

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

概述

MAX9702结合了高效D类扬声器放大器和高线性AB类耳机放大器。保证在扬声器模式下具有最长的电池寿命，耳机模式下具有最佳性能。MAX9702采用5V供电，为每通道8Ω负载提供最大1.1W的功率，为4Ω负载提供1.8W的功率。Maxim的第二代扩频调制方案省去了传统D类放大器的输出滤波器。

MAX9702扬声器放大器提供两种调制方案：固定频率 (FFM) 模式和能够降低EMI辐射的扩频 (SSM) 模式。MAX9702扬声器放大器具有真差分结构、桥接负载 (BTL) 输出以及全面的杂音抑制功能。MAX9702扬声器放大器具有高达75dB的PSRR，低至0.07%的THD+N以及超过97dB的SNR。短路和热过载保护可避免出现故障时器件受到损坏。

耳机放大器采用Maxim拥有专利的DirectDrive™结构，单电源供电时提供以地为参考的输出，无需使用大容量隔直流电容，节省了成本、电路板空间，并降低了元件高度。高达80dB的PSRR和低至0.02%的THD+N保证干净、低失真地放大音频信号。

I²C[†] 接口用来设置扬声器和耳机增益、单声道/立体声以及静音功能。

MAX9702 采用28引脚、薄型QFN-EP (5mm x 5mm x 0.8mm) 封装。MAX9702规定工作在-40°C至+85°C扩展工业级温度范围。

应用

蜂窝电话
笔记本PC
PDA
手持式游戏控制台

引脚配置在本数据资料的最后给出。

[†] 购买 Maxim Integrated Products, Inc. 或其从属授权关联公司的 I²C 产品，即得到了 Philips I²C 的专利许可，将这些产品用于符合 Philips 定义的 I²C 标准规范的系统。

特性

- ◆ 拥有专利的扩频调制降低了EMI辐射
- ◆ 可编程单声道、立体声、静音及混音功能
- ◆ 1.1W立体声输出 (8Ω, V_{DD} = 5V)
- ◆ 48mW耳机输出 (32Ω, V_{DD} = 3.3V)
- ◆ 1.8W立体声输出 (4Ω, V_{DD} = 5V)
- ◆ 效率高达94% (R_L = 8Ω, P_O = 1.1W)
- ◆ 高达73dB的PSRR (f = 217Hz)
- ◆ I²C可编程增益，高达+21dB
- ◆ 集成杂音抑制
- ◆ 低功耗关断模式 (0.1μA)
- ◆ 短路和热过载保护
- ◆ ±8kV (HBM) ESD保护耳机驱动输出

订购信息

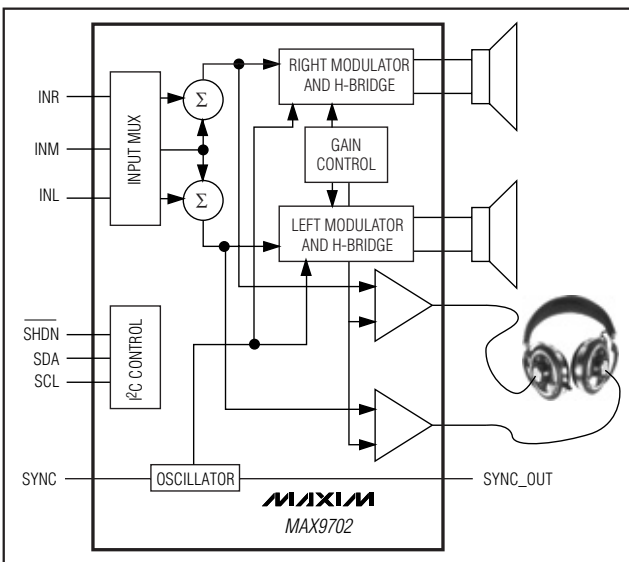
PART	PIN-PACKAGE	I ² C SLAVE ADDRESS	PKG CODE
MAX9702ETI+	28 TQFN-EP*	1001100	T2855-6
MAX9702BETI+	28 TQFN-EP*	1001110	T2855-6

注意：所有器件规定工作在-40°C至+85°C范围。

*EP = 裸焊盘。

+指无铅封装。

简化框图



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{DD} to GND	+6V	Continuous Current In/Out of HP_	±120mA
PV _{DD} to PGND	+6V	Continuous Input Current CPV _{SS}	+260mA
CPV _{DD} to CPGND	+6V	Continuous Input Current (all other pins)	±20mA
CPV _{SS} to V _{SS}	±0.3V	Duration of OUT_ Short Circuit to GND or PV _{DD}	Continuous
CPV _{SS} to CPGND	-6V to +0.3V	Duration of Short Circuit Between OUT_	Continuous
V _{SS} to CPGND	-6V to +0.3V	Duration of HP_ Short Circuit to GND	Continuous
C1N	(CPV _{SS} - 0.3V) to (CPGND + 0.3V)	or PV _{DD}	Continuous
C1P	(CPGND - 0.3V) to (CPV _{DD} + 0.3V)	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
HP_ to GND	(CPV _{SS} - 0.3V) to (CPV _{DD} + 0.3V)	28-Pin Thin QFN (derate 21.3mW/°C above +70°C)	1702mW
GND to PGND and CPGND	±0.3V	Junction Temperature	+150°C
V _{DD} to PV _{DD} and CPV _{DD}	±0.3V	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
SDA, SCL to GND	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
All Other Pins to GND	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Continuous Current In/Out of PV _{DD} , PGND, CPV _{DD} , CPGND, OUT_	±600mA		

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_{DD} = 3.3V)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL						
Supply Voltage Range	V _{DD}	Inferred from PSRR test	2.5		5.5	V
Quiescent Current	I _{DD}	HPS = GND, speaker mode		10	15	mA
		HPS = V _{DD} , headphone mode		7	11	mA
Shutdown Current	I _{SHDN}	Hard shutdown, $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.1	10	μA
		Soft shutdown (see <i>f</i> _C section)		22	30	
Input Resistance	R _{IN}	Stereo left and right	16.5	24	31.5	kΩ
		Mono channel	8.4	12	15.6	
Debounced Delay	t _{DEBOUNCE}	Delay from HPS transition to headphone/speaker turn-on		65		ms
Turn-On Time	t _{ON}	Time from $\overline{\text{SHDN}}$ transition to full operation				
		HPS = GND (SP mode)		85		ms
		HPS = V _{DD} (HP mode)		85		
Turn-Off Time	t _{OFF}			0		ms
Input Bias Voltage	V _{BIAS}		1.125	1.25	1.375	V
SPEAKER AMPLIFIERS (HPS = GND)						
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C		±9	±40	mV
		T _{MIN} to T _{MAX}			±50	
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	V _{DD} = 2.5V to 5.5V	54	75		
		100mV _{p-p} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C		75		
		f _{RIPPLE} = 217Hz				
		f _{RIPPLE} = 20kHz		55		

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

MAX9702

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = P_{VDD} = CP_{VDD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, f = 1kHz, V _{DD} = 3.3V		R _L = 8Ω	470			mW
				R _L = 4Ω	700			
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 8Ω (P _{OUT} = 400mW), f = 1kHz			0.07			%
		R _L = 4Ω (P _{OUT} = 600mW), f = 1kHz			0.13			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 2V _{RMS} , R _L = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	86.5			dB
				SSM	87.5			
			A-weighted	FFM	91.5			
				SSM	91.5			
Oscillator Frequency	f _S	SYNC = GND			1000	1100	1200	kHz
		SYNC = float			1250	1340	1450	
		SYNC = V _{DD}			1150 ±50			
SYNC Frequency Lock Range	f _{SYNC}				1000	2000		kHz
SYNC_OUT Capacitance Drive	C _{SYNC_OUT}				100			pF
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 3)		Into shutdown	56			dB
				Out of shutdown	48			
Efficiency	η	P _{OUT} = 2 x 500mW, f _{IN} = 1kHz, R _L = 8Ω, L = 68μH			94			%
Gain (see f ² C Section)	A _V	B2 = 0	B1 = 0	B0 = 0	0			dB
		B2 = 0	B1 = 0	B0 = 1	+3			
		B2 = 0	B1 = 1	B0 = 0	+6			
		B2 = 0	B1 = 1	B0 = 1	+9			
		B2 = 1	B1 = 0	B0 = 0	+12			
		B2 = 1	B1 = 0	B0 = 1	+15			
		B2 = 1	B1 = 1	B0 = 0	+18			
		B2 = 1	B1 = 1	B0 = 1	+21			
Channel-to-Channel Gain Tracking					±0.2			%
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 8Ω, P _{OUT} = 300mW			65			dB

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
HEADPHONE AMPLIFIERS (HPS = V _{DD})							
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C		±1.8	±6	mV	
		T _{MIN} to T _{MAX}		±8			
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	V _{DD} = 2.5V to 5.5V		66	75	dB	
		100mV _{P-P} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz	73			
			f _{RIPPLE} = 20kHz	53			
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, V _{DD} = 3.3V, T _A = +25°C	R _L = 32Ω	48		mW	
			R _L = 16Ω	47			
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 16Ω (P _{OUT} = 40mW, f = 1kHz)		0.03		%	
		R _L = 32Ω (P _{OUT} = 32mW, f = 1kHz)		0.015			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 1V _{RMS} , R _L = 32Ω	BW = 22Hz to 22kHz	95.5		dB	
			A-weighted	97.9			
Charge-Pump Frequency	f _{CP}			f _{OSC} /2		kHz	
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 3)	Into shutdown	65		dB	
			Out of shutdown	85			
Slew Rate	SR	±1V output step		0.3		V/μs	
Gain (see f _C Section)	A _V	B4 = 0	B3 = 0	-2		dB	
		B4 = 0	B3 = 1	+1			
		B4 = 1	B3 = 0	+4			
		B4 = 1	B3 = 1	+7			
Channel-to-Channel Gain Tracking				±0.2		%	
Capacitance Drive	C _L	No sustained oscillations		300		pF	
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 16Ω, P _{OUT} = 10mW		70		dB	
HP_ Resistance to GND		In speaker mode		1		kΩ	
DIGITAL INPUTS ($\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, SDA, SCL, HPS)							
Input Voltage High, $\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, HPS	V _{INH}			2		V	
Input Voltage High, SCL	V _{INH}			0.7 x V _{DD}		V	
Input Voltage Low, $\overline{\text{SHDN}}$, SYNC, HPS	V _{INL}			0.8		V	

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 3.3V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Low, SDA, SCL	V _{INL}				0.3 x V _{DD}	V
Input Hysteresis, SDA, SCL	V _{HYS}			0.05 x V _{DD}		V
Input Capacitance SDA, SCL	C _{IN}			10		pF
Input Leakage Current, $\overline{\text{SHDN}}$, SCL	I _{IN}				±1	μA
Input Leakage Current, HPS	I _{IN}			±10		μA
SYNC Input Current		In play mode		25		μA
HPS Pullup Resistance				600		kΩ
DIGITAL OUTPUTS (SYNC_OUT)						
Output Voltage High	V _{OH}	I _{OH} = 3mA	2.4			V
Output Voltage Low	V _{OL}	I _{OL} = 3mA			0.4	V
Output Fall Time, SDA	t _F				300	ns

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5V)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 5V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL							
Quiescent Current	I _{DD}	HPS = GND, speaker mode		14		mA	
		HPS = V _{DD} , headphone mode		8			
Shutdown Current	I _{SHDN}	Hard shutdown, $\overline{\text{SHDN}}$ = GND		0.2		μA	
		Soft shutdown (see <i>I²C</i> section)		25			
SPEAKER AMPLIFIERS (HPS = GND)							
Power-Supply Rejection Ratio (Note 3)	PSRR	100mV _{P-P} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C	f _{RIPPLE} = 217Hz		73		dB
			f _{RIPPLE} = 20kHz		50		
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, f = 1kHz	V _{DD} = 5V	R _L = 8Ω	1100		mW
				R _L = 4Ω	1800		

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{DD} = 5V) (continued)

(V_{DD} = PV_{DD} = CPV_{DD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 5V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted, R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL to GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 8Ω (P _{OUT} = 900mW), f = 1kHz			0.08			%
		R _L = 4Ω (P _{OUT} = 1500mW), f = 1kHz			0.18			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 2V _{RMS} , R _L = 8Ω	BW = 22Hz to 22kHz	FFM	88			dB
				SSM	87			
			A-weighted	FFM	91			
				SSM	89			
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Note 4)		Into shutdown		61.5		dB
				Out of shutdown		44		
Efficiency	η	P _{OUT} = 1W, f _{IN} = 1kHz, R _L = 8Ω, L = 68μH			95			%
Channel-to-Channel Gain Tracking					±0.2			%
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 8Ω, P _{OUT} = 300mW			65			dB
HEADPHONE AMPLIFIERS (HPS = V _{DD})								
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	100mV _{P-P} ripple, V _{IN} = 0V, T _A = +25°C		f _{RIPPLE} = 217Hz		78		dB
				f _{RIPPLE} = 20kHz		53		
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%, T _A = +25°C, R _L = 32Ω			45			mW
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _L = 32Ω (P _{OUT} = 32mW, f = 1kHz)			0.03			%
Signal-to-Noise Ratio	SNR	V _{OUT} = 1V _{RMS} , R _L = 32Ω		BW = 22Hz to 22kHz		94.7		dB
				A-weighted		97.4		
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, 32 samples/second, A-weighted (Notes 3, 4)		Into shutdown		67		dB
				Out of shutdown		83		
Channel-to-Channel Gain Tracking					±0.2			%
Crosstalk		L to R, R to L, f = 10kHz, R _L = 32Ω, P _{OUT} = 10mW			70			dB

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

MAX9702

I²C TIMING CHARACTERISTICS

(V_{DD} = P_{VDD} = CP_{VDD} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 3.3V, GND = PGND = CPGND = 0V, SYNC = V_{DD} (SSM), speaker gain = +12dB, headphone gain = +1dB. Speaker load R_L connected between OUT+ and OUT-, unless otherwise noted. R_L = ∞. Headphone load R_{LH} connected between HPR/HPL and GND. C_{BIAS} = 1μF to GND, 1μF capacitor between C1P and C1N, C_{VSS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Figure 9)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Serial Clock	f _{SCL}				400	kHz
Bus Free Time Between a STOP and a START Condition	t _{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HD, STA}		0.6			μs
Repeated START Condition Setup Time	t _{SU, STA}		0.6			μs
STOP Condition Setup Time	t _{SU, STO}		0.6			μs
Data Hold Time	t _{HD, DAT}		0		0.9	μs
Data Setup Time	t _{SU, DAT}		100			ns
SCL Clock Low Period	t _{LOW}		1.3			μs
SCL Clock High Period	t _{HIGH}		0.6			μs
Rise Time of SDA and SCL, Receiving	t _R	(Note 5)	20 + 0.1Cb		300	ns
Fall Time of SDA and SCL, Receiving	t _F	(Note 5)	20 + 0.1Cb		300	ns
Fall Time of SDA, Transmitting	t _F	(Note 5)	20 + 0.1Cb		250	ns
Pulse Width of Spike Suppressed	t _{SP}		0		50	ns
Capacitive Load for Each Bus Line	C _b				400	pF

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

Note 2: Speaker mode testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For R_L = 4Ω, L = 34μH, R_L = 8Ω, L = 68μH.

Note 3: Amplifier inputs (STEREO/MONO) connected to GND through C_{IN}.

Note 4: Speaker mode testing performed with an 8Ω resistive load in series with a 68μH inductive load connected across BTL output. Headphone mode testing performed with 32Ω resistive load connected to GND. Mode transitions are controlled by $\overline{\text{SHDN}}$. K_{CP} level is calculated as: 20 x log[(peak voltage under normal operation at rated power level)/(peak voltage during mode transition, no input signal)]. Units are expressed in dB.

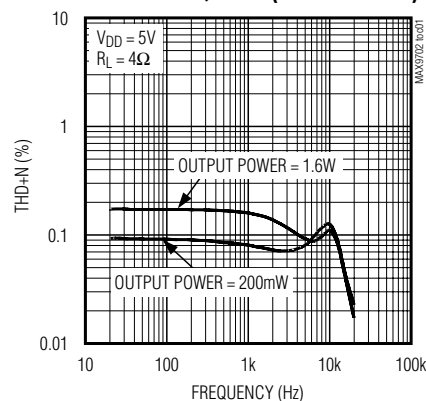
Note 5: C_b = total capacitance of one bus line in pF.

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

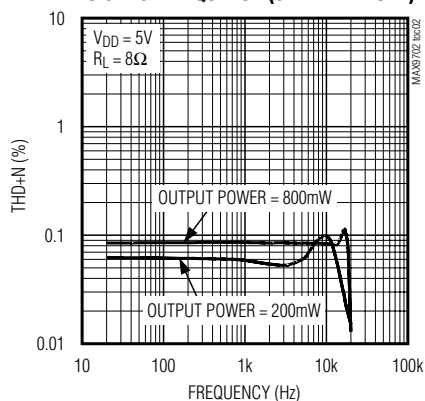
典型工作特性

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

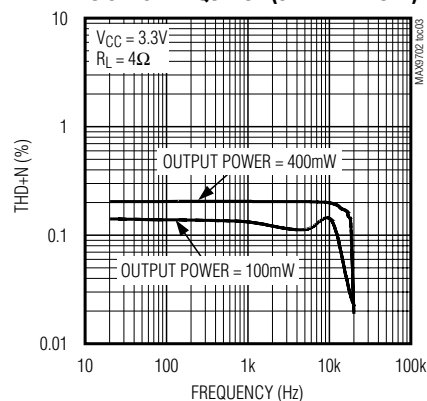
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



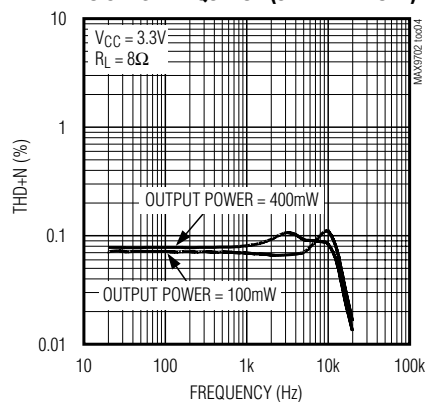
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



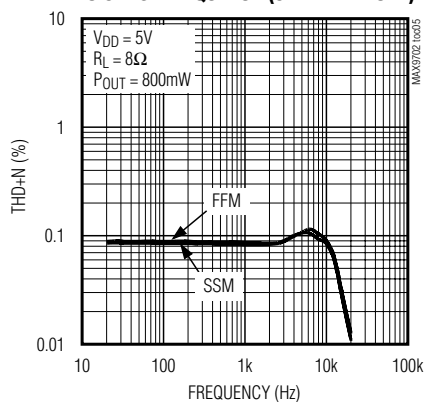
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



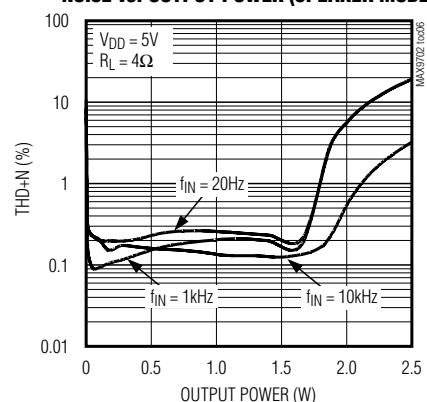
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



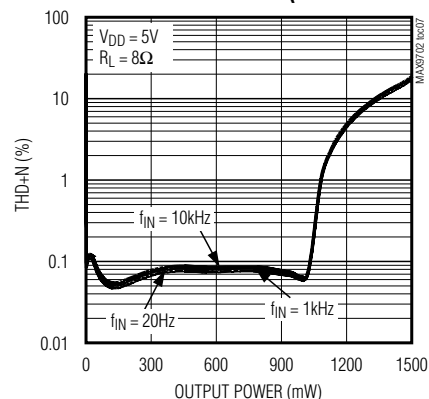
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



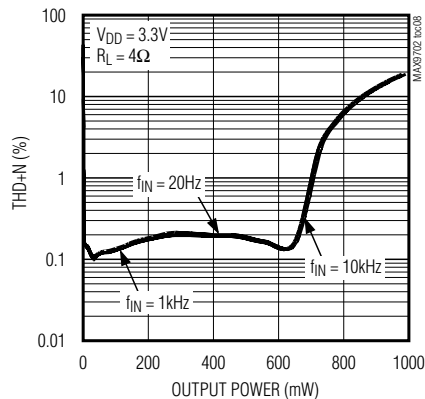
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



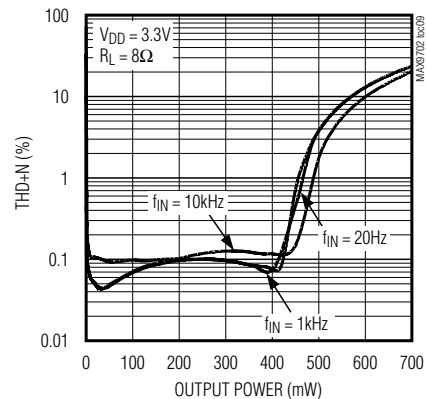
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



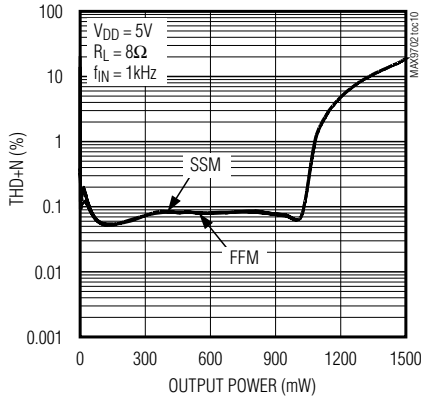
1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

典型工作特性 (续)

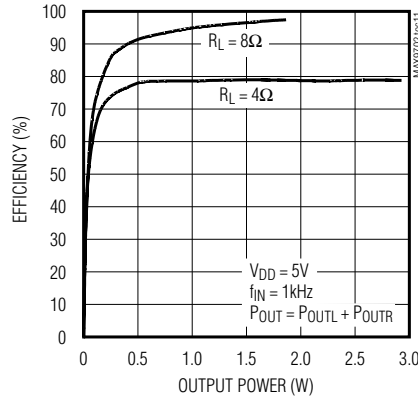
($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

MAX9702

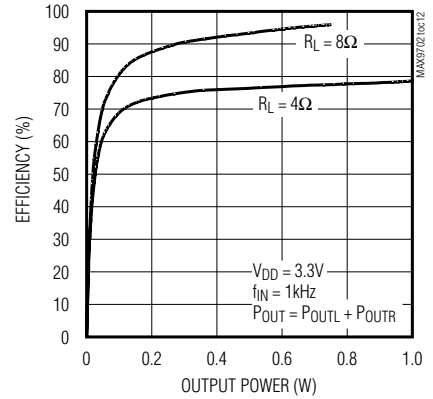
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



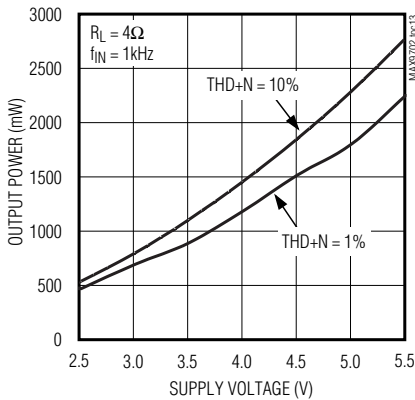
EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



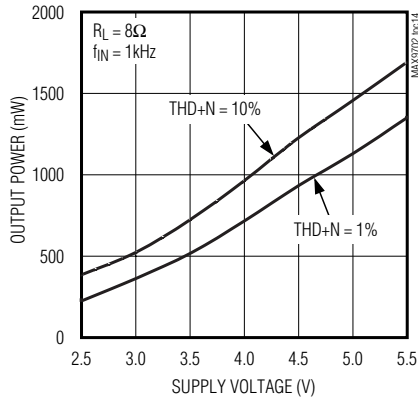
EFFICIENCY vs. OUTPUT POWER (SPEAKER MODE)



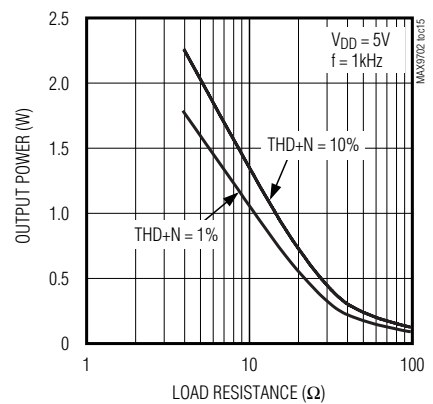
OUTPUT POWER vs. SUPPLY VOLTAGE



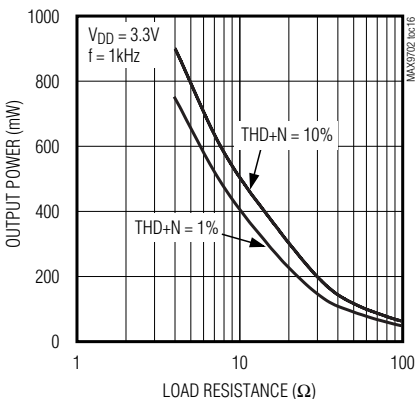
OUTPUT POWER vs. SUPPLY VOLTAGE



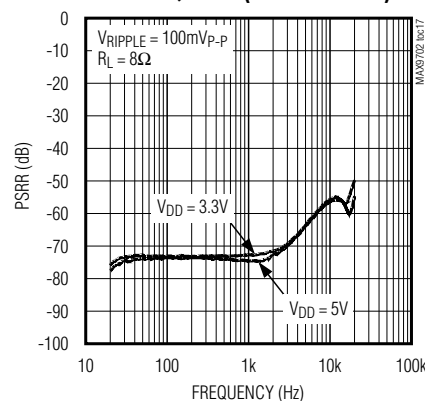
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE



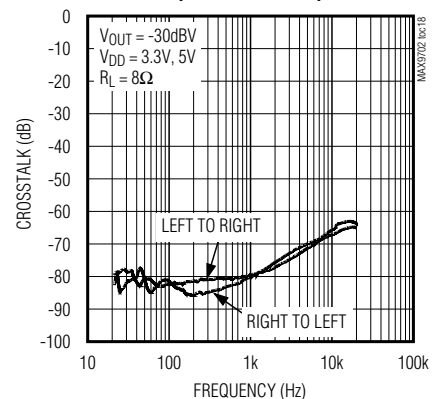
OUTPUT POWER vs. LOAD RESISTANCE



POWER-SUPPLY REJECTION RATIO vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



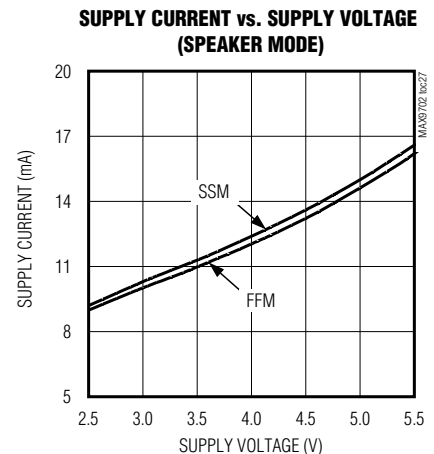
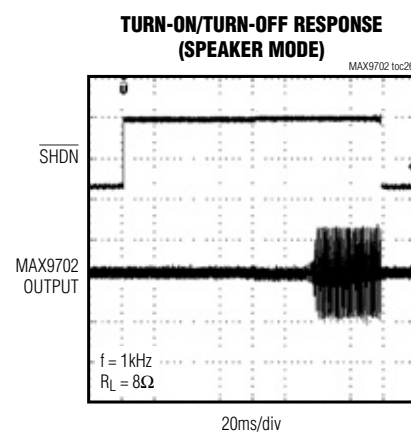
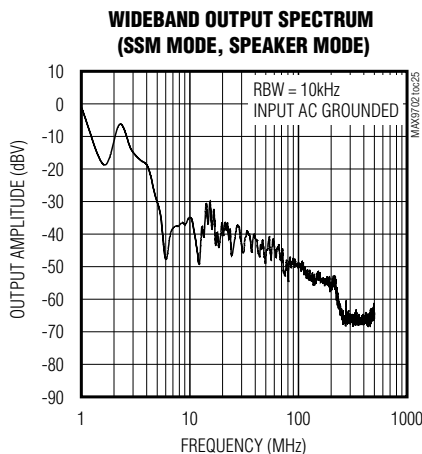
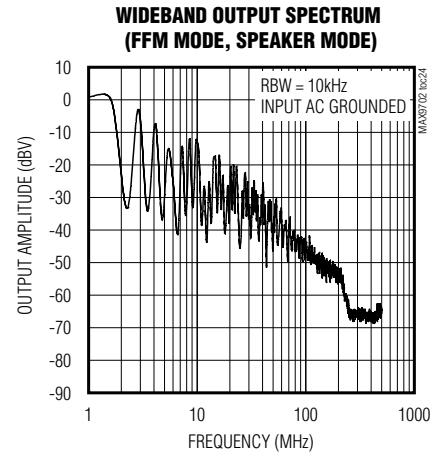
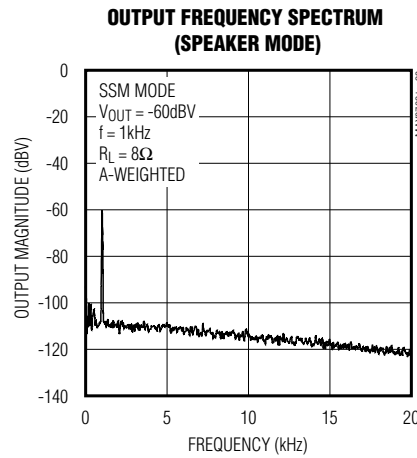
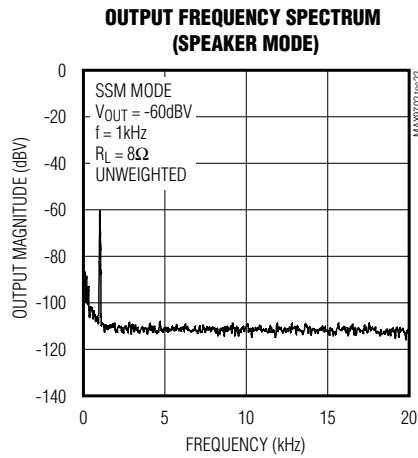
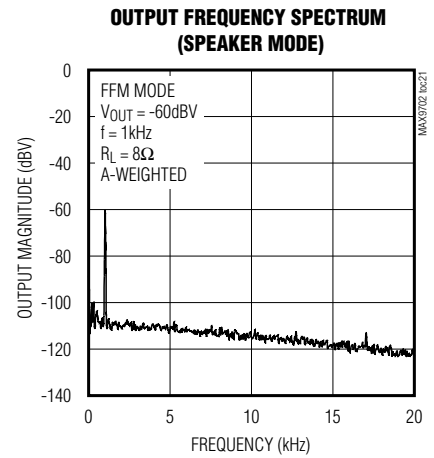
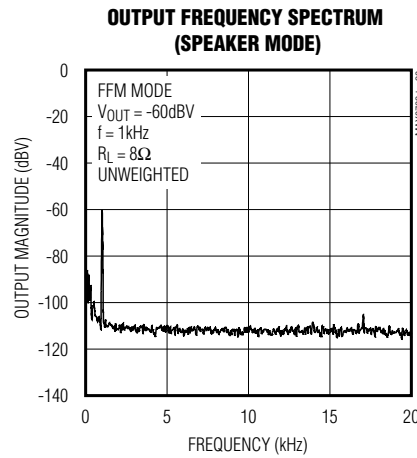
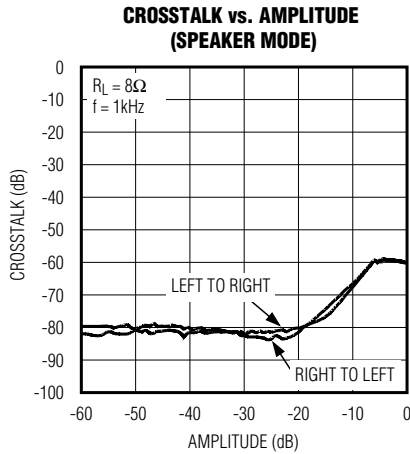
CROSSTALK vs. FREQUENCY (SPEAKER MODE)



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

典型工作特性 (续)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

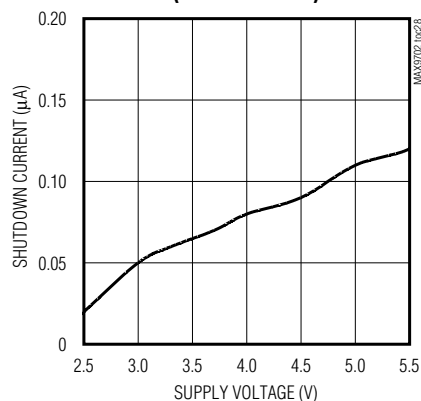


1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

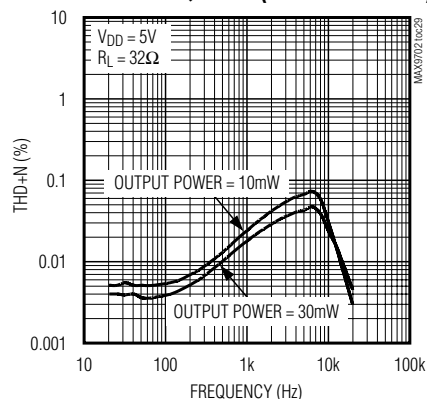
典型工作特性 (续)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)

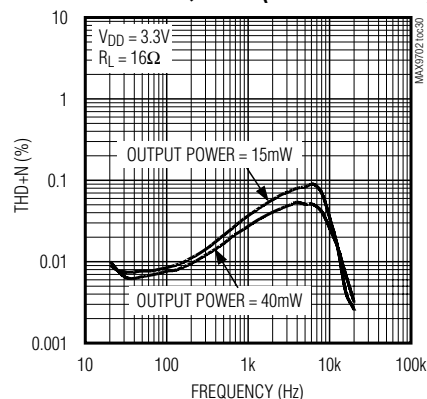
**SHUTDOWN CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE
(SPEAKER MODE)**



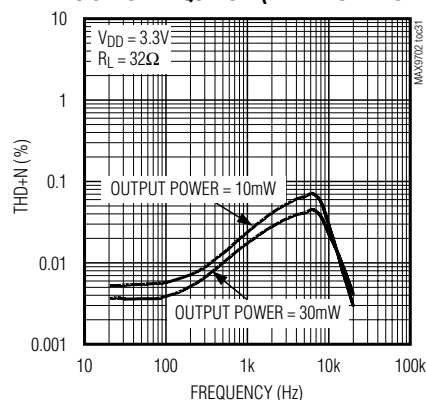
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (HEADPHONE MODE)



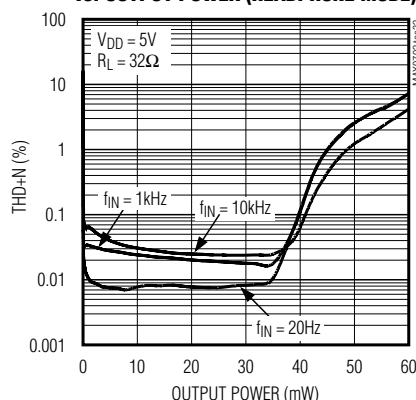
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (HEADPHONE MODE)



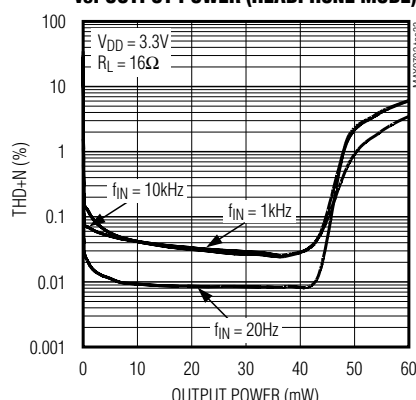
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY (HEADPHONE MODE)



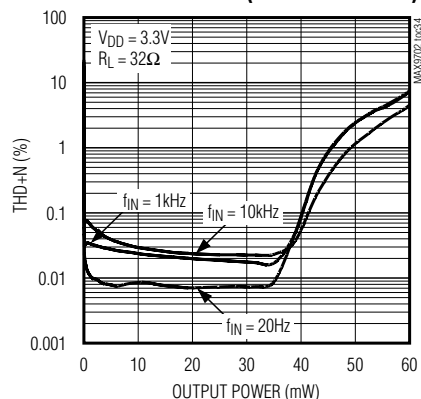
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (HEADPHONE MODE)



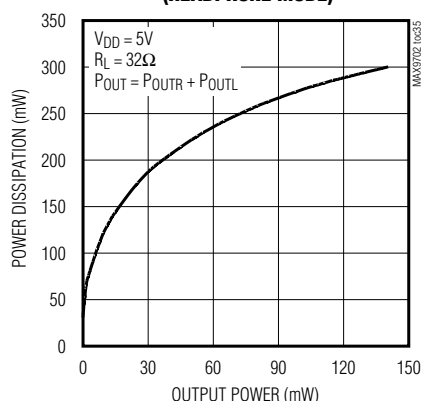
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (HEADPHONE MODE)



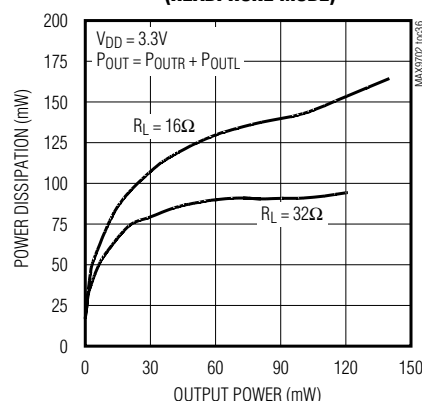
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER (HEADPHONE MODE)



POWER DISSIPATION vs. OUTPUT POWER (HEADPHONE MODE)



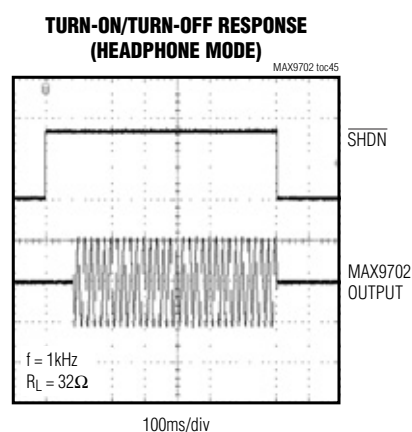
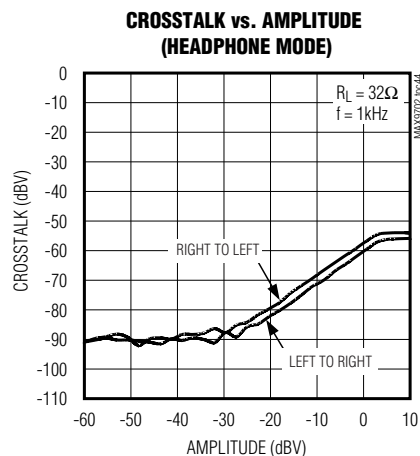
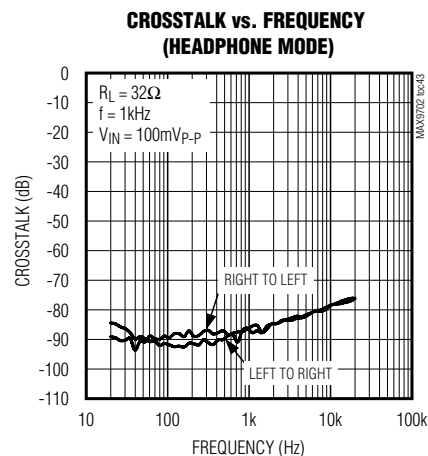
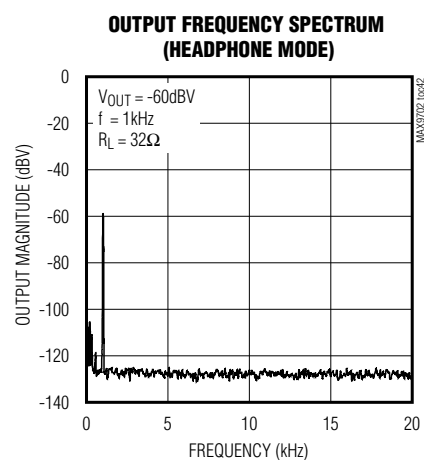
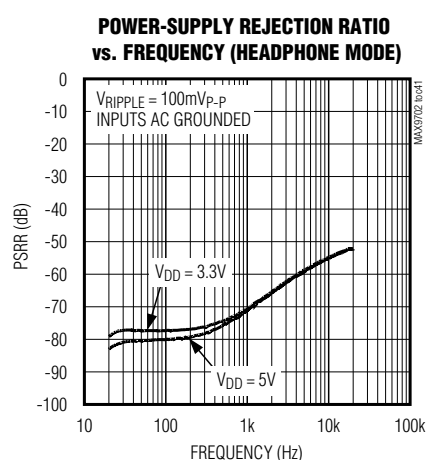
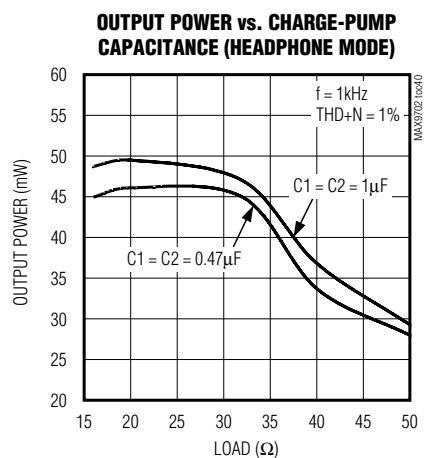
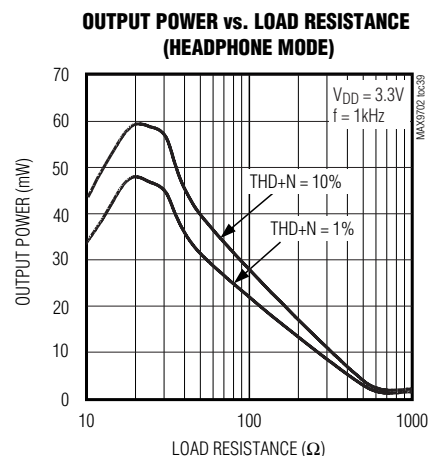
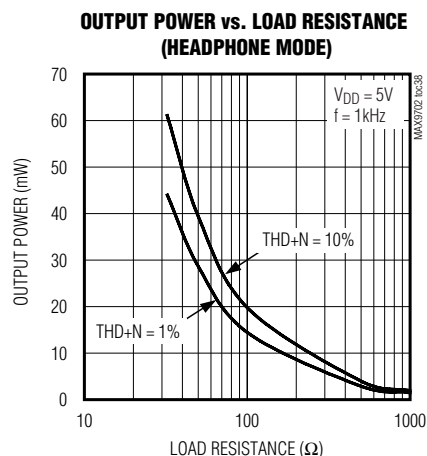
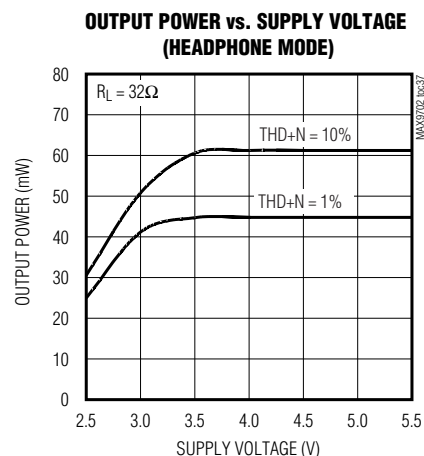
POWER DISSIPATION vs. OUTPUT POWER (HEADPHONE MODE)



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

典型工作特性 (续)

($V_{DD} = PV_{DD} = \overline{SHDN} = 3.3V$, $GND = PGND = 0V$, $SYNC = V_{DD}$ (SSM), speaker gain = 12dB.)



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

引脚说明

MAX9702

引脚	名称	功能
1, 22	PV _{DD}	H桥电源。连接至V _{DD} ，采用0.1μF电容将每个PV _{DD} 旁路至PGND。
2	SYNC_OUT	时钟信号输出。如果不使用，SYNC_OUT浮空。
3	SCL	I ² C串行时钟。连接一个上拉电阻至V _{DD} (参见I ² C接口部分)。
4	SDA	I ² C串行数据。连接一个上拉电阻至V _{DD} (参见I ² C接口部分)。
5	BIAS	共模电压。采用一只1μF电容将其旁路至GND。
6	SYNC	频率模式选择： SYNC = GND：固定频率模式，f _S = 1100kHz。 SYNC = 浮空：固定频率模式，f _S = 1340kHz。 SYNC = V _{DD} ：扩频模式，f _S = 1150kHz ±50kHz。 SYNC = 外部时钟：固定频率模式，f _S = 外部时钟频率。
7	CPV _{DD}	电荷泵电源。接V _{DD} ，采用一只1μF电容将其旁路至CPGND。
8	C1P	电荷泵飞电容正极。C1P与C1N之间连接一只1μF电容。
9	CPGND	电荷泵电源地。连接至PGND。
10	C1N	电荷泵飞电容负极。C1N与C1P之间连接一只1μF电容。
11	CPV _{SS}	电荷泵负极输出。采用一只1μF电容将其旁路至CPGND。
12	V _{SS}	耳机放大器电源负极。连接至CPV _{SS} 。
13	HPL	左声道耳机输出。
14	HPR	右声道耳机输出。
15	V _{DD}	模拟电源。采用一只1μF电容将其旁路至GND。
16	GND	模拟地。连接至PGND。
17	INR	右声道音频输入。
18	INL	左声道音频输入。
19	INM	单声道音频输入。
20	HPS	耳机检测： HPS = V _{DD} ：耳机模式。 HPS = GND：扬声器模式。
21	$\overline{\text{SHDN}}$	低电平有效关断。正常工作时，连接至V _{DD} 。
23	OUTR+	右声道放大器输出正端。
24	OUTR-	右声道放大器输出负端。
25, 26	PGND	电源地。连接至GND。
27	OUTL-	左声道放大器输出负端。
28	OUTL+	左声道放大器输出正端。
EP	EP	裸焊盘。该外部焊盘在管芯和印刷电路板之间提供直接导热通路，从而降低了封装热阻。焊盘在内部连接至V _{SS} 。将该散热焊盘尽量连接到一个独立的平面至V _{SS} 。

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

详细说明

MAX9702是1.8W、无需滤波的D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器。MAX9702 SSM放大器显著改善了开关模式放大器技术。MAX9702能够以D类放大器的效率提供AB类放大器的性能，占用最小的电路板空间。器件提供混音、静音、单声道/立体声输入模式，具有8个可选增益和低功耗关断模式——均可以通过一个I²C接口实现编程。

MAX9702立体声耳机放大器采用Maxim拥有专利的DirectDrive结构，省去了传统单电源耳机放大器中较大的输出耦合电容。通过对正电源(CPV_{DD})进行反向转换，在内部产生负电源(V_{SS})。与其他单电源供电的放大器相比，由CPV_{DD}和CPV_{SS}对放大器供电，将其动态范围扩大了近两倍，提高了总输出功率。

MAX9702的DirectDrive输出偏置在GND(参见图7)。这种0V偏置的好处是放大器输出不再有直流成分，不需要使用传统耳机放大器中较大的隔直电容，既节省电路板空间，又降低了系统成本，同时也改善了频率响应。

MAX9702在扬声器和耳机放大器中提供全面的杂音抑制电路，消除了启动与关断时听得见的杂音。

MAX9702具有输入多路复用器/混音器，允许对三路不同的音频信号源进行选择/混音。通过I²C兼容接口实现MAX9702和微控制器之间的串行通信。MAX9702提供两个不同的I²C地址，使两个MAX9702能够共享同一总线(参见表2)。内部命令寄存器控制MAX9702的关断状态、设置放大器的最大增益以及控制单声道/立体声/混音/静音MUX输入(参见表3)。

D类扬声器放大器

扩频调制和同步开关频率技术显著降低了EMI辐射。比较器监视音频输入，并将互补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，比较器输出跳变。这两个比较器在第二个比较器跳变上升沿后的一段固定时间之后复位，这样，在第二个比较器的输出端

产生一个最小宽度脉冲($t_{ON(MIN)}$)，典型值为100ns(参见图1)。随着输入电压增大或减小，一个比较器输出的脉冲持续时间增加，另一个比较器输出的脉冲持续时间保持不变。最终得到扬声器两端变化的净电压($V_{OUT+} - V_{OUT-}$)。最小脉宽使器件能够具有最佳线性度。

工作模式

固定频率调制(FFM)模式

MAX9702具有两种固定频率模式。将SYNC连接至GND，选择1.1MHz开关频率。浮空SYNC，选择1.34MHz开关频率。MAX9702频谱由开关频率基波及其相关的谐波组成(参见典型工作特性部分的Wideband FFT曲线图)。可以对开关频率进行设置，使谐波频率不会落入敏感频段(参见表1)。改变开关频率不会影响音频信号的重建。

扩频调制(SSM)模式

MAX9702具有独特的、受专利保护的扩频模式，在这种模式下，宽带频谱成份展平，降低了通过扬声器或电缆辐射的EMI。SYNC = V_{DD}时，设置为SSM模式(表1)。SSM模式下，开关频率在中心频率(1.15MHz)附近随机变化 ± 50 kHz。调制方案不变，但是锯齿波的频率逐周期改变(图2)。这样，能量被分散到整个频带，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)。专用放大器拓扑确保这样不会破坏音频带宽中的噪声基底。

表1. 工作模式

SYNC	MODE
GND	FFM with $f_{OSC} = 1100\text{kHz}$
FLOAT	FFM with $f_{OSC} = 1340\text{kHz}$
V _{DD}	SSM with $f_{OSC} = 1150\text{kHz} \pm 50\text{kHz}$
Clocked	FFM with $f_{OSC} = \text{external clock frequency}$

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

MAX9702

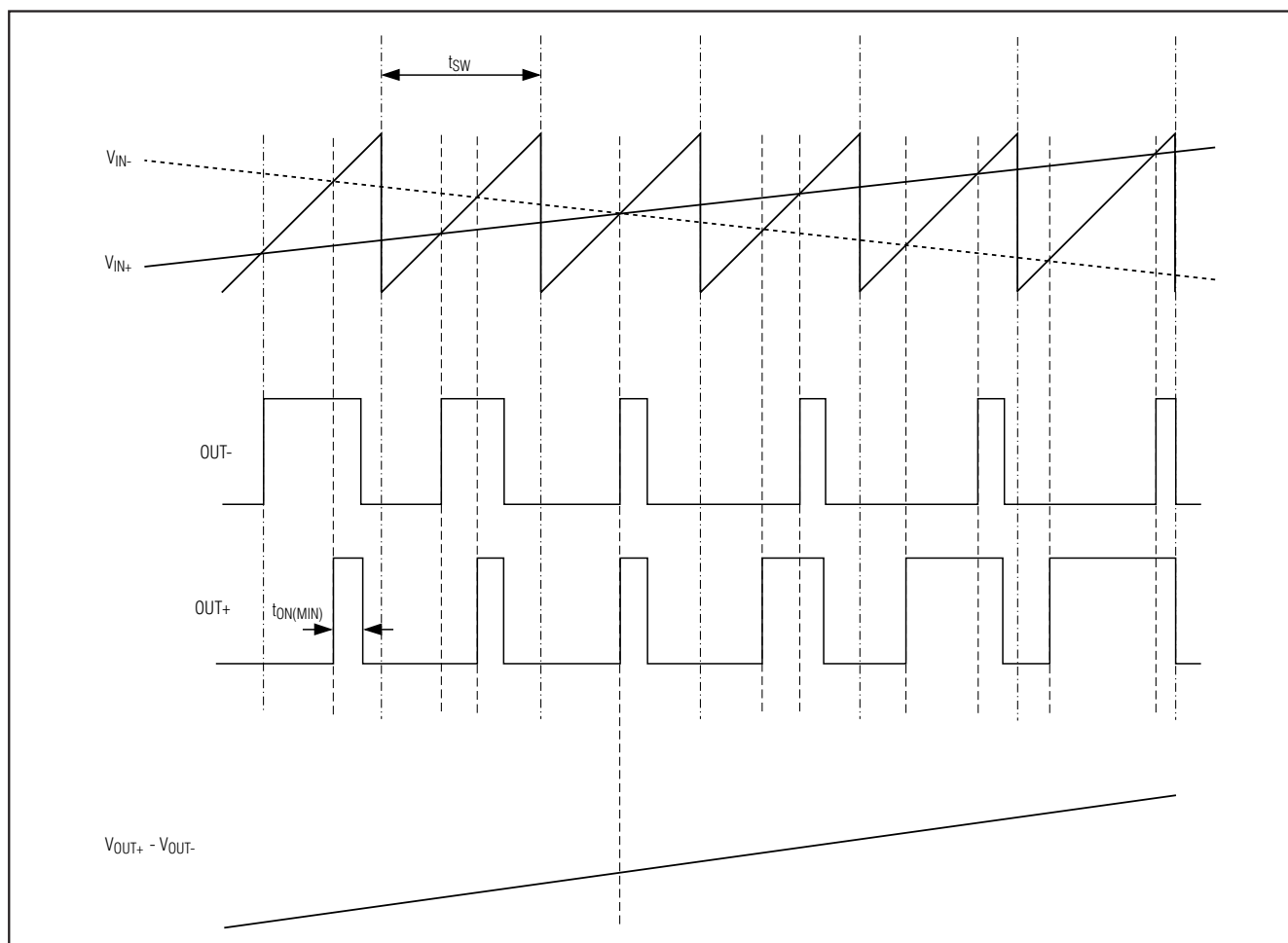


图1. 加载了输入信号的MAX9702输出

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

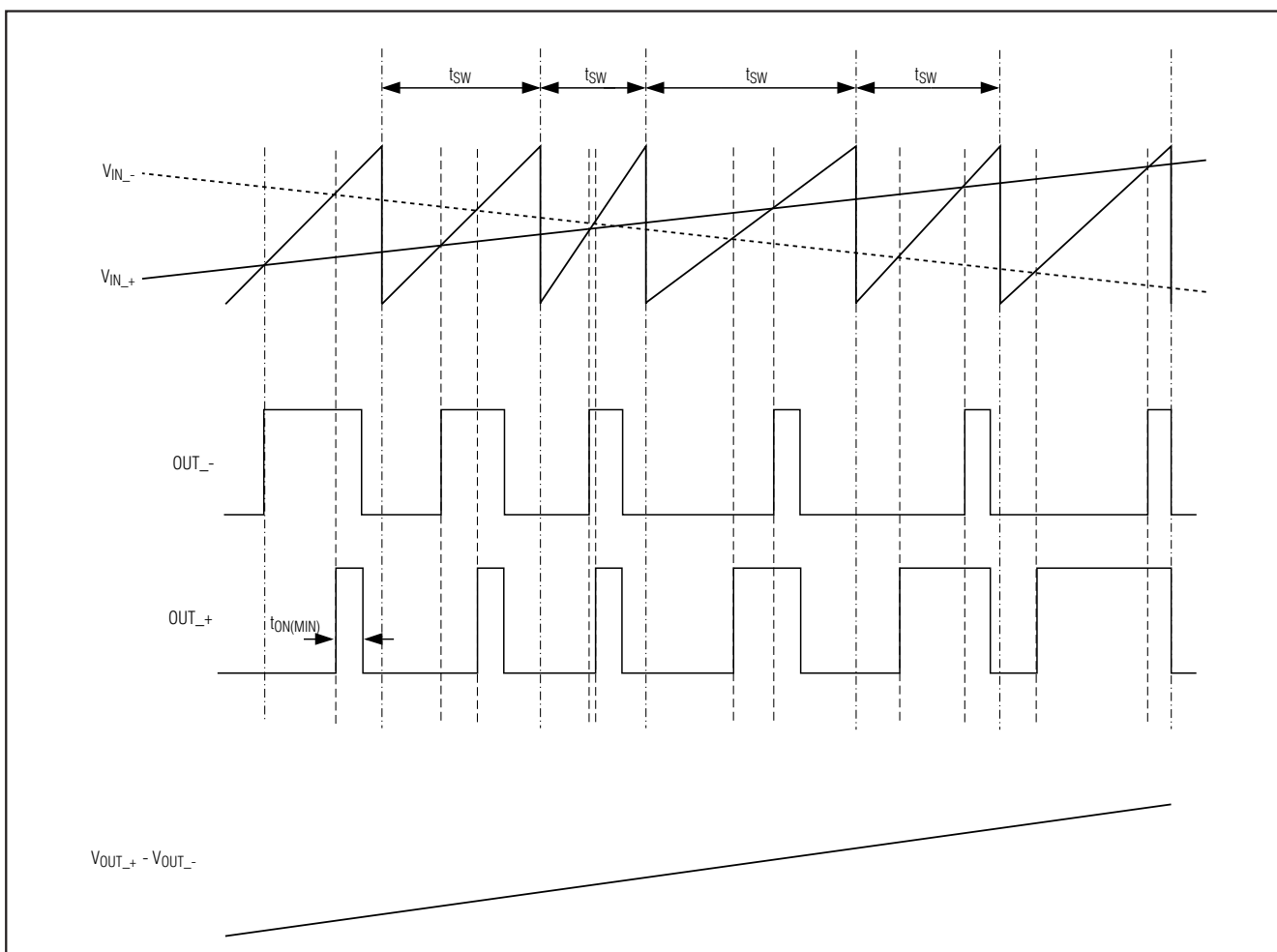


图2. 加载了输入信号的MAX9702输出 (SSM模式)

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

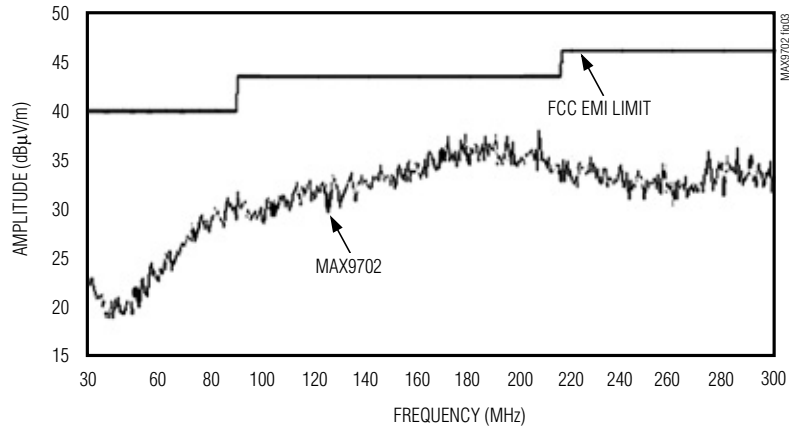


图3. 采用76mm扬声器电缆时, MAX9702的EMI

外部时钟模式

SYNC输入允许MAX9702与外部时钟或另一个Maxim D类放大器同步, 建立完全同步系统, 将时钟互调降到最小, 把开关频率的谐波成份分配到不敏感的频段。在SYNC上加载1MHz至2MHz的TTL时钟信号, 可以同步MAX9702。SYNC的时钟周期可以是随机的, 使MAX9702能够与另一个工作在SSM模式下的Maxim D类放大器同步。

SYNC_OUT使几个Maxim D类放大器能够级联。采用SYNC_OUT同步输出能够使时钟互调产生的干扰降至最低, 这种互调是由于各个器件之间的开关频率扩展造成的。采用SYNC_OUT时, 调制方案不变, 音频重建不受影响 (参见图4)。

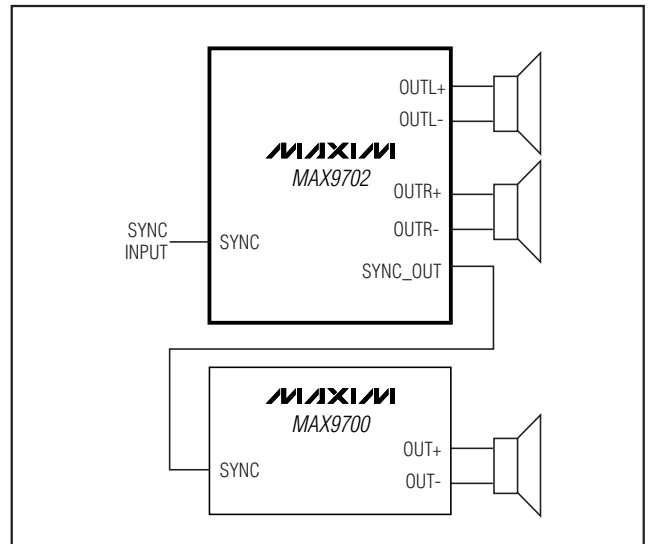


图4. 两个放大器的级联

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

无滤波调制/共模空闲方式

MAX9702采用Maxim独特的、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，该方波作为直流电压加在负载两端，将产生一定的负载电流，增大功耗（特别是在空闲状态）。当MAX9702输入端没有信号时，输出开关波形如图5所示。由于MAX9702采用差分方式驱动扬声器，两路输出互相抵消，因此，扬声器两端在空闲模式下净电压为0，降低了功耗。

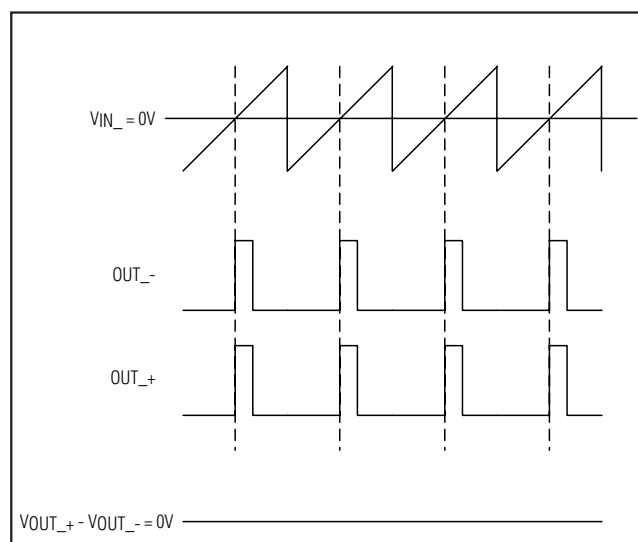


图5. 没有输入信号时，MAX9702的输出

效率

D类放大器的效率由输出级晶体管的开关工作决定。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，MAX9702则可保持>80%的效率（图6）。

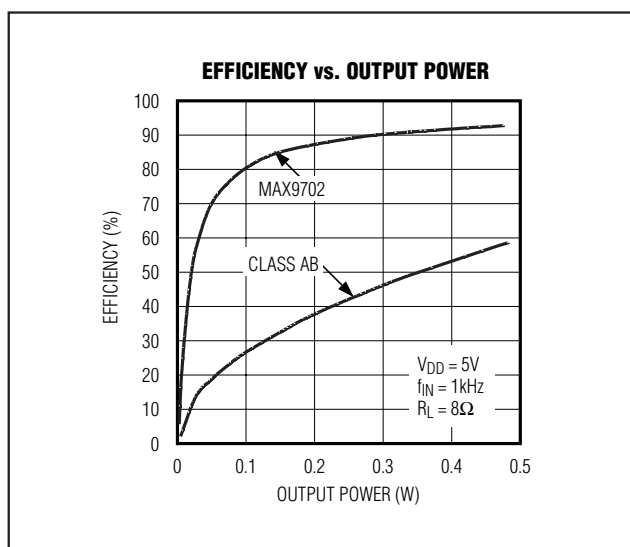


图6. MAX9702的效率与AB类放大器效率的比较

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

耳机放大器

在传统的单电源供电耳机放大器中，输出耦合电容是造成音频噪声的主要原因。启动时，放大器将耦合电容充电至偏置电压，通常是电源电压的一半。同样，在关断时，电容向GND放电。这导致了电容的直流偏移，在扬声器上表现为音频瞬变。由于MAX9702耳机放大器不需要输出耦合电容，因此不会发生这种现象。

MAX9702提供4种由I²C接口控制的耳机放大器增益。命令寄存器第3位和第4位将耳机放大器增益设置为-2dB、+1dB、+4dB和+7dB。此外，MAX9702具有较强的杂音抑制功能，消除了器件内部造成的任何音频瞬变。

在大多数应用中，驱动MAX9702的前置放大输出具有典型值为电源电压一半的直流偏置。启动时，通过MAX9702的RF，输入耦合电容充电到前置放大器的直流偏置电压，导致电容电压的直流偏移，引起杂音。内部40ms延时可以消除由输入滤波器造成的杂音。

DirectDrive

为获得最大动态范围，传统的单电源耳机放大器输出偏置在标称直流电压（通常为电源电压的一半）。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，并可能造成耳机和耳机放大器损坏。

Maxim拥有专利的DirectDrive结构采用电荷泵产生内部负电源电压，使MAX9702耳机输出偏置在GND，其动态范围几乎是单电源工作时的二倍。由于没有直流成分，所以不需要大尺寸隔直流电容。MAX9702的电荷泵只需要两个小尺寸陶瓷电容，而不是两个大尺寸（典型值为220 μ F）钽电容，从而节省了电路板空间，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。放大器的失调电压会使驱动器输出产生较低的直流电压。不过，MAX9702失调电压的典型值为1.1mV，当与32 Ω 负载连接时，所产生的流入耳机的直流电流小于56 μ 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，造成音频信号失真。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（塞孔）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) 塞孔通常在机壳上接地。若偏置电压为电源摆幅的中值，则塞孔必须与系统地隔离，使产品设计变得复杂。
- 2) 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。
- 3) 将耳机插孔用作其他设备的线路输出时，塞孔上的偏置电压可能与其他设备的地电位冲突，导致驱动器的损坏。

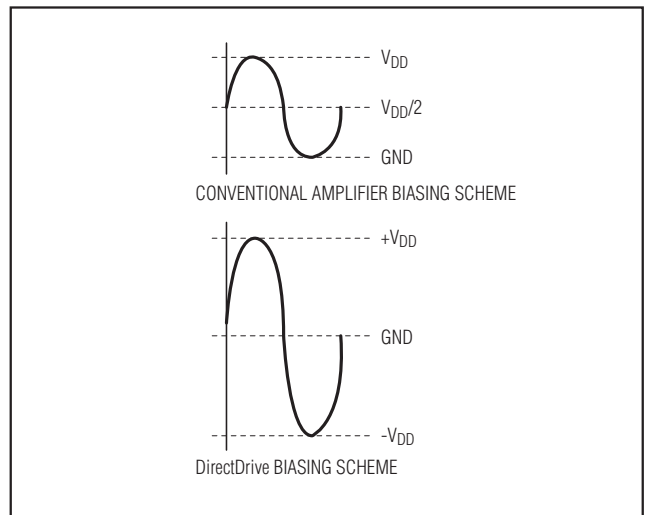


图7. 典型放大器输出与MAX9702 DirectDrive输出

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

电荷泵

MAX9702具有低噪声电荷泵。电荷泵的开关频率是D类放大器开关频率的1/2。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97dB的SNR。开关驱动器的频率可以控制,将导通与断开瞬间引起的噪声降到最小。通过限制电荷泵的开关频率,可以降低引线寄生电感产生的 di/dt 噪声。另外,还可以考虑通过增大C2的容值来增强高频噪声的抑制(参见典型应用电路)。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

MAX9702具有输入多路复用器/混音器,允许对三路不同的音频信号源进行选择/混音。命令寄存器第5位和第6位选择输入通道(参见表6),该音频信号输出到放大器。选择单声道时(第6位 = 0,第5位 = 1),两路输出同时出现单声道输入(增益由表4和表5确定)。当选择立体声通道时,左、右声道输入出现在输出上(增益由表4和表5确定)。在混音模式下,单声道输入加载到每个立体声输入并出现在输出端(增益由表4和表5确定)。单声道和立体声信号在混音前被衰减6dB,以保持动态范围。在静音模式下,任何输入信号都不会出现在输出端。

耳机检测输入 (HPS)

耳机检测输入 (HPS) 监视耳机插孔，并根据HPS引脚上施加的电压自动配置MAX9702。低于0.8V的电压将MAX9702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8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600k Ω 的上拉电阻将HPS上拉至V_{DD}。使用外部逻辑信号源驱动HPS时，在MAX9702关断时，驱动HPS至低电平。用一个10k Ω 电阻与HPS串联，这样耳机插孔可以确保±8kV的ESD保护。

杂音抑制

MAX9702具有全面的杂音抑制功能，以消除启动与关断过程的瞬态噪音。关断时，H桥处于高阻态。启动或上电时，输入放大器处于静音状态，内部回路将调制器偏置电压设置到正确的电平，避免了随后使能H桥时出现的杂音。

限流和热保护

MAX9702具有限流和热保护功能，出现短路和过流时，对器件进行保护。过流时，耳机放大器为脉动输出。扬声器放大器的限流保护功能只是限制输出电流，而不会关断输出。这样会导致输出失真。

MAX9702的热保护功能在+120°C时关断器件，直到温度低于+110°C时解除关断状态。

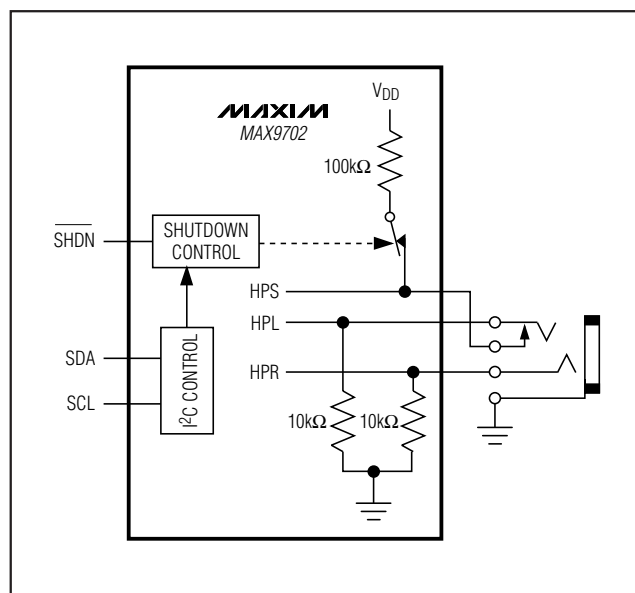


图8. HPS配置

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

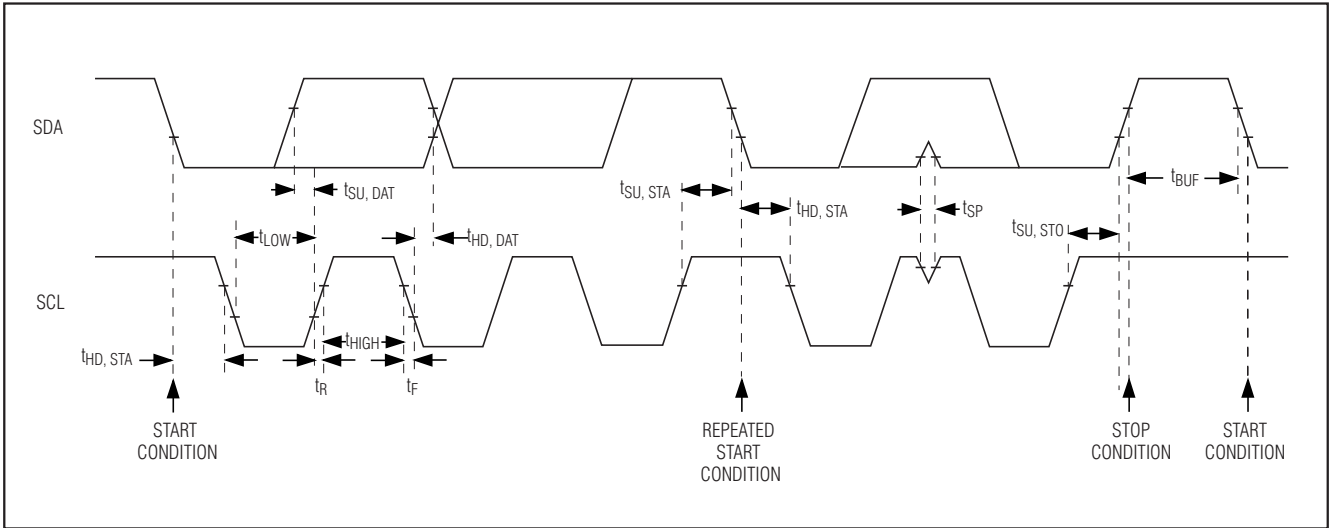


图9. 2线串行接口时序图

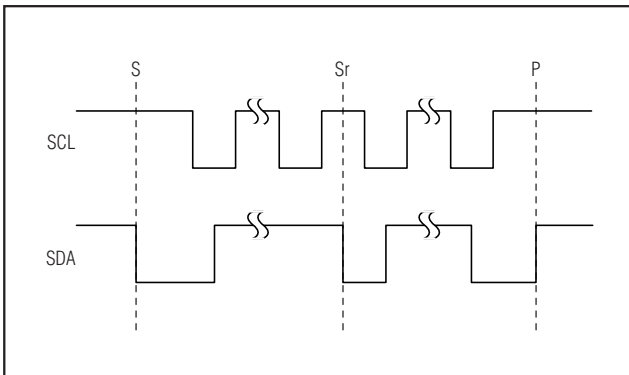


图10. START、STOP和REPEATED START命令

I²C接口

MAX9702 具有 I²C 2线串行接口，接口由串行数据线 (SDA) 和串行时钟线 (SCL) 组成。通过 SDA 和 SCL，MAX9702 能够以高达 400kHz 的时钟速率与主机通信。图 9 所示为 2 线接口时序图。MAX9702 只作为从机接收器件，由主机产生 SCL 信号。MAX9702 除了应答来自主机的接收数据外，不能向 SDA 总线进行写操作。MAX9702 不对主机的读命令做出应答。主机通常是微控制器，产生 SCL，并初始化总线传输数据。

主机设备与 MAX9702 通信时，首先发送对应的地址，接下来是数据字。每次传输由 START (S) 或 REPEATED START (Sr) 命令和 STOP (P) 命令构成一帧。总线上传输的每个字都是 8 位长，并总是跟随一个应答时钟脉冲。

MAX9702 SDA 可以用作输入和开漏极输出。SDA 总线需要典型值大于 500Ω 的上拉电阻。MAX9702 SCL 只能用作输入。若总线上有多个主机，或单主机系统的主机使用开漏极 SCL 输出时，SCL 需要典型值大于 500Ω 的上拉电阻。SDA 与 SCL 的串联电阻是可选的。串联电阻保护 MAX9702 的数字输入免受总线上高电压尖峰影响，并减小串扰与总线信号的负尖峰。

位传输

每个 SCL 周期传输 1 个数据位。SDA 上的数据在 SCL 脉冲高电平期间必须保持稳定。SCL 为高电平时，SDA 的变化为控制信号（参见 START 和 STOP 命令部分）。I²C 总线空闲时，SDA 和 SCL 的空闲状态为高电平。

START 与 STOP 命令

主机设备通过发出 START 命令启动通信。START 命令是在 SCL 为高电平时，SDA 由高到低的跳变产生的。STOP 命令是在 SCL 为高时，SDA 由低到高的跳变产生的（图 10）。来自主机的 START (S) 命令通知 MAX9702 开始传输。主机通过发出 STOP (P) 命令终止传输并释放总线。若产生的是 REPEATED START (Sr) 命令，而不是 STOP 命令，则总线保持有效。

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

提前STOP命令

MAX9702在数据传输过程中可随时识别STOP命令，除非STOP命令与START命令出现在同一个高电平脉冲期间。

从机地址

MAX9702可以设置为两个从机地址之一（见表2）。地址定义为7个最高有效位（MSB），随后是Read/ $\overline{\text{Write}}$ 位。地址是START命令之后发送到MAX9702的第一个字节信息。MAX9702是从机器件，只接收数据。配置MAX9702时，Read/ $\overline{\text{Write}}$ 位必须是0。即使将R/ $\overline{\text{W}}$ 位置1，MAX9702也不会对其寻址接收做出响应。

应答

应答位（ACK）是与时钟脉冲对应的第9位，是MAX9702对接收的每个数据字节产生的握手信号（见图11）。MAX9702在主机产生的第9个时钟脉冲拉低SDA。在应答时钟高电平期间，SDA必须保持低电平稳定。监视ACK可以检测失败的数据传输。若接收器件忙或出现系统故障，则会出现失败的数据传输。数据传输失败时，总线主机将重试图通信。

写数据格式

对MAX9702的写操作包括START命令、从机地址和置为0的R/ $\overline{\text{W}}$ 位（参见表2）、配置命令寄存器的一个数据字节、STOP命令。图12说明了一帧的正确格式。

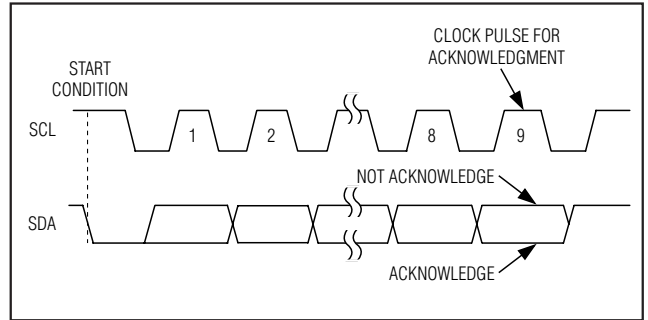


图11. 应答

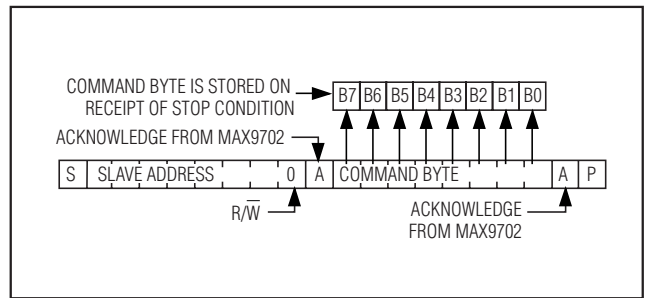


图12. 写数据格式实例

MAX9702只接受写数据，但会应答其地址字节（R/ $\overline{\text{W}}$ 置高）。R/ $\overline{\text{W}}$ 置为高电平时，MAX9702不对SDA总线进行写操作。因此，主机从MAX9702读取全1。应将R/ $\overline{\text{W}}$ 位保持为0，以避免发生这种情况。

表2. MAX9702地址

PART	MAX9702 SLAVE ADDRESS							
	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/ $\overline{\text{W}}$
MAX9702	1	0	0	1	1	0	0	0
MAX9702B	1	0	0	1	1	1	0	0

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

命令寄存器

MAX9702含有一个命令寄存器，用于设置扬声器和耳机增益设置、选择输入模式以及使能/禁止关断。表3说明了命令寄存器中包含的位功能。

可编程扬声器增益

MAX9702具有8种内部扬声器增益设置，由B0–B2进行选择（参见表4）。

可编程耳机增益

MAX9702具有4种耳机增益设置，由B3和B4进行选择（参见表5）。

可编程输入模式

MAX9702的多路复用器对立体声和单声道输入进行选择。当单声道和立体声输入同时使能时，复用器还可以用作混音器。静音功能禁止输入信号输出。所有模式通过B5和B6进行选择（参见表6）。

混音功能对单声道和立体声信号进行衰减和混音。每一输入信号在混音前衰减6dB，为输出留有一定的余地。在混音模式下，输出信号由下式表示：

$$(OUT_{+} + (-)OUT_{-}) \text{ or } HP_{-} = \left(\frac{IN_{-} + INM}{2} \right) \times A_V$$

其中， A_V 是放大器增益。

表3. 命令位和说明

BIT	FUNCTION	DEFAULT
B0	Speaker gain-setting bit	0
B1	Speaker gain-setting bit	0
B2	Speaker gain-setting bit	1
B3	Headphone gain-setting bit	1
B4	Headphone gain-setting bit	0
B5	MONO enable bit (0 = Mute)	0
B6	STEREO enable bit (0 = Mute)	1
B7	Shutdown bit (1 = normal, 0 = shutdown)	1

表4. 可编程扬声器增益

B2	B1	B0	FUNCTION	GAIN (dB)
0	0	0	Speaker gain	+0
0	0	1	Speaker gain	+3
0	1	0	Speaker gain	+6
0	1	1	Speaker gain	+9
1	0	0	Speaker gain	+12
1	0	1	Speaker gain	+15
1	1	0	Speaker gain	+18
1	1	1	Speaker gain	+21

表5. 可编程耳机增益

B4	B3	FUNCTION	GAIN (dB)
0	0	Headphone gain	-2
0	1	Headphone gain (default)	+1
1	0	Headphone gain	+4
1	1	Headphone gain	+7

表6. 可编程输入模式

B6	B5	FUNCTION
0	0	MUTE (no input on the output)
0	1	MONO (MONO input sent to the output)
1	0	STEREO (left and right inputs sent to the outputs) (default)
1	1	MIX (MONO and STEREO inputs are mixed and output)

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

关断

MAX9702具有0.1 μ A低功耗关断模式，可以降低静态电流损耗以延长电池寿命。关断模式由硬件或软件接口控制。驱动SHDN为低电平，将禁用驱动器放大器、偏置电路以及电荷泵，设置耳机放大器输出阻抗为1k Ω 。同样，当控制寄存器第7位 (B7)置0时，MAX9702进入关断模式。正常工作时将SHDN接V_{DD}，并将第7位设置为1 (参见表7)。关断模式下，I²C接口有效，命令寄存器的内容不受影响。这样在关断时，主机可以向MAX9702进行写操作。

表 7. 关断控制 (SHDN)

B7	FUNCTION
0	Soft shutdown
1	Normal operation

应用信息

无滤波D类工作

传统的D类放大器需要使用输出滤波器从放大器输出中恢复音频信号。滤波器增加了成本，也增大了放大器尺寸，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_{DD(P-P)})，导致较大的纹波电流。滤波元件的任何杂散电阻都会导致功率损耗、降低效率。

MAX9702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。

由于MAX9702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，可能会被损坏。为获得最佳效果，可以用一个大于10 μ H的电感与扬声器串联。对于便携式音频应用，典型的8 Ω 扬声器等效串联电感在20 μ H至100 μ H范围内。

D类输出失调

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吸收。这是由于D类放大器是功率转换电路。例如，在AB类器件中，8mV的直流失调电压通过8 Ω 负载会额外消耗1mA的电流。而对D类器件来说，8mV的失调电压通过8 Ω 负载时仅消耗8 μ 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 μ W/(V_{DD}/100 x η)，只有几个微安。

直流耦合输入

输入放大器可以接收偏置在放大器偏置电压上的直流输入。直流耦合省去了输入耦合电容，减少了元件数量，有时采用一个外部元件即可 (参见系统框图)。但是，损失了电容的高通滤波作用，使低频信号馈入负载。

电源

MAX9702器件的不同部分采用不同的电源，以得到最佳的功率耗散余量与噪声抑制。扬声器放大器由PV_{DD}供电。PV_{DD}的取值范围为2.5V至5.5V，必须连接至与V_{DD}相同的电位。耳机放大器由V_{DD}与V_{SS}供电。V_{DD}是耳机放大器的正电源，取值范围为2.5V至5.5V。V_{SS}是耳机放大器的负电源，连接V_{SS}与CPV_{SS}。电荷泵由CPV_{DD}供电，正常工作时，CPV_{DD}接至V_{DD}。电荷泵将CPV_{DD}电压反向，提供CPV_{SS}输出电压。该器件的其余部分由V_{DD}供电。

元件选择

输入滤波器

输入电容C_{IN}与MAX9702输入阻抗一起构成了高通滤波器，可以消除输入信号中的直流偏置。交流耦合电容允许放大器为信号提供最佳直流偏置电平。假定信号源阻抗为0，高通滤波器的-3dB点为：

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

根据上式选择合适的C_{IN}，使f_{-3dB}低于感兴趣的最低频率。选用介电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。

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

设计输入滤波器时还需考虑系统整体的限制和实际频率带宽。高保真音频需要20Hz至20kHz之间的增益响应平坦，蜂窝电话和双向通信装置等便携式声音重建设备只需要关注语音信号（通常在300Hz至3.5kHz之间）。而且，便携式设备使用的扬声器通常在300Hz以下响应较差。考虑到这两个因素，可以不必设计输入滤波使其具有20Hz至20kHz的平坦响应，由于使用了较小的电容，同时节省了电路板空间和成本。

输出滤波器

MAX9702不需要输出滤波器。该器件在75mm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。如果10MHz以上的辐射频率影响较大时，可以使用铁氧体磁珠滤波器。10MHz以下的辐射频率影响较大或者放大器和扬声器之间连线较长（大于200mm）时，可以使用LC滤波器。图13是可选的扬声器放大器输出滤波器。

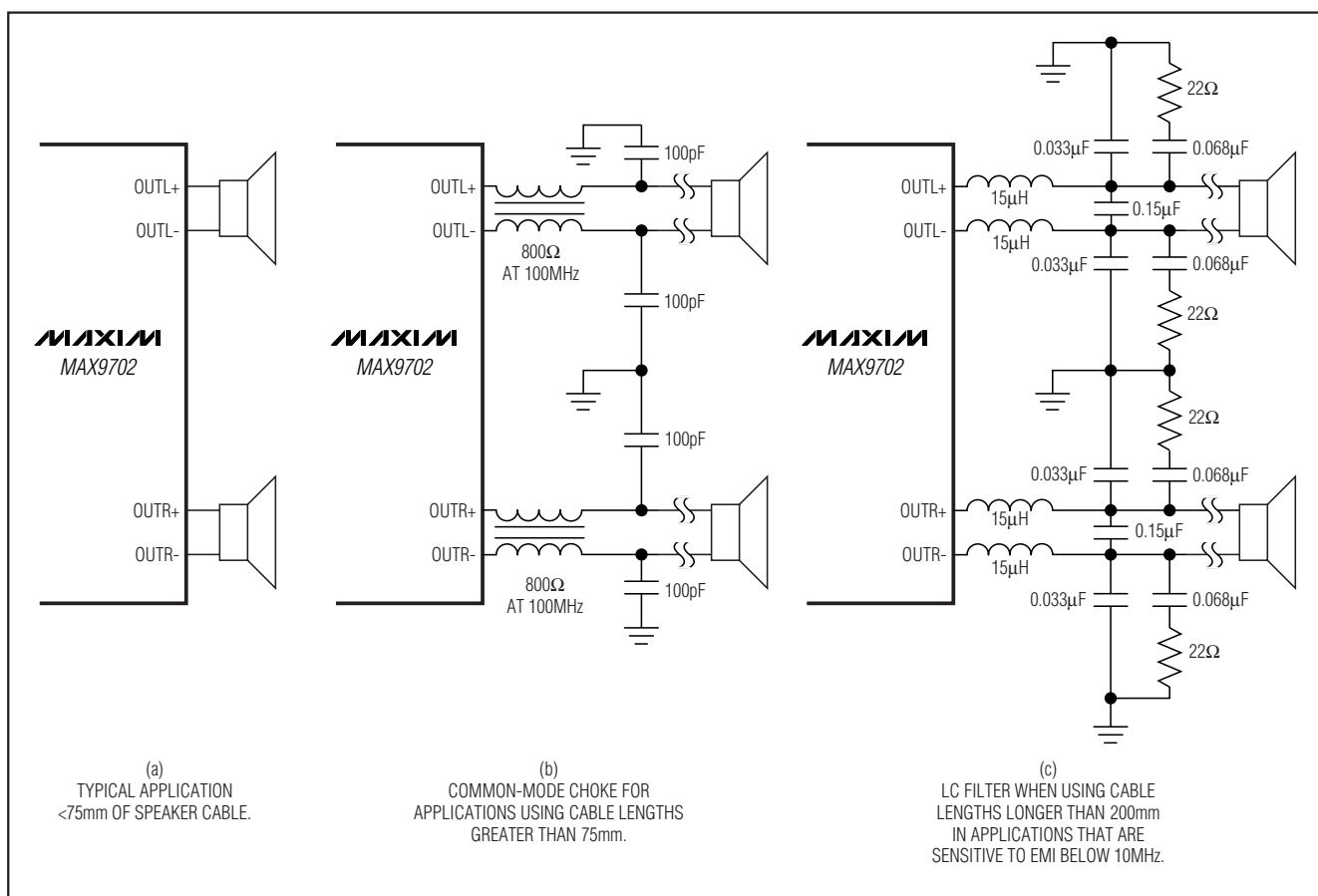


图13. 可选的扬声器放大器输出滤波器

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

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_{BIAS} 可降低共模偏置节点的电源噪声及其他噪声，改善了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。采用一只 $1\mu\text{F}$ 电容将BIAS旁路至GND。

电荷泵电容选择

为了获得最佳性能，应使用ESR小于 $100\text{m}\Omega$ 的电容。低ESR陶瓷电容可以使电荷泵的输出阻抗最小。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8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阻抗。C1过小，器件的电流驱动能力就会变差，将导致输出电压跌落。增大C1可以在一定程度上降低电荷泵的输出阻抗。电容大于 $1\mu\text{F}$ 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_{SS} 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阻抗。较低的电容值可以用在最大输出功率较低的系统中。参见典型工作特性中的输出功率与电荷泵电容、负载阻抗曲线图。

CPV_{DD}旁路电容

CPV_{DD}旁路电容 (C3) 降低了电源的输出阻抗，并减小了MAX9702电荷泵开关瞬变的影响。采用C3旁路CPV_{DD}至PGND，并将其尽可能靠近CPV_{DD}和PGND摆放。采用的C3值应尽量与C1相同。

电源旁路、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。较宽的走线还有助于封装散热。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PGND与GND在印刷电路板上单点连接。使所有承载开关瞬变信号的走线远离GND以及音频信号的走线和元件。

将所有的电源输入 (CPV_{DD}、V_{DD}和PV_{DD}) 连接在一起。用 $0.1\mu\text{F}$ 电容将PV_{DD}旁路到GND， $1\mu\text{F}$ 电容将CPV_{DD}旁路到PGND。采用 $1\mu\text{F}$ 电容将V_{DD}旁路到GND。将旁路电容尽可能靠近MAX9702摆放。如果需要，可以在PV_{DD}和PGND之间放置大电容。

使用较宽的低阻抗输出走线。随着负载阻抗减小，器件输出电流增大。较大的输出引线阻抗会降低传输到负载的功率。输出、电源以及GND采用宽引线使MAX9702能够更好的向空气散热，应尽可能的降低电路热阻或连接V_{SS}的热阻。

MAX9702的薄型QFN-EP封装的下方具有裸露的散热焊盘。该焊盘在管芯和印刷电路板之间提供了直接导热通道，减小封装的热阻。裸露焊盘内部连接至V_{SS}。将该散热焊盘尽量连接到一个独立的平面至V_{SS}。

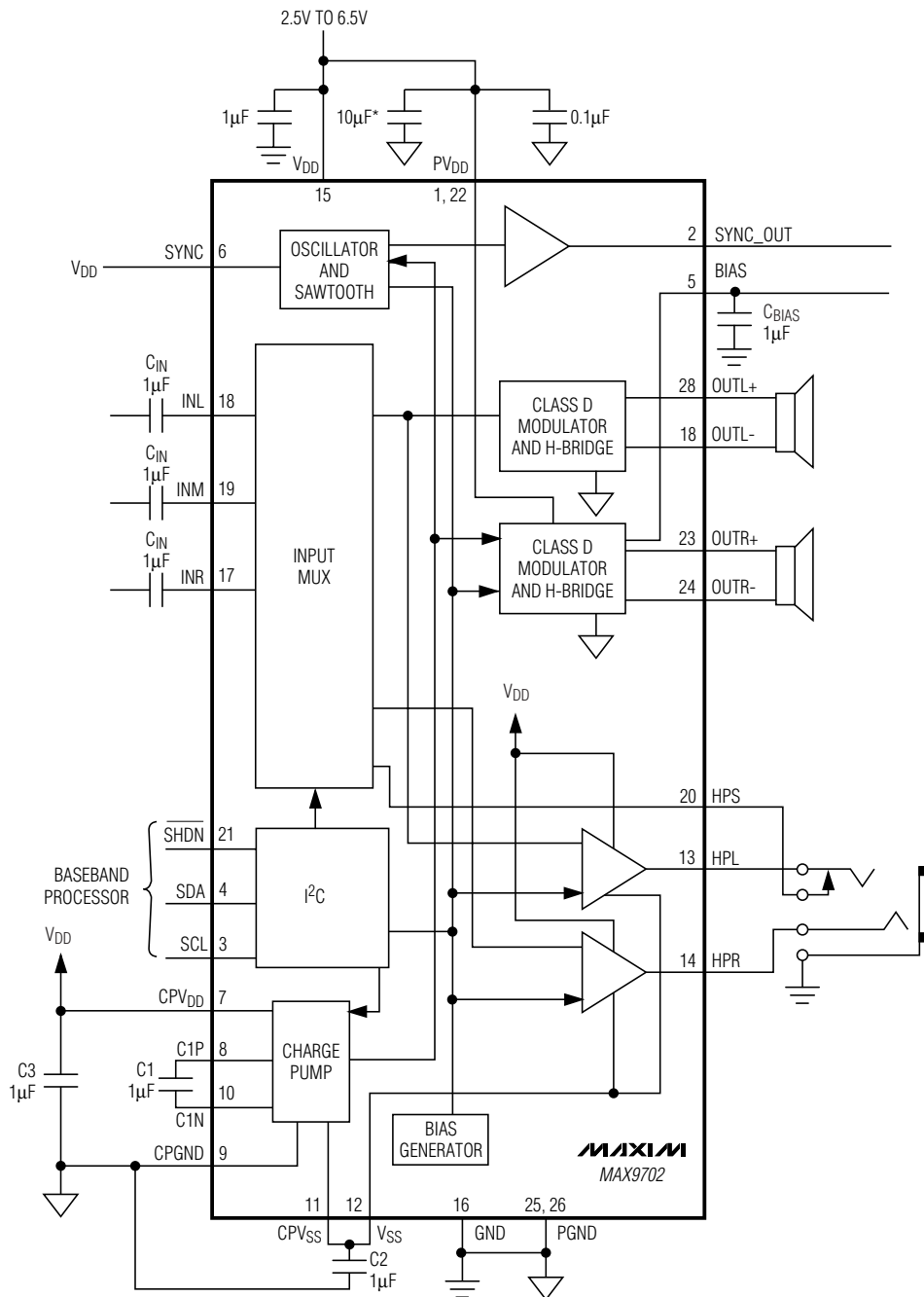
表8. 推荐的电容生产商

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

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

功能框图/典型工作电路

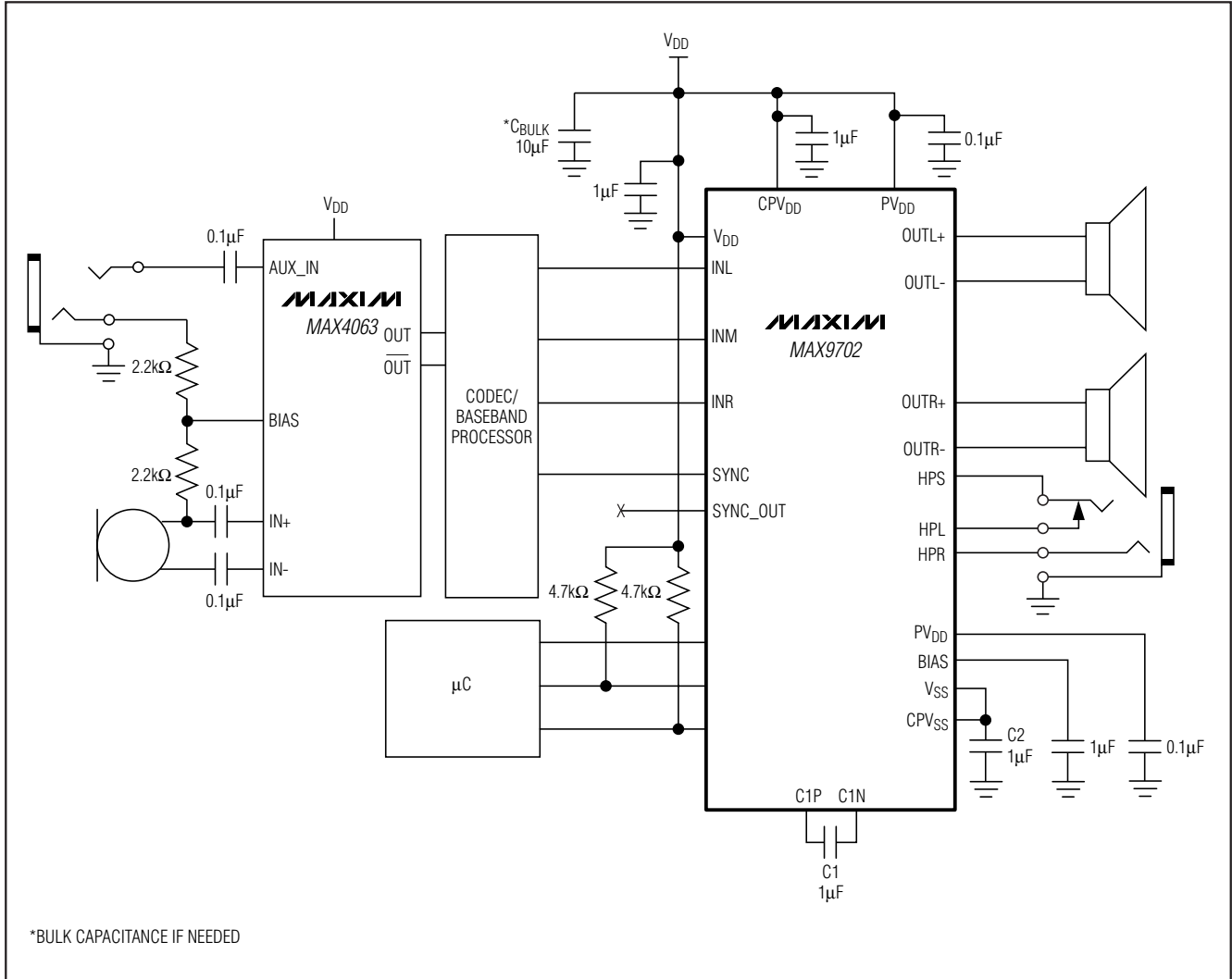
MAX9702



*BULK CAPACITANCE IF NEEDED

1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

系统框图



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

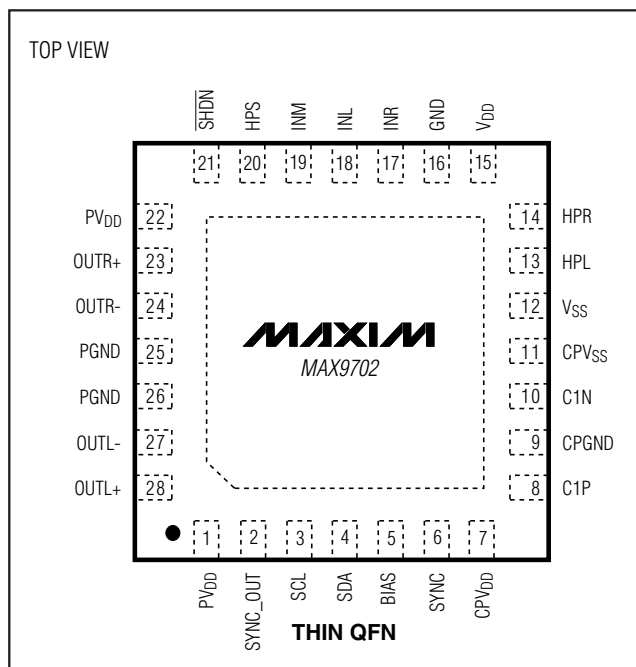
引脚配置

芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 10,435

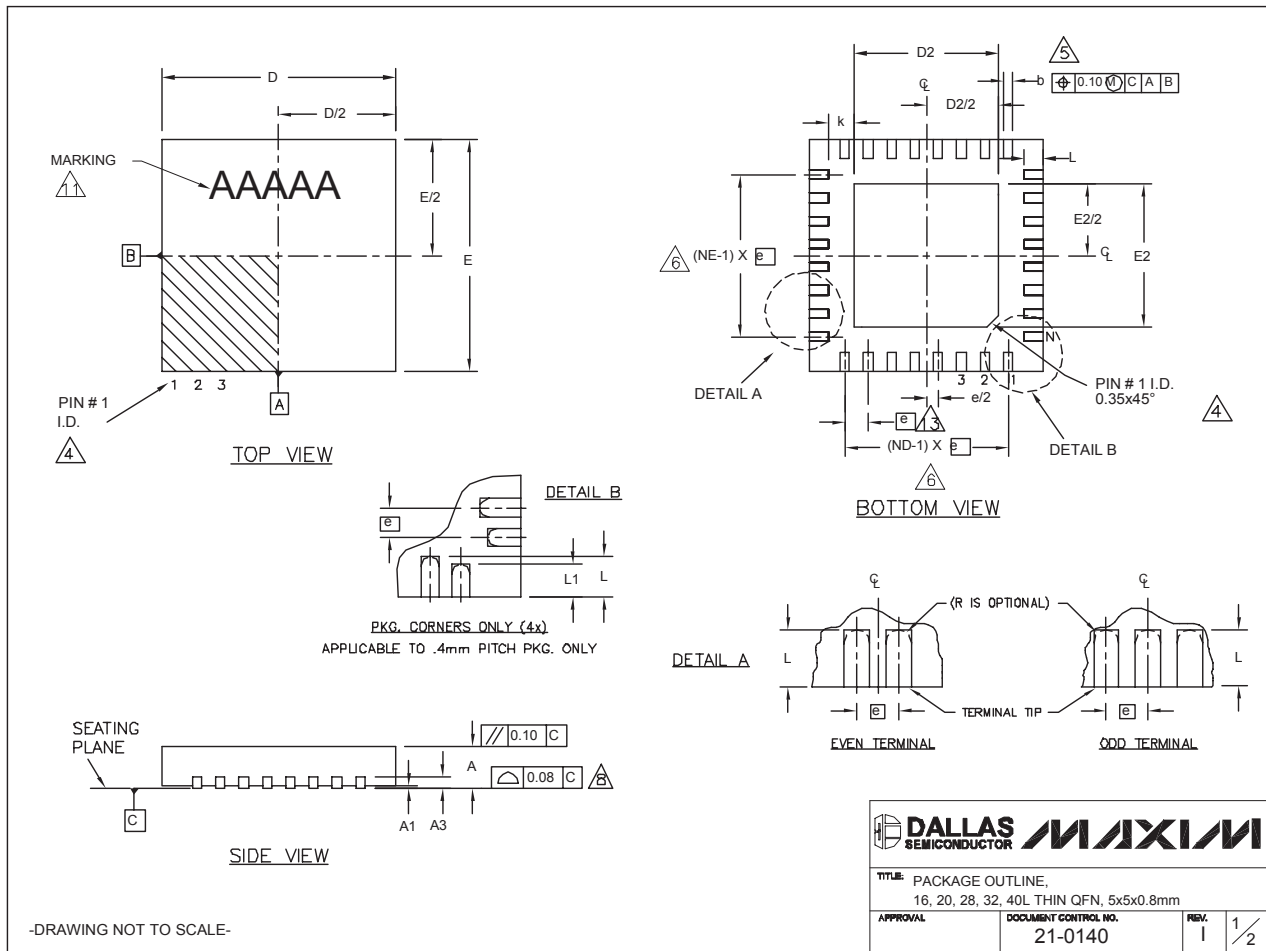
PROCESS: BiCMOS

MAX9702



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器和DirectDrive立体声耳机放大器

(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。)



1.8W、无滤波、立体声D类音频功率放大器 和DirectDrive立体声耳机放大器

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/packages.)

MAX9702

COMMON DIMENSIONS															
PKG.	16L 5x5			20L 5x5			28L 5x5			32L 5x5			40L 5x5		
SYMBOL	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	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05
A3	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	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
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	0.35	0.45
L	0.30	0.40	0.50	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.40	0.50	0.60
L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.40	0.50
N	16			20			28			32			40		
ND	4			5			7			8			10		
NE	4			5			7			8			10		
JEDEC	WHHB			WHHC			WHHD-1			WHHD-2			-----		

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.

△ 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.

△ DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.

△ ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.

7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.

△ COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.

9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3 AND T2855-6.

△ WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.

11. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.

12. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.

△ LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "e", ±0.05.

-DRAWING NOT TO SCALE-

EXPOSED PAD VARIATIONS								
PKG. CODES	D2			E2			L mm ±0.15	DOWN BONDS ALLOWED
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.		
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T1655N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	YES
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	NO
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	.20	**	YES
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	.20	**	NO
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T4055-1	3.20	3.30	3.40	3.20	3.30	3.40	**	YES

**SEE COMMON DIMENSIONS TABLE

 DALLAS SEMICONDUCTOR			
TITLE: PACKAGE OUTLINE, 16, 20, 28, 32, 40L THIN QFN, 5x5x0.8mm			
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0140	REV. I	2/2

The MAX9702 thin QFN-EP package features an exposed thermal pad on its underside. This pad lowers the package's thermal impedance by providing a direct-heat conduction path from the die to the printed circuit board. The exposed pad is internally connected to VSS. Connect the exposed thermal pad to an isolated plane.

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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 31