无滤波器、高效率、单声道2.5 W D类音频放大器

SSM2377

产品特性

采用Σ-Δ调制扩频技术的无滤波器、D类放大器

采用5.0 V电源供电时，能够以2.5 W功率驱动4 Ω负载， 以1.4 W功率驱动8 Ω负载，总谐波失真加噪声(THD + N)小于1%。

功效：92%(5.0 V、以1.4 W功率驱动8 Ω扬声器)

信噪比(SNR)高于100 dB

高电源抑制比(217 Hz时):80 dB

超低EMI辐射

采用2.5 V至5.5 V单电源供电

增益选择功能：6 dB或12 dB

固定输入阻抗：80 kΩ

关断电流：100 nA

带自动恢复功能的短路和热保护

提供9引脚1.2 mm x 1.2 mm WLCSP封装

爆音与咔嚓声抑制

应用

移动电话

MP3播放器

便携式电子设备

概述

SSM2377是一款高集成度，高效率的Class-D音频运放。针对移动电话应用而实现的最高性能设计。应用电路只需极少的外部器件，采用2.5 V至5.5 V单电源供电。采用5.0 V电源供电时，它能够提供2.5 W连续输出功率，驱动4 Ω负载，总谐波失真加噪声(THD + N)小于1%。

SSM2377采用高效率、低噪声调制方案，无需外部LC输出滤波器。即使输出功率较低时，该调制方案也能以高效率工作。

采用5.0 V电源时，SSM2377能够以92%的效率将1.4 W功率驱动到8Ω负载，信噪比(SNR)大于100 dB。

与其它D类架构相比，采用扩频脉冲密度调制(PDM)可提供更低的电磁辐射。扩频PDM固有的随机特性可以避免多个互相靠近的放大器发生时钟交调(差频效应)。

SSM2377产生的EMI辐射极低，大幅降低了D类输出(特别是100 MHz以上)的辐射。SSM2377通过了FCC B类辐射发射测试，测试使用50 cm无屏蔽扬声器电缆，无任何外部滤波。SSM2377的超低EMI辐射特性也有助于解决天线和RF灵敏度问题。

通过将GAIN引脚连接至VDD引脚或GND引脚，可以将该器件配置为6 dB或12 dB增益设置。输入阻抗为固定值80 kΩ，与增益选择无关。

SSM2377具有微功耗关断模式，关断电流为100 nA(典型值)。对$\overline{SD}$引脚施加逻辑低电平可以使能关断模式。

该器件还内置爆音与咔嚓声抑制电路，可以使器件开启和关闭期间输出端的电压突波最小，从而降低启动和停用时的声频噪声。此外还内置输入低通滤波，用于抑制对PDM调制器的带外噪声干扰。

SSM2377的额定温度范围为−40°C至+85°C工业温度范围。它内置热关断和输出短路保护功能，采用9引脚、0.4 mm间距、1.2 mm x 1.2 mm、无卤晶圆级芯片规模封装(WLCSP)。

功能框图

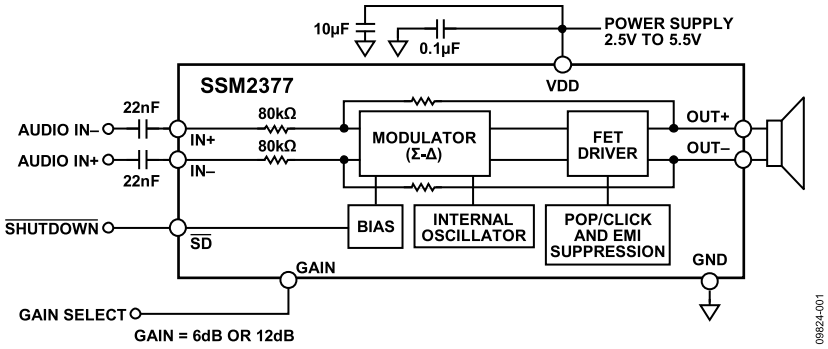

图1

Rev. 0

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.

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
©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

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。

目录

特性 1
应用 1
概述 1
功能框图 1
修订历史 2
技术规格 3
绝对最大额定值 5
热阻 5
ESD警告 5
引脚配置和功能描述 6
典型工作特性 7
典型应用电路 12
工作原理 13
概述 13
增益选择 13
爆音与咔嚓声抑制 13
EMI噪声 13
输出调制描述 13
布局 14
输入电容选择 14
电源去耦 14
外形尺寸 15
订购指南 15

修订历史

2011年5月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明，V_{DD}为5.0 V，T_A为25°C，R_L为 8 Ω +33 μH。

表1.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
器件特性						
输出功率	P_{OUT}	f = 1 kHz, 20 kHz 带宽				
		R_L = 8 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 5.0 V		1.41		W
		R_L = 8 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 3.6 V		0.72		W
		R_L = 8 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 2.5 V		0.33		W
		R_L = 8 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 5.0 V		1.78		W
		R_L = 8 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 3.6 V		0.90		W
		R_L = 8 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 2.5 V		0.41		W
		R_L = 4 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 5.0 V		2.49		W
		R_L = 4 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 3.6 V		1.25		W
		R_L = 4 Ω, THD = 1%, V_{DD} = 2.5 V		0.54		W
		R_L = 4 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 5.0 V		3.17[1]		W
		R_L = 4 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 3.6 V		1.56		W
		R_L = 4 Ω, THD = 10%, V_{DD} = 2.5 V		0.68		W
效率	η	P_{OUT} = 1.4 W驱动8 Ω负载, V_{DD} = 5.0 V		92.4		%
总谐波失真加噪声	总谐波失真+噪声 (THD + N)	P_{OUT} = 1 W驱动8 Ω负载，f = 1 kHz, V_{DD} = 5.0 V		0.007		%
		P_{OUT} = 0.5 W驱动8 Ω负载，f = 1 kHz, V_{DD} = 3.6 V		0.009		%
输入共模电压范围	V_{CM}		1.0		V_{DD} − 1	V
共模抑制比	CMRR	100 mV rms at 1 kHz		51		dB
平均开关频率	f_{SW}			256		kHz
时钟频率	f_{OSC}			6.2		MHz
差分输出失调电压	V_{OOS}	增益为6 dB		0.4	5.0	mV
电源						
电源电压范围	V_{DD}	由电源抑制比测试保证	2.5		5.5	V
电源抑制比		输入交流接地，C_{IN} = 0.1 μF，增益为 6 dB				
	$PSRR_{GSM}$	V_{RIPPLE} = 100 mV at 217 Hz		80		dB
	电源抑制比	V_{RIPPLE} = 100 mV at 1 kHz		80		dB
电源电流	I_{SY}	V_{IN} = 0 V，无负载，V_{DD} = 5.0 V		2.5		mA
		输入电压为0 V，无负载，电源电压为3.6 V		2.0		mA
		V_{IN} = 0 V，无负载，V_{DD} = 2.5 V		1.9		mA
		V_{IN} = 0 V, R_L = 8 Ω + 33 μH, V_{DD} = 5.0 V		2.5		mA
		V_{IN} = 0 V, R_L = 8 Ω + 33 μH, V_{DD} = 3.6 V		2.0		mA
		V_{IN} = 0 V, R_L = 8 Ω + 33 μH, V_{DD} = 2.5 V		1.8		mA
关断电流	I_{SD}	$\overline{SD}$ = GND		100		nA
增益控制						
闭环增益	增益	GAIN = GND		12		dB
		GAIN = VDD		6		dB
输入阻抗	Z_{IN}	$\overline{SD}$ = VDD, 增益为6 dB或12 dB		80		kΩ
关断控制						
输入高电压	V_{IH}		1.35			V
输入低电压	V_{IL}				0.35	V
开启时间	t_{WU}	从VDD到GND的$\overline{SD}$上升沿		12.5		ms
关闭时间	t_{SD}	从VDD到GND的$\overline{SD}$下降沿		5		μs
输出阻抗	Z_{OUT}	$\overline{SD}$ = GND	100			kΩ

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
噪声性能						
输出电压噪声	e_n	f = 20 Hz 至 20 kHz，输入交流接地，增益为6 dB，A加权				
		V_{DD} = 5.0 V		30		μV
		V_{DD} = 3.6 V		30		μV
信噪比	SNR	P_{OUT} = 1.4 W，R_L = 8 Ω，A加权		101		dB

[1] SSM2377音频质量佳，输出功率达3 W，但由于设备封装限制因素，必须避免3 W以上的连续输出功率。

绝对最大额定值

除非另有说明，绝对最大额定值相对于25°C而言。

表2.

参数	额定值
电源电压	6 V
输入电压	V_{DD}
共模输入电压	V_{DD}
存储温度范围	−65°C至+150°C
工作温度范围	−40°C至+85°C
结温范围	−65°C至+165°C
引脚温度(焊接，60秒)	300°C
静电放电敏感度	4 kV

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

结至空气热阻(θ_{JA})针对最差条件，即器件焊接在印刷电路板(PCB)上以实现表贴封装。根据JEDEC JESD51-9标准，采用自然对流冷却4层PCB确定θ_{JA}数值。

表3. 热阻

封装类型	PCB	θ_{JA}	单位
9引脚1.2 mm × 1.2 mm WLCSP封装	2S2P	88	°C/W

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。

引脚配置和功能描述

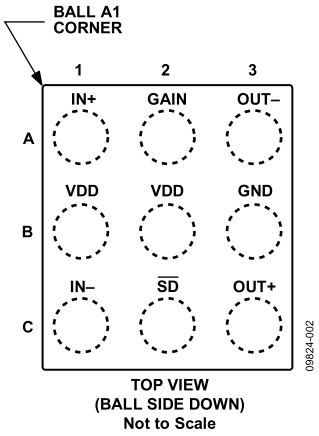

图2. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
A1	IN+	同相输入。
B1	VDD	电源。
C1	IN–	反相输入。
A2	GAIN	增益选择引脚。
B2	VDD	电源。
C2	$\overline{SD}$	关断输入。数字输入，低电平有效。
A3	OUT–	反相输出。
B3	GND	地。
C3	OUT+	同相输出。

典型工作特性

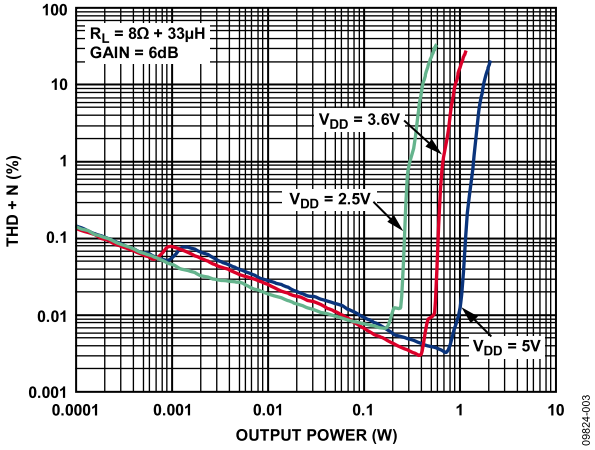

图3. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动8 Ω负载，增益为6 dB

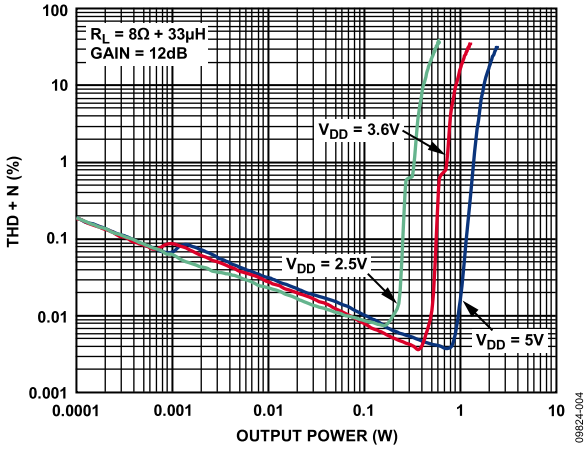

图6. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动8 Ω负载，增益为12 dB

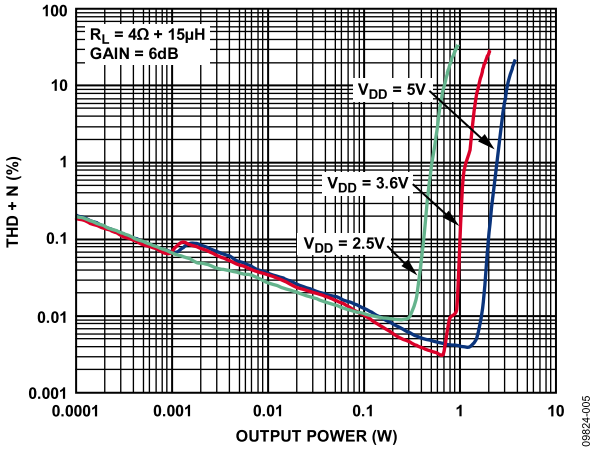

图4.总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动4 Ω负载，增益为6 dB

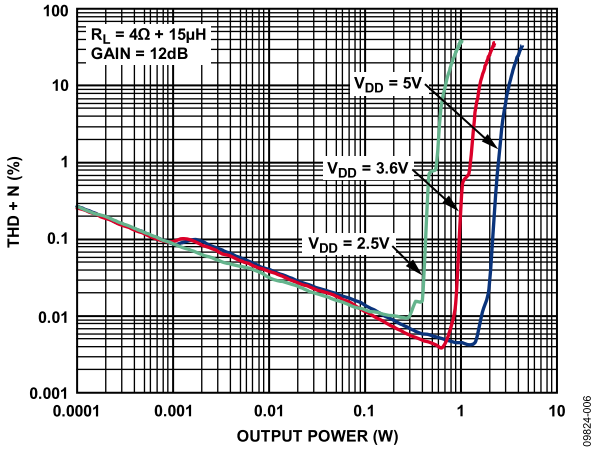

图7. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动4 Ω负载，增益为12 dB

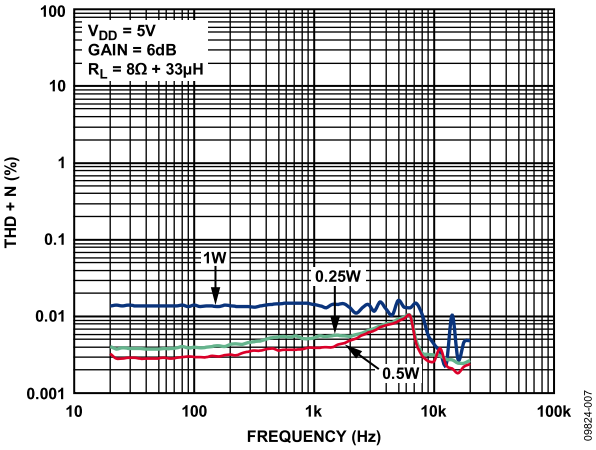

图5. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 5 V，R_L = 8 Ω,，增益为6 dB

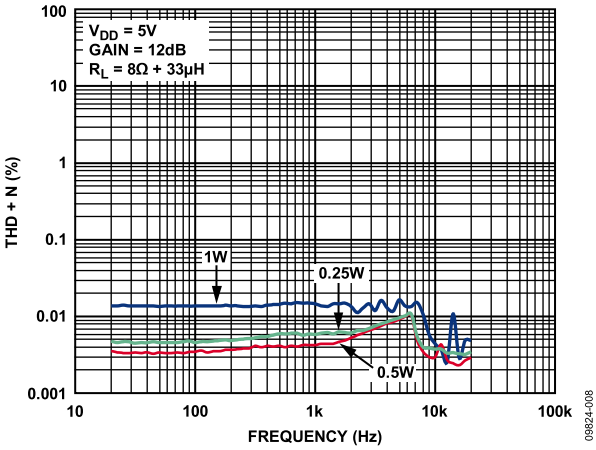

图8. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 5 V，R_L = 8 Ω，增益为12 dB

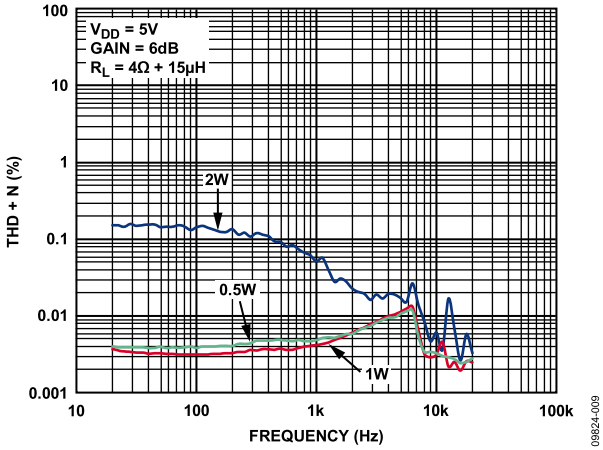

图9. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 5 V，R_L = 4 Ω,，增益为6 dB

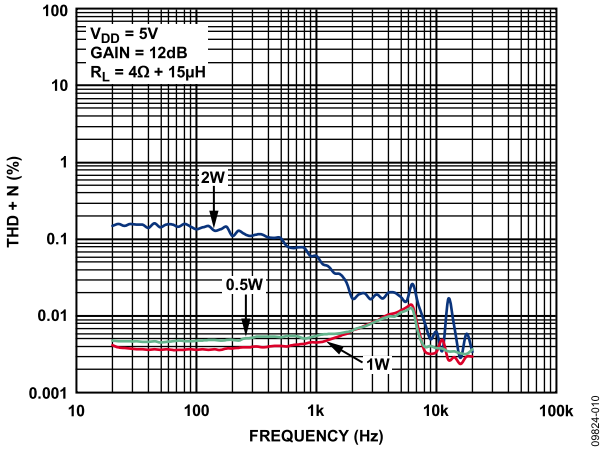

图12.总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 5 V，R_L = 4 Ω,，增益为12 dB

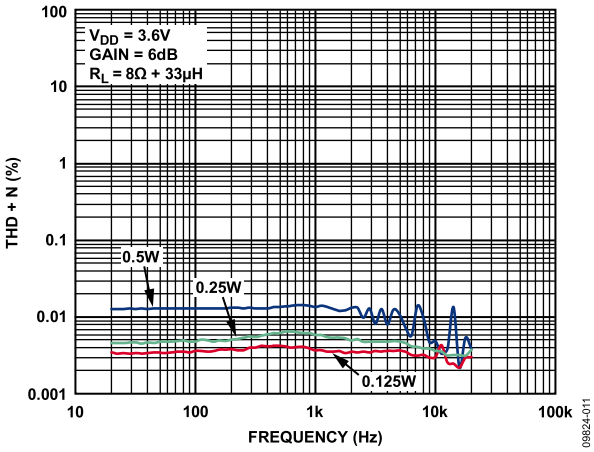

图10. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 3.6 V，R_L = 8 Ω,，增益为6 dB

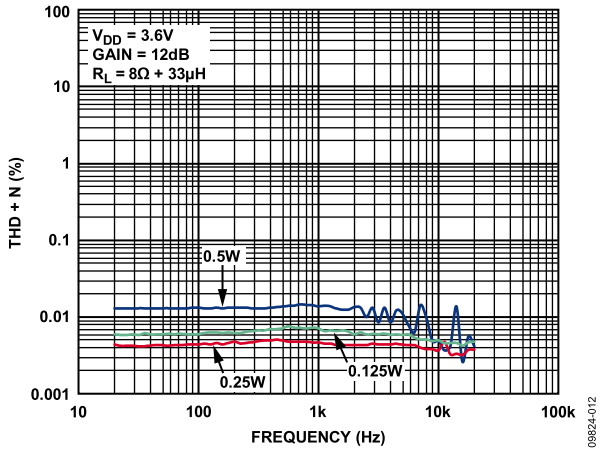

图13.总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 3.6 V，R_L = 8 Ω，增益为12 dB

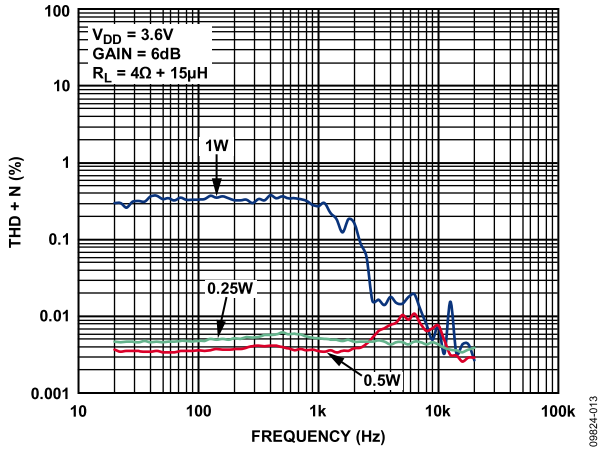

图11. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 3.6 V，R_L = 4 Ω,，增益为6 dB

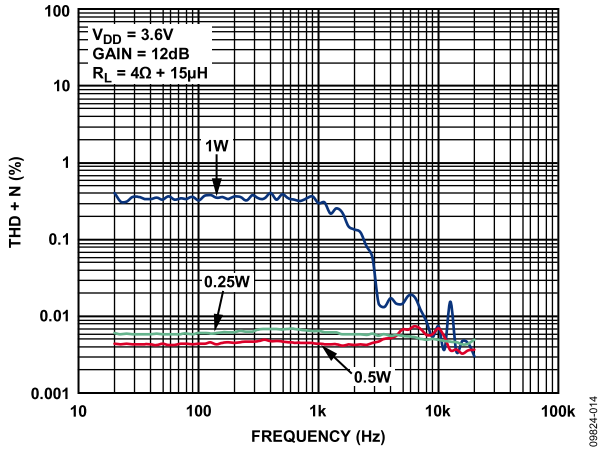

图14. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 3.6 V，R_L = 4 Ω，增益为12 dB

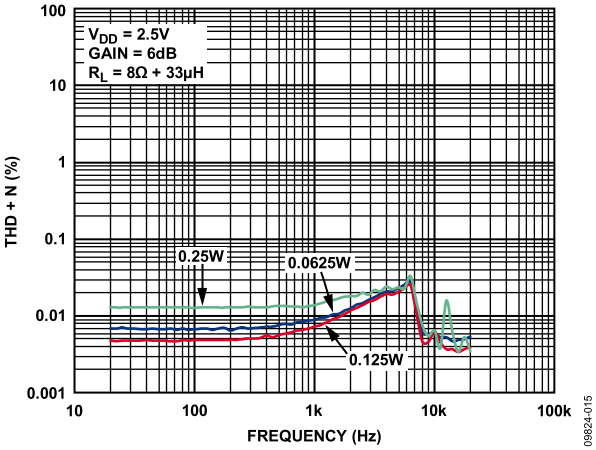

图15．总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 2.5 V，R_L = 8 Ω，增益为6 dB

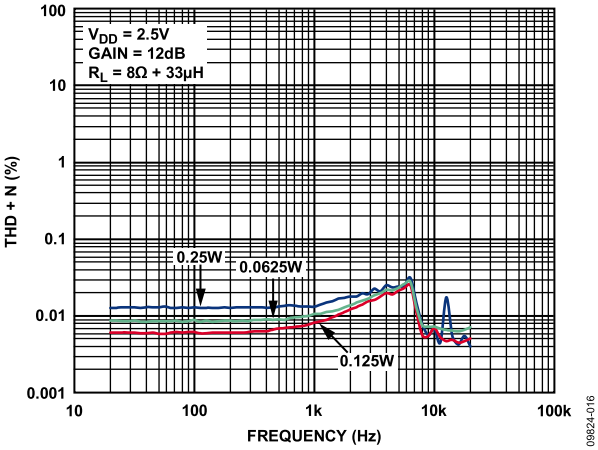

图18. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 2.5 V，R_L = 8 Ω，增益为12 dB

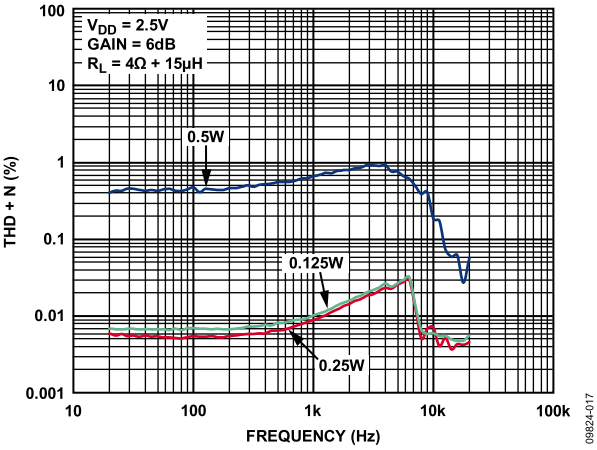

图16. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 2.5 V，R_L = 4 Ω,，增益为6 dB

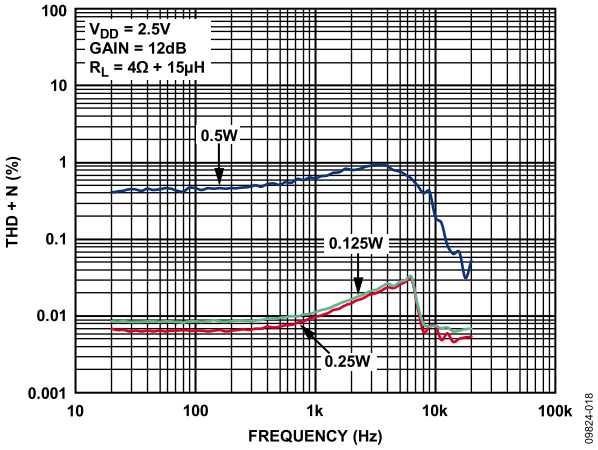

图19. 总谐波失真加噪声与频率的关系，V_{DD} = 2.5 V，R_L = 4 Ω，增益为12 dB

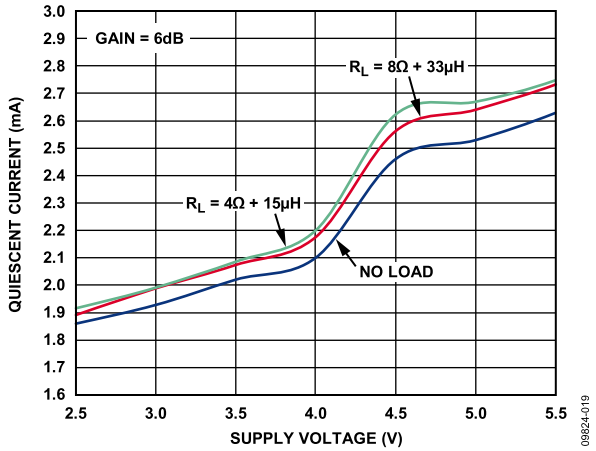

图17. 静态电流与电源电压的关系，增益为6 dB

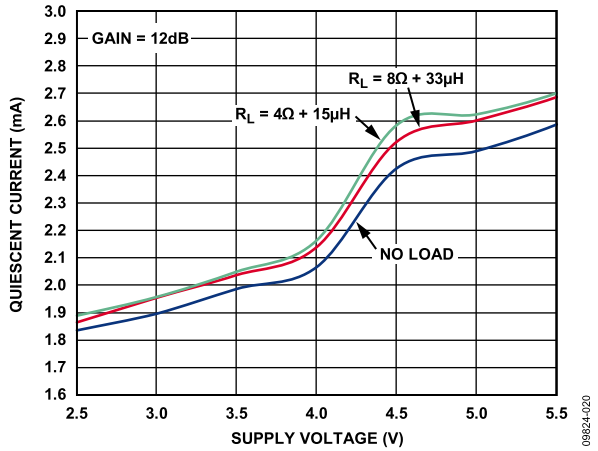

图20. 静态电流与电源电压的关系，增益为12 dB

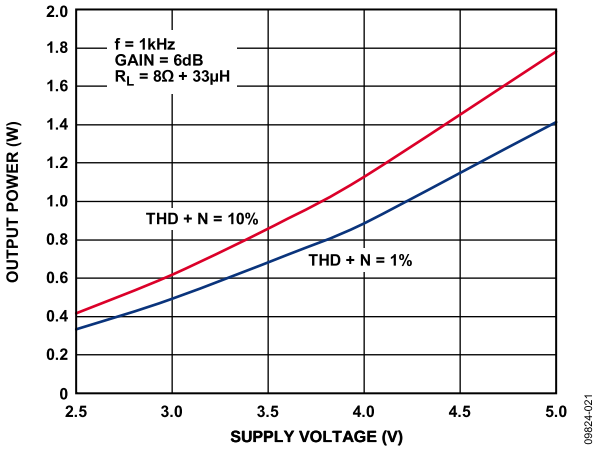

图21. 最大输出功率与电源电压的关系，R_L为8 Ω，增益为6 dB

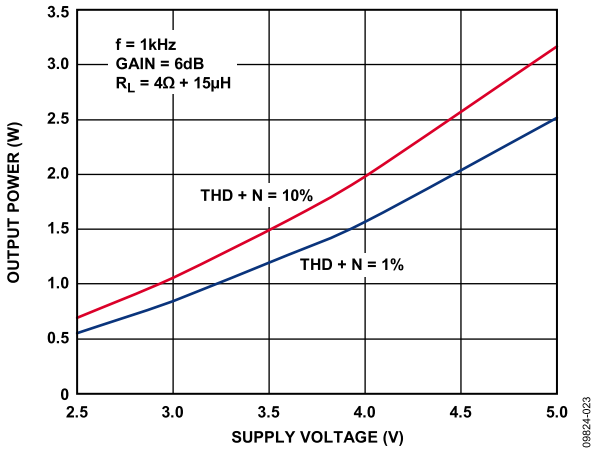

图22. 最大输出功率与电源电压的关系，R_L为4 Ω，增益为6 dB

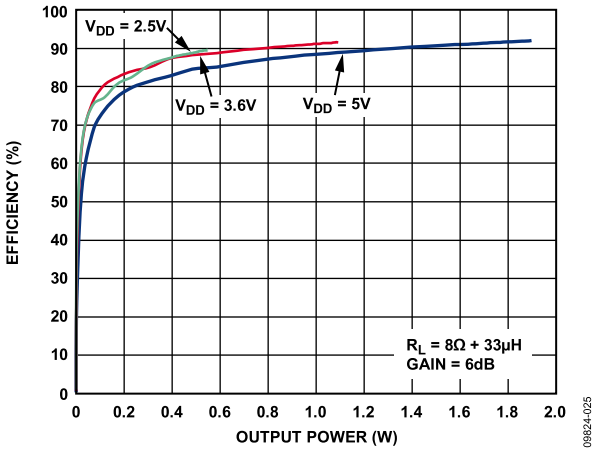

图23. 效率与输出功率的关系，驱动8 Ω负载，增益为6 dB

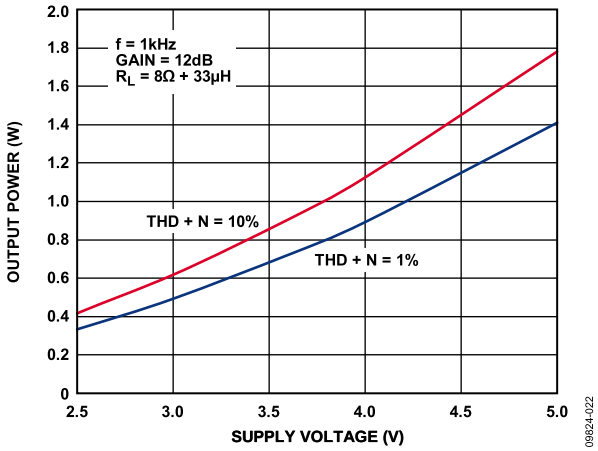

图24. 最大输出功率与电源电压的关系，R_L为8 Ω，增益为12 dB

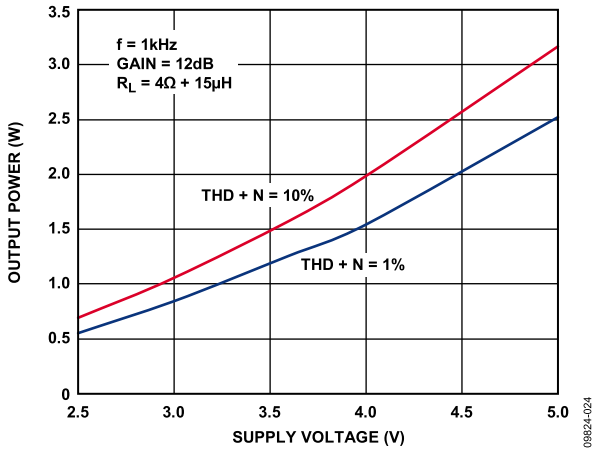

图25. 最大输出功率与电源电压的关系，R_L为4 Ω，增益为12 dB

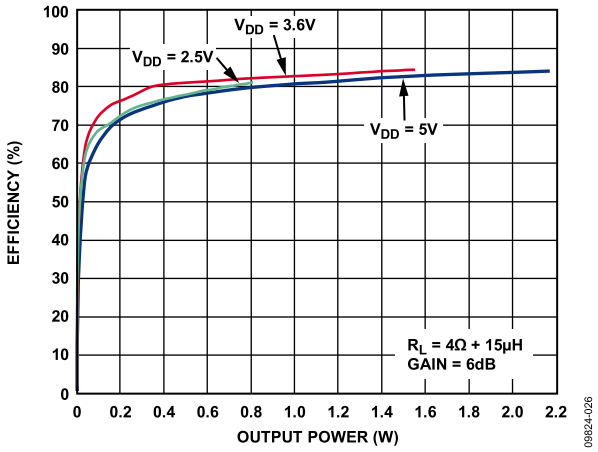

图26. 效率与输出功率的关系，驱动4 Ω负载，增益为6 dB

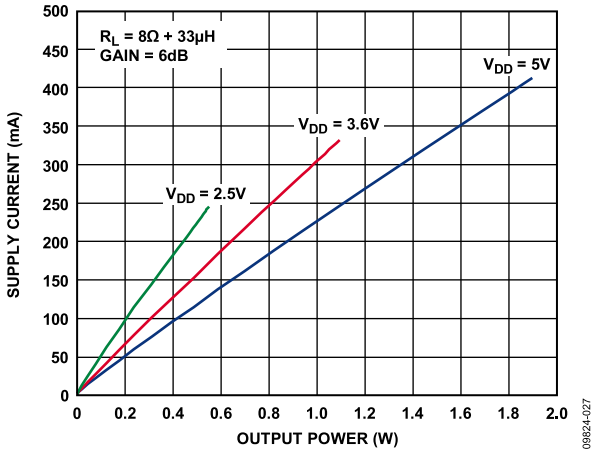

图27. 电源电流与输出功率的关系，驱动8 Ω负载，增益为6 dB

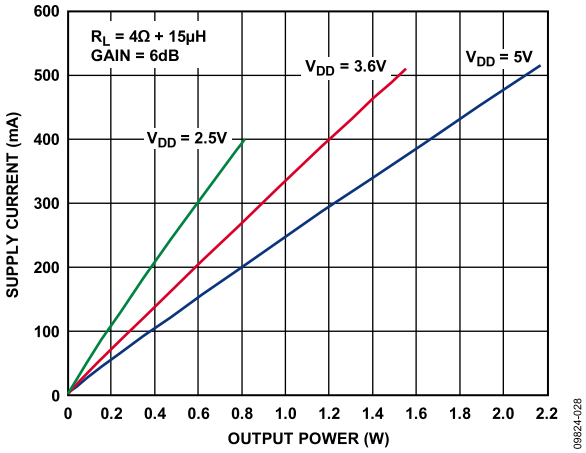

图30. 电源电流与输出功率的关系，驱动4 Ω负载，增益为6 dB

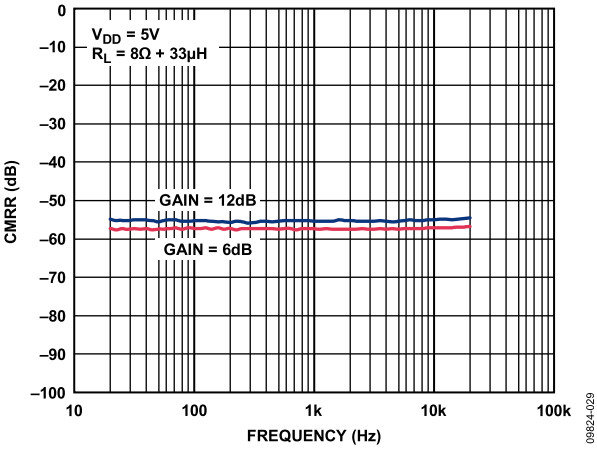

图28. 共模抑制比(CMRR)与频率的关系

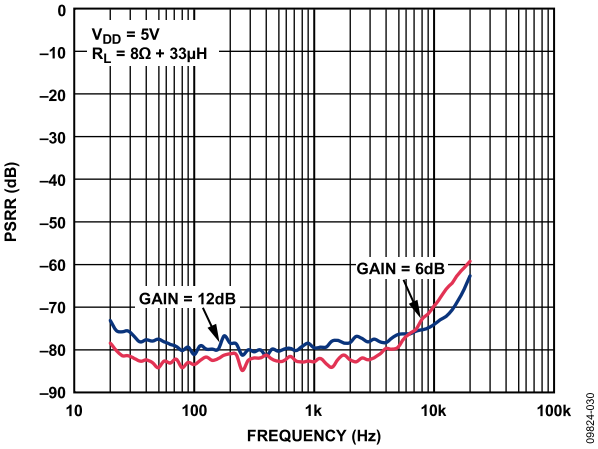

图31. 电源抑制比(PSRR)与频率的关系

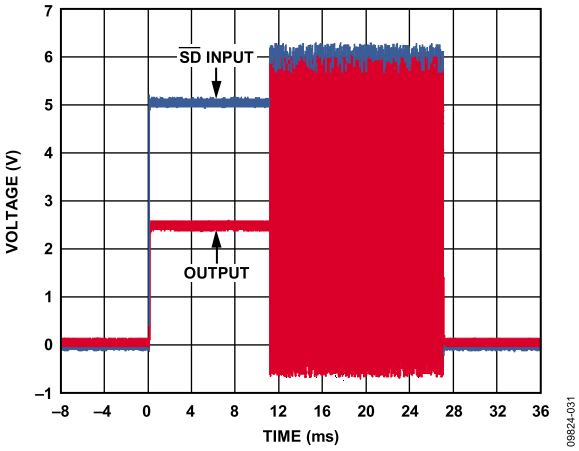

图29. 开启响应

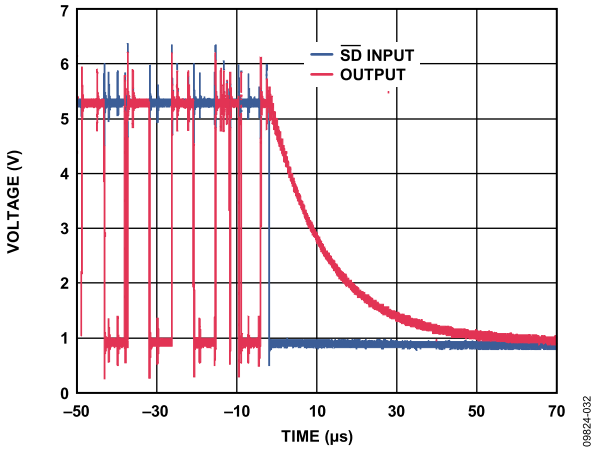

图32. 关闭响应

典型应用电路

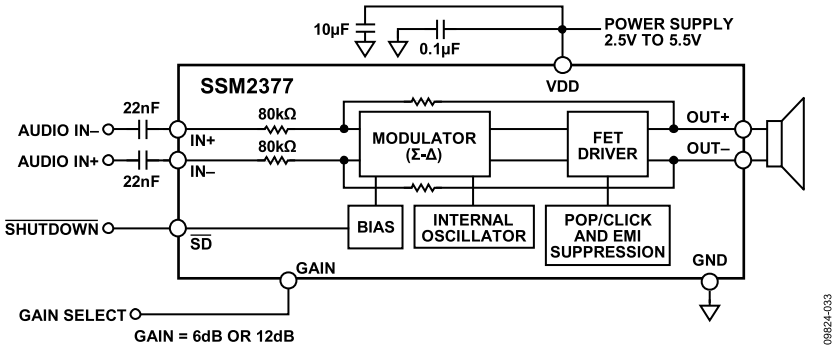

图33.单声道差分输入配置

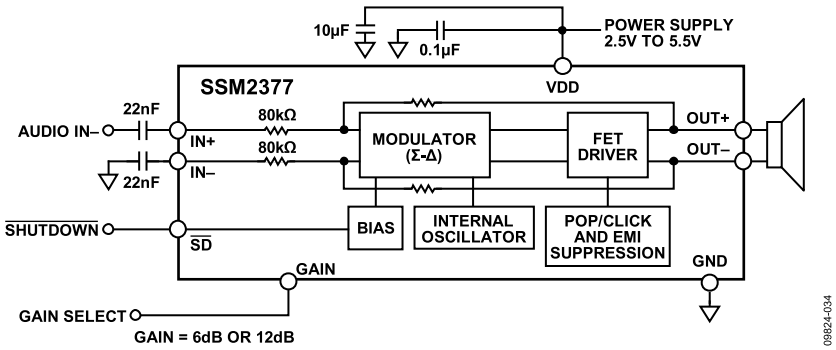

图34.单端单声道输入皮配置

工作原理

概览

SSM2377单声道D类音频放大器采用无滤波调制方案，大大减少了外部元件数量，节省电路板空间，从而降低了系统成本。SSM2377不需要输出滤波器，而是依赖于扬声器线圈固有电感以及扬声器和人耳天然过滤作用，从方波输出中完全恢复音频组分。

大多数D类放大器使用脉冲宽度调制(PWM)的变化形式，但SSM2377采用Σ-Δ调制技术来确定输出设备的开关模式，带来不少重大好处。

- 不同于脉宽调制器，Σ-Δ调制器不产生谐波尖峰，在AM频带存在多处谐波。
- Σ-Δ调制使高频频谱成分幅度降低，即减少EMI辐射，否则可能会受到扬声器和长电缆走线辐射。
- 由于Σ-Δ调制的固有扩频性质，集成多个SSM2377放大器的设计中不需要增加振荡器。

SSM2377还具备过流和过热保护功能。

增益选择

使用增益引脚，SSM2377的预设增益可设置为6 dB或12 dB，如表5所示。

表5. 增益引脚功能说明

增益设置(dB)	增益引脚配置
6	接至VDD
12	接至GND

爆音与咔嚓声抑制

shutdown激活或停用时，音频放大器可能会发生输出电压瞬变。可以听到扬声器发出10 mV低电压瞬变的爆音。爆音和咔嚓声也是放大器系统产生的声音瞬变杂音，因此，并非来自系统输入信号。

SSM2377采用爆音和咔嚓声抑制架构，可降低这些输出瞬变，从而通过$\overline{SD}$控制引脚实现无噪声激活和停用。

EMI噪声

SSM2377采用专有调制和扩频技术，以尽量减少设备的EMI辐射。对于难以通过FCC B类辐射测试，或存在天线和射频灵敏度问题的应用，SSM2377的超低EMI辐射架构，大幅降低了D类输出(特别是100 MHz以上)的辐射。图35显示采用超低EMI架构的SSM2377低辐射量。

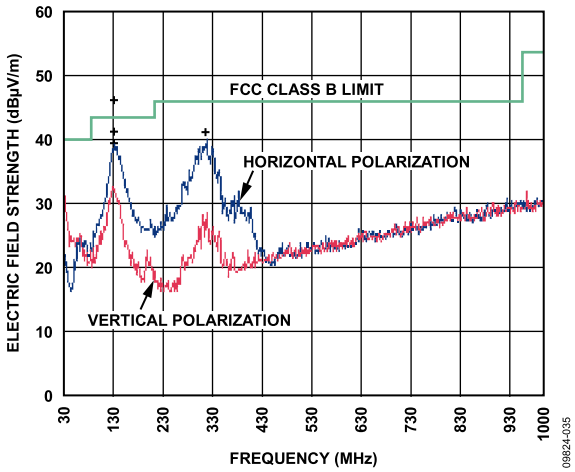

图35. SSM2377的 EMI辐射

图35为经FCC认证的EMI实验室所作出的测试结果，5.0 V电源电压下，输入信号为1 kHz，可提供1.0 W输出功率，驱动8 Ω负载。SSM2377通过FCC B类辐射限制测试，测试采用50 cm非屏蔽双绞线扬声器电缆。请注意：电源电压降低，辐射随之明显降低。

输出调制说明

SSM2377采用三级Σ-Δ输出调制。每次输出摆幅在GND和V_{DD}之间，反之亦然。理想情况下，当没有输入信号时，输出差分电压为0 V，因为无需产生脉冲。现实情况下，噪声源始终存在。

由于噪声始终存在，若需要，会对此产生响应，就会产生差分脉冲。产生差分脉冲时，有少量电流流入感应负载。

然而，大多数时候，由于ADI公司采用的三级Σ-Δ输出调制技术，差分输出电压为0 V。此功能可确保通过感性负载的电流很小。

当用户发送输入信号时，会紧随输入电压，产生输出脉冲(OUT +与OUT-)。输入信号电平提高，差分脉冲密度(V_{OUT})增加。图36所示为有/无输入激励的情况下的三级Σ-Δ输出调制。

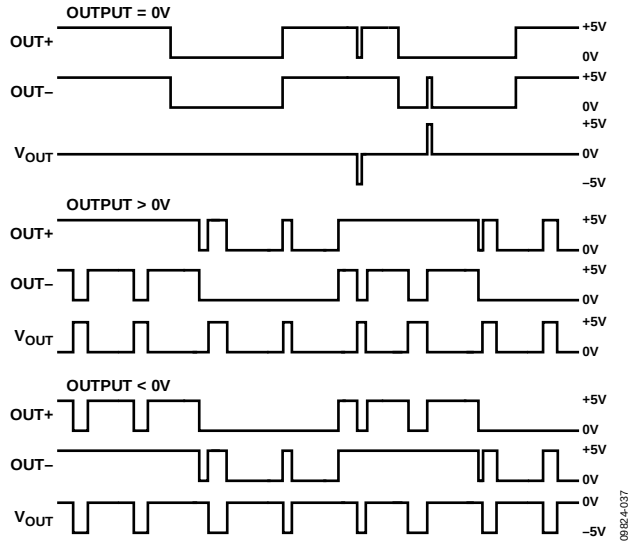

图36. 有/无输入激励的情况下的三级Σ-Δ输出调制

布局

随着输出功率的增加，必须注意放大器、负载和电源之间的PCB走线和电线正确布局。使用短而宽的PCB走线以减少压降、减小电感是不错的做法。针对最低DCR的每寸走线长度，确保走线宽度至少为200mil, 并使用1盎司或2盎司纯铜PCB走线，以进一步降低IR压降和电感。布局不佳会增加压降，从而影响工作效率。对于电源输入和放大器输出，使用宽走线，以尽量减少由于走线寄生电阻而造成的损失。

正确接地原则有助于提高音频性能，减少通道间的串扰，并防止开关噪声耦合到音频信号。要保持高输出摆幅和高输出峰值功率，连接输出引脚至负载的PCB走线以及电源引脚的PCB走线应尽可能宽，以维持最低走线电阻。同时建议采用大接地层使阻抗最小。

此外，良好的PCB布局还能将关键模拟路径与高干扰源隔离开来。高频电路(模拟电路和数字电路)应与低频电路分开。

多层印刷电路板设计得当，可以减少EMI辐射，与双面电路板相比，具有10倍或更高的射频场抗扰度。多层电路板允许使用一个完整的接地层，而双面电路板的接地层通常受到信号交叉干扰。

如果该系统具有独立的模拟和数字接地层和电源层，模拟接地层应该位于模拟电源层的正下方。同样，数字接地层应该位于数字电源层的正下方。模拟接地层和数字接地层之间或模拟电源层和数字电源层之间应该没有重叠。

输入电容选择

如果输入信号从1.0 V偏置到V_{DD} – 1.0 V，则SSM2377不需要输入耦合电容。如果输入信号在推荐的输入直流共模电压范围内没有发生偏置，或需要高通滤波，或采用单端信号源时，则需要输入电容。如果输入端需要高通滤波，那么SSM2377的输入电容(C_{IN})和输入阻抗构成高通滤波器，其角频率由下列公式确定：

$$f_C = 1/(2\pi \times 80\ \text{k}\Omega \times C_{IN})$$

输入电容值和电介质材料可以显著影响电路性能。不使用输入电容的情况下，可产生大直流输出失调电压，降低直流电源抑制性能。

电源去耦

为确保高效率、低总谐波失真和高电源抑制比，有必要适当电源去耦。电源线路的瞬态噪声会存在持续时间较短的电压尖峰。这些尖峰会包含高频组分，高达几百兆赫。电源输入必须采用高品质、低ESL、低ESR的电容进行去耦，其最低电容值为4.7μF。旁路电容将低频噪音隔离在接地层。对于高频瞬态噪声，在尽可能靠近器件VDD引脚的位置使用0.1μF电容。尽可能靠近SSM2377放置去耦电容，则有助于保持高效性能。

外形尺寸

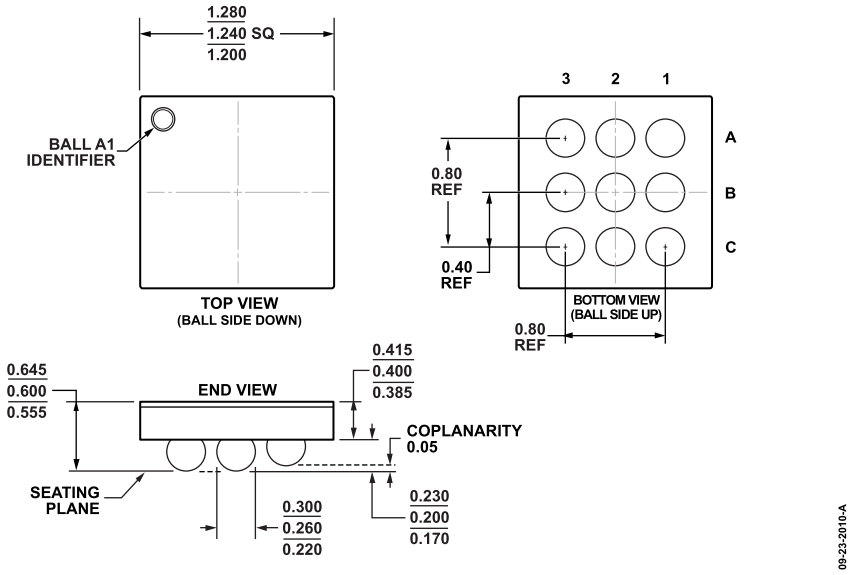

图37. 9引脚晶圆级芯片规模封装 [WLCSP]
(CB-9-4)
图示尺寸单位:mm

订购指南

型号[1]	温度范围	封装描述	封装[2]	标识
SSM2377ACBZ-RL	−40°C至+85°C	9引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]	CB-9-4	Y48
SSM2377ACBZ-R7	−40°C至+85°C	9引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]	CB-9-4	Y48
EVAL-SSM2377Z		评估板		

[1] Z = 符合RoHS标准的器件。
[2] 此封装选项不含卤素。

注释

©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
D09824sc-0-5/11(0)