



南京凌鸥创芯电子有限公司

LKS32MC07X with built-in 3P3N driver Datasheet

© 2023, 版权归凌鸥创芯所有
机密文件，未经许可不得扩散



©2023 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

LKS32MC077EM6S8 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，同时集成了三相 P/N MOS 栅极驱动模块，可直接驱动三路 P/N MOS 功率器件。

● 性能

- 96MHz 32 位 Cortex-M0 内核
- 集成自主指令集电机控制专用 DSP
- 超低功耗休眠模式
- 工业级工作温度范围
- 超强抗静电和群脉冲能力

● 非易失存储器

- 内置 flash 包括 64kB/128kB 主存储区，1.5kB NVR 信息存储区
- 可反复擦除写入不低于 10 万次
- 室温 25°C 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
- Flash 数据防窃取(最后一个 word 须写入非 0xFFFFFFFF 的任意值)

● 工作范围

- 7.5~32V(极限 40V)单电源供电，内部集成 1 个 5V LDO，为芯片内 MCU 部分供电
- 工作温度: -40~105°C

● 时钟

- 内置 8MHz 高精度 RC 时钟，-40~105°C 范围内精度在±1%之内
- 内置低速 32KHz 低速时钟，供低功耗模式使用
- 可外挂 8MHz 外部晶振
- 内部 PLL 可提供最高 96MHz 时钟

● 外设模块

- 2 路 UART



- 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；支持正交编码输入，CW/CCW 输入，脉冲+符号输入
- 电机控制专用 PWM 模块，支持 2 组各 6 路 PWM 输出，死区可配置
- 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。8 个 GPIO 可以作为系统的唤醒源，15 个 GPIO 可以用作外部中断源输入

● 模拟模块

- 集成 2 路 12bit SAR ADC，同步双采样，3Msps 采样及转换速率，每路最多支持 16 通道，包括 4 个运放输出及 10 个外部 ADC 通道共计 14 个可选 ADC 通道信号
- 集成 4 路运算放大器，可设置为差分 PGA 模式
- 集成 3 路比较器，可设置滞回模式
- 集成 2 路 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、低温飘高频 RC 时钟
- 集成晶体起振电路
- 集成 32KHz+8MHz RC 时钟
- 集成 96MHz PLL

1.2 性能优势

- 高可靠性、高集成度、最终产品体积小、节约 BOM 成本；
- 内部集成 4 路高速运放和 3 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 7.5~32V 供电，内部集成 5V LDO；
- 集成三相 P/N MOS 栅极驱动模块；
- 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

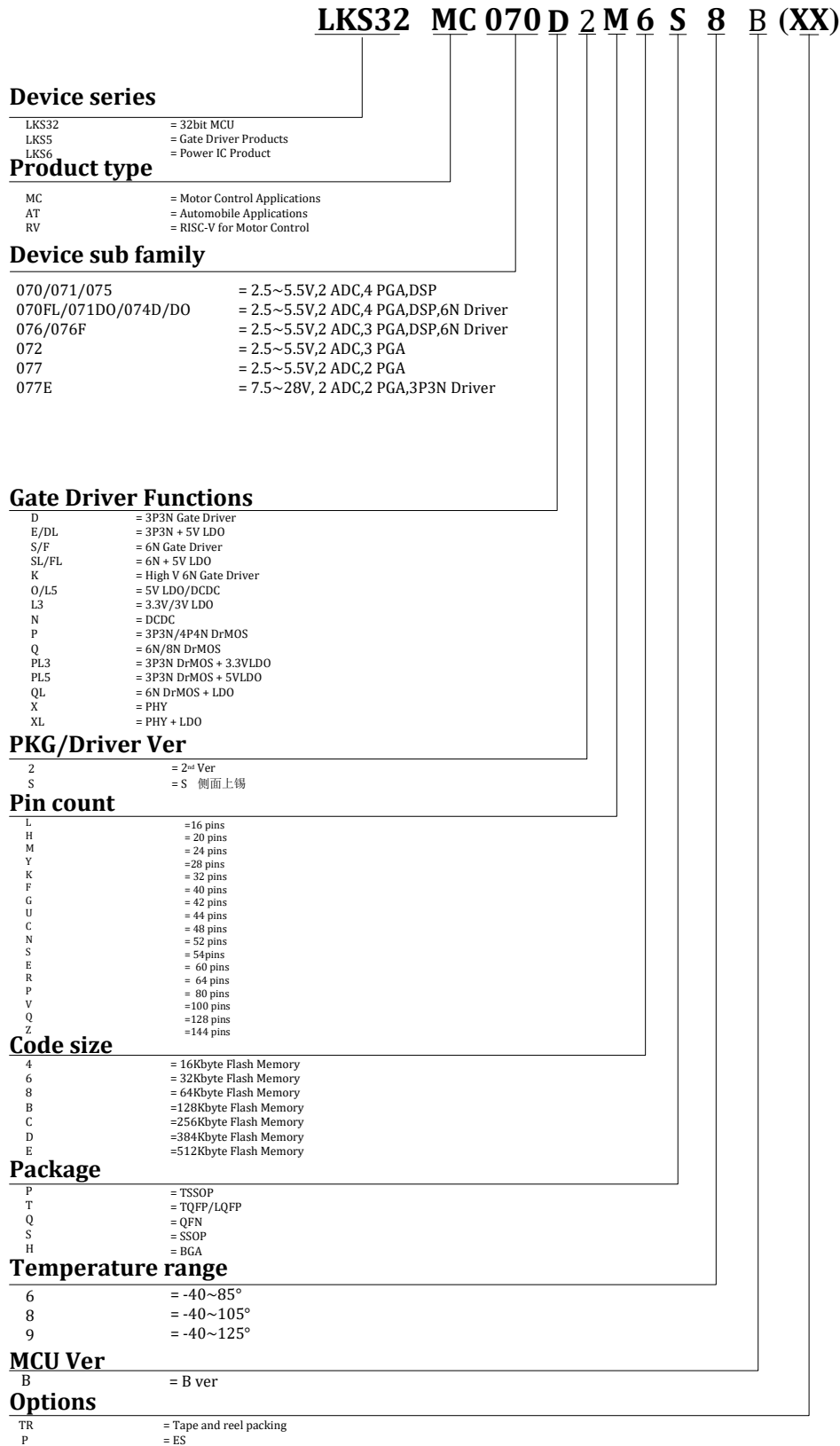


图 1-1 凌鸥创芯器件命名规则



1.4 系统资源框图

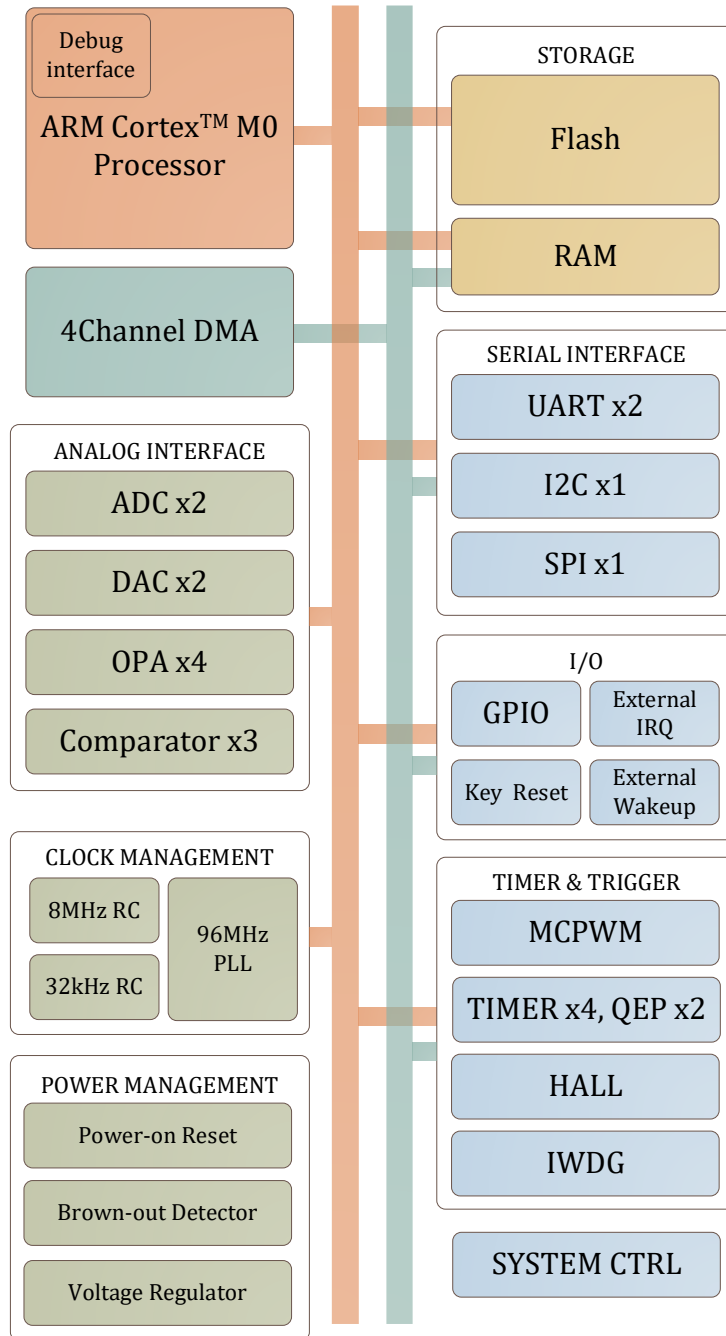
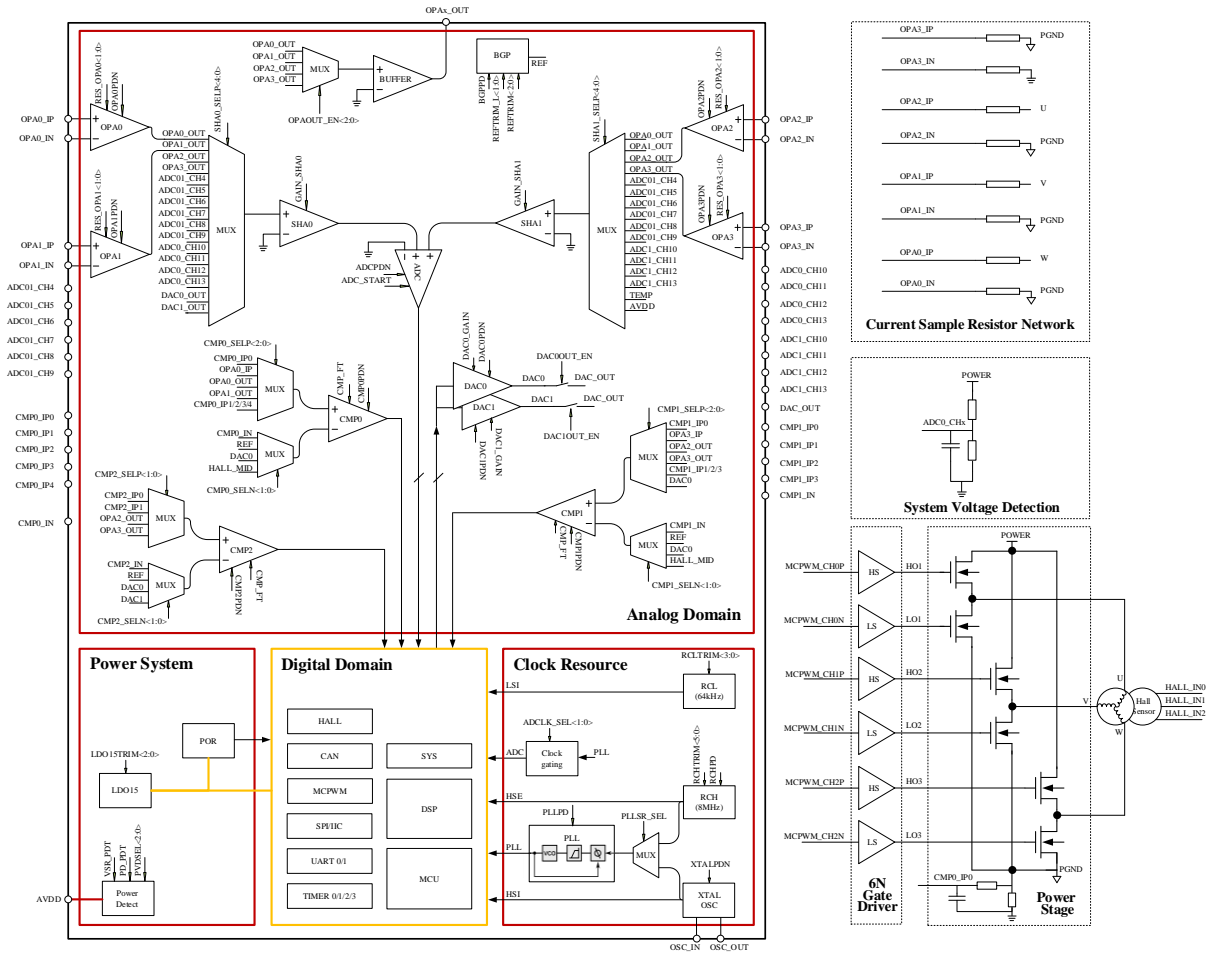


图 1-2 LKS32MC07x 系统资源框图

1.5 矢量正弦控制系统



*ADC01_CH4~ADC01_CH9 为 ADC0 和 ADC1 公用通道

图 1-3 LKS32MC077EM6S8 矢量正弦控制系统简化原理图

2 器件选型表

表 2-1 LKS07x 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) | Others | 产品状态 | Package |
|-----------------|----------|------------|----------|---------|---------|-----|--------|-----|------|-----|-----|------|-----|--------------|-----|-----|-------------|------------|---------|----------|--------|------|---------|
| LKS32MC077EM8S8 | 96 | 64 | 12 | 6 | 12BITx2 | 3 | 7 | 2 | 3 路 | 1 | 1 | 2 | | Yes | Yes | Yes | 3P3N | +0.05/-0.3 | 7~32 | | 5VLDO | 量产 | 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 LKS32MC077EM8S8

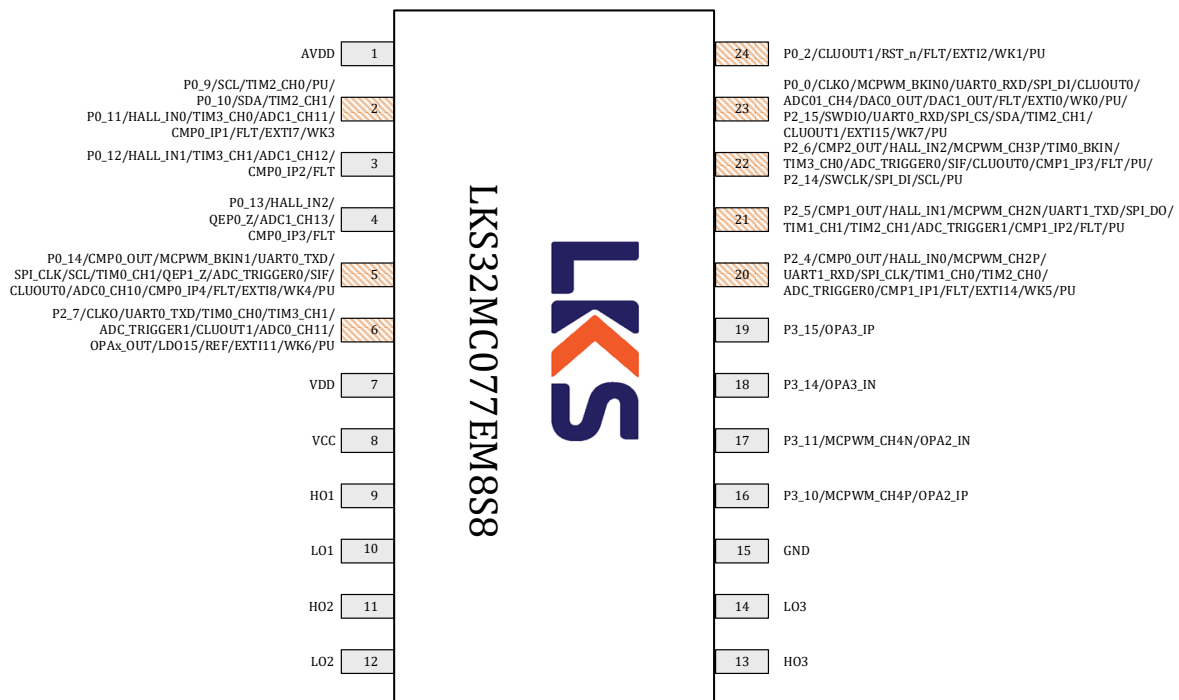


图 3-1 LKS32MC077EM8S8 管脚分布图

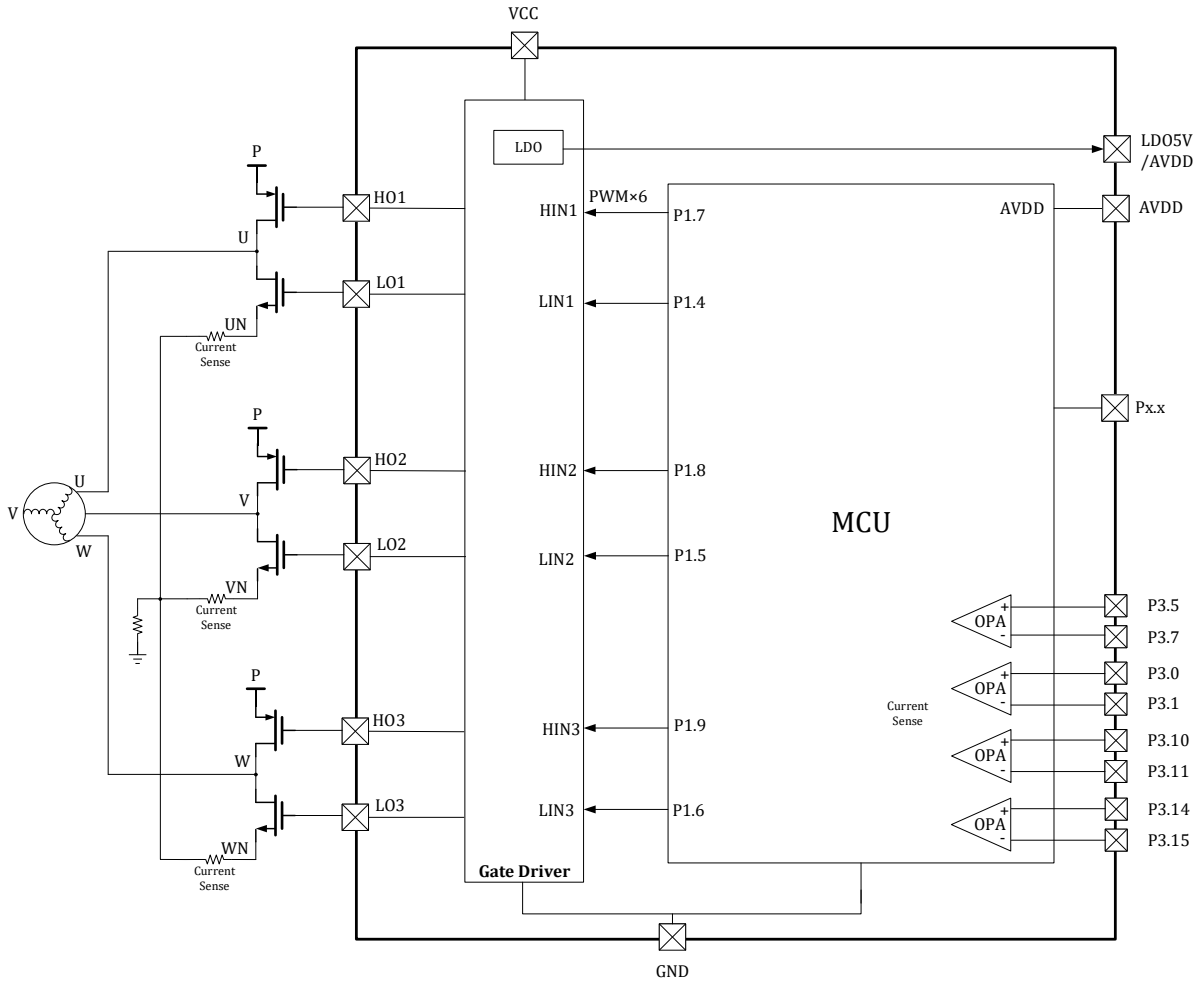


图 3-2 LKS32MC077EM8S8 内部预驱连接示意图

注意：预驱在使用时，应避免在 VCC 上电前，LDO 被上拉，否则会出现 VCC 上电后 LDO 无法启动的情况。

表 3-1 LKS32MC077EM8S8 管脚说明

| | | |
|-------|----------------|--------------------|
| 1 | AVDD | 芯片电源，供电范围 2.5~5.5V |
| 2 | P0_9 | P0.9 |
| | SCL | I2C 时钟 |
| | TIM2_CH0 | Timer2 通道 0 |
| | PU | 内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭 |
| | P0_10 | P0.10 |
| | SDA | I2C 数据 |
| | TIM2_CH1 | Timer2 通道 1 |
| | P0_11 | P0.11 |
| | HALL_IN0 | HALL 接口输入 0 |
| | TIM3_CH0 | Timer3 通道 0 |
| | ADC1_CH11 | ADC1 通道 11 |
| | CMP0_IP1 | 比较器 0 正端输入 1 |
| | FLT | IO 滤波 |
| EXTI7 | 外部 GPIO 中断信号 7 | |



| | | |
|-----|---------------------|-------------------|
| | WK3 | 外部唤醒信号 3 |
| 3 | P0_12 | P0.12 |
| | HALL_IN1 | HALL 接口输入 1 |
| | TIM3_CH1 | Timer3 通道 1 |
| | ADC1_CH12 | ADC1 通道 12 |
| | CMP0_IP2 | 比较器 0 正端输入 2 |
| | FLT | IO 滤波 |
| 4 | P0_13 | P0.13 |
| | HALL_IN2 | HALL 接口输入 2 |
| | QEP0_Z | QEP0 编码器 Z 相 |
| | ADC1_CH13 | ADC1 通道 13 |
| | CMP0_IP3 | 比较器 0 正端输入 3 |
| | FLT | IO 滤波 |
| 5 | P0_14 | P0.14 |
| | CMP0_OUT | 比较器 0 输出 |
| | MCPWM_BKIN1 | PWM 停机输入信号 1 |
| | UART0_TXD | 串口 0 发送(接收) |
| | SPI_CLK | SPI 时钟 |
| | SCL | I2C 时钟 |
| | TIM0_CH1 | Timer0 通道 1 |
| | QEP1_Z | QEP1 编码器 Z 相 |
| | ADC_TRIGGER0 | ADC0 触发信号输出(用于调试) |
| | SIF | 单线通讯 |
| | CLUOUT0 | CLU0 输出 |
| | ADC0_CH10 | ADC0 通道 10 |
| | CMP0_IP4 | 比较器 0 正端输入 4 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | EXTI8 | 外部 GPIO 中断信号 8 |
| WK4 | 外部唤醒信号 4 | |
| PU | 内置 10kΩ 上拉电阻, 软件可关闭 | |
| 6 | P2_7 | P2.7 |
| | CLKO | 时钟输出(用于调试) |
| | UART0_TXD | 串口 0 发送(接收) |
| | TIM0_CH0 | Timer0 通道 0 |
| | TIM3_CH1 | Timer3 通道 1 |
| | ADC_TRIGGER1 | ADC1 触发信号输出(用于调试) |
| | CLUOUT1 | CLU1 输出 |
| | ADC0_CH11 | ADC0 通道 11 |
| | OPAx_OUT | 运放输出 |
| | LDO15 | 1.5V LDO 输出 |
| | REF | 参考电压 |
| | EXTI11 | 外部 GPIO 中断信号 11 |
| | WK6 | 外部唤醒信号 6 |

| | | |
|----|--------------|--|
| | PU | 内置 10kΩ上拉电阻, 软件可关闭 |
| 7 | LDO/AVDD | 芯片中器件供电电压, 5V LDO 输出 |
| 8 | VCC | 全桥驱动电源 |
| 9 | HO1 | A 相 高边输出, 由 MCU P1.7 控制, HO1 极性与 P1.7 相同, 即 P1.7=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 10 | LO1 | A 相 低边输出, 由 MCU P1.4 控制, HO1 极性与 P1.4 相同, 即 P1.4=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 11 | HO2 | B 相 高边输出, 由 MCU P1.8 控制, HO1 极性与 P1.8 相同, 即 P1.8=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 12 | LO2 | B 相 低边输出, 由 MCU P1.5 控制, HO1 极性与 P1.5 相同, 即 P1.5=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 13 | HO3 | C 相 高边输出, 由 MCU P1.9 控制, HO1 极性与 P1.9 相同, 即 P1.9=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 14 | LO3 | C 相 低边输出, 由 MCU P1.6 控制, HO1 极性与 P1.6 相同, 即 P1.6=1 时, HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。 |
| 15 | GND | 芯片地, 强烈建议多个地引脚在 PCB 上统一接地 |
| 16 | P3_10 | P3.10 |
| | MCPWM_CH4P | PWM 通道 4 高边 |
| | OPA2_IP | 运放 2 正端输入 |
| 17 | P3_11 | P3.11 |
| | MCPWM_CH4N | PWM 通道 4 低边 |
| | OPA2_IN | 运放 2 负端输入 |
| 18 | P3_14 | P3.14 |
| | OPA3_IN | 运放 3 负端输入 |
| 19 | P3_15 | P3.15 |
| | OPA3_IP | 运放 3 正端输入 |
| 20 | P2_4 | P2.4 |
| | CMP0_OUT | 比较器 0 输出 |
| | HALL_IN0 | HALL 接口输入 0 |
| | MCPWM_CH2P | PWM 通道 2 高边 |
| | UART1_RXD | 串口 1 接收(发送) |
| | SPI_CLK | SPI 时钟 |
| | TIM1_CH0 | Timer1 通道 0 |
| | TIM2_CH0 | Timer2 通道 0 |
| | ADC_TRIGGER0 | ADC0 触发信号输出(用于调试) |
| | CMP1_IP1 | 比较器 1 正端输入 1 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | EXTI14 | 外部 GPIO 中断信号 14 |
| | WK5 | 外部唤醒信号 5 |
| 21 | PU | 内置 10kΩ上拉电阻, 软件可关闭 |
| | P2_5 | P2.5 |
| | CMP1_OUT | 比较器 1 输出 |
| | HALL_IN1 | HALL 接口输入 1 |



| | | |
|--------|--------------------|-----------------------|
| | MCPWM_CH2N | PWM 通道 2 低边 |
| | UART1_TXD | 串口 1 发送(接收) |
| | SPI_DO | SPI 数据输出(输入) |
| | TIM1_CH1 | Timer1 通道 1 |
| | TIM2_CH1 | Timer2 通道 1 |
| | ADC_TRIGGER1 | ADC1 触发信号输出(用于调试) |
| | CMP1_IP2 | 比较器 1 正端输入 2 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | PU | 内置 10kΩ上拉电阻, 软件可关闭 |
| 22 | P2_6 | P2.6 |
| | CMP2_OUT | 比较器 2 输出 |
| | HALL_IN2 | HALL 接口输入 2 |
| | MCPWM_CH3P | PWM 通道 3 高边 |
| | TIM0_BKIN | TIMER0_FAIL 信号来自 GPIO |
| | TIM3_CH0 | Timer3 通道 0 |
| | ADC_TRIGGER0 | ADC0 触发信号输出(用于调试) |
| | SIF | 单线通讯 |
| | CLUOUT0 | CLU0 输出 |
| | CMP1_IP3 | 比较器 1 正端输入 3 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | P2_14 | P2.14 |
| | SWCLK | SWD 时钟 |
| | SPI_DI | SPI 数据输入(输出) |
| | SCL | I2C 时钟 |
| PU | 内置 10kΩ上拉电阻, 软件可关闭 | |
| 23 | P0_0 | P0.0 |
| | CLKO | 时钟输出(用于调试) |
| | MCPWM_BKIN0 | PWM 停机输入信号 0 |
| | UART0_RXD | 串口 0 接收(发送) |
| | SPI_DI | SPI 数据输入(输出) |
| | CLUOUT0 | CLU0 输出 |
| | ADC0_CH4 | ADC0/ADC1 通道 4 |
| | DAC01_OUT | DAC0 输出 |
| | DAC1_OUT | DAC1 输出 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | EXTIO | 外部 GPIO 中断信号 0 |
| | WK0 | 外部唤醒信号 0 |
| | PU | 内置 10kΩ上拉电阻, 软件可关闭 |
| | P2_15 | P2.15 |
| | SWDIO | SWD 数据 |
| | UART0_RXD | 串口 0 接收(发送) |
| SPI_CS | SPI 片选 | |
| SDA | I2C 数据 | |



| | | |
|----|----------|--|
| | TIM2_CH1 | Timer2 通道 1 |
| | CLUOUT1 | CLU1 输出 |
| | EXTI15 | 外部 GPIO 中断信号 15 |
| | WK7 | 外部唤醒信号 7 |
| | PU | 内置 10kΩ 上拉电阻，软件可关闭 |
| 24 | P0_2 | P0.2 |
| | CLUOUT1 | CLU1 输出 |
| | RST_n | 复位引脚，P0.2 默认用作 RSTN。建议接一个 10nF~100nF 的电容到地，并在 RSTN 和 AVDD 之间放置一个 10k~20k 的上拉电阻。如果外部有上拉电阻，RSTN 的电容应为 100nF。P0.2 可切换为 GPIO，切换后可关闭 10kΩ 上拉电阻。 |
| | FLT | IO 滤波 |
| | EXTI2 | 外部 GPIO 中断信号 2 |
| | WK1 | 外部唤醒信号 1 |
| | PU | 内置 10kΩ 上拉电阻，软件可关闭 |

3.2 管脚复用功能说明

表 3-2 LKS32MC07X 引脚复用功能选择

| Port | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF0 |
|-------|----------|----------|-------------|-----------|---------|-----|----------|----------|--------------|--------|------|---------|-------------------------------------|
| P0.0 | CLKO | | MCPWM_BKIN0 | UART0_RXD | SPI_DI | | | | | | | CLUOUT0 | ADC01_CH4/ DAC0_OUT/ DAC1_OUT |
| P0.1 | | | | | | | | | | | | | ADC01_CH6 |
| P0.2 | | | | | | | | | | | | CLUOUT1 | |
| P0.3 | | | MCPWM_CH4P | | | SCL | | TIM2_CH0 | | | | | ADC01_CH7 |
| P0.4 | | | MCPWM_CH4N | | | SDA | | TIM2_CH1 | | | | | ADC01_CH8 |
| P0.5 | | HALL_IN0 | MCPWM_CH5P | | | | | QEPO_Z | | | | | ADC01_CH9 |
| P0.6 | | HALL_IN1 | MCPWM_CH5N | UART1_RXD | | SCL | TIM1_CH0 | | | CAN_RX | | | CMP2_IN |
| P0.7 | | HALL_IN2 | MCPWM_BKIN1 | UART1_TXD | | SDA | TIM1_CH1 | | | CAN_TX | | | CMP2_IP0 |
| P0.8 | | | | | | | | | | | | | |
| P0.9 | | | | | | SCL | | TIM2_CH0 | | | | | |
| P0.10 | | | | | | SDA | | TIM2_CH1 | | | | | |
| P0.11 | | HALL_IN0 | | | | | | TIM3_CH0 | | | | | ADC1_CH11/ CMP0_IP1 |
| P0.12 | | HALL_IN1 | | | | | | TIM3_CH1 | | CAN_RX | | | ADC1_CH12/ CMP0_IP2 |
| P0.13 | | HALL_IN2 | | | | | | QEPO_Z | | CAN_TX | | | ADC1_CH13/ CMP0_IP3 |
| P0.14 | CMP0_OUT | | MCPWM_BKIN1 | UART0_TXD | SPI_CLK | SCL | TIM0_CH1 | QEP1_Z | ADC_TRIGGER0 | | SIF | CLUOUT0 | ADC0_CH10/ CMP0_IP4 |
| P0.15 | CMP2_OUT | | MCPWM_CH0P | UART0_RXD | SPI_DO | SDA | TIM0_CH0 | | ADC_TRIGGER1 | | | | CMP0_IN |



表 3-3 LKS32MC07X 引脚功能选择(续)

| Port | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF0 |
|-------|-----|-----|------------|-----------|---------|-----|-----------|----------|--------------|------|------|---------|-----------|
| P1.0 | | | MCPWM_CH0N | UART0_TXD | SPI_DI | | TIM0_BKIN | | | | | | |
| P1.1 | | | | | SPI_CS | | | | | | | | |
| P1.2 | | | | | | | | TIM3_CH0 | | | | | |
| P1.3 | | | | | | | | TIM3_CH1 | | | | | ADC01_CH5 |
| P1.4 | | | MCPWM_CH0P | | | | | QEPO_Z | | | | | |
| P1.5 | | | MCPWM_CH0N | | | | | | | | | | |
| P1.6 | | | MCPWM_CH1P | | | | | | | | | | |
| P1.7 | | | MCPWM_CH1N | | | | | | | | | | |
| P1.8 | | | MCPWM_CH2P | | | | | | | | | | |
| P1.9 | | | MCPWM_CH2N | | | | | | | | | | |
| P1.10 | | | MCPWM_CH3P | UART0_RXD | | SCL | TIM0_CH0 | | ADC_TRIGGER0 | | | | ADC0_CH13 |
| P1.11 | | | MCPWM_CH3N | UART0_TXD | | SDA | TIM0_CH1 | | ADC_TRIGGER1 | | SIF | CLUOUT2 | |
| P1.12 | | | | | | | | | | | | | |
| P1.13 | | | MCPWM_CH5P | | SPI_CLK | | TIM0_CH0 | | | | | | |
| P1.14 | | | MCPWM_CH5N | | SPI_DO | | TIM0_CH1 | | | | | | |
| P1.15 | | | MCPWM_CH4P | | SPI_DI | | | TIM2_CH0 | | | | | |



表 3-4 LKS32MC07X 引脚功能选择(续)

| Port | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF0 |
|-------|----------|----------|-------------|-----------|---------|-----|-----------|----------|--------------|--------|------|---------|---|
| P2.0 | | | MCPWM_CH4N | | SPI_CS | | | TIM2_CH1 | | | | | |
| P2.1 | | | | | SPI_CLK | | | | | | | | ADC1_CH10/ CMP1_IP0 |
| P2.2 | | | | | | | | QEP1_Z | | | | | CMP1_IN |
| P2.3 | CMP1_OUT | | MCPWM_BKIN0 | | SPI_CS | | TIM0_CH1 | QEP0_Z | | | | CLUOUT3 | |
| P2.4 | CMP0_OUT | HALL_IN0 | MCPWM_CH2P | UART1_RXD | SPI_CLK | | TIM1_CH0 | TIM2_CH0 | ADC_TRIGGER0 | CAN_RX | | | CMP1_IP1 |
| P2.5 | CMP1_OUT | HALL_IN1 | MCPWM_CH2N | UART1_TXD | SPI_DO | | TIM1_CH1 | TIM2_CH1 | ADC_TRIGGER1 | CAN_TX | | | CMP1_IP2 |
| P2.6 | CMP2_OUT | HALL_IN2 | MCPWM_CH3P | | | | TIM0_BKIN | TIM3_CH0 | ADC_TRIGGER0 | | SIF | CLUOUT0 | CMP1_IP3 |
| P2.7 | CLKO | | | UART0_TXD | | | TIM0_CH0 | TIM3_CH1 | ADC_TRIGGER1 | CAN_TX | | CLUOUT1 | ADC0_CH11/ OPA _x _OUT/ LDO15/REF |
| P2.8 | | | | UART1_RXD | SPI_DO | | | TIM3_CH0 | | | | | OSC_IN |
| P2.9 | | | MCPWM_CH5P | | SPI_DI | SCL | | | | | | | ADC0_CH12/ CMP0_IP0 |
| P2.10 | | | MCPWM_CH5N | | SPI_DO | SDA | | | | | | | |
| P2.11 | | | MCPWM_CH1P | | | | | TIM2_CH0 | | | | | CMP2_IP1 |
| P2.12 | | | MCPWM_CH1N | | SPI_CS | | | TIM2_CH1 | ADC_TRIGGER0 | | | CLUOUT3 | |
| P2.13 | | | MCPWM_CH3N | UART0_TXD | SPI_DO | SCL | | TIM3_CH1 | | | | | |
| P2.14 | SWCLK | | | | SPI_DI | SCL | | | | | | | |
| P2.15 | SWDIO | | | UART0_RXD | SPI_CS | SDA | | TIM2_CH1 | | | | CLUOUT1 | |



表 3-5 LKS32MC07X 引脚功能选择(续)

| Port | AF1 | AF2 | AF3 | AF4 | AF5 | AF6 | AF7 | AF8 | AF9 | AF10 | AF11 | AF12 | AF0 |
|-------|-----|-----|------------|-----------|-----|-----|-----|----------|-----|------|------|---------|---------|
| P3.0 | | | | | | | | | | | | | OPA1_IP |
| P3.1 | | | | | | | | | | | | | OPA1_IN |
| P3.2 | | | MCPWM_CH3P | | | | | | | | | CLUOUT2 | |
| P3.3 | | | | | | | | | | | | | |
| P3.4 | | | MCPWM_CH3N | | | | | | | | | | |
| P3.5 | | | | | | | | | | | | | OPA0_IP |
| P3.6 | | | | | | | | | | | | | |
| P3.7 | | | | | | | | | | | | | OPA0_IN |
| P3.8 | | | | | | | | | | | | | |
| P3.9 | | | | UART1_TXD | | | | TIM3_CH1 | | | | | OSC_OUT |
| P3.10 | | | MCPWM_CH4P | | | | | | | | | | OPA2_IP |
| P3.11 | | | MCPWM_CH4N | | | | | | | | | | OPA2_IN |
| P3.12 | | | | | | | | | | | | | |
| P3.13 | | | | | | | | | | | | | |
| P3.14 | | | | | | | | | | | | | OPA3_IN |
| P3.15 | | | | | | | | | | | | | OPA3_IP |



4 封装尺寸

SSOP24L Profile Quad Flat Package:

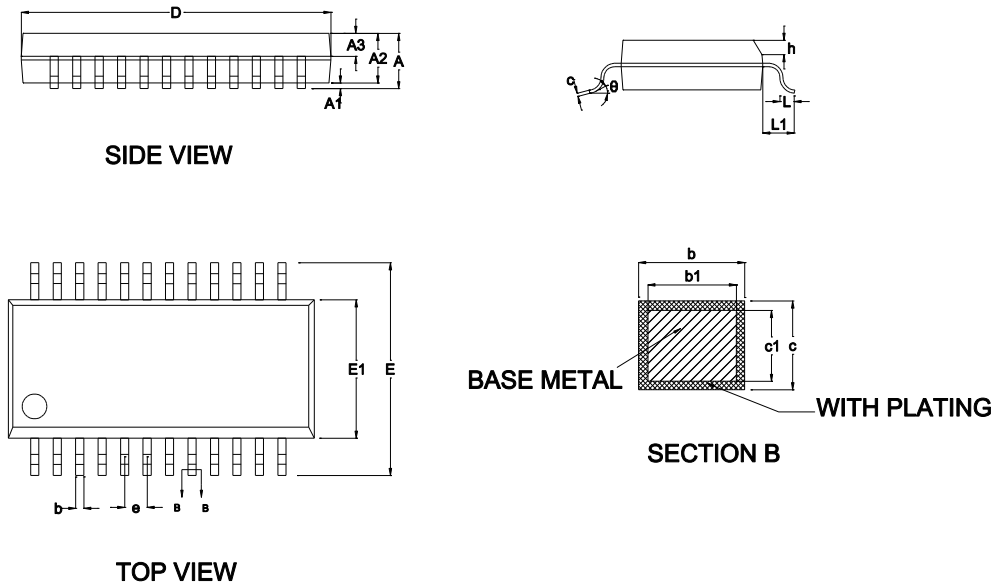


图 4-1 LKS32MC077EM6S8 封装图示

表 4-1 LKS32MC077EM6S8 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

LKS32MC077E 为 MCU 集成 3P3N 预驱芯片，电气参数如下列表格所示。

表 5-1 LKS32MC077EM6S8 电气极限参数

| 参数 | 最小 | 最大 | 单位 | 说明 |
|----------------|------|-------|----|----|
| 预驱电源电压(VCC) | -0.3 | +40.0 | V | |
| MCU 电源电压(AVDD) | -0.3 | +6.0 | V | |
| 5V LDO 输出电流 | | 40 | mA | |
| 工作温度 | -40 | +105 | °C | |
| 存储温度 | -40 | +150 | °C | |
| 结温 | - | 125 | °C | |
| 引脚温度(焊接 10 秒) | - | 260 | °C | |

表 5-2 LKS32MC077EM6S8 建议工况参数

| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 说明 |
|----------------------------|-----|----|-----|----|--|
| MCU 电源电压(AVDD) | 2.5 | 5 | 5.5 | V | |
| 模拟工作电压(AVDD _A) | 3.3 | 5 | 5.5 | V | REF2VDD=0, ADC 选择 2.4V 内部基准 |
| | 2.8 | 5 | 5.5 | V | REF2VDD=1, ADC 选择 AVDD 为基准 |
| 预驱电源电压(VCC) | 7.5 | | 32 | V | VCC 低于 7.5V, 3P3N Driver 将停止输出, MCU 部分仍将正常工作 |

表 5-3 LKS32MC077EM6S8 ESD 性能参数

| 项目 | 管脚 | 最小 | 最大 | 单位 |
|-------------|-----------------------|-------|------|----|
| ESD测试 (HBM) | MCU(Pin 1-6,16-24) | -6000 | 6000 | V |
| | Pre Driver (Pin 7-15) | -2000 | 2000 | 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 LKS32MC077EM6S8 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拴锁等级为 200mA。

表 5-5 LKS32MC077EM6S8 IO 极限参数

| 参数 | 描述 | 最小 | 最大 | 单位 |
|----------------------|---------------------------------|--------|------|----|
| V _{IN} | GPIO信号输入电压范围 | -0.3 | 6.0 | V |
| HO _x | HO _x (x=1~3)管脚输入电压范围 | VCC-15 | VCC | V |
| LO _x | LO _x (x=1~3)管脚输入电压范围 | -0.3 | 15 | V |
| I _{INJ_PAD} | 单个GPIO最大注入电流 | -11.2 | 11.2 | mA |



| | | | | |
|----------------|--------------|-----|----|----|
| I_{INJ_SUM} | 所有GPIO最大注入电流 | -50 | 50 | mA |
|----------------|--------------|-----|----|----|

表 5-6 LKS32MC077EM6S8 IO DC 参数

| 参数 | 描述 | AVDD | 条件 | 最小 | 最大 | 单位 |
|--------------|-----------------|------|------------------|----------|----------|------------|
| V_{IH} | 数字IO输入高电压 | 5V | - | 3.06 | | V |
| | | 3.3V | | 2.07 | | |
| V_{IL} | 数字IO输入低电压 | 5V | - | | 0.3*AVDD | V |
| | | 3.3V | | | 0.8 | |
| V_{HYS} | 施密特迟滞范围 | 5V | - | 0.1*AVDD | | V |
| | | 3.3V | | | | |
| I_{IH} | 数字IO输入高电压, 电流消耗 | 5V | - | | 1 | uA |
| | | 3.3V | | | | |
| I_{IL} | 数字IO输入低电压, 电流消耗 | 5V | - | -1 | | uA |
| | | 3.3V | | | | |
| V_{OH} | 数字IO输出高电压 | | 最大驱动电流 11.2mA | AVDD-0.8 | | V |
| V_{OL} | 数字IO输出低电压 | | 最大驱动电流 11.2mA | | 0.5 | V |
| R_{pup} | 上拉电阻大小* | | | 8 | 12 | k Ω |
| R_{io-ana} | IO与内部模拟电路间连接电阻 | | | 100 | 200 | Ω |
| C_{IN} | 数字IO输入电容 | 5V | - | | 10 | pF |
| | | 3.3V | | | | |

表 5-7 LKS32MC07x 电路模块电流消耗 IDD

| 模块 | Min | Typ | Max | 单位 |
|------------------------|-----|-------|-----|----|
| 模拟比较器CMP(1个) | | 0.005 | | mA |
| 运算放大器OPA(1个) | | 0.450 | | mA |
| 模数转换器ADC | | 3.710 | | 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 |
| 8MHz RC时钟 | | 0.105 | | mA |
| 锁相环PLL | | 0.080 | | mA |
| CPU+flash+SRAM (96MHz) | | 8.667 | | mA |
| CPU+flash+SRAM (12MHz) | | 1.600 | | mA |
| CRC | | 0.070 | | mA |
| DSP | | 3.421 | | mA |
| UART | | 0.107 | | mA |
| DMA | | 1.340 | | mA |



| | | | | |
|---------|---|-------|----|----|
| MCPWM | | 0.053 | | mA |
| TIMER | | 0.269 | | mA |
| SPI | | 0.500 | | mA |
| IIC | | 0.500 | | mA |
| CAN | | 2.200 | | mA |
| MCU休眠功耗 | 9 | 12 | 20 | uA |



6 模拟性能参数

表 6-1 LKS32MC077EM6S8 模拟性能参数

| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 说明 |
|--|----------------|------|----------------|-------------------|-------------------------|
| 模数转换器(ADC) | | | | | |
| 工作电源 | 3.3 | 5 | 5.5 | V | ADC 选择 2.4V 内部基准源 |
| | 2.8 | 5 | 5.5 | V | ADC 选择 1.2V 内部基准源 |
| 输出码率 | | 3 | | MHz | $f_{adc}/16$ |
| 差分输入信号范围 | -5.0 +0.144 | | +5.0 -0.144 | V | ADCx_GAIN=1 时; REF=2.4V |
| | -3.6 +0.072 | | +3.6 -0.072 | V | ADCx_GAIN=0 时; REF=2.4V |
| 单端输入信号范围 | -0.3 | | AVDD+ 0.3 | 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 | 100k | | | 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/ $^{\circ}$ C | |
| 输出电压 | | 1.2 | | V | |
| 数模转换器(DAC) | | | | | |
| 工作电源 | 2.2 | 5 | 5.5 | V | |
| 负载电阻 | 5k | | | Ohm | 输出 BUFFER 开启 |
| 负载电容 | | | 50p | F | |
| 输出电压范围 | 0.05 | | AVDD- 0.1 | V | |
| 转换速度 | | | 1M | Hz | |
| DNL | | 1 | 2 | LSB | |
| INL | | 2 | 4 | LSB | |
| OFFSET | | 5 | 10 | mV | |
| SNR | 57 | 60 | 66 | dB | |
| 运算放大器(OPA) | | | | | |



| 参数 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 | 说明 |
|---|-------|------|------|------|--|
| 工作电源 | 2.8 | 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 | | 2Vcm | V | 最小负载电阻下 |
| 共模电平(Vcm) | 1.4 | 1.8 | 2.2 | V | 测量条件：常温。 运放摆幅= $2 \times \min(\text{AVDD}-\text{Vcm}, \text{Vcm})$ 。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》 |
| | 1.5 | 1.8 | 2.2 | V | |
| | 1.55 | 1.8 | 2.2 | V | |
| | 1.6 | 1.8 | 2.2 | V | |
| OFFSET | | 10 | 15.0 | mV | 32 倍放大倍数 |
| | | 10 | 16.5 | mV | 16 倍放大倍数 |
| | | 10 | 18.5 | mV | 8 倍放大倍数 |
| | | 10 | 20.5 | mV | 4 倍放大倍数 |
| 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。OPA 输出端偏差为 OPA 放大倍数 \times OFFSET。Flash NVR 区域记录了出厂测试的 OPA offset。 | | | | | |
| 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 | -36 | -10 | 12 | mV | 0mV 回差，CMP 输出低到高翻转 |
| | -36 | -10 | 12 | mV | 0mV 回差，CMP 输出高到低翻转 |
| | -14.5 | -10 | 33.5 | mV | 20mV 回差，CMP 输出低到高翻转 |
| | -14.5 | 11.5 | 33.5 | mV | 20mV 回差，CMP 输出高到低翻转 |
| 传输延时 | | 50 | | nS | 默认功耗 |
| | | 200 | | nS | 低功耗 |
| 回差(Hysteresis) | | 20 | | mV | HYS='0' |
| | | 0 | | mV | HYS='1' |

模拟寄存器表说明：



模拟寄存器的名称为 SYS_AFE_REG0~SYS_AFE_REG6，对应地址为 0x4000_0010 ~ 0x4000_0028。地址 0x4000_001C~0x4000_0028 是模拟各个模块的校正寄存器，这些寄存器在出厂之前都会将各自的校正值填入 Flash info 区，并在上电后自动加载到 SYS_AFE_REG3~SYS_AFE_REG6。一般情况下用户不要去配置或改变这些值。如果需要对某个模拟参数进行微调，需要读取原校正值，并以此为基础进行微调。

地址 0x4000_0000~0x4000_0018 是开放给用户的寄存器，其中保留寄存器(Res)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 LDO5、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 7.5V~32V 单电源供电，以节省芯片外的电源成本。芯片内部集成一路 LDO5 给 MCU 部分供电，可提供 40mA 电路。MCU 模块内部另有一路 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，其中 LDO15 的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，在此基础上加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 1.26V 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。

PVD 模块对 5V 输入电源进行检测，如低于某一设定阈值，则产生报警(中断)信号以提醒 MCU。中断提醒阈值可通过寄存器 PVDSEL<1:0>设置为不同的电压。PVD 模块可通过设置 PD_PDT='1'关闭。具体寄存器所对应值见模拟寄存器表说明。



8 时钟系统

时钟系统包括内部 32KHz RC 时钟、内部 8MHz RC 时钟、外部 8MHz 晶体起振电路、PLL 电路组成。

32K 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。8MHz RC 时钟作为 MCU 主时钟使用,配合 PLL 可提供最高到 96MHz 的时钟。外部 8MHz 晶体起振电路作为备份时钟使用。

32k 和 8M RC 时钟均带有出厂校正, 32K RC 时钟在-40~105°C范围内的精度为±50%, 8M RC 时钟在该温度范围的精度为±1%。

32K RC 时钟频率可通过寄存器 RCLTRIM<3:0>进行设置, 8M RC 时钟频率可通过寄存器 RCHTRIM<5:0>进行设置, 具体寄存器所对应值见模拟寄存器表说明。

芯片出厂前时钟已经过校正, 一般情况下, 用户不需要额外配置这些寄存器。如需微调频率, 需要读取原配置值, 在此基础上加上微调量对应的配置值填入寄存器。

8M 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, 8M RC 时钟和 BGP 模块都是开启的。32K RC 时钟是始终开启的, 不能关闭。

PLL 对 8M 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。

晶体起振电路内置了放大器, 需在 IO OSC_IN/OSC_OUT 之间接入一个晶体, 且 OSC_IN/OSC_OUT 上各放一个 15pF 的电容到地, 并设置 XTALPDN='1' 即可起振。

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。通过设置 BGPPD = '0' 将基准源打开，从关闭到开启，BGP 需要约 6us 达到稳定。BGP 输出电压约 1.2V，精度为 $\pm 0.8\%$ 。



10 ADC 模块

芯片内部集成 1 路同步双采样的 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 8M 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。

同步双采样电路可在同一时刻对两路输入信号进行采样，采样完成之后 ADC 按先后顺序将这两路信号进行转换，并写入相应的数据寄存器中。

ADC 完成一次转换需要 16 个 ADC 时钟周期，其中 13 个为转换周期，3 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。

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_DC 存储的是 ADC 的直流偏置，通常在校正阶段通过测量通道 15 (从 0 开始计数) 的 AVSS (内部地) 得到 ADC 直流偏置数值并存入 flash 中，并在系统加载阶段由软件将直流偏置写入 ADC_DC 寄存器中。

ADC 有两种量程通过 ADCx_GAIN(x = 0,1) 进行设置：3.6V 和 7.2V。7.2V 量程下，由于芯片使用 5V 供电，对应最大 ±5V 的输入信号幅度，3.6V 量程下，对应最大 ±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。

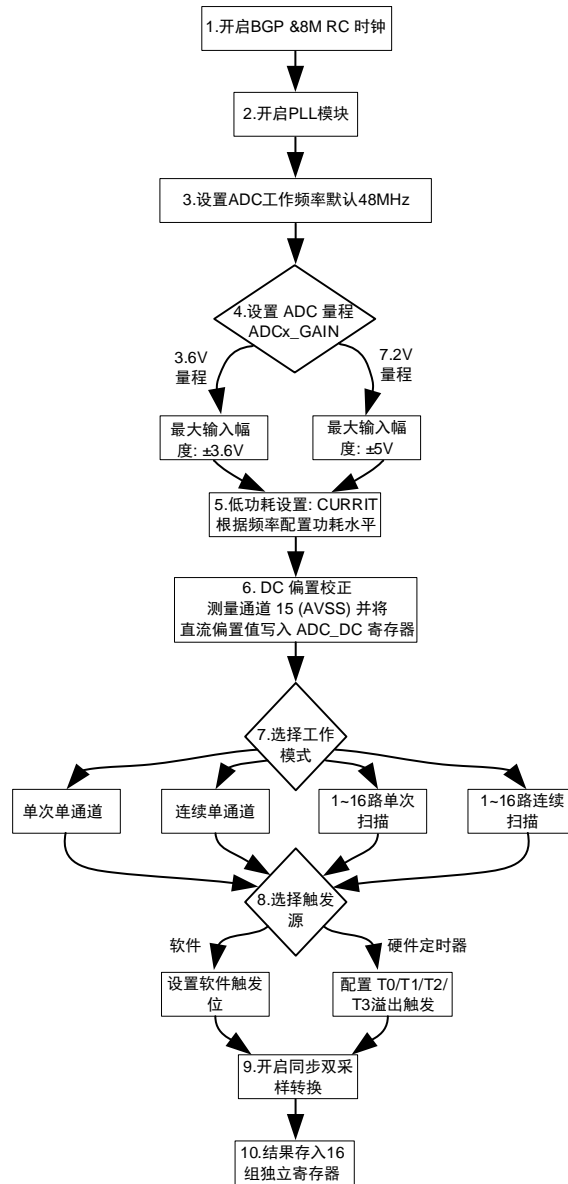


图 10-1 ADC 配置流程图

11 运算放大器

4 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_OPAx<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 100Ω 的外部电阻。

放大器可通过设置 `OPAOUT_EN<2:0>` 选择将 4 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(对应关系见 `datasheet` 芯片管脚说明)。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 3 路输入 rail-to-rail 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。

比较器的比较延时可通过寄存器 `CMP_FT` 设置为 $< 30\text{nS}/200\text{nS}$ 。迟滞电压通过 `CMP_HYS` 设置为 $20\text{mV}/0\text{mV}$ 。

比较器正端输入信号来源可以通过寄存器 `CMPx_SELP[2:0]` 进行设置；负端输入信号来源可以通过寄存器 `CMPx_SELN[1:0]` 进行设置（ $x=0/1/2$ ，代表比较器 `CMP0/CMP1/CMP2`）。

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

芯片内置两路 12bit DAC，输出信号的最大量程可通过寄存器 DAC0_GAIN、DAC1_GAIN 设置为 1.2V/4.85V

DAC0 可通过配置寄存器 DAC0OUT_EN=1，将 DAC0 输出送至 P0.0 管脚；DAC1 可通过配置寄存器 DAC1OUT_EN=1，将 DAC1 输出送至 P0.0 管脚，可驱动 $>5k\Omega$ 的负载电阻和 50pF 的负载电容。通常不会同时输出 DAC0 和 DAC1，以免造成信号竞争。

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。DAC0 可通过设置 DAC0PDN =1 打开，DAC1 可通过设置 DAC1PDN =1 打开，开启 DAC 模块之前，需要先开启 BGP 模块。

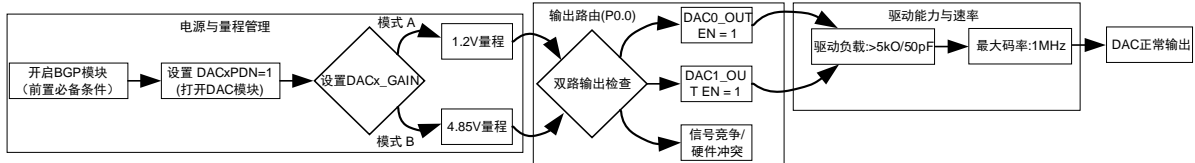


图 14-1 DAC 配置流程图

15 处理器核心

- 32 位 Cortex-M0 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 64kB/128kB 主存储区，1.5kB NVR 信息存储区
- 可反复擦除写入不低于 10 万次
- 室温 25°C 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 12kB SRAM



17 电机驱动专用 MCPWM

- MCPWM 最高工作时钟频率 96MHz
- 可以产生 6 对（互补信号）或 12 路独立（边沿模式）不交叠的 PWM 信号,两组斩波模块, 每组共用一个死区配置
- 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, 避免因为配置错误导致短路
- 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 位宽计时器，2 路 32bit 位宽计时器
- 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 8/9 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，最小复位时间间隔为 $4096/32\text{kHz}\approx 128\text{ms}$ ，最大复位时间间隔为 $511\times 4096/32\text{kHz}\approx 64\text{s}$ 。



21 栅极驱动模块

21.1 模块参数

表 21-1 LKS32MC077EM6S8 驱动模块参数

| 符号 | 参数 | 条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|----------------------|--|--------------------------|----------|--------|---------|----|
| 静态参数 | | | | | | |
| VCC_ON | VCC 欠压恢复电压 | | 5.8 | 6.5 | 7.4 | V |
| VCC_UVLO | VCC 欠压阈值电压 | | 5.4 | 6 | 6.8 | V |
| VCC_HYS | 欠压电压回差 | | 0.3 | 0.5 | 0.8 | V |
| V _{HO} | HO _x (x=1~3) 输出导通电压(因为 HO 驱动 PMOS, 低电平对应导通) | | VCC-11.5 | VCC-10 | VCC-8.5 | V |
| V _{LO} | LO _x (x=1~3) 输出导通电压 | | 8.5 | 10 | 11.5 | V |
| I _{HO+} | HO _x (x=1~3)输出拉电流 | HO _x =VCC-10V | - | 300 | - | mA |
| I _{HO-} | HO _x (x=1~3)输入灌电流 | HO _x =VCC | - | 35 | - | mA |
| I _{LO+} | LO _x (x=1~3)输出拉电流 | LO _x =0V | - | 60 | - | mA |
| I _{LO-} | LO _x (x=1~3)输入灌电流 | LO _x =10V | - | 300 | - | mA |
| T _{SD} | TSD 温度 | | - | 150 | - | °C |
| T _{RECOVER} | TSD 恢复温度 | | - | 135 | - | °C |
| I _{LDO} | LDO 供电能力 | | | 40 | | mA |
| 动态参数 (CL=1nF) | | | | | | |
| T _{ON} | 导通传输延时 | | - | 80 | - | ns |
| T _{OFF} | 关闭传输延时 | | - | 30 | - | |
| T _{HR} | HO _x 上升时间 | | - | 60 | - | |
| T _{HF} | HO _x 下降时间 | | - | 300 | - | |
| T _{LR} | LO _x 上升时间 | | - | 300 | - | |
| T _{LF} | LO _x 下降时间 | | - | 60 | - | |
| DT | 内置死区时间 | | - | 50 | - | |

P/N MOS 驱动模块的输入输出波形如下图所示。图中 HIN/LIN 为芯片内部 MCPWM 模块的输出信号, 对于 HIN 来说, 输出高电平对应 HO 输出低电平, 从而驱动高驱 PMOS 导通。对于 LIN 来说, 输出高电平对应 LO 输出高电平, 从而驱动低驱 NMOS 导通。因此 MCPWM 寄存器 MCPWM_IO01/MCPWM_IO23 里的 P 和 N 的极性选择都不需要取反。



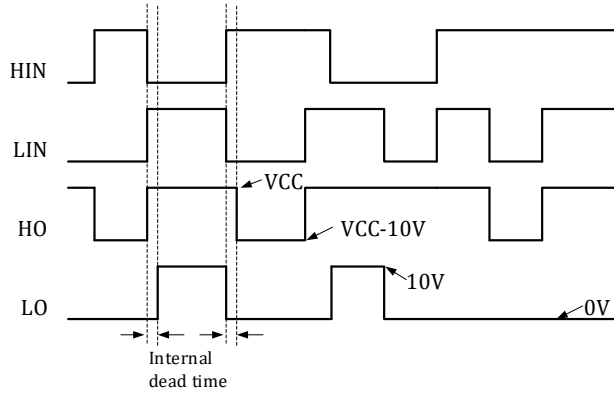


图 21-1 驱动模块输入输出时序波形

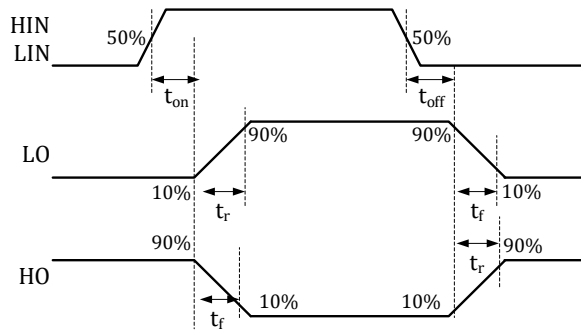


图 21-2 驱动模块输出变化沿时序波形

21.2 推荐应用图

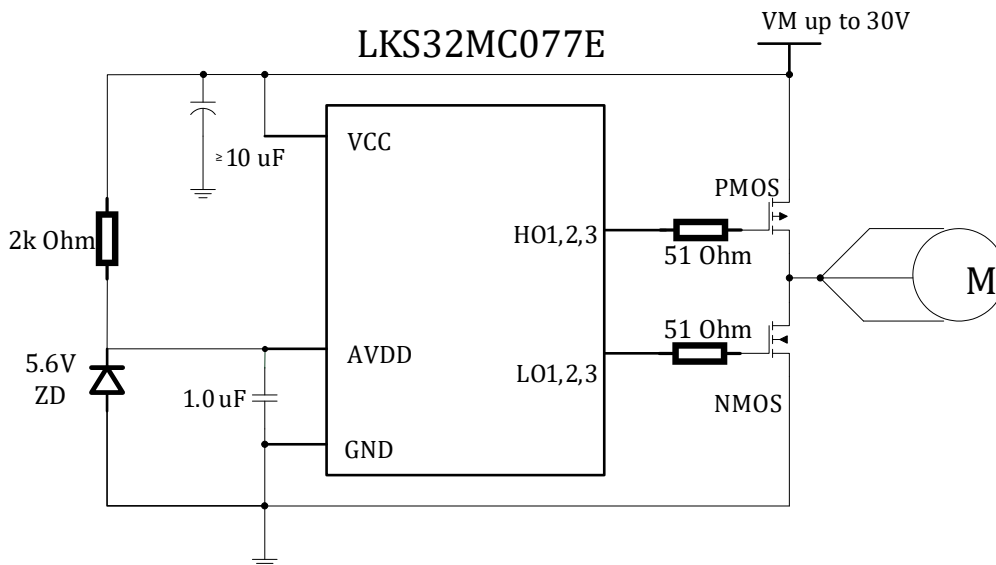


图 21-3 LKS32MC077EM6S8 驱动模块典型应用图

驱动模块的输出引脚信号 LO1/HO1 对应 MCU 的 GPIO P1.0/ P0.15 的 MCPWM 功能输出，

LO2/HO2 对应 MCU 的 GPIO P2.12/P2.11 的 MCPWM 功能输出，LO3/HO3 对应 MCU 的 GPIO P2.5/P2.4 的 MCPWM 功能输出。

当相电流大于 2A 时，建议在 HO1/2/3 输出脚到 PMOS 栅极之间及 LO1/2/3 输出脚到 NMOS 栅极之间，串接一个 51 欧的电阻。

在 VCC 高于 20V、且芯片无需休眠的应用场合，建议在 VCC 和 AVDD 之间加一个 1k~2k 欧姆的分流电阻，此电阻并在内部 5V LDO 的输入和输出端之间，以分担部分散热功能。电阻需放置在离开芯片一段距离的位置。

电阻阻值的计算需遵循如下公式：

$$R \geq (VCC - AVDD) / I$$

其中 I 为 5V 电源上的总功耗，包括 MCU 的功耗、5V 外围器件(例如 HALL)的功耗。

外部跨接分流电阻的情况下，在 AVDD 脚应放一个 5.6V 的稳压管。

同时，在 VCC 和 AVDD 之间并有电阻的应用里，需留意 RSTN 上的 RC 常数不能太大，建议保持为 1ms 的 RC 常数。即芯片外部不加电阻到 5V 的情况下，内部上拉电阻 100k，则 RSTN 上的电容选择为 10nF。如外部加了 10k 或 20k 的上拉电阻，则 RSTN 上的电容选择为 100nF。

VCC 引脚至少加 1uF 去耦电容到地，就近放置，且需要通过滤波电容或 ESD 二极管保证上电过冲不超过 VCC 极限耐压。

栅极驱动模块极性如下：

表 21-2 LKS32MC077EM6S8 栅极驱动极性真值表

| {HIN, LIN} | HO | LO | |
|------------|----|----|----------------|
| 00 | 1 | 0 | 上下管关断 |
| 01 | 1 | 1 | 下管导通 |
| 10 | 0 | 0 | 上管导通 |
| 11 | 1 | 0 | 上下管同时导通，硬件短路保护 |

22 特殊 IO 复用

LKS07x 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。

LKS07x 可实现 SWD 两个 IO 复用为其它 IO 的功能，SWCLK 复用的 IO 是 P2.14，SWDIO 复用的 IO 是 P2.15。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 SWDIO 用途，SWDIO 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 SWDIO，软件重新配置，解除复用。此时，可以恢复 KEIL 的功能。
- 开启或关闭复用，可运行 1-2 条 NOP 指令，保证状态切换稳定。

在 SSOP24L 封装和 QFN5*5 40L-0.75 封装中，SWDIO、SWCLK 可能其他 IO bonding 在一起。此时应注意其他 IO 动作可能导致芯片误认为 SWD 动作。

在 LKS077E 封装中，SWDCLK 同 P2.6 直接 bonding 在一起，可以直接使能对应 GPIO。若同时复用 SWDIO 和 SWDCLK，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，SWCLK 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。
- 开启或关闭复用，可运行 1-2 条 NOP 指令，保证状态切换稳定。
- SWCLK 复用开启，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 SWCLK 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 LKS07x 芯片的外部复位脚。

LKS07x 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，需要软件开启复用。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。
- 开启或关闭复用，可运行 1-2 条 NOP 指令，保证状态切换稳定。

SYS_IO_CFG 寄存器的 BIT[5]，为 RSTN 和 P0.2 的复用控制开关。



23 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 |

24 版本历史

表 24-1 文档版本历史

| 时间 | 版本号 | 说明 |
|------------|------|--|
| 2026.04.07 | 1.20 | 修订内部预驱连接示意图 |
| 2026.03.09 | 1.19 | 修订 CMP 的翻转电压参数 |
| 2026.01.26 | 1.18 | 添加 DAC 模块的配置描述框图 |
| 2026.01.20 | 1.17 | 增加 ADC 配置流程图 |
| 2026.01.08 | 1.16 | 选型表去除其他类型型号 |
| 2025.12.28 | 1.15 | MCPWM 模块描述改为：两组斩波模块，每组共用一个死区配置 |
| 2025.12.24 | 1.14 | 07 系列包装只保留 LQFP48 |
| 2025.11.03 | 1.13 | 修订 OPA 模块共模电平 |
| 2025.08.22 | 1.12 | 更新命名规则 |
| 2025.07.21 | 1.11 | 删除 Flash 部分：擦写一个 Sector 的同时读取访问另一个 Sector |
| 2025.01.02 | 1.1 | 更新比较器 offset 失调电压数值 |
| 2024.08.21 | 1.09 | 添加内部预驱连接示意图 |
| 2024.08.04 | 1.08 | 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 |
| 2023.11.20 | 1.07 | 添加 OPA offset 的说明 |
| 2023.10.22 | 1.06 | 修改产品选型表 |
| 2023.09.25 | 1.05 | 更新焊接温度，修改非易失存储器 Sector 擦写的说明 |
| 2023.07.27 | 1.04 | 更新/添加器件选型表中 07x 6N 的新型号 |
| 2023.07.04 | 1.03 | 修改运放输出信号范围、电源供电范围、休眠功耗及共模电平 |
| 2023.05.07 | 1.02 | 修正栅极驱动模块 I_{HO+} 和 I_{HO-} 电流值，更新 flash 可反复擦除次数的说明 |
| 2023.04.07 | 1.01 | 更新封装说明 |
| 2023.03.16 | 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。

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。

