内置BOOST升压和防破音功能的6.5W 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
  6.5 W(V_{BAT}=4.2V, PVDD = 7.0V, R_L=4Ω, THD+N=10%)
  8.0 W(V_{BAT}=4.2V, PVDD = 7.0V, R_L=3Ω, THD+N=10%)
  3.5 W(V_{BAT}=4.2V, PVDD = 7.0V, R_L=8Ω, THD+N=10%)
- 电源
  -升压输入V_{BAT}：2.5V至5.5V
  -升压输出PVDD：V_{BAT}至7.0V
- 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，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
- MP4，导航仪
- 智能手机
- 便携式游戏机

■ 概述

HM9306是一款内置BOOST升压模块的F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7.0V时，10% THD+N，4Ω负载条件下，能连续输出6.5 W功率。其支持外部设置调节BOOST输出电压。

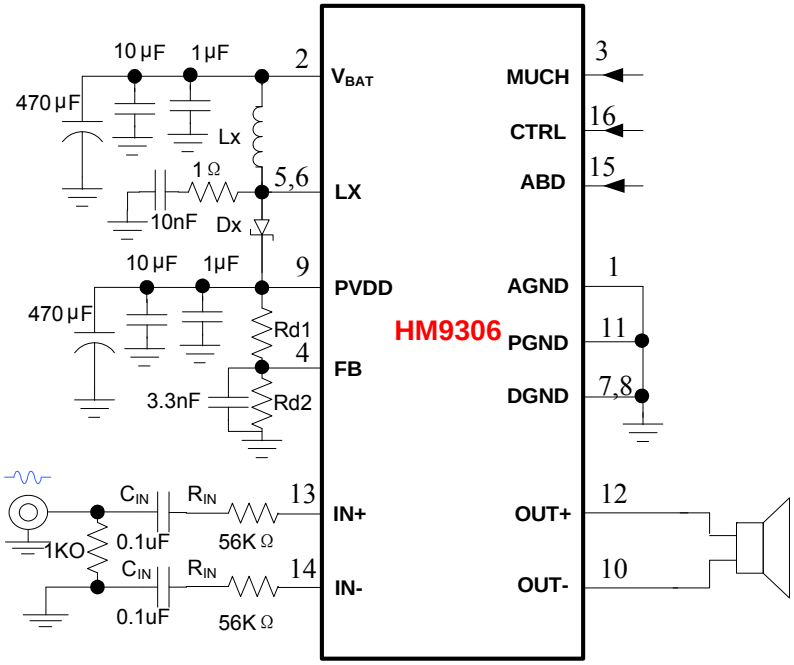
HM9306的最大特点是防削顶失真（ACF）输出控制功能，可检测并抑制由于输入音乐、语音信号幅度过大所引起的输出信号削顶失真（破音），也能自适应地防止在BOOST升压电压下降所造成的输出削顶，显著提高音质，创造非常舒适的听音享受，并保护扬声器免受过载损坏。同时芯片具有ACF-Off 模式。

H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。

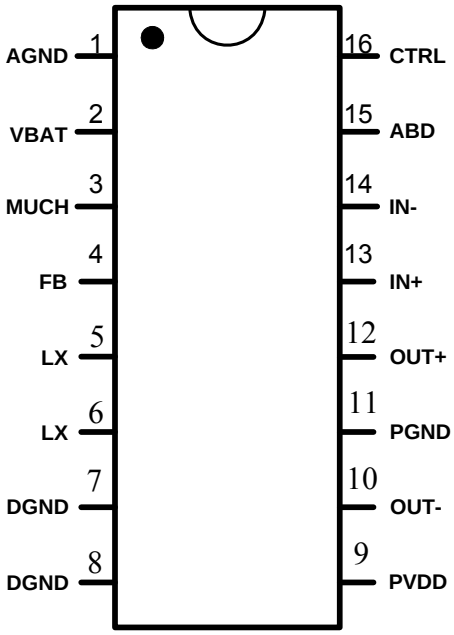
HM9306内部集成免滤波器数字调制技术，能够直接驱动扬声器，并最大程度减小脉冲输出信号的失真和噪音。输出无需滤波网络，极少的外部元器件节省了系统空间和成本，是便携式应用的理想选择。

此外，HM9306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。

■ 典型应用图



■ 引脚信息



SOP16L-PP 顶视图

■ 引脚定义[*1]

SOP 引脚号	引脚 名称	I/O	ESD 保护电路	功能
1	AGND	GND	PN	模拟地
2	V_{BAT}	Power	PN	电池电源电压
3	MUCH	I	PN	静音逻辑，H静音
4	FB	I	PN	电压反馈取样点
5,6	LX	I	-	升压调整管输入
7,8	DGND	GND	-	功率地
9	PVDD	Power	-	升压转换器输出电压
10	OUT-	O	-	反相输出端（BTL-）
11	PGND	GND		功率地
12	OUT+	O		同相输出端（BTL+）
13	IN+	I	PN	同相输入端（差分+）
14	IN-	I	PN	反相输入端（差分-）
15	ABD	I	PN	AB类和D类工作模式切换
16	CTRL	I	PN	ACF模式和关断模式控制端

注1 I: 输入端 O: 输出端 A: 模拟端

■ 订购信息

H M 9 3 0 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
HM9306SP	SOP16L-PP	HM9306 XXXX	-40℃～85℃ （扩展工业级）	管装 50片/管

注2：XXXX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HM9306型号产品。

■ 电气特性

● 极限工作条件[*3]

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压范围	V_{BAT}	-0.3	6.0	V
BOOST升压范围	PVDD	V_{BAT}	7.8	V
输入信号电压范围 (IN+, IN-)	V_{IN}	V_{SS}－0.6	PVDD＋0.6	V
输入信号电压范围 (除IN+, IN-外)	V_{IN}	V_{SS}－0.3	PVDD＋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
电源电压[*4]	V_{BAT}		2.5	3.6	5.5	V
BOOST升压范围	PVDD		V_{BAT}	7.0	7.5	V
工作环境温度	T_a		-40	25	85	℃
扬声器阻抗	R_L		2			Ω

注4: V_{BAT}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}	7.0	7.5	V
BOOST开关频率	f_{SW}				410		kHz
BOOST最大输出电流峰值	$I_{LIMTRIP}$				3.2		A
Class D Channel V_{SS}=0V, V_{BAT} =3.6V, R_{IN} = 56K, Ta=25ºC, C_{IN}=0.1uF, ACF-Off模式，除非特殊说明							
载波调制频率	f_{PWM}				410		kHz
D类过流保护值	Imax					5	A
系统增益	Av_0	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	Aa			-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%		5.6		W
		R_L=3Ω			7.0		
		R_L=8Ω			3.1		
		R_L=4Ω	V_{BAT}=4.2V, f=1kHz, THD+N=1%		4.5		
		R_L=3Ω			5.6		
		R_L=8Ω			2.5		
总谐波失真加噪声	THD+N	P_O=0.1W	R_L=4Ω, f=1kHz		0.23		%
		P_O=1.0W			0.12		%
		P_O=3.0W			0.15		%
输出噪声	V_N	f=20Hz~20kHz, A加权, Av=26dB			150		$μV_{rms}$
信噪比	SNR	A加权, Av=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%			70		%
		V_{BAT}=3.6V, R_L=8Ω+33uH, THD+N = 10%			75		%
静态电流	I_{BAT}	No Load	Input Grounded		20		mA
		With Load[*6]			20		mA
静音电流	I_{MUTE}	No Load	Input Grounded, MUCH = H		8		mA
		With Load[*6]			8		mA
最大输入信号	V_{IN}max	f_{IN} = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON			1.2		Vrms
PVDD = 7.0V							
输出功率	P_O	R_L=4Ω	V_{BAT}=4.2V, f=1kHz, THD+N=10%		6.6		W
		R_L=3Ω			8.2		
		R_L=8Ω			3.5		
		R_L=4Ω	V_{BAT}=4.2V, f=1kHz, THD+N=1%		5.3		
		R_L=3Ω			6.6		
		R_L=8Ω			2.9		
总谐波失真加噪声	THD+N	P_O=0.1W	R_L=4Ω, f=1kHz		0.23		%
		P_O=1.0W			0.12		%
		P_O=3.0W			0.15		%
输出噪声	V_N	f=20Hz~20kHz, A加权, Av=26dB			150		$μV_{rms}$
信噪比	SNR	A加权, Av=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%		70		%
		V_{BAT}=3.6V, R_L=8Ω+33uH, THD+N = 10%		75		%
静态电流	I_{BAT}	No Load	Input Grounded	30		mA
		With Load[*6]		30		mA
静音电流	I_{MUTE}	No Load	Input Grounded, MUCH = H	10		mA
		With Load[*6]		10		mA
最大输入信号	V_{IN}max	f_{IN} = 1kHz, THD+N≤10%, ACF-1 ON		1.35		Vrms
Class AB Channel[*7] V_{SS}=0V, V_{BAT} =3.6V, Av=20dB, Ta=25ºC, C_{IN}=0.1uF，除非特殊说明						
输出功率	P_O	R_L=4Ω, V_{BAT}=3.6V	f=1kHz, THD+N=10%	1.3		W
		R_L=4Ω, V_{BAT}=4.2V		1.8		
		R_L=4Ω, V_{BAT}=5.0V		2.65		W
		R_L=4Ω, V_{BAT}=3.6V	f=1kHz, THD+N=1%	1.0		W
		R_L=4Ω, V_{BAT}=4.2V		1.5		
		R_L=4Ω, V_{BAT}=5.0V		2.1		W
总谐波失真加噪声	THD+N	P_O=0.01W	R_L=4Ω, f=1kHz	0.12		%
		P_O=0.1W		0.1		%
输出噪声	V_N	f=20Hz~20kHz, A加权, Av=20dB		75		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, Av=20dB, THD+N = 1%		90		dB
失调电压	V_{OS}			±4		mV
效率	η	R_L=4Ω+22uH, THD+N = 10%		70		%
		R_L=8Ω+33uH, THD+N = 10%		74.5		%
静态电流	I_{BAT}	No Load	Input Grounded	20		mA
		With Load		20		mA
静音电流	I_{MUTE}	No Load	Input Grounded, MUCH = H	2.0		mA
		With Load		2.0		mA
关断电流	I_{SD}	CTRL=V_{SS}		36		μA
系统增益	Av_0	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}			270		ms
Digital Input/Output						
ACF-Off 模式设置阈值	V_{MOD1}		0.75PVDD		PVDD	V
ACF-1 模式设置阈值[*8]	V_{MOD2}		0.45PVDD		0.70PVDD	V
ACF-2 模式设置阈值[*8]	V_{MOD3}		0.10PVDD		0.40PVDD	V
SD 关断模式设置阈值	V_{MOD4}		V_{SS}		0.06PVDD	V
SD关断恢复电压	V_{CTRL_ON}		0.8			
CTRL内部下拉电阻	R_{CTRL}	Class D		125		KΩ
		Class AB		+∞		
ABD, MUCH输入高电平	V_{IH}		1.5			V
ABD, MUCH输入低电平	V_{IL}				0.4	V
ABD内部下拉电阻	R_{ABD}			250		KΩ
MUCH内部下拉电阻	R_{MUCH}			300		KΩ
MISCELLANEOUS						
V_{BAT}电源的启动阈值	V_{UVLH}			2.5		V

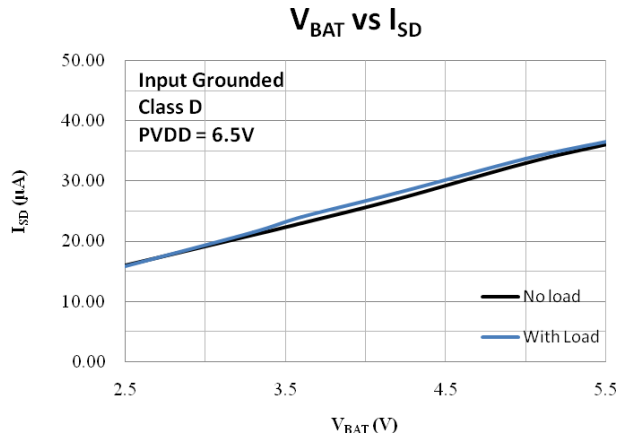
V_{BAT}电源的关断阈值	V_{UVLL}			2.3		V

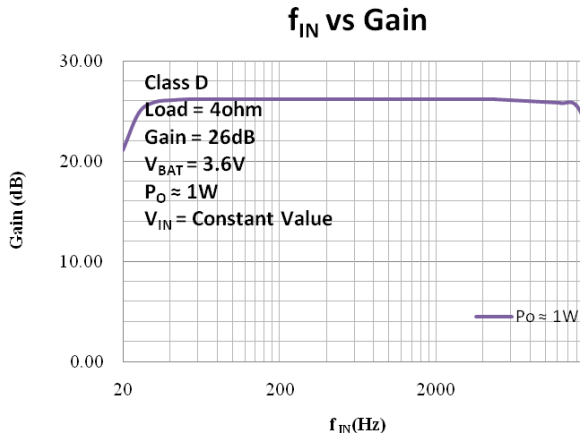
注5: 以上模拟特性随所选元件和PCB布局而有所变化。
注6: 此处负载使用4ohm+22uH来模拟喇叭。
注7: AB类模式下，DCDC模块自动关闭，由于外置二极管的压降，实际提供AB类电源PVDD电压是$V_{BAT} – V_F$，而V_F在不同器件、不同电流下会有所不同，该表测试则均是在使用30BQ015PbF Schottky Rectifier条件下测得的数据，其V_{FM} = 0.35V(Pulse width < 300 μs, duty cycle < 2 %,3 A,25℃)。
注8: ACF-1和ACF-2模式仅对D类模式有效，在AB类模式下，其对应电平所在模式仍为ACF-Off。

■ 典型特性曲线

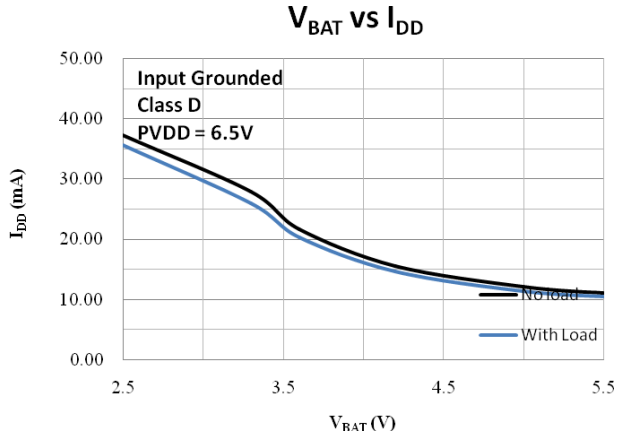
Class D Channel

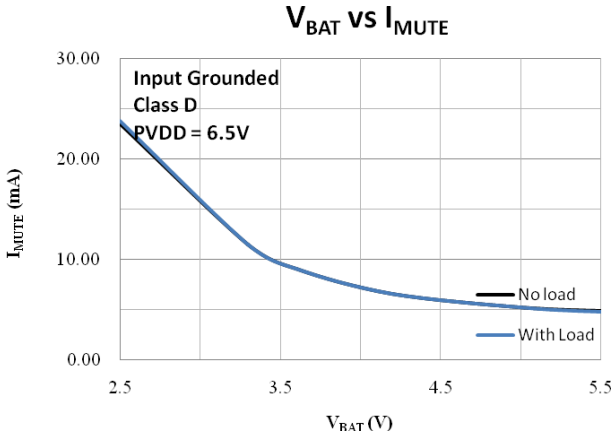
Condition: Class D mode, V_{BAT} = 3.6V, f_{IN} = 1kHz, R_{IN} = 56k, Gain = 26dB, ACF off, Output = Load + Filter, Load = 4ohm, Filter = 100ohm + 47nF, unless otherwise specified

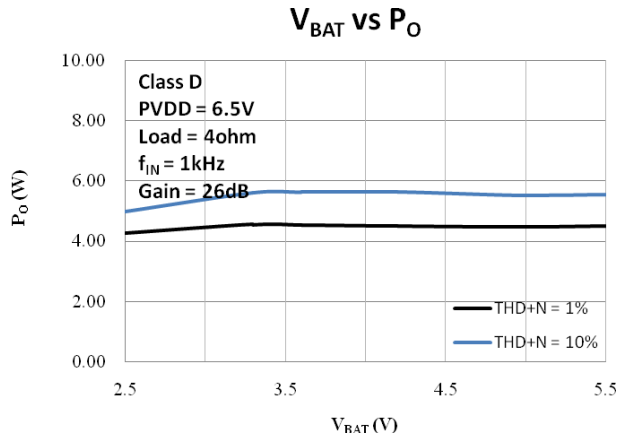


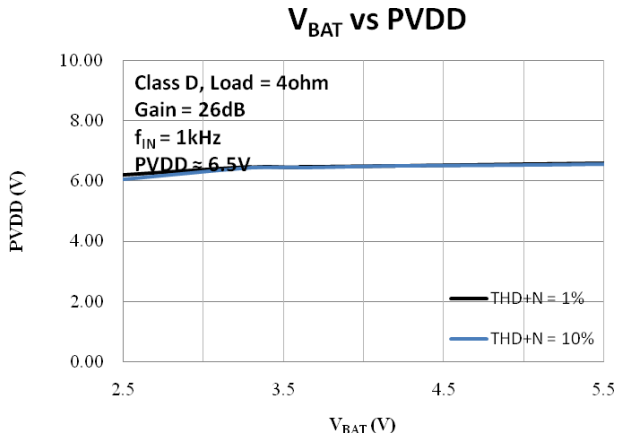


PVDD = 6.5V

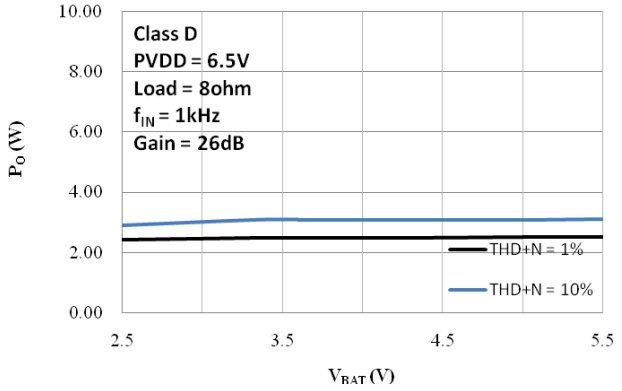




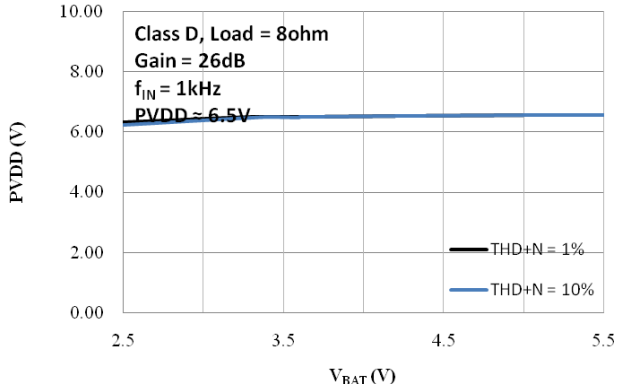




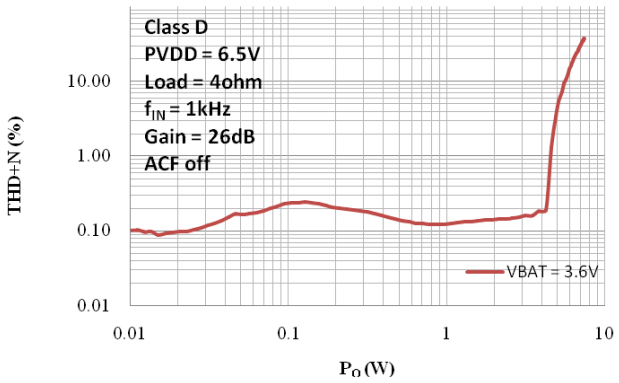
V_{BAT} vs P_O



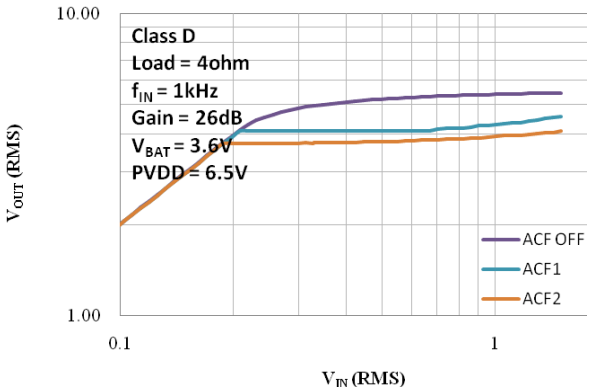
V_{BAT} vs PVDD



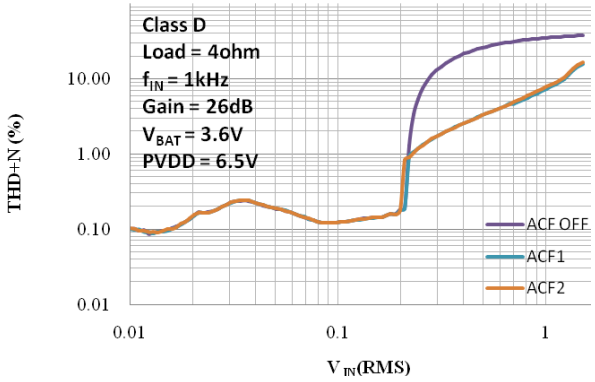
P_O vs THD+N



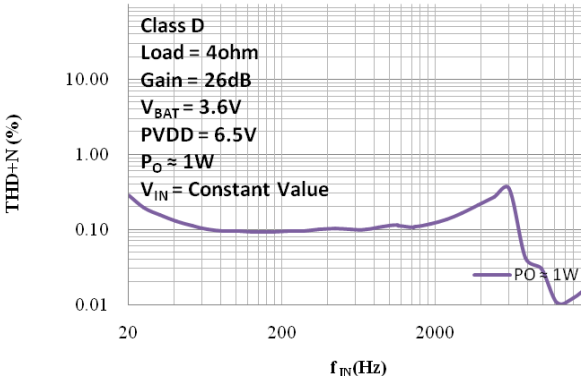
V_{IN} vs V_{OUT}



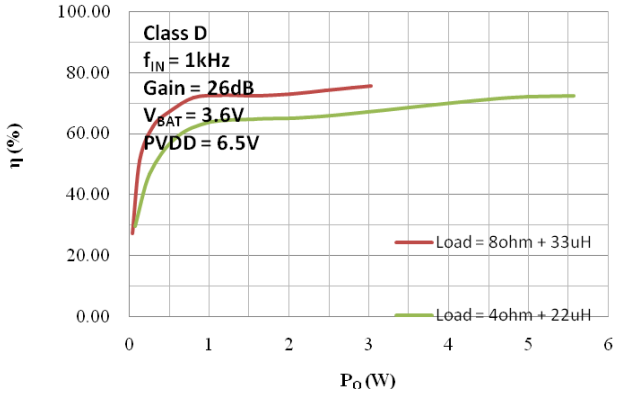
V_{IN} vs THD+N



f_{IN} vs THD+N

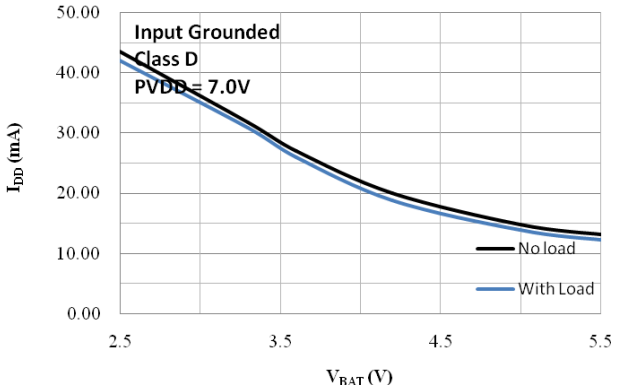


P_O vs η

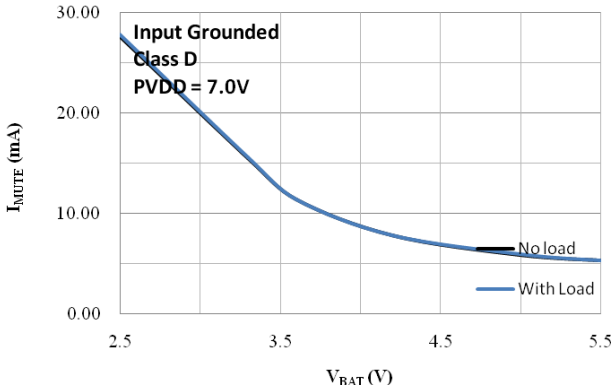


PVDD = 7.0V

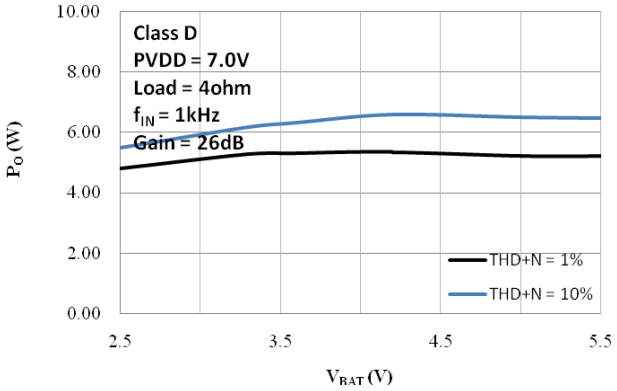
V_{BAT} vs I_{DD}



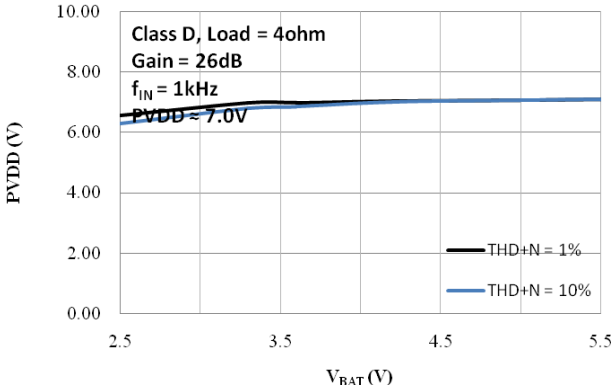
V_{BAT} vs I_{MUTE}



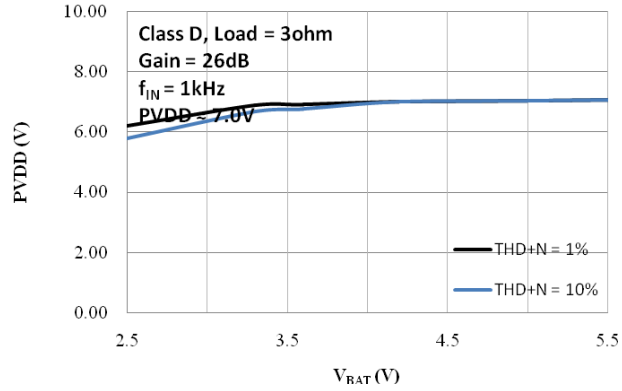
V_{BAT} vs P_O



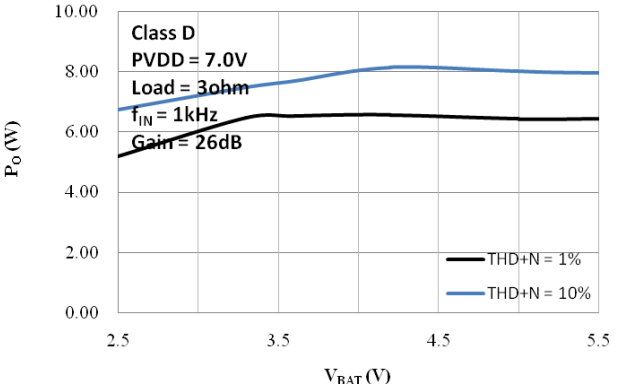
V_{BAT} vs PVDD



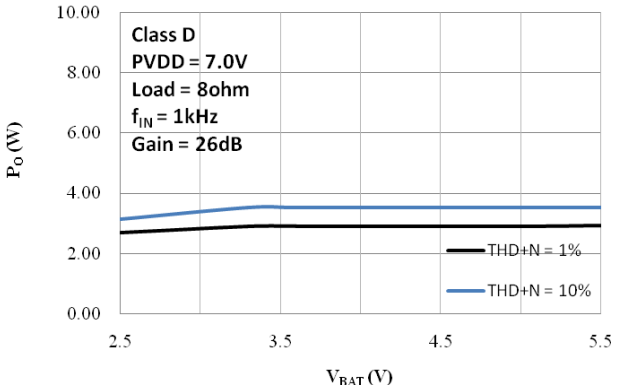
V_{BAT} vs PVDD



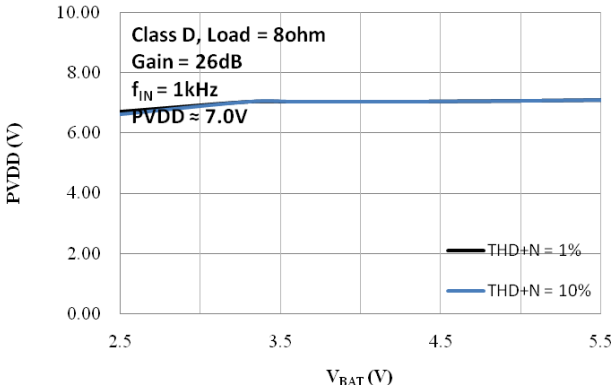
V_{BAT} vs P_O



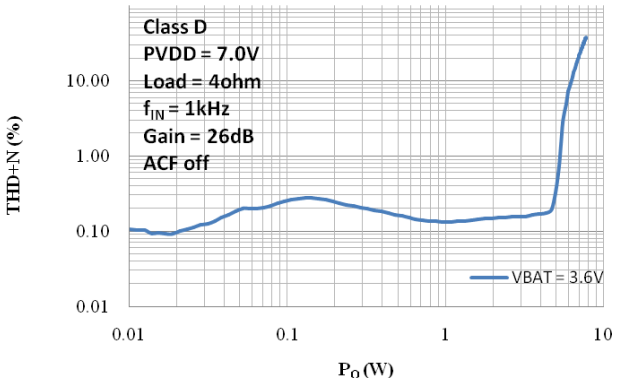
V_{BAT} vs P_O



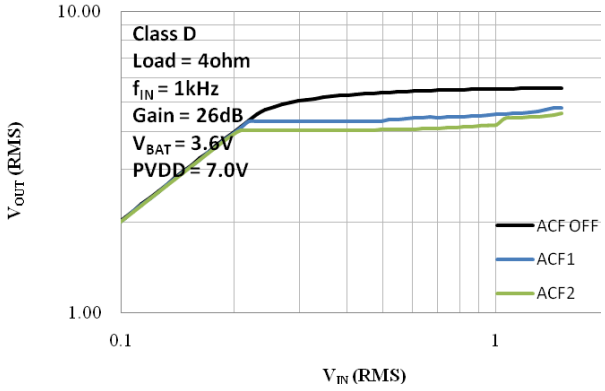
V_{BAT} vs PVDD



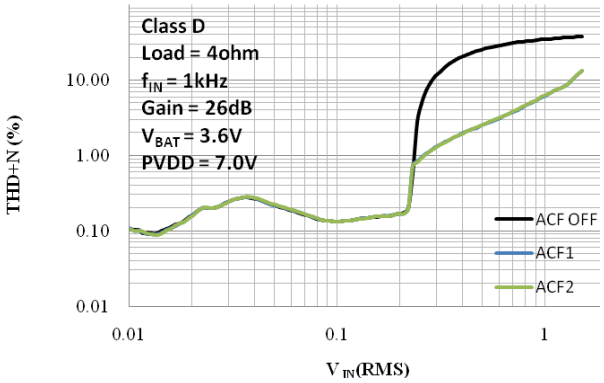
P_O vs THD+N



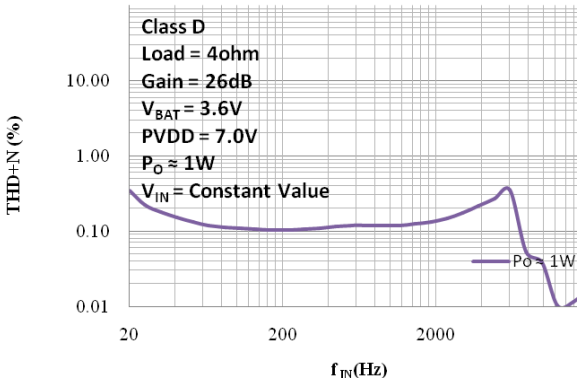
V_{IN} vs V_{OUT}



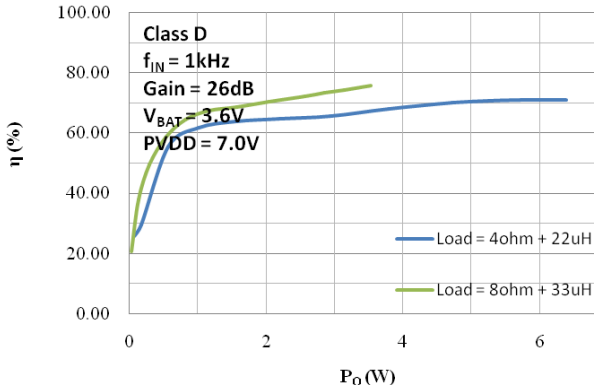
V_{IN} vs THD+N



f_{IN} vs THD+N

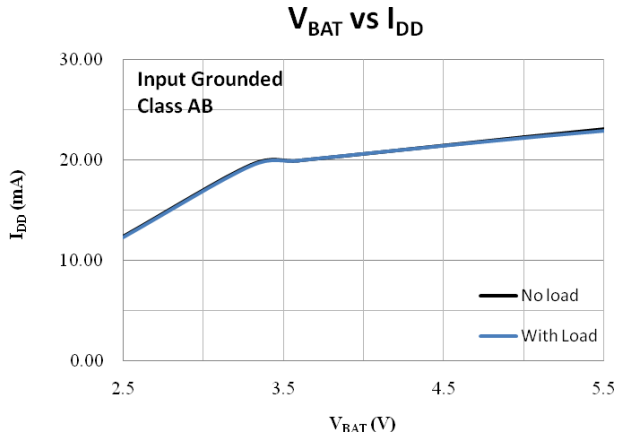


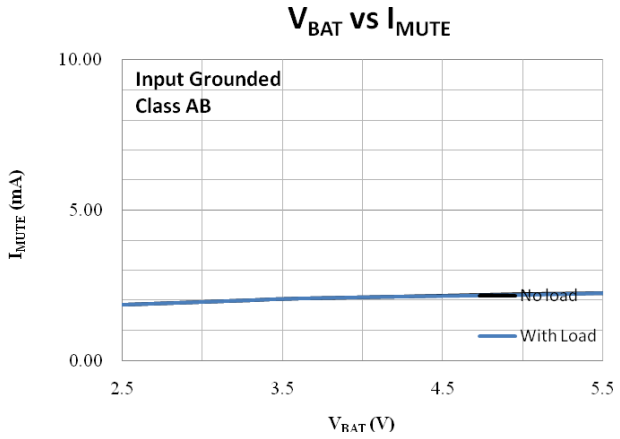
P_O vs η

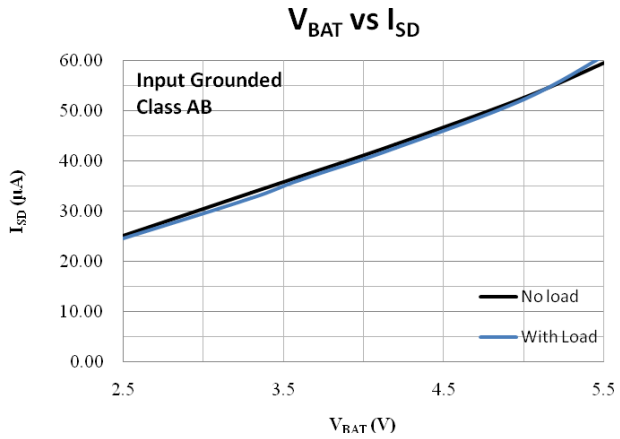


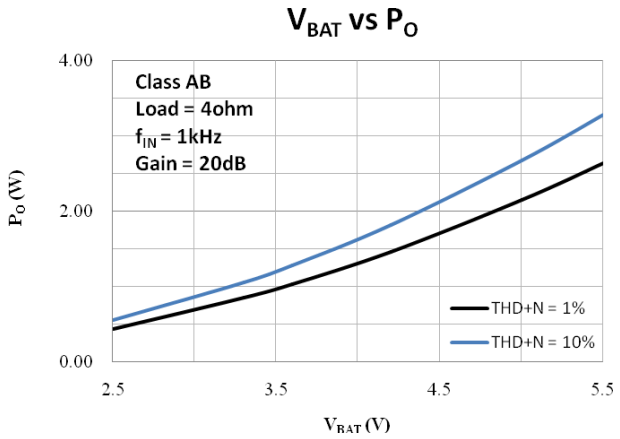
Class AB Channel

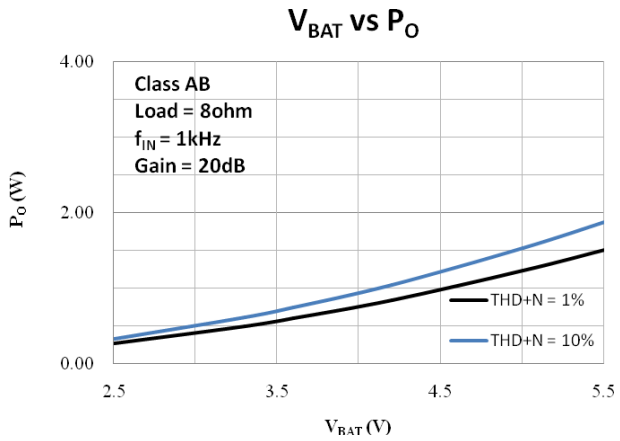
Condition: Class AB mode, V_{BAT} = 3.6V, f_{IN} = 1kHz, R_{IN} = 56k, Gain = 20dB, Output = Load = 4ohm, unless otherwise specified

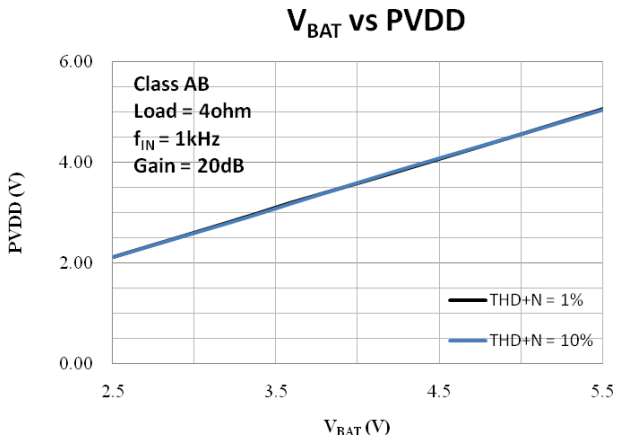




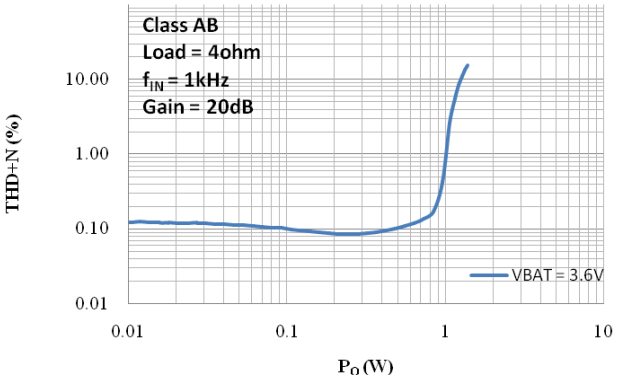




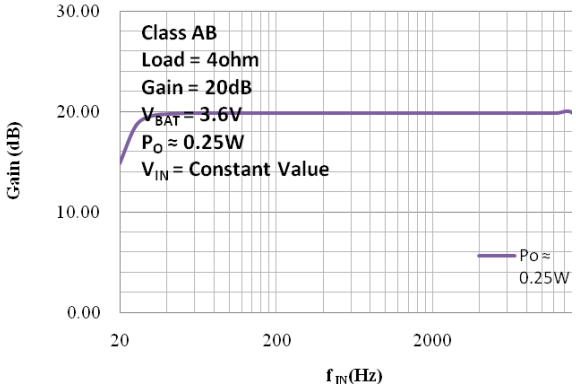




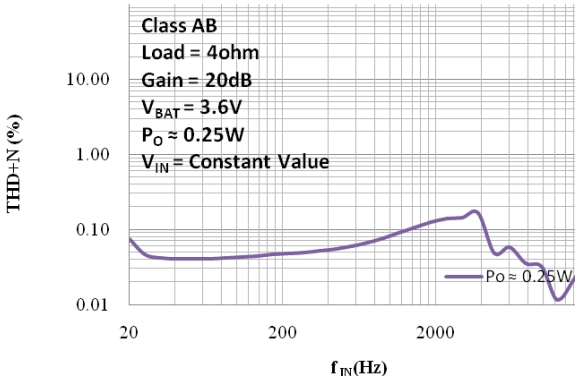
P_O vs THD+N



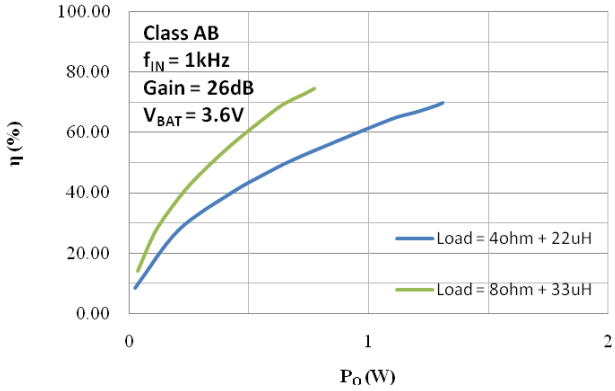
f_{IN} vs Gain



f_{IN} vs THD+N



P_O vs η

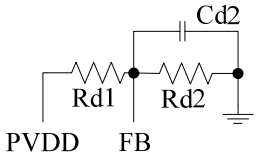


■ 功能描述及应用信息

● BOOST升压模块

（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*(Rd1+Rd2)/Rd2



图表 1 Boost 输出电压设置

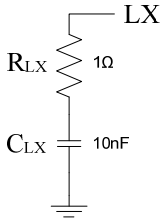
建议取值如下表，并可根据实际应用进行微调。

表格 1 BOOST 输出电压配置表

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

（2）LX端RC

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。



图表 2 LX 端 RC 设置

（3）BOOST输入输出电容

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470uF的储能电容。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）电感的选择和放置

为保证芯片的正常工作，建议使用L≥4.7uH, DCR<1ohm, I_{SAT} ≥ 3.5 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≥2 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Rd1和Rd2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的所有地，应尽可能以最短的路径和星形结构连接至稳定可靠的地。

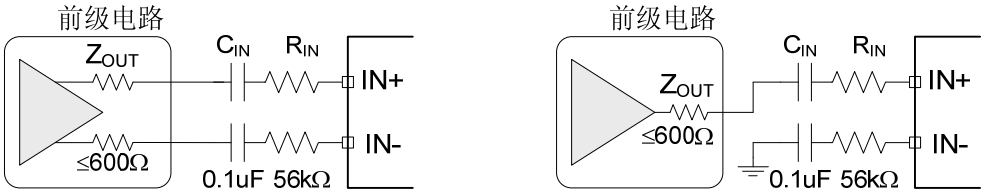
● 音频功放输入配置

HM9306 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 $Av \approx 1200k/R_{IN}$ （D 类模式）或 $Av \approx 600k/R_{IN}$ （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 Av 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。

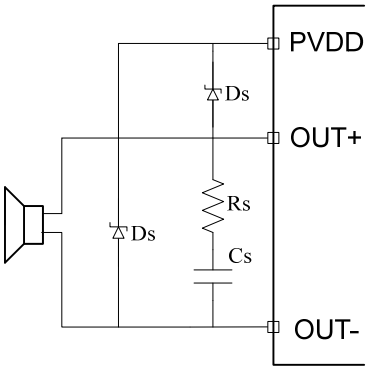


图表 3 (1) 差分输入; (2) 单端输入

● 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(≥1.0Vrms)，或DCDC模块输出电压PVDD取值较大，或负载喇叭阻抗较小（≤4Ω）时，有必要适当增大电源端电容（至少470uF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。



图表 4 输出端的连接

推荐参数：

Rs: 1.5 ~ 2Ω；

Cs: 330pF~680pF；

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

● 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 2　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}	0.75PVDD		PVDD	V
ACF-1　模式的设置阈值电压	V_{MOD2}	0.45PVDD		0.70PVDD	V
ACF-2　模式的设置阈值电压	V_{MOD3}	0.10PVDD		0.40PVDD	V
SD　模式的设置阈值电压	V_{MOD4}	VSS		0.06PVDD	V

在配置 CTRL 端外部电压时，需要注意的是，其内部有一个 120Kohm 下拉电阻，如下图示。

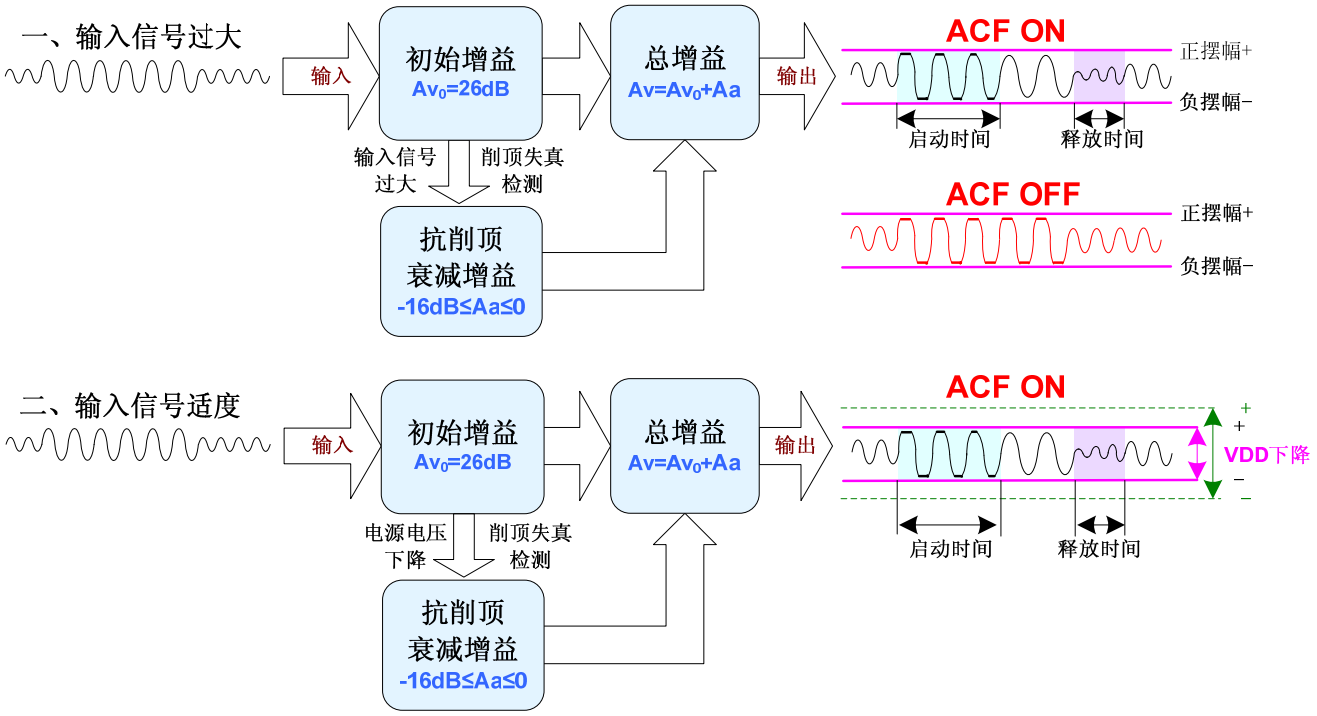
图表 5 CTRL 端内部电阻

需要注意的是，ACF-1 和 ACF-2 模式仅对 D 类模式有效，在 AB 类模式下，其对应电平所在模式仍为 ACF-Off。

● 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，HM9306 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，HM9306 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。



图表 6　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 Av_0 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 Av_0 的时间间隔。HM9306 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 3　ACF-1 和 ACF-2 模式区别

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

(二) ACF OFF 模式

在 ACF-Off 模式下，ACF 功能被关闭，HM9306 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 $Av=Av_0=26dB$ 恒定不变。HM9306 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（内部通过电阻接地）。

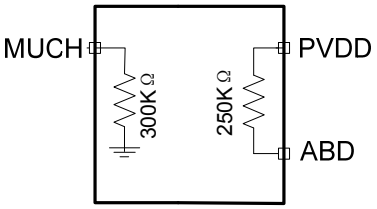
● ABD, MUCH引脚设置

HM9306 通过 ABD, MUCH 两个管脚的电压控制实现芯片不同状态的设置。具体工作模式如下表。

表格 4 逻辑电平设置

逻辑电平 / 管脚	高电平（H）	低电平（L）
ABD	Class D, Boost ON	Class AB, Boost OFF
MUCH	AMP OFF (mute)	AMP ON

需要注意的是，ABD 和 MUCH 引脚支持悬空，内部分别存在上拉和下拉电阻，其中，ABD 的上拉电阻约为 250kohm, MUCH 的下拉电阻约为 300kohm。



图表 7 ABD, MUCH 内部示意图

● 咔嗒-噼噗声消除

HM9306 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 0.1μF 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

HM9306 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。

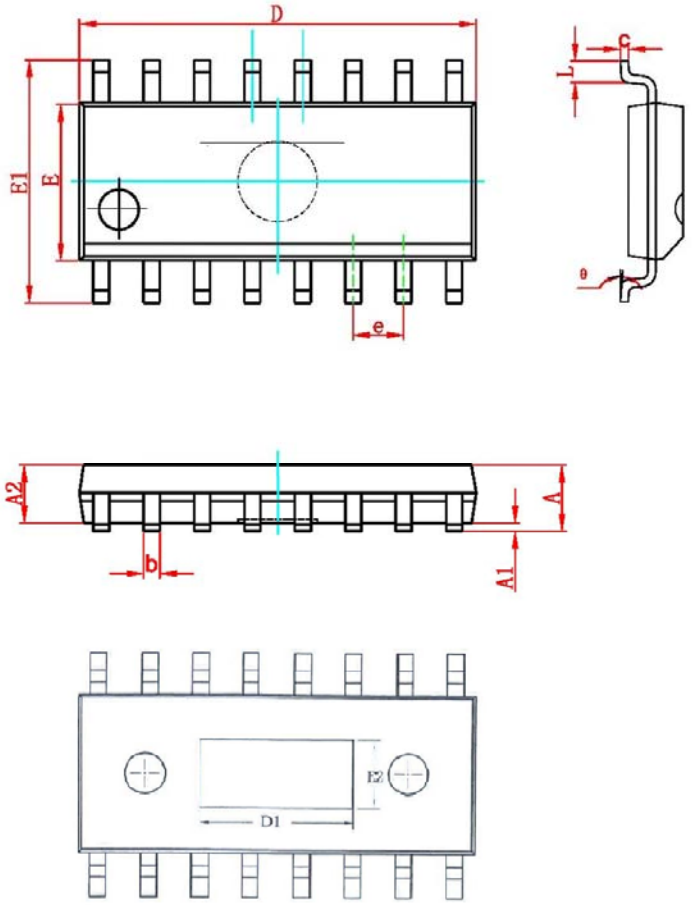
（2）过温保护

当检测到芯片内温度超过 150℃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。

■ 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°