

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

概要

HAA9809是一款电容式升压,带防破音、AB/D类可切换功能,可以为 4Ω 的负载提供最高5.4W连续输出功率的单声道音频功率放大器。

HAA9809内置独特的防破音功能,可根据输出信号的大小自动调整功放的增益,防止输出发生削顶失真,实现更加舒适的听觉感受,HAA9809还具备动态升压的功能,当输入信号很小的时候电荷泵不升压,为直通模式降低功耗提高效率;当输入信号较大,需要提供更大的动态范围时启动电荷泵升压,在效率和输出功率之间取得完美的平衡。

HAA9809独特的单端输入架构和极高的PSRR有效地提高了HAA9809对RF噪声的抑制能力。

HAA9809具有极低的关断电流,极大的延长系统的待机时间。OCP、OTP、UVLO保护功能增强系统的可靠性。开启、关闭POP-click抑制功能改善了系统的听觉感受,同时简化系统调试。

HAA9809提供带散热片的ESOP8L封装

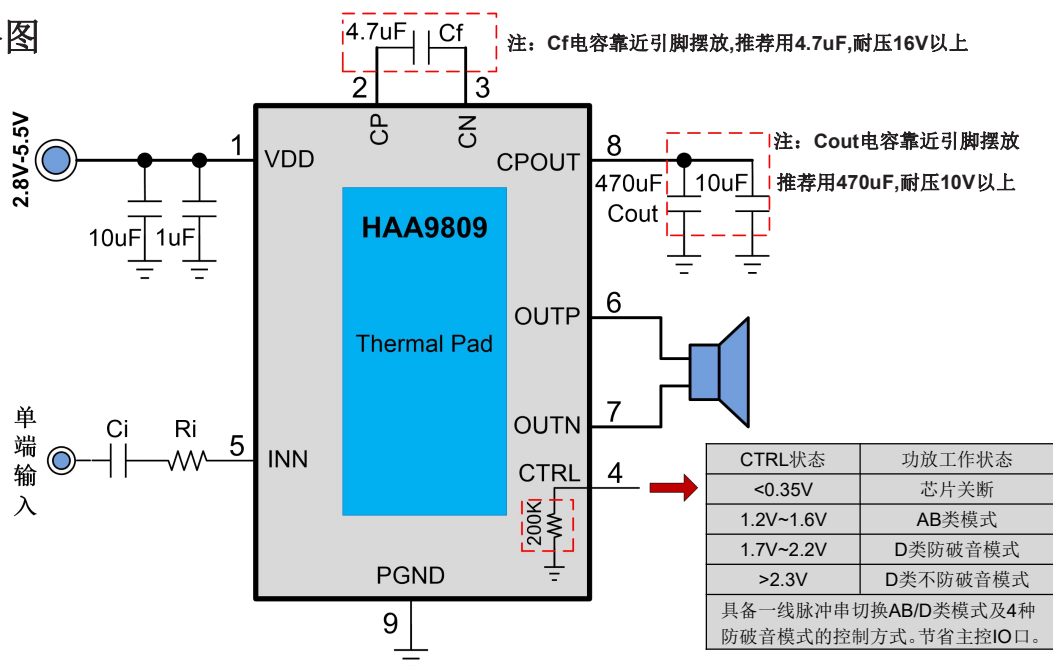
特性

- AB类、D类切换功能
- 4种防破音可选
- 自适应升压功能, Charge_pump升压至6.6V
- D类输出功率:
 - 5.4W (VDD=4.5V, $R_L=4\Omega$, NCN OFF THD+N=10%)
 - 5.2W (VDD=4.2V, $R_L=4\Omega$, NCN OFF THD+N=10%)
- AB类输出功率:
 - 2W (VDD=4.2V, $R_L=4\Omega$, 升压关闭 THD+N=10%)
- 工作电压: 2.8V to 5.5V
- 低失真和低噪声
- 开启、关闭POP-click抑制功能
- 关断电流 ($<1\mu A$)
- OCP、OTP、UVLO保护功能

应用

- 扩音器
- 便携式音箱 / 插卡音箱
- 蓝牙音箱 / AI音箱

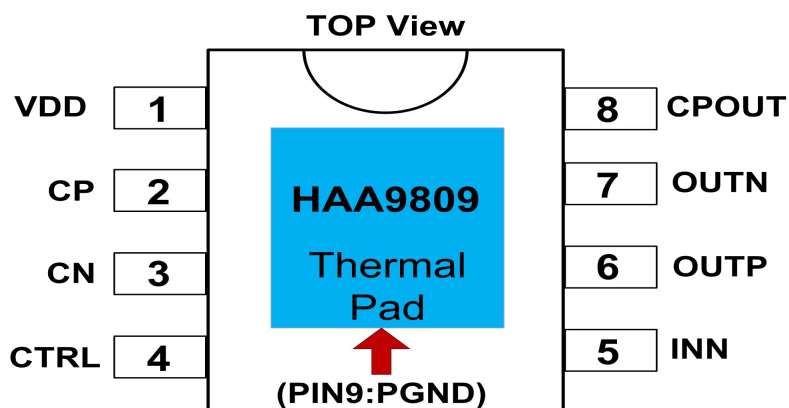
典型应用电路图



注: CTRL 控制管脚的电压在 1.7V~2.2V 时,在不输入一线脉冲控制的情况下,功放上电默认在防破音模式 1 的状态。CTRL 管脚内部有一个 200K 下地电阻。

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

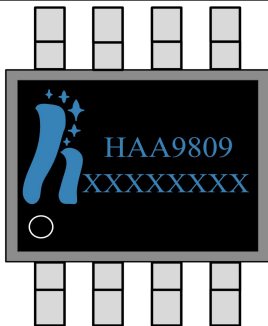
引脚排列



管脚描述

管脚	符号	I/O	描述
1	VDD	P	电源输入端
2	CP	I	Flying 电容正端
3	CN	I	Flying 电容负端
4	CTRL	I	工作使能控制,电压控制 AB 类、D 类切换,同时具备一线脉冲控制 AB 类、D 类切换。
5	INN	I	音频负输入端
6	OUTP	O	功放输出正端
7	OUTN	O	功放输出负端
8	CPOUT	O	电荷泵升压电源输出端
9(Thermal Pad)	PGND	P	功率地线

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器
订购信息

料号	封装	表面印字	包装
HAA9809	ESOP8L		4000颗/卷

极限参数表

参数	描述	数值	单位
VDD	无信号输入时供电电源	7.5	V
VI	输入电压	-0.3 to VDD+0.3	V
TA	工作温度	-40°C to 85°C	°C
TJ	结温	-40°C to 150°C	°C
TSTG	储存温度	-65°C to 150°C	°C
TSLD	焊接温度	300°C, 10sec	°C

推荐的工作条件

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	MAX	UNIT
VDD	供电电压	VDD	2.8	5.5	V
VIH	CTRL高电平 (AB类模式)	VDD=2.8V to 5.0V	1.2	1.6	V
	CTRL高电平 (D类防破音模式)		1.7	2.2V	
	CTRL高电平 (D类不防破音模式)		2.3	VDD	
VIL	CTRL低电平	VDD=2.8V to 5.0V	0	0.35	V

热效应参数

Parameter	Symbol	Package	MAX	UNIT
热阻 (Junction to Ambient)	θ_{JA}	ESOP10L	45	°C/W
热阻 (Junction to Case)	θ_{JC}	ESOP10L	10	°C/W

ESD范围

ESD范围HBM (人体静电模式) -----±4kV

ESD范围CDM (带电器件模式) -----±2kV

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

D类 电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $Gain=22.4dB$, $R_L=4\Omega$, $T=25^\circ C$, 防破音关闭, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_o	D类防破音关闭模式输出功率	THD+N=10%, $f=1KHz$, $R_L=4\Omega$	$V_{DD}=4.5V$	5.4		W
			$V_{DD}=4.2V$	5.2		
			$V_{DD}=3.6V$	4.2		
		THD+N=1%, $f=1KHz$, $R_L=4\Omega$	$V_{DD}=4.5V$	4.5		W
			$V_{DD}=4.2V$	4.3		
			$V_{DD}=3.6V$	3.7		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{DD}=4.2V$, $P_o=1W$, $R_L=4\Omega$	$f=1KHz$	0.09		%
		$V_{DD}=3.6V$, $P_o=1W$, $R_L=4\Omega$		0.11		
G_v	D类破音关闭增益		$R_i=20K\Omega$	22.4		dB
PSRR	电源纹波抑制比	$V_{DD}=4.2V \pm 200mV_{p-p}$	$f=217Hz$	-72		dB
CMRR	共模抑制比	$V_{DD}=2.8\sim 5.5V$, Input AC to GND		-75		dB
SNR	信噪比	$V_{DD}=4.2V$, $V_{rms}=1V$, $G_v=22.4dB$	$f=1KHz$	-88		dB
V_n	残余噪声	$V_{DD}=4.2V$, Input floating with $C_{IN}=0.1\mu F$	A-weighting	116		μV
			No A-weighting	153		
Dyn	动态范围	$V_{DD}=4.2V$, THD=1%	$f=1KHz$	-98		dB
I_q	静态电流	$V_{DD}=4.2V$	No Load	3.9		mA
		$V_{DD}=2.8V$		2.7		
η	效率	$V_{DD}=4.2V$, $R_L=4\Omega$, $P_o=2W$	$f=1KHz$	75		%
		$V_{DD}=3.6V$, $R_L=4\Omega$, $P_o=1W$	$f=1KHz$	70		
$r_{DS(on)}$	源漏导通电阻	$V_{DD}=5V$, $I_o=500mA$	N+P	450		m Ω
Fosc	Charge_pump 调制频率	$V_{IN}=2.8V$ to $5.0V$		1200		kHz
	D类调制频率	$V_{IN}=2.8V$ to $5.0V$		625		kHz
Rin	内置输入电阻	D类模式		20		K Ω
Rf	内置反馈电阻	D类模式		560		K Ω
I_{SD}	关断电流	$V_{IN}=0V$, $V_{DD}=4.2V$		0.4	1	μA
Vos	失调电压	$V_{IN}=0V$, $V_{DD}=4.2V$		10	30	mV
Tst	启动时间		$V_{DD}=4.2V$	110		mS
OTP	—	No Load, Junction Temperature	$V_{DD}=5.0V$	165		$^\circ C$
OTH	—			30		

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $R_L=4\Omega$, $f=1KHZ$ $T=25^\circ C$,防破音模式1, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_o	防破音模式 1 输出功率	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE1$		4.1		W
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE1$		3.7		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE1$		0.51		%
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE1$		0.35		
Tat	防破音启动时间			40		mS
Trl	防破音释放时间			100		mS

电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $R_L=4\Omega$, $f=1KHZ$ $T=25^\circ C$, 防破音模式2, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_o	防破音模式 2 输出功率	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE2$		4		W
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE2$		3.5		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE2$		0.42		%
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE2$		0.3		
Tat	防破音启动时间			40		mS
Trl	防破音释放时间			270		mS

电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $R_L=4\Omega$, $f=1KHZ$ $T=25^\circ C$, 防破音模式3, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_o	防破音模式 3 输出功率	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE3$		4.02		W
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE3$		3.5		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE3$		0.65		%
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE3$		0.37		
Tat	防破音启动时间			40		mS
Trl	防破音释放时间			125		mS

电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $R_L=4\Omega$, $f=1KHZ$ $T=25^\circ C$, 防破音模式4, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
P_o	防破音模式 2 输出功率	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE4$		4.05		W
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE4$		3.5		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{IN}=4.2V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE4$		0.6		%
		$V_{IN}=3.6V, V_{po}=300mV, R_L=4\Omega, NCN\ MODE4$		0.26		
Tat	防破音启动时间			4		mS
Trl	防破音释放时间			780		mS

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

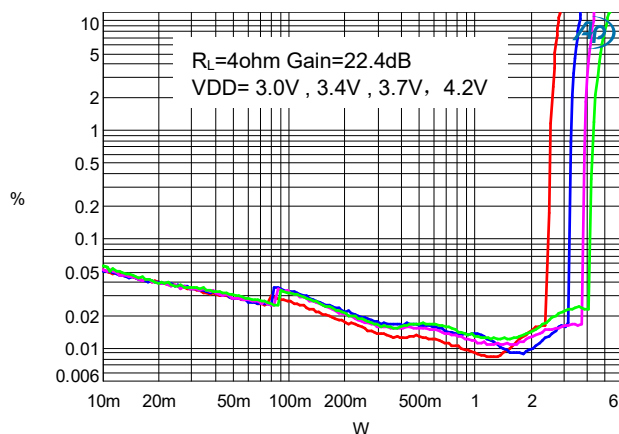
AB类 电气特性($R_i=20K\Omega$, $C_i=0.1\mu F$, $Gain=18.9dB$, $R_L=4\Omega$, $T=25^\circ C$, 除非特殊说明.)

Symbol	Parameter	Test Conditions		MIN	TYP	MAX	UNIT
P_O	AB 类模式输出功率	THD+N=10%, $f=1KHZ$, $R_L=4\Omega$	$V_{DD}=5.0V$		2.85		W
			$V_{DD}=4.2V$		2.0		
			$V_{DD}=3.6V$		1.5		
		THD+N=1%, $f=1KHZ$, $R_L=4\Omega$	$V_{DD}=5.0V$		2.3		W
			$V_{DD}=4.2V$		1.51		
			$V_{DD}=3.6V$		1.2		
THD+N	总谐波失真+噪声	$V_{DD}=5.0V$, $P_O=1W$, $R_L=4\Omega$	$f=1KHz$		0.3		%
		$V_{DD}=3.6V$, $P_O=1W$, $R_L=4\Omega$			0.27		
G_v	AB 类模式增益		$R_i = 20K\Omega$		18.9		dB
PSRR	电源纹波抑制比	$V_{DD}=5V \pm 200mVp-p$	$f=217Hz$		-70		dB
SNR	信噪比	$V_{DD}=5.0V$, $V_{rms}=1V$, $G_v=18.9dB$	$f=1KHz$		-89		dB
V_n	残余噪声	$V_{DD}=5.0V$, Input floating with $C_{IN}=0.1\mu F$	A-weighting		78		μV
			No A-weighting		113		
Dyn	动态范围	$V_{DD}=5.0V$, THD=1%	$f=1KHz$		-85		dB
I_Q	静态电流	$V_{DD}=5.0V$	No Load		5.5		mA
		$V_{DD}=3.0V$			4.2		
R_{in}	内置输入电阻	AB 类模式			20		K Ω
R_f	内置反馈电阻	AB 类模式			373		K Ω
I_{SD}	关断电流	$V_{IN}=0V$, $V_{DD}=5V$			0.1	1	μA
V_{os}	失调电压	$V_{IN}=0V$, $V_{DD}=5V$			10	30	mV
T_{st}	启动时间		$V_{DD}=5V$		110		mS
OTP	—	No Load, Junction Temperature	$V_{DD}=5.0V$		165		$^\circ C$
OTH	—				30		

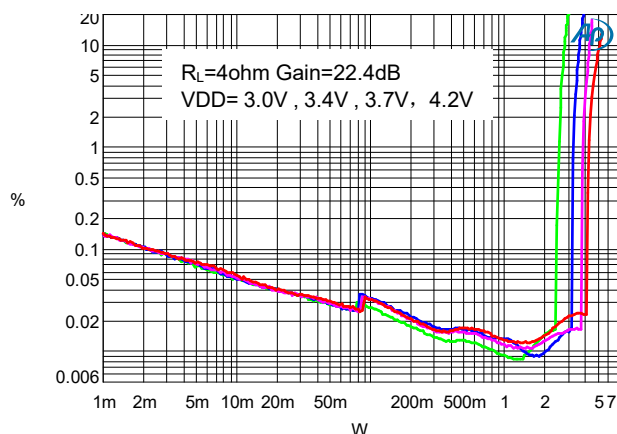
自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

典型特征曲线 (D类模式, $V_{DD} = 4.2V$, $Gain = 22.4dB$, $C_{IN} = 0.1\mu F$, $R_L = 4\Omega$, $T = 25^\circ C$, 除非特殊说明.)

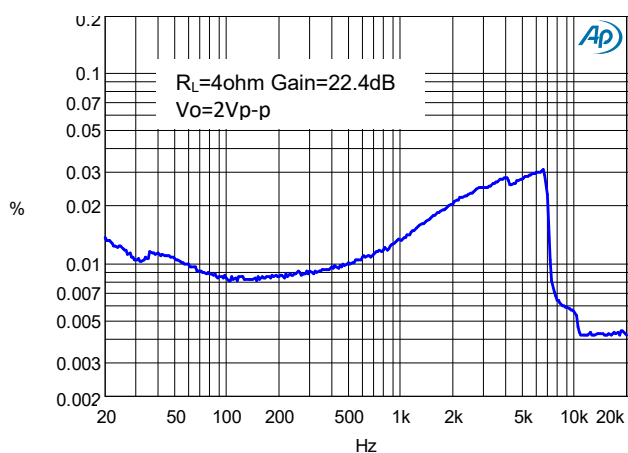
THD+N vs Output Power_NCN OFF



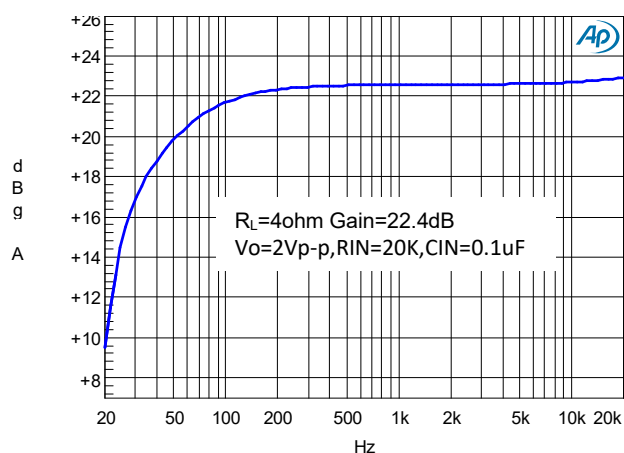
THD+N vs Output Power_NCN ON



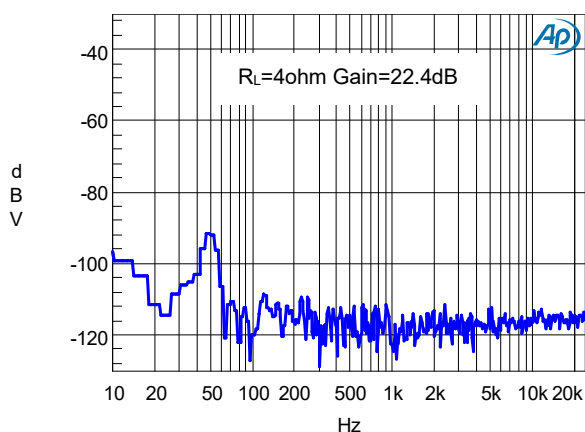
THD+N VS FRQUENCY



Frequency Response



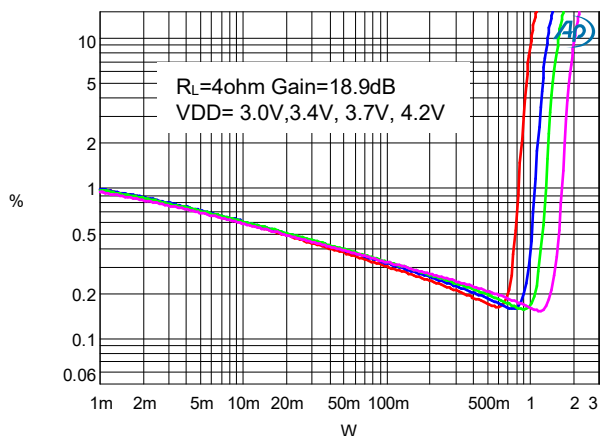
NOISE FLOOR FF



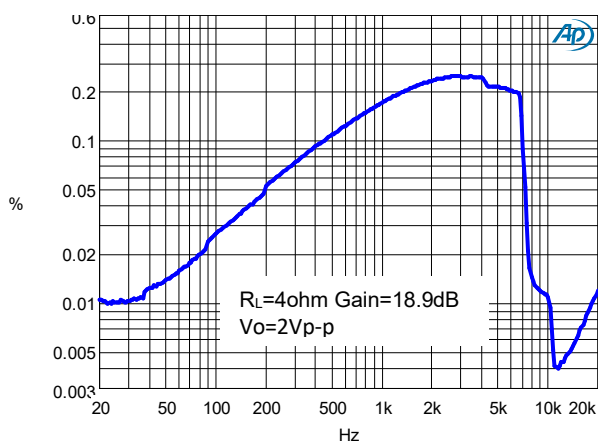
自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

典型特征曲线(AB类工作模式, Gain=18.9dB, CIN=0.1uF, RL=4Ω, T=25°C, 除非特殊说明.)

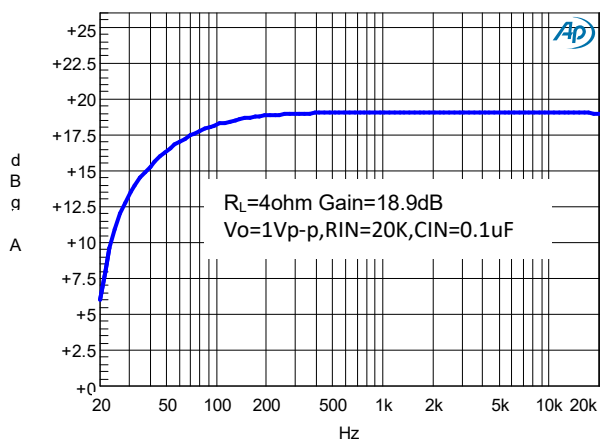
THD+N vs Output Power



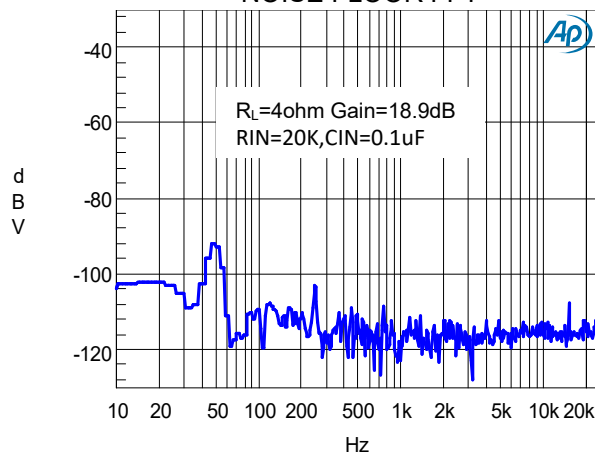
THD+N VS FREQUENCY



Frequency Response



NOISE FLOOR FFT



自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器

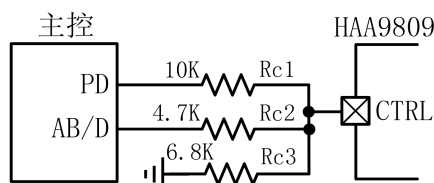
应用信息

CTRL管脚控制

通过设置CTRL管脚的输入电平值，可以分别进入HAA9809的各种工作模式，如下表所示：

CTRL状态	功放工作状态
<0.35V	芯片关断
1.2V~1.6V	AB类模式
1.7V~2.2V	D类防破音模式
>2.3V	D类不防破音模式

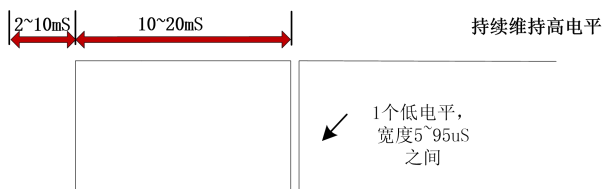
基于上表的控制电压，实际使用时可根据系统做如下电路设置：



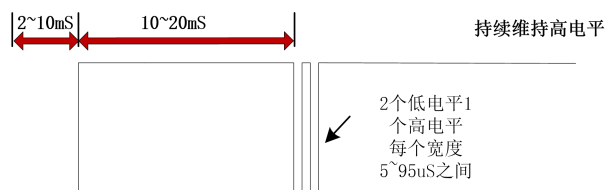
如上电路设置所示，如果主控的IO口为3.3V，借助PD及AB/D两个IO口以及分压线路实现各种模式切换，当PD口及AB/D口同时为低电平时，功放工作在关断状态；当PD口为高电平，AB/D口悬空（高阻状态），Rc1和Rc3构成分压，此时CTRL引脚的电平1.33V ($V_{CTRL}=V_{IO} \cdot R_{c3}/(R_{c1}+R_{c3})$) 功放工作在AB类模式；当PD口悬空（高阻状态），AB/D口为高电平时，Rc2和Rc3构成分压，此时CTRL引脚的电平为1.95V ($V_{CTRL}=V_{IO} \cdot R_{c3}/(R_{c2}+R_{c3})$) 此时工作在防破音模式；此外，CTRL还具备一线脉冲切换AB类、D类工作模式以及切换4种AGC防破音的功能。当主控IO控制口比较少时，用户可用一线脉冲切换的方式实现AB/D等工作模式的切换控制。

一线脉冲控制方式如下：

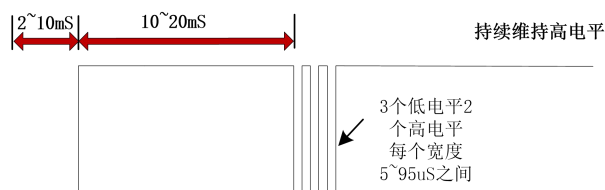
1. 切换到D类防破音模式1的波形



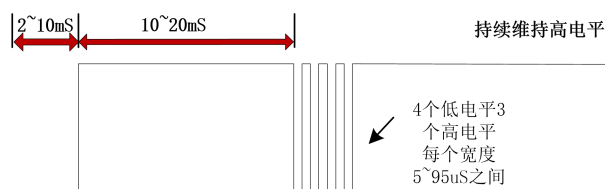
2. 切换到D类防破音模式2的波形



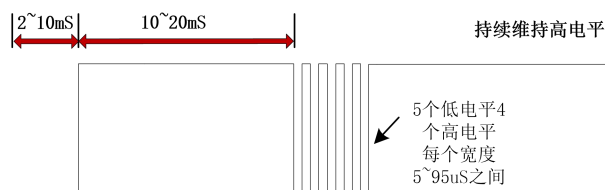
3. 切换到D类防破音模式3的波形



4. 切换到D类防破音模式4的波形



5. 切换到AB类防破音关闭的波形



输入电阻(Rin)

HAA9809是单端的结构，PCB布局时这两个输入电阻尽可能的靠近HAA9809的管脚放置。这两种接法的增益设定是相同的。增益计算公式如下：

$$A_v = \frac{R_f}{R_{in} + 20K\Omega} \left(\frac{V}{V} \right)$$

其中，输入电阻Rin为外部的输入电阻（HAA9809内部集成输入电阻为20KΩ），反馈电阻Rf分两种模式，D类模式时Rf为560KΩ；AB类时Rf为373K（反馈电阻为内部固定，不可外部调节）。例如，D类模式时，外部输入电阻为24KΩ，则放大倍数为：

$$A_v = 560 / (24+20) = 12.7 \text{ 倍} = 22\text{dB}$$

自适应电荷泵升压,4种防破音可选,AB类/D类切换,5.4W单声道音频功率放大器**输入电容 (C_{in})**

输入电容与输入电阻构成一个高通滤波器，其截止频率可由下式得出：

$$F_c = \frac{1}{2\pi * (R_{in} + 20K) * C_{in}}$$

C_i的值不仅会影响到电路的低频响应，而且也会影响电路启动和关断时所产生的POP声，输入电容越大，则到达其稳定工作点所需的电荷越多，在同等条件下，小的输入电容所产生的POP声比较小。两个输入电容之间的良好匹配（通常这两个输入电容容值一致）对提升芯片的整体性能及开关机POP声有帮助。

AGC功能

在音频的实际应用中，输入信号过大或供电电压下降等因素都会导致功放的输出信号发生破音失真。

HAA9809通过检测放大器输出信号的破音失真，自动调整功放的增益以控制输出音频信号获得最大输出电平而不失真。HAA9809提供4种AGC防破音工作模式和不防破音工作模式可供用户选择：MODE1、MODE2、MODE3、MODE4。可以通过给CTRL输入一线脉冲设置分别进入4种模式。防破音启动时间（Attack Time）：从输出信号发生失真到系统增益下降到目标衰减增益的时间间隔。防破音释放时间（Release Time）：从信号失真消失到系统退出增益衰减状态的时间间隔。

通过CTRL一线脉冲设置MODE1、MODE2、MODE3、MODE4模式的启动时间和释放时间，具体如下图：

防破音模式	启动时间	释放时间
MODE1	40mS	100mS
MODE2	40mS	270mS
MODE3	40mS	125mS
MODE4	4mS	780mS

自适应电荷泵升压调整模块

HAA9809集成了自适应电荷泵升压调整模块提升功放的PVDD电压从而实现更大声压级的声音输出。当音频输出超过规定的电平时，自适应电荷泵升压调整模块被激活，将CPOUT的输出电压提升至6.6V。在自适应电荷泵升压调整模块被激活后，电荷泵升压调整模块产生升压的电压CPOUT经过输出滤波电容C_{out}滤波后通过足够宽的铜铂走线连接到PVDD引脚。另一方面，当音频输出长时间小于规定水平时，自适应电荷泵升压调整模块被关闭，功放PVDD由内部的电源开关切换到VBAT直接供电。自适应电荷泵升压调整特性可以大大的提高HAA9809的效率，延长系统的播放时间。

电荷泵Flying电容C_f

Flying电容用于在电源和电荷泵之间传递能量，Flying电容容值及电容的ESR直接影响电荷泵的负载能力。Flying电容越大，负载调整能力越强，功放的输出功率越大。推荐使用4.7uF，耐压16V以上低ESR的X7R、X5R陶瓷电容。

电荷泵升压输出电容（C_{out}）

电荷泵升压输出电容C_{out}的容值和ESR会直接影响电荷泵升压输出电压的稳定性，从而影响功放的整体性能。推荐使用470uF低ESR的电解电容，保持电容的耐压在10V以上。

过温保护

HAA9809 有过温保护电路以防止内部温度超过165℃时器件损坏。在不同器件之间，这个值有25℃的差异。当内部电路超过设置的保护温度时，器件进入关断状态，输出被截止。当温度下降 30℃后，器件重新正常工作。

