南京凌鸥创芯电子有限公司

LKS32MC09X with built-in 6N driver Datasheet

© 2024, 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

LKS32MC094DOF8Q8 是 32 位内核的面向电机控制应用的专用处理器，同时集成了三相全桥自举式栅极驱动模块，可直接驱动 6 个 N 型 MOSFET。

- **性能**
  - 96MHz 32 位 Cortex-M0 内核
  - 内核硬件乘法 1 周期完成，硬件除法最多 32 周期完成
  - 工业级工作温度范围
  - 超强抗静电和群脉冲能力
- **工作范围**
  - 3V~5.5V 电源供电，内部集成 1 个 LDO，为数字部分电路供电
  - 工作环境温度范围: -40~105℃
- **时钟**
  - 内置 8MHz 高精度 RC 时钟，-40~105℃范围内精度在±1.5%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
- **非易失存储器**
  - 内置 flash 包括 32KB/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℃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，擦写一个 Sector 的同时读取访问另一个 Sector
  - Flash 数据防窃取(最后一个 word 须写入非 0xFFFFFFFF 的任意值），支持 ROM 特性以及安全库区域保护（方案商保护知识产权代码）
- **SRAM**
  - 内置 8kB SRAM

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

- **外设模块**
  - 三路 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、中心对齐 PWM 功能，Timer0 支持互补 PWM 功能
  - 1 个通用 32 位 Timer，支持捕捉和边沿对齐 PWM、中心对齐 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 4 对/8 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 3 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，2Msps 采样及转换速率，最多支持 16 通道
  - 集成 4 路运算放大器输入,可设置为差分 PGA 模式,运放差分输入端集成可配置下拉电阻，便于反电动势分压采样。
  - 集成 2 路比较器，可设置滞回模式
  - 集成 1 路 12bit DAC，1 路 8bit DAC
  - 内置±2℃温度传感器
  - 内置 1.2V ±1.9%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

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；
- 内部集成高速运放和 2 路比较器，可满足单电阻/双电阻/三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，可以允许高电压共模信号直接输入芯片，可以用最简单

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

的电路拓扑实现 MOSFET 电阻直接电流采样模式；

- 集成硬件 MOSFET 温度漂移补偿电路，确保电流采样精度；
- 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 3V~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 。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

1.3 命名规则

LKS32 MC 091 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

091	= 2.5~5.5V,2 ADC,4 PGA,DSP
091F/094F	= 2.5~5.5V,2 ADC,4 PGA,DSP,6N Driver
091FL	= 7-20V,2 ADC,4 PGA,DSP,6N Driver, 5v LDO
092	= 2.5~5.5V,2 ADC,3 PGA
097	= 2.5~5.5V,2 ADC,2 PGA
097D/097E	= 7.5~28V, 2 ADC,2 PGA,3P3N Driver

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	= 2nd Ver
S	= S 侧面上锡

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

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

1.4 系统资源框图

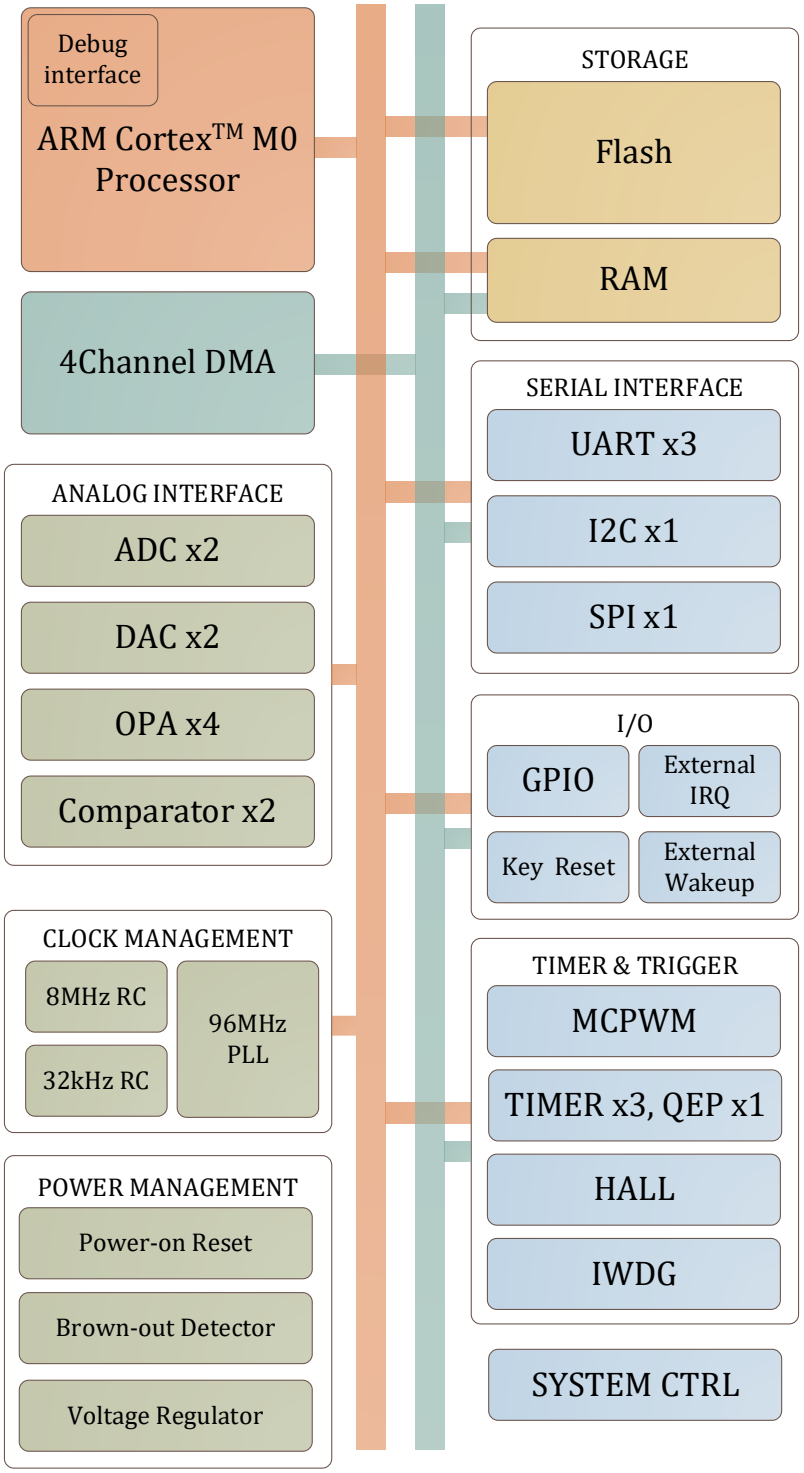
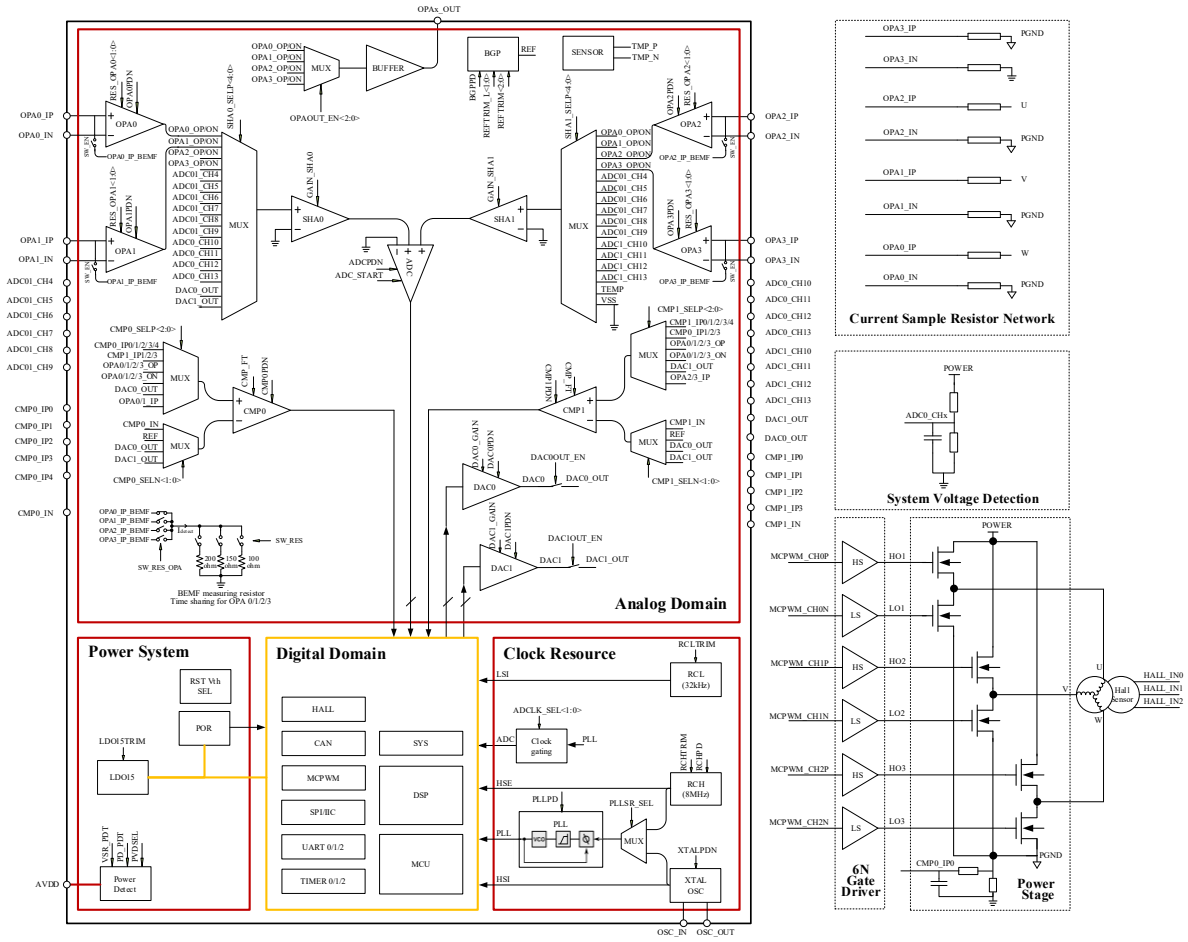


图 1-2 LKS32MC09x 系统资源框图

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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 LKS32MC09x 矢量正弦控制系统简化原理图

2 器件选型表

表 2-1 LKS09x 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)		产品状态	Package
LKS32MC094DOF8Q8	96	128	8	11	12BITx1	2	9	4	3 路	1	1	3		Yes	Yes	Yes							QFN5*5

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

3 管脚分布

3.1 管脚分布图及管脚说明

3.1.1 LKS32MC094DOF8Q8

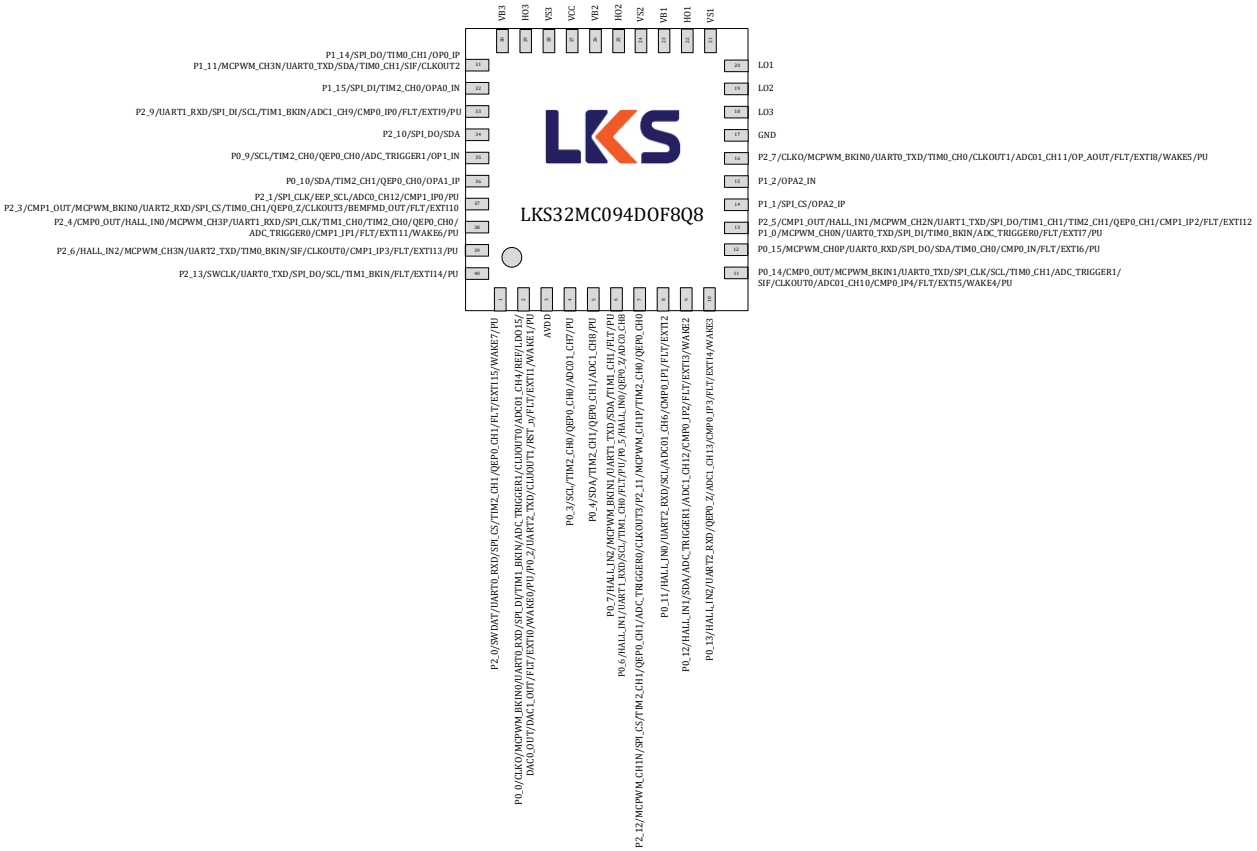


表 3-1 LKS32MC094DOF8Q8 管脚说明

1	P2_0	P2.0
	SWDAT	SWD 数据
	UART0_RXD	串口 0 接收(发送)
	SPI_CS	SPI 片选
	TIM2_CH1	Timer2 通道 1
	QEP0_CH1	编码器 0 通道 1
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI15	外部 GPIO 中断信号 15
	WAKE7	外部唤醒信号 7
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
2	P0_0	P0.0

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

	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)
	TIM1_BKIN	Timer1 刹车信号
	ADC_TRIGGER1	ADC1 触发信号输出(用于调试)
	CLUOUT0	CLU0 输出
	ADC01_CH4	ADC0/ADC1 共用通道 4
	REF	参考电压
	LDO15	1.5V LDO 输出
	DAC0_OUT	DAC0 输出
	DAC1_OUT	DAC1 输出
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI0	外部 GPIO 中断信号 0
	WAKE0	外部唤醒信号 0
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
	P0_2	P0.2
	UART2_TXD	串口 2 发送(接收)
	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	GPIO 输入滤波
	EXTI1	外部 GPIO 中断信号 1
	WAKE1	外部唤醒信号 1
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
3	AVDD/LDO	MCU 电源，5V LDO 输出，建议片外就近放置 1uF 滤波电容
4	P0_3	P0.3
	SCL	I2C 时钟
	TIM2_CH0	Timer2 通道 0
	QEP0_CH0	编码器 0 通道 0
	ADC01_CH7	ADC0/ADC1 共用通道 7
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
5	P0_4	P0.4
	SDA	I2C 数据
	TIM2_CH1	Timer2 通道 1
	QEP0_CH1	编码器 0 通道 1
	ADC1_CH8	ADC1 通道 8
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
6	P0_7	P0.7
	HALL_IN2	HALL 接口输入 2
	MCPWM_BKIN1	PWM 停机输入信号 1
	UART1_TXD	串口 1 发送(接收)

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

	SDA	I2C 数据
	TIM1_CH1	Timer1 通道 1
	FLT	GPIO 输入滤波
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
	P0_6	P0.6
	HALL_IN1	HALL 接口输入 1
	UART1_RXD	串口 1 接收(发送)
	SCL	I2C 时钟
	TIM1_CH0	Timer1 通道 0
	FLT	GPIO 输入滤波
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
	P0_5	P0.5
	HALL_IN0	HALL 接口输入 0
	QEP0_Z	编码器 0 Z 轴清零信号
	ADC0_CH8	ADC0 通道 8
7	P2_12	P2.12
	MCPWM_CH1N	PWM 通道 1 低边
	SPI_CS	SPI 片选
	TIM2_CH1	Timer2 通道 1
	QEP0_CH1	编码器 0 通道 1
	ADC_TRIGGER0	ADC0 触发信号输出(用于调试)
	CLUOUT3	CLU3 输出
	P2_11	P2.11
	MCPWM_CH1P	PWM 通道 1 高边
	TIM2_CH0	Timer2 通道 0
	QEP0_CH0	编码器 0 通道 0
8	P0_11	P0.11
	HALL_IN0	HALL 接口输入 0
	UART2_RXD	串口 2 接收(发送)
	SCL	I2C 时钟
	ADC01_CH6	ADC0/ADC1 共用通道 6
	CMP0_IP1	比较器 0 正端输入 1
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI2	外部 GPIO 中断信号 2
9	P0_12	P0.12
	HALL_IN1	HALL 接口输入 1
	SDA	I2C 数据
	ADC_TRIGGER1	ADC1 触发信号输出(用于调试)
	ADC1_CH12	ADC1 通道 12
	CMP0_IP2	比较器 0 正端输入 2
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI3	外部 GPIO 中断信号 3
	WAKE2	外部唤醒信号 2

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

10	P0_13	P0.13
	HALL_IN2	HALL 接口输入 2
	UART2_RXD	串口 2 接收(发送)
	QEP0_Z	编码器 0 Z 轴清零信号
	ADC1_CH13	ADC1 通道 13
	CMP0_IP3	比较器 0 正端输入 3
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI4	外部 GPIO 中断信号 4
	WAKE3	外部唤醒信号 3
11	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
	ADC_TRIGGER1	ADC1 触发信号输出(用于调试)
	SIF	一线通
	CLUOUT0	CLU0 输出
	ADC01_CH10	ADC0/ADC1 共用通道 10
	CMP0_IP4	比较器 0 正端输入 4
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI5	外部 GPIO 中断信号 5
	WAKE4	外部唤醒信号 4
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
12	P0_15	P0.15
	MCPWM_CH0P	PWM 通道 0 高边
	UART0_RXD	串口 0 接收(发送)
	SPI_DO	SPI 数据输出(输入)
	SDA	I2C 数据
	TIM0_CH0	Timer0 通道 0
	CMP0_IN	比较器 0 负端输入
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI6	外部 GPIO 中断信号 6
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
13	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

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

	QEP0_CH1	编码器 0 通道 1
	CMP1_IP2	比较器 1 正端输入 2
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI12	外部 GPIO 中断信号 12
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
	P1_0	P1.0
	MCPWM_CH0N	PWM 通道 0 低边
	UART0_TXD	串口 0 发送(接收)
	SPI_DI	SPI 数据输入(输出)
	TIM0_BKIN	Timer0 刹车信号
	ADC_TRIGGER0	ADC0 触发信号输出(用于调试)
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI7	外部 GPIO 中断信号 7
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
14	P1_1	P1.1
	SPI_CS	SPI 片选
	OPA2_IP	运放 2 正端输入
15	P1_2	P1.2
	OPA2_IN	运放 2 负端输入
16	P2_7	P2.7
	CLKO	时钟输出(用于调试)
	MCPWM_BKIN0	PWM 停机输入信号 0
	UART0_TXD	串口 0 发送(接收)
	TIM0_CH0	Timer0 通道 0
	CLUOUT1	CLU1 输出
	ADC01_CH11	ADC0/ADC1 共用通道 11
	OPAx_OUT	运放输出
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI8	外部 GPIO 中断信号 8
	WAKE5	外部唤醒信号 5
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
17	GND	芯片地，强烈建议多个地引脚在 PCB 上统一接地
18	LO3	C 相 低边输出，由 MCU P1.6 控制，LO3 极性与 P1.6 相同，即 P1.6=1 时，LO3=1。需要设置 PWM_SWAP=1。
19	LO2	B 相 低边输出，由 MCU P1.5 控制，LO2 极性与 P1.5 相同，即 P1.5=1 时，LO2=1。需要设置 PWM_SWAP=1。
20	LO1	A 相 低边输出，由 MCU P1.4 控制，LO1 极性与 P1.4 相同，即 P1.4=1 时，LO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。
21	VS1	高边浮动偏置电压 1。
22	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。
23	VB1	高边浮动电源电压 1。
24	VS2	高边浮动偏置电压 2。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

25	HO2	B 相 高边输出，由 MCU P1.8 控制，HO2 极性与 P1.8 相同，即 P1.8=1 时，HO2=1。需要设置 PWM_SWAP=1。
26	VB2	高边浮动电源电压 2。
27	VCC	全桥驱动电源
28	VS3	高边浮动偏置电压 3。
29	HO3	C 相 高边输出，由 MCU P1.9 控制，HO3 极性与 P1.9 相同，即 P1.9=1 时，HO1=1。需要设置 PWM_SWAP=1。
30	VB3	高边浮动电源电压 3。
31	P1_14	P1.14
	SPI_DO	SPI 数据输出(输入)
	TIM0_CH1	Timer0 通道 1
	OPA0_IP	运放 0 正端输入
	P1_11	P1.11
	MCPWM_CH3N	PWM 通道 3 低边
	UART0_TXD	串口 0 发送(接收)
	SDA	I2C 数据
	TIM0_CH1	Timer0 通道 1
	SIF	单线通讯
	CLUOUT2	CLU2 输出
32	P1_15	P1.15
	SPI_DI	SPI 数据输入(输出)
	TIM2_CH0	Timer2 通道 0
	OPA0_IN	运放 0 负端输入
33	P2_9	P2.9
	UART1_RXD	串口 1 接收(发送)
	SPI_DI	SPI 数据输入(输出)
	SCL	I2C 时钟
	TIM1_BKIN	TIMER1_FAIL 信号来自 GPIO
	ADC1_CH9	ADC1 通道 9
	CMP0_IP0	比较器 0 正端输入 0
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI9	外部 GPIO 中断信号 9
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
34	P2_10	P2.10
	SPI_DO	SPI 数据输出(输入)
	SDA	I2C 数据
35	P0_9	P0.9
	SCL	I2C 时钟
	TIM2_CH0	Timer2 通道 0
	QEP0_CH0	编码器 0 通道 0
	ADC_TRIGGER1	ADC1 触发信号输出(用于调试)
	OPA1_IN	运放 1 负端输入
36	P0_10	P0.10

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

	SDA	I2C 数据
	TIM2_CH1	Timer2 通道 1
	QEP0_CH1	编码器 0 通道 1
	OPA1_IP	运放 1 正端输入
37	P2_1	P2.1
	SPI_CLK	SPI 时钟
	EEP_SCL	EEPROM 的时钟
	ADC0_CH12	ADC0 通道 12
	CMP1_IP0	比较器 1 正端输入 0
	PU	内置 4kΩ上拉电阻，软件可关闭
	P2_3	P2.3
	CMP1_OUT	比较器 1 输出
	MCPWM_BKIN0	PWM 停机输入信号 0
	UART2_RXD	串口 2 接收(发送)
	SPI_CS	SPI 片选
	TIM0_CH1	Timer0 通道 1
	QEP0_Z	编码器 0 Z 轴清零信号
	CLUOUT3	CLU3 输出
	BEMFMID_OUT	反电动势中点输出
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI10	外部 GPIO 中断信号 10
38	P2_4	P2.4
	CMP0_OUT	比较器 0 输出
	HALL_IN0	HALL 接口输入 0
	MCPWM_CH3P	PWM 通道 3 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
	QEP0_CH0	编码器 0 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	GPIO 输入滤波
	EXTI11	外部 GPIO 中断信号 11
	WAKE6	外部唤醒信号 6
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
39	P2_6	P2.6
	HALL_IN2	HALL 接口输入 2
	MCPWM_CH3N	PWM 通道 3 低边
	UART2_TXD	串口 2 发送(接收)
	TIM0_BKIN	Timer0 刹车信号
	SIF	一线通
	CLUOUT0	CLU0 输出

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

	CMP1_IP3	比较器 1 正端输入 3
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI13	外部 GPIO 中断信号 13
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭
40	P2_13	P2.13
	SWCLK	SWD 时钟
	UART0_TXD	串口 0 发送(接收)
	SPI_DO	SPI 数据输出(输入)
	SCL	I2C 时钟
	TIM1_BKIN	Timer1 刹车信号
	FLT	GPIO 输入滤波
	EXTI14	外部 GPIO 中断信号 14
	PU	内置 10kΩ上拉电阻，软件可关闭

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

3.2 管脚复用功能说明

表 3-2 LKS32MC09x 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		TIM1_BKIN		ADC_TRIGGER1			CLUOUT0	ADC01_CH4/REF/LDO15/DAC0_OUT//DAC_1OUT
P0.1												CLUOUT2	
P0.2				UART2_TXD								CLUOUT1	RST_n
P0.3						SCL		TIM2_CH0					ADC01_CH7
P0.4						SDA		TIM2_CH1					ADC1_CH8
P0.5		HALL_IN0						QEP0_Z					ADC0_CH8
P0.6		HALL_IN1		UART1_RXD		SCL	TIM1_CH0						
P0.7		HALL_IN2	MCPWM_BKIN1	UART1_TXD		SDA	TIM1_CH1						
P0.8													
P0.9						SCL		TIM2_CH0	ADC_TRIGGER1				OPA1_IN
P0.10						SDA		TIM2_CH1					OPA1_IP
P0.11		HALL_IN0		UART2_RXD		SCL							ADC01_CH6/CMP0_IP1
P0.12		HALL_IN1				SDA			ADC_TRIGGER1				ADC1_CH12/CMP0_IP2
P0.13		HALL_IN2		UART2_RXD				QEP0_Z					ADC1_CH13/CMP0_IP3
P0.14	CMP0_OUT		MCPWM_BKIN1	UART0_TXD	SPI_CLK	SCL	TIM0_CH1		ADC_TRIGGER1		SIF	CLUOUT0	ADC01_CH10/CMP0_IP4

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

P0.15			MCPWM_CH0P	UART0_RXD	SPI_DO	SDA	TIM0_CH0						CMP0_IN

表 3-3 LKS32MC09x 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		ADC_TRIGGER0				
P1.1					SPI_CS								OPA2_IP
P1.2													OPA2_IN
P1.3													ADC01_CH5
P1.4			MCPWM_CH0P					QEP0_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				SIF	CLUOUT2	
P1.12													
P1.13					SPI_CLK		TIM0_CH0						
P1.14					SPI_DO		TIM0_CH1						OPA0_IP
P1.15					SPI_DI			TIM2_CH0					OPA0_IN

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

表 3-4 LKS32MC09x 引脚功能选择(续)

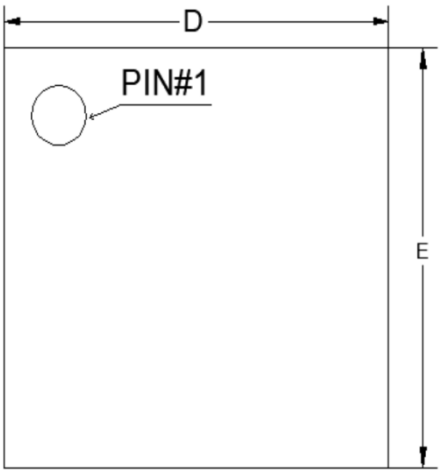
Port	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF0
P2.0	SWDAT			UART0_RXD	SPI_CS			TIM2_CH1					
P2.1					SPI_CLK	EEP_SCL							ADC0_CH12/CMP1_IP0
P2.2						EEP_SDA							CMP1_IN
P2.3	CMP1_OUT		MCPWM_BKIN0	UART2_RXD	SPI_CS		TIM0_CH1	QEP0_Z				CLUOUT3	
P2.4	CMP0_OUT	HALL_IN0	MCPWM_CH3P	UART1_RXD	SPI_CLK		TIM1_CH0	TIM2_CH0	ADC_TRIGGER0				CMP1_IP1
P2.5	CMP1_OUT	HALL_IN1	MCPWM_CH2N	UART1_TXD	SPI_DO		TIM1_CH1	TIM2_CH1					CMP1_IP2
P2.6		HALL_IN2	MCPWM_CH3N	UART2_TXD			TIM0_BKIN				SIF	CLUOUT0	CMP1_IP3
P2.7	CLKO		MCPWM_BKIN0	UART0_TXD			TIM0_CH0					CLUOUT1	ADC01_CH11/OPAx_OUT
P2.8				UART0_RXD	SPI_DO								
P2.9				UART1_RXD	SPI_DI	SCL	TIM1_BKIN						ADC1_CH9/CMP0_IP0
P2.10					SPI_DO	SDA							
P2.11			MCPWM_CH1P					TIM2_CH0					
P2.12			MCPWM_CH1N		SPI_CS			TIM2_CH1	ADC_TRIGGER0			CLUOUT3	
P2.13	SWCLK			UART0_TXD	SPI_DO	SCL	TIM1_BKIN						
P2.14					SPI_DI	SCL							OPA3_IP
P2.15				UART1_RXD	SPI_CS	SDA		TIM2_CH1				CLUOUT1	OPA3_IN

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

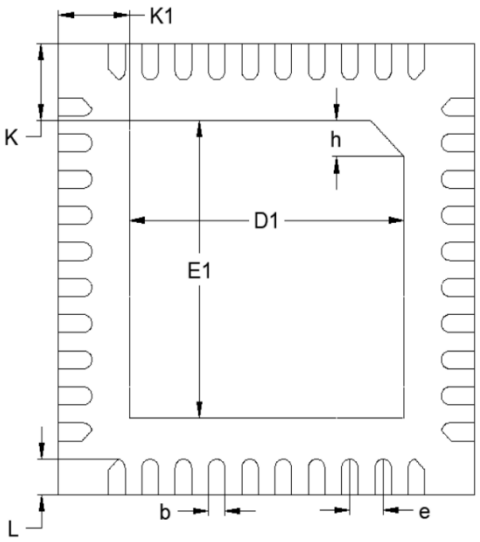
4 封装尺寸

4.1 LKS32MC094DOF8Q8

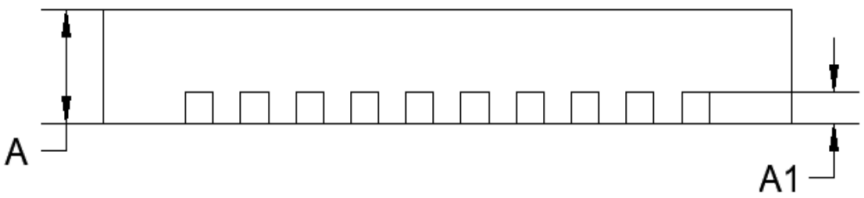
QFN5*5-40 Profile Quad Flat Package:



TOP VIEW



BOTTOM VIEW



SIDE VIEW

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

Table 4-2 LKS32MC094DOF8Q8 Package Size

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.203BSC		
D	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10
D1	3.20	3.30	3.40
E1	3.20	3.30	3.40
b	0.15	0.20	0.25
e	0.4BSC		
L	0.35	0.40	0.45
K	0.80	0.85	0.90
K1	0.80	0.85	0.90
θ	0.35	0.40	0.45

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

5 电气性能参数

表 5-1 LKS32MC09x 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	
工作温度	-40	+105	℃	
存储温度	-40	+150	℃	
结温	-	125	℃	
引脚温度	-	260	℃	焊接，10 秒

表 5-2 LKS32MC09x 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 ≧4000V，＜8000V。

表 5-3 LKS32MC09x Latch-up 性能参数

项目	最小	最大	单位
Latch-up电流 (25℃)	-200	200	mA

根据《JESD78F.02:2023》，对所有电源 IO 施加过压 8.25V，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 5-4 LKS32MC09x 建议工况参数

参数	最小	典型	最大	单位	说明
电源电压(AVDD)	3	5	5.5	V	
模拟工作电压($AVDD_A$)	3	5	5.5	V	

表 5-5 LKS32MC09x 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
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 LKS32MC09x IO DC 参数

参数	描述	AVDD	条件	典型值	最小	最大	单位
V_{IH}	RESET 输入高电平	5V		2.57	2.37	2.66	V
		3.3V		1.72	1.55	1.73	V
V_{IL_RST}	RESET 输入低电平	5V		2.1	1.97	2.19	V
		3.3V		1.35	1.25	1.43	V

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

V_{IH_RST}	RESET 施密特迟滞高电平	5V		2.52	2.37	2.66	V
		3.3V		1.68	1.55	1.73	V
V_{IH}	数字IO输入高电压	5V	-		2.37	2.66	V
		3.3V			1.55	1.73	
V_{IL}	数字IO输入低电压	5V	-		1.97	2.19	V
		3.3V			1.25	1.43	
V_{HYS}	施密特迟滞范围	5V	-		0.42	0.52	V
		3.3V			0.32	0.42	
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（RSTN的上拉电阻约为200K, P2.1,P2.2引脚上拉电阻典型值为4kΩ，IIC功能的引脚均为2kΩ）				10	14	kΩ
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 LKS32MC09x 电路模块电流消耗 IDD

模块	Min	Typ	Max	单位
模拟比较器CMP(2个)		0.004		mA
运算放大器OPA(4个)		2.570		mA
模数转换器ADC		3.600		mA
数模转换器DAC(2个)		0.700		mA
温度传感器Temp Sensor		0.180		mA
带隙基准BGP		0.300		mA
8MHz RC时钟		0.100		mA
锁相环PLL		0.500		mA
CPU+flash+SRAM (96MHz)		8.667		mA
CPU+flash+SRAM (12MHz)		1.600		mA
CRC		0.160		mA
DSP		3.421		mA

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

UART(3个)		0.321		mA
DMA		1.340		mA
MCPWM		0.053		mA
TIMER(3个)		0.807		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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

6 模拟性能参数

表 6-1 LKS32MC09x 模拟性能参数

参数	最小	典型	最大	单位	说明
芯片					
工作电源	3	5	5.5	V	
模数转换器(ADC)					
工作电源	3	5	5.5	V	REF2VDD=0，ADC 选择 2.4V 内部基准
输出码率		2		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
输入信号在接近满量程时会导致采样值不准确，建议输入信号不超过满量程的±98%。					
单端输入信号范围	-0.2		3.6	V	ADCx_GAIN=0 时; REF=2.4V
	-0.2		5	V	ADCx_GAIN=1 时; REF=2.4V
	0		4.3	V	ADCx_GAIN=0 时;选择 AVDD 为外部基准
	-0.2		AVDD	V	ADCx_GAIN=1 时选择 AVDD 为外部基准
	ADC 使用外部基准，2/3 模式增益下，允许的最大输入电压仿真，3σ最小值约 4.4V，实测约 4.35V，差分 ADC 负端 2.4V 误差较大问题，仿真 2.4V 偏差 3σ=25mV，实测一片偏差 10LSB(17.6mV)				
	-0.2		V_{REF}+3.6	V	CH4~7 ； ADCx_GAIN=0 时 ； REF=2.4V
	-0.2		V_{REF}+7.2	V	CH4~7 ； ADCx_GAIN=1 ； REF=2.4V
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 I0 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±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	
输入电容		10pF		F	
基准电压(REF)					
工作电源	3	5	5.5	V	
输出偏差	-24		24	mV	
电源抑制比		70		dB	
温度系数		20		ppm	

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

参数	最小	典型	最大	单位	说明
				/°C	
输出电压		1.22		V	
12 位 数模转换器(DAC0）					
分辨率		12		bits	
工作电源	3	5	5.5	V	
工作电流		0.3			mA
负载电阻	5k			Ohm	输出 BUFFER 开启，建议在满量程的 95%范围内使用
负载电容		50		pF	
输出电压范围	-0.3		4.7	V	
转换速度			100K	Hz	
DNL		1	2	LSB	对应 12bit
INL		2	4	LSB	对应 12bit, T_A=-40°C ~ +85°C
		3	6	LSB	对应 12bit, T_A=+125°C
OFFSET(trim 后)		10	20	mV	
SNR	57	60	66	dB	对应 12bit
8 位 数模转换器(DAC1）					
分辨率		8		bits	
工作电源	3	5	5.5	V	
工作电流		0.2			mA
负载电阻	5k			Ohm	输出 BUFFER 开启，建议在满量程的 95%范围内使用
负载电容		50		pF	
输出电压范围	0.05		3	V	
转换速度	100K		150K	Hz	
DNL		1	2	LSB	对应 8bit
INL		0.5	1	LSB	对应 12bit, T_A=-40°C ~ +85°C
		0.75	1.5	LSB	对应 12bit, T_A=+125°C
OFFSET		10	20	mV	DAC1 的无法通过寄存器 TRIM
SNR	44	47		dB	对应 8bit
运算放大器(OPA）					
工作电源	3	5	5.5	V	
单位增益带宽		10M	20M	Hz	
负载电阻	20k			Ohm	
负载电容			5p	F	
输入共模范围	0		3.4	V	
输出信号范围	0.1		AVDD-0.1	V	最小负载电阻下
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

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

参数	最小	典型	最大	单位	说明
		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×OFFSET。Flash NVR 区域记录了出厂测试的 OPA offset。					
共模电平(Vcm)	1.45	1.8	2.2	V	32 倍放大倍数	测量条件：常温。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-运放差分和单端工作模式区别》。Flash NVR 区域记录了出厂测试的 OPA Vcm。
	1.5	1.8	2.2	V	16 倍放大倍数	
	1.55	1.8	2.2	V	8 倍放大倍数	
	1.6	1.8	2.2	V	4 倍放大倍数	
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	3	5	5.5		V	
输入信号范围	0		AVDD		V	
OFFSET		10	15		mV	
传输延时	12/16	15/32	35/100		ns	CMP_FT=1，高速模式
	52/113	93/319	275/905		ns	CMP_FT=0，缺省模式
回差(Hysteresis)		20			mV	CMP_HYS_ENN=1'b0, CMP_FT=0
		0			mV	CMP_HYS_ENN=1'b1, CMP_FT=0
		28.5			mV	CMP_HYS_ENN=1'b0, CMP_FT=1
		0			mV	CMP_HYS_ENN=1'b1, CMP_FT=1

表 6-2 LKS32MC09x HSE 振荡器特性

参数	最小	典型	最大	单位	说明

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

外部晶体频率 f_{HSE}	4	8	16	MHz	如果使用 HSE 作为 PLL 参考时钟，则只能选择 8MHz 外部晶体，PLL 倍频比例固定为 12 倍。 如果直接使用 HSE 作为系统主时钟，则 f_{HSE} 范围 4~16MHz
OSC_IN 振幅	1.2			V	
OSC_OUT 振幅	1.2			V	
Cin/Cout	12	15		pF	
占空比 Duty	25		75	%	
晶体起振电路反馈电阻 R_F		156		kΩ	
晶体起振电路跨导 g_m	1.8	2.68	3.8	mA/V	

模拟寄存器表说明：

模拟寄存器的名称为 SYS_AFE_REG0~SYS_AFE_REG7，对应地址为 0x4000_0010 ~ 0x4000_002C。地址 0x4000_0030~0x4000_0040 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寄存器。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_002C 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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

7 电源管理系统

电源管理系统由 LDO15 模块、上电/掉电复位模块(POR）组成。

该芯片由 2.6V~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 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。

POR 模块用于监测 AVDD 和 LDO15 的电压。当 AVDD 电压低于由寄存器 PORSEL 设定的阈值（默认值为 2.3V）时，或 LDO15 电压低于 1.2V 时(例如上电之初，或者掉电之时),该模块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 设置为不同的电压。PVD 模块可通过设置 PD_PVD='1'关闭。具体寄存器所对应值见模拟寄存器表说明。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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，在 5V 供电的条件下，32K RC 时钟在-40~105℃范围内的精度为±50%，8M RC 时钟在该温度范围的精度为±1.5%。

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。

8M RC 时钟默认打开，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 32MHz，通过寄存器 PLL_FREQ 可设置为不同的 ADC 工作频率。

PLL 通过设置 PLLPDN='1'打开(默认上电使能），开启 PLL 模块之前，同样也需要开启 BGP 模块。开启 PLL 之后，PLL 需要 12us 的稳定时间来输出稳定时钟。芯片上电的默认状态下，8M RC 时钟和 BGP 模块都是开启的，上电 boot 默认上电开 PLL 使能。

晶体起振电路内置放大器，需在 IO OSC_IN/OSC_OUT 之间接入一个晶体，且 OSC_IN/OSC_OUT 上各放一个合适的电容到地，并设置 XTALPDN = 1'b1 即可起振。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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±1%。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

10 ADC 模块

芯片内部集成 2 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 32MHz，对应 2MHz 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 32MHz 时，转换速率是 2MHz。

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 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。对于 ADC01 的通道 CH4 至 CH7，其输入信号范围对应为-0.2V 至 VREF+3.6V（3.6V 量程）或-0.2V 至 VREF+7.2V（7.2V 量程）。在测量运放的输出信号时，需根据运放可能输出的最大信号来选择相应的 ADC 增益。

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。

对于 ADC01_CH4~CH7，若采样误差在可接受范围内且有满量程采样需求，可使用该组通道。后续考虑在 FT 测试阶段，将通道偏移存入 Flash NVR 中；若对精度要求较高，可在软件中进行偏移减除。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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 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>20kΩ 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<3:0>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。

运放输入同相和反相端内置钳位二极管，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。其差分摆幅离散度分布：3.2~3.8V。

使用反电势电阻测量功能时，需要将 OPAx_VIN 端接地。由于使能 SW_RES_EN 功能后，设计中无 OPAx_VIN 接地开关，因此需要通过配置 OPAx_VIN 对应 GPIO 端口输出低电平实现。详见图 7 C 点所示。使能反电势电阻测量功能时，所有的 OPAx_VIP 端均与对应的 GPIO 连接断开。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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比较器设置为高速模式。迟滞电压通过 CMP_HYS_ENN 设置为 20mV/0mV。

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

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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

13 温度传感器

芯片内置精度为±2℃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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

14 DAC 模块

芯片内置一路 12bit DAC，一路 8bit DAC，输出信号的最大量程可通过寄存器 DACx_GAIN 设置。

DAC 可通过配置寄存器 DACxOUT_EN=1，将 DAC0/1 输出送至 P0.0 管脚；可驱动>5kΩ 的负载电阻和 50pF 的负载电容。

DAC 最大输出码率为 100KHz。

芯片上电的默认状态下，DAC 模块是关闭的。开启 DAC 模块之前，需要先开启 BGP 模块。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

15 处理器核心

- 集成 32 位 Cortex-M0+DSP 协处理处理器
- 2 线 SWD 调试管脚
- 最高工作频率 96MHz

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

16 存储资源

16.1 Flash

- 内置 flash 包括 32kB/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℃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），支持 ROM 特性以及安全库区域保护（方案商保护知识产权代码）

16.2 SRAM

- 内置 8kB SRAM

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

17 电机驱动专用 MCPWM

- MCPWM 最高工作时钟频率 96MHz
- 可以产生 4 对（互补信号）或 8 路独立（边沿模式）不交叠的 PWM 信号,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

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

18 Timer

- 3 路通用定时器,2 路 16bit 位宽计时器，1 路 32bit 位宽计时器。
- 支持捕获模式，用于测量外部信号宽度
- 支持比较模式，用于产生边沿对齐 PWM/定时中断

特别地，Timer2 支持编码信号输入，支持脉冲指令计数。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

20 DMA

- 一路 DMA 引擎
- 最多支持 4 个通道
- 支持 byte/halfword/word 等不同尺寸的传输
- 支持不同的地址递增方式
- 支持 ram/外设之间的数据传输
- 支持循环模式

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

21 CRC

- 支持 7/8/16/32 等不同位宽的多项式
- 支持多项式系数配置
- 支持输入输出数据翻转

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

22 DSP

- 电机控制算法专用 DSP 协处理器
- 最高工作频率 96MHz
- 32/16 位除法器 12 总线周期（96MHz）计算完成
- 32 位硬件开方 8 总线周期（96MHz）计算完成

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

23 通用外设

- 三路 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 4096/32kHz≈128ms，最大复位时间间隔为 511×4096/32kHz≈64s。

不同型号的外设请参考 2 章节选型表。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

24 栅极驱动模块

24.1 模块参数

栅极驱动模块为 G6。对照表如 22-1。

表 24-1 芯片型号-栅极驱动电路对照表

芯片型号	栅极驱动模块型号
LKS32MC094DOF8Q8	G6

“YYWWX*”为 data code 及芯片版本号，见芯片丝印的第三行。“YYWWX” 为生产日期，“*”为可选项，通常是 A、B、C、D...或空白，代表芯片预驱的版本号。

24.1.1 栅极驱动模块 G6

栅极驱动模块 G6 内部集成自举二极管。

表 24-2 栅极驱动模块 G6 器件参数

参数	最小	典型	最大	单位	说明
极限参数					
电源电压 VCC	-0.3		+22.0	V	相对于地
浮动电压 $VB_{1,2,3}$	-0.3		+250 VS+22	V	
浮动偏置 $VS_{1,2,3}$	VB-25		VB+0.3 60	V	074DO 的 VSSN 和 VS 没有短接，因此 074DO 最大值为 250V，其他为 60V
高侧输出电压 $HO_{1,2,3}$	VS-0.3		VB+0.3	V	
低侧输出电压 $LO_{1,2,3}$	-0.3		VCC+0.3	V	
逻辑输入 $HIN/LIN_{1,2,3}$	-0.3		VCC+0.3	V	
开关电压摆率 dVs/dt			50	V/ns	
结温 TJ	-40		150	℃	
存储温度 Ts	-55		150	℃	
焊接温度			300	℃	焊接 10s
建议工况					
电源电压 VCC	+5.0		+20.0	V	相对于地
浮动电压 $VB_{1,2,3}$	VS+8		200 VS+20	V	
浮动偏置 $VS_{1,2,3}$	-5		VB+0.3 +60	V	074DO 的 VSSN 和 VS 没有短接，因此 074DO 最大值为

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

					200V，其他为 60V
高侧输出电压 $HO_{1,2,3}$	$VS_{1,2,3}$		$VB_{1,2,3}$	V	
低侧输出电压 $LO_{1,2,3}$	0		VCC	V	
逻辑输入 $HIN/LIN_{1,2,3}$	0		5	V	
工作温度 T_A	-40		105	℃	
门极驱动器电气参数					
VCC 静态电流 I_{QCC}		110		uA	HIN=LIN=0/5V
VB 静态电流 I_{QBS}		25	50	uA	HIN=LIN=0V
浮动电压漏电流 I_{LK}			10	uA	VB=VS=200V, VCC=0V
驱动电流 I_{O+}	0.65	1		A	
驱动电流 I_{O-}	0.65	1		A	
VCC 欠压上升沿触发电压	3.5	4.2	4.5	V	
VCC 欠压下降沿触发电压	2.8	3.8	4.4	V	
VCC 欠压锁定回滞	0.2	0.4		V	
VBS 欠压上升沿触发电压	2.5	3.8	5	V	
VBS 欠压下降沿触发电压	2.2	3.5	4.3	V	
VBS 欠压锁定回滞	0.2	0.3		V	
高输入阈值 V_{IH}	2.8			V	
低输入阈值 V_{IL}			0.8	V	
输出上升时间 T_r		20	30	ns	C_L=1nF
输出下降时间 T_f		12	30	ns	
导通延迟时间 T_{on}		250	500	ns	
关断延迟时间 T_{off}		120	200	ns	
死区 D_T	50	150	400	ns	
延时匹配度 M_T			80	ns	
LDO 线性调整参数					
LDO 输出电压 V_{LDO}	4.8	5.0	5.2	V	出厂测试会将 5V LDO 电压记录在 flash 区域，供软件读取。Flash NVR 校正值地址请参考数据手册
LDO 输出带载电流 I_{LDO}		30		mA	
负载调整率	-0.297		+0.397	%	负载电流 0~35mA
线性调整率		0		%	VCC 从 7-22V
短路电流	122		142	mA	

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

24.2 推荐应用图

24.2.1 G6

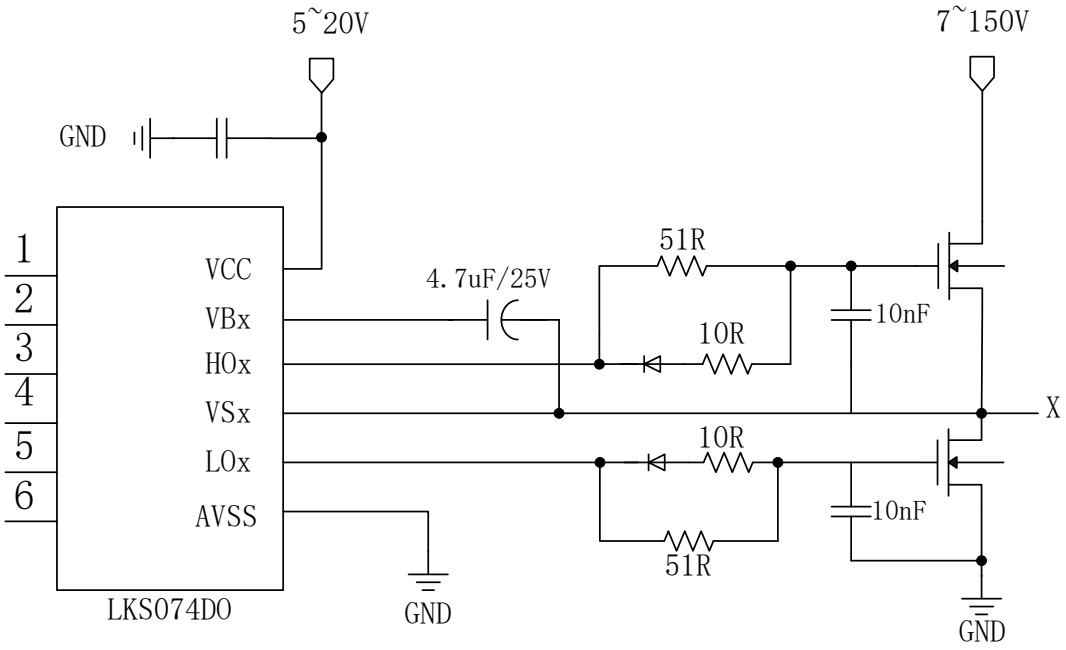


图 24-1 栅极驱动模块 G6 典型应用图

栅极驱动模块 G6 内置了自举二极管，因此原理图上省略了自举二极管。若出于电路兼容考虑，也可以保留自举二极管。

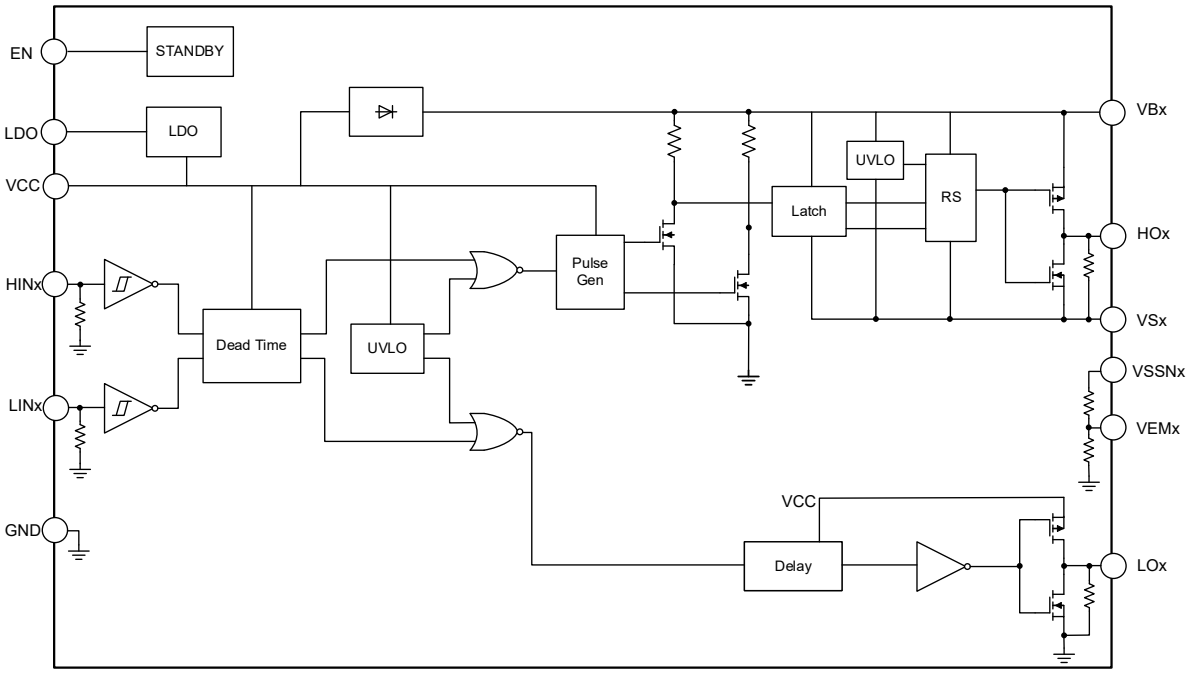


图 24-2 栅极驱动模块 G6 内部框图

栅极驱动模块 G6 内置了 VS 电压检测功能，对于 070FL/071DO 引出 VEM 管脚的 MCU，图示 VSx 与 VSSNx 已在内部短接， VEMx 引脚内置耐压 5V 的 30pF 电容，若电压超过 5V，会导致端口信号被二极管钳位。可通过测量 VEMx 对地电压获得对应相线的 VS 电压。内部分压电阻为 50K 比 3.3K，对应分压比约为 16:1，可通过在芯片外部的 VEMx 对地/对 VSx 端并联电阻调节分压比例。

图中只保留了栅极驱动模块管脚，x=1,2,3，分别对应 3 组 MOS 栅极驱动输出。

栅极驱动模块输入输出极性对应关系如下:

表 24-3 栅极驱动模块 G1/G2/G3/G6 极性真值表

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

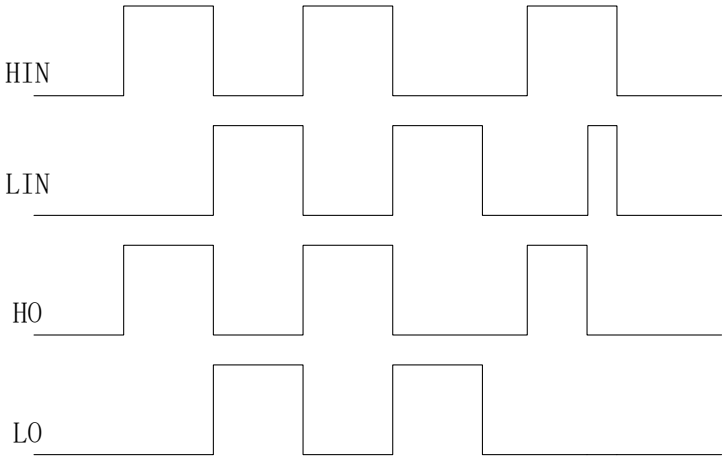


图 24-3 栅极驱动模块 G1/G2/G3/G6 极性示意图

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

25 特殊 IO 复用

LKS09x 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。

LKS09x 可实现 SWD 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。

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 LKS09x 芯片的外部复位脚。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

LKS09x 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 200K），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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

26 订购包装信息

型号	封装形式	每盘/管数量	内盒数量	外箱数量
LKS32MC094DOF8Q8	QFN5*5	490/盘	4900PCS	29400PCS

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

27 版本历史

表 27-1 文档版本历史

时间	版本号	说明
2026.10.26	1.03	修订时钟精度范围
2026.09.29	1.02	修订引脚说明
2026.09.01	1.01	时钟模块添加“5V 供电”说明
2026.08.18	1.00	初始版本

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散

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。

©2024 版权归凌鸥创芯所有 机密文件未经许可不得扩散