

2×50W 立体声 D 类音频功率放大器

产品概述

CSC3601 是一款高效率的立体声 D 类功率放大器电路。

CSC3601 集成的锁相环电路, 可通过选择不同的开关频率来避免了 AM 干扰, 其先进的 EMI 抑制技术使得在电路输出端仅使用廉价的磁珠滤波器即可达到 EMC 的要求。同时电路带有外部时钟同步功能, 实现多个器件同步。

CSC3601 支持单声道和立体声两种输出模式。mono 模式下, 搭配 2 Ω 扬声器时, 输出功率可达 100W。立体声模式下, 在一定面积散热器, 输出功率可达 2×50 W/4Ω。

CSC3601 具有非常全面的保护设计, 包括: 短路保护, 过温保护, 过欠压和直流保护等。

主要特点

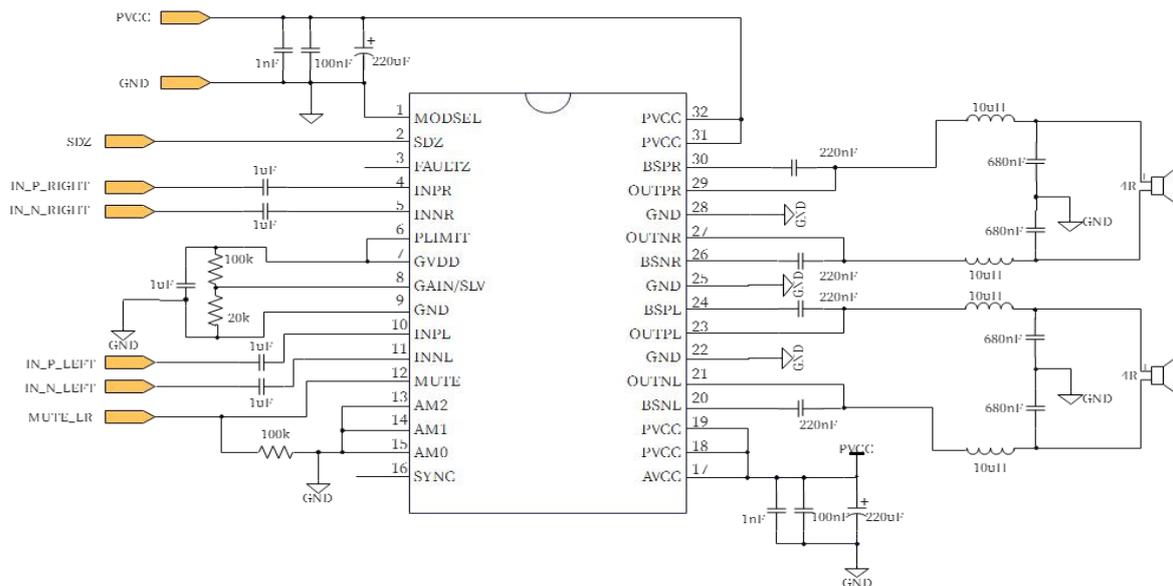
- 宽工作电压范围: 5.5V-26V

- 高效率 D 类工作模式:
 - >90%的转换效率
 - 先进的 PWM 调制方案
- 开关频率外部可调
 - 开关频率最高可达 1.2MHz
 - AM 抑制
 - 主从模式与同步功能
- 功率限制外部可调
- 兼容差模输入应用和单端输入应用
- 集成多种自保护电路, 包含过压、欠压、过温、直流检测、短路保护
- ETSSOP32 增强型封装

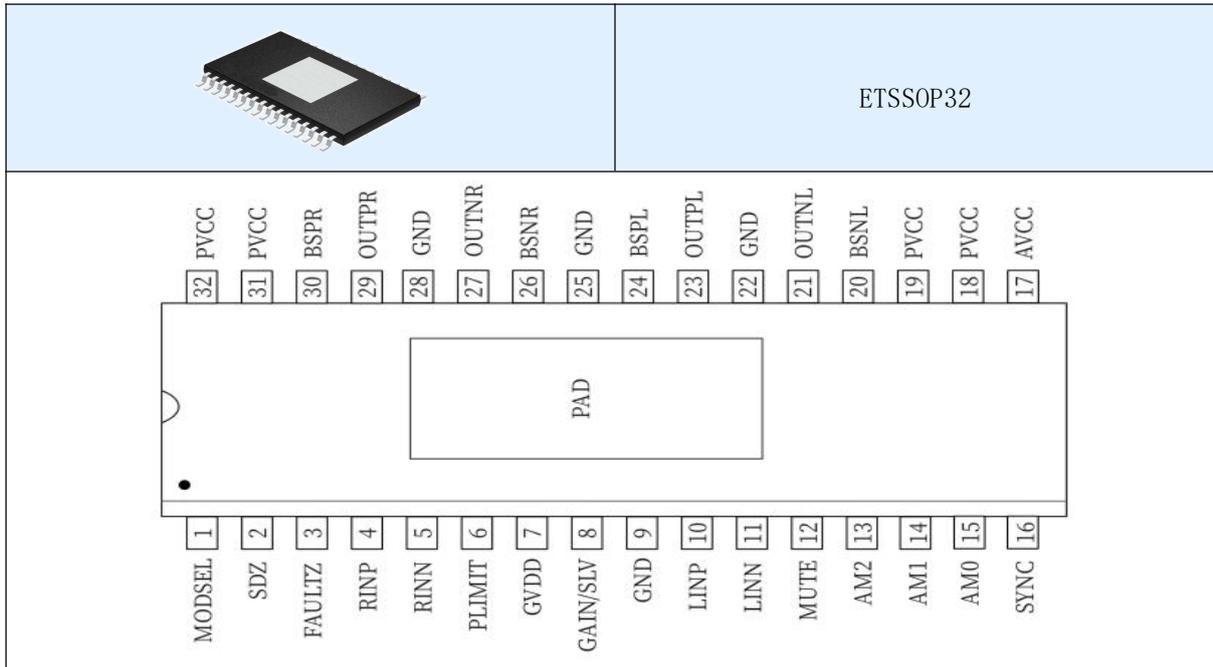
典型应用

- 消费类音频设备
- 车载音频设备

典型应用线路图



引脚排列



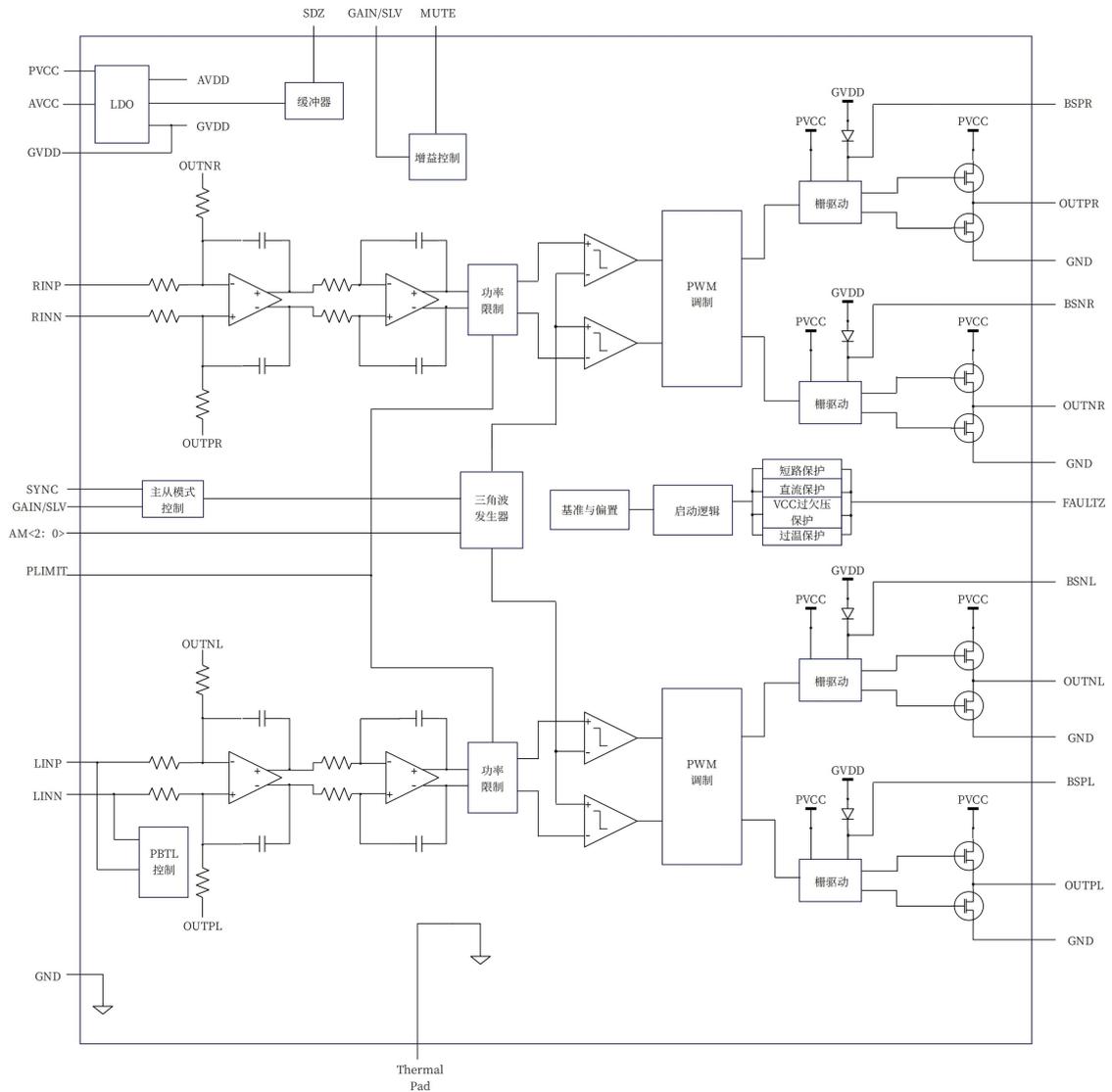
引出端功能

序号	符号	功能描述	序号	符号	功能描述
1	MODSEL	模式选择输入端	17	AVCC	模拟电源
2	SDZ	待机控制输入端	18	PVCC	功率电源
3	FAULTZ	故障检测端	19	PVCC	功率电源
4	RINP	右声道音频输入正端	20	BSNL	左通道输出负端自举端
5	RINN	右声道音频输入负端	21	OUTNL	左通道输出负端
6	PLIMIT	功率限制端	22	GND	地
7	GVDD	内部栅极驱动电压源	23	OUTPL	左通道输出正端
8	GAIN/SLV	增益与主从模式选择端	24	BSPL	左通道输出正端自举端
9	GND	地	25	GND	地
10	LINP	左声道音频输入正端	26	BSNR	右声道输出负端自举端
11	LINN	左声道音频输入负端	27	OUTNR	右通道输出负端
12	MUTE	静音控制端	28	GND	地
13	AM2	开关频率选择端 2	29	OUTPR	右通道输出正端
14	AM1	开关频率选择端 1	30	BSPR	右通道输出正端自举端
15	AM0	开关频率选择端 0	31	PVCC	功率电源
16	SYNC	时钟同步端	32	PVCC	功率电源

订货信息

产品名	封装形式	打印标记	装料形式	最小包装数
CSC3601	ETSSOP32		编带	2K

电路功能框图



最大额定值 (无特别说明情况下, $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

项目	符号	范围	单位
AVCC, PVCC 电压	V_{CC}	$-0.3 \sim 30$	V
AMO, AM1, AM2, MUTE, SDZ, MODSEL 电压	V_I	$-0.3 \sim V_{PVCC}+0.3$	V
PLIMIT, GAIN/SLV, SYNC 电压		$-0.3 \text{ V} \sim V_{GVDD}+0.3$	V
INPL, INNL, INPR, INNR 电压		$-0.3 \sim 6.3$	V
工作环境温度	T_A	$-40 \sim +85$	$^{\circ}\text{C}$
工作结温	T_J	$-40 \sim +150$	$^{\circ}\text{C}$
PN 结到环境的热阻	$R_{\theta JA}$	14 ⁽¹⁾	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
贮存温度	T_{STG}	$-40 \sim +125$	$^{\circ}\text{C}$
静电保护 (人体模式)	$V_{(ESD)}$	± 2000	V
静电保护 (机器模式)		± 500	

注: 超过最大额定值应用可能会对器件造成永久性损伤。

(1) 散热片尺寸为: 50mm×14mm×25mm (长、宽、高)

建议工作条件

参数说明		符号	最小值	典型值	最大值	单位
电源	AVCC, PVCC 电压	V_{CC}	5.5	—	26	V
输入高电平电压	AMO, AM1, AM2, MUTE, SDZ, SYNC, MODSEL	V_{IH}	2	—	—	V
输入低电平电压	AMO, AM1, AM2, MUTE, SDZ, SYNC, MODSEL	V_I	—	—	0.8	V
输出逻辑低电压	FAULTZ, RPULL-UP = 100 k Ω , PVCC = 26 V	V_{OL}	—	—	0.8	V
输入电流	AMO, AM1, AM2, MUTE, SDZ, MODSEL ($V_I = 2 \text{ V}$, $V_{CC} = 18 \text{ V}$)	I_{IH}	—	—	50	μA
最小负载电阻	输出滤波器:L = 10 μH , C = 680 nF	$R_{L(BTL)}$	3.2	4	—	Ω
	输出滤波器:L = 10 μH , C = 1 μF	$R_{L(PBTL)}$	1.6	—	—	Ω
输出滤波电感	短路条件下的最小输出滤波器电感	Lo	1	—	—	μH

电气参数 (除特别说明外, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC}=12\text{V}\sim 24\text{V}$, $R_L=4\Omega$)

参数说明	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
直流参数						
输出失调电压	V_{OS}	$V_I=0\text{V}$, Gain=36 dB	—	1.5	15	mV
静态工作电流	I_{CC}	$V_{SDZ}=2\text{V}$, $V_{PVCC}=12\text{V}$, 无负载	—	20	35	mA
		$V_{SDZ}=2\text{V}$, $V_{PVCC}=24\text{V}$, 无负载	—	32	50	
待机电流	I_{SD}	$V_{SDZ}=0.8\text{V}$, $V_{PVCC}=12\text{V}$, 无负载	—	<50	—	μA
		$V_{SDZ}=0.8\text{V}$, $V_{PVCC}=24\text{V}$, 无负载	—	50	400	
输出管导通电阻	$R_{DS(on)}$	$V_{PVCC}=12\text{V}$, $I_O=500\text{mA}$	—	120	—	m Ω
增益	$G_{(BTL)}$	$R_1=5.6\text{k}\Omega$, R_2 开路	19	20	21	dB
		$R_1=20\text{k}\Omega$, $R_2=100\text{k}\Omega$	25	26	27	
		$R_1=39\text{k}\Omega$, $R_2=100\text{k}\Omega$	31	32	33	
		$R_1=47\text{k}\Omega$, $R_2=75\text{k}\Omega$	35	36	37	
增益	$G_{(SLV)}$	$R_1=51\text{k}\Omega$, $R_2=51\text{k}\Omega$	19	20	21	dB
		$R_1=75\text{k}\Omega$, $R_2=47\text{k}\Omega$	25	26	27	
		$R_1=100\text{k}\Omega$, $R_2=39\text{k}\Omega$	31	32	33	
		$R_1=100\text{k}\Omega$, $R_2=16\text{k}\Omega$	35	36	37	
启动时间	T_{on}	$V_{SDZ}=2\text{V}$	—	10	—	mS
关断时间	T_{off}	$V_{SDZ}=0.8\text{V}$	—	2	—	μS
LDO 电压	V_{GVDD}	$I_{GVDD} < 200\mu\text{A}$	5.4	5.9	6.4	V
输出最大电压值 (功率限制下)	V_O	$V_{PLIMIT} = 2\text{V}$; $V_I = 1V_{rms}$	6.75	7.90	8.75	V
交流参数						
电源纹波抑制比	PSRR	200 mV _{pp} 纹波, 频率 1 kHz, Gain=20dB, 输入交流耦合到地	—	-70	—	dB
输出功率	P_{O1}	THD=10%, $f=1\text{kHz}$, $V_{PVCC}=14.4\text{V}$	—	25	—	W
	P_{O2}	THD=10%, $f=1\text{kHz}$, $V_{PVCC}=21\text{V}$	—	50	—	
总谐波失真度		$V_{CC}=21\text{V}$, $f=1\text{kHz}$, $P_O=25\text{W}$	—	0.1	—	%
输出噪声	V_N	20Hz 到 22 kHz, Gain=20 dB	—	65	—	μV
通道串扰	CT	$V_O=1V_{rms}$, Gain=20dB, $f=1\text{kHz}$	—	-100	—	dB
信噪比	SNR	THD+N<1%最大输出, $f=1\text{kHz}$, Gain = 20 dB	—	102	—	dB
振荡频率	f_{osc}	AM2=0, AM1=0, AM0=0	376	400	424	kHz
		AM2=0, AM1=0, AM0=1	470	500	530	
		AM2=0, AM1=1, AM0=0	564	600	636	
		AM2=0, AM1=1, AM0=1	940	1000	1060	
		AM2=1, AM1=0, AM0=0	1128	1200	1278	
		AM2=1, AM1=0, AM0=1	—	—	—	
		AM2=1, AM1=1, AM0=0	—	—	—	
		AM2=1, AM1=1, AM0=1	—	—	—	
过热保护温度点	T_{SD}	—	—	150+	—	$^\circ\text{C}$
热滞回	T_{SD_DLY}	—	—	15	—	$^\circ\text{C}$
过流保护	I_{OCP}	—	—	7.5	—	A

功能描述

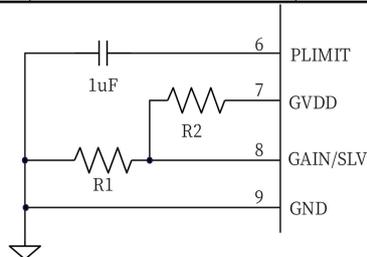
CSC3601 是一款高效率的立体声 D 类功率放大器电路。内部集成约 120mΩ MOSFET，在一定面积散热器辅助下，立体声模式输出功率可达 2×50 W/4Ω。

1. 增益设置和主从控制

CSC3601 的增益由连接到 GAIN/SLV 控制引脚的分压器设置，主从模式也由该引脚控制。内部 ADC 用于检测 8 种输入状态，前四种在主模式下增益分别设置为 20、26、32 和 36 dB，另外四种在从模式下的增益分别为 20、26、32 和 36 dB。增益设置在启动过程被锁定，并且启动完成后无法更改。表 1 列出了建议的电阻分压器件及相对应的增益。

表 1 增益和主/从模式选择

主从模式	GAIN (dB)	R1 到地 (kΩ)	R2 到地 (kΩ)	输入阻抗 (kΩ)
主	20	5.6	开路	60
主	26	20	100	30
主	32	39	100	15
主	36	47	75	9
从	20	51	51	60
从	26	75	47	30
从	32	100	39	15
从	36	100	16	9



在主模式下，同步端输出时钟信号；在从模式下，SYNC 端输入时钟信号，并兼容 TTL 电平。

2. 输入阻抗

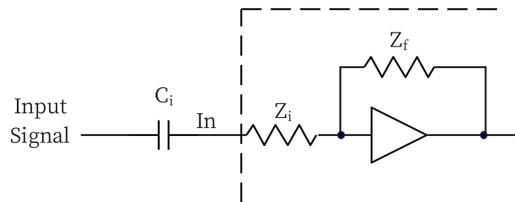
CSC3601 输入级为全差分输入，表 1 列出了各种增益及其对应的输入阻抗，输入阻抗的偏差为 20%，与输入交流耦合电容一起形成高通滤波器，并具有以下截止频率：

$$f = \frac{1}{2\pi Z_i C_i}$$

如果需要处理低至 20 Hz 的音频信号，建议的选用的截止频率为该频率的十分之一（即 2 Hz）。表 2 列出了每种增益下推荐使用的交流耦合电容。

表 2 输入交流耦合电容

增益 (dB)	输入阻抗 (kΩ)	输入电容 (uF)	高通滤波器 (Hz)
20	60	1.5	1.8
26	30	3.3	1.6
33	15	5.6	1.9
36	9	10	1.8



使用的输入电容器可用优质电解电容器、钽电容器或陶瓷电容器。若采用极性电容，正极应连接输入引脚。

3. 启动和关闭操作

CSC3601 带有待机功能，在待机期间，工作电流 (I_{cc}) 仅有几十 uA。电路正常工作时，应使 SDZ 输入端处于高电平。SDZ 置低时，输出静音，放大器进入待机状态。不可将 SDZ 端悬空，否则电路将发生不可预测的故障。

为了抑制 POP 声，需要在断电前将电路置于关机模式，电路启动结束时会锁存增益设置，增益确定后，在下一次上电前无法更改。

4. PLIMIT

CSC3601 内置电压限幅器，可以将输出电压限制在预设电压以下，此时电路相当于由较低的电源电压供电，从而限制输出功率。PLIMIT 引脚的电压可由 GVDD 和地之间电阻分压器设置。如果要求严格，建议使用外部基准电压。应用时需要在引脚 PLIMIT 与地之间添加一个 1μF 电容以保证 PLIMIT 脚电压的稳定性。使用 1SPW 调制模式时，建议将 PLIMIT 脚连接到 GVDD。

PLIMIT 功能限制输出电压的峰峰值。通过限制输出方波的占空比将输出的峰峰值限制到预设值处。该限制可被视为 PVCC 降低至某个“虚拟”电压。这个“虚拟”电压大约是 PLIMIT 引脚电压的 4 倍。该输出电压可用于计算给定最大输入电压和扬声器阻抗时的最大输出功率。

$$P_{OUT} = \frac{\left(\left(\frac{R_L}{R_L + 2 * R_S}\right) * V_p\right)^2}{2 * R_L}$$

注：

- P_{OUT}: 10%THD 时输出功率
- R_L: 负载电阻
- R_S: 总串联电阻，包括 R_{DS(on)} 和输出滤波器的等效电阻
- V_p: 输出电压峰值幅度；PLIMIT 功能开启时 V_p ≈ 4 * PLIMIT

表 3 功率限制对应表

PVCC (V)	PLIMIT (V)	R 到地 (kΩ)	R 到 GVDD (kΩ)	输出电压 (V _{rms})
24	GVDD	开路	短接	17.9
24	3.3	45	51	12.67
24	2.25	24	51	9
12	GVDD	短接	开路	10.33
12	2.25	24	51	9
12	1.5	18	68	6.3

注：在 EVM 增益设置为 26 dB，输入电压设置为 1 V_{rms} 的情况下，进行 PLIMIT 测试。

5. GVDD 电源

GVDD 电源用于给驱动模块的全桥晶体管的栅极供电，同时也用于给 PLIMIT 和 GAIN/SLV 分压器供电。GVDD 电源不可用作外部电源。当 GVDD 用于给 PLIMIT 和 GAIN/SLV 分压器供电时，建议选用阻值较大的电阻以限制电流消耗。

6. BSPx 和 BSNx 电容

全 H 桥输出级全部由 NMOS 晶体管构成，因此需设计自举电容以实现高桥臂的栅驱动。建议使用耐压至少为 16V 的 220 nF X5R 或陶瓷电容，电容两端分别连接到输出端与其相应的自举输入端。在每个高桥臂开关周期中，自举电容器将保持足够高的栅源极驱动电压，以使得高桥臂 MOSFET 导通。

7. 差模输入

放大器的差分输入可以消除通道两条输入线上出现的噪声。CSC3601 的差分输入应用，要求将音频信号的正端经过电容连接到 RINP 或 LINP，负端经过电容接到 RINN 或 LINN。为了获得良好的瞬态性能，两个差分输入端的阻抗应相同。

为保证输入端的直流电位在启动延时 10ms 内能够完全建立，两个差分输入端的 RC 常数应尽量小于 1ms。若输入端电容的容值过大，将导致电路在上电过程中出现 POP 声。

8. 保护系统

CSC3601 包含一整套完善的保护电路，用于有效地保护电路免受由于短路、过载、过温和电源过欠压所引起的永久性故障。根据表 4，检测到故障时，FAULTZ 引脚将发出如下信号：

表 4 故障检测对应表

故障	触发条件（典型情况）	FAULTZ	保护响应	锁定/自恢复
过流	输出短路或对 PVCC 或 GND 短路	低	输出高阻	锁定
过温	$T_j > 150^\circ \text{C}$	低	输出高阻	锁定
直流检测保护	直流输出电压	低	输出高阻	锁定
PVCC 欠压	$PVCC < 5.5\text{V}$	—	输出高阻	自恢复
PVCC 过压	$PVCC > 27\text{V}$	—	输出高阻	自恢复

9. 直流检测保护

CSC3601 具有直流检测保护，以保护扬声器不受直流信号影响。直流信号可能来自于输入端电容故障或输入端 PCB 短路。直流检测故障在 FAULTZ 脚上显示为低电平，同时还将输出状态置为高阻。

若需要直流保护自恢复功能，仅需将 FAULTZ 引脚直接连接到 SDZ 引脚，FAULTZ 引脚会自动将 SDZ 引脚拉到低电平，从而清除直流检测保护锁定。

当任一通道的同极性输出占空比超过 60% 并且超过 640mS 时，将触发直流检测保护。下表显示了一些典型的电源电压下直流检测保护的阈值。此功能可保护扬声器不受大的直流信号或小于 2Hz 的交流电流的影响。为了避免直流检测电路误触发，在上电时需保持 SD 引脚为低电平，直到输入信号稳定。此外，需注意电路正极和负极输入端的阻抗匹配，以避免干扰直流检测保护功能。

表 5 列出了触发直流保护所需的最小输出失调电压。输出必须保持在或者高于表中列出的电压超过 640mS，以触发直流保护。

表 5 直流检测阈值

PVCC (V)	V _{OS} 输出失调电压 (V)
6	1.3
12	2.6
18	3.9

10. 短路保护和自恢复功能

CSC3601 具有过流保护，防止输出级短路引起的过大电流。一旦触发短路保护，FAULTZ 脚将置低，电路输出切换为高阻态。可以通过将 SDZ 脚置低来清除锁存。(若需要短路保护自恢复功能，请将 FAULTZ 引脚直接连接到 SDZ 引脚。这会使 FAULTZ 引脚自动将 SDZ 引脚驱动至低电平，从而清除短路保护锁存。)

11. 过温保护

CSC3601 带有的过温保护，可防止内部芯片温度升高至超过 150°C 时损坏器件。一旦电路的温度升高至超过触发点，电路将静音，输出高阻，FAULTZ 脚置低。

若需要过温保护自恢复功能，请将 FAULTZ 直接连接到 SDZ，这会使 FAULTZ 引脚自动将 SDZ 引脚驱动至低电位，从而清除过温保护锁存。

12. 调制方案

CSC3601 可选择 BD 调制或 1SPW 调制，由 MODSEL 引脚配置。

A: MODSEL=GND:BD 调制

此调制方案允许放大器在工作时无需 LC 滤波器即可工作，输出端可直接驱动电感负载。OUTP_x 和 OUTN_x 在没有输入的情况下输出信号同相，因此在扬声器中几乎没有电流。对于正输出电压，OUTP_x 的占空比大于 50%，OUTN_x 小于 50%。对于负输出电压，OUTP_x 的占空比小于 50%，OUTN_x 大于 50%。这个在开关期间的大部分时间内，负载两端的电压都处于 0V，从而降低了开关电流，减少负载上的损耗。

B: MODSEL=HIGH:1SPW 调制

1SPW 模式改变了正常的调制方案，可实现更高的效率，但 THD 略差，在输出滤波器选择中需要多加注意。在 1SPW 模式下，输出信号在无输入时占空比约为 15%。当施加音频信号时，一个输出占空比将减小，另一个将增大。其中一端的输出信号经过 LC 后将快速达到 GND，因此在大多数音频周期中，只有一个输出信号在反复切换，减少了开关损耗，因此提高了效率。

13. 避免 AM 干扰和 EMI 干扰

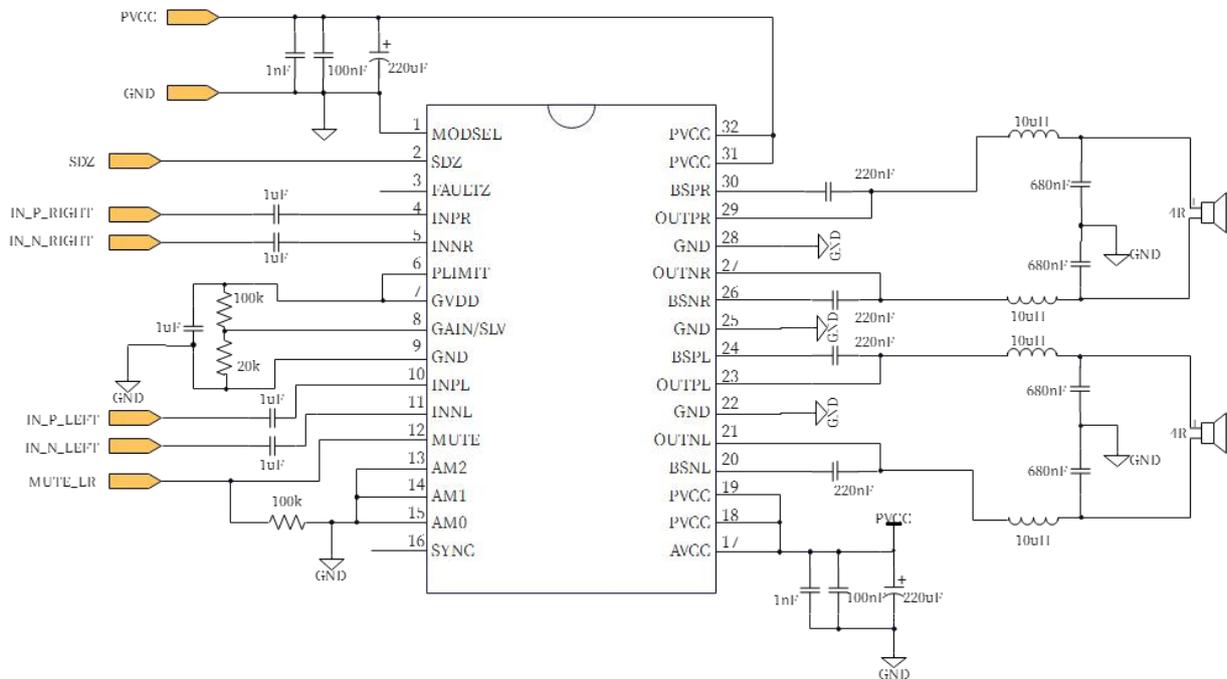
CSC3601 通过改变 AM<2:0> 引脚调整开关频率，进而减小无线电频带中的 AM 干扰。建议开关频率如表 6 所示。

表 6 开关频率

美国 开关频率 (kHz)	欧洲 开关频率 (kHz)	开关频率 (kHz)	AM2	AM1	AM0
—	522-540	—	—	—	—
540-917	540-914	500	0	0	1
917-1125	914-1122	600 (或 400)	0	1	0
			0	0	0
1125-1375	1122-1373	500	0	0	1
1375-1547	1373-1548	600 (或 400)	0	1	0
			0	0	0
1547-1700	1548-1701	600 (或 500)	0	1	0
			0	0	1

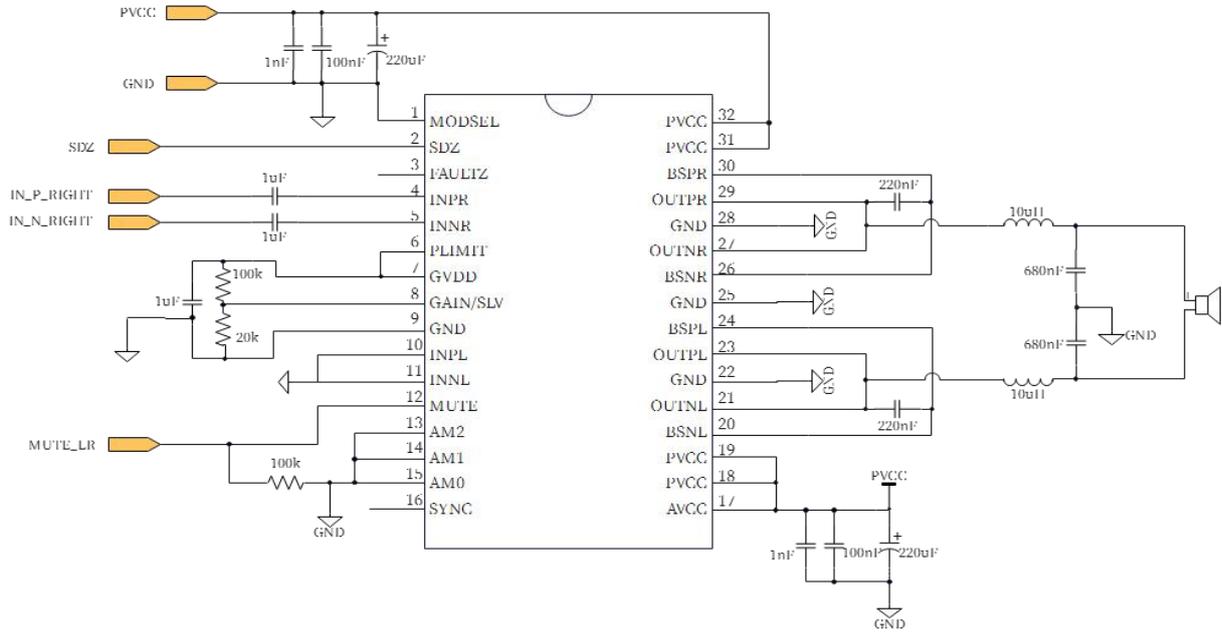
应用电路

1. 双通道立体声输出应用



立体声差模输入，桥接输出的D类功率放大器应用图

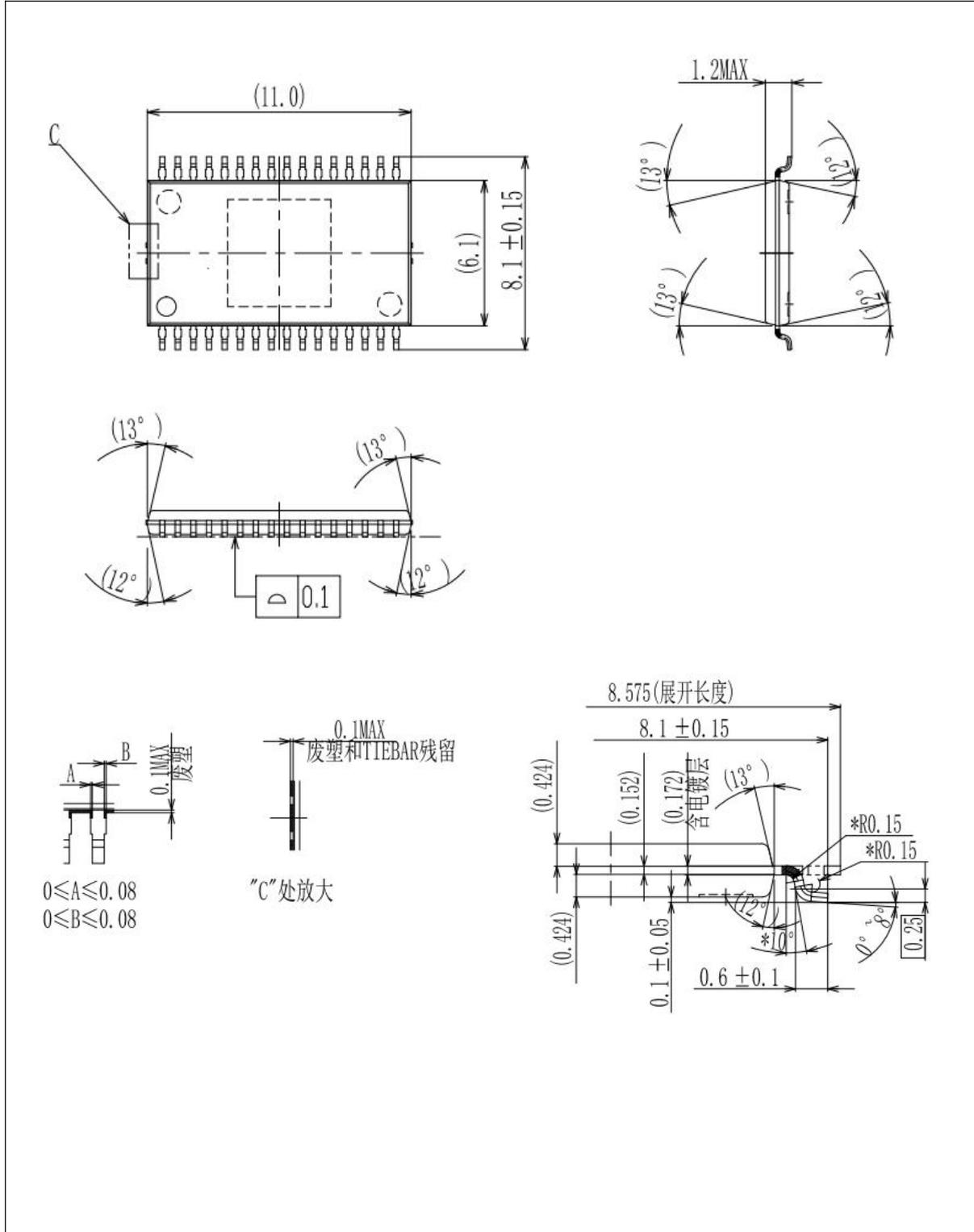
2. PBTL 应用



PBTL差模输入, 桥接输出的D类功率放大器应用图

封装外形及尺寸图

HTSSOP32



无锡市晶源微电子有限公司

WUXI CRYSTAL SOURCE MICROELECTRONICS CO., LTD

地址：中国江苏省无锡市新吴区锡锦路 5 号

邮编：214028

电话：（销售）86-510-85205117, 86-510-85205107,
（应用技术支持）86-510-81003239

传真：86-510-85424091

网址：[http:// www.cschip.com](http://www.cschip.com)

销售分公司：

深圳市亿达微电子有限公司

地址：中国深圳市福田区泰然工业区 210 栋东座 2 楼 D 室

邮编： 518033

电话：（销售）86-755-83740369 转 801、802、803
（应用技术支持）86-755-83740369 转 824、820

传真：86-755-83741418

注意事项

无锡市晶源微电子有限公司保留在任何时间做出更正、修改、增强、改进自己产品和服务的权利，并可在未经通知的情况下停止任何产品或服务。客户应该在下单前获取最新的相关信息，并确认这些信息是最新和完整的。

晶源微电子对客户使用本产品的设计方案不承担任何责任，客户需对他们的产品负责。为了将客户产品相关风险降到最低，客户应该提供足够的安全工作区域。

在转售本公司产品和服务过程中，若有任何明示或暗示超出本公司承诺的陈述，本公司对此类陈述不承担任何责任。