



## **TFA9875\_SDS**

**高效D类音频放大器**

**版本： 1.0**

**发布日期： 2021-11-17**

# 目录

1 简介.....	1
2 产品特性.....	2
3 应用场景.....	3
4 快速参考数据.....	4
5 订购信息.....	5
6 系统框图.....	6
7 引脚信息.....	7
8 功能描述.....	9
9 绝对最大额定值.....	10
10 热特性.....	11
11 电气特性.....	12
11.1 DC特性.....	12
11.2 AC特性.....	13
11.3 TDM时序特性.....	16
11.4 I <sup>2</sup> C时序特性.....	17
12 产品应用.....	19
12.1 应用示意图.....	19
13 封装尺寸图.....	23
14 WLCSP贴片焊接.....	25
14.1 简介.....	25
14.2 WLCSP电路板安装.....	25
14.3 回流焊接.....	25
14.3.1 焊点高度.....	26
14.3.2 焊点质量.....	26
14.3.3 返修.....	26
14.3.4 清洁.....	27
15 法律和联系信息.....	28
16 修订记录.....	29

# 1 简介

TFA9875是一款高效升压D类音频放大器，可向 $8\ \Omega$ 扬声器提供高达 $7.7\ \text{W}$ （均方根值）的输出功率。TFA9875可通过感测每个音圈上的扬声器电流和电压（双电压感测），提供双音圈扬声器保护。

该放大器内部集成自适应DC-DC转换器，可将供电电压提高至 $12\ \text{V}$ ，大幅提升音质。供电电压仅在必要时升高，从而限制该D类音频放大器的静态功耗，并最大限度地提升输出功率。

TFA9875可嵌入免提扬声器平台和听筒扬声器平台，驱动免提扬声器（ $6\ \Omega\sim 8\ \Omega$ ）或听筒扬声器（ $\leq 32\ \Omega$ ）播放音频。在手机听筒通话场景下，最大输出功率和噪声水平均低于免提通话场景。

TFA9875采用TDM作为音频接口，通过I<sup>2</sup>C接口传输控制信息。

TFA9875支持36个锡球的晶圆级芯片封装（WLCSP），锡球间距为 $400\ \mu\text{m}$ 。

## 2 产品特性

- 高输出功率：为8  $\Omega$ 负载提供7.7 W（均值）功率（4.2 V供电电压，THD = 1%）
- 支持听筒和免提扬声器配置场景
- 低噪声模式：听筒扬声器场景下可配置为10  $\mu$ V低噪声模式
- 高效且低功率损耗的扬声器驱动器
- 支持双线圈扬声器保护，集成电流和双电压感测
- 在固定升压模式和自适应升压模式之间切换时，自适应DC-DC转换器可平稳提升供电电压，防止产生大电池电压尖峰并限制静态功耗
- 当自适应DC-DC转换器处于激活状态时，支持抑制升压转换器去耦电容器的噪声
- 宽供电电压范围（可在2.7 V至5.5 V范围内实现所有功能）
- I<sup>2</sup>C总线控制接口（400 kHz）
- TDM音频接口
- 支持16 kHz/32 kHz/44.1 kHz/48 kHz/96 kHz采样频率
- 通过专用中断引脚实现编程中断控制
- 低射频干扰
- 过温保护
- 在不增加外围器件的条件下可达到输出端8 kV系统级ESD保护

### 3 应用场景

- 手机和平板电脑
- 便携式导航设备（PND）
- 笔记本/上网本

## 4 快速参考数据

表 4-1 快速参考数据

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BAT}$	电池供电电压	位于VBAT引脚；在实际应用中， $V_{BAT}$ 不得低于 $V_{DDD}$	2.7	-	5.5	V
$V_{DDD}$	数字供电电压	位于VDDD引脚	1.65	1.8	1.95	V
$V_{DDP}$	供电电压	位于VDDP引脚	2.7	-	12.2	V
$I_{BAT}$	电池供电电流（位于VBAT引脚）	常规电量模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 8 \Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 3.8 \text{ V}$ ， $V_{BST} = 12 \text{ V}$	-	126	-	mA
		常规电量模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 3.8 \text{ V}$	-	5.8	-	mA
		空闲模式；开启输入信号检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 3.8 \text{ V}$	-	55	-	$\mu\text{A}$
		掉电状态	-	1	-	$\mu\text{A}$
$I_{DDD}$	数字供电电流（位于VDDD引脚）	常规电量模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 8 \Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$ ， $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	5.75	-	mA
		常规电量模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	5.75	-	mA
		空闲模式；开启信号电平检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	1.65	-	mA
		掉电状态	-	1	30	$\mu\text{A}$
$R_L$	负载电阻		6	-	38	$\Omega$
$P_{o(AV)}$	平均输出功率	THD+N = 1% ( $R_L = 8 \Omega$ ， $L_L = 44 \mu\text{H}$ )， $V_{BST} = 12.0 \text{ V}$ ， $V_{BAT} = 4.2 \text{ V}$ ， $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	7.7	-	W
$V_{n(o)}$	输出噪声电压	A加权，无输入信号，低噪声模式； $f_s = 48 \text{ kHz}$	-	10	-	$\mu\text{V}$

## 5 订购信息

表 5-1 订购信息

型号	封装	
	名称	说明
TFA9875AUK/N1	WLCSP36	晶圆级芯片封装：36个锡球，间距：0.4 mm
TFA9875CUK/N1	WLCSP36	晶圆级芯片封装：36个锡球，间距：0.4 mm；含背面涂层

## 6 系统框图

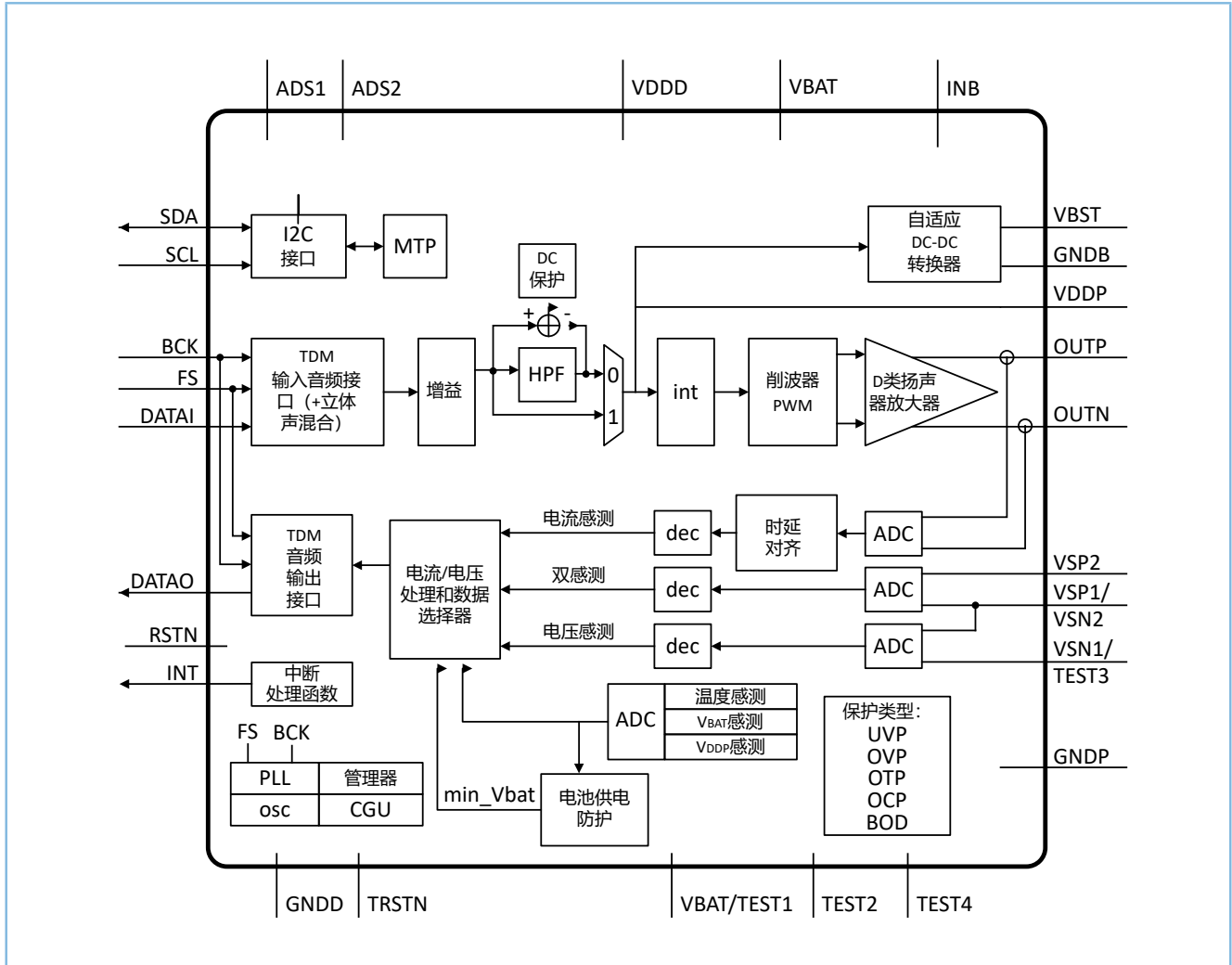


图 6-1 系统框图



## 7 引脚信息

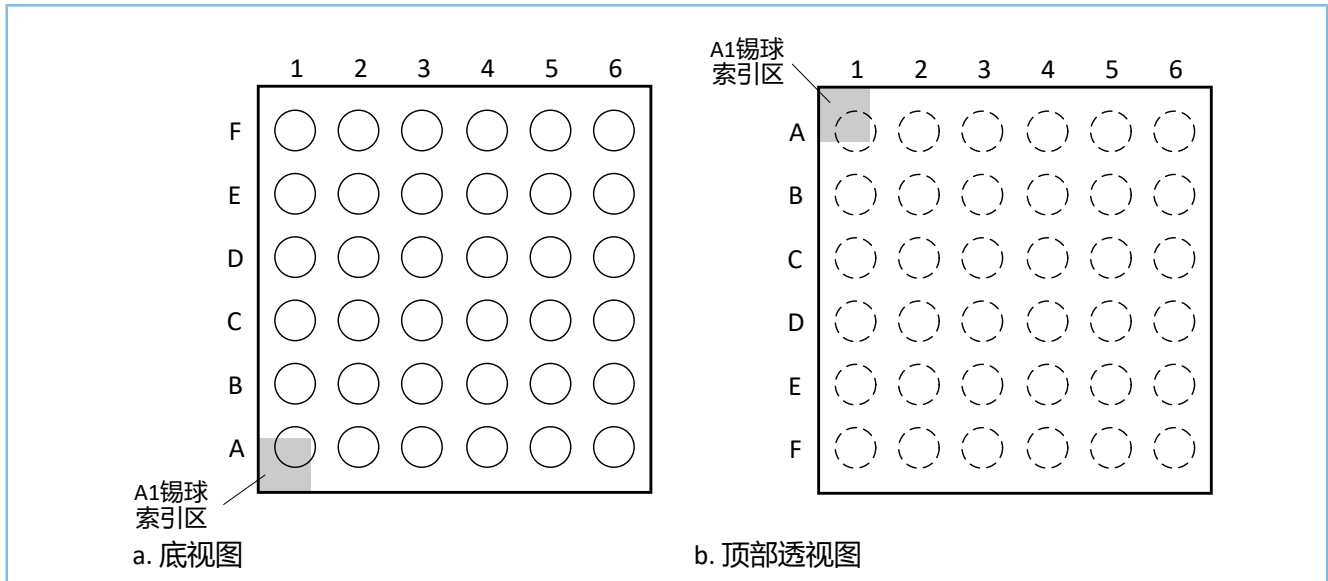


图 7-1 球形引脚排列图

	1	2	3	4	5	6
A	RSTN	BCK	FS	SCL	SDA	TRSTN
B	DATAO	DATAI	ADS2	ADS1	INT	VDDD
C	VBAT	TEST1	VSN1/ TEST3	TEST2	VSN2/ VSP1	VSP2
D	GNDDB	GNDDB	GNDDB	GNDP	GNDP	GNDD
E	INB	INB	INB	TEST4	OUTP	OUTN
F	VBST	VBST	VBST	VDDP	VDDP	VDDP

顶部透视图

图 7-2 球形引脚

表 7-1 引脚说明

符号	引脚	类型	说明
RSTN	A1	I	复位输入，低电平有效
BCK	A2	I	TDM接口的数字音频位时钟输入
FS	A3	I	TDM接口的数字音频帧同步输入
SCL	A4	I	I <sup>2</sup> C总线时钟输入
SDA	A5	I/O	I <sup>2</sup> C总线数据输入/输出
TRSTN	A6	I	测试信号输入TRSTN，连接到PCB接地
DATAO	B1	O	TDM接口的数字音频数据输出
DATAI	B2	I	TDM接口的数字音频数据输入
ADS2	B3	I	数字I <sup>2</sup> C地址选择输入2
ADS1	B4	I	数字I <sup>2</sup> C地址选择输入1

符号	引脚	类型	说明
INT	B5	O	数字中断输出
VDDD	B6	P	数字供电电压
VBAT	C1	P	电池供电电压
TEST1	C2	P	测试信号输入1; 仅用于测试; 连接到VBAT
VSN1/TEST3	C3	I	电压感测1负输入
TEST2	C4	I	测试信号输入2; 仅用于测试; 连接到PCB接地, 或通过电容器连接到PCB接地
VSP1/VSN2	C5	I	电压感测1正输入、电压感测2负输入
VSP2	C6	I	电压感测2正输入
GNDB	D1	P	升压器接地
GNDB	D2	P	升压器接地
GNDB	D3	P	升压器接地
GNDP	D4	P	电源接地
GNDP	D5	P	电源接地
GNDD	D6	P	数字接地
INB	E1	P	DC-DC升压转换器输入
INB	E2	P	DC-DC升压转换器输入
INB	E3	P	DC-DC升压转换器输入
TEST4	E4	I	测试信号输入4; 仅用于测试; 连接到PCB接地, 或通过电容器连接到PCB接地
OUTP	E5	O	非反相输出
OUTN	E6	O	反相输出
VBST	F1	O	升压供电电压输出
VBST	F2	O	升压供电电压输出
VBST	F3	O	升压供电电压输出
VDDP	F4	P	供电电压
VDDP	F5	P	供电电压
VDDP	F6	P	供电电压

## 8 功能描述

如图 6-1 所示，TFA9875 是一款高效桥式负载（BTL）D 类音频放大器。

TFA9875 提供 I<sup>2</sup>C、I<sup>2</sup>S 以及 TDM 音频接口，可实现与音频主机通信；支持将输入的立体声音频流混合成单声道信号。

数字音频流被转换为两个脉冲宽度调制（PWM）信号，并注入到 D 类音频放大器中。三电平 PWM 方案支持无滤波扬声器驱动。

自适应 DC-DC 转换器会将输出电压升至 D 类放大器要求的水平。

电池电压低且启用电池防护（BSS）时，放大器最大输出信号幅度会自动降低，以限制电池电流。

## 9 绝对最大额定值

表 9-1 绝对最大额定值

符合绝对最大额定值系统（IEC 60134）。

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
V <sub>BAT</sub>	电池供电电压	位于VBAT引脚	-0.3	+6	V
V <sub>BST</sub>	升压器输出电压	位于VBST引脚	-0.3	+13 <sup>[1]</sup>	V
V <sub>INB</sub>	升压器输入电压	位于INB引脚	-0.3	V <sub>BST</sub> + 0.3 <sup>[1]</sup>	V
V <sub>DDP</sub>	供电电压	位于VDDP引脚	-0.3	+13 <sup>[1]</sup>	V
V <sub>O</sub>	输出电压	位于扬声器连接处；OUTP、OUTN引脚	-0.3	V <sub>DDP</sub> + 0.3 <sup>[1]</sup>	V
V <sub>sense</sub>	感测电压	位于VSN和VSP引脚的感测输入电压	-0.3	V <sub>DDP</sub> + 0.3 <sup>[1]</sup>	V
V <sub>DDD</sub>	数字供电电压	位于VDDD引脚	-0.3	+2.5	V
V <sub>low</sub>	低电压	位于TEST1/TEST2引脚	-0.3	V <sub>BAT</sub> + 0.3	V
T <sub>j</sub>	结温		-	125	°C
T <sub>stg</sub>	存储温度		-55	+150	°C
T <sub>amb</sub>	环境温度		-40	+85	°C
V <sub>ESD</sub>	静电放电电压	依据人体模型（HBM）	-2	+2	kV
		依据充电器件模型（CDM）	-500	+500	V

[1] 如果使用Goodix演示板，且INB引脚有1 mm长的线材/PCB走线，则可观察到 -6 V~+18 V的AC脉冲，且设备不会受损，这是因为这些电压峰值并非出现在实际设备内。

## 10 热特性

表 10-1 初始状态选择

符号	参数	条件	典型值	单位
$R_{th(j-a)}$	从结温到环境温度的热阻	4层应用板	45	K/W

## 11 电气特性

### 11.1 DC特性

表 11-1 DC特性

所有参数的测试条件为： $V_{BAT} = 3.8\text{ V}$ ； $V_{DDD} = 1.8\text{ V}$ ； $V_{DDP} = V_{BST} = 12\text{ V}$ ，自适应升压模式； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $R_L = 8\text{ }\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 30\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ ；DCMCC = 1111b。以上为默认设置，如无特殊说明则无更改。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$V_{BAT}$	电池供电电压	位于VBAT引脚；在实际应用中， $V_{BAT}$ 不得低于 $V_{DDD}$	2.7	-	5.5	V	
$V_{DDP}$	供电电压	位于VDDP引脚	2.7	-	12.2	V	
$V_{DDD}$	数字供电电压	位于VDDD引脚	1.65	1.8	1.95	V	
$I_{BAT} + I_{INB}$	电池供电电流	常规电量模式；平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$	-	126	-	mA	
		常规电量模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	5.8	-	mA	
		空闲模式；开启音频放大器接收信号功能、输入信号检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	55	-	$\mu\text{A}$	
		掉电状态	<sup>[1]</sup>	-	1	-	$\mu\text{A}$
$I_{DDD}$	数字供电电流（位于VDDD引脚）	常规电量模式；平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$	-	5.75	-	mA	
		常规电量模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	5.75	-	mA	
		空闲模式；开启音频放大器接收信号功能、信号电平检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	1.65	-	mA	
		掉电状态	-	1	30	$\mu\text{A}$	
<b>FS、BCK、DATAI、ADS1、ADS2、SCL、SDA、RSTN引脚</b>							
$V_{IH}$	高电平输入电压		$0.7V_{DDD}$	-	-	V	
$V_{IL}$	低电平输入电压		-	-	$0.3V_{DDD}$	V	
$R_{pu}$	上拉电阻	RSTN引脚	-	20	-	k $\Omega$	
$C_{in}$	输入电容	FS、BCK、DATAI、ADS1、ADS2和RSTN引脚	<sup>[2]</sup>	-	-	5	pF
		SCL与SDA引脚	<sup>[2]</sup>	-	-	10	pF

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$I_{Li}$	输入漏电流	1.8 V, 位于FS、BCK、DATAI、ADS1和ADS2引脚	-	-	0.1	$\mu A$
		1.8 V, 位于SCL与SDA引脚	-	-	0.5	$\mu A$
<b>DATA0、INT引脚, 推挽输出级</b>						
$V_{OH}$	高电平输出电压	$I_{OH} = 4 \text{ mA}$	$V_{DD} - 0.4$	-	-	V
$V_{OL}$	低电平输出电压	$I_{OL} = 4 \text{ mA}$	-	-	400	mV
<b>SDA引脚, 开漏输出, 外部电阻连接至<math>V_{DD}</math></b>						
$V_{OH}$	高电平输出电压		$V_{DD} - 0.4$	-	-	V
$V_{OL}$	低电平输出电压	$I_{OL} = 3 \text{ mA}$	-	-	400	mV
<b>OUTP与OUTN引脚</b>						
$R_{DSon}$	漏源导通电阻	PMOS晶体管 + NMOS晶体管	-	430	520	m $\Omega$
<b>保护</b>						
$T_{act(th\_prot)}$	热保护激活温度		130	-	-	$^{\circ}C$
$V_{ovp(VBAT)}$	VBAT引脚的过压保护		5.6	-	6.0	V
$V_{uvp(VBAT)}$	VBAT引脚的欠压保护		2.3	-	2.7	V
$I_{O(ocp)}$	过流保护输出电流		2.5	-	-	A
<b>DC-DC转换器</b>						
$V_{BST}$	VBST引脚电压	DCVOS = 11110000; 升压模式 (校正后)	<sup>[3]</sup> 11.8	12	12.2	V

[1]  $L_{BST}$  = 升压转换器电感;  $R_L$  = 负载电阻;  $L_L$  = 负载电感 (扬声器)。

[2] 生产期间未测试该参数; 该数值在设计中有效, 并已通过产品验证检查。

[3] 升压开关频率 = 2 MHz (PWM模式)。

## 11.2 AC特性

表 11-2 AC特性

所有参数的测试条件为:  $V_{BAT} = 3.8 \text{ V}$ ;  $V_{DD} = 1.8 \text{ V}$ ;  $V_{DDP} = V_{BST} = 12 \text{ V}$ , 自适应升压模式;  $L_{BST} = 1 \mu H^{[1]}$ ;  $R_L = 8 \Omega^{[1]}$ ;  $L_L = 30 \mu H^{[1]}$ ;  $f_i = 1 \text{ kHz}$ ;  $f_s = 48 \text{ kHz}$ ;  $T_{amb} = 25^{\circ}C$ ; DCMCC = 1111b。以上为默认设置, 如无特殊说明则无更改。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>放大器输出功率</b>						
$P_{o(AV)}$	平均输出功率	免提扬声器, THD+N = 1%; 采用4层应用板; $R_{th(j-a)} = 42 \text{ K/W}$				
		$R_L = 8 \Omega$	-	7	-	W
		$R_L = 8 \Omega$ ; $V_{BAT} = 4.2 \text{ V}$	-	7.7	-	W

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		$R_L = 6 \Omega$ ; $L_L = 30 \mu\text{H}$ ; $V_{\text{BST}} = 10.0$ $V$ ; $V_{\text{BAT}} = 3.8 \text{ V}$	-	7	-	W
		$R_L = 6 \Omega$ ; $L_L = 30 \mu\text{H}$ ; $V_{\text{BST}} = 10.0$ $V$ ; $V_{\text{BAT}} = 4.2 \text{ V}$	-	7.8	-	W
		听筒扬声器; $\text{THD+N} = 1\%$				
		$R_L = 32 \Omega$ , 语音模式	-	0.2	-	W
		$R_L = 32 \Omega$ , 音频模式	-	2.1	-	W
放大器输出引脚 (OUTP和OUTN)						
$ V_{\text{O(offset)}} $	输出偏移电压	DC-DC转换器处于跟随模式	-	-	0.8	mV
放大器性能						
$\eta_{\text{po}}$	输出功率效率	位于VBAT引脚; 平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$	[2] -	79	-	%
		位于VBAT引脚; $P_o = 600 \text{ mW}$	[2] -	86	-	%
		位于VBAT引脚; $P_o = 3 \text{ W}$	[2] -	82	-	%
THD+N	总谐波失真加噪声	$V_{\text{DDP}} > 9 \text{ V}$ ; $P_o = 2.0 \text{ W}$	[3] -	-	0.05	%
$V_{\text{n(o)}}$	输出噪声电压	A加权, 无输入信号, 常规模式; $f_s = 48 \text{ kHz}$ 或 $96 \text{ kHz}$	[3] -	35	-	$\mu\text{V}$
		A加权, 无输入信号, 常规模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 $32 \text{ kHz}$ 或 $44.1 \text{ kHz}$	[3] -	44	-	$\mu\text{V}$
		A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 $32 \text{ kHz}$ 、 $44.1 \text{ kHz}$ 、 $48 \text{ kHz}$ 或 $96 \text{ kHz}$	[3] -	10	-	$\mu\text{V}$
		A加权, 无输入信号, 空闲模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 $32 \text{ kHz}$ 、 $44.1 \text{ kHz}$ 、 $48 \text{ kHz}$ 或 $96 \text{ kHz}$	[3] -	1	-	$\mu\text{V}$
DR	动态范围	A加权; $V_{\text{BAT}} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ ; S/N信号达最大值 (THD = 1%时); 输出噪声电压 ( $V_{\text{n(o)}}$ ); 施加-60 dBFS信号; 低噪声模式; 禁用空闲模式	[3] 110	116	-	dB
S/N	信噪比	A加权; $V_{\text{BAT}} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$ , S/N信号达最大值 (THD = 1%时)	[3] -	116	-	dB



符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
PSRR	电源抑制比	来自V <sub>BAT</sub> ; 升压器(跟随模式, V <sub>DDP</sub> = V <sub>BAT</sub> ), 方波f <sub>ripple</sub> = 217 Hz, V <sub>ripple</sub> = 500 mV <sub>(p-p)</sub> , P <sub>o</sub> = 0; 启用空闲模式; 启用低噪声模式	-	90	-	dB
		来自V <sub>BAT</sub> ; 升压器(跟随模式, V <sub>DDP</sub> = V <sub>BAT</sub> ), 正弦波f <sub>ripple</sub> = 20 Hz~1 kHz, V <sub>ripple</sub> = 200 mV (RMS), P <sub>o</sub> = 0; 启用低噪声模式	60	80	-	dB
		来自V <sub>BAT</sub> ; 升压器(跟随模式, V <sub>DDP</sub> = V <sub>BAT</sub> ), 正弦波f <sub>ripple</sub> = 1 Hz~20 kHz, V <sub>ripple</sub> = 200 mV (RMS), P <sub>o</sub> = 0; 启用低噪声模式	55	60	-	dB
$\Delta G / \Delta f$	增益随频率的变化	BW = 20 Hz~15 kHz, V <sub>BAT</sub> = 3.4 V~5 V	-0.2	-	+0.7	dB
V <sub>POP</sub>	POP音电压	P <sub>o</sub> = 0; DC-DC转换器处于跟随模式	-	-	2	mV
R <sub>L</sub>	负载电阻		6	8	38	$\Omega$
C <sub>L</sub>	负载电容	输出到地	-	-	1	nF
f <sub>sw</sub>	开关频率	f <sub>s</sub> = 16 kHz、32 kHz、48 kHz或96 kHz	-	384	-	kHz
		f <sub>s</sub> = 44.1 kHz	-	352.8	-	kHz
G <sub>(TDM-V<sub>O</sub>)</sub>	TDM至V <sub>O</sub> 之间的增益	INPLEV = 0 dB; 0 dBFS参考电压以1V (RMS)为准, TDMSPKG = 2 (典型值)	6	19	21	dB
放大器上电、掉电和传输时延						
t <sub>d(on)PLL</sub>	PLL开启时延时间	BCK上PLL锁定	-	2	-	ms
t <sub>d(on)amp</sub>	放大器开启时延时间		-	55	-	$\mu$ s
t <sub>d(off)</sub>	关闭时延时间		-	115	-	$\mu$ s
t <sub>d(alarm)</sub>	报警时延时间		-	190	-	ms
t <sub>PD</sub>	传输时延	f <sub>s</sub> = 16 kHz	<sup>[4]</sup> -	980	1100	$\mu$ s
		f <sub>s</sub> = 32 kHz	<sup>[4]</sup> -	730	850	$\mu$ s
		f <sub>s</sub> = 44.1 kHz	<sup>[4]</sup> -	680	800	$\mu$ s
		f <sub>s</sub> = 48 kHz	<sup>[4]</sup> -	670	750	$\mu$ s
		f <sub>s</sub> = 96 kHz	<sup>[4]</sup> -	600	700	$\mu$ s
升压器电感						
L <sub>bst</sub>	升压电感	饱和电流 > 5.5 A在额定全电流条件下, L <sub>bst</sub> 不会低于最小值	0.7	1.0	1.2	$\mu$ H

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电压感测和电流感测性能						
S/N	信噪比	$I_0 = 1.1 \text{ A}$ (峰值); A加权	62	65	-	dB
$\frac{\Delta V_{\text{sense}}}{I_{\text{sense}}}$	$V_{\text{sense}}/I_{\text{sense}}$ 比率失配	导频音: -40 dBFS 导频音 < 20 Hz	[5] -	1	-	%
THD+N	总谐波失真加噪声	$f_i = 20 \text{ Hz} \sim 20 \text{ kHz}$ , $V_i = -12 \text{ dBFS}$	-	-	0.75	%

- [1]  $L_{\text{BST}}$  = 升压转换器电感,  $R_L$  = 负载电阻,  $L_L$  = 负载电感 (扬声器)。  
 [2] 生产期间未测试该参数; 该数值在设计中有效, 并已通过产品验证检查。  
 [3]  $L_{\text{BST}}$  = 升压转换器电感,  $R_L$  = 负载电阻,  $L_L$  = 负载电感 (扬声器)。  
 [4] 立体声应用中左右声道之间的传输时延差 =  $0.1/f_s$ 。  
 [5] 用于扬声器保护。如果配合使用Goodix扬声器保护, 扬声器温度精度可达 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。

## 11.3 TDM时序特性

表 11-3 TDM总线接口特性

所有参数的测试条件为:  $V_{\text{BAT}} = 3.8 \text{ V}$ ;  $V_{\text{DDD}} = 1.8 \text{ V}$ ;  $V_{\text{DDP}} = V_{\text{BST}} = 12 \text{ V}$ , 自适应升压模式;  $L_{\text{BST}} = 1 \mu\text{H}$ <sup>[1]</sup>;  $R_L = 8 \Omega$ <sup>[1]</sup>;  $L_L = 30 \mu\text{H}$ <sup>[1]</sup>;  $f_i = 1 \text{ kHz}$ ;  $f_s = 48 \text{ kHz}$ ;  $T_{\text{amb}} = 25^\circ\text{C}$ ; DCMCC = 1111b。以上为默认设置, 如无特殊说明则无更改。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_s$	采样频率	位于FS引脚	[2] 16	-	96	kHz
$f_{\text{clk}}$	时钟频率	位于BCK引脚	[2] $32f_s$	-	12288	kHz
$t_{\text{su}}$	设置时间	从FS信号边沿到BCK高电平	[3] 10	-	-	ns
		从DATA信号边沿到BCK高电平	10	-	-	ns
$t_h$	保持时间	从BCK高电平到FS边沿	[3] 10	-	-	ns
		从BCK高电平到DATA信号边沿	10	-	-	ns
$t_j$	外部时钟抖动	FS上PLL锁定	[4] -	-	20	ns
		BCK上PLL锁定	[4] -	-	2	ns

- [1]  $L_{\text{BST}}$  = 升压转换器电感,  $R_L$  = 负载电阻,  $L_L$  = 负载电感 (扬声器)。  
 [2] 将TDM位时钟 (BCK) 的输入用作放大器和DC-DC转换器的时钟输入。为确保时钟正常运行, 须具备BCK和WS两种信号。  
 [3] 生产期间未测试该参数; 该数值在设计中有效, 并已通过产品验证检查。  
 [4] 当FS上PLL锁定时, 系统对抖动的敏感度较低, 噪声性能得以保证。

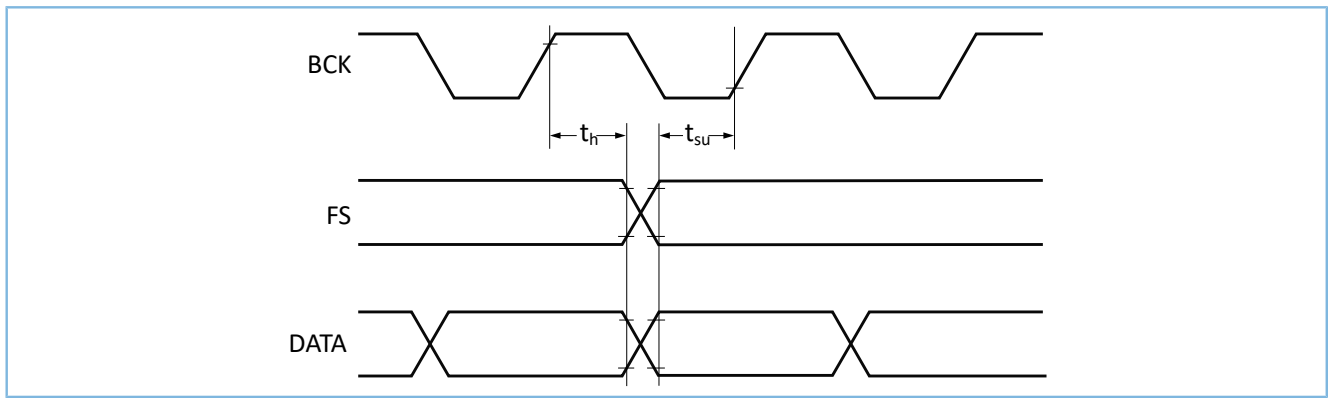


图 11-1 TDM时序

## 11.4 I<sup>2</sup>C时序特性

表 11-4 I<sup>2</sup>C总线接口特性

所有参数的测试条件为： $V_{BAT} = 3.8\text{ V}$ ； $V_{DDD} = 1.8\text{ V}$ ； $V_{DDP} = V_{BST} = 12\text{ V}$ ，自适应升压模式； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $R_L = 8\text{ }\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 30\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $\text{DCMCC} = 1111\text{b}$ ； $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ 。以上为默认设置，如无特殊说明则无更改。

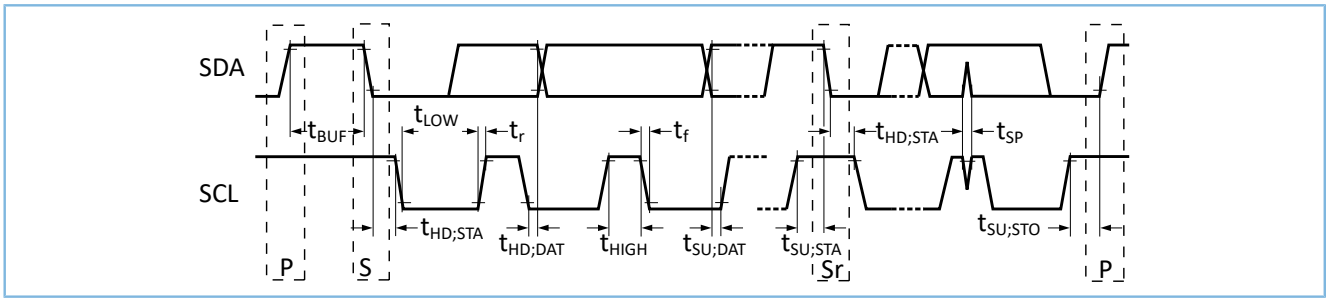
符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{SCL}$	SCL时钟频率		-	-	400	kHz
$t_{LOW}$	SCL时钟的低电平周期		1.3	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{HIGH}$	SCL时钟的高电平周期		0.6	-	-	$\mu\text{s}$
$t_r$	上升时间	SDA信号和SCL信号	$20 + 0.1C_b$	-	-	ns
$t_f$	下降时间	SDA信号和SCL信号	$20 + 0.1C_b$	-	-	ns
$t_{HD;STA}$	(重复)开始条件的保持时间		0.6	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{SU;STA}$	重复开始条件的设置时间		0.6	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{SU;STO}$	停止条件的设置时间		0.6	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{BUF}$	停止和启动之间的总线空闲时间		1.3	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{SU;DAT}$	数据设置时间		100	-	-	ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间		0	-	-	$\mu\text{s}$
$t_{SP}$	须由输入滤波器抑制的尖峰脉冲宽度		0	-	50	ns
$C_b$	每条总线的电容负载		-	-	400	pF

[1]  $L_{BST}$  = 升压转换器电感； $R_L$  = 负载电阻； $L_L$  = 负载电感（扬声器）。

[2]  $C_b$ 代表一条总线的总电容，单位：pF。每条总线的最大电容负载为400 pF。

[3] 该周期结束后，产生第一个时钟脉冲。

[4] 由输入滤波器抑制。

图 11-2 I<sup>2</sup>C时序

## 12 产品应用

### 12.1 应用示意图

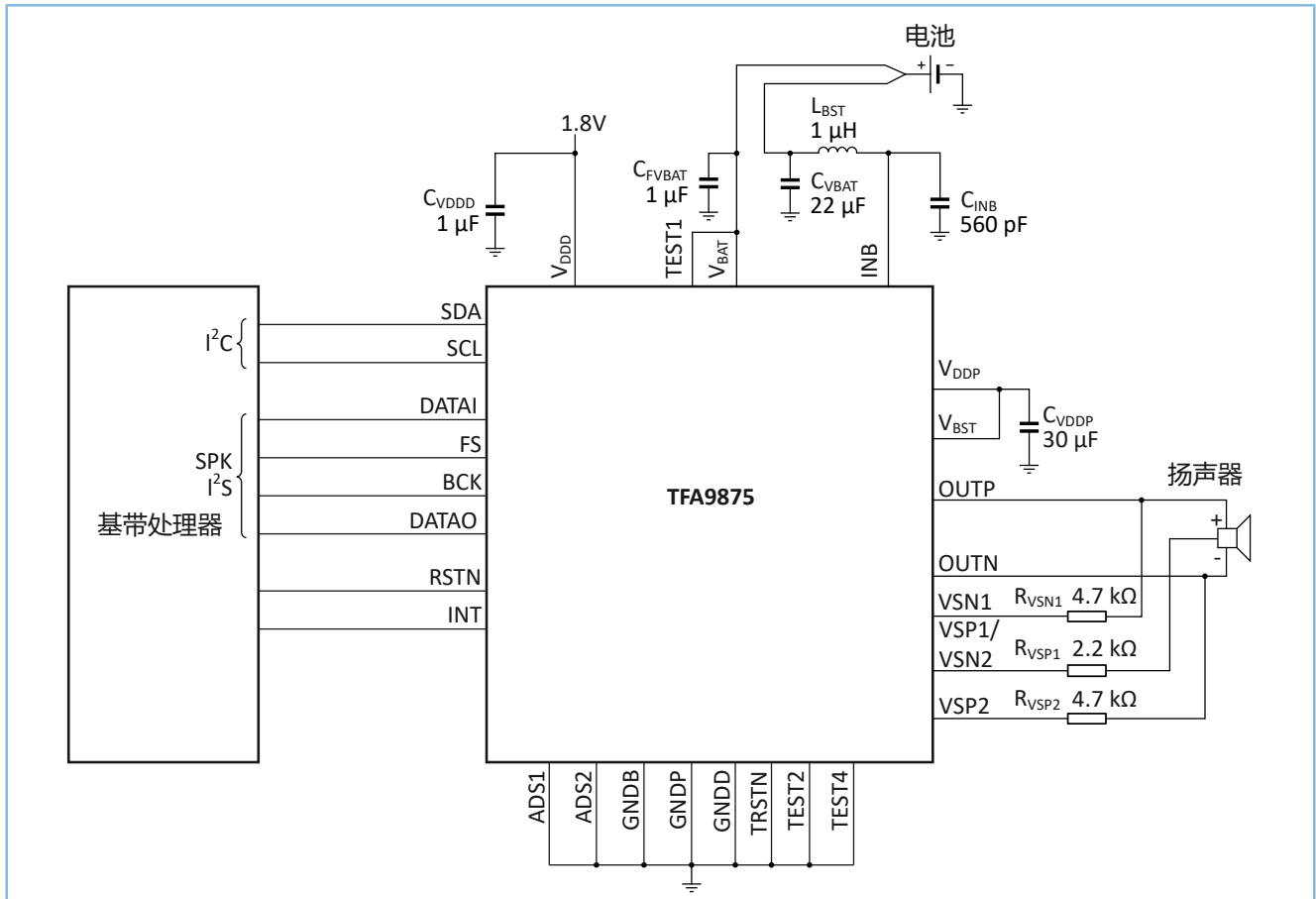


图 12-1 典型单声道应用（双电压感测）

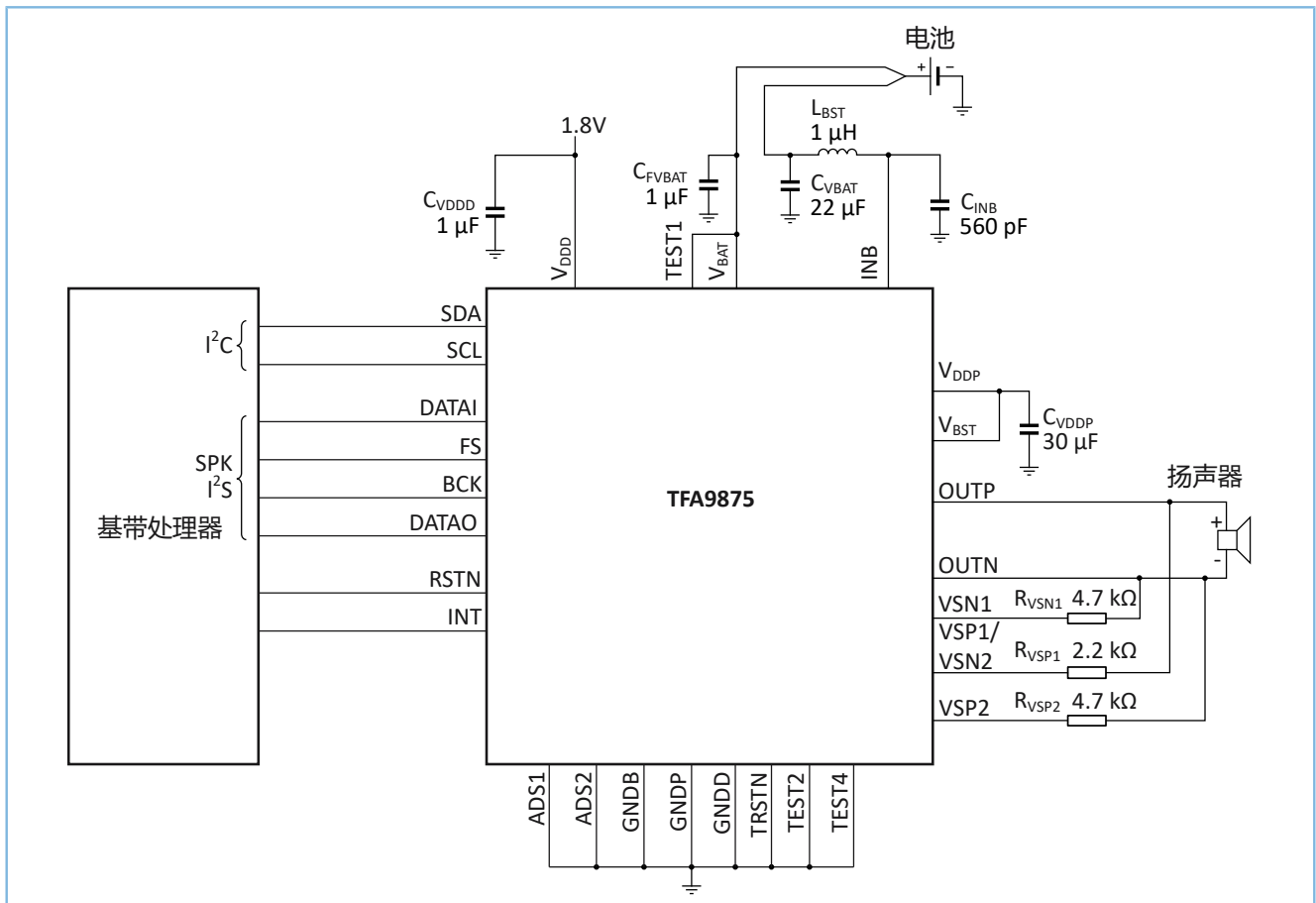


图 12-2 典型单声道应用（单电压感测）

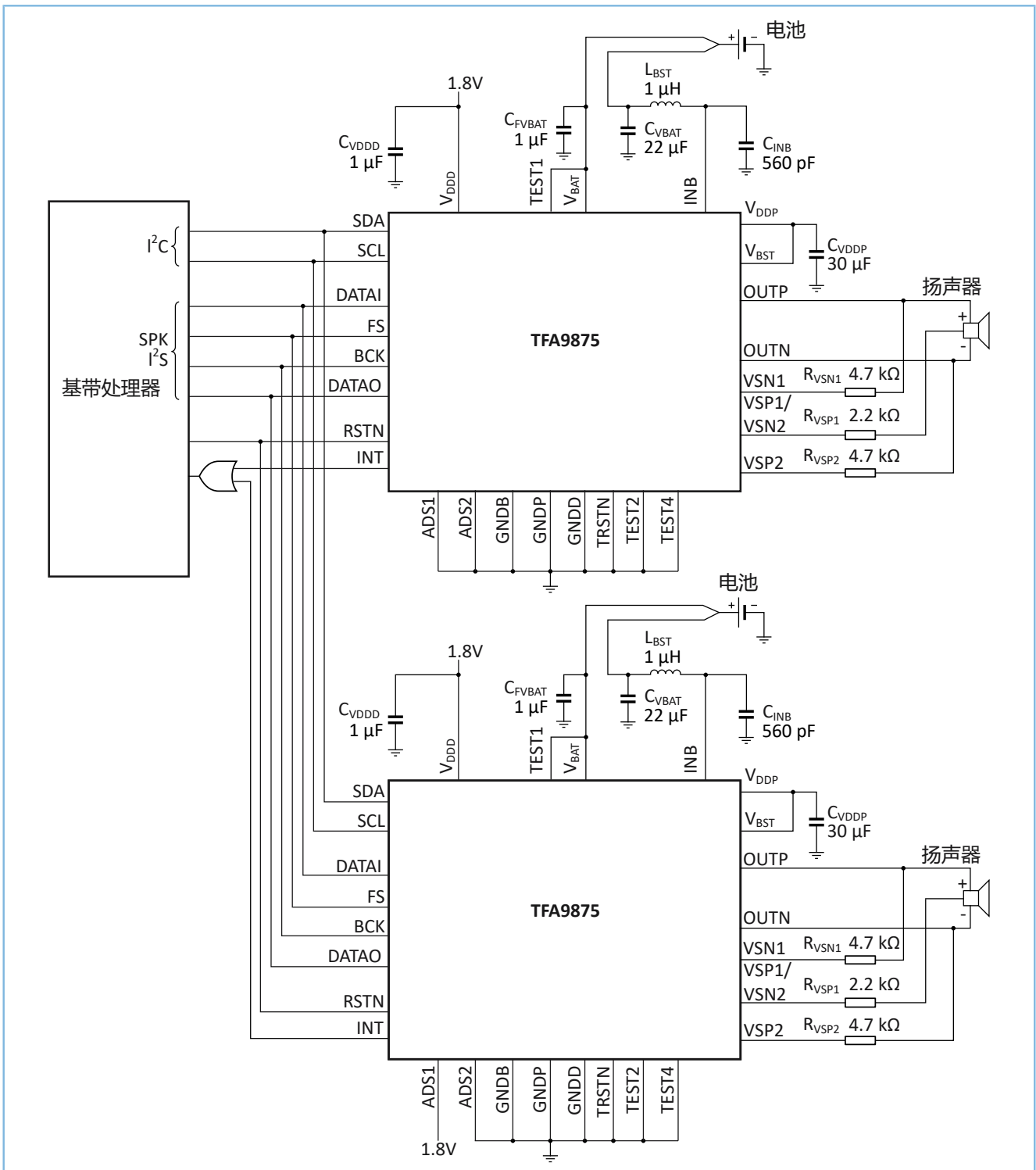


图 12-3 典型立体声应用（双电压感测）

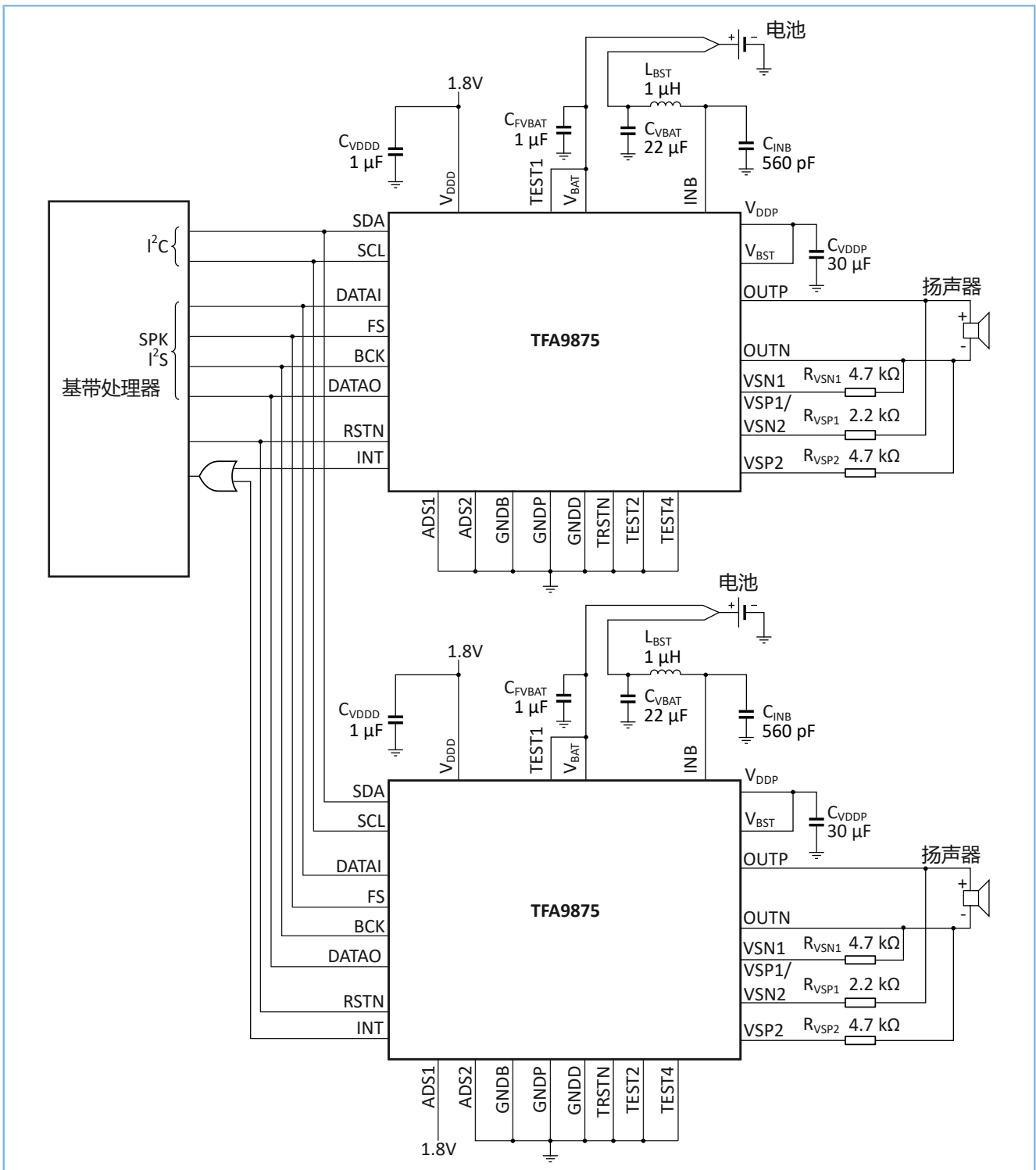
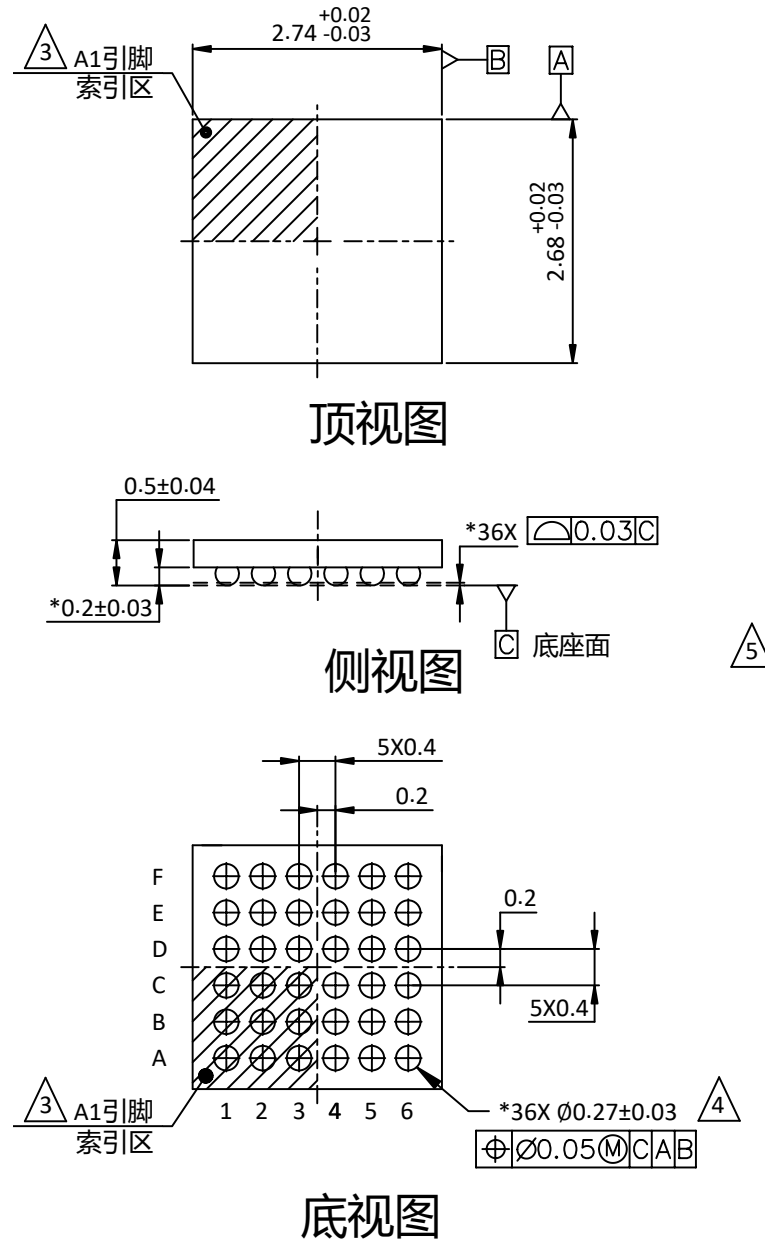


图 12-4 典型立体声应用（单电压感测）



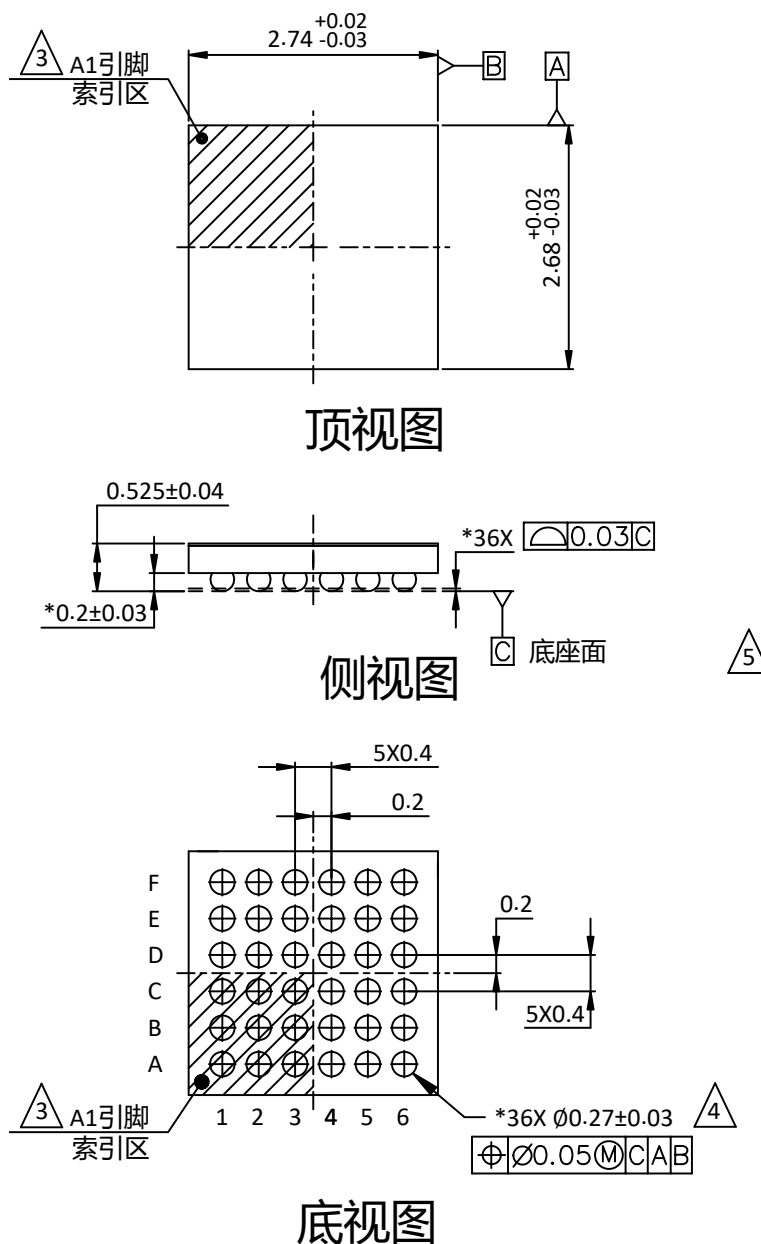
### 13 封装尺寸图



说明:

1. 尺寸单位: mm
2. 尺寸和公差符合《ASME Y14.5M-1994》。
3. A1引脚的特征形状、尺寸和位置可能与实际产品有所不同。
4. 与基准C平行测量最大焊锡球直径。
5. 基准C (底座面) 由焊锡球的球冠决定。
6. 带“\*”的尺寸为关键控制尺寸。

图 13-1 WLCSP36封装外形图 (无背面涂层)



说明:

1. 尺寸单位: mm
2. 尺寸和公差符合《ASME Y14.5M-1994》。
3. A1引脚的特征形状、尺寸和位置可能与实际产品有所不同。
4. 与基准C平行测量最大焊锡球直径。
5. 基准C (底座面) 由焊锡球的球冠决定。
6. 该封装的背面涂层厚度为0.025。
7. 带“\*”的尺寸为关键控制尺寸。

图 13-2 WLCSP36封装外形图 (含背面涂层)

## 14 WLCSP贴片焊接

### 14.1 简介

本章简要介绍复杂的焊接技术。如需详细了解如何处理、包装、运输和焊接对湿气/回流焊敏感的表面贴装器件，请参考《IPC/JEDEC J-STD-033》和《IPC/JEDEC J-STD-020》。

波峰焊接不适用于此封装。

汇顶科技所采用的WLCSP封装均无铅。

### 14.2 WLCSP电路板安装

WLCSP封装工艺中，电路板焊接步骤如下：

1. 在PCB板上印刷焊锡膏。
2. 使用贴片机贴装部件。
3. 回流焊接。

### 14.3 回流焊接

回流焊接的关键特性如下：

- 无铅焊接与锡铅焊接对比：相比于锡铅焊接工艺，采用无铅回流焊工艺时最低峰值温度（见图 14-1）通常更高，此时工艺窗口更小。
- 锡膏印刷：例如对电路板上各种尺寸的元件涂抹、释放锡膏以及调整工艺窗口。
- 回流焊接温度曲线：此曲线包括预热、回流焊（将电路板加热到峰值温度）和冷却的过程。用户须确保峰值温度足够高，使焊料能够形成可靠的焊点（锡膏特性），同时又不宜过高，以免损坏封装和/或电路板。封装的峰值温度取决于封装厚度和体积，并根据表 14-1 中所述情况分为三类。

表 14-1 无铅工艺（遵循《J-STD-020D》标准）

封装厚度 (mm)	封装回流焊温度 (°C)		
	体积 (mm <sup>3</sup> )		
	< 350	350~2000	> 2000
< 1.6	260	260	260
1.6~2.5	260	250	245
> 2.5	250	245	245

用户须始终遵守包装上的防潮措施。

研究表明，在回流焊接过程中，较小封装的温度更高，如图 14-1 所示。

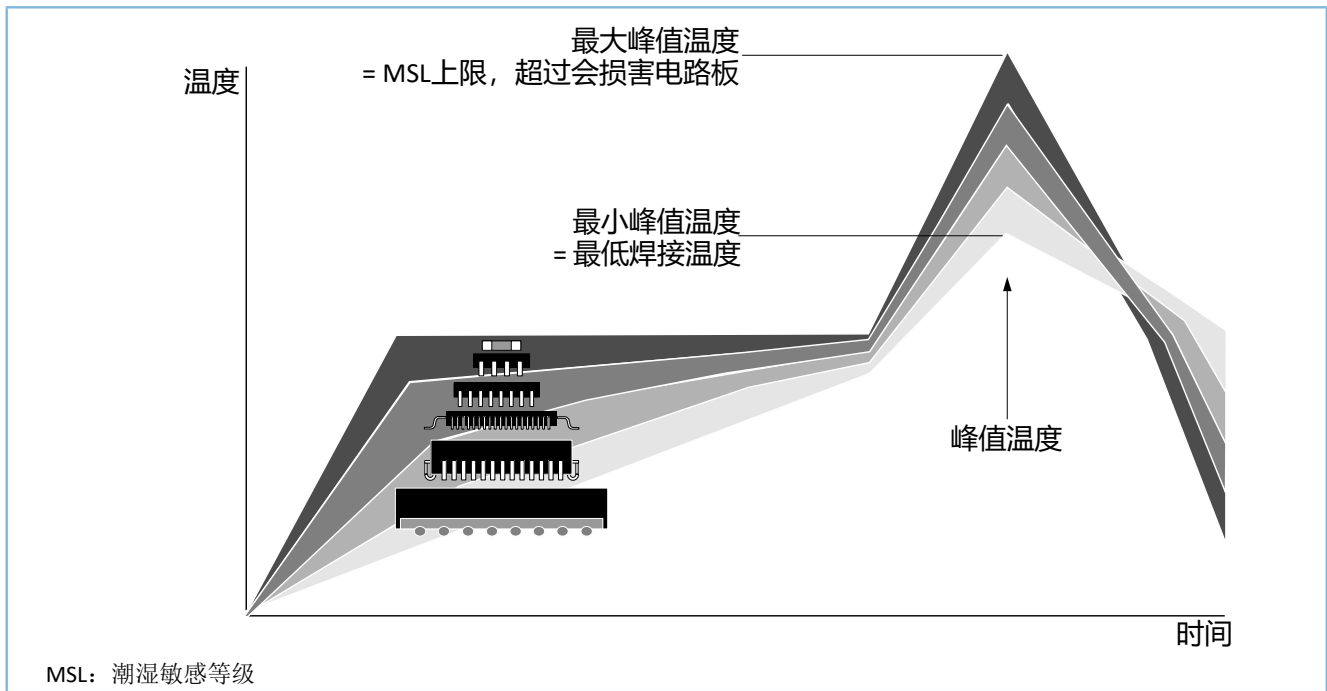


图 14-1 不同大小元件的温度曲线

更多回流焊接温度曲线的信息，请参考《IPC/JEDEC J-STD-033》和《IPC/JEDEC J-STD-020》。

### 14.3.1 焊点高度

基板和芯片之间的焊点高度受下列因素影响：

- 基板上的印刷焊料量
- 基板上的焊盘大小
- 芯片上的锡球高度

由于基板和芯片间的热膨胀系数（TEC）差异，因此二者间焊点高度越高，就越能更好地释放应力。

### 14.3.2 焊点质量

当整块焊盘都被锡球上的焊料润湿时，以形成倒装芯片焊点为佳。焊点表面须光滑且形状对称，且同一块芯片上的焊点须保持一致。对锡球进行回流焊时，在锡球直径与锡球高度之比较高的锡球（即直径大高度低的锡球）上会出现气孔。截至目前，尚未发现设备失效与此类气孔有关。回流焊后，可用X射线检查是否存在缺陷，如桥接、开路和气孔。

### 14.3.3 返修

一般情况下不建议返修。返修即为从基板上移除芯片并替换上新的芯片，而从基板上移除芯片会损坏芯片的多数焊球，因此不建议再使用被移除的芯片。

在移除芯片前，需加热基板直至所有焊点均已确认熔化，随后便可小心地将芯片从基板上移除，同时需避免损坏基板上的走线和焊盘。移除芯片时须使用塑料镊子。由于金属镊子会损坏硅，应避免使用。须仔细清洁基板表面，并清除所有焊料、助焊剂残留物和/或下填料。将新的芯片放在基板上时，在焊盘上焊接时应

使用助焊剂代替焊料。助焊剂应涂抹在芯片侧的锡球上以及基板上的焊盘上。在放置新的芯片时，应借助显微镜，确保芯片对准。回流焊接时，温度曲线遵循《IPC/JEDEC J-STD-033》和《IPC/JEDEC J-STD-020》的要求。

#### 14.3.4 清洁

回流焊接完成后，即可开始进行清洁。

## 15 法律和联系信息

版权所有 © 2021 深圳市汇顶科技股份有限公司。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得对本手册内的任何部分擅自摘抄、复制、修改、翻译、传播，或将其全部或部分用于商业用途。

### 商标声明

GOODIX 和其他汇顶商标均为深圳市汇顶科技股份有限公司的商标。本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人持有。

### 免责声明

本文档中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

深圳市汇顶科技股份有限公司（以下简称“GOODIX”）对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。GOODIX对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

未经GOODIX书面批准，不得将GOODIX的产品用作生命维持系统中的关键组件。在GOODIX知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

### 深圳市汇顶科技股份有限公司

总部地址：深圳市福田区腾飞工业大厦B座2层、13层

电话：+86-755-33338828 传真：+86-755-33338099

网址：[www.goodix.com](http://www.goodix.com)

## 16 修订记录

表 16-1 修订记录

文档ID	发布日期	数据手册状态	修订通知	前一版本
TFA9875_SDS v 1.0	20211117	发布版	-	
修改说明:	-			