

9.5W防削顶双声道D类音频功率放大器

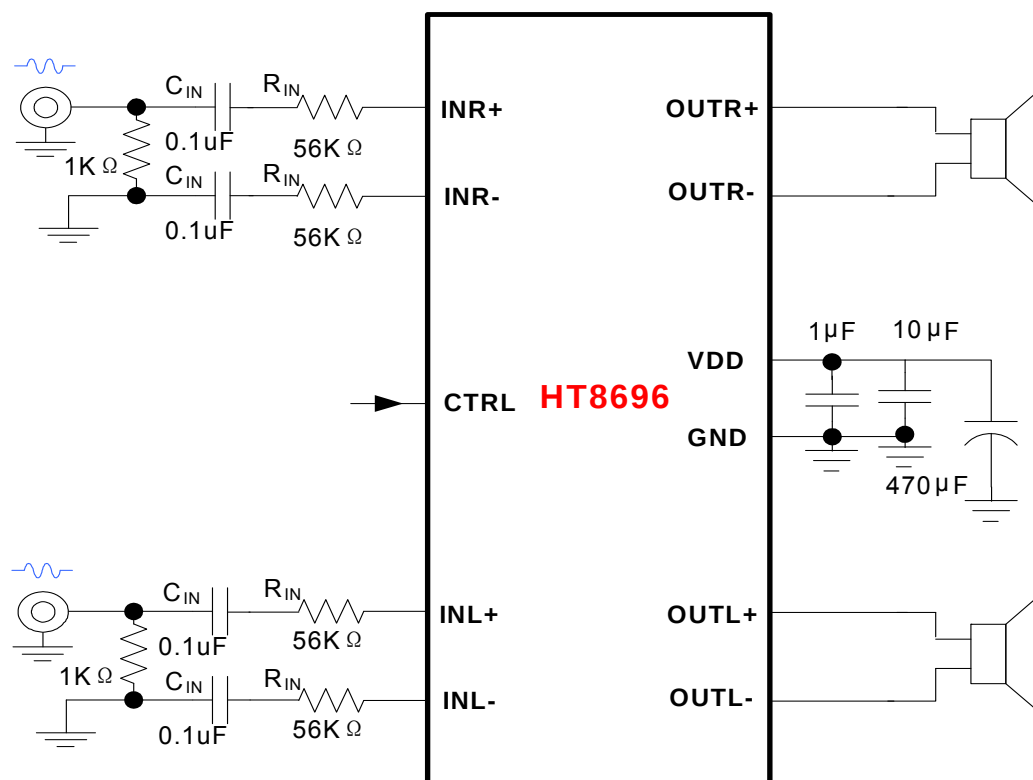
■ 特点

- 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
 $2 \times 9.5W$ ($V_{DD}=8.5V$, $R_L=4\Omega$, $THD+N=10\%$)
 $2 \times 6.7W$ ($V_{DD}=7.2V$, $R_L=4\Omega$, $THD+N=10\%$)
- 过流保护功能
- 过热保护功能
- 欠压异常保护功能
- 无铅无卤封装, SOP16L-PP

■ 应用

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

■ 典型应用图



■ 概述

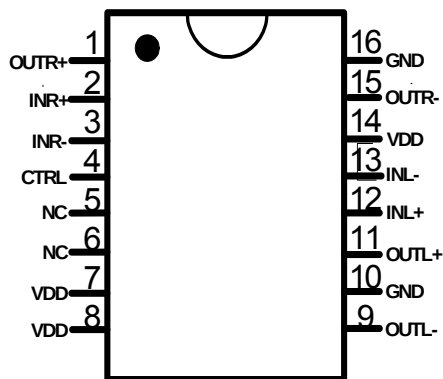
HT8696是一款防削顶失真的, 双声道免滤波D类音频功率放大器。在 $V_{DD}=8.5V$ 、 $THD+N=10\%$ 、 4Ω 负载条件下, 能连续输出 $2 \times 9.5W$ 功率。

HT8696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。

HT8696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, HT8696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欠压异常保护等功能。

■ 引脚信息



SOP16L-PP顶视图

■ 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 I: 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。

■ 订购信息

H T 8 6 9 6 XX

封装形式

产品型号	封装形式	顶面标记	工作温度范围	包装和供货形式
HT8696SP	SOP16L-PP	HT8696SP UVWXYZ ^{*2}	-40℃~85℃ (扩展工业级)	管装 50片/管

注2: WXYZ/UVWXYZ为内部生产跟踪随机编码。

注: 除特殊说明外, 以下页面的数据内容均针对SOP16L-PP封装形式的HT8696型号产品。

■ 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	9.3	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	°C
工作结温范围	T _J	-40	150	°C
储存温度	T _{STG}	-50	150	°C

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V_{DD}/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		9.0	V
工作环境温度	T _a		-40	25	85	°C
扬声器阻抗	R _L			4		Ω

注2: V_{DD}的上升时间应当超过1μs。

● 电气特性^{*3}

V_{SS}=0V, T_a=25°C, C_{IN}=0.1μF, R_{IN} = 56k, 除非特殊说明

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD} 电源的启动阈值	V _{UVLH}			2.3		V
V _{DD} 电源的关断阈值	V _{UVLL}			2.2		V
上电启动时间 (或从关断唤醒时间)	t _{STUP}			280		ms
载波调制频率	f _{PWM}			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		K Ω

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。

$V_{DD} = 8.5V$, $V_{SS} = 0V$, $A_v = 26dB$, $T_a = 25^\circ C$, $C_{IN} = 0.1\mu F$, 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 =4Ω	f=1kHz, THD+N=10%		2×9.5		W
		R _L =8Ω			2×5.3		
		R _L =4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%		2×7.6		
		R _L =8Ω			2×4.3		
总谐波失真加噪声	THD+N	P _O =0.1W	R _L =4Ω, f=1kHz		0.22		%
		P _O =1.0W			0.30		%
		P _O =3.0W			0.30		%
输出噪声	V _N	f=20Hz~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 =4Ω+22uH, THD+N = 10%			87		%
		R _L =8Ω+33uH, 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 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	VN	f=20Hz~20kHz, A加权			150		μVrms
信噪比	SNR	A加权, Av=26dB, THD+N = 1%			91		dB
失调电压	VOs				± 14		mV
通道隔离度	CS	f = 1kHz, Po = 1W			-94		dB
静态电流	IDD	No Load	Input Grounded		15		mA
		With Load ^{*5}			23		mA
关断电流	ISD	No Load	CTRL=Vss		0.5		μA
		With Load ^{*5}			0.5		μA
最大输入信号	VIN_max	fIN = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON			1.50		Vrms
系统增益	Av0	RIN=56 kΩ			25.5		dB

$V_{DD} = 6.5V$, $V_{SS} = 0V$, $A_v = 26dB$, $T_a = 25^\circ C$, $C_{IN} = 0.1\mu F$, 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 =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 _{IN} =56 kΩ			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

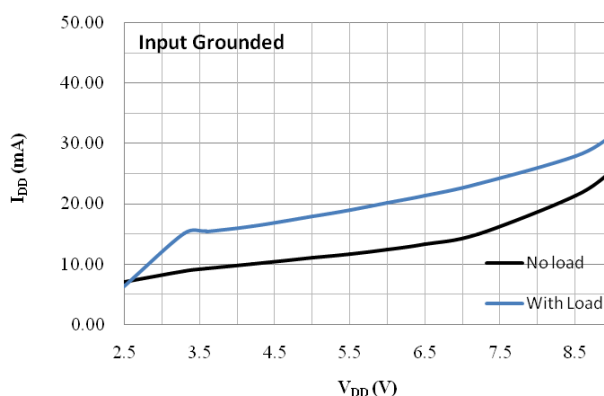
参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	P _O	R _L =4Ω	f=1kHz, THD+N=10%		2×3.25		W
		R _L =8Ω			2×1.8		
		R _L =4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%		2×2.6		
		R _L =8Ω			2×1.5		
总谐波失真加噪声	THD+N	P _O =0.1W	R _L =4Ω, f=1kHz		0.18		%
		P _O =1.0W			0.15		%
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A加权			150		μV _{rms}
信噪比	SNR	A加权, A _v =26dB, THD+N = 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 _{IN} =56 kΩ			25.7		dB

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

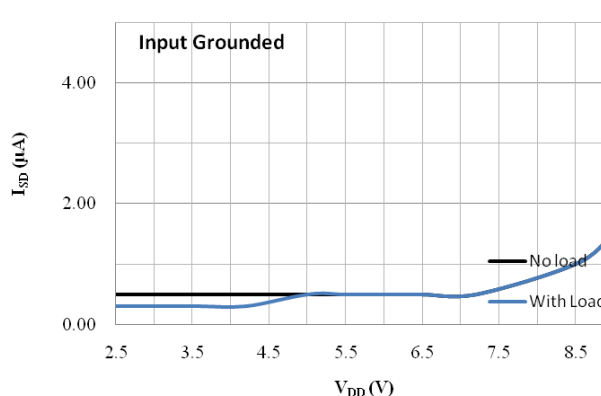
参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	P _O	R _L =4Ω	f=1kHz, THD+N=10%		2×1.6		W
		R _L =8Ω			2×0.95		
		R _L =4Ω,	f=1kHz, THD+N=1%		2×1.3		
		R _L =8Ω			2×0.75		
总谐波失真加噪声	THD+N	P _O =0.1W	R _L =4Ω, f=1kHz		0.15		%
		P _O =1.0W			0.15		%
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A加权			140		μV _{rms}
信噪比	SNR	A加权, A _v =26dB, THD+N = 1%			85		dB
失调电压	V _{OS}				±13		mV
效率	η	R _L =4Ω+22uH, THD+N = 10%			86.5		%
		R _L =8Ω+33uH, THD+N = 10%			91.5		%
静态电流	I _{DD}	No Load	Input Grounded		9		mA
		With Load ^{*5}			15.5		mA
关断电流	I _{SD}	No Load	CTRL=V _{SS}		0.5		μA
		With Load ^{*5}			0.3		μA
最大输入信号	V _{IN_max}	f _{IN} = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON			0.70		V _{rms}
系统增益	A _{v0}	R _{IN} =56 kΩ			25.8		dB

■ 典型特性曲线

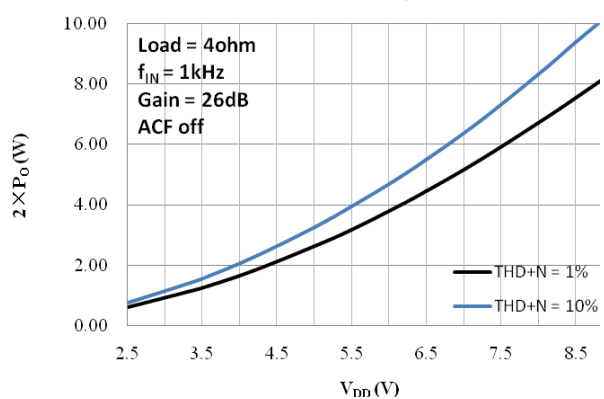
V_{DD} vs I_{DD}



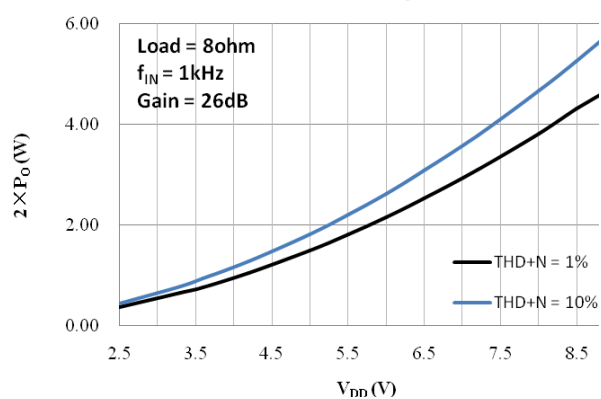
V_{DD} vs I_{SD}



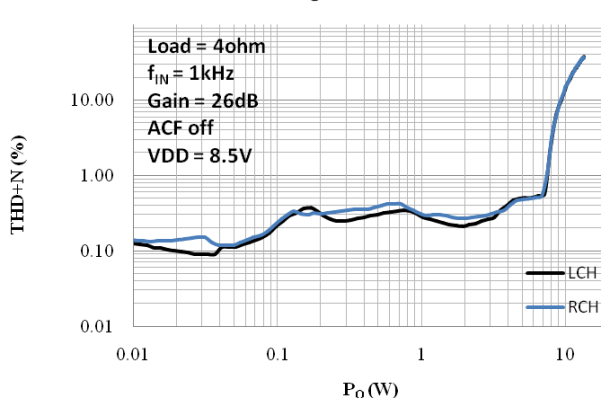
V_{DD} vs P_O



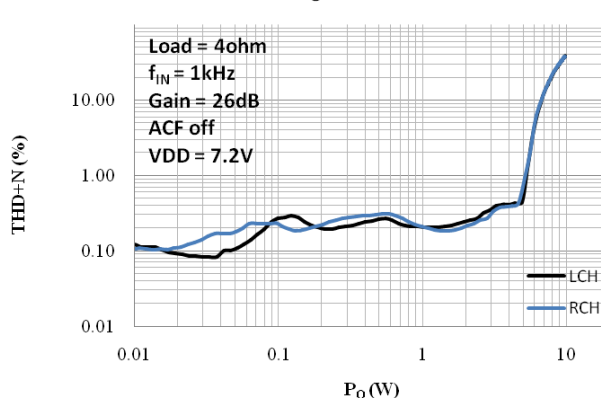
V_{DD} vs P_O

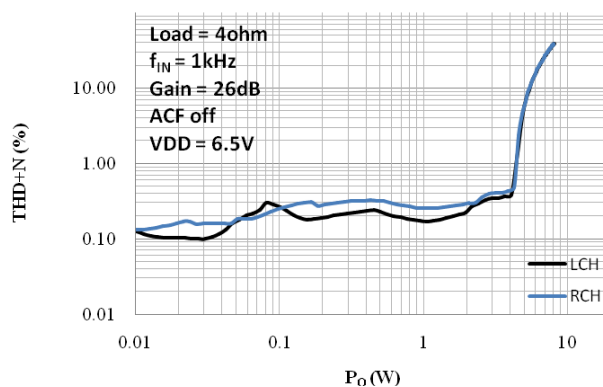
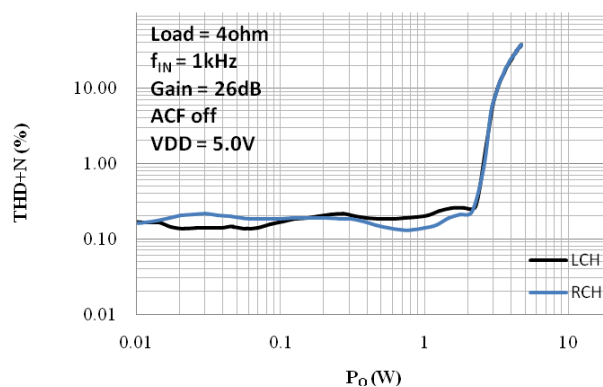
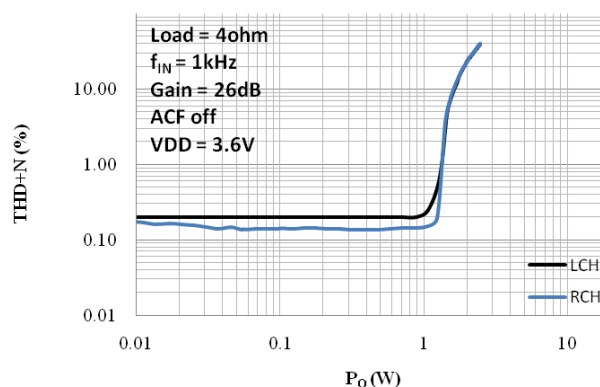
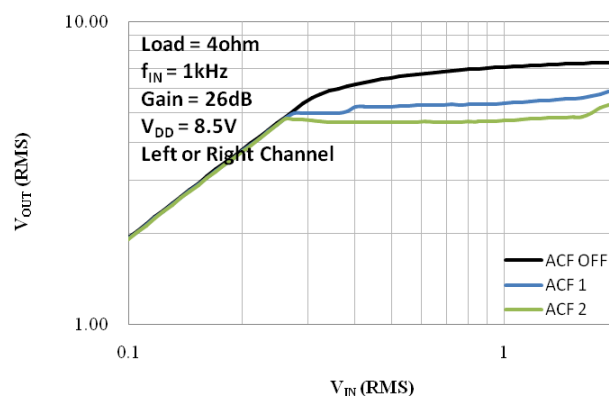
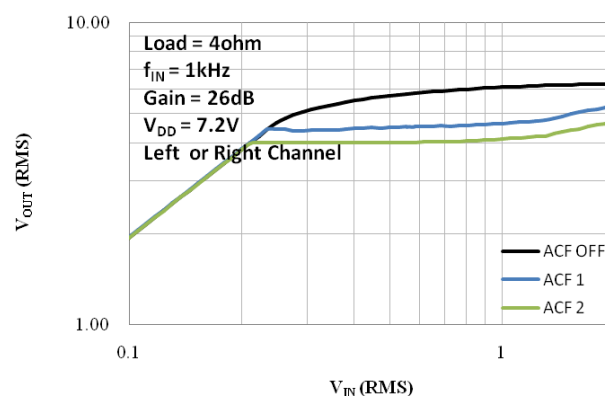
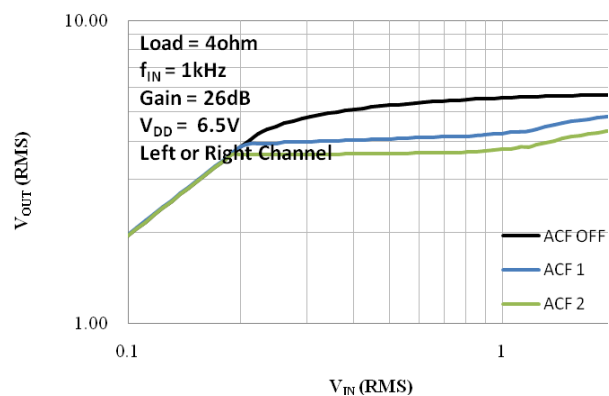
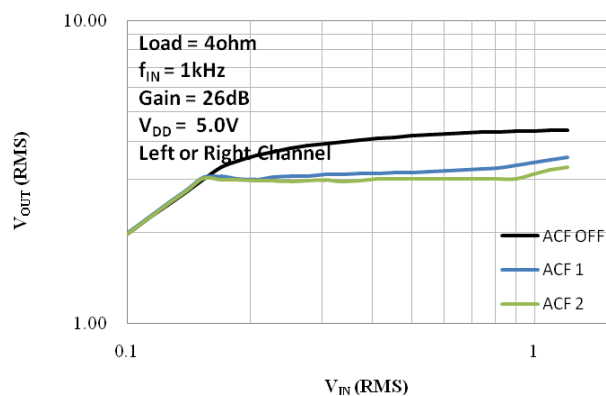


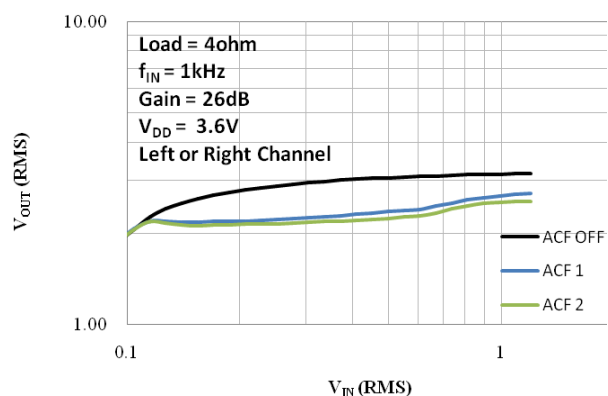
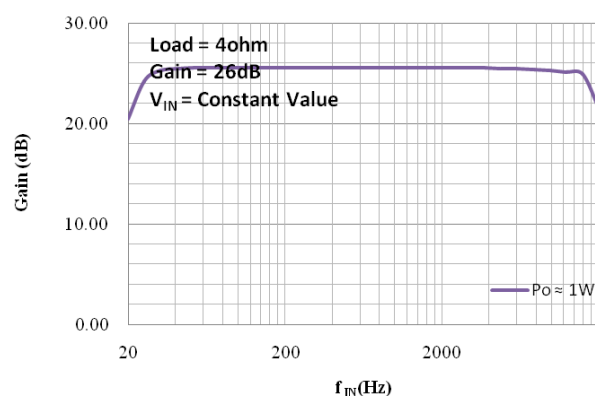
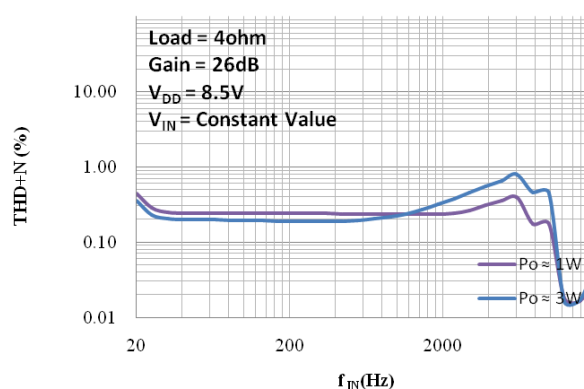
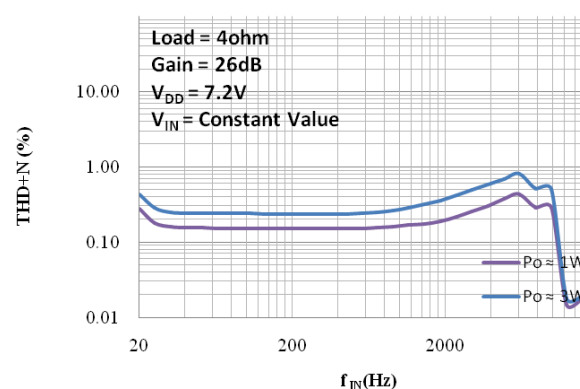
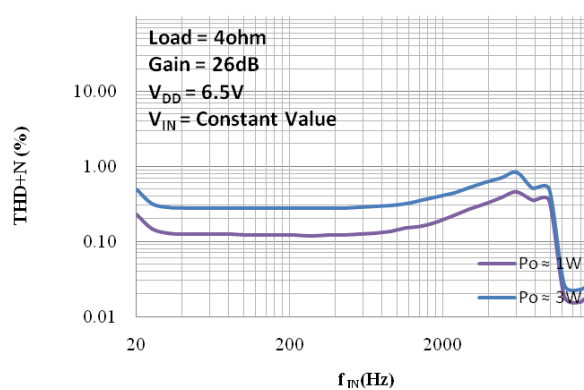
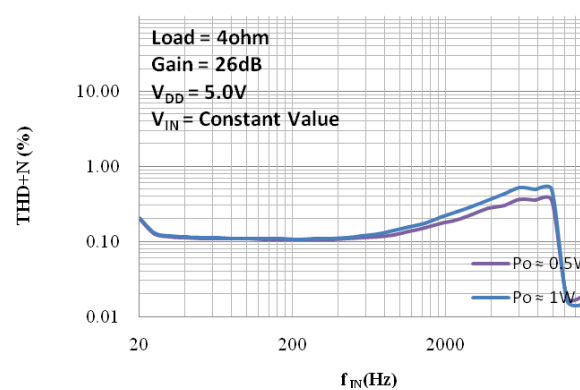
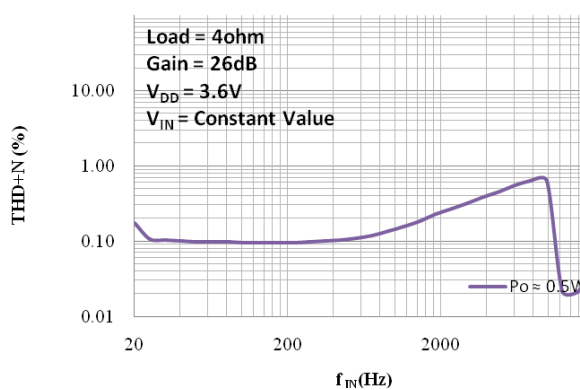
P_O vs THD+N

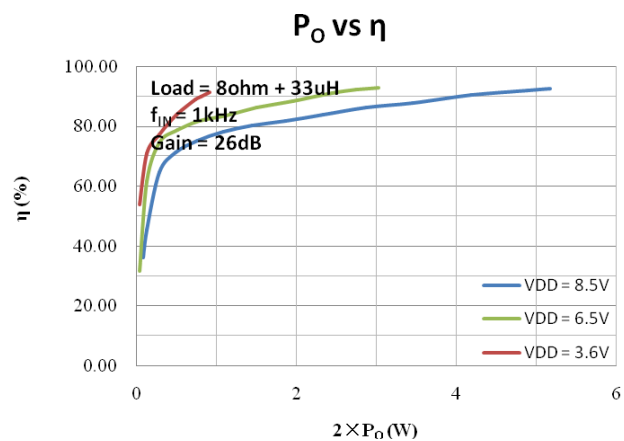
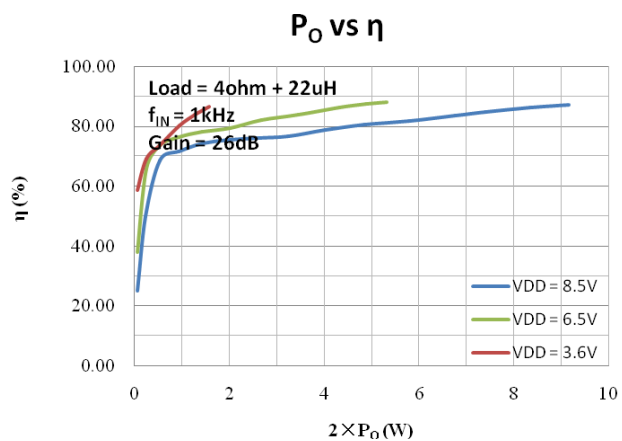


P_O vs THD+N



P_O vs THD+N

 P_O vs THD+N

 P_O vs THD+N

 V_{IN} vs V_{OUT}

 V_{IN} vs V_{OUT}

 V_{IN} vs V_{OUT}

 V_{IN} vs V_{OUT}


V_{IN} vs V_{OUT}

 f_{IN} vs Gain

 f_{IN} vs THD+N

 f_{IN} vs THD+N

 f_{IN} vs THD+N

 f_{IN} vs THD+N

 f_{IN} vs THD+N




■ 功能描述及应用信息

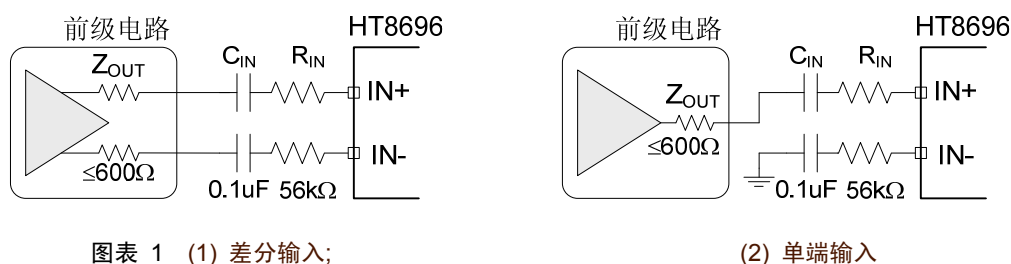
● 输入配置

HT8696 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 。



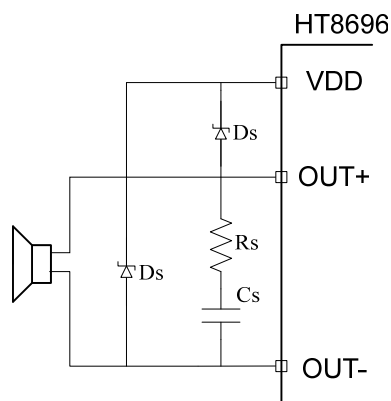
图表 1 (1) 差分输入;

(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 ($I_F = 1A$) $\leq 0.38V$ 。

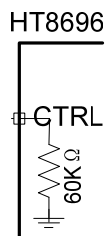
● CTRL 模式设置

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。

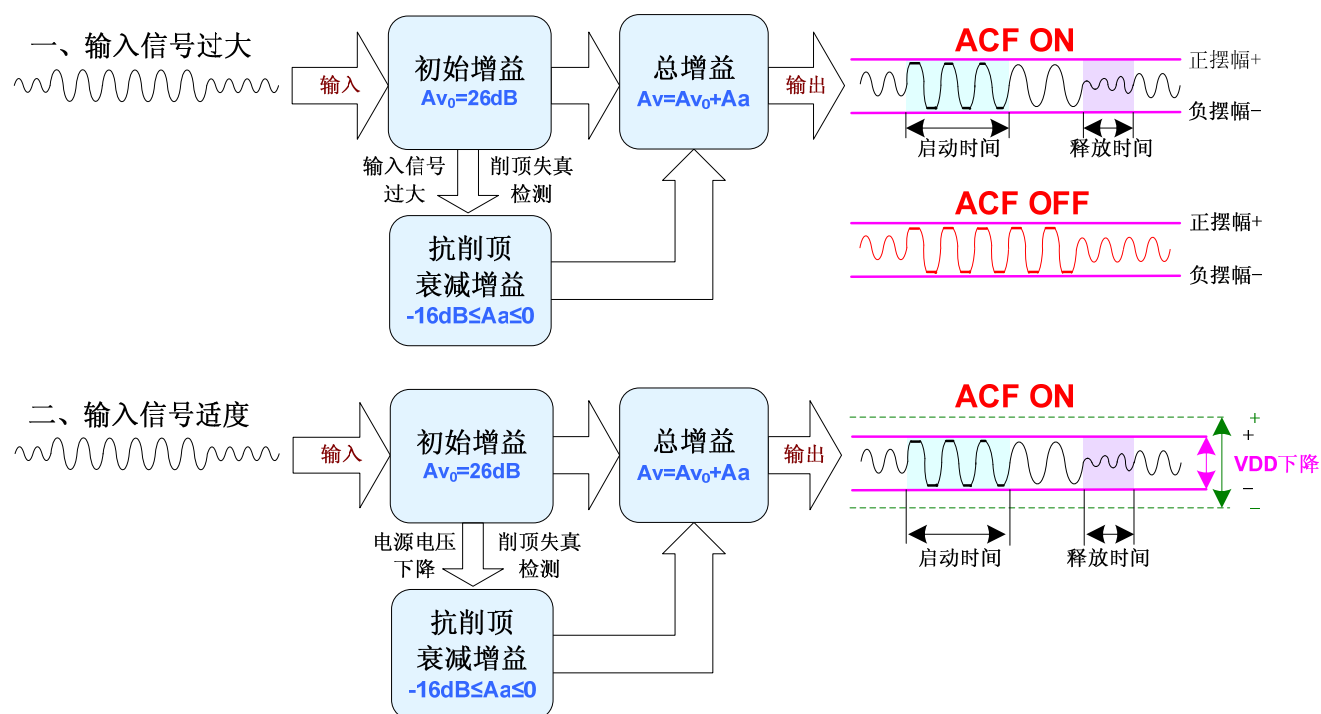


图表 3 CTRL 端内部电阻

● 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，HT8696 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，HT8696 也能自动衰减输出增益，实现与 VDD 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

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。HT8696 的最大衰减增益为 16dB。

ACF-1 和 ACF-2 模式具有不同的启动时间和释放时间（见下表）。

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，HT8696 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。HT8696 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

HT8696 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

HT8696 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。

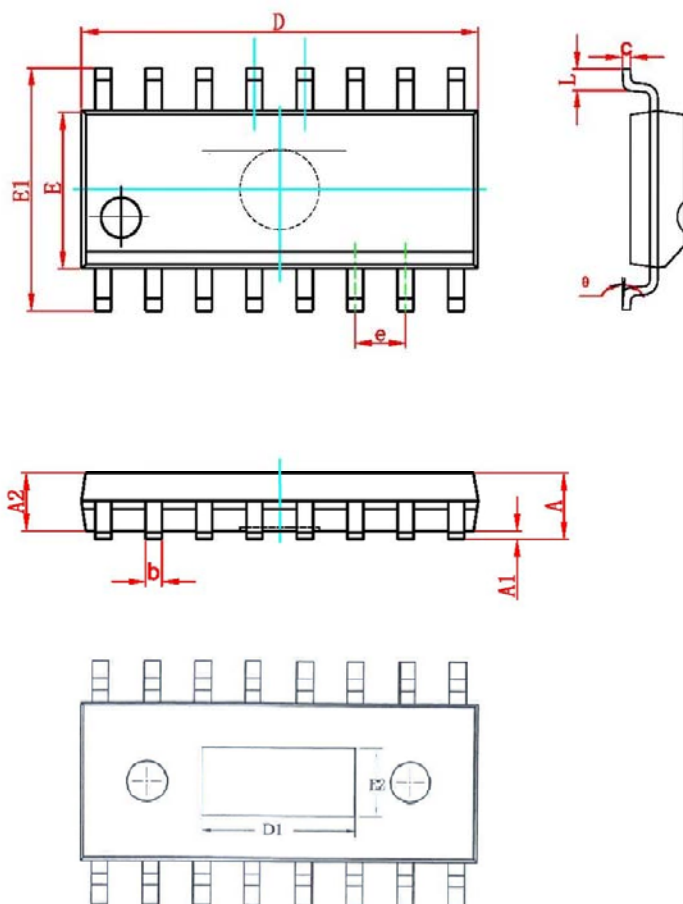
(2) 过温保护

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状态（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°