

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

概述

HXJ9007 是一款双音桥音频功率放大器芯片，采用 5.0V 电源供电；在 THD+N 小于 10% 情况下，能为一个 4Ω 的负载提供 3W 的功率。此外，当接立体耳机时，芯片可以单终端工作模式驱动立体耳机。HXJ9007 双通道音频功率放大器是为需要输出高质量音频功率的系统设计的，它采用表面贴装技术，只需少量的外围设备，便使系统具备高质量的音频输出功率。HXJ9007 采用双通道设计使芯片具有了桥式联接扬声器放大和单终端立体耳机放大两种工作模式，简化了音频系统的外围电路设计。HXJ9007 采用外部控制的低功耗关断模式，立体耳机放大模式，及内部热敏关断保护机制。并利用电路的特性减小噪声（滴答声与爆裂声）和失真度。

Note 1: 在电路板上得到适当安置的 HXJ9007 能给 4Ω 的负载提供 3W 的功率。

重要特性

1. THD+N 为 10% 时的输出功率为 3W
2. 单端模式，负载为 32Ω，输出功率为 75mW 时，THD+N ≤ 0.5%。
3. 关断漏电流 0.7μA（典型）
4. 工作电压 2.0V~6.0V
5. 立体耳机功放模式；
6. 噪声（滴答声和爆裂声）抑制电路；
7. 整体增益稳定；
8. 热敏关断保护电路；

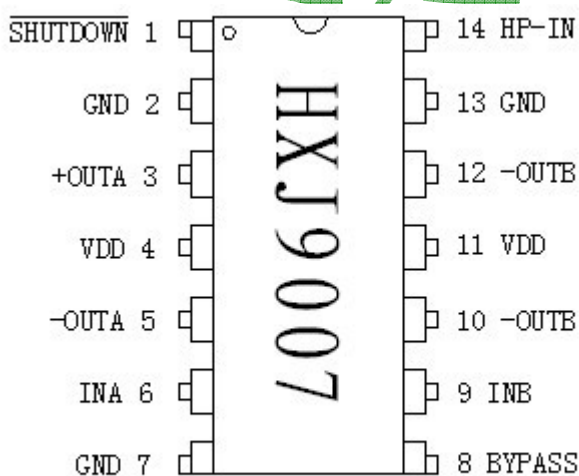
应用领域

1. 多媒体监控系统。
2. 便携式计算机及台式计算机。
3. 便携式电视，DVD 等。

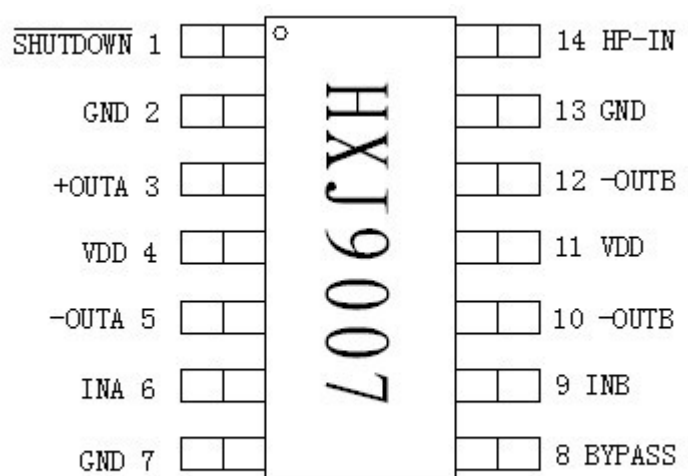
封装形式

采用无铅封装：DIP-14、SOP-14

引脚分布



DIP-16



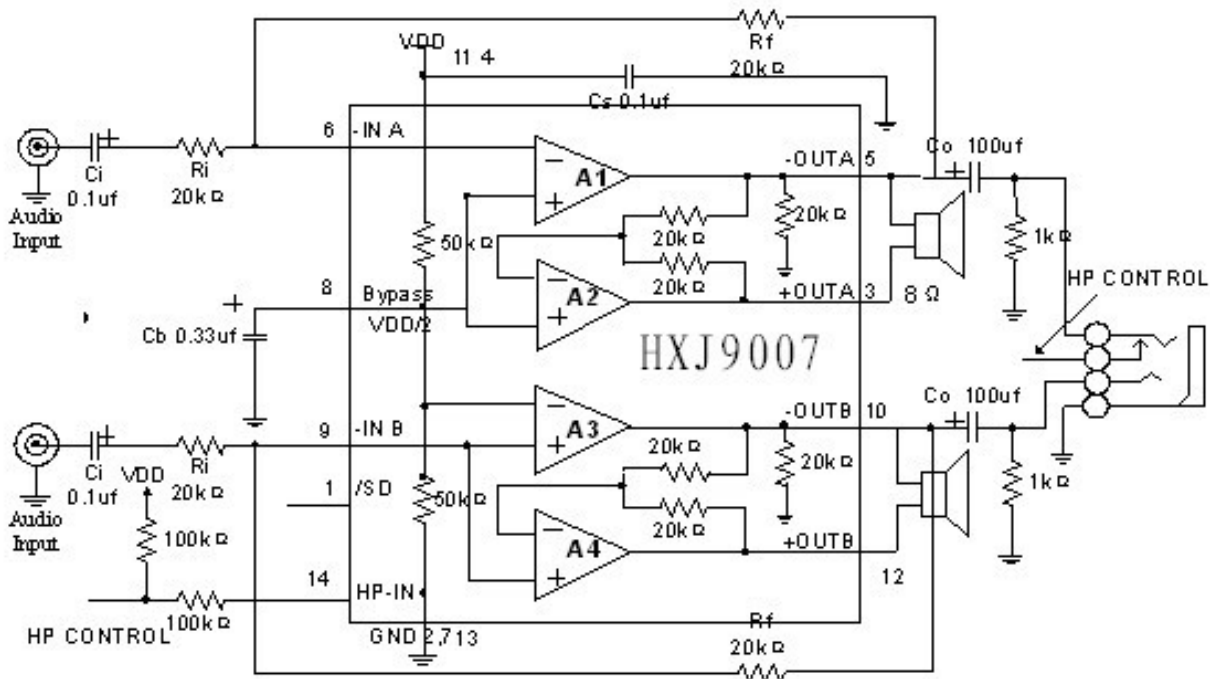
SOP-16

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

引脚说明

符号	SOP14, DIP14 管脚号	HXJ9007	描述
+OUTA	3		左声道输出端,正相
V _{DD}	4,11		电源
-OUTA	5		左声道输出端,反相
INA	6		左声道输入端
GND	2,7,13		地
BYP	8		内部共模电压输出
INB	9		右声道输入端
-OUTB	10		右声道输出端,反相
+OUTB	12		右声道输出端,同相
$\overline{SHUTDOWN}$	1		掉电控制管脚,低电平芯片关断,高电平正常工作
HP-IN	14		耳机输出控制开关

典型应用电路



HXJ9007 应用电路图



3W带关闭模式立体声音频功率放大器

极限参数

HXJ9007 参数	最小值	最大值	单位	HXJ9007 说明
电源电压	1.8	6	V	
储存温度	-65	150	°C	
输入电压	-0.3	V _{DD}	V	
功耗			mW	内部限制
耐ESD电压1	3000		V	HBM
耐ESD电压2	250		V	MM
节温	150		°C	典型值150
推荐工作温度	-40	85	°C	
推荐工作电压	2.0	5.5		
热阻				
$\theta_{JC}(SOP)$		35	°C/W	
$\theta_{JA}(SOP)$		140	°C/W	
$\theta_{JC}(LLP)$		43	°C/W	
$\theta_{JA}(LLP)$		56	°C/W	
焊接温度		220	°C	15秒内

电气特性

芯片整体的电气特性 (Note3, 4)

除非特别说明, 以下技术规格中 $V_{DD}=5.0V$, $T_A=25^{\circ}C$ 。

符号	参数	HXJ9007 条件	HXJ9007		单位
			典型 (Note 13)	限定 (Note 10)	
V _{DD}	电源电压			2 (min)	V
				5.5 (max)	V
I _{DD}	静态电流	V _{IN} =0V, I _O =0A (Note 11), HP-IN=0V	11.5	20 (max) 6 (min)	mA
		V _{IN} =0V, I _O =0A (Note 11), HP-IN=0V	5.8		mA
I _{SD}	关断电流	V _{PIN1} =V _{DD}	0.7 (min)	2 (min)	uA
V _{IH}	立体耳机控制 端高电平			4 (min)	V
V _{IL}	立体耳机控制 端低电平			0.8 (max)	V



3W带关闭模式立体声音频功率放大器

单终端工作模式的电气特性 (Note3, 4)

除非特别说明, 以下技术规格中 $V_{DD}=5.0V$, $T_A=25^{\circ}C$ 。

符号	参数	HXJ9007 条件	HXJ9007		单位
			典型 (Note 13)	限定 (Note 10)	
V_{OS}	输出失调电压	$V_{IN}=0V$	5	50 (max)	mV
P_o	输出功率	THD+N=0.5%, $f=1KHz, R_L=32\Omega$	85	75 (min)	mW
		THD+N=1%, $f=1KHz, R_L=8\Omega$	340		mW
		THD+N=10%, $f=1KHz, R_L=8\Omega$	440		mW
THD+N	总谐波失真 + 噪声	$20Hz \leq f \leq 20KHz,$ $A_v=-1; R_L=32\Omega, P_o=75mW$	0.3		%
PSRR	电源电压抑制比	$V_{DD}=5V,$ $V_{RIPPLE}=200mV_{RMS}$ $R_L=8\Omega, C_B=1.0\mu f$	52		dB
X_{TALK}	声道隔离	$f=1KHz,$ $C_B=1.0\mu f$	60		dB
SNR	信噪比	$V_{DD}=5V, R_L=8\Omega,$ $P_o=340mW,$	95		dB

扬声器桥接模式的电气特性 (Note3, 4)

除非特别说明, 以下技术规格中 $V_{DD}=5.0V$, $T_A=25^{\circ}C$ 。

符号	参数	HXJ9007 条件	HXJ9007		单位	
			典型 (Note 13)	限定 (Note 10)		
V_{OS}	输出失调电压	$V_{IN}=0V$	5	50 (max)	mV	
P_o	输出功率 (Note 9)	THD=1% $f=1KHz$	$R_L=4\Omega$ (Note8)	2.5	1.0 (min)	W
			$R_L=4\Omega$ (Note8)	3		
		THD=10% $f=1KHz$	$R_L=4\Omega$ (Note8)			
			$R_L=4\Omega$ (Note8)			



3W带关闭模式立体声音频功率放大器

符号	参数	HXJ9007 条件	HXJ9007		单位
			典型 (Note 13)	限定 (Note 10)	
Po	输出功率	THD+N=1%, f=1KHz, RL=32Ω	0.34		W
THD+N	谐波总失真+ 噪声	20Hz≤f≤20KHz, AvD=2, RL=8Ω	0.3		%
PSRR	电源电压抑制比	VDD=5V, VRIPPLE=200mVRMS RL=8Ω, CB=1.0uF	67		dB
XTALK	声道隔离	f=1KHz, CB=1.0uF	90		dB
SNR	信噪比	VDD=5V, Po=1.1W, RL=8Ω	98		dB

Note3: 除特别说明外, 所有的电压测量都是以第2, 7, 13管脚为基准。

Note4: 绝对最大额定值是指可能损坏器件的界限。工作额定值是器件工作条件, 但不保证特殊性能的界限。在器件工作额定度内, 电气特性规定了直流和交流在详细条件下的电气规格, 这个规格没有保证器件的限定额定, 典型值则是器件性能的一个很好的体现。

Note5: 这里的 θ_{JA} 值是MXA20A裸露的DAP焊接在1英寸裸露的2in²铜片上的值。

Note6: 这里的 θ_{JA} 值是MXA20A裸露的DAP没有焊接在铜片上的值。

Note7: 在5V供电电压下驱动3Ω负载时, HXJ9007须贴在电路板的散热铜片上, 且放置在通风的环境中。

Note8: 在5V供电电压下驱动4Ω负载时, HXJ9007须贴在电路板上。

Note9: 输出功率是在终端上测量的。

Note10: 当最大功耗增加时必须降低芯片的温度, 最大功耗可以用公式计算:

$$P_{MAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}, \text{或者是最大绝对额定值给出的数值。}$$

Note11: 对于人体模型, 100pf电容通过1.5Ω电阻放电。

Note12: 对于器件模型, 220pf~240pf电容通过全部管脚放电。

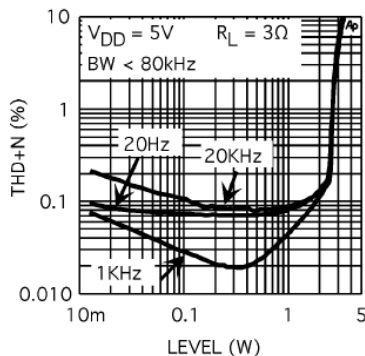
Note13: 典型数值是在25℃环境下测试, 以代表参数规格。

Note14: 限定数值是在国际平均输出质量标准内。

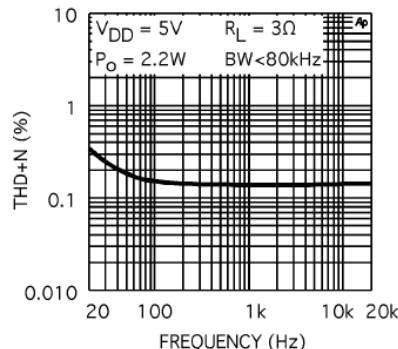
Note15: 当实用载荷连接到芯片上时, 情态功耗取决于偏置电压。

曲线特性

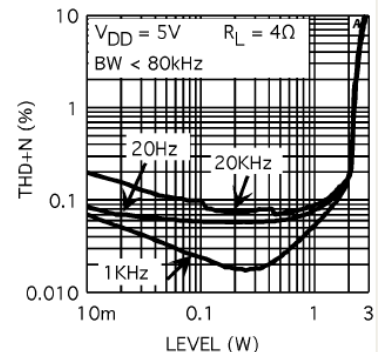
THD+N vs Output Power



THD+N vs Frequency



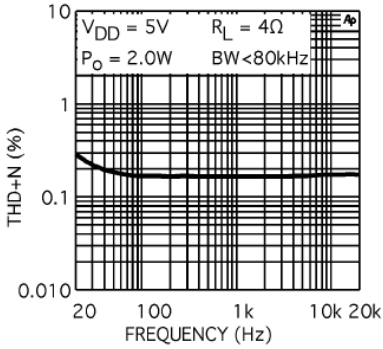
THD+N vs Output Power





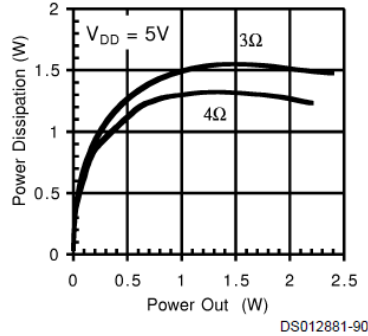
3W带关闭模式立体声音频功率放大器

THD+N vs Frequency



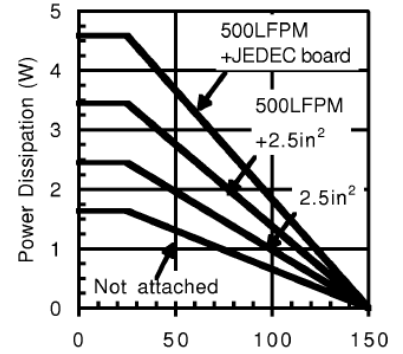
DS012881-98

Power Dissipation vs Power Output

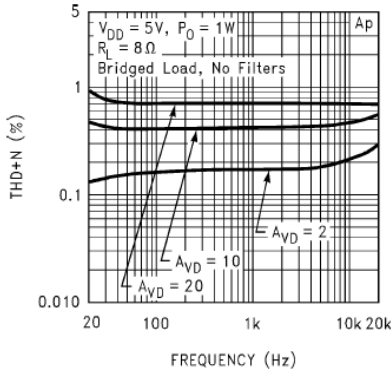


DS012881-90

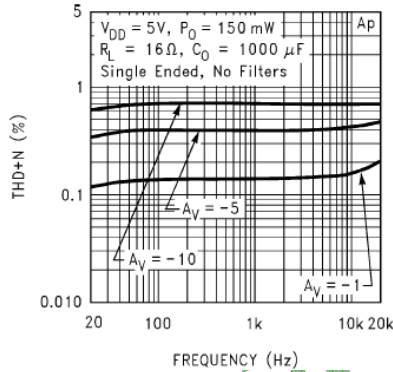
Power Derating Curve



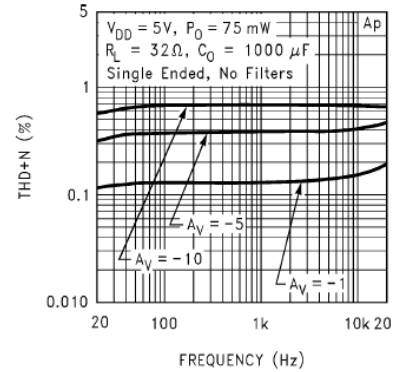
THD+N vs Frequency



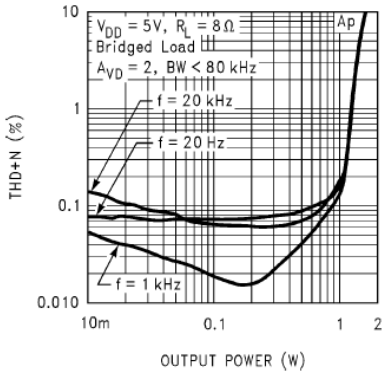
THD+N vs Frequency



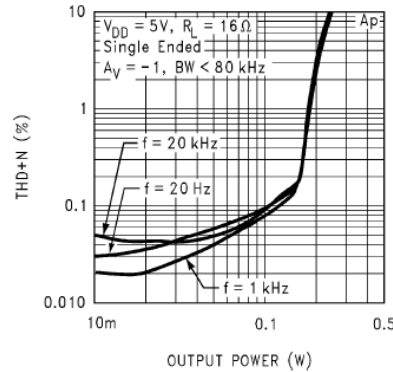
THD+N vs Frequency



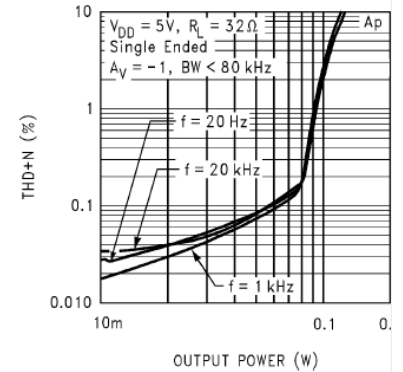
THD+N vs Output Power



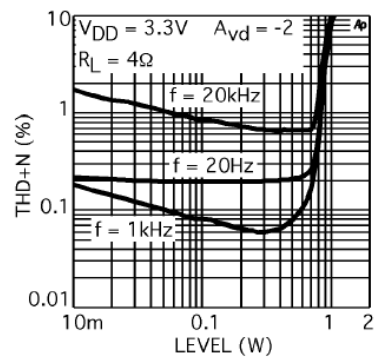
THD+N vs Output Power



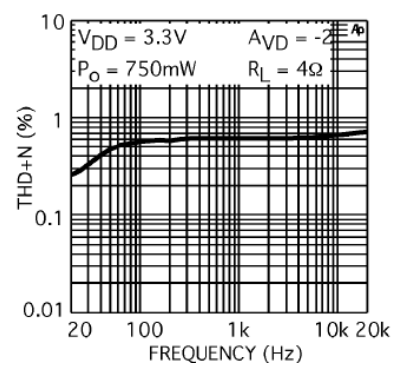
THD+N vs Output Power



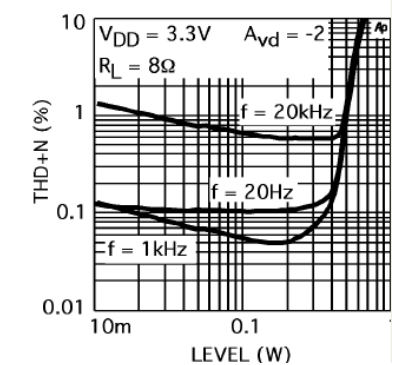
THD+N vs Output Power



THD+N vs Frequency

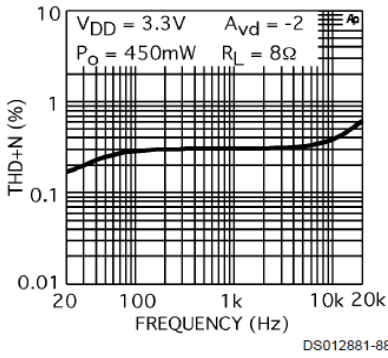


THD+N vs Output Power

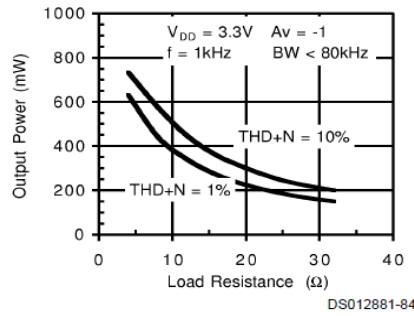


3W带关闭模式立体声音频功率放大器

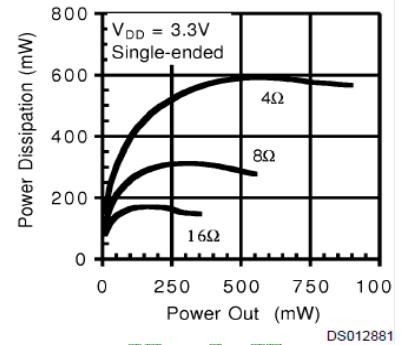
THD+N vs Frequency



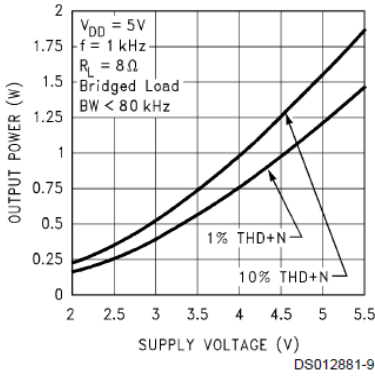
Output Power vs Load Resistance



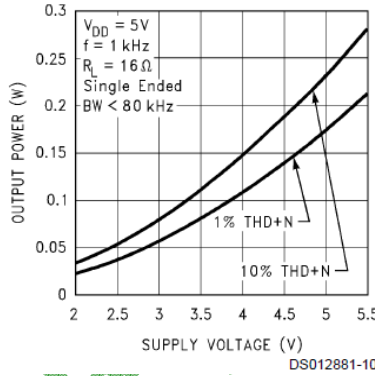
Power Dissipation vs Supply Voltage



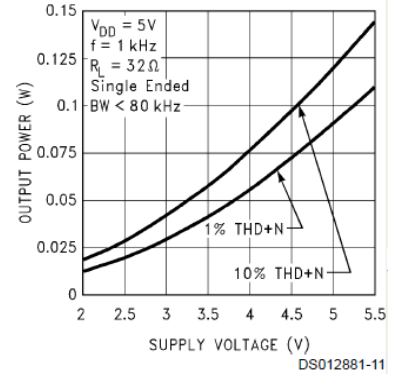
Output Power vs Supply Voltage



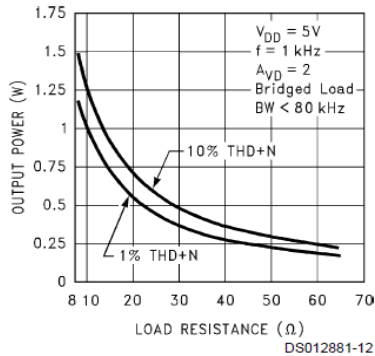
Output Power vs Supply Voltage



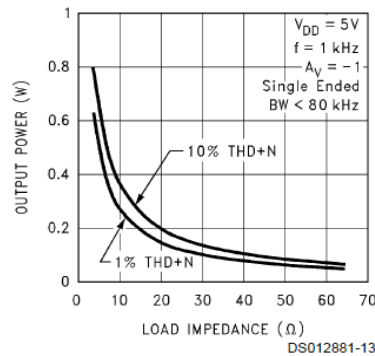
Output Power vs Supply Voltage



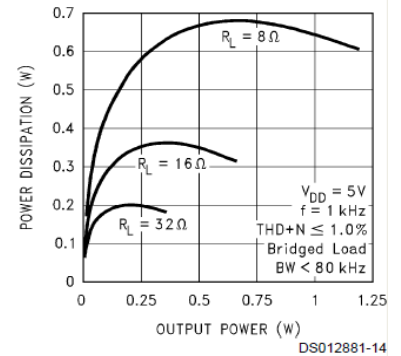
Output Power vs Load Resistance



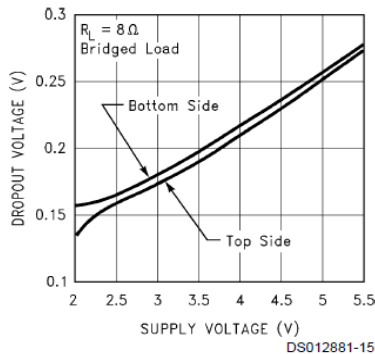
Output Power vs Load Resistance



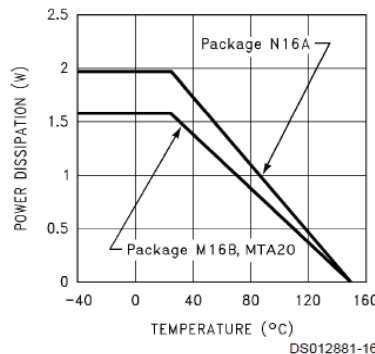
Power Dissipation vs Output Power



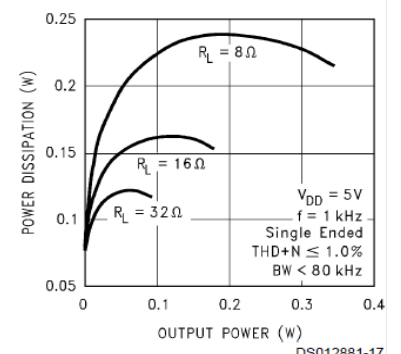
Dropout Voltage vs Supply Voltage



Power Derating Curve

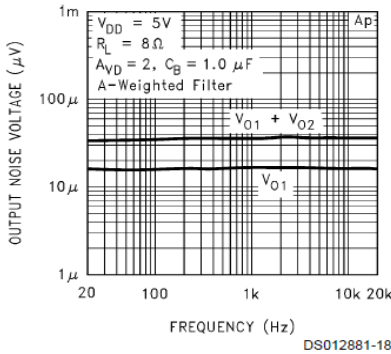


Power Dissipation vs Output Power

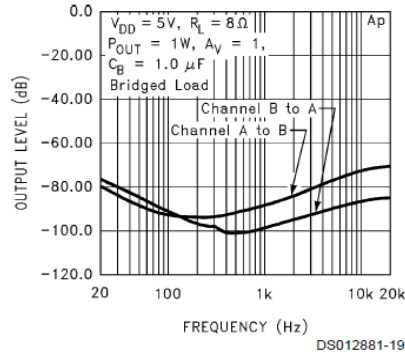


3W带关闭模式立体声音频功率放大器

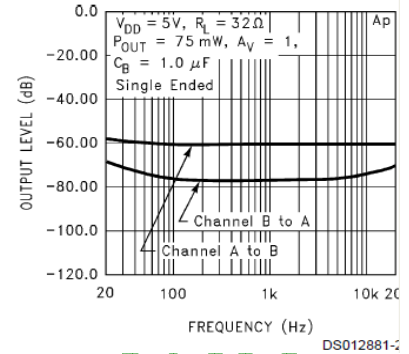
Noise Floor



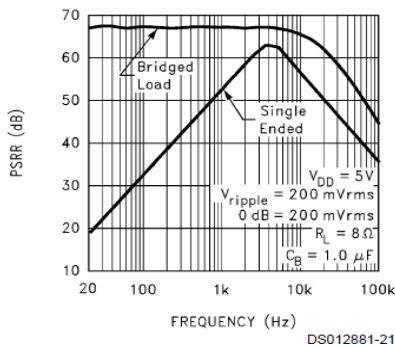
Channel Separation



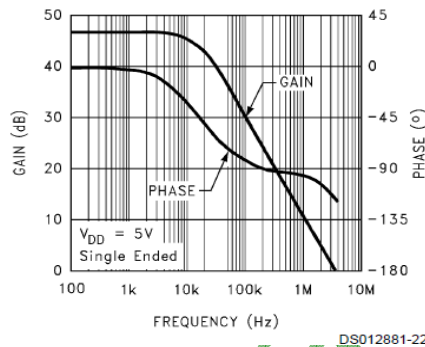
Channel Separation



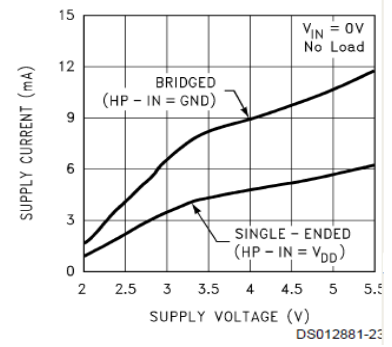
Power Supply Rejection Ratio



Open Loop Frequency Response



Supply Current vs Supply Voltage



外部元件

元件	功能描述
1. Ri	反相输入电阻，连接 Rf 建立闭环增益，与 Ci 形成高通滤波器且 $F_c = 1 / (2R_i C_i)$
2. Ci	输入耦合电容，隔离直流，和 Ri 形成高通滤波器
3. Rf	反馈电阻，连接 Ri 建立闭环增益
4. Cs	电源旁路电容，提供电源滤波
5. Cb	旁路极性电容，提供电源滤波

应用信息

驱动 3Ω 和 4Ω 负载时 PCB 板布局布线注意事项

驱动低阻抗负载时，输出功率于输出引脚到负载间的连线电阻有很大的关系。输出引脚到负载的连线应该越大越好，输出连线上的任何电阻都视为放大器内阻，消耗放大器输出的功率。放大器的输出功率跟电源提供的功率也有很大的关系，为保持放大器能持续的输出较大的功率，电源线应该尽量粗。

裸露 DAP 安置注意事项

裸露的 DAP 封装必须焊接到地，裸露的 DAP 封装的热阻效应需要进行特殊的处理，否则，HXJ9007 在驱动 4Ω 负载时将有可能进入关断模式。裸露在 HXJ9007 底部的 DAP 应焊接到铜衬垫上，该铜衬垫连接到一片较大的铜片，铜片将会大量吸收芯片传来的热量，同时向外界散热。如果铜片不是在电路板的顶层表面，那么铜片上需要有 8 到 10 个透气孔，孔径为 0.013 英寸；为了得到更好的热传导效应，透气孔必须穿透到焊接层。

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

铜片将裸露 DAP 封装芯片产生的热量散发出去。如果铜片在电路板板面上，当供电电压为 5V，负载为 4Ω 时，铜片面积至少 2.5in²；如果散热铜片与放大器不在同层面，则散热铜片至少为 5in² 的面积。如果周围环境的温度高于 25℃，散热铜片的面积则应该加大和改善通风条件以确保芯片自身的温度低于热敏关断温度 150℃，以防放大器进入热敏关断保护模式。在周围环境温度为 25℃ 中，散热铜片的面积为 2.5in²，HXJ9007 驱动 3Ω 负载时，环境内风速至少为 450 线性英寸每分钟才能保证放大器不进入热敏关断模式。更低的温度、更大的铜片散热面积，更快的环境风速将保证放大器不会进入热敏关断模式。

桥式连接模式配置说明

如典型应用电路图所示，HXJ9007 内部有两对运算放大器，构成双通道 (A,B 通道) 立体音频放大器。(以下为 A 通道的论述，同时也适合于 B 通道) 放大器 A1 的增益是外部配置结构决定的，闭环增益通过配置 R_f 和 R_i 来决定；而放大器 A2 的增益有内部电阻结构决定，固定为 -1，A2 构成倒相放大器。驱动负载连接到两个放大器输出端之间。放大器 A1 的输出作为放大器 A2 的输入，这样导致两个放大器产生幅值相同，相位差 180° 利用相位不同，当负载连接于 -OUTA 和 +OUTA 输出端之间且为差动输出时 (通常被称作“桥式模型”)，该 IC 各通道的差动增益为：

$$A_{VD} = 2 \times \frac{R_f}{R_i} \quad (1)$$

桥式模型放大器的运行不同于单终端放大器结构，在单终端结构中负载的一端接放大器的输出而另一端接地。桥式放大器设计比单终端结构有一些明显的优点：当它给负载提供差动驱动时，负载两端的电压为单终端情况下的两倍。因此，在相同条件下，假定放大器没有电流限制或断路，可获得的输出功率中，这种增加导致输出功率可能是单终端放大器的 4 倍。当选定一个的放大器闭环增益时，为了不引起过分失真 (过分失真将会损坏扬声器系统中的高频率传感器)，对电路的设计有一定的要求，请参考“音频功率放大器设计”部分。

放大器桥式结构优于单终端的第二个优点是，由于 A 通道和 B 通道的差动输出均在半供给中偏置，通过负载不存在净直流电压，这就消除了单电源、单终端模式下存在的输出耦合电容。单电源、单终端放大器中，则需通过负载的半供给偏置来消除输出耦合电容，这样便会导致内部 IC 功耗的增加，以及扬声器永久性损坏。

电源旁路

对于任何功率放大器，适当的电源旁路对于低噪声性能和高电源抑制是非常关键的。典型运用中，使用一个 5V 的调节器，这个调节器具有一个 10μF 和一个 0.1μF 的旁路电容，有助于电源稳定，降低输入噪声和改善电源瞬态响应，尽管如此也不能去掉 HXJ9007 旁路中电源与地间的 1.0μF 的钽电容，而且这个钽电容不能用陶瓷电容替代，否则输出信号就不太稳定。在电源和地间连接电容的导线及内部连线应尽可能缩短。在管脚 BYPASS 与地间连接一个 1μF 的电容器 C_b 可改善内部偏置电压的稳定性和提高放大器的抑制比 PSRR，当 C_b 增大时 PSRR 也随之提高，但 C_b 增加太大则会影
响放大器的降噪性能。旁路电容的选择，特别是 C_b，依赖于低频 PSRR、降噪性能 (参见“外部构件的正确选取”部分)、系统成本和尺寸等条件。

功耗分布

要设计一个成功的放大器，无论这个放大器是桥式还是单终端式，功耗都应该重点考虑。等式 (2) 表明单终端放大器在给定电源电压、驱动一定的负载时最大输出功率为：

$$P_{D\text{MAX}} = \frac{V_{DD}^2}{2\pi^2 R_L} \quad (\text{单终端}) \quad (2)$$

然而，桥式放大器中传递给负载的功率增大也导致内部功耗的增加。由于 HXD2163 的一个通道中含有两个运算放大器，所以桥式工作模式的最大内部功耗是单终端模式的 4 倍。等式 (3) 表明桥式放大器在给定 5V 电源电压、驱动 4Ω 的负载时最大输出功率单通道为 1.27W 或立体模式 (双通道) 为 2.54W

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

$$P_{DMAX} = \frac{4 \times V_{DD}^2}{2\pi^2 R_L} \quad (\text{桥式}) \quad (3)$$

从等式(3)中计算得的最大功耗点一定不会比等式(4)的功耗点大:

$$P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA} \quad (4)$$

由于HXJ9007的 $T_{JMAX}=150^{\circ}\text{C}$, LLP封装焊接到与PCB上5in²铜片连接的DAP衬垫的热阻 θ_{JA} 为 $20^{\circ}\text{C}/\text{W}$, 而MTE封装中焊接到与PCB上2in²铜片连接的DAP衬垫的热阻 θ_{JA} 为 $41^{\circ}\text{C}/\text{W}$. 依赖于系统周围的环境温度 T_A , 所以等式(4)可用以决定由IC组件支持的最大内部功耗. 重新整理等式(4)并代入 P_{DMAX} 得到等式(5), 该等式表明在HXJ9007的结温不变时, 环境温度也随音频系统输出功率有所变化.

$$T_A = T_{JMAX} - 2 \times P_{DMAX} \theta_{JA} \quad (5)$$

对于5V电源4Ω负载的典型应用, 在不超过最大结温及能输出最大音频功率情况下最大可能环境温度LLP封装为 99°C 而MTE封装为 45°C

$$T_{MAX} = P_{DMAX} \theta_{JA} + T_A \quad (6)$$

等式(6)给出了最大结温 T_{MAX} . 如这个结果影响到HXJ9007的 θ_{JA} 至 150°C , 通过减小工作电压或提高负载阻抗来达到减小最大结温, 再进一步可通过环境温度补偿来实现.

以上所述均假定器件运行在最大功耗点附近. 由于内部功耗是输出功率的函数, 当输出功率减小时, 环境温度可进一步提高. 参考典型性能特征曲线, 该曲线显示了低输出功率的功耗信息. 如果等式(2)的结果大于等式(3)的结果, 则要么是电源电压降低要么是负载阻抗增加或环境温度减小. 如这些调节还不够, 则需增加一散热铜片来减小 θ_{JA} . 散热片附加包在管芯外, 与电源、地及放大器的输出端连接. 与外部焊接到SMT散热片可用7106D热合金也会改善功耗. 当增加有散热片时, θ_{JA} 便是 θ_{JC} 、 θ_{CS} 和 θ_{SA} 的总和(θ_{JC} 为结与外壳的热阻, θ_{CS} 为外壳与散热片的热阻, θ_{SA} 为散热片与环境的热阻).

低功耗关断功能

加在管脚SHUTDOWN的逻辑高低电平控制HXJ9007的关断功能, 当加在该管脚的电压为 V_{DD} 时便激活了低功耗关断功能, 此时关断放大器的偏置电路, 工作电流减到最小, 所加的逻辑高电平最低为 $V_{DD}/2$. 当接近电源电压的逻辑高电平加在管脚SHUTDOWN上时, 就产生一个 $0.7\mu\text{A}$ 的典型静态电流. 若加的逻辑高电平低于电源电压, 则关断电流会增大. 有几种方法可以实现低功耗关断功能, 包括用单极、单掷开关进行切换, 用微控制器或微处理器输出来控制关断电路. 如果开关的切换来实现, 则需在管脚SHUTDOWN与 V_{DD} 间连上一个 $10\text{K}\Omega$ 的上拉电阻或管脚SHUTDOWN直接连到地. 当管脚SHUTDOWN接地时放大器正常工作. 当打开通过上拉电阻与 V_{DD} 接的开关时, 关断功能就启动. 开关及上拉电阻确保管脚SHUTDOWN不会悬空, 以免出现我们不希望的不定状态. 一些系统中用微控制器或微处理器输出信号给管脚SHUTDOWN来控制关断功能, 代替用到上拉电阻的关断电路.

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

表1 SHUTDOWN 和 HP-IN 操作的逻辑真值表

SHUTDOWN	HP-IN	工作模式
低	逻辑低	桥式放大
低	逻辑高	单终端放大
高	逻辑低/高	低功耗关断

HP-IN 功能

给HP-IN加上一个 $4V \sim V_{DD}$ 的电压可关断运算放大模块A2 和A4，使桥式连接的负载失效。当此IC处于单终端工作模式时静态电流也会随之减小。

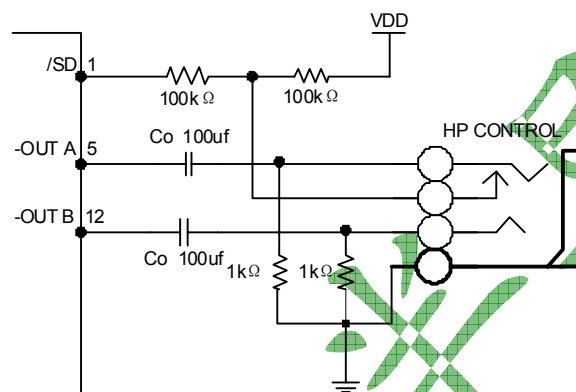


图2 立体耳机工作电路示意图

外部元件选择

适当的选取外部元器件可优化 HXJ9007 的性能，所以增大外部元器件的容差可使 HXJ9007 能更好的工作，优化外部组件的取值达到最佳性能。

HXJ9007 的整体增益稳定，使设计师的设计机动性很大，可根据不同的应用需求从外部配置电路的整体增益。这使得放大器具备最小的THD+N和最大的SNR。这两个参数与闭环增益的提高互相抑制。然而，低增益时要想输出功率最大则需输入信号的摆幅较大。还好，大部分信号源如多媒体数字音频信号源提供的输出电压为 $1V_{RMS}$ ($2.83V_{p-p}$)。关于选择适当的增益其更多的信息请参见“音频功率放大器设计”部分。

旁路电容的选取

此外，仔细考虑与BYPASS管脚相连的电容 C_b 可使输入电容的尺寸减到最小。因为 C_b 决定HXJ9007静态工作点的稳定性，所以当开启有爆裂的输入信号时它的值非常关键。HXJ9007的输出倾斜到静态直流电压（即 $V_{DD}/2$ ）越慢，则开启的爆裂声越小。选取1.0的 C_b 且 C_i 为小电容（ $0.1 \mu f$ 到 $0.39 \mu f$ 的范围），则可得到一个“滴答声”和“爆裂声”都较小的关断功能。鉴于以上讨论，选取可满足带宽需要的、不太大的 C_i 有助于使“滴答声”和“爆裂声”减到最小。

输入电容的选取

放大低频音频信号需要较大的输入电容（图1中的 C_i ）在便携式设计的配件中高值电容较昂贵且损害到器件的工作效率。然而在许多情况下，便携式系统中无论是内部还是外部，都有少许远低于 $150 Hz$ 的信号。用输入大电容可使放大扬声器的应用中低频响应极限获得一些改善。此外， C_i 影响系统的成本和尺寸，对HXJ9007的滴答声和爆裂声这一性能也有影响。当电压第一次加上时，产生一个瞬态的爆裂信号使电荷充电到电容，电容便从0跃变到一个静态状态。当大量的爆裂声输入时则需要输入电容尺寸较大，二者成比例关系。当电流一定时要达到静态直流电压（通常为 $V_{DD}/2$ ）

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

大电容则需要更长的时间。放大器的输出通过反馈电阻加载到输入电容。所以，通过适当选取不高于必要的-3dB频率的输入电容可以使爆裂声减到最小。如图1所示，输入电阻 R_I 和输入电容 C_I 产生一个-3dB高通滤波器可由等式(7)得到。

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{IN} C_I} \quad (7)$$

由等式(4)可知，低频极限为150Hz的扬声器应用实例中， C_I 为 $0.063 \mu F$ 。图1所示的 $1.0 \mu F$ 可使HWD2163驱动高效、大范围、频响低于30Hz的扬声器。

优化降噪性能

HXJ9007 包含有使开启或关断的瞬态值或“滴答声和爆裂声”减到最小的电路。讨论中开启指的是电源电压的加载或撤消关断模式。当电源电压逐渐升至最终值时，HXJ9007 的内部放大器就好比配置成整体增益的缓冲器一样，内部电流源加载一个受线性方式约束的电压到BYPASS管脚。理论上输入和输出的电压高低将随加到BYPASS管脚的电压而改变。直到加载至BYPASS管脚的电压升到 $VDD/2$ ，内部放大器的增益保持整体稳定。加载到BYPASS管脚上的电压一稳定，整个器件就处于完全工作状态。虽然不能改变BYPASS管脚的电流，但CB的改变可以改变器件的开启时间和大量的“滴答声和爆裂声”。无论如何，从这种现象中得到一种权衡：CB增大，开启电压便随之增大，且二者成线性关系。以下是不同的CB值及其对应的开启时间。

CB	TON
0.01 μf	20 ms
0.1 μf	200 ms
0.22 μf	440 ms
0.47 μf	940 ms
1.0 μf	2sec

为了消除噪声，所有的电容须在开启前放电。迅速的关闭电闸不能使电容完全放电反而导致“滴答声和爆裂声”。在单终端工作模式中，输出通过连接到负载，通常这个电容较大，它通过的内部电阻放电。的放电时间持续长短依赖于它的尺寸大小，为了减小单终端模式下瞬态响应的影响，在外部配置一个与内部电阻并联的电阻，但这个电阻会增大静态电流

空载的稳定性

当负载电阻超过 $10K\Omega$ 且输出信号幅值接近于电源电压时，HXJ9007 会出现低级的振动现象，可通过在输出管脚和地间连接一个 $5k\Omega$ 的电阻来防止这种振动现象。

音频功率放大器的设计

给定的指标要求

输出功率	$1W_{rms}$
负载阻抗	8Ω
输入电平	$1V_{rms}$
输入阻抗	$20K\Omega$
带宽	$100Hz \sim 20KHz \pm 0.25dB$

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

设计者必须首先确定所需的电源范围，以获得规定的输出功率。一种方法是从“典型性能特性”部分中的“输出功率-电源电压”曲线图，可以很容易推出电源范围。确定所需电源范围的第二种方式是给定负载阻抗时用等式（4）计算所需的 V_{OPEAK} 。为了估算放大器的内部消耗电压，基于特征性能“消耗电压-电源电压”曲线图，根据等式（8）得到的结果必须外加两个电源电压以补偿。这样，工作电压如等式（9）的所示结果。

$$V_{OPEAK} = 2R_L P_O \quad (8)$$

$$V_{DD} \geq (V_{OUTPEAK} + (V_{ODTOP} + V_{ODBOG})) \quad (9)$$

从“输出功率-电源电压”曲线图中可见负载为 8Ω 时最小工作电源电压为 $4.6V$ ，通常电源电压为 $5V$ 即这个条件很容易满足。额外的电源电压产生动态空间，允许HXJ9007产生一个峰值超过 $1W$ 而没有断碎的可听失真信号。同时设计者必须选定电源电压的和输出阻抗不能超过在“功耗”部分所阐述的条件。一旦功耗因素满足条件后，所要求的差动增益就可由等式（10）确定。

$$A_{VD} \geq \frac{\sqrt{P_o R_L}}{V_{IN}} = \frac{V_{orms}}{V_{Inrms}} \quad (10)$$

由等式（10）得最小的 $AVD=2.83$ ，这使HXJ9007具备低噪声、低THD+N且输出较理想性能，在此应用实例中取 $AVD=3$ 。放大器的增益由输入电阻 R_i 及反馈电阻 R_f 的配置决定，当输入阻抗为 $20k\Omega$ 时，由等式（11）可得到反馈电阻的阻值。

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{A_{VD}}{2} \quad (11)$$

由于要求输入阻抗为 $20k\Omega$ ，且 $AVD=3$ ， $R_f/R_i=1/1.5$ ，由此可得 R_f 的值是 $30k\Omega$ 。最后的设计是确定-3dB频率带宽规格。要达到放大 $\pm 0.25dB$ 的大量音频信号，则要求低频响应至少扩充了最低带宽频率限制点的 $1/5$ 或最高带宽频率限制点的 5 倍，当带宽限制为 $0.17dB$ 时，能满足这两个要求，这比所要求的 $\pm 0.25dB$ 要好。这就使得低频和高频极点分别为

$$f = \frac{100Hz}{50} = 20Hz \quad (12) \quad \text{和} \quad f_H = 20KHz \times 5 = 100KHz \quad (13)$$

如在“外部器件”部分所描述的， R_i 和 C_i 连接形成一个高通滤波器以截止低频率信号。可从 等式（14）得出所连接电容的值。

$$C_i \geq \frac{1}{2\pi R_i f_c} \quad (14)$$

结果为

$$\frac{1}{2\pi \times 20K\Omega \times 20Hz} = 0.398\mu f \quad (15)$$

该电容取最接近标准值的 $0.39\mu F$ 。产品的高频极值 f_H （在此例中为 $100kHz$ ）和差动增益 AVD 决定高频响应的频率点。由 $AVD=3$ ， $f_H=100kHz$ 可得闭环增益带宽（GBWP）是 $300kHz$ ，这比HWD2163的 $3.5MHz$ 的GBWP小得多。这个容限范围表明，该放大器也适用于要求更多差动增益且具备消除带宽限制的特征。

3W带关闭模式立体声音频功率放大器

芯片的封装

