出共模电压	21
热阻	7	布局布线、接地和旁路	23
ESD警告	7	高性能ADC驱动	24
引脚配置和功能描述	8	外形尺寸	25
典型工作特性	9	订购指南	25
测试电路	17		
术语	18		

修订历史

2009年10月—修订版0至修订版A

表1中增加建立时间参数	3
更改表1中的线性输出电流参数	3
表3中增加建立时间参数	5
更改表3中的线性输出电流参数	5
更改图5和图6	8
表7和表8增加EP行	8
更改图41	14
新增图53；重新排序	16
更改表9	19
“外形尺寸”部分中增加裸露焊盘注释	25
更改“订购指南”	25

2007年11月—修订版0：初始版

技术规格

双电源供电

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $+V_S = 5\text{ V}$, $-V_S = -5\text{ V}$, $V_{\text{OCM}} = 0\text{ V}$, $R_T = 61.9\ \Omega$, $R_G = R_F = 200\ \Omega$, $G = +1$, $R_{L,\text{dm}} = 1\text{ k}\Omega$ 。

除非另有说明, 所有规格适用于单端输入、差分输出。对于 $G = +1$ 之外的其它增益, R_p 和 R_G 的值如表 11 所示。

$\pm\text{DIN}$ 至 $\pm\text{OUT}$ 性能

表 1.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
动态性能					
-3 dB 小信号带宽	$V_{\text{OUT}} = 0.1\text{ V p-p}$		1000		MHz
0.1 dB 平坦度带宽	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		150		MHz
大信号带宽	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		800		MHz
压摆率	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		4700		V/ μs
建立时间	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		6.5		ns
过驱恢复时间	$V_{\text{IN}} = 5\text{ V}$ 至 0 V 步长, $G = +2$		4		ns
噪声/谐波性能					
二次谐波	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$, 10 MHz		-106		dBc
	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$, 50 MHz		-82		dBc
三次谐波	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$, 10 MHz		-109		dBc
	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$, 50 MHz		-82		dBc
IMD	$f_1 = 30.0\text{ MHz}$, $f_2 = 30.1\text{ MHz}$		89		dBc
IP3	$f = 30\text{ MHz}$, $R_{L,\text{dm}} = 100\ \Omega$		45		dBm
输入电压噪声	$f = 10\text{ MHz}$		2.6		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
噪声系数	$G = +4$, $f = 10\text{ MHz}$		15.8		dB
输入电流噪声	$f = 10\text{ MHz}$		4.8		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
串扰(ADA4938-2)	$f = 100\text{ MHz}$		-85		dB
输入特性					
失调电压	$V_{\text{OS, dm}} = V_{\text{OUT, dm}}/2$; $V_{\text{DIN+}} = V_{\text{DIN-}} = 0\text{ V}$ T_{MIN} 至 T_{MAX} 变化		1	4	mV
输入偏置电流	T_{MIN} 至 T_{MAX} 变化	-18	± 4 -13		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ μA
输入电阻	差分		-0.01		$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
	共模		6		M Ω
输入电容			3		M Ω
输入共模电压			1		pF
CMRR	$\Delta V_{\text{OUT, dm}}/\Delta V_{\text{IN, cm}}$; $\Delta V_{\text{IN, cm}} = \pm 1\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$		$-V_S + 0.3$ 至 $+V_S - 1.6$		V
			-75		dB
输出特性					
输出电压摆幅	最大 ΔV_{OUT} ; 单端输出		$-V_S + 1.2$ 至 $+V_S - 1.2$		V
线性输出电流	每个放大器, $R_{L,\text{dm}} = 20\ \Omega$, $f = 10\text{ MHz}$		± 75		mA
输出平衡误差	$\Delta V_{\text{OUT, cm}}/\Delta V_{\text{OUT, dm}}$; $\Delta V_{\text{OUT, dm}} = 1\text{ V}$; $f = 10\text{ MHz}$		-60		dB

ADA4938-1/ADA4938-2

V_{OCM} 至±OUT性能

表2.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{OCM} 动态性能					
-3 dB带宽			230		MHz
压摆率	V _{IN} = -3.4 V 至 +3.4 V, 25% 至 75%		1700		V/μs
输入电压噪声(RTI)			7.5		nV/√Hz
V _{OCM} 输入特性					
输入电压范围			-V _S + 1.3 至 +V _S - 1.3		V
输入电阻			10		kΩ
输入失调电压	V _{OS,cm} = V _{OUT,cm} ; V _{DIN+} = V _{DIN-} = 0 V		3		mV
输入偏置电流			0.5		μA
V _{OCM} CMRR	ΔV _{OUT,dm} /ΔV _{OCM} ; ΔV _{OCM} = ±1 V		-81		dB
增益	ΔV _{OUT,cm} /ΔV _{OCM} ; ΔV _{OCM} = ±1 V	0.95	1.00	1.05	V/V
电源					
工作范围		4.5		11	V
静态电流	每个放大器		37	40	mA
	T _{MIN} 至 T _{MAX} 变化		40		μA/°C
	关断		2.0	3.0	mA
电源抑制比	ΔV _{OUT,dm} /ΔV _S ; ΔV _S = ±1 V		-80		dB
关断模式(PD)					
PD输入电压	关断		≤2.5		V
	使能		≥3		V
关闭时间			1		μs
开启时间			200		ns
PD偏置电流					
使能	PD = 5 V		1		μA
禁用	PD = -5 V		-760		μA
工作温度范围		-40		+85	°C

单电源工作

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $+V_S = 5\text{ V}$, $-V_S = 0\text{ V}$, $V_{\text{OCM}} = +V_S/2$, $R_T = 61.9\ \Omega$, $R_G = R_F = 200\ \Omega$, $G = +1$, $R_{L,\text{dm}} = 1\ \text{k}\Omega$ 。

除非另有说明, 所有规格适用于单端输入、差分输出。对于 $G = 1$ 之外的其它增益, R_F 和 R_G 的值如表 11 所示。

±DIN至±OUT性能

表 3.

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
动态性能					
-3 dB小信号带宽	$V_{\text{OUT}} = 0.1\text{ V p-p}$		1000		MHz
0.1 dB平坦度带宽	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		150		MHz
大信号带宽	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		750		MHz
压摆率	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		3900		V/ μs
建立时间	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}$		6.5		ns
过驱恢复时间	$V_{\text{IN}} = 2.5\text{ V至}0\text{ V步长}, G = +2$		4		ns
噪声/谐波性能					
二次谐波	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}, 10\text{ MHz}$		-110		dBc
	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}, 50\text{ MHz}$		-79		dBc
三次谐波	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}, 10\text{ MHz}$		-100		dBc
	$V_{\text{OUT}} = 2\text{ V p-p}, 50\text{ MHz}$		-79		dBc
输入电压噪声	$f = 10\text{ MHz}$		2.6		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
噪声系数	$G = +4, f = 10\text{ MHz}$		15.8		dB
输入电流噪声	$f = 10\text{ MHz}$		4.8		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
串扰(ADA4938-2)	$f = 100\text{ MHz}$		-85		dB
输入特性					
失调电压	$V_{\text{OS, dm}} = V_{\text{OUT, dm}}/2; V_{\text{DIN+}} = V_{\text{DIN-}} = V_{\text{OCM}} = 2.5\text{ V}$ T_{MIN} 至 T_{MAX} 变化		1 ± 4	4	mV $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
输入偏置电流	T_{MIN} 至 T_{MAX} 变化	-18	-13		μA
输入电阻	差分 共模		-0.01 6 3		$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$ M Ω M Ω
输入电容			1		pF
输入共模电压			$-V_S + 0.3$ 至 $+V_S - 1.6$		V
CMRR	$\Delta V_{\text{OUT, dm}}/\Delta V_{\text{IN, cm}}; \Delta V_{\text{IN, cm}} = \pm 1\text{ V}$		-80		dB
输出特性					
输出电压摆幅	最大 ΔV_{OUT} ; 单端输出		$-V_S + 1.2$ 至 $+V_S - 1.2$		V
线性输出电流	每个放大器; $R_{L,\text{dm}} = 20\ \Omega, f = 10\text{ MHz}$		± 65		mA
输出平衡误差	$\Delta V_{\text{OUT, cm}}/\Delta V_{\text{OUT, dm}}; \Delta V_{\text{OUT, dm}} = 1\text{ V}$		-60		dB

ADA4938-1/ADA4938-2

V_{OCM} 至±OUT性能

表4.

参数	条件	最小值 典型值	最大值	单位
V _{OCM} 动态性能				
-3 dB带宽		400		MHz
压摆率	V _{IN} = 1.6 V至3.4 V, 25%至75%	1700		V/μs
输入电压噪声(RTI)		7.5		nV/√Hz
V _{OCM} 输入特性				
输入电压范围		-V _S + 1.3至 +V _S - 1.3		V
输入电阻		10		kΩ
输入失调电压	V _{OS,cm} = V _{OUT,cm} ; V _{DIN+} = V _{DIN-} = V _{OCM} = 2.5 V	3		mV
输入偏置电流		0.5		μA
V _{OCM} CMRR	ΔV _{OUT,dm} /ΔV _{OCM} ; ΔV _{OCM} = ±1 V	-89		dB
增益	ΔV _{OUT,cm} /ΔV _{OCM} ; ΔV _{OCM} = ±1 V	0.95 1.00	1.05	V/V
电源				
工作范围		4.5	11	V
静态电流		34	36.5	mA
	T _{MIN} 至 T _{MAX} 变化	40		μA/°C
	关断	1.0	1.7	mA
电源抑制比	ΔV _{OUT,dm} /ΔV _S ; ΔV _S = ±1 V	-80		dB
关断模式(PD)				
PD输入电压	关断	≤2.5		V
	使能	≥3		V
关闭时间		1		μs
开启时间		200		ns
PD偏置电流				
使能	$\overline{\text{PD}} = 5 \text{ V}$	1		μA
禁用	$\overline{\text{PD}} = 0 \text{ V}$	-260		μA
工作温度范围		-40	+85	°C

绝对最大额定值

表5.

参数	额定值
电源电压	12 V
功耗	见图4
存储温度范围	-65°C至+125°C
工作温度范围	-40°C至+85°C
引脚温度(焊接, 10秒)	300°C
结温	150°C

注意, 超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值, 并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下, 推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

热阻

θ_{JA} 的测量条件是将器件(包括裸露焊盘)焊接到高导热率的4层电路板, 如EIA/JESD 51-7标准所述。裸露焊盘与器件无电气连接。其通常焊接在PCB上与内部接地层进行热和电气连接的焊盘。

表6. 热阻

封装类型	θ_{JA}	单位
16引脚LFCSP(裸露焊盘)	95	°C/W
24引脚LFCSP(裸露焊盘)	65	°C/W

最大功耗

ADA4938-x封装内的最大安全功耗受限于相应的芯片结温(T_J)的升高情况。达到玻璃化转变温度150°C左右时, 塑料的特性会发生改变。即使只是暂时超过这一温度限值也会改变封装对芯片产生的应力, 从而永久性地转变ADA4938的参数性能。长时间超过150°C的结温会导致芯片器件出现变化, 因而可能造成故障。

封装的功耗(P_D)为静态功耗与封装中负载驱动所导致的功耗之和, 而静态功耗则为电源引脚之间的电压(V_S)乘以静态电流(I_S)。负载驱动所导致的功耗取决于具体应用, 等于负载电流乘以器件内的相关压降。上述计算中必须使用RMS电压和电流。

气流可增强散热, 从而有效降低 θ_{JA} 。此外, 更多金属直接与封装引脚/裸露焊盘接触, 包括金属走线、通孔、地和电源层, 同样可降低 θ_{JA} 。

图4显示在JEDEC标准4层板上, ADA4938-116引脚LFCSP (95°C/W)和ADA4938-2 24引脚LFCSP (65°C/W)两种封装的最大安全功耗与环境温度的关系。

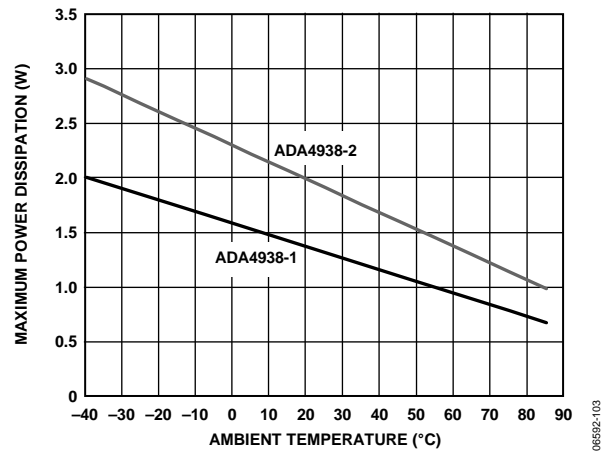


图4. 4层板最大功耗与温度的关系

ESD警告

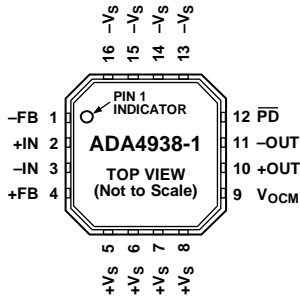


ESD(静电放电)敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路, 但在遇到高能量ESD时, 器件可能会损坏。因此, 应当采取适当的ESD防范措施, 以避免器件性能下降或功能丧失。

ADA4938-1/ADA4938-2

引脚配置和功能描述

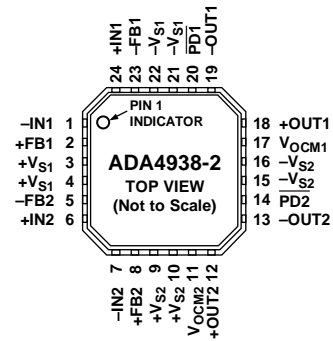


NOTES

1. THE EXPOSED PAD IS NOT ELECTRICALLY CONNECTED TO THE DEVICE. IT IS TYPICALLY SOLDERED TO GROUND OR A POWER PLANE ON THE PCB THAT IS THERMALLY CONDUCTIVE.

06592-003

图5. ADA4938-1引脚配置



NOTES

1. THE EXPOSED PAD IS NOT ELECTRICALLY CONNECTED TO THE DEVICE. IT IS TYPICALLY SOLDERED TO GROUND OR A POWER PLANE ON THE PCB THAT IS THERMALLY CONDUCTIVE.

06592-206

图6. ADA4938-2引脚配置

表7. ADA4938-1引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	-FB	负输出反馈引脚。
2	+IN	正输入求和节点。
3	-IN	负输入求和节点。
4	+FB	正输出反馈引脚。
5至8	+Vs	正电源电压。
9	V _{OCM}	输出共模电压。
10	+OUT	负载连接的正输出。
11	-OUT	负载连接的负输出。
12	PD	关断引脚。
13至16	-Vs	负电源电压。
EP		裸露焊盘。裸露焊盘与器件无电气连接。通常焊接到地或PCB上的导热电源层。

表8. ADA4938-2引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	-IN1	负输入求和节点1。
2	+FB1	正输出反馈引脚1。
3, 4	+Vs1	正电源电压1。
5	-FB2	负输出反馈引脚2。
6	+IN2	正输入求和节点2。
7	-IN2	负输入求和节点2。
8	+FB2	正输出反馈引脚2。
9, 10	+Vs2	正电源电压2。
11	V _{OCM2}	输出共模电压2。
12	+OUT2	正输出2。
13	-OUT2	负输出2。
14	PD2	关断引脚2。
15, 16	-Vs2	负电源电压2。
17	V _{OCM1}	输出共模电压1。
18	+OUT1	正输出1。
19	-OUT1	负输出1。
20	PD1	关断引脚1。
21, 22	-Vs1	负电源电压1。
23	-FB1	负输出反馈引脚1。
24	+IN1	正输入求和节点1。
EP		裸露焊盘。裸露焊盘与器件无电气连接。通常焊接到地或导热PCB上的电源层。

典型工作特性

除非另有说明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $+V_S = 5\text{V}$, $-V_S = -5\text{V}$, $V_{\text{OCM}} = 0\text{V}$, $R_T = 61.9\ \Omega$, $R_G = R_F = 200\ \Omega$, $G = +1$, $R_{L,\text{dm}} = 1\ \text{k}\Omega$ 。

除非另有说明, 所有测量都是在单端输入、差分输出情况下执行的。对于 $G = +1$ 之外的其它增益, R_F 和 R_G 的值如表 11 所示。

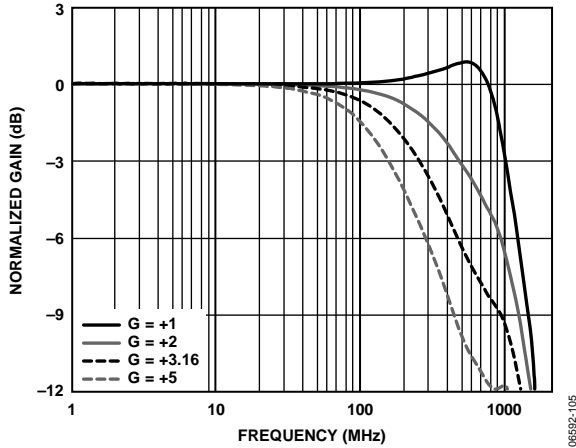


图7. 不同增益下的小信号频率响应, $V_{\text{OUT}} = 0.1\text{V p-p}$

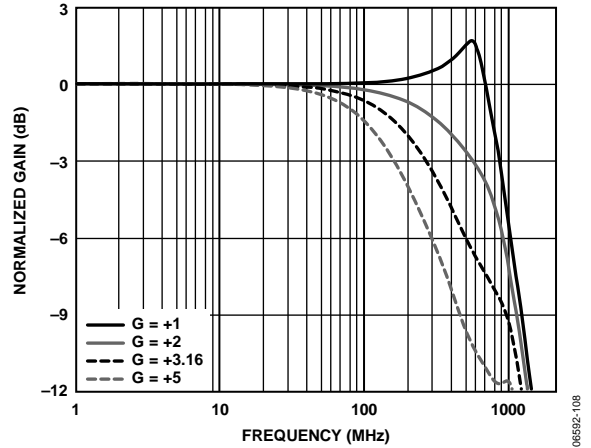


图10. 不同增益下的大信号频率响应

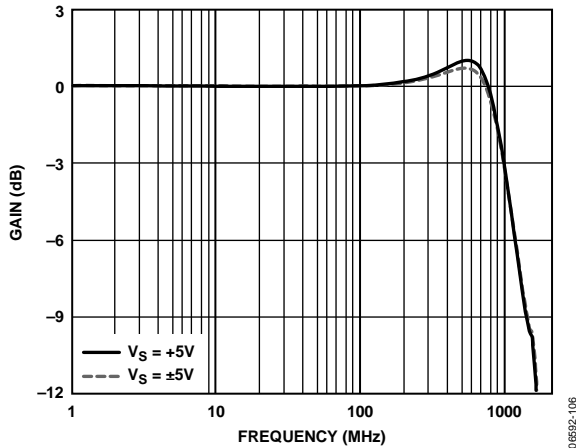


图8. 不同电源下的小信号响应, $V_{\text{OUT}} = 0.1\text{V p-p}$

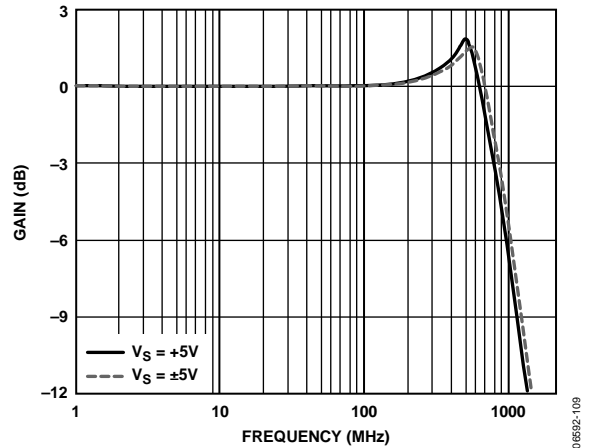


图11. 不同电源下的大信号响应

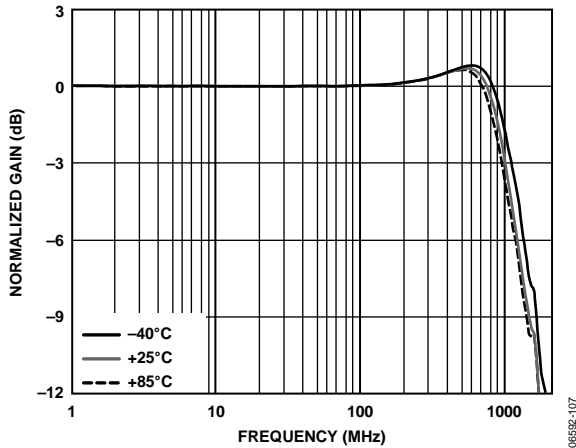


图9. 不同温度下的小信号频率响应, $V_{\text{OUT}} = 0.1\text{V p-p}$

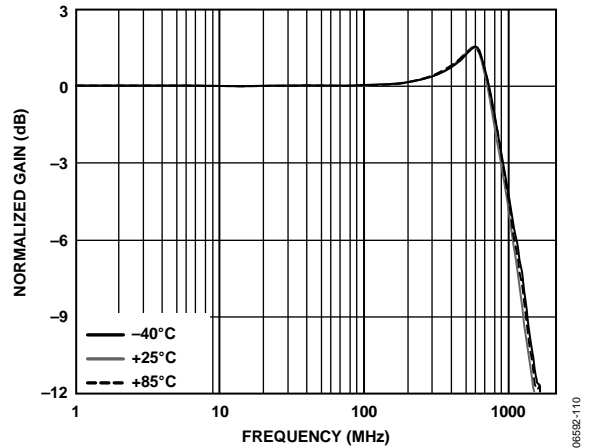


图12. 不同温度下的大信号频率响应

ADA4938-1/ADA4938-2

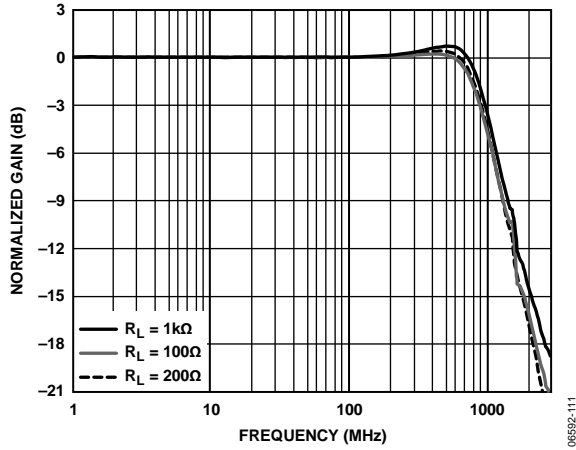


图13. 不同负载下的小信号频率响应,
 $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$

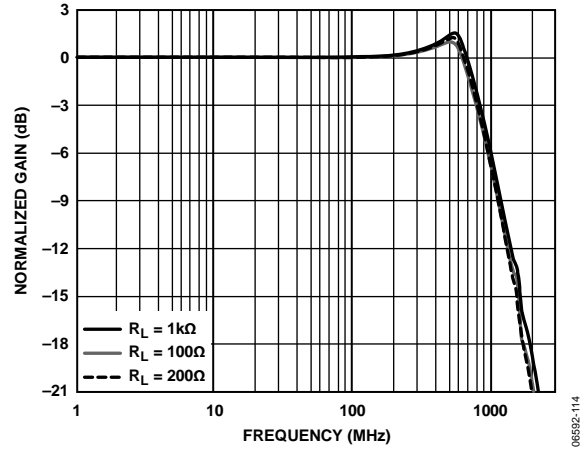


图16. 不同负载下的大信号频率响应

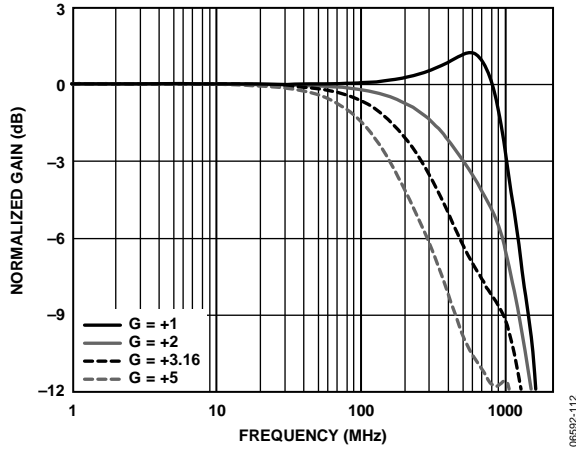


图14. 不同增益下的小信号频率响应
($V_S = 5 \text{ V}$, $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$)

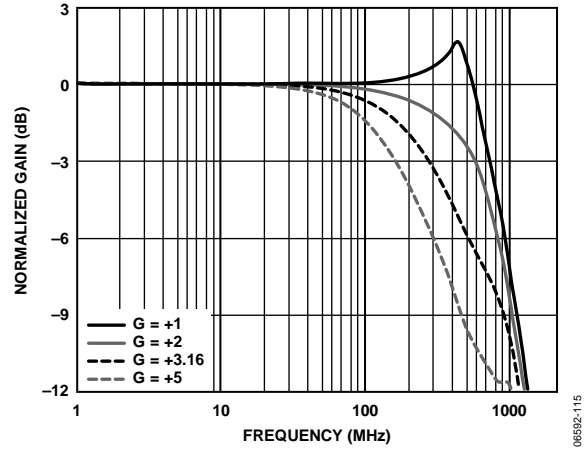


图17. 不同增益下的大信号频率响应, $V_S = 5 \text{ V}$

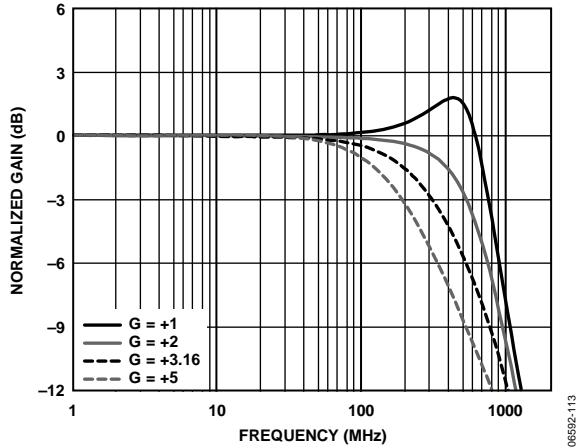


图15. 不同增益下的小信号响应
($R_F = 402 \Omega$, $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$)

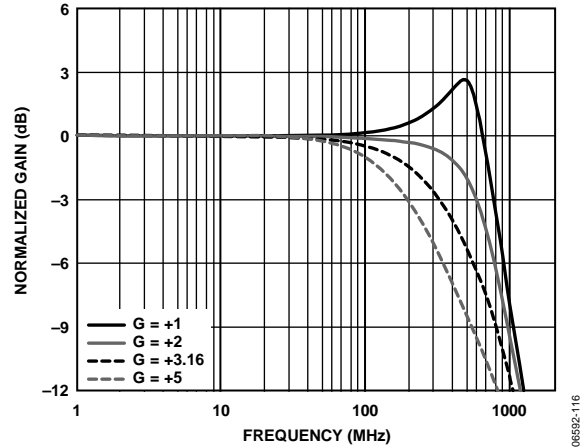


图18. 不同增益下的大信号响应, $R_F = 402 \Omega$

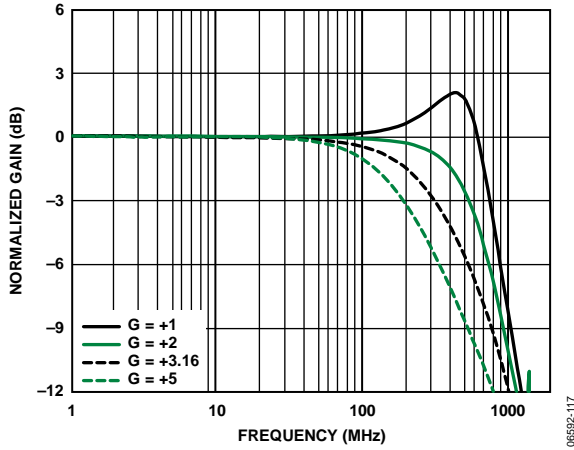


图19. 不同增益下的小信号频率响应
($R_F = 402 \Omega$, $V_S = 5 V$, $V_{OUT} = 0.1 V p-p$)

06592-117

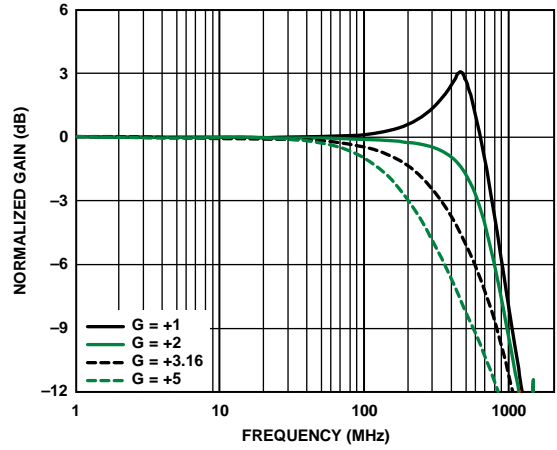


图22. 不同增益下的大信号频率响应
($R_F = 402 \Omega$, $V_S = 5 V$)

06592-120

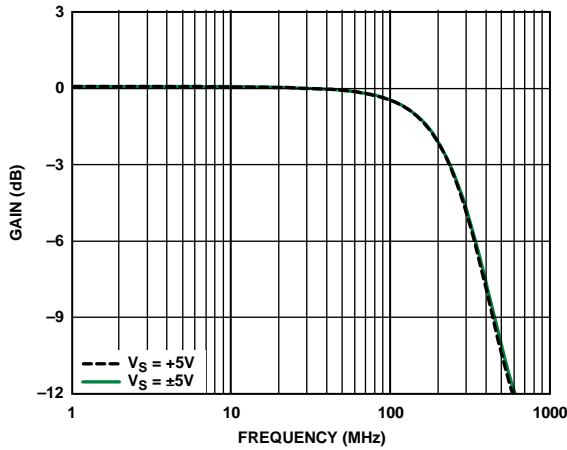


图20. $V_{OUT,cm}$ 小信号频率响应, $V_{OUT} = 0.1 V p-p$

06592-118

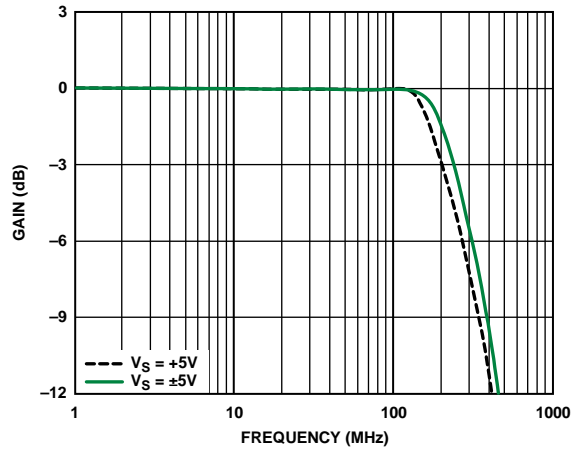


图23. $V_{OUT,cm}$ 大信号频率响应

06592-121

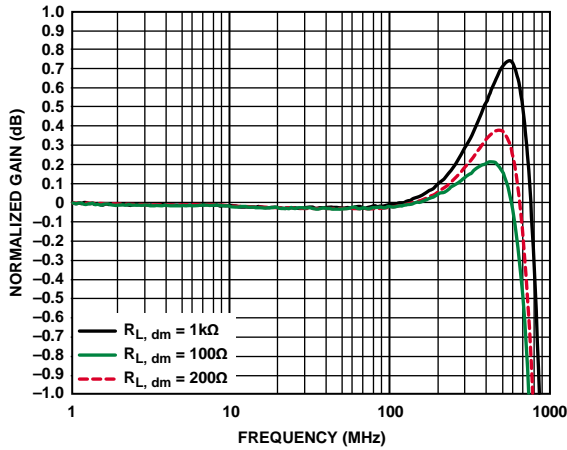


图21. 不同负载下的0.1 dB平坦度响应
(ADA4938-1, $V_{OUT} = 0.1 V p-p$)

06592-119

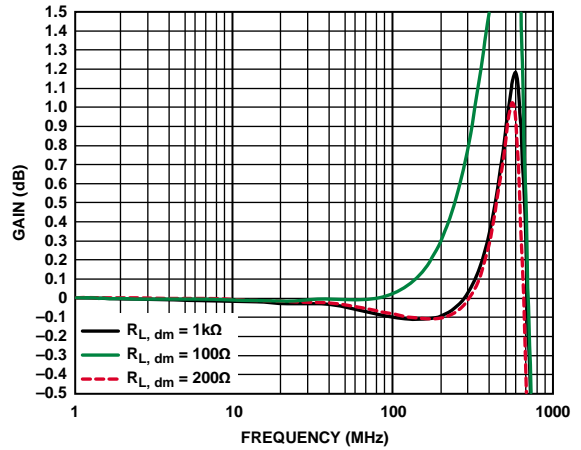


图24. 不同负载下的0.1 dB平坦度响应
(ADA4938-2, $V_{OUT} = 0.1 V p-p$)

06592-122

ADA4938-1/ADA4938-2

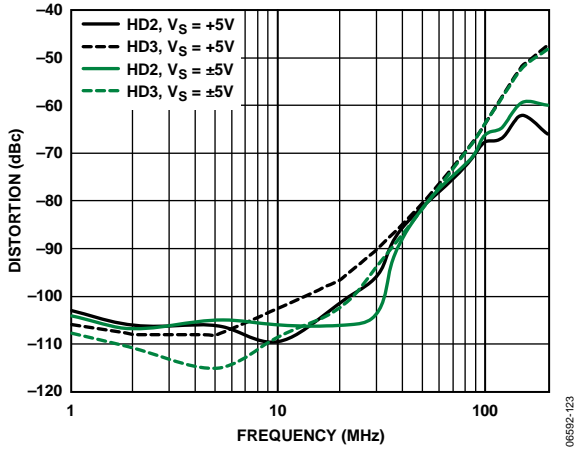


图25. 谐波失真与频率和电源电压的关系

06592-123

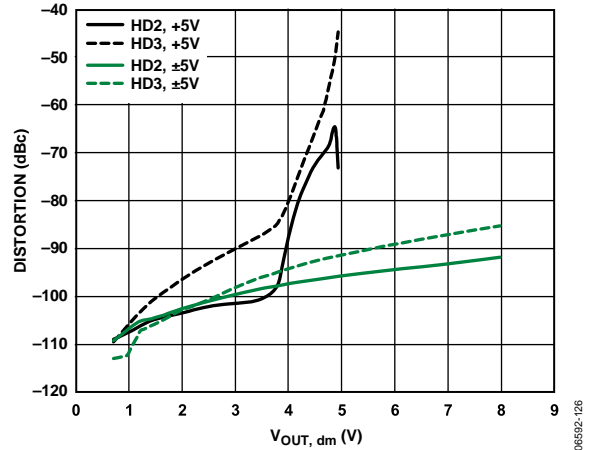


图28. 谐波失真与 $V_{OUT,dm}$ 和电源电压的关系

06592-126

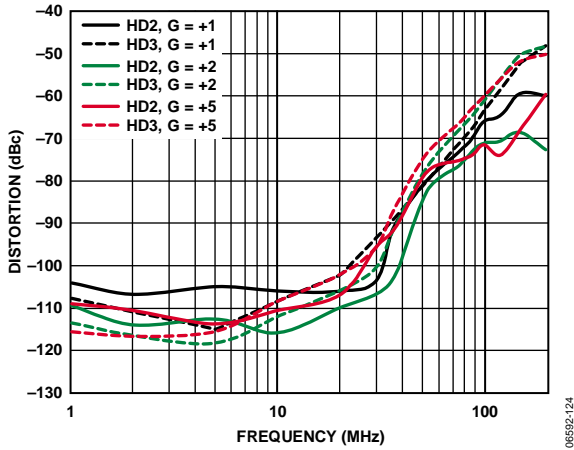


图26. 谐波失真与频率和增益的关系

06592-124

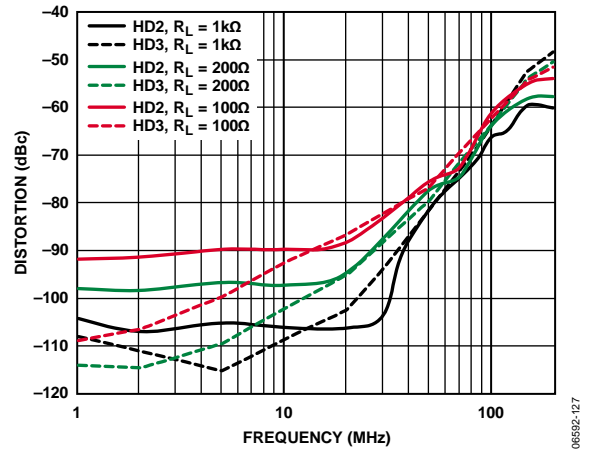


图29. 不同负载下谐波失真与频率的关系

06592-127

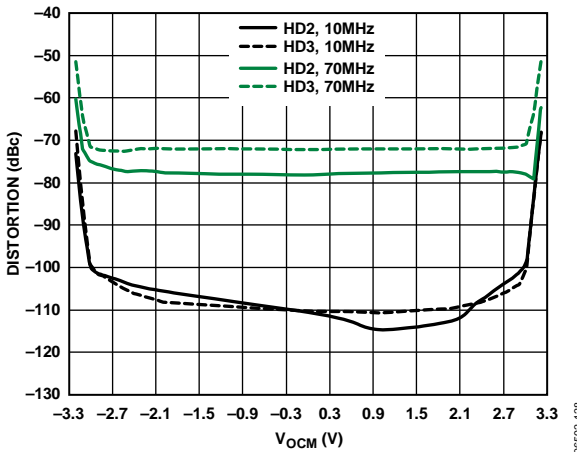


图27. 谐波失真与 V_{OCM} 和频率的关系

06592-128

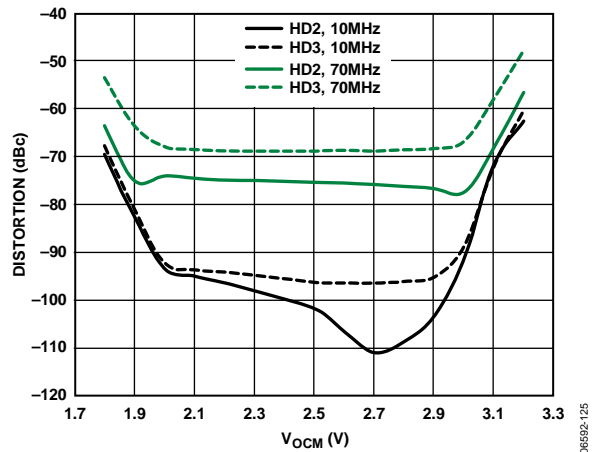


图30. 谐波失真与 V_{OCM} 和频率的关系, $V_S = 5V$

06592-125

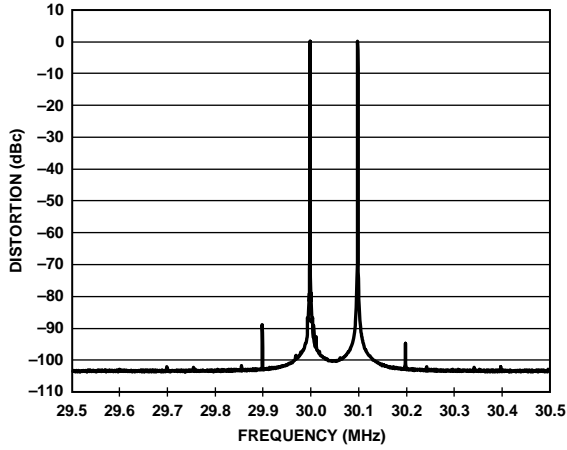


图31. 交调失真

06592-129

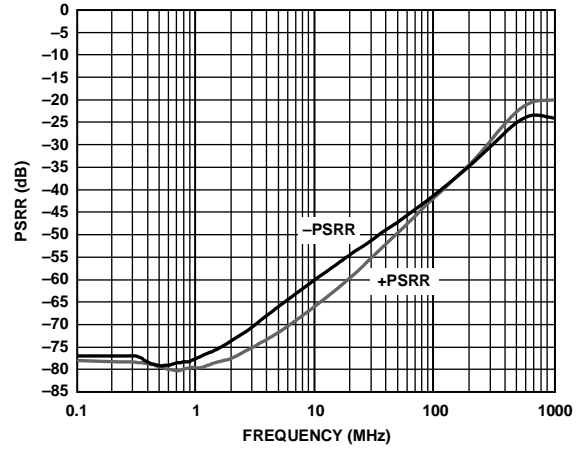


图34. PSRR与频率的关系

06592-132

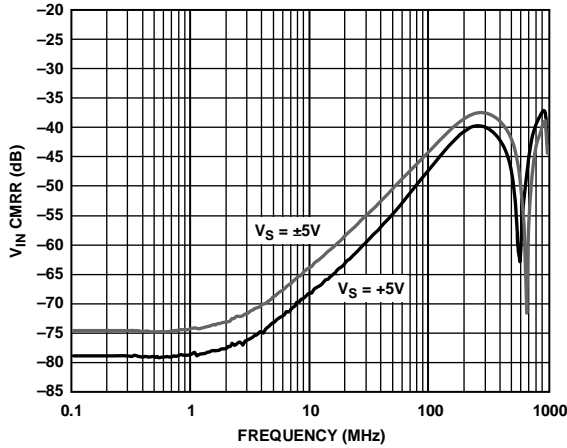


图32. V_{IN} CMRR与频率的关系

06592-130

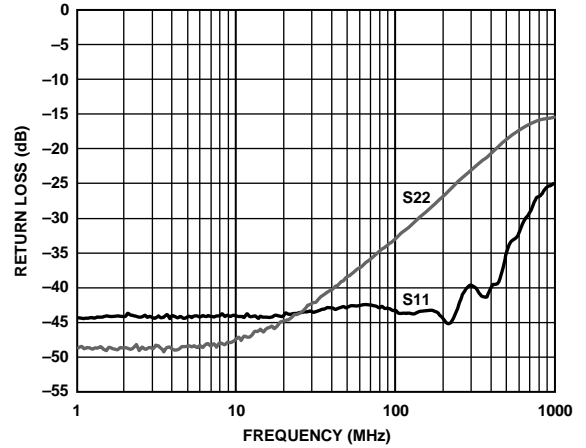


图35. 回损(S11, S22)与频率的关系

06592-134

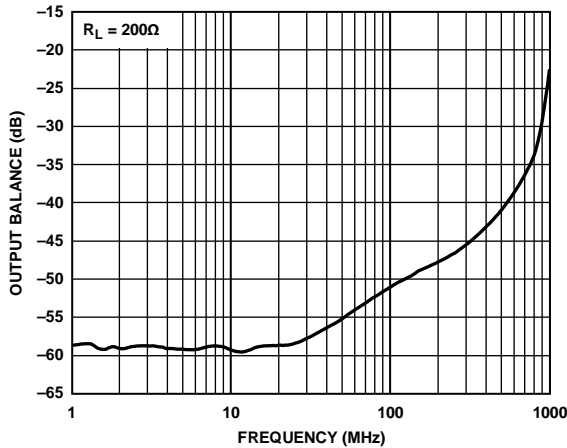


图33. 输出平衡与频率的关系

06592-131

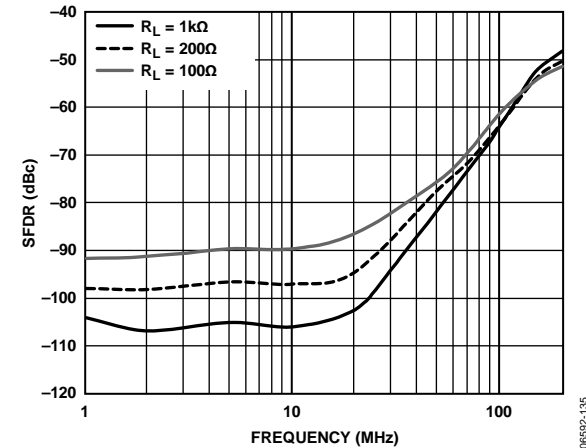


图36. 不同负载下SFDR与频率的关系

06592-135

ADA4938-1/ADA4938-2

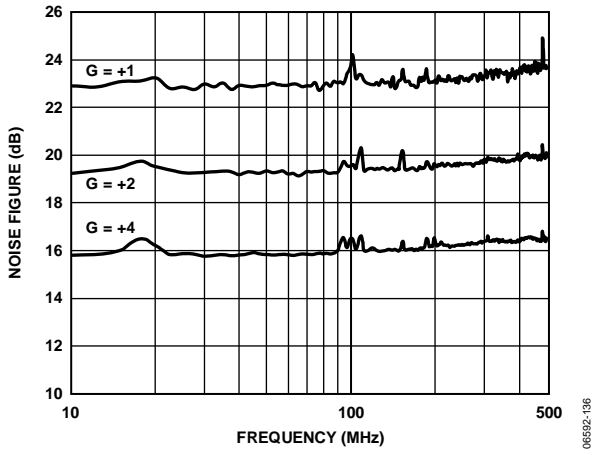


图37. 噪声系数与频率的关系

06592-136

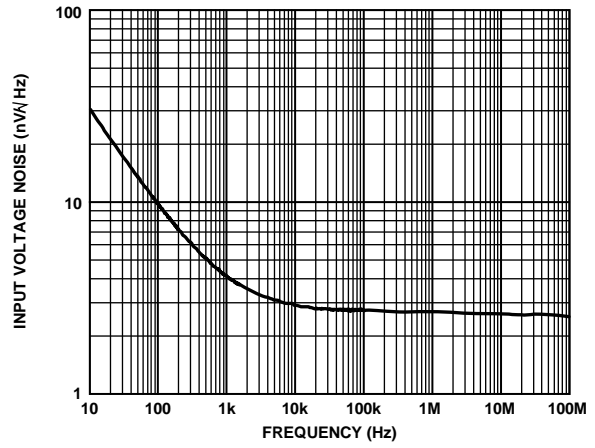


图40. 输入电压噪声与频率的关系

06592-039

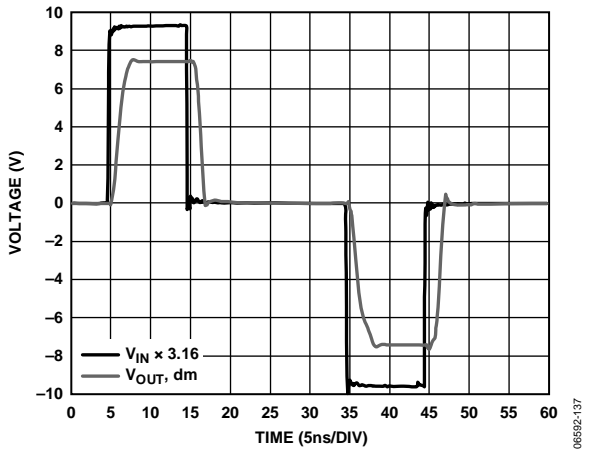


图38. 过驱恢复时间(脉冲输入)

06592-137

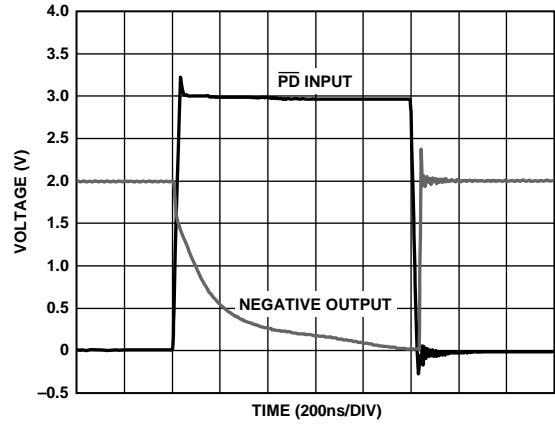


图41. 关断模式下的响应时间

06592-140

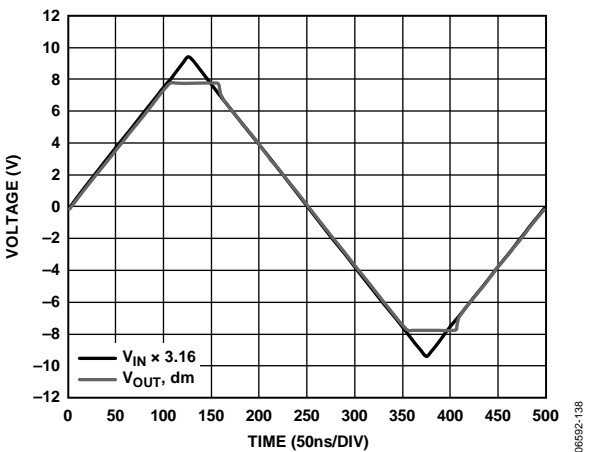


图39. 过驱幅度特性(三角波输入)

06592-138

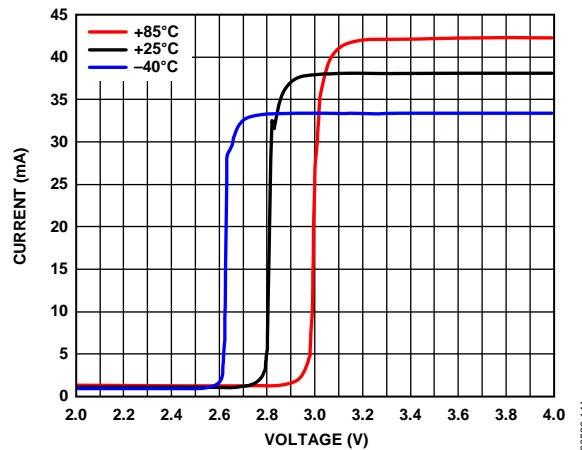


图42. 电源电流与关断模式电压和温度的关系

06592-141

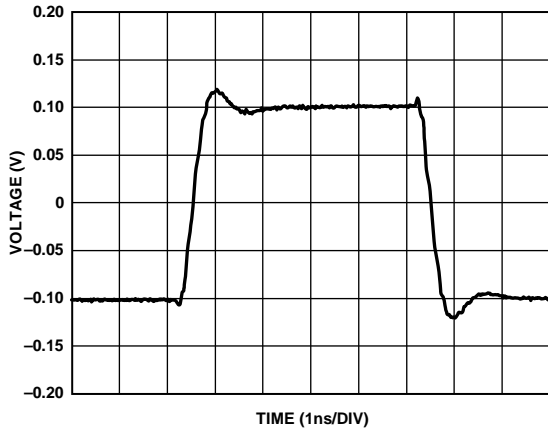


图43. 小信号瞬态响应, $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$

06592-142

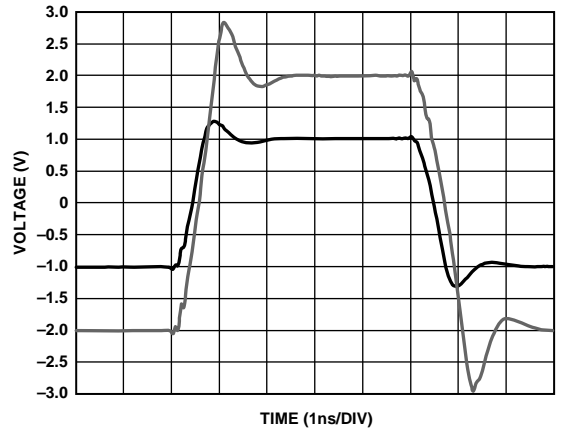


图46. 大信号瞬态响应

06592-145

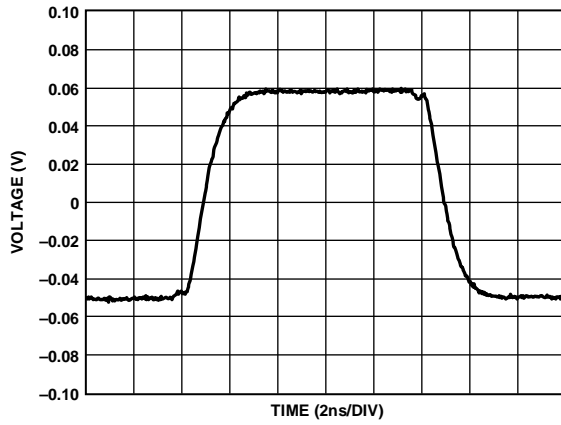


图44. V_{OCM} 小信号瞬态响应, $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$

06592-043

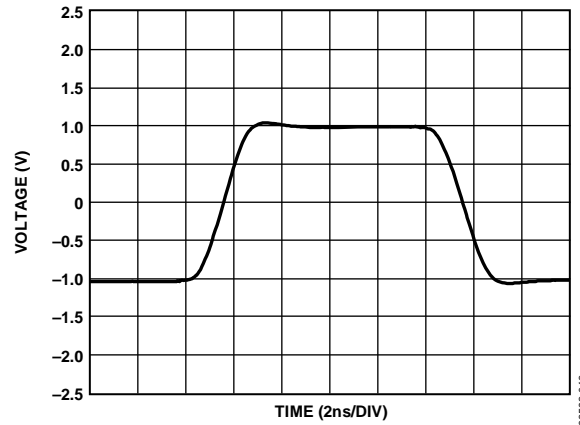


图47. V_{OCM} 大信号瞬态响应

06592-046

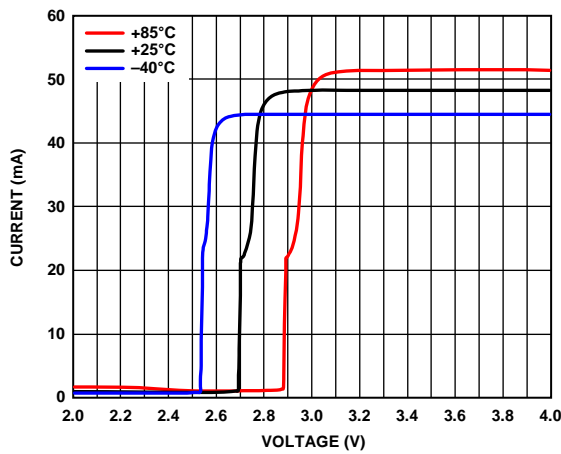


图45. 电源电流与关断模式电压和温度的关系, $V_s = 5 \text{ V}$

06592-144

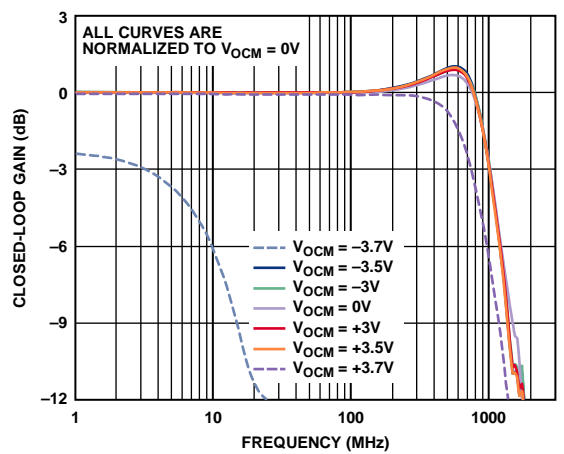


图48. 不同 V_{OCM} 下的 $V_{OUT, dm}$ 小信号频率响应, $V_{OUT} = 0.1 \text{ V p-p}$

06592-048

ADA4938-1/ADA4938-2

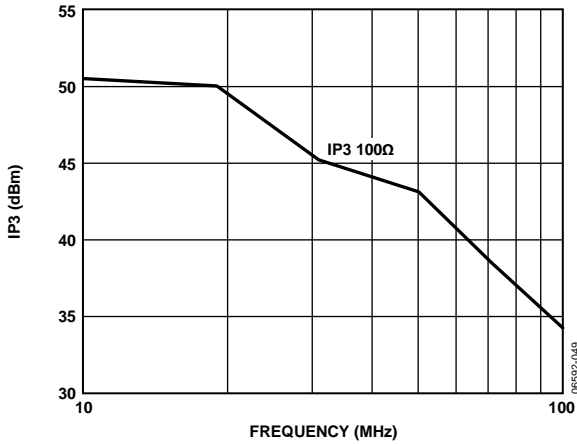


图49. IP3与频率的关系

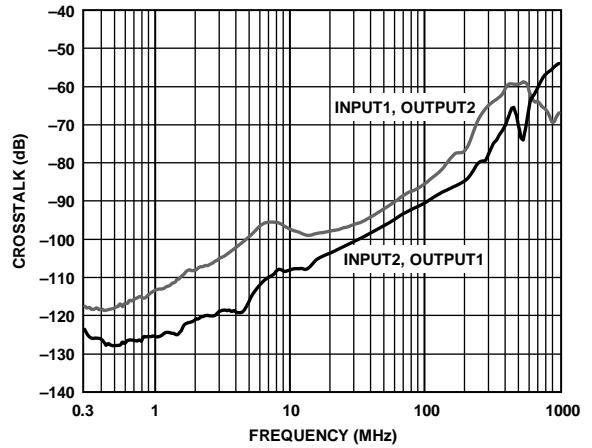


图52. ADA4938-2串扰与频率的关系

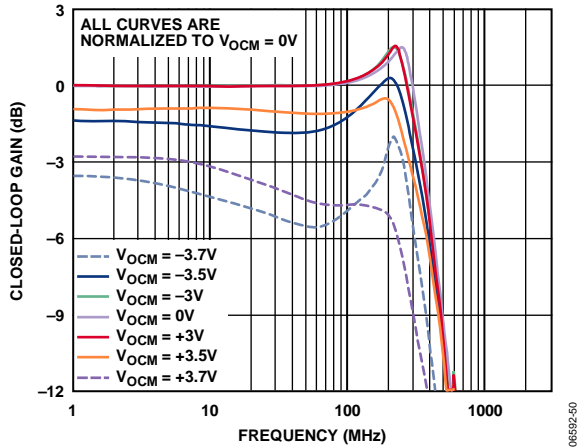


图50. 不同 V_{OCM} 下的 $V_{OUT,dm}$ 大信号频率响应

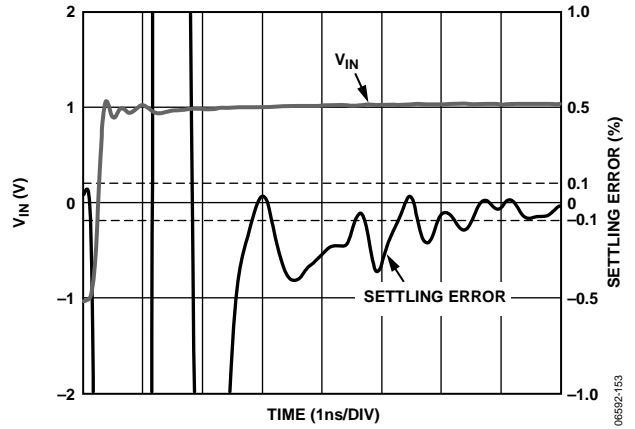


图53. 0.1%建立时间

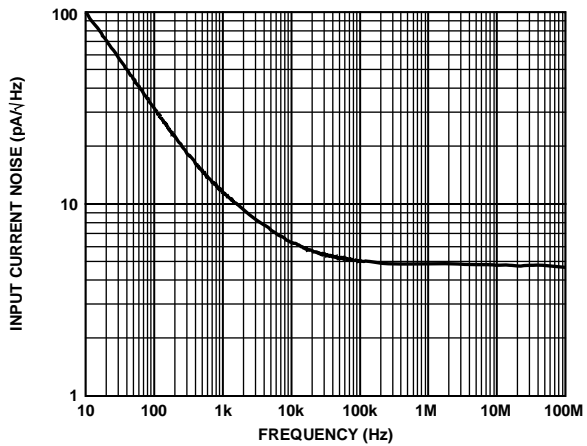


图51. 输入电流噪声与频率的关系

测试电路

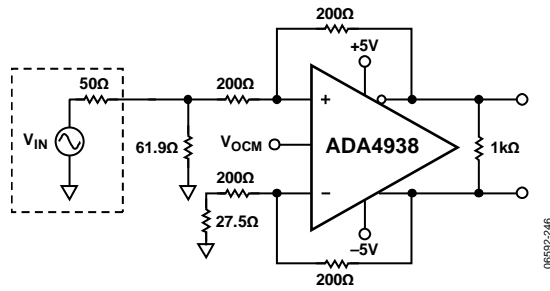


图54. 等效基本测试电路

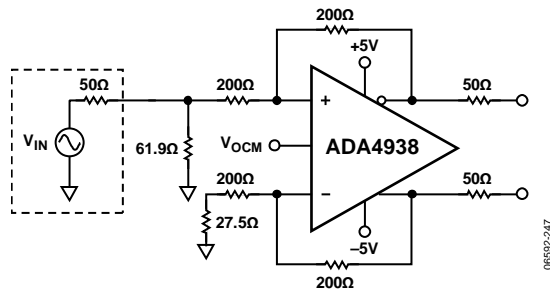


图55. 输出平衡的测试电路

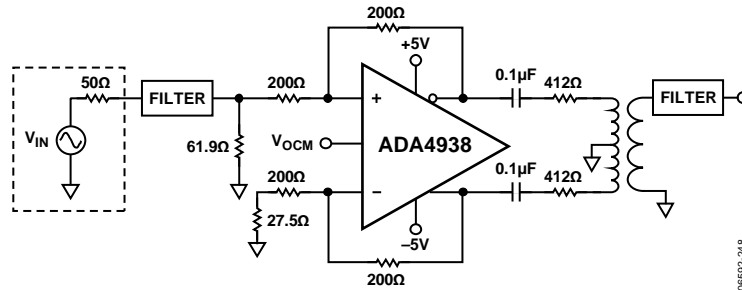


图56. 失真测量的测试电路

术语

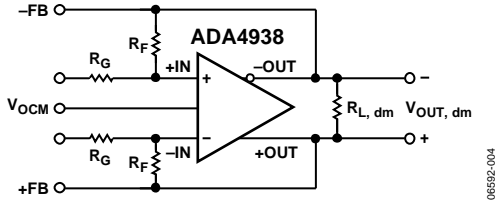


图57. 电路定义

差分电压

差分电压指两个节点电压之差。例如，输出差分电压(亦称输出差模电压)定义为：

$$V_{OUT, dm} = (V_{+OUT} - V_{-OUT})$$

其中， V_{+OUT} 和 V_{-OUT} 分别指+OUT引脚和-OUT引脚相对于同一基准电压的电压。

共模电压

共模电压为两个节点电压的平均值。输出共模电压定义为

$$V_{OUT, cm} = (V_{+OUT} + V_{-OUT})/2$$

平衡

平衡是衡量差分信号的幅度匹配情况以及相位恰好相差 180° 的一项指标。确定平衡的最简单方法是在差分电压节点之间放置匹配良好的电阻分压器，并将分压器中点的信号幅度与差分信号的幅度进行比较。根据这种定义，输出平衡等于输出共模电压的幅度除以输出差模电压的幅度。

$$Output\ Balance\ Error = \left| \frac{V_{OUT, cm}}{V_{OUT, dm}} \right|$$

工作原理

ADA4938-x与常规运算放大器不同，它有两个电压反向的输出。与运算放大器类似，它通过开环增益和负反馈强制这些输出达到所期望的电压。ADA4938-x很像标准电压反馈型运算放大器，更容易实现单端到差分转换、共模电平转换和差分信号放大。另外与运算放大器类似，ADA4938-x具有高输入阻抗和低输出阻抗。

采用两个反馈回路来控制差分 and 共模输出电压。外部电阻设定的差分反馈只控制差分输出电压。共模反馈控制共模输出电压。这种架构可以很容易地将输出共模电平设为任意值。内部共模反馈强制其等于 V_{OCM} 输入上施加的电压，而不影响差分输出电压。

ADA4938-x的架构使得输出可以在很宽的频率范围内保持高度平衡，而不需要严格匹配的外部元件。共模反馈环路强制输出共模电压中的信号分量清零，结果得到近乎完美的平衡差分输出，幅度完全相等，相位相差 180° 。

应用电路分析

ADA4938-x使用开环增益和负反馈来强制设定其差分 and 共模输出电压，使差分 and 共模误差电压降到最低。差分误差电压定义为差分输入+IN和-IN之间的电压(见图57)。在多数应用中，可以假设此电压为0。同样，实际输出共模电压与 V_{OCM} 上的电压之差也可以假设为零。从这两个假设出发，可以任意分析任何应用电路。

设置闭环增益

图57所示电路的差模增益可由下式决定：

$$\left| \frac{V_{OUT, dm}}{V_{IN, dm}} \right| = \frac{R_F}{R_G}$$

假定各端的输入电阻(R_G)和反馈电阻(R_F)相等。

估计输出噪声电压

ADA4938的差分输出噪声可以用图58中的噪声模型估算。折合到输入端的噪声电压密度 v_{nIN} 以差分输入建模，噪声电流 i_{nIN-} 和 i_{nIN+} 出现在每个输入与地之间。假定噪声电流相等，并在增益和反馈电阻的并联组合上产生电压。 $v_{n, cm}$ 是 V_{OCM} 引脚上的噪声电压密度。四个电阻每个产生 $(4kTR)^{1/2}$ 的噪声。表9总结了输入噪声源、倍增系数和折合到输出端噪声密度项。

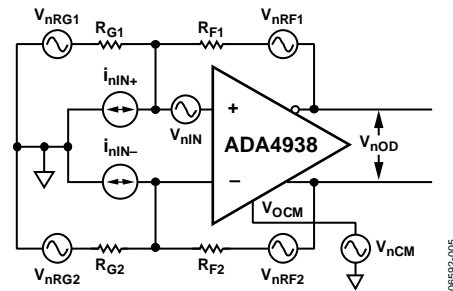


图58. ADA4938噪声模型

表9. 输出噪声电压密度计算

输入噪声源	输入噪声项	输入噪声电压密度	输出倍增因子	输出噪声电压密度项
差分输入	V_{nIN}	V_{nIN}	G_N	$V_{nO1} = G_N(V_{nIN})$
反相输入	i_{nIN-}	$i_{nIN-} \times (R_{G2} R_{F2})$	G_N	$V_{nO2} = G_N[i_{nIN-} \times (R_{G2} R_{F2})]$
同相输入	i_{nIN+}	$i_{nIN+} \times (R_{G1} R_{F1})$	G_N	$V_{nO3} = G_N[i_{nIN+} \times (R_{G1} R_{F1})]$
V_{OCM} 输入	$V_{n, cm}$	$V_{n, cm}$	$G_N(\beta_1 - \beta_2)$	$V_{nO4} = G_N(\beta_1 - \beta_2)(V_{nCM})$
增益电阻 R_{G1}	V_{nRG1}	$(4kTR_{G1})^{1/2}$	$G_N(1 - \beta_1)$	$V_{nO5} = G_N(1 - \beta_1)(4kTR_{G1})^{1/2}$
增益电阻 R_{G2}	V_{nRG2}	$(4kTR_{G2})^{1/2}$	$G_N(1 - \beta_2)$	$V_{nO6} = G_N(1 - \beta_2)(4kTR_{G2})^{1/2}$
反馈电阻 R_{F1}	V_{nRF1}	$(4kTR_{F1})^{1/2}$	1	$V_{nO7} = (4kTR_{F1})^{1/2}$
反馈电阻 R_{F2}	V_{nRF2}	$(4kTR_{F2})^{1/2}$	1	$V_{nO8} = (4kTR_{F2})^{1/2}$

ADA4938-1/ADA4938-2

与常规运算放大器类似，可通过用折合到输入端(+IN和-IN)的误差项乘以合适的输出因子来估算输出噪声电压密度，其中：

$G_N = \frac{2}{(\beta_1 + \beta_2)}$ 是电路噪声增益。

$\beta_1 = \frac{R_{G1}}{R_{F1} + R_{G1}}$ 和 $\beta_2 = \frac{R_{G2}}{R_{F2} + R_{G2}}$ 是反馈因子。

当 $R_{F1}/R_{G1} = R_{F2}/R_{G2}$ 时， $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ，噪声增益为

$$G_N = \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_F}{R_G}$$

注意，此时 V_{OCM} 的输出噪声为零。总差分输出噪声密度 v_{nOD} 是各输出噪声项的方和根。

$$v_{nOD} = \sqrt{\sum_{i=1}^8 v_{nOi}^2}$$

反馈网络失配的影响

前面提到，即使外部反馈网络(R_F/R_G)不匹配，内部共模反馈环路仍然会强制输出保持平衡。每个输出端的信号幅度保持相等，相位相差180°。输入到输出的差模增益变化与反馈的不匹配成比例，但输出平衡不受影响。

除了 V_{OCM} 的噪声贡献外，外部电阻的比例匹配误差会导致电路抑制输入共模信号的能力降低，非常类似于使用常规运算放大器制成的四电阻差动放大器。

而且，如果输入和输出共模电压的直流电平不同，匹配误差会导致一个细小的差模输出失调电压。对于 $G = +1$ ，具有一个地基准输入信号且输出共模电平设定为2.5 V的情况，如果使用1%容差电阻，则可产生高达25 mV的输出失调(1%共模电平差)。1%容差的电阻将导致一个约40 dB的输入CMRR(最差情况)、25 mV的差模输出失调(最差情况，2.5V电平转换)，不会对输出平衡误差造成明显恶化。

计算应用电路的输入阻抗

电路的有效输入阻抗取决于放大器是由单端信号源驱动，还是由差分信号源驱动。对于平衡差分输入信号(如图59所示)，两个输入端(+ D_{IN} 和- D_{IN})之间的输入阻抗($R_{IN, dm}$)为：
 $R_{IN, dm} = 2 \times R_G$ 。

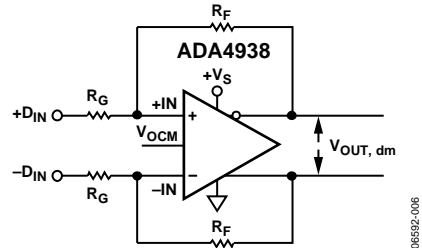


图59. 针对平衡(差分)输入的ADA4938配置

对于非平衡单端输入信号(见图60)，输入阻抗为

$$R_{IN, cm} = \left(\frac{R_G}{1 - \frac{R_F}{2 \times (R_G + R_F)}} \right)$$

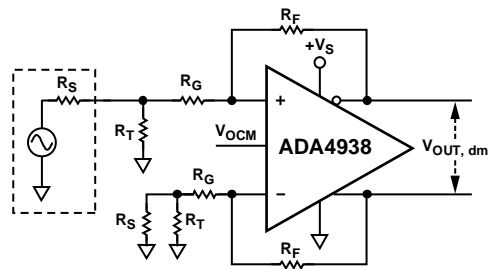


图60. 针对非平衡(单端)输入的ADA4938-x配置

该电路的有效输入阻抗高于作为反相放大器连接的常规运算放大器，因为一小部分差分输出电压在输入端表现为共模信号，从而部分增高了输入增益电阻 R_G 两端的电压。

单电源应用中的输入共模电压范围

ADA4938针对以电平转换、以地为基准的输入信号进行优化。因此，输入共模范围的中心从电源电压中间值向下偏移约1 V。放大器求和节点上的输入共模范围为高于 $-V_S$ 的0.3V以上到低于 $+V_S$ 的1.6 V以下。为了避免输出端箝位，在+IN和-IN端的电压摆幅必须符合该范围。

单端输入的端接

通过源电阻为50 Ω、总增益为1 V/V的2 V输入源为例来说明将单端输入端接到ADA4938-x时必须遵守的四个简单步骤。

1. 输入阻抗根据以下公式计算：

$$R_{IN} = \left(\frac{R_G}{1 - \frac{R_G}{2 \times (R_G + R_F)}} \right) = \left(\frac{200}{1 - \frac{200}{2 \times (200 + 200)}} \right) = 267 \Omega$$

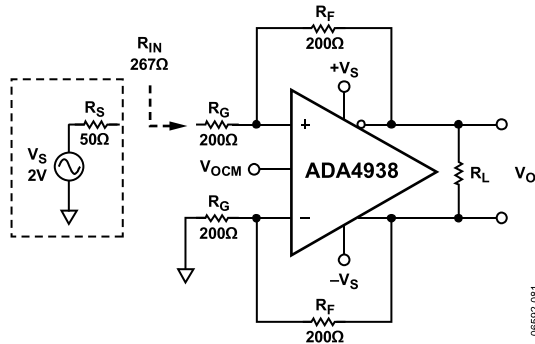


图61. 单端输入阻抗

2. 要使源端接电阻为50 Ω，则用公式 $R_T \parallel R_{IN} = 50 \Omega$ 计算电阻 R_T ，即 $R_T = 61.9 \Omega$ 。

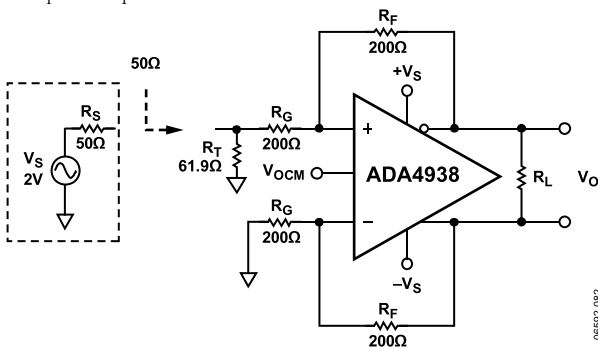


图62. 添加端接电阻 R_T

3. 为了补偿增益电阻的不平衡性，需要添加一个校正电阻 (R_{TS})，并使其与反相输入增益电阻 R_G 相串联。 R_{TS} 等于源电阻 ($R_S \parallel R_T$) 的戴维宁等效值。

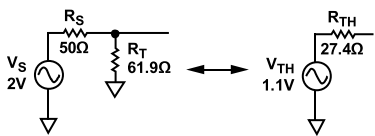


图63. 计算戴维宁等效值

$R_{TS} = R_{TH} = R_S \parallel R_T = 27.4 \Omega$ 。注意， V_{TH} 不等于 $V_S/2$ ；但是，如果放大器电路不影响端接电阻，则 V_{TH} 等于 $V_S/2$ 。

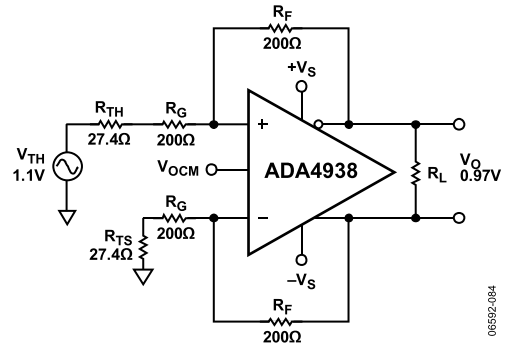


图64. 平衡增益电阻 R_G

4. 最后，重新计算反馈电阻以将输出电压调整到所需水平。

a. 要使输出电压 $V_O = 1 V$ ，则用以下公式计算 R_F ：

$$R_F = \left(\frac{V_O \times (R_G + R_{TS})}{V_{TH}} \right) = \left(\frac{1 \times (200 + 27.4)}{1.1} \right) = 207 \Omega$$

b. 要使总增益返回到1 V/V ($V_O = V_S = 2 V$)，则 R_F 应为：

$$R_F = \left(\frac{V_O \times (R_G + R_{TS})}{V_{TH}} \right) = \left(\frac{2 \times (200 + 27.4)}{1.1} \right) = 414 \Omega$$

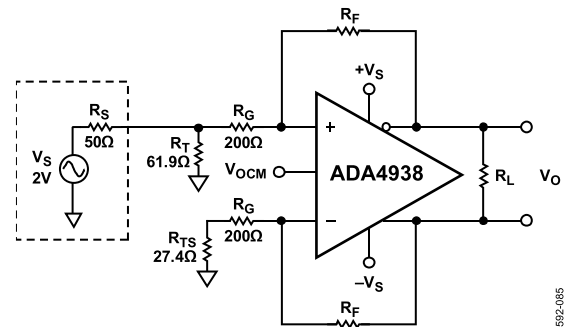


图65. 完整的单端转差分系统

设置输出共模电压

ADA4938-x的 V_{OCM} 引脚采用内部偏置，偏置电压约等于电源电压的中点值 (V_+ 和 V_- 处电压的平均值)。使用该内部偏置得到的输出共模电压与预期值的偏差在100 mV之内。

对于需要对输出共模电平进行更加精确控制的情况，建议使用外部源或电阻分压器 (10 kΩ 或更大电阻)。

也可以将 V_{OCM} 输入连接到ADC的共模电平 (CML) 输出。然而，必须注意确保输出有足够的驱动能力。 V_{OCM} 引脚的输入阻抗约为10 kΩ。如果多个ADA4938-x器件共用一个基准输出，建议使用缓冲器。

ADA4938-1/ADA4938-2

表10和表11列出了几个常用增益设置、相关电阻值、输入阻抗和输出噪声密度，适合平衡及非平衡输入配置。此外

还显示了10 V单电源和±5 V双电源供电时特定条件下针对不同 V_{OCM} 设置的输入共模电压。

表10. 以地为参考的差分输入、直流耦合；参见图59

标称增益 (V/V)	R_F (Ω)	R_G (Ω)	$R_{IN, dm}$ (Ω)	差分输出噪声 密度 (nV/ \sqrt{Hz})	+IN和-IN处的共模电平(V)			
					+ $V_S = 10 V$, - $V_S = 0 V$ $V_{OUT, dm} = 2.0 V p-p$		+ $V_S = 5 V$, - $V_S = -5 V$ $V_{OUT, dm} = 2.0 V p-p$	
					$V_{OCM} = 2.5 V$	$V_{OCM} = 3.5 V$	$V_{OCM} = 1.0 V$	$V_{OCM} = 3.2 V$
1	200	200	400	6.5	1.25	1.75	0.50	1.60
2	402	200	400	10.4	0.83	1.16	0.33	1.06
3.16	402	127	254	13.4	0.60	0.84	0.24	0.77
5	402	80.6	161	18.2	0.42	0.58	0.17	0.53

表11. 以地为参考的单端输入、直流耦合、 $R_S = 50 \Omega$ ；参见图60

标称增益 (V/V)	R_F (Ω)	R_{G1} (Ω)	R_T (Ω)	$R_{IN, se}$ (Ω)	R_{G2} (Ω) ¹	总增益 (V/V) ²	差分输出 噪声密度 (nV/ \sqrt{Hz})	+IN和-IN处的共模摆动(V)			
								+ $V_S = 10 V$, - $V_S = 0 V$ $V_{OUT, dm} = 2.0 V p-p$		+ $V_S = 5 V$, - $V_S = -5 V$ $V_{OUT, dm} = 2.0 V p-p$	
								$V_{OCM} = 2.5 V$	$V_{OCM} = 3.5 V$	$V_{OCM} = 0 V$	$V_{OCM} = 2.0 V$
1	200	200	60.4	267	226	0.9	6.2	1.00至1.50	1.50至2.00	-0.25至+0.25	0.75至1.25
2	402	200	60.4	300	226	1.8	9.8	0.66至1.00	1.00至1.33	-0.17至+0.17	0.50至0.83
3.16	402	127	66.5	205	158	2.5	11.8	0.48至0.72	0.72至0.96	-0.12至+0.12	0.36至0.60
5	402	80.6	76.8	138	110	3.6	14.7	0.33至0.50	0.50至0.67	-0.08至+0.08	0.25至0.42

¹ $R_{G2} = R_{G1} + R_{TS}$ 。

² 包括端接匹配的影响。

布局布线、接地和旁路

ADA4938-x作为高速器件，对其所工作的PCB环境非常敏感。要实现其优异的性能，必须注意高速PCB设计的细节。

第一个要求是实心地层应尽可能覆盖ADA4938-x所在的电路板区域。然而，反馈电阻(R_F)、输入增益电阻(R_G)和输入求和节点附近的区域都不能有接地层和电源层(见图66)。在这些节点处清除接地和电源层可以将杂散电容降到最低，防止高频时放大器响应发生峰化现象。

热阻 θ_{JA} 的测量条件是将器件(包括裸露焊盘)焊接到高导热性4层电路板上，如EIA/JESD 51-7所述。裸露焊盘与器件电气隔离；因此，可利用过孔连接到接地层。ADA4938-1的散热焊盘和过孔结构示例如图67和图68所示。

在尽可能靠近器件处将电源引脚直接旁路到附近的接地层。应使用高频陶瓷芯片电容。每个电源推荐使用两个并联旁路电容(1000 pF和0.1 μ F)，1000 pF电容应离器件更

近；在较远的地方，用10 μ F钽电容在每个电源到地之间提供低频旁路。

信号路径应该短而直接，避免寄生效应。在互补信号存在的地方，对称布局可提高平衡性能。

当差分信号经过较长路径时，要保持PCB走线相互靠近，将差分线路缠绕在一起，尽量降低环路面积。这样做可以降低辐射能量，并使电路不容易受干扰影响。

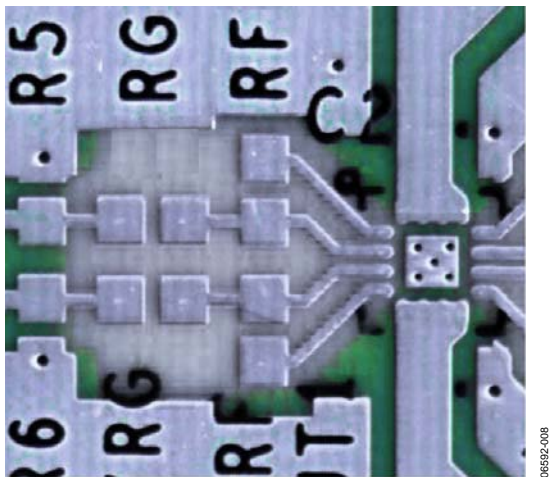


图66. R_F 和 R_G 附近的接地和电源层的露空

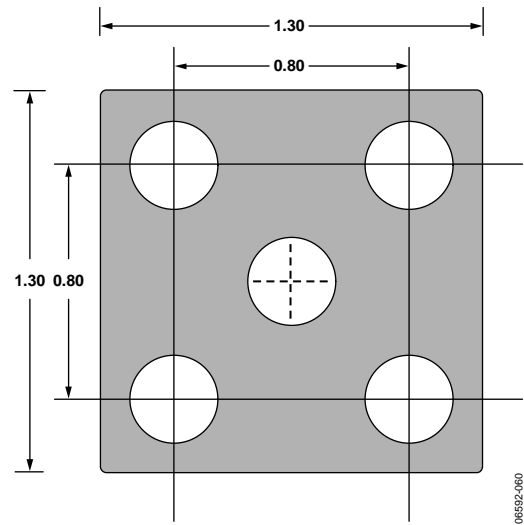


图67. 推荐的PCB散热焊盘(ADA4938-1)(尺寸单位: mm)

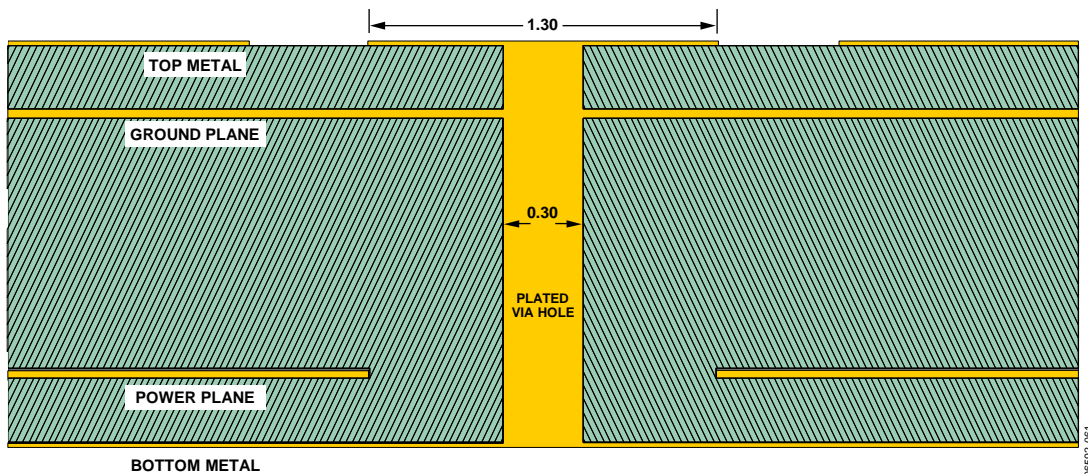


图68. 散热过孔连接到埋入式接地层的4层PCB(ADA4938-1)横截面(尺寸单位: mm)

ADA4938-1/ADA4938-2

高性能ADC驱动

ADA4938-x非常适合基带直流耦合应用。图69中的电路显示用于驱动16位、80 MSPS ADC AD9446的ADA4938-x的前端连接。采用差分驱动时，AD9446能够实现最佳性能。ADA4938-x免除用变压器来驱动ADC的需要，并可以实现单端到差分转换，驱动信号缓存，和提供适当的电平转换来进行直流耦合。

ADA4938-x采用10 V单电源供电，并针对单端输入转差分输出配置单位增益。61.9 Ω 端接电阻与267 Ω 的单端输入阻抗并联，为信号源提供50 Ω 端接电阻。反相输入端附加的26 Ω (总共226 Ω)电阻可平衡50 Ω 信号源与驱动同相输入的端接电阻的并联阻抗。

该信号发生器具有以接地电压为基准的对称双极性输出端。ADA4938-x的 V_{OCM} 引脚通过外部电阻分压器进行偏置，以获得所需的3.5 V输出共模电压。输出共模电压的一半反馈至求和节点，从而将-IN和+IN偏置为1.75 V。对于3.5 V共模电压，每个ADA4938-x输出在2.7 V和4.3 V间摆动，提供3.2 V p-p差分输出。

放大器的输出端通过一个-3 dB频率为50 MHz的二阶低通滤波器直流耦合至ADC。该滤波器可降低放大器的噪声带宽，并将驱动器输出与ADC输入隔离。

将VREF引脚和SENSE引脚之间设置 $R1 = R2 = 1 \text{ k}\Omega$ ，可将AD9446的满量程输入配置为4.0 V p-p，见图69。

图70中的电路显示用于驱动14位、125 MSPS ADC AD9246的ADA4938-x的简化前端连接。采用差分驱动时，AD9246能够实现最佳性能。ADA4938-x免除用变压器来驱动ADC的需要，并可以实现单端到差分转换，驱动信号缓存，和提供适当的电平转换来进行直流耦合。

ADA4938-x采用 $\pm 5 \text{ V}$ 双电源供电，并针对单端输入转差分输出配置 $\sim 2 \text{ V/V}$ 的增益。76.8 Ω 端接电阻与单端输入阻抗137 Ω 并联，为输入源提供50 Ω 直流端接。反相输入端附加的30.1 Ω (总共120 Ω)电阻可平衡50 Ω 信号源与驱动同相输入的端接电阻的并联直流阻抗。

该信号发生器具有以接地电压为基准的对称双极性输出端。ADA4938-x的 V_{OCM} 引脚连接到AD9246的CML引脚，以便将输出共模电平设为相应点。此部分会反馈至求和节点，使-IN和+IN偏置在0.55 V的值上。对于0.9 V共模电压，每个ADA4938输出在0.4 V和1.4 V间摆动，提供2 V p-p差分输出。

输出直流耦合至一个单极、低通滤波器。该滤波器可降低放大器的噪声带宽，并且与ADC开关电容输入形成一定程度的隔离。AD9246通过将SENSE引脚连接至AGND设置为2 V p-p满量程输入。AD9246的输入通过连接CML输出偏置为1 V，如图70所示。

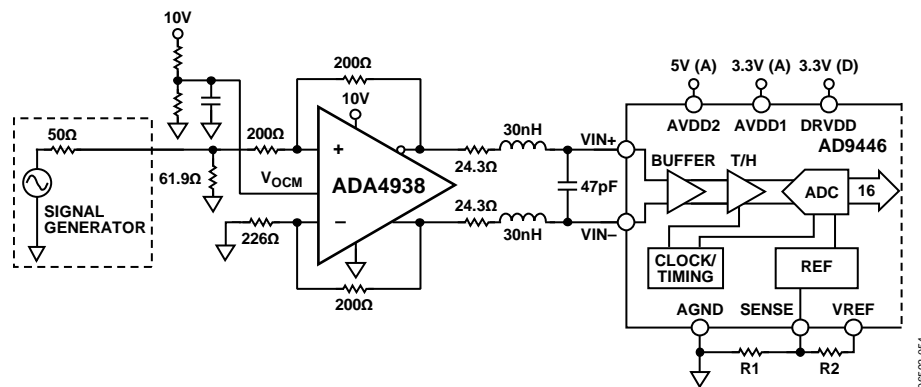


图69. ADA4938驱动16位、80 MSPS ADC AD9446

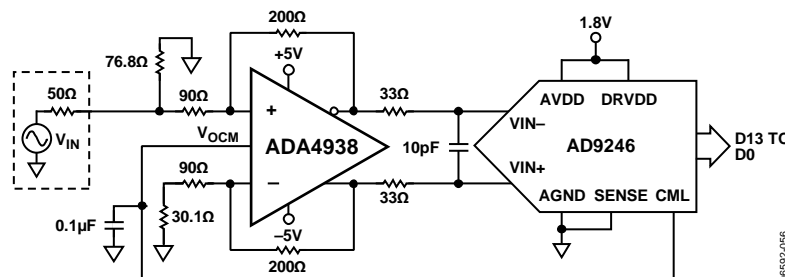
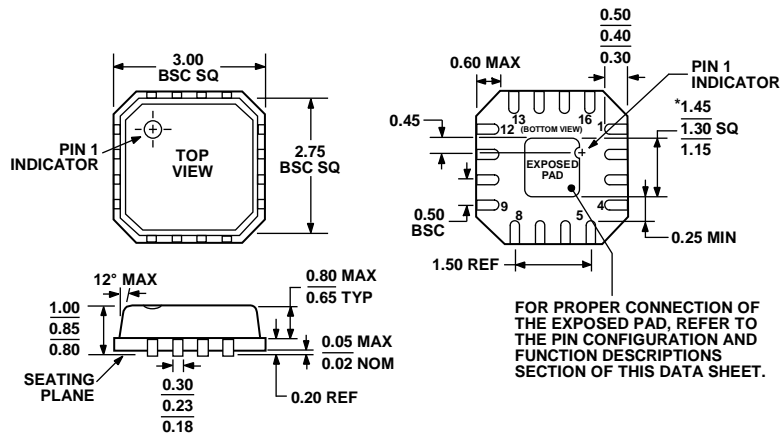


图70. ADA4938驱动14位、125 MSPS ADC AD9246

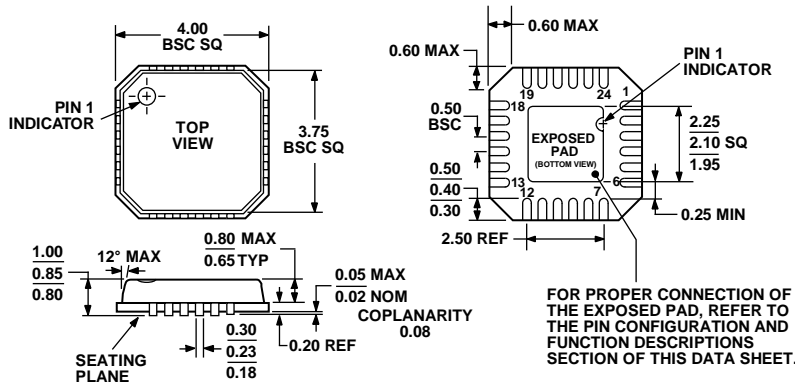
外形尺寸



*COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-VEED-2 EXCEPT FOR EXPOSED PAD DIMENSION.

图71. 16引脚引脚架构芯片级封装[LFCSP_VQ] 3 mm x 3 mm (CP-16-2)

尺寸单位: mm



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-VGGD-2

图72. 24引脚引脚架构芯片级封装[LFCSP_VQ] 4 mm x 4 mm超薄四方体 (CP-24-1)

尺寸单位: mm

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项	订购数量	标识
ADA4938-1ACPZ-R2 ¹	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_VQ	CP-16-2	250	H11
ADA4938-1ACPZ-RL ¹	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_VQ	CP-16-2	5,000	H11
ADA4938-1ACPZ-R7 ¹	-40°C至+85°C	16引脚 LFCSP_VQ	CP-16-2	1,500	H11
ADA4938-2ACPZ-R2 ¹	-40°C至+85°C	24引脚 LFCSP_VQ	CP-24-1	250	
ADA4938-2ACPZ-RL ¹	-40°C至+85°C	24引脚 LFCSP_VQ	CP-24-1	5,000	
ADA4938-2ACPZ-R7 ¹	-40°C至+85°C	24引脚 LFCSP_VQ	CP-24-1	1,500	

¹ Z = RoHS兼容器件。

注释

注释

注释