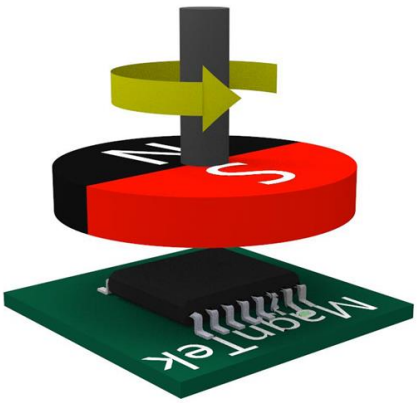
MT6835

21位高分辨率、高精度磁性角度编码器IC

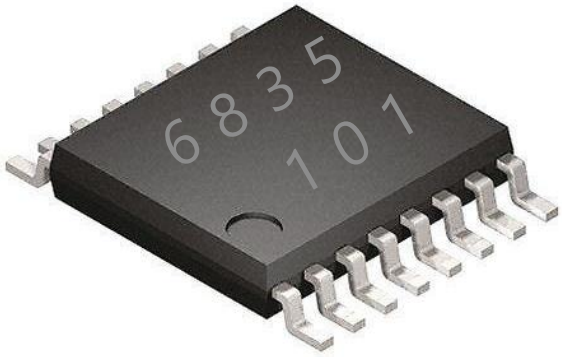
特性和优势

- 基于先进的AMR各向异性磁阻技术，0~360°绝对角度位置检测
- 21位核心角度分辨率，支持最高120,000转/分钟的转速
- 角度输出延时2微秒~10微秒
- 提供客户端的自动非线性校准模式，无数据交互、自动计算补偿，实现<±0.07°的INL
- -40~125℃ 温度范围内均可工作
- 可同时支持增量ABZ、增量UVW、 PWM绝对值和4线SPI总线输出
- 增量ABZ输出支持1~16,384脉冲/圈，任意整数分辨率客户可编程
- 增量UVW输出支持1对极~16对极任意整数对极客户可编程
- 内置3.3V~5.0V 均可编程的EEPROM



应用

- 绝对角度位置传感器
- 直流无刷电机控制
- 伺服电机控制
- 闭环步进电机控制



概述

MT6835是麦歌恩微电子推出的新一代基于先进的各向异性磁阻（AMR）技术的高速高精度角度编码器芯片。该芯片内部集成了互成45°摆放的两对AMR惠斯通电桥组成的敏感元件以及高性能的专用信号处理电路。由于AMR器件在用作角度测量应用的时候工作于饱和区（饱和磁场为300高斯），实际工作时，芯片只对平行于芯片表面的磁场的方向变化做出响应，而与磁场强度无关。因此MT6835在使用过程中，对于磁铁本身的加工误差以及磁铁和芯片的安装距离误差要求相对较低。

MT6835提供替代传统光电编码器的增量ABZ输出接口，增量输出最大分辨率为16384脉冲/圈或者是65536步/圈；同时MT6835也提供了增量UVW输出，分辨率支持1~16对极/圈。

MT6835提供了4线SPI接口，供上位机或者MCU来读取芯片内部的21位绝对角度数值。同时单线输出的PWM也可提供分辨率为12位的绝对角度数据。

MT6835的核心性能提升在于提供了客户端方便的自校准模式，通过自校准模式可以补偿由于磁铁的不理想、结构安装的偏差所带来的各种

目录

特性和优势.....1
应用.....1
概述.....1
1 引脚定义.....3
2 芯片功能框图.....4
3 极限参数.....5
4 正常工作条件.....5
5 电气性能参数.....6
6 外加磁场参数.....9
7 输出模式.....10
7.1 I/O引脚功能配置.....10
7.2 参考电路.....11
7.3 正交A、B和零位Z信号输出(ABZ 模式).....12
7.4 UVW输出模式.....17
7.5 脉宽调制(PWM)输出模式.....18
7.6 SPI接口.....19
7.6.1 SPI参考电路.....19
7.6.2 SPI时序.....20
7.6.3 SPI协议.....21
7.6.4 SPI单字节读寄存器.....22
7.6.5 SPI单字节写寄存器.....22
7.6.6 SPI烧录EEPROM.....23
7.6.7 SPI自动设置零点寄存器.....24
7.6.8 SPI单字节读角度数据.....25
7.6.9 SPI连续读角度数据.....26
8 设置零点寄存器并烧录进EEPROM.....27
9 校准.....28
9.1 出厂基础校准.....28
9.2 客户端自校准.....29
9.3 客户端非线性校准.....30
10 寄存器表.....31
11 磁铁安装要求.....38
12 机械角度和方向.....39
13 封装信息.....40
14 版权和申明.....41
15 版本信息.....42

1. 引脚定义

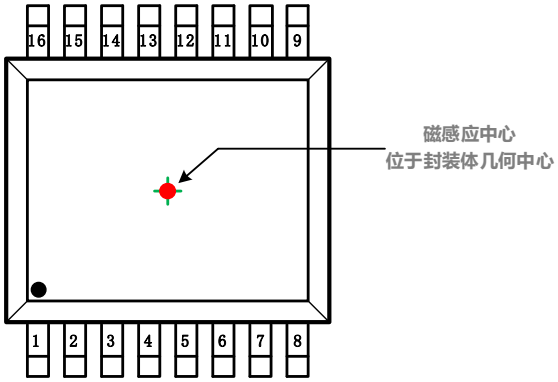


图-1: MT6835 TSSOP-16封装外观图

引脚列表

引脚名称	序号	引脚类型	描述
U	1	数字输出	增量U信号或者-A信号输出
V	2	数字输出	增量V信号或者-B信号输出
W	3	数字输出	增量W信号或者-Z信号输出
CAL_EN	4	数字输入	客户端自校准使能控制脚
MISO	5	数字输出	SPI数据总线，MT6835上行输出数据
MOSI	6	数字输入	SPI数据总线，MT6835输入接收数据
SCK	7	数字输入	SPI时钟
CSN	8	数字输入	SPI使能控制脚
VDD	9	电源	3.3~5.0V供电电源
OUT	10	数字输出	PWM输出
TEST	11	模拟输入	工厂测试用管脚（仅供麦歌恩使用）
VSS	12	地	地
TEST_EN	13	数字输入	工厂测试使能管脚（仅供麦歌恩使用）
Z	14	数字输出	增量输出Z信号
B	15	数字输出	增量输出B信号
A	16	数字输出	增量输出A信号

型号列表

型号	描述
MT6835GT-STD	基础型号
MT6835GT-M5F	AB=2500线，Z=2Lsb, UVW=5对极，带宽最大

MT6835为TSSOP-16封装, 管装 (60颗/管）或卷盘编带（3000颗/卷），该TSSOP-16封装为湿敏3级（MSL-3）器件 。

2. 芯片功能框图

MT6835是一颗基于先进的AMR磁感应技术和先进的信号处理技术的角度传感器芯片，它能够感应平行于芯片表面的磁场方向变化并输出相应的角度值。如图-2所示，芯片内集成的两对AMR惠斯通电桥会随着外加磁场的方向变化，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、校准和求解角度的运算；计算得到的绝对值数字量角度数据可经SPI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。

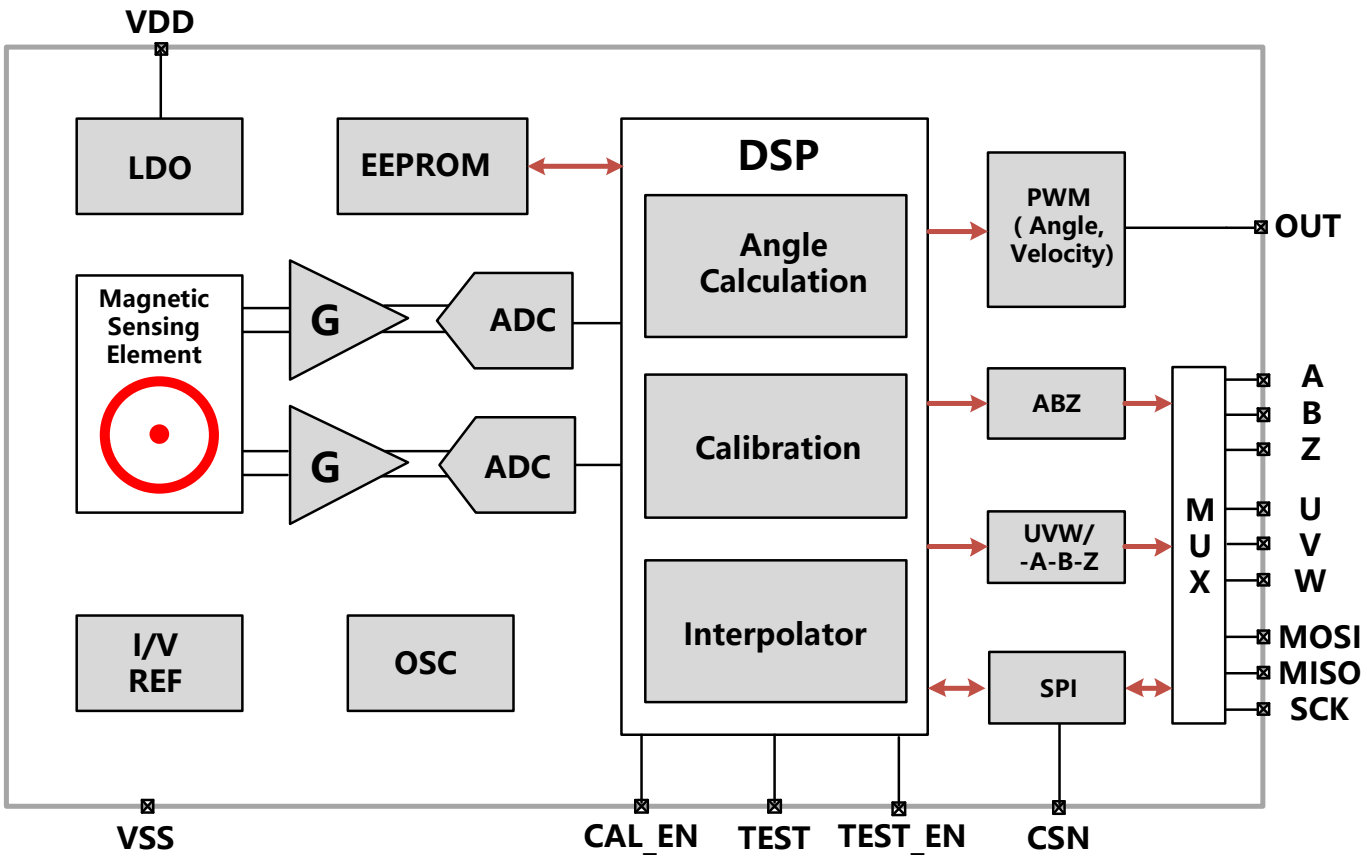


图-2：芯片功能框图

3. 极限参数(非正常工作条件)

以下所标称的芯片极限承受条件，不是芯片的正常工作条件范围，而是确保芯片不被损坏的极限条件。任何超过“极限条件”所罗的列参数情况，将可能导致芯片的永久性损坏。

参数	最小值	最大值	单位	说明
电源电压	-0.5	6.5	V	
管脚输入电压范围	-0.5	VDD	V	ABZ, UVW, MISO, MOSI, SCK, CSN, TEST_EN, OUT, CAL_EN, TEST管脚
管脚输出电流	-20	20	mA	ABZ, UVW, OUT, MISO管脚
存储温度	-40	150	℃	
防闩锁能力（闩锁输入电流）	-	±100	mA	参考规范：AEC-Q100-004
静电防护能力（人体放电模式）	-	±8.0	kV	参考规范：AEC-Q100-002
静电防护能力（元件充电模式）	-	±1.5	kV	参考规范：AEC-Q100-011

4. 正常工作条件

参数	最小值	最大值	单位
电源电压	3.0	5.5	V
磁场强度	30	1,000	mT
转速	-	120,000	RPM(转/分钟)
工作温度	-40	125	℃

5. 电气性能参数

除非特殊说明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压4.5~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

参数	描述	条件	最小值	典型	最大值	单位
VDD	电源电压	-	3.0	3.3~5.0	5.5	V
Idd	芯片工作电流	-	15	22	28	mA
LSB	最小分辨率 (ABZ模式)	N步每圈	-	360°/N	-	°
INL	出厂校准后的积分非线性	**注释[1]**	-	±0.5	±1.0	°
	客户端自校准后的积分非线性	**注释[2]**		±0.07		°
DNL	差分非线性（图-3）	@2500脉冲ABZ模式	-	±0.005	-	°
TN	瞬态噪声（ABZ模式）	在25℃下； 寄存器'BW' =5	-	0.0015	-	°rms
Hyst	迟滞窗口	多档可编程	-	0.011	-	°
T_{PwrUp}	系统上电准备时间（图-7）	电源上电<100微秒	-	64	-	ms
T_{Delay}	系统延时	匀速情况下	-	10	-	us
T_{ST}	阶跃响应时间	寄存器 'BW' =5	-	100	-	us

注释[1]: 这里的典型值，是在25℃磁铁和芯片没有偏心的情况下得到的。而最大值是在-40~125℃全温范围内，在最大的芯片和磁铁的允许间隙（AG）以及最大允许的偏心（DISP）情况下测到的。

注释[2]: 关于客户端自校准的具体描述，请参考第9章。

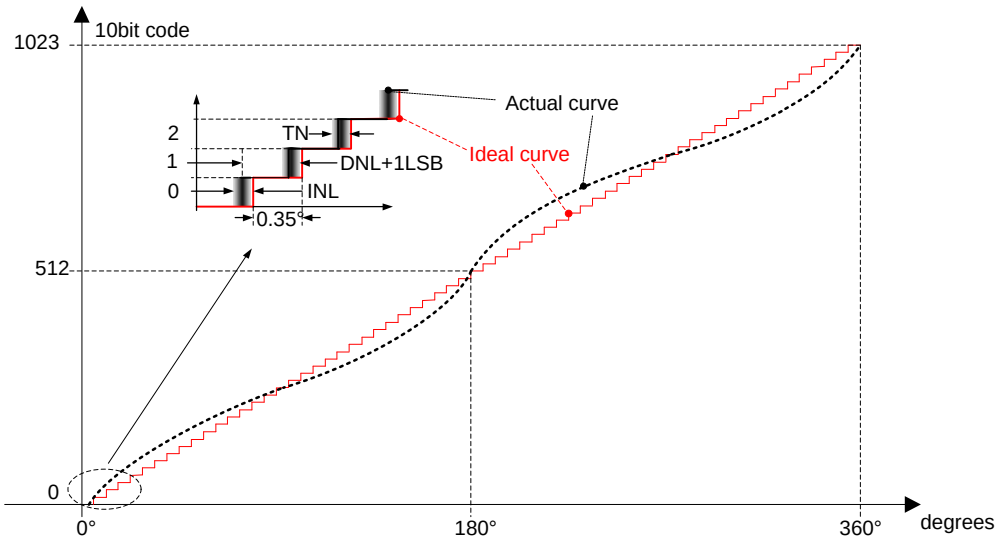


图-3：INL, DNL，瞬态噪声图示（ABZ 10位分辨率模式下）

● ABZ 输出参数

除非特殊说明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压4.5~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

参数	描述	条件	最小	典型值	最大	单位
AB_{RES}	AB分辨率	可编程	1	-	16,384	脉冲/圈
AB_{Freq}	A或B频率	注释(3)	-	-	2.048	MHz

注释(3): AB编码输出的频率AB_{Freq}是转速RS和AB分辨率AB_{RES}的乘积。 所以，当AB分辨率配置为最高的16,384脉冲/圈时，系统可支持的最高转速为：

$$RS_{MAX} = \frac{AB_{Freq}}{AB_{Res}} = \frac{2.048MHz}{16,384} = 125Hz = 7,500RPM$$

MT6835输出AB波形的最大频率实际上可以>2MHz，但是超过2MHz后，输出AB信号的INL就会下降。

● PWM 输出参数

除非特殊说明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压4.5~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

参数	描述	条件	最小	典型值	最大	单位
F_{PWM}	PWM频率	可编程	-8%	497或994	+8%	Hz
T_{Rise}	上升沿时间	负载C_L=1nF	-	-	1	us
T_{Fall}	下降沿时间	负载C_L=1nF	-	-	1	us

● EEPROM 电气性能

除非特殊说明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压4.5~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
VDD	擦写和读取时的供电电压	3.0	-	5.5	V
Endurance	擦写次数	1,000	-	-	次
Retention	数据保存时间@150℃	10	-	--	年

● 通用数字I/O特性

除非特殊说明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压4.5~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IH}	数字I/O输入逻辑高电平 (CSN, MOSI, CLK, CAL_EN)	-	0.8*VDD	-	-	V
V_{IL}	数字I/O输入逻辑低电平 (CSN, MOSI, CLK, CAL_EN)	-	-	-	0.2*VDD	V
V_{OH}	数字I/O输出逻辑高电平 (ABZ, UVW, MISO，OUT)	推挽输出 (@Iout=-2mA)	VDD-0.4	-	-	V
V_{OL}	数字I/O输出逻辑低电平 (ABZ, UVW, MISO, OUT)	推挽输出 (@Iout=2mA)	-	-	0.4	V
T_{Rise}	上升沿时间	C_L=20pf	-	-	50	ns
T_{Fall}	下降沿时间	C_L=20pf	-	-	50	ns

6. 外加磁场参数

除非特别注明，否则以下所有参数均为芯片工作在电源电压3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内，外加1对极径向充磁的圆柱形磁铁的情况。

参数	说明	条件	最小	典型值	最大	单位
Dmag	磁铁直径	推荐直径10mm的1对极径向充磁磁铁	-	10	-	mm
Tmag	磁铁厚度	推荐磁铁厚度2.5mm	-	2.5	-	mm
Bpk	输入磁场大小（平行于芯片表面的水平方向）	在芯片表面测得的	30	-	1,000	mT
AG	间隙	芯片表面和磁铁的距离	-	1.0	3.0	mm
RS	转速		-	-	120,000	RPM(转/分钟)
DISP	偏心	磁体中心和芯片感应中心的偏差（如图-4）	-	-	0.3	mm
TCmag1	磁铁的温度系数	钕铁硼磁铁	-	-0.12	-	%/℃
TCmag2		钐钴磁铁	-	-0.035	-	

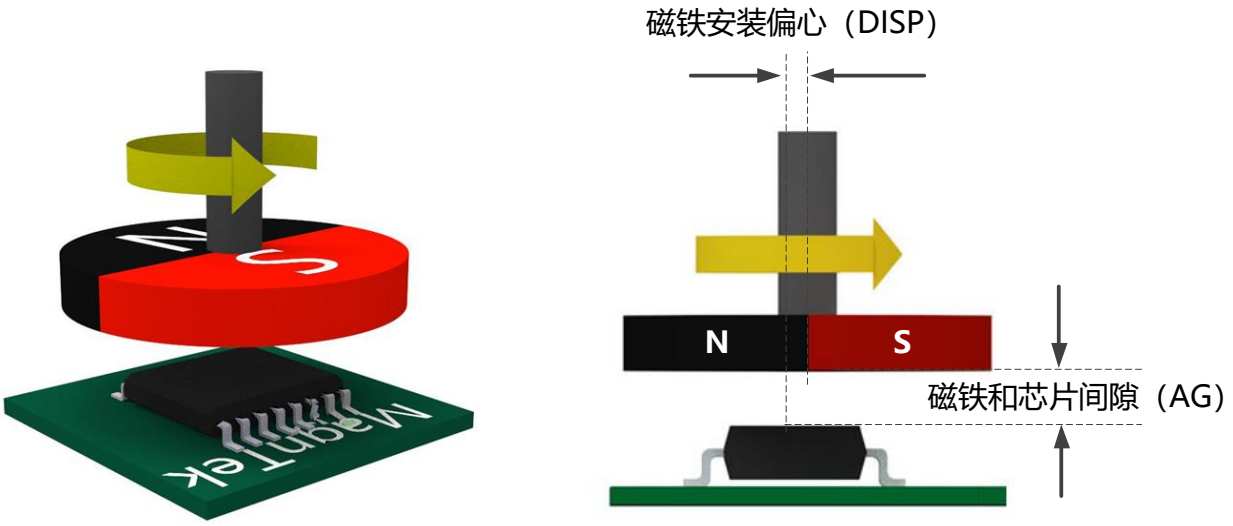


图-4: 磁铁的安装

7. 输出模式

MT6835直接在对应的引脚输出ABZ，UVW和PWM信号，同时21位的绝对角度数据可以通过4线SPI的专用引脚读取。

7.1 I/O引脚功能配置

MT6835提供的ABZ单端、ABZ差分，UVW、PWM以及SPI接口的引脚配置如下表

I/O 引脚配置表

引脚序号	UVW+SPI+PWM+ABZ	-A-B-Z+SPI+PWM+ABZ
1	U	-A
2	V	-B
3	W	-Z
5	MISO	MISO
6	MOSI	MOSI
7	SCK	SCK
8	CSN	CSN
10	OUT(PWM)	OUT(PWM)
14	Z	Z
15	B	B
16	A	A

7.2 参考电路

MT6835芯片由单一电源供电（3.3~5.0V），推荐在芯片电源和地引脚之间接一个不小于0.1uf的去耦电容。为了更好的抗EMC表现，我们强烈推荐在芯片电源和地之间接一个TVS管。默认推荐参考电路如图-5（客户端不做自校准）。MT6835，Pin.4（CAL_EN）和Pin.13（TEST）有内置的250KΩ下拉电阻。

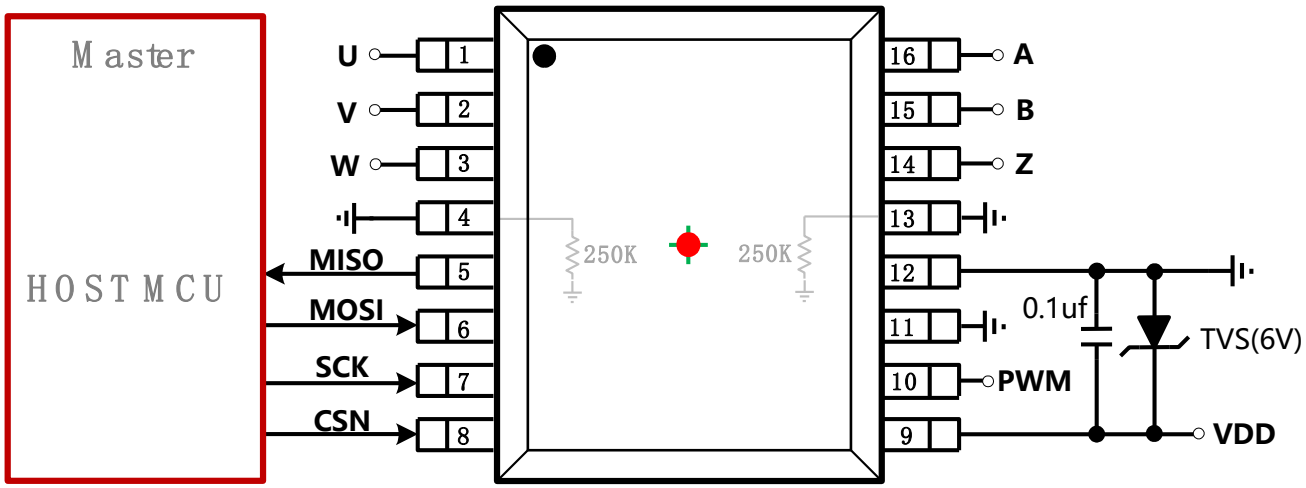


图-5: 参考电路（客户端不做自校准）

客户端如需做自校准，请参考下面图-6中推荐的参考电路，关于客户端自校准的操作请参考9.2章节。

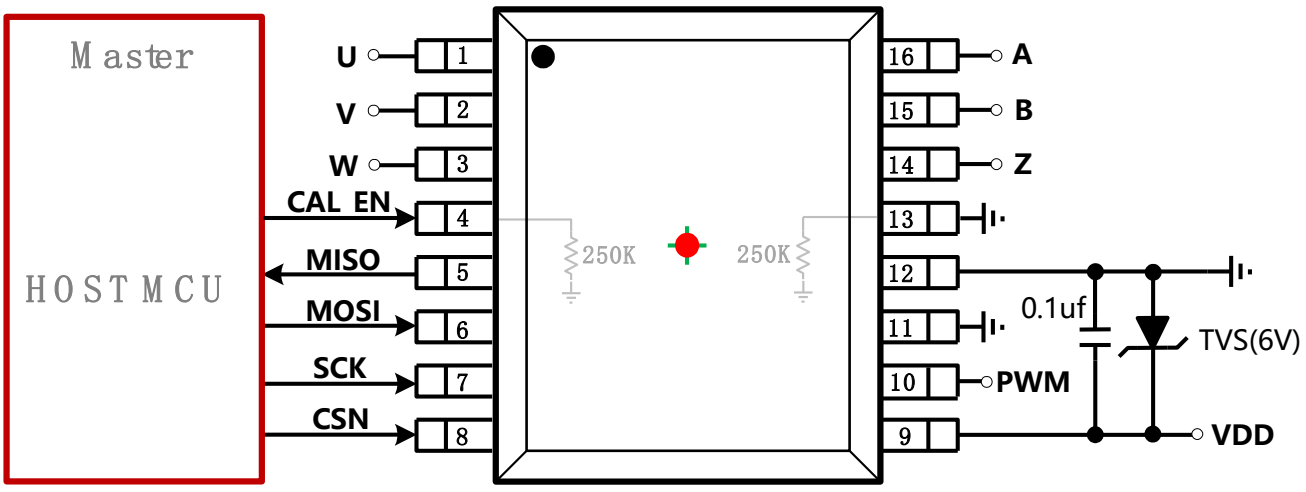


图-6: 参考电路（客户端做自校准）

7.3 正交A、B和零位Z信号输出(ABZ模式)

如图-7所示，当位于芯片正上方的磁铁（俯视）逆时针（CCW）转动时，B信号的上升沿领先于A信号的上升沿1/4周期，反之当顺时针（CW）转动时，A信号的上升沿领先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。在芯片上电以后的64ms以内是没有任何ABZ信号输出的，64ms以后，芯片才会输出稳定正确的ABZ信号。

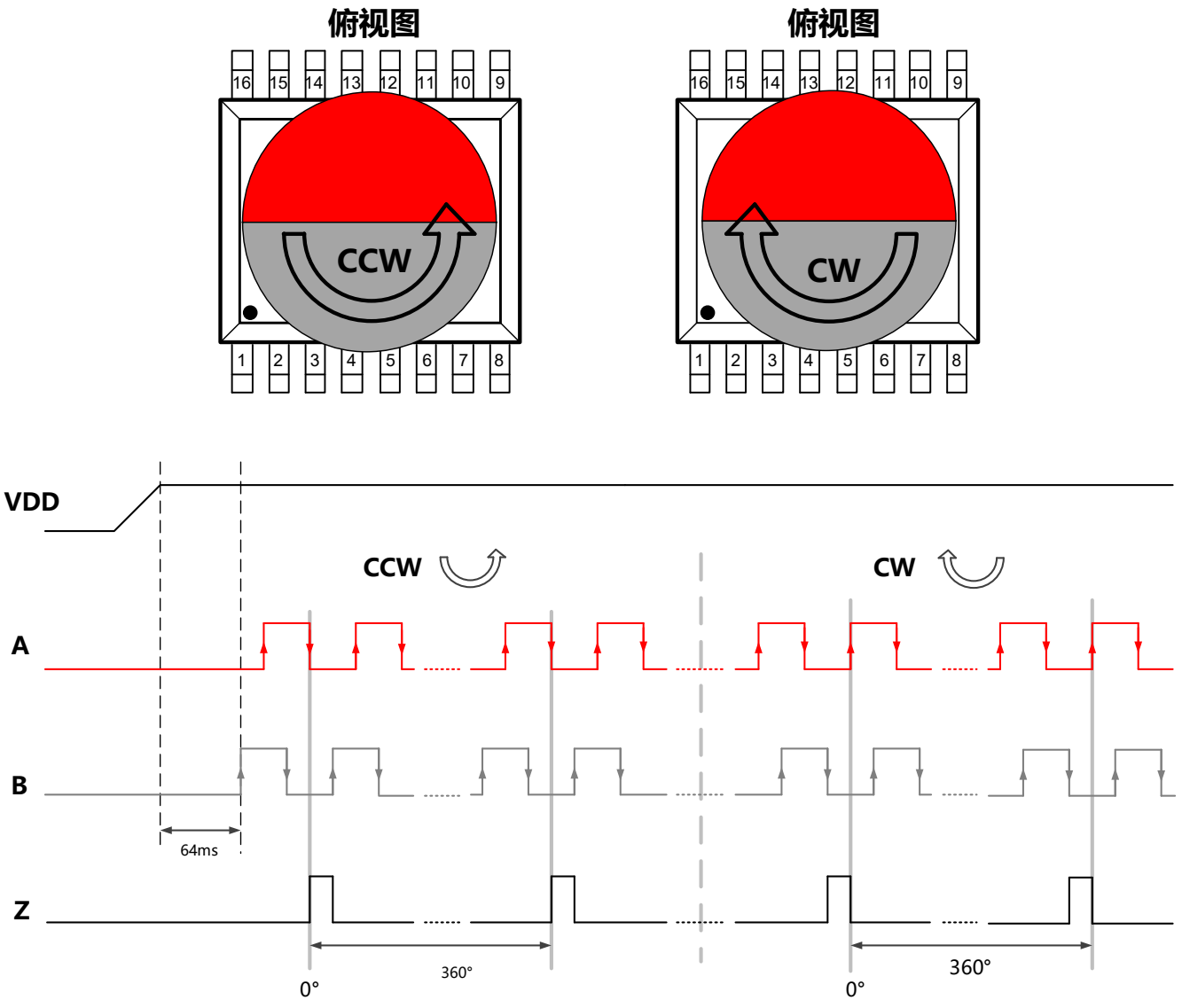


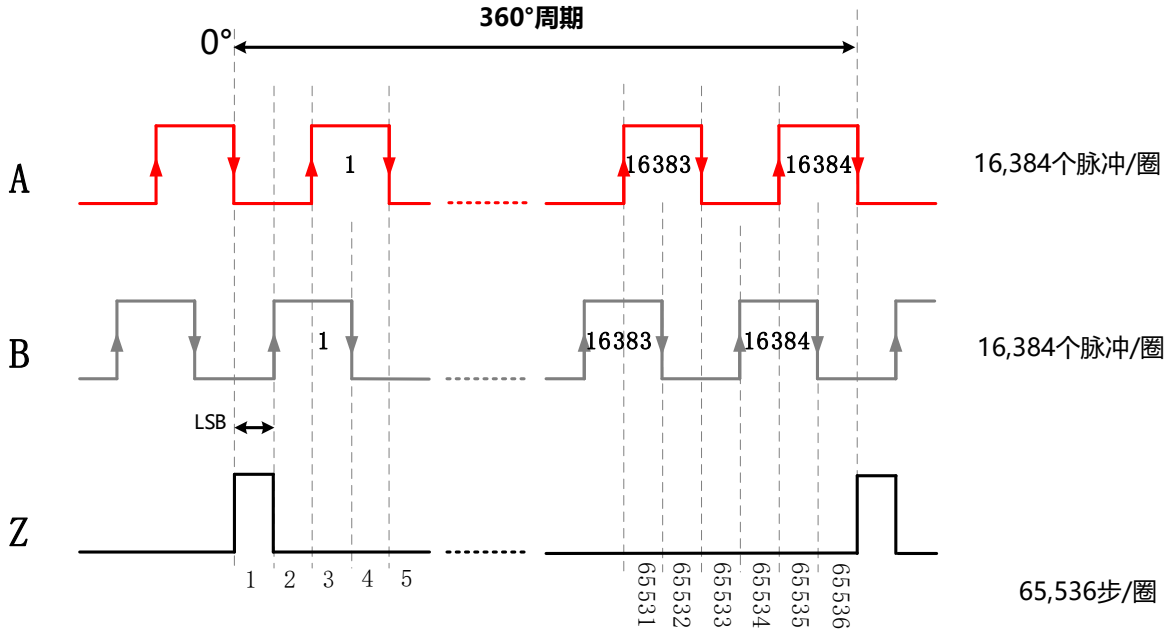
图-7: ABZ输出模式

转动方向寄存器‘ROT_DIR’(EEPROM)

Reg. ROT_DIR	转动方向
0x0	磁铁在芯片上方逆时针转动（俯视）B领先A
0x1	磁铁在芯片上方顺时针转动（俯视）B领先A

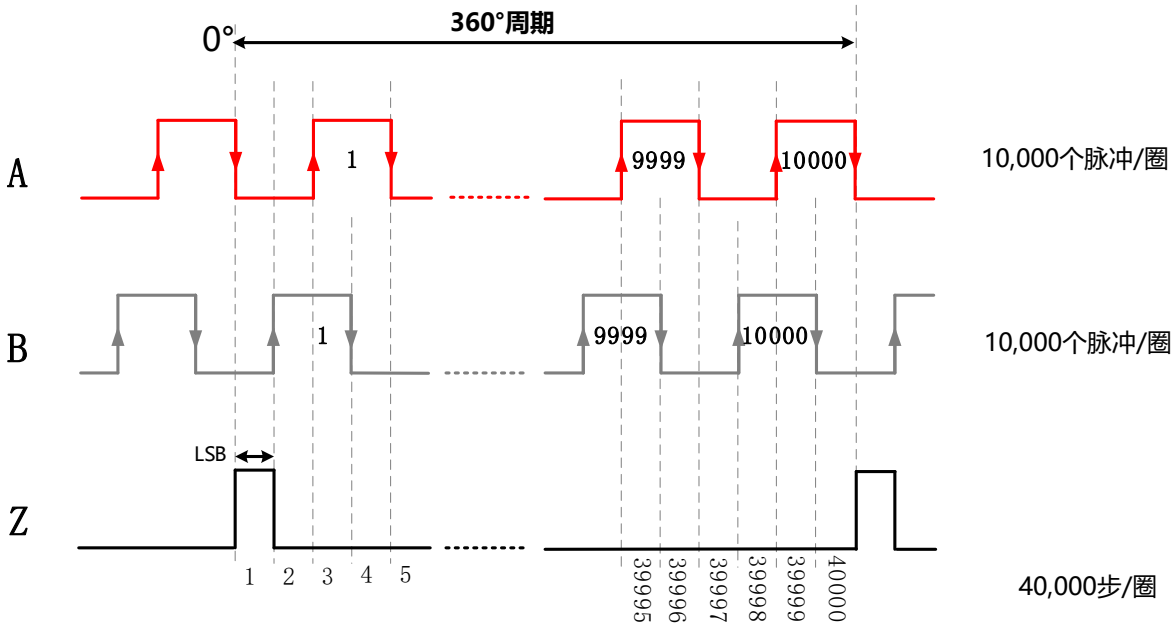
‘ROT_DIR’转动方向寄存器，对所有角度输出（ABZ，UVW，PWM，SPI）都起作用

MT6835的ABZ输出，提供1~16,384脉冲/圈任意整数分辨率给客户自由编程。关于ABZ输出分辨率常用的单位：位、步/圈、脉冲/圈的互相对应关系如图-8和图-9所示。



16位分辨率=2^{16} 个LSB（最小分辨率单位）=65,536 步=16,384脉冲

图-8: ABZ输出分辨率=16位=16,384脉冲/圈



10,000脉冲=40,000 步

图-9: ABZ 输出分辨率=10,000脉冲/圈

ABZ输出分辨率由一个14比特位宽的寄存器‘ABZ_RES[13:0]’来定义;

ABZ分辨率寄存器‘ABZ_RES[13:0]’(EEPROM)

Reg. ABZ_RES[13:0]	ABZ分辨率 (脉冲/圈)
0x0000	1
0x0001	2
0x0002	3
. . .	. . .
0x3FFC	16,381
0x3FFD	16,382
0x3FFE	16,383
0x3FFF	16,384

输出Z信号代表着角度绝对零位。Z信号的角度位置通过12比特的Z信号位置寄存器可自由编程；Z信号宽度都是可以根据用户需要在1、2、4、8、16个LSB或者60°，120°，180°这些档位中进行选择编程。Z信号每圈（配合一对极充磁磁铁工作）只出现一次。

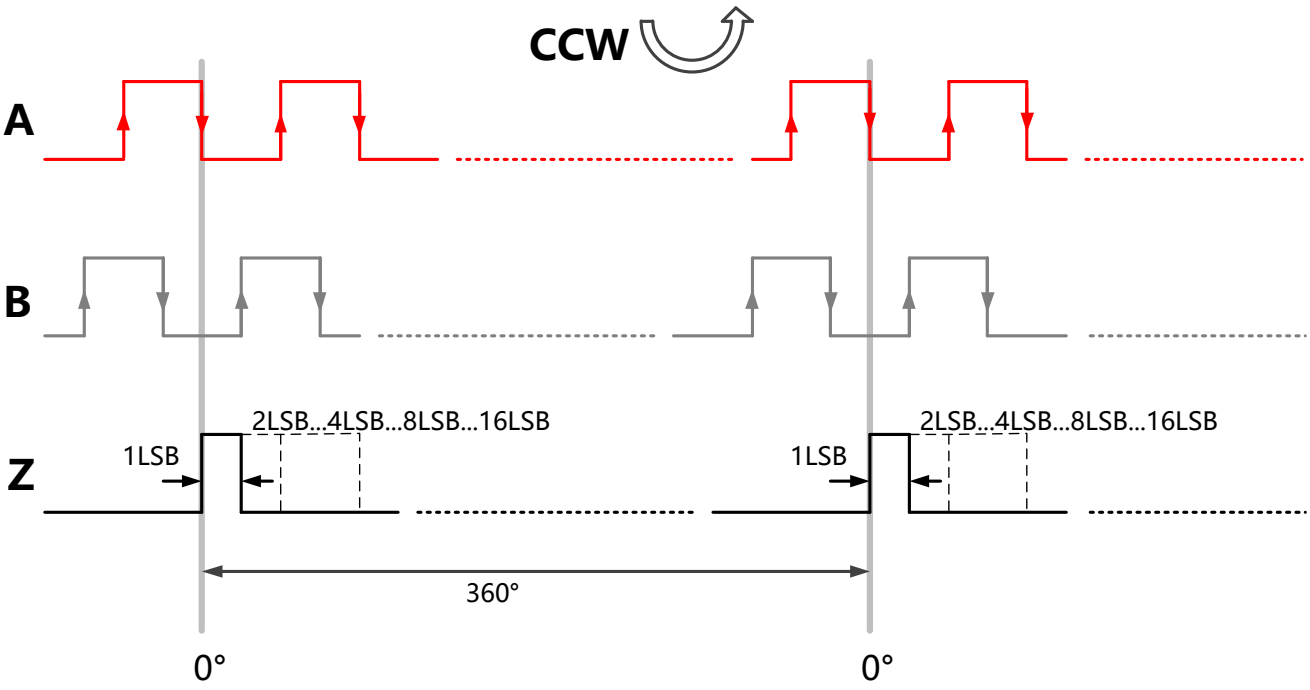


图-10: Z信号宽度=1、2、4、8、16LSBs示意图

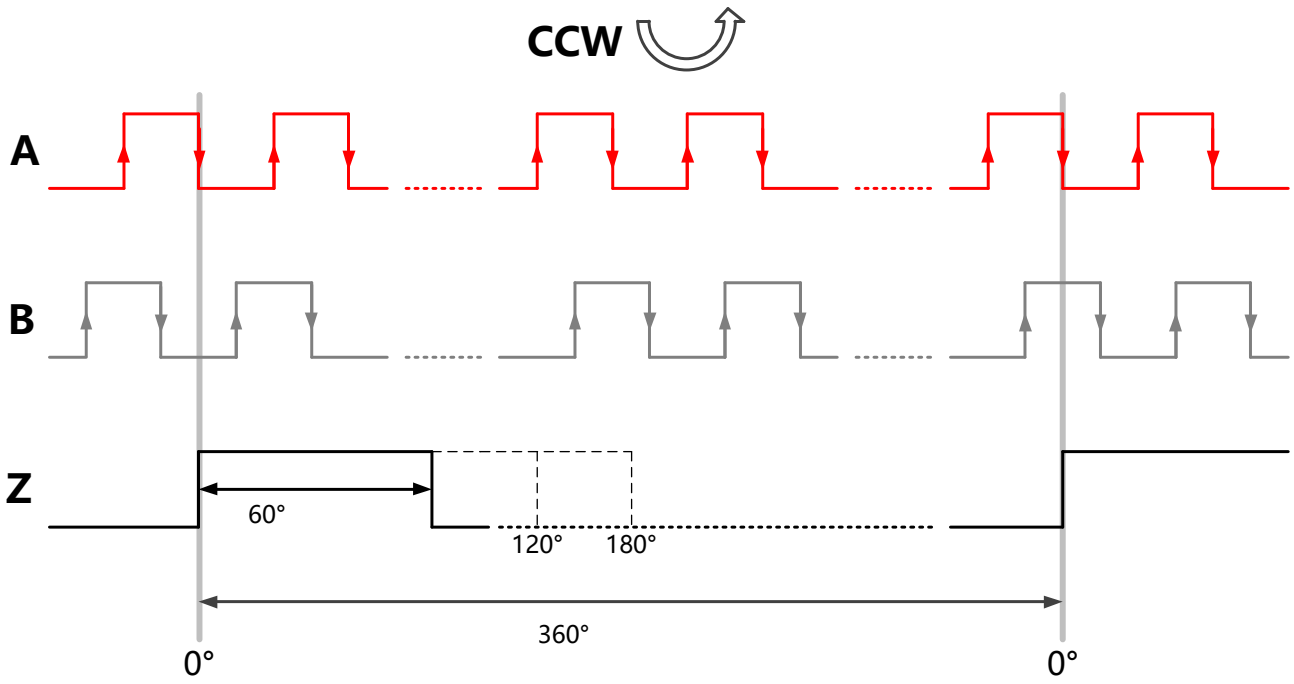


图-11: Z信号宽度=60°、120°、180°示意图

Z信号的宽度由一个3比特位宽的寄存器‘Z_PUL_WID[2:0]’来定义，具体真值表如下;

Z信号宽度寄存器‘Z_PUL_WID[2:0]’（EEPROM）

Reg. Z_PUL_WID[2:0]	宽度 (LSB或度)	Reg. Z_PUL_WID[2:0]	宽度 (LSB或度)
0x0	1	0x4	16
0x1	2	0x5	60°
0x2	4	0x6	120°
0x3	8	0x7	180°

Z信号的绝对角度位置由一个12比特位宽的寄存器‘ZERO_POS[11:0]’；

Z信号角度位置寄存器‘ZERO_POS[11:0]’（EEPROM）

Reg. ZERO_POS[11:0]	绝对角度(度)
0x000	0
0x001	0.088
0x002	0.176
⋮	⋮
0xFFE	359.824
0xFFF	359.912

MT6835的Z信号相对于AB信号的相位，也可以由2比特位宽的 ‘Z_PHASE[1:0]’ 寄存器进行编程控制，如图-12所示。

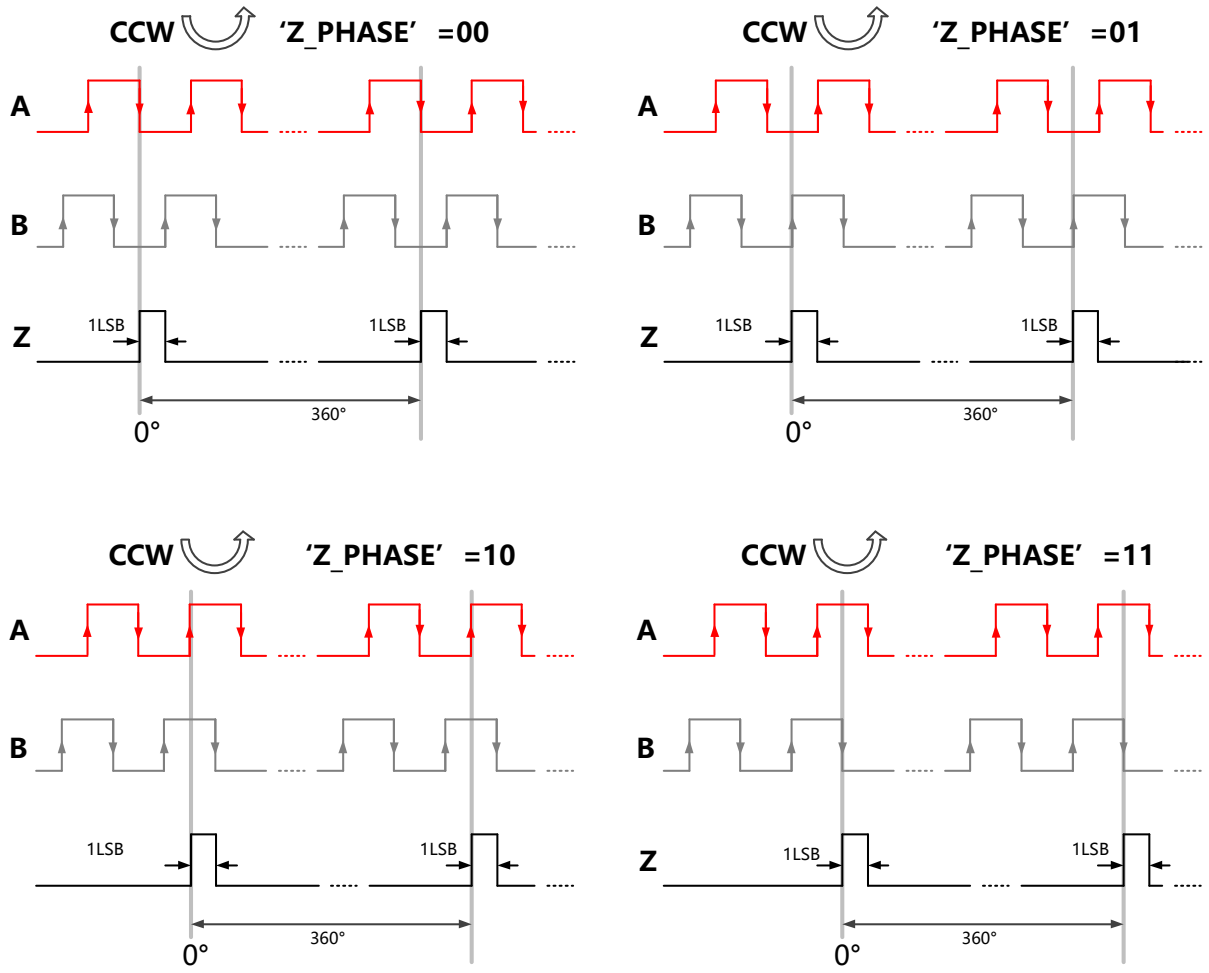


图-12: Z脉冲相位在寄存器 ‘ROT_DIR’ =0 、 ‘SWAP_AB’ =0、 ‘Z_EDGE’ =0时的示意图

MT6835的Z脉冲的上升沿/下降沿和绝对0°的关系由寄存器 ‘Z_EDGE’ 控制。

Z脉冲沿控制寄存器 ‘Z_EDGE’ (EEPROM)

Reg. Z_EDGE	描述
0x0	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

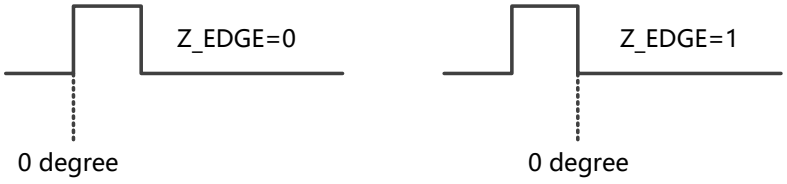


图-13: Z 脉冲的沿和零位的关系

7.4 UVW输出模式

MT6835提供互成120°的UVW输出，用以替代传统三颗开关霍尔进行的电机换相控制。UVW输出如图-14所示。每一圈的UVW对极数可以由用户在1对极/圈~16对极/圈之间编程选择。

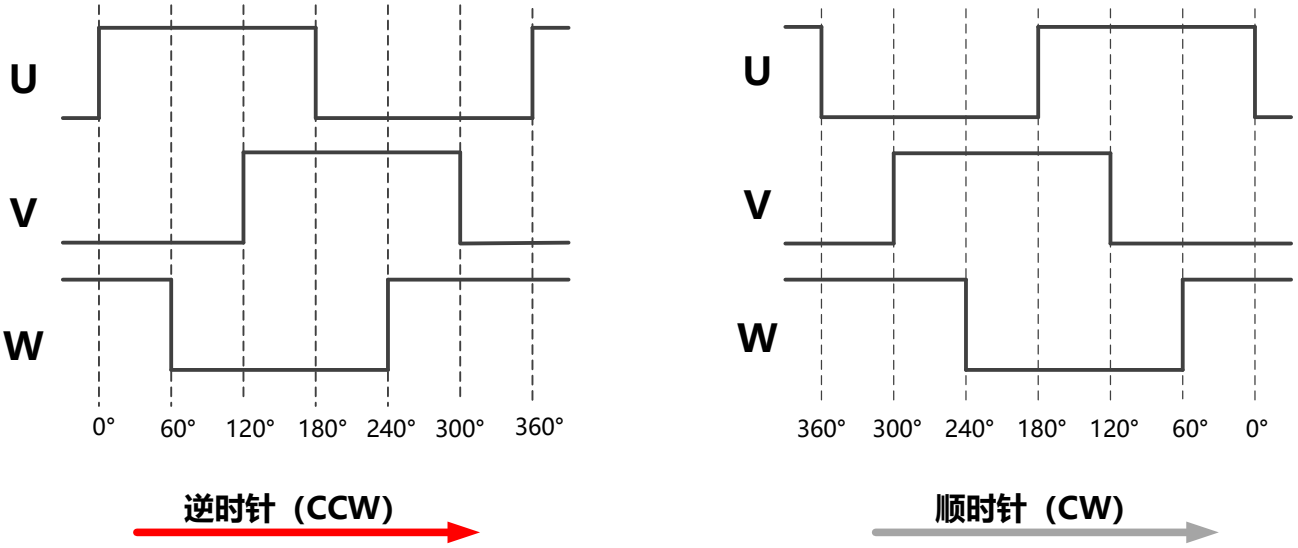


图-14: UVW输出波形

UVW分辨率对极数寄存器 'UVW_RES' (EEPROM)

Reg. UVW_RES[3:0]	UVW 对极数（对极/圈）
0x0	1
0x1	2
0x2	3
0x3	4
0x4	5
0x5	6
0x6	7
0x7	8
0x8	9
0x9	10
0xA	11
0xB	12
0xC	13
0xD	14
0xE	15
0xF	16

7.5 PWM输出模式

MT6835除了提供增量ABZ模式和UVW模式，还同时提供了单线的12比特绝对值PWM输出模式如图-15所示。PWM输出是引脚10的默认输出形式。

如图-15所示的PWM输出， PWM整个周期包含了4119个最小时钟周期。整个周期以固定的16个最小时钟周期的高电平开始，以固定的8个最小时钟周期的低电平结束，中间是总长度是4095个最小时钟周期的12比特角度数据（全0代表0°，全1代表359.x°）。PWM的最小时钟周期默认配置是244纳秒，也可以根据客户需要更改为488纳秒。

MT6835除了可以通过PWM输出12比特的绝对角度数据外，还可以输出12比特的速度数据。

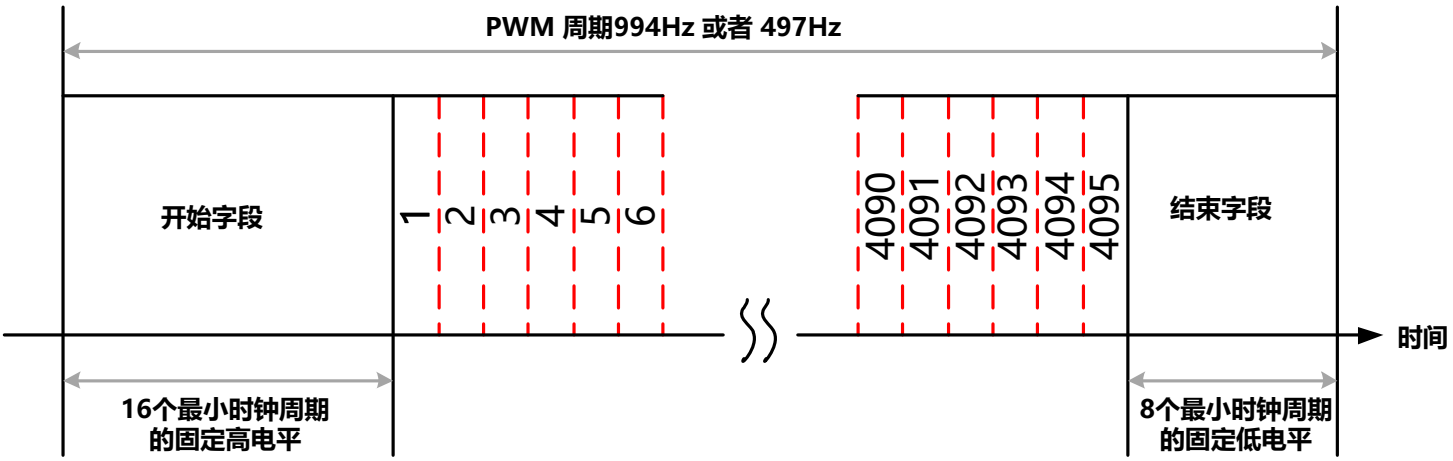


图-15: PWM输出

PWM频率选择寄存器‘PWM_FQ’(EEPROM)

Reg. PWM_FQ	PWM频率
0x0	994 Hz
0x1	497 Hz

PWM输出内容选择寄存器‘PWM_SEL[2:0]’(EEPROM)

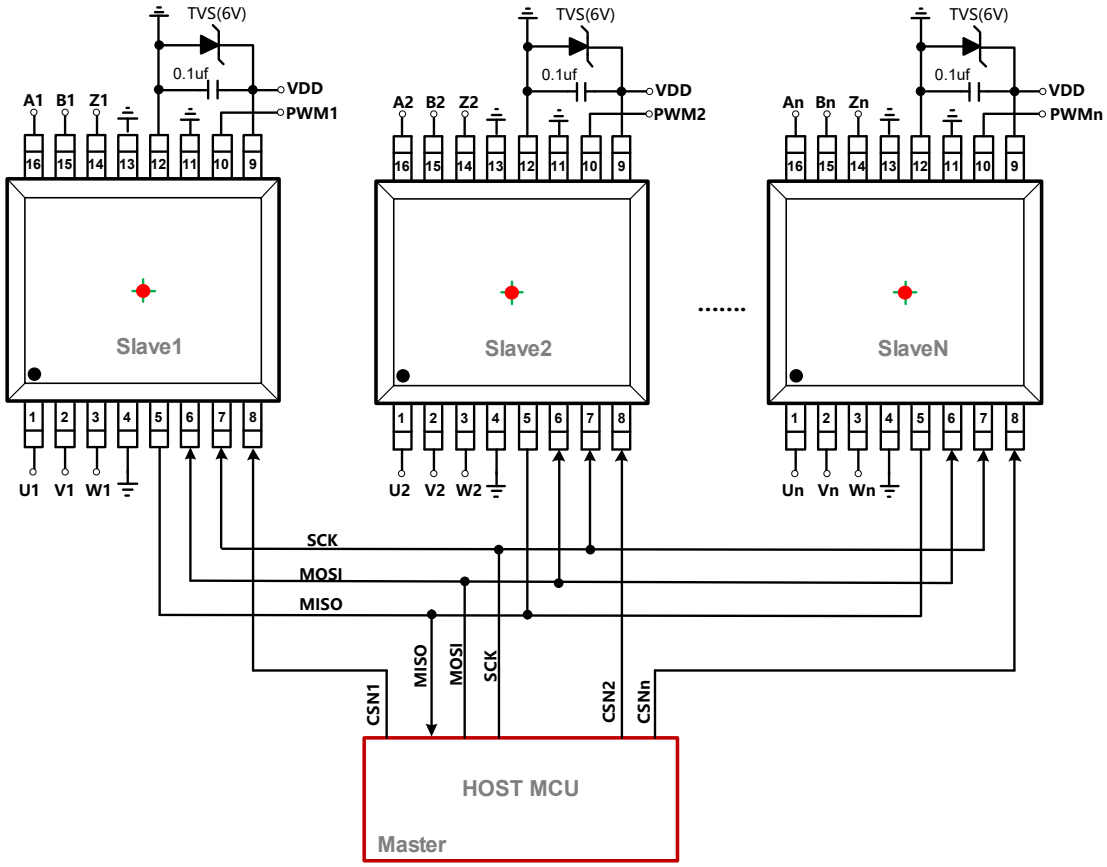
Reg. PWM_SEL[2:0]	PWM输出数据选择
0x0	12比特绝对角度
0x2	12比特速度
其他	出厂测试专用

7.6 SPI接口

MT6835提供了4线SPI接口，用户可以通过SPI接口读取芯片内部的21位绝对角度数据，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。

7.6.1 SPI接口参考电路

如图-16展示了多颗MT6835并联使用SPI接口的参考电路图，单颗MT6835的参考电路请参见图-5和图-6。



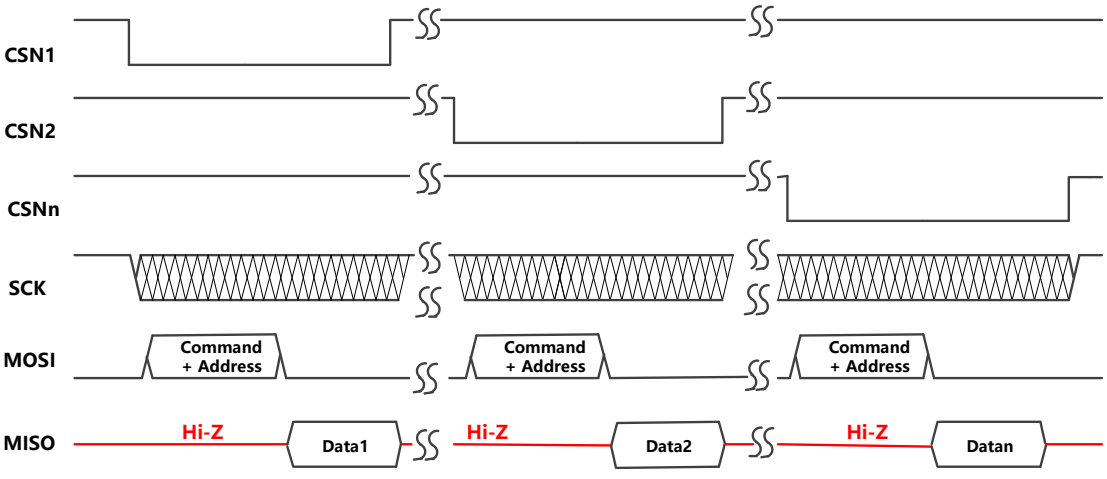


图-16: 4线SPI参考电路（多芯片并联）

7.6.2 SPI时序

MT6835的SPI使用模式3（CPOL=1，CPHA=1）传输数据。如图-17所示，数据传输开始于CSN的下降沿，结束于CSN的上升沿，MT6835在时钟上升沿采样数据。

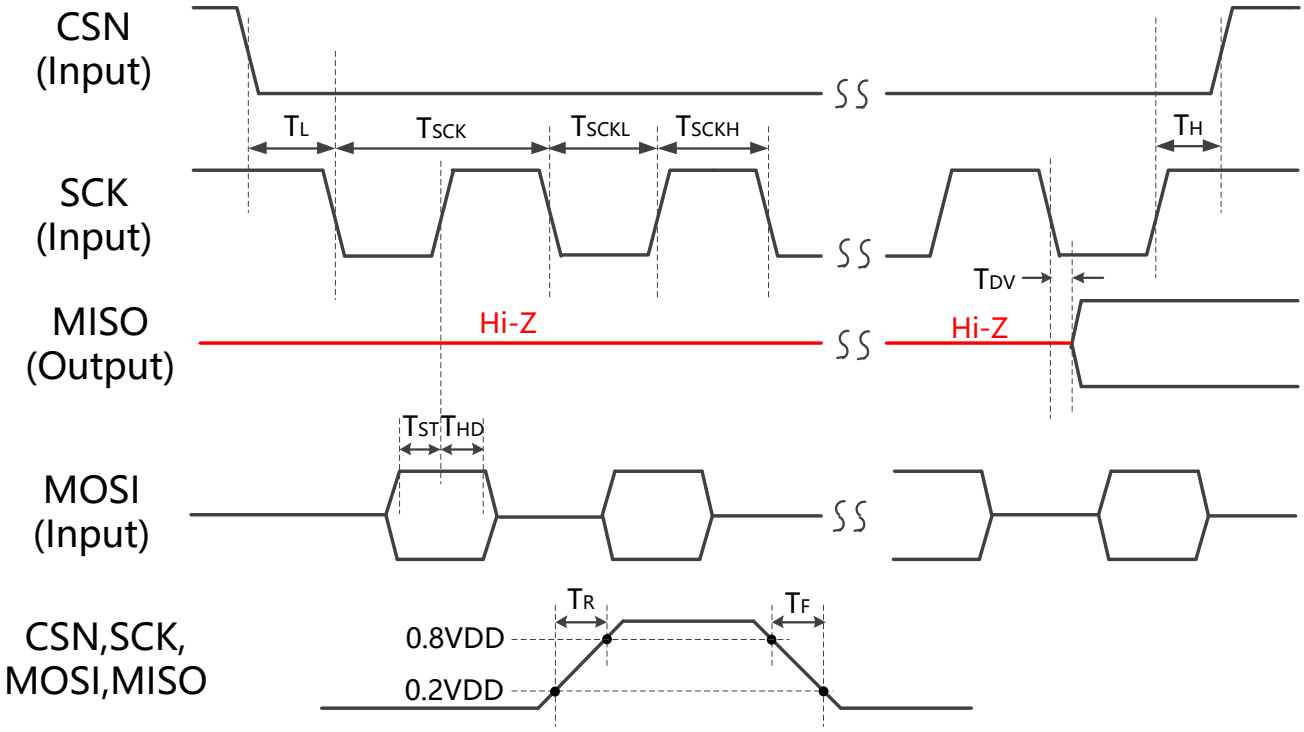


图-17: SPI时序图

SPI时序参数

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
T_L	CSN下降沿到第一个时钟SCK下降沿的延时	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	SCK时钟最后一个上升沿到CSN上升沿的延时	0.5•T_{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

7.6.3 SPI协议

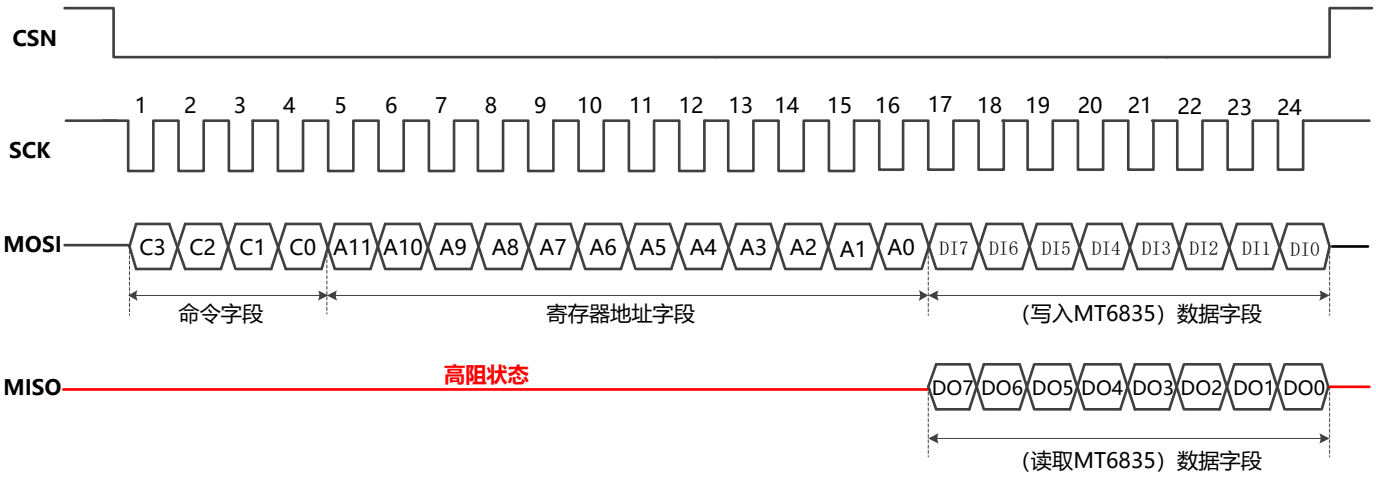


图-18: 4线SPI协议时序

如图-18所示，MT6835的SPI通信由CSN使能信号控制；CSN的下降沿激活SPI通信，CSN的上升沿结束SPI通信。SCK时钟信号由上位机发送给MT6835，MT6835最高可支持16MHz的SPI通信时钟，在非通信状态下，请保持SCK为高电平； MOSI（上位机输出、MT6835输入）和MISO（上位机输入、MT6835输出）是SPI接口的两路数据信号，数据都是在时钟信号SCK的下降沿发生改变，所以推荐使用SCK时钟信号的上升沿对数据进行采样； ‘MISO’ 信号在非输出时将始终保持Hi-Z高阻状态。

比特1~4： SPI命令字段C3~C0真值表

C3~C0	命令操作	说明
0011	读寄存器	读MT6835寄存器的命令
0110	写寄存器	写MT6835寄存器的命令
1100	烧录EEPROM	将MT6835寄存器的值烧录进EEPROM（所有相关寄存器一起操作）
0101	自动设置零点寄存器	自动将当前的角度值写入零点寄存器（将当前位置设置为零点）
1010	连续读角度寄存器	连续读角度寄存器
其他	-	-

比特 5~16： A11~A0是12比特位宽的寄存器地址，具体请参见第10章寄存器表；

比特17~24： 在写寄存器模式下，DI7~DI0是上位机写入到MT6835的8比特位宽的数据；

在读寄存器模式下，DO7~DO0是从MT6835读到的8比特位宽的数据；

7.6.4 SPI单字节读寄存器

单字节读取MT6835内部的寄存器，使用SPI命令 C3~C0= ‘0011’ ，相关寄存器地址A11~A0及其真值表请参见第10章。

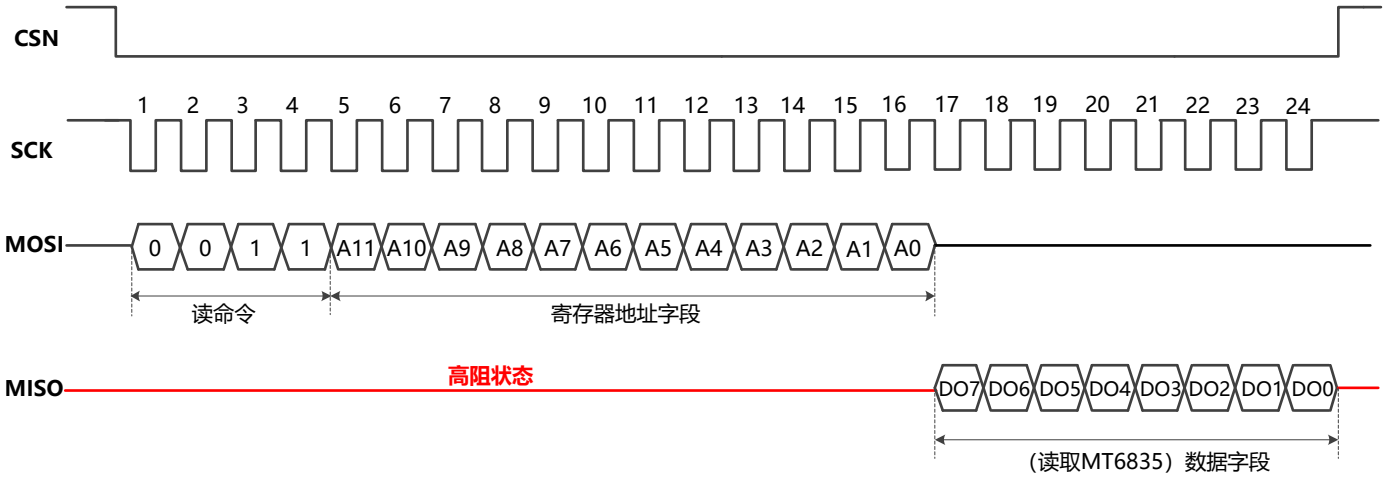


图-19: SPI单字节读寄存器

7.6.5 SPI单字节写寄存器

单字节写MT6835内部的寄存器，使用SPI命令 C3~C0= ‘0110’ ，相关寄存器地址A11~A0及其真值表请参见第10章。

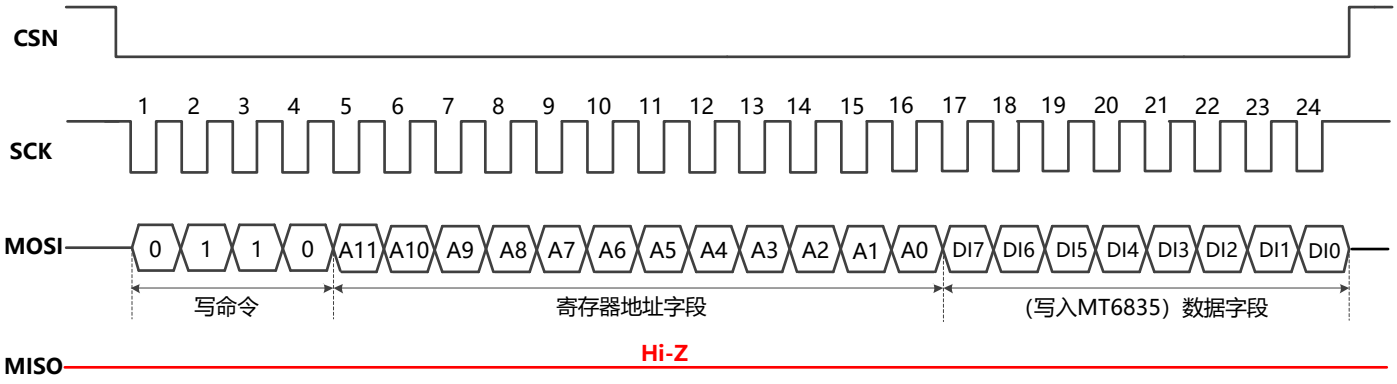


图-20: SPI单字节写寄存器

7.6.6 SPI烧录EEPROM

如图-21所示，对EEPROM进行烧录，请使用SPI命令 C3~C0= ‘1100’ ，后面12位地址位全部输入 ‘0’ 。MT6835如果正确接收到了该指令，会在MISO数据线上返回0x55的确认码，如返回任何其他值，均表示指令接收失败。此命令一旦执行，所有在EEPROM中有映射地址的相关寄存器的数值都会被写入EEPROM。EEPROM烧录指令发出后，**请等待至少6秒**，再给芯片断电，否则烧录可能会失败。

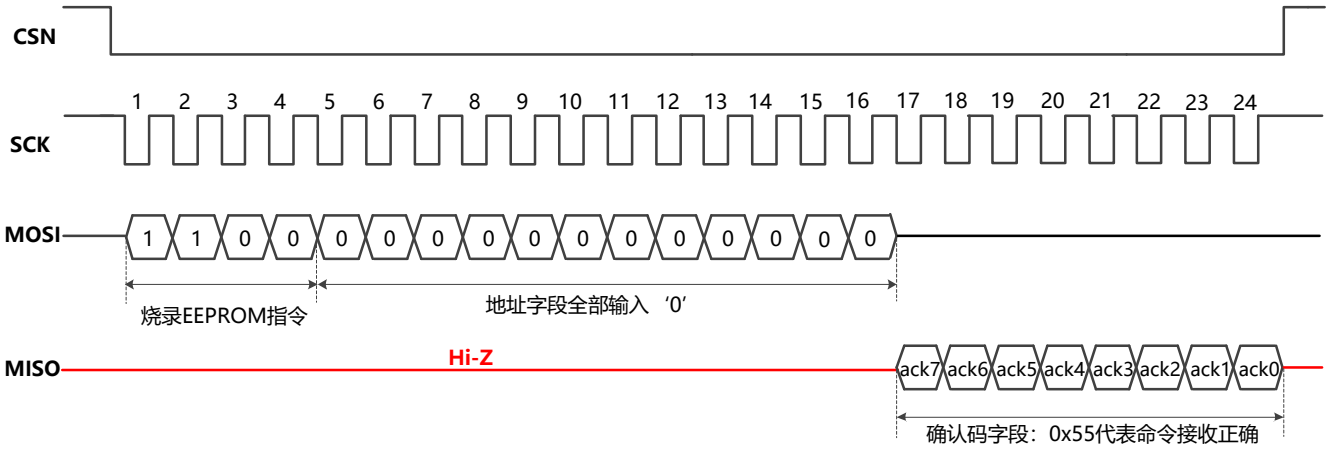


图-21: SPI烧录EEPROM操作

MT6835的寄存器表和EEPROM的关系如图-22所示，不是所有寄存器表中的数据都被映射到EEPROM里去的，只有那些需要被存储保存的数据才被设计定义成可以存入EEPROM的，具体请参见第10章有关寄存器的描述。每次芯片上电，存储在EEPROM的数据都会自动的导入到对应的寄存器表地址中去，之后可以由客户自由通过SPI指令修改相应寄存器中的数值，如果这些客户想保存这些被修改的寄存器值，可利用SPI烧录EEPROM的指令将其保存到EEPROM中。

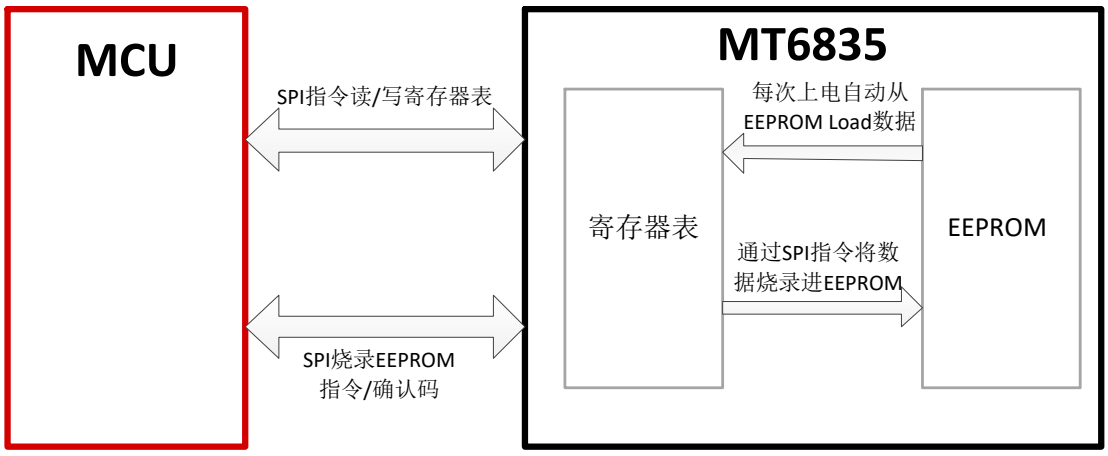


图-22: 寄存器表和EEPROM关系

7.6.7 SPI 自动设置零点寄存器

MT6835提供了SPI自动设置当前角度到零点寄存器的专用指令如图-23所示，使用SPI命令C3~C0= ‘0101’，后面12位地址字段全部输入‘0’。MT6835如果正确接收到了该指令，会在MISO数据线上返回0x55的确认码，如返回任何其他值，均表示指令接收失败。注意该操作只是将当前的角度位置自动的写入’ZERO_POS[11:0]’寄存器，并没有烧录在EEPROM里，如果需要将此数据烧录进EEPROM里（设置完零点后，**至少等待1ms再烧录**），请参考7.6.6章节中烧录EEPROM的操作。

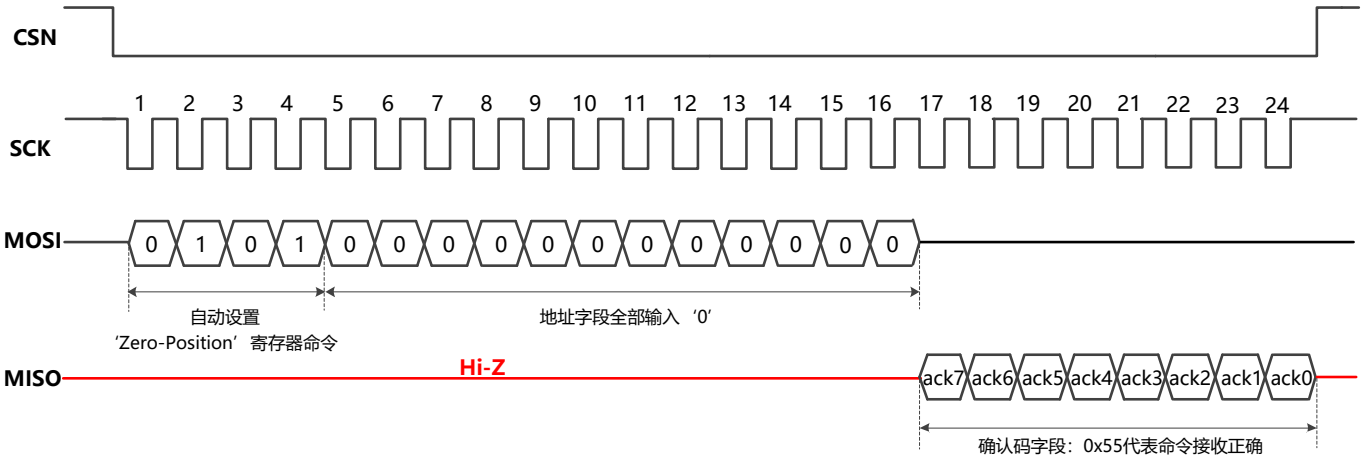


图-23: SPI 自动设置零点寄存器命令操作

7.6.8 SPI单字节读取角度数据

用户可以按照图-24所示的SPI指令，分字节（每次SPI通信只读取一个字节的数据）将21位绝对角度数据通过SPI从MT6835芯片中读取出来。MT6835提供给客户外部锁存当前角度数据的机制，当SPI通信的片选信号CSN的下降沿被MT6835检测到的瞬间，内部角度寄存器0x003~0x006的数据就被锁存住了，直到这些数据被读取走。

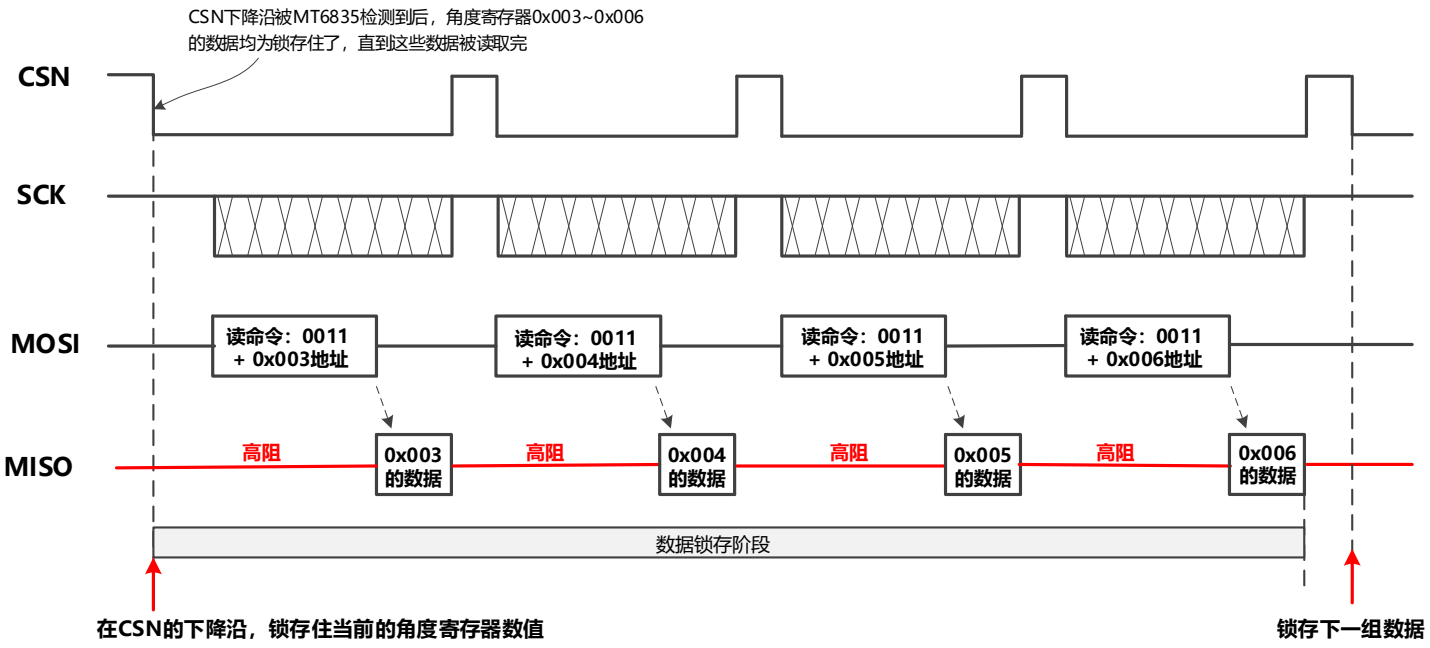


图-24: SPI 单字节读取角度寄存器

绝对角度寄存器 ‘ANGLE[20:0]’ (只读)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x003	ANGLE[20:13]							
0x004	ANGLE[12:5]							
0x005	ANGLE[4:0]					STATUS[2:0]		
0x006	CRC[7:0]							

- 0~360° 绝对角度θ，可使用下面的公式计算：

$$\theta = \frac{\sum_{i=0}^{20} \mathrm{ANGLE}[i] \bullet 2^{i}}{2^{21}} \bullet 360°$$

报警状态寄存器 ‘STATUS[2:0]’ (只读)

STATUS[2:0]	说明
STATUS [0]	转速过快（超过12万转/分钟）报警， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常
STATUS [1]	外加磁场太弱报警状态， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常
STATUS [2]	芯片供电欠压报警， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常

CRC校验的数据：ANGLE[20:0]和STATUS[2:0]总共24比特

CRC校验公式： X^8+X^2+X+1, ANGLE[20]作为最高位，最先移位进入

7.6.9 SPI连续读角度数据

MT6835额外提供了SPI连续读取21位绝对角度数据的模式如图-25所示。连读数据的SPI命令是C3~C0= ‘1010’ ，上位机发送连读命令+0x003起始地址后，MT6835就会持续的返回寄存器0x003~0x006的数据，直到通信被终止。

MT6835提供给客户外部锁存当前角度数据的机制，当SPI通信的片选信号CSN的下降沿被MT6835检测到的瞬间，内部角度寄存器0x003~0x006的数据就被锁存住了，直到这些数据被读取走。

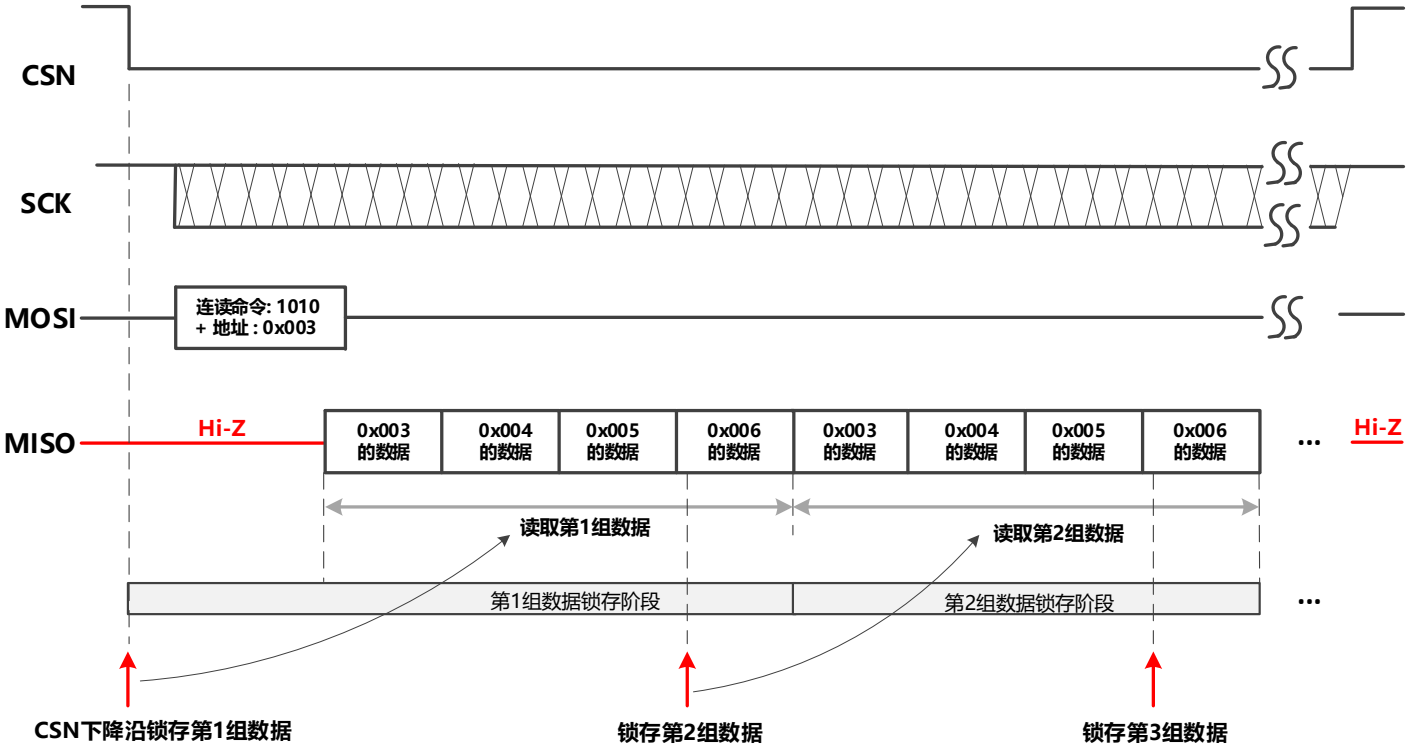


图-25: SPI 连读角度寄存器数据

8. 设置零点寄存器并烧录进EEPROM

MT6835的零点寄存器‘ZERO_POS[11:0]’定义了输出的角度数据的0°位置，零点寄存器的地址和定义如下表。MT6835出厂默认配置的零点位置和1对极充磁磁铁的位置关系请参见第12章。如图-26所示，MT6835提供了两种方式来修改零点寄存器

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	类型
0x009	ZERO_POS[11:4]								EEPROM
0x00A	ZERO_POS[3:0]				Z_EDGE	Z_PUL_WID[2:0]			EEPROM

(1) 利用SPI自动设置零点寄存器‘ZERO_POS[11:0]’命令（参加7.6.7章节）

该指令仅可将当前物理角度值写入零点寄存器（没有烧录进EEPROM）

(2) 手动计算零点并通过SPI指令写入零点寄存器‘ZERO_POS[11:0]’

(a) 首先通过SPI写入0x000到寄存‘ZERO_POS[11:0]’（清零该寄存器，以免干扰计算）

(b) 通过SPI读寄存器命令，将当前的角度寄存器数据读取出来；

(c) 计算目标零点的数值，通过SPI写寄存器指令写入‘ZERO_POS[11:0]’；

无论采用以上两种方法中的哪一种，如果要将零位寄存器的数值烧录进EEPROM，都需要额外的一步通过SPI ‘***烧录EEPROM***’ 的操作，具体请参见7.6.6章节。

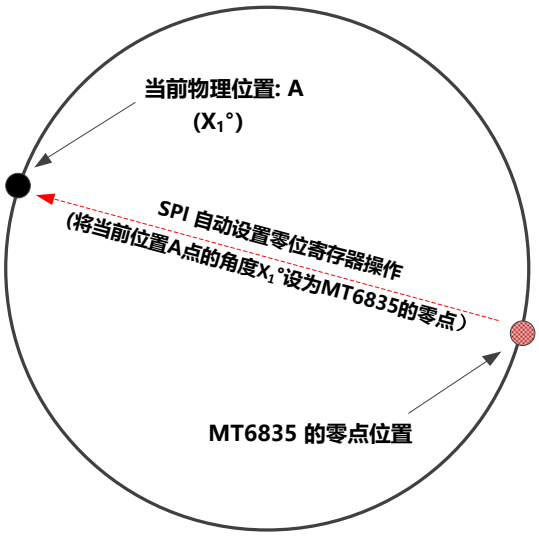


图-26-1: 自动设置零点

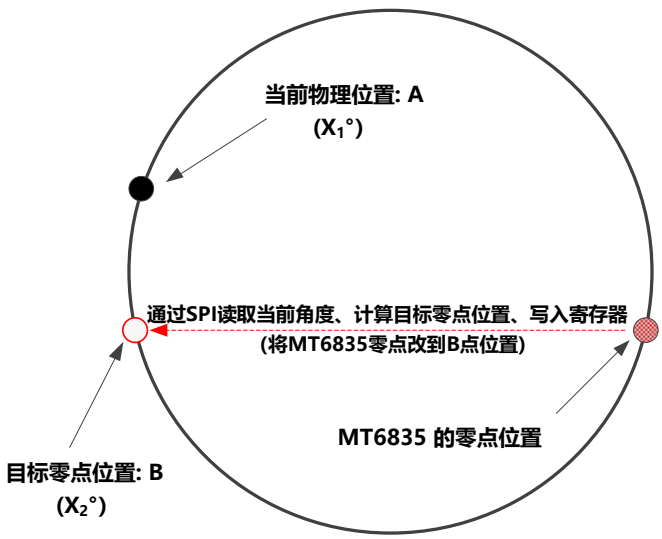


图-26-2: 手动计算设置零点

9. 校准

MT6835提供了总共三层校准机制：第一层是芯片的出厂基础校准，由MagnTek在交付给客户之前完成；第二层是客户端的自动校准，在芯片磁铁等安装完毕后，由用户在系统稳定匀速运行状态下，控制MT6835进行自动校准；最后第三层客户端NLC校准，需要将MT6835和一套高精度的参考源对拖运行，将MT6835的角度数据和参考源的角度进行对比计算之后，再将相关参数写回MT6835进行校准。

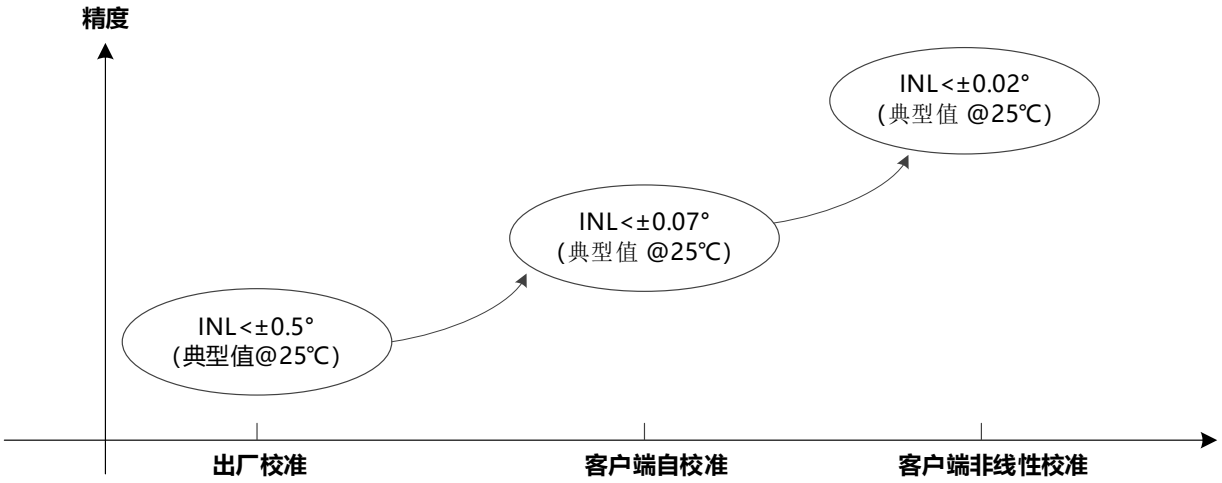


图-27: 三层校准

9.1 出厂校准

MT6835芯片在出厂之前都会完成基础的测试校准。如图-28所示，AMR磁阻元件的天然失调、Sin/Cos之间的幅度误差以及相位误差都会在芯片的FT测试过程中被校准补偿，以确保出厂的MT6835的INL<±0.5°（典型值）。

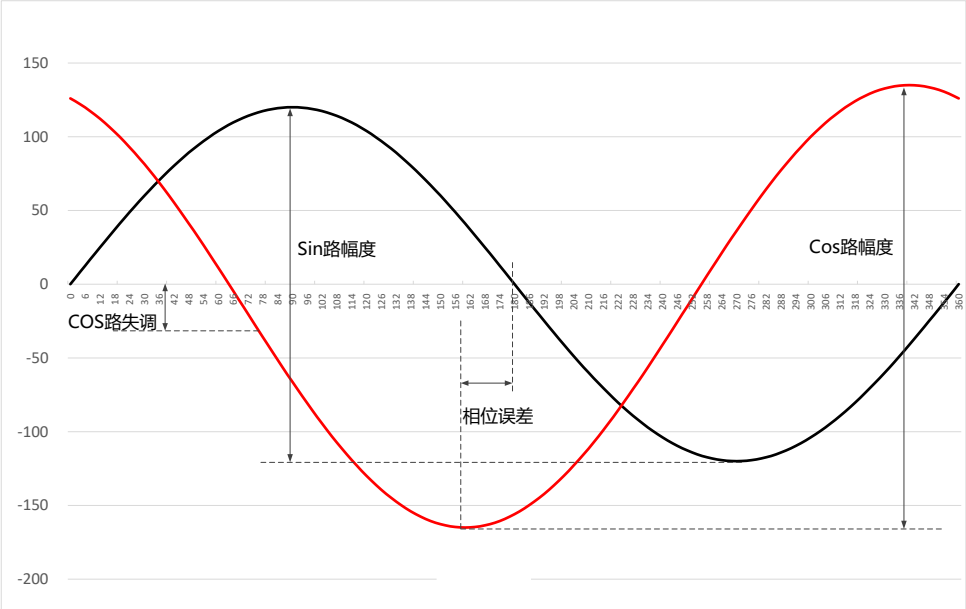


图-28: 失调、幅度误差和相位误差

9.2 客户端自校准

MT6835提供了客户端自校准模式，自校准可以将磁铁偏差、芯片磁铁安装偏差所造成的非线性进行补偿校准。自校准模式由4#引脚（CAL_EN）控制，首先让系统匀速运转，此时4#引脚由低电平接到高电平时，MT6835就进入了自校准状态，MT6835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±0.07°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AUTO_CAL_FREQ[2:0]寄存器，该寄存器出厂默认配置是0x03（400转/分钟~800转/分钟）；

自校准速度区间寄存器‘AUTO_CAL_FREQ’(EEPROM)

寄存器：AUTO_CAL_FREQ[2:0]	自校准采用的速度区间（转/分钟）
0x0	3200≤速度<6400
0x1	1600≤速度<3200
0x2	800≤速度<1600
0x3	400 ≤速度< 800
0x4	200≤速度<400
0x5	100≤速度<200
0x6	50≤速度<100
0x7	25≤速度<50

(2) 将系统平稳的运行在目标转速；

(3) 在系统已经平稳匀速运转的情况下，将引脚4接高电平进入自校准状态。保持这一速度继续运转64圈以上。自校准的状态可以从PWM输出（引脚10）进行观测（在自校准模式下，PWM输出将自动切换成自校准的状态）；

PWM输出占空比	状态描述
50%	正在进行自校准
25%	自校准失败
>99%	自校准成功

另外自校准的状态也可以通过SPI接口从寄存器 0x113[7:6]读取:

0x113[7:6]=00, 没有运行校准; 0x113[7:6]=01, 正在进行自校准;

0x113[7:6]=10, 自校准失败; 0x113[7:6]=11, 自校准成功;

(4) 如果自校准运行失败，请检查系统连接和配置，并重复上述步骤（1）~（3）；

(5) 自校准成功完成后（**等待>6秒钟**），**请务必给芯片断电**；

(6) **芯片重新上电后，才可以进行别的操作**；

9.3 客户端非线性校准

MT6835除了出厂基础校准和客户端自校准之外，还提供了客户端非线性（NLC）校准。NLC校准由一张256个点的查找表组成如图-29所示，每个点的数据都记录在MT6835的EEPROM中。一种推荐的校准系统如图-30所示，两套互相连接的伺服系统，其中主拖电机安装的高性能光电编码器提供高精度的参考角度数据供校准使用。

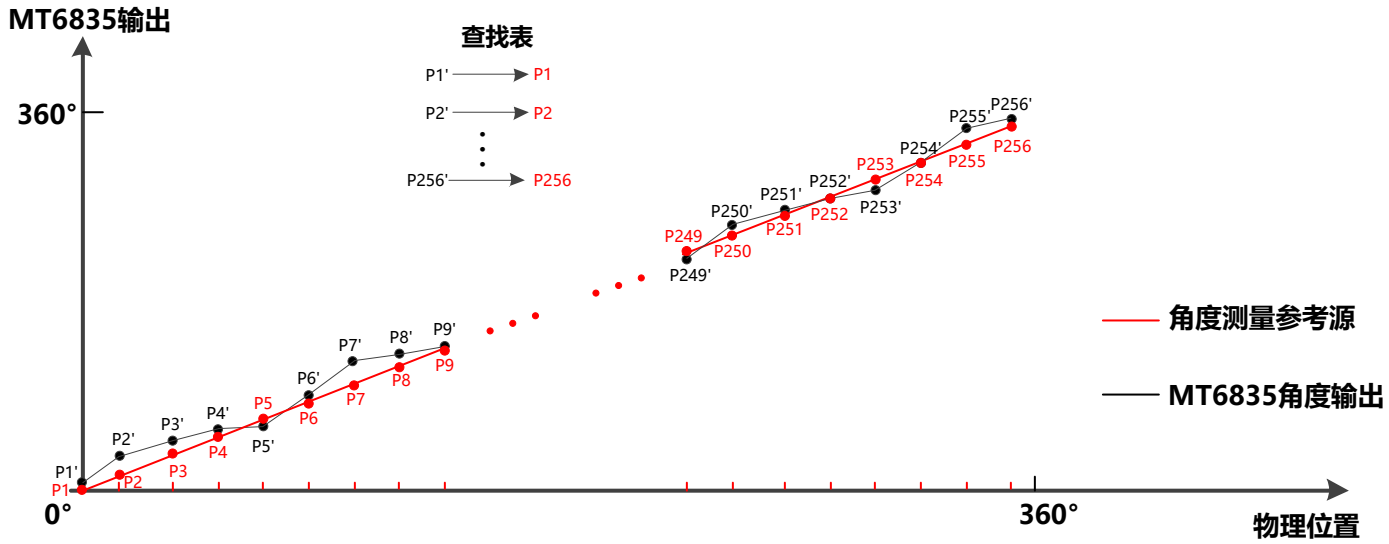


图-29: 客户端非线性校准

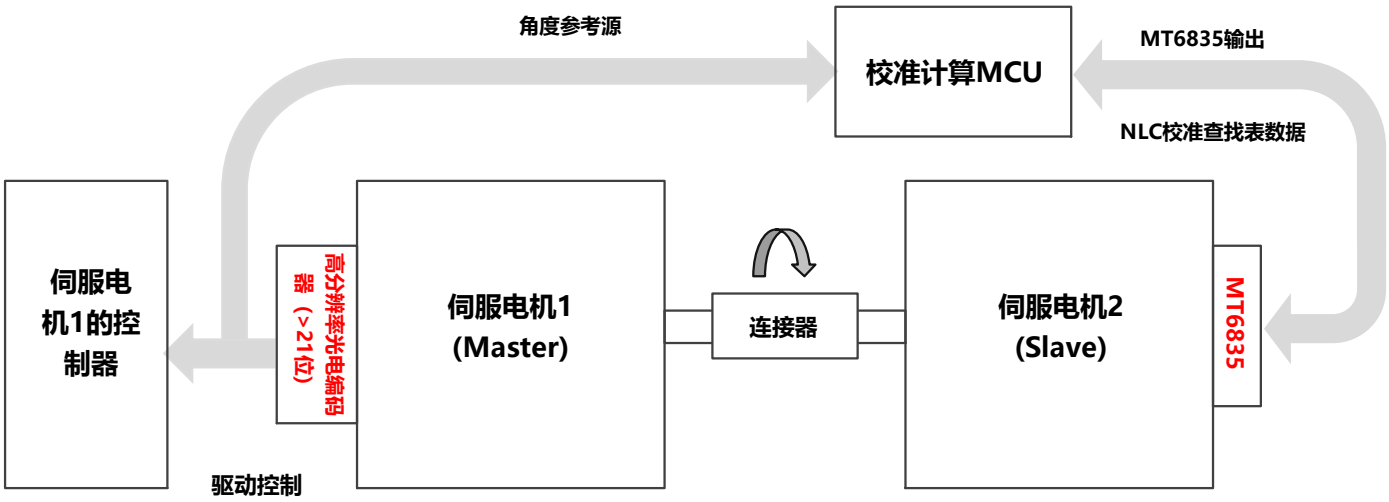


图-30: 一种推荐的客户端非线性校准对拖系统

10. 寄存器表

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	地址
0x001	USER_ID[7:0]								EEPROM
0x002	**Not Used**								NA
0x003	ANGLE[20:13]								只读
0x004	ANGLE[12:5]								只读
0x005	ANGLE[4:0]					STATUS[2:0]			只读
0x006	CRC[7:0]								只读
0x007	ABZ_RES[13:6]								EEPROM
0x008	ABZ_RES[5:0]						ABZ_OFF	AB_SWAP	EEPROM
0x009	ZERO_POS[11:4]								EEPROM
0x00A	ZERO_POS[3:0]				Z_EDGE	Z_PUL_WID[2:0]			EEPROM
0x00B	Z_PHASE[1:0]		UVW_MUX	UVW_OFF	UVW_RES[3:0]				EEPROM
0x00C	**仅供MagnTek使用**		NLC_EN	PWM_FQ	PWM_POL	PWM_SEL[2:0]			EEPROM
0x00D	**仅供MagnTek使用**				ROT_DIR	HYST[2:0]			EEPROM
0x00E	GPIO_DS	AUTOCAL_FREQ[2:0]			**仅供MagnTek使用**				EEPROM
0x00F	**仅供MagnTek使用**								EEPROM
0x010	**仅供MagnTek使用**								EEPROM
0x011	**仅供MagnTek使用**					BW[2:0]			EEPROM
0x012	**仅供MagnTek使用**								EEPROM
0x013 ~ 0x0D2	NLC Byte 0x00~0xBF (Total 192 Bytes)								EEPROM

提醒: 请避免有意、无意地更改那些标注为‘仅供MagnTek使用’的寄存器位，否则芯片肯能会变“砖头”

(1) 0x001 *客户保留寄存器(EEPROM)*

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	类型
0x001	USER_ID[7:0]								EEPROM

- ‘USER_ID[7:0]’寄存器是保留给客户任意使用的寄存器；

(2) 0x003~ 0x006 角度数据寄存器(只读)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0	类型
0x003	ANGLE[20:13]								只读
0x004	ANGLE[12:5]								只读
0x005	ANGLE[4:0]					STATUS[2:0]			只读
0x006	CRC[7:0]								只读

- 0~360° 绝对角度θ，可使用下面的公式计算：

$$\theta = \frac{\sum_{i=0}^{20} ANGLE[i] \bullet 2^i}{2^{21}} \bullet 360°$$

- ‘STATUS[2:0]’ 寄存器定义了3种系统报警状态；

STATUS[2:0]	说明
STATUS [0]	转速过快（超过12万转/分钟）报警， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常
STATUS [1]	外加磁场太弱报警状态， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常
STATUS [2]	芯片供电欠压报警， ‘1’ 为报警， ‘0’ 为正常

- ‘CRC[7:0]’ 是8比特的校验位，校验范围包括ANGLE[20:0]和STATUS[2:0]总共24比特的数据，CRC校验公式为：X^8+X^2+X+1（ANGLE[20]作为最高位，最先移位进入）；

(3) 0x007~ 0x008 ABZ分辨率及相关寄存器(EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x007	ABZ_RES[13:6]							
0x008	ABZ_RES[5:0]						ABZ_OFF	AB_SWAP

- ‘ABZ_RES[13:0]’ 寄存器定义了AB输出的分辨率，有关分辨率定义请参考7.3章节;

寄存器：ABZ_RES[13:0]	AB 分辨率 (脉冲/圈)	出厂默认配置
0x0000	1	√
0x0001	2	
… …	… …	
0x3FFE	16,383	
0x3FFF	16,384	

- ‘ABZ_OFF’ 寄存器定义了ABZ输出引脚的开关状态；

寄存器：ABZ_OFF	ABZ输出引脚状态	出厂默认配置
0x0	开	√
0x1	关	

- ‘AB_SWAP’ 寄存器定义了A信号和B信号的互换关系

寄存器：AB_SWAP	AB输出信号	出厂默认配置
0x0	不互换	√
0x1	互换	

(4) 0x009~ 0x00A Z脉冲相关寄存器(EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x009	ZERO_POS[11:4]							
0x00A	ZERO_POS[3:0]				Z_EDGE	Z_PUL_WID[2:0]		

- ‘ZERO_POS[11:0]’ 寄存器定义了零点的位置，该数值对所有的角度输出类型均有效;

寄存器：ZERO_POS[11:0]	绝对角度值 (°)	出厂默认配置
0x000	0	√
0x001	0.088	
… …	… …	
0xFFE	359.824	
0xFFF	359.912	

- ‘Z_EDGE’ 寄存器定义了Z脉冲的上升/下降沿和角度零点的关系；

寄存器： Z_EDGE	Z 脉冲的上升/下降沿和角度0°的关系	出厂默认配置
0x0	Z脉冲上升沿对准角度0°	√
0x1	Z脉冲下降沿对准角度0°	

- ‘Z_PUL_WID[2:0]’ 定义了Z脉冲的宽度

寄存器： Z_PUL_WID[2:0]	Width (LSBs/°)	出厂默认配置
0x0	1	√
0x1	2	
0x2	4	
0x3	8	
0x4	16	
0x5	60°	
0x6	120°	
0x7	180°	

(5) 0x00B Z相位以及UVW分辨率寄存器(EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x00B	Z_PHASE[1:0]		UVW_MUX	UVW_OFF	UVW_RES[3:0]			

- ‘Z_PHASE[1:0]’ 寄存器定义了Z脉冲和AB脉冲之间的相位关系，具体请参考图-12和图-15；

- ‘UVW_MUX’ 寄存器定义了UVW引脚(1#~3#引脚) 是输出UVW信号还是-A-B-Z信号；

寄存器：UVW_MUX	UVW 引脚输出信号	出厂默认配置
0x0	UVW	√
0x1	-A-B-Z	

- ‘UVW_OFF’ 寄存器定义了UVW输出引脚的开关状态（不用时可关闭，以减少干扰）；

寄存器：UVW_OFF	UVW 引脚输出状态	出厂默认配置
0x0	开	√
0x1	关	

- ‘UVW_RES[3:0]’ 寄存器定义了UVW输出的分辨率对极数;

寄存器：UVW_RES[3:0]	UVW P极对数	出厂默认配置
0x0	1	√
0x1	2	
… …	… …	
0xE	15	
0xF	16	

(6) 0x00C PWM和NLC 校准相关寄存器 (EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x00C	仅供MagnTek使用		NLC_EN	PWM_FQ	PWM_POL	PWM_SEL[2:0]		

- ‘NLC_EN’ 寄存器可控制NLC校准的开启；

寄存器：NLC_EN	NLC 校准	出厂默认配置
0x0	关闭	√
0x1	开启	

- ‘PWM_FQ’ 寄存器定义了PWM的频率；

寄存器：PWM_FQ	PWM 频率	出厂默认配置
0x0	994 Hz	√
0x1	497 Hz	

- ‘PWM_POL’ 寄存器定义了PWM输出有效电平；

寄存器：PWM_POL	PWM 极性	出厂默认配置
0x0	高电平有效	√
0x1	低电平有效	

- ‘PWM_SEL[2:0]’ 寄存器定义了PWM信号输出的内容；

寄存器：PWM_SEL[2:0]	PWM 数据类型	出厂默认配置
0x0	12比特角度数据	√
0x2	12比特速度数据	
其他	工厂测试专用	

(7) 0x00D (EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x00D	仅供MagnTek使用				ROT_DIR	HYST[2:0]		

- ‘ROT_DIR’ 寄存器定义了输出角度增加和转动方向的关系，请参见图-7；

寄存器：ROT_DIR	转动方向	出厂默认配置
0x0	逆时针（输出角度增加）	√
0x1	顺时针（输出角度增加）	

- ‘HYST[2:0]’ 寄存器定义了角度输出的迟滞窗口；

寄存器： HYST[2:0]	迟滞窗口大小	出厂默认配置
0x0	0.022°	
0x1	0.044°	
0x2	0.088°	
0x3	0.176°	
0x4	0	
0x5	0.003°	
0x6	0.006°	
0x7	0.011°	√

(8) 0x00E (EEPROM)

地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x00E	GPIO_DS	AUTOCAL_FREQ[2:0]			**仅供MagnTek使用**			

- ‘GPIO_DS’ 寄存器定义了通用I/O的输出驱动能力；

寄存器：GPIO_DS	通用I/O的输出驱动能力	出厂默认配置
0x0	默认驱动能力	√
0x1	默认驱动能力x2	

- ‘AUTOCAL_FREQ[2:0]’ 寄存器定义了客户端自校准所采用的转速区间；

寄存器：AUTO_CAL_FREQ[2:0]	自校准采用的速度区间（转/分钟）	出厂默认配置
0x0	3200≤速度<6400	
0x1	1600≤速度<3200	
0x2	800≤速度<1600	
0x3	400 ≤速度< 800	√
0x4	200≤速度<400	
0x5	100≤速度<200	
0x6	50≤速度<100	
0x7	25≤速度<50	

(8) 0x011 系统带宽寄存器 (EEPROM)

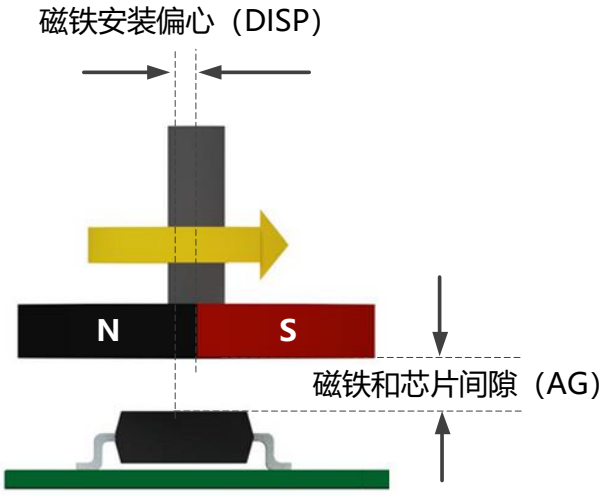
地址	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
0x011	仅供MagnTek使用					BW [2:0]		

- ‘BW[2:0]’ 寄存器定义了MT6835的系统带宽；

寄存器：BW[2:0]	配置	速度影响	出厂默认设置
0x0	基础带宽	慢 (噪声小)	
0x1	基础带宽 x 2		
0x2	基础带宽 x 4		
0x3	基础带宽 x 8		
0x4	基础带宽 x 16		
0x5	基础带宽 x 32		√
0x6	基础带宽 x 64		
0x7	基础带宽 x 128	快 (噪声大)	

11. 磁铁安装要求

MT6835在安装使用过程中，磁铁的中心必须对准芯片的磁感应中心位置，磁铁距离芯片的距离也要尽可能的小，以期获得最佳的性能。较大的安装间隙（AG）会减弱磁场，而磁铁和芯片的安装偏心（DISP）会引入非线性，从而恶化INL的性能。如图-31所示（在没有自校准或NLC校准之前），较大的偏心（DISP）和较大的间隙（AG）造成的INL恶化对直径较小的磁铁更加明显。



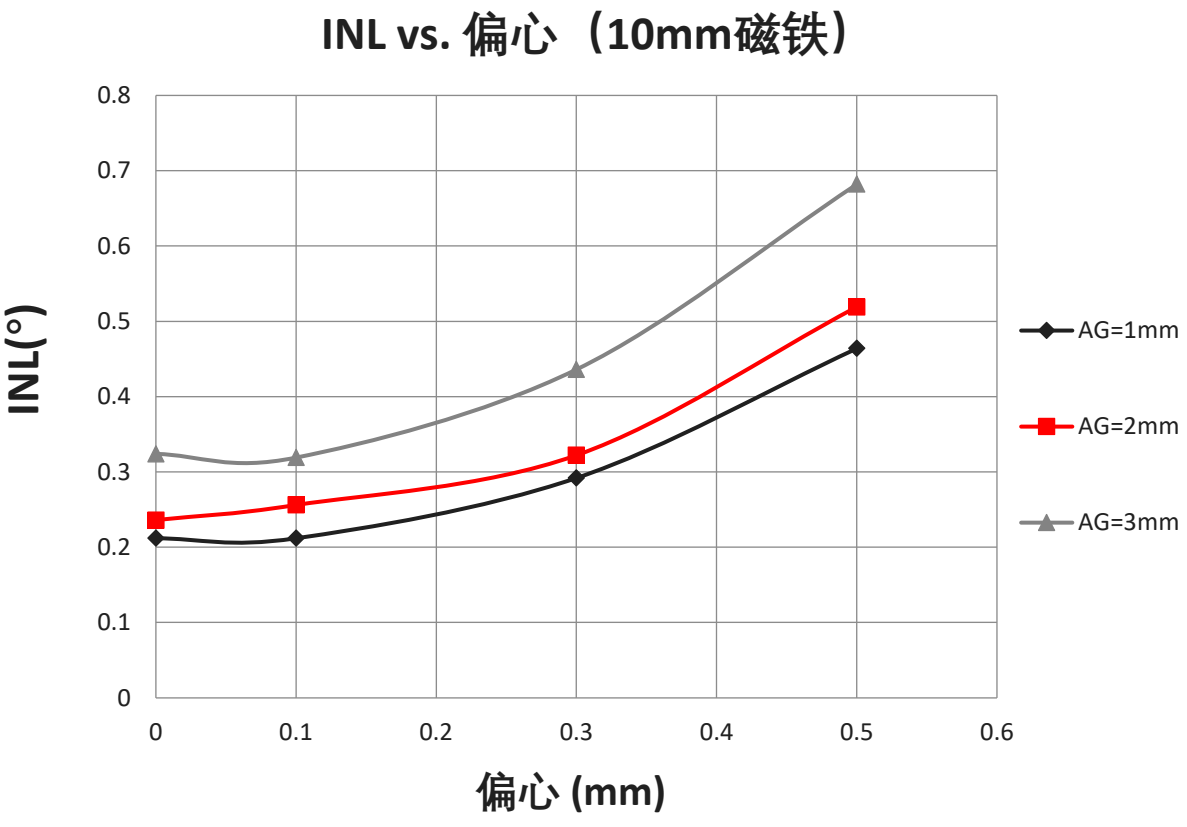
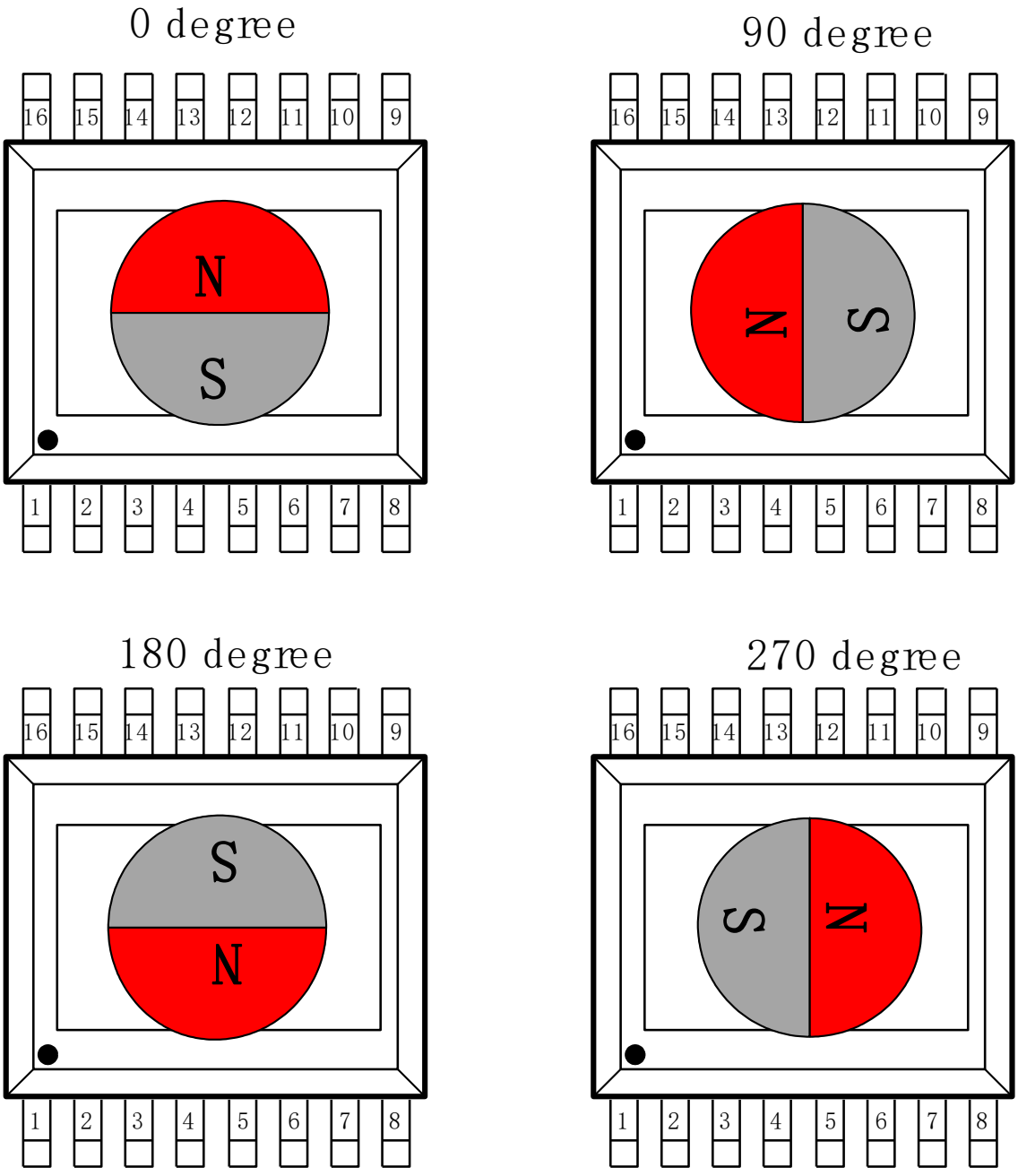


图-31: INL vs. 偏心和间隙变化的表现（仅做了出厂校准）

12. 机械角度和方向

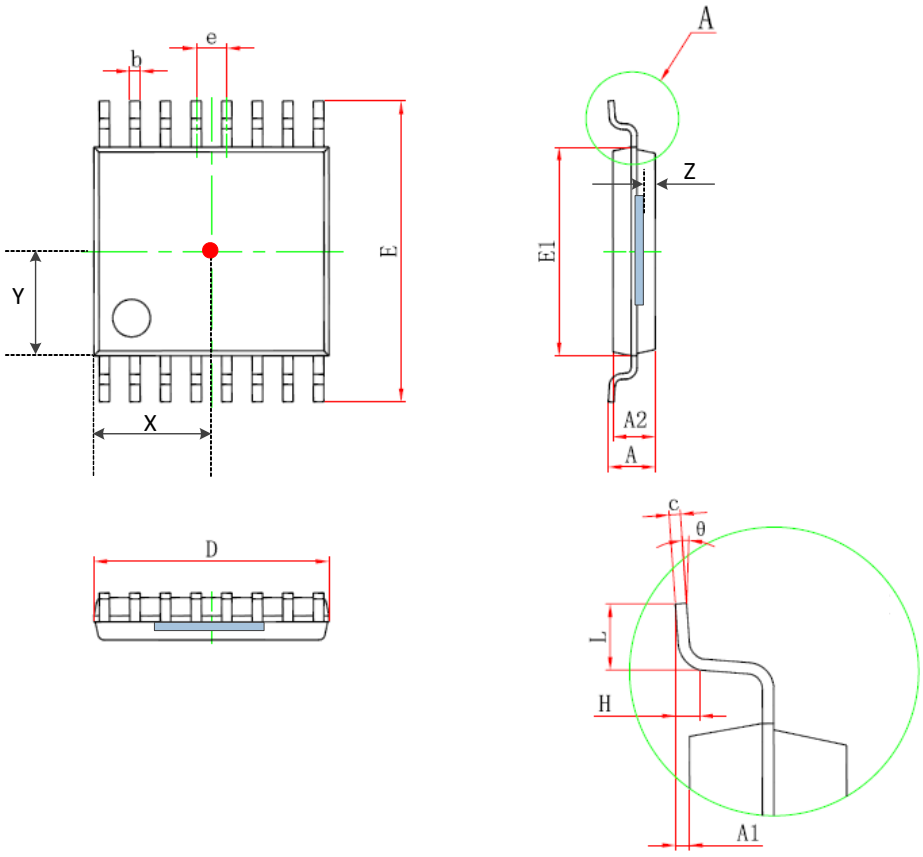
俯视图



逆时针（CCW）旋转磁铁

（寄存器‘ROT-DIR’=0）

13. 封装信息



符号	尺寸（单位：毫米）		尺寸（单位：英寸）	
	最小值	最大值	最小值	最大值
D	4.900	5.100	0.193	0.201
E	6.250	6.550	0.246	0.258
b	0.190	0.300	0.007	0.012
c	0.090	0.200	0.004	0.008
E1	4.300	4.500	0.169	0.177
A		1.200		0.047
A2	0.800	1.000	0.031	0.039
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
e	0.65 (BSC)		0.026 (BSC)	
L	0.500	0.700	0.020	0.028
H	0.25 (TYP)		0.01 (TYP)	
θ	1°	7°	1°	7°
X	2.450	2.550	0.097	0.101
Y	2.150	2.250	0.085	0.089
Z	0.210	0.370	0.016	0.024

14. 版权和声明

1. 本文的所有文字、图片信息的版权均归属上海麦歌恩微电子股份有限公司所有，未经上海麦歌恩微电子股份有限公司的书面同意和授权，不得复制和发表。

2. 上海麦歌恩微电子股份有限公司保留在未经事先通知的情况下修改、更新本说明书的权利。

3. 上海麦歌恩微电子股份有限公司的所有产品适用于一般的商业用途，但不适用于任何有特殊失效风险控制的应用场合，包括但不限于：航空航天设备和系统、核能设备和系统、医疗生命救护设备和系统等。

请通过上海麦歌恩微电子股份有限公司的官方网站www.magntek.com.cn，获取最新的产品说明书。

15. 版本历史

版本号	日期	内容
0.5	2021.01	初版（非正式）发行
1.0	2021.04	正式版发行
1.1	2022.02	更新了图-24的时序 增加了AB输出的最高频率
1.2	2022.05	更新了7.6.7和7.6.8章节
1.3	2022.12	更新型号列表 更新出厂默认Hyst=0.011° 更新图-7 更新7.6.2章节