

3.8W/通道双模式自动增益控制 立体声 Class-D 音频功率放大器

■ 概述

ft2708是一颗高效率,低EMI,带有自动增益控制(ALC)的立体声免输出滤波器的D类音频功率放大器。ft2708可以在3.0V~5.5V下工作,在电源电压5V,THD+N达到10%时,可以在3Ω喇叭上输出3.8W的功率或在4Ω喇叭上输出3.2W的功率。

ft2708的输出带有自动增益控制(ALC)功能,可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(产生破音),也可以自适应地防止在电池应用中由于电池电压下降所引起的输出削峰,显著提高音质。ft2708有两种ALC模式,在ALC1模式下,尽量地防止输出消峰失真,保证最好的音质,所以输出功率稍小一点,而在ALC2下,在保证较好的音质下,输出更大的功率。

ft2708的工作效率高达88%,并且在1kHz下的PSRR高达75dB,比较适用于用锂电池供电的便携式设备,此外,ft2708还有关断模式来减小电流损耗,并且还有多种保护机制来确保芯片安全可靠的工作。

■ 应用

- 便携式音箱,蓝牙音箱,FM插卡式音箱
- MP3/MID/DVD
- 小型LCD电视/监视器

■ 典型应用图

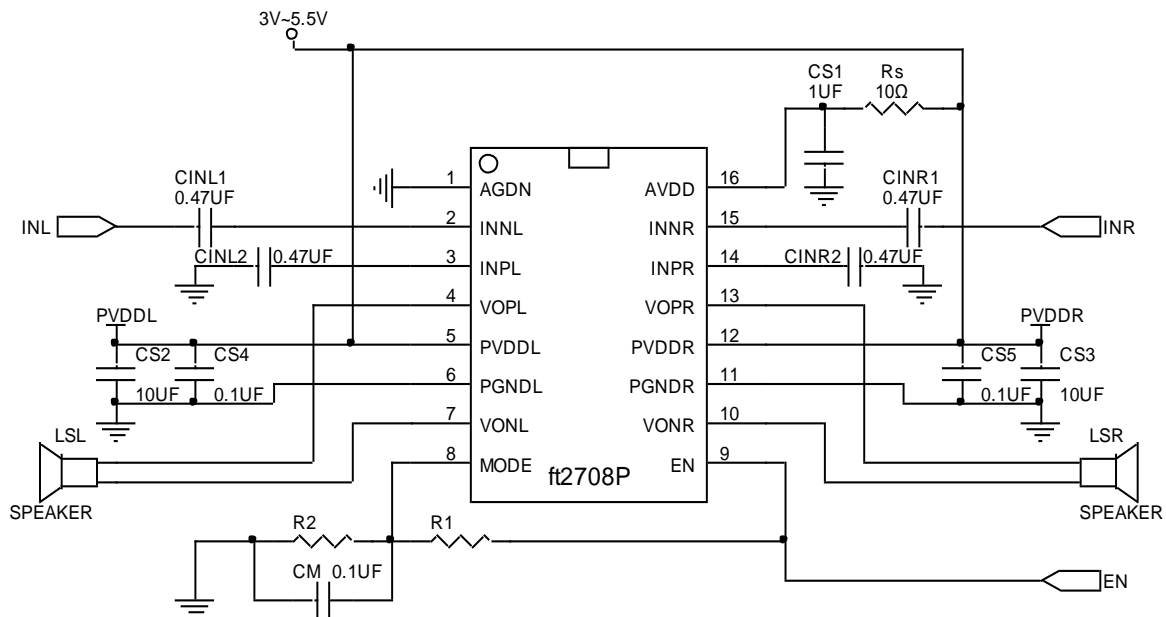
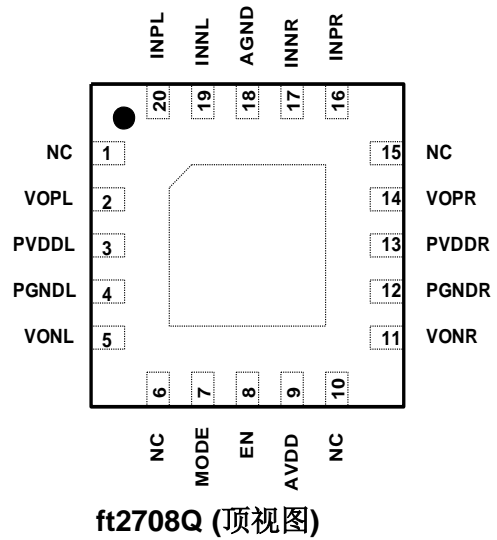
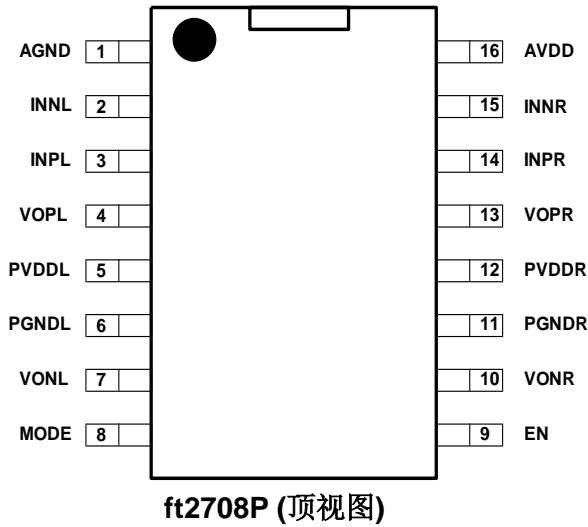


图1: ft2708P 典型应用图

■ 特性

- 工作电压范围: 3.0V to 5.5V
- 双模式自动增益控制(ALC)功能,消除破音
- NON-ALC模式下最大输出功率
 - 1.8W/Ch (VDD=5.0V, 8Ω load, 10% THD+N)
 - 3.2W/Ch (VDD=5.0V, 4Ω load, 10% THD+N)
 - 3.8W/Ch (VDD=5.0V, 3Ω load, 10% THD+N)
- ALC1模式下恒定输出功率
 - 1.4W/Ch (VDD=5.0V, 8Ω load, 0.5% THD+N)
 - 2.4W/Ch (VDD=5.0V, 4Ω load, 0.6% THD+N)
 - 2.9W/Ch (VDD=5.0V, 3Ω load, 0.7% THD+N)
- ALC2模式下恒定输出功率
 - 1.6W/Ch (VDD=5.0V, 8Ω load, 3.2% THD+N)
 - 2.8W/Ch (VDD=5.0V, 4Ω load, 3.6% THD+N)
 - 3.4W/Ch (VDD=5.0V, 3Ω load, 4.0% THD+N)
- 高达12dB的ALC动态范围
- 增益:
 - ALC 1 / NON-ALC模式: 24dB
 - ALC 2 模式: 26dB
- 高达88%的工作效率
- 静音功能
- 声音淡入/淡出功能
- 自恢复过流/短路保护功能
- 过温保护功能
- 封装: TSSOP-16L和QFN4x4-20L

■ 引脚分布图


NAME	TSSOP	QFN	TY	DESCRIPTION
AGND	1	18	G	模拟地
INNLL	2	19	AI	左声道负输入
INPL	3	20	AI	左声道正输入
VOPL	4	2	AO	左声道正输出
PVDDL	5	3	P	左声道功率电源正极
PGNDL	6	4	G	左声道功率地
VONL	7	5	AO	左声道负输出
MODE	8	7	AI	工作模式选择脚，根据该脚上直流电压来设定四种工作模式中的一种，MODE 脚不能悬空。
EN	9	8	DI	芯片使能控制(高电平有效，内部有 300KΩ 下拉电阻)
VONR	10	11	AO	右声道负输出
PGNDR	11	12	G	右声道功率地
PVDDR	12	13	P	右声道功率电源正极
VOPR	13	14	AO	右声道正输出
INPR	14	16	AI	右声道正输入
INNRR	15	17	AI	右声道负输入
AVDD	16	9	P	模拟电源正极
NC	-	1,6,10,15	-	空脚

■ 订购信息

产品型号	工作温度范围	封装形式
ft2708P	-40°C to +85°C	TSSOP-16L
ft2708Q	-40°C to +85°C	QFN4x4-20L

■ 绝对最大额定值

参数	范围值
电源 VDD (AVDD, PVDDL, PVDDR)	-0.3V to 6V
其它管脚	-0.3V to VDD+0.3V
储存温度范围	-65°C to 150°C
ESD范围-人体模型(HBM)	4000V
结温	150°C
最高焊接温度(焊接时间10秒内)	260°C

注 1: 如果芯片工作条件超过上述各项极限值, 可能对芯片造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值, 不建议芯片工作在推荐条件以外的情况。芯片长时间工作在极限工作条件下, 其可靠性及寿命可能受到影响。

■ 封装热阻 (注 2,3)

封装	TA ≤ +25°C	TA = +70°C	TA = +85°C	Θ JA
TSSOP-16L	1.5W	1.0W	0.8W	80°C/W
QFN4x4-20L	2.4W	1.5W	1.2W	52°C/W

Note 2: 如果芯片有专门的散热脚, 散热脚必须直接焊接到 PCB 的焊盘上, 并通过 PCB 的大面积铺铜来帮助散热。

Note 3: 热阻值是在双面 PCB 板上, 通过大面积铺铜散热的典型值。

■ 推荐工作条件

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压, VDD	AVDD, PVDDR, PVDDL	3.0		5.5	V
工作环境温度TA		-40		85	°C
最小负载电阻, RL		3.0			Ω

■ 重要的使用注意事项

- 为使ft2708有更大的输出功能, 更高的效率, 更好的保真度, 更低的EMI特性, 需要尽量地在AVDD, PVDDL/R和相应的地(AGND, PGNDL/R)管脚之间放置合适的退耦电容, 电容要尽量地靠近相应的电源和地脚。如果芯片有专门的散热脚, 需要把它焊接在PCB的焊盘上, 并有多个过孔通到背面散热。
- 建议AVDD和PVDD (PVDDL/PVDDR)之间放置一个小电阻(例如10 Ω), 减少PVDD端的浪涌电流对AVDD的影响, 在PCB上, PVDD要有低阻抗的接入点, 地线走线时要注意输入与输出之间的隔离。
- 在Class-D的输出端可以接简单的磁珠和电容来更好地抑制高频率的EMI, 当负载电阻小于6 Ω时, 可选择额定电流不小于2A的磁珠, 磁珠和电容要尽量地靠近VOPL/R and VONL/R脚, 参见后面进一步的说明。
- 当电源电压高于4.6V, 或者所用的喇叭的阻抗低于6 Ω时, 请在芯片的两个通道的每个输出端VOPL/R和VONL/R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, 防止烧坏芯片。

■ 功能框图

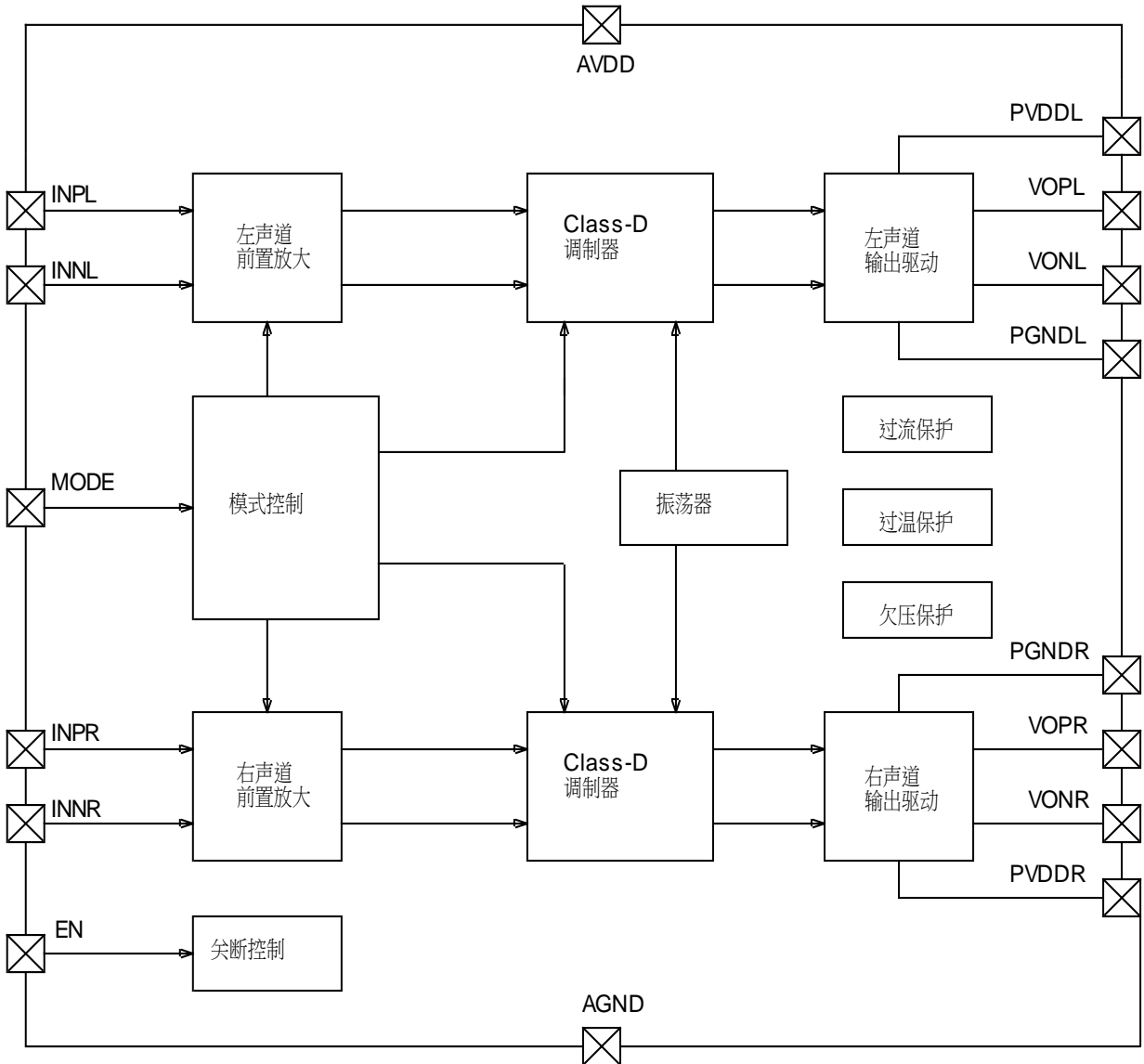


图 2: ft2708 功能示意框图

■ 电气特性

AVDD=5.0V, PVDD=PVDDL/R=5.0V, CIN=0.47μF, AV=24dB, f=1kHz, Stereo Mode, Load=4Ω+33μH, TA=25°C, (除非特殊说明).

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	电源电压	AVDD, PVDD	3.0		5.5	V
V _{UVLU}	芯片启动所需最低电源电压	VDD 从低到高		2.2		V
V _{UVLD}	芯片关断时的最高电源电压	VDD 从高到低		2.0		V
I _{DD}	总静态工作电流	VDD=5V		7.5	10	mA
		VDD=3.6V		6.5	8.5	mA
I _{MUTE}	静音控制	MUTE 为高电平		5.0	6.8	mA
I _{SD}	关断电流	EN 为低电平		1		μA
V _{IH}	高电平逻辑输入电压	EN	1.2			V
V _{IL}	低电平逻辑输入电压	EN			0.4	V
R _{DOWN}	下拉电阻	EN		300		KΩ
工作模式控制						
V _{THMAX}	NON-ALC 模式(最大输出功率模式)		1.4		VDD	V
V _{THALC2}	ALC2 模式		0.8		1.2	V
V _{THALC1}	ALC1 模式		0.3		0.6	V
V _{THMUTE}	静音		0		0.1	V
CLASS-D 功率放大器						
P _{O, ALC1}	ALC1 模式下输出功率 VDD=5V, 0.3V ≤ MODE ≤ 0.6V	V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =8Ω		1.4		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =4Ω		2.4		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =3Ω		2.9		W
	ALC1 模式下输出功率 VDD=3.6V, 0.3V ≤ MODE ≤ 0.6V	V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =8Ω		0.7		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =4Ω		1.2		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =3Ω		1.5		W
P _{O, ALC2}	ALC2 模式下输出功率 VDD=5V, 0.8V ≤ MODE ≤ 1.2V	V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =8Ω		1.6		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =4Ω		2.8		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =3Ω		3.4		W
	ALC2 模式下输出功率 VDD=3.6V, 0.8V ≤ MODE ≤ 1.2V	V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =8Ω		0.8		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =4Ω		1.4		W
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , R _L =3Ω		1.7		W
P _{O, MAX}	最大输出功率 VDD=5V, MODE ≥ 1.4V, HD+N=10%	R _L =8Ω		1.8		W
		R _L =4Ω		3.2		W
		R _L =3Ω		3.8		W
	最大输出功率 VDD=3.6V, MODE ≥ 1.4V, HD+N=10%	R _L =8Ω		0.9		W
		R _L =4Ω		1.6		W
		R _L =3Ω		1.9		W
A _O	电压增益	ALC1, Non-ALC Mode		24		dB
		ALC2 Mode		26		dB
R _{IN}	内部输入电阻			18		KΩ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

AVDD=5.0V, PVDD=PVDDL/R=5.0V, CIN=0.47μF, AV=18dB, f=1kHz, Stereo Mode, Load=4Ω+33μH, TA=25°C, (除非特殊说明).

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
CLASS-D 功率放大器(续)						
R _{OUT-SD}	关断时, 输出下拉电阻	EN 为低电平		2		KΩ
THD+N	总谐波失真+噪声, ALC 1 & NON-ALC 模式	P _O =1W, R _L =8Ω		0.06		%
		P _O =1.5W, R _L =4Ω		0.06		%
	总谐波失真+噪声, ALC 2 模式	P _O =1W, R _L =8Ω		0.2		%
		P _O =1.5W, R _L =4Ω		0.2		%
THD+N	Total Harmonic Distortion+Noise ALC1 Mode	V _{IN} =0.4V _{RMS} , (P _O =2.4W), R _L =4Ω		0.6		%
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , (P _O =2.9W), R _L =3Ω		0.7		%
	Total Harmonic Distortion+Noise ALC2 Mode	V _{IN} =0.4V _{RMS} , (P _O =2.8W), R _L =4Ω		3.6		%
		V _{IN} =0.4V _{RMS} , (P _O =3.4W), R _L =3Ω		4.0		%
V _{OS}	输出失调电压	空载		±10		mV
V _N	噪声输出电压	f=20Hz to 20kHz 输入端交流接地		110		μV _{RMS}
η	效率	V _{DD} =5V, P _O =1W, R _L =8Ω		88		%
PSRR	电源纹波抑制比 f=1kHz, 输入端交流接地	ALC1, Non-ALC Mode		75		dB
		ALC2 Mode		70		dB
CMRR	共模抑制比	ALC1, Non-ALC Mode		60		dB
		ALC2 Mode		60		dB
SNR	信噪比			80		dB
Crosstalk	通道隔离度	P _O =1W, f=1kHz, R _L =8Ω		85		dB
T _{STUP}	启动时间			32		ms
T _{SD}	关断时间			20		ms
f _{SW}	调制频率			450		kHz
I _{LIMIT}	过流保护点	V _{DD} =5V		2.0		A
		V _{DD} =3.6V		1.4		A
自动增益控制 (ALC)						
ATTMAX	ALC 最大衰减范围	V _{DD} =5.0V		10		dB
		V _{DD} =3.6V		12		dB
T _{ATK}	ALC 启动时间	ALC1 Mode		20		ms
		ALC2 Mode		10		ms
T _{REL}	ALC 释放时间	ALC1 Mode		1.6		s
		ALC2 Mode		0.8		s
声音淡入淡出功能						
TFDIN	声音淡入时间			20		ms
TFDOUT	声音淡出时间			10		ms

■ 典型性能特性曲线

AVDD=5.0V, PVDD=PVDDL/R=5.0V, C_{IN}=0.47μF, AV=24dB, f=1kHz, Stereo Mode, Load=4Ω+33μH, TA=25°C, (除非特殊说明).

特性曲线列表

描述	条件	图 #
Output Power vs. Supply Voltage	R _L =8Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes, V _{in} =0.4V _{RMS}	3
	R _L =4Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes, V _{in} =0.4V _{RMS}	4
Output Power vs. Input Voltage	VDD=5V, R _L =8Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes	5
	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes	6
	VDD=3.6V, R _L =8Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes	7
	VDD=3.6V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 & ALC2 & Non-ALC Modes	8
Efficiency vs. Output Power	VDD=5V, R _L =8Ω+33μH, Non-ALC Mode	9
	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, Non-ALC Mode	10
	VDD=3.6V, R _L =8Ω+33μH, Non-ALC Mode	11
	VDD=3.6V, R _L =4Ω+33μH, Non-ALC Mode	12
THD+N vs. Output Power	VDD=5V, R _L =8Ω+33μH & R _L =4Ω+33μH, Non-ALC Mode	13
	VDD=3.6V, R _L =8Ω+33μH & R _L =4Ω+33μH, Non-ALC Mode	14
THD+N vs. Input Voltage	VDD=5V, R _L =8Ω+33μH, ALC1 & ALC2 Mode	15
	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 & ALC2 Mode	16
	VDD=3.6V, R _L =8Ω+33μH, ALC1 & ALC2 Mode	17
	VDD=3.6V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 & ALC2 Mode	18
THD+N vs. Input Frequency	VDD=5V, P _o =1.0W, R _L =8Ω+33μH, ALC1 Mode	19
	VDD=5V, P _o =1.6W, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode	20
	VDD=3.6V, P _o =0.5W, R _L =8Ω+33μH, ALC1 Mode	21
	VDD=3.6V, P _o =0.8W, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode	22
PSRR vs. Frequency	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode, Input AC-Grounded	23
	VDD=3.6V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode, Input AC-Grounded	24
Crosstalk vs. Frequency	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode, V _{out} =2.0 V _{RMS}	25
Quiescent Current vs. Supply Voltage	Input AC-Grounded, No Load, ALC1 Mode	26
ALC1 Attack & Release Time	VDD=5V, V _{in} =0.2V _{RMS} ~ 0.63V _{RMS} , R _L =4Ω+33μH ALC1 Mode	27
ALC2 Attack & Release Time	VDD=5V, V _{in} =0.16V _{RMS} ~ 0.51V _{RMS} , R _L =4Ω+33μH ALC2 Mode	28
(VOP-VON) Startup Waveform	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode, V _{in} =0.1V _{RMS}	29
(VOP-VON) Shutdown Waveform	VDD=5V, R _L =4Ω+33μH, ALC1 Mode, V _{in} =0.1V _{RMS}	30

■ 典型性能特性曲线(续)

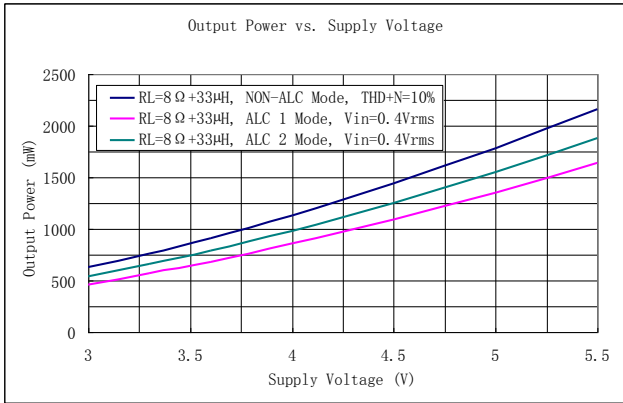


图 3: Output Power vs. Supply Voltage

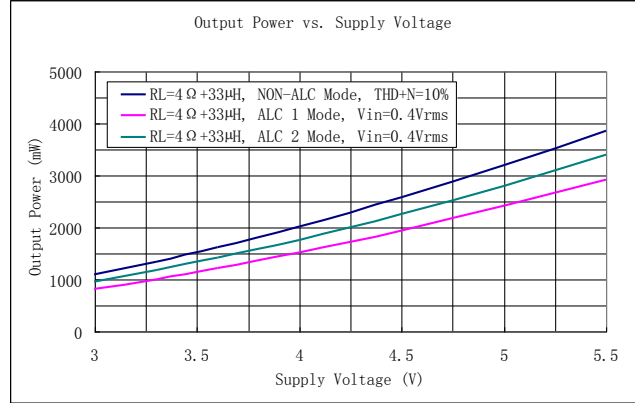


图 4: Output Power vs. Supply Voltage

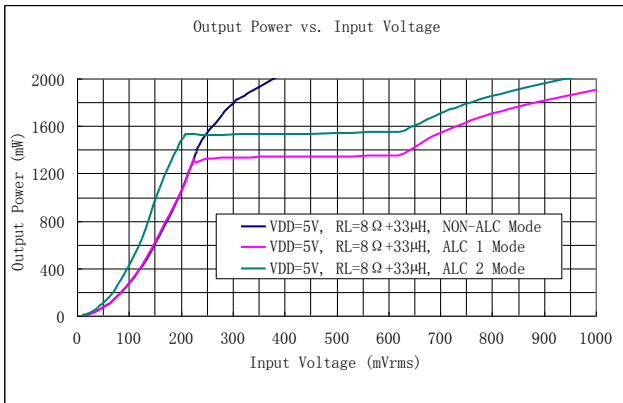


图 5: Output Power vs. Input Voltage

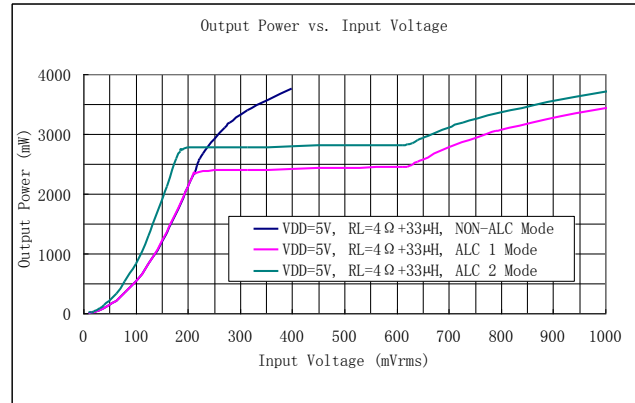


图 6: Output Power vs. Input Voltage

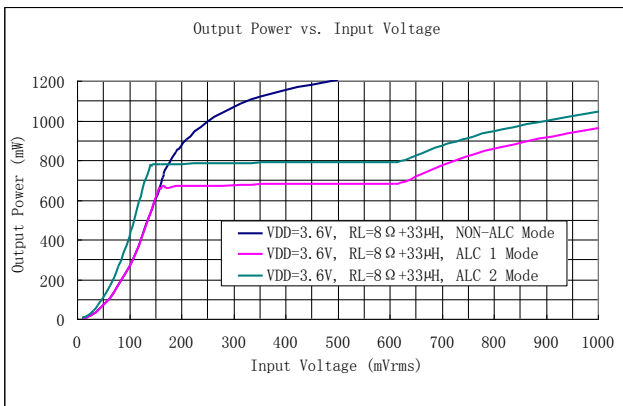


图 7: Output Power vs. Input Voltage

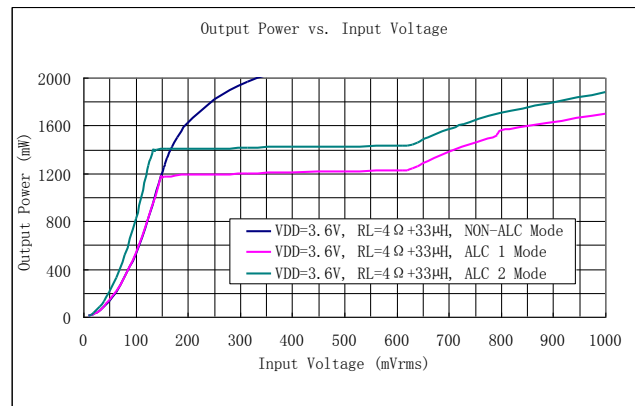


图 8: Output Power vs. Input Voltage

■ 典型性能特性曲线(续)

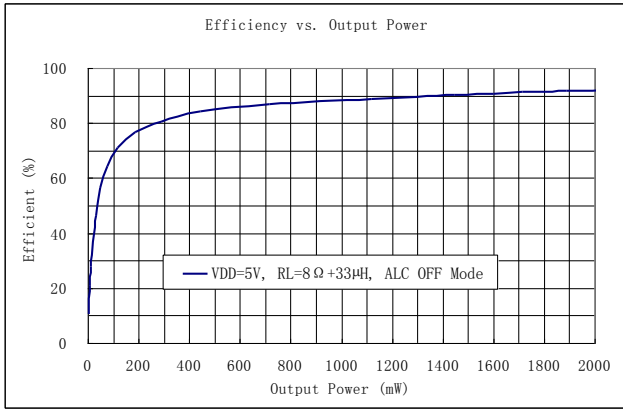


图 9: Efficiency vs. Output Power

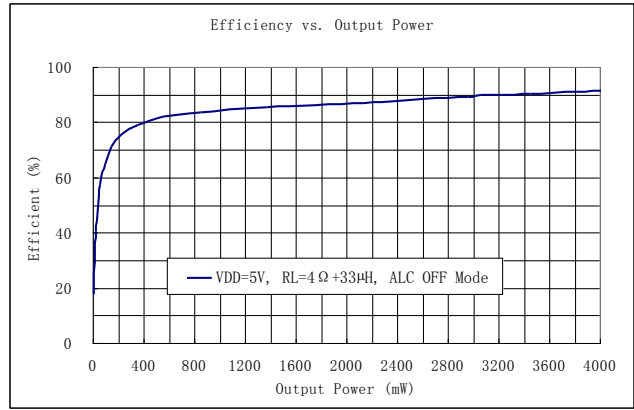


图 10: Efficiency vs. Output Power

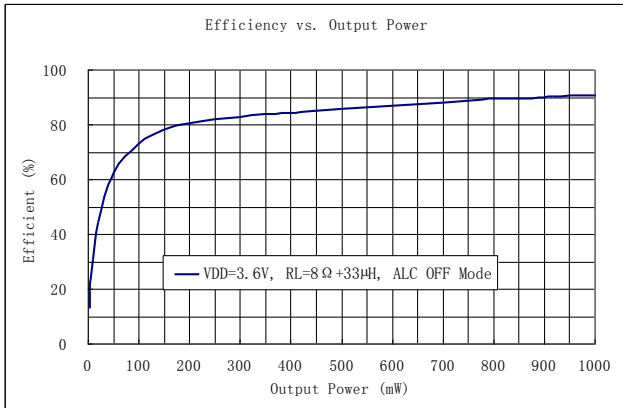


图 11: Efficiency vs. Output Power

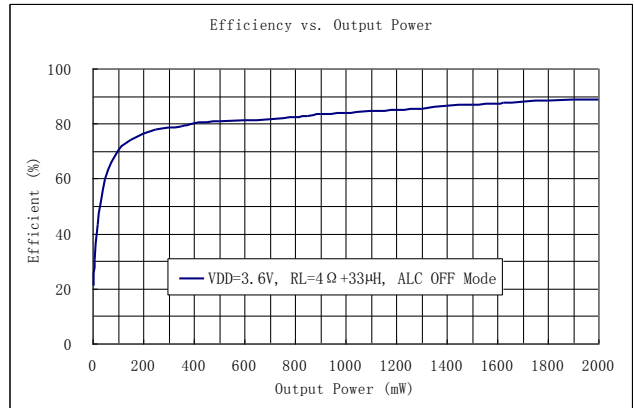


图 12: Efficiency vs. Output Power

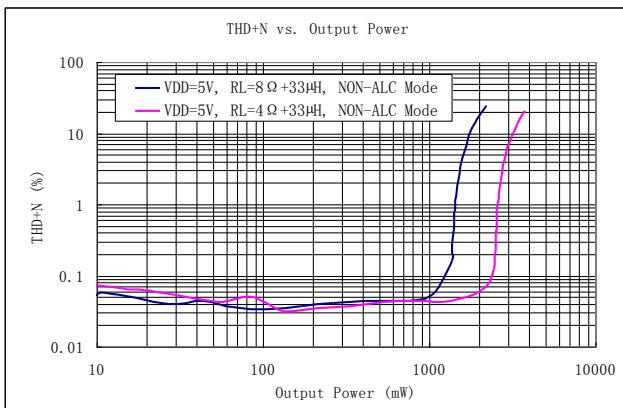


图 13: THD+N vs. Output Power

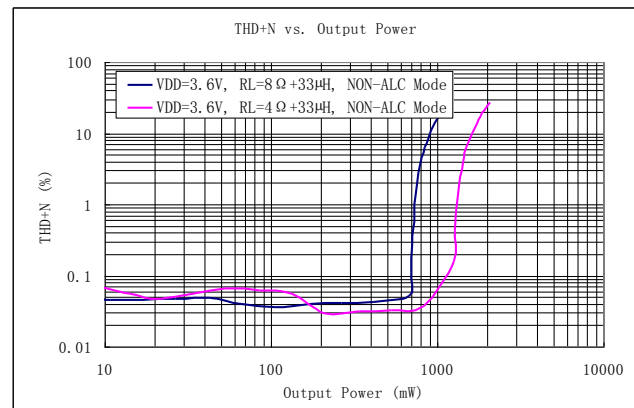


图 14: THD+N vs. Output Power

■ 典型性能特性曲线(续)

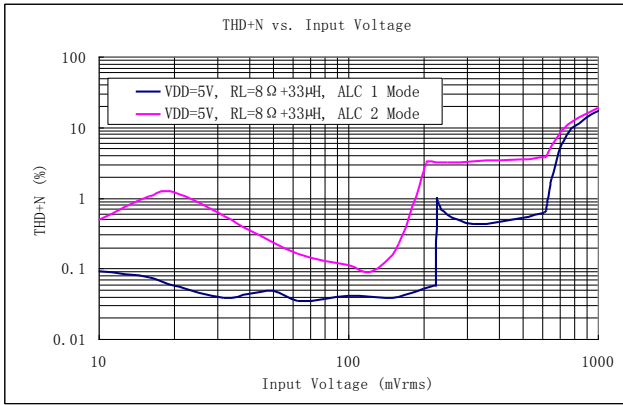


图 15: THD+N vs. Input Voltage

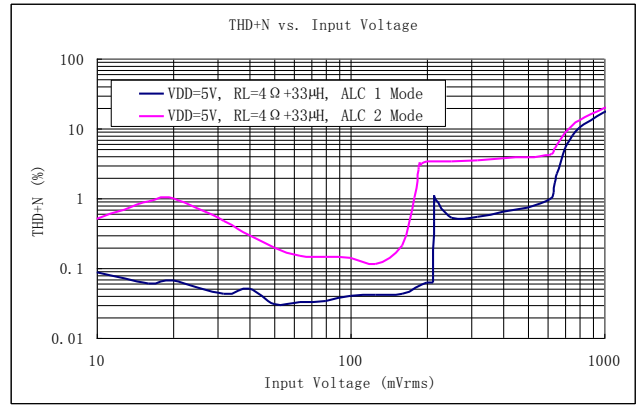


图 16: THD+N vs. Input Voltage

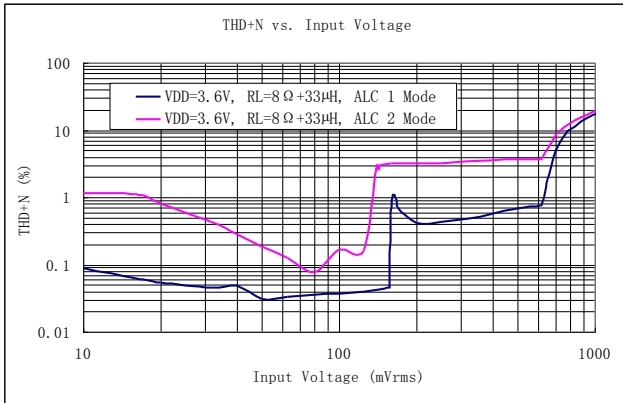


图 17: THD+N vs. Input Voltage

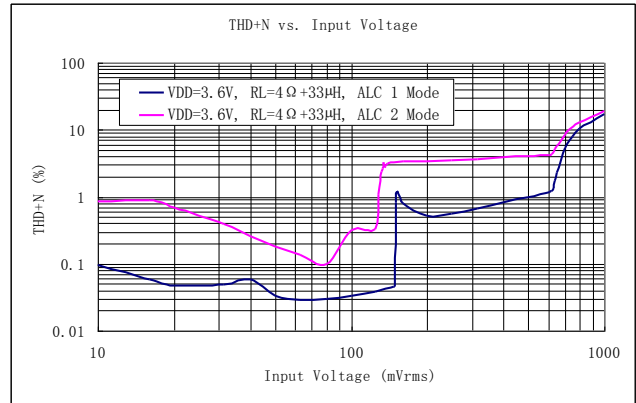


图 18: THD+N vs. Input Voltage

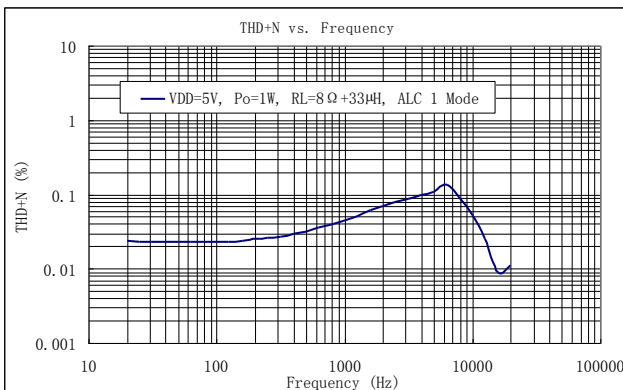


图 19: THD+N vs. Frequency

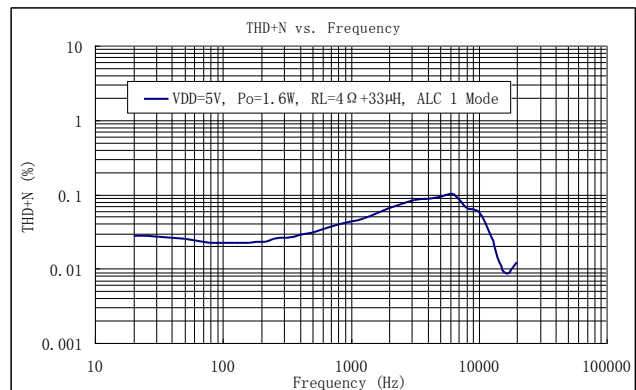


图 20: THD+N vs. Frequency

■ 典型性能特性曲线(续)

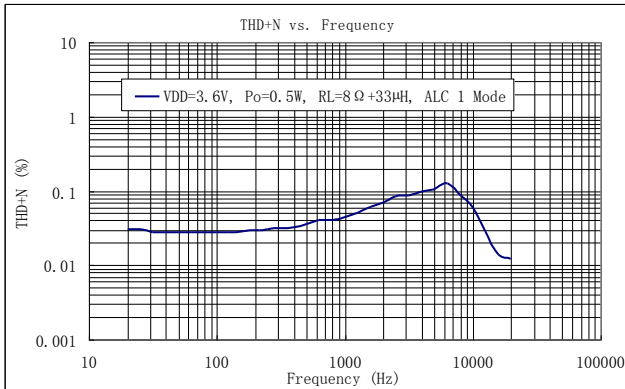


图 21: THD+N vs. Frequency

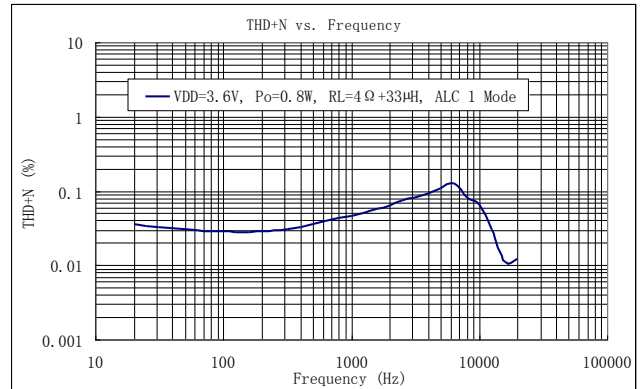


图 22: THD+N vs. Frequency

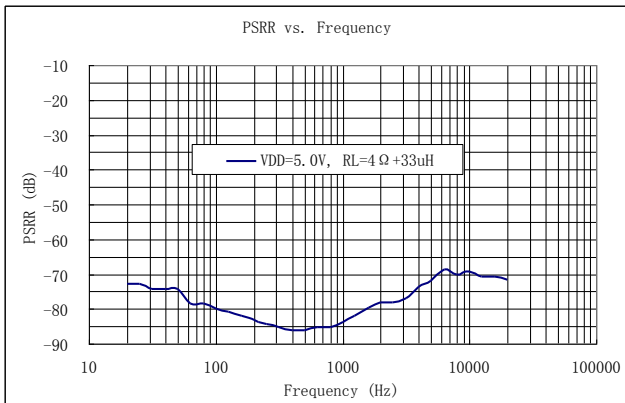


图 23: PSRR vs. Frequency

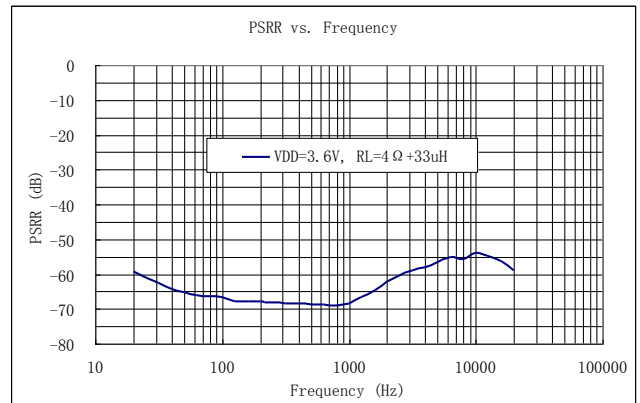


图 24: PSRR vs. Frequency

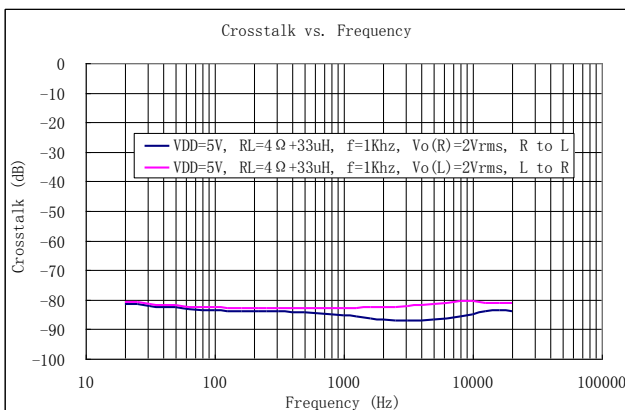


图 25: Crosstalk vs. Frequency

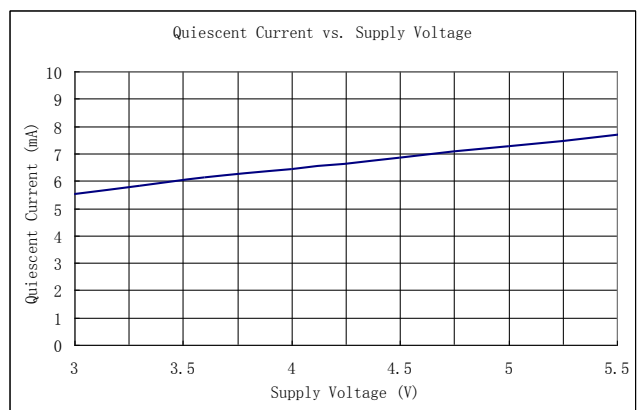


图 26: Quiescent Current vs. Supply Voltage

■ 典型性能特性曲线(续)

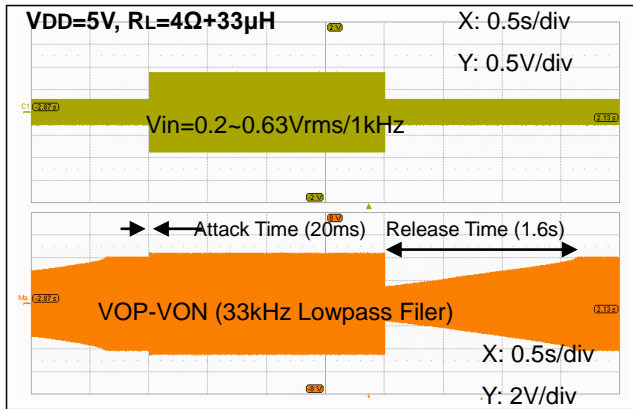


图 27: ALC1 Mode Operation

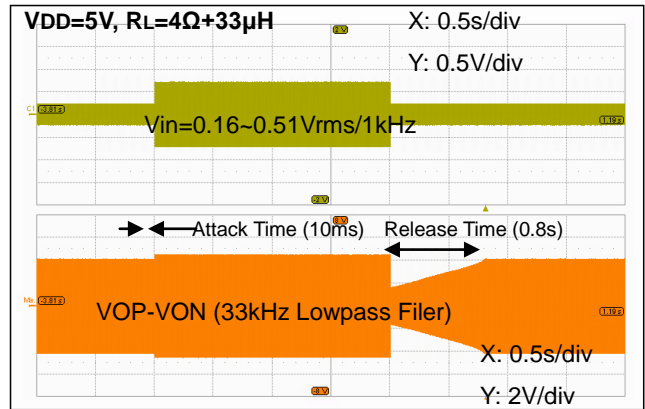


图 28: ALC2 Mode Operation

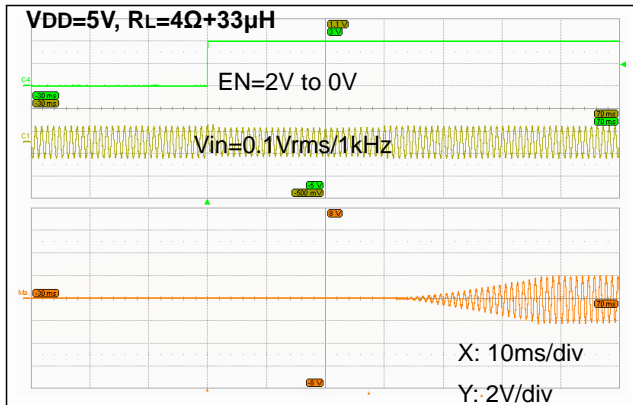


图 29: Startup Waveforms

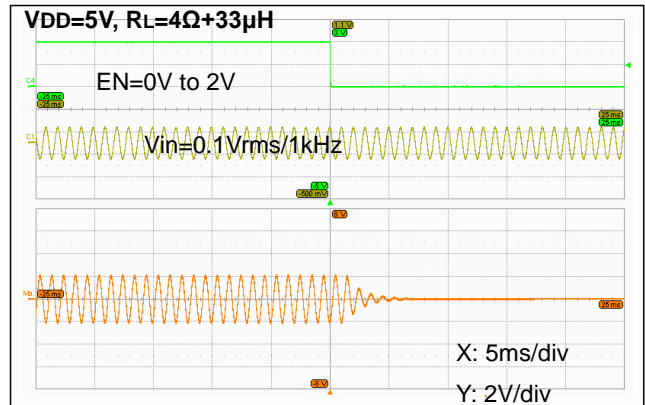


图 30: Shutdown Waveforms

■ **应用信息**

ft2708是一颗高效率，低EMI，带有自动增益控制(ALC)的立体声免输出滤波器的D类音频功率放大器。ft2708可以在3.0V~5.5V下工作，在电源电压5V，THD+N达到10%时，可以在3Ω喇叭上输出3.8W的功率或在4Ω喇叭上输出3.2W的功率。

ft2708的输出带有自动增益控制(ALC)功能，可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(产生破音)，也可以自适应地防止在电池应用中由于电池电压下降所引起的输出削峰，显著提高音质。ft2708有两种ALC模式，在ALC1模式下，尽量地防止输出消峰失真，保证最好的音质，所以输出功率稍小一点，而在ALC2下，在保证较好的音质下，输出更大的功率。

ft2708通过MODE脚的直流电压来设定工作模式，一共有四种工作模式：静音模式，ALC1模式，ALC2模式和NON-ALC模式。在ALC有两种工作模式，提供两种不同的输出功率和THD+N指标，满足不同应用的需要。NON-ALC模式和传统的功率放大器一样，没有限制信号失真的功能，所以输出功率可以比ALC1和ALC2更大。

ft2708的输出可以直接接喇叭，不需要特定的LC滤波器，外围器件少，工作效率高，不需要过多的考虑散热问题，设计简单，节省PCB空间。

ft2708的工作效率高，比较适用于锂电池供电的便携式设备，此外，ft2708还有关断模式来减小电流损耗，并且还有多种保护机制来确保芯片安全可靠的工作。

自动增益控制(ALC)

在播放歌曲等音频应用中，音频信号的动态范围比较大，当输入信号过大时，由于电源电压的限制，输出信号的波峰会被截平，输出信号会有很大的削峰失真，另一方面，对于使用电池的系统，电池电压会在使用中下降，也会加剧削峰失真，削峰失真比较大时就会在喇叭上听到破音，严重影响用户的听觉感受。ft2708具有自动增益控制 (ALC) 功能，它能检测输出信号的削峰失真，自动地调整系统增益，使得输出音频信号保持圆润光滑，能够显著提高音质，创造非常舒适的听觉感受，在一定范围内还可以保护扬声器免受过载而损坏。

注意，ALC功能是有范围限制的，ft2708在ALC下的最大衰减范围是12dB，若输入信号太大的话，还是会引起削峰失真的。

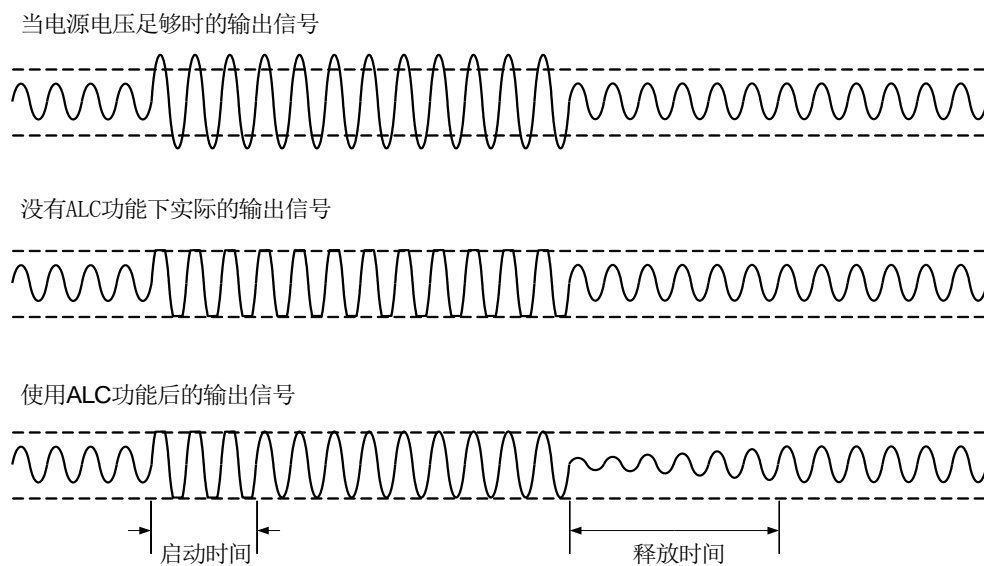


图 31: 自动增益控制功能示意图

ALC 功能有两个重要的时间参数，启动时间和释放时间。启动时间（Attack Time）是指从发生削峰失真到系统增益调节完成的时间，释放时间（Release Time）是指从削峰失真消失到系统退出增益衰减状态的时间。

ALC 模式	ALC 启动时间 (ms)	ALC 释放时间 (s)
ALC 1	20	1.6
ALC 2	10	0.8

表 1: ALC 启动时间和释放时间

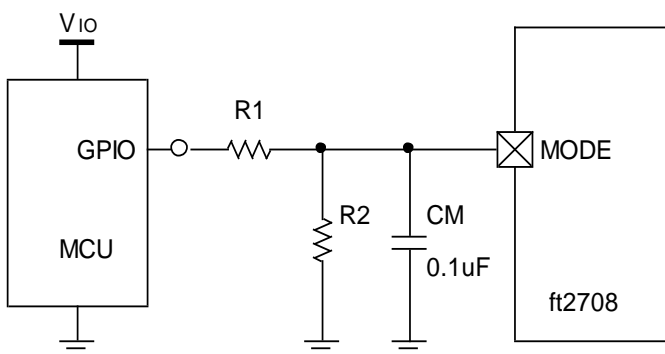
工作模式控制

ft2708通过MODE脚的直流电压来设定工作模式，一共有四种工作模式：静音模式，ALC1模式，ALC2模式和NON-ALC模式，如表2所示。当MODE脚上的电压低于0.1V，或MODE脚直接短接到地时，ft2708工作在静音模式，这时所有输出端关闭输出，并通过内部的2KΩ下拉到地。当MODE脚上的电压处于0.3V和0.6V之间时，ft2708工作在ALC1模式，在自动增益控制下输出信号的THD+N会被限制在1%左右。当MODE脚上的电压处于0.8V和1.2V之间时，ft2708工作在ALC2模式，在自动增益控下输出信号的THD+N会被限制在4%左右。当MODE脚上的电压大于1.4V时，ft2708工作在NON-ALC模式，这时和传统功率放大器一样没有自动增益控制功能。

MODE脚电压	工作模式
MODE < 0.1V	静音
MODE = 0.3V ~ 0.6V	ALC 1 模式 (THD+N在1%左右)
MODE = 0.8V~1.2V	ALC 2 模式 (THD+N在4%左右)
MODE > 1.4V	NON-ALC模式

表2: 工作模式控制

注意ALC1和ALC2模式是非常相似的，ALC1适用于对音质要求比较高的应用，而ALC2适用于要求声音更大的应用。当想利用一个GPIO来控制ft2708在静音模式和ALC1模式之间变化，或是在静音模式和ALC2模式之间变化时可以参考下面图32的电路。



MODE	Operating Mode
H	ALC (ALC1 or ALC2)
L	Mute

图 32: 模式设置电路(MUTE/ALC1 或 MUTE/ALC2)

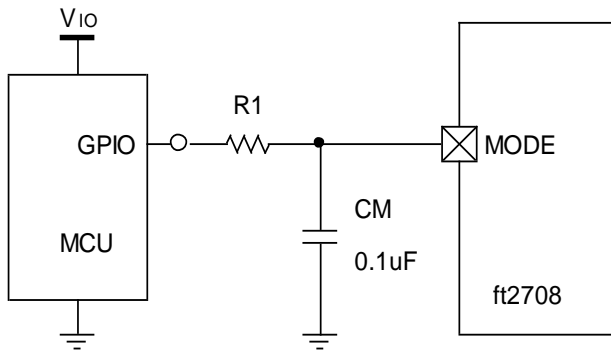
表 3: 左图模式设置说明

对于不同的VIO电压和不同的工作模式设置，图32中的R1和R2需要不同的电阻值，可以参考表3。

Operating Mode	V _{io}	1.8V	2.8V	3.0V	3.3V	4.2V	5.0V	3.2V~4.2V
ALC1	R1	270K	470K	470K	560K	510K	510K	390K
	R2	100K	100K	100K	100K	68K	56K	56K
ALC2	R1	100K	220K	200K	220K	330K	330K	270K
	R2	120K	120K	100K	100K	100K	82K	100K

表4: ALC1/2模式下的典型电阻取值

当需要在在静音模式和NON-ALC模式之间变化时可以参考图33电路，只需要在GPIO与MODE脚之间串接一个RC滤波电路，建议图中R1和CM的时间常数数值在1ms以上，可以选10kΩ和0.1μF电容。



MODE	Operating Mode
H	Non-ALC
L	Mute

图 33: 模式设置电路(MUTE/NON-ALC)

表 5: 左图模式设置说明

电压增益调整

ft2708的增益可以通过在输入端串接电阻调整，参见下图34和35，四个输入电阻和输入电容要尽量匹配(使用精度在5%以内的器件)，即：C_{IN} = C_{INL1} = C_{INL2} = C_{INR1} = C_{INR2}，R_{IN} = R_{INL1} = R_{INL2} = R_{INR1} = R_{INR2}。

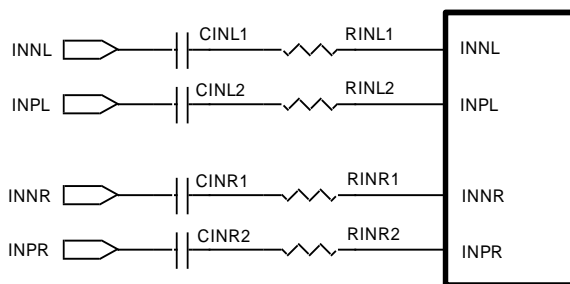


图34: 增益调整(差分输入)

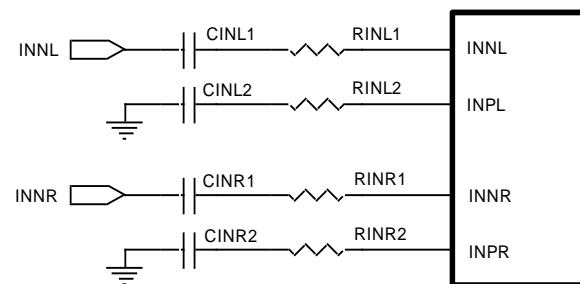


图35: 增益调整(单端输入)

增益计算公式，公式1针对ALC1和NON-ALC模式，公式2针对ALC2模式：

$$A_v = 288 / (R_{IN} + 18), \text{ ALC1 或 Non-ALC 模式} \quad (1)$$

$$A_v = 360 / (R_{IN} + 18), \text{ ALC2 模式} \quad (2)$$

在这两个公式中，A_v是串接R_{IN}后电路的增益(放大倍数)，R_{IN}是输出端串接的外部电阻，单位是kΩ。A_v和

R_{IN}的对应值还可以参考下面的表6和表7。

Av, dB	24	22	20	18
R_{IN}, KΩ	0	5	10	18

表 6: 在 ALC1 或 Non-ALC 模式下外部电阻和电压增益对应关系

Av, dB	26	24	22	20
R_{IN}, KΩ	0	5	10	18

表 7: 在 ALC2 模式下外部电阻和电压增益对应关系

声音淡入淡出

ft2708内部集成有声音淡入淡出功能，它会在EN或MUTE状态变化时启动。淡入淡出功能可以降低芯片启动和关断时产生的噪声，防止声音的突然变大或变小，使用户在听觉上有一个平滑过渡过程，给用户带来更好的听觉感受。

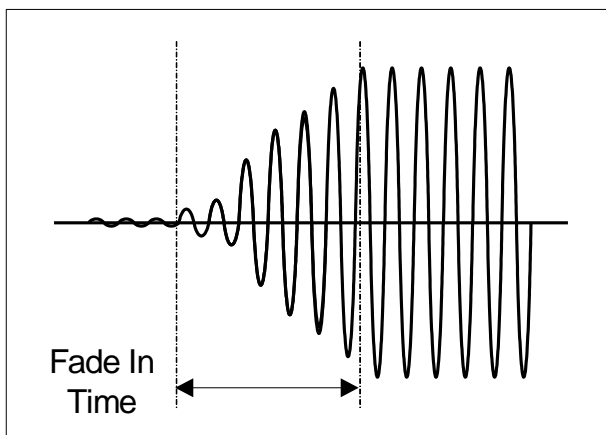


图36: 声音淡入示意图

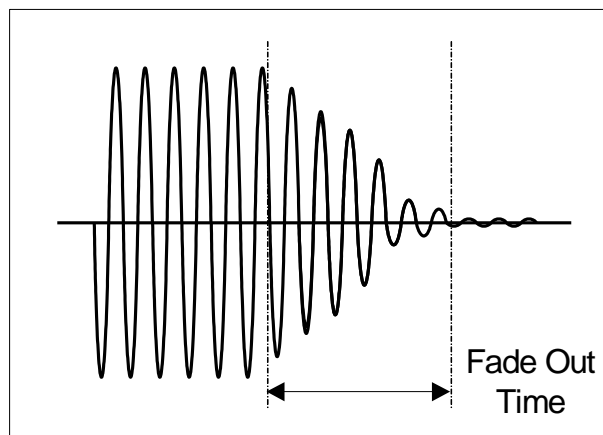


图37: 声音淡出示意图

静音控制

ft2708带有静音工作模式，当MODE管脚电压小于0.1V时，芯片进入静音状态，信号输出被关闭，所有的输出管脚(VOPL/R and VONL/R) 会被内置的下拉电阻 (3KΩ) 拉到低电平。

关断控制

ft2708使用EN管脚来控制芯片的启动和关断。当EN置于逻辑低电平时，芯片进入关断状态，在该状态下ft2708关闭芯片所有功能并将电源功耗降到1μA以下，输出管脚会被内置的下拉电阻 (2KΩ)拉到低电平。EN管脚内置有300KΩ的下拉电阻，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“噼噻-咔嗒”声。

在EN管脚由低电平置为高电平时，芯片经过一段启动时间(TSTUP)才会进入正常工作状态，这样可以消除前级输入信号短时间的不稳定带来的噪声。

CLICK-and-POP 抑制

ft2708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的电压为低，在移去电源之前，先把EN置低。

PSRR 增强

为了能够得到比较好的PSRR性能，一般设计上需要一个专门的管脚做为共模偏置电压，并使用外接电容来稳定偏置电压来达到更好的PSRR效果，而ft2708通过特别的设计，可以省却这个管脚和电容而仍能芯片具有高达75dB@1KHz的PSRR指标。

保护模式

ft2708 内置多种保护功能可以有效防止芯片在异常工作状况下损坏，包括欠压保护(UVLO)，过流保护(OCP)和过温保护(OTP)。

欠压保护(UVLO)

为使芯片安全可靠地工作，ft2708内置有低电压检测电路，当检测到电源电压(AVDD)低于 V_{UVLD} 时，启动欠压保护功能，这时不管EN管脚是不是高电平，芯片的输出都是关闭状态，输出管脚会被内置的下拉电阻(2K Ω)拉到低电平；当检测到AVDD电压高于 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，ft2708会持续监测任何一个输出端的工作情况，当检测到输出端互相短路、输出端对电源(AVDD,PVDDR/L)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。ft2708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，发生异常的输出端会马上进入高阻状态，这种状态保持200ms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。这种功能可以用“打嗝模式”来形容，当过流或短路等异常消除时，芯片能自动恢复正常工作。

过温保护(OTP)

当检测到芯片内部温度超过预设的门限值(160°C)时，过温保护能自动启动来防止芯片损坏。在启动过温保护模式后，芯片会关闭所有的输出，所有的输出端会进入高阻状态。当芯片内部温度下降到比预设的门限值低20°C时，芯片会恢复正常工作状态。

低EMI无输出滤波设计

传统的Class-D功率放大器为了使系统满足EN55022B电磁干扰 (EMI) 标准，需要外接体积较大的LC滤波器，或加屏蔽罩，而ft2708采用了控制输出信号的边沿翻转斜率等方法，在全带宽范围内有效地降低了EMI干扰，使系统设计很容易地满足EMI的标准要求。

进一步降低EMI

当ft2708的输出脚 (VOPL/R和VONL/R脚) 与喇叭之间的连线比较长时，建议在输出脚与喇叭之间串接磁珠来进一步降低EMI干扰，如图46所示，还需要在磁珠与喇叭之间接一电容到地。

磁珠尽量选择等效直流电阻(DCR)比较小, 额定工作电流比较大的, 阻抗可以选 $100\ \Omega \sim 330\ \Omega @100\text{MHz}$, 在使用 $4\ \Omega$ 喇叭时, 建议磁珠的额定工作电流不小于 2A 。电容的容值可以根据磁珠的特性和EMI的情况来选择, 但电容值不能大于 1nF 。在PCB布局时, 磁珠和电容要尽量靠近相应的输出管脚, 电容的地接在各自的功率地(PGNDL/PGNDR)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。

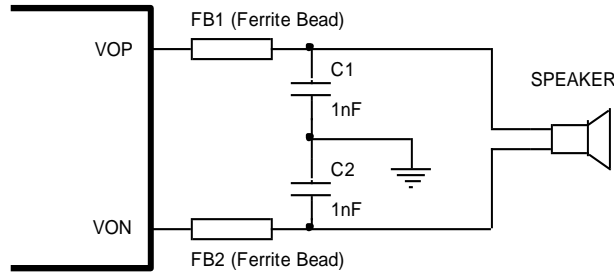


图38: 用磁珠电容来降低EMI

RC缓冲电路

当电源电压高于 4.6V , 或者所用的喇叭的阻抗低于 $6\ \Omega$ 时, 请在芯片的两个通道的每个输出端VOPL/R和VONL/R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, 防止烧坏芯片。

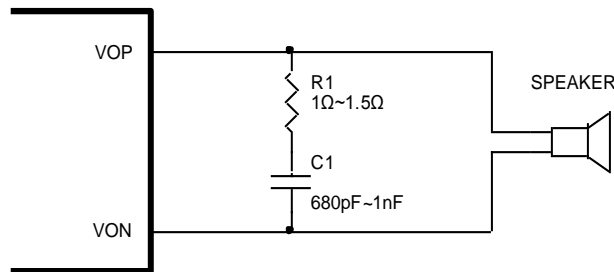


Figure 39: RC Snubber Circuit

退耦电容 (CS1~CS3)

ft2708是一颗高性能的立体声功率放大器, 为使ft2708有更大的输出功能, 更高的效率, 更好的保真度, 更低的EMI特性, 需要尽量地在AVDD, PVDDL和PVDDR管脚边上放置合适的退耦电容, 电容要尽量地靠近相应的电源和地脚, 可以使用大面积的铺铜来降低功率电源和地的交流内阻。

PVDDL和PVDDR是功率电源, 在工作时管脚上会有很大的开关电流, 电源回路上有等效电感, 会产生比较大的浪涌电压, 这些不良因素会增大EMI干扰, 影响芯片的正常工作。为了消除这些不良因素的影响, 需要在PVDDL和PVDDR管脚和功率地 (PGNDL和PGNDR) 之间放置退耦电容, 建议放置容值不小于 $10\ \mu\text{F}$ 的低等效串联电阻 (ESR) 的电容 (推荐X7R或X5R类型的多层陶瓷电容) 在PVDDL和PVDDR附近, 它们可以降低电源回路内阻, 使PVDD的供电更平稳。如果条件允许, 可以在PVDDL或PVDDR管脚和功率地之间放置 $0.1\ \mu\text{F}$ 的小电容, 这样会有更好的高频退耦效果。在放置这些电容时, 要尽量地靠近相应的电源管脚和功率地。

AVDD是模拟电源，需要在AVDD管脚和AGND之间放置退耦电容，可以选择具有低ESR的电容，容值不小于1 μ F，尽量地靠近AVDD管脚放置。在AVDD和PVDD之间可以串接一个小电阻（例如10 Ω ），可以降低功率电源的开关电流对AVDD的影响。

输入电容 (CINL1, CINL2, CINR1, CINR2)

音频信号通过隔直电容输入到ft2708的输入端，这样可以消除前级输出与ft2708之间直流偏置电压的差异。输入电容与输入电阻（包括芯片内部的等效输入电阻）构成一个高通滤波器，它的截止频率 f_c 可以通过公式3计算得到。4个输入电容要尽量匹配，这样可以使左右两个通道有比较好的一致性，提升芯片整体性能，提高PSRR指标。

$$f_c = 1 / [2 \times \pi \times R_{IN} \times C_{IN}] \quad (3)$$

这里 $R_{IN} = 18K\Omega$ (若有外部输入电阻，需要加上外部电阻的阻值)

$C_{IN} = C_{INL1}, C_{INL2}, C_{INR1}, \text{ or } C_{INR2}$

虽然高保真音频系统要求在信号在20Hz到20kHz之间有平坦的响应，但是一般便携式移动设备所用的喇叭受体积限制，其低频响应并不好，过低的频率输出到这样的喇叭上会影响喇叭的性能，影响声音的听觉感受，这种情况下可以选择容值小一点的输入电容，降低过低的音频信号的份量。使用小容值的电容(0.47 μ F以下)，可以降低芯片启动时的POP音。

印刷电路板(PCB) 布局建议

为了充分发挥ft2708的工作性能，建议周边元器件的摆放和印刷电路板 (PCB) 的布局布线遵循以下原则：

1. ft2708的功率电源管脚和供电电源（例如锂电池）尽量用比较短而粗的走线相连，走线宽度不要小于1mm，所有的电源退耦电容尽量靠近相应的电源管脚，较小容值的电容优先靠近管脚，走线之间尽量不要有过孔。
2. 输入电容和输入电阻尽量靠近ft2708的输入端，每个通道的两个输入端的布局和走线要尽量一致，输入信号与芯片的功率电源、Class-D的输出走线要注意隔离，这样可以更好地抑制噪声和干扰。
3. EMI磁珠和电容要尽量靠近相应的输出管脚，电容的地接在功率地回路上，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。
4. 芯片的输出管脚到喇叭的输出线要尽量短而粗，线宽不小于0.5mm。
5. AVDD的退耦电容的地要就近与AGND相连，PVDD的退耦电容的地要就近与PGND相连，AGND和PGND可以直接连到芯片中间的散热脚上，形成星形连接。

■ 典型应用示意图

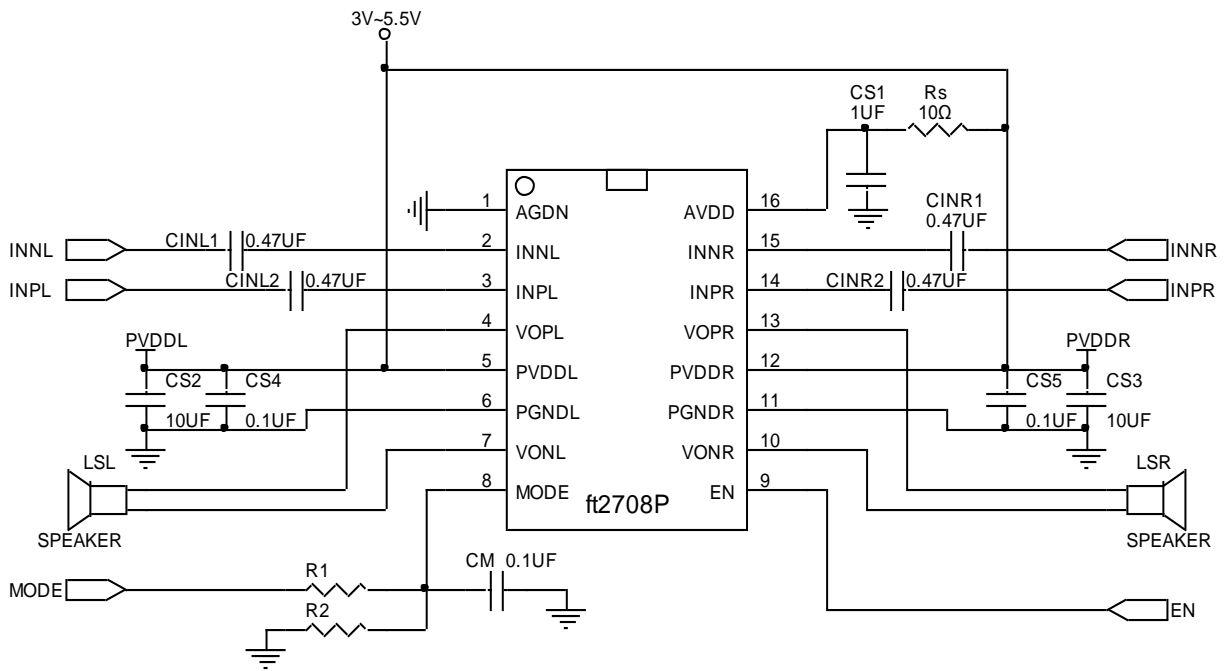


图40: 差分输入模式 (ALC1 或 ALC2)

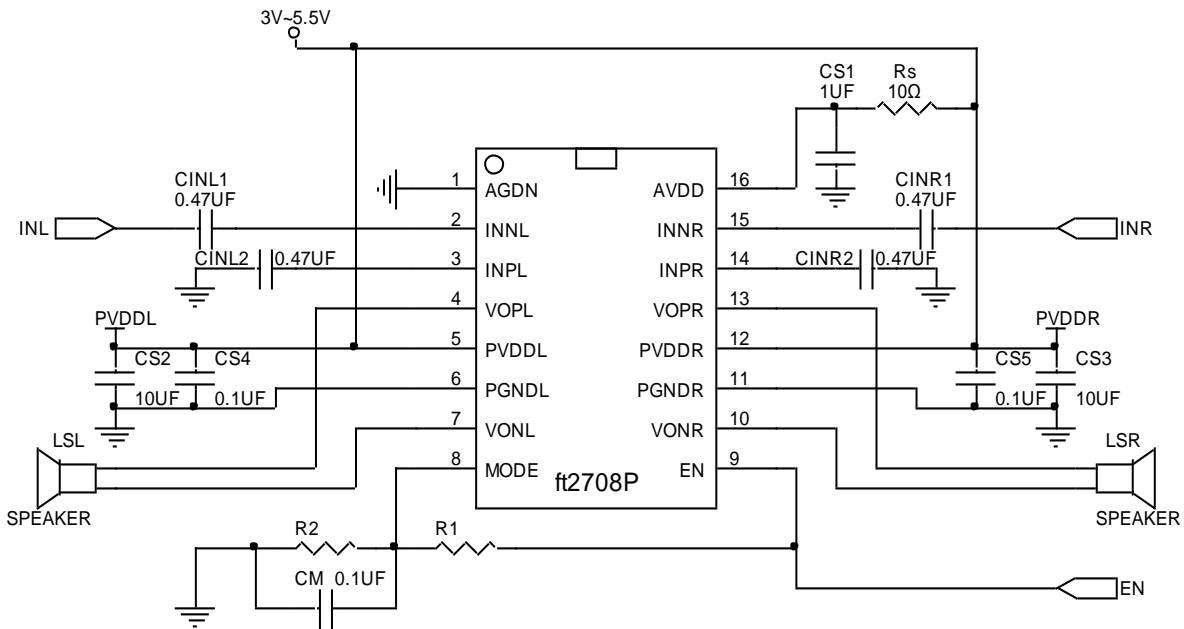


图41: 单端输入模式(NON-ALC)

■ 典型应用示意图(续)

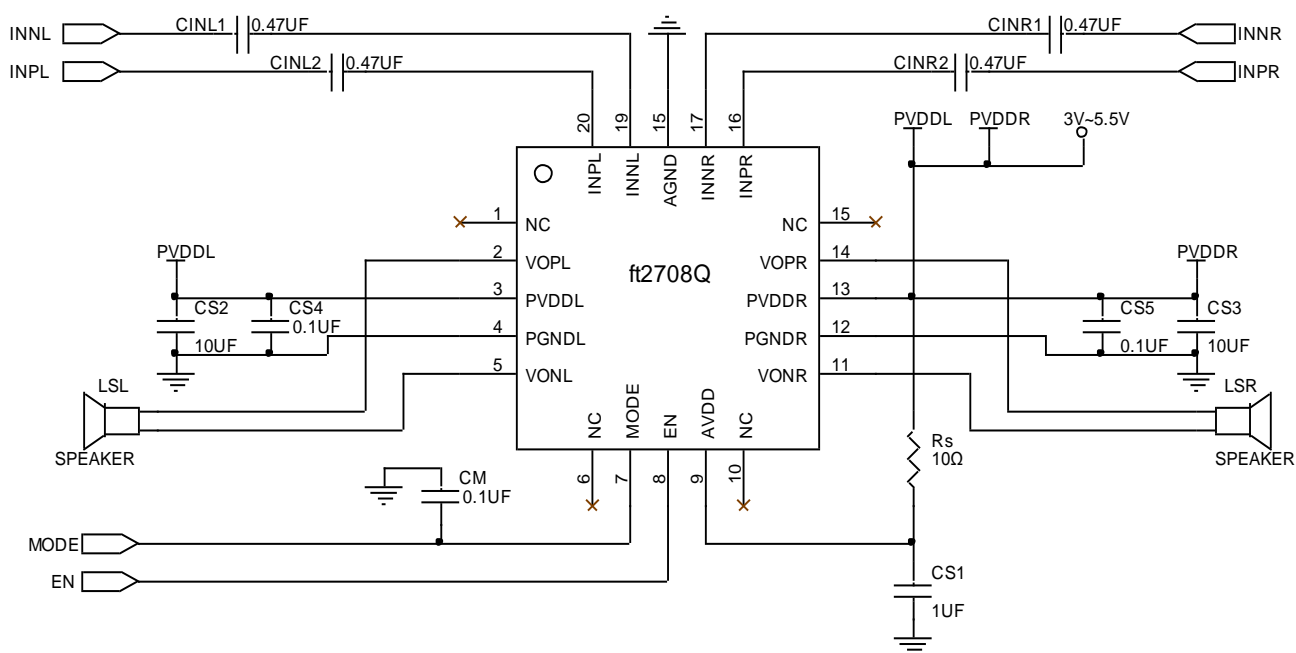


图42: 差分输入模式 (NON-ALC)

Note: $RINL1 = RINL2 = RINR1 = RINR2$
 $CINL1 = CINL2 = CINR1 = CINR2$

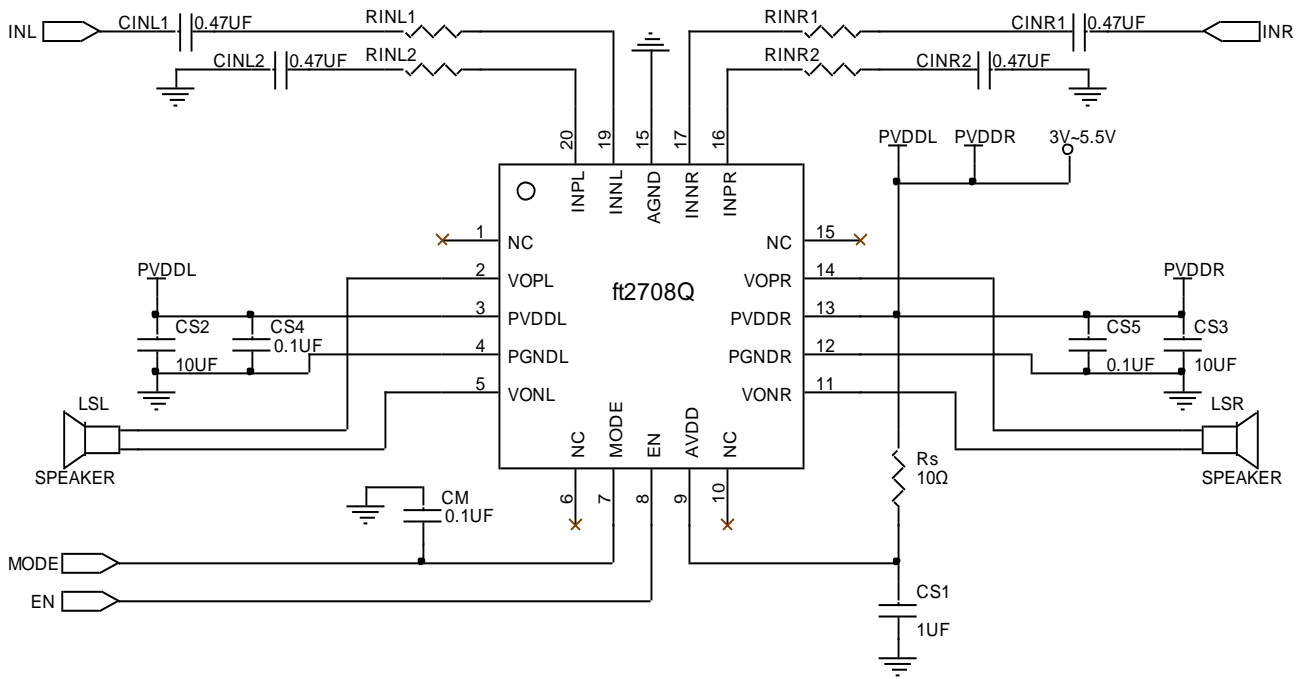
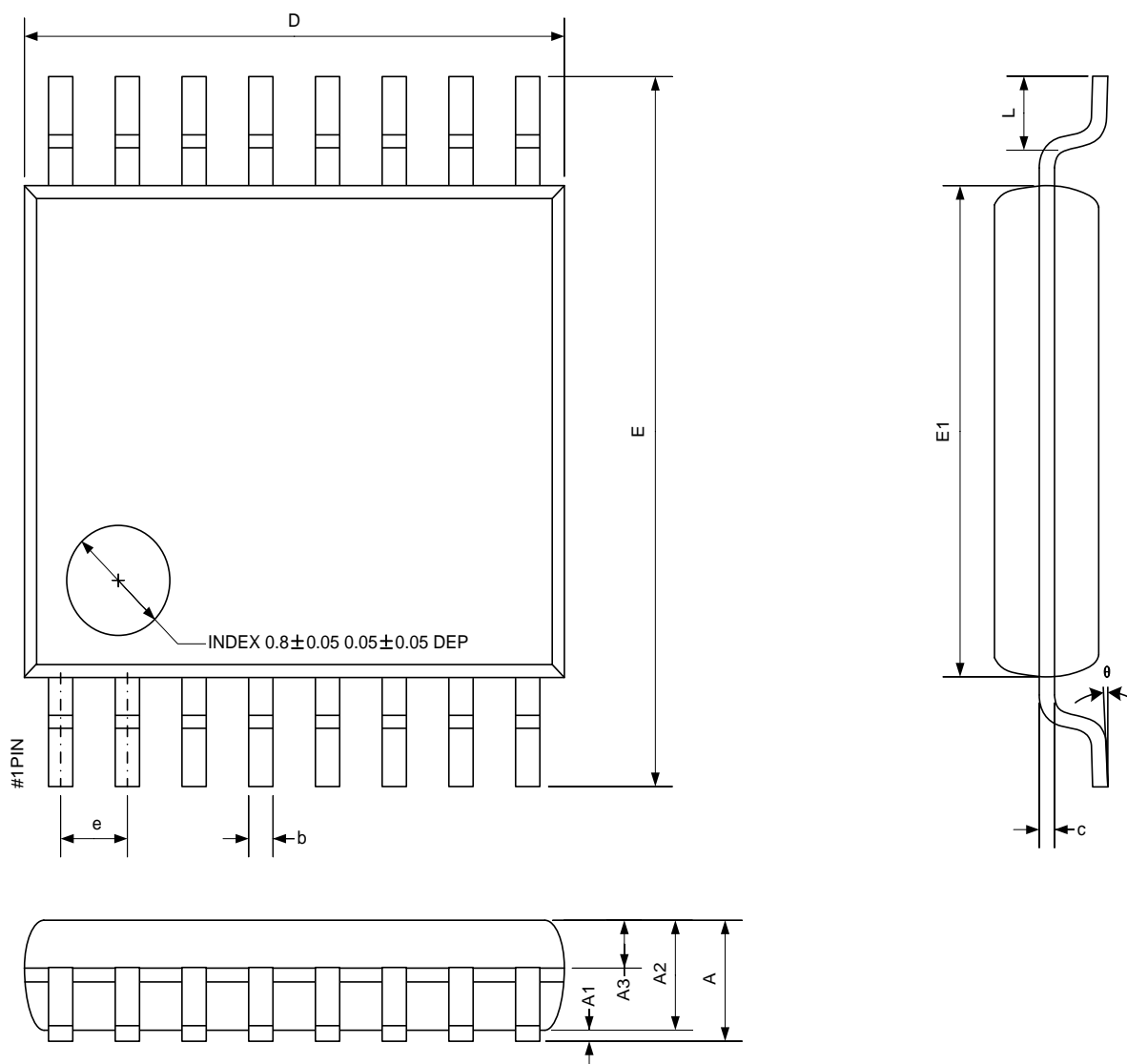


图43: 单端输入模式(NON-ALC , 外加电阻调整增益)

■ 封装尺寸

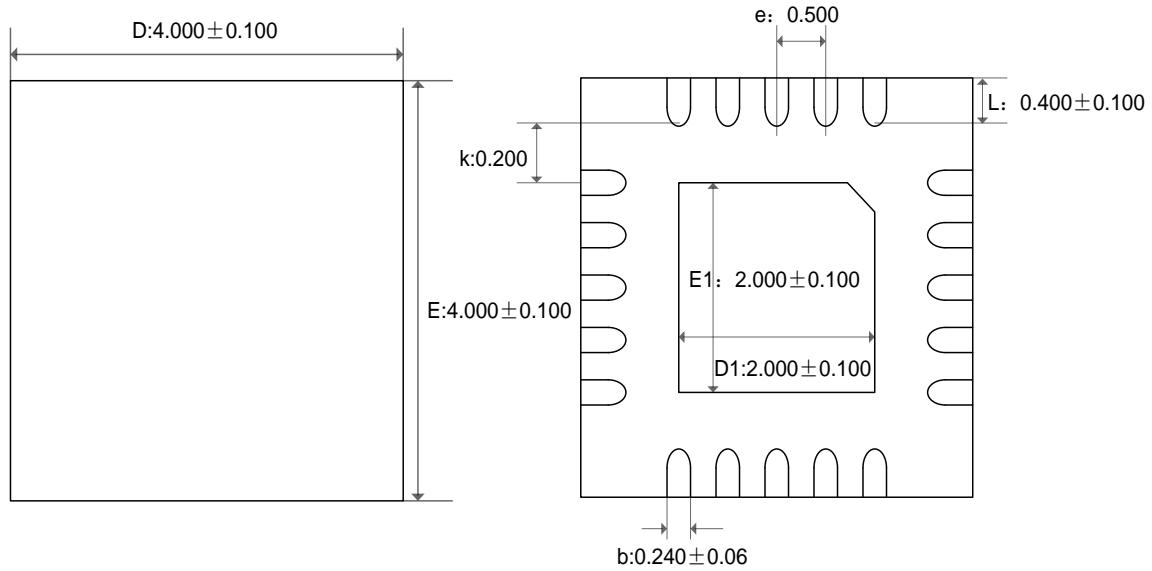
TSSOP-16L PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



SYMBOL	MIN	NOM	MAX	UNIT
A	-	-	1.20	mm
A1	0.05	-	0.15	mm
A2	0.90	1.00	1.05	mm
A3	0.34	0.44	0.54	mm
b	0.20	-	0.28	mm
c	0.10	-	0.19	mm
D	4.86	4.96	5.06	mm
E	6.20	6.40	6.60	mm
E1	4.30	4.40	4.50	mm
e	0.65BSC			mm
L	0.45	0.60	0.75	mm
θ	0	-	8	°

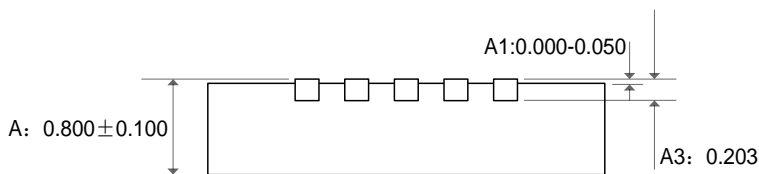
■ 封装尺寸(续)

QFN4X4-20L PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Top View

Bottom View



Side View

All dimensions are in millimeters

Symbol	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF.		0.008REF.	
D	3.900	4.100	0.154	0.161
E	3.900	4.100	0.154	0.161
D1	1.900	2.100	0.075	0.083
E1	1.900	2.100	0.075	0.083
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
e	0.500TYP.		0.020TYP.	
L	0.300	0.500	0.012	0.020

IMPORTANT NOTICE

1. Disclaimer: The information in document is intended to help you evaluate this product. Fangtek, LTD. makes no warranty, either expressed or implied, as to the product information herein listed, and reserves the right to change or discontinue work on this product without notice.

2. Life support policy: Fangtek's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without the express written approval of the president and general counsel of Fangtek Inc. As used herein

Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

3. Fangtek assumes no liability for incidental, consequential or special damages or injury that may result from misapplications or improper use or operation of its products

4. Fangtek makes no warranty or representation that its products are subject to intellectual property license from Fangtek or any third party, and Fangtek makes no warranty or representation of non-infringement with respect to its products. Fangtek specifically excludes any liability to the customer or any third party arising from or related to the products' infringement of any third party's intellectual property rights, including patents, copyright, trademark or trade secret rights of any third party.

5. The information in this document is merely to indicate the characteristics and performance of Fangtek products. Fangtek assumes no responsibility for any intellectual property claims or other problems that may result from applications based on the document presented herein. Fangtek makes no warranty with respect to its products, express or implied, including, but not limited to the warranties of merchantability, fitness for a particular use and title.

6. Trademarks: The company and product names in this document may be the trademarks or registered trademarks of their respective manufacturers. Fangtek is trademark of Fangtek, LTD.

CONTACT INFORMATION

Fangtek Electronics (Shanghai) Co., Ltd

Room 503 & 504, Lane 198, Zhangheng Road
Zhangjiang Hi-tech Park, Pudong District
Shanghai, China, 201204

Tel: +86-21-61631978

Fax: +86-21-61631981

Website: www.fangtek.com.cn