# KTM5900

## 24bit 绝对角度磁性编码器
## 集成高精度 TMR 传感器与一键非线性自校准
## 集成双 16bit 2M SAR ADC

技术支持
邮箱：support@conntek.com.cn
电话：+86(0)755-86006609

# Table of Contents


**1 产品信息** ..... **1**

**1.1** 产品特点 ..... 1

**1.2** 典型应用 ..... 1

**1.3** 产品简介 ..... 1

**2 整体介绍** ..... **2**

**2.1** 系统架构 ..... 2

**2.2** 引脚定义 ..... 3

**2.3** 应用电路 ..... 4

**2.4** 在轴磁铁安装推荐 ..... 5

**2.5** 离轴磁环安装推荐 ..... 6

**3 正常工作参数** ..... **7**

**4 电气参数** ..... **7**

**5 内部集成 TMR 参数** ..... **8**

**6 SPI 通信与内存控制概述** ..... **9**

**6.1** SPI 时序 ..... 9

**6.2** SPI 指令 ..... 11

**6.3** 通过 SPI 读取角度（回复 4） ..... 12

**6.4** SPI 模块的控制寄存器 ..... 13

**6.5** SPI 角度输出宽度设置 ..... 13

**6.6** 一键置零功能 ..... 14

**7 多极对与多圈设置** ..... **15**

**7.1** 极对数设置 ..... 15

**8 线性误差检测和校准模块（L）** ..... **16**

**8.1** 控制寄存器 ctrREG(L/线性校准功能区块) ..... 16

**9 非线性误差检测和修正模块（N）** ..... **19**

**9.1** 一键自校准模块自动拟合误差 ..... 20

**9.2** 校准模块 (256 点) ..... 21

**9.3** 校准数据的表示 (256 点) ..... 22

**10 滤波器模块（F）** ..... **23**

**10.1** 专用低通滤波器参数 ..... 23

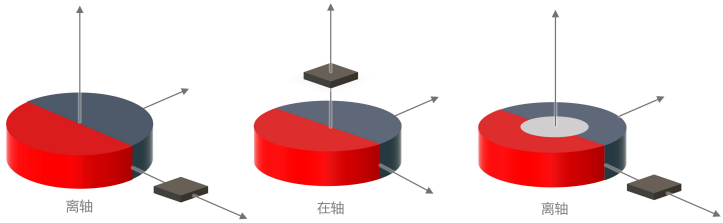
**10.2** 迟滞设置 ..... 24

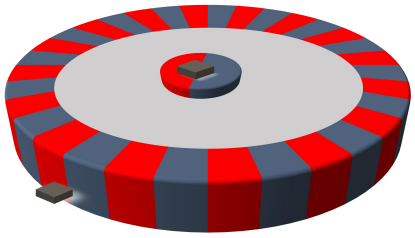
**11 ABZ 编码输出模块（A）** . . . . . **26**
**11.1** 输入控制 . . . . . 27
**11.2** ABZ 输出限频 . . . . . 28
**11.3** 输出控制 . . . . . 29
**12 UVW 编码输出模块（U）** . . . . . **32**
**13 系统整体配置（TOP）** . . . . . **34**
**13.1** 芯片与磁传感器连接设置 . . . . . 34
**13.2** 并行输出引脚配置 P0 到 P6 . . . . . 35
**13.3** MTP 读写控制 . . . . . 36
**13.4** 模拟供电电压切换 . . . . . 36
**14 警报与检测（IRQ）** . . . . . **37**
**14.1** IRQ.STA - 警报状态与是否通过 IRQ 输出报警 . . . . . 37
**15 封装信息** . . . . . **39**
**16 推荐焊盘** . . . . . **40**
**17 推荐焊接温度曲线** . . . . . **40**

# 1 产品信息

## 1.1 产品特点

- 单对极细分角度最高可达 24bit
- 同时支持在轴与离轴安装
- 内部集成超高性能双 16bit 2M SAR ADC
- 最大支持 36M SPI 角度输出及寄存器读写
- 1-65536 线可编程 ABZ 增量输出
- 1-256 对极可编程 UVW 增量输出
- 独立 PWM 绝对角度输出
- 集成自动线性校准与自动非线性校准
- 单对极校准后 INL≤±0.025°
- 集成可编程增益运放
- 超高带宽输入，80M 内部主频，超低延时
- 内部集成高精度 TMR 磁性传感器
- 工作温度范围-40°C 至 125°C
- 封装为 QFN32-5*5mm




## 1.2 典型应用

- 伺服电机
- 直线电机
- DDR 直驱电机
- 中空关节机器人
- 离轴角度测量
- 空心杯电机

## 1.3 产品简介

KTM5900 是一款 24bit 绝对角度 TMR 磁性编码器，构成一个高速高精度的非接触磁性编码器模块。它具有最高 2M 采样速率的 16bit SAR ADC 读取传感器上的差分模拟正弦和余弦信号的能力，可以通过其高速数字电路进行角度计算，并输出位置信息。

KTM5900 提供多种灵活的角度输出模式，满足不同应用需求。首先，它支持最高 36Mbps SPI 绝对角度输出，SPI 同时可以用来配置 MTP（多次可编程存储器）；此外，可编程的最大 65536 线 ABZ 正交脉冲增量输出，提供高分辨率和精准的位置信息；而且，KTM5900 支持可编程最大 256 对极 UVW 增量输出；最后，KTM5900 支持 PWM 绝对角度输出。

KTM5900 有许多易用性功能，如自动线性校准，自动非线性校准，Z 信号标定（多 Z 信号选择一个），多级对应用时绝对位置同步，运放增益可编程等。KTM5900 对其功能安全性进行了一些优化，例如 SPI 角度输出具有 8 位 CRC 验证，以及集成了许多自诊断报警功能，如 TMR 输入正弦/余弦振幅异常、输入欠压等。

# 2 整体介绍

## 2.1 系统架构

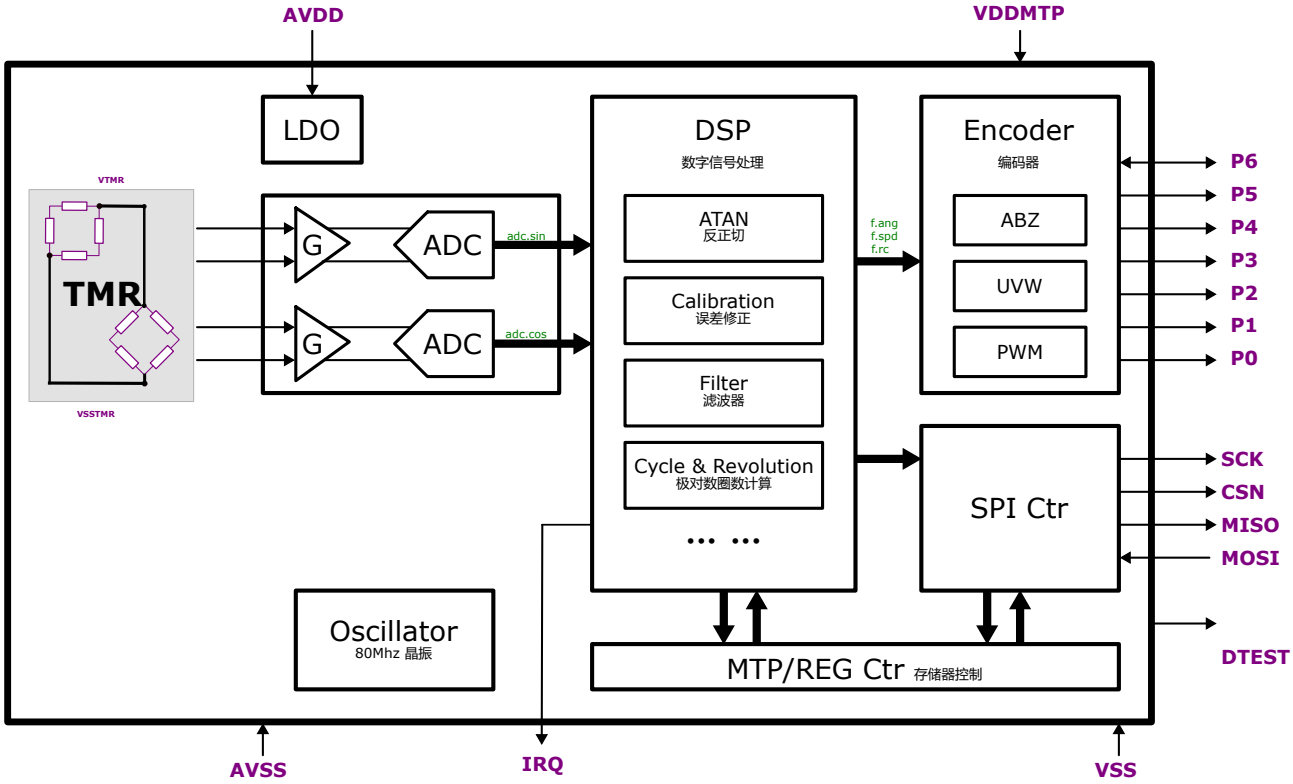



Figure 1: KTM5900 芯片功能框图

KTM5900 是一款通用绝对角度编码器芯片。它包含一系列功能模块，包括 TMR 传感器模块，可调增益放大器，高速 SAR ADC 模块，细分器模块，修正校准模块，滤波器模块和一系列丰富的接口模块，通过寄存器配置为所需分辨率的编码器。KTM5900 拥有广泛的输出选项，如 ABZ/UVW/PWM/SPI 接口。

该系统配备了自动校准和自适应功能，以纠正传感器偏移、正弦/余弦幅度匹配和相位正交，确保最小的角度误差和抖动。此外，KTM5900 SoC 采用行业领先的 2MHz 16 位 SAR ADC，以提高性能和精度。

KTM5900 的一个显著优势是其能够在正常操作期间自动检测和校正非线性误差，只需按下一个按钮或发送一个 SPI 命令即可。此外，KTM5900 还集成了 256 点误差查找表，客户可以通过光编对拖将非线性误差算出来写入 KTM5900，以提高输出绝对精度。内部集成高精度 TMR 传感器，单对极磁铁组合成编码器，一键自校准和 256 点误差查找表的效果都可以达到 INL≤0.025°。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

## 2.2 引脚定义

NC

| 序号 | 引脚名 | i/o | 功能 |
|---|---|---|---|
| 1 | **AVSS** | i | 模拟地 |
| 2 | **VREF** | o | ADC 参考电压 |
| 3 | **AVSS** | i | 模拟地 |
| 4 | **NC** | / | 未连接 |
| 5 | **NC** | / | 未连接 |
| 6 | **NC** | / | 未连接 |
| 7 | **NC** | / | 未连接 |
| 8 | **NC** | / | 未连接 |
| 9 | **AVSS** | i | 模拟地 |
| 10 | **AVDD** | i | 模拟供电 |
| 11 | **IRQ** | o | 报警 |
| 12 | **P6** | i/o | 复用并行输出 |
| 13 | **P5** | o | 复用并行输出 |
| 14 | **P4** | o | 复用并行输出 |
| 15 | **P3** | o | 复用并行输出 |
| 16 | **P2** | o | 复用并行输出 |
| 17 | **P1** | o | 复用并行输出 |
| 18 | **P0** | o | 复用并行输出 |
| 19 | **MISO** | o | 数字 SPI 通信 |
| 20 | **MOSI** | i | 数字 SPI 通信 |
| 21 | **CSN** | i | 数字 SPI 通信 |
| 22 | **SCK** | i | 数字 SPI 通信 |
| 23 | **VSS** | i | 地 |
| 24 | **DVDDL** | o | 数字 1.8V 输出 |
| 25 | **DVDD** | i | 数字供电输入 |
| 26 | **ZREF** | i | 参考 Z 信号选择 |
| 27 | **NC** | i | 未连接 |
| 28 | **NC** | i | 未连接 |
| 29 | **DTEST** | i | 数字测试 |
| 30 | **VDDMTP** | i | MTP 供电 |
| 31 | **AVDD** | i | 模拟供电 |
| 32 | **AVSS** | i | 模拟地 |

Table 1: 引脚列表

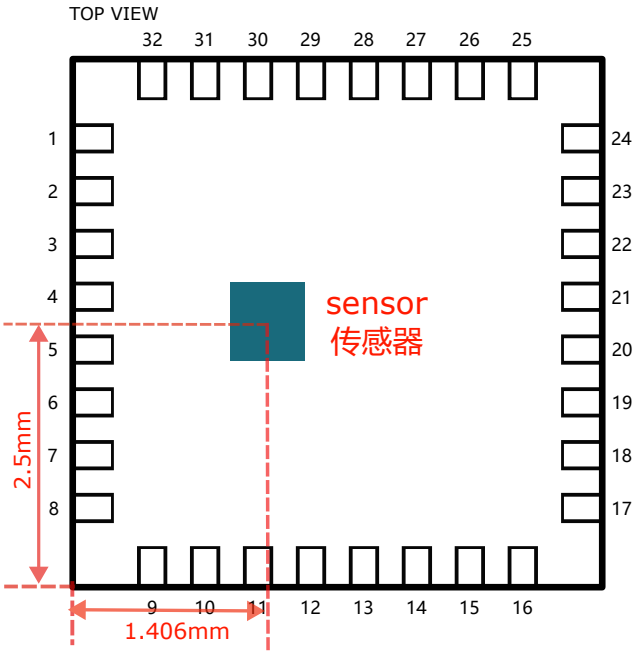



Figure 2: QFN32-5x5 顶视图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

## 2.3 应用电路

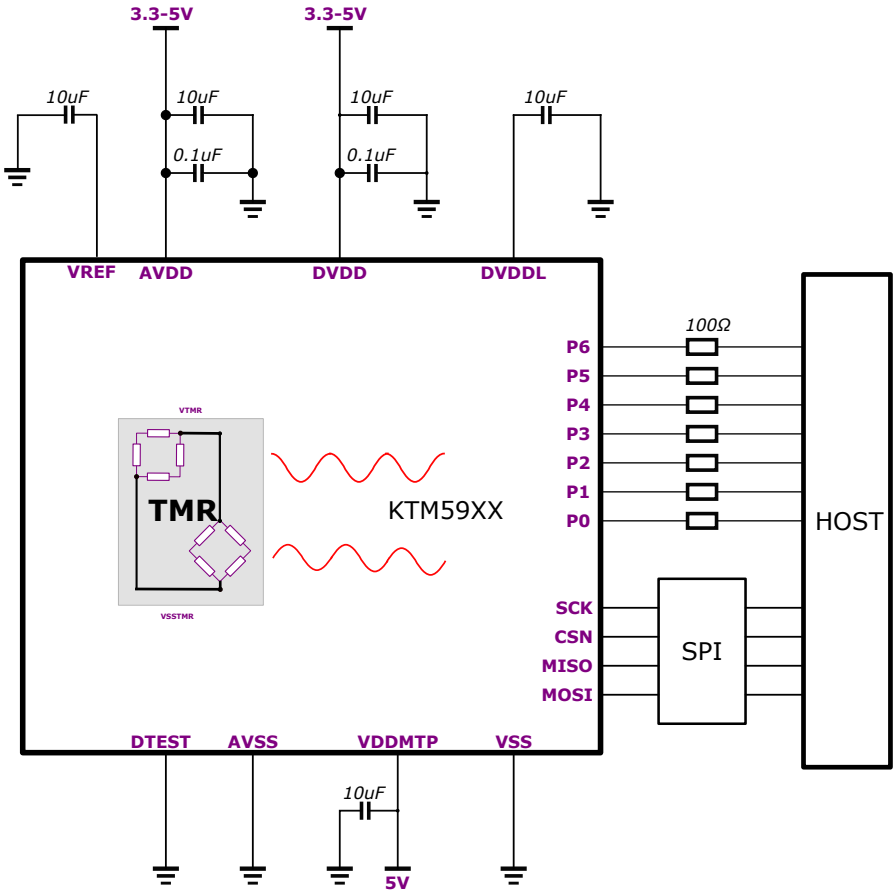



Figure 3: KTM5900 应用电路图

KTM5900 的应用电路如上图3所示，内部集成了高精度 TMR 传感器，模拟量输入后，KTM5900 可以将其转化为绝对角度信息，并通过 ABZ、UVW、SPI 等接口输送给控制处理器 HOST。P0-P5 端口可以任意编程为 ABZ，UVW 或其差分信号 ~ABZ、~UVW。需要注意原理图中，推荐的电容是必要的，这有利于保证系统的精度和稳定性。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

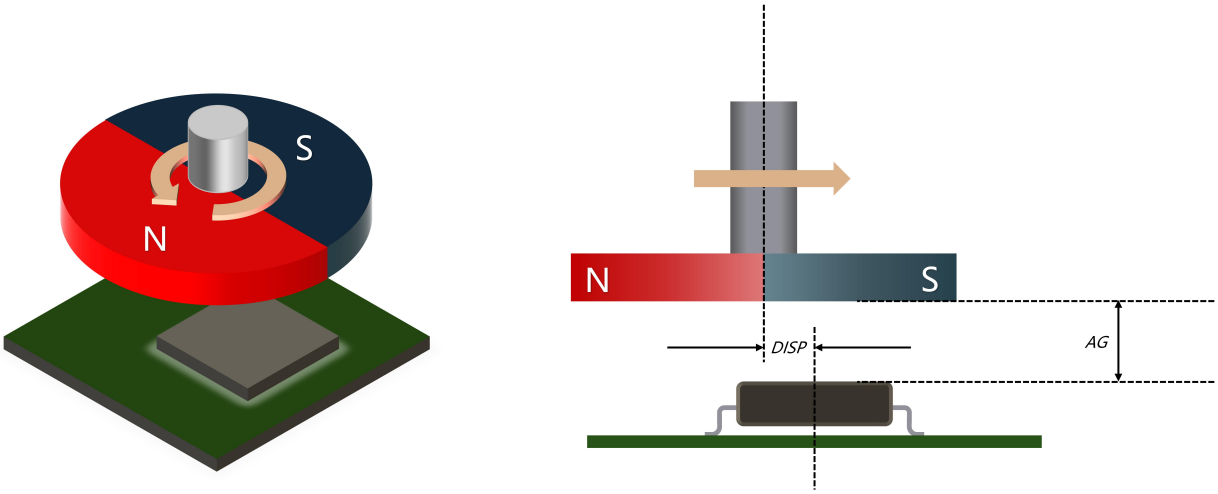
## 2.4 在轴磁铁安装推荐

Table 2: 在轴磁铁安装推荐

| Para. | Description | Min | Typ. | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| $D_{mag}$ | 径向充磁磁铁直径 | | 10 | 30 | mm |
| $T_{mag}$ | 推荐磁铁厚度 | | 2.5 | 5 | mm |
| $B_{pk}$ | 芯片工作磁场 | | 30 | 150 | mT |
| $AG$ | 气隙 | | 1.0 | 5.0 | mm |
| $RS$ | 转速 | | | 180 | krpm |
| $DISP$ | 安装偏差 | | 0 | 1.0 | mm |

备注：推荐使用磁铁材料为钕铁硼或钐钴。

Figure 4: 在轴磁铁芯片摆放位置






深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

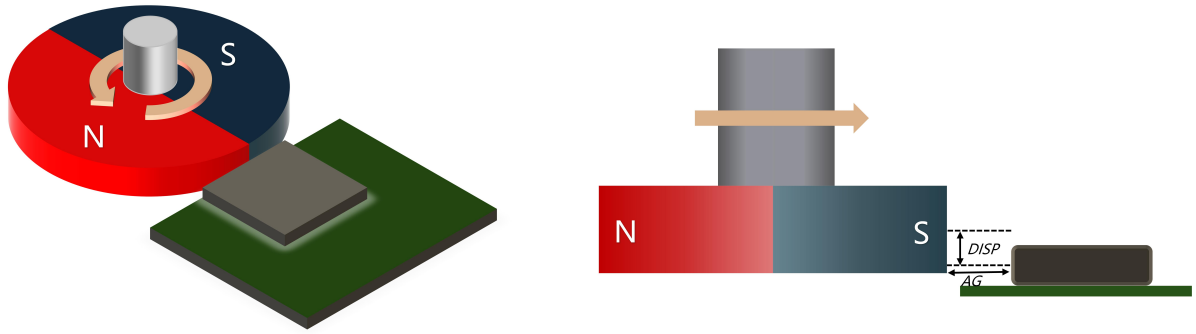
## 2.5 离轴磁环安装推荐

Table 3: 离轴磁环安装推荐

| Para. | Description | Min | Typ. | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| $D_{mag}$ | 径向充磁磁铁或磁环内径 | 0 | 10 | 20 | mm |
| $D_{mag}$ | 径向充磁磁铁或磁环外径 | 6 | 16 | 30 | mm |
| $T_{mag}$ | 推荐磁铁厚度 | 1 | 4 | 8 | mm |
| $B_{pk}$ | 芯片工作磁场 | | 30 | 150 | mT |
| $AG$ | 气隙 | -0.5 | 0.5 | 5 | mm |
| $RS$ | 转速 | | | 180 | krpm |
| $DISP$ | 安装偏差 | -5 | 0 | 5 | mm |

备注：推荐使用磁铁材料为钕铁硼或钐钴。

Figure 5: 离轴磁环芯片摆放位置






深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 3 正常工作参数

Table 4: 工作参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|---|---|---|---|
| 工作电压（DVDD、AVDD） | 3.0V | 3.3V-5V | 5.5V |
| MTP 烧写电压（VDDMTP） | 4.5V | 5V | 5.5V |
| 工作磁场强度 | 10mT | 30mT | 150mT |
| 工作电流 | | 32mA | |
| 启动时间 | | 23ms | |
| 延时时间 | | 0.5us | |
| 工作温度 | -40 °C | | 125 °C |
| 转速 | | | 180000rpm |
| ESD（HBM） | | ±5KV | |

# 4 电气参数

Table 5: 电气参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|---|---|---|---|
| ABZ 输出频率 | | | 20MHz |
| ABZ 输出电流 | | | 2mA |
| ABZ 输出脉冲 | 1 | 可编程 | 65536 |
| UVW 输出脉冲 | 1 | 可编程 | 256 |
| PWM 输出频率 | | 973Hz | |
| SPI 输出 VOH | VDD-0.4V | | |
| SPI 输出 VOL | | | 0.4V |
| SPI 输出 VIH | 0.8*VDD | | |
| SPI 输出 VIL | | | 0.2*VDD |
| MTP 擦写次数 | 1000 次 | | |
| 输出噪声（6 sigma） | | 0.01° | |
| 非线性误差 | | ±0.025° | |



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 5 内部集成 TMR 参数

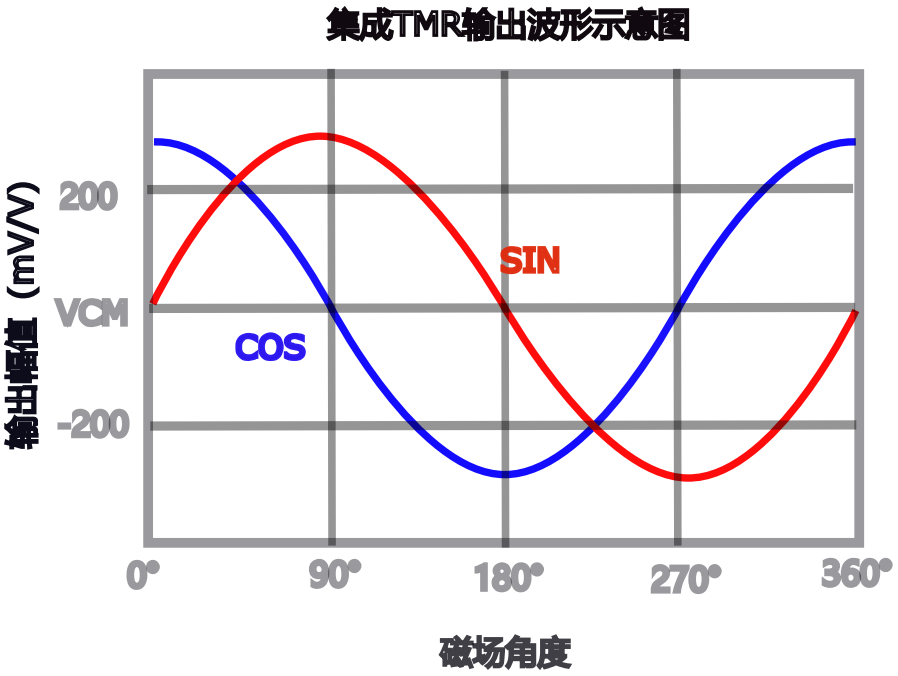



Figure 6: KTM5900 集成的 TMR 信号输出示意图

KTM5900 的集成的 TMR 示意图如上图6所示，在磁场角度 0-360°，TMR 输出一对正交信号，SIN（正弦）和 COS（余弦）信号，该 TMR 的相关参数如下表所示

Table 6: 工作参数

| 参数 | 最小值 | 典型值 | 最大值 |
|---|---|---|---|
| 工作磁场强度 | 10mT | 30mT | 150mT |
| 输出灵敏度 | | 300mV/V | |
| 磁阻 | 4KΩ | 5KΩ | 6KΩ |
| 磁阻温漂 | | -0.0005 | |
| 角度误差 | | 0.2° | 0.6 |
| 工作温度 | -40 °C | | 125 °C |
| 储存温度 | -40 °C | | 125°C |
| SMT 温度 | | | 250 °C |



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 6 SPI 通信与内存控制概述

KTM5900 通过 SPI 接口提供了一种可靠且高效的通信方式，用于微控制器与外围设备之间的通信。此外，它还具备内部 MTP 功能，用于安全存储配置和校准数据。SPI 的通信模式为 mode0，CPOL=0,CPHA=0。

## 6.1 SPI 时序

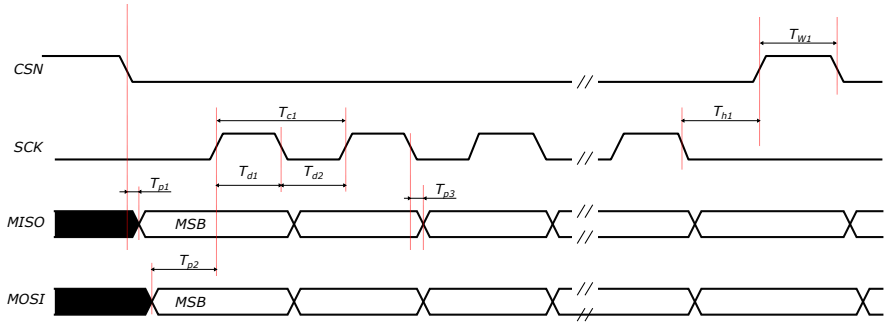



Figure 7: SPI 时序图

在这里，我们可以看到一幅 SPI 时序图7和一个关于 KTM5900 产品在 20pf 负载条件下的 SPI 时序参数的表格7。这个表格列出了每个参数的符号、参数的描述，以及在纳秒（ns）单位下的最小、典型和最大值。这些参数有助于定义 SPI 通信的时序要求，确保使用 KTM5900 产品的微控制器和外围设备之间可靠的数据传输。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

| 符号 | 说明 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| $T_{c1}$ | SCK 时钟周期<br>(SCK Clock Period) | 30 | | | ns |
| $T_{d1}$ | SCK 高电平周期<br>(High Period of SCK Clock) | 15 | | | ns |
| $T_{d2}$ | SCK 低电平周期<br>(Low Period of SCK Clock) | 15 | | | ns |
| $T_{p1}$ | CSN 下降沿到有效数据产生时间间隔<br>(Time interval between CSN falling edges and Valid data) | 50 | | | ns |
| $T_{p2}$ | 控制信号输出到 SCK 第一个上升沿时间<br>(Time interval between Valid data output and first SCK rising edges) | 15 | | | ns |
| $T_{p3}$ | SCK 下降沿到 MISO 产生有效数据时间<br>(Time interval between SCK falling edges and Valid data) | | | 8 | ns |
| $T_{h1}$ | SCK 最后一个下降沿到 CSN 拉高时间<br>(Time interval between last falling edges and CSN rising edges) | | | 12.5 | ns |
| $T_{w1}$ | CSN 保持时间<br>(Hold Time of CSN) | 20 | | | ns |

Table 7: SPI 时序参数（带有 20pf 加载条件）

KTM5900 产品使用 SPI 接口（CPOL = 0 和 CPHA =0 模式）在微控制器和外围设备之间进行通信。SPI 接口由四条线组成：SCK、MOSI、MISO 和 CSN，它们是根据 SPI 国际标准实现的。数据是以固定长度的 32 位包进行传输的。

这个 SPI 时序参数表格对于理解如何正确使用和调试 SPI 接口的硬件和固件设计是非常有用的。请注意，为了保证可靠的数据通信，硬件和固件设计应遵循这些时序参数。

以上所有的 SPI 参数都在我们提供的硬件和固件中进行了实现，可以根据您的应用需求进行配置和优化。如果您在使用过程中有任何问题，我们的技术支持团队随时为您提供帮助。

总的来说，KTM5900 产品的 SPI 接口是一个强大和灵活的通信工具，可以广泛应用于各种微控制器和外围设备的通信。通过正确使用和理解这些 SPI 时序参数，您可以充分利用其性能，满足您的特定应用需求。

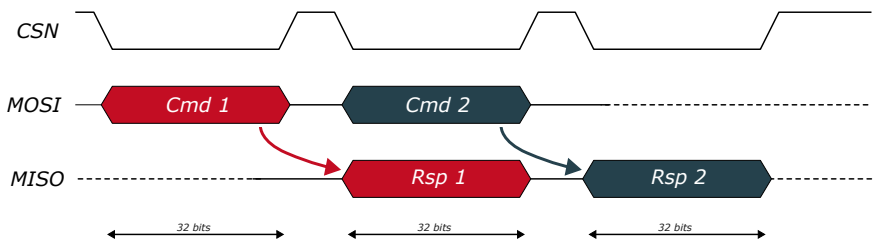



Figure 8: SPI 指令与回复时序示意图



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

SPI 通信采用一种重叠结构，允许在传输下一个指令时发送回前一个指令的响应。图8展示了一个单设备设置的示例，其中主机控制一个 KTM5900 从设备。

## 6.2 SPI 指令

芯片支持几种 SPI 指令，如表8所示：

- **指令 1 极对数与圈数计数器写入**用于配置角度输出，以快速配置多极对计数和多圈计数。
- **指令 2 寄存器写入**将要配置的值写入相应的寄存器。
- **指令 3 寄存器读取**在接收下一个 SPI 指令时返回相应地址位的寄存器值。
- **指令 4 角度和状态读取**在接收下一个 SPI 指令时返回当前角度值 + 状态 +CRC。

指令长度必须满足特定要求，KTM5900 产品采用的具体模式由应用要求确定。在介绍详细功能时将一并介绍更多细节。

Table 8: SPI 指令列表

指令 1：多极对或多圈计数器写入

| 6 | 1 | 3 | 保留 | 写入当前极对数 | 写入当前圈数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 30 29 | 28 27 | 26 25 24 | 23 22 21 20 | 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 | 7 6 5 4 3 2 1 0 |

指令 2：控制寄存器写入

| 2 | 3 | 3 | 保留 | 寄存器地址 | 寄存器数据 |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 30 29 | 28 27 | 26 25 24 | 23 22 21 20 | 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 | 7 6 5 4 3 2 1 0 |

指令 3：控制寄存器读取

| 3 | 0 | 2 | 保留 | 寄存器地址 | 忽略 |
|---|---|---|---|---|---|
| 31 30 29 | 28 27 | 26 25 24 | 23 22 21 20 | 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 | 7 6 5 4 3 2 1 0 |

回复 3：读取寄存器回复

| 8bit 数据 | 忽略 |
|---|---|
| 31 30 29 28 27 26 25 24 | 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |

指令 4：角度和内部信号读取

| 1 | 0 | 3 | 0 |
|---|---|---|---|
| 31 30 29 | 28 27 | 26 25 24 | 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |

回复 4：角度和内部信号回复

| 0-54bit 圈数和角度输出可编程 | 2bit state | 8bit CRC |
|---|---|---|



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

## 6.3 通过 SPI 读取角度（回复 4）

- 如上指令 4 角度和内部信号读取回复举例如 10bit 圈数 +16bit 角度 +2bit state+8bit CRC，则回复的数据共 36bit。
- 其中，2bit state 表征了系统报警情况，低位置 1 是章节 14 所设置的事件报警，高位置 1 是系统发生致命报警，如系统启动失败。
- 关于最后 8 bit CRC 数据，CRC 校验多项式公式为 $X^8 + X^2 + X + 1$，初始值为 00，结果异或值为 FF。例如上面的例子 10bit 圈数 +16bit 角度 +2bit state 接收的二进制数据为 1010 1100 1100 1101 1101 0000 0000（十六进制 A CC DD 00），CRC8 校验值计算为 47，则接收的数据为 ACCDD0047。关于 CRC8 校验的进一步的说明，可联系 FAE 或登录官网下载应用说明。如您不需要 CRC 校验，也可舍弃不读取最后的 8bit 数据。

以下为 CRC8 参考代码,以以上例子中发送的数据为 28bit+CRC8 共 36bit 数据为例，发送数据为 28bit, 高位补 4 个 0 凑成 32bit 数据（0A CC DD 00），表示为 data[31:0];

```
//例程                                  //举例
crc = 0x00;                             // crc = 0x00;
crc = CRC_TABLE[crc ^ data[31:24]];     // 0x36 = CRC_TABLE[0x00 ^ 0x0A];
crc = CRC_TABLE[crc ^ data[23:16]];     // 0xE8 = CRC_TABLE[0x36 ^ 0xCC];
crc = CRC_TABLE[crc ^ data[15:8]];      // 0x8B = CRC_TABLE[0xE8 ^ 0xDD];
crc = CRC_TABLE[crc ^ data[7:0]];       // 0xB8 = CRC_TABLE[0x8B ^ 0x00];
crc = crc ^ 0xFF;                       // crc = 0xB8 ^ 0xFF = 0x47;
```

Listing 1: CRC8 参考代码

其中数组 CRC_TABLE 为:

```
CRC_TABLE[256]={
 0x00, 0x07, 0x0e, 0x09, 0x1c, 0x1b, 0x12, 0x15, 0x38, 0x3f, 0x36, 0x31, 0x24, 0x23, 0x2a, 0x2d,
 0x70, 0x77, 0x7e, 0x79, 0x6c, 0x6b, 0x62, 0x65, 0x48, 0x4f, 0x46, 0x41, 0x54, 0x53, 0x5a, 0x5d,
 0xe0, 0xe7, 0xee, 0xe9, 0xfc, 0xfb, 0xf2, 0xf5, 0xd8, 0xdf, 0xd6, 0xd1, 0xc4, 0xc3, 0xca, 0xcd,
 0x90, 0x97, 0x9e, 0x99, 0x8c, 0x8b, 0x82, 0x85, 0xa8, 0xaf, 0xa6, 0xa1, 0xb4, 0xb3, 0xba, 0xbd,
 0xc7, 0xc0, 0xc9, 0xce, 0xdb, 0xdc, 0xd5, 0xd2, 0xff, 0xf8, 0xf1, 0xf6, 0xe3, 0xe4, 0xed, 0xea,
 0xb7, 0xb0, 0xb9, 0xbe, 0xab, 0xac, 0xa5, 0xa2, 0x8f, 0x88, 0x81, 0x86, 0x93, 0x94, 0x9d, 0x9a,
 0x27, 0x20, 0x29, 0x2e, 0x3b, 0x3c, 0x35, 0x32, 0x1f, 0x18, 0x11, 0x16, 0x03, 0x04, 0x0d, 0x0a,
 0x57, 0x50, 0x59, 0x5e, 0x4b, 0x4c, 0x45, 0x42, 0x6f, 0x68, 0x61, 0x66, 0x73, 0x74, 0x7d, 0x7a,
 0x89, 0x8e, 0x87, 0x80, 0x95, 0x92, 0x9b, 0x9c, 0xb1, 0xb6, 0xbf, 0xb8, 0xad, 0xaa, 0xa3, 0xa4,
 0xf9, 0xfe, 0xf7, 0xf0, 0xe5, 0xe2, 0xeb, 0xec, 0xc1, 0xc6, 0xcf, 0xc8, 0xdd, 0xda, 0xd3, 0xd4,
 0x69, 0x6e, 0x67, 0x60, 0x75, 0x72, 0x7b, 0x7c, 0x51, 0x56, 0x5f, 0x58, 0x4d, 0x4a, 0x43, 0x44,
 0x19, 0x1e, 0x17, 0x10, 0x05, 0x02, 0x0b, 0x0c, 0x21, 0x26, 0x2f, 0x28, 0x3d, 0x3a, 0x33, 0x34,
 0x4e, 0x49, 0x40, 0x47, 0x52, 0x55, 0x5c, 0x5b, 0x76, 0x71, 0x78, 0x7f, 0x6a, 0x6d, 0x64, 0x63,
 0x3e, 0x39, 0x30, 0x37, 0x22, 0x25, 0x2c, 0x2b, 0x06, 0x01, 0x08, 0x0f, 0x1a, 0x1d, 0x14, 0x13,
 0xae, 0xa9, 0xa0, 0xa7, 0xb2, 0xb5, 0xbc, 0xbb, 0x96, 0x91, 0x98, 0x9f, 0x8a, 0x8d, 0x84, 0x83,
 0xde, 0xd9, 0xd0, 0xd7, 0xc2, 0xc5, 0xcc, 0xcb, 0xe6, 0xe1, 0xe8, 0xef, 0xfa, 0xfd, 0xf4, 0xf3}
```

Listing 2: CRC8 参考代码



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

| 缩写 | 全称与解释 | 相关章节 |
|---|---|---|
| *L* | 线性校准 (Linear Calibration) | 章节 8 |
| *N* | 非线性校准 (Non-linear adjustment Control) | 章节 9 |
| *F* | 滤波器控制 (Filter Control) | 章节 10 |
| *S* | SPI 串行接口控制 (SPI Serial Interface Control) | 章节 6 |
| *M* | 多极对设置 (Multi Cycle Ctrl) | 章节 7 |
| *A* | ABZ 增量接口控制 (ABZ incremental Interface Control) | 章节 11 |
| *U* | UVW 接口控制 (UVW Interface Control) | 章节 12 |
| *P* | PWM 接口控制 (PWM Interface Control) | 章节 13 |
| *E* | 中断和事件 (IRQ & Event) | 章节 14 |

Table 9: 控制寄存器 (ctrREG) 的功能区块 (Section) 名称和说明

## 6.4 SPI 模块的控制寄存器

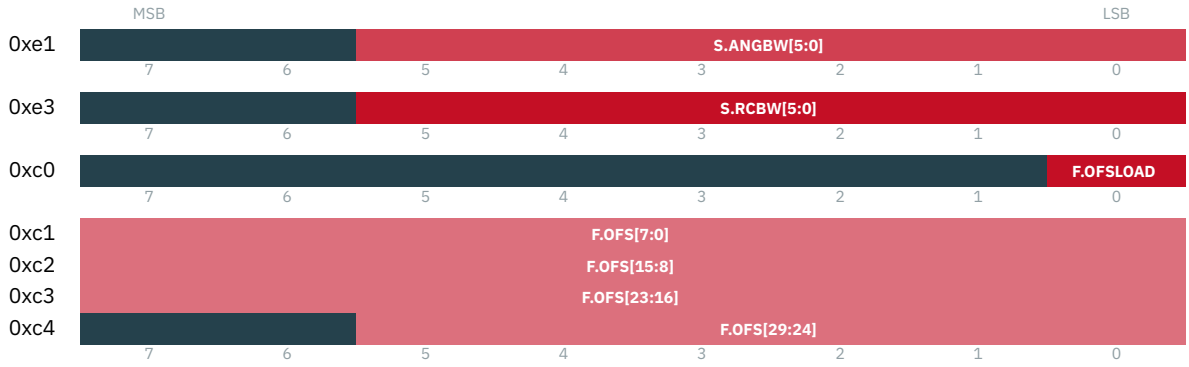



Table 10: SPI 模块控制寄存器 ctrREG Section S

## 6.5 SPI 角度输出宽度设置

SPI 输出的各信号位宽可以通过S.RCBW和S.AGBW寄存器进行自定义设置。在这种情况下，SPI 总输出位宽可能不会严格符合 32 位或 40 位的标准。这些输出信号始终从 MSB（最高有效位）开始，如果实际位宽数目不足，系统将在 LSB（最低有效位）之后补充 1，以确保数据的完整性和传输的一致性。






深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

SPI 数字输出（当前角度）位宽参数

用于设置 SPI 角度数据的位宽。当未达到最大值时，位宽的截取将从内部寄存器的 MSB 开始。




SPI 数字输出（当前圈数）位宽参数

用于设置 SPI 圈数数据的位宽。当未达到最大值时，位宽的截取也将从内部寄存器的 LSB 向左进行。

## 6.6 一键置零功能

由于安装过程，编码器角度与电机的电气角度并不是完全对齐的，客户需要进行编码器与电机对齐零点操作，在这种情况下，可以通过 F.LOAD 进行操作。具体操作如下：默认 F.LOAD 为 0，将寄存器F.LOAD 置为 1，形成一个 F.LOAD 信号的上升沿。在上升沿触发时，完成角度输出置零。该操作同时对 SPI、ABZ、UVW、PWM 输出的角度生效。




一键置零寄存器

此外，还提供了F.OFS[29:0] 进行角度零点的修正。F.OFS 共有 30 比特，其计算公式如下：




零点角度位置

$$\text{SPI 输出角度} = \text{实际角度} - 360^\circ \times \frac{\text{F.OFS}}{2^{30}} \qquad (1)$$

**额外说明**:

- 使用F.LOAD一键置零：例如当前读到的角度换算为 180°，寄存器F.LOAD由 0 设置为 1，即完成一键置零，此时读取 SPI 输出换算得到的角度为 0 度，此时读取F.OFS为 100000 00000000 00000000 00000000。
- 使用F.OFS一键置零：：例如当前读到的角度换算为 180° 则要想完成置零，则F.OFS需设为 100000 00000000 00000000 00000000，此时读取 SPI 换算的角度亦为 0 度。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 7 多极对与多圈设置

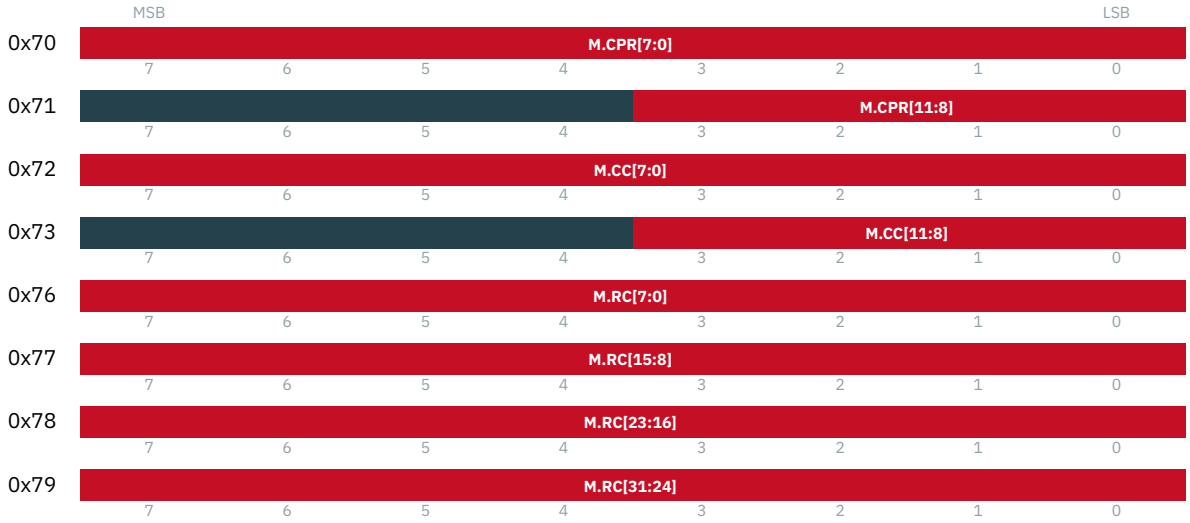



Table 11: 多极对与多圈设置寄存器 ctrREG Section M

## 7.1 极对数设置




极对数设置

KTM5900 可以允许多极对的信号输入，并将其转换为一个机械周期或一圈的绝对角度。通过设置M.CPR寄存器可以方便的进行极对数的设置。需要注意的是，设置的参数为极对数减一。例如，客户使用的为 32 对级的磁性编码器，需要将M.CPR设为 31，光编码器输出的模拟信号接入 KTM5900，则 KTM5900 将在光编转一个周期时输出 0-360° 对应的角度。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 8 线性误差检测和校准模块（L）

KTM5900 集成了一个用于消除由偏移、增益和相位误差在 x 和 y 通道产生的线性误差的线性误差校正功能。这一功能使用户能够校准和纠正线性误差，从而提高他们编码器应用的准确性。

系统支持在线自动校准和手动参数输入两种模式，从而在纠正线性误差方面提供了灵活性和效率。

## 8.1 控制寄存器 ctrREG(L/线性校准功能区块)

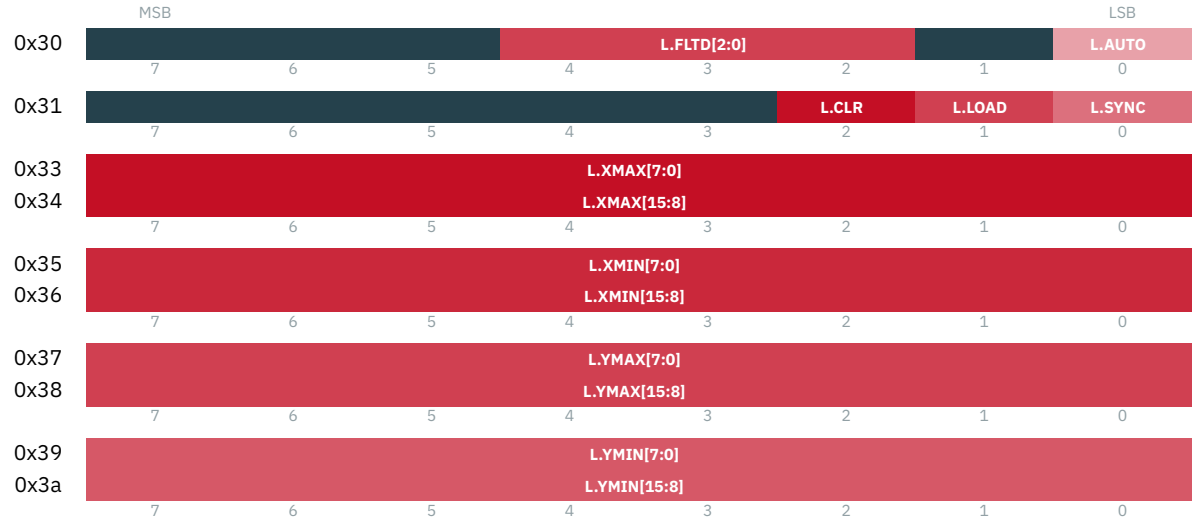



Table 12: 控制寄存器 ctrREG 功能块 (Section L)

表 12 提供了一个全面的概览，展示了线性校准过程中使用的控制寄存器（CtrREG）。表格以系统化、易于理解的方式显示了地址、寄存器名称以及相应的比特位置。表中的每一行代表特定的寄存器地址，其相应的位（B0 到 B7）表示与该地址相关联的控制标志或参数。




L.AUTO 参数用于为各自的模块启用在线自动校准模式。”在线”意味着这个校准过程是实时进行的，你不需要将设备停机或离线。实时校准通常是非常必要的，因为它能有效减少运行过程中由于环境因素或器件老化导致的线性误差。






深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

L.FLTD 是一个具有 3 个比特（即从 0 到 7 的范围）的控制参数。这个参数在线性修正模块自动拟合修正参数（例如L.XMAX、L.XMIN、L.YMAX、L.YMIN）的过程中起到关键作用。特别是，L.FLTD 用于噪声滤波。

由于测量过程中噪声的存在，噪声滤波是非常必要的。这里，L.FLTD 参数用于控制滤波的深度。

数值较大, 滤波深度较深，这通常能产生更稳定的修正参数。




当 L.CLR 参数设置为 1 时，会清除已有的校准参数。清除的该校准参数为 KTM5900 线性校准使用的数据，并非寄存器的值。




L.SYNC为读取自动计算的线性校准数值指令，置 1 后校准值可以通过L.XMAX、L.XMIN、L.YMAX、L.YMIN寄存器读取。




与L.SYNC相对应，L.LOAD 用于将相应的参数写回到 funREG 中。置 1 后将L.XMAX、L.XMIN、L.YMAX、L.YMIN寄存器的值写入校准模块。













L.XMAX、L.XMIN、L.YMAX、L.YMIN分别为模拟信号 SIN 的最大值、最小值和模拟信号 COS 的最大值、最小值。

**额外说明**:

- 自动线性校准的推荐步骤：L.FLTD 设为 2 或者更大的值，运行电机几圈以达到稳定状态，寄存器L.AUTO置为 1，开始自动校准，电机运转大于 10 圈后线性校准完成，L.SYNC置为 1，将校准值同步到寄存器L.XMAX、L.XMIN、L.YMAX、L.YMIN中，运用 MTP 写指令



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

TOP.MCMD 置为 0x02, 将线性校准值写入 MTP(参见章节 13 )，以达到掉电不丢失的目的。

- 手动线性校准的推荐步骤：采集正余弦模拟量的最大值，最小值，写入对应寄存器L.XMAX 、L.XMIN 、L.YMAX 、L.YMIN ，然后L.LOAD 置 1 后 KTM5900 将L.XMAX 、L.XMIN 、L.YMAX 、L.YMIN 寄存器的值自动加载到线性校准模块中，此时查看校准效果较好时，运用 MTP 写指令TOP.MCMD 置为 0x02, 将线性校准值写入 MTP(参见章节 13 )，以达到掉电不丢失的目的。
- 系统基于电机的实时运动信息，自动进行线性误差（增益误差、偏移误差、相位误差）参数的拟合。虽然不要求电机必须在高速稳定状态下运行，但推荐在这种状态下进行，以提高拟合准确性和速度。
- 校准完成后，系统将使用拟合得到的参数进行实时线性校准。如果环境因素导致线性误差发生变化，可以重新启动自动校准以更新参数。
- 如果系统的线性误差缓慢变化，考虑保持自动校准模式一直开启。这样，系统会实时调整拟合参数以适应误差变化。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 9 非线性误差检测和修正模块（N）

在 KTM5900 中，非线性误差检测和修正模块（简称 N 模块）对于确保角度编码器系统的高精度和可靠性具有重要意义。角度编码器由于其物理特性和制造过程的局限性，其输出信号可能会受到非线性误差的影响。这些误差可能导致编码器输出与实际角度存在偏差。为了解决这一问题，我们设计了一个包含多个专门模块的系统，用于精确校正这些非线性误差。

| | MSB | | | | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0xa0 | | | | | | N1.INTP | N1.EN | N256.EN |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xa1 | N1.MSBI[3:0] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xa2 | | | N1.PMTP | N1.LOCK | | N1.AUTO | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xaf | N256.OPR | N256.RW | N256.INDX[5:0] | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xb0 | N256.REG0[7:0] | | | | | | | |
| 0xb1 | N256.REG0[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xb2 | N256.REG1[7:0] | | | | | | | |
| 0xb3 | N256.REG1[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xb4 | N256.REG2[7:0] | | | | | | | |
| 0xb5 | N256.REG2[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xb6 | N256.REG3[7:0] | | | | | | | |
| 0xb7 | N256.REG3[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xb8 | N256.REG4[7:0] | | | | | | | |
| 0xb9 | N256.REG4[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xba | N256.REG5[7:0] | | | | | | | |
| 0xbb | N256.REG5[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xbc | N256.REG6[7:0] | | | | | | | |
| 0xbd | N256.REG6[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xbe | N256.REG7[7:0] | | | | | | | |
| 0xbf | N256.REG7[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Table 13: 非线性误差检测和修正模块寄存器 ctrERG Section N

- **一键自校准模块**一键自校准模块可以在电机旋转到匀速时完成数据迭代（通常为 100 转以上，速度越快越匀速，效果越好），KTM5900 自动将非线性误差算出并存入 MTP。
- **校准模块 (256 点)** 256 点校准模块提供更多的参考点以提供更精细的校准。它提供了 256 个参考点，每个点都有一



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

个特定的角度位置，使得角度测量在更广泛的范围内获得优化。

通过这些模块的综合应用，KTM5900 能够有效地检测和修正角度编码器中的非线性误差，确保在各种应用环境中提供高精度和可靠的角度测量。这种系统化的方法不仅提高了测量的准确性，还增强了系统的适应性，使其能够在各种不同的工作条件下都能保持稳定和可靠的性能。

## 9.1 一键自校准模块自动拟合误差

| ctrREG | N1.AUTO |
| --- | --- |

一键自校准请求

当N1.AUTO设为 1 时，启用校准数据参考自动拟合。在此模式下，系统会持续进行校准，并实时计算更新最新的校准数据参考。这些数据会根据实时运行情况不断迭代并趋近稳定，同时暂时存储在系统内部，不对外可读。

| ctrREG | N1.EN |
| --- | --- |

一键自校准模块使能

当N1.EN设为 1 时，激活校准模块。

| ctrREG | N1.INTP |
| --- | --- |

一键自校准模块在线插值使能

当N1.INTP设为 1 时，启用一键自校准在线插值功能。此功能通过计算当前角度与最近的参考点之间的曲线插值，提供更平滑连续的校准数据，增强输出数据的连续性和准确性。

| ctrREG | N1.LOCK |
| --- | --- |

N1.AUTO模式下锁定校准结果

当N1.AUTO设为 1 且N1.LOCK为 0 时，校准数据将根据运行数据不断迭代并趋近稳定。变化将持续进行，直到N1.LOCK设为 1，此时内部寄存器将停止更新计算结果。

| ctrREG | N1.PMTP |
| --- | --- |



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

N1.AUTO 模式下存储校准结果至 MTP

当N1.PMTP设为 1 时，系统内部的一键自校准数据将被写入 MTP。由于烧写 MTP 需要一段时间，建议在烧写前先锁定系统内部的校准参考数据，即设置N1.LOCK为 1。

总结：使用自动一键自校准功能的顺序第一步电机启动并匀速旋转在 100rpm 以上；第二步为启动校准模块，N1.AUTO设为 1；第三步启用一键自校准在线插值，N1.INTP设为 1；第四步为待电机校准达到理想效果，一般时间在 5s 以内，锁定校准结果，N1.LOCK设为 1；第五步为存储校准结果至 MTP，N1.PMTP设为 1；第六步为一键自校准模块使能，N1.EN设为 1，并将前面步骤置 1 的寄存器设为 0，一键自校准完成，停止电机旋转；第七步将其他参数存入 MTP，操作步骤参考章节13.3。

## 9.2 校准模块 (256 点)

本模块是一个高精度非线性校准工具，内部存储了 256 个精准的参考点修正数值。256 点的修正值是 KTM5900 与理想值作差得到的值。这些参考点被均匀地分布在从 0 度到 360 度的角度范围内，每个点对应一个特定的角度位置。这种设计使得当编码器的输出信号经过这些参考点或其附近位置时，系统能够自动地应用预设的修正数值。这样的修正有助于校正信号的非线性误差，从而在各种应用场景中实现更高的精度和可靠性。

该模块特别适用于那些需要高度精确校准的场合，例如与高精度光学编码器的配合使用，确保两者间的数据同步与一致性。这在很大程度上提升了系统整体的精度和稳定性，尤其是在精密测量和高速运动控制等领域。

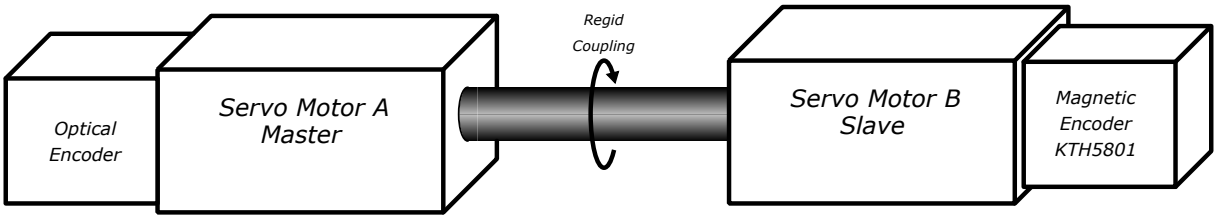



Figure 9: 与光学编码器配合进行非线性校准

| ctrREG | N256.EN |
|---|---|

256 校准模块使能



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

当N256.EN设为 1 时，启用 256 点非线性校准模块, 校准参考数据来自 MTP。

## 9.3 校准数据的表示 (256 点)

256 点校准数据存储在多次可编程存储器（MTP）中。每个参考点的校准数据由 16 位比特表示，这些数据统一命名为 N256.REF[255:0]。




MTP 校准数据 (256 点)MSB 索引

KTM5900 内部角度数据是 30 位的，而校准数据只有 16 位，N256.MSBI寄存器指定了 16 位校准数据的最高有效位（MSB）应该对应到 30 位角度数据中的哪个位置。

由于 256 点修正值是磁编位置减去理想值得到的，修正值代表的误差角度 angle.error为介于负 180° 到正 180° 之间的有符号浮点数，修正值的计算方法如下公式，修正值为负数时对负数值取补码。

$$\texttt{N256.REF}[x] = \text{unsigned}\left(\texttt{angle.error} \times \frac{65536}{360} \times 2^{(12-\texttt{N256.MSBI})}\right)$$

**应用举例**

假设输入角度为 $ANG_{in} = 45$ 度，要计算校准误差角度，我们可以遵循以下详细步骤：

1. 确定参考点：首先确定 45 度角度对应的校准参考点。在 KTM5900 中，我们有 256 个校准参考点均匀分布在 0 到 360 度的范围内。由于每个参考点覆盖的角度约为 $360/256 \approx 1.40625$ 度，因此 45 度大约对应于第 32 个参考点，即 16 比特的参考点 N256.REF[31]（因为索引从 0 开始）。

2. 若角度误差angle.error为-1°，N256.MSBI为 13，修正值用以下公式计算：

$$\texttt{N256.REF}[31] = \text{unsigned}\left(-1 \times \frac{65536}{360} \times 2^{(12-13)}\right) = 65445$$



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 10 滤波器模块（F）

KTM5900 内置专用低通滤波器该滤波器可以在固定带宽和自适应动态模式下工作，用于实时处理角度和速度数据。通过该滤波器，用户能够获取更加平滑和准确的角度和速度测量结果。

表14列出了用于数字滤波器的各个地址和相应的数据位。这些参数主要用于调整滤波器带宽，运行模式等。

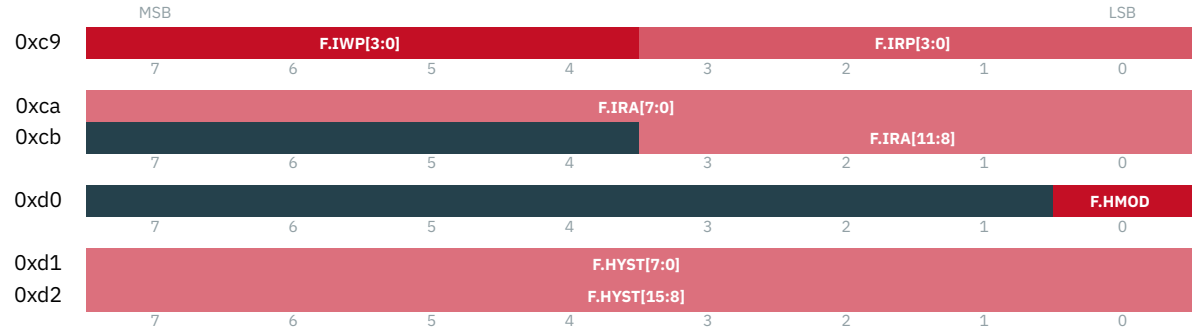



Table 14: 滤波器的控制寄存器（Section F）

## 10.1 专用低通滤波器参数

专用低通滤波器有多个重要的参数可用于细致地调整滤波器的性能和特性，包括但不限于滤波器的深度[1]、重置角度和重置力度。

1" 滤波器深度" 这个词不是一个标准学术词语，但是在工程实践中被广泛使用，一般说一个低通滤波器深度深 (数值大) 特指滤波器带宽比较小，祛除噪声能力高，但是反应比较慢.

| ctrREG | F.IWP [3:0] |
|---|---|

滤波器工作深度系数

F.IWP 是一个用于控制滤波器深度或工作力度的关键参数。该参数在滤波器的数学模型中具有显著影响。F.IWP 的值越大，滤波深度越大，噪声越小，KTM5900 的响应速度越慢。F.IWP 的默认值为 8，通常我们不建议客户设置F.IWP 大于 9.

### 滤波器重置临界角度

| ctrREG | F.IRA [11:0] |
|---|---|

当专用低通滤波器启用时,F.IRA 参数允许系统在检测到滤波器模块的输入和输出角度差大于由F.IRA 控制的临界角度时，自动地重置滤波器。这是一种非常有用的自适应机制，特别适用于系统状态发生明显变化时。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

$$\text{滤波器重置临界角度} = \text{F.IRA} \times \frac{360^\circ}{4096} \quad (2)$$

**滤波器重置深度系数**

| ctrREG | F.IRP [3:0] |
|---|---|

IIR-filter Reset Power

而F.IRP则用于精确地控制滤波器在重置时的“力度”。当系统检测到需要进行滤波器重置时，原本的滤波器工作深度系数F.IWP会被暂时替换为滤波器重置深度系数F.IRP。F.IRP的值可以和F.IWP的值设为同一个值。

## 10.2 迟滞设置

迟滞（Hysteresis，也称为磁滞）是自动化行业中常见的术语，通常用于描述传感器在检测物体或测量物理变化时的现象。磁滞可以定义为应用控制信号与系统结果变化之间的误差量 。在KTM5900 中，迟滞被放置在滤波器输出位置，以防止极微小的信号干扰造成角度信号高位的变化。

在 KTM5900 中，提供了固定偏移迟滞，当方向改变时，滞后模块会将输入角度与预设的滞后值进行偏移。这意味着在使用此类型滞后时，某个方向（顺时针或逆时针）会有一个固定的角度偏移。下图展示了一个输入输出角度的例子。

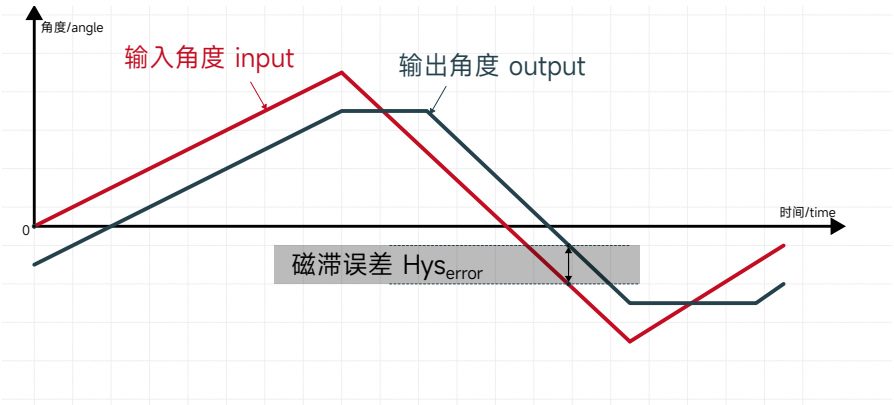



Figure 10: 固定偏移迟滞.

| ctrREG | F.HYST [15:0] |
|---|---|

迟滞误差数值

包括 16 比特的无符号整数 (*unsigned*)，用于迟滞角度设置，和角度的对应按照下面公式进行计算。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

$$\text{迟滞误差 (度)} = 5.625^\circ \times \frac{unsigned(\text{ F.HYST }) }{2^{16}} \qquad (3)$$

这种滞后设置在 KTM5900 芯片中位于滤波器的输出位置，以确保在传感器信号变化或噪声存在时，系统能够保持稳定的输出，从而提供更准确的测量和控制。通过利用滞后效应，KTM5900 芯片能够减少因临时波动或噪声而导致的误报，确保系统在各种条件下都能提供可靠的性能。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 11 ABZ 编码输出模块（A）

ABZ 信号输出，是角度编码器的常见输出形式。它主要通过三个信号线，即 $A$、$B$ 和 $Z$，来提供编码器的位置信息[2]。其中，$A$ 和 $B$ 信号是两个相位差为 90 度的正交信号，它们的功能是确定编码器的旋转方向及其相对位置；$Z$ 信号，则是每转一圈只出现一次的脉冲信号，其作用是提供编码器的绝对位置参考。

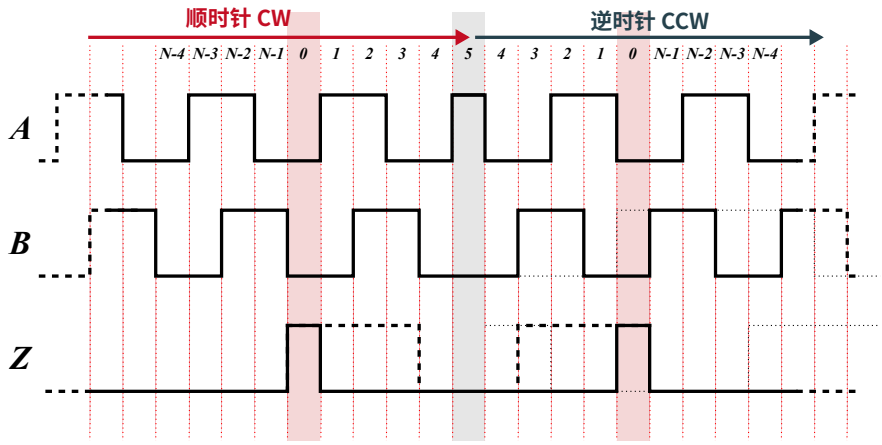



Figure 11: ABZ 输出时序

在 KTM5900 中，我们有一个专门的模块来控制 ABZ 信号的输出，如图13所示。这个模块的主要功能，是将内部的数值角度数值转换成 $A$，$B$，$Z$ 三个数字信号输出。为了让 KTM5900 能更好地适应各种不同的应用场景，我们为用户提供了可修改的相关参数，例如分辨率、输出频率和信号极性等。而

KTM5900 的角度位置增量输出，则是通过输出增量信号 $A$ 和 $B$ 来完成。AB 增量信号拥有最高 24 位的**分辨率**[3]，意味着在每一个**旋转周期**[4]都能提供高达 $2^{24} = 16'777'216$ 步，$A$，$B$ 信号在每转时各有准确的 $PPT = 2^{24}/4 = 4'194'304$ 个脉冲周期。

为了方便用户设置 ABZ 的运行参数，我们将这些参数存储在 CtrREG 中的Section A中，具体的设置方式如表19所示。

[2] 我们可以参照图11，在这个图中，$A$ 和 $B$ 信号之间的相位差被用于指示旋转的方向。具体来说，当顺时针旋转时，$A$ 信号会领先，而 $B$ 信号则会跟随；相反，当逆时针旋转时，B 信号会领先，A 信号则会跟随。值得注意的是，在上电启动的期间，所有三个 ABZ 信号都会保持在高电平状态。

[3] 一般工程领域常用 Period Per Turn PPT 来表示分辨率, 对于 24 位的分辨率, $PPT = 2^{\text{分辨率位数}}/4$, 这个参数由 A.PPT 控制。增量接口，是一种常见的接口方式，它可以提供连续的位置信息。

[4] 在多圈的应用场景中以外圈旋转一周为准。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

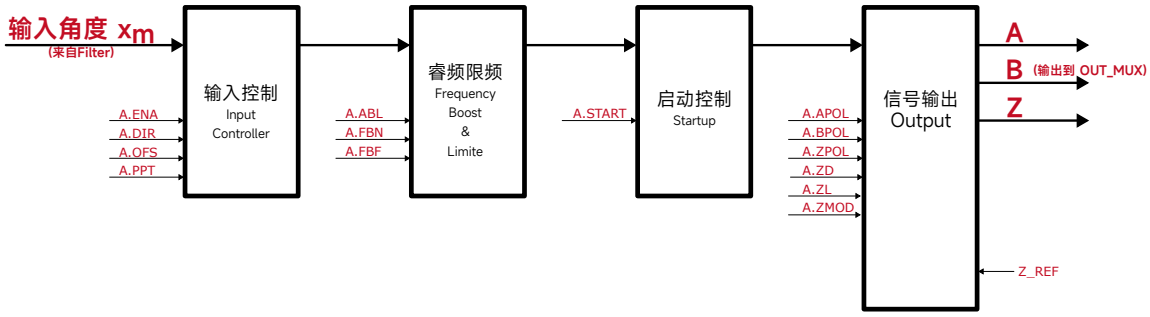



Figure 12: ABZ 模块系统结构

| | MSB | | | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0xf0 | | | | A.ZPOL | A.BPOL | A.APOL | A.DIR | A.ENA |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xf1 | | A.START | A.ZL[1:0] | | A.ZD[1:0] | | A.ZMOD[1:0] | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xf2 | A.PPT[7:0] | | | | | | | |
| 0xf3 | A.PPT[15:8] | | | | | | | |
| 0xf4 | A.PPT[23:16] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xf5 | A.OFS[7:0] | | | | | | | |
| 0xf6 | A.OFS[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0xf7 | A.ABL[7:0] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Table 15: ABZ 的控制寄存器 ctrERG Section A

## 11.1 输入控制

| ctrREG | A.ENA |
|---|---|

模块使能参数

此参数控制 ABZ 模块的启动和停止功能。默认值为 1，表示模块处于启用状态。但当它被设置为 0 时，ABZ 模块则会停止工作，此时，模块的输入和输出都会被暂停。为了更改 ABZ 模块的运行参数，我们需要按照表16所列的步骤进行。首先，我们需要关闭 ABZ 模块，然后更改所需的参数，这些参数可以直接通过 SPI 进行改写，或从 MTP 中读取。完成所有参数的更改后，再次启动 ABZ 模块，此时，模块将使用新的参数进行运行。

请特别注意：当A.ENA=1 时，除了A.ENA以外，表19中列出的所有 ABZ 控制寄存器的更改，都不会立即反映到运行寄存器上，

| 步骤 | 说明 |
|---|---|
| 1 | 关闭 ABZ 模块，使 A.ENA=0。 |
| 2 | 改变相关参数。参数可以直接通过 SPI 改写，或者从 MTP 中读取。 |
| 3 | 重新启动 ABZ 模块，使 A.ENA=1。此时，ABZ 将使用新的参数运行。 |

Table 16: ABZ 的控制寄存器改写步骤



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

并且也不会马上改变 ABZ 的实际运行参数。如果要更改模块的运行参数，必须按照上述步骤来操作。

| ctrREG | A.DIR |
|---|---|

输入角度方向参数

这个参数用于控制 ABZ 信号的旋转方向。其默认值为 0。但当我们将其设置为 1 时，ABZ 模块的输入角度值会反转。[5]如果因为某些原因，例如装配或旋转方向的定义，导致 ABZ 信号输出的方向需要调整，那么我们可以通过更改A.DIR来实现。

[5] 例如，当 A 信号在正方向旋转时领先 B 信号 1/4 周期，那么在负方向旋转时，A 信号会落后 B 信号 1/4 周期。

| ctrREG | A.OFS [15:0] |
|---|---|

角度偏移参数

这是一个 16 位的无符号数值，用于设置 ABZ 输出的角度偏移。这个偏移值会被加到 ABZ 模块输入角度的高 16 位。通过以下公式，我们可以计算出实际的角度偏移值：

$$\text{ABZ 输出角度偏移 (角度)} = 360 \times \frac{\text{A.OFS}}{2^{16}} \tag{4}$$

| ctrREG | A.PPT [23:0] |
|---|---|

角度分辨率参数

分辨率是用来描述 ABZ 信号每转一圈能够分辨的最小角度。为了适应多圈应用，A.PPT被设计为一个 24 位的无符号整数。它的默认值是 4095(4096 线)，用于确定 ABZ 的分辨率。即使在多圈的应用中，每圈的旋转也是按 360 度来计算的。A.PPT与实际分辨率的对应关系可以参见表17。实际分辨率可以通过以下公式计算：

| A.PPT [23:0] | AB 分辨率 脉冲/圈 | AB 分辨率 步/圈 |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 4 |
| 1 | 2 | 8 |
| 2 | 3 | 12 |
| ... | ... | ... |
| 1021 | 1022 | 4088 |
| 1022 | 1023 | 4092 |
| 1023 | 1024 | 4096 |

Table 17: ABZ 分辨率

$$\text{实际分辨率 (角度)} = \frac{360^\circ}{(\text{A.PPT} + 1) \times 4} \tag{5}$$

## 11.2 ABZ 输出限频

| ctrREG | A.ABL [7:0] |
|---|---|



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

ABZ 输出最高频率限制参数

A.ABL 参数用于设定 $A$ 和 $B$ 信号的最高输出频率。在主频为 $80Mhz$ 的条件下，我们可以使用以下公式计算 A 或 B 信号的实际最高频率限制：

$$\text{最高频率}[MHz] = \frac{20Mhz}{\text{A.ABL} + 1} \tag{6}$$

基于此最高频率限制，我们还可以计算 ABZ 的最高转速：

$$\text{最高转速}[rpm] = 60 \times \frac{20Mhz}{\text{A.ABL} + 1} \times \frac{1}{\text{A.PPT} + 1} \tag{7}$$

但需特别注意，若转速超出此最高频率限制，$A$ 和 $B$ 信号会按最高频率输出。此外，根据 IRQ 模块设定，系统可能发出超速警告。在这种情况下，由于 $A$ 和 $B$ 的频率与实际转速不匹配，从 ABZ 模块输出而获取的角度值可能慢于实际角度值。

## 11.3 输出控制

| ctrREG | A.APOL |
|---|---|
| ctrREG | A.BPOL |
| ctrREG | A.ZPOL |

信号 $A$,$B$,$Z$ 取反参数

这三个参数默认设置都为 0，当设置为 1 时，会对应地取反 A、B 和 Z 信号。这种取反功能在某些特定的应用场景中会非常有用，例如当输出信号的极性与预期相反时，可以使用此功能进行调整。

| ctrREG | A.ZMOD [1:0] |
|---|---|

$Z$ 信号输出模式参数

$Z$ 信号[6]的输出模式，不同的设置值对应不同的输出模式。不同

[6] $Z$ 信号也称为 Index 信号或零位信号。在编码器应用中，$Z$ 信号通常用于提供一个参考点，帮助系统确定物体的确切位置。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

的输出模式可以满足不同的应用需求，确保芯片能够适应各种不同的工作环境，具体请参考表格18。

| A.ZMOD | Z 信号输出模式 |
|---|---|
| 00 | 无 Z 输出 |
| 11 | 无 Z 输出 |
| 01 | 芯片引脚 ZREF 控制 |
| 10 | 正常模式 |

Table 18: Z 信号输出模式

- 当A.ZMOD = 00 或A.ZMOD = 11 时，不会生成 Z 输出脉冲，Z 输出处于非激活状态[7]。
- 当A.ZMOD = 01 时，只有当芯片引脚ZREF = 1 时，才会生成 Z 脉冲。这种模式适用于线性或旋转应用，其中 CPR（脉冲率）为 1[8]。
- 当A.ZMOD = 10 时，每转一圈会在由ABZPH 决定的输出位置生成（合成）一个 Z 脉冲。这是单转增量和多转绝对应用的常用模式[9]。

[7] 这种模式通常用于那些不需要 Z 信号输出的应用。

[8] 在这种模式下，Z 脉冲的生成与外部引脚 ZREF 的状态紧密相关，这为用户提供了一种灵活的方式来控制 Z 脉冲的输出。

[9] 多转绝对应用通常用于那些需要跟踪物体在多个完整旋转中的位置的应用，例如电机的位置控制。

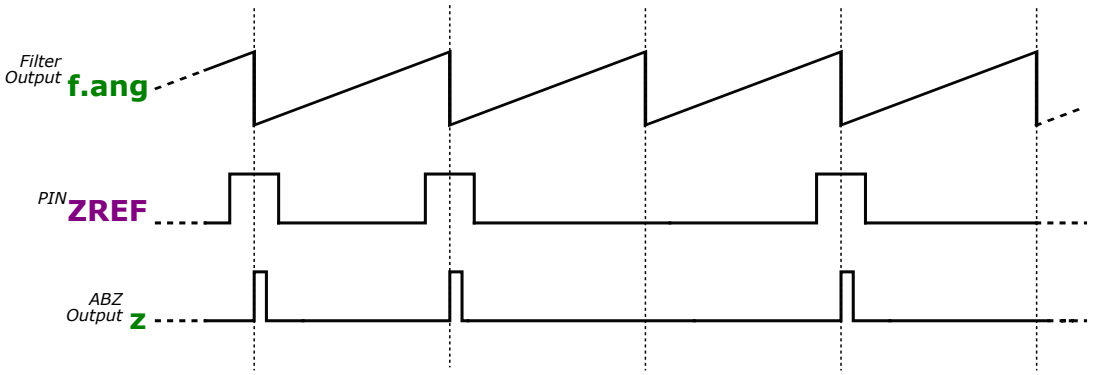
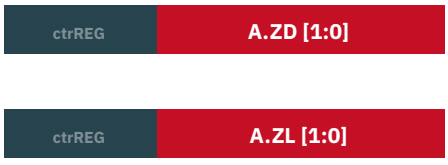



Figure 13: A.ZMOD = 10, 进行 Z 信号的选择示意图




Z 信号的位置和宽度

Z 信号的上升沿会在每圈的零点位置出现一次。可以通过 ZL[1:0] 和ZD[1:0] 位来设置 Z 信号的位置和宽度。默认情况下，ZL[1:0]ZD[1 : 0] 参数都设置为 00[10]。

[10] 这意味着，如果不进行任何设置，Z 信号的位置和宽度都是其默认值。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

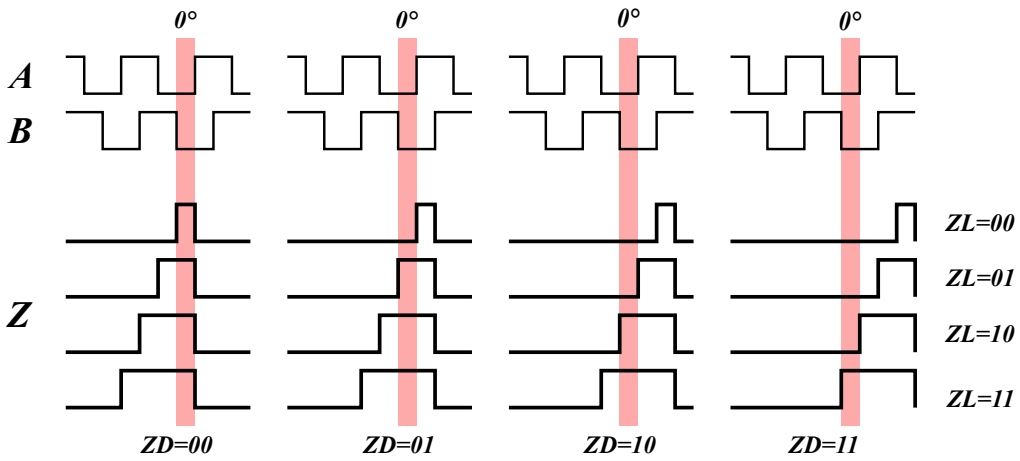



Figure 14: AB 的 $Z$ 信号的宽度 $ZL$ 和位置 $ZD$



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 12 UVW 编码输出模块（U）

UVW 输出信号的模拟是实现三相电机高效换向的关键。这些信号模拟三个霍尔效应传感器的输出，其特点是具有 50% 的占空比和 120° 的相位差，从而确保电机的平滑运转。

UVW 模块接收 16 位二进制角度值作为输入，其方向可以通过U.DIR设置。输入角度还可以通过U.OFS进行偏移，以校正输出波形。输出信号 $u$、$v$、$w$ 的电平方向可以通过U.POL控制。

图15展示了在单极对转子旋转时 UVW 输出信号的理想波形。信号的占空比和相位差对电机性能有着重要影响。

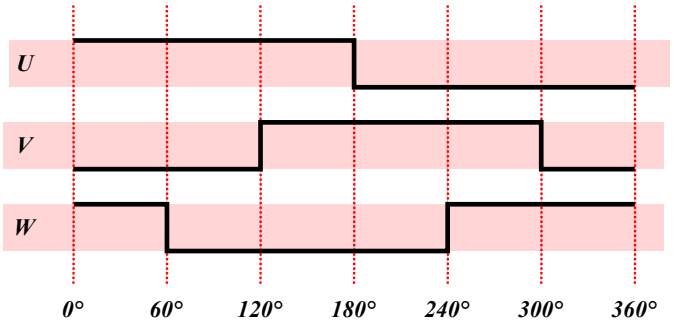



Figure 15: 单极对转子旋转时的 UVW 输出波形

对于极对数不同的电机，UVW 信号的输出模式需相应调整。如图16所示，对于两极对（四极）的转子，输出波形与单极对时明显不同。这种差异对于电机控制系统是至关重要的，因为它允许更精确的控制和调节。

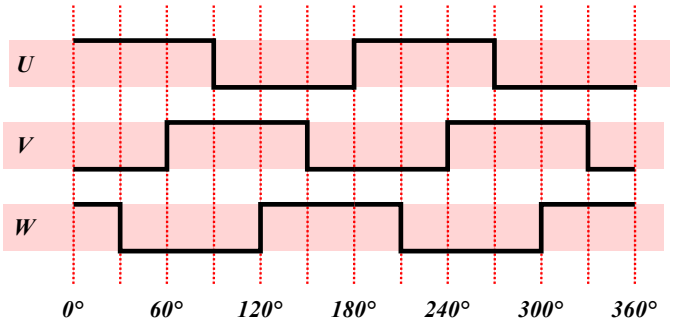



Figure 16: 两极对转子旋转时的 UVW 输出波形

KTM5900 系列芯片通过U.PPT寄存器设置来适应不同极对数的电机，通过软件配置实现对换向步数的细分，从而在每 360° 旋



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

转中产生所需的多个 UVW 周期。这对于多种电机设计至关重要，确保了芯片的应用灵活性。

| | MSB | | | | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x100 | | | | | U.POL | U.DIR | U.ENA | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x101 | U.PPT[7:0] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x102 | A.OFS[7:0] | | | | | | | |
| 0x103 | A.OFS[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Table 19: UVW 控制寄存器表

以下是关于 UVW 输出信号控制寄存器的详细说明：

| ctrREG | U.ENA |
|---|---|

UVW 使能参数

当此寄存器设置为 1 时，UVW 模块被激活；设置为 0 时，则关闭模块。仅该寄存器设为 0，下面 UVW 相关的寄存器才可以更改。

| ctrREG | U.DIR |
|---|---|

UVW 方向参数

此寄存器控制角度输入的正负，进而决定电机的旋转方向。二元寄存器的值 1 代表正向，0 代表反向。

| ctrREG | U.POL |
|---|---|

UVW 极性参数

通过U.POL设置输出信号的电平方向，可满足不同类型电机的要求。设为 1 时，输出为正极性；设为 0 时，则为负极性。

| ctrREG | U.OFS [15:0] |
|---|---|

UVW 偏移参数

此寄存器用于微调 UVW 信号的相位，以优化电机性能。细微调整输入角度，可精确控制电机转速和位置。

| ctrREG | U.PPT [7:0] |
|---|---|



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

UVW 极对数参数

U.PPT的 [2:0] 位用于设置芯片的极对数，使 KTM5900 芯片能够通过软件配置，支持不同极对数的电机。

$$\text{实际极对数} = unsigned(\text{U.PPT}) + 1 \tag{8}$$

这种灵活性对于适应多种电机规格至关重要，确保输出信号与电机的实际需求相匹配，从而实现高效且精确的电机控制。

通过上述寄存器的配置，KTM5900 芯片提供了强大的工具，用于实施复杂的电机控制策略。无论是在低速还是高速，简单或复杂的电机应用中，都能通过精确的 UVW 信号输出，确保电机性能优化。

# 13 系统整体配置（TOP）

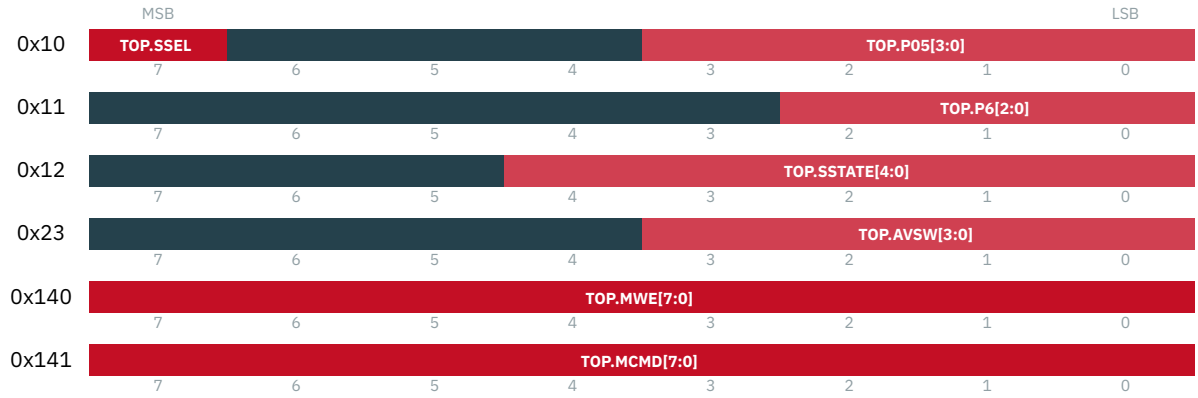



Table 20: 系统整体配置 ctrERG Section TOP

## 13.1 芯片与磁传感器连接设置




传感器选择参数

KTM5900 设计具有灵活性，支持同时与 AMR（各向异性磁阻）传感器和 TMR（隧道磁阻）传感器连接。这两种传感器在物理性质上有所不同。特别是，AMR 传感器只能输出磁场强度的绝



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

对值，而不能提供磁场的方向信息。相比之下，TMR 传感器能够提供磁场的方向信息。因此，用户需要通过设置TOP.SSEL参数来告知 KTM5900 芯片当前使用的是 AMR 传感器还是 TMR 传感器。

0 = TMR 传感器; 1 = AMR 传感器。

## 13.2 并行输出引脚配置 P0 到 P6

KTM5900 包含 7 个并行输出口，从P0到P6。这些输出口具有高度的灵活性和可配置性，可以用于输出多种信号，如a、b、z、u、v、w以及时钟信号等。具体的信号选择取决于TOP.P05和TOP.P6的配置。




IO 模式设置

TOP.P05用于配置P0到P5的行为。以下表格展示了不同配置下各个引脚的功能：

| TOP.P05 | P5 P4 P3 | P2 P1 P0 |
|---|---|---|
| 0000 | HiZ | HiZ |
| 0100 | HiZ | +a b z |
| 1000 | HiZ | +u v w |
| 0001 | +a b z | HiZ |
| 0101 | +a b z | -a b z |
| 1001 | +a b z | +u v w |
| 0010 | +u v w | HiZ |
| 0110 | +u v w | +a b z |
| 1010 | +u v w | -u v w |




P6 引脚功能选择

P6引脚功能选择，该引脚可以配置为输入或输出。以下表格展示了不同配置下P6的功能：



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

| TOP.P6 | 输入/输出 | P6 |
|---|---|---|
| 000/其它 | 无 | Z |
| 001 | 输出 | pwm |
| 100 | 输入 | 修正触发信号 calibration |
| 101 | 输入 | 置零信号 zero |
| 110 | 输出 | 芯片内部时钟 sysclk |




当前启动状态机状态，用于调试。上电后只有该寄存器为 15，才表明 KTM5900 启动成功。

## 13.3 MTP 读写控制




MTP 普通锁定寄存器。写入 0xc5 以解锁 MTP 普通命令寄存器。读取值返回 MTP 普通命令寄存器是否可写。




TOP.MCMD 为 MTP 命令寄存器。

- 0x0 - IDLE
- 0x2 - 写入配置（凡是用户改变的寄存器，都会被写入 MTP 保存，掉电不会丢失）

## 13.4 模拟供电电压切换




模拟供电电压切换开关，模拟供电电压为 3.3V，0x23 对应的值为 0x0F，此时 ADC 内部的 REF 电压为 2.5V；模拟供电电压为 5V，0x23 对应的值为 0x00，此时 ADC 内部的 REF 电压为 4V。通常模拟供电 5V 有更好的性能表现。



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 14 警报与检测（IRQ）

| | MSB | | | | | | | LSB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x120 | | | | | | | | IRQ.OD |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x123 | IRQ.SIE[7:0] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x124 | IRQ.SIE[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x129 | IRQ.STA[7:0] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 0x12a | IRQ.STA[15:8] | | | | | | | |
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Table 21: 警报与检测寄存器（Section IRQ）

## 14.1 IRQ.STA - 警报状态与是否通过 IRQ 输出报警

| ctrREG | IRQ.OD |
|---|---|

中断引脚配置

IRQ.OD决定中断引脚的输出方式。设为 0 时，中断引脚为推拉（pull-push）输出，适用于需要较强驱动能力的场景；设为 1 时，中断引脚为开漏（open-drain）输出，适合于多个输出需要连接在同一线路上的场景，例如在多个设备间共享中断信号。

| ctrREG | IRQ.STA [15:0] |
|---|---|

警报状态

在 IRQ 模块中，IRQ.STA 寄存器扮演着重要的角色，用于锁存和清除特定的警报状态。这个寄存器包含了多个比特位，每个比特位代表了系统中一个特定的状态或错误。下面是这些比特位的详细说明：

### AMR 输入正弦/余弦幅度异常

IRQ.STA[2]=alampAmp

当 AMR 传感器输入的正弦或余弦信号幅度过低或过高时，该位会被置位。这可能是由于传感器损坏、信号路径干扰或配置错误引起的。

### tmrMisMatch - TMR 输入不匹配



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

IRQ.STA[6]: 表示 TMR0 和 TMR1 计时器输入与 AMR 传感器的正弦/余弦信号输入不一致，可能是由于信号不同步、时钟错误或其他硬件问题引起的。

**filterDelay - 滤波器滞后过大**

IRQ.STA[7]: 当滤波器的响应滞后超出设定的正常范围时，此位会被置位。这通常表明滤波器配置不当或处理能力不足。

**abzLimit - ABZ 输出限制**

IRQ.STA[8]: 如果 ABZ 编码器的输出速度超过了系统的处理能力或预设的安全限制（A.ABL），则该位会被置位。这通常提示系统性能问题或潜在的硬件故障。

**abzFatal - ABZ 输出滞后严重**

IRQ.STA[9]: 当 ABZ 编码器输出的滞后超过 180 度时，此位被置位，表明位置数据可能不准确或丢失，通常是由于编码器或驱动电路的严重故障。

**mtp1bit - MTP 检测到单比特错误**

IRQ.STA[11]: 当 MTP（多次可编程存储器）检测到 1 位错误时，此位被置位。这可能是由于内存损坏、程序错误或硬件故障导致的。

**uvderVol - 电源欠压**

IRQ.STA[12]: 检测到电源电压低于正常工作范围时，此位被置位。这可能是由于电源不稳定、电源适配器故障或系统电路问题引起的。

**overVol - 电源过压**

IRQ.STA[13]: 当系统检测到电源电压超过安全运行范围时，此位被置位。过高的电压可能导致系统损坏或不稳定运行，通常需要立即检查电源和电路。



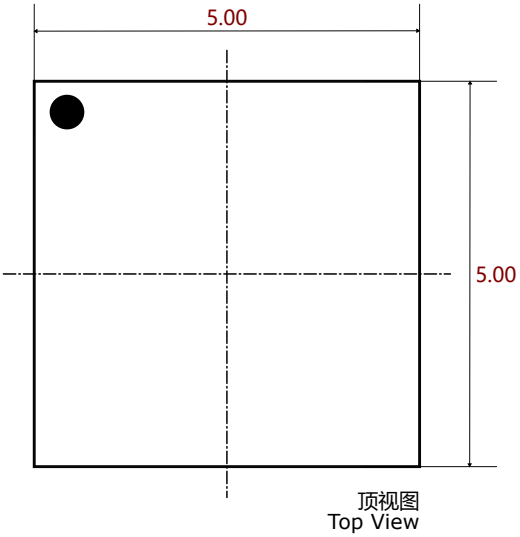

状态中断启用配置

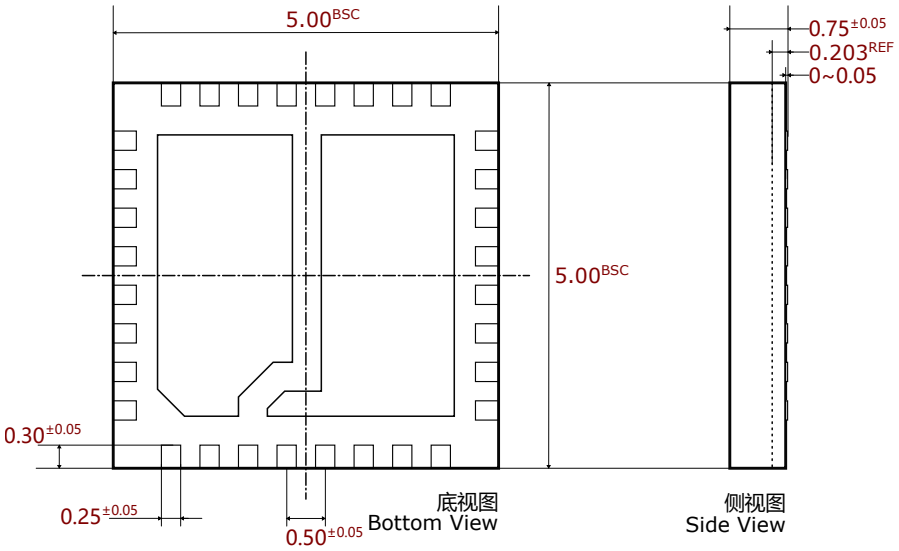
IRQ.SIE 允许系统启用或禁用 IRQ PIN 脚输出报警功能。与 IRQ.STA 按位对应。例如IRQ.SIE 的 bit13 置 1，当发生电源过压，则 IRQ 输出报警，如果 bit13 为 0，则电源过压 IRQ 也不会输出报警.



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 15 封装信息

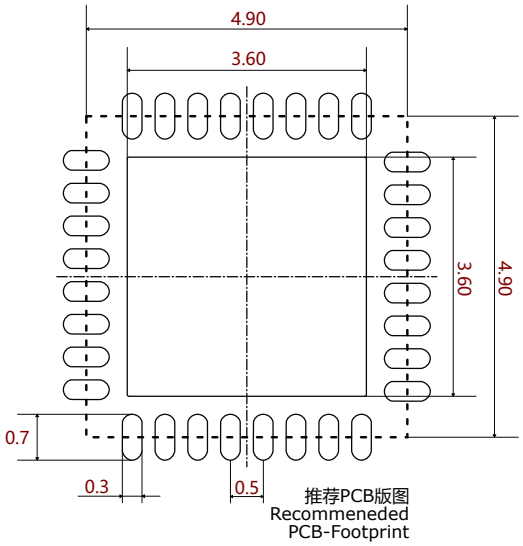


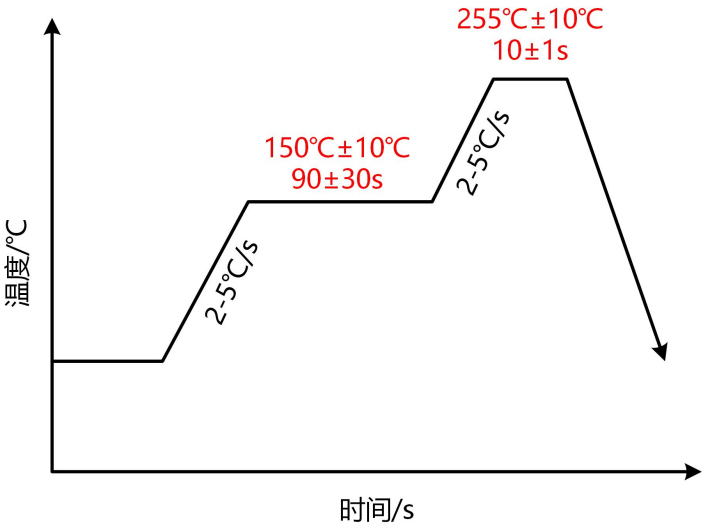



深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

# 16 推荐焊盘




# 17 推荐焊接温度曲线






深圳市满度科技有限公司
Web:www.manduic.com
Tel:150-1290-5940
Email:sales@manduic.com

## 免责声明

此技术文档由 CONNTEK 提供，仅供信息目的使用。本文档中包含的信息是按原样提供的，没有任何明示或暗示的保证。

CONNTEK 不对本文档中包含的信息的准确性、完整性或适用性作任何陈述或保证。在任何情况下，CONNTEK 不对因使用或无法使用本文档中包含的信息而产生的任何直接、间接、特殊、偶然或间接损害负责。

用户有责任确保其对本文档中包含的任何信息的使用符合所有适用的法律、法规和准则。CONNTEK 保留随时更改本免责声明的权利，无需事先通知。

## 版权

版权所有 © CONNTEK。保留所有权利。

本文档及其内容受版权法保护，未经 CONNTEK 的事先书面同意，不得以任何形式或方式复制或传播。

## 联系方式

总部地址
华创园 B501 室
华大街体育街
中国泉州市

业务号码：+86(0)755-86006609

联系邮箱：support@conntek.com.cn