

## 3W单声道立体声音频功率放大器

### 概述

HXJ8003 是适用于迷你音响及便携通讯设备的音频功率放大器。5V 电压时，最大驱动功率为 3W (4Ω BTL 负载)，音频范围内总谐波失真噪声小于 0.1% (1~20KHz)。应用电路简单，只需要极少数外围器件。输出不需要外接耦合电容或上举电容，采用 SOP 封装，节约电路面积，非常适合迷你音响及各种移动设备等使用低电压、低功耗应用方案上使用。HXJ8003 可以通过控制进入休眠模式，从而降低功耗。通过创新的“开关/切换噪声”抑制技术，杜绝了上电、掉电出现的噪声。HXJ8003 工作稳定，增益带宽积高达 2.5MHz，并且单位增益稳定。通过配置外围电阻可以调整放大器的电压增益，方便应用。

### 重要特性

1. 高电源电压抑制比 (PSRR)，在 217Hz 及 1KHz 时，达到 70dB
2. 低噪声及谐波失真 (THD+N)，小于 0.1% (5V, 4Ω, 3W 时)
3. 输出功率高 (THD+N<1%): 5V-3W4Ω负载
4. 掉电模式漏电流小，小于 0.1μA
5. 上电、掉电噪声抑制
6. 宽工作电压范围 2.2V—5.5V
7. 不需驱动输出耦合电容
8. 单位增益稳定
9. 用户可选的高、低电平控制休眠模式

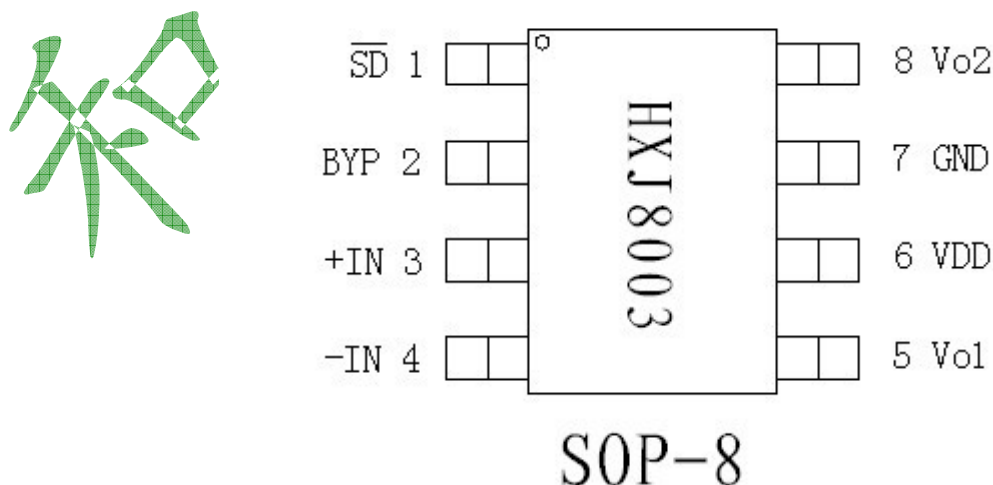
### 封装形式

封装形式: SOP-8

### 应用领域

1. 移动电话
2. 迷你音响
3. 移动电子设备
4. 消费类电子产品

### 引脚分布



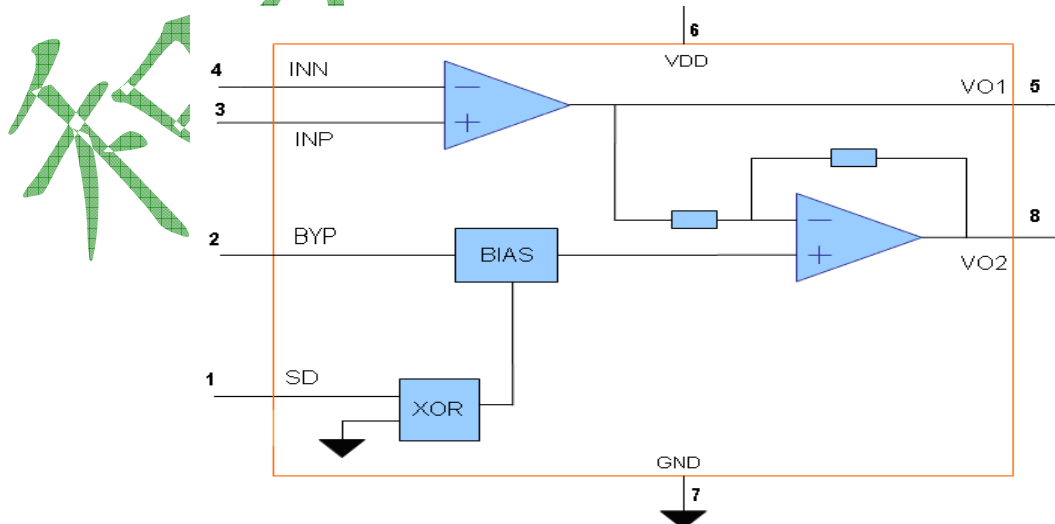
## 3W单声道立体声音频功率放大器

### 管脚描述

管脚号	符号	描述															
1	/SD	掉电控制管脚，控制逻辑如下															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>SM</th> <th>/SD</th> <th>芯片状态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>掉电</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>正常工作</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>正常工作</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>掉电</td> </tr> </tbody> </table>	SM	/SD	芯片状态	0	0	掉电	0	1	正常工作	1	0	正常工作	1	1	掉电
		SM	/SD	芯片状态													
		0	0	掉电													
		0	1	正常工作													
1	0	正常工作															
1	1	掉电															
2	BYP	内部共模电压旁路电容															
3	SM	/SD 控制逻辑电平选择															
4	INP	模拟输入端，正相															
5	INN	模拟输入端，负相															
6	VO1	模拟输出端 1															
7	N.C.	悬空管脚															
8	VDD	电源															
9	GND	地															
10	VO2	模拟输出端 2															

### 结构描述

HXJ8003 是双端输出的音频功率放大器，在 5V 电压工作时，最大可以驱动输出功率为 3W (4Ω BTL 负载)，音频范围内总谐波失真噪声小于 0.1% (1~20KHz)。其原理框图为：



**3W单声道立体声音频功率放大器**
**最大极限值特性**

参数	最小值	最大值	单位	说明
电源电压		6	V	
储存温度	-65	150	°C	
输入电压	-0.3		V	
功耗			mW	内部限制
耐 ESD 电压 1	2000		V	HBM
耐 ESD 电压 2	200		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	2.2	5.5		
热阻			°C/W	以下 5 项
$\theta_{JC}(\text{MSOP})$		56	°C/W	
$\theta_{JA}(\text{MSOP})$		190	°C/W	
$\theta_{JA}(9\text{-bump})$		180	°C/W	
$\theta_{JA}(\text{LLP})$		63	°C/W	
$\theta_{JC}(\text{LLP})$		12	°C/W	
焊接温度		215	°C	10 秒内

**数字逻辑特性**

参数	最小值	典型值	最大值	单位	说明
电源电压为 5V					
V <sub>IH</sub>		1.5		V	
V <sub>IL</sub>		1.3		V	
电源电压为 3V					
V <sub>IH</sub>		1.3		V	
V <sub>IL</sub>		1.0		V	
电源电压为 2.6V					
V <sub>IH</sub>		1.2		V	
V <sub>IL</sub>		1.0		V	



## 3W单声道立体声音频功率放大器

### 性能指标特性

符号	参数	测试条件	最小值	标准值	最大值	单位
I <sub>DD</sub>	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A,无负载		2.4	5	mA
	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A,负载 8Ω		2.6	6	mA
I <sub>OFF</sub>	芯片掉电漏电流			0.1	1.5	μA
V <sub>OS</sub>	输出失调电压			3.7	20	mV
R <sub>O</sub>	输出电阻		7	8.5	10	KΩ
P <sub>O</sub>	输出功率, 8Ω	THD+N<1%,f=1KHz	0.80	1.25		W
	输出功率, 4Ω	THD+N<1%,f=1KHz	0.75	2.00		W
T <sub>D</sub>	芯片唤醒时间			100		mS
THD+N	总谐波+失真噪声	PO=0.5W <sub>rms</sub> ,f=1KHz		0.1	0.2	%
PSRR	电源电压抑制比	V <sub>ripple</sub> =200mV <sub>P-P</sub> , 正弦波, 输入接 10Ω电阻	60	63 (f = 217Hz) 67 (f = 1kHz)		dB

性能指标 1 (V<sub>DD</sub>=5.0V, T<sub>A</sub>=25°C)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I <sub>DD</sub>	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A,无负载		1.8	5	mA
	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A,负载 8Ω		2.2	6	mA
I <sub>OFF</sub>	芯片掉电漏电流			0.1	1.5	μA
V <sub>OS</sub>	输出失调电压			3.7	20	mV
R <sub>O</sub>	输出电阻		7	8.2	10	KΩ
P <sub>O</sub>	输出功率, 8Ω	THD+N<1%,f=1KHz		480		mW
	输出功率, 4Ω	THD+N<1%,f=1KHz		650		mW
T <sub>D</sub>	芯片唤醒时间			75		mS
THD+N	总谐波失真+噪声	P <sub>O</sub> =0.425W <sub>rms</sub> ,f=1KHz		0.1	0.2	%
PSRR	电源电压抑制比	V <sub>ripple</sub> =200mV <sub>P-P</sub> , 正弦波, 输入接 10Ω电阻	55	63 (f = 217Hz) 68 (f = 1kHz)		dB

性能指标 2 (V<sub>DD</sub>=3.3V, T<sub>A</sub>=25°C)

## 3W单声道立体声音频功率放大器

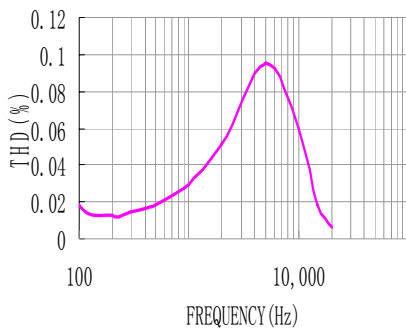
符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I <sub>DD</sub>	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A, 无负载		1.7	5	mA
	电源静态电流	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>O</sub> =0A, 负载 8Ω		2	6	mA
I <sub>OFF</sub>	芯片掉电漏电流			0.1	2	μA
V <sub>OS</sub>	输出失调电压			3.7	20	mV
R <sub>O</sub>	输出电阻		7	8.5	10	KΩ
P <sub>O</sub>	输出功率, 8Ω	THD+N<1%, f=1KHz		280		mW
	输出功率, 4Ω	THD+N<1%, f=1KHz		360		mW
T <sub>D</sub>	芯片唤醒时间			70		mS
THD+N	总谐波失真噪声	PO=0.15W <sub>rms</sub> ; f=1KHz		0.1	0.2	%
PSRR	电源电压抑制比	Vripple = 200mVP-P, 正弦波, 输入接 10Ω电阻	60	63 (f = 217Hz) 68 (f = 1kHz)		dB

性能指标 3 (V<sub>DD</sub>=2.5V, T<sub>A</sub>=25°C)

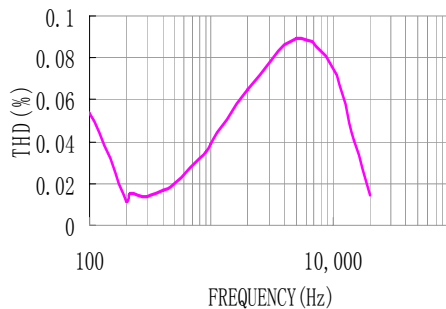
### 参考特性

总谐波失真 (THD), 失真+噪声 (THD+N), 信噪比 (S/N)

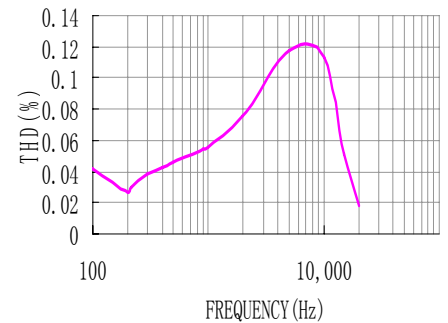
THD vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=5V, R<sub>L</sub>=8Ω, and P<sub>o</sub>=500mW



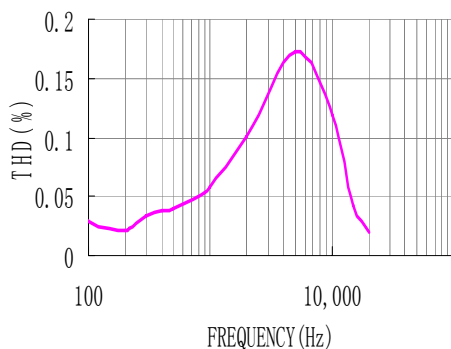
THD vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=3.3V, R<sub>L</sub>=8Ω, and P<sub>o</sub>=425mW



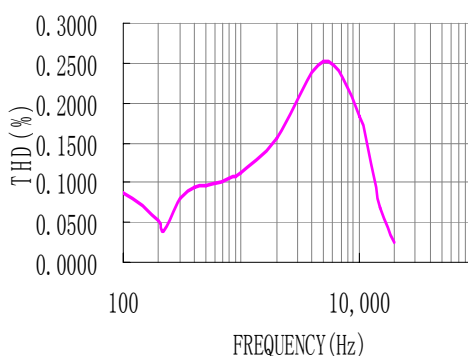
THD vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=2.5V, R<sub>L</sub>=8Ω, and P<sub>o</sub>=150mW



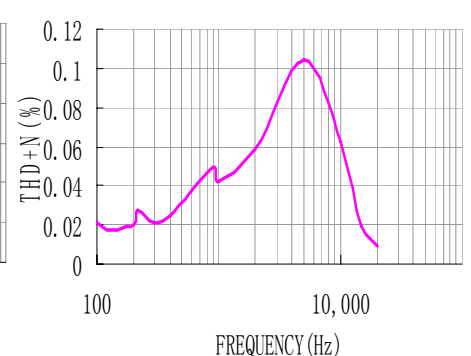
THD vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=3.3V, R<sub>L</sub>=4Ω, and P<sub>o</sub>=425mW



THD vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=2.5V, R<sub>L</sub>=4Ω, and P<sub>o</sub>=150mW



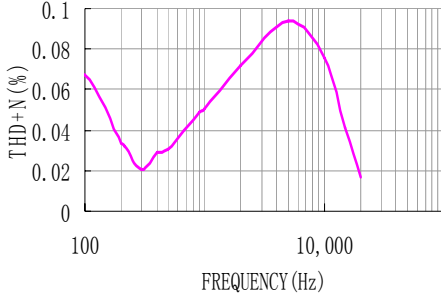
THD+N vs Frequency  
T=25°C, V<sub>dd</sub>=5V, R<sub>L</sub>=8Ω, and P<sub>o</sub>=500mW



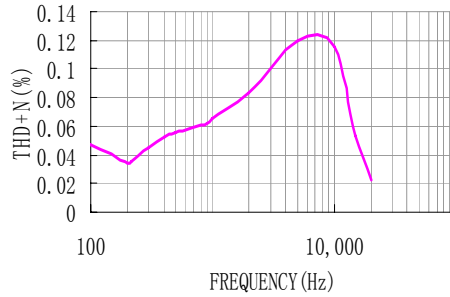


## 3W单声道立体声音频功率放大器

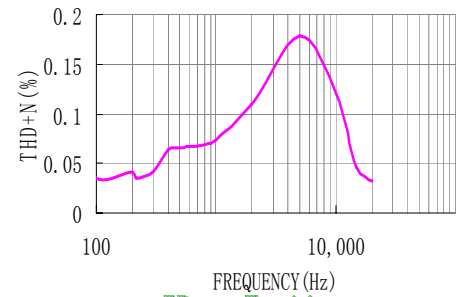
THD+N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=3.3V, RL=8Ω, and Po=425mW



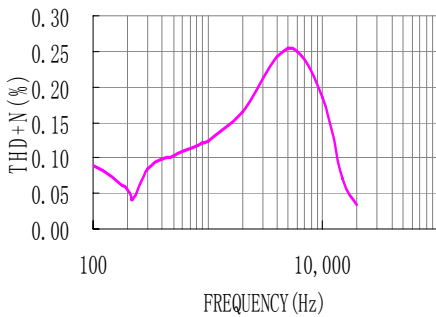
THD+N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=2.5V, RL=8Ω, and Po=150mW



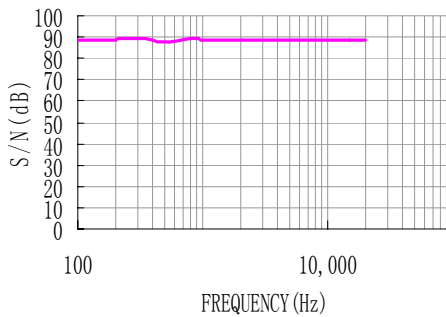
THD+N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=3.3V, RL=4Ω, and Po=425mW



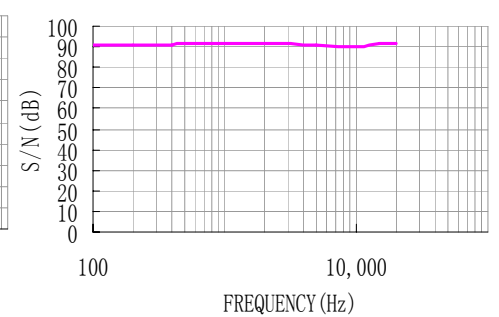
THD+N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=2.5V, RL=4Ω, and Po=150mW



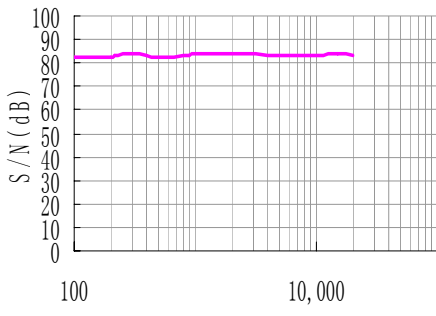
S/N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=5V, RL=8Ω, and Po=500mW



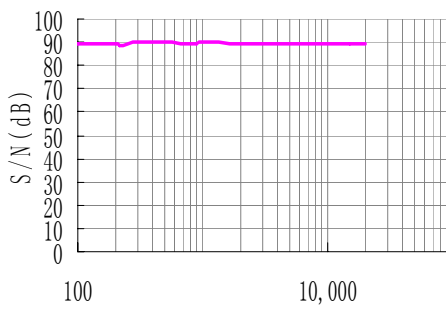
S/N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=3.3V, RL=8Ω, and Po=425mW



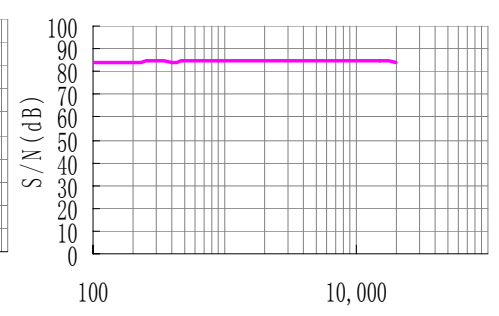
S/N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=2.5V, RL=8Ω, and Po=150mW



S/N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=3.3V, RL=4Ω, and Po=425mW

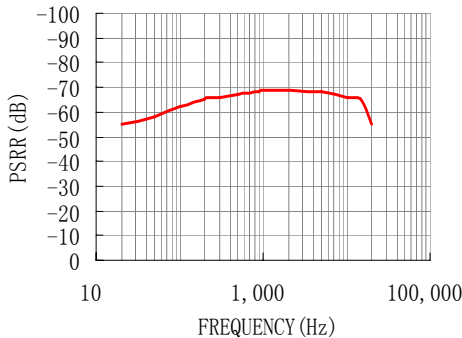


S/N vs Frequency  
T=25°C, Vdd=2.5V, RL=4Ω, and Po=150mW

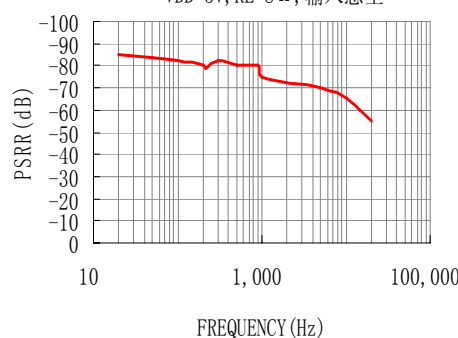


电源电压抑制比

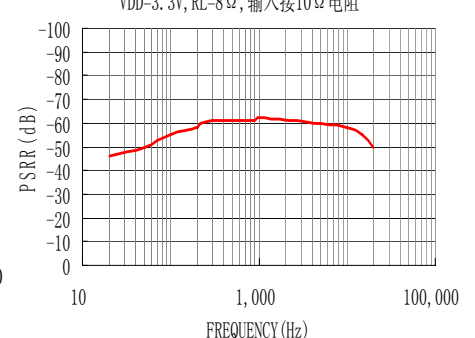
PSRR vs Frequency  
VDD=5V, RL=8Ω, 输入接10Ω电阻



PSRR vs Frequency  
VDD=5V, RL=8Ω, 输入悬空



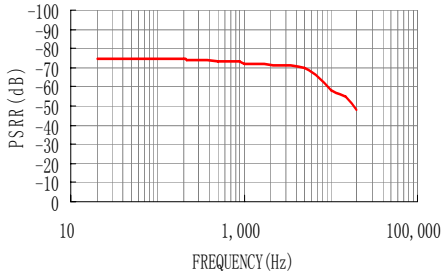
PSRR vs Frequency  
VDD=3.3V, RL=8Ω, 输入接10Ω电阻



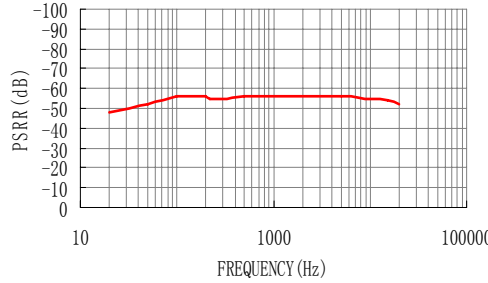


## 3W单声道立体声音频功率放大器

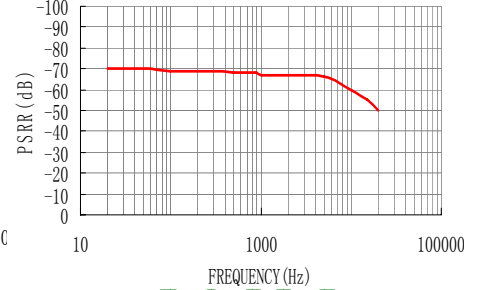
PSRR vs Frequency  
VDD=3.3V, RL=8Ω, 输入悬空



PSRR vs Frequency  
VDD=2.5V, RL=8Ω, 输入接10Ω电阻

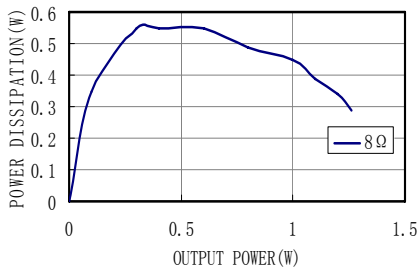


PSRR vs Frequency  
VDD=2.5V, RL=8Ω, 输入悬空

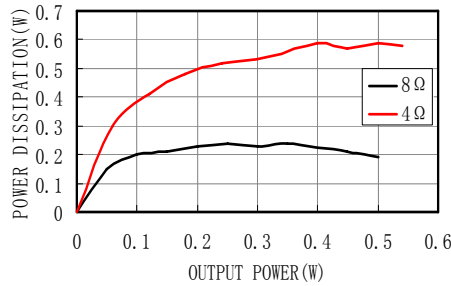


### 芯片功耗

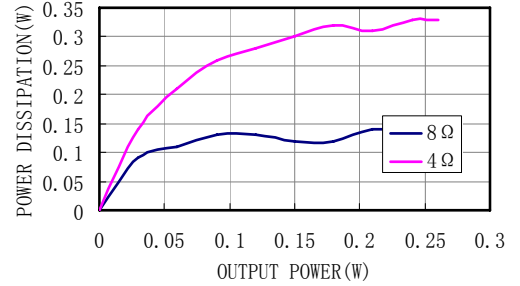
Power Dissipation vs Output Power, VDD=5V



Power Dissipation vs Output Power, VDD=3.3V

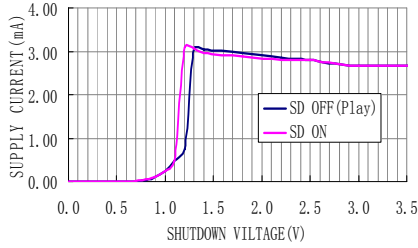


Power Dissipation vs Output Power, VDD=2.5V

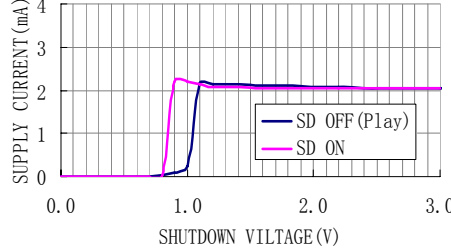


### 关断滞回

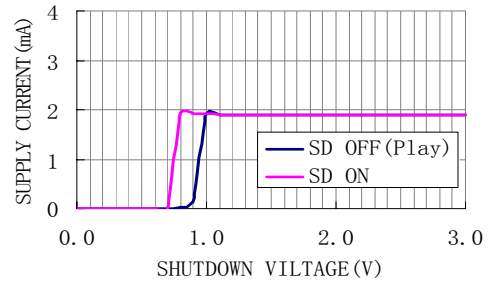
Shutdown Hysteresis Voltage  
VDD=5V



Shutdown Hysteresis Voltage  
VDD=3.3V

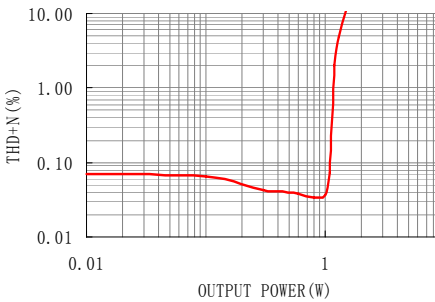


Shutdown Hysteresis Voltage  
VDD=2.5V

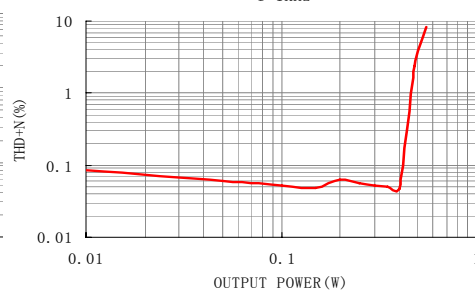


### 输出功率

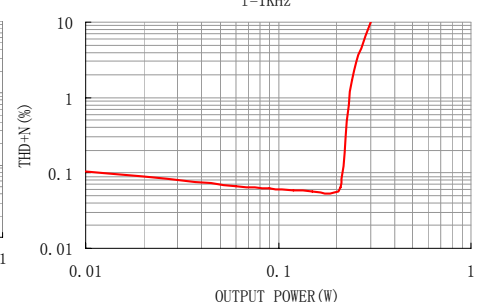
THD+N vs OutputPower VDD=5V, RL=8Ω, and  
f=1KHz



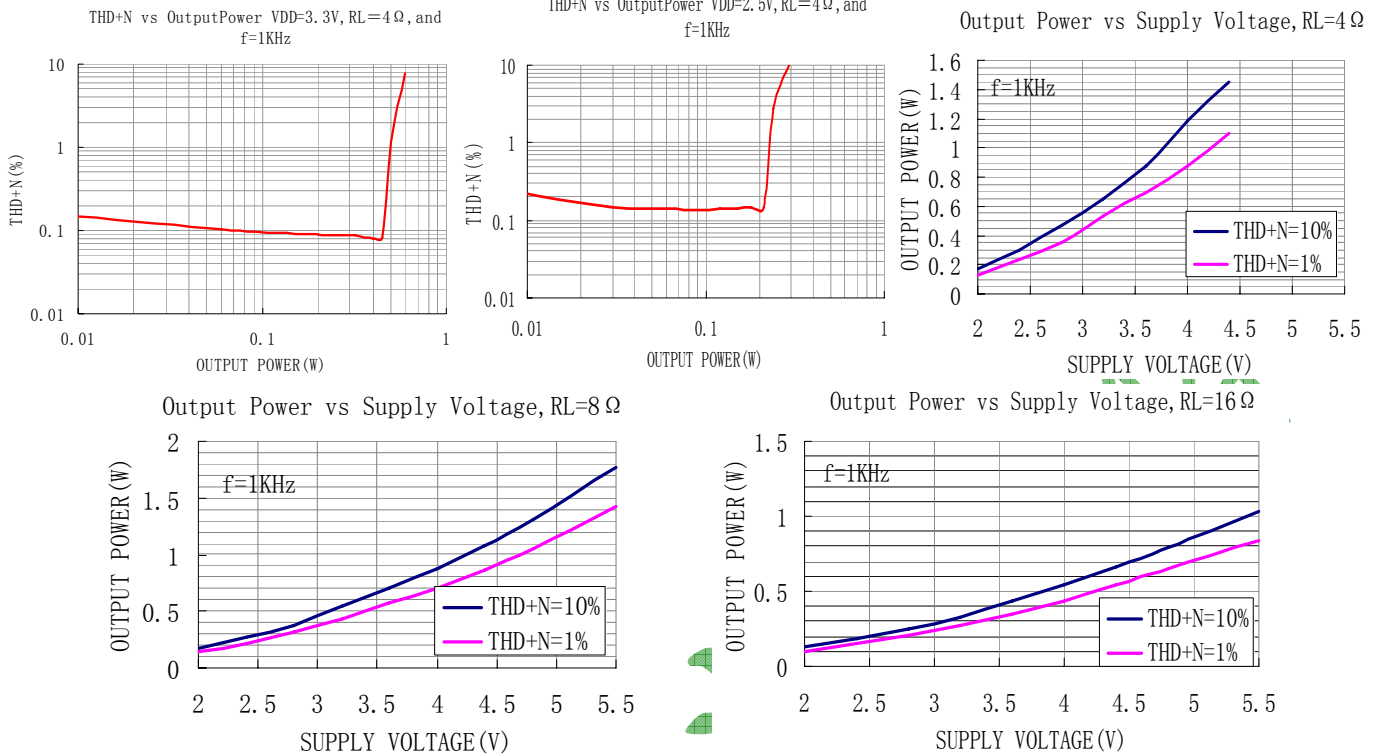
THD+N vs OutputPower VDD=3.3V, RL=8Ω, and  
f=1KHz



THD+N vs OutputPower VDD=2.5V, RL=8Ω, and  
f=1KHz



## 3W单声道立体声音频功率放大器



### 应用说明

HXJ8003 内部集成两个运算放大器，第一个放大器的增益可以调整反馈电阻来设置，后一个为电压反相跟随，从而形成增益可以配置的差分输出的放大驱动电路。

### 外部电阻配置

运算放大器的增益由外部电阻 $R_f$ 、 $R_i$ 决定，其增益为 $A_v=2 \times R_f/R_i$ ，芯片通过 $V_{O1}$ 、 $V_{O2}$ 输出至负载，桥式接法。桥式接法比单端输出有几个优点：其一是，省却外部隔直滤波电容。单端输出时，如不接隔直电容，则在输出端有一直流电压，导致上电后有直流电流输出，这样即浪费了功耗，也容易损坏音响。其二是，双端输出，实际上是推挽输出，在同样输出电压情况下，驱动功率增加为单端的4倍，功率输出大。

### 芯片功耗

功耗对于放大器来讲是一个关键指标之一，差分输出的放大器的最大自功耗为：

$$P_{D\text{MAX}}=4 \times (V_{DD})^2 / (2 \times \pi^2 \times R_L)$$

必须注意，自功耗是输出功率的函数。

在进行电路设计时，不能够使得芯片内部的结温高于 $T_{J\text{MAX}}$  ( $150^\circ\text{C}$ )，根据芯片的热阻 $\Theta_{JA}$ 来设计，可以通过自己散热铜铂来增加散热性能。

如果芯片仍然达不到要求，则需要增大负载电阻、降低电源电压或降低环境温度来解决

### 电源旁路

在放大器的应用中，电源的旁路设计很重要，特别是对应用方案的噪声性能及电源电压抑制性能。设计中要求旁路电容尽量靠近芯片、电源脚。典型的电容为 10uF 的电解电容并上 0.1uF 的陶瓷电容。

在HXJ8003 应用电路中，另一电容 $C_B$  (接BYP管脚)也是非常关键，影响PSRR、开关/切换噪声性能。一般选择 0.1uF~1uF的陶瓷电容。





## 3W单声道立体声音频功率放大器

### 掉电模式

为了节电，在不使用放大器时，可以关闭放大器，HXJ8003 有掉电控制管脚，可以控制放大器是否工作。该控制管脚的电平必须要接满足接口要求的控制信号，否则芯片可能进入不定状态，而不能进入掉电模式，其自功耗没有降低，达不到节电目的。

### 外围元件的选择

正确选择外围元器件才能够确保芯片的性能，尽管HXJ8003 能够有很大的余量保证性能，但为了确保整个性能，也要求正确选择外围元器件。HXJ8003 在单位增益稳定，因此使用的范围广。通常应用单位增益放大来降低THD+N，是信噪比最大化。但这要求输入的电压最大化，通常的CODEC能够有  $1V_{rms}$  的电压输出。另外，闭环带宽必须保证，输入耦合电容 $C_i$ （形成一阶高通）决定了低频响应，

### 选择输入耦合电容

过大的输入电容，增加成本、增加面积，这对于成本、面积紧张的应用来讲，非常不利。显然，确定使用多大的电容来完成耦合很重要。实际上，在很多应用中，扬声器（Speaker）不能够再现低于 100Hz—150Hz 的低频语音，因此采用大的电容并不能够改善系统的性能。除了考虑系统的性能，开关/切换噪声的抑制性能受电容的影响，如果耦合电容大，则反馈网络的延迟大，导致 pop 噪声出现，因此，小的耦合电容可以减少该噪声。另外，必须考虑 $C_B$  电容的大小，选择 $C_B=1\mu F$ ， $C_i=0.1\mu F\sim 0.39\mu F$ ，可以满足系统的性能

### 设计规格

输出功率	$1W_{rms}$
负载阻抗	8 欧姆
输入电平	$1V_{rms}$
输入电阻	20K $\Omega$
带宽	100Hz~20KHz+/-0.25dB

### 最小工作电压

根据 HXJ8003 的输出功率与电源电压的关系图，可以确定电源电压应选择 5.0V。电源电压的裕量可以保证输出可以高于 1W 的功率而不失真。选择电压后，然后考虑功耗的问题。

### 电压增益

要求 $A_{VD}$ 大于 $\sqrt{P_o \times R_L} / V_{IN}$ ，即 $V_{orms} / V_{inrms}$ ，而 $R_f / R_i = AVD/2$ ，在该设计中，可以计算得出 $A_{VD}$ 最小为 2.83，选择 $A_{VD}=3$ ，可以计算得到 $R_i=20K\Omega$ ， $R_f=30K\Omega$ 。

### 输入电容

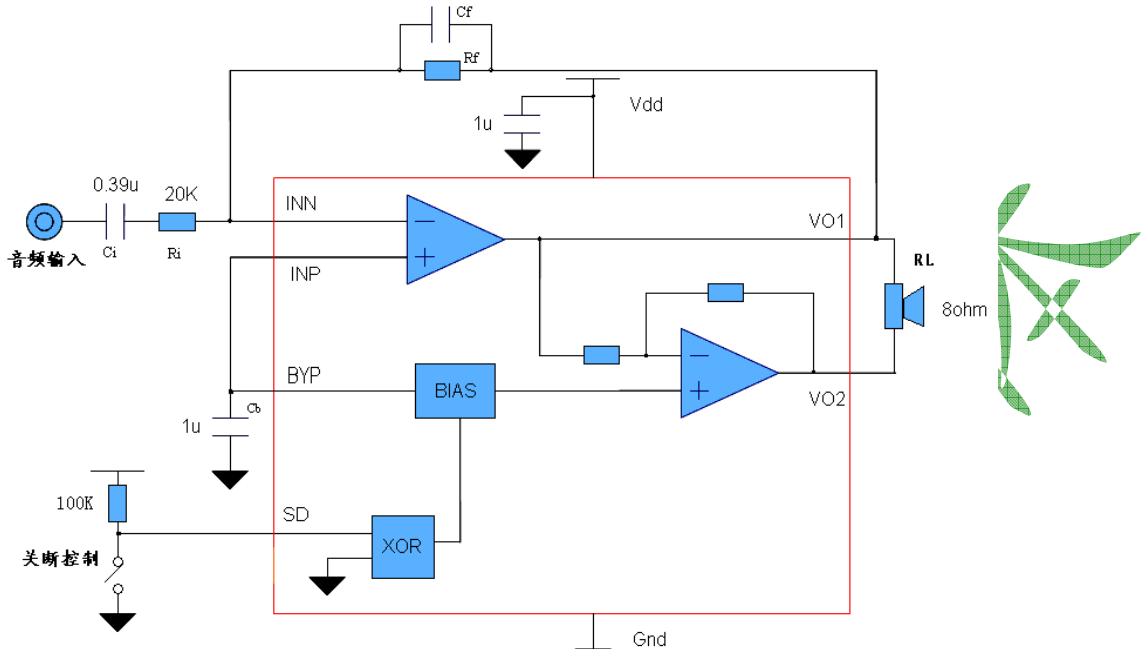
输入低频的-3dB带宽为 100Hz, 1/5 低频点低于-3dB约 0.17dB及 5 倍高频点), 在规格要求以内, 取 $f_L=20Hz$ ,  $f_H=100KHz$ , 因此可得 $C_i$ 约 0.39 $\mu F$ 。高频点 $f_H$ 由放大器的GBW决定, 至少要求GBW大于 $A_{VD} \times f_H=300KHz$ , 远小于 HXJ8003 的 2.5MHz。

### 注意事项

HXJ8003 单位增益稳定，但如果增益超过 10 倍（20dB）时，额外的反馈电容 $C_f$ 需要并联在电阻 $R_f$ 上，避免高频的振荡现象。但必须要求与 $R_f$ 组成的极点频率高于 $f_H$ （在实例中为 300KHz），如本例中选择 $C_f$ 为 25pF时，转折频率为 320KHz。可以满足要求。

## 3W单声道立体声音频功率放大器

### 设计的电路图



### 封装尺寸

