

10W 防破音功能 单通道 F 类音频功率放大器

■ 功能

- XA9901 是一款无 FM 干扰、AB/D 类可选式功率放大器 (**D 类带防破音功能**)。8.4V 工作电压时，最大驱动功率为 10W (4Ω, BTL 负载, THD<10%)，音频范围内总谐波失真噪声小于 1%。XA9901 的应用电路简单，只需极少数外围器件，集成反馈电阻；输出不需要外接耦合电容或上举电容和缓冲网络。
- XA9901 采用 ESOP8 封装，特别适合用于大音量、小体重的便携系统中。XA9901 内部具有过热自动关断保护机制；工作稳定，增益带宽积高达 2.5MHz，并且单位增益稳定。反馈电阻内置，通过配置外围参数可以调整放大器的电压增益及最佳音质效果，方便应用。是您 USB 低音炮及扩音器完美的解决方案。

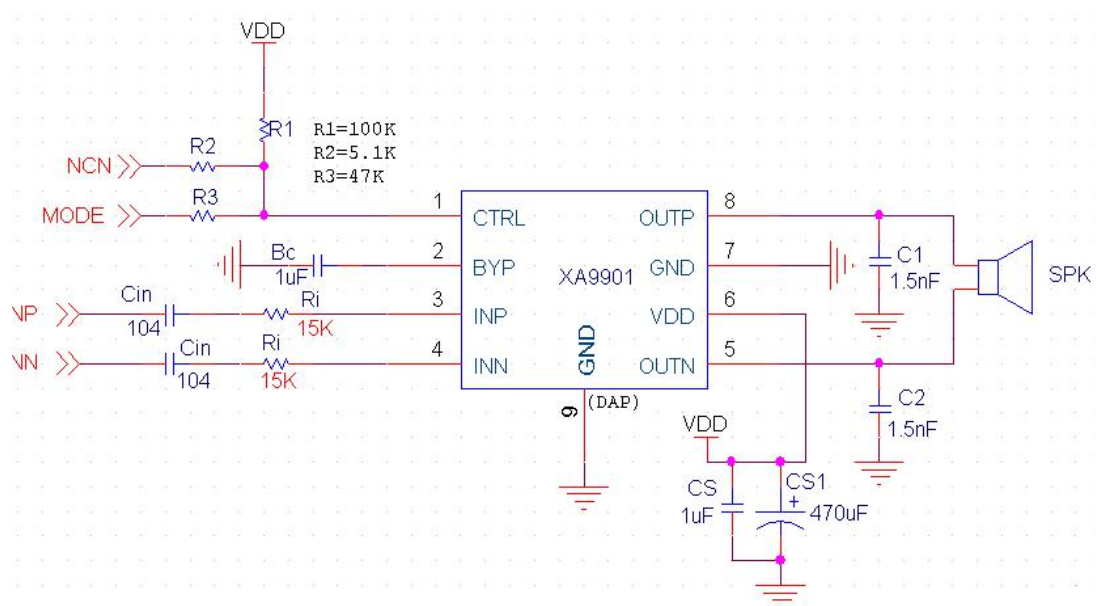
■ 特性

- 高效率，高音质，低 EMI
- 输出功率高 10W，2Ω 负载，7.4V (THD+N<10%，1KHz 频率)
- 输出功率高 10W，4Ω 负载，8.4V (THD+N<10%，1KHz 频率)：
- 采用 ESOP 封装
- 外部增益可调、集成反馈
- 宽工作电压范围 2.5V-9V
- D 类防破音
- 不需驱动输出耦合电容、自举电容和缓冲网络
- 单位增益稳定

■ 应用

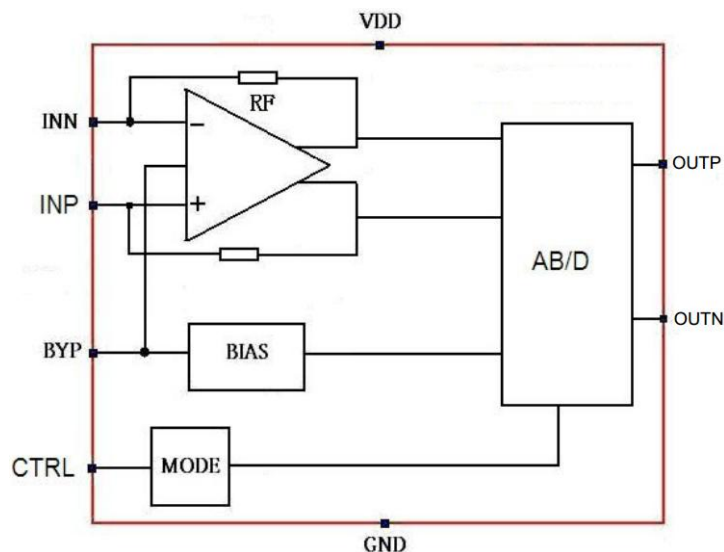
- 蓝牙音响、USB2.1 音响 (多媒体音箱)
- 台式电脑
- 低压音响系统、低音炮

■ 典型应用图

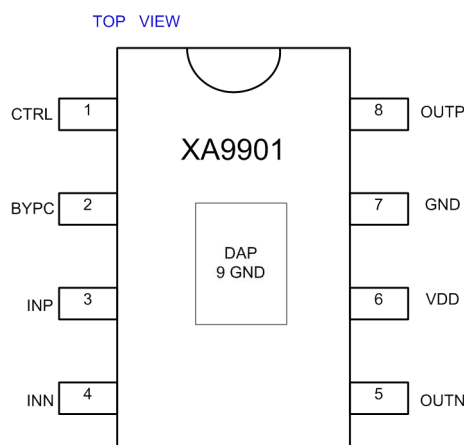


XA9901 典型应用线路

■ 原理方框图



■ 引脚分布图



■ 芯片订购信息

芯片型号	封装类型	包装类型	最小包装数量 (PCS)	备注
XA9901	ESOP 8	管装	100/管	带散热片

■ 推荐工作条件

参数	描述		最小值	最大值	单位
VDD	工作电压		2.5	9	V
VIH	高电平输入电压	CTRL	0.9		V
VIL	低电平输入电压	CTRL		0.7	V
T _A	工作环境温度		-40	85	°C

■ 管脚描述

管脚号	管脚名称	I/O	描述
1	CTRL	I	芯片模式控制端（AB D 选择及 D 类放破音启动） $>0.75V_{DD}$ 选择 D 类,防破音启动 $>0.4V_{DD}$ 且 $<0.7V_{DD}$, 选择 D 类, 防破音关闭 $>0.2V_{DD}$ 且 $<0.4V_{DD}$, 选择 AB 类 $<0.2V_{DD}$ 关闭音频功放
2	BYP	I/O	芯片偏置电压
3	INP	I	芯片信号输入端, 正
4	INN	I	芯片信号输入端, 负
5	OUTN	I	芯片反相输出端
6	VDD	Power	电源
7	GND	Ground	地
8	OUTP	O	芯片正相输出端

■ 芯片极限值

参数	最小值	最大值	单位	说明
电源电压	1.7	10	V	
储存温度	-65	150	°C	
输入电压	-0.3	VDD	V	
功耗			mW	内部限制
耐 ESD 电压	2000		V	HBM
结温		150	°C	
推荐工作温度	-40	85	°C	
推荐工作电压	2.5	8.5	V	
焊接温度		250	°C	15 秒内

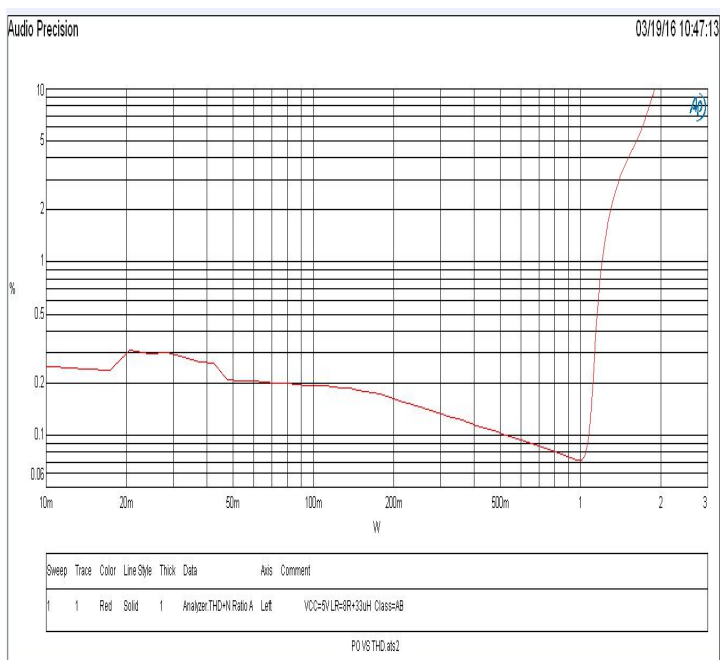
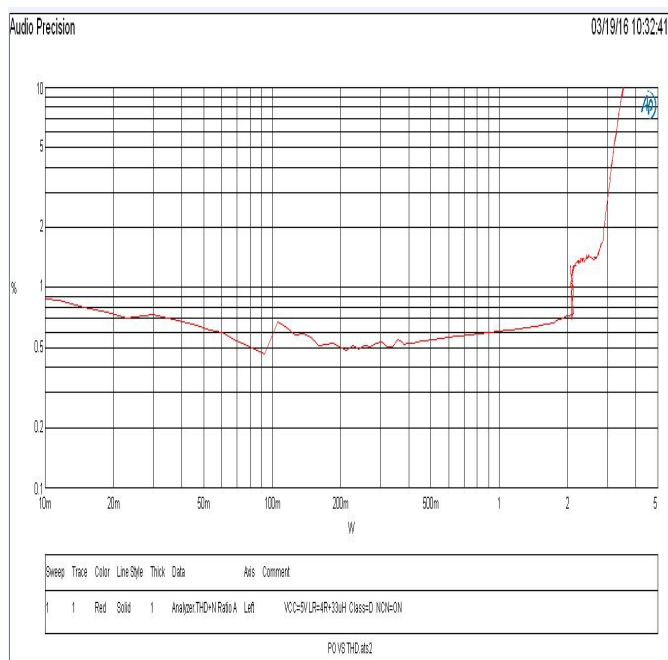
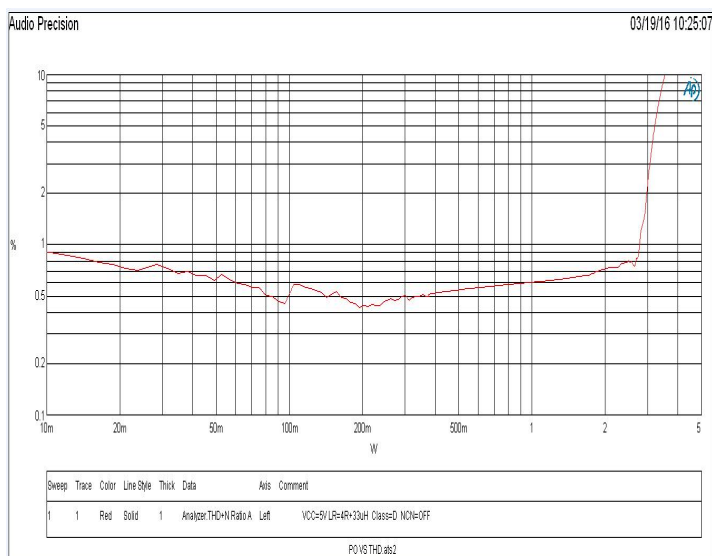
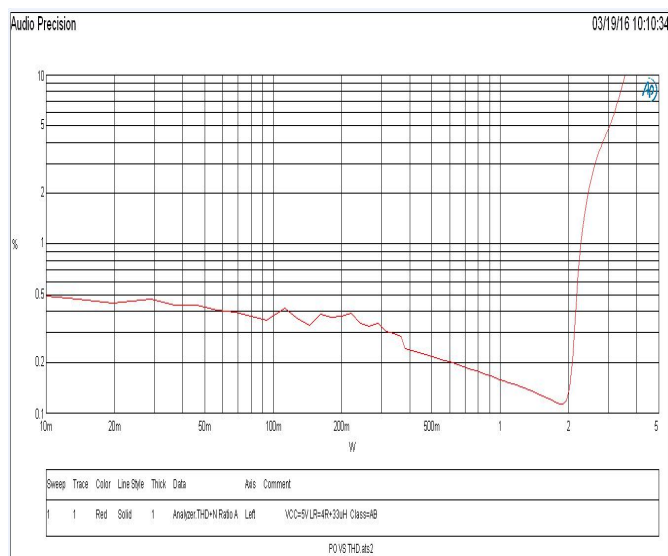
注：在极限值之外的任何其他条件下，芯片的工作性能不予保证。

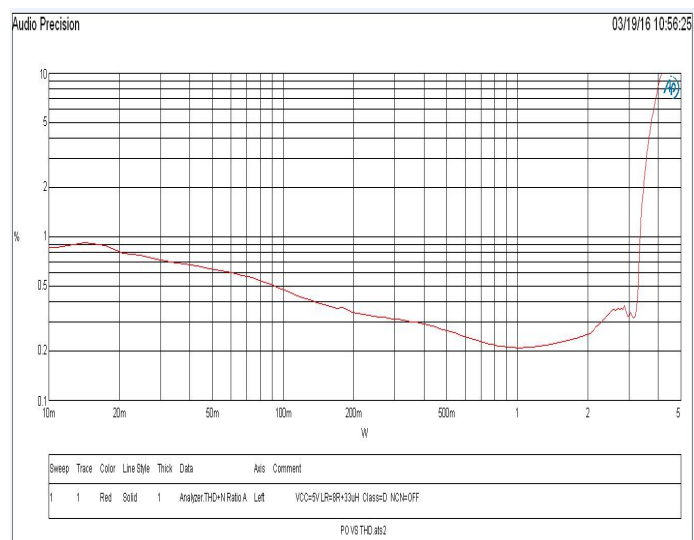
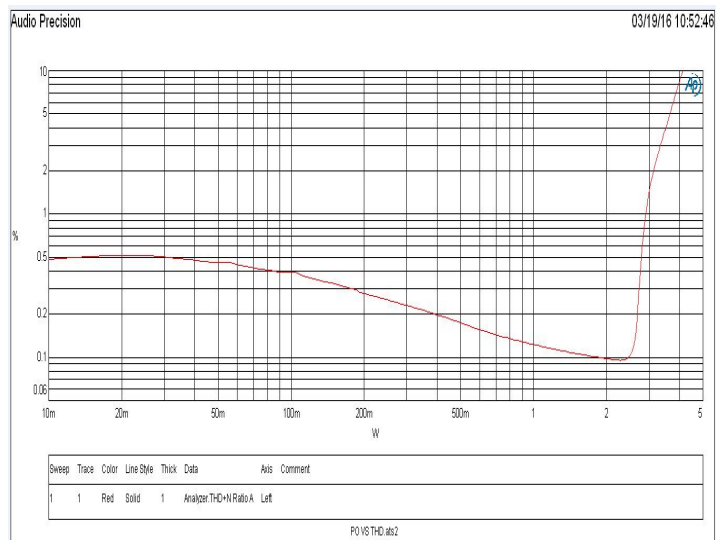
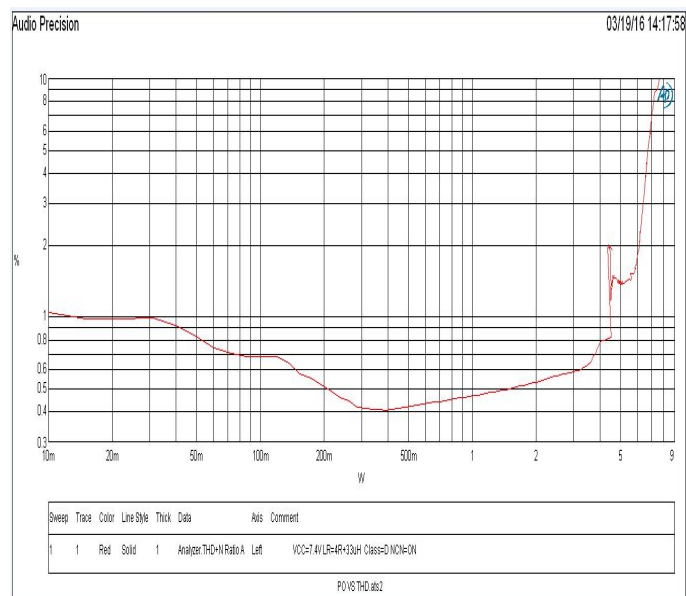
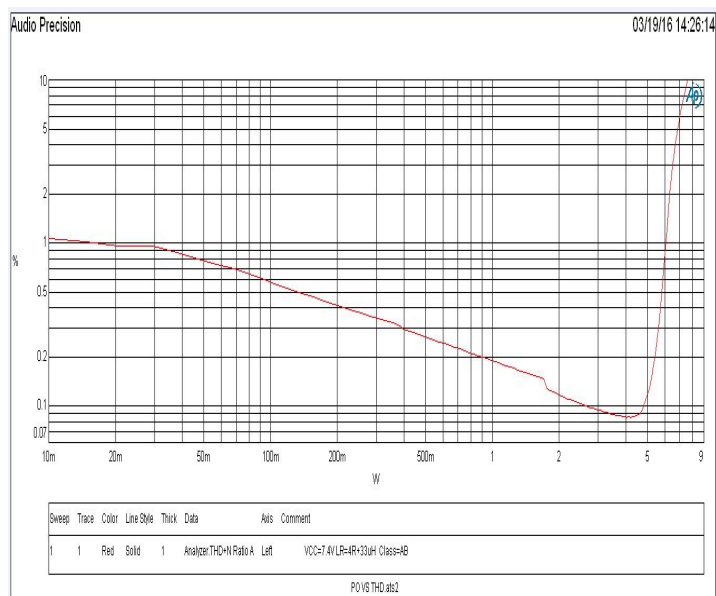
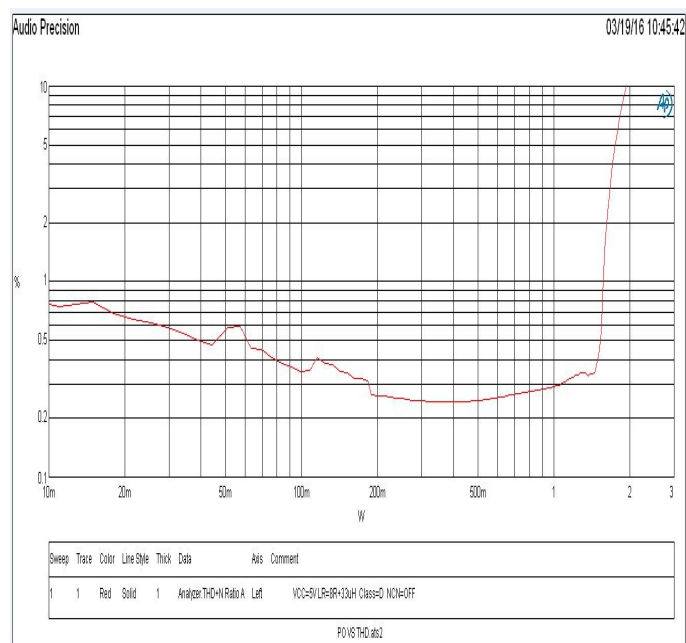
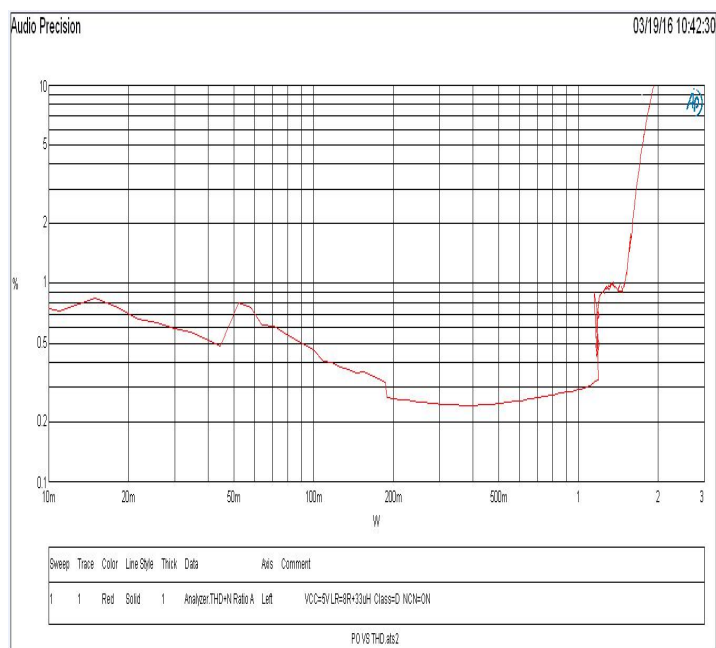
■ 芯片性能指标特性

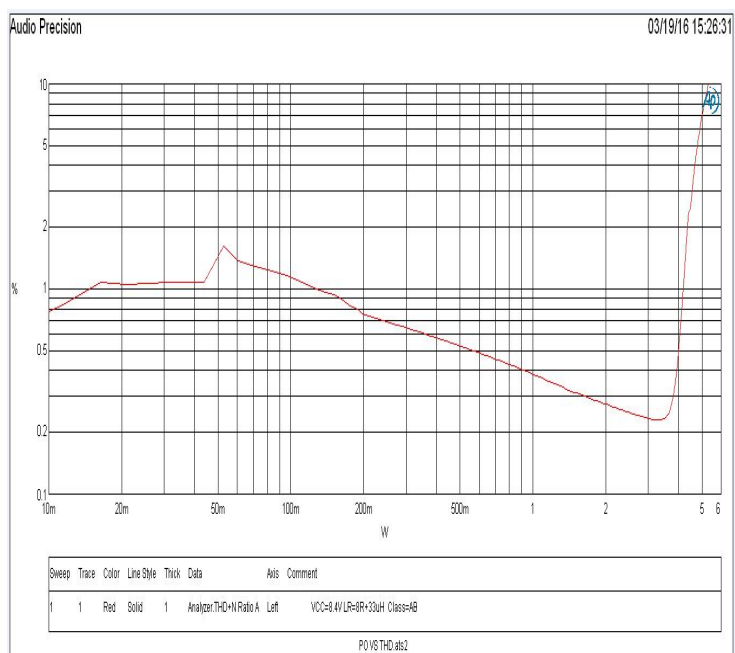
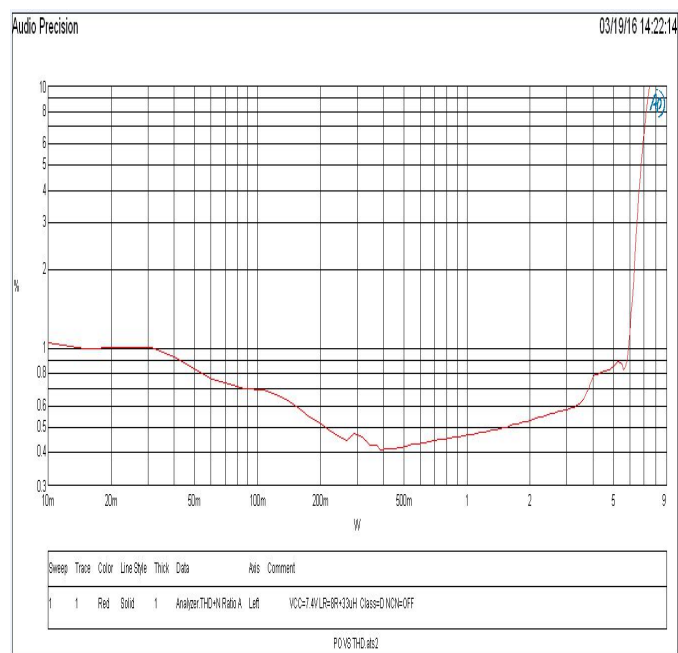
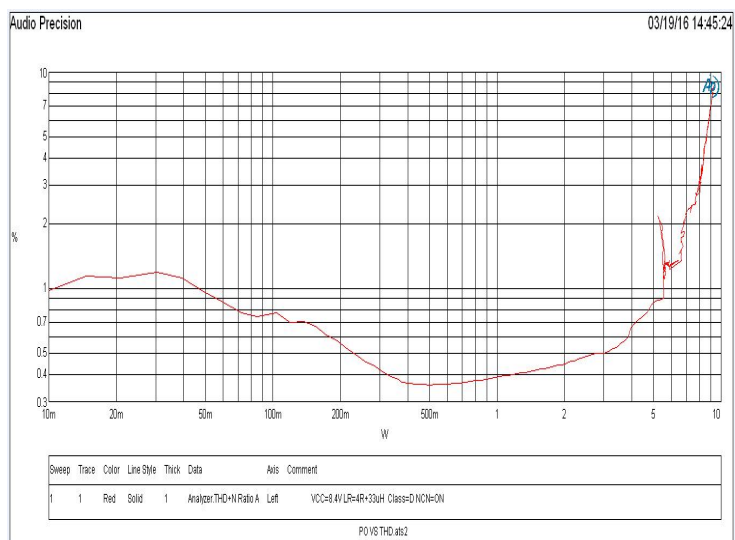
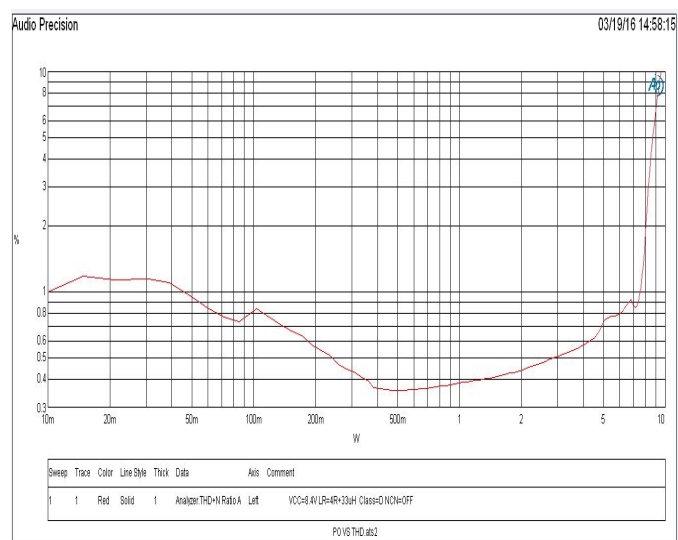
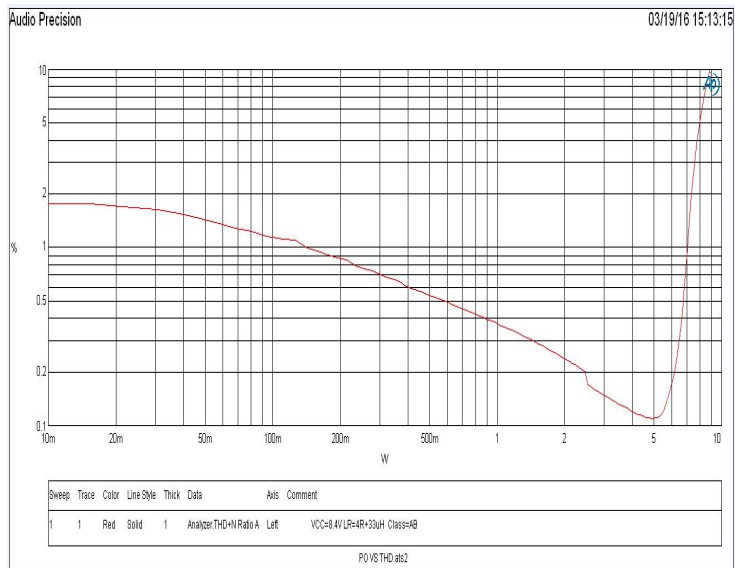
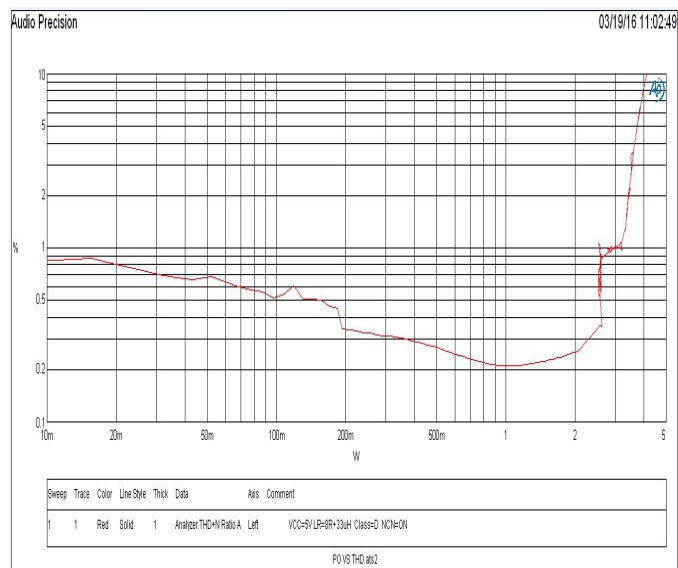
芯片特性 TA = 25°C V _{SS} =0V V _{DD} =5V、7.4V、8.4V R _{in} =100K C _{in} =0.1uF NCN=Off 模式 (Unless otherwise noted)							
符号	参数	测试条件		最小值	标准值		最大值
					AB 类	D 类	
I _Q	静态电流	VDD= 5V, no load			15	19	mA
		VDD= 7.4V, no load			24	26	
		VDD= 8.4V, no load			33	30	
I _{SD}	关断电流	VDD= 2.5V to 8.4V					460
V _{OS}	输出失调电压	VIN = 0V					5
f _{SW}	开关频率	VDD= 2.5V to 8.4V	频率				342
			占空比				50
P _O	输出功率	THD+N=10%, f=1kHz, RL=4Ω	VDD=5V		3.5	3.5	W
			VDD=7.4V		7.7	7.7	
			VDD=8.4V		10	10	
		THD+N=1%, f=1kHz, RL=4Ω,	VDD=5V		2.8	2.8	
			VDD=7.4V		6	6	
			VDD=8.4V		7.8	7.8	
		THD+N=10%, f=1kHz, RL=4Ω, NCN=ON	VDD=5V			3.5	
			VDD=7.4V			7.7	
			VDD=8.4V			10	
		THD+N=1%, f=1kHz, RL=4Ω, NCN=ON	VDD=5V			2	
			VDD=7.4V			4.5	
			VDD=8.4V			5.6	
P _O	输出功率	THD+N=10%, f=1kHz, RL=8Ω	VDD=5V		1.8	1.8	W
			VDD=7.4V		4	4.1	
			VDD=8.4V		5.3	5.3	
		THD+N=1%, f=1kHz, RL=8Ω,	VDD=5V		1.5	1.5	
			VDD=7.4V		3.2	3.2	
			VDD=8.4V		4.2	4.3	
		THD+N=10%, f=1kHz, RL=8Ω, NCN=ON	VDD=5V			1.8	
			VDD=7.4V			4	
			VDD=8.4V			5.1	
		THD+N=1%, f=1kHz, RL=8Ω, NCN=ON	VDD=5V			1.5	
			VDD=7.4V			3	
			VDD=8.4V			3.8	
THD+N	总谐波失真和噪声	VDD=7.4V, P _O =1W, RL=4Ω, f=1kHz					0.46
η	效率	VDD=7.4V, RL=4Ω+33uH, f=1kHz THD+N=10%					98
V _n	输出噪声	f = 20Hz 到 20kHz 输入交流接地					590
SNR	信噪比	A 加权, A _v =20dB, THD+N = 1%					85

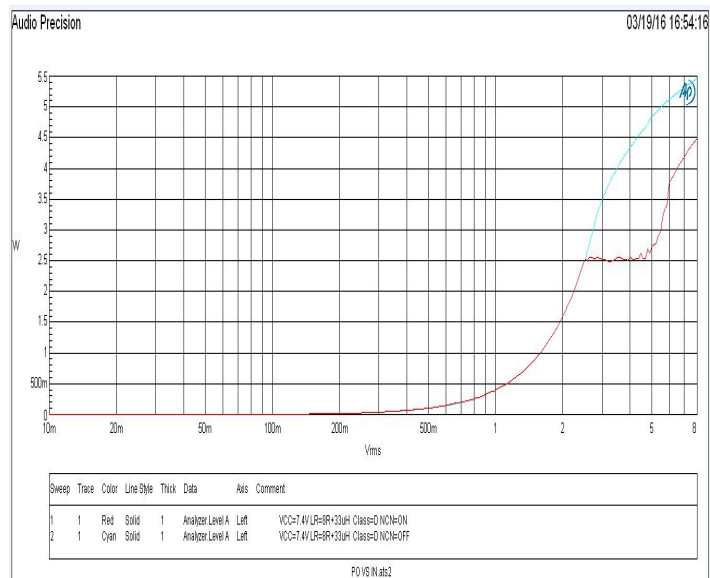
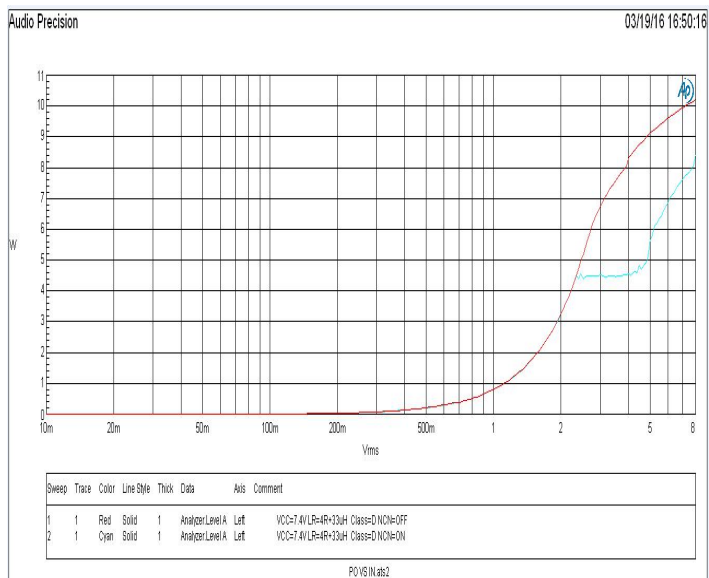
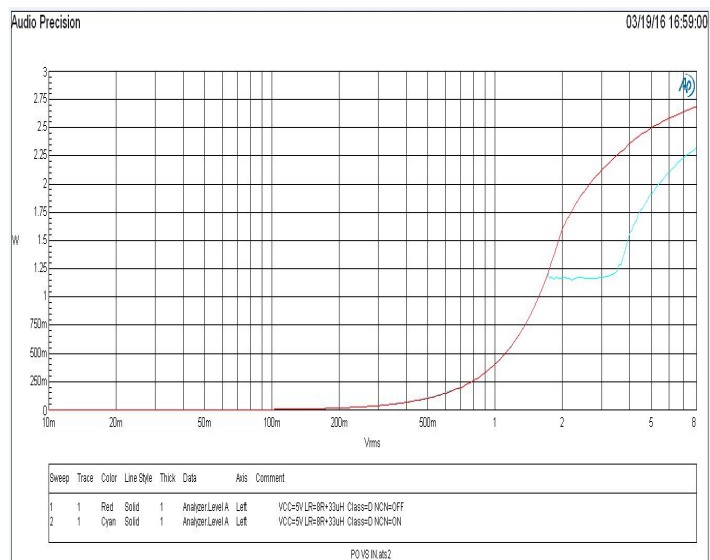
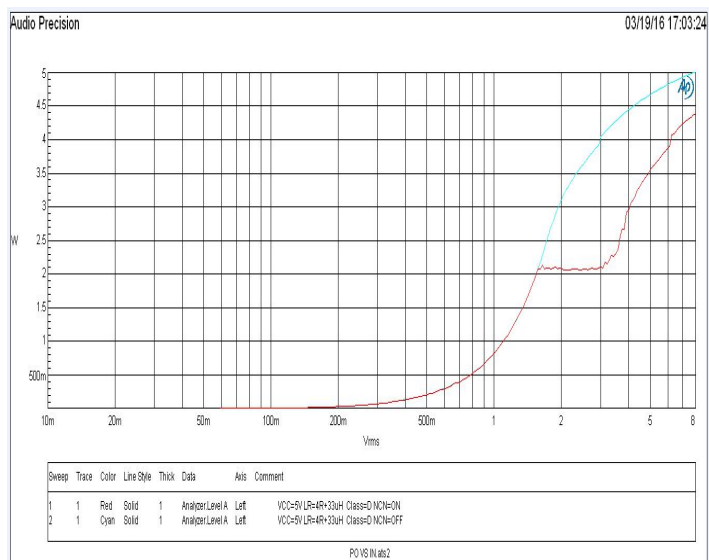
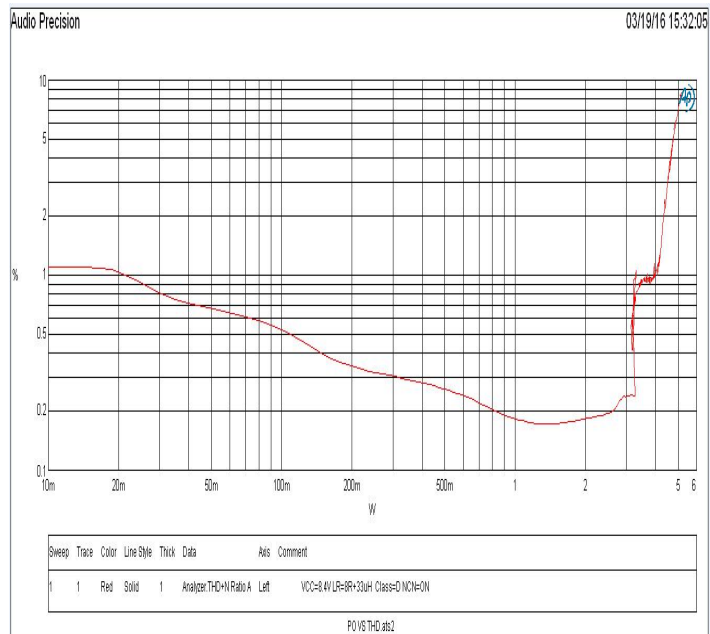
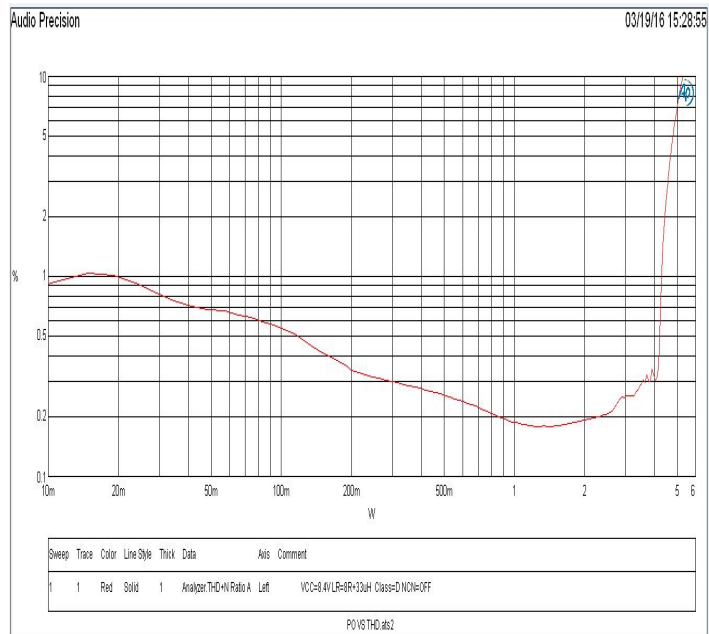
符号	参数	测试条件	最小值	标准值	最大值	单位
CTRL 模式设置						
	D 类防破音开		0.75 VDD		VDD	V
	D 类防破音关		0.4 VDD		0.7 VDD	V
	AB 类		0.2 VDD		0.4 VDD	V
	芯片关断		VSS		0.2 VDD	V

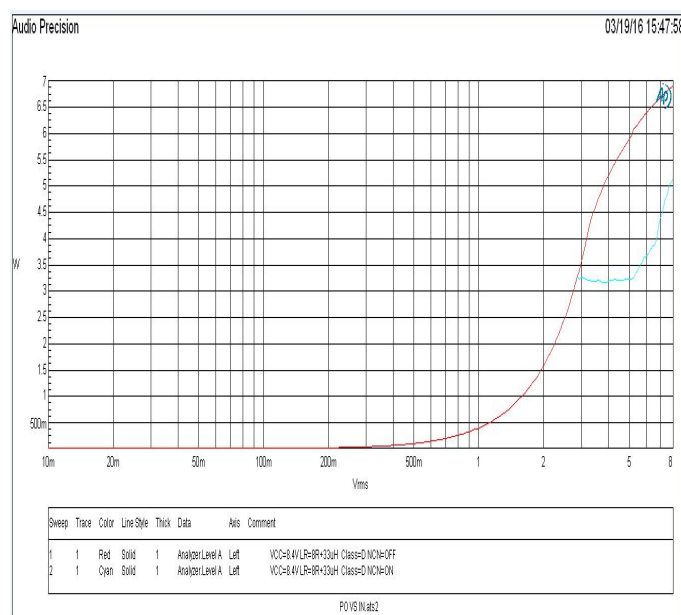
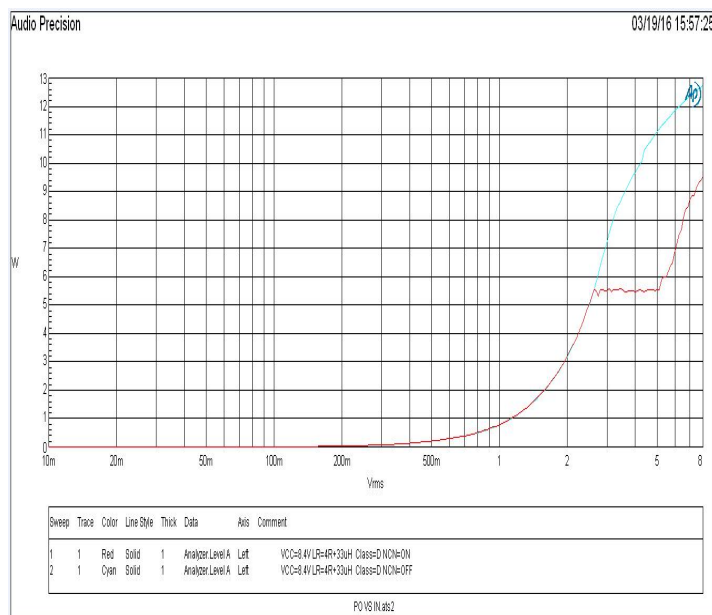
■ XA9901 典型特性曲线











■ XA9901 应用说明

■ CTRL 模式设置

- 在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 4 种工作模式 D 类，防破音启动模式、D 类，防破音关闭模式、AB 类模式和芯片关断模式。

模式名称	最小值	典型值	最大值	单位
D 类、防破音启动模式	0.75 VDD		VDD	V
D 类、防破音关闭模式	0.4 VDD		0.7 VDD	V
AB 类模式	0.2 VDD		0.4 VDD	V
芯片关断模式	VSS		0.2 VDD	V

■ XA9901 AB 类模式应用说明

- XA9901 内部集成两个运算放大器，第一个放大器的增益可以调整输入电阻来设置，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。

■ 关断模式

- 为了节电，在不使用放大器时，可以关闭放大器，XA9901 有关断控制管脚，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，而不能够进入关断模式，其自功耗没有降低，达不到节电目的。如果把该管脚接到低电平时，XA9901 就会处于最小供电电流的关断模式。

■ 外部器件选择

- 正确选择外围元器件才能够确保芯片的性能，尽管 XA9901 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。
- XA9901 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，使信噪比最大化。但这要求输入的电压最大化，通常的音频解码器能够有 $1V_{rms}$ 的电压输出。

■ 输入电阻 (R_i)

- XA9901 内部设有两级的放大，第一级增益可通过外置电阻进行配置，而第二级增益是内部固定的。通过选择输入电阻的参数值可以配置放大器的增益：

$$Gain = \frac{2 \times 200K\Omega}{6k\Omega + R_i}$$

- 输出与反馈的平衡取决于电路的阻抗匹配情况，CMRR，PSRR 和二次谐波失真的消除也可以得到优化。因此采用精度为 1% 的电阻优化的效果更为显著。在 PCB 布局时，输入电阻应尽可能的靠近芯片的输入引脚以获得更好的信噪比效果和更高的输入阻抗。低增益和大电压信号可以使得芯片的性能更为突出。

■ 退耦电容 C_s

- 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。
- XA9901 是一款高性能的音频功率放大器，需要适当的电源退耦以确保它的高效率和低谐波失真。退耦电容采用低阻抗陶瓷电容，尽量靠近芯片电源 供电引脚，因为电路中任何电阻，电容和电感都可能影响到功率转换的效率。一个 470uF 或更大的电容放置在功率电源的附近会得到更好的滤波效果。典型的电容为 470uF 的电解电容并上 1uF 的陶瓷电容。

■ 输入电容 C_i

- XA9901 用在单端输入系统中，输入端是个高通滤波器，输入电容是必须的。输入端作为高通滤波器时，滤波器截止频率的计算公式如下：

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_i C_i}$$

- 输入电阻和输入电容的参数直接影响到滤波器的下限频率，从而影响放大器的性能。输入电容的计算公式如下：

$$C_i = \frac{1}{2\pi R_i f_c}$$

- 如果信号的输入频率在音频范围内，输入电容的精度可以是 $\pm 10\%$ 或者更高，因为电容不匹配会影响的滤波器的性能。
- 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。
- 除了系统的成本和尺寸外，噪声性能被输入耦合电容大小影响，一个大的输入耦合电容需要更多的电荷以达到静态直流电压（通常为电源中点电压即 $1/2V_{DD}$ ），这些电荷来自于反馈的输出，往往在器件使能时产生噪声。因此，基于所需要的低频响应的基础上最小化输入电容，开启噪声能够被最小化。

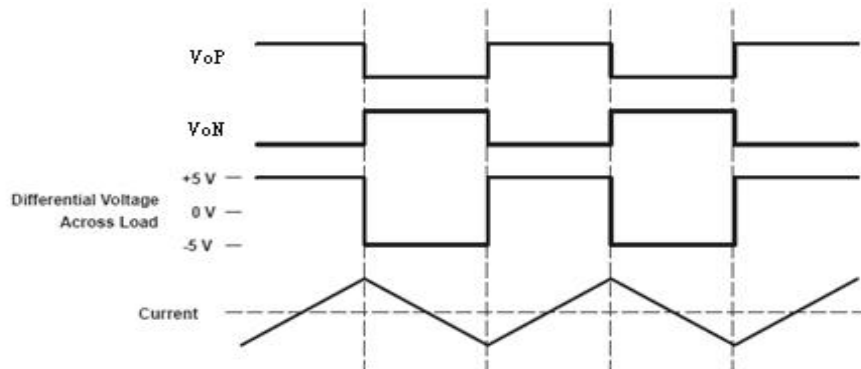
■ 旁路电容（CBYP）

- 在 XA9901 应用电路中，另一电容 C_b （接 VBYP 管脚）也是非常关键，影响 PSRR、开关切换噪声性能。一般选择 0.1 μ F ~ 1 μ F 的陶瓷电容。
- 除了最小化输入输出电容尺寸，旁路电容的尺寸也应该详细考虑。旁路电容 C_b 是最小化开启噪声的最要的元器件，它决定了开启的快慢及输出达到静态直流电压（通常为电源中点电压即 $1/2V_{DD}$ ）的过程越缓慢，开启噪声越小。选择 1.0 μ F 的 C_b 和一个小的 C_i （在 0.033 μ F ~ 0.1 μ F）将实现实质上没有噪声的关断功能。在器件功能正常（没有振荡或者噼啪声）且 C_b 为 0.1 μ F 时，器件会更多的受到开启噪声的影响。因此，在所有的除了最高成本敏感的设计中推荐使用 1.0 μ F 或者更大的 C_b 。

■ XA9901 类模式和传统 D 类放大器对比分析

● 传统 D 类功放调制方案

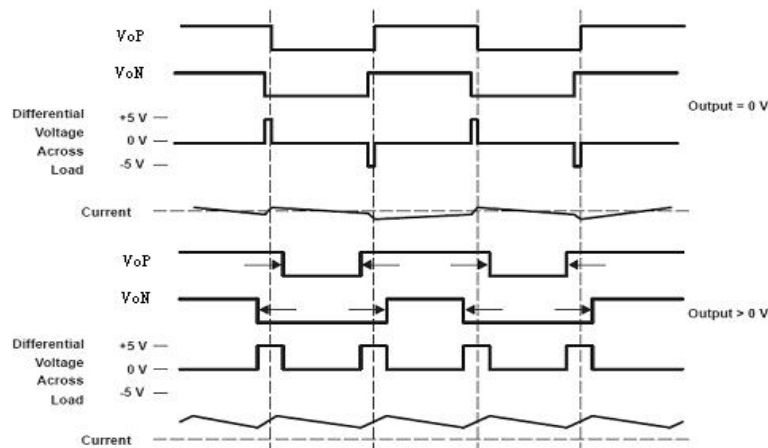
- 在没有信号输出（平均电压为 0V 的时候），差分输出的两个输出端为占空比都为 50%，幅度为 VDD 和 -VDD 而相位差 180 度的方波。负载出现幅度从 -VDD 到 VDD 的方波。负载平均电压为 0V，但通过负载的电流很高，耗费了电源的很大的功率，对提高功放的效率不利。



传统 D 类功放调制方案没有信号时的输出波形

■ XA9901 调制方案

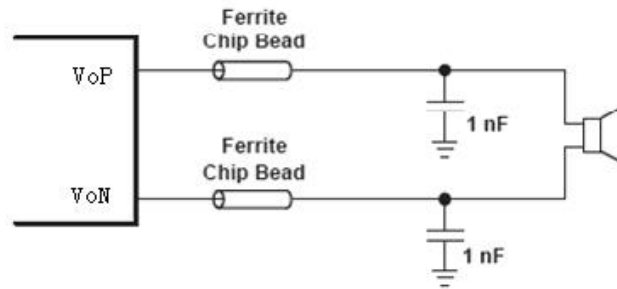
- 在没有信号输出（平均电压为 0V 的时候），差分输出的两个输出端为占空比都为 50%，幅度为 VDD 和 -VDD 而相位相差一点点的方波。从而负载出现幅度仍然从 -VDD 到 VDD 但具有很小脉宽的脉冲信号。负载平均电压为 0V，但通过负载的平均电流低了很多，耗费电源的功率大大降低了，对提高功放的效率有利。
- 当输出正电压的时候，VoP 输出占空比要比 VoN 要大，负载得到幅度为正的脉冲信号。当输出负电压的时候，VoP 输出占空比要比 VoN 要小，负载得到幅度为负的脉冲信号。最终负载得到的波形与输入信号相对应。
- 假如输出不加滤波器，传统 D 类放大器输出的高频脉冲分量能量很大。将会在负载上耗费很大无用的功率，降低放大器的效率。加了 LC 滤波器以后虽然了 LC 上也消耗一定的功率，但会改善很多，因为 LC 的内阻很小。而在 XA9901 的调制方案中，没有滤波器的情况下在负载上消耗的无用功率是很小的。因为脉冲的脉宽很小，并且幅度也比传统 D 类功放小。所以在 XA9901 的放大器应用中不需要输出滤波器。



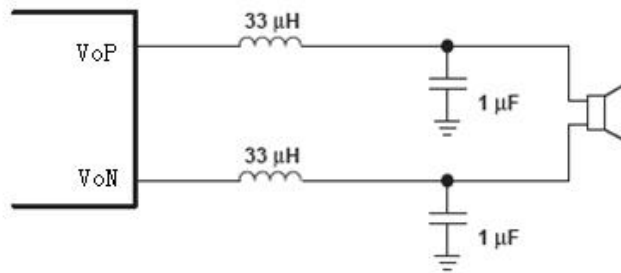
XA9901 调制方案没有信号时的输出波形

■ XA9901 输出滤波器

- 在不加输出滤波器的情况下使用 XA9901，放大器到扬声器的连线的长度一般在 100mm 以下。在手机等便携式通信设备，PAD 都可以不用输出滤波器。在一些环境等条件不允许和一些特殊的情况下，要加入输出低通滤波器，比如 LC 滤波器。



输出加贴片铁氧体磁珠滤波器典型应用电路



输出加 LC 滤波器典型应用电路（截止频率为 27KHz）

■ 保护功能模式概述

- XA9901 是一款高品质的音频功率放大器。内置了过热保护及过压保护等功能，有效地保护芯片在异常工作状态下不被损坏。

■ 芯片功耗与散热设计

- 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。

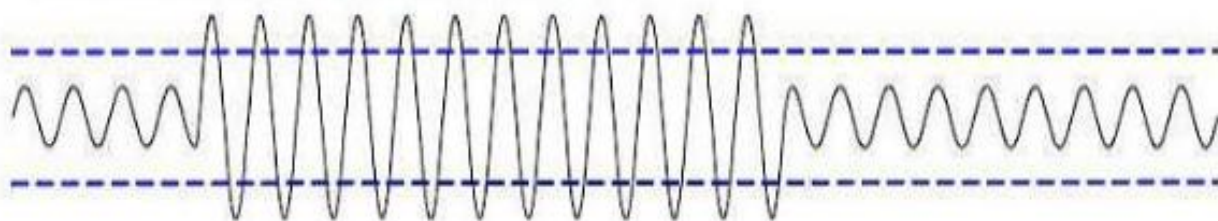
- 在进行电路设计时，不能够使得芯片内部的结温高于 $T_{J\text{MAX}}$ (150°C)，根据芯片的热阻 J_A 来设计，可以通过增加散热铜箔来增加散热性能。
- 在进行 PCB 设计的时候，要充分考虑 XA9901 的散热问题，单面板，要求在贴片层附上铜箔并且在 XA9901 底部散热片处裸露铜箔，以便于 IC 的散热片良好地与 PCB 板铜箔接触，达到良好的散热效果。多面板，要求要求在顶层和底层附上铜箔并且在 XA9901 底部散热片处裸露铜皮，另外在 IC 的衬底及周围打上过孔以达到良好的散热效果。

- 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。

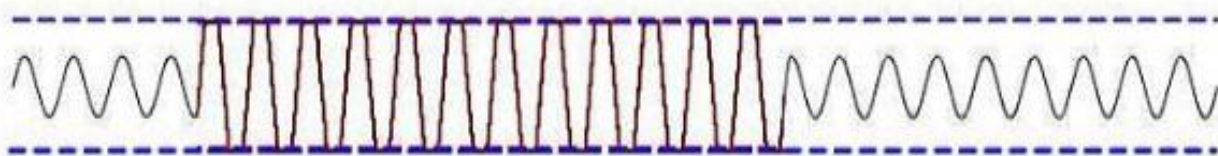
■ 防破音模式

- 音频应用中，输入信号过大或电池电压下降等因素都会导致音频放大器的输出信号发生不希望的破音失真，并且过载的信号会对扬声器造成永久性损伤。防破音功能可以通过检测放大器输出的破音失真，自动调整系统增益，使得输出音频信号保持圆润光滑，不仅有效地避免了大功率过载输出对喇叭的损坏，同时还带来舒适的听音感受。
- 其中，启动时间（Attack Time）是指从发生破音失真到系统增益调节完成的时间。释放时间（Release Time）是指破音失真消失到系统完全退出增益衰减状态的时间。
- 防破音（NCN）启动时间和释放时间如下图所示：

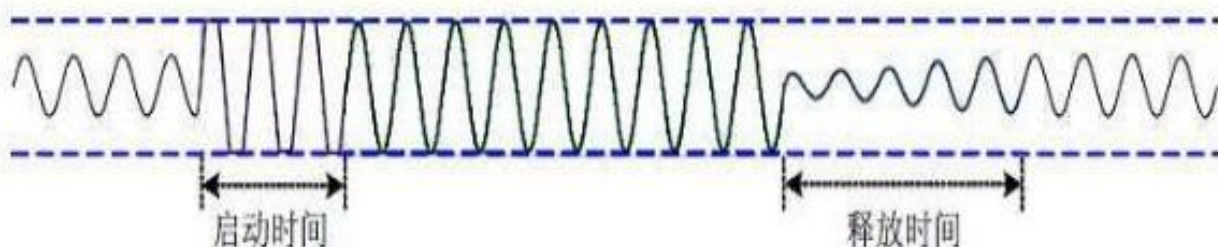
假设不受电源电压限制时的音频输出信号



普通模式下的音频输出信号

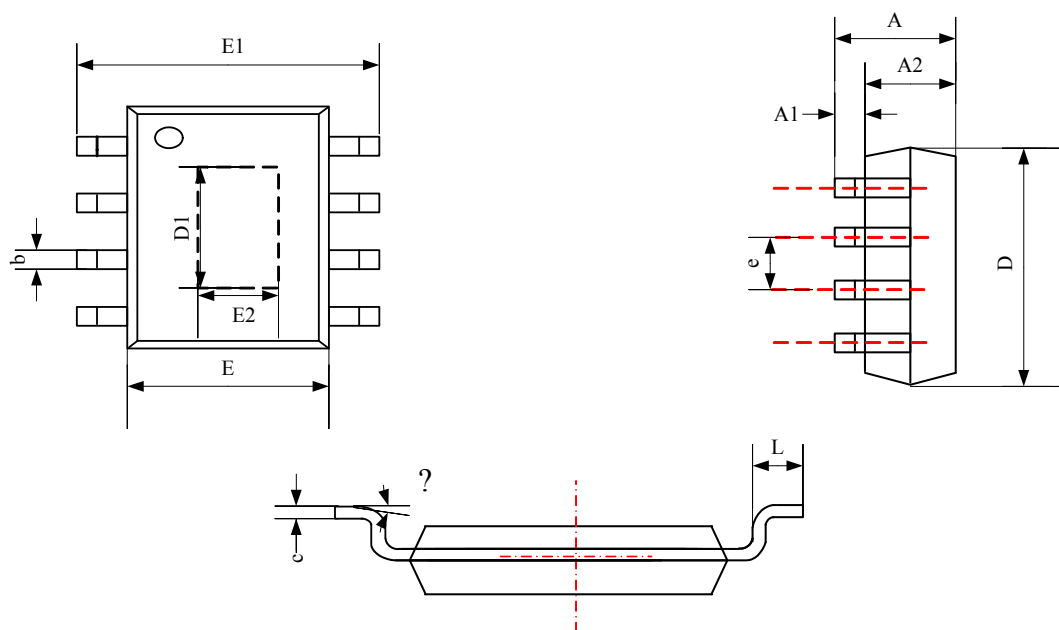


防破音（NCN）模式下的音频输出信号



■ 封装尺寸

● ESOP-8



	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
D1	3.202	3.402	0.126	0.134
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
?	0	8°	0	8°

当本手册内容改动及版本更新将不再另行通知，合肥市芯湃集成电路设计有限公司保留所有权利

2016/3 V10