

内置BOOST升压和防破音功能的7.0W D/AB类音频功率放大器

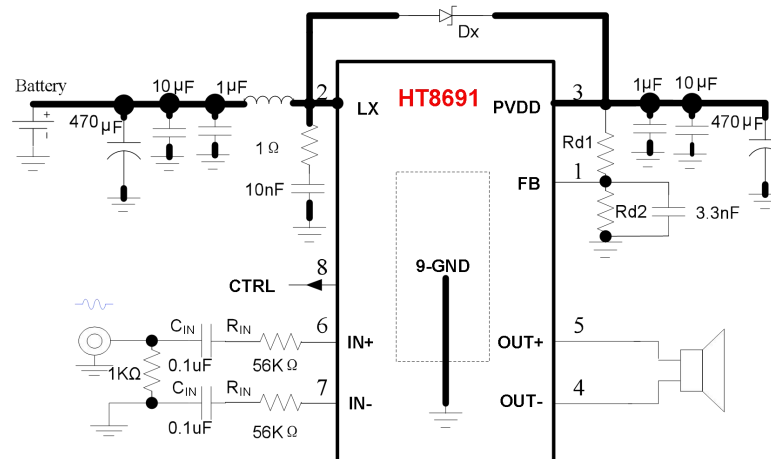
■ 特点

- 防削顶失真功能(防破音, Anti-Clipping Function, ACF)
- 免滤波器数字调制, 直接驱动扬声器
- 输出功率
 - 5.5W ($V_{BAT}=4.2V$, $PVDD = 6.5V$, $R_L=4\Omega$, $THD+N=10\%$)
 - 7.0W ($V_{BAT}=4.2V$, $PVDD = 7.0V$, $R_L=3\Omega$, $THD+N=10\%$)
 - 3.0W ($V_{BAT}=4.2V$, $PVDD = 6.5V$, $R_L=8\Omega$, $THD+N=10\%$)
- 电源
 - 升压输入 V_{BAT} : 2.5V至5.5V
 - 升压输出 $PVDD$: V_{BAT} 至7.5V
- BOOST输出电压可调
- AB/D类可切换
- 保护功能:过流/过热/欠压异常保护功能
- 无铅封装, SOP8L-PP

■ 应用

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

■ 典型应用图



■ 概述

HT8691是一款内置BOOST升压模块的D类音频功率放大器。内置的BOOST升压模块可通过外置电阻调节升压值,即使是锂电池供电,在升压至6.5V时,10% THD+N, 4Ω负载条件下能连续输出5.5W功率;升压至7V, 3Ω负载条件下则能连续输出7.0W功率。其支持外部设置调节BOOST输出电压。

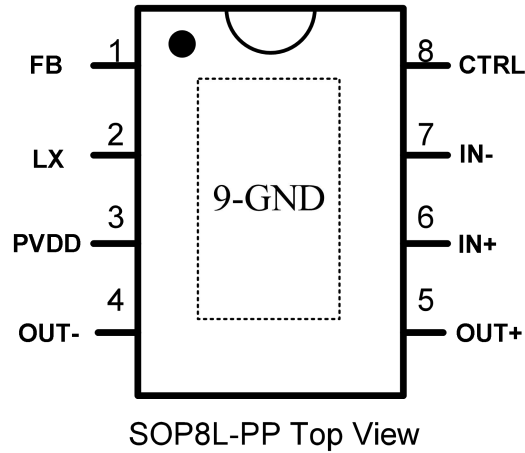
HT8691的最大特点是防削顶失真 (ACF) 输出控制功能,可检测并抑制由于输入音乐、语音信号幅度过大所引起的输出信号削顶失真 (破音),也能自适应地防止在BOOST升压电压下降所造成的输出削顶,显著提高音质,创造非常舒适的听音享受,并保护扬声器免受过载损坏。同时芯片具有ACF-Off模式。

HT8691具有AB类和D类的自由切换功能,在受到D类功放EMI干扰困扰时,可随时切换至AB类音频功放模式。

HT8691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,HT8691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 Terminal No.	Name	I/O	ESD Protection	Function
1	FB	I	PN	升压反馈点
2	LX	I	-	升压整流管输入
3	PVDD	Power	PN	升压输出和功率电源
4	OUT-	O	-	输出负端(BTL-)
5	OUT+	O		输出正端(BTL+)
6	IN+	I	PN	输入正端 (differential +)
7	IN-	I	PN	输入负端 (differential -)
8	CTRL	I	PN	控制输入
9	GND*	GND	PN	电源地

*1 I: Input O: Output

* Do make sure that the GND pin is grounded into the Ground plane connecting into the power ground.

■ 订货信息

H
T
8
6
9
1
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
HT8691SP	SOP8L-PP	HT8691SP B#####*2	-40℃~85℃	Tape 100PCS

*2: ##### is production track code.

● **电气特性**

● **极限工作条件** *3

参数	符号	最小值	最大值	单位
升压输出和功率电源	PVDD	-0.3	7.8	V
输入信号电压范围 (IN+, IN-)	V _{IN}	-0.6	PVDD+0.6	V
输入信号电压范围 (除IN+, IN-外)	V _{IN}	-0.3	PVDD+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3: 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PVDD/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
升压输出和功率电源 *4	PVDD		V _{BAT}	6.5	7.5	V
工作环境温度范围	T _a		-40	25	85	°C
扬声器阻抗	R _L	SOP8L-PP		4		Ω

*4: PVDD的上升时间应当超过1μs。

● **电气特性** *5

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
BOOST Converter						
BOOST输出电压	PVDD		V _{BAT}	6.5	7.5	V
BOOST开关频率	f _{sw}			410		kHz
BOOST最大输出电流峰值	I _{LIMITRIP}			2.3		A
Class D Channel V _{SS} =0V, V _{BAT} =3.6V, R _{IN} = 56K, T _a =25°C, C _{IN} =0.1uF, ACF-Off mode, unless otherwise specified						
载波调制频率	f _{PWM}			410		kHz
D类过流保护值	I _{max}				5	A
系统增益	A _{v0}	R _{IN} =56 kΩ		26		dB
上电启动时间 (或从关断唤醒时间, 或从AB类切换至D类唤醒时间)	t _{STUP}			280		ms
ACF衰减增益	A _a		-16		0	dB
关断电流	I _{SD}	CTRL=V _{SS}		25		μA
PVDD = 6.5V						
输出功率	P _o	R _L =4Ω	V _{BAT} =4.2V, f=1kHz, THD+N=10%		5.5	W
		R _L =3Ω, PVDD=7.0V			7.0	
		R _L =8Ω			3.1	
		R _L =4Ω	V _{BAT} =4.2V, f=1kHz, THD+N=1%		4.4	
		R _L =8Ω			2.5	
总谐波失真加噪声	THD+N	P _O =1W R _L =4Ω, f=1kHz		0.10		%
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A weighted, A _v =26dB		150		μV _{rms}
信噪比	SNR	A weighted, A _v =26dB, THD+N = 1%		90		dB
失调电压	V _{OS}			±2		mV
效率(Class D + Boost)	η	V _{BAT} =3.6V, R _L =4Ω+22uH, THD+N = 10%		75		%
		V _{BAT} =3.6V, R _L =8Ω+33uH, THD+N = 10%		80		%
静态电流	I _{BAT}	No Load Input		20		mA

		With Load ⁶	Grounded		20		mA
最大输入信号	V _{INmax}	f _{IN} = 1kHz, THD+N ≤ 10%, ACF ON			1.2		V _{rms}
Class AB Channel⁷ V _{SS} =0V, V _{BAT} =3.6V, A _v =20dB, T _a =25°C, C _{IN} =0.1uF, unless otherwise specified							
输出功率	P _O	RL=4Ω, V _{BAT} =3.6V	f=1kHz, THD+N=10%		1.3		W
		RL=4Ω, V _{BAT} =4.2V			1.8		
		RL=4Ω, V _{BAT} =5.0V			2.65	W	
		RL=4Ω, V _{BAT} =3.6V	f=1kHz, THD+N=1%		1.0		W
		RL=4Ω, V _{BAT} =4.2V			1.5		
		RL=4Ω, V _{BAT} =5.0V			2.1	W	
总谐波失真加噪声	THD+N	P _O =0.01W	RL=4Ω, f=1kHz		0.12		%
		P _O =0.1W			0.1		%
输出噪声	V _N	f=20Hz~20kHz, A weighted, A _v =20dB			75		μV _{rms}
信噪比	SNR	A weighted, A _v =20dB, THD+N = 1%			90		dB
失调电压	V _{OS}				±4		mV
效率	η	RL=4Ω+22uH, THD+N = 10%			70		%
		RL=8Ω+33uH, THD+N = 10%			74.5		%
静态电流	I _{BAT}	No Load	Input Grounded		20		mA
		With Load			20		mA
系统增益	A _{V0}	R _{IN} =56 kΩ			20		dB
上电启动时间 (或从关断唤醒时间, 或从D类切换至AB类唤醒时间))	t _{STUP}				280		ms
Digital Input/Output							
ACF Off 模式设置阈值 (Class D, 升压开启)	V _{MOD1}			1.5	1.7	PVDD	V
ACF ON模式设置阈值 (Class D, 升压开启)	V _{MOD2}			0.91	1.1	1.2	V
ACF Off模式设置阈值, (Class AB, 升压关闭) ^{*8}	V _{MOD3}			0.4	0.6	0.75	V
SD 关断模式设置阈值	V _{MOD4}			0	0	0.28	V
SD关断恢复电压	V _{CTRL_ON}			0.8			
CTRL内部下拉电阻	R _{CTRL}				300		KΩ
MISCELLANEOUS							
V _{BAT} 电源的启动阈值	V _{UVLH}				2.5		V
V _{BAT} 电源的关断阈值	V _{UVLL}					2.0	V

注5: 以上模拟特性随所选元件和PCB布局而有所变化。

注6: 此处负载使用4ohm+22uH来模拟喇叭。

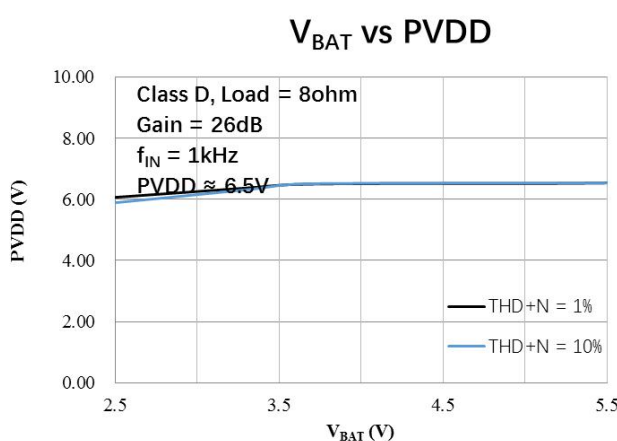
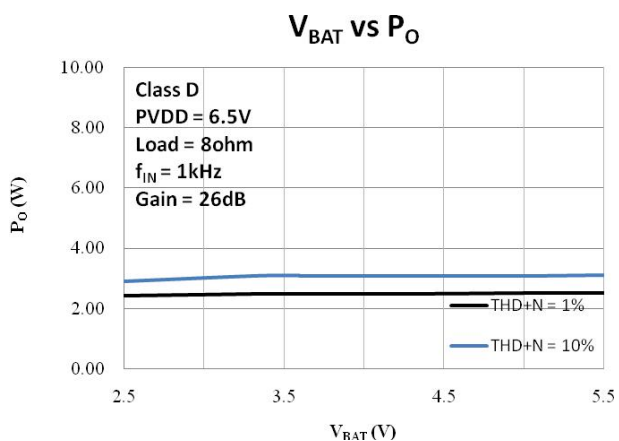
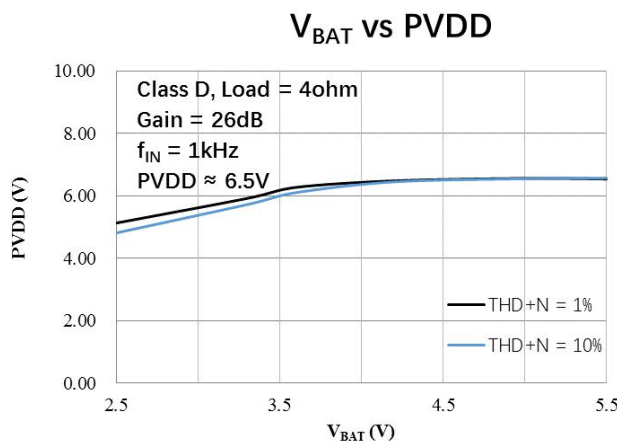
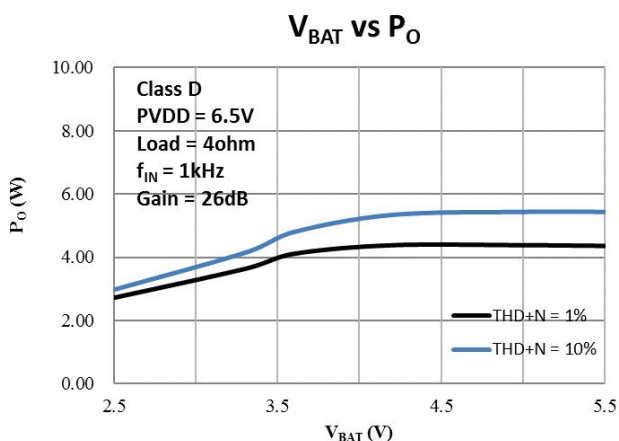
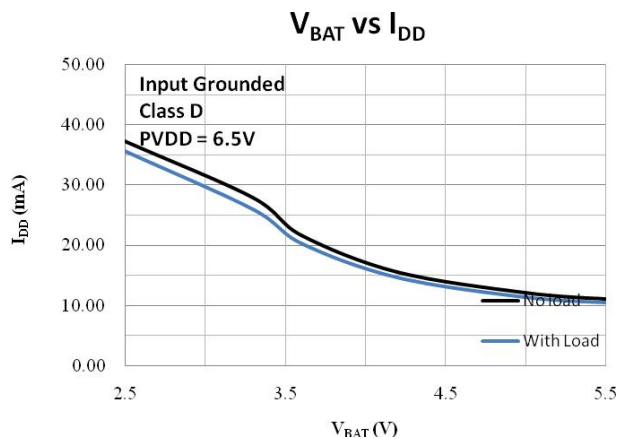
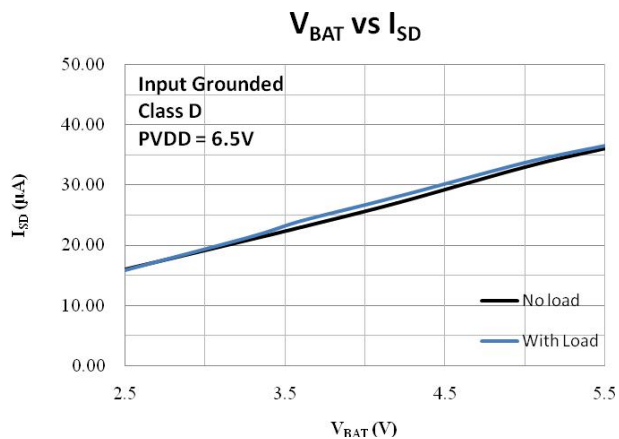
注7: AB类模式下, DCDC模块自动关闭, 由于外置二极管的压降, 实际提供AB类电源PVDD电压是V_{BAT} - V_F, 而V_F在不同器件、不同电流下会有所不同,

注8: ACF ON模式仅对D类模式有效。

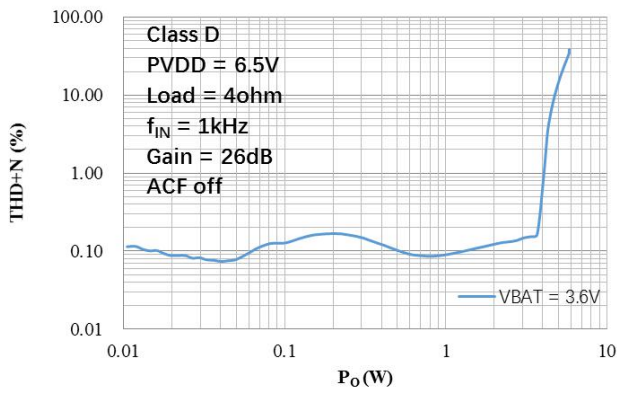
■ 典型特性曲线

Class D Channel

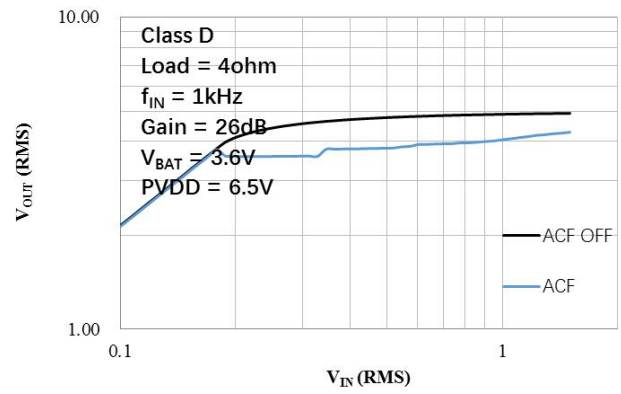
Condition: Class D mode, $V_{BAT} = 3.6V$, $PVDD = 6.5V$, $f_{IN} = 1kHz$, $R_{IN} = 56k$, Gain = 26dB, ACF off, Output = Load + Filter, Load = 4ohm, Filter = 100ohm + 47nF, unless otherwise specified



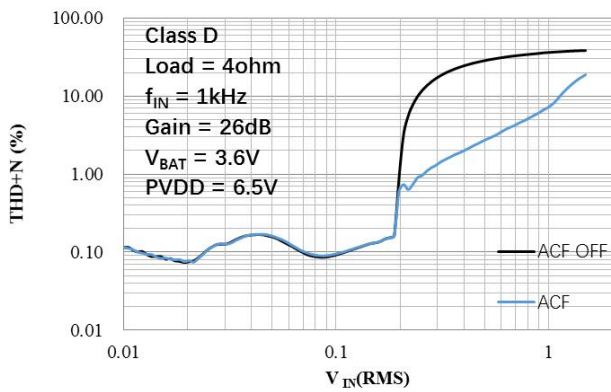
P_O vs THD+N



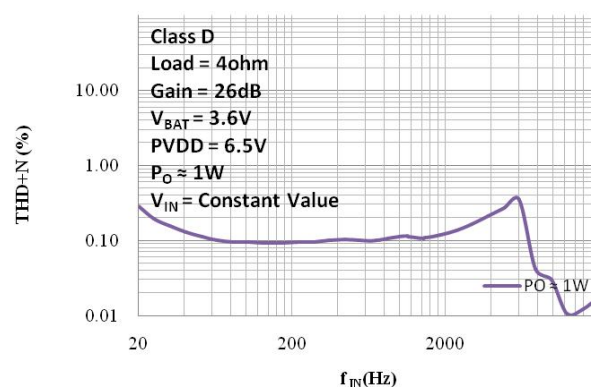
V_{IN} vs V_{OUT}



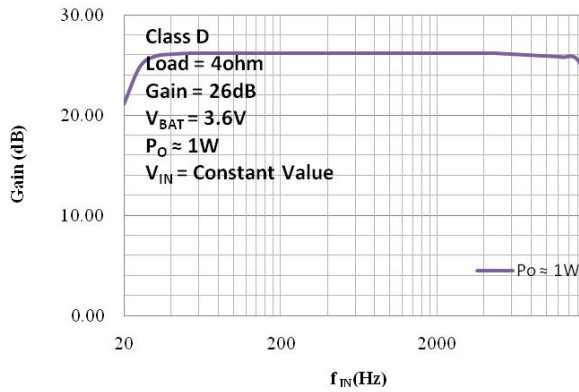
V_{IN} vs THD+N



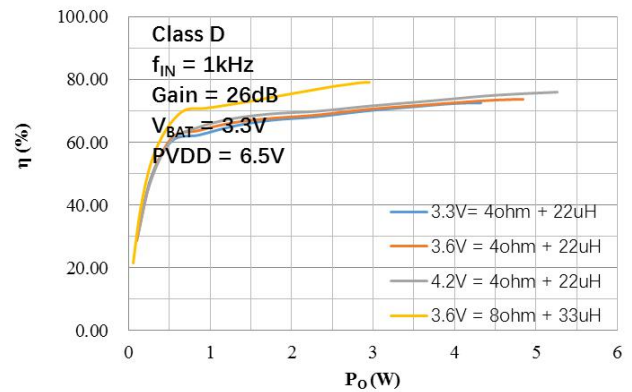
f_{IN} vs THD+N



f_{IN} vs Gain



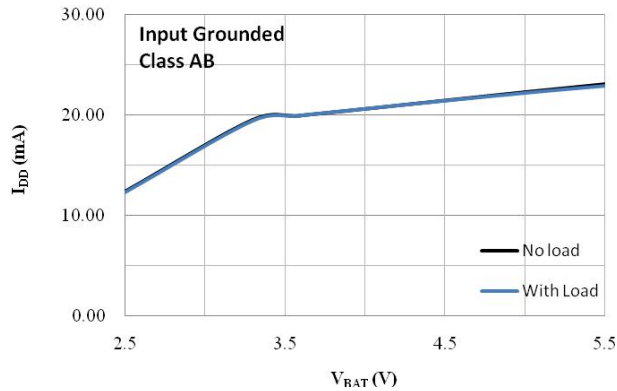
P_O vs η



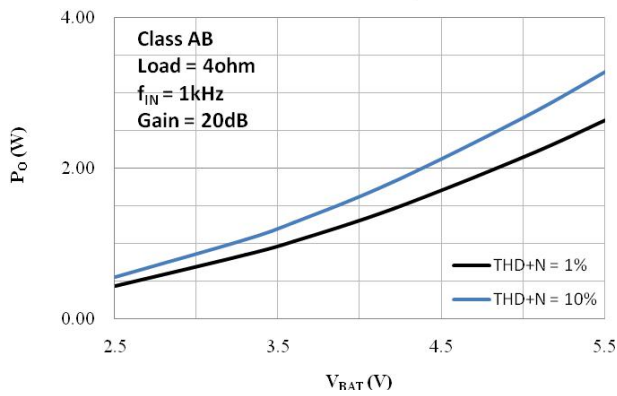
Class AB Channel

Condition: Class AB mode, $V_{BAT} = 3.6V$, $f_{IN} = 1kHz$, $R_{IN} = 56k$, Gain = 20dB, Output = Load = 4ohm, unless otherwise specified

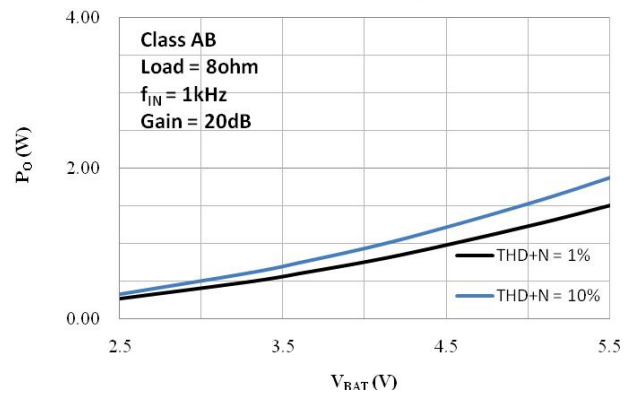
V_{BAT} VS I_{DD}



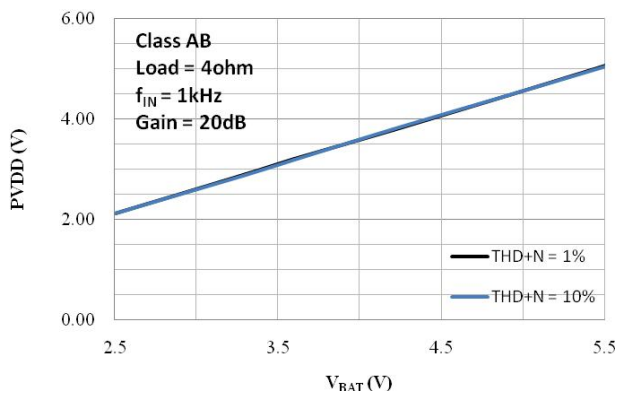
V_{BAT} VS P_O



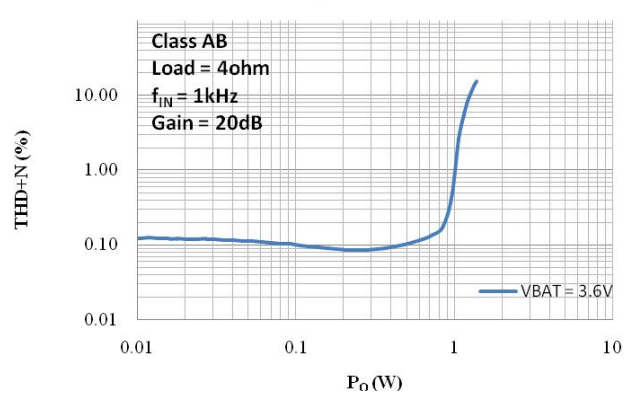
V_{BAT} VS P_O

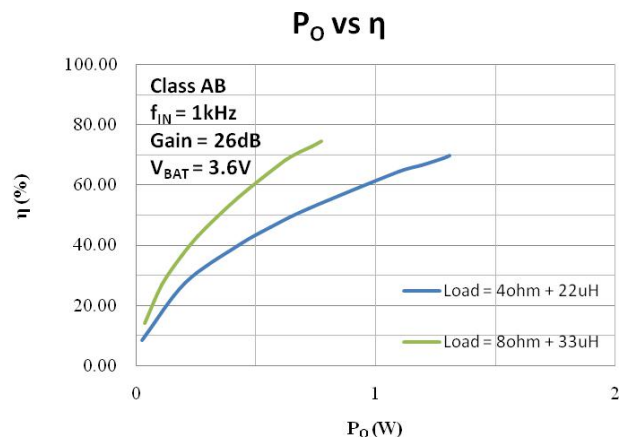
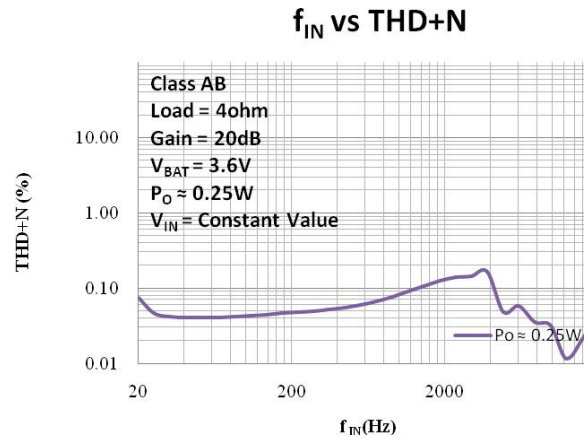
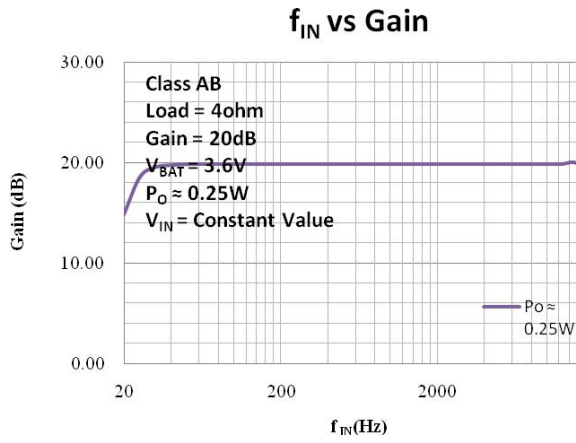


V_{BAT} VS P_{VDD}



P_O VS THD+N





■ 功能描述及应用信息

● BOOST 升压

(1) BOOST输出电压配置

Boost升压模块的输出电压PVDD可由外部配置，如下图所示， $PVDD = 1.24 \cdot (Rd1 + Rd2) / Rd2$

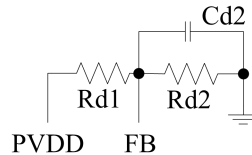


Fig. 1 FB Terminal Configuration

建议取值如下表，并可根据实际应用进行微调。

Table 1. Output Voltage Setting

PVDD	Rd1	Rd2	Cd2
5.0V	120K	39.5K	3.3nF
6.5V	120K	28K	3.3nF
7.0V	120K	25.5K	3.3nF
7.5V	120k	24k	3.3nF

(2) LX端接RC保护

在输出PVDD较大、使用功率较大、音乐波动较大的情况下，建议在LX端加入RC，如图2，能起到稳定DCDC的作用。引入此RC，将增加板级的静态电流、并降低系统的效率，说明书中的相关数据均是在加入此RC后测得。

注意: RC 应尽可能靠近LX引脚放置。

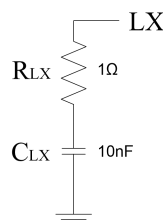


Fig. 2 LX Terminal Configuration

(3) 电源滤波电容选择

由于输入电压 V_{BAT} 经BOOST升压后的PVDD直接供电给音频功放，而音频功放在工作时对电源本身具有较大扰动，这时，电源端的滤波就非常重要。

我们建议，在 V_{BAT} 和PVDD端至少放置一组1uF和10uF接地电容，用于吸收纹波和稳定电压，并尽可能靠近芯片引脚。另外， V_{BAT} 和PVDD端需各放置一个不小于220uF的储能电容，如果可能，放置470uF电容。这些电容应以最短的路径连接至安静可靠的地，以有效滤波。

(4) 电感选择

为保证芯片的正常工作，建议使用 $L \geq 4.7\mu H$, $DCR < 1\Omega$, $I_{SAT} \geq 2.5 A$ 。在输出PVDD较大、使用功率较大、音乐波动较大的情况下，应适当选择L较大的电感。

(5) 肖特基二极管的选择和放置

为保证芯片的正常工作，建议使用 $V_{RRM} > 12V$, $V_{FM} < 0.5V$, $I_F \geq 1.5 A$ 的肖特基二极管。在输出PVDD较大、

使用功率较大、音乐波动较大的情况下，应适当选择 I_F 较大的肖特基二极管。

(6) 布线考虑

电源线 (V_{BAT} , $PVDD$, 包括电源地回路), LX 线, 应尽可能使用短、粗、无弯折的引线连接; 应特别注意 LX 端引线, 其开关频率会影响EMI;

V_{BAT} 和 $PVDD$ 端 C_{IN} 应尽可能靠近芯片引脚, 以保证电压的稳定;

分压反馈电阻 R_{d1} 和 R_{d2} 应尽量靠近 FB , FB 引线应尽量远离干扰源, 如 LX 端所连的电感、二极管等;

IC 的地, 应尽可能以最短的路径和星形结构连接至稳定可靠的地。

● 音频功放输入配置

HT8691 接受模拟差分或单端音频信号输入, 产生 PWM 脉冲输出信号 (D 类模式) 或音频信号 (AB 类模式) 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 $A_v \approx 1200k/R_{IN}$ (D 类模式) 或 $A_v \approx 600k/R_{IN}$ (AB 类模式), 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 。

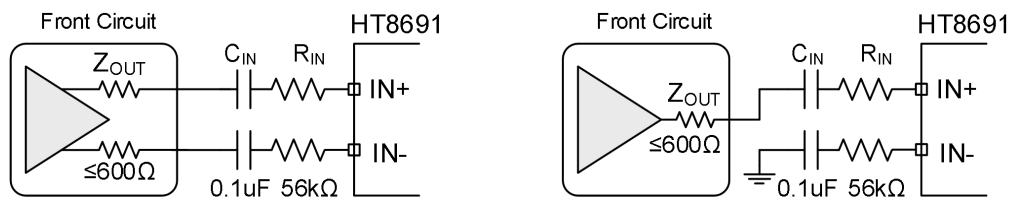


Fig. 3 (1) Differential Input;

(2) Single-ended Input

● 音频功放输出

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, 如果输入信号幅度较大 ($\geq 1.0V_{rms}$), 或DCDC模块输出电压 $PVDD$ 取值较大, 或负载喇叭阻抗较小 ($\leq 4\Omega$) 时, 有必要适当增大电源端电容 (至少 $470\mu F$ 以上), 并在输出端加入Snubber电路和肖特基二极管 (如图4), 防止芯片异常。

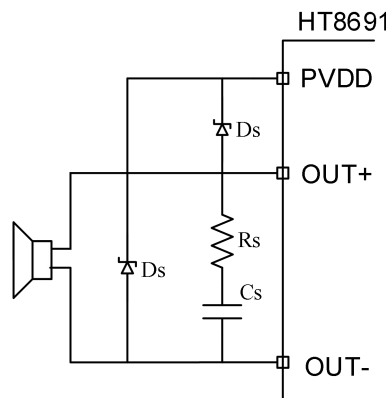


Fig. 4 Snubber Circuit and Schottky Diodes for Output Terminal

推荐参数:

R_s : 1.5 ~ 2 Ω ;

C_s : 330pF~680pF;

Ds: 正向平均电流 $\geq 3A$; 正向浪涌峰值电流 $\geq 6A$; 正向电压 ($I_F=3A$) $\leq 0.5V$ 。

● **CTRL模式设置**

HT8691 在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 4 种工作模式，详见下表。

Table. 2 CTRL Terminal Mode Control

MODE	SYMBOL	CTRL Voltage			
		MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
ACF-Off 模式(D类, 升压开启)	V_{MOD1}	1.5	1.7	PVDD	V
ACF-ON 模式(D类, 升压开启)	V_{MOD2}	0.91	1.1	1.2	V
ACF-Off 模式(AB类, 升压关闭)	V_{MOD3}	0.4	0.6	0.75	V
SD(Shutdown) 模式	V_{MOD4}	0	0	0.28	V

Notes: ACF-ON 仅适用于D类。在配置CTRL端外部电压时，需要注意的是，其内部有一个300Kohm下拉电阻，如下图所示。CTRL外部仍需要下拉电阻，以保证稳定性。

在芯片关闭的情况下（Shutdown模式），只有当CTRL电压大于0.8V（建议大于1.0V），芯片才能开启。



Fig. 5 CTRL Terminal

在芯片关闭的情况下（Shutdown 模式），只有当 CTRL 电压大于 0.8V（建议大于 1.0V），芯片才能开启。因此，当芯片从关断恢复至 AB 类时，需要先进入 D 类，随后再进入 AB 类，D 类的持续时间应控制在 1~10ms，以防止 pop 声。CTRL 的时序图如下。

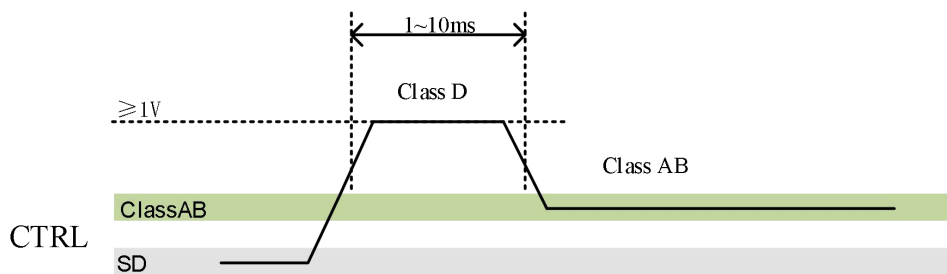


Fig. 6 CTRL Timing for Class AB activated from SD

如果在 AB 类运行中需要关断，可参考如下 CTRL 时序图。

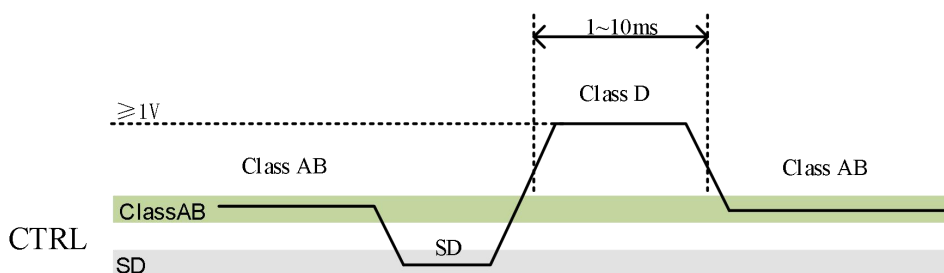


Fig. 7 CTRL Timing for SD in Class AB

MCU 控制设置

MCU 的 IO 通过外置电阻(R_{CTRL1} , R_{CTRL2} , R_{CTRL3} accuracy of 1%) 连接至 CTRL 端口, 可设置不同的模式, 如下图所示。

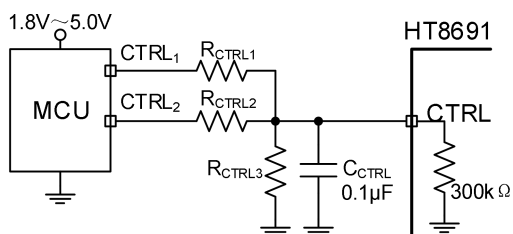


Fig. 8 CTRL terminal control circuit

Table 3 Mode Setting

CTRL1	CTRL2	Mode
H	H	V_{MOD1}
H	L	V_{MOD2}
L	H	V_{MOD3}
L	L	V_{MOD4}

“H”代表 MCU 的高电平; “L”代表 MCU 的低电平, 其需与 HT6881 的 GND 电位相同. 通过 IO 口 CTRL1 和 CTRL2 的 H 和 L 的不同设置, 即可使芯片进入不同的工作模式, 如上表。

对于不同电压的 MCU 电平, 其高电平不同, 需要不同的外置电阻, 可参考如下表:

Table 4. H levels vs. Resistor Values

V _H (V)	R _{CTRL1} (kohm)	R _{CTRL2} (kohm)	R _{CTRL3} (kohm)	V ₁ (HH) (V)	V ₂ (HL) (V)	V ₃ (LH) (V)
1.8	18	36	560	1.700	1.130	0.570
2.6	39	75	62	1.740	1.140	0.590
3	30	56	30	1.750	1.140	0.610
3.3	33	62	27	1.770	1.150	0.610
4.2	51	100	24	1.670	1.110	0.560
5	68	130	24	1.660	1.090	0.570

● CTRL模式功能描述

(1) ACF ON 模式

在 ACF-ON 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，HT8691 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，HT8691 也能自动衰减输出增益，实现与 PVDD 下降值相匹配的最大限度无削顶输出水平。

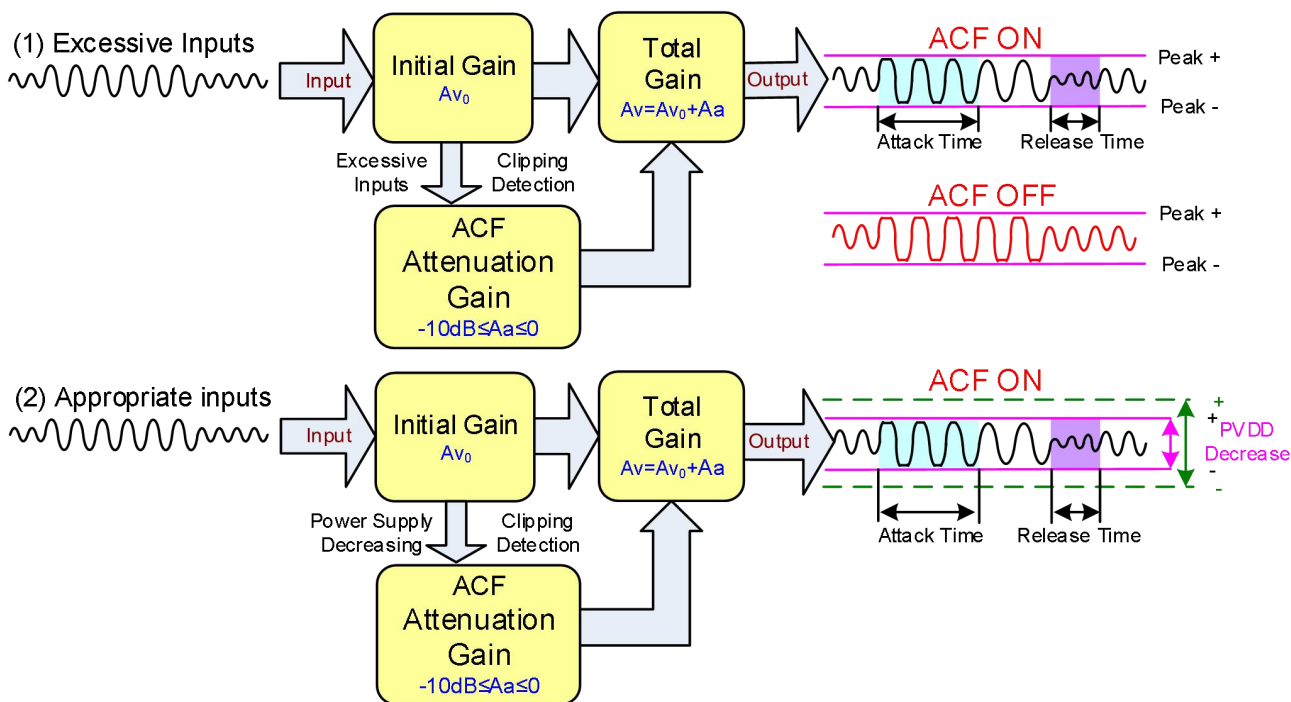


Fig. 9 the ACF Function Operation Outline

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，ACF 启动对放大器的增益调整速率，以 ms/dB 为单位；释放时间（Release time）指产生削顶的输入条件消失，增益退出衰减状态的速率，以 ms/dB 为单位。HT8691 的最大衰减增益为 16dB。

Table 5 Attack time and Release time

ACF mode	Attack time	Release time
ACF-ON	50ms	64ms

(2) ACF OFF 模式

在 ACF-Off 模式下，ACF 功能被关闭，HT8691 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 $A_v=A_{v0}$ 恒定不变。HT8691 可能因输出存在破音失真而音质变坏。

(3) AB 类模式

在 AB 类模式，ACF 功能是始终关闭的，boost 升压也同时关闭。

(4) 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（内部通过电阻接地）。

● 咔嗒-噼噗声消除

HT8691 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，如下图：

- 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（静音模式）。

总而言之，Pop 声从小到大依次是：开关 VBAT>开关 CTRL。

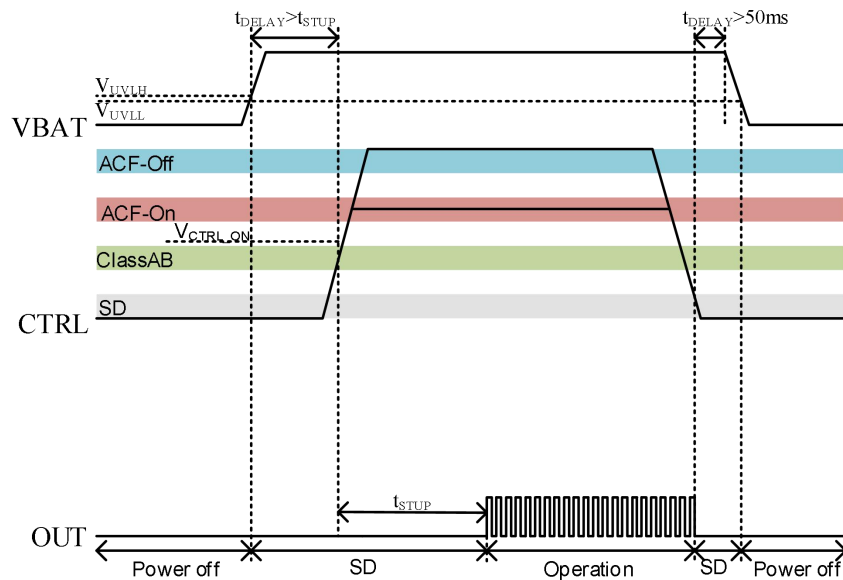


Fig. 10 Pop-Click Noise Reduction by Shutdown

● 保护功能

HT8691 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。

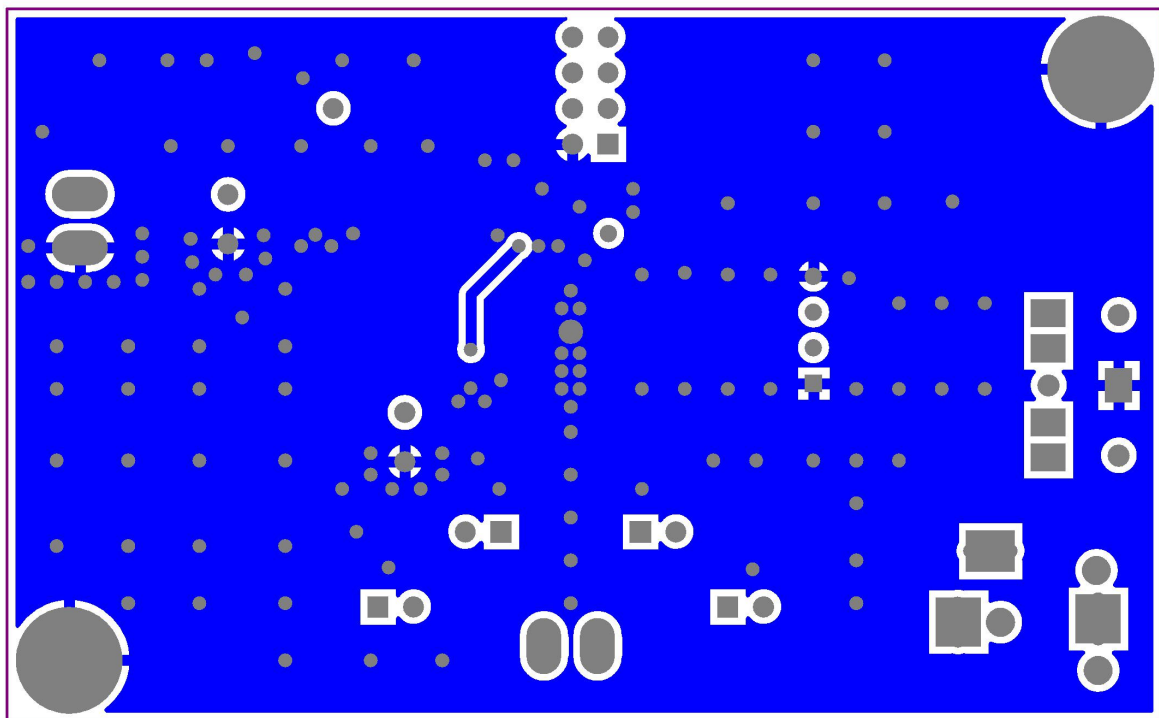
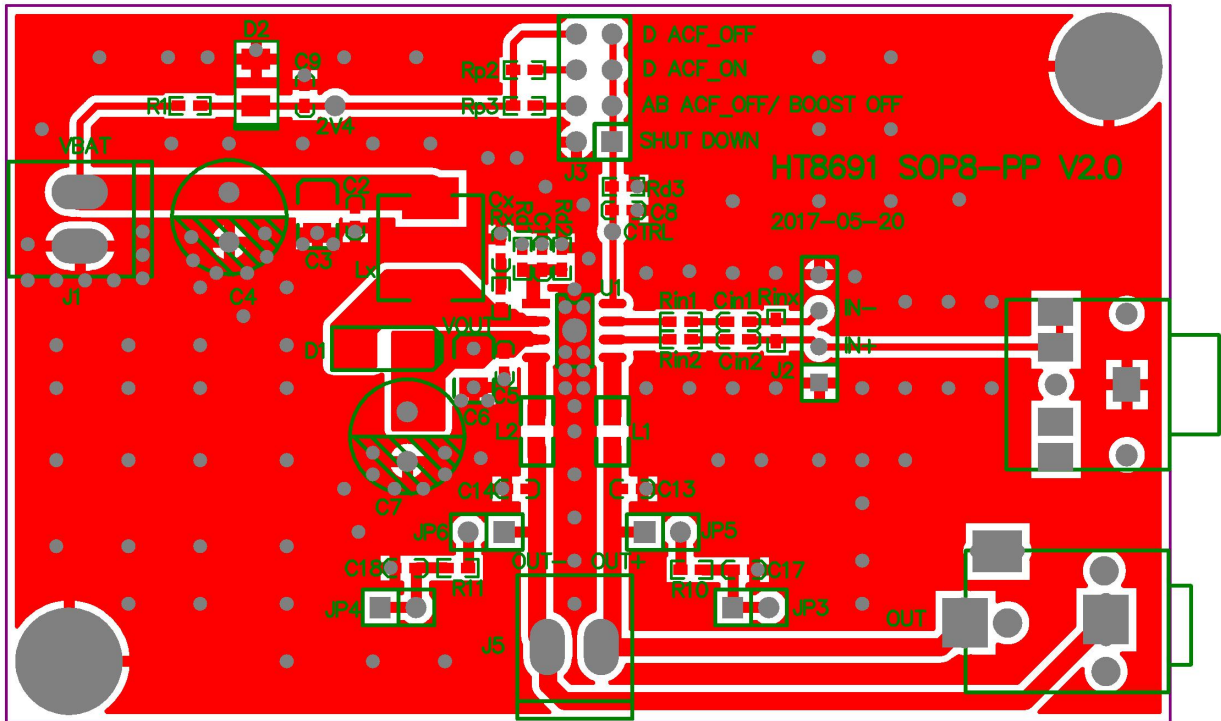
(2) 过温保护

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

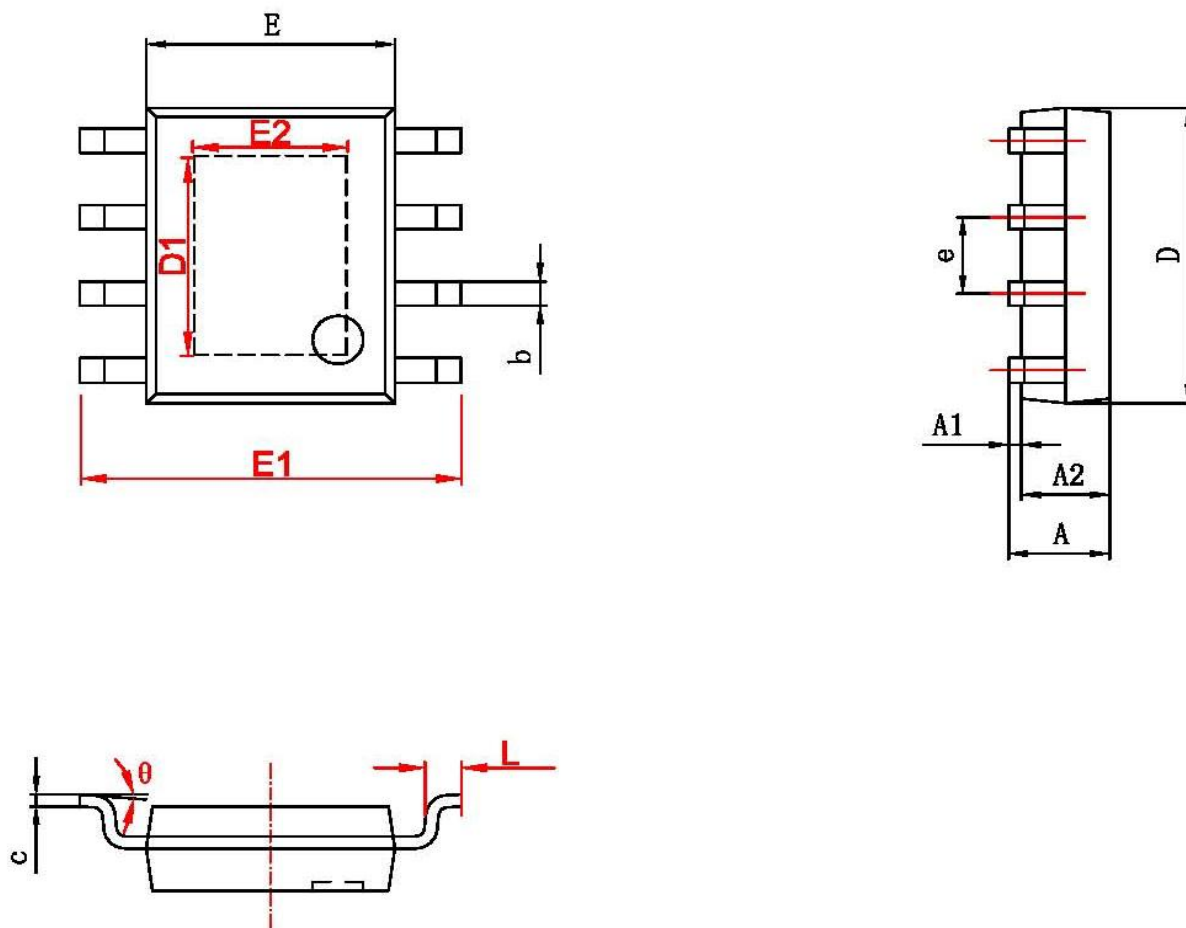
当检测到电源端 V_{BAT} 低于 V_{UVLL} ，启动欠压保护，D 类功放输出端为弱低电平状态（内部通过高阻接地）；当检测到 V_{BAT} 高于 V_{UVLH} ，保护模式自动解除，经启动时间 T_{STUP} 后进入正常工作状态。

● PCB Layout



■ 封装信息

SOP8-PP(EXP PAD) PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



字符	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.007	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
D1	3.202	3.402	0.126	0.134
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
E2	2.313	2.513	0.091	0.099
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°