

● 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。

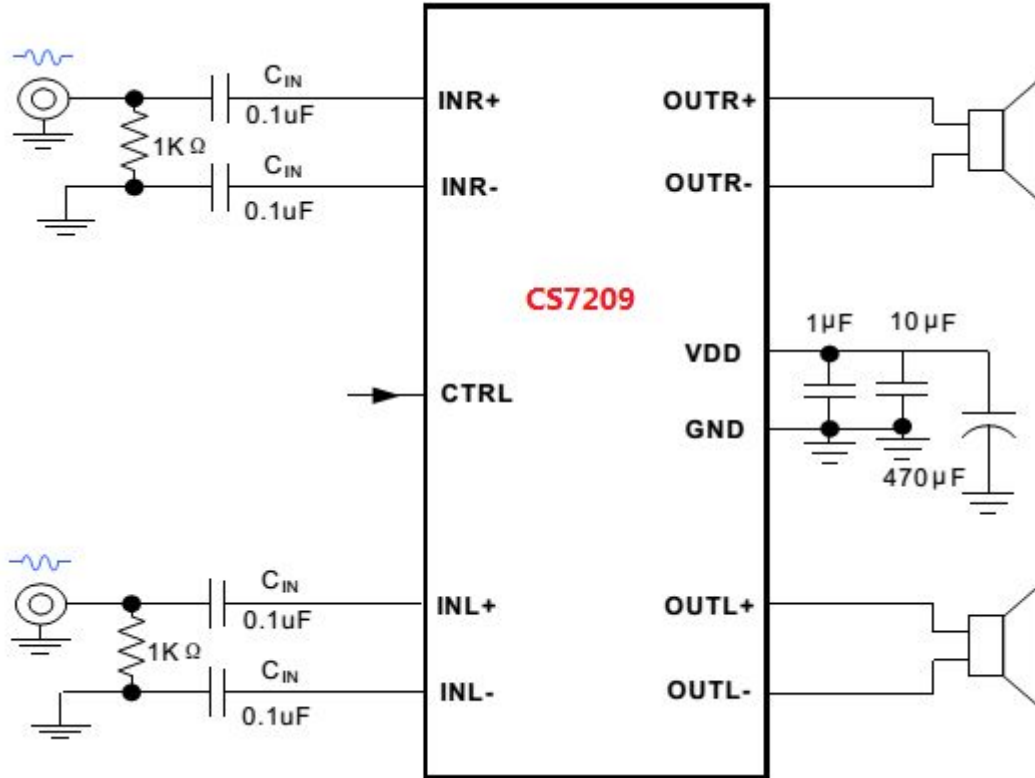
CS7209 内部集成免滤波器数字调制技术, 能够直接驱动扬声器, 并最大程度减小脉冲输出信号的失真和噪音。输出无需滤波网络, 极少的外部元器件节省了系统空间和成本, 是便携式应用的理想选择。此外, CS7209 内置的关断功能使待机电流最小化, 还集成了输出端过流保护、片内过温保护和电源。

● 应用领域

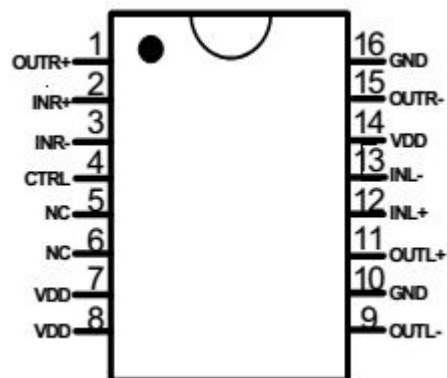
- 蓝牙音箱, 便携式音箱, 2.1 声道小音箱
- 扩音器, 拉杆音箱
- 平板电脑, 笔记本电脑
- 便携式游戏机
- 小尺寸 LCD 电视/监视器
- MP4, 导航仪

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 _{DD}	-0.3	9.0	V
输入信号电压范围 (IN+, IN-)	V _{IN}	V _{SS} -0.6	V _{DD} +0.6	V
输入信号电压范围 (除IN+, IN-外)	V _{IN}	V _{SS} -0.3	V _{DD} +0.3	V
工作环境温度范围	T _A	-40	85	℃
工作结温范围	T _J	-40	150	℃
储存温度	T _{STG}	-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 ^{*2}	V _{DD}		3		8.8	V
工作环境温度	T _a		-40	25	85	℃
扬声器阻抗	R _L			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 _{max}				5	A
ACF Function						
Class D ACF衰减增益	A _a		-16		0	dB
ACF-Off 模式设置阈值	V _{MOD1}		0.75V _{DD}		V _{DD}	V
ACF-1 模式设置阈值	V _{MOD2}		0.45 V _{DD}		0.70 V _{DD}	V
ACF-2 模式设置阈值	V _{MOD3}		0.10 V _{DD}		0.40 V _{DD}	V
SD 关断模式设置阈值	V _{MOD4}		V _{SS}		0.06 V _{DD}	V
CTRL启动电压 ^{*4}	V _{CTRL_ON}		0.8			V
CTRL内部下拉电阻	R _{CTRL}			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	P_o	$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$, THD+N=10%	2×9.5		W
		$R_L = 8\Omega$		2×5.3		
		$R_L = 4\Omega$,	$f = 1kHz$, THD+N=1%	2×7.6		
		$R_L = 8\Omega$		2×4.3		
总谐波失真加噪声	THD+N	$P_o = 0.1W$	$R_L = 4\Omega$, $f = 1kHz$	0.22		%
		$P_o = 1.0W$		0.30		%
		$P_o = 3.0W$		0.30		%
输出噪声	V_N	$f = 20Hz \sim 20kHz$, A加权		160		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$, THD+N = 1%		91		dB
失调电压	V_{OS}			±6.5		mV
通道隔离度	CS	$F = 1kHz$, $P_o = 1W$		-96		dB
效率	η	$R_L = 4\Omega + 22\mu H$, THD+N = 10%		87		%
		$R_L = 8\Omega + 33\mu H$, THD+N = 10%		93		%
静态电流	I_{DD}	No Load	Input Grounded	21		mA
		With Load ⁵		27.5		mA
关断电流	I_{SD}	No Load	CTRL= V_{SS}	1.0		μA
		With Load ⁵		1.0		μA
最大输入信号	V_{IN_max}	$f_{IN} = 1kHz$, THD+N ≤ 10%, ACF-1 ON		1.85		V_{rms}
系统增益	A_{V0}	$R_{IN} = 56 k\Omega$		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	P_o	$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$, THD+N=10%	2×6.75		W
		$R_L = 8\Omega$		2×3.8		
		$R_L = 4\Omega$,	$f = 1kHz$, THD+N=1%	2×5.45		
		$R_L = 8\Omega$		2×3.1		
总谐波失真加噪声	THD+N	$P_o = 0.1W$	$R_L = 4\Omega$, $f = 1kHz$	0.25		%
		$P_o = 1.0W$		0.21		%
		$P_o = 3.0W$		0.30		%
输出噪声	V_N	$f = 20Hz \sim 20kHz$, A加权		150		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$, THD+N = 1%		91		dB
失调电压	V_{OS}			±14		mV
通道隔离度	CS	$f = 1kHz$, $P_o = 1W$		-94		dB
静态电流	I_{DD}	No Load	Input Grounded	15		mA
		With Load ⁵		23		mA
关断电流	I_{SD}	No Load	CTRL= V_{SS}	0.5		μA
		With Load ⁵		0.5		μA
最大输入信号	V_{IN_max}	$f_{IN} = 1kHz$, THD+N ≤ 10%, ACF-1 ON		1.50		V_{rms}
系统增益	A_{V0}	$R_{IN} = 56 k\Omega$		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°C, C_{IN}=0.1uF, 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 =4Ω	f=1kHz, THD+N=10%		2×5.5		W
		R _L =8Ω			2×3.1		
		R _L =4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%		2×4.45		
		R _L =8Ω			2×2.5		
总谐波失真加噪声	THD+N	P _o =0.1W	R _L =4Ω, f=1kHz		0.25		%
		P _o =1.0W			0.20	%	
		P _o =3.0W			0.35	%	
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A加权			150		μV _{rms}
信噪比	SNR	A加权, A _v =26dB, THD+N = 1%			90		dB
失调电压	V _{OS}				±16		mV
通道隔离度	CS	F = 1kHz, P _o = 1W			-90		dB
效率	η	R _L =4Ω+22uH, THD+N = 10%			88		%
		R _L =8Ω+33uH, THD+N = 10%			93		%
静态电流	I _{DD}	No Load	Input Grounded		13		mA
		With Load ^{*5}			21	mA	
关断电流	I _{SD}	No Load	CTRL=V _{SS}		0.5		μA
		With Load ^{*5}			0.5	μA	
最大输入信号	V _{IN_max}	f _{IN} = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON			1.35		V _{rms}
系统增益	A _{V0}	R _N =56 kΩ			25.7		dB

V_{DD} = 5.0V, V_{SS}=0V, A_v=26dB, T_a=25°C, C_{IN}=0.1uF, ACF-Off模式, 除非特殊说明

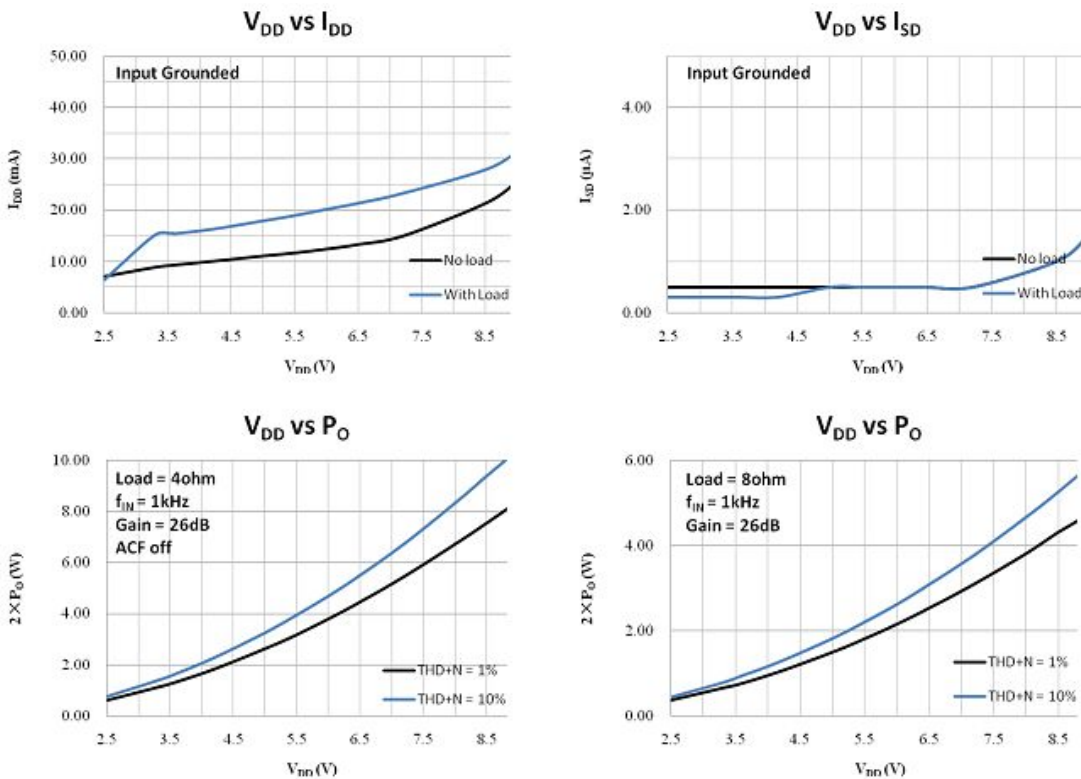
参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	P _o	R _L =4Ω	f=1kHz, THD+N=10%		2×3.25		W
		R _L =8Ω			2×1.8		
		R _L =4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%		2×2.6		
		R _L =8Ω			2×1.5		
总谐波失真加噪声	THD+N	P _o =0.1W	R _L =4Ω, f=1kHz		0.18		%
		P _o =1.0W			0.15	%	
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A加权			150		μV _{rms}
信噪比	SNR	A加权, A _v =26dB, THD+N = 1%			87		dB
失调电压	V _{OS}				±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 ^{*5}			18	mA	
关断电流	I _{SD}	No Load	CTRL=V _{SS}		0.5		μA
		With Load ^{*5}			0.5	μA	
最大输入信号	V _{IN_max}	f _{IN} = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON			1.0		V _{rms}
系统增益	A _{V0}	R _N =56 kΩ			25.7		dB

9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器

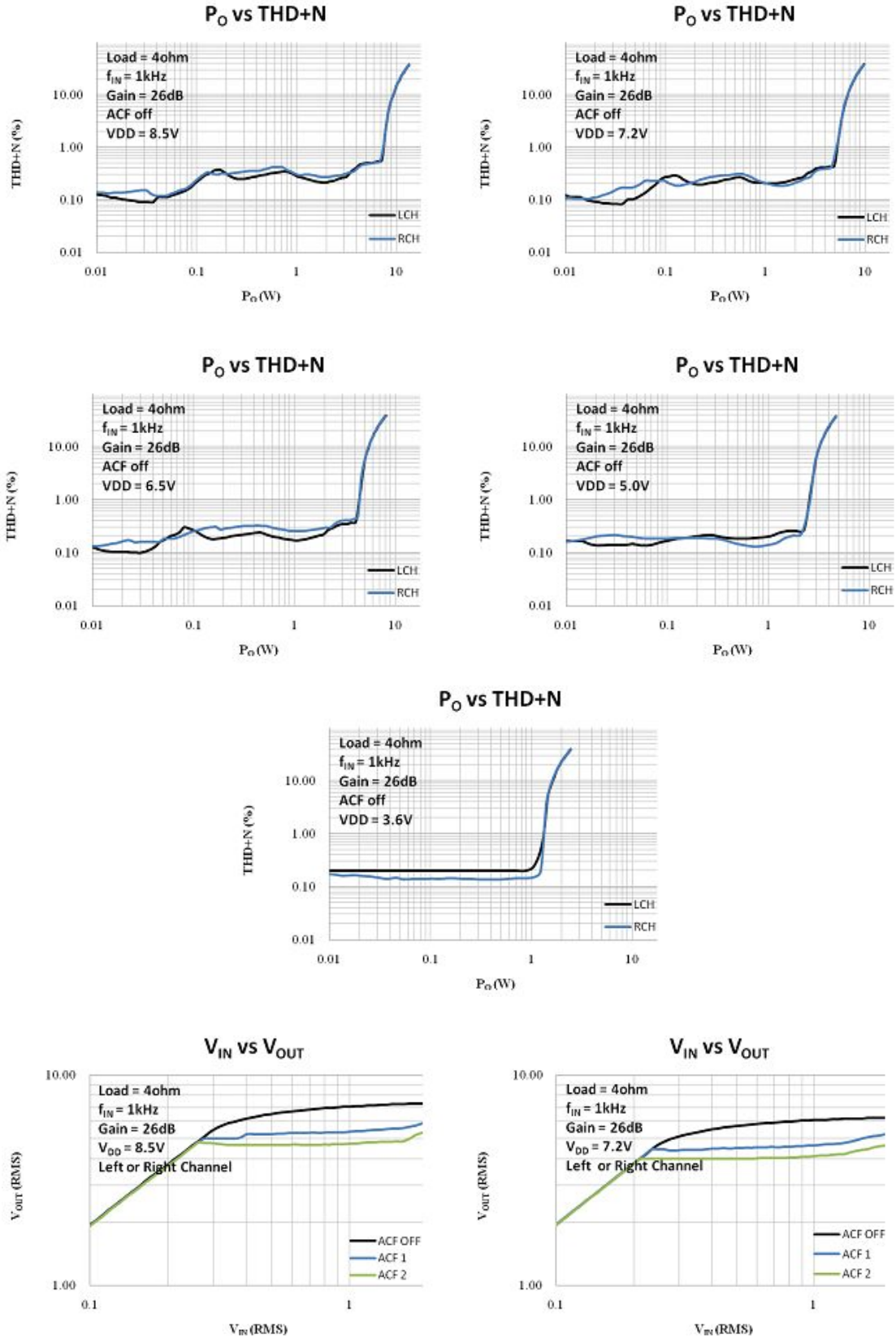
$V_{DD} = 3.6V$, $V_{SS} = 0V$, $A_v = 26dB$, $T_a = 25^\circ C$, $C_{IN} = 0.1\mu F$, ACF-Off模式, 除非特殊说明

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%	2×1.6		W
		$R_L = 8\Omega$				
		$R_L = 4\Omega$	$f = 1kHz$, THD+N=1%	2×1.3		
		$R_L = 8\Omega$				
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		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, $A_v = 26dB$, THD+N = 1%		85		dB
失调电压	V_{OS}			± 13		mV
效率	η	$R_L = 4\Omega + 22\mu H$, 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 ⁵				15.5
关断电流	I_{SD}	No Load	CTRL= V_{SS}			0.5
		With Load ⁵				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

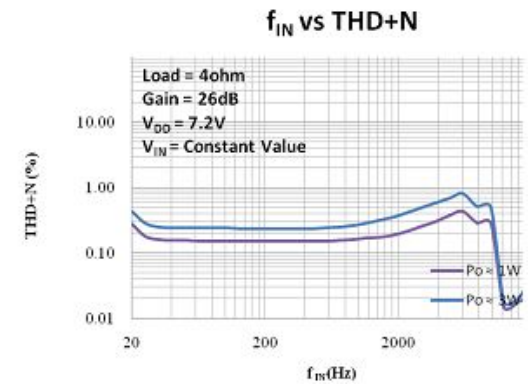
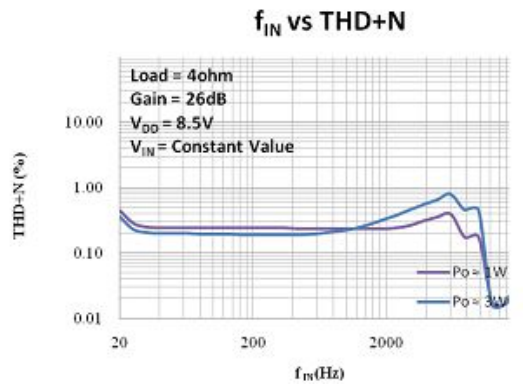
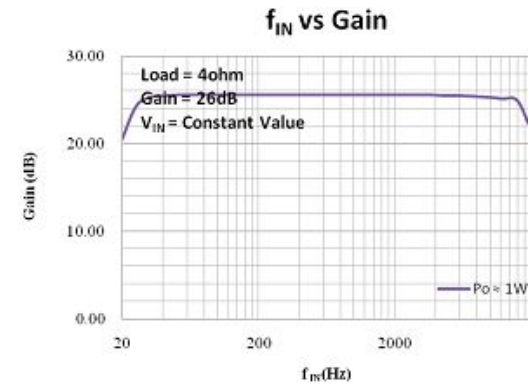
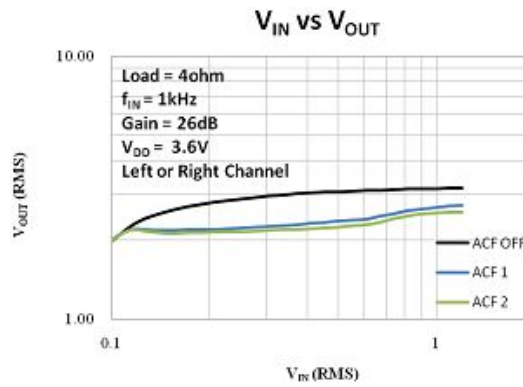
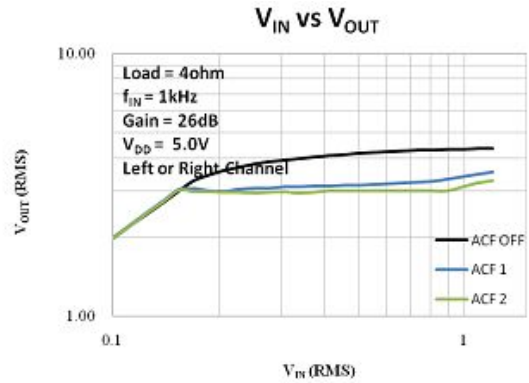
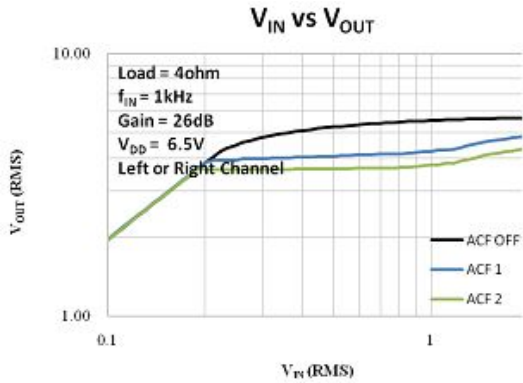
● 特性曲线



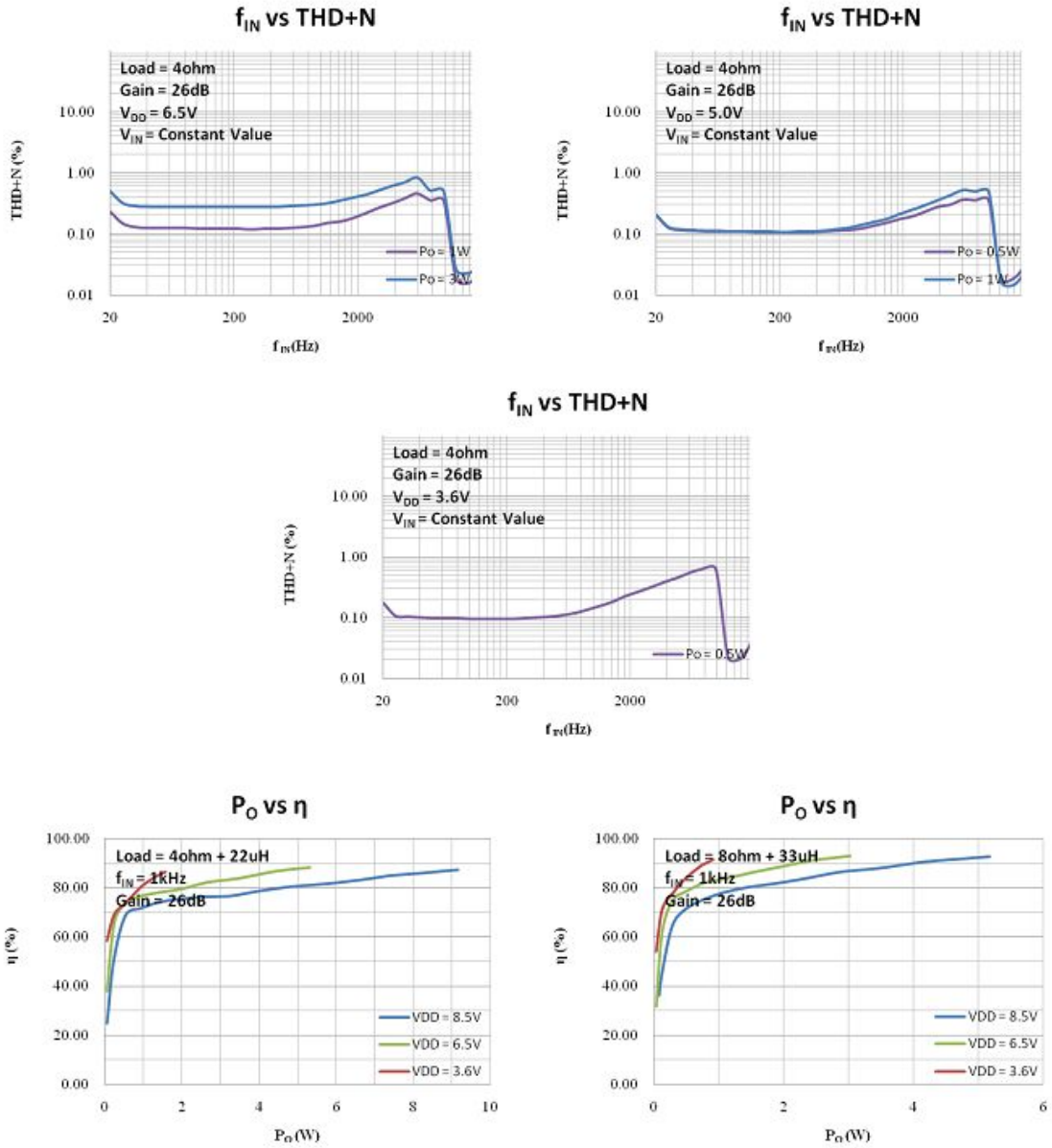
9. 5W 防削顶双声道 D 类音频功率放大器



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



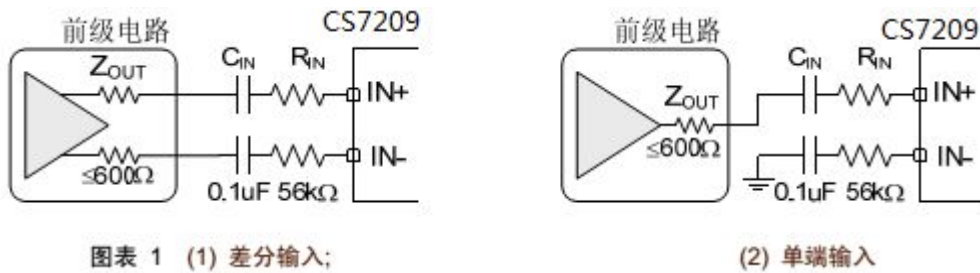
● 功能描述及应用信息

◆ 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 600Ω 。



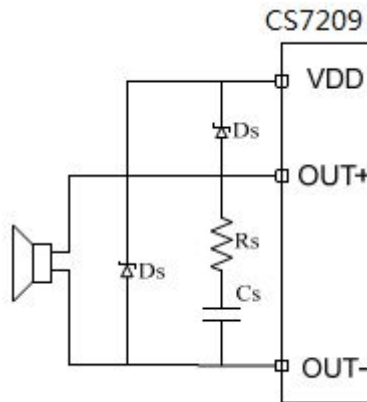
图表 1 (1) 差分输入;

(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

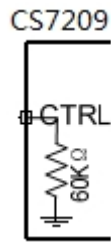
在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 4 种工作模式，即防削顶模式 1 (ACF-1)，防削顶模式 2 (ACF-2)，

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。



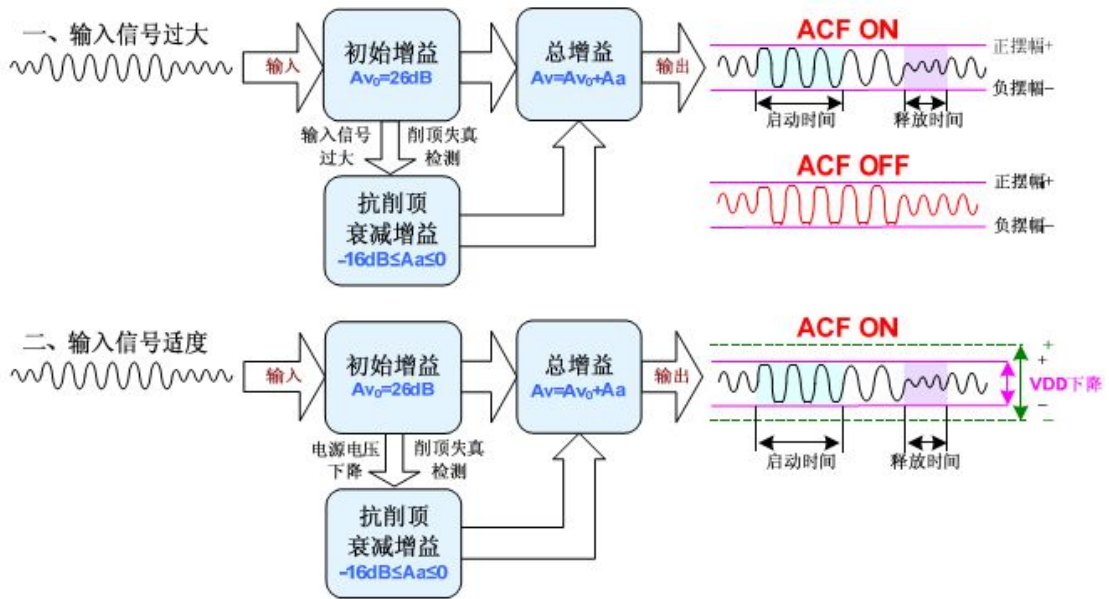
图表 3 CTRL 端内部电阻

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。

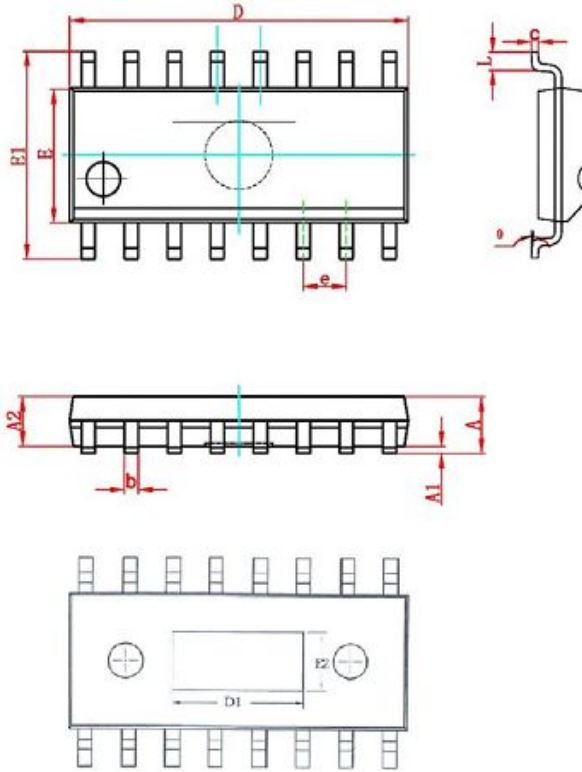
(2) 过温保护

当检测到芯片内温度超过 150°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} (1.9V), 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} (2.2V), 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
θ	0°	8°