

可提供评估板



2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的D类音频放大器

MAX9715

概述

MAX9715高效率、立体声D类音频功率放大器为每声道4Ω负载提供高达2.8W的功率，供电电压为5V。Maxim的第二代D类结构无需输出滤波器，能够提供强大的输出保护功能、高效率以及较高的电源抑制比(PSRR)。可选择增益：+10.5dB或+9.0dB，通过调整放大器增益，使其适合不同的音频输入电平和扬声器负载。

MAX9715具有高PSRR (1kHz下71dB)，允许使用嘈杂的电源供电，无需额外的稳压器。全面的咔嗒声和噼啪抑制可消除启动和关断过程中的杂音。MAX9715工作在单5V电源，只需12mA的电源电流。内置的关断控制可将电源电流降至100nA。

MAX9715工作在-40°C至+85°C扩展工业级温度范围，采用增强散热型16引脚、TQFN-EP封装。

特性

- ◆ 单5V供电
- ◆ 专有的扩频调制降低EMI
- ◆ 2.8W、D类立体声扬声器放大器(4Ω)
- ◆ 无滤波D类放大器省去了LC输出滤波器
- ◆ 高PSRR (1kHz时71dB)
- ◆ 86%的效率($R_L = 8\Omega$, $P_{OUT} = 1W$)
- ◆ 低功耗关断模式
- ◆ 集成杂音抑制
- ◆ 极低的总谐波失真：1kHz时0.06%
- ◆ 短路和过热保护
- ◆ 内部设置增益：+9.0dB或+10.5dB
- ◆ 采用节省空间的封装

16引脚薄型QFN-EP (5mm x 5mm x 0.8mm)封装

应用

高端笔记本音频
LCD投影仪
便携式音频
多媒体网站

订购信息

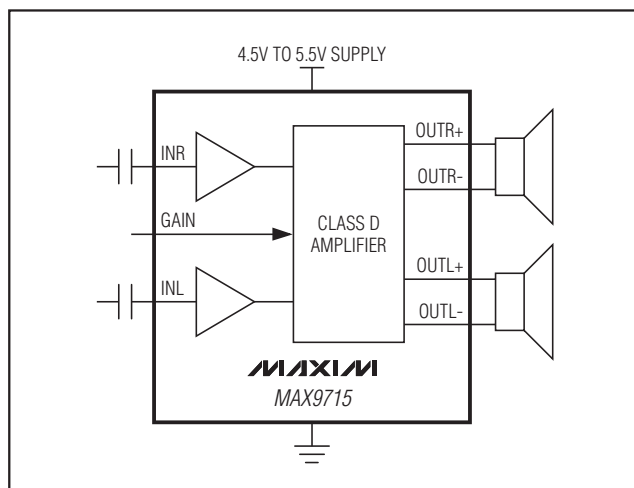
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX9715ETE+	-40°C to +85°C	16 TQFN-EP*

+表示无铅/符合RoHS标准的封装。

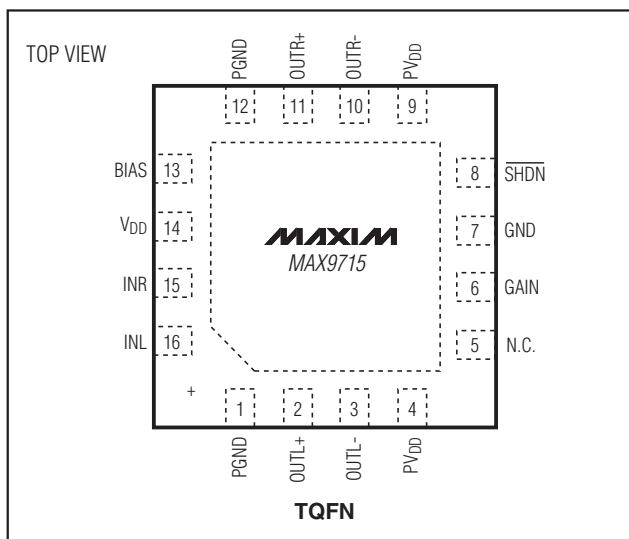
*EP = 裸焊盘。

典型工作电路/功能框图在数据资料的最后给出。

方框图



引脚配置



Maxim Integrated Products 1

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。

有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：china.maxim-ic.com。

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{DD}, PV_{DD}, to GND+6V
 GND to PGND-0.3V to +0.3V
 Any Other Pin to PGND-0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
 Duration of OUT_ Short Circuit to PGND or PV_{DD}.....Continuous
 Duration of OUT_+ Short Circuit between OUT_-Continuous
 Continuous Current Into/Out of (PV_{DD}, OUT_-, PGND).....1.7A
 Continuous Input Current (All Other Pins) ±20mA

Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)

16-Pin TQFN-EP (derate 20.8mW/°C above +70°C)..1666mW

Operating Temperature Range-40°C to +85°C

Storage Temperature Range-65°C to +150°C

Junction Temperature+150°C

Lead Temperature (soldering, 10s)+300°C

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = PV_{DD} = 5.0V, GND = PGND = 0V, V_{SHDN} = V_{DD}, C_{BIAS} = 1μF, speaker impedance = 8Ω in series with 68μH connected between OUT_+ and OUT_-, GAIN = +10.5dB, 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		4.5		5.5	V
Quiescent Current	I _{DD}	No load			12.8	16	mA
Shutdown Supply Current	I _{SHDN}	V _{SHDN} = 0V			0.1	2	μA
Input Resistance	R _{IN}			6.5	10	13.5	kΩ
Turn-On Time	t _{ON}				25		ms
BIAS Voltage	V _{BIAS}				1.8		V
CLASS D SPEAKER AMPLIFIERS							
Output Offset Voltage	V _{OS}	T _A = +25°C		12.6		45	mV
		T _A = T _{MIN} to T _{MAX}				70	
Maximum Speaker Amplifier Gain (Note 3)	A _V	GAIN = 0		10.5			dB
		GAIN = 1		9.0			
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	V _{IN-} = 0V	PV _{DD} or V _{DD} = 4.5V to 5.5V	52.4	75		dB
			f = 1kHz, 100mV _{P-P}		71		
			f = 20kHz, 100mV _{P-P}		60		
Output Power	P _{OUT}	THD+N = 1%	R _L = 8Ω	1.4			W
			R _L = 4Ω	2.3			
		THD+N = 10%	R _L = 8Ω	1.7			
			R _L = 4Ω	2.8			
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f = 1kHz	R _L = 8Ω, P _{OUT} = 1.2W	0.06			%
			R _L = 4Ω, P _{OUT} = 2W	0.07			
Signal-to-Noise Ratio	SNR	P _{OUT} = 1W, BW = 22Hz to 22kHz		89			dB
		P _{OUT} = 1W, A-weighted		93			
Maximum Capacitive Load	C _{L_MAX}			200			pF
Switching Frequency	f _{SW}	Average frequency in spread-spectrum operation		1.00	1.22	1.40	MHz

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{DD} = PV_{DD} = 5.0V$, $GND = PGND = 0V$, $V_{SHDN} = V_{DD}$, $C_{BIAS} = 1\mu F$, speaker impedance = 8Ω in series with $68\mu H$ connected between OUT_{+} and OUT_{-} , $GAIN = +10.5dB$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Spread-Spectrum Modulation				± 120		kHz
Crosstalk		Channel-to-channel, $f = 10kHz$, $P_{OUT} = 1W$, left to right or right to left		72		dB
Click-and-Pop Level	K_{CP}	Peak voltage, A-weighted, 32 samples per second (Note 4)	Into shutdown		-64	dBV
			Out of shutdown		-46	
Efficiency	η	$R_L = 8\Omega$ in series with $68\mu H$, $P_{OUT} = 1W$ per channel, $f = 1kHz$		86		%
DIGITAL INPUTS (GAIN and SHDN)						
Input High Voltage	V_{IH}		2.0			V
Input Low Voltage	V_{IL}			0.8		V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	$\overline{SHDN}$		± 1		μA
		GAIN		± 1.5		

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

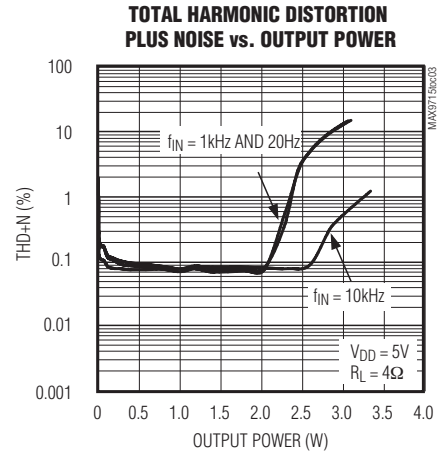
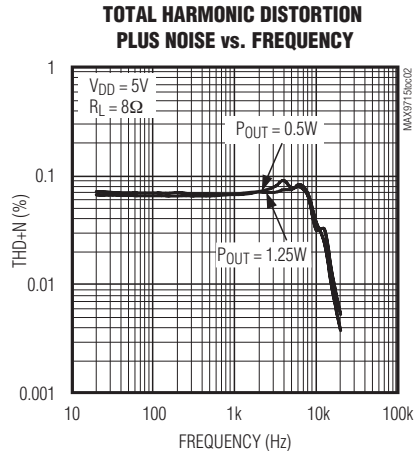
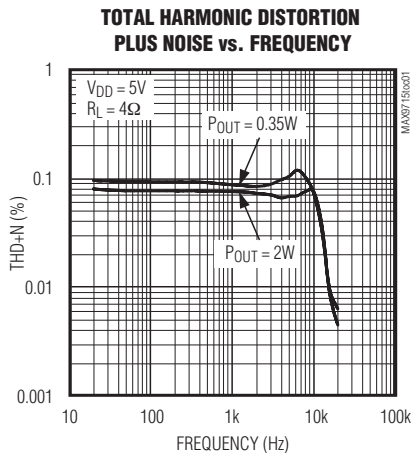
Note 2: Speaker amplifier gain is defined as $A_V = (V_{OUT+} - V_{OUT-}) / V_{IN}$.

Note 3: Click-and-pop level testing performed with an 8Ω resistive load in series with $68\mu H$ inductive load connected across the Class D BTL outputs. Mode transitions are controlled by the $\overline{SHDN}$ pin. Inputs AC-coupled to GND.

Note 4: Testing performed with a resistive load in series with an inductor to simulate an actual speaker load. For $R_L = 4\Omega$, $L = 33\mu H$. For $R_L = 8\Omega$, $L = 68\mu H$.

典型工作特性

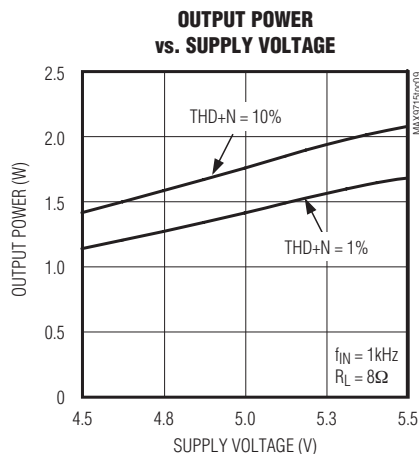
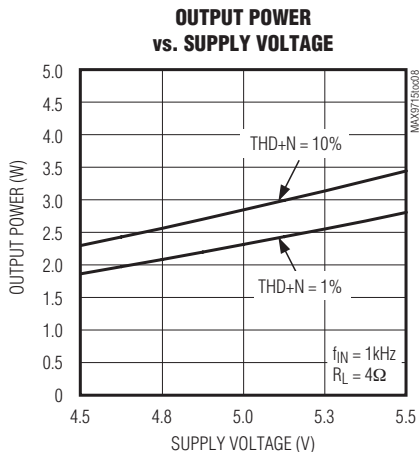
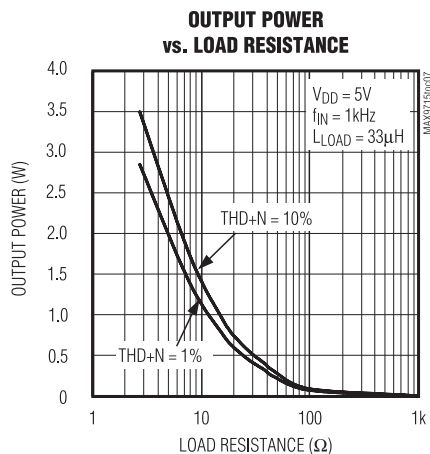
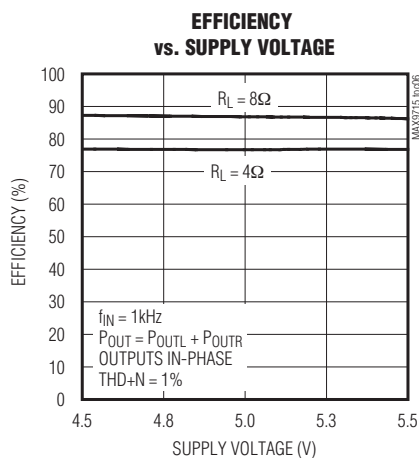
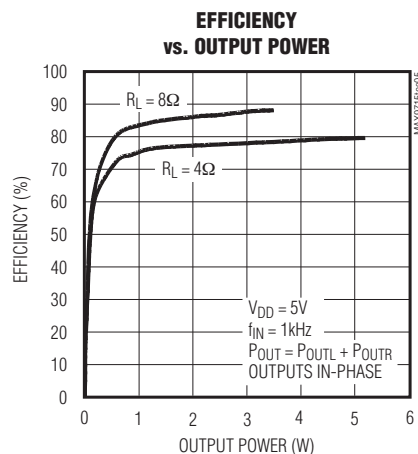
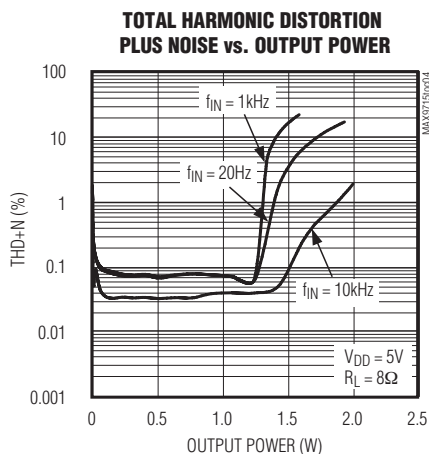
($V_{DD} = 5.0V$, $C_{VDD} = 3 \times 0.1\mu F$, $C_{BIAS} = 1\mu F$, $C_{INL} = C_{INR} = 1\mu F$, $A_V = +10.5dB$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.) (See the Typical Operating Circuit/Functional Diagram)



2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

典型工作特性(续)

($V_{DD} = 5.0V$, $C_{VDD} = 3 \times 0.1\mu F$, $C_{BIAS} = 1\mu F$, $C_{INL} = C_{INR} = 1\mu F$, $A_V = +10.5dB$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.) (See the Typical Operating Circuit/Functional Diagram)

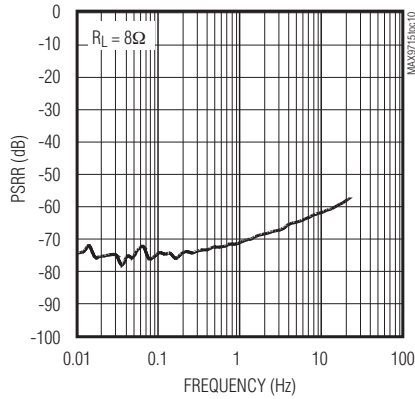


2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

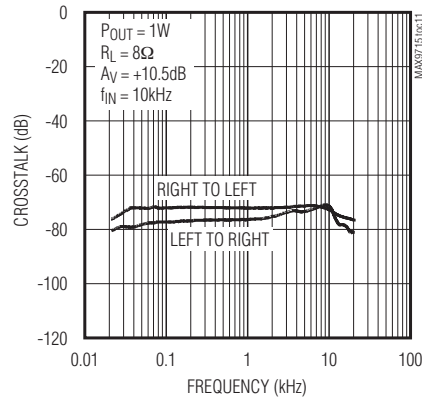
典型工作特性(续)

($V_{DD} = 5.0V$, $C_{VDD} = 3 \times 0.1\mu F$, $C_{BIAS} = 1\mu F$, $C_{INL} = C_{INR} = 1\mu F$, $A_V = +10.5dB$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.) (See the Typical Operating Circuit/Functional Diagram)

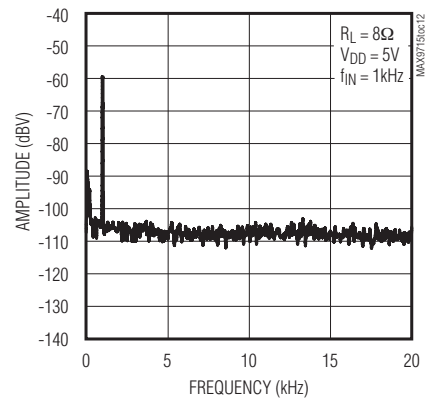
**POWER-SUPPLY REJECTION RATIO
vs. FREQUENCY**



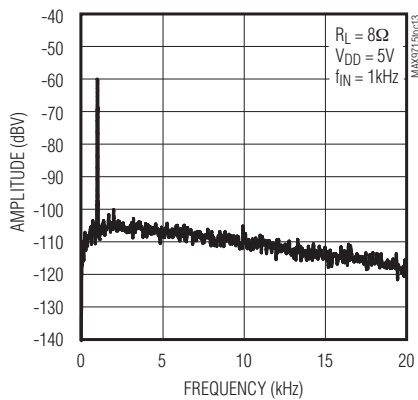
**CROSSTALK
vs. FREQUENCY**



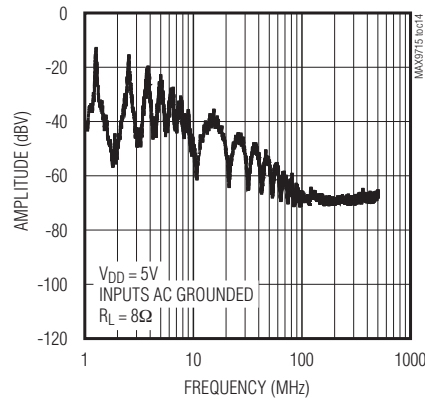
**OUTPUT SPECTRUM
vs. FREQUENCY**



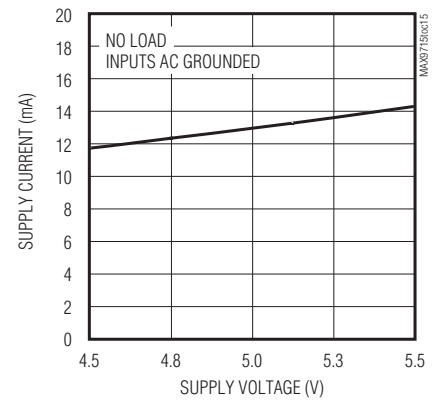
**OUTPUT SPECTRUM
vs. FREQUENCY (A-WEIGHTED)**



WIDEBAND SPECTRUM



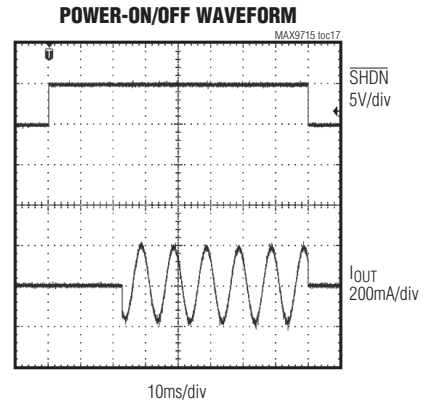
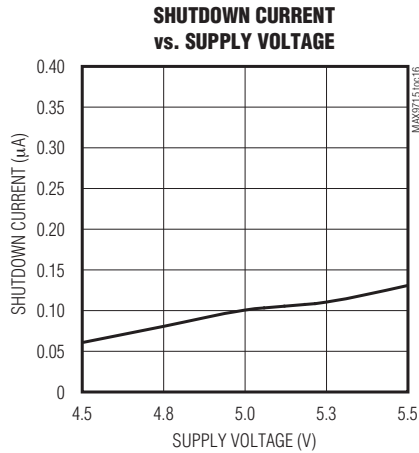
**SUPPLY CURRENT
vs. SUPPLY VOLTAGE**



2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

典型工作特性(续)

($V_{DD} = 5.0V$, $C_{VDD} = 3 \times 0.1\mu F$, $C_{BIAS} = 1\mu F$, $C_{INL} = C_{INR} = 1\mu F$, $A_V = +10.5dB$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.) (See the Typical Operating Circuit/Functional Diagram)



引脚说明

引脚	名称	功能
1, 12	PGND	功率地。
2	OUTL+	左声道扬声器输出正端。
3	OUTL-	左声道扬声器输出负端。
4, 9	PVDD	扬声器正电源输入。扬声器放大器的输出级电源输入。连接至 V_{DD} ，并通过 $0.1\mu F$ 电容旁路到PGND。
5	N.C.	没有连接，内部无连接。
6	GAIN	地。
7	GND	增益选择。设置内部放大器增益。参见增益选择部分。
8	$\overline{SHDN}$	关断控制。驱动 $\overline{SHDN}$ 为低，以关断MAX9715。
10	OUTR-	右声道扬声器输出负端。
11	OUTR+	右声道扬声器输出正端。
13	BIAS	偏置电压输出。 $V_{BIAS} = 1.8V$ ，通过 $1\mu F$ 的陶瓷电容将BIAS旁路至GND。
14	V_{DD}	正电源输入。通过 $0.1\mu F$ 的陶瓷电容旁路至GND。
15	INR	右声道输入。
16	INL	左声道输入。
—	EP	裸焊盘。将EP连接到电气隔离的覆铜层或GND。

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

MAX9715

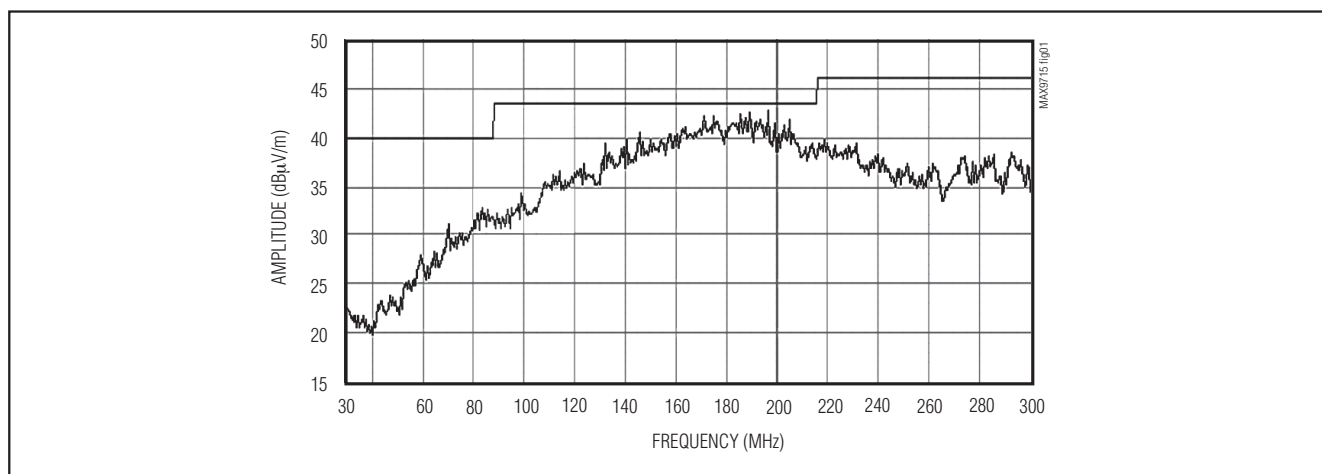


图1. 采用75mm扬声器电缆时MAX9715的辐射

详细说明

MAX9715 2.8W、D类扬声器放大器，具有增益控制，能够以D类效率提供AB类放大器的性能，占用很小的电路板空间。独特的调制结构和扩频开关无需外部滤波器，可构建一个紧凑、灵活、低噪声、高效的音频功率放大器。MAX9715在1kHz时具有高达71dB的PSRR、低于0.06%的THD+N，提供业界领先的杂音抑制和低功耗关断模式。

MAX9715的欠压锁定功能可以防止低电压供电，杂音抑制能够消除开通和关断时出现的音频瞬态噪音。另外，扬声器放大器还具有热过载和短路保护。

MAX9715独特的扩频结构可以降低放大器在高频端的频谱分量，降低对扬声器和电缆的EMI辐射。开关频率以1.22MHz为中心、在 $\pm 120\text{kHz}$ 范围内随机波动。Maxim的D类放大器内置这种调制电路，其三角波的周期逐周期变化。这种调制结构不会影响音频信号恢复。能量被分散到连续的频率上，而不是将大量的频谱能量集中到开关频率的若干倍频处。能量的扩散范围随抖动频率的提高而增大，因此在高于几兆赫兹的频带上，EMI等效于宽带频谱的白噪声(图1)。

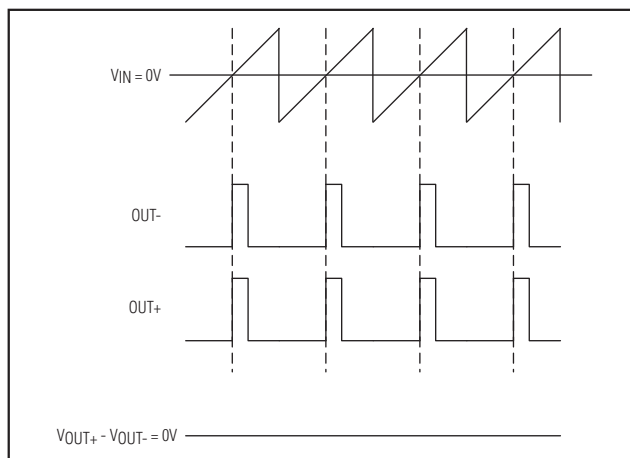


图2. 无输入信号时的MAX9715输出

无滤波调制/共模空闲方式

扩频调制方案可以省去传统D类放大器所需的LC滤波器，既提高了效率、减少了元件数，又节省了电路板空间和系统成本。没有信号输入时，传统的D类放大器输出为50%占空比的方波。如果没有滤波器，该方波作用在负载两端将会产生一定的负载电流，从而增大了功耗。输入端没有信号时，MAX9715的输出开关波形如图2所示。由于MAX9715采用差分驱动扬声器，两路输出互相抵消，于是，扬声器两端空闲模式下的净电压为0，降低了功耗。

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的D类音频放大器

效率

D类放大器的效率取决于输出级晶体管的工作状态。在D类放大器中，输出级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。与D类输出级有关的功率损耗主要是由MOSFET导通电阻、开关损耗和静态电流所产生的 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。标称工作电平(典型的音乐或声音再生电平)下，效率会下降到30%以下，然而，在相同条件下，MAX9715可保持80%以上的效率(图3)。

增益选择

驱动GAIN至高电平，将扬声器放大器的增益设置为+9dB；驱动GAIN至低电平，将其增益设置为+10.5dB(参见表1)。MAX9715的增益可通过以下公式计算：

$$20 \times \log\left(\frac{V_{OUT+} - V_{OUT-}}{V_{IN}}\right)$$

表2给出了在指定增益和负载情况下，要想得到最大输出功率，扬声器放大器所需的输入电压。

关断

MAX9715具有0.1 μ A低功耗关断模式，可以降低静态电流功耗，延长电池寿命。驱动 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚为低电平将禁用输出放大器、偏置电路，并将BIAS驱动至GND。标准模式下，将 $\overline{\text{SHDN}}$ 置为逻辑高电平。

咔嗒声和噼噗声抑制

MAX9715具有Maxim公司全面的、业界领先的咔嗒声和噼噗声抑制电路，可以在启动时消除瞬态噪声。关断时，输出为高阻态。启动或上电时，调制器偏置电压设置在正确的电平，输入放大器为静音状态。保持输入放大器静音25ms，并允许输入电容充电至偏置电压(V_{BIAS})。随后解除放大器的静音状态，实现无噪音启动。

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的PWM输出恢复音频信号。滤波器增加了成本，也增大了放大器尺

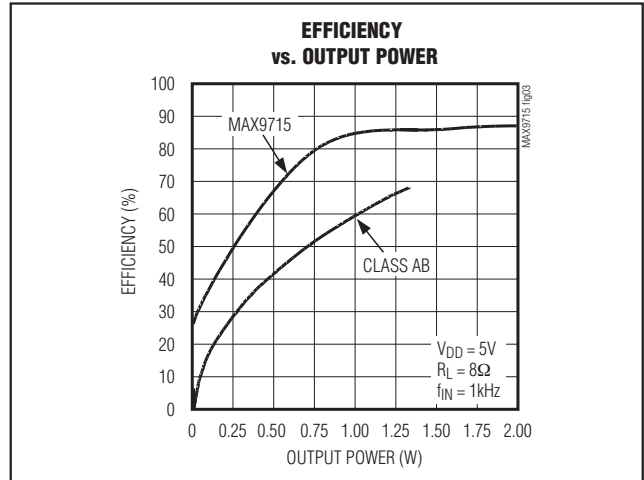


图3. MAX9715 D类放大器与AB类放大器的效率比较

表1. MAX9715最大增益设置

GAIN	SPEAKER MODE GAIN (dB)
0	+10.5
1	+9.0

表2. 输出最大功率时，MAX9715的输入电压和增益设置

GAIN (dB)	INPUT (VRMS)	RL (Ω)	POUT (W)
10.5	0.90	4	2.3
9.0	1.08	4	2.3
10.5	1.00	8	1.4
9.0	1.19	8	1.4

寸，并会降低效率。传统的PWM结构采用较大的差分输出摆幅($2 \times V_{DD(P-P)}$)，产生了较大的纹波电流。滤波元件的任何寄生电阻都会导致功率损耗、降低效率。

MAX9715不需要输出滤波器。该器件利用扬声器线圈自身的电感和扬声器与人耳的天然滤波作用从方波输出中恢复音频成分。由于省去了输出滤波器，可提供一个更小、更便宜、效率更高的方案。

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的D类音频放大器

由于MAX9715的开关频率远远超出了大多数扬声器的带宽，由方波频率引起的音频线圈的偏移非常小。尽管这种偏移很小，若扬声器未经专门设计能够处理额外功率的话，还是可能被损坏。为获得最佳效果，可以用一个大于30μH的电感与扬声器串联。典型的8Ω扬声器等效串联电感在30μH至100μH范围内。扬声器的电感值大于60μH时效率最高。

元件选择

输入滤波器

输入电容C_{IN}与放大器的输入电阻(R_{IN})一起构成了高通滤波器，可以消除输入信号中的直流偏置(参见典型应用电路)。交流耦合电容允许放大器为信号提供最佳的直流偏置电平。假定信号源阻抗为0，高通滤波器的-3dB点为：

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

R_{IN}为放大器的内部输入电阻值，在*Electrical Characteristics*表中给出。选择合适的C_{IN}，使f_{-3dB}远远低于感兴趣的最低频率。f_{-3dB}频率过高会影响放大器的低频响应。选用低电压系数电介质的电容，如钽或铝电解电容。陶瓷电容等电压系数较高的电容可能会导致低频失真加剧。

因为扬声器的振膜不能再生低频信号，因此，可以改善杂音性能。对MAX9715输入高通滤波器的截止频率进行设置，使其与扬声器的频率响应一致。这样，可以减小C_{IN}值，并降低杂音。

输出滤波器

MAX9715不需要输出滤波器。当然，如果设计中由于电路板布局或电缆长度引起辐射或是电路靠近EMI敏感器件时，可以使用输出滤波器。当辐射频率高于10MHz时，使用铁氧体磁珠滤波器或共模扼流圈。当需要考虑的辐射频率低于10MHz或使用较长电缆(>75mm)连接放大器和扬声器时，可使用LC滤波器。图4给出了可能的输出滤波器连接。

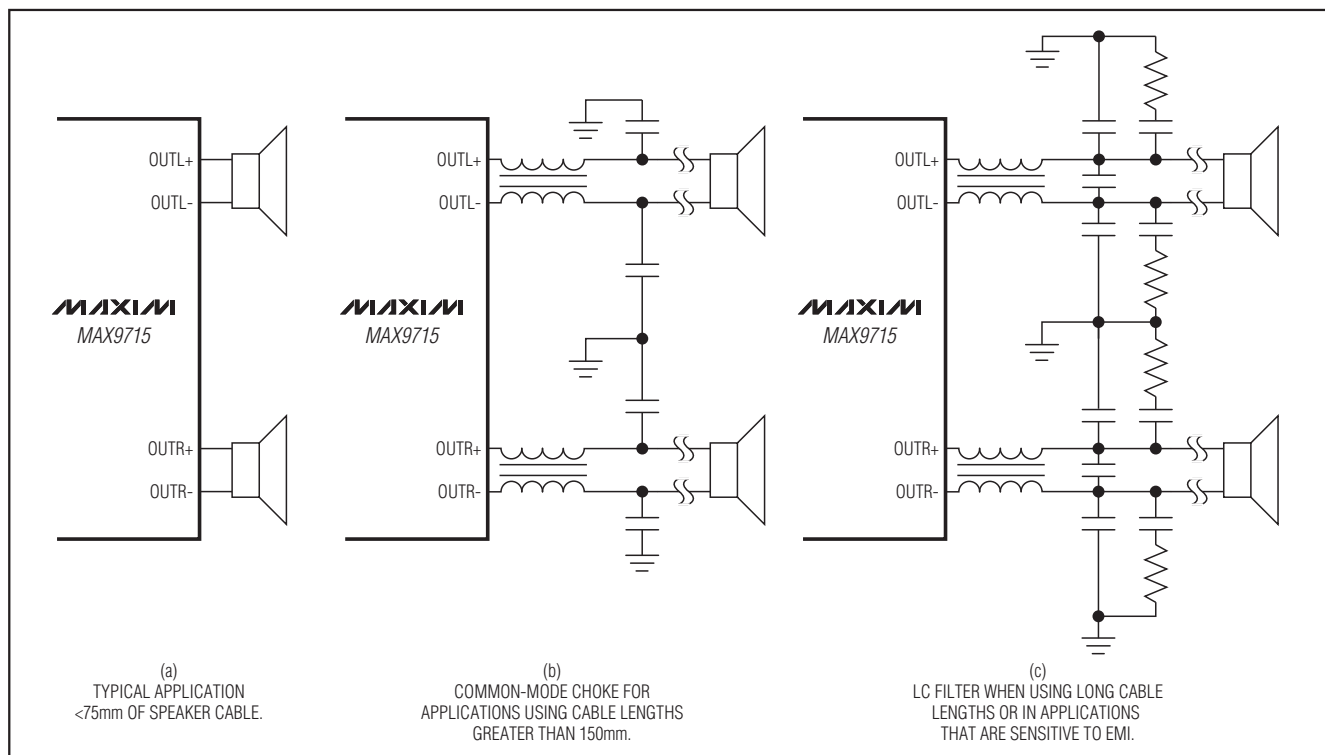


图4. 可选择的扬声器放大器输出滤波器——符合FCC标准

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

电源旁路、布局和接地

适当的布局和接地对于优化系统性能是必需的。电源输入以及放大器输出连线使用宽的信号线以减小寄生电阻产生的损耗，宽引线还有助于封装散热。适当的接地可改善音频性能，减小通道间的串扰，防止开关噪声耦合到音频信号。将承载了开关瞬态噪声的地反馈通道连接到功率地(PGND)。应尽可能地缩短连接PGND的大电流返回通路，并且远离模拟地(GND)和所有音频输入通道的走线或元件。在PCB上使用星型连接方式单点连接GND和PGND。

用0.1μF电容旁路PV_{DD}至PGND；用0.1μF电容旁路V_{DD}至GND。在V_{DD}和PGND之间放置一个大电容。旁路电容尽量靠近MAX9715安装。

使用较宽的低阻输出引线。输出端源出电流随着负载阻抗的减小而增加。输出引线电阻较大时，会降低传递到负载的功率。例如，100mΩ电阻的引线比0Ω电阻的引线相比，提供给4Ω负载的功率将从2.1W降低到2.0W。较宽的输出、电源和GND引线减小了电路热阻，使MAX9715更容易向空气辐射热量。

MAX9715薄型QFN-EP封装在底部有一个裸露的散热焊盘。这个焊盘提供了从管芯到PCB的直接热传导通道，减小了封装的热阻。将这个裸露散热焊盘连接到电气隔离的覆

铜层。覆铜面积越大，散热性能越好。如果PCB布局的限制不允许将EP连接到隔离的覆铜层，则将EP接GND，以确保大电流回路不通过EP。

双极型放大器配置

典型应用电路给出了MAX9715配置成中音/高音放大器的电路连接，用MAX9713配置成单声道低音放大器。电容C1和C2设置高通截止频率，如下式所示：

$$f = \frac{1}{2\pi \times R_{IN} \times C1}$$

其中R_{IN}是MAX9715的输入电阻，C1 = C2。MAX9715输出端的10μF电容可以保证驱动5Ω负载时提供双极点的滚降速度。

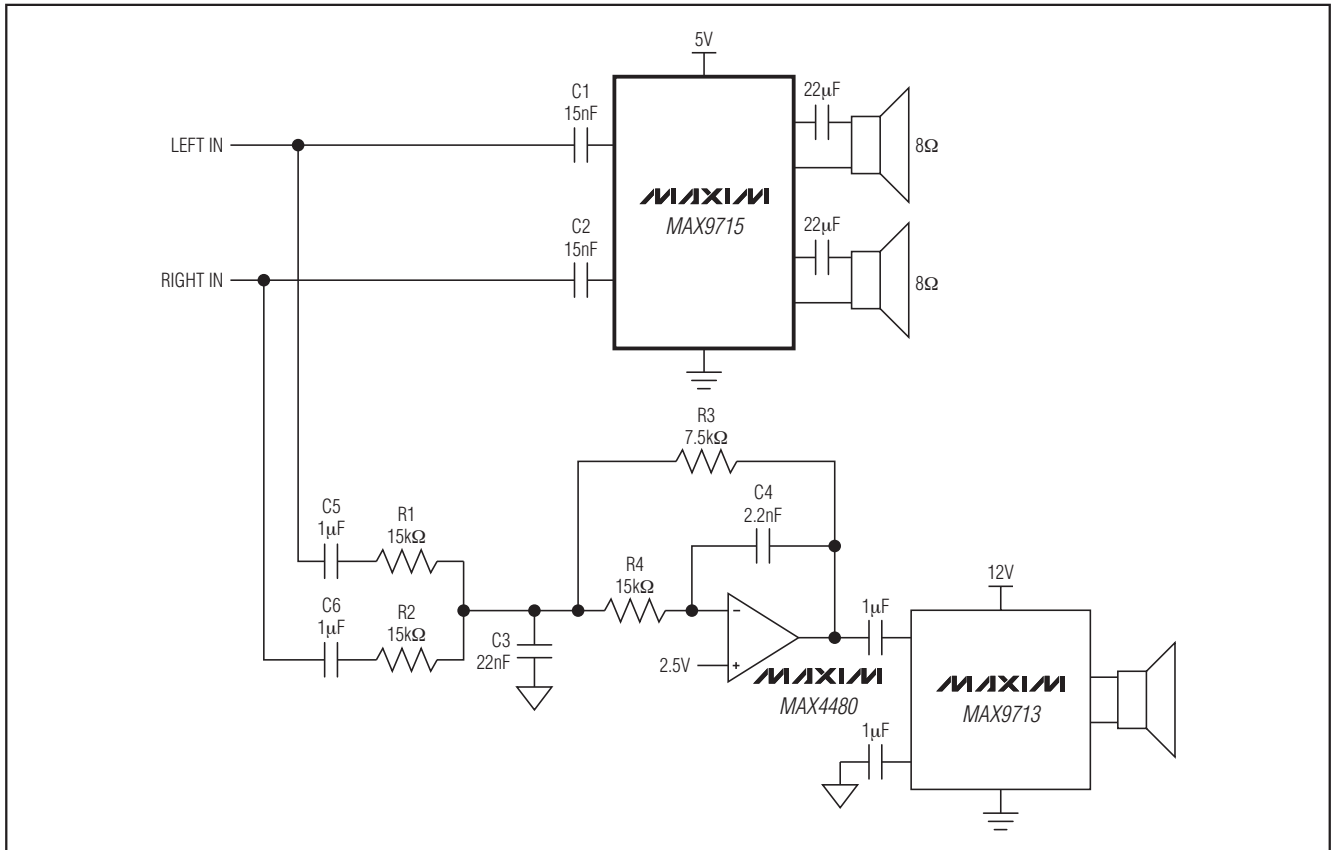
立体声信号叠加后合成为单声道信号，然后送入双极点低通滤波器。经过滤波后的信号由MAX9713进行放大。对于相干的左、右声道信号，低通滤波器的通带增益为(-2 × R3) / R1，其中，R1 = R2。低通滤波器的截止频率如下所示：

$$f = \frac{1}{2\pi} \times \sqrt{\frac{1}{C3 \times C4 \times R3 \times R4}}$$

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

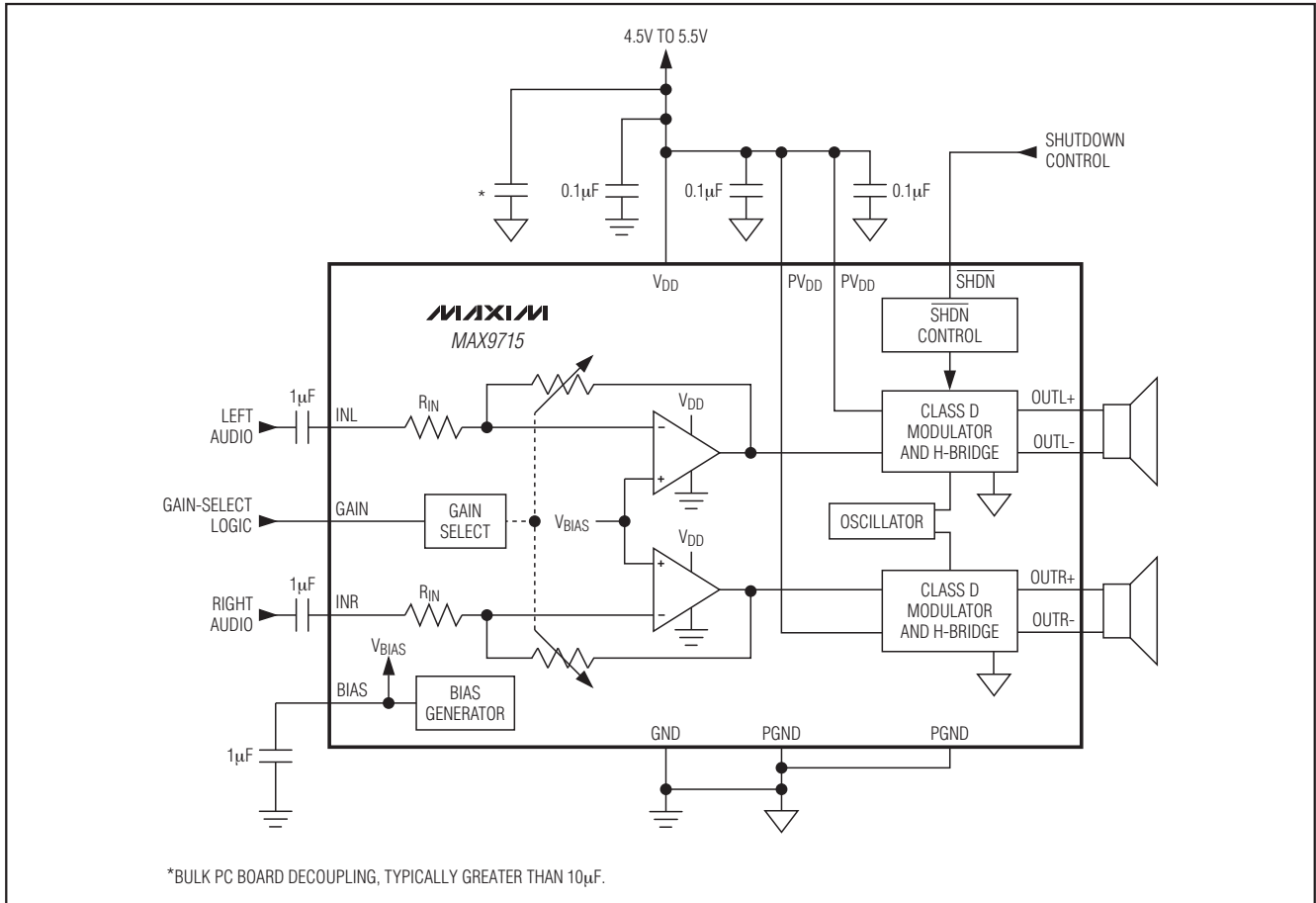
典型应用电路

MAX9715



2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

典型工作电路/功能框图



芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 11,721
PROCESS: BiCMOS

封装信息

如需最近的封装外形和焊盘布局信息，请查询
china.maxim-ic.com/packages。

封装类型	封装编码	文档编号
16 TQFN-EP	T1655-2	21-0140

2.8W、低EMI、立体声、无需滤波的 D类音频放大器

修订历史

修订次数	修订日期	说明	修改页
2	7/08	删除了TSSOP封装。	1, 2, 6, 12

MAX9715

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 _____ **13**