



低功耗全集成 UHF 波段无线接收芯片 Low Power Wireless-Mic-on-a-Chip™

KT0656M

■ 特性

全集成

集成低噪声射频前端

集成 FM 解调

集成高保真音频处理

集成 DC/DC

支持全球波段范围

UHF: 470MHz~960MHz

专业的等级性能

灵敏度 < -108dBm @ 12dB SINAD

音频动态范围 ≥ 106dB

频响 20Hz~18KHz

失真度 < 0.5%

超低功耗

电源电压范围 (2.0V~3.6V)

工作电流 < 60 mA

高级功能

可配置的啸叫抑制功能

可选配的 15 段均衡器

可选配的 Echo 功能

可选配的音频激励器

可配置的音频音量

可配置的自动静音功能

自动频率控制 (AFC)

内置 75μs 去加重

扩展器时间常数可配

扩展和去加重顺序可调

电压检测功能

差分音频输出

数字音频输出接口

数字辅助信道功能

可选配的真分集功能

小体积封装

QFN32 5*5

简单接口

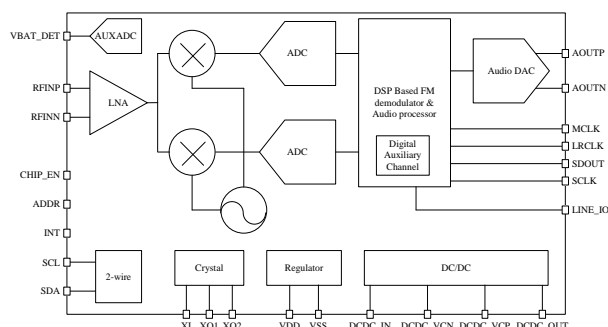
标准 2-wire MCU 接口

绿色环保

符合 Pb-free 和 RoHS 标准

■ 应用

无线麦克风、会议系统、KTV 系统、个人娱乐



KT0656M 内部框图

■ 整体描述

KT0656M 是继上一代无线麦克风之后, KT Micro 推出的又一重量级产品, 是采用了具有独特设计并取得专利保护的低功耗技术, 在比上一代产品性能提高的基础上, 将功耗大幅度降低, 可以应用于更多场合, 尤其是便携式等对功耗要求严格产品。

KT0656M 集成了更多的功能, 可以进一步帮助用户减小 PCB 面积, 提升产品可靠性和一致性, 更加便于生产。其中的均衡、激励、Echo 在部分场合可以提升音质, 帮助客户设计出更加出色的产品。在保留上一代模拟音频输出接口的同时, KT0656M 增加了数字音频输出, 可以直接输出数字音频到 DSP 做音效处理。

KT0656M 优化了音频压缩器, 配合 KT064x 系列产品可以有效优化尾音、失真和噪底。

真分集功能也是这一代产品的一大亮点, 在增加很小成本的基础上, 用户可以轻松实现真分集功能, 极大地提高了发射接收距离。

KT0656M 集成了啸叫抑制功能, 可以有效改善啸叫造成刺耳噪声、设备损坏的情况发生。

KT0656M 全新集成了电池电压检测报警功能, 满足用户在便携产品上的电池电压监测需求。

KT0656M 提高产品集成度, 增加了功能, 提高了性能, 并大幅降低了功耗使其可以满足更多高端客户的需求。

Rev. 0.7.8

昆腾微电子股份有限公司提供的信息均为准确可靠的信息, 但是昆腾微电子股份有限公司并不对任何第三方就其他使用或可能引起的专利或其他权利的侵权行为承担责任。昆腾微电子股份有限公司不默认或以任何形式就任何专利或专利性权利授权。

昆腾微电子股份有限公司

北京市海淀区北坞村路 23 号北坞创新园中区 4 号楼

电话: +86-10-88891955

<http://www.ktmicro.com.cn>

传真: +86-10-88891977

版权© 2017, 昆腾微电子股份有限公司



目录

1. 电气特性	4
2. 特性曲线 TBD	8
3. 引脚描述	8
4. 功能描述	10
4.1. 概述	10
4.2. 上电和待机	10
4.3. 晶振	10
4.4. DC/DC	11
4.5. 音频扩展器	11
4.6. 去加重	11
4.7. 辅助数字信道	12
4.8. 频道选择	12
4.9. 自动频率控制 (AFC)	13
4.10. 音量和音频增益	13
4.11. 自动静音 (Automute)	13
4.12. 串行音频接口 (Serial Audio Interface)	13
4.13. 音频效果器	17
4.13.1. 均衡器 (EQ)	17
4.13.2. 音频激励	18
4.13.3. 回声 (Echo)	18
4.13.4. 啸叫抑制	19
4.14. 天线分集	20
4.15. 电池电压检测	20
4.16. 中断	20
4.17. 2-wire 接口	21
4.18. 寄存器组	23
4.18.1. ANA_CFG (Address 0x12)	23
4.18.2. ANA_CFG38 (Address 0x2D)	23
4.18.3. CHAN_CFG0 (Address 0x45)	23
4.18.4. CHAN_CFG1 (Address 0x46)	23
4.18.5. CHAN_CFG2 (Address 0x47)	23
4.18.6. SAI_SLAVE_CFG (Address 0x50)	23
4.18.7. SAI_MASTER_CFG (Address 0x51)	24
4.18.8. SAI_INTERFACE_EN (Address 0x52)	24
4.18.9. INT_EN (Address 0x55)	25
4.18.10. INT_FLAG (Address 0x59)	25
4.18.11. PLL_FSM_CTRL5 (Address 0x61)	25
4.18.12. POWER_STA_CTRL1 (Address 0x7F)	26
4.18.13. AUTOMUTE_FSM_STA (Address 0x88)	26
4.18.14. ADC_CHAN0_HB (Address 0xC0)	26
4.18.15. ADC_CHAN0_LB (Address 0xC1)	26
4.18.16. SW_CFG0 (Address 0x100)	26
4.18.17. SW_CFG8 (Address 0x108)	27
4.18.18. SW_CFG14 (Address 0x10E)	27
4.18.19. MANUFACTURER_ID0 (Address 0x192)	27
4.18.20. MANUFACTURER_ID1 (Address 0x193)	27
4.18.21. TOP_CFG0 (Address 0x200)	27
4.18.22. TOP_CFG1 (Address 0x201)	28
4.18.23. TOP_STATUS0 (Address 0x209)	28
4.18.24. TOP_STATUS1 (Address 0x20A)	28
4.18.25. TOP_STATUS3 (Address 0x20C)	28
4.18.26. TOP_STATUS4 (Address 0x20D)	28
4.18.27. AFC_CFG0 (Address 0x217)	29
4.18.28. AFC_CFG1 (Address 0x218)	29



4.18.29.AFC_STATUS0 (Address 0x219)	29
4.18.30.AFC_STATUS1 (Address 0x21A).....	29
4.18.31.ANTDIV_CFG1 (Address 0x21C).....	29
4.18.32.AUDIOLINK_CFG (Address 0x224)	29
4.18.33.AUTOMUTE_CFG0 (Address 0x225)	30
4.18.34.BPSK_CFG0 (Address 0x241).....	30
4.18.35.BURST_DATAH (Address 0x246).....	31
4.18.36.BURST_DATA_L (Address 0x247).....	31
4.18.37.AUX_DATA_AH (Address 0x248).....	31
4.18.38.AUX_DATA_AL (Address 0x249)	31
4.18.39.AUX_DATA_BH (Address 0x24A).....	31
4.18.40.AUX_DATA_BL (Address 0x24B).....	32
4.18.41.AUX_DATA_CH (Address 0x24C)	32
4.18.42.AUX_DATA_CL (Address 0x24D).....	32
4.18.43.AUX_DATA_DH (Address 0x24E)	32
4.18.44.AUX_DATA_DL (Address 0x24F)	32
4.18.45.DE_EXP_CFG (Address 0x256).....	33
4.18.46.EQ_CFG0 (Address 0x257)	33
4.18.47.EQ_CFG1 (Address 0x258)	34
4.18.48.EQ_CFG2 (Address 0x259)	34
4.18.49.EQ_CFG3 (Address 0x25A)	35
4.18.50.EQ_CFG4 (Address 0x25B).....	35
4.18.51.EQ_CFG5 (Address 0x25C).....	36
4.18.52.EQ_CFG6 (Address 0x25D)	37
4.18.53.EQ_CFG7 (Address 0x25E).....	37
4.18.54.EQ_CFG8 (Address 0x25F)	38
4.18.55.EQ_CFG9 (Address 0x260)	38
4.18.56.EQ_CFG10 (Address 0x261)	39
4.18.57.EQ_CFG11 (Address 0x262)	39
4.18.58.EQ_CFG12 (Address 0x263).....	40
4.18.59.EQ_CFG13 (Address 0x264)	41
4.18.60.EQ_CFG14 (Address 0x265).....	41
4.18.61.ECHO_CFG0 (Address 0x266).....	42
4.18.62.ECHO_CFG1 (Address 0x267).....	42
4.18.63.ECHO_CFG2 (Address 0x268).....	42
4.18.64.EXCITER_CFG0 (Address 0x269).....	43
4.18.65.EXCITER_CFG1 (Address 0x26A).....	43
4.18.66.SQUEAL_CFG0 (Address 0x26F).....	43
5. 典型应用电路	45
6. 封装尺寸	46
7. 焊盘图形	47
8. 回流焊曲线	48
9. 封装标识	49
10. 订购指南	50
11. 历史版本	51
12. 联系我们	52

1. 电气特性

表 1: 工作条件

参数	符号	测试条件	最小值	标准值	最大值	单位
DCDC 电源	DCDC_IN	对地	3.4		4.3	V
数字电源	DVDD	对地	2.0		3.6	V
射频电源	RFVDD	对射频地	1.5		3.6	V
本振电源	LOVDD	对本振地	1.5		3.6	V
模拟电源	AVDD	对模拟地	2.0		3.6	V
中频电源	IFVDD	对地	1.5		3.6	V
音频电源	AUVDD	对地	2.0		3.6	V
环境温度	T _a		-30	25	70	°C
放电量的最大限度 MIL-标准 883 C 方法 3015	V _{max}				2000	V

表 2: Absolute Maximum Ratings¹

Parameter	Symbol	Value	Units
DC/DC Supply Voltage	DCDC_IN	-0.5V to 4.6	V
Digital and I/O Supply Voltage	DVDD	-0.5 to 3.9	V
RF Supply Voltage	RFVDD	-0.5 to 3.9	V
LO Supply Voltage	LOVDD	-0.5 to 3.9	V
Analog Supply Voltage	AVDD	-0.5 to 3.9	V
IF Supply Voltage	IFVDD	-0.5 to 3.9	V
Audio Supply Voltage	AUVDD	-0.5 to 3.9	V
Input Current ²	I _{IN}	10	mA
Input Voltage ²	V _{IN}	-0.3 to (V _{IO} + 0.3)	V
RF Input Level		0.7	V _{PK}
Notes:			
1. Permanent device damage may occur if the above Absolute Maximum Ratings are exceeded. Functional operation should be restricted to the conditions as specified in the operational sections of this data sheet. Exposure beyond recommended operating conditions for extended periods may affect device reliability.			
2. For input pins CHIP_EN, SDA, SCL, SCLK, LRCLK, LINE_IO, ADDR.			

表 3: 直流特性

参数	符号	测试/操作条件	最小值	标准值	最大值	单位
工作电流	I _{VDD}		-	60	-	mA
关机电流	I _{APD}			75	80	μA
High Level Input Voltage ¹	V _{IH}		0.7 x DVDD		DVDD + 0.3	V
Low Level Input Voltage ¹	V _{IL}		-0.3		0.3 x DVDD	V
High Level Input Current ¹	I _{IH}	V _{IN} = DVDD = 3.6V	-10		10	μA
Low Level Input Current ¹	I _{IL}	V _{IN} = 0V, DVDD = 3.6V	-10		10	μA
High Level Output Voltage ²	V _{OH}	I _{OUT} = 500 μA	0.8 x DVDD			V
Low Level Output Voltage ²	V _{OL}	I _{OUT} = -500 μA			0.2 x DVDD	V
Notes:						
1. For input pins CHIP_EN, SDA, SCL, SCLK, LRCLK, LINE_IO, ADDR.						
2. For output pins SDA, SCLK, SDOUT, LRCLK, MCLK, INT.						



表 4: UHF 接收器特性

(除有其他声明均认为 $T_a = -30 \sim 70^\circ\text{C}$, All VDD = 2.0V ~ 3.6V)

参数	符号	测试/操作条件	最小值	标准值	最大值	单位
频率范围	F_{tx}		470		960	MHz
灵敏度	Sen	信纳比为 12dB		-108		dBm
音频动态范围 ^{1,2,3}	DR	加滤波器		106		dB
音频总谐波失真 ^{1,2,3}	THD	最大音量	-	0.3	0.5	%
音频输出摆幅 ⁴	V_{out}		-		1	VRMS
音频驱动能力	R_L			1		K Ω
音频频率响应	F_{out}	在 3dB 之内	20	-	18K	Hz
频道步进	STEP		-	25		KHz
最大频偏					120	KHz
去加重时间常数	T_{de}		-	75	-	μs
扩展时间常数	T_{EXP}		6		796	ms
晶体	CLK	输入时钟		24/ 24.576		MHz

注:

1. 调制信号为 1KHz
2. $\Delta F = 50\text{KHz}$ (ADJUST_GAIN < 2:0 > = 1)
3. $V_{\text{EMF}} = 1\text{mV}$, 频率在 470MHz~960MHz 范围
4. $V_{\text{out}} = \text{AOUTP} - \text{AOUTN}$

表 5: 数字音频输出接口时序特性 (主设备)

(除有其他声明均认为 $T_a = -30 \sim 70^\circ\text{C}$, All VDD = 2.0V ~ 3.6V)

参数	符号	最小值	标准值	最大值	单位
采样率	24MHz 晶体	46.876	93.75	187.5	KHz
	24.576MHz 晶体	48	96	192	
MCLK 频率	24MHz 晶体	12		24	MHz
	24.576MHz 晶体	12.288		24.576	
MCLK 占空比			50%		
LRCLK 占空比			50%		
SCLK 低脉冲宽度	t_{sclkl}	20			ns
SCLK 高脉冲宽度	t_{sclkh}	20			ns
SCLK 频率	24MHz 晶体	3	6	12	MHz
	24.576MHz 晶体	3.072	6.144	12.288	MHz
SCLK 上升沿到 LRCLK 边沿延时	t_{slrd}	20			ns
LRCLK 边沿到 SCLK 上升沿的建立时间	t_{slrs}	20			ns
SDOUT 有效到 SCLK 上升沿的建立时间	t_{sdls}	22			ns
SCLK 上升沿到 SDOUT 保持时间	t_{sdh}	20			ns

表 6: 数字音频输出接口时序特性 (从设备)

(除有其他声明均认为 $T_a = -30 \sim 70^\circ\text{C}$, All VDD = 2.0V ~ 3.6V)

参数	符号	最小值	标准值	最大值	单位
采样率	F_s	32		192	KHz
MCLK 频率		12		24.576	MHz
MCLK 占空比		40%		60%	
LRCLK 占空比			50%		
SCLK 低脉冲宽度	t_{sclkl}	20			ns



SCLK 高脉冲宽度	t_{sclkh}	20			ns
SCLK 频率				24.576	MHz
SCLK 上升沿到 LRCLK 边沿延时	t_{slrd}	20			ns
LRCLK 边沿到 SCLK 上升沿的建立时间	t_{slrs}	20			ns
SDOUT 有效到 SCLK 上升沿建立时间	t_{sdls}	22			ns
SCLK 上升沿到 SDOUT 保持时间	t_{sdh}	20			ns

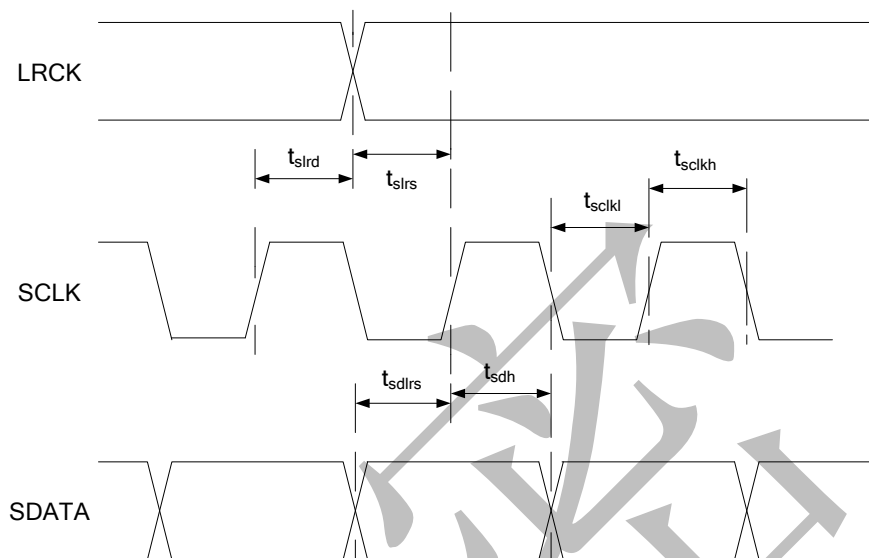


图 1: 数字音频输出接口时序图

表 7: Power-On Reset Timing Characteristics

(Unless otherwise noted $T_a = -30 \sim 70^\circ\text{C}$)

参数	符号	测试/操作条件	最小值	标准值	最大值	单位
脉冲宽度	t_{pw}		100			μs
上升沿	t_{re}		10		50000	μs

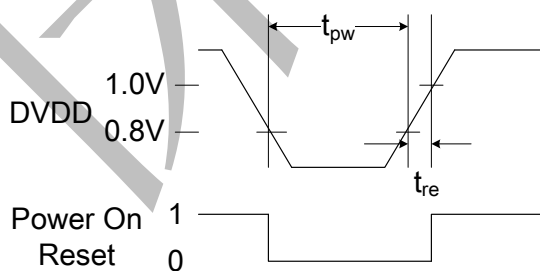


图 2: Power-On Reset Timing Parameters

表 8: 2-wire Interface Characteristics¹(Unless otherwise noted $T_a = -30 \sim 70^\circ\text{C}$, All VDD = 2.0V to 3.6V)

参数	符号	测试/操作条件	最小值	标准值	最大值	单位
SCL Frequency	f_{SCL}		0	-	400	KHz
SCL Low Time	t_{LOW}		1.3	-	-	μs
SCL High Time	t_{HIGH}		0.6	-	-	μs
SCL Input to SDA Falling Edge Setup (START)	$t_{\text{SU:STA}}$		0.6	-	--	μs
SCL Input to SDA Falling Edge Hold	$t_{\text{HD:STA}}$		0.6	-	-	μs



(START)						
SDA Input to SCL Rising Edge Setup	$t_{SU:DAT}$		100	-	-	ns
SDA Input to SCL Falling Edge Hold ²	$t_{HD:DAT}$		0	-	900	ns
SCL Input to SDA Rising Edge Setup (STOP)	$t_{SU:STO}$		0.6	-	-	μ s
STOP to START Time	t_{BUF}		1.3	-	-	μ s
SDA Output Fall Time	$t_{F:OUT}$			-	250	ns
SDA Input, SCL Rise/Fall Time	$t_{F:IN}$ $t_{R:IN}$			-	300	ns
SCL, SDA Capacitive Loading	C_b		-	-	50	pF
Input Filter Pulse Suppression	t_{SP}		-	-	50	ns

Notes:

1. When power down, SCL and SDA are high impedance.
2. The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met when $f_{SCL} = 400$ KHz.

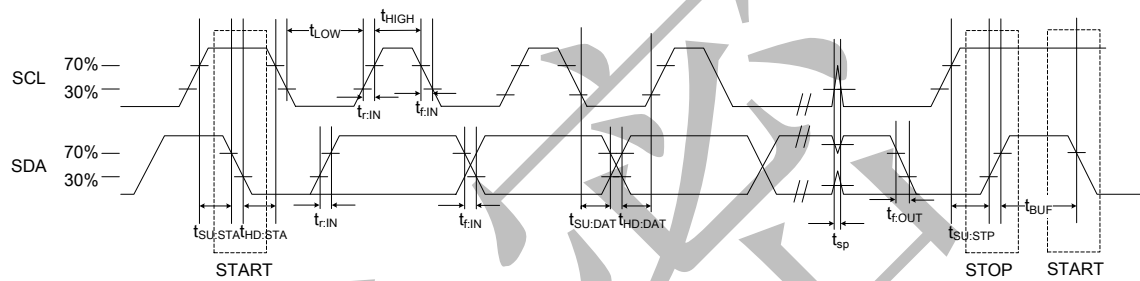


图 3: 2-wire Interface Read and Write Timing Parameters



2. 特性曲线 TBD

3. 引脚描述

表 9：引脚描述

引脚序号	引脚名称	类型	功能
1	AOUTP	模拟输出	音频正输出。
2	AOUTN	模拟输出	音频负输出。
3	DCDC_VCN	模拟	内置 DC/DC 电源的外置电容,与 DCDC_VCP 之间接 1 μ F 电容。不使用内置 DC/DC 时悬空即可。
4	DCDC_VCP	模拟	内置 DC/DC 电源的外置电容,与 DCDC_VCN 之间接 1 μ F 电容。不使用内置 DC/DC 时悬空即可。
5	DCDC_IN	输入	内置 DC/DC 电源输入引脚, 输入电压范围为 3.4~4.3V。不使用内置 DC/DC 时悬空即可。
6	DCDC_OUT	输出	内置 DC/DC 电源输出引脚,输出电压为输入电压的一半。只有 RFVDD、LOVDD、IFVDD 可以由此电源供电。不使用内置 DC/DC 时悬空即可。
7	CHIP_EN	数字输入	芯片使能引脚, 为 1 芯片进入工作状态, 为 0 芯片处于关机状态。
8	SDA	数字 I/O	2-wire 接口串行数据, 内置 48Kohm 上拉电阻。
9	SCL	数字 I/O	2-wire 接口串行时钟, 内置 48Kohm 上拉电阻。
10	SCLK	数字 I/O	串行音频接口时钟。KT0656M 作为主设备时, 此引脚为输出。作为从设备时, 此引脚为输入。
11	SDOUT	数字输出	串行音频接口数据输出引脚。
12	LRCLK	数字 I/O	串行音频接口左右声道输出信号位, 用于切换左右声道的数据。KT0656M 作为主设备时, 此引脚为输出。作为从设备时, 此引脚为输入。
13	MCLK	数字输出	串行音频接口主时钟。KT0656M 作为主设备时, 此引脚为输出。
14	DVDD	电源	数字电源, 2.0V~3.6V。
15	LINE_IO	数字输入	天线分集数据输入接口, 配合 KT0650 实现天线分集功能, 此引脚连接到 KT0650 的 LINE_IO 上。
16	VBAT_DET	模拟输入	电池电压检测输入引脚。量化电压范围为 0-1.2V。精度: 11bit, 0~2048。
17	ADDR	数字输入	2-wire 接口设备地址选择位。 0 时地址为: 7'b0110001; 1 时地址为: 7'b0111001。
18	INT	数字输出	中断输出引脚, 高电平或低电平中断可以配。
19	RFVDD	电源	模拟电源, 1.5V~3.6V。
20	RFGND	地	射频信号地。
21	RFINN	模拟输入	射频信号负输入。
22	RFINP	模拟输入	射频信号正输入。
23	RFGND	地	射频信号地。
24	LOGND	地	信号地。
25	LOVDD	电源	模拟电源, 1.5V~3.6V。
26	LOGND	地	信号地。
27	XO2	模拟	晶体输出。
28	XO1	模拟	晶体输出。



29	XI	模拟	晶体输入。
30	AVDD	电源	模拟电源，2.0V~3.6V。
31	IFVDD	电源	模拟电源，1.5V~3.6V。
32	AUVDD	电源	模拟电源，2.0V~3.6V。
33	GND	地	信号地。

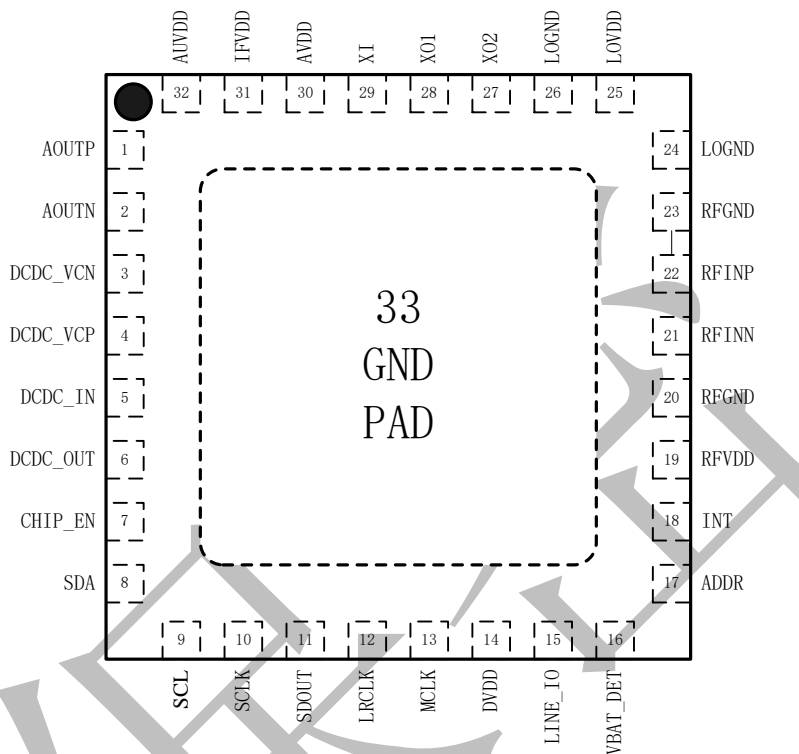


图 4: KT0656M 引脚图(顶视图)

4. 功能描述

4.1. 概述

KT0656M 提供了一个全集成的单芯片 UHF 波段无线麦克风接收机方案。该芯片只需要简单的外围电路,即可轻松实现无线音频信号从接收到解调输出的全部功能。KT0656M 集成了低噪声放大器、混频器、振荡器、调频解调器、自动频率控制、扩展器、去加重、音频效果器(EQ、Echo、音频激励器、啸叫抑制器)、音频放大器、数字音频输出接口、天线分集(需配合 KT0650 实现)等功能。

KT0656M 的射频灵敏度低至-93dBm @80dB, 音频动态范围高达 106dB。本地振荡器性能优异, 具有极低的相位噪声, 可以保证高品质的音频信号。KT0656M 优化了音频压缩器, 配合 KT064x 系列产品可以有效优化尾音、失真和噪底。集成的音效器可以满足个性化和差异化的声音品质需求。同时 KT0656M 还具有串行音频接口, 可以输出高质量的数字音频信号。

KT0656M 集成了啸叫抑制功能, 可以有效改善啸叫造成刺耳噪声、设备损坏的情况发生。真分集功能也是这一代产品的一大亮点, 在增加很小成本的基础上, 用户可以轻松实现真分集功能, 极大地提高了发射接收距离。集成的电池电压检测报警功能, 可以满足用户在便携产品上的电池电压监测需求。

KT0656M 拥有通用 2-wire 接口, 可以方便地和 MCU 通信。KT0656M 具有的辅助信道功能, 配合 KT0646M 可以帮助客户轻松实现数据传输和控制功能, 大大降低了整体方案的开发难度和成本。

4.2. 上电和待机

KT0656M 电源供电后, CHIP_EN 引脚接高电平芯片进入正常工作模式。通过 2-wire 接口对 KT0656M 进行操作需要 CHIP_EN 引脚高后 10ms 后才可以。当芯片上电中断功能被使能时, 有相应的中断后, 才可以进行芯片各个功能的初始化操作。如果没有将上电中断功能使能, 也可以等待寄存器 POWER_UP_FINISH_INT_FLAG 变为 1, 芯片上电完成后, 再进行芯片各个功能初始化的操作。

CHIP_EN 为低电平时芯片进入关机模式。

4.3. 晶振

KT0656M 支持 24MHz/24.576MHz 晶体为芯片提供工作时钟, 晶体的精度为±50ppm。通过寄存器 XTAL_SEL 可以选择芯片是使用接在 XI 和 XO1 之间的晶体, 还是使用接在 XI 和 XO2 之间的晶体。两个位置的晶体频率可以是 24MHz 或 24.576MHz。并需要将寄存器 XTAL1_SEL 和 XTAL2_SEL 设置为对应位置的晶体频率。0 表示使用 24MHz 晶体, 1 表示时钟 24.576MHz 晶体。

如果只使用 24MHz 或 24.576MHz 的晶体时, 必须将晶体连接到 XI 和 XO1 上。并需要将寄存器 XTAL1_SEL 设置为使用的晶体频率。

4.4. DC/DC

KT0656M 片上集成了 DC/DC 电路, 可以将 3.4~4.3V 电压降低后输出出来, 相比于 LDO 的方式, 可以大幅提高转化效率, 降低方案的功耗。使用时需要将 3.4~4.3V 的电压接到 DCDC_IN 引脚作为输入, DCDC_VCP 与 DCDC_VCN 间接 1 μ F 电容, DCDC_OUT 作为输出。DCDC 的输出只能为 RFVDD、LOVDD、IFVDD 供电。在芯片上电 (CHIP_EN 为高电平) 后的 10ms 后, 60ms 内将寄存器 DCDC_EN 置 1 使能 DCDC 输出。

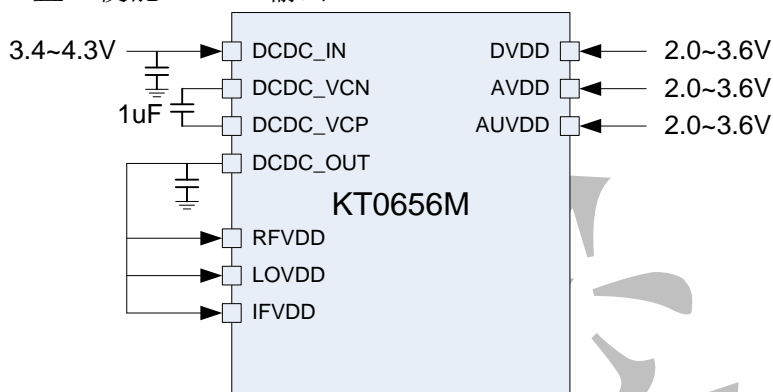


图 5: 使用片上 DC/DC 连接图

如果不使用内置 DC/DC, DCDC_IN、DCDC_OUT、DCDC_VCP 与 DCDC_VCN 四个引脚悬空即可。

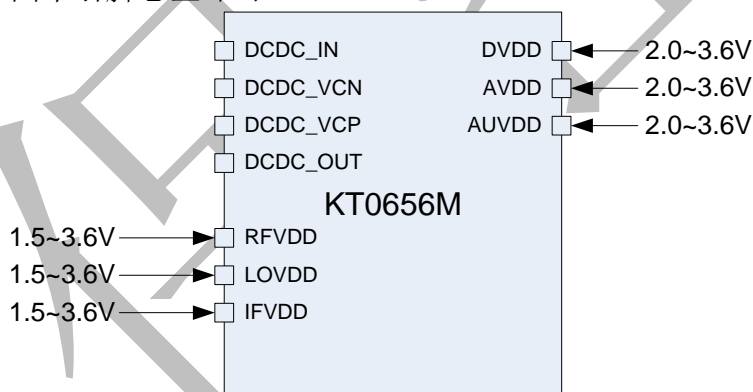


图 6: 不使用片上 DC/DC 连接图

4.5. 音频扩展器

KT0656M 可以通过音频扩展器将音频信号进行扩展, 该电路是 KT Micro 拥有自主知识产权的, 并可以保证与传统方案完全一致的性能。音频扩展器将输入的音频信号的动态范围按照 1:2 的比例进行扩展。时间常数可以通过设置寄存器 EXP_TC<2:0>进行设定。通过将寄存器 EXP_EN 清 0, 可以选择扩展器关闭。

4.6. 去加重

KT0656M 内置去加重功能, 可以通过将 DEEMPHASIS_EN 寄存器置 1 来使能去加重功能, 如果此寄存器为 0 则将关闭去加重功能。KT0656M 的去加重时间常数为 75 μ s。

音频信号通过去加重功能和压缩器的顺序是由 DE_BEHIND 寄存器决定的, 可以先过音频扩展器再过去加重, 也可以先过去加重再过音频扩展器。芯片默认是后一种方式。

4.7. 辅助数字信道

KT0656M 提供一个名为“数字辅助通道”的特殊功能, 它允许用户定义特定的信息并且和音频信号一起传输。该功能要求 KT0656M 和 KT0646M 配合使用, KT0656M 可以解调 KT0646M 传输过来的辅助数字信道的信息。数字辅助通道的载波频率是固定的 30KHz 或 30.72KHz。辅助信道的载波信号将被作为导频信号。寄存器 PILOT_DETECT 用于指示是否检测到导频信号, 如果为 0 则说明没有导频信号, 反之则说明检测到了导频信号。传输数据时, 寄存器 AUXDATA_EN 必须置 1。

KT0656M 的辅助数字信道功能有两种应用模式:

✧ 循环模式:

在循环模式下, KT0646M 会将 AUX_ADDRA<7:0>、AUX_ADDRB<7:0>、AUX_ADDRD<7:0>和 AUX_ADDRC<7:0>寄存器中指定的寄存器地址内的数据按照 A->B->C->D->A……的顺序一直反复发送, 直到 AUXDATA_EN=0 为止。其中发送的寄存器数量是可选的。

KT0656M 在查询 PKG_SYNC 标志位为 1 后, 就可以从寄存器 AUX_DATA_A<15:0>, AUX_DATA_B<15:0>, AUX_DATA_C<15:0> 和 AUX_DATA_D<15:0>中一一对应地连续读出 KT0646M 发送的数据了。

✧ 突发模式

在突发模式下, KT0646M 只发送一次数据, 不管接收机是否接到数据都不会重复发送。为防止丢失数据, 对于 KT0656M 可以使能突发数据的中断输出功能。这样每次 KT0656M 接收到突发数据都将有中断, MCU 再从寄存器 BURST_DATA<15:0>中读出接收到的突发数据, 并清除突发数据中断标志位。

KT Micro 针对于辅助数字信道功能提供了一个有效的算法。关于此功能的更多信息请参考 APP NOTE。

4.8. 频道选择

KT0656M 支持 470MHz~960MHz 的频率范围, 该产品相对上一代产品, 不再需要片外 VCO 电感, 只需配置相应的频率控制寄存器就可以使芯片工作在相应的接收频率上。

将以 KHz 为单位的载波频率写入寄存器 CHAN<19:0>中, 再将 CHAN_VALID 寄存器置 1, 就可以完成频率设置。此后 CHAN_VALID 寄存器将被硬件自动清 0。在 260ms 之内, 寄存器 PLL_READY 将变高, 表明 PLL 已经锁定了。

4.9. 自动频率控制（AFC）

KT0656M 具有自动频率控制功能，可以改善在发射信号频率不稳定或接收机与发射机晶体的频率偏差造成的收发频率偏差情况下的接收性能。寄存器 AFC_CTRL_EN 用于使能 AFC 功能的自动控制，芯片会根据工作状态自动打开或关闭 AFC 功能。寄存器 AFC_EN 置 1 可以使能 AFC 功能（AFC_CTRL_EN=0 时 AFC_EN 寄存器有效）。最大可以纠正的范围可以通过 AFC_RNG<1:0>配置，有 $\pm 20\text{KHz}$ 、 $\pm 40\text{KHz}$ 、 $\pm 60\text{KHz}$ 和 $\pm 90\text{KHz}$ 四档可调。

4.10. 音量和音频增益

KT0656M 具有音频增益调整功能，可以通过寄存器 ADJUST_GAIN<2:0> 保证最大频偏分别为 120KHz、100KHz、75KHz、50KHz、37.5KHz、25KHz、20KHz 的信号输出到音效器的幅度最大化，同时保证不会产生音频输出的饱和失真。寄存器 AUDIO_GAIN<1:0>可以调节音效器后音频幅度的大小。

另外，KT0656M 还可以通过寄存器 RX_VOL<4:0>调整输出音频的音量，音量的调整范围是 0~60dB。需要注意 RX_VOL<4:0>=0 时，芯片处于静音状态。

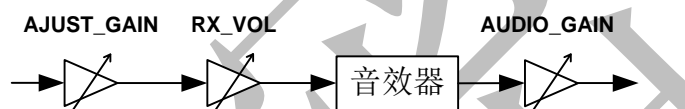


图 7：音量控制链路

4.11. 自动静音（Automute）

KT0656M 具有自动静音功能，可以根据射频信号的质量、频率偏差、是否有导频、辅助信道的数据等信息自动进行静音控制。KT0656M 可以实时监测射频信号的质量，保证当 RF 链路恶化或者被其他发射源干扰的时候，能够及时静音，避免噪音或干扰声产生。同时还可以配合频率偏差、是否有导频、辅助信道的数据等信息判断发射信号是否可以与接收机匹配，对于不匹配的可以进行静音操作。寄存器 AUTOMUTE 可以用来指示当前芯片是处于自动静音状态，还是退出了自动静音状态。AUTOMUTE_MUTE_EN 用于使能在满足自动静音条件时是否进行静音操作。另外，自动静音可以产生外部中断，相关内容可以参考“中断”部分的描述。

4.12. 串行音频接口（Serial Audio Interface）

KT0656M 具有串行音频接口，可以与外部 DSP 或 DAC 等设备连接。KT0656M 既可以作为主设备也可以作为从设备。

作为主设备时：

- ✓ 支持 MCLK 频率 12MHz / 24MHz 或 12.288MHz / 24.576MHz。（由晶体频率决定）
- ✓ 支持 MCLK 和 LRCLK 的频率比 128/256。即支持音频数据频率为：46.875KHz / 93.75KHz / 187.5KHz 或 48KHz / 96KHz / 192KHz。（由晶体频率决定）
- ✓ SCLK 频率固定为 LRCLK 频率的 64 倍。
- ✓ 串行数据传输采样频率（SCLK）支持 3MHz / 6MHz / 12MHz 或 3.072MHz / 6.144MHz / 12.288MHz。（由晶体频率决定）



- ✓ 支持左声道传输、右声道传输和左右声道传输。
- ✓ 支持数据左对齐、右对齐模式、I2S 标准模式。
- ✓ 只支持发送 24bit 音频数据格式。

作为从设备时：

- ✓ SCLK 频率最高为 24.576MHz。
- ✓ 音频数据频率任意 32KHz~192KHz。
- ✓ 支持左声道传输、右声道传输和左右声道传输。
- ✓ 支持左对齐、右对齐模式、I2S 标准模式。
- ✓ 支持发送 8 / 16 / 20 / 24bit 音频数据格式。

表 10：作为主设备时使用 24MHz 晶体的 MCLK、LRCLK、SCLK 频率

寄存器 MASTER_MCLK_SEL	XTAL=24MHz			
	0		1	
MCLK	12MHz		24MHz	
寄存器 MASTER_MCLK_LRCLK_RATIO	0	1	0	1
MCLK/LRCLK	128	256	128	256
LRCLK (Fs)	93.75KHz	46.875KHz	187.5KHz	93.75KHz
SCLK	6MHz	3MHz	12MHz	6MHz

表 11：作为主设备时使用 24.576MHz 晶体的 MCLK、LRCLK、SCLK 频率

寄存器 MASTER_MCLK_SEL	XTAL=24.576MHz			
	0		1	
MCLK	12.288MHz		24.576MHz	
寄存器 MASTER_MCLK_LRCLK_RATIO	0	1	0	1
MCLK/LRCLK	128	256	128	256
LRCLK (Fs)	96KHz	48KHz	192KHz	96KHz
SCLK	6.144MHz	3.072MHz	12.288MHz	6.144MHz

当只使用一颗 KT0656M 时，需要先将芯片的寄存器 STEREO_MONO_SEL 清 0，此时寄存器 LR_SEL 配置无意义。KT0656M 可以作为主设备提供 MCLK、SCLK、LRCLK 给 DAC 或 DSP 的从设备。也可以作为从设备，由主设备（例如：音频 DAC 或 DSP）提供 SCLK、LRCLK。不论 LRCLK 指示为左声道输出还是右声道输出时，芯片的 SDOUT 输出的信号都为相同的数据。

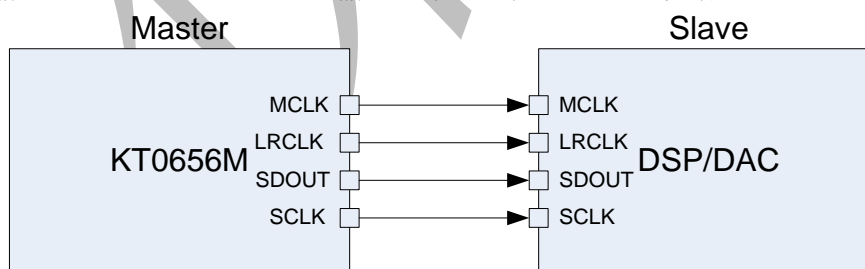


图 8：单颗 KT0656M 作为主设备连接示意图

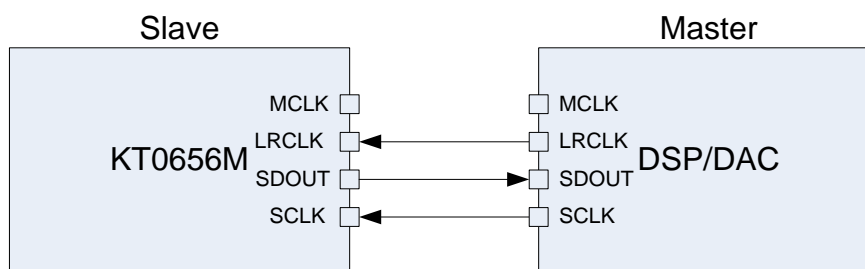


图 9：单颗 KT0656M 作为从设备连接示意图

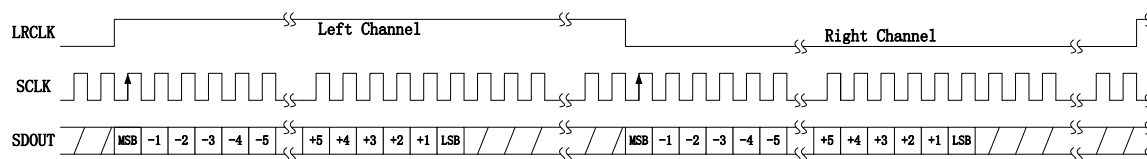


图 10：单颗 KT0656M 工作在左对齐方式时序图

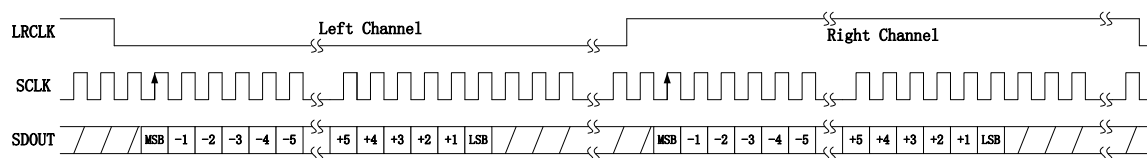


图 11：单颗 KT0656M 工作在 I²S 方式时序图

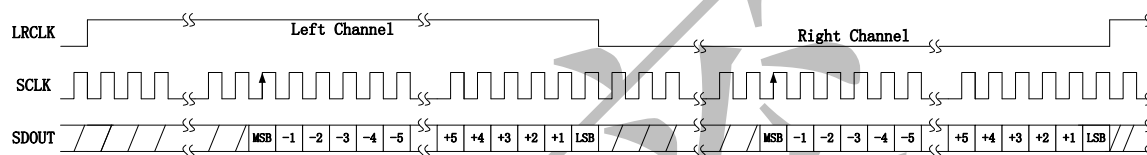


图 12：单颗 KT0656M 工作在右对齐方式时序图

由于 KT0656M 只输出一个声道的数据输出,而现行标准串行音频接口都是支持立体声的。所以当有两颗 KT0656M 同时工作时,需要先将两颗芯片的寄存器 STEREO_MONO_SEL 都置 1,再将一颗芯片的寄存器 LR_SEL 配置为 1 作为串行音频接口的左声道,另一颗芯片的寄存器 LR_SEL 配置为 0 作为串行音频接口的右声道。两颗 KT0656M 都可以作为从设备,由主设备(例如:音频 DAC 或 DSP)提供 SCLK、LRCLK。也可以将一颗 KT0656M 作为主设备提供 MCLK、SCLK、LRCLK,另一颗 KT0656M 作为从设备,同时 DAC 或 DSP 也作为从设备。在 LRCLK 指示为左声道输出时,寄存器 LR_SEL=1 的芯片 SDOUT 输出音频数据,寄存器 LR_SEL=0 的芯片 SDOUT 处于高阻状态。在 LRCLK 指示为右声道输出时,寄存器 LR_SEL=0 的芯片 SDOUT 输出音频数据,寄存器 LR_SEL=1 的芯片 SDOUT 处于高阻状态。

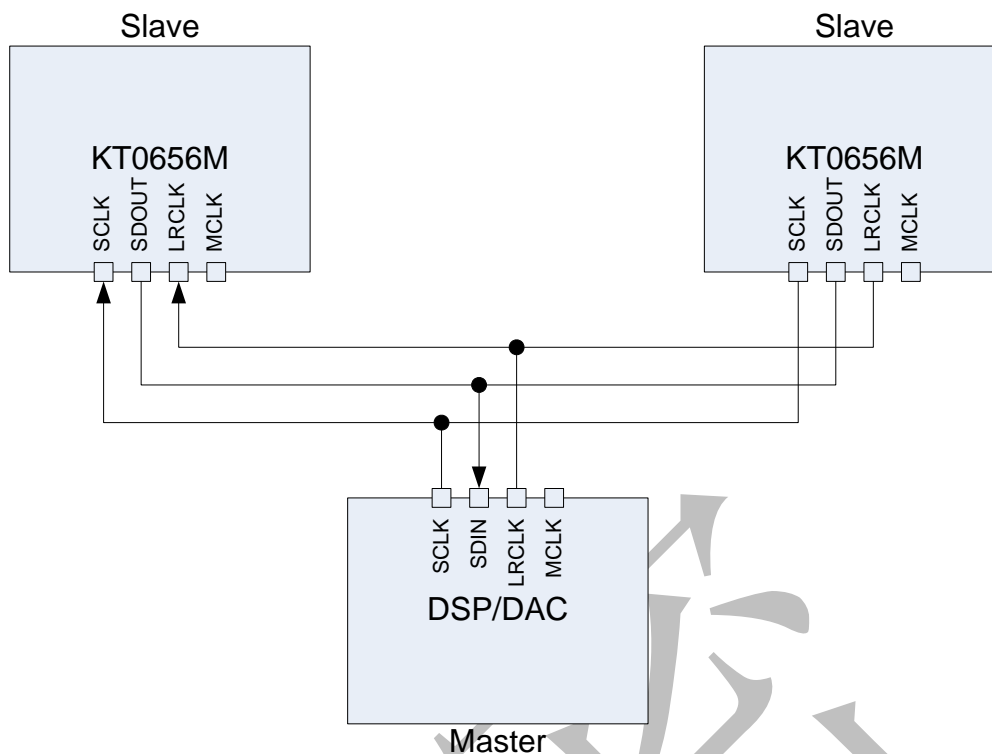


图 13: 两颗 KT0656M 作为从设备连接示意图

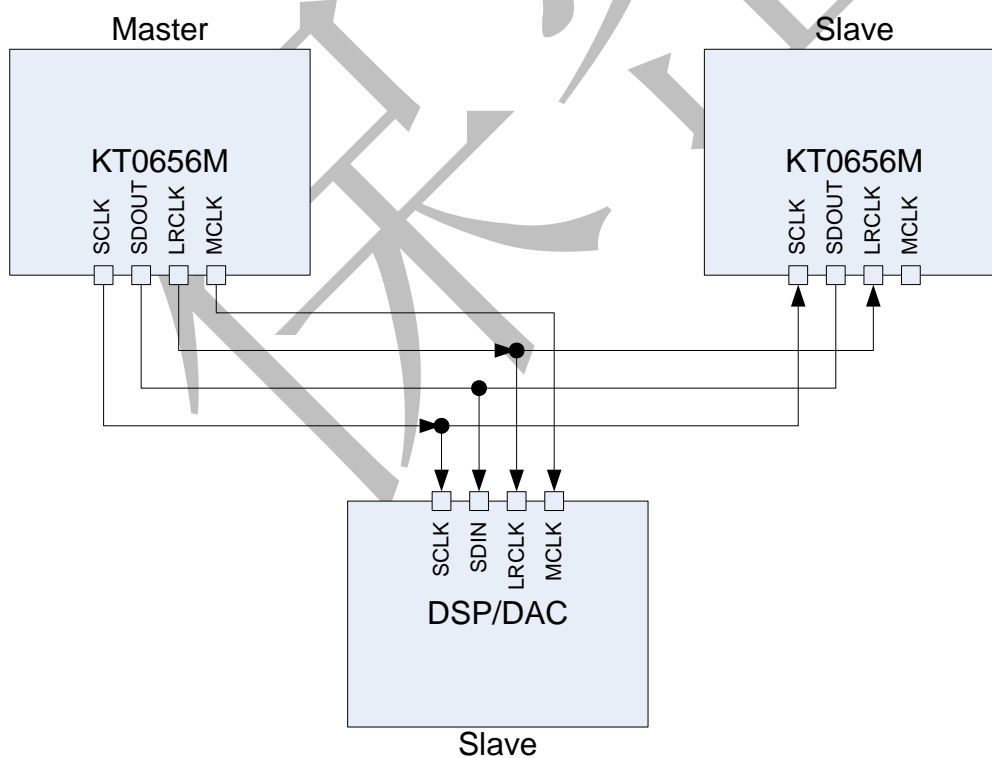


图 14: 一颗 KT0656M 作为主设备一颗 KT0656M 作为从设备连接示意图

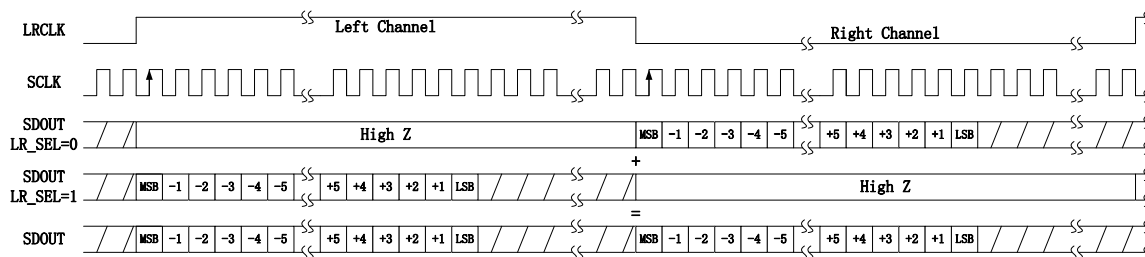


图 15: 两颗 KT0656M 工作在左对齐方式时序图

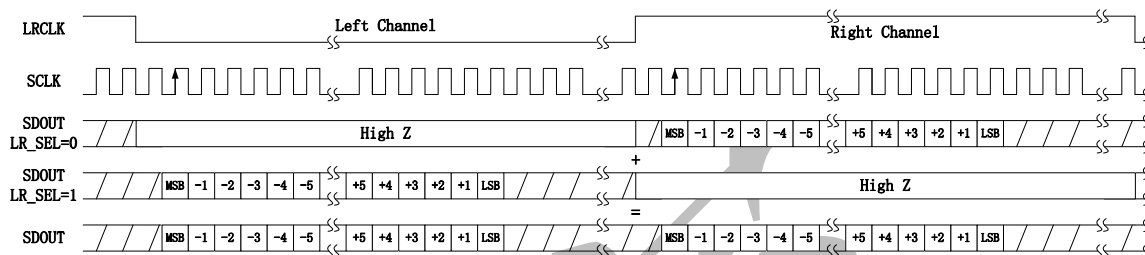


图 16: 两颗 KT0656M 工作在 I²S 方式时序图

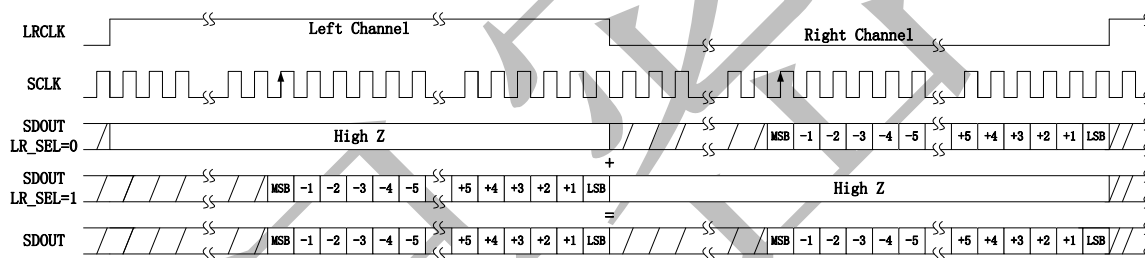


图 17: 两颗 KT0656M 工作在右对齐方式时序图

4.13. 音频效果器

KT0656M 内置音频效果器功能，可以对音频信号进行均衡、激励、回声、啸叫抑制的处理。每个功能模块都可以单独使能，且通过寄存器 AUDIO_ORDER<4:0>可以调整音频信号经过这 4 个模块的顺序。

4.13.1. 均衡器 (EQ)

KT0656M 具有音频均衡功能，可供用户根据要求来调节出多种不同的声音效果。通过配置寄存器 EQ_EN 可以选择该功能开启或关闭，1 为开启，0 为关闭。该功能可以调整的频点包括 25Hz、40Hz、63Hz、100Hz、160Hz、250Hz、400Hz、630Hz、1KHz、1.6KHz、2.5KHz、4KHz、6.3KHz、10KHz、16KHz 共 15 个频点。每个频点可以调整增益的范围是±12dB，1dB 步进，可以通过配置寄存器 GAIN_xxx<4:0>来选择对应频点要调整的增益。

表 12: 均衡器增益

GAIN_xxx<4:0>	增益
00000	-12dB

00001	-11dB
00010	-10dB
00011	-9dB
00100	-8dB
00101	-7dB
00110	-6dB
00111	-5dB
01000	-4dB
01001	-3dB
01010	-2dB
01011	-1dB
01100	+0dB
01101	+1dB
01110	+2dB
01111	+3dB
10000	+4dB
10001	+5dB
10010	+6dB
10011	+7dB
10100	+8dB
10101	+9dB
10110	+10dB
10111	+11dB
11000	+12dB

4.13.2. 音频激励

KT0656M 集成了音频激励的功能，奇次谐波和偶次谐波分别可调，增加了谐波成分的声音听起来可以更佳饱满。配置 EXCITER_EN 为 1 可以使能音频激励器功能。寄存器 EXCITER_ODD_CTRL<2:0>可以调整奇次谐波成分的能量，寄存器 EXCITER_EVEN_CTRL<2:0>可以调整偶次谐波成分的能量。

4.13.3. 回声 (Echo)

KT0656M 集成了 Echo 功能，Ratio 和 Delay 分别可调，可以使声音效果更加出色。将寄存器 ECHO_EN 置 1 可以使能 Echo 功能。Echo 的反馈量由 ECHO_RATIO<4:0>寄存器决定。Echo 的反馈延时由 ECHO_DELAY<4:0>寄存器决定，可调范围为 22~197ms。

表 13: Echo 反馈量

ECHO_RATIO<4:0>	反馈量
00000	0
00001	1/32
00010	2/32
00011	3/32
00100	4/32
00101	5/32
00110	6/32
00111	7/32
01000	8/32
01001	9/32
01010	10/32
01011	11/32
01100	12/32
01101	13/32
01110	14/32

01111	15/32
10000	16/32
10001	17/32
10010	18/32
10011	19/32
10100	20/32
10101	21/32
10110	22/32
10111	23/32
11000	24/32
11001	25/32

表 14: Echo 反馈延时

ECHO_DELAY<4:0>	反馈延时
00000	22ms
00001	24ms
00010	27ms
00011	29ms
00100	32ms
00101	35ms
00110	39ms
00111	43ms
01000	47ms
01001	52ms
01010	57ms
01011	63ms
01100	69ms
01101	76ms
01110	84ms
01111	92ms
10000	101ms
10001	111ms
10010	122ms
10011	135ms
10100	148ms
10101	163ms
10110	179ms
10111	197ms

4.13.4. 啸叫抑制

由于麦克风和喇叭间存在正反馈而造成的啸叫在音频系统中是非常可怕的。为了消除这种噪音，KT0656M 集成了啸叫抑制功能。寄存器 SQUEAL_DET_EN<1:0> 用于控制啸叫检测功能的开启或者关闭，3 代表开启，0 代表关闭。寄存器 SQUEAL_ELIM_EN 用于控制整个啸叫抑制功能的开启或者关闭，1 代表开启，0 代表关闭。如果 SQUEAL_ELIM_EN=1，SQUEAL_DET_EN<1:0>=0，则啸叫抑制功能将工作在手动模式。如果 SQUEAL_ELIM_EN=1，SQUEAL_DET_EN<1:0>=3，则啸叫抑制功能将工作在自动模式。手动模式下需要指定啸叫抑制器的相关参数才可以工作，而自动模式则由芯片内部计算相关参数。

有关啸叫抑制功能的更多信息，请参阅 APP NOTE。

4.14. 天线分集

KT0656M 提供了天线分集功能，需要配合一颗副芯片 KT0650 来实现。此功能可以大大减少因多径产生的断点，提升用户体验。KT0650 和 KT0656M 间通过 LINE_IO 连接并进行通信，KT0656M 根据 LINE_IO 输入的数据自动判断 KT0656M 和 KT0650 哪个芯片接收到的信号质量好，KT0656M 会使用信号质量更好的芯片接收的信号进行解调，并通过 KT0656M 统一输出音频信号。

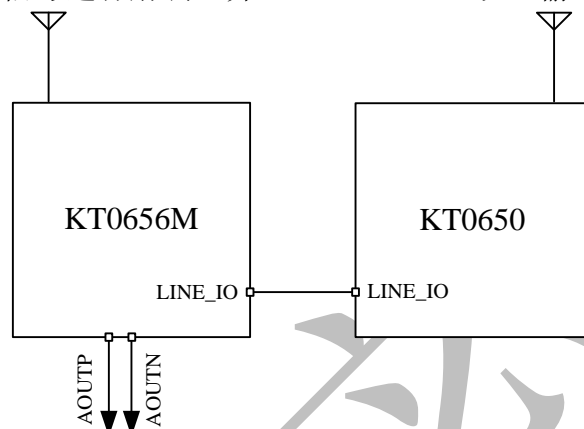


图 18: 天线分集连接示意图

将 DIVERSITY_EN 置 1 可以使能 KT0656M 的天线分集功能。使用时需要保证 KT0656M 和 KT0650 天线间的距离至少在接收频率的四分之一波长以上。

4.15. 电池电压检测

KT0656M 集成了电池电压检测 ADC，可以将 VBAT_DET 引脚的电压在 0~1.2V 之间进行量化。接口电路如图 19 所示。R1 和 R2 的值应该正确选择以保证 VBAT_DET 引脚的电压不超过全量程上限。电池电压的量化结果可以从寄存器 BATTERY_CODE<10:0>读取，它的最大值为 2048。

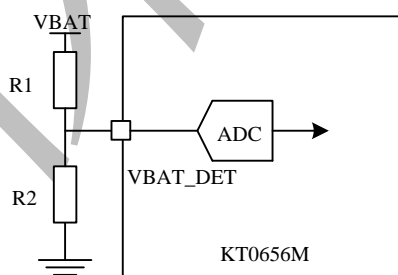


图 19: 电池电压检测连接示意图

4.16. 中断

KT0656M 具有外部中断输出功能，有三个条件可以触发中断。分别是：上电完成、自动静音、接收到突发数据。寄存器 INT_LEVEL 决定中断输出的电平，为 0 时高电平中断，为 1 时低电平中断。清除所有的标志位中断电平才能恢复。

寄存器 POWER_UP_FINISH_INT_EN 用于使能芯片上电完成中断。寄存器 POWER_UP_FINISH_INT_FLAG 为 1 时，说明芯片上电完成中断条件被触发（芯

片上电完成），MCU 将此寄存器清 0 可以清除中断。清除中断后才可以进行芯片各个功能的初始化操作。

寄存器 BURST_INT_EN 用于使能突发数据中断。寄存器 BURST_INT_FLAG 为 1 时，说明突发数据中断条件被触发，MCU 将此寄存器清 0 可以清除中断。

寄存器 AUTOMUTE_INT_EN 用于使能自动静音功能中断。寄存器 AUTOMUTE_INT_FLAG 为 1 时，说明自动静音中断条件被触发，MCU 将此寄存器清 0 可以清除中断。对于自动静音触发的中断还需要查询寄存器 AUTOMUTE 的状态来确定是进入自动静音状态触发的中断（AUTOMUTE=1）还是退出自动静音状态出发的中断（AUTOMUTE=0）。

4.17.2-wire 接口

通过 2-wire 接口外部的控制器可以直接读写 KT0656M 的任何一个寄存器。KT0656M 有一个内部地址计数器，可以在完成读或写操作后自动地将指针向前移动，这样外部的控制器就能从指定的地址开始连续不断地读/写所需要数据。每个寄存器的数据是最高位数据先被传输，最低位数据最后被传输。KT0656M 的 SCL 和 SDA 分别内置 48Kohm 上拉电阻。在待机模式下 SCL、SDA 引脚内部 48Kohm 上拉电阻仍然被使能。在关机模式下 SCL、SDA 引脚将处于高阻状态。

- ✧ 设备地址：KT0656M 的 7 位设备地址为 7'b011x001，其中 x 位由 ADDR 引脚的状态决定，当 ADDR 引脚接低电平时 x 位为 0，当 ADDR 引脚接高电平时 x 位为 1。
- ✧ 寄存器地址：KT0656M 的寄存器地址字长为 16 位。
- ✧ 寄存器数据：KT0656M 的寄存器数据字长为 8 位。
- ✧ 时钟和数据的传输：当 SCL 为低电平期间，SDA 上的数据可以改变。SCL 为高电平时，SDA 的数据为有效数据。在此期间 SDA 为高电平表示输出数据 1，SDA 为低电平表示输出数据 0。
- ✧ 开始条件：当 SCL 为高电平时，SDA 出现从高到低的下降沿将被认为是开始条件。注意，开始条件应该最先被发送。
- ✧ 停止条件：当 SCL 为高电平时，SDA 出现从低到高的上升沿将被认为是停止条件。注意，开始条件应该最先被发送。
- ✧ 应答位：所有的设备地址、寄存器地址、寄存器数据都将按照 8bit 的长度逐一传输。每传输 8bit 的数据后，KT0656M 或 MCU 都应在下一次时钟周期输出 0（第九个时钟周期）。
- ✧ 不应答位：当在读操作时，如果收到 8bit 的寄存器数据后不想再继续接受其他数据，需要 MCU 在下一次时钟周期输出 1（第九个时钟周期）。

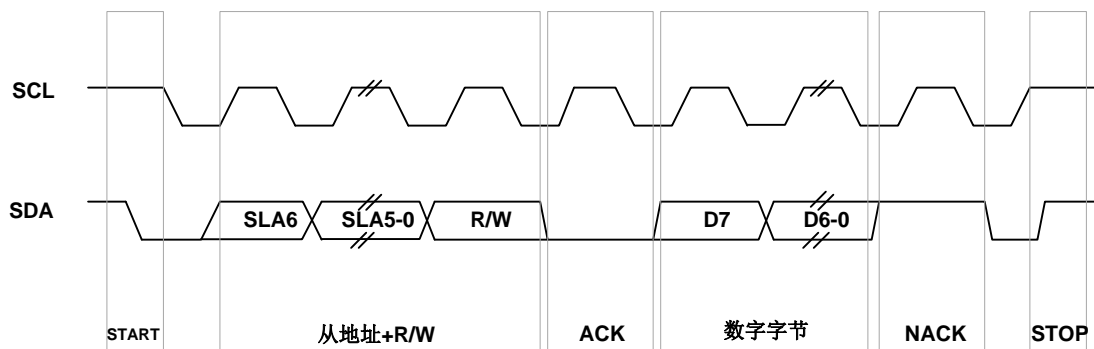


图 20：开始条件、停止条件、数据传输、应答位、不应答位示意图

2-wire 总线模式通过 SCL 和 SDA 传输数据。芯片总是在 SCL 的下降沿改变数据到 SDA 上，在 SCL 的上升沿读取 SDA 上的数据。当收到有效数据后，芯片通过在 SCL 下降沿时驱动 SDA 为低电平来应答外部控制器。开始条件标志着数据传输开始，停止条件意味着数据传输结束。外部的控制器能读/写一个指定地址的 8 位数据或者持续读/写所需数量的寄存器直到出现停止条件为止。

对于写操作，外部的控制器应按照下列协议发送数据：开始条件—>7 位芯片地址和 1 位写命令（“0”）—>寄存器的高 8 位地址—>寄存器的低 8 位地址—>写入数据 $n<7:0>$ —>写入数据 $n+1<7:0>$ —>.....—>直到出现停止条件为止。

对于读操作，外部的控制器应该按照下列协议发送数据：开始条件—>7 位芯片地址和 1 位写命令（“0”）—>寄存器的高 8 位地址—>寄存器的低 8 位地址—>重发开始条件—>7 位芯片地址和 1 位读命令（“1”）—>读出数据 $n<7:0>$ —>读出数据 $n+1<7:0>$ —>.....—>直到出现停止条件为止。

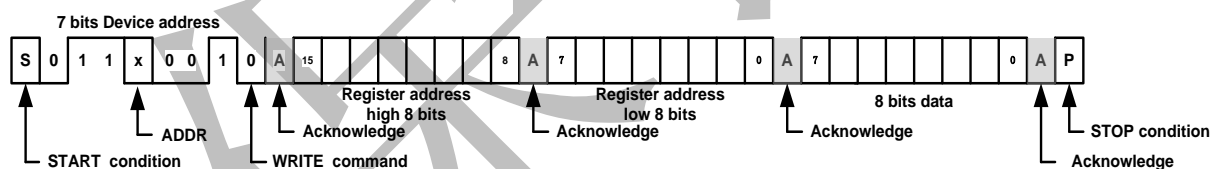


图 21：2-wire 总线随机写时序图

注：上图中灰色框内的数据是由 KT0656M 输出的。

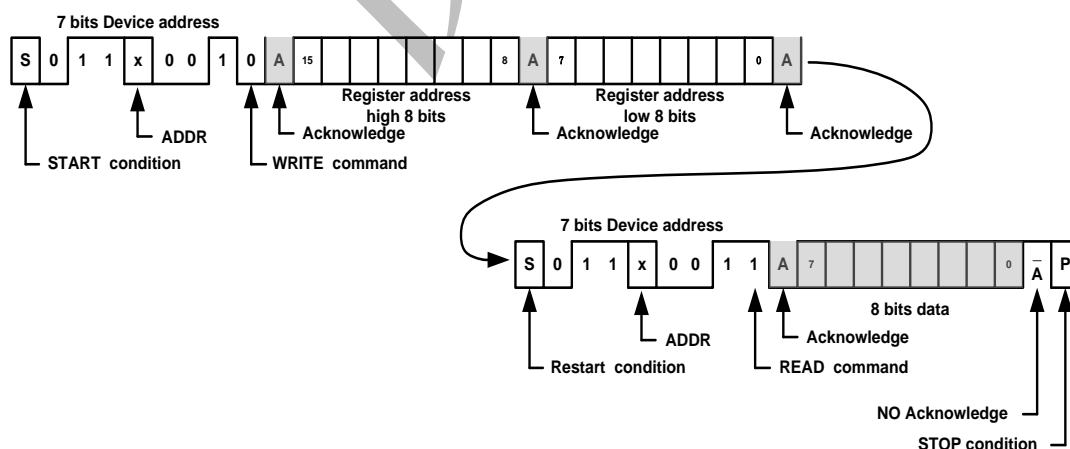


图 22：2-wire 总线随机读时序图

注：上图中灰色框内的数据是由 KT0656M 输出的。



4.18. 寄存器组

4.18.1. ANA_CFG (Address 0x12)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	XTAL_SEL	R/W	1'b0	片外晶体选择位： 0: XI与XO1 间的晶体； 1: XI 与 XO2 间的晶体。
6:0	Reserved	R/W	7'b000_000 0	保留位。

4.18.2. ANA_CFG38 (Address 0x2D)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:3	Reserved	R/W	5'b0000_0	保留位。
2	DCDC_EN	R/W	1'b 0	DCDC使能位： 0: 关闭； 1: 使能。
1:0	Reserved	R/W	2'b10	保留位。

4.18.3. CHAN_CFG0 (Address 0x45)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	CHAN<19:12>	R/W	8'h00	接收频率设置寄存器 CHAN<19:0>的第 19 到 12 位，单位 1KHz。

4.18.4. CHAN_CFG1 (Address 0x46)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	CHAN<11:4>	R/W	8'h00	接收频率设置寄存器 CHAN<19:0>的第 11 到 4 位，单位 1KHz。

4.18.5. CHAN_CFG2 (Address 0x47)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:4	CHAN<3:0>	R/W	4'b0000	接收频率设置寄存器 CHAN<19:0>的低 4 位，单位 1KHz。
3:1	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
0	CHAN_VALID	R/W	1'b0	CHAN<19:0>配置生效寄存器，此位置 1 后 CHAN<19:0>将生效，接收机将工作在 CHAN<19:0>设定的频率上。此位自动清 0。

4.18.6. SAI_SLAVE_CFG (Address 0x50)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	RW	1'b0	保留位。



6	SAI_SLAVE_SYNC_EN	R/W	1'b0	SAI_SLAVE_MODE<1:0>和 SAI_SLAVE_DSIZE<1:0>的同步使能信号，配置完成以上两个控制位后（允许同时触发）需要配置 SAI_SLAVE_SYNC_EN 为 1 才能生效。此位硬件自动清零。
5	STEREO_MONO_SEL	R/W	1'b0	串行音频接口 SDOUT 输出单声道、立体声选择位： 0：单声道（芯片的左右声道声音相同）； 1：立体声（LR_SEL 决定为左右声道）。
4	LR_SEL	R/W	1'b0	串行音频接口 SDOUT 左右声道输出选择位，在 STEREO_MONO_SEL=1 是有效： 0：在立体声中被选择为右声道； 1：在立体声中被选择为左声道。
3:2	SAI_SLAVE_MODE<1:0>	R/W	2'b00	串行音频接口作为从设备时传输模式选择： 2'b00：保留； 2'b01：作为从设备工作在标准 I2S 传输模式； 2'b10：作为从设备工作在左对齐传输模式； 2'b11：作为从设备工作在右对齐传输模式。
1:0	SAI_SLAVE_DSIZE<1:0>	R/W	2'b00	串行音频接口作为从设备时传输数据位宽选择： 2'b00：16bits； 2'b01：20bits； 2'b10：24bits； 2'b11：8bits。

4.18.7. SAI_MASTER_CFG (Address 0x51)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:4	Reserved	R/W	4'b0000	保留位。
3	MASTER_MCLK_LRCLK_RATIO	R/W	1'b0	串行音频接口作为主设备时 MCLK 与 LRCLK 频率比选择： 0：MCLK 与 LRCLK 频率比为 128； 1：MCLK与LRCLK频率比为 256。
2	MASTER_MCLK_SEL	R/W	1'b0	串行音频接口作为主设备时 MCLK 频率选择： 0：芯片内部 SAI master 输出给外部 slave 工作时钟 MCLK 为 12MHz； 1：芯片内部SAI master输出给外部slave工作时钟MCLK为 24MHz。
1:0	MASTER_MODE<1:0>	R/W	2'h0	串行音频接口作为主设备的传输模式选择： 2'b00：作为主设备工作在标准I2S传输模式； 2'b01：作为主设备工作在标准I2S传输模式； 2'b10：作为主设备工作在左对齐传输模式； 2'b11：作为主设备工作在右对齐传输模式。

4.18.8. SAI_INTERFACE_EN (Address 0x52)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:2	Reserved	R/W	6'b0000_00	保留位。
1	SAI_MASTER_EN	R/W	1'b0	SAI作为主设备的使能信号。SAI作为主设备的相关配置参数选择完成后，配置该寄存器，接口即可工作。 0：不使能； 1：使能。



0	SAI_SLAVE_EN	R/W	1'b0	SAI作为从设备的使能信号。SAI作为从设备的相关配置参数选择完成后,配置该寄存器,接口即可工作。 0: 不使能; 1: 使能。
---	--------------	-----	------	--

4.18.9. INT_EN (Address 0x55)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	INT_LEVEL	R/W	1'b0	中断输出有效电平选择位: 0: 中断输出高电平; 1: 中断输出低电平。
6	BURST_INT_EN	R/W	1'b0	辅助数字信道接收到突发数据中断使能位: 0: 关闭; 1: 使能。
5	AUTOMUTE_INT_EN	R/W	1'b0	自动静音功能中断使能位: 0: 关闭; 1: 使能。
4	POWER_UP_FINISH_INT_EN	R/W	1'b0	芯片上电完成中断使能位: 0: 关闭; 1: 使能。
3:0	Reserved	R/W	4'b0000	保留位。

4.18.10. INT_FLAG (Address 0x59)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6	BURST_INT_FLAG	R/W	1'b0	辅助数字信道接收到突发数据中断标志位,需要手动写0清中断: 0: 无中断或进行中断清除; 1: 突发数据中断
5	AUTOMUTE_INT_FLAG	R/W	1'b0	自动静音状态变化中断标志位,需要手动写0清中断: 0: 无中断或进行中断清除; 1: 自动静音状态变化中断。
4	POWER_UP_FINISH_INT_FLAG	R/W	1'b0	芯片上电完成中断标志位,需要手动写0清中断: 0: 无中断或进行中断清除; 1: 上电完成中断中断。
3:0	Reserved	R/W	4'b0000	保留位。

4.18.11. PLL_FSM_CTRL5 (Address 0x61)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:1	Reserved	R/W	7'b0100_000	保留位。
0	PLL_READY	R	1'b0	PLL锁定标志位: 0: 未锁定; 1: 锁定。

**4.18.12. POWER_STA_CTRL1 (Address 0x7F)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:1	Reserved	R	7'b0000_000	保留位。
0	POWER_ON_FINISH	R	1'b0	上电结束标志位： 0：未结束； 1：上电完成。

4.18.13. AUTOMUTE_FSM_STA (Address 0x88)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:1	Reserved	R	7'b0000_000	保留位。
0	AUTOMUTE	R	1'b1	自动静音检测指示位： 0：不满足自动静音条件； 1：满足自动静音条件。

4.18.14. ADC_CHAN0_HB (Address 0xC0)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:3	Reserved	R	5'b0000_0	保留位。
2:0	BATTERY_CODE<10:8>	R	5'b000	电池电压检测值输出高 3 位，参考电压为 1.2V。 注： 读取时必须先读 BATTERY_CODE<10:8>，芯片自动将 BATTERY_CODE<7:0>锁存住，再读 BATTERY_CODE<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.15. ADC_CHAN0_LB (Address 0xC1)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	BATTERY_CODE<7:0>	R	0x00	电池电压检测值输出低 8 位，参考电压为 1.2V。 注： 读取时必须先读 BATTERY_CODE<10:8>，芯片自动将 BATTERY_CODE<7:0>锁存住，再读 BATTERY_CODE<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.16. SW_CFG0 (Address 0x100)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	PILOT_MUTE_EN	R/W	1'b1	Pilot 作为 Automute 判断条件使能控制位： 0：关闭； 1：使能。
6	Reserved	R/W	1'b1	保留位。
5	SNR_MUTE_EN	R/W	1'b1	SNR 作为 Automute 判断条件使能控制位： 0：关闭； 1：使能。



4:0	Reserved	R/W	5'b0_0010	保留位。
-----	----------	-----	-----------	------

4.18.17. SW_CFG8 (Address 0x108)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	XTAL1_SEL	R/W	1'b0	晶体 1(XI 和 XO1 之间)的时钟频率选择位: 0: 24MHz 1: 24.576MHz
6	XTAL2_SEL	R/W	1'b1	晶体 2(XI 和 XO2 之间)的时钟频率选择位: 0: 24MHz 1: 24.576MHz
5:0	Reserved	R/W	6'b10_0000	保留位。

4.18.18. SW_CFG14 (Address 0x10E)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:1	Reserved	R/W	7'b1111_100	保留位。
0	AFC_CTRL_EN	R/W	1'b1	AFC 自动控制功能使能位, 用于使能 AFC 功能的自动控制, 芯片会根据工作状态自动打开或关闭 AFC 功能。 0: 关闭 AFC 自动控制功能。 1: 使能 AFC 自动控制功能。

4.18.19. MANUFACTURER_ID0 (Address 0x192)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	CHIP_ID<15:8>	R	0x4B	

4.18.20. MANUFACTURER_ID1 (Address 0x193)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	CHIP_ID<7:0>	R	0x54	

4.18.21. TOP_CFG0 (Address 0x200)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6:4	ADJUST_GAIN<2:0>	R/W	3'b000	解调音频增益补偿, 用于将不同标准的最大频偏信号输出幅度补偿到固定幅度: 0: 75KHz; 1: 50KHz; 2: 37.5KHz; 3: 25KHz; 4: 20KHz; 5: 120KHz; 6: 100KHz; 7: 保留。
3:0	Reserved	R/W	4'b0000	保留位。

**4.18.22. TOP_CFG1 (Address 0x201)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
4:0	RX_VOL<4:0>	R/W	5'h00	音量控制: 0: Mute; 1: -60dB; 2: -58dB; 30: -2dB; 31: 0dB 。

4.18.23. TOP_STATUS0 (Address 0x209)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	PILOT_DETECT	R	1'b0	导频检测标志: 0: 无导频; 1: 有导频。
6	PKG_SYNC	R	1'b0	数字辅助信道同步信号: 0: 不同步; 1: 同步。
5:4	Reserved	R	2'b00	保留位。
3:0	AUDIO_PEAK_OUT<3:0>	R	4'b0000	FM 峰值频偏, 步进 6dB: 4'b0000: -186dB; 4'b0001: -180dB; 4'b1110: -6dB; 4'b1111: 0dB。 注: 0dB 是以寄存器 ADJUST_GAIN<2:0>设置的值对应的最大频偏为基础。

4.18.24. TOP_STATUS1 (Address 0x20A)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	FAST_RSSI<7:0>	R	8'h00	快速信号强度指示, 计算速度快于 RSSI<7:0>, 但精度略差。步进 0.5dB。

4.18.25. TOP_STATUS3 (Address 0x20C)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	RSSI<7:0>	R	8'h00	信号强度指示。步进 1dB。

4.18.26. TOP_STATUS4 (Address 0x20D)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	SNR<7:0>	R	8'h00	信噪比指示。步进 1dB。

**4.18.27. AFC_CFG0 (Address 0x217)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:6	AFC_RNG<1:0>	R/W	2'b00	Control the maximum frequency error range AFC can adjust. 2'b00 : $\pm 20\text{kHz}$ 2'b01 : $\pm 40\text{kHz}$ 2'b10 : $\pm 60\text{kHz}$ 2'b11 : $\pm 90\text{kHz}$
5:0	Reserved	R/W	6'b01_0000	保留位。

4.18.28. AFC_CFG1 (Address 0x218)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:2	Reserved	R/W	6'b0000_00	保留位。
1	AFC_EN	R/W	1'b1	AFC 功能使能位 (AFC_CTRL_EN=0 时有效): 0: 关闭; 1: 使能。
0	Reserved	R/W	1'b1	保留位。

4.18.29. AFC_STATUS0 (Address 0x219)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AFC_DF_ACC<7:0>	R	8'h00	输出 AFC 累计频偏调节量, 单位 KHz。

4.18.30. AFC_STATUS1 (Address 0x21A)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AFC_CURRENT<7:0>	R	8'h00	输出 AFC 未调节频偏量, 单位 KHz。

4.18.31. ANTDIV_CFG1 (Address 0x21C)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6	DIVERSITY_EN	R/W	1'b0	天线分集使能控制位: 0: 不开启天线分集; 1: 开启天线分集。
5:0	Reserved	R/W	6'b00_1001	保留位。

4.18.32. AUDIOLINK_CFG (Address 0x224)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6:5	AUDIO_GAIN<1:0>	R/W	2'b00	设定音频链路中经过效果器后音频的增益调节: 2'b00: 0dB; 2'b01: 3.5dB; 2'b10: 6dB;



				2'b11: 9.5dB。
4:0	AUDIO_ORDER<4:0>	R/W	5'h00	设定音频链路中效果器的连接顺序： 5'h00: 均衡器-->激励器-->回声-->啸叫抑制； 5'h01: 均衡器-->激励器-->啸叫抑制-->回声； 5'h02: 激励器-->均衡器-->回声-->啸叫抑制； 5'h03: 激励器-->均衡器-->啸叫抑制-->回声； 5'h04: 均衡器-->啸叫抑制-->激励器-->回声； 5'h05: 均衡器-->啸叫抑制-->回声-->激励器； 5'h06: 均衡器-->回声-->激励器-->啸叫抑制； 5'h07: 均衡器-->回声-->啸叫抑制-->激励器； 5'h08: 激励器-->回声-->均衡器-->啸叫抑制； 5'h09: 激励器-->回声-->啸叫抑制-->均衡器； 5'h0A: 激励器-->啸叫抑制-->回声-->均衡器； 5'h0B: 激励器-->啸叫抑制-->均衡器-->回声； 5'h0C: 回声-->均衡器-->激励器-->啸叫抑制； 5'h0D: 回声-->均衡器-->啸叫抑制-->激励器； 5'h0E: 回声-->激励器-->均衡器-->啸叫抑制； 5'h0F: 回声-->激励器-->啸叫抑制-->均衡器； 5'h10: 回声-->啸叫抑制-->均衡器-->激励器； 5'h11: 回声-->啸叫抑制-->激励器-->均衡器； 5'h12: 啸叫抑制-->均衡器-->激励器-->回声； 5'h13: 啸叫抑制-->均衡器-->回声-->激励器； 5'h14: 啸叫抑制-->激励器-->均衡器-->回声； 5'h15: 啸叫抑制-->激励器-->回声-->均衡器； 5'h16: 啸叫抑制-->回声-->激励器-->均衡器； 5'h17: 啸叫抑制-->回声-->均衡器-->激励器； 其他: 均衡器-->激励器-->回声-->啸叫抑制。

4.18.33. AUTOMUTE_CFG0 (Address 0x225)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:1	Reserved	R/W	7'b0000_111	保留位。
0	AUTOMUTE_MUTE_EN	R/W	1'b1	自动静音功能的静音控制位： 0: 检测到满足自动静音条件后不做静音； 1: 检测到满足自动静音条件后静音。

4.18.34. BPSK_CFG0 (Address 0x241)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	AUXDATA_EN	R/W	1'b0	数字辅助信道解调使能位： 0: 关闭； 1: 使能。
6	BPSK_NEW_MODE	R/W	1'b0	Bpsk mode select bit. 0: old bpsk mode; 1: new bpsk mode;
5:0	Reserved	R/W	6'b00_0000	保留位。

**4.18.35. BURST_DATAH (Address 0x246)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	BURST_DATA<15:8>	R	0x00	Data of the digital auxiliary channel in burst mode. 注：读取时必须先读 BURST_DATA<15:8>，芯片自动将 BURST_DATA<7:0>锁存住，再读 BURST_DATA<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.36. BURST_DATA_L (Address 0x247)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	BURST_DATA<7:0>	R	0x00	Data of the digital auxiliary channel in burst mode. 注：读取时必须先读 BURST_DATA<15:8>，芯片自动将 BURST_DATA<7:0>锁存住，再读 BURST_DATA<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.37. AUX_DATA_AH (Address 0x248)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_A<15:8>	R	0x00	1st data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_A<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_A<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_A<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.38. AUX_DATA_AL (Address 0x249)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_A<7:0>	R	0x00	1st data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_A<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_A<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_A<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.39. AUX_DATA_BH (Address 0x24A)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_B<15:8>	R	0x00	2nd data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_B<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_B<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_B<7:0>确保读到正确的数据。

**4.18.40. AUX_DATA_BL (Address 0x24B)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_B<7:0>	R	0x00	2nd data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_B<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_B<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_B<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.41. AUX_DATA_CH (Address 0x24C)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_C<15:8>	R	0x00	3rd data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_C<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_C<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_C<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.42. AUX_DATA_CL (Address 0x24D)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_C<7:0>	R	0x00	3rd data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_C<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_C<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_C<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.43. AUX_DATA_DH (Address 0x24E)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_D<15:8>	R	0x00	4th data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_D<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_D<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_D<7:0>确保读到正确的数据。

4.18.44. AUX_DATA_DL (Address 0x24F)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:0	AUX_DATA_D<7:0>	R	0x00	4th data of the digital auxiliary channel in sequence mode. 注：读取时必须先读 AUX_DATA_D<15:8>，芯片自动将 AUX_DATA_D<7:0>锁存住，再读 AUX_DATA_D<7:0>确保读到正确的数据。

**4.18.45. DE_EXP_CFG (Address 0x256)**

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6:4	EXP_TC<2:0>	R/W	3'b000	Time-constant of expander rectifier. 3'b000: 6ms 3'b001: 12ms 3'b010: 24ms 3'b011: 48ms 3'b100: 93ms 3'b101: 199ms 3'b110: 398ms 3'b111: 796ms
3	DEEMPHASIS_EN	R/W	1'b1	去加重使能位: 0: 关闭; 1: 使能。
2	EXP_EN	R/W	1'b1	扩展器使能位: 0: 关闭; 1: 使能。
1	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
0	DE_BEHIND	R/W	1'b1	设定去加重与扩展的顺序: 0: 先去加重再扩展; 1: 先扩展再去加重。

4.18.46. EQ_CFG0 (Address 0x257)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:3	Reserved	R/W	2'b00	保留位。
5	EQ_EN	R/W	1'b0	音频均衡器功能使能位: 0: 关闭; 1: 开启。
4:0	GAIN_25H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 25Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB;



				5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	-----------------------------

4.18.47. EQ_CFG1 (Address 0x258)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_40H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 40Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。

4.18.48. EQ_CFG2 (Address 0x259)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_63H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 63Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB;



				5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	---

4.18.49. EQ_CFG3 (Address 0x25A)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_100H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 100Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。

4.18.50. EQ_CFG4 (Address 0x25B)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_160H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 160Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB;



			5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	---

4.18.51. EQ_CFG5 (Address 0x25C)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_250H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 250Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。



4.18.52. EQ_CFG6 (Address 0x25D)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_400H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 400Hz 频点的增益值： 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他：保留。

4.18.53. EQ_CFG7 (Address 0x25E)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_630H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 630Hz 频点的增益值： 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB;



				5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	--

4.18.54. EQ_CFG8 (Address 0x25F)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_1KH<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 1KHz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。

4.18.55. EQ_CFG9 (Address 0x260)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_1K6H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 1K6Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB;



				5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	--

4.18.56. EQ_CFG10 (Address 0x261)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_2K5H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 2K5Hz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。

4.18.57. EQ_CFG11 (Address 0x262)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。



4:0	GAIN_4KH<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 4KHz 频点的增益值： 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他：保留。
-----	---------------	-----	-----------	--

4.18.58. EQ_CFG12 (Address 0x263)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_6K3H<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 6K3Hz 频点的增益值： 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB;



				5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	---

4.18.59. EQ_CFG13 (Address 0x264)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_10KH<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 10KHz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB; 5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。

4.18.60. EQ_CFG14 (Address 0x265)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	GAIN_16KH<4:0>	R/W	5'b01_100	设定 16KHz 频点的增益值: 5'b00000: -12dB; 5'b00001: -11dB; 5'b00010: -10dB; 5'b00011: -9dB; 5'b00100: -8dB; 5'b00101: -7dB; 5'b00110: -6dB; 5'b00111: -5dB; 5'b01000: -4dB; 5'b01001: -3dB; 5'b01010: -2dB; 5'b01011: -1dB; 5'b01100: +0dB;



				5'b01101: +1dB; 5'b01110: +2dB; 5'b01111: +3dB; 5'b10000: +4dB; 5'b10001: +5dB; 5'b10010: +6dB; 5'b10011: +7dB; 5'b10100: +8dB; 5'b10101: +9dB; 5'b10110: +10dB; 5'b10111: +11dB; 5'b11000: +12dB; 其他: 保留。
--	--	--	--	--

4.18.61. ECHO_CFG0 (Address 0x266)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	ECHO_EN	R/W	1'b0	Echo 功能控制位: 0: 关闭; 1: 开启。
6:0	Reserved	R/W	7'b100_0111	保留位。

4.18.62. ECHO_CFG1 (Address 0x267)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	ECHO_RATIO<4:0>	R/W	5'b0_1010	设定 Echo 中信号反馈比例: 5'b00000: 0; 5'b00001: 1/32; 5'b00010: 2/32; ... 5'b11001: 25/32; 其他: 保留。

4.18.63. ECHO_CFG2 (Address 0x268)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:5	Reserved	R/W	3'b000	保留位。
4:0	ECHO_DELAY<4:0>	R/W	5'b1_0111	设定 Echo 中信号延时: 5'b00000: 22ms; 5'b00001: 24ms; 5'b00010: 27ms; 5'b00011: 29ms; 5'b00100: 32ms; 5'b00101: 35ms; 5'b00110: 39ms; 5'b00111: 43ms; 5'b01000: 47ms; 5'b01001: 52ms; 5'b01010: 57ms; 5'b01011: 63ms;



				5'b01100: 69ms; 5'b01101: 76ms; 5'b01110: 84ms; 5'b01111: 92ms; 5'b10000: 101ms; 5'b10001: 111ms; 5'b10010: 122ms; 5'b10011: 135ms; 5'b10100: 148ms; 5'b10101: 163ms; 5'b10110: 179ms; 5'b10111: 197ms; 其他: 保留。
--	--	--	--	---

4.18.64. EXCITER_CFG0 (Address 0x269)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	EXCITER_EN	R/W	1'b0	音频激励器使能位: 0: 关闭。 1: 开启。
6:0	Reserved	R/W	7'b100_000 0	保留位。

4.18.65. EXCITER_CFG1 (Address 0x26A)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
6:4	EXCITER_ODD_CTRL<2:0 >	R/W	3'b001	调节加入到原声中的奇次谐波分量大小, 设定谐波发生器产生的奇次谐波衰减量 3'b000: -∞dB; 3'b001: -30dB; 3'b010: -24dB; 3'b011: -18dB; 3'b100: -12dB; 3'b101: -6dB; 3'b110: 0dB。
3	Reserved	R/W	1'b0	保留位。
2:0	EXCITER_EVEN_CTRL<2: 0>	R/W	3'b001	调节加入到原声中的偶次谐波分量大小, 设定谐波发生器产生的偶次谐波衰减量: 3'b000: -∞dB; 3'b001: -30dB; 3'b010: -24dB; 3'b011: -18dB; 3'b100: -12dB; 3'b101: -6dB; 3'b110: 0dB。

4.18.66. SQUEAL_CFG0 (Address 0x26F)

Bit	名称	读写方式	默认值	功能描述
7:6	Reserved	R/W	2'b00	保留位。



5	SQUEAL_ELIM_EN	R/W	1'b0	啸叫抑制模块开启/关闭： 1'b0：啸叫抑制模块关闭； 1'b1：啸叫抑制模块开启；
4:3	SQUEAL_DET_EN<1:0>	R/W	2'b0_0	啸叫检测模块使能控制位： 2'b00：关闭； 2'b01：保留； 2'b10：保留； 2'b11：使能。
2:0	Reserved	R/W	3'b000	保留位。

保留

6. 封装尺寸

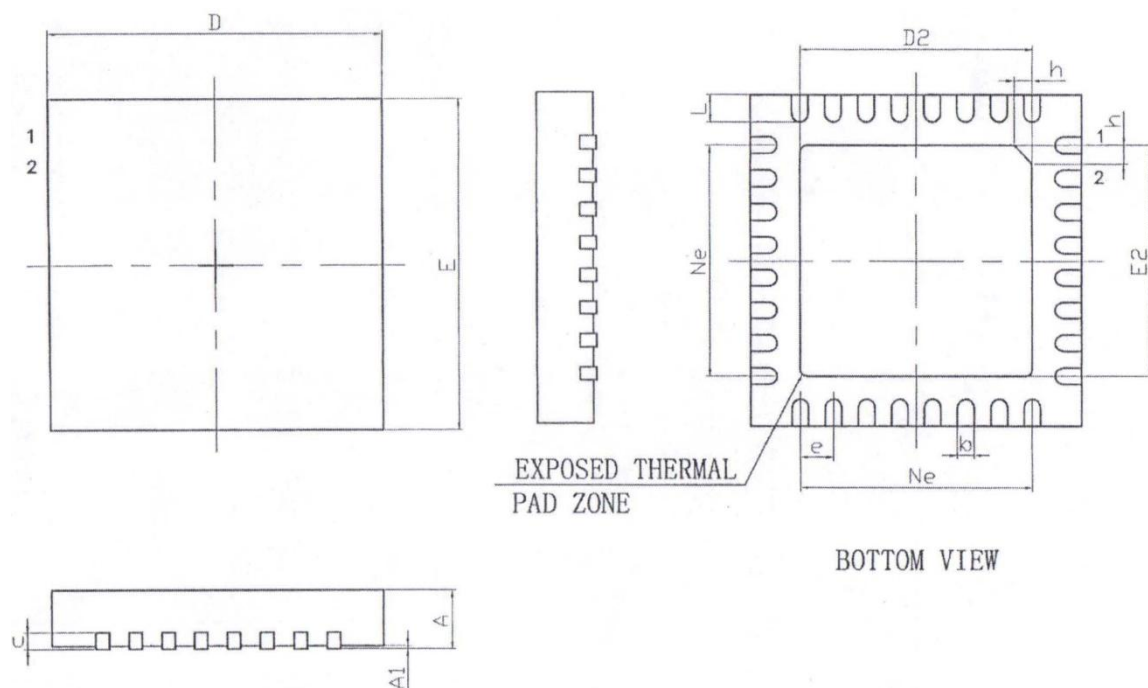


图 24: 封装尺寸图

表 16: 封装尺寸

标识	毫米		
	最小值	正常值	最大值
A	0.70	0.75	0.80
A1	-	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
c	0.18	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10
D2	3.40	3.50	3.60
e	0.50BSC		
Ne	3.50BSC		
E	4.90	5.00	5.10
E2	3.40	3.50	3.60
L	0.35	0.40	0.45
h	0.30	0.35	0.40



7. 焊盘图形

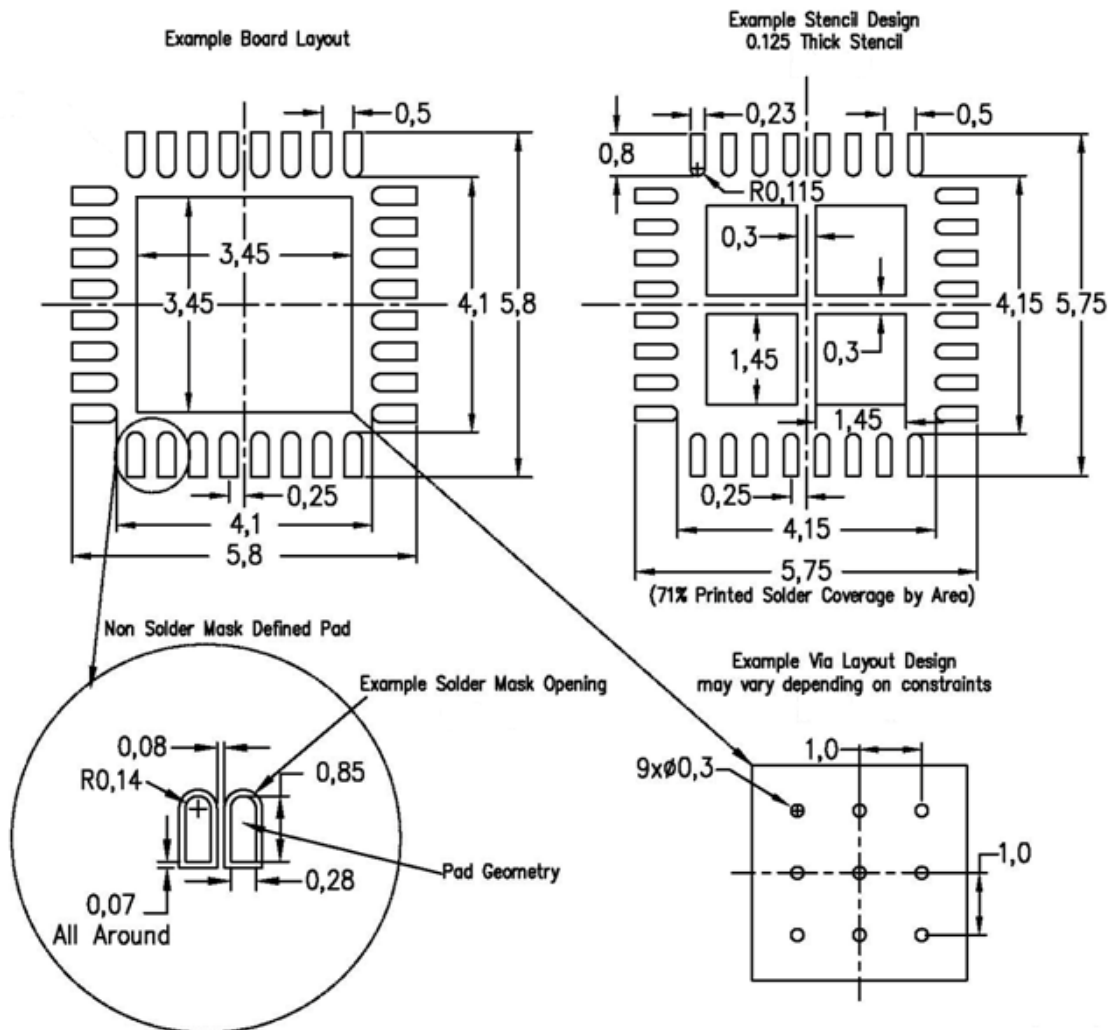


图 25: 推荐焊盘尺寸图

Note: All linear dimensions are in millimeters.

8. 回流焊曲线

回流焊曲线应遵循锡膏制造商的推荐和 JEDEC/IPC 的 J-STD-20 指南。熔点为 217℃ 的锡银铜共晶焊锡膏通常采用无铅回流焊的条件。图 26 所示为 J-STD-20 标准的温度范围。元器件参数和元件的峰值温度指南列于表 17。注意表 17 中所提到的温度是指在芯片封装片上表面测量的温度。

控制好回流焊的峰值温度是非常重要的，一定要保证最高温度不要超过表 17 中列出的温度以确保芯片不会受到损坏。

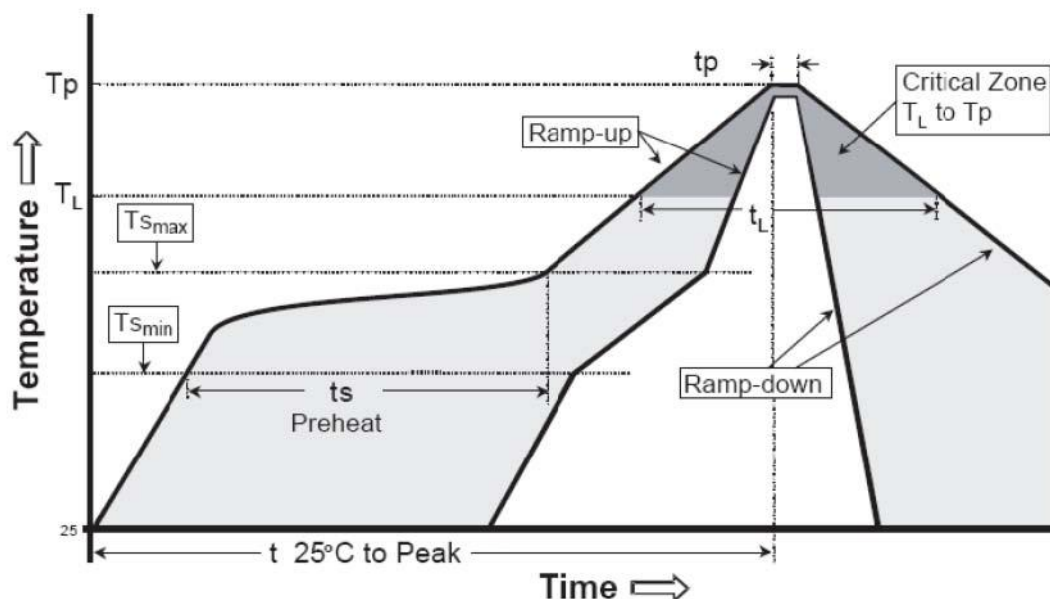


图 26: 典型回流焊曲线

表 17: 回流焊曲线参数

参数	无铅
平均上升速度($T_{S_{MAX}} \sim T_p$)	最快 3°C/秒
预加热:	
最低温度($T_{S_{MIN}}$)	+150°C
最高温度($T_{S_{MAX}}$)	+200°C
从 $t_{S_{MIN}}$ 到 $t_{S_{MAX}}$ 的时间	60 到 180 秒
保持时间:	
温度(T_L)	+217°C
时间(t_L)	60 到 150 秒
峰值温度(T_p)	+260°C
在 +5°C 内峰值温度保持时间(t_p)	20 到 40 秒
温度下降速度	最快 +6°C/秒
在 +25°C 峰值温度保持时间	最长 8 分钟

9. 封装标识

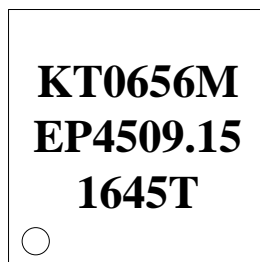


图 27: 封装标识

Mark Method	YAG Laser	
Line 1 Marking	Device ID	KT0656M
Line 2 Marking	LOT Number	EP4509.15
Line 3 Marking	Year Work week Manufacturing code	16 45 T

10. 订购指南

型号	描述	封装, 最小订单数
KT0656M	低功耗全集成 UHF 波段无线麦克风接收芯片	QFN-32, 无铅, 3000pcs



11. 历史版本

V0.1 Draft

V0.2 WWJ 修改顶视图、功能描述、Feature List。还需确定性能指标测试结果、寄存器表、参考设计。

V0.3 WWJ 更新了性能指标。还需要更新特性曲线图、Pin 脚功能描述、寄存器表、参考设计、外观尺寸图、焊盘图形。

V0.4 KHK

V0.5 WWJ

V0.6 KHK 图、表重新编号并加说明；修改了音频输出摆幅值；修改了 LRCLK 的占空比，去掉了 ECHO_DELAY<5:0>= 5'11000 的档位；修改表 4 中的最大频偏为 120KHz；表 4 中增加扩展器时间常数；最小订单数；修改了 2-wire 接口的描述和图。

V0.7 KHK 根据新版芯片修改了 Automute、电池电压检测、晶体选择、上电中断、ECHO 默认 delay 时间、辅助信道相关的寄存器。修改了上电和待机、晶振、辅助数字信道、天线分集、电池电压检测、中断部分的描述。修改了首页的描述。修改了的 4.1 概述。删除了表 4 中 2-wire 时钟的频率值。在表 8 表 4 中增加了 SCL 时钟的最高频率值。增加封装标识说明。调整了文档纸张大小和布局。修改关机功耗值为 80uA。

V0.7.1 KHK 修改了一些笔误。表 4 中预加重时间常数改为去加重时间常数 T_{de} 。2-线改为 2-wire。修改图 27。修改图 23 和表 15。

V0.7.2 KHK 修改了一些笔误：第 4.6 部分的预加重改为去加重。

V0.7.3 KHK 修改寄存器 AUDIO_PEAK_OUT<3:0>中的说明。

V0.7.4 KHK 修改 DC/DC 章节，修改表 10，增加寄存器 DCDC_EN 的说明。

V0.7.5 KHK 修正 2-wire 的设备地址（表 9：引脚描述，4.17 2-wire 接口章节，2-wire 总线随机写时序图，图 22：2-wire 总线随机读时序图）。

V0.7.6 KHK 修正 LR_SEL 寄存器描述的错误（包括：4.12 串行音频接口（Serial Audio Interface）章节，图 15：两颗 KT0656M 工作在左对齐方式时序图，图 16：两颗 KT0656M 工作在 I²S 方式时序图，图 17：两颗 KT0656M 工作在右对齐方式时序图）。

V0.7.7 KHK 修正 4.15 电池电压检测章节中引用的图 19 错误。修改图 7：音量控制链路。

V0.7.8 KHK 修改 AFC 功能的相关描述。将寄存器 VOLUME<4:0>重新命名为 RX_VOL<4:0>。

12.联系我们

昆腾微电子股份有限公司

中国北京市海淀区北坞村路 23 号北坞创新园中区 4 号楼

邮编: 100195

电话: +86-10-88891955

传真: +86-10-88891977

邮箱: sales@ktmicro.com

KT Micro, Inc. (US Office)

999 Corporate Drive, Suite 170

Ladera Ranch, CA 92694

USA

Tel: 949-713-4000

Fax: 949-713-4004

Email: sales@ktmicro.com

【CAUTION】

The specifications on this databook are only given for information, without any guarantee as regards either mistakes or omissions. The application circuits in this databook are described only to show representative usages of the product and not intended for the guarantee or permission of any right including the industrial rights.