

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

### 概述

MAX9759单声道D类、音频功率放大器能够以D类放大器的效率提供AB类放大器的性能，无需散热器，可有效延长电池寿命。MAX9759能够以高于90%的效率为4Ω负载提供高达3.2W的连续功率。Maxim的新一代低EMI调制方案使该放大器无需外部LC滤波器，即可满足FCC EMI辐射标准的要求。

MAX9759提供两种调制方案：固定频率调制(FFM)模式与扩频调制(SSM)模式，SSM模式可以展平宽带频谱分量，降低了调制频率引起的EMI辐射。另外，MAX9759振荡器可以通过SYNC输入与外部时钟同步，开关频率范围为1000kHz至1600kHz。MAX9759的SYNC输入和SYNC\_OUT输出允许多个Maxim的D类放大器级联，并锁定频率，以减小时钟互调引起的干扰。MAX9759采用全差分输入放大器、全桥输出，同时还具有完备的杂音抑制功能，以及四种可选增益设置(6dB、12dB、18dB和24dB)。

MAX9759具有高达81dB的PSRR、低至0.02%的THD+N和高于90dB的SNR。短路与热过载保护可避免故障条件下损坏器件。MAX9759采用5V单电源供电，电源电流为8.4mA，采用16引脚薄型QFN (4mm x 4mm x 0.8mm)封装。MAX9759工作于扩展级温度范围(-40°C至+85°C)。

### 应用

蜂窝电话/PDA  
笔记本电脑  
便携式DVD播放器  
平板PC监视器  
LCD TV  
LCD投影仪

### 特性

- ◆ 为4Ω负载提供高达3.2W的功率(THD+N = 10%)
- ◆ 放大器无需滤波器即可满足FCC辐射标准(7.6cm电缆传输线)
- ◆ 效率高达92%
- ◆ 高PSRR (1kHz时81dB)
- ◆ THD+N低至0.02%
- ◆ 外部时钟同步允许多个Maxim D类放大器级联
- ◆ 3.0V至5.5V单电源工作
- ◆ 可通过引脚选择增益(6dB、12dB、18dB和24dB)
- ◆ 内置杂音抑制电路
- ◆ 低静态电流(8.4mA)
- ◆ 低功耗关断模式(10μA)
- ◆ 静音功能
- ◆ 短路与热过载保护
- ◆ 采用高效散热封装  
16引脚TQFN封装(4mm x 4mm x 0.8mm)

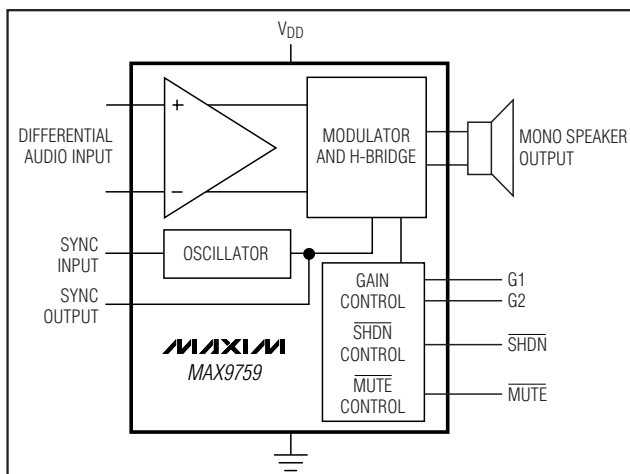
### 订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PKG CODE
MAX9759ETE+	-40°C to +85°C	16 TQFN-EP*	T1644-4

+ 表示无铅封装。

\*EP = 裸焊盘。

### 简化方框图



引脚配置在数据资料的最后给出。

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V<sub>DD</sub> to GND ..... 6V  
 PV<sub>DD</sub> to PGND ..... 6V  
 GND to PGND ..... -0.3V to +0.3V  
 All Other Pins to GND ..... -0.3V to (V<sub>DD</sub> + 0.3V)  
 Continuous Current Into/Out of PV<sub>DD</sub>/PGND/OUT+/OUT- ..... 1.7A  
 Duration of OUT+ or OUT- Short Circuit to  
 V<sub>DD</sub>/GND/PV<sub>DD</sub>/PGND ..... Continuous  
 Duration of Short Circuit Between OUT+ and OUT- ..Continuous

Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)  
 16-Pin TQFN (derate 16.9mW/°C above +70°C) ..... 1349.1mW  
 Junction Temperature ..... +150°C  
 Operating Temperature Range ..... -40°C to +85°C  
 Storage Temperature Range ..... -65°C to +150°C  
 Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C  
 ESD Protection (+IBM) ..... ±2kV

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> = 5.0V)

(V<sub>DD</sub> = PV<sub>DD</sub> =  $\overline{\text{SHDN}}$  =  $\overline{\text{MUTE}}$  = 5V, GND = PGND = 0V, SYNC = 0V (FFM). Gain = 12dB (G1 = 0, G2 = 1). Speaker load resistor (R<sub>L</sub>) connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, 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.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>						
Supply Voltage Range	V <sub>DD</sub>	Inferred from PSRR test	3.0		5.5	V
Quiescent Current	I <sub>DD</sub>	No load		8.4	12	mA
Mute Current	I <sub>MUTE</sub>	V <sub>MUTE</sub> = 0V		5.5	8	mA
Shutdown Current	I <sub>DD</sub> ( $\overline{\text{SHDN}}$ )	V <sub>SHDN</sub> = 0V		0.1	10	μA
Shutdown to Full Operation	t <sub>SON</sub>			40		ms
Mute to Full Operation	t <sub>MUTE</sub>			40		ms
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	f = 1kHz, input referred, V <sub>IN</sub> = 200mV <sub>p-p</sub>		67		dB
Input DC Bias Voltage	V <sub>CM</sub>		1.3	1.5	1.7	V
Input Resistance	R <sub>IN</sub>	Gain = +24dB	14	20	26	kΩ
		Gain = +18dB	25	36	47	
		Gain = +12dB	40	60	80	
		Gain = +6dB	60	90	120	
Voltage Gain	A <sub>v</sub>	G1 = 0, G2 = 0	+22	+24	+26	dB
		G1 = 1, G2 = 0	+16	+18	+20	
		G1 = 0, G2 = 1	+10	+12	+14	
		G1 = 1, G2 = 1	+4	+6	+8	
Output Offset Voltage	V <sub>OS</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C		±10	±50	mV
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	V <sub>DD</sub> = 4.5V to 5.5V	62	90		dB
		200mV <sub>p-p</sub> ripple		f <sub>RIIPPLE</sub> = 217Hz	79	
				f <sub>RIIPPLE</sub> = 1kHz	81	
				f <sub>RIIPPLE</sub> = 20kHz	70	

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

MAX9759

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>DD</sub> = 5.0V) (continued)

(V<sub>DD</sub> = P<sub>VDD</sub> =  $\overline{\text{SHDN}}$  =  $\overline{\text{MUTE}}$  = 5V, GND = PGND = 0V, SYNC = 0V (FFM). Gain = 12dB (G1 = 0, G2 = 1). Speaker load resistor (R<sub>L</sub>) connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, 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.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS	
Output Power	P <sub>OUT</sub>	THD+N = 1%		R <sub>L</sub> = 3Ω	3.4			W	
				R <sub>L</sub> = 4Ω	2.6				
				R <sub>L</sub> = 8Ω	1.4				
		THD+N = 10%		R <sub>L</sub> = 3Ω	4.3				
				R <sub>L</sub> = 4Ω	3.2				
				R <sub>L</sub> = 8Ω	1.8				
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f <sub>IN</sub> = 1kHz, either FFM or SSM, P <sub>OUT</sub> = 1W		R <sub>L</sub> = 3Ω	0.08			%	
				R <sub>L</sub> = 4Ω	0.05				
				R <sub>L</sub> = 8Ω	0.02				
Signal-to-Noise Ratio	SNR	P <sub>OUT</sub> = 1W, R <sub>L</sub> = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz		FFM	93			dB
					SSM	89			
			A-weighted		FFM	96			
					SSM	92			
Oscillator Frequency	f <sub>OSC</sub>	SYNC = GND (FFM mode)			1000	1100	1200	kHz	
		SYNC = FLOAT (FFM mode)			1102	1500	1837		
		SYNC = V <sub>DD</sub> (SSM mode)			1200 ±70				
SYNC Frequency Lock Range		TTL-compatible clock input			1000		1600	kHz	
Click-and-Pop Level	K <sub>CP</sub>	Peak voltage, A-weighted, 32 samples per second (Notes 3, 4)		Into shutdown	-50			dBV	
				Out of shutdown	-57				
Efficiency	η	P <sub>OUT</sub> = 1W, f <sub>IN</sub> = 1kHz, R <sub>L</sub> = 8Ω in series with 68μH			92			%	
DIGITAL INPUTS (SHDN, MUTE, G1, G2, SYNC)									
SYNC, G1, G2 Input Voltage High	V <sub>INH</sub>				V <sub>DD</sub> × 0.9			V	
SYNC, G1, G2 Input Voltage Low	V <sub>INL</sub>				V <sub>DD</sub> × 0.1			V	
SHDN, MUTE Voltage High	V <sub>INH</sub>				2			V	
SHDN, MUTE Voltage Low	V <sub>INL</sub>				0.8			V	
SYNC Input Resistance					200			kΩ	
SYNC Input Current					±35			μA	
SHDN, MUTE, G1, G2 Input Current					±1			μA	
SYNC Capacitance					10			pF	
DIGITAL OUTPUTS (SYNC_OUT)									
Output Voltage High	V <sub>OH</sub>	I <sub>OH</sub> = 3mA			2.4			V	
Output Voltage Low	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 3mA			0.4			V	
SYNC_OUT Capacitive Drive		TTL-compatible clock output			100			pF	

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>DD</sub> = 3.3V)

(V<sub>DD</sub> = P<sub>VDD</sub> =  $\overline{\text{SHDN}}$  =  $\overline{\text{MUTE}}$  = 3.3V, GND = PGND = 0V, SYNC = GND (FFM). Gain = 12dB (G1 = 0, G2 = 1). Speaker load resistor (R<sub>L</sub>) connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted. 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.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Quiescent Current	I <sub>DD</sub>			6		mA
Mute Current	I <sub>MUTE</sub>	V <sub>MUTE</sub> = 0V		5		A
Shutdown Current	I <sub>SHDN</sub>	V <sub>SHDN</sub> = 0V		0.1		μA
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	f = 1kHz, input referred		67		dB
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	V <sub>DD</sub> = 3.0V to 5.5V	50	72		dB
		200mV <sub>P-P</sub> ripple	f <sub>RIPPLE</sub> = 217Hz	79		dB
			f <sub>RIPPLE</sub> = 1kHz	81		
			f <sub>RIPPLE</sub> = 20kHz	70		
Output Power	P <sub>OUT</sub>	THD+N = 1%	R <sub>L</sub> = 3Ω	1.5		W
			R <sub>L</sub> = 4Ω	1.1		
			R <sub>L</sub> = 8Ω	0.65		
		THD+N = 10%	R <sub>L</sub> = 3Ω	1.8		
			R <sub>L</sub> = 4Ω	1.3		
			R <sub>L</sub> = 8Ω	0.78		
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f = 1kHz, either FFM or SSM, P <sub>OUT</sub> = 500mW	R <sub>L</sub> = 3Ω	0.06		%
			R <sub>L</sub> = 4Ω	0.04		
			R <sub>L</sub> = 8Ω	0.02		
Signal-to-Noise Ratio	SNR	P <sub>OUT</sub> = 500mW, R <sub>L</sub> = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	93	dB
				SSM	89	
			A-weighted	FFM	96	
				SSM	92	

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

**Note 2:** Testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For R<sub>L</sub> = 4Ω, L = 33μH. For R<sub>L</sub> = 8Ω, L = 68μH.

**Note 3:** Inputs AC-coupled to GND.

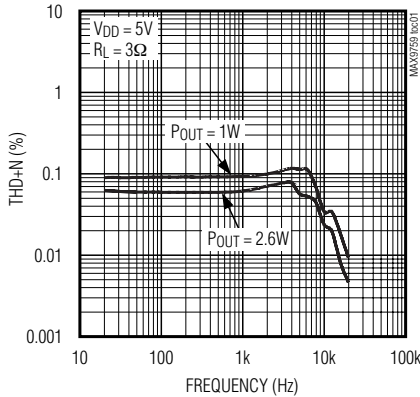
**Note 4:** Testing performed with 8Ω resistive load in series with a 68μH inductive load across BTL outputs. Mode transitions are controlled by the  $\overline{\text{SHDN}}$  pin.

# 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

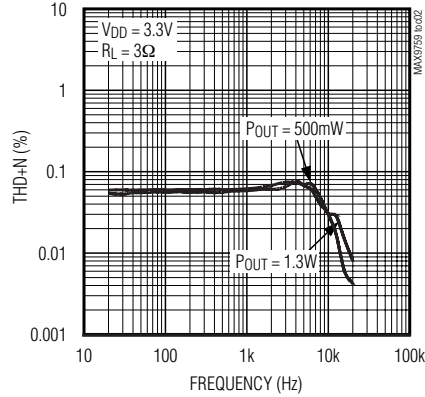
## 典型工作特性

( $V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = \overline{MUTE} = 5V$ ,  $GND = PGND = 0V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), unless otherwise noted. Gain = 12dB ( $G1 = 0$ ,  $G2 = 1$ ). THD+N measurement bandwidth: 22Hz to 22kHz. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (See *Typical Operating Circuit*)

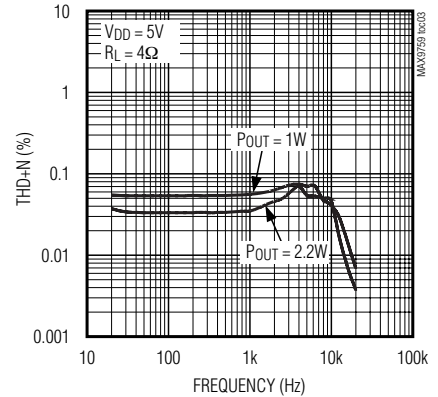
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



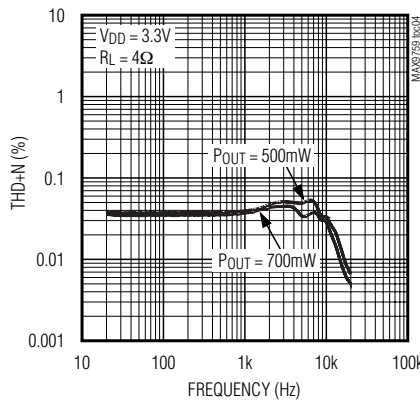
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



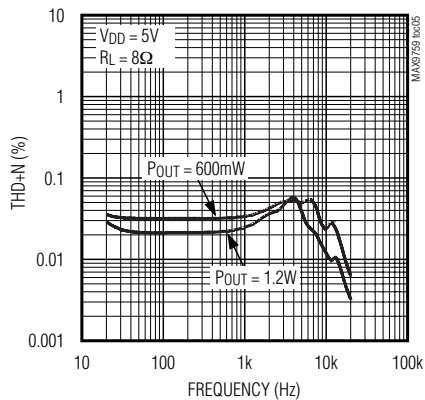
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



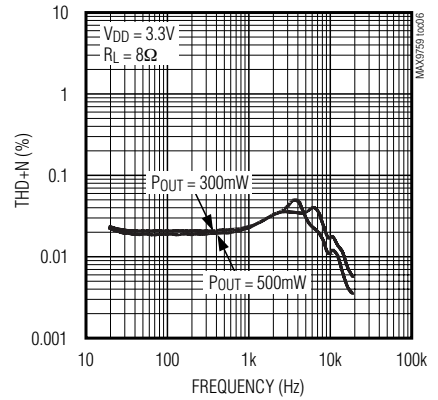
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



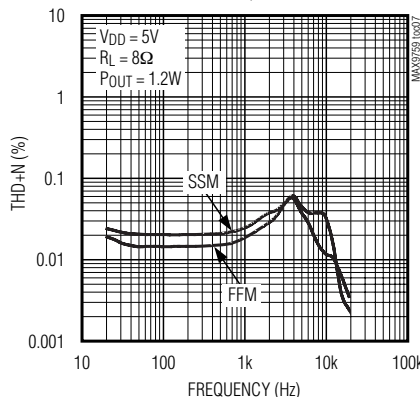
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



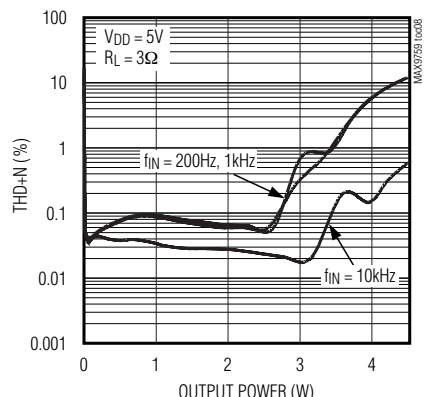
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



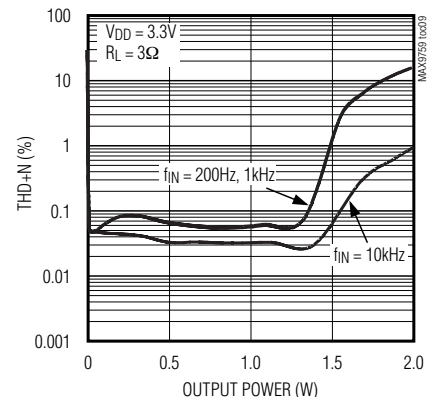
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE  
vs. FREQUENCY**



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



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

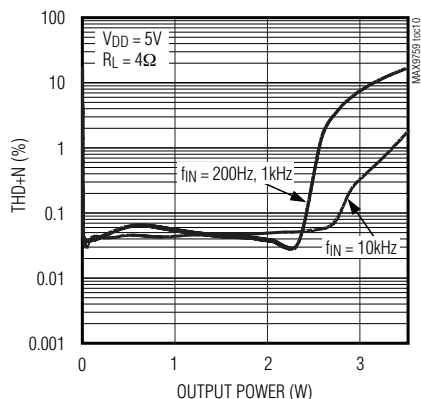


## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

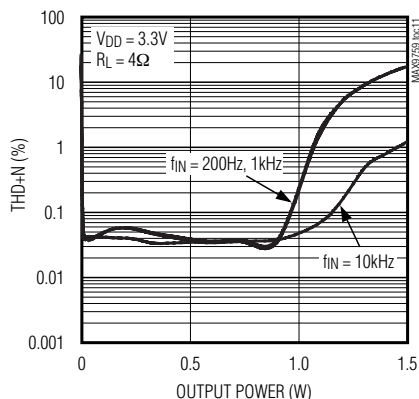
### 典型工作特性(续)

( $V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = \overline{MUTE} = 5V$ ,  $GND = PGND = 0V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), unless otherwise noted. Gain = 12dB ( $G1 = 0$ ,  $G2 = 1$ ). THD+N measurement bandwidth: 22Hz to 22kHz. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (See *Typical Operating Circuit*)

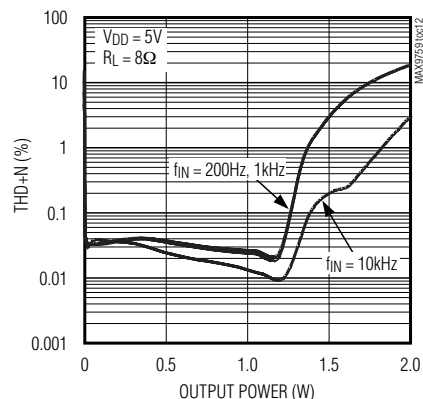
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



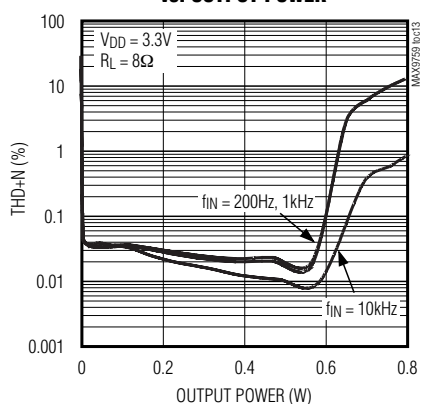
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



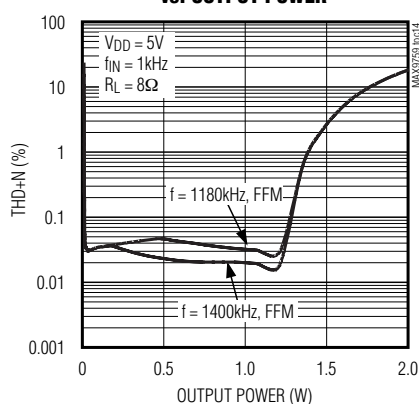
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



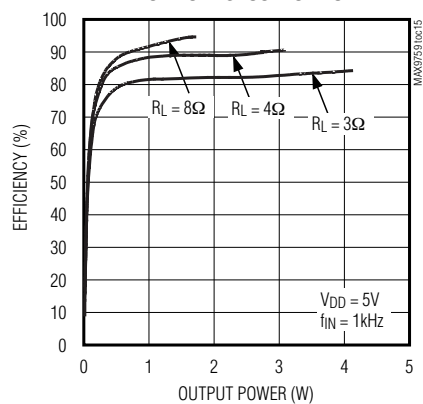
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



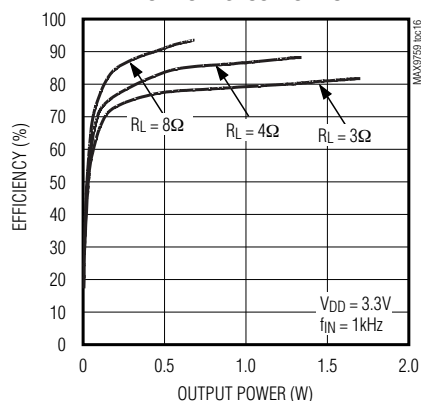
**TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER**



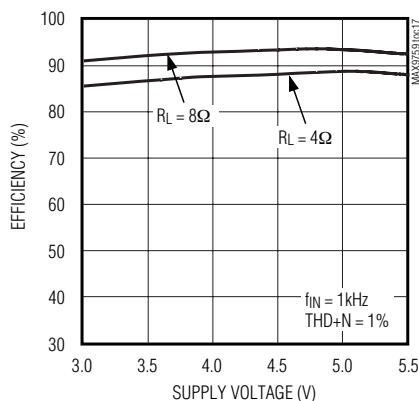
**EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER**



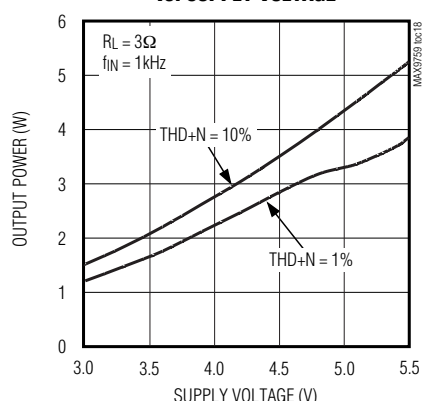
**EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER**



**EFFICIENCY vs. SUPPLY VOLTAGE**



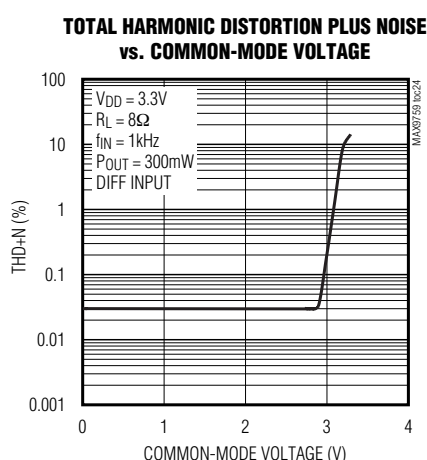
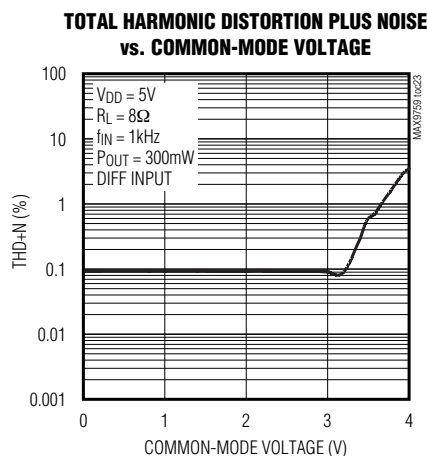
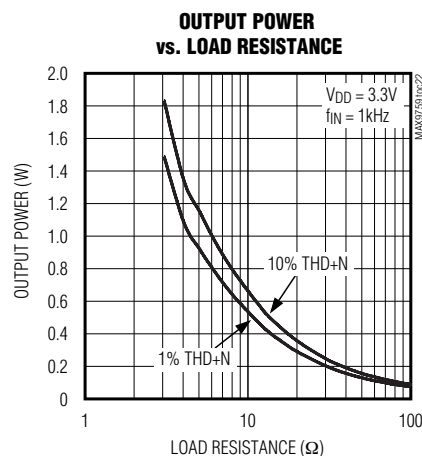
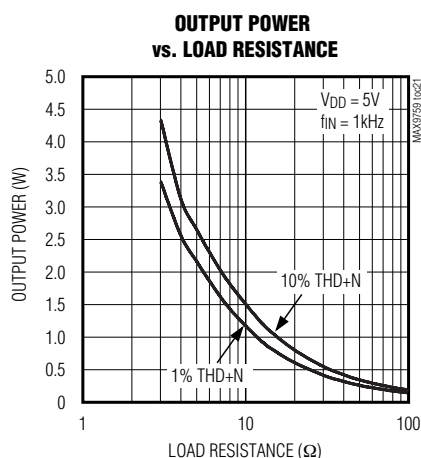
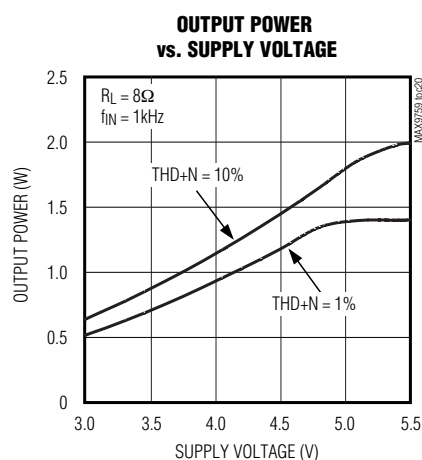
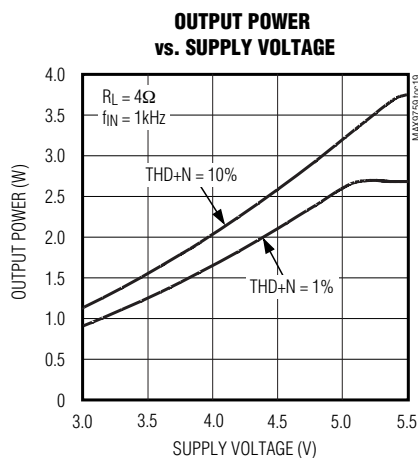
**OUTPUT POWER vs. SUPPLY VOLTAGE**



## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

典型工作特性(续)

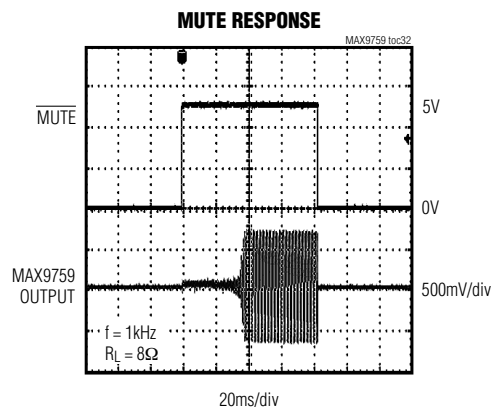
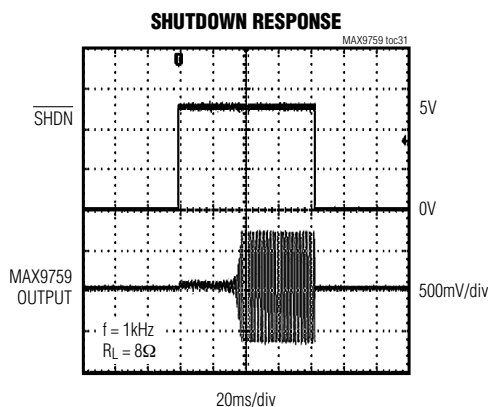
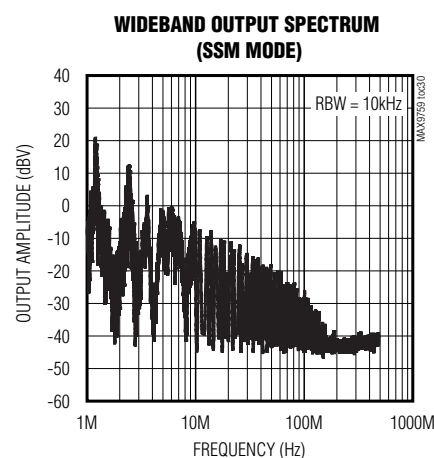
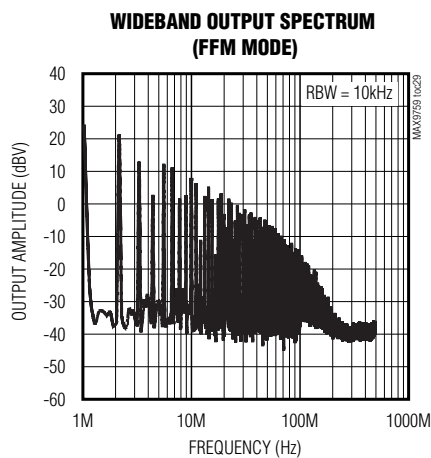
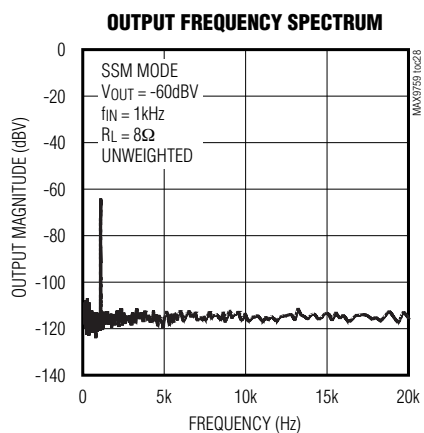
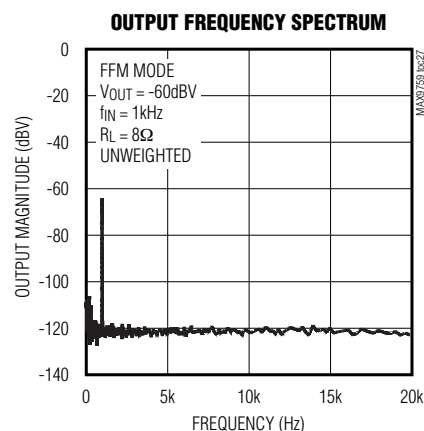
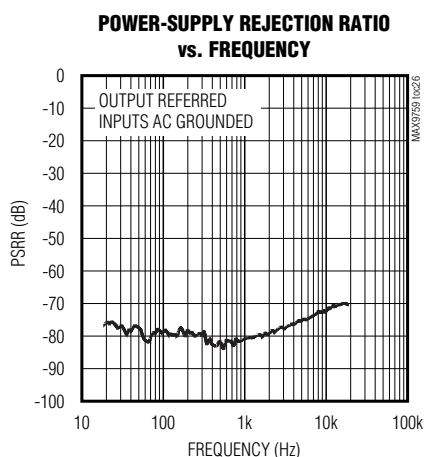
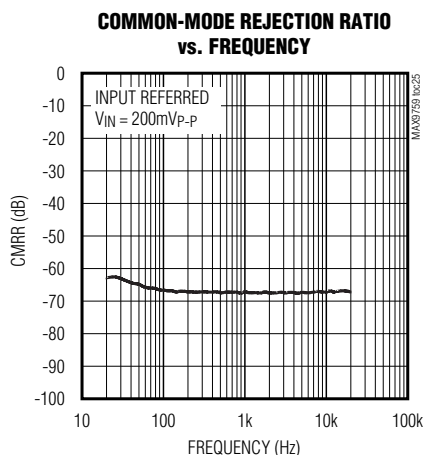
( $V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = \overline{MUTE} = 5V$ ,  $GND = PGND = 0V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), unless otherwise noted. Gain = 12dB ( $G1 = 0$ ,  $G2 = 1$ ). THD+N measurement bandwidth: 22Hz to 22kHz. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (See *Typical Operating Circuit*)



## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

### 典型工作特性(续)

( $V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = \overline{MUTE} = 5V$ ,  $GND = PGND = 0V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), unless otherwise noted. Gain = 12dB ( $G_1 = 0$ ,  $G_2 = 1$ ). THD+N measurement bandwidth: 22Hz to 22kHz. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (See *Typical Operating Circuit*)

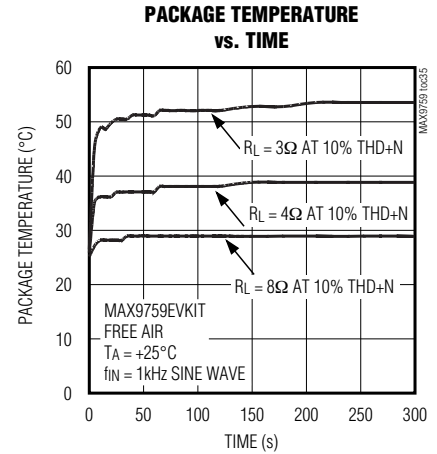
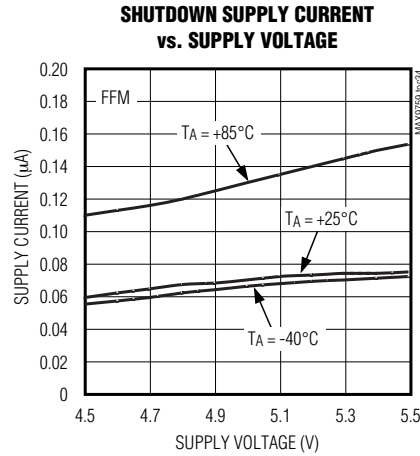
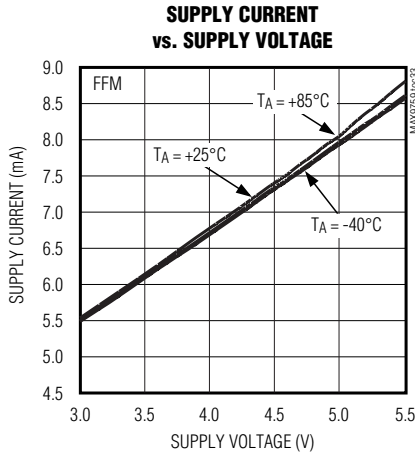




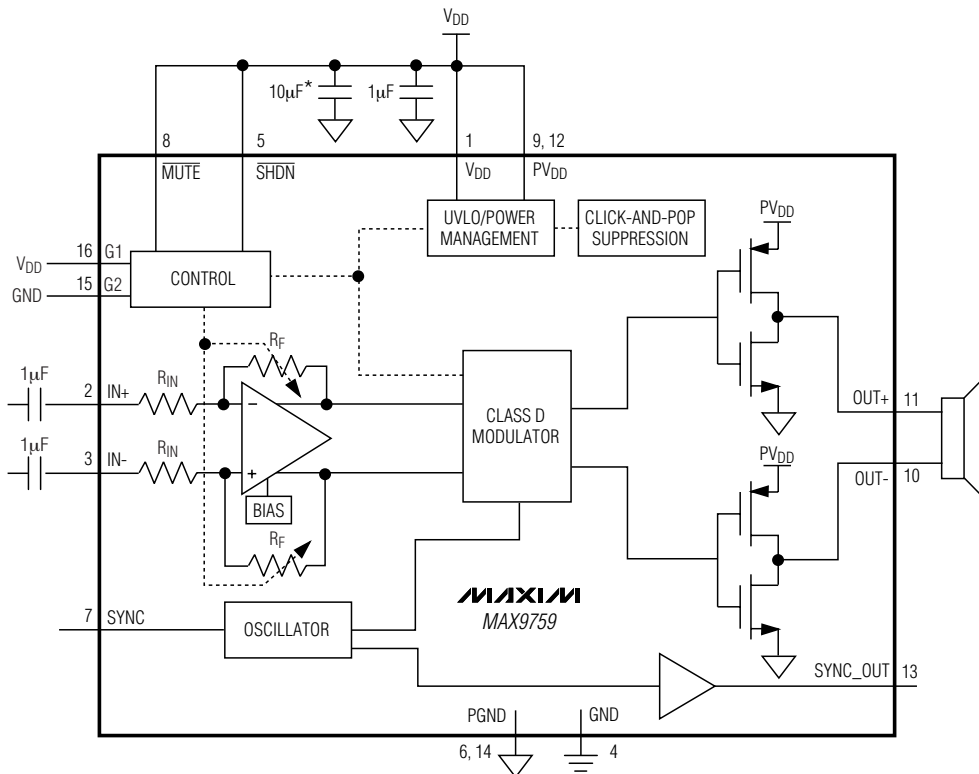
## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

典型工作特性(续)

( $V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = \overline{MUTE} = 5V$ ,  $GND = PGND = 0V$ ,  $SYNC = V_{DD}$  (SSM), unless otherwise noted. Gain = 12dB ( $G1 = 0$ ,  $G2 = 1$ ). THD+N measurement bandwidth: 22Hz to 22kHz. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .) (See *Typical Operating Circuit*)



典型工作电路/功能框图



**NOTE:** TYPICAL OPERATING CIRCUIT DEPICTS MAX9759 IN FFM MODE WITH  $f_s = 1400kHz$  and +18dB OF GAIN.

\*BULK CAPACITANCE, IF NEEDED.

# 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

引脚	名称	功能
1	V <sub>DD</sub>	模拟电源。用一个1μF陶瓷电容旁路至GND。
2	IN+	同相音频输入。
3	IN-	反相音频输入。
4	GND	模拟地。
5	$\overline{\text{SHDN}}$	关断输入，低电平有效。 $\overline{\text{SHDN}}$ 为低时关断MAX9759，正常工作时接至V <sub>DD</sub> 。
6, 14	PGND	电源地。
7	SYNC	频率选择与外部时钟输入： SYNC = GND: 固定频率模式，f <sub>S</sub> = 1100kHz。 SYNC = FLOAT: 固定频率模式，f <sub>S</sub> = 1500kHz。 SYNC = V <sub>DD</sub> : 扩频模式，f <sub>S</sub> = 1200kHz ±70kHz。 SYNC = 外部加载时钟: 固定频率模式，f <sub>S</sub> = 外部时钟频率。
8	$\overline{\text{MUTE}}$	静音功能，低电平有效。 $\overline{\text{MUTE}}$ 为低时禁止H桥输出，正常工作时接至V <sub>DD</sub> 。
9, 12	PV <sub>DD</sub>	H桥电源。用一个10μF陶瓷电容旁路至PGND。
10	OUT-	扬声器输出负端。
11	OUT+	扬声器输出正端。
13	SYNC_OUT	内部时钟输出。连接SYNC_OUT至级联Maxim D类放大器的时钟输入端。不用SYNC_OUT时应悬空。
15	G2	增益控制2 (参见增益选择表)。
16	G1	增益控制1 (参见增益选择表)。
EP	EP	裸露焊盘。可以悬空或连接到GND为。改善散热，可以将EP接GND。

## 详细说明

### 工作模式

MAX9759是无需滤波器的D类音频功率放大器，并对开关模式放大器技术作了一些改进。MAX9759提供AB类放大器的性能，并具有D类放大器的高效率，同时占用极小的电路板空间。独特的调制方案、可同步开关频率，SSM模式构建了一个紧凑、灵活、低噪声和高效的音频功率放大器。差分输入结构降低了共模噪声的干扰，可以不加输入耦合电容。该器件也可以配置为单端输入放大器。比较器监视MAX9759的输入，并将两个互补的输入电压与锯齿波进行比较。当锯齿波输入幅值大于相应的比较器输入电压时，比较器输出将会翻转。两个比较器在第二个比较器输出翻转点的上升沿后经过一段固定时间复位，这就在第二个比较器的输出端产生了一个最小宽度

t<sub>ON(MIN)</sub>脉冲(图1)。当输入电压增大或减小时，一个输出脉冲的持续时间增加(第一个翻转的比较器)，而另一个输出脉冲的持续时间仍保持t<sub>ON(MIN)</sub>。这样就使得扬声器两端的净压差(V<sub>OUT+</sub> - V<sub>OUT-</sub>)发生变化。

### 固定频率调制(FFM)模式

MAX9759具有两种FFM模式。这两种模式通过SYNC引脚来选择，SYNC = GND时开关频率为1.1MHz，SYNC = FLOAT时开关频率为1.5MHz。在FFM模式下，D类放大器输出频谱由开关频率基波及其谐波成份组成(参见典型工作特性中的Wideband Output Spectrum (FFM Mode)曲线图)。如果一个或多个谐波频率落入敏感的频段，MAX9759允许改变开关频率。这种改变可以随时进行，而不会影响音频信号的重建。

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

MAX9759

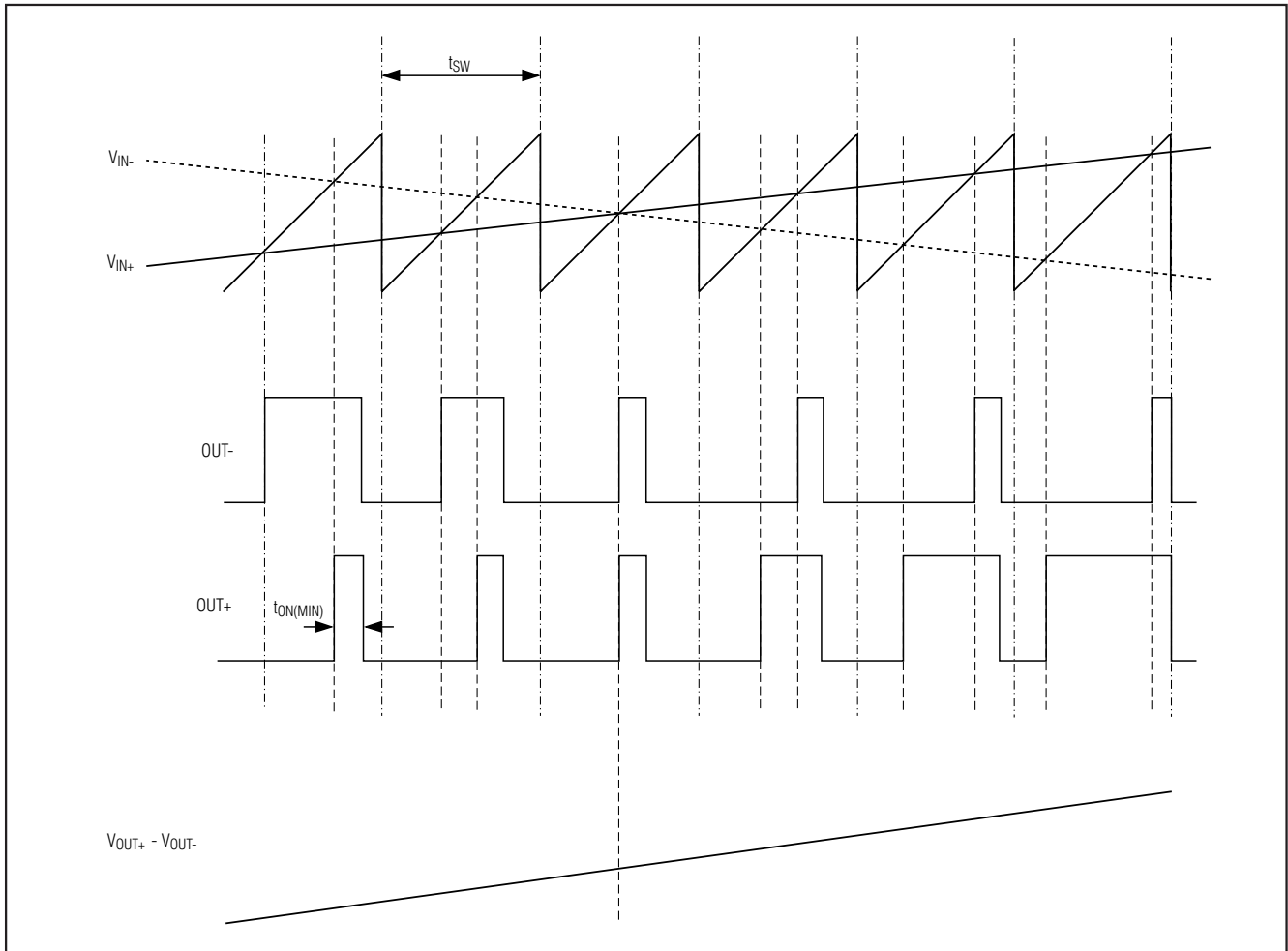


图1. MAX9759加载输入信号时的输出波形

表 1. 工作模式

SYNC INPUT	MODE
GND	FFM with $f_S = 1100\text{kHz}$
FLOAT	FFM with $f_S = 1500\text{kHz}$
$V_{DD}$	SSM with $f_S = 1200\text{kHz} \pm 70\text{kHz}$
Clocked	FFM with $f_S = \text{external clock frequency}$

### 扩频调制(SSM)模式

MAX9759具有独特的、受专利保护的扩频模式，这种模式将宽带频谱成份展平，能将扬声器和连接电缆的EMI幅

射降低5dB。专有技术可确保开关频率的逐周期变化不会影响音频信号的重建或放大器效率(参见典型工作特性)。SYNC =  $V_{DD}$ 时选择SSM模式。在SSM模式下，开关频率将围绕中心频率(1.2MHz)在 $\pm 70\text{kHz}$ 内变化。虽然调制方案不变，但锯齿波的周期会逐周期改变(图2)。此时能量随着频率的增加分布在整个频带内，而不是将大量频谱能量集中在开关频率的倍频处。在高于几MHz的频带上，这种宽带频谱看起来就像白噪声，EMI辐射也相应降低(图3)。

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

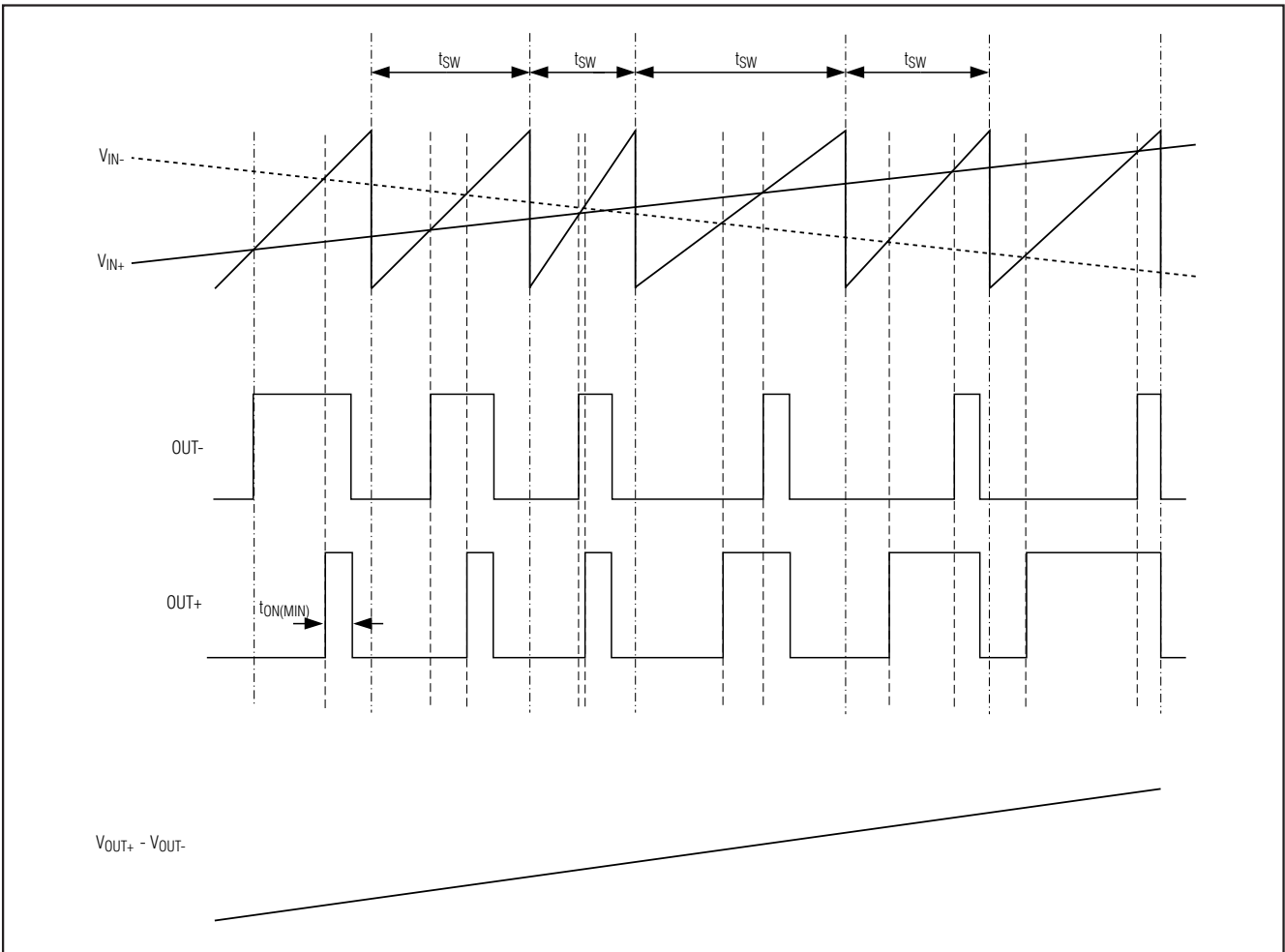


图2. MAX9759加载输入信号时的输出波形(SSM模式)

### 外部同步

MAX9759的SYNC功能可将开关频率的谐波频谱成份分配到不敏感的频段，便于同步至系统时钟(实现完全同步的系统)。加载1000kHz至1600kHz的外部TTL时钟至SYNC，以同步MAX9759的开关频率。SYNC时钟的周期可以是变化的，可保证MAX9759与其它工作在SSM模式下的MAX9759实现同步。

### 放大器级联

MAX9759具有SYNC\_OUT功能，允许多个Maxim D类放大器级联并锁定频率。多个D类放大器同步可以确保电源摆幅上不会出现音频频谱范围内的差拍频率。这样一来，

可以将任何由于多个调制频率之间干扰所引起的互调失真降至最小。如果不使用SYNC\_OUT功能，应将该引脚悬空。

### 无滤波器调制/共模空闲方式

MAX9759采用Maxim独有的、受专利保护的调制方案，无需传统D类放大器所需的LC滤波器，既提高了效率、减少了元件数量，又节省了电路板空间和系统成本。无信号输入时，传统D类放大器输出占空比为50%的方波。如果没有滤波器，该方波作用在负载两端会产生DC电压并形成一定的负载电流，从而增加了功耗。当MAX9759

# 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

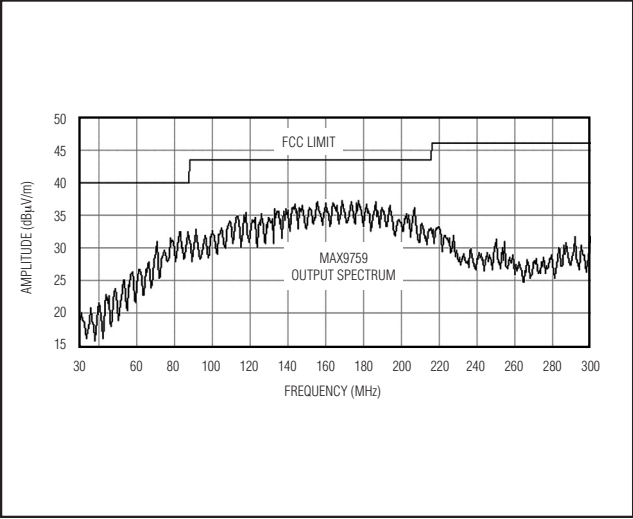


图3. MAX9759的EMI频谱

输入端没有信号时，输出开关波形如图4所示。由于MAX9759采用差分方式驱动扬声器，两路输出互相抵消，所以扬声器两端的Idle Mode™净压差为零，可实现最低功耗。

## 效率

D类放大器的效率主要由输出级晶体管的工作区决定。在D类放大器中，输出晶体管充当电流导引开关，所消耗的额外功率可以忽略不计。与D类放大器输出级有关的功率损耗主要是MOSFET导通电阻与静态电流所产生的 $I \times R$ 损耗。

从理论上来说，线性放大器的最佳效率为78%，不过仅在输出峰值功率时才能达到该效率。正常工作情况(如典型的音乐重建电平)下，线性放大器的效率会降至30%以下。而MAX9759 D类放大器在相同条件下仍可实现>90%的效率(图5)。

## 增益选择

MAX9759通过逻辑输入进行增益设置。逻辑输入G1和G2用来设定MAX9759扬声器放大器的增益(表2)。

## 关断

MAX9759具有关断模式，可以降低功耗并延长电池寿命。 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚置低时，MAX9759进入低功耗(0.1μA)关断模式。正常工作时将 $\overline{\text{SHDN}}$ 置为高电平。

Idle Mode是Maxim Integrated Products, Inc. 的商标。

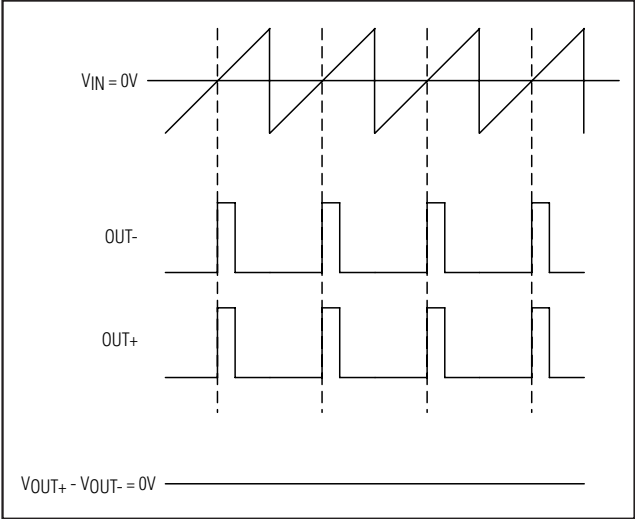


图4. 无输入信号时MAX9759的输出波形

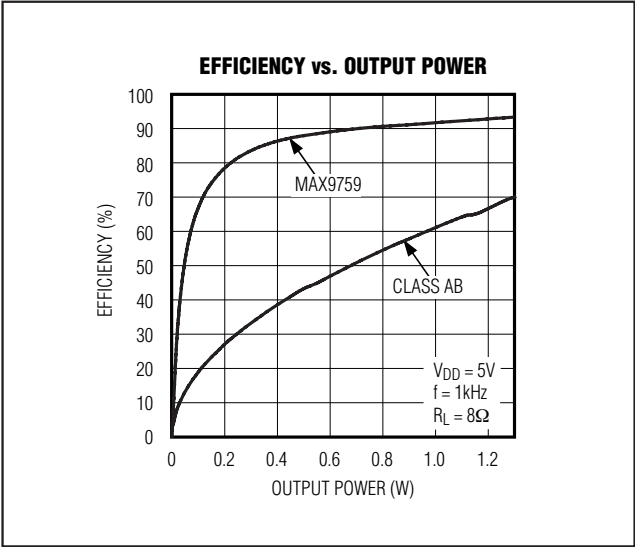


图5. MAX9759效率与输出功率的关系

表2. 增益选择

G2	G1	GAIN (dB)
0	0	+24
0	1	+18
1	0	+12
1	1	+6

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

### 静音功能

MAX9759具有静音功能，器件静音时禁止开关放大器的H桥输出。静音功能仅仅影响MAX9759的功率放大器，不会关断整个器件。 $\overline{\text{MUTE}}$ 为低时MAX9759进入禁止输出模式。 $\overline{\text{MUTE}}$ 为高时MAX9759处于正常工作模式。

### 杂音抑制

MAX9759提供完备的杂音抑制功能，可以在启动与关断时消除瞬态噪音。关断时，H桥为高阻态。启动或上电时，输入放大器为静音状态，内部回路将调制器偏置电压设置到正确的电平，避免随后启动H桥时产生杂音。启动后的40ms内，软启动电路逐步解除输入放大器的静音状态。

为进一步改进杂音抑制功能，可以在MAX9759上电和断电期间顺序控制 $\overline{\text{SHDN}}$ 和 $\overline{\text{MUTE}}$ 引脚的数字输入，从而消除每次上电和断电过程中的瞬态噪音。 $\overline{\text{SHDN}}$ 和 $\overline{\text{MUTE}}$ 均为低电平时给MAX9759加电。先释放 $\overline{\text{SHDN}}$ ，再释放 $\overline{\text{MUTE}}$ ，可以将器件启动期间的瞬态噪音降至最低。静音功能允许MAX9759在开关放大器的H桥输出禁用时上电。断电时，可以对电源顺序进行控制，这样一来，放大器先被静音，随后在电源断电前关断器件。这种方法可以消除MAX9759上电及断电期间任何听得到的瞬态噪音。

### 应用信息

#### 无滤波工作

传统的D类放大器需要输出滤波器，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，并且降低了效率。传统的PWM结构采用较大的差分输出摆幅( $2 \times V_{DD}$ 峰-峰值)，会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。

扬声器电缆较短时，MAX9759不需要输出滤波器。该器件利用扬声器线圈的固有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成分。由于省去了输出滤波器，可以获得一个体积更小、成本更低、效率更高的方案。

由于MAX9759的输出频率远远超出了大多数扬声器的带宽，由开关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 $10\mu\text{H}$ 、小于 $100\mu\text{H}$ 的扬声器。

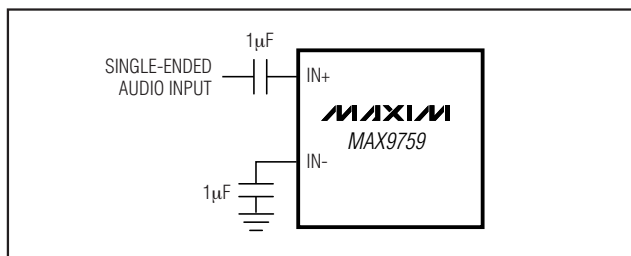


图6. 单端输入

### 功率转换效率

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导致静态电流明显增大。这是D类放大器功率转换的结果。例如，在AB类器件中，8mV的DC失调电压加在 $8\Omega$ 负载上时会额外消耗1mA的电流。而对D类器件来说，8mV的失调电压加在 $8\Omega$ 负载上时仅消耗 $8\mu\text{W}$ 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： $8\mu\text{W}/(V_{DD}/100\eta)$ ，只有几个微安。

### 输入放大器

#### 差分输入

MAX9759采用差分输入结构，兼容于许多CODEC，并提供比单端输入放大器更佳的噪声抑制能力。高频信号可通过放大器输入引线注入，并以共模噪声的形式出现在放大器输入端。差分输入放大器对两个输入端的差模信号进行放大，从而消除了作用在两个输入端的任何共模信号。

#### 单端输入

MAX9759也可以配置为单端输入放大器，只要通过电容将任一输入端耦合至GND，同时驱动另一输入端(图6)即可。

#### DC耦合输入

输入放大器可以接受DC耦合输入，输入偏置在放大器的共模范围内(参见典型工作特性)。DC耦合可省去输入耦合电容，有可能将外部元件数目减少为一个(参见系统框图)。不过这也失去了电容的低频抑制作用，使低频信号馈入负载。

## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

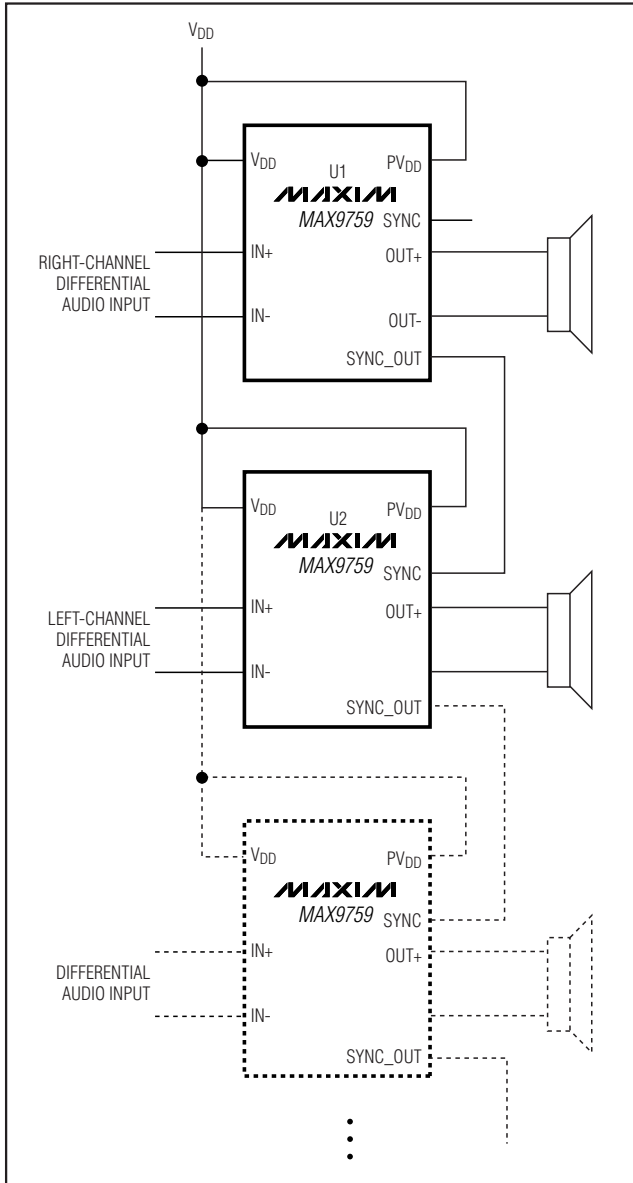


图7. 主从式配置方案

### 元件选择

#### 输入滤波器

输入电容 $C_{IN}$ 与MAX9759的输入阻抗一起构成了高通滤波器，可以滤除输入信号中的DC偏置。AC耦合电容允许放大器为信号提供最佳的DC偏置电平。假定信号源阻抗为零，高通滤波器的-3dB点为：

$$f_{-3dB} = 1/(2\pi R_{IN} C_{IN})$$

选择合适的 $C_{IN}$ ，使 $f_{-3dB}$ 低于所关心的最低频率。如果 $f_{-3dB}$ 设置过高，会影响放大器的低频响应。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。

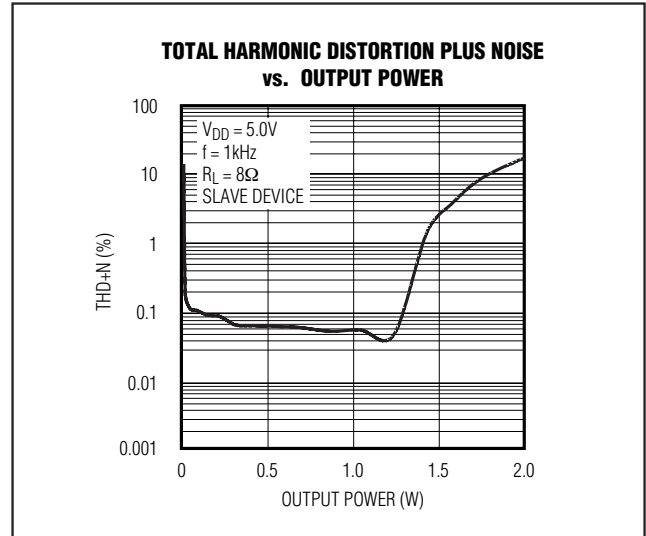


图8. 总谐波失真+噪声与输出功率的关系

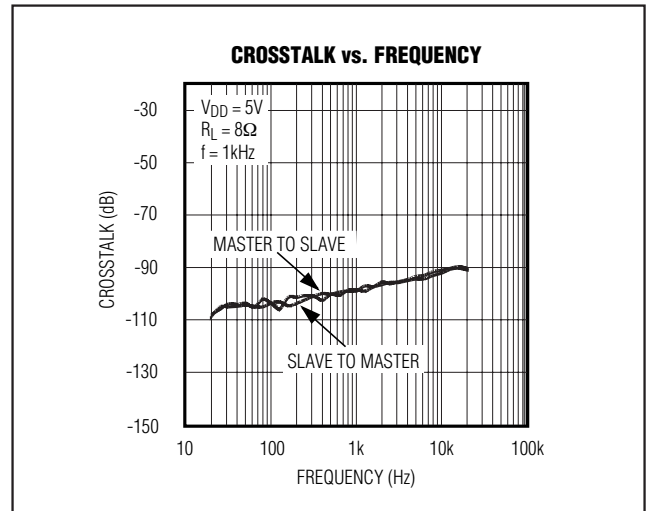


图9. 串扰与频率的关系



## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的D类音频放大器

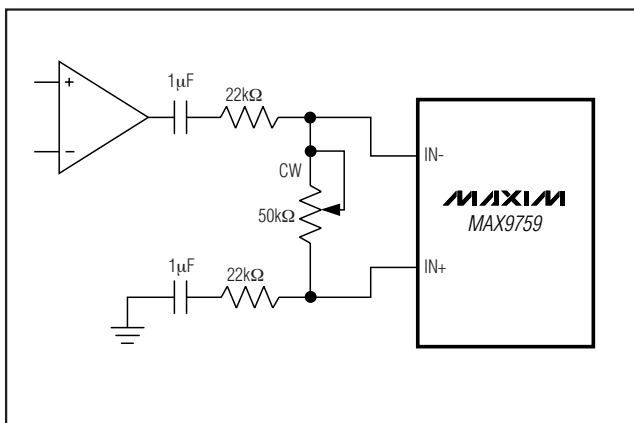


图10. 带音量控制功能的MAX9759单端驱动方案

### 输出滤波器

扬声器电缆较短时，MAX9759不需要输出滤波器。该器件在7.6cm非屏蔽扬声器电缆应用中能够满足FCC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。需要考虑抑制辐射或使用较长的引线连接放大器与扬声器时，可以采用LC滤波器。

### 电源旁路、布局及接地

适当的电源旁路可以确保低失真工作特性。为得到最佳性能，分别用一个0.1μF电容将 $V_{DD}$ 旁路至GND、将 $PV_{DD}$ 旁路至PGND，旁路电容应尽可能靠近引脚安装。假定 $PV_{DD}$ 连接到一个低阻、大电流电源。根据具体应用的需求和电源特性，可能需要添加额外的大电容。GND和PGND应采用星形方式与系统地连接。

使用较宽的低电阻输出引线。负载阻抗减小时，器件输出电流将增大。而当电流较大时，输出引线的电阻会降低提供给负载的功率。较宽的输出线、电源线以及GND线都会降低器件的功耗。

MAX9759的薄型QFN封装底部具有裸露的散热焊盘。该焊盘提供了直接导热通道，从而减小了封装的热阻。由于MAX9759 D类放大器具有很高的效率，不需要外部散热器。若需要额外散热，可将裸露焊盘连接至GND。

### 立体声配置方案

可以将两个MAX9759配置为立体声放大器(图7)，其中器件U1是主放大器，该放大器的振荡器输出SYNC\_OUT用来驱动从器件(U2)的SYNC输入，以使两个器件的开关频率同步。同步两片MAX9759可以确保在电源摆幅上不会出现音频频谱范围内的差拍频率。无论主器件工作在FFM还是SSM模式下，这种立体声配置方案都能工作。采用这种SYNC和SYNC\_OUT连接方式可以获得极佳的THD+N性能，并且器件之间的串扰也非常小(图8和图9)。

按照类似的方法，可以把多个MAX9759级联起来并锁定频率(见图7)。重复图7给出的立体声配置方案可以实现多个放大器级联。

### 音量控制

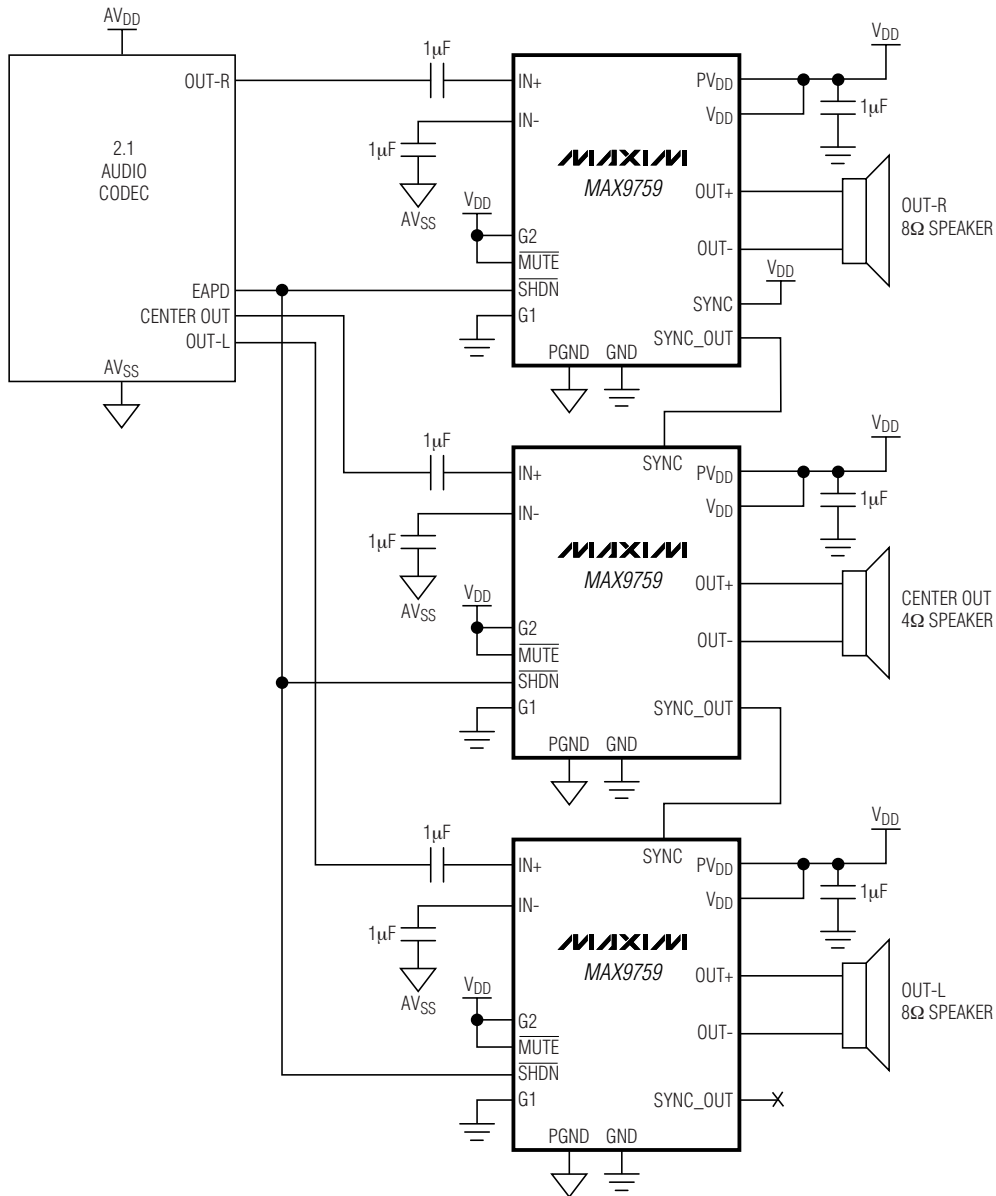
如果需要进行音量控制，可以在MAX9759的差分输入端之间连接一个电位器，如图10所示。采用这种配置结构时，器件上电时接入每一个输入端的RC路径是相同的。在两个输入端之间接入可变电阻，意味着这种配置对两个输入的影响是一致的。该配置结构可以显著改善上电或是SHDN释放时的瞬态性能。



## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

系统框图

MAX9759



**NOTE:** SYSTEM DIAGRAM DEPICTS MAX9759 IN SSM MODE WITH  $f_S = 1200 \pm 70\text{kHz}$  AND +12dB OF GAIN.

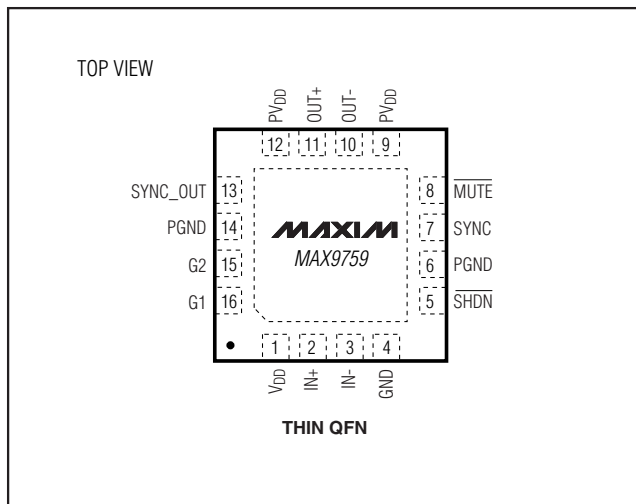
## 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

### 引脚配置

### 芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 4219

PROCESS: BiCMOS



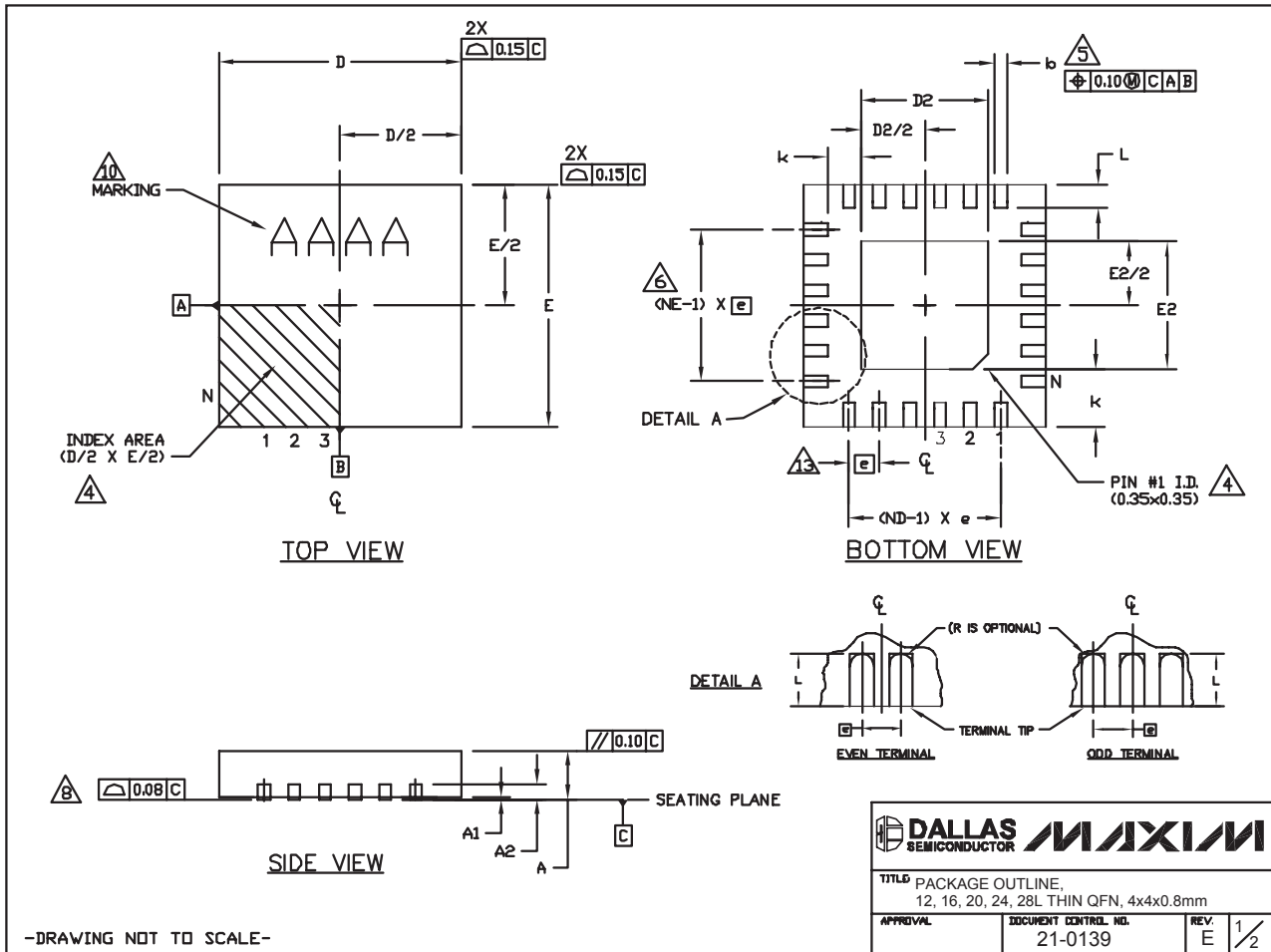
# 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

封装信息

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

MAX9759

24L QFN THIN EPS



# 3.2W、高效、低EMI、无需滤波器的 D类音频放大器

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, 如需最近的封装外型信息, 请查询 [www.maxim-integrated.com.cn/packages](http://www.maxim-integrated.com.cn/packages).)

COMMON DIMENSIONS															
PKG	12L 4x4			16L 4x4			20L 4x4			24L 4x4			28L 4x4		
REF.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.70	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	0.18	0.23	0.30	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		
JEDEC	VGG8			VGGC			WGGD-1			WGGD-2			WGGF		

## NOTES:

1. DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
3. N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
4. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SPP-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.
5. DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
6. ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
8. COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT FOR T2444-3, T2444-4 AND T2844-1.
10. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
11. COPLANARITY SHALL NOT EXCEED 0.06mm
12. WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10mm
13. LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "a",  $\pm 0.05$ .
14. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY

-DRAWING NOT TO SCALE-

EXPOSED PAD VARIATIONS							
PKG CODES	D2			E2			DOWN BONDS ALLOWED
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	
T1244-3	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T1244-4	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
T2044-2	1.95	2.10	2.25	1.95	2.10	2.25	YES
T2044-3	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

	
<b>TITLE</b> PACKAGE OUTLINE, 12, 16, 20, 24, 28L THIN QFN, 4x4x0.8mm	
<b>APPROVAL</b>	<b>DOCUMENT CONTROL NO.</b> 21-0139
<b>REV.</b> E	2/2

## 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。

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

© 2005 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM 是 Maxim Integrated Products, Inc. 的注册商标。