

≡HT4863≡

2.2W带立体声耳机输出模式的双声道音频功率放大器

一. 概述

HT4863 是一种带立体声耳机输出模式的双声道音频功率放大芯片。工作电压 5V，负载为 4Ω 电阻时平均输出功率为 2.2W；负载为 3Ω 电阻时平均输出功率为 2.5W，且最大失真率低于 1.0%。另外，当驱动立体声耳机时，放大器可工作在单端模式。

本音频功率放大器只需要很少的外围设备，便可以提供高品质的输出功率，极大简化音频系统设计，HT4863 在一块芯片上集合了双通道的桥式扬声器和立体声耳机。

HT4863 采用外部控制的低功耗关断模式，立体耳机放大模式，以及内部热敏关断保护机制，并利用电路的特性减小噪声（滴答声及爆裂声）和失真度。

二. 重要规格

1. 当输入信号频率为1kHz，取THD+N值为1%时，输出功率 P_o
HT4863M/HT4863N/HT4863MTE，接3Ω / 4Ω负载 2.5W(典型) / 2.2W(典型)
HT4863MT，接8Ω负载 1.2W(典型)
2. 单端模式，接32Ω 负载，当平均输出功率为75mW时，THD+N 0.5%(最大)
3. 关断电流 0.1μA (典型)
4. 电源电压范围 2.0V~5.5V

三. 特征

1. 实现外围控制
2. 低功率损耗与关断模式
3. 立体声耳机放大器模式和热阻保护
4. 通过电路设计滴答声抑制
5. TSSOP-20/SOP-16/DIP-16 封装形式

四. 应用

1. 多媒体监听器
2. 便携式计算机与台式计算机
3. 便携式电视机、DVD 等

五. 芯片封装引脚分布

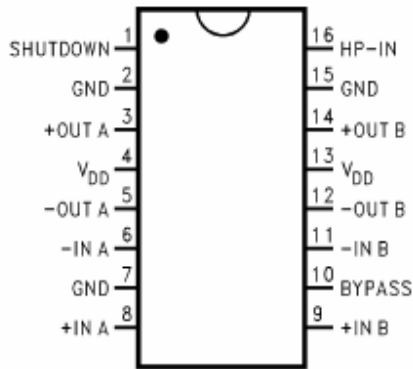


图 1 、SOP16 和 DIP 封装

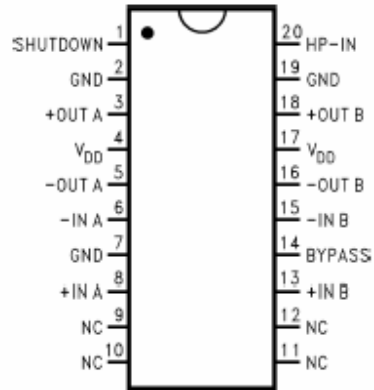


图 2 、TSSOP20 封装

说明：HT4863M（SOP16 封装），HT4863N（DIP 封装），HT4863MT（TSSOP20 封装），
HT4863MTE（TSSOP20 带散热片封装）。

六. 典型应用

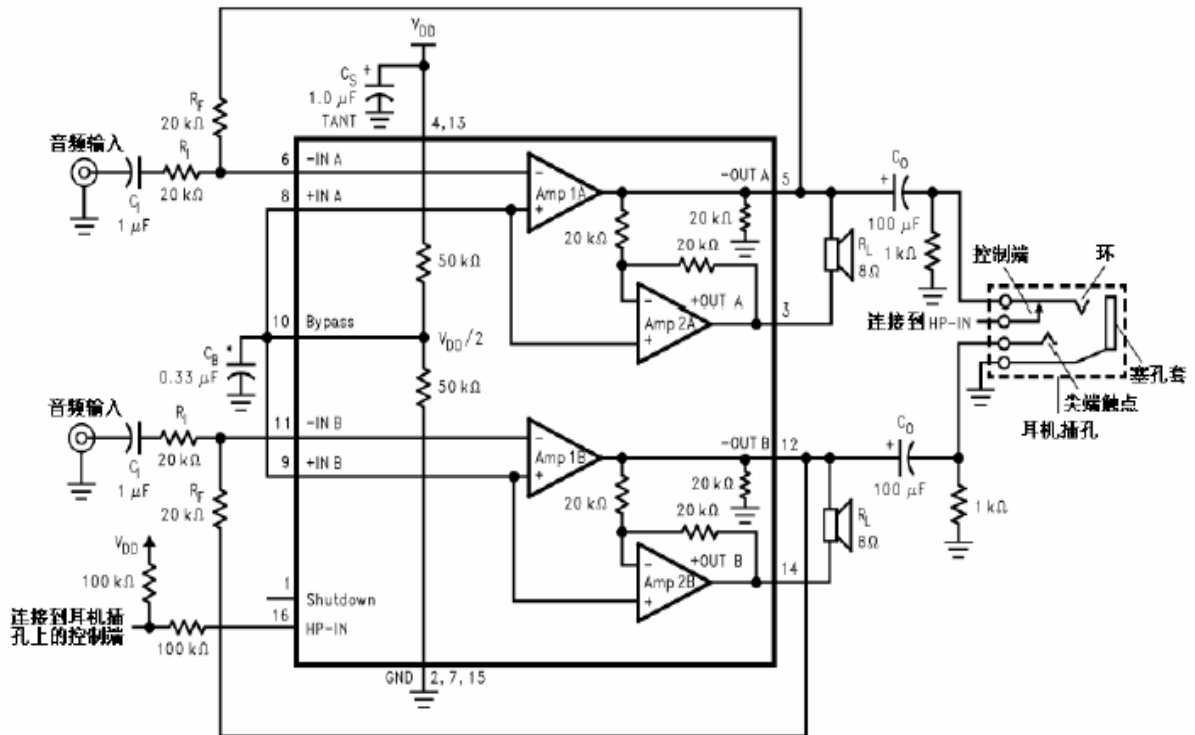


图 3 典型应用图

七. 管脚说明

名称	说明	I/O方向	功能
SHUTDOWN	关断	输入	高有效, 芯片进入低功耗状态
GND	地	输入	地
V _{DD}	电源	输入	电源
HP-IN	耳机输入	输入	控制耳机输出
BYPASS	参考电压	输入/输出	放大器的参考电压
+INA	A 放大器的正向输入	输入	作为 A 放大器的正向输入
- INA	A 放大器的反向输入	输入	作为 A 放大器的反向输入
+INB	B 放大器的正向输入	输入	作为 B 放大器的正向输入
- INB	B 放大器的反向输入	输入	作为 B 放大器的反向输入
+OUTA	A 放大器的正向输出	输出	作为 A 放大器的正向输出
- OUTA	A 放大器的反向输出	输出	作为 A 放大器的反向输出
+OUTB	B 放大器的正向输出	输出	作为 B 放大器的正向输出
- OUTB	B 放大器的反向输出	输出	作为 B 放大器的反向输出

八. 绝对最大额定值

电源电压	6.0V	ESD磁化系数(人体模型)	2000V
存储温度	-65°C ~ +150°C	ESD磁化系数(机器模型)	200V
输入电压	-0.3V~ V _{DD} +0.3V	结温	150°C
功耗	内部限制		

焊接信息

小型包装

气化态(60秒) 215°C

红外线(15秒) 220°C

热阻

θ_{JC} (典型)—M 20°C/W

θ_{JA} (典型)—M 80°C/W

θ_{JC} (典型)—N 20°C/W

θ_{JA} (典型)—N 63°C/W

θ_{JC} (典型)—MT20 20°C/W

θ_{JA} (典型)—MT20 80°C/W

九. 工作额定值

温度范围: $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$ $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$

电源电压 $2.0\text{V} \leq V_{\text{DD}} \leq 5.5\text{V}$

十. 电学特性

电气特性: 对完全芯片设计, 下面特性适用于 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$

信号	参数	条件	AT4863		单位
			典型值	极限值	
V_{DD}	电源电压			2	V
				5.5	V
I_{DD}	静态电源电流	$V_{\text{IN}}=0\text{V}$, $I_{\text{O}}=0\text{A}$, $\text{HP-IN}=0$;	7	10 (max) 5 (min)	mA mA
		$V_{\text{IN}}=0$, $I_{\text{O}}=0\text{A}$, $\text{HP-IN}=4\text{V}$	5		mA
V_{IH}	耳机采样高电压			4	V
V_{IL}	耳机采样低电压			0.8	V
I_{SD}	关断电流		0.7	2	uA

桥式操作的电气特性: 下面特性适用于 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$

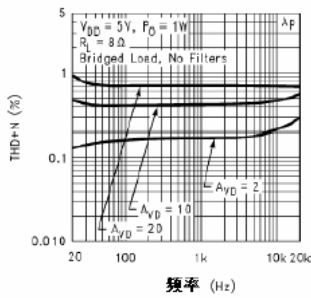
信号	参数	条件	AT4863		单位
			典型值	极限值	
V_{OS}	输出水平电压	$V_{\text{IN}}=0\text{V}$	5	50	mV
P_{O}	输出功率	THD+N=1%, $f=1\text{kHz}$ $R_{\text{L}}=3\Omega$; $R_{\text{L}}=4\Omega$; $R_{\text{L}}=8\Omega$;	2.5 2.2 1.5		W W W
		THD+N=10%, $f=1\text{kHz}$ $R_{\text{L}}=3\Omega$; $R_{\text{L}}=4\Omega$; $R_{\text{L}}=8\Omega$;	3.2 2.7 2	1.5	W W W
		THD+N=1%, $f=1\text{kHz}$ $R_{\text{L}}=32\Omega$	0.34		W
THD+N	总的谐波失真和噪声	$20\text{Hz} < f < 20\text{kHz}$ $R_{\text{L}}=4\Omega, P_{\text{O}}=2\text{W}$ $R_{\text{L}}=8\Omega, P_{\text{O}}=1\text{W}$	0.3 0.1		% %
PSRR	电源抑制比	$V_{\text{DD}}=5\text{V}$, $V_{\text{RIPPLE}}=200\text{mV}_{\text{RMS}}$, $R_{\text{L}}=8\Omega$, $C_{\text{B}}=1.0\mu\text{F}$	67		dB
XTALK	通道分离	$f=1\text{kHz}$, $C_{\text{B}}=1.0\mu\text{F}$, $R_{\text{L}}=8\Omega$	90		dB
SNR	信噪比	$R_{\text{L}}=8\Omega$, $P_{\text{O}}=1.1\text{W}$	98		dB

单端操作的电气特性：下面的特性适用于 $V_{DD}=5V$, $T_A=25^\circ C$

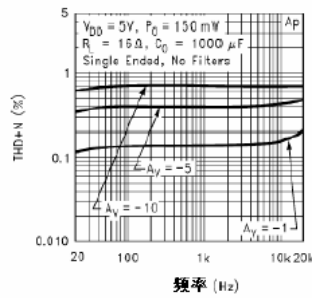
信号	参数	条件	AT4863		单位
			典型值	极限值	
V_{OS}	输出水平电压	$V_{IN}=0V$	5	50	mV
P_O	输出功率	$f=1kHz$, THD+N=0.5%, $R_L=32\Omega$;	105	85	mW
		THD+N=1%, $R_L=8\Omega$;	340		mW
		THD+N=10%, $R_L=32\Omega$	440		mW
THD+N	总的谐波失真和噪声	20Hz< f <20kHz $R_L=32\Omega, P_O=75mW$	0.04		%
XTALK	通道分离	$f=1kHz$, $CB=1.0\mu F$, $R_L=8\Omega$	65		dB
SNR	信噪比	$R_L=8\Omega, P_O=340mW$	95		dB

十一. 典型特性曲线

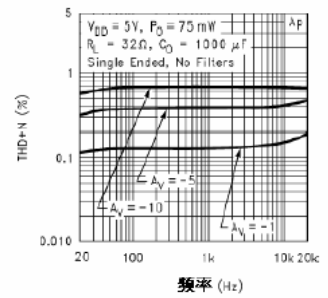
THD+N vs 频率



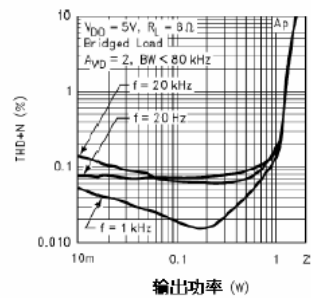
THD+N vs 频率



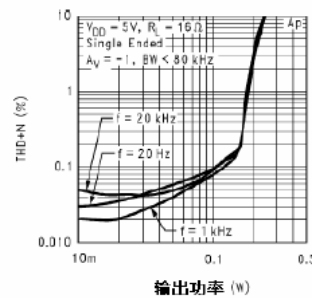
THD+N vs 频率



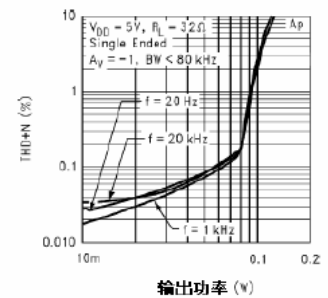
THD+N vs 输出功率



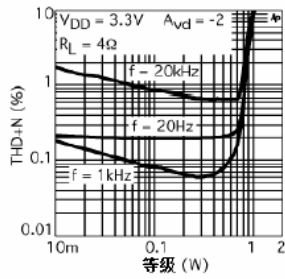
THD+N vs 输出功率



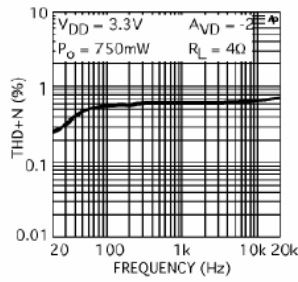
THD+N vs 输出功率



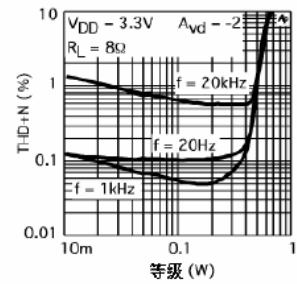
THD+N vs 输出功率



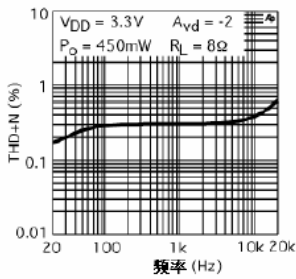
THD+N vs 频率



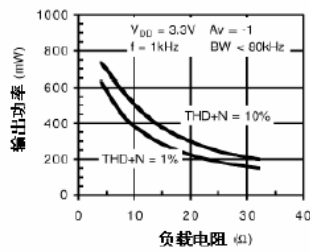
THD+N vs 输出功率



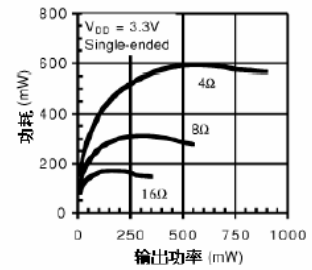
THD+N vs 频率



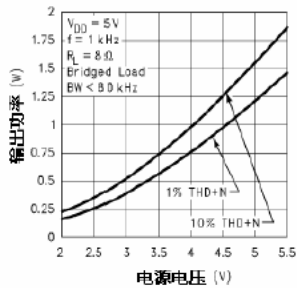
输出功率 vs 负载电阻



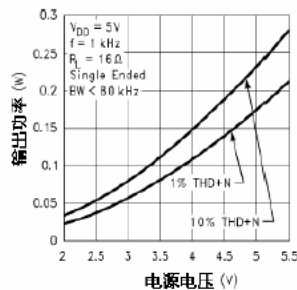
功耗 vs 电源电压



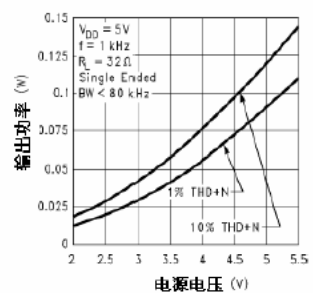
输出功率 vs 电源电压



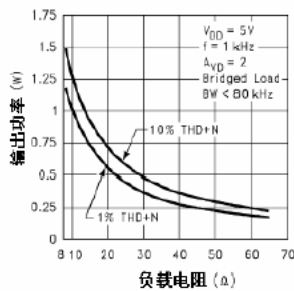
输出功率 vs 电源电压



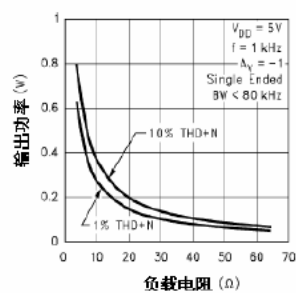
输出功率 vs 电源电压



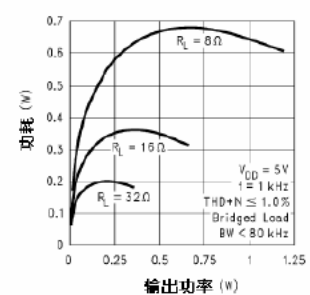
输出功率 vs 负载电阻



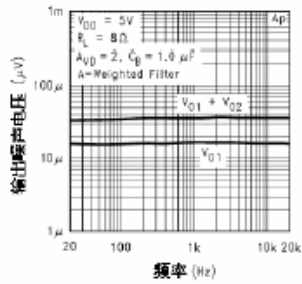
输出功率 vs 负载电阻



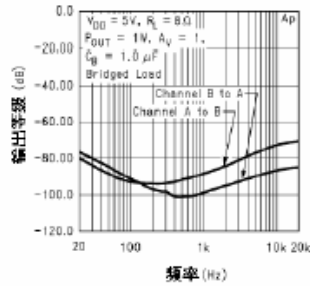
功耗 vs 输出功率



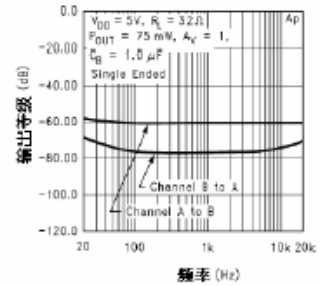
噪音最低标准



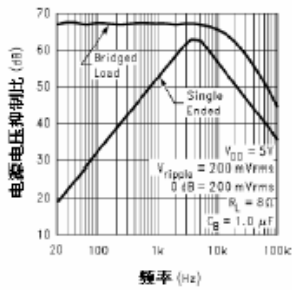
声道隔离



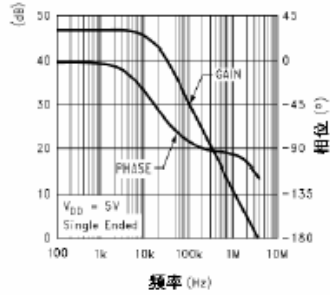
声道隔离



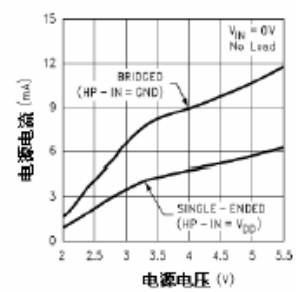
电源电压抑制比



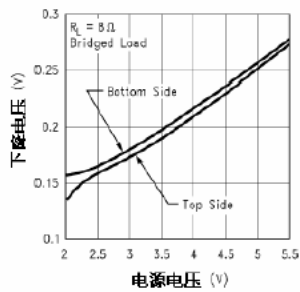
开环频率响应



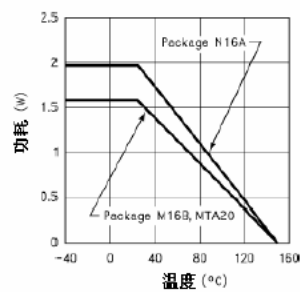
电源电流 vs 电源电压



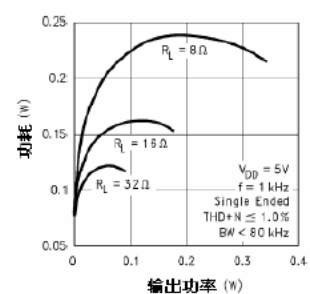
下降电压 vs 电源电压



功率下降曲线



功耗 vs 输出功率



十二. 应用信息

1. 驱动 3Ω 和 4Ω 负载时 PCB 布局及补偿调节考虑事项

在有阻抗的负载两端加上交流电压可产生功耗，当负载减小时，负载的功耗增大并随运算放大器输出端和负载间的连线（PCB连线和金属连线）而变化。余下的很小的内部阻抗消耗微量电压，这是我们不想要的。比如，0.1Ω 的内部阻抗可使4Ω 负载的功率从2.1W减小到2.0W。当负载阻抗减少时，负载功耗减少的问题加重。所以，为能得到高质量的输出功率和较宽的工作频率，PCB中输出端与负载的连接应尽量宽。相反，小功率补偿调节影响最大输出功率。当负载电流增大时小电压输出补偿减小。减小供给电压会减少净空高度、降低输出信号速度和减速小输出功率。甚至当及时调节工作电压时内部阻抗产生的效果与较小的工作电压产生的效果也一样。因此，尽可能使PCB连线足够宽以便能保证输出的电压较理想。

2. 桥式输出结构说明

由图 3 中可知，HT4863 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 20kΩ 的电阻组成了放大器 2A 反向端的闭环增益。放大器驱动的负载如扬声器，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。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。

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

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。

3. 功耗

要设计一个成功的放大器，无论这个放大器是桥式还是单终端式，功耗都应该重点考虑。等式 (2) 表明单终端放大器在给定电源电压、驱动一定的负载时最大输出功率为：

$$P_{D\text{MAX}} = (V_{DD})^2 / (2\pi^2 R_L) \quad (\text{单端}) \quad (2)$$

然而，桥式放大器中传递给负载的功率增大也导致内部功耗的增加。由于HT4863 的一个

通道中含有两个运算放大器，所以桥式工作模式的最大内部功耗是单终端模式的 4 倍。等式 (3) 表明桥式放大器在给定 5V 电源电压、驱动 4Ω 的负载时最大输出功率单通道为 1.27W 或立体模式（双通道）为 2.54W。

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

从等式 (3) 中计算得的最大功耗点一定不会比等式 (4) 的功耗点大：

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

由于 AT4863 的 $T_{\text{JMAX}}=150^\circ\text{C}$ ，MT 封装中焊接到与 PCB 上 2in^2 铜片连接的 DAP 衬垫的热阻 θ_{JA} 为 $41^\circ\text{C}/\text{W}$ 。依赖于系统周围的环境温度 T_A ，所以等式 (4) 可用以决定由 IC 组件支持的最大内部功耗。重新整理等式 (4) 并代入 P_{DMAX} 得到等式 (5)，该等式表明在 AT4863 的结温不变时，环境温度也随音频系统输出功率有所变化。

$$T_A = T_{\text{JMAX}} - 2 \times P_{\text{DMAX}} \theta_{\text{JA}} \quad (5)$$

对于 5V 电源 4Ω 负载的典型应用，在不超过最大结温及能输出最大音频功率情况下最大可能环境温度 MT 封装为 45°C 。

$$T_{\text{JMAX}} = P_{\text{DMAX}} \theta_{\text{JA}} + T_A \quad (6)$$

等式 (6) 给出了最大结温 T_{JMAX} 。如这个结果影响到 HT4863 的 θ_{JA} 至 150°C ，通过减小工作电压或提高负载阻抗达到减小最大结温，再进一步可通过环境温度补偿来实现。

以上所述均假定器件运行在最大功耗点附近。由于内部功耗是输出功率的函数，当输出功率减小时，环境温度可进一步提高。

4. 参考电压

对任何功率放大器，合适的参考电压对于降低噪声是很关键的。当采用一个 5V 的稳压器时，通常用一个 10μF 和一个 0.1μF 的滤波电容并联来稳定稳压器的输出，从而降低噪声和改善电源的瞬态响应。然而即使存在这两个电容，仍然需要在电源引脚和地之间连接一个 1.0μF 的钽参考电容。不能用陶瓷电容代替钽电容，否则会引起输出信号的振荡。尽量缩短将电容器连接在电源引脚和地之间所用导线和电路的长度。在参考电压引脚和地之间连接一个 1μF 的电容以改善内部偏置电压的稳定性和放大器的 PSRR。随着这个电容值的增大 PSRR 的改善也更加明显。但如果电容值过大，也会使启动时间增加，同时会引入放大器的滴答声现象。参考电容值的选择取决于以下因素，包括对 PSRR 的要求，滴答声现象（在这里可以理解为，适当的外围电路的选择），系统成本和尺寸限制。

5. 低功率关断

应用到关断引脚的电压，控制着 HT4863 的关断功能。通过将 V_{DD} 电源连接到关断引脚来激

活低功耗关断，从而关闭了放大器的偏置电路，降低电源电流。逻辑上阈值为 $V_{DD}/2$ 。如果供给关断引脚的电源近似为 V_{DD} ，将得到一个典型的 $0.7\mu A$ 的关断电流。低于 V_{DD} 的电压值可能使关断电流增大。有几种方法可以控制低功耗关断。包括用一个单刀单置开关，一个微处理器或一个微控制器。选择使用一个开关时，在关断引脚和 V_{DD} 之间连接一个 $10k\Omega$ 的上拉电阻，开关连接在关断引脚和地之间。关闭开关选择放大器正常的工作状态，打开开关通过上拉电阻将关断引脚连接到 V_{DD} 从而激活低功耗关断。开关和电阻保证了关断引脚不致悬空，从而避免了不必要的状态转换。带有微处理器和微控制器的系统，用一个数字输出来产生关断引脚的控制电压，用激活的电路来驱动关断引脚从而取消了上拉电阻。

表1 SHUTDOWN和HP-IN操作的逻辑真值表

SHUTDOWN	HP-IN	工作模式
低电平	逻辑低	桥式
低电平	逻辑高	单端
高电平	逻辑低	低功耗关断
高电平	逻辑高	低功耗关断

6. HP-IN 功能

在HP-IN耳机控制引脚输入一个介于 $4V$ 和 V_{DD} 之间的电压从而关闭放大器2A和2B，将桥式连接的负载消音。这样当集成电路是单端模式时，可以降低静态电流的损耗。

图4给出了耳机控制功能的实现。如果没有耳机连接到耳机插座，R1-R2电压分配器输入到HP-IN引脚的电压约为 $50mV$ 。这一电压使放大器1B和2B开始工作，从而使HT4863工作在桥式模式。输出耦合电容阻断了放大器的直流电压从而保护耳机。

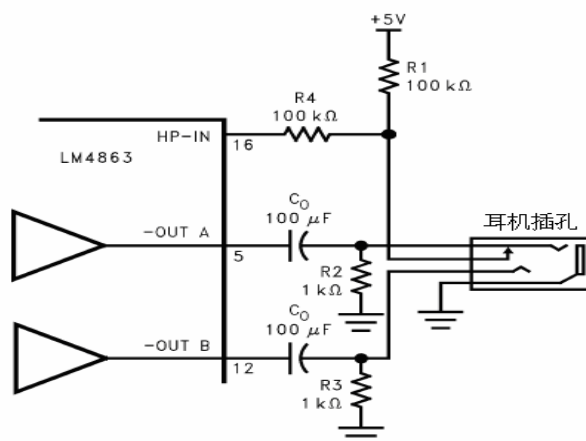


图4 耳机电路

AT4863工作在桥式模式时，加在负载上的直流电压实际上为0V。HP-IN阈值设置为4V。这样，即使在理想状态，输出信号的摆动也不会引起错误的单端触发。将耳机连接到耳机插座从而断开了插座和-OUTA的连接并通过R1将HP功能引脚上拉到V_{DD}。这样实现了耳机功能，关闭放大器2A和2B，并将桥式扬声器消音。放大器驱动的耳机，其阻抗和电阻R2、R3是并联的。这些电阻对AT4863的输出驱动能力的作用可以忽略，因为耳机的典型电阻为32Ω。

图4也是耳机插孔的电性连接关系示意图，插孔为一组三线插头的设计，尖端和环分别为立体双声道的一个信号输出，然而最外端的环为地。当连接耳机时有一个控制端连接的耳机插孔足以驱动HP-IN管脚。一个微处理器或开关可以代替耳机插孔中连接控制端的功能，微处理器或开关向HP-IN提供4V~V_{DD}的电压，这样连接扬声器的桥式模式便停止工作且Amp1A和Amp2A分别驱动耳机的左、右声道。

7. 选择适当的外围电路

要优化HT4863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HT4863正常工作，要获得最佳的功能仍需优化参数值。

HT4863是增益稳定的，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。

(1) 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还影响芯片的滴答声现象。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3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。

(2) 参考电容值的选择

除了要使输入电容的尺寸最小化之外，也要认真考虑连接到关断引脚的电容的大小。因为这个电容决定了HT4863进入静态工作状态的快慢，它的值对最小化初始瞬态响应是很关键的。HT4863的输出达到静态直流电压的时间越长，初始的瞬态响应就越小。选择1.0uF的电容同时配以一个在0.1uF到0.39uF间变化的小电容，可以产生一个滴答声和爆裂声都较小的关断功能。

由以上讨论可知，选择一个不超过指定带宽要求的电容 C_i 可以帮助降低滴答声现象。

8. 避免滴答声现象的功能优化

HT4863 包含有使开启或关断的瞬态值或“滴答声和爆裂声”减到最小的电路。讨论中开启指的是电源电压的加载或撤消关断模式。当电源电压逐渐升至最终值时，HT4863 的内部放大器就好比配置成整体增益的缓冲器一样，内部电流源加载一个受线性方式约束的电压到 BYPASS 管脚。理论上输入和输出的电压高低将随加到 BYPASS 管脚的电压而改变。直到加载至 BYPASS 管脚的电压升到 $V_{DD}/2$ ，内部放大器的增益保持整体稳定。加载到 BYPASS 管脚上的电压一稳定，整个器件就处于完全工作状态。虽然不能改变 BYPASS 管脚的电流，但 C_B 的改变可以改变器件的开启时间和大量的“滴答声和爆裂声”。无论如何，从这种现象中得到一种权衡： C_B 增大，开启电压便随之增大，且二者成线性关系。以下是不同的 C_B 值及其对应的开启时间。

C_B	T_{ON}
0.01 μF	20ms
0.1 μF	200ms
0.22 μF	440ms
0.47 μF	940ms
1.0 μF	2sec

为了消除噪声，所有的电容须在开启前放电。迅速的关闭电闸不能使电容完全放电反而导致“滴答声和爆裂声”。在单终端工作模式中，输出通过 C_{OUT} 连接到负载，通常这个电容较大，它通过 $20k\ \Omega$ 的内部电阻放电。 C_{OUT} 的放电时间持续长短依赖于它的尺寸大小，为了减小单终端模式下瞬态响应的影响，在外部配置一个与内部 $20k\ \Omega$ 电阻并联的 $1k\ \Omega \sim 5k\ \Omega$ 的电阻，但这个电阻会增大静态电流。

9. 无负载稳定性

当负载电阻大于 $10k$ 时，HT4863 可能会有微小的振荡。而只有在输出信号振幅接近电源电压是这个振荡才会产生。可以通过在输出引脚和地之间接入一个 $5k$ 的电阻来防止振荡。

10. 音频功放的设计

设计一个音频功放的条件：

功率输出	1W
负载电阻	$8\ \Omega$
输入电平	1V
输入电阻	$20k\ \Omega$
带宽	$100Hz \sim 20kHz \pm 0.25dB$

设计的输出功率决定最小电源电压。一种确定电源电压的方法是利用输出功率—电源电压

曲线。另一种方法是，对于给定的负载电阻，计算输出电压峰值以获得需要的输出功率。为了计算放大器的遗失电压，需要在结果中加入另外两个电压，这两个电压是基于消耗电压-电源电压曲线得到的。根据等式（8）得到的结果必须外加两个电源电压以补偿。这样工作电压结果如式（9）所示：

$$V_{\text{opeak}} = \sqrt{(2R_L P_O)} \quad (8)$$

$$V_{\text{DD}} \geq (V_{\text{OUTPEAK}} + (V_{\text{ODTOP}} + V_{\text{ODBOT}})) \quad (9)$$

由8欧姆负载的输出功率-电源电压图可知需要一个4.6V的最小电压，很容易由通常采用的5V电源电压来实现。电源电压的选择同时要避免最大功率损耗。

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

满足了HT4863的功耗要求后，最小差分增益可以通过式（10）得到。

这样，2.83的最小增益使HT4863达到最大的输出振幅，同时保持低噪声和低THD+N。

放大器的总增益由输入电阻和反馈电阻决定。确定了输入电阻为20kΩ，反馈电阻可由式（11）得到

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

Rf的值为30kΩ

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。这就使得低频和高频极点分别为

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

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

如在“外部组件”部分所描述的，R_i和C_i连接形成一个高通滤波器以截止低频率信号。可从等式（14）得出所连接电容的值。

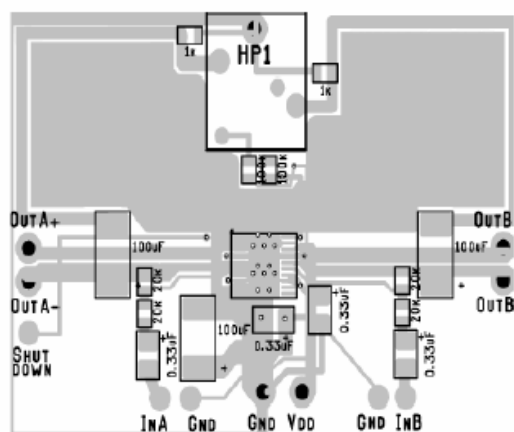
$$C_i \geq \frac{1}{2 \pi R_i f_c} \quad (14)$$

$$\text{结果为 } 1 / (2 \pi * 20\text{k}\Omega * 20\text{Hz}) = 0.398 \mu\text{F} \quad (15)$$

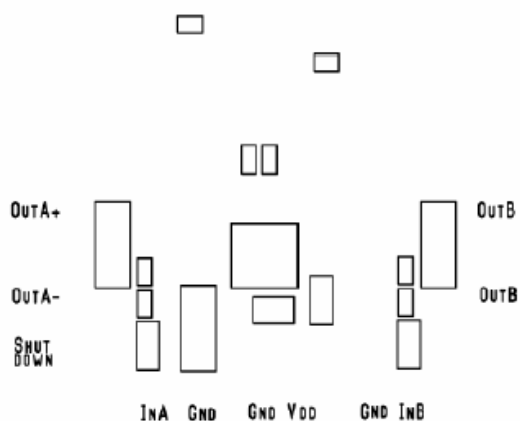
该电容取最接近标准值的0.39 μF。产品的高频极值F_H（在此例中为100kHz）和差动增益A_{VD}决定高频响应的频率点。由A_{VD}=3，F_H=100kHz可得闭环增益带宽（GBWP）是300kHz，这比市场同类产品的3.5MHz的GBWP小得多。这个容限范围表明，该放大器也适用于要求更多差动增益且具备消除带宽限制的特征。

11. 推荐 PCB 板布局

图5为推荐的20管脚HT4863的MT封装形式PCB应用电路板版面及联接点布局图，本电路板适用于5V电源电压4Ω扬声器负载的测试、应用电路。这个电路板使用起来很简单，V_{DD}和GND焊点分别连到5V的电压和地，两个4Ω的扬声器负载分别连在电路板-OUTA和+OUTA焊点、-OUTB和+OUTB焊点之间。

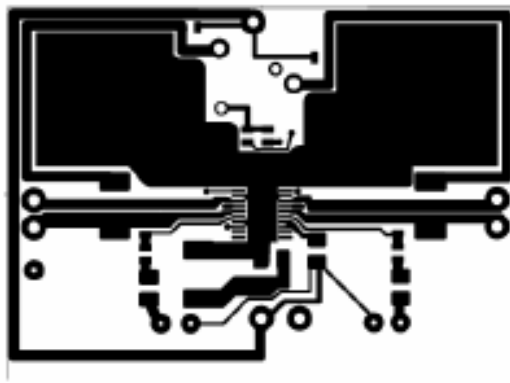


(a) TSSOP20封装PCB板布局（全部层）

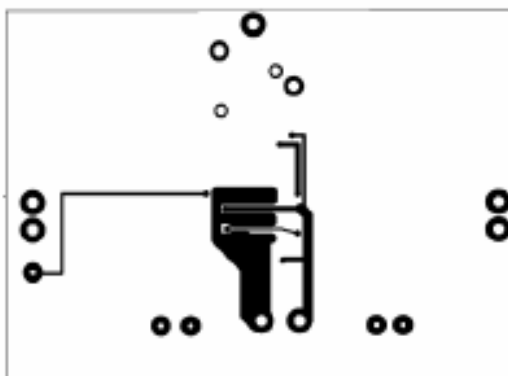


(b) TSSOP20封装PCB板布局（丝网层）

网层)



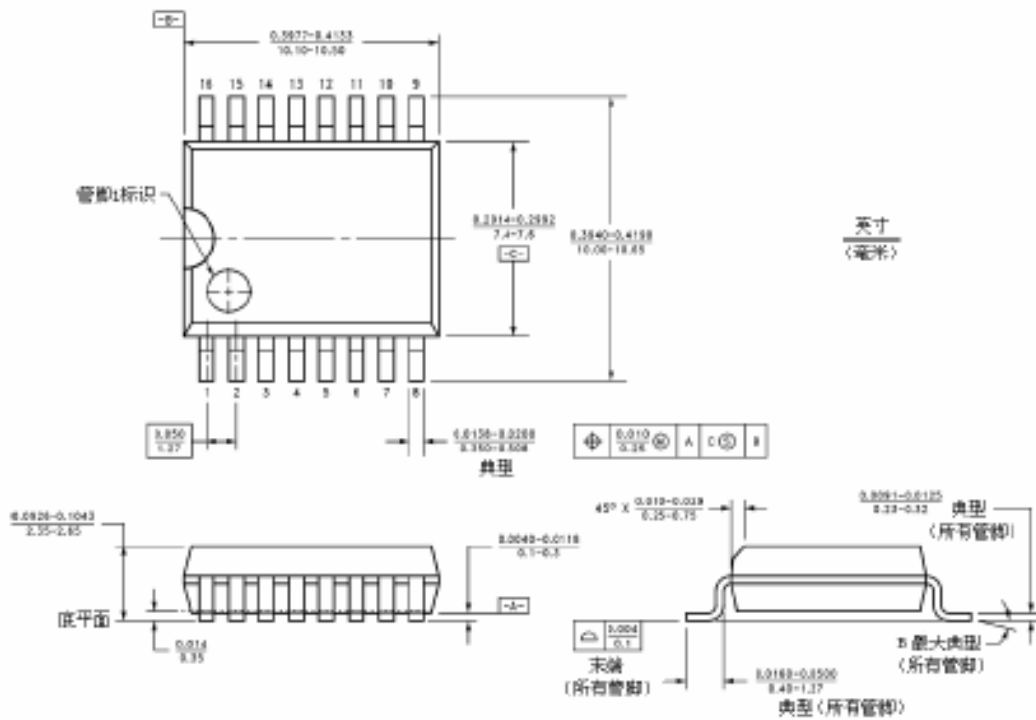
(c) TSSOP20封装PCB板布局（正面）



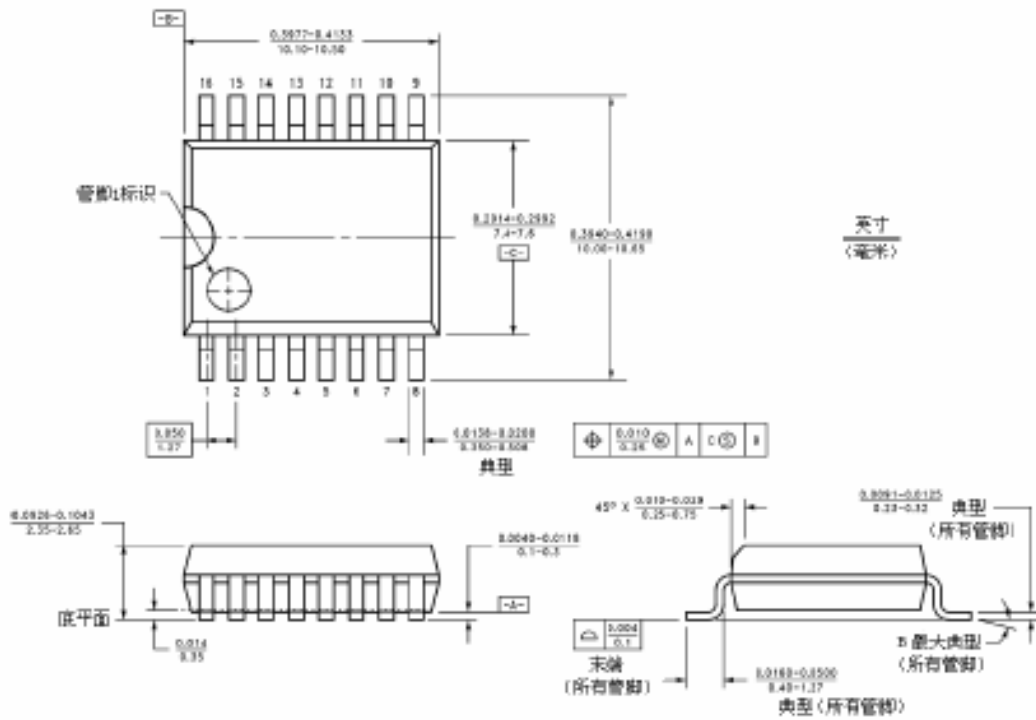
(d) TSSOP20封装PCB板布局（反面）

图5 推荐PCB板布局

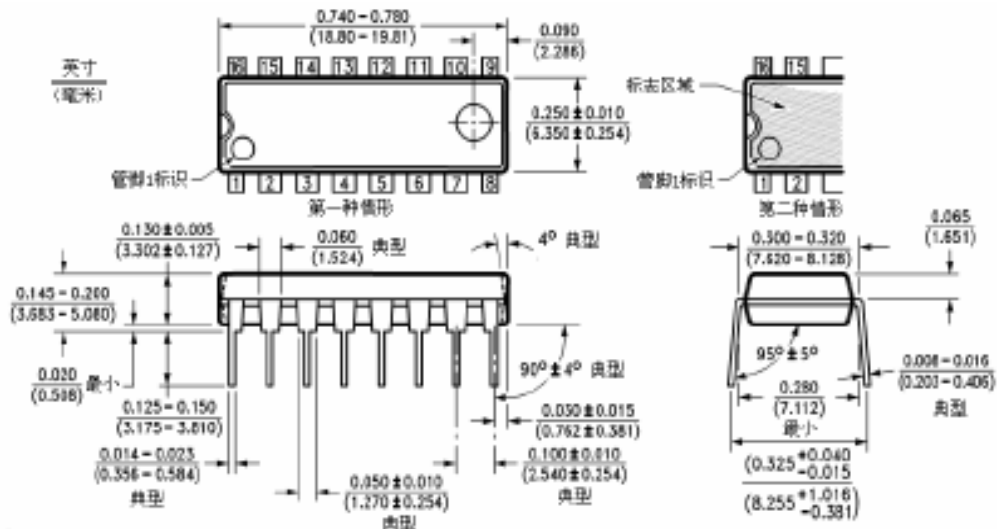
十三. 封装信息



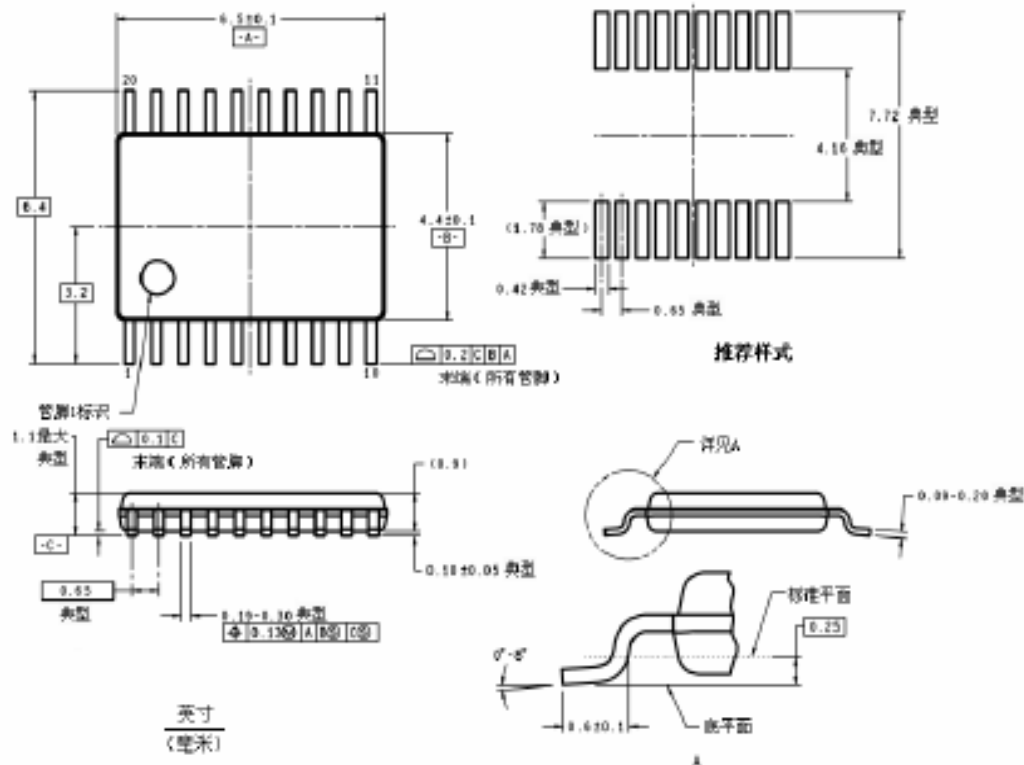
16- 引脚 (宽 0.300") 模式的 SOFP 封装, JEDEC



16- 引脚 (宽 0.300") 模式的 SOFP 封装, JEDEC



16-引脚（宽 0.300"）模式的 DIP 封装



20-引脚模式 PKG, TSSOP 封装, JEDEC, 主体部分宽 4.4mm