

## 带 I<sup>2</sup>C 音量控制的 3W 无滤波器

## D 类立体声音频功率放大器

### 产品概述

AX8703 是一款带 I<sup>2</sup>C 音量控制的 3 W 立体声 D 类音频功率放大器，能够以 D 类放大器的效率提供 AB 类功率放大器的性能。采用 D 类结构，AX8703 能够以高于 85 % 的效率提供 3 W 功率。新型的无滤波器结构可以省去传统的 D 类放大器输出低通滤波器，从而节省了系统成本和 PCB 空间，是便携式应用的理想选择。

AX8703 采用 SOP-16 封装。

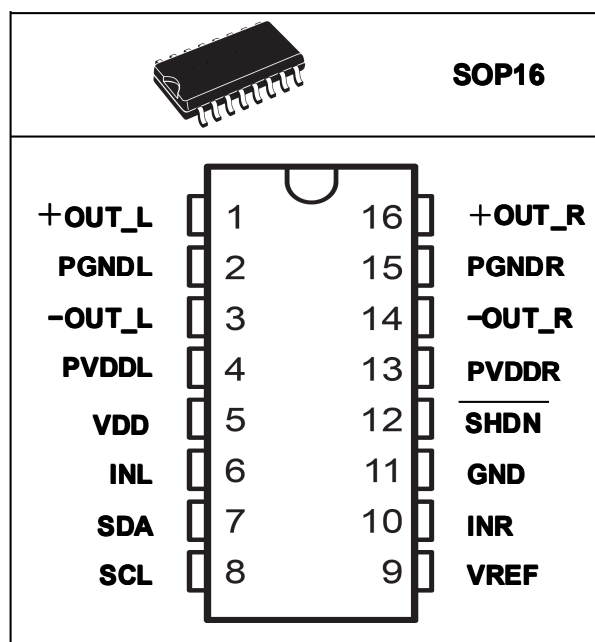
### 主要特点

- 无滤波的 D 类放大器，低静态电流和低 EMI
- 在 4 Ω 负载和 5 V 电源条件下，提供高达 3 W 输出功率
- -75 dB ~ +24 dB 范围内的 64 阶直流音量控制功能
- 高达 90% 效率
- 低 THD，低噪声
- 短路电流保护
- 热保护
- 极少外部元器件，节省空间和成本

### 典型应用

- LCD 电视机、监视器
- 笔记本电脑
- 便携式扬声器
- 便携式 DVD 播放器、游戏机
- 手机 / 免提电话

### 引出端排列



## 引出端功能

序号	符号	功能描述	序号	符号	功能描述
1	+OUT_L	左通道同相输出	9	VREF	内部模拟基准源，从 VREF 连接一个旁路电容到 GND
2	PGNDL	左通道电源地	10	INR	右通道输入
3	-OUT_L	左通道反相输出	11	GND	模拟地
4	PVDDL	左通道电源	12	$\overline{\text{SHDN}}$	系统关断控制（低电平有效）
5	VDD	模拟 VDD	13	PVDDR	右通道电源
6	INL	左通道输入	14	-OUT_R	右通道反相输出
7	SDA	I <sup>2</sup> C 总线数据输入端口	15	PGNDR	右通道电源地
8	SCL	I <sup>2</sup> C 总线时钟输入端口	16	+OUT_R	右通道同相输出

## 最大额定值

项目	符号	范围	单位
工作电压	$V_{DD}$	6.0	V
输入电压	$V_{IN}$	-0.3 ~ $V_{DD} + 0.3$	V
工作温度	$T_A$	-25 ~ +85	°C
存储温度	$T_{stg}$	-55 ~ +150	°C
焊接温度	$T_{sod}$	260	°C

## 推荐工作条件

项目	符号	范围	单位
电源电压	$V_{DD}$	2.5 ~ 5.5	V
工作温度	$T_{opt}$	-25 ~ 85	°C

## 热信息

参数	符号	封装	最大值	单位
热阻	$\theta_{JA}$	SOP-16	110	°C / W

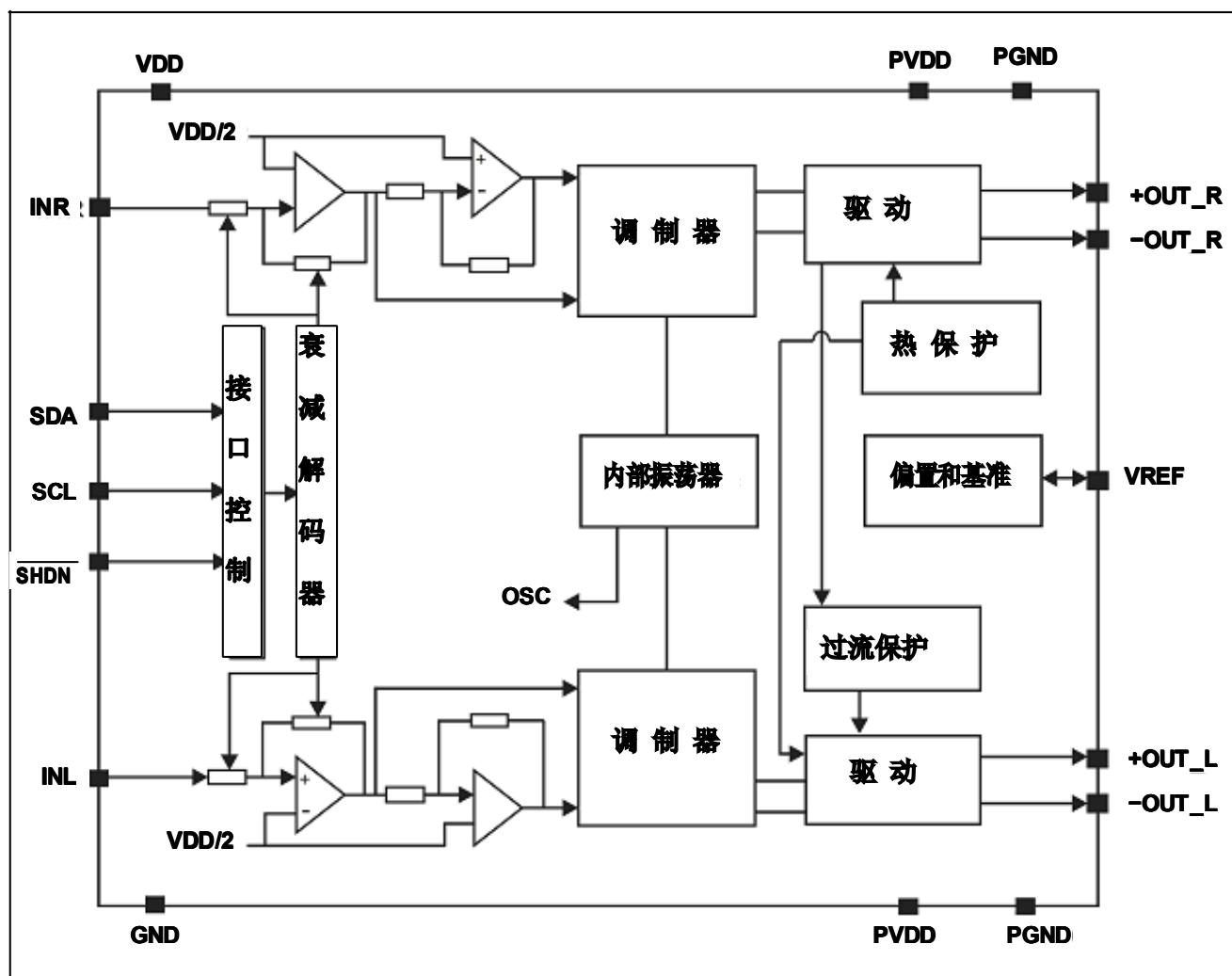
电气参数 ( $V_{DD} = 5\text{ V}$ ,  $Gain = 24\text{ dB}$ ,  $R = 8\ \Omega$ ,  $T_A = 25\text{ °C}$ , 除非另外注明。)

符号	参数	测试参数	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{DD}$	工作电压		2.5		5.5	V
$P_O$	输出功率	THD+N = 10 %, $f = 1\text{ kHz}$ , $R_L = 4\ \Omega$	$V_{DD} = 5\text{ V}$	3.2		W
			$V_{DD} = 3.6\text{ V}$	1.6		
			$V_{DD} = 3.0\text{ V}$	1.3		
		THD+N = 1 %, $V_{DD} = 5\text{ V}$	2.5		W	

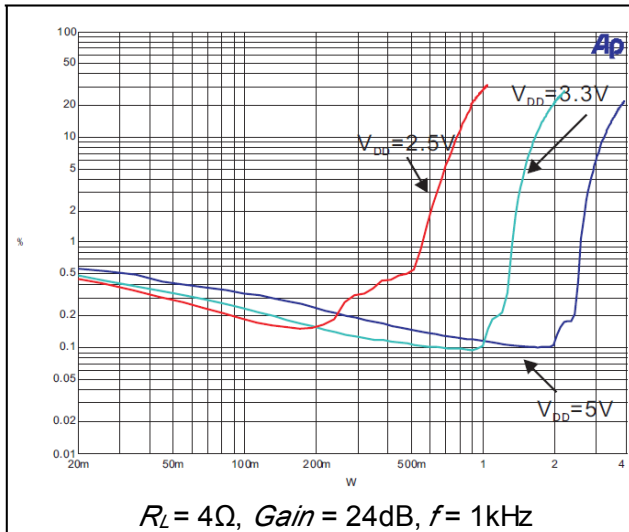
		$f = 1 \text{ kHz}, R_L = 4 \Omega$	$V_{DD} = 3.6 \text{ V}$	1.3		W
			$V_{DD} = 3.0 \text{ V}$	0.85		
		THD+N = 10 %, $f = 1 \text{ kHz}, R_L = 8 \Omega$	$V_{DD} = 5 \text{ V}$	1.8		
			$V_{DD} = 3.6 \text{ V}$	0.9		
			$V_{DD} = 3.0 \text{ V}$	0.6		
		THD+N = 1 %, $f = 1 \text{ kHz}, R_L = 8 \Omega$	$V_{DD} = 5 \text{ V}$	1.4		
$V_{DD} = 3.6 \text{ V}$	0.72					
$V_{DD} = 3.0 \text{ V}$	0.45					
THD+N	总谐波失真 + 噪声	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}, P_O = 0.5 \text{ W}, R_L = 8 \Omega$	$f = 1 \text{ kHz}$	0.15		%
		$V_{DD} = 3.6 \text{ V}, P_O = 0.5 \text{ W}, R_L = 8 \Omega$		0.11		
		$V_{DD} = 5.0 \text{ V}, P_O = 1 \text{ W}, R_L = 4 \Omega$	$f = 1 \text{ kHz}$	0.15		%
		$V_{DD} = 3.6 \text{ V}, P_O = 1 \text{ W}, R_L = 4 \Omega$		0.11		
$G_V$	增益			24		dB
$PSRR$	电源抑制比	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}$ , Inputs ac-grounded with $C_{IN} = 0.47 \mu\text{F}$	$f = 100 \text{ Hz}$	-59		dB
			$f = 1 \text{ kHz}$	-58		
$C_S$	串扰	$V_{DD} = 5 \text{ V}, P_O = 0.5 \text{ W}, R_L = 8 \Omega$ , $G_V = 20 \text{ dB}, f = 1 \text{ kHz}$		-95		dB
$SNR$	信噪比	$V_{DD} = 5 \text{ V}, V_{oms} = 1 \text{ V}, G_V = 20 \text{ dB}, f = 1 \text{ kHz}$		80		dB
$V_n$	输出噪声电压	$V_{DD} = 5 \text{ V}$ , Inputs ac-grounded with $C_{IN} = 0.47 \mu\text{F}$	A-weighting	100		$\mu\text{V}$
			No A-weighting	150		
$D_{yn}$	动态范围	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}, THD = 1\%, f = 1 \text{ kHz}$		90		dB
$\eta$	效率	$R_L = 8 \Omega, THD = 10\%$	$f = 1 \text{ kHz}$	87		%
		$R_L = 4 \Omega, THD = 10\%$		83		
$I_Q$	静态电流	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}$	No load	16		mA
		$V_{DD} = 3.6 \text{ V}$		10		
		$V_{DD} = 3.0 \text{ V}$		8		
$I_{MUTE}$	静音电流	$V_{DD} = 5.0 \text{ V}$	$V_{MUTE} = 0.3 \text{ V}$	3.5		mA
$I_{SD}$	关断电流	$V_{DD} = 2.5 \text{ V to } 5.5 \text{ V}$	$V_{SD} = 0.3 \text{ V}$	<1		$\mu\text{A}$
$R_{dson}$	静态导通电阻	$I_{DS} = 500 \text{ mA}, V_{GS} = 5 \text{ V}$	PMOS	180		m $\Omega$
			NMOS	140		
$f_{SW}$	振荡频率	$V_{DD} = 3 \text{ V to } 5 \text{ V}$		260		kHz
$V_{OS}$	输出失调电压	$V_{IN} = 0 \text{ V}, V_{DD} = 5 \text{ V}$		10		mV

$V_{IH}$	使能输入 高电平	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$		1.5	1.4		V
$V_{IL}$	使能输入 低电平	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$			0.7	0.4	
$V_{IH}$	静音输入 高电平	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$		1.5	1.4		V
$V_{IL}$	静音输入 低电平	$V_{DD} = 5.0\text{ V}$			0.7	0.4	
OTP	过温保护	无负载, 结温	$V_{DD} = 5\text{ V}$		140		°C
OTH	过温迟滞				30		°C

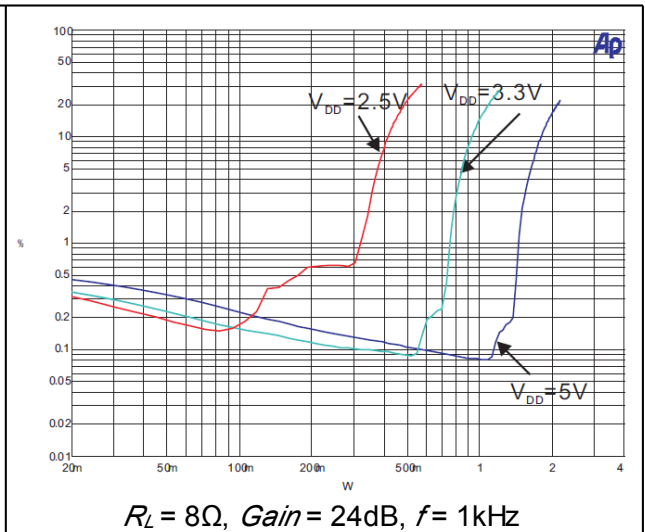
## 功能说明



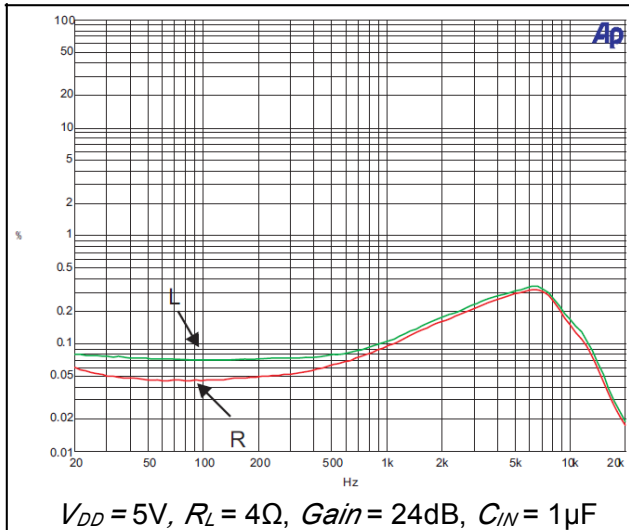
典型特性曲线 ( $T_A = 25\text{ °C}$ )



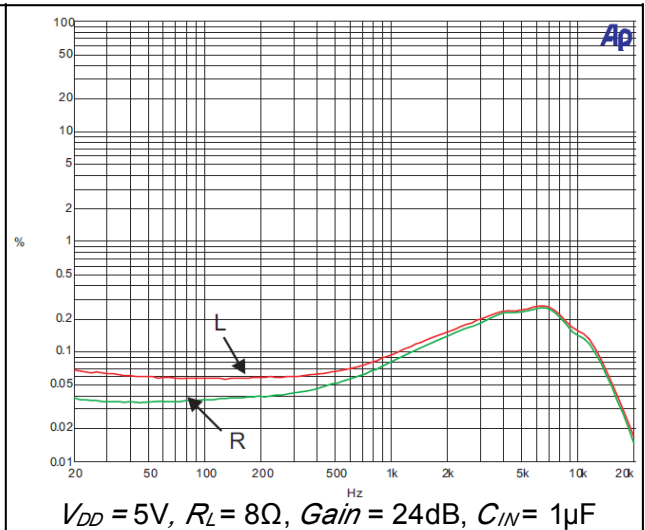
1. THD+N vs Output Power



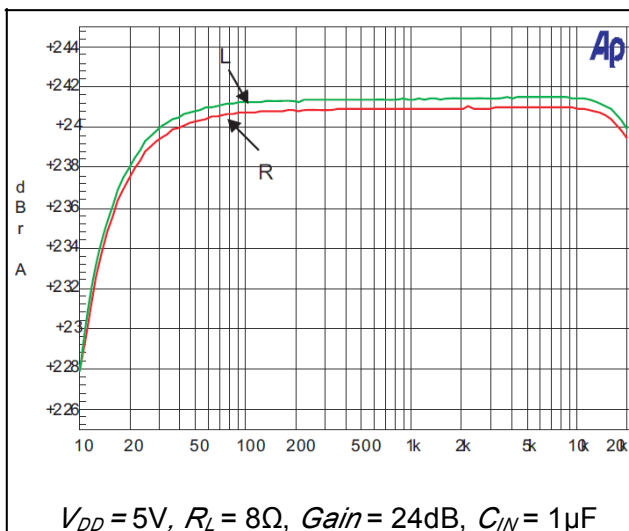
2. THD+N vs Output Power



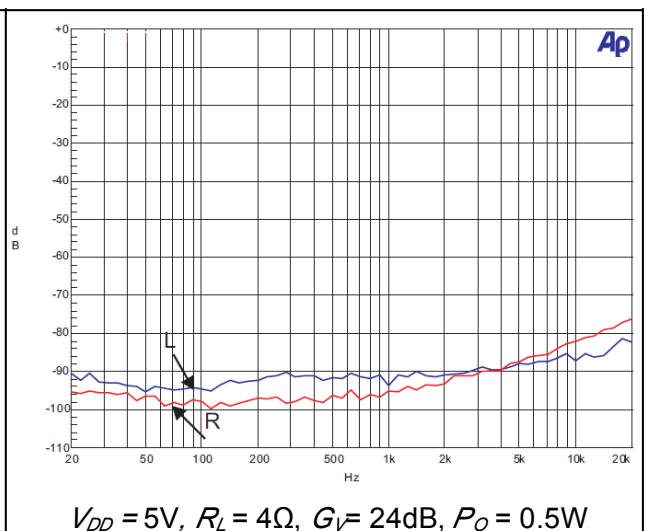
3. THD+N vs Frequency



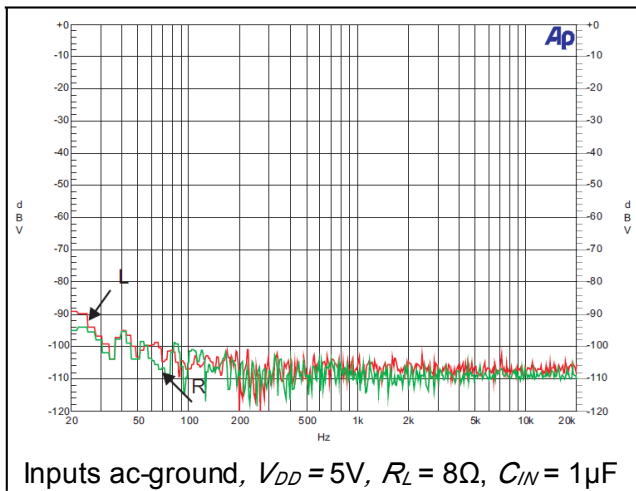
4. THD+N vs Frequency



5. Frequency response



6. Crosstalk vs Frequency

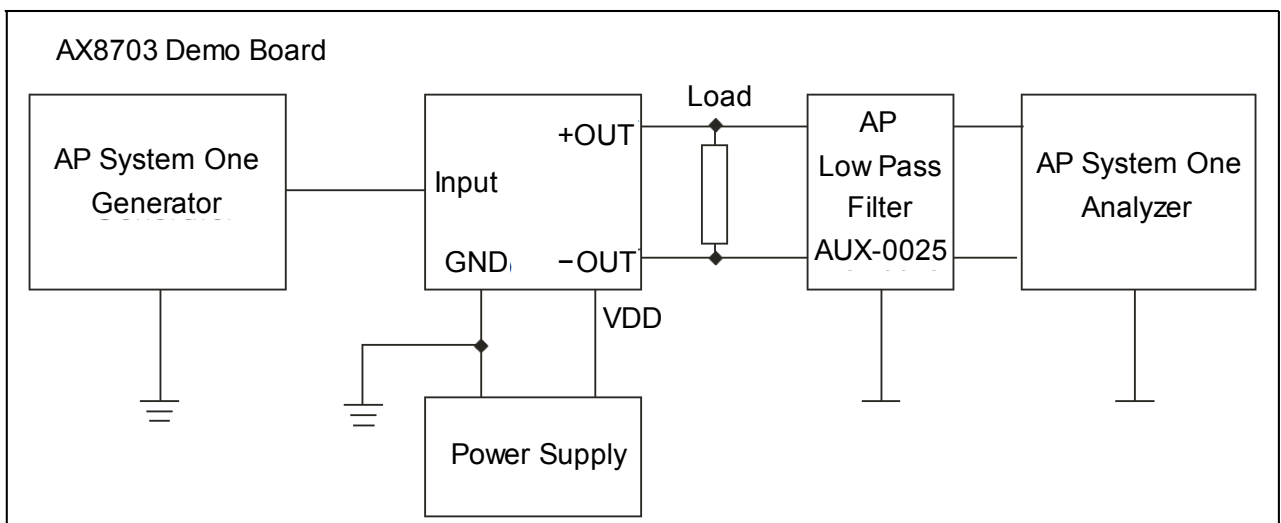


## 7. Noise Floor FFT

### 使用注意事项

- 1) 当 AX8703 工作在无滤波器时，必须先接通扬声器再接通电源，否则容易对芯片造成损坏。
- 2) 当 AX8703 工作在无滤波器时，最好在连接到扬声器的引出口先套上一个铁氧体磁环，以减少可能的电磁干扰。
- 3) 芯片的极限工作电压为 5.5 V，最大工作电压为 5.0 V。在电池工作时，应当注意，如果采用 4 节新的普通干电池或碱性电池，其电压有可能会超过 6 V，从而对芯片造成损坏，所以最好采用 4 节充电电池，或是 3 节碱性电池，其总电压不超过 5.5 V。
- 4) 由于芯片中的数字音量控制具有很大的增益，所以在增大其音量时要注意不要让输入信号过大而使信号产生削波限幅，甚至还可能使芯片损坏。
- 5) 在测试时，若无滤波器工作，采用纯电阻代替扬声器，所得到的测试结果会比采用扬声器作为负载时的结果为差，包括 THD 的结果、效率测试的结果等。

### 测试电流图



### 注意:

1. 用 AP 分析仪测量 D 类放大器时，低通滤波器 AP AUX-0025 是必须的。

2. 测量时，可以用两个 22  $\mu\text{H}$  的电感串联在电阻的两端以等效扬声器。

## 应用信息

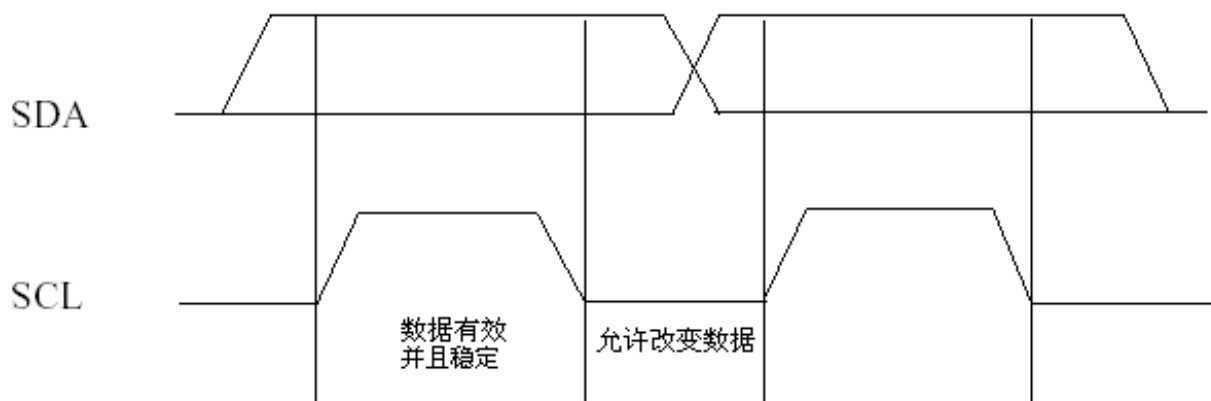
### 1 I<sup>2</sup>C 总线接口

数据通过两根 I<sup>2</sup>C 总线接口从微处理器传输到 AX8703。这两根由 SDA 和 SCL 组成，而且上拉电阻必须与正电源电压相连接。

#### 数据的有效性

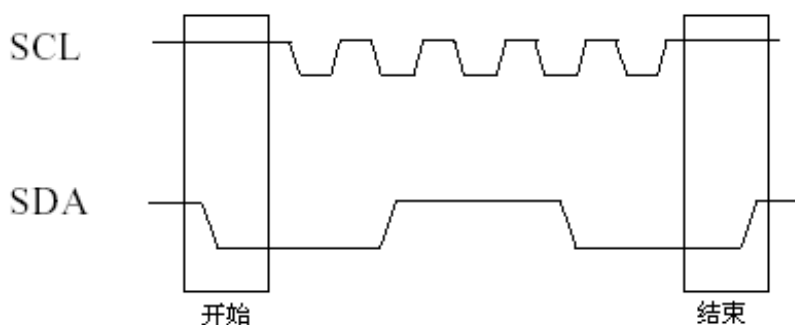
如下图所示，在总线 SCL 上时钟信号为高电平的周期内 SDA 总线上的数据必须是固定不变的，只有在总线上的时钟信号为低电平时 SDA 上的数据 0 信号才能进行高低电平状态的改变。

#### (PC 总线上的有效数据)



#### 开始和停止的条件

如下图所示。当 SCL 总线上为高电平时 SDA 总线有从高电平到低电平的跳变就为传输开始 (START)，反之在 SCL 总线为高电平时 SDA 总线有从低电平到高电平的跳变就为传输停止 (STOP)。(开始和停止)



#### 数据格式

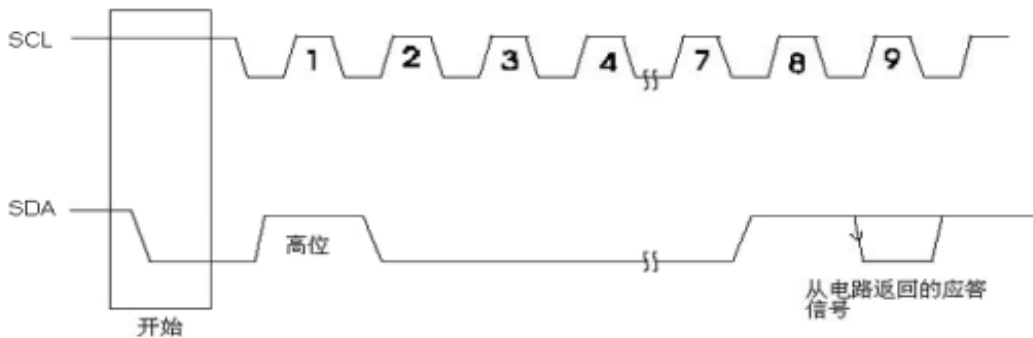
SDA 总线上传输的每个字节必须包括 8 比特，并且每个字节后面要跟随一个确认信号。字节首先从高位 (MSB) 开始传输。

#### 确认信号

如下图所示，控制器在确认信号脉冲期间给 SDA 总线发送持续的高电平，音频功率放大器

必须返回确认信号把 SDA 总线上的电平下拉到低电平，以便在确认码脉冲期间 SDA 总线保持在低电平。

音频功率放大器（接收机）在收到每个字节之后必须返回一个确认信号，否则在第 9 个时钟脉冲期间 SDA 总线会维持在高电平状态，在这种情况下，控制器（发送端）会发送停止信号发生中断。



## 无确认信号的传输

为了避免监测音频功率放大器的确认码，控制器使用一种更为简单的传输方法。它不校验跟随的确认码只等待一个时钟周期就发送新的数据。这种方法不能避免传输误差和传输噪声。

## 软件说明

### 接口协议

#### A. 接口协议组成

- ① 开始的条件 (S)
- ② 芯片地址字节，包括 AX8703 的地址（字节的第 8 个比特必须为 0），并且 AX8703 在每个被传输的字节最后必须被确认。
- ③ 数据序列 (N-Byte+ Acknowledge)
- ④ 停止的条件 (P)



注意：最大时钟速度：100KBIT/S

#### B. 8703 地址

1 (高位)	0	1	0	1	0	0	0 (低位)
--------	---	---	---	---	---	---	--------



## 数据字节

MSB							LSB		功 能
0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	音量控制	
1	1	1	1	0	0	0	M	静音控制	

AX=1 steps , BX=8 steps

## 音量

MSB							LSB		功 能
0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	1 steps	
					0	0	0	0	
					0	0	1	1	
					0	1	0	2	
					0	1	1	3	
					1	0	0	4	
					1	0	1	5	
					1	1	0	6	
					1	1	1	7	
0	0	B2	B1	B0	A2	A1	A0	8 steps	
		0	0	0				0	
		0	0	1				8	
		0	1	0				16	
		0	1	1				24	
		1	0	0				32	
		1	0	1				40	
		1	1	0				48	
		1	1	1				56	

例如：45阶的音量为： 00101101

## 静音

MSB							LSB		功 能
1	1	1	1	0	0	0	M	静音控制	

M=1 为静音开启；M=0 为静音关闭。

## 音量控制

阶	增益 (dB)	阶	增益 (dB)
0	-75	32	11.6
1	-40	33	12
2	-34	34	12.4
3	-28	35	12.8
4	-22	36	13.2

5	-16	37	13.6
6	-10	38	14
7	-7.5	39	14.4
8	-5	40	14.8
9	-2.5	41	15.2
10	0	42	15.6
11	1.5	43	16
12	3	44	16.4
13	4	45	16.8
14	4.4	46	17.2
15	4.8	47	17.6
16	5.2	48	18
17	5.6	49	18.4
18	6	50	18.8
19	6.4	51	19.2
20	6.8	52	19.6
21	7.2	53	20
22	7.6	54	20.4
23	8	55	20.8
24	8.4	56	21.2
25	8.8	57	21.6
26	9.2	58	22
27	9.6	59	22.4
28	10	60	22.8
29	10.4	61	23.2
30	10.8	62	23.6
31	11.2	63	24

## 2 最大增益

如原理框图所示（第 4 页），AX8703 内部有两级放大器，第一级增益由输入电阻  $R_i$ （芯片外部与芯片内部之和）和反馈电阻  $R_f$  决定，第二级增益固定为  $2x$ ，第一级放大器的输出作为第二级放大器的输入，因此两个放大器的增益正好相乘，但相位相差  $180^\circ$ 。所以 AX8703 总的增益为

$$A_{VD} = 20 * \log[2 * (R_f / R_i)]$$

AX8703 的反馈电阻  $R_f = 142 \text{ k}\Omega$ ，而输入电阻  $R_i$ （芯片内部）为  $18 \text{ k}\Omega$ ，所以最大闭环增益是 24 dB。

## 3 关断工作模式

为了减少不使用时的功率消耗，AX8703 包含关闭电路来关闭放大器的偏压电路，当  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚加低电平时，器件处于关断模式，电源电流将会减至最小，因为内部上拉电阻， $\overline{\text{SHDN}}$  引脚还可以悬空。

## 4 电源退耦

AX8703 是高性能 CMOS 音频放大器，需要足够的电源退耦以保证输出 THD 和 PSRR 尽可能小。电源的退耦需要两个不同类型的电容来实现。为了更高的频率响应和减小噪声，一个适当等效串联电阻（ESR）的陶瓷电容，典型值 1.0  $\mu\text{F}$ ，放置在尽可能靠近器件  $V_{\text{DD}}$  端口，可以得到最好的工作性能。为了滤除低频噪声信号，推荐放置一个 20  $\mu\text{F}$ （陶瓷电容）或更大的电容在靠近音频放大器处。

## 5 输入电容（ $C_i$ ）

对于便携式设计，大输入电容既昂贵又占用空间。因此需要恰当的输入耦合电容，但在许多应用便携式扬声器的例子中，无论内部还是外部，很少可以重现低于 100 Hz 至 150 Hz 的信号。因此使用一个大的输入电容不会增加系统性能，输入电容（ $C_i$ ）和输入电阻（ $R_i$ ）组成一个高通滤波器，切断频率为

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_i C_i}$$

除了系统损耗和尺寸，滴答声和噼噗声受输入耦合电容  $C_i$  的影响，一个大的输入耦合电容需要更多的电荷才能到达它的静态电压（ $1/2 V_{\text{DD}}$ ）。这些电荷来自经过反馈的内部电路，和有可能产生噼噗声的器件启动端，因此，在保证低频性能的前提下，减小输入电容可以减少启动噼噗声。

## 6 模拟准旁路电容（ $C_{\text{BYP}}$ ）

模拟准旁路电容（ $C_{\text{BYP}}$ ）是最关键的电容，并与几个重要性能相关，在从关闭模拟启动或复位时， $C_{\text{BYP}}$  决定了放大器开启的速度。第二个功能是减少电源与输出驱动信号耦合时制造的噪声，这些噪声来自于内部模拟基准或放大器等其它器件，降低了 AX8703 的 PSRR 和 THD+N 性能。

## 7 欠压锁定

AX8703 具有低电压检测电路，当电源电压下降到 2.0 V 以下时，AX8703 关闭输出，直到  $V_{\text{DD}} \geq 2.2 \text{ V}$  时器件再次开启回到正常状态。

## 8 短路保护

AX8703 具有短路保护功能，一旦检测到输出与输出、输出与地短路，芯片立即关闭，避免了芯片受损坏，如果短路消除，器件重新开启。

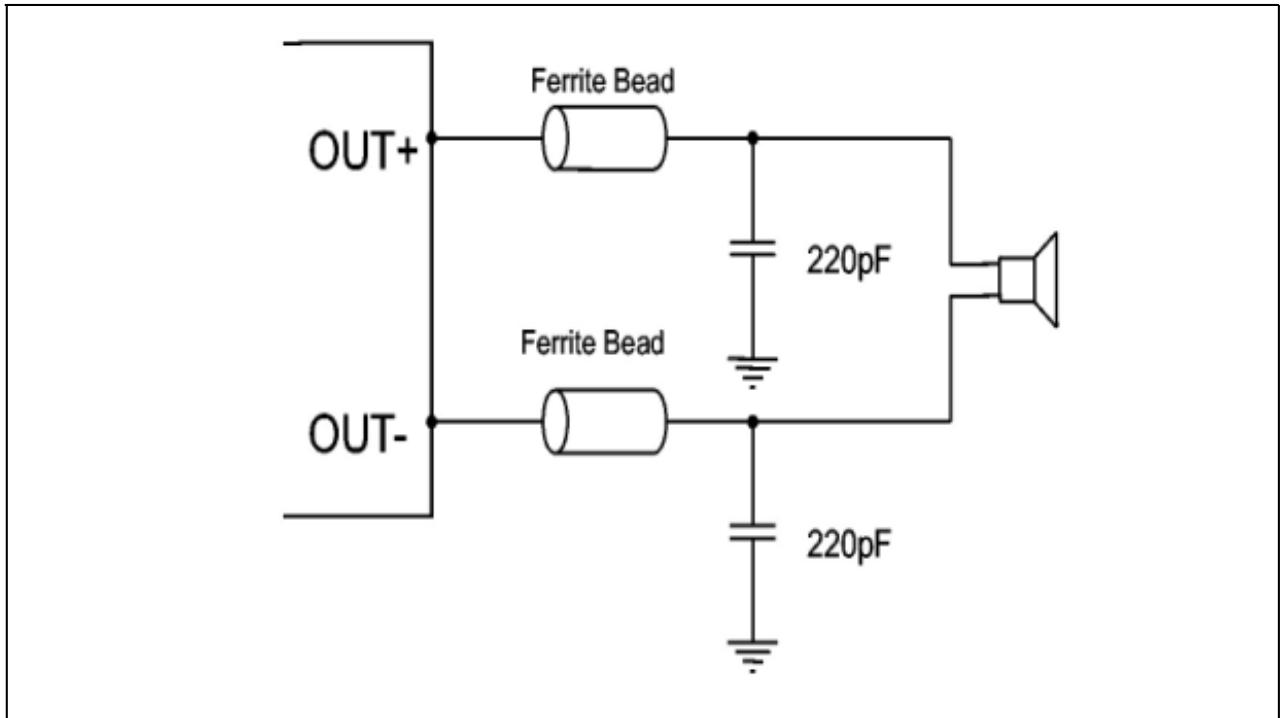
## 9 过温保护

当芯片的温度超过 140  $^{\circ}\text{C}$  时，热保护电路起作用，芯片被关断。由于芯片制造工艺的差异，不同的芯片之间最大有 15  $^{\circ}\text{C}$  的偏差，当温度下降到 30  $^{\circ}\text{C}$  后，热保护取消，AX8703 正常工作。

## 10 EMI

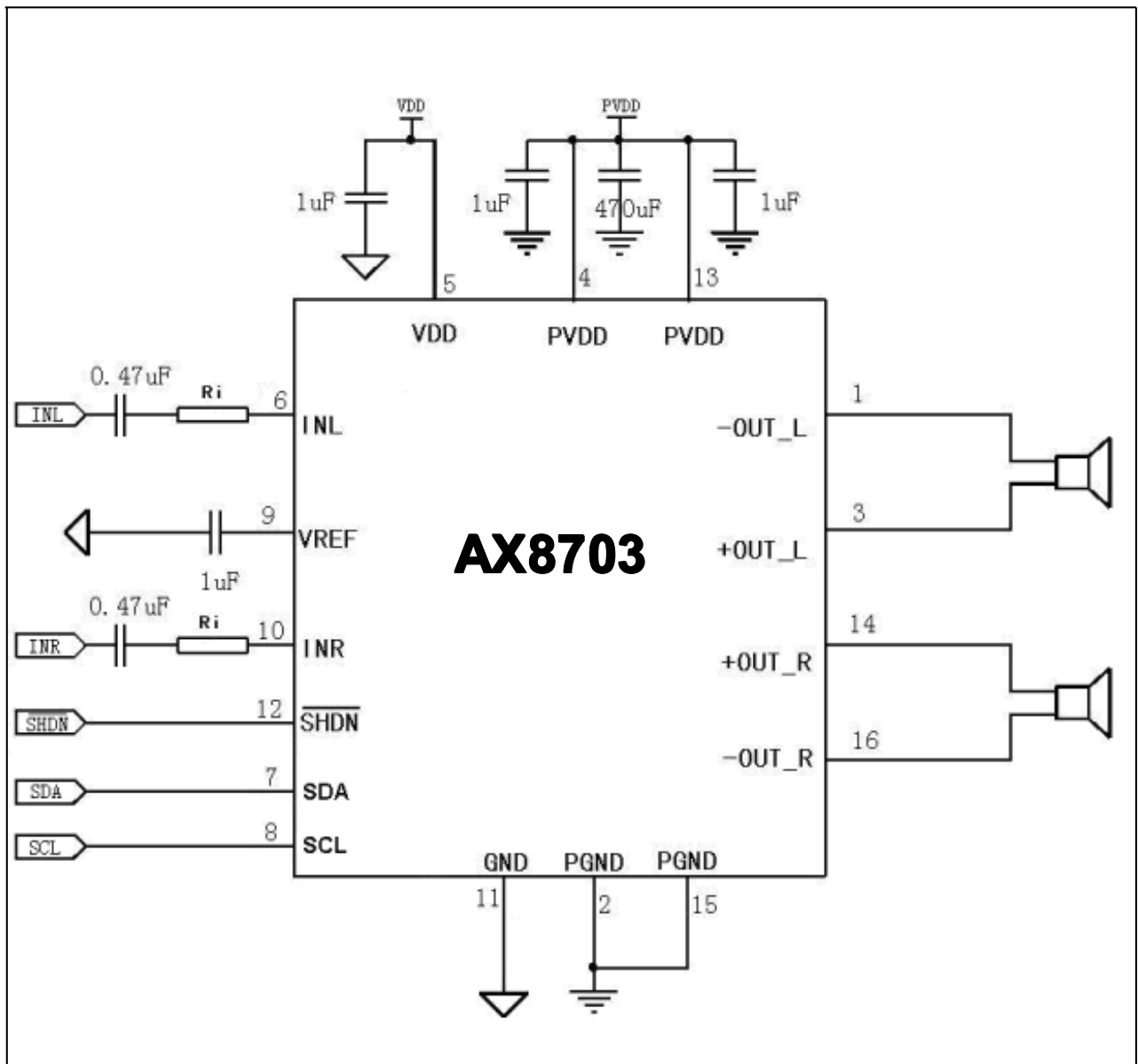
在电源端加一个  $1000\ \mu\text{F}$  的耦合电容，能有效减小 EMI，前提是放大器到扬声器的距离小于 20cm。

大部分应用是需要一个如下图所示的磁珠滤波器，滤波器有效地减小了 1 MHz 以上的 EMI，该应用，在高频时应选择高阻抗的，而在低频率时应选择低阻抗的。



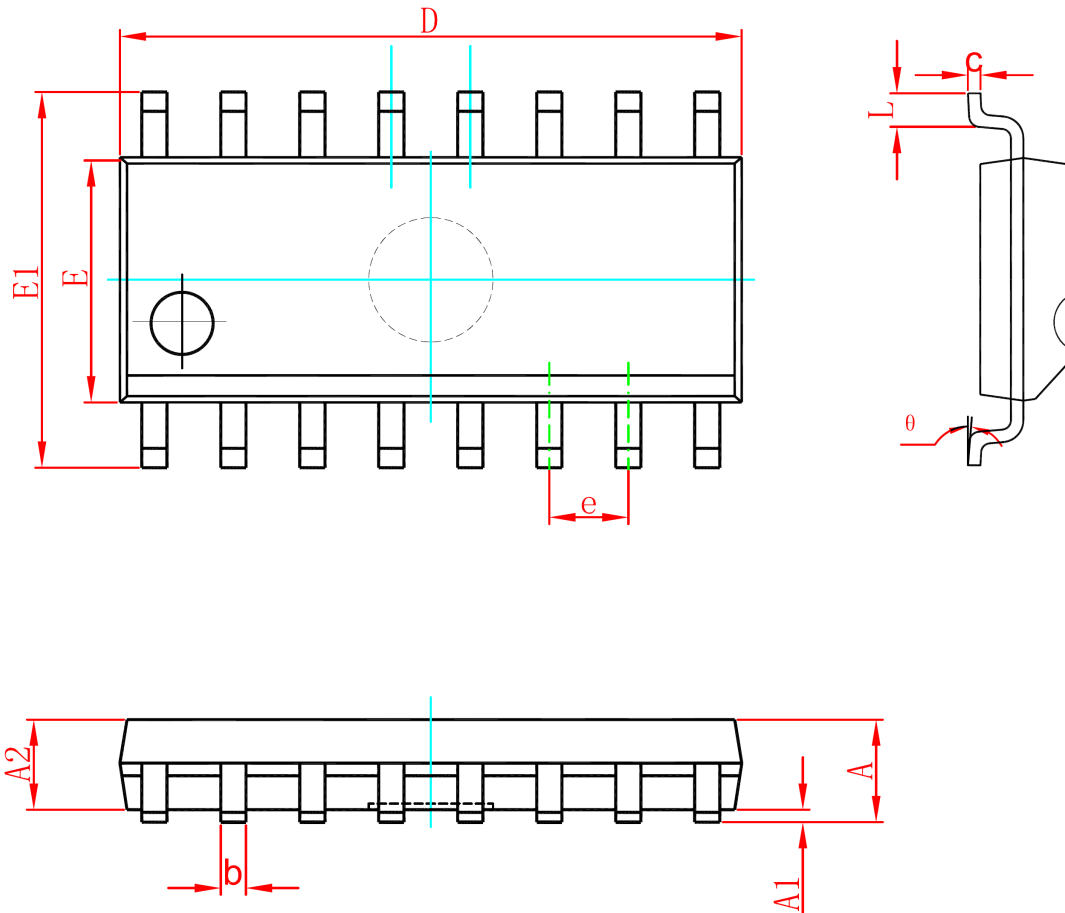
使用磁珠滤波器减小 EMI

应用线路图

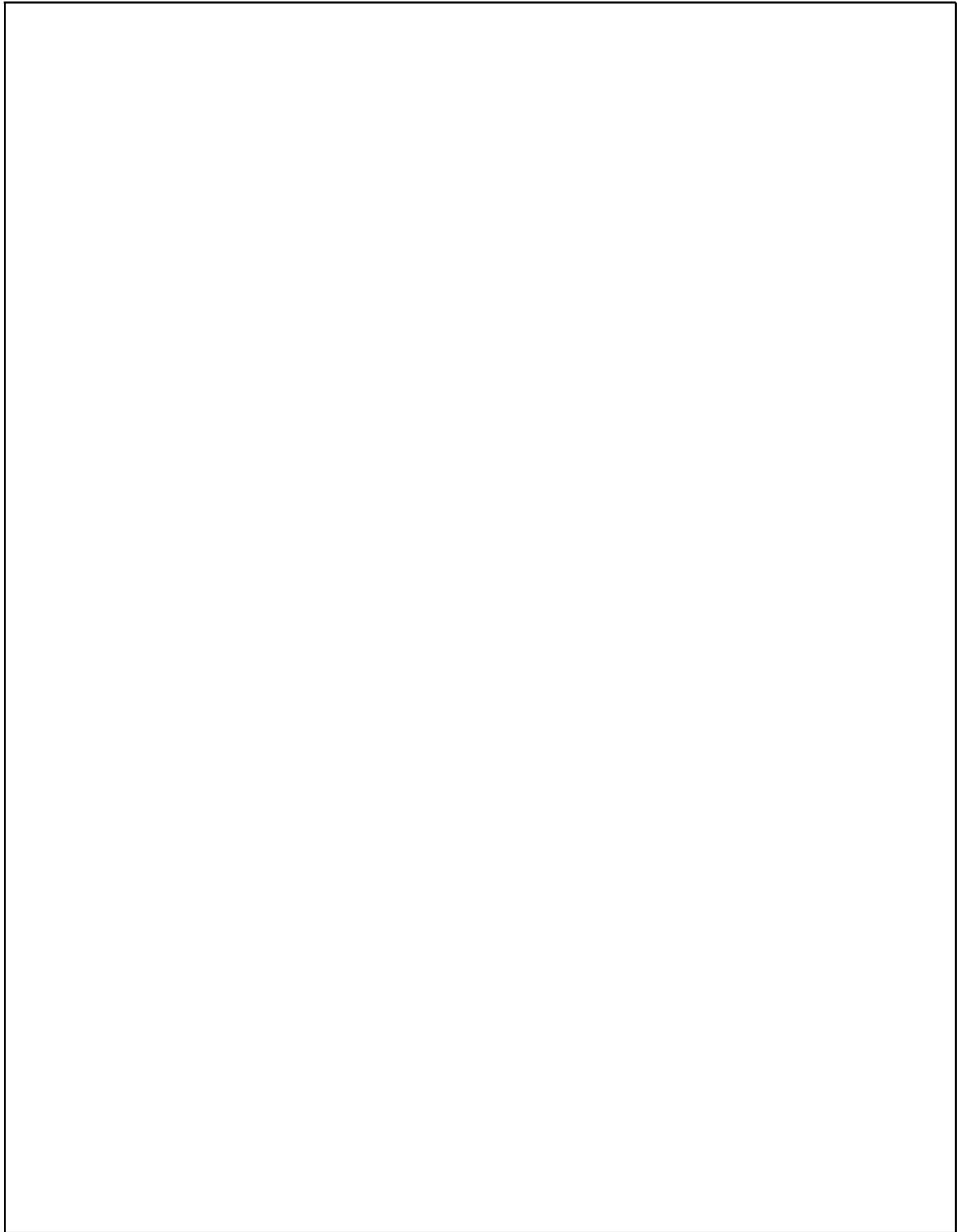


## 封装外形图和尺寸

### SOP-16



符号	单位 (mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	1.350	1.550	1.750
A1	0.100	0.175	0.250
A2	1.350	1.450	1.550
b	0.330	0.420	0.510
c	0.170	0.210	0.250
D	9.800	10.000	10.200
E	3.800	3.900	4.000
E1	5.800	6.000	6.200
e	1.270 (BSC)		
L	0.400	-	1.270
θ	0°	-	8°



感谢您使用本公司的产品，建议您在使用前仔细阅读本资料。  
本公司产品在不断更新和改进，希望您经常与有关部门联系，索取最新资料。  
本资料中的信息如有变化，恕不另行通知。  
本资料仅供参考，本公司不承担任何由此而引起的损失。  
本公司不承担任何在使用过程中引起的侵犯第三方专利或其它权利的责任。