

Общество с ограниченной ответственностью

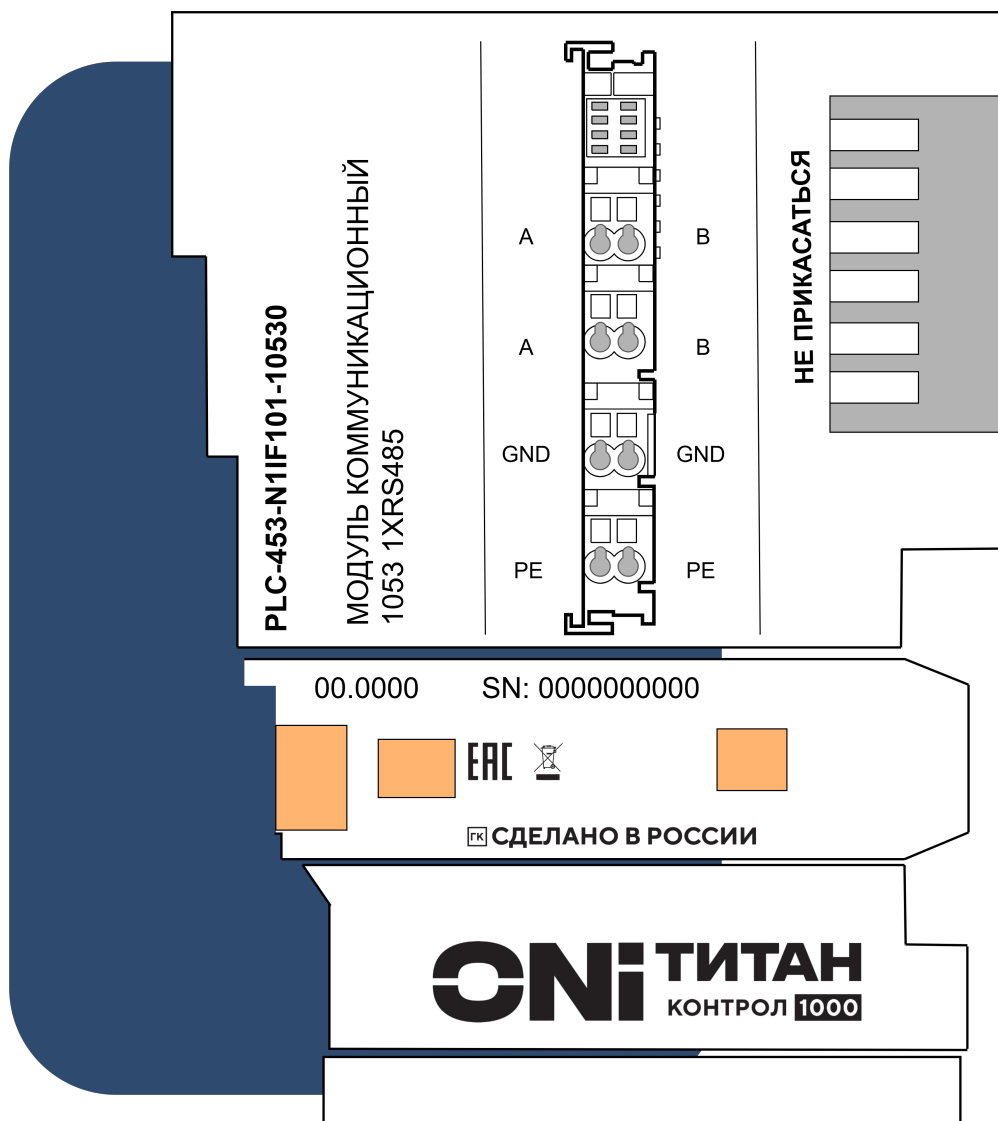
«ГК МФМК»

КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
«ТИТАН КОНТРОЛ 1000»

Модуль коммуникационный N1IF101

Инструкция по настройке и эксплуатации

Листов 68



## **1 Введение**

Настоящий документ предназначен для специалистов, занимающихся подключением, конфигурированием и вводом в эксплуатацию модуля коммуникационного N1IF101, функционирующего по протоколу CANopen.

Модуль N1IF101 предназначен для организации независимого канала связи по интерфейсу RS-485. Модуль не содержит программной логики обработки информации. Он осуществляет физическое подключение внешних устройств. Драйверы протоколов передачи данных по этим каналам функционируют в модуле центрального процессора.

## 2 Начало работы с CANopen

CAN (Controller Area Network) – это промышленная шина, которая используется для обмена данными между электронными устройствами. В ПТК «ТИТАН КОНТРОЛ 1000» по ней общаются ведущий модуль (вычислительный или интерфейсный) и подключаемые к нему модули расширения (N1IF101 – один из них).

Важно:

- Данные передаются в шестнадцатеричном формате (HEX).
- Каждое сообщение имеет идентификатор (COB-ID), который определяет, какому устройству оно адресовано и какой тип данных передаётся.
- Для работы с CANopen используются SDO-сообщения (Service Data Objects) – они позволяют читать и записывать параметры модуля.

Каждое сообщение в CAN-шине называется кадром.

Структура стандартного CAN-кадра SDO-сообщения состоит из следующих элементов:

| can0 605 [8] 4f 01 10 00 01 00 41 05 |                                                   |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Фрагмент кадра                       | Описание                                          |
| can0                                 | Имя CAN-шины                                      |
| 605                                  | COB-ID сообщения (Сумма Function Code + Node ID)  |
| [8]                                  | Количество байт данных в кадре (всегда 8 для SDO) |
| 4f                                   | SDO-команда. Определяет тип операции              |
| 01 10                                | Индекс объекта                                    |
| 00                                   | Подындекс объекта                                 |
| 01 00 41 05                          | Данные                                            |

В CANopen все 16-битные и 32-битные значения передаются в формате Little-Endian (младшим байтом вперёд). Это означает, что при передаче числа

сначала идёт его младший байт, затем байты по возрастанию, а затем – старший.

|                   |        |             |
|-------------------|--------|-------------|
| Индекс в кадре    | 01 10  | 01 00 41 05 |
| Реальное значение | 0x1001 | 0x05410001  |

Ниже более подробно описаны некоторые фрагменты кадра

### COB-ID

COB-ID – это полный идентификатор CAN-кадра, который объединяет в себе Function Code и Node-ID. Формируется по формуле:

|                                                         |
|---------------------------------------------------------|
| $\text{COB-ID} = \text{Function Code} + \text{Node ID}$ |
|---------------------------------------------------------|

Например, если модуль имеет Node-ID = 05, а Function Code для SDO-запроса равен 0x600, то итоговый COB-ID будет равен 0x605 (в формате HEX). Этот идентификатор передаётся в CAN-кадре и позволяет устройствам на шине понять, от кого пришло сообщение, кому оно адресовано и какого типа.

**Node-ID** модуля назначается автоматически в зависимости от порядкового номера его подключения в системе. Например, если модуль подключён пятым по счёту, ему будет присвоен Node-ID = 05.

**Function Code** – это идентификатор типа сообщения в CANopen. Он определяет, какую функцию выполняет передаваемый кадр. Например, все SDO-запросы имеют Function Code = 0x600, а все Heartbeat-сообщения — 0x700. Перечень всех Function Codes приведен в приложении 1.

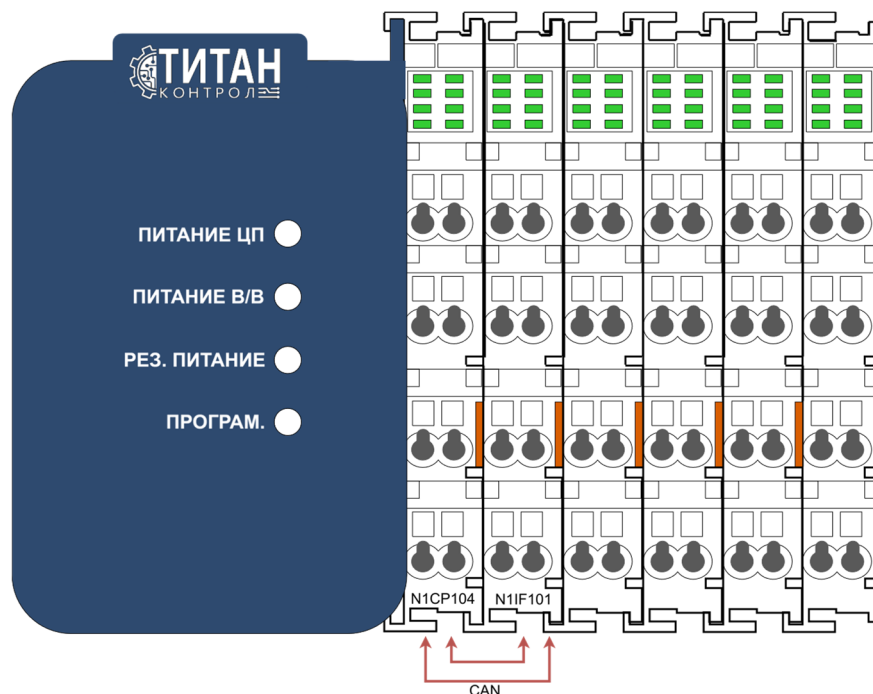
#### 1. SDO-команда

SDO-команда (первый байт) – это код операции, который определяет, что именно делает сообщение.

| Значение | Что означает              |
|----------|---------------------------|
| 0x40     | Запрос на чтение объекта  |
| 0x4F     | Ответ на запись (успешно) |
| 0x60     | Запрос на запись объекта  |
| 0x80     | Ответ с ошибкой           |

### 3 Подключение модуля

Модуль N1IF101 устанавливается на DIN-рейку только в начало корзины вычислительного модуля и не более двух штук. Соединение с вычислительным модулем осуществляется с помощью протокола CANopen.



Процедура установки модуля:

1. Подвести модуль к правой свободной стороне уже собранной части ПТК. Совместить направляющие защелки, расположенные на левой стороне корпуса нового модуля, с ответными пазами на правом торце уже установленного модуля.

2. Опустить модуль на рейку до характерного щелчка, свидетельствующего о зацеплении защелки.

3. Подвести к модулю ЦПУ провода питания и Ethernet.

После завершения сборки необходимо подключиться к вычислительному модулю по SSH:

1. В меню пуск ввести «PowerShell» и выбрать соответствующую программу.
2. Ввести команду: `ssh root@192.168.152.100`
3. Ввести пароль согласно таблице соответствия серийных номеров и паролей вычислительных модулей.

## 4 Работа с шиной can0

В CAN-шине отображаются все сообщения, которыми обмениваются ведущее устройство и модули расширения. Чтобы увидеть этот трафик и начать работу, необходимо подключиться к вычислительному модулю по SSH.

Проверить рабочие ноды на шине возможно следующей командой:

| Команда      | Результат                                    |
|--------------|----------------------------------------------|
| candump can0 | Непрерывный вывод всех сообщений на CAN-шине |

Каждый модуль в рабочем состоянии автоматически отправляет в шину CAN короткие Heartbeat-сообщения по умолчанию один раз в секунду. Если Heartbeat от модуля самопроизвольно перестал приходить — модуль отключился, завис или пропало питание.

Структура Heartbeat-сообщения:

| can0 705 [1] 05 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| Фрагмент кадра  | Описание                       |
| can0            | Имя CAN-шины                   |
| 705             | COB-ID сообщения (Node-ID = 5) |
| [1]             | Количество байт данных в кадре |
| 05              | Данные (Режим работы модуля)   |

Возможные состояния модуля (подробнее см. пункт 6):

| Бит  | Режим работы модуля | Что означает                           |
|------|---------------------|----------------------------------------|
| 0x05 | Operational         | Рабочий режим (обмен данными возможен) |
| 0x7F | Pre-operational     | Режим настройки                        |
| 0x04 | Stopped             | Остановлен                             |

При работе с несколькими модулями на шине поток сообщений может быть большим. Чтобы отфильтровать сообщения только от нужного модуля, используйте команду `grep` вместе с `candump`.

```
# Показать только сообщения от модуля с Node-ID 5
```

```
candump can0 | grep "605\|585\|705\|85"
```

```
# Показать только сообщения от модуля с Node-ID 3
```

```
candump can0 | grep "603\|583\|703\|83"
```

## 5 Как понимать и использовать команды

Все команды в руководстве описаны по одному принципу. Пример:

```
cansend can0 X#40.00.60.01.00.00.00.00
```

где  $X = 600h + \text{Node-ID}$

Команды зависят от того, на каком месте модуль стоит на CAN-шине (т. е. от его Node ID). Одна и та же команда будет выглядеть по-разному для модуля N1IF101 на первой позиции и для модуля N1IF101 на второй.

Чтобы правильно адаптировать команду:

1. Определите Node ID модуля (см. пункт 2 руководства).
2. Переведите Node ID в шестнадцатеричную систему (HEX).

Для Node ID = 5  $\rightarrow$  HEX = 5

Для Node ID = 10  $\rightarrow$  HEX = A

3. Прибавьте полученное значение к указанному в команде. Например:

Для Node ID = 5:  $600 + 5 = 605$

Для Node ID = 10:  $600 + A = 60A$

4. Подставьте результат вместо X в команду.

Для Node ID = 5: `cansend can0 605#40.00.60.01.00.00.00.00`

Для Node ID = 10: `cansend can0 60A#40.00.60.01.00.00.00.00`

## 6 Настройка режима работы

После включения питания модуль N1IF101 автоматически выполняет инициализацию и переходит в состояние Pre-operational. В этом режиме доступны конфигурация устройства через SDO и основные сервисные функции, однако передача PDO-сообщений заблокирована.

Для начала передачи данных необходимо перевести модуль в режим Operational путем отправки команды Start Node (0x01) с указанием Node-ID устройства.

```
cansend can0 000#01.X,  
где X = 00h + Node-ID устройства
```

В ответ устройство раз в секунду будет слать в шину строку:

```
can0 X [1] 05,  
где X = 700h + Node-ID устройства
```

В режиме Operational модуль готов к работе

### Дополнительно

При необходимости модуль может быть возвращен в режим Pre-operational командой:

```
cansend can0 000#80.X,  
где X = 00h + Node-ID устройства
```

В ответ устройство раз в секунду начнет слать в шину строку:

```
can0 X [1] 7F,  
где X = 700h + Node-ID устройства
```

Также модуль может быть переведен в режим Stopped для полной остановки обмена данными:

```
cansend can0 000#02.X,  
где X = 00h + Node-ID устройства
```

В ответ устройство раз в секунду начнет слать в шину строку:

can0 X [1] 04,  
где  $X = 700_h + \text{Node-ID}$  устройства

Полный сброс модуля в состояние инициализации выполняется командой Reset Node (0x81). После этого модуль автоматически переходит в режим Pre-operational.

cansend can0 000#81.X,  
где  $X = 00_h + \text{Node-ID}$  устройства

В ответ устройство один раз отправит сообщение вида:

can0 X [1] 00,  
где  $X = 700_h + \text{Node-ID}$  устройства

И затем начнет слать строку, соответствующую режиму Pre-operational.

Сброс только коммуникационного стека модуля выполняется командой Reset Communication (0x82). После этого модуль автоматически переходит в режим Pre-operational.

cansend can0 000#82.X,  
где  $X = 00_h + \text{Node-ID}$  устройства

В ответ устройство один раз отправит сообщение вида:

can0 X [1] 00,  
где  $X = 700_h + \text{Node-ID}$  устройства

И затем начнет слать строку, соответствующую режиму Pre-operational.

## 7 Обязательные настройки

### Настроить параметры COM-порта (Объект 2002<sub>h</sub>)

Объект 2002<sub>h</sub> COM-Port Config задаёт настройки последовательного порта RS-485 модуля N1IF101.

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                           |
| Назначение            | Скорость передачи (Baudrate)                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                  |
| Значение по умолчанию | 00 C2 01 00                                                                                                 |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.20.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.02.20.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новая скорость передачи |

|                       |                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                     |
| Назначение            | Количество бит данных (Data-bits)                                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                       |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                             |
| Значение по умолчанию | 08                                                                                                    |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.20.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                     |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.20.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID<br>YY = новое количество бит данных |

|                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| Подындекс объекта     | 3                 |
| Назначение            | Чётность (Parity) |
| Доступ                | Чтение и запись   |
| Формат                | UNSIGNED8         |
| Значение по умолчанию | 00                |

|                    |                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Команда для чтения | cansend can0 X#40.02.20.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                                                                                                          |
| Команда для записи | cansend can0 X#2f.02.20.03.00.00.00.00 – нет четности,<br>cansend can0 X#2f.02.20.03.01.00.00.00 – нечетная,<br>cansend can0 X#2f.02.20.03.02.00.00.00 – четная,<br>где X = 600h + Node-ID |

|                       |                                                                                                                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 4                                                                                                                                            |
| Назначение            | Количество стоп-бит                                                                                                                          |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                              |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 01                                                                                                                                           |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.20.04.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                                                            |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.20.04.01.00.00.00 – один стоп-бит,<br>cansend can0 X#2f.02.20.04.02.00.00.00 – два стоп-бита,<br>где X = 600h + Node-ID |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 04                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.20.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## **8 Служебные объекты**

### **RX Data (Объект 2000<sub>h</sub>)**

Объект 2000<sub>h</sub> RX Data является внутренним буфером приёма данных по интерфейсу RS-485. Модуль хранит в данном объекте последние байты, которые пришли на RS-485.

Объект является служебным и недоступен для чтения или записи напрямую через SDO, а также не отображается на PDO. Доступ к данным осуществляется через системный драйвер на уровне прошивки модуля.

### **TX Data (Объект 2001<sub>h</sub>)**

Объект 2001<sub>h</sub> TX Data является внутренним буфером передачи данных по интерфейсу RS-485. Модуль хранит в данном объекте последние байты, которые были переданы по RS-485.

Объект является служебным и недоступен для чтения или записи напрямую через SDO, а также не отображается на PDO. Доступ к данным осуществляется через системный драйвер на уровне прошивки модуля.

## 9 Сохранение и загрузка данных

### Сохранить настройки в память (Объект 1010<sub>h</sub>)

Объект 1010<sub>h</sub> Store parameters сохраняет текущие настройки модуля в энергонезависимую память. После сохранения настройки не сбрасываются при отключении питания.

Сохраняются следующие типы параметров:

- Все измененные пользователем параметры;
- Параметры калибровки.

Для защиты от случайной записи сохранение происходит только при отправке специальной команды-подписи save (в виде строки байт: 65 76 61 73 — символы e, v, a, s).

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                 |
| Назначение            | Сохранить все параметры                                           |
| Доступ                | Чтение и запись                                                   |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 01 00 00 00                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.10.10.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.10.10.01.73.61.76.65,<br>где X = 600h + Node-ID |

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 4                                                                 |
| Назначение            | Сохранить настройки COM-порта                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                   |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 01 00 00 00                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.10.10.04.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.10.10.04.73.61.76.65,<br>где X = 600h + Node-ID |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 04                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.10.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### **Загрузить настройки из памяти (Объект 1011<sub>h</sub>)**

Объект 1011<sub>h</sub> Restore default parameters выгружает сохраненные настройки модуля из энергонезависимой памяти. После сохранения настройки не сбрасываются при отключении питания.

Данный объект не реализован в модуле N1IF101.

## 10 Возможные ошибки

### Определить наличие ошибки прямо сейчас (Объект 1001<sub>h</sub>)

Объект 1001<sub>h</sub> Error register сигнализирует о возникновении ошибки.

Таблица соответствия бита ошибки ее значению представлена ниже.

| Бит | Статус       | Значение                   |
|-----|--------------|----------------------------|
| 0   | Обязательный | Неизвестная ошибка         |
| 1   | Опциональный | Ошибка по току             |
| 2   | Опциональный | Ошибка по напряжению       |
| 3   | Опциональный | Ошибка по температуре      |
| 4   | Опциональный | Ошибка связи               |
| 5   | Опциональный | Ошибка дискретных входов   |
| 6   | Опциональный | Зарезервировано (всегда 0) |

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                 |
| Назначение            | Тип ошибки                                                        |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 00                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## Посмотреть историю ошибок (Объект 1003<sub>h</sub>)

Объект 1003<sub>h</sub> Pre-defined error field хранит историю ошибок, произошедших на устройстве.

Подындекс 0 содержит суммарное количество ошибок, сохраненных в данном объекте. Запись значения «0» в подындекс 0 очищает всю историю ошибок.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Количество произошедших ошибок                                    |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 00                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

Каждая новая ошибка записывается в подындекс 1, а предыдущие сдвигаются вниз по списку, таким образом формируя журнал. В каждом подындексе хранится код произошедшей ошибки. Если подындекс не заполнен данными об ошибке, чтение не выполнится.

|                       |                                                                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1-16                                                                                       |
| Назначение            | Код ошибки                                                                                 |
| Доступ                | Только чтение                                                                              |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                 |
| Значение по умолчанию | —                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.10.YY.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = номер подындкса |

### Узнать ID сообщений об ошибках (Объект 1014<sub>h</sub>)

Объект 1014<sub>h</sub> COB-ID EMCY показывает идентификатор аварийного сообщения (emergency) устройства в сети CANopen. В нем содержится значение COB-ID, которое используется для передачи аварийных сообщений.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Узнать ID сообщений об ошибках                                    |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 80h + Node-ID                                                     |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.14.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## Ограничить частоту отправки сообщений об ошибках (Объект 1015<sub>h</sub>)

Объект 1015<sub>h</sub> Inhibit time EMCY задаёт время (Inhibit Time), ограничивающее частоту отправки аварийных сообщений.

Значение времени должно быть кратно 100 мкс. Запись «0» отключает ограничение частоты.

|                       |                                                                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                        |
| Назначение            | Ограничить частоту отправки EMCY-сообщений                                                               |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                          |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                               |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                    |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.15.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                        |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.15.10.00.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = максимальная частота отправки |

## 11 Информация о модуле

### Определить тип модуля (Объект 1000<sub>h</sub>)

Объект 1000<sub>h</sub> Device type предназначен для идентификации типа устройства и его функциональности.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Узнать тип устройства                                             |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## Определить уникальные характеристики модуля (Объект 1018h)

Объект 1018<sub>h</sub> Identity предназначен для хранения данных о производителе, модели и версии. Структура объекта состоит из нескольких подындексов.

| Подындекс объекта     | 1                                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | ID производителя (Vendor ID)                                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | E8 03 00 00                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.18.10.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

| Подындекс объекта     | 2                                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | Номер модели (Product code)                                       |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 11 00 00 00                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.18.10.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

| Подындекс объекта     | 3                                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | Номер ревизии (Revision number)                                   |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | Индивидуально для каждого модуля                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.18.10.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 4                                                                 |
| Назначение            | Серийный номер (Serial number)                                    |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | Индивидуален для каждого модуля                                   |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.18.10.04.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация о том, сколько информационных полей поддерживает данный модуль.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных информационных полей)             |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 04                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.18.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## 12 Проверка статуса устройства (Heartbeat)

### Настроить частоту отправки heartbeat-сообщения (Объект 1017<sub>h</sub>)

Объект 1017<sub>h</sub> Producer heartbeat time задаёт, как часто модуль будет отправлять в сеть сообщение-оповещение о своем состоянии.

Если записать в объект значение 0, модуль перестанет отправлять heartbeat-сообщения.

|                       |                                                                                                      |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                    |
| Назначение            | Частота отправки heartbeat-сообщения                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                      |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                           |
| Значение по умолчанию | E8 03                                                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.17.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                    |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.17.10.00.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = новая частота отправки |

## Настроить время ожидания heartbeat-сообщения других устройств (Объект 1016<sub>h</sub>)

Объект 1016<sub>h</sub> Consumer heartbeat time задаёт время ожидания этого сигнала от других модулей. Если за указанное время статус активности от соседнего модуля не пришёл, устройство фиксирует ошибку связи — значит, модуль отключился или завис.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Количество отслеживаемых устройств                                |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 08                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.16.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

Значение подындексов 1-8 представляет собой 32-битное число:

|            |                               |                     |
|------------|-------------------------------|---------------------|
| Биты 31-24 | Биты 23-16                    | Бит 15-0            |
| 0          | Node ID отслеживаемого модуля | Время ожидания (мс) |

Полученное двоичное число необходимо перевести в Little-Endian.

|                                         |          |                  |
|-----------------------------------------|----------|------------------|
| Пример записи:                          |          |                  |
| 00000000                                | 00000001 | 0000001111101000 |
| Переводим в Little-Endian → e8 03 01 00 |          |                  |

|                       |                                                                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1–8                                                                                        |
| Назначение            | Отслеживаемые устройства 1-8                                                               |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                            |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                 |
| Значение по умолчанию | 00.00.00.00                                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.16.10.AA.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>AA = номер подындкса |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.16.10.AA.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,                         |

|  |                                                 |
|--|-------------------------------------------------|
|  | AA = номер подындкса,<br>YY.YY.YY.YY = значение |
|--|-------------------------------------------------|

### 13 Настройка обмена данными (SDO-сообщения)

Для обмена данными с другими устройствами модуль использует SDO-каналы:

1. Канал для приема команд и отправки ответов (объект 1200<sub>h</sub>).
2. Канал для отправки команд и приема ответов (объект 1280<sub>h</sub>).

Алгоритм работы с данными объектов 1200<sub>h</sub> и 1280<sub>h</sub> выглядит следующим образом:

| Шаг                               | Пример                              |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Выделить биты данных из CAN-кадра | 02 06 00 00                         |
| Восстановить 32-битное число      | 00 00 06 02                         |
| Перевести в двоичный вид          | 00000000 00000000 00000110 00000010 |

Рассмотрим структуру полученной двоичной строки:

| Бит 31 | Бит 30 | Бит 29 | Бит 28-0                         |
|--------|--------|--------|----------------------------------|
| 0      | 0      | 0      | 00000 00000000 00000110 00000010 |

Бит 31 отвечает за активность канала

| Значение | Состояние               |
|----------|-------------------------|
| 0        | Канал включён, работает |
| 1        | Канал выключен          |

Бит 30 регулирует отправку автоматических PDO-сообщений.

PDO – это способ быстрой передачи данных, при котором модуль отправляет информацию без подтверждения от мастера.

| Значение | Состояние           |
|----------|---------------------|
| 0        | PDO отправляются    |
| 1        | PDO не отправляются |

Бит 29 устанавливает длину COB-ID сообщения.

| Значение | Состояние                    |
|----------|------------------------------|
| 0        | Стандартный 11-битный формат |
| 1        | Расширенный 29-битный формат |

Биты 28-0 задают сам COB-ID.

## Настроить COB-ID для приёма команд (Объект 1200<sub>h</sub>)

Объект 1200<sub>h</sub> SDO server parameter содержит настройки COB-ID каналов, через которые модуль принимает команды и отправляет ответы.

Длина COB-ID установлена стандартной 11-битной.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                 |
| Назначение            | COB-ID для приема команд                                          |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 0x600 + Node-ID                                                   |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.12.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                 |
| Назначение            | COB-ID для отправки ответов                                       |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                        |
| Значение по умолчанию | 0x580 + Node-ID                                                   |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.12.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 02                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.12.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## Настроить COB-ID для отправки команд (Объект 1280<sub>h</sub>)

Объект 1280<sub>h</sub> SDO client parameter содержит настройки COB-ID каналов, через которые модуль отправляет команды другим модулям и принимает ответы.

Длина COB-ID установлена стандартной 11-битной.

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID для приема команд                                                                         |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 80                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.80.12.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.80.12.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID для отправки ответов                                                                      |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 80                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.80.12.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.80.12.02.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                          |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 3                                                                                        |
| Назначение            | Node-ID модуля, которому отправляем команды                                              |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                          |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                |
| Значение по умолчанию | 01                                                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.80.12.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                        |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.80.12.03.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = новый Node-ID |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 03                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.80.12.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## 14 Настройка синхронизации (SYNC-сообщения)

### Задать COB-ID для SYNC (Объект 1005h)

Объект 1005<sub>h</sub> COB-ID SYNC message задаёт COB-ID для SYNC-сообщений и определяет, будет ли устройство само генерировать синхросигналы или только принимать их.

Не все устройства могут быть генераторами SYNC-сообщений. Если ваше устройство не поддерживает эту функцию, попытка включить генерацию вызовет ошибку. Также нельзя менять COB-ID, пока устройство активно генерирует синхросигналы.

Структура объекта представляет собой 32-битное число:

| Бит 31 | Бит 30 | Бит 29 | Бит 28-0                          |
|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| 0      | 0      | 0      | 00000 000000000 00000110 00000010 |

Бит 31 зарезервирован (всегда 0).

Бит 30 регулирует генерацию SYNC-сообщений.

| Значение | Состояние                                              |
|----------|--------------------------------------------------------|
| 0        | Данное устройство ведомое и потребляет SYNC-сообщения. |
| 1        | Данное устройство ведущее и генерирует SYNC-сообщения. |

Бит 29 устанавливает длину COB-ID SYNC-сообщения.

| Значение | Состояние                    |
|----------|------------------------------|
| 0        | Стандартный 11-битный формат |
| 1        | Расширенный 29-битный формат |

Биты 28-0 задают сам COB-ID.

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID для SYNC-сообщений                                                                        |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 80 00 00 00                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.05.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.05.10.00.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

### Задать период отправки SYNC-сообщений (Объект 1006h)

Объект 1006<sub>h</sub> Communication cycle period задает интервал времени (в микросекундах) между двумя последовательными SYNC-сообщениями, которые устройство отправляет в сеть.

Значение «0» указывает на то, что генерация SYNC-сообщений отключена.

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                   |
| Назначение            | Период отправки SYNC-сообщений                                                                      |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                     |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                          |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.06.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                   |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.06.10.00.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = период отправки |

### Задать максимальное время синхронизации (Объект 1007h)

Объект 1007h Synchronous window length задаёт время ожидания (в микросекундах) от отправки SYNC-сигнала до ответных PDO-сообщения от синхронизирующихся устройств. Если ответы не пришли в этот интервал, синхронизация считается просроченной.

Значение «0» означает бесконечное ожидание.

|                       |                                                                                                         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                       |
| Назначение            | Максимальное время синхронизации                                                                        |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                         |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                              |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                             |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.07.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                       |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.07.10.00.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = время ожидания (мс) |

## 15 Настройка счётчика времени (TIME STAMP)

### Настроить счётчик времени (Объект 1012h)

Объект 1012<sub>h</sub> COB-ID time stamp object задаёт COB-ID для TIME-сообщений и определяет, будет ли устройство само генерировать синхросигналы или только принимать их.

TIME STAMP — это счётчик времени для всех модулей в сети с момента старта работы. Все устройства отсчитывают от общего нуля.

Не все устройства могут быть генераторами TIME-сообщений. Если ваше устройство не поддерживает эту функцию, попытка включить генерацию вызовет ошибку. Также нельзя менять COB-ID, пока устройство активно генерирует сигналы.

Структура объекта представляет собой 32-битное число:

| Бит 31 | Бит 30 | Бит 29 | Бит 28-0                          |
|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| 0      | 0      | 0      | 00000 000000000 00000110 00000010 |

Бит 31 регулирует потребление TIME-сообщений.

| Значение | Состояние                                |
|----------|------------------------------------------|
| 0        | Устройство не потребляет TIME-сообщения. |
| 1        | Устройство потребляет TIME-сообщения.    |

Бит 30 регулирует генерацию TIME-сообщений.

| Значение | Состояние                                |
|----------|------------------------------------------|
| 0        | Устройство не генерирует TIME-сообщения. |
| 1        | Устройство генерирует TIME-сообщения.    |

Бит 29 устанавливает длину COB-ID TIME-сообщения.

| Значение | Состояние                    |
|----------|------------------------------|
| 0        | Стандартный 11-битный формат |
| 1        | Расширенный 29-битный формат |

Биты 28-0 задают сам COB-ID.

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID для TIME-сообщений                                                                        |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 00 01 00 00                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.12.10.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.12.10.00.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

## 16 Настройка параметров связи RPDO (1400<sub>h</sub> - 1403<sub>h</sub> и 1600<sub>h</sub> - 1603<sub>h</sub>)

RPDO (Receive Process Data Object) — это канал для приёма данных от мастера. В этом разделе описаны объекты, которые настраивают, по какому адресу модуль слушает RPDO-команды, как часто и при каких условиях он их обрабатывает.

У модуля N1IF101 доступны 4 RPDO-канала и 4 RPDO-маппинга: объекты 1400<sub>h</sub>, 1401<sub>h</sub>, 1402<sub>h</sub>, 1403<sub>h</sub> и 1600<sub>h</sub>, 1601<sub>h</sub>, 1602<sub>h</sub>, 1603<sub>h</sub> соответственно.

Маппинг — это объект, настраивающий, какие именно объекты и их подындексы будут поступать на модуль через RPDO-канал. RPDO-маппинг работает в паре с RPDO-каналом. Номер пары определяется по последней цифре: например, 1401<sub>h</sub> работает с 1601<sub>h</sub>, 1402<sub>h</sub> — с 1602<sub>h</sub> и так далее. Каналы и маппинги идентичны и отличаются друг от друга только номером.

Поскольку все каналы и маппинги устроены одинаково, в этом разделе подробно разобрана работа с парой **1400<sub>h</sub> / 1600<sub>h</sub>**. Остальные пары (1401<sub>h</sub> / 1601<sub>h</sub>, 1402<sub>h</sub> / 1602<sub>h</sub>, 1403<sub>h</sub> / 1603<sub>h</sub>) настраиваются по тому же принципу — команды для них приведены в соответствующих разделах.

## RPDO-канал 1400<sub>h</sub>

RPDO-канал 1400<sub>h</sub> содержит в подындексах следующие параметры:

- COB-ID принимаемого RPDO-сообщения (подындекс 1);
- Тип передачи (подындекс 2);
- Таймер приема регулярных сообщений (подындекс 5);
- Количество параметров (служебный подындекс 0).

Запрещено изменять параметры связи, если RPDO активен.

**COB-ID** представляет собой 32-битное число:

| Бит 31 | Бит 30 | Бит 29 | Бит 28-0                         |
|--------|--------|--------|----------------------------------|
| 0      | 0      | 0      | 00000 00000000 00000110 00000010 |

Бит 31 отвечает за активность канала.

| Значение | Состояние                           |
|----------|-------------------------------------|
| 0        | Канал включён, RPDO обрабатываются. |
| 1        | Канал выключен                      |

Бит 30 зарезервирован, всегда 0.

Бит 29 устанавливает длину COB-ID RPDO-сообщения.

| Значение | Состояние                    |
|----------|------------------------------|
| 0        | Стандартный 11-битный формат |
| 1        | Расширенный 29-битный формат |

Биты 28-0 задают сам COB-ID.

| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | COB-ID RPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 80000200 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.14.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.00.14.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

**Тип передачи** определяет, при каких условиях и как часто устройство обрабатывает принятые (RPDO) данные.

- Тип передачи 0-240: модуль принимает данные при приёме следующего SYNC-сигнала.
- Тип передачи 254-255: модуль принимает данные мгновенно, по их поступлению.

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                |
| Назначение            | Тип передачи                                                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                        |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                               |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.14.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.00.14.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

**Таймер приема регулярных сообщений** определяет, как часто устройство получает регулярные RPDO-сообщения. Значение указывается в микросекундах (мкс).

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                           |
| Назначение            | Таймер приема RPDO-сообщений                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                  |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.14.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.00.14.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между приемом сообщений |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                              |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                   |
| Доступ                | Только чтение                                                  |
| Формат                | UNSIGNED8                                                      |
| Значение по умолчанию | 05                                                             |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.14.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### RPDO-маппинг 1600<sub>h</sub>

В маппинг можно записывать только те объекты, которые допустимо изменять через RPDO (поддерживают запись).

**Важно:** подындекс 1 объекта 1600<sub>h</sub> по умолчанию содержит маппинг объекта 2001<sub>h</sub> (0x20010008). Это обязательная настройка для работы RS-485. Модификация данного значения без необходимости может нарушить функционирование модуля.

Подындекс 0 содержит суммарное количество объектов, задействованных в данном маппинге. Запись значения «0» в подындекс 0 отключает маппинг и разрешает редактировать объект.

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество получаемых объектов                                                                              |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 01                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.16.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                              |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.00.16.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

Каждый объект, получаемый по RPDO, записывается в подындексы 1-8, начиная с первого. В каждом подындексе хранится номер объекта, номер подындекса и длина данных. Общая длина всех объектов в одном RPDO не может превышать 8 байт (64 бита) — это ограничение размера CAN-кадра.

Пример формирования строки объекта, который хотим получить:

| Исходные данные            | Номер объекта | Номер подындекса | Длина данных |
|----------------------------|---------------|------------------|--------------|
|                            | 2001          | 00               | 8            |
| Собираем все в одну строку | 20 01 00 08   |                  |              |
| Переводим в Little-Endian  | 08 00 01 20   |                  |              |

Список объектов, которые можно получать по RPDO:

– Настроить COB-ID для отправки команд 1280<sub>h</sub>

| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | Хранение объектов, получаемых по RPDO                                                                                                  |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                        |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                             |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00 (08 00 01 20 для подындекса 1)                                                                                             |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.16.YY.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = номер подындекса                                            |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.00.16.AA.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>AA = номер подындекса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

### Алгоритм работы с RPDO-парой 1400<sub>h</sub> / 1600<sub>h</sub>

| Шаг                                                                   | Комментарий                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Перевести модуль в режим Pre-operational                              | См. раздел 6 «Настройка режима работы»                          |
| Отключить канал 1400 <sub>h</sub>                                     | См. раздел «RPDO-канал 1400 <sub>h</sub> », подындекс 1         |
| Отключить маппинг 1600 <sub>h</sub>                                   | См. раздел «RPDO-маппинг 1600 <sub>h</sub> »,<br>подындекс 0    |
| Записать в подындексы маппинга объекты, получаемые по RPDO            | См. раздел «RPDO-маппинг 1600 <sub>h</sub> »,<br>подындексы 1-8 |
| Записать в маппинг 1600 <sub>h</sub> количество передаваемых объектов | См. раздел «RPDO-маппинг 1600 <sub>h</sub> »,<br>подындекс 0    |
| Настроить тип передачи                                                | См. раздел «RPDO-канал 1400 <sub>h</sub> », подындекс 2         |
| Настроить таймер получения (при необходимости)                        | См. раздел «RPDO-канал 1400 <sub>h</sub> », подындекс 5         |
| Включить объект 1400 <sub>h</sub>                                     | См. раздел «RPDO-канал 1400 <sub>h</sub> », подындекс 1         |
| Перевести модуль в режим Operational                                  | См. раздел 6 «Настройка режима работы»                          |

**RPDO-канал 1401<sub>h</sub>**

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID RPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 80000300 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.14.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.01.14.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                |
| Назначение            | Тип передачи                                                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                        |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                               |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.14.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.01.14.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                           |
| Назначение            | Таймер приема RPDO-сообщений                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                  |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.14.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.01.14.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между приемом сообщений |

### Дополнительно

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 05                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.14.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### RPDO-маппинг 1601<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество получаемых объектов                                                                              |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.16.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.01.16.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                 |
| Назначение            | Хранение объектов, получаемых по RPDO                                                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                       |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                            |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                           |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.16.YY.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = номер подындкса                                            |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.01.16.AA.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>AA = номер подындкса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

**RPDO-канал 1402<sub>h</sub>**

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID RPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 80000400 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.14.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.02.14.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                |
| Назначение            | Тип передачи                                                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                        |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                               |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.14.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.14.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                           |
| Назначение            | Таймер приема RPDO-сообщений                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                  |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.14.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.02.14.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между приемом сообщений |

### Дополнительно

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 05                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.14.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### RPDO-маппинг 1602<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество получаемых объектов                                                                              |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.16.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.16.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                 |
| Назначение            | Хранение объектов, получаемых по RPDO                                                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                       |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                            |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                           |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.16.YY.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = номер подындкса                                            |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.02.16.AA.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>AA = номер подындкса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

**RPDO-канал 1403<sub>h</sub>**

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID RPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 80000500 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.14.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.03.14.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                                |
| Назначение            | Тип передачи                                                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                        |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                               |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.14.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.14.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                           |
| Назначение            | Таймер приема RPDO-сообщений                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                  |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                       |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.14.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.03.14.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между приемом сообщений |

### Дополнительно

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 05                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.14.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### RPDO-маппинг 1603<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество получаемых объектов                                                                              |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.16.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.16.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                 |
| Назначение            | Хранение объектов, получаемых по RPDO                                                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                       |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                            |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                           |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.16.YY.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = номер подындкса                                            |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.03.16.AA.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>AA = номер подындкса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |



## 17 Настройка параметров связи TPDO (1800<sub>h</sub> - 1803<sub>h</sub> и 1A00<sub>h</sub> – 1A03<sub>h</sub>)

TPDO (Transmit Process Data Object) — это канал для передачи данных от модуля мастеру. В этом разделе описаны объекты, которые настраивают, по какому адресу модуль отправляет TPDO-сообщения, как часто и при каких условиях он их передаёт.

У модуля N1IF101 доступны 4 TPDO-канала и 4 TPDO-маппинга: объекты 1800<sub>h</sub>, 1801<sub>h</sub>, 1802<sub>h</sub>, 1803<sub>h</sub> и 1A00<sub>h</sub>, 1A01<sub>h</sub>, 1A02<sub>h</sub>, 1A03<sub>h</sub> соответственно.

Маппинг — это объект, настраивающий, какие именно объекты и их подындексы будут отправляться модулем через TPDO-канал. TPDO-маппинг работает в паре с TPDO-каналом. Номер пары определяется по последней цифре: например, 1801<sub>h</sub> работает с 1A01<sub>h</sub>, 1802<sub>h</sub> — с 1A02<sub>h</sub> и так далее. Каналы и маппинги идентичны и отличаются друг от друга только номером.

Поскольку все каналы и маппинги устроены одинаково, в этом разделе подробно разобрана работа с парой **1800<sub>h</sub> / 1A00<sub>h</sub>**. Остальные пары (1801<sub>h</sub> / 1A01<sub>h</sub>, 1802<sub>h</sub> / 1A02<sub>h</sub>, 1803<sub>h</sub> / 1A03<sub>h</sub>) настраиваются по тому же принципу, команды для них приведены в соответствующих разделах.

## TPDO-канал 1800<sub>h</sub>

TPDO-канал 1800<sub>h</sub> содержит в подындексах следующие параметры:

- COB-ID отправляемого TPDO-сообщения (подындекс 1);
- Тип передачи (подындекс 2);
- Минимальное время между отправкой TPDO (подындекс 3);
- Event timer (подындекс 5);
- Минимальное количество SYNC-сигналов перед первой отправкой TPDO (подындекс 6);
- Количество параметров (служебный подындекс 0).

Запрещено изменять параметры связи, если TPDO активен.

**COB-ID** представляет собой 32-битное число:

| Бит 31 | Бит 30 | Бит 29 | Бит 28-0                          |
|--------|--------|--------|-----------------------------------|
| 0      | 0      | 0      | 00000 000000000 00000110 00000010 |

Бит 31 отвечает за активность канала.

| Значение | Состояние                           |
|----------|-------------------------------------|
| 0        | Канал включён, TPDO обрабатываются. |
| 1        | Канал выключен                      |

Бит 30 разрешает или запрещает запросы к модулю на передачу данных.

| Значение | Состояние                                    |
|----------|----------------------------------------------|
| 0        | Модуль принимает запросы на отправку данных. |
| 1        | Модуль не принимает запросы.                 |

Бит 29 устанавливает длину COB-ID TPDO-сообщения.

| Значение | Состояние                    |
|----------|------------------------------|
| 0        | Стандартный 11-битный формат |
| 1        | Расширенный 29-битный формат |

Биты 28-0 задают сам COB-ID.

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID TPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 40000180 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.00.18.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

**Тип передачи** определяет, при каких условиях и как часто устройство передаёт TPDO-данные.

- Тип передачи 0: передача данных по SYNC-сигналу, только если данные изменились
- Тип передачи 1 – 240: передача данных каждый N-й SYNC-сигнал (где N = тип передачи)
- Тип передачи 252: передача данных только по запросу мастера (RTR) после следующего SYNC-сигнала
- Тип передачи 253: мгновенная передача данных по запросу мастера (RTR)
- Тип передачи 254-255: передача данных по изменению или по таймеру

|                       |                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                       |
| Назначение            | Тип передачи                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                         |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                               |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                       |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.00.18.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = тип передачи |

**Минимальное время между отправкой TPDO** определяет минимальное время между двумя последовательными отправками TPDO-сообщений. Значение указывается в 100-микросекундных интервалах. Значение «0» отключает ограничение.

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 3                                                                                                             |
| Назначение            | Минимальное время между двумя TPDO-сообщениями                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.00.18.03.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

**Event timer** определяет интервал времени, по истечении которого модуль обязательно отправит TPDO-сообщение, даже если данные не изменились. Значение указывается в микросекундах. Значение «0» отключает ограничение.

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                             |
| Назначение            | Интервал между двумя равными TPDO-сообщениями                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.00.18.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

Минимальное количество SYNC-сигналов (подындекс 6) определяет количество SYNC-сигналов, которое модуль пропускает перед первой отправкой TPDO.

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 6                                                                                                   |
| Назначение            | Количество SYNC-сигналов перед первой отправкой                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                           |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.06.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                   |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.00.18.06.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество SYNC-сигналов |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 06                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.18.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## TPDO-маппинг 1A00<sub>h</sub>

В маппинг можно записывать только те объекты, которые допустимо передавать через TPDO.

**Важно:** подындекс 1 объекта 1A00<sub>h</sub> по умолчанию содержит маппинг объекта 2000<sub>h</sub> (0x20000008). Это обязательная настройка для работы RS-485. Модификация данного значения без необходимости может нарушить функционирование модуля.

Подындекс 0 содержит суммарное количество объектов, задействованных в данном маппинге. Запись значения «0» в подындекс 0 отключает маппинг и разрешает редактировать объект.

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество передаваемых объектов                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 01                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.1A.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.00.1A.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

Каждый объект, передаваемый по TPDO, записывается в подындексы 1-8, начиная с первого. В каждом подындексе хранится номер объекта, номер подындкса и длина данных. Общая длина всех объектов в одном TPDO не может превышать 8 байт (64 бита) — это ограничение размера CAN-кадра.

Пример формирования строки объекта, который хотим передавать:

| Исходные данные            | Номер объекта | Номер подындкса | Длина данных |
|----------------------------|---------------|-----------------|--------------|
|                            | 2000          | 00              | 8            |
| Собираем все в одну строку | 20 00 00 08   |                 |              |
| Переводим в Little-Endian  | 08 00 00 20   |                 |              |

Список объектов, которые можно передавать по TPDO:

- Определить наличие ошибки прямо сейчас 1001<sub>h</sub>
- Настроить COB-ID для приема команд 1200<sub>h</sub>
- Настроить COB-ID для отправки команд 1280<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                 |
| Назначение            | Хранение объектов, отправляемых по TPDO                                                                                               |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                       |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                            |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00 (08 00 00 20 для подындкса 2)                                                                                             |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.00.1A.BB.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындкса для чтения                                 |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.00.1A.BB.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындкса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

### Алгоритм работы с TPDO-парой 1800<sub>h</sub> / 1A00<sub>h</sub>

|                                                                       |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Шаг                                                                   | Комментарий                                                     |
| Перевести модуль в режим Pre-operational                              | См. раздел 6 «Настройка режима работы»                          |
| Отключить канал 1800 <sub>h</sub>                                     | См. раздел «TPDO-канал 1800 <sub>h</sub> », подындекс 1         |
| Отключить маппинг 1A00 <sub>h</sub>                                   | См. раздел «TPDO-маппинг 1A00 <sub>h</sub> »,<br>подындекс 0    |
| Записать в подындексы маппинга объекты, отправляемые по TPDO          | См. раздел «TPDO-маппинг 1A00 <sub>h</sub> »,<br>подындексы 1-8 |
| Записать в маппинг 1A00 <sub>h</sub> количество передаваемых объектов | См. раздел «TPDO-маппинг 1A00 <sub>h</sub> »,<br>подындекс 0    |
| Настроить тип передачи                                                | См. раздел «TPDO-канал 1800 <sub>h</sub> », подындекс 2         |
| Настроить Event timer (при необходимости)                             | См. раздел «TPDO-канал 1800 <sub>h</sub> », подындекс 5         |
| Настроить Inhibit time (при необходимости)                            | См. раздел «TPDO-канал 1800 <sub>h</sub> », подындекс 3         |

|                                                |                                            |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Настроить Sync start value (при необходимости) | См. раздел «TPDO-канал 1800h», подындекс 6 |
| Включить объект 1800h                          | См. раздел «TPDO-канал 1800h», подындекс 1 |
| Перевести модуль в режим Operational           | См. раздел 6 «Настройка режима работы»     |

### TPDO-канал 1801h

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID TPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 40000280h + Node-ID                                                                              |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.01.18.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                       |
| Назначение            | Тип передачи                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                         |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                               |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                       |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.01.18.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = тип передачи |

|                   |                                                |
|-------------------|------------------------------------------------|
| Подындекс объекта | 3                                              |
| Назначение        | Минимальное время между двумя TPDO-сообщениями |
| Доступ            | Чтение и запись                                |
| Формат            | UNSIGNED16                                     |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.01.18.03.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                             |
| Назначение            | Интервал между двумя равными TPDO-сообщениями                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.01.18.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 6                                                                                                   |
| Назначение            | Количество SYNC-сигналов перед первой отправкой                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                           |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.06.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                   |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.01.18.06.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество SYNC-сигналов |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                   |   |
|-------------------|---|
| Подындекс объекта | 0 |
|-------------------|---|

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындеков)                       |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 06                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.18.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

### TPDO-маппинг 1A01<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество передаваемых объектов                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.1A.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.01.1A.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                  |
| Назначение            | Хранение объектов, отправляемых по TPDO                                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                        |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                             |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                            |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.01.1A.BB.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для чтения                                 |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.01.1A.BB.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

**TPDO-канал 1802<sub>h</sub>**

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID TPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 40000380 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.02.18.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                       |
| Назначение            | Тип передачи                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                         |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                               |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                       |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.18.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = тип передачи |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 3                                                                                                             |
| Назначение            | Минимальное время между двумя TPDO-сообщениями                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.02.18.03.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                             |
| Назначение            | Интервал между двумя равными TPDO-сообщениями                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.02.18.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 6                                                                                                   |
| Назначение            | Количество SYNC-сигналов перед первой отправкой                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                           |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.06.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                   |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.18.06.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество SYNC-сигналов |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 06                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.18.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## TPDO-маппинг 1A02<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество передаваемых объектов                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.1A.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.02.1A.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                  |
| Назначение            | Хранение объектов, отправляемых по TPDO                                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                        |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                             |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                            |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.02.1A.BB.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для чтения                                 |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.02.1A.BB.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

**TPDO-канал 1803<sub>h</sub>**

|                       |                                                                                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1                                                                                                |
| Назначение            | COB-ID TPDO-сообщения                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                  |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                       |
| Значение по умолчанию | 40000480 <sub>h</sub> + Node-ID                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.01.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.03.18.01.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY.YY.YY = новый COB-ID |

|                       |                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 2                                                                                       |
| Назначение            | Тип передачи                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                         |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                               |
| Значение по умолчанию | FE                                                                                      |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.02.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                       |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.18.02.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = тип передачи |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 3                                                                                                             |
| Назначение            | Минимальное время между двумя TPDO-сообщениями                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.03.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.03.18.03.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 5                                                                                                             |
| Назначение            | Интервал между двумя равными TPDO-сообщениями                                                                 |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                               |
| Формат                | UNSIGNED16                                                                                                    |
| Значение по умолчанию | 00 00                                                                                                         |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.05.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                             |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2b.03.18.05.YY.YY.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY.YY = время между отправкой сообщений |

|                       |                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 6                                                                                                   |
| Назначение            | Количество SYNC-сигналов перед первой отправкой                                                     |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                           |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                  |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.06.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                   |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.18.06.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество SYNC-сигналов |

### Дополнительно

В этом же объекте хранится информация, сколько подындексов поддерживает данный объект.

|                       |                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                 |
| Назначение            | Служебный (количество доступных подындексов)                      |
| Доступ                | Только чтение                                                     |
| Формат                | UNSIGNED8                                                         |
| Значение по умолчанию | 06                                                                |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.18.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID |

## TPDO-маппинг 1A03<sub>h</sub>

|                       |                                                                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 0                                                                                                           |
| Назначение            | Количество передаваемых объектов                                                                            |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                             |
| Формат                | UNSIGNED8                                                                                                   |
| Значение по умолчанию | 00                                                                                                          |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.1A.00.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID                                           |
| Команда для записи    | cansend can0 X#2f.03.1A.00.YY.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>YY = количество передаваемых объектов |

|                       |                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подындекс объекта     | 1 – 8                                                                                                                                  |
| Назначение            | Хранение объектов, отправляемых по TPDO                                                                                                |
| Доступ                | Чтение и запись                                                                                                                        |
| Формат                | UNSIGNED32                                                                                                                             |
| Значение по умолчанию | 00 00 00 00                                                                                                                            |
| Команда для чтения    | cansend can0 X#40.03.1A.BB.00.00.00.00,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для чтения                                 |
| Команда для записи    | cansend can0 X#23.03.1A.BB.YY.YY.YY.YY,<br>где X = 600h + Node-ID,<br>BB = номер подындекса для записи<br>YY.YY.YY.YY = строка объекта |

### **3 Ссылки на используемые стандарты**

- CiA 301 CANopen application layer and communication profile

Определяет базовые коммуникационные механизмы CANopen, включая SDO, PDO, NMT, SYNC, HEARTBEAT, объектный словарь и структуру EDS/DCF-файлов.

- CiA 401 CANopen device profile for generic I/O modules

Описывает типовые объекты, поведение и структуру для модулей дискретного и аналогового ввода/вывода. Предоставляет стандартизированную модель объектного словаря для I/O-модулей.

## Приложение А

Технические характеристики микроконтроллеров, входящих в состав модулей, представлены в таблице А1.

Таблица А1 – Технические характеристики микроконтроллеров

| Характеристика                                  | Значение                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Процессор                                       | Не ниже ARM ® Cortex ® -M4                                                                                                           |
| Разрядность                                     | 32-разрядное процессорное ядро                                                                                                       |
| Рабочая частота, МГц                            | Не ниже 100                                                                                                                          |
| Системный таймер                                | 24-разрядный                                                                                                                         |
| Встроенная память, Мбайт, не менее              | 3                                                                                                                                    |
| Аналого-цифровой преобразователь                | Есть                                                                                                                                 |
| Разрешение АЦП, бит                             | 12                                                                                                                                   |
| Диапазон входного напряжения АЦП,<br>В          | 2,6–3,6                                                                                                                              |
| Датчик температуры                              | Есть                                                                                                                                 |
| Цифроаналоговый преобразователь<br>(ЦАП)        | Есть                                                                                                                                 |
| Разрешение ЦАП, бит                             | 12                                                                                                                                   |
| Входы-выходы общего назначения,<br>шт, не менее | 100                                                                                                                                  |
| Внешних линий прерывания                        | 16                                                                                                                                   |
| Таймеры                                         | Два 16-разрядных расширенных таймера,<br>десять 16-разрядных общих таймеров                                                          |
| Независимые ШИМ каналы, шт                      | 4                                                                                                                                    |
| Контроллер интерфейса энкодера                  | Да, с двумя входами, использующими<br>квадратурный декодер                                                                           |
| Сторожевой таймер, шт                           | 2                                                                                                                                    |
| Часы реального времени (RTC)                    | 32-разрядный счетчик с программируемым 20-<br>разрядным прескалером, функцией<br>сигнализации и функцией прерывания и<br>пробуждения |

# Окончание таблицы А1

| Характеристика                                                                    | Значение                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Интерфейс I2C                                                                     | Не менее 2-х интерфейсов шины I2C, с поддержкой как ведущего, так и ведомого режима, с частотой до 1 МГц                                                                               |
| Последовательный периферийный интерфейс (SPI)                                     | Не менее 2-х интерфейсов SPI с частотой до 30 МГц и поддержкой как ведущего, так и ведомого режимов, аппаратного расчета CRC и автоматической проверкой ошибок CRC при передаче данных |
| Универсальный синхронный асинхронный приемник-передатчик (USART)                  | Не менее 2-х                                                                                                                                                                           |
| Полноскоростной интерфейс устройства с универсальной последовательной шиной (USB) | Один с частотой до 12 Мбит/с, внутренним генератором 48 МГц, поддерживающим работу без кристаллов                                                                                      |
| Локальная сеть контроллера (CAN)                                                  | Один интерфейс CAN 2.0 В с частотой связи до 1 Мбит/с                                                                                                                                  |
| Защищенный интерфейс платы цифрового ввода-вывода (SDIO)                          | Поддержка хост-интерфейса SD2.0/SDIO2.0/MMC4.2                                                                                                                                         |
| Контроллер внешней памяти (EMC)                                                   | SRAM, SRAM-накопитель, ROM и NOR-Flash, NAND-флэш-память, 16-битная шина данных                                                                                                        |
| Режим отладки                                                                     | Последовательный проводной порт отладки JTAG (SWJ-DP)                                                                                                                                  |

## Приложение Б. Перечень Function Code

| Function Code | Диапазон COB-ID | Тип сообщения   | Назначение                                                                             |
|---------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 0x000         | 0x000           | NMT             | Управление состоянием узлов (запуск, останов, сброс). Глобальный, не содержит Node ID. |
| 0x080         | 0x080           | SYNC            | Синхронизация PDO-передач. Глобальный, не содержит Node ID.                            |
| 0x080         | 0x081 – 0x0FF   | EMCY            | Сообщения об ошибках. Содержит Node ID.                                                |
| 0x100         | 0x100 – 0x17F   | TIME STAMP      | Метка времени (опционально).                                                           |
| 0x180         | 0x181 – 0x1FF   | PDO1 Tx         | Первый канал передачи оперативных данных (от узла).                                    |
| 0x200         | 0x201 – 0x27F   | PDO1 Rx         | Первый канал приёма оперативных данных (к узлу).                                       |
| 0x280         | 0x281 – 0x2FF   | PDO2 Tx         | Второй канал передачи оперативных данных.                                              |
| 0x300         | 0x301 – 0x37F   | PDO2 Rx         | Второй канал приёма оперативных данных.                                                |
| 0x380         | 0x381 – 0x3FF   | PDO3 Tx         | Третий канал передачи оперативных данных.                                              |
| 0x400         | 0x401 – 0x47F   | PDO3 Rx         | Третий канал приёма оперативных данных.                                                |
| 0x480         | 0x481 – 0x4FF   | PDO4 Tx         | Четвёртый канал передачи оперативных данных.                                           |
| 0x500         | 0x501 – 0x57F   | PDO4 Rx         | Четвёртый канал приёма оперативных данных.                                             |
| 0x580         | 0x581 – 0x5FF   | SDO Tx          | SDO-ответы (от узла к мастеру).                                                        |
| 0x600         | 0x601 – 0x67F   | SDO Rx          | SDO-запросы (от мастера к узлу).                                                       |
| 0x700         | 0x701 – 0x77F   | Heartbeat       | Мониторинг состояния узла (сердцебиение).                                              |
| 0x780         | 0x780 – 0x7FF   | Зарезервировано | Для расширенных функций (например, NMT-контроль).                                      |