

15W 单声道、AB/D、防破音、带自适应升压音频功率放大器

特性

- 工作电压范围: 3V- 5V
- 最高升压到10V
- 集成大电流异步电感式升压
- 内置三种防破音模式
- 提高效率的自适应升压
- AB/D 模式切换
- 输出功率
at 10% THD+N
 – 12.6W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=4\Omega$
 – 15.2W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=3\Omega$
 – 19.2W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=2\Omega$
 at 1% THD+N
 – 10.4W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=4\Omega$
 – 12.5W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=3\Omega$
 – 16.2W, at $V_{IN}=3.7V$, $R_L=2\Omega$
- 3.7V输入时82%的效率
- 可选改善EMI的扩频模式
- 关断电流 < 10uA
- 过热保护功能
- 尺寸极小的 ESSOP-16封装形式
- 满足ROHS要求的环保封装

应用

- 各种蓝牙音箱、智能音箱
- 扩音器、扬声器设备
- 各种消费类音频产品

说明

LTK53109 是一款大功率、带自适应升压、防破音、高效率、无滤波器的D类音频功率放大器, 单节锂电供电情况下, 在 4Ω 下可以达到12.6W; 3Ω 下可以达到15W的10%输出功率 (10% THD+N)。

LTK53109带有AB类功能, 可以减少或去掉功放对FM的干扰。另外, D类模式下, 可选的扩频功能, 可以降低开关频率对EMI的影响。

采用三种不同的防破音模式, 使得LTK53109可以满足对音质的不同要求, 同时保护扬声器, 避免过载而损坏。

另外, LTK53109的自适应升压功能, 在音频输入较小时升压在较低电位, 输入较高音频幅度时升到更高的电压, 从而达到明显提高效率的目的。

LTK53109根据需求设置输入限流电流, 可以匹配不同电源电池和输出功率的要求。

LTK53109提供了尺寸极小的ESSOP-16封装, 同时保持了良好的散热能力。

典型应用原理图

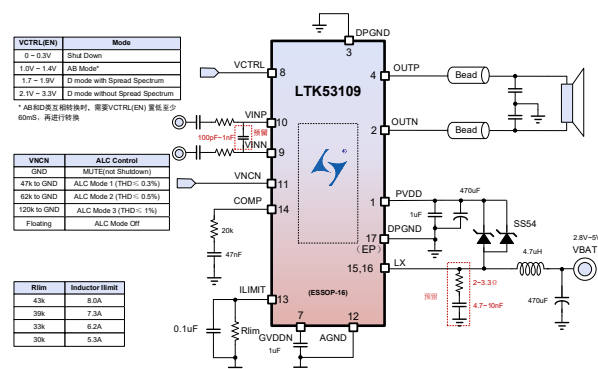


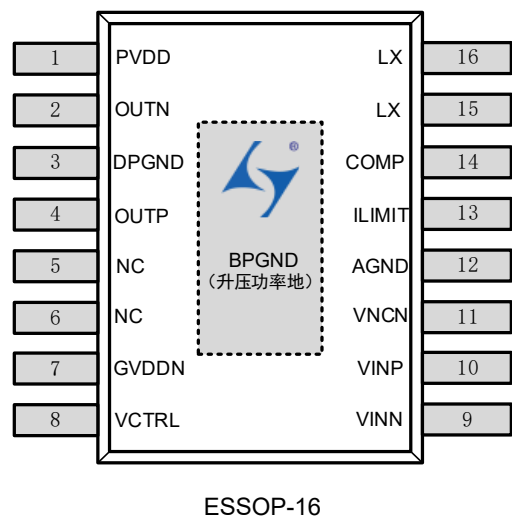
图1 LTK53109应用原理图

封装信息

Assembly Material Handling Code Package Code	Package Code ESP: ESSOP-16 Handling Code TR: Tape & Reel Assembly Material G: Halogen and Lead Free Device
LTK53109 ESO: LTK53109 XXXX	X - Data Code Y - Lot Number

Note: LTKCHIP 保留作出更改以改善可靠性或可制造性, 并建议客户在下订单前参考最新版本的相关资料。

管脚说明



管脚功能

序号	名 称	IO	功 能 说 明
1	PVDD	IO	升压电压，同时为功放功率输出提供电源。
2	OUTN	O	负端音频功率输出。
3	DPGND	IO	音频功放功率地。
4	OUTP	O	正端音频功率输出。
5	NC		内部无连接
6	NC		内部无连接
7	GVDDN	IO	对地偏置电源电压，需要连接1uF电容到地。
8	VCTRL	I	芯片使能，不同的电压区间可以开启AB类、D类扩频或关闭。
9	VINN	I	负端音频输入。
10	VINP	I	正端音频输入。
11	VNCN	I	防破音设置脚，提供三种防破音，或关闭防破音功能。
12	AGND	IO	模拟地。
13	ILIMIT	I	升压模块的输入电感电流限流设置，需要外接电容到地，电容大小影响启动时间，偏小容易引起启动大电流，建议1uF电容。
14	COMP	IO	升压模块的环路控制补偿，外接电阻和电容网络。
15	LX	IO	升压模块开关连接电感。
16	LX	IO	升压模块开关连接电感。



极限工作条件(Note1)

符 号	说 明		范 围	单 位
V _{BAT}	电池电压 (PVCC to GND)		-0.3 to 6V	V
V _{PVCC}	升压电压 (PVCC to GND)		-0.3 to 12V	
V _{OUTP/N}	输出OUTP/N		-0.3 to 12V	
I/O	VCTRL、ILIMIT、COMP		-0.3 to 5V	
	VINP、VINN		-0.3 to 5V	
I _{OUT}	功放输出端输出最大电流		5	A
P _d	最大功耗	ESSOP-16	400	mW
P _{TR}	封装热阻 θ_{JA}	ESSOP-16	285	°C/W
T _J	结温度范围		-40 to +150	°C
T _{STG}	储存温度范围		-40 to +150	
T _{SDR}	焊接温度范围		260	

Note 1. 绝对最大额定值是指设备的寿命可能收到损坏的值，在绝对最大额定条件下有可能会引起芯片的永久性损伤。



推荐工作条件

符 号	说 明		最小值	最大值	单位
V _{BAT}	电源电池电压		3	5	V
V _{IH}	高阈值电压	EN	1.5		
V _{IL}	低阈值电压			0.4	
V _{LX}	连接电感的LX侧电压			14	
T _A	环境温度		-40	85	°C
T _J	结温度范围		-40	125	
R _L	扬声器阻抗		3	8	Ω

电气特性

$V_{BAT}=3.7V$, $A_V=26dB$, $T_A=25^{\circ}C$ (典型情况)

符 号	参 数	测 试 条 件		最小	典型	最大	单位
I_{DD}	静态电流	D 类模式			21	30	mA
I_{DD}	静态电流	AB 类模式			3	10	mA
I_{SD}	关断电流	EN=0V			10	20	μA
F_{OSC1}	D类PWM频率	$V_{BAT}=3.7V$ Class D mode		400	500	600	kHz
F_{OSC2}	升压开关频率	$V_{BAT}=3.7V$ Class D mode		400	500	600	kHz
V_{OS}	输出直流偏差电压	$R_L=4\Omega$			20		mV
V_N	噪声输出等效电压	With A-weighted Filter, $R_L=4\Omega$			180		μV_{rms}
$R_{DS(ON)}$	静态导通电阻	$P_{VDD}=7V$, $I_L=1A$	上边		150		$m\Omega$
		$P_{VDD}=7V$, $I_L=1A$	下边		120		
η	效率	$P_O=2W$, $R_L=4\Omega+33\mu H$			82		%
		$P_O=6W$, $R_L=4\Omega+33\mu H$			83		
THD+N	总谐波失真加噪声	THD+N=1%, $f_{in}=1kHz$	$R_L=3\Omega$		12.5		W
			$R_L=4\Omega$		10.4		
		THD+N=10%, $f_{in}=1kHz$	$R_L=3\Omega$		15.2		
			$R_L=4\Omega$		12.6		
S/N	信噪比	With A-weighted Filter $P_O=2W$, $R_L=4\Omega$			80		dB
PSRR	电源抑制比	$R_L=4\Omega$, $f_{in}=217Hz$, $V_{RIPPLE}=0.2V_{PP}$			-80	-60	

典型曲线 (TA=25°C)

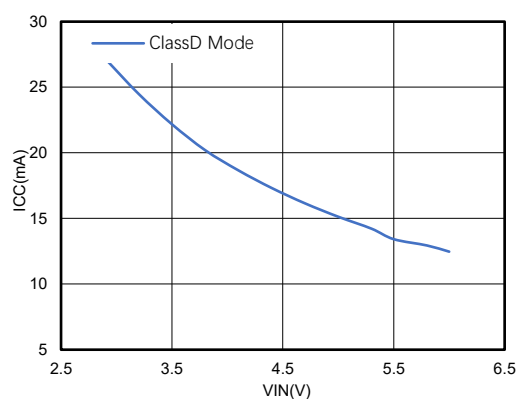


图2 Class D 输入电源和静态电流

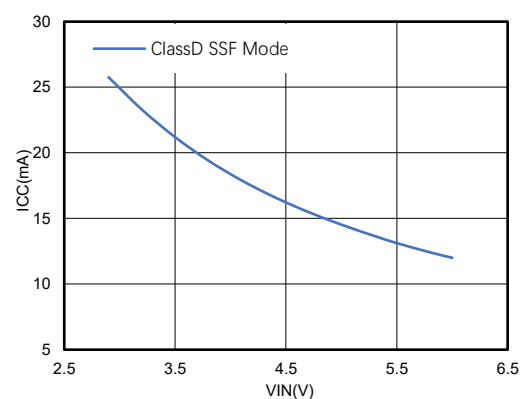


图3 Class D 扩频模式下输入电源和静态电流

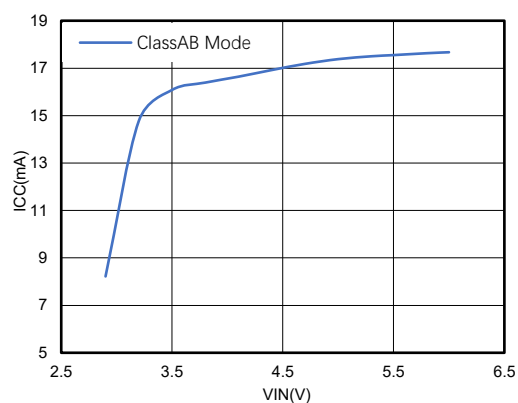


图4 Class AB 输入电源和静态电流

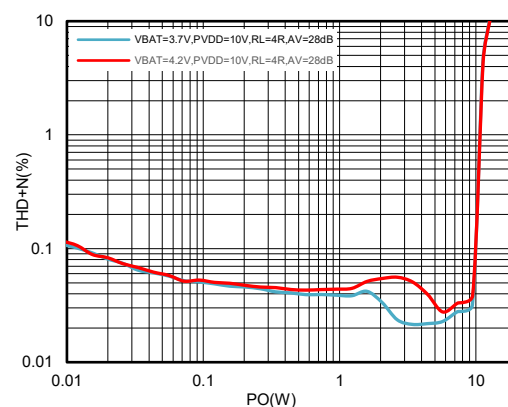


图5 Class D在4Ω负载下输出功率和THD+N

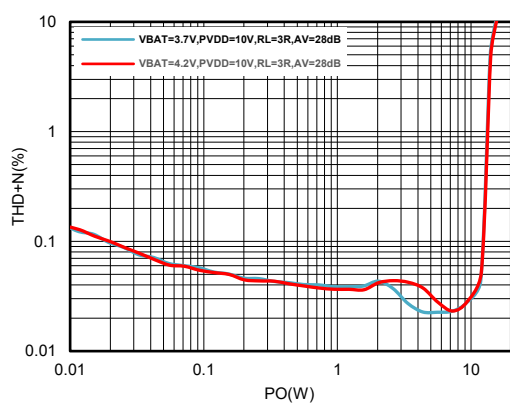


图6 Class D在3Ω负载下输出功率和THD+N

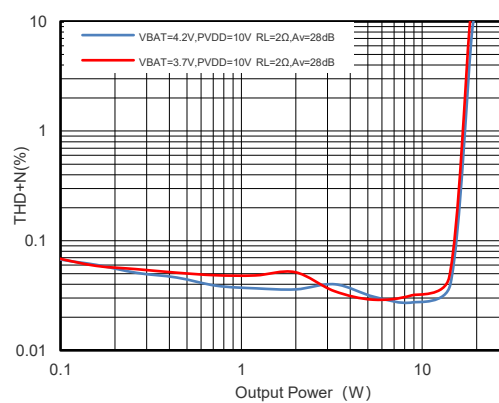


图7 Class D在2Ω负载下输出功率和THD+N

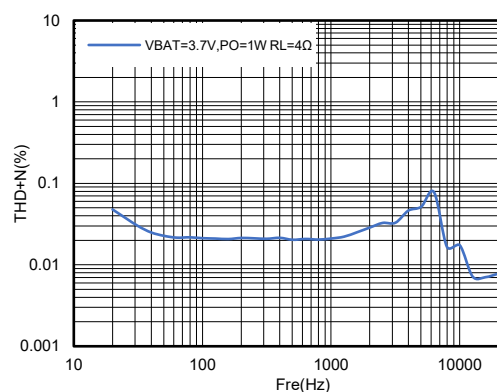


图8 1W功率下Class D频率和THD+N

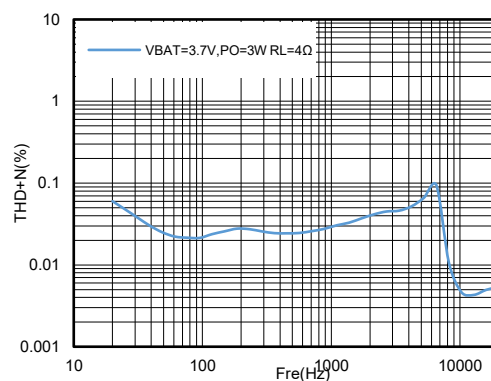


图9 3W功率下Class D频率和THD+N

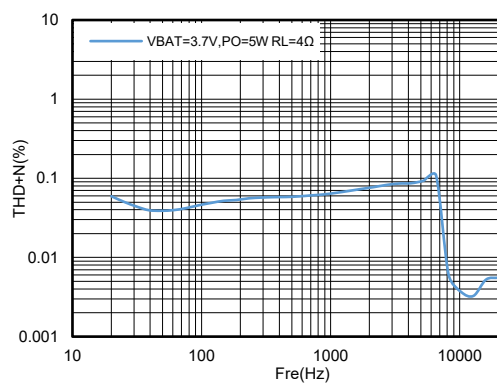


图10 5W功率下Class D频率和THD+N

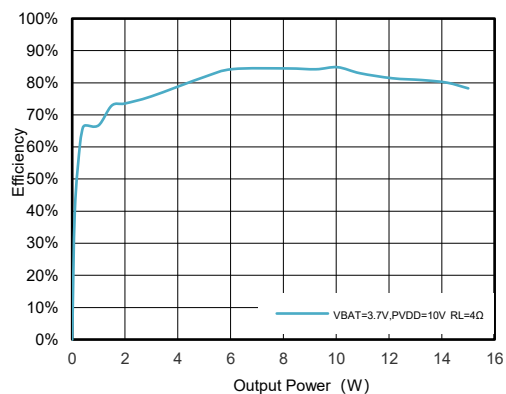


图11 Class D输出功率和效率



应用指南

LTK53109是一款大功率、带自适应升压、防破音、高效率、无滤波器的D类音频功率放大器。先进的扩频功能可以进一步降低EMI的辐射，甚至可以在不加任何磁珠的情况下满足要求。

PCB 应用指南

设计PCB时，要尽量使升压电感和肖特基二极管靠近LTK53109的LX脚位，升压输出滤波电容要靠近肖特基二极管的负极，LX脚、电感和肖特基二极管之间的走线要在同一层，不能有过孔，输出滤波电容和肖特基二极管的负极走线也要在同一层，不能有过孔，走线因为有大电流开关信号，要尽量短而粗，以减少大电流通路上的寄生阻抗。

芯片下面的散热片必须直接可靠地焊接到PCB的焊盘上，必需使用二层以上的PCB，芯片的AGND、DPGND和BPGND可以直接短接到底部的散热焊盘上，并通过足够多的过孔与背面的大面积覆铜区相连来帮助散热。

为了降低系统的底噪，尽量使用差分输入模式，并且使VINN和VINP的输入电阻电容尽量匹配；在做单端输入使用时，有一端输入是交流接地的，需要把线拉到信号源端再接地，尽量使VINN和VINP的输入路径走线对称。

音频功率放大器的输出脚（OUTP和OUTN）到喇叭处要尽量使用低阻抗的连线。

电源输入VBAT、HPVDD处要放置合适的退耦电容，电容要尽量地靠近相应的电源脚和地，电感的退耦电容也要尽量靠近电感。

LTK53109应用在大电流输出时，要根据系统对电流的要求，选用并联的二极管，有利于保持电流能力的同时降低阻抗，提高可靠性和效率。

为了进一步降低EMI，可以在功率放大器的输出端增加串接磁珠，并接电容到地来更好地抑制高频的EMI。

请不要让功率放大器的输出端碰到AGND、DPGND、BPGND、VBAT、PVDD上，以免造成芯片的损坏。

VCTRL 功能说明

VCTRL 是复合功能管脚，有 AB 类模式和两种 D 类工作模式：扩频模式和关闭扩频模式，在扩频模式下可以具有更低的 EMI 特性。需要注意的是，AB 类和 D 类互相转换时，需要先关断至少 60ms 后才能进行转换，否则模式切换会出现异常。

VCTRL	状 态
<0.3V	关 断
1.0V-1.4V	AB 类模式
1.6V-1.9V	扩频功能打开的 D 类模式
>2.1V	扩频功能关闭的 D 类模式

VNCN 功能说明

VNCN 是复合功能管脚，通过下拉不同的电阻到地，可以实现三种不同的防破音，同时悬空时，会关闭防破音，接地时会静音（不是关闭芯片）。

VVNCN	防破音控制
接地	静音（不是关闭芯片）
47k 接地	防破音功能 1（THD<0.3%）
62k 接地	防破音功能 2（THD<0.5%）
120k 接地	防破音功能 3（THD<1.0%）
悬空	防破音功能关闭

ILIMIT 功能说明

通过外接不同的 R_{limit} 电阻，可以限定输入的电感电流，从而根据电源电池和输出功率的要求灵活配置限流值。另外，外接电容的大小也会影响芯片升压的启动时间，电容太小会导致启动大电流，LTK53109 推荐使用 1uF 的电容。



R_{LIMIT}	电感电流
43k Ω	8.0A
39k Ω	7.3A
33k Ω	6.2A
30k Ω	5.3A

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, 芯片会进入关闭输出的状态, 当芯片内部温度返回到一个较低温度 (大约低于阈值20°C), 芯片将恢复到正常工作模式。

欠压保护功能

为使芯片安全可靠工作, LTK53109 具有欠压保护功能, 欠压阈值在2.8V左右, 当检测到电源电压低于 V_{UVLO} 时, 启动欠压保护功能, 这时会关闭芯片的输出, 输出管脚会被拉到低电平; 当检测到电源电压高于 V_{UVLO} 时, 芯片将恢复到正常工作模式。

输入电阻 R_i

LTK53109输入为差分结构, 要求输入电阻之间良好的匹配 (差分输入电阻阻值一致), 可以提升PSRR、CMRR等性能。PCB布局时要尽可能靠近芯片的管脚位置。

内部集成了反馈电阻 R_f 和输入电阻 R_i , 同时支持外接输入电阻 R_{ex} , 以灵活调整设计参数。可以根据需要选用计算如下:

$$A_V = 20 \log * \frac{R_f}{R_{ex} + R_i} \quad (1)$$

D类模式提供35.4dB的增益, $R_i=9.5k\Omega$; $R_f=560k\Omega$; AB类模式提供33.6dB的增益, $R_i=9k\Omega$; $R_f=430k\Omega$; R_{ex} 是外置输入电阻, 可根据实际需求, 结合芯片内部电阻与外接电阻的组合关系进行计算, 从而确定最终的电路参数。

输入电容 R_i

LTK53109 的输入电容和输入电阻构成输入高通滤波器, 通过选取合适的电容, 来决定截止频率。

$$f_{C(Highpass)} = \frac{1}{2\pi R_i C_i} \quad (2)$$

电容的选取可以参考下面公式:

$$C_i = \frac{1}{2\pi R_i f_c} \quad (3)$$

磁珠选择

选择磁珠时, 要注意铁氧体材料类型, 需要能在10~100MHz频率范围正常工作的磁珠, 使用铁氧体磁珠过滤器, 可以有效降低出现在扬声器和电源线30MHz频率以上范围的高频信号辐射。在铁氧体磁珠滤波器后面, 接一个1nF高频电容到地可以进一步对高频信号旁路, 来降低信号的频谱在一个可接受的水平。为了获得最佳性能, 对铁氧体磁珠滤波器的谐振频率应小于10MHz。

选择铁氧体磁珠需要考虑三个重要指标: 直流电阻 (DCR)、100MHz时的阻抗和额定工作电流, 要求DCR小于50m Ω , 100MHz的阻抗在100 Ω ~330 Ω 之间, 额定电流在8 Ω 喇叭应用下不小于3A, 4 Ω 喇叭应用下不小于5A, 3 Ω 喇叭应用 (PBTL) 下不小于7A。

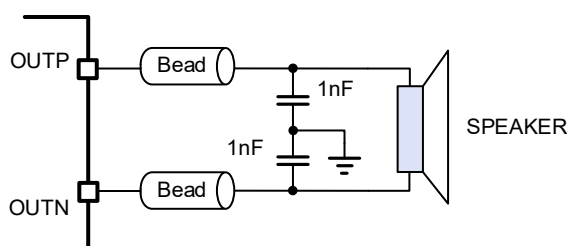


Fig.7 差分磁珠滤波输出

LC 输出滤波器

在扬声器引线比较长并且对EMI要求很高的应用环境，需要一个LC输出滤波器以获得最佳的EMI抑制，LC滤波器的设计既要比音频信号的频率高，又要对音频信号频带内的信号没有影响，可以尽量地衰减音频范围外的高频信号。LC输出滤波器的转角频率通常选择在50kHz左右下面是一个二阶低通滤波器，如图8所示。

在公式（3）中， $L=L1=L2$ ； $C2=C3=CL$ ； $C=2 \times C1+CL$

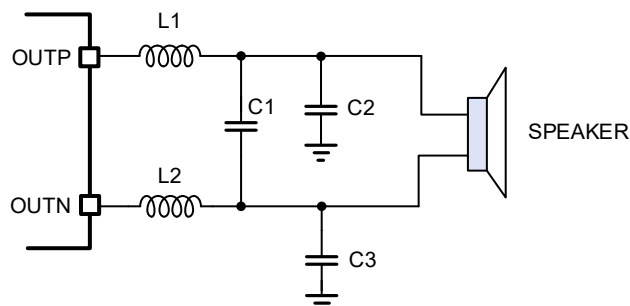


Fig.7 差分LC滤波输出

同时因为LC输出滤波器的品质因数Q很重要，Q值太低会使转角频率附件的信号幅度衰减太多，Q值太高会使转角频率附件的信号幅度提升过多。LC输出滤波器的品质因数Q通常设置在0.7到1之间，但会随喇叭阻抗变化而变化。

$$f_{C(\text{lowpass})} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4)$$

下表给出了喇叭负载在2、3、4、或8情况下建议的二阶低通滤波器L1、L2、C1、C2和C3的取值。

喇叭阻抗 (Ω)	L1, L2 (μH)	C1 (μF)	C2, C3 (μF)	$f_{C,LPF}$ (kHz)	Q值
8	22	0.33	0.68	41	0.70
4	10	0.56	1	50	0.63
3	6.8	0.68	1.5	50	0.70
2	4.7	1.0	2.2	50	0.68

输入为差分结构，要求输入电阻之间良好的匹配（差分输入电阻阻值一致），可以提升 PSRR、CMRR 等性能。PCB 布局时要尽可能靠近芯片的管脚位置。

内部集成了反馈电阻 R_f 和输入电阻 R_i ，同时支持外接输入电阻 R_{ex} ，以灵活调整设计参数。可以根据需要选用计算如下：

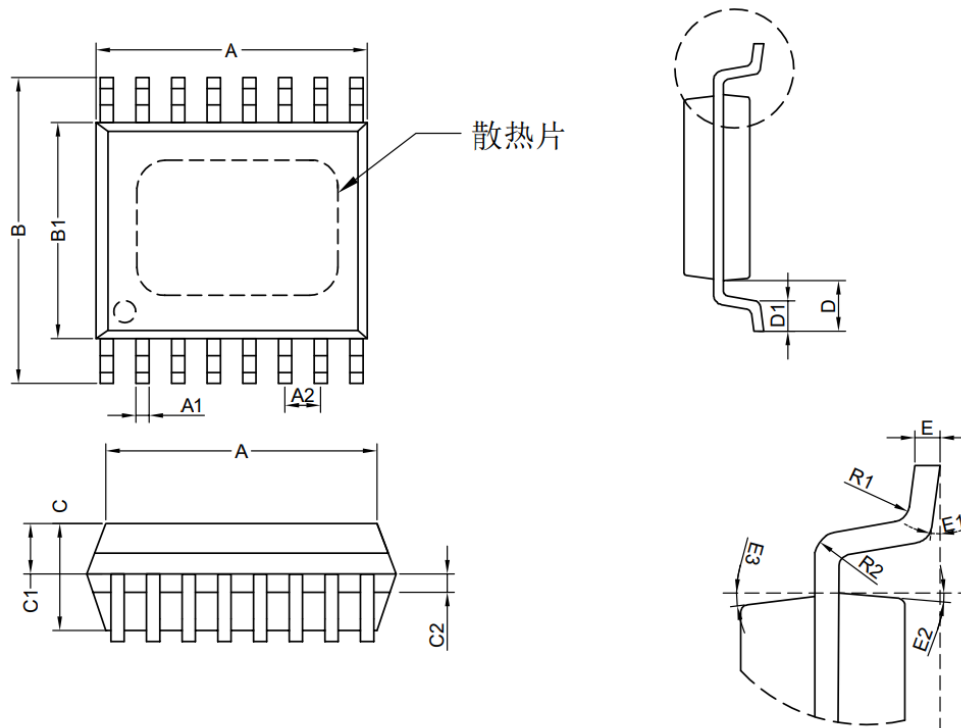
$$A_V = 20 \log \frac{R_f}{R_{ex} + R_i} \quad (1)$$

D 类模式提供 35.4dB 的增益， $R_i=9.5k\Omega$ ； $R_f=560k\Omega$ ；AB 类模式提供 33.6dB 的增益， $R_i=9k\Omega$ ； $R_f=430k\Omega$ ； R_{ex} 是外置输入电阻，可根据实际需求，结合芯片内部电阻与外接电阻的组合关系进行计算，从而确定最终的电路参数。



封装信息

ESSOP-16



标注	表示	MIN	NOM	MAX
A	总长	5.00	5.05	5.10
A1	脚宽	0.20	0.22	0.24
A2	脚间距	0.60	0.65	0.70
B	跨度	5.70	6.00	6.30
B1	胶体宽度	3.80	3.90	4.00
C	胶体厚度	1.35	1.45	1.50
C1	上胶体厚度	0.55	0.60	0.65
C2		0.05	0.15	0.25
C3	站高	0.02	0.05	0.11
D	单边长	1.05REF		
D1	脚长	0.40	0.65	0.85
E	脚厚	0.15	0.20	0.25
E1	脚角度	0°	4°	8°
E2		6°	8°	10°
E3		6°	8°	10°
R1		0.07TYP		
R2		0.07TYP		

版本修改说明

No.	修改日期	版本	负责人	内 容
1	2023年3月6日	V1.1	Wilson Liu	正式版第一版发布
2	2024年3月12日	V1.2	Wilson Liu	修改了第一页典型应用原理图、脚位说明等，ILIMIT管脚外接电容从1uF改到0.1uF，优化了升压启动时间。
3	2024年7月30日	V1.3	Wilson Liu	芯片输入管脚VINN和VINP之间可以预留100pF到1nF电容位置，以利于输入均衡调整。
4	2024年11月25日	V1.4	Wilson Liu	更新了应用电路图： 1、芯片的LX脚位建议加RC，取值参考电路图，在某些极端应用或PCB板走线优化不足情况下，建议加RC，利于减少LX电压毛刺； 2、VNCN的外接电阻在防破音模式，最小的电阻建议不低于47kΩ，避免VNCN电压过低导致意外关闭芯片。
6	2025年8月28日	V1.5	Wilson Li	更新了应用电路图： 1、更正了防破音说明的电阻值； 2、增加了应用的PCB注意事项图；
7	2026年3月5日	V1.6	Wilson Li	1、添加AB类增益说明；同时将D类模式的内置 F_R 和 R_i 电阻理论值，更正为实测值；