



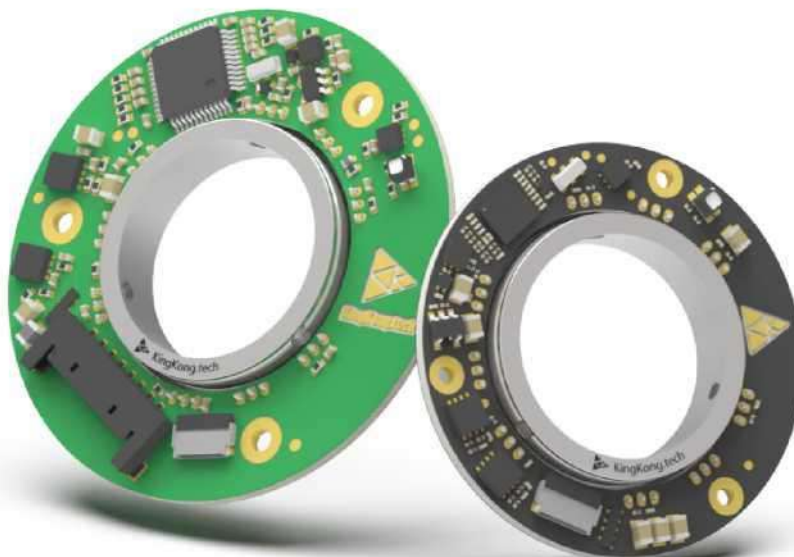
KingKong.tech
金钢科技



Техническое описание магнитного энкодера MBS Версия 2.6



Магнитный датчик углового положения MBS



Магнитный энкодер MBS представляет собой ультратонкий абсолютный энкодер. Он поддерживает несколько форматов выходных сигналов, обладает высокой устойчивостью к электромагнитным помехам и выпускается в различных типоразмерах, что делает его особенно удобным для применения в условиях ограниченного пространства и при высоких требованиях к точности.

Энкодер работает на основе магнитоэлектрической технологии и оснащен системой экранирования помех. Внутри устройства установлены несколько высокоточных датчиков Холла, измеряющих изменения магнитного поля ротора, а также используется фирменная технология точной калибровки KingKong. Каждый энкодер проходит заводскую настройку и получает уникальные данные калибровки магнитного поля, что обеспечивает оптимальную точность измерений в ходе дальнейшей эксплуатации.

Уникальная технология согласования допусков между подвижными и неподвижными элементами упрощает процедуру монтажа для пользователя, сохраняя при этом точность бесконтактных измерений.

Раздельная магнитно-электрическая схема обеспечивает устойчивость к вибрации, пыли, масляным загрязнениям и позволяет энкодеру работать на сверхвысоких скоростях, которые не влияют на его точность и срок службы.

Собственная технология магнитного экранирования помех позволяет сохранять высокую точность даже в условиях сильных электромагнитных помех.

Ультратонкая компактная полая конструкция облегчает интеграцию энкодера в различные системы.

- 17-битный абсолютный выход
- Точность позиционирования $\pm 0,05^\circ$
- Ультратонкое исполнение (7 мм)
- Имеются модели с внутренним диаметром с шагом 2 и 3 мм
- Радиальный вылет с одной стороны 8,5 мм
- Технология согласования допусков при установке устройства на движущейся и неподвижной частях
- Технология экранирования магнитных помех
- Полая конструкция позволяет не накладывать пространственных ограничений при монтаже
- Максимальная скорость $>20\,000$ об/мин
- Уникальная заводская калибровка данных
- Многооборотный режим с батарейным питанием
- Различные выходные интерфейсы
- Устойчивость к воздействиям окружающей среды

Модель

MBS-20-45-A-16-S-N-A-M

Внутренний диаметр
ротора

Конкретный размер

Наружный диаметр
статора

Конкретный размер

Выходные данные

A — абсолютное значение

Параметры выходного сигнала

16 – 16 бит на один оборот

17 – 17 бит на один оборот

После отключения питания многооборотный счетчик сбрасывается	16M – 16-битный однооборотный + многооборотный режим
Многооборотный режим действует только при подаче питания	17M – 17-битный однооборотный + многооборотный режим
После отключения питания при питании от батареи многооборотный режим сохраняется	16BM – 16-битный однооборотный + многооборотный режим с батарейным питанием
Измерение числа оборотов продолжается	17BM – 17-битный однооборотный + многооборотный режим с батарейным питанием
После отключения питания допускается вращение только в пределах ±90°	16FM – 16-битный однооборотный + многооборотный режим с флэш-памятью
Батарея не требуется	17FM – 17-битный однооборотный + многооборотный режим с флэш-памятью

Опции

М – стандарт (без дополнительных опций)

A – скорость передачи 115200 бод⁽⁴⁾

При наличии нескольких дополнительных опций они указываются через «/»

Рабочая температура

A: от -40 до 85 °C

B: от -40 до 105 °C

C: от -40 до 125 °C (Поддерживается только в компактном исполнении)

Напряжение на входе

N: 5 В

Интерфейс выходного сигнала

S - SSI⁽¹⁾ (Не рекомендуется к использованию)

BS - BiSS-C (стандартный)⁽²⁾ (Рекомендуется к использованию)

R - RS485 (Рекомендуется к использованию)

A - RS422

T - T485 (совместим с протоколом Tamaqawa)⁽³⁾ (Рекомендуется к использованию)

D - BUS (высокоскоростная шина) (Рекомендуется к использованию)

P - PERIOD (периодическая передача данных)

B - BiSS-C [нестандартный, не рекомендован для использования в новых продуктах]

(1) Стандартный протокол SSI не предусматривает контроль CRC, рекомендуется использовать BiSS-C Standard на том же оборудовании для повышения надежности.

(2) Протокол BS полностью соответствует стандартному формату BiSS-C.

(3) Для протокола T485 возможны выходные параметры 17M или 17BM.

(4) Опция доступна при использовании интерфейсов R и A.

Размеры

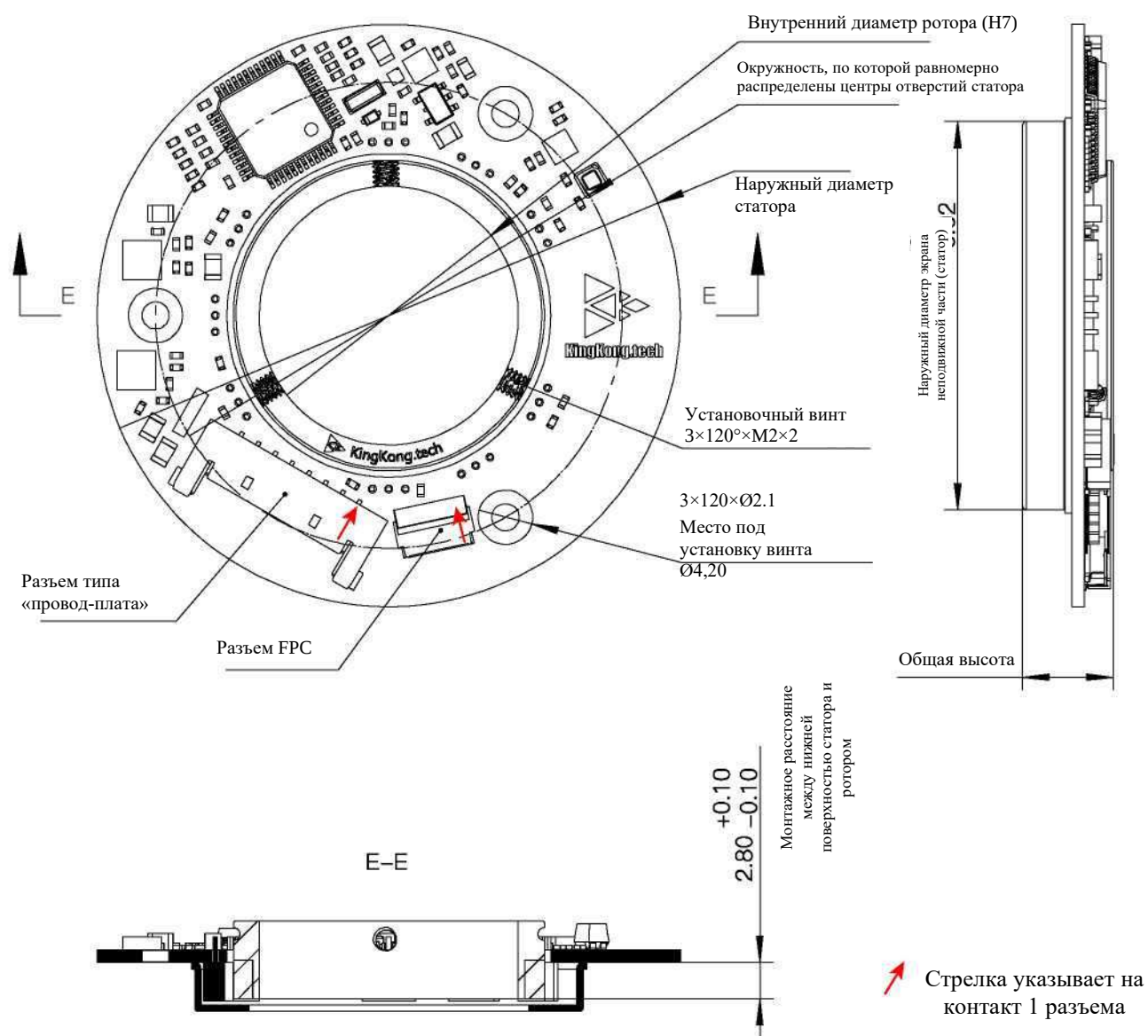
Серия	Исполнение	Размер	Внутренний диаметр ротора	Внешний диаметр статора	Диаметр установочного окружного шага статора	Внешний диаметр экранирующего кожуха статора	Разъемы				Общая толщина
							1,5 мм — разъем «провод–плата» MOLEX	0,8 мм — разъем «провод–плата» SUR	0,5 мм — шлейф FPC	Контактные площадки для пайки PC (2)	
10	Стандартное	MBS-8-36	8	36	25	20	✓	—	✓	—	7
		MBS-10-36	10								
	Компактное	MBS-8-27	8	27	23		—	—	✓	Поддерживается	
		MBS-8-27S									
		MBS-10-27	10								
MBS-10-27S	✓	—		—							
15	Стандартное	MBS-12-40	12	40	30	25	✓	—	✓	—	
		MBS-13-40	13								
		MBS-15-40	15								
	Компактное	MBS-12-32	12	32	28		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-13-32	13								
		MBS-15-32	15								
20	Стандартное	MBS-6-45	6	45	36	30	✓	—	✓	—	
		MBS-8-45	8								
		MBS-10-45	10								
		MBS-15-45	15								
		MBS-18-45	18								
		MBS-20-45	20								
	Компактное	MBS-18-37	18	37	33		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-20-37	20								
25	Стандартное	MBS-23-50	23	50	40	35	✓	—	✓	—	
		MBS-25-50	25								
	Компактное	MBS-23-42	23	42	38		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-25-42	25								
30	Стандартное	MBS-28-55	28	55	45	40	✓	—	✓	—	
		MBS-30-55	30								
	Компактное	MBS-28-47	28	47	43		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-30-47	30								
35	Стандартное	MBS-33-60	33	60	50	45	✓	✓	✓	—	
		MBS-35-60	35								
	Компактное	MBS-33-52	33	52	48		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-35-52	35								
40	Стандартное	MBS-38-65	38	65	55	50	✓	✓	✓	—	
		MBS-40-65	40								
	Компактное	MBS-38-57	38	57	53		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-40-57	40								
45	Стандартное	MBS-43-70	43	70	60	55	✓	—	✓	—	
		MBS-45-70	45								
	Компактное	MBS-43-62	43	62	58		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-45-62	45								
50	Стандартное	MBS-48-75	48	75	65	60	✓	—	✓	—	
		MBS-50-75	50								
	Компактное	MBS-48-67	48	67	63		—	✓	✓	Поддерживается	
		MBS-50-67	50								
55	Стандартное	MBS-53-80	53	80	70	65	✓	—	✓	—	
		MBS-55-80	55								

- Для скачивания 3D-модели перейдите по ссылке: <https://kingkong.tech/encoder/MBS>
- При использовании разъема PC невозможно одновременно установить разъем FPC (например, для модели MBS-10-27). В этом случае обозначение модели изменяется на MBS-10-27P.

Чертеж

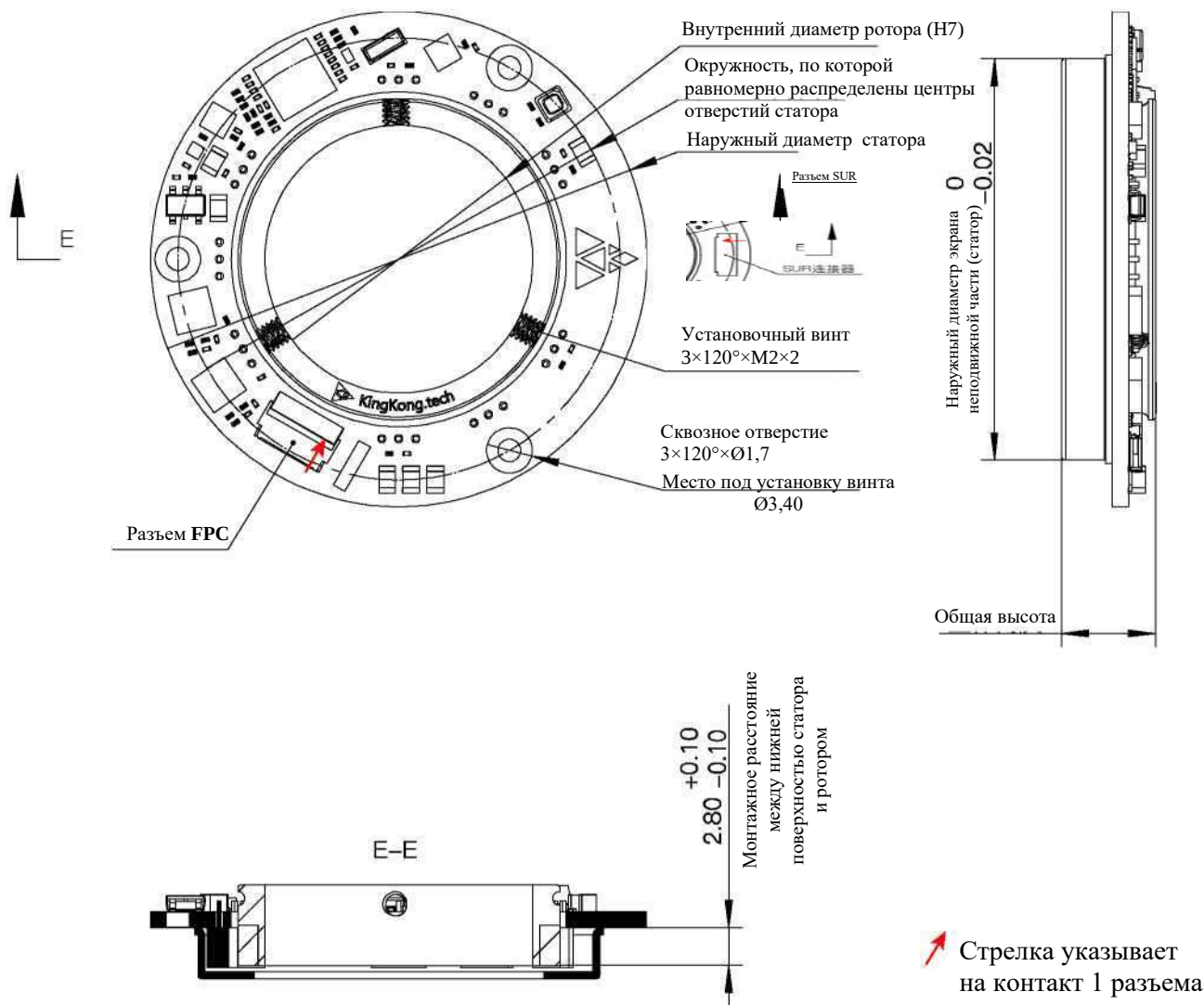
Стандартное исполнение

На чертеже представлены статор и ротор датчика указанной серии в стандартном исполнении.



Компактное исполнение

На чертеже представлены статор и ротор датчика указанной серии в компактном исполнении.



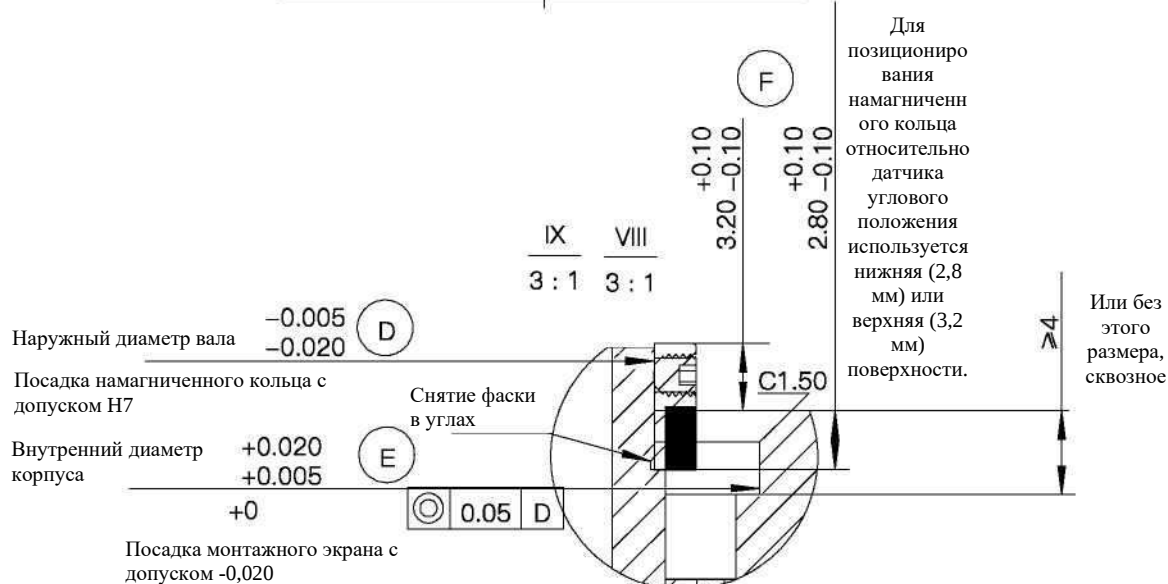
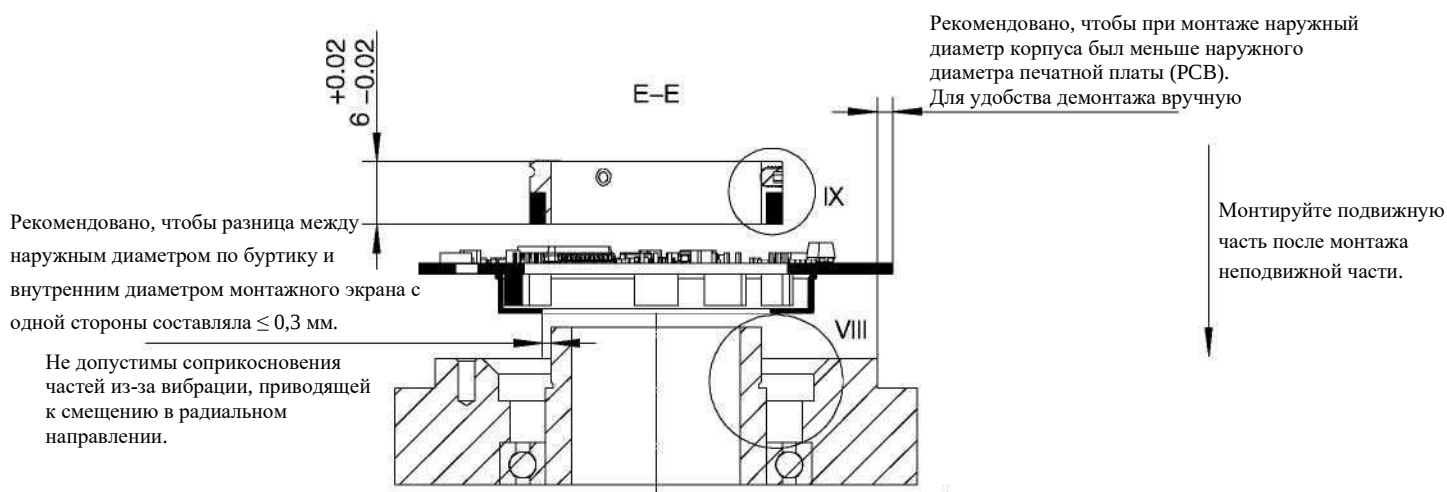
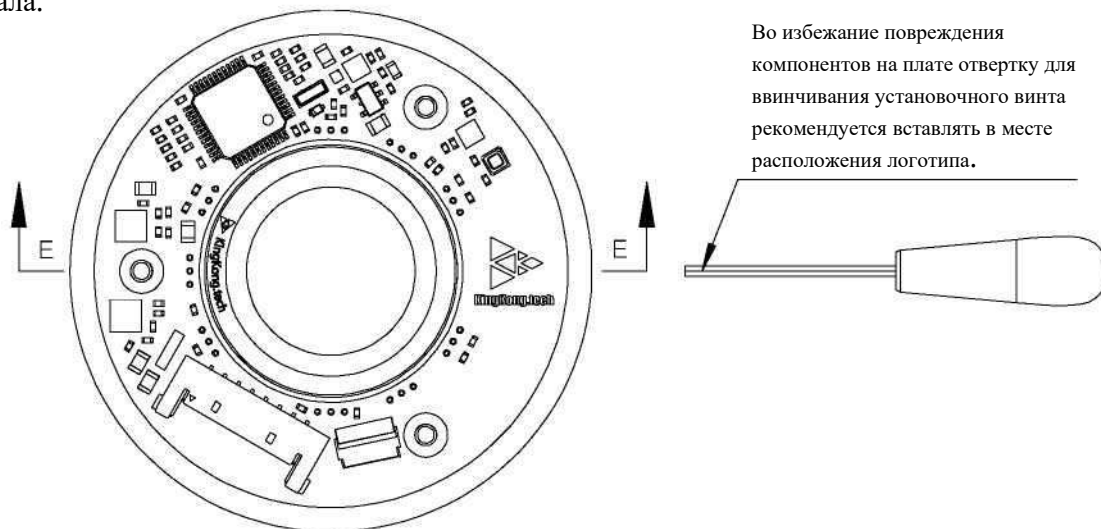
Согласование установки статора и ротора

Для центрирования корпуса энкодера используется допуск по внешнему диаметру экранирующего кожуха статора, а ротор устанавливается соосно измеряемому валу по внутреннему диаметру. Эти два условия обеспечивают соосность подвижных и неподвижных частей энкодера, тем самым практически устраняя монтажные ошибки и максимально воспроизводя точность заводской калибровки.

Ротор энкодера устанавливается внутрь статора с осевого направления и фиксируется боковым прижимным винтом. При зазоре между нижней поверхностью ротора и кожухом статора менее 1 мм энкодер работает корректно. Для достижения максимальной точности рекомендуется выполнять осевую фиксацию ротора с помощью ступеньки (упора) вала. Расстояние С между этой ступенькой и монтажной поверхностью статора должно составлять 2,8 мм (как при заводской калибровке). При установке с $C = 2,8$ мм энкодер максимально воспроизводит точность заводской настройки

Рекомендации по проектированию и монтажу

Для экрана неподвижной части датчика углового положения предусмотрен допуск на посадочный размер внутренней окружности, а для корпуса подвижной части датчика — допуск на размер наружной окружности вала.



Предусмотрено три установочных размера с допусками, которые обеспечивают правильное позиционирование:

1. Радиальное положение ротора (D)
2. Радиальное положение статора (E)
3. Относительное осевое положение ротора и статора (F)

Эти размеры позволяют точно определить взаимное расположение статора и ротора. При этом фиксируются повторяемость углового позиционирования и абсолютная точность позиционирования.

Показанный на рисунке способ монтажа позволяет максимально воспроизвести взаимное положение ротора и статора, установленное при заводской калибровке. При соблюдении тех же монтажных допусков можно получить оптимальную точность данных без дополнительной калибровки — «установил и работай».

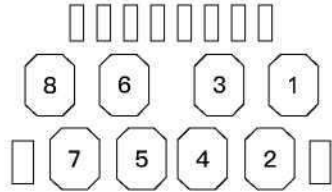
Подключение питания

Разъемы

	MOLEX	SUR	FPC	PC
Модель	MOLEX 504050-0891	SM08B-SURS-TF	FH34SRJ-8S-0.5SH	Контактные площадки под FPC (невозможно использовать совместно с FPC)
Тип	Разъем «провод–плата»	Разъем «провод–плата»	Двусторонний плоский кабель (шлейф) FPC	Ручная пайка
Кабели	4РхAWG28, витая пара, экранированная оболочка, Ø~4,0 мм	4РхAWG32, витая пара	8Р, шаг 0,5 мм, рекомендуемое сечение AWG32	Провода жгута
Рекомендуемое применение	При выводе кабеля на большое расстояние (например, серводвигатели)	При выводе кабеля на небольшое расстояние, когда считывающее устройство находится рядом	В условиях ограниченного пространства, когда драйвер установлен на плате или очень близко	Когда требуется прямое припаивание проводов

Контактная площадка

Контактные площадки под FPC (в модели обозначаются буквой Р после размера наружного диаметра); ручная пайка соответствующих выводов (рекомендуется фиксировать клеем).



Контакт

Контакт	Цвет MOLEX SUR	S	B	A	R	T	D	P
		SSI	BISS-C	RS422	RS485	T485	BUS	PERIOD
1	Красный	+5В						
2	Черный	0В (ЗЕМЛЯ)						
3	Зеленый	Clock +	MA +	RX +	A	A	A	—
4	Зелено-черный	Clock -	MA-	RX -	B	B	B	—
5	Желтый	Data +	SLO +	TX +	—	—	—	TX +
6	Желто-черный	Data —	SLO-	TX -	—	—	—	TX -
7	Белый	Battery +	Battery +	Battery +	Battery +	Battery +	Battery +	Battery +
8	Бело-черный	Battery -	Battery -	Battery -	Battery -	Battery -	Battery -	Battery -

* Контакты для подключения батареи (Battery +/-) присутствуют только у моделей с режимом сохранения данных о нескольких оборотах при питании от батареи (BM).

* Контакт «—» батареи присоединен к 0В (земля) внутри датчика.

* Рекомендуется заземлить экран на стороне контроллера.

Характеристики

Параметры системы

Способ монтажа	полый вал
Точность	$\pm 0,05$
Погрешность из-за температуры	$\pm 0,01^{\circ}/3^{\circ}\text{C}$

Питание

Питание	4,5 – 5,5 В
Батарея	2,7 – 3,6 В
Продолжительность пуска	15 мс
Подключение	Разъем «провод–плата» MOLEX 504050 Разъем «провод–плата» SM08B-SURS-TF Разъем FPC (шлейф) FH34SRJ-8S-0.5SH Контактные площадки для пайки проводов
Ток	= 70 мА
Ток при низком энергопотреблении	=35 мА (напряжение батареи 3,6 В, в режиме низкого энергопотребления при 6000 об/мин, см. параметры батареи)
Защита от электростатического разряда	Модель человеческого тела, макс. ± 2 кВ Модель заряженного устройства, макс. ± 1 кВ

Механические характеристики

Корпус намагниченного кольца	Нержавеющая сталь Сплав из алюминия (MBS-6-45/MBS-8-45/MBS-10-45/MBS-12-45)
------------------------------	--

Параметры окружающей среды

Рабочая температура	-40 – 85 $^{\circ}\text{C}$ / -40 – 105 $^{\circ}\text{C}$ / -40 – 125 $^{\circ}\text{C}$
---------------------	---

Пояснения к характеристикам

Максимальная скорость

Благодаря бесконтактной конструкции, при которой между ротором и статором отсутствует трение, энкодер способен работать на очень высоких скоростях и применяться в условиях сверхвысокоскоростных режимов.

Воздействие окружающей среды

Принцип измерения магнитного энкодера обеспечивает устойчивость к вибрации, не вызывая критических повреждений устройства. Кроме того, он обладает высокой помехоустойчивостью к воздействию неферромагнитных загрязнителей, таких как масло и пыль, что не оказывает влияния на точность измерений.

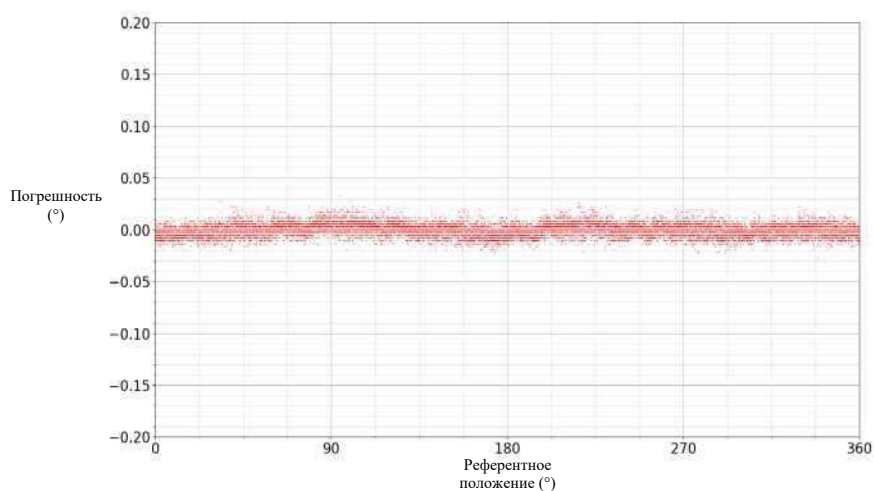
Внешние магнитные помехи

Энкодер MBS оснащен уникальной технологией защиты от электромагнитных помех. Экранирующий корпус эффективно блокирует электромагнитные наводки, исходящие из окружающей среды (например, от электродвигателя). Кроме того, напряженность магнитного поля ротора обычно значительно превышает уровень внешних помех, что в сочетании обеспечивает стабильную работу и высокую точность измерений.

Точность

В процессе изготовления магнитное кольцо характеризуется низкой однородностью на этапе намагничивания. Однако каждый энкодер KingKong проходит заводскую калибровку и содержит уникальные данные, соответствующие конкретному магнитному кольцу в данной сборке.

На рисунке показан пример типового отчета о точности энкодера после калибровки.

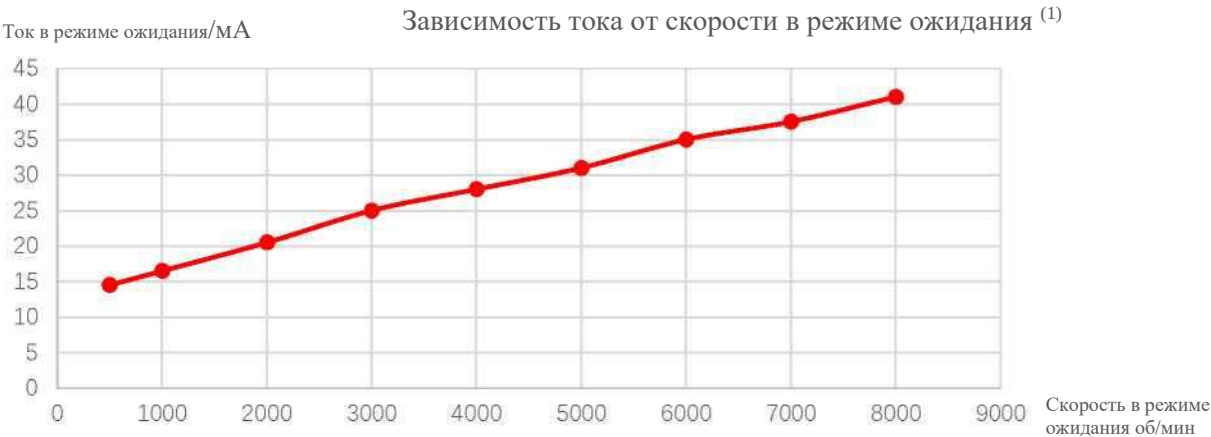


Набор абсолютных значений

Формат выходного сигнала	
Однооборотный режим	
На выходе получаем данные об угловом положении	
Многооборотный режим	
На выходе получаем данные о числе оборотов и угловом положении	После отключения питания счетчик оборотов не сохраняется — при следующем включении отсчет начинается заново с нуля.
Многооборотный режим с батарейным питанием	
На выходе получаем данные о числе оборотов и угловом положении	При отключении основного питания устройство работает от батареи в режиме пониженного энергопотребления, продолжая отслеживать вращение двигателя. После повторного включения сохраняются актуальные данные по числу оборотов.
Многооборотный режим с флэш-памятью	
Многооборотный режим с флэш-памятью	
На выходе получаем данные о числе оборотов и угловом положении	При отключении питания текущее значение сохраняется во флэш-памяти и восстанавливается при включении. Однако необходимо, чтобы после отключения питания изменение угла не превышало $\pm 90^\circ$, в противном случае данные о числе оборотов признаются недействительными. Рекомендуется использовать этот режим в системах с механизмами самоблокировки (например, червячные передачи) или тормозами.

Значения при абсолютных измерениях	
Число разрядов на один оборот	17, 16 бит
Максимальная частота вращения	> 20 000 об/мин
Частота актуализации данных	27 кГц
Повторяемость	0 – ± 1 бит (показатель зависит от выбранной разрядности)
Интерфейс выходного сигнала	SSI, BISS-C, RS485, RS422, T485, BUS, PERIOD

Параметры батареи



(1) Измерено при напряжении батареи 3,6 В и температуре 25°C.

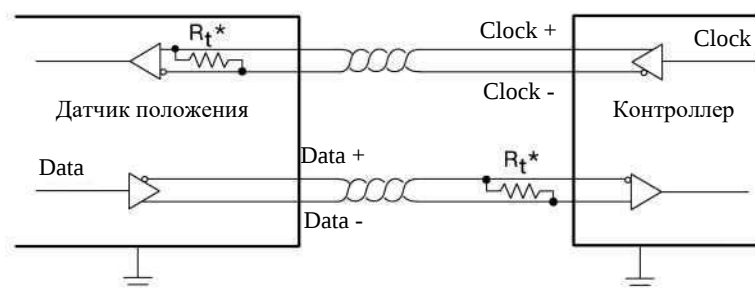
Расчет времени работы батареи:

$$\frac{\text{Емкость батареи (мАч)} \times 1000}{\text{Ток в режиме ожидания (9)} \times 24 \times 365} = \text{Время в режиме ожидания (лет)}$$

Просим выбирать скорость в режиме ожидания в соответствии с фактическими потребностями. Это обеспечит более длительный срок службы батареи и время ожидания. Скорость по умолчанию при отгрузке с завода составляет 6000 об/мин. При необходимости изменить эту опцию просим связываться с изготовителем.

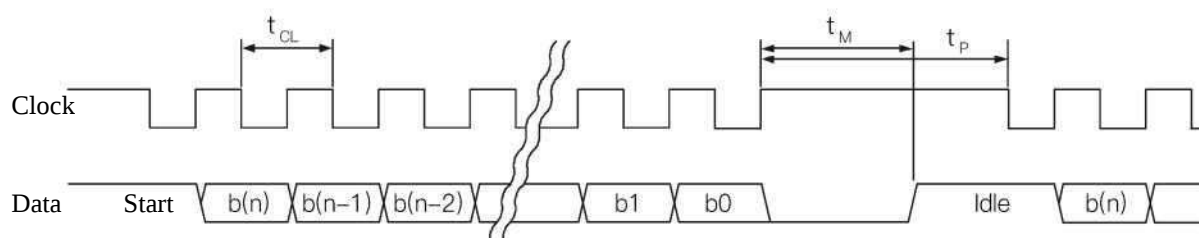
Интерфейс протокола SSI

Принципиальная схема подключения:



Данный интерфейс использует четырехпроводное соединение: сигнальные линии Clock (прямой и инверсный) и Data (прямой и инверсный). Терминальный резистор для линии Clock уже встроен в энкодер, пользователю необходимо установить терминальный резистор или другую схему согласования импеданса на стороне контроллера по линии Data.

Диаграмма синхронизации:



В данном протоколе линия Clock используется для синхронизации приема последовательности тактов. Когда приходит первый спад (задний фронт), система фиксирует текущие данные, после чего начиная со старшего бита (MSB) на каждом переднем фронте сигнала Clock данные последовательно выводятся на линию Data. На стороне контроллера данные считываются по спадам сигнала Clock, пока не будет прочитан младший бит (LSB).

После завершения передачи, когда время t_M истекло, линия Data удерживается в высоком уровне. Сигнал Clock также должен оставаться на высоком уровне до момента, когда будет разрешено следующее считывание, то есть по истечении времени t_P . При этом t_{CL} должно быть меньше t_M . Кроме того, во время любой операции чтения можно превысить время t_M , тем самым досрочно завершив считывание.



Параметры синхронизации:

Данные	Обозначение	Минимальное значение	Стандартное значение	Максимальное значение
Частота тактового сигнала	t _{CL}	400 нс		14 мкс
Частота тактового сигнала	t _{CL}	110 кГц		1,5 МГц ⁽¹⁾
Время ожидания передачи	t _M		10 мкс	
Длительность паузы	t _P	20 мкс		

(1) Если тактовый сигнал Clock продолжает оставаться на низком уровне в течение 500 нс (на первом низком уровне), то последующая частота тактового сигнала может достигать 10 МГц.

Формат данных:

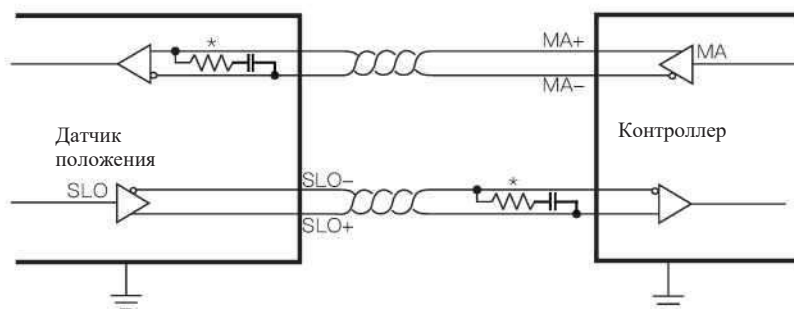
Биты	b(23 + X) : b(8 + X)	b(7 + X) : b8	b7	b6	b5 : b0
Длина	16 бит	X бит	1 бит	1 бит	6 бит
Данные	Количество оборотов ⁽¹⁾	Угол внутри оборота	Бит ошибки	Бит предупреждения	Бит состояния

(1) Счетчик оборотов присутствует только в моделях с функцией отслеживания данных по нескольким оборотам, в том числе в моделях с батареями.

Подробное описание битов приведено в разделе «Биты состояния» далее по тексту.

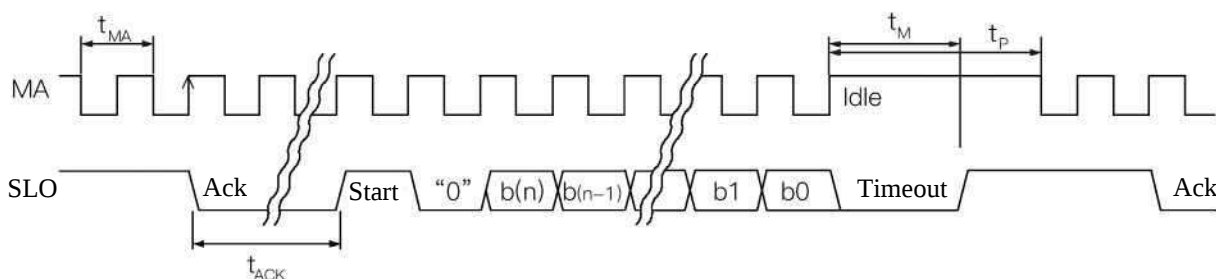
Интерфейс стандартного протокола BISS-C

Принципиальная схема подключения интерфейсного модуля ViSS-C:



Данный интерфейс использует четырехпроводное соединение: линии MA (прямой и инверсный) и SLO (прямой и инверсный). Терминальный резистор для линии MA встроен в энкодер, пользователю необходимо установить терминальный резистор или другую схему согласования импеданса на стороне контроллера по линии SLO.

Диаграмма синхронизации:

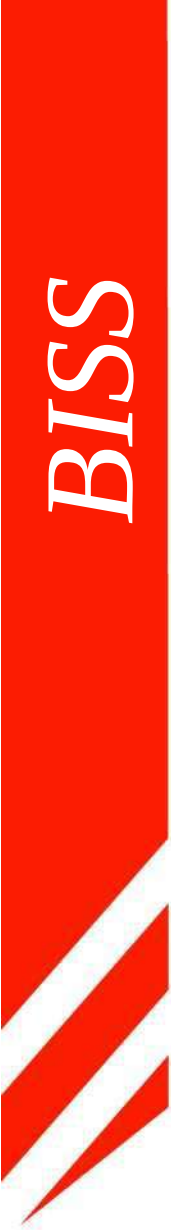


В данном протоколе линия МА используется для синхронизации тактовой последовательности. В режиме простоя линия МА находится в состоянии высокого уровня. Когда поступает первый спад (задний фронт), система фиксирует текущие данные, и с этого момента начинается передача. На втором переднем фронте сигнала МА энкодер устанавливает линию SLO в низкий уровень, после чего начиная с бита MSB при каждом переднем фронте сигнала МА данные записываются в линию SLO. На стороне контроллера данные считываются по спадам сигнала МА, пока не будет считан младший бит (LSB).

Параметры синхронизации:

Параметр	Обозначение	Минимальное значение	Стандартное значение	Максимальное значение
Частота тактового сигнала	t_{MA}	400 нс		14 мкс
Частота тактового сигнала	f	120 кГц		2.5 МГц ⁽¹⁾
Длина АСК	t_{ACK}		5 бит	
Время ожидания передачи	t_M		10 мкс	
Длительность паузы	t_P	20 мкс		

(1) При наличии у пользователя технологии фазовой компенсации для компенсации задержки между дифференциальными переходами, частота может достигать до 10 МГц.



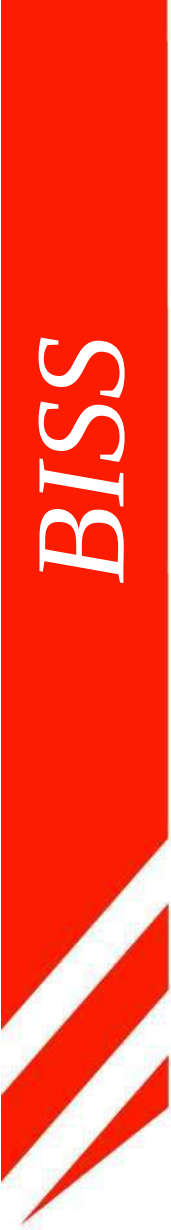
После завершения передачи, когда истекает время t_M , линия SLO переходит в высокий уровень. Сигнал MA также должен оставаться в высоком уровне до тех пор, пока не будет разрешено следующее считывание, то есть по истечении времени t_P . При этом t_{CL} должно быть меньше, чем t_M . Кроме того, во время любой операции считывания возможно превысить время t_M , тем самым досрочно завершив передачу

Формат данных:

Биты	$b(24 + X) : b(9 + X)$	$b(8 + X) : b8$	$b7$	$b6$	$b5 : b0$
Длина	16 бит	X бит	1 бит	1 бит	6 бит
Данные	Количество оборотов ⁽¹⁾	Угол внутри оборота	Бит ошибки ⁽²⁾	Бит предупреждения ⁽³⁾	CRC ⁽⁴⁾

- (1) Счетчик оборотов присутствует только в моделях с функцией отслеживания данных по нескольким оборотам, в том числе в моделях с батарей.
- (2) Бит ошибки активен при нахождении на низком уровне и может находиться на этом уровне только в моделях ~~с батарей~~ с режимом отслеживания данных по нескольким оборотам. Когда он равен 1, это указывает на то, что связанные с батарей биты состояния указывают на ее нормальный режим работы, а данные по нескольким оборотам надежны. Когда он равен 0, это указывает на то, что биты состояния указывают на сигнал о низком напряжении батареи или об отсоединении батареи. Для решения проблемы см. раздел «Биты состояния».
- (3) Бит предупреждения активен при нахождении на низком уровне. Когда он равен 1, это указывает на отсутствие ошибок или предупреждений в системе. Когда он равен 0, это указывает на то, что система выдала, по меньшей мере, одну ошибку или предупреждение.
- (4) Многочлен контроля с использованием циклического избыточного кода CRC равен $x^6 + x^1 + 1$ (т.е. 0×43). В соответствии с требованиями протокола BISS-C, вычисленный многочлен инвертируется перед отправкой. Для удобства в приложении приводится код для расчета CRC-6, который можно просто перенести и использовать.

Подробное описание битов приведено в разделе «Биты состояния» далее по тексту.



Интерфейс протокола BISS-C

Данный интерфейс в основном идентичен стандартному интерфейсу BISS-C по своему внутреннему устройству, за исключением следующих различий в формате данных, что делает его нестандартным интерфейсом BISS-C.

Формат данных:

Биты	b(29 + X) : b(14 + X)	b(13 + X) : b14	b13	b12	b11 : b6	b5 : b0
Длина	16 бит	X бит	1 бит	1 бит	6 бит	6 бит
Данные	Количество оборотов ⁽¹⁾	Угол внутри оборота	Бит ошибки	Бит предупреждения	Бит состояния	CRC ⁽²⁾

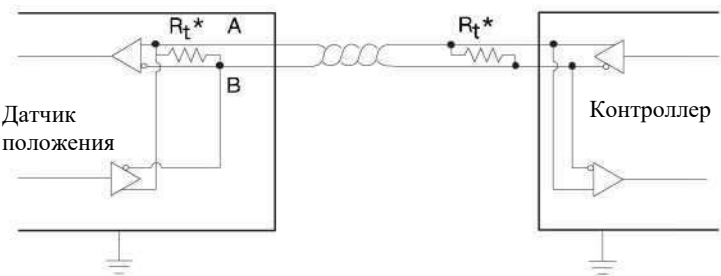
(1) Счетчик оборотов присутствует только в моделях с функцией отслеживания данных по нескольким оборотам, в том числе в моделях с батареями.

(2) Многочлен контроля с использованием циклического избыточного кода CRC равен $x^6 + x^1 + 1$ (т.е. 0x43). В соответствии с требованиями протокола BISS-C, вычисленный многочлен инвертируется перед отправкой. Для удобства в приложении приводится код для расчета CRC-6, который можно просто перенести и использовать.

Подробное описание битов приведено в разделе «Биты состояния» далее по тексту.

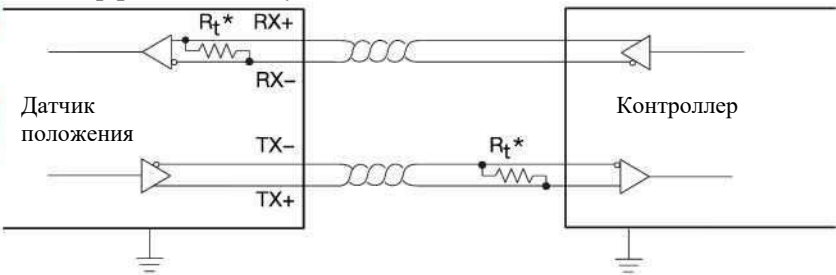
Интерфейсы протоколов RS485/RS422

Принципиальная схема подключения интерфейсного модуля RS485:



Данный интерфейс является двухпроводным и реализован в виде дифференциальных сигналов А и В. Обе линии должны быть подключены параллельно с терминальным резистором. На стороне энкодера терминальные резисторы уже интегрированы во внутреннюю схему, поэтому пользователю необходимо установить терминальный резистор или применить другое решение для согласования импеданса на стороне контроллера (на линиях А и В).

Принципиальная схема подключения интерфейсного модуля RS422:



Данный интерфейс является четырехпроводным: он включает дифференциальный выход TX и дифференциальный вход RX. Терминальный резистор для линии RX уже интегрирован во внутреннюю схему энкодера, поэтому пользователю необходимо на стороне контроллера предусмотреть терминальный резистор либо иное решение для согласования импеданса на RX.

Как RS485, так и RS422 используют в качестве базового протокола UART. Поскольку данный протокол не имеет линии тактирования, энкодер и контроллер должны работать на согласованной частоте и с одинаковым форматом данных, чтобы обеспечить корректную передачу.

Конфигурация протокола:

Длина символьной строки	Контроль четности	Стоповый бит	Управление потоком данных	Порядок следования в байте
8 бит	Нет	1	Нет	Младший (значащий) бит первым

Поддерживаемые скорости передачи данных (если не указано в приложении, то рекомендованное значение по умолчанию В):

Код	А	В
Скорость передачи данных (Мбит/с)	0,1152	2,5

Команда	Описание		Выходной параметр	N	Возвращаемые данные (N байт)							
					B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
0x30	Установка	Нулевая позиция ⁽¹⁾	—	2	C	CRC						
0x31	Выполнено	Положение	16	3	A1	A0	CRC					
			16M									
			16BM	5	M1	M0	A1	A0	CRC			
			16FM									
			17	4	A2	A1	A0	CRC				
			17M									
			17BM	6	M1	M0	A2	A1	A0	CRC		
			17FM									
0x64	Выполнено	Положение + состояние	16	4	A1	A0	S	CRC				
			16M									
			16BM	6	M1	M0	A1	A0	S	CRC		
			16FM									
			17	5	A2	A1	A0	S	CRC			
			17M									
			17BM	7	M1	M0	A2	A1	A0	S	CRC	
			17FM									
0x74	Выполнено	Положение + температура ⁽²⁾	16	5	A1	A0	T1	T0	CRC			
			16M									
			16BM	7	M1	M0	A1	A0	T1	T0	CRC	
			16FM									
			17	6	A2	A1	A0	T1	T0	CRC		
			17M									
			17BM	8	M1	M0	A2	A1	A0	T1	T0	CRC
			17FM									

(1) Для установки нулевой позиции необходимо подряд, с интервалами, отправить команду «0x31» и команду «0x30» в общей сложности 10 раз. Только после этого установка считается успешной. Когда команда «0x30» возвращает значение счетчика 10, происходит срабатывание функции «Установить нулевую позицию».

(2) Информация о температуре относится к температуре перехода кристалла микросхемы.

В приведенной выше таблице буквы соответствуют следующим данным:

M	A	C	S	T	CRC
Количество оборотов	Угол внутри оборота	Счетчик команды обнуления	Состояние	Температура (2)	CRC-проверка (1)

Подробное описание битов приведено в разделе «Биты состояния» далее по тексту.

(1) CRC-байт (многочлен CRC: $x^8 + x^7 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$, метод вычисления смотри в приложении CRC-8 ($x^8 + x^7 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$)).

(2) Метод расчета температуры:

temp = T0 | (T1 << 8);

tempFloat = temp / 10.0;

единица измерения — °C.

Пример (17BM):

При отправке команды 0x32 устройство возвращает массив uint8_t Buffer [7].

Использование:

multi = (Buffer [0] << 8) | Buffer [1];

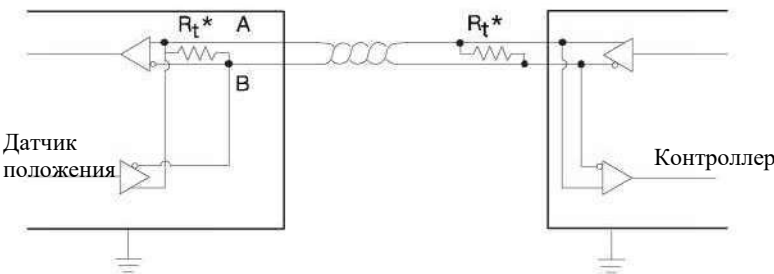
angle = (Buffer [2] << 16) | (Buffer [3] << 8) | Buffer [4];

angleFloat = angle / (1 << 17) * 360.

Интерфейс протокола T485

* Интерфейс совместим с протоколом Tamagawa

Принципиальная схема подключения
интерфейсного модуля RS485:



Данный интерфейс является двухпроводным и основан на дифференциальных линиях А и В. На концах линии требуется установка согласующего резистора. Со стороны энкодера согласующий резистор уже встроен во внутреннюю схему, пользователю необходимо установить согласующий резистор на стороне контроллера или применить иное решение для согласования импеданса.

Интерфейс T485 основан на RS485 и использует определенный протокол обмена. Он принимает управляющий запрос размером 1 байт, на основании которого возвращает соответствующие данные энкодера, добавляя в конец данных контрольную сумму CRC-8 для проверки.

Конфигурация протокола:

Длина символьной строки	Контроль четности	Стоповый бит	Управление поток ом данных	Порядок следования в байте
8 бит	Нет	1	Нет	Младший (значащий) бит первым

Данные для запроса на выполнение операции:

Бит данных	b7 – b3	b2	b1	b0
Состав данных	Тип операции	0	1	0

Возвращаемые данные:

Байт	B0	B1	B(2 – n)	B(n + 1)
Состав данных	Запрос на выполнение операции ⁽¹⁾	Состояние	Возвращаемые данные	CRC ⁽²⁾

(1) Возвращенный запрос на выполнение операции совпадает с отправленным запросом на выполнение операции.

(2) Байт CRC (многочлен CRC равен $x^8 + 1$, см. соответствующий метод расчета [CRC-8в приложении](#))

B1, формат информации о состоянии:

Бит данных	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Состав данных	0	Ошибка обмена информацией	Ошибка датчика положения	0	0	0	0	0

В (2 - n), тип операции и соответствующие возвращаемые данные (А для углового положения, М для нескольких оборотов, Е для ошибки):

Тип операции					Вход	n	Возвращаемые данные							
b7	b6	b5	b4	b3			B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
0	0	0	0	0	Получение углового положения	4	A0	A1	A2					
1	0	0	0	1	Получение значения по нескольким оборотам	4	M0	M1	M2					
0	0	0	1	1	Получение всех данных	9	A0	A1	A2	17	M0	M1	M2	E
1	1	0	0	0	Сброс углового положения ⁽³⁾	4	A0	A1	A2					
0	1	1	0	0	Сброс значения по нескольким оборотам ⁽⁴⁾	4	A0	A1	A2					

(1) Ап и Мп выровнены по левому краю, то есть если А — 17-битные данные, то старшие 7 бит А2 равны 0.

(2) Если тип операции не соответствует таблице В (2 - n), то выдается ошибка обмена информацией, возвращаемые данные будут такими же, как и данные для получения углового положения.

(3) Для сброса углового положения необходимо отправить команду 10 раз подряд, чтобы она сработала.

(4) Для сброса значения по нескольким оборотам необходимо отправить команду 10 раз подряд, чтобы он сработала.

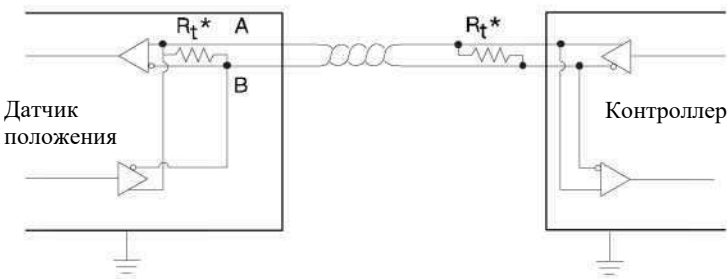
Е, бит ошибки (см. раздел «Биты состояния», в Т485 указываются только исключения ошибок):

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Отсоединение батареи	Низкое напряжение батареи	0	0	0	0	0	0

См. индикацию светодиода в разделе «Биты состояния».

Интерфейс протокола BUS (высокоскоростная шина)

Принципиальная схема подключения высокоскоростной шины BUS:



Данный интерфейс является двухпроводным и основан на дифференциальных линиях А и В. На концах линии необходимо подключить согласующие резисторы. Со стороны энкодера согласующий резистор уже встроен во внутреннюю схему, поэтому пользователю требуется установить согласующий резистор на стороне контроллера.

Уровень сигналов интерфейса основан на логике RS-485, а передача данных осуществляется в формате UART. Рабочая скорость передачи данных составляет 2,5 Мбит/с. Интерфейс принимает управляющий запрос размером 1 байт, на основании которого возвращает соответствующие данные энкодера и добавляет в конец данных контрольную сумму CRC-8 (полином x^8+1) для проверки.

Выбор версии:

Число разрядов на один оборот	Число разрядов для нескольких оборотов	Модель
XX	Нет	XX-D
	8	XXM1-D
	16	XXM2-D

Конфигурация протокола:

Длина символьной строки	Контроль четности	Стоповый бит	Управление потоком данных	Порядок следования в байте
8 бит	Нет	1	Нет	Младший (значащий) бит первым

Данные для запроса на выполнение операции:

Бит данных	b7	b6 – b5	b4 – b0
Состав данных	Контроль по нечетности	Тип операции	Адрес устройства

Возвращаемые данные:

Байт	B0	B(1 – n)	B(n + 1)
Состав данных	Запрос на выполнение операции	Возвращаемые данные	CRC

B(1 – n), типы операций и соответствующие возвращаемые данные (М для нескольких оборотов, А для углового положения, С для установки счетчика, S для состояния):

Тип операции		Вход	Версия модели		n	Возвращаемые данные					
b6	b5		Число разрядов на один оборот	Число разрядов для нескольких оборотов		B1	B2	B3	B4	B5	B6
0	0	Получение информации	≤16	Нет	3	S	A0	A1			
			≤16	8	4	S	A0	A1	M0		
			≤16	16	5	S	A0	A1	M0	M1	
			>16	Нет	4	S	A0	A1	A2		
			>16	8	5	S	A0	A1	A2	M0	
			>16	16	6	S	A0	A1	A2	M0	M1
0	1	Задание нулевого положения			2	S	C				
1	0	Задание адреса			2	S	C				

Тип операции		Вход	n	Возвращаемые данные		
b6	b5			B1	B2	B3
0	0	Получение информации	3	S	A0	A1
0	1	Задание нулевого положения	2	S	C	
1	0	Задание адреса	2	S	C	

Для получения сведений о битах состояния см. раздел «Биты состояния» далее по тексту.

Примечание:

- Если тип операции отсутствует в таблице В (1 – n), например 0b11, устройство не возвращает никакого ответа.
- С — это счетчик последовательности, возвращаемый при установке нулевого положения. Если возвращается значение 10, это означает, что настройка будет выполнена немедленно. Данный процесс занимает максимум около 50 мс, в течение которых энкодер не отвечает на команды.
- Заводской адрес по умолчанию — 0×1F (то есть 0b11111).

Операция установки нулевой позиции:

Чтобы избежать ошибочной установки нуля, необходимо последовательно и чередуя отправить десять групп команд типа 00 и 01 в порядке 00, 01, 00, 01, ..., 00, 01. После отправки каждой команды нужно дождаться ответа энкодера, и только затем можно отправлять следующую. Установка считается успешной, если вся последовательность выполнена. По возвращаемому при команде 01 значению С можно определить, сколько команд остается отправить.

Примечания

1. Если перед командой 01 не была отправлена команда 00, последовательность не удовлетворяет требованию начала, и значение С равно 0.
2. Если перед командой 01 (то есть за два шага до нее) не была снова отправлена команда 01, последовательность не удовлетворяет требованиям, значение С равно 1, и с этого момента начинается отсчет.

Операция настройки идентификатора (ID):

Чтобы избежать ошибочной установки ID, необходимо использовать определенную последовательность значений адреса для подтверждения входа в режим установки ID, после чего выполнить настройку ID. При этом для установки ID следует отправить значение адреса, равное удвоенному значению С, возвращенному в предыдущем ответе.

Значение адреса	X	2	4	6	8	10	12	14	16	Y
С	Нет	Нет	Нет	4	5	6	7	8	9	10

Примечания

1. Значение X может быть любым, значение Y — это фактическое адресное значение, которое необходимо задать.
2. На первые три группы команд в последовательности не возвращается ответа. Это сделано для предотвращения ложного срабатывания при работе шины. Так как данная команда имеет приоритет выше ограничений ID, возможно возникновение ошибочной передачи, что может привести к одновременному отклику всех устройств на шине.
3. Если в последовательность вставляется другая команда, то следующая команда установки возвращает значение С = 1, и отсчет начинается заново.
4. Если отправленное значение адреса не соответствует требуемой последовательности, возвращается С = 1, и отсчет начинается заново.

Устройства на шине:

Если устройство получает ID, не совпадающий с его собственным ID, оно должно перейти в режим «сна» на определенное время, в течение которого не отвечает на команды на шине. Это необходимо для предотвращения возникновения цепной реакции ответов.

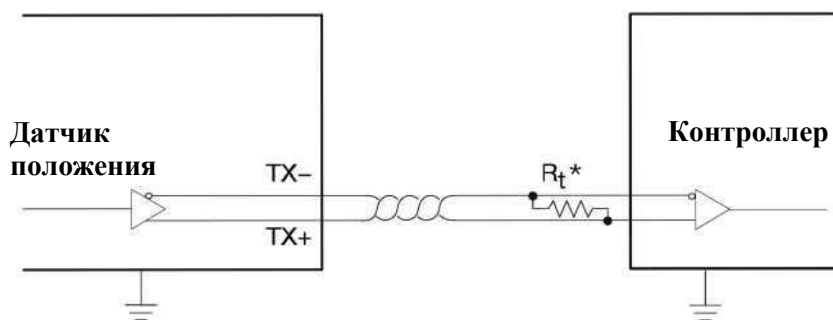
Для удобства расширения значение времени сна определяется как TSUSPEND. Метод его вычисления приведен в таблице ниже.

Число разрядов на один оборот	Число разрядов для нескольких оборотов	Число байт для режима «сна» шины BSUSPEND	Интервал в режиме «сна» шины TSUSPEND (мкс)
XX	YY	ceil(XX/8) + YY/8 + 4	Bsuspend * (1 + 8 + 1) / 2,5

Пример: Для модели 16M1-D TSUSPEND рассчитывается как (ceil(16 / 8) + 8 / 8 + 4) * (1 + 8 + 1) / 2,5 = 28 мкс.

Интерфейс протокола циклической передачи данных PERIOD

Принципиальная схема подключения по интерфейсу PERIOD:



Интерфейс представляет собой двухпроводную систему на основе дифференциальных сигналов **A** и **B**. Оба провода необходимо подключить к клеммам оконечных резисторов. Пользователю необходимо выполнить подключение оконечного резистора на стороне контроллера.

Данный протокол сформирован на основе протокола RS422, с единственным отличием: он в активном режиме выдает данные наружу через дифференциальный выход TX с интервалом 1 мс и не реагирует на данные на линии дифференциального входа RX. Внутри датчика положения периодически будет срабатывать команда «**d**» (**0×64**) для отправки данных соответствующей команды. См. интерфейс протоколов RS485/RS422.

Биты состояния

В протоколах SSI/BISS-C/RS485/RS422 используемые биты состояния являются согласованными. При возникновении предупреждения или ошибки в выходных данных устанавливается определенный бит предупреждения или ошибки, что позволяет четко понять причину возникшей ситуации посредством битов состояния.

Позиции битов ошибки/предупреждения для каждого интерфейса:

	Бит ошибки	Бит предупреждения
SSI	b7	b6
BISS-C	b13	b12
BISS-C Standard	b7	B6
RS485/RS422	b7	b6
BUS	b7	b6
PERIOD	b7	b6

Биты состояния:

Позиция			b3	b2	b1	b0
	b5	b4				
Описание Многооборотный с батарейным питанием Многооборотный с флэш-памятью	Отсоединение батареи	Низкое напряжение батареи	Слишком сильное магнитное поле	Слишком слабое магнитное поле	Температура за пределами установленного диапазона	—
	Чрезмерное механическое вращение	—				
	—	—				
Светодиод мигает	Да	Да	—	—	—	—

Если бит предупреждения равен 1, то данные все еще продолжают оставаться корректными. В это время светодиодный индикатор состояния горит желтым, однако некоторые параметры битов состояния приближаются к своим предельным значениям. Можно проверить биты состояния, чтобы понять, что происходит. Если бит ошибки равен 1, это означает, что данные некорректны. В это время светодиодный индикатор состояния горит красным, а конкретную ситуацию можно определить при помощи битов состояния. При нормальном режиме эксплуатации светодиодный индикатор горит зеленым. Светодиод будет мигать с интервалом в 1 секунду, чтобы предупредить пользователя о возникновении соответствующей ошибки или предупреждения.

Биты состояния, связанные с батареями:

	b5	b4
	Отсоединение батареи	Низкое напряжение батареи
Бит предупреждения равен 1	—	Напряжение батареи ниже 2,9 В
Бит ошибки равен 1	Батарея отсоединена или напряжение слишком низкое во время отключения датчика положения от сети, что приводит к ошибке счетчика для количества оборотов. В результате данные по количеству оборотов не являются корректными. При возникновении такой ошибки происходит сброс счетчика для количества оборотов на ноль.	Напряжение батареи ниже 2,7 В
Решение	Проверьте монтаж и напряжение батареи. Включите датчик положения заново, чтобы сбросить его.	Замените батарею датчика положения.

Приложение

Пример расчета многочлена CRC-8 ($x^8+x^7+x^4+x^2+x^1+1$)

```
//poly =  $x^8+x^7+x^4+x^2+x^1+1$ 
```

```
uint8_t crcTable [256] = {
```

```
    0x00, 0x97, 0xB9, 0x2E, 0xE5, 0x72, 0x5C, 0xCB, 0x5D, 0xCA, 0xE4, 0x73, 0xB8, 0x2F, 0x01, 0x96, 0xBA, 0x2D, 0x03, 0x94,
    0x5F, 0xC8, 0xE6, 0x71, 0xE7, 0x70, 0x5E, 0xC9, 0x02, 0x95, 0xBB, 0x2C, 0xE3, 0x74, 0x5A, 0xCD, 0x06, 0x91, 0xBF, 0x28, 0xBE,
    0x29, 0x07, 0x90, 0x5B, 0xCC, 0xE2, 0x75, 0x59, 0xCE, 0xE0, 0x77, 0xBC, 0x2B, 0x05, 0x92, 0x04, 0x93, 0xBD, 0x2A, 0xE1, 0x76,
    0x58, 0xCF, 0x51, 0xC6, 0xE8, 0x7F, 0xB4, 0x23, 0x0D, 0x9A, 0x0C, 0x9B, 0xB5, 0x22, 0xE9, 0x7E, 0x50, 0xC7, 0xEB, 0x7C, 0x52,
    0xC5, 0x0E, 0x99, 0xB7, 0x20, 0xB6, 0x21, 0x0F, 0x98, 0x53, 0xC4, 0xEA, 0x7D, 0xB2, 0x25, 0x0B, 0x9C, 0x57, 0xC0, 0xEE, 0x79,
    0xEF, 0x78, 0x56, 0xC1, 0x0A, 0x9D, 0xB3, 0x24, 0x08, 0x9F, 0xB1, 0x26, 0xED, 0x7A, 0x54, 0xC3, 0x55, 0xC2, 0xEC, 0x7B, 0xB0,
    0x27, 0x09, 0x9E, 0xA2, 0x35, 0x1B, 0x8C, 0x47, 0xD0, 0xFE, 0x69, 0xFF, 0x68, 0x46, 0xD1, 0x1A, 0x8D, 0xA3, 0x34, 0x18, 0x8F,
    0xA1, 0x36, 0xFD, 0x6A, 0x44, 0xD3, 0x45, 0xD2, 0xFC, 0x6B, 0xA0, 0x37, 0x19, 0x8E, 0x41, 0xD6, 0xF8, 0x6F, 0xA4, 0x33, 0x1D,
    0x8A, 0x1C, 0x8B, 0xA5, 0x32, 0xF9, 0x6E, 0x40, 0xD7, 0xFB, 0x6C, 0x42, 0xD5, 0x1E, 0x89, 0xA7, 0x30, 0xA6, 0x31, 0x1F, 0x88,
    0x43, 0xD4, 0xFA, 0x6D, 0xF3, 0x64, 0x4A, 0xDD, 0x16, 0x81, 0xAF, 0x38, 0xAE, 0x39, 0x17, 0x80, 0x4B, 0xDC, 0xF2, 0x65, 0x49,
    0xDE, 0xF0, 0x67, 0xAC, 0x3B, 0x15, 0x82, 0x14, 0x83, 0xAD, 0x3A, 0xF1, 0x66, 0x48, 0xDF, 0x10, 0x87, 0xA9, 0x3E, 0xF5, 0x62,
    0x4C, 0xDB, 0x4D, 0xDA, 0xF4, 0x63, 0xA8, 0x3F, 0x11, 0x86, 0xAA, 0x3D, 0x13, 0x84, 0x4F, 0xD8, 0xF6, 0x61, 0xF7, 0x60, 0x4E,
    0xD9, 0x12, 0x85, 0xAB, 0x3C
};
```

```
uint8_t calcCRC(uint8_t * buffer, uint8_t length){
    uint8_t temp = *buffer++;
    while(--length){
        temp = *buffer++ ^ crcTable[temp];
    }

    return crcTable[temp];
}
```

Расчет CRC-8 (x^8+1)

```
//poly =  $x^8+1$ 
```

```
//Искомое значение совпадает с результатом, найденным для многочлена
```

```
uint8_t calcCRC(uint8_t * buffer, uint8_t length){
    uint8_t temp = *buffer++;
    while(--length){
        temp = *buffer++ ^ temp;
    }

    return temp;
}
```

Расчет CRC-6

```
#DEFINE DATA_TOTAL_BIT_LENGTH 41
//POLY = x6+x1+1
UINT8_T TABLECRC6[64] = {
0x00, 0x03, 0x06, 0x05, 0x0C, 0x0F, 0x0A, 0x09, 0x18, 0x1B, 0x1E, 0x1D, 0x14, 0x17, 0x12, 0x11, 0x30, 0x33, 0x36, 0x35, 0x3C, 0x3F, 0x3A, 0x39, 0x28, 0x2B, 0x2E, 0x2D, 0x24, 0x27, 0x22, 0x21, 0x23, 0x20, 0x25, 0x26, 0x2F, 0x2C, 0x29, 0x2A, 0x3B,
0x38, 0x3D, 0x3E, 0x37, 0x34, 0x31, 0x32, 0x13, 0x10, 0x15, 0x16, 0x1F, 0x1C, 0x19, 0x1A, 0x0B, 0x08, 0x0D, 0x0E, 0x07, 0x04, 0x01, 0x02
};

UINT8_T CALCBISSCCRC(UINT8_T BUFFER){
    #DEFINE CRC_BIT_LENGTH 6
    #DEFINE DATA_CRC_MASK ((1<<CRC_BIT_LENGTH)-1)
    #DEFINE DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH (DATA_TOTAL_BIT_LENGTH-CRC_BIT_LENGTH)
    #DEFINE TOP_BYTE_BITLENGTH (DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH%CRC_BIT_LENGTH)
    #IF TOP_BYTE_BITLENGTH==0
        #UNDEF TOP_BYTE_BITLENGTH
        #DEFINE TOP_BYTE_BITLENGTH CRC_BIT_LENGTH
    #ENDIF

    UINT32_T FIRSTWORD = __REV(*(UINT32_T *) BUFFER);
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH>32
    UINT32_T SECONWORD = __REV(*(UINT32_T *) (BUFFER+4));
    #ENDIF

    UINT8_T CRC = TABLECRC6[FIRSTWORD>>(32-TOP_BYTE_BITLENGTH)];

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*1)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (firstWord>>(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*2)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (firstWord>>(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*3)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (firstWord>>(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*4)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (firstWord>>(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*5)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        #IF 32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
            crc = tableCRC6[crc ^ (firstWord>>(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
        #ELSEIF 32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>-CRC_BIT_LENGTH
            crc = tableCRC6[crc ^ (((firstWord<<-(32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH)) & DATA_CRC_MASK) | (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH)))];
        #ELSE
            crc = tableCRC6[crc ^ (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
        #ENDIF
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*6)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*7)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*8)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #UNDEF CURRENT_CRC_BIT_LENGTH
    #DEFINE CURRENT_CRC_BIT_LENGTH (TOP_BYTE_BITLENGTH+CRC_BIT_LENGTH*9)
    #IF DATA_WITHOUT_CRC_BIT_LENGTH-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ (secondWord>>(64-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    #IF 32-DATA_TOTAL_BIT_LENGTH>=0
        crc = tableCRC6[crc ^ DATA_CRC_MASK ^ (firstWord>>(32-DATA_TOTAL_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ELSEIF 32-CURRENT_CRC_BIT_LENGTH>-CRC_BIT_LENGTH
        crc = tableCRC6[crc ^ DATA_CRC_MASK ^ (((firstWord<<-(32-DATA_TOTAL_BIT_LENGTH)) & DATA_CRC_MASK) | (secondWord>>(64-DATA_TOTAL_BIT_LENGTH)))];
    #ELSE
        crc = tableCRC6[crc ^ DATA_CRC_MASK ^ (secondWord>>(64-DATA_TOTAL_BIT_LENGTH) & DATA_CRC_MASK)];
    #ENDIF

    RETURN CRC;
}
```

Инструкция по применению:

Данная программа может использоваться для микроконтроллеров серии ARM и обеспечивает наиболее быструю генерацию контрольной суммы CRC-6 при компиляции

Для этого необходимо лишь изменить параметр DATA_TOTAL_BIT_LENGTH на значение, соответствующее используемой модели

Например: для модели 17M это значение равно 47, для модели 16 — 30

Примечания по использованию программы:

При вызове используется 32-битная команда чтения buffer, поэтому требуется, чтобы buffer был выровнен по границе 4 байт. Если выравнивание не обеспечено, некоторые версии ядра не поддерживают такую операцию; даже при наличии поддержки ядро тратит лишнее время на объединение данных.

При приеме по протоколу BISS-C первый принятый байт является служебным и содержит ACK, а данные позиции начинаются со второго байта. Поэтому расчет CRC необходимо выполнять, начиная с адреса данных позиции, при этом данный адрес должен быть выровнен по границе 4 байт, чтобы достичь цели — быстрого чтения данных и вычисления CRC.

Пример вызова:

```
STRUCT{
    uint8_t notUsedForAlignment[3];           //Только для выравнивания адреса
    uint8_t placeholder;                     //Первый фиксированный служебный байт BISS-C 0x82
    uint8_t buffer[8] _attribute_ ((aligned(4))); //Буфер выровнен по границам 4 байт для быстрого расчета CRC
} receiveBuffer;

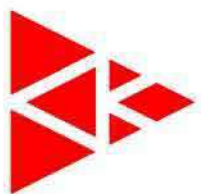
//Конфигурирование SPI (последовательного периферийного интерфейса) и DMA (прямого доступа к памяти)
//Используйте &receiveBuffer.placeholder в качестве адреса получения
//.....

//Расчет CRC
//Для расчета используйте уже выровненный по 4 байта receiveBuffer.buffer
uint8_t crc = calcBissCCRC(receiveBuffer.buffer);

//Если результат crc равен 0, это означает, что контроль пройден
if ( crc != 0 ){
    //Контроль CRC не пройден
}
```

История версий

Дата	Редакция	Внесенные изменения
15 мая 2017 г.	1.0	Первоначальный вариант
15 августа 2022 г.	2.4	Добавлен ряд параметров и моделей
30 августа 2023 г.	2.5	Добавлен интерфейс стандартного протокола BISS-C
1 мая 2024 г.	2.6	Добавлен разъем SUR Добавлена версия многооборотного исполнения с флэш-памятью



KingKong.tech

金 钢 科 技



ИННОДРАЙВ

ТЕХНОЛОГИИ ИМЕЮТ ЗНАЧЕНИЕ

ООО «ИнноДрайв» - официальный дистрибьютор
KingKong на территории РФ

8 (812) 317-77-93
sales@innodrive.ru
www.innodrive.ru

