

特性

- 专有 **RNS** 技术，超强 **TDD** 抑制
- 兼容 **WD8733**
- 纤小的 3mm×3mm 20-Pin TQFN 封装
- 输出功率 2.0W
- **NCN** 技术，有效防止破音产生
- **EEE** 技术，优异的全带宽 **EMI** 抑制能力
- 增益可选：12dB，16dB，24dB，27.5dB
- 一线脉冲方式控制四个工作状态
- 优异的“噼噔-咔嗒”（Pop-Click）杂音抑制
- ±8KV HBM ESD
- ±450mA Latch-up

应用

- 手机
- 便携式音频设备
- Mini 音箱

概要

WD8733A带有艾为专有的RNS (RF-TDD Noise Suppression)技术，有效抑制TDD噪声的产生。

WD8733A在锂电池电压范围内升压到6.3V，在4.2V电源电压、THD+N=10%的情况下，能够向8Ω的喇叭提供2.0W的输出功率。独特的防破音（NCN）功能可根据输出信号的大小自动调整功放的增益，实现更加舒适的听觉感受。

WD8733A采用一线脉冲方式控制四个工作状态，实现不同增益和NCN 模式的选择。完善的保护功能有效防止芯片在异常工作状况下损坏；只需极少量的外围应用元件，适合便携产品应用。

WD8733A 提供纤小的 3mm×3mm 20-Pin TQFN封装，占板面积小。额定的工作温度范围为-40℃至85℃。

引脚分布及标识图

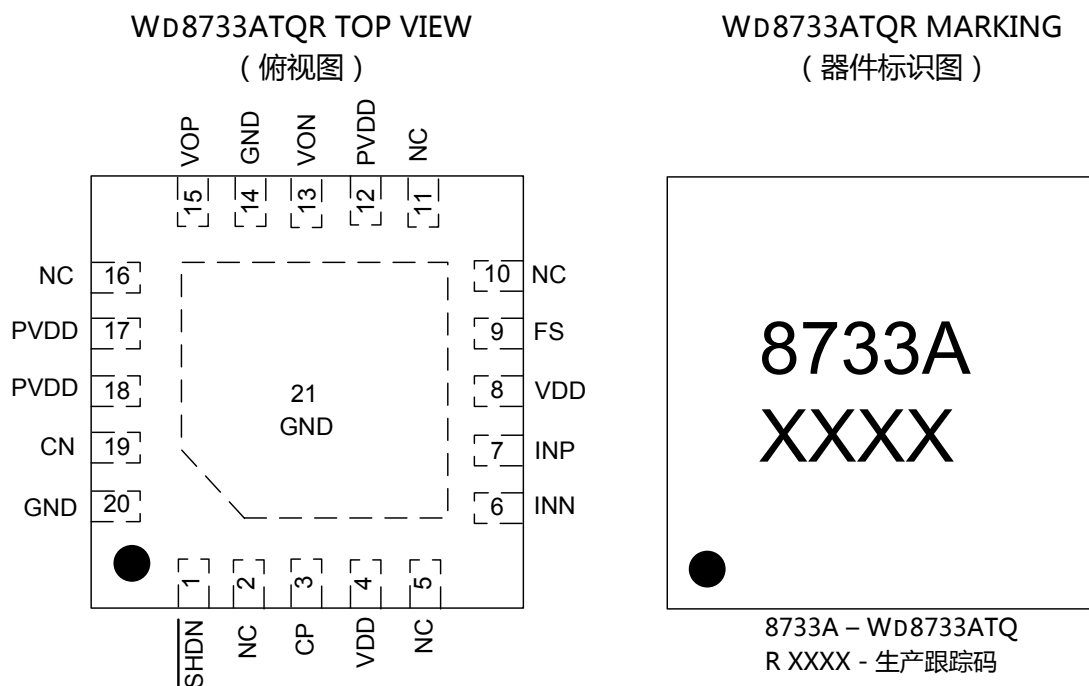


图 1 WD8733ATQR 引脚分布俯视图及器件标识图

引脚定义及功能

序号	符号	描述
1	$\overline{\text{SHDN}}$	芯片关断引脚，低有效；支持一线脉冲方式控制。
3	CP	Flying 电容的正端。
4, 8	VDD	电源引脚
6	INN	功放的负输入端
7	INP	功放的正输入端
9	FS	内部测试引脚，接 100k 电阻到地或者悬空
12, 17, 18	PVDD	电荷泵输出引脚
13	VON	功放负输出端
14, 20	GND	地引脚
15	VOP	功放正输出端
19	CN	Flying 电容的负端。
21	GND	散热片在 PCB 上需要与 GND 同样接地
2, 5, 10, 11, 16	NC	No Connect

典型应用图

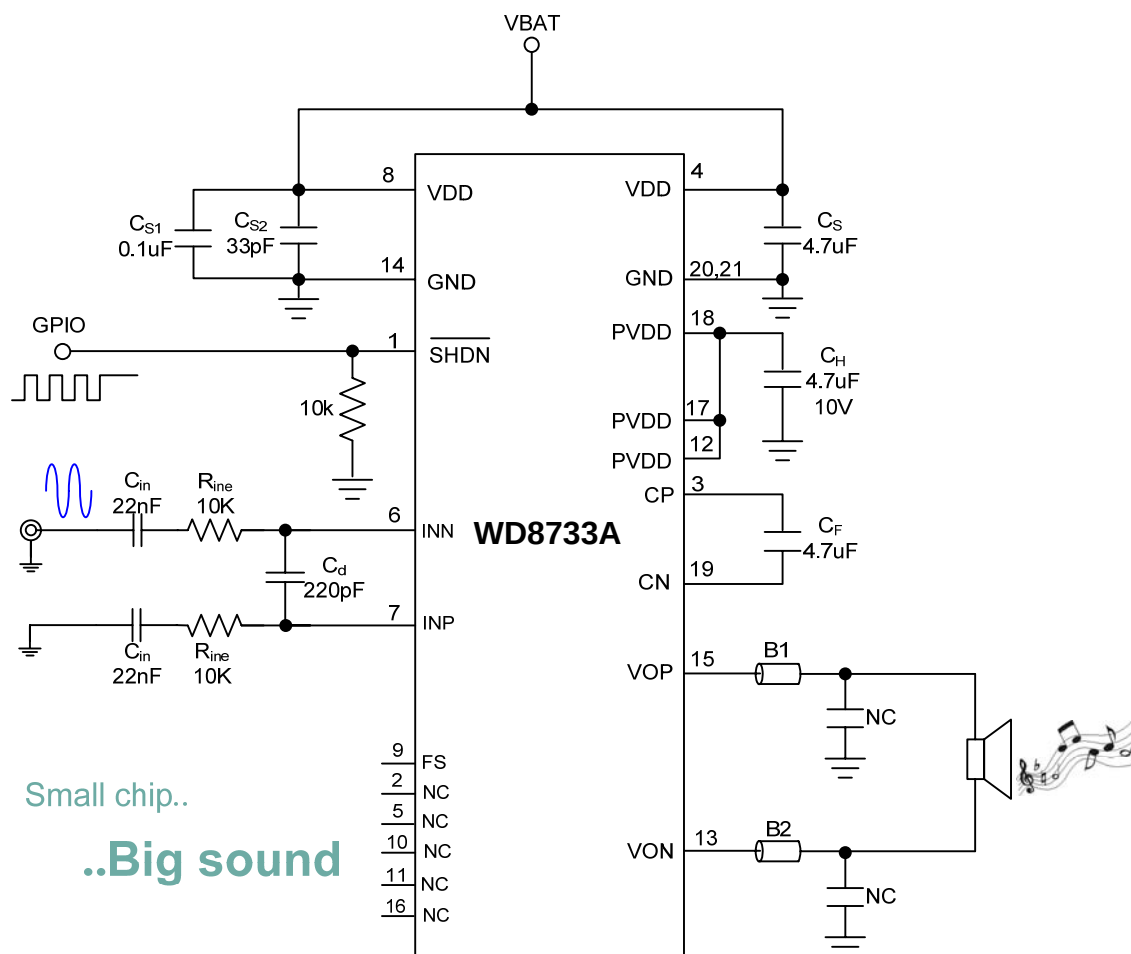


图 2 WD8733A 单端输入方式典型应用图（注 1）

注1: 单端输入时，可以从 INN、INP 任意一输入端输入音频信号，另一输入端通过输入电阻、电容接地。
输入信号必须为模拟音频信号。

PIN4、PIN8（VDD）在 PCB 布板时必须连在一起，全部接 VBAT。

PIN12、PIN17、PIN18（PVDD）布板时必须连在一起。

滤波电容 Cs 建议使用 X7R/X5R 的陶瓷电容，如果使用钽电容，则必须在靠近 VDD 管脚处并联大于 1uF 的陶瓷电容以滤除高频干扰信号。

4 欧姆应用请参考 “应用信息-重负载应用”

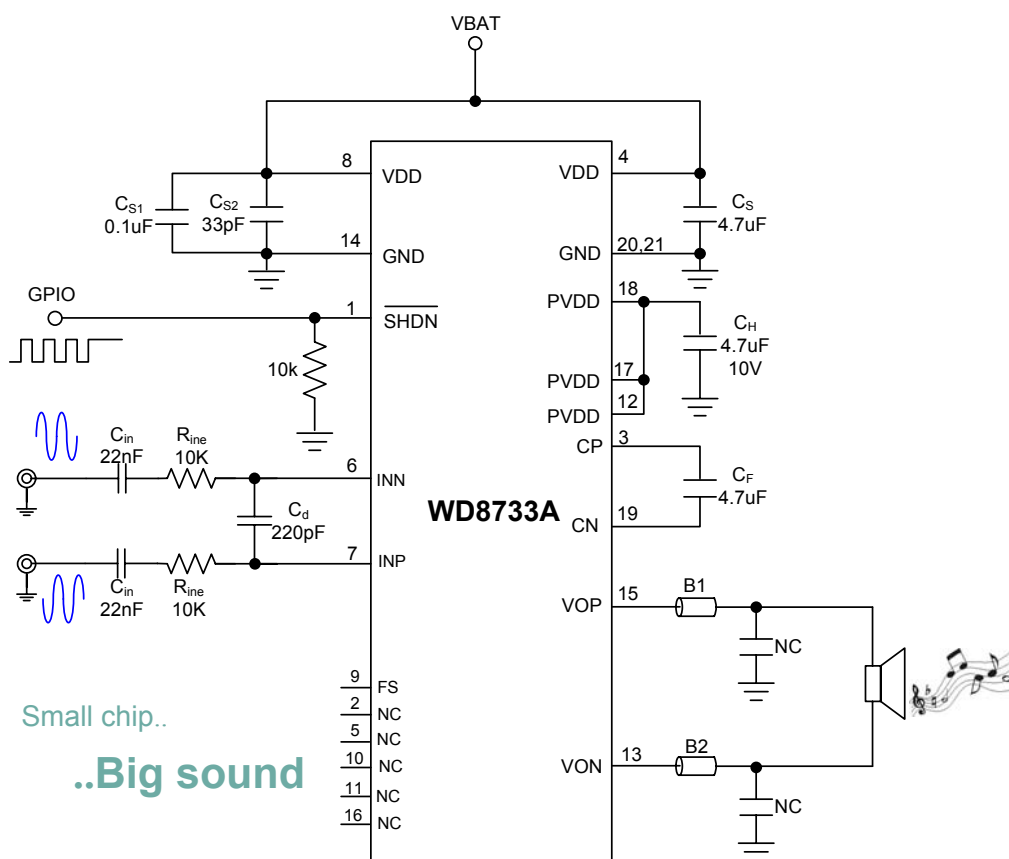


图 3 WD8733A 差分输入方式典型应用图（注 2）

注2: 输入信号为差分模拟输入信号。

PIN4、PIN8（VDD）在 PCB 布板时必须连在一起，全部接 VBAT。

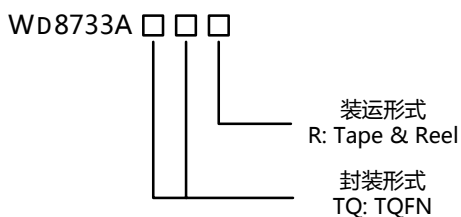
PIN12、PIN17、PIN18（PVDD）布板时必须连在一起。

滤波电容 Cs 建议使用 X7R/X5R 的陶瓷电容，如果使用钽电容，则必须在靠近 VDD 管脚处并联大于 1uF 的陶瓷电容以滤除高频干扰信号。

4 欧姆应用请参考 “应用信息-重负载应用”

订购信息

产品型号	工作温度范围	封装形式	器件标识	发货形式
WD8733ATQR	-40℃~85℃	3mmX3mm 20-Pin TQFN	8733A	卷带包装 6000 片/盘



绝对最大额定值(注 3)

参数	范围
电源电压 V_{DD}	-0.3V to 7V
INP、INN、SHDN 引脚电压	-0.3V to $V_{DD}+0.3V$
封装热阻 θ_{JA}	54°C/W
环境温度	-40°C to 85°C
最大结温 T_{JMAX}	125°C
存储温度 T_{STG}	-65°C to 150°C
引脚温度（焊接 10 秒）	260°C
ESD 范围（注 4）	
HBM（人体静电模式）	±8KV
Latch-up	
测试标准：JEDEC STANDARD NO.78 D NOVEMBER 2011	+IT: 450mA -IT: -450mA

注3: 如果器件工作条件超过上述各项极限值，可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件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。

注4: HBM 测试方法是存储在一个 100pF 电容上的电荷通过 1.5 K Ω 电阻对引脚放电。测试标准：MIL-STD-883H Method 3015.8

电气特性

测试条件: $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $R_L=8\Omega+33\mu\text{H}$ (除非特别说明)

参数	条件	最小	典型	最大	单位
V_{DD} 电源电压		2.5		5.5	V
I_q 静态电流			10		mA
I_{SD} 关断电流	$V_{DD}=3.6\text{V}$, $\overline{\text{SHUTDOWN}}=0\text{V}$		0.1		μA
V_{IH} $\overline{\text{SHDN}}$ 高电平输入		1.2		V_{DD}	V
V_{IL} $\overline{\text{SHDN}}$ 低电平输入		0		0.35	V
I_{IH} $\overline{\text{SHDN}}$ 高电平输入电流	$\overline{\text{SHDN}}$, $V_{DD}=5.5\text{V}$, $V_{IH}=5.8\text{V}$			100	μA
I_{IL} $\overline{\text{SHDN}}$ 低电平输入电流	$\overline{\text{SHDN}}$, $V_{DD}=5.5\text{V}$, $V_{IH}=-0.3\text{V}$			5	μA
T_{SD} 过温保护温度阈值			160		$^{\circ}\text{C}$
T_{SDR} 过温保护退出温度阈值			120		$^{\circ}\text{C}$
电荷泵					
PVDD 输出电压	$V_{DD}=3.3\text{V to }5.5\text{V}$, 空载	5.8	6.3	7	V
I_{OUT} 最大输出电流				1	A
F1 工作频率	$V_{DD}=3\text{V to }5.5\text{V}$		600		kHz
T_{ST} 软启动时间	空载, $C_{OUT}=10\mu\text{F}$		0.5		ms
I_L PVDD 短地限流			300		mA
K 类功放					
$ V_{OS} $ 输出失调电压	无输入, 空载		0	30	mV
Rini 内部输入电阻	状态 1 和状态 2		30		k Ω
	状态 3 和状态 4		5		
Fosc 调制频率	$V_{DD}=2.5\text{V to }5.5\text{V}$		300		kHz
PSRR 电源抑制比	$V_{DD}=4.2\text{V}$, $V_{p-p_sin}=200\text{mV}$	217Hz	-70		dB
		1kHz	-68		dB
T_{ON} 启动时间			28		ms
THD+N 总谐波失真+噪声	$V_{DD}=4.2\text{V}$, $P_o=1\text{W}$, $f=1\text{kHz}$		0.2		%
	$V_{DD}=3.6\text{V}$, $P_o=0.5\text{W}$, $f=1\text{kHz}$		0.23		%
P_o 输出功率	THD+N=10%, $f=1\text{kHz}$, $V_{DD}=4.2\text{V}$		2		W
	THD+N=1%, $f=1\text{kHz}$, $V_{DD}=4.2\text{V}$		1.7		W
一线脉冲控制					
T_H $\overline{\text{SHDN}}$ 高电平持续时间	$V_{DD}=2.5\text{V to }5.5\text{V}$	0.75	2	10	μs
T_L $\overline{\text{SHDN}}$ 低电平持续时间	$V_{DD}=2.5\text{V to }5.5\text{V}$	0.75	2	10	μs
T_{OFF} $\overline{\text{SHDN}}$ 关断延迟时间	$V_{DD}=2.5\text{V to }5.5\text{V}$			500	μs
NCN (注 5)					
T_{AT} 启动时间	$f_{sin}=1\text{kHz}$		40		ms

T_{RL}	释放时间		1.2	s
A_{MAX}	最大衰减增益		-6	dB

注5: 启动时间是指增益衰减 6dB 的时间，释放时间是指增益恢复 6dB 的时间。

测试方法

WD8733A 的输出为方波信号，如图 4 所示，需要在两个输出各接一个低通滤波器将开关调制频率滤除，然后测量滤波器的差分输出即可得到模拟输出信号。

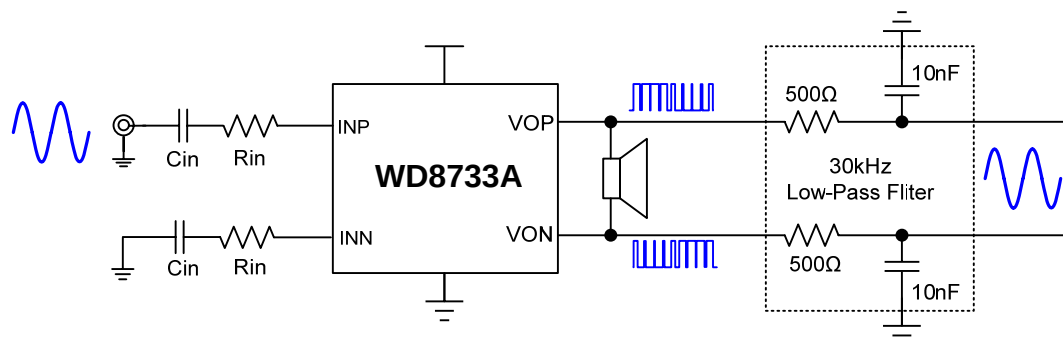


图 4 WD8733A 测试电路图

低通滤波器推荐采用表 1 中的电阻、电容值。

滤波电阻	滤波电容	低通截止频率
500Ω	10nF	32kHz
1kΩ	4.7nF	34kHz

表1. WD8733A 测试用滤波器推荐值

功率计算方法

根据上面的测试方法，在低通滤波器的输出端得到差分模拟信号，利用示波器测试差分模拟信号的有效值 V_{o_rms} ，如图 5 所示：

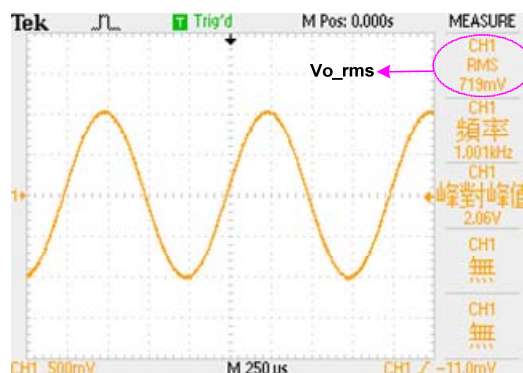
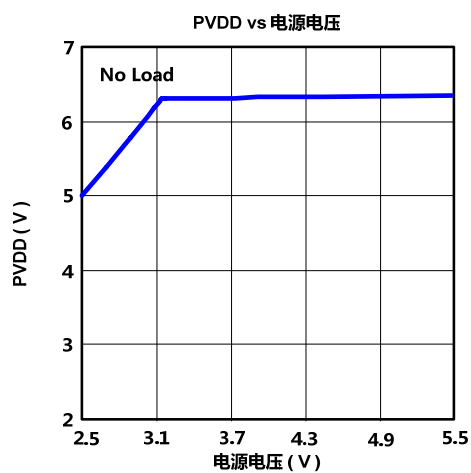
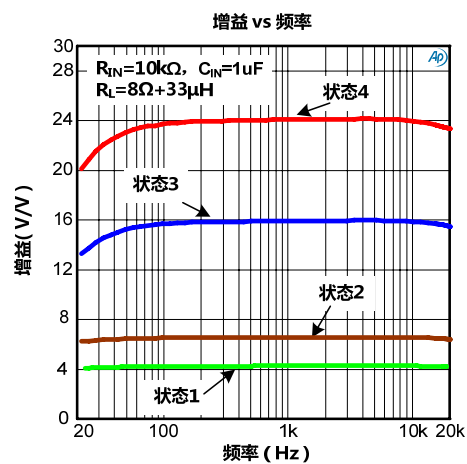
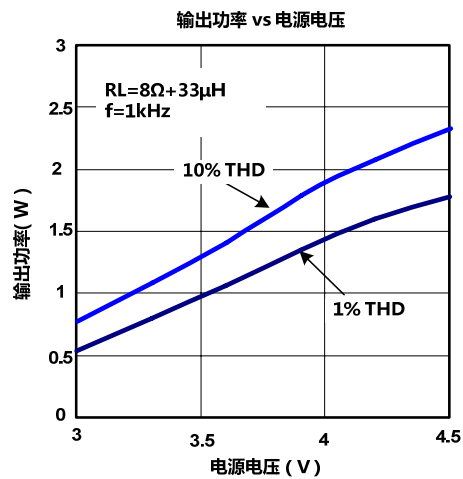
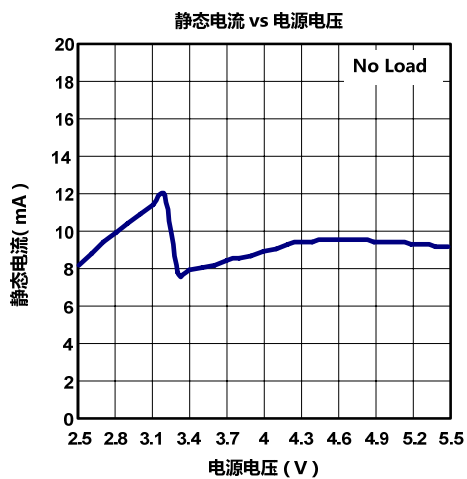
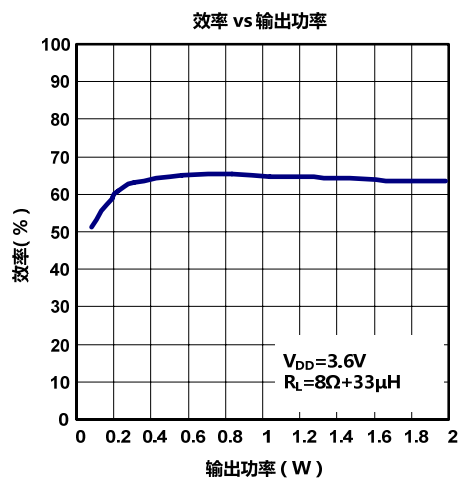
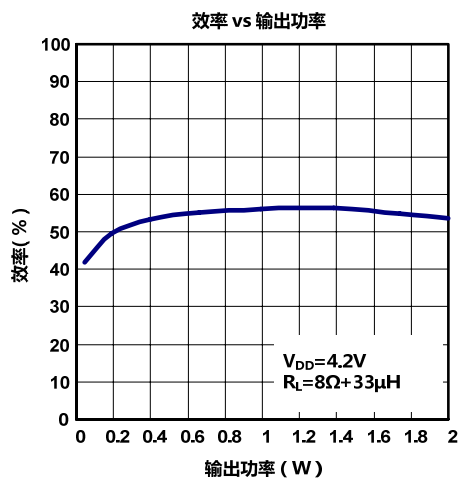


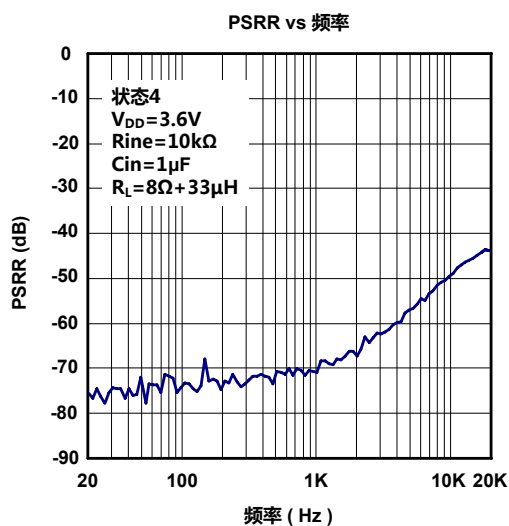
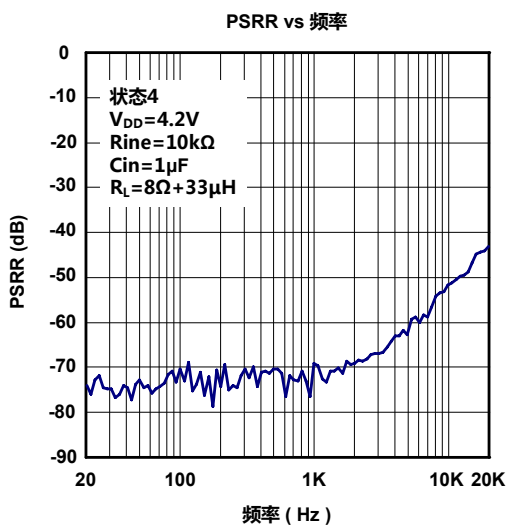
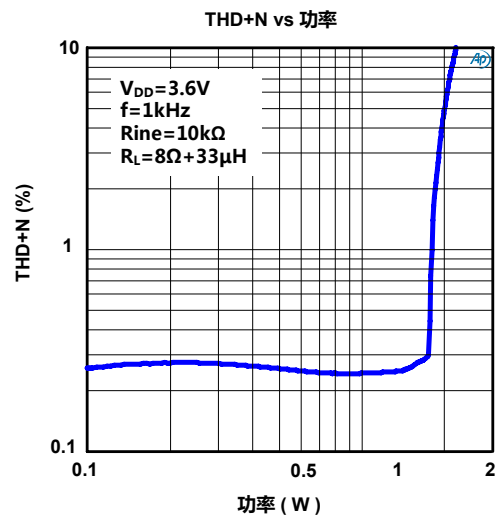
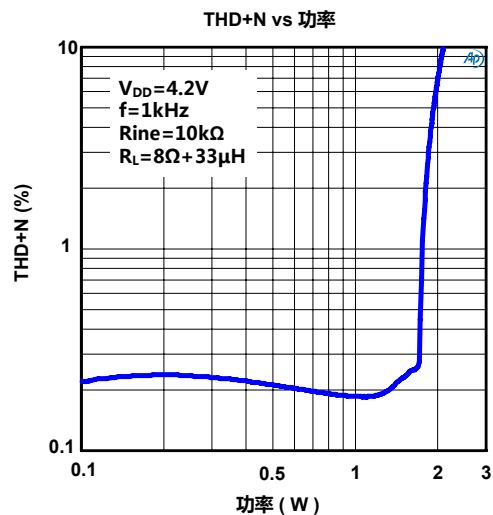
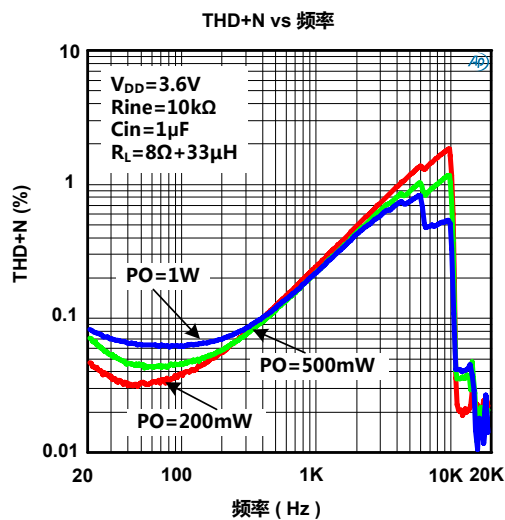
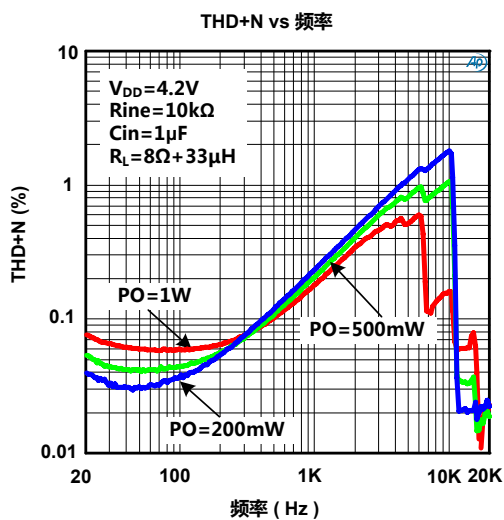
图 5 输出有效值示意图

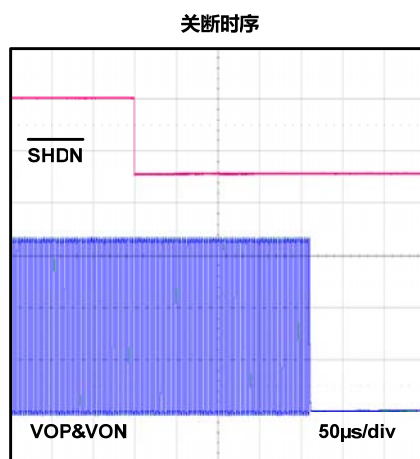
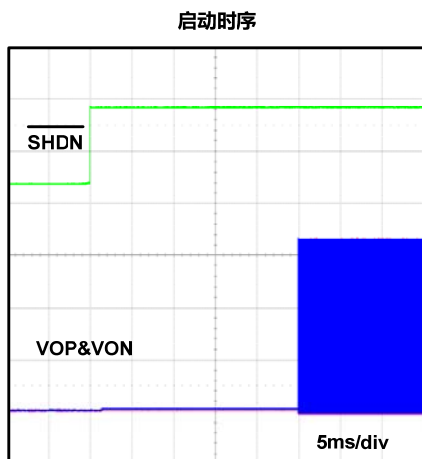
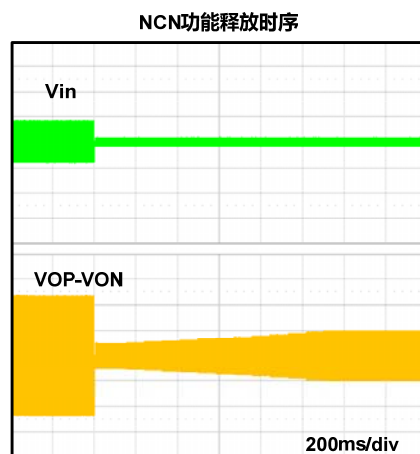
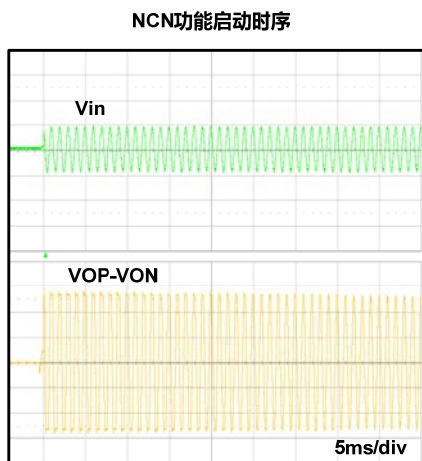
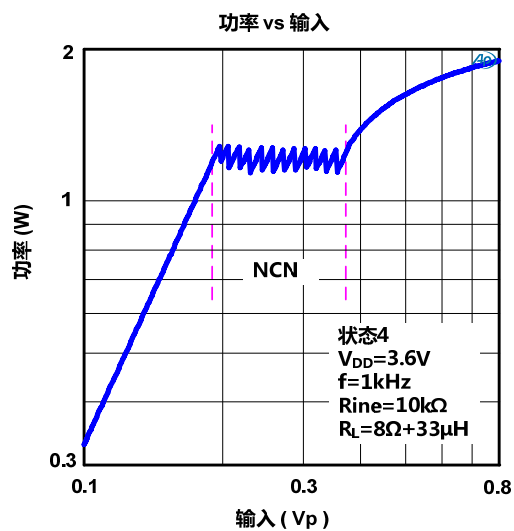
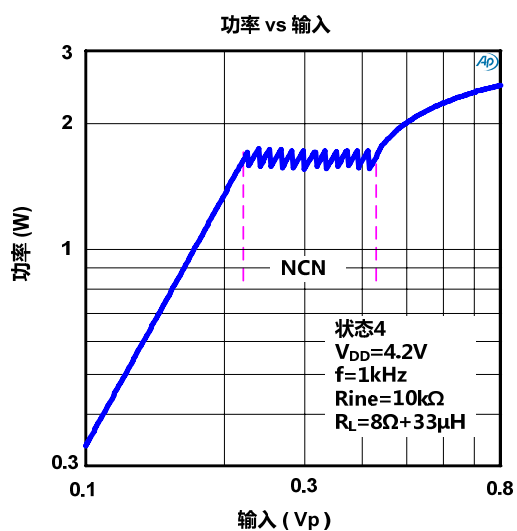
扬声器的功率计算如下：

$$P_L = \frac{(V_{o_rms})^2}{R_L} \quad (R_L: \text{扬声器的负载阻抗})$$

典型特性曲线







功能框图

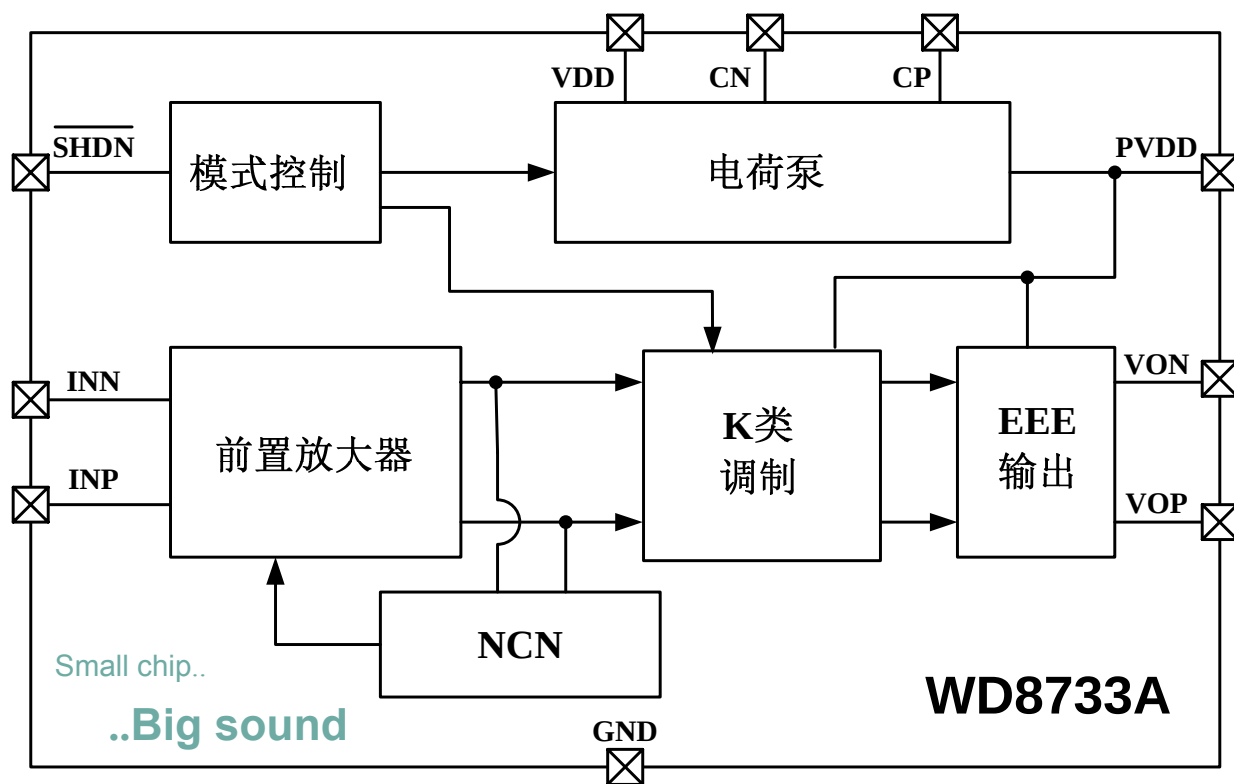


图 6 WD8733A 功能框图

工作原理

WD8733A 带有艾为专有的 RNS 技术，对电话免提时的电源传导、空间辐射有很强的抑制作用，有效抑制 TDD 噪声的产生。

WD8733A 在锂电池电压范围内升压到 6.3V，在 4.2V 电源电压、THD+N=10%的情况下，能够向 8Ω 的喇叭提供 2.0W 的输出功率。独特的防破音（NCN）功能可根据输出信号的大小自动调整功放的增益，实现更加舒适的听觉感受。

WD8733A 采用一线脉冲方式控制四个工作状态，实现不同增益和 NCN 模式的选择。状态 1 的增益为 12dB，没有防破音功能；状态 2 的增益为 16dB，开启防破音功能；状态 3 的增益为 24dB，没有防破音功能；状态 4 的增益为 27.5dB，开启防破音功能。

WD8733A 提供纤小的 3mm×3mm 20-PinTQFN 封装，占板面积小。额定的工作温度范围为-40℃至 85℃。

一线脉冲控制技术、工作模式选择

一线脉冲控制技术是一种只需要单 GOIO 口就可以对芯片进行操作，完成多种功能的控制方法，在 GPIO 口紧缺和布线紧张的便携式系统中很受欢迎。

当控制信号的走线比较长，由于信号完整性或者射频干扰的问题，会产生窄小的毛刺信号，艾为的一线脉冲控制技术在控制管脚内部加入了 Deglitch 技术，可以有效消除毛刺信号的影响，如图 7 所示。

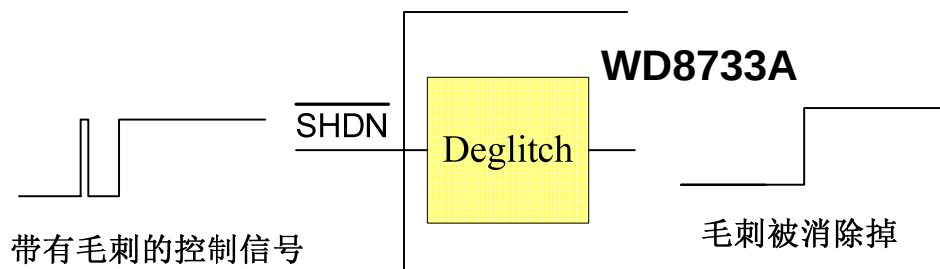


图 7 艾为 Deglitch 功能示意图

WD8733A 通过一线脉冲方式选择工作模式，一线脉冲信号的上升沿个数决定了芯片的工作模式，如图 8 所示。当 SHDN 引脚的信号直接拉高时，即一个上升沿，芯片启动开始工作， $A_v=4V/V$ ；当 SHDN 引脚加高→低→高的脉冲信号时，即两个上升沿，芯片进入防破音模式工作并且增益上升到 $A_v=6V/V$ ；当 SHDN 接收到三个上升沿， $A_v=16V/V$ ，无防破音；SHDN 接收到四个上升沿， $A_v=24V/V$ ，开启防破音功能。WD8733A 的一线脉冲采用循环方式控制，也就是说，如果 SHDN 接收到五个上升沿，会进入第一个工作状态，接收到六个上升沿，会进入第二个工作状态，依此类推。

WD8733A 的一线控制时序图如图 8 所示：其中 T_{H} 指脉冲高电平宽度， T_{L} 指脉冲低电平宽度，推荐值都是 2us， T_{OFF} 指进入关断模式所需要的时间，当 SHDN 引脚的控制信号拉低并至少持续 500us，芯片进入关断模式，关断模式下的功耗极低，电源电流低至 0.1uA 以下。

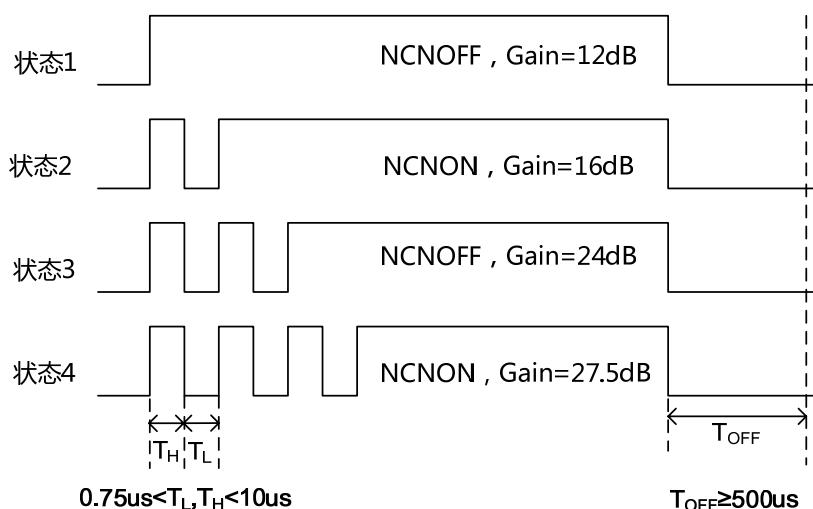


图 8 一线脉冲控制方法

RNS(RF TDD Noise Suppression)

TDD Noise 产生的原因

GSM 蜂窝电话采用 TDMA: Time Division Multiple Access(时分多址)时隙分享技术。时分多址把时间分割成周期性的帧，每一个帧再分割成若干个时隙向基站发送信号，基站发向多个移动终端的信号也都按顺序安排在预定的时隙中传输。这其中每个 TDMA 帧含 8 个时隙，整个帧时长约为 4.615ms，每个时隙时长为 0.577ms。

GSM 制式的手机，RF 功率放大器每隔 4.615ms（217Hz）就会有一次讯号传输，讯号传输时会产生间歇的 Burst 电流和很强的电磁辐射。间歇的 Burst 电流会形成 217Hz 的电源波动；900MHz 和 1800MHz 的高频 RF 信号形成了 217Hz 的射频包络信号。217Hz 的电源波动会通过传导耦合到音频讯号通路中，217Hz 的射频包络信号会通过辐射耦合到音频讯号通路中，如果防护不好，就会产生可听到的 TDD Noise，其中包括了 217Hz 噪声和 217Hz 的谐波噪声信号。

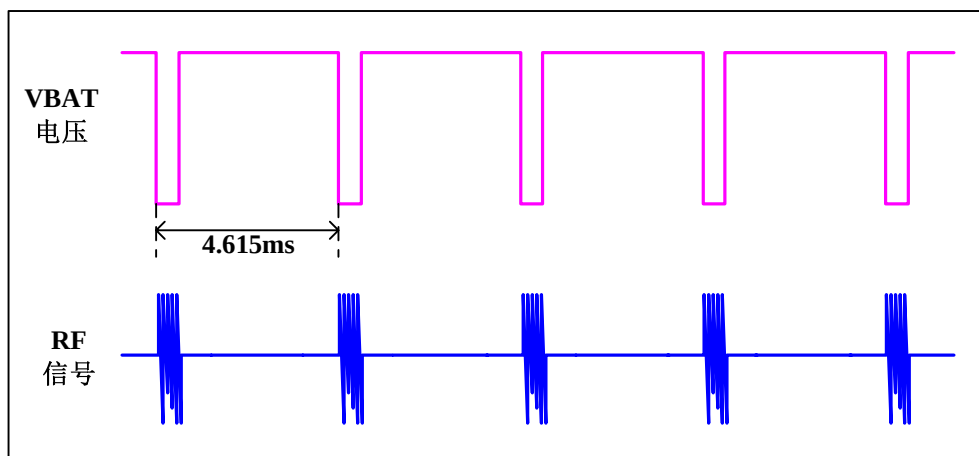


图 9 GSM 射频工作时电源电压和 RF 信号示意图

RNS 技术通过艾为特有的电路架构对传导和辐射的干扰进行了全方面的抑制。有效提高对 TDD Noise 的抑制能力

传导噪声的抑制

RF 功率放大器工作时，以 217Hz 的频率从电池中抽取电流，由于电池有一定的内阻，会在电源上引起 217Hz 的电源纹波，电源纹波会通过音频功率放大器耦合到喇叭上。对电源波动的抑制能力取决于音频功率放大器的 PSRR。

$$PSRR = 20 \log \left(\frac{v_{out_ac}}{v_{dd_ac}} \right)$$

全差分放大器由于输入、输出完全对称，理论上电源波动对两个输出的影响是完全一样的，差分输出完全不受电源波动的影响。实际情况中，由于工艺偏差等因素影响，放大器会有一定的失配，PSRR 一般都优于 -60dB，-60dB 表示输出相对于电源的波动可以衰减 1000 倍，比如 500mVp 的电源波动，差分输出为 0.5mV，基本可以满足应用需求。

但在实际应用中，PSRR 为 -60dB 甚至 -80dB 的功率放大器都可能会碰到传导的 TDD Noise 问题，这是为什么呢？这里我们还需要考虑音频功率放大器外围器件失配的影响。

对传统音频功率放大器，当输入电阻 R_{in} 、输入电容 C_{in} 发生失配时，会极大地影响音频功率放大器的 PSRR 指标，在 24 倍放大倍数情况下，1% 的输入电阻、电容失配会使 PSRR 弱化到 -46dB 左右，10% 的输入电阻、输入电容失配会使 PSRR 弱化到 -28dB 左右，当电源波动较大时，就很容易产生可听到的 TDD Noise。

为了提升输入电阻、输入电容失配情况下音频功率放大器的 PSRR，WD8733A 采用了特有的传导噪声抑制电路，使得输入电阻、输入电容偏差 10% 甚至更大的情况下仍然保持较高的 PSRR 值，极大地抑制了传导噪声的产生。

辐射噪声的抑制

音频讯号模块的输入走线，输出走线，喇叭环路，甚至电源和地环路都可能会受到 RF 辐射干扰，较长的输入走线、输出走线类似于天线的作用，尤其容易受到 RF 辐射的影响。

在设计中可以采用合理的 PCB 布局来降低 RF 辐射的影响，如尽量缩短输入、输出走线长度；音频器件尽量远离 RF 天线并屏蔽；保持音频讯号通路上各器件地的完整性；在敏感结点增加到地的小电容旁路 RF 信号等。但是在实际应用中，PCB 布局很难完全考虑到 RF 辐射对音频讯号通路的影响，仍然会有一些 RF 能量会耦合到音频讯号通路中，形成可听的 TDD Noise。为此，WD8733A 在芯片内部采用了特有的 RF 辐射抑制电路，在芯片内部建立屏蔽层，有效阻挡高频 RF 能量进入芯片中，保证功放输出给喇叭的驱动信号不会受到天线 RF 辐射的影响，从而避免了由于天线 RF 辐射引起的 TDD Noise。

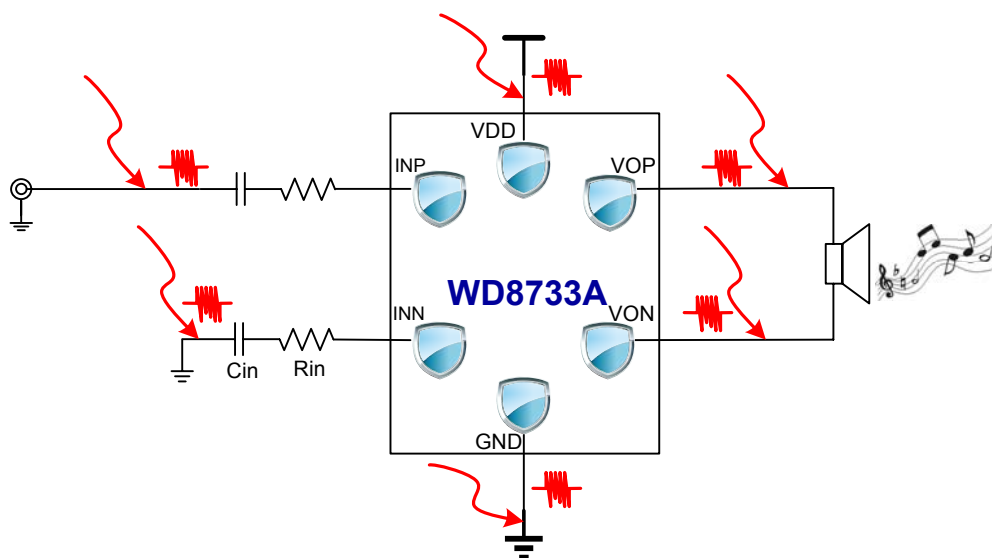


图 10 RF 辐射耦合示意图

NCN

音频应用中，输入信号过大或电池电压下降等因素都会导致音频放大器的输出信号发生不希望的破音失真，并且过载的信号会对扬声器造成永久性损伤。艾为独特的无破音（NCN）功能可以通过检测放大器的破音失真，自动调整系统增益，使得输出音频信号保持圆润光滑，不仅有效地避免了大功率过载输出对喇叭的损坏，同时带来舒适的听音感受。

WD8733A 的状态 2 和状态 4 带有 NCN 功能，有效防止破音生产，保护喇叭不被损坏。

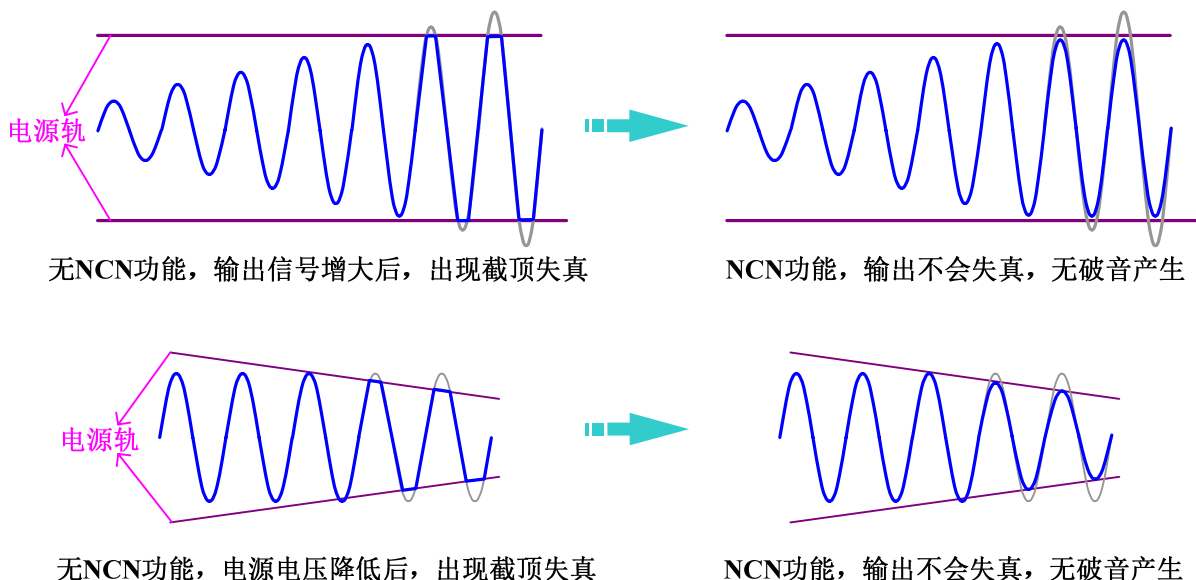


图 11 NCN 工作原理图

启动时间 (attack time)

启动时间是指 NCN 功能从检测发现输出破音失真，到增益衰减-6dB 所需要的时间。快速的启动时间可以响应快速变化的信号，防止瞬间破音产生并很好地保护喇叭，但是快速的启动时间可能会带来喘息声的问题；缓慢的启动时间可以保持音乐缓慢变化的韵律，但是缓慢的启动时间对快速的信号变化响应较差，可能会带来破音的问题。WD8733A 针对手机等便携式设备的音频特点，启动时间设置为 20ms，在保持音乐韵律的同时，有效消除破音、保护喇叭。

释放时间 (release time)

释放时间是指 NCN 功能从检测输出不再破音失真，到增益恢复 6dB 所需要的时间。快速的释放时间可以响应快速变化的信号，可以很好的恢复音乐中快速变化的信号，但是和启动时间一样，快速的释放时间也可能带来喘息声；缓慢的释放时间使失真平滑，柔和，可以较好地抑制破音产生，但较长的释放时间会使音乐听起来“闷”，缺乏冲击力。WD8733A 针对手机等便携式设备的音频特点，释放时间设定为 1.2s。

电荷泵(Charge Pump)

WD8733A 采用高压 dual-gate CMOS 工艺，内置两倍电荷泵电路，在 3.3V~5.5V 的电源电压范围内，为内部功放电路提供 6.3V 的高压电压轨，允许功放在锂电池电压范围内提供更大的输出动态范围，从而实现大音量、高品质的 K 类音响功放播放效果。

图 12 为电荷泵的基本原理图，WD8733A 的电荷泵包括 4 个开关，通过对四个开关的时序控制，将 PVDD 电压升高到 6.3V。

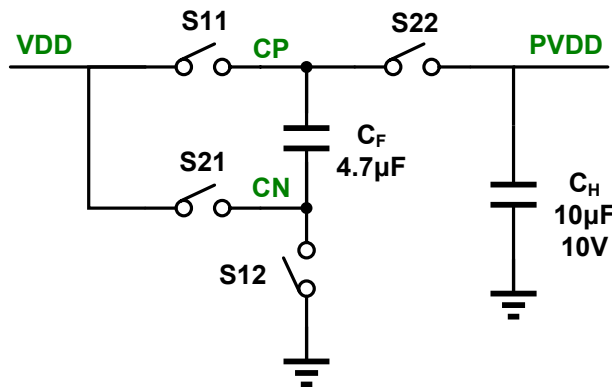


图 12 电荷泵原理图

电荷泵的工作过程有两个相位，在 $\Phi 1$ 中，如图 13 所示：S11 和 S12 闭合，VDD 对 Flying 电容充电。

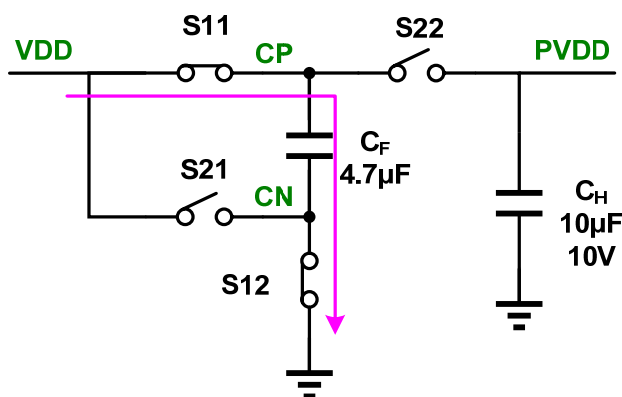


图 13 $\Phi 1$: Flying 电容充电

在 $\Phi 2$ 中, 如图 14 所示: S11 和 S12 断开, S21 和 S22 闭合, 由于电容两端的电压不能突变, 因此 Flying 电容电压叠加在 VDD 上, 使 PVDD 升到了更高的电压。

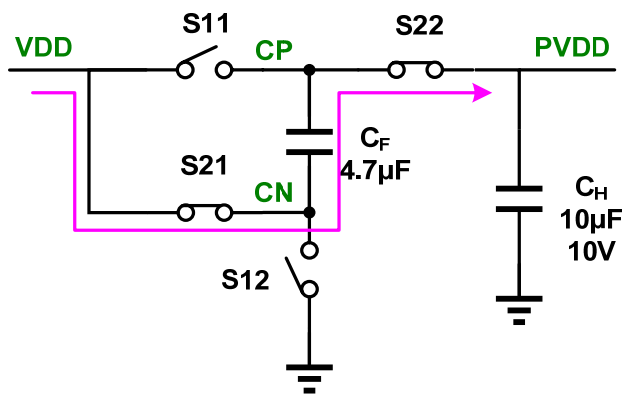


图 14 $\Phi 2$: Flying 电容电荷转移到输出电容 C_H

无需滤波器的 D 类放大器

传统 D 类放大器在无输入信号的空闲状态, 输出是反相的方波输出, 反相的方波直接加在喇叭负载上, 会在喇叭上形成很大的开关电流功耗, 因此需要在功放输出增加 LC 滤波器来恢复模拟音频信号。LC 滤波器增加了成本和 PCB 布板面积, 同时增加了功耗, 降低了 THD+N 等性能。

WD8733A 采用了无需滤波器的 D 类放大器架构, 不需要输出的 LC 滤波器。在无输入信号的空闲状态, 功放的两个输出 (VOP、VON) 为同相的方波, 不会在喇叭负载上产生空闲开关电流。在输入端加了输入信号后, 输出的占空比发生变化, VOP 的占空比变大的同时 VON 的占空比变小, 输出的差分值在喇叭上形成了输出的差分放大信号。

EEE

WD8733A 采用艾为拥有专利的 EEE 技术, 有效控制功放数字输出时的边沿速度, 在全带宽范围内极大地降低 EMI 干扰, 完全满足 FCC CLASS B 规范要求。

Pop-Click 抑制

Pop-Click 是发生在功放开启和关断瞬间的异常杂音，WD8733A 采用艾为专有的 Pop-Click 抑制电路，有效抑制功放打开、关断时的瞬间噪声。

过温保护

WD8733A 具有自动温度检测机制，如果芯片温度过高，上升到预设的过热保护温度阈值（160℃）时，系统会启动过热保护，将芯片关断。当芯片温度恢复至正常工作范围（低于 120℃）时，WD8733A 重新启动，恢复正常工作。

自动恢复的过流保护功能

WD8733A 带有可自动恢复的输出过流保护功能，当过流发生的时候，WD8733A 内部的保护电路将芯片关断，保证芯片不被损坏，当短路故障消除后，芯片自动恢复工作，无需重新启动。

应用信息

输入电阻 R_{ine} （放大倍数设定）

WD8733A 的输入端为差分放大器结构，可以采用单端输入接法和差分输入接法，两种接法的放大倍数设定是相同的。

WD8733A 集成了一部分输入电阻，可以通过改变外置输入电阻的阻值对放大倍数进行调节，其中，状态 1 和状态 2 的内置输入电阻为 $30k\Omega$ ；状态 3 和状态 4 的内置输入电阻为 $5k\Omega$ 。以外置 R_{ine} 输入电阻 $=10k\Omega$ 为例，放大倍数的计算如下：

$$\text{状态 1: } A_v = \frac{160k\Omega}{R_{ine} + R_{ini}} = \frac{160k\Omega}{10k\Omega + 30k\Omega} = 4V/V$$

$$\text{状态 2: } A_v = \frac{240k\Omega}{R_{ine} + R_{ini}} = \frac{240k\Omega}{10k\Omega + 30k\Omega} = 6V/V$$

$$\text{状态 3: } A_v = \frac{240k\Omega}{R_{ine} + R_{ini}} = \frac{240k\Omega}{10k\Omega + 5k\Omega} = 16V/V$$

$$\text{状态 4: } A_v = \frac{360k\Omega}{R_{ine} + R_{ini}} = \frac{360k\Omega}{10k\Omega + 5k\Omega} = 24V/V$$

输入电容 C_{in} （输入高通截止频率）

输入电容与输入电阻一起，形成了一个高通滤波器，用以滤除输入信号的直流分量。高通滤波器的-3dB 点如下所示：

$$f_H(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * R_{intotal} * C_{in}} (Hz)$$

应用中选用较小的 C_{in} 电容有助于滤除从输入端耦合进入的 217Hz 噪声，并且较小的电容有利于减小功放开启时的噼噍-咔哒声。两个输入电容之间良好的匹配有利于提升芯片整体性能及抑制噼噍-咔哒声，推荐使用容差 10% 或者更好的电容。

以典型应用中的输入电容、输入电阻值为例：，输入高通截止频率如下所示：

状态 1，状态 2：

$$f_H(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * R_{intotal} * C_{in}} (Hz) = \frac{1}{2 * \pi * 40k\Omega * 22nF} (Hz) = 182Hz$$

状态 3，状态 4：

$$f_H(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * R_{intotal} * C_{in}} (Hz) = \frac{1}{2 * \pi * 15k\Omega * 22nF} (Hz) = 485Hz$$

输入差分滤波电容 C_d (输入低通截止频率)

输入差分滤波电容与输入电阻一起, 形成了一个低通滤波器, 可以用于衰减输入信号的高频分量, 当扬声器播放音乐声音发尖时, 可以适当衰减一部分高频输入信号, 使音乐信号柔和、舒适。低通滤波器的-3dB点如下所示:

$$f_L(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * (R_{int} // R_{ine}) * 2 * C_d} (Hz)$$

以输入电阻 $R_{ine}=10k\Omega$, 差分电容 $0.47nF$ 为例, 输入高通截止频率如下所示:

状态 1, 状态 2, 输出差分电容 $0.22nF$:

$$f_L(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * (R_{int} // R_{ine}) * 2 * C_d} (Hz) = \frac{1}{2 * \pi * 7.5k\Omega * 2 * 0.22nF} (Hz) = 48.5kHz$$

状态 3, 状态 4:

$$f_L(-3dB) = \frac{1}{2 * \pi * (R_{int} // R_{ine}) * 2 * C_d} (Hz) = \frac{1}{2 * \pi * 3.33k\Omega * 2 * 0.47nF} (Hz) = 51kHz$$

电源退耦电容 (C_S)

良好的退耦电容可以提高功放的效率和性能, 推荐使用低 ESR (equivalent-series-resistance) 的 X7R 或者 X5R 陶瓷电容。WD8733A 的应用中, 有两个 VDD 管脚, 分别是 PIN4 和 PIN8, 其中 PIN4 是功率电源管脚, PIN8 是模拟电源管脚。

在 PIN8 管脚上放置一个 $33pF \sim 0.1\mu F$ 的陶瓷电容, 用以滤除电源上的高频干扰, 这个电容要尽量紧靠 PIN8 管脚放置; 为了滤除更低频的噪声干扰, 同时为了更好地稳定模拟电源的电压, 可以再放置一个 $1\mu F$ 的低 ESR 电容。

PIN4 管脚是功率电源管脚, 主要为内部的电荷泵电路提供电流, 这个电容类似于电荷水库, 可以比电池更快地提供电流, 因此有助于稳定电源电压, 防止电压的快速波动, 这里推荐使用 $10\mu F$ 的低 ESR 陶瓷电阻, 尽量靠近 PIN4 管脚放置。

电荷泵 Flying 电容 (C_F)

Flying 电容用于在电源和电荷泵负载之间传递能量, Flying 电容的值直接影响电荷泵的负载调整率和输出驱动能力。Flying 电容太小, 会影响电荷泵的负载调整率和输出驱动能力, 从而影响功放的输出功率, Flying 电容越大, 负载调整能力越强, 驱动能力也越强。推荐使用 $4.7\mu F$, 低 ESR 的 X7R、X5R 陶瓷电容。

电荷泵保持电容 (C_H)

电荷泵的保持电容容值和 ESR 直接影响电荷泵输出电压的纹波大小, 从而影响功放的性能。推荐使用 $10\mu F$, 低 ESR 的 X7R、X5R 陶瓷电容。由于电荷泵输出电压为 $6.3V$, 保持电容需要选用 $10V$ 耐压的电容。

输出磁珠、电容

WD8733A 采用了 EEE 技术，在没有磁珠、电容的情况下，仍可满足 FCC CLASS B 规范要求。在出线过长或者器件布局靠近 EMI 敏感设备时，建议使用磁珠、电容，磁珠、电容紧靠芯片输出管脚放置。

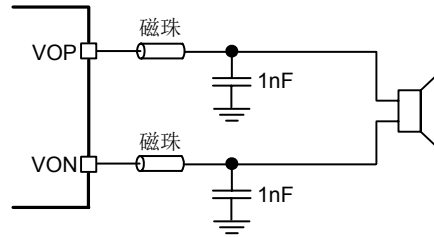


图 15 典型的输出磁珠、电容应用图

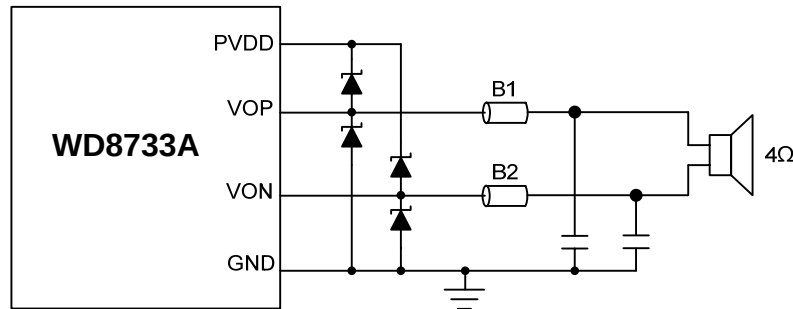
推荐磁珠类型

负载	供应商	型号	封装	描述
8Ω	Sunlord	UPZ1608U221-2R2TF	0603	$I_{max}=2.2A; Z@100MHz=220\Omega; DCR=0.05\Omega$

WD8733A 输出为方波信号，该方波信号在输出电容上会形成开关电流，增加静态功耗，因此输出电容不宜太大，推荐使用 1nF 的陶瓷电容。

重负载应用

在 4Ω 负载的应用中，需要在输出管脚连接肖特基二极管，同时需要对应用的可靠性进行详细评估，如下图所示：



推荐肖特基二极管类型 ($I_F > 2A, V_F < 0.5V$)

供应商	型号	封装	描述
VISHAY	SSA23L	DO-214AC	$I_F=2A; V_F=0.38V$
VISHAY	SS2P2L	DO-220AA	$I_F=2A; V_F=0.45V$
ONSEMI	SS22T3G	SMB	$I_F=2A; V_F=0.5V$

PCB 设计考虑

为了充分发挥 WD8733A 的性能，PCB 的布局布线必须要仔细考虑，设计过程应该遵循以下原则：

1：尽量单独走一条短而粗电源线给 WD8733A，推荐铜线宽度大于 0.75mm。去耦电容尽量靠近电源引脚放置。

- 2: Flying 电容尽量靠近 WD8733A 的 CN 和 CP 引脚放置, 输出电容 COUT 靠近 PVDD 引脚放置, 且电容到芯片引脚的连线尽量短而粗。
- 3: WD8733A 的输入电容和输入电阻要尽量靠近芯片的 INN 和 INP 引脚放置, 且输入线要平行走线抑制噪声耦合。
- 4: 磁珠和电容靠近芯片的 VON 和 VOP 引脚放置, 芯片到喇叭的输出线要尽量短而粗, 推荐的铜线宽度为 0.5mm。
- 5: 为了获得良好的散热性能, WD8733A 的散热片和 GND 引脚要直接连到大面积的铺地层, 散热片还要通过通孔连到中间地层。

封装描述

