



南京凌鸥创芯电子有限公司

LKS32MC08X with built-in 3P3N driver Datasheet

© 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

LKS32MC087D/EM6S8(B)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 RISC 内核
- 集成三相 P/N MOS 栅极驱动模块
- 工业级工作温度范围
- 超强抗静电和群脉冲能力

- 存储器

- 32kB Flash，带加密功能，带 128 位芯片唯一识别码
- 8kB RAM

- 工作范围

- 7.5~28V(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 4MHz 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 4MHz 外部晶振
- 内部 PLL 可提供最高 96MHz 时钟

- 外设模块

- 一路 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
- 电机控制专用 PWM 模块，支持 6 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，同步双采样，3Msps 采样及转换速率，共 5 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，可设置滞回模式
- 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、低温飘高频 RC 时钟
- 集成晶体起振电路
- 集成 64KHz+4MHz 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 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 7.5~28V 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

LKS32 MC 080 D 2 M 6 S 8 B (XX)									
Device series									
LKS32	= 32bit MCU								
LKS5	= Gate Driver Products								
LKS6	= Power IC Product								
Product type									
MC	= Motor Control Applications								
AT	= Automobile Applications								
RV	= RISC-V for Motor Control								
Device sub family									
080/081/082/0	= 2.2~5.5V,1 ADC,4 PGA,DSP								
83/085/088									
084D/086	= 2.2~5.5V,1 ADC,4 PGA,DSP,6N Driver								
087(A)	= 2.2~5.5V,1 ADC,2 PGA								
087C	= 2.2~5.5V,1 ADC,2 PGA, CAN								
087D/087E	= 7.5~28V, 1 ADC,2 PGA,3P3N Driver								
089	= 2.2~5.5V,1 ADC,2 PGA								
089XL	= 2.2~5.5V,1 ADC,4 PGA,DSP,6N Driver,LIN								
Gate Driver Functions									
D	= 3P3N Gate Driver								
E/DL	= 3P3N + 5V LDO								
S/F	= 6N Gate Driver								
SL/FL	= 6N + 5V LDO								
K	= High V 6N Gate Driver								
O/L5	= 5V LDO/DCDC								
L3	= 3.3V/3V LDO								
N	= DCDC								
P	= 3P3N/4P4N DrMOS								
Q	= 6N/8N DrMOS								
PL3	= 3P3N DrMOS + 3.3VLDO								
PL5	= 3P3N DrMOS + 5VLDO								
QL	= 6N DrMOS + LDO								
X	= PHY								
XL	= PHY + LDO								
PKG/Driver Ver									
2	= 2 nd Ver								
S	= S 側面上錫								
Pin count									
L	=16 pins								
H	= 20 pins								
M	= 24 pins								
Y	=28 pins								
K	= 32 pins								
F	= 40 pins								
G	= 42 pins								
U	= 44 pins								
C	= 48 pins								
N	= 52 pins								
S	= 54pins								
E	= 60 pins								
R	= 64 pins								
P	= 80 pins								
V	=100 pins								
Q	=128 pins								
Z	=144 pins								
Code size									
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								
Package									
P	= TSSOP								
T	= TQFP/LQFP								
Q	= QFN								
S	= SSOP								
H	= BGA								
Temperature range									
6	= -40~85°								
8	= -40~105°								
9	= -40~125°								
MCU Ver									
B	= B ver								
Options									
TR	= Tape and reel packing								
P	= ES								

图 1-1 凌鸥创芯器件命名规则

1.4 系统资源框图

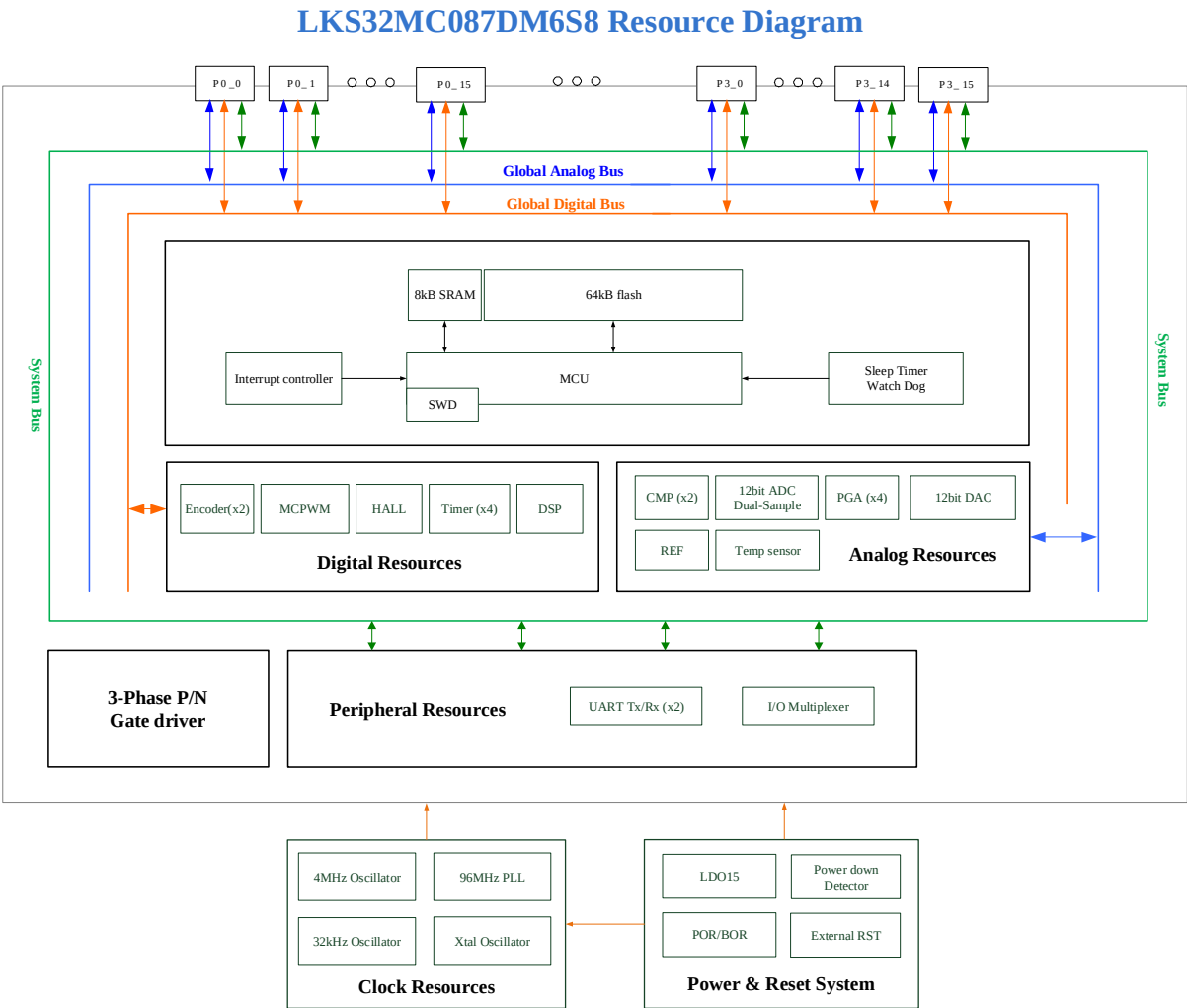


图 1-2 LKS32MC087DM6S8(B)系统框图

1.5 矢量正弦控制系统

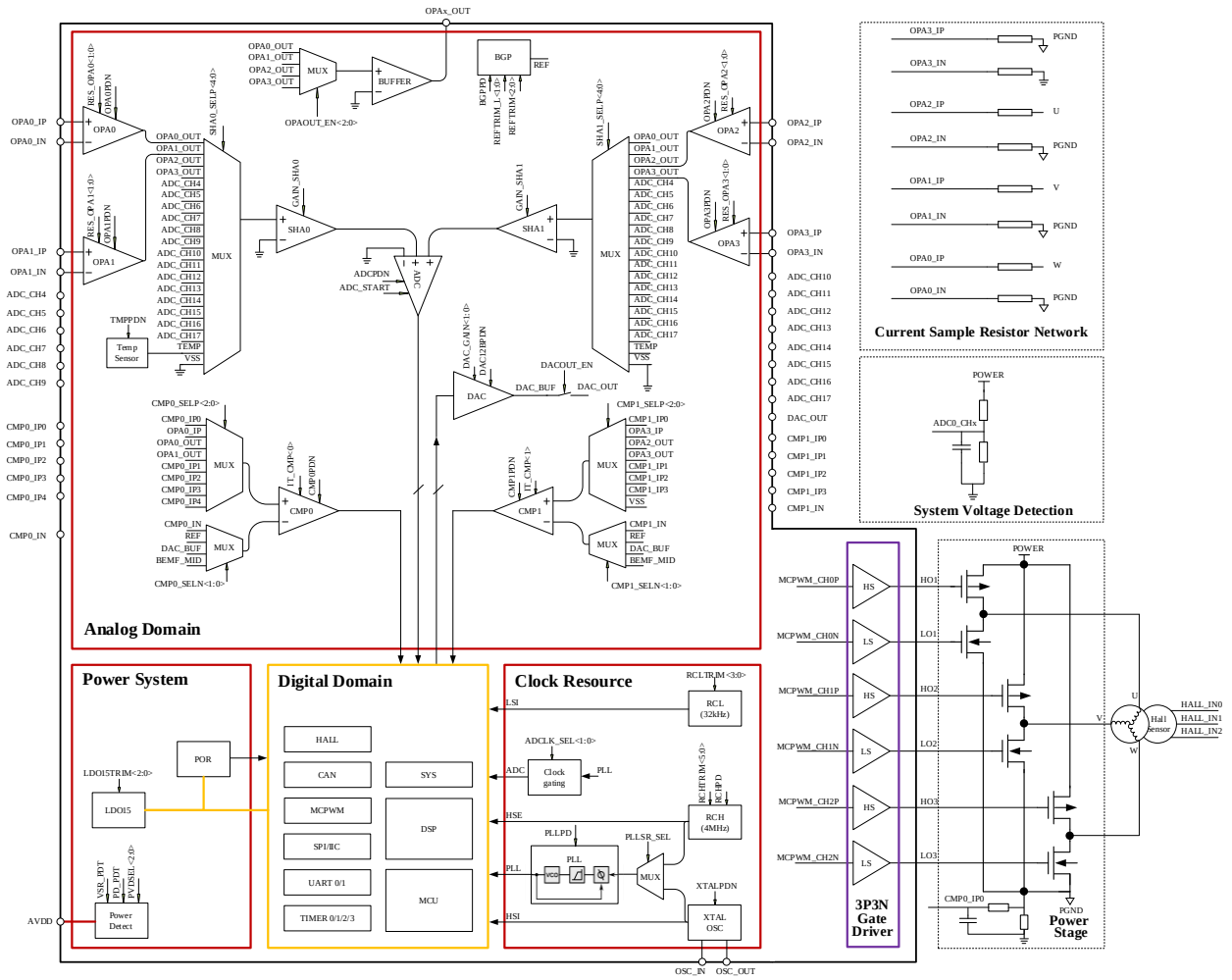


图 1-3 LKS32MC087D(E)M6S8(B)矢量正弦控制系统简化原理图

2 器件选型表

表 2-1 LKS08x 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)	栅压耐压 (V)	其他	Package
LKS32MC080R8T8(B)	96	64	8	13	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes						LQFP64
LKS32MC081C8T8(B)	96	64	8	12	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2		Yes	Yes							TQFP48
LKS32MC082K8Q8(B)	96	64	8	8	12BITx1	2	6	3	3 路	1	1	2		Yes	Yes							QFN5*5 32L-0.75
LKS32MC083C8T8(B)	96	64	8	12	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes						TQFP48
LKS32MC084DF6Q8	96	32	8	11	12BITx1	2	7	3	3 路	1	1	2		Yes	Yes		6N	+1.2/-1.5	4.5~20*1	200		QFN5*5 40L-0.75
LKS32AT085C8Q9	96	64	8	12	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes						QFN6*6 48L-0.55
LKS32AT086N8Q9	96	64	8	11	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes	6N	+1.2/-1.5	4.5~20	200		QFN6*6 52L-0.55
LKS32MC086N8Q8	96	64	8	11	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes	6N	+1.2/-1.5	4.5~20	200		QFN6*6 52L-0.55
LKS32MC087M6S8(B)	96	32	8	5	12BITx1	2	6	2	3 路			1		Yes	Yes							SSOP24L
LKS32MC087AM6S8(B)	96	32	8	5	12BITx1	2	6	2	3 路			1		Yes	Yes							SSOP24L
LKS32MC087CM8S8(B)	96	64	8	5	12BITx1	2	6	2	3 路			1	Yes	Yes	Yes							SSOP24L
LKS32MC087DM6S8	96	32	8	5	12BITx1	2	6	2	3 路			1		Yes	Yes		3P3N	+0.05/-0.3	7~28		5V LDO*2	SSOP24L
LKS32MC087EM6S8	96	32	8	5	12BITx1	2	7	2	3 路			1		Yes	Yes		3P3N	+0.05/-0.3	7~28		5V LDO	SSOP24L
LKS32MC088C6T8(B)	96	32	8	12	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2		Yes	Yes							TQFP48
LKS32MC088KU8Q8	96	64	8	8	12BITx1	2	7	3	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes	6N	+0.45/-1	4.5~20	600	5V LDO	QFN43L
LKS32MC088KU8Q8	96	64	8	8	12BITx1	2	7	3	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes	6N	+0.45/-1	4.5~20	600	5V LDO	QFN43L
LKS32AT089XLN8Q9	96	64	8	11	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	2	Yes	Yes	Yes	Yes	6N	+1.2/-1.5	4.5~20	200	5V LDO	QFN6*6 52L-0.55

*1: 部分型号由于集成多种预驱, 分为多种版本, 预驱供电电压范围不同, 具体参考电气性能参数。

*2: 部分型号集成 5V LDO, 当芯片使用 7.5~28V VCC 供电时, 内部 LDO 可产生 5V 电源给 MCU 供电, 或供电至片外, 具体以管脚说明为准。



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 100k Ω 上拉电阻，固定开启上拉

SWDIO/SWCLK 内置 10k Ω 上拉电阻，固定开启上拉

其余红色 PIN 脚内置 10k Ω 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 LKS32MC087DM6S8(B)

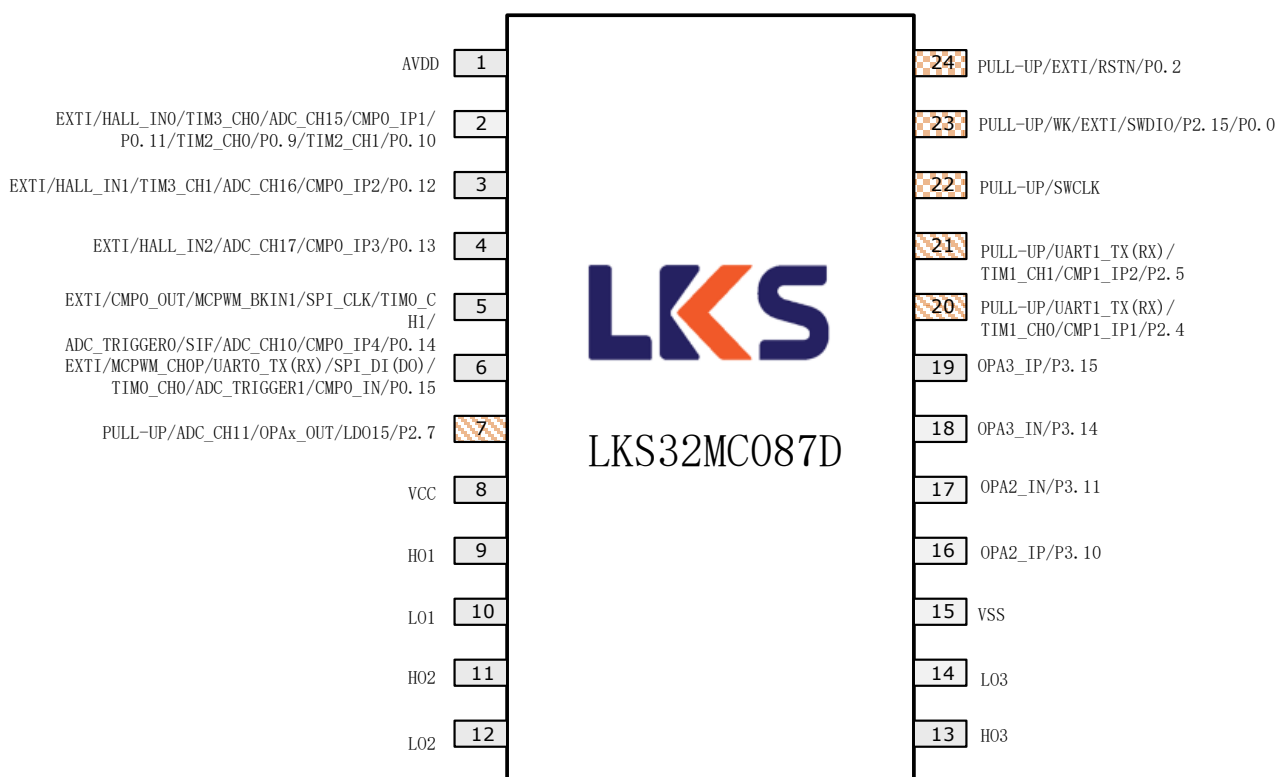


图 3-1 LKS32MC087DM6S8(B)管脚分布图

表 3-1 LKS32MC087DM6S8(B)管脚说明

编号	名称	类型	功能说明
1	AVDD	电源输出	芯片 5V LDO 输出引脚, 片外接 1uF 去耦电容, 并尽量靠近 AVDD 引脚
2	HALL_IN0/TIM3_CH0/ADC_CH15/CMP0_IP1/P0.11/ TIM2_CH0/P0.9/TIM2_CH1/P0.10	输入/输出	Hall 传感器 A 相输入/Timer3 通道 0/ADC 通道 15/ 比较器 0 正端输入通道 1/P0.11/ Timer2 通道 0/P0.9/ Timer2 通道 1/P0.10 P0.11/P0.9/P0.10 这 3 个 GPIO 不可同时有 2 个以上 配置为输出
3	HALL_IN1/TIM3_CH1/ADC_CH16/CMP0_IP2/P0.12	输入/输出	Hall 传感器 B 相输入/Timer3 通道 1/ADC 通道 16/ 比较器 0 正端输入通道 2/P0.12
4	HALL_IN2/ADC_CH17/CMP0_IP3/P0.13	输入/输出	Hall 传感器 C 相输入/ADC 通道 17/比较器 0 正端输 入通道 3/P0.13
5	CMP0_OUT/MCPWM_BKIN1/SPI_CLK/TIM0_CH1/ ADC_TRIG0/SIF/ADC_CH10/CMP0_IP4/P0.14	输入/输出	比较器 0 输出/电机 PWM 终止信号 1/SPI 时钟 /Timer0 通道 1/ADC 触发信号 0/一线通/ADC 通道 10/比较器 0 正端输入通道 4/P0.14
6	MCPWM_CH0P/UART0_TX(RX)/SPI_DI(DO)/TIM0_CH0 /ADC_TRIG1/CMP0_IN/P0.15	输入/输出	电机 PWM 通道 0 高边/ UART0_TX(RX)/ SPI_DI(DO) /Timer0 通道 0/ADC 触发信号 1/比较器 0 负端输入 /P0.15
7	ADC_CH11/OPA _x _OUT/LDO15/P2.7	输入/输出	ADC 通道 11/OPA _x 输出/LDO15 输出/P2.7, 内置可 软件开启的 10k 上拉电阻
8	VCC	电源	芯片供电电源, 供电范围 9~28V。如 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, 具体阻值计算 见第 21 章节。 VCC 引脚到地之间必须有一个大于等于 100uF 的去 耦电容
9	HO1	输出	A 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.4 口输出信号控制。 HO1 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电 阻
10	LO1	输出	A 相 PWM 低驱输出, 由 MCU P1.5 口的 PWM 输出 功能控制, 即需配置 GPIO1_F7654[7:4], 同时 P3.13 需设置为输出态, 即需配置 GPIO3_POE[13]。 LO1 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
11	HO2	输出	B 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.6 口输出信号控制。 HO2 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电 阻
12	LO2	输出	B 相 PWM 低驱输出, 由 MCU P1.7 口的 PWM 输出功 能控制, 即需配置 GPIO1_F7654[15:12], 同时 P1.12 需设置为输出态, 即需配置 GPIO1_POE[12]。 LO2 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
13	HO3	输出	C 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.8 口输出信号控制。 HO3 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电 阻

编号	名称	类型	功能说明
14	LO3	输出	C 相 PWM 低驱输出,由 MCU P1.9 口的 PWM 输出功能控制,即需配置 GPIO_FBA98[7:4],同时 P1.15 需设置为输出态,即需配置 GPIO1_POE[15]。 LO3 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
15	AVSS	地	系统地
16	OPA2_IP/P3.10	输入/输出	运放 2 正端输入/P3.10
17	OPA2_IN/P3.11	输入/输出	运放 2 负端输入/P3.11
18	OPA3_IN/P3.14	输入/输出	运放 3 负端输入/P3.14
19	OPA3_IP/P3.15	输入/输出	运放 3 正端输入/P3.15
20	UART1_TX(RX)/TIM1_CH0/ADC_TRIG3/ CMP1_IP1/P2.4	输入/输出	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
21	UART1_TX(RX)/TIM1_CH1/ADC_TRIG0/ CMP1_IP2/P2.5	输入/输出	UART1_TX(RX)/Timer1 通道 1/ADC 触发信号 0/比较器 1 正端输入通道 2/P2.5, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻
22	SWCLK	输入	SWD 时钟, 内置固定上拉的 10k 电阻
23	SWDIO/P2.15/P0.0	输入/输出	SWD 数据/P2.15/P0.0, 内置固定上拉的 10k 电阻 其中 SWD 数据 IO 与 P2.15/P0.0 是通过封装直接连接到芯片同一个引脚,在使用中需要注意 P2.15/P0.0 的输入输出使能开启时间, 以免上电即开启 P2.15/P0.0 导致芯片无法进行 SWD 访问,从而影响调试下载。此外, P2.15/P0.0 两个 GPIO 不可同时配置为输出
24	RSTN/P0.2	输入/输出	RSTN/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。

3.1.3 LKS32MC087EM6S8(B)

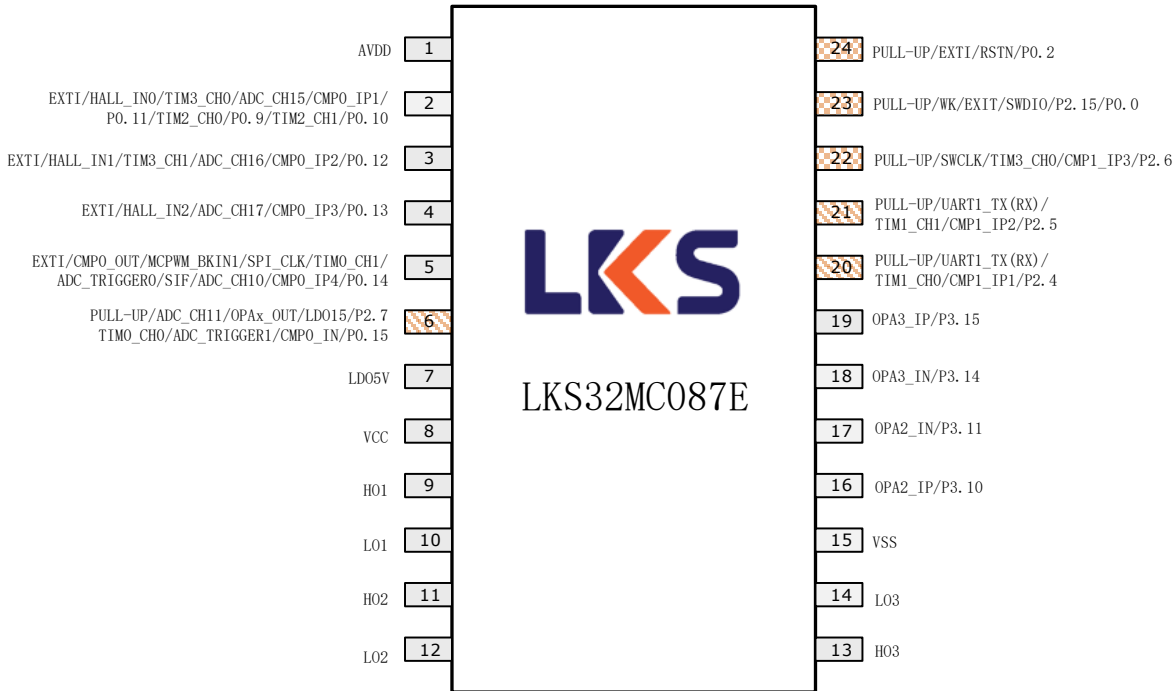


图 3-2 LKS32MC087EM6S8(B)管脚分布图

* 图中红色 PIN 脚内置上拉至 AVDD 的电阻：
 RSTN 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

表 3-2 LKS32MC087EM6S8(B)管脚说明

编号	名称	类型	功能说明
1	AVDD	电源输入	芯片低压供电电源，供电范围 3.3~5.5V。在散热条件良好的应用里，可直接连至芯片的 LD05V 引脚。如考虑降低系统功耗而采用外部 DCDC 或电荷泵产生的 5V 电源，则将此引脚连至外部 5V 电源
2	HALL_IN0/TIM3_CH0/ADC_CH15/CMP0_IP1/P0.11/ TIM2_CH0/P0.9/TIM2_CH1/P0.10	输入/输出	Hall 传感器 A 相输入/Timer3 通道 0/ADC 通道 15/比较器 0 正端输入通道 1/P0.11/ Timer2 通道 0/P0.9/ Timer2 通道 1/P0.10 P0.11/P0.9/P0.10 这 3 个 GPIO 不可同时有 2 个以上配置为输出
3	HALL_IN1/TIM3_CH1/ADC_CH16/CMP0_IP2/P0.12	输入/输出	Hall 传感器 B 相输入/Timer3 通道 1/ADC 通道 16/比较器 0 正端输入通道 2/P0.12
4	HALL_IN2/ADC_CH17/CMP0_IP3/P0.13	输入/输出	Hall 传感器 C 相输入/ADC 通道 17/比较器 0 正端输入通道 3/P0.13
5	CMP0_OUT/MCPWM_BKIN1/SPI_CLK/TIM0_CH1/ ADC_TRIG0/SIF/ADC_CH10/CMP0_IP4/P0.14	输入/输出	比较器 0 输出/电机 PWM 终止信号 1/SPI 时钟/Timer0 通道 1/ADC 触发信号 0/一线通/ADC 通道 10/比较器 0 正端输入通道 4/P0.14

编号	名称	类型	功能说明
6	ADC_CH11/OPA _x _OUT/LDO15/P2.7/ TIM0_CH0/ADC_TRIG1/CMP0_IN/P0.15	输入/输出	ADC 通道 11/OPA _x 输出/LDO15 输出/P2.7/Timer0 通道 0/ADC 触发信号 1/比较器 0 负端输入/P0.15, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻, P0.15 和 P2.7 的输出功能不可同时使用。
7	LDO5V	电源	芯片 5V LDO 输出引脚, 片外接 1uF 去耦电容, 并尽量靠近 LDO5V 引脚
8	VCC	电源	芯片中压供电电源, 供电范围 9~28V。如 VCC 高于 20V、AVDD 引脚由芯片 LDO5V 输出供电、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, 具体阻值计算见第 21 章节。 VCC 引脚到地之间必须有一个大于等于 100uF 的去耦电容
9	HO1	输出	A 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.4 口输出信号控制。HO1 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
10	LO1	输出	A 相 PWM 低驱输出, 由 MCU P1.5 口的 PWM 输出功能控制, 即需配置 GPIO1_F7654[7:4], 同时 P3.13 需设置为输出态, 即需配置 GPIO3_POE[13]。 LO1 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
11	HO2	输出	B 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.6 口输出信号控制。HO2 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
12	LO2	输出	B 相 PWM 低驱输出, 由 MCU P1.7 口的 PWM 输出功能控制, 即需配置 GPIO1_F7654[15:12], 同时 P1.12 需设置为输出态, 即需配置 GPIO1_POE[12]。 LO2 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
13	HO3	输出	C 相 PWM 高驱输出, 由 MCU P1.8 口输出信号控制。HO3 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
14	LO3	输出	C 相 PWM 低驱输出, 由 MCU P1.9 口的 PWM 输出功能控制, 即需配置 GPIO_FBA98[7:4], 同时 P1.15 需设置为输出态, 即需配置 GPIO1_POE[15]。 LO3 输出到 MOS 管栅极之间必须串一个 51 欧的电阻
15	AVSS	地	系统地
16	OPA2_IP/P3.10	输入/输出	运放 2 正端输入/P3.10
17	OPA2_IN/P3.11	输入/输出	运放 2 负端输入/P3.11
18	OPA3_IN/P3.14	输入/输出	运放 3 负端输入/P3.14
19	OPA3_IP/P3.15	输入/输出	运放 3 正端输入/P3.15
20	UART1_TX(RX)/TIM1_CH0/ADC_TRIG3/ CMP1_IP1/P2.4	输入/输出	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
21	UART1_TX(RX)/TIM1_CH1/ADC_TRIG0/	输入/输出	UART1_TX(RX)/Timer1 通道 1/ADC 触发信号 0/比较

编号	名称	类型	功能说明
	CMP1_IP2/P2.5		器 1 正端输入通道 2/P2.5, 内置可软件开启的 10k 上拉电阻
22	SWCLK/ TIM3_CH0/CMP1_IP3/P2.6	输入	SWD 时钟/ Timer3 通道 0/比较器 1 正端输入通道 3/P2.6, 内置固定上拉的 10k 电阻。SWCLK 和其余 GPIO 功能不可同时使用, 且如果复用 GPIO P2.6 的功能, 需将其作为不频繁变化的信号使用。
23	SWDIO/P2.15/P0.0	输入/输出	SWD 数据/P2.15/P0.0, 内置固定上拉的 10k 电阻 其中 SWD 数据 IO 与 P2.15/P0.0 是通过封装直接连接到芯片同一个引脚, 在使用中需要注意 P2.15/P0.0 的输入输出使能开启时间, 以免上电即开启 P2.15/P0.0 导致芯片无法进行 SWD 访问, 从而影响调试下载。此外, P2.15/P0.0 两个 GPIO 不可同时配置为输出。
24	RSTN/P0.2	输入/输出	RSTN/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。

3.2 管脚复用功能说明

LKS32MC087DM6S8(B)与 LKS32MC087EM6S8(B)引脚复用功能相同，下表以 LKS32MC087EM6S8(B)为例。

表 3-3 LKS32MC087EM6S8(B)引脚复用功能选择

Port	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF0
P0.0												ADC_CH4, DAC_OUT
P0.1												ADC_CH6
P0.2												
P0.3						SCL		TIM2_CH0				ADC_CH7
P0.4						SDA		TIM2_CH1				ADC_CH8
P0.5												ADC_CH9
P0.6				UART1_TX(RX)			TIM1_CH0			CAN_RX		
P0.7				UART1_TX(RX)			TIM1_CH1			CAN_TX		
P0.8												
P0.9						SCL		TIM2_CH0				
P0.10						SDA		TIM2_CH1				
P0.11		HALL_IN0						TIM3_CH0				ADC_CH15/CMP0_IP1
P0.12		HALL_IN1						TIM3_CH1		CAN_RX		ADC_CH16/CMP0_IP2
P0.13		HALL_IN2								CAN_TX		ADC_CH17/CMP0_IP3
P0.14	CMP0_OUT		MCPWM_BKIN1		SPI_CLK		TIM0_CH1		ADC_TRIG0		SIF	ADC_CH10/CMP0_IP4
P0.15			MCPWM_CH0P	UART0_TX(RX)	SPI_DI(DO)		TIM0_CH0		ADC_TRIG1			CMP0_IN



Port	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF0
P1.0			MCPWM_CH0N	UART0_TX(RX)	SPI_DI(DO)							
P1.1					SPI_CS							
P1.2								TIM3_CH0				
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			ADC_CH13
P1.11			MCPWM_CH3N	UART0_TX(RX)		SDA	TIM0_CH1		ADC_TRIG3		SIF	
P1.12			MCPWM_CH1N									
P1.13					SPI_CLK		TIM0_CH0					
P1.14					SPI_DI(DO)		TIM0_CH1					
P1.15			MCPWM_CH2N									



Port	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF0
P2.0					SPI_CS			TIM2_CH1				
P2.1					SPI_CLK							ADC_CH14/ CMP1_IP0
P2.2												CMP1_IN
P2.3	CMP1_OUT		MCPWM_BKIN0		SPI_CS							REF
P2.4		HALL_IN0	MCPWM_CH2P	UART1_TX(RX)			TIM1_CH0		ADC_TRIG3	CAN_RX		CMP1_IP1
P2.5		HALL_IN1	MCPWM_CH2N	UART1_TX(RX)			TIM1_CH1		ADC_TRIG0	CAN_TX		CMP1_IP2
P2.6		HALL_IN2	MCPWM_CH3P					TIM3_CH0	ADC_TRIG1		SIF	CMP1_IP3
P2.7												ADC_CH11/ OPA _x _OUT/ LDO15
P2.8				UART1_TX(RX)				TIM3_CH0				OSC_IN
P2.9					SPI_DI(DO)	SCL						ADC_CH12/ CMP0_IP0
P2.10					SPI_DI(DO)	SDA						
P2.11			MCPWM_CH1P					TIM2_CH0				
P2.12			MCPWM_CH1N					TIM2_CH1	ADC_TRIG2			
P2.13			MCPWM_CH3N					TIM3_CH1				
P2.14						SCL						
P2.15						SDA						

Port	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF0
P3.0												
P3.1												
P3.2												
P3.3												
P3.4												
P3.5												
P3.6												
P3.7												
P3.8												
P3.9				UART1_TX(RX)				TIM3_CH1				OSC_OUT
P3.10												OPA2_IP
P3.11												OPA2_IN
P3.12												
P3.13	HRC		MCPWM_CH0N									
P3.14												OPA3_IN
P3.15												OPA3_IP



4 封装尺寸

LKS32MC087DM6S8(B)和 LKS32MC087EM6S8(B)的封装尺寸相同，都为：
SSOP24L Profile Quad Flat Package:

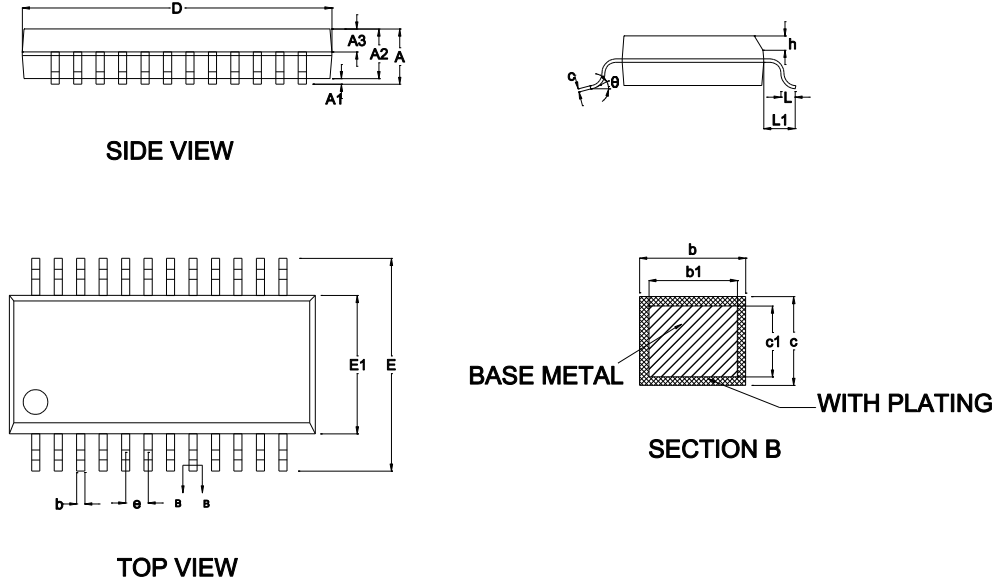


图 4-1 LKS32MC087EM6S8(B)封装图示

表 4-1 LKS32MC087EM6S8(B)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

LKS32MC087D/087E(B)等型号为 MCU 集成 3P3N 预驱芯片，电气参数如下列表格所示，以 LKS32MC087EM6S8(B)为例。

表 5-1 LKS32MC087EM6S8(B)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	-	150	°C	
引脚温度(焊接 10 秒)	-	260	°C	

表 5-2 LKS32MC087EM6S8(B)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	A 版本 AVDD 复位电平 $2.2V \pm 0.2V$
	3.0				B 版本 AVDD 复位电平 $2.7V \pm 0.2V$
模拟工作电压(AVDD _A)	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
预驱电源电压(VCC)	7.5		28	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 LKS32MC087EM6S8(B) 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 LKS32MC087EM6S8(B) 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锁锁等级为 200mA。

表 5-5 LKS32MC087EM6S8(B) 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_{IN_PAD}	单个GPIO最大注入电流	-11.2	11.2	mA
I_{IN_SUM}	所有GPIO最大注入电流	-50	50	mA

表 5-6 LKS32MC087EM6S8(B) IO DC 参数

参数	描述		AVDD	条件	最小	典型	最大	单位
V_{IH}	数字IO输入高电压		5V	-	$0.7 \cdot AVDD$			V
			3.3V		2.0			
V_{IL}	数字IO输入低电压		5V	-			$0.3 \cdot AVDD$	V
			3.3V				0.8	
V_{HYS}	施密特迟滞范围		5V	-	$0.1 \cdot AVDD$			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*	复位引脚			100	200	400	kΩ
		普通IO			8	10	12	
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 LKS32MC08x 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
4MHz 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
休眠	10	30	50	uA

6 模拟性能参数

表 6-1 LKS32MC087EM6S8(B)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	-2.352		+2.352	V	Gain=1 时; REF=2.4V
	-3.528		+3.528	V	Gain=2/3 时; REF=2.4V
单端输入信号范围	-0.3		+2.352	V	REF2VDD=0, Gain=1; REF=2.4V
	-0.3		+3.528	V	REF2VDD=0, Gain=2/3; REF=3.6V
	-0.3		AVDD*0.9	V	REF2VDD=1, Gain=1; REF=AVDD
	-0.3		AVDD+0.3	V	REF2VDD=1, Gain=2/3, REF=AVDD, 受限于 IO 钳位
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/ $^{\circ}\text{C}$	
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	

参数	最小	典型	最大	单位	说明
运算放大器(OPA)					
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		2*Vcm	V	最小负载电阻下
OFFSET		10	15.0	mV	200K:10.4K 放大倍数
		10	16.5	mV	190K:20.4K 放大倍数
		10	18.5	mV	180K:30.4K 放大倍数
		10	20.5	mV	170K:40.4K 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×OFFSET。Flash NVR 区域记录了出厂测试的 OPA offset。					
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。 OPA 输出端偏差为 OPA 放大倍数 xOFFSET
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		5	10	mV	
传输延时		0.15u		S	默认功耗
		0.6u		S	低功耗
回差(Hysteresis)		20		mV	HYS='0'
		0		mV	HYS='1'

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~28V 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 在芯片出厂前已经过校正。

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。

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 4MHz RC 时钟、外部 4MHz 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。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。外部 4MHz 晶体起振电路作为备份时钟使用。

32k 和 4M 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 $\pm 50\%$,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。32K 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。

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。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 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。

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 1~20 通道扫描、连续 1~20 通道扫描。每路 ADC 都有 20 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。

20 个通道里最后一个通道用来测量 ADC 自身的 offset，将其保存在通道寄存器中，其他通道的 ADC 值都已自动减去该 offset。在芯片上电之初，应由 MCU 发起 offset 校正信号，校正控制模块将 ADC 通道设置为通道 1，并将值储存在通道寄存器中。如果客户对 offset 要求较高，可定期(例如一小时/一天)在 ADC 空闲时将 offset 校正一次。

在 GAIN_REF=0 时，基准电压源为 2.4V。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。

在 GAIN_REF=1 时，基准电压源为 1.2V，在 3.3V 供电系统中，需要将 GAIN_REF 设置为‘1’，详细信息请参考 User manual。ADC 带有两种增益模式，通过 GAIN_SHAx 进行设置，对应 1 倍和 1/3 倍增益。1 倍增益对应±1.2V 的输入信号，1/3 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

2 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 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 2 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 `IT_CMP` 设置为 0.15uS/0.6uS。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

芯片内置温度传感器，在-40~85℃范围内典型精度为 2℃。85~105℃范围内典型精度为 3℃。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_GAIN<1:0> 设置为 1.2V/3V/4.85V。

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 $>5\text{k}\Omega$ 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 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 8kB 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 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

- 一路 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
- 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，2/4/8/64 秒复位间隔

21 三相 P/N MOS 栅极驱动模块

21.1 模块参数

表 21-1 LKS32MC087EM6S8(B)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
VHO	HOx(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
VLO	LOx(x=1~3) 输出导通电压		8.5	10	11.5	V
IHO+	HOx(x=1~3)输入灌电流	HOx=VCC	-	35	-	mA
IHO-	HOx(x=1~3)输出拉电流	HOx=VCC-8V	-	300	-	mA
ILO+	LOx(x=1~3)输出拉电流	LOx=0V	-	60	-	mA
ILO-	LOx(x=1~3)输入灌电流	LOx=8V	-	300	-	mA
TSD	TSD 温度		-	150	-	°C
TRECOVER	TSD 恢复温度		-	135	-	°C
ILDO	LDO 供电能力			40		mA
动态参数 (CL=1nF)						
TON	导通传输延时		-	80	-	ns
TOFF	关闭传输延时		-	30	-	
THR	HOx 上升时间		-	60	-	
THF	HOx 下降时间		-	300	-	
TLR	LOx 上升时间		-	300	-	
THF	LOx 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。

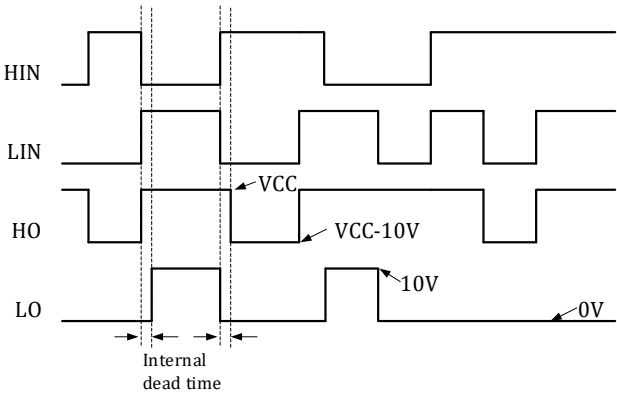


图 21-1 驱动模块输入输出时序波形

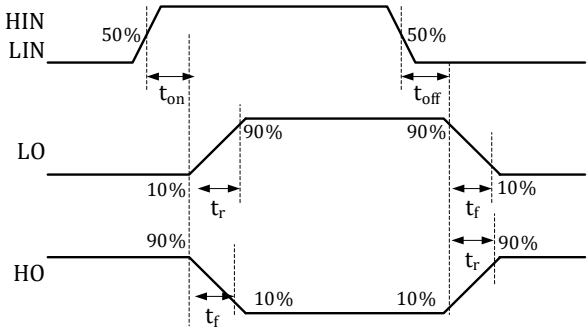


图 21-2 驱动模块输出变化沿时序波形

21.2 推荐应用图

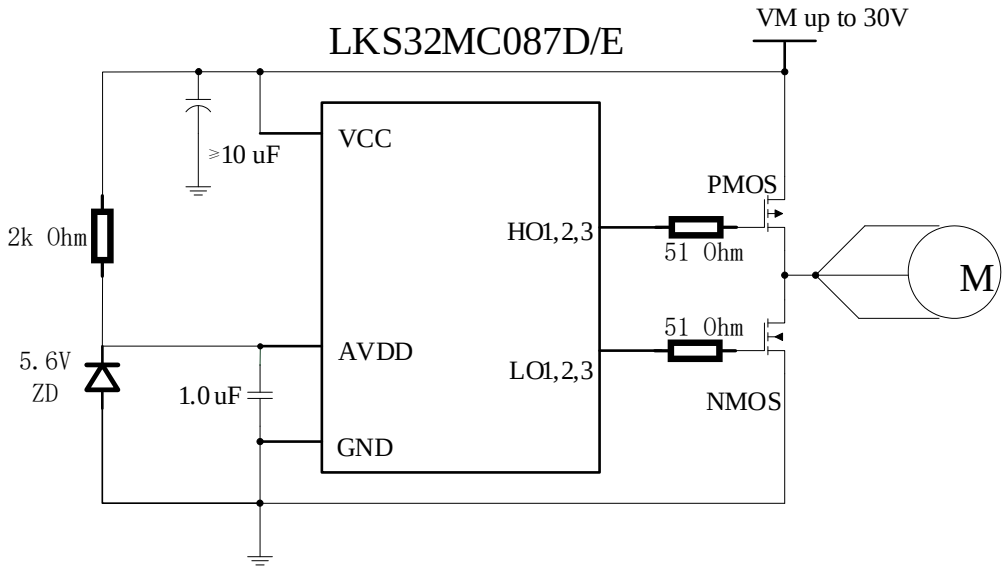


图 21-3 LKS32MC087D(E)M6S8(B)驱动模块典型应用图

驱动模块的输出引脚信号 LO1/HO1 对应 MCU GPIO P1.5/P1.4 的 MCPWM 功能输出, LO2/HO2

对应 MCU GPIO P1.7/P1.6 的 MCPWM 功能输出, LO3/HO3 对应 MCU GPIO P1.9/P1.8 的 MCPWM 功能输出, 同时 P3.13/ P1.12/ P1.15 这 3 个 GPIO 需设置为输出态。

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 引脚到地之间必须有一个大于等于 100uF 的去耦电容。

栅极驱动模块极性如下:

表 21-2 LKS32MC087DM6S8(B)/LKS32MC087EM6S8(B)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

LKS08x 特殊 IO 复用注意事项

SWD 协议包含两根信号线: SWDCLK 和 SWDIO。SWDCLK 是时钟信号,在 SWD 模式下一直为输入。SWDIO 是数据信号,在 SWD 模式下为双向 IO,默认是输入状态。

LKS08x 部分型号 SWD 引脚同时有 GPIO 功能。通常为 P0.0、P2.15。注意事项如下:

- 默认状态不开启 SWD 引脚的 GPIO 功能,需要软件开启。即芯片硬复位结束后,初始状态是 SWD 用途,SWD 引脚在芯片内部有上拉(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。
- 如开启 GPIO 功能后,如果 GPIO 功能与 SWD 功能冲突,比如设置 GPIO 为输出,则可能导致 KEIL 等工具无法通过 SWD 协议访问芯片,此时 Debug 和擦除下载功能均失效。**因此建议:**
 - 其一,软件开启 GPIO 复用前留有一定延时,建议 1s 以上,保证凌鸥离线下载器能在芯片上电后软件延时期间完成芯片擦除动作。延时越大,一次性擦除成功的概率越大。
 - 其二,软件设置有 GPIO 复用退出机制,例如某个其它 IO 电平发生变化(一般为输入)或串行通讯,表明需要用 SWD,软件接收到指令后关闭 SWD 引脚的 GPIO 功能。此时,可以恢复 KEIL 的功能。

在 SSOP24 封装和 QFN40 封装中,SWDIO 同 P0.0、P2.15 直接 bonding 在一起,可以直接使能对应 GPIO。建议复用 SWDIO 时 SWDCLK 需保持不变(恒为 1 或者恒为 0)。

在 LKS087E 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,SWDCLK 复用的注意事项如下:

- 默认状态不开启 SWD 引脚的 GPIO 功能,需要软件开启。即芯片硬复位结束后,初始状态是 SWD 用途,SWD 引脚在芯片内部有上拉(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。
- 如开启 GPIO 功能后,如果 GPIO 功能与 SWD 功能冲突,比如设置 GPIO 为输出,则可能导致 KEIL 等工具无法通过 SWD 协议访问芯片,此时 Debug 和擦除下载功能均失效。**因此建议:**
 - 其一,软件开启 GPIO 复用前留有一定延时,建议 1s 以上,保证凌鸥离线下载器能在芯片上电后软件延时期间完成芯片擦除动作。延时越大,一次性擦除成功的概率越大。
 - 其二,软件设置有 GPIO 复用退出机制,例如某个其它 IO 电平发生变化(一般为输入)或串行通讯,表明需要用 SWD,软件接收到指令后关闭 SWD 引脚的 GPIO 功能。此时,可以恢复 KEIL 的功能。
- SWDCLK 和 SWDIO 引脚都作为 GPIO 使用时不应同时动作。即 SWDCLK 复用开启,且变化的时候,SWDIO 能保持为 0 电平(类似时分复用)。

若此时,仅复用了 SWDCLK,没有复用 SWDIO,注意事项同上。

RSTN 信号,默认是用于 LKS08x 芯片的外部复位脚。

LKS08x 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。

SYS_RST_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
2025.08.22	1.87	更新命名规则
2025.07.21	1.86	删除 Flash 部分：擦写一个 Sector 的同时读取访问另一个 Sector
2025.07.10	1.85	模拟性能参数增加运放 OFFSET 参数说明修正
2025.07.09	1.84	模拟性能参数增加运放 OFFSET 参数
2024.12.12	1.83	增加 ADC 饱和范围的说明
2024.08.06	1.82	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
2024.01.26	1.81	修改器件选型表
2023.12.12	1.8	增加关于上拉电阻值的说明
2023.11.09	1.7	OPA OFFSET 增加说明，更新储存温度
2023.06.04	1.6	修改 P3.13、P1.12 和 P1.15 的管脚复用功能
2023.04.28	1.59	增加 B 版本芯片，其 AVDD 供电范围 3.0~5.5V 修改封装名称
2023.04.03	1.58	修订 AVDD 工作范围，最低电压从 2.2V 提高到 3.0V
2023.03.18	1.57	修改时钟精度的描述
2023.02.11	1.56	修改 P/N MOS 驱动模块电流参数
2023.01.13	1.55	增加订购包装信息
2022.11.15	1.54	修改特殊 IO 复用注意事项
2022.11.07	1.53	增加 IO 与内部模拟电路间连接电阻阻值
2022.10.28	1.52	增加共模电压特性
2022.10.20	1.51	修改 VCC 管脚描述
2021.04.13	1.5	全系列选型表
2020.12.30	1.4	修改应用图
2020.04.23	1.3	增加特殊 IO 复用章节
2020.04.20	1.2	修改 LKS087E 引脚说明
2020.04.5	1.1	增加 LKS087E 版本内容
2020.03.10	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。

