

带有关断功能,130mW,无输出电容,立体声G类耳机放大器

概要

CS4410C立体声耳机驱动器专为电路板空间有限的便携设备而设计。CS4410C采用直驱模式结构，单电源供电时能够产生以地为参考的输出，从而省去了大尺寸的隔直电容，既节省了成本和电路板空间，也降低了元件的高度。CS4410C的每个通道可向16Ω负载提供高达130mW驱动，THD+N仅为0.006%。217Hz时具有86dB的高电源抑制比（PSRR），允许该器件工作在嘈杂的数字电源，无需额外的线性稳压器件。精巧的咔嗒声抑制电路消除了启动与关断过程中的可闻噪声。独立的左/右声道低功耗关断控制，可以在混听模式、单声道/立体声应用中有效的节省能源。CS4410C工作在1.8V至5.5V单电源，仅消耗5mA电源电流，具有短路保护与热过载保护。CS4410C提供了纤小的TSSOP14L封装形式供客户选择，其额定的工作温度范围为-40℃至85℃。

描述

- 无需大尺寸输出隔直电容
- 以地为参考输出
- 避免了输出电容造成的低频响应损失
- 每个通道能够为16Ω负载提供130mW驱动
- THD+N仅为0.006%
- 高PSRR（217Hz时为86dB）
- 精巧的咔嗒声抑制电路
- 工作在1.8V至5.5V单电源
- 低静态电流（5mA）
- 独立的左/右声道低功耗关断控制
- 短路保护与热过载保护
- 符合RoHS标准的无铅封装

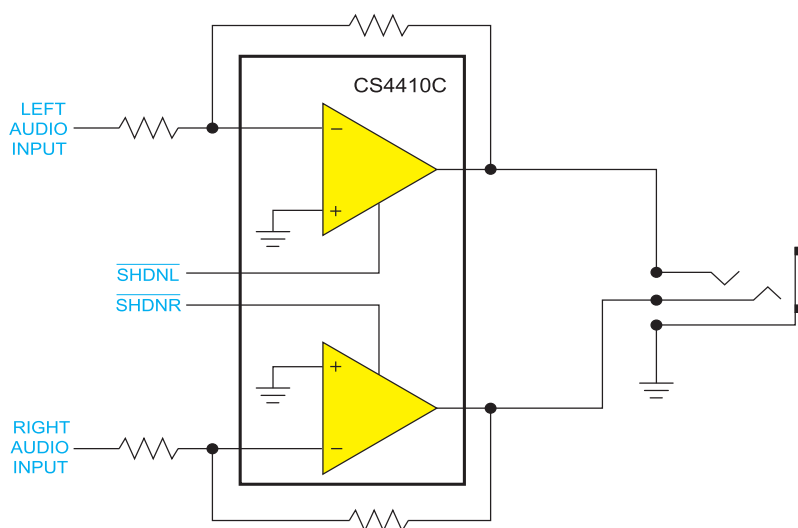
封装

- TSSOP14

应用

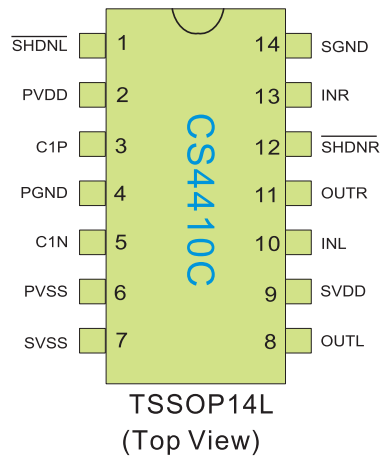
- 便携式蓝牙耳机
- 头戴式耳机

典型应用图



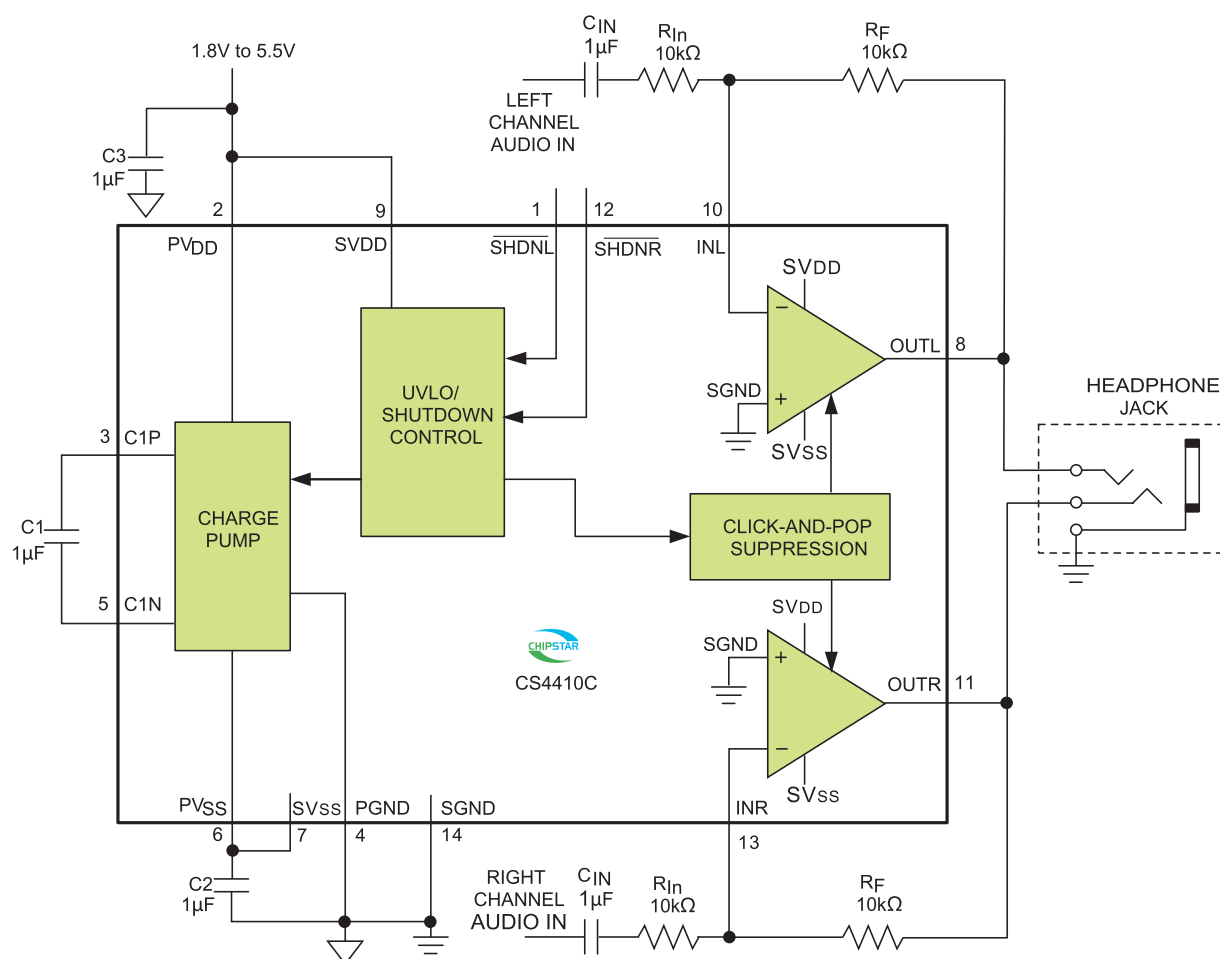
CS4410C应用电路图

引脚排列以及定义



CS4410C	说明	输入/输出	功能
1	SHDNL	输入	低电平有效左声道关断控制，正常工作时连接至VDD.
2	PVDD	电源	电荷泵电源
3	C1P	—	飞电容正端
4	PGND	地	电源地,连接到地(0V)
5	C1N	—	飞电容负端
6	PVSS	电源	电荷泵负电源输出
7	SVSS	电源	放大器负电源，连接至PVSS
8	OUTL	输出	左声道输出
9	SVDD	电源	放大器正电源
10	INL	输入	左声道音频输入
11	OUTR	输出	右声道输出
12	SHDNR	输入	低电平有效右声道关断控制，正常工作时连接至VDD.
13	INR	输入	右声道音频输入
14	SGND	地	信号地,连接到地(0V)

典型应用图



极限参数表¹

参数	描述	数值	单位
V_{IN}	无信号输入时供电电源	6	V
V_I	输入电压	-0.3 to $V_{IN}+0.3$	V
T_J	结工作温度范围	-40 to 150	°C
T_{SDR}	引脚温度 (焊接10秒)	300	°C
T_{STG}	存储温度范围	-65 to 150	°C

推荐工作环境

参数	描述	数值	单位
V_{IN}	电源电压	3.0~5.5	V
T_A	环境温度范围	-40~85	°C
T_J	结温范围	-40~125	°C

热效应信息

参数	描述	数值	单位
θ_{JA}	封装热阻---芯片到环境热阻	130	°C/W
θ_{JC}	封装热阻---芯片到封装表面热阻	49	°C/W

订购信息

产品型号	封装形式	器件标识	包装尺寸	卷带宽度	数量
CS4410C	TSSOP14		13	12mm	3000

ESD 范围

ESD 范围HBM(人体静电模式) ----- ±6kV

ESD 范围MM(机器静电模式) ----- ±200V

1. 上述参数仅仅是器件工作的极限值，不建议器件的工作条件超过此极限值，否则会对器件的可靠性及寿命产生影响，甚至造成永久性损坏。

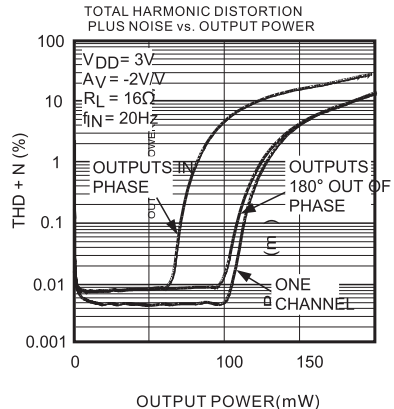
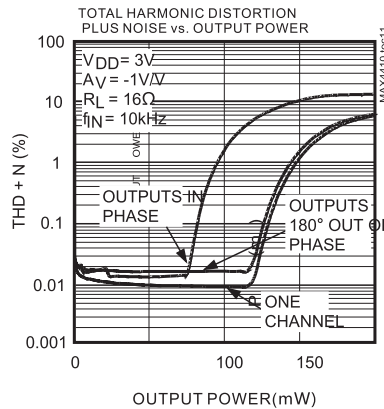
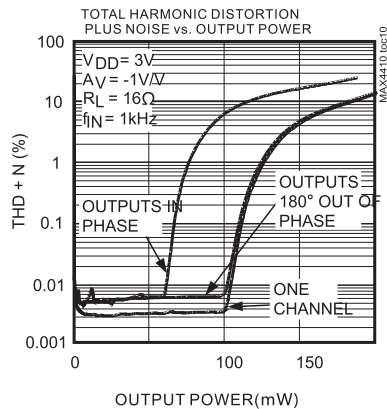
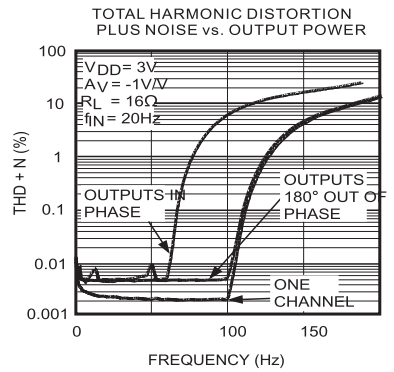
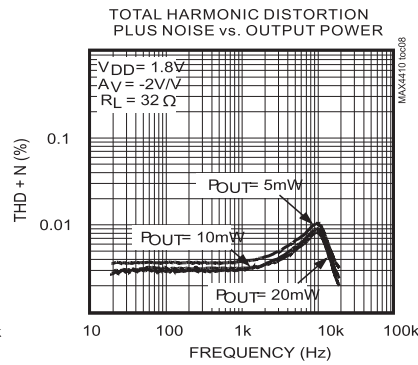
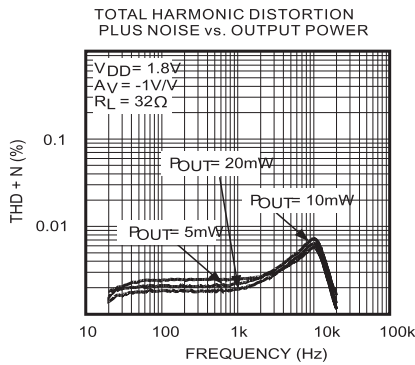
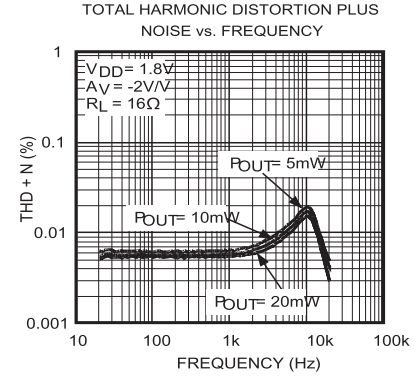
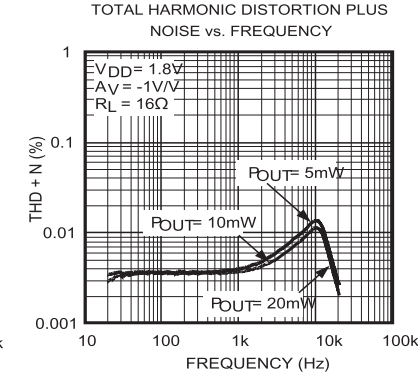
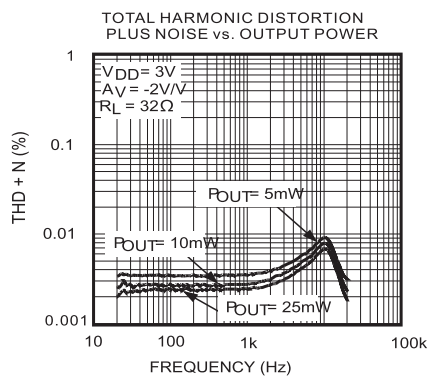
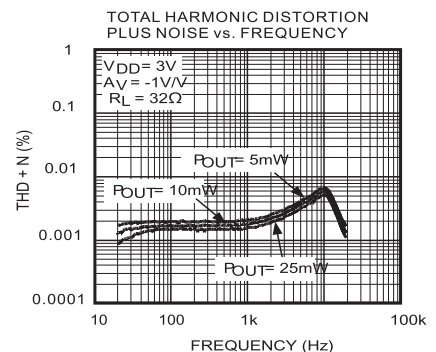
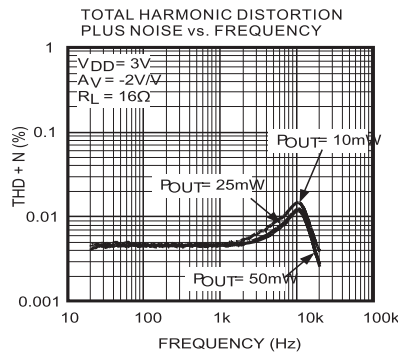
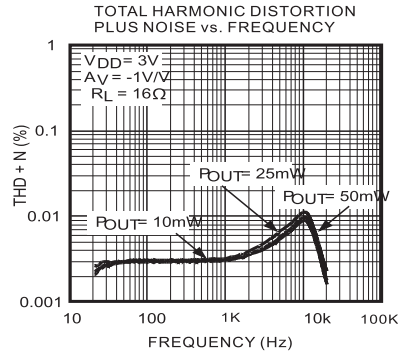
电气参数

($P_{V_{DD}} = S_{V_{DD}} = 3V$, $P_{GND} = S_{GND} = 0V$, $S_{HDNL} = S_{HDNR} = S_{V_{DD}}$, $C_1 = C_2 = 1\mu F$, $C_{IN} = 1\mu F$, $R_L = \infty$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$.)

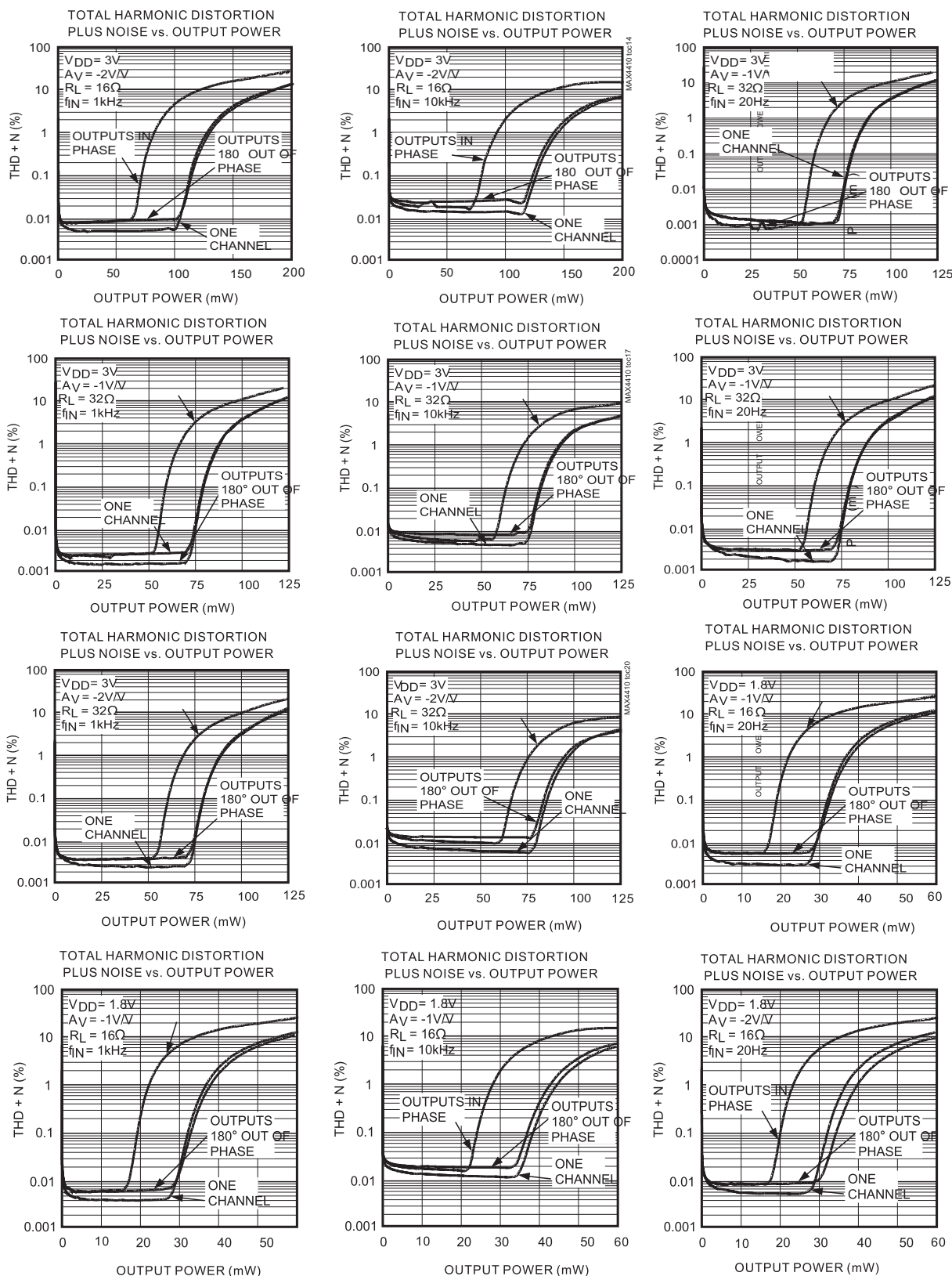
描述	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位	
供电电源范围	VDD	Guaranteed by PSRR test	1.8	3.0	5.5	V	
静态电流	IDD	One channel enabled	3.3			mA	
		Two channel enabled	5	11.5			
关断电流	ISHDN	SHDNL=SHDNR=GND	1.3			μA	
关断电平		VIH	0.7 x SVDD			V	
		VIL	0.3 x SVDD				
SHDN_输入漏电流			-1		+1	μA	
SHDN_启动时间	tSON		36			ms	
电荷泵							
开关频率	fOSC		400	500	600	kHz	
放大器							
输入失调电压	VOS	Input AC-coupled, RL = 32 Ω		1	2.4	mV	
电源抑制比	PSRR	1.8V ≤ VDD ≤5.5V	Dc	75	90	dB	
		200mVp-p ripple	fRIPPLE = 1kHz	90			
			fRIPPLE = 20kHz	55			
输出功率	POUT	THD + N = 1%	RL = 32 Ω	24	90	260	mW
			RL = 16 Ω	25	97	300	
总谐波失真	THD + N	fIN= 1kHz	RL = 32Ω POUT = 25mW	0.005		%	
			R = 16Ω POUT = 50mW	0.01			
信号噪声比	SNR	RL = 32Ω, POUT = 20mW, fIN = 1kHz		95		dB	
转换速率	SR			0.8		V/μs	
最大容性负载	CL	No sustained oscillations		300		pF	
串扰		RL = 16Ω, POUT = 1.6mW, fIN = 10kHz		70		dB	
热关断阈值				140		°C	
热关断迟滞				15		°C	

Note : All specifications are 100% tested at $T_A = +25^\circ C$; temperature limits are guaranteed by design.

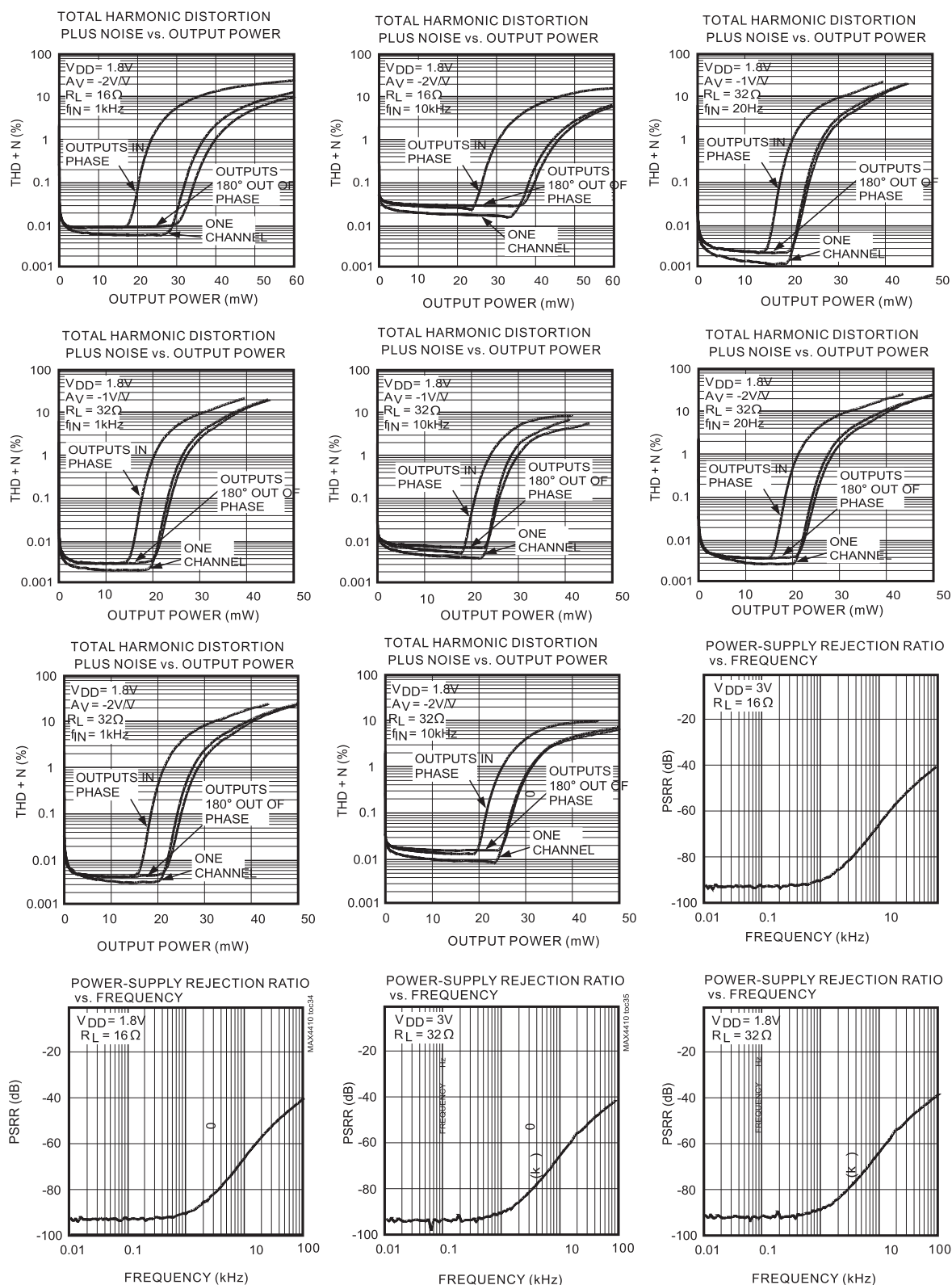
典型特征曲线

(C1 = C2 = 2.2 μ F, THD + N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

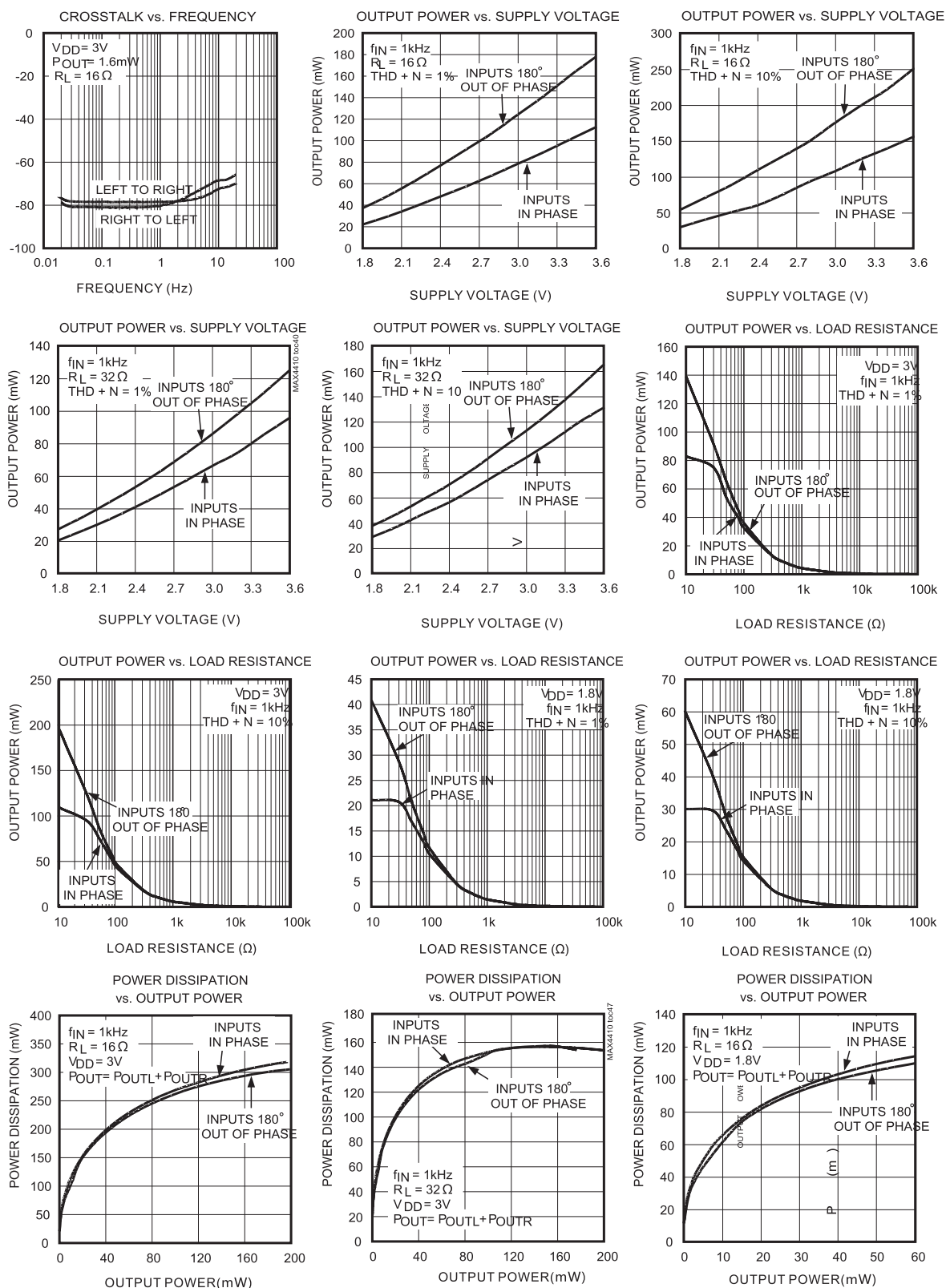
典型特征曲线

(C1 = C2 = 2.2 μ F, THD + N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

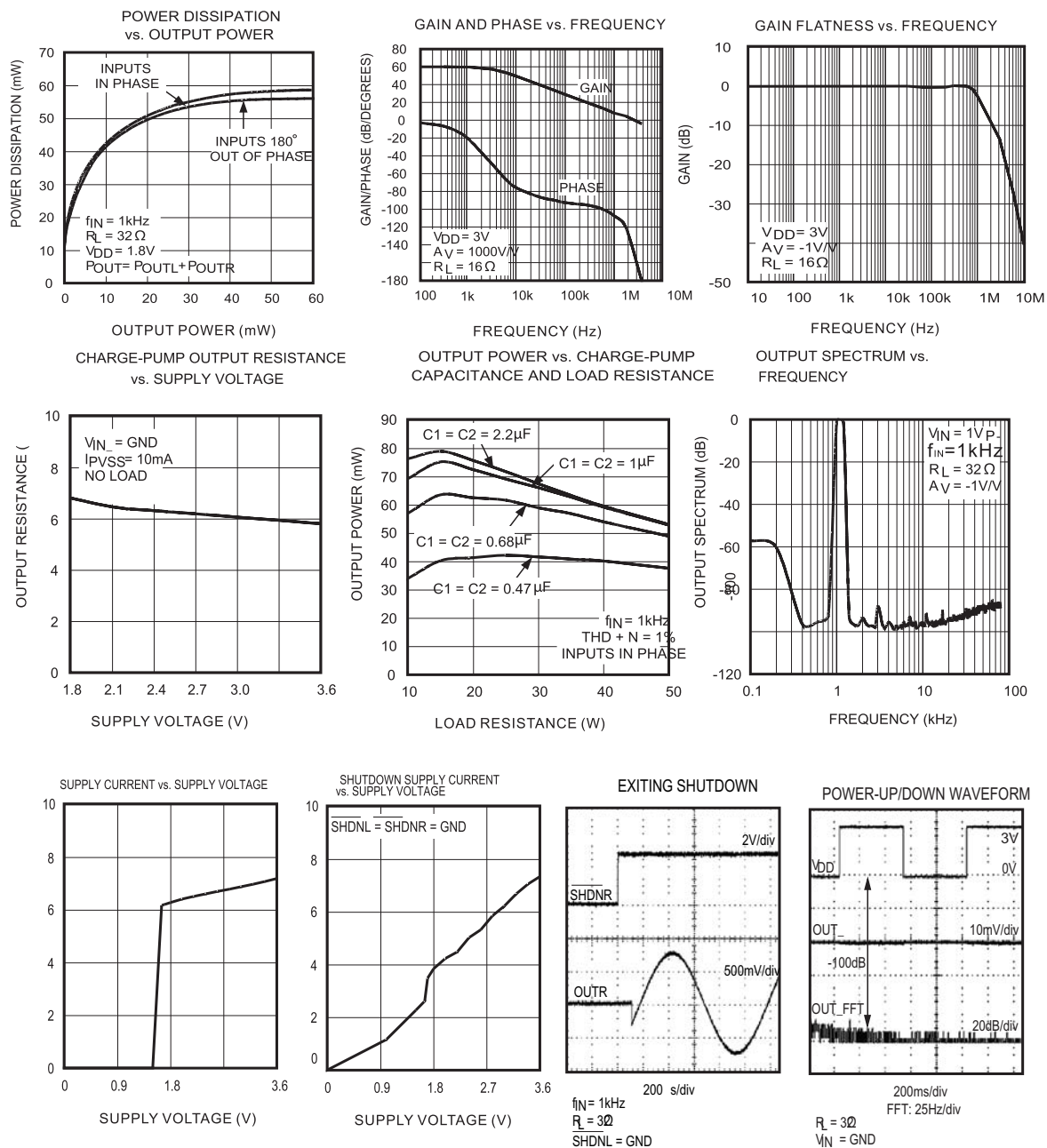
典型特征曲线

(C1 = C2 = 2.2 μ F, THD + N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

典型特征曲线

(C1 = C2 = 2.2 μ F, THD + N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

典型特征曲线

(C1 = C2 = 2.2 μ F, THD + N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, TA = +25°C, unless otherwise noted.)

应用说明

CS4410C立体声耳机放大器采用直驱模式结构。该器件包括两个 130mW AB 类 耳机放大器、欠压锁存 (UVLO) / 关断控制、电荷泵以及完备的咔嗒声抑制电路 (参见典型应用电路)。电荷泵将正电源 (PVDD) 反相, 产生负电源 (PVSS)。耳机驱动器工作在双极性电源, 从而使输出偏置在 GND (图 1)。与传统单电源驱动器相比, 该驱动器输出范围 大约是电源电压的2倍, 能够提供更大的输出功率。同时无需使用传统耳机驱动器中的大尺寸隔直流电容, 因此节省了电路板空间、降低系统成本, 同时也改善了 频率响应。每个通道具有独立的左 / 右声道、低电平有效的关断控制, 可有效降低混音模式、单声道 / 立体声工作模式下的功耗。CS4410C具有欠压锁存功能, 可以避免工作在电源不足的情况下; 咔嗒声抑制功能消除了 在启动和关断过程中的瞬态噪音。另外, CS4410C还具有热过载和短路保护功能。

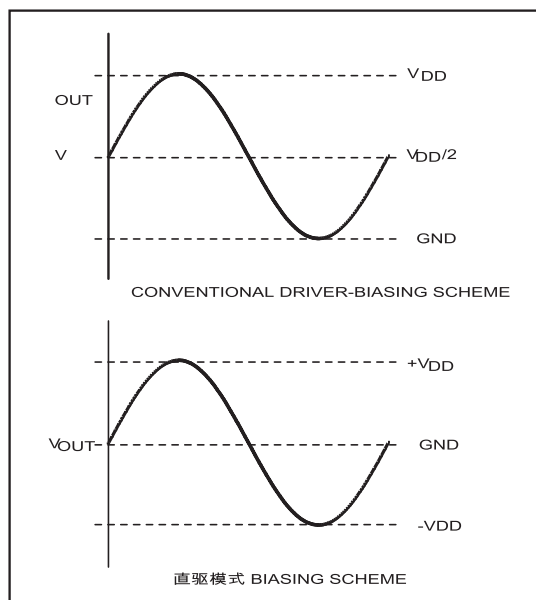


图1. 传统的驱动器输出波形与MAX4411的输出波形

直驱模式结构

为获得最大动态范围, 传统的单电源耳机驱动器输出需要偏置在一个直流参考电压上 (典型值为电源电压的一半), 再通过大容量的隔直流电容驱动耳机。如果没有这个电容, 会有较大的直流电流注入耳机, 造成不必要的 功耗, 并可能损坏耳机和耳机驱动器。直驱模式 架构利用电荷泵产生内部负 电源电压, 使 CS4410C的输出偏置在 GND, 与传统的单电源耳机驱动器相比, 输出动态范围几乎可以提高1倍。由于没有直流成份, 所以不需要大尺寸隔直流电容。CS4410C 电荷泵只需 2 个小的陶瓷电容, 而不是 2 个大尺寸钽电容 (典型值为 220μF), 大大节省了电路板空间, 降低系统成本, 并改善了耳机驱动器的频率响应。关于电容选择的 详细信息, 请参考典型工作特性 中的 Output Power vs. Charge - Pump Capacitance and Load Resistance曲线图。放大器的失调电压会使放大器输出存在一个较低的直流电压。CS4410C的失调电压典型值为1mV, 当与 32Ω负载连接时, 流入耳机的直流电流小于32μA。

低频响应

传统耳机放大器中需要输出隔直流电容, 除了成本与尺寸上的 劣势外, 还会限制放大器的低频响应, 并产生音频失真:

1) 耳机负载电阻与隔直流电容一起构成高通滤波器, 其 - 3dB点为:

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_L C_{OUT}}$$

其中, R_L 表示耳机电阻, C_{OUT} 表示隔直流电容。该滤波器的缺陷是导致低频信号衰减。 C_{OUT} 取较大的数值可以减弱这种影响, 但这样一来就需要尺寸更大、成本更高的电容。图 2 给出了 C_{OUT} 与低频衰减之间的关系。例如使用100μF隔直流电容时, 16Ω耳机的3dB频率为 100Hz, 刚好处于音频波段, 从而使滤波后的信号产生 低频衰减。

2) 随着电容值的变化以及电容两端电压的变化, 隔直流 电容的电压系数会导致重建音频信号的失真。在低于 - 3dB 频率以下的低频范围内, 容抗起主导作用, 电压 系数表现为失真度随频率而变化。图3给出了两种不同 电介质电容引入的 THD+N, 100Hz 以下的 THD+N 增加 很快。

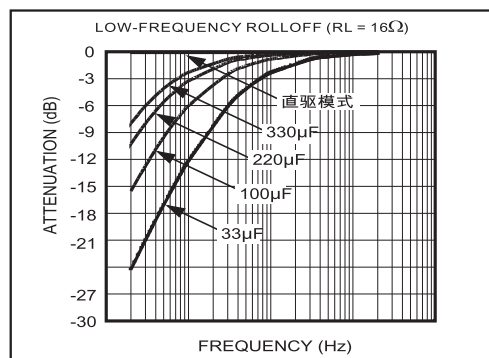


图2. 采用普通隔直流电容的低频衰减

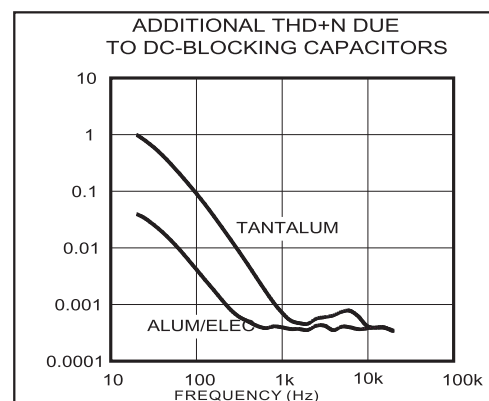


图3. 隔直流电容引起的失真

低频衰减与随频率变化的失真共同作用, 会影响注重低音 效果的便携式音频设备的信号恢复, 比如多媒体笔记本电脑、MP3、CD与DVD播放器等。采用直驱模式技术可以 省去隔直流电容, 这些与电容相关的问题也就迎刃而解。

电荷泵

CS4410C具有低噪声电荷泵. 500kHz的开关频率远高于 音频范围, 因此不会干扰音频信号。开关驱动器具有 受控制的开关速度, 可以减小启动与关闭瞬间的噪声。

关断

CS4410C具有两路关断控制，可以使两路音频信号独立地关断或静音。SHDN_L控制左声道，SHDN_R控制右声道。将SHDN_L驱动至低电平，将禁止相应的通道工作，使驱动器输出阻抗置于高阻态，并减小电源电流。当两路SHDN_L均驱动至低电平时，电荷泵也被关断，使电源电流进一步减小至6μA。将任意一路SHDN_L驱动至高电平时，电荷泵恢复工作。在传统的单电源音频放大器中，输出隔直电容是产生咔嗒声的主要来源。启动时，驱动器将隔直电容充电至偏置电压，典型值是电源电压的一半。同样在关断时，电容放电至GND。这造成了电容两端的直流偏移，使扬声器出现瞬态噪音。既然CS4410C不需要输出耦合电容，这个问题也就不存在了。从典型工作特性中的Power - Up / Down Waveform曲线图可以发现，输出信号具有极小的直流偏移，并且在启动与关断时没有杂散瞬变信号。大部分应用中，驱动CS4410C的前置放大器输出具有直流偏置，典型值是电源电压的一半。启动时，通过CS4410C的反馈电阻R_F，将输入隔直电容充电至前置放大器的直流偏置电压，造成电容两端的直流偏移与咔嗒声。按照与前置放大器启动过程有关的R_{IN}和C_{IN}，将SHDN_L的上升沿延迟4至5倍的时间常数（80ms至100ms），可以消除由输入滤波器引起的咔嗒声。

功耗

标准工作条件下，线性功率放大器的功耗很大。Absolute Maximum Ratings部分的Continuous Power Dissipation中给出了每种封装能够耗散的最大功率，也可以用以下公式计算每种封装的最大耗散功率：

$$P_{DISSPKG(MAX)} = \frac{T_J(MAX) - T_A}{\theta_{JA}}$$

其中，T_J(MAX)为+150°C，T_A是环境温度，θ_{JA}是Absolute Maximum Ratings中给出的降额系数的倒数，单位为°C/W。CS4410C有两个功耗源：电荷泵和两个驱动器。若在给定应用条件下功耗超出了特定封装所允许的最大值，可以通过减小VDD、增大负载电阻、降低环境温度或增大器件散热能力改善工作条件。采用较宽的输出引线、电源引线以及接地引线有助于提高封装的最大耗散功率。热过载保护会限制CS4410C的总功耗，当结温超过+140°C时，热保护电路将关断放大器输出级。结温下降15°C后可自启动放大器。

应用说明

输出功率

该器件在两路输入同相的情况下能够满足额定工作条件，这种情况下，两个驱动器同时从电荷泵获取电流，使PVSS略有跌落。在标准的立体声音频应用中，左、右声道信号的幅值和相位都不同，相应增加了有效输出功率的最大值。图5给出了同相与异相两种极端情况下的输出功率，实际应用中，有效功率在这两种极端情况之间。

负电源向其它电路供电

CS4410C的另一个优点是由内部产生负电源电压（PVSS），该电压提供以地为参考的输出电平。PVSS能够为其它器件供电，不过从PVSS吸取的电流限制在5mA以内，超过这个限制，会影响耳机驱动器的工作。

典型应用中可以为LCD模块的对比度调节提供负电源。PVSS与PVDD基本上成比例变化，但不是稳压输出。当从PVSS向其它器件供电时，必须考虑电荷泵的输出阻抗。典型工作特性中给出了电荷泵的输出阻抗图，为获得最佳结果，最好采用1μF电荷泵电容。

输入滤波器

输入电容（C_{IN}）与输入电阻（R_{IN}）一起构成了高通滤波器，可以消除输入信号中的直流偏置（参见典型应用电路），交流隔直电容允许放大器为信号提供最佳的直流偏置电平。假定信号源阻抗为0，高通滤波器的-3dB频率为：

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{IN} C_{IN}}$$

R_{IN}是Electrical Characteristics表中给出的放大器内部输入电阻。选择合适的C_{IN}，使f_{-3dB}低于相应的最低频率。f_{-3dB}设置过高会影响放大器的低频响应，可以选用具有低电压系数的电介质电容，如钽电容或铝电解电容。陶瓷电容等高电压系数的电容可能会导致低频失真加剧。

电荷泵电容选择

为获得最佳性能，应使用ESR小于100mΩ的电容。低ESR陶瓷电容可以使电荷泵的输出阻抗最小。为了在扩展温度范围内获得最佳性能，建议选择电介质为X7R的电容。

飞电容（C1）

飞电容（C1）会影响电荷泵的负载调节能力以及输出阻抗。C1过小，将会降低器件的电流驱动能力，导致输出电压跌落。增大C1可以改善负载调节能力，并在一定程度上降低电荷泵的输出阻抗。参见典型工作特性中的Output Power vs. Charge - Pump Capacitance and Load Resistance曲线图。电容大于2.2μF时，开关的导通电阻以及C1、C2的ESR的影响会占主导地位。

保持电容（C2）

保持电容的容值和ESR直接影响PVSS的纹波，增大C2的容值会减小输出纹波；同样，减小C2的ESR可以同时减小纹波与输出阻抗。最大输出功率较低时，系统可以使用容值较小的电容。参见典型工作特性中的Output Power vs. Charge - Pump Capacitance and Load Resistance曲线图。

电源旁路电容

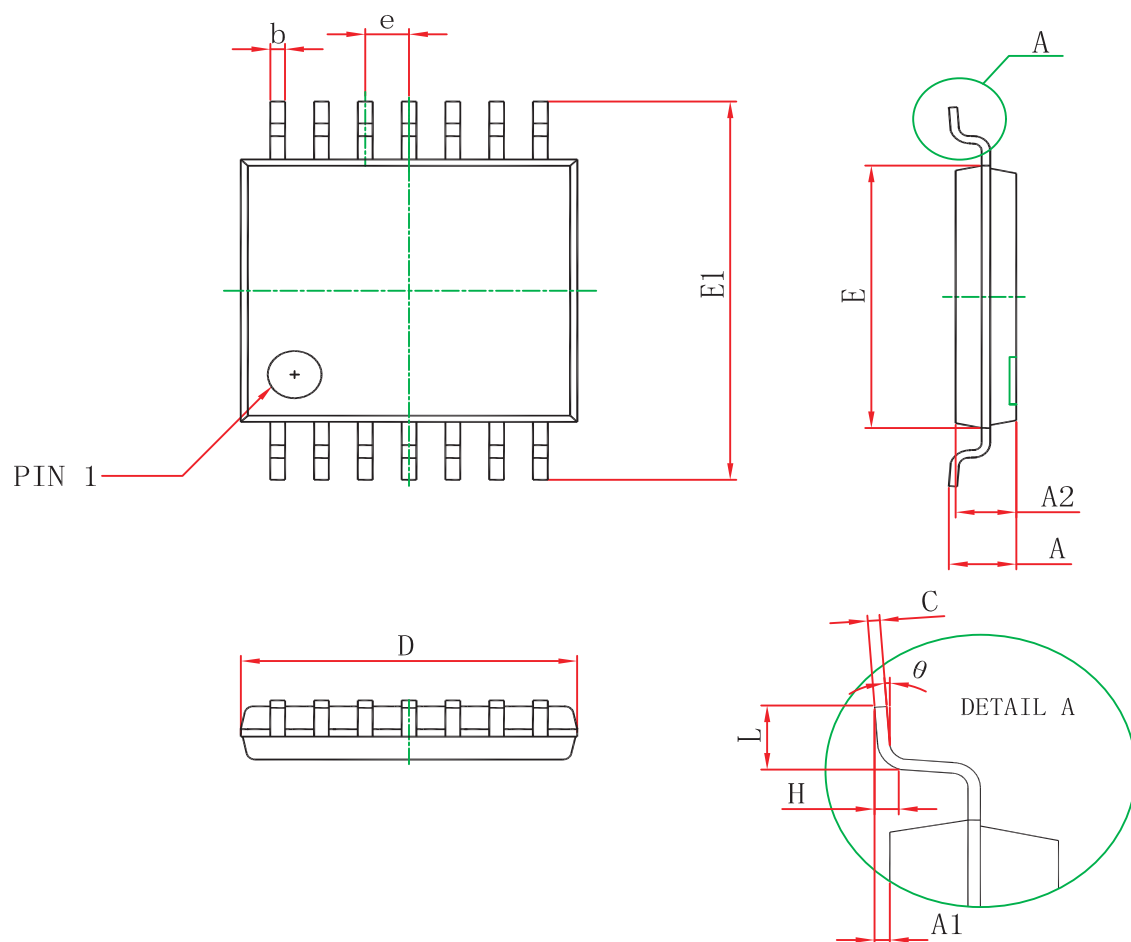
电源旁路电容（C3）使电源的输出阻抗降低，并减弱CS4410C电荷泵开关的瞬态影响。采用与C1电容相等的C3作为PVDD的旁路电容，并尽可能靠近PVDD与PGND引脚放置。

布局与接地

良好的印刷电路板布线与接地是获得最佳性能的关键。在PCB上将PGND与SGND单点连接。将与电荷泵有关的所有元件（C2与C3）的接地端与PGND层相连，在器件处连接PVDD与SVDD，在器件处连接PVSS与SVSS。用电荷泵电容C2与C3作为电源旁路（参见典型应用电路），将C2与C3尽可能靠近器件放置。将PGND及所有承载开关瞬态信号的引线避开SGND和音频信号通道的元件和布线。

封装信息

CS4410C TSSOP14



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
D	4.900	5.100	0.193	0.201
E	4.300	4.500	0.169	0.177
b	0.190	0.300	0.007	0.012
c	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	6.250	6.550	0.246	0.258
A		1.200		0.047
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
e	0.65 (BSC)		0.026(BSC)	
L	0.500	0.700	0.020	0.028
H	0.25(TYP)		0.01(TYP)	
θ	1°	7°	1°	7°

Notes:

(1) 所有尺寸都为毫米；