

LTK5318 电荷泵升压，K类音频功率放大器

■ 概述

LTK5318 是一款内置自适应升压 K 类音频功率放大芯片，具有 AGC 防破音功能、D 类模式切换、自适应、超低底噪、超低 EMI。自适应升压功能在输入信号幅度较小时，采用电源直接给功放电路供电，节省功耗；当输入信号较大时，内部自动启动升压电路，功放供电由升压电压提供，达到更大的输出功率。LTK5318 有四种 AGC 模式可选择，能满足各种不同的需求，并且保护扬声器避免过载而损坏。全差分结构有效的提高功放对 RF 噪声抑制。Charge Pump 升压电路，节省电感和肖特基二极管等外围器件，达到尽可能减少外围器件，节省成本的目的。

■ 封装

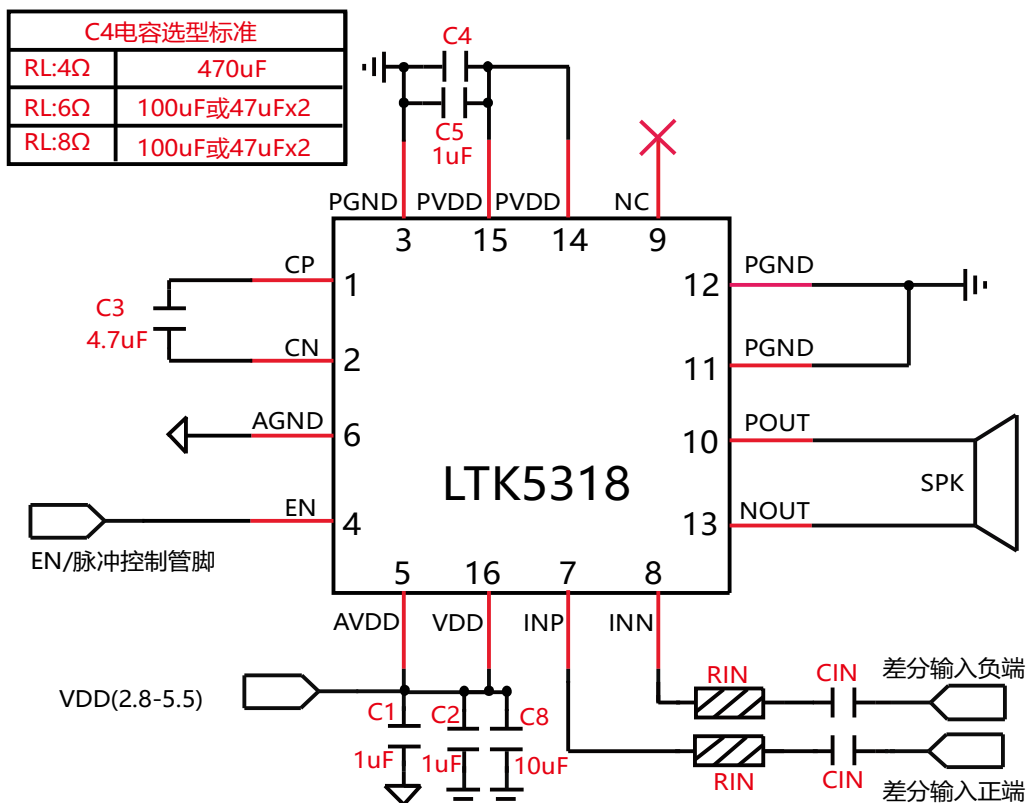
器件型号	封装类型	封装尺寸
LTK5318	QFN-16L	3.0mm x 3.0mm

■ 特性

- 输入电压范围：2.8V 至 5.5V
- 四种自动增益控制（AGC）
- 一线脉冲控制芯片工作模式
- 内置自适应 Charge Pump，可将电源电压自动升压至 6.5V
- D 类放大器工作时，无需滤波器，低静态电流和低 EMI
- 独有的爆破声抑制电路
- 超低底噪（ $A_{wting} : 100\mu V_{rms}$ ）
- 1% THD+N, 4.2V 电源条件下，在 4Ω 负载提供高达 4.2W 的输出功率
- 1% THD+N, 4.2V 电源条件下，在 6Ω 负载提供高达 3.3W 的输出功率
- 1% THD+N, 4.2V 电源条件下，在 8Ω 负载提供高达 2.6W 的输出功率
- 多种保护：输出短路保护、输入欠压保护
- 关断电流：< 1uA

■ 应用

- 蓝牙音箱、智能音箱
- 导航仪、便携游戏机
- DVD、扩音器、MP3、MP4
- 智能家居等各类音频产品
- 手机、平板电脑、对讲机



■ 管脚说明及定义

#	引脚名称	类型	说明
1	CP	I	连接 Flying 电容正端
2	CN	I	连接 Flying 电容负端
3	PGND	P	功率地
4	EN	I	关断/ D 类切换/脉冲控制模式管脚
5	AVDD	P	模拟电源输入管脚
6	AGND	P	模拟地
7	INP	I	音频输入信号正端，与 INN 是差分信号
8	INN	I	音频输入信号负端，与 INP 是差分信号
9	NC	-	内部无连接，可以悬空或者接 GND
10	POUT	P	音频输出信号正端
11, 12	PGND	P	功率地
13	NOUT	O	音频输出信号负端
14, 15	PVDD	P	升压电源输出管脚，接滤波电容下地
16	VDD	P	电源输入管脚
17	EP	P	底部散热焊盘连接 PGND

注: I/O: 信号; P: 电源; O: 输出;

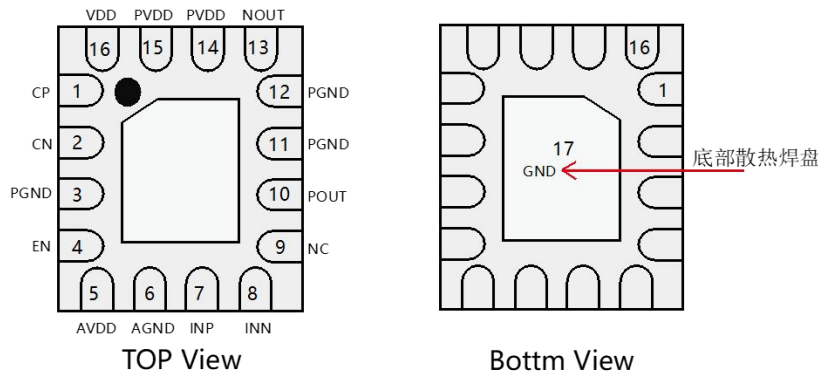


图 2 芯片顶视图和底视图

■ 最大极限值

参数名称	符号	数值	单位
供电电压	V_{DD}	6.5V(MAX)	V
存储温度	T_{STG}	-65 ~ 150	°C
结温度	T_J	160	°C

■ 推荐工作范围

参数名称	符号	数值	单位
供电电压	V_{DD}	2.8V~ 5.5	V
工作环境温度	T_{STG}	-40~ 85	°C
结温度	T_J	160	°C

■ 基本电气参数

(测试条件: $A_V=22\text{dB}$, $T_A=25^\circ\text{C}$, 无特殊说明的项目均是在 $V_{DD}=3.7\text{V}$, 4Ω 条件下测试)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
静态电流	I_Q	$V_{DD}=3.7\text{V}$, $EN=H$	-	6	-	mA
关断电流	I_{SD}	$V_{DD}=3.7\text{V}$, $EN=L$	-	1		uA
静态底噪	V_N	$V_{DD}=3.7\text{V}$, $A_V=22\text{dB}$, Awting		100		uVrms
D类频率	F_{SW}	$V_{DD}=3.7\text{V}$		720		kHz
Charge pump 频率	F_{LX}	$V_{DD}=3.7\text{V}$		1200		kHz
输出失调电压	V_{OS}	$V_{IN}=0\text{V}$		10		mV
启动时间	T_{ST}	$V_{DD}=3.7\text{V}$		180		ms
增益	A_V	$R_{IN}=20\text{k}$		16		dB
电源关闭电压	V_{SD}	V_{DD} 由 3V 降低		2.0		V
电源开启电压	V_{EN}	V_{DD} 由 0V 升高		2.8		V
过温保护	T_{OTP}	触发阈值		160		$^\circ\text{C}$
	T_{OTP_HYS}	滞回阈值		30		$^\circ\text{C}$
静态导通电阻	R_{DSON}	$I_{DS}=0.5\text{A}$ $V_{DD}=4.2\text{V}$	P_MOSFET	150		m Ω
			N_MOSFET	120		
内置输入电阻	R_S			20		k Ω
内置反馈电阻	R_F			480		k Ω
效率	η	$V_{DD}=4.2\text{V}$, $P_O=0.5\text{W}$		80		%
高电平	V_{HIGH}	$V_{DD}: 3\text{V}\sim 4.2\text{V}$	3			V
低电平	V_{LOW}	$V_{DD}: 3\text{V}\sim 4.2\text{V}$			0.5	V
关断电压	V_{SDEN}	$V_{DD}: 3\text{V}\sim 4.2\text{V}$			0.5	V
CLASS_D	V_{EN}	$V_{DD}: 3\text{V}\sim 4.2\text{V}$	2.5	3	3.3	
AGC2	A_{GC}	$V_{DD}: 3\text{V}\sim 4.2\text{V}$	1.6	1.8	2	
信噪比	S_{nr}	A 加权, $A_V=22\text{dB}$, $P_O=1\text{W}$		-87		

■ Class_D 功率

(测试条件: $A_V=15\text{dB}$, $T_A=25^\circ\text{C}$, 无特殊说明的项目均是在 $V_{DD}=4.2\text{V}$, PVDD 电容为 $470\mu\text{F}$ 条件下测试)

参数	符号	测试电压	测试条件	典型值	单位			
输出功率	P_O	$V_{DD}=4.2\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=4\Omega$, THD+N=1%,	4.20	W			
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=4\Omega$, THD+N=10%	5.00				
		$V_{DD}=3.7\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=4\Omega$, THD+N=1%,	3.40				
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=4\Omega$, THD+N=10%	3.80				
		$V_{DD}=4.2\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=6\Omega$, THD+N=1%,	3.30				
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=6\Omega$, THD+N=10%	3.85				
		$V_{DD}=3.7\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=6\Omega$, THD+N=1%,	2.8				
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=6\Omega$, THD+N=10%	3.25				
		$V_{DD}=4.2\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=8\Omega$, THD+N=1%,	2.60				
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=8\Omega$, THD+N=10%	3.00				
		$V_{DD}=3.7\text{V}$	$f=1\text{kHz}$, $R_L=8\Omega$, THD+N=1%,	2.55				
			$f=1\text{kHz}$, $R_L=8\Omega$, THD+N=10%	2.80				
		总谐波失真+噪声	THD+N	$V_{DD}=4.2\text{V}$, $V_{PVDD}=6.5\text{V}$, $P_O=1\text{W}$, $R_L=4\Omega$		0.035	%	

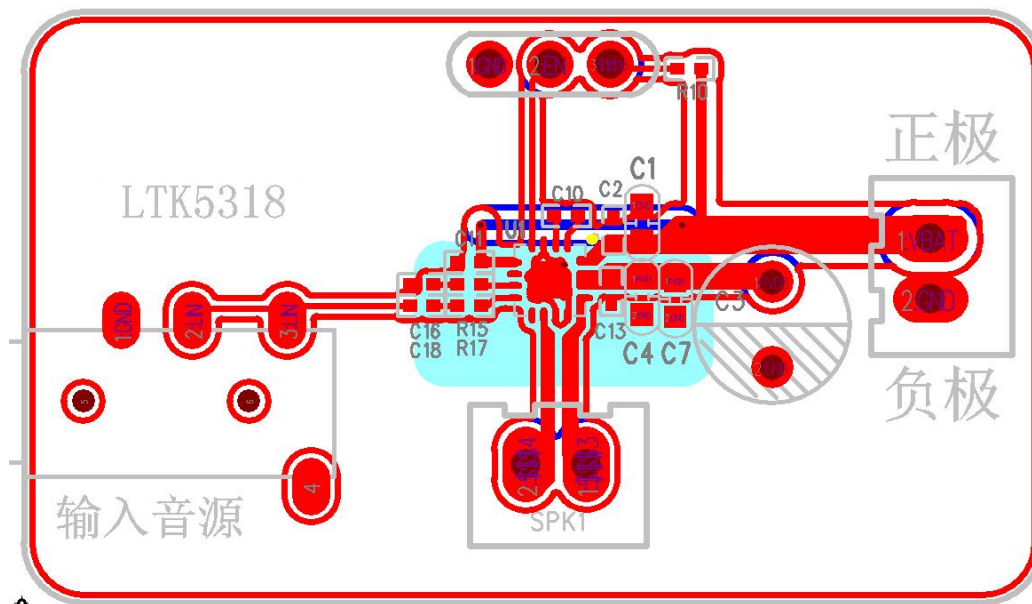


图 3 模板框图

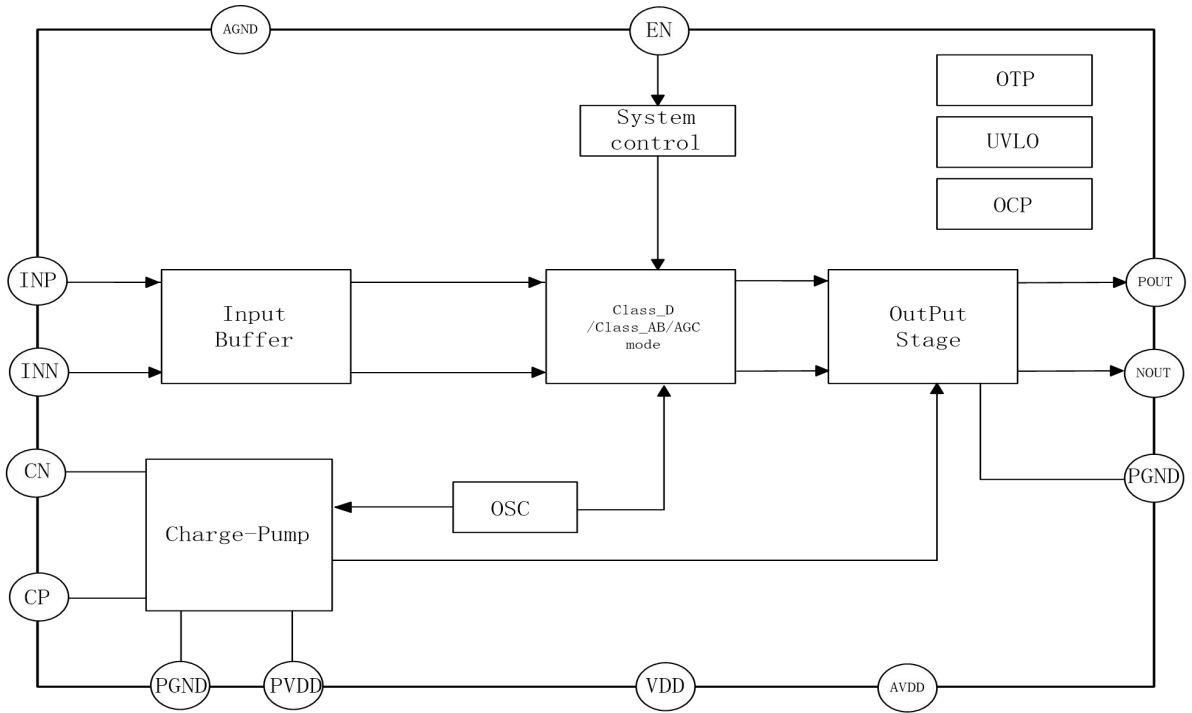


图 4 Demo 板设计图 (仅供参考)

性能特性曲线

(测试条件: $A_V=22\text{dB}$, $T_A=25^\circ\text{C}$, 无特殊说明的项目均是在 $V_{DD}=4.2\text{V}$, 4Ω 条件下测试)

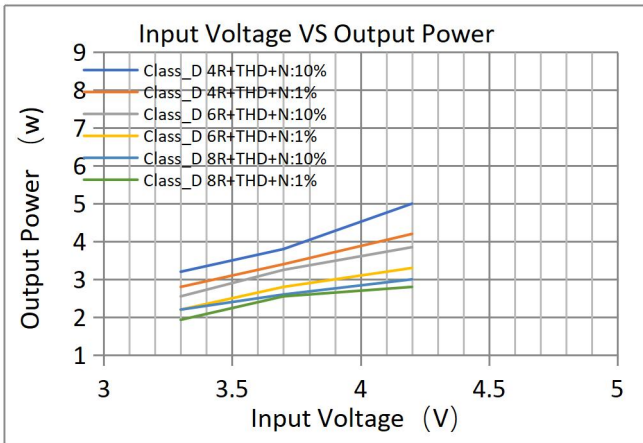


图 1. Input Voltage VS Output Power

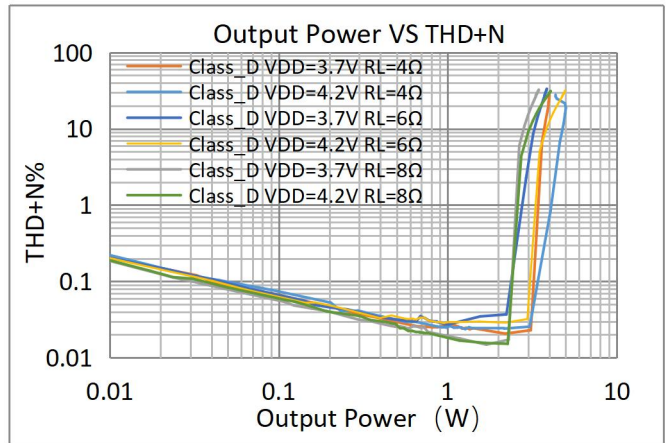


图2. Output Power VS THD+N

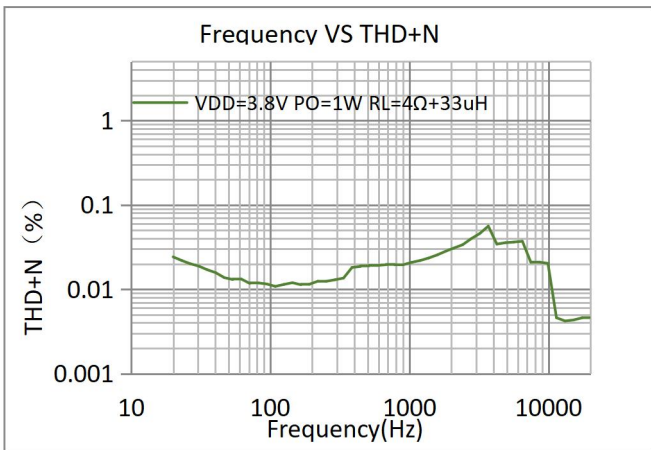


图 3. Frequency VS THD+N

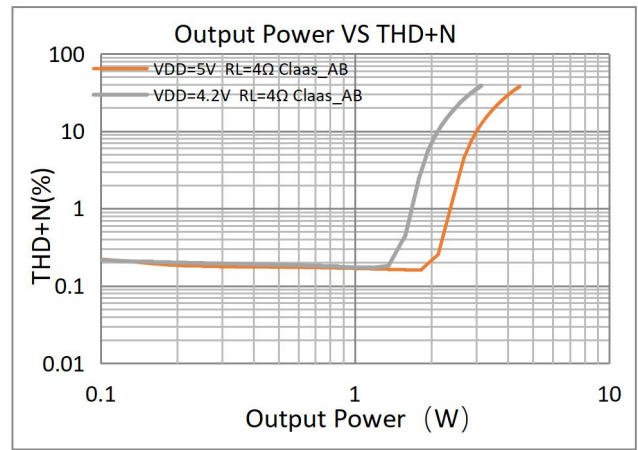


图 4. Output Power VS THD+N

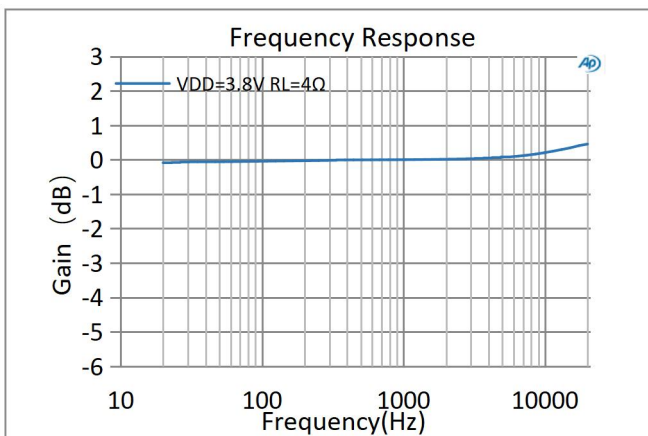


图 5. Frequency Response

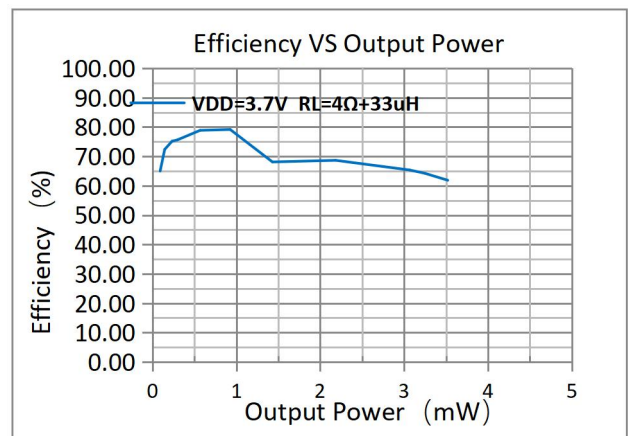


图 6. Efficiency VS Output Power

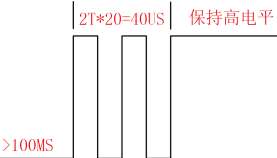
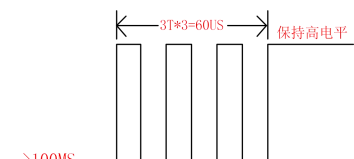
■ 应用说明

1. EN 管脚控制

LTK5318 有两种控制方式：软件控制（一线脉冲）和硬件控制（高/低电平控制），一线脉冲控制的好处是可以节省主控 IO，仅使用一个 IO 口即可切换功放多种工作模式。

EN 管脚软件控制（一线脉冲）：EN 管脚输入不同脉冲信号切换功放：D 类 AGC1（AGC1：THD≤5%）、DAGC2（AGC2：THD≤6%）、D 类 AGC3（AGC3：THD≤3%）、D 类 AGC4（AGC4：THD≤2%）、和 D 类模式。

EN 管脚软件控制说明（一线脉冲）：EN 管脚输入不同脉冲信号可切换功放 D 类各种模式。

#	EN 管脚波形示意	状态切换
1		芯片切换到 D 类普通模式波形
2		芯片切换到 D 类防破音模式 1（THD≤5%）波形
3		芯片切换到 D 类防破音模式 2（THD≤6%）波形
4		芯片切换到 D 类防破音模式 3（THD≤3%）波形
5		芯片切换到 D 类防破音模式 4（THD≤2%）波形

2. 硬件控制状态

EN 管脚	芯片状态
$V_{EN} < 0.5V$	关闭状态
$1.6V < V_{EN} < 2.0V$	防破音类模式
$2.2V < V_{EN} < 3.3V$	D类升压模式, (无防破音)

3. 功放增益控制

D类模式时输出为(PWM信号)数字信号,其增益均可通过 R_{IN} 调节。

$$A_v = \frac{480k}{20k + R_{IN}}$$

A_v 为增益,通常用dB表示,上述计算结果单位为倍数、 $20\text{Log}(A_v)=\text{dB}$ 。

R_{IN} 电阻的单位为 $K\Omega$ 、 $480K\Omega$ 为内部反馈电阻(R_F), $20K\Omega$ 为内置串联电阻(R_S), R_{IN} 由用户根据实际供电电压、输入幅度、和失真度定义。

比如: $R_{IN}=20K$ 时,放大倍数为12倍,增益为 $A_v \approx 16\text{dB}$

4. 输入电容的选择

输入电容(C_{IN})和输入电阻(R_{IN})组成高通滤波器,其截止频率为:

$$f_c = \frac{1}{2\pi \times (R_{IN} + 20K) \times C_{IN}}$$

C_{IN} 电容选取较小值时,可以滤除从输入端耦合入的低频噪声,同时有助于减小开启时的POP音。

5. 电荷泵 Flying 电容 C_F

Flying电容用于在电源和电荷泵之间传递能量,Flying电容容值及电容的ESR直接影响电荷泵的负载能力。Flying电容越大,负载调整能力越强,功放的输出功率越大。推荐使用 $4.7\mu\text{F}$,耐压 $16V$ 以上低ESR的X7R、X5R陶瓷电容。电荷泵升压输出电容(COUT)的容值和ESR会直接影响电荷泵升压输出电压的稳定性,从而影响功放的整体性能。

6. 自适应电荷泵升压调整模块

LTK5318集成了自适应电荷泵升压提升功放的供电电压从而实现更大声压级的声音输出。当音频信号输入超过内部设定的阈值电压时,电荷泵自适应升压功能打开,将PVDD的输出电压提升至 $6.5V$ 。在自适应电荷泵升压打开以后,电荷泵升压部分产生升压的电压PVDD经过输出滤波电容滤波后通过足够宽的铜箔走线连接到PVDD引脚。另一方面,当音频输出长时间小于规定水平时,自适应电荷泵升压会被关闭,功放PVDD由内部的电源开关切换到VDD直接供电。自适应电荷泵升压功能特性可以提高LTK5318的效率,延长播放时间。

7. 电荷泵升压输出保持电容 (COUT)

电荷泵的输出保持电容的电容值与ESR会影响输出电压的纹波和功放输出的功率大小。对此在根据不同的负载来对电容进行选型。当负载为 4Ω 时推荐使用 $470\mu\text{F}(10V)$ 低ESR电解电容。当负载为 6Ω 以上时候推荐使用两个 $47\mu\text{F}$ 的低ESR的陶瓷电容并联使用或单个 $100\mu\text{F}$ 的低ESR的陶瓷电容。因为电荷泵升压电压为 $6.5V$,所以(COUT)电容的耐压值不能低于 $10V$ 。

8. EMI 的提升

对于输出走线较长或靠近敏感器件时，建议加上磁珠和电容，能有效减小 EMI。器件靠近芯片放置。

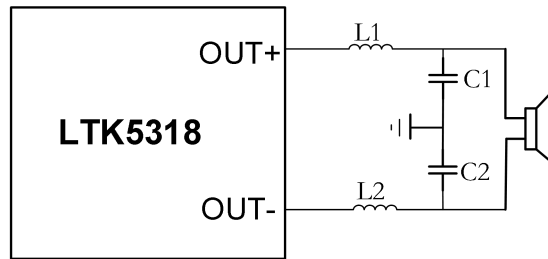


图 4 EMI 提升建议

9. 缓冲电路

通常用一个电阻和一个电容串联来吸收电压尖峰，防止芯片工作异常。
电阻推荐使用： 3Ω - 8Ω ，电容推荐： 500pF - 10nF 。

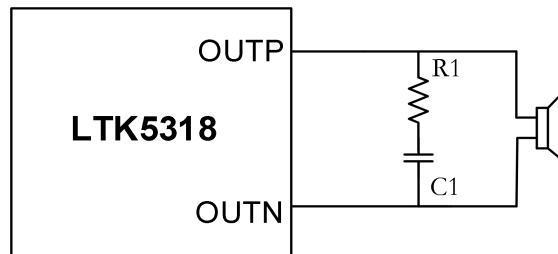
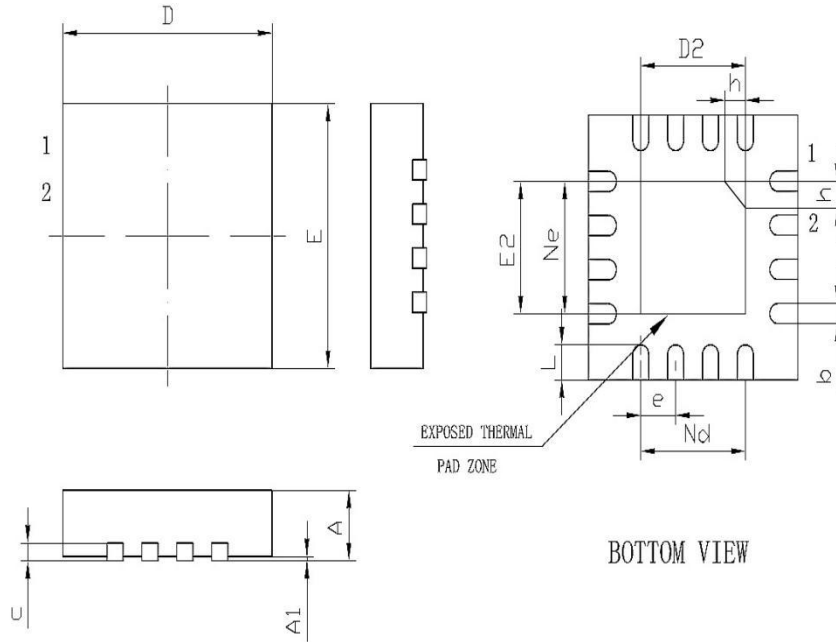


图 5 缓冲网络

■ 封装信息

QFN-16L 3.0mm x 3.0mm



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	—	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
c	0.18	0.20	0.25
D	2.90	3.00	3.10
D2	1.40	1.50	1.60
e	0.50BSC		
Ne	1.50BSC		
Nd	1.50BSC		
E	2.90	3.00	3.10
E2	1.40	1.50	1.60
L	0.35	0.40	0.45
h	0.25	0.30	0.35
L/中線尺寸 (mil)	75X75		

PCB 设计注意事项

- 供电脚（VDD、PVDD）走线尽量粗，最好使用敷铜来连接网络，如走线或敷铜中必须打过孔应使用多孔连接，并加大过孔内径，不可使用单个过孔直接将电源走线连接，因为大电流会引起较大的压降，会导致压降比较大，对输出功率有较大影响，电源中如存在较大的阻抗甚至影响声音会出现卡顿情况。
- 输入电容（ C_{IN} ）、输入电阻（ R_{IN} ）尽量靠近功放芯片管脚放置，走线最好使用包地方式，可以有效的抑制其他信号耦合的噪声。
- LTK5318 的底部散热片必须连接在 PCB 板上，设计 PCB 时，底部一定需要开窗，用与芯片和 PCB 的 GND 连接，同时对芯片散热有很大的帮助，PCB 使用大面积敷铜来连接芯片中间的散热片，并有一定范围的露铜，LTK5318 输出连接到喇叭的管脚走线管脚尽可能的短，并且走线宽度需在 0.4mm 以上。

问题解决方向及建议

- 实际功率测试和规格书描述的参数差异大时：建议检查 PCB 板供电走线是否够粗，接触阻抗是否过大、电源电流能力是否足够、是否存在电源压降以及元器件电流不够导致功率不足。
- 播放存在卡顿现象时：检查电池放电能力、更换更大电流电池以及按上述检查项检查系统的阻抗和元器件、检查电容器件位置放置是否过远，大电流以及大电流路径的 GND 是否有单个过孔存在。
- POP 音较大时：使用示波器检查主控的 MUTE 开启时序和切换时序是否正确。
- EN 切换模式不能进入对应模式时：检查脉冲信号是否符合说明要求。