

ИНДУКТОСИН ПОВОРОТНЫЙ
ИП-75

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПЛМА.401269.004 РЭ

Версия 1.3
28.05.2025

1. История изменений	2
2. Введение	3
3. Описание и работа изделия	3
3.1 Назначение изделия	3
3.2 Конструкция изделия	4
3.3 Принцип работы	6
3.4 Основные технические характеристики	6
4. Комплект поставки	7
5. Эксплуатация	7
5.1 Подключение индуктопина	7
5.1.1 Установка и сброс нулевого положения	7
5.1.2 Кабель без разъема, интерфейс RS-485	7
5.1.3 Кабель без разъема, интерфейс SSI	8
5.2 Монтаж индуктопина	10
5.3 Выходной интерфейс RS-485	10
5.3.1 Бинарный протокол ASI1 (один оборот)	11
5.3.2 Текстовый протокол ASI4	13
5.4 Выходной интерфейс SSI	13
5.4.1 Вариант SSI7	13
6. Маркировка	13
7. Хранение	15
8. Транспортирование	15
9. Утилизация	15
10. Гарантийные обязательства	15

1.История изменений

17.05.2024

- Создание документа

24.05.2024

- Добавлен программный код расчета CRC-16
- Версия изменена на 1.1

05.03.2025

- Уточнены физические интерфейсы, добавлено описание SSI7
- Версия изменена на 1.2

28.05.2025

- Добавлена структура пакета SSI7
- Уточнена маркировка
- Версия изменена на 1.3

2. Введение

Руководство по эксплуатации предназначено для изучения назначения, устройства и функционирования индуктосина поворотного.

Руководство по эксплуатации содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках индуктосина, его составных частей и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации, а именно: использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования, а также оценок его технического состояния при определении необходимости ремонта, а также сведения по утилизации изделий.

Соблюдение указанных в данном руководстве правил эксплуатации и ремонта гарантирует безотказную и долговечную работу индуктосина.

3. Описание и работа изделия

3.1 Назначение изделия

Индуктосин поворотный (далее - индуктосин) предназначен для преобразования в цифровой код величины угла поворота ротора изделия относительно статора. Физический принцип преобразования - индукционный.

Индуктосин используется как источник информации о взаимном положении подвижных элементов механизмов.

Индуктосин мало чувствителен к внешним воздействиям среды - пыли, грязи, влаги, ударам, вибрации, внешним магнитным, электрическим и электромагнитным полям по сравнению с потенциометрическими, емкостными, магнитными и оптическими датчиками.

3.2 Конструкция изделия

Конструктивно индуктосин выполнен в виде двух отдельных элементов - неподвижного статора и подвижного ротора. Ротор и статор выполнены в алюминиевом корпусе. Наружный диаметр ротора и статора - 75 мм. Существует несколько исполнений корпуса индуктосина с различным способом крепления ротора и статора

Общий вид индуктосина показан на рис. 1.



Рис. 1

Основные размеры статора и ротора индуктосина в исполнении INC-3 показаны на рис. 2.

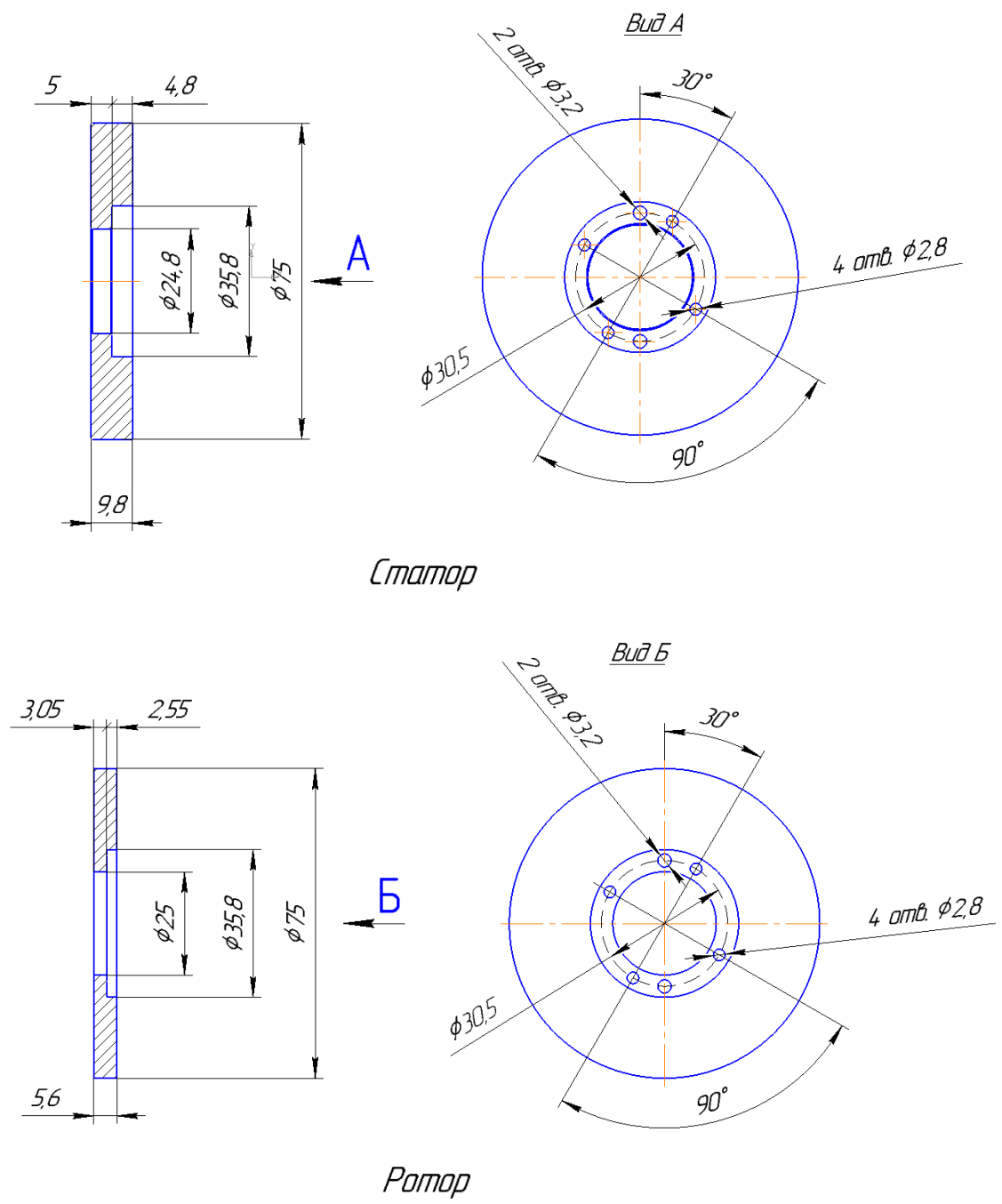


Рис. 2

3.3 Принцип работы

Индуктосин - это синусно-косинусный вращающийся трансформатор, с обмотками выполненными на печатной плате.

В корпусе индуктосина, помимо печатных плат с обмотками ротора и статора, установлена плата управления, которая формирует сигнал возбуждения, принимает сигнал с обмоток и по принятому сигналу вычисляет значение угла, на который повернут ротор относительно статора. Вычисленный угол передается пользователю по цифровому интерфейсу.

3.4 Основные технические характеристики

Таблица 1

Тип отсчета	Однооборотный, абсолютный
Разрешение	14 бит 16384 линий на оборот 79,1 угловых секунд
Повторяемость	+/- 1 отсчет
Статическая точность	≤ 720 угловых секунд
Частота обновления положения	>10 кГц
Скорость вращения	0...4000 RPM
Коэффициент температурного дрейфа	≤ 0.5 ppm/K
Выходной интерфейс	RS-485 последовательный асинхронный, SSI последовательный синхронный
Напряжение питания	+5...+7В
Защита от переплюсовки	Да, последовательно включенный диод
Потребляемый ток	$\leq 0,2$ А
Время инициализации до первого корректного измерения	$\leq 0,15$ с
Степень пылевлагозащиты оболочки	IP67
Диапазон рабочих температур	-40...+80
Размер комплекта статор+ротор	Диаметр 75 мм, высота 16,2 мм (без учета разъема)
Масса	100 г

4. Комплект поставки

В комплект поставки входят:

- Ротор индуктосина
- Статор индуктосина
- Руководство по эксплуатации

5. Эксплуатация

5.1 Подключение индуктосина

5.1.1 Установка и сброс нулевого положения

Индуктосин имеет входы для установки и сброса начального положения.

Для установки нулевого положения, требуется соединить вход “Установка смещения нуля (Zero Set)” с минусом питания (GND) до подачи питания. Через 3 секунды после подачи питания текущее положение ротора индуктосина станет значением углового положения “0”. При этом бит ZPD (Zero Position Default) в передаваемом пакете станет равен “0”.

Для сброса смещения нуля в положение по умолчанию, требуется соединить вход “Сброс смещения нуля (Zero Reset)” с минусом питания (GND) до подачи питания. Через 3 секунды после подачи питания смещение нуля сбросится до значения по умолчанию. При этом бит ZPD (Zero Position Default) в передаваемом пакете станет равен “1”.

Смещение нуля записывается в энергонезависимую память и сохраняется при выключении питания.

Если подать уровень GND на вход “Установка смещения нуля (Zero Set)” или “Сброс смещения нуля (Zero Reset)” после 3 секунд после включения питания, никаких действий не произойдет.

5.1.2 Кабель без разъема, интерфейс RS-485

Индуктосин подключается шестижильным кабелем AWG 24. Кабель заходит в корпус статора индуктосина через герметизированный кабельный ввод. Цветовая кодировка назначения выводов показана в Таблице 2.

Резистор-терминатор на линии интерфейса RS-485 отсутствует, и, при необходимости, должен быть установлен снаружи.

Вход питания защищен от переплюсовки последовательно включенным диодом.

Входы установки сброс смещения нуля защищены от подачи положительного напряжения встречно включенным диодом.

Таблица 2

Номер контакта	Цвет провода	Назначение контакта
1	Красный	Питание плюс
2	Черный	Питание минус, общий
3	Зеленый	RS-485 OUT DATA +
4	Оранжевый	RS-485 OUT DATA -
5	Фиолетовый	ZERO SET
6	Желтый	ZERO RESET

5.1.3 Кабель без разъема, интерфейс SSI

Индуктосин подключается восьмижильным кабелем AWG 24. Кабель заходит в корпус статора индуктосина через герметизированный кабельный ввод. Цветовая кодировка назначения выводов показана в Таблице 2.

Резисторы-терминатор на линиях интерфейса RS-422 отсутствуют, и, при необходимости, должны быть установлен снаружи.

Вход питания защищен от переплюсовки последовательно включенным диодом.

Входы установки сброс смещения нуля защищены от подачи положительного напряжения встречно включенным диодом.

Номер контакта	Цвет провода	Назначение контакта
1	Красный	Питание плюс
2	Черный	Питание минус, общий
3	Зеленый	RS-422 OUT DATA +
4	Оранжевый	RS-422 OUT DATA -
5	Синий	RS-422 IN CLK +
6	Коричневый	RS-422 IN CLK -
7	Фиолетовый	ZERO SET
8	Желтый	ZERO RESET

5.2 Монтаж индуктосина

Для достижения заявленных параметров точности индуктосина, следует установить изделие без превышения несоосности и осевого зазора ротора и статора.

Максимальная допустимая несоосность - 0,25 мм.

Зазор между ротором и статором должен быть в диапазоне 0,75 ... 1,45 мм.

Пример установки индуктосина в исполнении INC-3 показан на рис.5.

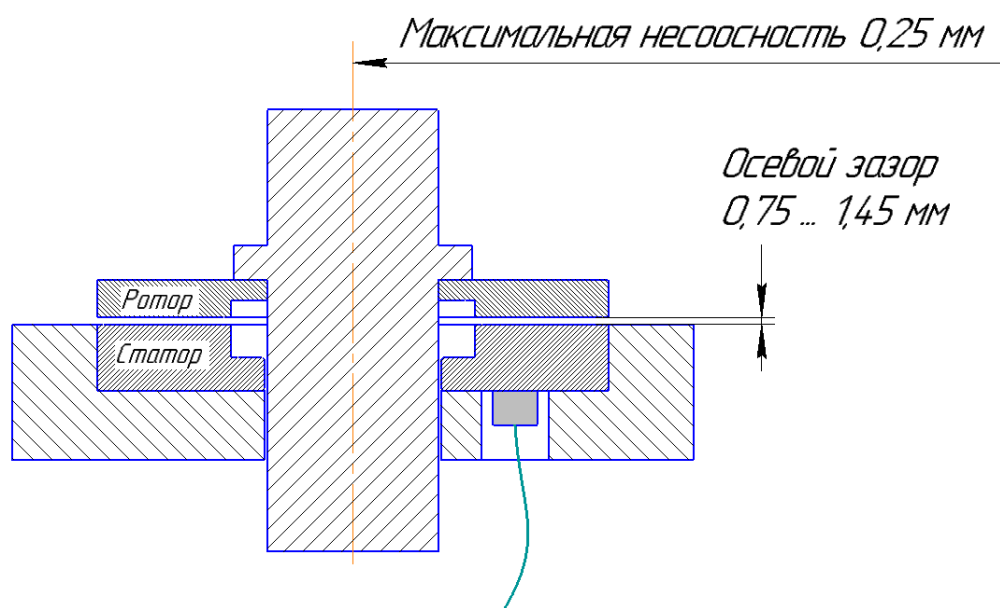


Рис.5

5.3 Выходной интерфейс RS-485

5.3.1 Бинарный протокол ASI1 (один оборот)

Информация об угловом положении передается через асинхронный последовательный интерфейс RS-485 непрерывным потоком, в виде пакетов. Пауз между пакетами нет. Каждый пакет состоит из 6 информационных слов (байт) размером 8 бит. При разрядности выходных данных индуктосина менее 22 бит, старшие биты всегда равны 0. Байты передаются в формате стандартного UART протокола N-8-1 (бит четности отсутствует, 8 информационных бит, 1 стоп бит). Скорость передачи - 230400 бит/сек.

Примерная частота передачи пакетов - 3,33 кГц, определяется скоростью передачи информационного пакета через интерфейс.

Содержание информационного пакета показано на рис. 7

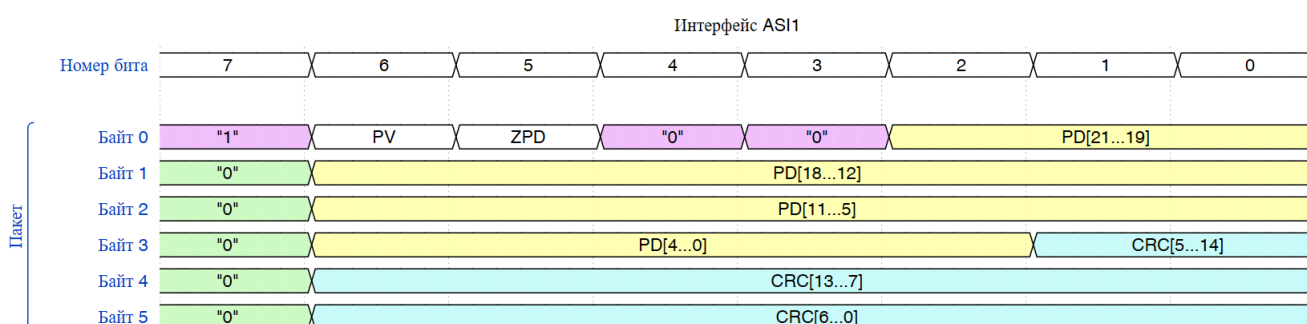


Рис. 7

1. **PV** - Position Valid. Бит установлен в "1" когда у датчика нет внутренних ошибок и значение угла действительно, иначе "0"
2. **ZPD** - Zero Position Default. Бит установлен в "1", когда не задано пользовательское смещение нуля датчика, иначе "0"
3. **PD[21:0]** - Position Data. Если разрешение датчика менее 22 бит, тогда старшие информационные биты равны "0". Когда флаг PV = "0", значение угла недействительно
4. **CRC[15:0]** - CRC-16: вычисляется для всех 48 бит информационного пакета, но битовые поля контрольной суммы CRC[15:0] установлены в "0". Итоговые 16 бит контрольной суммы должны соответствовать принятому значению CRC[15:0].
5. Всегда "0"

Алгоритм расчета контрольной суммы

Для вычисления контрольной суммы CRC-16 используются следующие параметры:

Полином 0x8005

Начальное значение 0x0000

Старший значащий разряд первый (без реверса)

XOR не вычисляется

/*

```

Name : CRC-16
Poly : 0x8005 x^16 + x^15 + x^2 + 1
Init : 0x0000
Revert: false
XorOut: 0x0000
*/
const unsigned short Crc16Table[256] = {
    0x0000, 0x8005, 0x800f, 0x000a, 0x801b, 0x001e, 0x0014, 0x8011,
    0x8033, 0x0036, 0x003c, 0x8039, 0x0028, 0x802d, 0x8027, 0x0022,
    0x8063, 0x0066, 0x006c, 0x8069, 0x0078, 0x807d, 0x8077, 0x0072,
    0x0050, 0x8055, 0x805f, 0x005a, 0x804b, 0x004e, 0x0044, 0x8041,
    0x80c3, 0x00c6, 0x00cc, 0x80c9, 0x00d8, 0x80dd, 0x80d7, 0x00d2,
    0x00f0, 0x80f5, 0x80ff, 0x00fa, 0x80eb, 0x00ee, 0x00e4, 0x80e1,
    0x00a0, 0x80a5, 0x80af, 0x00aa, 0x80bb, 0x00be, 0x00b4, 0x80b1,
    0x8093, 0x0096, 0x009c, 0x8099, 0x0088, 0x808d, 0x8087, 0x0082,
    0x8183, 0x0186, 0x018c, 0x8189, 0x0198, 0x819d, 0x8197, 0x0192,
    0x01b0, 0x81b5, 0x81bf, 0x01ba, 0x81ab, 0x01ae, 0x01a4, 0x81a1,
    0x01e0, 0x81e5, 0x81ef, 0x01ea, 0x81fb, 0x01fe, 0x01f4, 0x81f1,
    0x81d3, 0x01d6, 0x01dc, 0x81d9, 0x01c8, 0x81cd, 0x81c7, 0x01c2,
    0x0140, 0x8145, 0x814f, 0x014a, 0x815b, 0x015e, 0x0154, 0x8151,
    0x8173, 0x0176, 0x017c, 0x8179, 0x0168, 0x816d, 0x8167, 0x0162,
    0x8123, 0x0126, 0x012c, 0x8129, 0x0138, 0x813d, 0x8137, 0x0132,
    0x0110, 0x8115, 0x811f, 0x011a, 0x810b, 0x010e, 0x0104, 0x8101,
    0x8303, 0x0306, 0x030c, 0x8309, 0x0318, 0x831d, 0x8317, 0x0312,
    0x0330, 0x8335, 0x833f, 0x033a, 0x832b, 0x032e, 0x0324, 0x8321,
    0x0360, 0x8365, 0x836f, 0x036a, 0x837b, 0x037e, 0x0374, 0x8371,
    0x8353, 0x0356, 0x035c, 0x8359, 0x0348, 0x834d, 0x8347, 0x0342,
    0x03c0, 0x83c5, 0x83cf, 0x03ca, 0x83db, 0x03de, 0x03d4, 0x83d1,
    0x83f3, 0x03f6, 0x03fc, 0x83f9, 0x03e8, 0x83ed, 0x83e7, 0x03e2,
    0x83a3, 0x03a6, 0x03ac, 0x83a9, 0x03b8, 0x83bd, 0x83b7, 0x03b2,
    0x0390, 0x8395, 0x839f, 0x039a, 0x838b, 0x038e, 0x0384, 0x8381,
    0x0280, 0x8285, 0x828f, 0x028a, 0x829b, 0x029e, 0x0294, 0x8291,
    0x82b3, 0x02b6, 0x02bc, 0x82b9, 0x02a8, 0x82ad, 0x82a7, 0x02a2,
    0x82e3, 0x02e6, 0x02ec, 0x82e9, 0x02f8, 0x82fd, 0x82f7, 0x02f2,
    0x02d0, 0x82d5, 0x82df, 0x02da, 0x82cb, 0x02ce, 0x02c4, 0x82c1,
    0x8243, 0x0246, 0x024c, 0x8249, 0x0258, 0x825d, 0x8257, 0x0252,
    0x0270, 0x8275, 0x827f, 0x027a, 0x826b, 0x026e, 0x0264, 0x8261,
    0x0220, 0x8225, 0x822f, 0x022a, 0x823b, 0x023e, 0x0234, 0x8231,
    0x8213, 0x0216, 0x021c, 0x8219, 0x0208, 0x820d, 0x8207, 0x0202
};

unsigned short Crc16(unsigned char * pcBlock, unsigned short len)
{
    unsigned short crc = 0x0000;

    while (len--)
        crc = (crc << 8) ^ Crc16Table[(crc >> 8) ^ *pcBlock++];

    return crc;
}

```

5.3.2 Текстовый протокол ASi4

Информация об угловом положении передается через асинхронный последовательный интерфейс RS-485 в виде текстовой ASCII строки с числовым значением от 0 до 16384. Строка оканчивается символами CR LF. Пакеты передаются с периодом 2 миллисекунды (500 Гц).

Скорость передачи интерфейса 230400 бит/сек, 8 бит данных, 1 стоп бит.

5.4 Выходной интерфейс SSI

5.4.1 Вариант SSI7

SSI — это широко используемый последовательный интерфейс между датчиками положения и контроллерами. Он основан на аппаратном стандарте RS-422 и реализует дифференциальный выход для данных и дифференциальный вход для тактирования. (выходы данных и входы тактирования **не имеют** нагрузочных резисторов).

Синхронный интерфейс SSI использует тактовую последовательность от контроллера для инициирования передачи данных о положении от датчика (цикл чтения), при этом последние данные о положении доступны для передачи после завершения каждого цикла чтения SSI. Данные о положении для передачи через интерфейс SSI фиксируются в момент первого спада на линии тактирования CLK и будут обновлены после прекращения тактирования через время T_{mu} . Если интервал T_{mu} отсутствует, данные передаваемые через интерфейс обновляться не будут.

Временная диаграмма показана на рис. 8

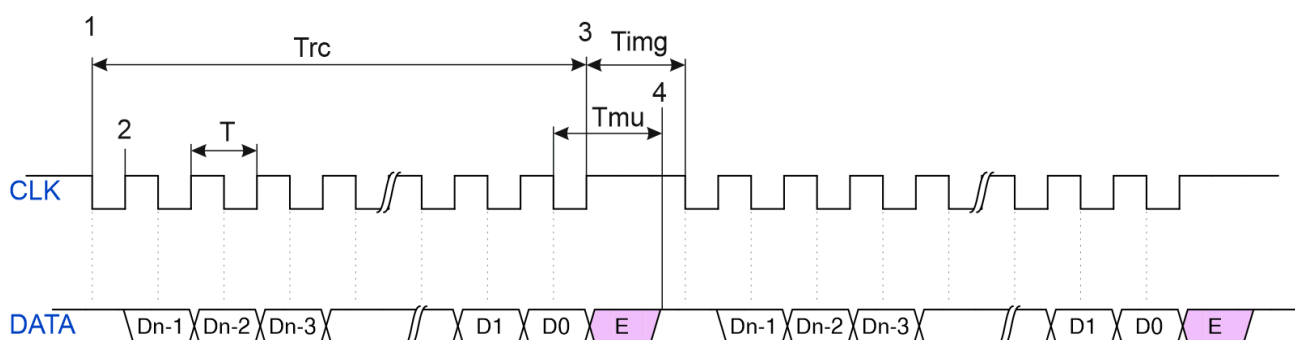


Рис. 8 Временная диаграмма интерфейса SSI

Где:

T: Период тактового сигнала ($1/T =$ от **100 кГц до 2 МГц**).

Trc: Время цикла чтения (Read Cycle Time), определяется как: $Trc = (n \times T) + (0.5 \times T)$

Tmu: Время обновления сообщения (Message Update Time).

- Это время от последнего спадающего фронта тактового сигнала до момента, когда новые данные готовы к передаче.
- **T_{mi} = 20 мкс ± 1 мкс.**
- После этого времени **линия DATA становится HIGH**, указывая на возможность начала нового цикла чтения (Read Cycle).

Timg: Время между сообщениями (Intermessage Gap Time).

- Должно быть **больше, чем T_{mi}**, иначе данные о положении могут быть неопределёнными.

n: Количество бит в сообщении (не включая флаг ошибки).

В состоянии ожидания (Idle state) линии CLOCK и DATA находятся в HIGH.

E - флаг ошибки.

Примечания:

1. Первый спадающий фронт после T_{mi} начинает цикл чтения (Read Cycle) и передачу данных.
2. Каждый фронт тактового сигнала передаёт следующий бит данных сообщения, начиная с **D_{n-1}**.
3. После последнего спада последовательности тактовых сигналов линия данных устанавливается флагом ошибки (если поддерживается) на период **T_{mi} – 0.5xT**.
4. После **T_{mi}** последние данные о положении становятся доступными для передачи в следующем цикле чтения (Read Cycle) .

Структура информационного пакета

Вариант SSI7 (длина пакета 30 бит):

Биты 29-24	-	Всегда "0"
Биты 23-2	PD[21:0]	Двоичные данные положения. Если разрешающая способность устройства меньше 22 бит, то старшие биты (MSBs) этого поля устанавливаются в 0. Младший бит (LSB) этого поля находится в D2. Когда бит «Alarm» равен 1, значение поля PD[21:0] не достоверно.
Бит 1	P	Бит четности (Parity Bit) 0 - означает четное количество единиц в данных (D23 до D2) 1 - означает нечетное количество единиц в данных
Бит 0	A	Признак неисправности изделия (Alarm Bit) 0 - означает нормальную работу 1 - означает состояние ошибки

7. Хранение

Хранение изделия должно осуществляться в упаковке производителя в закрытых помещениях с естественной вентиляцией при температуре окружающего воздуха от -50° до +50°С и относительной влажности не более 80%.

8. Транспортирование

Транспортировка изделия может осуществляться любым видом закрытого транспорта, обеспечивающим предохранение упакованных изделий от механических воздействий и воздействий атмосферных осадков.

9. Утилизация

Для утилизации изделий необходимо обращаться в специализированные организации, имеющие лицензию на переработку отходов электротехнического производства, либо медьсодержащих отходов.

Для утилизации упаковочных материалов необходимо обращаться в специализированные организации.

10. Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует соответствие изделий требованиям безопасности при соблюдении условий хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации.

Гарантийный срок эксплуатации 1 год. Гарантийный срок исчисляются с ввода изделия в эксплуатацию. Срок службы 5 лет.

В случае обнаружения неисправности изделий, необходимо обратиться на завод-изготовитель, по контактной информации, указанной в сопроводительной документации.