

## ● 特点

- 防削顶失真功能 (Anti-Clipping Function, ACF)
- 免滤波器数字调制, 直接驱动扬声器
- 输出功率  
2× 9.5W (VDD=8.5V, RL=4Ω, THD+N=10%)  
2× 6.7W (VDD=7.2V, RL=4Ω, THD+N=10%)
- 过流保护功能
- 过热保护功能
- 欠压异常保护功能
- 封装, SOP16

## ● 描述

CS7209 是一款防削顶失真的, 双声道免滤波 D 类音频功率放大器。在 VDD=8.5V、THD+N=10%、4Ω 负载条件下, 能连续输出 2× 9.5W 功率。

CS7209 具有防削顶失真 (ACF) 输出控制功能, 可检测并抑制由于输入音乐、语音信号幅度过大所引起的输出信号削顶失真 (破音), 显著提高音质, 创造舒适听音享受, 并保护扬声器免受过载损坏。同时芯片也具有 ACF-Off 模式可配置。

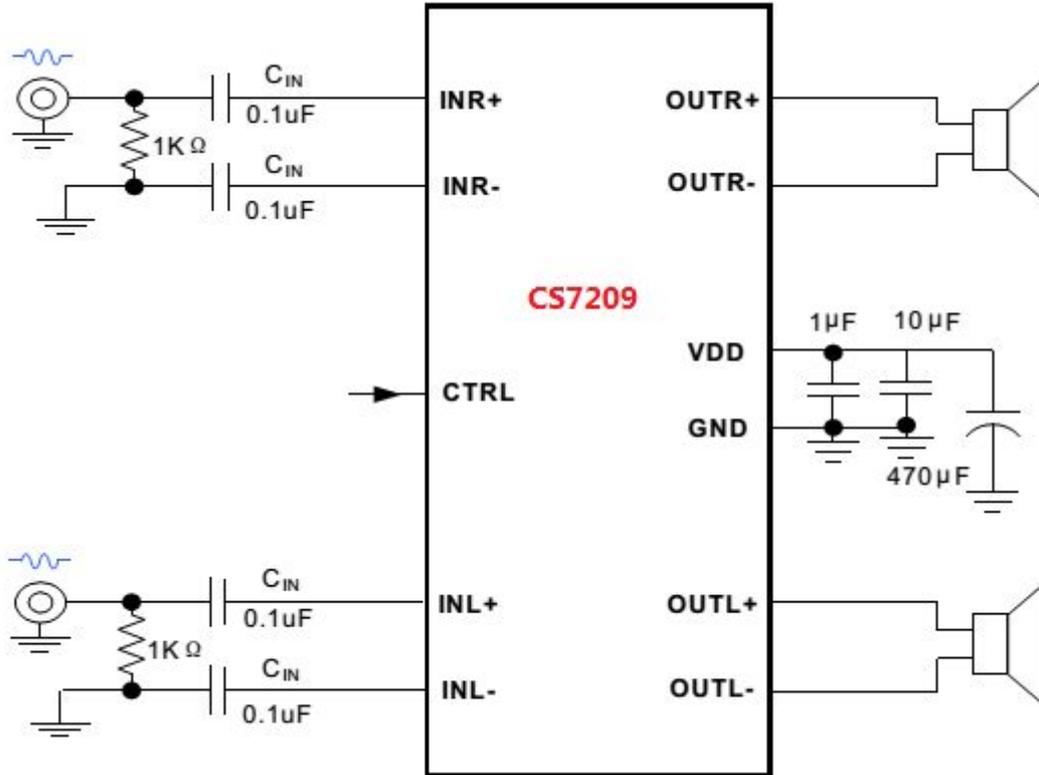
CS7209 内部集成免滤波器数字调制技术, 能够直接驱动扬声器, 并最大程度减小脉冲输出信号的失真和噪音。输出无需滤波网络, 极少的外部元器件节省了系统空间和成本, 是便携式应用的理想选择。此外, CS7209 内置的关断功能使待机电流最小化, 还集成了输出端过流保护、片内过温保护和电源。

## ● 应用领域

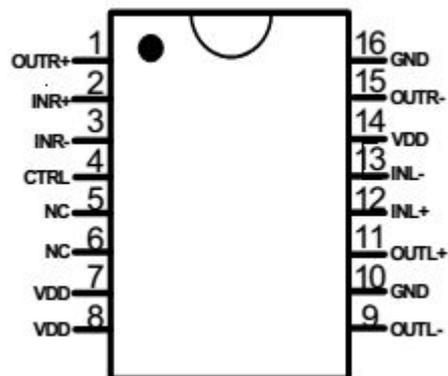
- 蓝牙音箱, 便携式音箱, 2.1 声道小音箱
- 扩音器, 拉杆音箱
- 平板电脑, 笔记本电脑
- 便携式游戏机
- 小尺寸 LCD 电视/监视器
- MP4, 导航仪

当本手册内容改动及版本更新将不再另行通知, 深圳市海创嘉电子有限公司保留所有权利。

● 应用图



● 引脚信息



● 引脚定义\*1

SOP8L-PP 引脚号	引脚名称	I/O	功能
1	OUTR+	O	右声道同相输出端 (BTL+)
2	INR+	A	右声道同相输入端 (差分+)
3	INR-	A	右声道反相输入端 (差分-)
4	CTRL	I	ACF和关断模式控制端
5,6	NC		
7,8,14	VDD	Power	电源
9	OUTL-	O	左声道反相输出端 (BTL-)
10,16	GND	Ground	地
11	OUTL+	O	左声道同相输出端 (BTL+)
12	INL+	A	左声道同相输入端 (差分+)
13	INL-	A	左声道反相输入端 (差分-)
15	OUTR-	O	右声道反相输出端 (BTL-)

注 1 1: 输入端 O: 输出端 A: 模拟端

当大于 VDD 的电压外加于 PN 保护型端口 ( ESD 保护电路由 PMOS 和 NMOS 组成) 时, PMOS 电路将有漏电流流过。

● 电气特性

◆ 极限工作条件\*1

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压范围	V <sub>DD</sub>	-0.3	9.0	V
输入信号电压范围 (IN+, IN-)	V <sub>IN</sub>	V <sub>SS</sub> -0.6	V <sub>DD</sub> +0.6	V
输入信号电压范围 (除IN+, IN-外)	V <sub>IN</sub>	V <sub>SS</sub> -0.3	V <sub>DD</sub> +0.3	V
工作环境温度范围	T <sub>A</sub>	-40	85	℃
工作结温范围	T <sub>J</sub>	-40	150	℃
储存温度	T <sub>STG</sub>	-50	150	℃

注 1: 为保证器件可靠性和寿命, 以上绝对最大额定值不能超过。否则, 芯片可能立即造成永久性损坏或者其可靠性大大恶化。

若输入端电压在可能超过 VDD/GND 的应用环境中使用, 推荐使用一个外部二极管来保证该电压不会超过绝对最大额定值。

◆ 推荐工作条件

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压 <sup>*2</sup>	V <sub>DD</sub>		3		8.8	V
工作环境温度	T <sub>a</sub>		-40	25	85	℃
扬声器阻抗	R <sub>L</sub>			4		Ω

注 2: VDD 的上升时间应当超过 1 μs。

9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

◆ 电气特性\*3

VSS=0V, Ta=25°C, CIN=0.1uF, RIN = 56k, 除非特殊说明

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD电源的启动阈值	VUVLH			2.3		V
VDD电源的关断阈值	VUVLL			2.2		V
上电启动时间 (或从关断唤醒时间)	tSTUP			280		ms
载波调制频率	fPWM			430		kHz
D类过流保护值	I <sub>max</sub>				5	A
<b>ACF Function</b>						
Class D ACF衰减增益	A <sub>a</sub>		-16		0	dB
ACF-Off 模式设置阈值	V <sub>MOD1</sub>		0.75V <sub>DD</sub>		V <sub>DD</sub>	V
ACF-1 模式设置阈值	V <sub>MOD2</sub>		0.45 V <sub>DD</sub>		0.70 V <sub>DD</sub>	V
ACF-2 模式设置阈值	V <sub>MOD3</sub>		0.10 V <sub>DD</sub>		0.40 V <sub>DD</sub>	V
SD 关断模式设置阈值	V <sub>MOD4</sub>		V <sub>SS</sub>		0.06 V <sub>DD</sub>	V
CTRL启动电压 <sup>*4</sup>	V <sub>CTRL_ON</sub>		0.8			V
CTRL内部下拉电阻	R <sub>CTRL</sub>			60		KΩ

注 3: 此节电气特性随所选元件和 PCB 布局而有所变化。

注 4: CTRL 启动电压是指, 芯片从关断至启动, CTRL 端的电压值。

9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

$V_{DD} = 8.5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $A_v = 26dB$ ,  $T_a = 25^\circ C$ ,  $C_{IN} = 0.1\mu F$ , ACF-Off模式, 除非特殊说明

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	Po	RL=4Ω	f=1kHz, THD+N=10%	2×9.5		W
		RL=8Ω		2×5.3		
		RL=4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%	2×7.6		
		RL=8Ω		2×4.3		
总谐波失真加噪声	THD+N	Po=0.1W	RL=4Ω, f=1kHz	0.22		%
		Po=1.0W		0.30		%
		Po=3.0W		0.30		%
输出噪声	V <sub>N</sub>	f=20Hz~20kHz, A加权		160		μV <sub>rms</sub>
信噪比	SNR	A加权, Av=26dB, THD+N = 1%		91		dB
失调电压	V <sub>OS</sub>			±6.5		mV
通道隔离度	CS	F = 1kHz, Po = 1W		-96		dB
效率	η	RL=4Ω+22uH, THD+N = 10%		87		%
		RL=8Ω+33uH, THD+N = 10%		93		%
静态电流	I <sub>DD</sub>	No Load	Input Grounded	21		mA
		With Load <sup>5</sup>		27.5		mA
关断电流	I <sub>SD</sub>	No Load	CTRL=V <sub>SS</sub>	1.0		μA
		With Load <sup>5</sup>		1.0		μA
最大输入信号	V <sub>IN_max</sub>	f <sub>IN</sub> = 1kHz, THD+N ≤ 10%, ACF-1 ON		1.85		V <sub>rms</sub>
系统增益	Av <sub>0</sub>	R <sub>IN</sub> =56 kΩ		25.5		dB

注5: 此处负载使用4ohm+22uH来模拟喇叭, 下同。

$V_{DD} = 7.2V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $A_v = 26dB$ ,  $T_a = 25^\circ C$ ,  $C_{IN} = 0.1\mu F$ , ACF-Off模式, 除非特殊说明

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	Po	RL=4Ω	f=1kHz, THD+N=10%	2×6.75		W
		RL=8Ω		2×3.8		
		RL=4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%	2×5.45		
		RL=8Ω		2×3.1		
总谐波失真加噪声	THD+N	Po=0.1W	RL=4Ω, f=1kHz	0.25		%
		Po=1.0W		0.21		%
		Po=3.0W		0.30		%
输出噪声	V <sub>N</sub>	f=20Hz~20kHz, A加权		150		μV <sub>rms</sub>
信噪比	SNR	A加权, Av=26dB, THD+N = 1%		91		dB
失调电压	V <sub>OS</sub>			±14		mV
通道隔离度	CS	f = 1kHz, Po = 1W		-94		dB
静态电流	I <sub>DD</sub>	No Load	Input Grounded	15		mA
		With Load <sup>5</sup>		23		mA
关断电流	I <sub>SD</sub>	No Load	CTRL=V <sub>SS</sub>	0.5		μA
		With Load <sup>5</sup>		0.5		μA
最大输入信号	V <sub>IN_max</sub>	f <sub>IN</sub> = 1kHz, THD+N ≤ 10%, ACF-1 ON		1.50		V <sub>rms</sub>
系统增益	Av <sub>0</sub>	R <sub>IN</sub> =56 kΩ		25.5		dB

9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

$V_{DD} = 6.5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $A_v = 26dB$ ,  $T_a = 25^\circ C$ ,  $C_{IN} = 0.1\mu F$ , ACF-Off模式, 除非特殊说明

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	$P_o$	$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$ , THD+N=10%		$2 \times 5.5$		W
		$R_L = 8\Omega$			$2 \times 3.1$		
		$R_L = 4\Omega$ ,	$f = 1kHz$ , THD+N=1%		$2 \times 4.45$		
		$R_L = 8\Omega$			$2 \times 2.5$		
总谐波失真加噪声	THD+N	$P_o = 0.1W$	$R_L = 4\Omega$ , $f = 1kHz$		0.25		%
		$P_o = 1.0W$			0.20	%	
		$P_o = 3.0W$			0.35	%	
输出噪声	$V_N$	$f = 20Hz \sim 20kHz$ , A加权			150		$\mu V_{rms}$
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$ , THD+N = 1%			90		dB
失调电压	$V_{OS}$				$\pm 16$		mV
通道隔离度	CS	$F = 1kHz$ , $P_o = 1W$			-90		dB
效率	$\eta$	$R_L = 4\Omega + 22\mu H$ , THD+N = 10%			88		%
		$R_L = 8\Omega + 33\mu H$ , THD+N = 10%			93		%
静态电流	$I_{DD}$	No Load	Input Grounded		13		mA
		With Load <sup>*5</sup>			21	mA	
关断电流	$I_{SD}$	No Load	CTRL= $V_{SS}$		0.5		$\mu A$
		With Load <sup>*5</sup>			0.5	$\mu A$	
最大输入信号	$V_{IN\_max}$	$f_{IN} = 1kHz$ , THD+N $\leq$ 10%, ACF-1 ON			1.35		V <sub>rms</sub>
系统增益	$A_{V0}$	$R_{IN} = 56 k\Omega$			25.7		dB

$V_{DD} = 5.0V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $A_v = 26dB$ ,  $T_a = 25^\circ C$ ,  $C_{IN} = 0.1\mu F$ , ACF-Off模式, 除非特殊说明

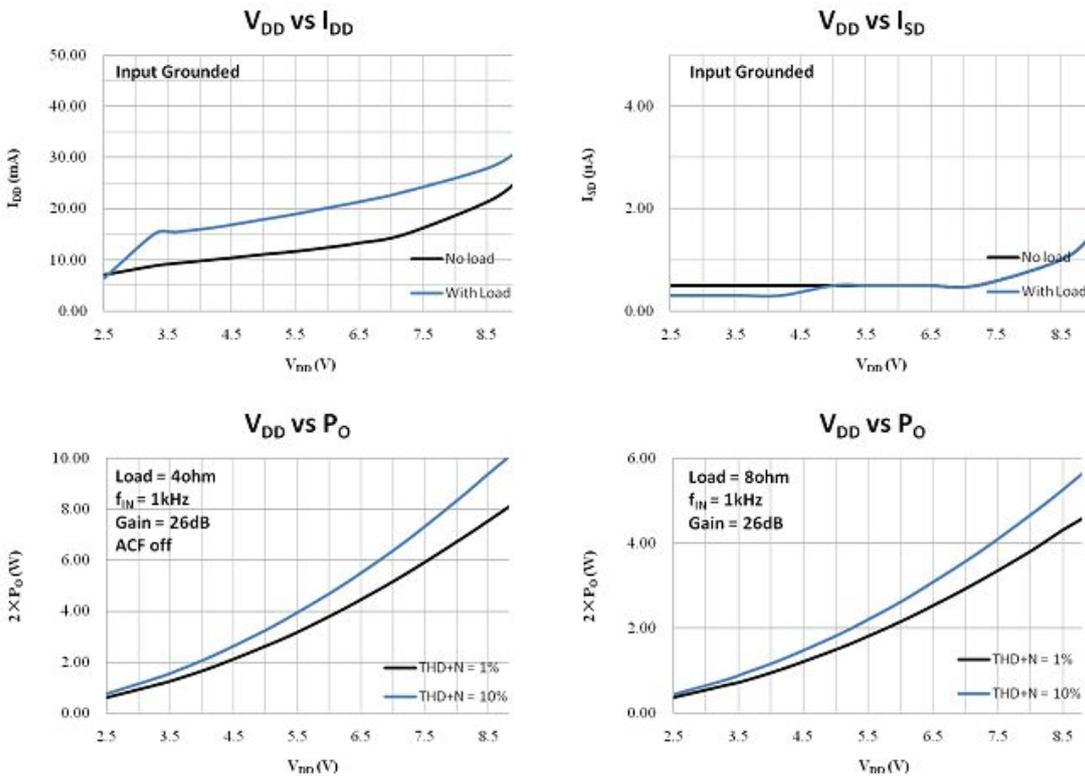
参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	$P_o$	$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$ , THD+N=10%		$2 \times 3.25$		W
		$R_L = 8\Omega$			$2 \times 1.8$		
		$R_L = 4\Omega$ ,	$f = 1kHz$ , THD+N=1%		$2 \times 2.6$		
		$R_L = 8\Omega$			$2 \times 1.5$		
总谐波失真加噪声	THD+N	$P_o = 0.1W$	$R_L = 4\Omega$ , $f = 1kHz$		0.18		%
		$P_o = 1.0W$			0.15	%	
输出噪声	$V_N$	$f = 20Hz \sim 20kHz$ , A加权			150		$\mu V_{rms}$
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$ , THD+N = 1%			87		dB
失调电压	$V_{OS}$				$\pm 15$		mV
通道隔离度	CS	$f = 1kHz$ , $P_o = 1W$			-86		dB
静态电流	$I_{DD}$	No Load	Input Grounded		11		mA
		With Load <sup>*5</sup>			18	mA	
关断电流	$I_{SD}$	No Load	CTRL= $V_{SS}$		0.5		$\mu A$
		With Load <sup>*5</sup>			0.5	$\mu A$	
最大输入信号	$V_{IN\_max}$	$f_{IN} = 1kHz$ , THD+N $\leq$ 10%, ACF-1 ON			1.0		V <sub>rms</sub>
系统增益	$A_{V0}$	$R_{IN} = 56 k\Omega$			25.7		dB

9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

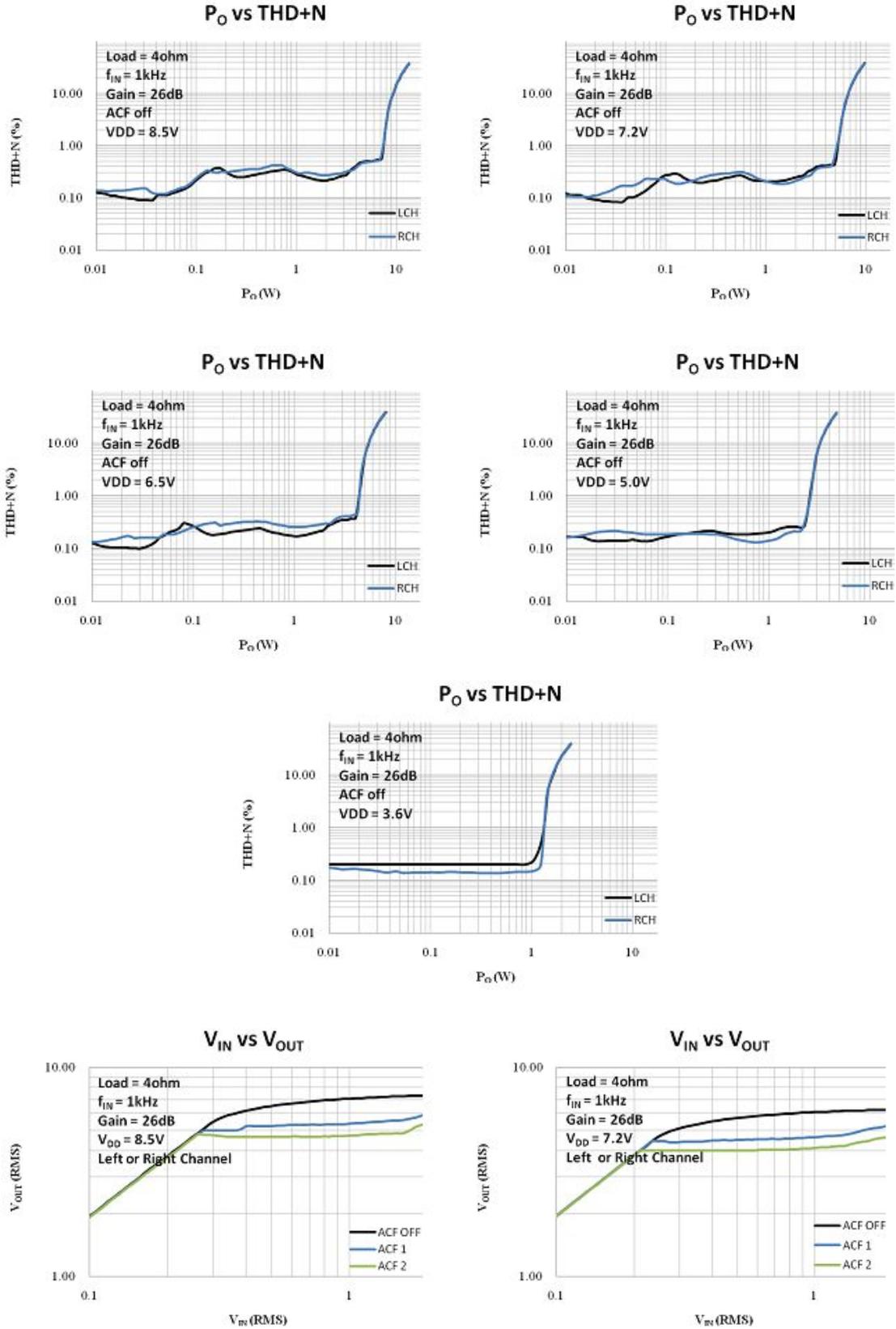
$V_{DD} = 3.6V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $A_v = 26dB$ ,  $T_a = 25^\circ C$ ,  $C_{IN} = 0.1\mu F$ , ACF-Off模式, 除非特殊说明

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	$P_o$	$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$ , THD+N=10%	$2 \times 1.6$		W
		$R_L = 8\Omega$				
		$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$ , THD+N=1%	$2 \times 1.3$		
		$R_L = 8\Omega$				
总谐波失真加噪声	THD+N	$P_o = 0.1W$	$R_L = 4\Omega$ , $f = 1kHz$	0.15		%
		$P_o = 1.0W$				0.15
输出噪声	$V_N$	$f = 20Hz \sim 20kHz$ , A加权		140		$\mu V_{rms}$
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$ , THD+N = 1%		85		dB
失调电压	$V_{OS}$			$\pm 13$		mV
效率	$\eta$	$R_L = 4\Omega + 22\mu H$ , THD+N = 10%		86.5		%
		$R_L = 8\Omega + 33\mu H$ , THD+N = 10%		91.5		%
静态电流	$I_{DD}$	No Load	Input Grounded			9
		With Load <sup>5</sup>				15.5
关断电流	$I_{SD}$	No Load	CTRL= $V_{SS}$			0.5
		With Load <sup>5</sup>				0.3
最大输入信号	$V_{IN\_max}$	$f_{IN} = 1kHz$ , THD+N $\leq 10\%$ , ACF-1 ON		0.70		Vrms
系统增益	$A_{V0}$	$R_{IN} = 56 k\Omega$		25.8		dB

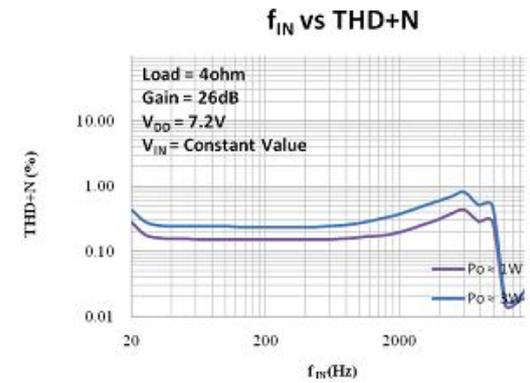
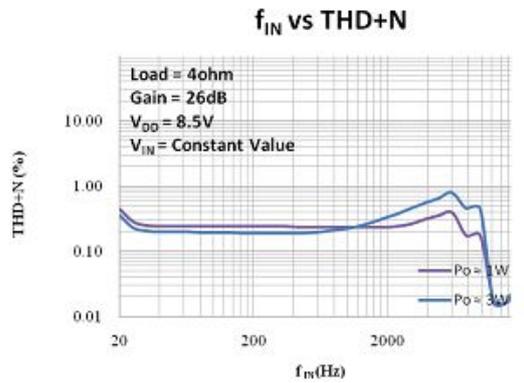
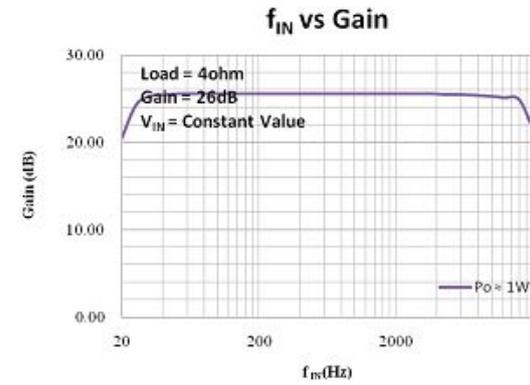
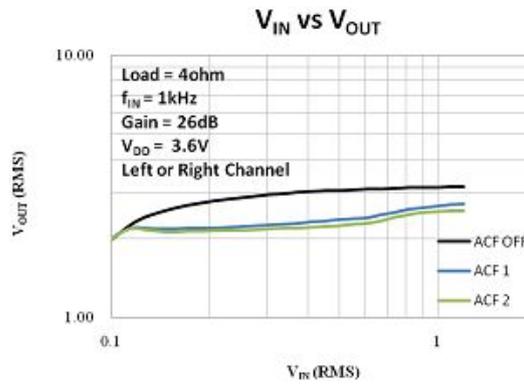
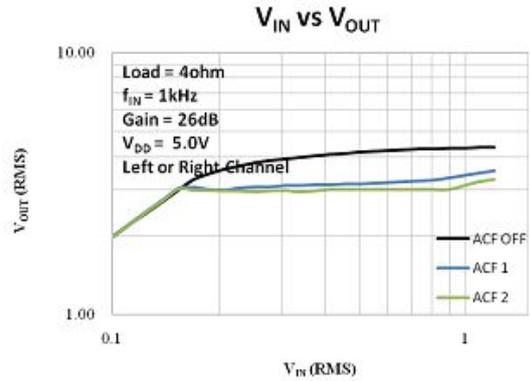
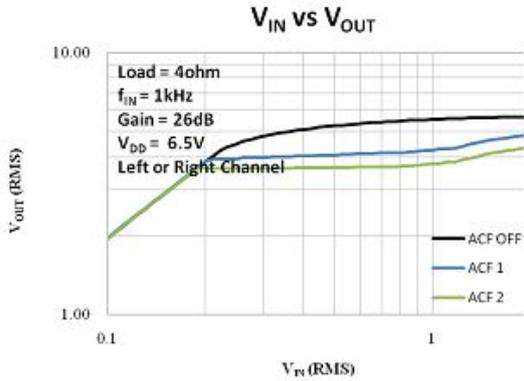
● 特性曲线



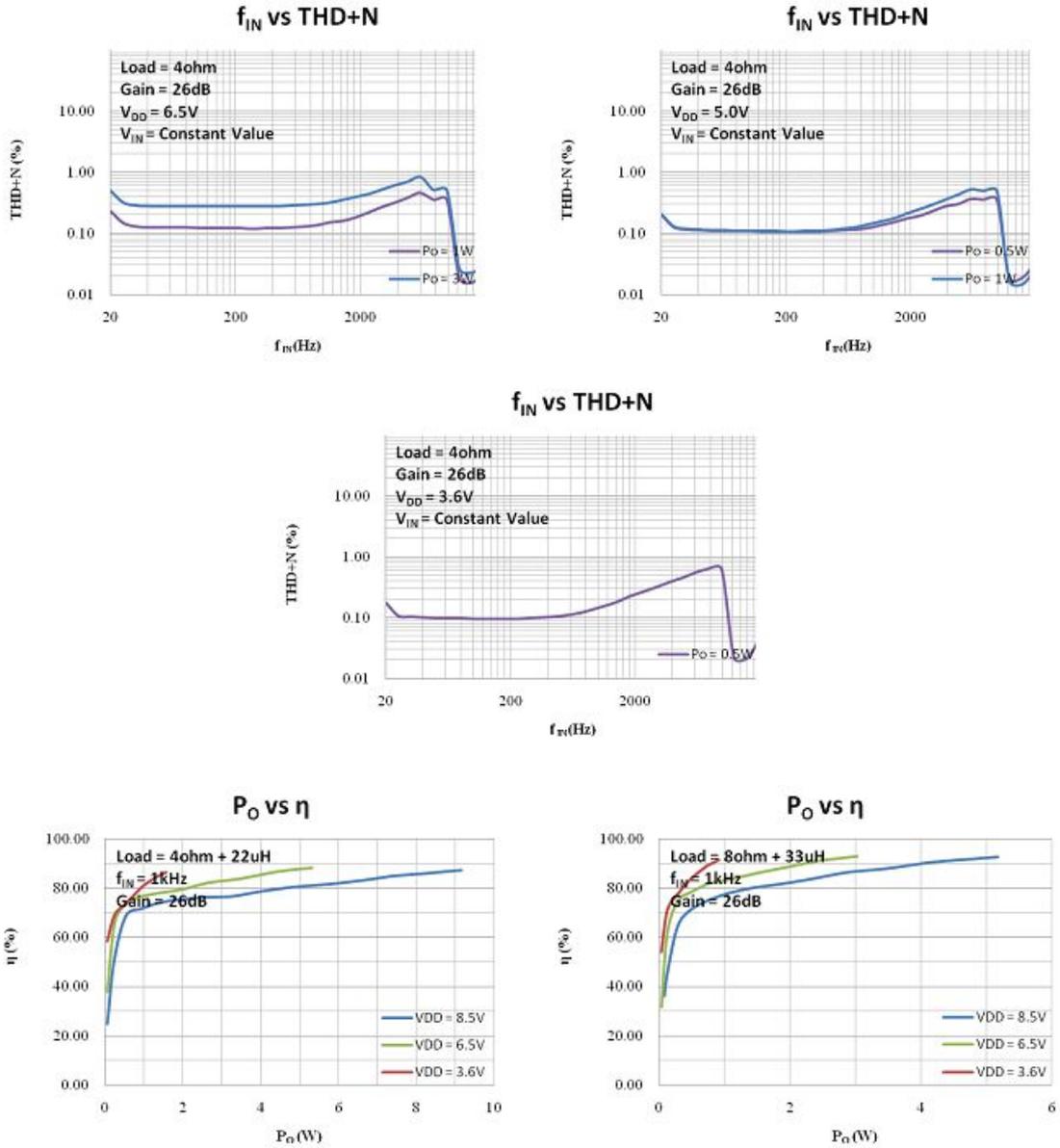
9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器



9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器



9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器



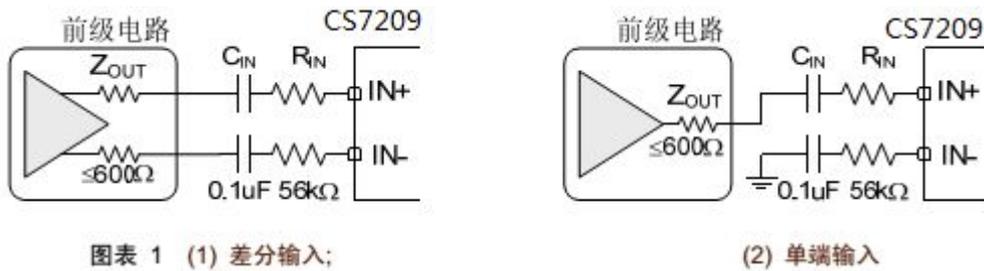
● 功能描述及应用信息

◆ 输入配置

CS7209 接受模拟差分或单端音频信号输入，产生 PWM 脉冲输出信号驱动扬声器。对差分输入，通过隔直电容  $C_{IN}$  和输入电阻  $R_{IN}$  分别输入到 IN+和 IN-端。系统增益  $A_v=1150k R_{IN}$ ，输入 RC 高通滤波器的截止频率  $f_c = 1/(2\pi R_{IN} C_{IN})$ 。

对单端输入，则通过  $C_{IN}$  耦合到 IN+端。IN-端必须通过输入电阻和电容（与  $C_{IN}$ 、 $R_{IN}$  值相同）接地。增益  $A_v$  和截止频率  $f_c$  与差分输入时相同。

注意系统前级电路的输出阻抗  $Z_{OUT}$  应不超过  $600\Omega$ 。



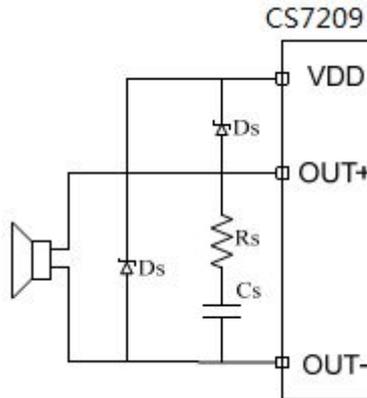
图表 1 (1) 差分输入;

(2) 单端输入

● 功放输出

一般而言，输出端可直接连接负载喇叭。如果输出端的输出线较长，或者对 EMI 的要求较高，则可选择添置铁氧体磁珠或 LC 滤波器。

另外，如果电源电压较大 ( $>8.5V$ )，纹波较严重，或输入信号幅度较大 ( $\geq 1.0V_{rms}$ )，或负载喇叭阻抗较小 ( $<4\Omega$ ) 时，有必要适当增大电源端电容（至少  $100\mu F$  以上），并在输出端加入 Snubber 电路和肖特基二极管（如图 2），防止芯片异常。



图表 2 输出端的连接

推荐参数:

$R_s$ :  $1.5 \sim 2\Omega$ ;

$C_s$ :  $330pF \sim 680pF$ ;

$D_s$ : 正向平均电流  $\geq 2A$ ; 正向浪涌峰值电流  $\geq 6A$ ; 正向电压 ( $I_F=1A$ )  $\leq 0.38V$ 。

● CTRL 模式设置

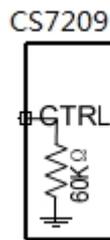
在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 4 种工作模式，即防削顶模式 1 ( ACF-1 )，防削顶模式 2 ( ACF-2 )，

防削顶功能关闭模式 ( ACF-Off) 和芯片关断模式 ( SD)，详见下表。

表格 1 CTRL 引脚不同模式设置的输入电压

参数名	符号	最小值	典型值	最大值	单位
ACF-Off 模式的设置阈值电压	$V_{MOD1}$	$0.75V_{DD}$		$V_{DD}$	V
ACF-1 模式的设置阈值电压	$V_{MOD2}$	$0.45V_{DD}$		$0.70V_{DD}$	V
ACF-2模式的设置阈值电压	$V_{MOD3}$	$0.10V_{DD}$		$0.40V_{DD}$	V
SD 模式的设置阈值电压	$V_{MOD4}$	VSS		$0.06V_{DD}$	V

在配置 CTRL 端外部电压时，需要注意的是，其内部有一个 60Kohm 下拉电阻，如下图示。



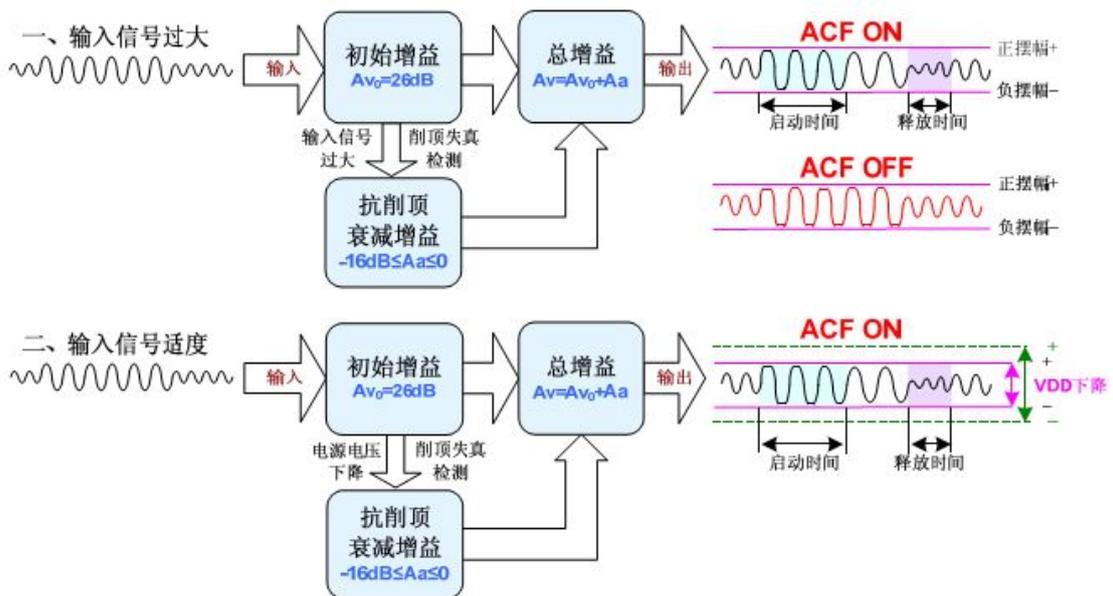
图表 3 CTRL 端内部电阻

另外，SD 关断后，将芯片重新使能，CTRL 端需要至少 0.8V 的电压。

● CTRL 模式功能描述

(一) ACF ON 模式

在 ACF-1、ACF-2 模式下，当电路检测到输入信号幅度过大而产生输出削顶时，CS7209 通过自动调整系统增益，控制输出达到一种最大限度的无削顶失真功率水平，由此大大改善了音质效果。此外，当电源电压下降时，CS7209 也能自动衰减输出增益，实现与  $V_{DD}$  下降值相匹配的最大限度无削顶输出水平。



图表 4 ACF 工作原理示意图

## 9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

ACF ON 模式下的启动时间 (Attack time) 指在突然输入足够大信号而产生输出削顶的条件下, 从 ACF 启动对放大器的增益调整, 直到增益从  $A_{v0}$  衰减至距目标衰减增益 3dB 时的时间间隔; 释放时间 (Release time) 指从产生削顶的输入条件消失, 到增益退出衰减状态恢复到  $A_{v0}$  的时间间隔。CS7209 的最大衰减增益为 16dB。

表格 2 ACF-1 和 ACF-2 模式区别

模式	启动时间	释放时间
ACF-1 (推荐)	50ms	64ms
ACF-2	2.5ms	1200ms

### (二) ACF OFF 模式

在 ACF-Off 模式下, ACF 功能被关闭, CS7209 不对输出削顶条件作检测, 也不对系统增益作自动调整操作, 系统增益保持为  $A_v=A_{v0}=26\text{dB}$  恒定不变。CS7209 可能因输出存在破音失真而音质变坏。

### (三) SD 模式

在关断模式 (低功耗待机) 下, 芯片关闭所有功能并将功耗降低到最小, 输出端为弱低电平状态 (内部通过高阻接地)。

#### ● 咔嗒-噼噗声消除

CS7209 内置控制电路实现了全面的杂音抑制效果, 有效地抑制住了系统在上电、下电、关断及其唤醒操作过程中出现的瞬态咔嗒-噼噗 (Click-Pop) 噪声。

为达到更优异的咔嗒-噼噗声消除效果, 一般情况下, 建议采用  $0.1\mu\text{F}$  或更小的隔直电容  $C_{in}$ 。同时 POP 噪声还可通过下列上电、下电时关断模式的时序控制措施来达到杂声微乎其微的效果:

- 电源上电时, 保持关断模式, 等电源足够稳定后再解除关断模式。
- 电源下电时, 提前设为关断模式。

#### ● 保护功能

CS7209 具有以下几种保护功能: 输出端过流保护、片内过温保护、电源欠压异常保护。

##### ● (1) 过流保护

当检测到一输出端对电源、对地、或对另一输出端短路时, 过流保护启动, 输出端切换至高阻态, 防止芯片烧毁损坏。短路情况消除后, 通过关断、唤醒一次芯片, 或重新上电均能使芯片退出保护模式。

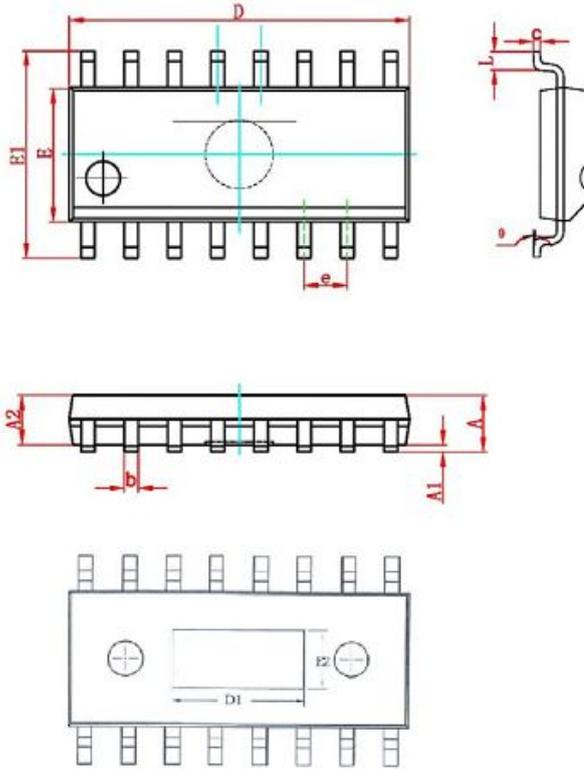
##### (2) 过温保护

当检测到芯片内温度超过  $150^\circ\text{C}$  时, 过温保护启动, 正负输出端切换至弱低电平 (内部通过高阻接地), 防止芯片被热击穿损坏。

##### (3) 欠压保护

当检测到电源端 VDD 低于  $V_{UVLL}$  ( $1.9\text{V}$ ), 启动欠压保护, 输出端为弱低电平状态 (内部通过高阻接地); 当检测到 VDD 高于  $V_{UVLH}$  ( $2.2\text{V}$ ), 保护模式自动解除, 经启动时间  $T_{STUP}$  后进入正常工作状态。

● 封装外形



符号	尺寸 (mm)	
	最小	最大
A	-	1.75
A1	0.05	0.15
A2	1.30	1.50
b	0.39	0.48
c	0.21	0.26
D	9.70	10.10
D1	4.57(REF)	
E	3.70	4.10
E1	5.80	6.20
E2	2.41(REF)	
e	1.27(BSC)	
L	0.50	0.80
$\theta$	0°	8°