

### 特性

数字I<sup>2</sup>S接口，提供高精度24-bit数据

高信噪比(SNR): 61 dBA

高灵敏度: -26 dBFS

平坦的频率响应: 60 Hz至15 kHz

低功耗: 1.4 mA

高电源抑制(PSR): -75 dBFS

小型4.72 mm × 3.76 mm × 1 mm表贴封装

与锡/铅和无铅焊接工艺兼容

符合RoHS/WEEE标准

### 应用

电话会议系统

游戏机

移动设备

笔记本电脑

平板电脑

安保系统

### 概述

ADMP441<sup>1</sup>是一款高性能、低功耗、数字输出、提供底部收音孔的全向MEMS麦克风。完整的ADMP441解决方案由MEMS传感器、信号调理电路、模数转换器、抗混叠滤波器、电源管理和业界标准24-bit I<sup>2</sup>S接口组成。ADMP441利用I<sup>2</sup>S接口与数字处理器(例如: DSP、微控制器)直接相连,因此,在系统中无需使用音频编解码器。

### 功能框图

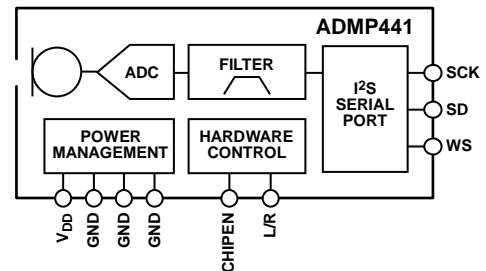


图1

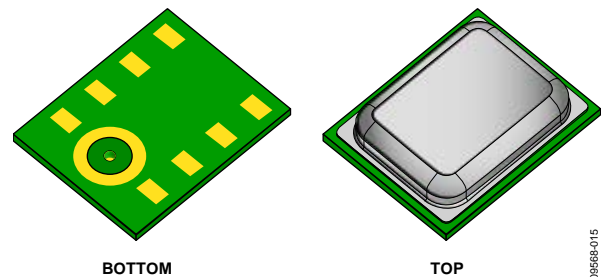


图2. ADMP441 麦克风封装的等比视图

ADMP441具有高信噪比(SNR)和高灵敏度,堪称远场应用的绝佳选择。平坦的宽带频率响应能够呈现高度清晰的自然声音。内置微粒过滤器可提高该器件的可靠性。

ADMP441采用薄型4.72 mm × 3.76 mm × 1 mm表贴封装,支持回流焊,而不会引起灵敏度下降。ADMP441不含卤素。

<sup>1</sup>受美国专利第7,449,356号、7,825,484号、7,885,423号和7,961,897号保护,其他专利正在申请中。

### Rev. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113 ©2011–2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

## 目录

特性.....	1	了解灵敏度 .....	8
应用.....	1	电源管理.....	8
功能框图.....	1	启动 .....	8
概述.....	1	I <sup>2</sup> S数据接口.....	8
修订历史.....	2	数字滤波器特性.....	10
技术规格.....	3	应用信息.....	11
I <sup>2</sup> S数字输入/输出.....	4	电源去耦.....	11
时序图 .....	4	使用说明.....	11
绝对最大额定值.....	5	支持文档.....	11
ESD警告.....	5	布局和设计建议.....	12
引脚配置和功能描述.....	6	外形尺寸.....	13
典型性能参数.....	7	订购指南.....	13
工作原理.....	8		

## 修订历史

### 2012年1月—修订版0至修订版A

更改电路笔记标题 .....	11
更新“外形尺寸” .....	13
删除图18 .....	13

### 2011年10月—修订版0：初始版

## 技术规格

除非另有说明， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = 2.4\text{ V}$ ， $\text{SCK} = 3.072\text{ MHz}$ ， $\text{SPL} = 104\text{ dB}$  (3.16 Pa rms)。保证所有最低和最高技术规格。不保证典型技术规格。

表1.

参数	符号	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
性能性				全向		
方向						
94 dB SPL时的灵敏度 <sup>1</sup>		1 kHz, 104 dB SPL	-29	-26	-23	dBFS
信噪比	SNR	20 kHz带宽, A加权		61		dB
等效输入噪声	EIN	20 kHz带宽, A加权		33		dB SPL
动态范围		从EIN和最大声学输入得出		87		dB
频率响应 <sup>2</sup>		低频-3 dB点		60		Hz
		高频-3 dB点		15		kHz
		通带内与平坦响应的偏差限值		-3/+2		dB
总谐波失真	THD	104 dB SPL			3	%
电源抑制	PSR	217 Hz、100 mV p-p方波叠加于 $V_{DD}$		-75		dBFS
最大声学输入		峰值		120		dB SPL
本底噪声		20 Hz至20 kHz, A加权, 均方根		-87		dBFS
电源						
电源电压	$V_{DD}$		1.8		3.3	V
电源电流	$I_{DD}$					
$V_{DD} = 1.8\text{ V}$						
正常模式				1.4	1.6	mA
待机					0.8	mA
掉电					2	$\mu\text{A}$
$V_{DD} = 3.3\text{ V}$						
正常模式				2.2	2.5	mA
待机					0.8	mA
掉电					4.5	$\mu\text{A}$
数字滤波器						
群延迟		$f_s = 48\text{ kHz}$		$17.25/f_s$		秒
		$f_s = 16\text{ kHz}$		359		$\mu\text{s}$
				1078		$\mu\text{s}$
通带纹波					$\pm 0.04$	dB
阻带衰减				60		dB
通带		$0.423 \times f_s$		20.3		kHz

<sup>1</sup> 峰峰值幅度相对于 $2^{24} - 1$ 峰峰值幅度。激励曲线为带有3.1623 Pa幅度均方根值的104 dB SPL正弦曲线。灵敏度相对于1 Pa。

<sup>2</sup> 参见图6和图8。

# ADMP441

## I<sup>2</sup>S数字输入/输出

除非另有说明,  $-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$ ,  $1.8\text{ V} < V_{\text{DD}} < 3.3\text{ V}$ 。

表2.

参数	符号	测试条件/注释	限值 <sup>1</sup>		单位
			最小值	最大值	
数字输入					
低电压输入(L/R, WS, SCK)	$V_{\text{IL}}$		0	$0.25 \times V_{\text{DD}}$	V
高电压输入(L/R, WS, SCK)	$V_{\text{IH}}$		$0.7 \times V_{\text{DD}}$	$V_{\text{DD}}$	V
SD数字输出					
低电压输出	$V_{\text{OL}}$	$V_{\text{DD}} = 1.8\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.25\text{ mA}$		$0.1 \times V_{\text{DD}}$	V
低电压输出	$V_{\text{OL}}$	$V_{\text{DD}} = 1.8\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.7\text{ mA}$		$0.3 \times V_{\text{DD}}$	V
高电压输出	$V_{\text{OH}}$	$V_{\text{DD}} = 1.8\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.7\text{ mA}$	$0.7 \times V_{\text{DD}}$		V
高电压输出	$V_{\text{OH}}$	$V_{\text{DD}} = 1.8\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.25\text{ mA}$	$0.9 \times V_{\text{DD}}$		V
低电压输出	$V_{\text{OL}}$	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.5\text{ mA}$		$0.1 \times V_{\text{DD}}$	V
低电压输出	$V_{\text{OL}}$	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 1.7\text{ mA}$		$0.3 \times V_{\text{DD}}$	V
高电压输出	$V_{\text{OH}}$	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 1.7\text{ mA}$	$0.7 \times V_{\text{DD}}$		V
高电压输出	$V_{\text{OH}}$	$V_{\text{DD}} = 3.3\text{ V}, I_{\text{SINK}} = 0.5\text{ mA}$	$0.9 \times V_{\text{DD}}$		V

<sup>1</sup> 限值基于特性数据, 未经生产测试。

表3. 串行数据端口时序规格

参数	描述	最小值	最大值	单位
$t_{\text{SCH}}$	SCK高电平	50		ns
$t_{\text{SCL}}$	SCK低电平	50		ns
$t_{\text{SCP}}$	SCK周期	312		ns
$f_{\text{SCK}}$	SCK频率	0.5	3.2	MHz
$t_{\text{WSS}}$	WS建立	0		ns
$t_{\text{WSH}}$	WS保持	20		ns
$f_{\text{WS}}$	WS频率	7.8	49.3	kHz

## 时序图

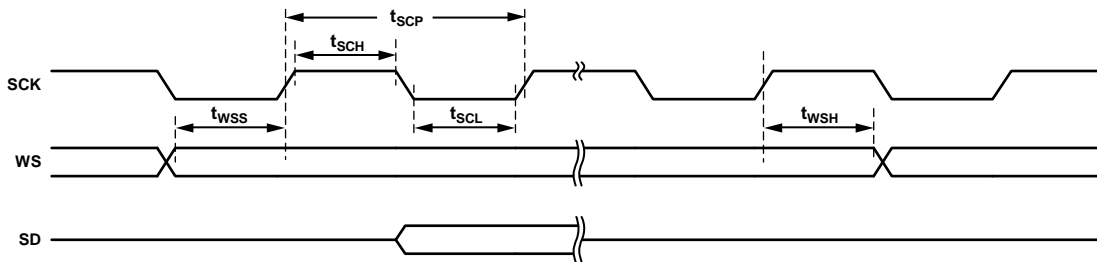


图3. 串行数据端口时序

09568-103

## 绝对最大额定值

表4.

参数	额定值
电源电压( $V_{DD}$ )	-0.3 V至+3.6 V
声压级	160 dB
机械冲击	10,000 g
振动	按照MIL-STD-883方法2007、 测试条件B
工作温度范围	-40°C至+85°C
数字引脚输入电压	-0.3 V至 $V_{DD} + 0.3$ V或 3.6 V(取较小者)

注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断器件能否正常工作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

### ESD警告



#### ESD(静电放电)敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量ESD时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的ESD防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

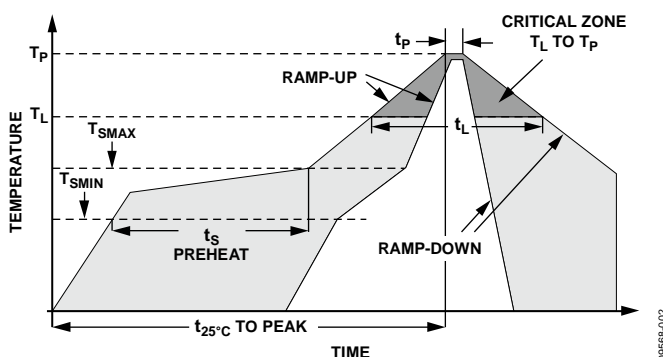


图4. 推荐的焊接温度曲线限值

表5. 推荐的焊接温度曲线限值

曲线特征	Sn63/Pb37	无铅
平均斜坡速率( $T_L$ 至 $T_P$ )	1.25°C/秒, 最大值	1.25°C/秒, 最大值
预热		
最低温度( $T_{SMIN}$ )	100°C	100°C
最高温度( $T_{SMAX}$ )	150°C	200°C
时间( $T_{SMIN}$ 至 $T_{SMAX}$ ) $t_s$	60秒至75秒	60秒至75秒
斜坡速率( $T_{SMAX}$ 至 $T_L$ )	1.25°C/秒	1.25°C/秒
液态维持时间( $t_L$ )	45秒至75秒	约50秒
液态温度( $T_L$ )	183°C	217°C
峰值温度( $T_P$ )	215°C +3°C/-3°C	260°C +0°C/-5°C
实际峰值温度±5°C以内的时间( $t_p$ )	20秒至30秒	20秒至30秒
下斜坡速率	3°C/秒, 最大值	3°C/秒, 最大值
从25°C ( $t_{25°C}$ )至峰值温度的时间	5分钟, 最大值	5分钟, 最大值

# ADMP441

## 引脚配置和功能描述

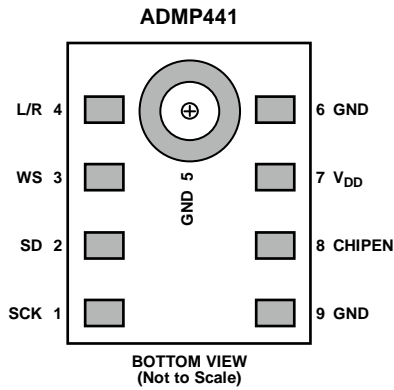


图5. 引脚配置

表6. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	类型	描述
1	SCK	输入	I <sup>2</sup> S接口的串行数据时钟引脚。
2	SD	输出	I <sup>2</sup> S接口的串行数据输出引脚。该引脚在未有效驱动相应的输出通道时处于三态。SD走线应与一个100 kΩ下拉电阻相连，以便在总线上的所有麦克风的输出处于三态期间，对通道进行放电。
3	WS	输入	I <sup>2</sup> S接口的串行数据字选择引脚。
4	L/R	输入	左/右通道选择引脚。置于低电平状态时，麦克风通过I <sup>2</sup> S接口左通道输出信号；置于高电平状态时，麦克风通过右通道输出信号。
5	GND	地	地。连接至PCB的地。
6	GND	地	地。连接至PCB的地。
7	V <sub>DD</sub>	电源	电源引脚，1.8至3.3 V。应通过一个0.1 μF电容，将该引脚去耦至引脚6。
8	CHIPEN	输入	麦克风使能。置于低电平状态(接地)时，禁用麦克风且将其置于掉电模式。置于高电平状态(V <sub>DD</sub> )时，使能麦克风。
9	GND	地	地。连接至PCB的地。

### 典型性能参数

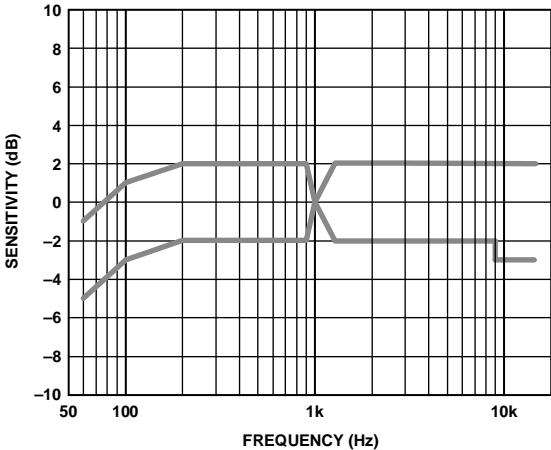


图6. 频率响应模板

09568-009

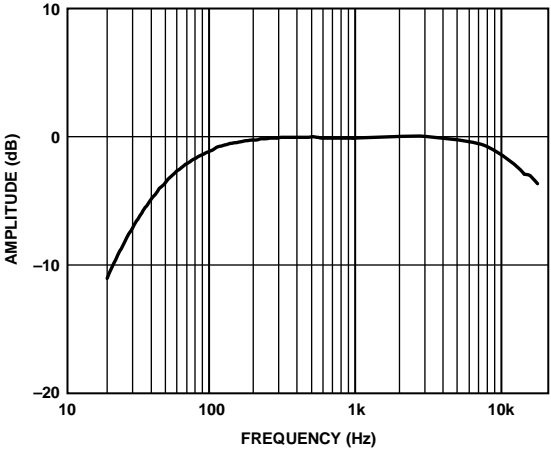


图8. 典型频率响应(实测)

09568-011

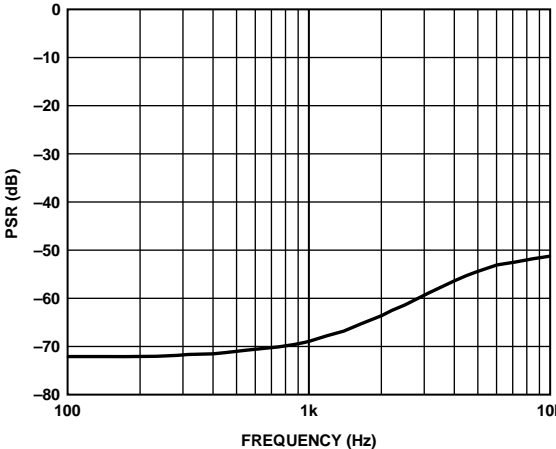


图7. 典型电源抑制性能与频率的关系

09568-010

## 工作原理

ADMP441是一款高性能、低功耗、数字输出、提供底部收音孔的全向MEMS麦克风。完整的ADMP441解决方案由MEMS传感器、信号调理电路、模数转换器、抗混叠滤波器、电源管理和业界标准24-bit I<sup>2</sup>S接口组成。

ADMP441符合TIA-920标准：电信电话终端设备宽带数字有线电话的传输要求。

### 理解灵敏度

对于那些不经常使用数字麦克风的用户来说，在理解灵敏度规格时可能有些困难。利用一个示波器就能够确定模拟麦克风的规格。但数字麦克风与模拟麦克风不同，其输出没有明显的度量单位。

当工作频率为1 kHz、声压级为94 dB时，ADMP441的标称灵敏度为-26 dBFS。以满量程为基准，单位为分贝。ADMP441的默认满量程峰值输出字为 $2^{23} - 1$ （以整数表示）；在满量程下，当灵敏度为-26 dBFS时，输出字为 $(2^{23} - 1) \times 10^{(-26/20)} = 420,426$ 。当工作频率为1 kHz时，在1 Pa均方根幅度的条件下的纯声调可输出一个峰值幅度为420,426的数字信号。

业内所采用的标准规格为94 dB SPL，ADMP441测试方法采用的却是104 dB SPL信号。较高的声压级可降低噪声、提高可重复性。ADMP441具有出色的增益线性度，在94 dB条件下的灵敏度测试结果显示出非常高的可靠性。

### 电源管理

ADMP441具备三种电源模式：正常工作、待机模式和掉电模式。

#### 正常工作

麦克风在首次上电后的 $2^{18}$ 个时钟周期（当 $f_{SCK} = 3.072$  MHz时，这个时间长度为85 ms）之后可以正常使用。随后，CHIPEN引脚控制电源模式。当SCK有效且CHIPEN引脚处于高电平状态时，器件处于正常工作模式。

#### 待机模式

当串行数据时钟SCK停止工作且CHIPEN处于高电平状态时，麦克风进入待机模式。当SCK重新开始工作后，再经过 $2^{14}$ 个时钟周期（当 $f_{SCK} = 3.072$  MHz时，这个时间长度为5 ms），器件进入正常工作模式。

ADMP441不可以从待机模式过渡到掉电模式，反之亦然。仅可从正常工作状态进入待机模式。

### 掉电模式

当CHIPEN处于低电平状态时，无论SCK处于何种状态，麦克风立即进入掉电模式。当SCK启动后，在CHIPEN返回高电平后再经过 $2^{17}$ 个时钟周期（当 $f_{SCK} = 3.072$  MHz时，这个时间长度为43 ms），器件进入正常工作模式。

如向ADMP441施加电压 $V_{DD}$ ，器件将在 $2^{17}$ 个SCK时钟周期之后重新启动。

未向 $V_{DD}$ 施加电源时，不建议向ADMP441施加有效时钟（WS和SCK）。那样会导致ESD保护二极管连续开启，因而可能会影响麦克风的长期稳定性。

### 启动

麦克风在上电后的前 $2^{18}$ 个SCK时钟周期（3.072 MHz时，这个时间长度为85 ms）内不输出任何数据。

### I<sup>2</sup>S数据接口

从机串行数据端口的格式为I<sup>2</sup>S 24-bit二进制补码。每个WS立体声数据帧对应64个SCK周期；每个数据字必须对应32个SCK周期。L/R控制引脚决定ADMP441从左通道还是右通道输出数据。在立体声应用中，左、右ADMP441麦克风的SD引脚应绑定在一起（见图9）。立体声I<sup>2</sup>S数据流的格式见图10。图11和图12分别显示左、右麦克风的单声道麦克风数据流的格式。

### 数据输出模式

当输出数据引脚（SD）未用于驱动I<sup>2</sup>S输出数据时，处于三态。输出LSB后，SD立即进入三态，从而允许另一个麦克风驱动共用数据线。

SD走线应与一个下拉电阻相连，以便在总线上的所有麦克风的输出处于三态期间，对通道进行放电。该下拉电阻的阻值为100 kΩ即可，见图9。

### 数据字长度

每个通道的输出数据字长度为24位。ADMP441必须为每个立体声数据字提供64个时钟周期（ $f_{SCK} = 64 \times f_{WS}$ ）。

### 数据字格式

默认的数据格式为I<sup>2</sup>S（二进制补码），MSB优先。在此格式下，每个字的MSB会从每个半帧开始起延迟一个SCK周期。



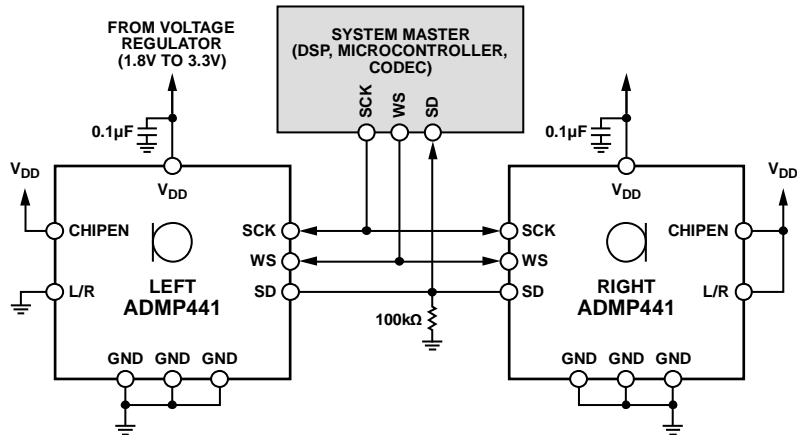


图9. 系统框图

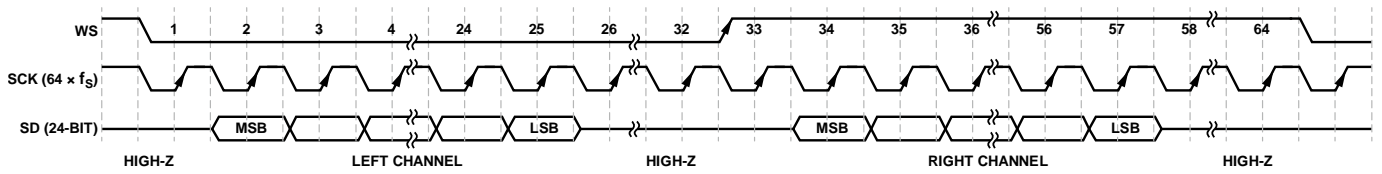


图10. 立体声输出I2S格式

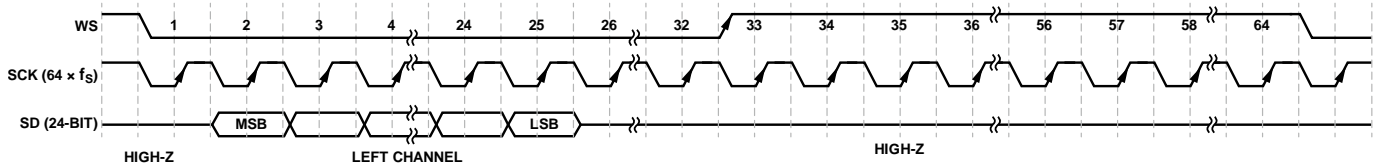


图11. 单声道输出I2S格式左声道(L/R = 0)

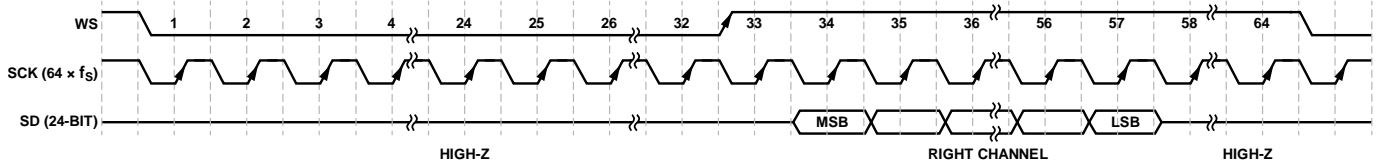


图12. 单声道输出I2S格式右声道(L/R = 1)

# ADMP441

## 数字滤波器特性

ADMP441内置一个数字带通滤波器。高通滤波器能够滤除无用的低频信号。用户借助低通滤波器，可以根据采样频率来改变通带、降低噪声。

## 高通滤波器

ADMP441内置的高通滤波器能够滤除无用的直流和极低频成分。表7列出的是在48 kHz标称采样速率条件下的高通滤波器特性。截止频率与采样速率呈比例变化。

表7. 高通滤波器特性

频率	衰减
3.7 Hz	-3.0 dB
10.4 Hz	-0.5 dB
21.6 Hz	-0.1 dB

这一数字滤波器响应包含在ADMP441的MEMS声波换能器的自然高通响应(60 Hz, -3 dB截止)之内。

## 低通滤波器

ADMP441内置一个单个位、高阶 $\Sigma$ - $\Delta$ 、高过采样率的模数转换器。转换器的噪声整形功能可将大部分噪声信号规范为高于声频频带的信号，并为麦克风提供一个较宽的动态范围。但转换器需要借助一个高质量的低通滤波器来消除高频噪声。

图13所示为麦克风内所含数字低通滤波器的响应曲线。该滤波器的通带可扩展至 $0.423 \times f_s$ ，在这一频带内存在一个不明显的0.04 dB纹波。当通带为 $0.5 \times f_s$ 时，产生-6 dB高频截止。当采样速率为48 kHz时，产生20.3 kHz通带；当采样速率为24 kHz时，产生一个半幅度角。滤波器的阻带衰减高于60 dB。注意：这些滤波器规格与采样频率呈比例变化。

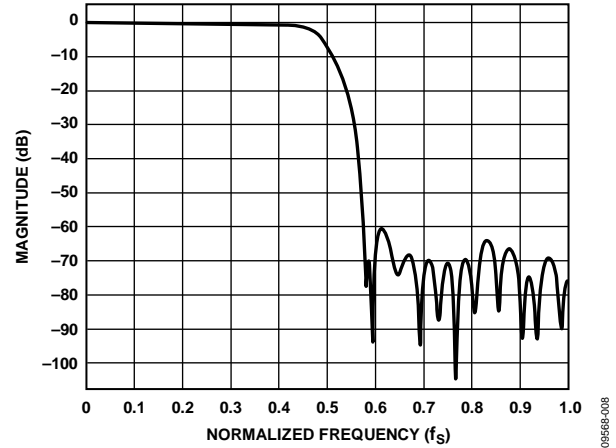


图13. 数字低通滤波器的幅度响应

## 应用信息

### 电源去耦

为了取得最佳性能、避免寄生伪像，建议在引脚7( $V_{DD}$ )与地之间放置一个 $0.1\ \mu\text{F}$ 陶瓷类X7R电容或更优电容。该电容应尽可能靠近引脚7。

电容各端的连接应尽可能短，走线应始终位于无通孔的单一层上。为获得最佳效果，电容与电源引脚和接地引脚的距离应相等；在无法进行等距放置的情况下，电容应略微靠近电源引脚。接地层的散热连接应位于电容的远端，如图14所示。

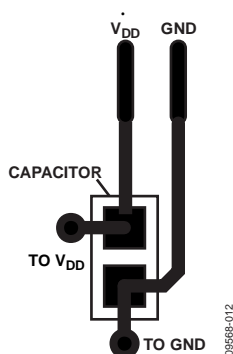


图14. 电源旁路电容的推荐布局

### 使用说明

#### 贴片设备

可以使用标准贴片和射片(chip shooting)设备来处理该MEMS麦克风。为了避免损坏MEMS麦克风结构，应注意以下事项：

- 使用标准捡拾器来处理麦克风。因为麦克风孔位于封装底部，捡拾器可以接触外壳表面的任何部分。
- 贴片期间应确保麦克风不会经受 $10,000\ \text{g}$ 以上的高冲击力，否则麦克风可能会受损。

- 不要使用会与麦克风底端接触的真空工具来捡拾麦克风。不要将空气吸出或吹入麦克风收音孔。
- 在PCB上安装麦克风时，不要过度用力。

#### 回流焊

为获得最佳效果，焊接温度曲线应符合用于将MEMS麦克风贴到PCB上所用焊膏的厂家的推荐规范。建议将回流焊的外形控制在图4和表5规定的限制条件范围内。

#### 洗板

清洗PCB时，应确保水不会接触到麦克风收音孔。不得使用气喷和超声清洗方法。

### 支持文档

#### 评估板用户指南

[UG-303](#)“EVAL-ADMP441Z-FLEX：底部收音孔I2S输出MEMS麦克风评估板”

#### 电路笔记

[CN-0208](#)“高性能数字MEMS麦克风与SigmaDSP音频处理器(带I2S输出)的简单接口”

#### 应用笔记

[AN-1112应用笔记](#)“麦克风技术规格和术语解析”

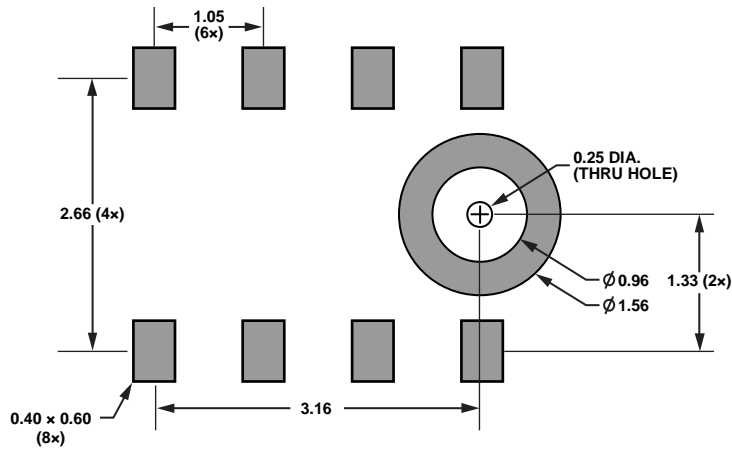
[AN-1003应用笔记](#)“ADI公司底部收音孔MEMS麦克风的封装和连接建议”

[AN-1068应用笔记](#)“MEMS麦克风的回流焊”

[AN-1124应用笔记](#)“ADI底部收音孔MEMS麦克风防尘防液体渗入密封建议”

欲了解更多信息，请访问[www.analog.com/mic](http://www.analog.com/mic)。

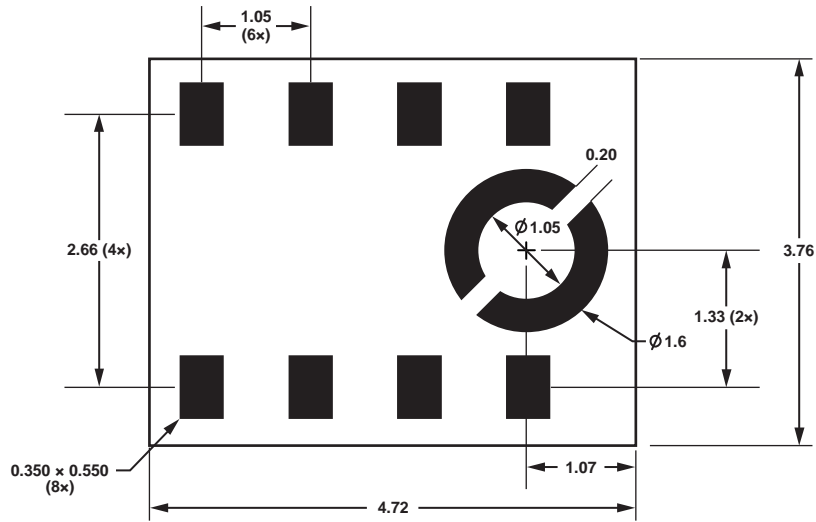
## 布局和设计建议



DIMENSIONS SHOWN IN MILLIMETERS

图15. 推荐的印刷电路板焊盘图形  
(图示尺寸单位:mm)

09565-013



DIMENSIONS SHOWN IN MILLIMETERS

图16. 推荐的印刷电路板焊膏掩蔽图形  
(图示尺寸单位:mm)

09565-014

## 外形尺寸

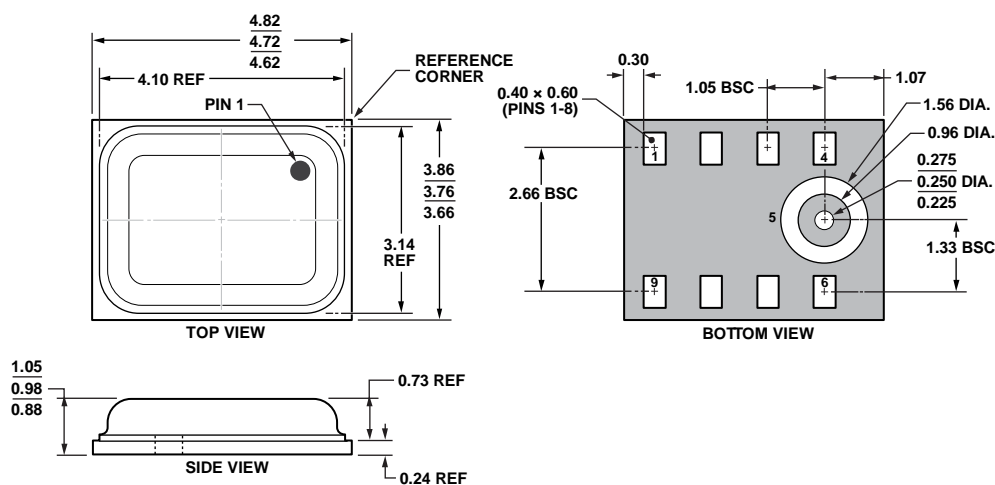


图17. 9引脚芯片阵列小型封装、无引脚腔[LGA\_CAV]  
主体4.72 mm × 3.76 mm × 1 mm  
(CE-9-1)  
图示尺寸单位: mm

12-19-2011-B

## 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项 <sup>2</sup>	订购数量
ADMP441ACEZ-RL	-40°C至+85°C	9引脚 LGA_CAV, 13"卷带和卷盘	CE-9-1	4,500
ADMP441ACEZ-RL7	-40°C至+85°C	9引脚 LGA_CAV, 7"卷带和卷盘	CE-9-1	1,000
EVAL-ADMP441Z		评估板		
EVAL-ADMP441Z-FLEX		Flex评估板		

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

<sup>2</sup> 此封装选项不含卤素。

**注释**

注释

**注释**