

# **HDX6860 用户手册**

**2019 年 6 月**

## HDX6860 概要

HDX6860是专为便携式电子产品设计，带有自动增益限幅功能，自适应升压功能，输出功率达19W的Class AB/D/G类可选的音频功率放大器。

HDX6860内部集成自适应升压电路，可工作于Class G模式，当输入信号较小时，升压电路不工作，功放直接由电源供电，当输入信号变大时，自动升压电路启动，升压至9.5V给功放供电，使单节锂电池供电播放出更大的音量。自适应升压有效提高整体工作效率，延长电池续航时间。

HDX6860适应不同的需求，有Class AB/D/G三类工作模式类可选；Class /D/G 具有输出功率大、效率高的特点；Class AB可减小对FM的干扰。

HDX6860有自动限幅控制 (ALC) 功能，用以抑制由于输入的音乐、语音信号幅度过大所引起的输出信号削峰失真 (破音)，显著优化音质，创造非常舒适的听觉感受，对喇叭有过载保护功能。

### 封装

ETSSOP-16L

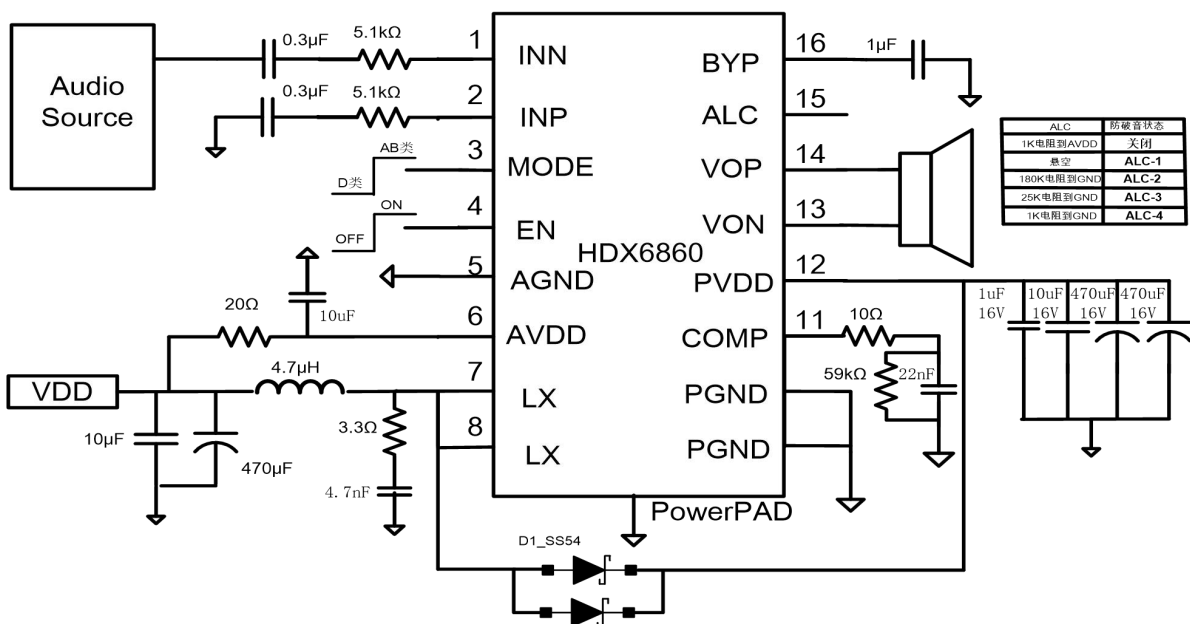
### 描述

- D类模式输出功率：  
VDD=3.8V, THD+N=10%, RL=2Ω, Po=19.0W,  
VDD=3.8V, THD+N=10%, RL=3Ω, Po=14W,  
ALC ON  
VDD=3.8V, THD+N=10%, RL=4Ω, Po=11.0W,  
VDD=3.8V, THD+N=1%, RL=4Ω, Po=9.0W,
- 高保证度：THD+N : 0.05%
- 宽工作电压范围2.7V~5.3V
- 优异的上掉电POP声抑制
- 低静态电流5mA @ 3.7V
- 低关断电流1uA
- 启动时间30ms
- 最大限流值可调、防止电池拉死
- 4种防破音模式
- 自恢复过流、过温保护功能

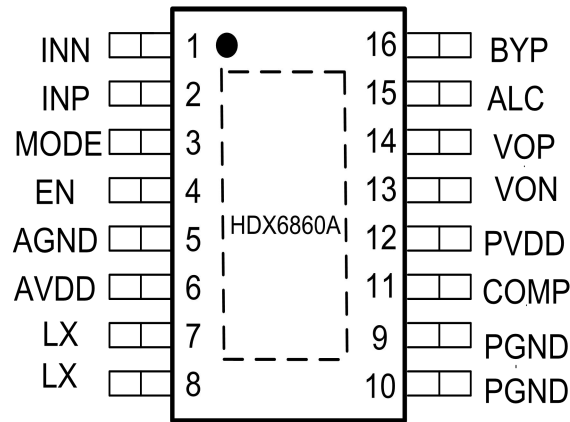
### 应用

- 便携式蓝牙音箱、蓝牙音箱
- 导航仪、MP4、扩音器

## 典型应用图



引脚分布图



ETSSOP16 PACKAGE TOPVIEW

引脚名称	引脚号	引脚特性	功能描述
INN	1	AI	音频信号负相输入脚
INP	2	AI	音频信号正相输入脚
MODE	3	AI	工作模式选择脚，内部有 300kΩ 下拉电阻
EN	4	DI	芯片使能脚，内部有 300kΩ 下拉电阻
AGND	5	G	模拟电源负极
AVDD	6	P	模拟电源正极
LX	7	AO	开关节点
LX	8	AO	开关节点
PGND	9	G	升压功率地
PGND	10	G	升压功率地
COMP	11	AO	BOOST 补偿引脚，最大电流设置脚
PVDD	12	P	输出级功率放大器电源正极，连接升压输出
VON	13	AO	音频负相输出脚
VOP	14	AO	音频正相输出脚
ALC	15	AI	模式选择
BYP	16	AI	频输入音电路的共模偏置电压脚，外接 1μF 滤波电容到地

不挑电池、单节锂电自适应升压、超长续航 9.5V 19W、防破音、AB/D、超低 EMI、短路保护音频功放

## 电性能参数

## 极限参数


参数	符号	范围	单位
供电电源	AVDD	-0.3~6	V
功率 PIN	PVDD, LX, VOP, VON	-0.3~ 12	V
引脚温度 (焊接 10 秒)	Tsdr	260	°C
储存环境温度	Tstg	-50~+150	°C
负载范围	RL	2.8~8	Ω
ESD 人体静电模式	HBM	±4000	V
ESD 机器模式	MM	±400	V

注：最大极限参数是指超出该工作范围 IC 可能会损坏。推荐工作范围是指在该范围内 IC 工作正常，但不完全保证满足个别性能指示。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指示的测试条件下的直流和交流电气参数规范。对于未给定的上下限参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。

## 热效应信息

参数	符号	范围	单位
封装热阻---芯片到环境	$\theta_{JA}$	33	°C/W
封装热阻---芯片到封装表面	$\theta_{JC}$	30	°C/W
封装热阻---芯片到PCB表面	$\theta_{JB}$	18	°C/W

## 订购信息

产品型号	封装形式	器件标识	包装
HDX6860A	ETSSOP-16L		管装

不挑电池、单节锂电自适应升压、超长续航 9.5V 19W、防破音、AB/D、超低 EMI、短路保护音频功放

## 推荐工作条件

推荐工作条件 除非特殊说明, TA=25°C

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V <sub>CC</sub>	供电电源	AVDD	2.7	5.3	V
V <sub>ENH</sub>	EN 输入高电平	EN	1.0		V
V <sub>ENL</sub>	EN 输入低电平	EN		0.4	V
V <sub>MODE</sub>	MODE 脚控制模式	Class-G 输出工作模式		1.5	V
		Class-D 输出工作模式	1.8	2	V
		Class-AB 输出工作模式	2.3		V
音频输入电容	C <sub>IN</sub>	@ INP, INN	0.1	1.0	μF
音频输入电阻	R <sub>IN</sub>	@ INP, INN	0	39	kΩ
最小负载阻抗	最小负载阻抗	RL across VOP and VON	2.8	16	Ω
BOOST 电感	L	across Power and LX	2.2	6.8	μH

## 电气参数

VDD=3.7V, f=1kHz, Load=4Ω+33μH, C<sub>IN</sub>=0.22μF, R<sub>IN</sub>=15kΩ (AV=26dB), MODE=Low, ALC=Unconnected, PVDD=1uF//10μF//470μF, AVDD=0.01μF//1μF//470uF, CBYP=1μF,(除非特殊说明)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V <sub>BAT</sub>	电源电压	AVDD	2.7		5.3	V
V <sub>UVLOUP</sub>	芯片启动所需电源电压	VDD 从低到高		2.4		V
V <sub>UVLODN</sub>	芯片关断时的电源电压	VDD 从高到低		2.2		V
I <sub>AVDD</sub>	静态电流	Class-G 模式		5		mA
		Class-D 模式		25		mA
		Class-AB 模式		8		mA
I <sub>AVDD</sub>	待机电流	EN 为低电平			1	uA
T <sub>MODE</sub>	工作模式切换时间			120		ms
T <sub>SD</sub>	过温保护阈值温度			160		°C
T <sub>SDR</sub>	过温保护迟滞温度			20		°C
F <sub>SWD</sub>	D 类调制频率	AVDD=2.7V to 5.3V		500		kHz
T <sub>STARTUP</sub>	开启时间			30		ms
<b>BOOST</b>						
V <sub>PVDD</sub>	升压输出电压	IPVDD=1500mA		9.5		V
F <sub>BOOST</sub>	BOOST 频率	AVDD=2.7V to 5.5V		500		KHz
T <sub>SS</sub>	BOOST 软启动时间			12		ms
	最大占空比			80		%
I <sub>LIMIT</sub>	最大电感峰值电流			7.0		A

CLASS-D AUDIO AMPLIFIER (MODE=Low or Unconnected)							
符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
Po	最大输出功率 Load=4Ω+33μH Non-ALC Mode	THD+N=1%	VDD=4.2V		9.0		W
		THD+N=10%			11.0		W
		THD+N=1%	VDD=3.8V		8.8		W
		THD+N=10%			10.8		W
		Load=3Ω+33μH	VDD=3.8V		14.0		W
		Load=2Ω+33μH	VDD=3.8V		19.0		W
THD+N	总谐波失真+噪声	Load=4Ω+33μH, PO=0.5W			0.06		%
		Load=4Ω+33μH, PO=6.0W			0.05		%
VOS	输出失调电压	Inputs AC-Grounded, No Load			±10		mV
PSRR	电源纹波抑制比	200mVPP, f=217Hz			71		dB
		200mVPP, f=1kHz			70		dB
CMRR	共模抑制比	VIN=0.20VRMS			70		dB
η	Efficiency (Class D + Boost)	VBAT=3.8V, RL=4Ω, Po=6W THD+N = 0.13%			76		%
CLASS-AB AUDIO AMPLIFIER (MODE=High)							
符号	参数	测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
Po	最大输出功率 Load=4Ω+33μH	THD+N=1%	VDD=4.2V		1.5		W
		THD+N=10%			2.0		W
		THD+N=1%	VDD=3.6V		1.5		W
		THD+N=10%			1.1		W
THD+N	总谐波失真+噪声	Load=4Ω+33μH, PO=0.1W			0.18		%
		Load=4Ω+33μH, PO=0.5W			0.17		%
VOS	输出失调电压	Inputs AC-Grounded, No Load			±10		mV
PSRR	电源纹波抑制比	200mVPP, f=217Hz			70		dB
		200mVPP, f=1kHz			68		dB

注：

- 1.测试所用的负载中串有 33μH 电感来模拟喇叭的特性;
- 2.在测试 Class-D 电路的指标时，需要在输出端和测试仪器之前加入 33kHz 的低通滤波电路;

## HDX6860 应用说明

### 音频功放输入配置

HDX6860 输入模拟差分或者单端音频信号，输出数字 PWM 信号（D 类）或者模拟音频信号（AB 类）驱动扬声器。差分输入和单端输入具有同的放大倍数，HDX6860 内部集成 18K ohm 输入电阻、670K ohm 反馈电阻，可以通过下列公式调节系统增益。

$$Gain = \frac{670K}{18K + Ri}$$

输入电容和输入电阻构成高通滤波器，截止频率为：

$$fc = \frac{1}{2\pi \times (Ri + 18K) \times Cin}$$

根据应用需求的增益，确认输入电阻 RIN，再根据扬声器的性能确认输入电容 CIN。增益确定后选择电容，大的输入电容 CIN 产生更低频的截止频率，有利于低频声音的重现，但是过大的输入电容可能引入 pop 声、较大低频噪声并且大的电容拥有较大的器件体积可能不利于板的布局，根据需求合理选择输入电容。

输入电阻的失配会降低系统的 PSRR、CMRR 和 THD 等性能，要求使用精度为1%的输入电阻。

输入电容的任何失配会造成输入滤波器的截止频率失配，电容的严重失配也会造成启动 pop 声，推荐使用容差±10%或者更好的电容。

### 启动和关断控制

当把HDX6860的EN引脚置于低电平以后，芯片进入关断状态，在该状态下HDX6860关闭芯片所有功能并将电源功耗降到1μA以下，输出引脚会被内置的下拉电阻拉到低电平。从EN引脚拉低到芯片完全进入关断状态至少需要 10ms (TSD) 时间，当EN引脚从低电平变为高电平时，芯片需要退出关断状态，并在30ms (TSTUP) 后，才会有正常的输出信号。

在使用时建议等所有电源稳定后再把EN置高电平，在电源关机前先把EN置低电平，这样可以防止在上下电时在喇叭上听到“噼噗-咔嚓”声。

### CLICK-and-POP 抑制

HDX6860内部有专门的抑制click-and-pop噪声的电路，可以有效地降低芯片在上电、下电，启动或关断时在输出端可能出现的噪声。为了更加可靠的消除开关机噪声，建议在芯片的供电电源稳定前保持EN引脚的电压为低，在移去电源之前，先把EN引脚置低。

### 自适应 BOOST

HDX6860使用了BOOST升压电路，使输出信号的峰值有更大的余量，喇叭上能得到更大的功率。BOOST升压电路在工作时会降低系统的效率，HDX6860内置有信号检测电路，只有在输入信号较大时BOOST升压电路才工作，利用这种自适应技术能增加实际工作时的工作效率。

当输入信号大于预设值超过一定时间后，BOOST就会启动，使Class-D功率放大器部分工作在更高的电压上。为了取得更好的性能，BOOST的输出端（肖特基的负极）需要在外部（PCB板上）用尽量短而粗的金属走线连接到Class-D电源（PVDD）上。另一方面，当输入信号比较小，低于内设的门限值超过一段时间后，BOOST电路会关闭。当BOOST关闭时，Class-D功率放大器部分将直接通过外部的肖特基二极管由AVDD供电，能延长电池的工作时间。

不挑电池、单节锂电自适应升压、超长续航 9.5V 19W、防破音、AB/D、超低 EMI、短路保护音频功放  
PVDD 引脚电容

HDX6860的PVDD实际为升压电源BOOST的输出，同时是内置功放模块的电源输入。因此滤波去耦电容是需要的，我们要求使用两组电容，一组是1uF//10uF组成的去耦电容，一组是470uF//470uF的滤波电解电容，1uF//10uF组成的去耦电容尽可能的靠近芯片管脚放置，470uF建议使用高频低阻系列的电解电容，可以有效提高效率，减小电压纹波，过小的电容会使BOOST输出电压震荡。

BOOST 电感选择

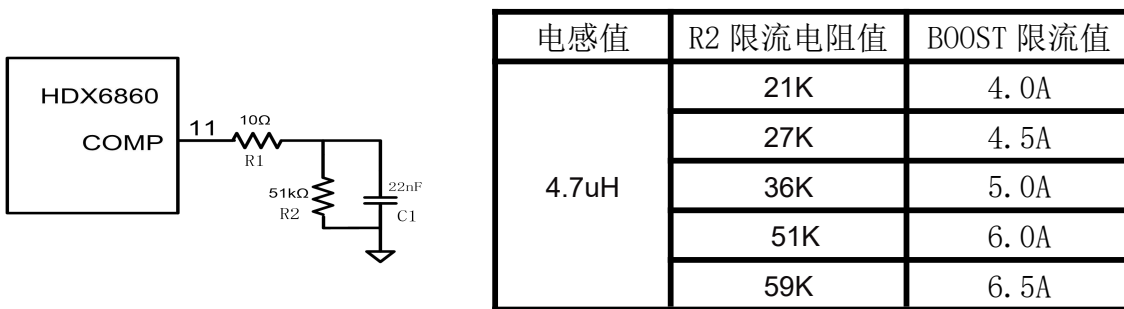
BOOST 工作需要使用电感，工作中的电感的值会随着电感电流和温度的增加而下降，如果电感值在工作过程中下降严重，可能造成 Boost 电路不稳定，或者让 HDX6860 触发内部电流限制，达不到足够输出功率。同时，小的电感值会引入较大的电流纹波，能提供较好的电流瞬态响应，但是也会牺牲系统工作效率，增加磁芯损耗和 EMI。大的电感值可以降低电感电流纹波，提高工作效率，减小 EMI，但是对于输出电流的瞬态响应会较差。为了保证芯片正常工作，HDX6860 推荐使用电感值在 4.7uH，电感直流阻值 DCR≤ 50m，电感饱和电流的 I<sub>SAT</sub> ≥ 5A 电感；如果是 2 欧姆负载则电感饱和电流 I<sub>SAT</sub> ≥ 8A 。

肖特基选择

HDX6860内置异步BOOST升压模块，需要外接肖特基二极管进行续流。肖特基二极管对IC整体性能的影响很大，不合适的选型会导致整机效率偏低，甚至在IC的LX引脚产生很大的过冲电压，导致IC烧毁，建议采用两颗5A，40V的肖特基二极管（如SS54）。要注意肖特基到电感到输出滤波电容到PVDD引脚的连线尽可能短，不合适的走线会使LX引脚过冲电压变大，影响EMI，甚至烧毁IC。

电流限制功能

HDX6860升压需要外部补偿电路以维持升压稳定性。典型应用，COMP 外部需要接电阻 R1值是10 串联 C1是22nF 电容到地。R2是设置最大电流值的电阻，电阻越小最大电流越小；81K为不限制最大电流。

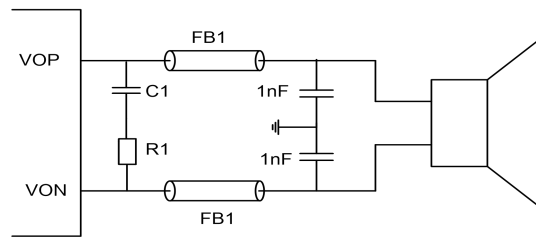


RC 缓冲电路

当使用4Ω或更低阻抗的喇叭时，在芯片的输出端VOP和VON引脚上加入RC缓冲电路，RC缓冲电路可以降低由于感性负载(例如喇叭)在电流突变时产生的高电压，提高工作可靠性，该电路还可以降低D类输出的EMI干扰。使用时尽量使R和C靠近相应的VOP和VON。

可以使用如下图所示的一个简单的RC缓冲电路，建议R1 = 4.7Ω，C1 = 4.7nF。注意，RC缓冲电路的设计是特定于每一个设计，必须考虑到系统板的寄生电抗，选择R1和C1的适当值，评估并确保电压尖峰(过冲，下冲)电压控制在VOP和VON的最大额定值内。RC缓冲电路的布局应紧密贴近VOP和VON引脚。





## 工作模式控制

如下表所示,通过改变MODE引脚电压,HDX6860可选择三种工作模式,包括Class-AB、Class-D和Class-G。当 $V_{MODE} < 1.5V$ 时,HDX6860工作在Class-G模式下,升压电路在大信号时才启动,具有输出功率大和效率高的特性;当 $1.8V < V_{MODE} < 2.0V$ 时,HDX6860工作在Class-D模式下,升压电路一直工作,PVOUT有更高的电压输出,可为系统中的其它电路(例如LED)供电,当 $V_{MODE} > 2.3V$ 时,HDX6860工作在Class-AB模式下,Class-AB模式由于干扰小,特别适用于FM收音状态下的喇叭驱动。为了更加稳定的工作,需在MODE引脚上增加一个 $0.1\mu F$ 的陶瓷电容到地。

MODE 引脚电压	升压功能	音频输出模式
$V_{MODE} < 1.5V$	自适应启动	Class-G
$1.8V < V_{MODE} < 2.0V$	一直启动	Class-D
$V_{MODE} > 2.3V$	一直关闭	Class-AB

## ALC 控制

如下表所示,HDX6860可通过ALC引脚设置5中ALC模式。当ALC引脚接 $10K$ 欧姆电阻到AVDD时,ALC功能关闭,这种模式主要用在应用需要最大响度,可接受适当削波失真的场合;其他四种设置工作在ALC有效状态,不同的动态特性,对最大功率与失真略有差别。

ALC 应用	ALC 模式	音质	
		响度	失真度
$0 \sim 10K\Omega$ 接到 AVDD	Non-ALC	声音最大 (ALC 功能关闭)	大功率下削顶失真
悬空	ALC-1	ALC 功能下声音最大	可接受的输出失真度
$180K$ 接到 GND	ALC-2	略低响度	中度输出失真度
$25K$ 接到 GND	ALC-3	中等响度	轻微输出失真度
短接到 GND	ALC-4	ALC 功能下声音最小	输出失真最小

## 保护模式

HDX6860 内置多种保护功能,有故障发生时不容易被损坏,包括欠压锁定 (UVLO),过流保护 (OCP) 和过温保护 (OTP)。

## 欠压锁定 (UVLO)

为使芯片安全可靠地工作，HDX6860内置有低电压检测电路，当检测到电源电压 (AVDD) 低于2.2V ( $V_{UVLO}$ ) 时，启动欠压锁定保护功能，这时不管EN引脚是不是高电平，芯片的输出都是锁定关闭状态，输出引脚会被内置的下拉电阻拉到低电平；当检测到AVDD电压高于2.4V ( $V_{UVLU}$ )，该模式自动解除。当欠压保护模式解除后，若EN为高电平，经过一段启动时间 ( $T_{STUP}$ ) 后芯片进入正常工作状态。

## 过流保护 (OCP)

在正常工作过程中，HDX6860会持续监测输出端的工作情况，当检测到输出端互相短路、输出端对电源 (PVDD) 或地短路时，芯片会自动启动过流保护功能来防止芯片损坏。HDX6860芯片的过流保护具有自恢复功能，当检测到过流或短路等异常后，芯片的输出端会马上进入高阻状态，这种状态保持120ms左右后，芯片会再次打开输出开始工作，同时检测输出状态，若输出异常还没有消除，又会马上关闭输出，进入高阻状态，如此反复。进入“打嗝模式”，当过流或短路等异常消除时，芯片能自动恢复正常工作，并且工作模式不会变化。

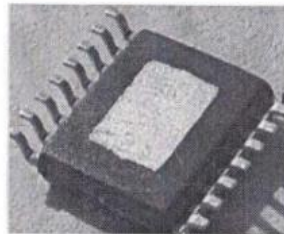
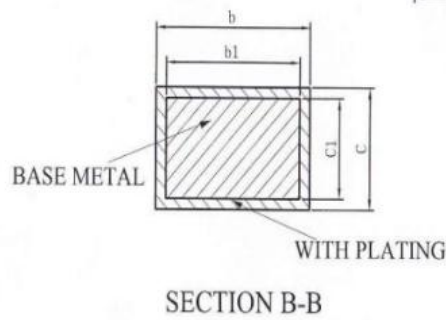
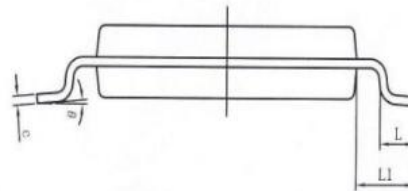
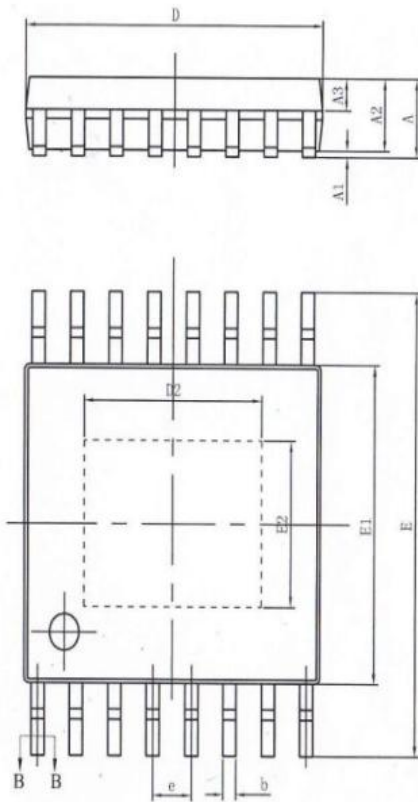
## 过温保护 (OTP)

当检测到芯片内部温度超过预设的阈值 (160°C) 时，过温保护能自动启动防止芯片损坏。在启动过温保护模式后，芯片会关闭所有的输出，输出引脚会被内置的下拉电阻拉到低电平。当芯片内部温度下降到比阈值低 20°C时，芯片会恢复正常工作状态。

## PCB 布板注意事项

- ◆ B00ST 工作时，大电流从电源正端-电感-SW-PGND-流回电源负端，另一条大电流从电源正端-电感-二极管-470uF 电容 - 流回电源负端。还有一条电流路径，在功率放大器工作时，从470uF 电容正端 -PVDD-OUTP (OUTN)-负载喇叭-OUTN (OUTP) -GND-470uF 电容负端。上述路电流径上的PCB 布局在任何一环存在不足都将可能引起芯片性能下降，所以要优先、仔细考虑对上述路径布局的考虑。
- ◆ 电源走线应单独从供电电源端引出（以减小对其他用电模块影响），从电源到电感、电感到 SW 管脚的走线要宽（考虑 B00ST 电感电流较大，HDX6860 推荐电源到电感走线宽度不小于 6mm），路径尽量短。
- ◆ 布局时，要考虑 AVDD、PGND 和 PVOUT 滤波电容的大电流路径尽量短，整个电流路径的走线也要尽可能粗。
- ◆ 电源和地的滤波电容尽量靠近芯片的管脚，切记不能把电容放在板子的背面,通过微小的通孔跳线连过来。
- ◆ HDX6860 的散热片要可靠地焊接在 PCB 板上，芯片散热片下的 PCB 要大面积敷铜，且通过过孔（每个过孔间的间隔可以是0.3mm）与 PCB 背面的大面积铺地相接，大面积的敷铜和露锡可以提升散热效果。散热会影响HDX6860 的输出功率，注意要给HDX6860 提供足够的散热能力。
- ◆ AVDD 和 PVDD 至少放置 1uF 和 10uF 吸收高频纹波的电容，并尽可能靠近芯片引脚。
- ◆ EMI 磁珠和电容要尽量靠近相应的输出管脚，电容地接在功率地的回路上，并使输出端、磁珠、电容和功率地之间的环路面积最小，最大程度上降低电磁辐射。
- ◆ 芯片输出管脚到扬声器的输出线尽量粗而短，线宽尽量不要小于0.5mm。
- ◆ HDX6860 的输入电阻、电容要尽量靠近芯片的 INN、INP 脚放置，两个输入的布局走线尽可能一致，且不要靠近功率布线走线，这样可以更好地抑制噪声和干扰。

封装尺寸



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.20
A1	0.05	—	0.15
A2	0.90	1.00	1.05
A3	0.39	0.44	0.49
b	0.20	—	0.28
b1	0.19	0.22	0.25
c	0.13	—	0.17
c1	0.12	0.13	0.14
D	4.90	5.00	5.10
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e	0.65BSC		
L	0.45	—	0.75
L1	1.00BSC		
θ	0	—	8°

Size (mm)	D2	E2
91*118	2.80REF	2.10REF