

4.7W防削顶单声道D类音频功率放大器

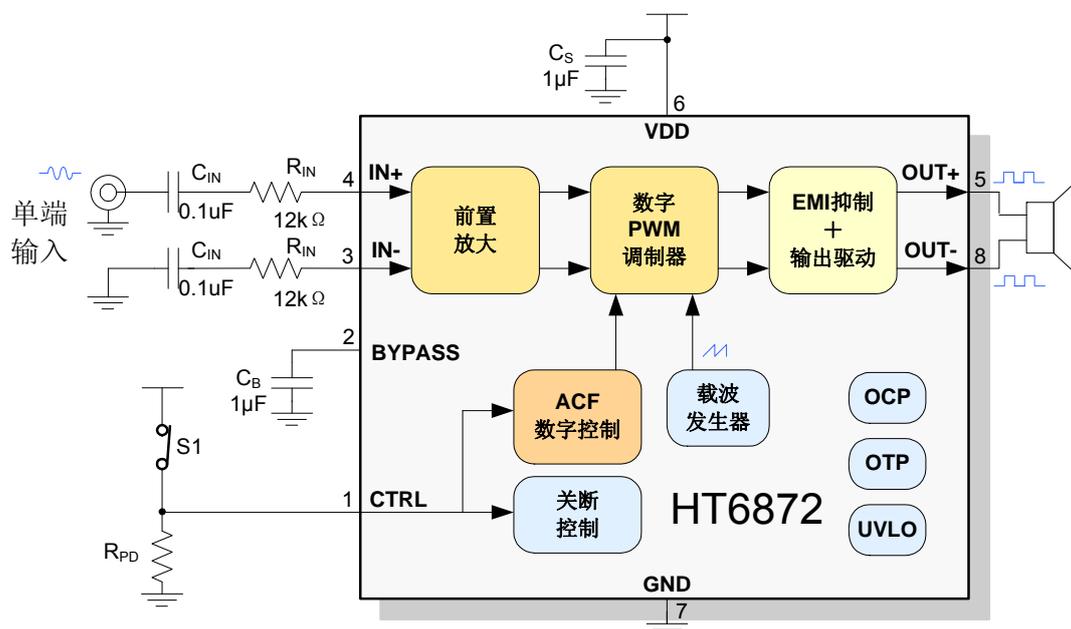
■ 特点

- 防削顶失真功能(Anti-Clipping Function, ACF)
- 优异的全带宽EMI抑制性能
- 免滤波器数字调制, 直接驱动扬声器
- 输出功率
 - 1.40W ($V_{DD}=3.6V, R_L=4\Omega, THD+N=10\%$)
 - 2.80W ($V_{DD}=5.0V, R_L=4\Omega, THD+N=10\%$)
 - 4.70W ($V_{DD}=6.5V, R_L=4\Omega, THD+N=10\%$)
- 高信噪比SNR: 95dB ($V_{DD} = 6.5V, A_v = 24dB, THD+N = 1\%$)
- 低静态电流
 - Input AC Grounded, Without Load
 - 2.65mA ($V_{DD}=3.6V$)
 - 3.25mA ($V_{DD}=5.0V$)
 - 4.00mA ($V_{DD}=6.5V$)
- 低关断电流: $< 1\mu A$ (Input AC Grounded, Without Load)
- 过流保护及自动恢复功能
- 过热保护功能
- 欠压异常保护功能
- 无铅无卤封装, SOP8、SOP8-PP和WLCSP-9

■ 应用

- 便携式音箱
- iphone/ipod/MP3 docking
- PMP/MP4/MP5播放器
- 便携式游戏机
- 掌上电脑PDAs
- USB音箱
- 平板电脑
- 导航仪GPS
- 手机

■ 典型应用图



■ 概述

HT6872是一款低EMI的, 防削顶失真的, 单声道免滤波D类音频功率放大器。在6.5V电源, 10% THD+N, 4Ω负载条件下, 输出4.7W功率, 在各类音频终端应用中维持高效率并提供AB类放大器的性能。

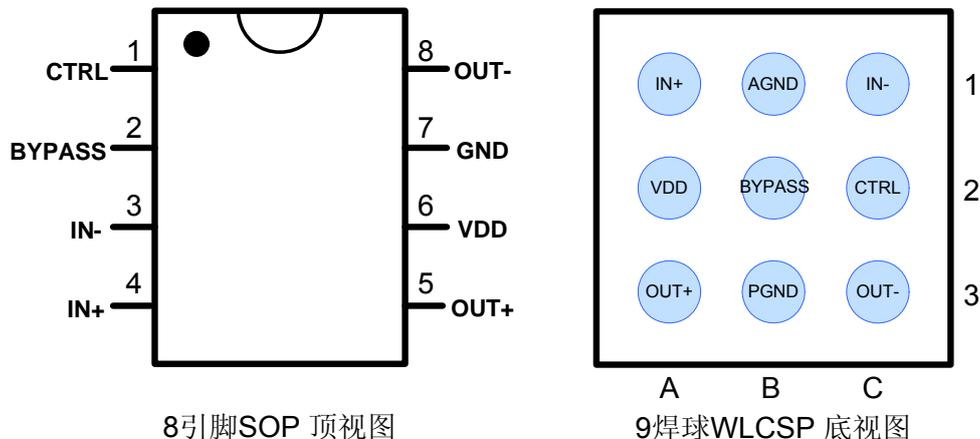
HT6872的最大特点是防削顶失真 (ACF) 输出控制功能, 可检测并抑制由于输入音乐、语音信号幅度过大所引起的输出信号削顶失真 (破音), 也能自适应地防止在电池应用中由电源电压下降所造成的输出削顶, 显著提高音质, 创造非常舒适的听音享受, 并保护扬声器免受过载损坏。同时芯片具有ACF-Off模式。

HT6872具有独有的电磁辐射 (EMI) 抑制技术和优异的全带宽低辐射性能, 辐射水平在不加任何辅助设计时仍远在FCC Part15 Class B 标准之下, 不仅避免了干扰其他敏感电路还降低了系统设计难度。

HT6872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, HT6872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



引脚定义^{*1}

SOP 引脚号	WLCSP 焊球号	引脚名称	I/O	ESD 保护电路	功能
1	C2	CTRL	I	PN	ACF模式和关断模式控制端
2	B2	BYPASS	A	PN	模拟参考电压
3	C1	IN-	A	PN	反相输入端（差分-）
4	A1	IN+	A	PN	同相输入端（差分+）
5	A3	OUT+	O	-	同相输出端（BTL+）
6	A2	VDD	Power	-	电源
7	B1/B3	GND	GND	-	地
8	C3	OUT-	O	-	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。

电气特性

● 极限工作条件^{*2}

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压范围	V _{DD}	-0.3	7.0	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	°C
工作结温范围	T _J	-40	150	°C
储存温度	T _{STG}	-50	150	°C

注2: 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 ^{*3}	V _{DD}		2.5	5	6.5	V
工作环境温度	T _a	t _{SD} (Min.)=50ms	-20	25	85	°C
		t _{SD} (Min.)=80ms	-30			
扬声器阻抗	R _L		2 ^{*4}	4		Ω

注3: VDD的上升时间应当超过1μs。

注4: 扬声器阻抗为2欧姆应选取SOP8-PP封装，增加散热性能，并且不推荐工作在VDD=3.6~5V范围之外。

● 直流特性 (DC)

$V_{SS}=0V, V_{DD}=2.5V\sim 6.5V, T_a=-40^{\circ}C\sim 85^{\circ}C$, 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	V_{UVLH}			2.10		V
VDD电源的关断阈值	V_{UVLL}			1.90		V
ACF 模式的设置阈值电压	V_{MOD1}		1.20		V_{DD}	V
ACF-Off 模式的设置阈值电压	V_{MOD2}		0.40	0.80 ^{*5}	0.90	V
SD 关断模式的设置阈值电压	V_{MOD3}		V_{SS}		0.20	V
静态电流	I_{DD}	$V_{DD}=3.6V, V_{in}=0V,$ No load		2.65		mA
		$V_{DD}=5.0V, V_{in}=0V,$ No load		3.25		
		$V_{DD}=6.5V, V_{in}=0V,$ No load		4.00		
关断电流	I_{SD}	$CTRL=V_{SS}, T_a=25^{\circ}C$		0.01	1	μA
BYPASS端电压值	V_{BYPASS}			$V_{DD}/2$		V

注5: HT6872启动时CTRL端电压须大于0.80V。

● 模拟特性^{*6}

$V_{SS}=0V, V_{DD}=5V, A_v=23.5dB, T_a=25^{\circ}C, C_{IN}=1\mu F, R_{IN}=12k\Omega, ACF-Off$ 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	$R_L=4\Omega, V_{DD}=3.6V$	$f=1kHz,$ $THD+N=1\%$	1.10		W
		$R_L=4\Omega, V_{DD}=5.0V$		2.30		
		$R_L=8\Omega, V_{DD}=3.6V$		0.70		
		$R_L=8\Omega, V_{DD}=5.0V$		1.40		
		$R_L=4\Omega, V_{DD}=3.6V$	$f=1kHz,$ $THD+N=10\%$	1.40		
		$R_L=4\Omega, V_{DD}=5.0V$		2.80		
		$R_L=8\Omega, V_{DD}=3.6V$		0.85		
		$R_L=8\Omega, V_{DD}=5.0V$		1.70		
总谐波失真加噪声	THD+N	$R_L=4\Omega, P_o=1W, f=1kHz$		0.08		%
输出噪声	V_N	$f=20Hz\sim 20kHz, A$ 加权, $A_v=23.5dB$		85		μV_{rms}
信噪比	SNR	A 加权, $A_v=23.5dB, THD+N=1\%$		91		dB
电源抑制比	PSRR	$f=1kHz$		-70		dB
效率	η	$R_L=4\Omega+22\mu H, THD+N=1\%$		80		%
		$R_L=8\Omega+33\mu H, THD+N=1\%$		90		%
输出失调电压	V_{OS}			± 6		mV
系统增益	A_{v0}	$R_{IN}=12k\Omega$		23.5		dB
ACF衰减增益	A_a		-10		0	dB

$V_{SS}=0V, V_{DD}=6.5V, A_v=23.5dB, T_a=25^{\circ}C, C_{IN}=1.0\mu F, R_{IN}=12k\Omega$, 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=1%	3.80		W
		$R_L=8\Omega$		2.40		
		$R_L=4\Omega$	f=1kHz, THD+N=10%	4.70		
		$R_L=8\Omega$		2.90		
总谐波失真加噪声	THD+N	$R_L=4\Omega, P_o=1W, f=1kHz$		0.10		%
输出噪声	V_N	f=20Hz~20kHz, A加权, $A_v=23.5dB$		83		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, $A_v=23.5dB, THD+N=1\%$		95		dB
电源抑制比	PSRR	f=1kHz		-70		dB
效率	η	$R_L=4\Omega+22\mu H, THD+N=1\%$		81		%
		$R_L=8\Omega+33\mu H, THD+N=1\%$		91		%
输出失调电压	V_{OS}			± 7.5		mV
系统增益	A_{V0}	$R_{IN}=12k\Omega$		23.5		dB
ACF衰减增益	Aa		-10		0	dB

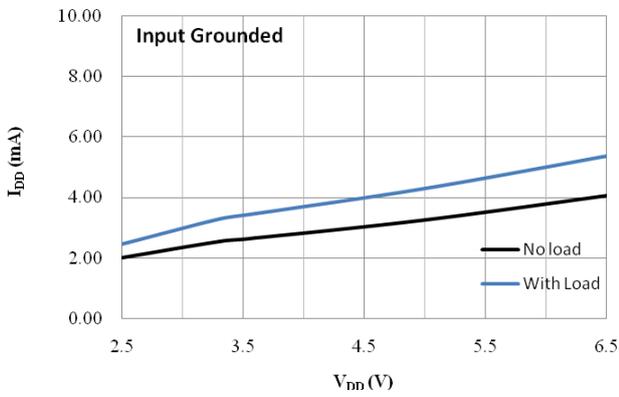
注6: 以上模拟特性随所选元件和PCB布局而有所变化。

● 交流特性 (AC)
 $V_{SS}=0V, V_{DD}=2.5$ to $6.5V, T_a=-30^{\circ}C\sim 85^{\circ}C$, 除非特殊说明.

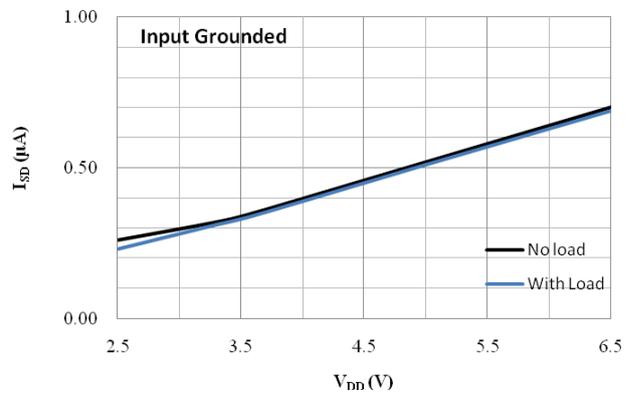
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
上电启动时间 (或从关断唤醒时间)	t_{STUP}			90		ms
ACF 启动时间	t_{AT1}	$V_{DD}=3.6V, g=10dB$		72		ms
ACF 释放时间	t_{RL1}	$V_{DD}=3.6V, g=10dB$		720		ms
唤醒模式设置时间	t_{WK}		35			ms
关断设置时间	t_{SD}	$T_a(\text{Min.})=-20^{\circ}C$	50			ms
		$T_a(\text{Min.})=-30^{\circ}C$	80			
各模式设置时间 (除关断外)	t_{MOD}		0.1			ms
载波调制频率	fPWM			488		KHz

■ 典型特性曲线

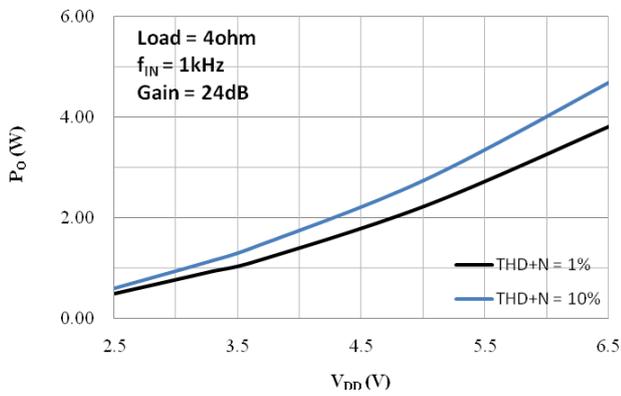
V_{DD} vs I_{DD}



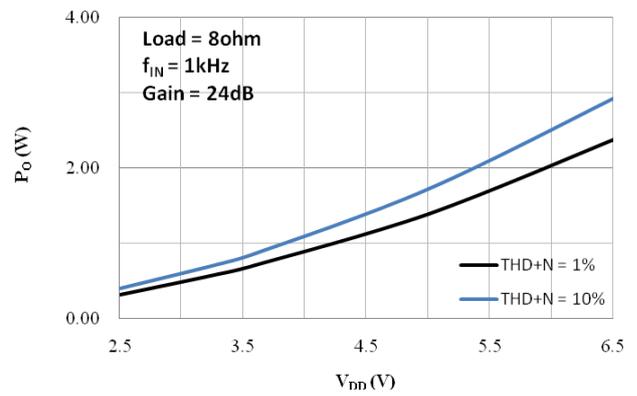
V_{DD} vs I_{SD}



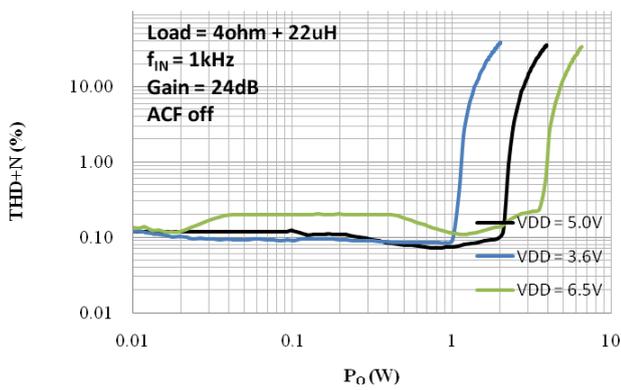
V_{DD} vs P_O



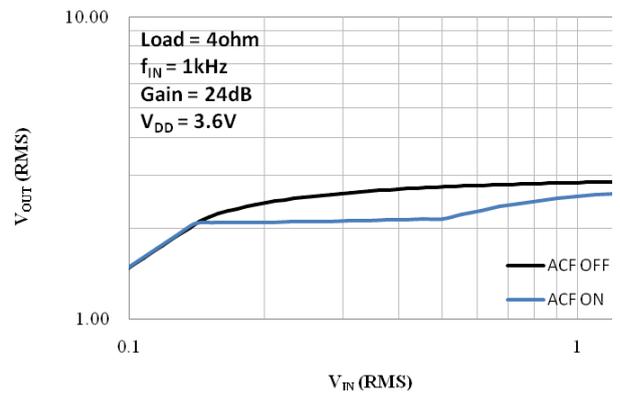
V_{DD} vs P_O

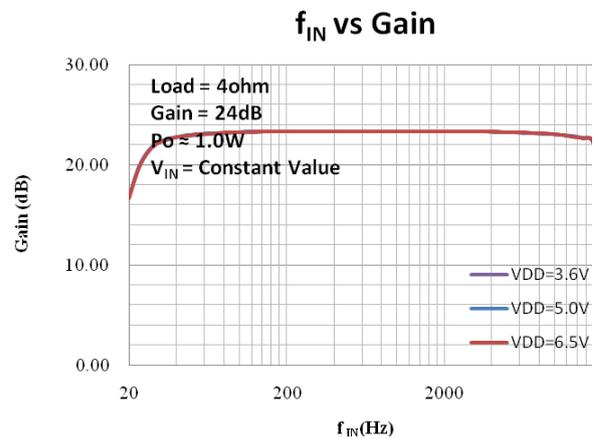
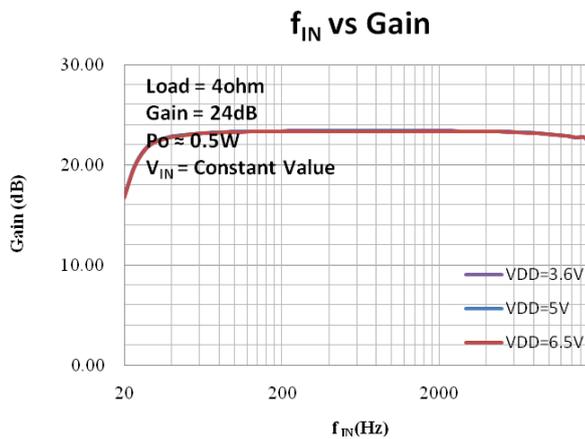
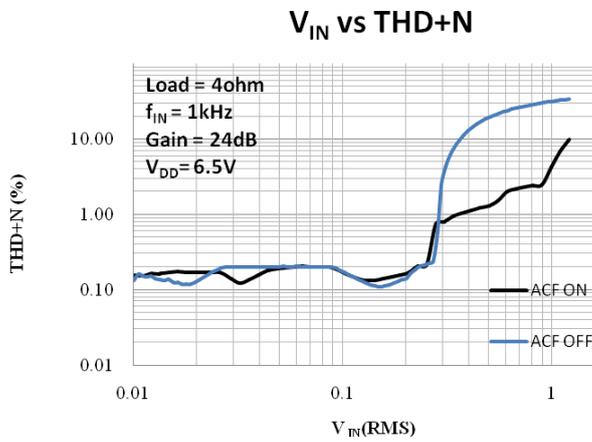
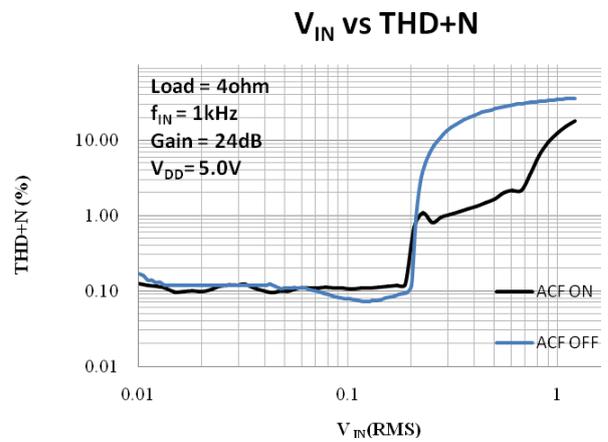
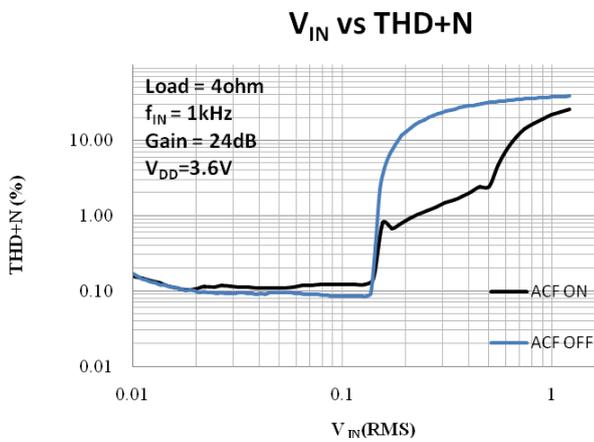
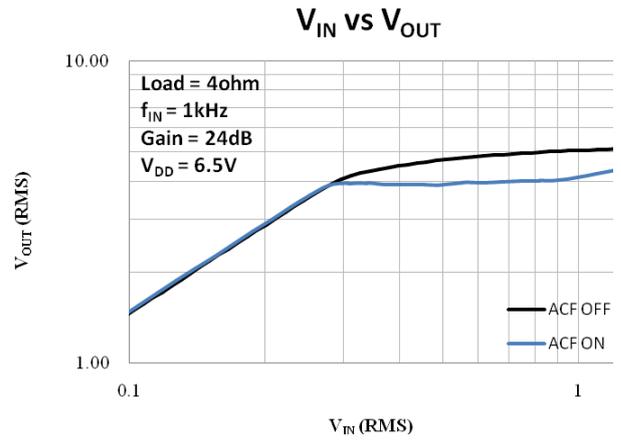
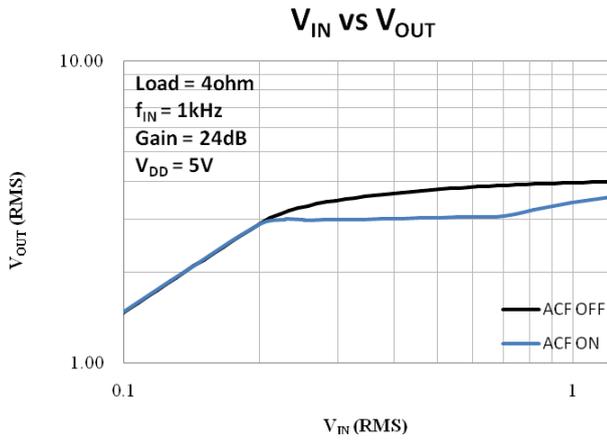


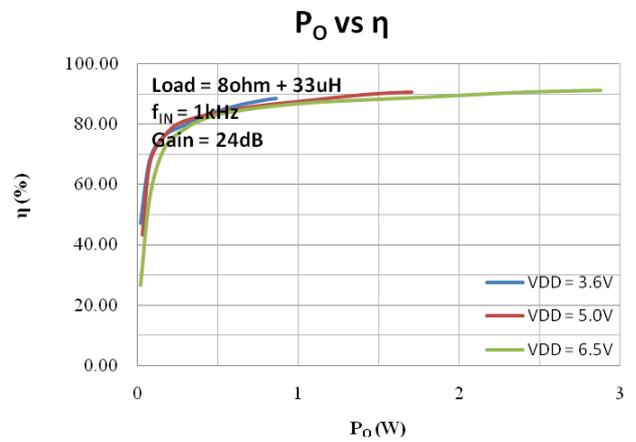
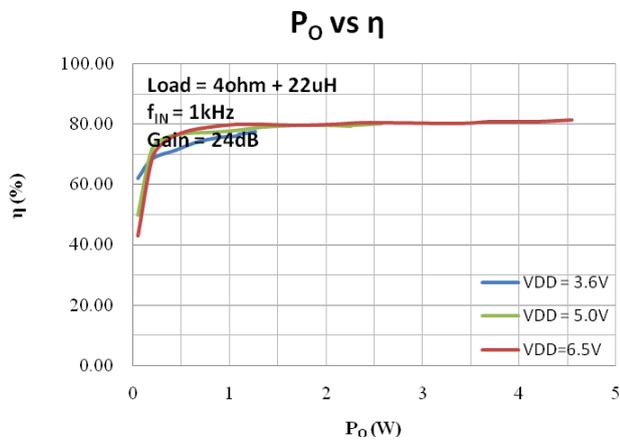
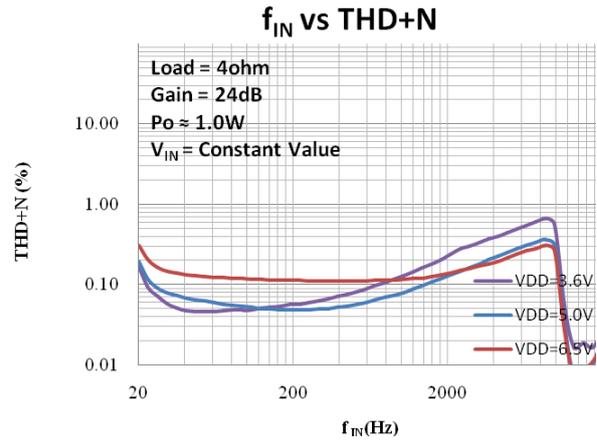
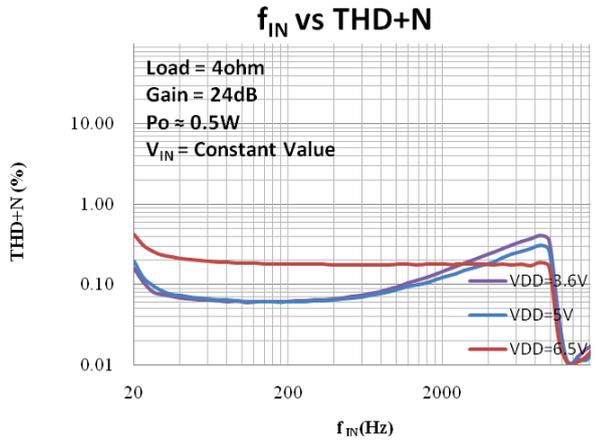
P_O vs THD+N



V_{IN} vs V_{OUT}







■ 功能描述及应用信息

● 输入配置

HT6872 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 $A_v = 200/R_{IN}$ ，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。

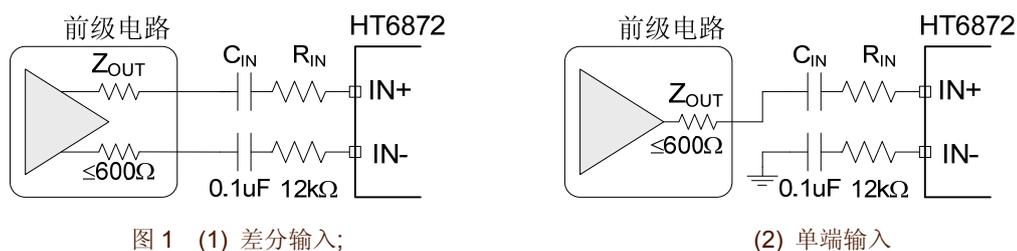


图 1 (1) 差分输入;

(2) 单端输入

● CTRL 模式设置

在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 3 种工作模式，即防削顶模式 (ACF)，防削顶功能关闭模式 (ACF-Off) 和芯片关断模式 (SD)，详见下表。

表 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 模式的设置阈值电压	V_{MOD1}	1.20		V_{DD}	V
ACF-Off 模式的设置阈值电压	V_{MOD2}	0.40	0.80	0.90	V
SD 模式的设置阈值电压	V_{MOD3}	V_{SS}		0.20	V

应用时，可通过以下两种方式来设置预置模式：

(1) 外部微控制器设置方式

通过外部微控制器的逻辑控制端 CTRL 来控制实现 ACF 和 SD 模式，见下图。根据 V_{MOD1} 、 V_{MOD2} 和 V_{MOD3} 阈值来设置 CTRL 端电压，为消除噪声建议采用时间常数不小于 1ms 的 RC 滤波器（例如 $R_{CTRL} = 10k\Omega$ ， $C_{CTRL} = 0.1\mu F$ ）。

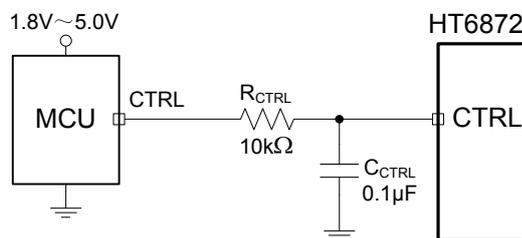


图2 微控制器单端控制CTRL

(2) 外部开关按钮变换模式

(一) 精简应用电路 (ACF)

图 3 是 ACF 和 SD 固定模式应用图，开关 S1 闭合时处于 ACF-1 模式，打开后则进入 SD 关断模式。

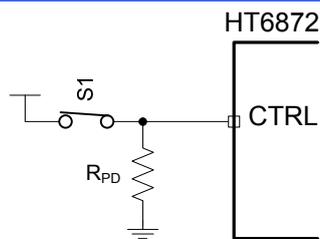


图 3 ACF-1 模式实现

若不需 SD 低功耗应用，可去掉开关 S1 和下拉电阻 R_{PD}，直接将 CTRL 脚接电源 VDD 即可。

(二) 精简应用电路 (ACF-off)

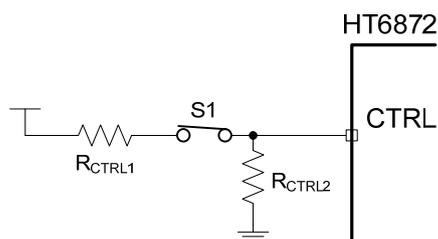


图4 ACF-Off 模式精简电路

表 2 ACF-Off 精简电路电阻取值

电源电压VDD	3.3V~5.5V	6.5V
R _{CTRL1}	200kΩ	200kΩ
R _{CTRL2}	39kΩ	30kΩ

● CTRL模式功能描述

(一) ACF ON 模式

在 ACF 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，HT6872 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，HT6872 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。

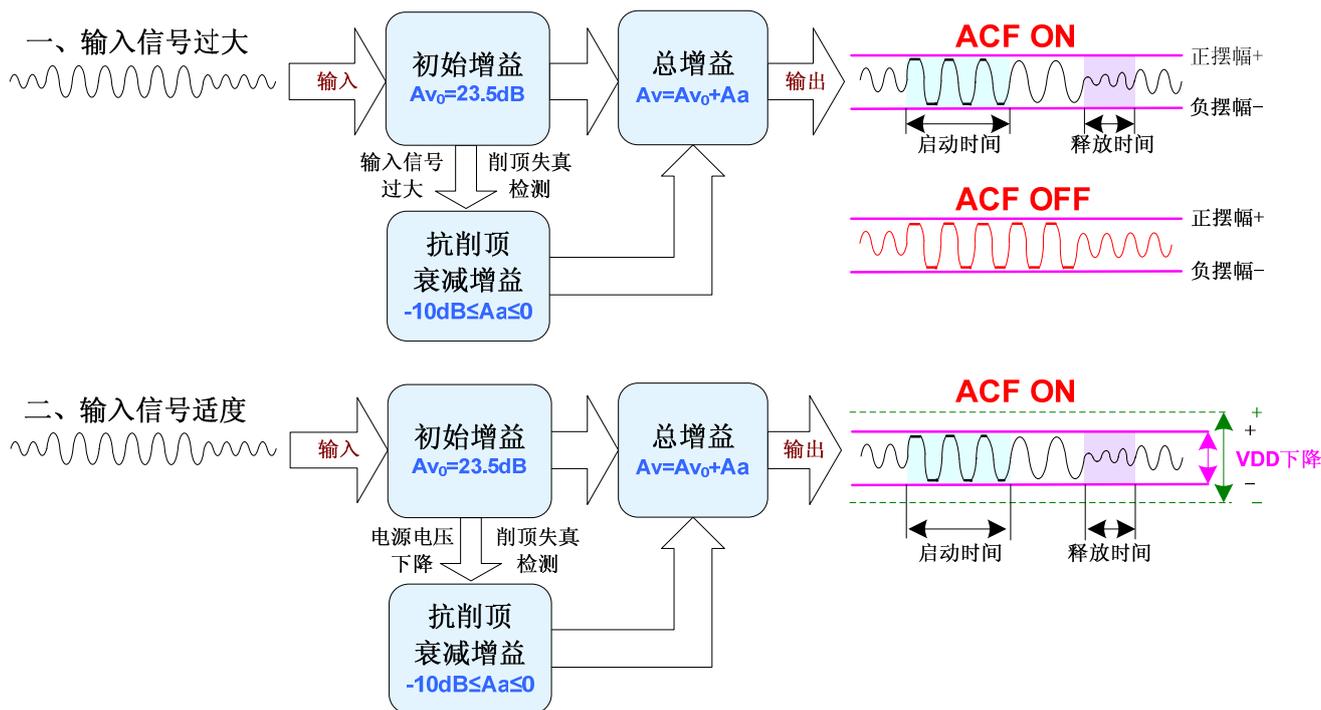


图 5 ACF 工作原理示意图

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。HT6872 的最大衰减增益为 10dB。

ACF 模式启动时间和释放时间（见下表）。

表 3 ACF 模式启动时间和释放时间

模式	启动时间	释放时间
ACF	72ms	720ms

(二) ACF OFF 模式

在 ACF-Off 模式下，ACF 功能被关闭，HT6872 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 $A_v=A_{v0}=23.5\text{dB}$ 恒定不变。HT6872 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）。

● 咔嚓-噼噼声消除

HT6872 内置控制电路实现了独创的杂音抑制效果，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嚓-噼噼（Click-Pop）噪声。

为达到更优异的咔嚓-噼噼声消除效果，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

HT6872 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，可自动恢复正常工作。

(2) 过温保护

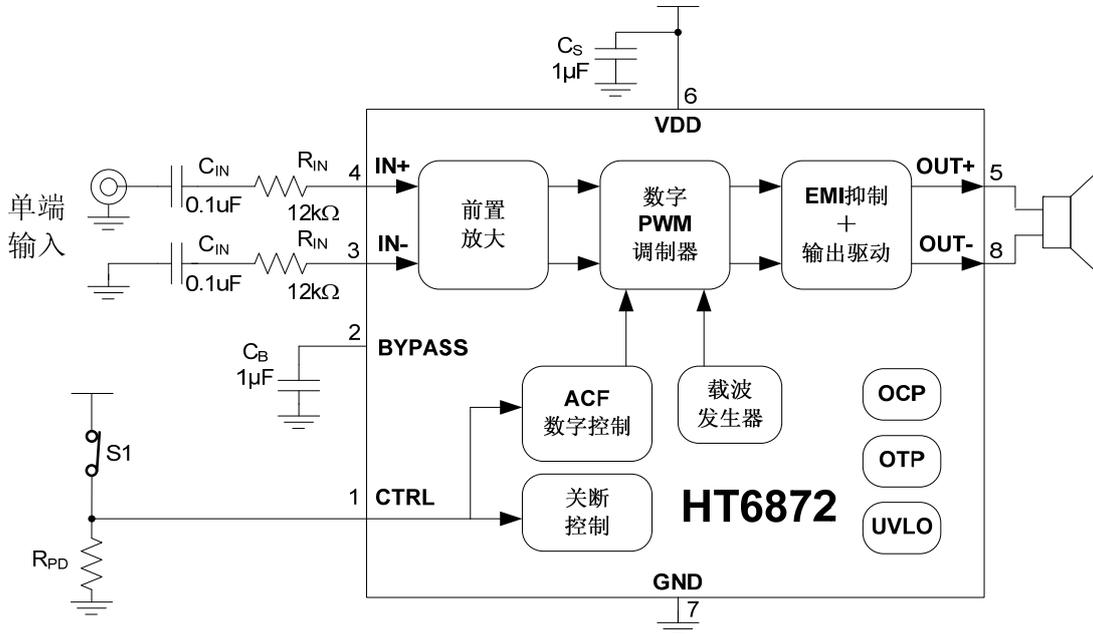
当检测到芯片内温度超过 150°C 时，过温保护启动，正负输出端切换至弱低电平状态（内部通过高阻接地），防止芯片被热击穿损坏。

(3) 欠压保护

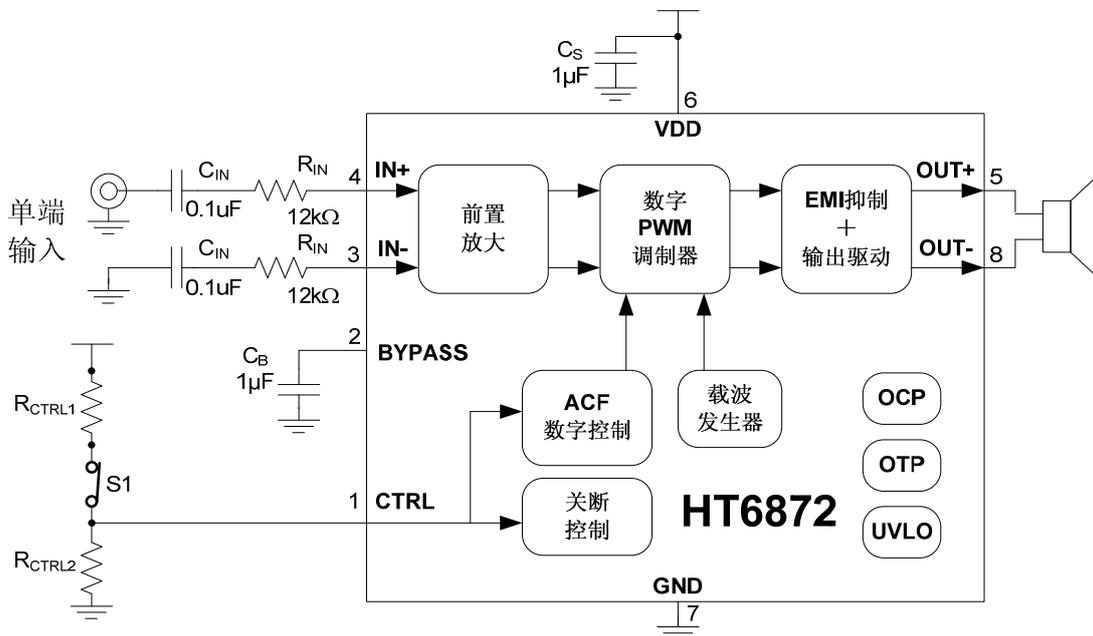
当检测到电源端 VDD 低于 V_{UVLL} (1.9V)，启动欠压保护，输出端为弱低电平状态（内部通过高阻接地）；当检测到 VDD 高于 V_{UVLH} (2.1V)，保护模式自动解除，经启动时间 T_{STUP} 后进入正常工作状态。

■ 应用电路举例

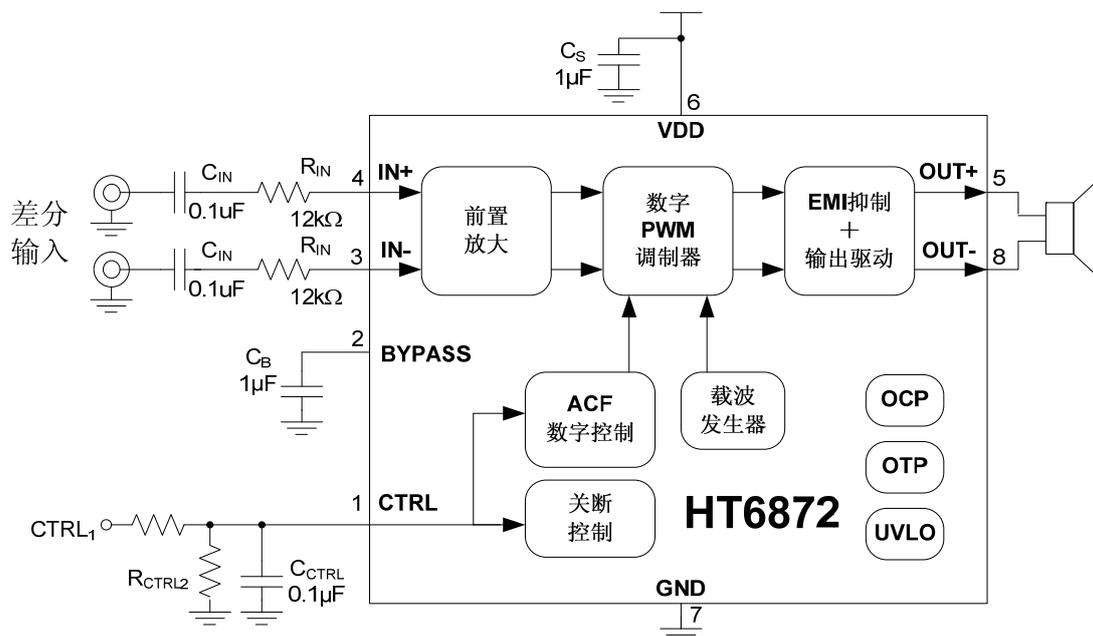
(1) 单端输入，ACF 固定模式应用。通过打开开关S1进入SD关断模式；若不需SD低功耗应用，可去掉开关S1和下拉电阻R_{PD}，直接将CTRL脚接电源VDD。



(2) 单端输入，ACF-Off 固定模式应用。通过打开开关S1进入SD关断模式；若不需SD低功耗应用，可去掉开关S1。（请根据预置模式和VDD电压设置不同R_{CTRL1}和R_{CTRL2}值）



(3) 差分输入，非固定模式应用，通过CTRL₁和CTRL₂电位实现ACF和 ACF-Off 灵活切换。



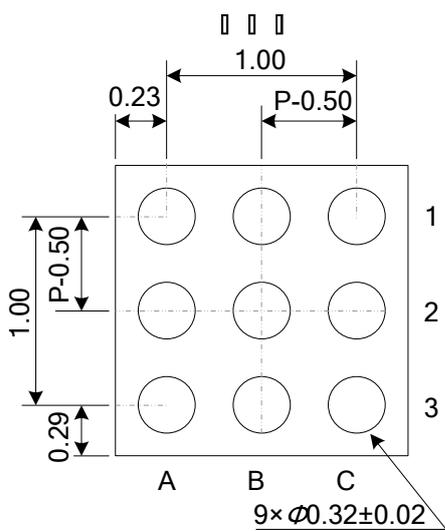
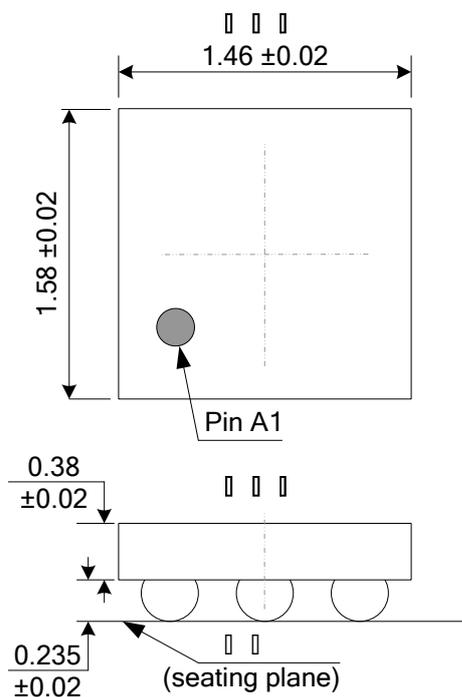
注 - 以上应用图中元件说明：

C_{IN}: 隔直电容，采用 0.1µF 或更小的（如 33nF），±10%的 C_{IN} 来进一步消除咔嗒-噼噗声和从输入端耦合进入的噪声。正负端两个 C_{IN} 之间需具有良好的匹配性。

C_S: 电源去耦电容，采用足够低 ESR（等效串联电阻）的电容（不小于 1µF）。当 R_L=4Ω 或 VDD≥4.5V 时，为更好的滤除低频噪声，建议另加一个低 ESR 电容（不小于 10µF）。去耦电容离 VDD 管脚越近越好，保持 3mm 之内。

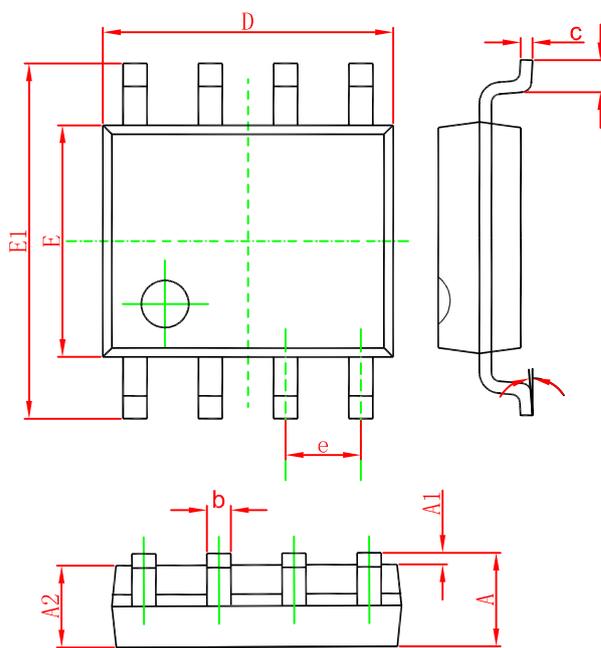
C_B: BYPASS 端口输出 VDD/2 电压，通过电容 C_B（1µF）接地以保证稳定性。

■ 封装外形



单位: mm

9焊球WLCSP



符号	最小	最大
A	1.35	1.75
A1	0.10	0.25
A2	1.35	1.55
b	0.33	0.51
c	0.17	0.25
D	4.70	5.10
E	3.80	4.00
E1	5.80	6.20
e	1.27(BSC)	
L	0.40	1.27
θ	0°	8°

单位: mm

8引脚SOP

IMPORTANT NOTICE**注意**

Jiaxing Heroic Electronic Technology Co., Ltd (HT) reserves the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any products or services without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete.

嘉兴禾润电子科技有限公司（以下简称HT）保留对产品、服务、文档的任何修改、更正、提高、改善和其他改变，或停止提供任何产品和服务，并不提供任何通知的权利。客户在下单和生产前应确保所得到的信息是最新、最完整的。

HT assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using HT components.

HT对相关应用的说明和协助以及客户产品的板级设计不承担任何责任。

HT products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support devices or systems) where a failure of the HT product would reasonably be expected to affect the safety or effectiveness of that devices or systems.

HT的产品并未授权用于诸如生命维持设备等安全性极高的应用中。

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, HT assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

本文中的相关信息是精确和可靠的，但HT并不对其负责，也不对任何可能的专利和第三方权利的侵害负责。

Following are URLs and contacts where you can obtain information or supports on any HT products and application solutions:

下面是可以联系到我公司的相关联系方式：

嘉兴禾润电子科技有限公司**Jiaxing Heroic Electronic Technology Co., Ltd.**

地址: 浙江省嘉兴市凌公塘路3339号JRC大厦A座三层
Add: A 3rd floor, JRC Building, No. 3339, LingGongTang Road, Jiaxing, Zhejiang Province
销售/Sales: 0573-82583866
支持/Support: 0573-82586151
传真/Fax: 0573-82585078
E-mail: sales@heroic.com.cn
网址/Website: www.heroic.com.cn