



TFA9873_SDS

高效D类音频放大器

版本： 1.1

发布日期： 2020-10-22

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.....	6
6 系统框图.....	7
7 引脚信息.....	8
7.1 引脚说明.....	8
8 功能描述.....	10
9 I ² C总线接口和寄存器设置.....	11
10 绝对最大额定值.....	12
11 热特性.....	13
12 电气特性.....	14
12.1 DC特性.....	14
12.2 AC特性.....	16
12.3 TDM时序特性.....	18
12.4 I ² C时序特性.....	19
13 产品应用.....	21
13.1 应用示意图.....	21
14 封装尺寸图.....	23
15 WLCSP贴片焊接.....	25
15.1 简介.....	25
15.2 WLCSP电路板安装.....	25
15.3 回流焊接.....	25
15.3.1 焊点高度.....	26
15.3.2 焊点质量.....	26
15.3.3 返修.....	26
15.3.4 清洁.....	27
16 法律和联系信息.....	28
17 修订记录.....	29

1 简介

TFA9873是一款高效升压D类音频放大器，可在供电电压为4.0 V（THD = 1%）时向6 Ω扬声器提供平均4.5 W的输出功率。该放大器内部集成自适应DC-DC转换器，可提高供电电压，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。

TFA9873可嵌入免提扬声器平台和接收器扬声器平台，驱动免提扬声器（4 Ω ~ 8 Ω）或听筒扬声器（高达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。

TFA9873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TFA9873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。TFA9873采用TDM作为音频输入口，通过I²C总线接口传输控制信息。

TFA9873采用拥有30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6 Ω负载提供4.5 W（均值）功率（4.0 V供电电压，THD = 1 %）
 - 为8 Ω负载提供3.5 W（均值）功率（4.0 V供电电压，THD = 1 %）
- 支持对听筒（16 Ω或32 Ω）和免提（4 Ω至8 Ω）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
- 宽电源电压范围（2.7 V - 5.5 V可全面工作）
- 超低的噪声输出电压：9 μV
- 低电池功耗：低至120 mA（平均音乐播放功率 $P_o = 380$ mW）
- I²C总线控制接口（400 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 kHz/32 kHz/44.1 kHz/48 kHz采样频率
- 支持超声波（运行频率：96 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

3 应用场景

- 手机和平板电脑
- 便携式导航设备（PND）

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
$V_{DD(I/O)}$	I/O接口供电电压	位于VDD(I/O)引脚	1.65	-	3.6	V
R_L	负载电阻		3.2	-	38	Ω
I_{BAT}	电池供电电流	常规电量模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 6 \Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$ ， $V_{BST} = 8 \text{ V}$ ， $V_{DD(I/O)} = V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	120	-	mA
		低功耗模式；开启音频放大器转换输入信号检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$ ， $V_{BST} = 8 \text{ V}$ ， $V_{DD(I/O)} = V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	3.8	-	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	-	μA
		掉电状态；位于VBAT引脚；DC-DC处于关闭状态； $T_j = 25^\circ\text{C}$	-	1	-	μA
I_{DDD}	数字供电电流	常规电量模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 6 \Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$ ， $V_{BST} = 8 \text{ V}$ ， $V_{DD(I/O)} = V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	6.6	-	mA
		低功耗模式；开启音频放大器转换输入信号检测功能； $P_o = 0 \text{ mW}$ ， $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$ ， $V_{BST} = 8 \text{ V}$ ， $V_{DD(I/O)} = V_{DDD} = 1.8 \text{ V}$	-	5.1	-	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； $P_o = 0 \text{ mW}$	-	3	-	mA
		掉电状态	-	1.5	19	μA

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
P _{o(AV)}	平均输出功率	THD+N = 1% (R _L = 8 Ω, L _L = 44 μH), V _{BST} = 8.0 V, V _{BAT} = 4.0 V, V _{DD(IO)} = V _{DDD} = 1.8 V	3.3	3.5	-	W
		THD+N = 1% (R _L = 6 Ω, L _L = 32 μH), V _{BST} = 8.0 V, V _{BAT} = 4.0 V, V _{DD(IO)} = V _{DDD} = 1.8 V	4.2	4.5	-	W
		THD+N = 1% (R _L = 4 Ω, L _L = 22 μH), V _{BST} = 7.0 V, V _{BAT} = 4.0 V, V _{DD(IO)} = V _{DDD} = 1.8 V	-	4.7	-	W

5 订购信息

表 5-1 订购信息

型号	封装		
	名称	说明	版本
TFA9873DUK/N1	WLCSP30	晶圆级芯片封装：30个锡球，间距：0.4 mm；主体尺寸：2.42 mm x 2.18 mm x 0.5 mm；无背面涂层	SOT1443-6
TFA9873EUK/N1	WLCSP30	晶圆级芯片封装：30个锡球，间距：0.4 mm；主体尺寸：2.42 mm x 2.18 mm x 0.525 mm；含背面涂层	SOT1443-7

6 系统框图

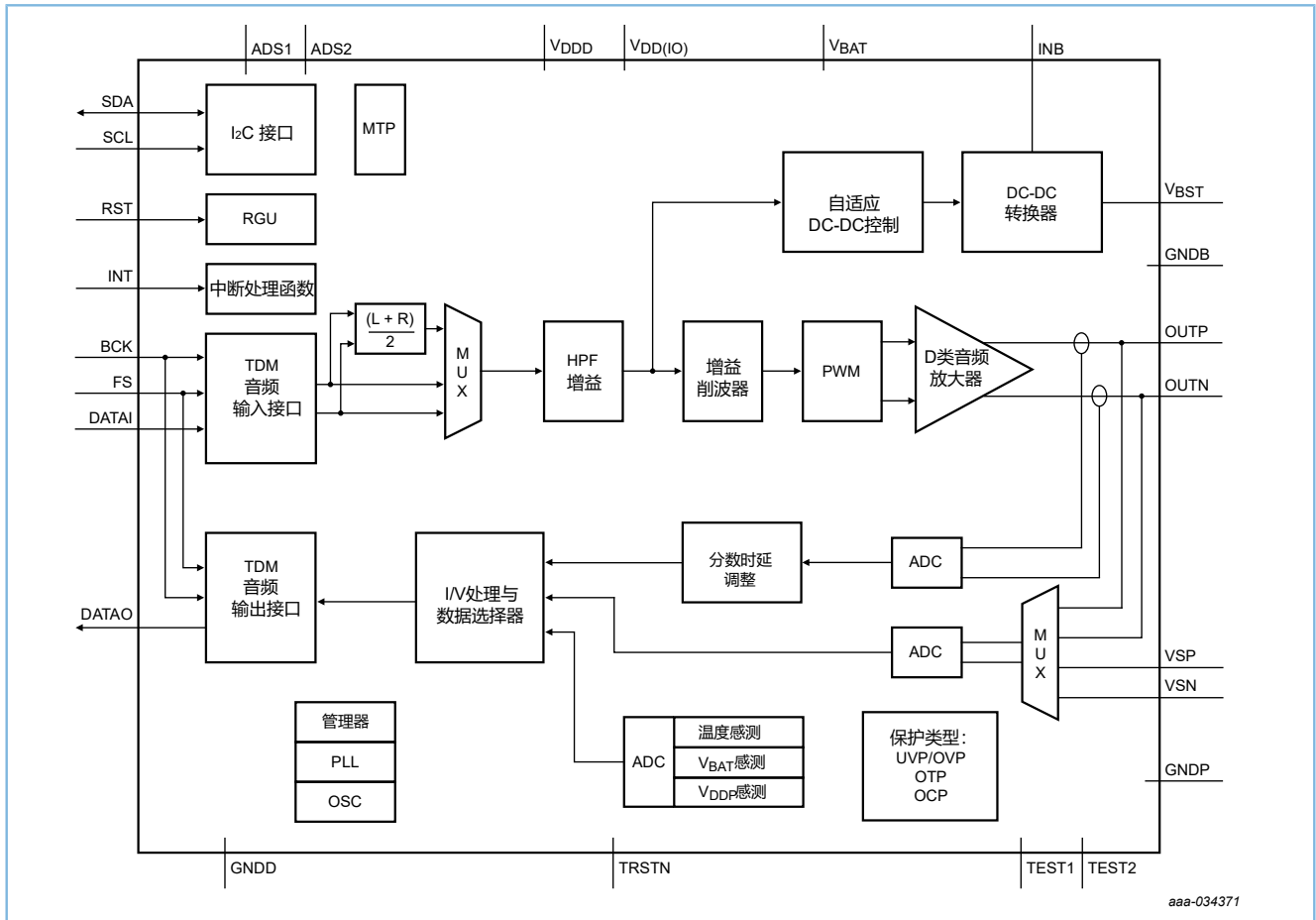


图 6-1 系统框图

7 引脚信息

7.1 引脚说明

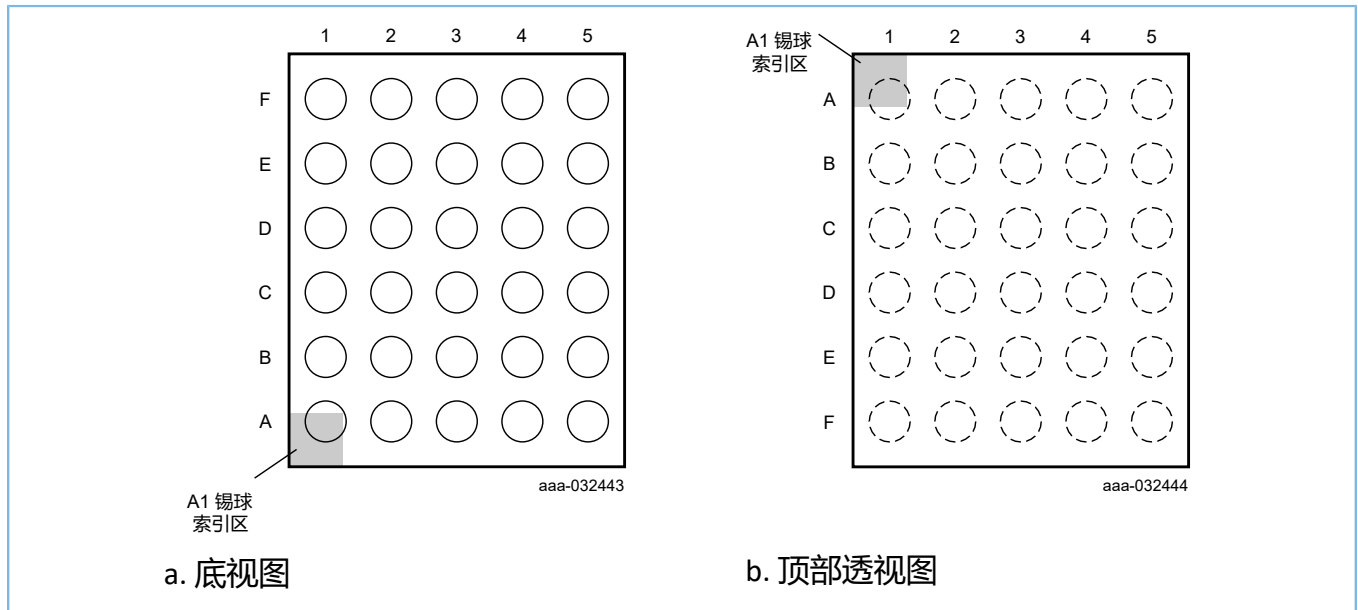


图 7-1 球形引脚排列图

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

aaa-032445

图 7-2 球形引脚 - 顶部透视图

表 7-1 引脚说明

符号	引脚	类型	说明
DATAI	A1	I	TDM接口的数字音频数据输入
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
GNDP	A4	P	电源接地
OUTN	A5	O	反相输出
DATAO	B1	O	TDM接口的数字音频数据输出
RST	B2	I	复位输入
INT	B3	O	数字中断输出
GNDP	B4	P	电源接地
VBST	B5	P	升压供电电压输出

符号	引脚	类型	说明
GNDD	C1	P	数字接地
GNDD	C2	P	数字接地
VSN	C3	I	电压感测负输入
TEST1	C4	I/O	测试信号输入1; 仅用于测试; 连接到PCB接地
OUTP	C5	O	非反向输出
VDDD	D1	P	数字供电电压
ADS1	D2	I	数字地址选择输入1
VSP	D3	I	电压感应正输入
TEST2	D4	I/O	测试信号输入2; 仅用于测试; 连接到PCB接地
VBST	D5	P	升压供电电压输出
VDD(IO)	E1	P	I/O接口供电电压
ADS2	E2	I	数字地址选择输入2
TRSTN	E3	I	测试复位输入, 仅用于测试; 连接到PCB接地
GNDB	E4	P	升压接地
INB	E5	P	DC-DC升压转换器输入
SCL	F1	I	数字I ² C总线时钟输入
SDA	F2	I/O	数字I ² C总线数据输入
VBAT	F3	P	电池供电电压
GNDB	F4	P	升压接地
INB	F5	P	DC-DC升压转换器输入

8 功能描述

如图 6-1 所示，TFA9873 是一款高效桥式负载（BTL）D 类音频放大器。

TFA9873 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 I²C总线接口和寄存器设置

TFA9873支持400 kHz I²C总线微控制器接口模式标准。I²C总线负责控制TFA9873并收发数据。TFA9873仅可在I²C从模式下，作为从属接收器或发送器运行。

10 绝对最大额定值

表 10-1 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	-	+9.6	V
V _{INB}	升压器输入电压	位于INB引脚	^[1] - 0.3	-	+9.6	V
V _O	输出电压	位于扬声器连接处, OUP、OUTN引脚	^[1] - 0.3	-	+9.6	V
V _{DDD}	数字电源电压	位于VDDD引脚	- 0.3	-	+2.5	V
V _{DD(I/O)}	I/O接口供电电压	位于VDD(I/O)引脚	- 0.3	-	+4.6	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	人体模型（HBM）	- 2	-	+2	kV
		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 ~ +12 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。

11 热特性

表 11-1 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	60	-	K/W

12 电气特性

12.1 DC特性

表 12-1 DC特性

所有参数的测试条件为： $V_{BAT} = 4.0\text{ V}$ ； $V_{DD(I/O)} = V_{DDD} = 1.8\text{ V}$ ；自适应升压模式下， $V_{BST} = 8.0\text{ V}$ ； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $R_L = 8\text{ }\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 。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 V_{BAT} 引脚；在实际应用中， V_{BAT} 不得低于 V_{DDD}	2.7	-	5.5	V
I_{BAT}	电池供电电流	常规功耗模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$	-	120	-	mA
		低功耗模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	3.2	-	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	-	μA
		掉电模式；位于 V_{BAT} 引脚；DC-DC处于关闭状态； $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ；无时钟	-	1	-	μA
V_{DDD}	数字供电电压	位于 V_{DDD} 引脚	1.65	1.8	1.95	V
I_{DDD}	数字供电电流	常规功耗模式；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$	-	5.5	-	mA
		低功耗模式；开启音频放大器转换、输入信号检测功能； $P_o = 0\text{ mW}$	-	4.4	-	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； $P_o = 0\text{ mW}$	-	2.6	-	mA
		掉电状态	-	1.5	19	μA
$V_{DD(I/O)}$	I/O接口供电电压	位于 $V_{DD(I/O)}$ 引脚	1.65	-	3.6	V
SCL与SDA引脚						
V_{IH}	高电平输入电压		$0.7 \times V_{DD(I/O)}$	-	$V_{DD(I/O)}$	V

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
V_{IL}	低电平输入电压		-	-	$0.3 \times V_{DD(I/O)}$	V	
FS、BCK、DATAI、ADS1、ADS2、RST引脚							
V_{IH}	高电平输入电压		$0.65 \times V_{DD(I/O)}$	-	$V_{DD(I/O)}$	V	
V_{IL}	低电平输入电压		-	-	$0.35 \times V_{DD(I/O)}$	V	
C_{in}	输入电容		[2]	-	5	pF	
I_{LI}	输入漏电流	输入引脚FS、BCK、DATAI、ADS1、ADS2、SCL和SDA上电压为1.8V	-	-	0.12	μA	
		输入引脚TRSTN上电压为1.8V，下拉电流	-	20	-	μA	
		输入引脚RST上电压为1.8V，下拉电流	-	90	=	μA	
DATAO、INT引脚，推挽输出级							
V_{OH}	高电平输出电压		$V_{DD(I/O)} - 0.4$	-	-	V	
V_{OL}	低电平输出电压		-	-	400	mV	
SDA引脚，开漏输出，外部电阻（10 kΩ）连接至$V_{DD(I/O)}$							
V_{OH}	高电平输出电压		$V_{DD(I/O)} - 0.4$	-	-	V	
V_{OL}	低电平输出电压	$I_{OL} = 4 \text{ mA}$	-	-	400	mV	
OUTP与OUTN引脚							
R_{DSon}	漏源导通电阻	PMOS晶体管 + NMOS晶体管	-	400	500	m Ω	
保护							
$T_{act(th_prot)}$	热保护激活温度		130	-	-	$^{\circ}C$	
$V_{ovp(VBST)}$	VBST引脚的过压保护		9.0	-	9.6	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		2.2	-	-	A	
DC-DC转换器							
V_{BST}	VBST引脚电压	DCVOS = 101111; 升压模式（校正后）	[3]	7.9	8	8.1	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）。

12.2 AC特性

表 12-2 AC特性

所有参数的测试条件为： $V_{BAT} = 4.0\text{ V}$ ； $V_{DD(I/O)} = V_{DD} = 1.8\text{ V}$ ；自适应升压模式下， $V_{DDP} = V_{BST} = 8.0\text{ V}$ ； $L_{BST} = 1\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $R_L = 8\text{ }\Omega^{[1]}$ ； $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}^{[1]}$ ； $f_i = 1\text{ kHz}$ ； $f_s = 48\text{ kHz}$ ； $f_{pwm} = 384\text{ kHz}$ ； $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ 。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	
放大器输出功率							
$P_{O(AV)}$	平均输出功率	免提扬声器；THD + N = 1%； $V_{DD} = 1.8\text{ V}$					
		$R_L = 8\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$	3.3	3.5	-	W	
		$R_L = 6\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 32\text{ }\mu\text{H}$	4.2	4.5	-	W	
		$R_L = 4\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 22\text{ }\mu\text{H}$ 、 $V_{BST} = 7.0\text{ V}$	-	4.7	-	W	
		听筒扬声器；THD + N = 1%； $V_{BST} = 8.0\text{ V}$					
		$R_L = 32\text{ }\Omega$ ，语音模式	-	0.2	-	W	
		$R_L = 32\text{ }\Omega$ ，音频模式	-	0.9	-	W	
放大器输出引脚（OUTP和OUTN）							
$ V_{O(offset)} $	输出偏移电压	绝对值，已校正； $V_{DDP} = 3.4\text{ V} \sim 8.0\text{ V}$ ， $V_{BAT} = 3.4\text{ V} \sim 5\text{ V}$	-	-	1.0	mV	
放大器性能							
η_{po}	输出功率效率	位于 V_{BAT} 引脚；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$ ， $f_{sw} = 768\text{ kHz}$	[2]	-	80	-	%
		位于 V_{BAT} 引脚；工作模式：负载电阻 $R_L = 6\text{ }\Omega$ ，平均音乐播放功率 $P_o = 380\text{ mW}$	[2]	-	82	-	%
		位于 V_{BAT} 引脚；输入：100 Hz正弦波； $R_L = 8\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$ 、 $P_o = 700\text{ mW}$	[2]	-	91	-	%
		位于 V_{BAT} 引脚；输入：100 Hz正弦波； $R_L = 8\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$ 、 $P_o = 3\text{ W}$ 、 $f_{pwm} = 768\text{ kHz}$	[2]	-	82	-	%
		位于 V_{BAT} 引脚；输入：100 Hz正弦波； $R_L = 8\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$ 、 $P_o = 3\text{ W}$	[2]	-	89	-	%
THD+N	总谐波失真加噪声	$P_o = 2.0\text{ W}$ 、 $R_L = 8\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 44\text{ }\mu\text{H}$	[1]	-	-	0.05	%
		$P_o = 2.0\text{ W}$ 、 $R_L = 4\text{ }\Omega$ 、 $L_L = 20\text{ }\mu\text{H}$	[1]	-	-	0.09	%

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{n(o)}$	输出噪声电压	A加权, 无输入信号, 正常模式; $f_{pwm} = 768 \text{ kHz}$; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 32 kHz 、 44.1 kHz 、 48 kHz 、 96 kHz	[2] -	25	-	μV
		A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_{pwm} = 768 \text{ kHz}$; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 32 kHz 、 44.1 kHz 、 48 kHz 、 96 kHz	[2] -	9	14	μV
		A加权, 无输入信号, 正常模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 32 kHz 、 44.1 kHz 、 48 kHz 、 96 kHz	[2] -	40	50	μV
		A加权, 无输入信号, 低噪声模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 32 kHz 、 44.1 kHz 、 48 kHz 、 96 kHz	[2] -	10	15	μV
		A加权, 无输入信号, 空闲模式; $f_s = 16 \text{ kHz}$ 、 32 kHz 、 44.1 kHz 、 48 kHz 、 96 kHz	[2] -	1	-	μV
DR	动态范围	A加权; $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$; THD = 1 %时, S/N信号达最大值; 输出噪声电压 ($V_{n(o)}$); 未施加信号	[2] 109	113	-	dB
S/N	信噪比	A加权, $V_{BAT} = 3.4 \text{ V} \sim 5 \text{ V}$, THD = 1 %时, S/N信号达最大值	[2] 98	-	-	dB
PSRR	电源抑制比	来自 V_{BAT} ; 升压器 (跟随模式, $V_{DDP} = V_{BAT}$), 方波 $f_{ripple} = 217 \text{ Hz}$, $V_{ripple} = 50 \text{ mV}_{(p-p)}$, $V_{BAT} = 4.0 \text{ V}$	70	85	-	dB
		来自 V_{BAT} ; 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	70	90	-	dB
		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		-	-	1	nF

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{sw}	开关频率	直接与TDM输入频率相关联	352.8	-	768	kHz
$G_{(TDM-V_O)}$	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, $f_s = 48$ kHz	-	2	-	ms
$t_{d(on)amp}$	放大器开启时延时间	$f_s = 48$ kHz	-	55	-	μ s
$t_{d(off)}$	关闭时延时间		-	32	-	μ s
$t_{d(alarm)}$	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				
		$f_s = 16$ kHz	-	-	1	ms
		$f_s = 32$ kHz	-	-	750	μ s
		$f_s = 44.1$ kHz	-	-	710	μ s
		$f_s = 48$ kHz	-	-	700	μ s
		$f_s = 96$ kHz	-	-	600	μ s
升压器电感						
L_{bst}	升压电感		0.33	1	1.2	μ H
电压和电流感测性能						
S/N	信噪比	$I_O = 1.1$ A (峰值); A加权	62	65	-	dB
$\frac{\Delta V_{sense}}{I_{sense}}$	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	$f_i = 20$ Hz ~ 20 kHz, $V_i = -12$ 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 $\pm 10^\circ\text{C}$ 。

12.3 TDM时序特性

表 12-3 TDM总线接口特性

所有参数的测试条件为: $V_{BAT} = 4.0$ V; $V_{DDD} = 1.8$ V; 自适应升压模式下, $V_{DDP} = V_{BST} = 8.0$ V; $L_{BST} = 1$ μH ^[1]; $R_L = 8 \Omega$ ^[1]; $L_L = 44 \mu\text{H}$ ^[1]; $f_i = 1$ kHz; $f_s = 48$ kHz; $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ 。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_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	

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		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 and 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1 ns, 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2 ns。

[5] 当FS上PLL锁定时, 系统对抖动的敏感度较低。

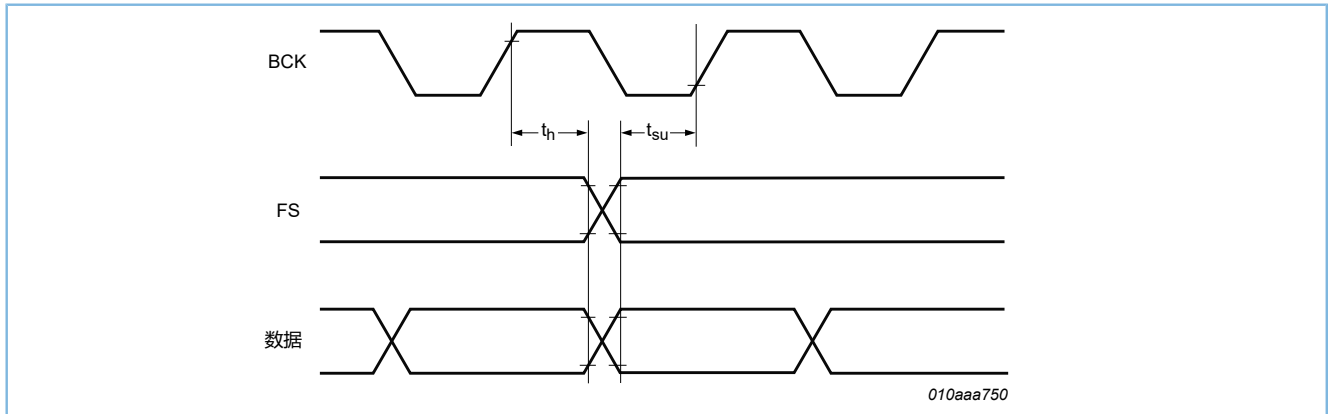


图 12-1 TDM时序

12.4 I²C时序特性

表 12-4 I²C总线接口特性

所有参数的测试条件为: $V_{BAT} = 3.6V$; $V_{DDD} = 1.8V$; 自适应升压模式下, $V_{DDP} = V_{BST} = 8.0V$; $L_{BST} = 1$

$\mu H^{[1]}$; $R_L = 8 \Omega^{[1]}$; $L_L = 44 \mu H^{[1]}$; $f_i = 1 kHz$; $f_s = 48 kHz$; $T_{amb} = 25^\circ C$ 。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_{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	[2] $20 + 0.1C_b$	-	-	ns
t_f	下降时间	SDA信号和SCL信号	[2] $20 + 0.1C_b$	-	-	ns
$t_{HD;STA}$	(重复) 开始条件的保持时间		[3] 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

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SU;DAT}$	数据设置时间		100	-	-	ns
$t_{HD;DAT}$	数据保持时间		0	-	-	μ s
t_{SP}	须由输入滤波器抑制的尖峰脉冲宽度		[4] 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。

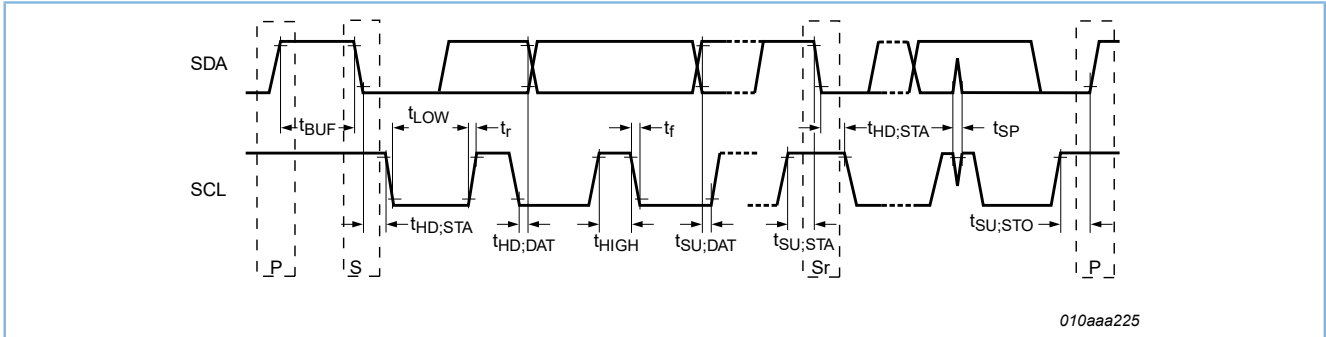


图 12-2 I²C时序

13 产品应用

13.1 应用示意图

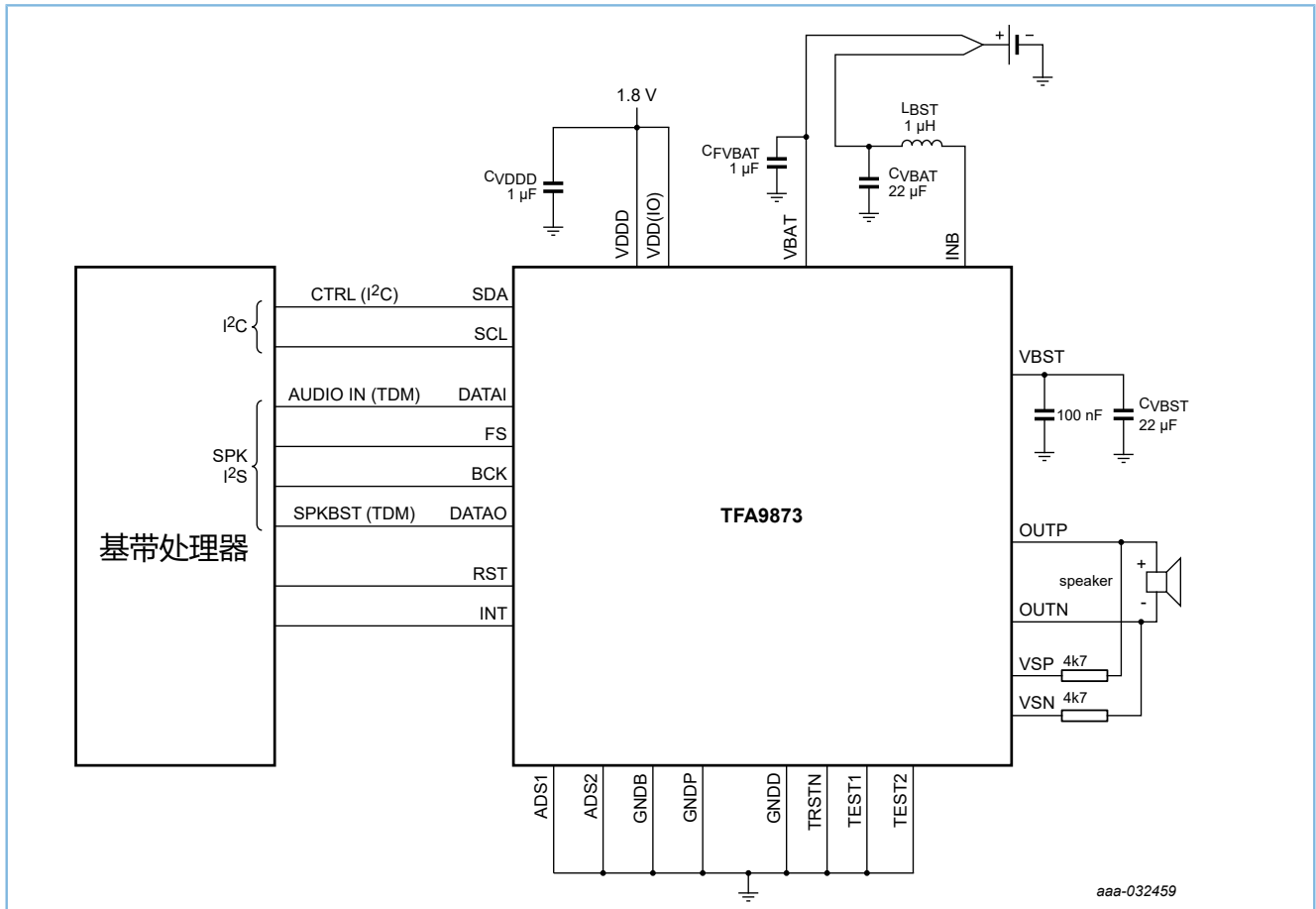


图 13-1 典型单声道应用

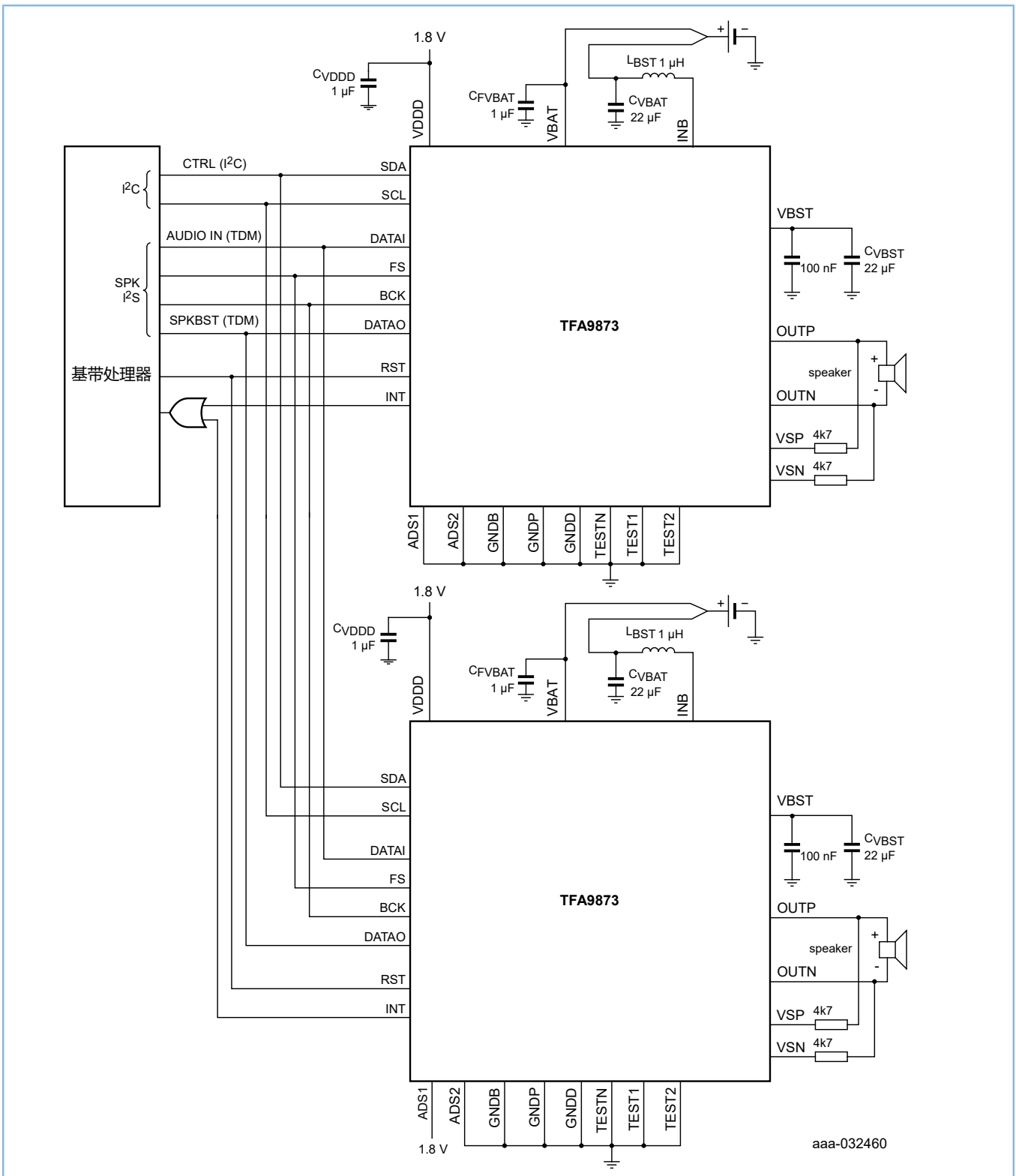


图 13-2 典型立体声应用

14 封装尺寸图

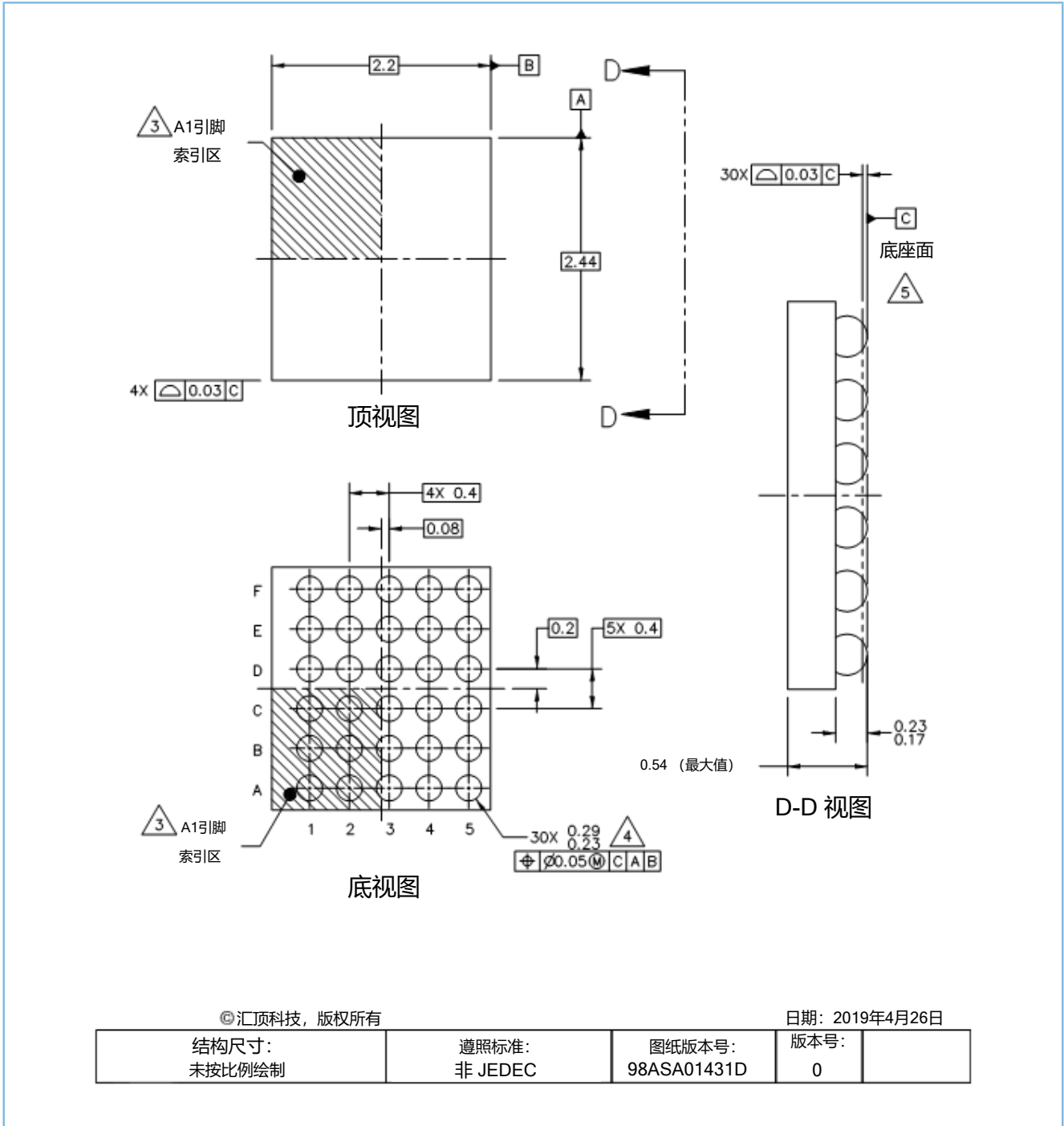


图 14-1 WLCSP30 (SOT1443-6) 封装外形图 (含背面涂层)

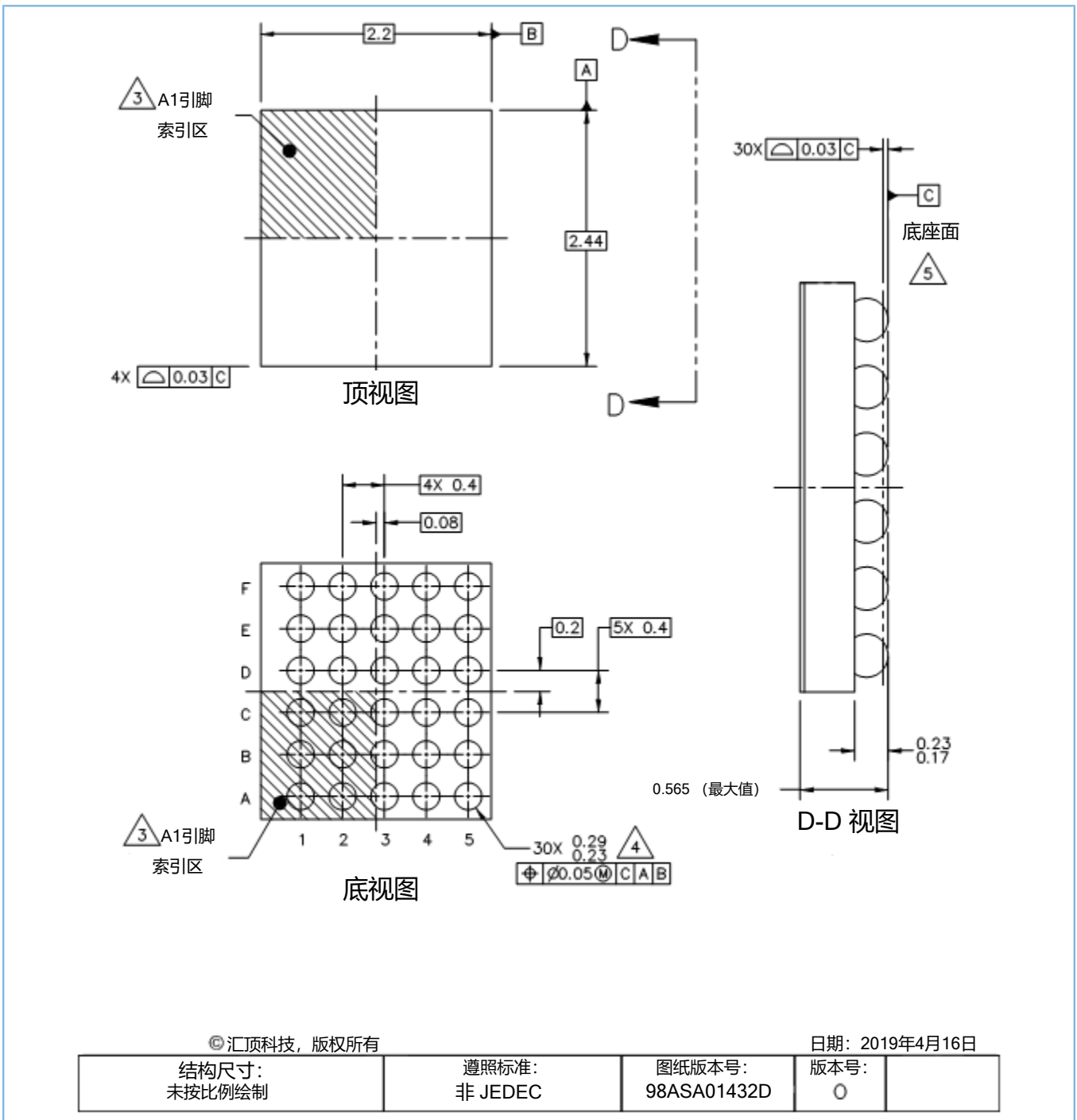


图 14-2 WLCSP30 (SOT1443-7) 封装外形图 (无背面涂层)

15 WLCSP贴片焊接

15.1 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。

15.2 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。

15.3 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 15-1）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 15-1 中所述情况分为三类。

表 15-1 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 ~ 2 000	> 2 000
< 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 15-1所示。

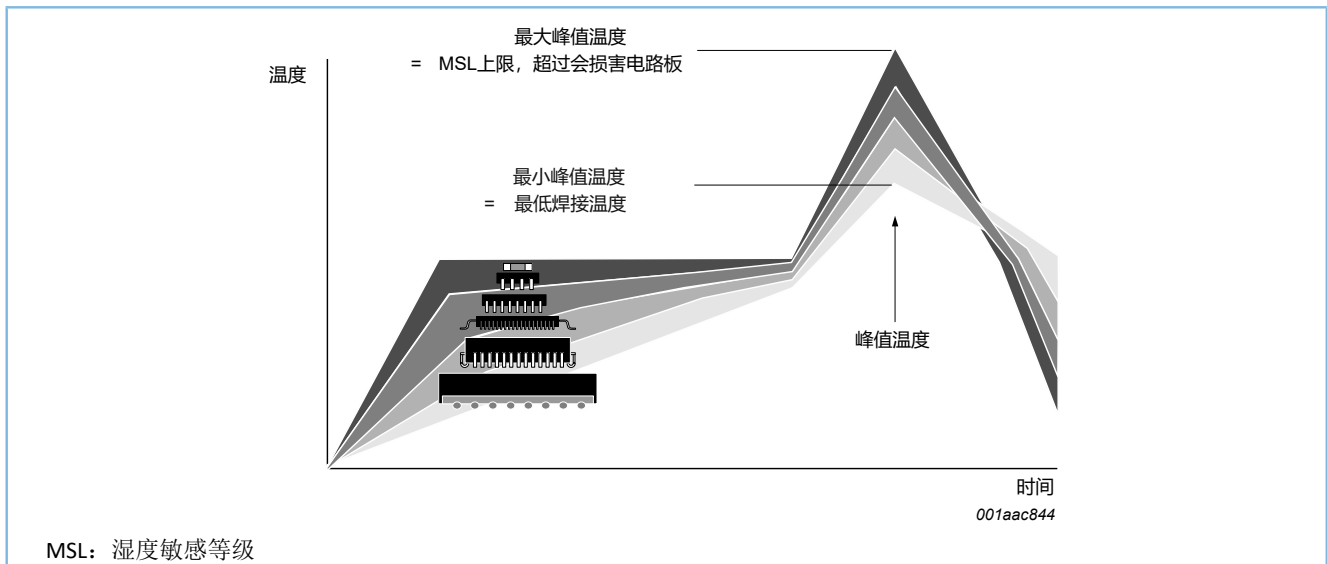


图 15-1 不同大小元件的温度曲线

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》。

15.3.1 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。

15.3.2 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。

15.3.3 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。

15.3.4 清洁

回流焊接完成后，即可开始进行清洁。

16 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，不得暗中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：深圳市福田保税区腾飞工业大厦B座2层、13层

电话：+86-755-33338828 传真：+86-755-33338830

网址：<http://www.goodix.com>

17 修订记录

表 17-1 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
TFA9873 v 1.1	2020-10-22	简版数据手册	-	TFA9873 v.1.0
修改说明:	• 基于TFA 9873 DS 1.5 更新文档。			
TFA9873 v 1.0	2020-02-14	简版数据手册	-	TFA9873 v.0.2
修改说明:	• 基于Goodix模板更新文档格式。			
TFA9873 v.0.2	2020-01-20	目标数据手册	-	-