NSM3502

高精度离轴磁编码器

Datasheet (CN) 1.0

概述

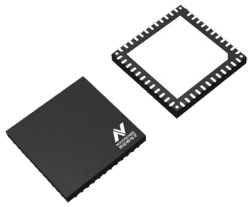
NSM3502 是纳芯微电子推出的新一代基于霍尔阵列开发的支持离轴角度和位置检测的集成式传感器芯片。芯片内部集成了双码道游标霍尔阵列，主码道极距 2mm，当对应主码道极距为 2mm 的磁栅尺或者磁环在芯片霍尔阵列上方经过时，两个霍尔阵列经霍尔原理感应得到随角度位置变化的正、余弦电压信号。内部数字电路将正余弦信号解析为电角度，然后经过游标算法计算成绝对角度。

特性

- 集成双码道游标霍尔阵列，适配离轴应用
- 主码道极距 2mm
- 支持客户端的简洁自校准、匀速自校准算法
- 支持 ABZ, SPI, PWM, UART, UVW 多种输出方式
- 支持 16, 32, 64 对极磁环
- 具有异常诊断功能
- 差分霍尔检测可抵御外界杂散磁场
- 工作温度：-40°C ~ 125°C
- AEC-Q100 可靠性标准：Grade 1
- RoHS & REACH 认证
- 湿敏等级 MSL3
- 内置 3.3V~5V 可编程 EEPROM
- QFN7*7 可润湿侧翼封装

应用

- 机器人关节
- 中空编码器
- 伺服电机
- 直线位移检测



器件信息

料号	封装	供电	等级
NSM3502-IND-Q1QWAR	QFN7*7-48L	3.3V~5V	AEC-Q100 Grade 1
NSM3502-STD-Q1QWAR	QFN7*7-48L	3.3V~5V	AEC-Q100 Grade 1

Copyright © 2026, NOVOSENSE

目录

1. 引脚配置和功能 4
2. 绝对最大额定值 5
3. ESD 等级 6
4. 规格说明 6
4.1. 电气特性参数 6
4.2. EEPROM 参数 8
4.3. 通用数字 I/O 参数 8
4.4. ABZ 输出参数 9
4.5. PWM 输出参数 9
4.6. 输入外磁场参数 9
4.7. 磁环机械尺寸参数 10
4.8. 机械安装参数 10
5. 功能描述 11
5.1. 概述 11
5.2. 正交 A、B 和零位 Z 信号输出（ABZ 模式） 12
5.3. UVW 与 PWM 输出模式 15
5.3.1.UVW 输出模式 15
5.3.2.脉宽调制(PWM)输出模式 16
5.4. SPI 接口 18
5.4.1.SPI 接口参考电路 18
5.4.2.SPI 时序 18
5.4.3.SPI 协议 20
5.4.4.CRC 校验 25
5.4.5.SPI 操作 EEPROM 26
5.5. UART 接口 27
5.5.1.通信格式 27
5.5.2.控制字 28
5.5.3.状态字 29
5.5.4.数据域 30
5.5.5.故障报警 31
5.6. 诊断与报警 31
5.7. 旋转方向 32

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.8. 校准流程 33
5.7.1.简洁自校准 33
5.7.2.游标微调 34
5.7.3.匀速自校准 34
5.9. 硬件复位功能 36
5.10. 寄存器映射表 36
6. 应用笔记 45
6.1. 典型应用电路 45
7. 封装信息 46
7.1. 封装形状与尺寸 46
7.2. 贴片焊接建议 46
8. 订货信息 47
9. 编带和卷盘信息 48
10. 修订历史 49

Copyright © 2026, NOVOSENSE

1.引脚配置和功能

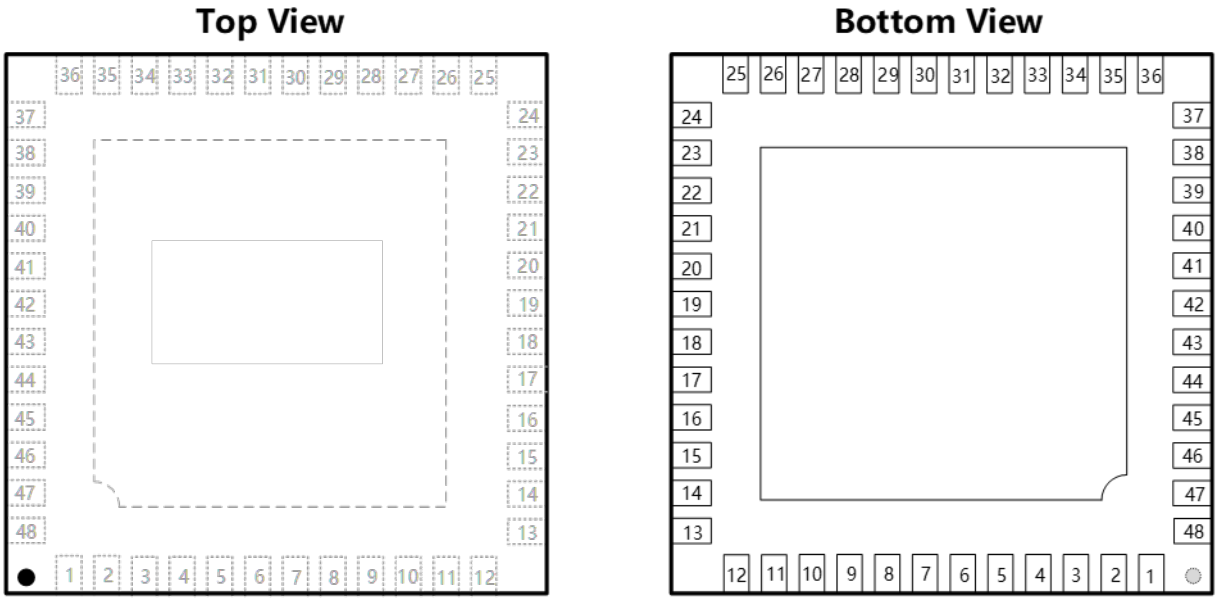


图-1.1：NSM3502 封装

表-1.1：NSM3502 引脚配置和描述

NSM3502 引脚编号	符号	功能
1	HRST	硬件复位
2	FAULT	报警信号输出
3	PWM	PWM 输出
4	CAL_EN	校准使能引脚
5	AVDD	模拟电源输入
6	AGND	模拟地
7	A	A 信号输出
8	B	B 信号输出
9	Z	Z 信号输出
10	U	U 信号输出
11	V	V 信号输出

Copyright © 2026, NOVOSENSE

12	W	W 信号输出
13~25	NA	空引脚（推荐接地）
26	TEST	出厂测试引脚，推荐接地
27	MISO	SPI 通信 MISO 信号
28	MOSI	SPI 通信 MOSI 信号
29	SCLK	SPI 通信 SCLK 信号
30	CSN	SPI 通信 CSN 信号
31	DGND	数字地
32	DVDD	数字电源
33	VDDINT	内部电源输出，内置 1.8nF 去耦电容，建议悬空
34	RX	UART 信号接收脚
35	REDE	UART 信号切换脚
36	TX	UART 信号发送脚
37~48	NA	空引脚（推荐接地）

2.绝对最大额定值

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
VDD 电压	VDD	-0.3		6.0	V	引脚：AVDD、DVDD
芯片其他引脚电压	V	-0.3		VDD	V	引脚：HRST、FAULT、PWM、CAL_EN、A、B、Z、U、V、W、TEST、MISO、MOSI、SCLK、CSN、RX、REDE、TX

Copyright © 2026, NOVOSENSE

输出电流	Iout	-20		20	mA	引脚：ABZ、UVW、PWM、 FAULT、MISO、REDE、TX
储存温度	$T_{Storage}$	-40		150	℃	
工作环境温度	$T_{operation}$	-40		125	℃	
工作结温	T_j	-40		150	℃	
焊接温度	T_{lead}		260		℃	
防闩锁能力（闩锁输入电流）	$I_{Latch-up}$			±100	mA	AEC-Q100-004

3. ESD 等级

	等级	典型值	单位
Electrostatic discharge	Human body model (HBM), AEC-Q100-002	±6	kV
	Charged device model (CDM), AEC-Q100-011	±1	kV

4. 规格说明

(TA= -40°C to 125°C, VCC = 3.3~5V, unless otherwise specified)

4.1. 电气特性参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
工作电压范围	VDD	3	3.3~5.0	5.5	V	
欠压报警触发阈值电压	V_{TH_UV}	2.4	2.55	2.7	V	
欠压报警解除阈值电压	$V_{UV_release}$	2.5	2.65	2.8	V	
工作电流	Idd	40	50	60	mA	
客户端简洁自校准后积分非线性	INL_R(3)		±0.3		°	
客户端匀速自校准后积分非线性	INL_H(4)		±0.1		°	简洁自校准+游标微调+匀速自校准后,全温度范围
瞬态噪声（ABZ 模式）	TN(1)		0.01		°rms	在 25℃，系统带宽默认配置的条件下

Copyright © 2026, NOVOSENSE

迟滞窗口	HYST(1)	0	0.022	0.7	°	寄存器配置，多档可编程
上电启动时间	T_{PwrUP}(1)		50		ms	从芯片上电复位到第一个有效角度的时间；注：上电时间为 1ms
上电斜率	ΔV/Δt	50			V/s	VDD：0V→3V
硬件复位时间	T_{HRST}	10			ms	HRST 高电平或低电平均需持续至少 10ms 才能分别触发进入或退出硬件复位，短于 10ms 的脉冲可能会被滤除
系统延时	T_{Delay}(1)		5		μs	匀速旋转状态
阶跃响应时间	T_{ST}(1)		300		μs	系统带宽默认配置
最大转速	S_{limit}(2)	-	-	24000	RPM	16 对极磁环
		-	-	12000	RPM	32 对极磁环
		-	-	6000	RPM	64 对极磁环

(1) *仅芯片验证阶段 mini-char 验证，量产测试未覆盖*

(2) *仅芯片设计阶段仿真验证，量产测试未覆盖*

(3) *典型值条件为使用 32 对极磁环，AG=0.6mm，且已经进行过游标微调*

(4) *典型值条件为使用 32 对极磁环，AG=0.6mm，且已经进行过游标微调和匀速自校准*

Copyright © 2026, NOVOSENSE

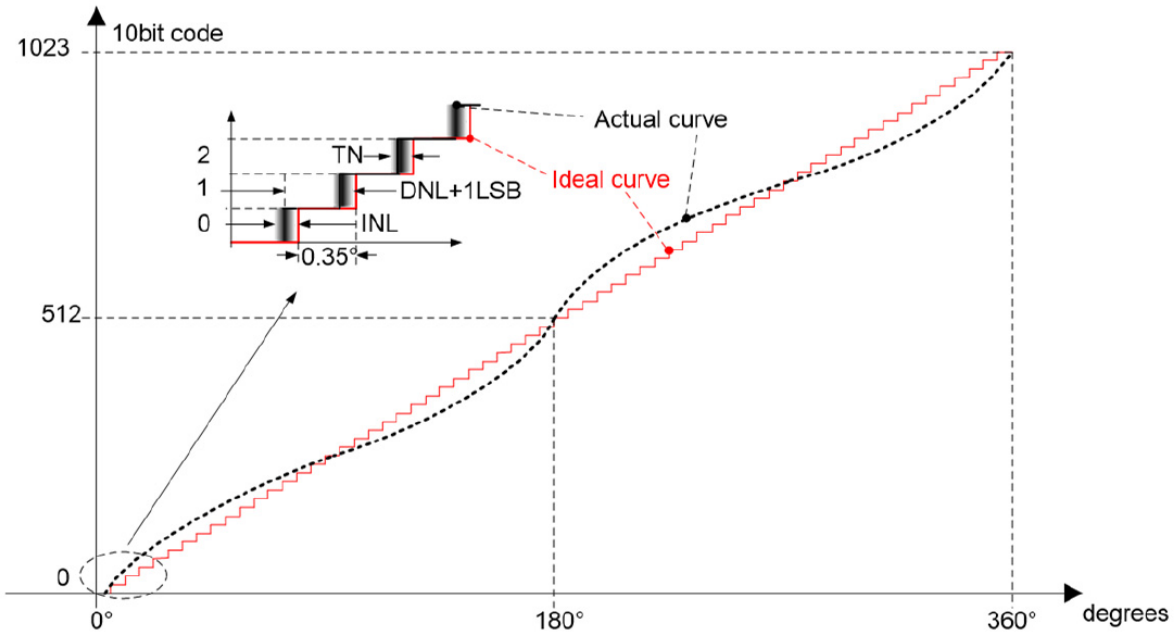


图-4.1：INL、DNL、瞬态噪声示意图（ABZ 10 位分辨率模式下）

4.2. EEPROM 参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
擦写和读取时供电电压	VDD (1)	3.0		5.5	V	
擦写次数	Endurance (1)	100	-	-	次	

(1) *仅芯片验证阶段 mini-char 验证，量产测试未覆盖*

4.3. 通用数字 I/O 参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
数字 I/O 输入逻辑高电平	V_{IH}	0.8*VDD			V	HRST,CAL_EN,TEST,MOSI,SCLK,CSN,RX
数字 I/O 输入逻辑低电平	V_{IL}			0.2*VDD	V	HRST,CAL_EN,TEST,MOSI,SCLK,CSN,RX
数字 I/O 输出逻辑高电平	V_{OH}	VDD-0.4			V	推挽输出 (@Iout=-2mA) FAULT,PWM,A,B,Z,U,V,W, MISO,REDE,TX

Copyright © 2026, NOVOSENSE

数字 I/O 输出逻辑低电平	V_{OL}	-	-	0.4	V	推挽输出 (@Iout=-2mA) FAULT,PWM,A,B,Z,U,V,W, MISO,REDE,TX
上升沿时间	T_{Rise}(1)	-	-	50	ns	C_L=20pf
下降沿时间	T_{Fall}(1)	-	-	50	ns	C_L=20pf

(1) *仅芯片验证阶段 mini-char 验证，量产测试未覆盖*

4.4. ABZ 输出参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
AB 分辨率	AB_{RES}(1)	1		65536	脉冲/圈	可编程
A 或 B 频率	AB_{Freq}(2)			4.096	MHz	

(1) *仅芯片验证阶段 mini-char 验证，量产测试未覆盖*

(2) AB 编码输出的频率 AB_{Freq} 是转速 RS 和 AB 分辨率 AB_{RES} 的乘积。当 AB 分辨率配置为最高的 65536 脉冲/圈，系统可支持的最高转速为：

$$RS_{MAX} = \frac{AB_{Freq}}{AB_{Res}} = \frac{4.096\ MHz}{65{,}536} = 62.5\ Hz = 3{,}750\ RPM$$

注：NSM3502 输出 AB 波形的最大频率实际上可以超过 4MHz，但是超过 4MHz 后，输出 AB 信号的精度就会下降。

4.5. PWM 输出参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
PWM 频率精度	F_{PWM}	-5		+5	%	全温度范围
上升沿时间	T_{Rise}(1)	-	-	1	μs	负载 CL=1nF
下降沿时间	T_{Fall}(1)	-	-	1	μs	负载 CL=1nF

(1) *仅芯片验证阶段 mini-char 验证，量产测试未覆盖*

4.6. 输入外磁场参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
磁铁极距	D_{mag}		2.0		mm	

Copyright © 2026, NOVOSENSE

输入磁场大小（垂直于芯片表面的磁场，全温范围）	B_{pk}	10		125	mT	在芯片表面测得
磁铁剩磁温度系数	T_{KB}		-0.19		%/℃	硫化橡胶磁

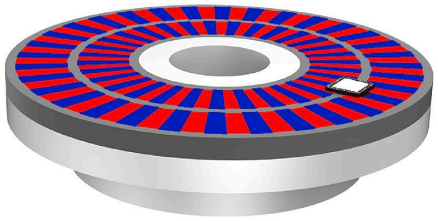


图-4.2：磁环安装示意图

4.7. 磁环机械尺寸参数

参数	符号	16 对极	32 对极	64 对极	单位	备注
芯片中心到轴心距离	D_{C_A}	8.19	18.37	38.74	mm	芯片中心到轴心距离
主码道直径	D_{master}	20.37	40.74	81.49	mm	主码道直径
游标码道直径	D_{nonius}	12.37	32.74	73.49	mm	游标码道直径
游标码道极距	P_{nonius}	1.3	1.66	1.83	mm	
主码道与游标码道间距	TP	4	4	4	mm	

4.8. 机械安装参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
芯片表面到磁环表面距离	AG	0.4	0.6	1.0	mm	
芯片径向允许偏差	$DISP_{rad}$	-	-	0.5	mm	
芯片切线方向允许偏差	$DISP_{tan}$	-	-	0.5	mm	
码盘偏心	DISP	-	-	0.1	mm	

Copyright © 2026, NOVOSENSE

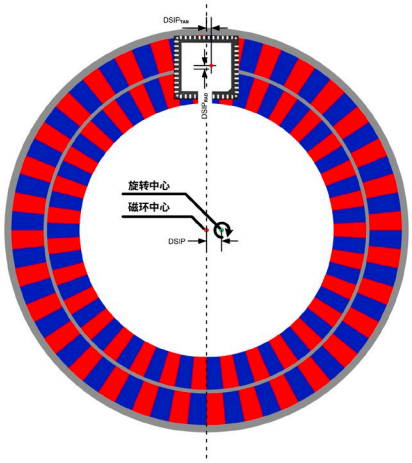


图-4.3：磁环偏心示意图

5. 功能描述

5.1. 概述

NSM3502 是一颗基于霍尔阵列磁感应技术和先进的信号处理技术的位置和角度传感器芯片。如图-5.1 所示，芯片内集成的主码道和游标码道霍尔感应阵列，随着外加磁栅尺的移动或者是磁环的转动，每条霍尔阵列输出两路正余弦模拟电压信号；信号经过模拟前端电路的放大（G）和滤波后，被送入模数转换器（ADC）；被放大并经数字量化的正余弦信号最终进入数字信号处理器（DSP）进行补偿、校准、求解角度和游标合成的运算；计算得到的绝对值数字量角度数据可经 SPI、UART 或 PWM 输出接口输出，同时进一步的信号处理会将绝对角度合成为增量 ABZ、UVW 输出。另外系统中还包含了低压差稳压模块（LDO）、时钟振荡器（OSC）、电可擦除可编程存储器（EEPROM）等模块。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

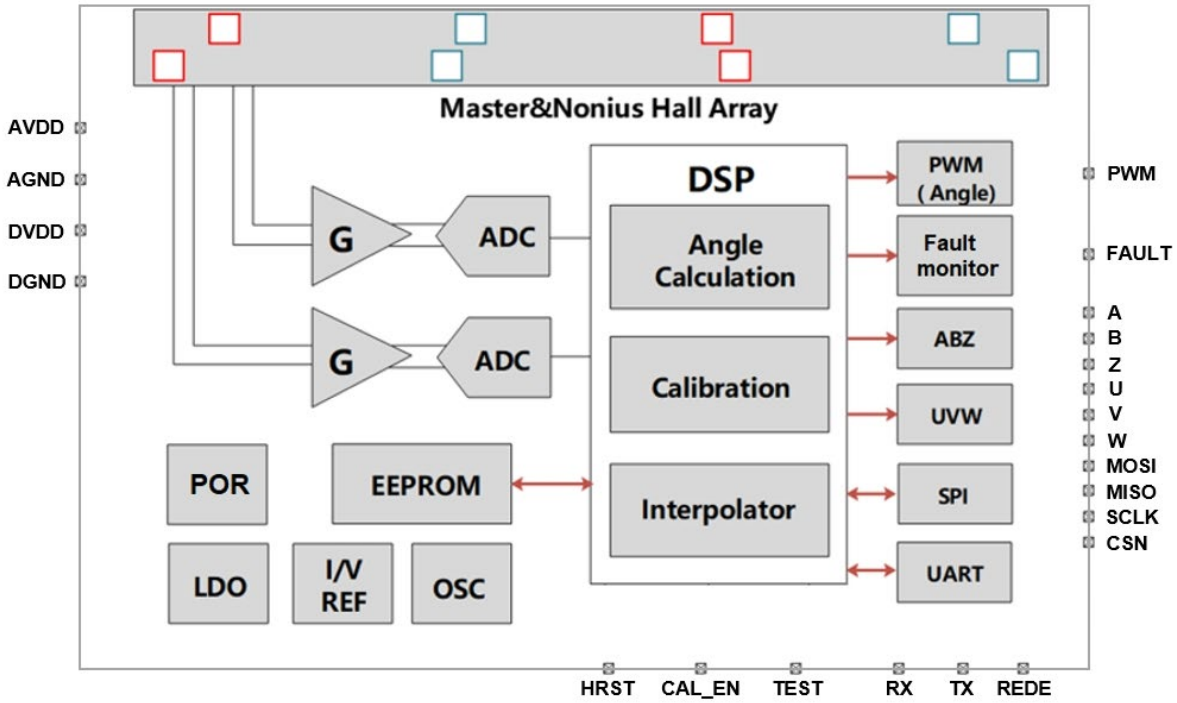


图-5.1：芯片功能框图

5.2. 正交 A、B 和零位 Z 信号输出（ABZ 模式）

芯片引脚可直接输出 ABZ 信号。默认配置的正交 A、B 和零位 Z 信号输出如图-5.2 所示（磁栅尺在芯片上方，俯视图），当磁环逆时针（CCW）移动时，B 信号的上升沿领先于 A 信号的上升沿 1/4 个周期，反之当磁环顺时针（CW）移动时，A 信号的上升沿领先于 B 信号的上升沿 1/4 个周期。

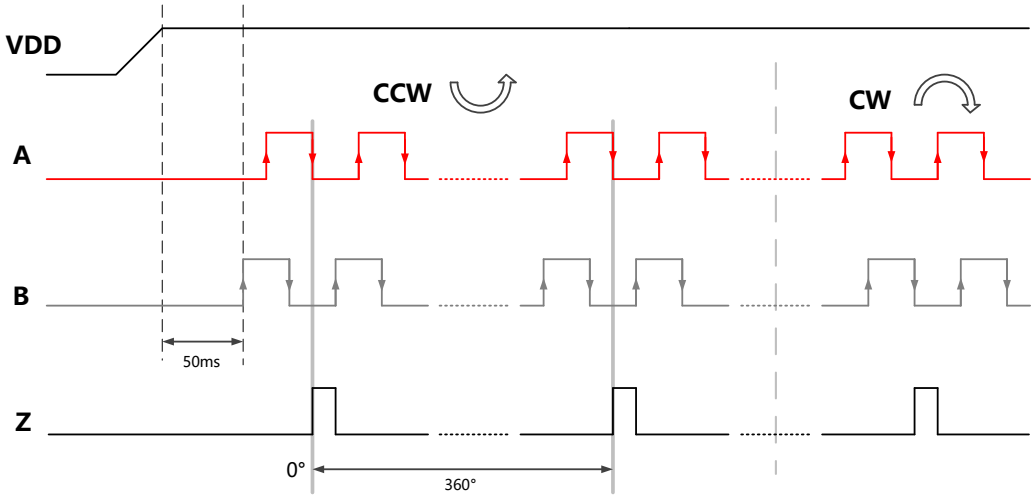


图-5.2：ABZ 输出模式

NSM3502 的 ABZ 分辨率为 1~65536 脉冲/圈，可由寄存器(ABZ_RES[15:0])配置，见表-5.1。ABZ 输出分辨率示意图见图-5.3。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

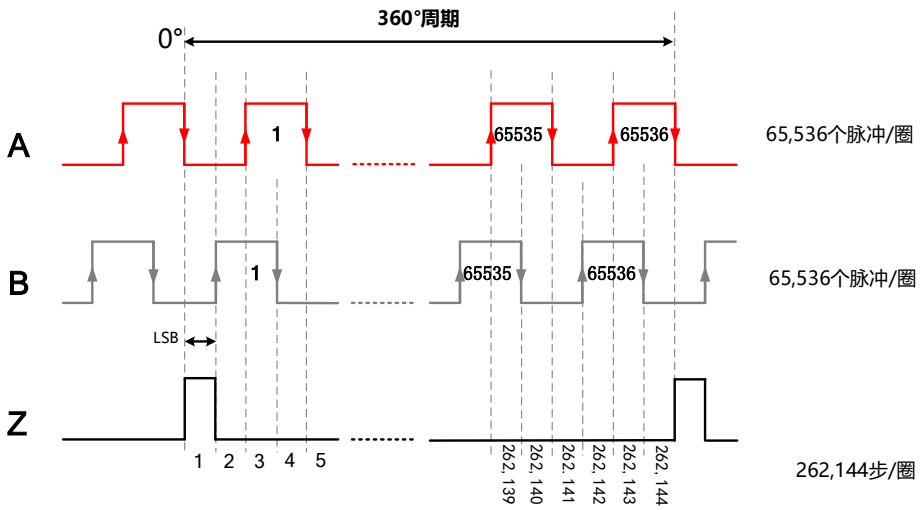


图-5.3：ABZ 输出分辨率=65536 脉冲/圈示意图

表-5.1：NSM3502 ABZ 分辨率配置

Reg. ABZ_RES[15:0]	ABZ 分辨率（脉冲/圈)
0x000（默认出厂配置）	1
0x001	2
0x002	3
…	…
0xFFFE	65535
0xFFFF	65536

Z 信号是可编程的芯片零位，Z 信号的宽度可以是 1，2，4，8，16，32，64，128LSB 或者 60°，120°，180°，均可通过用户编程设定，由寄存器(Z_PUL_WID[3:0])配置，如图-5.4 和图-5.5 所示。其中 Z 信号宽度不能超过 AB 一圈输出的 LSB 数量，否则 Z 宽度会被限制为 1LSB。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

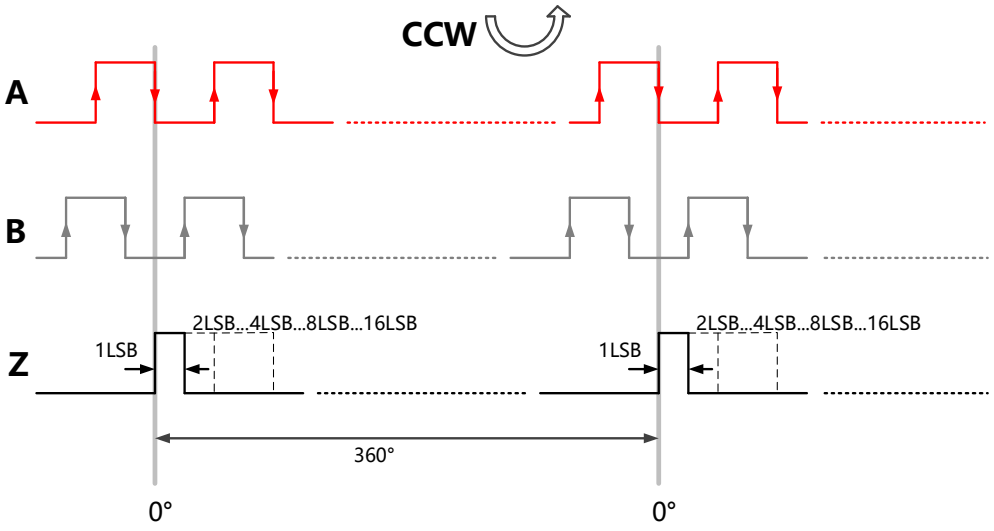


图-5.4：Z 信号宽度=1、2、4、8、16LSBs 示意图

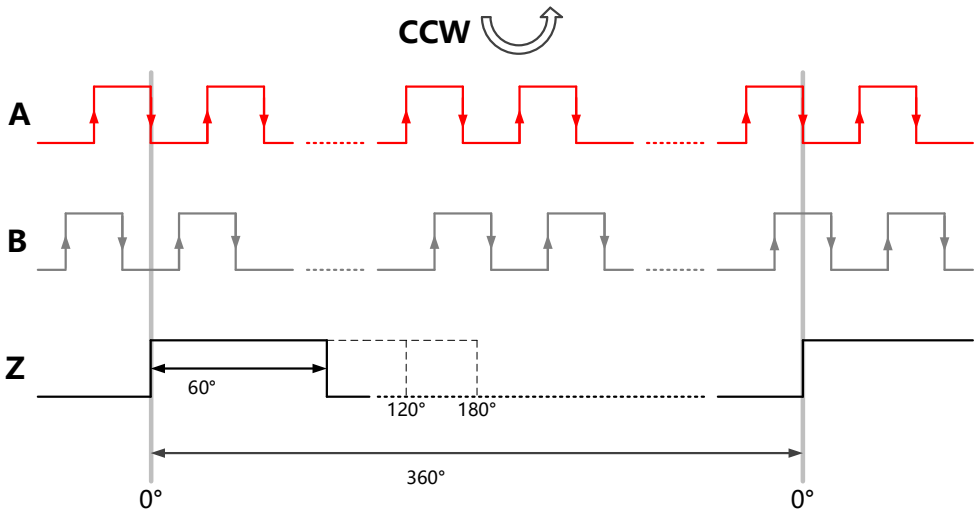


图-5.5：Z 信号宽度=60°、120°、180°示意图

Z 信号的宽度由一个 4-bit 宽的寄存器(Z_PUL_WID[3:0])来定义，具体真值表如下：

表-5.2：NSM3502 Z 信号宽度配置

Reg. Z_PUL_WID[3:0]	宽度（LSB 或度)	Reg. Z_PUL_WID[3:0]	宽度（LSB 或度)	Reg. Z_PUL_WID[3:0]	宽度（LSB 或度)
0x0	1LSB	0x6	120°	0xC	1 LSB
0x1（默认出厂配置）	2LSB	0x7	180°	0xD	1 LSB
0x2	4LSB	0x8	32LSB	0xE	1 LSB
0x3	8LSB	0x9	64LSB	0xF	1 LSB

Copyright © 2026, NOVOSENSE

0x4	16LSB	0xA	128LSB		
0x5	60°	0xB	1LSB		

表-5.3：NSM3502 Z 信号与零位对齐配置

Reg. Z_EDGE	描述
0x0（默认出厂配置）	Z 脉冲上升沿和绝对零位对齐
0x1	Z 脉冲下降沿和绝对零位对齐

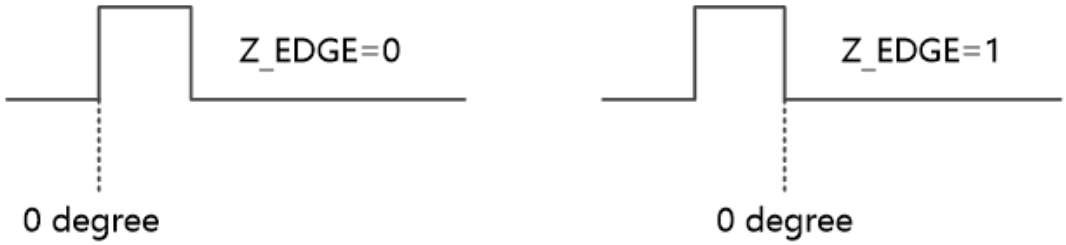


图-5.6：Z 脉冲的沿和零位的关系

5.3. UVW 与 PWM 输出模式

5.3.1.UVW 输出模式

NSM3502 提供互成 120°的 UVW 输出如图-5.7 所示。每一磁对极 UVW 对极数为 1~64 对极用户可编程，可由寄存器(UVW_RES[5:0])配置。

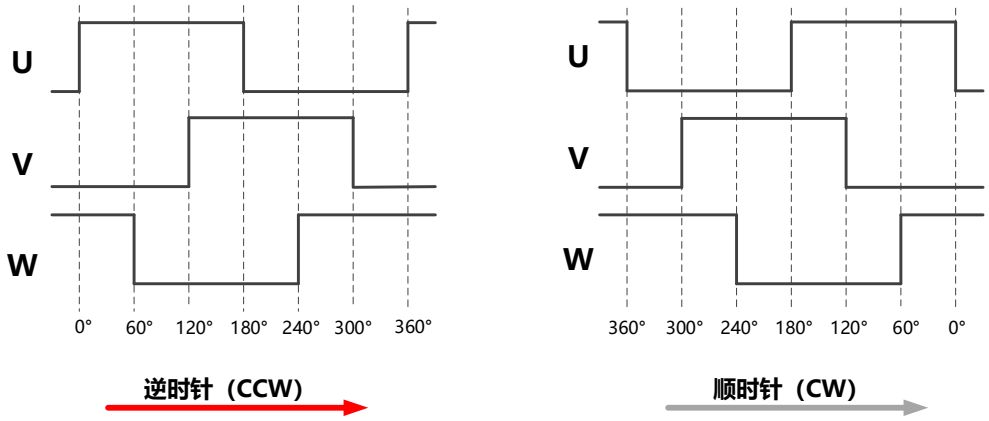


图-5.7：UVW 输出示意图

表-5.4：NSM3502 UVW 对极数配置

Reg. UVW_RES[5:0]	UVW 对极数（对极/圈）
0x0（默认出厂配置）	1
0x1	2
0x2	3
…	…
0x3C	61
0x3D	62
0x3E	63
0x3F	64

5.3.2.脉宽调制(PWM)输出模式

NSM3502 的 PWM 输出信号是一个脉宽调制的数字信号。PWM 输出类型是推挽的。NSM3502 的 PWM 信号分辨率为 12 位，PWM 的频率和极性都是可编程的，如图-5.8 所示。PWM 信号的频率可由寄存器(PWM_FREQ[1:0])配置，PWM 信号的极性可由寄存器(PWM_POL)配置。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

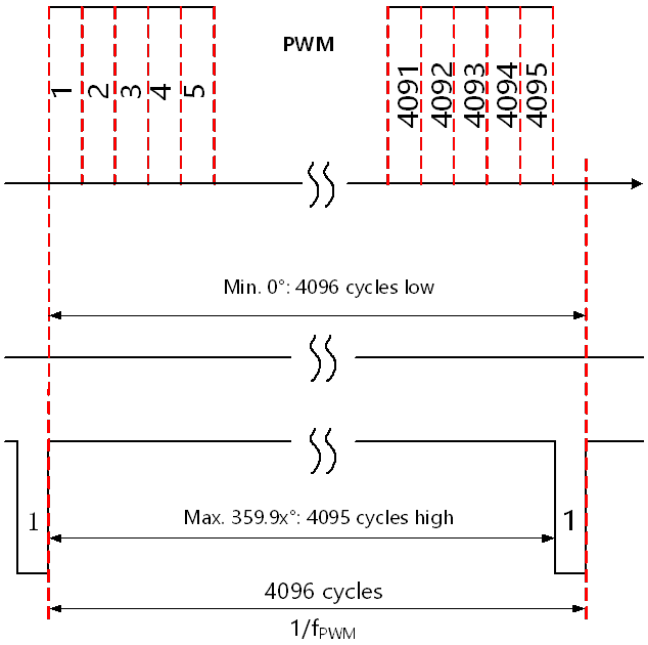


图-5.8：PWM 输出 12 位分辨率示意图

表-5.5：NSM3502 PWM 极性配置

Reg. PWM_POL	PWM 极性配置
0x0（默认出厂配置）	高电平有效
0x1	低电平有效

表-5.6：NSM3502 PWM 输出频率配置

Reg. PWM_FREQ[1:0]	PWM 输出频率配置(kHz)
0x0（默认出厂配置）	1
0x1	2
0x2	0.5
0x3	0

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.4. SPI 接口

NSM3502 使用的是 4 线 SPI，用户可以通过 SPI 接口读取芯片内部的 22bit 绝对角度数据，也可以通过 SPI 接口对相关寄存器进行配置，并将相关配置烧录进芯片内置的 EEPROM。

5.4.1.SPI 接口参考电路

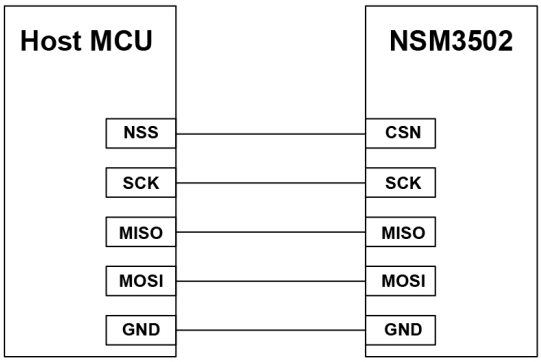


图-5.9：SPI 接口参考电路

5.4.2.SPI 时序

下面图中定义了 SPI 写和读指令的数据格式。此处芯片只支持 MODE=1 的 SPI 数据格式，即在 idle 时 SCLK 处于低电平，并且发送方在 SCLK 上升沿发送数据，接收方在 SCLK 的下降沿采集数据，换言之 MOSI 和 MISO 的翻转沿应和 SCLK 的上升沿对齐。见图-5.10：

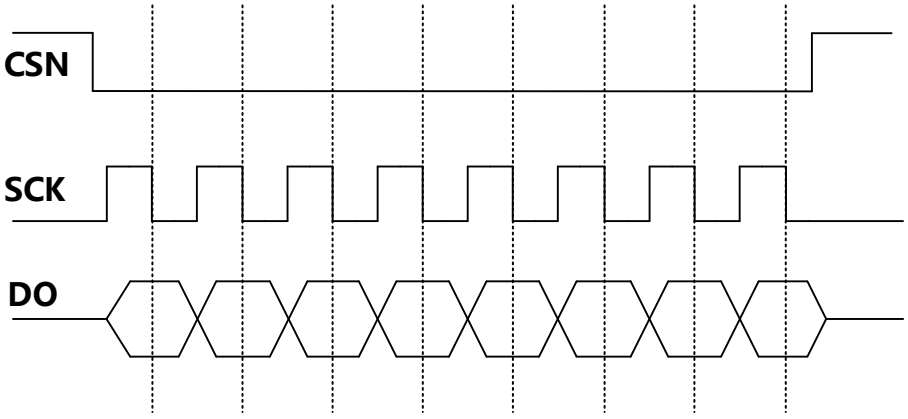


图-5.10：SPI 信号采样时序图

请参考以下图表中的推荐时序规范。对于低速应用，在芯片的主时钟频率不足以支持表格中的时序规范时，允许适当放宽要求，例如增加 T_{SCK} 的最小值。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

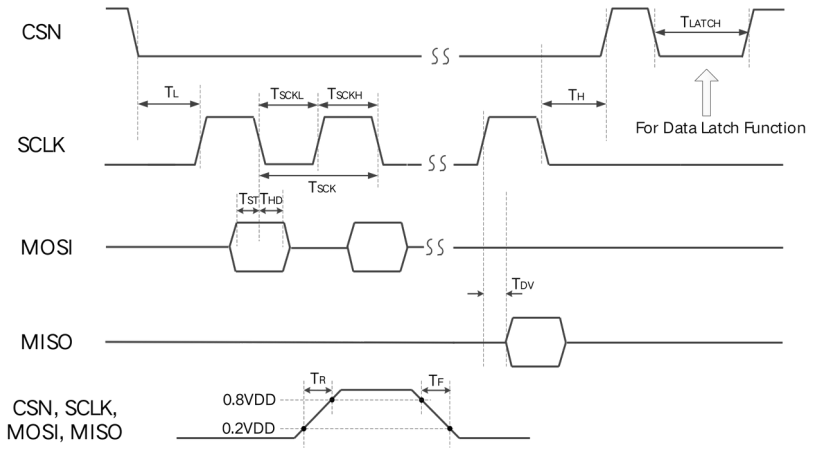


图-5.11：SPI 时序规范推荐示意图

表-5.7：SPI 参数

标示	参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
T_L	CSN 下降沿与 SCLK 第一个上升沿之间的时间		100			ns
T_{SCK}	时钟周期		60			ns
T_{SCKL}	时钟低电平时间		30			ns
T_{SCKH}	时钟高电平时间		30			ns
T_H	时钟最后一个上升沿与 CSN 上升沿之间的时间		0.5T_{SCK}			ns
T_R	数字信号的上升沿（有 20pf 的电容负载）		-	10	-	ns
T_F	数字信号的下降沿（有 20pf 的电容负载）		-	10	-	ns
T_{DV}	MISO 数据等待时间（有 20pf 的电容负载）		-	-	15	ns
T_{ST}	MOSI 数据建立时间		10	-	-	ns
T_{HD}	MOSI 数据保持时间		10	-	-	ns
T_{LATCH}	激活角度锁存功能需要的 CSN 低电平时间		1	-	-	μs

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.4.3.SPI 协议

NSM3502 有两种工作模式，第一种为只读模式(Normal Mode)，通过 SPI 只能读取芯片内部寄存器数据，不能写入数据；第二种是服务模式(Service Mode)，用户可以读、写寄存器，也可以操作 EEPROM。每种工作模式都有各自的操作命令。芯片上电后默认进入只读模式。无论哪种工作模式，一个完整的 SPI 数据帧有如下特点：

1、所有数据均采用高位优先（MSB）的传输方式。

2、当从设备不发送数据时，MISO 应保持高阻态（Hi-Z）。这一特性在多个从设备与主机共享同一条线路时尤为实用。

3、从设备返回的数据对应主机前一数据帧所发出的请求。

在部分读操作指令中，芯片内部包含循环滚动计数器（rolling counter），是一个 4bit 计数器。芯片每次收到主机一个正确的读指令，循环滚动计数器就会加 1，并在 0x0 到 0xF 之间循环计数。循环滚动计数器的数据在部分读指令下会通过 MISO 中的 CNT 返回。

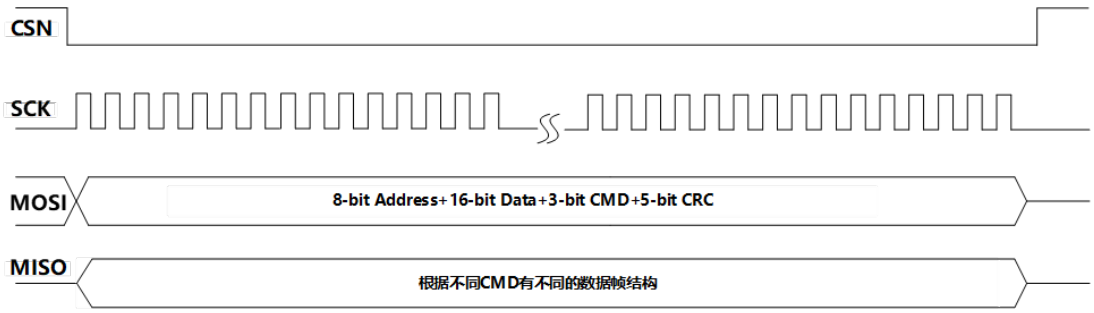


图-5.12：SPI 数据帧格式

只读模式

除快速读取（Fast Read 1）命令外，每个数据帧均由 4 字节组成。MOSI 数据帧包含 8 位地址、16 位数据（用于写操作）、3 位操作码及 5 位 CRC 校验码。MISO 线返回的数据帧结构根据操作码类型而定，具体定义见下表。芯片上电复位后，SPI 自动进入只读模式，在只读模式下有 6 条操作指令，其定义如下表。如需启用写操作，须先进入服务模式。

表-5.8：只读模式（Normal Mode）指令定义

OP CODE	定义	MOSI 数据帧格式	MISO 数据帧格式	ACK 位数
000	NOP	Address and data ignored.	24-bit data(all 0) + 8bit CRC(96)。 rolling counter 持续增加，但是不显示在 MISO 数据内	32
001	General Read 1	Data ignored. Available for all addresses	16-bit data + 4-bit rolling counter + 4-bit status + 8-bit CRC	32
010	General Read 2	Data ignored. Available for all address	24-bit data + 8-bit CRC。 rolling counter 持续增加，但是不显示在 MISO 数据内	32

Copyright © 2026, NOVOSENSE

011	Enter Service Mode	Address + Data = 0x5E5A3E 需要再接一帧 NOP，确认进入 service mode	0x5A3E+4-bit-0+ 4-bit status+ 8-bit CRC。 rolling counter 持续增加，但是不显示在数据位	32
100	Fast Read 1	Address = 0x0A0 (ANG_RB), other address ignored. Data ignored.	24-bit data + 4-bit rolling counter + 4-bit status + 8-bit CRC, next frame at same address。 若地址不满足，发送 24-bit all 0+rolling counter 持续增加，并显示在数据位+4-bit status+8-bit CRC。 Fast Read 为读取数据发送的数据帧不做 CRC 校验 结束 Fast Read 后一帧（即 CSN 上拉之后）发送 24bit all 0+8bit CRC	40
101	Fast Read 2	Available for all addresses. Data ignored	16-bit data + 4-bit rolling counter + 4-bit status + 8-bit CRC, 2nd frame at address+1, then repeats。结束 Fast Read 后一帧（即 CSN 上拉之后）发送 24bit all 0+8bit CRC	32

NOP 指令的地址（Address）和数据（Data）全为 0，可以作为一个停止指令，用在每一次 SPI 操作的结束位置。

General Read 1 指令作为通用读指令，可以读取开放给客户的寄存器数据，每次读取一个地址，具体帧格式见下图：

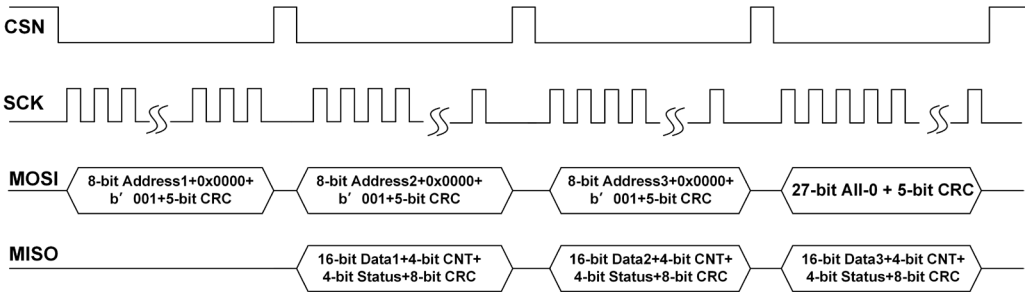


图-5.13：General Read 1 时序图

Copyright © 2026, NOVOSENSE

General Read 2 指令用来一次性读取第一个地址的所有数据和第二个地址的高 8 位数据，这种方式可以比较方便地一次性读取 22bit 角度数据，下图为 General Read 2 读取角度信息具体帧格式图。

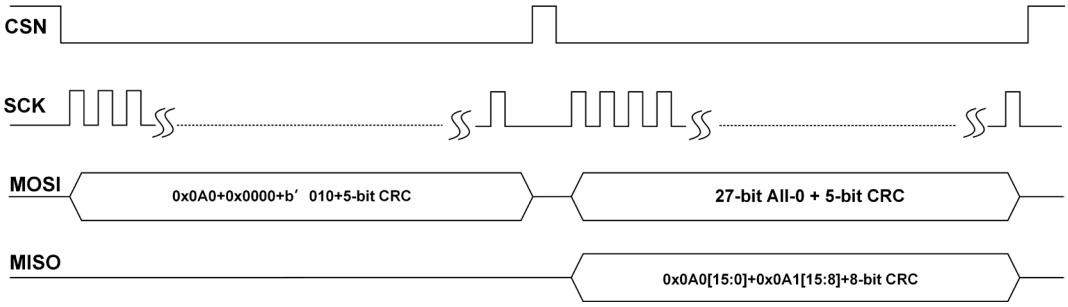


图-5.14：General Read 2 时序图

Fast Read 1 指令用来重复读取角度信息，芯片提供 22bit 角度数据，为保证数据结构的完整性，22bit 角度数据后补充 2bit 0，凑成 24bit 数据来进行传输。MISO 在当前 40 个时钟周期内回复的数据，对应的是上一帧 40 个时钟周期所发出的请求。

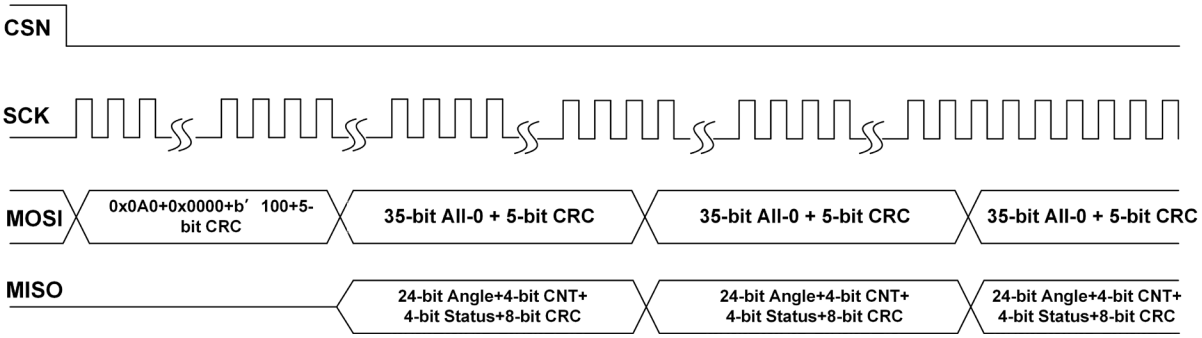


图-5.15：Fast Read 1 时序图

Fast Read 2 指令用于循环不停读取两个连续地址。

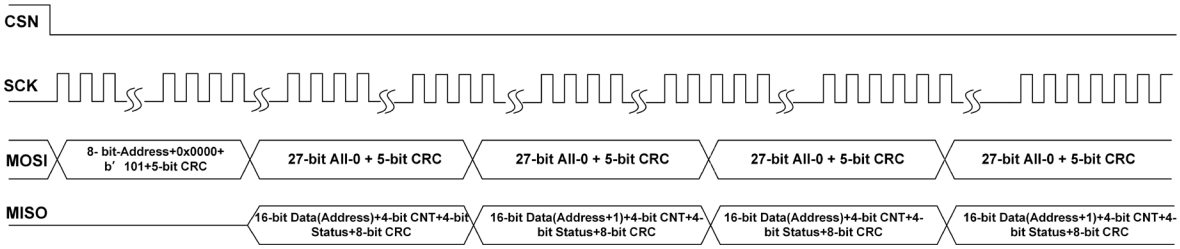


图-5.16：Fast Read 2

Enter Service Mode 指令用来进入服务模式（Service Mode），在服务模式下用户可以对寄存器进行读写操作。申请进入服务模式的方式是主机向芯片发送 0x5e,0x5a,0x3e,0x7c 共 32bit 数据，若从机响应的数值为：0x5a,0x3e,0x00,0x29（status 未报警、CRC 校验值为 0x29），表示芯片成功进入服务模式，否则未进入服务模式。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

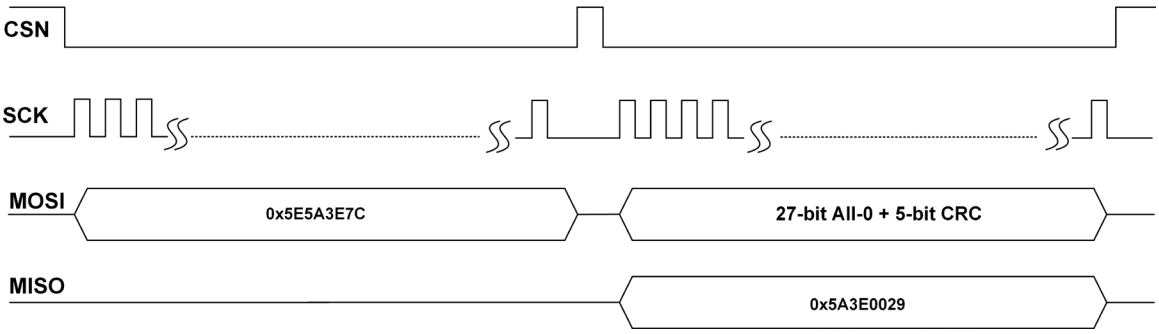


图-5.17：Enter Service Mode 时序图

芯片角度地址为 ANGLE_RB[21:0]，总计 22bit 数据。

地址	Bit15 Bit7	Bit14 Bit6	Bit13 Bit5	Bit12 Bit4	Bit11 Bit3	Bit10 Bit2	Bit9 Bit1	Bit8 Bit0	类型
0xA0	ANGLE_RB[21:14]								只读
	ANGLE_RB[13:6]								
0xA1	ANGLE_RB[5:0]						仅供内部使用		只读
	仅供内部使用								

0~360° 绝对角度 θ，可使用下面的公式计算：

$$\theta = \frac{\sum_{i=0}^{21} ANGLE_RB[i] * 2^i}{2^{22}} * 360^\circ$$

服务模式（Service Mode）

进入服务模式时，必须将地址和数据设置为预设值（参见表 5.8）作为密钥。退出服务模式时，地址和数据可设置为任意值。仅在服务模式下，写操作功能才会被启用。每次发送进入或者退出服务模式的指令后，推荐加一个 NOP 指令。服务模式下有以下 5 个指令。其中在对寄存器进行写操作之前，需要先使用 General Write 指令将 0x185E 写入地址 0x86，用以开启用户写权限，写完寄存器后，将 0x0000 写入 0x86 来关闭用户写权限。

表-5.9：服务模式（Service Mode）指令定义

OP CODE	定义	MOSI 数据帧格式	MISO 数据帧格式	ACK 位数
000	NOP	Address and data ignored.	24-bit data(all 0) + 8bit CRC(78), rolling counter 持续增加，但是不显示在数据位	32
001	General Read 1	Data ignored.	16-bit data + 4-bit rolling counter + 4-bit status + 8-bit CRC	32
010	Fast Read 3	Data ignored.	16-bit data +8-bit CRC, next frame at address+1, no repeat.	24

Copyright © 2026, NOVOSENSE

			结束 Fast Read 后一帧（即 CSN 上拉之后）发送 24bit all 0+8bit CRC	
100	General Write	8-bit address and 16-bit data+b'100+5bit CRC	16-bit echo (received data) + 4-bit rolling counter + 4-bit status + 8-bit CRC	32
111	Exit Service Mode	Address and data ignored. 需要再接一帧 NOP，确认退出	16-bit echo (received data) + 4-bit 0 + 4-bit status + 8-bit CRC	32

服务模式下的 General Read 1 功能与只读模式下一样。

Fast Read 3 指令可以用来连读相连地址的数据，数据格式参考下图。用 NOP 指令结束 Fast Read 3。

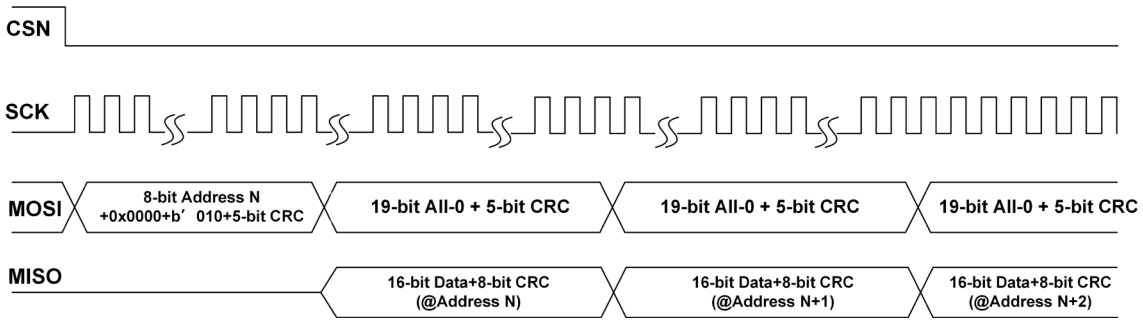


图-5.18：Fast Read 3 时序图

General Write 指令用于写寄存器，当前帧写入数据，下一帧 MISO 会返回上一帧写的数据用于检验写入的准确性。写操作最终以 NOP 结束。

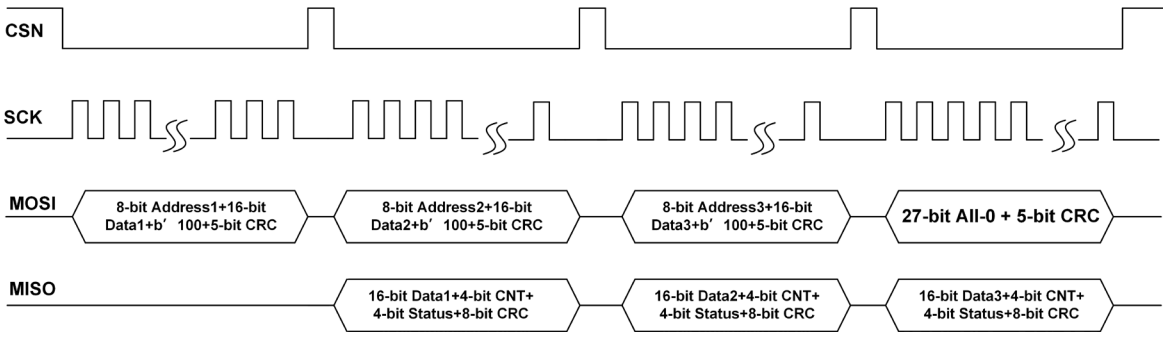


图-5.19：General Write 时序图

4 位滚动计数器随芯片发送的每个数据帧（含附加滚动计数器）递增 1，初始值为 0000，当计数达到 1111 后将回滚至 0000。4 位状态码的定义如下表所示。当系统无故障时，状态码默认值为全零；当检测到故障时，其中一位或多位将变为 1。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

表-5.10：SPI 状态位定义

bit	描述
S[3]	EEPROM CRC 校验错误。对应 DIAG_CODE[5]
S[2]	欠压报警。对应 DIAG_CODE[8]
S[1]	主码道或者游标码道磁场强度超范围。对应 DIAG_CODE[0]、DIAG_CODE[1]、DIAG_CODE[2]、DIAG_CODE[3]
S[0]	SPI 错误。 例如未识别的操作码、CRC 校验错误、Fast_Read_1 时 angle 地址不对、进 Service Mode 失败、SPI CSN 在一帧数据未发送/接收完时异常拉高、 发送非 Fast Read 命令帧时超过 32sclk 未拉高 CSN。 在 S[0]=1 的情况下（除识别到 write cmd），MISO 统一回 16-bit data all 0+ 4-bit rolling counter+ 4-bit status + 8-bit CRC

5.4.4.CRC 校验

为确保数据传输的完整性，主机（MCU）与从设备（本芯片）传输的数据帧均附加 CRC 校验码。若芯片接收到的数据帧未通过 CRC 校验，将忽略该次读写操作，并在返回数据帧中将 S[0]状态位置为 1。

CRC 校验码的生成规则如下：

校验数据范围包含 CRC 字段之前传输的所有数据，包括指令、数据、状态位及滚动计数器。

8 位 CRC 多项式值为 0x97，可覆盖最多 119 位数据，汉明距离为 4。

5 位 CRC 多项式值为 0x12，可覆盖最多 26 位数据，汉明距离为 3。

每个数据帧的首字节最高位（MSB）首先参与计算。

CRC 初始种子值为‘11111111B’。

对于 8 位 CRC（通过 MISO 发送），余数在传输前执行取反操作；对于 5 位 CRC（通过 MOSI 发送），余数直接发送不予取反。

CRC 计算说明：

Slave 发的 8bit CRC 多项式为 x^8+x^5+x^3+x^2+x+1，初值 0xFF，输出要取反；

对应 CRC 计算，poly=2f，INIT=ff，XOROUT=ff, REFOUT=REFIN=false；

Master 发的 5bit CRC 多项式为 x^5+x^2+1，初值为 0x00，输出不取反；

对应 CRC 计算，poly=05，INIT=00，XOROUT=00, REFOUT=REFIN=false。

举例：

使用 General Read 1 指令读取 0xA2 地址数据：

Copyright © 2026, NOVOSENSE

Master 发送的数据为：1010,0010,0000,0000,0000,0000,001，计算出的 5 位 CRC 为 1,0100 即 0x14；数据打包后 Master 发送数据为：1010,0010,0000,0000,0000,0000,0011,0100 即 0xA2000034。

Slave 返回的数据为：0001,0011,1000,0001,1001,0000,1100,0111，返回数据为 0x138190，计算出的 8 位 CRC 为 1100,0111 即 0xC7。

5.4.5.SPI 操作 EEPROM

芯片上电时会自动将 EEPROM 中的数据加载到寄存器中，除此之外，所有操作 EEPROM 的动作都需要输入密钥 NVM_KEY，然后通过 NVM_CTRL 指令操作 EEPROM。每次操作完成后，密钥都会被清除。操作 EEPROM 的流程如下图。NVM_CTRL 地址见寄存器表-5.11。

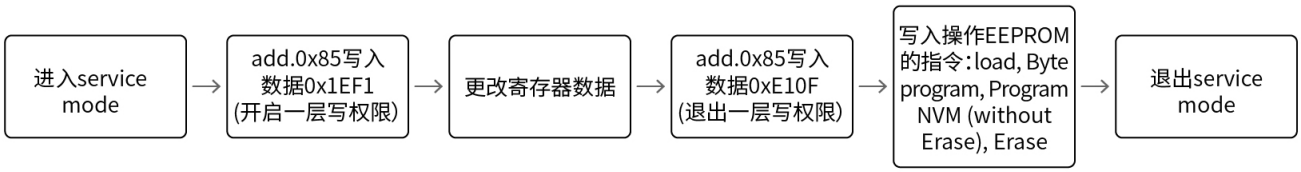


图-5.20：SPI 操作 EEPROM 流程图

表-5.11：NVM_CTRL 定义

NVM_CTRL[4:0]	Operation	NVM_KEY
0x3	Load NVM	0xB3
0x4	Byte-Program NVM (with Erase) （只操作起点到终点的寄存器地址，起点必须比终点小）	0x5C
0x5	Program NVM (without Erase)	0x5C
0xA	Erase NVM	0x5C

对于 Byte-Program NVM (with Erase)指令，需要先通过寄存器 NVM_PROG_START_ADDR[7:0]、NVM_PROG_END_ADDR[7:0]设置起止地址，起点地址必须比终点地址数值低，否则 Byte-Program 指令不会被执行，并报 NVM program fail。对指定地址以外的寄存器做了修改后执行 Byte-Program 会导致这些寄存器的数值不被存入 EEPROM。为防止上述情况导致 CRC 报错，芯片在执行 Byte-Program 的烧写动作之前应将指定地址以外区域的寄存器强制恢复成和 EEPROM 中保存的数据一致。

NVM 的状态可以通过 NVM_STA[7:0]来确认。NVM 相关寄存器具体地址见寄存器表。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

表-5.12：NVM 状态与定义

NVM_STA[7:0]	定义
[0]	NVM load done
[1]	NVM program done
[2]	NVM program fail
[3]	NVM erase done
[4]	NVM erase fail
[5]	NVM load fail
[6]	NVM locked
[7]	NVM CRC fail

5.5. UART 接口

NSM3502 内部集成 UART 模块，外部搭配 RS-485 驱动芯片后可以与上位机进行数据通信，通过 UART 可以读取芯片的角度数据、寄存器数据，也可以将数据写入到芯片的 EEPROM 中。设置 UART_EN=1 来激活 UART 模块。UART_EN 置 1 后，Pin34、Pin36 引脚配置为 UART 模块的 RX、TX 功能引脚，Pin35 配置为数据输入输出传输方向控制端 REDE。使用 UART 来读取角度值时需要设置 UART_BIT 来选择数据传输长度，设置 BAUDRATE 选择通信波特率，其对应关系如下表所示：

表-5.13：NSM3502 UART 数据长度配置

Reg. UART_BIT	传输数据长度（位）
0（默认出厂配置）	23
1	17

表-5.14：NSM3502 UART 波特率配置

Reg. BAUDRATE	波特率（Mbps）
0（默认出厂配置）	2.5
1	4.0

5.5.1.通信格式

上位机与芯片通信时，数据帧每个字节的发送和接收格式为 1 个起始位，8 个数据位，1 个停止位，无奇偶校验位，通讯数据由低位到高位依次发送。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

每次通信由上位机发起，上位机给芯片发送需求指令，告知芯片需要回传的数据内容。需求指令包含以下功能：读取单圈位置、读取 ENID、读取完整信息。主机和从机通信时涉及到的命令字及其术语说明如下表：

表-5.15：NSM3502 UART 命令字说明

命令字名称	描述	说明
CF	Control_Field	以此识别不同的命令类型，共 6 个命令（实际上第 7 个写 EEPROM 为写指令）
SF	Status_Field	编码器状态
DF	Data_Field	编码器位置数据
ADF	Address_Field	可访问的 EEPROM 地址
EDF	E2PROM_Field	在地址的内容
CRC	CRC 校验码	
ALMC	ALARM Code	报警代码
ENID	ID	客户定义的 ID

读单圈位置和 ENID 格式：

主机发送 CF，NSM3502 收到请求数据后，返回命令字、状态、位置数据、CRC。根据 CF 内容的不同，返回数据格式和内容有区别。

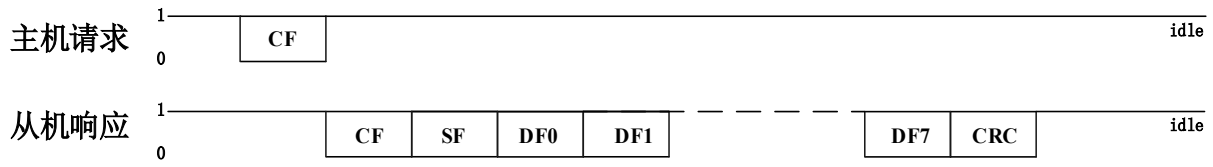


图-5.21：读位置和 ENID 格式

故障复位：

故障复位的命令字 CF 的值是 0xBA，如果要清除 UART 的报警，主机以大于 40μs 的时间间隔（第一个 Command 结束到第二个 Command 结束的时间），连续发送 10 次命令，UART 连续 10 次收到该命令后将所有故障复位。

5.5.2.控制字

UART 控制字 Control Field (CF)由一个字节构成，由主机发给从机，从机收到控制字后根据对应的格式响应主机请求。控制字主要规定了以下几个方面的内容：读取编码器信息，写寄存器，读寄存器数据，故障复位等。其具体规定如下表所示：

表-5.16：NSM3502 UART 控制字说明

功能	主机命令	UART 响应格式
读取单圈位置	0x02	0x02+SF+DF(ABS0~2)+CRC
读取编码器 ENID	0x92	0x92+SF+DF(ENID)+CRC
读取完整信息	0x1A	0x1A+SF+DF(ABS0~2+ENID+0x00+0x00+0x00+ALMC)+CRC
写寄存器	0x32+ADF+EDF+CRC	0x32+ADF+EDF+CRC
复位故障	0xBA	0xBA+SF+DF(ABS0~2)+CRC
读寄存器	0xEA+ADF+CRC	0xEA+ADF+EDF+CRC
写 EEPROM	0x32+0x68+EDF+CRC	0x32+0x68+EDF+CRC

5.5.3.状态字

通过 UART_SF_ENB 来决定是否送出对应的 SF 值。UART_SF_ENB 一共 8bit，若对应 bit 的 UART_SF_ENB=0，开启 SF 字段输出，如果 UART_SF_ENB=1，则 SF 对应的输出 bit 为 0，每个位的定义如下表所示：

表-5.17：NSM3502 UART 状态字说明

位域	定义	描述
Bit0	主码道弱磁	主码道磁场强度低于报警阈值
Bit1	主码道强磁	主码道磁场强度高于报警阈值
Bit2	游标码道弱磁	游标码道磁场强度低于报警阈值
Bit3	游标码道强磁	游标码道磁场强度高于报警阈值
Bit4	编码器报错	ALMC 所有报警做或运算
Bit5	保留	
Bit6	奇偶校验错	CF[7]为 parity bit,对 CF[6:3]进行校验
Bit7	命令字错误	收到未定义命令时为 1，正常情况为 0

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.5.4.数据域

UART 数据域 Data Field(DF0~DF7)根据不同 CF 类型，DF 中有不同的字节数，具体如下表所示：

表-5.18：NSM3502 UART 数据域说明

CF 类型	DF0	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7
ID0(0x02)	ABS0	ABS1	ABS2					
ID2(0x92)	ENID							
ID3(0x1A)	ABS0	ABS1	ABS2	ENID	0	0	0	ALMC
ID7(0xBA)	ABS0	ABS1	ABS2					

表-5.19：NSM3502 UART 17 位角度数据格式说明

17 位配置	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ABS2	0	0	0	0	0	0	0	ANGLE_RB [21]
ABS1	ANGLE_RB[20:13]							
ABS0	ANGLE_RB[12:5]							

表-5.20：NSM3502 UART 23 位角度数据格式说明

23 位配置	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ABS2	0	ANGLE_RB[21:15]						
ABS1	ANGLE_RB[14:7]							
ABS0	ANGLE_RB[6:0]							0

ABS0、ABS1、ABS2 分别为编码器单圈位置的低位、中位和高位，当编码器设置为 17bit 时，ABS2[7:1]=0，其他数据组成 17bits 单圈位置信息；当编码器设置为 23bit 时， ABS2[7]=0，ABS0[0]=0 和其他数据组成 22bits 单圈位置信息。ENID 为编码器 ID 信息，默认为 0，可以由客户写入。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.5.5.故障报警

UART 故障码 Alarm Code (ALMC)定义如下表：

表-5.21：NSM3502 UART 故障代码

故障名称	Bit	功能说明
主码道弱磁	Bit0	主码道磁场强度低于报警阈值，至少发生过一次
主码道强磁	Bit1	主码道磁场强度高于报警阈值，至少发生过一次
游标码道弱磁	Bit2	游标码道磁场强度低于报警阈值，至少发生过一次
游标码道强磁	Bit3	游标码道磁场强度高于报警阈值，至少发生过一次
保留	Bit4	保留
超速	Bit5	超速报警，至少发生过一次
过温	Bit6	过温报警，至少发生过一次
欠压	Bit7	欠压报警，至少发生过一次

5.6. 诊断与报警

NSM3502 内部集成了多种报警机制，用户可以通过寄存器 DIAG_CODE[15:0]或者 FAULT 引脚监控报警。下表-5.22 展示了内部诊断报警信息。表-5.22 中任一报警都会触发 FAULT 引脚输出高电平，没有报警的情况下 FAULT 引脚输出低电平。各报警功能可通过芯片报警使能寄存器 DIAG_EN[15:0]对应位打开或者关闭。0 表示关闭，1 表示打开。只有对应报警使能打开后，发生报警时芯片才会报警；否则，即便发生报警情况，芯片也不报警。

表-5.22：报警功能定义

DIAG_CODE	名称	描述
[0]	主码道弱磁	主码道磁场强度小于阈值时报警。阈值由 RAD_TH_LO 寄存器设定。
[1]	主码道强磁	主码道磁场强度大于阈值时报警。阈值由 RAD_TH_HI 寄存器设定。
[2]	游标码道弱磁	游标码道磁场强度小于阈值时报警。阈值由 RAD_TH_LO 寄存器设定。
[3]	游标码道强磁	游标码道磁场强度大于阈值时报警。阈值由 RAD_TH_HI 寄存器设定。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

[4]	超速	内部环路解析的速度超过阈值报警。阈值由 MAX_VEL 寄存器设定。
[5]	NVM CRC 校验失败	EEPROM CRC 校验失败时报警。
[6][7]	未定义	
[8]	欠压	供电电压低于阈值时报警。
[9]	过温	芯片内部温度超过报警阈值时报警。
[10]~[15]	未定义	

芯片后台持续监测故障。为避免故障信号中的毛刺引发误报，多数情况下需设置消抖逻辑，其响应时间主要由消抖计数器决定。需连续检测到 16 个故障周期后置位故障标志，连续检测到 64 个正常周期后清除故障标志。用户可通过寄存器 DIAG_DEBN_SET 和 DIAG_DEBN_CLR 配置消抖计数值。NVM_CRC 故障无需消抖时间处理。

当检测到任何类型故障并完成消抖处理后，系统将执行以下操作：

1、将 FAULT 输出拉至有效电平。

2、若 DIAG_ENC_RST=1，则强制 ABZ/UVW 输出置零。

3、根据 DIAG_CODE 设置 SPI/UART 接口中的状态位。

FAULT 输出默认高电平有效，可以通过 FAULT_POL 设置。1：高电平有效；0：低电平有效。

5.7. 旋转方向

如图-5.22 所示，当芯片输出角度增加时，B 信号的上升沿领先于 A 信号的上升沿 1/4 个周期，反之当芯片输出角度减小时，A 信号的上升沿领先于 B 信号的上升沿 1/4 个周期。Z 信号出现的位置代表 0°的位置。芯片上电约 50ms 后，芯片才会输出稳定正确的 ABZ 信号。默认 CCW 方向为角度增加，CW 方向为角度减小。

如果想要调整旋转方向与角度变化方向的关系，可以更改 ROT_DIR[0]寄存器，且该配置对所有角度输出（ABZ、UVW、PWM、SPI、UART 均有效）。

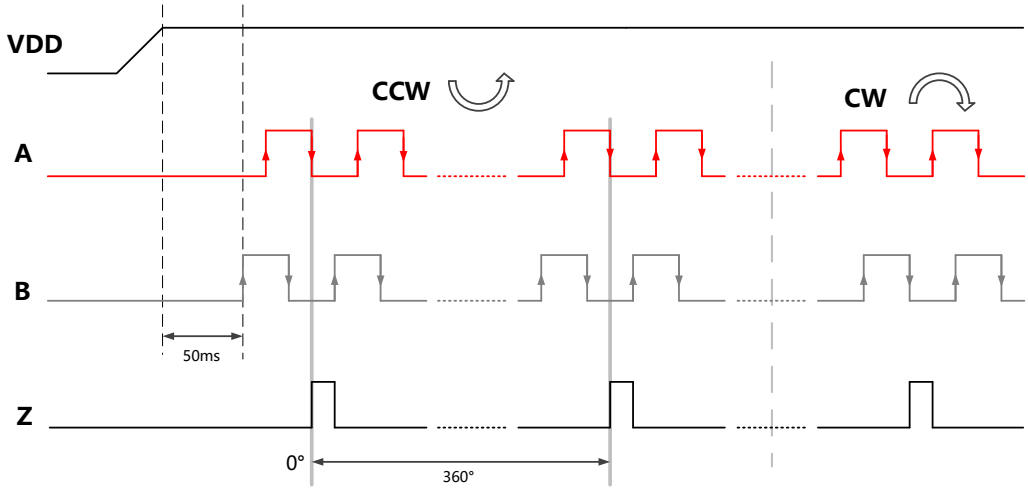


图-5.22：旋转方向及 ABZ 输出示意图

表-5.23：NSM3502 旋转方向输出配置

Reg.ROT_DIR	转动方向
0x0（默认出厂配置）	逆时针角度增加（与视图方向有关）
0x1	顺时针角度增加（与视图方向有关）

5.8. 校准流程

NSM3502 精度补偿共分为 4 层，第一层是芯片出厂基础校准，主要处理芯片内部霍尔阵列的 offset、AM 及温度补偿，在芯片工厂内完成。第二层是客户端简洁自校准，由客户将芯片和磁环安装好，然后旋转一定圈数（不需要匀速）。第三层是游标微调，主要用以校准磁环及安装带来的游标误差。第四层是客户端匀速自校准，在第三层校准通过的基础上，让磁环匀速旋转起来（速度波动＜±3‰）。芯片暂不支持零位调整，游标微调步骤要在简洁自校准后、匀速自校准前完成。

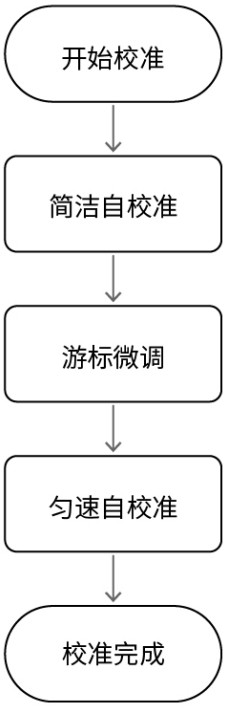


图-5.23：NSM3502 校准流程

5.7.1.简洁自校准

NSM3502 提供了一种客户端简洁自校准模式。简洁自校准要求磁环运动一定圈数，但可以是非匀速的。简洁自校准主要补偿实际工况中，磁环主码道和游标码道每对极充磁不均匀带来的正、余弦输入信号的失调、幅度误差以及相位误差，具体的简洁自校准步骤如下：

（1）安装固定好芯片和磁环的相对位置；

（2）将芯片配置成简洁自校准模式（寄存器 AUTO_CAL_MODE）；

（3）让磁环旋转起来，确保转速在 1~36RPM 或 32RPM~2400RPM 范围内（寄存器 RCAL_FREQ_F/C）；

Copyright © 2026, NOVOSENSE

（4）通过将 CAL_EN 引脚拉高（或者将寄存器(AUTO_CAL_KEY)写 0xB5，具体地址见寄存器表），使得芯片进入自校准状态。然后通过 PWM 引脚输出的 PWM 波形（见表-5.26），或者(CAL_STATE)寄存器的值（见表-5.28），来判断芯片的自校准状态。自校准成功后，芯片会自动完成校准参数的保存。自校准结束后，如果想要给芯片断电，请等待 500ms 以上。

5.7.2.游标微调

游标微调目前仅支持使用纳芯微配套的编程器 PB800 及上位机软件完成。

5.7.3.匀速自校准

NSM3502 提供了客户端匀速自校准模式，该自校准可以将磁环偏心、芯片安装偏差所造成的非线性进行补偿校准。自校准模式由 CAL_EN 控制，首先让系统匀速运转（速度波动建议小于 3‰，最大不超过 1%，速度波动过大会影响实际校准效果），通过将 CAL_EN 引脚拉高（或者将寄存器(AUTO_CAL_KEY)写 0xB5，具体地址见寄存器表），NSM3502 就进入了自校准状态，NSM3502 自带的处理电路就会自动计算相关非线性参数和校准，并将校准参数自动烧录进 EEPROM。在自校准成功运行后，典型情况下 INL 会减小到±0.1°以下。具体的校准步骤和操作如下：

(1) 配置自校准允许的转速区间。自校准可以被允许运行在不同的速度下，客户可以根据情况选择希望使用的速度，并通过 SPI 接口配置 HDC_AUTOCAL_FREQ_PV [2:0]寄存器，该寄存器出厂默认配置是 0x07（240 转/分钟~1600 转/分钟）；

(2) 将芯片配置成匀速自校准模式（寄存器 AUTO_CAL_MODE）；

(3) 将系统平稳的运行在目标转速；

(4) 通过将 CAL_EN 引脚拉高（或者将寄存器(AUTO_CAL_KEY)写 0xB5，具体地址见寄存器表），使得芯片进入自校准状态。然后通过 PWM 引脚输出的 PWM 波形（见表-5.26），或者(CAL_STATE)寄存器的值（见表-5.28），来判断芯片的自校准状态。自校准成功后，芯片会自动完成校准参数的保存。自校准结束后，如果想要给芯片断电，请等待 500ms 以上。

表-5.24：NSM3502 简洁自校准转速配置

寄存器	值	转速范围（RPM）
RCAL_FREQ_F/C	0x0	1~36
	0x1（默认出厂配置）	32~2400

表-5.25：NSM3502 匀速自校准转速配置

寄存器	值	转速范围（RPM）
HDC_AUTOCAL_FREQ_PV[2:0]	0x0	NA
	0x1	NA
	0x2	NA
	0x3	12000~24000
	0x4	6400~12800
	0x5	3200~6400

Copyright © 2026, NOVOSENSE

	0x6	1600~3200
	0x7（默认出厂配置）	240~1600

表-5.26：NSM3502 自校准 PWM 状态说明

PWM 输出占空比	状态描述
25%	正在进行自校准
50%	自校准失败
75%	自校准成功

表-5.27：NSM3502 自校准模式配置

寄存器	值	描述
AUTO_CAL_MODE[1:0]	0x0（默认出厂配置）	简洁自校准
	0x1	匀速自校准
	0x2	简洁自校准+匀速自校准

表-5.28：NSM3502 校准状态寄存器说明

寄存器	值	描述
CAL_STATE [1:0]	0x0	没有运行校准
	0x1	正在进行自校准
	0x2	自校准失败
	0x3	自校准成功

Copyright © 2026, NOVOSENSE

5.9. 硬件复位功能

NSM3502 有硬件复位引脚，给芯片一个高电平并持续 10ms 以上可复位芯片。如下图 PIN_RST 是加在引脚上的电压，pin_reset_i 是芯片复位电路检测到的波形，pin_reset_o 是芯片内部用于复位控制的波形。想要触发复位，PIN_RST 上需要有超过 10ms 的高电平；要解除复位，PIN_RST 上需要有超过 40ms 的低电平。

如果不使用硬件复位功能，推荐将引脚直接接地。

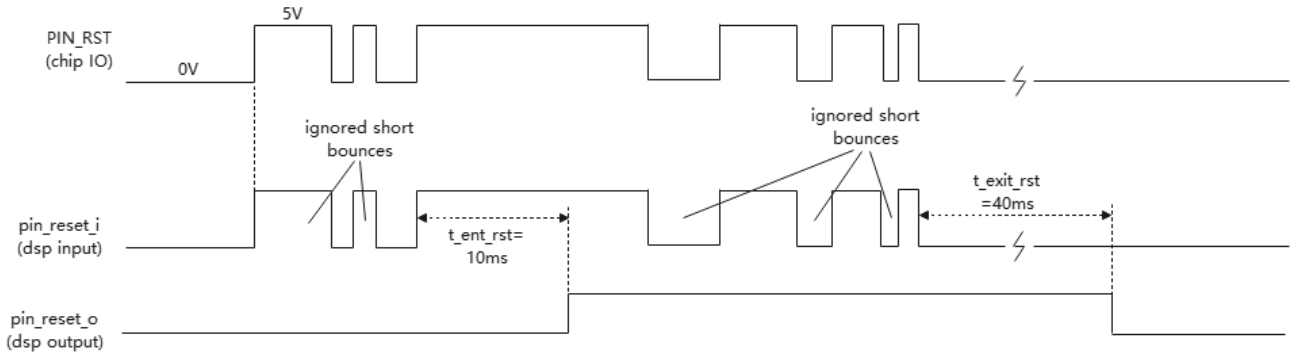


图-5.24：硬件复位功能图

5.10. 寄存器映射表

地址	名称	位置	访问模式	初始值	位段说明
0x01E	USER_ID[15:0]	15:0	RW	16'b0	用户自定义 ID
0x01F	ABZ_RES[15:0]	15:0	RW	16'b0	ABZ 分辨率，详见表-5.1
0x020	UVW_MUX	15	RW	1'b0	UVW 输出 MUX 选择， 0：输出 U/V/W 1：输出-A/-B/-Z
0x020	UVW_DIS	14	RW	1'b0	UVW 编码输出全 0
0x020	UVW_RES[5:0]	13:8	RW	6'b0	UVW 分辨率，详见表-5.4
0x020	ROT_DIR	7	RW	1'b0	默认角度增加的旋转方向定义， 0: CCW 1: CW，或者当机械角度增加时 A/B 的相位关系 0: B 信号超前 A 信号 90 度

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					1: A 信号超前 B 信号 90 度（电角度）
0x020	Z_EDGE	6	RW	1'b0	设置 Z 信号对准 0 度的边沿， 0：上升沿 1：下降沿
0x020	Z_PHASE[1:0]	5:4	RW	2'b0	设置 Z 信号对准 A/B 信号的沿， 0：Z 信号上升沿对齐 A 信号下降沿 1：Z 信号上升沿对齐 B 信号上升沿 2：Z 信号上升沿对齐 A 信号上升沿 3：Z 信号上升沿对齐 B 信号下降沿
0x020	Z_PUL_WID[3:0]	3:0	RW	4'b0	详见表-5.2
0x021	ABZ_DIS	15	RW	1'b0	ABZ 编码输出全 0
0x021	AB_SWAP	14	RW	1'b0	ABZ 编码输出， 1：AB 交换 0：AB 不交换
0x021	PWM_POL	7	RW	1'b0	PWM 极性， 0：以高电平时间定义占空比 1：以低电平时间定义占空比
0x021	PWM_FREQ[1:0]	1:0	RW	2'b0	PWM 频率，详见表-5.6
0x024	ERR_SKIP_H_PV	15	RW	1'b0	默认 0；为 1 时，跳过机械角度 H 算法结果的成功判断步骤，直接将机械角度 H 结果烧写 EEPROM
0x024	H_ROT_TH_PV[2:0]	10:8	RW	3'b0	机械角度 H 自校准所需旋转周期数， 0：16 圈 1：20 圈 2：24 圈 3：32 圈 4：48 圈 5：64 圈

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					6：12 圈 7：8 圈
0x024	H_EN_PV	7	RW	1'b0	机械角度 H 校准系数是否生效， 0：不生效（输入直通输出） 1：生效
0x025	ERR_SKIP_R_F	15	RW	1'b0	默认 0；为 1 时，跳过判断，直接将校准结果烧写 EEPROM
0x026	ERR_SKIP_R_C	15	RW	1'b0	默认 0；为 1 时，跳过判断，直接将校准结果烧写 EEPROM
0x026	RCAL_PMIN_C[1:0]	5:4	RW	2'b0	游标码道简洁自校准每个周期允许的最少点数， 0：32 个 1：48 个 2：64 个 3：100 个
0x026	RCAL_ERR_TH_C[1:0]	1:0	RW	2'b0	游标码道简洁自校准的结果判定阈值，将最后一级累加器输入的绝对值与之比较， 0：4LSB 1：16LSB 2：64LSB 3：256LSB
0x027	AUTO_CAL_MODE[1:0]	15:14	RW	2'b0	自校准模式选择， 0 或 3：简洁自校准 1：匀速自校准 2：简洁+匀速自校准
0x027	AUTO_CAL_DIS	12	RW	1'b0	为 1 时，关闭硬件触发的自校准功能。
0x027	RAD_CAL_EN	8	RW	1'b0	为 1 时，开启后台简洁自校准（实时补偿）
0x027	POLEPAIR_SEL[1:0]	7:6	RW	2'b0	磁环对极数（主/游标码道）选择，

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					0 或 3：32/31 对极 1：16/15 对极 2：64/63 对极
0x027	HYST[3:0]	3:0	RW	4'b0	定义机械角度的迟滞大小如下（1LSB=360/2^21 degree）： 0：128LSB 1：2LSB 2：4LSB 3：8LSB 4：16LSB 5：32LSB 6：64LSB 7：128LSB 8：256LSB 9：512LSB 10：1024LSB 11：2048LSB 12：4096LSB 13：24LSB 14：56LSB 15：0LSB
0x02B	AGC_THR_H_F[1:0]	15:14	RW	2'b0	主码道 AGC 的幅值正常范围上限， 0：1434LSB 1：1536LSB 2：1331LSB 3：1229LSB （分别是 2^11LSB 满幅值的 70%, 75%, 65%, 60%）
0x02B	AGC_THR_L_F[1:0]	13:12	RW	2'b0	主码道 AGC 的幅值正常范围下限， 0：922LSB 1：1024LSB

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					2：819LSB 3：717LSB （分别是 2^11LSB 满幅值的 45%, 50%, 40%, 35%）
0x02B	AGC_MU_INIT	10	RW	1'b0	上电初次 AGC 的比较器阈值
0x02B	AGC_MU_F[1:0]	9:8	RW	2'b0	主码道 AGC 的比较器阈值
0x02B	AGC_THR_H_C[1:0]	7:6	RW	2'b0	游标码道 AGC 的幅值正常范围上限， 0：1434LSB 1：1536LSB 2：1331LSB 3：1229LSB （分别是 2^11LSB 满幅值的 70%, 75%, 65%, 60%）
0x02B	AGC_THR_L_C[1:0]	5:4	RW	2'b0	游标码道 AGC 的幅值正常范围下限，0：922LSB 1：1024LSB 2：819LSB 3：717LSB （分别是 2^11LSB 满幅值的 45%, 50%, 40%, 35%）
0x02B	AGC_MU_C[1:0]	1:0	RW	2'b0	游标码道 AGC 的比较器阈值
0x02C	UV_FRZ_DIS	15	RW	1'b0	进入欠压（PMU_STATE=2）模式时，AGC code 锁定当前值，锁定当前角度输出。为 1 时取消该功能，仍实时更新。
0x02C	GPIO_DS	13	RW	1'b0	GPIO 驱动能力配置， 0：弱 1：强
0x02C	TC_EN	12	RW	1'b0	温补功能开关
0x02C	TS_HYST	11	RW	1'b0	温度码的迟滞大小，

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					0：0.5℃ 1：1℃
0x02C	AGC_FRZ	9	RW	1'b0	AGC 功能的后台启动开关， 0：AGC 在后台运行 1：AGC 不在后台运行，但会在上电流程中强制执行一次
0x02C	AGC_DIS	8	RW	1'b0	AGC 功能的总开关。
0x02C	SET_AGC_CODE_F[3:0]	7:4	RW	4'b0	AGC_DIS=1 时，通过此寄存器定义主码道的 AGC_CODE
0x02C	SET_AGC_CODE_C[3:0]	3:0	RW	4'b0	AGC_DIS=1 时，通过此寄存器定义游标码道的 AGC_CODE
0x02D	DIAG_EN[15:0]	15:0	RW	16'b0	诊断报警功能的开关，分别对应 16 个报警位
0x02E	MAX_VEL[1:0]	15:14	RW	2'b0	速度报警阈值， 0：400Hz 1：200Hz 2：100Hz 3：600Hz 取消报警时，需要当前速度回到报警阈值的 75%以下，相当于有 25%的迟滞。
0x02E	DIAG_DEBN_SET[1:0]	11:10	RW	2'b0	报警位驱动 FAULT 引脚为有效电平时的防抖时间， 0：8ms 1：4ms 2：2ms 3：1ms
0x02E	DIAG_DEBN_CLR[1:0]	9:8	RW	2'b0	报警位驱动 FAULT 引脚恢复至无效电平时的防抖时间， 0：32ms 1：16ms

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					2：1ms 3：128ms
0x030	CTH_TS_HI[7:0]	15:8	RW	8'b0	温度报警上限
0x030	CTH_TS_LO[7:0]	7:0	RW	8'b0	温度报警下限
0x031	NVM_LOCK[15:0]	15:0	RW	16'b0	烧写特定值 0x9355 到此寄存器，EEPROM 会锁定。（只能读不能烧写）；该寄存器通过接口写入需要提前写好 ACCESS_KEY=0x99
0x033	OFFSET_NE_CAL[7:0]	15:8	RW	8'b0	游标微调参数，仅支持使用纳芯微编程器 PB800 写入
0x033	FAULT_POL	7	RW	1'b0	FAULT 脚的极性配置， 0：高电平有效（报错时） 1：低电平有效
0x033	DIAG_ENC_RST	6	RW	1'b0	当有任何一个报警位有效时， 0：ABZ/UVW 正常输出 1：ABZ/UVW 输出全 0
0x033	UART_EN	5	RW	1'b0	UART 通讯使能
0x033	UART_BIT	4	RW	1'b0	输出 bit 数配置， 0：23bit 1：17bit
0x033	NE_CAL_EN	2	RW	1'b0	使能 NE 校准， 1：开启 0：关闭
0x033	BAUDRATE	0	RW	1'b0	UART 波特率， 0：2.5Mbps 1：4Mbps
0x034	UART_ENID[7:0]	15:8	RW	8'b0	芯片 ENID
0x034	UART_SF_ENB[7:0]	7:0	RW	8'b0	Safety 功能使能位， 0：开启

Copyright © 2026, NOVOSENSE

					1：关闭
0x035~0x063	UART User Data(94bytes)	15:0	RW	16'b0	用户可用 UART 地址位
0x064	KCM_NE_CAL[7:0]	15:8	RW	8'b0	游标微调参数，仅支持使用纳芯微编程器 PB800 写入
0x064	KSM_NE_CAL[7:0]	7:0	RW	8'b0	游标微调参数，仅支持使用纳芯微编程器 PB800 写入
0x080	SOFT_RST[3:0]	15:12	RW	4’b0	写入'1001'时触发数字软件复位
0x081	NVM_KEY[7:0]	15:8	RW	8'b0	不同 NVM 操作前发起的 KEY 命令
0x081	NVM_CTRL[4:0]	4:0	RW	5'b0	指示不同的 NVM 操作功能
0x082	AUTO_CAL_KEY[7:0]	7:0	RW	8'b0	设置为 0xb5 时开启自校准；自校准的模式取决于 AUTO_CAL_MODE[1:0]，当所有自校准功能完成后清除该寄存器
0x083	NVM_PROG_START_ADDR[7:0]	15:8	RW	8'b0	EEPROM byte program 的起始地址
0x083	NVM_PROG_END_ADDR[7:0]	7:0	RW	8'b0	EEPROM byte program 的结束地址
0x085	CONF_MODE_REG[15:0]	15:0	RW	16'b0	写入 0x1EF1 则进入 EEP_CONF 状态； 写入 0xE10F 则退出 EEP_CONF 状态
0xA0	ANGLE_RB[21:6]	15:0	RO	16'b0	机械角度值
0xA1	ANGLE_RB[5:0]	15:10	RO	6'b0	机械角度值
0xA2	NVM_STA[7:0]	7:0	RO	8'b0	NVM 状态寄存器
0xA3	SPI_SERVICE_MODE	15	RO	1'b0	当 SPI 进入服务模式，该位置为 1
0xA3	CAL_STATE_R_F[1:0]	11:10	RO	2'b0	主码道简洁自校准判定标志位
0xA3	CAL_STATE_R_C[1:0]	9:8	RO	2'b0	游标码道简洁自校准判定标志位
0xA3	CAL_STATE_PV[1:0]	3:2	RO	2'b0	机械角度匀速自校准判定标志位
0xA3	CAL_STATE[1:0]	1:0	RO	2'b0	自校准判定标志位。
0xAF	CORDIC_RAD_F[16:1]	15:0	RO	16'b0	主码道经过 cordic 的幅度输出

Copyright © 2026, NOVOSENSE

0xB0	CORDIC_RAD_C[16:1]	15:0	RO	16'b0	游标码道经过 cordic 的幅度输出
0xC1	AUTO_CAL_RADF_ROT_CNT[7:0]	15:8	RO	8'b0	主码道简洁自校准已经经过的周期数
0xC1	AUTO_CAL_RADC_ROT_CNT[7:0]	7:0	RO	8'b0	游标码道简洁自校准已经经过的周期数
0xC5	AUTO_CAL_ROT_CNT_PV[7:0]	15:8	RO	8'b0	机械角度匀速自校准已经经过的周期数
0xC6	AGC_CODE_F[3:0]	15:12	RO	4'b0	AGC 模块输出到模拟电路的 AGC CODE(主码道)
0xC6	AGC_CODE_C[3:0]	11:8	RO	4'b0	AGC 模块输出到模拟电路的 AGC CODE(游标码道)
0xC6	AGC_FAULT_F[1:0]	5:4	RO	2'b0	主码道 AGC 报警输出， 0：AGC 范围正常 1：AGC code 已达最小值并试图继续减小（信号过强） 2：AGC code 已达最大值并试图继续增加（信号过弱）
0xC6	AGC_FAULT_C[1:0]	1:0	RO	2'b0	游标码道 AGC 报警输出， 0：AGC 范围正常 1：AGC code 已达最小值并试图继续减小（信号过强） 2：AGC code 已达最大值并试图继续增加（信号过弱）
0xC8	DIAG_CODE[15:0]	15:0	RO	16'b0	报警标志位

Copyright © 2026, NOVOSENSE

6.应用笔记

6.1. 典型应用电路

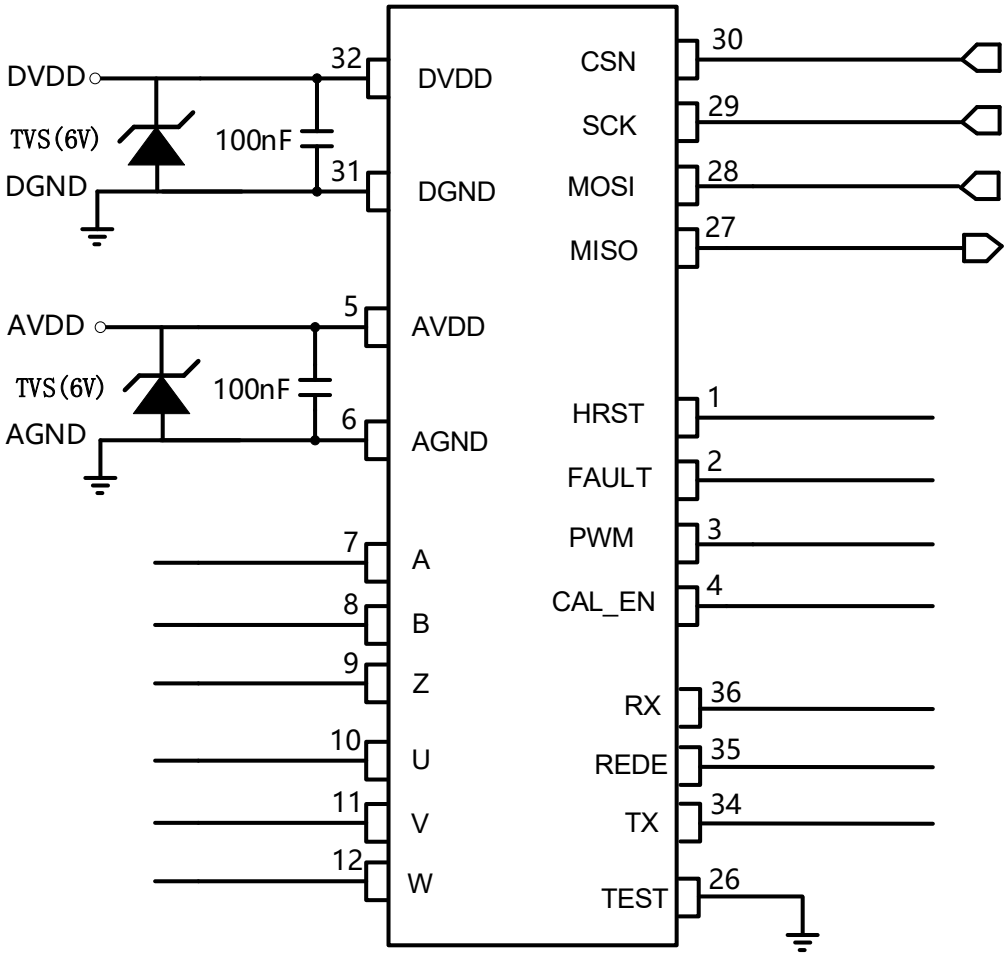
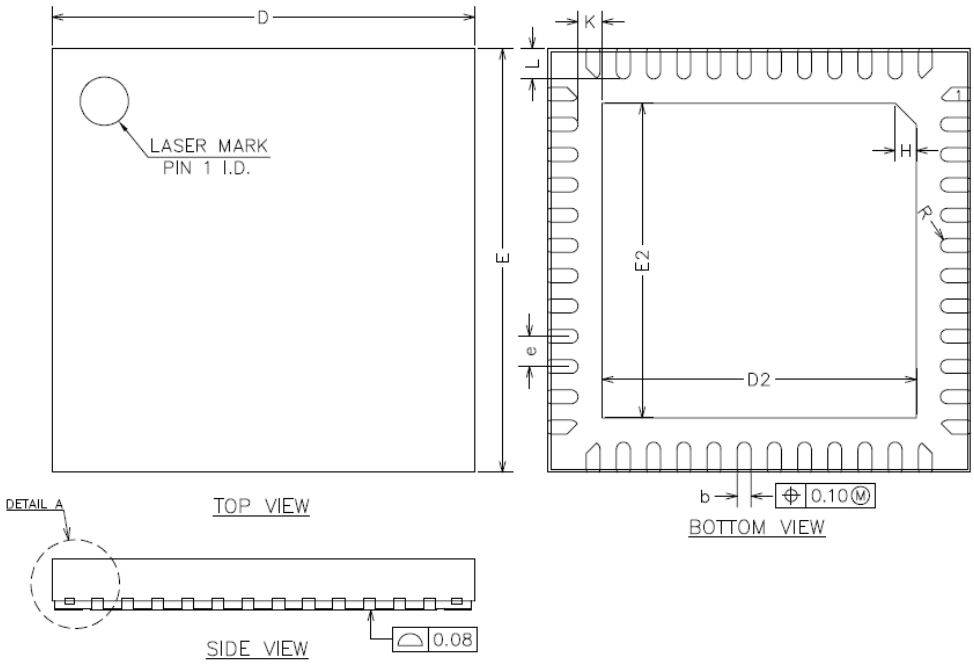


图-6.1：NSM3502 典型应用电路

7.封装信息

7.1. 封装形状与尺寸



COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	0.80	0.85	0.90
A1	0.00	0.02	0.05
A3		0.203REF	
b	0.18	0.23	0.28
D	6.90	7.00	7.10
E	6.90	7.00	7.10
D2	5.10	5.20	5.30
E2	5.10	5.20	5.30
e		0.50 BSC	
K	0.20	–	–
L	0.45	0.50	0.55
H		0.35REF	
R	0.09	–	–
SCW	0.01	–	0.11
SCD	0.08	–	0.18

图-7.1：NSM3502 封装形状与尺寸图

7.2. 贴片焊接建议

IPC/JEDEC J-STD-020 标准中的分级回流焊温度曲线用于表面贴装器件的封装分级判定。图-7.2 所示为回流焊炉各温区对应的关键温度与时间参数。在预热阶段，电路板与器件逐步升温至焊膏中助焊剂开始活化的温度范围。回流焊曲线的峰值温度（Tp）应在器件封装顶部进行测量。

Copyright © 2026, NOVOSENSE

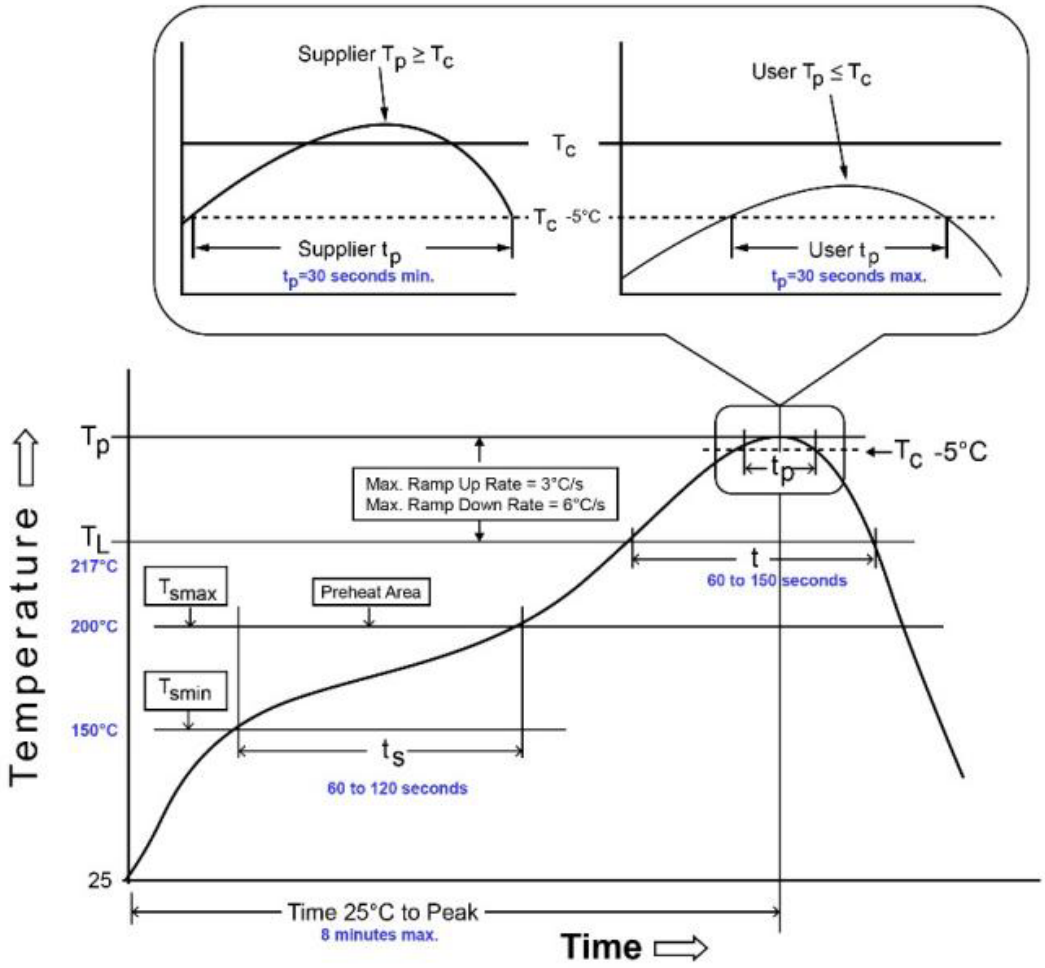


图-7.2：分级判定回流曲线示意（非按比例）

8.订货信息

可订购型号	标准包装数量（SPQ）	最小订购数量（MPQ）	封装类型/引脚数	工作温度范围	湿敏等级（MSL）	器件丝印标识	环保合规计划
NSM3502-IND-Q1QWAR	1000	1000	QFN48-7*7	-40 to 125°C	3	NSM 3502 XXXXXX	RoHS &REACH
NSM3502-STD-Q1QWAR	1000	1000	QFN48-7*7	-40 to 125°C	3	NSM 3502 XXXXXX	RoHS &REACH

Copyright © 2026, NOVOSENSE

9.编带和卷盘信息

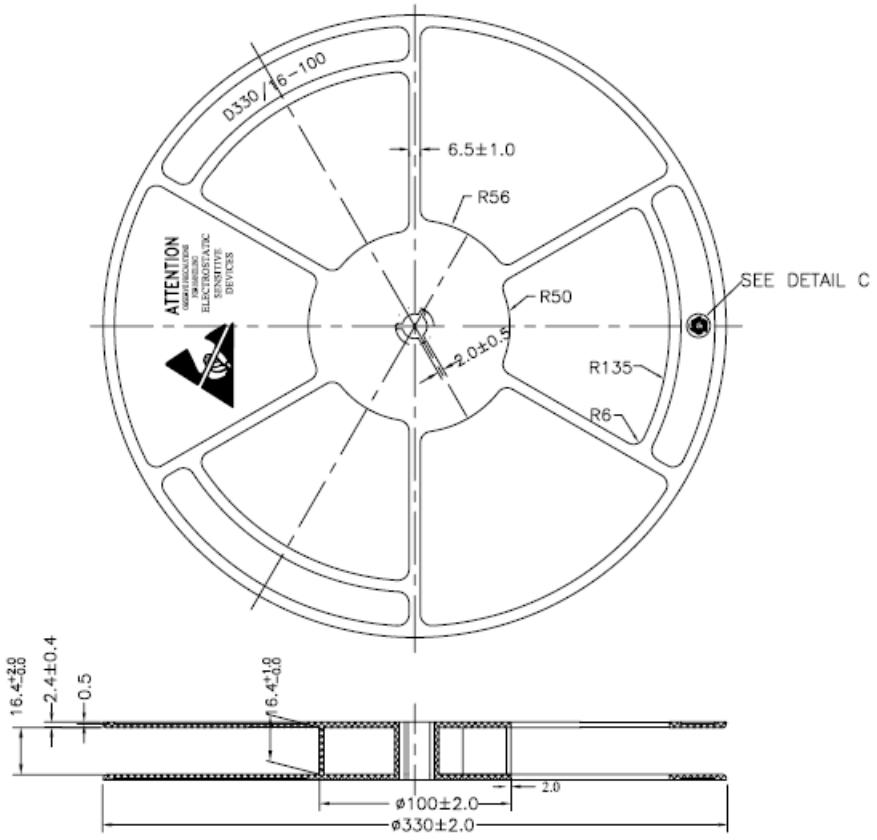


图-9.1：卷盘信息图

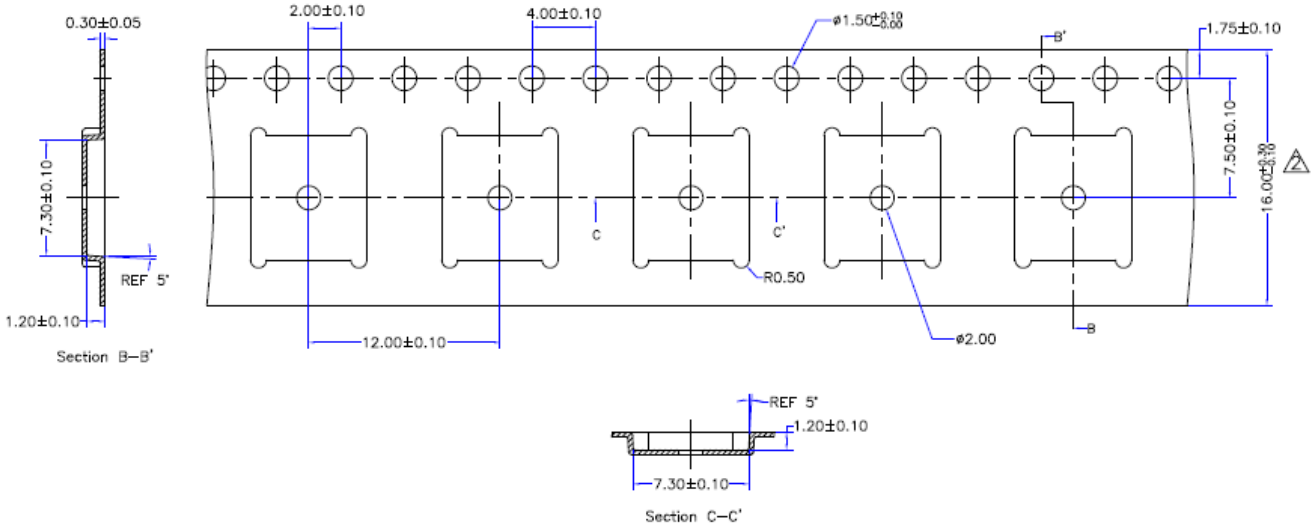


图-9.2：编带信息图

10. 修订历史

版本	描述	日期
V1.0	正式版发布	2026.9.16

Copyright © 2026, NOVOSENSE

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（ www.novosns.com ）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有