

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

## 概述

MAX4411固定增益、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。MAX4411采用DirectDrive结构，单电源供电时能够产生以地为参考的输出，从而省去了大尺寸隔直流电容，既节省了成本和电路板空间，也降低了元件高度。此外，内部设置放大器增益(MAX4411为-1.5V/V，MAX4411B为-2V/V)，进一步减少了元件数量。

MAX4411的每个通道可向16Ω负载提供高达80mW驱动，THD+N仅为0.003%。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。MAX4411的耳机输出端具有±8kV ESD保护，精巧的咔嗒/噤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，可以在混音模式、单声道/立体声应用中有效节省能源。

MAX4411工作在1.8V至3.6V单电源，仅消耗5mA电源电流，具有短路保护与热过载保护，工作温度范围为-40°C至+85°C。MAX4411提供微型(2mm x 2mm x 0.6mm)、16焊球晶片级封装(UCSP™)和20引脚薄型QFN封装(4mm x 4mm x 0.8mm)。

## 应用

笔记本电脑

蜂窝电话

PDA

MP3播放器

智能电话

便携式音频装置

## 特性

- ◆ 无需大尺寸隔直流电容
- ◆ 固定-1.5V/V增益省去了外部反馈网络  
MAX4411: -1.5V/V  
MAX4411B: -2V/V
- ◆ 以地为参考输出，无需在耳机接地引脚施加直流偏压
- ◆ 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80mW驱动
- ◆ THD+N仅为0.003%
- ◆ 高PSRR (217Hz时为86dB)
- ◆ 集成咔嗒/噤声抑制电路
- ◆ 工作在1.8V至3.6V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
- ◆ 放大器输出端具有±8kV ESD保护
- ◆ 提供节省空间的封装  
16焊球UCSP封装(2mm x 2mm x 0.6mm)  
20引脚薄型QFN封装(4mm x 4mm x 0.8mm)

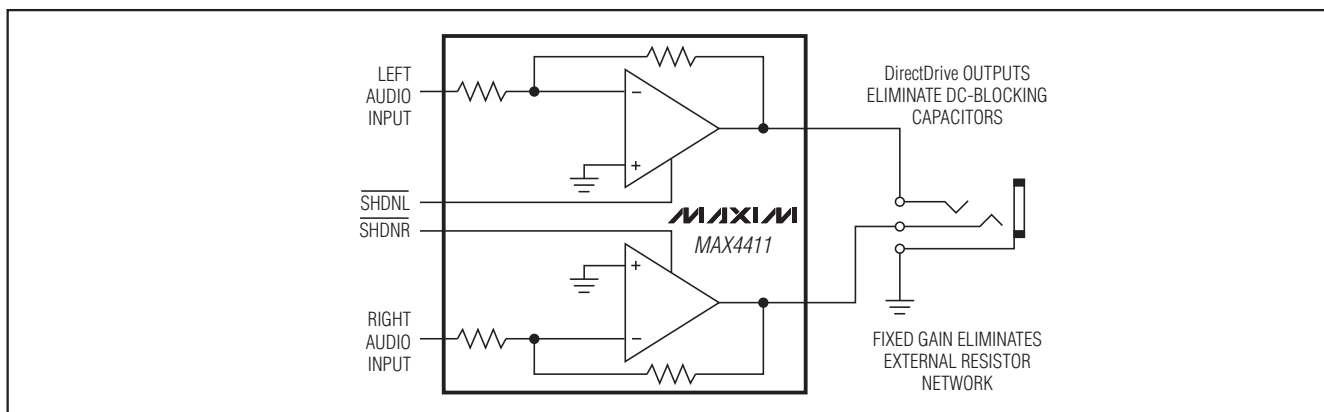
## 订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN/BUMP-PACKAGE	GAIN (V/V)
MAX4411EBE-T	-40°C to +85°C	16 UCSP-16	-1.5
MAX4411EBE+T	-40°C to +85°C	16 UCSP-16	-1.5
MAX4411ETP	-40°C to +85°C	20 Thin QFN	-1.5

订购信息(续)在数据资料的最后给出。

+表示无铅封装。

## 功能框图



引脚配置和典型应用电路在数据资料的最后给出。

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

MAX4411

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PGND to SGND .....	-0.3V to +0.3V	Output Short Circuit to GND or V <sub>DD</sub> .....	Continuous
PV <sub>DD</sub> to SV <sub>DD</sub> .....	-0.3V to +0.3V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
PV <sub>SS</sub> to SV <sub>SS</sub> .....	-0.3V to +0.3V	16-Bump UCSP (derate 7.4mW/°C above +70°C).....	589mW
PV <sub>DD</sub> and SV <sub>DD</sub> to PGND or SGND .....	-0.3V to +4V	20-Pin Thin QFN (derate 16.9mW/°C above +70°C) ..	1349mW
PV <sub>SS</sub> and SV <sub>SS</sub> to PGND or SGND .....	-4V to +0.3V	Junction Temperature .....	+150°C
IN <sub>-</sub> to SGND .....	(SV <sub>SS</sub> - 0.3V) to (SV <sub>DD</sub> + 0.3V)	Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
SHDN <sub>-</sub> to SGND.....	(SGND - 0.3V) to (SV <sub>DD</sub> + 0.3V)	Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
OUT <sub>-</sub> to SGND .....	(SV <sub>SS</sub> - 0.3V) to (SV <sub>DD</sub> + 0.3V)	Bump Temperature (soldering)	
C1P to PGND.....	(PGND - 0.3V) to (PV <sub>DD</sub> + 0.3V)	Reflow .....	+230°C
C1N to PGND .....	(PV <sub>SS</sub> - 0.3V) to (PGND + 0.3V)	Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(PV<sub>DD</sub> = SV<sub>DD</sub> = 3V, PGND = SGND = 0V, SHDN<sub>L</sub> = SHDN<sub>R</sub> = SV<sub>DD</sub>, C1 = C2 = 2.2μF, C<sub>IN</sub> = 1μF, R<sub>L</sub> = ∞, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	V <sub>DD</sub>	Guaranteed by PSRR test	1.8		3.6	V
Quiescent Supply Current	I <sub>DD</sub>	One channel enabled		3.2		mA
		Two channels enabled		5	8.4	
Shutdown Supply Current	I <sub>SHDN</sub>	SHDN <sub>L</sub> = SHDN <sub>R</sub> = GND		6	10	μA
SHDN <sub>-</sub> Thresholds		V <sub>IH</sub>	0.7 x			V
		V <sub>IL</sub>			0.3 x	
SHDN <sub>-</sub> Input Leakage Current			-1		+1	μA
SHDN <sub>-</sub> to Full Operation	t <sub>SON</sub>			175		μs
<b>CHARGE PUMP</b>						
Oscillator Frequency	f <sub>OSC</sub>		272	320	368	kHz
<b>AMPLIFIERS</b>						
Voltage Gain	A <sub>v</sub>	MAX4411	-1.55	-1.5	-1.45	V/V
		MAX4411B	-2.1	-2	-1.9	
Gain Match	ΔA <sub>v</sub>			1		%
Total Output Offset Voltage	V <sub>OS</sub>	Input AC-coupled	MAX4411	0.7	2.8	mV
			MAX4411B	0.75	3.0	
Input Resistance	R <sub>IN</sub>		10	14	19	kΩ
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	1.8V ≤ V <sub>DD</sub> ≤ 3.6V, MAX4411	DC (Note 2)	72	86	dB
		V <sub>DD</sub> = 3.0V, 200mV <sub>p-p</sub> ripple, MAX4411 (Note 3)	f <sub>RIPPLE</sub> = 217Hz		86	
			f <sub>RIPPLE</sub> = 1kHz		75	
			f <sub>RIPPLE</sub> = 20kHz		53	

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

MAX4411

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{DD} = SV_{DD} = 3V$ ,  $PGND = SGND = 0V$ ,  $\overline{SHDNL} = \overline{SHDNR} = SV_{DD}$ ,  $C1 = C2 = 2.2\mu F$ ,  $C_{IN} = 1\mu F$ ,  $R_L = \infty$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	$1.8V \leq V_{DD} \leq 3.6V$ , MAX4411B	DC (Note 2)	69	86	dB
			$V_{DD} = 3.0V$ , 200mVp-p ripple, MAX4411B (Note 3)	$f_{RIPPLE} = 217Hz$	86	
		$f_{RIPPLE} = 1kHz$	73			
		$f_{RIPPLE} = 20kHz$	51			
Output Power	$P_{OUT}$	THD+N $\leq 1\%$ $T_A = +25^\circ C$	$R_L = 32\Omega$	65	mW	
			$R_L = 16\Omega$	55 80		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	$f_{IN} = 1kHz$	$R_L = 32\Omega$ , $P_{OUT} = 50mW$	0.003	%	
			$R_L = 16\Omega$ , $P_{OUT} = 60mW$	0.004		
Signal-to-Noise Ratio	SNR	$R_L = 32\Omega$ , $P_{OUT} = 20mW$ , $f_{IN} = 1kHz$ , BW = 22Hz to 22kHz	MAX4411	94	dB	
			MAX4411B	95		
Slew Rate	SR			0.8	V/ $\mu s$	
Maximum Capacitive Load	$C_L$	No sustained oscillations		150	pF	
Crosstalk		$R_L = 16\Omega$ , $P_{OUT} = 1.6mW$ , $f_{IN} = 10kHz$		90	dB	
Thermal Shutdown Threshold				140	$^\circ C$	
Thermal Shutdown Hysteresis				15	$^\circ C$	
ESD Protection		Human Body Model (OUTR, OUTL)		$\pm 8$	kV	

**Note 1:** All specifications are 100% tested at  $T_A = +25^\circ C$ ; temperature limits are guaranteed by design.

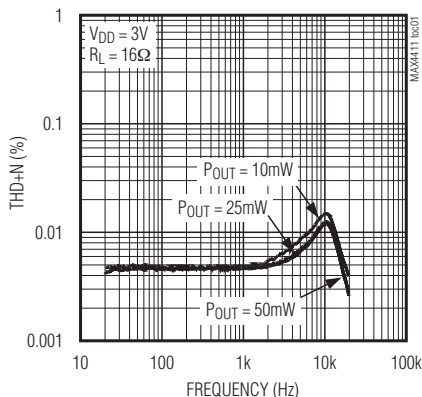
**Note 2:** Inputs are connected directly to GND.

**Note 3:** Inputs are AC-coupled to ground.

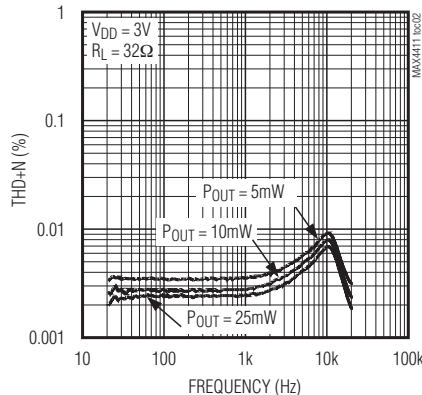
## 典型工作特性

( $C1 = C2 = 2.2\mu F$ , THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

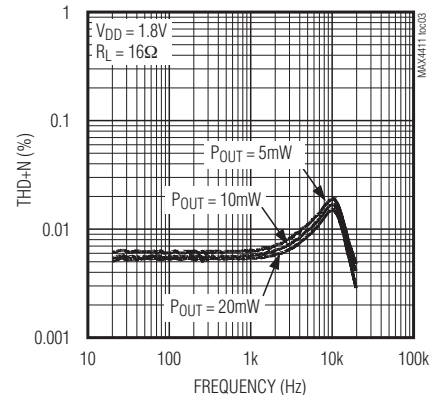
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**

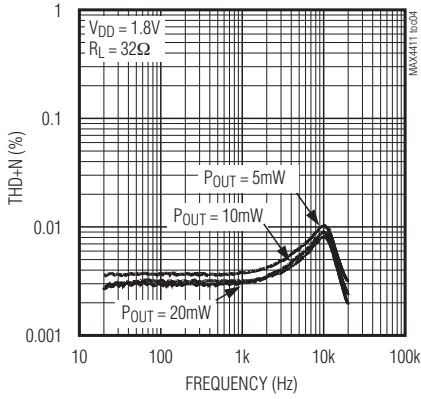


# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

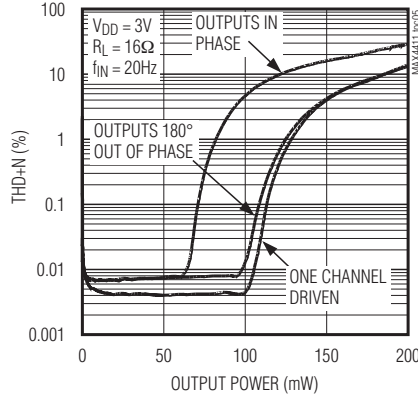
典型工作特性(续)

(C1 = C2 = 2.2μF, THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

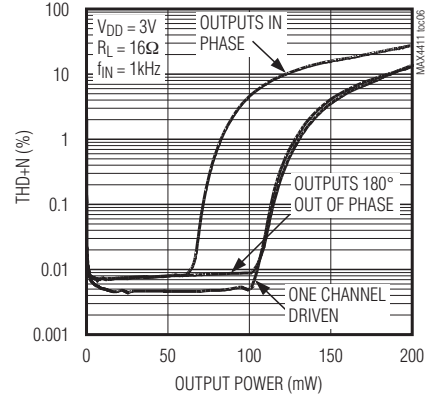
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY**



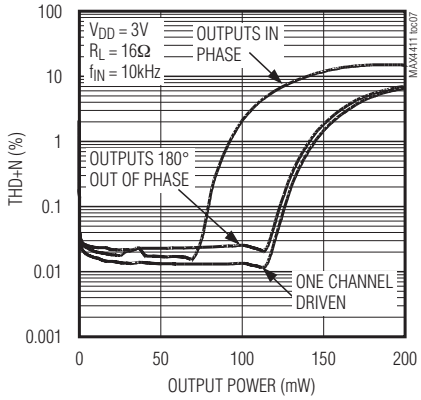
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



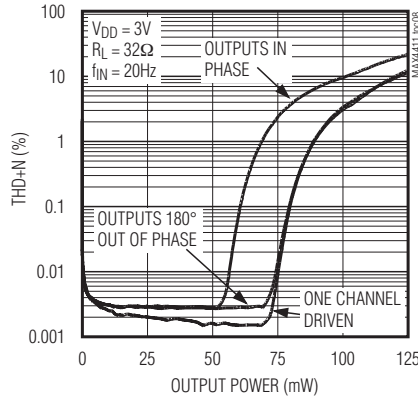
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



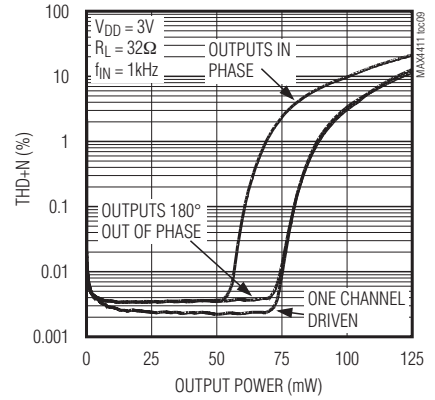
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



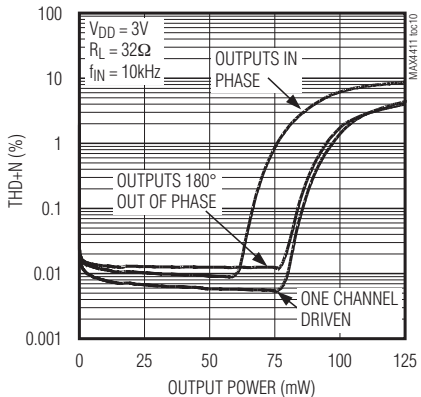
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



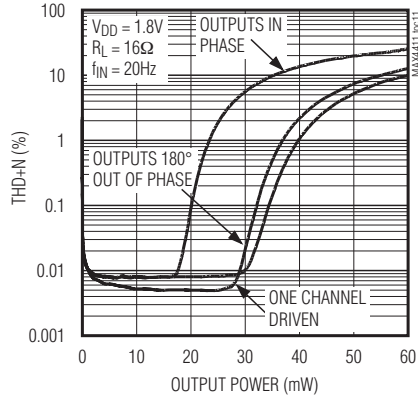
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



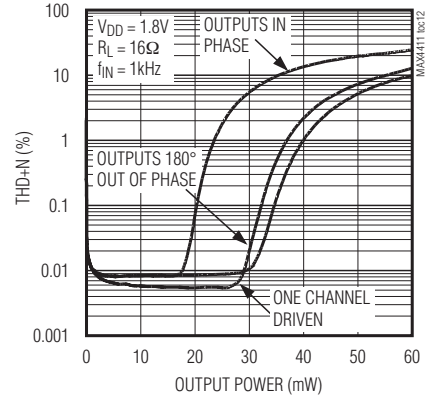
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**

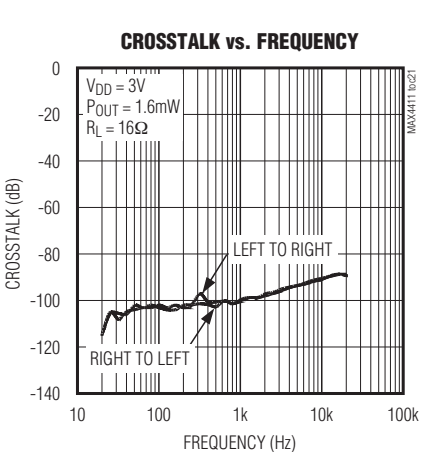
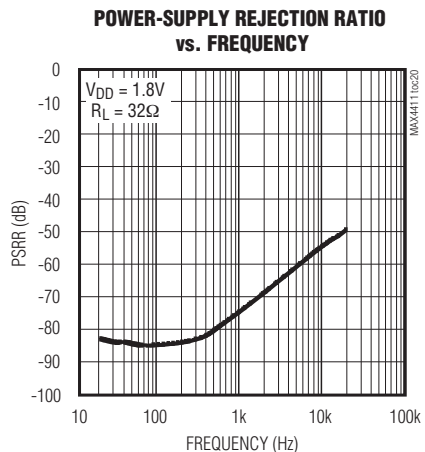
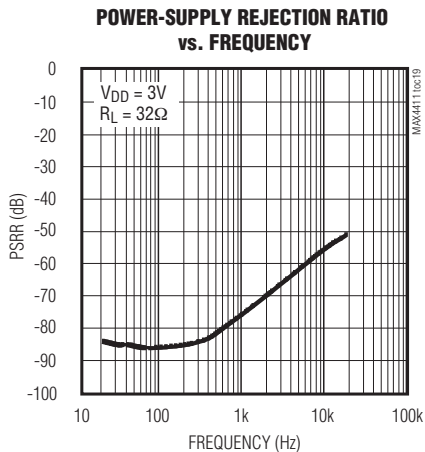
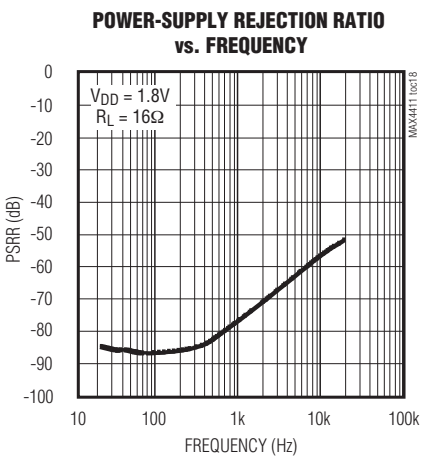
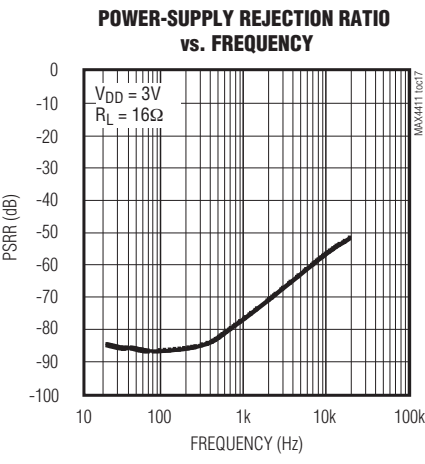
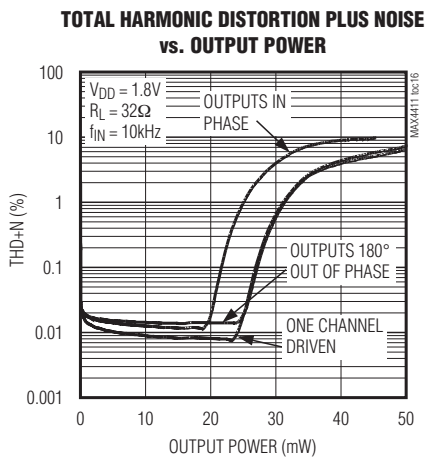
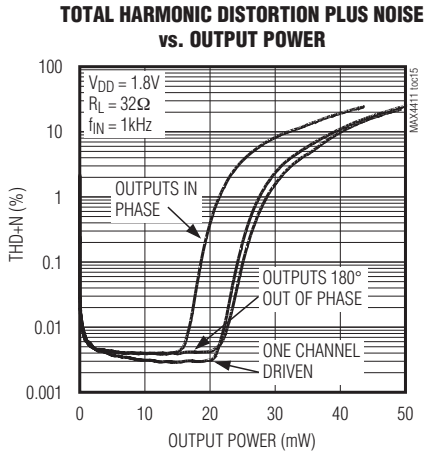
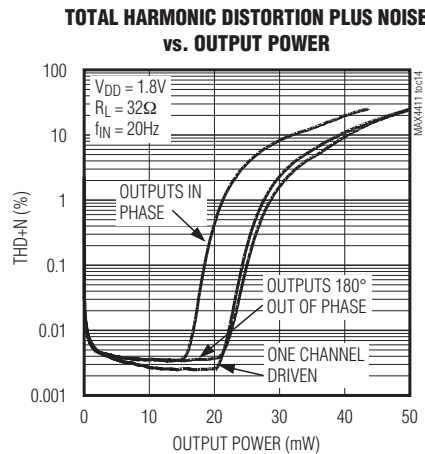
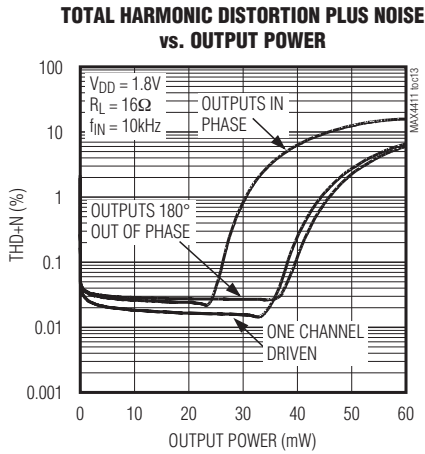


# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

典型工作特性(续)

(C1 = C2 = 2.2μF, THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

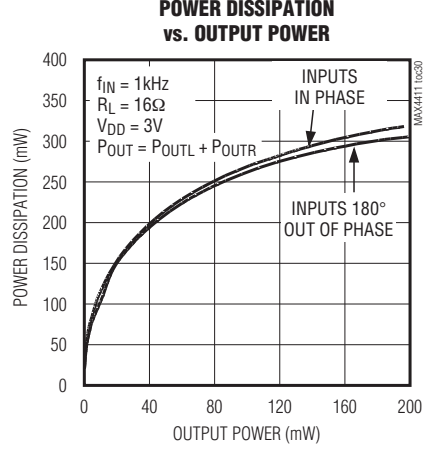
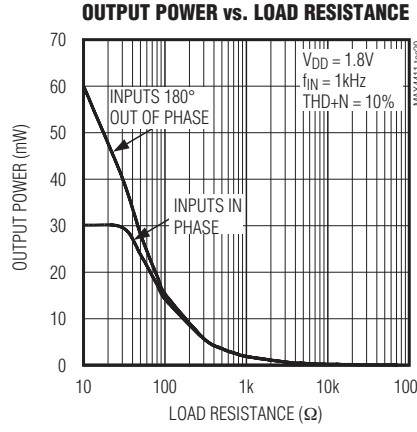
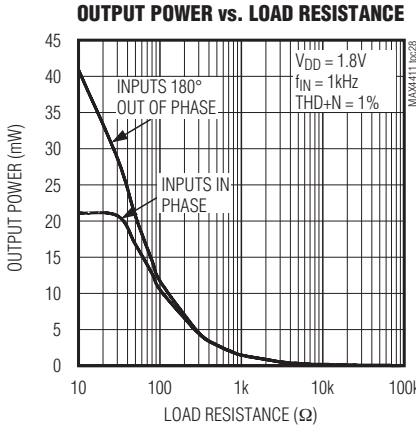
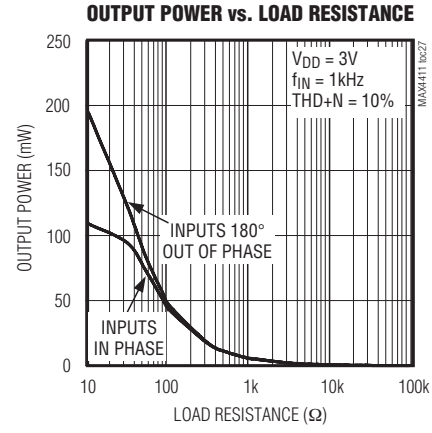
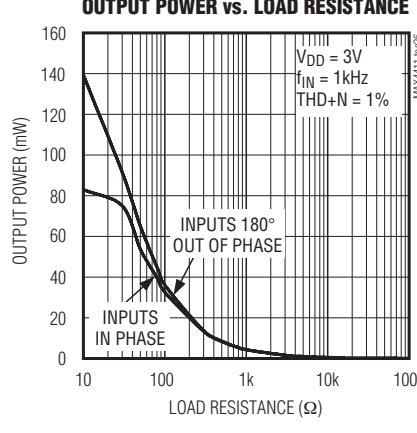
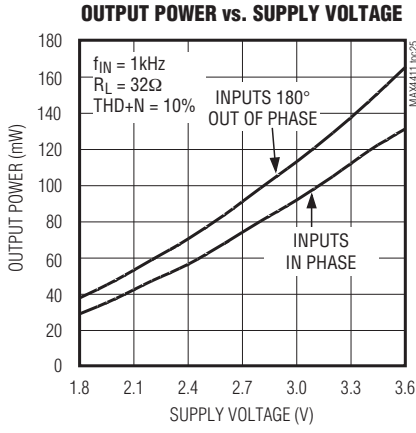
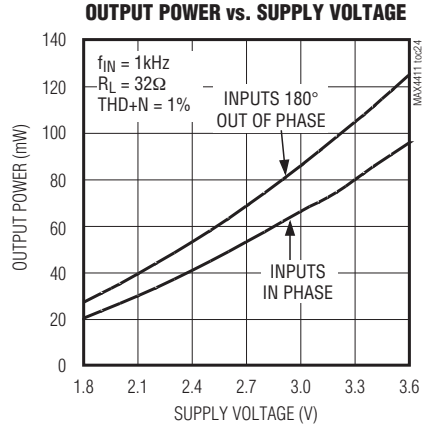
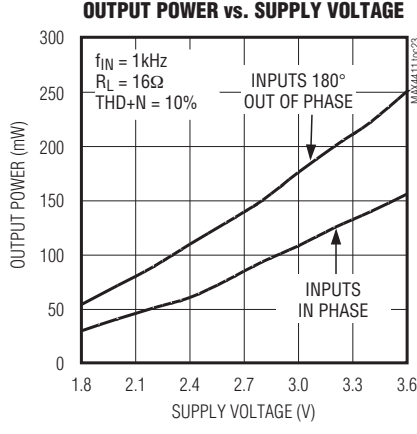
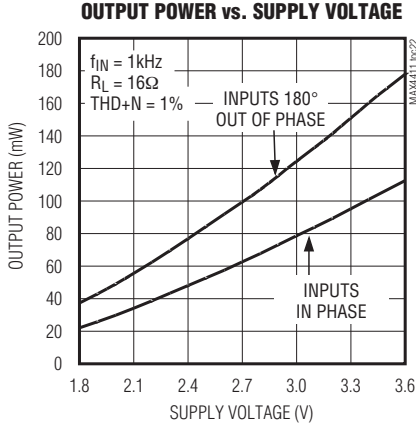
MAX4411



# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

典型工作特性(续)

(C1 = C2 = 2.2μF, THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

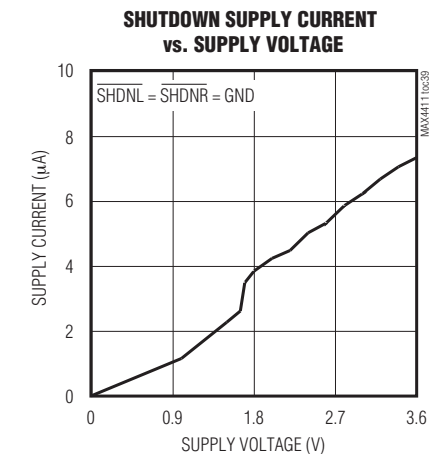
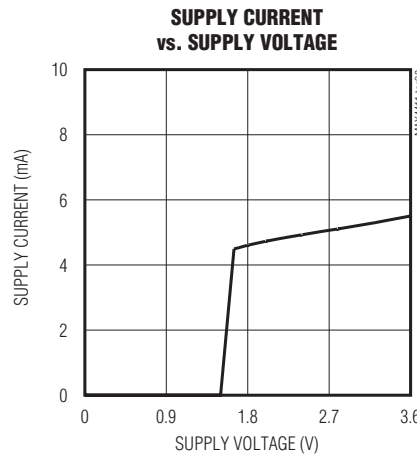
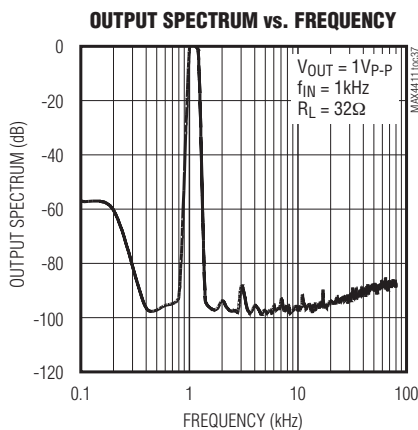
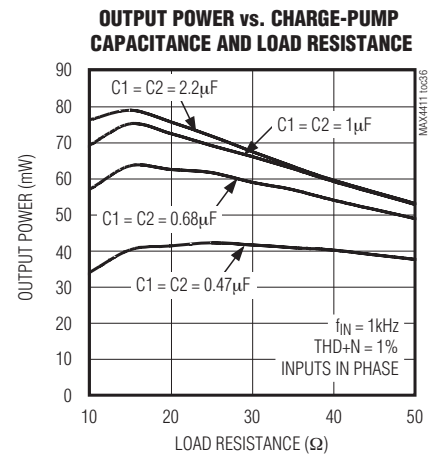
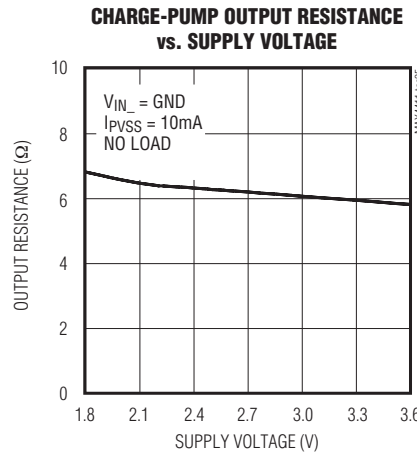
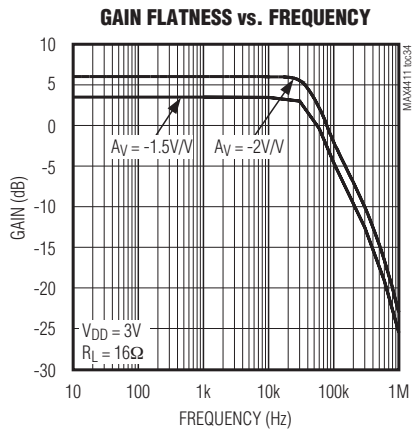
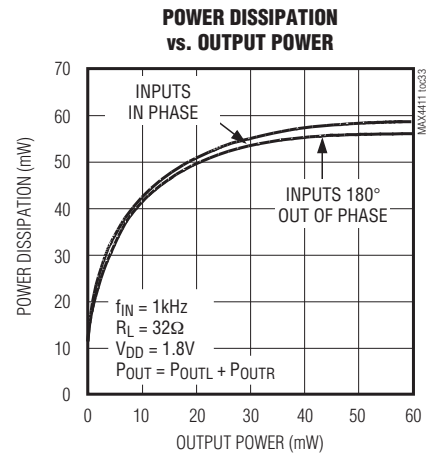
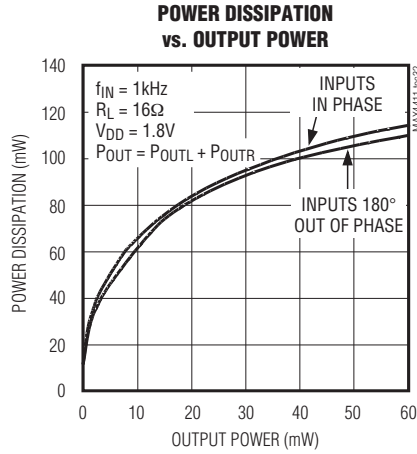
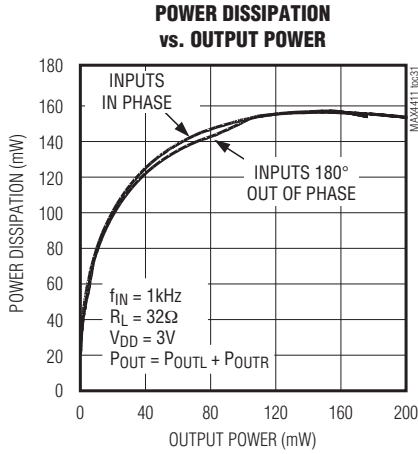


# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

典型工作特性(续)

( $C_1 = C_2 = 2.2\mu\text{F}$ , THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

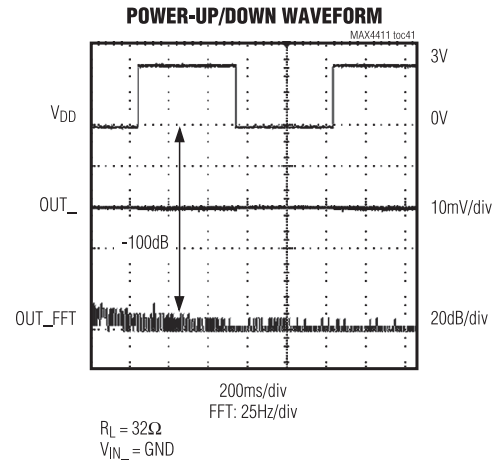
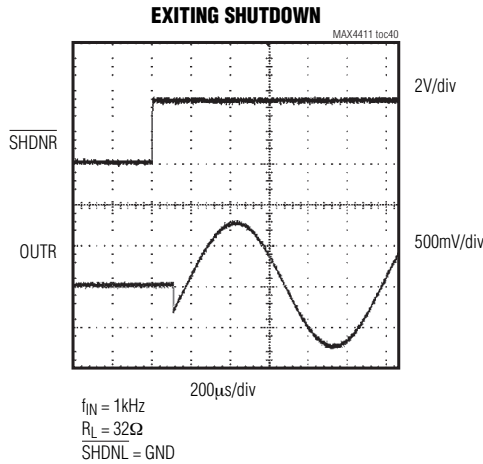
MAX4411





# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

典型工作特性(续)

(C1 = C2 = 2.2 $\mu$ F, THD+N measurement bandwidth = 22Hz to 22kHz, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)

引脚说明

引脚	焊球	名称	功能
QFN	UCSP		
1	A4	C1P	飞电容正端。
2	B4	PGND	电源地，连接至地(0V)。
3	C4	C1N	飞电容负端。
4, 6, 8, 12, 16, 20	—	N.C.	没有连接，无内部连接。
5	D4	PVSS	电荷泵输出。
7	D3	SVSS	放大器负电源，连接至PVSS。
9	D2	OUTL	左声道输出。
10	D1	SVDD	放大器正电源，连接至正电源(1.8V至3.6V)。
11	C2	OUTR	右声道输出。
13	C1	INL	左声道音频输入。
14	B1	$\overline{\text{SHDNR}}$	低电平有效的右声道关断控制，正常工作时连接至 $V_{DD}$ 。
15	A1	INR	右声道音频输入。
17	A2	SGND	信号地，连接至地(0V)。
18	B2	$\overline{\text{SHDNL}}$	低电平有效的左声道关断控制，正常工作时连接至 $V_{DD}$ 。
19	A3	PVDD	电荷泵电源，为电荷泵反相器、电荷泵逻辑电路和振荡器供电。连接到正电源(1.8V至3.6V)。
—	—	EP	裸焊盘。浮空，不要将该引脚连接至包括GND或 $V_{DD}$ 在内的任何电压。



# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

## 详细说明

MAX4411 固定增益、立体声耳机放大器采用 Maxim 拥有专利的 DirectDrive 结构，省去了传统的单电源耳机驱动器中的大尺寸输出耦合电容。该器件包括两个 80mW AB 类耳机放大器、内部反馈网络、欠压锁存 (UVLO)/ 关断控制、电荷泵以及完备的咔嗒/噼噗声抑制电路 (参见典型应用电路)。电荷泵将正电源 ( $PV_{DD}$ ) 反相，产生负电源 ( $PV_{SS}$ )。耳机驱动器工作在双极性电源，从而使输出偏置在 GND (图 1)。与其它 3V 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。GND 偏置带来的好处是放大器输出不再有直流成分，一般为  $V_{DD}/2$ ，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。该器件具有欠压锁存功能，可以避免工作在电源不足的情况下；咔嗒/噼噗声抑制功能消除了启动和关断过程中的瞬态噪音。另外，MAX4411 还具有热过载和短路保护功能，输出引脚可以承受  $\pm 8kV$  的 ESD 冲击。

## 固定增益

MAX4411 采用内部固定增益配置：-1.5V/V (MAX4411) 或 -2V/V (MAX4411B)。所有增益设置电阻均集成到器件内部，减少了外部元件数量。内部设置增益与 DirectDrive 功能相结合，使耳机放大器仅需 5 个  $1\mu F$  的小电容即可构成完整的放大器电路：其中 2 个电容用于电荷泵、2 个电容用于音频输入耦合，另一电容用于电源旁路 (参见典型应用电路)。

## DirectDrive

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标称直流电压 (典型值为电源电压的一半)，需要较大的耦合电容隔离耳机与直流偏置。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。

Maxim 拥有专利的 DirectDrive 架构利用电荷泵产生内部负电源电压，使 MAX4411 的输出偏置在 GND，工作在单电源时，输出动态范围几乎可以达到电源电压的 2 倍。由于

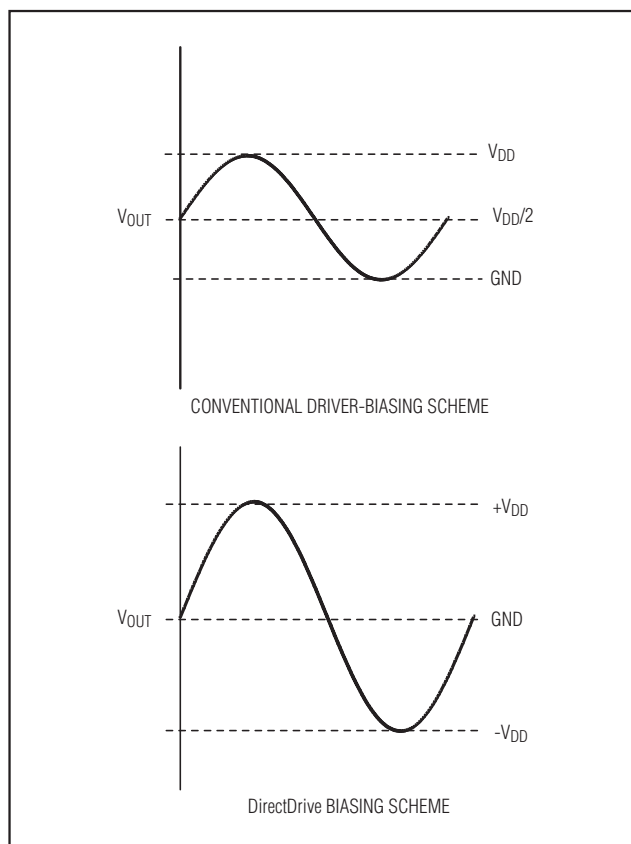


图 1. 传统的驱动器输出波形与 MAX4411 的输出波形

没有直流成份，所以不需要大尺寸隔直流电容。MAX4411 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  $220\mu F$ )，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，不过，MAX4411 的失调电压典型值为  $0.7mV$ ，当与  $32\Omega$  负载连接时，流入耳机的直流电流小于  $23\mu A$ 。

传统方案中，为试图去掉输出耦合电容，需要将耳机返回通道 (套管) 偏置到耳机放大器的直流偏置电压。这种方

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

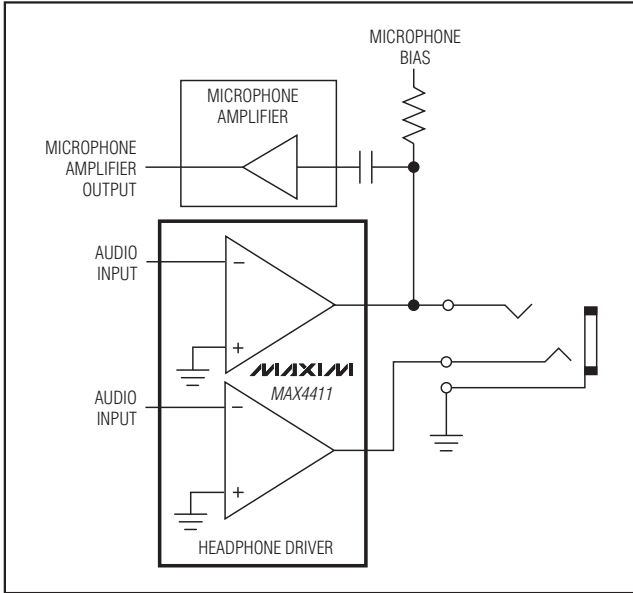


图2. Earbud扬声器/麦克风相组合的耳机配置

法会带来一些问题：

- 通常套管与外壳接地，如果采用加偏置的方法，套管则必须与系统地隔离，使产品设计复杂化。
- 有ESD冲击时，驱动器的ESD保护电路是连接到系统地的唯一通路。因此，放大器必须能够承受全部的ESD冲击。
- 当把耳机插孔作为线输出接到其它设备时，套管的偏置电压会与其它设备的地电位发生冲突，可能造成驱动器损坏。
- 当麦克风与扬声器配合使用时，麦克风通常需要一个GND参考点。套管上的放大器直流偏置会与麦克风的要求相冲突(图2)。

## 低频响应

传统耳机放大器中需要隔直流电容，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。

传统的单端、单电源耳机驱动器需要高通滤波器阻断耳机音频信号摆幅中点的直流偏置成分。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3给出了 $C_{OUT}$ 与低频衰减之间的关系。注意，使用 $100\mu F$ 隔直流电容时， $16\Omega$ 耳机的-3dB频率为100Hz，刚好处于音频波段，从而使恢复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4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。

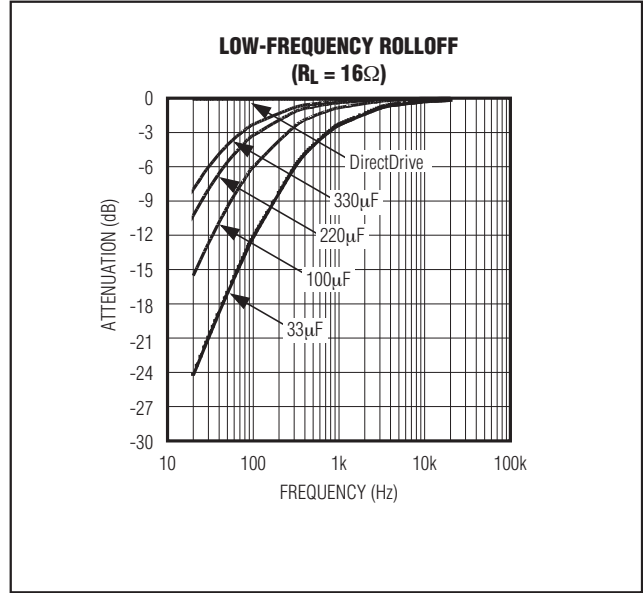


图3. 采用普通隔直流电容的低频衰减

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

MAX4411

## 杂音抑制

在传统的单电源音频放大器中，输出耦合电容是产生咔嗒/噼噗声的主要来源。启动时，驱动器将耦合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声。既然MAX4411不需要输出耦合电容，这个问题也就不存在了。

此外，MAX4411具有扩展的咔嗒/噼噗声抑制功能，能够消除器件内部的任何瞬态噪声源。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MAX4411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MAX4411的反馈电阻 $R_F$ ，将输入耦合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/噼噗声。按照与前置放大器启动过程有关的 $R_{IN}$ 和 $C_{IN}$ ，将 $\overline{SHDN}$ 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/噼噗声。

## 应用信息

### 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， $\theta_{JA}$ 是*Absolute Maximum Ratings*中给出的降额系数的倒数，单位为°C/W。例如，薄型QFN封装的 $\theta_{JA}$ 是+59.3°C/W。

MAX4411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 $V_{DD}$ 、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。

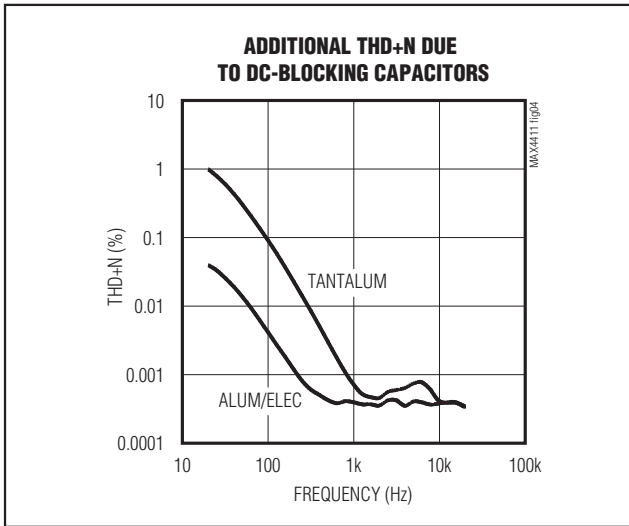


图4. 隔直流电容引起的失真

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DirectDrive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

MAX4411具有低噪声电荷泵。320kHz的开关频率远远高于音频范围，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。通过限制电荷泵的开关速度，可以减小线圈和电路板引线寄生电感所引起的 $di/dt$ 噪声。另外，通过增大 $C_2$ 的数值还可以获得额外的高频噪声衰减(参见典型应用电路)。

### 关断

MAX4411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。 $\overline{SHDNL}$ 控制左声道， $\overline{SHDNR}$ 控制右声道。将 $\overline{SHDN}$ 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 $1k\Omega$ ，并减小电源电流。当两路 $\overline{SHDN}$ 均驱动至低电平时，电荷泵也被禁止，使电源电流进一步减小至 $6\mu A$ 。将任意一路 $\overline{SHDN}$ 驱动至高电平时，电荷泵恢复工作。

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

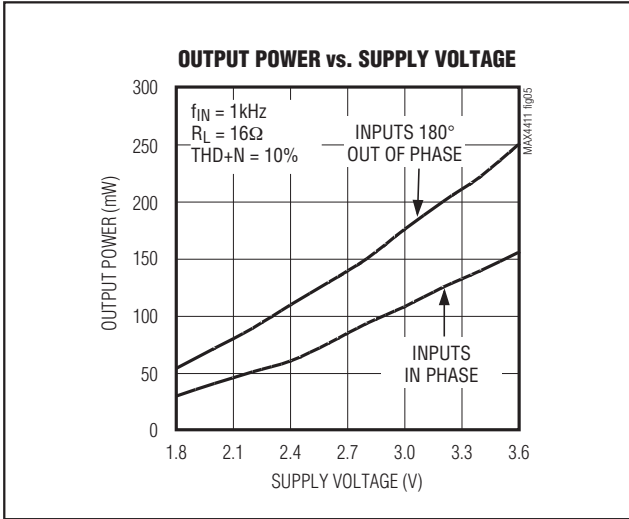


图5. 输入同相/反相时，输出功率与电源电压的关系曲线

热过载保护会限制MAX4411的总功耗，当结温超过+140°C时，热保护电路将禁止放大器输出级。结温下降15°C后可再次启动放大器。连续热过载情况下，将产生脉冲输出。

## 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 $V_{SS}$ 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

MAX4411的另一个优点是由内部产生负电源电压( $PV_{SS}$ )，该电压提供以地为参考的输出电平。 $PV_{SS}$ 能够为其它器件供电，不过从 $PV_{SS}$ 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。

$PV_{SS}$ 与 $PV_{DD}$ 基本上成比例变化，但不是稳压输出。当从 $PV_{SS}$ 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2.2 $\mu$ F电荷泵电容。

## 元件选择

### 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)，交流耦合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100m $\Omega$ 的电容。低ESR陶瓷电容可以使电荷泵的输出阻抗最小。为了在扩展级温度范围内获得最佳性能，建议选择电介质为X7R的电容，表1列出了推荐厂商。

### 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2.2 $\mu$ F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 $PV_{SS}$ 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。

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

MAX4411

表 1. 推荐的电容制造厂商

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEBSITE
Taiyo Yuden	800-348-2496	847-925-0899	www.t-yuden.com
TDK	847-803-6100	847-390-4405	www.component.tdk.com

注：与上述元件供应商联系时，请说明您正在使用MAX4411。

## 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MAX4411电荷泵开关的瞬态影响。采用与C1电容相等的C3作为PV<sub>DD</sub>的旁路电容，并尽可能靠近PV<sub>DD</sub>与PGND引脚放置。

## 增加音量控制

增加数字电位器可以提供简单的音量控制功能，图6所示为MAX4411和MAX5408双路、对数数字电位器配合使用的电路，用作输入衰减器。将MAX5408的高端连接至音频输入，低端连接至地，抽头连接至C<sub>IN</sub>。设置抽头至最高端位置时，音频信号没有衰减；设置抽头至最低端位置时，输入信号被完全衰减。

## 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

PV<sub>DD</sub>与SV<sub>DD</sub>，在器件处连接PV<sub>SS</sub>与SV<sub>SS</sub>。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。

QFN封装具有裸焊盘，可以改善封装的散热。MAX4411不需要额外的散热装置。确保裸焊盘与GND和V<sub>DD</sub>电气隔离，不要将其连接到GND或V<sub>DD</sub>。

使用UCSP封装的MAX4411时，确保连接至OUTR端(焊球C2)的所有引线足够宽，以便能够通过较大的负载电流，必要时使用多重布线。

## UCSP应用信息

有关UCSP结构、外形尺寸、载带信息、印刷电路板技术、焊球-焊盘布局、推荐的回流焊温度曲线的最新应用，以及可靠性测试的最新信息，请参考Maxim网站：[www.maxim-ic.com.cn/ucsp](http://www.maxim-ic.com.cn/ucsp)的应用笔记：UCSP—晶片级封装。

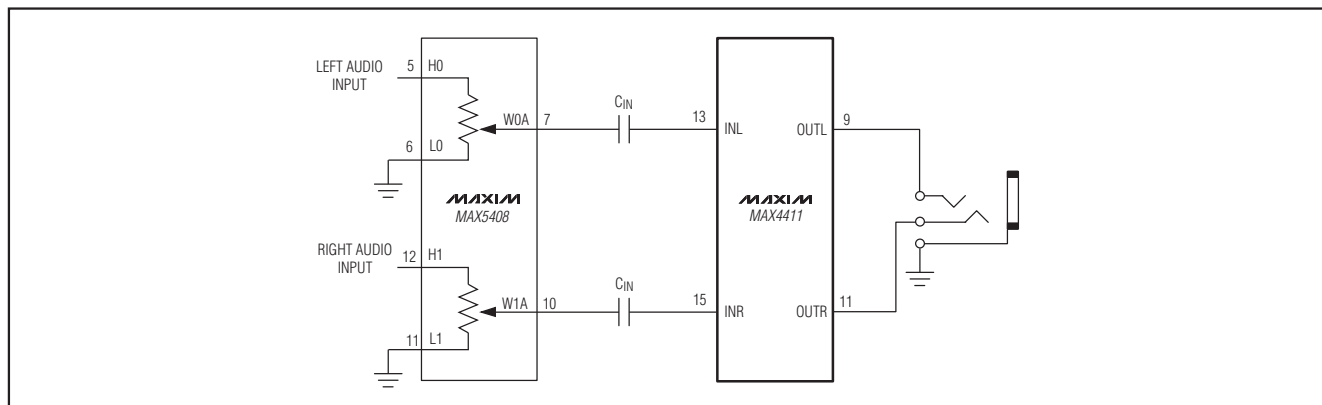
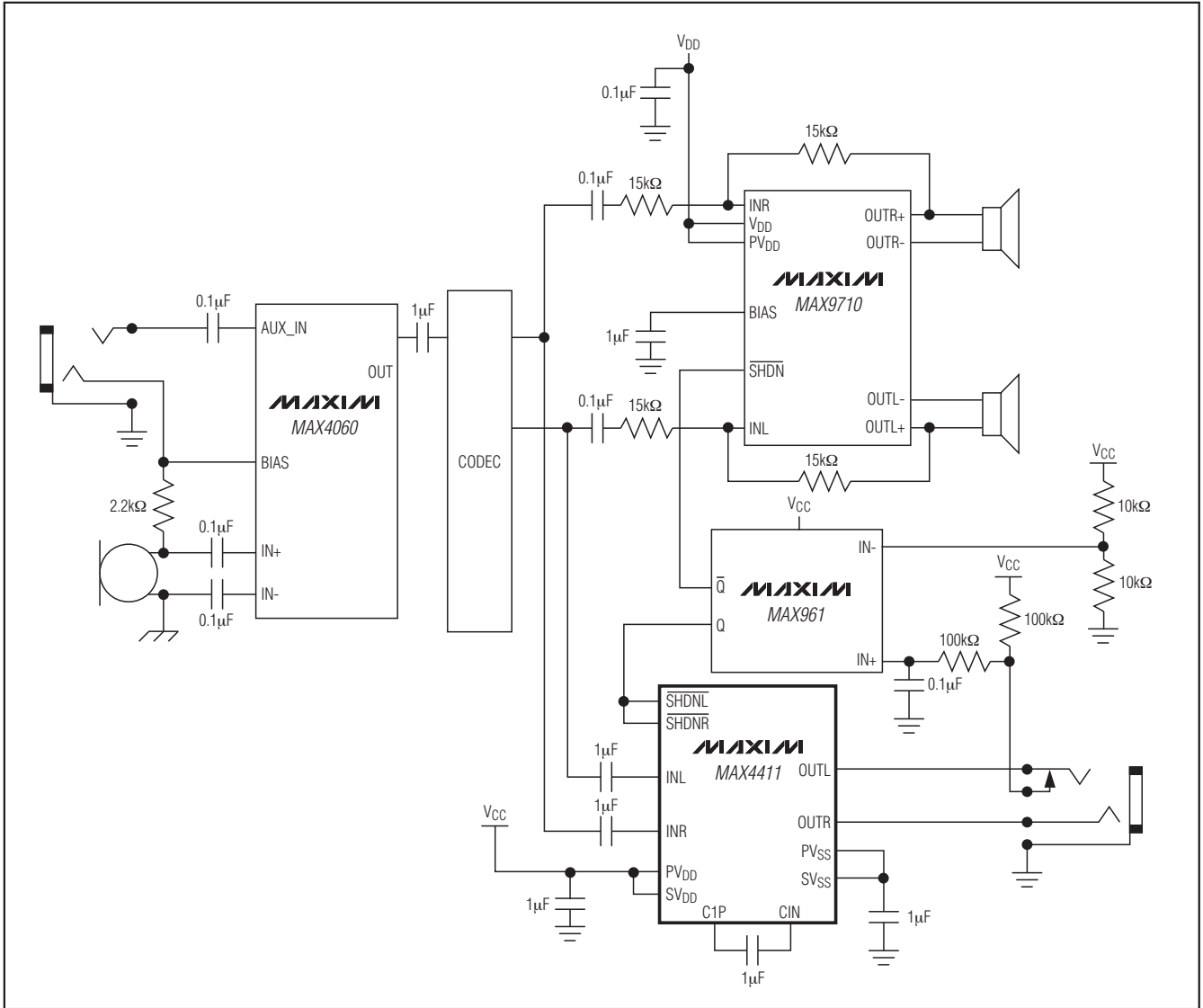


图6. MAX4411和MAX5408音量控制电路

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

MAX4411

系统框图

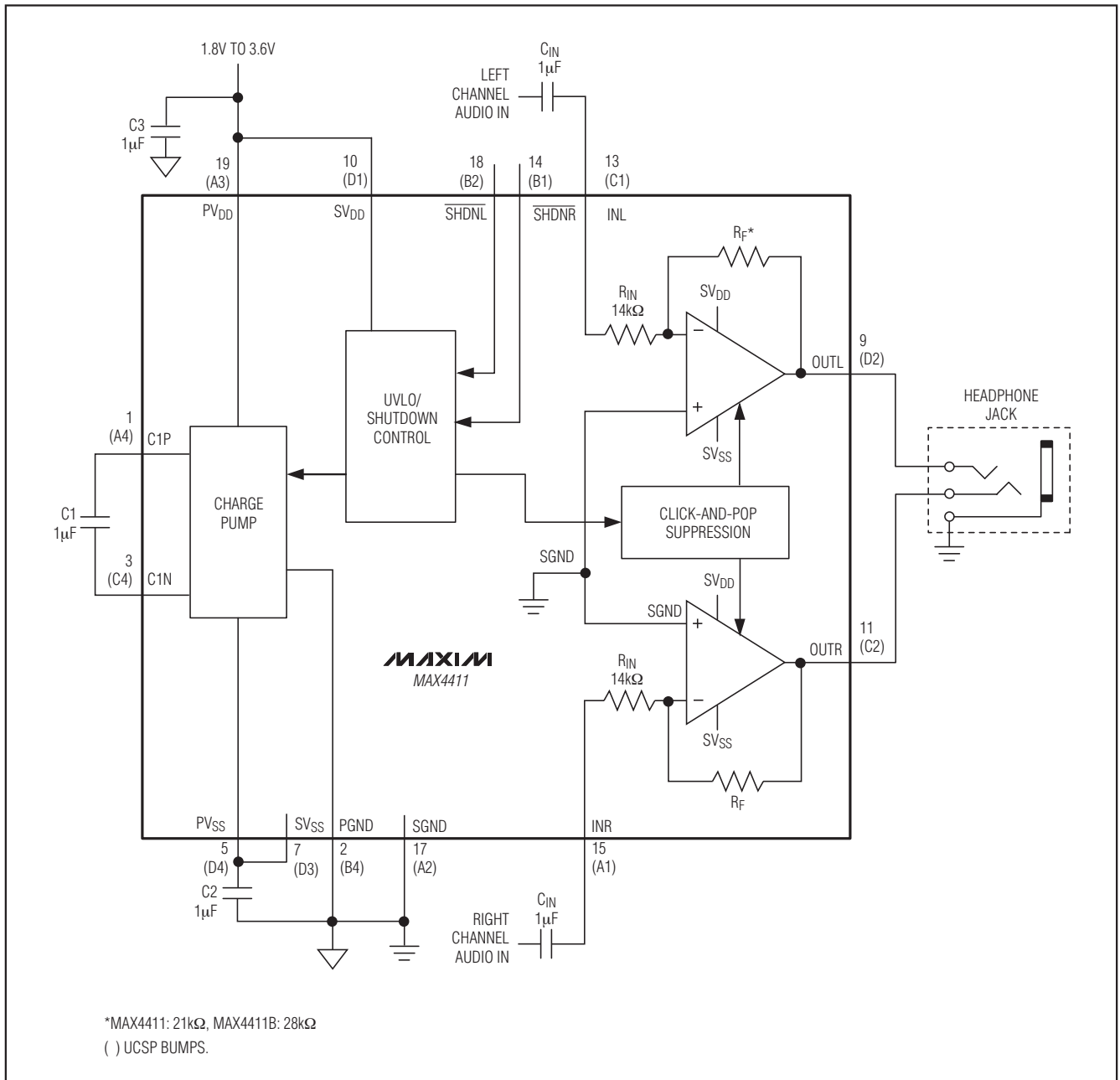




# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声耳机放大器，带有关断功能

典型应用电路

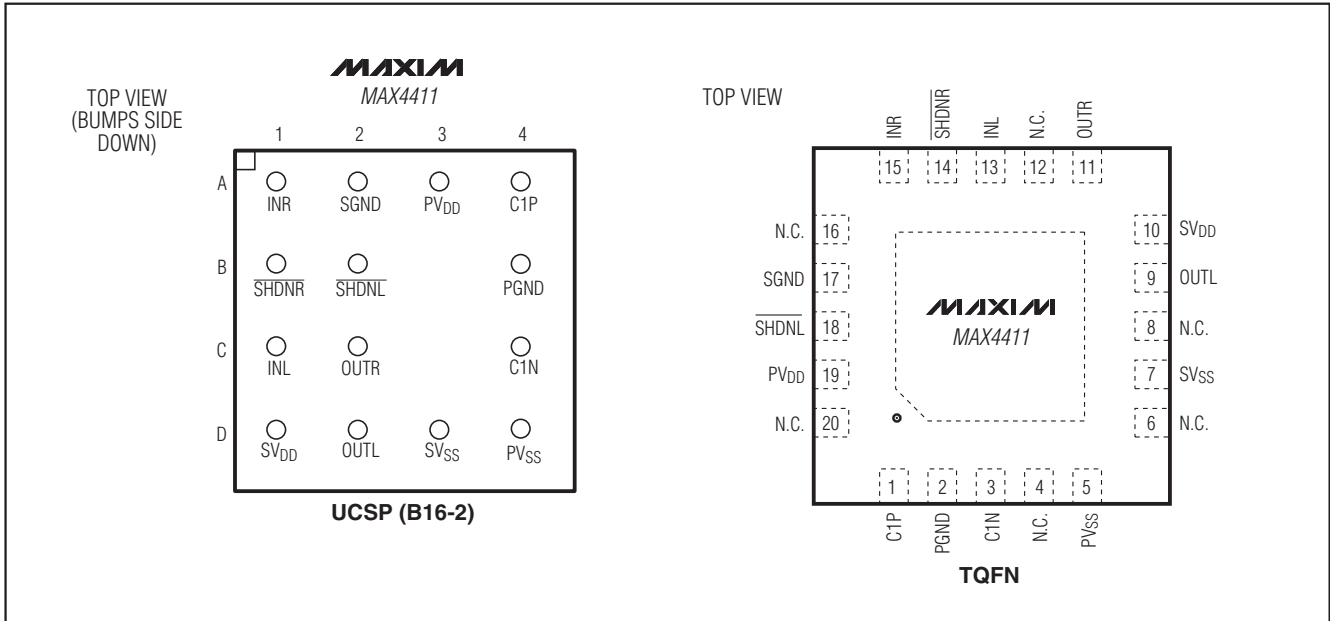
MAX4411





# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

## 引脚配置



## 订购信息(续)

## 芯片信息

PART	TEMP RANGE	PIN/BUMP-PACKAGE	GAIN (V/V)
MAX4411ETP+	-40°C to +85°C	20 Thin QFN	-1.5
MAX4411BEBE-T	-40°C to +85°C	16 UCSP-16	-2
MAX4411BEBE+T	-40°C to +85°C	16 UCSP-16	-2
MAX4411BETP	-40°C to +85°C	20 Thin QFN	-2
MAX4411BETP+	-40°C to +85°C	20 Thin QFN	-2

+ 表示无铅封装。

TRANSISTOR COUNT: 4295

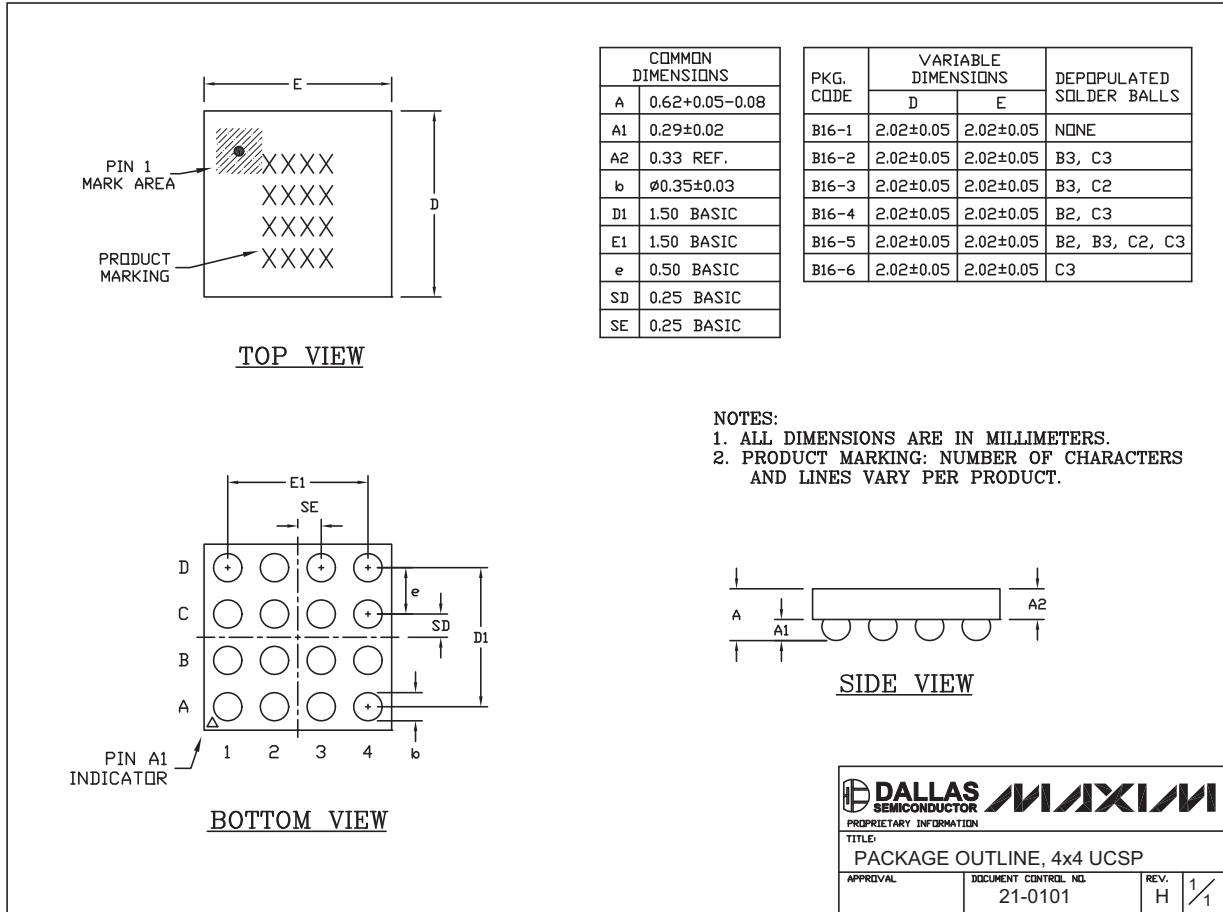
PROCESS: BiCMOS

# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外形信息，请查询 [www.maxim-ic.com.cn/packages](http://www.maxim-ic.com.cn/packages).)

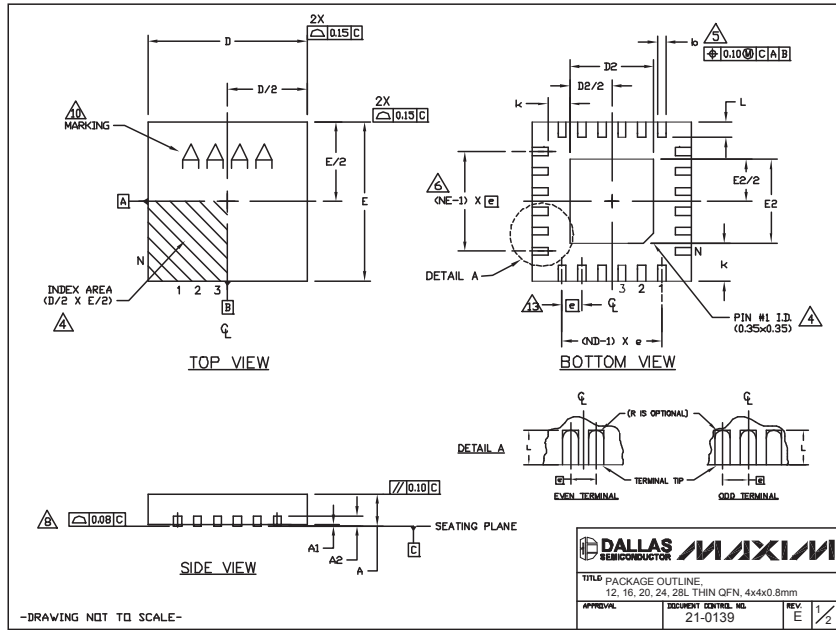
MAX4411



# 80mW、固定增益、DirectDrive、立体声 耳机放大器，带有关断功能

封装信息(续)

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外形信息，请查询 [www.maxim-ic.com.cn/packages](http://www.maxim-ic.com.cn/packages).)



COMMON DIMENSIONS															
PKG. REF.	12L 4x4			16L 4x4			20L 4x4			24L 4x4			28L 4x4		
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.75	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80
A1	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05	0.0	0.02	0.05
A2	0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.20	0.25	0.30	0.16	0.17	0.20	0.15	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10
E	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10	3.90	4.00	4.10
e	0.80 BSC.			0.65 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.40 BSC.		
k	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-
L	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50
N	12			16			20			24			28		
ND	3			4			5			6			7		
NE	3			4			5			6			7		
WGGC	VGG3			VGGC			VGGD-1			VGGD-2			VGGE		

EXPOSED PAD VARIATIONS												
PKG. CODES	D2			E2			DOWN BONDING ALLOWED					
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.						
T2444-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES					
T2444-4	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO					
T1644-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES					
T1644-4	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO					
T2844-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES					
T2844-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	NO					
T2444-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES					
T2444-3	2.45	2.60	2.63	2.45	2.60	2.63	YES					
T2444-4	2.45	2.60	2.63	2.45	2.60	2.63	NO					
T2844-1	2.50	2.60	2.70	2.50	2.60	2.70	NO					

NOTES:

- DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
- N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
- THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SFP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.
- DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TP.
- ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
- DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
- COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
- DRAWING CONFORMS TO JEDEC M0220, EXCEPT FOR T2444-3, T2444-4 AND T2844-1.
- MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
- COPLANARITY SHALL NOT EXCEED 0.08mm.
- WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10mm.
- LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "e", ±0.05.
- NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.

-DRAWING NOT TO SCALE-

Maxim 不对 Maxim 产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim 保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

18 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600