3.5W带数字音量控制/防削顶低EMI单声道D类音频功率放大器

■ 特点

- 专利技术降低内阻和热耗，极大提升功率
  Po=3.5 W (V_{DD}=5.0V, R_L=4Ω, THD+N=10%)
  Po=3.0 W (V_{DD}=3.7V, R_L=2Ω, THD+N=10%)
- 优异的全带宽增强EMI抑制性能
  a) 独创的主动边沿控制专利 (AROC, Active edge Ringing and Overshoot Control circuitry)
  b) 辐射水平远在FCC Part15 Class B 标准之下；
  c) 对系统中不同频段无线通信敏感模块无干扰，如FM、CMMB、GSM、CDMA和Bluetooth等；
  d) 减小了辐射和传导干扰，降低了系统设计难度
- 高保真，THD+N=0.05% (R_L=4Ω, P_O=1W, f=1kHz)
- 全低噪应用，高信噪比
- 32阶数字音量控制（DVC）
- 防削顶失真功能(Anti-Clipping Function, ACF)
- 卓越的“咔嗒-噼噗”(Click-Pop)噪声抑制性能
- 低关断电流：0.01μA
- 免滤波器数字调制，直接驱动扬声器
- 过流、过热、欠压异常保护功能
- 无铅无卤绿色封装，MSOP10, MSOP10-PP, DFN10

■ 应用

- 蓝牙音箱
- 2.1声道小音箱
- 便携式/USB音箱
- 扩音器
- ipad/iphone/ipod docking
- 平板电脑，笔记本电脑
- 小尺寸LCD电视/监视器
- MP4，导航仪
- 智能手机
- 便携式游戏机

■ 概述

HM9309是一款高保真超低EMI的，内部集成32阶数字音量控制且具有防削顶失真功能的单声道免滤波D类音频功率放大器。在5V电源，10% THD+N，4Ω负载条件下，输出3.5W高功率，在各类音频终端应用中维持高效率并提供AB类放大器高保真、低噪声的性能。

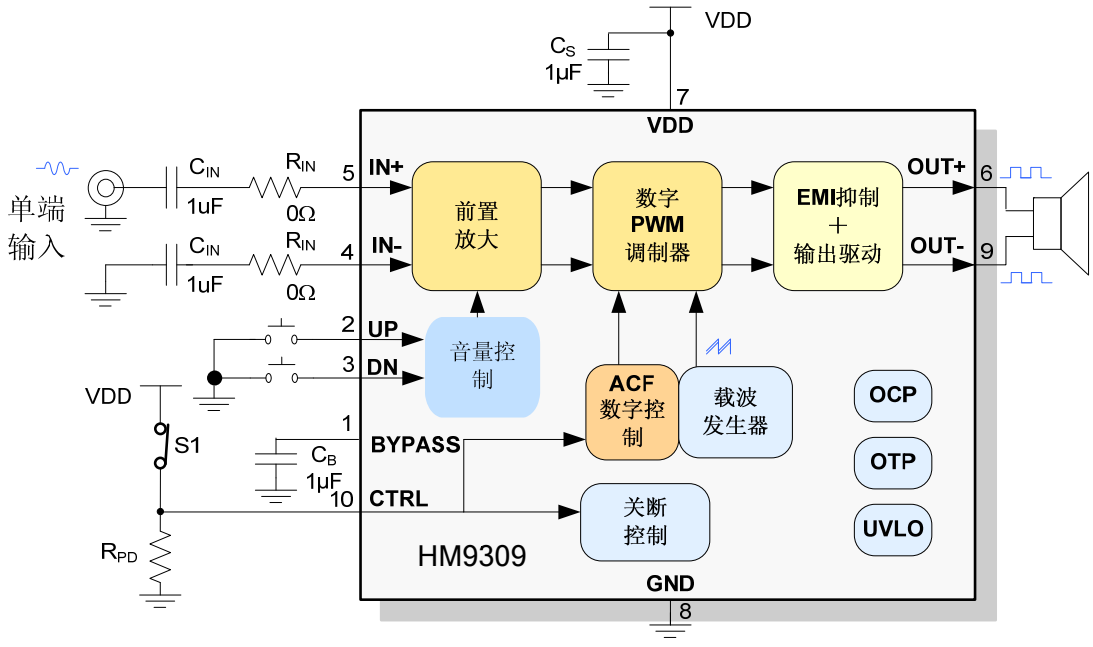
AROC辐射和传导干扰抑制电路使HM9309具有优异的全带宽低辐射性能，在不加辅助滤波设计、输出喇叭线长20cm时的辐射水平远在FCC Part15 Class B 标准之下。

HM9309的防削顶失真功能可检测并抑制由于音乐、语音信号幅度过大或电池电压下降所引起的输出削顶失真（破音），显著提高音质，创造舒适的听音享受，并保护扬声器免受过载损坏。针对不同需求，防削顶具有ACF-1和ACF-2两种模式，分别对应约3%和10%最大THD+N，同时芯片具有ACF-Off 模式。

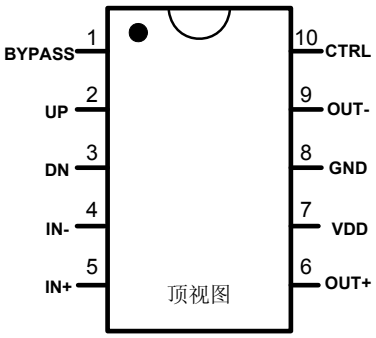
HM9309输出无需滤波网络，极少的外部元器件节省了系统空间和成本，是便携式应用的理想选择。

此外，HM9309内置的关断功能使待机电流最小化，还集成了过流保护、过温保护和欠压异常保护等功能。

■ 典型应用图



■ 引脚信息



■ 引脚定义*1

MSOP/DFN 引脚号	引脚名称	I/O	ESD 保护电路	功能
1	BYPASS	A	PN	模拟参考电压
2	UP	A	PN	音量增加
3	DN	A	PN	音量减小
4	IN-	A	PN	同相输入端（差分-）
5	IN+	A	PN	同相输入端（差分+）
6	OUT+	O	-	同相输出端（BTL+）
7	VDD	Power	-	电源
8	GND	GND	-	地
9	OUT-	O	-	反相输出端（BTL-）
10	CTRL	I	PN	ACF模式和关断模式控制端

注1 I: 输入端 O: 输出端 A: 模拟端
当大于VDD的电压外加于PN保护型端口（ESD保护电路由PMOS和NMOS组成）时，PMOS电路将有漏电流流过。

■ 电气特性

● 极限工作条件*2

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压范围	V_{DD}	-0.3	5.8	V
模拟、输入引脚电压范围 (IN+, IN-, BYPASS, CTRL)	V_{IN}	V_{SS}－0.3	V_{DD}＋0.3	V
工作环境温度范围	T_A	-40	85	℃
工作结温范围	T_J	-40	150	℃
储存温度	T_{STG}	-50	150	℃

注2: 为保证器件可靠性和寿命，以上绝对最大额定值不能超过。否则，芯片可能立即造成永久性损坏或者其可靠性大大恶化。若输入端电压在可能超过VDD/GND的应用环境中使用，推荐使用一个外部二极管来保证该电压不会超过绝对最大额定值。

● 推荐工作条件

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V_{DD}		2.5	5	5.5	V
工作环境温度	T_a	t_{SD} (Min.)=50ms	-20	25	85	℃
		t_{SD} (Min.)=80ms	-30			

注: VDD的上升时间应当超过1μs。

● 直流特性（DC）

V_{SS}=0V, V_{DD}=2.5V~5.5V, Ta= -40ºC~85ºC，除非特殊说明.

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD电源的启动阈值	V_{UVLH}				2.2	V
VDD电源的关断阈值	V_{UVLL}				2.0	V
ACF-Off 模式的设置阈值电压	V_{MOD1}		2.00		V_{DD}	V
ACF-1 模式的设置阈值电压	V_{MOD2}		1.55		1.85	V
ACF-2 模式的设置阈值电压	V_{MOD3}		1.10		1.40	V
SD 关断模式的设置阈值电压	V_{MOD4}		V_{SS}		0.30	V
静态电流	I_{DD}	V_{DD}=5V，无负载，无信号输入		8		mA
关断电流	I_{SD}	CTRL=V_{SS}, Ta=25℃		0.01	0.05	μA
BYPASS端电压值	V_{BYPASS}			V_{DD}/2		V

● 模拟特性

V_{SS}=0V, V_{DD} =5V, Ta=25ºC，最大音量, C_{IN}=1uF, R_{IN}=0Ω, R_L = 4Ω, ACF-Off模式，除非特殊说明.

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出功率	P_O	R_L=4Ω, V_{DD}=5V	f=1kHz, THD+N=10%		3.5		W
		R_L=4Ω, V_{DD}=3.7V			1.9		
		R_L=2Ω, V_{DD}=3.7V			3.0		
总谐波失真加噪声	THD+N	R_L=4Ω, P_O=1W, f=1kHz			0.05		%
		R_L=8Ω, P_O=0.5W, f=1kHz			0.05		%
输出噪声	V_N	f=20Hz~20kHz, A加权, Av=18dB			60		μV_{rms}
信噪比	SNR	A加权, Av=18dB			95		dB
电源抑制比	PSRR	纹波Vpp=200mV, f=1kHz			-75		dB
效率	η	VDD=5V, RL=8Ω, PO=1W			86		%
输出失调电压	V_{OS}				±5		mV
频响特性	f_{RES}	C_{IN} =0.1μF, f=100Hz~20kHz		-3	-	1	dB
系统增益	Av_0	最大音量			25.5		dB
ACF衰减增益	Aa			-10		0	dB

注：以上模拟特性随所选元件和PCB布局而有所变化；以上特性为输出直接外接负载电阻后通过30kHz滤波器得到的信号测得；若经滤波器后再接负载电阻，结果将可能受滤波器影响而与上结果不一致。

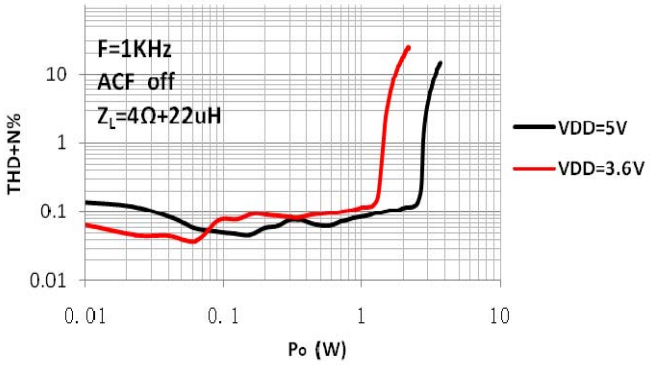
● 交流特性（AC）

V_{SS}=0V, V_{DD} =2.5 to 5.5V, Ta=－30℃~85℃，除非特殊说明.

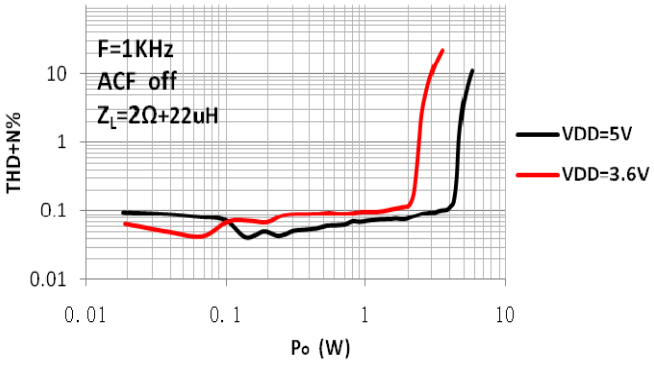
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
上电启动时间 (或从关断唤醒时间)	t_{STUP}			32		ms
ACF-1 启动时间	t_{AT1}	V_{DD}=3.6V, g=10dB		72		ms
ACF-1 释放时间	t_{RL1}	V_{DD}=3.6V, g=10dB		720		ms
ACF-2 启动时间	t_{AT2}	V_{DD}=3.6V, g=10dB		20		ms
ACF-2 释放时间	t_{RL2}	V_{DD}=3.6V, g=10dB		450		ms
唤醒模式设置时间	t_{WK}		35			ms
关断设置时间	t_{SD}	T_a(Min.)= -20℃	50			ms
		T_a(Min.)= -30℃	80			
各模式设置时间 (除关断外)	t_{MOD}		0.1			ms
载波调制频率	f_{PWM}			470		kHz

■ 典型特性曲线

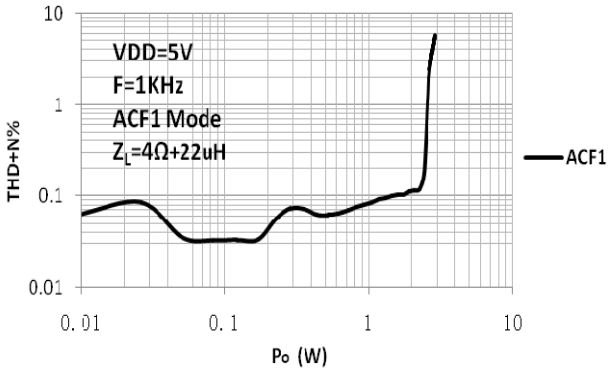
Po VS THD+N%



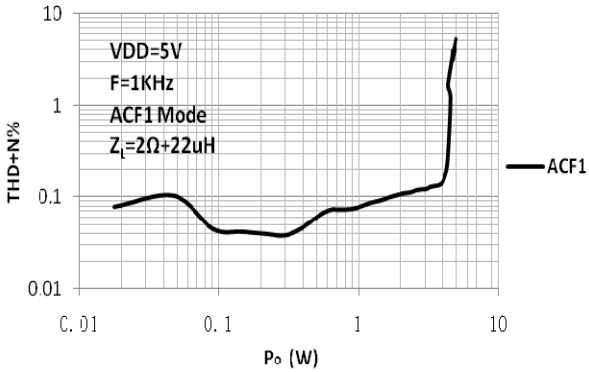
Po VS THD+N%



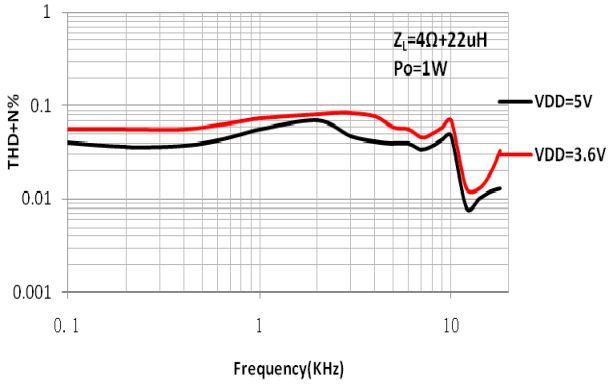
Po VS THD+N%



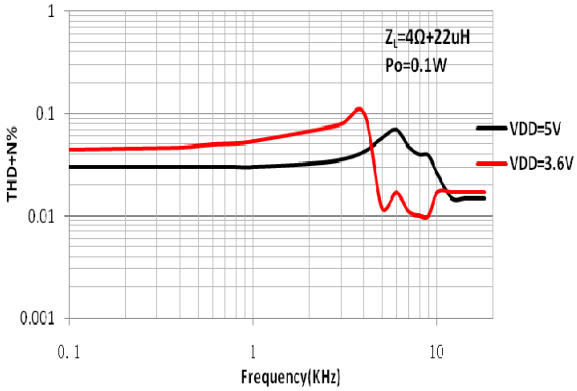
Po VS THD+N%



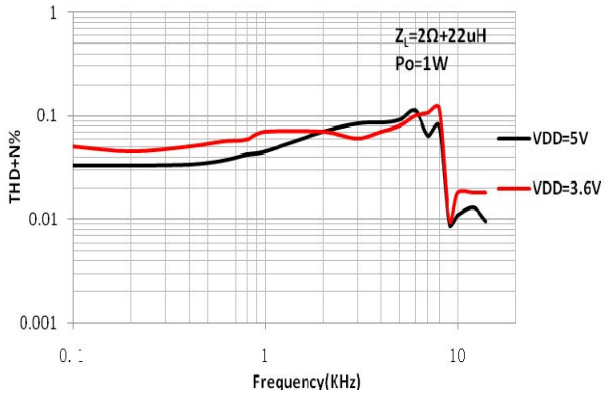
Frequency VS THD+N%



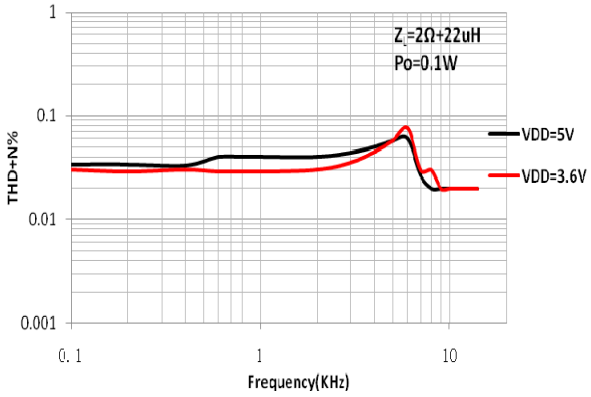
Frequency VS THD+N%



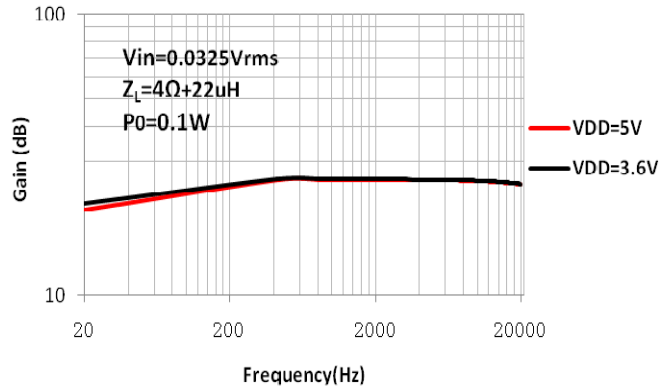
Frequency VS THD+N%



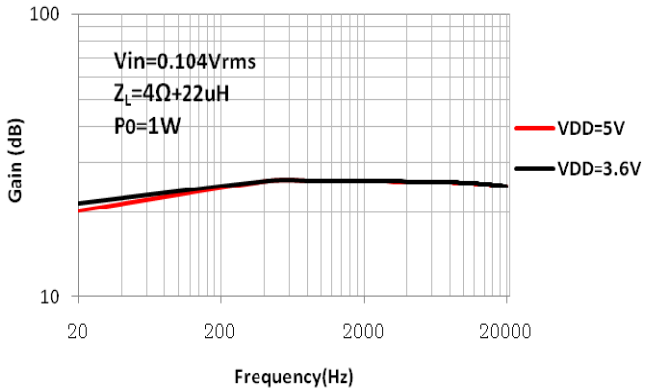
Frequency VS THD+N%



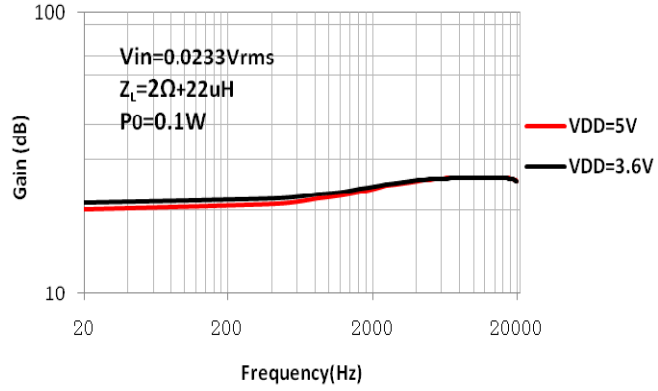
Frequency VS Gain



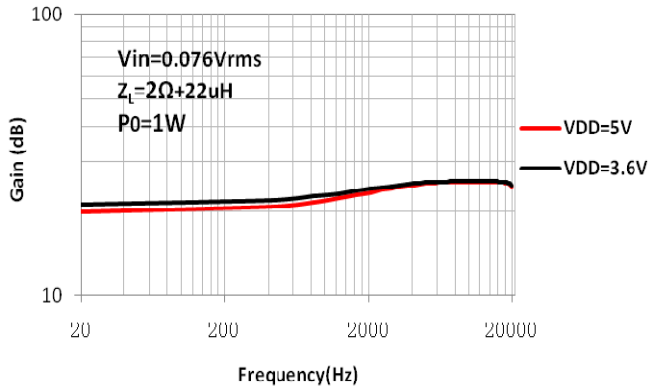
Frequency VS Gain



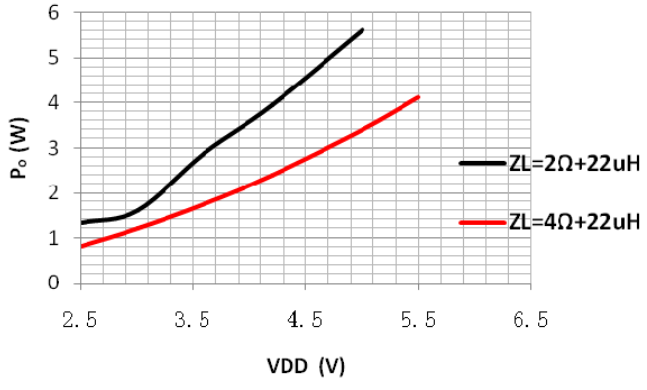
Frequency VS Gain



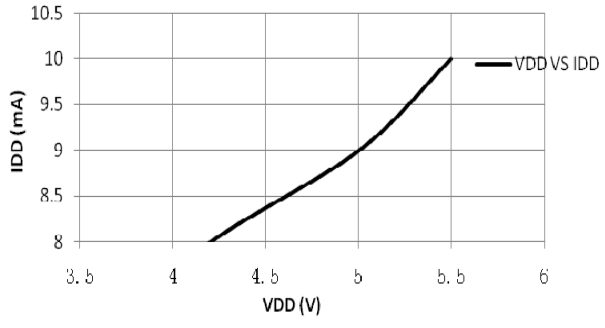
Frequency VS Gain

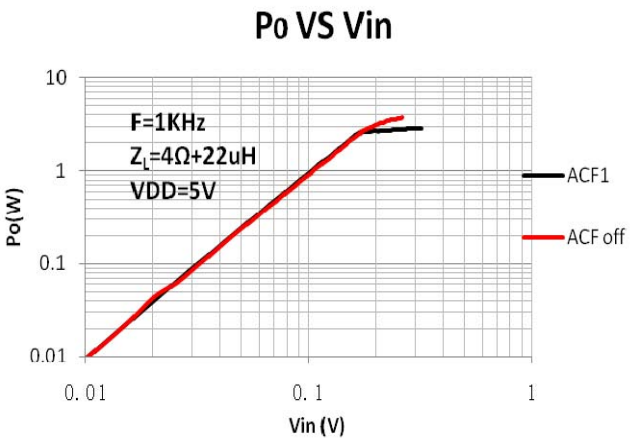


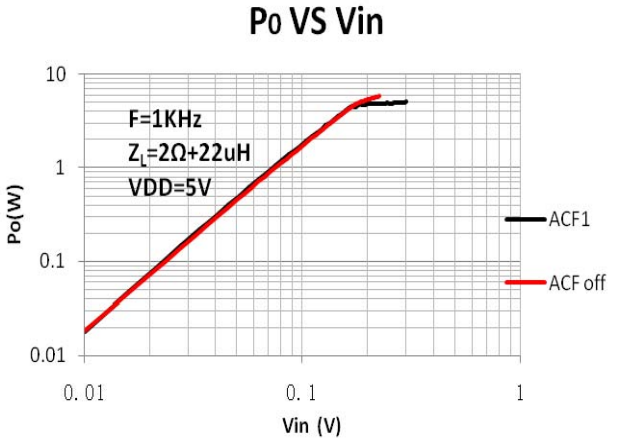
P_O VS VDD

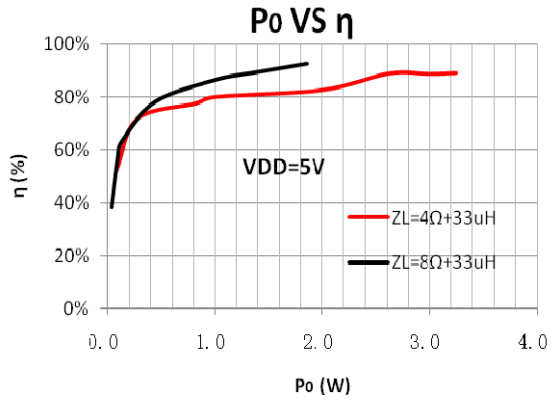


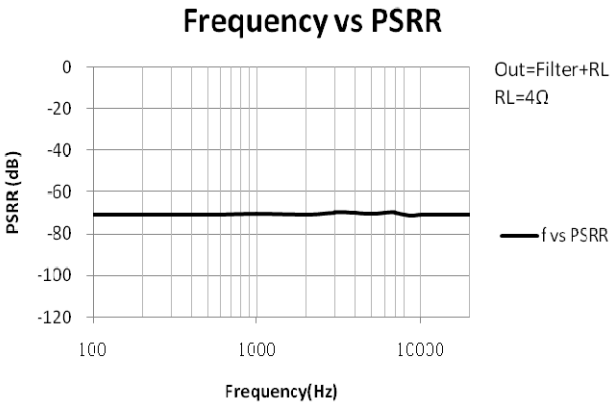
VDD VS IDD




Po VS Vin
F=1KHz
Z_L=4Ω+22uH
VDD=5V
ACF1
ACF off
Po(W)
Vin (V)
10
1
0.1
0.01
0. 01
0. 1
1


Po VS Vin
F=1KHz
Z_L=2Ω+22uH
VDD=5V
ACF1
ACF off
Po(W)
Vin (V)
10
1
0.1
0.01
0. 01
0. 1
1


Po VS η
VDD=5V
ZL=4Ω+33uH
ZL=8Ω+33uH
η (%)
Po (W)
100%
80%
60%
40%
20%
0%
0. 0
1. 0
2. 0
3. 0
4. 0


Frequency vs PSRR
Out=Filter+RL
RL=4Ω
f vs PSRR
PSRR (dB)
Frequency(Hz)
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
100
1000
10000

■ 功能描述及应用信息

● 输入配置

HM9309 接受模拟差分或单端音频信号输入，产生 PWM 脉冲输出信号驱动扬声器。

对差分输入，通过隔直电容 C_{IN} 分别输入到 IN+和 IN-端。输入截止频率 $f_c = 1/(2\pi Z_{IN} C_{IN})$。

对单端输入，则通过 C_{IN} 耦合到 IN+端。IN-端必须通过输入电容（与 C_{IN} 值相同）接地。截止频率 f_c 与差分输入时相同。

注意系统前级电路的输出阻抗Z_{OUT}应不超过600Ω。

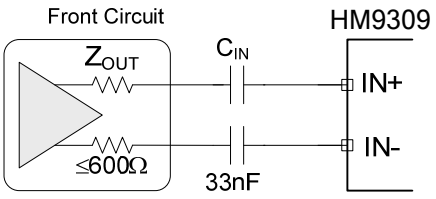


图1. 差分输入

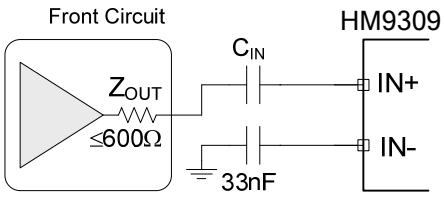


图2. 单端输入

● 数字音量控制

HM9309可通过外部管脚UP、DN来实现32阶数字音量控制功能。内部计数器时钟频率(f_{CLK})由下述表达式确定:

$$f_{CLK} = f_{OSC} / 2^{13}$$

其中f_{OSC}为内部振荡器频率,实际测试值为216KHz左右,f_{CLK}典型值为26.4Hz（cycle=38ms）。

考虑到内部的延时以及工艺偏差影响,T1=24~32ms（±10%）。

将UP或DN管脚置低电平可实现音量上升或下降,控制时序如图3所示。其中T1为抗抖动时间,经过T1后音量上升或下降一阶;T2为音量维持不变的时间,经过较长时间T2后音量继续上升或下降一阶;此后每隔较短时间T3,音量即改变一阶,可实现音量的连续快速变化。

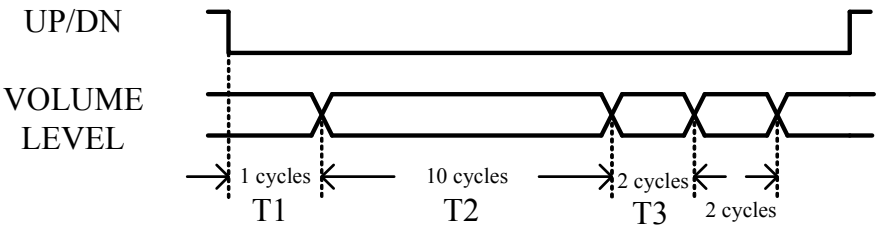


图3. 音量控制时序图

操作事项:

- UP和DN同时置低电平时,音量维持不变;
- 从静音状态恢复/关断模式恢复时,之前设置的音量不改变;
- 初始上电时,系统增益默认值为9dB;
- 32阶音量控制增益见表1。

表1. 音量控制增益

阶数	增益[*3] (dB)	阶数	增益(dB)	阶数	增益(dB)
1	MUTE	12	-7	23	15
2	-37	13	-5	24	16
3	-34	14	-3	25	17
4	-31	15	-1	26	18
5	-28	16	1	27	19
6	-25	17	3	28	20
7	-22	18	5	29	21
8	-19	19	7	30	22
9	-16	20	9	31	23
10	-13	21	11	32	24
11	-10	22	13		

注3：增益指的是系统整体增益

● CTRL模式设置

在 CTRL 端输入不同电压值，能实现 4 种工作模式，即防削顶模式 1（ACF-1），防削顶模式 2（ACF-2），防削顶功能关闭模式（ACF-Off）和芯片关断模式（SD），详见下表。

表 2　CTRL 引脚不同模式设置的输入电压

参数名	符号	最小值	理想值	最大值	单位
ACF-Off　模式的设置阈值电压	V_{MOD1}	2.00	VDD	V_{DD}	V
ACF-1　模式的设置阈值电压	V_{MOD2}	1.55	1.70	1.85	V
ACF-2　模式的设置阈值电压	V_{MOD3}	1.10	1.25	1.40	V
SD　模式的设置阈值电压	V_{MOD4}	V_{SS}	0	0.30	V

应用时，可通过以下两种方式来设置预置模式，需要注意的是，由于 CTRL 端内部设置了 200kΩ(±10%)的下拉电阻，在设置外部电阻参数时需要将此考虑进去：

（1）外部微控制器设置方式

通过外部微控制器的 2 个逻辑控制端 CTRL1、CTRL2 和电阻网络 R_{CTRL1}、R_{CTRL2}、R_{CTRL3}（推荐精度，1%），可产生上表中的设置电压输入 CTRL 端完成 4 种模式设置。另外，CTRL 端需通过一个电容 C_{CTRL}（陶瓷电容，≧0.1μF）接地，消除模式切换时的噪声。CTRL1、CTRL2 端电位和实现模式的对应关系见下表。

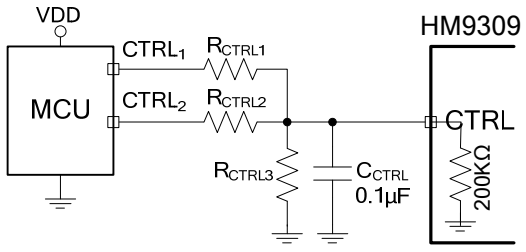


图4　微控制器双端控制CTRL

表3　工作模式设置

CTRL1电位	CTRL2电位	模式
H	H	ACF-Off
GND	H	ACF-1
H	GND	ACF-2
GND	GND	SD

H 表示微控制器的输入/输出口为高电平，GND 表示微控制器输出地电位。微控制器 GND 电位必须和 HM9309 的 GND 电位一致。根据微控制器输入/输出端口的不同 H 电位值，电阻网络可取如下阻值：

表 4　微控制器 H 电位值与电阻网络取值

微控制器I/O端口H电位值	5.0V
R_{CTRL1}	100kΩ
R_{CTRL2}	68kΩ
R_{CTRL3}	82kΩ

若应用中不需要 ACF-1 和 ACF-2 模式，可通过单个引脚（CTRL1）来控制实现 ACF-Off 和 SD 模式，见下图。根据 V_{MOD1} 和 V_{MOD4} 阈值来设置 CTRL 端电压，为消除噪声建议采用时间常数不小于 1ms 的 RC 滤波器（例如 R_{CTRL}=470K，C_{CTRL}=0.1μF），当然也需要考虑内置电阻 200kΩ的分压。

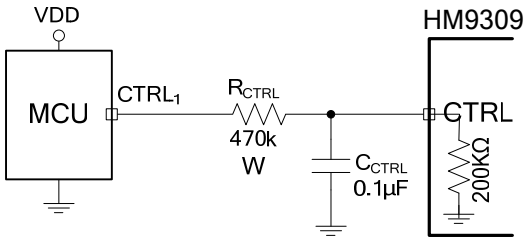


图5　微控制器单端控制CTRL

表5　工作模式设置

CTRL1电位	模式
H	ACF-Off
GND	SD

（2）外部开关按钮变换模式

精简应用电路（ACF-Off）

图 6 是 ACF-Off 和 SD 固定模式应用图，开关 S1 闭合时处于 ACF-Off 模式，打开后则进入 SD 关断模式。

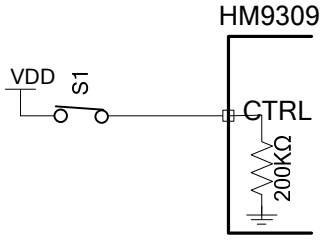


图 6　ACF-Off 模式实现

表6　工作模式选择

开关S1	模式
闭合	ACF-Off
断开	SD（关断）

若不需 SD 低功耗应用，可去掉开关 S1，直接将 CTRL 脚接电源 VDD 即可。

● CTRL模式功能描述

(一) ACF ON 模式

在 ACF-1、ACF-2 模式下，当电路检测到输入信号幅度过大而产生输出削顶时，HM9309 通过自动调整系统增益，控制输出达到一种最大限度的无削顶失真功率水平，由此大大改善了音质效果。此外，当电源电压下降时，HM9309 也能自动衰减输出增益，实现与 VDD 下降值相匹配的最大限度无削顶输出水平。

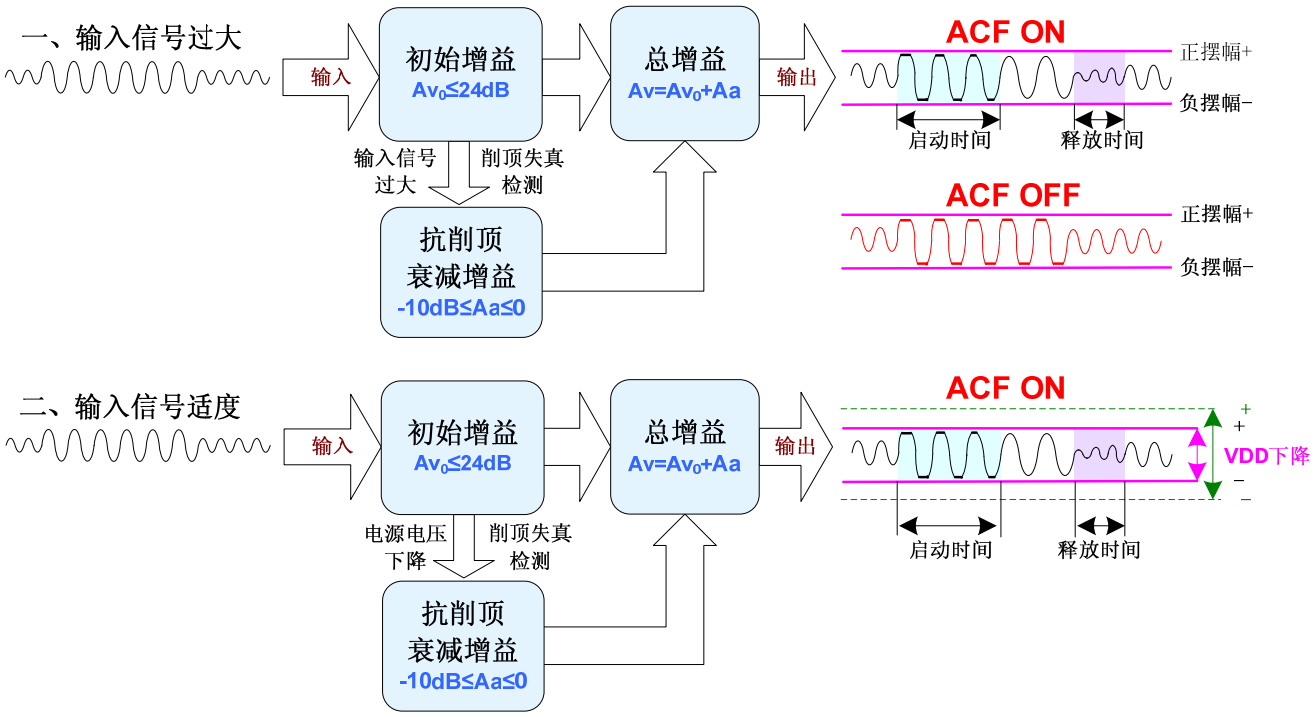


图 7　ACF 工作原理示意图

ACF ON 模式下的启动时间（Attack time）指在突然输入足够大信号而产生输出削顶的条件下，从 ACF 启动对放大器的增益调整，直到增益从 Av_0 衰减至距目标衰减增益 3dB 时的时间间隔；释放时间（Release time）指从产生削顶的输入条件消失，到增益退出衰减状态恢复到 Av_0 的时间间隔。HM9309 的最大衰减增益为 10dB。

ACF-1 和 ACF-2 模式具有不同的启动时间和释放时间（见下表）。

表 7　ACF-1 和 ACF-2 模式区别

模式	启动时间	释放时间
ACF-1（推荐）	50ms	64ms
ACF-2	56ms	38ms

(二) ACF OFF 模式

在 ACF-Off 模式下，ACF 功能被关闭，HM9309 不对输出削顶条件作检测，也不对系统增益作自动调整操作，系统增益保持设置增益（如 $Av=Av_0=24dB$）恒定不变。HM9309 可能因输出存在破音失真而音质变坏。

(三) SD 模式

在关断模式（低功耗待机）下，芯片关闭所有功能并将功耗降低到最小，输出端为弱低电平状态（内部通过高阻接地）。

● CTRL模式转换时序

当 CTRL 接地时，进入 SD 关断模式，此时 CTRL 端低电平应保持至少 t_{SD} 时间不变。反之 CTRL 设为高电位时，经 T_{STUP} 后芯片正常工作，关断被解除，请注意以下唤醒的初始化时序：

(1) 先启动前级电路以稳定 IN+/IN- 端直流偏置电压（见下图-②），再解除 HM9309 关断状态。注意前级偏置电压的变化量应低于 VDD。稳定偏置所需时间 T_{DLY} 为，

$$T_{DLY} \geqq C_{IN} \times 330 \times 10^{3} \times 3$$

例如，C_{IN}=33nF 时，T_{DLY}≧33ms。

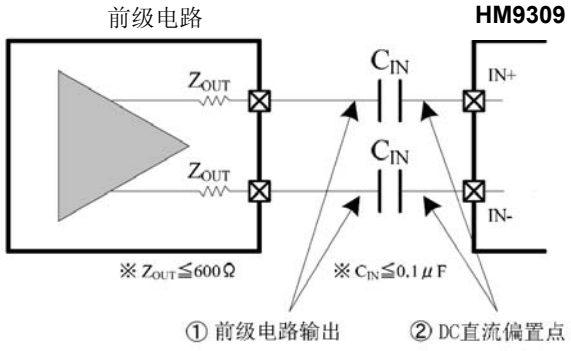


图8　前级偏置示意图

● 咔嗒-噼噗声消除

HM9309 内置控制电路实现了全面的杂音抑制效果，有效地抑制住了系统在上电、下电、关断及其唤醒操作过程中出现的瞬态咔嗒-噼噗（Click-Pop）噪声。

为达到更优异的咔嗒-噼噗声消除效果，一般情况下，可采用 0.1μF 或更小的隔直电容 C_{IN}。同时 POP 噪声还可通过下列上电、下电时关断模式的时序控制措施来达到杂声微乎其微的效果：

- 电源上电时，保持关断模式，等电源足够稳定后再解除关断模式。
- 电源下电时，提前设为关断模式。

● 保护功能

HM9309 具有以下几种保护功能：输出端过流保护、片内过温保护、电源欠压异常保护。

（1）过流保护

当检测到一输出端对电源、对地、或对另一输出端短路时，过流保护启动，输出端切换至高阻态，防止芯片烧毁损坏。短路情况消除后，通过关断、唤醒一次芯片，或重新上电均能使芯片退出保护模式。

（2）过温保护

当检测到芯片内温度超过 150℃时，过温保护启动，正负输出端切换至弱低电平状态（内部通过高阻接地），防止芯片被热击穿损坏。

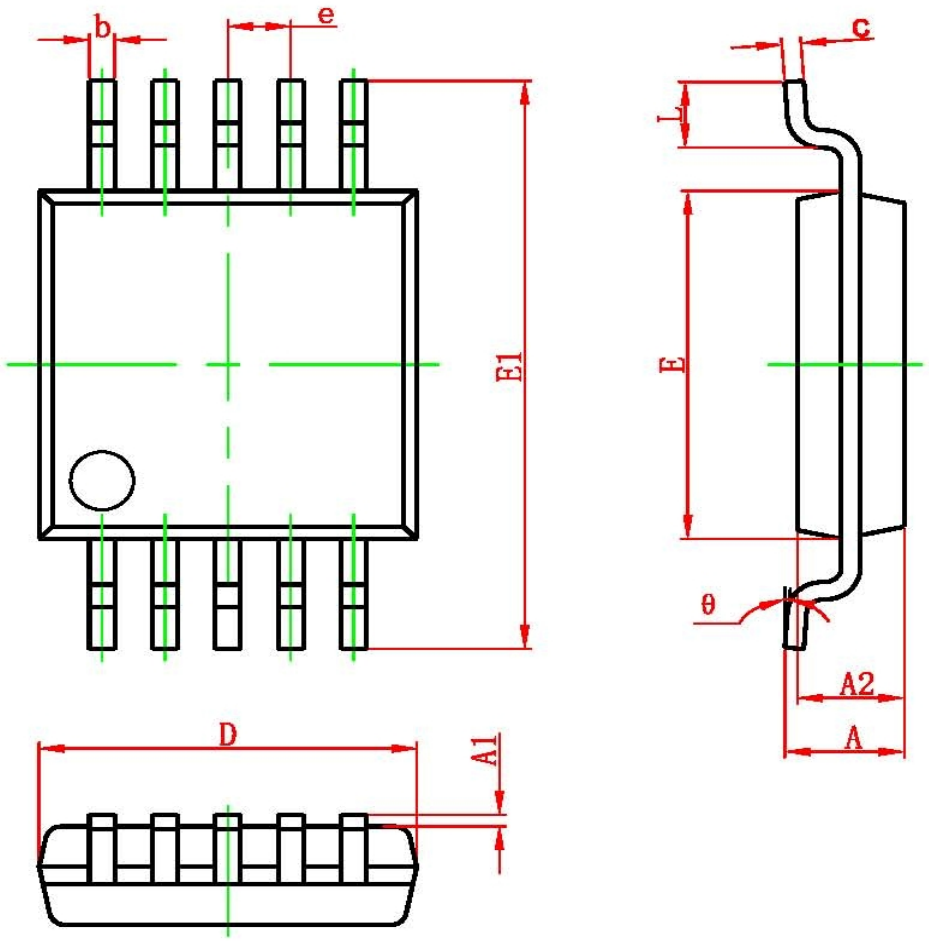
（3）欠压保护

当检测到电源端 VDD 低于 V_{UVLL}（1.9V），启动欠压保护，输出端为弱低电平状态（内部通过高阻接地）；当检测到 VDD 高于 V_{UVLH}（2.2V），保护模式自动解除，经启动时间 T_{STUP} 后进入正常工作状态。

■ 封装外形

● MSOP10

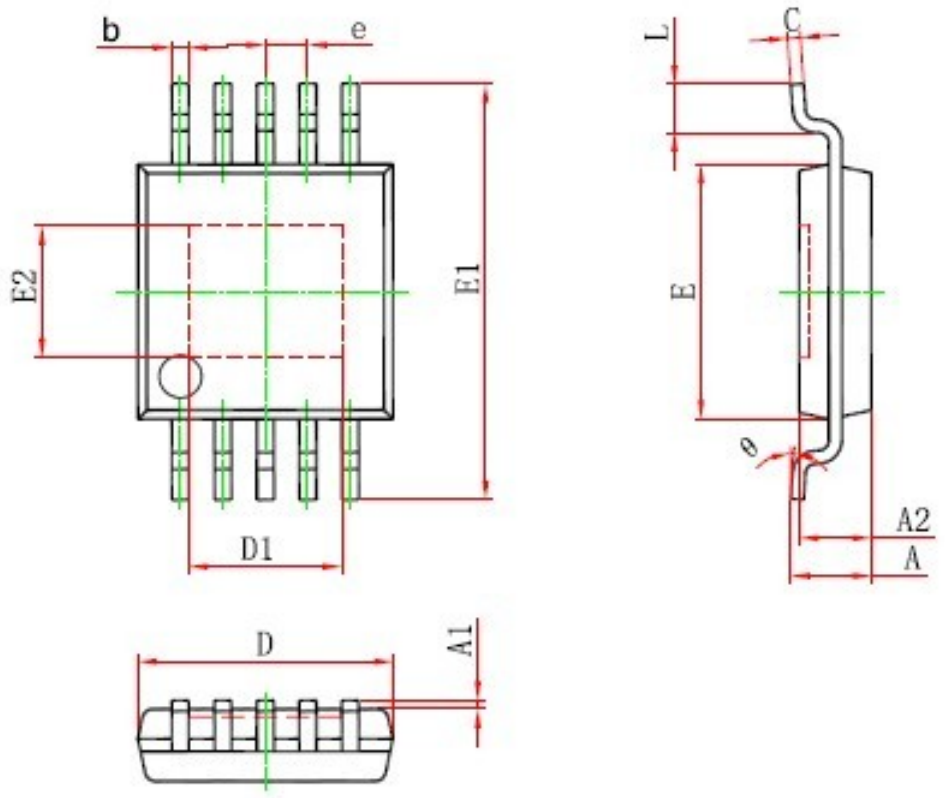
MSOP10 PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



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°

- **MSOP10-PP**

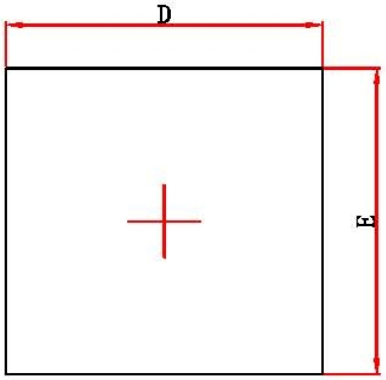
MSOP10/PP PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



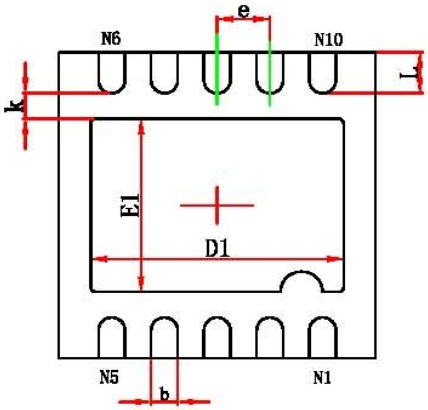
Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	0.820	1.100	0.032	0.043
A1	0.020	0.150	0.001	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
b	0.180	0.280	0.007	0.011
c	0.090	0.230	0.004	0.009
D	2.900	3.100	0.114	0.122
D1	1.700	1.900	0.067	0.075
e	0.50 (BSC)		0.020(BSC)	
E	2.900	3.100	0.114	0.122
E1	4.750	5.050	0.187	0.199
E2	1.450	1.650	0.057	0.065
L	0.400	0.800	0.016	0.028
θ	0°	6°	0°	6°

● **DFN10**

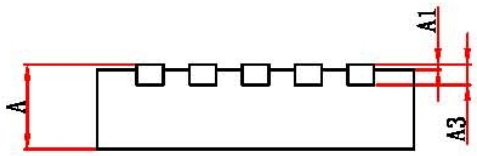
DFNWB3×3-10L(P0.50T0.75/0.85)PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Top View



Bottom View



Side View

Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF.		0.008REF.	
D	2.900	3.100	0.114	0.122
E	2.900	3.100	0.114	0.122
D1	2.300	2.500	0.091	0.098
E1	1.600	1.800	0.063	0.071
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
e	0.500TYP.		0.020TYP.	
L	0.300	0.500	0.012	0.020