

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

## 概述

MAX9770在单个器件上集成了一个单声道、无需滤波的D类扬声器放大器和立体声DirectDrive耳机放大器。MAX9770工作在2.5V至5.5V单电源，可以减少外部元件、降低系统成本、减小电路板空间，并提供改善后的音频重现。

扬声器放大器采用Maxim专有的D类结构，以D类高效率提供AB类放大器的性能，既可节省电路板空间，也可延长电池寿命。扬声器放大器以高于85%的效率为8Ω负载提供1.2W的功率。扩频方案降低了由调制频率引起的辐射。另外，MAX9770振荡器可以通过SYNC输入由外部时钟同步，避免系统中可能出现的频率问题。扬声器放大器具有0.025%的低THD+N、70dB的高PSRR以及超过90dB的SNR。

耳机放大器采用Maxim专利† DirectDrive结构，可以从单电源中产生以地为参考的输出，省去了大尺寸隔直电容。耳机放大器为16Ω负载提供最高80mW的功率，具有0.015%的低THD+N、85dB的高PSRR，输出具有±8kV的ESD保护。耳机检测输入用来检测耳机是否连接，自动将放大器配置为扬声器或耳机模式。

MAX9770中包含内部设定的可选增益和全面的输入多路复用器/混音器，允许对多个音频信号源进行选择，并在扬声器模式下从立体声信号源中实现真正的单声道重现。业界领先的杂音抑制电路消除了上电和关断期间的瞬态噪音。低功耗关断模式将电源电流损耗减小到0.1μA，进一步延长了电池寿命。

MAX9770提供节省空间、高效散热的28引脚TQFN(5mm x 5mm x 0.8mm)和28引脚TSSOP封装。MAX9770具有热过载和输出短路保护，工作在扩展级温度范围：-40°C至+85°C。

## 应用

蜂窝电话  
紧凑型笔记本  
PDA

†美国专利#7,061,327

## 特性

- ◆ 1.2W、无需滤波的D类放大器，符合100mm电缆的FCC B类EMI辐射标准
- ◆ 独特的扩频模式，比常规模式的EMI指标改善了5dB
- ◆ 80mW DirectDrive耳机放大器省去了大尺寸隔直电容
- ◆ 217Hz时具有85dB的高PSRR
- ◆ 85%的效率
- ◆ 0.015%的低THD+N
- ◆ 业界领先的杂音抑制
- ◆ 集成的3路输入混音器/多路复用器(MAX9770)
- ◆ 逻辑可选增益
- ◆ 短路与热保护
- ◆ 采用节省空间、高效散热的封装

## 订购信息

PART	PIN-PACKAGE	SELECTABLE INPUTS
MAX9770ETI+	28 TQFN-EP*	2 stereo, 1 mono
MAX9770EUI	28 TSSOP	2 stereo, 1 mono

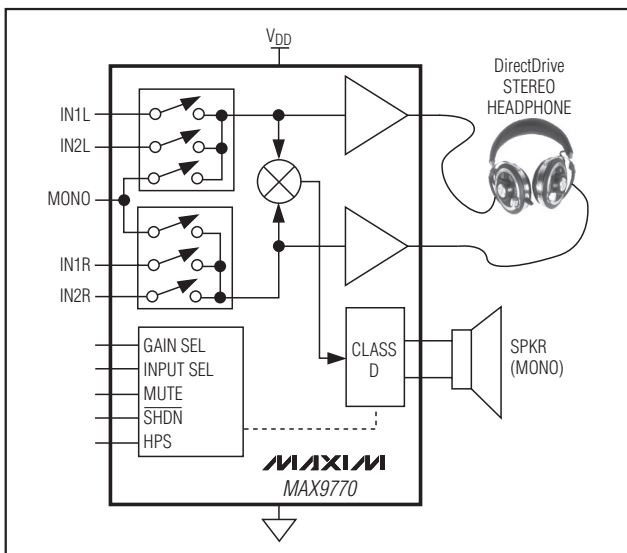
注：所有器件工作在-40°C至+85°C温度范围。

\*EP = 裸焊盘。

+表示无铅封装。

引脚配置在数据资料的最后给出。

## 简化框图



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

MAX9770

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

GND to PGND to CPGND.....	-0.3V to +0.3V	Duration of Short Circuit Between HPOUTL and HPOUTR .....	Continuous
V <sub>DD</sub> to PV <sub>DD</sub> to CPV <sub>DD</sub> .....	-0.3V to +0.3V	Duration of OUT_ Short Circuit to V <sub>DD</sub> , PV <sub>DD</sub> , GND, PGND ..	10s
V <sub>DD</sub> to GND .....	+6V	Duration of Short Circuit Between OUT+ and OUT-.....	10s
PV <sub>DD</sub> to PGND .....	+6V	Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
CPV <sub>DD</sub> to CPGND.....	+6V	28-Pin TQFN (derate 20.8mW/°C above +70°C) .....	1667mW
CPV <sub>SS</sub> to CPGND.....	-6V	28-Pin TSSOP (derate 12.8mW/°C above +70°C) .....	1026mW
SV <sub>SS</sub> to GND .....	-6V	Junction Temperature.....	+150°C
C1N.....	(PV <sub>SS</sub> - 0.3V) to (CPGND + 0.3V)	Operating Temperature Range .....	-40°C to +85°C
HPOUT_ to GND .....	±3V	Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
All Other Pins to GND.....	-0.3V to (V <sub>DD</sub> + 0.3V)	Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C
Continuous Current Into/Out of:			
PV <sub>DD</sub> , PGND, OUT_.....	600mA		
PV <sub>SS</sub> .....	260mA		
Duration of HPOUT_ Short Circuit to V <sub>DD</sub> , PV <sub>DD</sub> , GND, PGND .....	Continuous		

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

(V<sub>DD</sub> = PV<sub>DD</sub> = CPV<sub>DD</sub> = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SHDN = 3.3V, C1 = C2 = 1μF, C<sub>BIAS</sub> = 0.047μF, SYNC = GND, R<sub>L</sub> = ∞, speaker load connected between OUT+ and OUT-, headphone load connected between HPOUT\_ and GND, 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.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>							
Supply Voltage Range	V <sub>DD</sub>	Inferred from PSRR test		2.5		5.5	V
Quiescent Supply Current	I <sub>DD</sub>	No load	Headphone mode		5.5	10	mA
			Speaker mode		5.2	7.5	
Shutdown Supply Current	I <sub>SHDN</sub>	SHDN = HPS = GND			0.1	10	μA
Shutdown to Full Operation	t <sub>ON</sub>				50		ms
Input Impedance	R <sub>IN</sub>	(Note 3)	MONO	7	10		kΩ
			INL_, INR_	14	20		
Bias Voltage	V <sub>BIAS</sub>			1.1	1.25	1.4	V
Feedthrough		From any unselected input to any output, f = 10kHz			70		dB
<b>SPEAKER AMPLIFIER (GAIN1 = GAIN2 = V<sub>DD</sub>, HPS = GND)</b>							
Output Offset Voltage	V <sub>OS</sub>				±15	±70	mV
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	(Note 4)	V <sub>DD</sub> = 2.5V to 5.5V, T <sub>A</sub> = +25°C	50	70		dB
			V <sub>RIPPLE</sub> = 200mV <sub>P-P</sub> , f = 217Hz		70		
			V <sub>RIPPLE</sub> = 200mV <sub>P-P</sub> , f = 1kHz		68		
			V <sub>RIPPLE</sub> = 200mV <sub>P-P</sub> , f = 20kHz		50		
Output Power	P <sub>OUT</sub>	f = 1kHz, THD+N = 1%, GAIN1 = 1, GAIN2 = 0	V <sub>DD</sub> = 3.3V	R <sub>L</sub> = 8Ω	550		mW
				R <sub>L</sub> = 4Ω	900		
			V <sub>DD</sub> = 5V	R <sub>L</sub> = 8Ω	1200		

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

MAX9770

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = 3.3V$ ,  $GND = PGND = CPGND = 0V$ ,  $\overline{SHDN} = 3.3V$ ,  $C1 = C2 = 1\mu F$ ,  $C_{BIAS} = 0.047\mu F$ ,  $SYNC = GND$ ,  $R_L = \infty$ , speaker load connected between  $OUT+$  and  $OUT-$ , headphone load connected between  $HPOUT_+$  and  $GND$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	$R_L = 8\Omega$ , $P_{OUT} = 300mW$ , $f = 1kHz$		0.025			%
		$R_L = 4\Omega$ , $P_{OUT} = 300mW$ , $f = 1kHz$		0.03			
		$R_L = 8\Omega$ , $P_{OUT} = 500mW$ , $f = 1kHz$		0.1			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	$R_L = 8\Omega$ , $V_{OUT} = 2V_{RMS}$ , A-weighted		85.9			dB
Output Switching Frequency	$f_s$	SYNC = GND		980	1100	1220	kHz
		SYNC = unconnected		1280	1450	1620	
		SYNC = $V_{DD}$		1220 $\pm 120kHz$			
SYNC Frequency Lock Range				800		2000	kHz
Efficiency	$\eta$	$P_O = 1000mW$ , $f = 1kHz$		85			%
Gain (MAX9770)	$A_v$	GAIN1 = 0, GAIN2 = 0		6			dB
		GAIN1 = 0, GAIN2 = 1		3			
		GAIN1 = 1, GAIN2 = 0		9			
		GAIN1 = 1, GAIN2 = 1		0			
Gain Accuracy				$\pm 5$			%
Speaker Path Off-Isolation		HPS = $V_{DD}$ , headphone amplifier active, $f = 1kHz$		102			dB
Click-and-Pop Level	$K_{CP}$	Peak voltage, A-weighted, 32 samples per second (Notes 4, 5)	Into shutdown	-76			dB
			Out of shutdown	-55			
			Into mute	-83			
			Out of mute	-69			
<b>HEADPHONE AMPLIFIER (GAIN1 = 1, GAIN2 = 0, HPS = <math>V_{DD}</math>)</b>							
Output Offset Voltage	$V_{OS}$			$\pm 5$	$\pm 10$		mV
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	(Note 4)	$V_{DD} = 2.5V$ to $5.5V$ , $T_A = +25^\circ C$	65	76		dB
			$V_{RIPPLE} = 200mV_{P-P}$ , $f = 217Hz$	75			
			$V_{RIPPLE} = 200mV_{P-P}$ , $f = 1kHz$	82			
			$V_{RIPPLE} = 200mV_{P-P}$ , $f = 20kHz$	56			
Output Power	$P_{OUT}$	$T_A = +25^\circ C$ , $f = 1kHz$ , THD+N = 1% (Note 3)	$V_{DD} = 3.3V$	$R_L = 32\Omega$	40	55	mW
				$R_L = 16\Omega$	40		
			$V_{DD} = 5V$	$R_L = 32\Omega$	60		
				$R_L = 16\Omega$	80		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	$R_L = 32\Omega$ , $P_{OUT} = 50mW$ , $f = 1kHz$		0.015			%
		$R_L = 16\Omega$ , $P_{OUT} = 35mW$ , $f = 1kHz$		0.03			

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

MAX9770

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = 3.3V$ ,  $GND = PGND = CPGND = 0V$ ,  $\overline{SHDN} = 3.3V$ ,  $C1 = C2 = 1\mu F$ ,  $C_{BIAS} = 0.047\mu F$ ,  $SYNC = GND$ ,  $R_L = \infty$ , speaker load connected between  $OUT+$  and  $OUT-$ , headphone load connected between  $HPOUT-$  and  $GND$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Signal-to-Noise Ratio	SNR	$R_L = 32\Omega$ , $V_{OUT} = 300mV_{RMS}$ , $BW = 22Hz$ to $22kHz$			101		dB
Crosstalk		Between channels, $f = 1kHz$ , $V_{IN} = 200mV_{P-P}$			80		dB
Headphone Off-Isolation		$HPS = GND$ , speaker amplifier active, $f = 1kHz$			96		dB
Click-and-Pop Level	$K_{CP}$	Peak voltage, A-weighted, 32 samples per second (Notes 4, 5)	Into shutdown		-58		dBV
			Out of shutdown		-53		
			Into mute		-92		
			Out of mute		-73		
Capacitive-Load Drive	$C_L$				1000		pF
Gain	$A_V$	$GAIN1 = 0$ , $GAIN2 = 0$			7		dB
		$GAIN1 = 0$ , $GAIN2 = 1$			4		
		$GAIN1 = 1$ , $GAIN2 = 0$			-2		
		$GAIN1 = 1$ , $GAIN2 = 1$			1		
Gain Accuracy						$\pm 2.5$	%
ESD Protection		$HPOUTR$ , $HPOUTL$ , IEC Air Discharge			$\pm 8$		kV
<b>DIGITAL INPUTS (<math>\overline{SHDN}</math>, <math>SYNC</math>, <math>HPS</math>, <math>GAIN_*</math>, <math>SEL_*</math>)</b>							
Input Voltage High	$V_{IH}$			2			V
Input Voltage Low	$V_{IL}$					0.8	V
Input Leakage Current (Note 6)		SYNC input				$\pm 25$	$\mu A$
		All other logic inputs				$\pm 1$	
HPS Input Current		$HPS = GND$				-10	$\mu A$

**Note 1:** All devices are 100% production tested at  $+25^\circ C$ . All temperature limits are guaranteed by design.

**Note 2:** Speaker amplifier testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For  $R_L = 4\Omega$ ,  $L = 47\mu H$ . For  $R_L = 8\Omega$ ,  $L = 68\mu H$ .

**Note 3:** Guaranteed by design, not production tested.

**Note 4:** Inputs AC-coupled to GND.

**Note 5:** Speaker mode testing performed with an  $8\Omega$  resistive load in series with a  $68\mu H$  inductive load connected across BTL output. Headphone mode testing performed with a  $32\Omega$  resistive load connected to GND. Mode transitions are controlled by  $\overline{SHDN}$ .  $K_{CP}$  level is calculated as:  $20 \times \log [(peak\ voltage\ during\ mode\ transition,\ no\ input\ signal)/(peak\ voltage\ under\ normal\ operation\ at\ rated\ power\ level)]$ . Units are expressed in dB. Measured with  $V_{DD} = 5V$ .

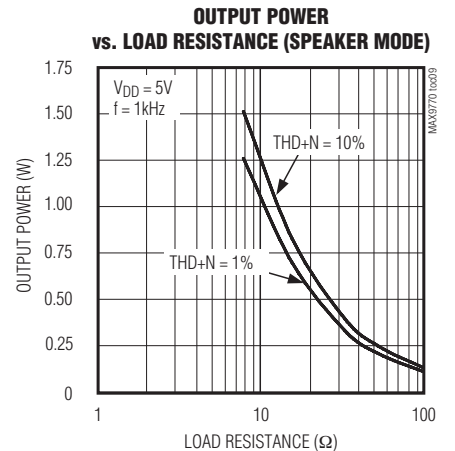
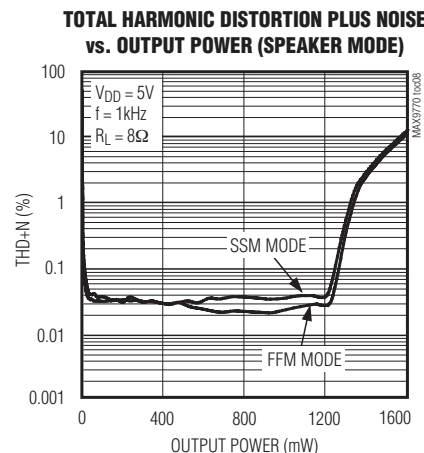
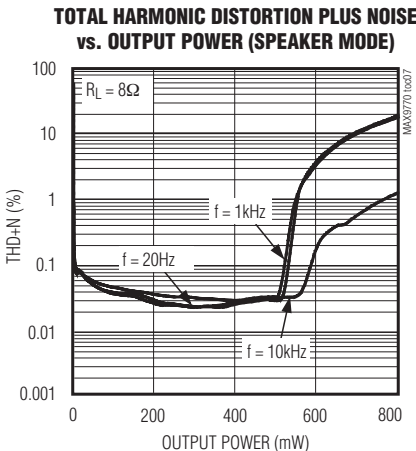
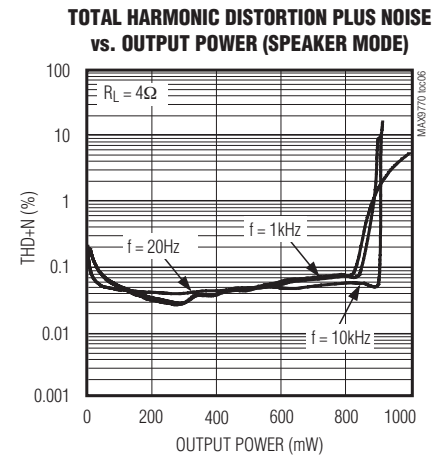
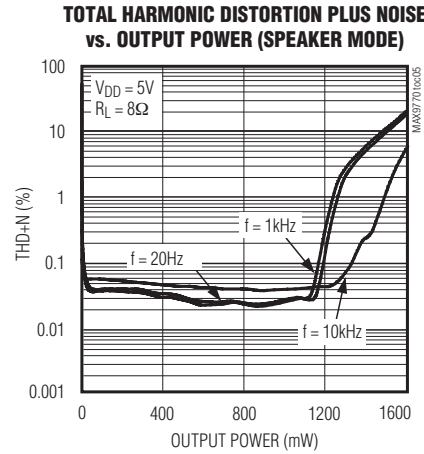
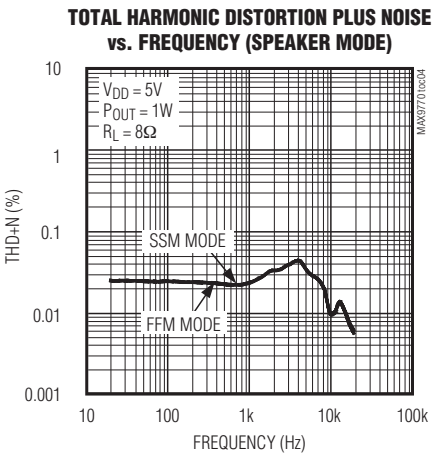
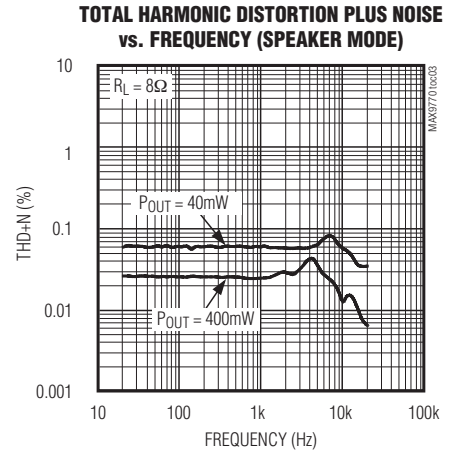
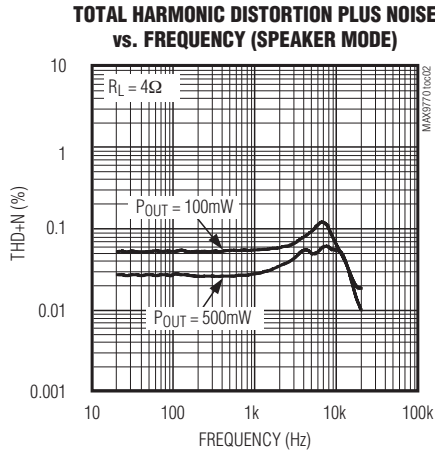
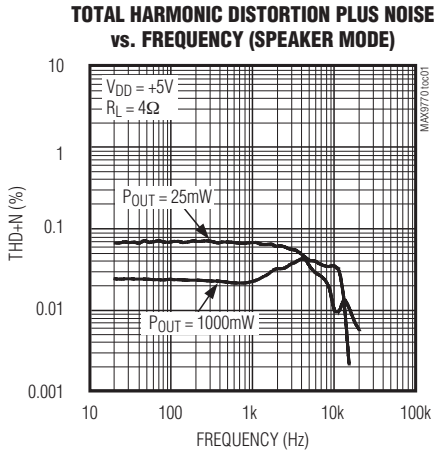
**Note 6:** SYNC has a  $200k\Omega$  resistor to  $V_{REF} = 1.25V$ .

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

典型工作特性

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $BW = 22Hz$  to  $22kHz$ ,  $GAIN1 = 1$ ,  $GAIN2 = 0$ , spread-spectrum mode, headphone outputs in phase, unless otherwise noted.)

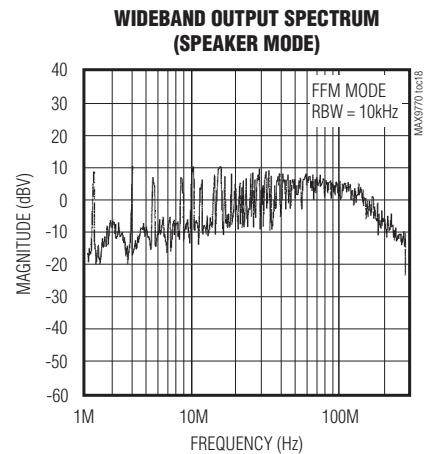
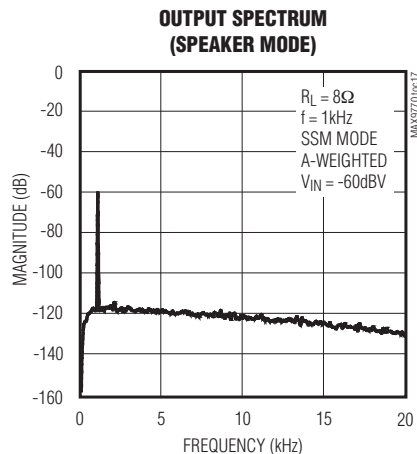
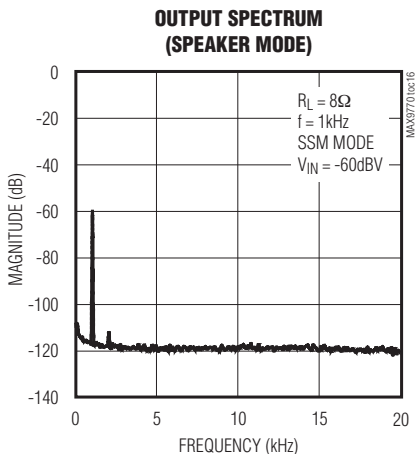
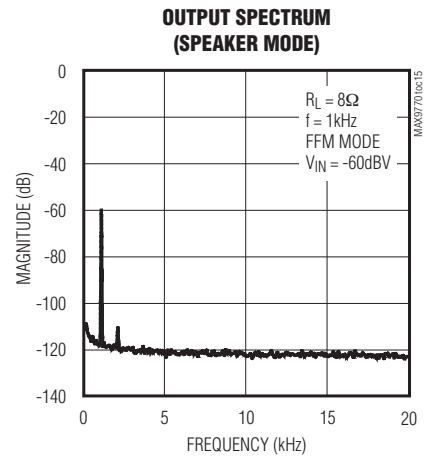
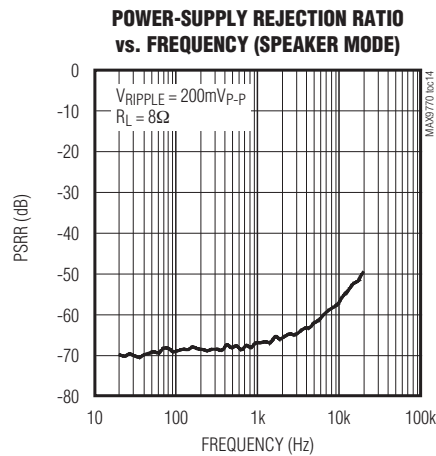
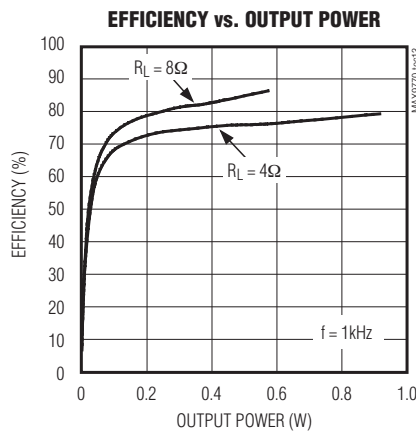
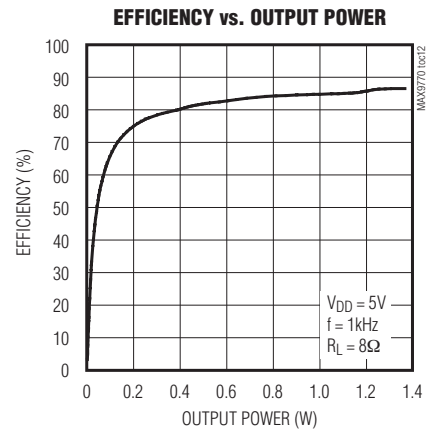
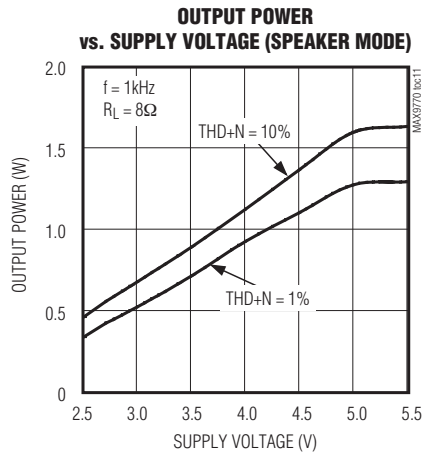
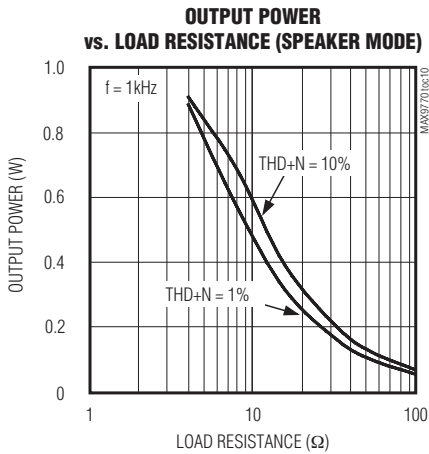
MAX9770



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $BW = 22Hz$  to  $22kHz$ ,  $GAIN1 = 1$ ,  $GAIN2 = 0$ , spread-spectrum mode, headphone outputs in phase, unless otherwise noted.)

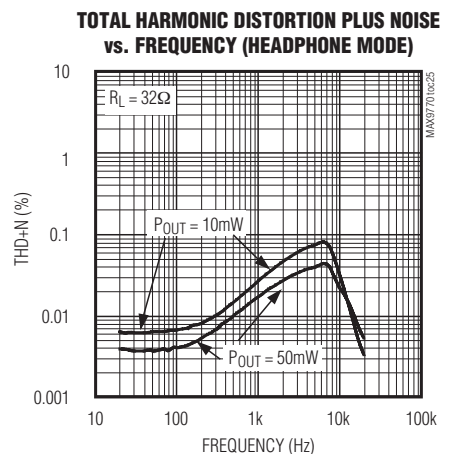
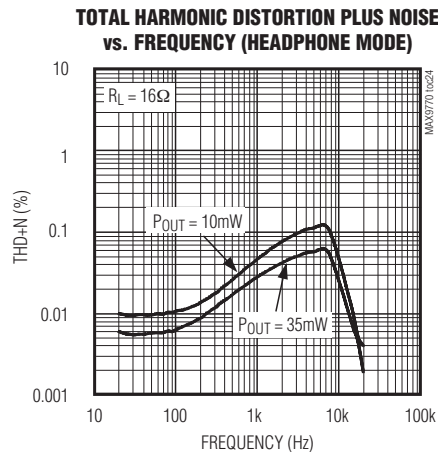
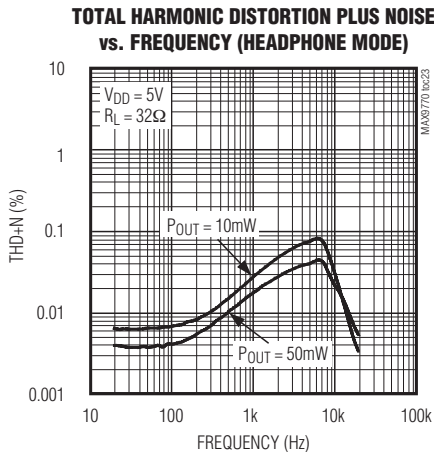
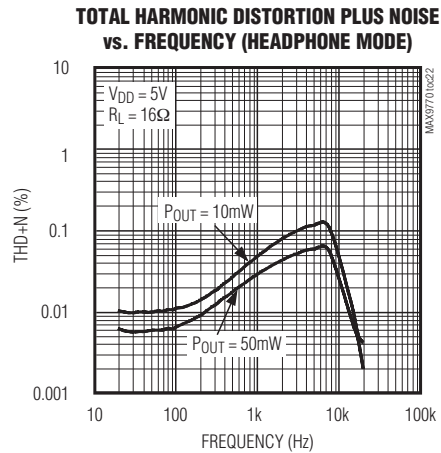
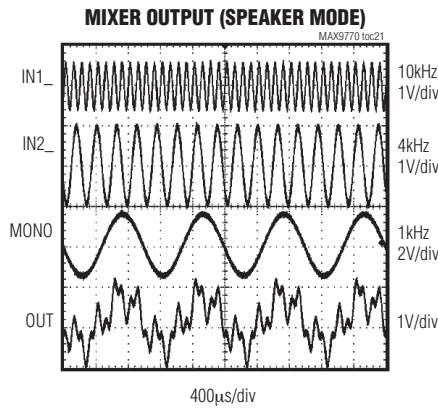
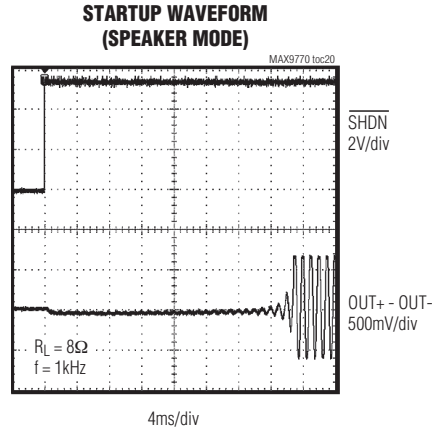
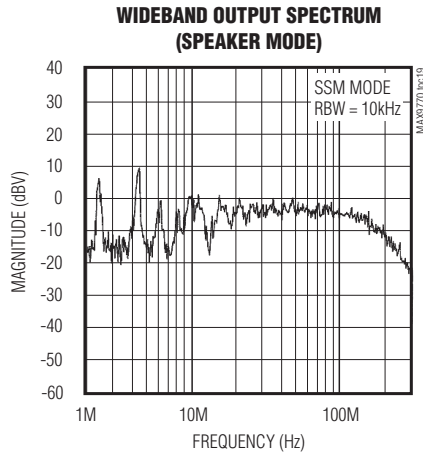


# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $BW = 22Hz$  to  $22kHz$ ,  $GAIN1 = 1$ ,  $GAIN2 = 0$ , spread-spectrum mode, headphone outputs in phase, unless otherwise noted.)

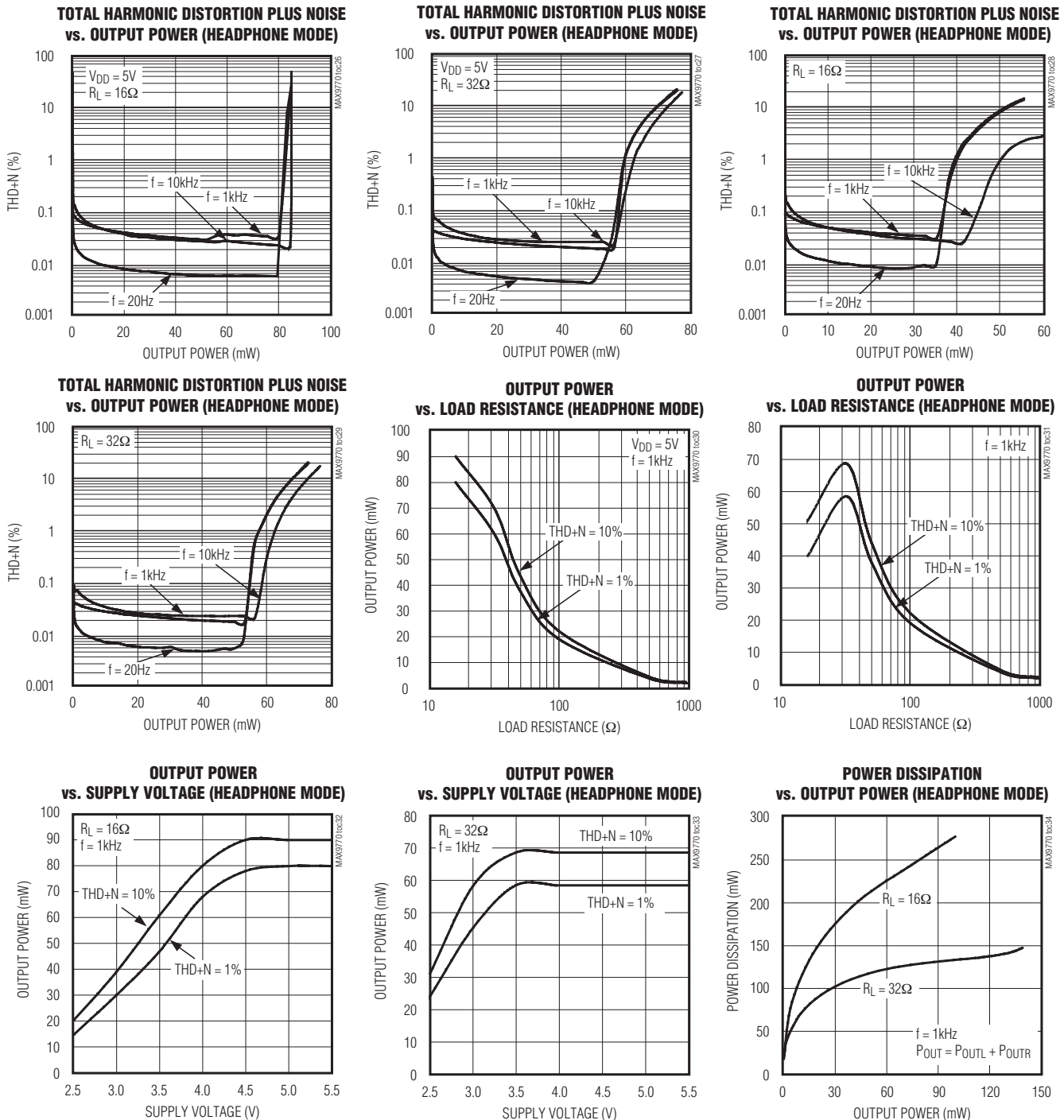
MAX9770



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $BW = 22Hz$  to  $22kHz$ ,  $GAIN1 = 1$ ,  $GAIN2 = 0$ , spread-spectrum mode, headphone outputs in phase, unless otherwise noted.)



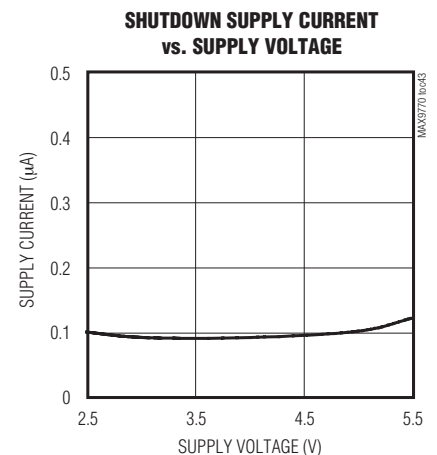
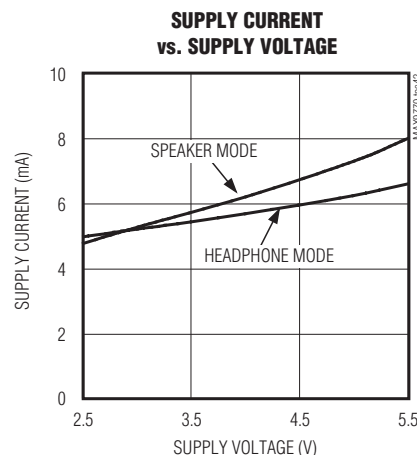
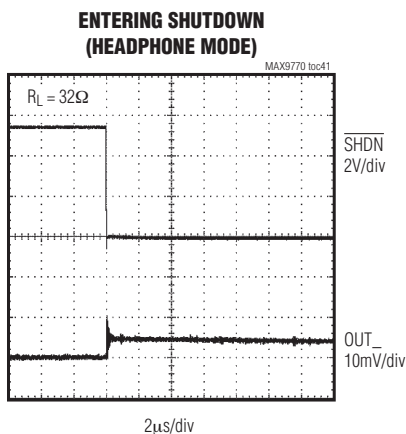
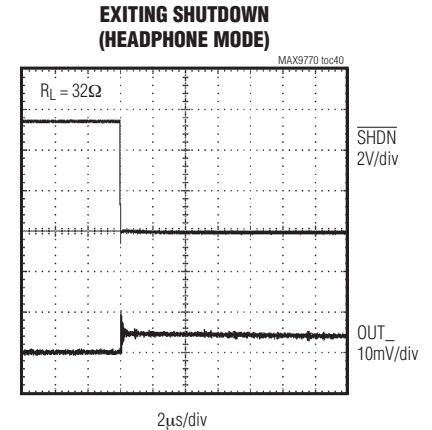
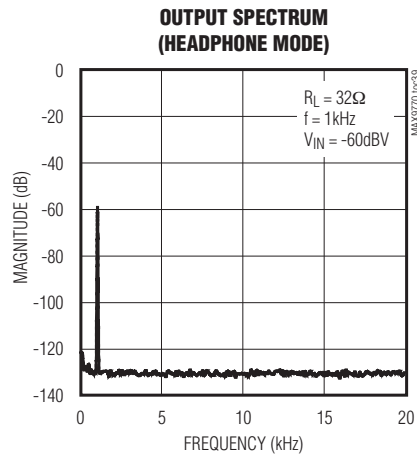
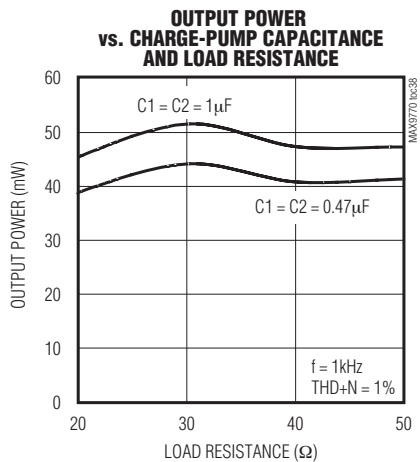
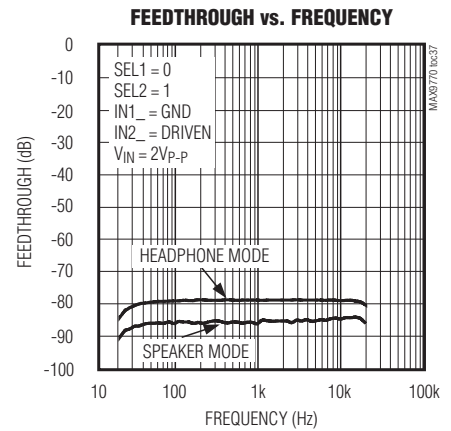
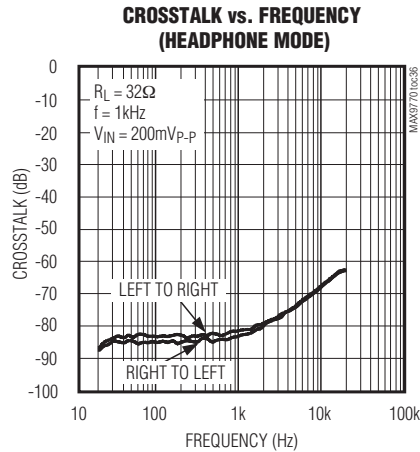
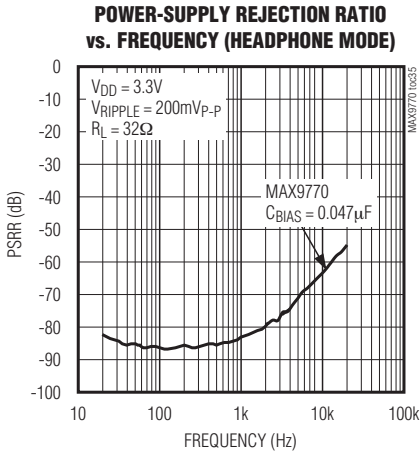


# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = 3.3V$ ,  $BW = 22Hz$  to  $22kHz$ ,  $GAIN1 = 1$ ,  $GAIN2 = 0$ , spread-spectrum mode, headphone outputs in phase, unless otherwise noted.)

MAX9770



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

引脚说明

引脚		名称	功能
TQFN-EP	TSSOP		
1	4	BIAS	共模偏置电压。用 0.047 $\mu$ F 电容旁路到 GND。
2	5	V <sub>DD</sub>	电源。
3	6	HPOUTR	右声道耳机输出。
4	7	HPOUTL	左声道耳机输出。
5	8	SV <sub>SS</sub>	耳机放大器负电源。
6	9	HPS	耳机检测输入。
7	10	CPV <sub>DD</sub>	正电荷泵电源。
8	11	CPV <sub>SS</sub>	电荷泵输出。连接到 SV <sub>SS</sub> 。
9	12	C1N	电荷泵飞电容负端。
10	13	C1P	电荷泵飞电容正端。
11	14	CPGND	电荷泵地。
12	15	SEL1	选择立体声通道 1 输入。数字输入。驱动 SEL1 为高电平，选择输入 IN1L 和 IN1R。
13	16	SEL2	选择立体声通道 2 输入。数字输入。驱动 SEL2 为高电平，选择输入 IN2L 和 IN2R。
14	17	SELM	选择单声道输入。数字输入。驱动 SELM 为高电平，选择 MONO 输入。
15	18	$\overline{\text{SHDN}}$	关断。驱动 $\overline{\text{SHDN}}$ 为低电平禁用该器件。正常工作时将 $\overline{\text{SHDN}}$ 连接到 V <sub>DD</sub> 。
16	19	SYNC	频率选择与外部时钟输入。 SYNC = GND : f <sub>S</sub> = 1100kHz 的固定频率 PWM 模式。 SYNC = 浮空 : f <sub>S</sub> = 1450kHz 的固定频率 PWM 模式。 SYNC = V <sub>DD</sub> : f <sub>S</sub> = 1220kHz $\pm$ 120kHz 的扩频 PWM 模式。 SYNC = 同步时钟 : f <sub>S</sub> = 外部时钟频率的固定频率 PWM 模式。
17	20	PGND	扬声器放大器功率地。
18	21	OUT+	扬声器放大器正输出。
19	22	OUT-	扬声器放大器负输出。
20	23	PV <sub>DD</sub>	扬声器放大器电源。
21	24	GAIN2	增益控制输入 2。
22	25	GAIN1	增益控制输入 1。
23	26	MONO	单声道输入。
24	27	IN2L	立体声通道 2，左声道输入。
25	28	IN1L	立体声通道 1，左声道输入。
26	1	GND	地。
27	2	IN2R	立体声通道 2，右声道输入。
28	3	IN1R	立体声通道 1，右声道输入。
—	—	EP	裸焊盘。可以浮空或连接到 GND。连接至地平面有助于散热。

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

## 详细说明

MAX9770集成了一个单声道 1.2W D类扬声器放大器和立体声 80mW DirectDrive耳机放大器，并具有耳机检测与全面的杂音抑制功能。混音器/多路复用器可以在两路立体声输入信号源和一路单声道信号源之间进行选择、混音。MAX9770具有 85dB的高 PSRR、0.015%的低 THD、业界领先的杂音抑制性能以及低功耗关断模式。

## D类扬声器放大器

MAX9770 D类放大器采用无需滤波的低EMI、开关模式结构，以D类效率提供与AB类相似的性能。比较器监视MAX9770的输入，并将输入电压与锯齿波进行比较。当锯齿波输入幅度超过相应的输入电压时，比较器输出翻转。

表 1. 工作模式

SYNC INPUT	MODE
GND	FFPWM with $f_S = 1100\text{kHz}$
Unconnected	FFPWM with $f_S = 1450\text{kHz}$
VDD	SSPWM with $f_S = 1220\text{kHz} \pm 120\text{kHz}$
Clocked	FFPWM with $f_S = \text{external clock frequency}$

这两个比较器在第二个比较器输出跳变的上升沿后经过一段固定时间后复位，这就在第二个比较器的输出端产生了一个最小宽度  $t_{\text{ON(MIN)}}$  的脉冲(图 1)。随着输入电压增大或减小，一个输出脉冲持续时间增加(第一个比较器跳变点)，另一个输出脉冲持续时间仍保持  $t_{\text{ON(MIN)}}$ 。这就导致扬声器两端的净电压( $V_{\text{OUT+}} - V_{\text{OUT-}}$ )改变。

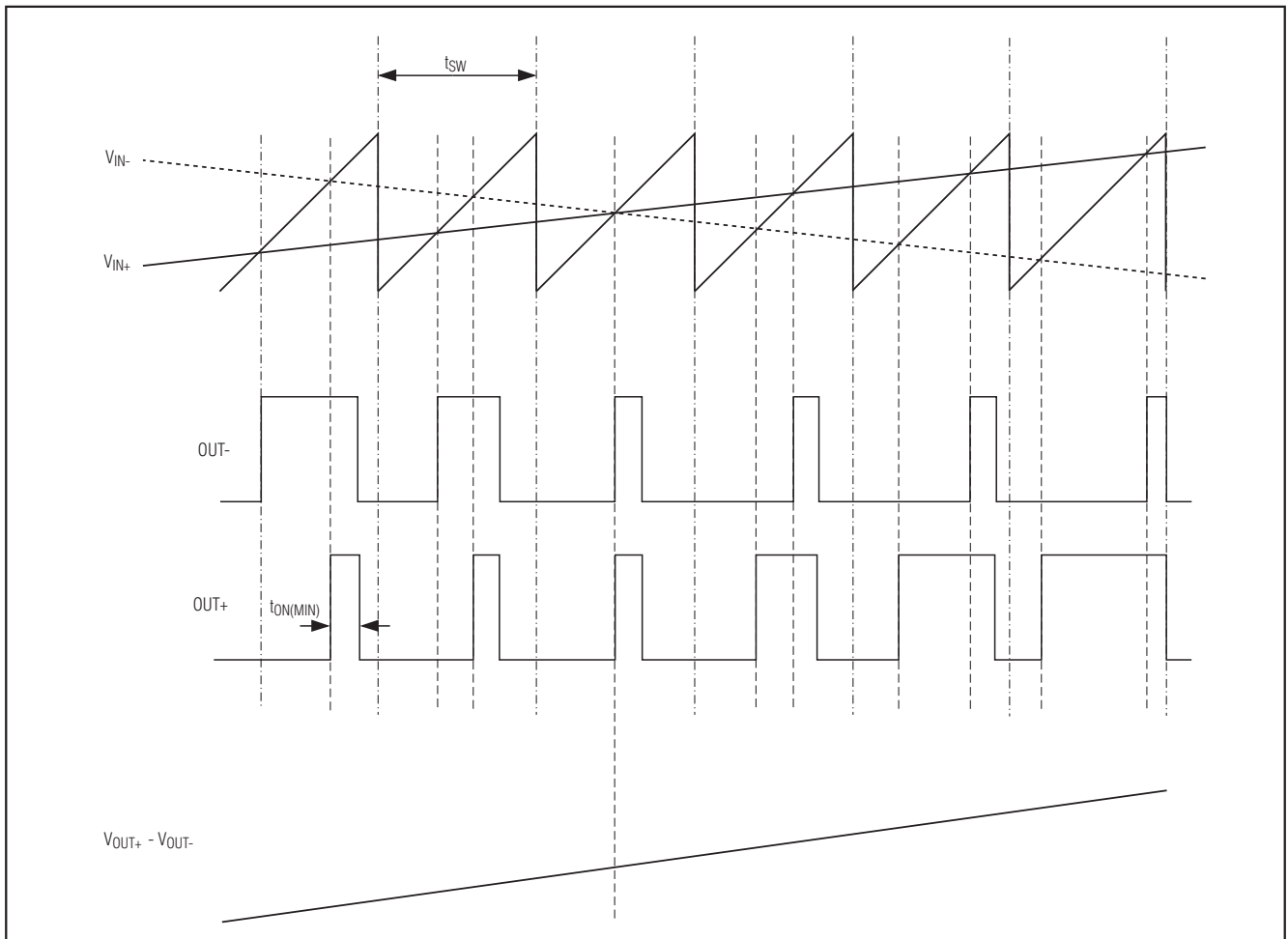


图1. 输入单路信号时 MAX9770 的输出

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

## 工作模式

电荷泵的开关频率是D类放大器开关频率的1/2，与工作模式无关。当SYNC由外部驱动时，电荷泵以 $1/2 f_{\text{SYNC}}$ 的频率切换。当 $\text{SYNC} = V_{\text{DD}}$ 时，电荷泵以扩频方式切换。

## 固定频率调制(FFM)模式

MAX9770具有两种FFM模式。这两种FFM模式通过SYNC来选择， $\text{SYNC} = \text{GND}$ 时为1.1MHz开关频率， $\text{SYNC} = \text{浮空}$ 时为1.45MHz开关频率。在FFM模式下，D类输出频谱由开关频率基波及其相关的谐波成份组成(参见典型工作特性中的Wideband Output Spectrum (Speaker Mode)曲线图)。当有一个或多个谐波频率落入敏感的频段时，MAX9770允许开关频率变化+32%。这种变化可以在工作中进行，不会影响再生的音频信号。

## 扩频调制(SSM)模式

MAX9770具有独特的、受专利保护的扩频模式，这种模式下将宽带频谱成份展平，使得通过扬声器或电缆辐射的EMI降低5dB。专有的技术确保开关频率的逐周期变化不会影响音频再生或效率(参见典型工作特性)。 $\text{SYNC} = V_{\text{DD}}$ 时设置为SSM模式。在SSM模式下，开关频率在中心频率(1.22MHz)附近随机变化 $\pm 120\text{kHz}$ 。调制方案不变，但是锯齿波的频率逐周期改变(图2)。这样，能量分散到随频率增长的整个带宽上，而不是将大量的频谱能量集中在开关频率的倍频处。在高于几MHz的频带上，EMI等效于宽带频谱的白噪声(图3)。

## 外部时钟模式

SYNC输入允许MAX9770与系统时钟同步(提供完全同步的系统)，或将开关谐波的频谱成份分配到不敏感的频段。在SYNC引脚施加800kHz至2MHz的外部时钟，可以同步D类放大器以及电荷泵的开关频率。SYNC的时钟周期可以是随机的，确保MAX9770与另一个工作在SSM模式下的扩频D类放大器同步。

## 无滤波调制/共模空闲方式

MAX9770采用Maxim独有的、已获专利的调制方案，可以省去传统D类放大器的LC滤波器，既提高了效率、减少了元件数，又节省了电路板空间和系统成本。无信号输入时，传统D类放大器输出为50%占空比的方波。如果没有滤波器，该方波则作为直流电压加在负载两端，产生一定的负载电流，增加了功耗。输入端没有信号时，输出开关波形如图4所示。由于MAX9770采用差分方式驱动扬声器，两路输出互相抵消，于是扬声器两端在空闲模式下的净电压为0，降低了功耗。

## 效率

D类放大器的效率由输出级晶体管的工作区决定。在D类放大器中，输出晶体管如同一个电流调整开关，所消耗的额外功率可以忽略不计。任何与D类输出级有关的功率损耗主要是由MOSFET导通电阻与消耗静态电流产生的 $I^2R$ 损耗。

线性放大器理论上的最佳效率为78%，不过该效率仅出现在输出功率的峰值处。标准工作电平(典型的音频再生电平)下，效率会下降到30%以下，然而，在相同条件下，MAX9770则可保持>80%的效率(图5)。

## DirectDrive

为获得最大的动态范围，传统的单电源耳机驱动器输出偏置为直流电压标称值(通常为电源的一半)。需要较大的耦合电容将耳机与该直流偏置隔离。若没有这些电容，就会有大量直流电流流入耳机，造成不必要的功耗，并可能对耳机与耳机放大器造成损坏。

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

MAX9770

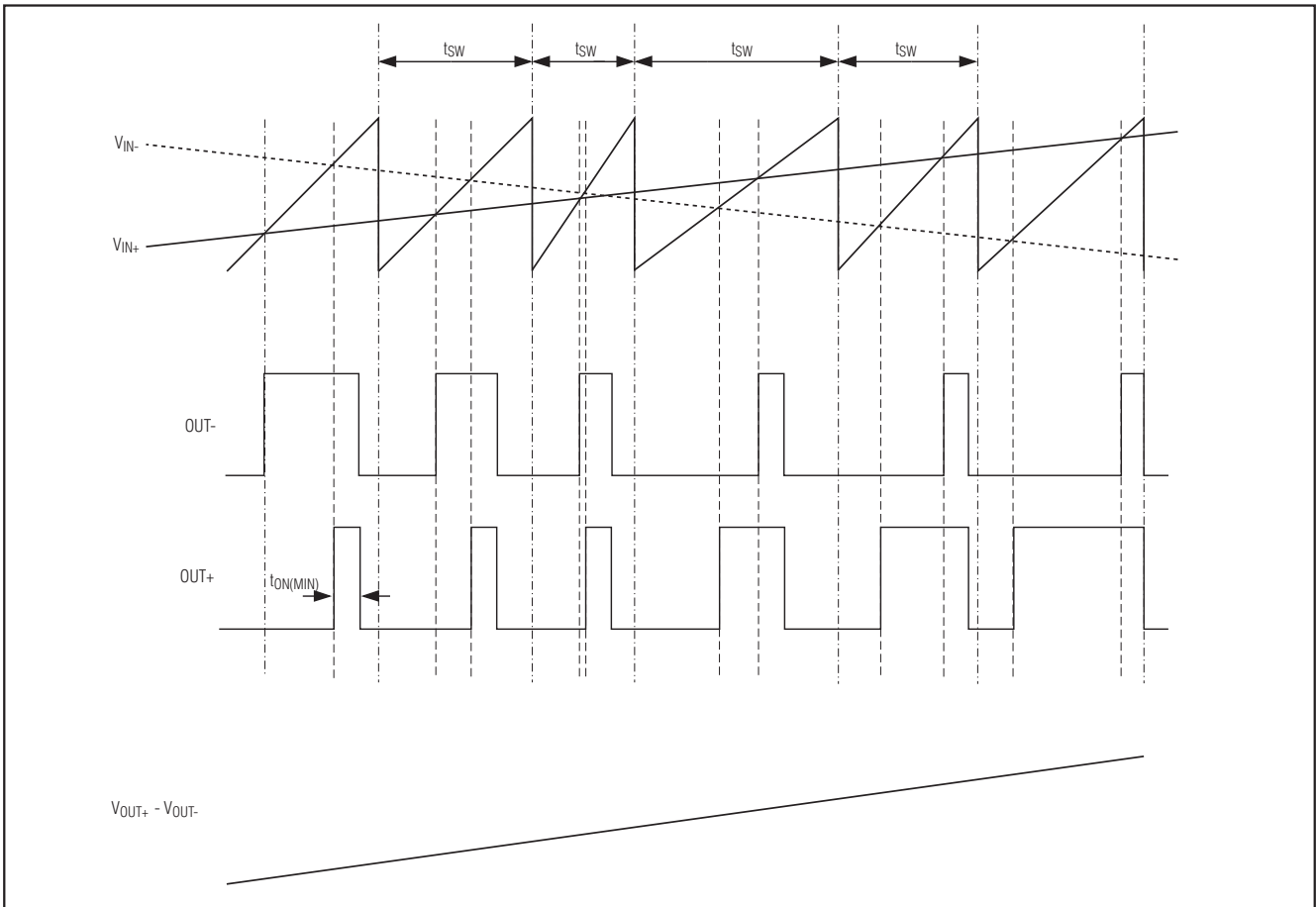


图2. 输入单路信号时 MAX9770 的输出(SSM 模式)

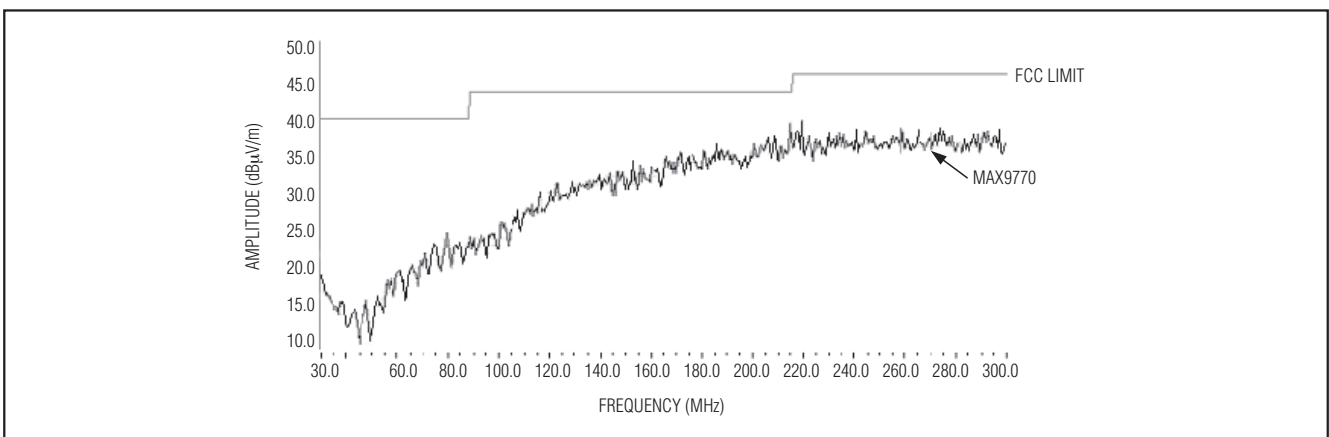


图3. 75mm 扬声器电缆传输时的MAX9770 EMI

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

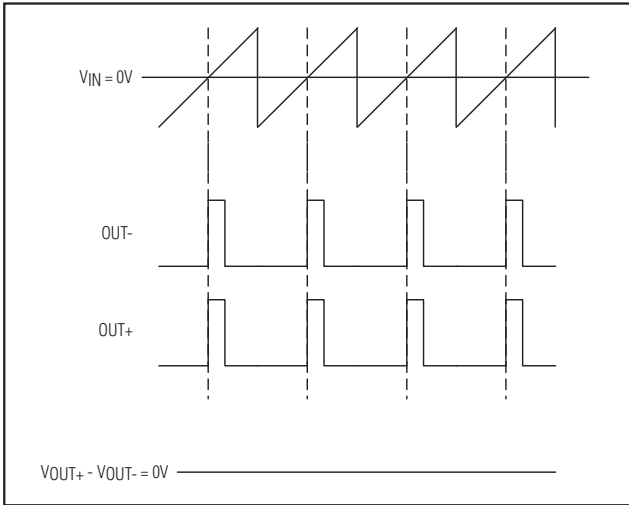


图4. 无输入信号时 MAX9770的输出

Maxim 专有的 DirectDrive 结构采用电荷泵产生内部负电源电压。这使得 MAX9770 耳机输出的偏置为 GND，其动态范围几乎是单电源下工作时的二倍。由于没有直流成分，所以不需要大的隔直电容。MAX9770 的电荷泵只需要两个小的陶瓷电容，而不是两个大的(典型值为 220 $\mu$ F) 钽电容，这样就节省了电路板空间，降低了成本，并改善了耳机驱动器的频率响应。关于电容选择的详细情况请参考典型工作特性中的 Output Power vs. Charge-Pump Capacitance and Load Resistance 曲线图。由于放大器的失调电压，会使驱动器输出存在较低的直流电压。不过，MAX9770 失调电压的典型值为 5mV，当与 32 $\Omega$  负载连接时，所产生的流入耳机的直流电流小于 160 $\mu$ A。

传统耳机放大器所需要的隔直电容除了成本与尺寸方面的缺点外，还限制了放大器的低频响应，并可能使音频信号失真。

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。这种方法带来了一些问题：

- 1) 当在单个连接器上使用麦克风与耳机的组合，麦克风的偏置方案通常需要一个 0V 参考。
- 2) 套管通常在机壳上接地。若使用偏置为摆幅中值的方法，则套管必须与系统地隔离，这就使产品设计变得复杂。

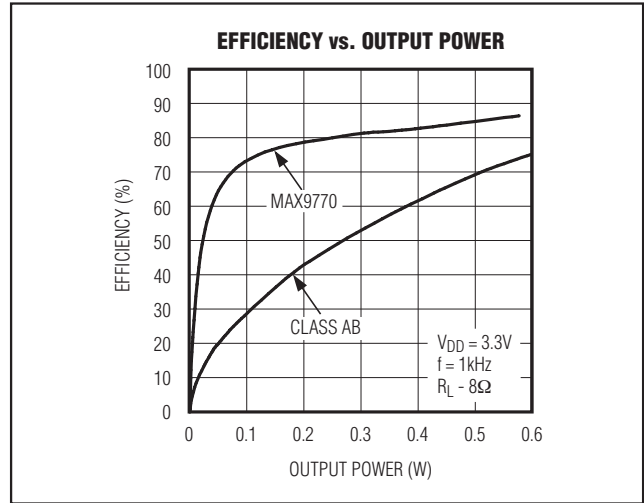


图5. MAX9770 效率与 AB 类效率

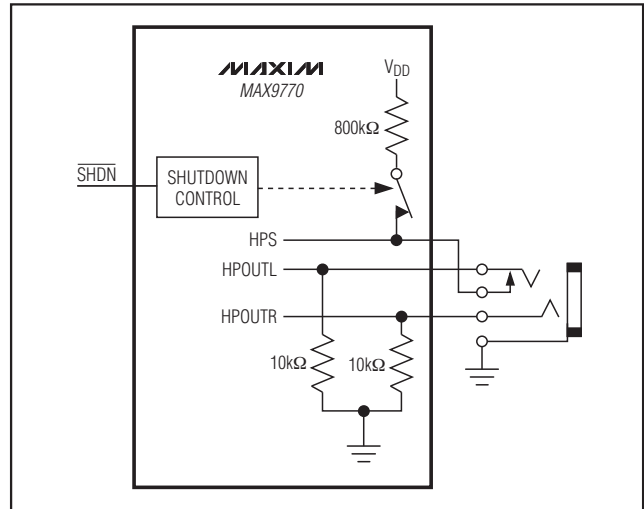


图6. HPS 配置

- 3) 在 ESD 冲击过程中，驱动器的 ESD 结构是通向系统地的唯一通路。因此驱动器必须能够承受全部的 ESD 冲击。
- 4) 将耳机插孔用作其他设备的线输出时，套管上的偏置电压可能与其他设备的地电势冲突，导致驱动器的损坏。

## 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

表2. MAX9770多路复用器/混音器设置

SEL1	SEL2	SELM	HEADPHONE MODE		SPEAKER MODE
			HPOUTL	HPOUTR	
0	0	0	MUTE	MUTE	MUTE
1	0	0	IN1L	IN1R	(IN1L + IN1R) / 2
0	1	0	IN2L	IN2R	(IN2L + IN2R) / 2
0	0	1	MONO	MONO	MONO
1	1	0	(IN1L + IN2L) / 2	(IN1R + IN2R) / 2	(IN1L + IN1R + IN2L + IN2R) / 4
1	0	1	(IN1L + MONO) / 2	(IN1R + MONO) / 2	(IN1L + IN1R + MONO × 2) / 4
0	1	1	(IN2L + MONO) / 2	(IN2R + MONO) / 2	(IN2L + IN2R + MONO × 2) / 4
1	1	1	(IN1L + IN2L + MONO) / 3	(IN1R + IN2R + MONO) / 3	(IN1L + IN1R + IN2L + IN2R + MONO × 2) / 6

### 电荷泵

MAX9770具有低噪声的电荷泵。电荷泵的开关频率是D类放大器开关频率的1/2，与工作模式无关。当SYNC采用外部驱动时，电荷泵开关频率是1/2  $f_{\text{SYNC}}$ 。当 $\text{SYNC} = V_{\text{DD}}$ 时，电荷泵以扩频方式切换。开关频率的标称值远远超过音频范围，因此不会干扰音频信号，能够得到101dB的SNR。开关驱动器具有经过控制的开关速度，使得由导通与关闭瞬间引起的噪声最小。通过限制电荷泵的开关速度，使得由绑定线与引线杂散电感引起的 $di/dt$ 噪声减小。还可以通过增大C2的容值增强高频噪声抑制(参见方框图)。电荷泵在扬声器和耳机模式下均保持有效状态。

### 输入多路复用器/混音器

MAX9770具有输入多路复用器/混音器，允许对多路不同的音频信号源进行选择/混音。通过驱动某个SEL\_输入为高电平来选择输入通道(参见表2)，该音频信号将输出到有效的放大器中。在扬声器模式下选择立体声通道时，左、右声道输入衰减6dB，并混合在一起，从立体声信号中得到一路真正的单声道信号。当选择一个以上的信号通道时，信号源在混音前被衰减，以保持整体的幅值。例如，在耳机模式下，选择两个信号源得到6dB的衰减，选择3个信号源得到9.5dB的衰减。表2给出了不同输入选择情况下的输入信号衰减和混音。

### 耳机检测输入(HPS)

耳机检测输入(HPS)监视耳机插孔，并基于HPS引脚上施加的电压自动配置器件。低于0.8V的电压将器件设置为扬声器模式。高于2V的电压将禁用桥式放大器，并启动耳机放大器。

对于自动耳机检测，将HPS连接到3线耳机插孔的控制引脚，如图6所示。没有连接耳机时，耳机放大器的输出阻抗将HPS拉至0.8V以下。当耳机插头插入插孔时，控制引脚从触点断开，内部800kΩ的上拉电阻将HPS上拉至 $V_{\text{DD}}$ 。使用外部逻辑信号源驱动HPS时，在MAX9770关断时，将HPS接地。用一个10kΩ电阻与HPS串联，这样耳机插孔可以确保±8kV的ESD保护。

### BIAS

MAX9770具有内部产生的、与电源无关的、以GND为参考的共模偏置电压。BIAS不仅提供杂音抑制，而且为放大器设定直流偏置电压。按照BIAS电容部分的说明选择旁路电容。不要在BIAS引脚施加外部负载。任何负载都会降低BIAS电压，影响器件的整体性能。

### 增益选择

MAX9770具有逻辑选择的内部设定增益。GAIN1与GAIN2用来设定MAX9770扬声器与耳机放大器的增益，如表3所示。

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器，带立体声DirectDrive耳机放大器

表3. 增益选择

GAIN1	GAIN2	MAX9770 SPEAKER GAIN (dB)	HEADPHONE GAIN (dB)
0	0	6	7
0	1	3	4
1	0	9	-2
1	1	0	1

表4. 与HPS连接有关的增益设置

GAIN1	GAIN2	MAX9770 SPEAKER MODE GAIN (HPS = 0) (dB)	HEADPHONE MODE GAIN (HPS = 1) (dB)
HPS	0	6	-2
HPS	1	3	1
0	HPS	6	4
1	HPS	9	1
HPS	HPS	6	1
0	0	6	7
0	1	3	4
1	0	9	-2
1	1	0	1

MAX9770通过配置，可以自动地在两种增益间转换，这取决于器件是处于扬声器模式还是耳机模式。通过HPS驱动一个或两个增益输入，器件的增益随耳机的插入或拔出而变化。例如，方框图中，HPS连接到GAIN2，而GAIN1连接到V<sub>DD</sub>。在这种配置下，扬声器模式下的增益为9dB，而耳机模式下的增益为1dB。表4给出了与HPS连接有关的增益设置。

## 关断

MAX9770具有0.1μA低功耗关断模式，可以降低静态电流损耗并延长电池寿命。驱动 $\overline{\text{SHDN}}$ 为低电平，将禁用驱动器放大器、偏置电路以及电荷泵。在关断模式下，偏置被驱动到GND，耳机放大器输出阻抗为10kΩ。正常工作时将 $\overline{\text{SHDN}}$ 连接到V<sub>DD</sub>。

## 杂音抑制

### 扬声器放大器

MAX9770扬声器放大器具有全面的杂音抑制，可以消除启动与关断时的瞬态噪声。关断时，H桥处于高阻状态。启动或上电时，输入放大器被静音，内部回路将调制器偏置电压设置到正确的电平，避免了随后H桥使能时的咔嗒/噤声。启动后30ms，软启动功能逐渐取消输入放大器的静音状态。

### 耳机放大器

在传统的单电源耳机驱动器中，输出耦合电容是导致咔嗒/噤声的主要原因。上电时，驱动器将耦合电容充电至偏置电压，通常是电源的一半。同样地，在关断时，电容被放电到GND。这就引起了电容器两端的直流漂移，从而导致了扬声器的瞬态噪声。由于MAX9770耳机放大器不需要输出耦合电容，因此不会出现这样的现象。

另外，MAX9770具有更广泛的杂音抑制，可以消除器件内部的音频瞬变源。典型工作特性中的Exiting Shutdown (Headphone Mode)和Entering Shutdown (Headphone Mode)波形表明：上电和关断时输出在音频范围内的频谱成份最小。

在绝大多数应用中，驱动MAX9770的前置放大器输出具有直流偏置，其典型值是电源电压的一半。启动过程中，输入耦合电容通过MAX9770的R<sub>F</sub>充电至前置放大器的直流偏置电压，引起电容两端的直流漂移以及杂音。50ms的内部延时消除了由输入滤波器引起的杂音。

## 应用信息

### 无滤波工作

传统的D类放大器需要用输出滤波器从放大器输出恢复音频信号。滤波器增加了成本，也增大了放大器的尺寸，并会降低效率。传统的PWM结构采用较大的差分输出摆幅(2 x V<sub>DD</sub>峰-峰值)，产生较大的纹波电流。滤波元件的任何寄生电阻都会导致功率损耗、降低效率。

MAX9770不需要输出滤波器。该器件利用扬声器线圈自身的电感和扬声器与人耳的天然滤波作用从方波输出中恢复音频信号。由于省去了输出滤波器，可以获得更小、更便宜、效率更高的解决方案。



## 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器，带立体声DirectDrive耳机放大器

由于MAX9770的输出频率远远超出了大多数扬声器的带宽，由方波频率引起的音频线圈的偏移非常小。尽管这种偏移很小，若扬声器未经专门设计能够处理额外功率的话，还是可能被损坏。为获得最佳效果，可以用一个等效串联电感大于10 $\mu$ H的扬声器。典型的8 $\Omega$ 扬声器等效串联电感在20 $\mu$ H至100 $\mu$ H范围内。

### 输出失调

与AB类放大器不同的是，D类放大器在加上负载后其输出失调电压不会明显增大静态电流。这是由于D类放大器是功率转换电路。例如，在AB类器件中，15mV的直流失调电压通过8 $\Omega$ 负载会额外消耗1.9mA的电流。而对D类器件来说，15mV的失调电压通过8 $\Omega$ 负载时仅消耗28 $\mu$ W的额外功率。正是由于D类放大器的高效率，器件吸取的额外静态电流仅为： $28\mu\text{W}/(V_{\text{DD}}/100 \times \eta)$ ，只有几个微安。

### 电源

MAX9770器件的不同部分采用不同的电源，以得到空间、耗散功率与噪声抑制之间的最优组合。扬声器放大器从PV<sub>DD</sub>获取电源。PV<sub>DD</sub>的取值范围为2.5V至5.5V。耳机放大器从V<sub>DD</sub>与SV<sub>SS</sub>获取电源。V<sub>DD</sub>是耳机放大器的正电源，取值范围为2.5V至5.5V。SV<sub>SS</sub>是耳机放大器的负电源。连接SV<sub>SS</sub>与CPV<sub>SS</sub>。电荷泵由CPV<sub>DD</sub>供电，CPV<sub>DD</sub>的取值范围为2.5V至5.5V，并且必须与V<sub>DD</sub>保持相同电位。电荷泵将CPV<sub>DD</sub>电压反相，得到的电压由CPV<sub>SS</sub>提供。该器件的其余部分由V<sub>DD</sub>供电。

### 元件选择

#### 输入滤波器

输入电容(C<sub>IN</sub>)与放大器输入电阻(R<sub>IN</sub>)一起构成了高通滤波器，可以消除输入信号中的直流偏置(参见方框图)。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点为：

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

R<sub>IN</sub>是Electrical Characteristics中给出的放大器内部输入电阻值。应当注意的是，MONO输入比其他输入端具有更低的输入阻抗。根据上式选择合适的C<sub>IN</sub>，使f<sub>-3dB</sub>低于感兴趣的最低频率。如果f<sub>-3dB</sub>设置过高，会影响放大器的低频响应。如果f<sub>-3dB</sub>设置过低，会影响杂音抑制性能。选用电介质为低电压系数的电容，如钽或铝电解电容。陶瓷电容等高电压系数的电容可能会导致低频失真加剧。

#### 输出滤波器

MAX9770扬声器放大器不需要输出滤波器即可正常工作、恢复音频信号。该器件在100mm非屏蔽扬声器电缆应用中能够满足FCC B类辐射标准的要求。当然，当设计中存在电路板布局或电缆长度引起的辐射或是电路靠近EMI敏感器件时，可以使用输出滤波。若电路板空间有限并需要考虑抑制辐射，可以在扬声器输出端串联一个共模抑制器。需要延长扬声器电缆时，可以采用LC滤波器。

#### BIAS电容

BIAS是内部产生的直流偏置电压输出端。BIAS旁路电容C<sub>BIAS</sub>通过降低共模偏置节点的电源噪声及其他噪声源来改善PSRR与THD+N，并为扬声器放大器产生无杂音的启动/关断直流偏置波形。用一个0.047 $\mu$ F电容将BIAS旁路至GND。

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

表 5. 推荐电容制造商

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEBSITE
Taiyo Yuden	800-348-2496	847-925-0899	www.t-yuden.com
TDK	807-803-6100	847-390-4405	www.component.tdk.com

## 电荷泵电容选择

为了获得最佳性能，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电阻最小。绝大多数表面贴装陶瓷电容都满足ESR要求。为了在扩展级温度范围内获得最佳性能，应选择电介质为X7R的电容。表5列出了推荐的制造商。

## 飞电容(C1)

飞电容(C1)的大小会影响负载调节能力以及电荷泵的输出电阻。C1过小，器件提供充足电流驱动的能力就会变差，将导致输出电压跌落。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。电容大于1μF时，开关的导通电阻以及C1与C2的ESR占主导地位。

## 输出电容(C2)

输出电容的大小和ESR直接影响CPV<sub>SS</sub>处的纹波。增大C2可以减小输出纹波。同样，减小C2的ESR可以同时减小纹波与输出电阻。较低的电容值可以用在最大输出功率较低的系统。参见典型工作特性中的Output Power vs. Charge-Pump Capacitance and Load Resistance曲线图。

## CPV<sub>DD</sub>旁路电容

CPV<sub>DD</sub>旁路电容(C3)降低了电源的输出阻抗，并减小了MAX9770电荷泵开关瞬变的影响。用与C1等值的C3旁路CPV<sub>DD</sub>，并将其尽可能靠近CPV<sub>DD</sub>与PGND摆放(推荐的线路布局参见MAX9770评估板)。

## 布线与接地

适当的布线与接地是获得最佳性能的关键。电源输入与放大器输出应使用宽引线，以减小由寄生电阻引起的损耗。良好的接地可以改善音频性能，减小通道间的串扰，并防止任何开关噪声耦合到音频信号中。将CPGND、PGND与GND在PCB上单点连接。布线时使CPGND与所有传送开关瞬变信号的引线远离GND、PGND以及音频信号通道的引线和元件。

将与电荷泵有关的所有元件(C2与C3)连接至CPGND平面。将SV<sub>SS</sub>与CPV<sub>SS</sub>在器件处连接在一起。将电荷泵电容(C1、C2与C3)尽可能靠近器件摆放。用1μF电容将V<sub>DD</sub>与PV<sub>DD</sub>旁路到GND。将旁路电容尽可能靠近器件摆放。

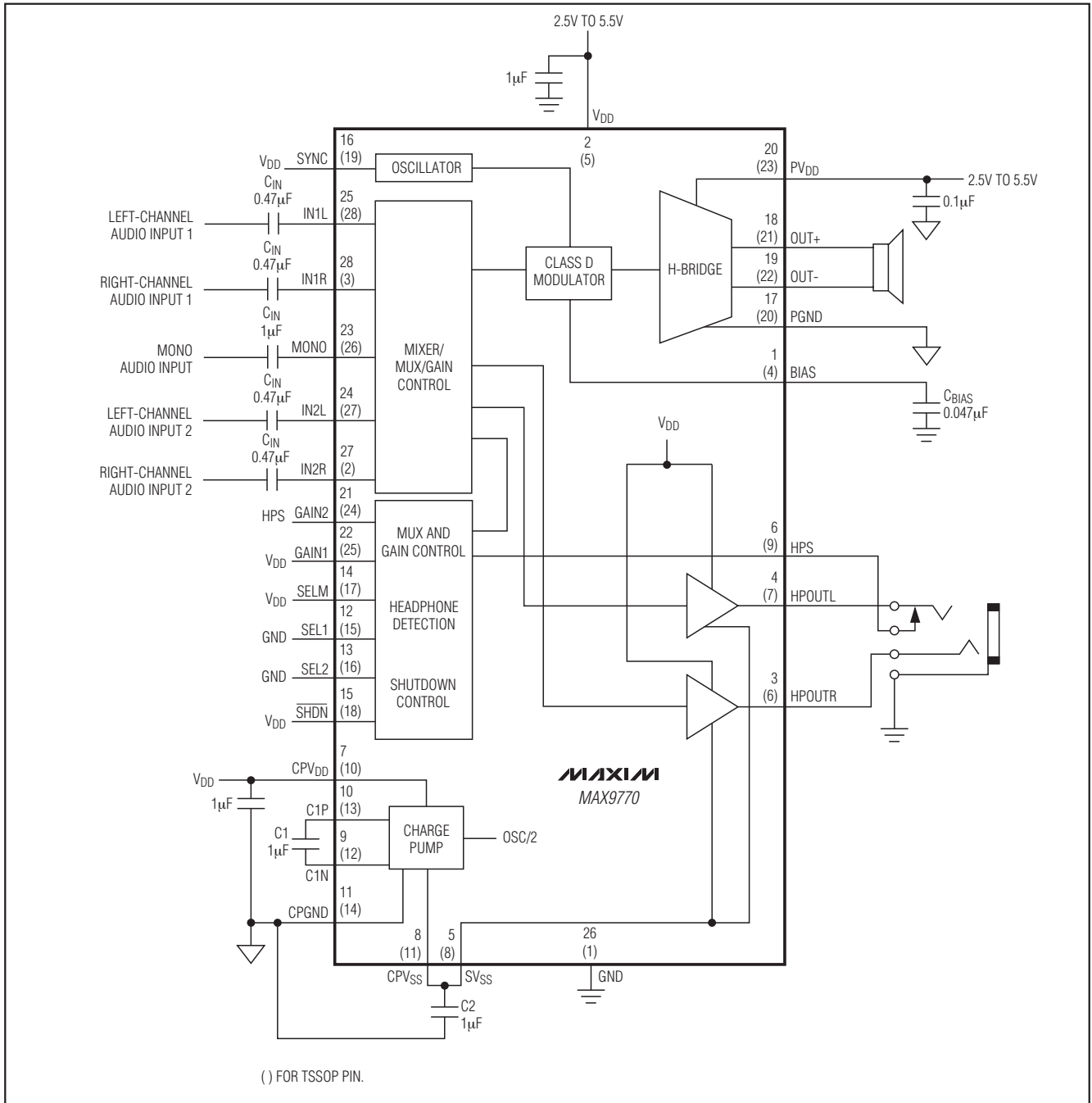
使用较宽的低电阻输出引线。由于负载阻抗减小，器件输出电流增大。在较高的电流下，输出引线的电阻降低了传输到负载的功率。输出、电源以及GND采用宽引线也会改善器件的功率耗散。

MAX9770的薄型QFN封装的下方具有散热裸焊盘。该焊盘提供了直接导热通道，减小封装的热阻。由于MAX9770 D类放大器具有很高的效率，不需要额外的散热。若需要额外的散热，则将裸焊盘连接到GND。推荐的元件数值与布线指南参见MAX9770评估板数据资料。

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

方框图

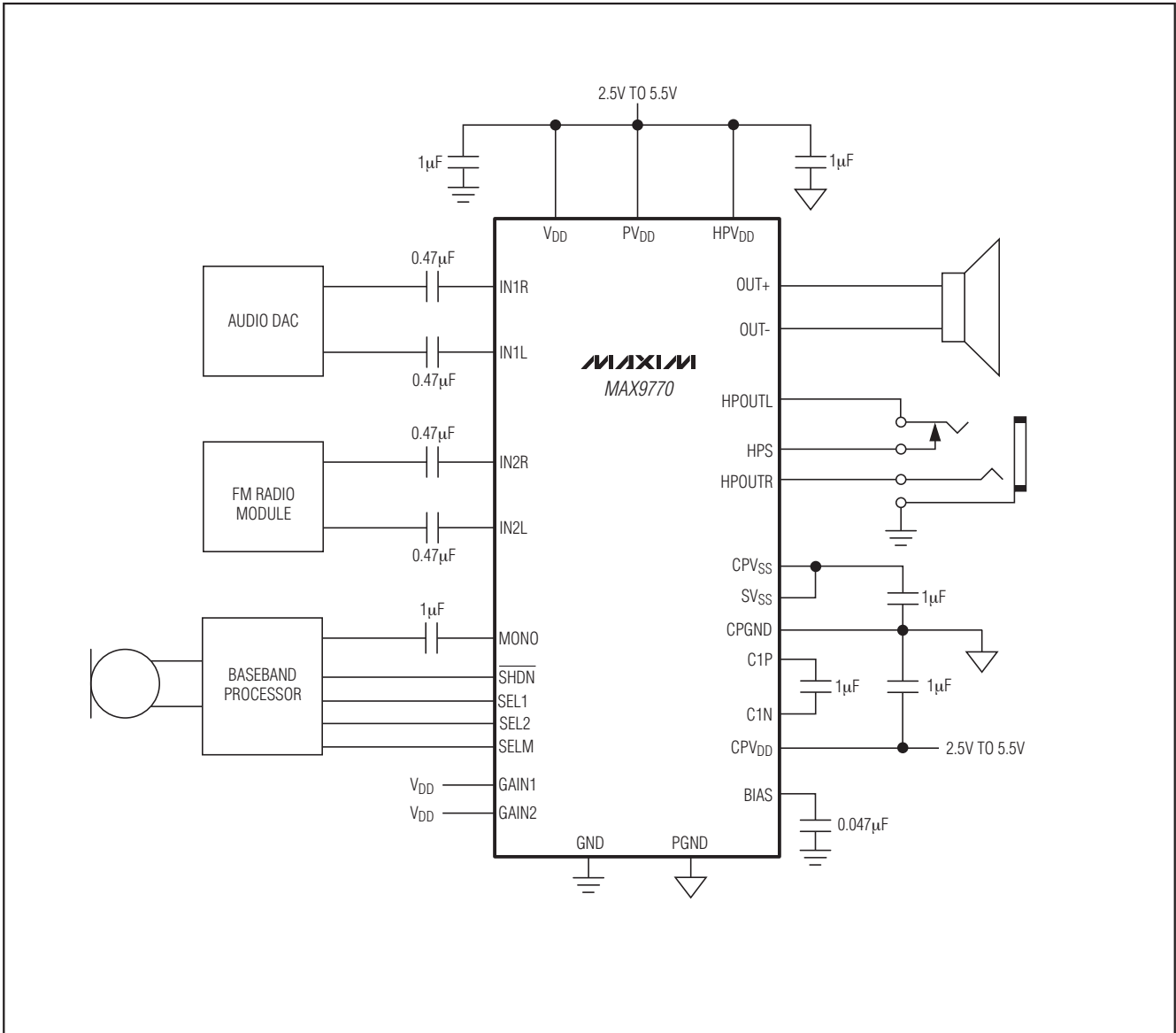
MAX9770



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

MAX9770

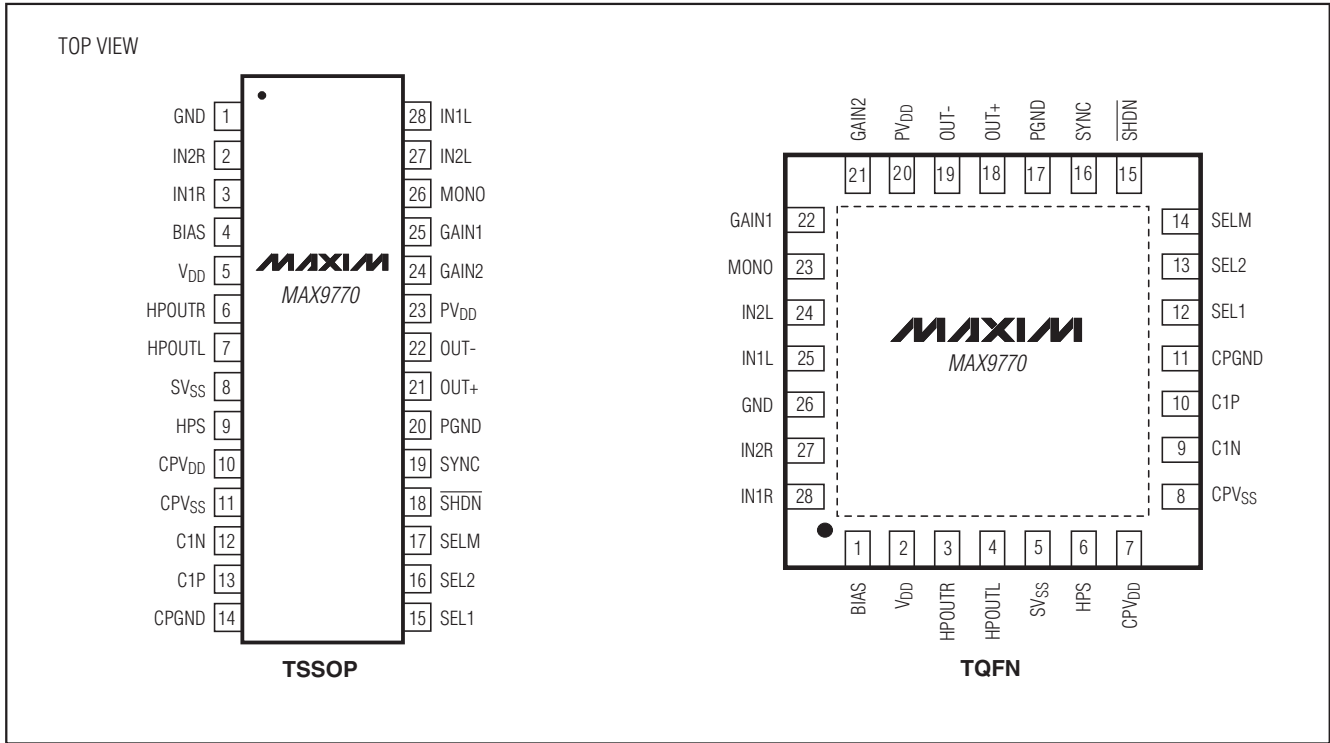
系统框图



# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

引脚配置

MAX9770



## 芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 7020  
PROCESS: BiCMOS

## 封装信息

(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).)

封装类型	封装编码	文档编号
28 TQFN-EP	T2855N-1	<b>21-0140</b>
28 TSSOP	U28-1	<b>21-0066</b>

# 1.2W、低EMI、无需滤波、单声道D类放大器， 带立体声DirectDrive耳机放大器

修订历史

修订次数	修订日期	说明	修改页
2	4/08	从数据资料中删除了MAX9772。	1-21

## Maxim北京办事处

北京 8328信箱 邮政编码 100083  
免费电话：800 810 0310  
电话：010-6211 5199  
传真：010-6211 5299

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。

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