AX4853 单通道 1.5W/立体声耳机 300mW 音频功放

概述

AX4853 是一个单声道音频功放，有 BTL 和 SE 两种工作模式。在电源电压 5V，总谐波失真小于 1%的情况下，BTL 模式驱动 4 欧姆负载可提供功率 1.5W，SE 模式驱动 32 欧姆立体声耳机每个通道可提供 95mW 功率。BTL 和 SE 模式可随意转换，非常适合需要高性能，低噪声音频功放，又有扬声器和耳机两种输出模式的系统。

AX4853 增益可外部调节，内置温度保护和开启噪声消除电路，具有比较低的关断电流。

主要性能参数

- VDD=5V，THD+N<1%，BTL 输出功率：
  RL=3Ω，1.9W（典型值）
  RL=4Ω，1.5W（典型值）
  RL=8Ω，1.1W（典型值）
- VDD=5V，THD+N<1%，SE 模式驱动 32Ω 负载耳机输出 95mW 功率 （典型值）
- 关断电流　18μA（典型值）
- 工作电压　2.4V 到 5.5V

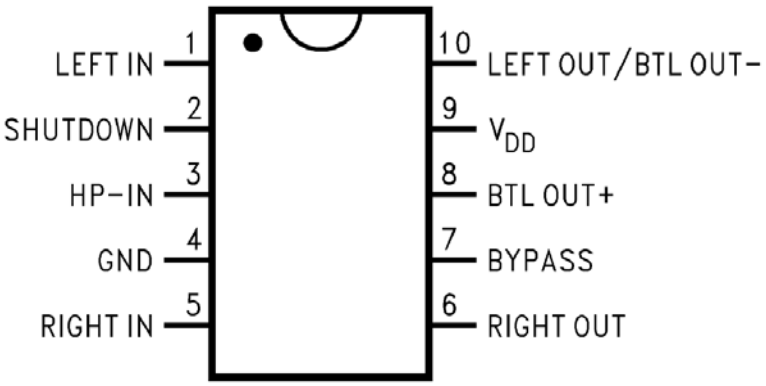
特点

- 可选的 SE 模式
- 防噪声设计和温度保护
- 超低关断电流
- 增益外调
- MSOP 封装

应用

- 手机
- 便携式电脑
- 便携式音频系统
- 游戏机

管脚封装图



MSOP 10

典型应用图

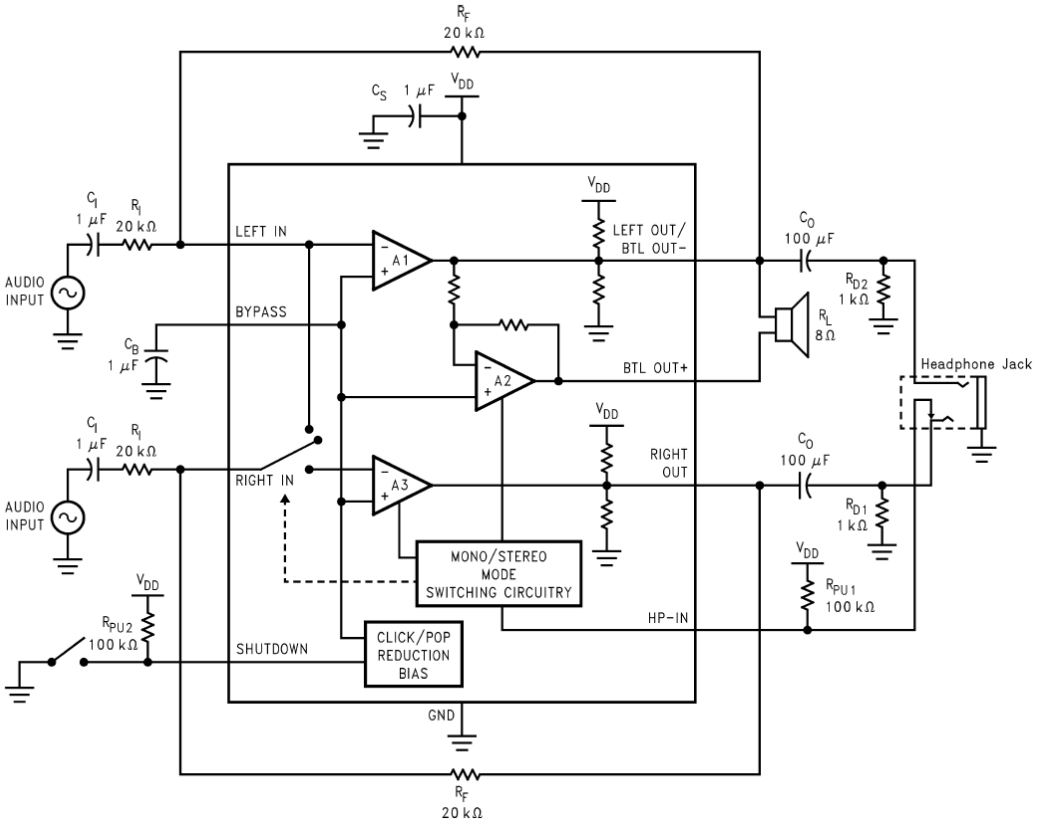


Figure1．典型音频放大应用图

极限参数

电源电压	6.0V
储存温度	−65℃到 150℃
输入电压	−0.3V 到 VDD+0.3V
ESD 耐压	2000V
结温	150℃
工作温度	−40℃到 85℃
工作电压	2.4V 到 5.5V

电学参数：VDD=5V(V_{DD}=5V，T_A=25℃)

符号	参数	条件	典型	极限值	单位
V_{DD}	电源电压			2.4	V (min)
				5.5	V (max)
I_{DD}	静态工作电流	V_{IN} = 0V, I_O = 0A, BTL 模式	2.4	7	mA (max)
		V_{IN} = 0V, I_O = 0A, SE 模式	2.4	7	mA (max)
I_{SD}	关断电流	关断引脚接地	18		μA (max)
V_{OS}	输出失调电压	BTL，A_V=2，BTLOUT+到 BTL	5	40	mV

		OUT-			
PO	输出功率	BTL，THD+N = 1%			
		RL =3Ω	1.9		W
		RL =4Ω	1.5		W
		RL =8Ω	1.1		W
		SE，THD+N = 1%			
		RL =8Ω	300		mW
		RL =32Ω	95		mW
XTALK	通道隔离度	SE模式，f = 1kHz,R_L=32Ω	73		dB
V_{IH}	关断，输入高电平			2	V (min)
V_{IL}	关断，输入低电平			0.8	V (max)

电学参数：VDD=3.3V(V_{DD}=3.3V，T_A=25℃)

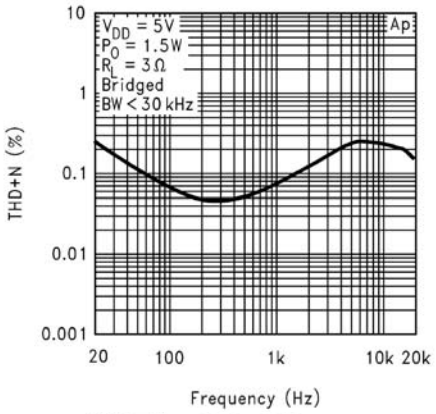
符号	参数	条件			单位
			典型	极限值	
I_{DD}	静态工作电流	V_{IN} = 0V, I_O = 0A, BTL 模式	2.0		mA (max)
		V_{IN} = 0V, I_O = 0A, SE 模式	2.0		mA (max)
I_{SD}	关断电流	关断引脚接地	12		μA (max)
V_{OS}	输出失调电压	BTL，A_V=2，BTLOUT+到 BTL OUT-	5	40	mV
PO	输出功率	BTL，THD+N = 1%，RL =8Ω	440		mW
		SE，THD+N = 1%, RL =32Ω	40		mW
V_{IH}	关断，输入高电平			2	V (min)
V_{IL}	关断，输入低电平			0.8	V (max)

电学参数：VDD=2.7V(V_{DD}=2.7V，T_A=25℃)

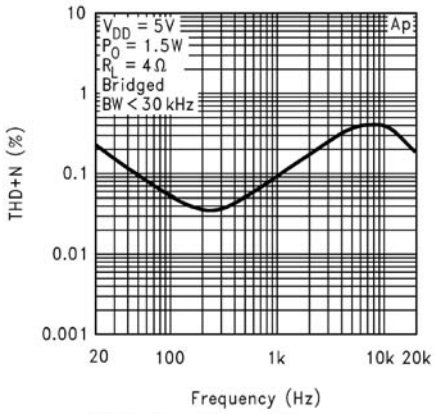
符号	参数	条件			单位
			典型	极限值	
I_{DD}	静态工作电流	V_{IN} = 0V， I_O = 0A，BTL 模式	1.8		mA (max)
		V_{IN} = 0V， I_O = 0A，SE 模式	1.8		mA (max)
I_{SD}	关断电流	关断引脚接地	10		μA (max)
V_{OS}	输出失调电压	BTL，A_V=2，BTLOUT+到 BTL OUT-	5	40	mV
PO	输出功率	BTL，THD+N = 1%，RL =8Ω	300		mW
		SE，THD+N = 1%，RL =32Ω	25		mW
V_{IH}	关断，输入高电平			2	V (min)
V_{IL}	关断，输入低电平			0.8	V (max)

典型性能参数

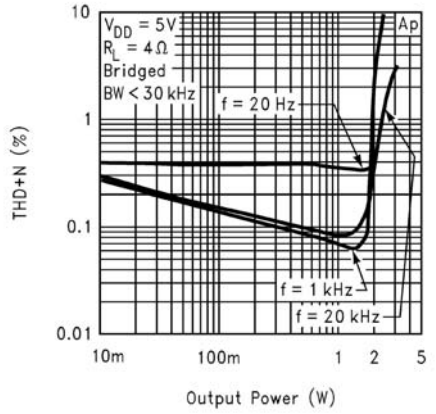
THD+N vs Frequency



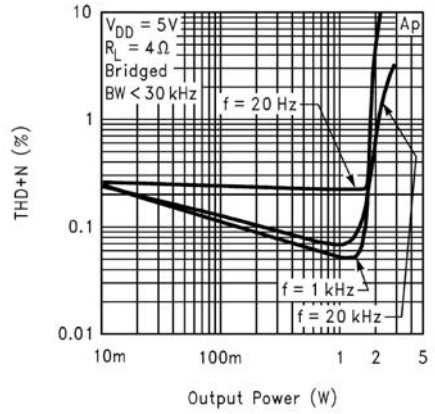
THD+N vs Frequency



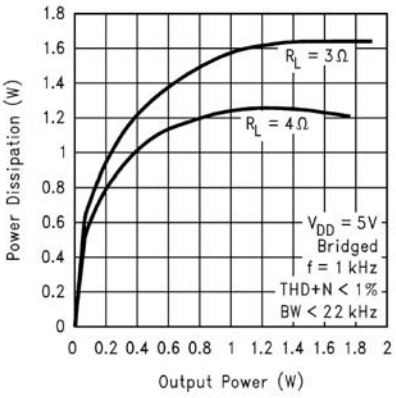
THD+N vs Output Power



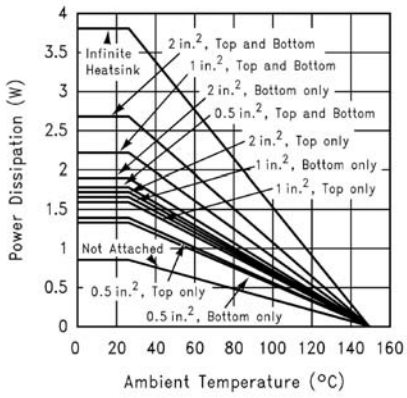
THD+N vs Output Power



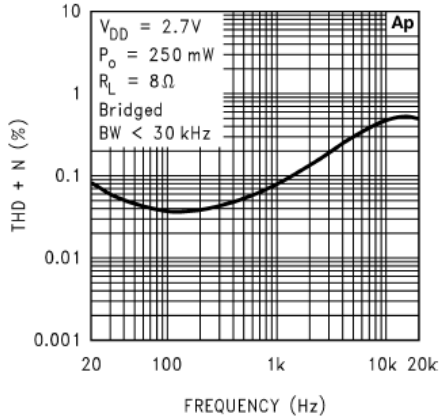
Power Dissipation vs Output Power



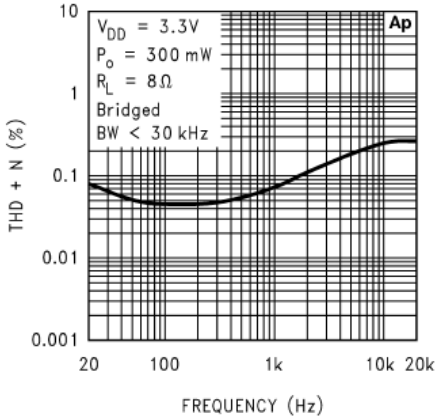
Power Derating Curve



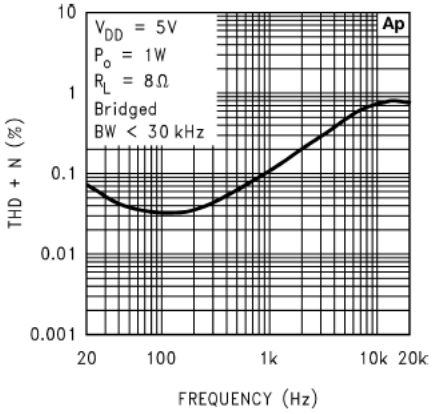
THD+N vs Frequency



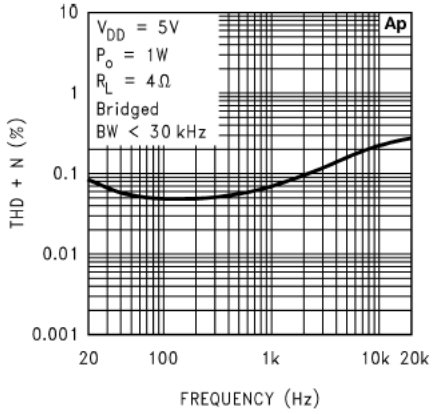
THD+N vs Frequency



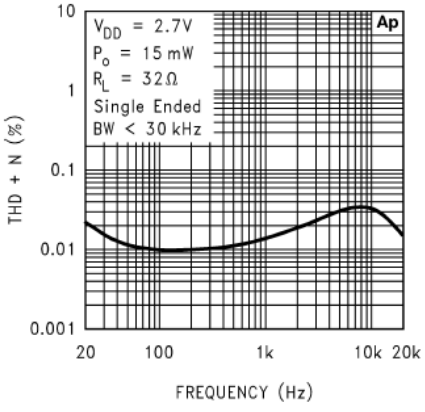
THD+N vs Frequency



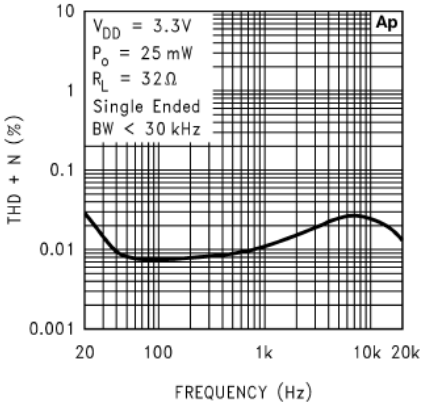
THD+N vs Frequency



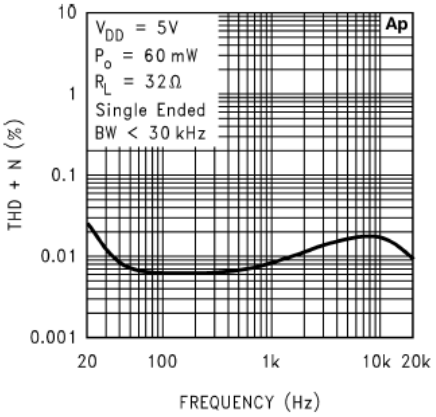
THD+N vs Frequency



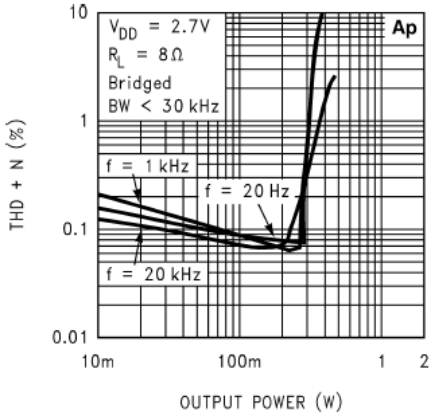
THD+N vs Frequency



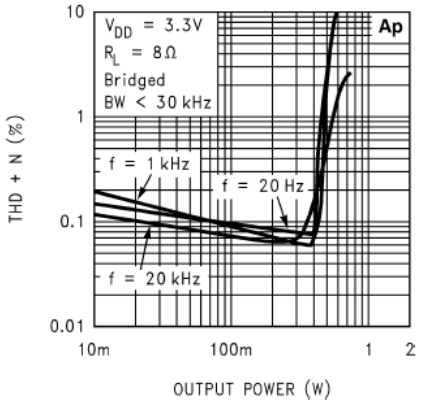
THD+N vs Frequency



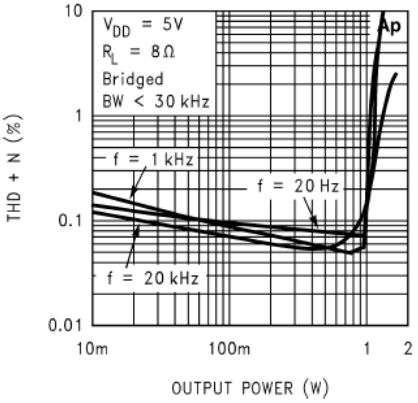
THD+N vs Output Power



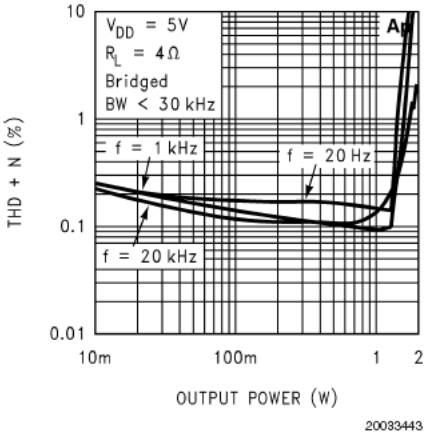
THD+N vs Output Power



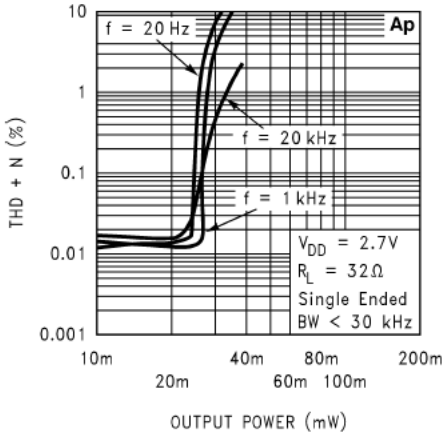
THD+N vs Output Power



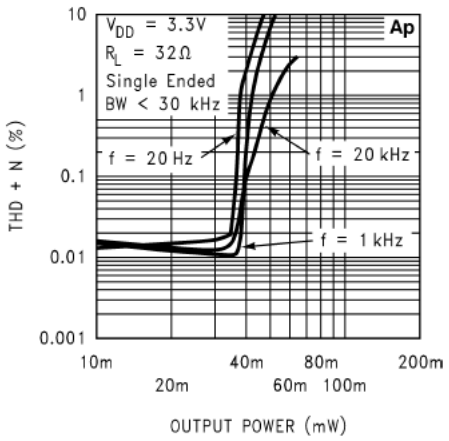
THD+N vs Output Power



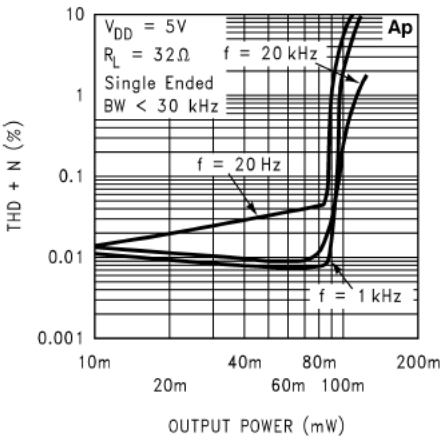
THD+N vs Output Power



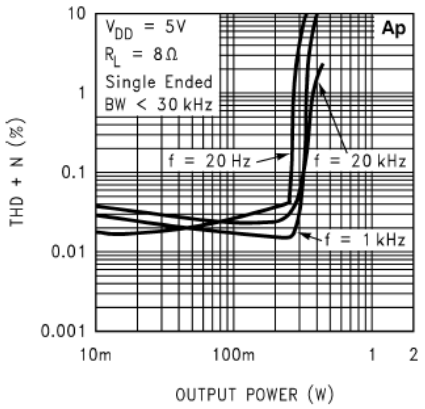
THD+N vs Output Power



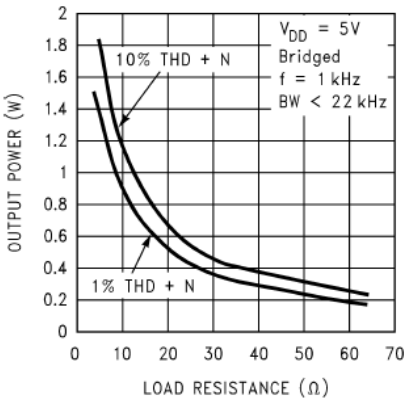
THD+N vs Output Power



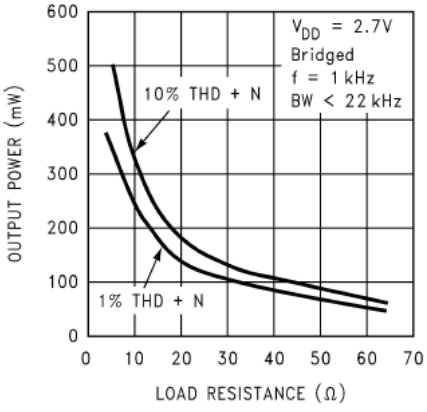
THD+N vs Output Power



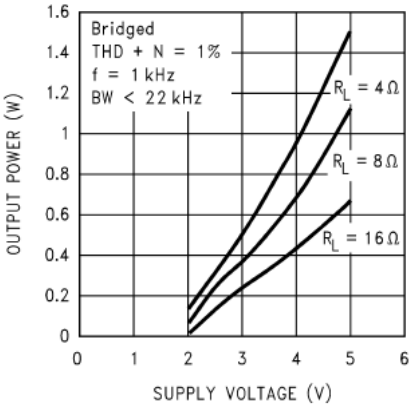
Output Power vs Load Resistance



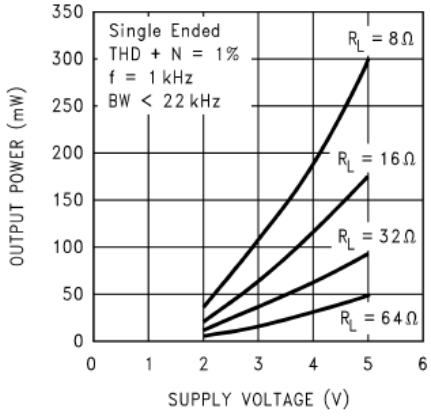
Output Power vs Load Resistance



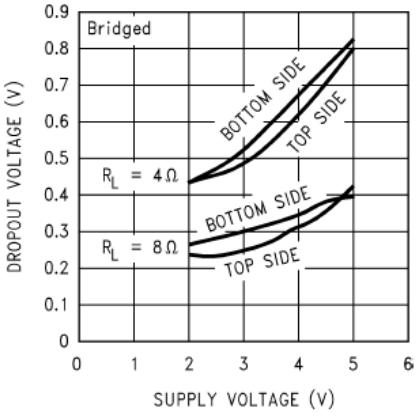
Output Power vs Supply Voltage



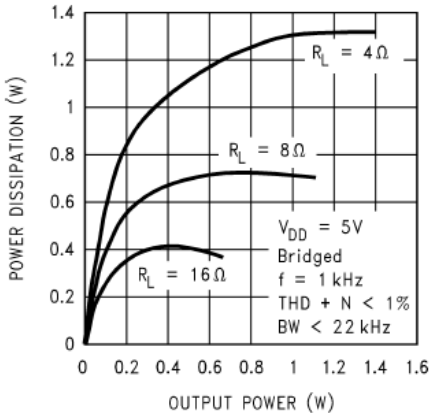
Output Power vs Supply Voltage



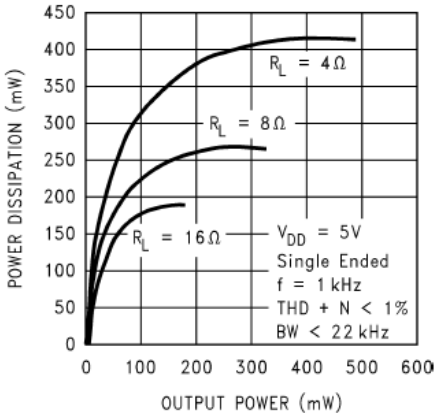
Dropout Voltage vs Supply Voltage



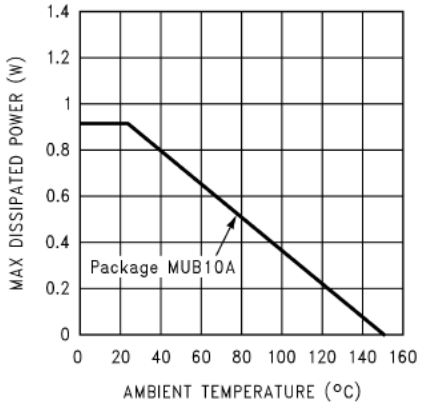
Power Dissipation vs Output Power



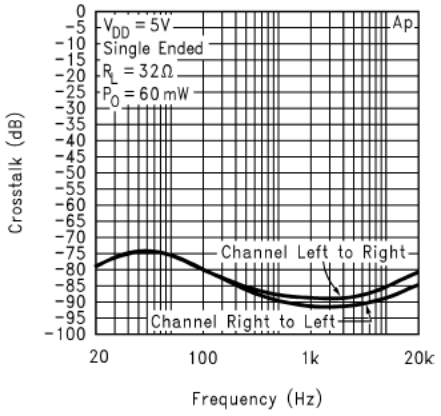
Power Dissipation vs Output Power



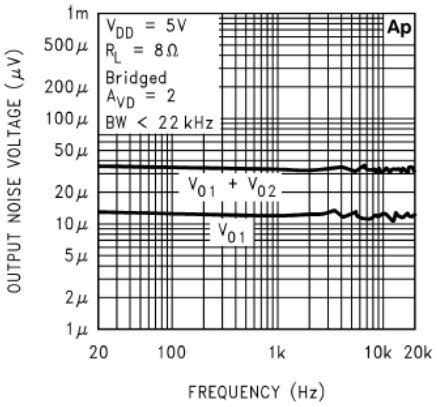
Power Derating Curve



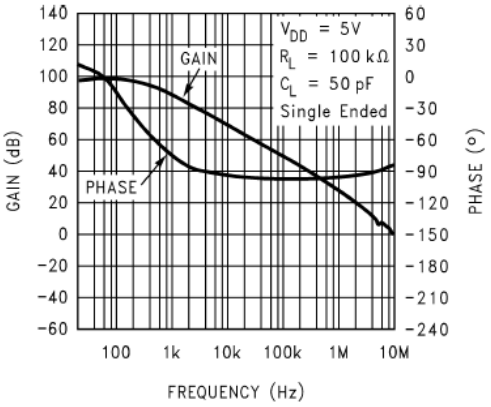
Channel Separation



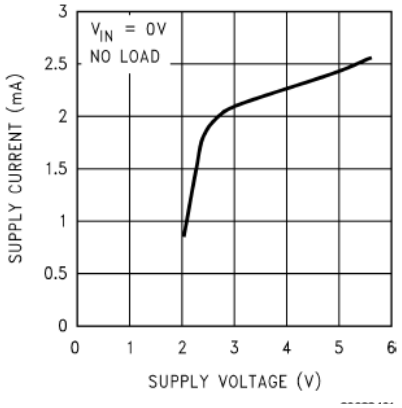
Noise Floor



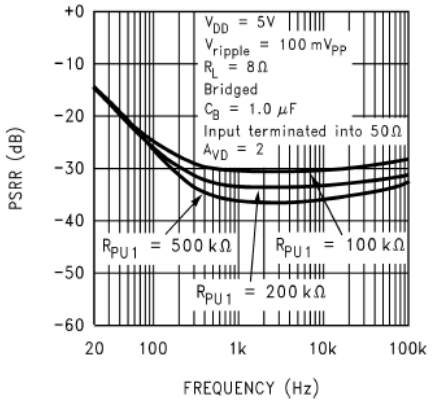
Open Loop Frequency Response



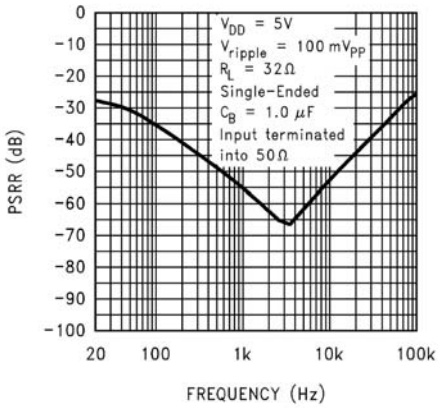
Supply Current vs Supply Voltage



Power Supply Rejection Ratio



Power Supply Rejection Ratio



应用说明

桥式和单端工作模式：

正如 figure1 所示，4853 有 3 个运算放大器，他们可以分别工作在 BTL 模式和 SE 模式。

在 SE 模式下，4853 由放大器 A1 和 A3 形成两路输出，放大倍数由外部电阻确定，$Av=-R_F/R_I$。A1 和 A3 的输出和外置的立体声耳机相连接。放大器 A2 在 SE 模式下处于关闭状态，此时没有任何电流流过桥式连接的负载，因此，在 SE 模式下，桥式连接的扬声器处于静音状态。

在 BTL 模式下，A3 关闭，LEFTIN 和 RIGHTIN 信号直接相加后输入到 A1，闭环增益 $Av=-R_F/R_I$ 由外部电阻控制。A1 和 A2 驱动桥式负载。

QFN 封装 PCB 焊接

AX4853 采用 QFN 封装，可以获得尽量小的从焊接芯片 PCB 板到芯片的热阻抗。这种封装可以使热量迅速有效的从芯片传输到周围 PCB 铜线，地平面，最终到达周围空气中。这可以使得低压音频功放可以在 4 欧姆负载时产生 1.5W 功率，并且总谐波失真小于 1%。如此高功率来源于对散热的仔细考虑和设计。没有最优化的温度设计，AS4888 的高功率将会导致不希望的结果发生，因此设计温度过高关断保护是必需的。QFN 封装必需将电路焊接在 PCB 板上的铜衬垫上。这个铜衬垫连接在一个大的连续的铜平面上，形成了一个散热区域。在 PCB 板的两面或多层板的中间层都放置大的散热区域。用 4（2*2）个通孔连接铜衬垫到中间层或 PCB 背面的铜散热区域，通孔的尺寸在 0.012 英寸到 0.013 英寸，中心距 1.27mm。确保电镀金属有效的填满通孔。

实际上最大的散热片可以获得最大的散热特性，如果散热片和功放在同一层 PCB 上，通常 2.5in²（最小）散热面积是 5V 工作电压 4 欧姆负载必须的。散热片和功放不在同一层上的，同样的工作条件需要至少 5 in²散热片。这两种散热面积是在环境温度 25℃被推荐使用的。当环境温度高于 25℃时，需要相应增加散热片面积。在所有的环境和工作条件下，结温应当小于 150℃才能使 AX4853 温度保护电路能正常工作。

桥式结构说明

当 AX4853 工作在 BTL 模式时，A1 的输出作为 A2 的输入，这使得两个放大器产生的信号幅度相等，而相位相差 180°，因此通道的差分增益是：

$$A_{VD}=V_{OUT}/（V_{INL}+V_{INR}）=2（R_F/R_I）\quad （1）$$

通过 BTL OUT-和 BTL OUT+差分驱动负载的放大器连接方式是普通的桥式连接。桥式放大器不同与单端放大器，单端放大器的负载连接在放大器的输出和地之间。对于一个给定的电源电压，桥式放大器相对于单端放大器有一个明显的优点，那就是它的差分输出使得加载在负载上的电压摆幅增加了一倍。这样就产生了在相同条件下 4 倍于单端放大器的功率。功率的增加是假设放大器输出不受电流限制，否则输出信号不会很理想。

另一个差分输出的优点是没有直流电压流过负载。这是因为差分输出的 A 和 B 两个通道都是出于半边供电给负载，这消除了单端供电所产生的耦合电容。强行用单端输出的放大器对负载实行半边供电来消除耦合电容，这将增加芯片内部的功耗，有可能造成负载的永久损坏。

功耗

功耗是设计单端或桥式放大器所关心的一个主要方面，等式 2 是在给定电源电压时单端放大器驱动负载的最大功耗：

$$P_{DMAX}=(VDD)^2/2\pi^2R_L \quad 单端 \quad （2）$$

然而，一个直接增加功率的方法是采用桥式放大器。在和单端放大器相同条件下，桥式放大器最大功耗如等式 3 所示，

$$P_{DMAX}=4*(VDD)^2/2\pi^2R_L \quad 桥接 \quad （3）$$

AX4853 分别工作在单端或桥式模式，在 SE 模式下，最大功耗是等式 2 的 2 倍，在 BTL 模式下最大功耗如等式 3 所示。尽管功率在增加，4853 不需要额外的散热器，但最大功耗不能超过等式 4 所示的

值

$$P_{DMAX}==(T_{JMAX}-T_A)/\theta_{JA} \qquad (4)$$

AX4853 最大结温 Tjmax=150℃，MUB10 封装，温度系数 θ_{JA} 是 194℃/W。在给定的环境温度 TA 下，用等式 4 可以计算出 MUB 封装的 IC 的最大功耗。如果（3）式计算的结果比（4）式大，则要么减小电源电压，要么增加负载电阻，或者降低环境温度。在典型的 5V 工作电压 8 欧姆负载 BTL 模式下，对于 MUB 封装的 4853，不超过最大结温的条件下，环境温度不能超过 27℃。

电源供电旁路（bypass）

作为功率放大器的设计，适当的供电旁路为了低噪声性能和高的电源抑制特性。应用上用一个 5V 的电源基准，用一个 10uF 的电容和一个 0.1uF 的滤波电容并联来稳定基准源的输出，减少电源线上的噪声，改善电源的瞬态响应。但是，他们的出现并不能去除 1.0uF 的 bypass 电容（钽电容）连接在 AS4888 的电源管脚和地管脚之间。不要用陶瓷电容取代钽电容，那样做可能导致振荡。尽量让连接电容到电源和地管脚的连线足够短。

关断功能

为了在不使用 4853 时节省电能，AX4853 设计了关断功能，在 SHUTDOWN 端输入逻辑高电平时电路进入关断模式。逻辑高电平的最小值是 2.0V，逻辑低电平的最大值是 0.8V。将 SHUTDOWN 在地和电源之间切换来实现电路的开启和关断是很容的。将 SHUTDOWN 切换到 VDD，4853 将进入理想的低功耗状态，如果 SHUTDOWN 端电压小于 VDD，这将使得 4853 的关断功耗有所增加，应尽量避免这种状况发生。

在很多应用中，由微控制器输出来控制 SHUTDOWN，他们能够提供一个快速而平稳的 SHUTDOWN 电平。另一种解决方法是连接一电极或转换开关在一个上拉电阻上，开关闭合时 SHUTDOWN 接地而使电路工作，开关打开，外部上拉电阻将 4853 关断。这种方法不会让 SHUTDOWN 浮空，因而 4853 不会出现不期望的状态。

耳机功能

AX4853 有耳机控制输入端 HP_IN，该端口输入逻辑高电平电路工作在 SE 模式，输入逻辑低电平电路工作在 BTL 模式。

Figure2 是 4853 耳机功能控制应用图，R_{PU1} 和 R_{D1} 分压设置 HP_IN 输入端在没有耳机插入耳机插座时大约 50mV，这个逻辑低电平使 4853 工作在 BTL 模式。当耳机插入系统时，R_{PU1} 使得 HP_IN 和 VDD 连接，4853 将从 BTL 模式切换到 SE 模式，放大器输入驱动耳机负载，RD1 和耳机负载并联，但是 RD1 和 RD2 对电路的输出能力几乎没有影响，因为典型的耳机负载是 32 欧姆。

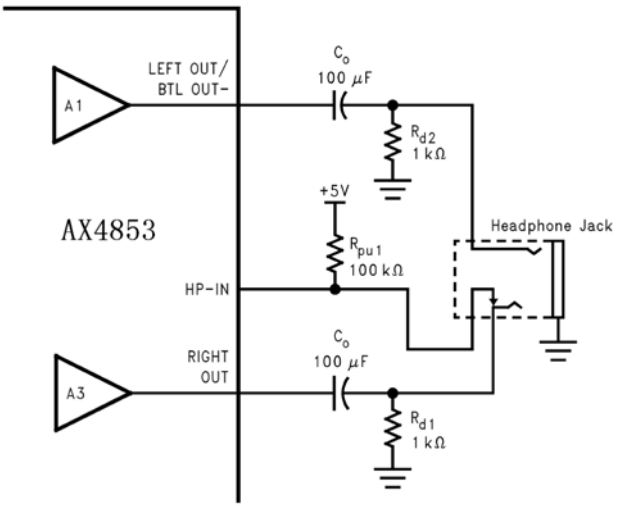


Figure2 耳机控制电路

Figure2 也同时表明了耳机插孔的连接关系，耳机插孔被设计成 3 线的插座，在插座的顶端和环中各承载了一个立体声输出信号，在孔口处有地回路。在耳机插入时，HP_IN 和另一个信号输出端断开使电路进入 SE 模式。

为了电路能平稳的进行模式切换，连接 HP_IN 和 R_{PU1} 在耳机插座的右声道输出端上是很重要的，这个控制端使得左声道开路。如果连接 HP_IN 和 R_{PU1} 在耳机插座的左声道输出端上，可能会出现预想不到的状态转换。

选择适当的外部元件

需要适当的选择外部元件才能使 AX4853 表现出最优化的性能。最优化的外部元件值和高性能以及宽的冗余度可以使 AX4853 工作的很好。

AX4853 是单位增益稳定的，给设计者比较大的设计自由。增益的设置不要超过应用需要的增益大小。这样能使放大器表现出很小的 THD+N 和高的信噪比。这个参数随着闭环增益增加而变坏。然而低增益要求大的输入电压摆幅才能得到大输出功率。幸运的是许多信号源的输出有 1V 均方根值（2.83Vp_p）。

输入输出电容的选用

除了增益外，另一个需要重点考虑的因素是放大器的闭环带宽。在很大的程度上，figure1 中选取的元件直接决定了电路的带宽。输入电容 CI 和电阻 RI 构成了一个高通滤波器，限制了输入信号的最低响应频率，选择大的输入电容值可以使输入端响应更低的频率，但大电容价格高而且体积大，会占用较大空间。然而在很多应用中，扬声器用在便携式系统中，不管是内部还是外部，很难将输入信号频率减小到 150Hz 以下，由于扬声器这个频率限制，使用大输入电容对输入频率的改善不大。

音频功放设计

音频放大器设计：8 欧姆负载 1W 功率。下面是设计参数要求：

输出功率：	1Wrms
负载	8 欧姆
输入点评	1Vrms
输入阻抗	20K
带宽	100Hz—20KHz

设计从确定最小电源电压开始。可以用典型参数的 Output Power vs Supply Voltage 曲线来确定最小电源电压。另一个方法是用 5 式来确定。5 式可以计算在给定负载时输出一定功率需要的最大输出电压。因为放大器有输出电压损失，参考 Typical Performance Characteristics 中有关曲线，两个输出电压损失必须增加在 5 式计算的结果中，如 6 式所示：

$$V_{OUTPEAK}=\sqrt{(2RLPo} \qquad (5)$$

$$V_{DD}\geq(V_{OUTPEAK}+(V_{ODTOP}+V_{ODBOT})) \qquad (6)$$

输出功率和电源电压曲线表明，在 8 欧姆负载，THD+N<1%，输出 1W 功率需要的最小电源电压是 4.35V。这样用通用的 5V 电源电压是很容易实现的。多出的电压差有利于 AX4853 提供超过 1W 的功率，并且 THD+N<1%。电源电压的选择还要保证电路的最大功耗不超过上面所讲到的。在得到满意的功率后，需要确定最小的差分增益来实现 1W 功率。可以用 7 式来计算：

$$AVD\geq\sqrt{(PoRL}\ /(VIN)=Vorms/Vinrms \qquad (7)$$

因此，最小的增益 2.83 可以使 AX4853 达到设计要求，可以设置 Avd=3。

放大器的全部增益可以通过输入电阻 R_I 和 R_F 来设置。在输入电阻 20k 时，反馈电阻可以用式 8 来确定。

$$R_F/R_I=A_{VD}/2 \qquad (8)$$

计算的 R_F=30k。

在这个例子中的最后一步是设计放大器的-3db 带宽。为了得到小于±0.25db 的通带变化范围，低频响应必须要延伸到频带下限的 1/5 和频带上限的 5 倍。增益变化在两个极限处是 0.17db，在±0.25db 内。结果如下：

f_L=100Hz/5=20Hz

f_H=20kHz*5=100kHz

正如在外部元件选择章节讲的那样，R_I 和 C_I 构成一个高通滤波器，它设置了放大器的频率下限，用 9 式确定输入电容的值

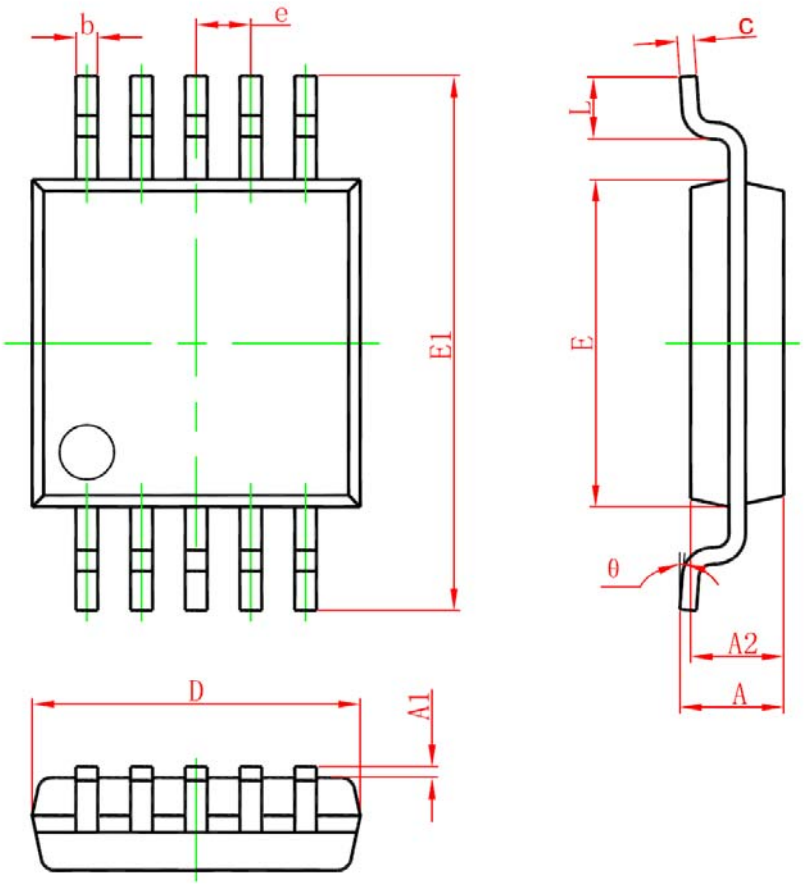
$$C_1 \geq 1/(2\pi R_1 f_L) \qquad (9)$$

结果是：　　$1/(2\pi*20k\Omega*20Hz)=0.398\mu F$

用 0.39uF 电容，这是最接近的值。

频率上限频率（100k）和差分增益的乘积决定了它的上限响应频率。在 Avd=3，Fh=100k 的情况下，闭环增益带宽积是 150kHz。这个值小于 AX4853 的增益带宽积 10MHz。因为有这么大的冗余，AX4853 可以用于设计那些不受限于性能和带宽限制的需要高差分增益的场合。

封装



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.820	1.100	0.032	0.043
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
b	0.180	0.280	0.007	0.011
c	0.090	0.230	0.004	0.009
D	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.50(BSC)		0.020(BSC)	
E	2.900	3.100	0.114	0.122
E1	4.750	5.050	0.187	0.199
L	0.400	0.800	0.016	0.031
θ	0°	6°	0°	6°