



TFA9874D_E_SDS

高效D类音频放大器

版本： 2.0

发布日期： 2020-01-21

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
7.1 引脚说明.....	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 ² C时序特性.....	17
12 产品应用.....	18
12.1 应用示意图.....	18
13 封装尺寸图.....	20
14 WLCSP贴片焊接.....	22
14.1 简介.....	22
14.2 WLCSP电路板安装.....	22
14.3 回流焊接.....	22
14.3.1 焊点高度.....	23
14.3.2 焊点质量.....	23
14.3.3 返修.....	23
14.3.4 清洁.....	24
15 法律和联系信息.....	25
16 修订记录.....	26

1 简介

TFA9874D/E是一款高效10.0 V升压D类音频放大器，可在供电电压为4.0 V时向8 Ω 扬声器提供高达10.0 W的峰值输出功率，向6 Ω 扬声器提供高达11.8 W的峰值输出功率。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10.0 V，大幅提升音质。

内部的自适应DC-DC转换可提升供电轨电压，为音频放大器提供更高的裕量和功率输出，供电电压仅在必要时升高，从而限制D类音频放大器的静态功耗，并最大限度地提升输出功率。

TFA9874D/E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（4 Ω ~8 Ω ）或听筒扬声器（16 Ω 或32 Ω ）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低于免提通话场景。

TFA9874D/E集成了电池保护功能：当电池电压较低时，通过限制电源电流，防止音频系统从电池吸取过量的负载电流，从而避免系统处于欠压状态。通过防止从电池吸取过量电流、避免器件意外关闭，该电路设计将电池电压下降的影响降至最低。

由于TFA9874D/E的数字输入接口对时钟抖动不敏感，该款芯片受射频干扰低。D类音频放大器采用二阶闭环架构，能够提供出色的音频性能，以及高供电电压纹波抑制比。TFA9874D/E采用TDM作为音频输入接口，通过I²C总线接口传输控制信息。

TFA9874D/E支持36个锡球的晶圆级芯片封装（WLCSP），锡球间距为400 μm 。

2 产品特性

- 高输出功率：为 $8\ \Omega$ 负载提供 $5.6\ \text{W}$ （均值）功率（ $4.0\ \text{V}$ 供电电压， $\text{THD} = 1\%$ ）
- 支持对听筒（ $16\ \Omega$ 或 $32\ \Omega$ ）和免提（ $4\ \Omega$ 至 $8\ \Omega$ ）扬声器进行配置
- 高效、低功率损耗和低噪音的扬声器驱动器
- 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，防止大电池电压尖峰并限制静态功耗
- 宽供电电压范围（可在 $2.7\ \text{V}$ 至 $5.5\ \text{V}$ 范围内实现所有功能）
- 极低的噪声输出电压：小于 $15\ \mu\text{V}$ （ $f_s = 48\ \text{kHz}$ 时输入为 $-60\ \text{dBFS}$ ）
- 低电池功耗：小于 $125\ \text{mA}$ （平均音乐播放功率 $P_o = 380\ \text{mW}$ ）
- I²C总线控制接口（ $400\ \text{kHz}$ ）
- 通过TDM总线对扬声器电流和电压进行监控，实现主机回声消除（AEC）
- 支持 $16\ \text{kHz}/32\ \text{kHz}/44.1\ \text{kHz}/48\ \text{kHz}$ 采样频率
- 支持超声波（运行频率： $96\ \text{kHz}$ ，音频接口：TDM）
- 通过专用中断引脚实现编程中断控制
- 低射频干扰
- 热折返和过温保护
- $15\ \text{kV}$ 系统级ESD保护，放大器输出上无外部器件

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
- 嵌入高品质音频的物联网应用

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	-	10.0	V
R_L	负载电阻		3.2	-	38	Ω
I_{BAT}	电池供电电流	有效状态 位于VBAT引脚; 工作模式: 负载电阻 $R_L = 6 \Omega$, DC-DC转换器处于自适应升压模式, 平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{BST} = 10 \text{ V}$	-	120	-	mA
		空闲状态 位于VBAT引脚; 工作模式: 负载电阻 $R_L = 6 \Omega$, DC-DC转换器处于自适应升压模式, $P_o = 0 \text{ mW}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{BST} = 10 \text{ V}$	-	2.5	-	mA
		掉电状态	-	1	-	μA
I_{DDD}	数字供电电流	有效状态 位于VDDD引脚; 工作模式: 负载电阻 $R_L = 6 \Omega$, DC-DC转换器处于自适应升压模式, 平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{BST} = 10 \text{ V}$	-	5.2	-	mA
		空闲状态 位于VDDD引脚; 工作模式: 负载电阻 $R_L = 6 \Omega$, DC-DC转换器处于自适应升压模式, $P_o = 0 \text{ mW}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{BST} = 10 \text{ V}$	-	3.6	-	mA
		掉电状态	1.6	3	19	μA
$P_{O(AV)}$	平均输出功率	THD+N = 1% ($R_L = 8 \Omega$, $L_L = 44 \mu\text{H}$), $V_{BST} = 10.0 \text{ V}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	5.3	5.6	-	W
		THD+N = 1% ($R_L = 6 \Omega$, $L_L = 32 \mu\text{H}$), $V_{BST} = 10.0 \text{ V}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	5.8	6.1	-	W
		THD+N = 1% ($R_L = 4 \Omega$, $L_L = 30 \mu\text{H}$), $V_{BST} = 9.0 \text{ V}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	6	6.2	-	W

5 订购信息

表 5-1 订购信息

型号	封装		
	名称	说明	版本
TFA9874DUK/N1	WLCSP36	晶圆级芯片封装：36个锡球，间距：0.4 mm；主体尺寸：2.62 mm × 2.51 mm × 0.5 mm；无背面涂层	SOT1780-6
TFA9874EUK/N1	WLCSP36	晶圆级芯片封装：36个锡球，间距：0.4 mm；主体尺寸：2.62 mm × 2.51 mm × 0.525 mm；含背面涂层	SOT1780-7

6 系统框图

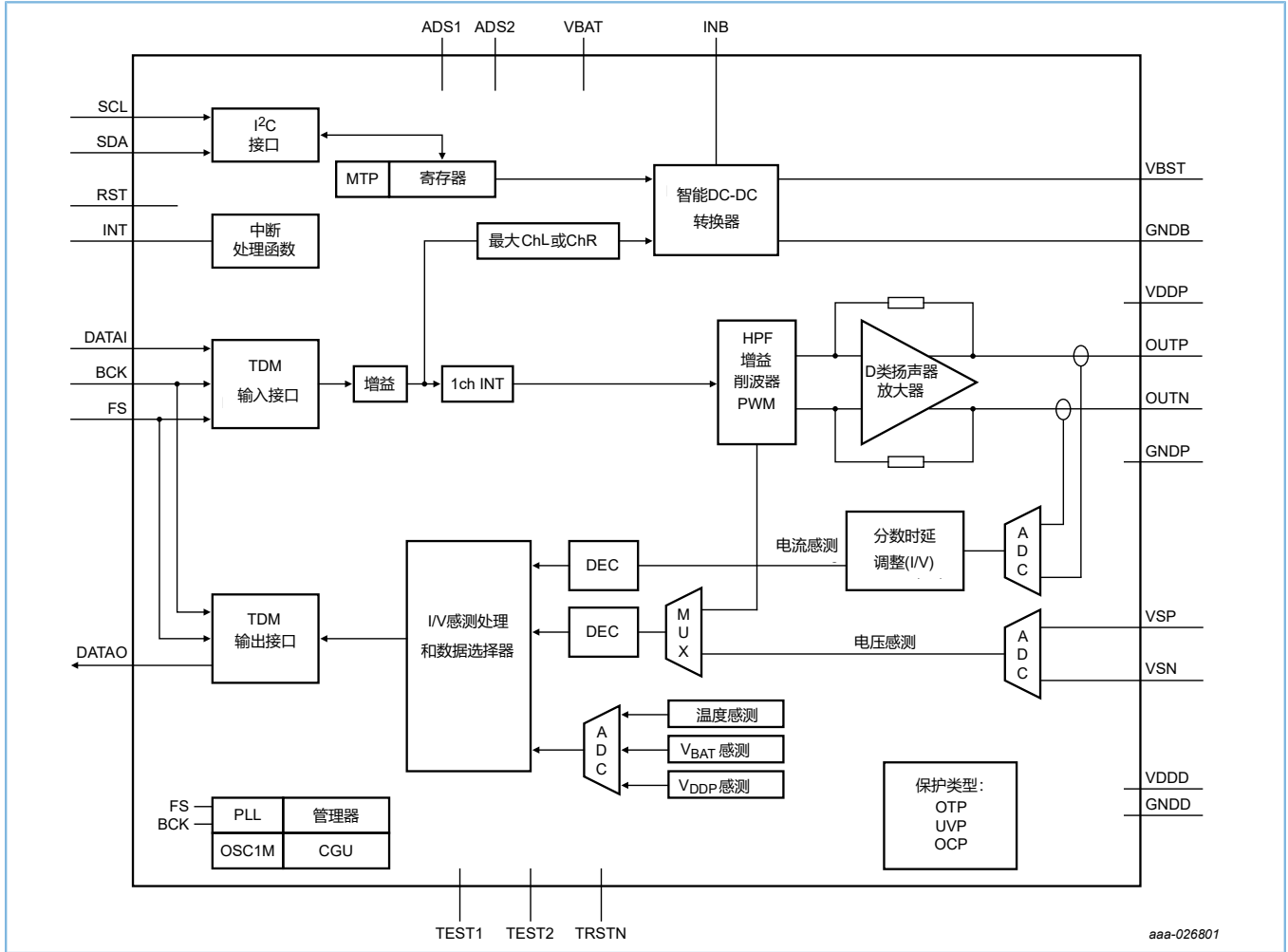


图 6-1 系统框图

7 引脚信息

7.1 引脚说明

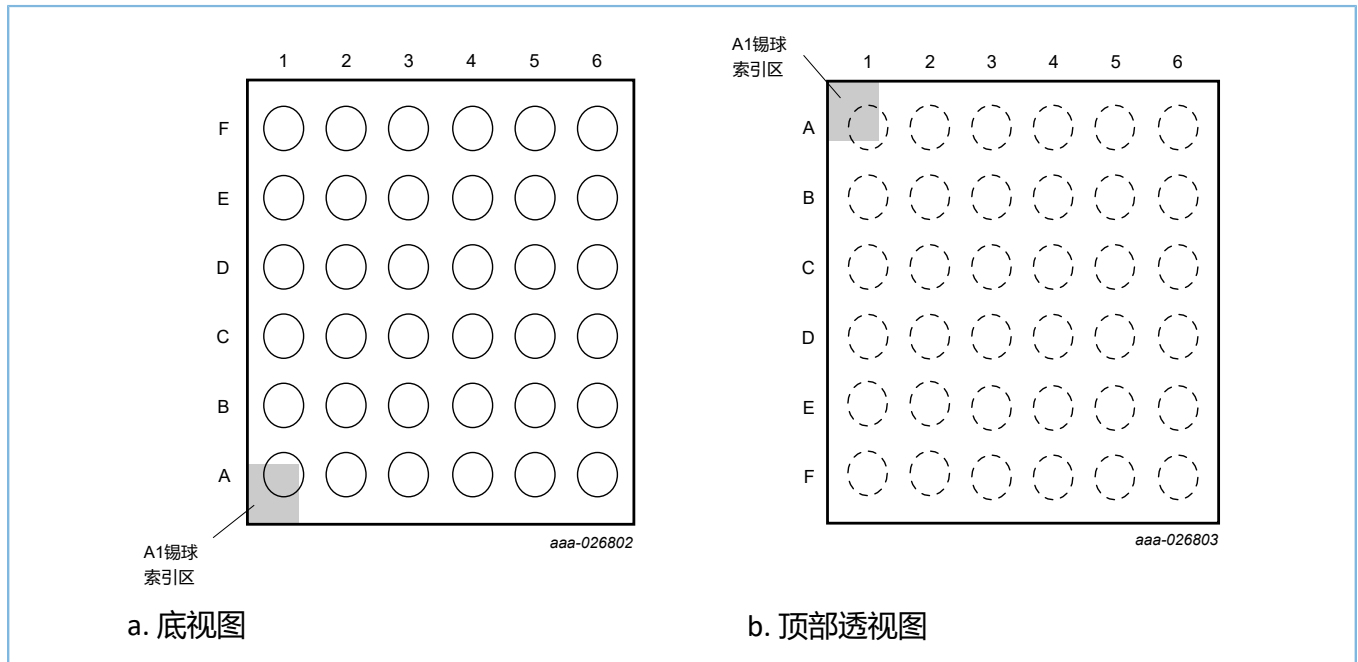


图 7-1 球形引脚排列图

	1	2	3	4	5	6
A	BCK	FS	VDDD	SCL	SDA	TRSTN
B	DATAO	DATAI	ADS2	ADS1	INT	VBAT
C	RST	GNDD	VSN	TEST2	TEST1	VSP
D	GNDB	GNDB	GNDB	GNDD	GNDP	GNDD
E	INB	INB	INB	OUTP	GNDP	OUTN
F	VBST	VBST	VBST	VDDP	VDDP	VDDP

顶部透视图

aaa-030120

图 7-2 球形引脚

表 7-1 引脚说明

符号	引脚	类型	说明
BCK	A1	I	TDM接口的数字音频位时钟输入
FS	A2	I	TDM接口的数字音频帧同步输入
VDDD	A3	I	数字供电电压
SCL	A4	I	数字I ² C总线时钟输入
SDA	A5	I/O	数字I ² 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	I/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	数字地址选择输入2

符号	引脚	类型	说明
ADS1	B4	I	数字地址选择输入1
INT	B5	O	数字中断输出
VBAT	B6	P	电池供电电压
RST	C1	I	复位输入
GNDD	C2	P	数字接地
VSN	C3	I/O	电压感测负输入
TEST2	C4	I/O	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
TEST1	C5	I/O	测试信号输入1; 仅用于测试; 连接到PCB接地, 或通过电容器连接到PCB接地输入
VSP	C6	I/O	电压感测正输入
GNDB	D1	P	升压接地
GNDB	D2	P	升压接地
GNDB	D3	P	升压接地
GNDD	D4	P	数字接地
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
OUTP	E4	O	非反相输出
GNDP	E5	P	电源接地
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，TFA9874D/E 是一款高效桥式负载（BTL）D 类音频放大器。

TFA9874D/E 提供 TDM 输入/输出接口，可实现与音频主机通信；支持为扬声器提供超声波路径。

电池电压低且启用电池防护时，经 TDM 接口输出到扬声器的增益会自动降低，以限制电池电流。

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。

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	典型值	最大值	单位
V _{BAT}	电池供电电压	位于VBAT引脚	-0.3	-	+6	V
V _{BST}	升压器输出电压	位于VBST引脚	^[1] -0.3	-	+12	V
V _{INB}	升压器输入电压	位于INB引脚	^[1] -0.3	-	+12	V
V _{DDP}	供电电压	位于VDDP引脚	^[1] -0.3	-	+12	V
V _O	输出电压	位于扬声器连接处、 OUTP、OUTN引脚	^[1] -0.3	-	+12	V
V _{DDD}	数字供电电压	位于VDDD引脚	-0.3	-	+2.5	V
V _{low}	低电压	位于TEST1/TEST2引脚	-0.3	-	+2.5	V
T _j	结温		-	-	+125	°C
T _{stg}	存储温度		-55	-	+150	°C
T _{amb}	环境温度		-40	-	+85	°C
V _{ESD}	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~+15 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 热特性

符号	参数	条件	典型值	最大值	单位
$R_{th(j-a)}$	从结温到环境温度的热阻	4层应用板	49	-	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： $V_{BAT} = 3.6\text{ V}$ ； $V_{DDD} = 1.8\text{ V}$ ； $V_{DDP} = V_{BST} = 10.0\text{ V}$ ，自适应升压模式； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $R_L = 8\text{ }\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 。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
V_{BAT}	电池供电电压	位于VBAT引脚 V_{BAT} 不得低于 V_{DDD}	2.7	-	5.5	V
I_{BAT}	电池供电电流	有效状态：位于VBAT引脚；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，DC-DC转换器处于自适应升压模式，平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 4.0\text{ V}$	-	120	-	mA
		空闲状态：位于VBAT引脚；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，且无输出信号（空闲），DC-DC转换器处于自适应升压模式， $V_{BAT} = 4.0\text{ V}$	-	2.5	-	mA
		掉电模式；位于VBAT引脚；DC-DC转换器处于关闭状态； $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ；无时钟	-	1	-	μA
V_{DDP}	供电电压	位于VDDP引脚	2.7	-	10.0	V
V_{DDD}	数字供电电压	位于VDDD引脚	1.65	1.8	1.95	V
I_{DDD}	数字供电电流	有效状态	-	5.2	-	mA
		空闲状态	-	3.6	-	mA
		掉电状态	1.6	3	19	μA
FS、BCK、DATA1、ADS1、ADS2、SCL、SDA、RST、TRSTN引脚						
V_{IH}	高电平输入电压		$0.7V_{DDD}$	-	V_{DDD}	V
V_{IL}	低电平输入电压		-	-	$0.3V_{DDD}$	V
C_{in}	输入电容		[2] -	-	3	pF
I_{Li}	输入漏电流	1.8 V，位于输入引脚	-	-	0.1	μA
DATA0、INT引脚，推挽输出级						
V_{OH}	高电平输出电压		$V_{DDD} - 0.4$	-	-	V
V_{OL}	低电平输出电压		-	-	400	mV

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SDA引脚, 开漏输出, 外部电阻 (10 kΩ) 连接至V _{DD}						
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} = 4 mA	-	-	400	mV
OUTP与OUTN引脚						
R _{Dson}	漏源导通状态电阻	PMOS晶体管 + NMOS晶体管	-	430	520	mΩ
保护						
T _{act(th_prot)}	热保护激活温度		130	-	-	°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
DC-DC转换器						
V _{BST}	VBST引脚电压	DCVOS = 111111; 升压模式 (校正后)	[3] 9.8	10	10.2	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} = 3.6 V; V_{DD} = 1.8 V; V_{DDP} = V_{BST} = 10.0 V, 自适应升压模式; L_{BST} = 1

H^[1]; R_L = 8 Ω^[1]; L_L = 44 μH^[1]; f_i = 1 kHz; f_s = 48 kHz; T_{amb} = 25 °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
放大器输出功率						
P _{O(AV)}	平均输出功率	免提扬声器, THD + N = 1 %、V _{DD} = 1.8 V				
		R _L = 8 Ω、L _L = 44 μH、f _s = 48 kHz、V _{BST} = 10.0 V、V _{BAT} = 4.0 V	5.3	5.6	-	W
		R _L = 6 Ω、L _L = 32 μH、f _s = 48 kHz、V _{BST} = 10.0 V、V _{BAT} = 4.0 V	5.8	6.1	-	W
		R _L = 4 Ω、L _L = 30 μH、f _s = 48 kHz、V _{BST} = 9.0 V、V _{BAT} = 4.0 V	6	6.2	-	W
		听筒扬声器, THD + N = 1 %、V _{BST} = 10.0 V				
		R _L = 32 Ω, 语音模式	-	0.2	-	W

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
		$R_L = 32 \Omega$, 音频模式	-	1.5	-	W	
放大器输出引脚 (OUTP和OUTN)							
$ V_{O(\text{offset})} $	输出偏移电压	绝对值, 已校正; $V_{DDP} = 3.4 \text{ V} - 10.0 \text{ V}$, $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} - 5 \text{ V}$			1.0	mV	
放大器性能							
η_{po}	输出功率效率	位于VBAT引脚; 工作模式: 负载电阻 $R_L = 6 \Omega$, DC-DC转换器处于自适应升压模式, 平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$	[2]	-	82	-	%
		位于VBAT引脚; 输入: 100 Hz正弦波, $R_L = 8 \Omega$; DC-DC转换器处于跟踪升压模式, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $P_o = 600 \text{ mW}$	[2]	-	91	-	%
		位于VBAT引脚; 输入: 100 Hz正弦波, $R_L = 8 \Omega$; DC-DC转换器处于跟踪升压模式, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$, $P_o = 4 \text{ W}$	[2]	-	84	-	%
THD+N	总谐波失真加噪声	$V_{DDP} > 9 \text{ V}$, $P_o = 2.0 \text{ W}$, $R_L = 8 \Omega$	[1]	-	-	0.05	%
		$V_{DDP} > 9 \text{ V}$, $P_o = 2.0 \text{ W}$, $R_L = 4 \Omega$	[1]	-	-	0.09	%
$V_{n(o)}$	输出噪声电压	A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_s = 48 \text{ kHz}$	[2]	-	14	18	μV
		A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$, 32 kHz	[2]	-	-	50	μV
		A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_s = 44.1 \text{ kHz}$	[2]	-	15	18	
DR	动态范围	A加权; $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$; S/N信号达最大值 (THD = 1%时); 输出噪声电压 ($V_{n(o)}$); 未施加信号	[2]	110	114	-	dB
S/N	信噪比	A加权; $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$, S/N信号达最大值 (THD = 1%时)	[2]	100	-	-	dB
PSRR	电源抑制比	来自VBAT; 升压器 (跟随模式, $V_{DDP} = V_{BAT}$), 方波 $f_{\text{ripple}} = 217 \text{ Hz}$, $V_{\text{ripple}} = 50 \text{ mV}_{(p-p)}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$		60	80	-	dB
		来自VBAT;		60	80	-	dB

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		升压器（跟随模式， $V_{DDP} = V_{BAT}$ ），正弦波 $f_{ripple} = 20 \text{ Hz} \sim 1 \text{ kHz}$ ， $V_{ripple} = 200 \text{ mV (RMS)}$ ， $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5.0 \text{ V}$ 低功耗模式、低噪声模式已开启				
		来自 V_{BAT} ； 升压器（跟随模式， $V_{DDP} = V_{BAT}$ ），正弦波 $f_{ripple} = 1 \text{ Hz} \sim 20 \text{ kHz}$ ， $V_{ripple} = 200 \text{ mV (RMS)}$ ， $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5.0 \text{ V}$	55	60	-	dB
$\Delta G / \Delta f$	增益随频率的变化	$BW = 20 \text{ Hz} \sim 15 \text{ kHz}$ ； $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$	-0.1	-	+0.7	dB
V_{POP}	POP音电压	发生在模式转换与增益改变时	-	-	2	mV
R_L	负载电阻		3.2	8	38	Ω
C_L	负载电容		-	-	200	pF
f_{sw}	开关频率	直接与TDM输入频率相关联	256	-	384	kHz
$G_{(TDM-VO)}$	TDM至 V_O 之间的增益	INPLEV = 0 dB	6	-	21	dB
放大器上电、掉电和传输时延						
$t_{d(on)PLL}$	PLL开启时延时间	BCK上PLL锁定， $f_s = 48 \text{ kHz}$	-	2	-	ms
$t_{d(on)amp}$	放大器开启时延时间	$f_s = 48 \text{ kHz}$	-	1	-	ms
$t_{d(off)}$	关闭时延时间		-	32	-	μs
$t_{d(alarm)}$	报警时延时间		-	200	-	ms
t_{PD}	传输时延	立体声应用中左右声道之间的传输时延差 = 1.625 FS				
		$f_s = 16 \text{ kHz}$	-	-	850	μs
		$f_s = 16 \text{ kHz HP}$	-	-	850	μs
		$f_s = 32 \text{ kHz}$	-	-	750	μs
		$f_s = 44.1 \text{ kHz}$	-	-	650	μs
		$f_s = 48 \text{ kHz}$	-	-	700	μs
		$f_s = 96 \text{ kHz}$	-	-	600	μs
升压器电感						
L_{bst}	升压电感		0.33	1.0	2.2	μH
电压和电流感测性能						
S/N	信噪比	$I_O = 1.1 \text{ A}$ （峰值）；A加权	62	65	-	dB
$\Delta V_{sense}/I_{sense}$	V_{sense}/I_{sense} 比率失配	导频音-40 dBFS	[3]	2	-	%
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_{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] 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 $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

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： $V_{BAT} = 3.6V$ ； $V_{DDD} = 1.8V$ ； $V_{DDP} = V_{BST} = 10.0V$ ，自适应升压模式； $L_{BST} = 1\mu H^{[1]}$ ； $R_L = 8\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 44\mu H^{[1]}$ ； $f_i = 1kHz$ ； $f_s = 48kHz$ ； $T_{amb} = 25^\circ C$ 。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_s	采样频率	位于WS引脚，音频模式 ^[2]	16	-	48	kHz
		位于WS引脚，超声波模式	-	-	96	kHz
f_{clk}	时钟频率	位于BCK引脚，音频模式 ^[2]	$32f_s$	-	$384f_s$	kHz
		位于BCK引脚，超声波模式	-	-	$96f_s$	MHz
t_{su}	设置时间	从WS(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WS(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	BCK上PLL锁定 ^[4]	-	1	2	ns
		FS上PLL锁定 ^[5]	-	-	20	ns

[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] 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BCK上PLL锁定时，若时钟抖动时间大于1ns，则放大器输出噪声会更强；为保证放大器性能，抖动时间不超过2ns。

[5] 当FS上PLL锁定时，系统对抖动的敏感度较低。

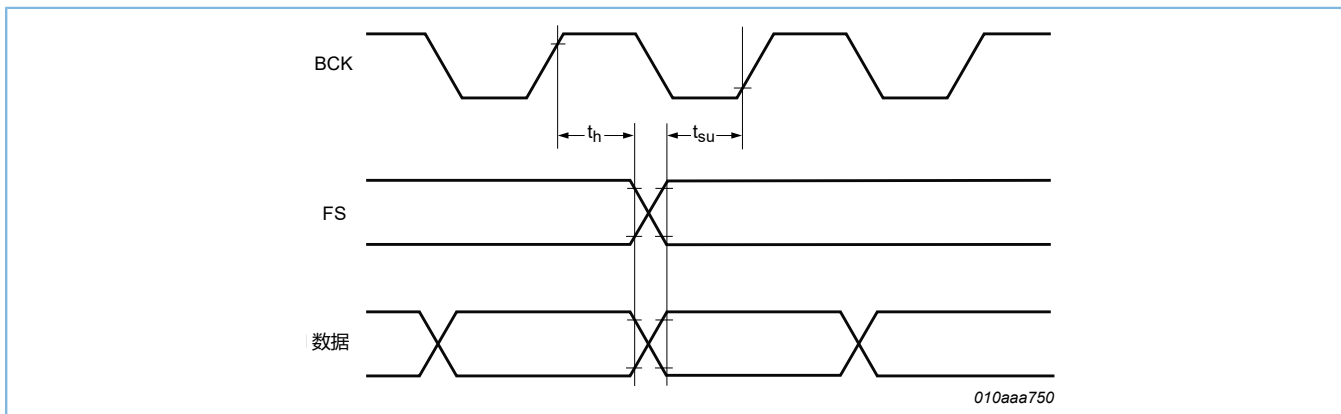


图 11-1 TDM时序

11.4 I²C时序特性

表 11-4 I²C总线接口特性

所有参数的测试条件为： $V_{BAT} = 3.6\text{ V}$ ； $V_{DDD} = 1.8\text{ V}$ ； $V_{DDP} = V_{BST} = 10.0\text{ V}$ ，自适应升压模式； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}$ ^[1]； $R_L = 8\text{ }\Omega$ ^[1]； $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$ ^[1]； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 。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	-	-	μs
t_{HIGH}	SCL时钟的高电平周期		0.6	-	-	μs
t_r	上升时间	SDA信号和SCL信号	$20 + 0.1 C_b$	-	-	ns
t_f	下降时间	SDA信号和SCL信号	$20 + 0.1 C_b$	-	-	ns
$t_{HD;STA}$	(重复)开始条件的保持时间		0.6	-	-	μs
$t_{SU;STA}$	重复开始条件的设置时间		0.6	-	-	μs
$t_{SU;STO}$	停止条件的设置时间		0.6	-	-	μs
t_{BUF}	停止和启动之间的总线空闲时间		1.3	-	-	μs
$t_{SU;DAT}$	数据设置时间		100	-	-	ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间		0	-	-	μs
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。

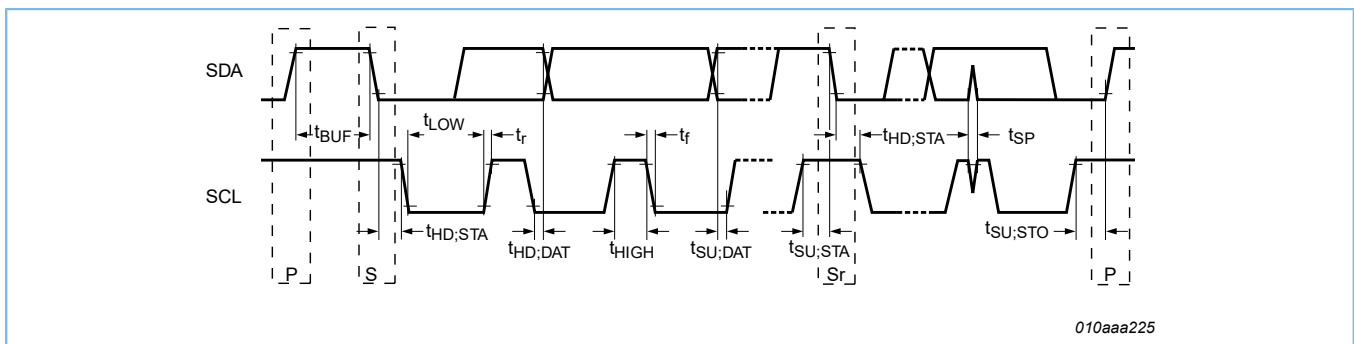


图 11-2 I²C时序

12 产品应用

12.1 应用示意图

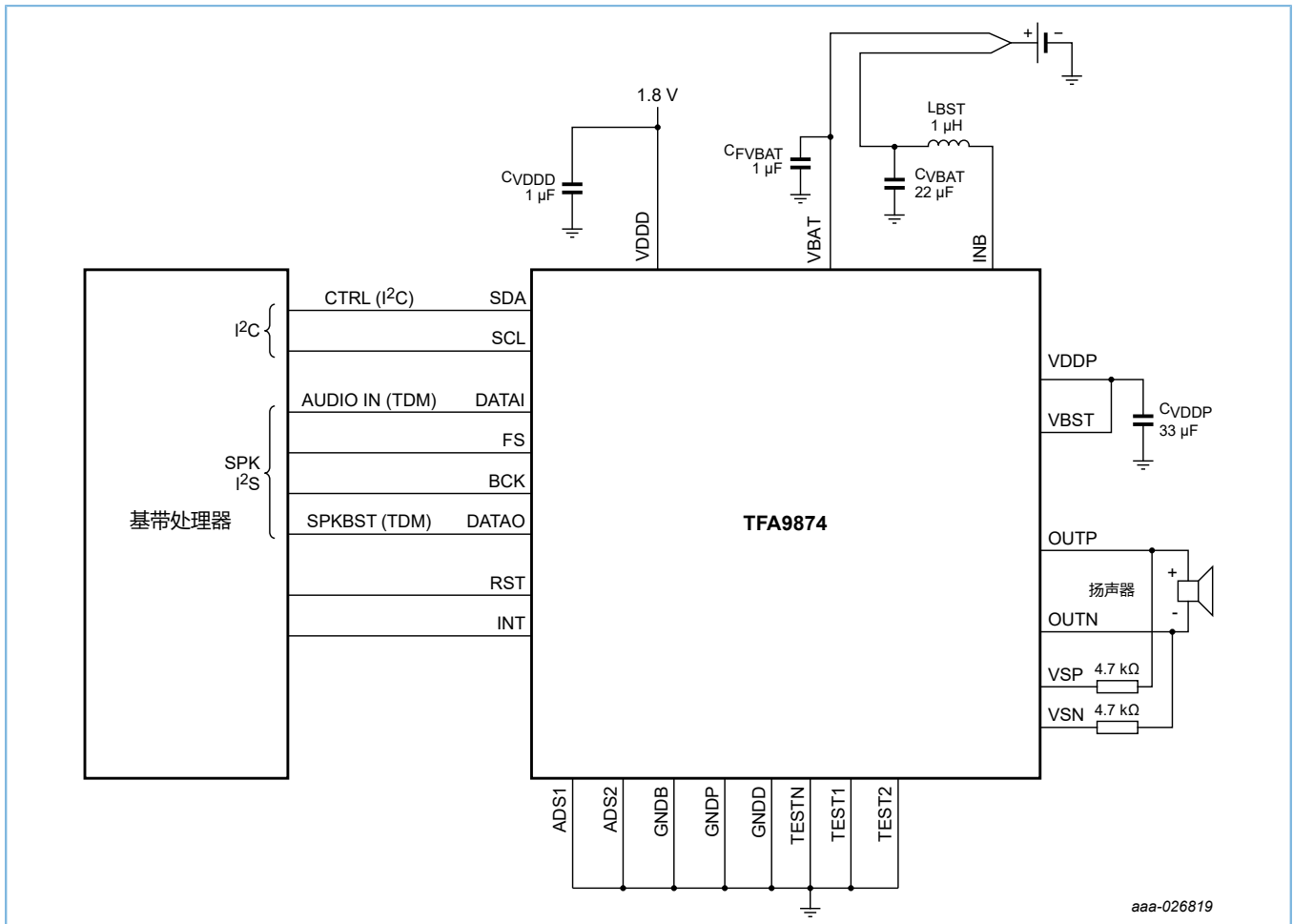


图 12-1 典型单声道应用

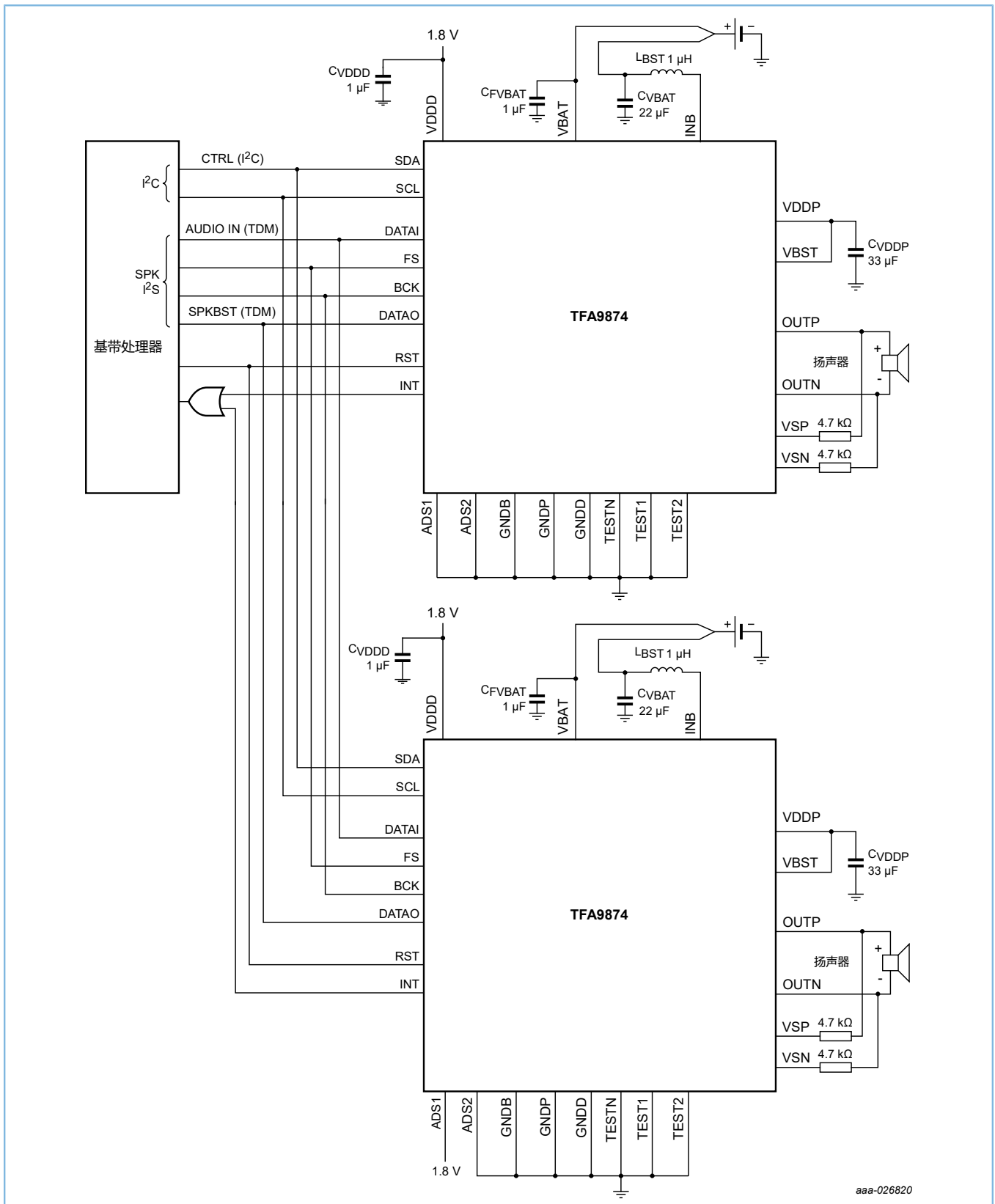


图 12-2 典型立体声应用

13 封装尺寸图

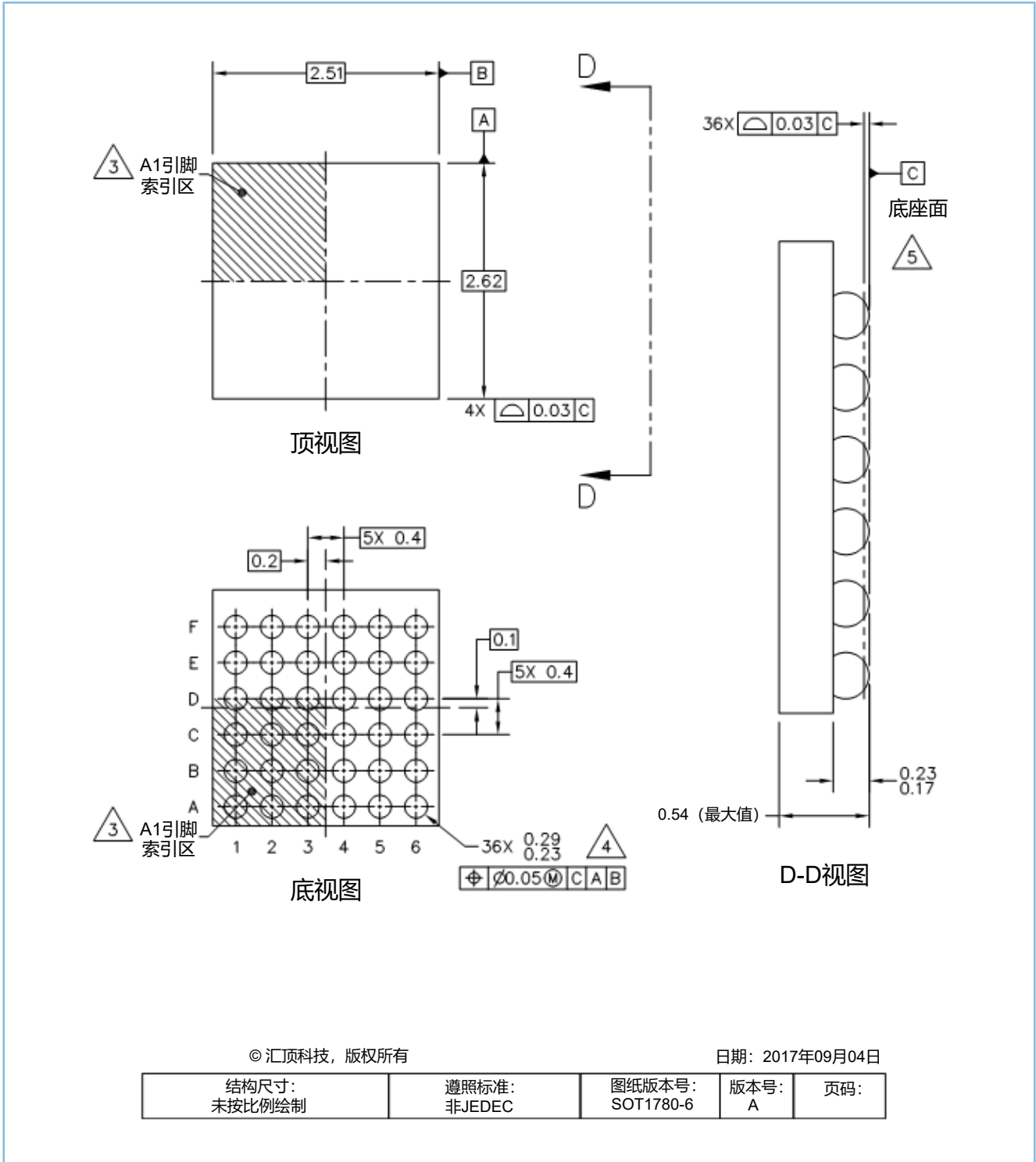


图 13-1 WLCSP36 (SOT1780-6) 封装外形图 (无背面涂层)

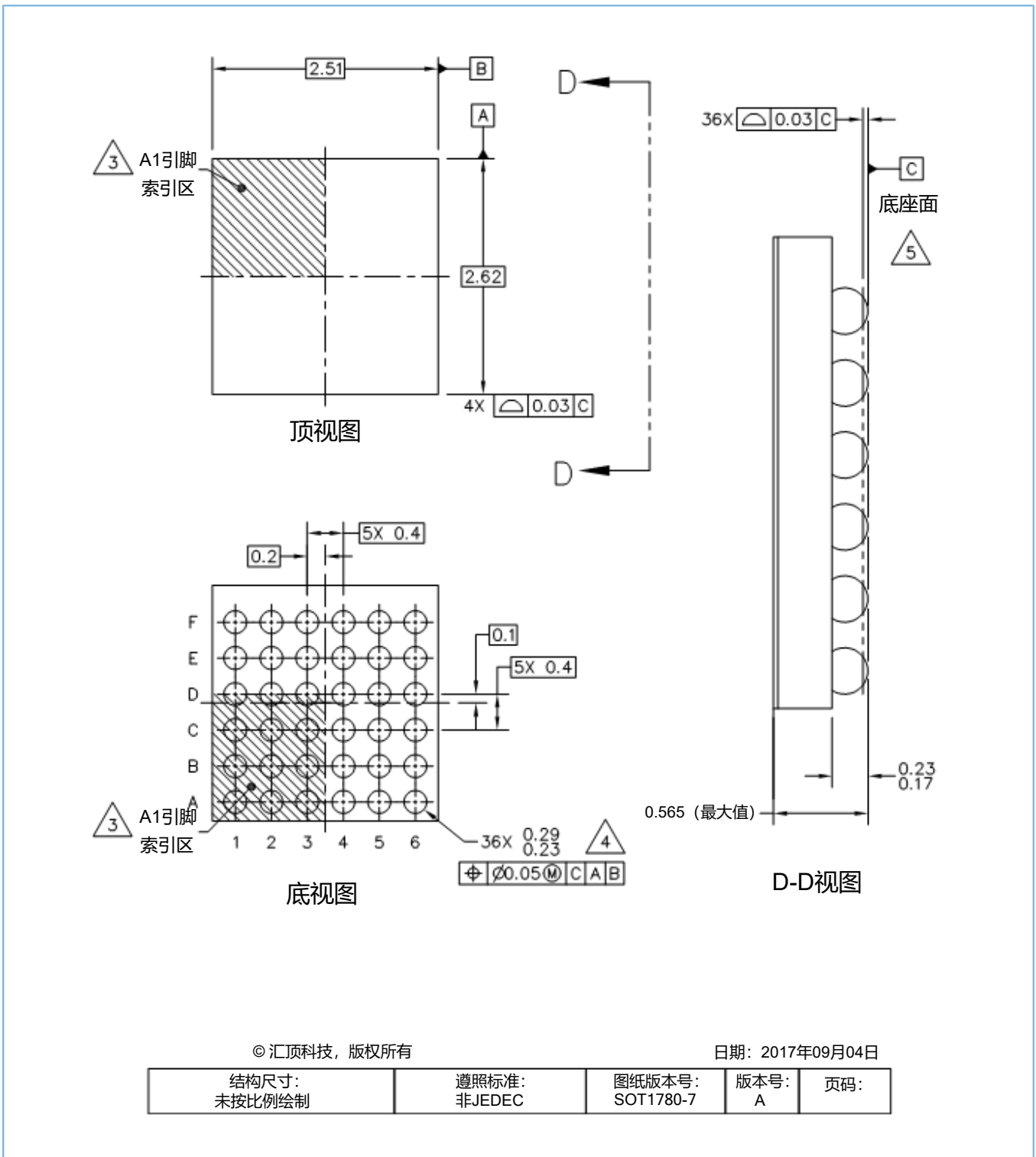


图 13-2 WLCSP36 (SOT1780-7) 封装外形图 (含背面涂层)

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

将WLCSP封装安装到电路板上需完成以下步骤：

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 ³)		
	< 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。

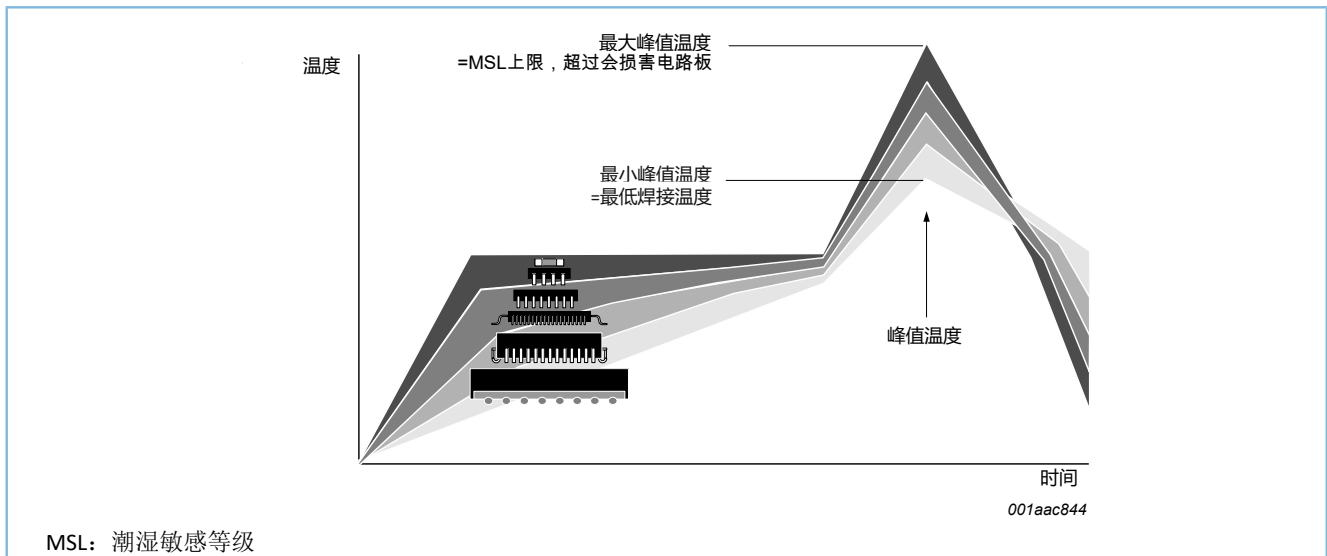


图 14-1 不同大小元件的温度曲线

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 © 2020 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：+86-755-33338830

网址：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
TFA9874D/E_SDS v 2.0	20200121	产品数据手册（简版）	-	TFA9874D/E_SDS v.1
修改说明：	• 基于Goodix模板更新文档格式。			
TFA9874D/E_SDS v.1	20180813	产品数据手册（简版）	-	-