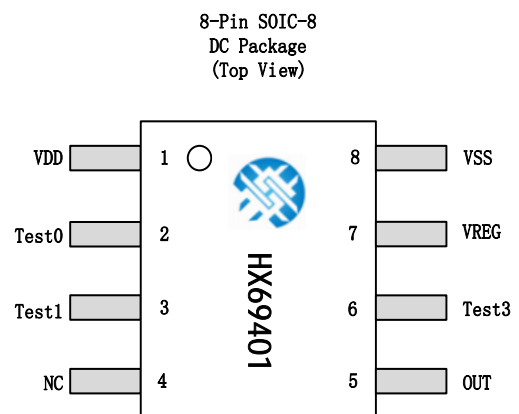


芯片特性

- 非接触式高精度磁角度传感器
- 工作环境温度-40℃至+160℃
- 可编程线性传输特性（增益斜率、电压钳位）
- 可编程线性化算法：任意点或分段线性化
 - 四点，八点任意点线性化
 - 十六点，三十二点分段线性化
- 360° 角度检测
- 可编程测量范围
- 12 位角度分辨率，7 位温度分辨率
- 角度输出形式
 - PWM 接口
 - 模拟（比例输出）接口
 - SPI 接口
- 输出脚可配置：推挽输出或者漏极开路
- 48 位客户 ID
- 电源地端口及输出端口开路、短路诊断
- 片上诊断功能
- 电源端过电压保护
- 低电压检测、过电流检测
- 符合 AEC_Q100 标准 Grade0 级
- 高可靠性 BCD 工艺
- ESD > 4kV (HBM)
- 单芯片 SOP8 封装形式-无铅，符合 RoHS
- 双芯片（全冗余） TSSOP-16 封装-无铅，符合 RoHS

典型应用

- 非接触式角度检测
- 踏板传感器
- 方向盘传感器
- 节气门传感器
- 车身高度
- 旋钮开关



目录

芯片特性	- 1 -
典型应用	- 1 -
1、基本功能描述	- 4 -
2、产品信息.....	- 4 -
3、引脚定义.....	- 5 -
4、功能模块.....	- 7 -
5、极限参数表	- 7 -
6、ESD 参数.....	- 8 -
7、双芯片隔离参数.....	- 8 -
8、电学参数表	- 8 -
9、时间参数表	- 10 -
基本时序	- 10 -
上电时序	- 10 -
EEPROM 时序.....	- 11 -
模拟输出	- 11 -
PWM 输出.....	- 11 -
SPI 输出.....	- 12 -
单线编程	- 13 -
10、精度参数.....	- 13 -
模拟输出	- 13 -

PWM 输出.....	- 13 -
11、用户可编程参数.....	- 14 -
12、磁场参数.....	- 16 -
13、可追踪信息.....	- 16 -
14.用户可编程参数描述.....	- 16 -
14.1 OUT Mode 输出模式.....	- 16 -
14.2 传感器前端设定.....	- 19 -
14.3 不连续点/零位.....	- 22 -
14.4 输出参数设定.....	- 22 -
14.5 滤波器.....	- 27 -
14.6 User ID.....	- 28 -
14.7 EEPROM 写保护.....	- 28 -
14.8 诊断.....	- 28 -
14.9 模拟电路电流控制.....	- 30 -
15.编程接口.....	- 31 -
15.1 SPI 接口.....	- 31 -
15.2 单线编程协议.....	- 31 -
16.典型应用电路.....	- 34 -
16.1 Analog/PWM 应用电路.....	- 34 -
16.2 SPI.....	- 36 -
17.外型尺寸.....	- 37 -

1、基本功能描述

HX69401是一款非接触式、高抗杂散磁场干扰的高精度角度传感器芯片，芯片中心内置了全差分霍尔感应矩阵，通过感应上方的一对极S/N磁铁产生与之对应的正余弦位置信号。信号由前级放大器放大之后由内部的模数转换电路进行采样，芯片专用的DSP电路进行角度运算，最后通过多种接口形式输出磁铁转动的绝对位置信息。

HX69401的输出传输特性完全可编程，最多提供32个校准点，以满足模块组装下线过程中绝对位置精度需求。

HX69401提供多种输出方式：和旋转角度成比例的模拟量输出、PWM输出单线、四线SPI总线方式。

HX69401内部有多个自检诊断模块，如芯片发生故障，诊断模块会及时将故障信息输出，有效提高系统安全性。

HX69401采用8脚的SOIC-8封装。芯片采用无卤绿料，满足环保要求。

HX69401D采用16脚的TSSOP-16封装，双芯片冗余封装。芯片采用无卤绿料，满足环保要求。

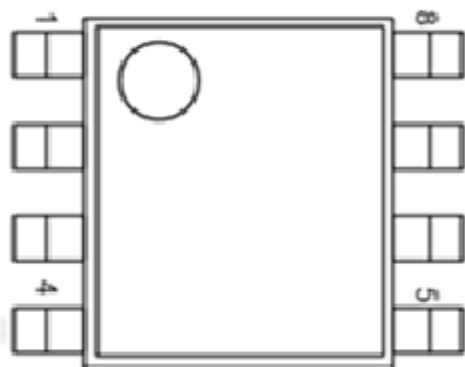
HX69401系列芯片在开发过程中遵循ISO 26262标准进行，符合ASIL-B等级。

2、产品信息

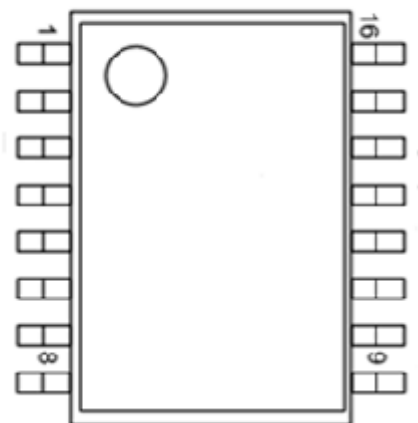
Part Number	Packing	Mounting	Output Type	Marking
HX69401	SOIC-8	8-pin SOP	Analog; PWM; SPI	
HX69401D	TSSOP-16	16-pin TSSOP	Analog; PWM; SPI	

3、引脚定义

SOIC-8



TSSOP-16



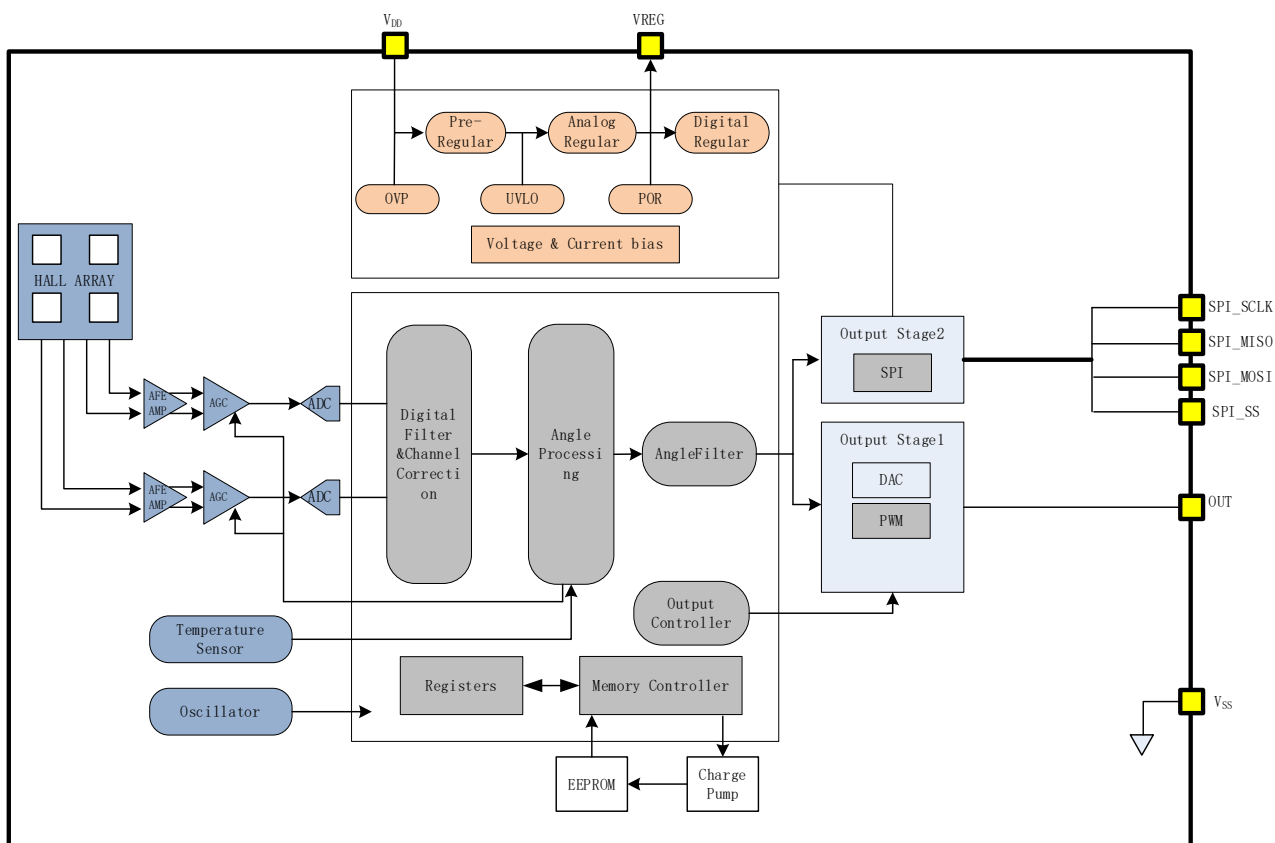
SOIC-8

PIN	Name	Description
1	V _{DD}	Power Supply
2	Test0	Test Pin 0/SPI_MISO
3	Test1	Test Pin 1
4	NC	No Connected/SPI_SCLK
5	OUT	Analog /PWM /SPI_SS
6	Test3	Test Pin 3/SPI_MOSI
7	V _{REG}	Decoupling Pin
8	V _{SS}	Ground

TSSOP-16

PIN	Name	Description
1	OUT2	Analog /PWM /SPI_SS Die2
2	V _{DD1}	Power Supply Die1
3	Test0_1	Test Pin 0/SPI_MISO Die1
4	Test3_2	Test PIN 3/SPI_MOSI Die2
5	V _{REG2}	Decoupling Pin Die2
6	Test1_1	Test PIN 1 Die1
7	Test2_1	Test PIN 2/SPI_SCLK Die1
8	V _{SS2}	Ground Die2
9	V _{DD2}	Power Supply Die2
10	OUT1	Analog /PWM /SPI_SS Die1
11	Test3_1	Test PIN 3/SPI_MOSI Die1
12	Test0_2	Test Pin 0/SPI_MISO Die2
13	Test1_2	Test PIN 1 Die2
14	V _{REG1}	Decoupling Pin Die1
15	V _{SS1}	Ground Die1
16	Test2_2	Test PIN 2/SPI_SCLK Die2

4、功能模块



5、极限参数表

Characteristics	Value
供电电压 V_{DD}	+24V
反向电压保护	-12V (在-14V 下损坏)
正向输出电压	+18V (在 24V 下损坏)
输出正向电流 (I_{OUT})	+50mA (击穿时)
反向输出电压	-0.3V
反向输出电流	-50mA (击穿时)
工作温度	-40°C ~ +160°C
储存温度	-40°C ~ +160°C
磁场强度	±1T

Note: Stresses above those listed here may cause permanent damage to the device. Exposure to absolute maximum

rating conditions for extended periods may affect device reliability.

6、ESD 参数

Human Body Model (HBM) tests according to: standard EIA/JESD22-A114-B HBM

Parameter	Symbol	Limit Values		Units
		Min.	Max.	
ESD-Protection	V_{ESD}	-4	4	KV

7、双芯片隔离参数

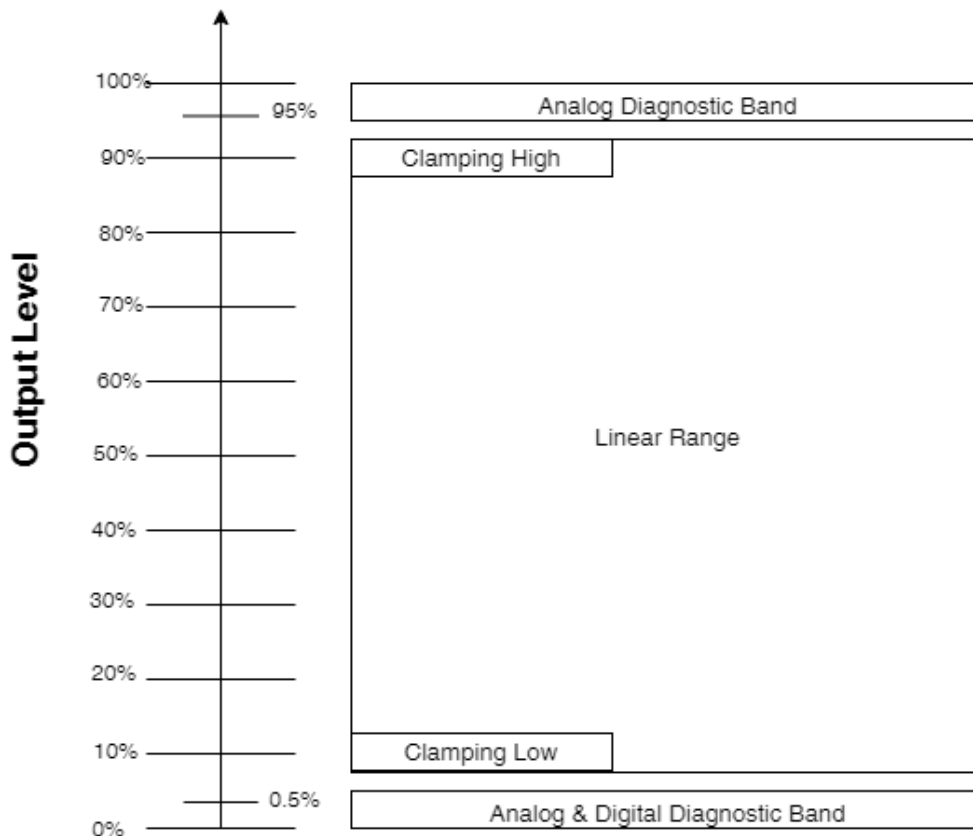
Parameter	Symbol	Limit Values		Units
		Min.	Max.	
Isolation Resistance	IsOR	4		$M\Omega$

8、电学参数表

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
工作电压 5V 模式	V_{DD}		4.5	5	5.5	V
工作电压 3.3V 模式	$V_{DD_3.3V}$	VDEC 及 VDD 同时接 3.3V, UVLO_3P5EN = 1	3	3.3	3.6	V
正常工作电流	I_{DD}			9	12	mA
开机冲击电流	I_{surge}	V_{DEC} load capacitor=100nF			50	mA
电流过大错误报警					25	mA
稳压电压	V_{DEC}	V_{DEC} load capacitor=100nF	3.2	3.37	3.5	V
稳压电压过高检测	V_{DECOVH}		3.65	3.75	3.85	V
稳压电压过低检测	V_{DECUVL}		2.70	2.80	2.90	V
数字电路供电	V_{DDD}		2.1	2.2	2.35	V
POR 电压	HPOR_LH	VDD rising	2.4	2.5	2.9	V
POR 电压迟滞	HPOR_Hyst		100		250	mV
UVLO 电压		UVLO_3P5EN = 0	3.4	3.7	4.2	V
		UVLO_3P5EN = 1	2.6	2.8	3.1	
UVLO 电压迟滞			150		350	mV
OVP 电压 (上升)		VDD rising	6.1	6.2	6.4	V
OVP 电压迟滞			100		250	mV
输出短路电流	$I_{short_V_{SS}}$	$V_{out}=0V$, Analog Output			15	mA
		$V_{out}=0V$, PWM Output, PushPull			50	mA

	Ishort_V _{DD}	Vout=5V, Analog Output				15	mA
		Vout=5V, PWM Output, PushPull				50	mA
模拟输出负载电阻	R _L	上拉电阻, 连接到 5V		4.7	10		KΩ
		下拉电阻连接到地		4.7	10		KΩ
PWM 输出负载电阻	R _{L_PWM}	上拉电阻, 连接到 5V		1			KΩ
		下拉电阻连接到地		1			KΩ
模拟输出饱和电平	Vsat_lo	上拉电阻 R ≥ 10k, 连接到 5V			0.5	2	%V _{DD}
		上拉电阻 R ≥ 5k, 连接到 5V			2.5	3	
	Vsat_hi	下拉电阻 R ≥ 5k, 连接到地		95	97.5		%V _{DD}
		下拉电阻 R ≤ 10k, 连接到地		97.5	98.5		
主动诊断输出电平	Dsat_lo	下拉电阻 R ≤ 47k, 连接到地			1	2	%V _{DD}
		下拉电阻 R ≤ 10k, 连接到地			0.5	1	
	Dsat_hi	上拉电阻 R ≤ 47k, 连接到 5V		95	97		%V _{DD}
		上拉电阻 R ≤ 10k, 连接到 5V		97.5	98.5		
被动诊断输出电平 (开路)	BV _{SS} PD	V _{SS} 开路	下拉电阻, 4.7K ≤ R ≤ 47k		0	0.5	%V _{DD}
	BV _{SS} PU	V _{SS} 开路	上拉电阻, 4.7K ≤ R ≤ 47k	99.5	100		%V _{DD}
	BV _{DD} PD	V _{DD} 开路	下拉电阻, 4.7K ≤ R ≤ 47k		0	0.5	%V _{DD}
	BV _{DD} PU	V _{DD} 开路	上拉电阻, 4.7K ≤ R ≤ 47k	99.5	100		%V _{DD}
可编程钳位电压	Clamp_lo			0		100	%V _{DD}
	Clamp_hi			0		100	%V _{DD}

输出电平设置举例:



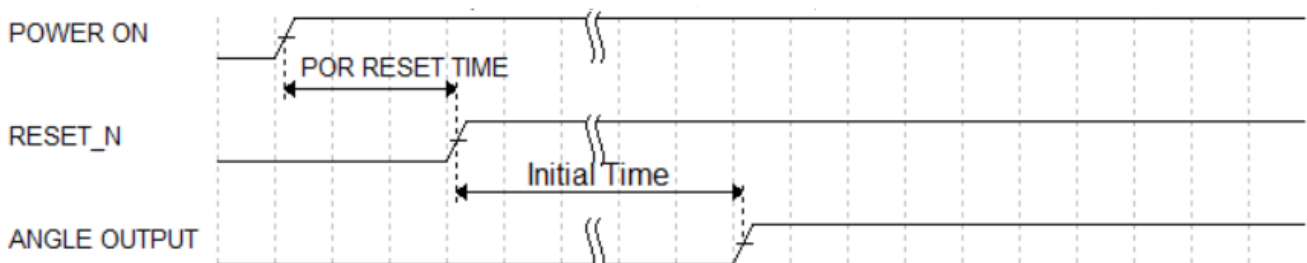
9、时间参数表

基本时序

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
主时钟频率	F_{CK}	全温测试	7.8	8.2	8.5	MHz
主时钟频率温度偏移	$\Delta F_{CK,T}$		-3		3	% F_{CK}
数据刷新频率	tper		121	128	134	uS
阶跃响应时间	T_s	ADC_Filter=0		512		uS
		ADC_Filter=1		2048		uS
		ADC_Filter=2		8192		uS
		ADC_Filter=3		128		uS

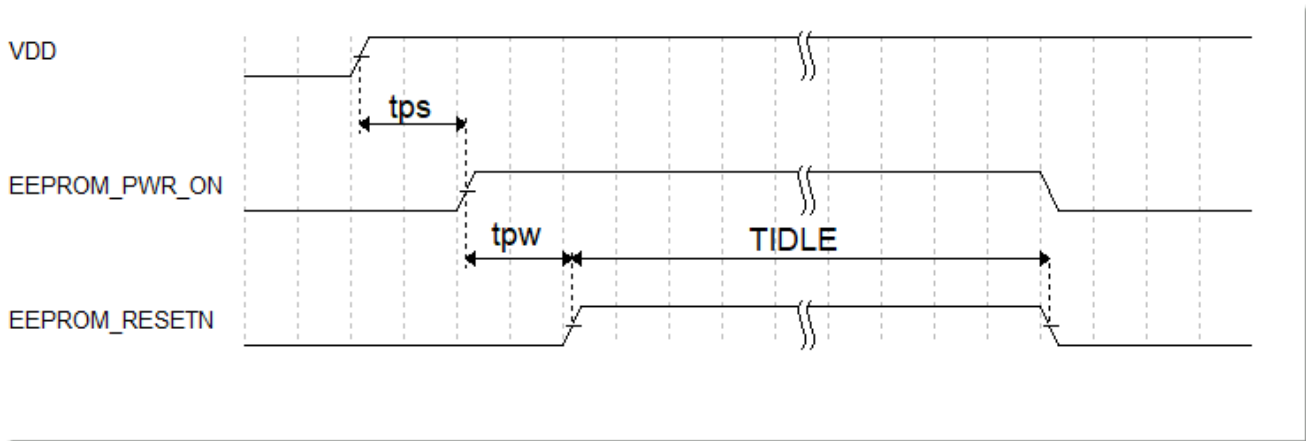
上电时序

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
POR RESET	T_{POR}			40		uS
Initial TIME	T_{INIT}	ADC_Filter=0		4096		us
		ADC_Filter=1		8192		us
		ADC_Filter=2		16384		us
		ADC_Filter=3				



EEPROM 时序

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
POWER ON	t_{ps}			100		μs
	t_{pw}			100		μs
IDLE	T_{IDLE}			20		ms



模拟输出

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
模拟输出摆率		COUT=100nF		36	59	V/mS
		COUT=10nF		180	320	V/mS
		COUT=47nF		120	150	V/mS
		COUT=330nF		20	40	V/mS

PWM 输出

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units	
PWM 频率	F_{PWM}	频率编程范围		125	1000	2000	Hz
初始 PWM 频率精度	F_{PWM_Init}	25°C			±2%	F_{PWM}	
PWM 频率温漂	ΔF_{PWM}	PWM 频率温漂			±3%	F_{PWM}	
PWM 输出上升时间 (开漏输出)	$Trise_LSD$	4.7nF, RL=1KΩ 上拉		10.8		μs	
		4.7nF, RL=10KΩ 上拉		110		μs	
		10nF, RL=1KΩ 上拉		20		μs	
		4.7nF, RL=1KΩ 上拉		1.8		μs	

PWM 输出上升时间 (推挽输出)	Trise_PP	4.7nF, RL=10KΩ 上拉	2.2	uS
		10nF, RL=1KΩ 上拉	4.7	uS
PWM 输出下降时间 (开漏输出)	Tfall_LSD	4.7nF, RL=1KΩ 上拉	2	uS
		4.7nF, RL=10KΩ 上拉	2.3	uS
		10nF, RL=1KΩ 上拉	5.1	uS
PWM 输出下降时间 (推挽输出)	Tfall_PP	4.7nF, RL=1KΩ 上拉	2	uS
		4.7nF, RL=10KΩ 上拉	2.3	uS
		10nF, RL=1KΩ 上拉	5.1	uS

SPI 输出

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
Clock Period	Tclk	EE_PINFILTER = 1	450	500		ns
		EE_PINFILTER = 2	900	1000		ns
		EE_PINFILTER = 3	1800	2000		ns
Clock Low Level	Tclk_Lo	EE_PINFILTER = 1	225			ns
		EE_PINFILTER = 2	450			ns
		EE_PINFILTER = 3	900			ns
Clock High Level	Tclk_Hi	EE_PINFILTER = 1	225			ns
		EE_PINFILTER = 2	450			ns
		EE_PINFILTER = 3	900			ns
Clock to Data Delay	TMISO	EE_PINFILTER = 1, CL = 30pF			210	ns
		EE_PINFILTER = 2, CL = 30pF			300	ns
		EE_PINFILTER = 3, CL = 30pF			510	ns
Data Capture Setup Time	TMOSI			30		ns
/SS FE to SCLK RE	t1	EE_PINFILTER = 1	225			ns
		EE_PINFILTER = 2	450			ns
		EE_PINFILTER = 3	900			ns
/SS FE to MISO Low Impedance	t2	EE_PINFILTER = 1		90	120	ns
		EE_PINFILTER = 2		180	210	ns
		EE_PINFILTER = 3		370	420	ns
SCLK FE to /SS RE	t3		225			ns
/SS RE to MISO High Impedance	t4	EE_PINFILTER = 1		90	120	ns
		EE_PINFILTER = 2		180	210	ns
		EE_PINFILTER = 3		370	420	ns
Sync Pulse Duration	tSyncPulse	EE_PINFILTER = 1	520		10000	ns
		EE_PINFILTER = 2	610		10000	ns
		EE_PINFILTER = 3	820		10000	ns

单线编程

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
Period	T_{1wire}		20	50	200	us
正占空比	T_{duty_p}	Bit=0	10%		45%	T_p
		Bit=1	55%		90%	T_p
负占空比	T_{duty_m}	Bit=0	10%		45%	T_p
		Bit=1	55%		90%	T_p

10、精度参数

模拟输出

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
ADC 分辨率(不包含符号位, 用于 SIN/COS 输入)	R_{ADC}			15		bits
模拟输出分辨率	R_{ADC}	12bits DAC		0.02		% V_{DD}
DAC 积分非线性误差	INL			5		LSB
DAC 差分非线性误差	DNL		0.05	1	3	LSB
输出极噪声		钳位输出状态		0.05	0.075	% V_{DD}
Radiometry Error		4.5V< V_{DD} <5V	-0.05		0.05	% V_{DD}
VPP 噪声		Filter=0, 40mT		0.1	0.2	Degree
		Filter=2, 20mT		0.1	0.2	
Radiometry Error		4.5V $\leq V_{DD}$ \leq 5.5V	-0.05	0	0.5	% V_{DD}
		4V $\leq V_{DD}$ \leq 6V	-0.1	0	0.1	

PWM 输出

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
PWM 输出分辨率	RSP			12		bits
PWM % 占空比抖动 (开漏输出)	J_{DC}	125Hz, 4.7nF, $R_L=1Kohm$, 电阻上拉	± 0.003		± 0.016	%DC
		250Hz, 4.7nF, $R_L=2Kohm$, 电阻上拉	± 0.005		± 0.02	
		1000Hz, 4.7nF, $R_L=3Kohm$, 电阻上拉	± 0.009		± 0.035	
PWM % 占空比抖动 (推挽输出)	J_{DC}	125Hz, 4.7nF, $R_L=1Kohm$, 电阻上拉	± 0.04		± 0.15	Hz
		250Hz, 4.7nF, $R_L=2Kohm$, 电阻上拉				
		1000Hz, 4.7nF, $R_L=3Kohm$, 电阻上拉				
PWM 频率抖动 (开漏输出)	J_{PWM}	125Hz-2000Hz, 4.7nF, $R_L=1Kohm$, 电阻上拉				

PWM 频率抖动 (推挽输出)	J_{PWM}	125Hz-2000Hz, 4.7nF, $R_L=1Kohm$, 电阻上拉			
--------------------	-----------	---	--	--	--

Jitter 定义为 $\pm 3\sigma$ ， σ 为 1000 次正常波形的标准差。%DC: %Duty Cycle

11、用户可编程参数

Characteristic	Comments	Default	bits
OUT mode	输出模式	0	2
	0: 模拟输出		
	1: PWM 输出		
	2: 预留		
	3: SPI 输出		
OUT_CONFIG	输出设置	0	2
	0: 数字输出 OpenDrain NMOS		
	1: 数字输出 OpenDrain PMOS		
	2: 数字推挽输出		
	3: 数字 High-Z 输出		
DIAG Enable	诊断模式输出		1
CLAMP_HIGH	Clamping High		16
CLAMP_LOW	Clamping Low		16
FILTER_ADC	ADC 滤波器带宽配置		2
FILTER_ANGLE	FIR 滤波器阶数配置		2
FHYST	迟滞滤波器		8
GAING	模拟运放第一级增益设置		2
GAINF	模拟运放第二级增益初始值		5
GCCs	SIN 信号幅度微调		6
GCCc	COS 信号幅度微调		6
SIN_OFFSET	SIN 共模电压调节		16
COS_OFFSET	COS 共模电压调节		16
GAIN_THRESHOLD_LOW	GAIN 阈值 低	1	5
GAIN_THRESHOLD_HIGH	GAIN 阈值 高	63	5
FIELDTHOLD_LOW	场强阈值低	10mT	8
FIELDTHOLD_HIGH	场强阈值高		8
TEMPTHRESHOLD_LOW	低温阈值		7
TEMPTHRESHOLD_HIGH	高温阈值		7
Vosc	振荡器调节		6
PWMPOL	PWM 极性		1
PWMT	PWM 频率设定		3
PWM_DC_FAULT	当电压报错时, PWM 的占空比		8
PWM_FTL_FAULT	当磁场强度过低或过高时, PWM 的占空比		8

PWM_MGOFF_FAULT	当检测到磁场偏移时, PWM 输出占空比			8
DP	不连续点/零点			15
CW	旋转方向			1
WORK_RANGE_GAIN	16 点/32 点矫正 工作范围			16
LNR_POINTS	4 点矫正, 8 点矫正, 16 点矫正或 32 点矫正选择			2
	0: 4 点矫正			
	1: 8 点矫正			
	2: 16 点矫正			
3: 32 点矫正				
LNR_A_X	4 点矫正, X 轴坐标 (角度)	0°	16	
LNR_B_X			16	
LNR_C_X			16	
LNR_D_X			16	
LNR_A_Y	4 点矫正, Y 轴坐标 (钳位电压%)	100%	16	
LNR_B_Y			16	
LNR_C_Y			16	
LNR_D_Y			16	
LNR_A_S	4 点矫正, 各段斜率		16	
LNR_B_S		16		
LNR_C_S		16		
LNR_D_S		16		
LNR4_S0	4 点矫正, 初始斜率			16
LNR4_Y5	4 点矫正, 终点 Y 坐标			16
LNR_Y0	4 点, 16 点/32 点矫正初始点 Y 坐标			16
LNR9_Yn	8 点矫正, Y 轴坐标 (n=0~8)			9x16
LNR9_Xn	8 点矫正, X 轴坐标 (n=0~8)			9x16
LNR17_Yn	16 点矫正, Y 轴坐标 (n=0~15)			17x16
LNR_DELTAYn	32 点矫正, Y 轴坐标 (偏移量) (n=0~31)			32x8
LNR_DELTA_Y_EXPAND	32 点矫正, Y 轴坐标偏差范围设置			2
	值: 0	范围: ± 3.125%	矫正分辨率: 0.024%	
	值: 1	范围: ±6.25%	矫正分辨率: 0.049%	
	值: 2	范围: ±12.5%	矫正分辨率: 0.098%	
值: 3	范围: ±25%	矫正分辨率: 0.2%		

12、磁场参数

Character	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
磁感应强度	Bz		20		120	mT
磁场温度系数	TCm		-3000			ppm/°C

13、可追踪信息

在出厂时，每个器件包含一个专有的 ID 地址用于以后追踪

Parameter	Comments	Default Values	Parameter bits
HuaXinID1	HuaXin 出厂写入	XXXX	8
HuaXinID2	HuaXin 出厂写入	XXXX	8

14.用户可编程参数描述

14.1 OUT Mode 输出模式

14.1.1 输出模式设定

HX69401提供四种输出模式：比例模拟输出，PWM 输出，SPI 总线输出。数字输出除 SPI 外，均支持 PMOS 或 NMOS 漏集开路输出及推挽输出。SPI 仅支持推挽输出。

Characteristic	Comments	Default	bits
OUT mode	输出模式	0	2
	0:模拟输出		
	1:PWM 输出		
	预留		
	3:SPI 输出		

Characteristic	Comments	Default	bits
OUT_CONFIG	输出设置	0	2
	0:数字输出 NMOS OpenDrain		
	1:数字输出 PMOS OpenDrain		
	2:数字推挽输出		
	3:数字高阻态输出		

14.1.2 模拟输出

模拟输出由芯片内部 12bit DAC 经 buffer 驱动后输出。输出值和测量角呈线性关系。

14.1.3 PWM 输出

14.1.3.1 PWM 输出极性

PWM 波形的占空比比例于测量的角度。角度位置与占空比之间的关系如下：

- PWM POL=1 for low level at 100%
- PWM POL=0 for high level at 100%

14.1.3.2 PWM 频率设置

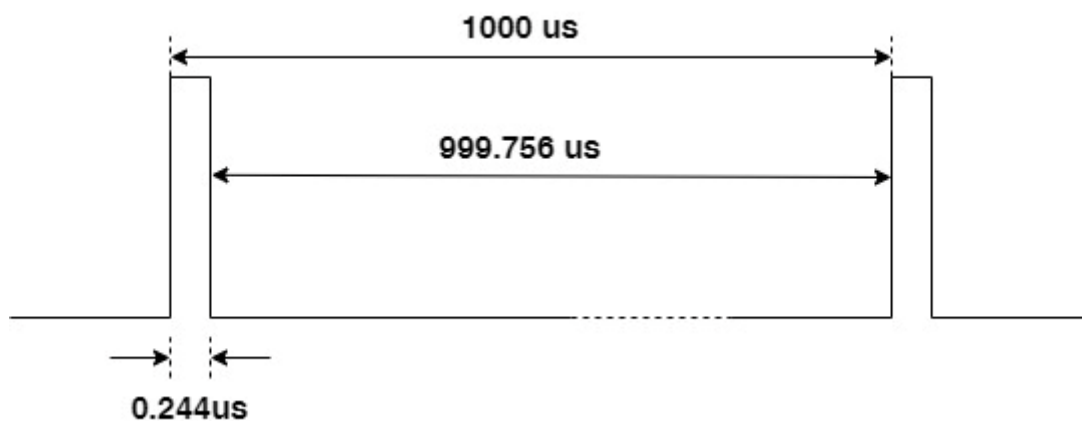
PWMMT<2:0>	PWM FREQ(Hz)
000	125
001	250
010	500
011	1000
Others	2000

14.1.3.3 PWM 频率和分辨率，输出位数关系

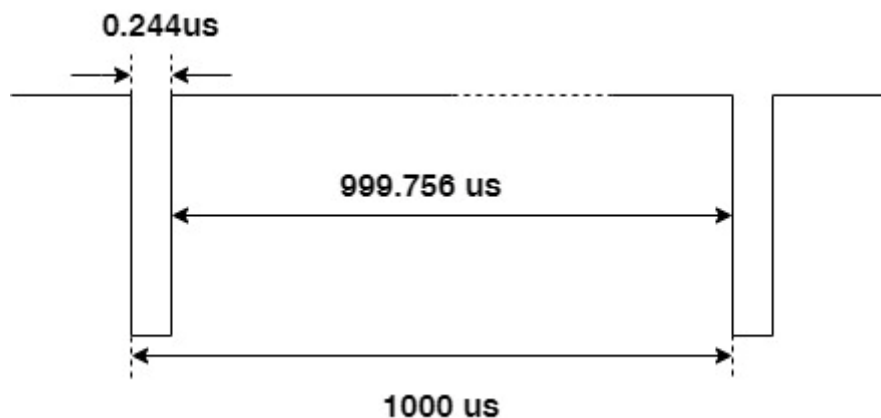
PWM Frequency (Hz)	PWMT [2:0]	PWM res(us)	PWM res (%)	PWM res(bit)
125	0	0.246	0.0024	15
250	1	0.246	0.006	14
500	2	0.246	0.012	13

1000	3	0.246	0.024	12
2000	4	0.246	0.048	11

14.1.3.4 PWM 输出波形



PWM 频率设置为 PWM_POL=0, PWMMT=011, 输出角度 0.087° 时 PWM 输出波形



PWM 频率设置为 PWM_POL=1, PWMMT=011, 输出角度 0.087° 时 PWM 输出波形

14.1.3.5 PWM 诊断输出

占空比为 8bit, 取值范围 0~0.4%

DC_FAULT: 当检测到电源电压过低时, 设定 PWM 的输出占空比

DC_FTL: 当检测到磁场过低的时候, 设定 PWM 的输出占空比

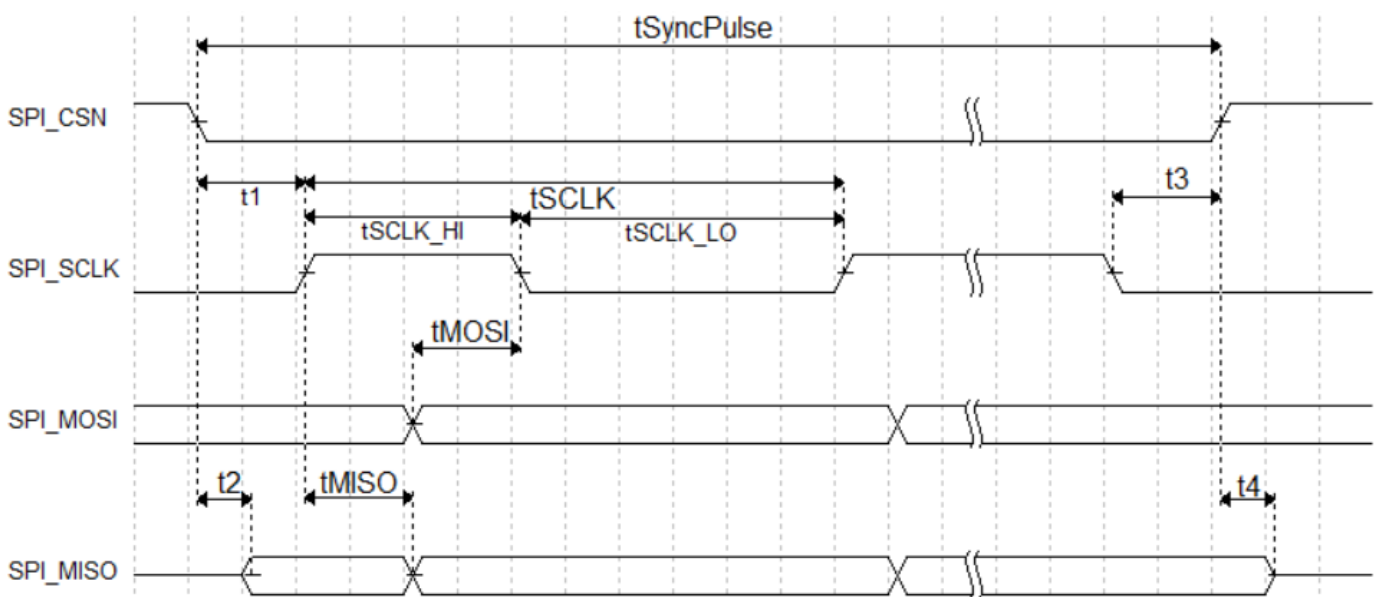
DC_MG0FF: 当检测到外部磁场 Offset 超过限定值的时候, 设定 PWM 的输出占空比

14.1.4 SPI 协议输出 (从机)

14.1.4.1 SPI 物理层协议

SPI 总线空闲时 /SS Pin 为高电平, SCLK 为低电平。

SPI 总线工作时 /SS Pin 为低电平, 数据在 SCLK 上升沿采样, SCLK 下降沿输出。



14.1.4.2 SPI 应用层协议

详见附录:

14.2 传感器前端设定

14.2.1 第一级增益设定

该设置用于设置霍尔阵列输入第一级增益。

GAIN_G[2:0]	增益
0	2.5
1	5
2	10

14.2.2 第二级增益设定

14.2.2.1 增益阈值

GAINMIN 和 GAINMAX 用于设置第二级增益的上下限。当增益超出 GAINMAX 或低于 GAINMIN, 且 GAINSATURATION GAIN 设为 1, 诊断报告增益溢出错误。

14.2.2.2 AGC 使能

AGC 使能用于设置第二级增益的自动增益控制使能。AGC 设置为 1, 使能自动增益控制。默认值为 0, 自动增益控制无。

14.2.2.3 增益设定

该设置用设定第二级放大器的增益初值。

AGC 控制位使能关闭, 则通过寄存器位直接设置第二级增益

GAIN_F[4:0]	增益
0x00	1
0x01	1.1
0x02	1.21
...	...
0x1D	15.86
0x1E	17.4
0x1F	20

14.2.4 正余弦模拟信号幅度微调

GCCs、GCCc 分别对 SIN, COS 信号幅度进行微调。调节范围为 1~1.1 倍。

GCC_SIN [5:0]	倍数
0x00	1
0x01	1.00156
0x02	1.003122
...	...
0x3F	1.103187

GCC_COS [5:0]	倍数
0x00	1
0x01	1.00156
0x02	1.003122
...	...
0x3F	1.103187

14.2.5 输入信号中值调节

SIN_OFFSET, COS_OFFSET 分别对 SIN, COS 信号的中值进行调节, 使得两组差分信号的中值电压相等。

14.2.6 振荡器调节

Vosc 用于对内部振荡时钟进行修正。默认值为 0x00, 此时其内部振荡时钟频率 8.192MHz。

14.2.7 温度传感器

14.2.7.1 温度补偿

出厂前温度传感器需要经过校准, 并把偏差值 TEMPERATURE_OFFSET 写入 EEPROM。片内使用的温度值是温度传感器测得值和 TEMPERATURE_OFFSET 计算后的计算值。

14.2.7.2 过温、低温诊断

如果 DIAG_EN = 1, 且 DIAG_MASK[0]=1 时, 温度诊断开启。

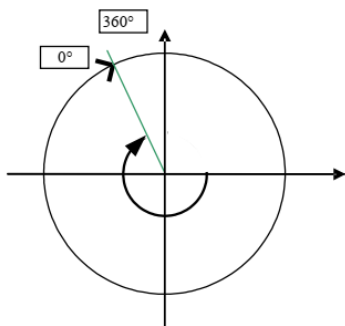
如果当前计算的温度值超过 TEMPTHRESHOLD_HIGH, 或低于 TEMPTHRESHOLD_LOW。模拟输出和 PWM 输出为高阻。SPI 通过输出协议输出温度溢出警报。

14.2.7.3 温度传感器值获得

如果 SlowChannel_EN 为 1, SPI、单线通讯协议可通过命令获取温度传感器值。

14.3 不连续点/零位

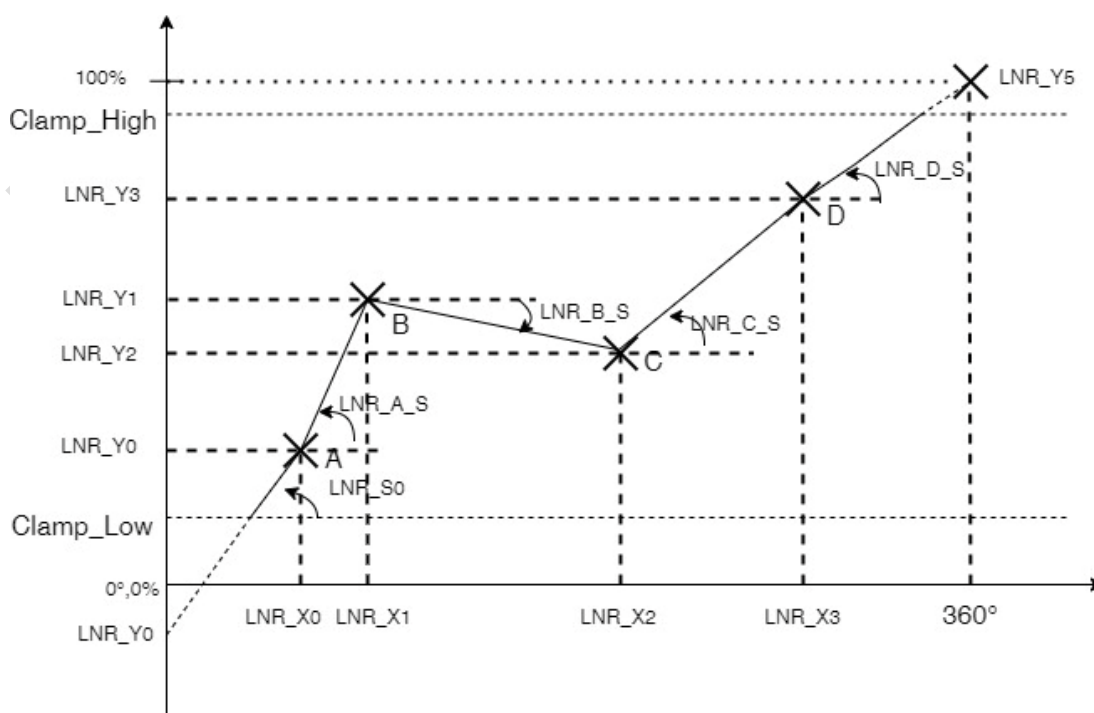
零位或非连续点定义了 0° 位置。该点可以定位在圆周上任一点，用于作为角度测量的参考点。该点位置可编程。



14.4 输出参数设定

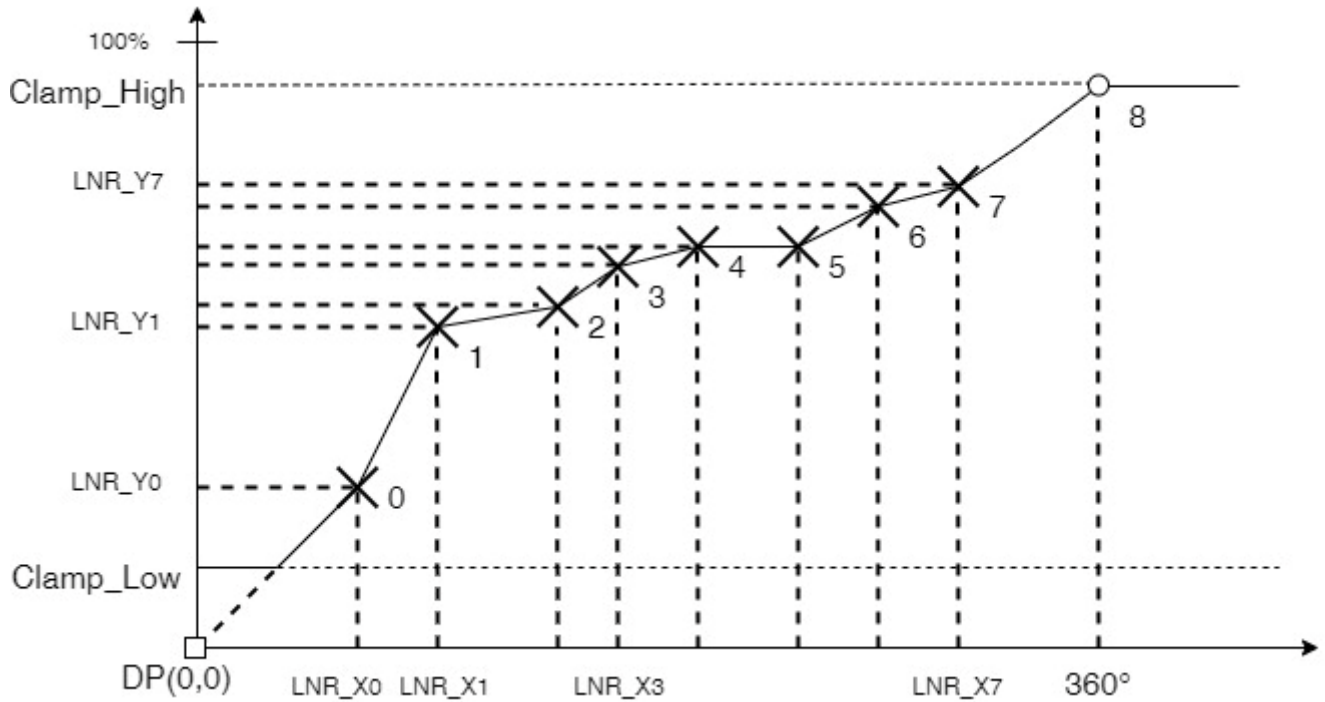
14.4.1 四点矫正模式

将输入曲线最多通过四点分为五段。允许减少点数至二点或三点。四个标定点的 X 坐标 (0%~100%) 和 Y 坐标 (0° ~360°) 和五段斜率 (LNR_S0, LNR_S1, LNR_S2, LNR_S3, LNR_S4) 完全由用户设定。计算斜率，需要曲线的起始和终止两个端点来计算 LNR_S0 和 LNR_D_S。



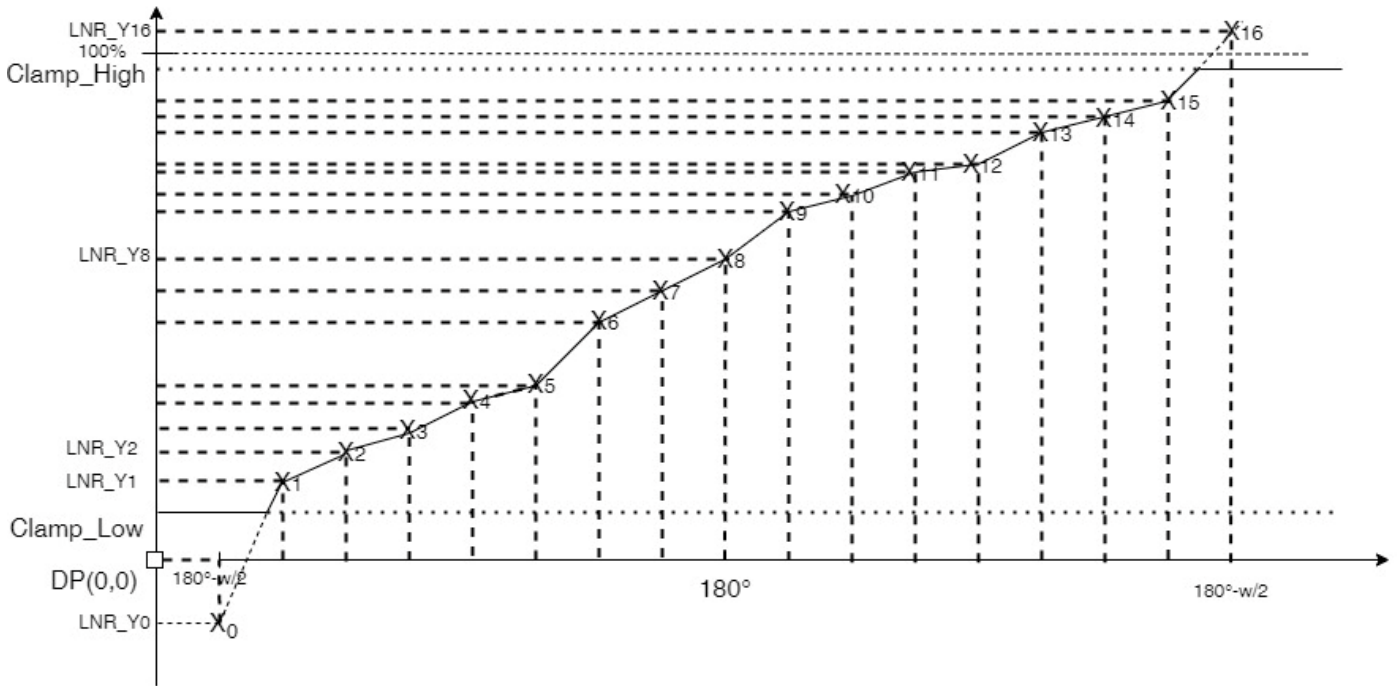
14.4.2 八点任意点矫正模式

八点矫正模式和四点矫正模式类似。八个标定点的 X 坐标（0%~100%）和 Y 坐标（0°~360°）完全由用户设定。但是斜率不可设置，只能由相邻两点计算得出。第九点值为（360°， Clamp_High）。此外还需要默认的固定标定定点 [0°， 0%] 作为起始点。



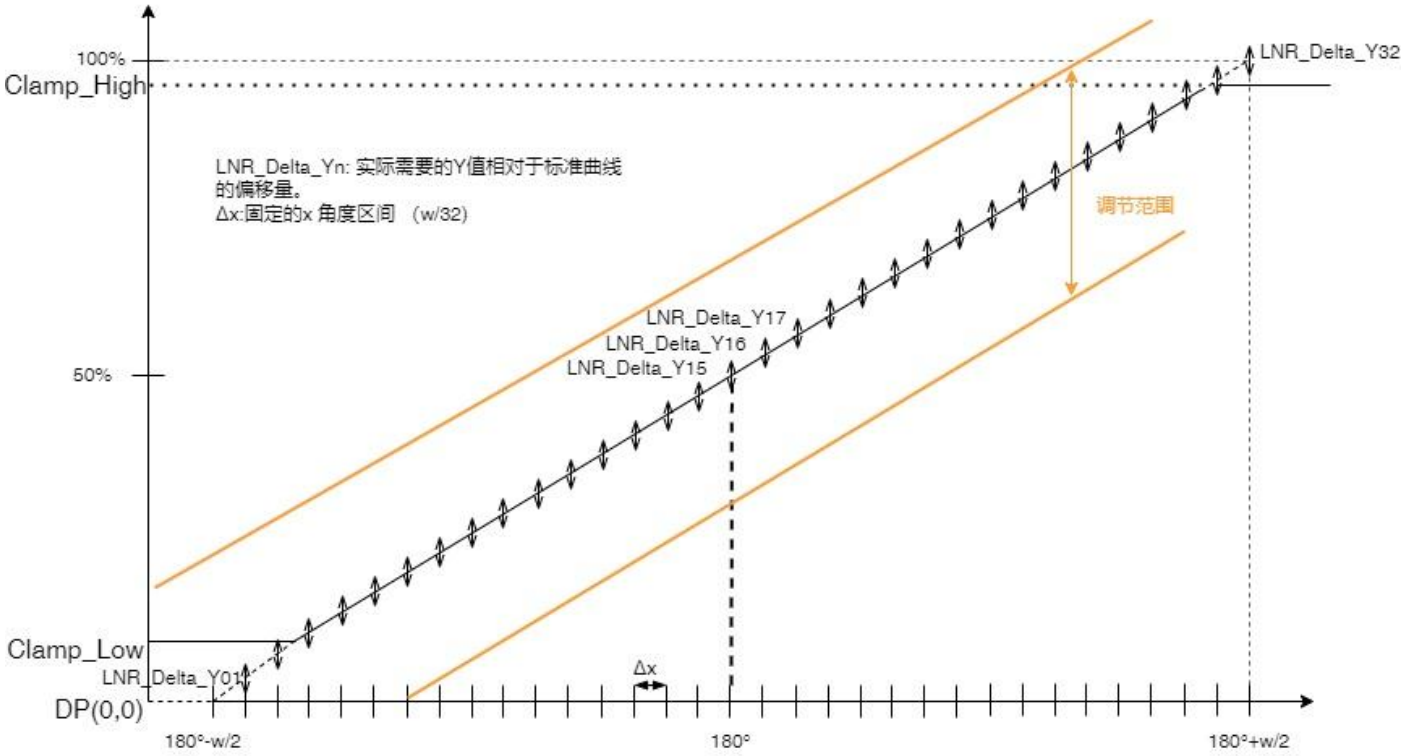
14.4.3 十六点矫正模式

十六点矫正模式，只允许用户设定坐标点的 Y 轴值。X 轴坐标由 W 值定义，在 WORK_RANGE 范围内均分为 16 段。Y 点坐标允许范围为钳位电压的-50%~+150%，可使得钳位电压在某一段的之间（如下图所示）。但是输出仍然是钳位电压。



14.4.4 三十二点矫正模式

LNR32_Yn 可编程，LNR32_Xn 范围可编程。LNR32_Xn 在范围内设置同 LNR17_Xn。LNR32_Yn 是该点的用户需求值和理想曲线的差值。



寄存器 LNR_DELTA_Y_EXPAND 用于设置 LNR32_Yn 的范围。具体配置如下：

LNR_DELTA_Y_EXPAND	Offset Range	Delta Range (16bit)	Delta Range(12bit)
00	±3.125%	-2048~2032	-128~127
01	±6.25%	-4096~4064	-256~254
10	±12.5%	8192~8128	512~508
11	±25%	16384~16256	-1024~1016

14.4.5 角度范围选择

$$W = \frac{WORK_RANGE_GAIN \times 360^\circ}{0xFFFF}$$

$$\text{角度范围} \quad \theta_{min} = \frac{360^\circ - w}{2} \quad \theta_{max} = \frac{360^\circ + w}{2}$$

θ_{min} 表示输出 0% 时的角度， θ_{max} 表示输出 100% 时的角度。为使矫正输出正常，角度范围需要设置为大于 16 的整数倍以上。

角度范围设置举例：

WORK_RANGE_GAIN	W (度)	θ_{min} (度)	θ_{max} (度)	Δx , 16pts (度)	Δx , 32pts (度)
0x1000	22.50034	168.7498	191.2502	1.406271	0.703136
0x1100	23.90661	168.0467	191.9533	1.494163	0.747082
0x1200	25.31289	167.3436	192.6564	1.582055	0.791028
0x1300	26.71916	166.6404	193.3596	1.669947	0.834974
0x2000	45.00069	157.4997	202.5003	2.812543	1.406271
0x2100	46.40696	156.7965	203.2035	2.900435	1.450217
0x2200	47.81323	156.0934	203.9066	2.988327	1.494163
0x2300	49.2195	155.3902	204.6098	3.076219	1.538109
0x3000	67.50103	146.2495	213.7505	4.218814	2.109407
0x3100	68.9073	145.5463	214.4537	4.306706	2.153353
0x3200	70.31357	144.8432	215.1568	4.394598	2.197299
0x3300	71.71984	144.1401	215.8599	4.48249	2.241245
0x4000	90.00137	134.9993	225.0007	5.625086	2.812543
0x4100	91.40764	134.2962	225.7038	5.712978	2.856489
0x4200	92.81392	133.593	226.407	5.80087	2.900435
0x4300	94.22019	132.8899	227.1101	5.888762	2.944381
0xFA00	351.5679	4.216068	355.7839	21.97299	10.9865
0xFB00	352.9741	3.512932	356.4871	22.06088	11.03044
0xFC00	354.3804	2.809796	357.1902	22.14878	11.07439
0xFD00	355.7867	2.106661	357.8933	22.23667	11.11833
0xFE00	357.193	1.403525	358.5965	22.32456	11.16228
0xFF00	358.5992	0.700389	359.2996	22.41245	11.20623
0xFFFF	360	0	360	22.5	11.25

14.4.6 输出钳位设置

输出钳位设置用于限制输出电压范围。CLAMP_LOW 设定输出电压最小值，CLAMP_HIGH 设定输出电压最大值。这两个参数对于四点、八点、十六点和三十二点矫正模式都起作用。限制于 12bits DAC，在模拟输出模式下，输出分辨率为 0.024%VDD。在 PWM 模式下，输出分辨率也是 0.024%VDD。

14.5 滤波器

14.5.1 输出迟滞 FHYST

当数字输出增量小于 FHYST 设置值，芯片输出引脚不会更新。仅当数字输出增量大于 FHYST 设置值，芯片输出引脚才会更新。该设定用于消减芯片内部噪声对输出的影响，需要尽量设置在芯片内部噪声电平附近。

14.5.2 ADC 滤波器级联配置

ADC 滤波器用于滤除 ADC 转换器的高频噪声。级联滤波器越多，滤波效果越好，响应速度越慢。当 FILTERADC=2'b10 或 FILTERADC = 2'b11 时，初始化所需时间最长。

FILTERADC<1:0>	Stage of Cascade	BANDWIDTH(Hz)	REFRESH TIME(us)	Initial TIME(us)
00	3	1950	32	4096
01	4	976	64	8192
10	5	488	128	16384
11	1	7812	128	16384

14.5.3 FIR 滤波器

FILTER 值为 0，即没有 FIR 滤波器，1，2 为 FIR 滤波器阶数。

FIR 滤波器系统函数如下：

$$y_n = \frac{1}{\sum_{i=0}^j a_i} \sum_{i=0}^j a_i x_{n-i}$$

FILTER_ANGLE<1:0>	j	TYPE	Coefficients α_i	99% Response Time
00	0	no filter	1	1
01	1	FIR	{1,1}	2
10	3	FIR	{1,1,1,1}	4
11				

14.6 User ID

提供 USERID1..USERID3 共 48 位用户 ID

14.7 EEPROM 写保护

MEMLOCK 置 1，则 EEPROM 不可写入。

14.8 诊断

14.8.1 诊断使能

诊断使能分为两个部分：

1. 诊断使能位 DIAG_EN。DIAG_EN=1, 允许诊断模块输出并更新诊断信息。DIAG_EN=0, 诊断模块输出的诊断信息停止更新。
2. 诊断屏蔽寄存器和磁场偏移诊断使能位。

诊断屏蔽寄存器 DIAG_MASK[7:0]。对应屏蔽位置 0，该故障不会触发诊断。

BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
CRC 校验 错误屏蔽	GAINF 溢 出屏蔽	电流诊断屏蔽	数字电压 故障屏蔽	CORDIC 溢 出屏蔽	场强溢出 屏蔽	ADC 溢出 屏蔽	温度溢出 屏蔽

磁场偏移诊断使能位 EnoffDiag。该位置 1，允许磁场偏移诊断信息输出。该位置 0，屏蔽磁场偏移诊断信息。

14.8.2 诊断项目

请参考 HX69401 安全功能文档

14.8.3 诊断项目阈值

温度诊断，场强诊断，第二级模拟运放增益和磁场偏移诊断和低压诊断可以设置阈值。

1. 高温阈值 TEMPTHRESHOLD_HIGH :

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前温度高于该阈值，对应诊断位设为 1。

2. 低温阈值 TEMPTHRESHOLD_LOW:

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前温度低于该阈值，对应诊断位设为 1。

3. 场强高阈值 FIELDTHOLD_HIGH:

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前场强高于该阈值，对应诊断位设为 1。

4. 场强低阈值 FIELDTHOLD_LOW:

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前场强低于该阈值，对应诊断位设为 1。

5. 第二级模拟运放增益高阈值 GAIN_THRESHOLD_HIGH:

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前第二级模拟运放增益高于该阈值，对应诊断位设为 1。

6. 第二级模拟运放增益低阈值 GAIN_THRESHILD_LOW:

当 DIAG_EN=1, DIAG_MASK<0>=1 时，如果侦测到当前第二级模拟运放增益低于该阈值，对应诊断位设为 1。

7. 磁场偏移诊断阈值设置 OffGainSel[1:0]

OffGainSel[1:0]=2'b00 时，阈值最大，对偏差最不敏感。

OffGainSel[1:0]=2'b11 时，阈值最小，对偏差最敏感。

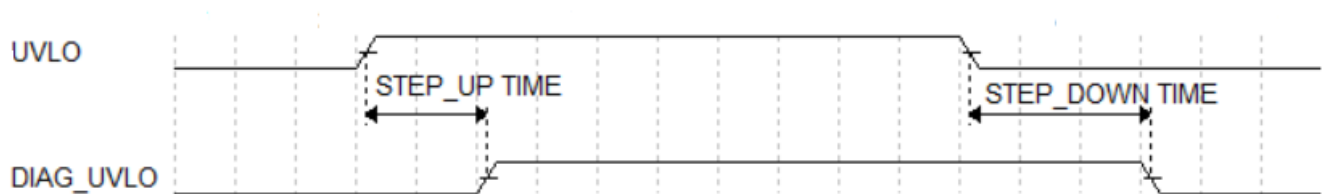
OffGainSel<1:0>	Threshold
00	MAX
01	
10	
11	LOW

8. 低压诊断阈值设置 UVLO_3P5EN

UVLO_3P5EN=1, UVLO 触发电平为 3.7V, 适用于 5V 供电状况。

UVLO_3P5EN=0, UVLO 触发电平为 2.8V, 适用于 3.3V 供电状况。

14.8.4 诊断去抖动时间设置 DIAG_DEBOUNCE



DIAG_DEBOUNCE<2:0>	STEP_UP TIME(ms)	STEP_DOWN TIME(ms)
000	20	20
001	20	30
010	20	40
011	40	40
100	60	80
101	80	100
110	100	120
111	120	140

注意：OVP 诊断的 STEP_UP 和 STEP_DOWN TIME 都为 20ms。

14.9 模拟电路电流控制

BiasCurAdj 控制模拟电路电流。BiasCurAdj=1, 模拟电路电流减小。

15. 编程接口

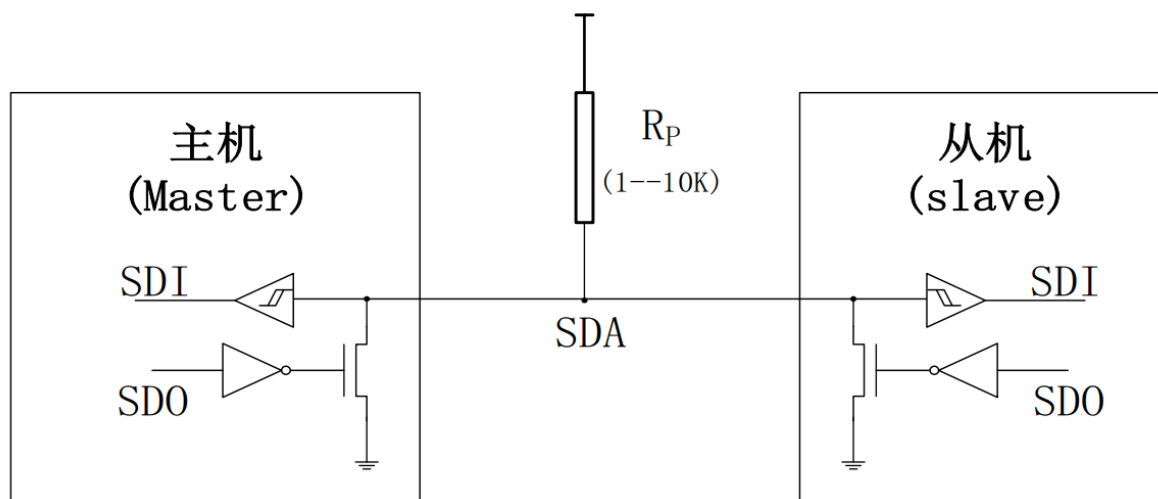
15.1 SPI 接口

根据 9.2.1 描述的 SPI 接口对芯片进行编程。

15.2 单线编程协议

15.2.1 单线通讯协议物理连接

主机和从机共用一根通讯线，进行半双工通讯。

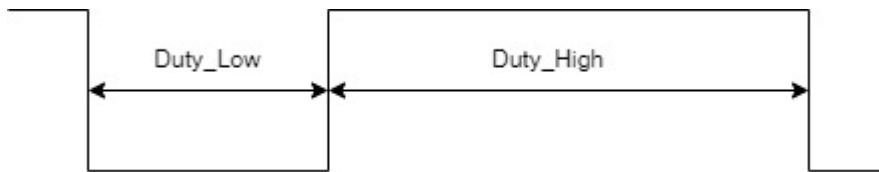


15.2.2 单线通讯协议

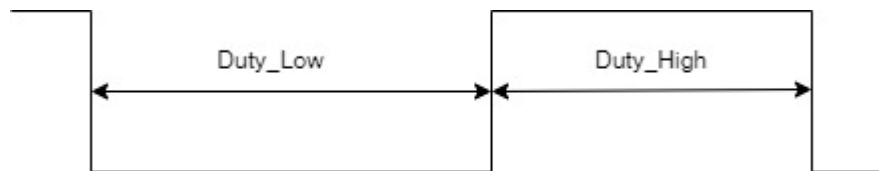
15.2.2.1 位编码

单线通讯协议由一组固定周期的 PWM 波形组成。每个 PWM 波形表示一个比特位。该位的值由 PWM 的占空比决定。

BIT=1: 负占空比低于 45%



BIT=0: 负占空比高于 55%

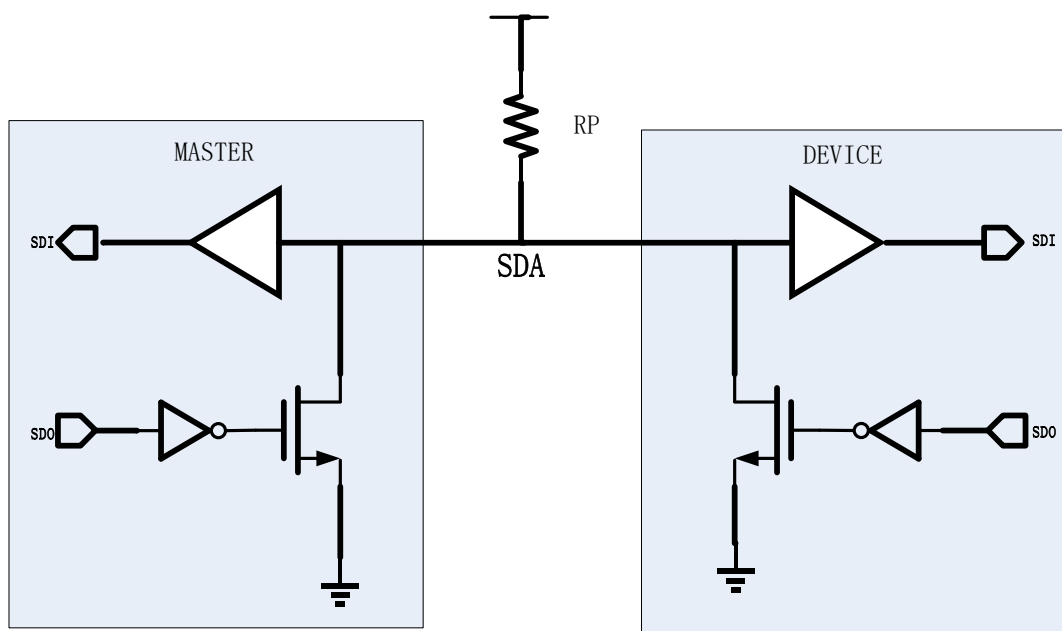


15.2.2.2 位编码的 PWM 周期

位编码的 PWM 波形周期 $20\mu s \sim 200\mu s$ 。即波特率为 $5KHz \sim 50KHz$ 。从机会跟随主机发送第一个 bit 的 PWM 周期。

15.2.2.3 物理层协议

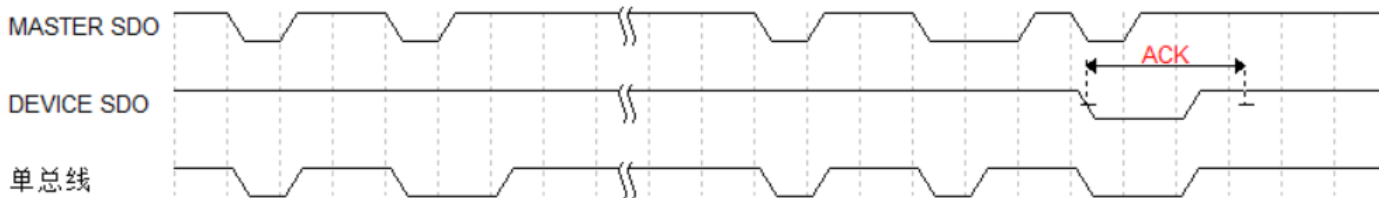
1. 物理层连接:



2. 物理层协议

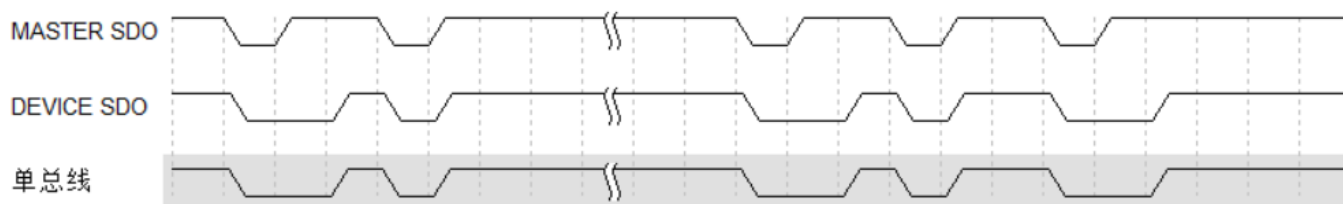
a. 主机发送

主机发送时，从机 SDO 必须保持高电平。当把一帧数据接收完毕后，从机会发出 bit0 作为 ACK



b. 从机应答

从机应答时，主机也需要同时发出 bit 为 1 的 PWM，作为同步时钟。PWM 频率为主机发送数据时的周期。当主机时钟停止发送时，从机也停止发送。因此主机在数据接收阶段必须发足够数量的 PWM 波形。



15.2.3 应用层协议

利用 PIN OUT 单线编程，具体协议请参考附录定义。

15.2.4 启用单线编程功能

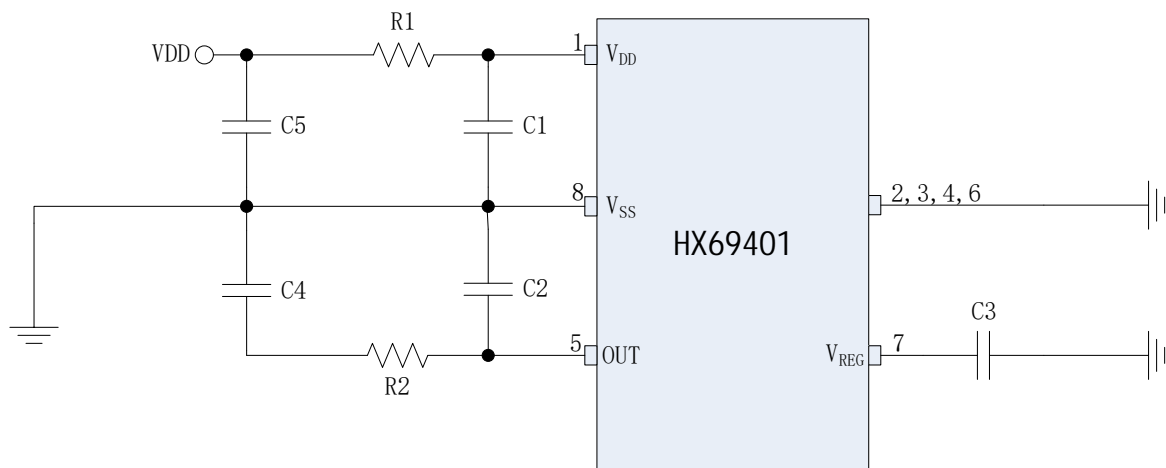
使能单线编程将强行关闭其他使用 PIN OUT 的功能：DAC，PWM，SPI。并且在下一次系统复位之前，这些功能无法再被启用。

单线编程的开启方式请参考附录。

16. 典型应用电路

16.1 Analog/PWM 应用电路

16.1.1 SOIC-8 封装



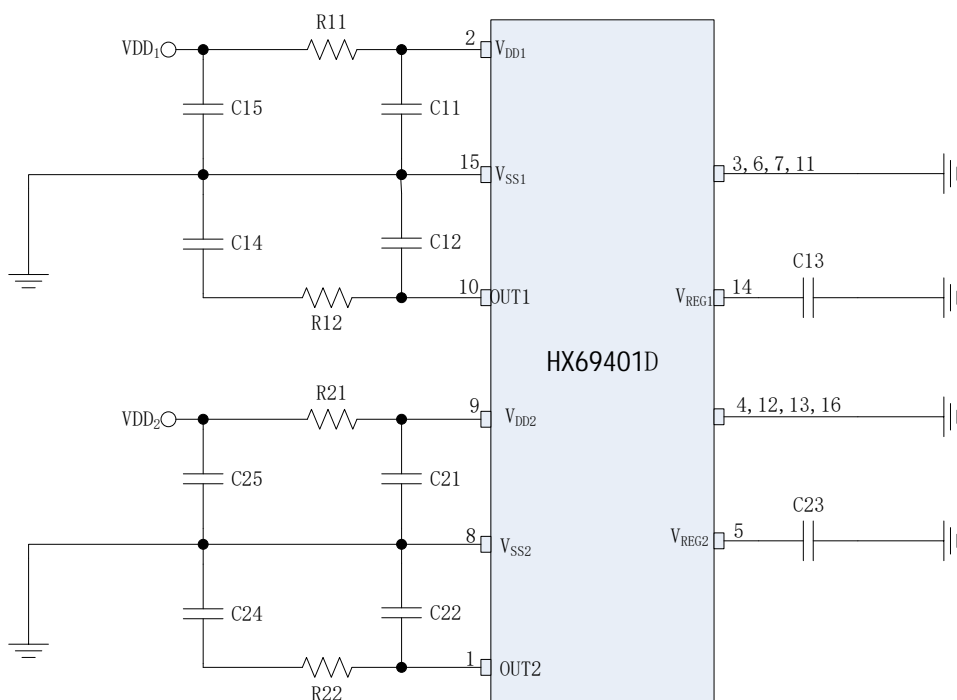
模拟输出参考值

Ref ID	Min	Typ.	Max	Remarks
R1		0 Ω	33 Ω	减小 EMC 影响, 增大测量误差
R2		0 Ω	100 Ω	减小 EMC 影响, 增大测量误差
C1	47nF	100nF	1uF	靠近引脚摆放
C2	47nF	100nF	330nF	靠近引脚摆放
C3	47nF	100nF	220nF	靠近引脚摆放
C4			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放
C5			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放

数字输出 (PWM) 参考值

Ref ID	Min	Typ.	Max	Remarks
R1		0 Ω	33 Ω	减小 EMC 影响, 影响输出高电平
R2		0 Ω	100 Ω	减小 EMC 影响, 影响输出高低电平
C1	47nF	100nF	1uF	靠近引脚摆放
C2	2.2nF	4.7nF	22nF	靠近引脚摆放
C3	47nF	100nF	220nF	靠近引脚摆放
C4			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放
C5			2.2nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放

16.1.2 TSSOP-16 封装



模拟输出参考值

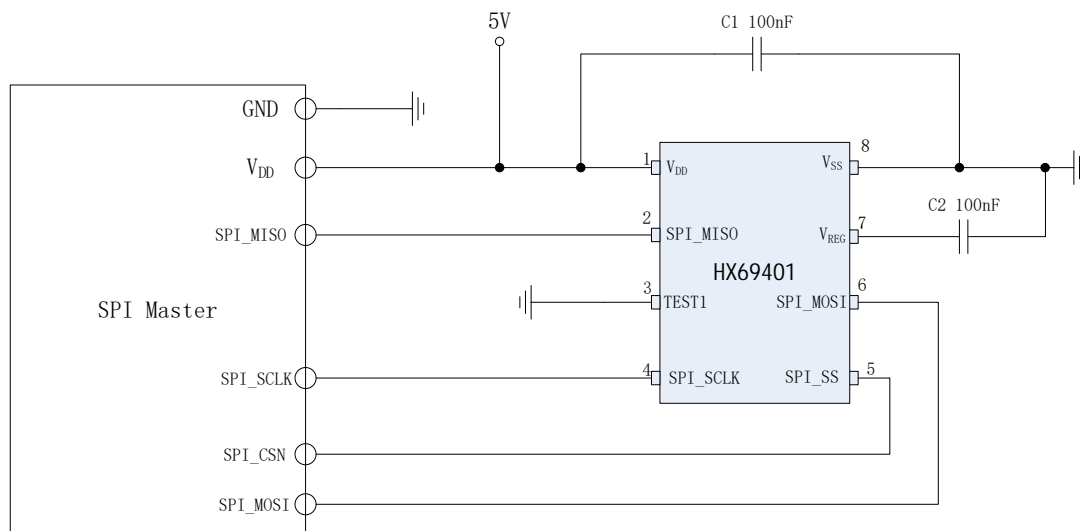
Ref ID	Min	Typ.	Max	Remarks
R11, R21		0 Ω	33 Ω	减小 EMC 影响, 增大测量误差。
R12, R22		0 Ω	100 Ω	减小 EMC 影响, 增大测量误差
C11, C21	47nF	100nF	1uF	靠近引脚摆放
C12, C22	47nF	100nF	330nF	靠近引脚摆放
C13, C23	47nF	100nF	220nF	靠近引脚摆放
C14, C24			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放
C15, C25			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放

数字输出 (PWM) 参考值

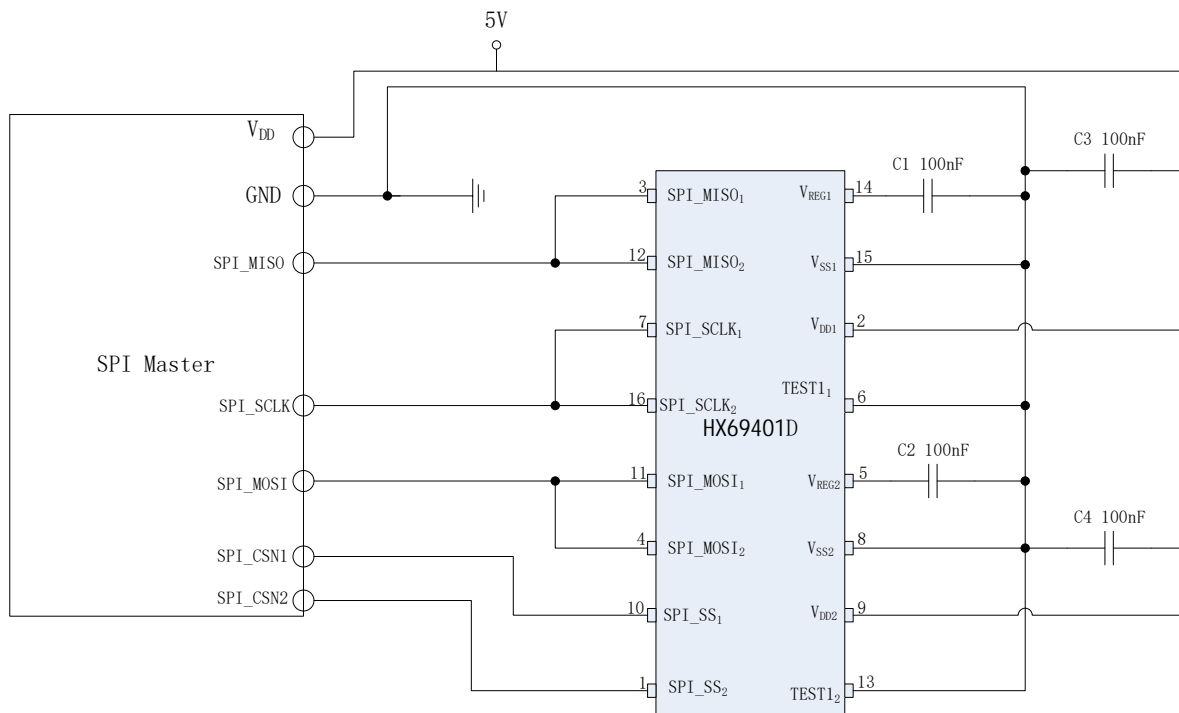
Ref ID	Min	Typ.	Max	Remarks
R11, R21		0 Ω	33 Ω	减小 EMC 影响, 影响输出高电平
R12, R22		0 Ω	100 Ω	减小 EMC 影响, 影响输出高低电平
C11, C21	47nF	100nF	1uF	靠近引脚摆放
C12, C22	2.2nF	4.7nF	22nF	靠近引脚摆放
C13, C23	47nF	100nF	220nF	靠近引脚摆放
C14, C24			10nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放
C15, C25			2.2nF	减小 EMC 影响, 靠近连接器端摆放

16.2 SPI

16.2.1 S0IC-8 封装

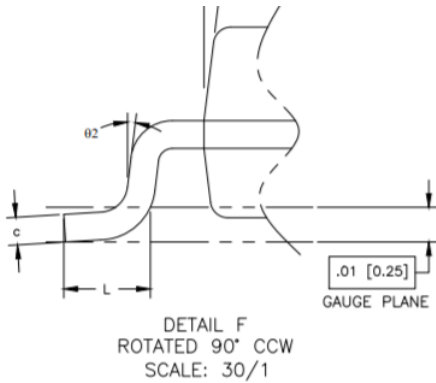
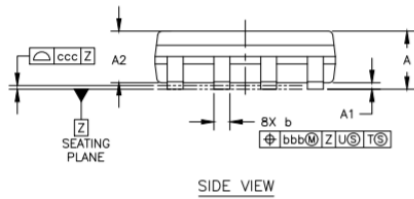
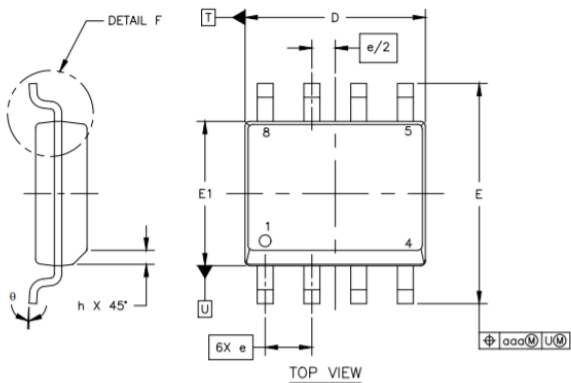


16.2.2 TSSOP-16 封装



17. 外型尺寸

SOP 8 封装形式

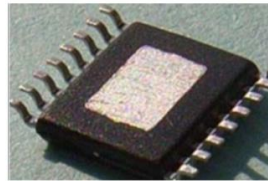
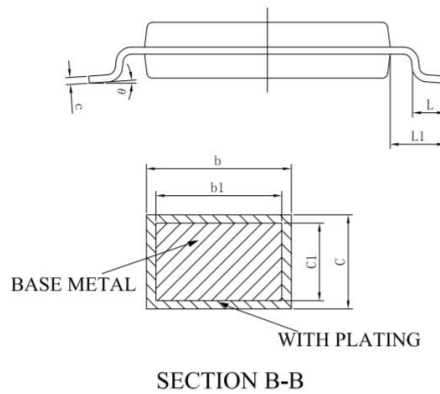
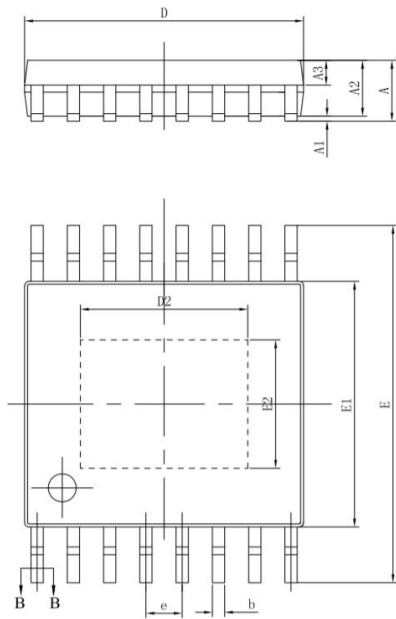


DESCRIPTION	SYMBOL	INCH			MILLIMETER		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
TOTAL THICKNESS	A	.053		.069	1.35		1.75
STAND OFF	A1	.004		.010	0.10		0.25
MOLD THICKNESS	A2	.049		---	1.25		---
LEAD WIDTH	b	.014		.019	0.35		0.49
L/F THICKNESS	c	.007		.010	0.19		0.25
BODY SIZE	D	.189		.197	4.80		5.00
	E1	.150		.157	3.80		4.00
	E	.228		.244	5.80		6.20
LEAD PITCH	e	.050 BSC			1.27 BSC		
	L	.016		.049	0.40		1.25
	h	.010		.020	0.25		0.50
	θ	0°		7°	0°		7°
	θ1	5°		15°	5°		15°
	θ2	2°	7°	12°	2°	7°	12°
LEAD EDGE OFFSET	aaa	.010			0.25		
LEAD OFFSET	bbb	.010			0.25		
COPLANARITY	ccc	.004			0.10		

NOTES

1. DIMENSION D AND E1 DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
2. MAXIMUM MOLD PROTRUSION .006 (0.15) PER SIDE.
3. DIMENSION b DOES NOT INCLUDE DAM BAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAM BAR PROTRUSION SHALL BE .005 (0.127) TOTAL IN EXCESS OF THE b DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

TSSOP 16 封装形式



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.20
A1	0.00	—	0.15
A2	0.90	1.00	1.05
A3	0.39	0.44	0.49
b	0.20	—	0.28
b1	0.19	0.22	0.25
c	0.13	—	0.17
c1	0.12	0.13	0.14
D	4.90	5.00	5.10
E	6.20	6.40	6.60
E1	4.30	4.40	4.50
e	0.65BSC		
L	0.45	—	0.75
L1	1.00BSC		
θ	0	—	8°

Size (mm) L/F Size (mil)	D2	E2
91*118	2.80REF	2.10REF
118*118	2.80REF	2.80REF



HuaXin Proprietary & Confidential Information. DO NOT REPRODUCE OR DISTRIBUTE

The data are valid only for the Sample(s), Partly using this certificate will not be admitted unless allowed.

HuaXin Technology Co., Ltd

Add: 13th Floor, Block C, Chuanrong Building, Danshan Road, Xishan District, Wuxi City