



南京凌鸥创芯电子有限公司

# ***LKS32MC05x* 数据手册**

© 2020, 版权归凌鸥创芯所有  
机密文件，未经许可不得扩散

# 1 概述

## 1.1 功能简述

LKS32MC05x 是一款 32 位内核的面向电机控制应用的专用处理器，集成了常用电机控制系统所需要的所有模块。

- 性能

- 96MHz 32 位 Cortex-M0 内核
- 低功耗休眠模式
- 工业级工作温度范围
- 超强抗静电和群脉冲能力

- 存储器

- 32K Flash，带加密功能，带 128 位芯片唯一识别码
- 2.5K RAM

- 工作范围

- 2.2V~5.5V 电源供电，内部集成 1 个 LDO，为数字部分电路供电
- 工作温度: -40~105°C

- 时钟

- 内置 4MHz 高精度 RC 时钟，-40~105°C 范围内精度在±1%之内
- 内置低速 64KHz 低速时钟，供低功耗模式使用
- 内部 PLL 可提供最高 96MHz 时钟

- 外设模块

- 两路 UART
- 一路 SPI，支持主从模式
- 一路 IIC，支持主从模式
- 2 个通用 16 位 Timer，支持捕捉和边沿对齐 PWM 功能
- 2 个通用 32 位 Timer，支持捕捉和边沿对齐 PWM 功能；
- 电机控制专用 PWM 模块，支持 8 路 PWM 输出，独立死区控制
- Hall 信号专用接口，支持测速、去抖功能



- 硬件看门狗
- 最多 4 组 16bit GPIO。P0.0/P0.1/P1.0/P1.1 4 个 GPIO 可以作为系统的唤醒源。P0.15 ~ P0.0 共 16 个 GPIO 可以用作外部中断源输入

## ● 模拟模块

- 集成 1 路 12bit SAR ADC，2Msps 采样及转换速率，共 16 通道
- 集成 2 路运算放大器，可设置为差分 PGA 模式
- 集成两路比较器
- 集成 12bit DAC 数模转换器
- 内置 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度传感器
- 内置 1.2V 0.8%精度电压基准源
- 内置 1 路低功耗 LDO 和电源监测电路
- 集成高精度、低温漂高频 RC 时钟

## ● 封装：

表 1-1 LKS32MC05x 封装型号汇总表

| 型号             | 封装形式            |
|----------------|-----------------|
| LKS32MC051C6T8 | TQFP48          |
| LKS32MC052K6Q8 | QFN5*5 32L-0.75 |
| LKS32MC057M6S8 | SSOP24L         |

## 1.2 主要优势

- 高可靠性、高集成度、最终产品体积小、节约 BOM 成本。
- 内部集成 2 路高速运放和两路比较器，可满足单电阻/双电阻电流采样拓扑架构的不同需求；
- 内部高速运放集成高压保护电路，可以允许高电平共模信号直接输入芯片，可以用最简单的电路拓扑实现 MOSFET 电阻直接电流采样模式；
- 应用专利技术使 ADC 和高速运放达到最佳配合，可处理更宽的电流动态范围，同时兼顾高速小电流和低速大电流的采样精度；
- 整体控制电路简洁高效，抗干扰能力强，稳定可靠；
- 单电源 2.2V~5.5V 供电，确保了系统供电的通用性；
- 支持 IEC/UL60730 功能安全认证

适用于有感 BLDC/无感 BLDC/有感 FOC/无感 FOC 及步进电机、永磁同步、异步电机等控制系统；



### 1.3 命名规则

|                          |                                             | <b>LKS32</b> | <b>MC</b> | <b>051</b> | <b>C</b> | <b>6</b> | <b>T</b> | <b>8</b> | <b>XXX</b> |
|--------------------------|---------------------------------------------|--------------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|------------|
| <b>Device series</b>     |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| LKS32                    | = 32bit MCU                                 |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Product type</b>      |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| MC                       | = Motor Control Applications                |              |           |            |          |          |          |          |            |
| AT                       | = Automobile Applications                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Device sub family</b> |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 051/052/057              | = 2.2~5.5V, 1 ADC, 2 PGA                    |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 051D/054D                | = 2.2~5.5V, 1 ADC, 2 PGA, 6N driver         |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 054D0                    | = 2.2~5.5V, 1 ADC, 2 PGA, 6N Driver, 5V LDO |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 055D/055E/<br>057E/057F  | = 7.5~28V, 1 ADC, 2 PGA, 3P3N Driver        |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Pin count</b>         |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| L                        | = 16 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| H                        | = 20 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| M                        | = 24 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| K                        | = 32 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| F                        | = 40 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| C                        | = 48 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| N                        | = 52 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| R                        | = 64 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| V                        | =100 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| Z                        | =144 pins                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Code size</b>         |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 4                        | = 16Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 6                        | = 32Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 8                        | = 64Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| B                        | =128Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| C                        | =256Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| D                        | =384Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| E                        | =512Kbyte Flash Memory                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Package</b>           |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| P                        | = TSSOP                                     |              |           |            |          |          |          |          |            |
| T                        | = TQFP/LQFP                                 |              |           |            |          |          |          |          |            |
| Q                        | = QFN                                       |              |           |            |          |          |          |          |            |
| S                        | = SSOP                                      |              |           |            |          |          |          |          |            |
| H                        | = BGA                                       |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Temperature range</b> |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 6                        | = -40~85°                                   |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 8                        | = -40~105°                                  |              |           |            |          |          |          |          |            |
| 9                        | = -40~125°                                  |              |           |            |          |          |          |          |            |
| <b>Options</b>           |                                             |              |           |            |          |          |          |          |            |
| TR                       | = Tape and reel packing                     |              |           |            |          |          |          |          |            |
| P                        | = Engineering Samples                       |              |           |            |          |          |          |          |            |

图 1-1 LKS32MC05x 器件命名规则

1.4 系统资源

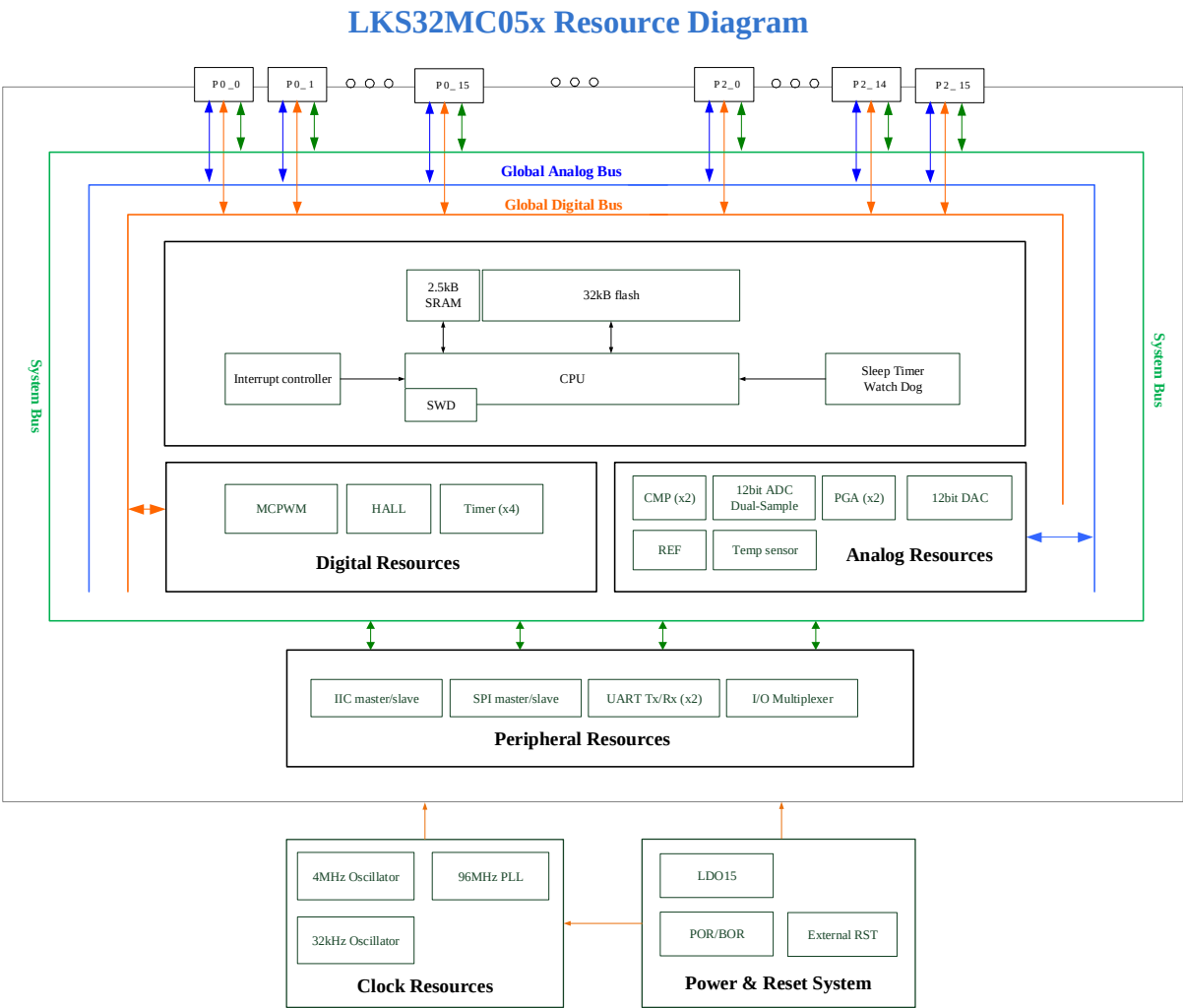


图 1-2 LKS32MC05x 系统框图

## 1.5 矢量正弦控制系统

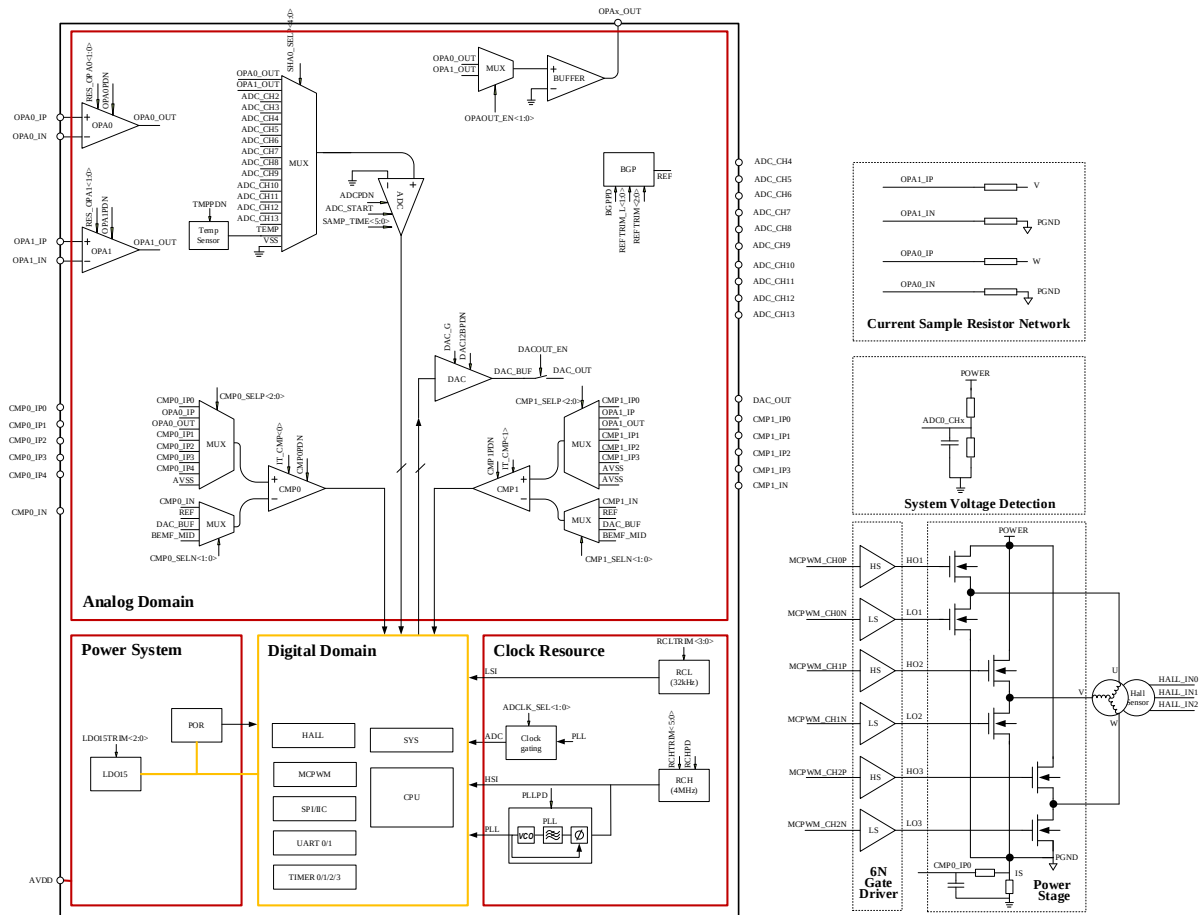


图 1-3 LKS32MC05x 矢量正弦控制系统简化原理图

## 2 器件选型表

表 2-1 LKS05x 系列器件选型表

|                  | 主频 (MHz) | Flash (kB) | RAM (kB) | ADC 通道数 | DAC     | 比较器 | 比较器通道数 | OPA | HALL | SPI | IIC | UART | CAN | Temp. Sensor | PLL | QEP | Gate driver | 预驱电流 (A)   | 预驱电源(V) | 栅浮耐压 (V) | 其他     | Package            |
|------------------|----------|------------|----------|---------|---------|-----|--------|-----|------|-----|-----|------|-----|--------------|-----|-----|-------------|------------|---------|----------|--------|--------------------|
| LKS32MC051C6T8   | 96       | 32         | 2.5      | 12      | 12BITx1 | 2   | 8      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     |             |            |         |          |        | TQFP48             |
| LKS32MC051DC6T8  | 96       | 32         | 2.5      | 11      | 12BITx1 | 2   | 8      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 6N          | +1.2/-1.5  | 4.5~20  | 200      |        | TQFP48             |
| LKS32MC052K6Q8   | 96       | 32         | 2.5      | 8       | 12BITx1 | 2   | 6      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     |             |            |         |          |        | QFN5*5<br>32L-0.75 |
| LKS32MC054DF6Q8  | 96       | 32         | 2.5      | 9       | 12BITx1 | 2   | 8      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 6N          | +1.2/-1.5  | 4.5~20  | 200      |        | QFN5*5<br>40L-0.75 |
| LKS32MC054DOF6Q8 | 96       | 32         | 2.5      | 9       | 12BITx1 | 2   | 8      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 6N          | +1.2/-1.5  | 4.5~20  | 200      | 5V LDO | QFN5*5<br>40L-0.75 |
| LKS32MC055DL6S8  | 96       | 32         | 2.5      | 3       | 12BITx1 | 2   | 4      | 1   | 1路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 3P3N        | +0.05/-0.3 | 7.5~28  |          | 5V LDO | SOP16L             |
| LKS32MC055EL6S8  | 96       | 32         | 2.5      | 4       | 12BITx1 | 2   | 6      | 1   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 3P3N        | +0.05/-0.3 | 7.5~28  |          | 5V LDO | SOP16L             |
| LKS32MC057M6S8   | 96       | 32         | 2.5      | 6       | 12BITx1 | 2   | 6      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     |             |            |         |          |        | SSOP24L            |
| LKS32MC057EM6S8  | 96       | 32         | 2.5      | 6       | 12BITx1 | 2   | 6      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 3P3N        | +0.05/-0.3 | 7.5~28  |          | 5V LDO | SSOP24L            |
| LKS32MC057FM6S8  | 96       | 32         | 2.5      | 6       | 12BITx1 | 2   | 6      | 2   | 3路   | 1   | 1   | 2    |     | Yes          | Yes |     | 3P3N        | +0.05/-0.3 | 7.5~28  |          | 5V LDO | SSOP24L            |



## 3 管脚分布

### 3.1 管脚分布图

#### 3.1.1 特别说明

下列引脚图中红色 PIN 脚内置上拉至 AVDD 的电阻：

RSTN 引脚内置 100kΩ 上拉电阻，固定开启上拉

SWDIO/SWCLK 内置 10kΩ 上拉电阻，固定开启上拉

其余红色 PIN 脚内置 10kΩ 上拉电阻，可软件控制开启关闭上拉

UARTx\_TX(RX): UART 的 TX 和 RX 支持互换。当 GPIO 第二功能选择为 UART，且 GPIO\_PIE 即输入使能时，可以作为 UART\_RX 使用；当 GPIO\_POE 使能时，可以作为 UART\_TX 使用。一般同一 GPIO 不同时使能输入和输出，否则输入 PDI 会接收到 PDO 发出的数据。

SPI\_DI(DO): SPI 的 DI 和 DO 支持互换，当 GPIO 第二功能选择为 SPI，且 GPIO\_PIE 即输入使能时，可以作为 SPI\_DI 使用；当 GPIO\_POE 即输出使能时，可以作为 SPI\_DO 使用。一般同一 GPIO 不同时使能输入和输出，否则输入 PDI 会接收到 PDO 发出的数据。

#### 3.1.2 LKS32MC051C6T8



图 3-1 LKS32MC051C6T8 管脚分布图



注意：由于 LKS32MC051C6T8 内部设置，当采样 ADC\_CH8 和 ADC\_CH9 时实际采样的信号分别为 OPA2 和 OPA3 的输出，如果需要使用 ADC\_CH8/9，需要软件关闭 OPA 复用。

3.1.3 LKS32MC052K6Q8

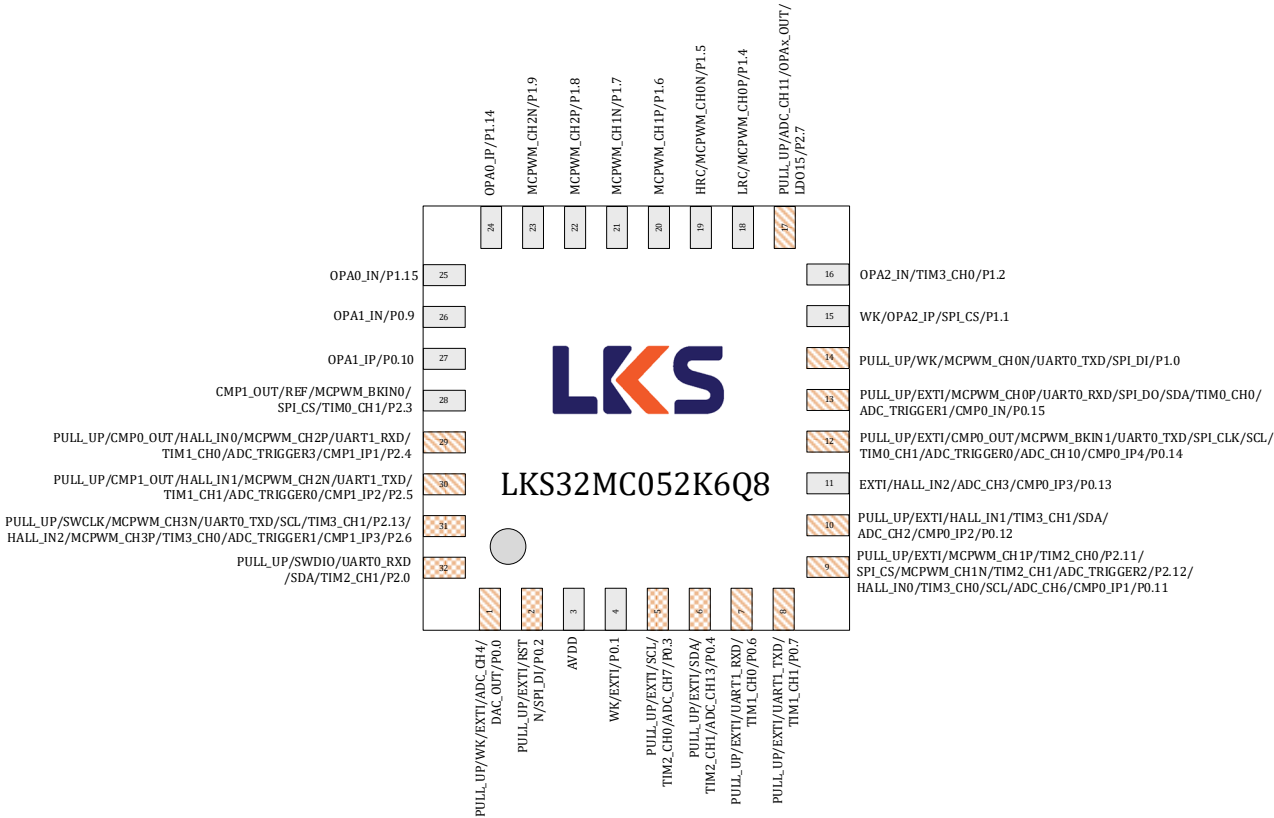


图 3-2 LKS32MC052K6Q8 管脚分布图

### 3.1.4 LKS32MC057M6S8

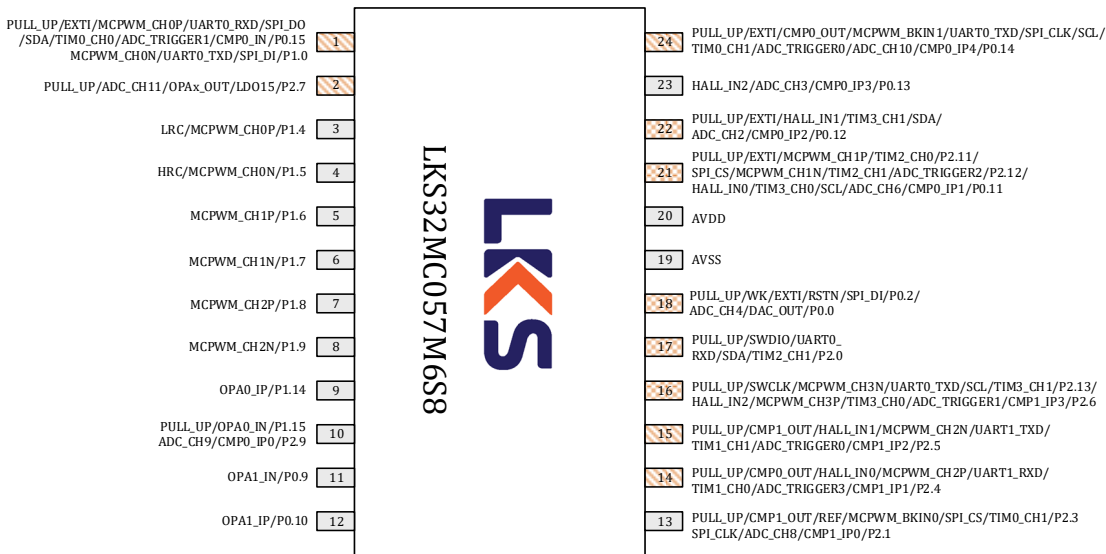


图 3-3 LKS32MC057M6S8 管脚分布图

### 3.2 管脚说明

表 3-1 LKS32MC05x 管脚说明

| 编号 | 芯片引脚号 |     |     | 名称                                      | 类型  | 功能说明                                                                                                                                                       |
|----|-------|-----|-----|-----------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 051   | 052 | 057 |                                         |     |                                                                                                                                                            |
| 1  | 1     | 1   | 18  | PULL_UP/WK/EXTI/ADC_CH4/DAC_OUT/P0.0    | IO  | 上拉/唤醒/外部中断/ADC 通道 4/DAC 输出/P0.0, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                                                         |
| 2  | 2     | 2   | 18  | PULL_UP/EXTI/RSTN/SPI_DI(D0)/P0.2       | IO  | 上拉/外部中断/RSTN/SPI 输入/P0.2, 默认作为 RSTN 使用, 外部接一个 10nF~100nF 的电容到地即可, 内部已有 100k 上拉电阻。建议 PCB 上在 RSTN 和 AVDD 之间放一个 10k~20k 的上拉电阻, 外部有上拉电阻的情况, RSTN 的电容固定为 100nF。 |
| 3  | 3     | 0   | 19  | AVSS                                    | GND | 系统地                                                                                                                                                        |
| 4  | 4     | 3   | 20  | AVDD                                    | PWR | 芯片电源输入, 电压范围 2.2~5.5V。片外去耦电容建议≥1uF, 并尽量靠近 AVDD 引脚                                                                                                          |
| 5  | 5     | 4   |     | WK/EXTI/P0.1                            | IO  | 唤醒/外部中断/通用 IO 口 P0.1                                                                                                                                       |
| 6  | 6     | 5   |     | PULL_UP/EXTI/SCL/TIM2_CH0/ADC_CH7/P0.3  | IO  | 上拉/外部中断/IIC 时钟/Timer2 通道 0/ADC 通道 7/P0.3, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                                                |
| 7  | 7     | 6   |     | PULL_UP/EXTI/SDA/TIM2_CH1/ADC_CH13/P0.4 | IO  | 上拉/外部中断/IIC 数据/Timer2 通道 1/ADC 通道 13/P0.4, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                                               |
| 8  | 8     |     |     | PULL_UP/EXTI/ADC_CH12/P0.5              | IO  | 上拉/外部中断/ADC 通道 12/P0.5, 内置可软件开启的 10k                                                                                                                       |

| 编号 | 芯片引脚号 |     |     | 名称                                                                                                    | 类型 | 功能说明                                                                                                                               |
|----|-------|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 051   | 052 | 057 |                                                                                                       |    |                                                                                                                                    |
|    |       |     |     | 5                                                                                                     |    | 上拉电阻                                                                                                                               |
| 9  | 9     | 7   |     | PULL_UP/EXTI/UART1_TX(RX)/TIM1_CH0/P0.6                                                               | IO | 上拉/外部中断/UART1_TX(RX)/Timer1 通道 0/P0.6, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                           |
| 10 | 10    | 8   |     | PULL_UP/EXTI/UART1_TX(RX)/TIM1_CH1/P0.7                                                               | IO | 上拉/外部中断/UART1_TX(RX)/Timer1 通道 1/P0.7, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                           |
| 11 | 11    | 9   | 21  | EXTI/MCPWM_CH1P/TIM2_CH0/P2.11                                                                        | IO | 外部中断/电机 PWM 通道 1 高边/Timer2 通道 0/P2.11                                                                                              |
| 12 | 12    | 9   | 21  | SPI_CS/MCPWM_CH1N/TIM2_CH1/ADC_TRIG2/P2.12                                                            | IO | SPI CS 信号/电机 PWM 通道 1 低边/Timer2 通道 1/ADC 触发信号 2/P2.12                                                                              |
| 13 | 13    | 9   | 21  | PULL_UP/EXTI/HALL_IN0/TIM3_CH0/ADC_CH6/CMP0_IP1/SC_L/P0.11                                            | IO | 上拉/外部中断/Hall 传感器 A 相输入/Timer3 通道 0/ADC 通道 6/比较器 0 正端输入通道 1/IIC 时钟/P0.11, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                         |
| 14 | 14    | 10  | 22  | PULL_UP/EXTI/HALL_IN1/TIM3_CH1/ADC_CH2/CMP0_IP2/SDA/P0.12                                             | IO | 上拉/外部中断/Hall 传感器 B 相输入/Timer3 通道 1/ADC 通道 2/比较器 0 正端输入通道 2/IIC 数据/P0.12, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                         |
| 15 | 15    | 11  | 23  | EXTI/HALL_IN2/ADC_CH3/CMP0_IP3/P0.13                                                                  | IO | 外部中断/Hall 传感器 C 相输入/ADC 通道 3/比较器 0 正端输入通道 3/P0.13                                                                                  |
| 16 | 16    | 12  | 24  | PULL_UP/EXTI/CMP0_OUT/MCPWM_BKIN1/UART0_TX(RX)/SPI_CLK/SCL/TIM0_CH1/ADC_TRIG0/ADC_CH10/CMP0_IP4/P0.14 | IO | 上拉/外部中断/比较器 0 输出/电机 PWM 终止信号 1/UART0_TX(RX)/SPI 时钟/IIC 时钟/Timer0 通道 1/ADC 触发信号 0/ADC 通道 10/比较器 0 正端输入通道 4/P0.14, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻 |
| 17 | 17    | 13  | 1   | PULL_UP/EXTI/MCPWM_CH0P/UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/SDA/TIM0_CH0/ADC_TRIG1/CMP0_IN/P0.15                  | IO | 上拉/外部中断/电机 PWM 通道 0 高边/UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/IIC 数据/Timer0 通道 0/ADC 触发信号 1/比较器 1 负端输入/P0.15, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                   |
| 18 | 18    | 14  | 1   | PULL_UP/WK/MCPWM_CH0N/UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/P1.0                                                    | IO | 上拉/唤醒/电机 PWM 通道 0 低边/UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/P1.0, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                               |
| 19 | 19    |     |     | PULL_UP/TIM3_CH1/ADC_CH5/P1.3                                                                         | IO | 上拉/Timer3 通道 1/ADC 通道 5/P1.3, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                                    |
| 20 | 20    | 15  |     | WK/OPA2_IP/SPI_CS/P1.1                                                                                | IO | 唤醒/运放 2 正端输入/SPI_CS 信号/P1.1                                                                                                        |
| 21 | 21    | 16  |     | OPA2_IN/TIM3_CH0/P1.2                                                                                 | IO | 运放 2 负端输入/Timer3 通道 0/P1.2                                                                                                         |
| 22 | 22    | 17  | 2   | PULL_UP/ADC_CH11/OPAx_OUT/LDO15/P2.7                                                                  | IO | 上拉/ADC 通道 11/OPAx 输出/LDO15 输出/P2.7, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                              |
| 23 | 23    |     |     | OPA3_IP/SPI_DI(DO)/SCL/P2.14                                                                          | IO | 运放 3 正端输入/SPI_DI(DO)信号/IIC 时钟/P2.14                                                                                                |
| 24 | 24    |     |     | PULL_UP/OPA3_IN/SPI_CS/SDA/P2.15                                                                      | IO | 上拉/运放 3 负端输入/SPI_CS 信号/IIC 数据/P2.15, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                             |

| 编号 | 芯片引脚号 |     |     | 名称                                                                                 | 类型 | 功能说明                                                                                                                 |
|----|-------|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 051   | 052 | 057 |                                                                                    |    |                                                                                                                      |
| 25 | 25    |     |     | UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/TIM2_CH0/ P2.8                                             | IO | UART0_TX(RX)/ SPI_DI(DO)信号/Timer2 通道 0/ P2.8                                                                         |
| 26 | 26    |     |     | SPI_CLK/TIM0_CH0/ P1.13                                                            | IO | SPI_CLK 信号/Timer0 通道 0/ P1.13                                                                                        |
| 27 | 27    | 18  | 3   | LRC/MCPWM_CH0P/P1.4                                                                | IO | 64KHz RC 时钟输出/电机 PWM 通道 0 高边/P1.4                                                                                    |
| 28 | 28    | 19  | 4   | HRC/MCPWM_CH0N/P1.5                                                                | IO | 4MHz RC 时钟输出/电机 PWM 通道 0 低边/P1.5                                                                                     |
| 29 | 29    | 20  | 5   | MCPWM_CH1P/P1.6                                                                    | IO | 电机 PWM 通道 1 高边/P1.6                                                                                                  |
| 30 | 30    | 21  | 6   | MCPWM_CH1N/P1.7                                                                    | IO | 电机 PWM 通道 1 低边/P1.7                                                                                                  |
| 31 | 31    | 22  | 7   | MCPWM_CH2P/P1.8                                                                    | IO | 电机 PWM 通道 2 高边/P1.8                                                                                                  |
| 32 | 32    | 23  | 8   | MCPWM_CH2N/P1.9                                                                    | IO | 电机 PWM 通道 2 低边/P1.9                                                                                                  |
| 33 | 33    |     |     | MCPWM_CH3P/UART0_TX(RX)/SCL/TIM0_CH0/ADC_TRIG2/P1.10                               | IO | 电机 PWM 通道 3 高边/UART0_TX(RX)/IIC 时钟/Timer0 通道 0/ADC 触发信号 2/P1.10                                                      |
| 34 | 34    |     |     | PULL_UP/MCPWM_CH3N/UART0_TX(RX)/SDA/TIM0_CH1/ADC_TRIG3/SIF/P1.11                   | IO | 上拉/电机 PWM 通道 3 低边/UART0_TX(RX)/IIC 数据/Timer0 通道 1/ADC 触发信号 3/P1.11, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                |
| 35 | 35    | 24  | 9   | OPA0_IP/P1.14                                                                      | IO | 运放 0 正端输入/P1.14                                                                                                      |
| 36 | 36    | 25  | 10  | OPA0_IN/P1.15                                                                      | IO | 运放 0 负端输入/P1.15                                                                                                      |
| 37 | 37    |     | 10  | PULL_UP/SPI_DI(DO)/SCL/ADC_CH9/CMP0_IP0/P2.9                                       | IO | 上拉/SPI_DI(DO)/IIC 时钟/ADC 通道 9/比较器 0 正端输入通道 0/P2.9, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻, 在 051 中, 由于内部设置, ADC 采样通道 9 时实际采样的 OPA2 输出     |
| 38 | 38    |     |     | PULL_UP/SPI_DI(DO)/SDA/P2.10                                                       | IO | 上拉/SPI_DI(DO)/IIC 数据/P2.10, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                        |
| 39 | 39    | 26  | 11  | OPA1_IN/P0.9                                                                       | IO | 运放 1 负端输入/P0.9                                                                                                       |
| 40 | 40    | 27  | 12  | OPA1_IP/P0.10                                                                      | IO | 运放 1 正端输入/P0.10                                                                                                      |
| 41 | 41    |     | 13  | PULL_UP/SPI_CLK/ADC_CH8/CMP1_IP0/P2.1                                              | IO | 上拉/SPI 时钟/ADC 通道 8/比较器 1 正端输入通道 0/P2.1, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻, 在 051 中, 由于内部设置, ADC 采样通道 9 时实际采样的 OPA2 输出                |
| 42 | 42    |     |     | CMP1_IN/P2.2                                                                       | IO | 比较器 1 负端输入/P2.2                                                                                                      |
| 43 | 43    | 28  | 13  | CMP1_OUT/REF/MCPWM_BKIN0/SPI_CS/TIM0_CH1 /P2.3                                     | IO | 比较器 1 输出/电压参考信号/电机 PWM 终止信号 0/SPI 片选信号/ P2.3                                                                         |
| 44 | 44    | 29  | 14  | PULL_UP/CMP0_OUT/HALL_IN0/MCPWM_CH2P/UART1_TX(RX)/TIM1_CH0/ADC_TRIG3/CMP1_IP1/P2.4 | IO | 上拉/比较器 0 输出/Hall 传感器 A 相输入/电机 PWM 通道 2 高边/UART1_TX(RX)/Timer1 通道 0/ADC 触发信号 3/比较器 1 正端输入通道 1/P2.4, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻 |
| 45 | 45    | 30  | 15  | PULL_UP/CMP1_OUT/HALL_IN1/MCPWM_CH2N/UART1_TX(R                                    | IO | 上拉/比较器 1 输出/Hall 传感器 B 相输入/电机 PWM 通道 2 低边/UART1_TX(RX)/Timer1 通道 1/ADC 触发信号 0/比较器                                    |

| 编号 | 芯片引脚号 |     |     | 名称                                                                   | 类型 | 功能说明                                                                                                  |
|----|-------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 051   | 052 | 057 |                                                                      |    |                                                                                                       |
|    |       |     |     | X)/TIM1_CH1/ADC_TRIG0/CM<br>P1_IP2/P2.5                              |    | 1 正端输入通道 2/P2.5，内置可软件开启的 10k 上拉电阻                                                                     |
| 46 | 46    | 31  | 16  | PULL_UP/HALL_IN2/MCPWM_<br>CH3P/TIM3_CH0/ADC_TRIG1/<br>CMP1_IP3/P2.6 | IO | 上拉/Hall 传感器 C 相输入/电机 PWM 通道 3 高边 /Timer3<br>通道 0/ADC 触发信号 1/比较器 1 正端输入通道 3/P2.6，内<br>置可软件开启的 10k 上拉电阻 |
| 47 | 47    | 31  | 16  | PULL_UP/SWCLK/MCPWM_CH<br>3N/UART0_TX(RX)/SCL/TIM3_<br>CH1/P2.13     | I  | 上拉/SWD 时钟/电机 PWM 通道 3 低边/UART0_TX(RX)/IIC<br>时钟/Timer3 通道 1/P2.13，内置固定上拉的 10k 电阻                      |
| 48 | 48    | 32  | 17  | PULL_UP/SWDIO/UART0_TX(R<br>X)/SDA/TIM2_CH1/P2.0                     | IO | 上拉/SWD 数据/UART0_TX(RX)/IIC 数据/Timer2 通道<br>1/P2.0，内置固定上拉的 10k 电阻                                      |

表 3-2 LKS32MC05x 引脚功能选择

| Port  | AF1      | AF2      | AF3         | AF4          | AF5        | AF6 | AF7      | AF8      | AF9       | AF0               | GPIO            |
|-------|----------|----------|-------------|--------------|------------|-----|----------|----------|-----------|-------------------|-----------------|
| P0.0  |          |          |             |              |            |     |          |          |           | ADC_CH4, DAC_OUT  | PULL_UP/WK/EXTI |
| P0.1  |          |          |             |              |            |     |          |          |           |                   | WK/EXTI         |
| P0.2  |          |          |             |              | SPI_DI(DO) |     |          |          |           |                   | PULL_UP/EXTI    |
| P0.3  |          |          |             |              |            | SCL |          | TIM2_CH0 |           | ADC_CH7           | PULL_UP/EXTI    |
| P0.4  |          |          |             |              |            | SDA |          | TIM2_CH1 |           | ADC_CH13          | PULL_UP/EXTI    |
| P0.5  |          |          |             |              |            |     |          |          |           | ADC_CH12          | PULL_UP/EXTI    |
| P0.6  |          |          |             | UART1_TX(RX) |            |     | TIM1_CH0 |          |           |                   | PULL_UP/EXTI    |
| P0.7  |          |          |             | UART1_TX(RX) |            |     | TIM1_CH1 |          |           |                   | PULL_UP/EXTI    |
| P0.8  |          |          |             |              |            |     |          |          |           |                   | EXTI            |
| P0.9  |          |          |             |              |            |     |          |          |           | OPA1_IP           |                 |
| P0.10 |          |          |             |              |            |     |          |          |           | OPA1_IN           |                 |
| P0.11 |          | HALL_IN0 |             |              |            | SCL |          | TIM3_CH0 |           | ADC_CH6/CMP0_IP1  | PULL_UP/EXTI    |
| P0.12 |          | HALL_IN1 |             |              |            | SDA |          | TIM3_CH1 |           | ADC_CH2/CMP0_IP2  | PULL_UP/EXTI    |
| P0.13 |          | HALL_IN2 |             |              |            |     |          |          |           | ADC_CH3/CMP0_IP3  | EXTI            |
| P0.14 | CMP0_OUT |          | MCPWM_BKIN1 | UART0_TX(RX) | SPI_CLK    | SCL | TIM0_CH1 |          | ADC_TRIG0 | ADC_CH10/CMP0_IP4 | PULL_UP/EXTI    |
| P0.15 |          |          | MCPWM_CH0P  | UART0_TX(RX) | SPI_DI(DO) | SDA | TIM0_CH0 |          | ADC_TRIG1 | CMP0_IN           | PULL_UP/EXTI    |

| Port  | AF1 | AF2 | AF3        | AF4          | AF5        | AF6 | AF7      | AF8      | AF9       | AF0     | GPIO       |
|-------|-----|-----|------------|--------------|------------|-----|----------|----------|-----------|---------|------------|
| P1.0  |     |     | MCPWM_CH0N | UART0_TX(RX) | SPI_DI(DO) |     |          |          |           |         | PULL_UP/WK |
| P1.1  |     |     |            |              | SPI_CS     |     |          |          |           | OPA2_IP | WK         |
| P1.2  |     |     |            |              |            |     |          | TIM3_CH0 |           | OPA2_IN |            |
| P1.3  |     |     |            |              |            |     |          | TIM3_CH1 |           | ADC_CH5 |            |
| P1.4  | LRC |     | MCPWM_CH0P |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.5  | HRC |     | MCPWM_CH0N |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.6  |     |     | MCPWM_CH1P |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.7  |     |     | MCPWM_CH1N |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.8  |     |     | MCPWM_CH2P |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.9  |     |     | MCPWM_CH2N |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.10 |     |     | MCPWM_CH3P | UART0_TX(RX) |            | SCL | TIM0_CH0 |          | ADC_TRIG2 |         |            |
| P1.11 |     |     | MCPWM_CH3N | UART0_TX(RX) |            | SDA | TIM0_CH1 |          | ADC_TRIG3 |         | PULL_UP    |
| P1.12 |     |     |            |              |            |     |          |          |           |         |            |
| P1.13 |     |     |            |              | SPI_CLK    |     | TIM0_CH0 |          |           |         |            |
| P1.14 |     |     |            |              |            |     |          |          |           | OPA0_IP |            |
| P1.15 |     |     |            |              |            |     |          |          |           | OPA0_IN |            |



| Port  | AF1      | AF2      | AF3         | AF4          | AF5        | AF6 | AF7      | AF8      | AF9       | AF0                                  | GPIO    |
|-------|----------|----------|-------------|--------------|------------|-----|----------|----------|-----------|--------------------------------------|---------|
| P2.0  |          |          |             | UART0_TX(RX) |            | SDA |          | TIM2_CH1 |           |                                      | PULL_UP |
| P2.1  |          |          |             |              | SPI_CLK    |     |          |          |           | ADC_CH8/CMP1_IP0                     | PULL_UP |
| P2.2  |          |          |             |              |            |     |          |          |           | CMP1_IN                              |         |
| P2.3  | CMP1_OUT |          | MCPWM_BKIN0 |              | SPI_CS     |     | TIM0_CH1 |          |           | REF                                  |         |
| P2.4  | CMP0_OUT | HALL_IN0 | MCPWM_CH2P  | UART1_TX(RX) |            |     | TIM1_CH0 |          | ADC_TRIG3 | CMP1_IP1                             | PULL_UP |
| P2.5  | CMP1_OUT | HALL_IN1 | MCPWM_CH2N  | UART1_TX(RX) |            |     | TIM1_CH1 |          | ADC_TRIG0 | CMP1_IP2                             | PULL_UP |
| P2.6  |          | HALL_IN2 | MCPWM_CH3P  |              |            |     |          | TIM3_CH0 | ADC_TRIG1 | CMP1_IP3                             | PULL_UP |
| P2.7  |          |          |             |              |            |     |          |          |           | ADC_CH11/OPA <sub>x</sub> _OUT/LDO15 | PULL_UP |
| P2.8  |          |          |             | UART0_TX(RX) | SPI_DI(DO) |     |          | TIM2_CH0 |           |                                      |         |
| P2.9  |          |          |             |              | SPI_DI(DO) | SCL |          |          |           | ADC_CH9/CMP0_IP0                     | PULL_UP |
| P2.10 |          |          |             |              | SPI_DI(DO) | SDA |          |          |           |                                      | PULL_UP |
| P2.11 |          |          | MCPWM_CH1P  |              |            |     |          | TIM2_CH0 |           |                                      | EXTI    |
| P2.12 |          |          | MCPWM_CH1N  |              | SPI_CS     |     |          | TIM2_CH1 | ADC_TRIG2 |                                      |         |
| P2.13 |          |          | MCPWM_CH3N  | UART0_TX(RX) |            | SCL |          | TIM3_CH1 |           |                                      | PULL_UP |
| P2.14 |          |          |             |              | SPI_DI(DO) | SCL |          |          |           | OPA3_IP                              |         |
| P2.15 |          |          |             |              | SPI_CS     | SDA |          |          |           | OPA3_IN                              | PULL_UP |

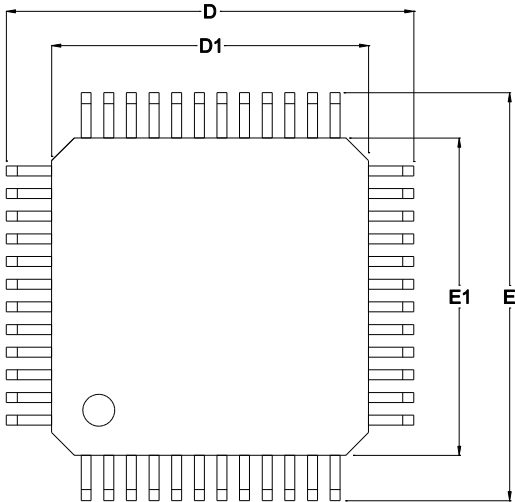




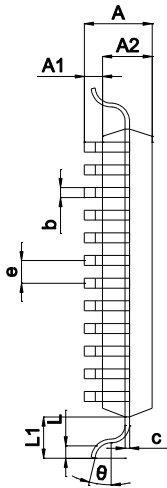
4 封装尺寸

4.1 LKS32MC051C6T8

TQFP48 Profile Quad Flat Package:



TOP VIEW



SIDE VIEW

图 4-1 LKS32MC051C6T8 封装图示

表 4-1 LKS32MC051C6T8 封装尺寸

| SYMBOL | MILLIMETER |      |      |
|--------|------------|------|------|
|        | MIN        | NOM  | MAX  |
| A      | -          | -    | 1.20 |
| A1     | 0.05       | -    | 0.15 |
| A2     | 0.95       | 1.00 | 1.05 |
| b      | 0.18       | 0.22 | 0.26 |
| c      | 0.13       | -    | 0.17 |
| D      | 8.80       | 9.00 | 9.20 |
| D1     | 6.90       | 7.00 | 7.10 |
| E      | 8.80       | 9.00 | 9.20 |
| E1     | 6.90       | 7.00 | 7.10 |
| e      | -          | 0.50 | -    |
| θ      | 0°         | 3.5° | 7°   |
| L      | 0.45       | 0.60 | 0.75 |
| L1     | -          | 1.00 | -    |

4.2 LKS32MC052K6Q8

QFN5\*5 32L—0.75:

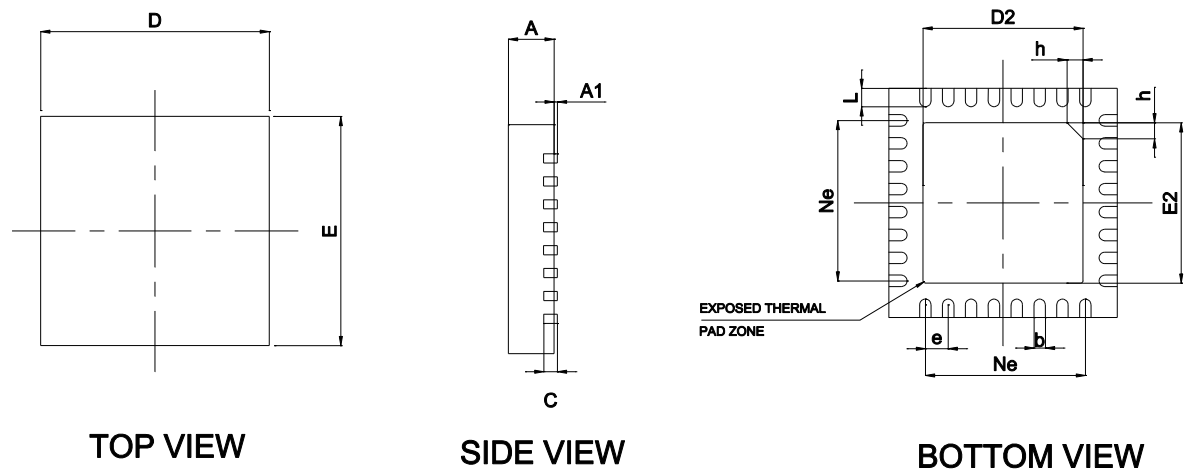


图 4-2 LKS32MC052K6Q8 封装图示

表 4-2 LKS32MC052K6Q8 封装尺寸

| SYMBOL | MILLIMETER |      |      |
|--------|------------|------|------|
|        | MIN        | NOM  | MAX  |
| A      | 0.70       | 0.75 | 0.80 |
| A1     | -          | 0.02 | 0.05 |
| b      | 0.18       | 0.25 | 0.30 |
| c      | 0.18       | 0.20 | 0.24 |
| 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 |

4.3 LKS32MC057M6S8

SSOP24L:

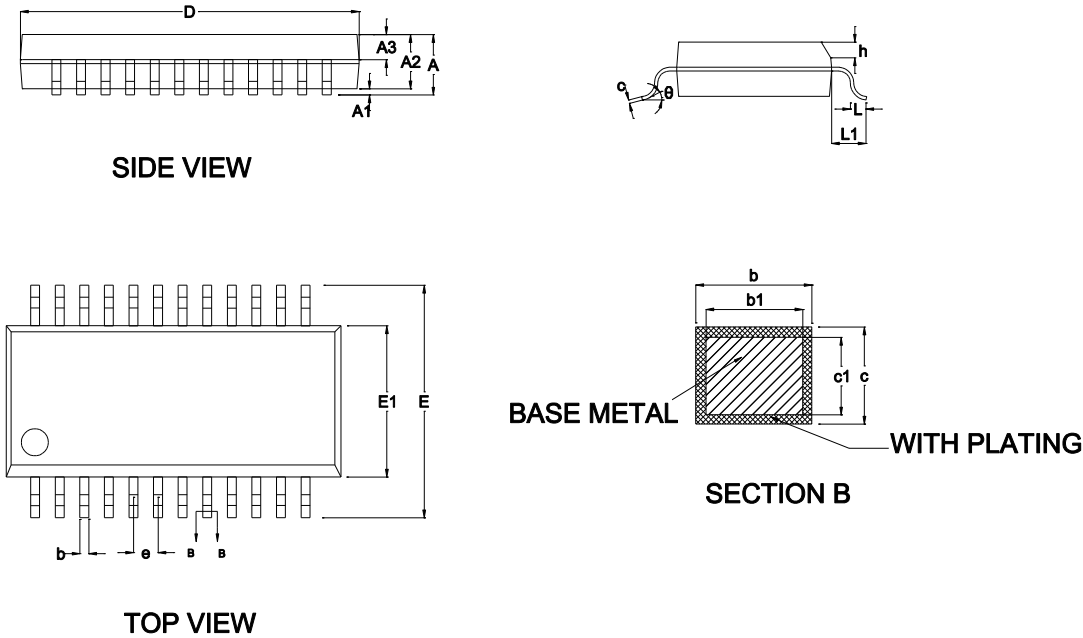


图 4-3 LKS32MC057M6S8 封装图示

表 4-3 LKS32MC057M6S8 封装尺寸

| SYMBOL | MILLIMETER |      |      |
|--------|------------|------|------|
|        | MIN        | NOM  | MAX  |
| A      | -          | -    | 1.75 |
| A1     | 0.10       | 0.15 | 0.25 |
| A2     | 1.30       | 1.40 | 1.50 |
| A3     | 0.60       | 0.65 | 0.70 |
| b      | 0.23       | -    | 0.31 |
| b1     | 0.22       | 0.25 | 0.28 |
| c      | 0.20       | -    | 0.24 |
| c1     | 0.19       | 0.20 | 0.21 |
| D      | 8.55       | 8.65 | 8.75 |
| E      | 5.80       | 6.00 | 6.20 |
| E1     | 3.80       | 3.90 | 4.00 |
| e      | 0.635BSC   |      |      |
| h      | 0.30       | -    | 0.50 |
| L      | 0.50       | -    | 0.80 |
| L1     | 1.05REF    |      |      |
| θ      | 0          | -    | 8°   |

## 5 电气性能参数

表 5-1 LKS32MC05x 电气极限参数

| 参数         | 最小   | 最大   | 单位 | 说明       |
|------------|------|------|----|----------|
| 电源电压(AVDD) | -0.3 | +6.0 | V  | 相对于地     |
| 工作温度       | -40  | +105 | °C |          |
| 存储温度       | -40  | +150 | °C |          |
| 结温         | -    | 125  | °C |          |
| 引脚温度       | -    | 260  | °C | 焊接, 10 秒 |

表 5-2 LKS32MC05x 建议工况参数

| 参数                         | 最小  | 典型 | 最大  | 单位 | 说明   |
|----------------------------|-----|----|-----|----|------|
| 电源电压(AVDD)                 | 2.2 | 5  | 5.5 | V  | 相对于地 |
| 模拟工作电压(AVDD <sub>A</sub> ) | 2.8 | 5  | 5.5 | V  |      |

运算放大器可以在 2.2V 下工作, 但输出幅度受限。

表 5-3 LKS32MC05x ESD 性能参数

| 项目          | 最小    | 最大   | 单位 |
|-------------|-------|------|----|
| ESD测试 (HBM) | -6000 | 6000 | V  |

根据《MIL-STD-883J Method 3015.9》，在 25℃，55%相对湿度环境下，在被测芯片的所有 IO 引脚施加进行静电放电 3 次, 每次间隔 1s。测试结果显示芯片抗静电放电等级达到 Class 3A  $\geq 4000V$ ,  $< 8000V$ 。

表 5-4 LKS32MC05x Latch-up 性能参数

| 项目               | 最小   | 最大  | 单位 |
|------------------|------|-----|----|
| Latch-up电流 (85℃) | -200 | 200 | mA |

根据《JEDEC STANDARD NO.78E NOVEMBER 2016》，对所有电源 IO 施加过压 8V，在每个信号 IO 上注入 200mA 电流。测试结果显示芯片抗栓锁等级为 200mA。

表 5-5 LKS32MC05x IO 极限参数

| 参数                   | 描述           | 最小    | 最大   | 单位 |
|----------------------|--------------|-------|------|----|
| V <sub>IN</sub>      | GPIO信号输入电压范围 | -0.3  | 6.0  | V  |
| I <sub>INL_PAD</sub> | 单个GPIO最大注入电流 | -11.2 | 11.2 | mA |
| I <sub>INL_SUM</sub> | 所有GPIO最大注入电流 | -50   | 50   | mA |

表 5-6 LKS32MC05x IO DC 参数

| 参数              | 描述        | AVDD | 条件 | 最小   | 最大       | 单位 |
|-----------------|-----------|------|----|------|----------|----|
| V <sub>IH</sub> | 数字IO输入高电压 | 5V   | -  | 3.04 |          | V  |
|                 |           | 3.3V |    | 2.04 |          |    |
| V <sub>IL</sub> | 数字IO输入低电压 | 5V   | -  |      | 0.3*AVDD | V  |
|                 |           | 3.3V |    |      | 0.8      |    |



|                     |                |      |                  |          |     |    |
|---------------------|----------------|------|------------------|----------|-----|----|
| V <sub>HYS</sub>    | 施密特迟滞范围        | 5V   | -                | 0.1*AVDD |     | V  |
|                     |                | 3.3V |                  |          |     |    |
| I <sub>IH</sub>     | 数字IO输入高电压，电流消耗 | 5V   | -                |          | 1   | uA |
|                     |                | 3.3V |                  |          |     |    |
| I <sub>IL</sub>     | 数字IO输入低电压，电流消耗 | 5V   | -                | -1       |     | uA |
|                     |                | 3.3V |                  |          |     |    |
| V <sub>OH</sub>     | 数字IO输出高电压      |      | 最大驱动电流<br>11.2mA | AVDD-0.8 |     | V  |
| V <sub>OL</sub>     | 数字IO输出低电压      |      | 最大驱动电流<br>11.2mA |          | 0.5 | V  |
| R <sub>pup</sub>    | 上拉电阻大小*        |      |                  | 8        | 12  | kΩ |
| R <sub>io-ana</sub> | IO与内部模拟电路间连接电阻 |      |                  | 100      | 200 | Ω  |
| C <sub>IN</sub>     | 数字IO输入电容       | 5V   | -                |          | 10  | pF |
|                     |                | 3.3V |                  |          |     |    |

\*仅部分 IO 内置上拉，详见引脚说明章节

表 5-7 LKS32MC05x 电路模块电流消耗 IDD

| 模块                     | 最小 | 典型    | 最大 | 单位 |
|------------------------|----|-------|----|----|
| 模拟比较器CMP(1个)           |    | 0.005 |    | mA |
| 运算放大器OPA(1个)           |    | 0.400 |    | mA |
| 模数转换器ADC               |    | 1.510 |    | mA |
| 数模转换器DAC               |    | 0.710 |    | mA |
| 温度传感器Temp Sensor       |    | 0.150 |    | mA |
| 带隙基准BGP                |    | 0.154 |    | mA |
| 4MHz RC时钟              |    | 0.105 |    | mA |
| 锁相环PLL                 |    | 0.080 |    | mA |
| CPU+flash+SRAM (96MHz) |    | 6.867 |    | mA |
| CPU+flash+SRAM (12MHz) |    | 1.300 |    | mA |
| CRC                    |    | 0.070 |    | mA |
| UART                   |    | 0.107 |    | mA |
| MCPWM                  |    | 0.053 |    | mA |
| TIMER                  |    | 0.269 |    | mA |
| SPI                    |    | 0.500 |    | mA |
| IIC                    |    | 0.500 |    | mA |
| 休眠                     | 10 | 30    | 50 | uA |

以上测试如无特别标注，均为室温 25°5V 供电，使用 96MHz 时钟工作情况下的测试，由于制造工艺存在器件模型偏差，不同芯片的电流消耗会存在个体差异。

## 6 模拟性能参数

表 6-1 LKS32MC05x 模拟性能参数

| 参数                                                                                                                                | 最小             | 典型   | 最大             | 单位     | 说明                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|----------------|--------|---------------------|
| 芯片                                                                                                                                |                |      |                |        |                     |
| 工作电源                                                                                                                              | 2.2            | 5    | 5.5            | V      |                     |
| ADC                                                                                                                               |                |      |                |        |                     |
| 工作电源                                                                                                                              | 2.8            | 5    | 5.5            | V      |                     |
| 输出码率                                                                                                                              |                | 3    |                | MHz    | $f_{adc}/16$        |
| 差分输入信号范围                                                                                                                          | -2.4<br>+0.048 |      | +2.4<br>-0.048 | V      | Gain=1 时;REF=2.4V   |
|                                                                                                                                   | -3.6<br>+0.072 |      | +3.6<br>-0.072 | V      | Gain=2/3 时;REF=2.4V |
| 单端输入信号范围                                                                                                                          | -0.3           |      | AVDD+0<br>.3   | V      | 受限于 IO 口输入电压限制      |
| 差分信号通常为芯片内部 OPA 输出至 ADC 的信号;单端信号通常为外部通过 IO 输入的被采样信号:无论使用内部/外部基准,ADC 测量信号幅度均不应超过满量程的 $\pm 98\%$ , 特别地, 当使用外部基准时, 建议采样信号不超过量程的 90%。 |                |      |                |        |                     |
| 直流失调 (offset)                                                                                                                     |                | 5    | 10             | mV     | 可校正                 |
| 有效位数(ENOB)                                                                                                                        | 10.5           | 11   |                | bit    |                     |
| INL                                                                                                                               |                | 2    | 3              | LSB    |                     |
| DNL                                                                                                                               |                | 1    | 2              | LSB    |                     |
| SNR                                                                                                                               | 63             | 66   |                | dB     |                     |
| 输入电阻                                                                                                                              | 500k           |      |                | Ohm    |                     |
| 输入电容                                                                                                                              |                | 10pF |                | F      |                     |
| 基准电压(REF)                                                                                                                         |                |      |                |        |                     |
| 工作电源                                                                                                                              | 2.2            | 5    | 5.5            | V      |                     |
| 输出偏差                                                                                                                              | -9             |      | 9              | mV     |                     |
| 电源抑制比                                                                                                                             |                | 70   |                | dB     |                     |
| 温度系数                                                                                                                              |                | 20   |                | ppm/°C |                     |
| 输出电压                                                                                                                              |                | 1.2  |                | V      |                     |
| DAC12                                                                                                                             |                |      |                |        |                     |
| 工作电源                                                                                                                              | 2.2            | 5    | 5.5            | V      |                     |
| 负载电阻                                                                                                                              | 50k            |      |                | Ohm    |                     |
| 负载电容                                                                                                                              |                |      | 50p            | F      |                     |
| 输出电压范围                                                                                                                            | 0.05           |      | AVDD-0.<br>1   | V      |                     |
| 转换速度                                                                                                                              |                |      | 1M             | Hz     |                     |
| DNL                                                                                                                               |                | 1    | 2              | LSB    |                     |
| INL                                                                                                                               |                | 2    | 4              | LSB    |                     |

| 参数              | 最小   | 典型    | 最大           | 单位   | 说明                                                                                                                     |
|-----------------|------|-------|--------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OFFSET          |      | 5     | 10           | mV   |                                                                                                                        |
| SNR             | 57   | 60    | 66           | dB   |                                                                                                                        |
| 运放 (OPA)        |      |       |              |      |                                                                                                                        |
| 工作电源            | 3.1  | 5     | 5.5          | V    |                                                                                                                        |
| 带宽              |      | 10M   | 20M          | Hz   |                                                                                                                        |
| 负载电阻            | 20k  |       |              | Ohm  |                                                                                                                        |
| 负载电容            |      |       | 5p           | F    |                                                                                                                        |
| 输入共模范围          | 0    |       | AVDD         | V    |                                                                                                                        |
| 输出信号范围          | 0.1  |       | AVDD<br>-0.1 | V    | 最小负载电阻下                                                                                                                |
| OFFSET          |      | 10    | 15           | mV   | 此 OFFSET 为 OPA 差分输入短接时，测量 OPA_OUT 偏离 0 电平，得到的等效差分输入端偏差。<br><br>OPA 输出端偏差为 OPA 放大倍数 x OFFSET                            |
| 共模电平(Vcm)       | 1.65 | 1.9   | 2.2          | V    | 测量条件：常温。<br>运放摆幅=2 × min(AVDD- Vcm, Vcm)。建议使用 OPA 单端输出的应用上电后进行 Vcm 测量并进行软件减除校正。更多分析请参考官网应用笔记《ANN009-运放差分 and 单端工作模式区别》 |
| 共模抑制 (CMRR)     |      | 80    |              | dB   |                                                                                                                        |
| 电源抑制 (PSRR)     |      | 80    |              | dB   |                                                                                                                        |
| 负载电流            |      |       | 500          | uA   |                                                                                                                        |
| 摆率(Slew rate)   |      | 5     |              | V/us |                                                                                                                        |
| 相位裕度            |      | 60    |              | 度    |                                                                                                                        |
| 比较器 (CMP)       |      |       |              |      |                                                                                                                        |
| 工作电源            | 2.2  | 5     | 5.5          | V    |                                                                                                                        |
| 输入信号范围          | 0    |       | AVDD         | V    |                                                                                                                        |
| OFFSET          |      | -19.2 |              | mV   | 0mV 回差, CMP 输出低到高翻转                                                                                                    |
|                 |      | -22.4 |              | mV   | 0mV 回差, CMP 输出高到低翻转                                                                                                    |
|                 |      | -18.4 |              | mV   | 20mV 回差, CMP 输出低到高翻转                                                                                                   |
|                 |      | 8.1   |              | mV   | 20mV 回差, CMP 输出高到低翻转                                                                                                   |
| 传输延时            |      | 0.15u |              | S    | 默认功耗                                                                                                                   |
|                 |      | 0.6u  |              | S    | 低功耗                                                                                                                    |
| 回差 (Hysteresis) |      | 10    |              | mV   | HYS='0'                                                                                                                |
|                 |      | 0     |              | mV   | HYS='1'                                                                                                                |

模拟寄存器表说明：

地址 0x40000040~0x40000050 是各个模块的校正寄存器，这些寄存器在出厂之前都会填上各



自的校正值。一般情况下用户不要去配置或改变这些值。如果需要对模拟参数进行微调，需要读取原校正值，并以此为基础进行微调。

地址 **0x40000020~0x4000003c** 是开放给用户的寄存器，其中空白部分的寄存器必须全部配置为 **0**（芯片上电后会被复位为 **0**）。其他寄存器根据应用场合需要进行配置。



## 7 电源管理系统

电源管理系统由 LDO15 模块、电源检测模块（PVD）、上电/掉电复位模块（POR）组成。

该芯片由 2.2~5.5V 单电源供电，以节省芯片外的电源成本。芯片内部集成一路 LDO15 给内部所有数字电路、PLL 模块供电。

LDO 上电后自动开启，无需软件配置，但 LDO 输出电压可通过软件实现微调。

LDO15 的输出电压可通过设置寄存器 LDO15TRIM<2:0>来调节，具体寄存器所对应值见模拟寄存器表说明。LDO15 在芯片出厂前已经过校正，一般情况下，用户不需要额外配置这些寄存器。如需微调 LDO 的输出电压，需要读取原配置值，在此基础上微调量对应的配置值填入寄存器。

POR 模块监测 LDO15 的电压，在 LDO15 电压低于 1.1V 时（例如上电之初，或者掉电之时），为数字电路提供复位信号以避免数字电路工作产生异常。

## 8 时钟系统

时钟系统包括内部 64KHz RC 时钟、内部 4MHz RC 时钟、PLL 电路组成。

64K RC 时钟作为 MCU 系统慢时钟使用,作为诸如滤波模块或者低功耗状态下的 MCU 时钟使用。

4MHz RC 时钟作为 MCU 主时钟使用,配合 PLL 可提供最高到 96MHz 的时钟。

64K 和 4M RC 时钟均带有出厂校正, 64K RC 时钟在 -40~105°C 范围内的精度为  $\pm 50\%$ , 4M RC 时钟在该温度范围的精度为  $\pm 1\%$ 。

4M RC 时钟通过设置 RCHPD = '0' 打开 (默认打开, 设 '1' 关闭), RC 时钟需要 Bandgap 电压基准源模块提供基准电压和电流, 因此开启 RC 时钟需要先开启 BGP 模块。芯片上电的默认状态下, 4M RC 时钟和 BGP 模块都是开启的。64K RC 时钟是始终开启的, 不能关闭。

PLL 对 4M RC 时钟进行倍频, 以提供给 MCU、ADC 等模块更高速的时钟。MCU 和 PWM 模块的最高时钟为 96MHz, ADC 模块典型工作时钟为 48MHz, 通过寄存器 ADCLKSEL<1:0> 可设置为不同的 ADC 工作频率。

PLL 通过设置 PLLPDN = '1' 打开 (默认关闭, 设 1 打开), 开启 PLL 模块之前, 同样也需要开启 BGP(Bandgap) 模块。开启 PLL 之后, PLL 需要 6us 的稳定时间来输出稳定时钟。芯片上电的默认状态下, RCH 时钟和 BGP 模块都是开启的, 但 PLL 默认是关闭的, 需要软件来开启。

## 9 基准电压源

该基准源为 ADC、DAC、RC 时钟、PLL、温度传感器、运算放大器、比较器和 FLASH 提供基准电压和电流，使用上述任何一个模块之前，都需要开启 BGP 基准电压源。

芯片上电的默认状态下，BGP 模块是开启的。基准源通过设置 BGPPD = '0' 打开，从关闭到开启，BGP 需要约 2us 达到稳定。BGP 输出电压约 1.2V，精度为±0.8%

基准源可通过设置 REF\_AD\_EN='1'，将基准电压送至 IO P2.3 进行测量。

## 10 ADC 模块

芯片内部集成 1 路 SAR 结构 ADC，芯片上电的默认状态下，ADC 模块是关闭的。ADC 开启前，需要先开启 BGP 和 4M RC 时钟和 PLL 模块，并选择 ADC 工作频率。默认配置下 ADC 工作时钟是 48M，对应 3MHz 的转换数据率。

ADC 完成一次转换至少需要 16 个 ADC 时钟周期，其中 12 个为转换周期，4 个为采样周期。即  $f_{conv} = f_{adc} / 16$ 。在 ADC 时钟设为 48M 时，转换速率是 3MHz。采样周期可通过配置 SYS\_AFE\_REG7 里的 SAMP\_TIME 寄存器进行设置，要求设置为 6（含）以上，即 10 个 ADC clk 以上的采样时间。推荐值为 8，对应 ADC 的输出数据率 2MHz。

ADC 在降频应用时，可通过寄存器 CURRIT<1:0>降低 ADC 的功耗水平。

ADC 可工作在如下模式：单次单通道触发、连续单通道、单次 1~16 通道扫描、连续 1~16 通道扫描。每路 ADC 都有 16 组独立寄存器对应每一个通道。

ADC 触发事件可以来自外部的定时器信号 T0、T1、T2、T3 发生到预设次数，或者为软件触发。

ADC 带有两种增益模式，通过 GAIN\_SHAx 进行设置，对应 1 倍和 2/3 倍增益。1 倍增益对应±2.4V 的输入信号，2/3 倍增益对应±3.6V 的输入信号幅度。在测量运放的输出信号时，根据运放可能输出的最大信号来选择具体的 ADC 增益。

## 11 运算放大器

两路输入输出 rail-to-rail 运算放大器，内置反馈电阻  $R2/R1$ ，外部引脚需串联一个电阻  $R0$ 。反馈电阻  $R2:R1$  的阻值可通过寄存器 `RES_OPA0<1:0>` 设置，以实现不同的放大倍数。具体寄存器所对应值见模拟寄存器表说明。

最终的放大倍数为  $R2/(R1+R0)$ ，其中  $R0$  是外部电阻的阻值，

对于 MOS 管电阻直接采样的应用，建议接  $>20k\Omega$  的外部电阻，以减小 MOS 管关断时，往芯片引脚里流入的电流。

对于小电阻采样的应用，建议接  $100\Omega$  的外部电阻。

放大器可通过设置 `OPAOUT_EN<1:0>` 选择将 2 路放大器中的某一路输出信号通过 `BUFFER` 送至 `P2.7 IO` 口进行测量和应用。因为有 `BUFFER` 存在，在运放正常工作模式下也可以选择送一路运放输出信号出来。

芯片上电的默认状态下，放大器模块是关闭的。放大器可通过设置 `OPAxPDN = '1'` 打开，开启放大器之前，需要先开启 `BGP` 模块。

运放输入正负端内置钳位二极管，电机相线通过一匹配电阻后直接接入输入端，从而简化了 MOSFET 电流采样的外置电路。

## 12 比较器

内置 2 路比较器，比较器比较速度可编程、迟滞电压可编程、信号源可编程。

比较器的比较延时为 0.15us，还可通过寄存器 CMP\_FT 设置为小于 30ns。迟滞电压通过 CMP\_HYS 设置为 20mV/0mV。

比较器正负两个输入端的信号来源都可通过寄存器 CMP\_SELP<2:0>和 CMP\_SELN<1:0>编程，详见寄存器模拟说明。

芯片上电的默认状态下，比较器模块是关闭的。比较器通过设置 CMPxPDN = '1' 打开，开启比较器之前，需要先开启 BGP 模块。

## 13 温度传感器

芯片内置精度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度传感器。芯片出厂前会经温度校正，校正值保存在 **flash info** 区。

芯片上电的默认状态下，温度传感器模块是关闭的。开启传感器之前，需要先开启 **BGP** 模块。

温度传感器通过设置 **TMPPDN=1** 打开，开启到稳定需要约 **2us**，因此需在 **ADC** 测量传感器之前 **2us** 打开。

## 14 DAC 模块

芯片内置一路 12bit DAC，输出信号的最大量程可通过寄存器 DAC\_G 设置为 1.2V/4.8V。

12bit DAC 可通过配置寄存器 DACOUT\_EN=1，将 DAC 输出送至 IO 口 P0.0，可驱动 $>50\text{k}\Omega$  的负载电阻和 50pF 的负载电容。

DAC 最大输出码率为 1MHz。

芯片上电的默认状态下，DAC 模块是关闭的。DAC 可通过设置 DAC12BPDN =1 打开，开启 DAC 模块之前，需要先开启 BGP 模块。



## 15 处理器核心

- 32 位 Cortex-M0 + CORDIC/SQRT 协处理器
- 2 线 SWD 调试管脚
- 最高工作频率 96MHz

## 16 存储资源

### 16.1 Flash

- 内置 flash 包括 32kB 主存储区，1kB NVR 信息存储区
- 可反复擦除写入不低于 2 万次
- 室温 25℃ 数据保持长达 100 年
- 单字节编程时间最长 7.5us，Sector 擦除时间最长 5ms
- Sector 大小 512 字节，可按 Sector 擦除写入，支持运行时编程
- Flash 数据防窃取（最后一个 word 须写入非 0xFFFFFFFF 的任意值）

### 16.2 SRAM

- 内置 2.5kB SRAM

## 17 电机驱动专用 MCPWM

- MCPWM 最高工作时钟频率 96MHz
- 支持最大 4 通道相位可调的互补 PWM 输出
- 每个通道死区宽度可独立配置
- 支持边沿对齐 PWM 模式
- 支持软件控制 IO 模式
- 支持 IO 极性控制功能
- 内部短路保护，避免因配置错误导致短路
- 外部短路保护，根据对外部信号的监控快速关断
- 内部产生 ADC 采样中断
- 采用加载寄存器预存定时器配置参数
- 可配置加载寄存器加载时刻和周期

## 18 Timer

- 4 路通用定时器，2 路 16bit 定时器，2 路 32bit 定时器
- 4 路支持捕获模式，用于测量外部信号宽度
- 4 路支持比较模式，用于产生边沿对齐 PWM/定时中断

## 19 Hall 传感器接口

- 内置最大 1024 级滤波
- 三路 Hall 信号输入
- 24 位计数器，提供溢出和捕获中断

## 20 通用外设

- 两路 UART，全双工工作，支持 7/8 位数据位、1/2 停止位、奇/偶/无校验模式，带 1 字节发送缓存、1 字节接收缓存，支持 Multi-drop Slave/Master 模式，波特率支持 300~115200
- 一路 SPI，支持主从模式
- 一路 IIC，支持主从模式
- 硬件看门狗，使用 RC 时钟驱动，独立于系统高速时钟，写入保护，复位时间范围 0.064~32s，以 0.064s 为最小步长连续可配置

## 21 特殊 IO 复用

### LKS05x 特殊 IO 复用注意事项

SWD 协议包含两根信号线：SWCLK 和 SWDIO。前者是时钟信号，对于芯片而言，是输入状态且不会改变输入状态。后者是数据信号，对于芯片而言，在数据传输过程中会在输入状态和输出状态间切换，默认是输入状态。

LKS05x 可实现 SWD 的两个 IO 复用为其它 IO 的功能，SWCLK 复用的 IO 是 P2.13，SWDIO 复用的 IO 是 P2.0。注意事项如下：

- 默认状态是不开启复用，需要软件向 SYS\_RST\_CFG[6]写 1 开启复用。即芯片硬复位结束后，初始状态是 SWD 用途，SWD 的两个 IO 在芯片内部有上拉（芯片内部上拉电阻约为 10K），在 IO 用作 SWD 功能时，上拉默认开启且无法关闭。当 IO 用作 GPIO 时，上拉可以通过 GPIO2\_PUE[13] 和 GPIO2\_PUE[0]来控制。芯片上电复位 30ms 内后 P2.0 和 P2.13 固定为 SWD 功能，软件可以向 SYS\_RST\_CFG[6]写 1，但 IO 功能切换需要等待 30ms 后才生效。30ms 使用 LRC 计数，由于工艺原因存在一定偏差。
- 开启复用后，KEIL 等工具无法直接访问芯片，即 Debug 和擦除下载功能均失效。若需要重新下载程序，有两个方案。
  - 其一，建议使用凌鸥专用离线下载器擦除。软件开启复用的时间，建议保留一定余量，例如 100ms 左右，保证离线下载器能擦除，防止死锁。余量的多少是保证离线下载器擦除的成功率。余量越大，一次性擦除成功的概率越大。
  - 其二，程序内部有退出机制，例如某个其它 IO 电平发生变化（一般为输入），表明外界需要用 SWDIO，软件重新配置，解除复用。此时，可以恢复 KEIL 的功能。

在 SSOP24L、QFN5\*5 40L-0.75 和 SOP16L 的封装中，SWDIO 可能和 P0.0、SWCLK 可能和 P2.6 直接 bonding 在一起。P2.6 和 SWCLK bonding 在一起的情况，一般建议将 SWCLK 复用为 P2.13，以防止 SWCLK 一直处于输入状态，在 P2.6 信号变化时造成 SWCLK 误动作。

SWCLK 复用的注意事项如下：

- 默认状态是不开启复用，需要软件开启复用。即芯片硬复位结束后，初始状态是 SWCLK 用途，SWDCLK 在芯片内部有上拉（芯片内部上拉电阻约为 10K），应用对初始电平有要求的，需注意。
- 开启复用后，KEIL 等工具无法直接访问芯片，即 Debug 和擦除下载功能均失效。若需要重新下载程序，有两个方案。
  - 其一，建议使用凌鸥专用离线下载器擦除。软件开启复用的时间，建议保留一定余量，例如 100ms 左右，保证离线下载器能擦除，防止死锁。余量的多少是保证离线下载器擦除的成功率。余量越大，一次性擦除成功的概率越大。
  - 其二，程序内部有退出机制，例如某个其它 IO 电平发生变化（一般为输入），表明外界需要用 SWCLK，软件重新配置，解除复用。此时，可以恢复 KEIL 的功能。
- 若 SWCLK 启用，有信号变化的时候，SWDIO 能保持为 0 电平（类似时分复用）；若 SWDIO 不能保证为 0，建议 SWDCLK 在运行过程中，翻转次数不超过 50 次（例如从 0 翻转到 1，然后又从 1 翻转到 0，算一次）或者每 50 次翻转期间内（次数可以更少，例如 40 次）保证一次在 SWCLK 从 0 变成 1 的时候，SWDIO 是 0 电平。



若此时，仅复用了 SWCLK，没有复用 SWDIO，注意事项同上。

RSTN 信号，默认是用于 LKS05x 芯片的外部复位脚。

LKS05x 可实现 RSTN 复用为其它 IO 的功能，复用的 IO 是 P0.2。注意事项如下：

- 默认状态是不开启复用，需要软件向 SYS\_RST\_CFG[5]写入 1 将 RSTN 复用为普通 GPIO。即芯片初始状态是 RSTN 用途，RSTN 在芯片内部有上拉（芯片内部上拉电阻约为 100K），应用对初始电平有要求的，需注意。
- 默认状态是 RSTN，只有 RSTN 正常释放后才能开始程序的执行，应用需要保证 RSTN 有足够保护，例如外围电路带上拉，若能加电容更佳。
- 开启复用后，RSTN 用途失效，若需产生芯片硬复位，源头只能是掉电/看门狗。
- RSTN 的复用，不影响 KEIL 的使用。



## 22 订购包装信息

包装类型分为 Tray 包装和 Reel 包装两种，具体包装中的芯片个数由封装形式与包装类型确定，不再以芯片型号区分。

Tray 包装信息如下表

| 封装形式               | 每盘/管数量 | 内盒数量     | 外箱数量           |
|--------------------|--------|----------|----------------|
| SOP16/ESOP16L      | 3000/盘 | 6000PCS  | 48000PCS       |
| SSOP24             | 4000/盘 | 8000PCS  | 64000PCS       |
| SSOP24             | 50/管   | 10000PCS | 4000/100000PCS |
| QFN 8*8            | 260/盘  | 2600PCS  | 15600PCS       |
| QFN 4*4/5*5/6*6    | 490/盘  | 4900PCS  | 29400PCS       |
| QFN 3*3            | 5000/盘 | 5000PCS  | 40000PCS       |
| LQFP48/TQFP48 0707 | 250/盘  | 2500PCS  | 15000PCS       |
| LQFP64 1010        | 160/盘  | 1600PCS  | 9600PCS        |
| LQFP100 1414       | 90/盘   | 900PCS   | 5400PCS        |
| TSSOP20/28         | 4000/盘 | 8000PCS  | 64000PCS       |

Reel 包装信息如下表

| 包装类别    |              | 每盘/管数量 | 每盒数量  | 每箱盒数 | 外箱数量   |
|---------|--------------|--------|-------|------|--------|
| 编带-13 寸 | SOP/ESOP8    | 4000   | 8000  | 8    | 64000  |
| 编带-13 寸 | SOP/ESOP16   | 3000   | 6000  | 8    | 48000  |
| 编带-13 寸 | SSOP24       | 4000   | 8000  | 8    | 64000  |
| 编带-13 寸 | TSSOP20      | 4000   | 8000  | 8    | 64000  |
| 编带-13 寸 | D/QFN3*3     | 5000   | 10000 | 8    | 80000  |
| 编带-13 寸 | D/QFN4*4     | 5000   | 10000 | 8    | 80000  |
| 编带-13 寸 | D/QFN5*5     | 5000   | 10000 | 8    | 80000  |
| 管装      | SOP16        | 50     | 10000 | 10   | 100000 |
| 管装      | SOP14/SSOP24 | 50     | 10000 | 10   | 100000 |
| 管装      | TSSOP24      | 54     | 6480  | 6    | 38880  |

23 版本历史

表 23-1 文档版本历史

| 时间         | 版本号  | 说明                                        |
|------------|------|-------------------------------------------|
| 2025.07.21 | 1.78 | 删除 Flash 部分：擦写一个 Sector 的同时读取访问另一个 Sector |
| 2024.08.04 | 1.77 | 订购包装信息更新，以包装类型与封装形式来确认包装信息                |
| 2023.09.25 | 1.76 | 更新焊接温度                                    |
| 2023.04.07 | 1.75 | 更新封装说明                                    |
| 2023.03.22 | 1.74 | 修改低速时钟精度范围                                |
| 2023.03.02 | 1.73 | 修改 Vcm 1.65~2.2                           |
| 2023.01.14 | 1.72 | 增加订购包装信息                                  |
| 2022.11.10 | 1.71 | 增加 IO 与内部模拟电路间连接电阻阻值，修改 Vcm 1.7~2.2       |
| 2022.06.11 | 1.7  | 修订 GPIO 部分参数                              |
| 2021.02.06 | 1.6  | 057 增加 P1.0 休眠唤醒口                         |
| 2021.02.01 | 1.5  | 057 引脚 10/13 增加功能                         |
| 2020.12.30 | 1.4  | 修改 RSTN 引脚说明                              |
| 2020.09.16 | 1.3  | 修改部分参数说明                                  |
| 2020.04.24 | 1.2  | 修改部分引脚定义                                  |
| 2020.04.10 | 1.1  | 修改部分引脚定义                                  |
| 2020.02.20 | 1.0  | 初始版本                                      |



# 免责声明

LKS 和 LKO 为凌鸥创芯注册商标。

南京凌鸥创芯电子有限公司（以下简称：“Linko”）尽力确保本文档内容的准确和可靠，但是保留随时更改、更正、增强、修改产品和/或 文档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取最新相关信息。

客户应针对应用需求选择合适的 Linko 产品，详细设计、验证和测试您的应用，以确保满足相应标准以及任何安全、安保或其它要求。客户应对此独自承担全部责任。

Linko 在此确认未以明示或暗示方式授予 Linko 或第三方的任何知识产权许可。

Linko 产品的转售，若其条款与此处规定不同，Linko 对此类产品的任何保修承诺无效。

Linko 产品禁止用于军事用途或生命监护、维持系统。

如有更早期版本文档，一切信息以此文档为准。

