



2 × 2 W无滤波器D类立体声音频放大器，具有ALC功能和I²C接口

SSM2380

特性

采用 Σ - Δ 调制的无滤波器D类立体声放大器

采用5.0 V电源供电时，能够以2 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%
高度灵活的I²C接口，支持增益调整、自动电平控制(ALC)和超低EMI辐射模式

MODE引脚可以禁用I²C接口，以支持更传统的立体声放大器配置

通过I²C控制支持立体声转单声道混频器选项

效率：93%(5.0 V、以1.4 W功率驱动8 Ω 扬声器)

信噪比(SNR)：>100 dB

采用2.5 V至5.5 V单电源供电

超低关断电流：20 nA

短路和热保护

爆音与咔嚓声抑制

16引脚2.0 mm × 2.0 mm WLCSP封装

应用

移动电话

MP3播放器

便携式电子设备

概述

SSM2380是一款全集成式高效率D类立体声音频放大器，针对移动电话应用实现最高性能而设计。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 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%。

SSM2380配有一个高度灵活的I²C接口，它具有许多有用的设置。利用I²C控制接口，SSM2380的增益可以在1 dB至24 dB内选择，加上静音共有47种选项，无需外部元件。通过I²C接口访问的其它特性包括：独立左/右声道关断、可变超低EMI辐射控制模式、用于保护高质量扬声器的自动电平控制(ALC)，以及立体声转单声道混音操作。

SSM2380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，该调制方案仍然能提供高效率。采用5.0 V电源时，以1.4 W功率驱动8 Ω 负载时的效率为93%，以2 W功率驱动4 Ω 负载时的效率为85%，信噪比(SNR)高于100 dB。

与其它D类架构相比，采用扩频脉冲密度调制可提供更低的电磁辐射。扩频 Σ - Δ 调制的一个额外好处是使用多个D类放大器时无需同步信号(SYNC)。针对需要长扬声器电缆(>10 cm)的应用，SSM2380包括一个用户可选超低EMI辐射模式，使得D类输出端不需要EMI滤波器。

SSM2380具有微功耗关断模式，关断电流典型值为20 nA。对SD引脚施加逻辑低电平可以使能关断模式，通过I²C接口可以软关断任意通道。

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毛刺最小，从而降低启动和停用时的声频噪声。

SSM2380提供完全差分输入，可以出色地抑制输入端的共模噪声。如果直流输入共模电压约为 $V_{DD}/2$ ，则可以省去输入耦合电容。

SSM2380的额定温度范围为-40°C至+85°C商用温度范围。它内置热关断和输出短路保护功能，采用16引脚、2 mm × 2 mm晶圆级芯片规模封装(WLCSP)。

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.

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 ©2010–2011 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	混频器模式.....	18
应用.....	1	应用信息.....	19
概述.....	1	布局布线.....	19
修订历史.....	2	输入电容选择.....	19
功能框图.....	3	电源去耦.....	20
技术规格.....	4	典型应用电路.....	21
I ² C时序特性.....	5	I ² C接口.....	24
绝对最大额定值.....	6	寄存器映射.....	25
热阻.....	6	寄存器映射详解.....	26
ESD警告.....	6	寄存器R0: 左声道增益控制, 地址0x00.....	26
引脚配置和功能描述.....	7	寄存器R1: 右声道增益控制, 地址0x01.....	26
典型性能参数.....	8	寄存器R2: 模式控制, 地址0x02.....	27
工作原理.....	14	寄存器R3: ALC控制1, 地址0x03.....	27
概览.....	14	寄存器R4: ALC控制2, 地址0x04.....	28
爆音与咔嚓声抑制.....	14	寄存器R5: 关断, 地址0x05.....	29
输出调制描述.....	14	寄存器R6: 错误, 地址0x06.....	29
工作模式.....	15	寄存器R7: 错误清除, 地址0x07.....	29
ALC工作模式.....	15	寄存器R8: 复位, 地址0x08.....	29
增益选择工作模式.....	16	外形尺寸.....	30
I ² C控制工作模式.....	16	订购指南.....	30
自动电平控制(ALC).....	16		

修订历史

2011年2月—修订版0至修订版A

更改“设置ALC阈值电压”部分..... 15

2010年10月—修订版0: 初始版

功能框图

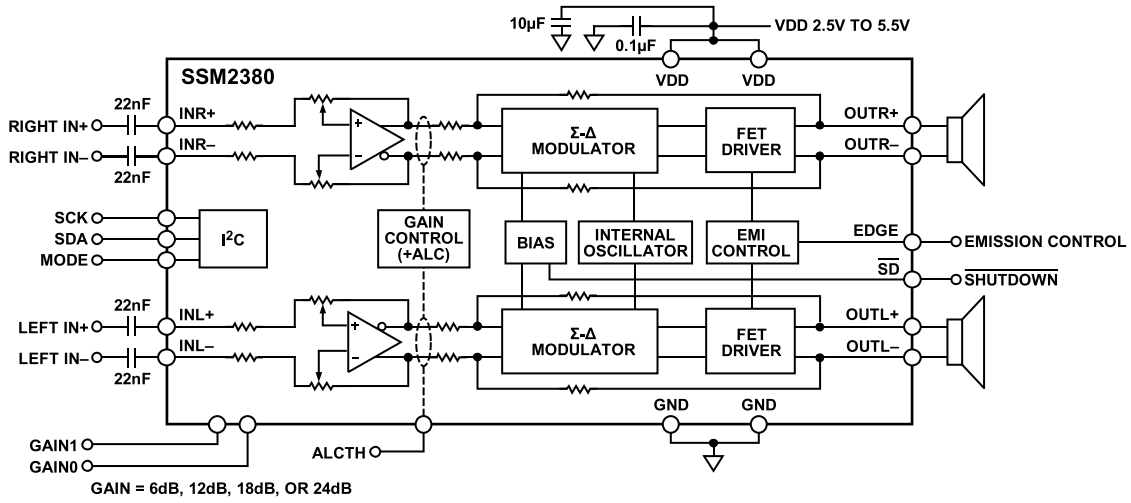


图1.

081752-001

SSM2380

技术规格

除非另有说明, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 8\ \Omega + 33\ \mu\text{H}$, 增益 = 6 dB, I²C控制模式。

表1.

参数	符号	测试条件/备注 ¹	最小值	典型值	最大值	单位
器件特性		$f = 1\text{ kHz}$, 20 kHz带宽				
输出功率	P_O	$R_L = 8\ \Omega$, THD = 1%, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		1.43		W
		$R_L = 8\ \Omega$, THD = 1%, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		0.73		W
		$R_L = 8\ \Omega$, THD = 10%, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		1.8		W
		$R_L = 8\ \Omega$, THD = 10%, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		0.92		W
		$R_L = 4\ \Omega$, THD = 1%, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		2.58 ¹		W
		$R_L = 4\ \Omega$, THD = 1%, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		1.3		W
		$R_L = 4\ \Omega$, THD = 10%, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		3.2 ¹		W
		$R_L = 4\ \Omega$, THD = 10%, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		1.62		W
效率	η	$P_O = 1.4$ 驱动8 Ω 负载, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ 正常、低EMI模式		93		%
		超低EMI模式		91		%
总谐波失真加噪声	THD + N	$P_O = 1$ 驱动8 Ω 负载, $f = 1\text{ kHz}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		0.005		%
		$P_O = 0.5$ 驱动8 Ω 负载, $f = 1\text{ kHz}$, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		0.005		%
输入共模电压范围	V_{CM}		1.0		$V_{DD} - 1.0$	V
共模抑制比	CMRR _{GSM}	$V_{CM} = 2.5\text{ V} \pm 100\text{ mV}$ (217 Hz时),折合到输出端		55		dB
通道隔离	X_{TALK}	$P_O = 100\text{ mW}$, $f = 1\text{ kHz}$		78		dB
平均开关频率	f_{SW}			325		kHz
差分输出失调电压	V_{OOS}	增益 = 6 dB		2.0		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	PSRR	$V_{DD} = 2.5\text{ V}$ 至5.0 V,直流输入悬空	70	85		dB
	PSRR _{GSM}	$V_{RIPPLE} = 100\text{ mV}$ (217 Hz时),输入交流接地, $C_{IN} = 0.1\ \mu\text{F}$		60		dB
电源电流(立体声)	I_{SY}	$V_{IN} = 0\text{ V}$,空载, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		6.8		mA
		$V_{IN} = 0\text{ V}$,空载, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		6.0		mA
		$V_{IN} = 0\text{ V}$,空载, $V_{DD} = 2.5\text{ V}$		5.8		mA
		$V_{IN} = 0\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega + 33\ \mu\text{H}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$		7.0		mA
		$V_{IN} = 0\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega + 33\ \mu\text{H}$, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$		6.1		mA
		$V_{IN} = 0\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega + 33\ \mu\text{H}$, $V_{DD} = 2.5\text{ V}$		5.5		mA
关断电流	I_{SD}	$\overline{SD} = \text{GND}$		20		nA
增益控制						
闭环增益	Gain	GAINx = I ² C控制模式	1		24	dB
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GND到VDD的 \overline{SD} 上升沿		7		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}	$\overline{SD} = \text{GND}$		>100		k Ω
噪声性能						
输出电压噪声	e_n	$V_{DD} = 3.6\text{ V}$, $f = 20\text{ Hz}$ 至20 kHz, 输入交流接地, 增益为6 dB, A加权		30		$\mu\text{V rms}$
信噪比	SNR	$P_O = 1.4\text{ W}$, $R_L = 8\ \Omega$,增益 = 6 dB		100		dB
		$P_O = 1.4\text{ W}$, $R_L = 8\ \Omega$,增益 = 24 dB		90		dB

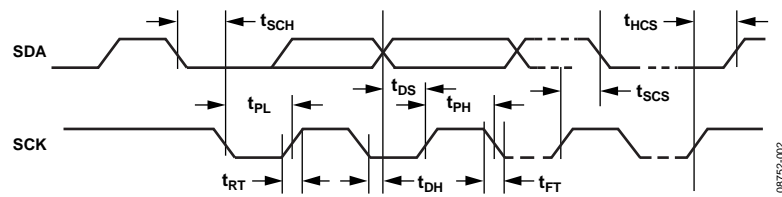
¹ 虽然SSM2380音频质量佳, 输出功率达2 W, 但由于设备封装限制因素, 必须避免2 W以上的连续输出功率。

I²C时序特性

表2.

参数	限值		单位	描述
	t _{MIN}	t _{MAX}		
t _{SCS}	600		ns	起始条件建立时间
t _{SCH}	600		ns	起始条件保持时间
t _{PH}	600		ns	SCK高电平脉冲宽度
t _{PL}	1.3		μs	SCK低电平脉冲宽度
f _{SCK}	0	526	kHz	SCK频率
t _{DS}	100		ns	数据建立时间
t _{DH}		900	ns	数据保持时间
t _{RT}		300	ns	SDA和SCK上升时间
t _{FT}		300	ns	SDA和SCK下降时间
t _{HCS}	600		ns	停止条件建立时间

时序图

图2. I²C时序

06/752-002

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3.

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}
静电放电敏感度	4 kV
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

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，不表示在这些条件下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，器件能够正常工作。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} 针对最差条件，即器件焊接在电路板上以实现表贴封装。

表4. 热阻

封装类型	PCB	θ_{JA}	θ_{JB}	单位
16引脚 2.0 mm × 2.0 mm WLCSP	2S2P	57	14	°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

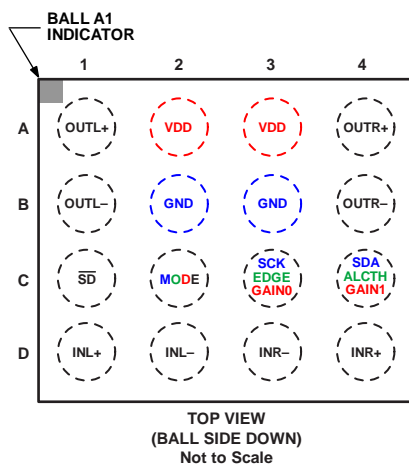


图3 引脚配置(底视图)

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
A1	OUTL+	左声道同相输出。
A2, A3	VDD	输出放大器的电源。
A4	OUTR+	右声道同相输出。
B1	OUTL-	左声道反相输出。
B2, B3	GND	输出放大器接地。
B4	OUTR-	右声道反相输出。
C1	\overline{SD}	关断输入。数字输入，低电平有效。
C2	MODE	三模式接口控制引脚。
C3	SCK/EDGE/GAIN0	2线I ² C控制接口时钟输入(SCK)。MODE连接到GND。 低辐射模式使能引脚(EDGE)。MODE悬空。 增益选择引脚，LSB (GAIN0)。MODE连接到VDD。
C4	SDA/ALCTH/GAIN1	2线I ² C控制接口数据输入/输出(SDA)。MODE连接到GND。 ALC的可变阈值电压(ALCTH)。MODE悬空。 增益选择引脚，MSB (GAIN1)。MODE连接到VDD。
D1	INL+	左声道同相输入。
D2	INL-	左声道反相输入。
D3	INR-	右声道反相输入。
D4	INR+	右声道同相输入。

典型性能参数

除非另有说明，EDGE引脚 = GND。

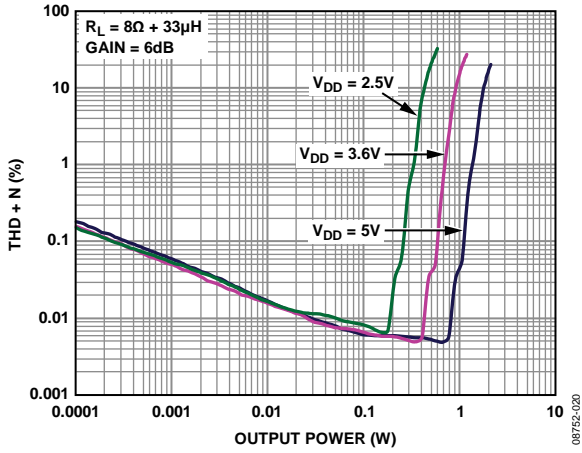


图4. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动8Ω负载，增益为6dB

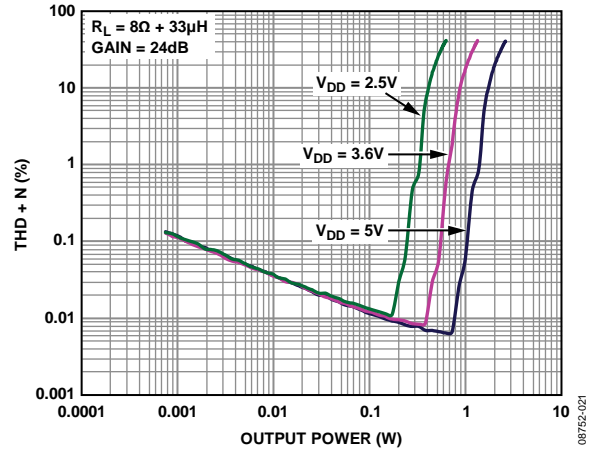


图7. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动8Ω负载，增益为24dB

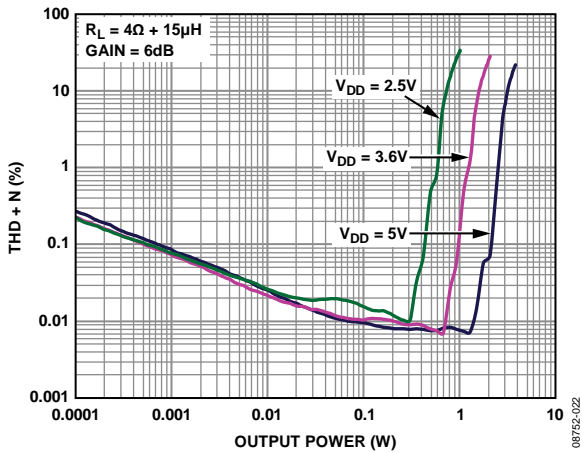


图5. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动4Ω负载，增益为6dB

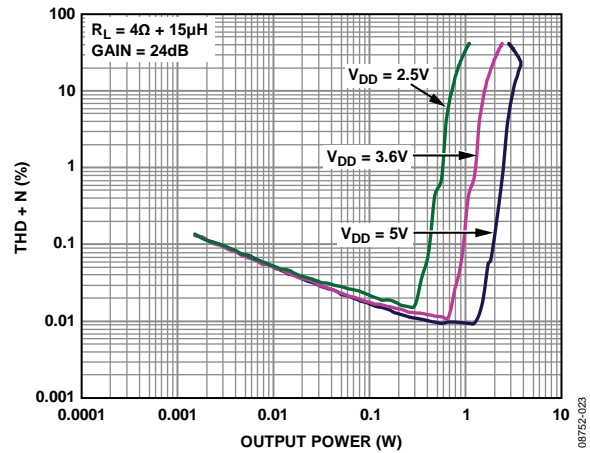


图8. 总谐波失真加噪声与输出功率的关系，驱动4Ω负载，增益为24dB

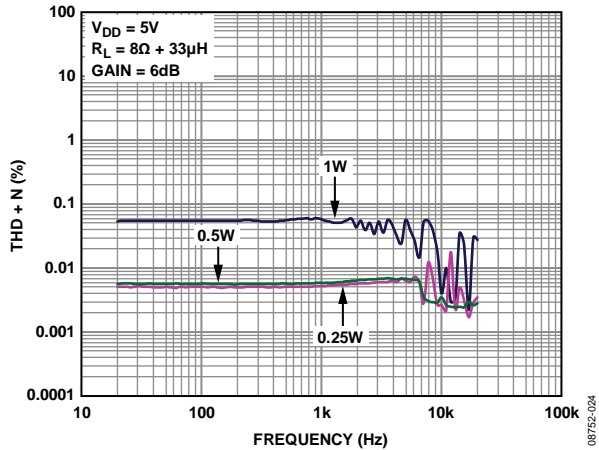


图6. 总谐波失真加噪声与频率的关系， $V_{DD} = 5V$ ， $R_L = 8\Omega$ ，增益为6dB

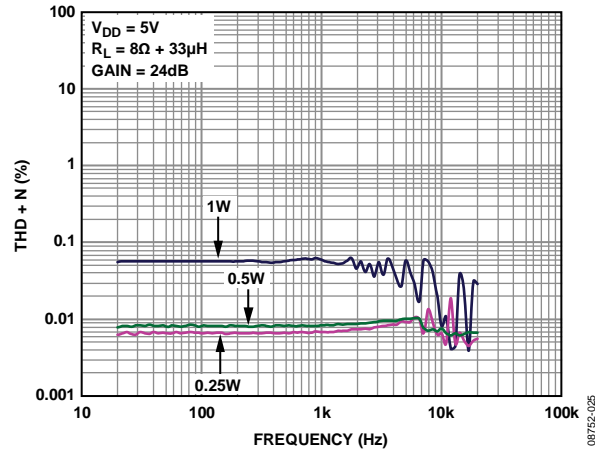


图9. 总谐波失真加噪声与频率的关系， $V_{DD} = 5V$ ， $R_L = 8\Omega$ ，增益为24dB

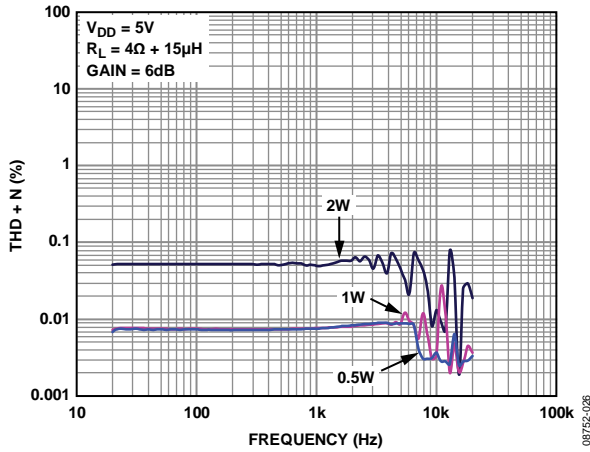


图10. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 5V$, $R_L = 4\Omega$, 增益为6 dB

08752-026

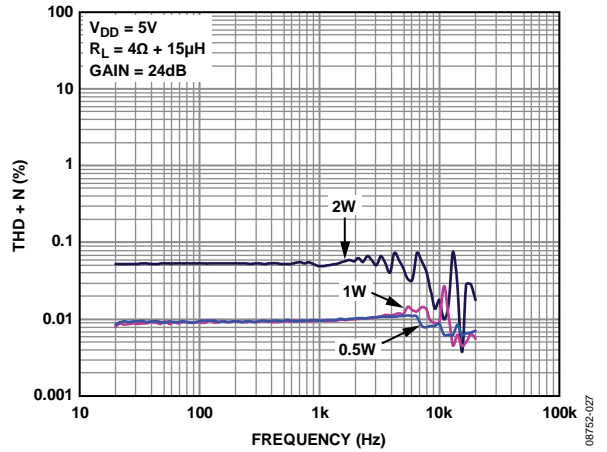


图13. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 5V$, $R_L = 4\Omega$, 增益为24 dB

08752-027

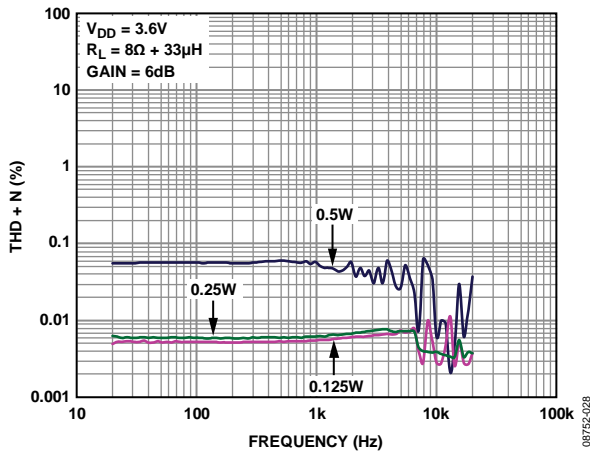


图11. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 3.6V$, $R_L = 8\Omega$, 增益为6 dB

08752-028

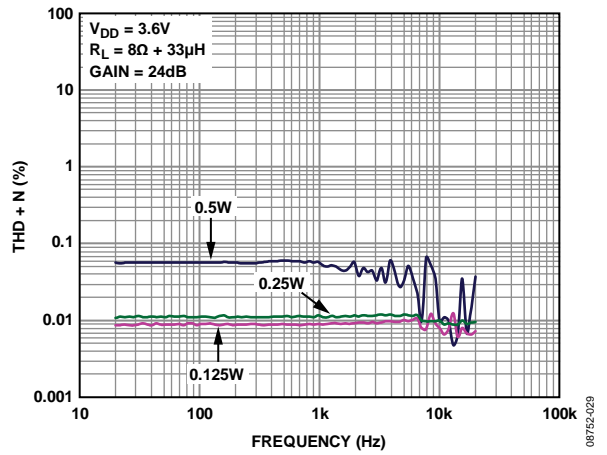


图14. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 3.6V$, $R_L = 8\Omega$, 增益为24 dB

08752-029

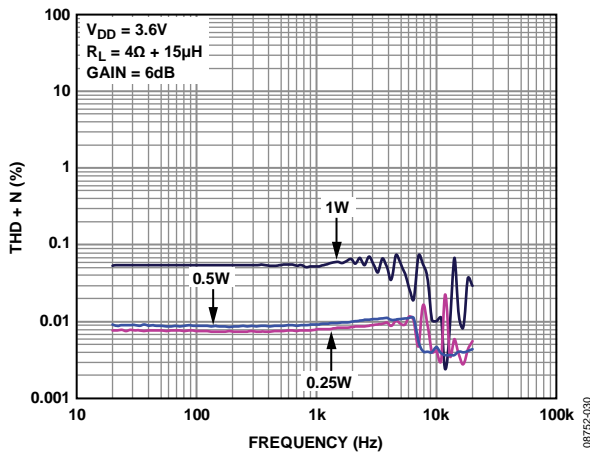


图12. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 3.6V$, $R_L = 4\Omega$, 增益为6 dB

08752-030

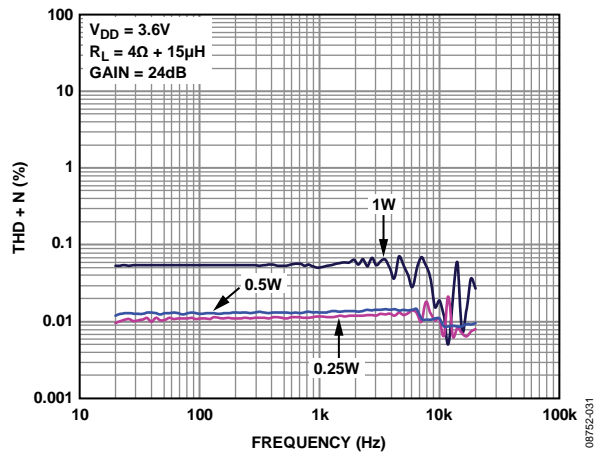


图15. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 3.6V$, $R_L = 4\Omega$, 增益为24 dB

08752-031

SSM2380

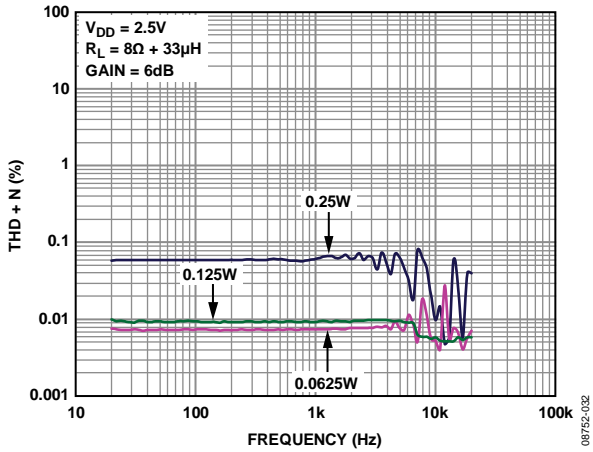


图16. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega$, 增益为6 dB

08752-032

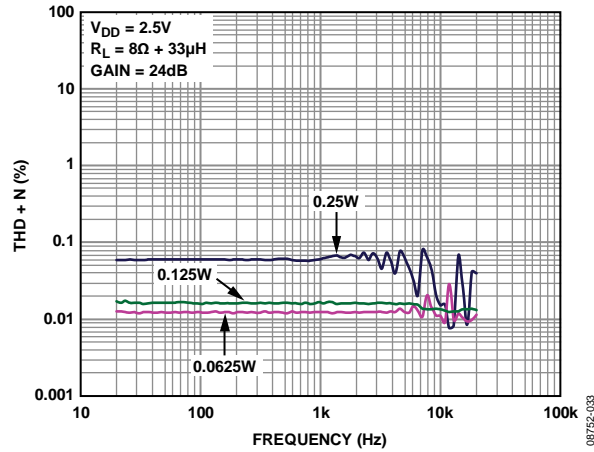


图19. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $R_L = 8\ \Omega$, 增益为24 dB

08752-033

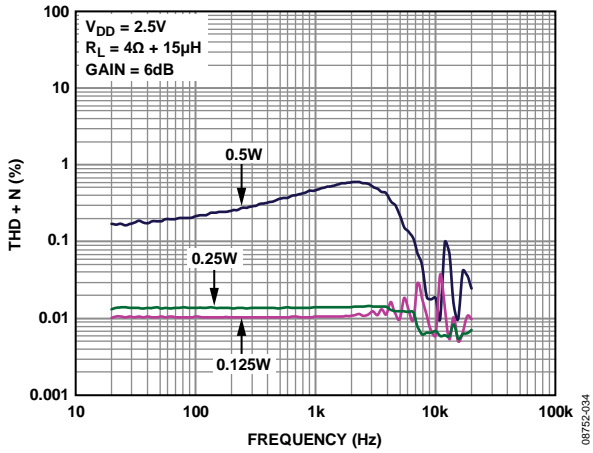


图17. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $R_L = 4\ \Omega$, 增益为6 dB

08752-034

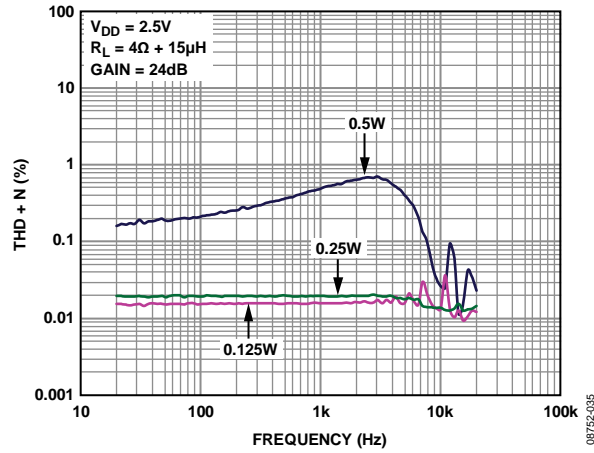


图20. 总谐波失真加噪声与频率的关系,
 $V_{DD} = 2.5\text{ V}$, $R_L = 4\ \Omega$, 增益为24 dB

08752-035

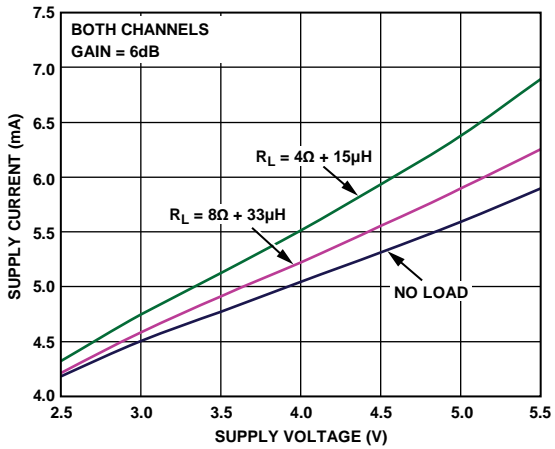


图18. 电源电流与电源电压的关系, 增益为6 dB

08752-036

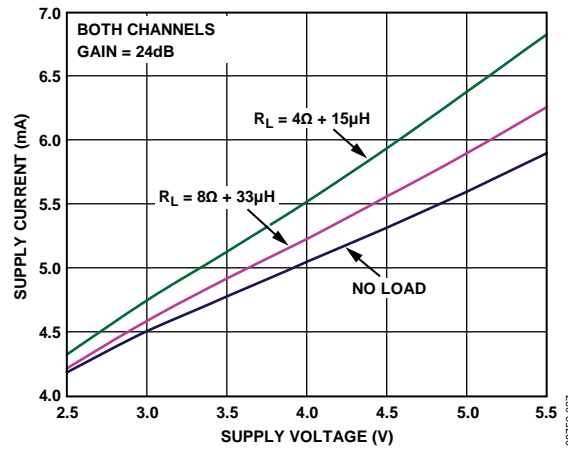


图21. 电源电流与电源电压的关系, 增益为24 dB

08752-037

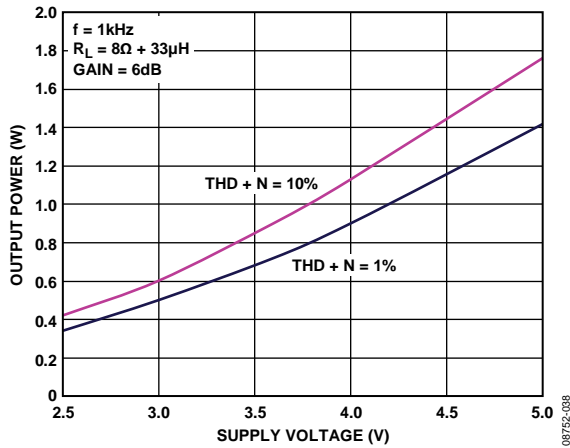


图22. 最大输出功率与电源电压的关系, R_L 为 8Ω , 增益为6 dB

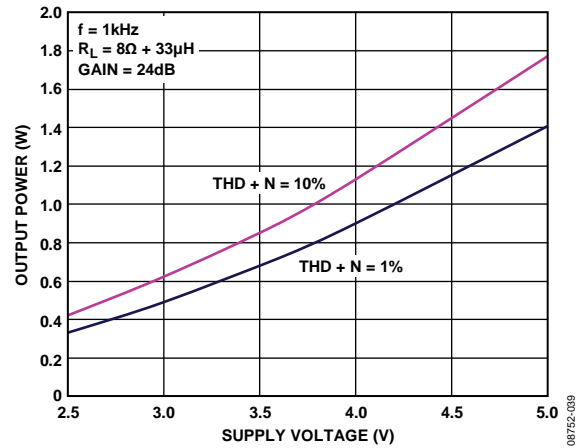


图25. 最大输出功率与电源电压的关系, R_L 为 8Ω , 增益为24 dB

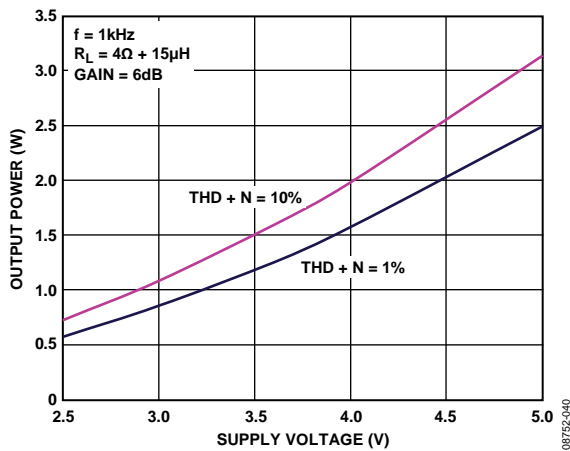


图23. 最大输出功率与电源电压的关系, R_L 为 4Ω , 增益为6 dB

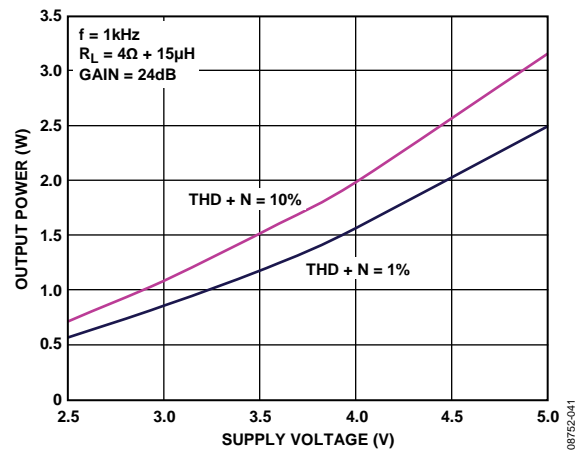


图26. 最大输出功率与电源电压的关系, R_L 为 4Ω , 增益为24 dB

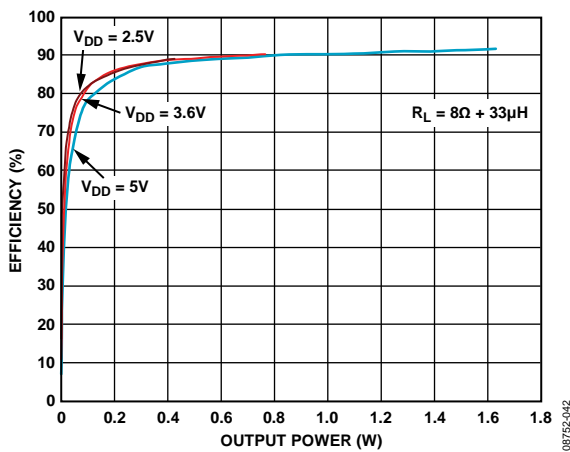


图24. 效率与输出功率的关系, 驱动 8Ω 负载

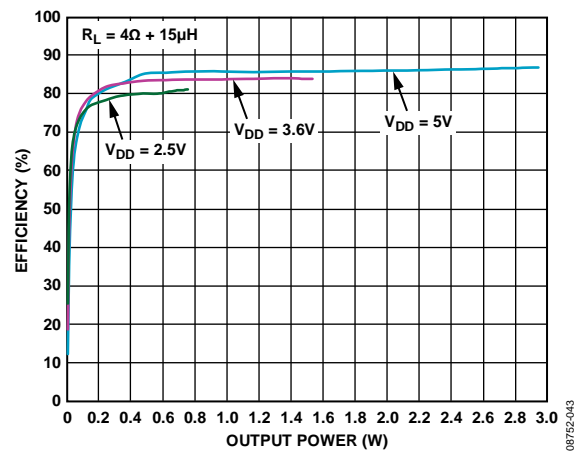


图27. 效率与输出功率的关系, 驱动 4Ω 负载

SSM2380

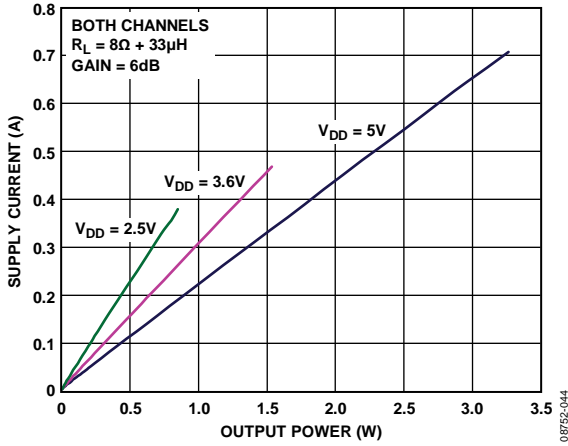


图28. 电源电流与输出功率的关系，驱动8Ω负载

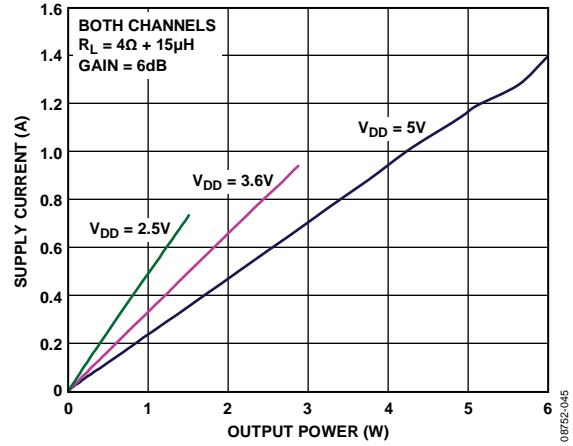


图31. 电源电流与输出功率的关系，驱动4Ω负载

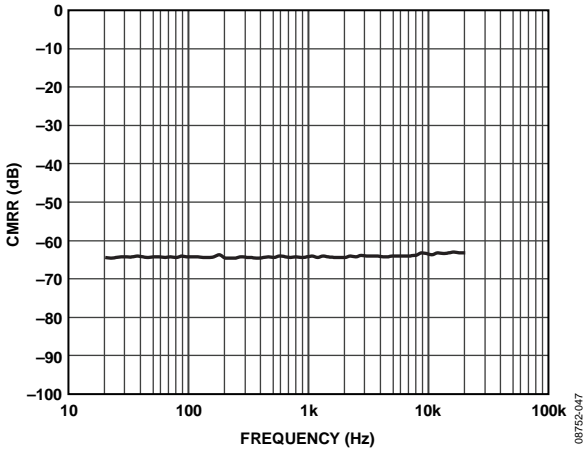


图29. 共模抑制比(CMRR)与频率的关系

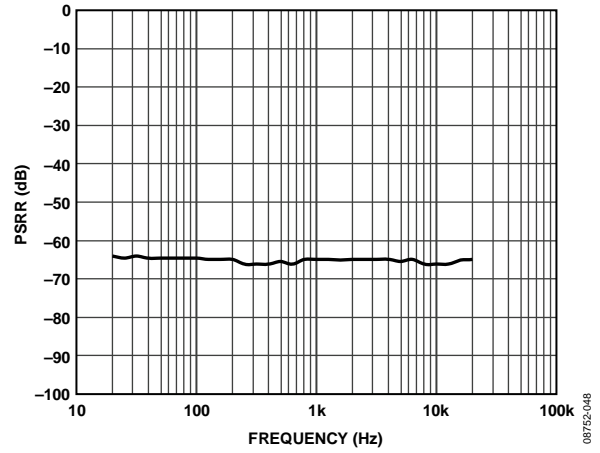


图32. 电源抑制比(PSRR)与频率的关系

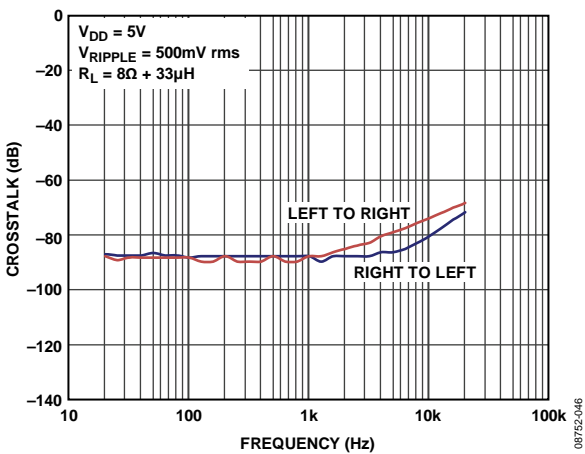


图30. 串扰与频率的关系

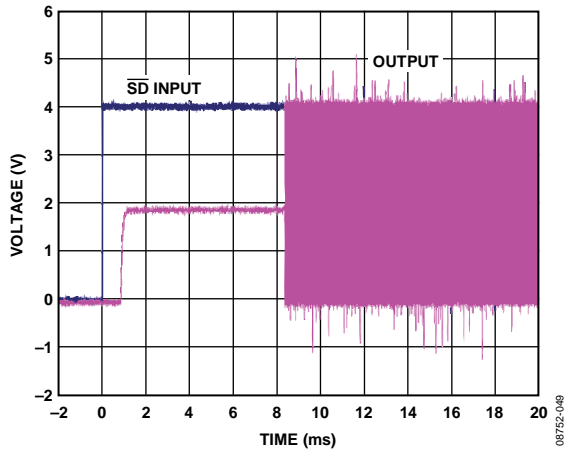


图33. 开启响应

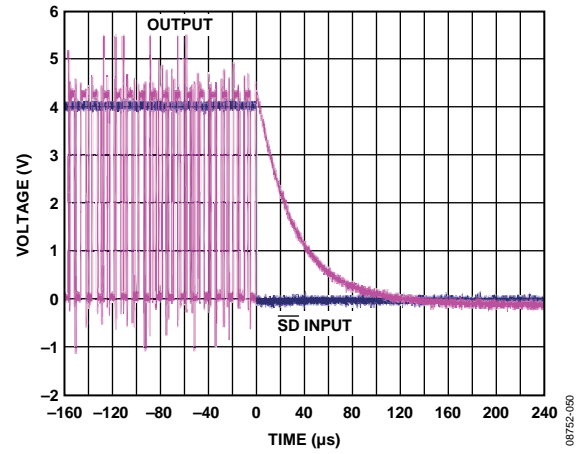


图34. 关闭响应

工作原理

概览

SSM2380立体声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，从而降低系统成本。SSM2380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类放大器是利用脉冲宽度调制(PWM)的变化形式，但SSM2380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，AM频带中不存在多处谐波。
- 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。
- 对于短于10 cm的扬声器双绞线电缆，SSM2380不需要外部EMI滤波。使用较长的电缆时，SSM2380的辐射抑制模式支持非常长的电缆。
- 由于 Σ - Δ 调制的固有扩频性质，集成多个SSM2380放大器的设计中不需要调制器同步。

利用I²C控制接口，SSM2380的增益可以在1 dB至24 dB内选择，加上静音共有47种选项，无需外部元件和固定输入阻抗。通过I²C接口使用的其它特性有：

- 左/右声道独立关断
- 可变超低EMI辐射控制模式
- 用于保护高质量扬声器的自动电平控制(ALC)
- 立体声转单声道混频模式

SSM2380还具备过流和过热保护电路。

爆音与咔嚓声抑制

关断模式激活或停用时，音频放大器可能会发生输出电压瞬变。人耳可以听到低至10 mV的电压瞬变，感觉像扬声器发出的爆音。爆音和咔嚓声也是放大器系统产生的瞬变杂音，因此，并非来自系统输入信号。当放大器系统改变工作模式时，可能产生这种瞬变。例如，下列情况可能会导致声频瞬变：系统上电和关断，静音和解除静音，输入源改变，以及采样速率改变。

SSM2380采用爆音和咔嚓声抑制架构，可降低这些输出瞬变，从而实现无噪声激活和停用。

输出调制描述

SSM2380采用三级 Σ - Δ 输出调制。每路输出摆幅在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。实际情况下，噪声源始终存在。

由于噪声始终存在，需要时会产生差分脉冲以响应这种激励。产生差分脉冲时，有少量电流流入感性负载。

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。

发送输入信号时，紧随输入电压会产生一个输出脉冲(OUT_{x+}与OUT_{x-})。输入信号电平提高，差分脉冲密度(V_{OUT})增加。图35所示为有/无输入激励情况下的三级 Σ - Δ 输出调制。

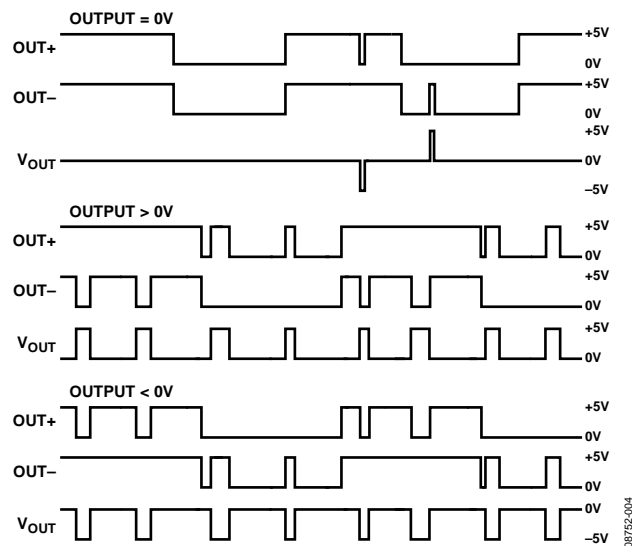


图35. 有/无输入激励情况下的三级 Σ - Δ 输出调制

工作模式

SSM2380有三种独特的工作模式，通过MODE引脚进行控制。MODE(引脚C2)连接到GND时，SSM2380工作在I²C控制模式，引脚C3和C4用作I²C输入的SCK和SDA。在I²C控制模式下，用户可以全面控制SSM2380的所有内部寄存器(见表11)。

MODE(引脚C2)连接到VDD时，SSM2380工作在增益选择模式，引脚C3和C4分别用作增益选择引脚GAIN0和GAIN1。在增益选择模式下，所有ALC和辐射控制特性均禁用，用户只能将增益设置为6 dB、12 dB、18 dB或24 dB。

MODE(引脚C2)不连接(悬空)时，SSM2380工作在ALC模式，引脚C3和C4用作EDGE和ALCTH。在ALC模式下，默认增益为18 dB。通过将EDGE(引脚C3)连接到VDD或GND，用户可以启用或停用辐射控制(EMI)特性。除辐射控制外，ALC也会激活。用户必须在ALCTH(引脚C4)与GND之间连接一个电阻，利用此电阻可将输出电平限制在V_{DD}的45%到90%之间的任何设置。

表6. MODE引脚选择指南

SSM2380引脚			
引脚 C2 (MODE)	引脚 C3	引脚 C4	工作模式
高电平(连接到VDD)	GAIN0	GAIN1	增益选择模式
低电平(连接到GND)	SCK	SDA	I ² C控制模式
开路(悬空)	EDGE	ALCTH	ALC模式

ALC工作模式

MODE不连接(悬空)时，SSM2380处于ALC模式，I²C接口禁用。在ALC模式下，用户只能控制两个功能：设置ALC阈值电压以及启用或停用辐射抑制电路。

设置ALC阈值电压

为设置ALC阈值电压，需在ALCTH(引脚C4)与GND之间连接一个串联电阻。图36显示了R_{TH}电阻设置与输出电压限值(表示为电源轨的百分比)之间的关系。

计算电阻值的公式如下：

$$\text{Limit} (\%) = 100 \times (R_{EXT} + 53) / (2.2 \times R_{EXT} + 58) \text{ k}\Omega$$

$$R_{EXT} = (53 - 58 \times \text{Limit}/100) / (2.2 \times (\text{Limit}/100 - 1))\%$$

例如：要设置80%限值，

$$R_{EXT} = (53 - 58 \times 80/100) / (2.2 \times (80/100 - 1)) \text{ k}\Omega$$

因此，需要8.7 kΩ电阻。

最大输出功率可利用以下公式从V_{TH}导出：

$$P_{OUT} = \frac{\left(\frac{(\text{Limit} \times V_{DD}) / 100}{\sqrt{2}} \right)^2}{R_{SP}}$$

其中，R_{SP}为扬声器阻抗。

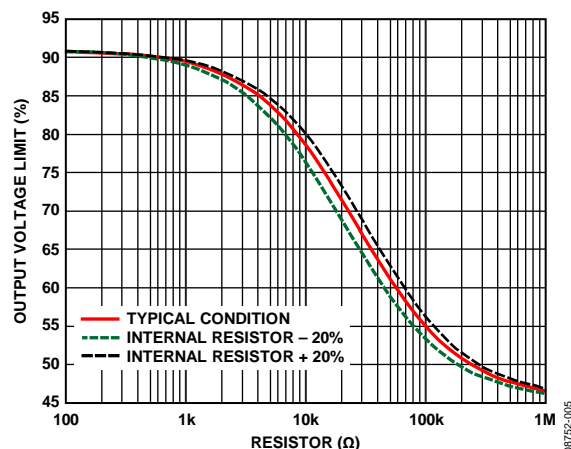


图36. 输出电压限值(V_{TH})与R_{TH}的关系

在ALC模式下，ALC操作相关的启动、保持和释放时间是固定值，如表7所示。

表7. ALC模式的启动、保持和释放时间

时间	时长
启动时间	256 μs(每0.5 dB步进)
保持时间	90 ms至120 ms(不可调)
释放时间	128 ms(每0.5 dB步进)

启用或停用辐射抑制电路

要启用或停用辐射抑制电路，需将EDGE(引脚C3)连接到GND或VDD。EDGE连接到GND时，SSM2380处于普通工作模式，辐射抑制功能禁用，器件以最高的效率和噪声性能工作。利用10 cm扬声器双绞线电缆连接喇叭，用户还可以通过FCC B类辐射测试。

若需要更长的扬声器电缆，需将EDGE引脚连接到VDD以启用辐射抑制电路。其不利之处在于效率和噪声性能稍低。相比于使用基于铁氧体磁珠的EMI抑制滤波器，使用辐射控制电路造成的性能下降幅度小得多。

SSM2380

增益选择工作模式

MODE连接到VDD时，SSM2380处于增益选择模式，I²C接口禁用。ALC和辐射抑制功能同样禁用。引脚C3和C4分别用作增益选择引脚GAIN0和GAIN1。表8显示了SSM2380的用户可选增益设置。

表8. 增益选择模式下的增益设置

GAIN0(引脚 C3)	GAIN1(引脚 C4)	增益设置(dB)
GND	GND	6
VDD	GND	12
GND	VDD	18
VDD	VDD	24

I²C控制工作模式

MODE连接到GND时，SSM2380工作在I²C控制模式，引脚C3和C4用作I²C输入的SCK和SDA。在I²C控制模式下，用户可以全面控制SSM2380的所有特性(见表11)。

- 增益控制：48步，左右声道独立控制(ALC关闭)
- ALC控制(限幅器/压缩器)：可配置的启动和释放时间；可配置的阈值电压(16种电平设置，V_{DD}的64%到96%)；可选固定功耗模式(不跟踪电源轨)
- 输出级：有源辐射边沿速率控制(4种设置)
- 混频器：可以将左声道输入同时送入左右声道输出，或者将右声道输入同时送入左右声道输出

自动电平控制(ALC)

自动电平控制(ALC)功能可根据特定输入激励自动调整放大器增益，以产生所需的输出幅度。ALC的主要作用是保护音频功率放大器或扬声器负载免受削波或电流过载的破坏性影响，其实现原理是在达到预设阈值电压时限制放大器的输出幅度。ALC的另一个好处是在限制过高电平信号的同时，通过增强低电平信号来使宽动态范围的声音更清晰可辨。

将ALC_EN位(寄存器R4中的位7)置1以启用ALC之前，用户可以全面控制左右声道PGA增益(通过寄存器R0和寄存器R1编程)。ALC激活后(ALC_EN = 1)，用户即无法控制寄存器R0和寄存器R1中的增益设置；左声道PGA增益存入器件，同时控制左右声道的增益。若要更改增益，用户必须将ALC_EN位复位为0，然后加载新的增益设置。

图37显示了SSM2380中实现的ALC的输入与输出和增益特性的关系。

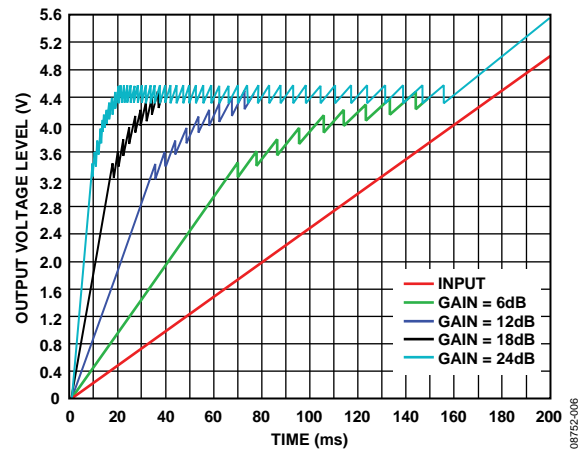


图37. 输入与输出和增益特性的关系

当输入电平很小，低于ALC阈值时，放大器的增益保持预设增益设置。当输入超过ALC阈值时，ALC将增益从预设增益设置逐步降低到1 dB。

ALC压缩与限幅模式

SSM2380实现的ALC具有两种工作模式：压缩与限幅。对中电平输入信号激活ALC时，ALC处于压缩模式。这种模式下，输出信号的增幅为输入信号的三分之一。例如，如果输入信号提高3 dB，则ALC将放大器增益降低2 dB，因而输出信号仅提高1 dB。

当输入信号变得非常大时，ALC转变到限幅模式。这种模式下，即使输入信号变得更大，输出也会保持给定的阈值电平V_{TH}。例如，当一个大输入信号提高3 dB时，ALC将放大器增益降低3 dB，因而输出信号提高0 dB。当放大器增益降至1 dB时，ALC无法进一步降低增益，输出将再次提高，这是由于高增益时的极端输入电压使ALC操作达到其总范围的底部。为避免扬声器受损，最大输入幅度不应超过限幅模式的最大衰减能力(至1 dB水平)。

启动时间、保持时间和释放时间

当放大器输入信号超过预设阈值时，ALC迅速降低放大器增益，直到输出电压稳定在目标电平。此目标电平会维持一定的时间。如果输入电压未再次超过阈值，ALC将逐步提高增益。

启动时间是指将增益从最大值降到最小值所需的时间。保持时间是指降低后的增益的维持时间。释放时间是指将增益从最小值提高到最大值所需的时间。这些时间如表9所示。

表9. I²C控制模式的启动、保持和释放时间

时间 ¹	时长
启动时间	32 μ s至4 ms(每0.5 dB步进)
保持时间	90 ms至120 ms
释放时间	4 ms至512 ms(每0.5 dB步进)

¹ 启动时间和释放时间可通过I²C接口调整。保持时间则无法调整。

软拐点(Soft-Knee)压缩

软拐点压缩一般利用复杂的DSP算法实现，可提供最高的声音质量并有效保护扬声器。进入限幅模式前，SSM2380不是使用固定的压缩设置，而是支持更灵巧的转换方式，从而保留源音频的原有音质。图38至图40显示了各种软拐点压缩设置。若需要，可以禁用压缩。禁用压缩时，器件仅以限幅器模式工作。

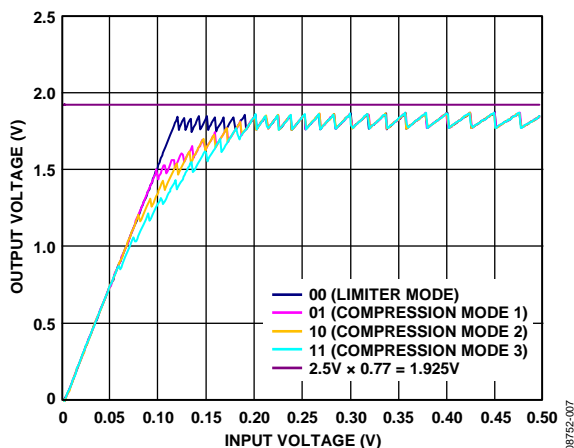


图38. 可调压缩设置, $V_{DD} = 2.5\text{ V}$,
ALC阈值水平 = 77%

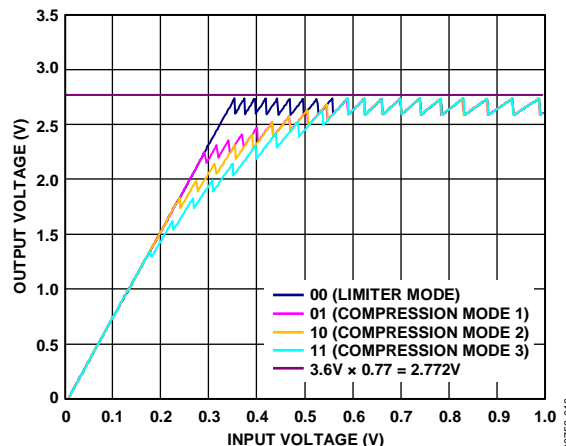


图39. 可调压缩设置, $V_{DD} = 3.6\text{ V}$,
ALC阈值水平 = 77%

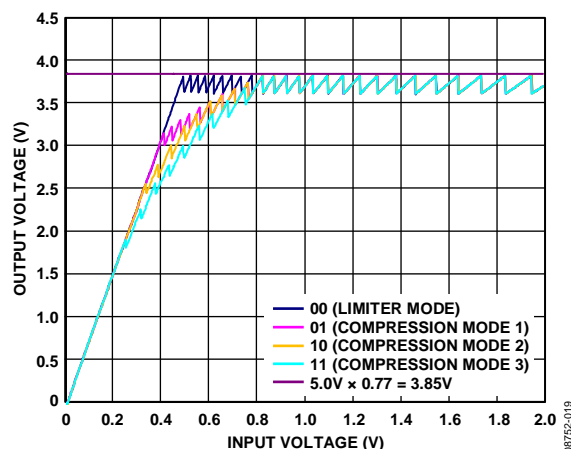


图40. 可调压缩设置, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$,
ALC阈值水平 = 77%

ALC软转换

SSM2380的ALC操作采用多种技术来降低增益改变相关的音频伪信号。首先，增益以0.5 dB的小增量改变。其次是降低增益变化率，它与启动时间设置成比例。此特性大幅降低(甚至几乎消除)了拉链噪声及其它与ALC操作期间的增益转换相关联的伪信号。图41显示了软转换操作。

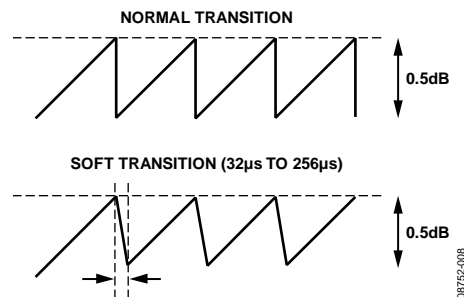


图41. 软转换

混频器模式

I²C控制模式使能时，用户可以将左声道输入同时送入左右声道输出，或者将右声道输入同时送入左右声道输出。这是通过选择寄存器R2的位0或位1来实现的。

同时使用混频器模式和ALC功能

使能ALC时，如果用户同时希望使用混频操作，则应遵守本部分提供的指南。左声道增益控制ALC，因此将左声道输入送入左右声道输出对ALC不会有影响。然而，要在使用ALC时将右声道输入送入左右声道输出，用户首先必须加载左声道增益(寄存器R0的位7)。

ALC禁用时，用户也可以使用全部混频器功能；也就是说，如果用户希望混合左右声道输入以同时提供左右声道输出，ALC必须禁用。如果用户需要同时使用混频和ALC功能，左右声道之一必须静音，以免发生问题。

ALC有效时，下列选项可用：

- 左声道输出 = 左声道输入；右声道输出 = 右声道输入
- 左声道输出 = 左声道输入；右声道输出 = 左声道输入
- 左声道输出 = 右声道输入；右声道输出 = 右声道输入

要使用下列选项，必须禁用ALC：

- 左声道输出 = 左声道输入 + 右声道输入；右声道输出 = 右声道输入
- 左声道输出 = 左声道输入；右声道输出 = 左声道输入 + 右声道输入
- 左声道输出 = 左声道输入 + 右声道输入；右声道输出 = 左声道输入 + 右声道输入

应用信息

布局布线

随着输出功率的增加，必须注意放大器、负载和电源之间的印刷电路板(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高频性能，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分离开来。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，与双层电路板相比，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SSM2380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SSM2380的输入电容和输入电阻构成高通滤波器，其转折频率由下列公式确定：

$$f_c = 1/(2\pi \times R_{IN} \times C_{IN})$$

输入电容可能显著影响电路性能。不使用输入电容时，放大器的输出失调和直流电源抑制性能均会下降。

在I²C控制模式下，输入阻抗变化取决于寄存器R0和寄存器R1的增益设置(位LGAIN[5:0]和RGAIN[5:0])。表10所示为每种PGA增益设置对应的 R_{IN} 值。

表10. I²C控制模式的输入阻抗

LGAIN[5:0], RGAIN[5:0]	增益(dB)	R_{IN} (k Ω)
101110	24.0	7.3
101101	23.5	7.7
101100	23.0	8.1
101011	22.5	8.5
101010	22.0	9.0
101001	21.5	9.5
101000	21.0	10.0
100111	20.5	10.5
100110	20.0	11.1
100101	19.5	11.7
100100	19.0	12.3
100011	18.5	12.9
100010	18.0	13.6
100001	17.5	14.3
100000	17.0	15.0
011111	16.5	15.8
011110	16.0	16.6
011101	15.5	17.4
011100	15.0	18.3
011011	14.5	19.2
011010	14.0	20.1
011001	13.5	21.1
011000	13.0	22.1
010111	12.5	23.1
010110	12.0	24.2
010101	11.5	25.3
010100	11.0	26.4
010011	10.5	27.6
010010	10.0	28.8
010001	9.5	30.0
010000	9.0	31.3
001111	8.5	32.6
001110	8.0	34.0
001101	7.5	35.3
001100	7.0	36.7
001011	6.5	38.1
001010	6.0	39.6
001001	5.5	41.1
001000	5.0	42.6
000111	4.5	44.1
000110	4.0	45.6
000101	3.5	47.1
000100	3.0	48.7
000011	2.5	50.3
000010	2.0	51.8
000001	1.5	53.4
000000	1.0	55.0

SSM2380

电源去耦

为确保高效率、低总谐波失真和高电源抑制比，有必要适当进行电源去耦。电源线路的瞬态噪声会存在持续时间较短的电压尖峰。虽然实际开关频率通常为325 kHz，但这些尖峰可能包含高达几百兆赫的高频成分。

电源输入必须采用高品质、低ESL、低ESR的电容进行去耦，其电容值约为4.7 μF 。此电容将低频噪声旁路至接地层。

对于高频瞬态噪声，应在尽可能靠近器件VDD引脚的位置使用0.1 μF 电容。尽可能靠近SSM2380，放置去耦电容有助于保持高效性能。

典型应用电路

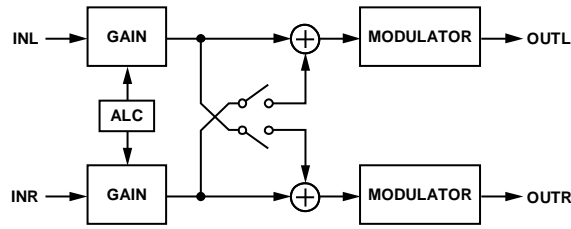


图42. SSM2380混频器操作框图

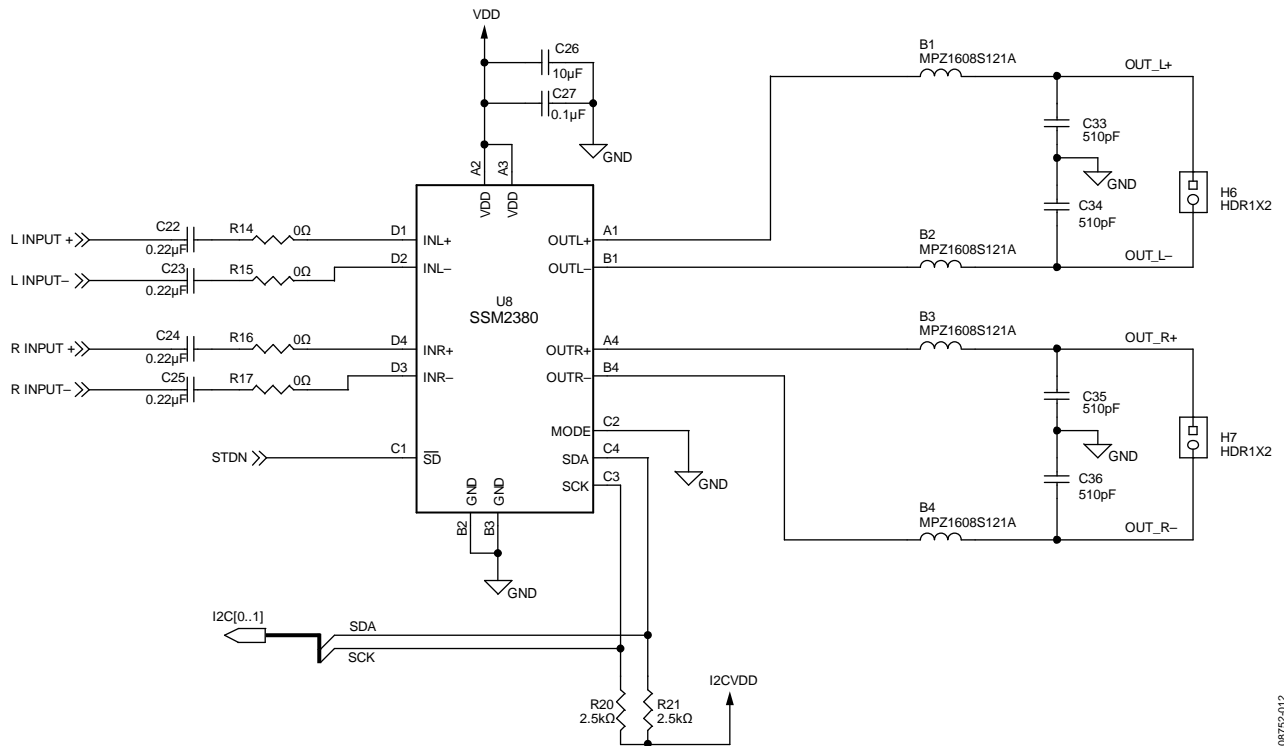
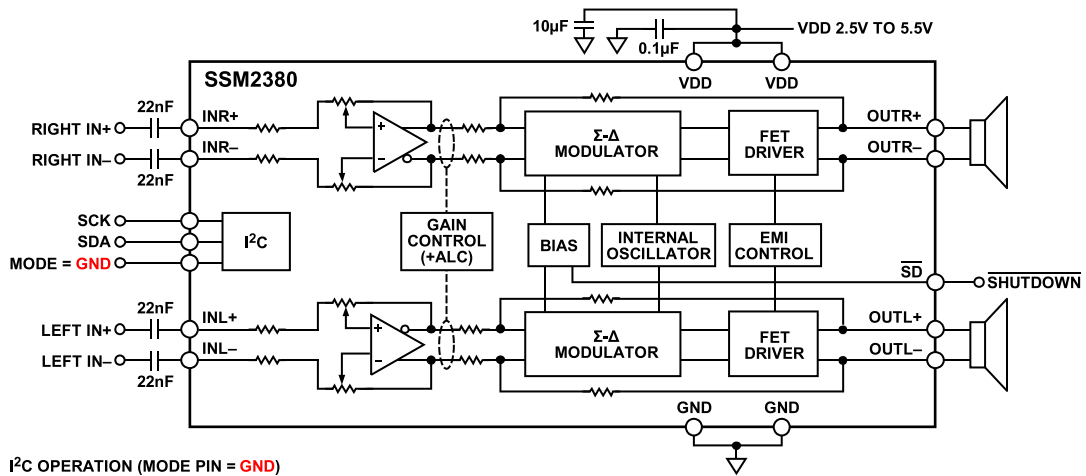


图43. SSM2380典型原理图, I²C控制模式



I²C OPERATION (MODE PIN = GND)

图44. SSM2380 I²C控制模式配置(MODE引脚 = GND)

SSM2380

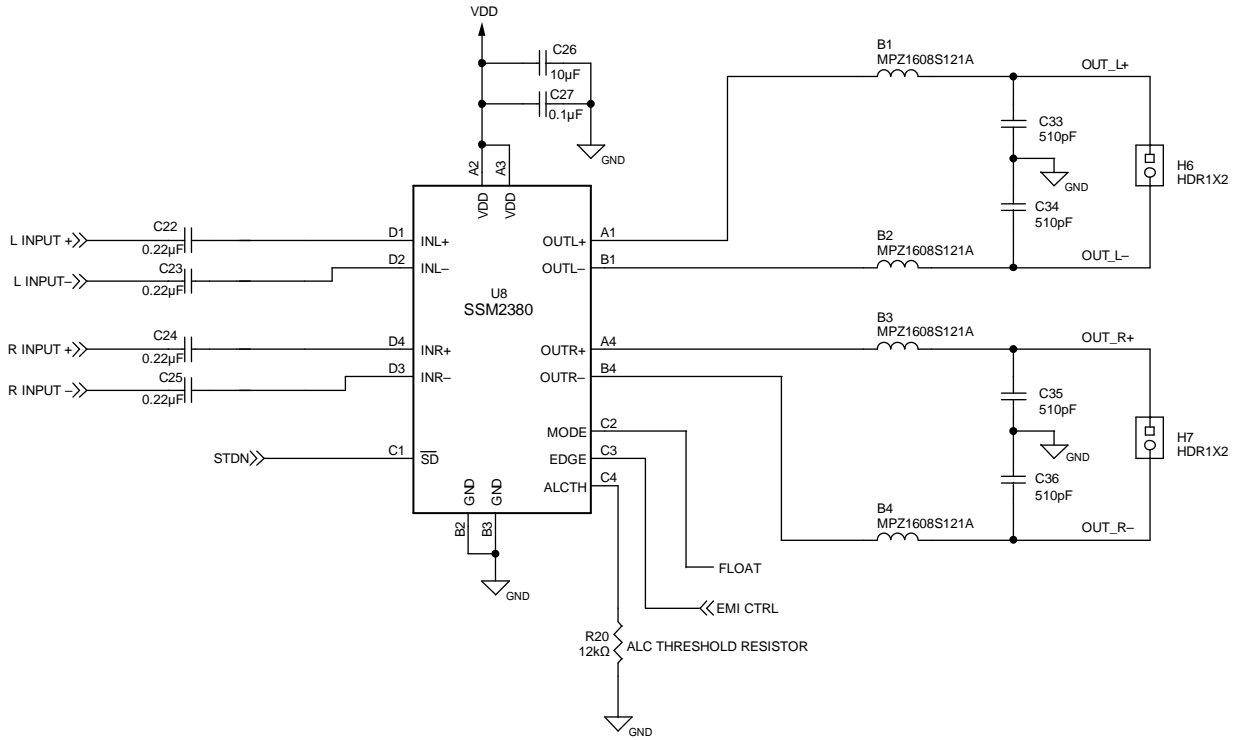


图45. SSM2380典型原理图, ALC模式

08752-014

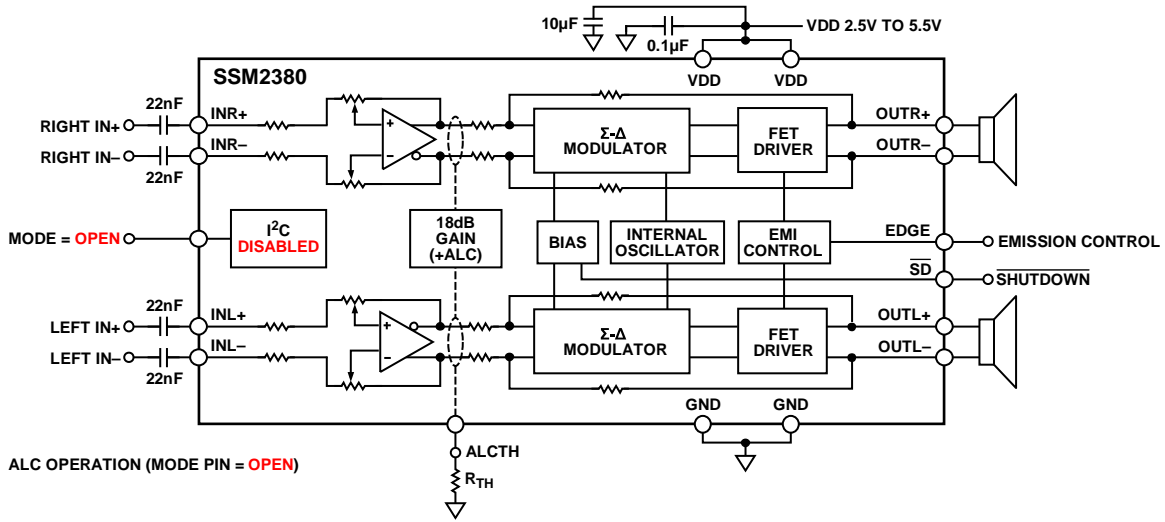


图46. SSM2380 ALC模式配置(MODE引脚 = 开路(悬空))

08752-015

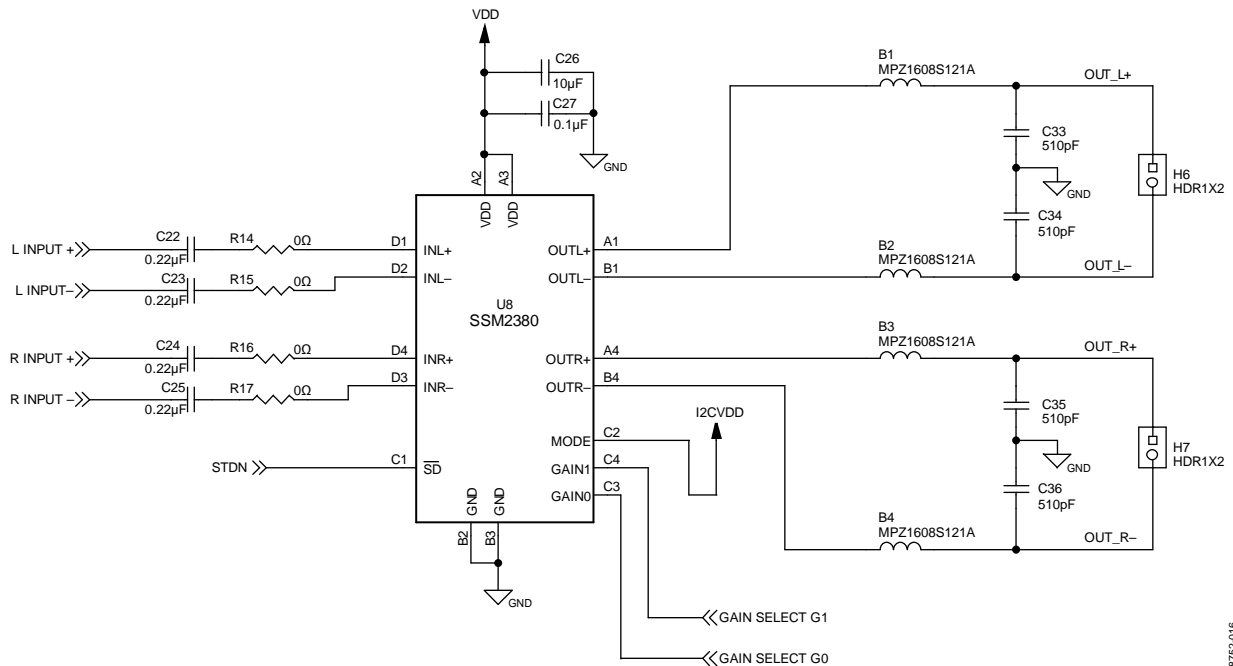


图47. SSM2380典型原理图，增益选择模式

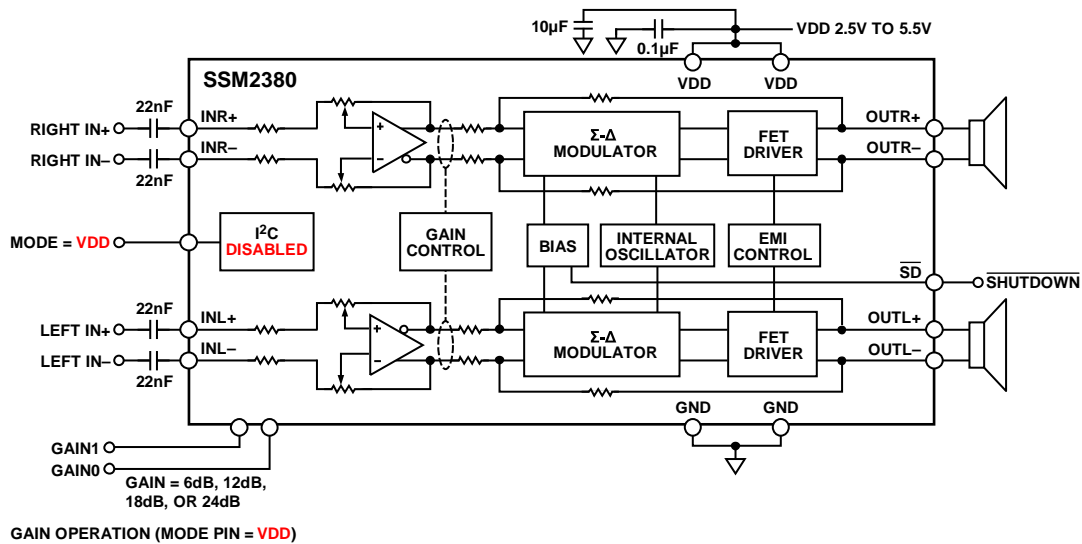


图48. SSM2380增益选择模式配置(MODE引脚 = VDD)

I²C接口

通过I²C接口可以访问用户可选的控制寄存器，它利用2线(I²C)接口工作。

每个控制寄存器包括16位，MSB优先。位[B15:B9]是寄存器映射地址，位[B8:B0]是相关寄存器映射的寄存器数据。

SDA产生串行控制数据字，SCK为串行数据提供时钟。I²C总线地址(位[A7:A1])为0x31(写操作为01100010，读操作为01100011)。位A0为读/写位。

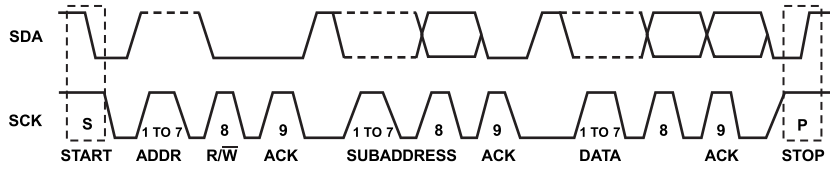
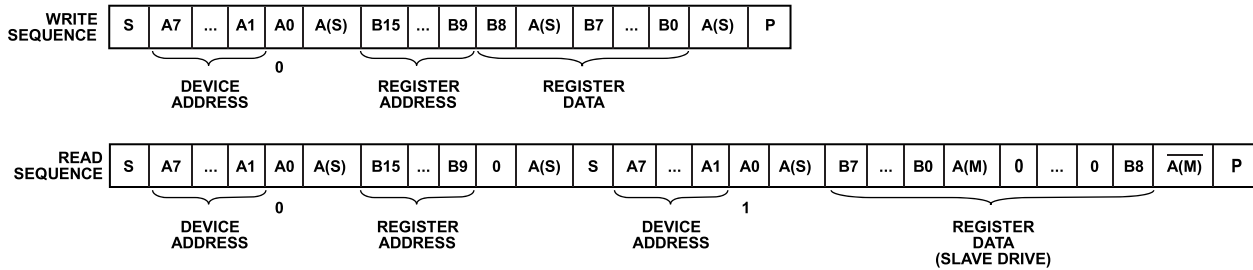


图49. SSM2380 2线I²C一般时序图



S = START BIT.
 P = STOP BIT.
 A0 = I²C R/W BIT.
 A(S) = ACKNOWLEDGE BY SLAVE.
 A(M) = ACKNOWLEDGE BY MASTER.
 A(M) = ACKNOWLEDGE BY MASTER (INVERSION).

图50. I²C写入和读取序列

寄存器映射

表11. 寄存器映射

寄存器	地址	名称	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	默认值
R0	0x00	左声道增益控制	LTOR	LMUTE	LGAIN[5:0]						00100010
R1	0x01	右声道增益控制	RTOL	RMUTE	RGAIN[5:0]						00100010
R2	0x02	模式控制	0	0	EDGE[1:0]		OCREC	OTREC	R2L	L2R	00001100
R3	0x03	ALC控制1	0	0	RTIME[2:0]			LTIME[2:0]			00101011
R4	0x04	ALC控制2	ALC_EN	COMP[1:0]		ALC_VFIX	ALCLV[3:0]				01001011
R5	0x05	关断	0	0	0	0	0	0	STDNR	STDNL	00000011
R6	0x06	错误	0	0	0	0	OCR	OCL	OTW	OTP	00000000
R7	0x07	错误清除	0	0	0	0	0	0	0	0	00000000
R8	0x08	复位	0	0	0	0	0	0	0	0	00000000

SSM2380

寄存器映射详解

寄存器R0：左声道增益控制，地址0x00

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
LTOR	LMUTE	LGAIN[5:0]					

表12. 左声道增益控制寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述														
7	LTOR	左至右声道增益数据加载控制。 0 = 禁止左声道增益数据同时加载到左右声道寄存器(默认)。 1 = 允许左声道增益数据同时加载到左右声道寄存器。														
6	LMUTE	左声道输入静音。 0 = 禁止静音(默认)。 1 = 允许左声道放大器静音。														
[5:0]	LGAIN[5:0]	左声道增益控制。每步相当于增益提高0.5 dB。对于ALC操作，这些位同时控制左右声道的增益设置。如果寄存器R4的ALC_EN位设为1，则无法更改这些位。														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>设置</th> <th>增益</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>000000</td> <td>1 dB</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>100010</td> <td>18 dB(默认)</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>101101</td> <td>23.5 dB</td> </tr> <tr> <td>101110 to 111111</td> <td>24 dB</td> </tr> </tbody> </table>	设置	增益	000000	1 dB	100010	18 dB(默认)	101101	23.5 dB	101110 to 111111	24 dB
设置	增益															
000000	1 dB															
...	...															
100010	18 dB(默认)															
...	...															
101101	23.5 dB															
101110 to 111111	24 dB															

寄存器R1：右声道增益控制，地址0x01

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
RTOL	RMUTE	RGAIN[5:0]					

表13. 右声道增益控制寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述														
7	RTOL	右至左声道增益数据加载控制。 0 = 禁止右声道增益数据同时加载到左右声道寄存器(默认)。 1 = 允许右声道增益数据同时加载到左右声道寄存器。														
6	RMUTE	右声道输入静音。 0 = 禁止静音(默认)。 1 = 允许右声道放大器静音。														
[5:0]	RGAIN[5:0]	右声道增益控制。每步相当于增益提高0.5 dB。如果寄存器R4的ALC_EN位设为1，则无法更改这些位。														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>设置</th> <th>增益</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>000000</td> <td>1 dB</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>100010</td> <td>18 dB(默认)</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>101101</td> <td>23.5 dB</td> </tr> <tr> <td>101110 to 111111</td> <td>24 dB</td> </tr> </tbody> </table>	设置	增益	000000	1 dB	100010	18 dB(默认)	101101	23.5 dB	101110 to 111111	24 dB
设置	增益															
000000	1 dB															
...	...															
100010	18 dB(默认)															
...	...															
101101	23.5 dB															
101110 to 111111	24 dB															

寄存器R2：模式控制，地址0x02

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	EDGE[1:0]		OCREC	OTREC	R2L	L2R

表14. 模式控制寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述	
[5:4]	EDGE[1:0]	边沿速率控制。	
		设置	速率控制
		00	正常模式(默认)
		01	慢速边沿
		10	慢速边沿(建议 $V_{DD} > 3.0 V$)
		11	慢速边沿(建议 $V_{DD} > 4.0 V$)
3	OCREC	过流自动恢复使能。 0 = 禁用。 1 = 使能(默认)。	
2	OTREC	过热自动恢复使能。 0 = 禁用。 1 = 使能(默认)。	
1	R2L	右声道信号混频使能(右声道输入送入左右声道输出)。 0 = 混频禁用(默认)。 1 = 混频使能。	
0	L2R	左声道信号混频使能(左声道输入送入左右声道输出)。 0 = 混频禁用(默认)。 1 = 混频使能。	

寄存器R3：ALC控制1，地址0x03

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	RTIME[2:0]			LTIME[2:0]		

表15. ALC控制1寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述	
[5:3]	RTIME[2:0]	释放时间设置(0.5 dB步进)。	
		设置	释放时间
		000	4 ms/步(6 dB/48 ms)
		001	8 ms/步
		010	16 ms/步
		011	32 ms/步
		100	64 ms/步
		101	128 ms/步(默认值)
		110	256 ms/步
		111	512 ms/步
[2:0]	LTIME[2:0]	启动时间设置(0.5 dB步进)。	
		设置	启动时间
		000	32 μ s/步(6 dB/384 μ s)
		001	64 μ s/步
		010	128 μ s/步
		011	256 μ s/步(默认值)
		100	512 μ s/步
		101	1 ms/步
		110	2 ms/步
		111	4 ms/步

SSM2380

寄存器R4：ALC控制2，地址0x04

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ALC_EN	COMP[1:0]		ALC_VFIX	ALCLV[3:0]			

表16. ALC控制2寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述	
7	ALC_EN	ALC使能(增益设置载入ALC控制)。 0 = 禁用(默认)。 1 = 使能。	
[6:5]	COMP[1:0]	压缩器设置。	
		设置	压缩
		00	限幅器模式(1:∞)
		01	压缩模式1 (1:4至1:∞)
		10	压缩模式2(1:1.7至1:4至1:∞)(默认值)
	11	压缩模式3(1:2至1:2.5至1:∞)	
4	ALC_VFIX	ALC阈值模式设置。 0 = 电源跟踪(默认)。 1 = 固定功耗。	
[3:0]	ALCLV[3:0]	ALC阈值水平设置。完整的设置列表参见表17(默认值为1011)。	

表17. ALC阈值水平设置

ALCLV[3:0]	电源跟踪模式 (ALC_VFIX = 0)	固定功耗模式(ALC_VFIX = 1)		
	Value	% of V _{DD}	电压限值(V)	功率, 8Ω负载(W)
1111	96	4.36	1.19	2.38
1110	93	4.25	1.13	2.25
1101	90	4.13	1.06	2.13
1100	88	4.01	1.0	2.01
1011	85	3.89	0.95	1.89
1010	83	3.77	0.89	1.78
1001	80	3.65	0.83	1.67
1000	78	3.54	0.78	1.56
0111	76	3.42	0.73	1.46
0110	74	3.30	0.68	1.36
0101	72	3.18	0.63	1.27
0100	70	3.06	0.59	1.17
0011	69	2.95	0.54	1.09
0010	67	2.83	0.50	1.00
0001	66	2.71	0.46	0.92
0000	64	2.59	0.42	0.84

寄存器R5：关断，地址0x05

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	0	0	STDNR	STDNL

表18. 关断寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述
1	STDNR	右声道关断控制。 0 = 右声道上电。 1 = 右声道掉电(默认)。
0	STDNL	左声道关断控制。 0 = 左声道上电。 1 = 左声道掉电(默认)。

寄存器R6：错误，地址0x06

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	OCR	OCL	OTW	OTP

表19. 错误寄存器位功能描述(只读寄存器)

Bits	Bit名称	描述
3	OCR	过流错误位，右声道。 0 = 未检测到错误(默认)。 1 = 错误状态标志(前提是模式控制寄存器中的OCREC位设为1)。
2	OCL	过流错误位，左声道。 0 = 未检测到错误(默认)。 1 = 错误状态标志(前提是模式控制寄存器中的OCREC位设为1)。
1	OTW	过热警告位。 0 = 未检测到错误(默认)。 1 = 警告状态标志(前提是模式控制寄存器中的OTREC位设为1)。
0	OTP	过热错误位。 0 = 未检测到错误(默认)。 1 = 错误状态标志(前提是模式控制寄存器中的OTREC位设为1)。

寄存器R7：错误清除，地址0x07

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	0	0	0	0

表20. 错误清除寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述
[7:0]	错误清除	从错误状态恢复。自动恢复禁用时使用。

寄存器R8：复位，地址0x08

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	0	0	0	0

表21. 复位寄存器位功能描述

Bits	Bit名称	描述
[7:0]	复位	将所有寄存器复位至默认值。自动恢复禁用时使用。

SSM2380

外形尺寸

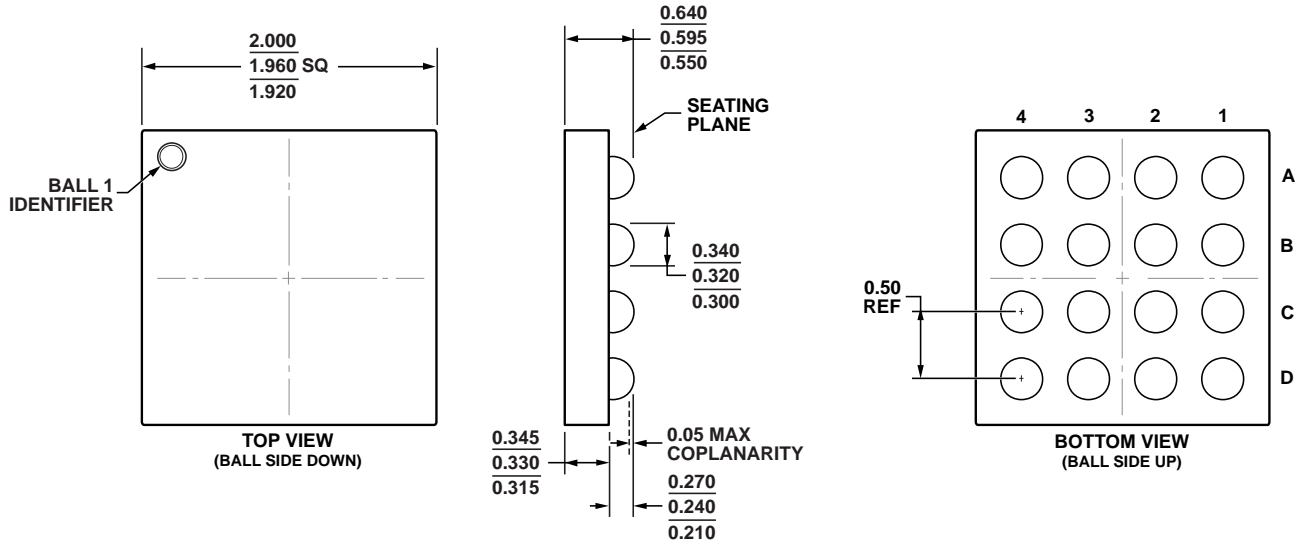


图51. 16引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]
(CB-16-3)
尺寸单位: mm

102609-B

订购指南

型号 ¹	温度范围	封装描述	封装选项
SSM2380CBZ-REEL	-40°C至+85°C	16引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]	CB-16-3
SSM2380CBZ-REEL7	-40°C至+85°C	16引脚晶圆级芯片规模封装[WLCSP]	CB-16-3
EVAL-SSM2380Z		评估板	

¹ Z = RoHS兼容器件。

注释

注释

I²C指最初由Philips Semiconductors(现为NXP Semiconductors)开发的一种通信协议。