

# 无感 FOC 无刷直流电机全集成驱动芯片

## 1 特性与优势

- 电源电压 8-33V
- 内置 MOSFET 上下管总  $R_{dson}$  为  $250m\Omega$ ，支持持续绕组电流峰值 1.8A
- 矢量控制（FOC）换相，运转平顺噪音低
- Xenless™ 无传感器检测技术，无需霍尔传感器
- 支持高速电机，最高转速可达 20 万转以上
- 支持模拟（Vsp）、PWM、PFM 和 I<sup>2</sup>C 四种调速模式
- 支持恒转速、恒转矩/恒电流、恒功率和开环等多种控制模式
- 支持多种初始位置检测策略，有效避免反转，提高启动成功率
- 支持高逆风启动
- 支持软启动软关断，降低对电源系统的冲击并减小噪音
- 转速反馈（TACH）和故障指示输出
- 支持 FlexCurve™ 控制曲线调整技术，可灵活适配不同电机特性
- 支持多重保护功能：欠压过压保护、过温保护、过流保护、电流限制、防电压浪涌保护、相间短路保护、缺相保护、堵转保护、空载保护、负载突变保护
- 内置 5V 高压 LDO，可供外部使用（<10mA）
- 既支持全内置电流采样，又支持外部单电阻电流采样

## 2 产品简介

XM2619 采用无传感器矢量控制（无感 FOC）技术驱动三相无刷直流（BLDC）电机，可显著降低电机的运行噪声和振动，且无需使用霍尔传感器。芯片内集成了低压（12V/24V）、小功率（45W）电机驱动所需的大部分外围电路，易于使用并大幅降低了系统成本。

XM2619 应用灵活，支持恒转速、恒转矩/恒电流、恒功率和开环等多种控制模式，提供多种控制调速接口，并可根据实际需要灵活调整控制曲线。芯片提供可编程配置区（EFUSE），配合专用的 XMC-Optimizer 优化工具，可根据应用要求写入电机参数和启动、控制、保护等配置。

XM2619 针对电池供电等应用场景优化，运行时工作电流低至 4mA，睡眠模式下静态电流约为 220uA。

## 3 应用场景

- 落地扇、循环扇、散热风扇
- 空气净化器、加湿器
- 循环水泵、水族泵

无感 FOC 无刷直流电机全集成驱动芯片

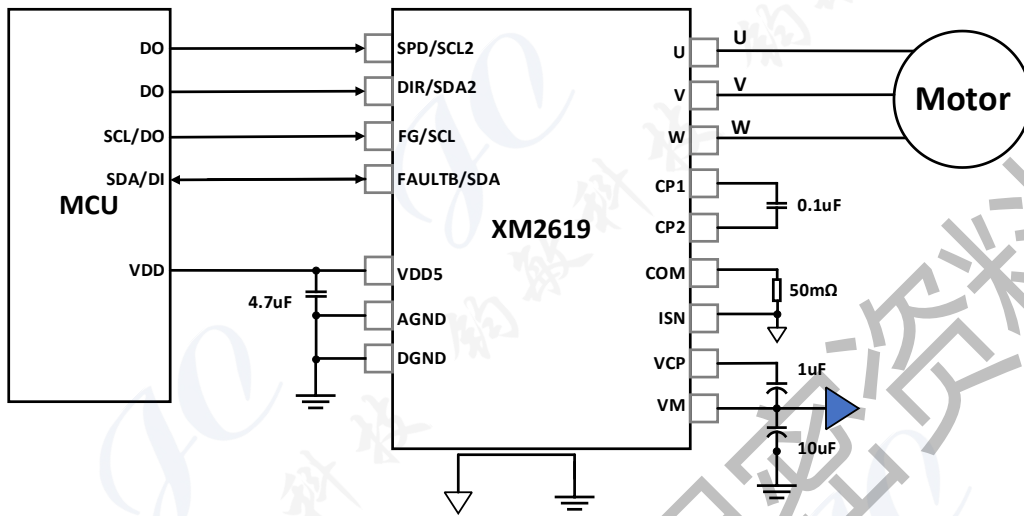


图 3.1 典型应用电路（外部电阻采样）（XM2619）

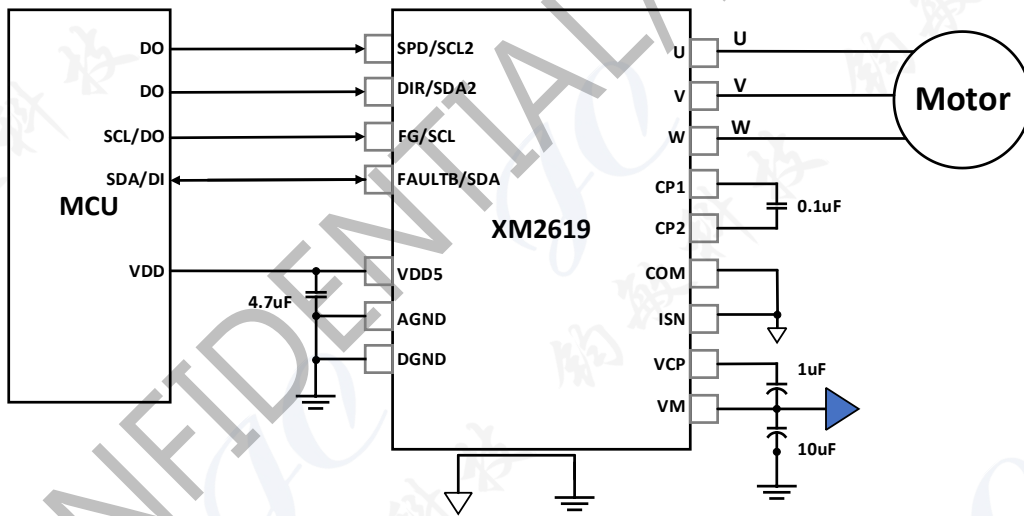


图 3.2 典型应用电路（内部电阻采样）（XM2619）

## 4 引脚定义

### 4.1 引脚定义

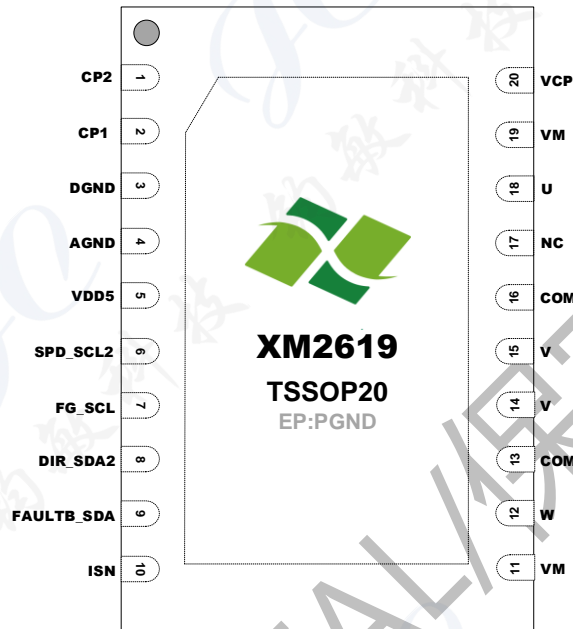


图 4-1-1 芯片引脚定义（TSSOP 封装）

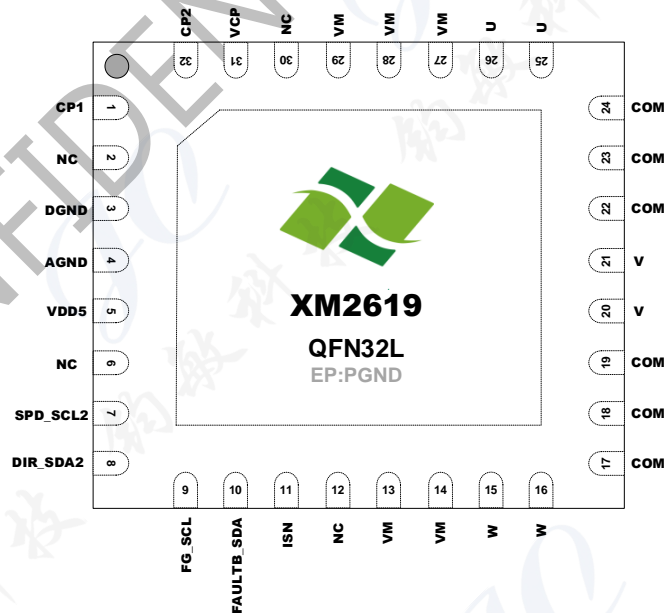


图 4-1-2 芯片引脚定义（QFN 封装）

## 4.2 引脚说明

表 4-1 XM2619 引脚说明

引脚序号		名称	IO 类型 <sup>(1)</sup>	功能描述	外部连接
TSSOP20	QFN32L				
1	32	CP2	A0	电荷泵引脚	接 0.1 μF 陶瓷电容至 CP2
2	1	CP1	A0	电荷泵引脚	接 0.1 μF 陶瓷电容至 CP1
3	3	DGND	P	数字地	接地
4	4	AGND	P	模拟地	接地
5	5	VDD5	P	5V 电源，片内 LDO 产生并输出	接 4.7 μF 陶瓷电容至 GND
6	7	SPD	AI	模拟/PWM/PFM 调速，内置上拉电阻至 VDD5	
		SCL2	DI	I <sup>2</sup> C 时钟输入，最大速率 400KHz，内置上拉电阻至 VDD5	I <sup>2</sup> C 时钟信号，不用时浮空
7	9	FG	OD	转速反馈指示，内置上拉电阻至 VDD5	I/O，不用时浮空
		SCL	DI	I <sup>2</sup> C 时钟输入，最大速率 400KHz，内置上拉电阻至 VDD5	I <sup>2</sup> C 时钟信号，不用时浮空
8	8	DIR	DI	电机转动方向控制	I/O，不用时浮空
		SDA2	DIO	I <sup>2</sup> C 数据，最大速率 400KHz。输出时为开漏输出，内置下拉电阻至 GND	I <sup>2</sup> C 数据信号，不用时浮空
9	10	FAULTB	OD	故障指示，保护时开漏输出低电平，内置上拉电阻至 VDD5	I/O，不用时浮空
		SDA	DIO	I <sup>2</sup> C 数据，最大速率 400KHz。输出时为开漏输出，内置上拉电阻至 VDD5	I <sup>2</sup> C 数据信号，不用时浮空
10	11	ISN	AI	ISNS 电路负端	接地
11, 19	13, 14, 27, 28, 29	VM	P	主电源输入	接主电源
12	15, 16	W	P	W 相输出	接电机 W 相
13, 16	17, 18, 19, 22, 23, 24	COM	P	三相 H 桥低端公共端	外部电阻采样：接采样电阻； 内部电阻采样：接 ISN
14, 15	20, 21	V	P	V 相输出	接电机 V 相
18	25, 26	U	P	U 相输出	接电机 U 相
20	31	VCP	P	电荷泵输出	接 1~4.7 μF 电容到 VM

表 4-1 XM2619 引脚说明

引脚序号		名称	IO 类型 <sup>(1)</sup>	功能描述	外部连接
TSSOP20	QFN32L				
EP	EP	PGND	P	散热焊盘	接地

(1) AI: 模拟输入; DI: 数字输入; DO: 数字输出; DIO: 数字输入/输出; OD: 开漏输出; P: 电源

## 5 系统框图

### 5.1 XM2619 系统框图

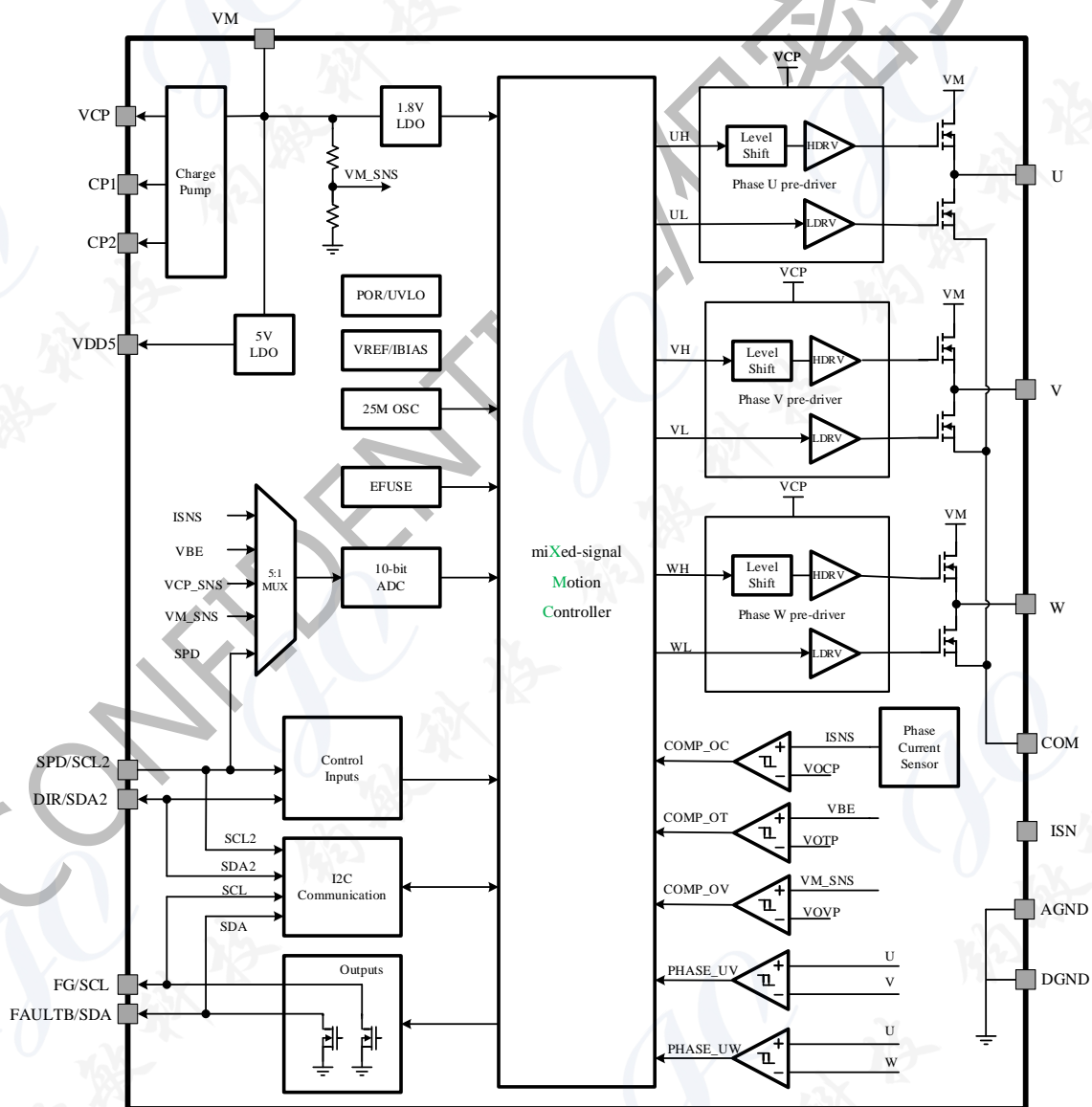


图 5-1 XM2619 系统框图

## 6 技术规格

### 6.1 电气特性绝对最大值

表 6-1 电气特性绝对最大值（工作环境温度范围内）

参数		最小值	最大值	单位
输入电压 <sup>(1) (2)</sup>	VM	-0.3	33	V
	SPD, DIR	-0.3	6.5	V
输出电压 <sup>(1) (2)</sup>	VDD5	-0.3	6.5	V
	VCP, CP2	-0.7	VM + 6.5	V
	CP1, U, V, W	-0.3	VM	V
	FG/SCL, FAULTB/SDA	-0.3	6.5	V
T <sub>A</sub> 工作环境温度 <sup>(3)</sup>		-40	105	°C
T <sub>J</sub> 工作时结温		-40	150	°C
T <sub>STG</sub> 储存温度		-60	150	°C

(1) 运行条件超过上述绝对最大值可能对器件造成永久性损坏，并影响器件的运行稳定性。上述条件仅为允许的最大值范围，非推荐的工作范围。器件运行在推荐工作范围之外可能导致部分功能不可用，并缩短器件的使用寿命。

(2) 所有电压均相对于地电位（GND）。

(3) 自然散热。

### 6.2 ESD 特性

表 6-2 ESD 特性

参数	条件	值	单位
V <sub>(ESD)</sub> 静电放电电压	空气放电（HBM 模型），ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 <sup>(1)</sup>	±2,000	V
	接触放电（CDM 模型），JEDEC specification JESD22-C101 标准，所有引脚 <sup>(2)</sup>	±500	V

(1) JEDEC 文档 JEP155 声明 500V HBM 模型可满足装配过程中的标准静电防护要求。

(2) JEDEC 文档 JEP157 声明 250V CDM 模型可满足装配过程中的标准静电防护要求。

### 6.3 电气特性推荐值

表 6-3 电气特性推荐值

参数		最小值	典型值	最大值	单位
电源电压 <sup>(1)</sup>	VM	8	12/24	33	V
	VDD5	4.75	5	5.25	V
电压范围 <sup>(1)</sup>	VCP, CP2	-0.7		VM+6.5	V
	SPD/SCL2, DIR/SDA2, FG/SCL, FAULTB/SDA	-0.3		5.5	V
	CP1, U, V, W	-0.3		VM	V
电流范围	VDD5 输出 <sup>(2)</sup>			10	mA
T <sub>A</sub> 工作环境温度 <sup>(3)</sup>		-40		105	°C

(1) 所有电压均相对于地电位 (GND)；

(2) 外部可用最大为 10mA；

(3) 自然散热。

### 6.4 封装热阻

表 6-4 封装热阻

参数	条件	值(TSSOP20)	值(QFN32L)	单位
R <sub>θJA</sub> 芯片结温相对环境温度	(1)、(2)	50	41	°C/W
R <sub>θJC</sub> 芯片结温相对壳温	(1)、(2)	15.6	14.8	°C/W

(1) JEDEC 标准，单层 PCB 板；

(2) 测试结果与实际应用条件相关。

## 6.5 电气特性

表 6-5 电气特性

参数		条件 <sup>(1)</sup>	最小	典型值	最大值	单位
电源 (VM)						
VM	主电源电压		8	12/24	33	V
V <sub>VM_UVLO_R</sub>	VM 欠压锁定上升阈值电压			7.3		V
V <sub>VM_UVLO_F</sub>	VM 欠压锁定跌落阈值电压			6.9		V
V <sub>VM_UVLO_HYS</sub>	VM 欠压锁定保护迟滞			0.4		V
V <sub>VM_OVP</sub>	VM 过压保护电压 (比较器)			30/32		V
V <sub>VM_OVP_HYS</sub>	VM 过压保护迟滞电压			1.8		V
I <sub>VM_ACTIVE</sub>	VM 工作电流	V <sub>SPD</sub> > 0.2V, 全温度范围		6.8	15	mA
I <sub>VM_SDB</sub>	VM 待机电流	V <sub>SPD</sub> = 0V, VM=24V, Ta = 25°C, Type-S 类型		1.8		mA
		V <sub>SPD</sub> = 0V, VM=24V, Ta = 25°C, Type-D 类型		250		uA
LDO 输出						
VDD5	VDD5 输出电压		4.75	5	5.25	V
I <sub>VDD5_MAX</sub>	VDD5 最大输出电流	供外部电路使用部分			10	mA
C <sub>VDD5</sub>	VDD5 外挂电容		4.7		10	uF
待机模式						
V <sub>SPD_AN_EX_SDB</sub>	模拟调速进入待机电压	模拟调速模式	0		100	mV
V <sub>SPD_AN_EX_SDB</sub>	模拟调速退出待机电压	模拟调速模式	200			mV
t <sub>SPD_AN_EX_SDB</sub>	模拟调速进入待机时间	模拟调速模式		60		ms
t <sub>SPD_AN_EX_SDB</sub>	模拟调速退出待机时间	模拟调速模式		0/100		ms
t <sub>SPD_PWM_EX_SDB</sub>	PWM 调速进入待机时间	PWM 调速模式		60		ms
t <sub>SPD_PWM_EX_SDB</sub>	PWM 调速退出待机时间	PWM 调速模式		0/100		ms
t <sub>SPD_PFM_EX_SDB</sub>	PFM 调速进入待机时间	PFM 调速模式		60		ms



表 6-5 电气特性

参数		条件 <sup>(1)</sup>	最小	典型值	最大值	单位
$t_{SPD\_PFM\_EX\_SDB}$	PFM 调速退出待机时间	PFM 调速模式		0/100		ms
$R_{SPD\_PD}$	SPD 引脚内置下拉电阻	待机模式		500		k $\Omega$
数字输入 (DIR)						
$V_{IH}$	输入高电平最小值		2.2			V
$V_{IL}$	输入低电平最大值				0.6	V
开漏输出 (FG、FAULTB)						
$I_{OD\_SINK}$	灌电流能力	$V_o = 0.3V$	2			mA
$I_{OD\_SHORT}$	短路灌电流			20	25	mA
SPD - 模拟调速输入						
$V_{SPD\_AN\_FS}$	模拟调速全速电压			3		V
$V_{SPD\_AN\_ZERO}$	模拟调速零速电压		0		100	mV
SPD - PWM 数字调速输入						
$V_{SPD\_PWM\_IH}$	PWM 调速输入高电平		2.2			V
$V_{SPD\_PWM\_IL}$	PWM 调速输入低电平				0.6	V
$f_{SPD\_PWM}$	PWM 调速输入频率		0.03		100	kHz
SPD - PFM 调速输入						
$f_{SPD\_PFM}$	PFM 调速频率范围		0.03		100	kHz
I <sup>2</sup> C 串行总线接口						
$V_{I2C\_IH}$	I2C 输入高电平最小值		2.2			V
$V_{I2C\_IL}$	I2C 输入低电平最大值				0.6	V
$f_{I2C}$	I2C 时钟频率		1		400	kHz
PWM 特性						
$f_{PWM}$	PWM 频率可配置范围	20KHz, 25KHz, 40KHz, 50KHz z 可配置	20	25	50	kHz
$t_{PWM\_DT}$	死区时间设置	31 档可配, 每档 40ns	80		1280	ns

表 6-5 电气特性

参数		条件 <sup>(1)</sup>	最小	典型值	最大值	单位
集成 MOSFET 桥						
R <sub>DSON</sub>	上管+下管总阻抗	VM=24V, VDD5=5V, IOUT=2A		250		mΩ
EFUSE 可编程配置区						
V <sub>PROG</sub>	写入电压			5		V
t <sub>RET</sub>	保存时间		10			年
堵转保护 (LOCK)						
t <sub>LOCK_ETR</sub>	堵转判定时间	可配置为 0.2s, 1s, 3s, 5s		1		s
t <sub>LOCK_OFF</sub>	堵转时的关断时间	可配置为 0.1s, 3s, 4s 或无穷		3		s
过流保护 (OCP) (比较器)						
I <sub>OCP</sub>	过流保护门限	内部电阻采样 3A/4A; 外 部电阻采样 0.9pu/1pu/1.1pu		1.1		pu
过热保护 (OTP)						
T <sub>OTP</sub>	过热保护门限	可配置为 125℃, 135℃ 145℃, 155℃	135	145	155	℃
T <sub>OTP_HYS</sub>	过热保护迟滞			25		℃

 注：除非特殊说明，T<sub>A</sub> = 25℃，VM = 24V。

## 7 应用功能说明

芯片的电机控制功能由混合信号运动控制器 XMC 专用内核完成，本章详细描述其控制逻辑、保护机制和调试诊断方法。

### 7.1 电机起动策略

#### 7.1.1 电机起动流程

XMC 内置的 Xenless™ 无传感器位置检测技术在启动时，首先执行初始速度检测（ISD），识别电机的正反转状态及速度；当电机处于正转状态且速度满足要求时，可直接重新同步以快速启动；当电机处于反转状态时，根据配置执行自停或制动或同步后反驱动作。

当电机初始速度很小或静止时，XMC 在无感应用下根据配置执行强制对位（FA）或初始位置检测（IPD）或动态对位（SFC）启动流程，并启动开环加速，直到转速达到闭环控制要求后转入闭环控制状态。

XMC 在启动过程中提供多重保护功能，避免功率器件过流、过压、过热。

### 7.1.2 初始速度检测（ISD）

初始状态时，MOSFET 输出关断，通过检测 U、V、W 三相的电压幅值和相位关系，可判断电机正转或反转，并得到电机的初始位置及初始转速。若在一定时间内线电压相对大小关系未发生变化，可判定电机处于静止状态。

### 7.1.3 重新同步

当初始速度检测判定电机处于正转状态时，XMC 可利用初始速度检测过程中获得的速度、角度信息，直接进入闭环控制状态，无需停止电机，从而大大加快启动速度。

### 7.1.4 自停，制动与反向驱动

当初始速度检测判定电机处于反转状态，需要停止电机时，XMC 支持自停，制动，反向驱动三种模式。

自停模式下，XMC 通过预驱动关闭 MOSFET 桥上下管，使输出均为高阻态，等待电机自行停止。

制动模式下，XMC 通过预驱动同时导通 3 个 MOSFET 下管或上管来实现制动。

反向驱动模式下，XMC 先反向同步进入闭环控制状态，然后在闭环状态下切换电机转动方向。该方式可提供较大的反向驱动力矩，尤其适用于高逆风启动场景。

### 7.1.5 电机启动

XMC 内置的 Xenless™ 无传感器位置检测技术支持强制对位（FA），初始位置检测（IPD），动态对位（SFC）三种启动方式。

#### 7.1.5.1 强制对位（FA）

XMC 内置的 Xenless™ 无传感器位置检测技术可以通过预驱提供特定的脉宽时间驱动 MOSFET 的方式在 U 相和 V 相之间注入特定的电流，来实现转子的强制定位。强制定位时电机可能反转一定角度。强制对位的电流持续时间需要根据启动负载来调整，当启动负载较大时所需要的电流也较大。

#### 7.1.5.2 初始位置检测（IPD）

XMC 内置有 Xenless™ 无传感器位置检测技术，通过驱动功率管在 U、V、W 相之间注入探测电流脉冲，估算出转子的位置，该方法称为初始位置检测（IPD）。IPD 注入的电流脉冲时间很短，转子因转动惯量通常可保持静止或仅发生轻微位移，且后续启动几乎不会发生反转。

#### 7.1.5.3 动态对位（SFC）

XMC 内置有 Xenless™ 无传感器位置检测技术，通过动态在 U 相，V 相和 W 相之间顺次注入电流，来实现转子的动态对位。当后续开环阶段加速较快时建议开启此功能。

#### 7.1.5.4 电机加速

电机加速指转子加速至指定速度的过程。在转速较小时，电机产生的反电动势较小，不足以可靠地确定转子的实时位置，因此通常采用开环拉动的方式，对转子逐渐加速，直至达到可产生足够幅值的反电动势电压的转速后转入闭环控制。

电机加速过程中，芯片支持软启动功能，驱动电流逐步加大，可降低启动过程中的噪音和振动。

#### 7.1.6 起动时序

起动时序包括三部分：

- (1) 初始化时间，由起动策略和初始状态决定。在静止状态下，由起动策略及对应的强制对位时间（可选）、初始位置检测时间（可选）、动态对位时间（可选）确定；
- (2) 开环加速时间（可选），由开环加速曲线参数和闭环切换速度决定；
- (3) 闭环加速时间，由目标转速和闭环调速曲线参数决定。

## 7.2 起动电流设置

### 7.3.1 强制对位电流

强制对位时，XMC 在 U 相和 V 相之间注入特定幅值的电流，施加的电流大小，和施加时间长度均可设置。

### 7.3.2 起动电流限制

起动过程中，XMC 可限制初始化及开环加速阶段的峰值电流，防止电流过大拉低直流母线电压，也避免加速过快导致噪声太大或失步。

## 7.3 PWM 输出

调速指令通过芯片内部逻辑转换为 PWM 输出，控制 MOSFET 的开通占空比，从而改变施加到电机上的驱动电压的有效值。

PWM 频率提供 20KHz、25KHz、40KHz、50KHz 四档基频，并支持 1~2 倍倍频输出，最高可达 100KHz。更高的 PWM 频率可提高 FOC 控制精度，增强电机控制稳定性，同时减小了电源纹波，并支持更高的电机转速，代价是开关损耗更大。

PWM 输出可设置死区时间，防止上下管同时导通。死区时间会导致相电流出现谐波，XMC 支持自动补偿功能，消除死区的影响。

## 7.4 正反转控制

XMC 支持电机的正反转控制，正转时驱动顺序为 U → V → W，反转时为 U → W → V。正反转方向切换时，支持平滑切换，无需停止电机。

## 7.5 换相控制

XMC 支持 FOC (Field Oriented Control, FOC) 矢量控制，通过巧妙地控制驱动电流形成的定子空间磁场矢量与转子磁场矢量保持特定角度关系，可实现对电机转速、转矩和运行效率等多个维度的优化控制。

## 7.6 开环控制

在电机转速较小时，由于产生的反电动势较小，XMC 内置的 Xenless™ 无传感器位置检测技术不足以可靠地确定转子的实时位置，此时会采用开环控制的方式。此外，开环控制提供了一种简单易用的机制，无需了解电机的参数，即可让电机在指定的驱动电流和转速下运行，且可运行在极低的速度下。注意开环运行的效率较低，且应注意低速时避免过流。

## 7.7 闭环控制

不同应用对电机的控制目标提出了不同的需求，例如风扇类应用中通常需要控制电机的转速，伺服控制中需要控制电机的转矩，在泵类等应用中还需要控制输出功率，XMC 支持多种闭环控制模式，可以单独或组合使用。

### 7.9.1 开环到闭环的切换

从开环控制切入到闭环控制时，XMC 可实现平滑切换，防止出现转速、转矩波动。

### 7.9.2 恒转速控制

恒转速控制是针对电机转速的闭环控制，设定目标转速后，XMC 自动控制驱动输出，使得电机的实际转速跟随目标转速，跟随速度由调速参数决定。

### 7.9.3 恒转矩/恒电流控制

恒转矩/恒电流控制是针对电机输出转矩的闭环控制，设定目标转矩/相电流后，XMC 自动控制驱动输出，使得电机的实际输出转矩/电流跟随目标转矩/电流，且保持最佳效率。

### 7.9.4 恒功率控制

恒功率控制是针对系统电源输入功率的闭环控制，设定目标功率后，XMC 自动补偿负载变化、控制电机输出功率，使得电源输入功率保持恒定。

## 7.8 弱磁模式

针对高转速应用，XMC 支持弱磁控制，可有效提升电机最大转速。

## 7.9 过调制模式

针对高转速应用，XMC 支持过调制控制，可有效提升电机最大转速。

## 7.10 运动控制

### 7.11.1 开环加速曲线

为提高电机起动的平顺性和成功率，可设置开环加速曲线，让电机平缓加速至最小速度。

### 7.11.2 闭环调速曲线

在闭环控制运行过程中，为防止调速过程中电机转速突变，减轻噪声的干扰及提高运转的平顺性，可设置闭环调速曲线，以及限制调速过程中电流的变化率。

### 7.11.3 转速控制

电机的转速控制指令可来自模拟调速、PWM 数字调速、PFM 调速或 I<sup>2</sup>C 通信接口，同时 PWM 调速模式下支持 PWM 极性翻转功能。

### 7.11.4 负载突变响应

电机运行时负载可能发生突变造成失步，XMC 可快速响应负载突变，保持电机的平顺运行。

## 7.11 保护逻辑

### 7.12.1 欠压锁定 (UVLO)

欠压锁定功能持续监测电源电压，当 VM 电源电压低于  $V_{VM\_UVLO\_F}$  时自动锁定，并在恢复到  $V_{VM\_UVLO\_R}$  以上时自动解锁，恢复正常工作状态，滞回阈值电压为  $V_{VM\_UVLO\_HYS}$ 。

### 7.12.2 过压保护 (OVP)

当 VM 电源电压超过推荐工作范围时，过压保护逻辑停止驱动，防止损坏功率管和电机。当 VM 电压恢复到推荐工作范围内时，芯片自动恢复到正常工作状态。

### 7.12.3 过流保护 (OCP)

过流保护逻辑用于开路短路检测，堵转检测等场景，保护 MOSFET 不会因过流而损坏。过流保护逻辑持续监测内置 MOSFET 的电流，当电流超过阈值  $I_{OCP}$  时自动关断 MOSFET 并置位故障指示信号。

### 7.12.4 过流限制 (CLP)

过流限制逻辑限制了相电流峰值。当 MOSFET 流经电流超过设定门限时，XMC 可对电流做“切顶”处理，防止 MOSFET 和芯片过热。

### 7.12.5 过热保护 (OTP)

过热保护逻辑利用片内温度传感器监测 MOSFET 桥的温度，当温度超过设定阈值时自动关断，并置位故障指示信号。当温度下降超过温度迟滞值时，芯片自动恢复正常工作状态。

### 7.12.6 堵转保护 (LOCK)

堵转保护逻辑持续检测因外力导致电机锁死（堵转）的异常状态，及时关断驱动电流，防止过热或损坏电机和芯片。当发生堵转后，保护逻辑置位故障指示信号，并在间隔  $t_{LOCK\_OFF}$  时间后自动重试，探测堵转条件是否已经消除，自动重试的间隔时间和次数可设置。在堵转消除后，保护逻辑自动恢复电机的正常运行状态。

XMC 可支持堵转的多种检测方法，确保能快速、准确地识别堵转状态。检测方法包括：转速异常，转速过高，转速过低，电流异常，磁链异常，电流越限等。

### 7.12.7 负载异常保护 (LOAD VAR)

包括：空载保护，负载增加保护，负载降低保护。三种保护措施均可独立使能，以识别应用中空载/负载突变的异常情况。

### 7.12.8 电压浪涌保护 (VSP)

电机运转时，能量从电源转换为机械能，部分能量储存在相电感中，还有一部分能量以机械能方式储存。当电机减速或制动时，电机工作在发电机状态，这两部分能量重新释放出来，并可通过 MOSFET 桥反送到电源端，从而可能导致电源端电压上升，损坏芯片及外围电路。

XMC 内置特殊的防浪涌策略，避免上述损坏发生。

### 7.12.9 缺相保护 (OPP)

缺相保护逻辑持续检测 U、V、W 相线是否开路，当开路时及时关断驱动电流，置位故障指示信号

## 7.12 状态反馈输出 (FG)

FG 接口输出电机的实时转速信息，也可根据配置提供驱动状态（开环、闭环）信息。FG 为开漏输出，可通过电阻上拉到任意电源。

FG 输出的频率正比于电机的电转速。二者关系为  $Freq\_fg = M / N * Freq\_motor$ ；其中  $Freq\_fg$  为 FG 接口输出的 PWM 频率； $Freq\_motor$  为电机电转速。M 和 N 分别为倍频系数和分频系数，二者均可在 1~16 之间独立配置。

## 7.13 故障指示信号输出 (FAULTB)

故障指示信号 FAULTB 为开漏输出，可通过电阻上拉到任意电源。

正常情况下，FAULTB 输出为高阻态，当发生堵转等故障时，输出低电平。发生故障后，若未开启故障自清功能，芯片仅在通过 I2C 接口对故障“写 1 清”操作后，才将 FAULTB 恢复为高阻态。若开启故障自清功能，芯片会在电机打嗝重启时，自动将 FAULTB 恢复为高阻态。

## 7.14 调试、故障诊断与可视化

芯片启动时从 EFUSE 中读取预置的参数至内部寄存器中。同时，芯片提供了 I<sup>2</sup>C 接口，可读写片内寄存器，支持：

- 覆盖 EFUSE 中的设置

- 查询芯片的内部工作状态
- 根据寄存器内容诊断故障

通过配套的 XMC Optimizer 软件，可以直观地查看芯片的工作状态，对芯片进行控制和读写 EFUSE。

## 8 接口说明

### 8.1 内置线性稳压电源 (LDO)

芯片内集成了高压 LDO，从输入电源 VM 转换到 5V 输出，供芯片内部及外部电路使用。片外需使用 4.7  $\mu$ F 陶瓷电容去耦，并尽量靠近芯片引脚放置。外部电路可使用该电源，但需要注意，外部使用的最大电流不能超过 10mA。

### 8.2 I<sup>2</sup>C 通信

芯片提供两组 I2C 接口 (SPD/SCL2, DIR/SDA2) (FG/SCL, FAULTB/SDA)，用户可将 I2C 接口模式配置为以下三种之一：禁用，仅使能 I2C1，仅使能 I2C2。默认地，芯片使用 I2C1 接口通信。除此之外，无论 I2C 接口配置为何值，芯片均支持通过同时将 FG/SCL 和 FAULTB/SDA 两管脚下拉 500us 以上，强制使能 I2C1 接口的功能。该功能可为芯片调试提供便利性。

### 8.3 调速

#### 8.3.1 模拟 (VSP) 调速

模拟调速模式下，电机转速随 SPD 引脚电压线性变化，调速范围可设置。

#### 8.3.2 PWM 数字调速

PWM 数字调速模式下，电机转速随 SPD 引脚输入占空比线性变化，调速范围可设置。此外，PWM 调速时，芯片支持通过改变 PWM 频率控制电机的转动方向。

#### 8.3.3 PFM 调速

PFM 调速模式下，电机转速随 SPD 引脚输入的时钟频率线性变化，调速范围可设置。此外，PFM 调速时，芯片支持通过改变 PWM 占空比控制电机的转动方向。

#### 8.3.4 I<sup>2</sup>C 调速

可通过 I<sup>2</sup>C 接口配置目标转速。

#### 8.3.5 调速自动解析

开启该功能后，XMC 根据 SPD 管脚上波形，自动解析成 PWM 调速或 VSP 调速。具体地，该模式下，芯片上电默认使用 VSP 调速。若收到 PWM 信号，则自动锁定为 PWM 调速。若在默认的 VSP 调速模式下，开始转动 300ms 以上，则自动锁定为 VSP 调速。注意，调速方式一旦锁定，除非进入低功耗模式，否则不会变更。



## 8.4 电机转动方向控制 (DIR)

电机运转过程中, 可通过 DIR 接口切换转动方向。DIR 接口为低电平时, 换相顺序为 U→V→W; 为高电平时, 换相方向为 U→W→V。改变转动方向时, 芯片自动控制电机减速, 然后重新加速至设定的转速。

## 8.5 待机与唤醒

芯片采用智能低功耗待机技术, 当满足特定条件时, 芯片停止驱动电机并自动进入低功耗待机状态。根据出厂时配置不同, 低功耗状态包括待机模式 (type-S), 睡眠模式 (type-D) 两种类型:

待机模式 (type-S) 下, VDD5、IIC 总线保持使能状态, MOSFET 驱动、各种采样处于休眠状态;

睡眠模式 (type-D) 下 MOSFET 驱动、各种采样、VDD5 LDO 以及 IIC 总线均处于休眠状态;

两种低功耗模式进入和唤醒的条件如下:

调速信号	进入待机模式条件	退出待机模式条件	进入睡眠模式条件	退出睡眠模式条件
模拟电压/ PWM/ PFM	SPD 管脚上电压持续 60ms 以上低于 100mV	SPD 管脚上电压持续 0ms/100ms 以上高于 200mV	SPD 管脚上电压持续 60ms 以上低于 100mV	SPD 管脚上电压持续 0ms/100ms 以上高于 200mV
IIC	IIC 发出进入低功耗指令	IIC 发出退出低功耗指令	IIC 发出进入低功耗指令, 且 SPD 管脚上电压持续 60ms 以上低于 100mV	SPD 管脚上电压持续 0ms/100ms 以上高于 200mV

此外, 需注意, 当进入低功耗条件被触发时, 若电机正在运行, XMC 会先驱动电机停下, 再进入低功耗状态。

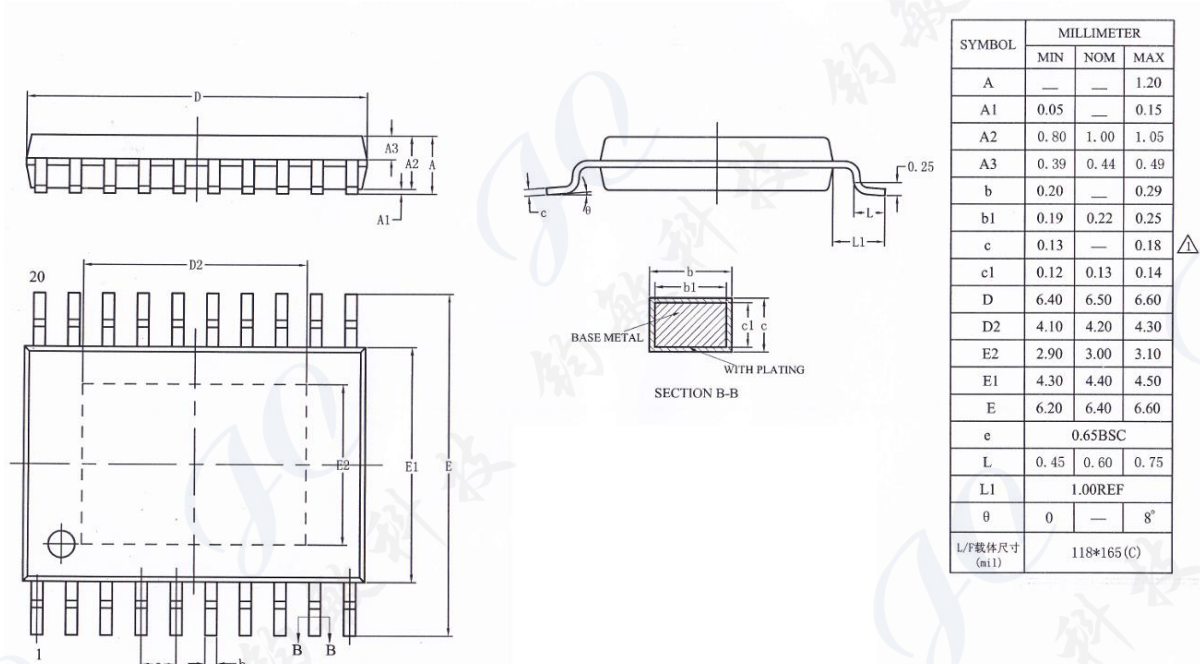
## 8.6 EFUSE 编程

可通过 I<sup>2</sup>C 接口对 EFUSE 进行编程。

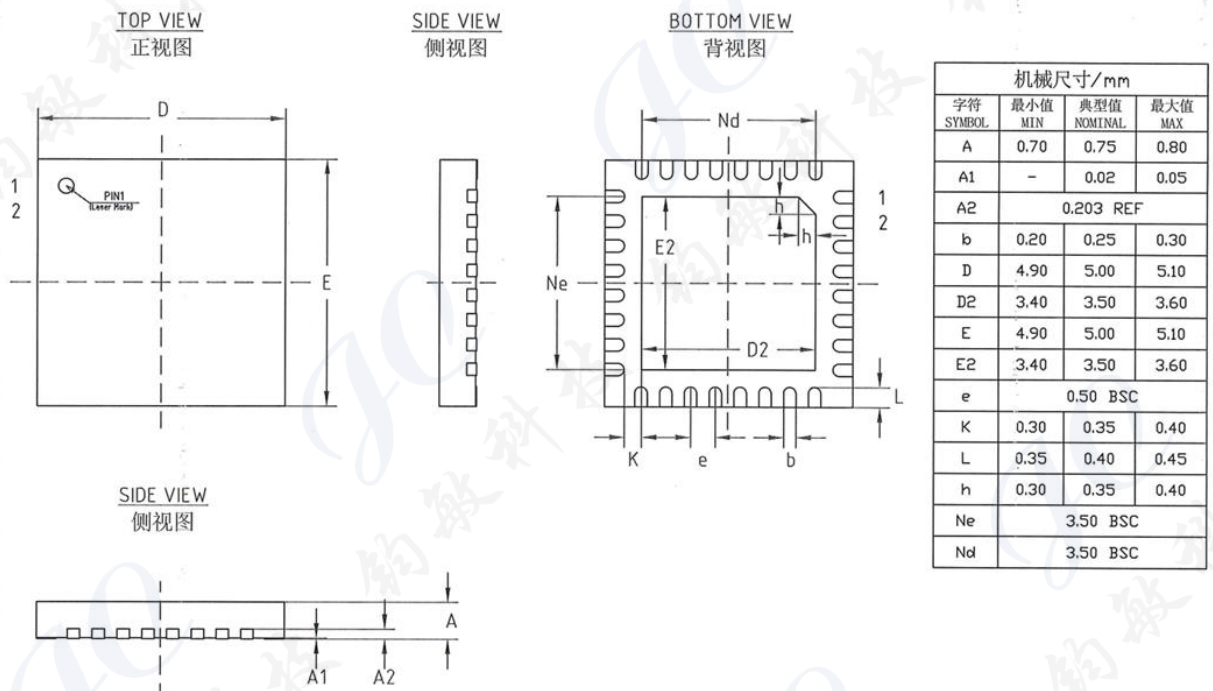
## 8.7 故障诊断

可通过 I<sup>2</sup>C 接口读写片内寄存器, 查看芯片工作状态, 诊断故障。

## 9 封装信息



(图 10.1 TSSOP20 封装信息)



(图 10.2 QFN32L 封装信息)

## 10 订购信息

表 13-1 订购信息

订购号	功能及驱动接口	封装	编带或管状
XM2619Q32L	控制器, 集成功率驱动, 全功能引脚	QFN32L	4Kpcs/编带
XM2619E20	控制器, 集成功率驱动, 全功能引脚	ETSSOP020	4.5Kpcs/编带

## 11 重要声明和免责声明

芯格诺微电子所提供的产品规格书、参考设计、应用建议等技术资料, 不保证其中不含任何瑕疵, 且不做任何包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的明示或暗示的担保。给出的典型应用仅供设计参考, 非芯格诺微电子产品的一部分, 芯格诺微电子不保证参考设计的完整性和精确性。设计人员应自行根据应用要求选择合适的器件, 并对设计方案进行充分的验证和测试。

所述资源供专业开发人员应用芯格诺微电子产品进行设计使用, 如有变更, 恕不另行通知。

联系地址: 北京市海淀区知春路 1 号学院国际大厦 1707

邮政编码: 100191

电话: 010-8208 6826

邮箱: [info@x-signal.com](mailto:info@x-signal.com)

网址: [www.x-signal.com](http://www.x-signal.com)

Copyright © 2021 北京芯格诺微电子有限公司