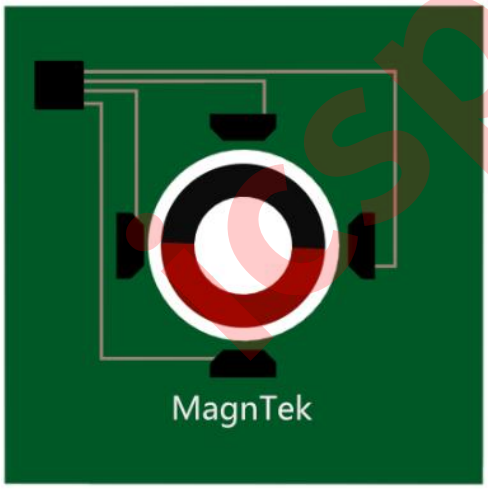
MT6709

离轴绝对值角度检测解码芯片（外置线性霍尔）

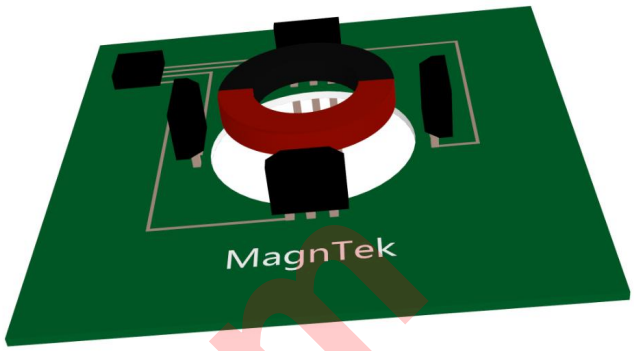
特性和优势

- 解码配合单对极磁环工作的互成90°摆放的4颗线性霍尔使用，将正余弦模拟信号解码成绝对角度数据，可实现离轴的(Off-Axis）0~360°绝对角度检测
- 内部17位绝对角度数据可通过SPI接口读取
- 可同时支持增量ABZ、UVW、PWM以及3线SPI绝对值接口输出
- 增量ABZ输出支持1~2,500脉冲/周期，任意整数分辨率用户可编程；UVW输出支持1~63对极，任意整数对极用户可编程
- 零点位置可通过专用中断脚一键编程、无需数据交互
- 系统延时（匀速时）<2us
- 3.3~5.0V、-40~125℃ 温度范围内均可工作
- 内置3.0~5.5V用户可编程EEPROM



应用

- 离轴绝对值角度检测
- 正、余弦模拟信号细分芯片



概述

MT6709是麦歌恩微电子推出的新一代针对外部线性霍尔（配合1对极磁环工作）输入的正、余弦模拟信号进行角度计算的解码芯片。随着转动轴带动单对极磁环（一个N极、一个S级）转动，在磁环四周互成90°摆放的四颗线性霍尔芯片会感应输出正、余弦的模拟信号，MT6709对这四路差分正、余弦模拟输入信号进行补偿、计算、解码之后，可以得到分辨率为17位的绝对角度数据；角度数据会被进一步编码成最高分辨率为2,500脉冲/周期或者是10,000步/周期的AB增量信号；MT6709也提供了UVW输出，分辨率支持1~63对极/周期。

MT6709提供了3线SPI接口，供上位机或者MCU来读取芯片内部的17位绝对角度数据。同时单线输出的PWM也可提供分辨率为12位的角度数据。STATUS和FAULT中断引脚，会实时输出芯片的一些工作状态和诊断信息。

MT6709的核心优势在于提供了用户端简洁自校准模式。用户无需和MT6709芯片进行数据交互、无需参考源、只需运动若干周期，就可以补偿外部输入

spec.com

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 5
3 极限参数 6
4 电气性能参数 7
5 参考电路 11
6 外部正、余弦模拟输入 12
7 输出信号 13
7.1 正交A、B和零位Z信号输出(ABZ 模式) 13
7.2 UVW输出模式 18
7.3 脉宽调制(PWM)输出模式 26
7.4 SPI接口 20
7.4.1 SPI时序 20
7.4.2 SPI协议 21
7.4.3 SPI读角度 24
7.5 状态输出STATUS和FAULT 25
8 校准 26
8.1 用户端简洁自校准 26
8.2 用户端匀速自校准 27
9 寄存器表 28
10 封装信息 29
11 版权和声明 30
12 版本信息 31

icspec.com

1. 引脚定义

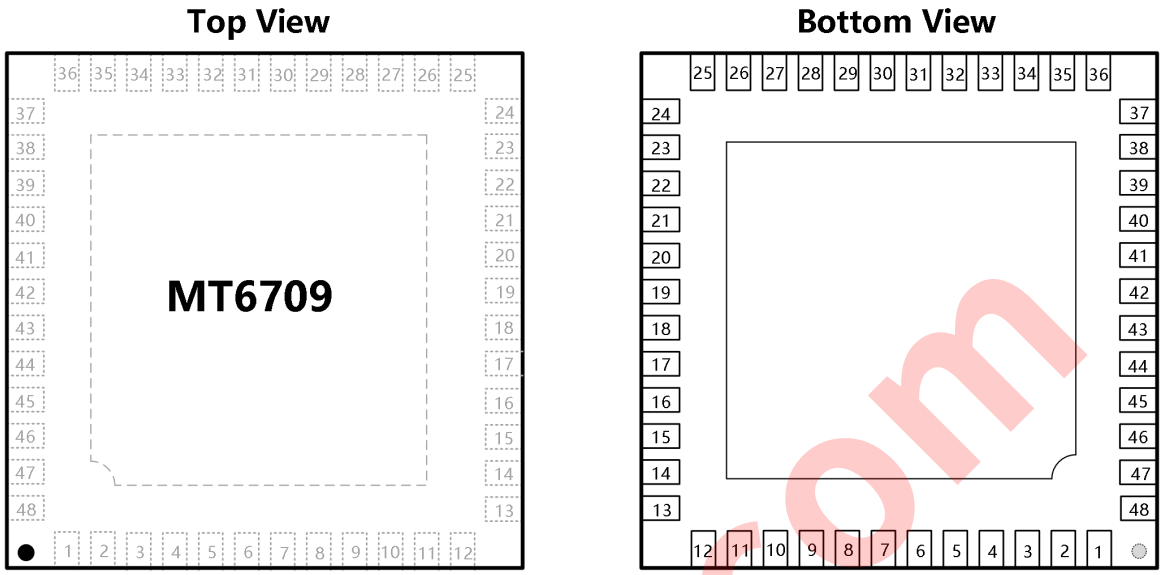


图-1: MT6709QC QFN7x7封装外观图

表-1：引脚定义

引脚名称	序号	引脚类型	描述
-	1-2	-	NA
TEST	3	数字输入	工厂测试引脚（仅供MagnTek使用），请接VSS
-	4	-	NA
CAL_ENB	5	数字输入	自校准使能控制（注：低电平有效）
-	6~8	-	NA
SDAT	9	数字输入/输出	SPI双向数据线
-	10	-	NA
SCK	11	数字输入	SPI时钟输入
-	12~13	-	NA
CSN	14	数字输入	SPI片选信号
VSS	15	地	芯片地
Z	16	数字输出	增量Z信号输出
B	17	数字输出	增量B信号输出
A	18	数字输出	增量A信号输出
STATUS	19	数字输出	状态输出
FAULT	20	数字输出	报警输出
VDD	21	电源	芯片3.3~5V电源

icspec.com

引脚名称	序号	引脚类型	描述
VSS	22	地	芯片地
U	23	数字输出	增量信号U
V	24	数字输出	增量信号V
W	25	数字输出	增量信号W
PG_ZERO	26	数字输入	将当前位置设置为零点并存入EEPROM的控制信号
-	27~35	-	NA
PWM	36	数字输出	PWM信号输出
-	37	-	NA，请悬空不要连接
-	38	-	NA
SIN_P	39	模拟输入	外部输入正弦信号正端
SIN_N	40	模拟输入	外部输入正弦信号负端
COS_P	41	模拟输入	外部输入余弦信号正端
COS_N	42	模拟输入	外部输入余弦信号负端
-	43~48	-	NA

icspec.com

表2-型号列表

型号	描述
MT6709QC-STD	QFN7x7-48L封装，卷盘包装（1000 颗/盘）

2. 芯片功能框图

MT6709是一颗接收外部线性霍尔芯片输出的正、余弦模拟信号，对其进行角度解码计算并提供丰富的角度信号输出形式的解码细分芯片。如图-2所示，芯片接收外部（互成90°摆放于一对极充磁的磁环四周的四颗线性霍尔芯片）输入的差分正、余弦信号，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单元（DSP）进行补偿、校准和求解角度的运算；经芯片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编码为增量ABZ、UVW输出。MT6709芯片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。

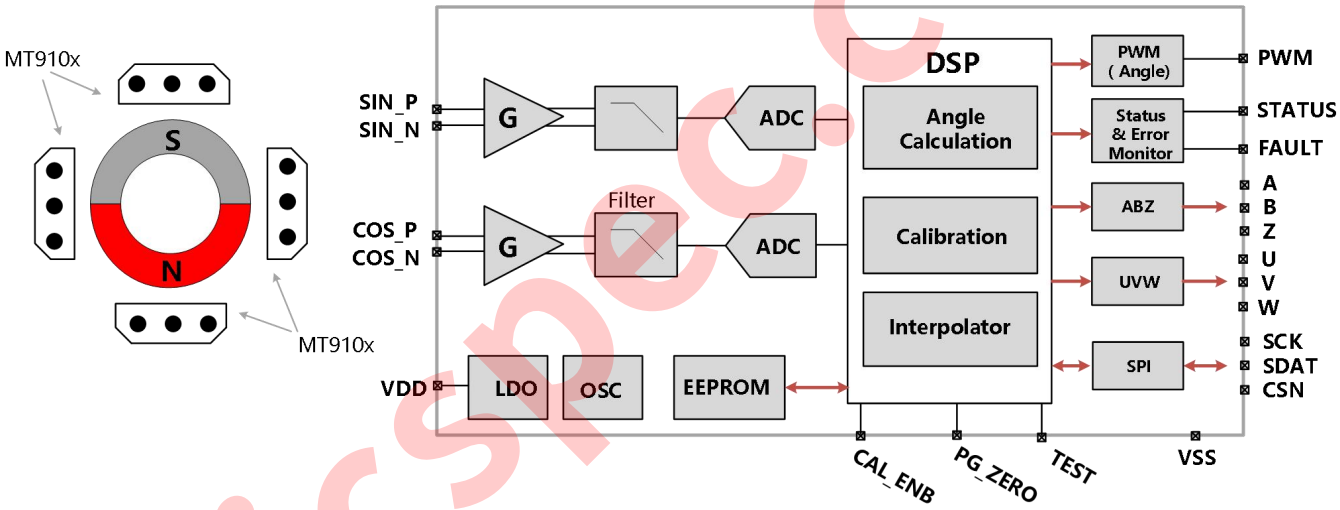


图-2：芯片功能框图

icspec.com

3. 极限参数（非正常工作条件）

表-3: 最大额定值（不损伤芯片但非正常工作条件，正常工作条件请参考第4章）

描述	符号	最小值	最大值	单位	备注
芯片电源端VDD电压	VDD	-0.3	6.5	V	电源电压
芯片其他引脚电压	-	-0.3	VDD	V	
输出电流	I_{OUT}	-25	25	mA	引脚：ABZ, UVW, PWM, STATUS, FAULT, SDAT
工作环境温度	T_{AMB}	-40	125	℃	-
工作结温	T_j	-40	150	℃	-
存储温度	$T_{Storage}$	-40	150	℃	-
ESD电压：人体接触放电模式	V_{HBM}	-	±6.0	kV	AEC-Q100-002
ESD电压：充电器件放电模式	V_{CDM}	-	±1.0	kV	AEC-Q100-011
防闩锁能力（闩锁输入电流）	$I_{Latch-up}$	-	±100	mA	AEC-Q100-004

1) 考虑T_{AMB}和与T_j相关的电流消耗和安装情况
2) 其他的温度条件需求请联系麦歌恩微电子

超出表-3所列的极限参数的操作可能会对芯片造成永久性损坏。即使芯片功能没有损坏，可靠性和寿命也可能受到不利的影响。在这些极端条件下无法保证芯片的正常运行。

icspec.com

4. 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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-4: 系统电气性能参数

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
V_{TH_UV}	芯片欠压报警阈值电压		2.45	2.55	2.65	V
V_{HYS_UV}	欠压报警阈值电压迟滞窗口		-	100	-	mV
Idd	芯片工作电流		-	20	-	mA
LSB	最小分辨率 (ABZ模式)		1	-	2,500	Pulse/Round
	PWM			12		Bit
	SPI读取角度寄存器			17		Bit
INL	用户端简洁自校准后积分非线性	**注释[1]**	-	±0.2		°
	用户端匀速自校准后积分非线性	**注释[2]**		±0.1		°
DNL	差分非线性（图-3）	@2500脉冲ABZ模式	-	±0.02	-	°
TN	输出瞬态噪声（ABZ模式）	寄存器 ‘BW’ =3	-	0.01	-	°rms
Hyst	迟滞窗口	多档可编程	-	0.022	-	°
T_{PwrUp}	系统上电准备时间（图-8）	电源上电<100微秒	-	32	-	ms
T_{Delay}	系统延时	匀速情况下	-	2	-	us

注释[1]: 这里的典型值，是在外部输入的正、余弦信号只有在可校准范围内的失调、幅值和相位误差

注释[2]: 这里的典型值，是在外部输入的正、余弦信号只有在可校准范围内的失调、幅值和相位误差

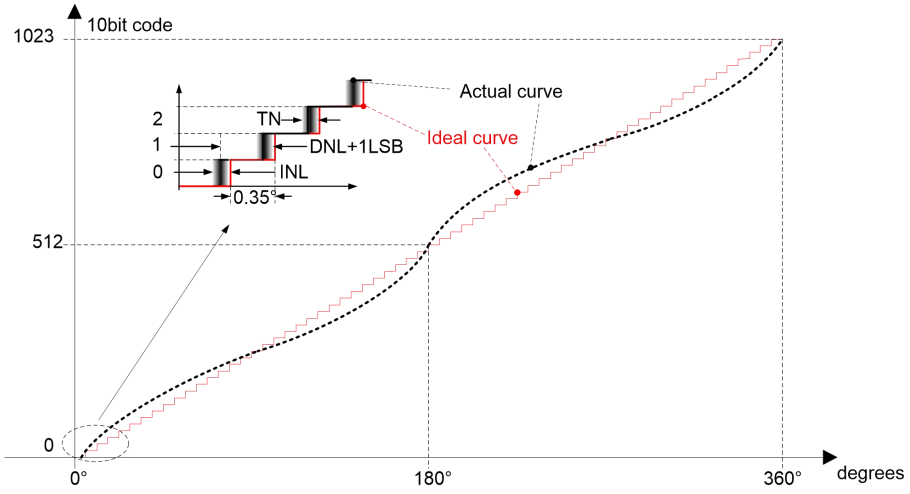


图-3：INL、DNL、瞬态噪声图示（ABZ 10位分辨率模式下）

● 输入信号参数（SIN_P，SIN_N，COS_P，COS_N）

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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-5: 模拟输入信号参数

参数	描述	条件	最小	典型值	最大	单位
Vin_s	SIN、COS单端模拟信号输入范围		1.0	-	VDD-0.3	V
Vin_d	SIN、COS差分模拟信号输入范围		-	-	1.6	V_{PP}
F_{in}	输入正、余弦信号的频率		-	-	32	KHz
Vos	输入端等效输入失调电压		-20	-	20	mV
Iin	输入端等效漏电流		-2	-	2	uA
OS_ERR	可校准的SIN、COS失调电压		-500	-	500	mV
AM_ERR	可校准的SIN、COS的幅度比例误差		0.5		1.5	%
PHASE_ERR	可校准的SIN/COS的相位误差		-50	-	50	°

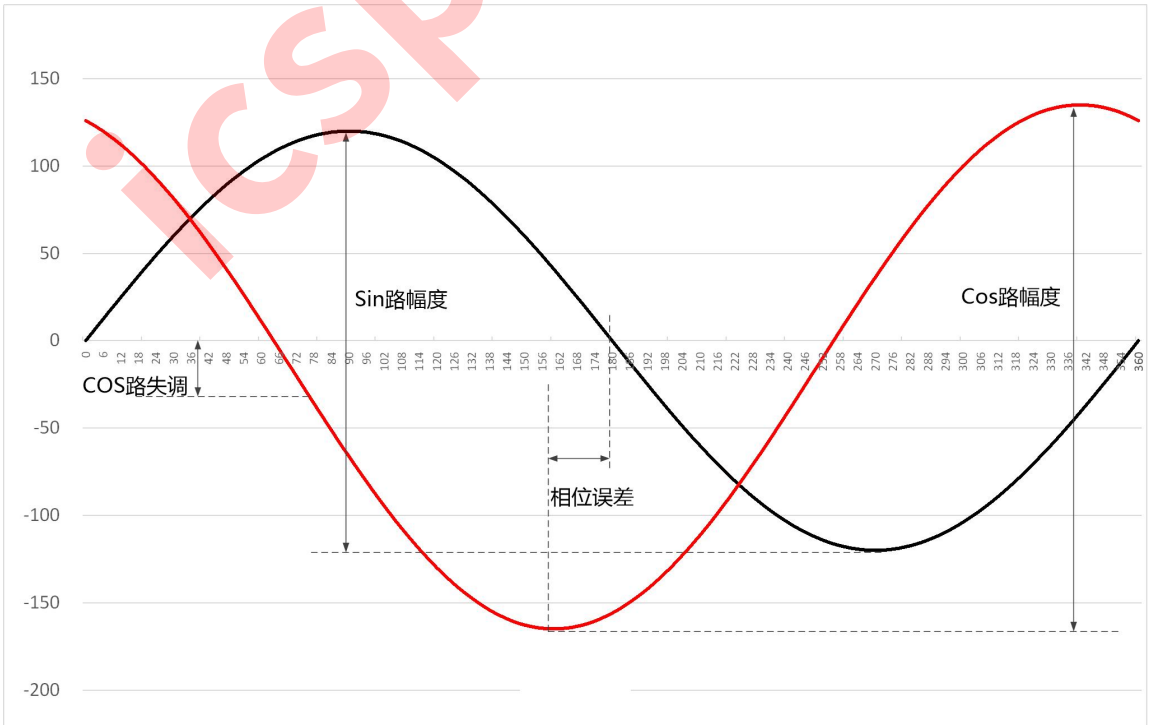


图-4: 失调、幅度误差和相位误差

icspec.com

● 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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-6: ABZ输出参数

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	-	2,500	脉冲/对极
AB_{Freq}	A或B频率	**注释[3]**	-	-	2	MHz

注释[3]: AB编码输出的频率AB_{Freq}是正、余弦信号输入频率F_{in}（相当于单对极磁环的机械转速）和AB分辨率AB_{RES}的乘积。所以当AB分辨率配置为最高的2,500脉冲/周期，系统可支持的最高输入信号频率（或直线位移速度为）：

$$Fin_{MAX} = \frac{AB_{Freq}}{AB_{Res}} = \frac{2MHz}{2{,}500} = 800Hz = 48{,}000RPM$$

MT6709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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-7: PWM输出参数

参数	描述	条件	最小	典型值	最大	单位
F_{PWM}	PWM频率	可编程	-5%	125 ~ 2,000	+5%	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

icspec.com

● 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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-8: 通用数字I/O参数

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, SDAT, SCK, PG_ZERO, CAL_ENB)	-	0.8*VDD	-	-	V
V_{IL}	数字I/O输入逻辑低电平(CSN, SDAT, SCK, PG_ZERO, CAL_ENB)	-	-	-	0.2*VDD	V
V_{OH}	数字I/O输出逻辑高电平(ABZ, UVW, SDAT，FAULT, STATUS, PWM)	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, SDAT，FAULT, STATUS, PWM)	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

● 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3.0~5.5V、温度在-40~125℃的区间内。

表-9: EEPROM参数

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	100	-	-	次
Data Retention	数据保存时间@150℃	10	-	--	年

icspec.com

5. 参考电路

MT6709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。MT6709直接在对应的引脚输出ABZ，UVW和PWM信号，同时17位的绝对角度数据可以通过3线SPI的专用引脚读取。默认推荐参考电路如图-5所示。

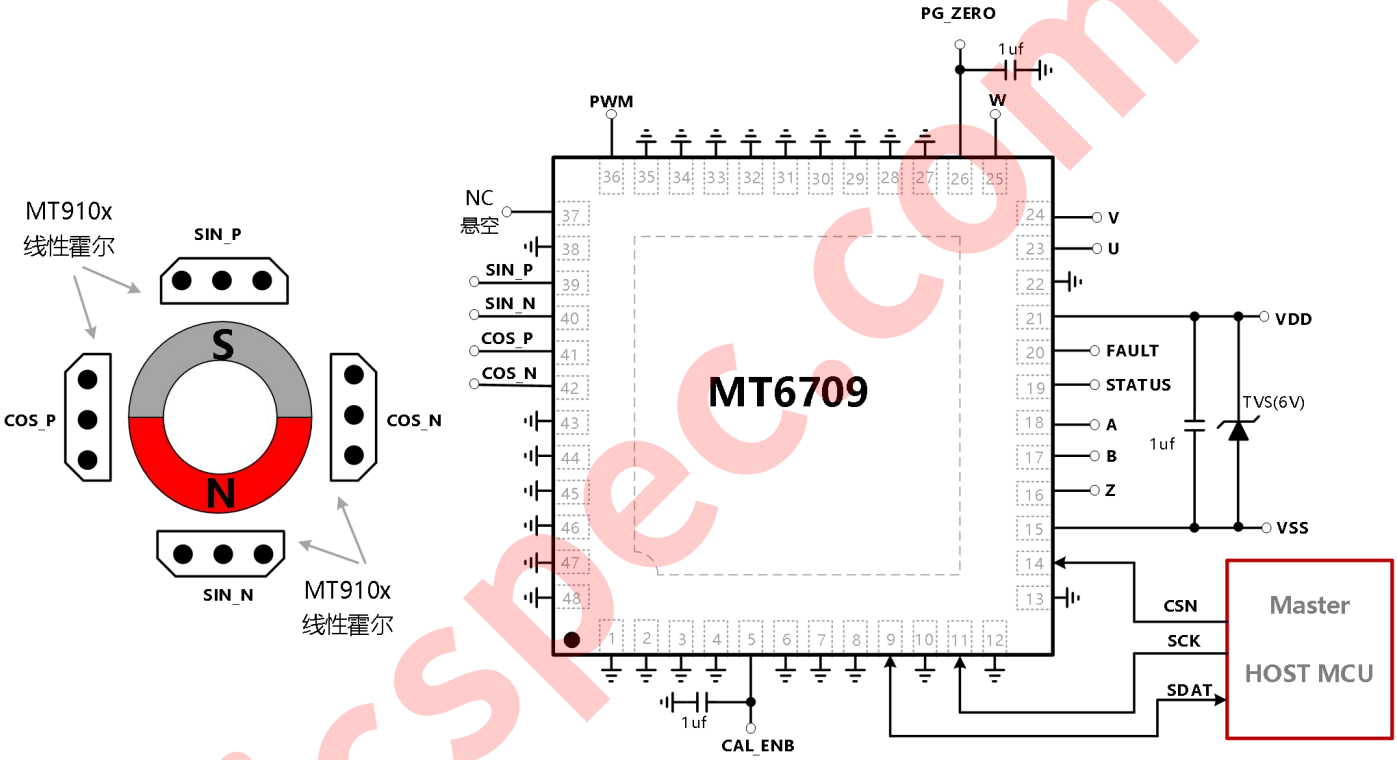


图-5: MT6709典型应用参考电路

icspec.com

6. 外部正、余弦模拟输入

MT6709是一颗专用解码芯片，外接4颗线性霍尔芯片输入的差分正、余弦模拟信号是芯片的必要输入。如图-6所示，对于任一单端输入信号SIN_P、SIN_N、COS_P和COS_N，芯片可接受的信号幅度为1.0V~VDD-0.3V，输入信号超过这一范围，将恶化输出精度。如图-4所示，影响MT6709解码精度的输入信号误差主要有SIN和COS各自的失调、SIN和COS的幅度差以及相位差。虽然MT6709在用户端组装完毕后可以自动校准这些误差，但是尽可能地从源头减小这些输入误差，对于获得更高精度的输出是十分必要的。

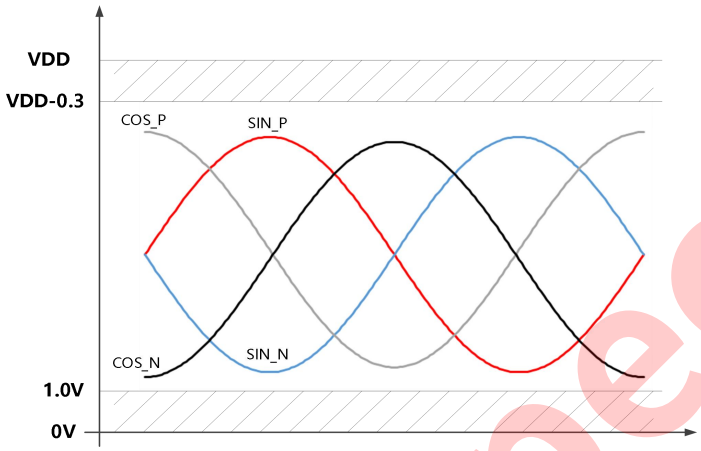


图-6: 外部正、余弦输入

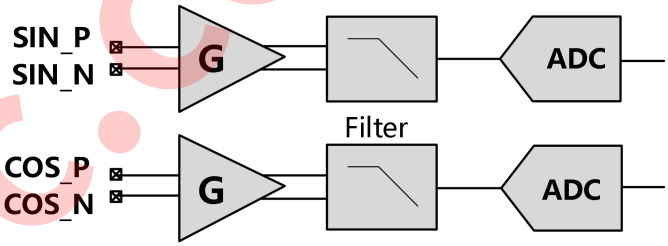


图-7: 外部正、余弦输入信号链路

外部正、余弦差分模拟信号输入，经MT6709内置仪表放大器放大（默认增益为1）和滤波后，再经ADC转化成数字量。请确保输入信号幅度满足表-5所列的要求。除满足表-5所列的外部模拟输入的信号幅度量化要求外，用户还可以通过STATUS输出管脚（PIN.19）来判断外部模拟输入信号幅度的合理性，请确保在实际各种工况的公差范围内和全部工作温度区间内STATUS管脚输出的PWM信号的占空比≤33%。

icspec.com

7. 输出模式

MT6709直接在对应的引脚输出ABZ，UVW和PWM信号，同时17位的绝对角度数据可以通过3线SPI的专用引脚读取。

7.1 正交A、B和零位Z信号输出（ABZ模式）

默认配置的正交A、B和零位Z信号输出如图-8所示。当外部输入的SIN信号角度增加时（CCW），B信号的上升沿领先于A信号的上升沿1/4周期，反之当外部输入的SIN信号角度减小时（CW），A信号的上升沿领先B信号的上升沿1/4个周期。

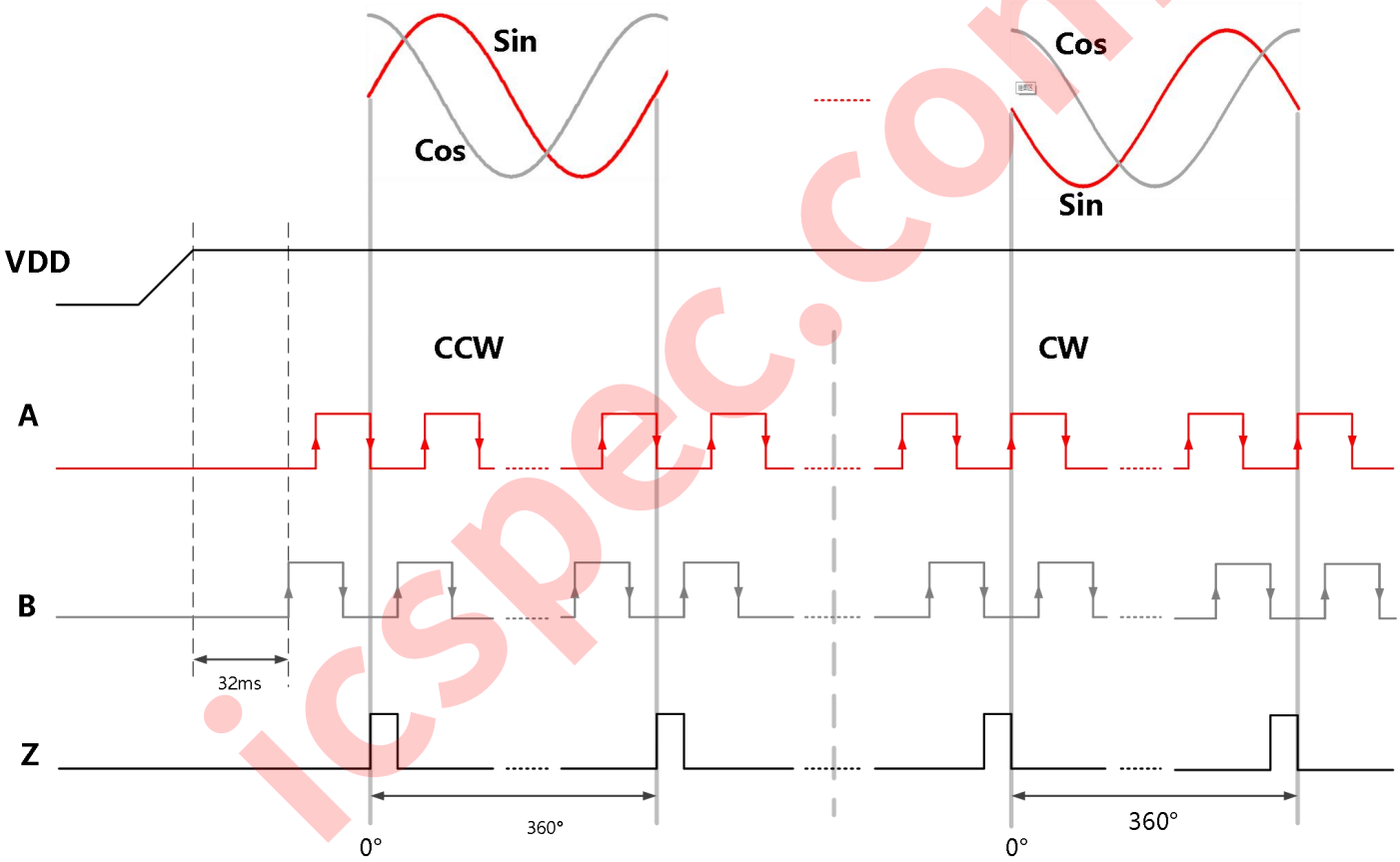


图-8：ABZ输出

表-10: 旋转方向寄存器

寄存器	值	旋转方向
ROT_DIR	0	CCW方向，输出B领先输出A
	1	CW方向，输出A领先输出B

’ROT_DIR’寄存器对所有角度输出都起作用，包括ABZ、UVW、PWM和SPI

icspec.com

MT6709的ABZ输出的分辨率为1~2,500脉冲/周期，任意整数分辨率用户可编程。分辨率各种单位（比特/周期、脉冲/周期、步/周期等等）之间的关系如图-9和图-10所示。

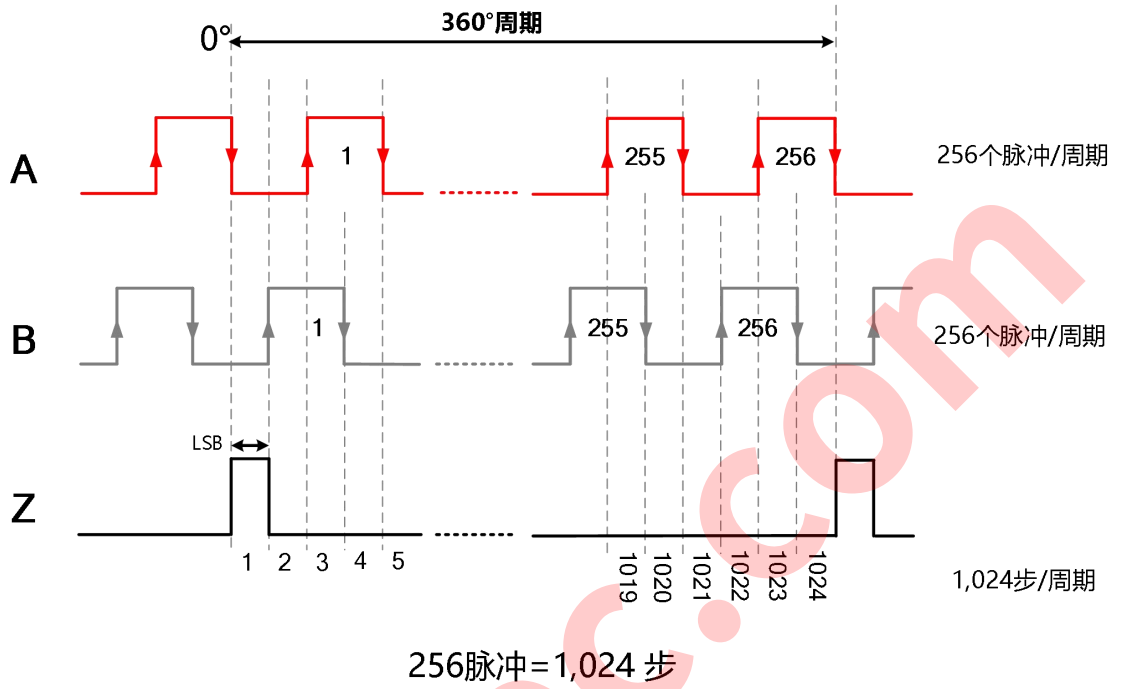


图-9: ABZ输出分辨率=10位=256脉冲/周期=1024步/周期

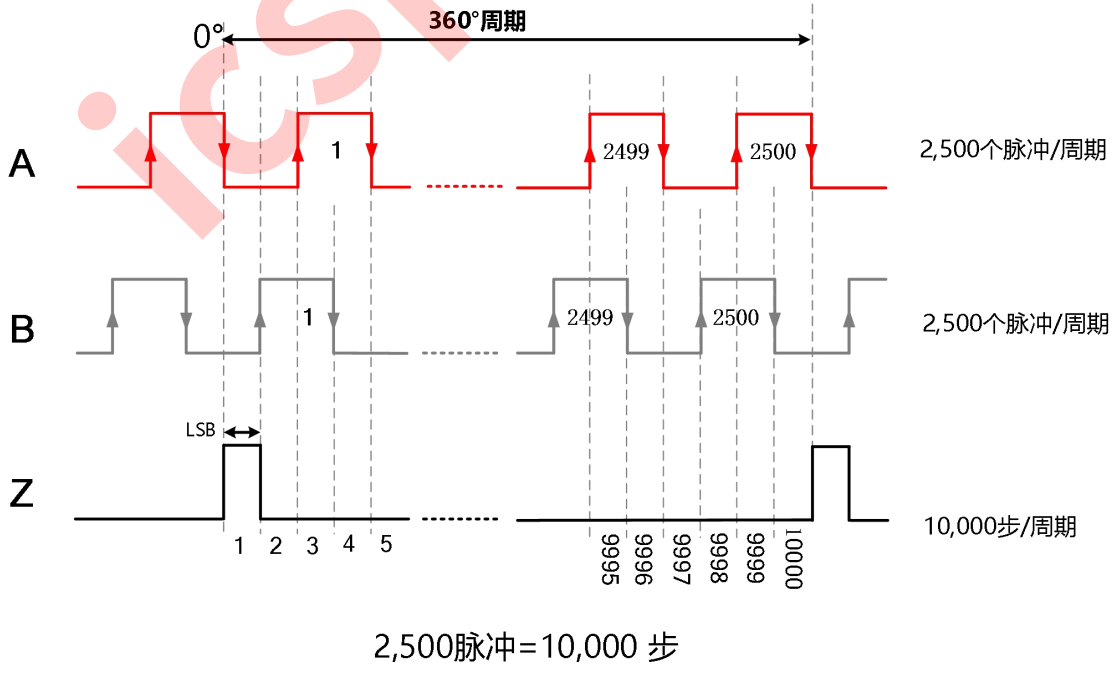


图-10: ABZ 输出分辨率=2,500脉冲/周期=10,000步/周期

icspec.com

ABZ的分辨率由12比特的‘ABZ_RES[11:0]’寄存器定义。

表-11: ABZ分辨率寄存器

寄存器	值	AB分辨率（脉冲/周期）
ABZ_RES[11:0]	0x000	1
	0x001	2
	0x002	3
	. . .	. . .
	0x9C3	2,500
	0x9C4~0xFFF	2,500

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、128LSBs或者60°、120°、180°用户可编程的如图-11和图-12所示。另外，芯片设计保证了每周期（一个N极和一个S极）只会出现一次Z信号。

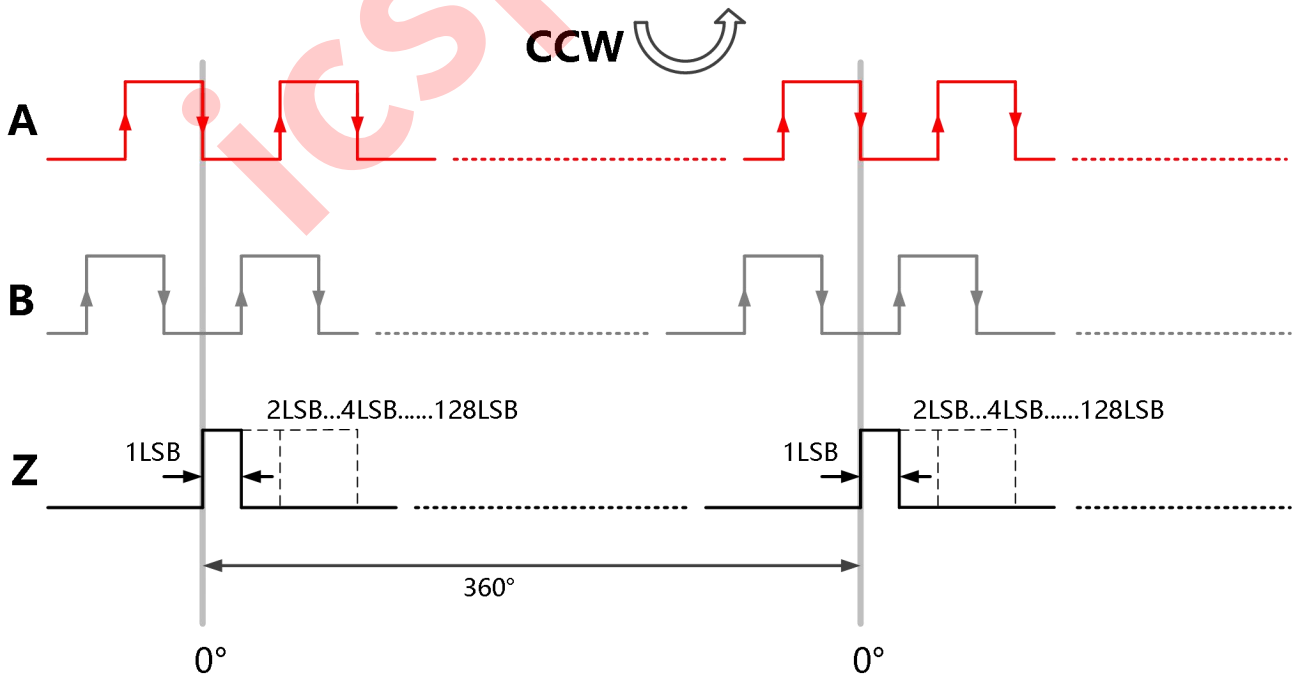


图-11: Z信号脉冲宽度=1,2,4,8 ,16, 32, 64, 128 LSBs

icspec.com

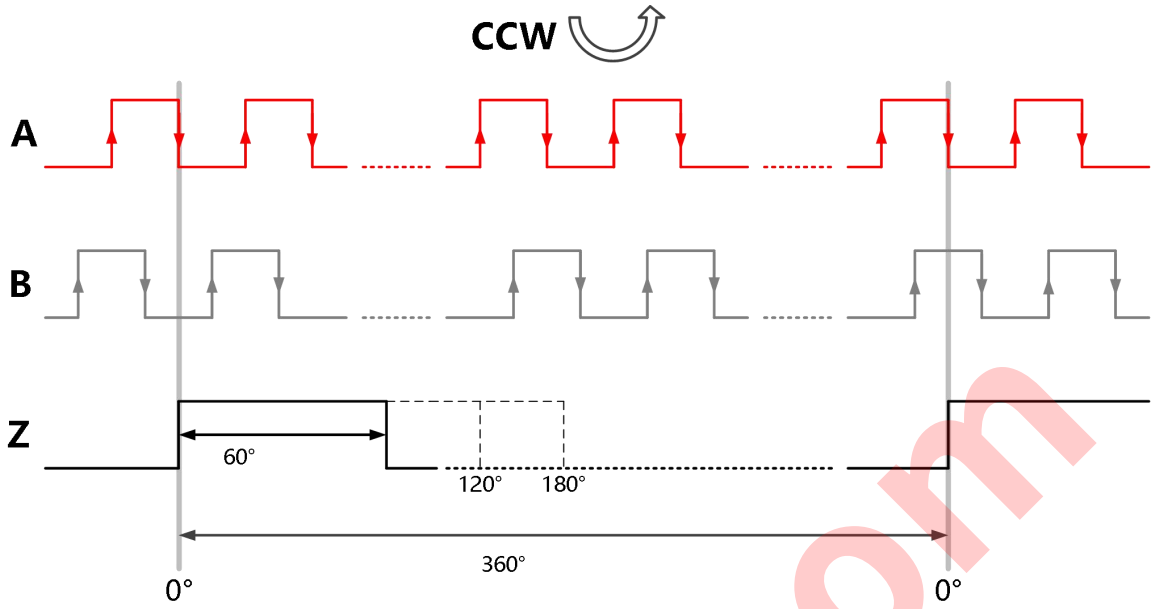


图-12: Z信号脉冲宽度=60°，120°和180°

Z信号脉冲宽度由4比特的‘Z_PUL_WID[3:0]’寄存器来定义。

表-12: Z脉冲宽度寄存器

寄存器	值	宽度 (LSBs/°)	值	宽度 (LSBs/°)
Z_PUL_WID[3:0]	0x0	1	0x8	32
	0x1	2	0x9	64
	0x2	4	0xA	128
	0x3	8	0xB	1
	0x4	16	0xC	1
	0x5	60°	0xD	1
	0x6	120°	0xE	1
	0x7	180°	0xF	1

内部Z信号角度位置由12比特的‘ZERO_POS[11:0]’寄存器来定定义。

表-13: Z信号零位寄存器

寄存器	值	绝对角度位置(°)
ZERO_POS[11:0]	0x000	0
	0x001	0.088
	0x002	0.176
	…	…
	0xFFE	359.824
	0xFFF	359.912

icspec.com

MT6709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-13所示。

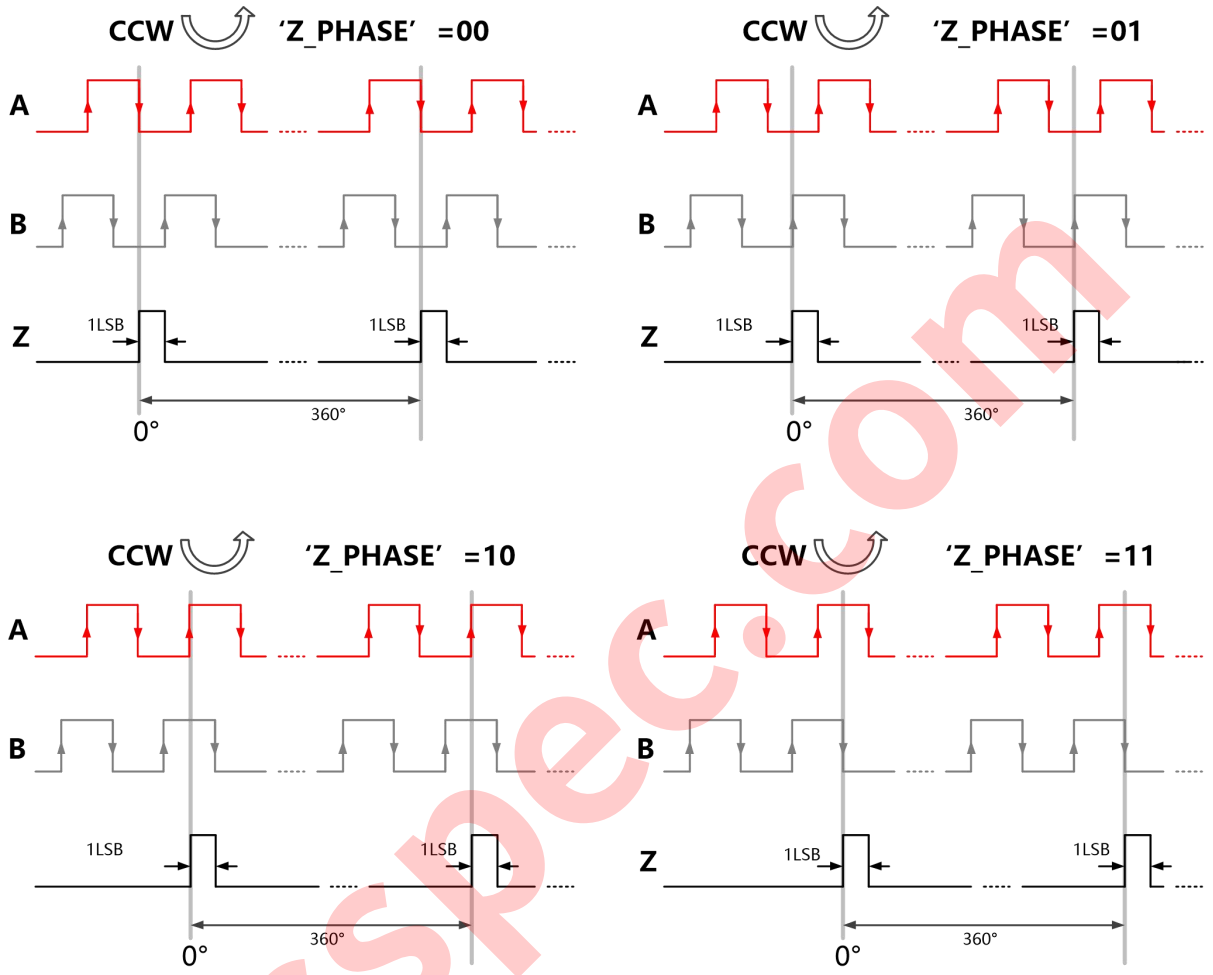


图-13: Z脉冲相位在寄存器‘ROT_DIR’=0、‘SWAP_AB’=0、‘Z_EDGE’=0时的示意图

MT6709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。

表-14：Z脉冲沿控制寄存器

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

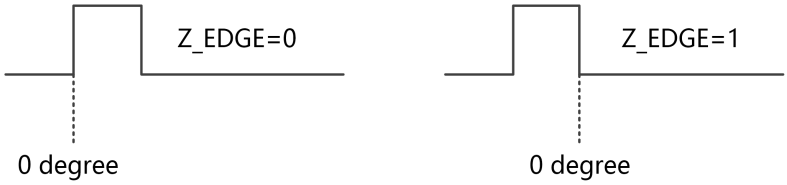


图-14: Z脉冲的沿和零位的关系

Icspec.com

7.2 UVW输出模式

MT6709提供互成120°角度的UVW输出如图-15所示。 每一周期的UVW对极数为1~63对极用户可编程，如表-15所示。

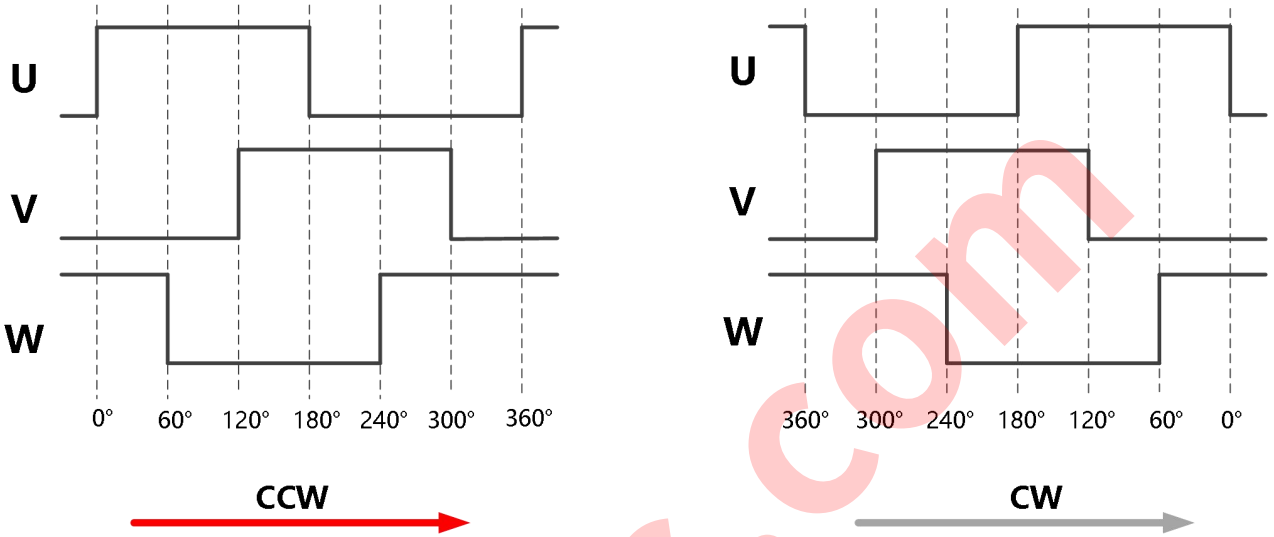


图-15: UVW输出波形

表-15: UVW分辨率寄存器

寄存器	值	UVW对极数
UVW_RES[5:0]	0x0	1
	0x1	2
	0x2	3
	0x3	4
	0x4	5
	0x5	6
	0x6	7
	0x7	8
	...	...
	0x3B	60
	0x3C	61
	0x3D	62
	0x3E	63
	0x3F	NA

icspec.com

7.3 PWM输出模式

如图-16所示，当MT6709的PWM输出模式开启，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。MT6709的PWM信号分辨率为12位，PWM的频率和极性都是可编程，如图-16和表-16所示。

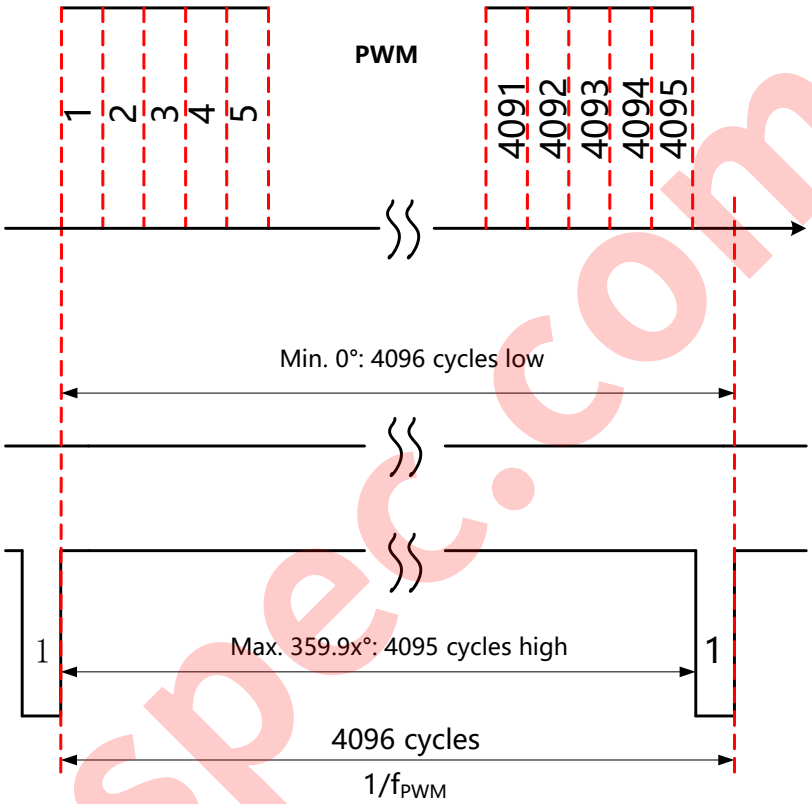


图-16: PWM输出

表-16: PWM极性寄存器

寄存器	值	描述
PWM_POL	0	高电平有效
	1	低电平有效

PWM信号的频率可以通过 16比特的 ‘PWM_N[15:0]’ 寄存器，在125Hz~2KHz之间进行配置，计算公式如下：

$$F_{PWM} = 8,192,000 / PWM_N[15:0] \quad (Hz)$$

16比特的 ‘PWM_N[15:0]’ 寄存器代表 4,096~65,536间的正整数，<4,096的值均被视为4096。

icspec.com

7.4 SPI接口 (3线)

MT6709提供了3线SPI接口，上位机或者微控制器可以通过该接口读取芯片内部的寄存器，得到绝对角度信息和诊断状态；也可以通过SPI接口对MT6709进行编程操作。

7.4.1 SPI时序

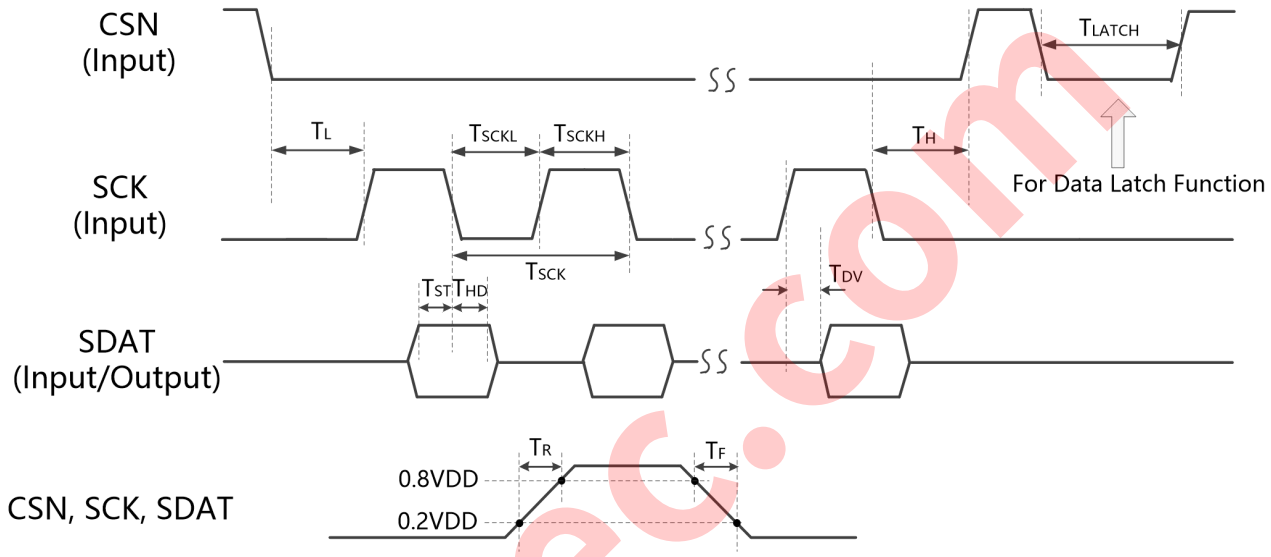


图-17: 3线SPI时序图

表-17: 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SCK上升沿之间的延时	100		-	ns
T_{SCK}	时钟周期	125		-	ns
T_{SCKL}	时钟低电平时间	50		-	ns
T_{SCKH}	时钟高电平时间	50		-	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	数字信号上升沿(20pf 负载电容)	-	10	-	ns
T_F	数字信号下降沿(20pf 负载电容)	-	10	-	ns
T_{DV}	SDAT数据有效时间 (20pf 负载电容)	-	-	15	ns
T_{ST}	SDAT 数据建立时间	10	-	-	ns
T_{HD}	SDAT 数据保持时间	10	-	-	ns
T_{LATCH}	锁存脚功能的有效CSN低电平周期	1	-	-	us
T_W	SDAT数据线输入输出之间转换的时间	-	2*T_{SCK}	-	ns

icspec.com

7.4.2 SPI协议

MT6709的3线SPI协议的读、写操作如图-18和图-19所示。SPI数据传输开始于CSN的下降沿，结束于CSN的上升沿。SCK 是串行时钟，始终由上位机或者微控制器驱动，空闲非通信时保持低电平。SDAT是双向（输入，输出）串行数据线，在SCK的上升沿发出，在SCK下降沿被采样；MT6709的SDAT管脚除了在MT6709输出SDAT数据时处于输出驱动状态，其余时间均保持为高阻输入状态。

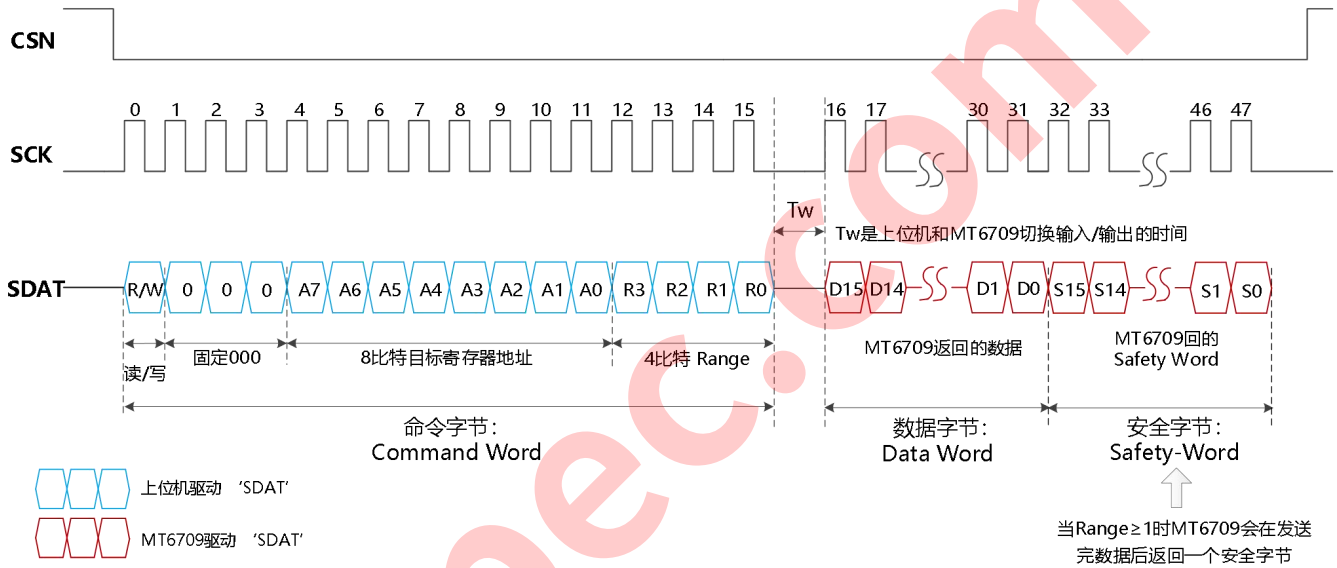


图-18: 3线SPI读操作

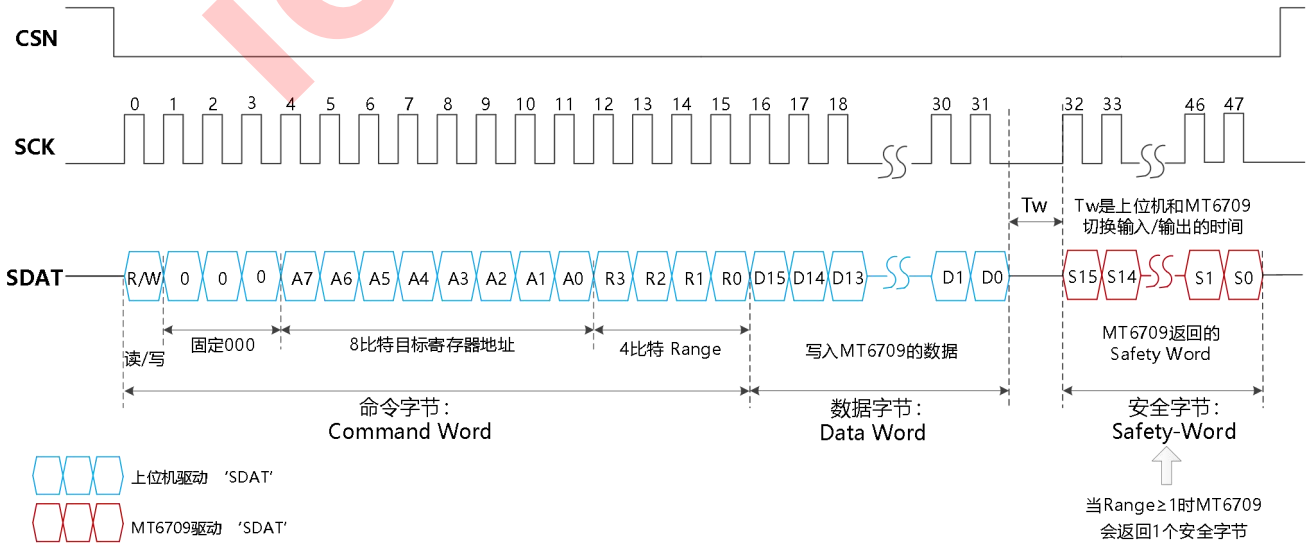


图-19: 3线SPI写操作

icspec.com

表-18: SPI命令字（Command Word）结构

比特位	名称	描述
Bit[15]	读、写控制位	读操作（‘1’）或 写操作（‘0’）
Bit[14:12]	固定值 ‘000’	
Bit [11:4]	寄存器地址	需要访问的目标寄存器地址
Bit[3:0]	读、写寄存器的范围	N=0: 读/写 1个字（16 位） 不附带安全字 N=1: 读/写 1个字（16 位） 附带安全字 N=2~15: 读/写 N 个字并附带安全字

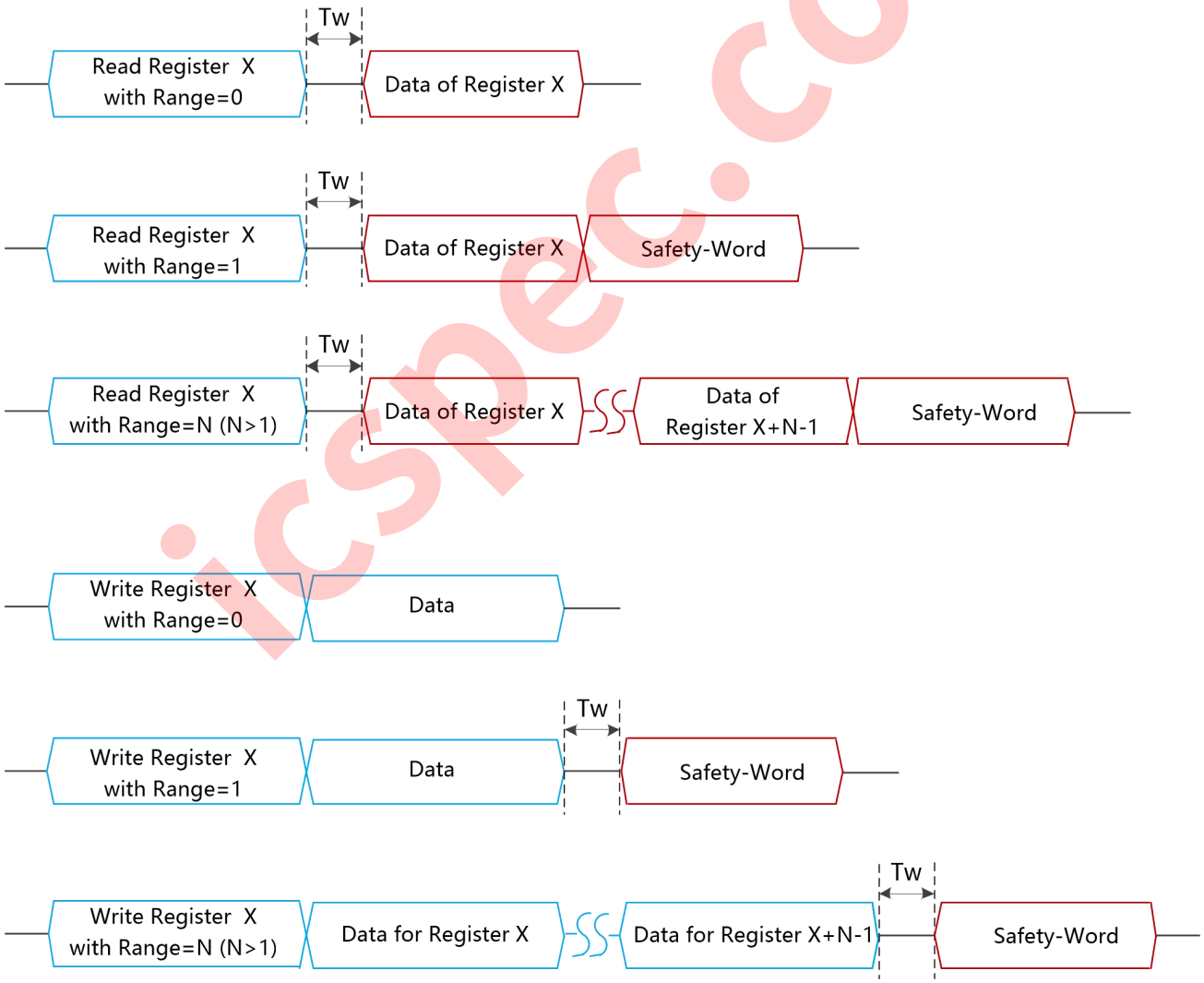


图-20: SPI读写不同寄存器范围

icspec.com

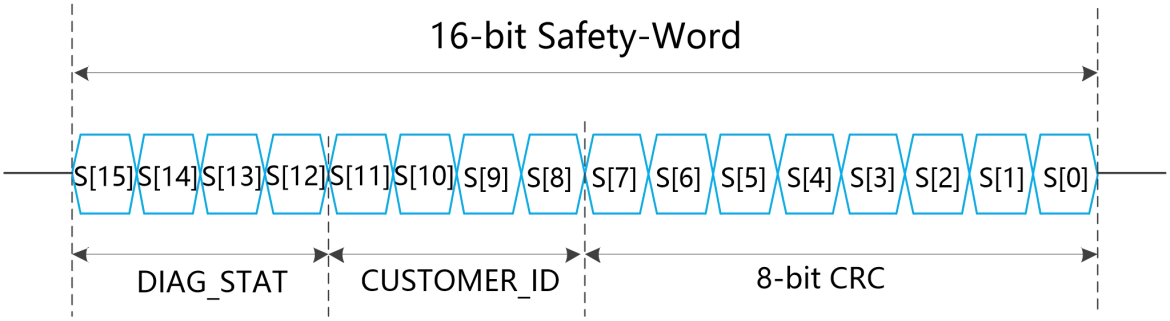


图-21：安全字结构

表-19: 安全字（Safety-Word）结构

名称	位	描述
DIAG_STAT 注释[4]	S[15]	信号太小、太大报警
	S[14]	超过最大允许转速、自校准失败报警
	S[13]	EEPROM数据校验失败报警
	S[12]	欠压报警
CUSTOMER_ID	S[11:8]	4比特用户自定义（‘CUSTOMER_ID[3:0]’寄存器）的芯片识别ID
CRC	S[7:0]	CRC校验位

注释[4]: DIAG_STAT 位在正常状态下为0，在诊断失败报警的情况下置1

CRC

- CRC数据范围:
  (1) 默认寄存器’SPI_CRC_SEL’ =0，CRC校验的数据包含：SPI命令字和数据字;
  (2) 配置寄存器’SPI_CRC_SEL’ =1，CRC校验的数据包含：SPI命令字、数据字以及一部分安全字S[15:8];
- CRC 多项式: $X^8+X^4+X^3+X^2+1$, 命令字的最高比特 ‘R/W’ 最先移入多项式;
- CRC初始值: ‘11111111_B’ ;
- 余数取反再输出;

icspec.com

7.4.3 SPI读角度

用户可通过3线SPI接口读取MT6709内部的角度寄存器，操作如图-22所示。 寄存器 ‘DATA_FLAG’ 是用来配置角度和速度数据是否刷新的标志位：当 ‘DATA_FLAG’ =0时， 0x01、0x02、0x41和0x42地址上的角度以及温度数据没有数据刷新标志位； 而当 ‘DATA_FLAG’ =1时， 0x01和0x41地址上的最高比特成为了本地址数据的刷新标志位RF（如表-20所示）， 当RF=1时表示相应数据已经刷新了。一个单独的CSN（没有时钟和数据）低电平，可以锁存角度寄存器的值，如图-23所示。

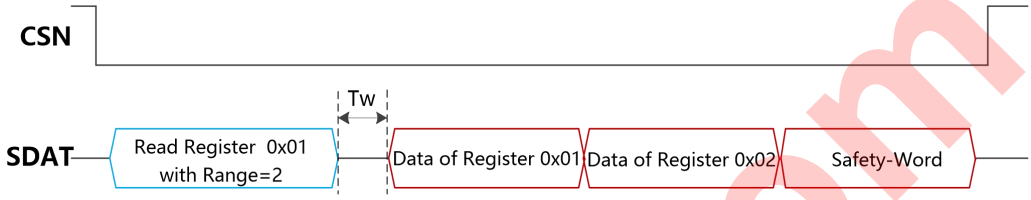


图-22: SPI 读当前角度数据

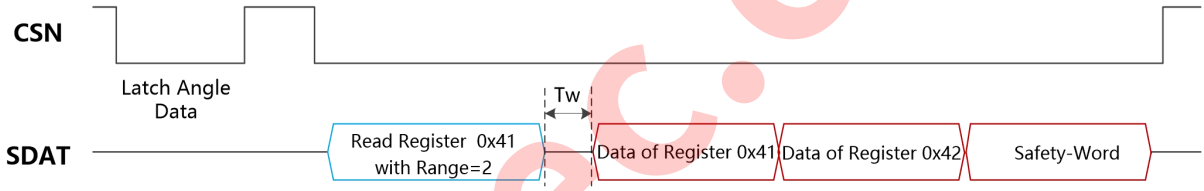


图-23: SPI 读锁存角度数据

表-20: 角度数据相关寄存器

地址	数据位15	数据位14~11	数据位10~0
寄存器 ‘DATA_FLAG’ =0			
0x01	ANGLE[16:1] （角度数据）		
0x02	ANGLE [0]	固定值：0000	TS_Code[10:0]（温度数据）
0x41	ANGLE_Latched[16:1] （锁存的角度数据）		
0x42	ANGLE_Latched[0]	固定值：0000	TS_Code_Latched[10:0]（锁存的温度数据）
寄存器 ‘DATA_FLAG’ =1			
0x01	RF	ANGLE[15:1] （角度数据）	
0x02	ANGLE [0]	固定值：0000	TS_Code[10:0]（温度数据）
0x41	RF	ANGLE_Latched[15:1] （锁存的角度数据）	
0x42	ANGLE_Latched[0]	固定值：0000	TS_Code_Latched[10:0]（锁存的温度数据）

0~360° 绝对角度θ 和温度T（℃）可以通过以下公式计算：

$$\theta = \frac{\sum_{i=0}^{16} \mathrm{ANGLE}[i] > \bullet 2^{i}}{2^{17}} \bullet 360^{\circ} \qquad \mathrm{T}(^{\circ}\mathrm{C}) = 27 + (TS_Code[10] \bullet 2^{8} - \sum_{i=0}^{9} TS_Code[i] \bullet 2^{i-2})$$

icspec.com

7.5 状态输出STATUS和FAULT

- **STATUS输出**

如第6.1章节所述，STATUS管脚输出MT6709信号链上的信号幅度，默认是2KHz高电平有效的PWM信号（该PWM信号的频率和极性也是由第7.3章节所描述的PWM相关寄存器定义）。请确保各种温度条件和工况下，PWM输出的占空比不超过33%，超过之后MT6709内部信号链有饱和的风险，从而造成线性度的下降。

另外，在进入自校准状态后，STATUS管脚输出的PWM信号表示当前的自校准状态（自校准中，自校准成功或失败等），具体请参考第8章。

- **FAULT输出**

FAULT输出管脚作为芯片内部报警信息的输出管脚，可以输出如表-21所示的诊断报警信息。表-21中任一报警都会触发FAULT管脚输出高电平，没有报警的情况下FAULT管脚输出低电平。

表-21: FAULT脚报警内容列表

诊断报警名称	描述
信号幅度太小报警	STATUS输出的PWM内部信号幅度占空比<10%
信号幅度太大报警	STATUS输出的PWM内部信号幅度占空比>44%
信号输入频率过高报警	输入的SIN/COS频率>25KHz
EEPROM数据出错报警	芯片上电调用EEPROM的数据CRC校验出错
自校准失败报警	自校准计算无法收敛
欠压报警	芯片供电电压过低报警

icspec.com

8. 校准

8.1 用户端简洁自校准

MT6709提供了一种用户端简洁自校准模式。简洁自校准要求磁环连续转动，可以是非匀速的。简洁自校准主要补偿由安装偏差带来的正、余弦输入信号的失调、幅度误差以及相位误差，如图-24所示。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）确保输入信号能够在40周期/分钟~3000周期/分钟这个速度区间，保持至少16个周期；

（3）通过将CAL_ENB引脚拉低（或者将寄存器‘SOFT_AUTOCAL’写1），使得芯片进入自校准状态；然后通过STATUS引脚输出的PWM波形（如表-30所示），或者‘CAL_STATE’寄存器的值如表-23所示，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，请等待500ms以后再将CAL_ENB引脚拉高或者将‘SOFT_AUTOCAL’寄存器写0，以退出自校准模式；

（4）若简洁自校准失败需要再次校准，需要给MT6709重新上电；

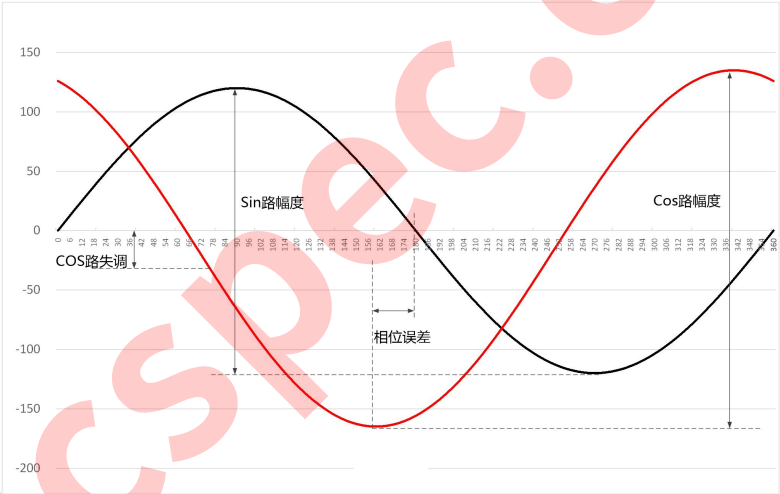


图-24: 失调、幅度误差和相位误差

表-22: 简洁自校准模式下STATUS引脚输出说明

STATUS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

表-23: ‘CAL_STATE’寄存器

寄存器：CAL_STATE [1:0]	判定阈值(Lsb)
0x0	未进行自校准
0x1	正在进行自校准
0x2	自校准失败
0x3	自校准成功

icspec.com

8.2 用户端匀速自校准

MT6709提供的用户端匀速自校准，要求磁环匀速运动。匀速自校准除了包含简洁自校准效果，还可以进行更进一步的非线性补偿。步骤如下：

(1) 安装固定好芯片和磁环的相对位置；

(2) 通过寄存器‘AUTO_CAL_MODE ’（如表-24）所示来配置芯片处于匀速自校准模式（芯片出厂默认配置为简洁自校准模式），**确保按角度输出增加的方向匀速运行**；

表-24: ‘AUTO_CAL_MODE’ 寄存器

寄存器	值	描述
AUTO_CAL_MODE[2:0]	0x3	简洁自校准（默认值）
	0x4	匀速自校准

(3) 使磁环匀速运动起来，通过配置‘AUTO_CAL_FREQ’寄存器，如表-25所示，来选择合适的转速区间。

表-25: ‘CAL_FREQ’ 寄存器

寄存器：CAL_FREQ[2:0]	自校准采用的速度区间（对极/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

(4) 通过将CAL_ENB引脚拉低（或者将寄存器‘SOFT_AUTOCAL’写1），使得芯片进入自校准状态。然后通过STATUS引脚输出的PWM波形（如表-22所示），或者‘CAL_STATE’寄存器的值如表-23所示，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，请等待≥500ms以后再将CAL_ENB引脚拉高或者将‘SOFT_AUTOCAL’寄存器写0，以退出自校准模式；

(5) 若匀速自校准失败需要再次校准，需要给MT6709重新上电；

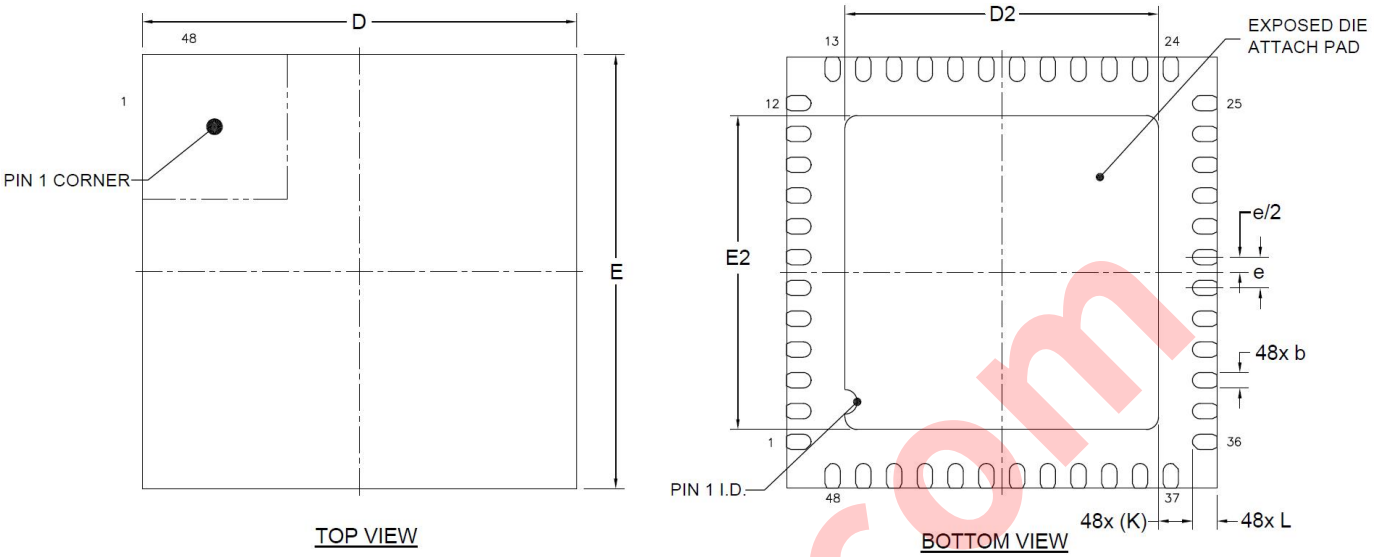
icspec.com

9. 寄存器表

请联系麦歌恩微电子技术人员，获取MT6709的寄存器表及说明。

icspec.com

10. 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
A	0.700	0.800	0.028	0.031
A1	0	0.050	0	0.002
A2	0.550		0.022	
A3	0.203 (REF)		0.008 (REF)	
b	0.200	0.300	0.008	0.012
D	7.000 (BSC)		0.276 (BSC)	
E	7.000 (BSC)		0.276 (BSC)	
e	0.500 (BSC)		0.020 (BSC)	
D2	5.000	5.200	0.197	0.205
E2	5.000	5.200	0.197	0.205
L	0.300	0.500	0.012	0.020
K	0.550 (REF)		0.022 (REF)	

icspec.com

11. 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。

icspec.com

12. 版本历史

版本号	日期	内容
0.5	2023.05	初版（非正式）发行

icspec.com