

角度传感器

基于 gmr 的角度传感器

TLE5012B

数据表

Rev. 2.0, 2014-02

《感觉与控制》

有道文档翻译
pdf.youdao.com

修订历史

页面或项目	科目(自上次修订以来有重大变化)
Rev. 2.0, 2014-02	
	全部章节修订

英飞凌科技股份有限公司商标

AURIX™、C166™、CanPAK™、CIPOS™、CIPURSE™、EconoPACK™、CoolMOS™、CoolSET™、CORECONTROL™、CROSSAVE™、DAVE™、DI-POL™、EasyPIM™、econbridge™、EconoDUAL™、EconoPIM™、EconoPACK™、EiceDRIVER™、eupec™、FCOS™、HITFET™、HybridPACK™、I² RF™、ISOFACE™、IsoPACK™、MIPAQ™、ModSTACK™、my-d™、NovalithIC™、OptiMOS™、ORIGA™、POWERCODE™;PRIMARION™，PrimePACK™，PrimeSTACK™，PRO-SIL™，PROFET™，RASIC™，ReverSave™，SatRIC™，SIEGET™，SINDRION™，SIPMOS™，SmartLEWIS™，SOLID FLASH™，TEMPFET™，thinQ!、TRENCHSTOP、TriCore™。

其他商标

Agilent Technologies 的 Advance Design System™(ADS)，AMBA™，ARM™，MULTI-ICE™，KEIL™，PRIMECELL™，REALVIEW™，THUMB™，ARM Limited 的 μ Vision™，英国。AUTOSAR™由 AUTOSAR 开发合作伙伴授权。蓝牙 SIG 公司的蓝牙™。DECT 论坛的 CAT-iq™。COLOSSUS™，Trimble Navigation Ltd 的 FirstGPS™。EMVCo, LLC (Visa Holdings Inc.)的 EMV™。EPCOS AG 的 EPCOS™。微软公司的 FLEXGO™。FlexRay™由 FlexRay Consortium 授权。Hilgraeve Incorporated 的超级终端™。国际电工委员会的 IEC™。红外数据协会公司的 IrDA™。ISO™国际标准化组织。MathWorks 公司的 MATLAB™。MAXIM 集成产品公司的 MAXIM™MICROTEC™，Mentor Graphics Corporation 的 NUCLEUS™。MIPI Alliance, Inc.的 MIPI™美国 MIPS 技术公司的 MIPS™。muRata MANUFACTURING CO.的 muRata™，Applied Wave Research Inc.的微波办公™(MWO)，OmniVision Technologies, Inc.的 OmniVision™Openwave™Openwave Systems Inc.的 RED HAT™RED HAT, Inc.RFMD™RF Micro Devices, Inc.SIRIUS 卫星无线电公司的 SIRIUS™。太阳微系统公司的 SOLARIS™SPANSION LLC Ltd 的 SPANSION™。Symbian 软件有限公司的 Symbian™。TAIYO YUDEN Co.的 TAIYO YUDEN™。CEVA, Inc.的 TEAKLITE™。TEKTRONIX 公司的 TEKTRONIX™。TOKO™TOKO KABUSHIKI KAISHA TA。X/Open Company Limited 的 UNIX™。Cadence Design Systems, Inc.的 VERILOG™、PALLADIUM™德州仪器公司的 VLYNQ™。VXWORKS™，WIND RIVER SYSTEMS, INC.的 WIND RIVER™ZETEX™二极管 ZETEX Limited。

商标最后更新 2011-11-11



目录

表的内容4

数据列表6

名单表7

1 产品描述8

1.1 概述8

1.2 特性9

1.3 应用实例9

2 功能描述10

2.1 框图10

2.2 功能块描述10

2.2.1 内部电源10

2.2.2 振荡器和锁相环10

2.2.3 SD-ADC11

2.2.4 数字信号处理单元11

2.2.5 接口11

2.2.6 安全特性11

款 传感原理12

2.3 销的配置14

2.4 销的描述14

2.5 应用电路15

3. 规范19

4 绝对最大额定参数19

4.1 工作范围19

4.2 特征21

4.3 输入/输出特性21

4.3.1 防静电保护23

4.3.2 巨磁电阻参数23

4.3.3 角性能24

4.3.4 Autocalibration25

4.3.5 信号处理26

4.3.6 时钟供应(CLK时间定义)28

4.3.7 接口29

4.4 同步串行通信(SSC)29 日

4.1.1 SSC时间定义29 日

4.4.1.1 SSC数据传输31 日

4.4.1.2

4.6.2 V_{DD} 过电压检测 45

4.6.3 接地,从比较器 45

4.6.4 V_{DD} ——从比较器 45

5 预先配置的衍生物 46

5.1 IIF-type:发 46

5.2 HSM-type: E3005 46

5.3 PWM-type: E5000 46

5.4 PWM-type: E5020 46

5.5 SPC-type: E9000 46

6 包信息 47

6.1 包参数 47

6.2 计划大纲 47

图表列表

图 1-1 图 2-2	PG-DSO-8 包	8
图 2-3 图 3-3	TLE5012B 框图	10
图 3-3 图 3-3	敏感的桥梁 GMR 传感器(规模)	12
图 3-6 图 3-7	理想的输出 GMR 传感器桥梁	13
图 4-2 图 4-2	销配置(前视图)	14
图 4-4 图 4-4	应用电路为 TLE5012B 与 IIF 接口和 SSC(使用内部 CLK)	15
图 4-4 图 4-4	应用电路 TLE5012B 与 HS 模式和 SSC(使用内部 CLK)	15
图 4-4 图 4-4	应用电路的 TLE5012B 只有 PWM 接口(使用内部 CLK)	16
图 4-8 图 4-9	应用电路的 TLE5012B 只有 PWM 接口(使用内部 CLK)	16
图 4-10 图 4-11	应用电路为 TLE5012B 只有 SPC 接口(使用内部 CLK)	17
图 4-13 图 4-15	SSC 配置在传感器-从模式下与推挽输出(高速应用)	17
图 4-17 图 4-18	传感器-从模式和开式排水(总线系统)的 SSC 配置	18
图 4-19 图 4-20	允许磁场范围作为结温的函数	20
图 4-24 图 6-2	抵消和振幅定义	23
图 6-3 图 6-4	1.5 转以内 5 开尔文以上温度变化的附加角度误差	25
	信号通路	26
	传感器输出的延迟	26
	外部时钟时间定义	28
	SSC 时机	29
	SSC 数据传输(添加的例子)	31
	SSC 数据传输(data-write 例子)	31
	SSC 订购(读的例子)	33
	更新的更新寄存器	33
	CRC 快速多项式除法电路	34
	一个 PWM 信号的典型例子	35
	程控框架的例子	36
	程控暂停时间图	36
	程控主脉冲时间	38
	霍尔开关模式	39

表格列表

表 1-1 表 2-	导数排序代码	8
1 表 4-2 表	销的描述	14
4-4 表 4-4	绝对最大额定参数	19
表 4-4 表 4-	工作范围和参数	19
4 表 4-4 表	输入电压和输出电流	21
4-4 表 4-4	司机强度特征	21
表 4-4 表 4-	电气参数为 $4.5\text{ V} < V_{DD} < 5.5\text{ V}$	22
表 4-4 表 4-	电气参数为 $3.0\text{ V} < V_{DD} < 3.6\text{ V}$	22
4 表 4-4 表	防静电保护	23
表 4-4 表 4-	GMR 的基本参数	23
4 表 4-4 表	角性能	24
4-4 表 4-4	信号处理	27
表 4-4 表 4-	内部时钟时间规范	28
4 表 4-4 表	外部时钟规范	28
4-4 表 4-2	SSC 推挽式时间规范	29
表 6-2	SSC 明渠时机规范	30
	命令字的结构	31
	结构的安全	32
	位类型	32
	脉宽调制接口	35
	框架配置	37
	结构状态咬	37

1 产品描述



AE 合格的

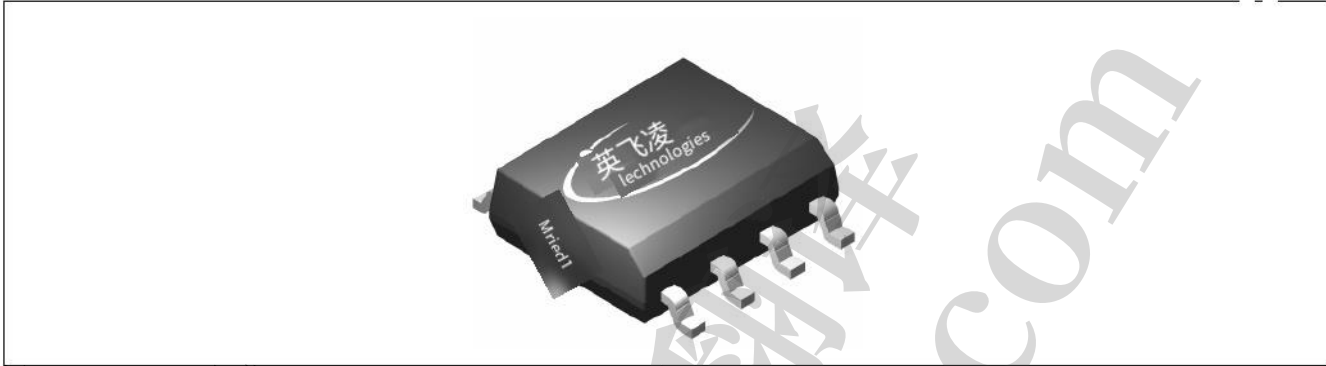


图 1-1 PG-DSO-8 包装

1.1 概述

TLE5012B 是一个 360° 角度的传感器，可以检测磁场的方向。这是通过使用单片集成巨磁电阻 (iGMR) 元件测量正弦和余弦角度分量来实现的。这些原始信号 (正弦和余弦) 在内部进行数字处理，以计算磁场 (磁体) 的角度方向。

TLE5012B 是一个预先校准的传感器。校准参数存储在激光引信中。在启动时，引信的值写入触发器，在触发器中，这些值可以通过应用特定的参数改变。通过启用可选的内部自动校准算法，可以在较宽的温度范围和较长的寿命内进一步提高角度测量的精度。

数据通信是通过 spi 兼容的双向同步串行通信 (SSC) 完成的。传感器配置存储在寄存器中，可通过 SSC 接口访问。

此外，TLE5012B 还提供其他四个接口：脉冲宽度调制 (PWM) 协议，短 PWM 码 (SPC) 协议，霍尔开关模式 (HSM) 和增量接口 (IIF)。这些接口可以与 SSC 并行使用，也可以单独使用。可提供具有不同接口设置的预配置传感器衍生品 (见表 1-1 和第 5 章)

提供在线诊断功能，保证可靠运行。

表 1-1 衍生排序代码

产品类型	标记	订购代码	包
TLE5012B 发	012 年 b1000	SP001166960	PG-DSO-8
TLE5012B E3005	012 年 b3005	SP001166964	PG-DSO-8
TLE5012B E5000	012 年 b5000	SP001166968	PG-DSO-8
TLE5012B E5020	012 年 b5020	SP001166972	PG-DSO-8
TLE5012B E9000	012 年 b9000	SP001166998	PG-DSO-8

注:衍生品的描述见第 5 章。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

1.2 特性

- 基于巨磁电阻(GMR)的原理
 - 用于角度测量的集成磁场传感
 - 360° 角度测量与旋转计数器和角速度测量
 - 两个独立的高精度单位 SD-ADC
 - 输出上的绝对角度值的 15 位表示(分辨率 0.01°)
 - 界面上的正弦/余弦值的 16 位表示
 - 使用寿命和温度范围内的最大 1.0° 角误差激活自动校准
- 双向 SSC 接口, 可达 8Mbit/s
- 支持安全完整性等级(SIL)诊断功能和状态信息
 - 接口:SSC, PWM, 增量接口(IIF), 霍尔开关模式(HSM), 短 PWM 代码(SPC, 基于 SAE J2716 中定义的 SENT 协议)
 - 输出引脚可配置(可编程或预配置)为推挽或开路漏
 - 总线模式操作多个传感器在一条线路上可以与 SSC 或 SPC 接口在开路漏配置
 - 0.25 μm CMOS 工艺
 - 汽车合格:-40° C 至 150° C(结温)
 - ESD > 4kV (HBM)
- 符合 RoHS 标准(无铅包装)
- 无卤

1.3 应用实例

TLE5012B 基于 gmr 的角度传感器设计用于汽车应用中的角度位置传感, 例如:

- 电动换向电机(例如用于电动助力转向(EPS))
- 旋转开关
- 转向角测量
- 通用角度传感

2 功能描述

2.1 框图

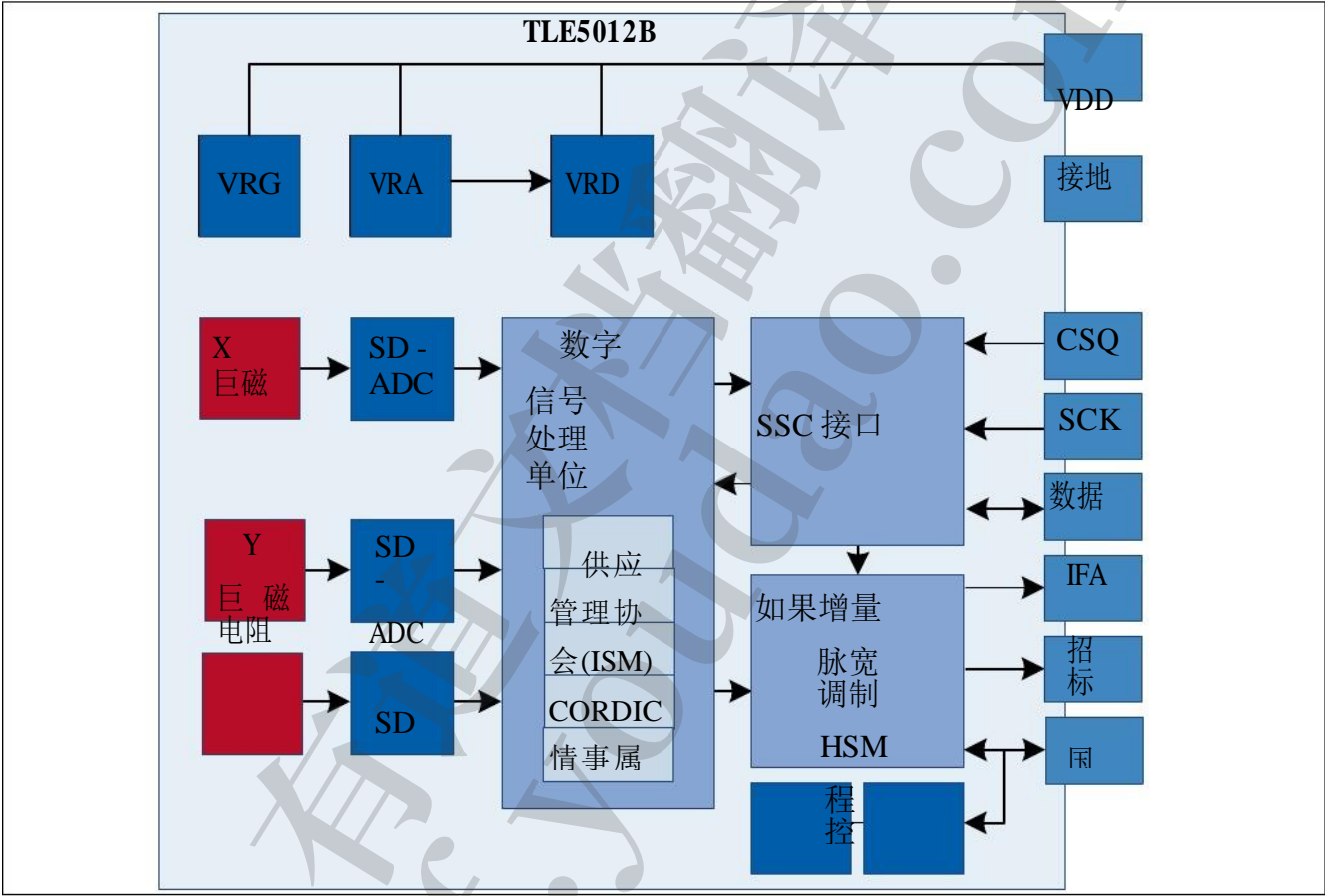


图 2-12.2 TLE5012B 方框图功能块说明

2.2.1 内部供电

TLE5012B 的内部级配有几个电压调节器:

- GMR 电压调节器, VRG
- 模拟电压调节器, VRA
- 数字电压调节器, VRD(源自 VRA)

这些稳压器直接连接到电源电压 V_{DD} 。

2.2.2 振荡器和锁相环

TLE5012B 的数字时钟由锁相环(PLL)给出, 默认由内部振荡器供电。为了使 TLE5012B 与系统中的其他 ic 同步, 可以通过配置 TLE5012B

有道文档翻译
pdf.youdao.com

SSC 接口使用外部时钟信号提供的 IFC 引脚作为源锁相环，而不是内部时钟。外部时钟模式只有在 PWM 或 SPC 接口配置可用。

2.2.3 SD-ADC

$\sigma - \delta$ 模数转换器(SD-ADC)将模拟 GMR 电压和温度电压转换到数字域。

2.2.4 数字信号处理单元

数字信号处理单元(DSPU)包含:

- 智能状态机(ISM)，它对来自 GMR 桥的原始信号进行偏置、偏置温度漂移、幅度同步和正交性的误差补偿，并执行其他功能，如自动校准、预测和角速度计算
- 坐标旋转数字计算机(CORDIC)，其中包含用于角度计算的三角函数
- 捕获比较单元(CCU)，用于产生 PWM 和 SPC 信号
- 随机存取存储器(RAM)，其中包含配置寄存器
- 激光引信，其中包含误差补偿和 IC 默认配置的校准参数，在启动时加载到 RAM 中

2.2.5 接口

通过三线 SSC 接口实现与 TLE5012B 的双向通信。与 SSC 接口并行，可选择一個辅助接口，可在 IFA、IFB、IFC 引脚上使用:

- PWM
- 增量界面
- 霍尔切换模式
- 短 PWM 码

通过使用预先配置的衍生品(参见第 5 章)，TLE5012B 也可以仅与次级接口操作，而无需 SSC 通信。

2.2.6 安全特性

TLE5012B 提供了多种安全功能，以支持安全完整性水平(SIL)，它是一个 PRO- SIL™ 产品。

安全特性有:

- 测试矢量可切换到 ADC 输入(通过 SSC 接口激活)
- 滤波器输入流的反转或组合(通过 SSC 接口激活)
- 数据传输检查通过 8 位循环冗余检查(CRC)的 SSC 通信和 4 位 CRC nibble 为 SPC 接口
- 内置自检(BIST)例程用于 ISM, CORDIC, CCU, adc 在启动时运行
- 两个独立的活动接口可能
- 过压和欠压检测

免责声明

PRO-SIL™是英飞凌科技股份有限公司的注册商标。

PRO-SIL™商标用于指定包含 SIL 配套功能的英飞凌产品。

SIL 支持功能旨在支持整体系统设计达到所需的 SIL(根据 IEC61508)或 A-SIL(根据 ISO26262)水平，以实现高效的安全系统。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

SIL 分别对这样的系统进行 a -SIL 认证必须由在认可的认证机构负责的系统在系统级别上达到。

SIL 代表安全完整性等级(根据 IEC 61508)

A-SIL 代表汽车安全完整性等级(根据 ISO 26262)

2.3 传感原理

巨磁电阻(GMR)传感器采用垂直集成实现。这意味着 gmr 敏感区域被集成在 TLE5012B 器件的逻辑部分之上。这些 GMR 元件会根据磁场的方向改变其电阻。

四个独立的 GMR 元件被连接到一个惠斯通传感器桥。这些 GMR 元件感应外加磁场的两个分量中的一个：

- X 分量, V_x (余弦)或
- Y 分量 V_y (正弦)

使用这种全桥结构, 可以获得最大的 GMR 信号, 温度效应相互抵消。

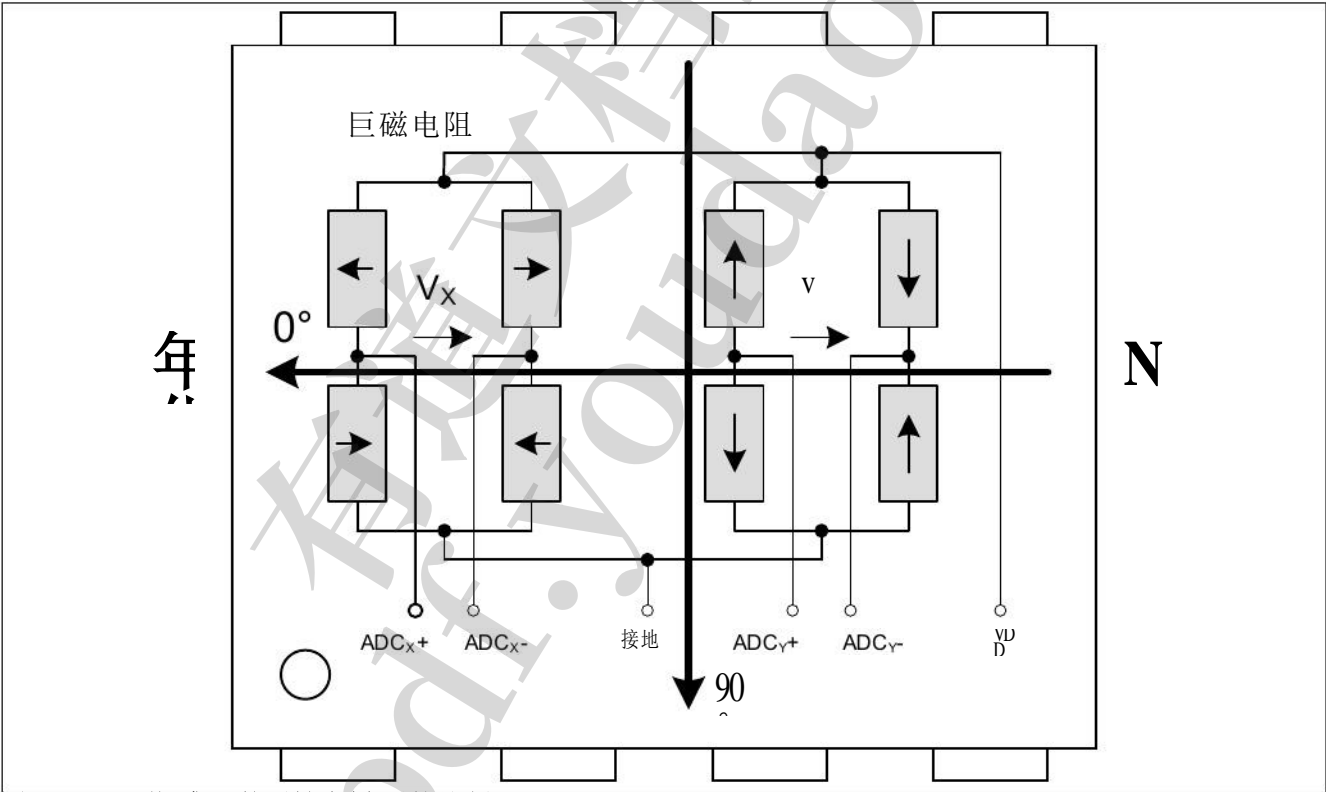


图 2-2 GMR 传感器的灵敏电桥(不按比例)

注意:由于传感器 IC 在封装中的旋转放置不准确, 传感器 0° 位置可能与图 2-2 所示的封装边缘方向偏差高达 3°。

在图 2-2 中, 电阻器上的箭头表示固定在参考层中的磁方向。如果外部磁场平行于参考层的方向, 则电阻最小。如果它们是反平行的, 则电阻最大。

每个电桥的输出信号只有在两个最大值之间的 180° 以上是明确的。因此, 两座桥的方向是相互正交的, 以测量 360°。

通过三角函数 ARCTAN2, 从传感器桥的原始 X 和 Y 信号中计算出真正的 360° 角度值。

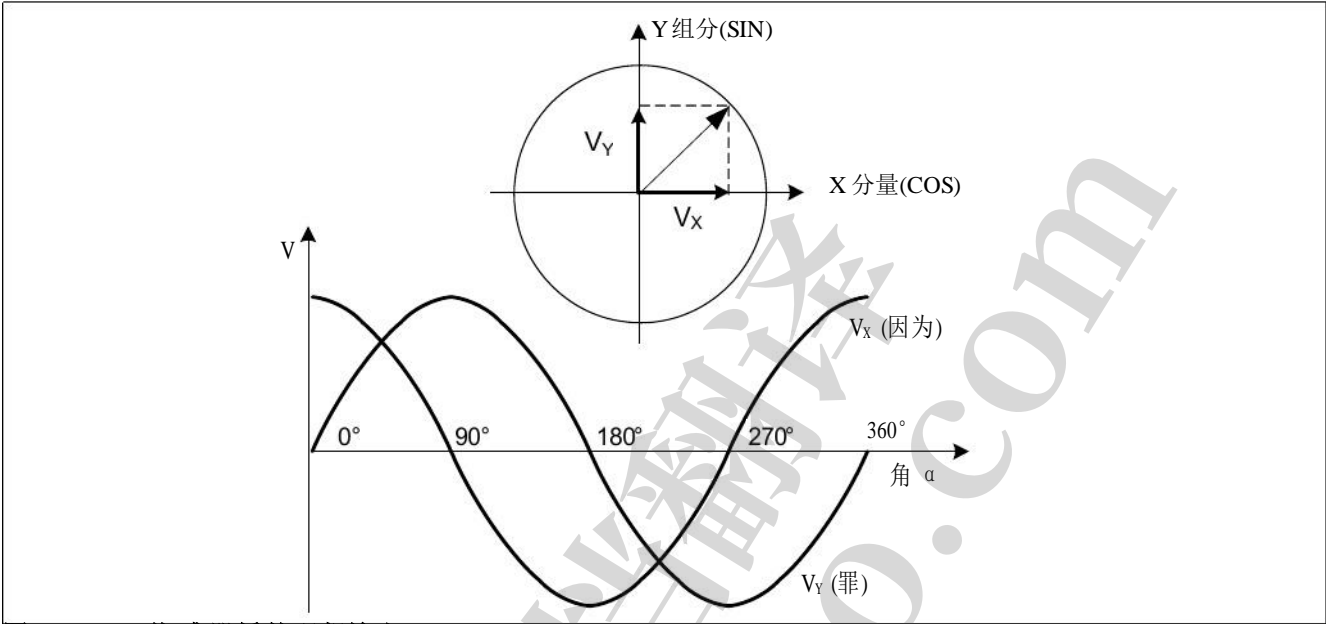


图 2-3 GMR 传感器桥的理想输出

2.4 销的配置

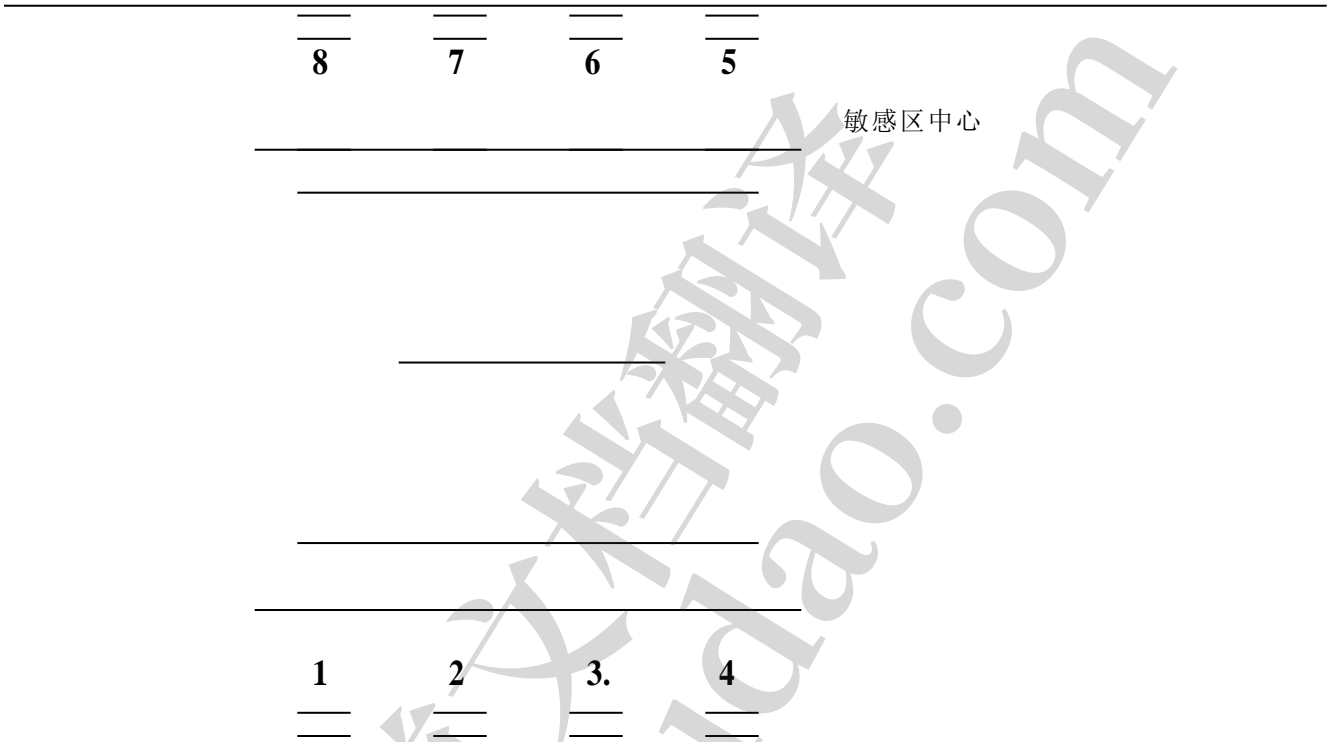


图 2-4 引脚配置(俯视图)

2.5 销的描述

表 2-1 引脚说明

销不。	象征	在 /	函数
1	Ifc (clk / iif_idx / hs3)	I / O	接口 C:外部时钟 ¹⁾ / IIF 索引/霍尔开关信号 3
2	SCK	我	SSC 时钟
3.	CSQ	我	SSC 芯片选择
4	数据	I / O	SSC 的数据
5	Ifa (iif_a / hs1 / PWM / spc)	I / O	接口 A: IIF A 相/霍尔开关信号 1 / PWM / SPC 输出(仅供 SPC 触发器输入)
7 6	VDD	-	电源电压
8	接地	-	地面

1)在 IIF 或 HSM 接口模式下，外部时钟功能不可用

有道文档翻译
pdf.youdao.com

3 应用电路

本章的应用电路展示了 TLE5012B 的各种通信可能性。引脚输出模式配置是特定于设备的，它可以是推挽式或开路漏式。位 IFAB_OD(寄存器 IFAB, 0D_H)表示 IFA、IFB、IFC 引脚的输出模式。SSC 引脚默认推拉(位 SSC_OD, 注册 MOD_3, 09_H)。

图 3-1 为 TLE5012B 增加接口和 SSC 配置的基本框图。衍生品 TLE5012B - E1000 默认配置推挽式 IFA (IIF_A)、IFB (IIF_B)和 IFC (IIF_IDX)引脚。

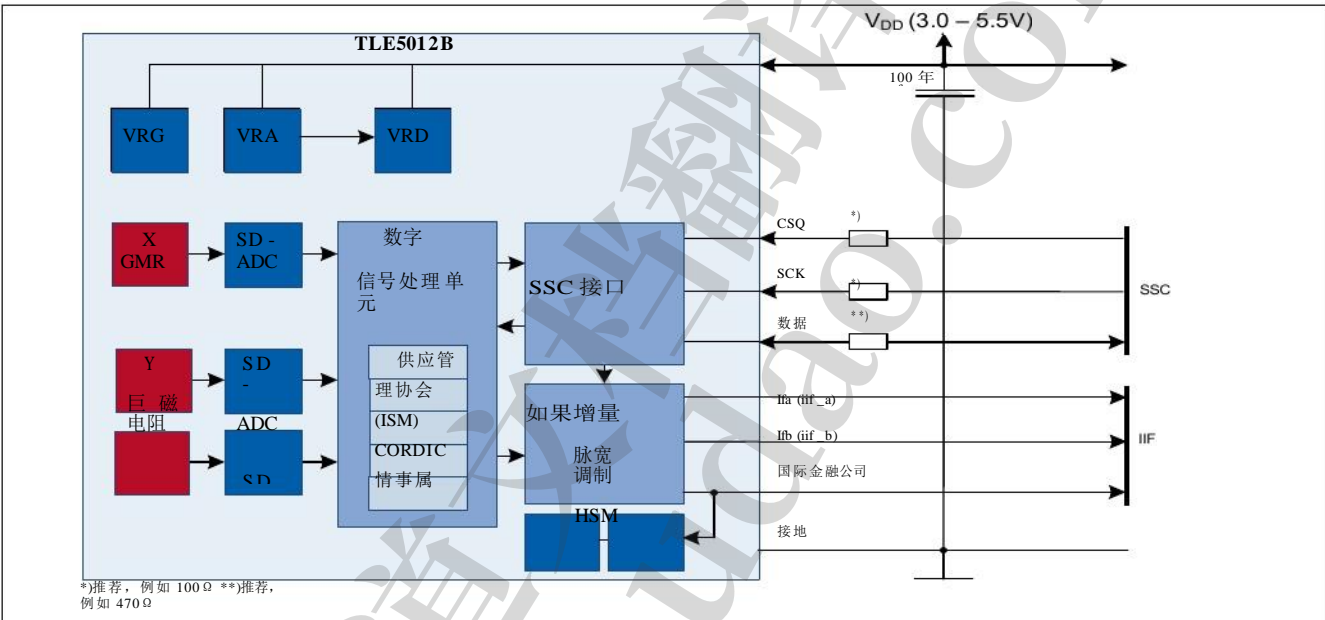


图 3-1 带 IIF 接口和 SSC 的 TLE5012B 应用电路(使用内部 CLK)

如果 IFA、IFB 和 IFC 引脚通过 SSC 接口配置为开路漏极引脚，输出线和 V 之间有三个电阻(每条线一个)_{DD} 将被推荐(例如 2.2k Ω)。

图 3-2 展示了采用 HS 模式和 SSC 配置的 TLE5012B 的基本框图。衍生品 TLE5012B - E3005 默认配置有推挽式 IFA (HS1)、IFB (HS2)和 IFC (HS3)引脚。

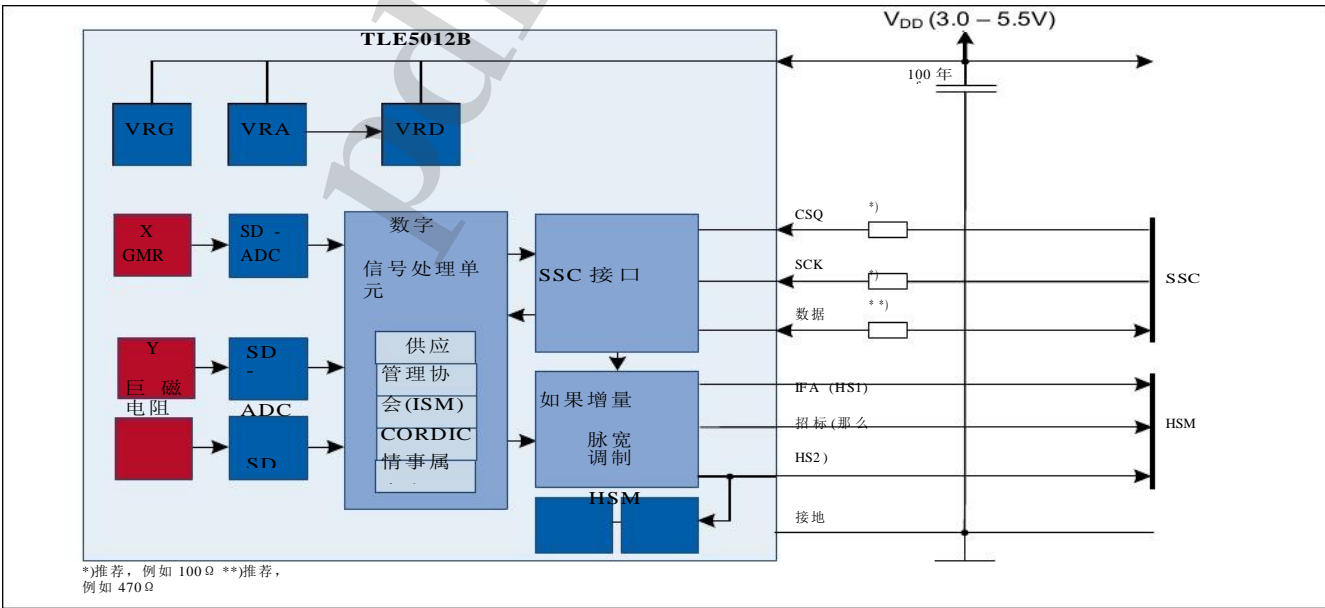


图 3-2 HS 模式和 SSC 的 TLE5012B 应用电路(使用内部 CLK)

如果 IFA, IFB 和 IFC 引脚通过 SSC 接口配置为开路漏极引脚，在输出线和 V_{DD} 之间有三个电阻(每个线一个)_{DD} 将被推荐(例如 2.2k Ω)。

TLE5012B 可以只配置 PWM(图 3-3)。衍生品 TLE5012B - E5000 默认配置推挽式 IFA (PWM)引脚。因此建议配置如下：

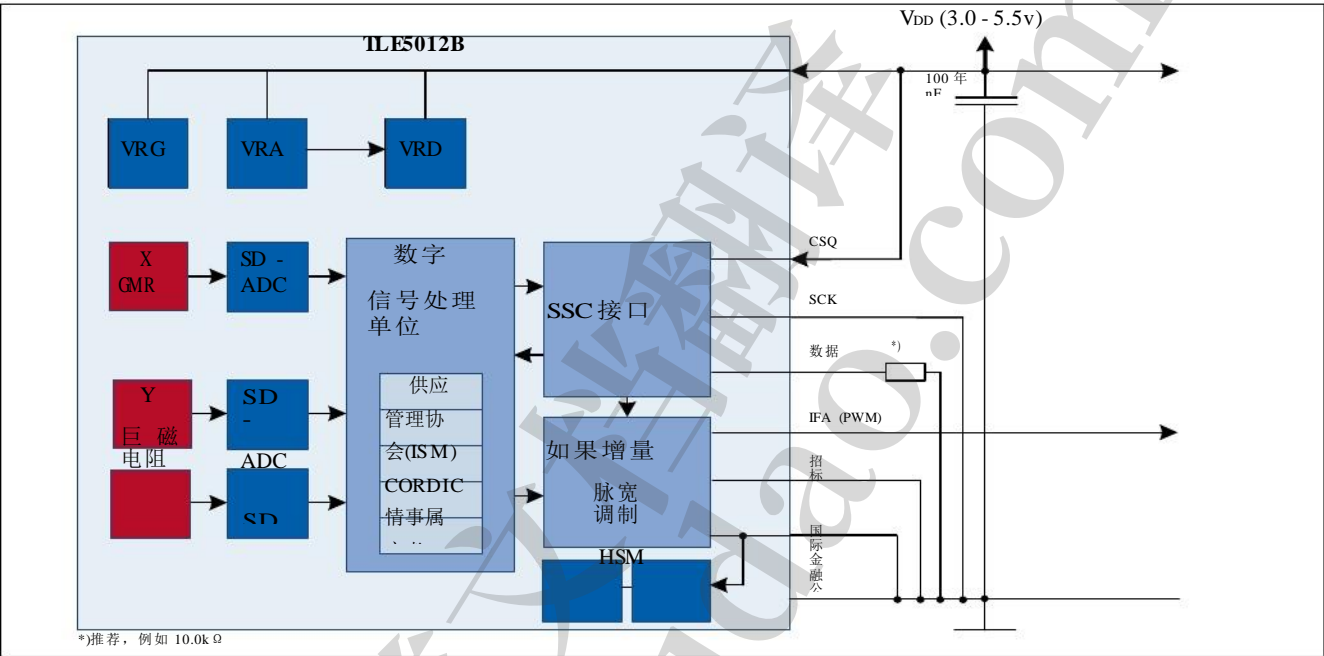


图 3-3 仅带 PWM 接口的 TLE5012B 应用电路(使用内部 CLK)

TLE5012B - E5020 也是一个 PWM 衍生产品，但具有开路漏极 IFA (PWM)引脚。然后应该在 IFA 线和 V_{DD} 之间添加一个上拉电阻(例如 2.2k Ω)，如图 3-4 所示。

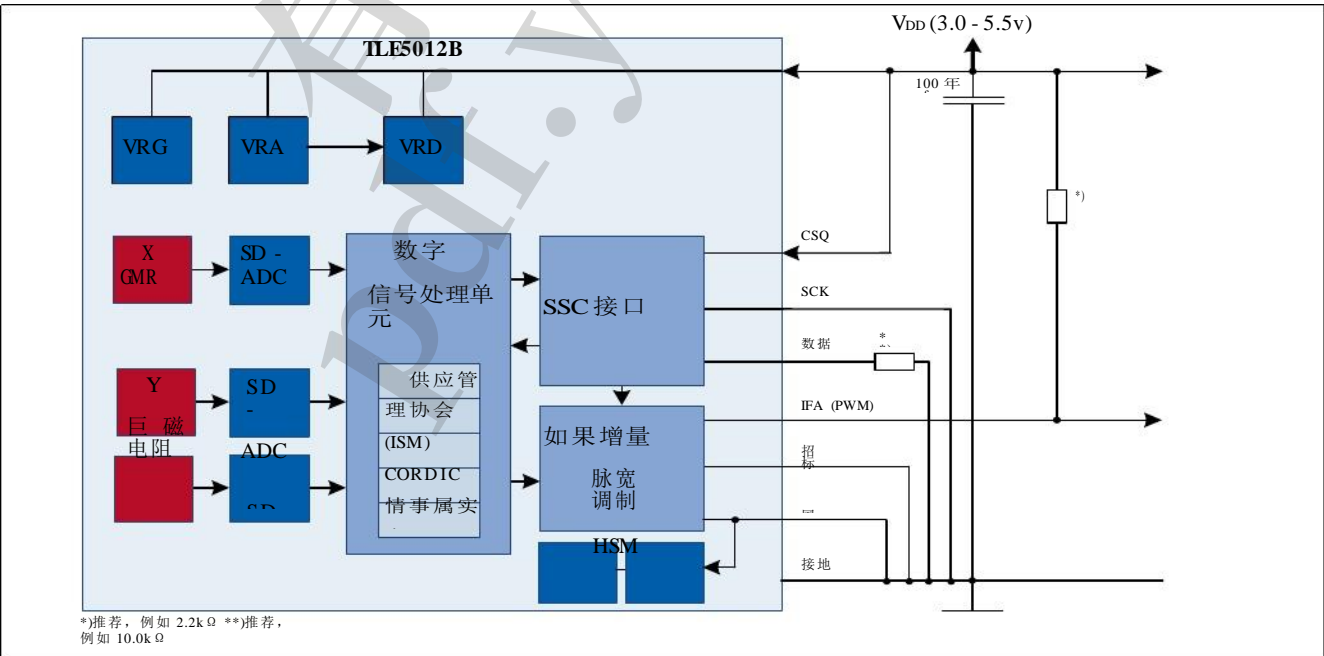


图 3-4 仅带 PWM 接口的 TLE5012B 应用电路(使用内部 CLK)

出于安全原因，最好将未使用的引脚连接到地面，而不是浮动。建议在数据线引脚和接地之间安装一个电阻，以避免数据产生任何意外输出时出现快捷方式。CSQ 线必须连接到 V_{DD} 避免无意激活 SSC 接口。

DATA, SCK 和 CSQ 线路也可以使用开式排水设置。这种设置被设计用来与总线系统中的微控制器，以及其他 SSC 从机(例如，由于冗余原因，两个 TLE5012B 设备)通信。这种模式可以使用位 SSC_OD 激活。

开式排水配置如图 3-7 所示。建议在 DATA、SCK 和 CSQ 线路上使用串联电阻，以限制电流，以防微控制器或传感器不小心切换到推挽模式。typ 的上拉电阻。在数据线上需要 1kΩ。

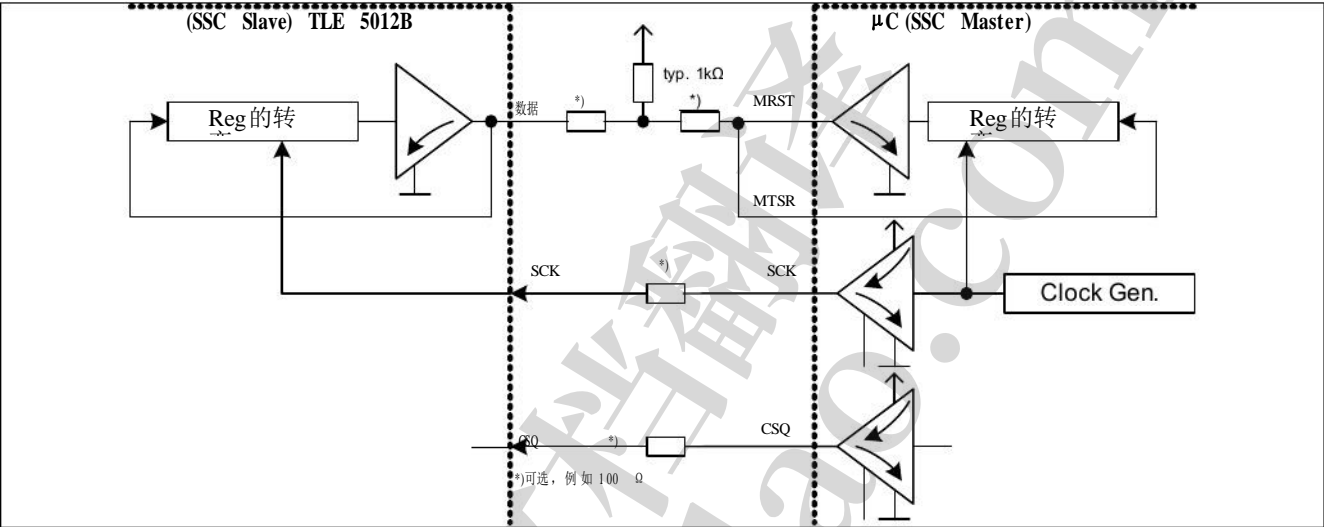


图 3-7 传感器-从模式和开式排水(总线系统)下的 SSC 配置



4 规范

4.1 绝对最高收视率

表 4-1 绝对最大评分

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
V 上电压 V_{DD} 引脚相对于 V_{DD} 地面 (V_{SS})		-0.5		6.5	V	最大 40 h/寿命
任何引脚相对于 V 的电压 V_{IN} 地面 (V_{SS})		-0.5		6.5	V	
				$V_{DD} + v$ 0.5		
结温	TJ	-40 年		150°	C	
				150°	C	1000h，不加
磁场感应	B			200	吨	最大 5 分钟 @ $T_A = 25^\circ C$
				150	吨	最大 5 小时 @ $T_A = 25^\circ C$
储存温度	结温因素	-40 年		150°	C	无磁场

注意:应力在最大值以上。此处列出的值可能会对设备造成永久性损坏。长期暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响设备的可靠性。最大额定值是绝对额定值;仅超过其中一个值可能会对设备造成不可逆转的损坏。

4.2 工作范围

为了确保 TLE5012B 的正确运行，必须不超过以下操作条件。除非另有说明，以下各节中指定的所有参数均指这些运行条件。表 4-2 适用于 $-40^\circ C < T_J$ 除非另有说明，否则 $< 150^\circ C$ 。

表 4-2 工作范围及参数

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
电源电压	VDD	3.0	5.0	5.5	V	1)
电源电流	实际内部电话 国内直电		14	16	个马	
T 时磁感应强度 $J = 25^\circ C$ 2) 3)	BXY	30.		50	吨	$-40^\circ C < t_j < 150^\circ C$
		30.		60	吨	$-40^\circ C < t_j < 100^\circ C$

		30.		70 吨	-40° c < t _j < 85° C
扩展的磁感应范围在 T _J = 25° C ²⁾³⁾	BXY	25		30 吨	附加角度误差 0.1°
角范围	盘	0		360°	
运动水平	VPOR	2.0		2.9 V	接通电源的重置
为什么滞后	VPORhy		30.	mV	

表 4-2 工作范围(续)和参数

参数	象征	值			单位注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。	
接通电源的 ⁴⁾ 时候	tPon		5	7女士	VDD > VDDmin;
快速复位时间 ⁵⁾	tRfast			0.5毫秒	快速复位由禁用启动 BIST (S_BIST = 0)，然后启用芯片复位(AS_RST = 1)

1)直接用 100-nF 陶瓷电容封堵

2)值指的是均匀磁场(B_{XY})无垂直磁感应强度(B_Z = 0 吨)。

3)见图 4-1

4)在“开机时间”期间，不允许写访问(除了切换到外部时钟，需要一个读出作为外部时钟被选中的确认)

5)不受生产测试-通过设计/表征验证

磁体的磁场强度可在图 4-1 的彩色区域内选择。通过结温的限制，可以施加更高的磁场。在最高温度 T_J=100° C，在 T 时磁体高达 60mT_J = 25°C 是允许的。

也可以拓宽磁场范围以获得更高的温度。在这种情况下，必须考虑额外的角度误差。

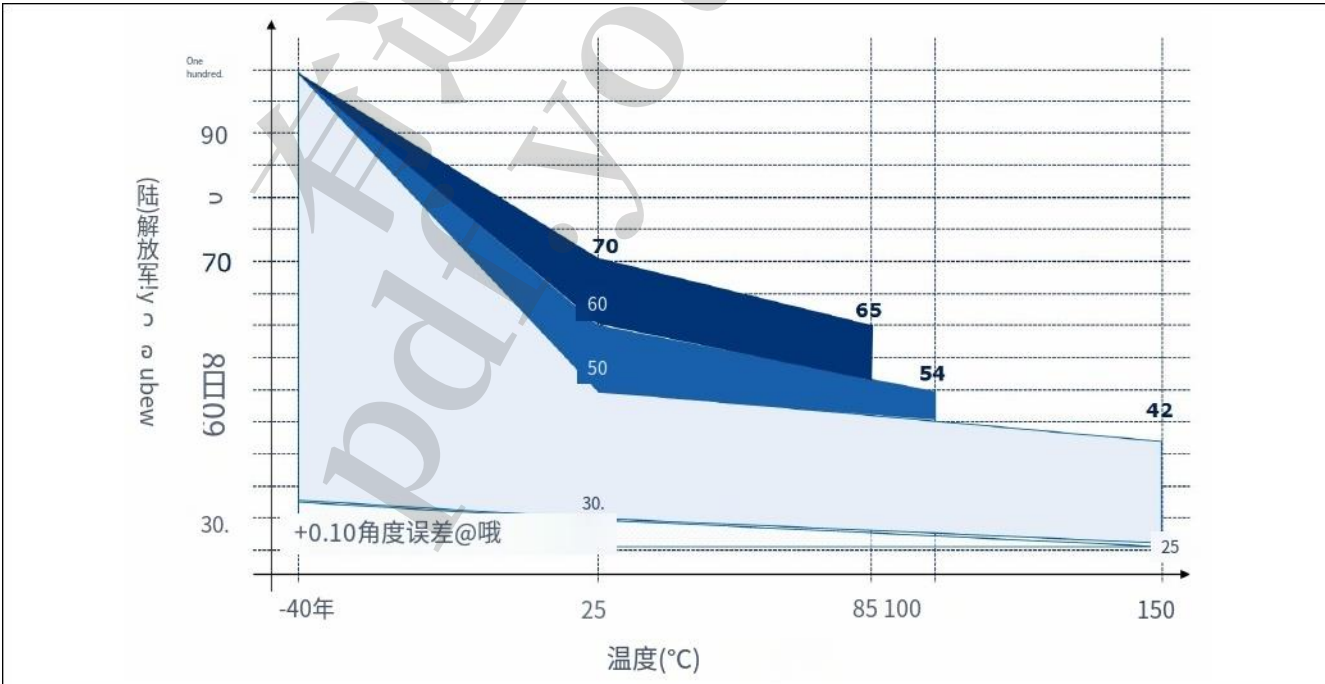


图 4-1 允许的磁场范围作为结温的函数。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.3 特征

4.3.1 输入/输出特性

除非另有说明，所示参数适用于全工作范围。典型值对应于电源电压 $V_{DD} = 5.0\text{ V}$ 和 25° C ，除非单独说明。所有其他值对应 $-40^{\circ}\text{ C} < T_J < 150^{\circ}\text{ C}$ 。

在 MOD_3 寄存器内，推挽通信的驱动器强度和斜率可以根据传感器输出而变化。驱动器强度在表 4-3 中指定，斜率下降和上升时间在表 4-4 中指定。

表 4-3 输入电压和输出电流

参数	象征	值			单位注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。	
输入电压	文	-0.3		5.5 V	
				$V_{DD} + 0.3\text{ v}$	
输出电流(数据线)	智商			-25 毫安	PAD_DRV = '0x', 下沉电流 ¹⁾²⁾
				马 5	PAD_DRV = '10', 下沉电流 ¹⁾²⁾
				-0.4 马	PAD_DRV = '11', 下沉电流 ¹⁾²⁾
输出电流(IFA / IFB / IFC - I _Q 垫)				-15 毫安	PAD_DRV = '0x', 下沉电流 ¹⁾²⁾
				马 5	PAD_DRV = '1x', 下沉电流 ¹⁾²⁾

1) 马克斯。通过开路漏输出到 GND 的电流

2) At $V_{DD} = 5\text{ V}$

表 4-4 驱动器强度特性

参数	象征	值			单位	注 / 测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
产量上升/下降时间	tfall, trise				8 ns	数据, 50 pF, PAD_DRV= '00' ¹⁾²⁾
					28 ns	数据, 50 pF, PAD_DRV= '01' ¹⁾²⁾
					45 ns	数据, 50 pF, PAD_DRV= '10' ¹⁾²⁾
					130 纳秒	数据, 50 pF, PAD_DRV= '11' ¹⁾²⁾
					15 ns	IFA/IFB, 20pf, PAD_DRV= '0x' ¹⁾²⁾
					30 ns	IFA/IFB, 20pf, PAD_DRV= '1x' ¹⁾²⁾

1) 有效的推挽输出

有道文档翻译
pdf.youdao.com

表 4-5 4.5 V < V 的电气参数 ID < 5.5 v

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ.	Max.		
输入信号低电平	VL5			0.3 VDD	V	
输入信号高电平	VH5	0.7 VDD			V	
输出信号低电平	VOL5			1 V		数据;我 Q = -25 mA (PAD_DRV = '0x '), I_Q = -5 mA (PAD_DRV = '10 '), I_Q = -0.4 mA (PAD_DRV = '11 ')
				1 V		IFA, B, C;我 Q = -15 mA (PAD_DRV = '0x '), I_Q = -5 mA (PAD_DRV = '1x ')
吸动电流 ¹⁾	IPU	-10 年		-225 μ		CSQ
		-10 年		-150 μ		数据
下拉电流 2)	IPD	10		225 μ		SCK
		10		150 μ		Ifa、ifb、ifc

1) CSQ 和 DATA pin 上的内部引擎盖总是开启。
2) IFA、IFB 和 IFC 上的内部上拉在启动时启用，在开漏模式下，SCK 上的内部上拉总是启用。

表 4-6 3.0 V < V 的电气参数 ID < 3.6 v

参数	象征	值			单位	注 测试条件
		分钟。	Typ.	Max.		
输入信号低电平	VL3			0.3 VDD	V	
输入信号高电平	VH3	0.7 VDD			V	
输出信号低电平	VOL3			0.9 V		数据;我 Q = -15 mA (PAD_DRV = '0x '), I_Q = -3 mA (PAD_DRV = '10 '), I_Q = -0.24 mA (PAD_DRV = '11 ')
				0.9 V		IFA,招标;我 Q = - 10 mA (PAD_DRV = '0x '), I_Q = -3 mA (PAD_DRV = '1x ')
吸动电流 ¹⁾	IPU	3		-225 μ		CSQ
		3		-150 μ		数据
当前下拉 ²⁾	IPD	3.		225 μ		SCK
		3.		150 μ		Ifa、ifb、ifc

1) CSQ 和 DATA pin 上的内部引擎盖总是开启。
2) IFA、IFB 和 IFC 上的内部上拉在启动时启用，在开漏模式下，SCK 上的内部上拉总是启用。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



4.3.2 防静电保护

表 4-7 ESD 防护

参数	符号	值	单位	注 记
ESD 电压	V_{HBM}	± 4.0	kV	人体模型 ¹⁾
	V_{SDM}	± 0.5	kV	插接装置型号 ²⁾

1)人体模型(HBM)根据:AEC-Q100-002
2)插座设备型号(SDM)符合:ESDA/ANSI/ESD SP5.3.2-2008

4.3.3 巨磁电阻参数

所有参数都适用于 $B_{XY} = 30\text{mT}$ 和 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

表 4-8 GMR 基本参数

参数	象征	值			单位	注 测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
X、Y 输出范围	RGADC			± 23230	位	工作范围 ¹⁾
X、Y 振幅 ²⁾	AX, 唉	6000	9500	15781	位	在室温下
		3922		20620	位	工作范围
X、Y 同步性 ³⁾	k	87.5	One hundred.	112.49%		
X、Y 偏 移量 ⁴⁾	牛,OY	-2048 年	0	+ 2047	位数	
X、Y 正交误差	ϕ	-11.25	0	+ 11.24°		
无磁体的 X、Y 振幅	X0, y 0			+ 4096	位数	工作范围 ¹⁾

1)不受生产试验-通过设计/特性验证
2)见图 4-2
3) $k = 100 \cdot (A_X / \text{一个 } Y)$
4) $O_Y = (Y_{MAX} + Y_{MIN}) / 2$; $O_X = (X_{MAX} + X_{MIN}) / 2$

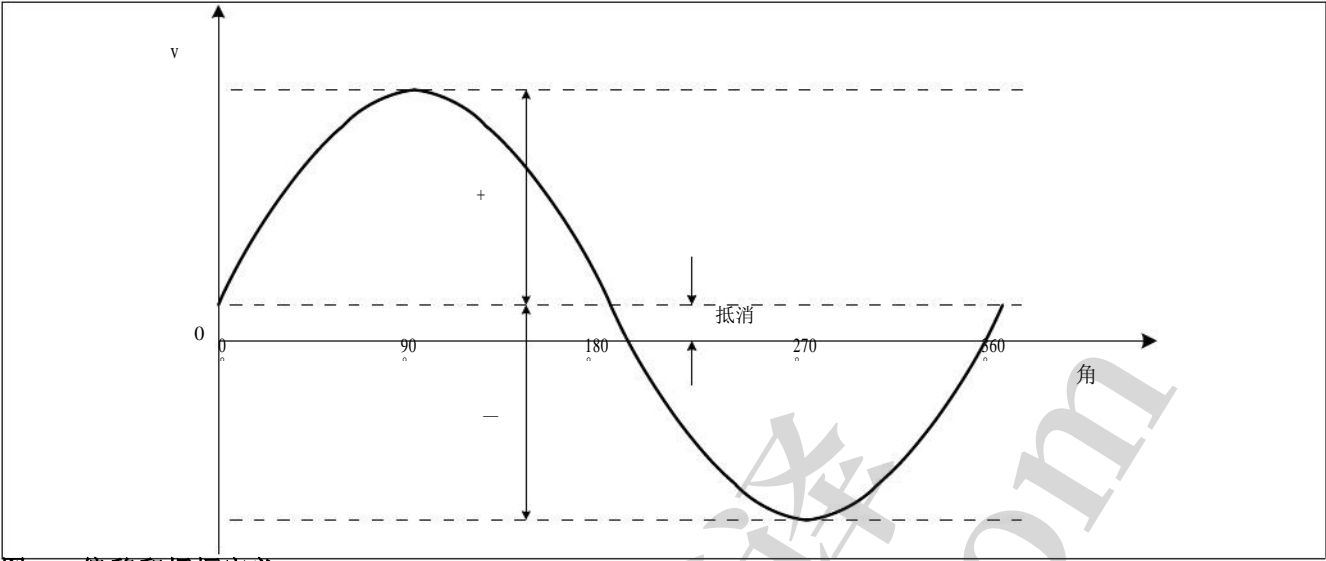


图 4-2 偏移和振幅定义

数据表

4.3.4 角度性能

经过内部计算，传感器有剩余误差，如表 4-9 所示。误差值为 $B_z = 0\text{mT}$ 及第 19 页表 4-2 “操作范围及参数”给出的操作条件。

总体角度误差代表相对角度误差。这个误差描述了零角度定义后与参考线的偏差。它适用于静态磁场。

如果在测量过程中磁场是旋转的，则由角度延迟时间(见第 27 页表 4-10 “信号处理”)引起的额外传播误差，传感器需要从 MR 桥的原始正弦值和余弦值计算角度。在快速转弯的应用中，可以启用预测来减少这种传播误差。

表 4-9 角度性能

参 数	象 征	值			单 位	注 测试条件
		分 钟。	Typ.	Max.		
整体角度误差(带 auto- 校准)	α_{Err}		0.6 ¹⁾	1.0°		包括寿命和 温度漂移 ²⁾³⁾⁴⁾ 。注意： 如遇温度 在 5 开尔文以上 1.5 转以内指 参见图 4-3 角误差。
整体角度误差(无自动- 校准)	α_{Err}		0.61)	1.3°		包括温度 drift2) 3) 5)
				1.9°		包括寿命和 温度漂移 ²⁾³⁾⁴⁾

1) 25° C 时， $B_z = 30\text{mT}$

2)包括由旋转方向变化引起的迟滞误差

3)零角定义后的相对误差

4)不受生产测试-通过设计/表征验证

5) 0 h

如果启用自动校准(参见第 4.3.5 章)，并且在 1.5 转期间温度变化超过 5 开尔文，则必须在表 4-9 中指定的角度误差上添加额外的误差。这个误差取决于温度变化(德尔塔温度)以及从图 4-3 所示的初始温度(T_{start})开始。一旦温度稳定下来，应用完成 1.5 转，那么角度误差如表 4-9 所示。

对于负的 ΔT 温度变化(从较高的温度到较低的温度)，额外的角度误差将小于图 4-3 中相应的正的 ΔT 温度变化(从较低的温度到较高的温度)。图 4-3 适用于最坏的情况。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



图 4-3 1.5 转内 5 开尔文以上温度变化的附加角度误差

4.3.5 Autocalibration

自动校准使在线参数计算成为可能，因此减少了由于温度和寿命漂移造成的角度误差。

TLE5012B 是预校准传感器，因此默认情况下只在一些设备中启用自动校准。更新模式可以通过 MOD_2 寄存器中的自动设置来选择。TLE5012B 需要 1.5 转来生成新的自动校准参数。这些参数是不断更新的。参数以一种平滑的方式更新(在选定的范围或时间内一个最低有效位)，以避免输出上的角度跳跃。

AUTOCAL 模式:

- 00:无自动校准
- 01:自动校准模式在更新时间 t 内，一个 LSB 到最终值 u_{pd} (取决于 FIR_MD 设置)。
- 10:自动校准模式 2。只有一个 LSB 更新在一个完整的参数生成(1.5 转)。更新一个 LSB 后，自动校准将重新计算参数。
- 11:自动校准模式一个 LSB 到最终值在 11.25° 的角度范围内

4.3.6 信号处理

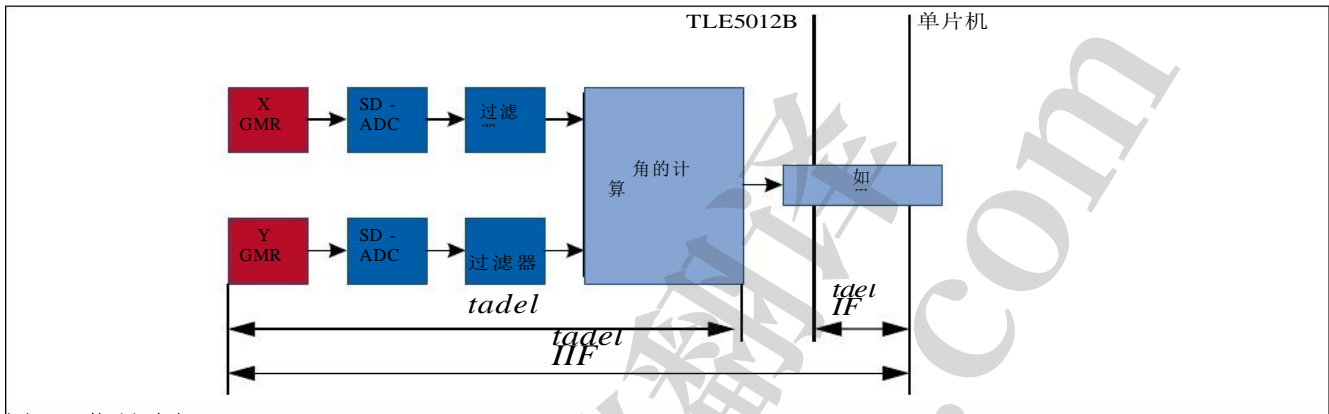


图 4-4 信号路径

TLE5012B 的信号通路如图 4-4 所示。它由 gmr 桥、ADC、滤波器和角度计算组成。GMR 元件的物理变化和输出信号之间的延迟时间取决于滤波器和接口配置。在快速转弯应用中，这种延迟会导致额外的转速相关的角度误差。

TLE5012B 有一个可选的预测功能，在旋转速度不突然变化的应用中，这有助于减少速度相关的角度误差。预测使用当前和最后两个角度值之间的差值来近似延迟时间后将出现的角度值(见图 4-5)。根据公式(4.1)，通过将这个差值与测量值相加来计算输出值。

$$\alpha(t+1) = \alpha(t) + \alpha(t-1) - \alpha(t-2)$$

(4.1)

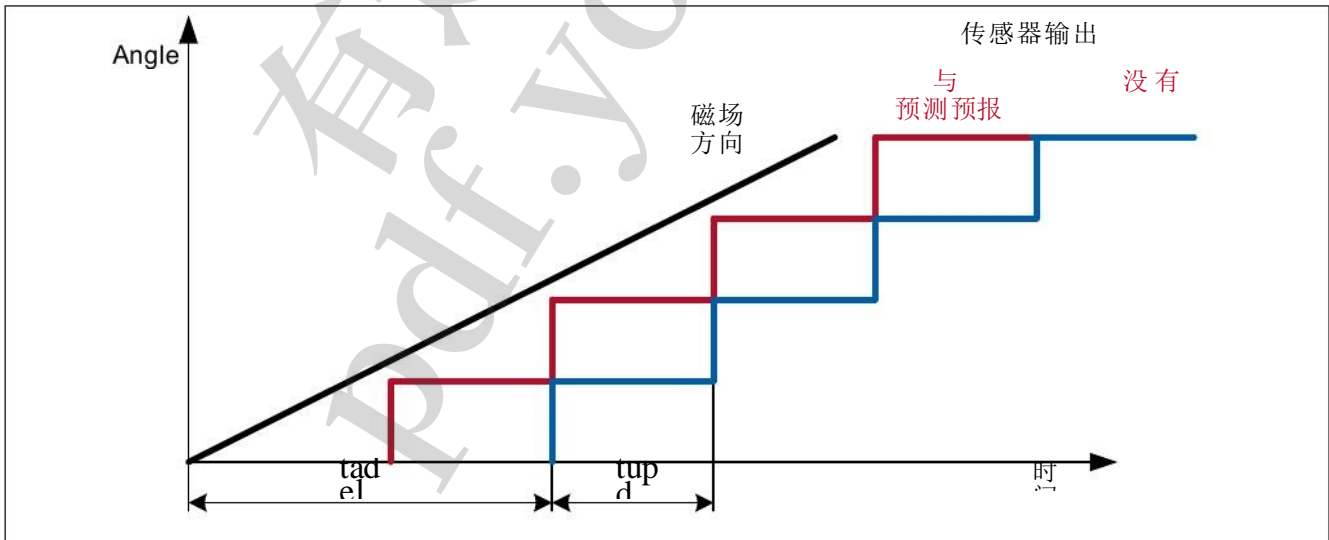


图 4-5 传感器输出延时



表 4-10 信号处理

参 数	象 征	值			单 位	注 测试条件
		分 钟。	Typ。	Max。		
滤镜更新周期	tupd		42.7		μ s	Fir_MD = 1(默认) ¹⁾
			85.3		μ s	Fir_md = 2 ¹⁾
			170.6		μ s	Fir_md = 3 ¹⁾
无角度延迟时间 预测 ²⁾	tadelSSC		85		95 μ s	Fir_md = 1 ¹⁾
			150		165 μ s	Fir_md = 2 ¹⁾
			275		300 μ s	Fir_md = 3 ¹⁾
	tadelIIF		120		135 μ s	Fir_md = 1 ¹⁾
			180		200 μ s	Fir_md = 2 ¹⁾
			305		330 μ s	Fir_md = 3 ¹⁾
预测角度延迟时间 ²⁾ tadelSSC			45		50 μ s	Fir_md = 1;预测= 11)
			65		70 μ s	Fir_md = 2;预测= 11)
			105		115 μ s	Fir_md = 3;预测= 1 1)
	tadelIIF		75		90μ 年代	Fir_md = 1;预测= 11)
			95		110μ 年代	Fir_md = 2;预测= 11)
			135		150μ 年代	Fir_md = 3;预测= 1 1)
角度噪声(RMS)	NAngle		0.08		'	Fir_md = 1 ¹⁾
			0.05		'	Fir_md = 2 ¹⁾ (默认)
			0.04		'	Fir_md = 3 ¹⁾

1)不受生产测试-通过设计/特性验证

2)在恒定转速下有效

表 4-10 中规定的所有延迟时间都适用于 24mhz 的理想内部振荡器频率。对于精确的定时，必须考虑内部振荡器频率的变化(参见 4.3.7 章)。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.3.7 时钟电源(CLK 定时定义)

TLE5012B 的内部时钟供应受生产特定变化的影响，必须考虑所有计时规格。

表 4-11 内部时钟计时规范

参 数	象 征	值			单 位	注 /测试条件
		分 钟。	Typ。	Max。		
数字时钟	fDIG	22.8	24	25.8 兆赫		
内部振荡器频率	fCLK	3.8	4.0	4.3 兆赫		

为了固定 IC 时序并使 TLE5012B 与系统中的其他 IC 同步，可以切换到 IFC 引脚提供的外部时钟信号。时钟输入信号必须满足一定的要求：

- 高或低脉冲宽度不能超过指定值，因为锁相环需要最小脉冲宽度，并且必须经过脉冲滤波。

占空比因子通常应该是 50%，但它可以在 30% 和 70% 之间变化。

锁相环在时钟的正边缘触发。如果超过 2 边缺失，芯片复位自动生成，传感器重启与内部时钟。这是由 S_RST 和 CLK_SEL 位表示的，另外还有安全字(参见第 4.4.1.2 章)。

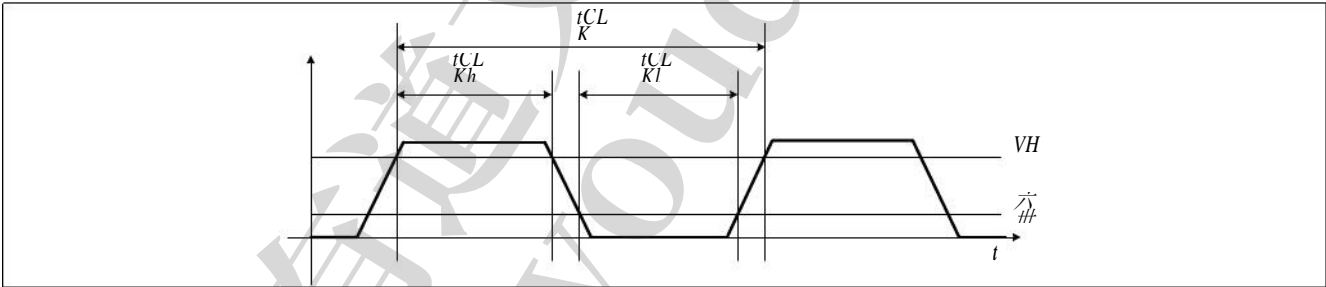


图 4-6 外部 CLK 计时定义

表 4-12 外部时钟规格

参 数	象 征	值			单 位注/测试条件
		分	Typ	Max	
输入频率	f_{CLK}	3.8	4.0	4.3 MHz	
CLK 占空比 ¹⁾²⁾	CLK_{DUTY}	30.	50	70%	

CLK 上升时间 t_{CLKr} 从 V 起 30 纳秒_L 到 V_H

CLK 下降时间 t_{CLKf} 距离 V 30 纳秒_H 到 V_L

1)最小占空比因子: $t_{CLKh(min)} / t_{CLK}$ 和 $t_{CLK}= 1 / f_{CLK}$

2)最大占空比因子: $t_{CLKh(max)} / t_{CLK}$ 和 $t_{CLK}= 1 / f_{CLK}$

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.4 接口

4.4.1 同步串行通信(SSC)

3 引脚 SSC 接口由双向推挽(接收三态)或开路漏数据引脚(可配置 SSC_OD 位)和串行时钟和芯片选择输入引脚组成。SSC 接口设计用于与微控制器点对点通信，以实现快速应用。

4.4.1.1 SSC 定时定义

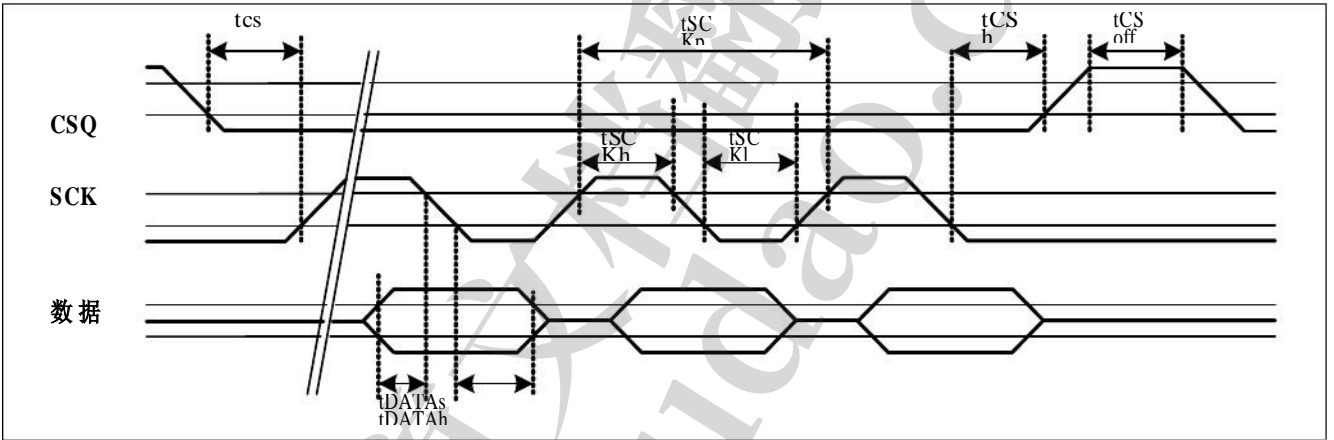


图 4-7 SSC 计时

SSC 不活动时间(CS_{off})

SSC 不活动时间定义了 在 TLE5012B 可以再次选择之前，传输后的延迟时间。

表 4-13 SSC 推挽定时规范

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
SSC 波特率	fSSC		8.0		兆比特/秒	1)
CSQ 设置时间	tcs	105			ns	1)
CSQ 保持时间	tCSh	105			ns	1)
CSQ 掉	tCSoff	600			ns	SSC 非活动时间 1)
SCK 时期	tSCKp	120	125		ns	1)
SCK 高	tSCKh	40			ns	1)
SCK 低	tSCKl	30			ns	1)
数据设置时	tDATA s	25			ns	1)

间						
数据保持时间	tDATAh	40			ns	¹)
读写延迟	twr_delay	130			ns	¹)
更新时间	tCSupdate	1			μs	见图 4-11 ¹⁾
SC K 掉	tSCKoff	170			ns	¹)

1)不受生产测试-通过设计/特性验证



表 4-14SSC 开 式排水口定时规范

参 数	象 征	值			单 位	注 /测 试条件
		分 钟 。	Typ 。	Max 。		
SSC 波特率	fSSC		2.0		兆比特/秒	上拉电阻= 1k Ω ¹⁾
CSQ 设置时间	tcs	300			ns	¹⁾
CSQ 保持时间	tCSh	400			ns	¹⁾
CSQ 掉	tCSoff	600			ns	SSC 非活动时间 ¹⁾
SCK 时期	tSCKp	500			ns	¹⁾
SCK 高	tSCKh		190		ns	¹⁾
SCK 低	tSCKl		190		ns	¹⁾
数据设置时间	tDATA s	25			ns	¹⁾
数据保持时间	tDATA h	40			ns	¹⁾
读写延迟	twr_delay	130			ns	¹⁾
更新时间	tCSupdate	1			μ s	见图 4-11 ¹⁾
SCK 掉	tSCKoff	170			ns	¹⁾

1)不受生产测试-通过设计/特性验证

4.4.1.2 SSC 数据传输

SSC 数据传输按字对齐。下面的转移词是可能的:

- 命令字(用于访问和更改 TLE5012B 的工作模式)
- 数据字(任何方向传输的数据)
- 安全字(确认数据传输并提供状态信息)

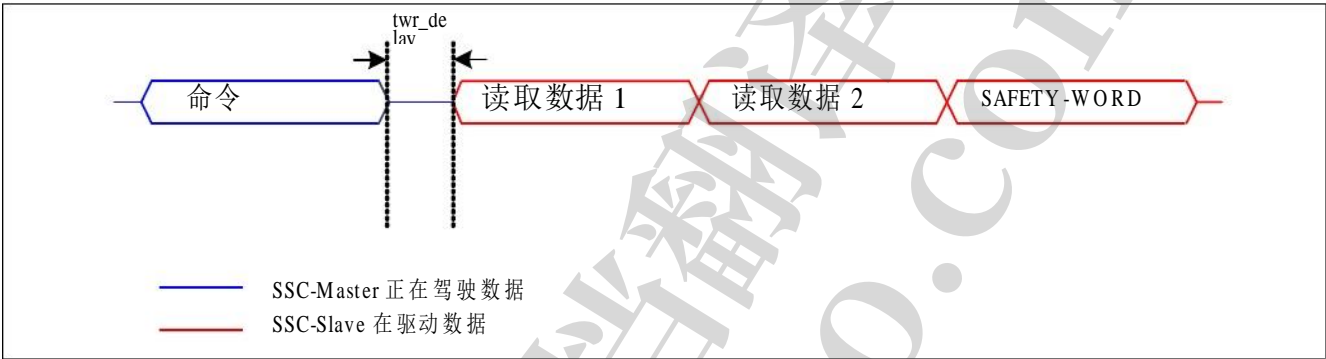


图 4-8 SSC 数据传输(数据读取示例)

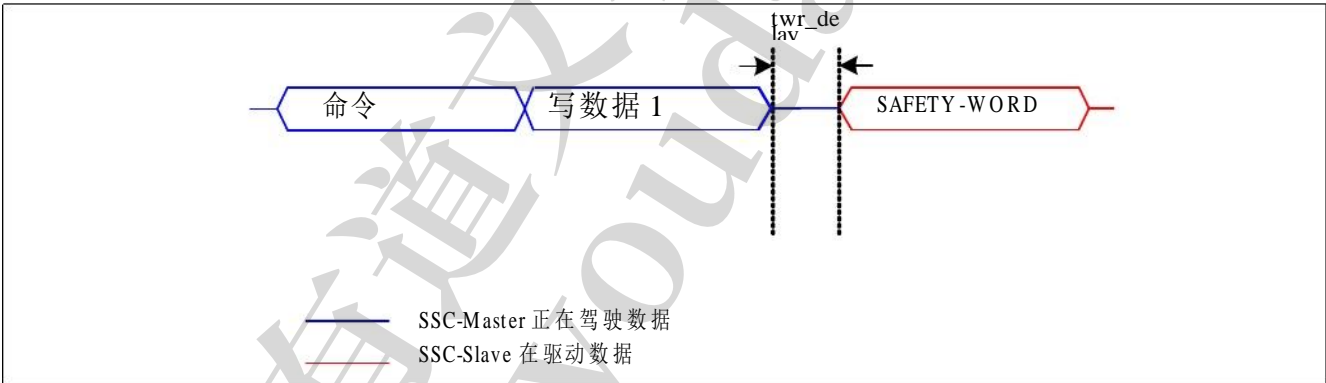


图 4-9 日 SSC 数据传输(数据写入示例)

命令字

TLE5012B 和单片机之间的 SSC 通信通常由命令字发起。命令字的结构如表 4-15 所示。如果在 SCK 上没有时钟的情况下，通过短时间拉低 CSQ 触发更新，则所有系统值的快照将同时存储在更新寄存器中。带有 UPD 位的读取命令允许读出这组一致的值，而不是当前的值。带有更新缓冲区的位在寄存器描述的类型列中用“u”标记。这种更新的初始化在第 33 页描述。

表 4-15 命令字结构

的 名 字	位	描述
RW	[15]	读-写 0:写 1:阅读
锁	(14 .. 11)	4 位锁值 0000 _B :地址的默认操作访问 0x00:0x04 1010 _B :配置访问地址 0x05:0x11

有道文档翻译
pdf.youdao.com

表 4-15 命令字结构(连缀)

名称位描述	
UPD[10]更新寄存器访问	
	0:访问当前值
	1:访问 update buffer 中的值
ADDR	[9 . 4] 6 位地址
ND	[3 . 0] 4 位数据字数

安全词

安全词由以下几部分组成:

表 4-16 安全词结构

的名字	位	描述
统计 1)	芯片和接口状态	
	[15]	通过 SSC 0 表示芯片复位或看门狗溢出(读出后复位):复位发生 1:没有复位
	[14]	系统错误(如过电压;欠压; V_{DD} - GND- off;ROM;...)0:错误发生 (S_VR;S_DSPU;S_OV;S_XYOL: S_MAGOL;S_FUSE;S_ROM;S_ADCT) 1:无错误
	[13]	接口访问错误(访问错误地址;错误锁)0:错误发生 1:没有错误
	[12]	有效角度值(NO_GMR_A = 0;NO_GMR_XY = 0) 0:角度值无效 1:角度值有效
分别地	(11 .. 8)	传感器编号响应指示器传感器编号位拉低, 其他位拉高
儿童权利公约	(7 .. 0)	循环冗余校验(CRC)

1)发生错误时, 安全字中对应的状态位保持“低”, 直到统计寄存器(地址 00h)通过 SSC 接口读取。

位类型

寄存器中使用的比特类型如下所示:

表 4-17 位类型

缩写	函数	描述
r	读	只读寄存器
w	写	读写寄存器
u	更新	更新缓冲区为这个位是存在的。如果更新被发出并且更新-寄存器存取位(命令字中的 UPD)被设置, 即为立即值

	同时存储在这个更新缓冲区中。这允许所有的快照同时提供必要的系统参数。
--	------------------------------------

通过 SSC 进行数据通信

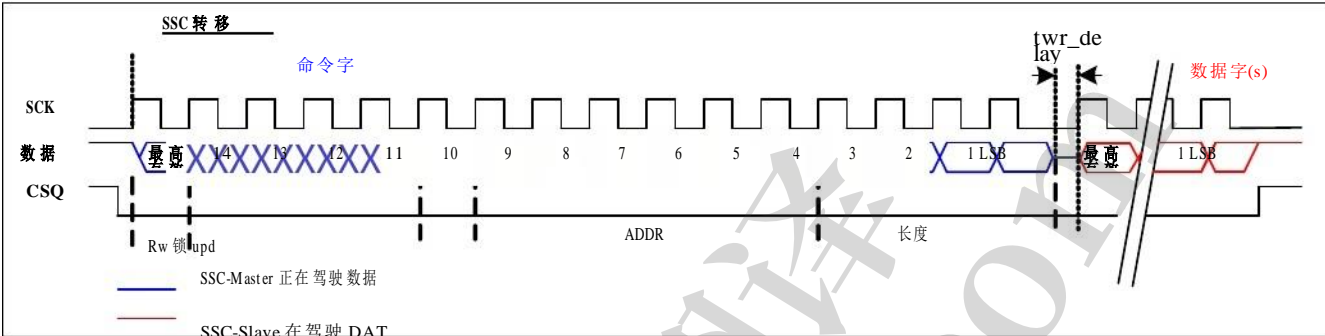


图 4-10 SSC 位顺序 (阅读示例)



图 4-11 更新寄存器

通过 SSC 接口进行数据通信具有以下特点:

- 数据传输顺序为最高有效位(MSB)在前，最后有效位(LSB)在后。
- 数据以 SCK 上的上升沿置于数据线上，并以 SCK 上的下降沿读取。
- SSC 界面按字对齐。所有功能在每个传输单词后激活。
- 在每次 $ND \geq 1$ 的数据传输后，16 位的安全字由 TLE5012B 附加。
- 所选 TLE5012B 的芯片选择引脚(CSQ)上的“高”条件立即中断传输。CRC 计算器被自动重置。
- 改变数据方向后，延时 t_{wr_delay} (见表 4-14)必须在继续数据传输之前实现。这对于内部寄存器访问是必要的。
- 如果在命令字中数据的数量大于 1($ND > 1$)，那么从 ADDR 给出的地址开始读取相应数量的连续寄存器。
- 以防在地址 3F 处发生溢出 H ，转移在地址 00 继续 H 。
- 如果在命令字中数据的数量是零($ND = 0$)，则读取 ADDR 给出的地址处的寄存器，但 TLE5012B 没有发送安全字。这允许一个寄存器的快速读出。
- 在 CSQ 的上升沿没有之前的数据传输(没有 SCK 脉冲，见图 4-11)，所有具有更新缓冲区的寄存器的内容被保存到缓冲区。这个过程是为了在给定的时间内对所有相关的传感器参数进行快照。更新缓冲区的内容可以通过向所需的寄存器发送读取命令并将命令字的 UPD 位设置为“1”来读取。
- 发送安全字后，传输结束。要开始另一个数据传输，CSQ 至少要被取消一次 t_{CSoff} 。
- 默认情况下，SSC 界面设置为推挽式。只有当 TLE5012B 必须发送数据时，推挽驱动才会激活，否则数据引脚设置为高阻抗。

循环冗余校验(CRC)

- 该 CRC 符合 J1850 总线规范。

每个新的传输都重新开始 CRC 生成。

传输的每个字节都将被考虑以生成 CRC(以及发送的命令)。

- 生成器多项式: $X^8+X^4+X^3+X^2+1$ ，但对于 CRC 生成，使用了快速 CRC 生成电路(见图 4-12)
- fast CRC 电路的种子值是 ‘11111111’_B”。
- 其余部分在传输前倒置。

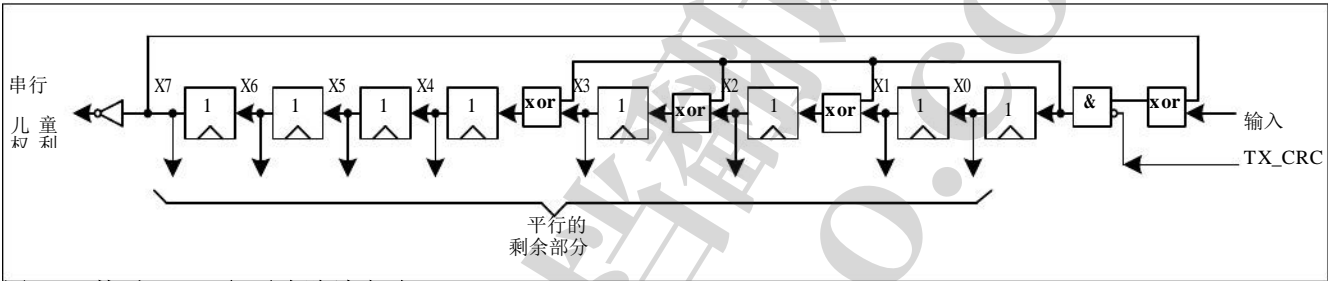


图 4-12 快速 CRC 多项式除法电路

4.4.2 脉冲宽度调制(PWM)接口

可以通过 SSC (IF_MD = '01')选择脉宽调制(PWM)接口。

PWM 更新率可以在寄存器 0E 内编程_H(IFAB_RES)在以下步骤:

- 12 位分辨率~0.25 kHz
- ~0.5 kHz 12 位分辨率
- ~1.0 kHz 12 位分辨率
- ~2.0 kHz 12 位分辨率

PWM 使用恒定频率的方波，其占空比根据最后测量的角度值(AVAL 寄存器)进行调制。

图 4-13 显示了具有不同占空比的 PWM 的主要行为和定时值的定义。PWM 的占空比由以下通用公式定义:

$$Duty\ Cycle = \frac{t_{on}}{t_{PWM}}$$

$$t_{PWM} = t_{on} + t_{off}$$

$$f_{PWM} = \frac{1}{t_{PWM}}$$

(4.2)

占空比范围在 0 - 6.25% 和 93.75 - 100% 之间仅用于诊断目的。如果传感器检测到错误，则设置状态寄存器中相应的错误位，并将 PWM 占空比转到下位(0 - 6.25%)或上位(93.75 - 100%)诊断范围，具体取决于错误的种类(参见表 4-18 中的“输出占空比范围”)。除了 S_ADCT 错误外，只要错误持续存在，就只有相应的诊断占空比表示错误，但至少一次。然而，状态寄存器中的值将保持不变，直到通过 SSC 接口读出或芯片复位执行。另一端的 S_ADCT 错误将被传输，直到下一次芯片复位。这种故障安全诊断功能可以通过 MOD_4 寄存器禁用。

带有预设 PWM 的传感器可作为 TLE5012B E50x0。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

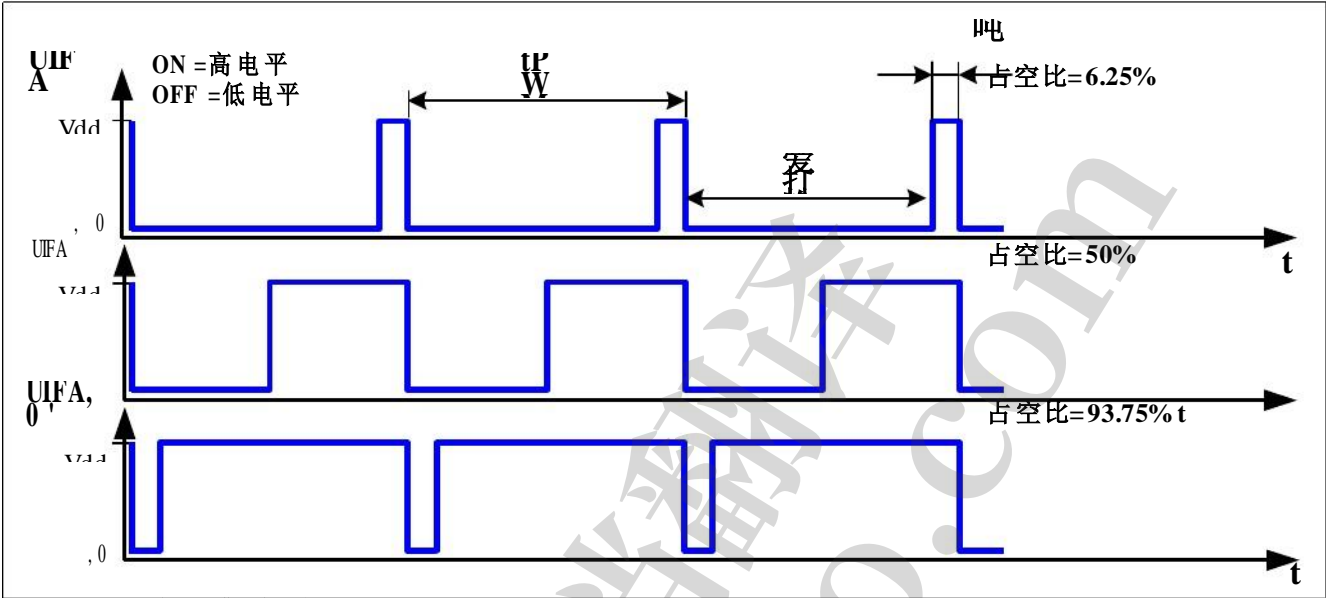


图 4-13 PWM 信号典型示例

表 4-18 PWM 接口

参数	象征	值			单位	注 测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
PWM 输出频率 (IFAB_RES 可选择)	fPWM1	232	244	262	赫兹	1)
	fPWM2	464	488	525	赫兹	1)
	fPWM3	929	977	1050	赫兹	1)
	fPWM4	1855	1953	2099	赫兹	1)
输出占空比范围	DYPWM	6.25		93.75	%	绝对的角度 1)
			2		%	电气错误(S_RST;S_VR)1)
			98		%	系统错误(S_FUSE;S_OV;S_XYOL;S_MAGOL;S_ADCT)1)
		0		1	%	短至 GND 1)
		99		100	%	短到 VDD，功率损耗 1)

1)不受生产测试-通过设计/表征验证 PWM 频率来自数字时钟通过

$$f_{\text{PWM}} = \frac{f_{\text{DIG}} * 2^{\text{IFAB_RES}}}{24 * 4096}$$

(4.3)

表 4-18 给出的最小/最大值考虑了 4.3.7 章中规定的内部数字时钟的变化。如果使用外部时钟，PWM 频率的变化可以由外部时钟的变化利用公式(4.3)推导出来。

4.4.3 短 PWM 码 (SPC)

短 PWM 码 (SPC) 是基于 SAE J2716 定义的 SENT 协议 (Single Edge Nibble transmission) 的同步数据传输。与 SENT (意味着数据的持续传输) 不同, SPC 协议只有在接收到来自单片机的特定触发脉冲后才会传输数据。所需的触发脉冲长度取决于传感器数量, 这是可配置的。因此, SPC 允许在一条公交线路路上操作多达 4 个传感器。

SPC 允许使用增强的协议功能, 因为能够在各种传感器奴隶 (ID 选择) 之间进行选择。slave 编号 (S_NR) 可以由 SCK 和 IFC 引脚的外部电路给出。若 V_{DD} 在 SCK 上, S_NR[0] 可以设置为 1, 在 SCK 上 GND 的情况下, S_NR[0] 等于 0。S_NR[1] 可以通过 IFC 引脚以同样的方式进行调整。

与 SENT 一样, 两个连续下降边之间的时间定义了一个 4 位 nibble 的值, 因此表示 0 到 15 之间的数字。因此, 传输时间取决于传输的数据值。单边由一个 3 单位时间 (UT, 参见第 4.4.3.1 章) 输出上的低脉冲定义, 其次是协议中定义的高时间 (标称值, 可能根据内部振荡器的容差和外部电路的影响而变化)。所有的值都是单位时间框架概念的倍数。一个转移由以下几个部分组成 (图 4-14):

- 由主站发起数据传输的触发脉冲
- 56 UT 的同步周期 (同时, 计算一个新样本)
- 12-27 UT 的状态蚕食
- 12-27 UT 的 3 - 6 个数据片段
- 12-27 UT 的 CRC 小块
- 结束脉冲终止 SPC 传输

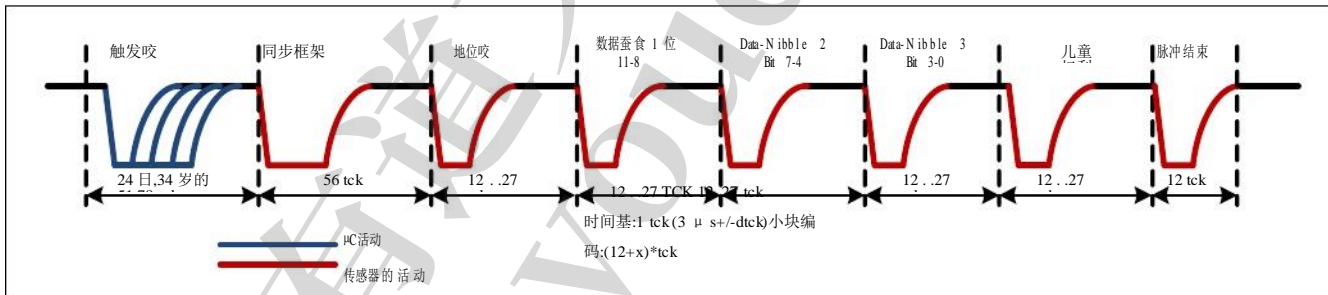


图 4-14 SPC 帧示例

CRC 校验和包括状态 nibbles 和数据 nibbles, 可用于检查解码数据的有效性。在结束脉冲下降沿 90 μs 后, 该传感器可用于下一个触发脉冲 (见图 4-15)。

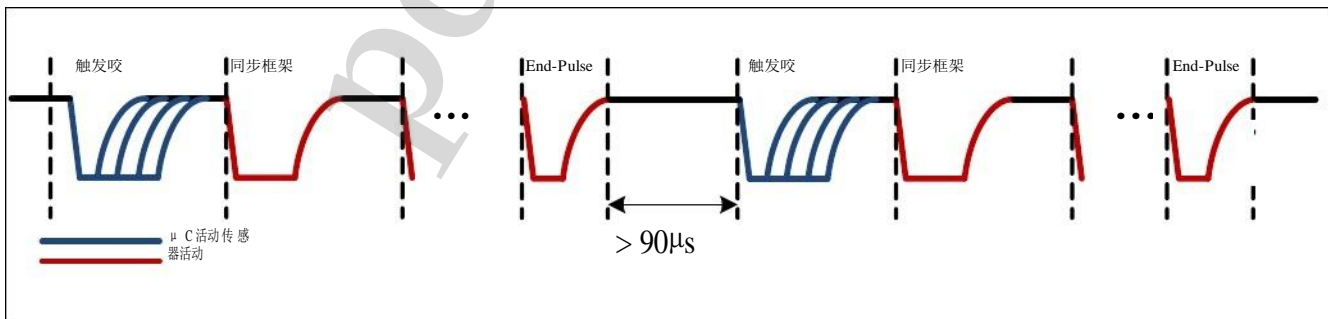


图 4-15 SPC 暂停定时图

在 SPC 模式下, 传感器不会从原始数据连续计算一个角度。相反, 角度计算是由触发器从 master 的 nibble 开始的。在这种模式下, AVAL 寄存器, 它存储角度值并可以通过 SSC 读取, 包含在最后一次 SPC 触发 nibble 后计算的角度。



与 SPC 并行，SSC 接口可用于单独配置。可以改变传输的 SPC nibbles 的数量，以定制传感器发送的信息量。在完整配置中，帧包含一个 16 位的角度值和一个 8 位的温度值(表 4-19)。

预置 SPC 的传感器可选为 TLE5012B E9000

表 4-19 帧配置

框架式	IFAB_RES	数据轻咬
12 位角	00	3 轻咬
16 位角	01	4 轻咬
12 位角度，8 位温度	10	5 轻咬
16 位角度，8 位温度	11	6 轻咬

与每个 SPC 数据帧一起发送的状态 nibble，提供了一个类似于 SSC 协议的安全字的错误指示。在传感器检测到错误的情况下，状态寄存器中相应的错误位被设置，状态 nibble 的 SYS_ERR 位或 ELEC_ERR 位将是“高”，这取决于错误的类型(见表 4-20)。除了 S_ADCT 错误外，只要错误持续存在，就只有状态 nibble 中对应的错误位表示错误，但至少一次。然而，状态寄存器中的值将保持不变，直到通过 SSC 接口读出或芯片复位执行。另一端的 S_ADCT 错误将被传输，直到下一次芯片复位。故障安全诊断功能可以通过 MOD_4 寄存器禁用。

表 4-20 状态 nibble 结构

的名字	位	描述
SYS_ERR	[3]	系统错误指示(S_FUSE, S_OV, S_XYOL, S_MAGOL, S_ADCT) 0:无系统错误 1:系统错误发生
ELEC_ERR	[2]	电气错误指示(S_RST, S_VR) 0:无电气错误 1:电气错误发生
S_NR	[1]	奴隶编号位 1(等级在 IFC 上)
	[0]	从号位 0(等级在 SCK 上)

4.4.3.1 单位时间设置

基本 SPC 协议的单位时间粒度定义为 3 μs。每个定时都是这个基本时间单位的倍数。为了实现更大的灵活性，单位时间的裁剪可以在 IFAB_HYST 内完成。这样就可以设置不同的单位时间。

表 4-21 Predivider 设置

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
单位时间	tUnit		3.0		μ s	Ifab_hyst = 00 ¹⁾
			2.5			Ifab_hyst = 01 ¹⁾
			2.0			Ifab_hyst = 10 ¹⁾
			1.5			Ifab_hyst = 11 ¹⁾

1)不受生产测试-通过设计/表征验证

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.4.3.2 主触发脉冲要求

SPC 传输由 IFA 引脚上的主触发脉冲发起。要检测 IFA 引脚上的低电平，电压必须低于阈值 V_{th} 。传感器检测到 IFA 线已经释放，尽快 V_{th} 是交叉的。图 4-16 显示了主脉冲的定时定义。主低时间 $t_{m\text{low}}$ 以及总触发时间 $t_{m\text{tr}}$ 在表 4-22 中给出。

如果主低时间超过最大低时间，传感器没有响应，在主脉冲穿过 V 后，下一次触发 $30\text{ }\mu\text{s}$ 是可用的 $_{thr}$ 。 $t_{md,tot}$ 为传感器内落边的内部触发与 ECU 触发之间的延迟。

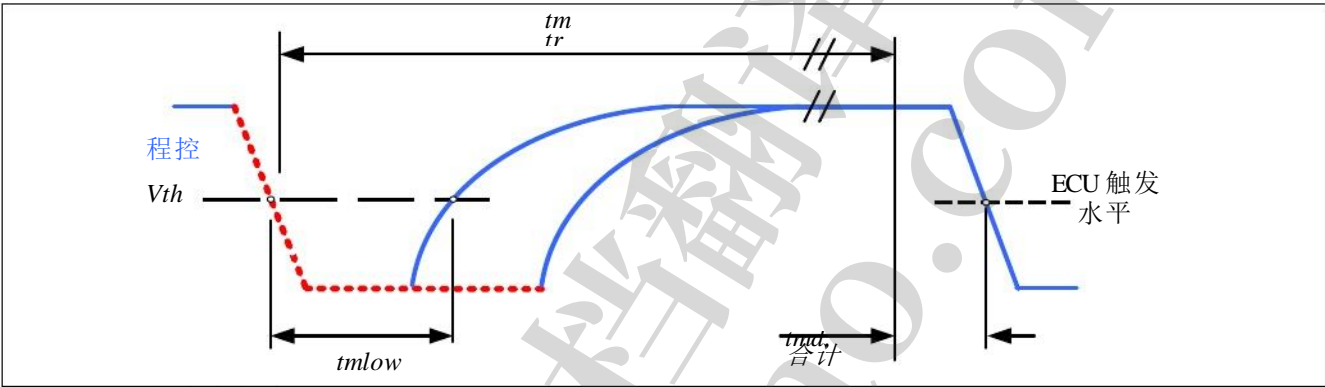


图 4-16 SPC 主脉冲定时

表 4-22 主脉冲参数

参 数	象征	值			单 位	注 测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
阈值	V_{th}		50		% VDD	1)
阈值滞后	$V_{th\text{hyst}}$		8		%的	VDD = 5 v1)
			3.		VDD	VDD = 3 v1)
总触发时间	$t_{m\text{tr}}$		90		UT	SPC_Trigger = 0;12)
			$t_{m\text{low}}$ + 12		UT	SP_Trigger = 1 ¹⁾
Masterlow time	$t_{m\text{low}}$	8	12	14 但		S_NR = 00 ¹⁾
		16	22	27		S_NR = 1 ¹⁾
		29	39	48		S_NR = 10 ¹⁾
		50	66	81		S_NR = 11 ¹⁾
主延迟时间	t_{md} 合计		5.8		μs	1)

1)不受生产测试-通过设计/特性验证

2)传感器中的触发时间固定为“typ”中指定的单位数量。”列，但有效触发时间会因传感器的时钟变化而变化

4.4.3.3 校验和 Nibble 细节

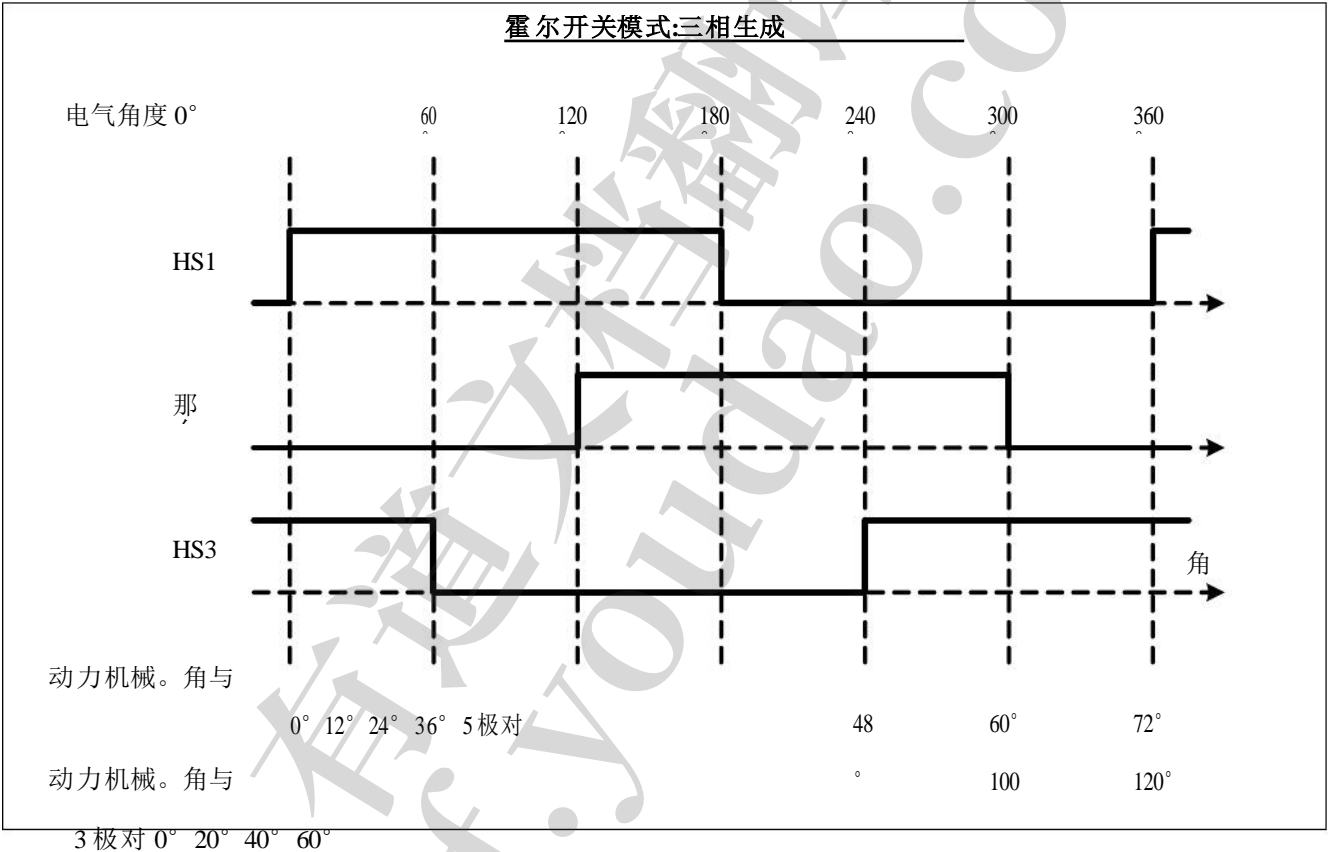
校验和 nibble 是包括状态 nibble 在内的数据 nibble 的 4 位 CRC。CRC 是使用多项式 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$ ，种子值为 0101_B。最后一次数据蚕食后的剩余部分作为 CRC 传输。

有道文档翻译
pdf.youdao.com

4.4.4 霍尔开关模式(HSM)

TLE5012B 内的霍尔开关模式(HSM)使模拟 3 个霍尔开关的输出成为可能。霍尔开关常用于电气换向电机中，以确定转子位置。有了这 3 个输出信号，电机就能以正确的方式换向。根据使用的转子的哪个极对，必须控制各种电气周期。这在 0E 内是可选择的 $H(HSM_PLP)$ 。图 4-17 描绘了三个输出信号与电角度和机械角度的关系。机械角度的 0° 点总是作为参考。

HSM 通常与推挽输出一起使用，但它可以在寄存器 IFAB_OD 内更改为开式漏极。预置 HSM 的传感器可选为 TLE5012B E3005。



可以通过 SSC 选择 HSM 接口(IF_MD = 010)。

表 4-23 霍尔开关模式

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ.	Max.		
旋转速度	n			10000 转		机械 ²⁾



表 4-23 霍尔开关模式(续)

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
电气角度精度	α 选举		0.6	1°		1 极对与自动校准 ¹⁾²⁾
			1.2	2°		2 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			1.8	3°		3 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			2.4	4°		4 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			3.0	5°		5 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			3.6	6°		6 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			4.2	7°		7 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			4.8	8°		8 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			5.4	9°		9 极对自动校准。 ¹⁾²⁾
			6.0	10°		10 极对与 autocal.1)2)
			6.6	11°		11 极对与 autocal.1)2)
			7.2	12°		12 极对与 autocal.1)2)
			7.8	13°		13 极对与 autocal.1)2)
			8.4	14°		14 极对与 autocal.1)2)
			9.0	15°		15 极对与 autocal.1)2)
			9.6	16°		16 极对与 autocal.1)2)
机械角度开关迟滞	α HShystm	0		0.703°		IFAB_HYST2)3)4)

有道文档翻译
pdf.youdao.com



表 4-23 霍尔开关模式(续)

参数	象征	值			单位	注/测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
电角度开关迟滞 ⁵⁾	α HShystel		0.70		s	1 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			1.41		s	2 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			2.11		s	3 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			2.81		s	4 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			3.52		s	5 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			4.22		s	6 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			4.92		s	7 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			5.62		s	8 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			6.33		s	9 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			7.03		s	10 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			7.73		s	11 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			8.44		s	12 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			9.14		s	13 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			9.84		s	14 极 对;IFAB_HYST = 11 ¹⁾²⁾
			10.55		s	15 极 对;IFAB_HYST =

						$11^{1/2)}$
			11.25			16 极 对;IFAB_HYST = $11^{1/2)}$
下降 时间	tHSfall		0.02		1 μ s	$R_L k = 2.2 \Omega$ 。 $C_L < 50 \text{ pF}^{2)}$
上升 时间	tHSrise		0.4		1 μ s	$R_L k = 2.2 \Omega$ 。 $C_L < 50 \text{ pF}^{2)}$

1)取决于振荡器内部频率变化(第 4.3.7 节)

2)不受生产试验-通过设计/特性验证

3)不考虑 GMR 迟滞

4)无切换时的最小迟滞

5)只需考虑旋转方向改变时的迟滞

为了避免由于转子的机械振动而切换，建议采用人工迟滞(图 4-18)。

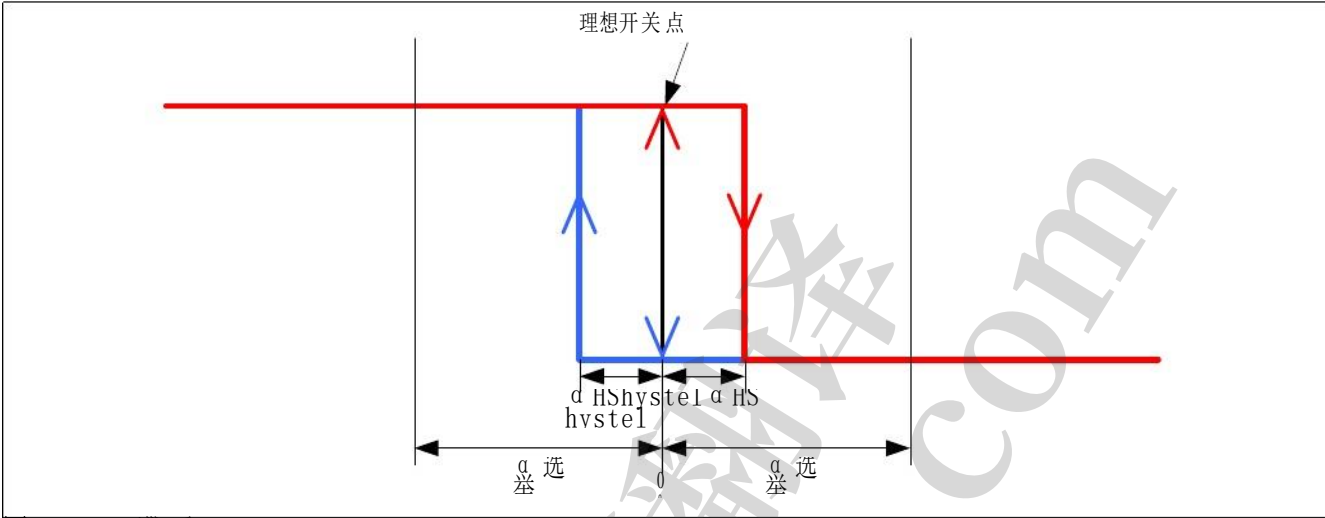


图 4-18 HS 滞后

4.4.5 增量界面(IIF)

增量接口(IIF)模拟占空比为 50%的光学正交编码器的操作。它传输一个方波脉冲每角度步长，其中步长宽度可以配置从 9bit(每全旋转 512 步)到 12bit(每全旋转 4096 步)在寄存器 MOD_4 (IFAB_RES)。旋转方向由两个通道 IFA 和 IFB 之间的相移(A/B 模式)或由 IFB 通道的电平(Step/ direction 模式)给出，如图 4-19 和图 4-20 所示。增量接口可以在寄存器 MOD_1 (IIF_MOD)中配置为 A/B 模式或步进/方向模式。

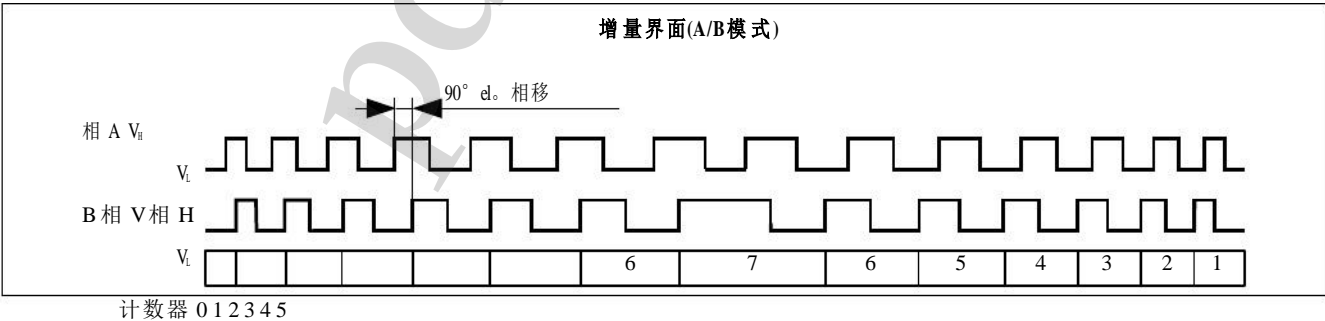
使用增量接口需要微控制器上的向上/向下计数器，它对脉冲进行计数，从而跟踪绝对位置。通过并行使用 SSC 接口，可以周期性地对计数器进行同步。SSC 接口读出的角度值(A VAL 寄存器)可以与存储的计数器值进行比较。在不同步的情况下，单片机将差值与实际计数器值相加，使 TLE5012B 与单片机同步。

在启动后，IIF 传输一些脉冲，这些脉冲对应于实际的绝对角度值。因此，微控制器得到关于绝对位置的信息。指示过零的索引信号在 IFC 引脚上是可用的。

预置 IIF 的传感器可作为 TLE5012B E1000。

A / B 模式

A 相和 B 相之间的相移表示磁体的顺时针旋转(A 跟随 B)或逆时针旋转(B 跟随 A)。



步骤/方向模式

相位 A 表示增量，相位 B 表示方向。

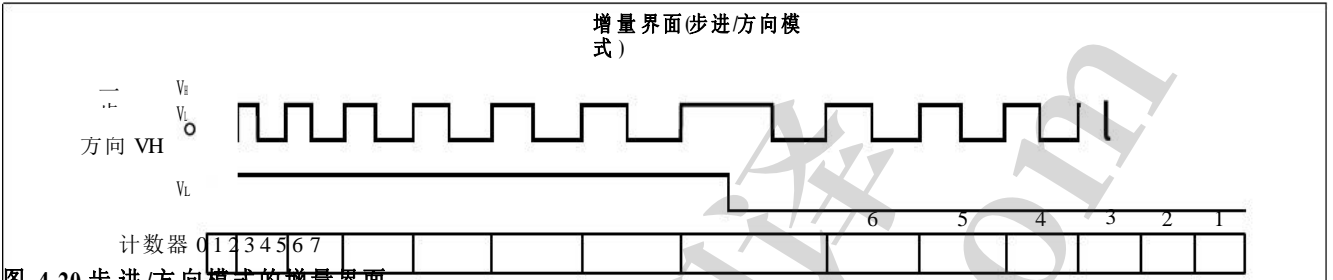


表 4-24 增量界面

参数符号值	单位说明/测试条件	
	最低 Typ。	Max
增量输出频率 f _{inc}	A 相、B 相频率 1.0 MHz ¹⁾	
折射率脉冲宽度 t _{0°}	5	μs 0° ¹⁾

1)不受生产试验-通过设计/特性验证

4.5 测试机制

4.5.1 ADC 测试向量

为了测试 ADC 的正确功能，ADC 的输入可以从 GMR 桥的输出切换到作为分压器的固定电阻链。然后给 adc 输入固定电压的测试向量来模拟一组磁铁位置。adc 的功能通过检查每个测试向量的角度值(AVAL 寄存器)来验证。这个测试是通过 SSC 命令激活的 SIL 寄存器(ADCTV_EN)。寄存器 ADCTV_Y 和 ADCTV_X 用于选择测试向量，如图 4-21 所示。

下面的 X/Y ADC 值可以被编程:

- 4 点，圆振幅= 70%(0° , 90° , 180° , 270°)
- 8 个点，圆振幅= 100%(0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 、 315°)
- 8 点，圆振幅= 122.1%(35.3° , 54.7° , 125.3° , 144.7° , 215.3° , 234.7° , 305.3° , 324.7°)
- 4 点，圆振幅= 141.4%(45° 、 135° 、 225° 、 315°)

注:100%值一般对应 21700 位，70%值对应 15500 位。

表 4-25 ADC 测试向量

寄存器位	X/Y 值(十进制)		
	分钟。	Typ。 。	Max。 。
00 0		0	
00 1		15500	

01 0		21700	
01 1		32767	
100 (1)		0	
10 1		-15500 年	

表 4-25 ADC 测试向量(续)

寄存器位	X/Y 值 (十进制)		
	分	Typ	Max
110		-21700	
111		-32768	
1)不允许使用			

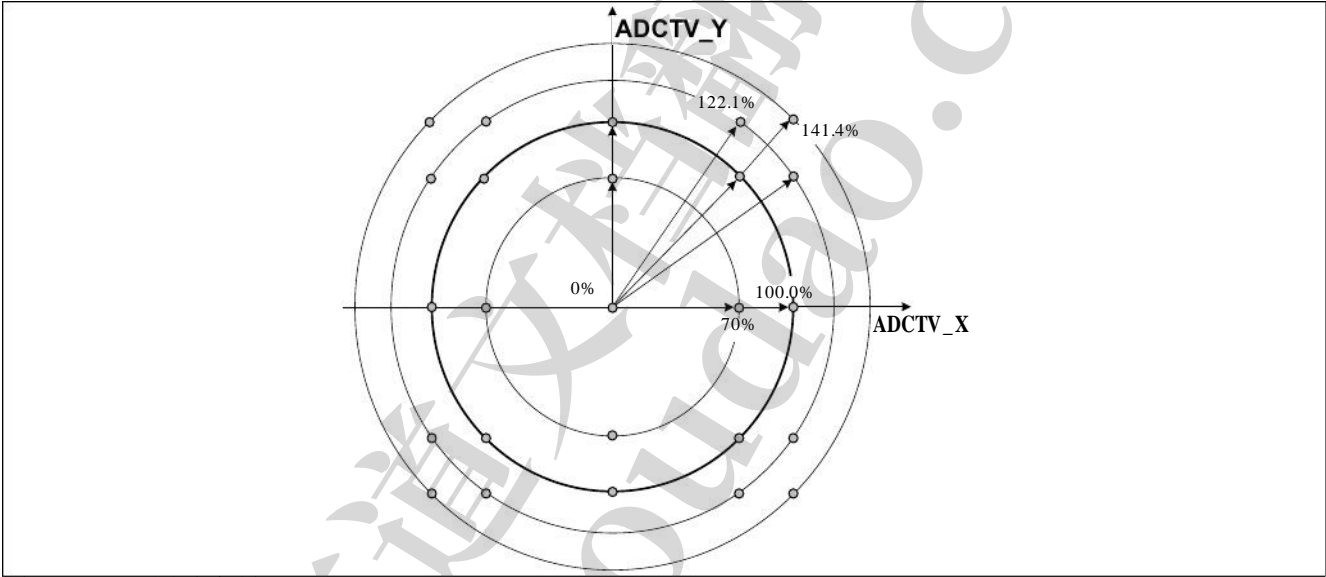


图 4-21 ADC 测试向量

4.6 提供监控

TLE5012B 的内部电压节点由一组比较器监控，以确保无差错运行。过压或欠压条件必须至少活跃 256 个周期的数字时钟，以设置状态寄存器中相应的错误位。这作为数字脉冲抑制工作。

过压或欠压错误触发状态寄存器的 S_VR 位。这种错误条件通过 SSC 协议的安全字发出信号，SPC 接口的状态 nibble 或 PWM 接口的较低诊断范围。

表 4-26 测试比较器阈值电压

参数	象征	值			单位	注 测试条件
		分钟。	Typ。	Max。		
过电压检测	VOVG		2.80		V	1)
	VOVA		2.80		V	1)
	VOVD		2.80		V	1)
V _{DD} 过电压	VDDOV		6.05		V	1)
V _{DD} 欠压	VDDUV		2.70		V	1)
GND - off 电压	VGNDoff		-0.55		V	1)
V _{DD} -关闭电压	VDDoff		0.55		V	1)

脉冲滤波器 延迟	tDEL		10		μ s	1)
-------------	------	--	----	--	-----	----

1)不受生产测试-通过设计/特性验证

4.6.1 内部电源电压比较器

每个电压调节器都有一个过电压(OV)比较器来检测故障。如果 2.5 V 的标称输出电压大于 V_{OVG} , V_{OVA} 和 V_{OVD} , 那么这个过电压比较器被激活。

4.6.2 V_{DD} 过电压检测

过电压检测比较器监测 V 处的外部电源电压 V_{DD} 销。

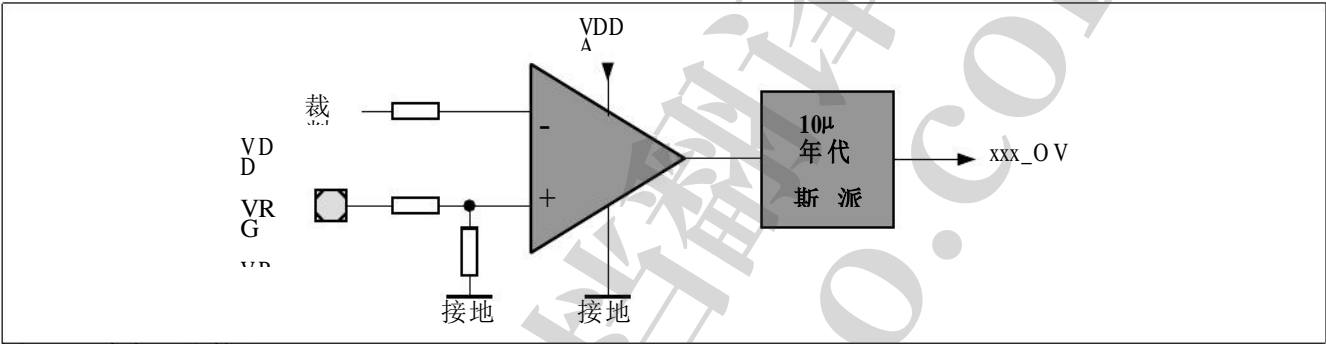


图 4-22 过电压比较器

4.6.3 GND - Off 比较器

GND - Off 比较器用于检测 GND 引脚和 SCK 之间的电压差。该电路可以检测电源 GND 引脚的断开。

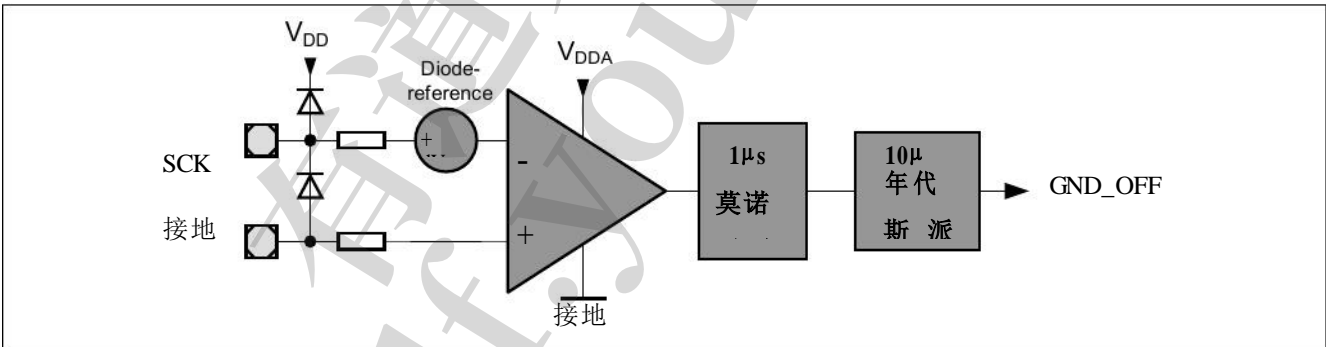


图 4-23 GND - off 比较器

4.6.4 V_{DD} - Off 比较器

V_{DD} - Off 比较器检测 VDD 引脚电源电压断开。在这种情况下，TLE5012B 由 SCK 和 CSQ 输入引脚通过 ESD 结构提供。

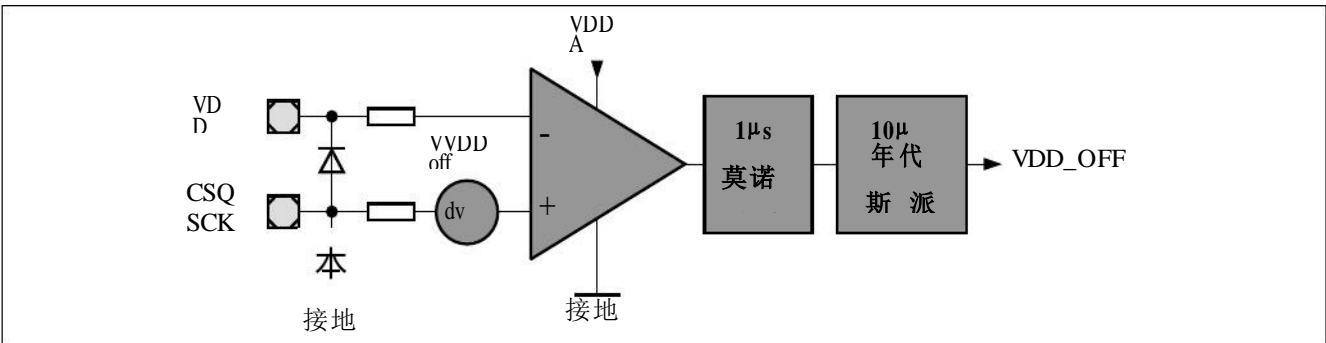


图 4-24 V_{DD} - off 比较器

5 预先配置的衍生物

5012B 的衍生产品可用于特定应用程序的不同预配置寄存器设置。所有衍生品的配置都可以通过 SSC 接口改变。

5.1 IIF-type: 发

TLE5012B-E1000 预配置为增量接口和快速角度更新周期(42.7 μ s)。最适合 BLDC 电机换向。

- 启用自动校准模式 1。
- 预测启用。
- 滞后设置为 0.703°。
- 12 位模式，每 0.088° 角度步进一个计数。
- 增量接口 A/B 模式。

5.2 HSM-type: E3005

TLE5012B-E3005 预配置为霍尔切换模式和快速角度更新周期(42.7 μ s)。它最适合替代 BLDC 电机换向的三个霍尔开关。

- 极对数设置为 5。
- 自动校准模式 1 启用。
- 预测启用。
- 滞后设置为 0.703°。

5.3 PWM-type: E5000

TLE5012B-E5000 预配置为脉冲宽度调制接口。最适合用于转向角和致动器位置传感。

- 滤波器更新周期为 85.4 μ s。
- PWM 频率为 244hz。
- 自动校准，预测和滞后被禁用。

5.4 PWM-type: E5020

TLE5012B-E5020 预配置为高频脉冲宽度调制接口。最适合用于转向角和执行器位置传感。

- 滤波器更新周期为 42.7 μ s。
- PWM 频率为 1953 Hz。
- 自动校准模式 2 启用。
- 预测和滞后被禁用。
- PWM 接口设置为开路漏输出。

5.5 SPC-type: E9000

TLE5012B-E9000 预配置为 Short-PWM-Code 接口。最适合用于转向角度和执行器位置传感。

- 滤波器更新周期为 85.4 μ s。
- 自动校准，预测和滞后被禁用。

SPC 单位时间为 3 μ s。

•SPC 接口设置为开路输出。

6包 信 息

6.1包 参 数

表 6-1 包 参 数

参 数	符 号 极 限 值			单 位	笔 记
		分 钟。	Typ. Max.		
热 阻	RthJA		150	200 K / W	接驳至空气 ¹⁾
	RthJC			75 K / W	连接到机箱
	RthJL			85 K / W	接头处
焊接湿度	实验室 3				260° C
引线框架	铜				
电镀	Sn 100%				> 7 μm

1)根据 Jedec JESD51-7

6.2计 划 大 纲

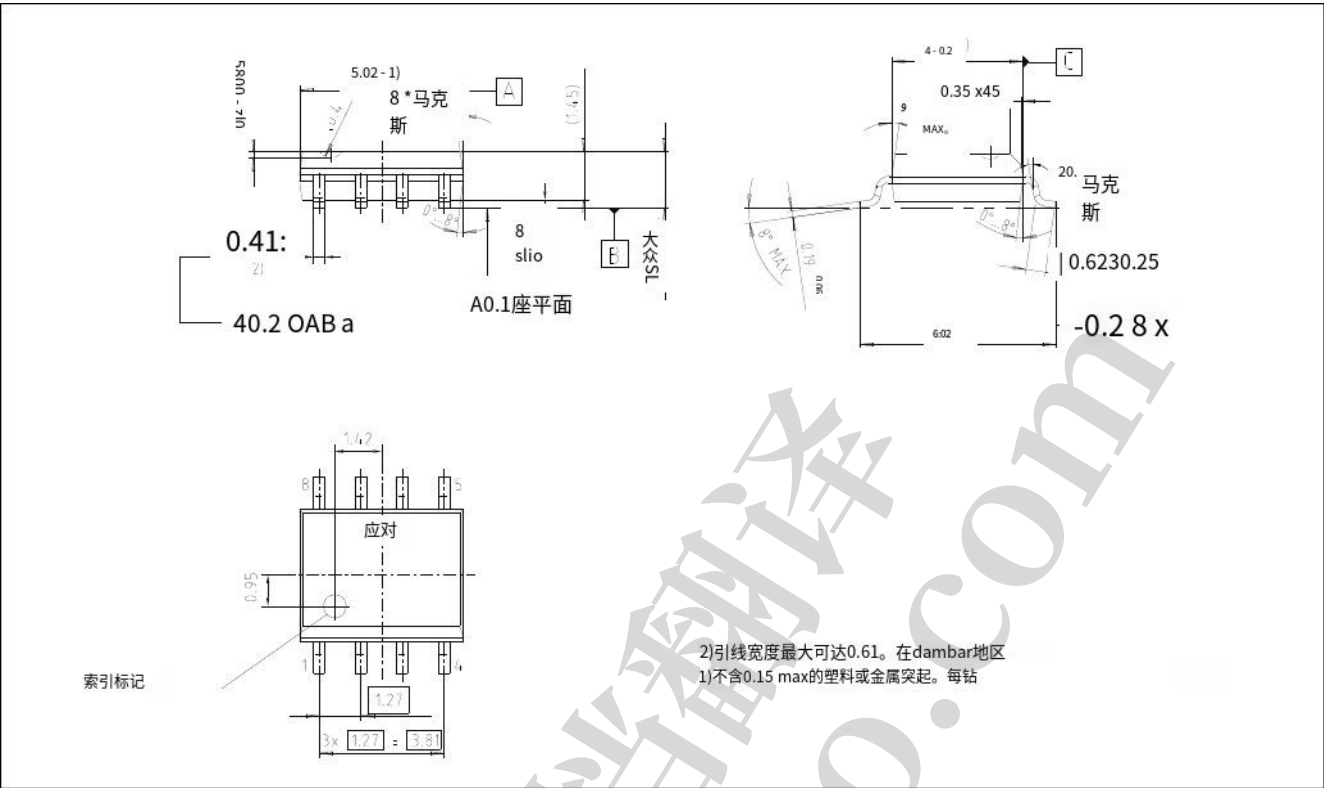


图 6-1 PG-DSO-8 包 装 尺 寸

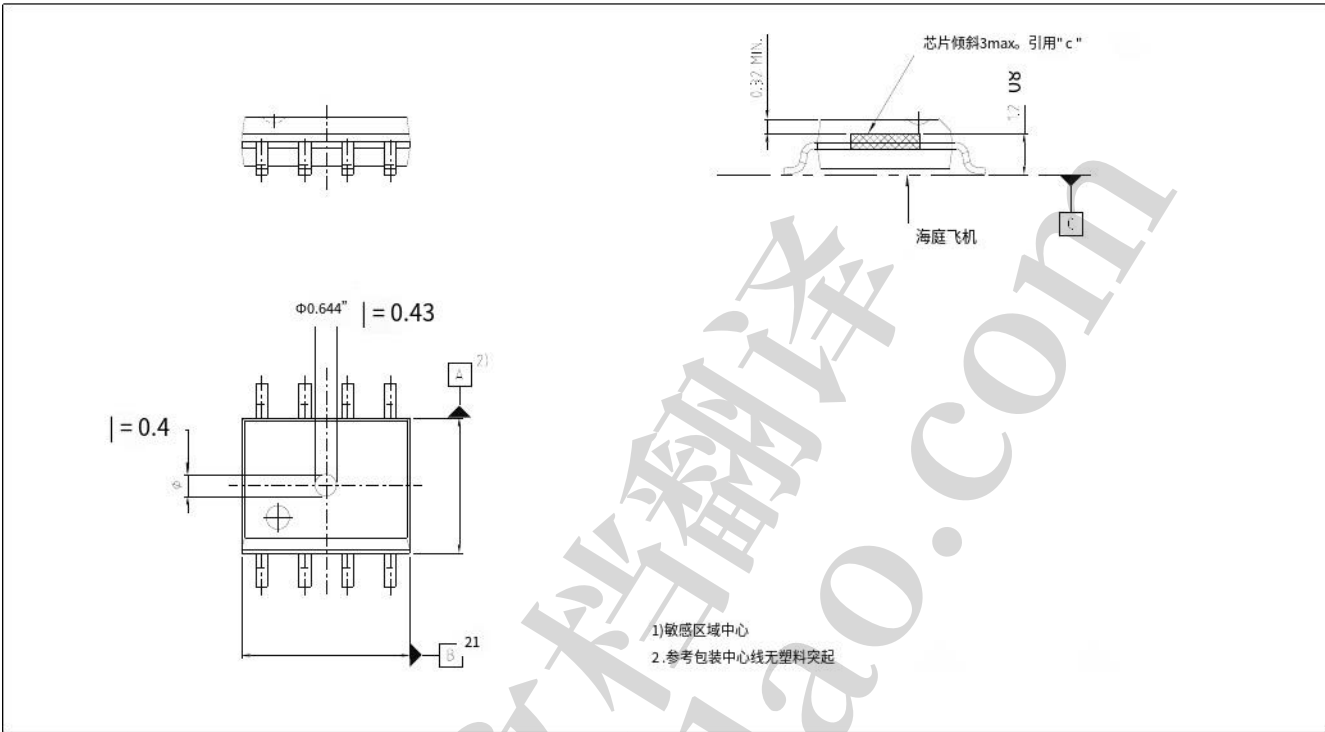


图 6-2 传感元件位置

表 6-2 封装中的传感器 IC 布局公差

参 数	值		单 位	笔 记
	分 钟。	Max。		
位置偏心	-200 年	200	μm	X、y 方向
旋转	3	3	°	影响传感器的零位偏移
倾斜	3	3	°	

6.3 足 迹

5.69

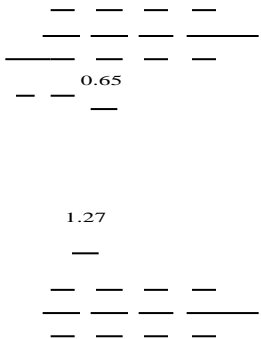


图 6-3 PG-DSO-8 的占地面积

有道文档翻译
pdf.youdao.com

6.4 包 装

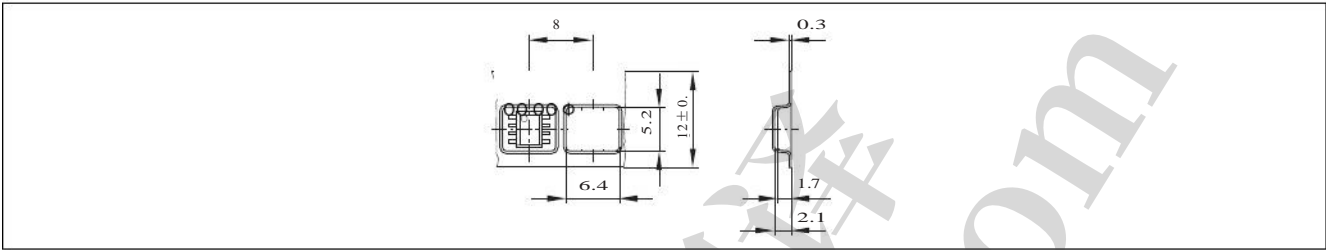


图 6-46.5 磁带和卷筒标记

位置	标记	描述
1 号线	012 年 bxxxx	见第 8 页《订货表》
2 号线	xxx	很多代 码
3 号线	Gxxxx	G .. 绿色, 4 .. 日期代码

处 理

注:加工建议请参考英飞凌《加工须知》

有道文档翻译
pdf.youdao.com

WWW.InfIneon.Com

由英飞凌科技股份有限公司出版

有道文档翻译
pdf.youdao.com