# ZSFS1001 高灵敏度低功耗应变传感器

## 1 特性

- ZS DirectADC™单片集成应变传感器，集成了 MEMS 应变传感器及信号处理电路
- WLCSP 封装，超小体积：1.42 x 1.42mm
- 高灵敏度
- 高线性度
- 超低运行功耗：<4μA（10Hz 时隙模式）
- 内置按键算法识别，配置为自主按键模式时无需 MCU 控制可直接检测应变并输出高低电平
- $I^2C$ 通讯接口用于配置和信号读取以获得应变的具体数值
- 内置应变自校准
- 温度补偿
- 温度数字输出
- 宽可探测范围
- 适用于回流焊
- 编带出货
- -40~85℃宽工作温度范围
- 1.75~3.6V 工作电压范围

## 2 应用

- 替代所有传统机械按键应用场景
- 消费类电子产品按压、滑动检测
- 白色家电触控按键
- 智能机器人触觉、电子皮肤
- 力学传感器
- 汽车电子领域

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

## 3 功能框图

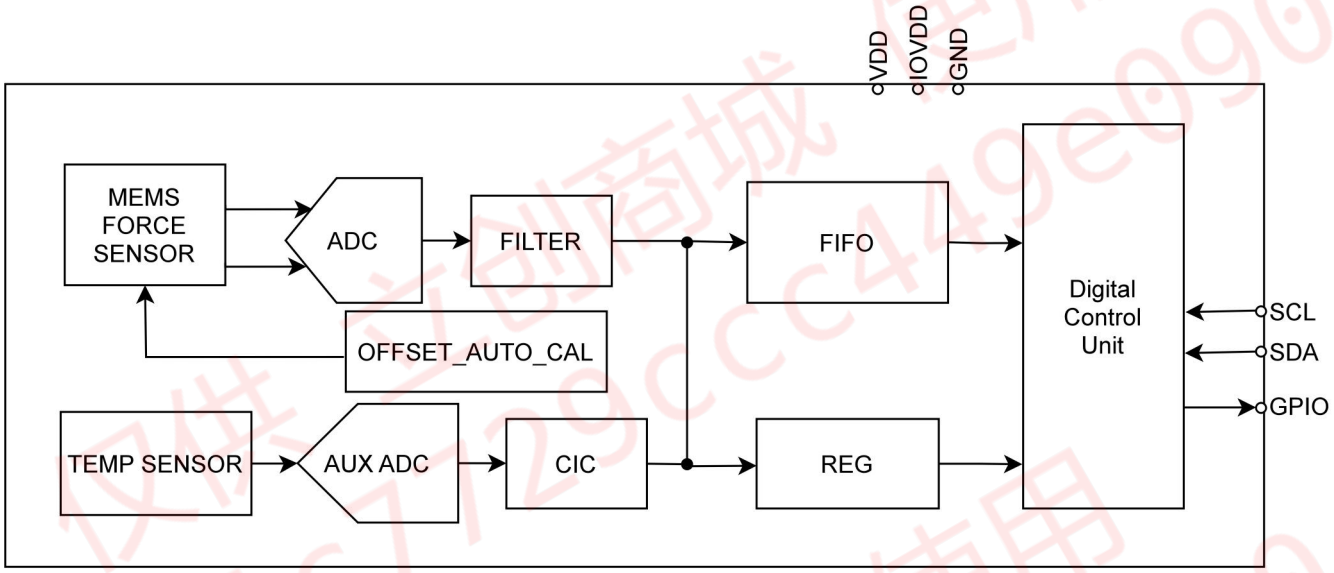



图 1. 功能框图

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

# 目录


1 特性 ..... 1

2 应用 ..... 1

3 功能框图 ..... 2

4 引脚配置和功能 ..... 4

5 极限参数 ..... 5

6 电气特性[1] ..... 5

7 MEMS 应变传感器特性 ..... 6

8 功能描述 ..... 8

8.1 模拟前端（Analog Front-End） ..... 8

8.2 MEMS 传感器校准（MEMS Sensor Offset Calibration） ..... 8

8.3 采样模式（Sample Mode） ..... 9

8.4 工作模式（Operation Mode） ..... 10

8.5 数据处理（Data Processing） ..... 11

8.6 GPIO 配置（GPIO Configuration） ..... 14

8.7 SDA 中断配置（SDA Interrupt Configuration） ..... 14

8.8 系统时钟（System Clock） ..... 15

8.9 温度传感器（Temperature Sensor） ..... 15

8.10 复位（RESET） ..... 15

8.11 eFuse ..... 16

9 I²C-IC 间控制接口 ..... 16

9.1 I²C 接口描述（I²C Interface） ..... 16

9.2 I²C 接口特性（I²C Configuration） ..... 16

9.3 I²C 读写操作（I²C Write/Read Operation） ..... 17

9.4 I²C 从机地址（I²C Slave Address） ..... 18

10 寄存器表 ..... 19

11 寄存器描述 ..... 24

11.1 系统、全局寄存器 ..... 24

11.2 ADC 和 MEMS 传感器相关寄存器 ..... 24

11.3 采样模式相关寄存器 ..... 27

11.4 工作模式相关寄存器 ..... 28

11.5 低通/高通滤波器相关寄存器 ..... 29

11.6 滑动平均相关寄存器 ..... 30

11.7 即时数据相关寄存器 ..... 32

11.8 FIFO 相关寄存器 ..... 32

11.9 幅值过阈值检测相关寄存器 ..... 34

11.10 GPIO 配置寄存器 ..... 36

11.11 SDA 中断相关寄存器 ..... 37

11.12 温度传感器相关寄存器 ..... 37

12 封装与包装信息 ..... 39

12.1 封装外形尺寸 ..... 39

12.2 包装材料信息 ..... 40

13 型号列表 ..... 42

联系方式 ..... 43

修订历史记录 ..... 43

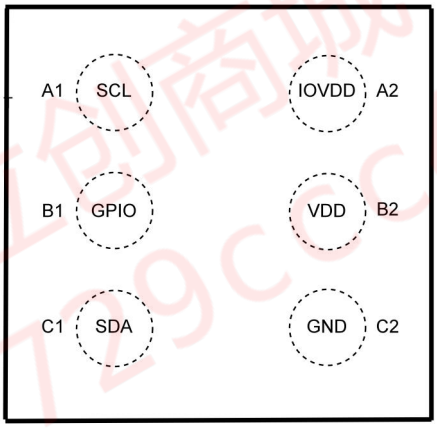
法律声明 ..... 44


仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e099

# 4 引脚配置和功能

6-PIN WLCSP

俯视图




引脚功能

| 管脚序号 (WLCSP-6) | 名称 | 类型 | 描述 |
|---|---|---|---|
| A1 | SCL | DI | $I^2C$ SCL |
| B1 | GPIO | DIO | GPIO |
| C1 | SDA | DI | $I^2C$ SDA |
| C2 | GND | S | 地 |
| B2 | VDD | S | 电源 |
| A2 | IOVDD | S | IO 电源 |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

## 5 极限参数

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 电源电压 | VDD | -0.3 | | 3.6 | V | 到 VSS |
| 存储温度 | $T_S$ | -45 | | 125 | °C | |
| 工作温度 | $T_C$ | -40 | | 85 | °C | |
| 静电放电（HBM） | $ESD_{HBM}$ | 4000 | | | V | |
| 静电放电（CDM） | $ESD_{CDM}$ | 500 | | | V | |

## 6 电气特性(1)

除非另有说明，否则所有特性值是在 $T_A$=25°C、VDD=3.3V 的情况下得出。

| 参数 | 符号 | 最小值 (2) | 典型值 (3) | 最大值 (2) | 单位 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 电源（VDD） | | | | | | |
| 工作电压 | VDD | 2.0 | | 3.6 | V | VDD to VSS |
| | | 1.75 | | 2.0 | V | 建议使 LDO_1P6V_SEL=1 |
| 工作电流 | $I_{VDD}$ | | 2 | | μA | 待机模式 |
| | | | 37 | | | 1ksps 连续采样模式 |
| | | | 23 | | | 62.5sps 连续采样模式 |
| | | | 13 | | | 100Hz 时隙模式 |
| | | | 4 | | | 10Hz 时隙模式 |
| 系统噪底 | NF | | 1.8 | | LSB RMS | 1ksps 连续采样模式 |
| 动态范围 | DR | | 85.6 | | dB | |
| 系统噪底 | NF | | 0.9 | | LSB RMS | 31.25sps 连续采样模式 |
| 动态范围 | DR | | 91.6 | | dB | |
| 系统噪底 | NF | | 2.1 | | LSB RMS | 100Hz 时隙模式 |
| 动态范围 | DR | | 84 | | dB | |
| 系统噪底 | NF | | 2.1 | | LSB RMS | 10Hz 时隙模式 |
| 动态范围 | DR | | 84 | | dB | |
| 温度传感器（Temperature Sensor） | | | | | | |
| 温度测量误差 | | | | ±4 | ℃ | 0~60℃ |
| | | | | ±8 | ℃ | -40~85℃ |
| $I^2C$ 通讯 | | | | | | |
| 频率 | $F_{SCL}$ | | | 1000 | Kbps | |
| 总线负载 | $C_{load}$ | | | 30 | pF | |

| 参数 | 符号 | 最小值 (2) | 典型值 (3) | 最大值 (2) | 单位 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 外部上拉电阻 | $R_{EPU}$ | 800 | | | Ω | |
| 数字输入（GPIO0/GPIO1） | | | | | | |
| 输入电压范围 | $V_{DI}$ | 0 | | VDD | V | |
| 施密特触发低到高 | $V_{T+}$ | | 2.0 | | V | VDD = 3.3V |
| 施密特触发高到低 | $V_{T-}$ | | 1.3 | | V | VDD = 3.3V |
| 内部上拉电阻 | $R_{PU}$ | 39 | 63 | 109 | KΩ | |
| 数字输出 | | | | | | |
| 输出低电平 | $V_{OL}$ | | | 0.4 | V | VDD = 3.3V |
| 输出高电平 | $V_{OH}$ | 2.4 | | | V | VDD = 3.3V |
| 低电平输出电流 | $I_{OL}$ | 9.4 | 14.1 | | mA | $V_{OL}$ = 最大值，IO_DS = 0 |
| | | 18.8 | 28.1 | | | $V_{OL}$ = 最大值，IO_DS = 1 |
| 高电平输出电流 | $I_{OH}$ | 7.0 | 9.3 | | mA | $V_{OH}$ = 最小值，IO_DS = 0 |
| | | 13.9 | 18.6 | | | $V_{OH}$ = 最小值，IO_DS = 1 |

(1) 性能指标均在 MEMS 传感器模式 1（SENSOR_MODE[1:0]=2'b10）下测得。

(2) 除非另有说明，否则数据表最大/最小值由测试确定。

(3) 典型值代表在 $T_A$=25°C 和推荐操作条件下最有可能的参数规范，且不能确保。

## 7 MEMS 应变传感器特性

| 参数 | 符号 | 最小值 | 典型值 (1) | 最大值 | 单位 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 拉伸距离 (2) | $S_{dis}$ | -800 | | 800 | nm | 正值/负值分别表示芯片拉伸/压缩 |
| 灵敏度 (3) | $S_d$ | | 40.1 | | LSB/nm | |
| 线性度 (4) | $L_d$ | | 99.916 | | % | |
| 温漂 (5) | $T_d$ | | -0.27 | | %/℃ | |

(1) 典型值为 MEMS 传感器仿真值。

(2) 拉伸距离 $S_{dis}$ 指的是芯片均匀拉伸时两排 Pad 之间的拉伸距离，见图 2 所示。

(3) 灵敏度 $S_d$ 指的是拉伸距离 $S_{dis}$ 每拉伸 1nm 产生的 ADC code 变化，见图 3 所示。

(4) 线性度 $L_d$ 表示拉伸距离、ADC 输出 code 值二者关系与理想直线的符合程度，计算式为：

(5) $$L_d = 100\% - max|code - code_{linear}|/code_{full\ scale} \quad (1)$$

(6) 温漂 $T_d$ 指的是灵敏度 $S_d$ 随温度的漂移，计算式为：

(7) $$T_d = 100\% \cdot \Delta S_d / S_d / \Delta T \quad (2)$$

通常情况下应用系统的整体温漂由应变传感器所附着的应变材料主导，而非应变传感器本身。ZSFS1001 提供温度补偿功能，用户可根据具体应用需求配置。

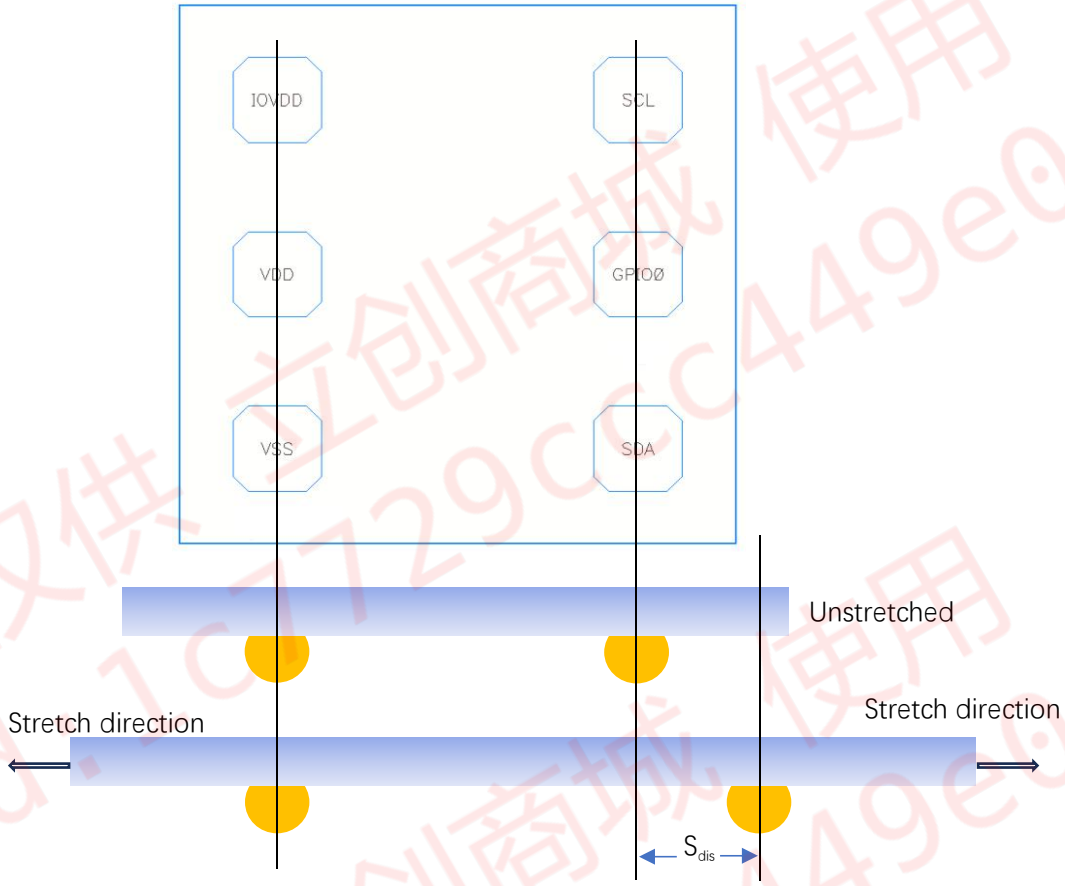



图 2 拉伸距离示意图

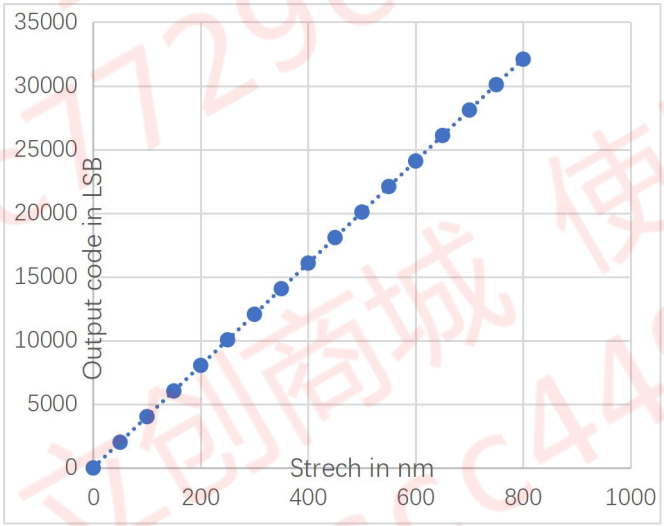



图 3 系统零点校准后拉伸距离与输出码值的对应关系图

# 8 功能描述

ZSFS1001 产品集成 MEMS 应变传感单元与信号处理电路，并通过 I²C 输出与芯片承受压力产生的形变成比例关系的数字信号。若配置为自主按键模式，内置的识别算法可根据按压事件输出简单的高低电平，此模式无需 MCU 控制。产品应用场景为替代传统机械按键，包括手机边框、耳机、电动牙刷等可穿戴或移动设备中检测弹性形变而感知按压动作的应用。对于触觉传感或电子皮肤等的阵列应用，ZSFS1001 相较于传统的电阻或电容阵列则有诸多优势：1）数字信号传输对于电磁干扰有着较强的免疫；2）可适配一切表面材料；3）多模式感知；4）自动感应和事件触发唤醒；5）超低功耗。

ZSFS1001 产品由一个 MEMS 应变传感单元，一个主 ADC，一个 FIFO 区域，一个温度传感器组成，系统时钟为 32kHz。其中 ADC 默认状态为打开，可通过寄存器 ADC_DIS 控制打开/关闭。ZSFS1001 可输出表征应变大小的数字码流，也可配置为仅判断按压事件而输出高低电平。

## 8.1 模拟前端（Analog Front-End）

ZSFS1001 包含一个模拟前端，模拟前端内包括一个 Sigma-Delta 调制器（SDM）和一个数字滤波器（CIC）。SDM 的时钟频率通过寄存器 CLKDIV_CFG0[2：0]、CLKDIV_CFG1[2：0]配置。降采样率/过采样率（OSR）通过寄存器 DS_RATE_CFG0[1：0]、DS_RATE_CFG1[1：0]配置。

### 8.1.1 CIC 抽取滤波器（CIC Decimation Filter）

在 Sigma-Delta 调制器（SDM）配备了 CIC 数字滤波器，作用是对从 SDM 输出的 bit 流来重建信号。ZSFS1001 提供多种降采样率/过采样率 OSR（DS_RATE_CFGx[1：0]）和 SDM 时钟频率分频比（CLKDIV_CFGx[2：0]）的选择，从而实现性能和功耗的权衡，SDM 默认时钟频率为 256kHz（1 倍分频比）。例如，同样得到 1ksps 输出数据率，用户可使用默认设置，即 1 倍分频比（CLKDIV_CFGx[2：0]=3’b000），256 倍降采样率（DS_RATE_CFGx[1：0]=2’b00）,也可以使用 2 倍分频比（CLKDIV_CFGx[2：0]=3’b001），128 倍降采样率（DS_RATE_CFGx[1：0]=2’b01）,此时 SDM 时钟为 128kHz，数字功耗节省了一倍，以部分噪声性能为代价。CIC 抽取滤波器配置数据速率如下：

表 1. CIC 抽取滤波器配置数据速率

| CLKDIV_CFGx[2：0] / DS_RATE_CFGx[1：0] | 3’b000（default） | 3’b001 | 3’b010 | 3’b011 | 3’b100 | 3’b101~3’b111 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 256 倍降采样率（2’b00） | 1000sps | 500sps | 250sps | 125sps | 62.5sps | 31.25sps |
| 128 倍降采样率（2’b01） | 2000sps | 1000sps | 500sps | 250sps | 125sps | 62.5sps |
| 64 倍降采样率（2’b10） | 4000sps | 2000sps | 1000sps | 500sps | 250sps | 125sps |
| 32 倍降采样率（2’b11） | 8000sps | 4000sps | 2000sps | 1000sps | 500sps | 250sps |

### 8.1.2 ADC 满量程选择（ADC Full Scale）

ADC 满量程可通过 ADC_FS_SEL 寄存器配置来选择，有两档量程可供选择。其中量程 1 为小量程，量程 2 为大量程。通常量程 1 适用于绝大多数应用。

### 8.1.3 ADC 增益调整（ADC Gain）

ADC_GAIN_EN 是 ADC 增益使能控制。ADC 的数据可通过 VT_GAIN[15：0]寄存器来进行数字增益调整。这是个用 2 的补码表示的 16 位有符号数，调整范围即为±VT_GAIN[14：0]/(2^15)。调整之后的数据可通过 DATA_ADC[15：0]读出。

具体见 ADC 和 MEMS 传感器相关寄存器描述。

## 8.2 MEMS 传感器校准（MEMS Sensor Offset Calibration）

ZSFS1001 产品内部的 MEMS FORCE SENSOR 单元可在产品阶段实现自动或者手动校准，移除产品装配过

程中对芯片造成的初始形变。

- 手动校正使用流程如下：
  - OSC32K_EN=1'b1；
  - 设置 OFFSET_SENSOR_CAL_EN=1'b1；
  - 等待 OFFSET_SENSOR_CAL_EN 变为 0；
  - 读取 OFFSET_SENSOR_SEL[4：0]，读取值写入 OFFSET_SENSOR[4：0]寄存器内，来校准 MEMS 应变传感器；调整幅度见 OFFSET_SENSOR[4：0]寄存器描述；
- 自动校正使用流程如下：
  - 烧录 eFuse 区域的 AUTO_SENSOR_CAL=1；
  - 上电；
  - 等待 INIT_END 寄存器值变为 1；
  - 校正完成。

具体见 ADC 和 MEMS 传感器相关寄存器描述。

## 8.3 采样模式（Sample Mode）

ZSFS1001 产品的 ADC 采样模式可通过 SLOT_MODE_CFG0、SLOT_MODE_CFG1 选择使用连续模式或者时隙模式。

### 8.3.1 连续模式

SLOT_MODE_CFGx=0 时选择连续模式工作。连续模式为一次 ADC 采样产生一组数据。芯片默认的低速时钟源配置为内部 32K 振荡器，置位 OP_EN 自动使能内部 32K 振荡器即可提供低速时钟来启动芯片开始工作。OP_EN 置位后，系统首先启动必要的内部模块并确保它们进入稳定工作状态，这需要 0.3ms，即下图 t1 时间。随即系统自动进入采样周期。

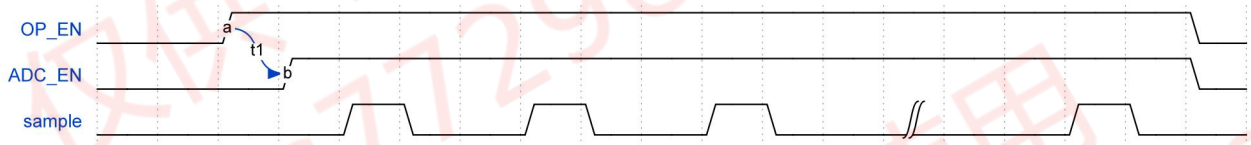



图 4. 典型连续采样工作流程图

使用流程如下：

- 配置 xxxxx_CFG0、xxxxx_CFG1 的寄存器值（xxxxx_CFG0 为以_CFG0 结尾的寄存器，同理于 xxxxx_CFG1）；
- 设置 OP_EN=1，启动内部状态机工作；
- 设置 OP_EN=0，结束采样操作：
  - OP_EN=0 与下一次 OP_EN=1 期间，需要等待 62.5μs 的时间；
- 可重复执行 OP_EN=1/0 的操作。

### 8.3.2 时隙模式

为降低系统功耗，ZSFS1001 可以采用时隙方式工作。SLOT_MODE_CFGx=1 时选择时隙模式工作。时隙模式默认为每个时隙产生一组数据。每完成一轮信号采样，芯片就会进入睡眠模式，关闭大部分模块的电源，直至下一个时隙周期再次进入活动状态。芯片默认的低速时钟源配置为内部 32K 振荡器，置位 OP_EN 自动使能内部 32K 振荡器即可提供低速时钟来启动芯片的时隙循环。OP_EN 置位后，系统首先启动必要的内

部模块并确保它们进入稳定工作状态，这需要 0.3ms，即下图 t1 时间。随即系统自动进入第一个时隙的活动期间。当时隙工作结束后，芯片进入睡眠状态，直至下一个时隙的活动期间。时隙周期 t2 由 TIMESLOT_PERIOD_CFGx[15：0]决定。典型的时隙周期工作流程如下图。

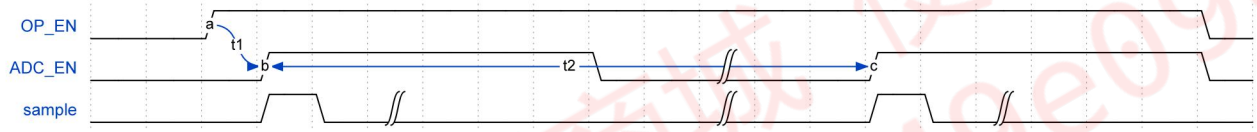



图 5. 典型时隙周期工作流程图

## 8.4 工作模式（Operation Mode）

ZSFS1001 产品的内置了两组配置 xxxxx_CFG0 和 xxxxx_CFG1，每组分别配置各自参数，如采样模式，采样率，滤波器等。

应用层面，ZSFS1001 产品具备 2 种应用模式：手动切换模式、自动切换模式，以下章节分别进行详细介绍。

### 8.4.1 手动切换模式

手动切换模式时需设置 MODE_SWITCH_AUTO=0，然后通过设置 CFG_SWITCH_MANU=0/1 来选择使用 xxxxx_CFG0 的配置或者 xxxxx_CFG1 的配置，应用示意图示如下：

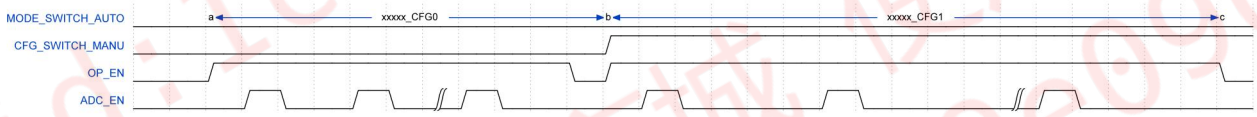



图 6. 手动切换模式应用示意图

使用流程如下：

- 配置 xxxxx_CFG0、xxxxx_CFG1 的寄存器值；
- CFG_SWITCH_MANU=0 选择使用 xxxxx_CFG0 的配置，CFG_SWITCH_MANU=1 选择使用 xxxxx_CFG1 的配置；
- 设置 OP_EN=1，启动内部状态机工作；
- 设置 OP_EN=0，结束采样操作：
  - OP_EN=0 与下一次 OP_EN=1 期间，需要等待 62.5μs 的时间；
- 可切换 CFG_SWITCH_MANU 的设置，然后重复执行 OP_EN=1/0 的操作。

### 8.4.2 自动切换模式

ZSFS1001 产品通过设置 MODE_SWITCH_AUTO=1，进入自动切换模式。通过合理的设置 xxxxx_CFG0、xxxxx_CFG1 的寄存器值，ZSFS1001 可实现在配置 0、配置 1 之间自动切换检测。这尤其适用于当用户希望只在有按压事件时切换至高采样率和高分辨率，而在其余时间节省功耗。应用示意图示如下：

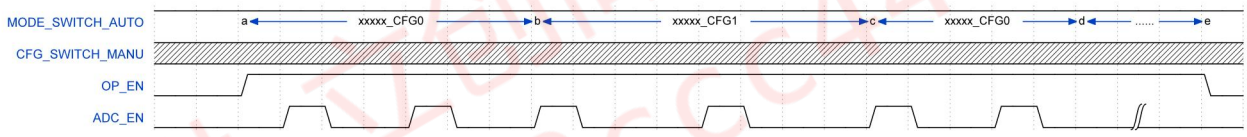



图 7. 自动切换模式应用示意图

使用流程如下：

- 配置 xxxxx_CFG0、xxxxx_CFG1 的寄存器值；一般配置 xxxxx_CFG0 为低速模式，xxxxx_CFG1 为高速模式。
- 设置 MODE_SWITCH_AUTO=1；

- 设置 OP_EN=1，启动内部状态机工作；
  - ZSFS1001 开始在 xxxxx_CFG0 的低速模式下工作；当检测值触发 xxxxx_CFG0 的设置值时，ZSFS1001 自动切换至 xxxxx_CFG1 的高速模式工作；
  - 如果检测值回落至 xxxxx_CFG0 设置区间之后，超过 5s，再次自动切换至 xxxxx_CFG0 的低速模式下工作（如果保持默认的 NO_RETURN_CFG0=1）；
  - 以上步骤循环进行；
- 设置 OP_EN=0，结束采样操作：
  - OP_EN=0 与下一次 OP_EN=1 期间，需要等待 62.5μs 的时间。

## 8.5 数据处理（Data Processing）

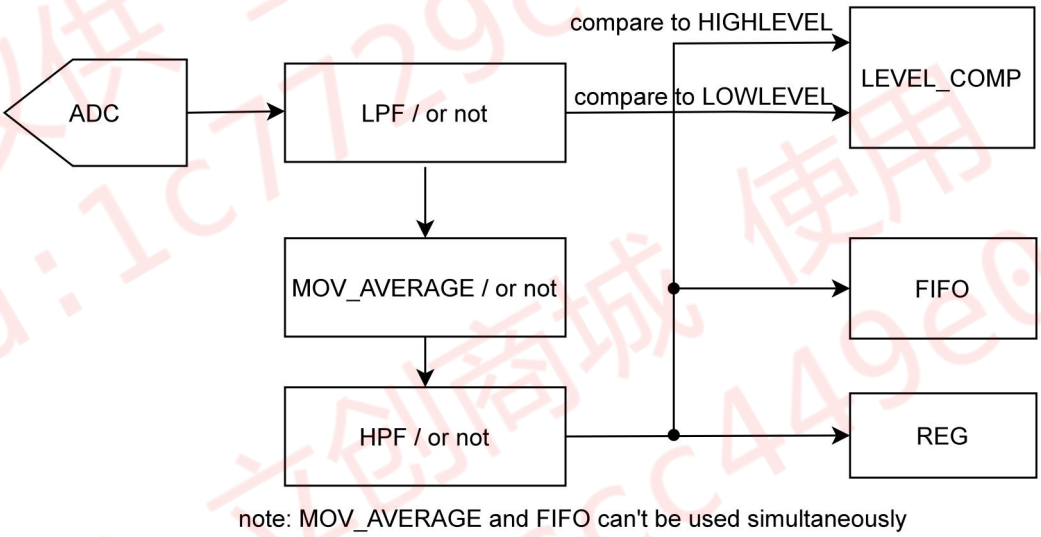



图 8. 数据处理流程示意图

### 8.5.1 低通/高通滤波器（LPF/HPF）

ZSFS1001 提供了低通滤波器和高通滤波器可供使用。其中：

- 低通滤波器：
  - 由 LPF_EN_CFG0、LPF_EN_CFG1 寄存器分别使能；
- 高通滤波器：
  - 由 HPF_EN_CFG0、HPF_EN_CFG1 寄存器分别使能；
  - 高通滤波器还提供了 1 阶滤波器、2 阶滤波器选项，可由 HPF_2ST_SEL_CFG0、HPF_2ST_SEL_CFG1 进行选择；
  - 高通滤波器的数据源可为低通滤波器的输出（MOV_AVERAGE_EN_CFGx=0）或者滑动平均的输出（MOV_AVERAGE_EN_CFGx=1）；
  - 高通滤波器的数据 settle 时间可由 HPF_SCNT_SET[2：0]进行选择。

低通滤波器截止频率(fc)和采样率的关系、高通滤波器截止频率(fc)和采样率的关系见如下两个表格。

表 2 低通滤波器截止频率(fc)和采样率对应关系表

| 采样率(Hz) / LPF_CF_SEL_CFGx[2：0] | 125 | 250 | 500 | 1000 |
|---|---|---|---|---|
| 3'b000 | 14.25Hz | 28.5Hz | 57Hz | 114Hz |
| 3'b001 | 1.25Hz | 2.5Hz | 5Hz | 10Hz |
| 3'b010 | 2.63Hz | 5.25Hz | 10.5Hz | 21Hz |
| 3'b011 | 5.75Hz | 11.5Hz | 23Hz | 46Hz |
| 3'b100 | 9.5Hz | 19Hz | 38Hz | 76Hz |
| 3'b101 | 21.25Hz | 42.5Hz | 85Hz | 170Hz |
| 3'b110 | 26.38Hz | 52.75Hz | 105.5Hz | 211Hz |
| 3'b111 | 34Hz | 68Hz | 136Hz | 272Hz |

表 3 高通滤波器截止频率(fc)和采样率对应关系表

| 采样率(Hz) / HPF_CF_SEL_CFGx[2：0] | 125 | 250 | 500 | 1000 |
|---|---|---|---|---|
| 3'b000 | 2.5Hz | 5Hz | 10Hz | 20Hz |
| 3'b001 | 8.5Hz | 17Hz | 34Hz | 68Hz |
| 3'b010 | 4.75Hz | 9.5Hz | 19Hz | 38Hz |
| 3'b011 | 1.25Hz | 2.5Hz | 5Hz | 10Hz |
| 3'b100 | 0.63Hz | 1.25Hz | 2.5Hz | 5Hz |
| 3'b101 | 0.31Hz | 0.63Hz | 1.25Hz | 2.5Hz |
| 3'b110 | 0.16Hz | 0.31Hz | 0.63Hz | 1.25Hz |
| 3'b111 | 0.08Hz | 0.16Hz | 0.31Hz | 0.63Hz |

### 8.5.2 滑动平均

ZSFS1001 的即时数据读取通路提供了滑动平均算法可选功能。

1 阶滑动平均算法为：

$$S_t^{'} = \frac{x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \ldots + x_{t-N+1}}{N} \quad (3)$$

2 阶滑动平均算法为：

$$S_t^{''} = \frac{S_t^{'} + S_{t-1}^{'} + S_{t-2}^{'} + \ldots + S_{t-N+1}^{'}}{N} \quad (4)$$

其中：滑动平均功能使能由 MOV_AVERAGE_EN_CFG0 和 MOV_AVERAGE_EN_CFG1 来配置；阶数（1 阶/2 阶）可由 MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG0 和 MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG1 来配置；滑动平均个数 N 可由 MOV_AVERAGE_CNT_CFG0[2：0]和 MOV_AVERAGE_CNT_CFG1[2：0]来配置，可选数量为 2/4/8/16/32 等。

具体见滑动平均相关寄存器描述。

### 8.5.3 即时读取 ADC 数据

ZSFS1001 的 ADC 数据可以通过中断直接从寄存器 DATA_ADC[15：0]读取：

- 中断标志位可通过 INT_SAMPLE_EN_CFG0、INT_SAMPLE_EN_CFG1 映射至 GPIO 或 SDA 端口，详见 GPIO 配置和 SDA 中断配置；
- 连续模式时一次采样产生一次中断，时隙模式时每个时隙产生一个采样并产生一次中断；
- 读寄存器时清中断状态；
- 如果未读寄存器则在采样周期一半时清中断状态。

具体见即时数据相关寄存器描述。

### 8.5.4 FIFO 读取 ADC 数据

ZSFS1001 内部具有 64 字节大小的 FIFO 空间，可通过设置 FIFO_MODE_CFG0=1、FIFO_MODE_CFG1=1 来使用 FIFO：

- 通过 FIFO_SIZE[4：0]配置 FIFO 空间大小，FIFO 空间大小为 FIFO_SIZE+1（1~32 words），配置单位为字（ADC word，长度为 16 位或 2 字节）。
- 通过 FIFO_DEPTH_THRHD[4：0]配置 FIFO 数据深度中断阈值大小，FIFO 数据深度中断阈值大小为 FIFO_DEPTH_THRHD+1（1~32 words），配置单位为字。
- 通过 FIFO_SAMPLE_CNT[5：0]读取 FIFO 数据深度指示（1~32 words），单位为字。
- 通过 FIFO_DATA_ADC 首地址读取最大 FIFO_SAMPLE_CNT[5：0]个字的 FIFO 数据。
  - 当系统读取 FIFO 数据时，需先读取 FIFO 数据深度指示，再读取相应字的 FIFO 数据。FIFO 数据寄存器采用小端模式输出，读出时依据先进先出次序读出转换数据。

当 FIFO 的数据达到相应设置的数据深度中断阈值时，将产生中断信号 INT_FIFO_DEPTH_THRHD。使用 FIFO 数据深度阈值中断时需注意：

- 最大可设置的 FIFO 数据深度阈值为：FIFO_DEPTH_THRHD[4：0]≤FIFO_SIZE[4：0]；
- 此中断标志位可通过 INT_SAMPLE_EN_CFG0、INT_SAMPLE_EN_CFG1 映射至 GPIO；

当 FIFO 空间已读时，继续执行读 FIFO 空间数据，将产生 FIFO 下溢出中断 INT_FIFO_UFLOW，此中断标志位可通过 INT_FIFO_UFLOW_EN 映射至 GPIO。

当 FIFO 空间已满后，ADC 又产生新的数据时，将产生 FIFO 上溢出中断 INT_FIFO_OFLOW，此中断标志位可通过 INT_FIFO_OFLOW_EN 映射至 GPIO。

ACLEAR_INT_FIFO_DIS 寄存器可设置是否自动清除中断标志位：

- ACLEAR_INT_FIFO_DIS=0 时：当读取 FIFO 数据时，自动清除 FIFO 阈值中断/自动清除 FIFO 上溢出中断。
- ACLEAR_INT_FIFO_DIS=1 时：当读取 FIFO 数据时，不自动清除 FIFO 阈值中断/不自动清除 FIFO 上溢出中断；写 1 可清 0 对应中断标志位。

另外，FIFO 的数据源可为高通滤波器的输出或者低通滤波器的输出，通过 FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG0、FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG1 选择。

FIFO 默认是写到 FIFO_SIZE[4：0]大小时停止写入；如果需要 FIFO 循环写，可设置 FIFO_CONTWR_MODE=1，此时 FIFO 以 FIFO_SIZE[4：0]大小为空间循环写入。

具体见 FIFO 相关寄存器描述。

### 8.5.5 幅值过阈值检测

ZSFS1001 提供了幅值过阈值检测功能，当 ADC 的数据超过上阈值（HIGHLEVEL_CFGx[11：0]）时产生过阈值中断，可用于在传感器有信号输入时唤醒系统。其中：

- 此中断通过 INT_HIGHLEVEL_EN_CFGx 使能和关闭；
- 配置 0 只检测“按下”的动作；配置 1 可通过 LEVEL_MODE_SEL_CFG1 设置检测“按下”和“松开”的动作；
- 如果想避免误触发，可设置 ADC 连续过上阈值采样次数 HIGHLEVEL_COMP_CNT_CFGx[3：0]为合理值，ADC 连续采样到过上阈值采样次数之后才会产生幅值溢出中断；
- 中断标志位可映射至 GPIO。在 GPIO 上产生中断之后，可读到中断标志位 INT_HIGHLEVEL=1；此中断标志位可通过回写清 0；
- LEVEL_DET_POL 可选择按压检测 ADC 数据的方向：
  - 0：按压之后 ADC 数据正向增大
  - 1：按压之后 ADC 数据负向减小

## 8.6 GPIO 配置（GPIO Configuration）

ZSFS1001 提供了一个可独立配置的 GPIO 接口，可实现固定输出数据 0、数据 1、中断信号、CLK_32kHz、CLK_256kHz 等输出功能；配置见“GPIO 配置寄存器”描述。

GPIO 接口可配置选项如下：

- GPIO 与通讯 IO 口的驱动能力、输出信号源，GPIO 输出极性以及 GPIO 内部是否上拉，可参考 GPIO 配置寄存器进行配置；
- GPIO 的模式可通过 GPIO_CFG[1：0]选择：
  - 2‘b00：GPIO 不使能
  - 2‘b01：GPIO 配置为输入模式
  - 2‘b10：GPIO 配置为输出模式（Push-Pull）
  - 2‘b11：GPIO 配置为输出模式（Open-Drain）
- GPIO 的输出源可通过 GPIO_OUT[2：0]选择：
  - 3‘b001：输出低电平
  - 3‘b010：输出中断信号
  - 3‘b011：输出 CLK_32kHz 时钟
  - 3‘b100：输出 CLK_256kHz 时钟
  - 其它：输出高电平

## 8.7 SDA 中断配置（SDA Interrupt Configuration）

除了 GPIO 端口，用户还可将即时读取 ADC 数据的中断位映射至 SDA 端口（参见即时读取 ADC 数据）。可通过设置 SDA_INT_MODE 寄存器值为 1 来打开此 SDA 中断输出功能。

SDA 中断模式时，SDA 端口产生中断之后到释放总线的时间间隔选择可通过设置 SDA_INT_WIDTH_SEL[1：0]来改变：

- 连续模式时：
  - 00：1/4 采样率时长（默认值）
  - 01：1/2 采样率时长
  - 其它：1/8 采样率时长
- 时隙模式时：为 18 个 32K CLK 周期时长。

SDA 总线默认内部有上拉。

具体见 SDA 中断相关寄存器描述。

## 8.8 系统时钟（System Clock）

ZSFS1001 内置两个振荡器，32kHz 和 1.024MHz。系统时钟和辅助电路的工作时钟采用 32kHz，主 ADC 的工作时钟为 256kHz，来自于 1.024MHz 震荡频率的分频。

## 8.9 温度传感器（Temperature Sensor）

ZSFS1001 的温度传感器可实现测温和温度补偿两个功能。若需改变温度传感器的采样率，可通过 AUXCLKDIV_CFG0[1：0]、AUXCLKDIV_CFG1[1：0]改变测温 ADC 的时钟分频比，默认使用的是 32kHz。

### 8.9.1 测温（Temperature Detection）

如果需要使用 ZSFS1001 的温度传感器，MCU 主动设定温度传感器使能（TEMP_DET_EN=1 并且 OP_EN=1）发起测温需求。MCU 可通过读取 DATA_TEMPADC[15：0]寄存器的值得到当前的温度数据。通过设置 TEMP_DET_EN=0 或者设置 OP_EN=0 可关闭测温 ADC 的工作。

温度值（T）与 DATA_TEMPADC[15：0]的关系为：

$$T = DATA_TEMPADC[15:0] * 0.0025 + 30℃ \quad (5)$$

- 其中 DATA_TEMPADC[15：0]范围为（-32768~32767）。

### 8.9.2 温度补偿（Temperature Compensation）

对于对温度变化敏感的应用（比如，壳体随温度发生微小形变），ZSFS1001 可实现温度补偿功能。MCU 主动设定温度补偿使能（ADC_GAIN_EN=1，TEMP_COMP_EN=1 并且 OP_EN=1）发起温度补偿需求。MCU 可通过读取 DATA_TEMPADC[15：0]寄存器的值得到当前的温度补偿数据。通过设置 TEMP_COMP_EN=0 或者设置 OP_EN=0 可关闭温度传感器。

经过温度补偿的 ADC 输出值 DATA_ADC[15：0]=

VT_GAIN[15：0]*（

DATA_ADC_N[15：0]

+TEMP_COEFF1[15：0]*DATA_TEMPADC[15：0]/(2^15)

+TEMP_COEFF2[15：0]*DATA_TEMPADC[15：0]*DATA_ADC_N[15：0]/(2^30)

+TEMP_COEFF3[15：0]*DATA_TEMPADC[15：0]*DATA_TEMPADC[15：0]/(2^30)

）/(2^15)。 (6)

其中：DATA_ADC_N[15：0]为未经过温度补偿的 ADC 值。TEMP_COEFFx 为用户根据应用场景温度特性所得的经验值。

具体见温度传感器相关寄存器描述。

## 8.10 复位（RESET）

### 8.10.1 上电复位（Power-On RESET）

上电电压稳定 10ms 之后，系统初始化完成，需等待读取 INIT_END 寄存器值为 1，方可对芯片进行操作。

### 8.10.2 软复位（SW_RESET）

如果设置寄存器 SW_RESET=1，则 ZSFS1001 将进行复位操作，任何正在进行的内部操作都将被终止，设备将返回到默认状态，寄存器回到初值并重新加载 eFuse 数据。此复位操作将持续 1ms 时间，复位期间不支持任何其它操作。需等待读取 INIT_END 寄存器值为 1，方可对芯片进行操作。

### 8.11 eFuse

ZSFS1001 内置一个单次可编程非易失性存储器 eFuse 区域。应客户需求，部分配置可永久写入此区域。相关配置详见 eFuse 可编程寄存器。

自主按键模式和自动校准功能只能通过烧写 eFuse 激活，在 MCU 中配置相应寄存器将不起作用。

## 9 I²C-IC 间控制接口

### 9.1 I²C 接口描述（I²C Interface）

表 4. I²C 串行接口引脚描述

| 引脚名称 | 引脚描述 |
|---|---|
| SCL | I²C 串行时钟（SCL） |
| SDA | I²C 串行数据（SDA） |

ZSFS1001 设备有两个信号与 I²C 总线相关：串行时钟线（SCL）和串行数据线（SDA）。SDA 是双向总线，用于向接口发送和接收数据。SCL 和 SDA 两条线路都必须通过外部上拉电阻连接到 VDD。当总线空闲时，两条线路都为高电平。

### 9.2 I²C 接口特性（I²C Configuration）

ZSFS1001 设备充当 I²C 接口上的从机。I²C 接口符合正常模式（100kHz）、快速模式（400kHz）和快速模式加（1000kHz）三种标准。下表中的数据基于标准 I²C 协议要求。

表 5. I²C 接口特性

| 参数 | 符号 | 快速模式加 | | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| | | 最小值 | 最大值 | |
| 时钟频率 | $f_{SCL}$ | | 1000 | kHz |
| SCL 低电平周期 | $t_{LOW}$ | 0.5 | | μs |
| SCL 高电平周期 | $t_{HIGH}$ | 0.26 | | |
| SDA 建立时间 | $t_{SUDAT}$ | 0.05 | | |
| SDA 保持时间 | $t_{HDDAT}$ | 0.0 | | |
| 重复启动的建立时间 | $t_{SUSTA}$ | 0.26 | | |
| 启动条件的保持时间 | $t_{HDSTA}$ | 0.26 | | |
| 停止条件的建立时间 | $t_{SUSTO}$ | 0.26 | | |
| 一个新的传输可以启动之前的等待时间 | $t_{BUF}$ | 1 | | |
| 正常模式、快速启动模式下写入访问后的空闲时间 | $t_{IDLE_wacc}$ | 1 | | |

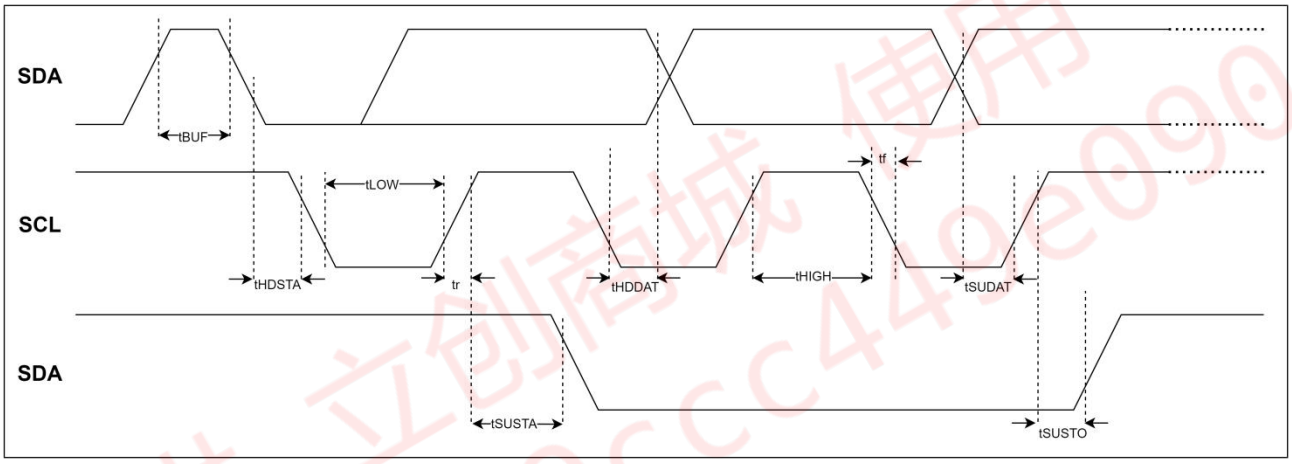



图 9. I²C 时序图

注意：两个端口的测量点位于 0.3*VDD 和 0.7*VDD。

## 9.3 I²C 读写操作（I²C Write/Read Operation）

ZSFS1001 的 I²C 写入操作支持单字节和多字节写入。

I²C 写入协议如下：

- 传输从主机生成的开始条件（Start）开始；
- 然后主机发送 7 位从机地址和写入位（R/$\overline{W}$=0），从机发送一个确认位（ACK=0）并释放总线；
- 随后，主机将发送寄存器地址（ZSFS1001 的寄存器地址位宽为 8 位），MSB 优先，从机应再次确认传输；
- 从机等待 8 位数据写入指定的寄存器地址且确认传输；
- 在从机确认数据字节数之后，主机生成停止信号（Stop）并终止写入协议。

I²C 写入序列如下图所示：

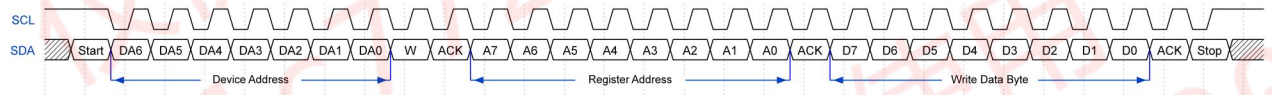



图 10. I²C 写 1 Byte 数据序列图

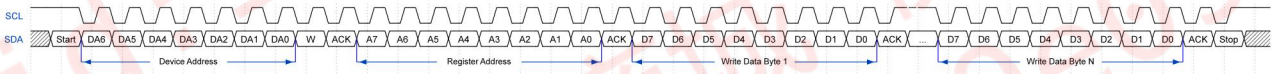



图 11. I²C 写 N Byte 数据序列图

ZSFS1001 的 I²C 读出操作支持单字节和多字节读出。

I²C 读出协议如下：

- 主机生成开始条件（Start）；
- 主机发送 7 位从机地址和读出位（R/$\overline{W}$=1），从机发送一个确认位（ACK=0b0）并释放总线；
- 从机等待主机读出指定的寄存器数据且确认传输；
- 在从机确认数据字节数之后，主机生成停止信号（Stop）并终止读出协议。

I²C 读出序列如下图所示：

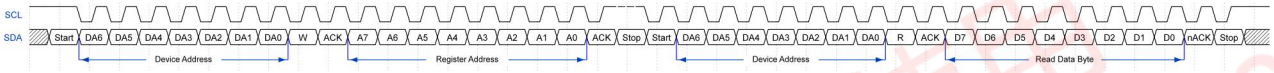



图 12. I²C 读 1 Byte 数据序列图

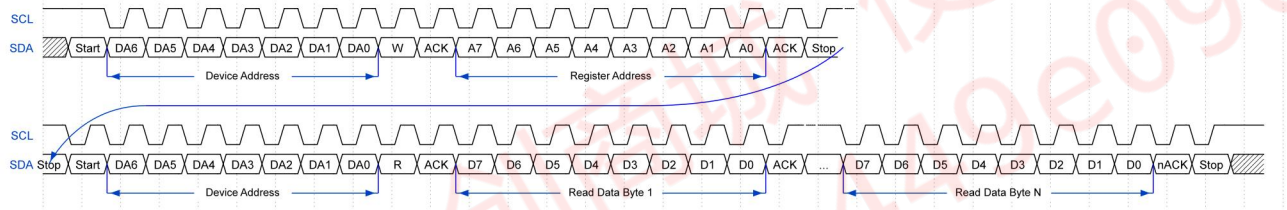



图 13. I²C 读 N Byte 数据序列图

## 9.4 I²C 从机地址（I²C Slave Address）

ZSFS1001 默认 I²C 从机地址为 0x30;

- EFUSE_I2C_ADDR_SEL[3：0]用于 I²C 从机地址选择：I²C 从机地址可选择为 0x30~0x3F。

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

# 10 寄存器表

下表列出了 ZSFS1001 的所有寄存器。

注意事项：

(1) RESERVED 位和寄存器的读回值未指定，应丢弃。

(2) 如果写入，则指示为 RESERVED 的寄存器必须具有寄存器表中所示的默认值，写入任何其他值都可能导致意外结果。

表 6. 寄存器表

| 地址 | 名称 | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | 默认值 | 读/写 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x00 | SYSTEM | CHIP_ID[7：0] | | | | | | | | 0x50 | RO |
| | | RESERVED | | | | CLR_FIFO | RESERVED | | SW_RESET | 0x50 | WO |
| 0x01 | | INIT_END | RESERVED | | | VERSION[3：0] | | | | 0x81 | RO |
| 0x02 | | IO_DS | GPIO_OUT[2：0] | | | GPIO_PE | GPIO_POL | GPIO_CFG[1：0] | | 0x08 | R/W |
| 0x03 | | TEMP_COMP_EN | RESERVED | | | ADC_GAIN_EN | TEMP_DET_EN | ADC_DIS | ADC_FS_SEL | 0x00 | R/W |
| 0x04 | | SDA_INT_MODE | RESERVED | SDA_INT_TM_SEL[1：0] | | NO_RETURN_CFG0 | RESERVED | CFG_SWITCH_MANU | MODE_SWITCH_AUTO | 0x00 | R/W |
| 0x05 | CFG0 | AUXCLKDIV_CFG0[1：0] | | DS_RATE_CFG0[1：0] | | RESERVED | CLKDIV_CFG0[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x06 | | MOV_AVERAGE_EN_CFG0 | MOV_AVERAGE_CNT_CFG0[2：0] | | | LPF_EN_CFG0 | LPF_CF_SEL_CFG0[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x07 | | MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG0 | RESERVED | HPF_SRC_SEL_CFG0 | HPF_EN_CFG0 | HPF_2ST_SEL_CFG0 | HPF_CF_SEL_CFG0[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x08 | | TIMESLOT_PERIOD_CFG0[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x09 | | TIMESLOT_PERIOD_CFG0[15：8] | | | | | | | | 0x50 | R/W |
| 0x0 | | HIGHLEVEL_CFG0[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |

| 地址 | 名称 | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | 默认值 | 读/写 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | | | | | | |
| 0x0B | | RESERVED | | | | HIGHLEVEL_CFG0[11：8] | | | | 0x00 | R/W |
| 0x0C | | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x0D | | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x0E | | RESERVED | | | | HIGHLEVEL_COMP_CNT_CFG0[3：0] | | | | 0x00 | R/W |
| 0x0F | | SLOT_MODE_CFG0 | RESERVED | | | FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG0 | FIFO_MODE_CFG0 | INT_HIGHLEVEL_EN_CFG0 | INT_SAMPLE_EN_CFG0 | 0x00 | R/W |
| 0x10 | CFG1 | AUXCLKDIV_CFG1[1：0] | | DS_RATE_CFG1[1：0] | | RESERVED | CLKDIV_CFG1[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x11 | | MOV_AVERAGE_EN_CFG1 | MOV_AVERAGE_CNT_CFG1[2：0] | | | LPF_EN_CFG1 | LPF_CF_SEL_CFG1[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x12 | | MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG1 | RESERVED | HPF_SRC_SEL_CFG1 | HPF_EN_CFG1 | HPF_2ST_SEL_CFG1 | HPF_CF_SEL_CFG1[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x13 | | TIMESLOT_PERIOD_CFG1[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x14 | | TIMESLOT_PERIOD_CFG1[15：8] | | | | | | | | 0x50 | R/W |
| 0x15 | | HIGHLEVEL_CFG1[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x16 | | RESERVED | | | | HIGHLEVEL_CFG1[11：8] | | | | 0x00 | R/W |
| 0x17 | | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x18 | | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |

| 地址 | 名称 | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | 默认值 | 读/写 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x19 | | RESERVED | | | LEVEL_MODE_SEL_CFG1 | HIGHLEVEL_COMP_CNT_CFG1[3：0] | | | | 0x00 | R/W |
| 0x1A | | SLOT_MODE_CFG1 | RESERVED | | | FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG1 | FIFO_MODE_CFG1 | INT_HIGHLEVEL_EN_CFG1 | INT_SAMPLE_EN_CFG1 | 0x00 | R/W |
| 0x1D | SYSTEM | RESERVED | | | | | | | | 0xXX | R/W |
| 0x1E | | OFFSET_SENSOR_CAL_EN | RESERVED | | OFFSET_SENSOR_SEL[4：0] | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x1F | | RESERVED | RESERVED | OSC1M_EN | OSC32K_EN | RESERVED | | | OP_EN | 0x00 | R/W |
| 0x20 | | RESERVED | | 固定写 01 | | ACLEAR_INT_FIFO_DIS | HPF_SCNT_SET[2：0] | | | 0x00 | R/W |
| 0x21 | | RESERVED | | | 固定写 1 | INT_HIGHLEVEL | INT_FIFO_UFLOW | INT_FIFO_OFLOW | INT_FIFO_DEPTH_THRHD | 0x00 | RW |
| 0x22 | | FIFO_CONTWR_MODE | INT_FIFO_UFLOW_EN | INT_FIFO_OFLOW_EN | FIFO_SIZE[4：0] | | | | | 0x1F | R/W |
| 0x23 | | RESERVED | | | FIFO_DEPTH_THRHD[4：0] | | | | | 0x0F | R/W |
| 0x24 | | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x30 | EFUSE | RESERVED | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x31 | | AUTO_BTN_MODE | RESERVED | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x32 | | RESERVED | LEVEL_DET_POL | RESERVED | LDO_1P6V_SEL | EFUSE_I2C_ADDR_SEL[3：0] | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3 | | SYSTEM_OFFSET [7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |

| 地址 | 名称 | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | 默认值 | 读/写 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 0x34 | | SYSTEM_OFFSET[15：8] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x35 | | RESERVED | | | | | | | | 0xXX | R/W |
| 0x36 | | RESERVED | | | | | | | | 0xXX | R/W |
| 0x37 | | AUTO_SENSOR_CAL | SENSOR_MODE[1:0] | | OFFSET_SENSOR[4：0] | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x38 | EFUSE | TEMP_COEFF1[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x39 | | TEMP_COEFF1[15：8] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3A | | TEMP_COEFF2[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3B | | TEMP_COEFF2[15：8] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3C | | TEMP_COEFF3[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3D | | TEMP_COEFF3[15：8] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3E | | VT_GAIN[7：0] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x3F | | VT_GAIN[15：8] | | | | | | | | 0x00 | R/W |
| 0x50 | DATA | DATA_ADC[7：0] | | | | | | | | 0x00 | RO |
| 0x51 | | DATA_ADC[15：8] | | | | | | | | 0x00 | RO |
| 0x5A | | DATA_TEMPADC[7：0] | | | | | | | | 0x00 | RO |
| 0x5B | | DATA_TEMPADC[15：8] | | | | | | | | 0x00 | RO |
| 0x5E | FIFO | RESERVED | | FIFO_SAMPLE_CNT[5：0] | | | | | | 0x00 | RO |

仅供立创商城使用 id:1C7729CCC449e090

| 地址 | 名称 | bit7 | bit6 | bit5 | bit4 | bit3 | bit2 | bit1 | bit0 | 默认值 | 读/写 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x60 | | FIFO_DATA_ADC[15：0] | | | | | | | | 0x00 | RO |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

# 11 寄存器描述

## 11.1 系统、全局寄存器

表 7. 系统、全局寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x00 | [7：0] | CHIP_ID[7：0] | 芯片型号缩写，只读。 | 8 | 0x50 | RO |
| | 0 | SW_RESET | 写 1 芯片复位。 | 1 | 0x0 | WO |
| 0x01 | 7 | INIT_END | 芯片上电结束标志。<br>0：芯片上电进行中<br>1：芯片上电完成 | 1 | 0x1 | RO |
| | [3：0] | VERSION[3：0] | 芯片版本号，只读。 | 4 | 0x1 | RO |
| 0x1F | 5 | OSC1M_EN | 内部 1M OSC 使能控制。<br>0：不主动使能 1M OSC<br>1：主动使能 1M OSC | 1 | 0x0 | R/W |
| | 4 | OSC32K_EN | 内部 32K CLK 主动使能控制。<br>0：不主动使能 32K CLK<br>1：主动使能 32K CLK | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x32 | [3：0] | EFUSE_I2C_ADDR_SEL[3：0] | $I^2C$ 地址选择。<br>0000~1111：$I^2C$ 地址在 0x30~0x3F 之间选择。 | 4 | 0x0 | R/W |

## 11.2 ADC 和 MEMS 传感器相关寄存器

表 8. ADC 和 MEMS 传感器相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x03 | 3 | ADC_GAIN_EN | ADC 增益使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 1 | ADC_DIS | ADC 使能控制。<br>0：使能 ADC | 1 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1：禁用 ADC | | | |
| | 0 | ADC_FS_SEL | ADC 满量程选择。<br>0：量程 1<br>1：量程 2 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x05 | [5：4] | DS_RATE_CFG0[1：0] | 配置 0 的 ADC 的数据降采样率选择。<br>00：256 倍降采样率<br>01：128 倍降采样率<br>10：64 倍降采样率<br>11：32 倍降采样率 | 2 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | CLKDIV_CFG0[2：0] | 配置 0 的时钟分频比，再经过 4 分频得到 ADC 时钟。<br>000：1.024M CLK<br>001：1.024M CLK 的 2 分频<br>010：1.024M CLK 的 4 分频<br>011：1.024M CLK 的 8 分频<br>100：1.024M CLK 的 16 分频<br>101~111：1.024M CLK 的 32 分频 | 3 | 0x0 | R/W |
| 0x10 | [5：4] | DS_RATE_CFG1[1：0] | 配置 1 的 ADC 的数据降采样率选择。<br>00：256 倍降采样率<br>01：128 倍降采样率<br>10：64 倍降采样率<br>11：32 倍降采样率 | 2 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | CLKDIV_CFG1[2：0] | 配置 1 的时钟分频比，再经过 4 分频得到 ADC 时钟。<br>000：1.024M CLK<br>001：1.024M CLK 的 2 分频<br>010：1.024M CLK 的 4 分频<br>011：1.024M CLK 的 8 分频 | 3 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 100：1.024M CLK 的 16 分频<br>101~111：1.024M CLK 的 32 分频 | | | |
| 0x1E | 7 | OFFSET_SENSOR_CAL_EN | 手动校正 MEMS 应变传感器两端压差使能控制（需打开 OSC32K_EN）<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [4：0] | OFFSET_SENSOR_SEL[4：0] | 手动校正 MEMS 应变传感器调完之后的结果，只读。 | 5 | 0x0 | RO |
| 0x20 | [5：4] | ADC_IN_CAP_SEL[1：0] | 固定写 01 | 2 | 0x0 | R/W |
| 0x32 | 4 | LDO_1P6V_SEL | 模拟和数字电源电压选择。<br>0：电源电压 1.8V<br>1：电源电压 1.6V | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x33 | [7:0] | SYSTEM_OFFSET [7:0] | 系统零应力下的失调码值 | 8 | 0x00 | R/W |
| 0x34 | [7:0] | SYSTEM_OFFSET [15:8] | | 8 | 0x00 | R/W |
| 0x37 | 7 | AUTO_SENSOR_CAL | 自动校正 MEMS 应变传感器两端压差使能控制。<br>0：不使能<br>1：上电自动加载校正 MEMS 应变传感器两端压差 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [6:5] | SENSOR_MODE | MEMS 传感器模式：<br>00：模式 2<br>01：模式 1<br>10：模式 3 | 2 | 0x00 | R/W |
| | [4：0] | OFFSET_SENSOR[4：0] | MEMS 应变传感器校准寄存器。<br>00001：+1*6500 codes | 5 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 00010：+2*6500 codes<br>00011：+3*6500 codes<br>00100：+4*6500 codes<br>00101：+5*6500 codes<br>00110：+6*6500 codes<br>00111：+7*6500 codes<br>01000：+8*6500 codes<br>11111：-1*6500 codes<br>11110：-2*6500 codes<br>11101：-3*6500 codes<br>11100：-4*6500 codes<br>11011：-5*6500 codes<br>11010：-6*6500 codes<br>11001：-7*6500 codes<br>11000：-8*6500 codes<br>其它：都不选<br>例如：<br>OFFSET_SENSOR[4：0]='b00001,则调整当前无形变数字输出码值+1*6500 codes;<br>OFFSET_SENSOR[4：0]='b11000,则调整当前无形变数字输出码值-8*6500 codes; | | | |
| 0x3E | [7：0] | VT_GAIN[7：0] | ADC 增益调整[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x3F | [7：0] | VT_GAIN[15：8] | ADC 增益调整[15：8]，16 位有符号数。<br>调整范围为：±VT_GAIN[14：0]/32768 | 8 | 0x0 | R/W |

## 11.3 采样模式相关寄存器

表 9. 采样模式相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x08 | [7：0] | TIMESLOT_PERIOD_CFG0[7：0] | 配置 0 的时隙工作周期[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x09 | [7：0] | TIMESLOT_PERIOD_CFG0[15：8] | 配置 0 的时隙工作周期[15：8]。<br>时隙工作周期 = 低速时钟周期 *（TIMESLOT_PERIOD_CFG0+1） | 8 | 0x50 | R/W |
| 0x0F | 7 | SLOT_MODE_CFG0 | 配置 0 的模式选择。<br>0：连续模式<br>1：时隙模式 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x13 | [7：0] | TIMESLOT_PERIOD_CFG1[7：0] | 配置 1 的时隙工作周期[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x14 | [7：0] | TIMESLOT_PERIOD_CFG1[15：8] | 配置 1 的时隙工作周期[15：8]。<br>时隙工作周期 = 低速时钟周期 *（TIMESLOT_PERIOD_CFG1+1） | 8 | 0x50 | R/W |
| 0x1A | 7 | SLOT_MODE_CFG1 | 配置 1 的模式选择。<br>0：连续模式<br>1：时隙模式 | 1 | 0x0 | R/W |

## 11.4 工作模式相关寄存器

表 10. 工作模式相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x04 | 3 | NO_RETURN_CFG0 | 自动切换模式下，是否自动切换回配置 0 （此模式下，始终自动从配置 0 切换至配置 1）.<br>0：自动切换回配置 0<br>1：不自动切换回配置 0 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 1 | CFG_SWITCH_MANU | 手动配置选择。<br>0：选择配置 0<br>1：选择配置 1 | 1 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | MODE_SWITCH_AUTO | 自动切换配置选择。<br>0：手动切换配置 0 和配置 1<br>1：根据数据阈值相关寄存器设置在配置 0 和配置 1 之间自动切换 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x1F | 0 | OP_EN | 内部状态机启动使能。<br>0：状态机不工作<br>1：状态机开始工作 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x31 | 7 | AUTO_BTN_MODE | 按键模式设置。<br>0：手动切换模式/自动切换模式<br>1：自主按键模式，详细配置方法见“ZSFS1002_datasheet” | 1 | 0x0 | R/W |

## 11.5 低通/高通滤波器相关寄存器

表 11. 低通/高通滤波器相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x06 | 3 | LPF_EN_CFG0 | 配置 0 的低通滤波器使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | LPF_CF_SEL_CFG0[2:0] | 配置 0 的低通滤波器截止频率（fc）和采样率的关系。<br>具体见低通滤波器截止频率（fc）和采样率对应关系表 | 3 | 0x0 | R/W |
| 0x07 | 4 | HPF_EN_CFG0 | 配置 0 的高通滤波器使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 3 | HPF_2ST_SEL_CFG0 | 配置 0 的高通滤波器阶数选择。<br>0：1 阶<br>1：2 阶 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | HPF_CF_SEL_CFG0[2:0] | 配置 0 的高通滤波器截止频率（fc）和采样率的关系。 | 3 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 具体见高通滤波器截止频率（fc）和采样率对应关系表 | | | |
| 0x11 | 3 | LPF_EN_CFG1 | 配置 1 的低通滤波器使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | LPF_CF_SEL_CFG1[2:0] | 配置 1 的低通滤波器截止频率（fc）和采样率的关系。<br>具体见低通滤波器截止频率（fc）和采样率对应关系表 | 3 | 0x0 | R/W |
| 0x12 | 4 | HPF_EN_CFG1 | 配置 1 的高通滤波器使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 3 | HPF_2ST_SEL_CFG1 | 配置 1 的高通滤波器阶数选择。<br>0：1 阶<br>1：2 阶 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [2：0] | HPF_CF_SEL_CFG1[2:0] | 配置 1 的高通滤波器截止频率（fc）和采样率的关系。<br>具体见高通滤波器截止频率（fc）和采样率对应关系表 | 3 | 0x0 | R/W |
| 0x20 | [2：0] | HPF_SCNT_SET[2：0] | 设置 N 个采样点之后去进行数据阈值比较。<br>000：10 个采样点；<br>001：20 个采样点；<br>010：40 个采样点；<br>011：100 个采样点；<br>100：150 个采样点；<br>101：250 个采样点；<br>110：350 个采样点；<br>111：450 个采样点； | 3 | 0x0 | R/W |

## 11.6 滑动平均相关寄存器

表 12. 滑动平均相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x06 | 7 | MOV_AVERAGE_EN_CFG0 | 配置 0 的滑动平均功能使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [6：4] | MOV_AVERAGE_CNT_CFG0[2：0] | 配置 0 的滑动平均个数选择。<br>1、MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG0=0 时：<br>000：2<br>001：4<br>010：8<br>011：16<br>100~111：32<br>2、MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG0=1 时：<br>000：2<br>001：4<br>010：8<br>011~111：16 | 3 | 0x0 | R/W |
| 0x07 | 7 | MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG0 | 配置 0 的滑动平均阶数选择。<br>0：1 阶<br>1：2 阶 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x11 | 7 | MOV_AVERAGE_EN_CFG1 | 配置 1 的滑动平均功能使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [6：4] | MOV_AVERAGE_CNT_CFG1[2：0] | 配置 1 的滑动平均个数选择。<br>1、MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG1=0 时： | 3 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 000：2<br>001：4<br>010：8<br>011：16<br>100~111：32<br>2、MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG1=1 时：<br>000：2<br>001：4<br>010：8<br>011~111：16 | | | |
| 0x12 | 7 | MOV_AVERAGE_STAGE_SEL_CFG1 | 配置 1 的滑动平均阶数选择。<br>0：1 阶<br>1：2 阶 | 1 | 0x0 | R/W |

## 11.7 即时数据相关寄存器

表 13. 即时数据相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x50 | [7：0] | DATA_ADC[7：0] | ADC 数据寄存器[7：0]。 | 8 | 0x0 | RO |
| 0x51 | [7：0] | DATA_ADC[15：8] | ADC 数据寄存器[15：8]。16 位有符号数 | 8 | 0x0 | RO |

## 11.8 FIFO 相关寄存器

表 14. FIFO 相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x00 | 3 | CLR_FIFO | FIFO 数据清零功能。<br>0：FIFO 数据保持<br>1：FIFO 数据清零 | 1 | 0x0 | WO |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x0F | 3 | FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG0 | 配置 0 的 FIFO 数据源选择。<br>0：低通滤波器的输出数据<br>1：高通滤波器的输出数据 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 2 | FIFO_MODE_CFG0 | 配置 0 的 FIFO 模式使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 0 | INT_SAMPLE_EN_CFG0 | 配置 0 的采样中断使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x1A | 3 | FIFO_DATA_SRC_SEL_CFG1 | 配置 1 的 FIFO 数据源选择。<br>0：低通滤波器的输出数据<br>1：高通滤波器的输出数据 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 2 | FIFO_MODE_CFG1 | 配置 1 的 FIFO 模式使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 0 | INT_SAMPLE_EN_CFG1 | 配置 1 的采样中断使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x20 | 3 | ACLEAR_INT_FIFO_DIS | 读 FIFO 自动清中断配置。<br>0：读取 FIFO 时自动清除对应的 INT_FIFO_DEPTH_THRHD/INT_FIFO_OFLOW 中断标志<br>1：读取 FIFO 时不清中断标志，回写对应的 INT_FIFO_DEPTH_THRHD/INT_FIFO_OFLOW 中断标志位时清中断标志 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x21 | 4 | SET_SYNC_RW_FIFO_POINT | 固定写 1 | 1 | 0x0 | RW |
| | 2 | INT_FIFO_UFLOW | FIFO 向下溢出中断标志位。<br>0：未产生此中断<br>1：FIFO 空状态下发生读取时置位 | 1 | 0x0 | RW |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | INT_FIFO_OFLOW | FIFO 向上溢出中断标志位。<br>0：未产生此中断<br>1：FIFO 满状态下发生写入时置位 | 1 | 0x0 | RW |
| | 0 | INT_FIFO_DEPTH_THRHD | FIFO 数据深度中断标志位。<br>0：未产生此中断<br>1：FIFO 内数据量达到 FIFO_DEPTH_THRHD 设置值时置位 | 1 | 0x0 | RW |
| 0x22 | 7 | FIFO_CONTWR_MODE | FIFO 循环写模式使能控制。<br>0：FIFO 写到 FIFO_SIZE[4：0]大小时停止写入<br>1：FIFO 以 FIFO_SIZE[4：0]大小循环写。 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 6 | INT_FIFO_UFLOW_EN | FIFO 向下溢出中断输出使能。<br>0：中断不输出<br>1：中断输出至 GPIO | 1 | 0x0 | R/W |
| | 5 | INT_FIFO_OFLOW_EN | FIFO 向上溢出中断输出使能。<br>0：中断不输出<br>1：中断输出至 GPIO | 1 | 0x0 | R/W |
| | [4：0] | FIFO_SIZE[4：0] | FIFO 空间，大小为 FIFO_SIZE+1，以字为单位。 | 5 | 0x1F | R/W |
| 0x23 | [4：0] | FIFO_DEPTH_THRHD[4：0] | FIFO 数据深度中断阈值，大小为 FIFO_DEPTH_THRHD+1，以字为单位。 | 5 | 0xF | R/W |
| 0x5E | [5：0] | FIFO_SAMPLE_CNT[5：0] | FIFO 采样个数指示，以字为单位。 | 6 | 0x0 | RO |
| 0x60 | [7：0] | FIFO_DATA_ADC[15：0] | ADC FIFO 数据。采用小端模式输出，连续读不会自加寄存器地址，而会依先进先出次序读出转换数据。 | 16 | 0x0 | RO |

## 11.9 幅值过阈值检测相关寄存器

表 15. 幅值溢出相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x0A | [7：0] | HIGHLEVEL_CFG0[7：0] | 配置 0 的数据上阈值设置[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x0B | [3：0] | HIGHLEVEL_CFG0[11：8] | 配置 0 的数据上阈值设置[11：8]。12 位无符号数 | 4 | 0x0 | R/W |
| 0x0E | [3：0] | HIGHLEVEL_COMP_CNT_CFG0[3：0] | 配置 0 的 ADC 连续过上阈值采样次数设置。 | 4 | 0x0 | R/W |
| 0x0F | 1 | INT_HIGHLEVEL_EN_CFG0 | 配置 0 的数据过上阈值中断使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x15 | [7：0] | HIGHLEVEL_CFG1[7：0] | 配置 1 的数据上阈值设置[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x16 | [3：0] | HIGHLEVEL_CFG1[11：8] | 配置 1 的数据上阈值设置[11：8]。12 位无符号数 | 4 | 0x0 | R/W |
| 0x19 | 4 | LEVEL_MODE_SEL_CFG1 | 配置 1 的检测按键动作。<br>0：检测按下（产生中断）<br>1：检测按下（产生中断）和松开（释放中断） | 1 | 0x0 | R/W |
| | [3：0] | HIGHLEVEL_COMP_CNT_CFG1[3：0] | 配置 1 的 ADC 连续过上阈值采样次数设置。 | 4 | 0x0 | R/W |
| 0x1A | 1 | INT_HIGHLEVEL_EN_CFG1 | 配置 1 的数据过上阈值中断使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| 0x21 | 3 | INT_HIGHLEVEL | 数据过上阈值中断标志位。<br>0：未产生此中断<br>1：ADC 幅值超过设置时置位 | 1 | 0x0 | RW |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x32 | 6 | LEVEL_DET_POL | 按压检测 ADC 数据的方向选择。<br>0：按压之后 ADC 数据向上增大<br>1：按压之后 ADC 数据向下减小 | 1 | 0x0 | R/W |

## 11.10 GPIO 配置寄存器

表 16. GPIO 配置寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x02 | 7 | IO_DS | GPIO 与通讯 IO 口驱动能力选择。<br>0：弱驱动<br>1：强驱动<br>具体驱动能力见电气特性表 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [6：4] | GPIO_OUT[2：0] | GPIO 输出源选择。<br>000：输出高电平<br>001：输出低电平<br>010：输出中断信号<br>011：输出 CLK_32kHz 时钟<br>100：输出 CLK_256kHz 时钟<br>101~111：输出高电平 | 3 | 0x0 | R/W |
| | 3 | GPIO_PE | GPIO 内部上拉使能控制。<br>0：不启用内部上拉<br>1：启用内部上拉 | 1 | 0x1 | R/W |
| | 2 | GPIO_POL | GPIO 输入输出极性选择。<br>0：默认极性<br>1：极性反向 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [1：0] | GPIO_CFG[1：0] | GPIO 模式配置。<br>00：GPIO 不使能<br>01：GPIO 配置为输入模式<br>10：GPIO 配置为输出模式（Push-Pull） | 2 | 0x0 | R/W |

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 11：GPIO 配置为输出模式（Open-Drain） | | | |

## 11.11 SDA 中断相关寄存器

表 17. SDA 中断相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x04 | 7 | SDA_INT_MODE | $I^2C$ 通讯中断模式使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | [5：4] | SDA_INT_TM_SEL[1：0] | $I^2C$ 中断模式时，SDA 总线响应中断之后到释放总线的间隔选择。<br>连续模式时：<br>00：1/4 采样率时长（默认值）<br>01：1/2 采样率时长<br>其它：1/8 采样率时长<br>时隙模式时：为 18 个 32K CLK 周期时长。 | 2 | 0x0 | R/W |

## 11.12 温度传感器相关寄存器

表 18. 温度传感器相关寄存器

| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x03 | 7 | TEMP_COMP_EN | 测温 ADC 温度补偿使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |
| | 2 | TEMP_DET_EN | 测温 ADC 测温使能控制。<br>0：不使能<br>1：使能 | 1 | 0x0 | R/W |

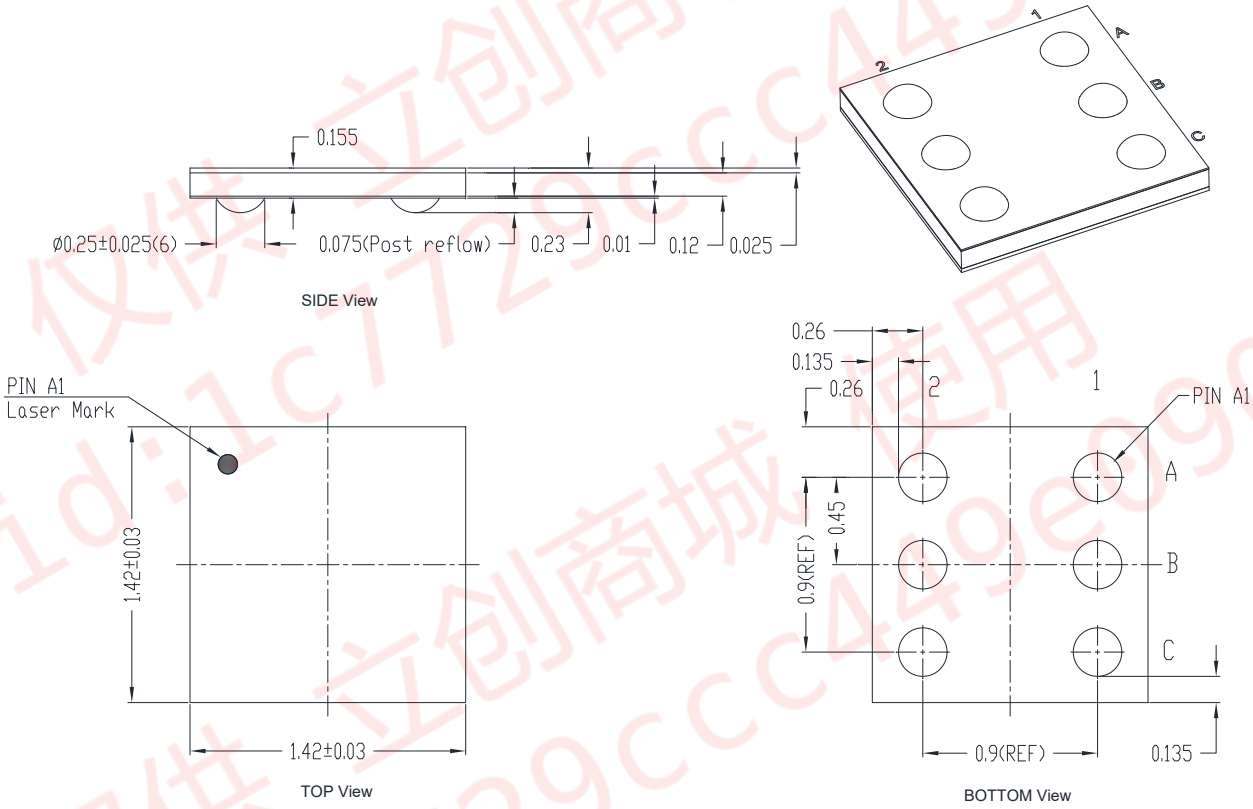
| 地址 | BIT 位 | 寄存器名称 | 描述 | 位宽 | 默认值 | 读写 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x05 | [7：6] | AUXCLKDIV_CFG0[1:0] | 配置 0 的测温 ADC 的时钟分频比（由高速时钟分频产生低速时钟时的分频比）。<br>00：32K CLK<br>01：32K CLK 的 2 分频<br>10：32K CLK 的 4 分频<br>11：32K CLK 的 8 分频 | 2 | 0x0 | R/W |
| 0x10 | [7：6] | AUXCLKDIV_CFG1[1:0] | 配置 1 的测温 ADC 的时钟分频比。（由高速时钟分频产生低速时钟时的分频比）。<br>00：32K CLK<br>01：32K CLK 的 2 分频<br>10：32K CLK 的 4 分频<br>11：32K CLK 的 8 分频 | 2 | 0x0 | R/W |
| 0x38 | [7：0] | TEMP_COEFF1[7：0] | 测温系数 1[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x39 | [7：0] | TEMP_COEFF1[15：8] | 测温系数 1[15：8]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x3A | [7：0] | TEMP_COEFF2[7：0] | 测温系数 2[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x3B | [7：0] | TEMP_COEFF2[15：8] | 测温系数 2[15：8]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x3C | [7：0] | TEMP_COEFF3[7：0] | 测温系数 3[7：0]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x3D | [7：0] | TEMP_COEFF3[15：8] | 测温系数 3[15：8]。 | 8 | 0x0 | R/W |
| 0x5A | [7：0] | DATA_TEMPADC[7：0] | 温度传感器数据寄存器[7：0]。 | 8 | 0x0 | RO |
| 0x5B | [7：0] | DATA_TEMPADC[15：8] | 温度传感器数据寄存器[15：8]。16 位有符号数 | 8 | 0x0 | RO |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

# 12 封装与包装信息

## 12.1 封装外形尺寸

WLCSP-6 封装，图中所有尺寸标注单位为毫米（millimeters）。

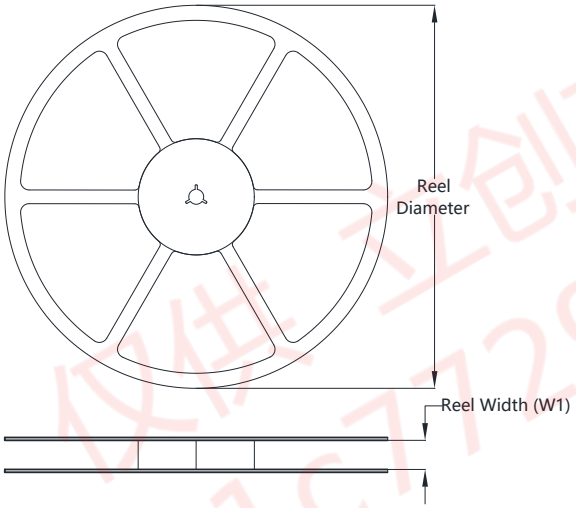



WLCSP-6

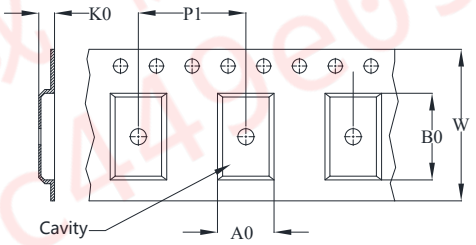
仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

## 12.2 包装材料信息

**REEL DIMENSIONS**

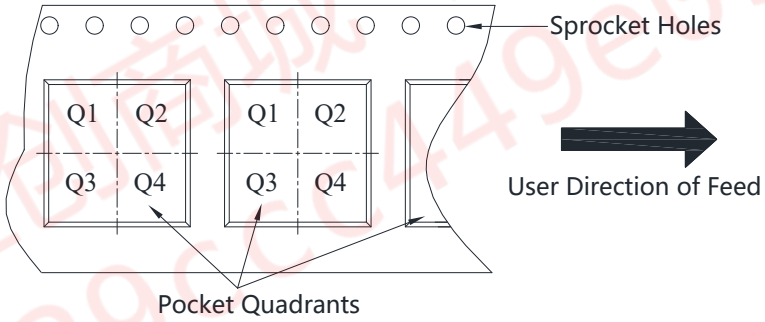



**TAPE DIMENSIONS**




| | |
|---|---|
| A0 | Dimension designed to accommodate the component width |
| B0 | Dimension designed to accommodate the component length |
| K0 | Dimension designed to accommodate the component thickness |
| W | Overall width of the carrier tape |
| P1 | Pitch between successive cavity centers |

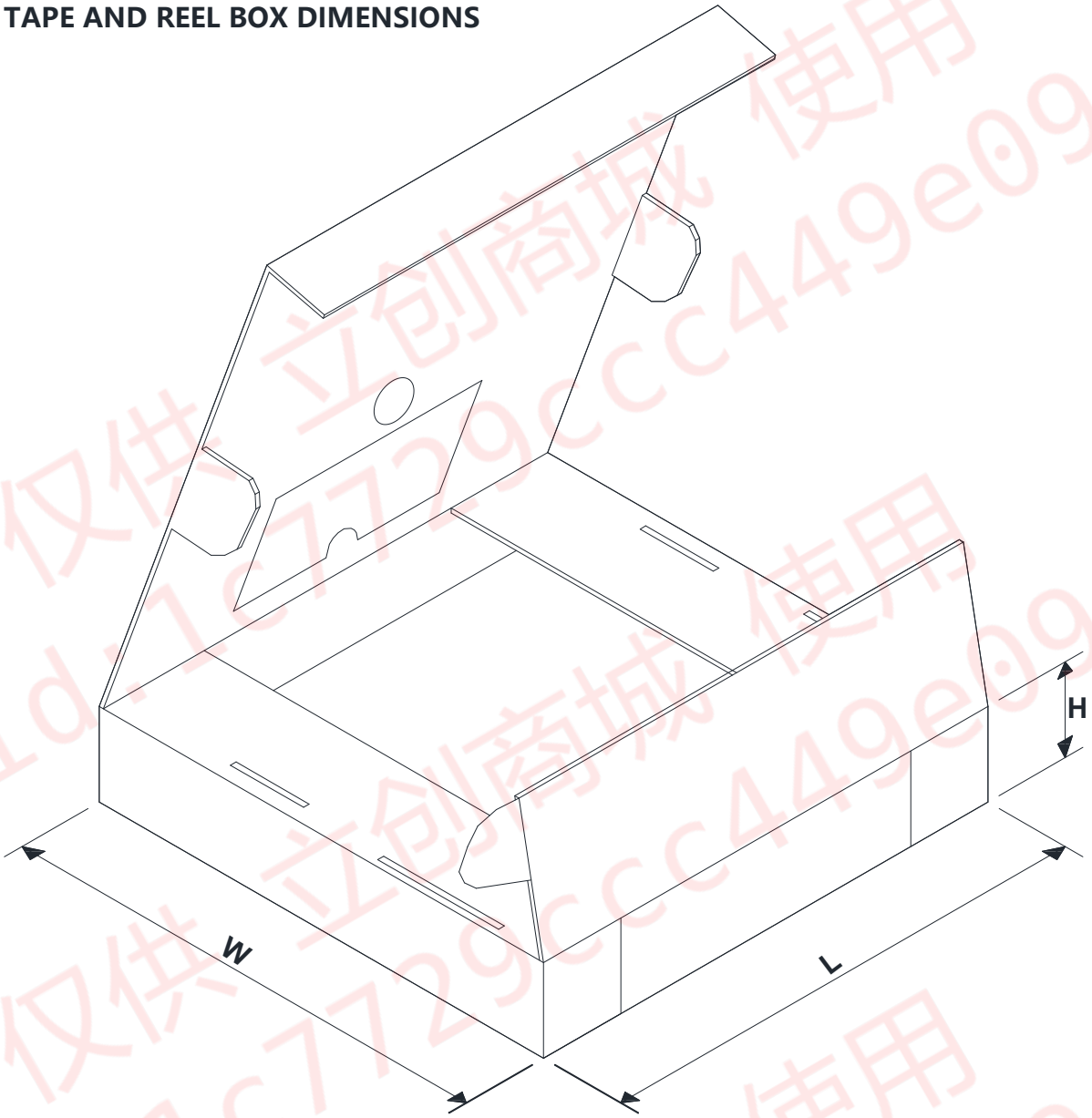
**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**




| 产品型号 | 封装类型 | 引脚总数 | 每卷芯片颗数 | 卷轴直径 (mm) | 卷轴宽度 W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | PIN1 象限 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ZSFS1001 | WLCSP-6 | 6 | 4000 | 178+1/-0 | 9.0+0.9/-0 | 1.57 | 1.57 | 0.35 | 4 | 8 | Q1 |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

## TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS




| 产品型号 | 封装类型 | 引脚总数 | 每卷芯片颗数 | 长 L (mm) | 宽 W (mm) | 高 H (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ZSFS1001 | WLCSP-6 | 6 | 4000 | 205 | 200 | 28 |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

## 13 型号列表

| 型号 | 封装 | 备注 |
|---|---|---|
| ZSFS1001A-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x30 |
| ZSFS1001B-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x31 |
| ZSFS1001C-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x32 |
| ZSFS1001D-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x33 |
| ZSFS1001E-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x34 |
| ZSFS1001F-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x35 |
| ZSFS1001G-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x36 |
| ZSFS1001H-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x37 |
| ZSFS1001J-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x38 |
| ZSFS1001K-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x39 |
| ZSFS1001L-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3A |
| ZSFS1001M-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3B |
| ZSFS1001N-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3C |
| ZSFS1001P-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3D |
| ZSFS1001Q-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3E |
| ZSFS1001R-WL | 6 引脚 WLCSP 封装 | $I^2C$ 地址为 0x3F |

仅供 立创商城 使用 id:1c772ccc449e090

## 联系方式

总部地址：北京市门头沟区莲石湖西路 98 号石龙阳光大厦 23 层

电话：010-60802986

深圳分公司/销售中心地址：深圳市南山区科技中二路软件园一期 1 栋 3 楼 302-7

业务联系邮箱：sales@zettasensing.com

## 修订历史记录

| 日期 | 版本 | 说明 |
|---|---|---|
| 2025 年 9 月 30 日 | 1.00 | 首次发布。 |
| 2025 年 10 月 22 日 | 1.01 | 更新封装信息。 |
| 2025 年 12 月 02 日 | 1.02 | 更新包装信息。 |
| 2026 年 1 月 05 日 | 1.03 | 更新 HPF 数据源选择。<br>更新温度传感器描述。<br>更新型号信息。 |

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090

# 法律声明

北京泽声科技有限公司（以下简称泽声科技）保留随时对产品规格及本文档进行修改而不另行通知的权力。用户购买泽声科技产品或基于泽声科技产品进行设计前，应与泽声科技联系以取得最新的信息。

本文档信息仅供用户参考，泽声科技不对包括但不限于信息的准确性、完整性、知识产权等做任何明示或暗示的保证。泽声科技不对因使用本文档信息所造成的任何损失担负赔偿责任。

在系统中使用、整合泽声科技产品的人员（以下简称开发人员）应理解并同意，开发人员应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性。开发人员的应用应符合所有适用的法律与行业规范。

除明确指出外，泽声科技不对产品达到或符合任何特定行业标准或安全标准做出暗示的保证，也不对产品未达到任何特定行业标准或安全标准而承担任何责任。如泽声科技宣称产品“有助于”、“适用于”特定行业标准或安全标准，意味着该产品设计上旨在帮助客户开发自己的符合相关特定行业标准或安全标准的产品，而不说明泽声科技的产品具有任何安全保证功能。开发人员必须确保其设计遵守适用于其应用的相关标准和安全要求。除非获得针对特定产品应用的授权，否则开发人员不可将泽声科技产品用于关乎性命的医疗设备（指出现故障会导致严重身体伤害或死亡的医疗设备）。

仅供 立创商城 使用 id:1c7729ccc449e090