

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

概述

MAX9875集成了高效D类音频功率放大器和立体声AB类耳机放大器，耳机放大器采用无电容DirectDrive®架构。作为Maxim的第三代无需滤波的D类放大器，器件具有有源辐射抑制功能，能够以D类放大器的效率提供AB类放大器的优异性能。

采用3.7V供电时，MAX9875能够以87%的效率为8Ω负载提供高达725mW的功率，有效延长电池寿命。无滤波调制方案采用有源辐射抑制电路和扩谱调制技术，大大降低了EMI干扰，省去了传统D类放大器所需的输出滤波器。

MAX9875内部立体声AB类耳机放大器采用Maxim专有的DirectDrive技术，单电源供电时能够产生以地为参考的输出，无需大尺寸隔直电容，从而节省成本、减小空间并降低器件高度。

器件采用用户定义的输入结构，提供三种前置放大器增益设置，具有输入混音、音量控制、全面的咔嗒/噼啪声抑制和I²C控制。

MAX9875采用高效散热、节省空间的20焊球WLP封装。

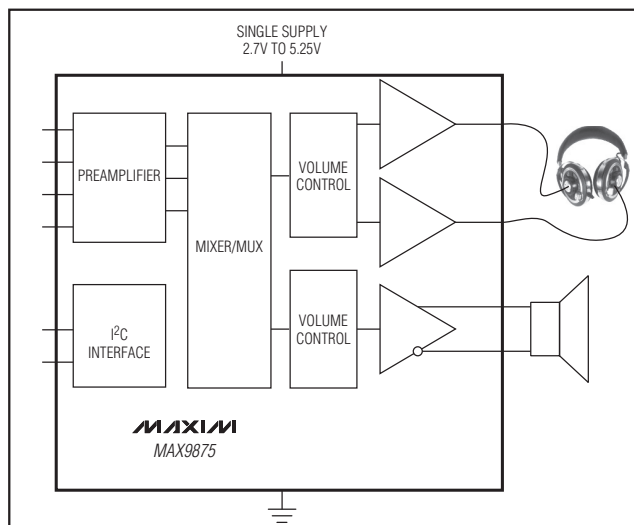
应用

蜂窝电话

便携式多媒体播放器

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

简化框图



特性

- ◆ 低辐射、无滤波D类放大器能够满足EN55022 B类标准，并留有10dB以上的裕量
- ◆ 极低的RF敏感度，可有效抑制GSM无线网络的TDMA噪声
- ◆ 按照用户自定义的输入模式提供输入混音
- ◆ 725mW扬声器输出($R_{SPK} = 8\Omega$, $P_{VDD} = 3.7V$)
- ◆ 53mW耳机输出($R_{HP} = 16\Omega$, $V_{DD} = 3.7V$)
- ◆ 1kHz时，THD+N低至0.05% (D类功放)
- ◆ 1kHz时，THD+N低至0.016% (耳机放大器)
- ◆ 效率高达87% ($R_{SPK} = 8\Omega$, $P_{OUT} = 750mW$)
- ◆ 扬声器放大器具有较高的PSRR (217Hz时为72dB)
- ◆ 耳机放大器具有较高的PSRR (217Hz时为84dB)
- ◆ I²C控制
- ◆ 硬件及软件关断模式
- ◆ 咔嗒/噼啪声抑制
- ◆ 限流及热保护
- ◆ 采用节省空间的2.5mm x 2.0mm WLP封装

订购信息

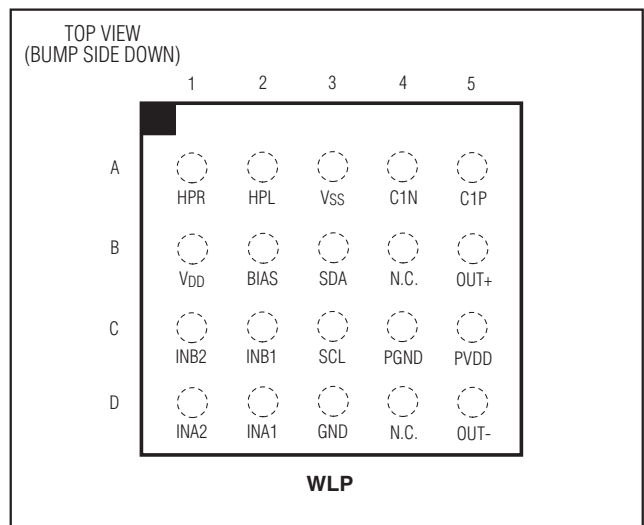
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX9875ERP+TG45	-40°C to +85°C	20 WLP (5x4)

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T = 卷带包装。

G45表示管芯带有保护层。

引脚配置



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{DD}, PVDD to PGND-0.3V to +5.5V
 V_{DD} to PVDD-0.3V to +0.3V
 V_{SS} to PGND-5.5V to +0.3V
 C1N to PGND(V_{SS} - 0.3V) to +0.3V
 C1P to PGND-0.3V to (PVDD + 0.3V)
 HPL, HPR to V_{SS}
 (Note 1).....-0.3V to the lower of (PVDD - (V_{SS} + 0.3V)) or +9V
 HPL, HPR to PVDD
 (Note 2)+0.3V to the higher of (V_{SS} - (PVDD - 0.3V)) or -9V
 GND to PGND±0.3V
 INA1, INA2, INB1, INB2, BIAS-0.3V to +4V
 SDA, SCL-0.3V to +5.5V
 All Other Pins to GND-0.3V to (PVDD + 0.3V)
 Continuous Current In/Out of PVDD, PGND, OUT_±800mA

Continuous Current In/Out of HPR and HPL140mA
 Continuous Input Current V_{SS}100mA
 Continuous Input Current (all other pins)±20mA
 Duration of OUT_ Short Circuit to GND or PVDDContinuous
 Duration of Short Circuit Between OUT+ and OUT-Continuous
 Duration of HP_ Short Circuit to GND or PVDDContinuous
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 20-Bump WLP, 5 x 4, Multilayer Board
 (derate 13.0mW/°C above +70°C)1.04W
 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

Note 1: HPR and HPL should be limited to no more than 9V above V_{SS}, or above PVDD + 0.3V, whichever limits first.

Note 2: HPR and HPL should be limited to no more than 9V below PVDD, or below V_{SS} - 0.3V, whichever limits first.

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} = V_{PVDD} = 3.7V, V_{GND} = V_{PGND} = 0V. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{\text{SHDN}}$ = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. SDA and SCL pullup voltage = 3.3V. Z_{SPK} = ∞, R_{HP} = ∞. C1 = C2 = C_{BIAS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage Range	V _{DD} , PVDD	Guaranteed by PSRR test	2.7		5.25	V
Quiescent Current	I _{DD}	HP mode, OUTMODE = 2	OSC = 00		5.6	mA
			OSC = 10		9.0	
		SPK mode, OUTMODE = 7	OSC = 00		5.5	
			OSC = 10		6.6	
		SPK + HP mode, OUTMODE = 9	OSC = 00		11.0	
			OSC = 10		5.7	
Shutdown Current	I _{SHDN}	I _{SHDN} = I _{VDD} + I _{PVDD} ; $\overline{\text{SHDN}}$ = 0; V _{SDA} = V _{SCL} = logic-high; T _A = +25°C	OSC = 00		10.4	μA
			OSC = 10		16.0	
Turn-On Time	t _{ON}	Time from shutdown to full operation	OSC = 00		9.3	ms
			OSC = 01		10	
			OSC = 10		17.5	
BIAS Release Time	t _{BR}	After forcing BIAS low, time from BIAS released to I ² C reset	25		80	ms
Input Resistance	R _{IN}	T _A = +25°C, preamp gain = 0dB or +9dB	11	21	31	kΩ
		T _A = +25°C, preamp gain = +20dB	3	5.5	8	
Maximum Input Signal Swing		Preamp = 0dB			2.30	V _{P-P}
		Preamp = +9dB			0.820	
		Preamp = +20dB			0.230	

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

MAX9875

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V, V_{GND} = V_{PGND} = 0V. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{\text{SHDN}}$ = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. SDA and SCL pullup voltage = 3.3V. Z_{SPK} = ∞, R_{HP} = ∞. C1 = C2 = C_{BIAS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	f _{IN} = 1kHz (differential input mode)	Preamp = 0dB	47			dB
			Preamp = +9dB	49			
			Preamp = +20dB	42			
Input DC Voltage		IN__ inputs		1.22	1.3	1.38	V
Bias Voltage	V _{BIAS}			1.13	1.2	1.27	V
SPEAKER AMPLIFIER (OUTMODE = 1)							
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C (volume at mute)		±0.5		±4	mV
		T _A = +25°C (volume at 0dB, OUTMODE = 1, ΔIN_ = 0)		±1.5			
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, T _A = +25°C, A-weighted, 32 samples per second, volume at mute (Note 4)	Into shutdown	-70			dBV
			Out of shutdown	-70			
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	T _A = +25°C, PVDD = V _{DD}	PVDD = V _{DD} = 2.7V to 5.5V	50	76		dB
			f = 217Hz, 100mV _{P-P} ripple	72			
			f = 1kHz, 100mV _{P-P} ripple	68			
			f = 20kHz, 100mV _{P-P} ripple	55			
Output Power (Note 5)	P _{OUT}	THD+N ≤ 1%	Z _{SPK} = 8Ω + 68μH, V _{DD} = 3.7V	725		mW	
			Z _{SPK} = 8Ω + 68μH, V _{DD} = 3.3V	560			
			Z _{SPK} = 8Ω + 68μH, V _{DD} = 3.0V	465			
			Z _{SPK} = 4Ω + 33μH, V _{DD} = 3.7V	825			
			Z _{SPK} = 4Ω + 33μH, V _{DD} = 3.0V	770			
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f = 1kHz, P _{OUT} = 350mW, T _A = +25°C, Z _{SPK} = 8Ω + 68μH		0.05		%	
Signal-to-Noise Ratio	SNR	A-weighted, OUTMODE = 1, 3, 4, 6	ΔIN_ = 0 (single-ended)	92		dB	
			ΔIN_ = 1 (differential)	94			
		A-weighted, OUTMODE = 7, 9	ΔIN_ = 0 (single-ended)	88			
			ΔIN_ = 1 (differential)	92			

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V, V_{GND} = V_{PGND} = 0V. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{\text{SHDN}}$ = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. SDA and SCL pullup voltage = 3.3V. Z_{SPK} = ∞, R_{HP} = ∞. C1 = C2 = C_{BIAS} = 1μF. T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
Output Frequency		Spread-spectrum modulation mode, OSC = 00		1176 ±60			kHz	
		Fixed-frequency mode, OSC = 01		1100				
		Fixed-frequency mode, OSC = 10		700				
Current Limit				1.5			A	
Efficiency	η	P _{OUT} = 600mW, f = 1kHz		87			%	
Speaker Gain	A _v			11.5	12.0	12.5	dB	
Output Noise		A-weighted, OUTMODE = 1, ΔIN ₋ = 0 (Note 4)		63			μV _{RMS}	
HEADPHONE AMPLIFIERS (OUTMODE = 2)								
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C (volume at mute)		±0.15			±0.6	mV
		T _A = +25°C (volume at 0dB)		±1.6				
Click-and-Pop Level	K _{CP}	Peak voltage, T _A = +25°C, A-weighted, 32 samples per second. volume at mute (Note 4)	Into shutdown	-80			dBV	
			Out of shutdown	-80				
Power-Supply Rejection Ratio (Note 4)	PSRR	T _A = +25°C, PVDD = V _{DD}	PVDD = V _{DD} = 2.7V to 5.25V	70	85		dB	
			f = 217Hz, V _{RIPPLE} = 100mV _{P-P}	84				
			f = 1kHz, V _{RIPPLE} = 100mV _{P-P}	80				
			f = 20kHz, V _{RIPPLE} = 100mV _{P-P}	62				
Output Power	P _{OUT}	THD+N ≤ 1%	R _{HP} = 16Ω	53			mW	
			R _{HP} = 32Ω	27				
Headphone Gain	A _v			-0.4	0	+0.4	dB	
Channel-to-Channel Gain Tracking		T _A = +25°C, HPL to HPR, volume at 0dB, OUTMODE = 2, 5; ΔIN ₋ = 0		±0.3			±2.5	%
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	R _{HP} = 32Ω (P _{OUT} = 10mW, f = 1kHz)		0.016			%	
		R _{HP} = 16Ω (P _{OUT} = 10mW, f = 1kHz), T _A = +25°C		0.03				
Signal-to-Noise Ratio	SNR	A-weighted, OUTMODE = 2, 3, 5, 6; R _{HP} = 16Ω	ΔIN ₋ = 0 (single-ended)	98			dB	
			ΔIN ₋ = 1 (differential)	98				
		A-weighted, R _{HP} = 16Ω, OUTMODE = 8, 9	ΔIN ₋ = 0 (single-ended)	96				
			ΔIN ₋ = 1 (differential)	96				

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

MAX9875

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VDD = VPVDD = 3.7V, VGND = VPGND = 0V. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (ZSPK) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (RHP) connected from HPL or HPR to GND. SDA and SCL pullup voltage = 3.3V. ZSPK = ∞, RHP = ∞. C1 = C2 = CBIAS = 1μF. TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
Slew Rate	SR			0.35			V/μs	
Capacitive Drive	CL			100			pF	
Crosstalk		HPL to HPR, HPR to HPL, f = 20Hz to 20kHz		65			dB	
Charge-Pump Frequency		Spread-spectrum modulation mode, OSC = 00		588 ±30			kHz	
		Fixed-frequency mode, OSC = 01		430	550			670
		Fixed-frequency mode, OSC = 10		220	350			500
VOLUME CONTROL								
Minimum Setting		_VOL = 1		-75			dB	
Maximum Setting		_VOL = 31		0			dB	
Preamp Gain		Input A or B	PGAIN_ = 00	0			dB	
			PGAIN_ = 01	9				
			PGAIN_ = 10	20				
Mute Attenuation		f = 1kHz, _VOL = 0	Speaker	100			dB	
			Headphone	110				
Zero-Crossing Detection Timeout		ZCD = 1		60			ms	
DIGITAL INPUTS								
Input-Voltage High (SDA, SCL)	VH			1.4			V	
Input-Voltage Low (SDA, SCL)	VL			0.4			V	
Input-Voltage Low (BIAS)	VBL			0.15			V	
Input Hysteresis (SDA, SCL)	VHYS			80			mV	
SDA, SCL Input Capacitance	CIN			4			pF	
Input Leakage Current	IIN	SDA, SCL; TA = +25°C		±1.0			μA	
BIAS Pullup Current	IBIAS			94			μA	
DIGITAL OUTPUTS (SDA Open Drain)								
Output Low Voltage SDA	VOL	ISINK = 3mA		0.4			V	
Output Fall Time SDA	tOF	VH(MIN) to VL(MAX) bus capacitance = 10pF to 400pF, ISINK = 3mA		250			ns	
2-WIRE INTERFACE TIMING								
External Pullup Voltage Range: SDA and SCL				1.7		3.6	V	
Serial Clock Frequency	fSCL			DC		400	kHz	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	tBUF			1.3			μs	
START Condition Hold	tHD:STA			0.6			μs	
START Condition Setup Time	tSU:STA			0.6			μs	
Clock Low Period	tLOW			1.3			μs	
Clock High Period	tHIGH			0.6			μs	

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VDD = VPVDD = 3.7V, VGND = VPGND = 0V. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{\text{SHDN}}$ = 1. Speaker loads (ZSPK) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (RHP) connected from HPL or HPR to GND. SDA and SCL pullup voltage = 3.3V. ZSPK = ∞ , RHP = ∞ . C1 = C2 = CBIAS = 1 μ F. TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted. Typical values are at TA = +25°C.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Data Setup Time	tSU:DAT		100			ns
Data Hold Time	tHD:DAT		0		900	ns
Maximum Receive SCL/SDA Rise Time	tR				300	ns
Maximum Receive SCL/SDA Fall Time	tF				300	ns
Setup Time for STOP Condition	tSU:STO		0.6			μ s
Capacitive Load for Each Bus Line	Cb				400	pF

Note 3: All devices are 100% production tested at room temperature. All temperature limits are guaranteed by design.

Note 4: Amplifier inputs are AC-coupled to GND.

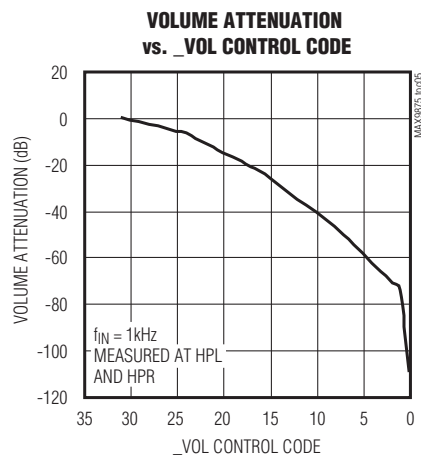
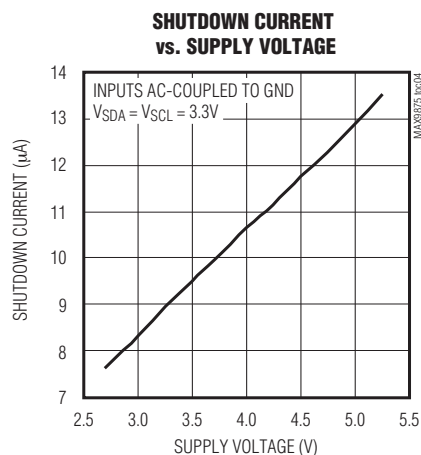
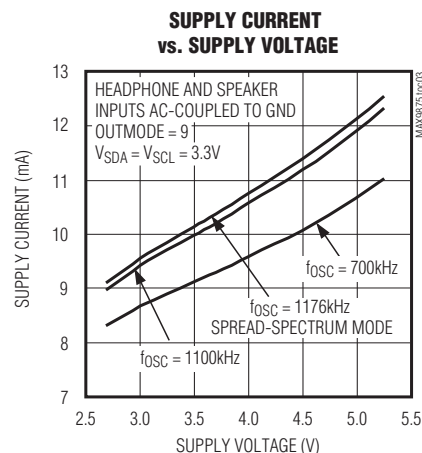
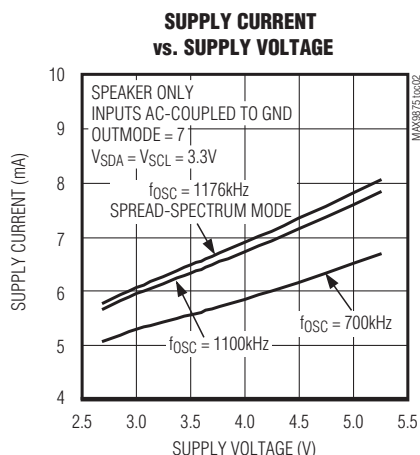
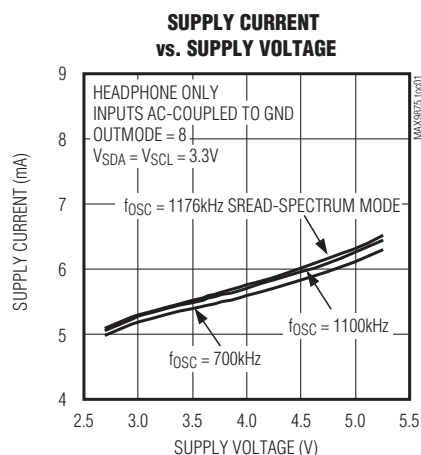
Note 5: Output levels higher than 825mW are not recommended for extended durations. Production tested with ZSPK = 8 Ω + 68 μ H only.

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性

($V_{DD} = V_{PDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{SHDN} = 1$. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

GENERAL



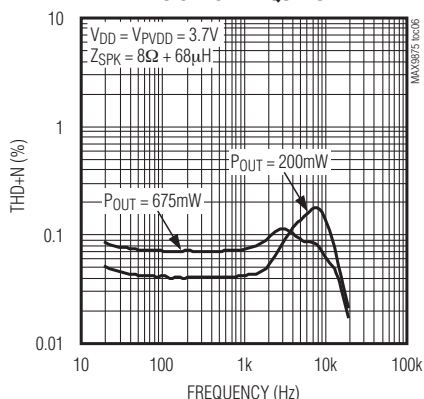
具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

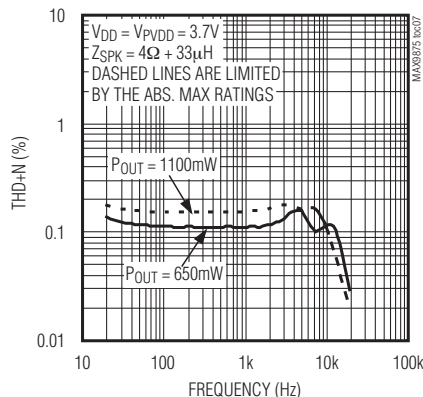
($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

SPEAKER AMPLIFIER

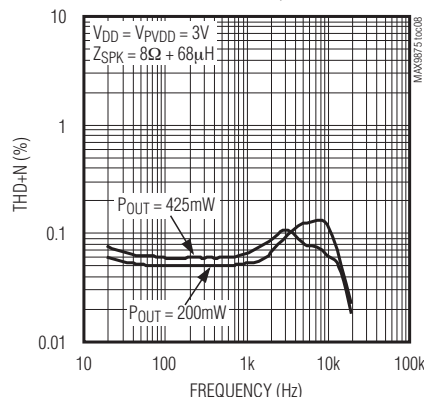
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



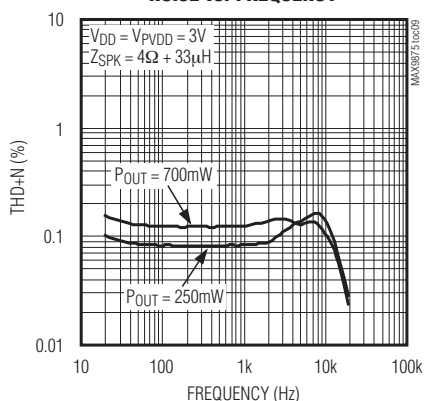
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



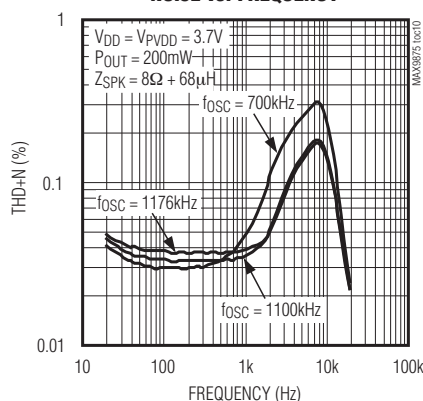
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



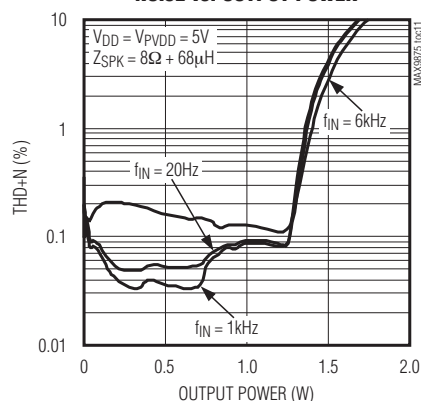
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



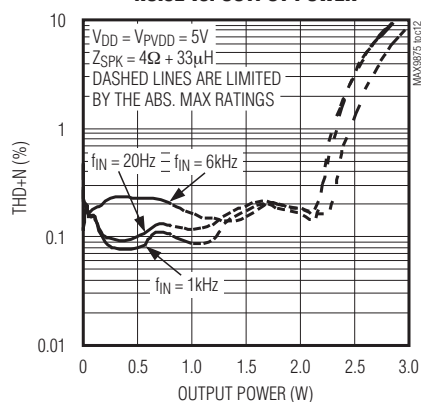
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. FREQUENCY



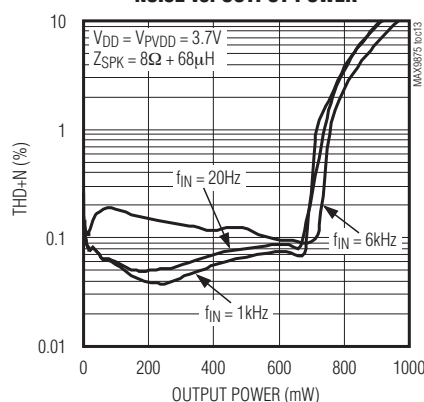
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



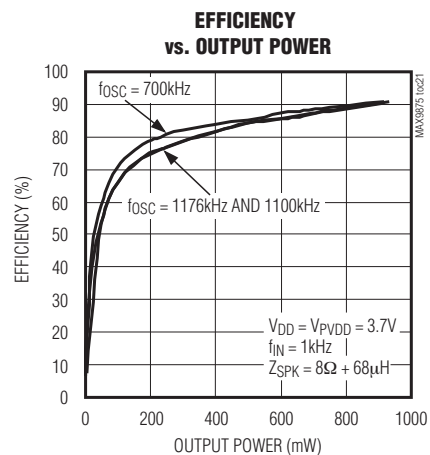
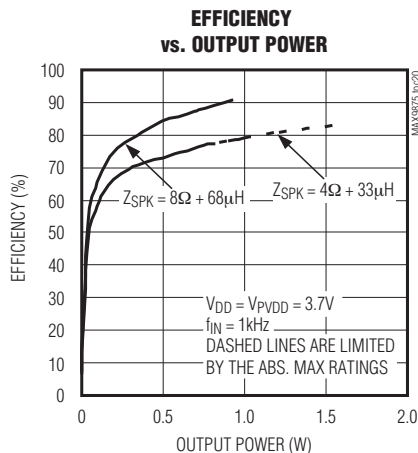
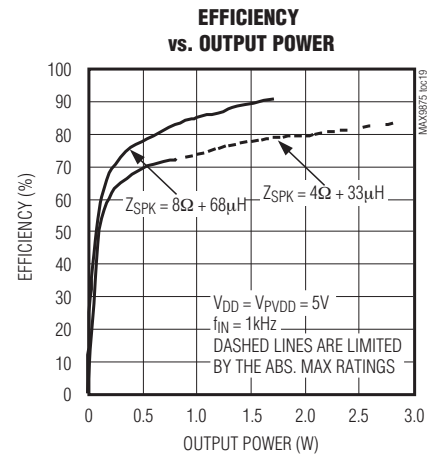
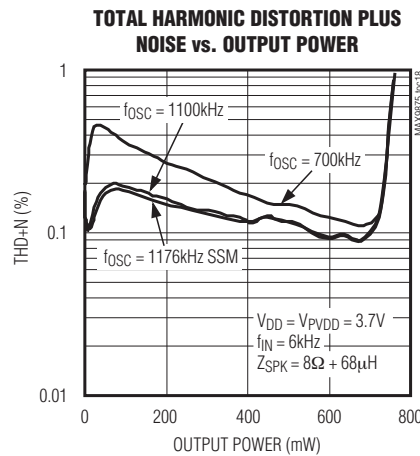
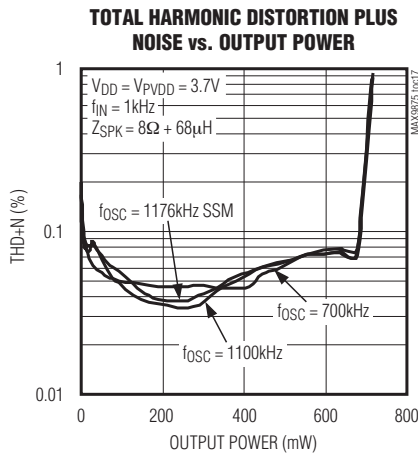
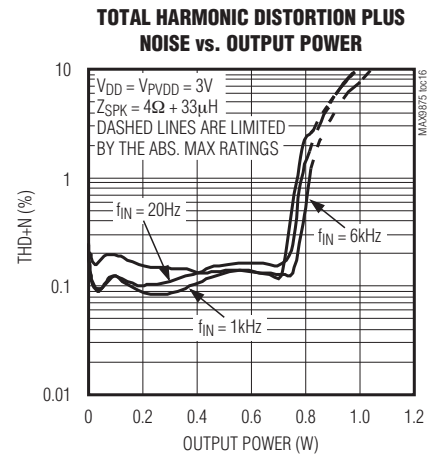
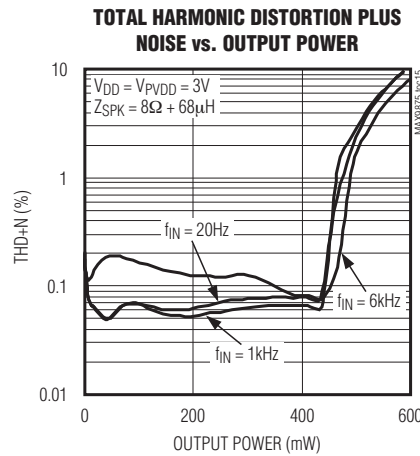
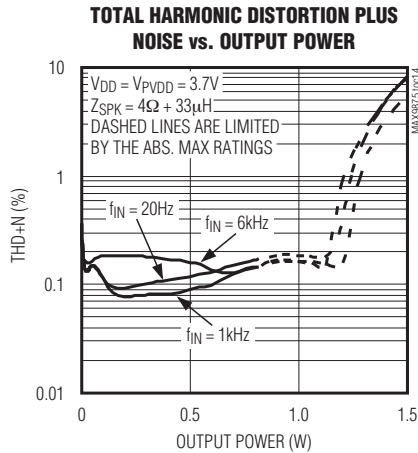
TOTAL HARMONIC DISTORTION PLUS NOISE vs. OUTPUT POWER



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

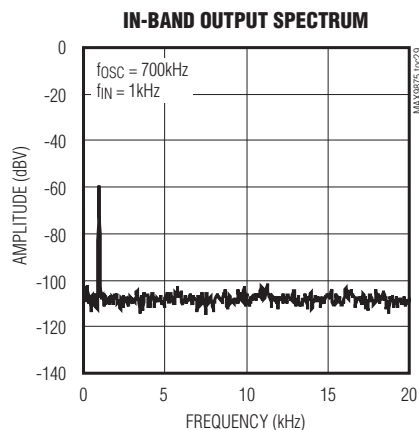
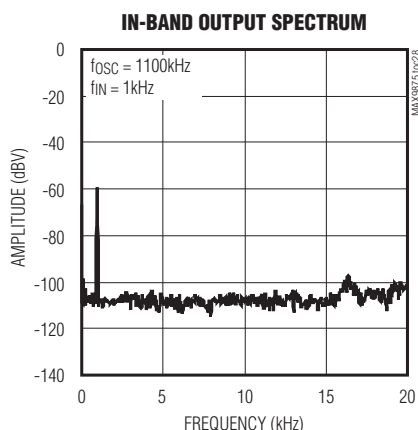
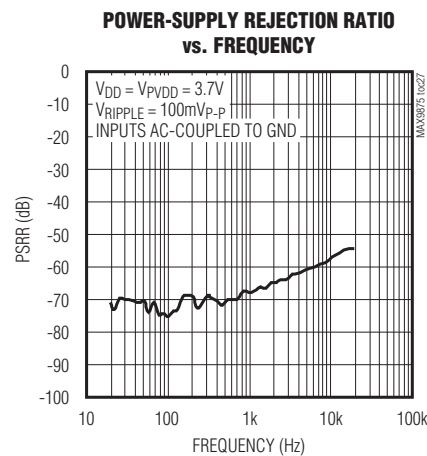
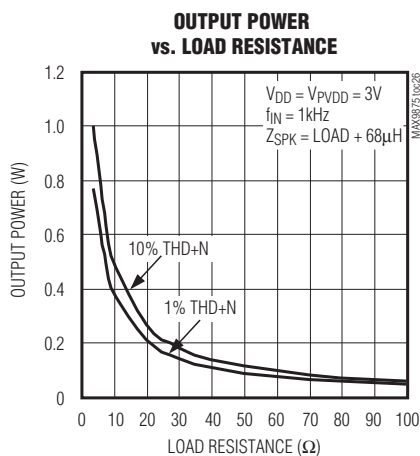
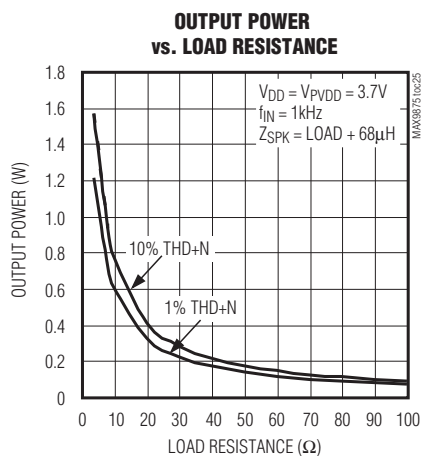
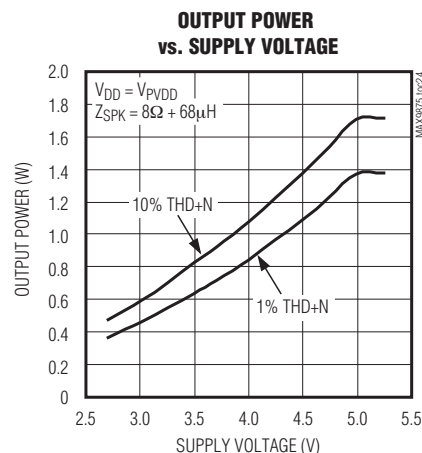
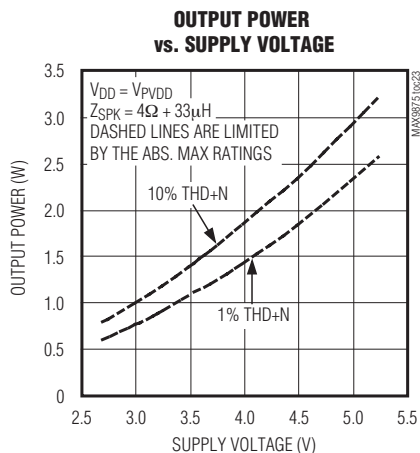
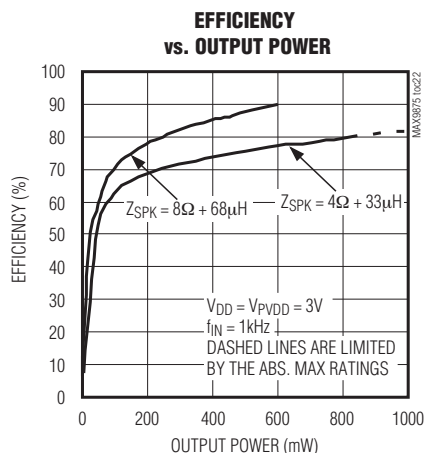
($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

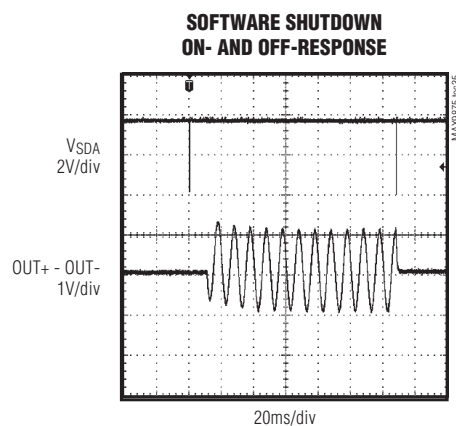
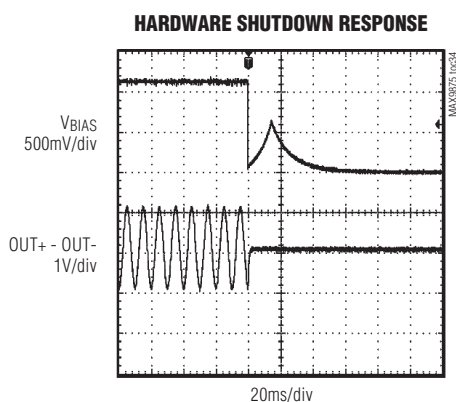
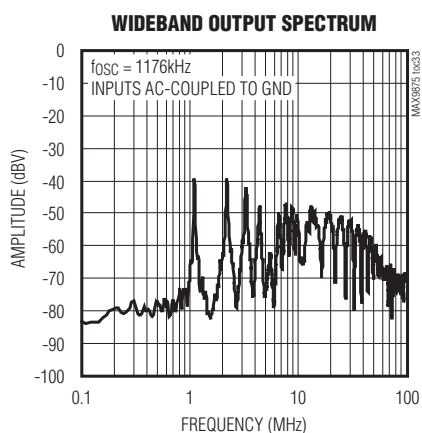
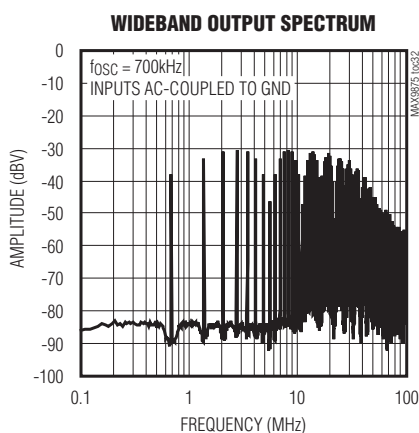
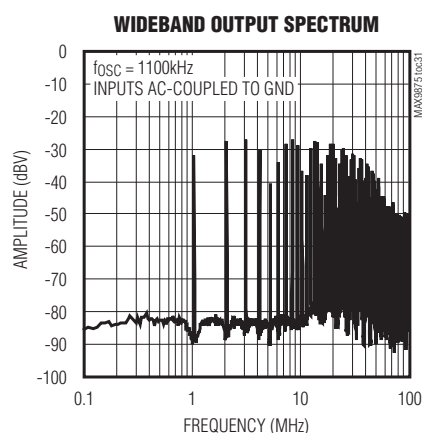
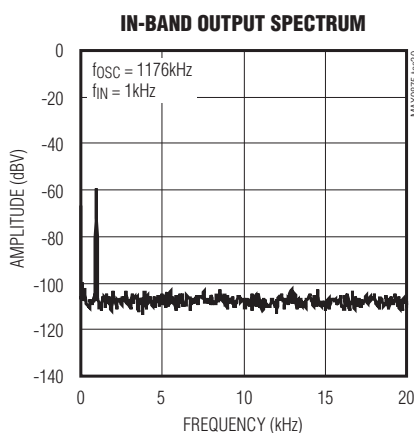
($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

($V_{DD} = V_{PDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{SHDN} = 1$. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

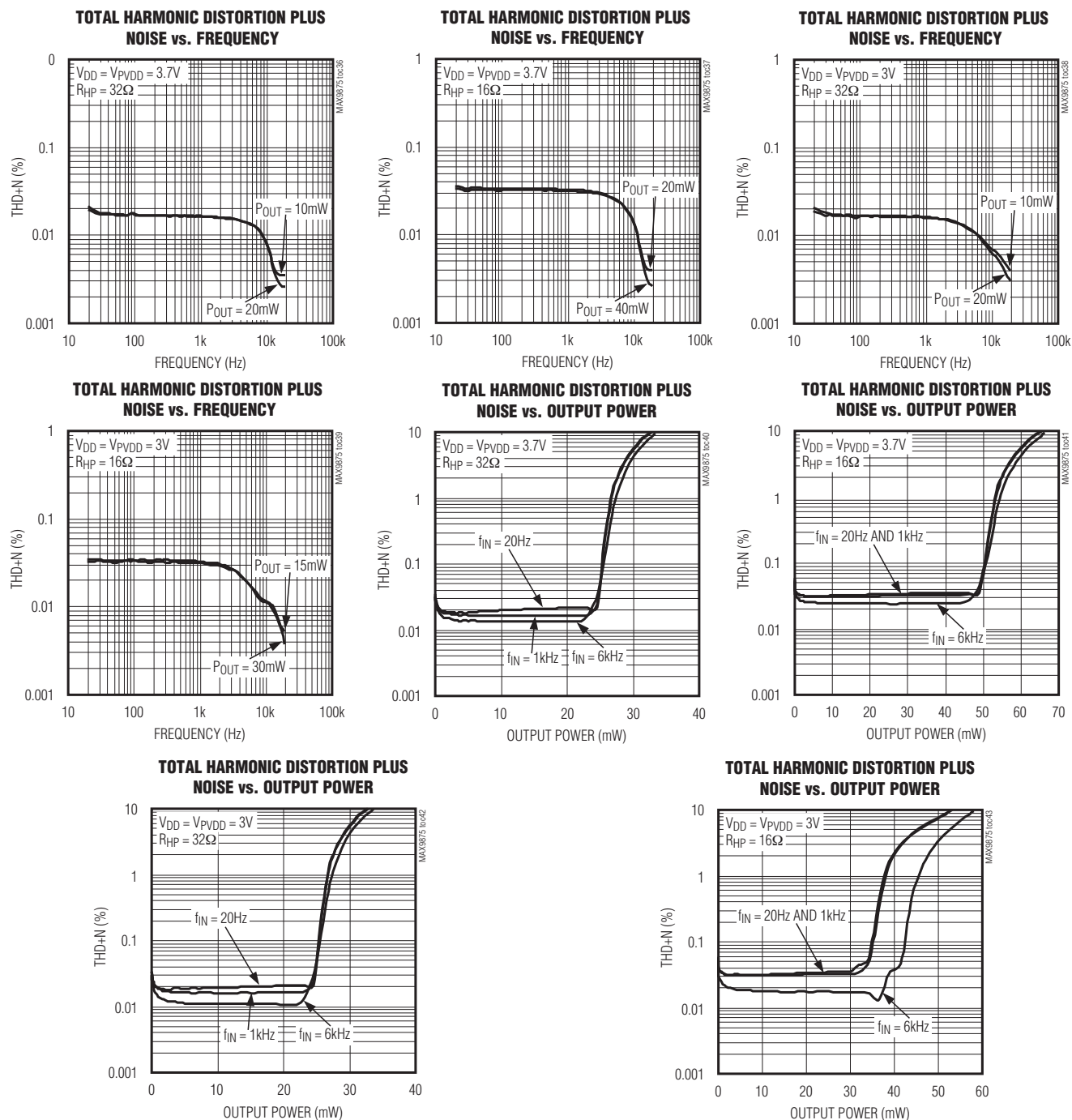


具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

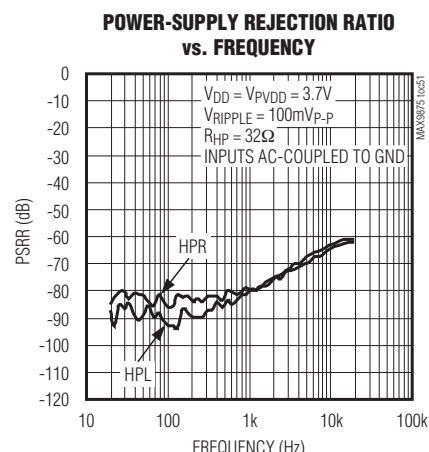
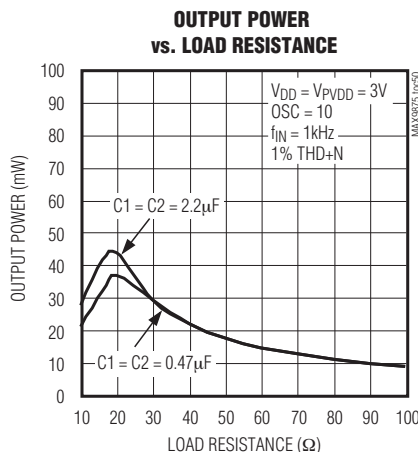
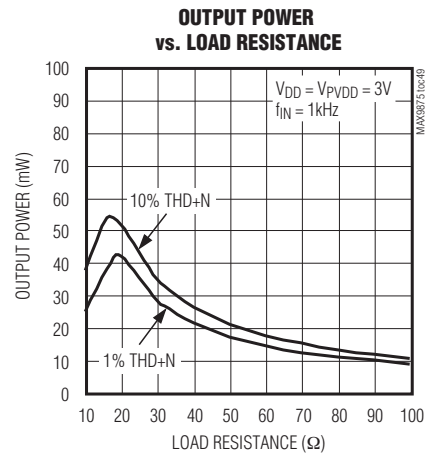
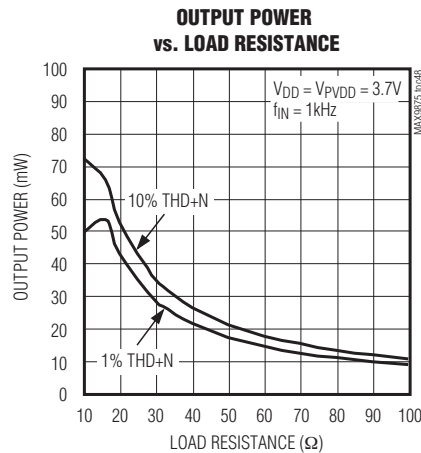
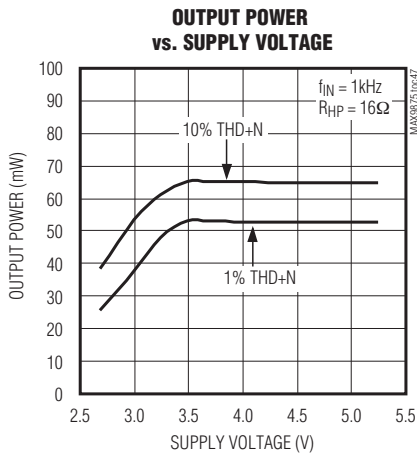
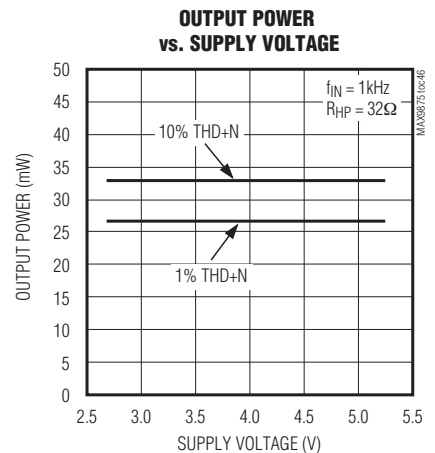
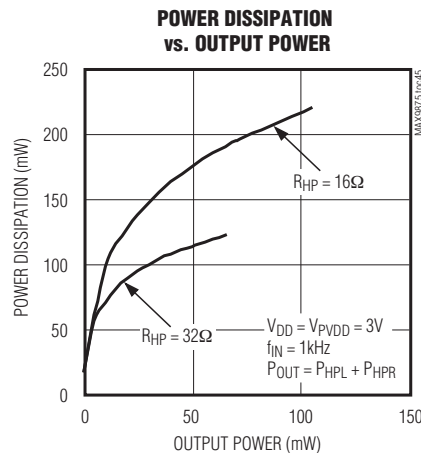
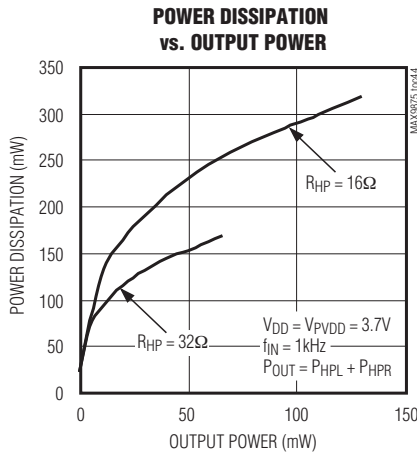
HEADPHONE AMPLIFIER



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

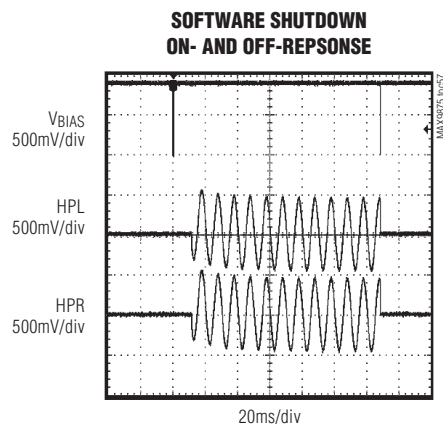
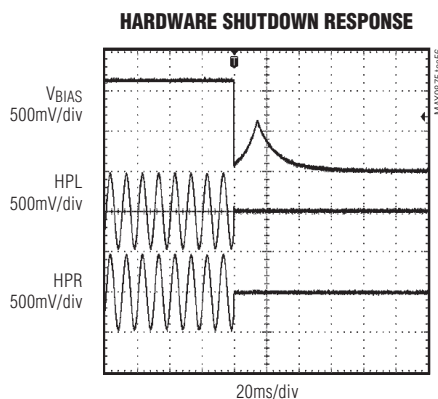
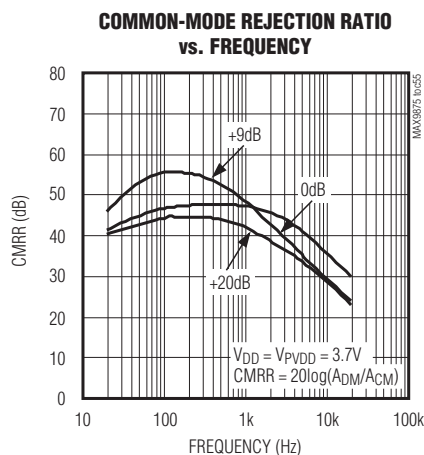
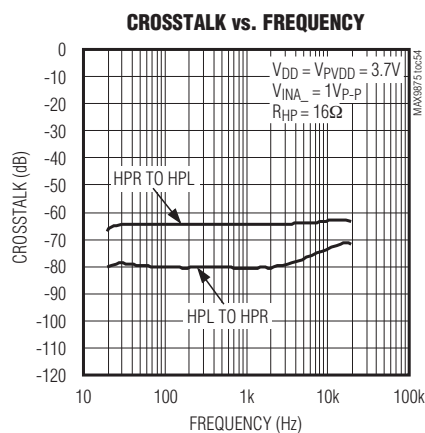
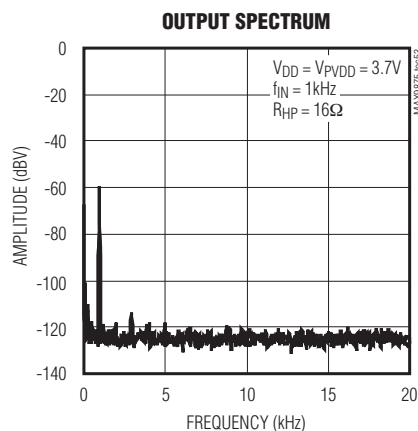
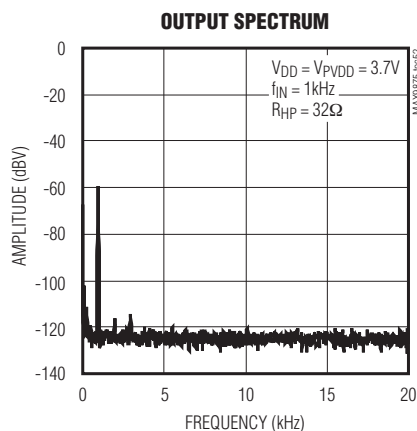
($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, $\overline{SHDN} = 1$. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型工作特性(续)

($V_{DD} = V_{PVDD} = 3.7V$, $V_{GND} = V_{PGND} = 0V$. Single-ended inputs, preamp gain = 0dB, volume controls = 0dB, OSC = 00, SHDN = 1. Speaker loads (Z_{SPK}) connected between OUT+ and OUT-. Headphone loads (R_{HP}) connected from HPL or HPR to GND. $Z_{SPK} = \infty$, $R_{HP} = \infty$. $C1 = C2 = C_{BIAS} = 1\mu F$. $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

MAX9875

引脚说明

引脚	名称	功能
A1	HPR	右声道耳机输出。
A2	HPL	左声道耳机输出。
A3	VSS	耳机放大器负电源，用一个1μF电容旁路到PGND。
A4	C1N	电荷泵飞电容负端，在C1P和C1N之间连接一个1μF电容。
A5	C1P	电荷泵飞电容正端，在C1P和C1N之间连接一个1μF电容。
B1	VDD	模拟电源，连接至PVDD。用一个1μF电容旁路到GND。
B2	BIAS	共模偏置，用一个1μF电容旁路到GND。在该引脚作用一个低电平脉冲时，器件复位并进入关断模式(参见典型应用电路)。
B3	SDA	串行数据输入，在SDA和1.7V至3.6V电源之间接一个上拉电阻。
B4	N.C.	没有连接。
B5	OUT+	扬声器输出正端。
C1	INB2	输入B2，右声道输入或输入正端(参见差分输入配置(ΔIN_)部分)。
C2	INB1	输入B1，左声道输入或输入负端(参见差分输入配置(ΔIN_)部分)。
C3	SCL	串行时钟输入，在SCL和1.7V至3.6V电源之间接一个上拉电阻。
C4	PGND	功率地。
C5	PVDD	D类放大器和电荷泵电源，用一个1μF电容旁路到PGND。
D1	INA2	输入A2，右声道输入或输入正端(参见差分输入配置(ΔIN_)部分)。
D2	INA1	输入A1，左声道输入或输入负端(参见差分输入配置(ΔIN_)部分)。
D3	GND	模拟地。
D4	N.C.	没有连接。
D5	OUT-	扬声器输出负端。

详细说明

信号通道

MAX9875信号通道包括灵活的输入、信号混音、音量控制以及输出放大器(图1)。

输入可配置成单端或差分信号模式(图2)。内部前置放大器具有3个可编程的增益设置：0dB、+9dB和+20dB。前置放大器之后输入信号进行混音、音量调节并根据输出模式配置切换到耳机或扬声器放大器(参见表7)。音量控制电路可提供高达75dB的衰减。耳机放大器配置为单位增益缓冲器，扬声器放大器能够提供+12dB的附加增益。

当输入配置为单声道差分模式时，信号可以切换到扬声器或两个耳机输入端。当输入为立体声模式时，信号将无衰减混音至单声道(用于扬声器)或保持立体声模式(用于耳机)。

应用中不需要同时使用INA_和INB_时，可通过I²C输出模式寄存器取消选择未使用的输入端，并通过330pF电容将未使用的输入端交流耦合至地，以提高MAX9875的SNR。330pF电容和MAX9875的输入阻抗构成一个高通滤波器，能够防止可闻噪声耦合到输出端。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

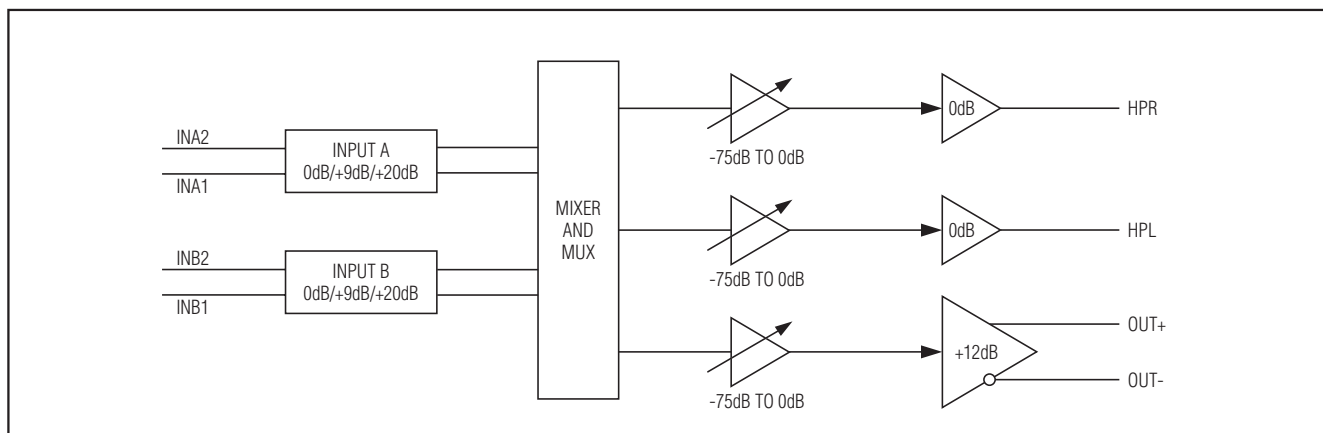


图1. 信号通道

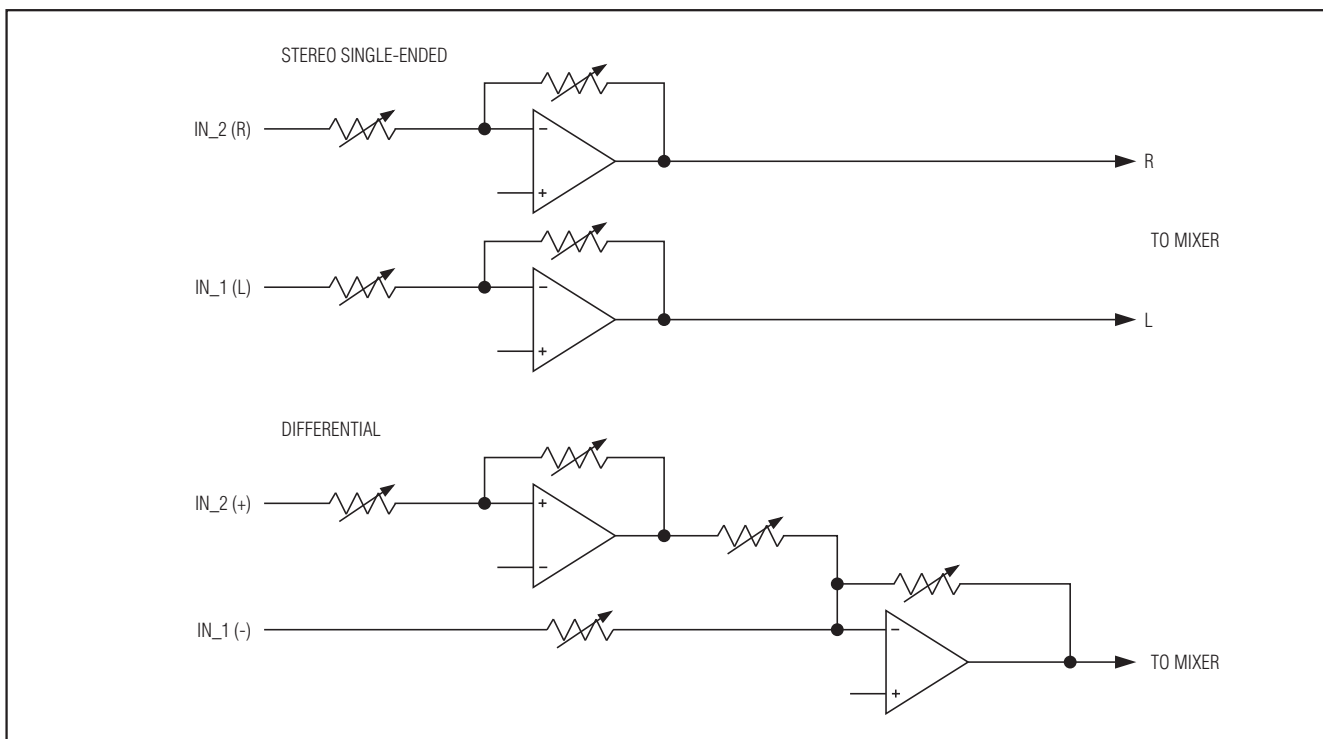


图2. 差分 and 立体声单端输入配置

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

音量控制和静音

MAX9875具有3个音量控制寄存器(参见表4)，允许单声道扬声器和立体声耳机放大器输出独立控制音量。每个音量控制寄存器具有31级步长，提供0至75dB (典型值)衰减和静音功能。

D类扬声器放大器

MAX9875集成了无滤波D类放大器，其效率远远高于AB类放大器而且在性能上没有明显损失。

D类放大器的高效率归功于输出级晶体管的开关工作状态。D类放大器中，输出晶体管作为一个续流开关，消耗的功率几乎可以忽略不计。D类输出级的功耗主要源于MOSFET导通电阻的 I^2R 损耗和静态电流损耗。

线性放大器理论上的最佳效率为78%，但该效率仅出现在输出功率的峰值处。通常在标称工作电平(典型的音乐播放电平)下，效率会降到30%以下；而在相同条件下，MAX9875能够保持70%以上的效率(图3)。

超低EMI无需滤波的输出级

在传统D类放大器中，上升沿和下降沿瞬变时产生较高的 dV/dt ，从而增大EMI辐射，需要利用外部LC滤波器或屏

蔽措施以满足EN55022电磁兼容性(EMI)标准的要求。限制 dV/dt 通常会导致效率下降，Maxim的有源辐射抑制电路能够很好地限制上升沿和下降沿跳变时的 dV/dt ，从而降低EMI辐射，同时保持高达87%的效率。

除有源辐射抑制外，MAX9875还具有受专利保护的扩谱调制模式，利用该项技术能够展宽频谱分量。专有技术确保逐周期变化的开关周期不会降低音频恢复信号的质量或效率(参见典型工作特性)。可通过I²C接口选择扩谱调制模式(表6)。扩谱调制模式下，开关频率在中心频率(1.176MHz)附近的 $\pm 60\text{kHz}$ 范围内随机变化，从而降低了开关频率谐波处的峰值能量。频带大于10MHz时，宽带频谱对于EMI来说几乎可以看作白噪声(参见图4)。

扬声器放大器限流

除非输出短路或连接错误，否则绝大多数应用不会进入限流模式。

当扬声器放大器的输出电流大于限流门限(1.5A，典型值)时，MAX9875将关闭输出大约250 μs 。250 μs 后，输出重新使能，如果故障条件仍然存在，MAX9875将重复关闭输出、重新使能输出，直到故障条件消失为止。

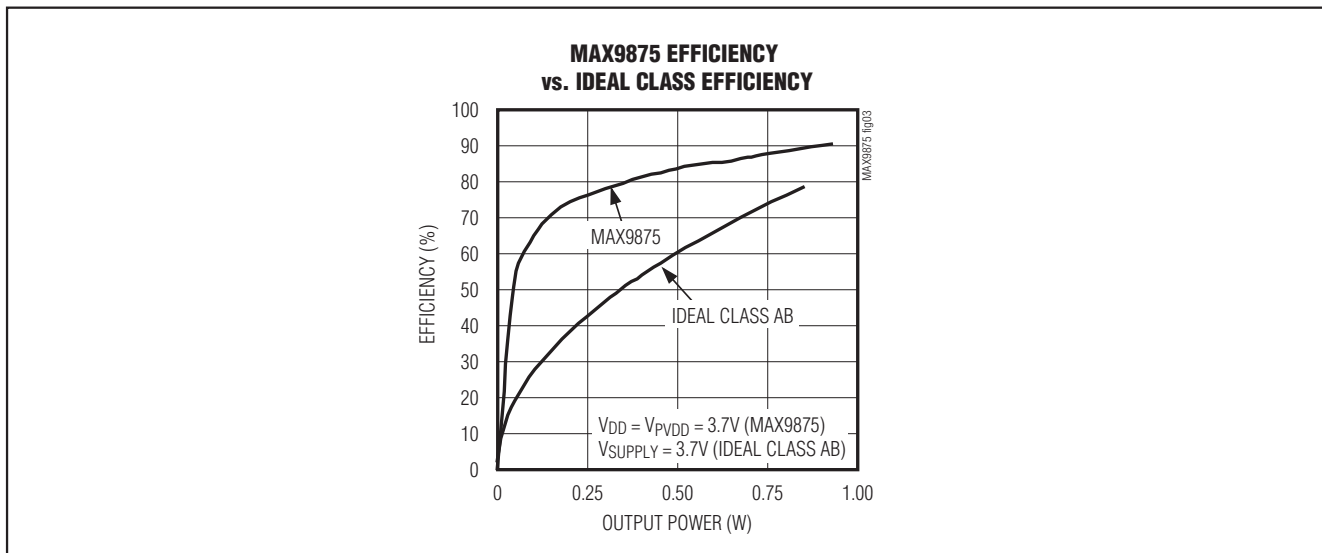


图3. MAX9875效率与AB类放大器效率的比较

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

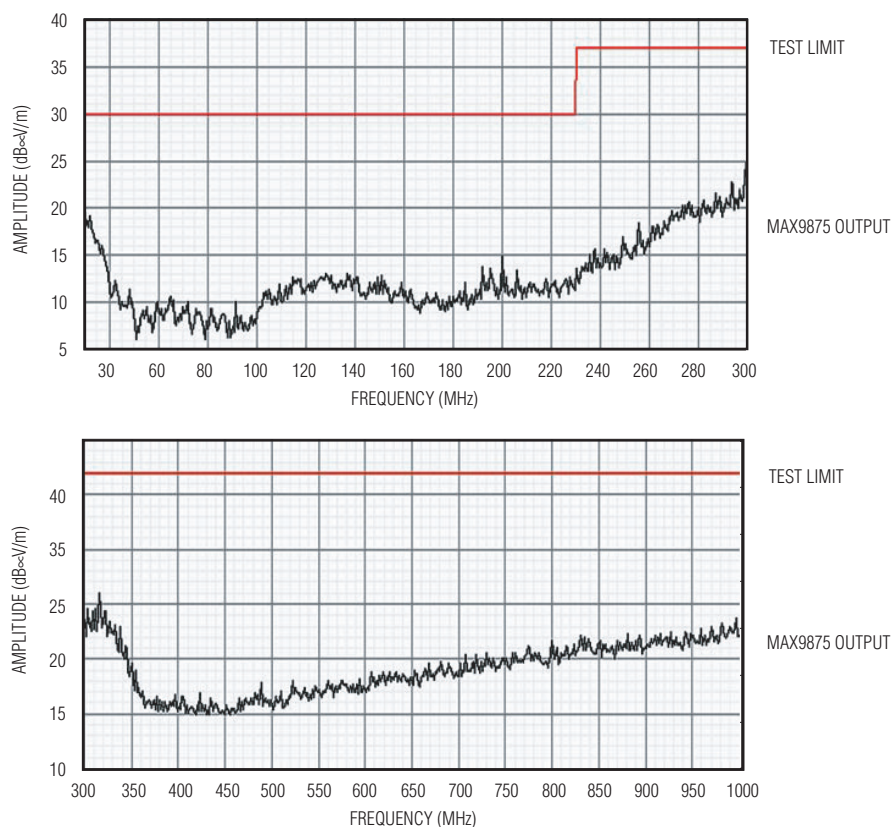


图4. 采用152mm扬声器电缆时的EMI

DirectDrive耳机放大器

传统的单电源耳机放大器输出偏置在标称直流电压(典型值为电源电压的一半)，需要大尺寸耦合电容隔离耳机与直流偏置。如果没有这些隔直流电容，会有较大的直流电流注入耳机，导致不必要的功耗并可能损坏耳机和耳机放大器。

Maxim拥有专利的DirectDrive架构利用电荷泵产生内部负电源电压，从而在单电源供电时使MAX9875耳机放大器输出偏置在GND (图5)。由于没有直流成分，无需使用大尺寸隔直流电容。MAX9875电荷泵只需要2个小尺寸陶瓷电容，而不是两个大电容(220μF，典型值)，既节省了电路

板空间，又降低了系统成本，同时也改善了耳机放大器的频率响应特性。有关电容尺寸的说明，请参考典型工作特性中的Output Power vs. Load Resistance曲线图。由于放大器的失调电压，放大器输出会存在一个较小的直流电压。而MAX9875失调电压的典型值为±0.15mV，驱动32Ω负载时，流入耳机的直流电流小于10μA。

传统耳机放大器中的隔直流电容除了导致成本高、尺寸大等缺点外，还会限制放大器的低频响应，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(管套)偏置到耳机放大器的直流偏置电压。这种方法引发一些其它问题：

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

- 1) 耳机套筒通常与外壳接地。使用这种加偏置的方法时，套筒必须与系统地隔离，使产品设计复杂化。
- 2) 有ESD冲击时，放大器的ESD保护电路是连接到系统地的唯一通路。因此，放大器必须能够承受全部的ESD冲击。
- 3) 当把耳机插孔作为线出接到其它设备时，耳机套筒的偏置电压会与其它设备的地电位冲突，可能造成放大器损坏。

MAX9875具有低噪声电荷泵。电荷泵的开关频率为D类放大器开关频率的一半，与工作模式无关。当D类放大器工作在扩谱模式时，电荷泵也工作在扩谱模式。标称开关频率远远高于音频范围，因此不会影响音频信号。开关驱动器具有受控开关速度，有助于降低通、断瞬间产生的噪声。通过限制电荷泵的开关速度，可以减小引线寄生电感产生的di/dt噪声。另外，虽然没有特别要求，增大电容C2能够进一步抑制高频噪声(参见典型应用电路)。电荷泵仅在耳机模式下有效。

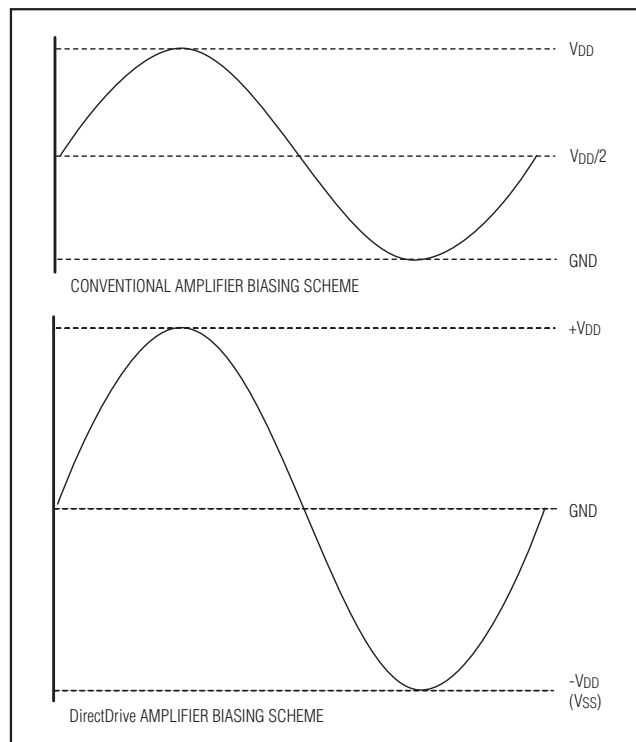


图5. 传统放大器输出与MAX9875 DirectDrive输出

耳机放大器限流

耳机放大器电流限制在140mA (典型值)。电流门限对输出电流进行钳位，超出最大电流时出现电流限幅。

关断模式

MAX9875可以通过两种途径进入低功耗关断模式。一种是硬件关断，将BIAS引脚连续拉低1ms关断。当BIAS为低电平时放大器关断，经过80ms复位周期后，MAX9875返回其上电复位状态。采用没有上拉电阻的漏极开路输出将BIAS拉至低电平(参见典型应用电路)。漏极开路输出的漏电流必须小于100nA，必须能够吸收至少1mA电流。

器件还可通过写输出模式控制寄存器的SHDN位进入关断模式。

咔嗒/噼噗声抑制

MAX9875具有咔嗒/噼噗声抑制功能，可以在启动与关断时消除瞬态噪声。

采用下列步骤启动MAX9875：

- 1) 配置所要求的输出模式和前置放大器增益。
- 2) 将SHDN位置1开启放大器。
- 3) 等待10ms，以便完成启动时间。
- 4) 将输出音量提升到所要求的电平。

关闭器件时只需要将SHDN位置0。

启动过程中，MAX9875首先对输入电容预充电，以避免咔嗒/噼噗声。如果输出放大器已经置为有效模式，它们在预充电周期完成前将保持关断状态。

MAX9875初始上电时，所有三个音量控制寄存器的上电复位状态为静音。对于多数应用，一旦器件有效工作，音量可以设置在所要求的电平。如果咔嗒/噼噗声过大，可以禁止过零检测通过中间音量设置进行步进调整。与低音量下的步进调整相比，在较高音量进行步进调整时对咔嗒/噼噗声的影响很大。

为了获得尽可能小的咔嗒/噼噗声，可以在最小音量下启动器件，然后步进调整每个音量设置，直到达到所要求的电平为止。没有输入信号时禁止过零检测。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

I²C接口I²C地址

MAX9875通过5个I²C可编程寄存器控制，表1所示为MAX9875的寄存器图。表2、表3和表5给出了单独的寄存器定义。

MAX9875的I²C从地址为1001101R/($\overline{W}$)。

表1. 寄存器图

REGISTER	REGISTER ADDRESS	POR STATE	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
Input Mode Control	0x00	0x40	0	ZCD	ΔINA	ΔINB	PGAINA		PGAINB	
Speaker Volume Control	0x01	0x00	0	0	0	SVOL (Table 4)				
Left Headphone Volume Control	0x02	0x00	0	0	0	HPLVOL (Table 4)				
Right Headphone Volume Control	0x03	0x00	0	0	0	HPRVOL (Table 4)				
Output Mode Control	0x04	0x49	$\overline{\text{SHDN}}$	0	OSC (Table 6)		OUTMODE (Table 7)			

表2. 输入模式控制

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x00	0	ZCD	Δ INA	Δ INB	PGAINA		PGAINB	

I²C寄存器说明

过零检测(ZCD)

过零检测将音量跳变延迟到混音器输出跨越内部偏置电压的时刻，有助于限制音量跳变时输出信号的失真。如果混音器输出信号不可能跨越偏置电压，则在经过超时周期(典型值60ms)后强制音量跳变。

1 = 过零检测使能。

0 = 过零检测禁止。

差分输入配置(Δ IN_)

输入INA_和INB_可配置为单声道差分工作模式或立体声单端工作模式。

1 = IN__配置为单声道差分输入，IN_2为正端，IN_1为负端。

0 = IN__配置为立体声单端输入，IN_2为右声道输入，IN_1为左声道输入。

前置放大器增益(PGAIN_)

写PGAIN_设置INA_和INB_前置放大器的增益。

00 = 0dB

01 = +9dB

10 = +20dB

11 = 保留

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

表3. 扬声器/左声道耳机/右声道耳机音量控制

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x01	0	0	0	SVOL (Table 4)				
0x02	0	0	0	HPLVOL (Table 4)				
0x03	0	0	0	HPRVOL (Table 4)				

音量控制

器件具有独立的左声道耳机、右声道耳机和扬声器放大器的音量控制。系统总增益包括：输入增益、音量控制

和输出放大器增益，表4所示为每个音量控制器的音量设置。

表4. 音量控制设置

CODE	_VOL					GAIN (dB)
	B4	B3	B2	B1	B0	
0	0	0	0	0	0	MUTE
1	0	0	0	0	1	-75
2	0	0	0	1	0	-71
3	0	0	0	1	1	-67
4	0	0	1	0	0	-63
5	0	0	1	0	1	-59
6	0	0	1	1	0	-55
7	0	0	1	1	1	-51
8	0	1	0	0	0	-47
9	0	1	0	0	1	-44
10	0	1	0	1	0	-41
11	0	1	0	1	1	-38
12	0	1	1	0	0	-35
13	0	1	1	0	1	-32
14	0	1	1	1	0	-29
15	0	1	1	1	1	-26

CODE	_VOL					GAIN (dB)
	B4	B3	B2	B1	B0	
16	1	0	0	0	0	-23
17	1	0	0	0	1	-21
18	1	0	0	1	0	-19
19	1	0	0	1	1	-17
20	1	0	1	0	0	-15
21	1	0	1	0	1	-13
22	1	0	1	1	0	-11
23	1	0	1	1	1	-9
24	1	1	0	0	0	-7
25	1	1	0	0	1	-6
26	1	1	0	1	0	-5
27	1	1	0	1	1	-4
28	1	1	1	0	0	-3
29	1	1	1	0	1	-2
30	1	1	1	1	0	-1
31	1	1	1	1	1	0

表5. 输出模式控制

REGISTER	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0x04	SHDN	0	OSC (Table 6)		OUTMODE (Table 7)			

关断($\overline{\text{SHDN}}$)

1 = MAX9875 正常工作。

0 = MAX9875 处于低功耗关断模式。

$\overline{\text{SHDN}}$ 为低电平有效关断控制位，优先级高于其它所有设置，将器件置于低功耗关断模式。I²C接口在关断模式下保持有效，关断时保留所有寄存器设置。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

输出配置(OUTMODE)

MAX9875具有立体声DirectDrive耳机放大器和单声道D类放大器。表7给出了每个输出放大器的配置以及与输入信

号的连接。为简单起见，没有列出 ΔINA 和 ΔINB 的所有可能组合。

表6. 振荡器模式

OSC		CLASS D OSCILLATOR MODE (kHz)	CHARGE-PUMP OSCILLATOR MODE (kHz)
B5	B4		
0	0	1176, spread spectrum	588, spread spectrum
0	1	1100, fixed frequency	550, fixed frequency
1	0	700, fixed frequency	350, fixed frequency
1	1	Reserved	

表7. 输出模式

MODE	OUTMODE				$\Delta\text{IN}_- = 0$ (THE SINGLE-ENDED INPUT SIGNALS ARE DEFINED AS $\text{IN}_1 = \text{LEFT}$ AND $\text{IN}_2 = \text{RIGHT}$)			$\Delta\text{IN}_+ = 1$ (THE DIFFERENTIAL INPUT SIGNAL IS DEFINED AS $\text{IN}_\Delta = \text{IN}_2 - \text{IN}_1$)		
	B3	B2	B1	B0	SPK	LEFT HP	RIGHT HP	SPK	LEFT HP	RIGHT HP
0	0	0	0	0	Reserved			Reserved		
1	0	0	0	1	$\text{INA1} + \text{INA2}$	—	—	INA_Δ	—	—
2	0	0	1	0	—	INA1	INA2	—	INA_Δ	INA_Δ
3	0	0	1	1	$\text{INA1} + \text{INA2}$	INA1	INA2	INA_Δ	INA_Δ	INA_Δ
4	0	1	0	0	$\text{INB1} + \text{INB2}$	—	—	INB_Δ	—	—
5	0	1	0	1	—	INB1	INB2	—	INB_Δ	INB_Δ
6	0	1	1	0	$\text{INB1} + \text{INB2}$	INB1	INB2	INB_Δ	INB_Δ	INB_Δ
7	0	1	1	1	$\text{INA1} + \text{INA2}$ $+ \text{INB1} + \text{INB2}$	—	—	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$	—	—
8	1	0	0	0	—	$\text{INA1} + \text{INB1}$	$\text{INA2} + \text{INB2}$	—	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$
9	1	0	0	1	$\text{INA1} + \text{INA2}$ $+ \text{INB1} + \text{INB2}$	$\text{INA1} + \text{INB1}$	$\text{INA2} + \text{INB2}$	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$	$\text{INA}_\Delta + \text{INB}_\Delta$
10–15					Reserved			Reserved		

— = 放大器关闭。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

I²C接口规范

MAX9875采用I²C/SMBus™兼容的2线串行接口，包括一根串行数据线(SDA)和一根串行时钟线(SCL)。通过SDA和SCL可以在MAX9875和主机之间实现便利的通信，时钟速率高达400kHz。图6所示为2线接口时序图。主机产生SCL，启动总线的数据传输。主器件发送正确的从地址、寄存器地址和随后的数据字，向MAX9875写入数据。每次传输都由START (S)或REPEATED START (Sr)条件和STOP (P)条件构成帧。发送到MAX9875的每个字长为8位，随后是应答时钟脉冲。主机从MAX9875读取数据时，首先发送正确的从地址，随后发送9个SCL脉冲。MAX9875通过SDA发送数据，与主机产生的SCL脉冲同步。主机接收到每个字节数据后产生应答。每个读序列由START或REPEATED START条件、非应答和STOP条件构成帧。SDA既可以作为输入，又可以作为开漏输出。SDA上需要一个上拉电阻，通常大于500Ω。SCL仅作为输入，如果总线上挂接多个主机，或者是单主机具有开漏SCL输出时，

SCL需要一个上拉电阻，通常大于500Ω。SDA和SCL线上的串联电阻可选，串联电阻能够保护MAX9875的数字输入免受总线高压毛刺的损坏，并最大程度地降低总线信号的串扰和下冲。

位传输

每个SCL周期传输一个数据位。SCL脉冲为高电平期间，SDA数据必须保持稳定。SCL为高电平时，SDA的变化将产生控制信号(参见START和STOP条件部分)。

START和STOP条件

总线空闲时，SDA和SCL的空闲状态为高电平。主机通过发送START条件启动通信，START条件是SCL为高电平时，SDA由高到低的跳变。STOP条件是SCL为高电平时，SDA由低到高的跳变(图7)。主机产生的START条件开启一次与MAX9875的数据传输。主机通过发送STOP条件终止传输并释放总线。如果发送REPEATED START条件而不是STOP条件，则总线保持有效。

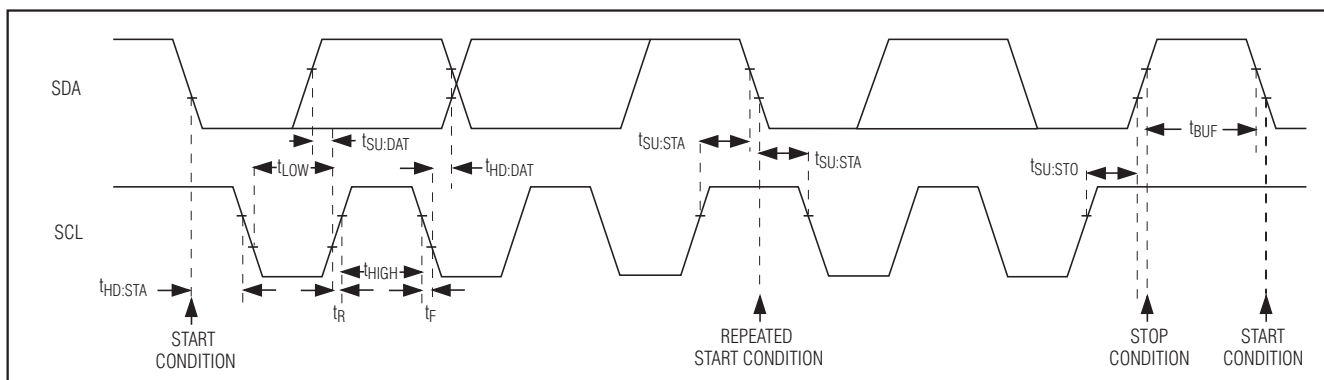


图6. 2线接口时序图

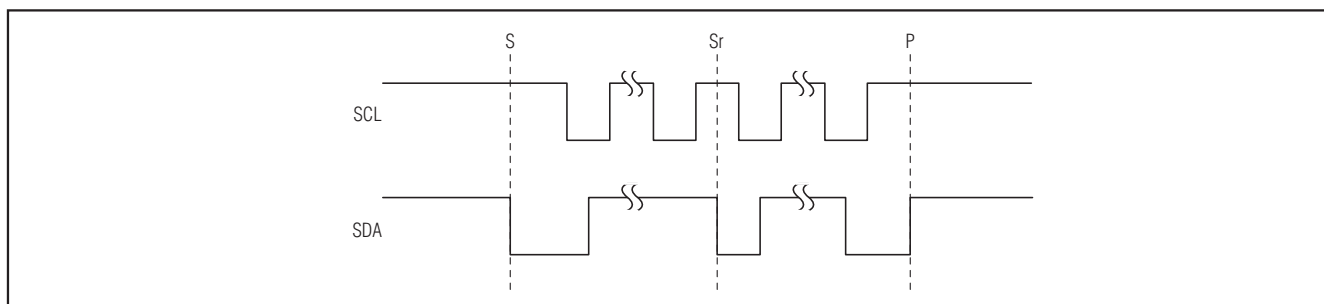


图7. START、STOP和REPEATED START条件

SMBus是Intel Corp.的商标。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

提前STOP条件

MAX9875在数据传输期间可随时识别STOP条件，除非STOP条件与START条件出现在同一高电平脉冲。为了正常工作，请不要在产生START条件的同一SCL高电平脉冲内发送STOP条件。

从地址

MAX9875的从地址预置为1001101R/($\overline{W}$)。从地址定义为7个最高有效位(MSB)，随后是读/写控制位。将读/写控制位置1，MAX9875配置为读模式；将读/写控制位置0，MAX9875配置为写模式。该地址是在START条件后发送到MAX9875的第一个字节信息。

应答

写入模式下，应答位(ACK)是第9个时钟位，MAX9875收到每个数据字节后将其用作握手信号(参见图8)。成功接收一个数据字节后，MAX9875会在主机产生的第9个时钟

脉冲拉低SDA。监测ACK可以检测失败的数据传输。如果接收器件忙或系统发生故障，则会导致失败的数据传输。数据传输失败时，总线主机可以重试通信。

MAX9875处于读模式时，主机在第9个时钟脉冲拉低SDA，应答数据接收。主机每读取一个字节都会发送应答信号，继续传输数据。主机从MAX9875读取最后一个数据字节后发送非应答信号，随后是STOP条件。

写数据格式

对MAX9875的写操作包括START条件、从机地址和R/ $\overline{W}$ 位(置0)、配置内部寄存器地址指针的1个数据字节、1个或多个数据字节和STOP条件。图9给出了向MAX9875写入1个数据字节时正确的帧格式，图10所示是向MAX9875写入n个数据字节时正确的帧格式。

R/ $\overline{W}$ 位被置为0的从地址表示主机要向MAX9875写数据。MAX9875在主机产生的第9个SCL脉冲应答接收地址。

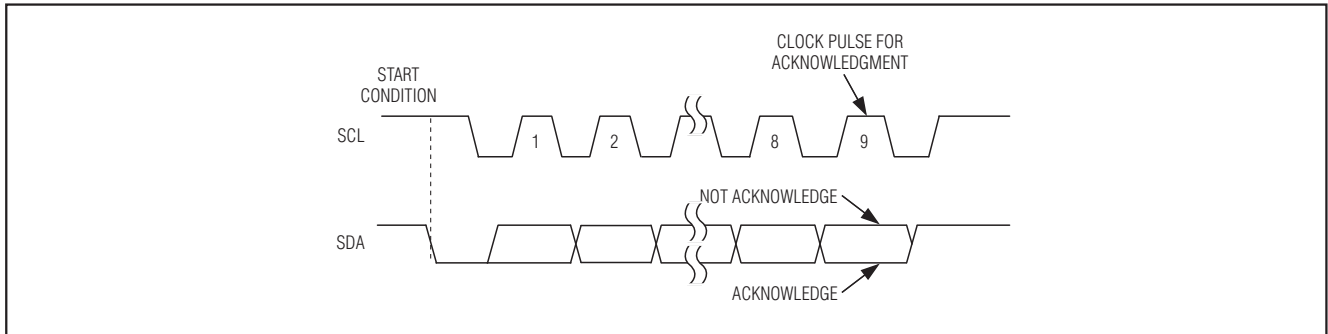


图8. 应答

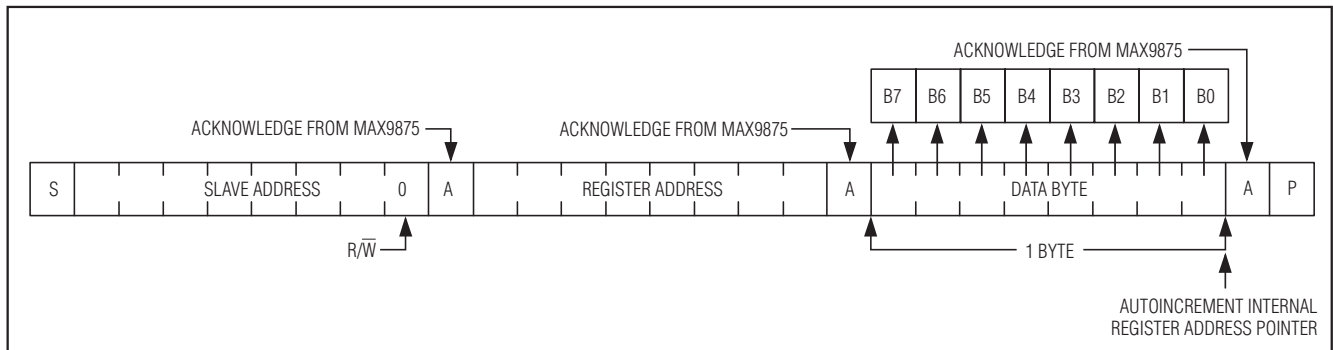


图9. 向MAX9875写入1个数据字节

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

主机发送的第二个字节配置MAX9875的内部寄存器地址指针。指针通知MAX9875要写入的下一个字节的位置。MAX9875在收到地址指针数据后发送应答脉冲。

发送到MAX9875的第三个字节是写入指定寄存器的数据。MAX9875发送应答脉冲表示收到数据字节。每次收到数据后，地址指针自动递增到下一个寄存器地址。自动递增功能使主机能够在一个连续帧内对寄存器进行连续的写操作，图10描述了如何在一帧内写入多个寄存器。主机通过发送STOP条件终止传输。

大于0x04的寄存器地址被保留，不要对这些地址进行写操作。

读数据格式

通过发送从地址并将R/ $\overline{W}$ 位置1启动一次读操作。MAX9875在第9个SCL时钟脉冲拉低SDA，应答接收到从地址。START命令之后的读命令将地址指针复位到寄存器0x00，MAX9875发出的第一个字节是寄存器0x00的内

容。发送数据在SCL的上升沿有效。地址指针在每读取一个数据字节后自动递增。这种自动递增功能允许在一个连续帧内连续读取所有寄存器的内容。任意个读数据字节后都可以发送STOP条件。如果在STOP条件之后紧接着发送了另一个读操作，则读取的第一个字节为寄存器0x00的数据。

发送读命令之前可以将地址指针预置到一个特定的寄存器。主机首先发送MAX9875的从地址并将R/ $\overline{W}$ 位置0，然后发送寄存器地址以预置地址指针。随后发送REPEATED START条件，然后发送从地址并将R/ $\overline{W}$ 位置1。MAX9875将随后发送指定寄存器的内容，发送第一个字节后地址指针自动递增。主机在应答时钟脉冲期间对每个接收到的字节进行应答。主机必须应答最后一个字节以外所有成功接收的字节。最后一个字节之后由主机发送非应答信号，然后是STOP条件。图11给出了从MAX9875读取一个字节的帧格式，图12所示是从MAX9875读取多个字节的帧格式。

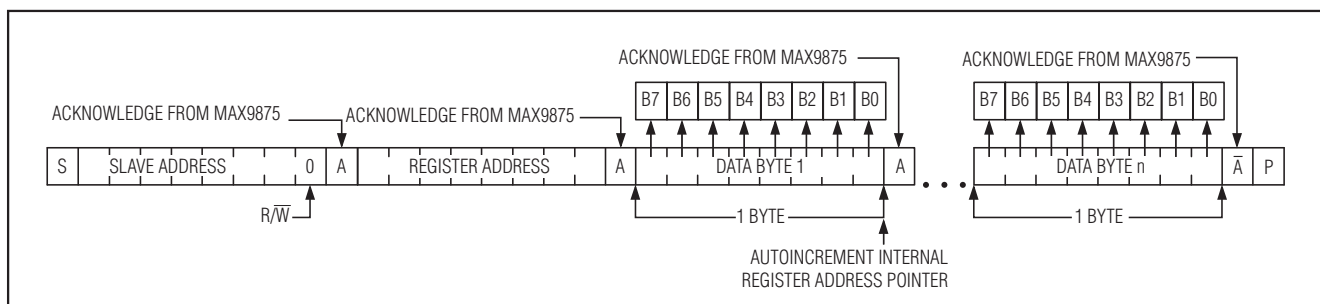


图10. 向MAX9875写入n个数据字节

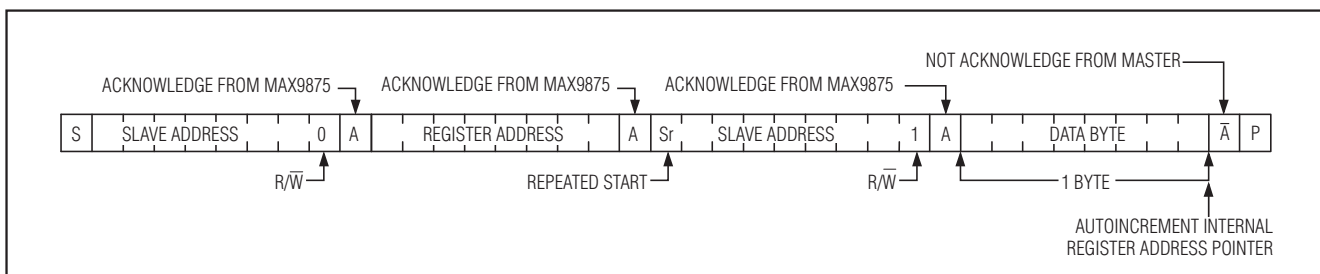


图11. 从MAX9875读取1个指定的数据字节

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

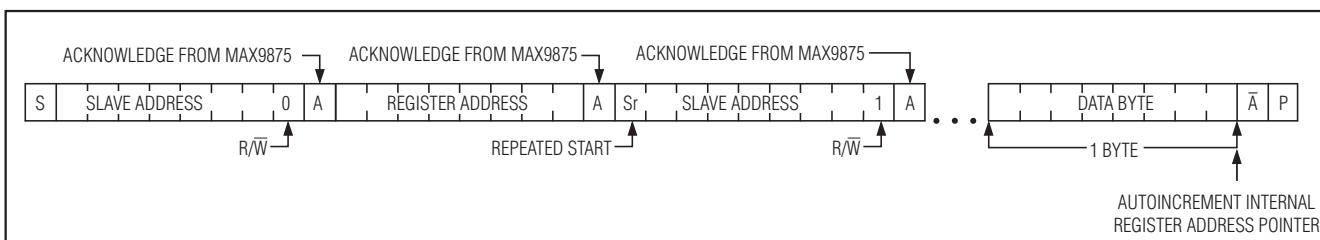


图12. 从MAX9875读取n个指定的数据字节

应用信息

无滤波D类放大器

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，并会降低效率和THD+N性能。传统的PWM结构采用较大的差分输出摆幅($2 \times V_{DD(P-P)}$)，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。

MAX9875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、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。

由于MAX9875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，如果扬声器没有经过特殊设计能够处理额外功率的话，仍有可能造成损坏。为获得最佳效果，可以采用一个串联电感大于 $10\mu\text{H}$ 的扬声器。典型的 8Ω 扬声器等效串联电感通常在 $20\mu\text{H}$ 至 $100\mu\text{H}$ 。

元件选择

可选的铁氧体磁珠滤波器

在扬声器引线超过20mm的应用中，可采用铁氧体磁珠和对地连接的电容构成滤波器，提供额外的EMI抑制。应选择低直流电阻、高频($> 1.176\text{MHz}$)阻抗为 100Ω 至 600Ω 、额定电流至少为1A的铁氧体磁珠。根据所选择的铁氧体磁珠和扬声器的实际引线长度决定电容值。根据EMI特性，电容值通常小于1nF。

输入电容

输入电容 C_{IN} 与MAX9875的输入电阻一起构成高通滤波器，可以消除输入信号的直流偏置。交流耦合电容允许放大器自动提供信号偏置，优化直流电平。假定信号源阻抗为0，高通滤波器的-3dB频点为：

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

根据上式选择合适的 C_{IN} ，使 f_{-3dB} 低于所要求的最低频率。选用具有低电压系数电介质的电容，如钽或铝电解电容。电压系数较高的电容，例如陶瓷电容，可能导致低频失真加剧。

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} 有助于降低共模偏置节点的电源噪声及其它噪声，用一个 $1\mu\text{F}$ 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电阻最小。绝大多数表面贴装陶瓷电容都能满足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。

飞电容(C1)

飞电容($C1$)的大小会影响电荷泵的输出电阻。 $C1$ 过小，器件提供充足电流驱动的能力就会变差，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将占主导地位。

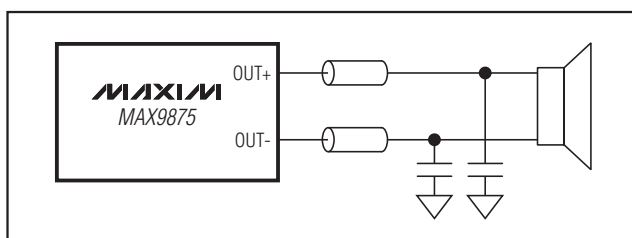


图13. 可选的铁氧体磁珠滤波器

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

输出保持电容(C2)

输出电容的大小和ESR直接影响 V_{SS} 的纹波，增大C2有助于减小输出纹波。同样，减小C2的ESR可以同时减小纹波与输出电阻。对于最大输出功率较低的系统可以使用较小的电容，参见典型工作特性部分的Output Power vs. Load Resistance曲线图。

PVDD大容量电容(C3)

除了推荐的PVDD旁路电容，还应使用与C3等值的大容量电容，并将其尽可能靠近器件放置。

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。较宽的引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。将PGND与GND在PCB上单点连接。所有承载开关瞬变信号的引线应该远离GND和音频信号通道的引线/元件。

将PVDD连接至2.7V至5.25V电源，用 $1\mu\text{F}$ 电容将PVDD旁路至PGND引脚。使用额外的大电容防止电源瞬变，旁路电容应尽可能靠近MAX9875放置。

连接 V_{DD} 至PVDD，用 $1\mu\text{F}$ 电容将 V_{DD} 旁路至GND，旁路电容应尽可能靠近MAX9875放置。

RF敏感度

GSM信号传输采用时分多址(TDMA)，以217Hz为间隔。从而使217Hz频率处具有较强幅度调制的RF信号，很容易被音频放大器解调。图14所示为MAX9875靠近GSM无线通信装置放置时测量得到的射频信号敏感度。尽管在217Hz及其谐波处可以测量到一定的噪声，但噪声幅度远远低于典型耳机可以听到的门限值。

在RF应用中，通过改进电路板布局和元件选择能够降低MAX9875对RF噪声的敏感度，并可避免将RF信号解调成音频噪声。引线长度应小于规定的RF频率的1/4波长，尽

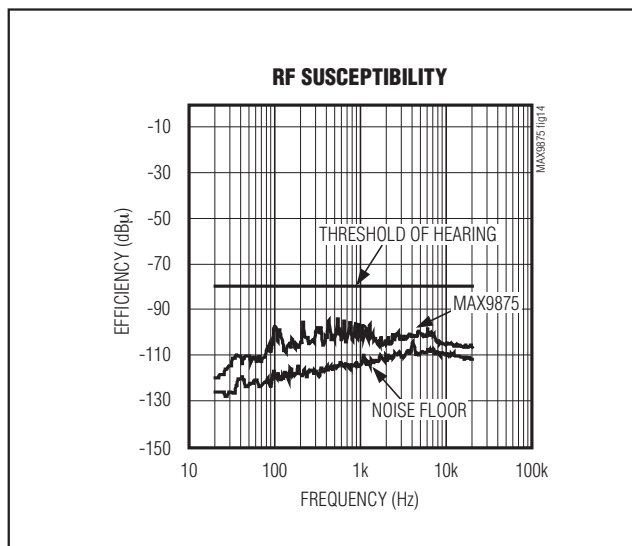


图14. MAX9875对GSM手机的射频敏感度

可能缩短引线长度以避免引线作为天线将RF信号耦合到MAX9875。波长 λ 单位为米，计算公式为：

$$\lambda = c/f$$

其中， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ， f = 所规定的RF频率。

将音频信号最好布于PCB的中间层，从而使上、下地层能够屏蔽RF干扰，保护信号线。理想情况下，PCB的顶层和底层应主要作为地层，以便建立有效的屏蔽。

利用电容的自激频率(在频响特性中类似于陷波滤波器)还可以获得额外的RF抑制。不同厂商可以提供自激频率在RF频段、典型值为10pF到20pF的电容。将这些电容放置在输入引脚，可有效旁路MAX9875输入端的RF噪声。为了有效利用这些电容，它们必须具有对地的低阻、低电感通道。不要使用微过孔连接地层，因为这些过孔在RF频率下不具备较好的导电特性。

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

WLP应用信息

有关WLP结构、尺寸、卷带包装信息、PCB技术、焊球-焊盘布局、推荐的回流焊温度曲线以及可靠性测试结果的最新信息，请参考Maxim网站www.maxim-ic.com.cn/ucsp提供的应用笔记1891：晶片级封装(WLP)及其应用。推荐的MAX9875 PCB焊盘尺寸如图15所示。

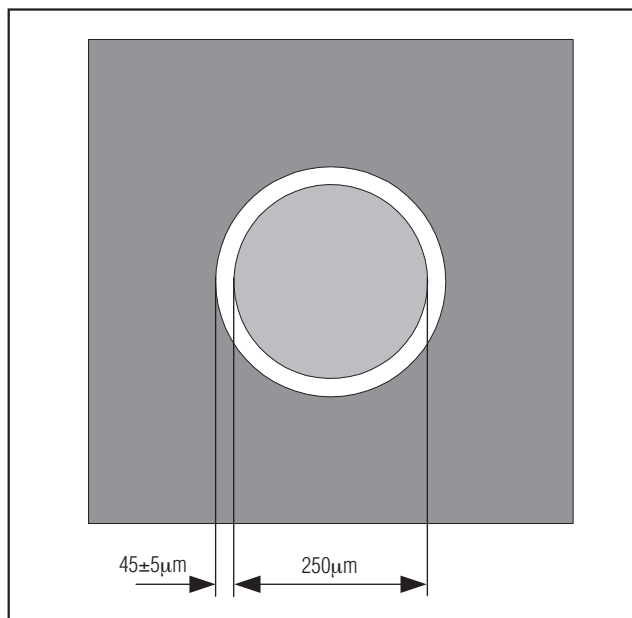
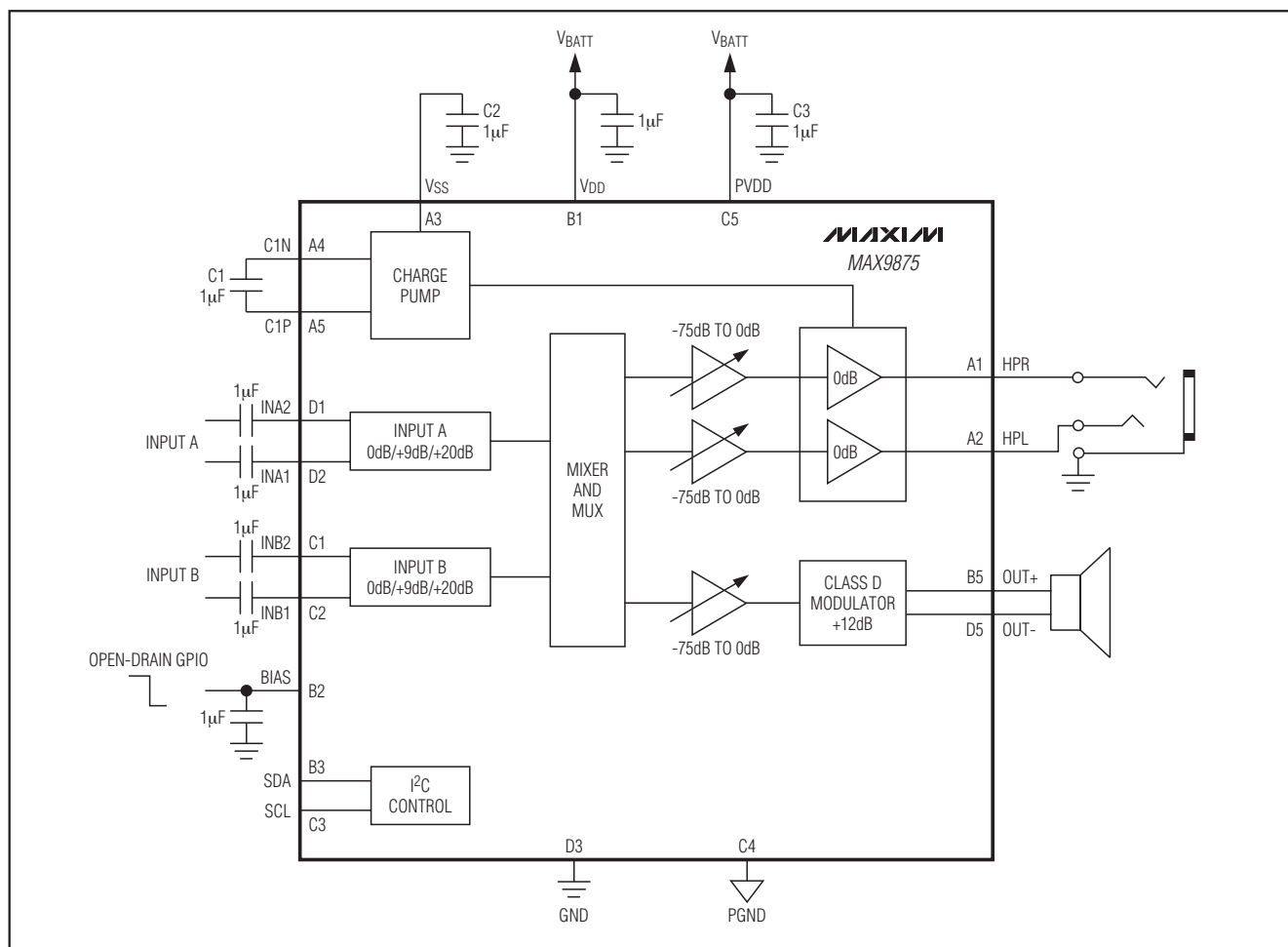


图15. 推荐的MAX9875 PCB焊盘尺寸

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

典型应用电路

MAX9875



芯片信息

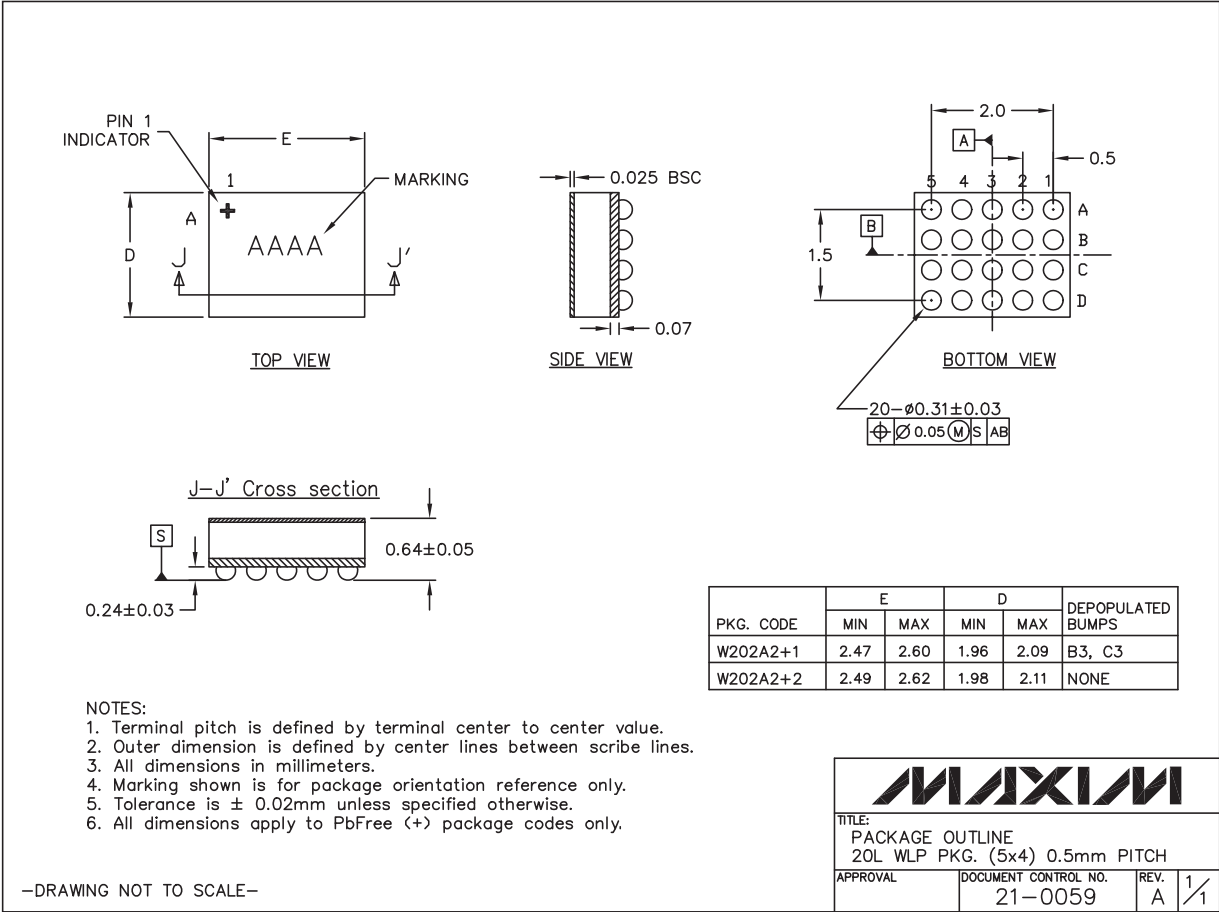
PROCESS: BiCMOS

具有低RF干扰敏感度的单声道音频子系统， 带有DirectDrive耳机放大器

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询 www.maxim-ic.com.cn/packages。

封装类型	封装编码	文档编号
20 WLP	R202A2+2	21-0059



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。

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

© 2009 Maxim Integrated Products Maxim 是 Maxim Integrated Products, Inc. 的注册商标。