



CHIPHOMER TECHNOLOGY (SHANGHAI) LIMITED

CPA2232 数据手册

1.9W、单声道、智能电源管理、超低 EMI、双电源轨、DG 类音频功放

April 2018

WWW.CHIPHOMER.COM

特点

- 智能电源管理(IPM)显著提高系统效率，延长正常的音乐播放时间
- 免滤波 PWM 输出
- 系统效率高达 83% (8Ω 喇叭 400mW 输出)
- 最大输出功率 (4.2V 供电 1% THD, 8Ω) : 1.6W
- 最大输出功率 (4.2V 供电 10% THD, 8Ω) : 1.9W
- 静态电流 7mA
- 关断电流 0.1uA
- 高 PSRR: -80dB
- 宽工作电压范围: 2.7V~5.0V
- 优异的 POP 声抑制能力
- 自动增益管理功能
- 纤小的 3mm x 3mm QFN20 封装

应用

- 手持设备
- 手机

概述

CPA2232 是一款高效率、单声道、免滤波输出的音频功率放大器。其独有的智能电源管理(IPM)机制能显著提高音频功放效率，延长音乐播放时间。CPA2232 中采用了新一代电荷泵升压技术，在 4.2V 供电电压、8Ω BTL 负载、10% (THD+N) 的条件下可稳定输出 1.9W 的功率。

启攀微电子独有的智能电源管理(IPM)机制能显著提升电荷泵升压型音频功放的系统效率(平均效率达 80%)，极大地延长电池使用寿命，在产生大音量音频信号的同时降低升压过程中带来的效率损失。

CPA2232 内置过温、限流等多种保护机制，可有效地保护芯片。CPA2232 采用纤小的 3mm x 3mm QFN20 封装，适用于更轻薄的 PCB 系统设计。

封装

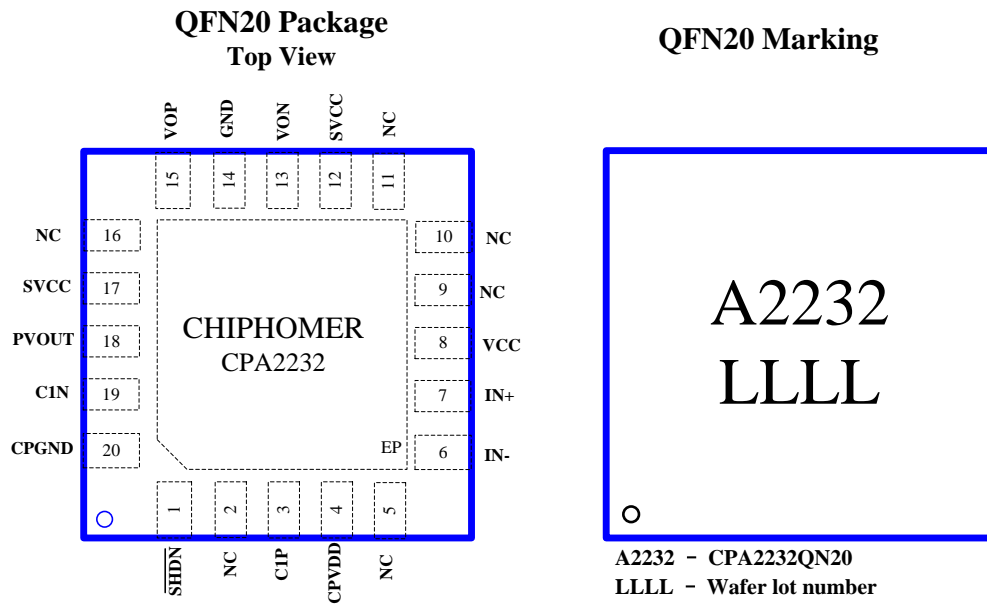


图 1 CPA2232 引脚分布俯视图及器件标识图

引脚定义

引脚	名称	描述
1	SHDN	关断信号输入端，低有效；支持一线脉冲
3	C1P	飞电容 C1 正输入端
4	CPVDD	电荷泵电源
2,5,9,10,11,16	NC	
6	IN-	反相输入端
7	IN+	正相输入端
8	VCC	电源，10 μ F 电容接地
12,17	SVCC	放大器负电压，连接到 PVOUT
13	VON	反相输出端
14	GND	地
15	VOP	正相输出端
18	PVOUT	电荷泵输出，需在 PVOUT 与 CPGND 之间放置一颗 10 μ F 电容
19	C1N	飞电容负输入端，在 C1N 和 C1P 之间连接一颗 C1=4.7 μ F 的飞电容
20	CPGND	电荷泵地，连接到 GND 管脚
EP		散热片，连接到 GND 管脚

典型应用

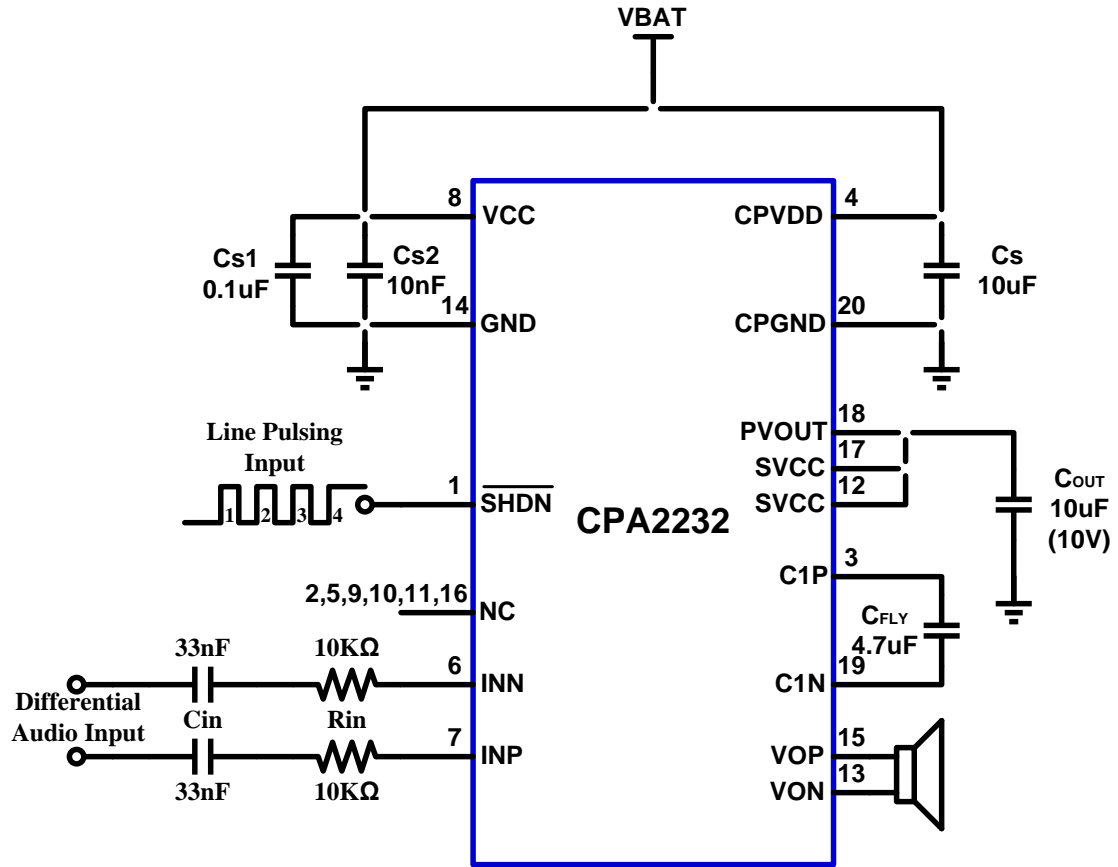
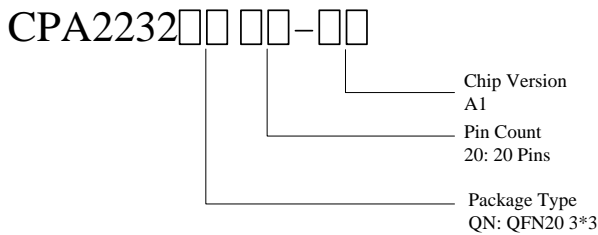


图 2 CPA2232 差分输入典型应用图

订购信息

型号	温度范围	封装	RoHS	标示	包装类型
CPA2232QN20-A1	-40°C ~ 85°C	QFN20	Y	A2232 LLL	6000 pcs / Tape & Reel



极限工作范围⁽¹⁾

参数	范围	单位
电源电压(V_{DD})	-0.3 ~ 5.5	V
输入电压(INN、INP)	-0.3 ~ $V_{DD}+0.3$	V
封装热阻 θ_{JA} (QFN20)	37	$^{\circ}C/W$
环境温度范围	-40 ~ 85	$^{\circ}C$
储存温度范围	-65 ~ 150	$^{\circ}C$
最大结温	-40 ~ 150	$^{\circ}C$
焊接温度 (焊接时间 10s)	260	$^{\circ}C$
ESD 指标 ⁽²⁾		
人体模型(HBM)	4000	V
机械模型(MM)	200	V
Latch-up		
闩锁免疫电流	500	mA

(1) 如果器件工作条件超出“绝对最大额定值”可能对器件造成永久损伤。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在“绝对最大额定值”以外的情况。长时间工作在绝对最大额定条件下可能影响器件的可靠性。

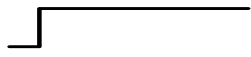
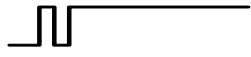


(2) 人体模型相当于一个 100pF 的电容通过 1.5k Ω 的电阻放电到各个引脚。机械模型为 200pF 的电容直接放电到各个引脚。

推荐工作范围

参数	范围	单位
电源(V_{DD})	2.7~ 5.0	V
外部输入阻抗(R_{in})	30 (MODE 1, MODE2)	K Ω
	5 (MODE 3, MODE4)	
共模输入范围	0.5 to $V_{DD}-0.8$	V
工作温度	-40 to 85	$^{\circ}C$

模式说明

模式选择和增益设置

模式	使能信号	增益	AGM 功能
MODE1		$\frac{160k\Omega}{30k\Omega + R_{in}}$	✘
MODE2		$\frac{240k\Omega}{30k\Omega + R_{in}}$	√
MODE3		$\frac{240k\Omega}{5k\Omega + R_{in}}$	✘
MODE4		$\frac{360k\Omega}{5k\Omega + R_{in}}$	√

电气特性

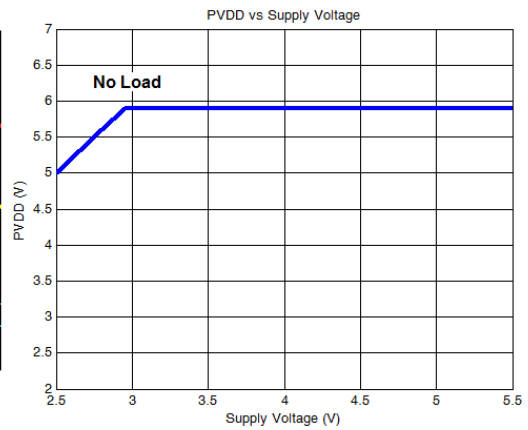
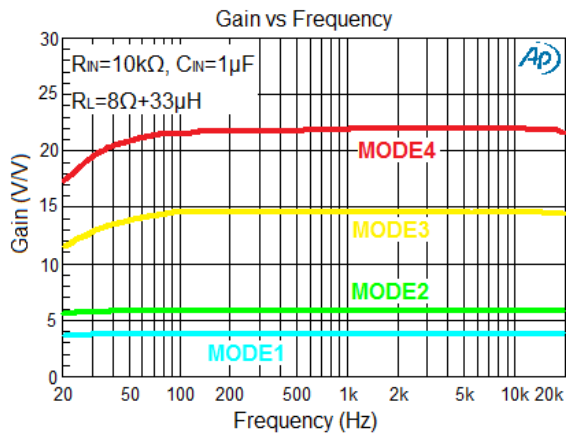
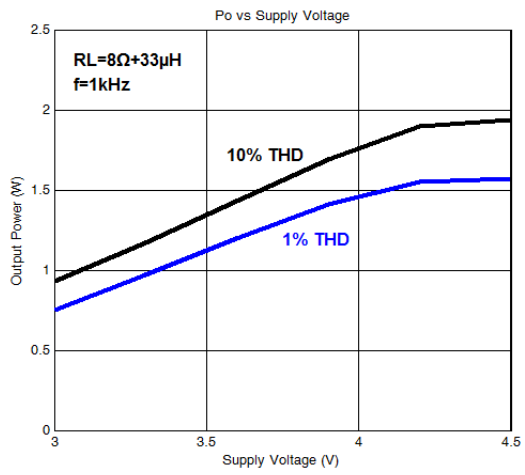
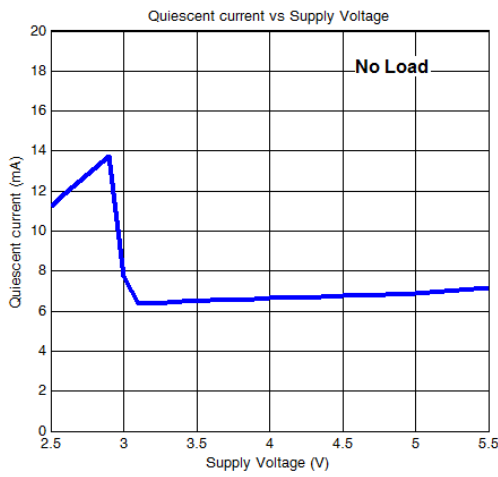
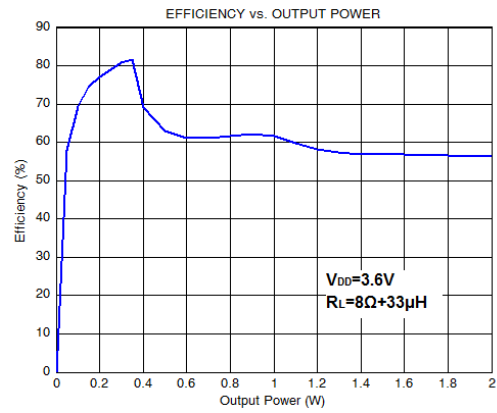
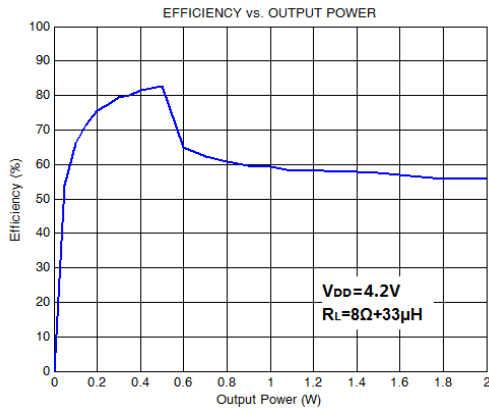
(除非特别说明, $A_V=2V/V$, $T_A=25^\circ\text{C}$, $C_1=4.7\mu\text{F}$, $C_{OUT}=10\mu\text{F}$, 8Ω 负载)

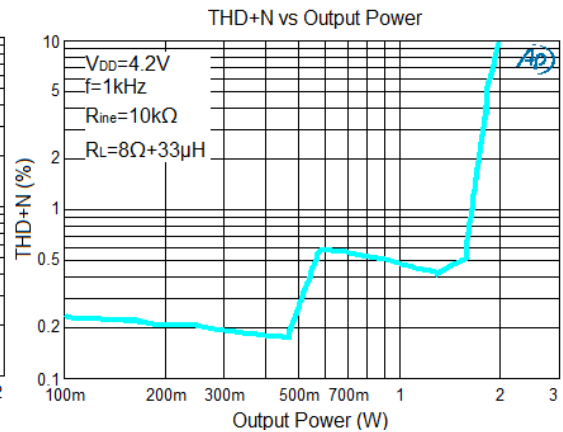
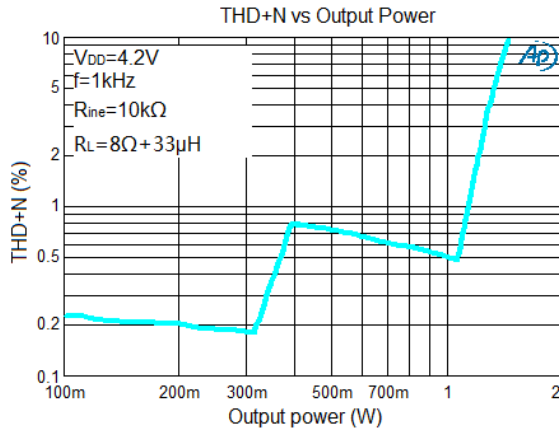
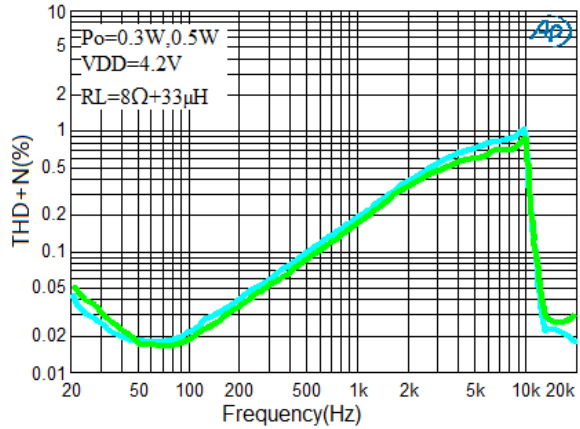
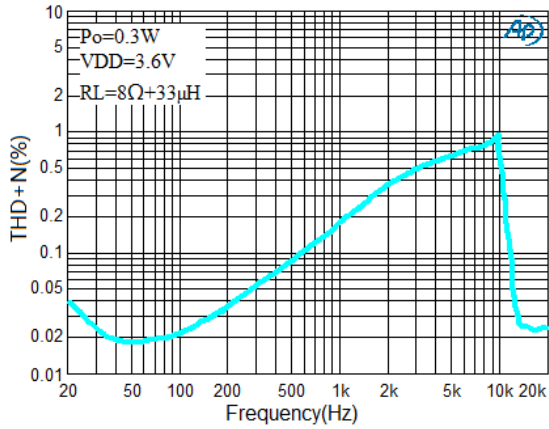
参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
$ V_{OS} $	输出失调电压	$V_I = 0\text{ V}, V_{DD} = 2.5\text{ V} \sim 5.5\text{ V}$		3		mV
$ I_{IH} $	高电平输入电流	$V_{DD} = 5.5\text{ V}, V_I = 5.8\text{ V}$		17	100	μA
$ I_{IL} $	低电平输入电流	$V_{DD} = 5.5\text{ V}, V_I = -0.3\text{ V}$		0.1	5	μA
I_Q	静态电流	$V_{DD} = 3.6\text{ V}$, 空载		7		mA
I_{SD}	关断电流	$V_{SHUTDOWN} = 0.35\text{ V}$, $V_{DD} = 2.5\text{ V to } 5.5\text{ V}$		0.1	1	μA
V_{SDIH}	SHDN 高电平输入电压		1.3		V_{DD}	V
V_{SDIL}	SHDN 低电平输入电压		0		0.35	V
R_{OSD}	关断输出阻抗	$V_{SHUTDOWN} = 0.35\text{ V}$		>1		k Ω
f_{SW}	Switching frequency	$V_{DD} = 2.5\text{ V to } 5.5\text{ V}$	250	300	3500	kHz
A_V	增益	MODE1	$\frac{130\text{k}\Omega}{25\text{k}+R_i}$	$\frac{160\text{k}\Omega}{30\text{k}+R_i}$	$\frac{190\text{k}\Omega}{35\text{k}+R_i}$	V/V
R_{SD}	Shutdown 到地阻抗			300		k Ω
T_{SU}	从关断状态启动时间	$V_{DD} = 3.6\text{ V}$		27		ms
SNR	信噪比	$V_{DD} = 5\text{ V}$, $P_o=1\text{ W}$, $R_L=8\Omega$		87		dB
F_{OSC}	电荷泵振荡频率	$I_{load}<40\text{ mA}$		150		kHz
		$I_{load}>120\text{ mA}$	500	600	700	
P_o	输出功率	THD+N=10%, $f=1\text{ kHz}$, $R_L=8\Omega$, $V_{DD} = 4.2\text{ V}$		1.9		W
		THD+N=1%, $f=1\text{ kHz}$, $R_L=8\Omega$, $V_{DD} = 4.2\text{ V}$		1.6		W

(除非特别说明, $A_v=2V/V$, $T_A=25^\circ C$, $C_1=4.7\mu F$, $C_{OUT}=10\mu F$, 8Ω 负载)

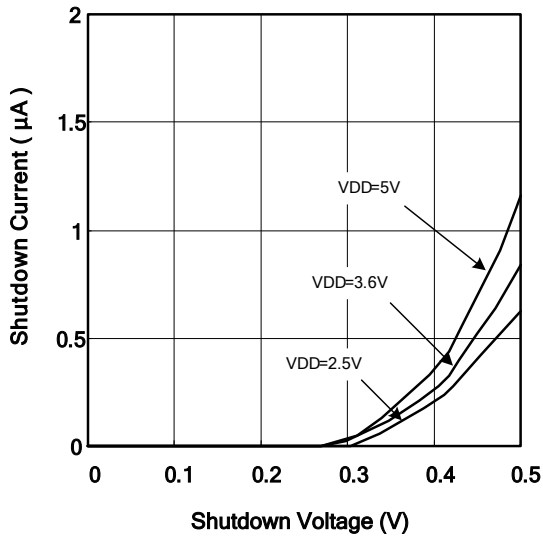
参数		条件	最小值	典型值	最大值	单位
THD+N	总谐波失真+噪声	$P_o=1W$, $f=1kHz$, $R_L=8\Omega$, $V_{DD}=4.2V$		0.5%		
		$P_o=0.4W$, $f=1kHz$, $R_L=8\Omega$, $V_{DD}=4.2V$		0.18%		
V_n	输出噪声	$V_{DD}=3.6V$, $f=20Hz \sim 20kHz$, 输入 AC 接地, $C_i=2\mu F$, No Weighting		110		μV_{RMS}
		A Weighting		75		
PSRR	电源抑制比	$V_{DD}=3.6V$, $f=217Hz$, $C_i=2\mu F$, $V_{pp}=200mV$		-80		dB
CMRR	共模抑制比	$V_{DD}=3.6V$, $f=217Hz$, $V_{pp}=1000mV$		--60		dB
一线脉冲控制						
T_H	$V_{SHUTDOWN}$ 高电平持续时间	$V_{DD}=3V \sim 5V$	0.75	2	10	μs
T_L	$V_{SHUTDOWN}$ 低电平持续时间	$V_{DD}=3V \sim 5V$	0.75	2	10	μs
T_{LATCH}	$V_{SHUTDOWN}$ 状态锁存时间	$V_{DD}=3V \sim 5V$	150		500	μs
T_{OFF}	$V_{SHUTDOWN}$ 关断延迟时间	$V_{DD}=3V \sim 5V$	150		500	μs

典型特性曲线

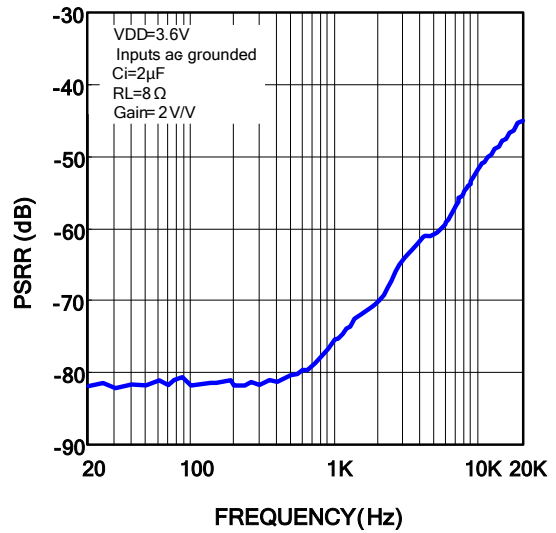




SHUTDOWN CURRENT vs SHUTDOWN VOLTAGE



PSRR vs FREQUENCY



应用信息

概述

CPA2232 是一款高效率、单声道、免滤波输出的音频功率放大器。其采用的智能电源管理(IPM)机制能显著提高音频功放效率，延长音乐播放时间。CPA2232 中采用了新一代电荷泵升压技术，在 4.2V 供电电压、8Ω BTL 负载、10% (THD+N) 的条件下可稳定输出 1.9W 的功率。

启攀微电子独有的智能电源管理(IPM)机制可根据音乐信号特征，智能选择扬声器驱动方式，能显著提升电荷泵升压型音频功放的系统效率(平均效率达 80%)，在产生大音量音频信号的同时降低升压过程中带来的效率损失。有效地延长了电池使用寿命及音乐播放时长。

CPA2232 内置优异的 POP 音抑制电路，有效避免了芯片在开启和关断时的 Pop-click 杂音。

CPA2232 采用启攀专有的 EMI 抑制技术，有效抑制系统 EMI 干扰。

CPA2232 内置过流保护、过热保护和短路保护功能，有效地保护芯片。CPA2232 采用纤小的 3mm x 3mm QFN20 封装，适用于更轻薄的 PCB 系统设计，额定的工作温度范围为-40℃至 85℃。

电荷泵

CPA2232 采用了电荷泵架构，当电源电压在 3.5~5.0V 时，可提供高达 700mA 的输出电流。当供电电压为 4.2V 时，CPA2232 的电荷泵可提供 5.8V 的电压，实现 2W 左右的输出功率。CPA2232 有两个工作频率，600kHz 和 150kHz，当电荷泵的电流低于 70mA 时，振荡器频率会从 600kHz 降到 150kHz。

一线脉冲控制

一线脉冲控制技术是一种通过单 GPIO 实现芯片控制、模式选择等多种功能的控制接口解决方案。而 CPA2232 中所采用的一线脉冲控制方案具有毛刺消除、复合模式选择、状态锁存等功能，进一步拓展了该技术的使用范围，同时提高了该技术的应用可靠性。

毛刺消除 (Deglitch)

较长信号走线、高频噪声耦合、射频干扰辐射等都会对控制信号造成影响，从而产生毛刺信号。CPA2232 中集成了具有启攀专利的复合毛刺消除技术，不但可以消除常见的窄小毛刺，即使存在连续的毛刺信号也会在控制信号接收端被消除，而仅保留有用的控制信息。下图所示，是复合毛刺消除技术的示意图。

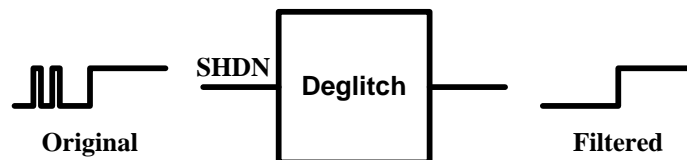


图 3 复合毛刺消除技术示意图

状态锁存

CPA2232 的一线脉冲控制模块中还具有状态锁存功能，在有效的脉冲信号被送入芯片之后，控制信息会被锁存，而不会对后续异常的脉冲控制信号进行响应。

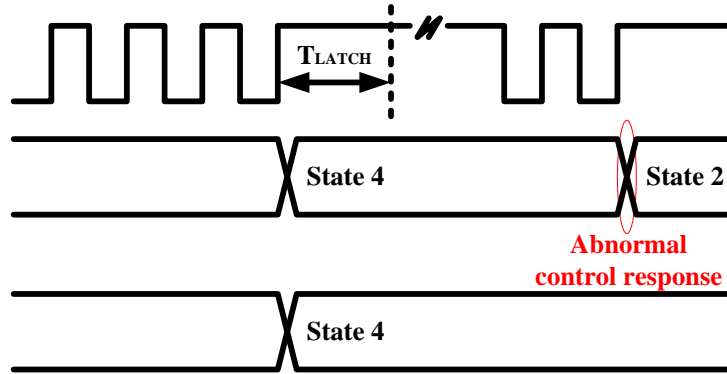


图 4 状态锁存技术示意图

一线脉冲控制方法

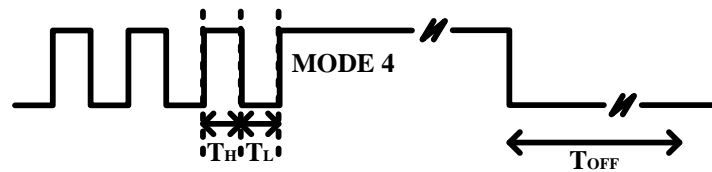


图 5 一线脉冲控制方法示意图

一线脉冲的高、低电平时间为 $0.75\mu\text{s}$ 到 $10\mu\text{s}$ 之间，典型值一般为 $2\mu\text{s}$ 。控制信息将会在 $500\mu\text{s}$ 内完成锁存操作。如果拉低时间超过 $500\mu\text{s}$ ，CPA2232 将会关闭。

如下图所示，在切换模式的过程中，需要先将 SHDN 拉低超过 T_{OFF} （建议拉低时间为 1ms ），芯片关断后，再重新输入所需的脉冲控制信号即可。

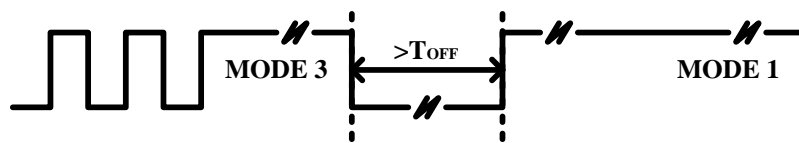


图 6 模式切换时序控制示意图

智能电源管理 (IPM)

CPA2232 集成了启攀专有的智能电源管理 (IPM) 技术, IPM 技术专用于多电源音频系统, 特别是通过升压电路产生额外电源轨的音频系统。由于在升压过程中必然存在效率损失, 因此, IPM 技术的目的是在提供更大音量输出的同时避免无谓的系统功率损失, 从而增加电池使用时长。

CPA2232 便是具有电荷泵升压结构的音频功放系统, 具有低电压 (VDD) 和高电压 (PVDD) 两个电源轨, 其中 PVDD 由电荷泵升压产生。相比传统的 D 类功放而言, 电荷泵所产生的 PVDD 电源轨可使 CPA2232 具有更大的信号输出范围, 亦即更大的输出音量。但正如前文所述, 电荷泵升压过程存在效率损失, 在 3.6V 供电的情况下, 电荷泵的效率约为 76%, 再考虑到 D 类音频功放自身的效率, 系统整体的效率不足 60%, 而在小功率输出时, 效率损失更为严重。小功率输出时, 选择较低的供电电压可显著的提升系统效率。

为了更好地解决输出功率与效率之间的矛盾, IPM 技术应运而生, 从而可以更合理地选择音频输出电源轨, 在增加最大输出功率的同时, 极大地提升系统整体效率。

由于当输出信号幅度处于电源范围内时, 电源电压 VDD 便已足够提供输出所需的供电要求, 并不需要 PVDD 提供更高的供电电压。因此, 若此时采用电源供电, 则电荷泵仅存在静态功耗, 而系统整体效率即近似为 D 类音频功放自身的效率, 此时效率可超过 80%。

对于典型的音乐播放信号而言, CPA2232 的平均效率将高于 78%。

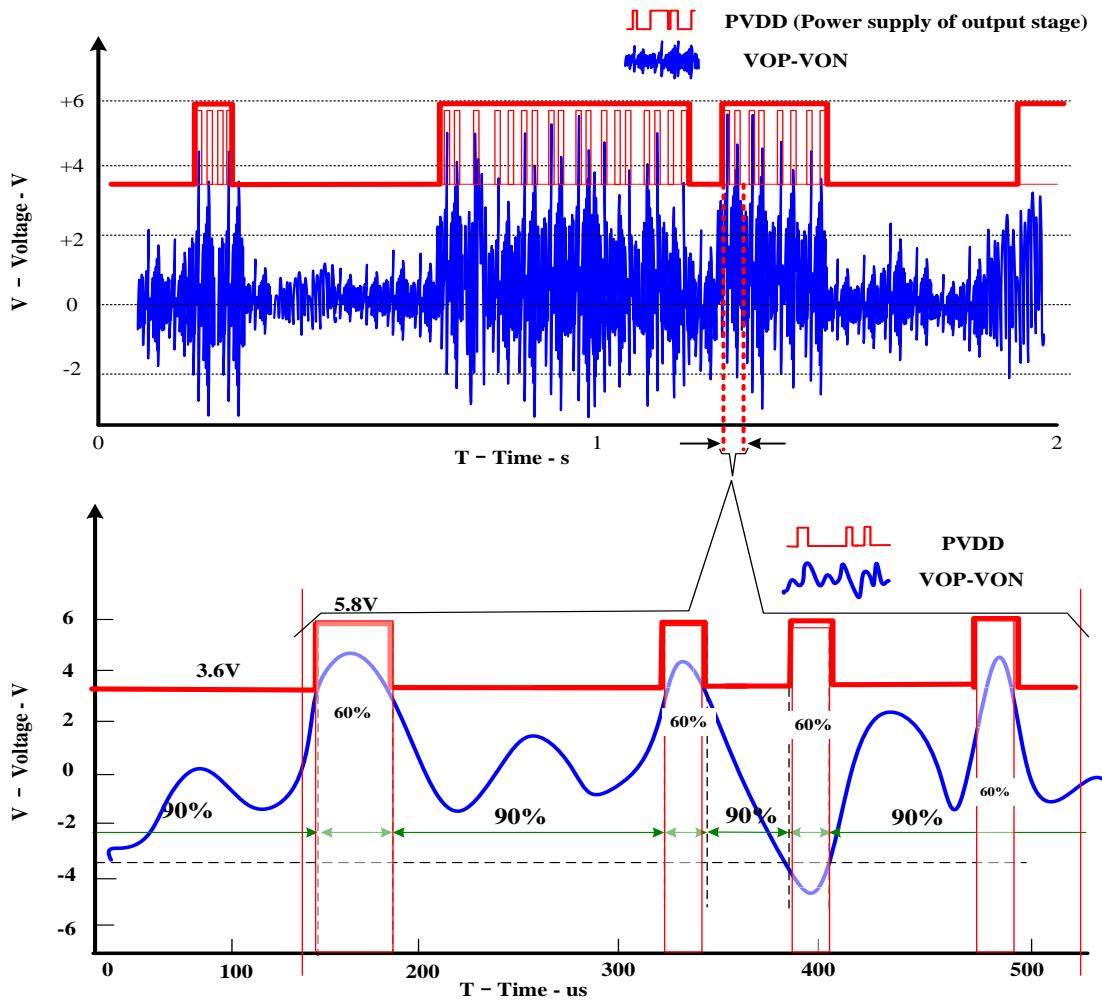


图 7 播放音乐状态下的 IPM

自动增益控制

如下图所示，在高增益模式下，信号幅度跳变过大的时候会导致输出功率过载，发生截顶失真问题，长时间工作在这样的环境中会对喇叭造成损伤，对音质造成非常大的影响。CPA2232 内置了功率管理单元，当检测到过大的信号后会启动信号压缩，可以有效保护喇叭，同时预防截顶失真。该设计可以在限制输出信号幅度的同时确保系统的失真度非常小，使系统保持高质量的音质输出。

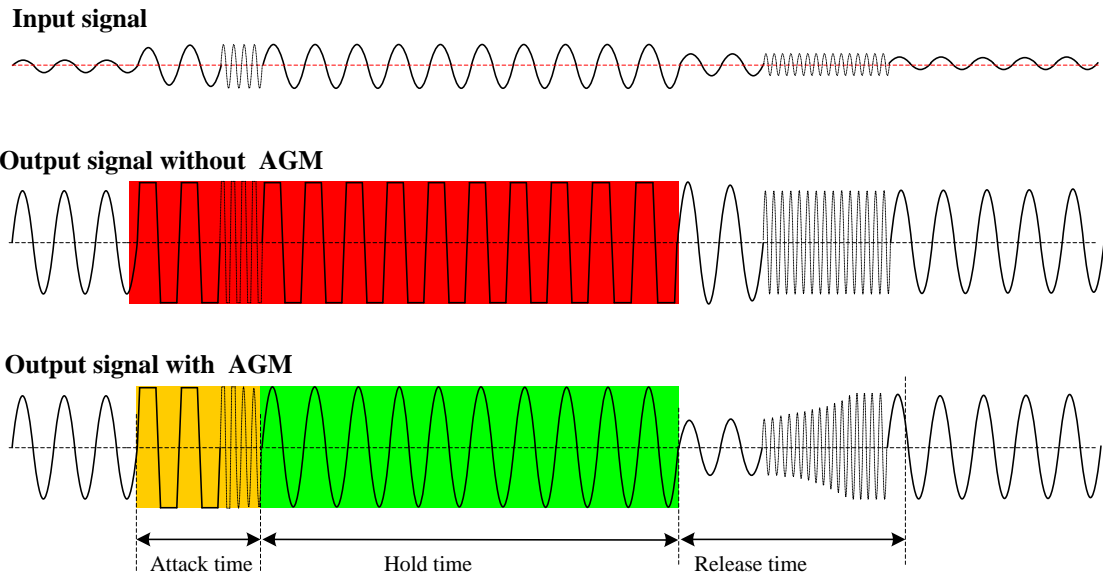


图 8 AGM 功能原理图

全差分放大器

CPA2232 采用了全差分运算放大器结构，即具有差分输入和差分输出的运放结构。全差分放大器结构由差分放大器和共模放大器两部分构成。差分放大器部分使得输出信号的差分幅度等于输入信号的差分幅度与增益之积；而共模放大器使得输出信号的共模电平被偏置于 $V_{DD}/2$ ，即使输入信号的共模电平等于其它值。此外，CPA2232 还可用作单端输入的音频功率放大器，并且仍然拥有全差分系统的各个优点。事实上，在正负输入端上的输入信号甚至可以是完全不相关的音频信号，而 CPA2232 依然会将其差分后，进行放大输出。

CPA2232 采用了“桥式”输出配置（桥接负载，BTL）。桥式输出配置不同于单端输出，并不会将负载连接到地，而是桥接于正负输出端之间。因此，桥式输出的功放系统相比单端输出，天然具有以下优势：差分驱动负载，而使最大输出摆幅翻倍，即最大输出功率为单端输出条件下的 4 倍；共模电平为零，无需增加隔直电容或改变供电条件，以防止直流信号送至扬声器而造成损坏。

全差分放大器的优点

无需旁路电容 C_{BYPASS} ：由于共模电平对于正负两端输入信号的影响是相同的，因此，在差分输出时会相互抵消，而不影响放大器输出信能。

更好的 RF 抑制效果：GSM 制式手持设备为节省功耗，每隔 4.615ms 会进行一次信号传输（217Hz），而信号传输过程中会产生间歇的 Burst 电流和极强的电磁辐射。而全差分放大器相比

普通音频放大器可以更有效地降低 RF 信号噪声对于音频系统的影响。

温度保护机制

CPA2232 包含两种温度保护机制：温控增益机制（TGM）和过温保护。前者能有效改善用户体验及主观感受，后者则用于防止芯片或扬声器因温度过高而发生异常。

温控增益机制（TGM）

CPA2232 集成了启攀专有的 TGM 技术，通过检测芯片内部温度实时调节音频系统增益，减少因输出功率过大而导致的芯片及扬声器发热问题，避免因高温而造成芯片及扬声器的损伤。

当 CPA2232 芯片内部温度达到 TGM 启动阈值（125°C）时，芯片会开启增益调节机制，不断减小音频系统增益，从而降低芯片及扬声器功耗，阻止芯片温度进一步上升，并逐渐下降至 TGM 启动阈值以下。当芯片温度恢复到正常工作范围（低于 125°C）时，增益调节机制失效，系统增益恢复至原始状态。

过温保护

如果因正常或异常的工作状态引起的芯片内部温度剧增，使芯片内部温度超过过温保护阈值（160°C），则系统启动过温保护机制，将芯片关断，直至温度低于过温保护恢复阈值（120°C），则芯片重新启动。

欠压保护

当供电电压过低时，芯片内部的模拟器件、逻辑器件都无法正常工作，无法提供合适的电压、电流或逻辑电平，使系统工作异常，并造成芯片损伤。

CPA2232 内部具有欠压保护电路，以保护芯片不会在低电压（低于 2.2V）条件下启动。

外围器件选择

输入电阻（ R_{in} ）

CPA2232 的增益表达式如下：

$$\text{Gain} = \frac{160 \text{ k}\Omega}{30 \text{ k}\Omega + R_i}$$

为了得到更好的 THD+N 和 SNR 性能，CPA2232 应尽可能工作于低增益配置，并保持较大的输入信号幅度，以使其不会对噪声敏感。同样，电阻匹配对于全差分运放而言非常重要，建议使用失配系数小于 1% 的外部电阻。另外，输入电阻 R_i 应尽可能靠近 CPA2232 输入管脚摆放，并使输入信号走线彼此接近，且具有相同的走线长度，以助于提高噪声抑制能力。

输入电容（ C_i ）

输入电容用于阻隔直流电压，从而使得差分输入信号中不存在直流成分，进而保护扬声器不会受到直流信号影响而损坏。更具体而言，输入电容 C_i 和输入电阻 R_i 一起构成了一个高通滤波器，用以滤除音频带宽以外的低频和直流信号。该高通滤波器的 -3dB 点位于：

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_i C_i}$$

建议将截止频率 f_{HPF} 设定在音频范围以下 ($< 20\text{Hz}$)，以保留更多的音频信号成分。然而，对于一些小型扬声器而言，并不会响应较低频率的音频信号，因此，可以选择更小的 C_i 容值。同时，较小的电容 C_i 有助于滤除从信号输入端耦合的 217Hz 噪声。良好的电容匹配可显著提高芯片整体性能，如 CMRR 和 PSRR 等，因此建议使用失配系数小于 10% 的外部电容。

退耦电容 (C_s)

电源退耦能有效降低 THD+N ，并提高 PSRR 等性能。将低 ESR 的陶瓷电容，如 $0.1\mu\text{F}$ 至 $1\mu\text{F}$ ，尽可能靠近 VDD 管脚摆放能使芯片达到更好的工作性能。而若希望更好地滤除较低频率的噪声信号，则可在靠近管脚处增加一个 $10\mu\text{F}$ 或更大的退耦电容 (X7R 或 X5R 陶瓷电容)。

电荷泵飞电容 (C_1)

飞电容 (即 **Flying Capacitors**) 用于存储采自电源上的电荷，然后将其搬移至电荷泵输出，为电荷泵负载提供电能。飞电容容值越大，则会具有越强的负载调整能力和驱动能力。因此，推荐使用 $4.7\mu\text{F}$ 或更大容值，低 ESR 的 X7R 或 X5R 陶瓷电容，耐压要求 10V 以上。

电荷泵输出电容 (C_{out})

电荷泵输出电容的容值会影响电荷泵输出电压的纹波特性，而输出电容的 ESR 还会影响到电荷泵的工作效率。因此，推荐使用 $10\mu\text{F}$ 或更大容值，低 ESR 的 X7R 或 X5R 陶瓷电容，耐压要求 10V 以上。

选配的输出滤波电路

CPA2232 一般情况下无需外部输出滤波电路即可满足 EMI 指标。

在功放到扬声器的距离较远或电路中存在较强 EMI 干扰时，可以使用 LC 滤波电路或者磁珠进行滤波。根据扬声器阻抗不同，输出滤波器会有许多可能的结构。

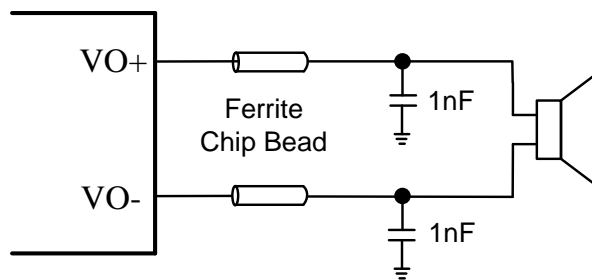


图 9 典型磁珠、电容滤波电路示意图

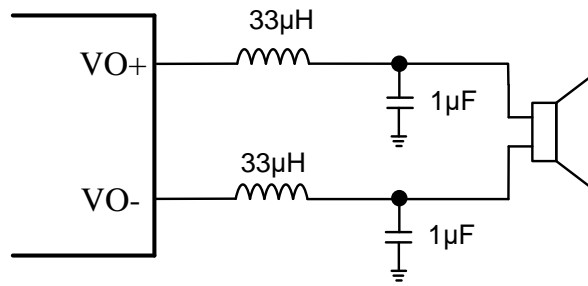


图 10 典型 LC 滤波电路示意图

PCB 建议

PCB 版图应该根据下面的指引进行优化以达到可能的最佳性能:

去耦电容——高频 0.1nF 退耦电容应该被放置在尽可能靠近 PVDD 和 VDD 端的地方。

接地——每个 VDD 退耦电容应该被接在模拟地上。每个 PVDD 退耦电容应该被接在功率地上。

模拟地和功率地应该被连接到 CPA2232 中用来做中心地连接或者星形连接的焊盘上。

输出滤波——LC 或磁珠、电容滤波电路应该被连接到尽可能靠近输出端的地方以获得最好的 EMI 特性。滤波器的电容应该被接在功率地上。

典型应用实例

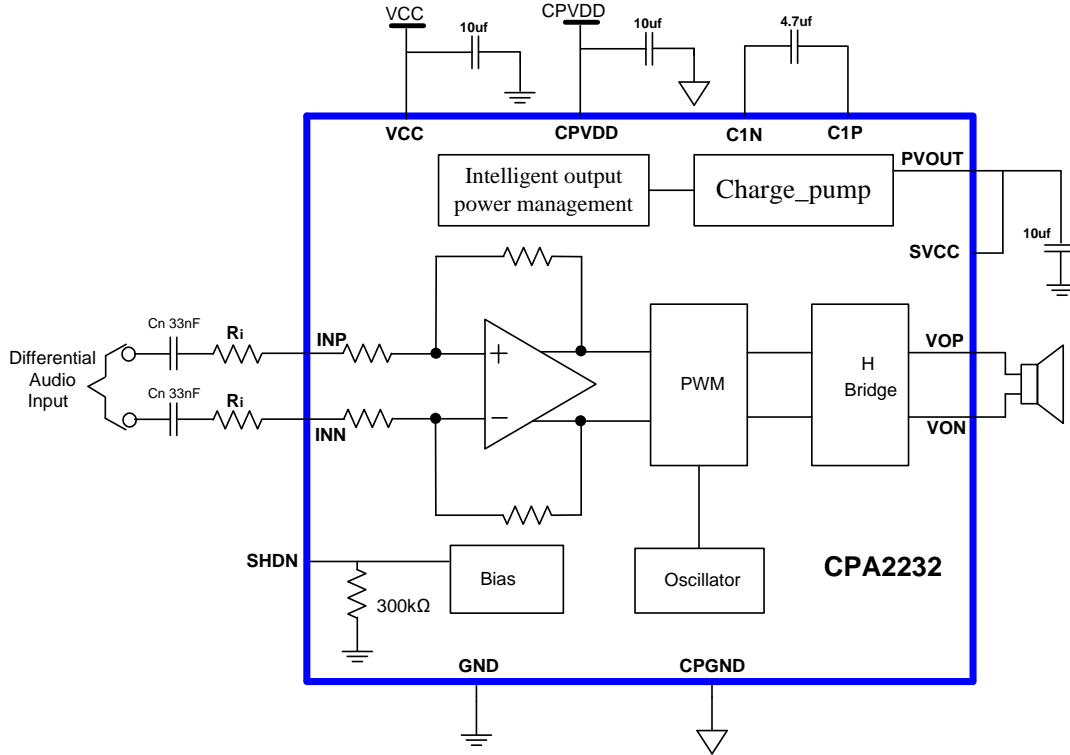


图 11 差分输入的典型应用示意图

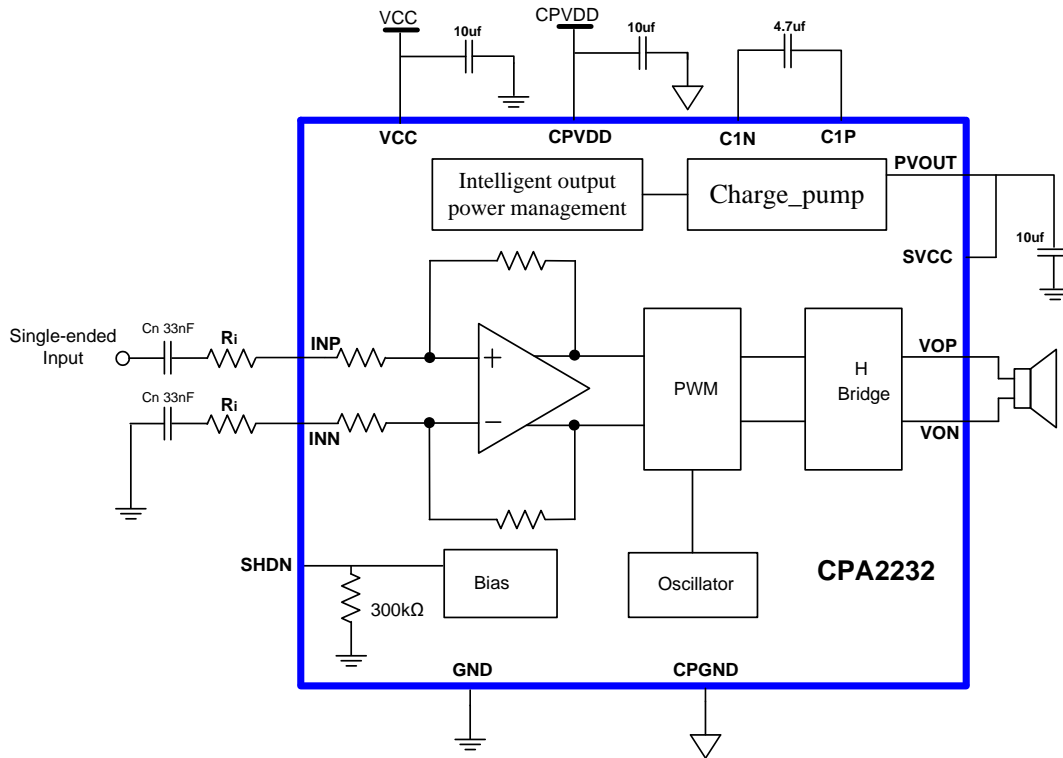


图 12 单端输入的典型应用示意图

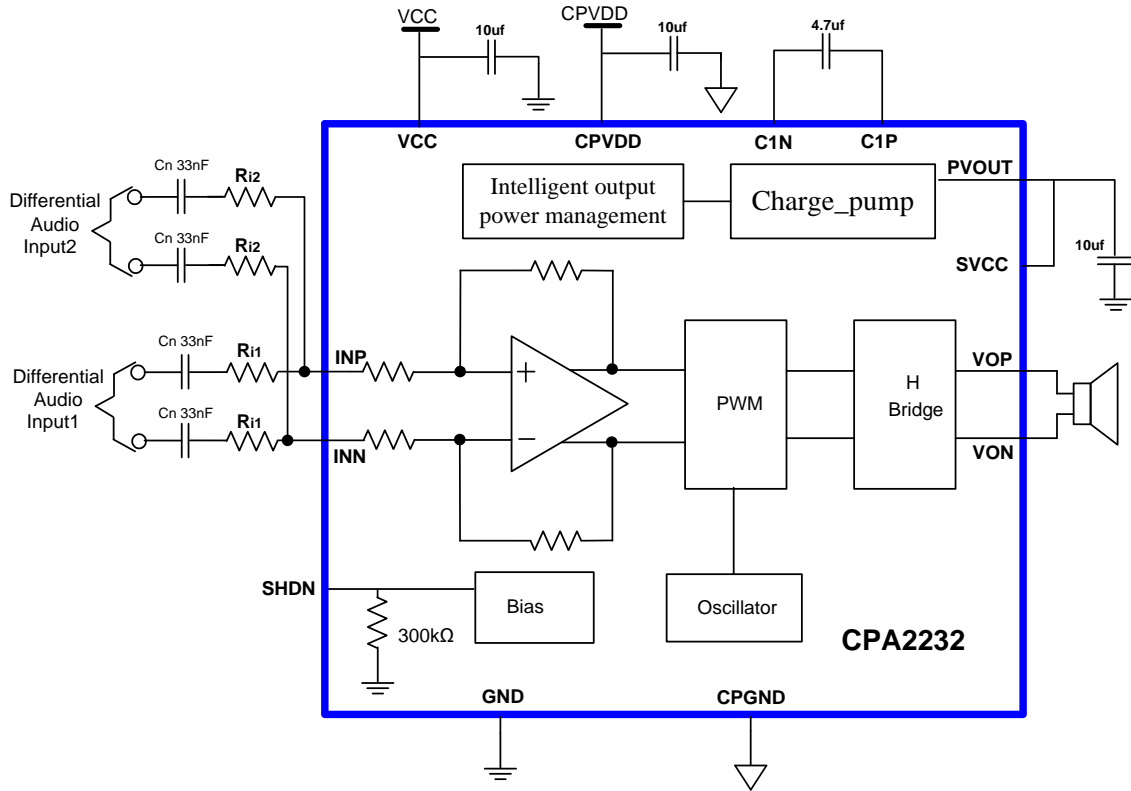
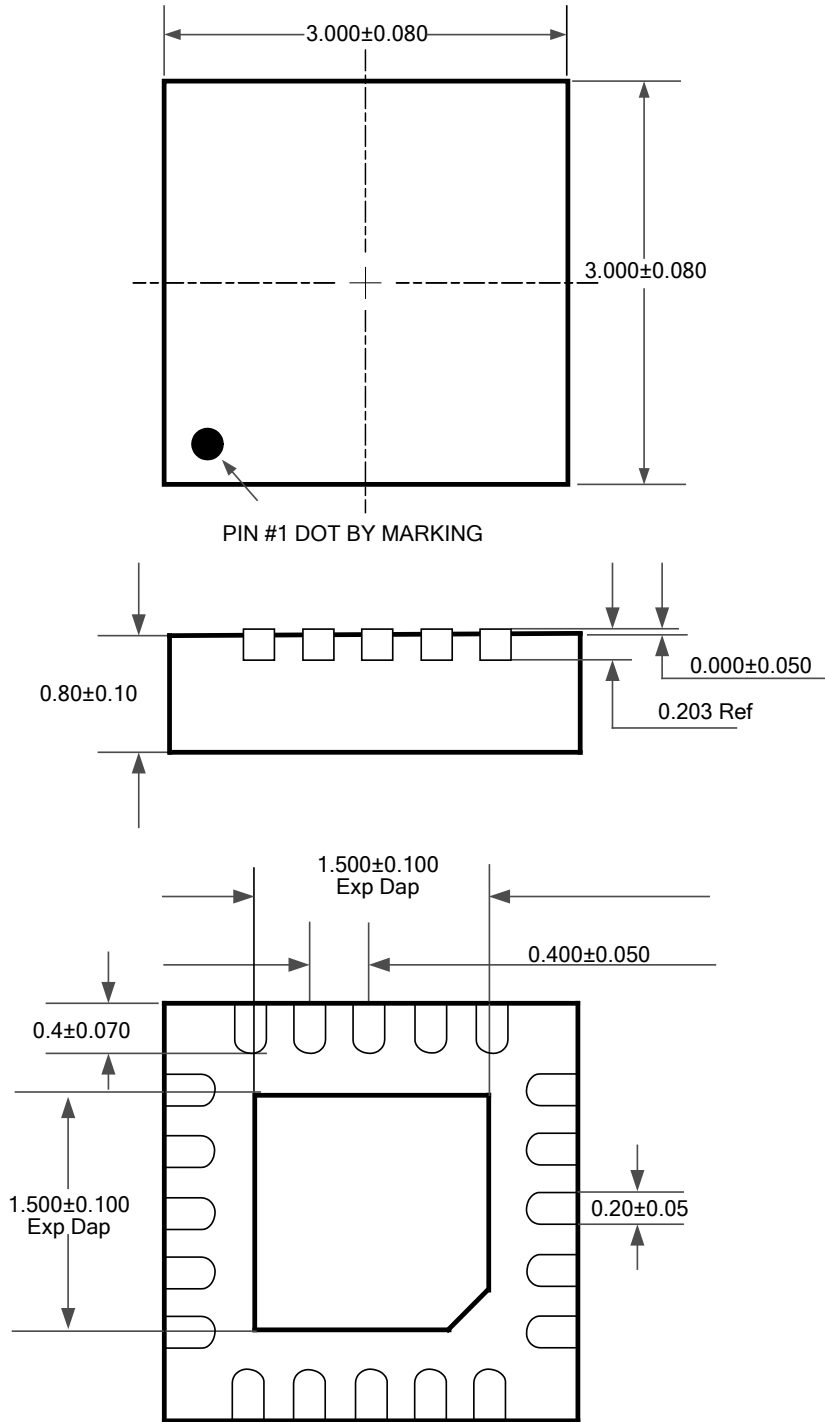


图 13 双差分输入的典型应用示意图

封装信息



QFN20 3mmx3mm Package

版本信息

版本	日期	更新记录
V1.5	2016-10-28	CPA2232 数据手册 V1.5
V1.6	2018-04-18	更新包装类型

声明：本文档包含启攀微电子（上海）有限公司提供给客户使用的关于器件应用信息以及其他类似内容，未经启攀微电子（上海）有限公司书面允许，该文档的全部以及任何部分不允许被复制或者传递给第三方。本文档内容仅为建议，它们可能被更新的信息所替代，启攀微电子（上海）有限公司保留未提前通知客户而修改此文档的权力。

启攀微电子（上海）有限公司
Email: sales@chiphomer.com
Web: www.chiphomer.com