

≡AT4836≡

2W带直流音量控制、低音增强和输入选择的立体声音频功率放大器

一. 概述

AT4836 是一款具有直流音量控制、低音增强和输入通道选择的立体声音频功率放大器芯片。在使用 5V 电源供电, 且 $THD+N \leq 1\%$ 时, 该芯片能为一个 4Ω 的负载提供 3W 的平均功率, 或为 3Ω 的负载提供 3.5W 的平均功率。

AT4836 音频功率放大器是为提供高质量的音频输出而设计的, 且只需极少的外部组件。它包括直流音量控制、立体声桥式音频功率放大器、低音增强、增益选择和输入选择等模块, 这使得其非常适合于多媒体监视器、便携式收音机和笔记本或台式电脑。

AT4836 采用外部可控制的低功耗关断和立体耳机放大模式, 使系统的适应性和性能达到最大化。

二. 重要规格

1. 5V, 1kHz, 1%THD+N

接 3Ω 负载 (AT4836MH, AT4836MTE), 平均输出功率	2.5W
接 4Ω 负载 (AT4836MH, AT4836MTE), 平均输出功率	2W
接 8Ω 负载, 平均输出功率	1.2W

2. 单端模式, 接 32Ω 负载, 平均输出功率为 85mW 时, $THD+N$ 1.0% (典型)

3. 关断电流 0.2 μ A (典型)

三. 特征

1. 直流音量控制
2. 双音源输入, 通道可选择
3. 系统的滴答声检测
4. 立体声桥式或单端可选择的功率放大器
5. 内部或外部可选择的增益控制和低音增强结构
6. 热敏关断保护电路

四. 应用

1. 笔记本或台式电脑
2. 多媒体监视器
3. 便携式收音机、DVB、PDA、便携式 TV 等

五. 芯片封装引脚分布

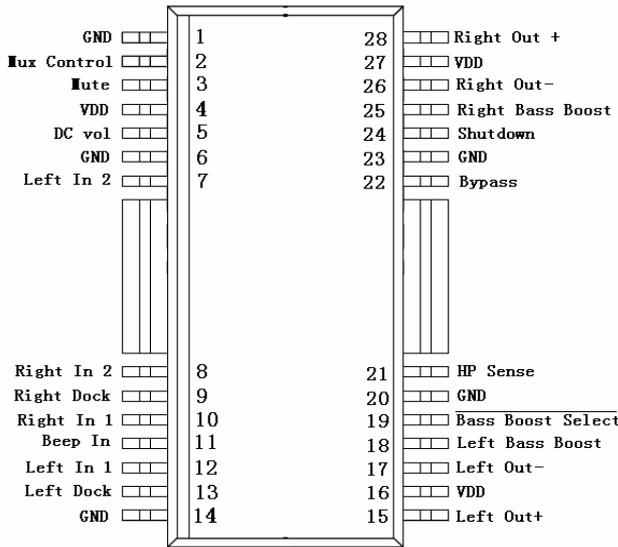
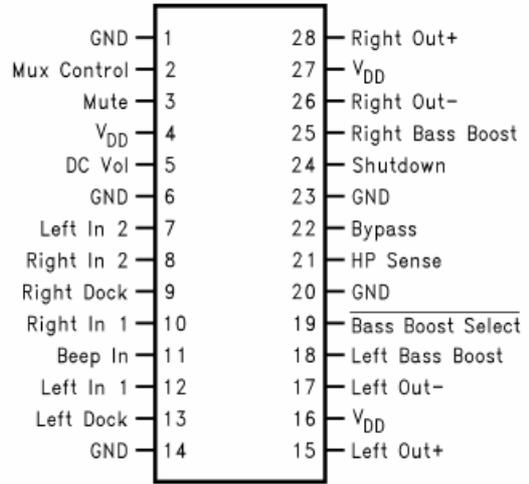


图1、HSOP-28



TSSOP-28

六. 典型应用

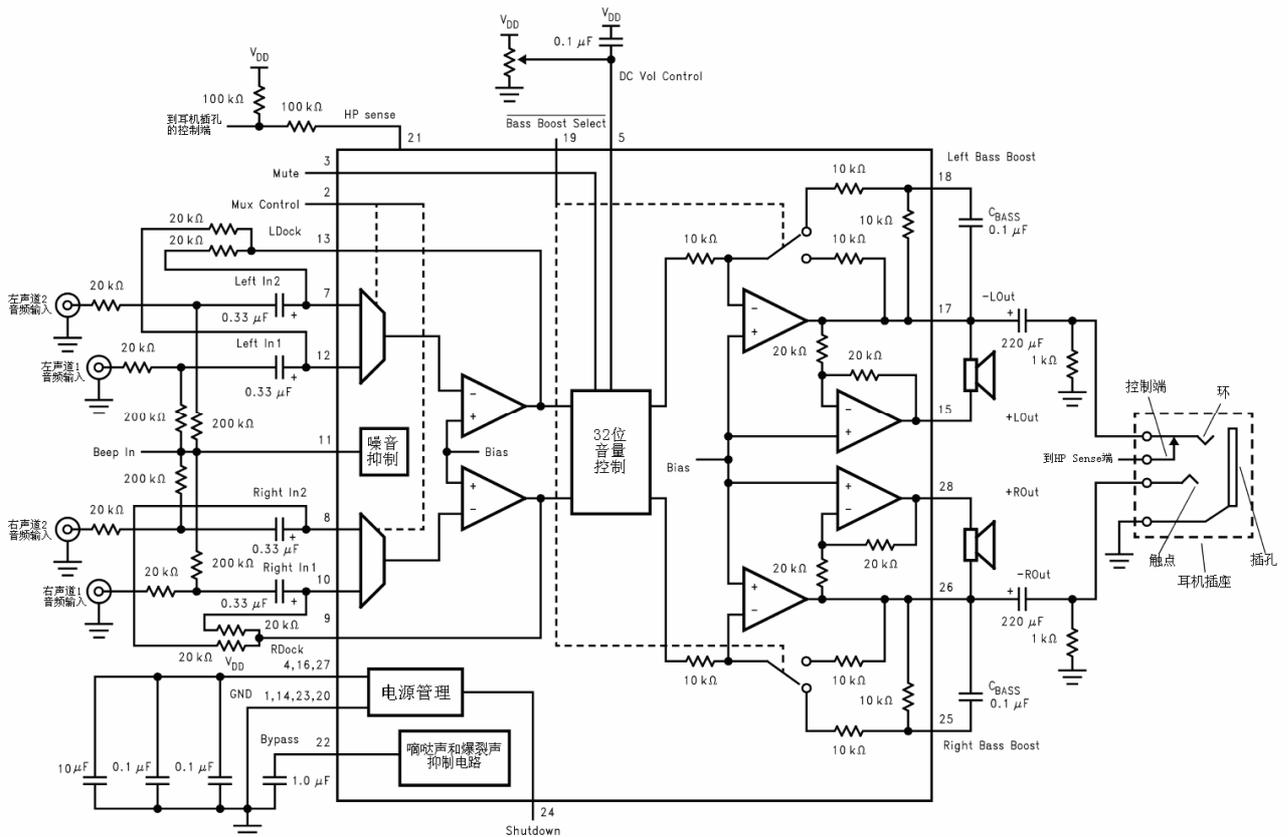


图2、音频功放典型应用线路图

七. 管脚说明:

名称	说明	I/O 方向	功能	备注
VDD	电源	输入	电源	2.2V-5.5V
GND	地	输入	地	
SHUTDOWN	关断	输入	高有效, 芯片进入低功耗状态	
HP Sense	耳机检测	输入	检测到耳机时, 进入耳机放大模式	
BYPASS	参考电压	输入/ 输出	放大器的参考电压	设置为 VDD/2
LeftIn1	左声道输入 1	输入	左声道音频信号输入	
LeftIn2	左声道输入 2	输入	左声道音频信号输入	
LeftOutN	左声道+输出	输出	左声道音频信号输出	
LeftOutP	左声道-输出	输出	左声道音频信号输出	
RightIn2	右声道输入 1	输入	右声道音频信号输入	
RightIn1	右声道输入 2	输入	右声道音频信号输入	
RightOutN	右声道+输出	输出	右声道音频信号输出	
RightOutP	右声道-输出	输出	右声道音频信号输出	
Mux Control	左、右声道选择	输入	对左、右声道的音频信号进行选择输入	
Mute		输入	把输入信号屏蔽掉	
DC Vol	直流音量控制	输入	通过控制输入电压的大小来对音量进行调节	一般采用滑动变阻器实现
RightBass	右声道低音增强		外部加 0.1 μ F 的电容与 RightOutN 相连, 实现低通滤波	
LeftBass	左声道低音增强		外部加 0.1 μ F 的电容与 LeftOutN 相连, 实现低通滤波	
Bass Boost Select	低音增强选择	输入	对左右通道的低音增强进行选择	
RDock	右输入放大器反馈	输出	通过加外围电阻、电容决定输入放大器的闭环增益	
LDock	左输入放大器反馈	输出	通过加外围电阻、电容决定输入放大器的闭环增益	
Beep In	滴答声检测	输入	滴答声检测输入端	

八. 输入控制逻辑原理框图

Mute	Mux Control	HP Sense	输入通道选择	桥式输出	单端输出
0	0	0	Left In 1, Right In 1	可调节音量	—
0	0	1	Left In 1, Right In 1	静音	可调节音量
0	1	0	Left In 2, Right In 2	可调节音量	—
0	1	1	Left In 2, Right In 2	静音	可调节音量
1	×	×	—	静音	静音

九. 绝对最大额定值

电源电压	6.0V
存储温度	-65°C ~ +150°C
输入电压	-0.3V ~ V _{DD} +0.3V
功耗内部限制	
ESD磁化系数(人体模型)	4000V
ESD磁化系数(机器模型)	250V
结温	150°C
焊接信息	
气化态(60秒)	215°C
红外线(15秒)	220°C

十. 工作额定值

温度范围: $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
电源电压:	$2.2\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$

十一. 电学特性

1、除非另外指明，以下都是VDD=5V，限制应用在TA =25°C

符号	参数	条件	AT4836		单位 (限制)
			标准	限制	
V _{DD}	电源电压			2.2	V (最小)
				5.5	V (最大)
I _{DD}	静态电流	V _{IN} = 0V, I _O = 0A	15	30	mA (最大)
I _{SD}	关断电流	V _{PIN 24} = V _{DD} , V _{IN} =0V	0.2	2.0	μA (最大)
Crosstalk	通道隔离	R _L =32Ω ; f= 1kHz; P _O =70mW,	100		dB
PSRR	电源抑制比	C _B = 1.0uF; f=217Hz; V _{RIPPLE} =100mV _{rms}	60		dB
V _{IH}	耳机测试 输入采样高电平			4	V (最小)
V _{IL}	耳机测试 输入采样低电平			0.8	V (最大)

2、单端模式工作电学特性，除非另外指明，以下都是VDD=5V，限制应用在TA=25℃

符号	参数	条件	AT4836		单位（限制）
			标准	限制	
P _O	输出功率	R _L =32 Ω	1%THD+N	85	mW
			10%THD+N	95	mW
THD+N	总谐波失真+噪声	V _{OUT} =1V _{RMS} ; f=1kHz; R _L =10K Ω; A _{VD} =1	0.065		%
PSRR	电源抑制比	C _B =1.0uF; f=217Hz; V _{纹波} =100mV _{rms}	58		dB
SNR	信噪比	P _{OUT} =75mW, R _L =32 Ω, A-Wtd Fitter	102		dB

3、桥式模式工作特性，除非另外指明，以下都是VDD=2.6V，限制应用在TA=25℃

符号	参数	条件	AT4836		单位（限制）
			标准	限制	
V _{OS}	输出失调电压	V _{IN} =0V	10	50	mV(最大)
P _O	输出功率	1%THD+N f=1kHz	R _L =3 Ω	2.5	W
			R _L =4 Ω	2	W
		1.5%THD+N f=1kHz	R _L =8 Ω	1	W(最小)
THD+N	总谐波失真+噪声	P _O =1W; R _L =8 Ω f=20Hz~20kHz, A _{VD} =2	0.3		%
		P _O =340mW, R _L =32 Ω	1.0		
PSRR	电源抑制比	C _B =1.0uF; f=217Hz; V _{纹波} =100mV _{rms}	74		dB
SNR	信噪比	P _{OUT} =75mW, R _L =32 Ω, A-Wtd Fitter	93		dB

十二. 应用信息

1. 桥式输出结构说明

由电路原理图中可知，AT4836有两对放大器组成，构成了一个双通道立体声放大器。（接下来介绍通道A的情况同样适用于通道B）外围电阻R_f和R_i构成了放大器1A的闭环增益，而两个内部20k Ω的电阻组成了放大器2A反向端的闭环增益。放大器驱动负载如扬声器，接在两个放大器输出端即-OUTA和+OUTA之间。

放大器1A的输出端作为放大器2A的输入端。两个放大器输出的信号大小相同，但是存在180度的相位差。这种相位差的好处在于负载由差分信号驱动。

$$A_{VD} = 2 * (R_f / R_i) \quad (1)$$

单端放大器的输出负载连在一个放大器的输出端和地之间，在这一点上桥式放大器和它是不同的。对于一个给定的供给电压，桥式放大器相对单端放大器最大的优点是：它的差分输出使负载两端的端电压增加一倍，在相同条件下就产生了相当于单端放大器四倍的输出功率。这种功率增大使得放大器没有电流限制而且输出信号不会被钳制。差分桥式输出的另一个优点是不会有净余的直流电压加在负载上。这是通过通道A和B在供给电压为一半时的偏置输出实现的。从而消除了单电源单端放大器要求的耦合电容。在单端放大器中，要消除一个输出耦合电容，就会在负载上产生一个单电源放大器一半供给电压的偏置电压。这样会增大内部集成电路的功率损耗同时可能持续破坏负载。

2. 功耗

功率损耗是成功设计单端或桥式放大器主要考虑的因素。公式2给出了单端放大器的最大功率，此时单端放大器是工作在给定供给电压下同时驱动特定的输出负载。

$$P_{\text{DMAX}} = (V_{\text{DD}})^2 / (2\pi^2 R_{\text{L}}) \quad (\text{单端模式}) \quad (2)$$

但是伴随着桥式放大器对负载输出功率的增大，在相同条件下内部功率损耗也在增大。

AT4836每个通道有两个放大器。桥式状态下每个通道的最大内部功耗是单端状态的四倍。由公式3可得，当供电电压为5V负载为4Ω时，对立体声来说最大的单通道功耗为1.27W或2.54W。

$$P_{\text{DMAX}} = 4 \times (V_{\text{DD}})^2 / (2\pi^2 R_{\text{L}}) \quad (\text{桥式模式}) \quad (3)$$

3. 电源旁路

对于任何功率放大器，适当的电源旁路对于低噪声性能和高电源抑制是非常关键的。典型运用中，使用一个5V的调节器，这个调节器具有一个10μF和一个0.1μF的旁路电容，有助于电源稳定，降低输入噪声和改善电源瞬态响应，尽管如此也不能去掉AT4836旁路中电源与地间的1.0μF的钽电容，而且这个钽电容不能用陶瓷电容替代，否则输出信号就不太稳定。在电源和地间连接电容的导线及内部连线应尽可能缩短。在管脚BYPASS与地间连接一个1μF的电容C_B可改善内部偏置电压的稳定性和提高放大器的抑制比PSRR，当C_B增大时PSRR也随之提高，但C_B增加太大则会影响放大器的降噪性能。旁路电容的选择，特别是C_B，依赖于低频PSRR、降噪性能、系统成本和尺寸等条件。

4. 选择适当的外围器件

要优化AT4836的功能需要选择适当的外围电路。尽管有广泛适应性的外围电路可以使AT4836正常工作，要获得最佳的功能仍需优化参数值。

AT4836内部增益稳定，给设计者很大的设计灵活性。增益的设置不能超过特定应用的要求，从而使放大器有最小的THD+N和最大的信噪比。这两个参数随着闭环增益的增加而受到影响。然

而，低增益要求输入信号有更大的电压振幅以获得最大的输出功率。幸运的是，许多信号源如音频CODEC都有 $1V_{RMS}$ 输出。

输入电容值的选择

放大最低音频信号需要很高的输入耦合电容值。这样的电容往往较贵，在便携设计中也需要占用更多的空间。而在很多情况下，便携系统中的扬声器，无论内部的还是外围的，都不能复制低于150HZ的信号。由于这种频率限制，采用扬声器时，很难通过大输入电容来改善性能。

除了影响系统成本和尺寸， C_i 还影响芯片的“嘀哒声和爆裂声”现象。先输入电源电压时，随着输入电容的电荷从零升到一个静态值，会产生一个瞬态反应。这个瞬态响应的大小直接与输入电容的大小成比例。输入固定电流时，大的电容需要更长的时间才能达到静态直流电压（通常是 $V_{DD}/2$ ）。放大器输出通过反馈电阻控制输入电容，这样可以通过选择一个输入电容之来使瞬态响应最小化，不过电容值也不能过高，必须满足-3dB频率的要求。

图1所示，输入电阻和输入电容构成一个-3dB高通滤波器，它的截止频率可通过下式来计算。

$$f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{IN} C_1} \quad (4)$$

5.避免嘀哒声和爆裂声现象的功能优化

AT4836中有一个可以最小化初始瞬态响应和关断瞬态响应或“嘀哒声和爆裂声”的电路。输入电源电压或者当关断模式无效时，电路开始工作。随着电源上升至它的最终值，AT4863的内部放大器被视为固定增益缓冲器。一个内部电流源按受控线性方式来改变BYPASS引脚的电压。内部放大器的增益保持不变直到BYPASS引脚的电压达到 $V_{DD}/2$ 。一旦BYPASS引脚的电压稳定了，设备开始饱和操作。尽管BYPASS引脚的电流不能调节，通过改变 C_B 电容的尺寸仍可以改变器件的启动时间和“嘀哒声和爆裂声”的大小。增加 C_B 的值可降低启动时pop的大小，但也要付出代价，随着电容值的增大，启动时间也会增加。在 C_B 电容的大小和启动时间之间存在着线性关系。下面是对不同 C_B 值的一些典型的启动时间(T_{ON})。

C_B	T_{ON}
0.01 μ F	2ms
0.1 μ F	20ms
0.22 μ F	44ms
0.47 μ F	94ms
1.0 μ F	200ms

为了消除“嘀哒声和爆裂声”，在启动前须对所有电容放电。快速转换的 V_{DD} 可能影响电容的完全放电，从而引起“嘀哒声和爆裂声”现象。在单端模式中，输出端通过 C_{OUT} 与电阻耦合，

这个电容通常有很高的容值，可通过内部20k电阻放电。根据 C_{OUT} 的大小，放电持续时间会相对较长。为降低单端模式的瞬态响应，可以用一个外围的1k–5k Ω 的电阻与内部20k Ω 的电阻并联。但是这样做会增加器件的静态电流。

6. 外部增益调整

当芯片应用于笔记本电脑时，可利用DOCK端连接到诸如监视器、音频视频设备来发射和接收线性信号。AT4836有两个DOCK输出端，连接到内部驱动输入端的输入放大器的输出端。这些输入放大器能用轨对轨信号驱动大于1K Ω 的负载。因为存在于RIGHT DOCK和LEFT DOCK端的信号被偏置在 $V_{DD}/2$ ，耦合电容应该与负载相连。典型的耦合电容值是0.33 μ F和1.0 μ F。由于DOCK输出端存在于内部音量控制之前，该信号的振幅将等同于输入信号的量级且不能被调整。但是，输入放大器的闭环增益可通过外部电阻调整。这些电阻都是20K Ω ，则输入放大器的增益为-1。用下面的公式设置输入和反馈电阻值来得到所需的增益值。

$$-A_v = R_F / R_i \quad (5)$$

7. 立体声输入多路选择

AT4836有两个立体声输入端，Mux Control管脚控制哪路立体声输入起作用。当Mux Control为0V时，选通立体声输入端1；当Mux Control为VDD时，选通立体声输入端2。

8. 滴答声检测功能

计算机和笔记本电脑中系统会产生一个的滴答声信号驱动一个小喇叭。喇叭的音频输出表示该系统需要使用者注意或输入什么。为了调节系统的报警信号，AT4836的11脚为单独输入接受滴答信号，在该输入端，内部探测电路检测滴答声信号的幅值。当滴答声信号的幅值大于 $V_{DD}/2$ 时，桥式输出放大器起作用，滴答声信号被放大，加载到与输出放大器相连的负载上。即使当静音脚起作用时，滴答声信号仍然可以加载到负载上。用输入电阻连接BEEP IN管脚和立体声输入管脚来调整不同的滴答声信幅值。这值为200K Ω ，用更高的电阻会减小应用于滴答声信号的增益。这些电阻必须使滴答声信号传输到立体声输入端。BEEP IN管脚只用来探测滴答声信号的幅值。而不会传输该信号到输出放大器。在系统报警信号加到BEEP IN管脚前，AT4836的SHUTDOWN模式必须不起作用。

9. 低功耗关断功能

加在管脚SHUTDOWN的逻辑高低电平控制AT4836的关断功能，当加在该管脚的电压为 V_{DD} 时便激活了低功耗关断功能，此时关断放大器的偏置电路，工作电流减到最小，所加的逻辑高电平最低为 $V_{DD}/2$ 。当接近电源电压的逻辑高电平加在管脚SHUTDOWN上时，就产生一个0.2 μ A的典型静态电流。若加的逻辑高电平低于电源电压，则关断电流会增大。

表1 SHUTDOWN、HP-IN和MUX 工作逻辑电平原理表

SHUTDOWN 引脚	HP-IN 引脚	MUX 通道选择引脚	工作模式(选择输入通道)
低电平	低电平	低电平	桥式输出
低电平	低电平	高电平	桥式输出
低电平	高电平	低电平	单端模式
低电平	高电平	高电平	单端模式
高电平	×	×	低功耗关断

有几种方法可以实现低功耗关断功能，包括用单极、单掷开关进行切换，用微控制器或微处理器输出来控制关断电路。如果开关的切换来实现，则需在管脚SHUTDOWN与V_{DD}间连上一个10kΩ的上拉电阻或管脚SHUTDOWN直接连到地。当管脚SHUTDOWN接地时放大器正常工作。当打开通过上拉电阻与V_{DD} 接的开关时，关断功能就启动。开关及上拉电阻确保管脚SHUTDOWN不会悬空，以免出现我们不希望的不定状态。一些系统中用微控制器或微处理器输出信号给管脚SHUTDOWN来控制关断功能，代替用到上拉电阻的关断电路。

10. 静音功能

当V_{DD}加到PIN5时，AT4836使放大器和DOCK输出端静音。在静音时，AT4836将放大系统报警信号，该信号的幅值满足BEEP探测电路。当0V加到PIN5时，AT4836恢复正常的非静音工作状态。把MUTE脚连接到V_{DD}或0V可以阻止不希望的静音行为。注意的是该脚不能悬空！！

11. 耳机检测功能

当4V到VDD之间的电压加到HP-IN脚时，AT4836将关断AMP2A和AMP2B，使桥式连接的负载静音。当该IC工作在单端模式时，静态电流的损耗将被减小。

12. 低音增强功能

当应用于小喇叭时，AT4836有提高低频响应的低音增强特性。BASS BOOST SELECT脚的电压值来控制低音增强功能。BASS BOOST SELECT脚在连GND时低音增强模式起作用。在低音增强模式时，AT4836在低频时的增益将增加，其频率由外部电容C_{BASS}设定。BASS BOOST SELECT脚在连VDD时，低音增强模式不作用。低音增强模式时，将强迫输出放大器工作在内部设定低频增益为2的状态。低音增强角频率由电容C_{BASS}设定。在低频时，电容是虚开路的，反馈电阻有两个10 KΩ的电阻组成。在高频时，电容是虚短路的，两个10 KΩ的电阻中有一个被短路。结果是在低频时桥式放大器的增益提高。当角频率为下式时，出现第一极点。

$$f_C = 1/(2\pi 10k\Omega C_{BASS}) \quad (6)$$

当 $f \ll f_C$ 时，桥式输出的差分增益是

$$2(10k\Omega + 10k\Omega) / 10k\Omega = 4 \quad (7)$$

当 $C_{BASS}=0.1\mu F$ 时，第一极点的角频率为160Hz。

13. 直流音量控制

通过设置DC VOL CONTROL管脚电压，AT4836可以实现内部立体声音量控制。DC VOL CONTROL管脚电压范围是0V到 V_{DD} 。音量范围是0dB到-80dB。当DC VOL CONTROL管脚电压大于 V_{DD} 的80%时，音量仍保持在0dB。

与所有音量控制一样，当听到被放大的信号作用在外部扬声器时，AT4836的内部音量控制将被设置。实际加在DC VOL CONTROL管脚的电压是听者想要的音量结果。因此，音量控制被设计用于含人的听觉和偏好的反馈系统中。这种反馈系统不需要精确的增益就可以很好地运行。使用者通过耳朵可简单地把音量设置在所希望大小上，而不需要考虑产生音量的实际直流电压值。因此，音量控制的精确度不是关键的，音量的调节能够与立体声通道很好地匹配，并且台阶尺寸应该是足够小的以获得所需的不是太高和太轻的音量。由于增益精度不是关键的，音量变化范围将来自直流控制电压的变化。给定的AT4836的增益可通过固定的外部电压设定，其他应用需要不同的控制电压来得到相同的增益。

14. 音频功率放大器的设计

(1) 设计一个双通道 8Ω 负载1W功率的音频放大器

给定条件：

输出功率 1Wrms

负载阻抗 8Ω

输入电平 1Vrms (最大)

输入阻抗 $20k\Omega$ (最小)

带 宽 100HZ-20kHz ± 0.25 dB

设计者必须首先确定所需的电源范围，以获得规定的输出功率。一种方法是从“典型性能特性”部分中的“输出功率-电源电压”曲线图，可以很容易推出电源范围。确定所需电源范围的第二种方式是给定负载阻抗时用等式(8)计算所需的 V_{OPEAK} 。为了估算放大器的内部消耗电压，基于特征性能“消耗电压-电源电压”曲线图，根据等式(8)得到的结果必须外加两个电源电压以补偿。这样，工作电压如等式(9)的所示结果。

$$V_{OPEAK}^2 = (2R_L P_O) \quad (8)$$

$$V_{DD} \geq (V_{OPEAK} + (V_{ODTOP} + V_{ODBOG})) \quad (9)$$

从“输出功率-电源电压”曲线图中可见负载为 8Ω 时最小工作电源电压为4.6V，通常电源电压为

5V即这个条件很容易满足。额外的电源电压产生动态空间，允许AT4836产生一个输出功率超过1W的非失真信号。同时设计者必须选定电源电压的和输出阻抗不能超过在“功耗”部分所阐述的条件。

在满足AT4836的功耗要求后，最小的差分增益需要在8Ω的负载上得到1W的损耗有（10）式获得

$$A_{VD} \geq \sqrt{(P_O R_L)} / (V_{IN}) = V_{orms} / V_{inrms} \quad (10)$$

因此，2.83的最小增益允许AT4836得到全输出摆动和保持低噪声和低的THD+N工作。例如，设置 $A_{VD}=3$ ，放大器的全增益由 R_i 和 R_f 来设置，输入电阻设为20KΩ，由（11）式的反馈电阻

$$R_f / R_i = A_{VD} / 2 \quad (11)$$

得 $R_f=30K\Omega$ 。

最后的设计是确定-3dB频率带宽规格。要达到放大±0.25dB的大量音频信号，则要求低频响应至少扩充了最低带宽频率限制点的1/5或最高带宽频率限制点的5倍，当带宽限制为0.17dB时，能满足这两个要求，这比所要求的±0.25dB要好。结果得到：

$$f_L = 100\text{Hz} / 5 = 20\text{Hz} \quad (12)$$

$$f_H = 20\text{kHz} \times 5 = 100\text{kHz} \quad (13)$$

如在“**选择适当的外围器件**”部分所描述的， R_i 和 C_i 构成的高通滤波器设定了截止低频率。下式可以得到耦合电容的值

$$C_i \geq 1 / (2\pi R_i f_L) \quad (14)$$

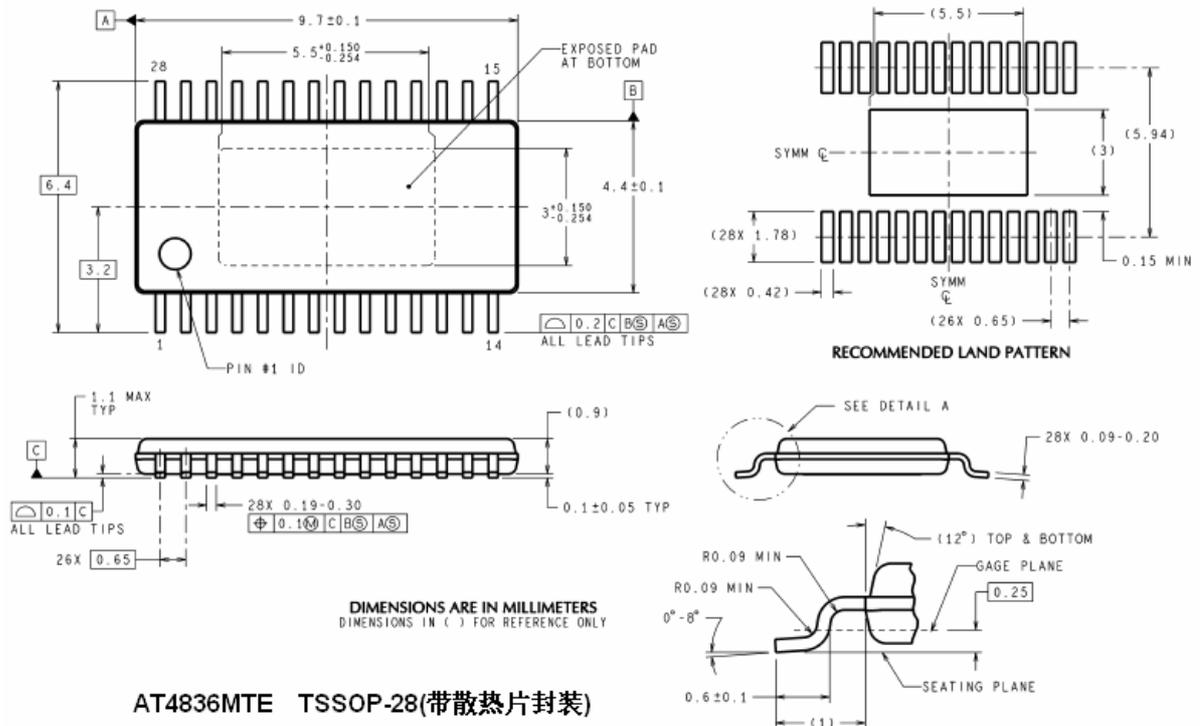
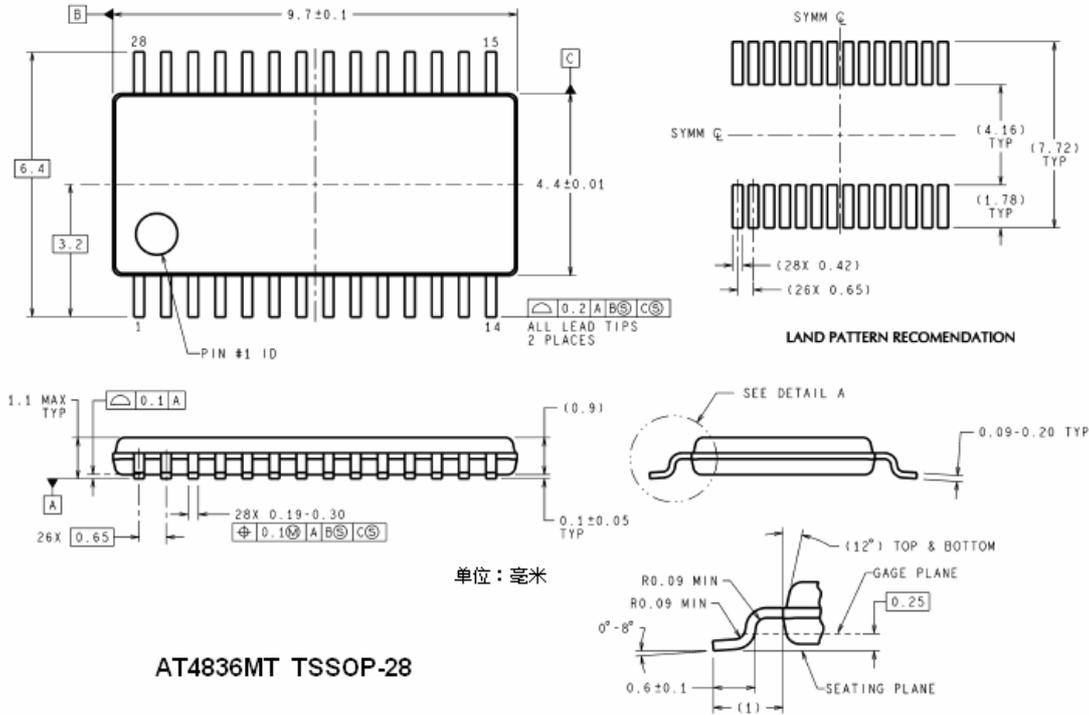
结果是

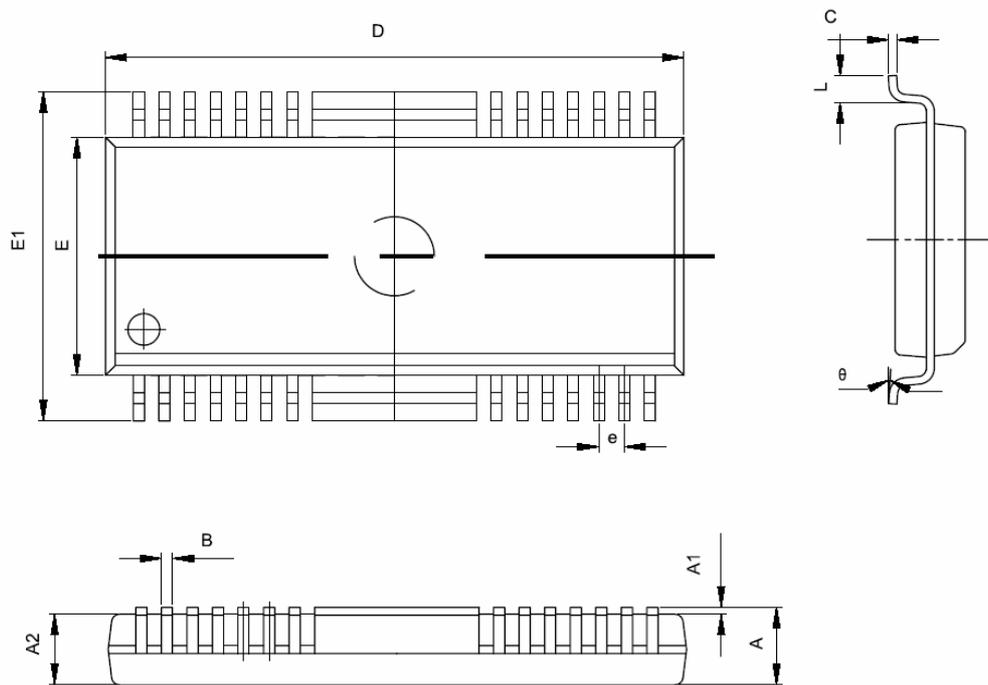
$$1 / (2\pi * 20\text{k}\Omega * 20\text{Hz}) = 0.397\mu\text{F} \quad (15)$$

采用0.39μF的电容，该值最接近标准值。

产品的高频极值 f_H （在此例中为100kHz）和差动增益 A_{VD} 决定高频响应的频率点。由 $A_{VD}=3$ ， $f_H=100\text{kHz}$ ，可得闭环增益带宽积（GBWP）是300kHz，这比AT4836的3.5MHz的GBWP小得多。这个容限范围表明，该放大器也适用于要求更多差动增益且具备消除带宽限制的特征。

十三. 封装信息





Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	2.280	2.630	0.090	0.104
A1	0.100	0.300	0.004	0.012
A2	2.180	2.330	0.086	0.004
B	0.230	0.470	0.009	0.019
C	0.204	0.360	0.008	0.014
D	17.890	18.190	0.704	0.716
E	7.400	7.600	0.291	0.300
E1	10.000	10.650	0.394	0.419
e	0.800(TYP)		0.031(TYP)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	1°	7°

AT4836MH HSOP-28封装