

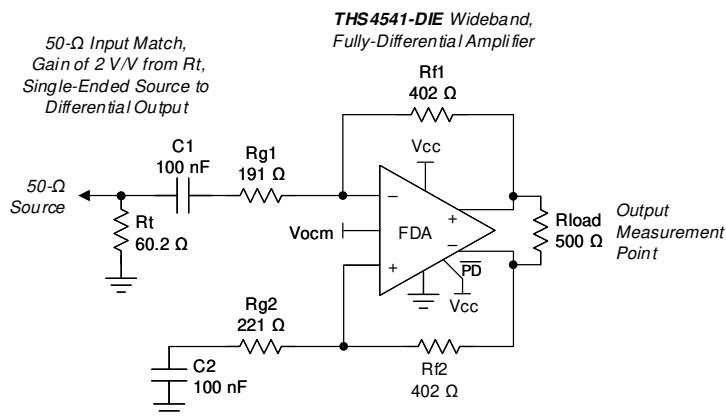
THS4541-DIE 负轨输入、轨到轨输出、精密 850MHz 全差分放大器

1 特性

- 带宽：500 MHz ($G = 2V/V$)
- 增益带宽积：850MHz
- 压摆率：1500 V/ μ s
- HD_2 ：10MHz 时为 -95dBc ($2V_{PP}$, $R_L = 500\Omega$)
- HD_3 ：10MHz 时为 -90dBc ($2V_{PP}$, $R_L = 500\Omega$)
- 输入电压噪声：2.2nV/ $\sqrt{Hz}$ ($f > 100kHz$)
- 低温漂： $\pm 0.5\mu V/^\circ C$ (典型值)
- 负电源轨输入 (NRI)
- 轨到轨输出 (RRO)
- 电源：
 - 单电源电压范围：2.7V 至 5.4V
 - 双电源电压范围： $\pm 1.35V$ 至 $\pm 2.7V$
 - 静态电流：10.1mA (5V 电源)
- 断电能力：2 μ A (典型值)

2 应用

- 低功耗高性能 ADC 驱动器：
 - SAR、 $\Delta \Sigma$ 和流水线
- 低功耗、高性能 (直流或交流耦合)：
 - 单端至差分放大器
 - 差分至差分放大器
- 差分有源滤波器
- 实现 DAC 输出的差分跨阻
- **ADC3xxx 系列** 低功耗、高性能 ADC 的直流耦合或交流耦合接口



简化版原理图

3 说明

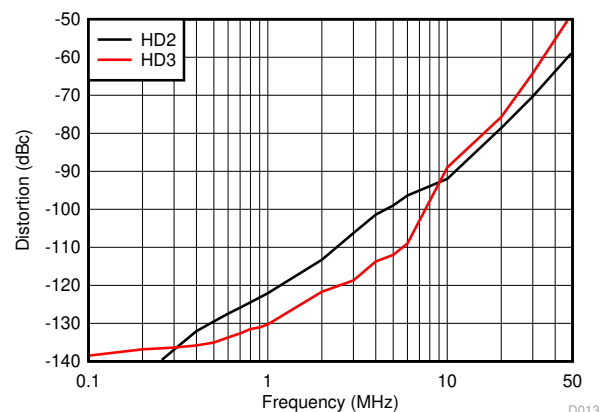
THS4541-DIE 是一款低功耗、电压反馈、全差分放大器 (FDA)，输入共模范围低于负轨和轨到轨输出。这是一款裸片产品，适用于多芯片模块 (MCM)、系统级封装 (SiP)、板载芯片 (COB)、混合系统以及要求超小尺寸的系统。THS4541-DIE 专为低功耗数据采集系统而设计，其中高密度对于高性能模数转换器 (ADC) 或数模转换器 (DAC) 接口设计至关重要。

THS4541-DIE 具有所需的负电源轨输入，可用于连接直流耦合、以接地为中心的源信号。此负电源轨输入搭配轨至轨输出，只需使用一个 2.7V 至 5.4 V 的电源，即可轻松将单端接地基准双极信号源与各种逐次逼近寄存器 (SAR)、 $\Delta \Sigma$ 或流水线 ADC 相连接。

器件信息⁽¹⁾

器件型号	封装	芯片大小：
THS4541-DIE	采用卷带包装的裸片	1198 μ m $\times$ 1006 μ m

(1) 要了解所有可用封装，请参见数据表末尾的封装选项附录。



单端到差分增益为 2, 2V 输出



内容

1 特性	1	8.4 器件功能模式	15
2 应用	1	9 应用和实施	16
3 说明	1	9.1 应用信息.....	16
4 修订历史记录	2	9.2 典型应用.....	16
5 裸片信息	3	10 电源相关建议	18
6 引脚配置和功能	4	11 布局	18
7 规格	5	11.1 布局指南.....	18
7.1 绝对最大额定值.....	5	12 器件和文档支持	19
7.2 建议的操作条件.....	5	12.1 器件支持.....	19
7.3 电气特性：(Vs+) - Vs- = 5V.....	5	12.2 文档支持.....	19
7.4 典型特性 5V 单电源.....	8	12.3 接收文档更新通知.....	19
7.5 典型特性：3V 至 5V 电源电压范围.....	10	12.4 支持资源.....	19
8 详细说明	13	12.5 商标.....	19
8.1 概述.....	13	12.6 Electrostatic Discharge Caution.....	20
8.2 功能方框图.....	14	12.7 术语表.....	20
8.3 特性说明.....	14	13 机械、封装和可订购信息	20

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 * (November 2021) to Revision A (March 2022)	Page
• 将裸片尺寸单位从 mm 更新为 μm	1

5 裸片信息

芯片厚度	背面光洁度	背面电势	接合焊盘金属化	接合焊盘尺寸 (X x Y)
15 密耳 (381 μm)	硅片减薄	晶圆背面与有源电路进行电气隔离	铝铜	85.0 μm x 85.0 μm

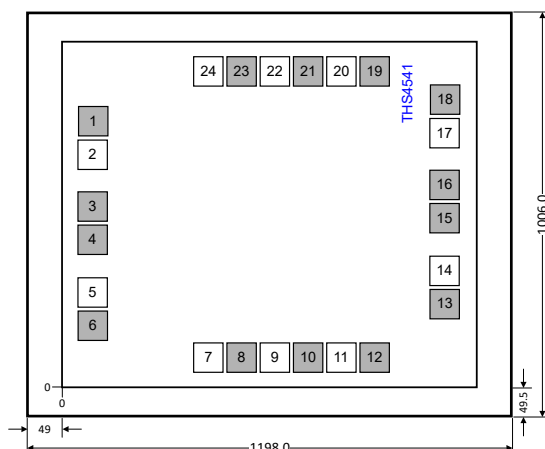


图 5-1. THS4541-DIE 24 焊盘裸片图

表 5-1. 接合焊盘坐标 (单位: 微米)

焊盘号码	焊盘名称	X 最小值	Y 最小值	X 最大值	Y 最大值
1	DNC ⁽¹⁾	4.50	686.50	89.50	771.50
2	IN+	4.50	590.50	89.50	675.50
3	DNC ⁽¹⁾	4.50	458.50	89.50	543.50
4	DNC ⁽¹⁾	4.50	363.50	89.50	448.50
5	IN-	4.50	231.50	89.50	316.50
6	DNC ⁽¹⁾	4.50	135.50	89.50	220.50
7	VOCM	283.85	4.50	368.85	89.50
8	DNC ⁽¹⁾	378.85	4.50	463.85	89.50
9	VS+	473.85	4.50	558.85	89.50
10	DNC ⁽¹⁾	568.85	4.50	653.85	89.50
11	VS+	663.85	4.50	748.85	89.50
12	DNC ⁽¹⁾	758.85	4.50	843.85	89.50
13	DNC ⁽¹⁾	1010.50	92.65	1095.50	177.65
14	OUT+	1010.50	188.65	1095.50	273.65
15	DNC ⁽¹⁾	1010.50	363.50	1095.50	448.50
16	DNC ⁽¹⁾	1010.50	458.50	1095.50	543.50
17	OUT-	1010.50	633.35	1095.50	718.35
18	DNC ⁽¹⁾	1010.50	729.35	1095.50	814.35
19	DNC ⁽¹⁾	758.85	817.50	843.85	902.50
20	VS-	663.85	817.50	748.85	902.50
21	DNC ⁽¹⁾	568.85	817.50	653.85	902.50
22	VS-	473.85	817.50	558.85	902.50
23	DNC ⁽¹⁾	378.85	817.50	463.85	902.50
24	PD	283.85	817.50	368.85	902.50

(1) DNC 焊盘上覆盖了钝化层, 无法使用。

6 引脚配置和功能

表 6-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	焊盘编号		
IN+	2	I	同相 (正) 放大器输入
IN -	5	I	反相 (负) 放大器输入
OUT+	14	O	同相 (正) 放大器输出
OUT-	17	O	反相 (负) 放大器输出
PD	24	I	断电。PD = 逻辑低电平 = 断电模式；PD = 逻辑高电平 = 正常运行。
Vocm	7	I	共模电压输入
Vs+	9	I	正电源输入
	11		
Vs -	20	I	负电源输入
	22		

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，(Vs+) - Vs -	5.5		V
	输入/输出电压范围	(Vs -) - 0.5	(Vs+) + 0.5	
	差动输入电压	±1		
电流	连续输入电流	±20		mA
	持续输出电流	±80		
		连续功耗		
温度	最高结温	150		°C
	自然通风工作温度	-40	125	
	贮存温度，T _{stg}	-65	150	

(1) 应力超出绝对最大额定值下列出的值可能会对器件造成永久损坏。这些仅仅是应力额定值, 并不表示器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

7.2 建议的操作条件

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
Vs+	单电源电压	2.7	5	5.4	V
T _J	结温	-40	25	125	°C

7.3 电气特性 : (Vs+) - Vs- = 5V

在 T_A ≈ 25°C、V_{ocm} = 开路 (默认为 1/2 Vs)、V_{OUT} = 2V_{PP}、R_f = 402 Ω、R_{load} = 499 Ω、50 Ω 输入匹配、G = 2V/V、单端输入、差分输出和 $\overline{PD} = +Vs$ 的情况下测得 (除非另有说明)。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
交流性能					
小信号带宽	V _{out} = 100mV _{PP} , G = 1	620		MHz	
	V _{out} = 100mV _{PP} , G = 2	500		MHz	
	V _{out} = 100mV _{PP} , G = 5	210		MHz	
	V _{out} = 100mV _{PP} , G = 10	125		MHz	
增益带宽积	V _{out} = 100mV _{PP} , G = 20	850		MHz	
大信号带宽	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2	340		MHz	
0.1dB 平坦度带宽	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2	100		MHz	
压摆率 ⁽¹⁾	V _{out} = 2V _{PP} , FPBW	1500		V/μs	
上升/下降时间	V _{out} = 2V 阶跃, G = 2, 输入 ≤ 0.3ns t _r	1.4		ns	
趋稳时间	达到 1%, V _{out} = 2V 阶跃, t _r = 2ns, G = 2	4		ns	
	达到 0.1%, V _{out} = 2V 阶跃, t _r = 2ns, G = 2	8		ns	
过冲和下冲	V _{out} = 2V 阶跃, G = 2, 输入 ≤ 0.3ns t _r	10%			
100kHz 谐波失真	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2, HD2	-140		dBc	
	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2, HD3	-140		dBc	
10MHz 谐波失真	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2, HD2	-95		dBc	
	V _{out} = 2V _{PP} , G = 2, HD3	-90		dBc	

7.3 电气特性 : (Vs+) - Vs- = 5V (continued)

在 $T_A \approx 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{ocm} = \text{开路}$ (默认为 $1/2 V_s$)、 $V_{OUT} = 2V_{PP}$ 、 $R_f = 402\ \Omega$ 、 $R_{load} = 499\ \Omega$ 、 $50\ \Omega$ 输入匹配、 $G = 2V/V$ 、单端输入、差分输出和 $\overline{PD} = +V_s$ 的情况下测得 (除非另有说明)。

参数		测试条件		最小值		典型值		最大值		单位
	二阶互调失真	f = 10MHz，100kHz 子载波间隔，Vout 包络 = 2Vpp (1Vpp/子载波)		- 90		- 85				dBc
	三阶互调失真									
	输入电压噪声	f > 100kHz		2.2						nV/ √ Hz
	输入电流噪声	f > 1MHz		1.9						pA/ √ Hz
	过驱动恢复时间	2 倍输出过驱，任一极性		20						ns
	闭环输出阻抗	f = 10MHz (差分)		0.1						Ω
直流性能										
AOL	开环电压增益			100		119				dB
	以输入为基准的失调电压			-900		±100		900		μV
	输入失调电压温漂 ⁽²⁾	TA = - 40°C 至 +125°C				±0.5				μV/°C
	输入偏置电流 (流出节点的电流为正电流)					10		15		μA
	输入偏置电流漂移 ⁽²⁾	TA = - 40°C 至 +125°C				6				nA/°C
	输入失调电流			-650		±150		650		nA
	输入失调电流漂移 ⁽²⁾	TA = -40°C 至 +125°C				±0.3				nA/°C
输入										
	共模输入低电平	1/2 Vs 的 CMRR 降幅小于 3dB		(Vs -) - 0.2		(Vs -) - 0.1				V
	共模输入高电平			(Vs+) - 1.3		(Vs+) - 1.2				V
	共模抑制比	输入引脚电压为 ((Vs+) - Vs -)/2		85		100				dB
	输入阻抗差模			110 0.85				k Ω pF		
输出										
	输出电压低位			(Vs -) + 0.2		(Vs -) + 0.25				V
	输出电压高位			(Vs+) - 0.25		(Vs+) - 0.2				V
	输出电流驱动			±75		±100				mA
电源										
	额定工作电压			2.7		5		5.4		V
	静态工作电流	Vs+ = 5 V	Vs+ = 5 V	9.7		10.1		10.5		mA
±PSRR	电源抑制比	任一电源引脚至差分 Vout		85		100				dB
断电										
	启用电压阈值			(Vs -) + 1.7						V
	禁用电压阈值					(Vs -) + 0.7				V
	禁用引脚偏置电流	PD¯ = Vs - → Vs+				20		50		nA
	关断静态电流	PD¯ = (Vs -) + 0.7V				6		30		μA
		PD¯ = Vs -				2		8		μA
	开通延时时间	PD¯ = 低电平至 Vout = 最终值的 90% 的时间		100						ns
	关断时间延迟			60						ns
输出共模电压控制 ⁽³⁾										
	小信号带宽	Vocm = 100mVpp				150				MHz
	压摆率 ⁽¹⁾	Vocm = 2V 阶跃				400				V/μs
	增益			0.975		0.982		0.995		V/V
	输入偏置电流	流出节点的电流被视为正电流		-0.8		0.1		0.8		μA

7.3 电气特性 : (Vs+) - Vs- = 5V (continued)

在 $T_A \approx 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{ocm}} = \text{开路}$ (默认为 $1/2 V_s$)、 $V_{\text{OUT}} = 2V_{\text{PP}}$ 、 $R_f = 402\ \Omega$ 、 $R_{\text{load}} = 499\ \Omega$ 、 $50\ \Omega$ 输入匹配、 $G = 2\text{V/V}$ 、单端输入、差分输出和 $\overline{\text{PD}} = +V_s$ 的情况下测得 (除非另有说明)。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入阻抗	V_{ocm} 输入被驱动至 $((V_s+) - V_s -)/2$		$47 \parallel 1.2$		$k\ \Omega \parallel pF$
相对于 $((V_s+) - V_s -)/2$ 的默认电压偏移	V_{ocm} 引脚开路	-40	± 8	40	mV
CM Vos	共模失调电压	-5	± 2	5	mV)
	共模失调电压温漂 ⁽²⁾		± 4		mV/°C
	负电源的共模环路电源余量	0.88			V
	正电源的共模环路电源余量	1.1			V

- (1) 该压摆率是通过大信号带宽估算的上升和下降时间的平均值，如下所示： $(V_P / \sqrt{2}) \cdot 2\pi \cdot f_{-3dB}$ 。
- (2) 输入失调电压漂移、输入偏置电流漂移、输入失调电流漂移和 V_{ocm} 漂移均为平均值，计算它们的方法是采用最大范围环境温度端点处的数据，计算差值，然后除以温度范围。
- (3) 规格为输入 V_{ocm} 引脚至差分输出平均电压。

7.4 典型特性 5V 单电源

在 $V_{S+} = 5V$ 、 $V_{S-} = GND$ 、 V_{ocm} 开路、 50Ω 单端输入至差分输出、 $R_F = 402\Omega$ 、增益 = $2V/V$ 、 $R_{load} = 500\Omega$ 和 $T_A \approx 25^\circ C$ 的情况下测得 (除非另有说明)

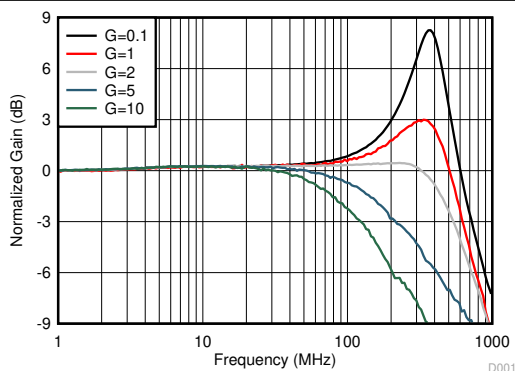


图 7-1. 小信号频率响应与增益间的关系

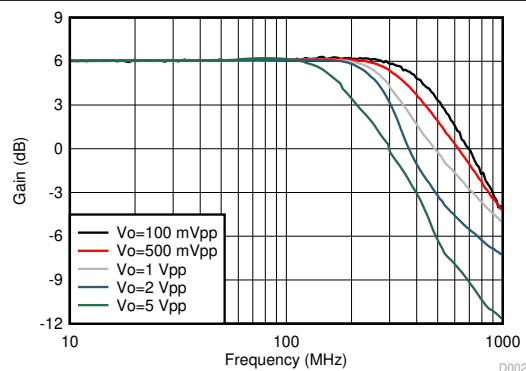
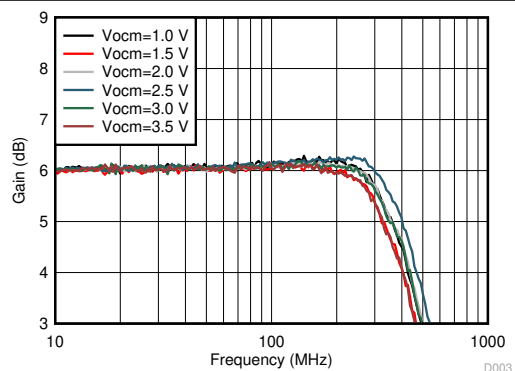
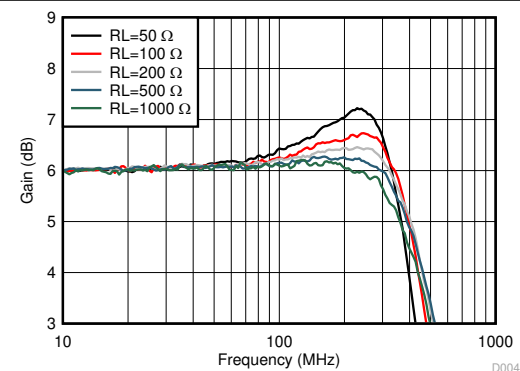


图 7-2. 频率响应与 V_{opp} 之间的关系



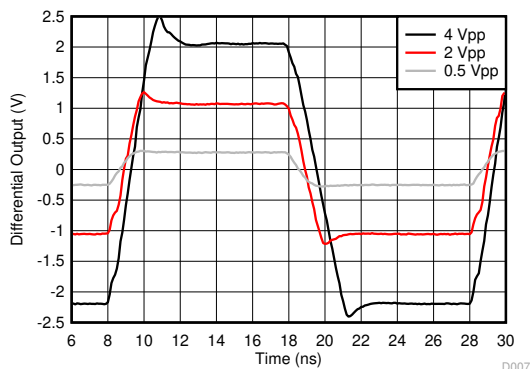
$V_{out} = 100mV_{pp}$

图 7-3. 小信号频率响应与 V_{ocm} 之间的关系



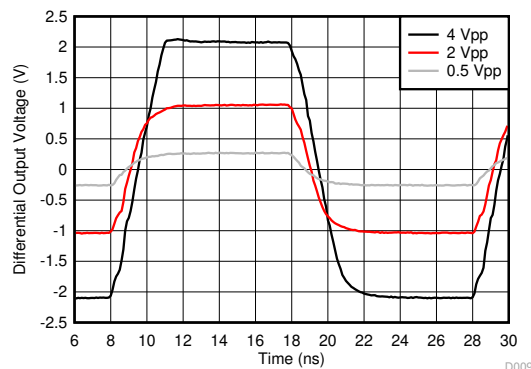
$V_{out} = 100mV_{pp}$

图 7-4. 小信号频率响应与 R_{load} (RL) 之间的关系



50MHz 输入, 0.3ns 输入边沿速率, 单端至差分输出, 直流耦合

图 7-5. 小信号和大信号阶跃响应



$G = 5V/V$, 50MHz 输入, 0.3ns 输入边沿速率, 单端输入至差分输出

图 7-6. 小信号和大信号阶跃响应

7.4 典型特性 5V 单电源 (continued)

在 $V_{S+} = 5V$ 、 $V_{S-} = GND$ 、 V_{ocm} 开路、 50Ω 单端输入至差分输出、 $R_F = 402\Omega$ 、增益 = $2V/V$ 、 $R_{load} = 500\Omega$ 和 $T_A \approx 25^\circ C$ 的情况下测得 (除非另有说明)

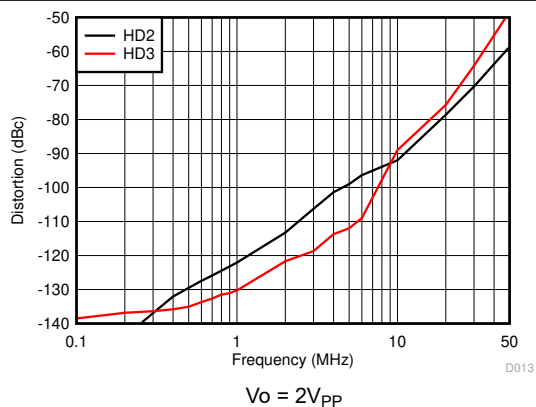


图 7-7. 谐波失真随频率变化的情况

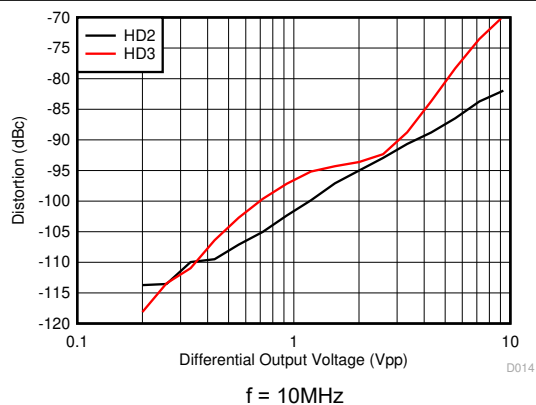


图 7-8. 谐波失真与输出摆幅之间的关系

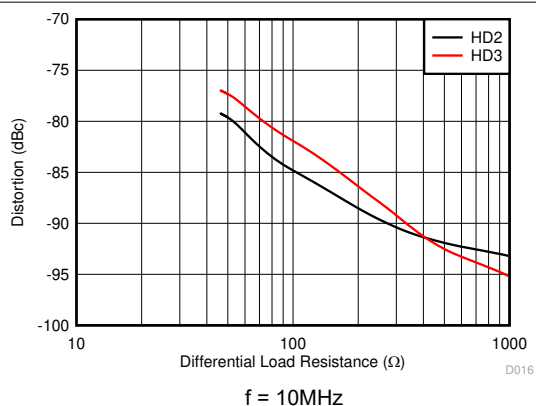


图 7-9. 谐波失真与 R_{load} 之间的关系

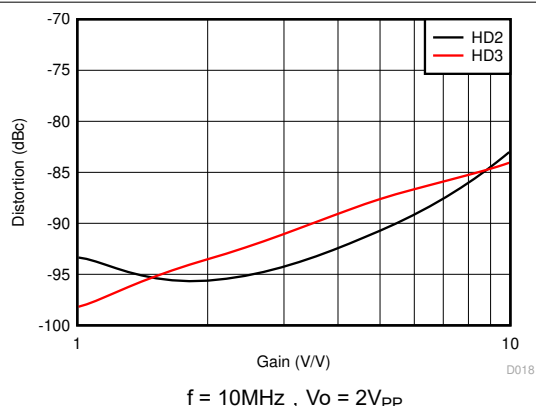


图 7-10. 谐波失真与增益间的关系

7.5 典型特性：3V 至 5V 电源电压范围

在 $V_{S+} = 3V$ 和 $5V$ 、 $V_{S-} = GND$ 、 V_{ocm} 开路、 $50\ \Omega$ 单端输入至差分输出、 $R_F = 402\ \Omega$ 、增益 = $2V/V$ 、 $R_{load} = 500\ \Omega$ 和 $T_A \approx 25^\circ C$ 的情况下测得（除非另有说明）

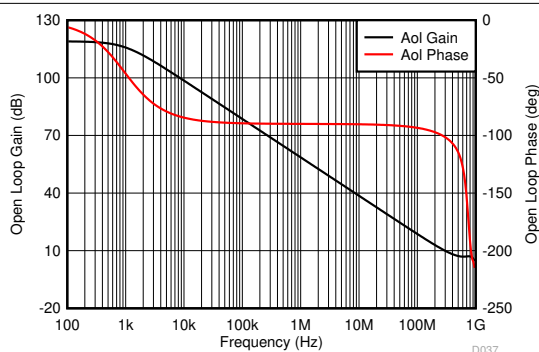
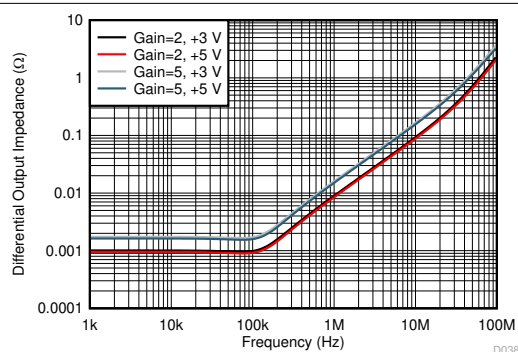


图 7-11. 主放大器差分开环增益和相位与频率之间的关系



单端输入至差分输出，仿真差分输出阻抗，（闭环）增益为 2 和 5

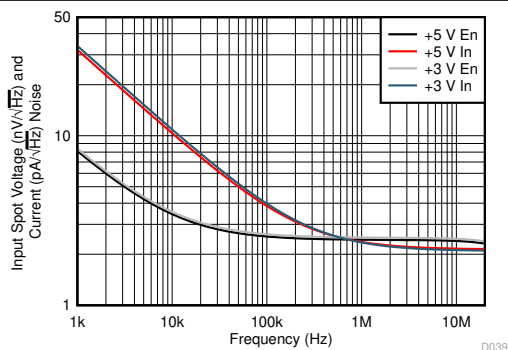
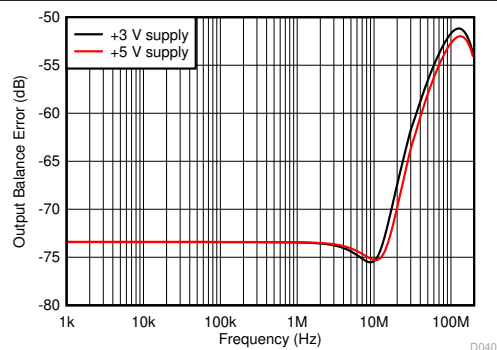
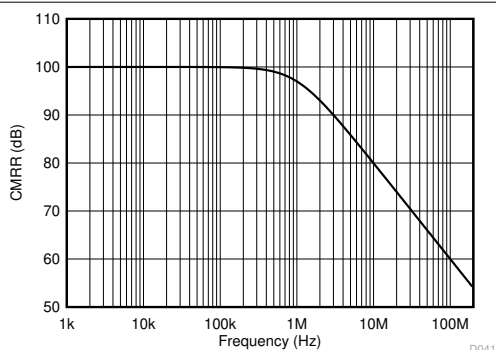


图 7-13. 输入点噪声随频率变化的情况

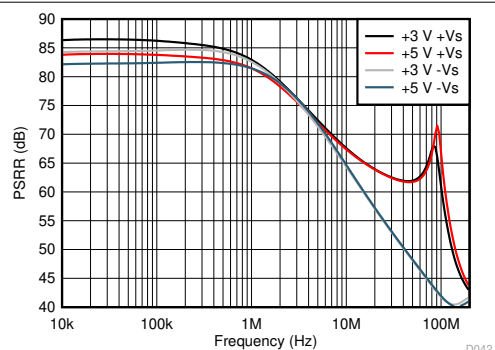


单端输入至差分输出，增益为 2，使用 1% 电阻器进行仿真，最坏情况失配



共模输入至差分输出，增益为 2 的仿真

图 7-15. CMRR 随频率变化的情况



单端至差分，增益为 2
PSRR 仿真至差分输出

图 7-16. PSRR 随频率变化的情况

7.5 典型特性：3V 至 5V 电源电压范围 (continued)

在 $V_{S+} = 3V$ 和 $5V$ 、 $V_{S-} = GND$ 、 V_{ocm} 开路、 50Ω 单端输入至差分输出、 $R_F = 402\Omega$ 、增益 = $2V/V$ 、 $R_{load} = 500\Omega$ 和 $T_A \approx 25^\circ C$ 的情况下测得 (除非另有说明)

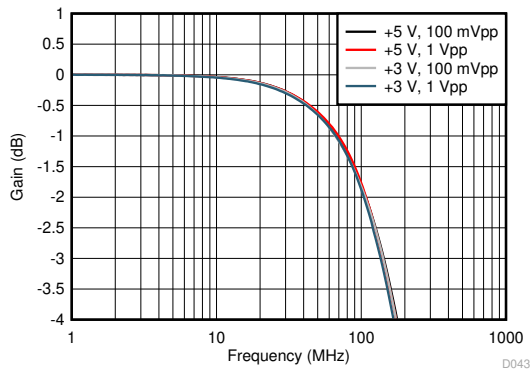
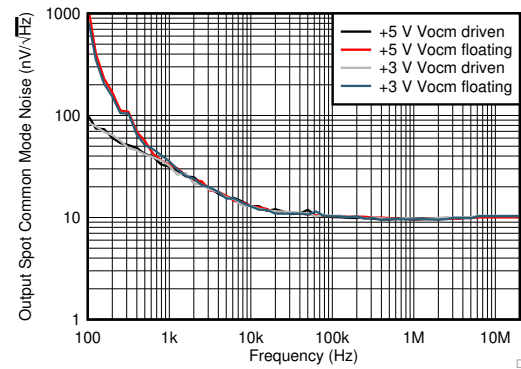
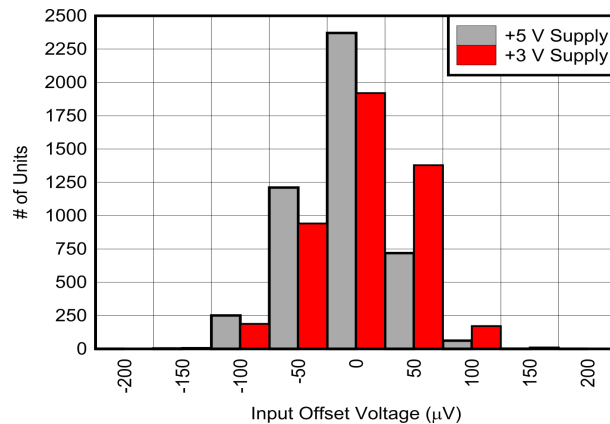


图 7-17. 共模，小信号和大信号响应 (V_{ocm} 引脚驱动)

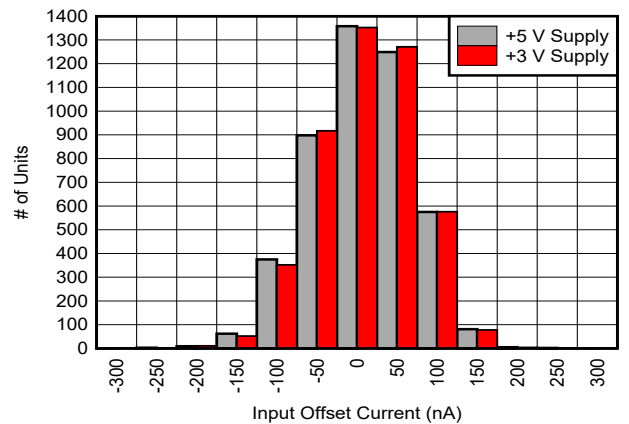


V_{ocm} 输入由低阻抗源驱动至 $1/2 V_S$ ，或允许悬空并默认为 $1/2 V_S$



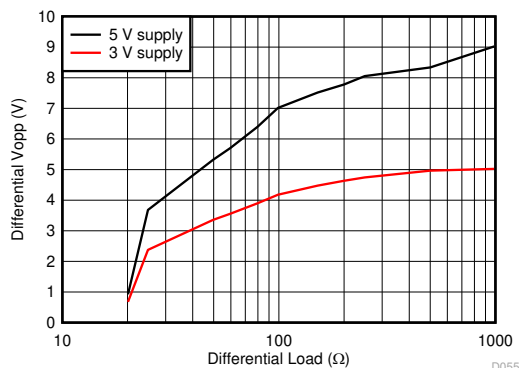
总共 4618 个单元，在 $V_S = 5V$ 时： $\mu = -35.1\mu V$ ， $\sigma = 38.9\mu V$

图 7-19. 输入失调电压



总共 4618 个单元，在 $V_S = 5V$ 时： $\mu = 16.7nA$ ， $\sigma = 62.3nA$

图 7-20. 输入失调电流



最大差分输出摆幅， $1/2 V_S$ 时的 V_{ocm}

图 7-21. 最大 V_{opp} 与 R_{load} 之间的关系

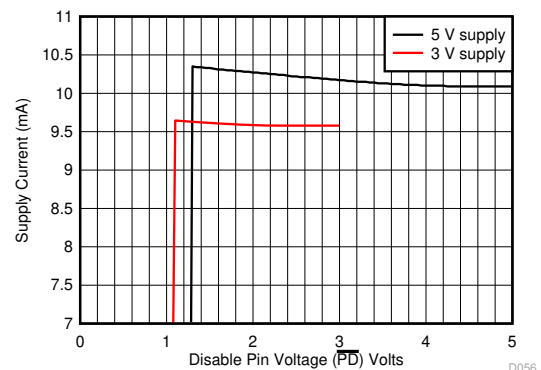
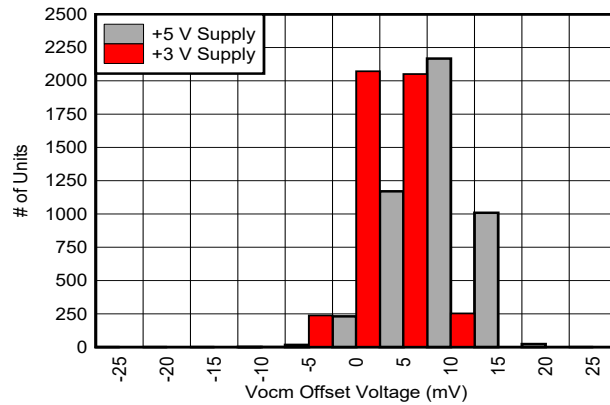


图 7-22. 电源电流与 $\overline{PD}$ 电压之间的关系

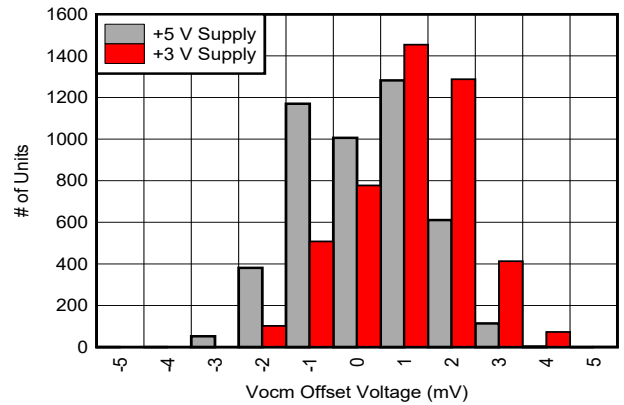
7.5 典型特性：3V 至 5V 电源电压范围 (continued)

在 $V_{S+} = 3V$ 和 $5V$ 、 $V_{S-} = GND$ 、 V_{ocm} 开路、 50Ω 单端输入至差分输出、 $R_F = 402\Omega$ 、增益 = $2V/V$ 、 $R_{load} = 500\Omega$ 和 $T_A \approx 25^\circ C$ 的情况下测得 (除非另有说明)



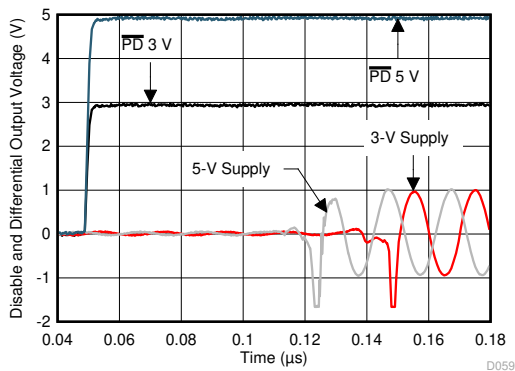
Vocm 输入悬空, 总共 4618 个单元,
在 $V_S = 5V$ 时: $\mu = 6.8mV$, $\sigma = 3.9mV$

图 7-23. 相对于 $V_{S+}/2$ 默认值的共模输出偏移



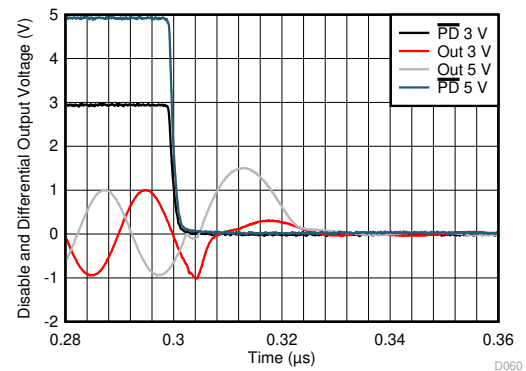
总共 4618 个单元, 在 $V_S = 5V$ 时: $\mu = -0.3mV$, $\sigma = 1.3mV$

图 7-24. 相对于驱动 Vocm 的共模输出偏移



10MHz, 1Vpp 输入单端至差分, 增益为 2

图 7-25. PD 开启波形



10MHz, 1Vpp 输入单端至差分, 增益为 2

图 7-26. PD 关闭波形

8 详细说明

8.1 概述

THS4541-DIE 是一款基于电压反馈 (VFA) 的全差分放大器 (FDA)，提供大于 500MHz 的小信号带宽，增益为 2V/V，电源电流和输入失调电压经过调整。核心差分放大器是一种略微解补偿的电压反馈设计，具有高压摆率、精密输入级。该设计提供 500MHz 2V/V 增益小信号带宽，如表征曲线所示，其中压摆率为 1500V/ μ s，在相同电路配置下可产生大约 340MHz、2V_{pp} 的大信号带宽。

输出提供接近轨至轨输出摆幅（任一电源的余量为 0.2V），而器件输入为负轨输入，正电源需要大约 1.2V 的余量。该负轨输入在直流耦合单电源设计中直接支持接地的双极输入。与所有 FDA 器件类似，输出平均电压（共模）由单独的共模环路控制。该输出平均值的目标由 Vocm 输入引脚设置，该引脚可以浮动到接近 1/2 Vs 的默认值，也可以驱动到所需的输出共模电压。Vocm 范围从高于负电源的极低 0.91V 扩展到低于正电源的 1.1V，使用 THS4541-DIE 的 2.7V 至 5.4V 单电源电压范围满足各种现代模数转换器 (ADC) 输入共模要求。

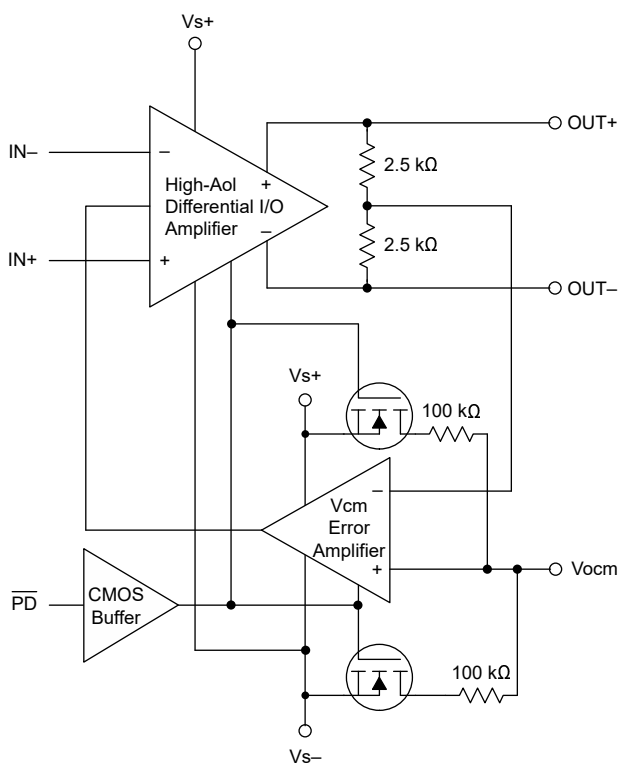
包含一个断电引脚 ($\overline{\text{PD}}$)。将 $\overline{\text{PD}}$ 引脚电压拉至负电源以关闭器件，使 THS4541-DIE 进入极低的静态电流状态。为了正常运行，必须将 $\overline{\text{PD}}$ 引脚设置为高电平。禁用器件时，请记住信号路径仍然通过无源外部电阻器存在。应用到禁用 THS4541-DIE 的输入信号仍会通过该无源电阻路径以某种程度出现在输出端，就像任何禁用的 FDA 器件一样。

8.1.1 术语和应用假设

与所有广泛使用的器件一样，已形成许多此类器件特有的常用术语。这些术语包括：

- 全差分放大器 (FDA) - 在本文档中，该术语仅限于提供类似于差分反相运算放大器设计元件的器件，该设计元件需要输入电阻器（非高阻抗输入）并包括第二个内部控制回路以设置输出平均电压 (Vocm) 到默认值或设定点。在某些配置中，第二个回路与差分回路相互作用。
- 两个输出引脚上所需的输出信号是差分信号，该信号围绕共模电压对称摆动，其中这是两个输出的平均电压。
- 单端至差分 - 始终在 FDA 中使用差分输出；然而，源信号可以是单端源或差分源，两者都有多种实现细节。当 FDA 操作是单端至差分时，两个输入电阻器中只有一个接收源信号，另一个输入电阻器连接到直流基准（通常为接地）或通过电容器接地。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 差分 I/O

THS4541-DIE 将内核差分 I/O、高增益模块与输出共模检测相结合，该检测与基准电压进行比较，然后反馈到主放大器模块以控制该基准的平均输出。差分 I/O 模块是典型的高开环增益级，主极点约为 900Hz。该电压反馈结构在 850MHz（增益带宽积）处投射一个单极点、单位增益 Aol。高速差分输出包括一个内部平均电阻器网络，用于检测输出共模电压。该电压由一个单独的 Vcm 误差放大器与 Vocm 引脚上的电压进行比较。如果悬空，则该基准电压为使用两个 100kΩ 电阻器的器件总电源电压的一半。该 Vcm 误差放大器将校正信号传输到主放大器，以强制输出平均电压符合 Vocm 引脚上的目标电压。该误差放大器的带宽与主差分 I/O 放大器的带宽大致相同。

差分输出是集电极输出，用于获取轨至轨输出摆幅。这些输出是阻抗相对较高的开环源；不过，通过使环路闭合，可以为负载驱动提供非常低的输出阻抗。该低功率器件不提供输出电流限制或热关断功能。差分输入是 PNP 输入，用于提供负电源轨输入范围。

要运行通过一个 R_f 将 OUT- 引脚连接到 IN+ 引脚，并通过一个具有相同值的 R_f 将 OUT+ 引脚连接到 IN- 引脚。通过附加电阻器将输入引入到 IN+ 和 IN- 引脚。差分 I/O 运算放大器的工作原理类似于反相运算放大器结构，其中源必须驱动输入电阻器，增益是反馈与输入电阻器之比。

8.3.2 断电控制引脚 (PD)

THS4541-DIE 包含一个断电控制引脚 $\overline{PD}$ 。必须将该引脚设置为高电平才能使放大器正常运行。 $\overline{PD}$ 引脚不能悬空，因为该引脚上没有内部上拉或下拉电阻器以降低禁用功耗。将该引脚置为低电平（在负电源的 0.7V 范围内）会使 THS4541-DIE 进入非常低的静态（大约 2μA）。默认 Vocm 电阻器串中的开关打开，以消除该 200kΩ 分压器到 1/2 Vs 的固定偏置电流 (25μA)。

8.3.2.1 运行电源关断功能

将该 CMOS 输入引脚设置为运行所需的电压。对于要求仅在电源时才通电的应用，请将 $\overline{PD}$ 引脚连接到正电源电压。

当 $\overline{\text{PD}}$ 引脚稍微低于正电源引脚时，会消耗稍多的静态电流；请参阅图 7-22。为了实现很小的导通功耗，请将该引脚设置为正电源电压。

禁用操作以负电源为基准；通常接地。对于双电源供电，在负电源低于接地的情况下，当负电源电压超过 -0.7V 时，需要一个低于接地的禁用控制电压来关闭 THS4541-DIE。

对于单电源供电，需要至少比负电源（在这种情况下为接地）高 1.7V 的电压以确保正常工作。该极小的逻辑高电平允许直接通过 1.8V 电源逻辑运行。

8.3.3 输入过驱运行

THS4541-DIE 输入级架构本质上是稳健的，可通过所有应用所需的串联输入电阻器来承受输入过驱。高输入过驱导致输出限制在其最大摆幅内，而通过 R_g 电阻器的剩余输入电流被两个输入上的内部背靠背保护二极管吸收。这些二极管在应用中通常处于关闭状态，仅在吸收大输入过驱可能通过源阻抗和/或所有设计所需的串联 R_g 元件产生的电流时导通。

在过驱情况下，内部输入二极管可以安全地吸收高达 $\pm 15\text{mA}$ 的电流。对于需要吸收更多电流的设计，请考虑添加一个外部保护二极管，例如图 9-1 的示例 ADC 接口设计中使用的 BAV99 器件。

8.4 器件功能模式

该宽带 FDA 需要使用外部电阻器才能正确运行信号路径。当使用这些外部电阻器配置所需的输入阻抗和增益设置时，可以通过将 $\overline{\text{PD}}$ 引脚设置为高于 $(V_s -) + 1.7\text{V}$ 的电压时开启放大器，或者通过将 $\overline{\text{PD}}$ 设置为低电平来关闭放大器。如果禁用放大器，则会关闭静态电流并停止正确的放大器运行。源信号的信号路径仍然通过外部电阻器存在。

V_{ocm} 控制引脚设置输出平均电压。 V_{ocm} 保持打开状态，默认为内部 $1/2 V_s$ 值。通过使用有效范围内的电压基准驱动该高阻抗输入，可以为内部 V_{cm} 误差放大器设定一个目标。

8.4.1 从单端电源至差分输出的运行

FDA 器件支持的最有用的功能之一是从单端输入轻松转换为以用户控制的共模电平为中心的差分输出。虽然输出侧相对简单，但器件输入引脚随输入信号以共模方式移动。输入引脚上的共模电压随输入信号移动，可将视在输入阻抗增加至大于 R_g 值。这种输入有源阻抗问题适用于交流和直流耦合设计，需要使用更复杂的电阻器解决方案来解决该有源阻抗，如以下各子部分所示。

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

THS4541-DIE 为各种应用提供有效的解决方案。此处显示的示例增益为 $2V/V$ ，设置为 $0.95V$ 共模的输出的匹配输入为 50Ω ，后跟一个带宽约为 $20MHz$ 的三阶贝塞尔滤波器，其信号馈入 [ADC34J22](#)，这是一个低功耗、12位、四通道 $50MSPS$ JESD 204B ADC。

9.2 典型应用

9.2.1 连接到高性能 ADC

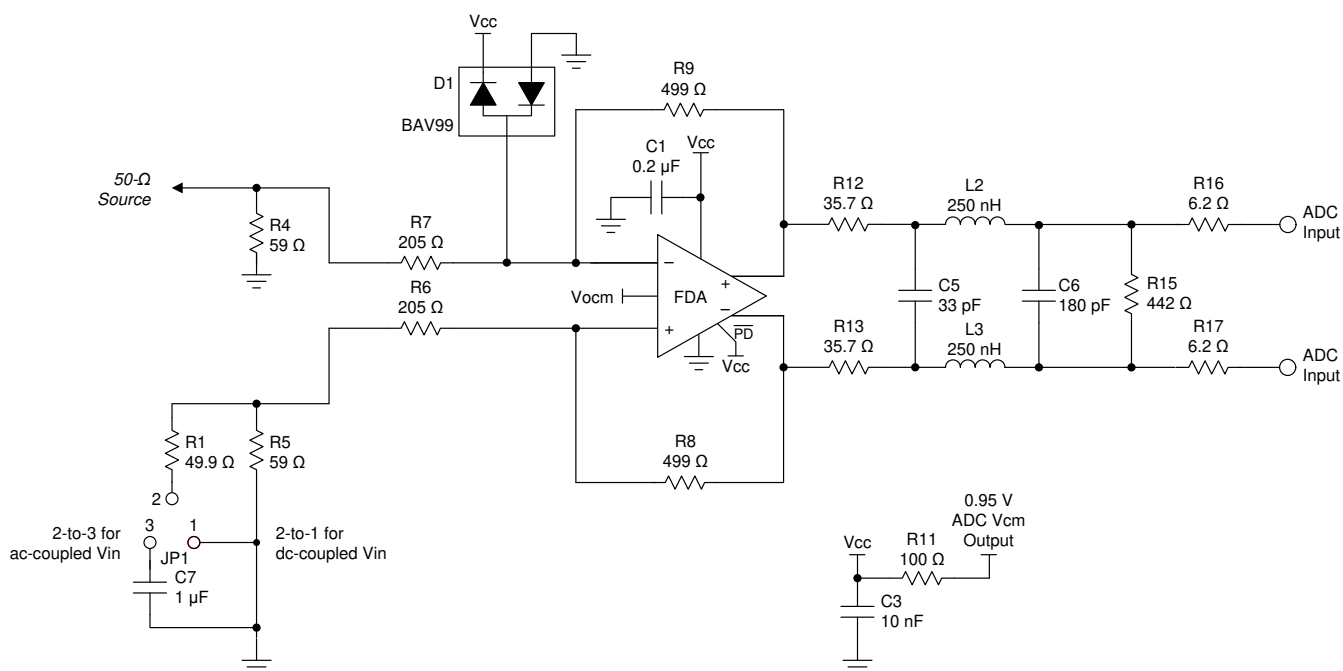


图 9-1. 用于连接 ADC 的直流耦合、双极输入、 $2V/V$ 增益单端至差分接口

9.2.1.1 设计要求

在该示例设计中，采用 $50\ \Omega$ 源的阻抗匹配输入是通过 $2V/V$ 的直流耦合增益实现到 ADC 中的。对于 $2V_{pp}$ 满量程输入 ADC，该配置可以有效地将所需的满量程输入降低到 $\pm 0.5V$ 。为 ADC 添加一个低插入损耗级间滤波器以控制宽带噪声，目标是在 FFT 中显示小范围的 SNR 降低以及 SFDR 性能下降。

9.2.1.2 详细设计过程

THS4541-DIE 提供了一个非常灵活的元件，用于将各种源连接到各种 ADC。由于所有精密和高速 ADC 都需要在共模电压上提供差分输入，因此该设计是 THS4541-DIE 的主要应用。

THS4541-DIE 提供了一个简单的接口来连接到各种精密 SAR、 $\Delta\Sigma$ 或更高速流水线 ADC。为了在输出引脚上提供异常失真，THS4541-DIE 提供的带宽比 ADC 输入信号路径中通常所需的带宽要宽得多。例如，增益为 2 的单端至差分设计示例可提供大约 500MHz 的小信号带宽。即使源信号受到奈奎斯特带宽的限制，如果宽带噪声在放大器 and ADC 之间没有带宽限制，那么这个宽带宽也可能集成足够大的 THS4541-DIE 噪声来降低通过 ADC 的 SNR。

图 9-1 显示了一个示例直流耦合、增益为 2 的接口，它在 JESD 数字输出接口 ADC34J22 (一个 50MSPS、四通道、12 位 ADC) 的演示板上实现了一个受控的级间带宽滤波器。该电路板使用封装的 THS4541，称为 DEV-ADC34J22 ADC HSMC 模块，dallaslogic.com 中提供完整的相关文档。

该设计专用于直流耦合 50 Ω 输入匹配，从 499 Ω 反馈电阻器开始，为 THS4541 输出引脚提供 2.35V/V 的增益。三阶段间低通滤波器为 ADC 提供具有 0.85V/V 插入损耗的 20MHz 贝塞尔响应，从板边缘到 ADC 输入端提供 2V/V 的净增益。尽管 THS4541 可以吸收过驱，但还是使用 BAV99 低电容器件添加了一个外部保护元件，如图 9-1 所示。对于直流耦合测试，引脚 1 和 2 被跨接在一起。当源是交流耦合的 50 Ω 源时，引脚 2 和 3 通过跨接保持差分平衡。FFT 测试通常在电路板中使用带通滤波器并使用交流耦合源。图 9-2 显示了一个典型的 5MHz、满量程、单频 FFT，其中在引脚 2 和 3 之间连接了跳线。所报告 70.09dBFS 的 SNR 只比所测试 70.42dBFS 的仅 ADC 性能略有降低，显示了级间噪声带宽限制滤波器的值。THS4541 较低的谐波失真也反映在非常低的 SFDR 和 THD 中，如图 9-2 所示。该 96dB SFDR 和 92.83dB THD 与仅 ADC 测试结果相当。

9.2.1.3 应用曲线

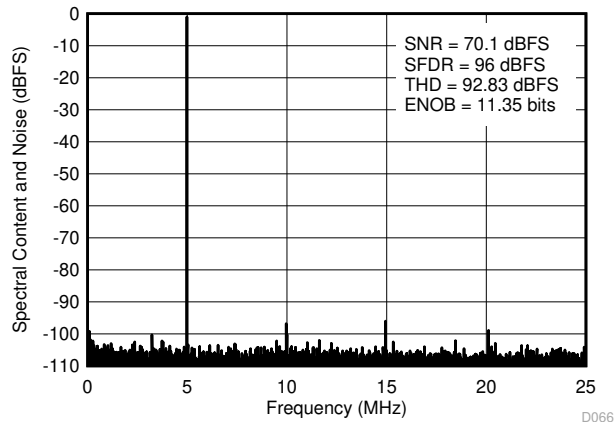


图 9-2. 图 9-1 中增益为 2 的接口的 5MHz FFT、50MSPS 测试

10 电源相关建议

THS4541-DIE 主要由 +3V 至 +5V 的标称单电源电压供电。在 2.7V (在 3V 标称电源上低 10%) 和 5.4V (在 5V 标称电源上高 8%) 的指定工作电压范围内可支持电源电压容差。需要电源去耦, 如 [节 8.1.1](#) 所述。只要器件的总电压保持在 5.5V 以下 (绝对最大值), THS4541-DIE 就可以使用双 (或双极) 电源。

在驱动 SAR ADC 时, 可能需要使用负电源来提供真正的摆动至地。虽然 THS4541-DIE 引用了轨至轨输出, 但线性操作需要大约 200mV 的电源轨余量。将线性输出摆幅扩展到接地的一种简单选择是使用 LM7705 固定 -230mV 负电源发生器提供所需的小负电源电压。该低成本、固定负电源发生器接受 THS4541-DIE 使用的 3V 至 5V 正电源输入, 可以为负电源轨提供 -230mV 电源。使用 LM7705 可提供有效的解决方案, 如 [扩展全差分放大器的轨至轨输出范围, 从而包括真正零电压](#) 所述。

11 布局

11.1 布局指南

与所有高速器件类似, 可以通过精心设计电路板布局布线来实现出色的系统性能。对于 THS4541-DIE, 一般高速信号路径布局建议包括:

- 在器件电源引脚的接地平面上使用完好的高频去耦电容器 (0.1μF)。需要值更高的电容器 (2.2μF), 但可以将其放置在离器件电源引脚更远的位置并在器件之间共享。还应在两个电源之间添加一个电源去耦电容器 (适用于双极性工作模式)。为获得良好的高频去耦效果, 请考虑使用 X2Y 电源去耦电容器, 以提供比标准电容器高得多的自谐振频率。
- 对于每个 THS4541-DIE, 将一个单独的 0.1μF 电容器连接到附近的接地平面。对于级联或多个并联通路, 包括来自较大电容器的铁氧体磁珠通常对局部高频去耦电容器有用。
- 在任何可感知距离上使用差分信号路由时, 请使用具有匹配阻抗引线的微带布局技术。
- 输入求和点对寄生电容非常敏感。以极小的到电阻器器件引脚侧的布线长度将任何 R_g 元件连接到求和点。如果需要连接到源或接地端, 则 R_g 元件的另一侧可能具有更大的布线长度。

12 器件和文档支持

12.1 器件支持

12.1.1 开发支持

12.1.1.1 TINA 仿真模型特性

器件模型作为 TINA 模型库的一部分提供。此模型包含多种功能，旨在帮助设计人员加快设计过程，从而满足各类应用需求。下面列出了模型中所包含的性能参数：

- 采用任意外部电路时的小信号响应波形：
 - 差分开环增益和相位
 - 寄生输入电容
 - 开环差分输出阻抗
- 对于噪声仿真：
 - 输入差分点电压噪声和 100kHz 1/f 转角频率
 - 每个输入上的输入电流噪声与 1MHz 1/f 转角频率
- 对于时域阶跃响应仿真：
 - 差分转换率
 - 用于预测削波的 I/O 余量模型
 - 精密的直流精度术语：
 - PSRR
 - 共模抑制比 (CMRR)

典型特性曲线所呈现的信息比宏观模型提供的更为详细；其中一些非模型化的特性包括：

- 谐波失真
- 直流误差方面的温度漂移 (V_{IO} 和 I_{OS})

12.2 文档支持

12.2.1 相关文档

请参阅如下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[ADC34J2x 四通道、12 位、50MSPS 至 160MSPS、具有 JESD204B 接口的模数转换器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[宽带差分跨阻 DAC 输出设计 应用报告](#)
- 德州仪器 (TI)，[扩展全差分放大器的轨至轨输出范围，从而包括真正零电压 参考指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[LM7705 低噪声负偏置发生器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[LMH6554 2.8GHz 超线性全差分放大器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[THS451RGT EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[更大限度扩展具有跨阻放大器的模拟前端的动态范围 技术简介](#)

12.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.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。

12.4 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》](#)。

12.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

12.6 Electrostatic Discharge Caution



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

12.7 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。

13 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件的最新可用数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。如需获取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)
THS4541YR	Active	Production	DIESALE (Y) 0	3000 LARGE T&R	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	-40 to 125	
THS4541YR.B	Active	Production	DIESALE (Y) 0	3000 LARGE T&R	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	-40 to 125	

⁽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.

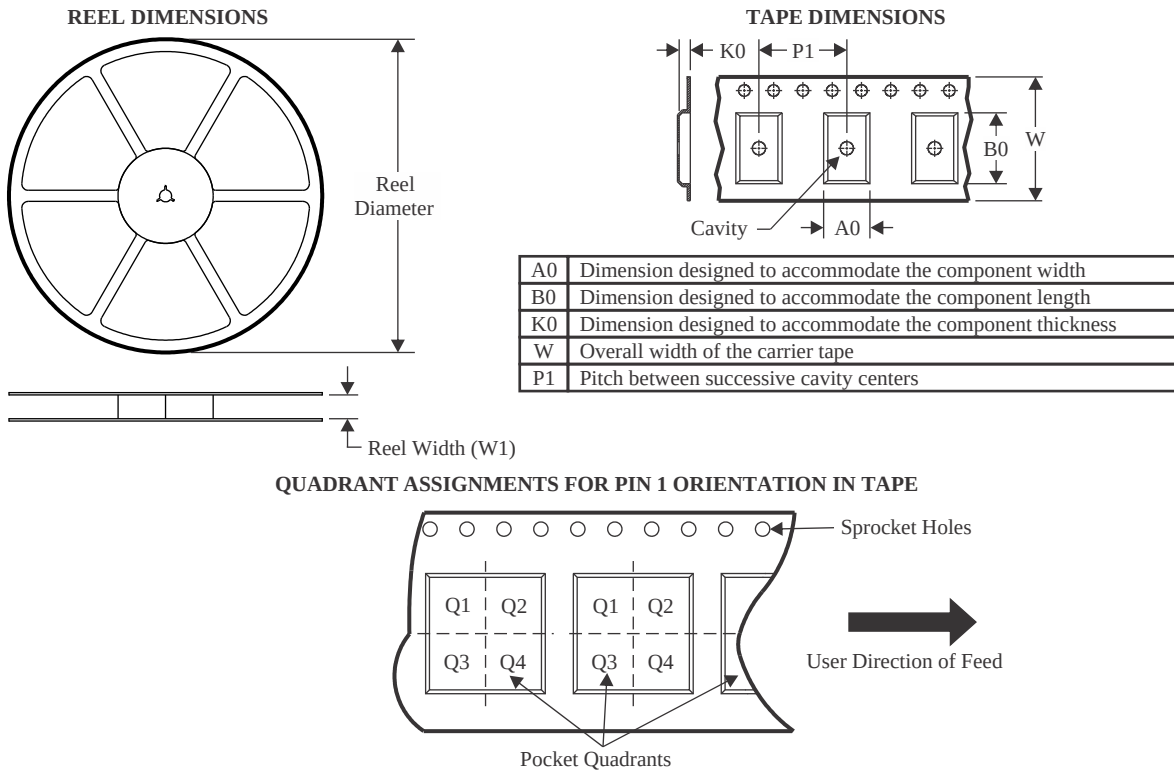
OTHER QUALIFIED VERSIONS OF THS4541-DIE :

- Automotive : [THS4541-Q1](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

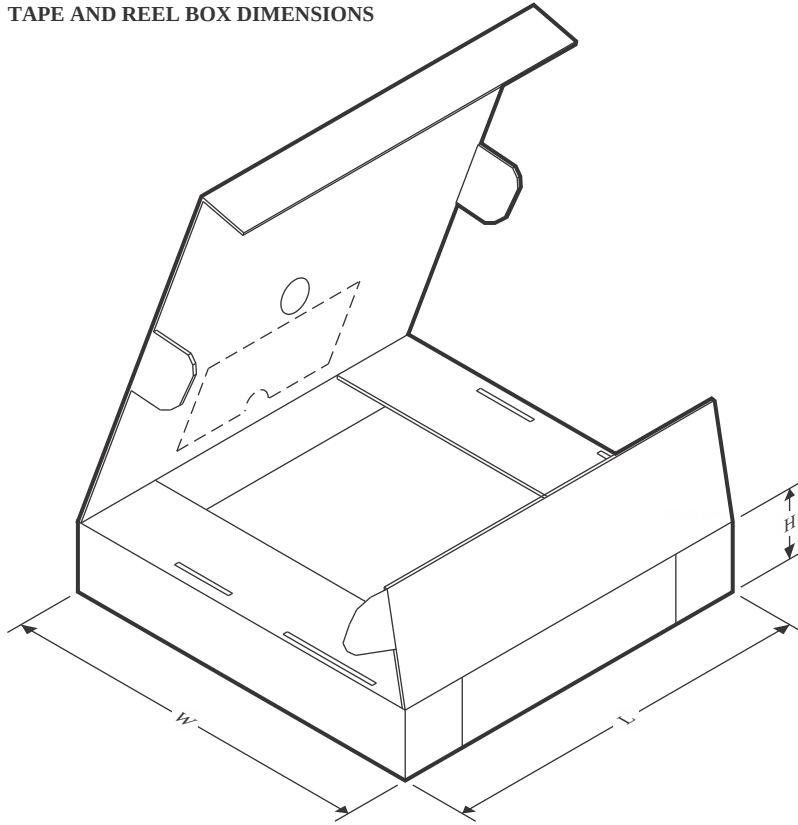
TAPE AND REEL INFORMATION



*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
THS4541YR	DIESALE	Y	0	3000	180.0	8.4	1.07	1.26	0.54	4.0	8.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
THS4541YR	DIESALE	Y	0	3000	210.0	185.0	35.0

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月