

# **Общие подсистемы CANopen устройств**

Техническое описание

Москва, 2022

# Оглавление

<b>1. Основные соглашения и характеристики.....</b>	<b>4</b>
1.1 Принятые сокращения.....	4
1.2 Наименование основных типов данных.....	5
1.3 Прочие соглашения.....	5
1.4 Обновление терминологии.....	5
<b>2. Структура объектного словаря CANopen.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Коммуникационный профиль CANopen.....</b>	<b>11</b>
3.1 Параметры CANopen сети.....	11
3.2 Поддерживаемые CANopen протоколы.....	11
3.3 Объекты профиля CiA 301.....	12
3.4 Дополнительные объекты CANopen профиля.....	24
3.4.1 CANopen объекты.....	24
3.4.2 Ethernet и TCP/IP объекты.....	25
3.5 Обработка CANopen NMT команд.....	26
3.6 Использование нескольких CAN сетей.....	26
3.6.1 Режим «холодного» резервирования.....	27
<b>4. Профиль ModBus.....</b>	<b>28</b>
4.1 Поддерживаемые функции ModBus.....	28
4.2 Представление данных.....	28
4.3 Коммуникационный профиль ModBus.....	29
4.4 Доступ к объектному словарю CANopen.....	29
4.4.1 CANopen объекты фиксированного размера.....	29
4.4.2 CANopen объекты переменного размера.....	31
<b>5. Криптографический модуль.....</b>	<b>33</b>
5.1 Формат криптокоманд.....	33
5.1.1 Коды команд.....	33
5.1.2 Объекты криптографического модуля.....	34
5.1.3 Группы сохраняемых параметров.....	34
5.1.4 Группы загружаемых параметров.....	35
5.2 Криптографическая хэш-функция.....	35
5.3 Система криптографических параметров.....	35
5.4 Генерация криптографических параметров.....	35
<b>6. Передача файлов.....</b>	<b>37</b>
6.1 Статусы передачи файла.....	37
6.2 Дополнительные коды ошибок EMCY.....	38
<b>7. Сохранение параметров в энергонезависимой памяти.....</b>	<b>39</b>
7.1 Форматы сохранения параметров.....	39
<b>8. CANopen загрузчик.....</b>	<b>40</b>
8.1 Формат файлов загрузчика.....	41
8.2 CANopen протоколы поддерживаемые загрузчиком.....	41
8.3 Объектный словарь CANopen загрузчика.....	42
8.4 Прикладной профиль загрузчика.....	43
8.5 Коды команд загрузчика.....	44
8.6 Дополнительные коды ошибок EMCY загрузчика.....	45
<b>9. Мастер CANopen загрузчика.....</b>	<b>46</b>
9.1 Интерактивный мастер загрузки.....	46
9.2 Автономный мастер загрузки.....	48
9.2.1 Конфигурационный файл Update_Config.cfg.....	48
<b>10. Коды ошибок CANopen.....</b>	<b>50</b>

10.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код).....	50
10.2 Коды ошибок объекта EMCY.....	51
<b>11. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов.....</b>	<b>53</b>
11.1 Широковещательные объекты.....	53
11.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer).....	53
11.3 Прочие объекты.....	54
11.4 Идентификаторы ограниченного использования.....	54

## 1. Основные соглашения и характеристики

Общие подсистемы CANopen устройств включают в себя:

1. Базу данных устройства на основе объектного словаря CANopen.
2. Коммуникационную подсистему CAN / CANopen.
3. Коммуникационную подсистему ModBus / TCP.
4. Подсистему сохранения параметров в энергонезависимой памяти.
5. Криптографический модуль.
6. CANopen модуль передачи массивов данных (файлов).
7. CANopen загрузчик.

Коммуникационный профиль и объектный словарь CANopen реализованы на основе стандартов:

- CiA 301** v. 4.2 Спецификация прикладного уровня и коммуникационного профиля CAN, определяющая функциональность CANopen устройств.
- CiA 303 ч. 3** v. 1.4 Проектные рекомендации по использованию светодиодов.
- CiA 306** v. 1.3 Формат и содержимое электронных спецификаций (EDS, DCF), применяемых в конфигурационном инструментарии.

Криптографический модуль реализован на основе стандарта:

- ГОСТ 34.12-2015** Криптографическая защита информации. Блочные шифры. Блочный шифр «Магма».

### 1.1 Принятые сокращения

<b>CiA</b>	Международная организация CAN in Automation - "CAN в автоматизации".
<b>CAN-ID</b>	Идентификатор CAN кадра канального уровня.
<b>COB-ID</b>	Идентификатор коммуникационного объекта CANopen.
<b>NMT</b>	Сетевой менеджер: определяет объекты управления CANopen сетью.
<b>PDO</b>	Объект данных процесса; обеспечивает обмен компактными данными (до 8 байт) в режиме жесткого реального времени.
<b>RTR</b>	Удаленный запрос объекта.
<b>SDO</b>	Сервисный объект данных; обеспечивает обмен большими объемами данных в режиме мягкого реального времени.
<b>EDS</b>	Файл электронной спецификации устройства.
<b>DCF</b>	Файл описания конфигурации устройства.
<b>LSB</b>	Наименее значимый (младший) бит или байт.
<b>MSB</b>	Наиболее значимый (старший) бит или байт.
<b>RO</b>	Доступ только по чтению.
<b>WO</b>	Доступ только по записи.
<b>RW</b>	Доступ по чтению и записи.

<b>RWR</b>	Доступ по чтению и записи, асинхронный доступ по чтению (для PDO).
<b>RWW</b>	Доступ по чтению и записи, асинхронный доступ по записи (для PDO).
<b>MB</b>	ModBus
<b>DI</b>	Дискретные входы (ModBus)
<b>INR</b>	Регистры ввода (ModBus)
<b>HDR</b>	Регистры хранения (ModBus)

## 1.2 Наименование основных типов данных

<b>boolean</b>	Логическое значение false / true.
<b>integer8</b>	Целое 8 бит со знаком.
<b>unsigned8</b>	Без-знаковое целое 8 бит.
<b>integer16</b>	Целое 16 бит со знаком.
<b>unsigned16</b>	Без-знаковое целое 16 бит.
<b>integer32</b>	Целое 32 бита со знаком.
<b>unsigned32</b>	Без-знаковое целое 32 бита.
<b>integer64</b>	Целое 64 бита со знаком.
<b>unsigned64</b>	Без-знаковое целое 64 бита.
<b>real32</b>	32-х разрядное с плавающей точкой.
<b>real64</b>	64-х разрядное с плавающей точкой.
<b>vis-string</b>	Строка видимых ASCII символов (коды 0 и 20 <sub>h</sub> ..7E <sub>h</sub> ).
<b>octet-string</b>	Байтовая строка (коды 0..255).

## 1.3 Прочие соглашения

1. Размер байта данных составляет 8 (восемь) бит.
2. Наименее значимый (младший) байт данных любого стандартного типа размещается по меньшему адресу (little-endian).
3. Шестнадцатеричный формат данных всегда указывается явно (h, hex). При отсутствии указания hex число представлено в десятичном формате. Этот формат может быть также указан явно (d, dec).
4. Индексы и субиндексы объектного словаря CANopen указываются в шестнадцатеричном виде (hex).
5. Объекты CANopen записываются в формате 1234<sub>h</sub>sub1<sub>h</sub> или 1234<sub>h</sub> с указанием индекса и субиндекса объектного словаря.
6. Объекты ModBus записываются в формате HDR\_1234<sub>h</sub> с указанием кода таблицы и адреса элемента.

## 1.4 Обновление терминологии

Международные организации CAN in Automation и Society of Automotive Engineers приняли совместное решение использовать термины “commander” вместо “master” и “responder” вместо “slave”. Переход к обновленной терминологии будет осуществляться по мере внесения правок в документацию.

Оригинальное сообщение на английском языке, декабрь 2020 г:

«

CiA and SAE have decided to use “commander” and “responder” instead of “master” respectively “slave” in combination with “network”, “device”, and “node”. Both organizations are committed to use inclusive language in their specifications.

»

## 2. Структура объектного словаря CANopen

В таблице приведена общая структура словаря коммуникационных и системных объектов.

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Тип или диапазон данных	Тип доступа	PDO	Сохранение
0002	-	Объект определения типа integer8 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer8	RWR RWW	да	---
0003	-	Объект определения типа integer16 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer16	RWR RWW	да	---
0004	-	Объект определения типа integer32 Используется в качестве объекта заполнения PDO	integer32	RWR RWW	да	---
0005	-	Объект определения типа unsigned8 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned8	RWR RWW	да	---
0006	-	Объект определения типа unsigned16 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned16	RWR RWW	да	---
0007	-	Объект определения типа unsigned32 Используется в качестве объекта заполнения PDO	unsigned32	RWR RWW	да	---
1000	-	Тип устройства	unsigned32	RO	-	-
1001	-	Регистр ошибок	unsigned8	RO	да	-
1002	-	Регистр статуса от производителя устройства	unsigned32	RO	да	-
1003	---	Список предопределенных ошибок	массив	---	---	---
1003	0	Число зарегистрированных ошибок	0-8	RW	-	-
1003	1-8	Поле описания ошибки	unsigned32	RO	-	-
1005	-	COB-ID объекта синхронизации SYNC	unsigned32	RW	-	-
1006	-	Период объекта синхронизации в микросекундах	unsigned32	RW	-	-
1007	-	Окно синхронизации в микросекундах	unsigned32	RW	-	-
1008	-	Название устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
1009	-	Версия «железа» устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
100A	-	Версия программного обеспечения устройства от производителя	vis-string	RO	-	-
100C	-	Охранное время в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
100D	-	Множитель времени жизни	unsigned8	RW	-	-
1010	---	Сохранение параметров в энергонезависимой памяти	массив	---	---	---
1010	0	Максимальный субиндекс	31	RO	-	-
1010	1	Нет сохранения всех параметров	unsigned32	RW	-	-
1010	2	Нет сохранения коммуникационных параметров	unsigned32	RW	-	-
1010	3	Сохранить параметры приложения	unsigned32	RW	-	-
1010	4	---	unsigned32	RW	-	-
1010	5	Сохранить номер CAN узла устройства из объекта 2110 <sub>h</sub>	unsigned32	RW	-	-
1010	6	Сохранить индекс битовой скорости из объекта 2111 <sub>h</sub>	unsigned32	RW	-	-
1010	7	Сохранить Ethernet и TCP параметры устройства	unsigned32	RW	-	-
1010	10-1F	Сохранить прикладные параметры групп 1-16	unsigned32	RW	-	-
1011	---	Восстановление значений параметров по умолчанию	массив	---	---	---
1011	0	Максимальный субиндекс	31	RO	-	-
1011	1	Нет восстановления значения параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	2	Нет восстановления значения параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	3	Восстановить значения параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	4	Нет восстановления значения параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	5	Восстановить номер CAN узла по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	6	Восстановить индекс битовой скорости по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	7	Восстановить значения параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	10-1F	Загрузить прикладные параметры групп 1-16 Поведение объектов не соответствует CiA 301	unsigned32	RW	-	-
1012	-	COB-ID объекта временной метки TIME	unsigned32	RW	-	-
1014	-	COB-ID объекта EMCY	unsigned32	RW	-	-
1015	-	Время подавления посылок EMCY, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1017	-	Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик)	unsigned16	RW	-	-
1018	---	Объект идентификации устройства	запись	---	---	---
1018	0	Максимальный субиндекс	4	RO	-	-

Общие подсистемы CANopen устройств. 23 января 2022 г.

1018	1	Уникальный код, присвоенный производителю устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	2	Код изделия, задаваемый производителем устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	3	Версия устройства, задаваемая производителем	unsigned32	RO	-	-
1018	4	Серийный номер устройства, задаваемый производителем	unsigned32	RO	-	-
1019	-	Значение переполнения SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
1029	---	Поведение CAN устройства при возникновении ошибок	массив	---	---	---
1029	0	Число классов ошибок	1	RO	-	-
1029	1	Поведение при коммуникационной ошибке	unsigned8	RW	-	-
11F0	---	Параметры CAN сетей	массив	---	---	---
11F0	0	Максимальный субиндекс	4	RO	-	-
11F0	1	Битовая маска физических CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	2	Битовая маска свободных CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	3	Битовая маска рабочих CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	4	Номер активной CAN сети (0-7)	unsigned8	RO	-	-
1200	---	SDO параметры сервера	запись	---	---	---
1200	0	Максимальный субиндекс SDO параметра	2	RO	-	-
1200	1	COB-ID от Клиента —> Серверу (прием)	unsigned32	RO	-	-
1200	2	COB-ID от Сервера —> Клиенту (передача)	unsigned32	RO	-	-
1400	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 1 (RPDO 1)	запись	---	---	---
1400	0	Максимальный субиндекс RPDO параметра	5	RO	-	-
1400	1	COB-ID RPDO 1	unsigned32	RW	-	-
1400	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	-
1400	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1400	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1400	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1401	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 2 (RPDO 2)	запись	---	---	---
1401	0	Максимальный субиндекс RPDO параметра	5	RO	-	-
1401	1	COB-ID RPDO 2	unsigned32	RW	-	-
1401	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	-
1401	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1401	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1401	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1402	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 3 (RPDO 3)	запись	---	---	---
1402	0	Максимальный субиндекс RPDO параметра	5	RO	-	-
1402	1	COB-ID RPDO 3	unsigned32	RW	-	-
1402	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	-
1402	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1402	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1402	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1403	---	Коммуникационные параметры принимаемого PDO 4 (RPDO 4)	запись	---	---	---
1403	0	Максимальный субиндекс RPDO параметра	5	RO	-	-
1403	1	COB-ID RPDO 4	unsigned32	RW	-	-
1403	2	Тип передачи RPDO	unsigned8	RW	-	-
1403	3	Время подавления PDO посылок. Не используется для RPDO.	unsigned16	RW	-	-
1403	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1403	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1600	---	Параметры отображения RPDO 1	запись	---	---	---
1600	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1600	1-8	Отображаемые в RPDO 1 объекты	unsigned32	RW	-	-
1601	---	Параметры отображения RPDO 2	запись	---	---	---
1601	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1601	1-8	Отображаемые в RPDO 2 объекты	unsigned32	RW	-	-
1602	---	Параметры отображения RPDO 3	запись	---	---	---
1602	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1602	1-8	Отображаемые в RPDO 3 объекты	unsigned32	RW	-	-
1603	---	Параметры отображения RPDO 4	запись	---	---	---
1603	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1603	1-8	Отображаемые в RPDO 4 объекты	unsigned32	RW	-	-



Общие подсистемы CANopen устройств. 23 января 2022 г.

<b>1800</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 1 (TPDO 1)	запись	---	---	---
1800	0	Максимальный субиндекс TPDO параметра	6	RO	-	-
1800	1	COB-ID TPDO 1	unsigned32	RW	-	-
1800	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	-
1800	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1800	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1800	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1800	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
<b>1801</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 2 (TPDO 2)	запись	---	---	---
1801	0	Максимальный субиндекс TPDO параметра	6	RO	-	-
1801	1	COB-ID TPDO 2	unsigned32	RW	-	-
1801	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	-
1801	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1801	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1801	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1801	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
<b>1802</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 3 (TPDO3)	запись	---	---	---
1802	0	Максимальный субиндекс TPDO параметра	6	RO	-	-
1802	1	COB-ID TPDO3	unsigned32	RW	-	-
1802	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	-
1802	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1802	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1802	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1802	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
<b>1803</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 4 (TPDO 4)	запись	---	---	---
1803	0	Максимальный субиндекс TPDO параметра	6	RO	-	-
1803	1	COB-ID TPDO 4	unsigned32	RW	-	-
1803	2	Тип передачи TPDO	unsigned8	RW	-	-
1803	3	Время подавления PDO посылок, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1803	4	Зарезервирован для совместимости	unsigned8	RW	-	-
1803	5	Таймер события в миллисекундах	unsigned16	RW	-	-
1803	6	Стартовое значение SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
<b>1A00</b>	---	Параметр отображения TPDO 1	запись	---	---	---
1A00	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1A00	1-8	Отображаемые в TPDO 1 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1A01</b>	---	Параметр отображения TPDO 2	запись	---	---	---
1A01	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1A01	1-8	Отображаемые в TPDO 2 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1A02</b>	---	Параметр отображения TPDO 3	запись	---	---	---
1A02	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1A02	1-8	Отображаемые в TPDO 3 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1A03</b>	---	Параметр отображения TPDO 4	запись	---	---	---
1A03	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1A03	1-8	Отображаемые в TPDO 4 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>2000</b>	---	Аппаратная конфигурация устройства	запись	---	---	---
2000	0	Число конфигурационных параметров	1..64	RO	-	-
2000	1-64	Конфигурационные параметры	unsigned8	RO	-	-
<b>2030</b>	-	Длительность сторожевого таймера, мС	unsigned16	RW	-	-
<b>2031</b>	-	Сторожевой таймер трафика TIME	массив	---	---	---
2031	0	Число параметров сторожевого таймера TIME	2	RO	-	-
2031	1	Тайм-аут трафика TIME, мС	unsigned16	RW	-	-
2031	2	Разрешение работы сторожевого таймера TIME	unsigned16	RW	-	-
<b>2040</b>	-	Код безопасного NMT режима	unsigned8	RW	-	-
<b>2110</b>	-	Номер CAN узла для сохранения в энергонезависимой памяти	unsigned8	RW	-	sub5
<b>2111</b>	-	Индекс битовой скорости для сохранения в энергонезависимой памяти	unsigned8	RW	-	sub6
<b>2120</b>	---	IP адрес устройства для сохранения, IPv4	массив	---	---	---
2120	0	Число байт	4	RO	-	-
2120	1-4	Байты IP адреса. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth

Общие подсистемы CANopen устройств. 23 января 2022 г.

<b>2121</b>	---	Маска подсети устройства для сохранения, IPv4	массив	---	---	---
2121	0	Число байт	4	RO	-	-
2121	1-4	Байты маски подсети. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth
<b>2122</b>	---	TCP шлюз (Default Gateway) устройства для сохранения, IPv4	массив	---	---	---
2122	0	Число байт	4	RO	-	-
2122	1-4	Байты Default Gateway. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth
<b>2123</b>	---	Первичный (Primary) DNS устройства для сохранения, IPv4	массив	---	---	---
2123	0	Число байт	4	RO	-	-
2123	1-4	Байты Primary DNS. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth
<b>2124</b>	---	Вторичный (Secondary) DNS устройства для сохранения, IPv4	массив	---	---	---
2124	0	Число байт	4	RO	-	-
2124	1-4	Байты Secondary DNS. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth
<b>212F</b>	---	MAC адрес устройства для сохранения	массив	---	---	---
212F	0	Число байт	6	RO	-	-
212F	1-6	Байты MAC адреса. Старший по субиндексу 1	unsigned8	RW	-	eth
<b>5FD0</b>	---	Статус обновления прошивки контроллера	массив	---	---	---
5FD0	0	Максимальный субиндекс	2	RO	-	-
5FD0	1	Статус программирования контроллера	int16	RO	-	-
5FD0	2	Статус проверки прошивки	int16	RO	-	-
<b>5FD1</b>	---	Данные и параметры файла управления загрузчика	запись	---	---	---
5FD1	0	Максимальный субиндекс	6	RO	-	-
5FD1	1	Маска проверки файла управления загрузчика	unsigned16	RO	-	-
5FD1	2	Время задержки в загрузчике, мС	unsigned16	RO	-	-
5FD1	3	Управление режимами загрузчика	unsigned16	RO	-	-
5FD1	4	Код прикладного проекта	unsigned16	RO	-	-
5FD1	5	Адрес загрузки прикладной программы	unsigned32	RO	-	-
5FD1	6	Размер бинарного образа прикладной программы	unsigned32	RO	-	-
<b>5FE0</b>	---	Файл управления загрузчика и контроля прошивки	запись	---	---	---
5FE0	0	Максимальный субиндекс	3	RO	-	-
5FE0	1	Статус передачи файла	int16	RO	-	-
5FE0	2	Счетчик оставшихся для передачи байт	unsigned32	RW	-	-
5FE0	3	Бинарная строка данных файла	octet-string	WO	-	-
<b>5FE1</b>	---	Бинарный файл прошивки контроллера	запись	---	---	---
5FE1	0	Максимальный субиндекс	3	RO	-	-
5FE1	1	Статус передачи файла	int16	RO	-	-
5FE1	2	Счетчик оставшихся для передачи байт	unsigned32	RW	-	-
5FE1	3	Бинарная строка данных файла	octet-string	WO	-	-
<b>5FF0</b>	-	Семя (seed) для криптокоманд	unsigned32	RO	-	-
<b>5FF1</b>	---	Команда, зашифрованная блочным шифром «Магма»	массив	---	---	---
5FF1	0	Максимальный субиндекс	2	RO	-	-
5FF1	1	Младшее слово криптокоманды	unsigned32	RW	-	-
5FF1	2	Старшее слово криптокоманды, запись инициирует обработку	unsigned32	RW	-	-
<b>5FF8</b>	-	Открытая команда	unsigned32	RW	-	-
<b>5FFF</b>	-	Криптографическая подпись устройства	unsigned32	RO	-	-

*Примечания.*

1. В таблице приведены все возможные объекты устройств. В конкретных реализациях часть объектов может отсутствовать.
2. Возможность сохранения в энергонезависимой памяти Ethernet параметров отмечена как eth.

### 3. Коммуникационный профиль CANopen

#### 3.1 Параметры CANopen сети

Номер CAN узла сохраняется в энергонезависимой памяти с помощью объектов 2110<sub>h</sub> и 1010<sub>h</sub>sub5<sub>h</sub>, либо соответствующей криптокоманды. Значение по умолчанию: 127.  
Индекс битовой скорости сохраняется в энергонезависимой памяти с использованием объектов 2111<sub>h</sub> и 1010<sub>h</sub>sub6<sub>h</sub>, либо соответствующей криптокоманды. Значение по умолчанию: 2 (500 Кбит/с). Устройство может поддерживать лишь часть из набора стандартных скоростей CAN сети.

Значение индекса	Скорость CAN сети
0	1000 Кбит/с
1	800 Кбит/с
2	500 Кбит/с
3	250 Кбит/с
4	125 Кбит/с
6	50 Кбит/с
7	20 Кбит/с
8	10 Кбит/с

#### 3.2 Поддерживаемые CANopen протоколы

Протокол	Тип обмена	Варианты протокола
SDO	сервер	ускоренный, сегментированный.
PDO PDO RTR	поставщик, потребитель	периодический синхронный; апериодический синхронный; синхронный с удаленным запросом; асинхронный с удаленным запросом; асинхронный по событию в устройстве.
SYNC	поставщик, потребитель	Без SYNC счетчика: SYNC кадры с длиной данных 0 байт. С использованием SYNC счетчика: SYNC кадры с длиной данных 1 байт.
TIME	потребитель	
EMCY	поставщик	
NMT	потребитель	запуск устройства; останов устройства; переход в пред-операционное состояние; полная инициализация устройства; инициализация коммуникационной подсистемы устройства.
Контроль ошибок	поставщик	протокол загрузки; протокол сердцебиения; протокол охраны узла.

### 3.3 Объекты профиля CiA 301

#### 0002<sub>h</sub> - 0007<sub>h</sub>

Объекты определения типов данных.

Размеры объектов 0002<sub>h</sub> и 0005<sub>h</sub> составляют 1 байт (8 бит); 0003<sub>h</sub> и 0006<sub>h</sub> - 2 байта (16 бит), 0004<sub>h</sub> и 0007<sub>h</sub> - 4 байта (32 бита). Используются в качестве dummy (пустых) объектов заполнения PDO. Занимают количество байт, соответствующее длине объекта. Запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

#### 1000<sub>h</sub>

Тип устройства.

Значение по умолчанию определяется прикладным профилем устройства.

#### 1001<sub>h</sub>

Регистр ошибок.

Бит	Назначение
0	Общая ошибка
1	Ток
2	Напряжение
3	Температура
4	Коммуникационная ошибка
5	Определяется профилем устройства
6	Зарезервировано (всегда 0)
7	Определяется производителем устройства

Регистр ошибок сбрасывается (значение регистра обнуляется) при выходе устройства из режима ошибки (объект 1029<sub>h</sub>) либо его перезапуске NMT командой Reset Node.

#### 1002<sub>h</sub>

Регистр статуса от производителя устройства.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Задаёт значение статусного регистра, определяемое производителем устройства.

#### 1003<sub>h</sub>

Список предопределённых ошибок.

Ведёт историю ошибок устройства. Большинство этих ошибок также передается в CAN сеть с помощью объекта срочного сообщения EMCY.

Субиндекс 0 содержит число зарегистрированных ошибок от 0 до 8. Запись нуля в субиндекс 0 удаляет историю ошибок. Запись других значений запрещена. Вновь зарегистрированная ошибка записывается по субиндексу 1, а предыдущие сдвигаются вниз по списку.

Сохраняется до восьми последних ошибок.

Поле описания ошибки состоит из 16-разрядного кода ошибки и 16-разрядной дополнительной информации, назначение которой определяется производителем устройства:

Дополнительная информация		Код ошибки	
31	16	15	0

**1005<sub>h</sub>**

COB-ID объекта синхронизации SYNC.

Значение по умолчанию: 80<sub>h</sub>.

X	0/1	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор				
		1	29-битовый идентификатор					
31	30	29	28-11					10-0

Биты	Значение	Описание
31	X	Не используется
30	0	Устройство НЕ генерирует SYNC
	1	Устройство генерирует SYNC
29	0	Используется 11-битовый CAN-ID
	1	Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра). Первая посылка SYNC кадра производится после установа бита 30 в 1 в течение одного периода CANopen таймера. Кроме того, если активирован SYNC счетчик (объект 1019<sub>h</sub>), его значение сбрасывается в единицу. Изменение бит 0-29 запрещено в случае, когда устройство осуществляет генерацию SYNC (бит 30 = 1). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

**1006<sub>h</sub>**

Период объекта синхронизации SYNC в микросекундах.

Значение по умолчанию: 0.

Устройство НЕ генерирует SYNC (бит 30 объекта 1005<sub>h</sub> сброшен в 0):

Задаёт контрольный интервал поступления SYNC посылок. Если в течение контрольного интервала не принято ни одного SYNC кадра любого вида, регистрируется ошибка.

Установ нулевого значения прекращает SYNC контроль.

Устройство генерирует SYNC (бит 30 объекта 1005<sub>h</sub> установлен в 1):

Задаёт период коммуникационного цикла (SYNC интервал). Установ нулевого значения прекращает генерацию SYNC и сбрасывает значение SYNC счетчика (объект 1019<sub>h</sub>) в единицу. При изменении периода синхронизации на значение, отличное от нуля, передача SYNC посылок возобновляется в течение одного периода CANopen таймера.

Фактическое разрешение объекта синхронизации определяется разрешением CANopen таймера устройства. Если период синхронизации задан меньшим, нежели период таймера, но отличен от нуля, генерация SYNC посылок будет осуществляться с частотой таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков таймера, но не превышать заданного значения периода объекта синхронизации.

**1007<sub>h</sub>**

Окно синхронизации в микросекундах.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Задаёт длительность временного окна для синхронных PDO. Установ нулевого значения прекращает использование окна синхронизации. Если длительность окна превышает период

объекта синхронизации (1006<sub>h</sub>), оно также не будет оказывать влияние на обработку синхронных PDO.

При поступлении объекта синхронизации SYNC для синхронных PDO выполняются следующие операции:

1. Запись в объектный словарь (активация) значений объектов, принятых синхронными RPDO в предшествующем SYNC цикле.
2. Постановка соответствующих синхронных TPDO на отправку в CAN сеть.
3. Прием синхронных RPDO для активации в последующем SYNC цикле.

Если какие-либо из указанных действий для части PDO не были завершены по истечении окна синхронизации, дальнейшая обработка этих PDO не производится. В п. 2 истечение временного окна контролируется по моменту размещения TPDO в выходном CANopen кэше. Фактическая отправка TPDO в CAN сеть может произойти с некоторой задержкой.

Длительность временного окна определяется с точностью до периода CANopen таймера. Поскольку SYNC объект принимается из CAN сети не зависимо от таймерного сигнала, фактическая длительность окна “дрожит” в пределах одного периода таймера.

#### **1008<sub>h</sub>**

Название устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **1009<sub>h</sub>**

Версия «железа» устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **100A<sub>h</sub>**

Версия программного обеспечения устройства от производителя.

Значение по умолчанию: нет.

#### **100C<sub>h</sub>**

Охранное время в миллисекундах.

Значение по умолчанию: 0.

Произведение охранного времени на множитель времени жизни (объект 100D<sub>h</sub>) определяет время жизни для протокола охраны работоспособности узла. Значение 0 означает, что объект не используется.

Охранное время определяется с точностью до периода CANopen таймера и округляется в большую сторону.

#### **100D<sub>h</sub>**

Множитель времени жизни.

Значение по умолчанию: 0.

Произведение охранного времени (объект 100C<sub>h</sub>) на множитель времени жизни определяет время жизни для протокола охраны работоспособности узла. Значение 0 означает, что объект не используется.

#### **1010<sub>h</sub>**

Сохранение параметров в энергонезависимой памяти.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Сохранить все параметры.

Значение: 00000000<sub>h</sub> (нет сохранения параметров).

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Сохранить коммуникационные параметры.

Значение: 00000000<sub>h</sub> (нет сохранения параметров).

Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Сохраняет в энергонезависимой памяти действующие значения параметров приложения.

Сохраненные параметры автоматически устанавливаются при пере-инициализации устройства, если это не отменено посредством объекта 1011<sub>h</sub>sub03<sub>h</sub>.

Субиндекс 04<sub>h</sub>:

---

Значение: 00000000<sub>h</sub> (нет сохранения параметров).

Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Сохранить номер CAN узла устройства.

Сохраняет в энергонезависимой памяти номер CAN узла устройства, который загружается из объекта 2110<sub>h</sub>.

Субиндекс 06<sub>h</sub>:

Сохранить индекс битовой скорости устройства.

Сохраняет в энергонезависимой памяти индекс битовой скорости устройства, который загружается из объекта 2111<sub>h</sub>.

Субиндекс 07<sub>h</sub>:

Сохранить Ethernet и TCP/IP параметры устройства.

Сохраняет в энергонезависимой памяти параметры, которые задаются объектами от 2120<sub>h</sub> до 2124<sub>h</sub> и объектом 212F<sub>h</sub>.

Субиндексы 10<sub>h</sub>..1F<sub>h</sub>:

Сохранить прикладные параметры групп 1..16.

Сохраняют в энергонезависимой памяти действующие значения параметров групп 1..16.

Сохраненные значения параметров для субиндексов 10<sub>h</sub>..1F<sub>h</sub> могут быть установлены с использованием объектов 1011<sub>h</sub>sub[10<sub>h</sub>..1F<sub>h</sub>].

Для того, чтобы избежать возможных ошибок, сохранение параметров выполняется только после осуществления специальной записи по соответствующему субиндексу (передачи подписи). Она должна содержать ASCII код «save» (65766173<sub>h</sub>), упакованный в 32-х разрядное слово:

e	v	a	s
65 <sub>h</sub>	76 <sub>h</sub>	61 <sub>h</sub>	73 <sub>h</sub>

MSB

LSB

После получения правильной подписи устройство осуществляет фактическое сохранение параметров, определяемых соответствующим субиндексом. Если подпись оказывается неверной, возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

При возникновении ошибок в процессе работы с энергонезависимой памятью выдаются срочные сообщения Emergency.

Сохраненные значения параметров для субиндексов 1..7 считываются из энергонезависимой памяти и устанавливаются при выполнении устройством NMT команд Reset Node, Reset Communication (для субиндексов 2, 5, 6) либо при включении питания.

При доступе по чтению соответствующие субиндексы возвращают информацию о возможностях сохранения данных в следующем формате:

Биты	Значение	Описание
31 - 2	0	Зарезервированы.
1	0	Устройство не сохраняет параметры в автономном режиме.
	1	Устройство производит сохранение в автономном режиме.
0	0	Устройство не сохраняет параметры по команде.
	1	Устройство производит сохранение по команде.

### **1011<sub>h</sub>**

Восстановление значений параметров по умолчанию.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Значение: 00000000<sub>h</sub> (устройство не восстанавливает значения параметров по умолчанию).

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Значение: 00000000<sub>h</sub> (нет восстановления коммуникационных параметров по умолчанию).

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Восстановить значения по умолчанию для параметров приложения.

#### Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Значение: 00000000<sub>h</sub> (устройство не восстанавливает значения параметров по умолчанию).

#### Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Восстановить номер CAN узла по умолчанию.

После восстановления и перезапуска устройства номер CAN узла примет значение 127.

#### Субиндекс 06<sub>h</sub>:

Восстановить индекс битовой скорости по умолчанию.

После восстановления и перезапуска устройства индекс битовой скорости примет значение 2 (500 Кбит/с).

#### Субиндекс 07<sub>h</sub>:

Восстановить значения Ethernet и TCP/IP параметров по умолчанию.

#### Субиндексы 10<sub>h</sub>..1F<sub>h</sub>:

Загрузить прикладные параметры групп 1..16.

Поведение субиндексов не соответствует CiA301.

Для того, чтобы избежать возможных ошибок, операции восстановления значений по умолчанию или загрузки параметров выполняются только после осуществления специальной записи по соответствующему субиндексу (передачи подписи). Она должна содержать ASCII код «load» (64616F6C<sub>h</sub>), упакованный в 32-х разрядное слово:

d	a	o	l
64 <sub>h</sub>	61 <sub>h</sub>	6F <sub>h</sub>	6C <sub>h</sub>
MSB		LSB	

После получения правильной подписи для субиндексов 10<sub>h</sub>..1F<sub>h</sub> значения соответствующей группы параметров загружаются немедленно.

Для остальных субиндексов устройство подготавливается к восстановлению параметров по умолчанию. Эти значения станут действительными только после отработки устройством NMT команд Reset Node, Reset Communication (для субиндексов 2, 5, 6) либо отключения и включения питания.



Если подпись оказывается неверной, возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению). При возникновении ошибок в процессе работы с энергонезависимой памятью выдаются срочные сообщения Emergency.

При доступе по чтению соответствующие субиндексы возвращают информацию о возможности восстановления значений по умолчанию или загрузки параметров в следующем формате:

Биты	Значение	Описание
31 - 1	0	Зарезервированы.
0	0	Устройство не восстанавливает значения параметров по умолчанию.
	1	Устройство производит восстановление параметров по умолчанию либо загрузку сохраненных параметров для субиндексов 10 <sub>h</sub> ..1F <sub>h</sub> .

### 1012<sub>h</sub>

COB-ID объекта временной метки TIME.

Значение по умолчанию: 100<sub>h</sub>.

0/1	0/1	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	Устройство НЕ использует TIME
	1	Устройство использует временную метку TIME
30	0	Устройство НЕ генерирует TIME
	1	Устройство генерирует временную метку TIME
29	0	Используется 11-битовый CAN-ID
	1	Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Попытка установка бита 30 (генерация TIME) в 1 завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра).

Установка бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра). Изменение бит 0-29 запрещено если TIME действителен (биты 30 или 31 = 1). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

### 1014<sub>h</sub>

COB-ID объекта срочного сообщения EMCY.

Значение по умолчанию: 80<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

0/1	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	Объект EMCY существует / действителен
	1	Объект EMCY не существует / не действителен
30	0	Зарезервирован (всегда 0)

29	0	Используется 11-битовый CAN-ID
	1	Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра). Изменение бит 0-29 запрещено если EMCY действителен (бит 31 = 0). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

**1015<sub>h</sub>**

Время подавления посылок EMCY.

Значение по умолчанию: 0.

Объект задается в виде множителя 100 мкс временных интервалов.

Срочные сообщения, возникающие во время подавления EMCY, не передаются в CAN сеть даже по истечении этого времени. Каждое событие ошибки, однако, фиксируется в регистре ошибок (объект 1001<sub>h</sub>) и заносится в список предопределенных ошибок (объект 1003<sub>h</sub>).

Время подавления определяется с точностью до периода CANopen таймера. Поскольку объект EMCY может порождаться не зависимо от таймерного сигнала, время подавления “дрожит” в пределах одного периода таймера.

**1017<sub>h</sub>**

Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик).

Значение по умолчанию: 0.

Установ нулевого значения прекращает выдачу посылок сердцебиения.

Фактическое разрешение периода сердцебиения определяется разрешением CANopen таймера. Если период сердцебиения задан меньшим, нежели период таймера, но отличен от нуля, генерация посылок сердцебиения будет осуществляться с частотой таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков таймера, но не превышать заданного значения периода сердцебиения.

**1018<sub>h</sub>**

Объект идентификации.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Содержит уникальный код, присвоенный производителю устройства организацией CAN in Automation: 00000000<sub>h</sub> (зарезервированный код производителя).

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Содержит код изделия, задаваемый производителем.

Состоит из двух полей:

Код проекта		Вариант изделия	
31	16 15		0

Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Содержит версию устройства, задаваемую производителем.

Состоит из двух полей:

Главная версия		Подверсия	
31	16 15		0

Биты 16 - 31 – главная версия. Определяет поведение устройства с точки зрения CANopen протокола. Если CANopen функциональность устройства изменяется, номер главной версии увеличивается.

Биты 0 - 15 – подверсия. Задаёт различные варианты устройства с одинаковой CANopen функциональностью.

Главная версия и подверсия устанавливаются не зависимо друг от друга. Изменение номера главной версии не приводит к сбросу текущей подверсии устройства.

Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Содержит серийный номер устройства, задаваемый производителем.

### **1019<sub>h</sub>**

Значение переполнения для SYNC счетчика.

Значение по умолчанию: 0.

Определяет максимальное значение SYNC счетчика:

Значение	Описание
0	SYNC кадры должны иметь длину поля данных 0 байт. SYNC счетчик не разрешен.
1	Зарезервировано.
2..240	SYNC кадры должны иметь длину поля данных 1 байт. SYNC счетчик активирован. Поле данных содержит значение счетчика.
241..255	Зарезервированы.

Если значение объекта превышает 1, принимаемые и передаваемые SYNC кадры должны иметь длину поля данных 1 байт. В случае, если длины поля данных не соответствует ожидаемой, SYNC кадр не обрабатывается приложением и выдается сообщение EMCY с кодом ошибки 8240<sub>h</sub> (неподходящая длина данных SYNC кадра).

Изменение объекта 1019<sub>h</sub> запрещено, если значение периода объекта синхронизации 1006<sub>h</sub> отлично от нуля. Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0800 0022<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства).

### **1029<sub>h</sub>**

Поведение устройства при возникновении ошибок.

Значение по умолчанию для всех субиндексов: 0.

Задаёт коммуникационные режимы устройства при возникновении серьезных ошибок и сбоев. Такие ошибки рассматриваются как отказ устройства.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Поведение при коммуникационной ошибке.

Обрабатываются следующие события:

- CAN контроллер переходит в состояние отключения от шины (bus-off).
- Регистрируется превышение времени жизни в протоколе охраны работоспособности узла.
- Переполнен выходной CANopen кэш (ошибка не определена стандартом CiA 301).

Субиндекс (класс ошибки) может принимать следующие значения:

- 0 переход в пред-операционное состояние (только если текущее – операционное).
- 1 состояние не изменяется.
- 2 переход в состояние останова.

Если при возникновении ошибки переполнения CANopen кэша устройство находится в состоянии, отличном от операционного, производится логическое отключение канального уровня CAN по записи. При этом все кадры данных, как ожидающие передачи, так и вновь

размещаемые в CANopen кэше аннулируются. Устройство возобновляет передачу кадров в CAN сеть при получении любой адресованной ему NMT команды.

### **1200<sub>h</sub>**

SDO параметры сервера.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

COB-ID от Клиента → Серверу (прием).

Значение: 600<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

COB-ID от Сервера → Клиенту (передача).

Значение: 580<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

Оба субиндекса имеют одинаковую структуру:

0/1	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	SDO существует / действителен
	1	SDO не существует / не действителен
30	0	Значение CAN-ID определяется статически
	1	Значение CAN-ID определяется динамически
29	0	Используется 11-битовый CAN-ID
	1	Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

SDO действителен, когда бит 31 равен нулю как для субиндекса 1, так и для субиндекса 2. SDO параметры сервера всегда принимают значения, задаваемые предопределенным распределением идентификаторов и не доступны по записи.

### **1400<sub>h</sub> – 1403<sub>h</sub>**

Коммуникационные параметры принимаемых PDO (RPDO 1 – RPDO 4).

### **1800<sub>h</sub> – 1803<sub>h</sub>**

Коммуникационные параметры передаваемых PDO (TPDO 1 – TPDO 4).

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

PDO COB-ID.

Значения по умолчанию для действительных PDO:

1400<sub>h</sub> (RPDO 1): 200<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1401<sub>h</sub> (RPDO 2): 300<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1402<sub>h</sub> (RPDO 3): 400<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1403<sub>h</sub> (RPDO 4): 500<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

1800<sub>h</sub> (TPDO 1): 180<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1801<sub>h</sub> (TPDO 2): 280<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1802<sub>h</sub> (TPDO 3): 380<sub>h</sub> + (номер CAN узла);

1803<sub>h</sub> (TPDO 4): 480<sub>h</sub> + (номер CAN узла).

0/1	0/1	0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0 1	PDO существует / действителен PDO не существует / не действителен
30	0 1	Удаленный запрос PDO (RTR) разрешен Удаленный запрос PDO (RTR) запрещен
29	0 1	Используется 11-битовый CAN-ID Используется 29-битовый CAN-ID
28 - 0	X	29-битовый CAN-ID расширенного формата кадра
10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра

Установ бита 29 в значение 1 запрещен. Соответствующая попытка завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра). Изменение бит 0-29 и бита 30 запрещено если PDO действителен (бит 31 = 0). Такая попытка завершается SDO аборт кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается). Если PDO отображение деактивировано (субиндекс 0 параметров отображения установлен в ноль), перевод PDO в действительное состояние не возможен и завершается SDO аборт кодом 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Тип приема или передачи PDO.

Значение по умолчанию: 255.

Тип приема/передачи	Прием или передача PDO				
	циклический	а-циклический	синхронный	а-синхронный	только RTR
0		X	X		
1-240	X		X		
241-251	зарезервированы				
252			X		X
253				X	X
254				X	
255				X	

Синхронные RPDO (тип приема 0-240) активируются (обновляют принятые данные) при получении очередного SYNC объекта после приема самого RPDO. RPDO типов 254 и 255 обновляют принятые данные сразу после получения.

Синхронные TPDO (тип передачи 0-240 и 252) означает привязку выдачи PDO к объекту синхронизации SYNC. Асинхронная передача такой привязки не предусматривает. Тип передачи 0 означает, что передача PDO не будет периодической, однако остается привязанной к SYNC объекту. Значения 1-240 определяют периодическую передачу, причем тип передачи задает число SYNC посылок, которые должны быть получены для формирования TPDO. После записи данного субиндекса выполняется ресинхронизация соответствующего TPDO.

Типы передачи 252 и 253 означают, что PDO передается только при наличии удаленного запроса (RTR). Причем TPDO типа 252 будет передан лишь при получении - вслед за RTR - очередного SYNC объекта.

Тип 254 для TPDO означает, что асинхронное событие, которое инициирует передачу, определяется производителем. Тип 255 подразумевает, что соответствующее событие задается в прикладном профиле устройства.

Попытка изменения типа передачи на значение, не поддерживаемое устройством, завершается SDO аборт-кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра).

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Время подавления посылок TPDO.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Может использоваться для TPDO типов 254 и 255. Объект задается в виде числа (множителя) 100 мкс временных интервалов.

Изменение объекта запрещено если TPDO действителен (бит 31 COB-ID = 0). Такая попытка завершается SDO аборт-кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

Время подавления определяется с точностью до периода CANopen таймера. Поскольку TPDO может порождаться не зависимо от таймерного сигнала, время подавления “дрожит” в пределах одного периода таймера.

В случае использования субиндекса для RPDO запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

#### Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Зарезервирован.

Запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

#### Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Таймер события в миллисекундах.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Может использоваться для TPDO типов 254 и 255. Задает максимальный интервал времени между передачей TPDO при отсутствии в системе других событий, вызывающих передачу этого TPDO.

Разрешение таймера события определяется разрешением CANopen таймера. Если длительность таймера события задана меньшей, нежели период таймера, но отлична от нуля, генерация TPDO будет осуществляться с частотой CANopen таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков CANopen таймера, но не превышать заданного значения таймера события. Поскольку TPDO является асинхронным, интервал до первого таймерного TPDO “дрожит” в пределах одного периода таймера.

В случае использования субиндекса для RPDO задает контрольный интервал времени приема соответствующего RPDO. Если в течение установленного времени не поступило ни одного RPDO, регистрируется ошибка истечения контрольного времени. Интервал времени переустанавливается только после успешной записи всех данных из RPDO в объектный словарь приложения (активации RPDO).

Для синхронных RPDO при выборе контрольного интервала следует учитывать дополнительные обстоятельства. Во-первых, активация синхронных RPDO производится при получении очередного SYNC объекта после приема самих RPDO, то есть задержка активации может достигать одного периода SYNC. Во-вторых, установ временного окна для синхронных PDO (объект 1007<sub>h</sub>) может привести к тому, что RPDO, поступившие по истечении окна синхронизации, не будут приняты к обработке.

Контрольный интервал времени определяется с точностью до периода CANopen таймера.

Поскольку RPDO принимаются не зависимо от таймерного сигнала, фактическая длительность интервала “дрожит” в пределах одного периода таймера.

#### Субиндекс 06<sub>h</sub>:

Стартовое значение SYNC счетчика.

Значение по умолчанию: 0.

Объект определен только для передаваемых PDO.

Нулевое значение объекта означает, что SYNC счетчик не используется для данного TPDO.

Значения от 1 до 240 определяют, что для данного TPDO учитывается значение SYNC счетчика. Если SYNC счетчик не разрешен (объект 1019<sub>h</sub>), значение данного субиндекса игнорируется. В случае активного SYNC счетчика первым SYNC кадром считается тот, значение счетчика которого совпадает со стартовым. После записи данного субиндекса выполняется ресинхронизация соответствующего TPDO.

Изменение объекта запрещено если TPDO действителен (бит 31 COB-ID = 0). Такая попытка завершается SDO аборт-кодом 0601 0000<sub>h</sub> (доступ к объекту не поддерживается).

### **1600<sub>h</sub> – 1603<sub>h</sub>**

Параметры отображения принимаемых PDO (RPDO 1 – RPDO 4).

### **1A00<sub>h</sub> – 1A03<sub>h</sub>**

Параметры отображения передаваемых PDO (TPDO 1 – TPDO 4).

Субиндекс 0 фиксирует число действительных записей PDO отображения, то есть число прикладных объектов, которые передаются или принимаются соответствующим PDO. Для каждого PDO зарезервировано восемь записей отображения, которое является байт-ориентированным и может быть сконфигурировано необходимым для приложения образом. Субиндексы с 1 до 8 содержат описание прикладных объектов PDO отображения в следующем формате:

Индекс прикладного объекта		Суб-индекс	Длина объекта (бит)	
31	16 15	8 7	0	

Попытка записи не поддерживаемых значений завершается выдачей SDO аборт кода.

Причина этого может заключаться в стремлении записать индекс и субиндекс не существующего объекта, неверной длине прикладного объекта, либо не правильной длине всего PDO. Последняя не должна превышать 8 байт (64 бита). Возможно включение в PDO отображение объектов определения типов данных 0002<sub>h</sub>..0007<sub>h</sub>. Это позволяет выравнивать размещения прикладных объектов в PDO.

Изменять параметры PDO отображения можно как в пред-операционном, так и в операционном состоянии устройства. Для этого нужно выполнить следующие операции:

1. Перевести PDO в не действительное состояние, записав 1 в бит 31 PDO COB-ID соответствующего коммуникационного параметра PDO.
2. Запретить PDO отображение, установив субиндекс 0 в значение 0.
3. Изменить PDO отображение, модифицировав соответствующие субиндексы.
4. Разрешить PDO отображение, записав в субиндекс 0 число отображаемых объектов.
5. Перевести PDO в действительное состояние, записав 0 в бит 31 PDO COB-ID соответствующего коммуникационного параметра PDO.

При выполнении п. 2 п. 1 будет исполнен автоматически и может быть опущен. В то же время, выполнение п. 5 является обязательным.

Если при выполнении п. 3 или п. 4 возникает ошибка (прикладной объект не существует, не может быть отображен в PDO, имеет неподходящий размер и др.), устройство отвечает SDO аборт кодом 0604 0041<sub>h</sub> (объект не может быть отображен в PDO), либо SDO аборт кодом 0604 0042<sub>h</sub> (полная длина отображаемых объектов превышает максимальный размер PDO).

Когда устройство принимает RPDO, длина которого превышает записанную в PDO отображении, используется необходимое число первых байт RPDO. Если же число байт принятого PDO оказывается меньшим, нежели количество байт отображения, данные не обрабатываются и выдается сообщение EMCY с кодом ошибки 8210<sub>h</sub> (PDO не может быть обработан из-за ошибки длины данных).

Значения параметров отображения по умолчанию определяются в прикладном профиле устройства.

## 3.4 Дополнительные объекты CANopen профиля

### 3.4.1 CANopen объекты

#### 2030<sub>h</sub>

Длительность сторожевого таймера в миллисекундах.

Задаёт длительность сторожевого таймера (IWDT) контроллера. Сторожевой таймер контролирует время выполнения основного цикла программы и работу CANopen таймера. Дополнительно возможно наблюдение за входящим CAN трафиком TIME (объект 2031<sub>h</sub>).

Отключение сторожевого таймера IWDT не предусмотрено.

Значение по умолчанию: 500.

Минимальное значение: 200.

Максимальное значение: 10000.

#### 2031<sub>h</sub>

Сторожевой таймер трафика TIME.

##### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Тайм-аут в миллисекундах приема из CAN сети объекта TIME по истечении которого сторожевой таймер осуществляет перезапуск контроллера. Нулевое значение отключает сторожевой таймер трафика TIME.

Запись любого значения прекращает работу сторожевого таймера трафика TIME и сбрасывает разрешение в объекте 2031<sub>h</sub>sub2<sub>h</sub>. Если сторожевой таймер TIME активирован и устройство переходит в состояние останова (NMT state Stopped), оно также будет перезапущено по истечении тайм-аута.

Значение по умолчанию: 0 (сторожевой таймер трафика TIME отключен).

Минимальное значение: 100.

Значения менее 100 интерпретируются как ноль.

##### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Разрешение работы сторожевого таймера TIME.

Запись значения 5555<sub>h</sub> разрешает работу сторожевого таймера трафика TIME. Запись любого другого значения отключает сторожевой таймер TIME.

#### 2040<sub>h</sub>

Код перехода в безопасный NMT режим.

Запись значения A5<sub>h</sub> переключает устройство в безопасный NMT режим. Запись любого другого значения запрещена и завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра). В безопасном NMT режиме действуют ограничения по отработке NMT команд. После запуска либо пере-инициализации устройство производит штатную отработку NMT команд согласно CiA 301.

#### 2110<sub>h</sub>

Номер CAN узла для сохранения в энергонезависимой памяти.

Значение по умолчанию: номер CAN узла, установленный при инициализации устройства.

Значение номера CAN узла сохраняется в энергонезависимой памяти посредством объекта 1010<sub>h</sub>sub5<sub>h</sub> или с помощью криптокоманды.



#### **2111<sub>h</sub>**

Индекс битовой скорости для сохранения в энергонезависимой памяти.

Значение по умолчанию: индекс битовой скорости, установленный при инициализации устройства.

Значение индекса битовой скорости сохраняется в энергонезависимой памяти посредством объекта 1010<sub>h</sub>sub6<sub>h</sub> или с помощью криптокоманды.

### **3.4.2 Ethernet и TCP/IP объекты**

Ethernet и TCP конфигурация устройства задаются объектами 2120<sub>h</sub>..212F<sub>h</sub>, которые могут быть сохранены в энергонезависимой памяти. Новая конфигурация загружается и становится активной только после пере-инициализации устройства. Для активации новой конфигурации нужно:

1. Сохранить параметры Ethernet/TCP конфигурации в энергонезависимой памяти с помощью объекта 1010<sub>h</sub>sub7<sub>h</sub>.
2. Осуществить пере-инициализацию устройства NMT командой Reset Node или Reset Communication, либо перезапустить устройство с помощью сторожевого таймера или отключением и включением питания.

Все субиндексы (байты адресов) сохраняются и загружаются согласованно. Таким образом, при возникновении ошибки в любом из них устанавливаются значения по умолчанию для всех байт.

Старшие байты объектов размещаются по субиндексу 1. Например, для IP адреса 192.168.1.77 значение 192 размещается по субиндексу 1, 168 по субиндексу 2, 1 по субиндексу 3, 77 по субиндексу 4,

#### **2120<sub>h</sub>**

IP адрес устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..04<sub>h</sub>:

Байты IP адреса от старшего к младшему.

#### **2121<sub>h</sub>**

Маска подсети устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..04<sub>h</sub>:

Байты маски от старшего к младшему.

#### **2122<sub>h</sub>**

TCP шлюз (Default Gateway) устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..04<sub>h</sub>:

Байты Default Gateway от старшего к младшему.

#### **2123<sub>h</sub>**

Первичный DNS (Primary DNS) устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..04<sub>h</sub>:

Байты Primary DNS от старшего к младшему.

#### **2124<sub>h</sub>**

Вторичный DNS (Secondary DNS) устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..04<sub>h</sub>:

Байты Secondary DNS от старшего к младшему.

## 212F<sub>h</sub>

MAC адрес устройства для сохранения в энергонезависимой памяти.

Субиндексы 01<sub>h</sub>..06<sub>h</sub>:

Байты MAC адреса от старшего к младшему.

## 3.5 Обработка CANopen NMT команд

После запуска либо пере-инициализации устройство осуществляет обработку NMT команд согласно CiA 301. Для обеспечения безопасной работы устройства возможно введение ограничений по NMT командам с использованием объекта 2040<sub>h</sub> (безопасный NMT режим). При этом в операционном NMT состоянии CAN узла отрабатываются только команды Enter Pre-Operational и Start Remote Node. Таким образом, для останова либо пере-инициализации устройства, находящегося в операционном состоянии, необходимо сначала перевести данный узел в пред-операционное NMT состояние командой Enter Pre-Operational.

## 3.6 Использование нескольких CAN сетей

Устройство может использовать любую доступную физическую CAN сеть в режиме "холодного" резервирования. Выбор активной CAN сети производится в процессе инициализации и дальнейшая работа осуществляется только по выбранной сети. Режим "холодного" резервирования обеспечивает полную совместимость со стандартом CiA 301. Коммуникационные объекты, которые обеспечивают работу нескольких CAN сетей, размещаются по индексам 11F0<sub>h</sub>..11FF<sub>h</sub>.

### 11F0<sub>h</sub>

Параметры CAN сетей.

Нумерация сетей осуществляется в диапазоне от 0 до 7.

Тип данных: UNSIGNED8

Тип доступа: RO

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Битовая маска физических CAN сетей.

Задается константой, которая определяет конфигурацию CAN контроллеров устройства. Единичное значение бита маски указывает наличие соответствующей CAN сети.

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Битовая маска свободных CAN сетей.

Определяет CAN сети из числа физических (субиндекс 1), которые не заняты другими приложениями.

Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Битовая маска рабочих CAN сетей.

Определяет CAN сети из числа свободных (субиндекс 2), которые запущены в работу. В режиме "холодного" резервирования устанавливается единственный бит маски, соответствующий номеру активной CAN сети (субиндекс 4).

Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Номер активной CAN сети.

Диапазон значений от 0 до 7. В режиме "холодного" резервирования соответствует установленному биту маски рабочих CAN сетей (субиндекс 3).

### 3.6.1 Режим «холодного» резервирования

В режиме «холодного» резервирования на этапе инициализации производится выбор CAN сети, по которой будет осуществляться работа по протоколу CANopen. Для этого используется следующая процедура:

1. Осуществляется поиск свободных CAN сетей из числа физических. При этом формируется битовая маска  $11F0_{\text{h}}\text{sub}2_{\text{h}}$ .
2. Производится инициализация каждой из сетей, найденных в п. 1. Тем самым формируется битовая маска рабочих CAN сетей ( $11F0_{\text{h}}\text{sub}3_{\text{h}}$ ).
3. При переходе устройства в пред-операционное состояние в каждую рабочую CAN сеть отправляется сообщение загрузки (CANopen boot-up протокол).
4. При приеме первого CAN кадра по любой из рабочих сетей она становится активной ( $11F0_{\text{h}}\text{sub}4_{\text{h}}$ ) и весь последующий CAN обмен производится только по этой сети.
5. Все остальные рабочие сети освобождаются.

## 4. Профиль ModBus

Профиль ModBus / TCP реализован в устройствах, которые снабжены Ethernet контроллером.

### 4.1 Поддерживаемые функции ModBus

Код функции	Протокол
<b>1<sub>d</sub></b>	Чтение флагов (Read Coil Status).
<b>2<sub>d</sub></b>	Чтение дискретных входов (Read Discrete Inputs).
<b>3<sub>d</sub></b>	Чтение регистров хранения (Read Holding Registers).
<b>4<sub>d</sub></b>	Чтение входных регистров (Read Input Registers).
<b>5<sub>d</sub></b>	Запись одного флага (Force Single Coil).
<b>6<sub>d</sub></b>	Запись регистра хранения (Preset Holding Register).
<b>15<sub>d</sub></b>	Запись нескольких флагов (Force Multiple Coils).
<b>16<sub>d</sub></b>	Запись нескольких регистров хранения (Preset Multiple Registers).
<b>23<sub>d</sub></b>	Чтение/запись нескольких регистров хранения (ReadWrite Multiple Registers).

### 4.2 Представление данных

Тип данных signed8/unsigned8 для Input Register или Holding Register означает, что используется младший байт 16-разрядного ModBus регистра.

Тип данных signed16/unsigned16 для Input Register или Holding Register использует первичные 16-разрядные ModBus регистры.

Типы данных с разрядностью 32 и 64 бит формируются объединением 16-разрядных ModBus регистров. При этом младшее 16-разрядное слово данных размещается по младшему ModBus адресу, старшее – по старшему.

Доступ к численным данным фиксированного размера (до восьми байт) осуществляется с использованием объединения numbers. Четыре регистра ModBus от младшего адреса к старшему являются элементами этого объединения.

**union numbers {**

<b>unsigned64</b>	<b>init</b>	служит для инициализации объединения.
<b>unsigned16</b>	<b>dt16[4]</b>	используются при организации ModBus доступа.
<b>unsigned8</b>	<b>dt8[8]</b>	используются при организации CANopen доступа.
<b>int8</b>	<b>i8</b>	целое 8 бит со знаком.
<b>unsigned8</b>	<b>uns8</b>	без-знаковое целое 8 бит. Либо булево значение false / true.
<b>int16</b>	<b>i16</b>	целое 16 бит со знаком.
<b>unsigned16</b>	<b>uns16</b>	без-знаковое целое 16 бит.
<b>int32</b>	<b>i32</b>	целое 32 бита со знаком.
<b>unsigned32</b>	<b>uns32</b>	без-знаковое целое 32 бита.
<b>int64</b>	<b>i64</b>	целое 64 бита со знаком.
<b>unsigned64</b>	<b>uns64</b>	без-знаковое целое 64 бита.
<b>real32</b>	<b>re32</b>	с плавающей точкой одинарной точности (float).
<b>real64</b>	<b>re64</b>	с плавающей точкой двойной точности (double).

**};**

*Замечания.*

1. Согласованность данных в объединении numbers обеспечивается только для little-endian порядка байт и лишь в случае, когда размер байта составляет 8 бит.
2. Некоторые типы процессоров могут болезненно реагировать на появление недопустимых значений в типах данных с плавающей точкой, которые возможны в данном объединении.

Для доступа к произвольным данным переменного размера (до 248 байт) используются массивы.

### 4.3 Коммуникационный профиль ModBus

IP адрес устройства задается статически. Он может быть изменен и сохранен в энергонезависимой памяти с использованием объекта 1010<sub>h</sub>sub7<sub>h</sub>. Протокол DHCP не используется.

Используемые TCP порты:

7<sub>d</sub> loopback

502<sub>d</sub> ModBus

### 4.4 Доступ к объектному словарию CANopen.

ModBus поддерживает чтение и запись в CANopen словарь численных данных размером до восьми байт с использованием объединения numbers (см. «Представление данных»). Это объединение побайтно считывается или записывается в объектный словарь CANopen, начиная с младшего байта. Данные переменного размера (до 248 байт) представляются в виде массивов: байтового со стороны CANopen и 16-разрядного со стороны ModBus. Индекс, субиндекс, команда / статус операции и фактический размер данных размещаются в отдельных регистрах хранения.

#### 4.4.1 CANopen объекты фиксированного размера

Для чтения CANopen объектов фиксированного размера (до 8 байт) используются ModBus адреса от HDR\_F000<sub>h</sub> до HDR\_F007<sub>h</sub>.

Применяется следующий алгоритм:

1. В регистры HDR\_F000<sub>h</sub> и HDR\_F001<sub>h</sub> заносятся индекс и субиндекс CANopen объекта, а в HDR\_F002<sub>h</sub> код 6572<sub>h</sub>. Используется функция записи нескольких регистров хранения.
2. Считываются регистры статуса HDR\_F002<sub>h</sub> и, при необходимости, фактического размера данных HDR\_F003<sub>h</sub>. Если значение статуса равно нулю, загрузка данных CANopen прошла успешно и можно переходить к их чтению. Используется функция чтения регистров хранения.
3. Считываются регистры HDR\_F004<sub>h</sub> ... HDR\_F007<sub>h</sub>. Число этих регистров может варьироваться в зависимости от фактического размера CANopen объекта. Используется функция чтения регистров хранения.

Для записи CANopen объектов фиксированного размера (до 8 байт) используются ModBus адреса от HDR\_F010<sub>h</sub> до HDR\_F017<sub>h</sub>.

Применяется следующий алгоритм:

1. В регистры HDR\_F010<sub>h</sub> и HDR\_F011<sub>h</sub> заносятся индекс и субиндекс CANopen объекта, в HDR\_F012<sub>h</sub> код 7277<sub>h</sub>, в HDR\_F013<sub>h</sub> произвольное значение (ноль). В регистры HDR\_F014<sub>h</sub> ... HDR\_F017<sub>h</sub> строго последовательно записывается значение CANopen

объекта. Число этих регистров может варьироваться в зависимости от фактического размера объекта. Используется функция записи нескольких регистров хранения.

2. Считывается регистр статуса HDR\_F012<sub>h</sub>. Если его значение равно нулю, запись данных CANopen прошла успешно. Используется функция чтения регистра хранения.

ModBus адрес hex / dec	Тип	Название объекта	Тип данных
<b>F000<sub>h</sub></b> / 61440 <sub>d</sub>	HDR	Индекс объектного словаря CANopen	unsigned16
<b>F001<sub>h</sub></b> / 61441 <sub>d</sub>	HDR	Субиндекс объектного словаря CANopen (младший байт HDR)	unsigned8
<b>F002<sub>h</sub></b> / 61442 <sub>d</sub>	HDR	Команда чтения и статус результата	integer16
<b>F003<sub>h</sub></b> / 61443 <sub>d</sub>	HDR *	Фактический размер CANopen объекта в байтах	unsigned16
<b>F004<sub>h</sub></b> / 61444 <sub>d</sub>	HDR *	Первое (младшее) слово объединения numbers	unsigned16
<b>F005<sub>h</sub></b> / 61445 <sub>d</sub>	HDR *	Второе слово объединения numbers	unsigned16
<b>F006<sub>h</sub></b> / 61446 <sub>d</sub>	HDR *	Третье слово объединения numbers	unsigned16
<b>F007<sub>h</sub></b> / 61447 <sub>d</sub>	HDR *	Четвертое (старшее) слово объединения numbers	unsigned16
<b>F010<sub>h</sub></b> / 61456 <sub>d</sub>	HDR	Индекс объектного словаря CANopen	unsigned16
<b>F011<sub>h</sub></b> / 61457 <sub>d</sub>	HDR	Субиндекс объектного словаря CANopen (младший байт HDR)	unsigned8
<b>F012<sub>h</sub></b> / 61458 <sub>d</sub>	HDR	Команда записи и статус результата	integer16
<b>F013<sub>h</sub></b> / 61459 <sub>d</sub>	HDR *	Фактический размер CANopen объекта в байтах	unsigned16
<b>F014<sub>h</sub></b> / 61460 <sub>d</sub>	HDR	Первое (младшее) слово объединения numbers	unsigned16
<b>F015<sub>h</sub></b> / 61461 <sub>d</sub>	HDR	Второе слово объединения numbers	unsigned16
<b>F016<sub>h</sub></b> / 61462 <sub>d</sub>	HDR	Третье слово объединения numbers	unsigned16
<b>F017<sub>h</sub></b> / 61463 <sub>d</sub>	HDR	Четвертое (старшее) слово объединения numbers	unsigned16
<b>F01F<sub>h</sub></b> / 61471 <sub>d</sub>	HDR	NMT команды CANopen устройства	unsigned16

Запись в регистры, отмеченные символом \* игнорируется.

Значения фактического размера данных и объединения numbers сохраняются до поступления новой команды чтения или записи.

### **HDR\_F002<sub>h</sub>**

Запись в регистр значения «ге», упакованного в 16-разрядное слово (6572<sub>h</sub>), инициирует операцию чтения из объектного словаря CANopen в объединение numbers. Статус успешного завершения операции – ноль. В случае ошибки регистр будет содержать отрицательное значение в формате int16. Положительные значения являются служебными статусами.

### **HDR\_F012<sub>h</sub>**

Запись в регистр значения «wt», упакованного в 16-разрядное слово (7277<sub>h</sub>), активирует операцию записи в объектный словарь CANopen. Непосредственно запись в объектный словарь производится после заполнения необходимого числа регистров объединения numbers. Статус успешного завершения операции – ноль. В случае ошибки регистр будет содержать отрицательное значение в формате int16. Положительные значения являются служебными статусами.

**HDR\_F003<sub>h</sub>, HDR\_F013<sub>h</sub>**

По завершении операций записи или чтения CANopen объекта содержит его фактический размер в байтах. Запись любых значений в данные регистры игнорируется. Число 16-разрядных ModBus регистров, которые содержат данные, определяется целочисленной формулой  $((\text{размер\_объекта\_в\_байтах} + 1) / 2)$ .

**HDR\_F01F<sub>h</sub>**

Активирует NMT команды CANopen устройства. Младший байт регистра должен содержать код CANopen NMT команды. Старший — не нулевое значение номера CAN узла устройства.

NMT команда	Описание
1 <sub>d</sub>	Запуск CAN устройства.
2 <sub>d</sub>	Останов CAN устройства.
128 <sub>d</sub>	Переход в пред-операционное состояние.
129 <sub>d</sub>	Полная инициализация устройства.
130 <sub>d</sub>	Инициализация коммуникационной подсистемы устройства.

#### 4.4.2 CANopen объекты переменного размера

Для чтения CANopen объектов переменного размера (до 248 байт) используются ModBus адреса от HDR\_F100<sub>h</sub> до HDR\_F17F<sub>h</sub>.

Применяется следующий алгоритм:

1. В регистры HDR\_F100<sub>h</sub> и HDR\_F101<sub>h</sub> заносятся индекс и субиндекс CANopen объекта, а в HDR\_F102<sub>h</sub> код 6572<sub>h</sub>. Используется функция записи нескольких регистров хранения.
2. Считываются регистры статуса HDR\_F102<sub>h</sub> и, при необходимости, фактического размера данных HDR\_F103<sub>h</sub>. Если значение статуса равно нулю, загрузка данных CANopen прошла успешно и можно переходить к их чтению. Используется функция чтения регистров хранения.
3. Считываются регистры HDR\_F104<sub>h</sub> ... HDR\_F17F<sub>h</sub>. Число этих регистров варьируется в зависимости от фактического размера объекта (HDR\_F103<sub>h</sub>). Используется функция чтения регистров хранения.

Для записи CANopen объектов переменного размера (до 248 байт) используются ModBus адреса от HDR\_F200<sub>h</sub> до HDR\_F27F<sub>h</sub>.

Применяется следующий алгоритм:

1. В регистры HDR\_F200<sub>h</sub> и HDR\_F201<sub>h</sub> заносятся индекс и субиндекс CANopen объекта, в HDR\_F202<sub>h</sub> код 7277<sub>h</sub>, в HDR\_F203<sub>h</sub> размер данных для записи в байтах. В регистры HDR\_F204<sub>h</sub> ... HDR\_F27F<sub>h</sub> строго последовательно записывается значение CANopen объекта. Число этих регистров варьируется в зависимости от задаваемого размера объекта HDR\_F203<sub>h</sub>. Используется функция записи нескольких регистров хранения.
2. Считывается регистр HDR\_F202<sub>h</sub>. Если его значение равно нулю, запись данных CANopen прошла успешно. Используется функция чтения регистров хранения.

ModBus адрес hex / dec	Тип	Название объекта	Тип данных
<b>F100<sub>h</sub></b> / 61696 <sub>d</sub>	HDR	Индекс объектного словаря CANopen	unsigned16
<b>F101<sub>h</sub></b> / 61697 <sub>d</sub>	HDR	Субиндекс объектного словаря CANopen (младший байт HDR)	unsigned8
<b>F102<sub>h</sub></b> / 61698 <sub>d</sub>	HDR	Статус результата и команда чтения	integer16

<b>F103<sub>h</sub></b> / 61699 <sub>d</sub>	HDR *	Фактический размер CANopen объекта в байтах	unsigned16
<b>F104<sub>h</sub></b> / 61700 <sub>d</sub> ... <b>F17F<sub>h</sub></b> / 61823 <sub>d</sub>	HDR *	Данные переменной длины. Число регистров для чтения определяется целочисленной формулой ((размер_объекта_в_байтах + 1) / 2).	unsigned16
<b>F200<sub>h</sub></b> / 61952 <sub>d</sub>	HDR	Индекс объектного словаря CANopen	unsigned16
<b>F201<sub>h</sub></b> / 61953 <sub>d</sub>	HDR	Субиндекс объектного словаря CANopen (младший байт HDR)	unsigned8
<b>F202<sub>h</sub></b> / 61954 <sub>d</sub>	HDR	Статус результата и команда записи	integer16
<b>F203<sub>h</sub></b> / 61955 <sub>d</sub>	HDR	Задаваемый размер CANopen объекта в байтах	unsigned16
<b>F204<sub>h</sub></b> / 61956 <sub>d</sub> ... <b>F27F<sub>h</sub></b> / 62079 <sub>d</sub>	HDR	Данные переменной длины. Записываются последовательно от младшего адреса к старшему. Число записываемых регистров определяется целочисленной формулой ((размер_объекта_в_байтах + 1) / 2).	unsigned16

Запись в регистры, отмеченные символом \* игнорируется.

Значения фактического размера данных сохраняются до поступления новой команды чтения или записи. Массивы данных не инициализируются.

#### **HDR\_F102<sub>h</sub>**

Запись в регистр значения «ге», упакованного в 16-разрядное слово (6572<sub>h</sub>), инициирует операцию чтения из объектного словаря CANopen в массив данных. Статус успешного завершения операции – ноль. В случае ошибки регистр будет содержать отрицательное значение в формате int16. Положительные значения являются служебными статусами.

#### **HDR\_F103<sub>h</sub>**

По завершении операции чтения CANopen объекта регистр содержит его фактический размер в байтах. Запись любых значений в данный регистр игнорируется.

Число 16-разрядных ModBus регистров, которые содержат данные, определяется целочисленной формулой ((размер\_объекта\_в\_байтах + 1) / 2).

#### **HDR\_F202<sub>h</sub>**

Запись в регистр значения «wtg», упакованного в 16-разрядное слово (7277<sub>h</sub>), активирует операцию записи в объектный словарь CANopen. Непосредственно запись в объектный словарь производится после задания размера объекта (HDR\_F203<sub>h</sub>) и заполнения необходимого числа регистров массива данных. Статус успешного завершения операции – ноль. В случае ошибки регистр будет содержать отрицательное значение в формате int16. Положительные значения являются служебными статусами.

#### **HDR\_F203<sub>h</sub>**

До начала операции записи в данном регистре задается размер CANopen объекта в байтах. Число 16 разрядных ModBus регистров, которые должны содержать записываемые данные, определяется целочисленной формулой ((размер\_объекта\_в\_байтах + 1) / 2).



## 5. Криптографический модуль

Криптографический модуль обеспечивает шифрование данных, а также формирование хэш-функции на основе блочного шифра «Магма» (ГОСТ 34.12-2015).

### 5.1 Формат криптокоманд

Поддерживаются два типа команд:

1. Зашифрованные команды или криптокоманды, объекты 5FF0<sub>h</sub> и 5FF1<sub>h</sub>.
2. Открытые команды, объект 5FF8<sub>h</sub>.

Исходный (открытый) формат 32-разрядных команд задается следующим образом:

Номер CAN узла	Код функции	Дополнительные данные
31-24	23-16	15-0

Исходный формат задает старшее слово криптокоманды.

#### 5.1.1 Коды команд

Номер CAN узла задает устройство, которому адресована команда (от 1 до 127).

Коды функций от 00<sub>h</sub> до 7F<sub>h</sub> определяют криптокоманды, которые шифруются совместно с объектом 5FF0<sub>h</sub>. Коды функций от 80<sub>h</sub> до FF<sub>h</sub> определяют команды, которые передаются в открытом виде (объект 5FF8<sub>h</sub>).

Код функции (hex)	Дополнит. данные (hex)	Описание
01	05F7	Пере-загрузка контроллера по сторожевому таймеру (watchdog).
02	711E	Обновление прошивки контроллера.
06	Группа парам.	Сохранение параметров заданной группы. Номера групп от 0001 <sub>h</sub> до 00FF <sub>h</sub> аналогичны соответствующим субиндексам объекта 1010 <sub>h</sub> .
07	Группа парам.	Загрузка или восстановление параметров заданной группы. Номера групп от 0001 <sub>h</sub> до 00FF <sub>h</sub> аналогичны соответствующим субиндексам объекта 1011 <sub>h</sub> .
08	Индекс	Инициализация передачи файла с заданным индексом.
09	Индекс	Отмена передачи файла с заданным индексом.
0F	Индекс	Временное разрешение записи одного параметра с заданным индексом и любым субиндексом. Действует в течение двух секунд.
10..1F	секунды	Временное разрешение записи группы параметров.
E0	4ECB	Проверка прикладной программы контроллера.
FF	7378	Остаться в загрузчике.

## 5.1.2 Объекты криптографического модуля

### 5FF0<sub>h</sub>

Семя (seed) для криптокоманд.

Формирует младшее исходное слово криптокоманды. Устанавливается при каждом чтении объекта 5FF0<sub>h</sub>.

### 5FF1<sub>h</sub>

Криптокоманда длиной 64 бита (2 слова по 32 бита), зашифрованная блочным шифром «Магма».

В качестве младшего исходного слова используется текущее значение seed (объект 5FF0<sub>h</sub>).

Старшее исходное слово является командой в открытом формате. Обработка криптокоманды инициируется после записи субиндекса 02<sub>h</sub>.

Запись криптокоманды – вне зависимости от результата ее выполнения – увеличивает seed на 19<sub>d</sub>. Таким образом, каждая криптокоманда должна формироваться с новым значением seed, которое либо считывается из объекта 5FF0<sub>h</sub>, либо вычисляется из предыдущего значения увеличением на 19<sub>d</sub>.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Чтение: записанное либо расшифрованное после записи субиндекса 02<sub>h</sub> значение seed.

Запись: младшее слово зашифрованной команды, 32 бита.

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Чтение: расшифрованное значение команды в открытом формате.

Запись: старшее слово зашифрованной команды, 32 бита.

Запись субиндекса инициирует обработку криптокоманды.

### 5FF8<sub>h</sub>

Открытая команда.

### 5FFF<sub>h</sub>

Криптографическая подпись устройства.

Формируется на основе 32-разрядного хэша криптографических параметров.

## 5.1.3 Группы сохраняемых параметров

Сохранение параметров осуществляется криптокомандой с кодом функции 06<sub>h</sub> и номером группы в качестве дополнительных данных.

Дополнит. данные (hex)	Группа сохраняемых параметров
0003	Параметры приложения.
0005	Номер CAN узла.
0006	Индекс битовой скорости CAN сети.
0007	Ethernet и TCP параметры устройства.
от 0010 до 001F	Группы прикладных параметров от 1 до 16.
FFF0	Системные и конфигурационные параметры.

### 5.1.4 Группы загружаемых параметров

Загрузка параметров либо восстановление значений по умолчанию осуществляется криптокомандой с кодом функции 07<sub>h</sub> и номером группы в качестве дополнительных данных.

Дополнит. данные (hex)	Группа параметров
от 0001 до 000F	Восстановление значений по умолчанию для параметров, заданных соответствующими субиндексами объекта 1011 <sub>h</sub> .
от 0010 до 001F	Группы загружаемых прикладных параметров от 1 до 16.

## 5.2 Криптографическая хэш-функция

Хэш-функция длиной 512 бит формируется на основе блочного шифра «Магма». При этом используются криптографические ключи для заданного типа устройства. Таким образом, хэш-функция одинаковой последовательности байт может быть различна для каждого типа устройства.

Хэш-функция используется для контроля целостности файлов, содержимого флэш-памяти и других объектов. Кроме того, она подтверждает авторизацию источника данных – обладание необходимыми ключами шифрования.

## 5.3 Система криптографических параметров

В криптографическом модуле используется система секретной ключевой информации:

1. Единая таблица узлов замены для алгоритма шифрования (перестановки).
2. Единые первичные ключи – шестнадцать 32-битовых слов.
3. Дескриптор ключа шифрования, 32-битовое слово. Задаёт выборку из восьми различных слов первичных ключей, формируя 256-битовый криптографический ключ. Для каждого типа прикладного устройства могут использоваться различные дескрипторы и соответственно, различные криптографические ключи.
4. Единый инициализатор криптографической хэш-функции – два 32-битовых слова.

## 5.4 Генерация криптографических параметров

Генерация ключевой информации осуществляется программой GOST\_Crypto.exe для ОС Windows. В качестве источника данных используется файл keygen.orig размером не менее 2 Мб. Он должен содержать трудно-воспроизводимые значения, например, случайное фото в формате jpeg. Этот файл должен размещаться совместно (в одной директории) с программой генерации криптографических параметров. Не рекомендуется использовать в качестве источника видеофайлы, поскольку они содержат множество структурированных данных. Генерация ключевой информации осуществляется на основе вычисления хэш-функций (ГОСТ Р 34.11-94) по различным сегментам файла. Таким образом, ключевая информация не содержит первичных данных исходного файла.

Результатом работы программы являются два текстовых файла: keygen.key (256-битовый ключ в формате 32\*8) и keygen.sub (таблица замены, 8\*16 байт). Младшие 4 бита каждого столбца таблицы замены являются перестановками и могут использоваться в качестве S-блока для шифра «Магма». Старшие 4 бита заполняются случайными данными. Программа осуществляет контроль качества результатов по ряду параметров.

Для дополнительной рандомизации используется значение текущего времени. Таким образом, с одним исходным файлом можно генерировать несколько серий параметров. Так, для формирования полной системы криптографических параметров необходимо провести не менее трех успешных запусков программы генерации. Полный первичный ключ формируется из двух файлов `keygen.key`. Инициализаторы хэш-функции выбираются из третьей генерации ключей. Дескриптор ключа – на основе столбца не используемой таблицы замены с дополнительным редактированием.

По окончании цикла генерации исходный файл `keygen.orig` рекомендуется удалить.

*Замечание.*

Программа генерации таблиц замены осуществляет особо тщательную проверку их состоятельности. Поэтому для генерации одной таблицы может потребоваться несколько запусков программы.

## 6. Передача файлов

Поддерживается передача в CANopen устройство массивов двоичных данных (файлов). Возможна единовременная загрузка одного файла. Для передачи данных используется сегментированный SDO протокол.

Для загрузки файла применяется следующий алгоритм:

1. Передача инициализируется криптокомандой с кодом функции 08<sub>h</sub> и дополнительными данными, соответствующими индексу файла.
2. В счетчик оставшихся для передачи байт (субиндекс 02<sub>h</sub>) записывается размер файла, после чего возможна передача данных.
3. Осуществляется последовательная передачи бинарных данных блоками до 70 байт (субиндекс 03<sub>h</sub>).
4. Загрузка файла завершается после получения числа байт, определенных в п. 2 (обнуление счетчика оставшихся байт).

Для каждой операции устанавливается таймаут порядка нескольких секунд. По истечении таймаута загрузка файла прекращается. Она также может быть прервана криптокомандой с кодом функции 09<sub>h</sub> и дополнительными данными, соответствующими индексу загружаемого файла. Статус передачи (субиндекс 01<sub>h</sub>) индивидуален для каждого файла. Субиндексы 02<sub>h</sub> и 03<sub>h</sub> являются общими для всех файлов.

### 5FE0<sub>h</sub>

Файл управления загрузчика и контроля прошивки.

### 5FE1<sub>h</sub>

Бинарный файл прошивки контроллера.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Статус передачи файла.

Индивидуален для каждого файла.

< 0 статус ошибки,

= 0 нет операций с файлом,

> 0 рабочий статус файла.

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Счетчик оставшихся для передачи байт.

Общий для всех файлов.

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Строка данных файла (octet-string), до 70 байт.

Общая для всех файлов.

### 6.1 Статусы передачи файла

Статус, dec	Описание
-21	Ошибка данных файла
-20	Тайм-аут протокола передачи файлов
-11	Ошибка занесения данных в файл
-10	Ошибка открытия файла
-1	Прочая ошибка
0	Операции с файлом не проводились

1	Готовность к приему данных
2	Файл занят (обработка данных)
10	Передача файла успешно завершена
20	Целостность файла проверена успешно

## 6.2 Дополнительные коды ошибок EMCY

Код ошибки	Назначение
6380 <sub>h</sub>	Передача файла прекращена либо отменена.

## 7. Сохранение параметров в энергонезависимой памяти

Контроллеры осуществляют сохранение параметров в энергонезависимой памяти двух типов:

- Память программ микроконтроллера. Выделяются несколько страниц либо специальные области для хранения параметров.
- Флэш или SSD диск для контроллеров с поддержкой файловой системы.

### 7.1 Форматы сохранения параметров

Конфигурационные и особо важные параметры сохраняются 16-битовыми сегментами, которые записываются в прямом и побитно-инвертированном форматах.

Прочие параметры сохраняются группами, которые формируются блоками данных в следующем формате:

Байты блока	Назначение
1	Начальный байт блока, должен иметь значение A5 <sub>h</sub> .
2	Суммарный размер прикладных данных в байтах, от 1 до максимального.
3, 4	Единый индекс прикладных объектов.
5	Начальный субиндекс прикладных объектов.
6	Конечный субиндекс прикладных объектов.
7 .. max-2	Байты данных прикладных объектов, их число определяется байтом 2.
max-1, max	CRC-16-CCITT блока, начиная с первого байта.

Максимальный суммарный размер прикладных данных блока (до 255 байт) конфигурируется в приложении (задается константой).

Данные прикладных объектов каждого блока сохраняется и восстанавливается совместно.

Поддерживается до 16 групп сохраняемых параметров. При использовании файловой системы каждая группа записывается в отдельный файл. Максимальный размер группы (суммарный размер блоков) определяется в процессе статического сегментирования страниц энергонезависимой памяти либо наличием ограничений на размер файлов.

## 8. CANopen загрузчик

Загрузчик реализует специализированный CANopen профиль, который позволяет осуществлять прошивку программного обеспечения контроллера. Загрузчик обеспечивает прием файла управления, бинарного файла прикладной программы, их проверку и запись в файловую систему либо непосредственно во флэш-память контроллера. Если прикладное ПО уже записано, загрузчик осуществляет его проверку с последующей передачей управления прикладной программе.

Загрузчик может быть реализован в двух вариантах. Файловый загрузчик работает на контроллерах с поддержкой файловой системы. При этом формируются файлы управления и прикладной программы, причем лишь последний заносится в энергонезависимую память контроллера. Непосредственный загрузчик записывает файл управления и прикладного ПО во флэш-память контроллера напрямую. С точки зрения мастера загрузки поведение файлового и непосредственного загрузчиков одинаково.

CANopen загрузчик заносится в энергонезависимую память контроллера с использованием средств прошивки среды разработки ПО.

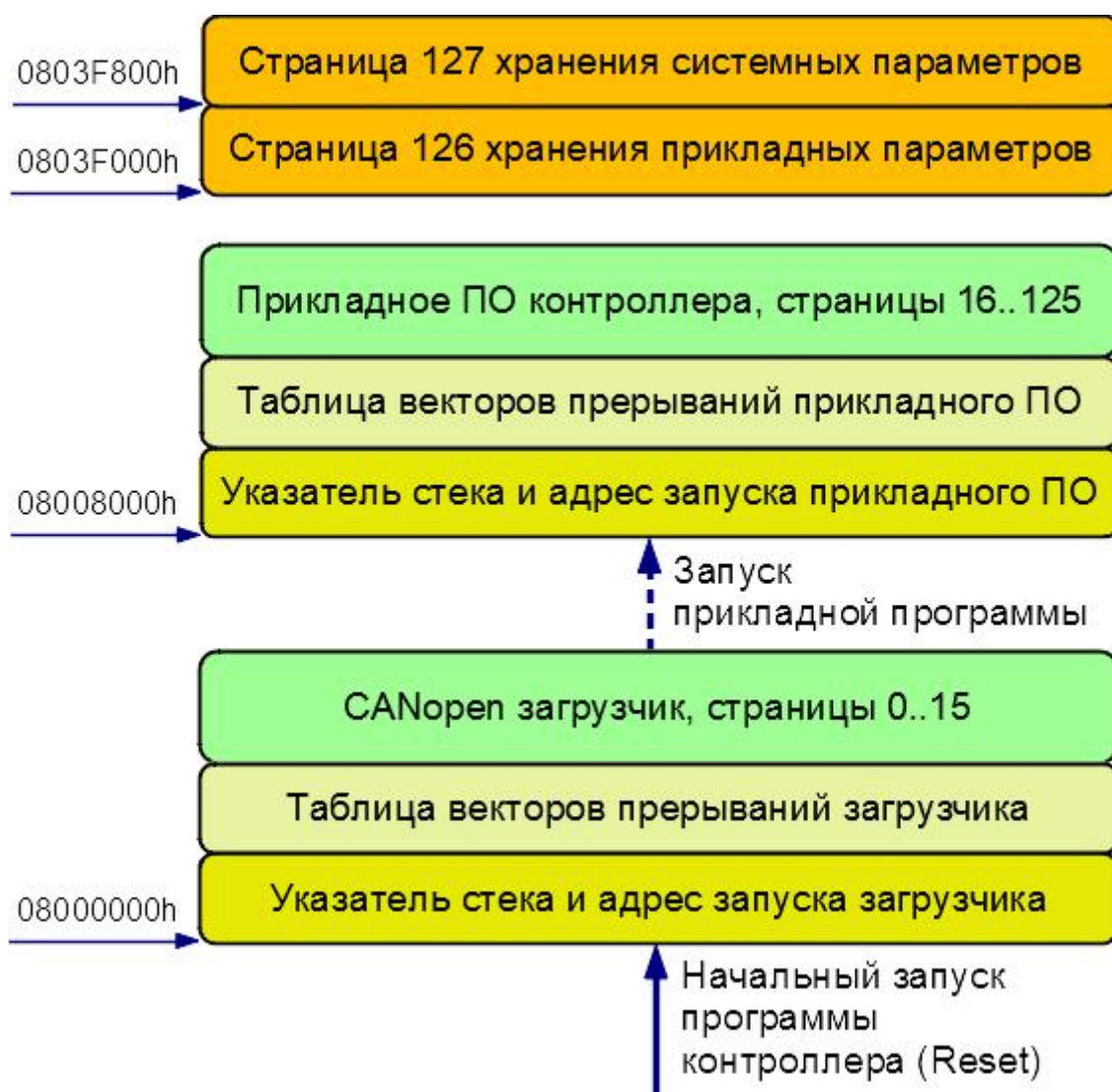


Рис 1. Пример распределения памяти непосредственного CANopen загрузчика.



На рис. 1 приведено распределение памяти программ для контроллера SFM32F1xx с размером страницы флэш памяти 2 Кб. Прикладное ПО должно быть собрано таким образом, чтобы его указатель стека (`__initial_sp`), адрес запуска (Reset Handler) и таблица векторов прерываний располагались по определенному адресу (08008000<sub>h</sub> для непосредственного загрузчика).

При разработке прикладной программы нужно учитывать, что файловая система либо ряд страниц флэш-памяти доступны как загрузчику, так и прикладной программе. При операциях с файлами или флэш-памятью прикладная программа должна обеспечивать сохранение разделяемых данных.

## 8.1 Формат файлов загрузчика

Файл прикладной программы является бинарным образом, загружаемым во флэш-память контроллера. Этот файл формируется на основе шестнадцатиричного объектного файла (Intel Hexadecimal Object File), который создается компилятором среды разработки.

Файл управления имеет следующую структуру:

Байты	Тип данных	Назначение
1..64	512 бит	Криптографическая хэш-функция бинарного образа прикладной программы.
65, 65	unsigned16	Биты 0..11 определяют время нахождения в загрузчике в миллисекундах до запуска прикладной программы. Это время может использоваться для «захвата» управления загрузчиком. Если оно менее 200 мС, то микроконтроллер остается в загрузчике постоянно. Биты 12..15 управляют режимами загрузчика.
67, 68	unsigned16	Код прикладного проекта.
69..72	unsigned32	Адрес загрузки прикладной программы в контроллер.
73..76	unsigned32	Размер бинарного образа прикладной программы в байтах.
77..84	64 бита	Криптографический блок, зашифрован по ГОСТ 34.12-2015 «Магма». Содержит два значения CRC-16-CCITT для байт 1..76 файла управления с различной инициализацией. Также содержит криптографическую подпись устройства, которая используется в качестве имитовставки.

## 8.2 CANopen протоколы поддерживаемые загрузчиком

Протокол	Тип обмена	Варианты протокола
SDO	сервер	ускоренный, сегментированный.
NMT	потребитель	запуск устройства; останов устройства; переход в пред-операционное состояние; полная инициализация устройства; инициализация коммуникационной подсистемы устройства.
Контроль ошибок	поставщик	протокол загрузки; протокол сердцебиения.

CAN идентификаторы (CAN-ID) протоколов загрузчика соответствуют предопределенному распределению CANopen идентификаторов и не могут быть изменены.

### 8.3 Объектный словарь CANopen загрузчика

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Тип или диапазон данных	Тип доступа	PDO	Сохранение
<b>1000</b>	-	Тип устройства	unsigned32	RO	-	-
<b>1001</b>	-	Регистр ошибок	unsigned8	RO	да	-
<b>1002</b>	-	Регистр статуса от производителя устройства	unsigned32	RO	да	-
<b>1003</b>	---	Список предопределенных ошибок	массив	---	---	---
1003	0	Число зарегистрированных ошибок	0-8	RW	-	-
1003	1-8	Поле описания ошибки	unsigned32	RO	-	-
<b>1017</b>	-	Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик)	unsigned16	RW	-	-
<b>1018</b>	---	Объект идентификации устройства	запись	---	---	---
1018	0	Максимальный субиндекс	4	RO	-	-
1018	1	Уникальный код, присвоенный производителю устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	2	Код изделия, задаваемый производителем устройства	unsigned32	RO	-	-
1018	3	Версия устройства, задаваемая производителем	unsigned32	RO	-	-
1018	4	Серийный номер устройства, задаваемый производителем	unsigned32	RO	-	-
<b>11F0</b>	---	Параметры CAN сетей	массив	---	---	---
11F0	0	Максимальный субиндекс	4	RO	-	-
11F0	1	Битовая маска физических CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	2	Битовая маска свободных CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	3	Битовая маска рабочих CAN сетей	unsigned8	RO	-	-
11F0	4	Номер активной CAN сети (0-7)	unsigned8	RO	-	-
<b>2110</b>	-	Номер CAN узла для сохранения в энергонезависимой памяти	unsigned8	RW	-	да
<b>2111</b>	-	Индекс битовой скорости для сохранения в энергонезависимой памяти	unsigned8	RW	-	да
<b>5FD0</b>	---	Статус обновления прошивки контроллера	массив	---	---	---
5FD0	0	Максимальный субиндекс	2	RO	-	-
5FD0	1	Статус программирования контроллера	int16	RO	-	-
5FD0	2	Статус проверки прошивки	int16	RO	-	-
<b>5FD1</b>	---	Данные и параметры файла управления загрузчика	запись	---	---	---
5FD1	0	Максимальный субиндекс	6	RO	-	-
5FD1	1	Маска проверки файла управления загрузчика	unsigned16	RO	-	-
5FD1	2	Время задержки в загрузчике, мС	unsigned16	RO	-	-
5FD1	3	Управление режимами загрузчика	unsigned16	RO	-	-
5FD1	4	Код прикладного проекта	unsigned16	RO	-	-
5FD1	5	Адрес загрузки прикладной программы	unsigned32	RO	-	-
5FD1	6	Размер бинарного образа прикладной программы	unsigned32	RO	-	-
<b>5FE0</b>	---	Файл управления загрузчика и контроля прошивки	запись	---	---	---
5FE0	0	Максимальный субиндекс	3	RO	-	-
5FE0	1	Статус передачи файла	int16	RO	-	-
5FE0	2	Счетчик оставшихся для передачи байт	unsigned32	RW	-	-
5FE0	3	Бинарная строка данных файла	octet-string	WO	-	-
<b>5FE1</b>	---	Бинарный файл прошивки контроллера	запись	---	---	---
5FE1	0	Максимальный субиндекс	3	RO	-	-
5FE1	1	Статус передачи файла	int16	RO	-	-
5FE1	2	Счетчик оставшихся для передачи байт	unsigned32	RW	-	-
5FE1	3	Бинарная строка данных файла	octet-string	WO	-	-
<b>5FF0</b>	-	Семя (seed) для криптокоманд	unsigned32	RO	-	-
<b>5FF1</b>	---	Команда, зашифрованная блочным шифром «Магма»	массив	---	---	---
5FF1	0	Максимальный субиндекс	2	RO	-	-
5FF1	1	Младшее слово криптокоманды	unsigned32	RW	-	-

5FF1	2	Старшее слово криптокоманды, запись инициирует обработку	unsigned32	RW	-	-
5FF8	-	Открытая команда	unsigned32	RW	-	-
5FFF	-	Криптографическая подпись устройства	unsigned32	RO	-	-

## 8.4 Прикладной профиль загрузчика

### 1000<sub>h</sub>

Тип устройства.

20000000<sub>h</sub> – файловый загрузчик,

20010000<sub>h</sub> – непосредственный загрузчик.

### 1018<sub>h</sub>

Объект идентификации.

#### Субиндекс 1:

Код производителя устройства 00000000<sub>h</sub> (зарезервированный код).

#### Субиндекс 2:

Код изделия, формируемый следующим образом:

Код проекта загрузчика	Код прикладного проекта
31	16 15 0

Код проекта загрузчика	Описание
2000 <sub>h</sub>	Файловый загрузчик
2001 <sub>h</sub>	Непосредственный загрузчик

Код прикладного проекта	Описание
0000 <sub>h</sub>	Код прикладного проекта по умолчанию

Код проекта загрузчика должен совпадать со старшими 16 бит типа устройства (объект 1000<sub>h</sub>). Код прикладного проекта используется загрузчиком для выбора подходящих ключей шифрования. Обычно он совпадает с фактическим кодом прикладного проекта устройства (старшие 16 бит объекта 2018<sub>h</sub>sub2<sub>h</sub>). Если для всех типов устройств применяются единые криптографические параметры, можно использовать код по умолчанию.

### 5FD0<sub>h</sub>

Статус обновления прошивки контроллера.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Статус программирования контроллера.

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Статус проверки прошивки.

< 0 статус ошибки,

= 0 нейтральный статус,

> 0 статус успешного обновления.

Статус, dec	Описание
-39	Ошибка адресов загрузки или запуска прикладной программы
-33	Ошибка программирования флэш-памяти контроллера
-32	Ошибка хэш-функции прикладной программы
-31	Неверный размер данных прикладной программы

-30	Ошибка данных в файле управления
0	Операция прошивки не проводилась
30	Программирование контроллера завершилось без ошибок
31	Проверка прикладной программы не выявила ошибок

### 5FD1<sub>h</sub>

Данные и параметры файла управления загрузчика.

Для субиндексов 4<sub>h</sub>, 5<sub>h</sub>, 6<sub>h</sub> в случае ошибок выводятся фактические значения параметров.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Битовая маска проверки файла управления загрузчика. После прохождения этапа проверки соответствующий бит устанавливается в единицу.

Бит	Этап проверки файла управления
0	Запущена проверка файла управления загрузчика
1	Код прикладного проекта проверен успешно
2	Адрес загрузки прикладной программы проверен успешно
3	Размер бинарного образа прикладной программы проверен успешно
8	Дескриптор ключа шифрования проверен успешно
9	Первое значения CRC-16-CCITT проверено успешно
10	Второе значения CRC-16-CCITT проверено успешно
12	Запущена проверка бинарного образа прикладной программы
13	Бинарный образ проверен успешно

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Время задержки в загрузчике до запуска прикладной программы, миллисекунд. Если менее 200 мс, то микроконтроллер остается в загрузчике.

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Управление режимами загрузчика, битовая маска.

Бит	Описание
15	=1 проверять прошивку при каждом запуске контроллера, =0 не проверять

#### Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Код прикладного проекта (прикладной программы).

#### Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Адрес загрузки прикладной программы.

#### Субиндекс 06<sub>h</sub>:

Размер бинарного образа прикладной программы, байт.

## 8.5 Коды команд загрузчика

Код функции (hex)	Дополнит. данные (hex)	Описание
01	05F7	Перезагрузить контроллер по сторожевому таймеру (watchdog). Запуск прикладной программы будет осуществлен после возможной проверки ее целостности с использованием управляющего файла.

02	711E	Обновить прошивку контроллера. Для файлового загрузчика осуществляет перенос содержимого бинарного файла прикладной программы во флэш память контроллера. (программирование флэш памяти). Предварительно осуществляется проверка целостности файлов управления и прошивки. Для непосредственного загрузчика устанавливает статус успешного завершения операции.
06	0005 0006	Сохранение номера CAN узла из объекта 2110 <sub>h</sub> . Сохранение индекса битовой скорости из объекта 2111 <sub>h</sub> .
08	5FE0	Инициализация передачи файла управления и контроля прошивки. Для файлового загрузчика данные заносятся в файл управления. Для непосредственного загрузчика данные заносятся в буфер и после завершения передачи файла записываются во флэш память контроллера.
08	5FE1	Инициализация передачи бинарного файла прошивки контроллера. Для файлового загрузчика данные заносятся в файл прошивки. Для непосредственного загрузчика данные заносятся во флэш память контроллера.
09	5FE0 5FE1	Отмена передачи файла. Для неявной отмены загрузки файла можно также воспользоваться таймаутом передачи данных.
E0	4ECB	Проверка прикладной программы (прошивки) контроллера.
FF	7378	Остаться в загрузчике.

## 8.6 Дополнительные коды ошибок ЕМСУ загрузчика

Код ошибки	Назначение
00FF <sub>h</sub>	Загрузчик активен. Контроллер остается в режиме загрузчика.
6380 <sub>h</sub>	Передача файла прекращена либо отменена.

## 9. Мастер CANopen загрузчика

Мастер CANopen загрузчика реализован в двух вариантах: интерактивном и автономном. Интерактивный загрузчик выполнен в виде подгружаемого модуля для программы CANwise версии 3.10. Автономный мастер является отдельной исполняемой программой. Мастер формирует бинарный код программы на основе HEX файла (Intel Hexadecimal Object File), который создается компилятором среды разработки. Кроме того, мастер создает файл управления, который содержит криптографическую хэш-функцию и другую информацию, необходимую для работы загрузчика. Программа мастера имеет доступ к криптографическим параметрам всех загружаемых устройств. Мастер должен быть активирован до запуска контроллеров, в которых необходимо провести обновление программы. При включении контроллеров мастер захватывает управление, принуждая их оставаться в режиме загрузчика.

### 9.1 Интерактивный мастер загрузки

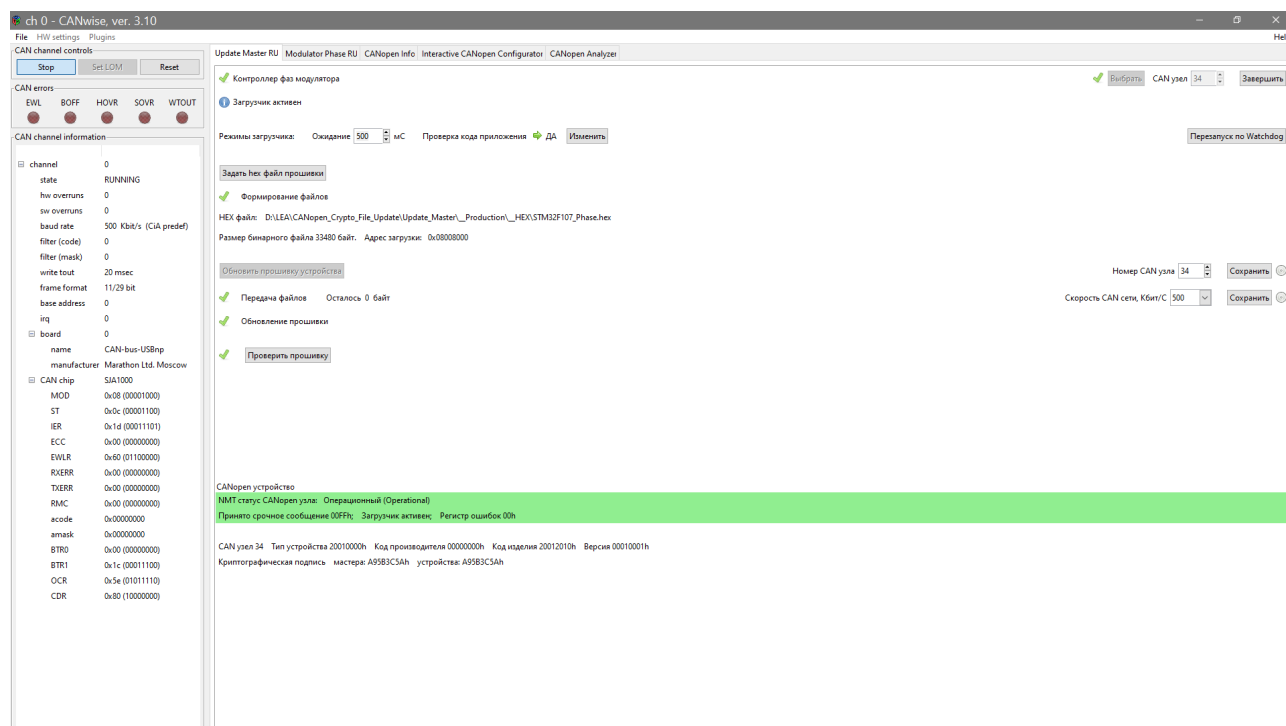
Имя файла подгружаемого модуля CANwise 3.10:

Update\_CANwise\_RU.dll – русскоязычная версия

Название подгружаемого модуля: Update Master RU

Версия 1.0.x

Модуль содержит два прикладных окна и набор кнопок управления:



Верхнее окно позволяет интерактивно оперировать с CANopen загрузчиком. Нижнее окно служит для описания типа устройства и отображения его состояния.

Для начала работы с CANwise нужно выполнить следующие операции:

- При необходимости задать скорость CAN сети;
- Запустить CANwise кнопкой "Start";

Затем в окне подгружаемого модуля следует задать номер CAN узла и нажать кнопку "Выбрать". Программа мастера перейдет в режим ожидания запуска CANopen устройства

(boot-up протокол). После обнаружения устройства и активации загрузчика можно осуществлять его прошивку с помощью кнопок "Задать HEX файл прошивки" и "Обновить прошивку устройства". Также возможно сохранение номера CAN узла устройства и скорости CAN сети.

Кнопки управления.

Кнопка	Назначение
Выбрать	Переводит мастер загрузки в режим ожидания запуска CANopen устройства. Номер CAN узла задается в поле ввода справа от кнопки.
Завершить	Завершает операции мастера, позволяя выбрать новое устройство.
Перезапуск по Watchdog	Осуществляет перезапуск CANopen устройства с использованием сторожевого таймера (Watchdog).
Ожидание	Задаёт время ожидания в загрузчике после запуска контроллера. Определяется в миллисекундах. По истечении времени ожидания и при отсутствии команды «остаться в загрузчике» инициируется выполнение прикладной программы контроллера.
Проверка кода приложения Изменить	Задаёт режим проверки целостности кода прикладной программы с использованием файла управления. Возможная проверка кода осуществляется загрузчиком при каждом запуске контроллера до начала выполнения прикладной программы.
Задать HEX файл прошивки	Осуществляет выбор HEX файла, который создается компилятором среды разработки. После выбора HEX файла формируется бинарный файл прошивки и файл управления загрузчика.
Обновить прошивку устройства	Запускает обновление прошивки. При этом в устройство передается файл управления, а затем бинарный файл прошивки. По завершении передачи файлов проверка прошивки осуществляется автоматически.
Проверить прошивку	Проверяет прошивку с использованием хэш-функции из файла управления загрузчика.
Сохранить Номер CAN узла	Сохраняет в энергонезависимой памяти номер CAN узла устройства. Загрузчик и прикладная программа обычно используют общий номер CAN узла. Сохраненный номер CAN узла актуализируется после перезапуска устройства. Рекомендуется изменять номер CAN узла, когда к сети подключено только одно устройство.
Сохранить Скорость CAN сети	Сохраняет в энергонезависимой памяти индекс битовой скорости CAN сети. Загрузчик и прикладная программа обычно используют общий индекс. Сохраненный индекс битовой скорости актуализируется после перезапуска устройства. Настоятельно рекомендуется изменять скорость CAN сети, когда к ней подключено только одно устройство.

Окно описания и состояния устройства.

Строка	Назначение
1	NMT состояние устройства.

2	Информация о поступивших ошибках (EMCY и др.).
3	Информация об исходящих ошибках (ошибки передачи данных в сеть и др.).
4	Информация об устройстве (тип, код производителя, код изделия и др.).
5	Информация о криптографической подписи устройства.

## 9.2 Автономный мастер загрузки

Автономный мастер загрузки представлен исполняемой программой для ОС Windows Update\_Master.exe. Параметры мастера загружаются из конфигурационного файла Update\_Config.cfg который должен размещаться совместно (в одной директории) с исполняемой программой.

Максимальное число устройств для одновременного обновления – восемь.

### 9.2.1 Конфигурационный файл Update\_Config.cfg

Все символы в названиях разделов и записей преобразуются к заглавным. Значения параметров могут отделяться от ключевых слов пробелами, знаками табуляции или символами '='. Если значение числового параметра начинается с нуля, он представляется в восьмеричном виде, если с 0x или 0X – в шестнадцатеричном.

Если первым символом имени файла является '\', то имя интерпретируется как абсолютное, включающее в себя полный путь доступа к файлу. В противном случае имя файла определяется относительно директории размещения программы мастера. Возможно задание относительных имен файлов в формате Windows, например ..\dir1\dir2\file.ext

При формировании файлов журнала непосредственно перед последним расширением имени файла добавляется временная метка вида \_ууууmmdd\_hhmmss.

#### [PCFG 200F0001]

Версия конфигурационного файла. Записывается в первой не пустой строке файла.

#### Раздел [Comments]

Содержит произвольный комментарий, который при необходимости может обрабатываться приложением.

Комментарий, игнорируемый синтаксическим разборщиком, может быть оформлен тремя способами:

- Начинаться с символа #. При этом игнорируется любой текст от символа # до конца текущей строки.
- Начинаться с символов //. При этом игнорируется любой текст от символов // до конца текущей строки.
- Начинаться с символов /\* и заканчиваться \*/. Любой текст, включающий произвольное число строк и расположенный между этими символами игнорируется.

#### Раздел [Parameters]

Параметры мастера загрузки.

Содержит записи:

- **CANchannel** – номер канала CAN контроллера, от 0 до 3. Значение по умолчанию: 0.
- **BitrateIndex** – индекс битовой скорости CAN сети. Значение по умолчанию: 2 (скорость CAN сети 500 Кбит/С).
- **BootUpWait\_mS** – время ожидания запуска всех узлов сети, начиная с момента приема первого сообщения загрузки (boot-up). Задается в миллисекундах. Диапазон значений от 200 мС до 10000 мС. Значение по умолчанию: 1000 мС.



- **TotalWaiting\_S** – полное время ожидания загрузки всех узлов CAN сети в секундах. Отсчитывается от момента запуска программы мастера. Диапазон значений от 10 до 2000 секунд. Значение по умолчанию: 60 сек.
- **Log\_Filename** – основное имя файла журнала. Значение по умолчанию: Update\_Log.log

#### Разделы [CANopenDevice]

Список CANopen устройств (узлов CAN сети).

Конфигурационный файл содержит необходимое число разделов [CANopenDevice].

Единовременно могут обновляться прошивки до восьми устройств.

Содержит записи:

- **Update** – Значения: Yes – нужно обновить прошивку, No – обновление не требуется. Значение по умолчанию: No; также может быть задано путем комментирования записи.
- **NodeID** – номер узла CANopen устройства. Диапазон значений от 1 до 127. Значение по умолчанию: нет (обязательный параметр).
- **Project** – Код прикладного CANopen проекта. Значение по умолчанию: 0x0000.
- **FlashCheck** – Флаг проверки прикладной программы (прошивки) контроллера при каждом запуске. Значения: Yes – проверять прошивку при каждом запуске контроллера, No – не проверять. Значение по умолчанию: Yes.
- **WD\_Reboot** – Флаг перезагрузки контроллера с помощью сторожевого таймера после успешной прошивки. Значения: Yes – перезагрузить контроллер по Watchdog, No – не перезагружать. Значение по умолчанию: No.
- **BL\_Wait\_mS** – Время ожидания в загрузчике после запуска контроллера, мС. Диапазон значений от 200 до 4095 миллисекунд. Значение по умолчанию: 500 мС.
- **HEX\_Filename** – имя HEX файла прошивки. Значение по умолчанию: нет (обязательный параметр).

## 10. Коды ошибок CANopen

### 10.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код)

Аборт код	Описание
0503 0000 <sub>h</sub>	Не изменился мерцающий (toggle) бит.
0504 0000 <sub>h</sub>	Тайм-аут SDO протокола.
0504 0001 <sub>h</sub>	Неверная либо не известная команда протокола.
0504 0002 <sub>h</sub>	Неверный размер блока данных (только для блочного протокола).
0504 0003 <sub>h</sub>	Неверный номер кадра (только для блочного протокола).
0504 0004 <sub>h</sub>	Ошибка CRC (только для блочного протокола).
0504 0005 <sub>h</sub>	Не хватает памяти.
0601 0000 <sub>h</sub>	Запрашиваемый доступ к объекту не поддерживается.
0601 0001 <sub>h</sub>	Попытка чтения только записываемого (WO) объекта.
0601 0002 <sub>h</sub>	Попытка записи только читаемого (RO) объекта.
0602 0000 <sub>h</sub>	Нет такого объекта в объектном словаре.
0604 0041 <sub>h</sub>	Объект не может быть отображен в PDO.
0604 0042 <sub>h</sub>	Полная длина отображаемых объектов превышает максимальный размер PDO (64 бита).
0604 0043 <sub>h</sub>	Общая несовместимость параметров.
0604 0047 <sub>h</sub>	Общая внутренняя несовместимость в устройстве.
0606 0000 <sub>h</sub>	Отказ в доступе из-за аппаратной ошибки.
0607 0010 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных или длина параметра.
0607 0012 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных, превышена длина параметра.
0607 0013 <sub>h</sub>	Неподходящий тип данных, мала длина параметра.
0609 0011 <sub>h</sub>	Нет такого субиндекса.
0609 0030 <sub>h</sub>	Неверное значение параметра (только для записи данных).
0609 0031 <sub>h</sub>	Значение параметра слишком велико (только для записи данных).
0609 0032 <sub>h</sub>	Значение параметра слишком мало (только для записи данных).
0609 0036 <sub>h</sub>	Максимальное значение меньше минимального.
060A 0023 <sub>h</sub>	Ресурс не доступен: SDO соединение.
0800 0000 <sub>h</sub>	Общая ошибка.
0800 0020 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению.
0800 0021 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению из-за особенностей локального управления.
0800 0022 <sub>h</sub>	Данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства.

0800 0023 <sub>h</sub>	Не удалось динамически сгенерировать объектный словарь или нет объектного словаря.
0800 0024 <sub>h</sub>	Нет данных.

## 10.2 Коды ошибок объекта EMCY

Код ошибки	Назначение
0000 <sub>h</sub>	Сброс либо отсутствие ошибки.
1000 <sub>h</sub>	Общая ошибка.
2000 <sub>h</sub>	Ток - общая ошибка.
2100 <sub>h</sub>	Ток на входе в устройство - общая ошибка.
2200 <sub>h</sub>	Ток внутри устройства - общая ошибка.
2300 <sub>h</sub>	Выходной ток устройства - общая ошибка.
2320 <sub>h</sub>	Короткое замыкание выходов.
2330 <sub>h</sub>	Обрыв цепи выходов.
3000 <sub>h</sub>	Напряжение - общая ошибка.
3100 <sub>h</sub>	Напряжение питания - общая ошибка.
3200 <sub>h</sub>	Напряжение внутри устройства - общая ошибка.
3300 <sub>h</sub>	Выходное напряжение - общая ошибка.
4000 <sub>h</sub>	Температура - общая ошибка.
4100 <sub>h</sub>	Температура окружающей среды - общая ошибка.
4200 <sub>h</sub>	Температура устройства - общая ошибка.
5000 <sub>h</sub>	«Железо» устройства - общая ошибка.
6000 <sub>h</sub>	Программное обеспечение устройства - общая ошибка.
6100 <sub>h</sub>	Встроенное программное обеспечение - общая ошибка.
6180 <sub>h</sub>	Переполнение выходного CANopen кэша.
6190 <sub>h</sub>	Ошибка инициализации CANopen таймера.
6191 <sub>h</sub>	Наложение тиков CANopen таймера.
61A0 <sub>h</sub>	Ошибка контроля данных в энергонезависимой памяти.
61A1 <sub>h</sub>	Ошибка стирания или записи энергонезависимой памяти.
61A2 <sub>h</sub>	Неподходящий объект для сохранения в энергонезависимой памяти.
61A3 <sub>h</sub>	Ошибка операции с SSD файлом.
61A4 <sub>h</sub>	Не хватает памяти или ошибочный адрес.
61A5 <sub>h</sub>	Неверные параметры для энергонезависимой памяти.
61A6 <sub>h</sub>	Ошибка чтения или записи объектного словаря при работе с энергонезависимой памятью.
6200 <sub>h</sub>	Программное обеспечение пользователя - общая ошибка.

6300 <sub>h</sub>	Данные - общая ошибка.
6380 <sub>h</sub>	Передача файла прекращена либо отменена.
7000 <sub>h</sub>	Дополнительные модули - общая ошибка.
8000 <sub>h</sub>	Мониторинг - общая ошибка.
8100 <sub>h</sub>	Коммуникации - общая ошибка.
8110 <sub>h</sub>	Переполнение CAN (потеря объекта).
8120 <sub>h</sub>	CAN в пассивном к ошибке состоянии.
8130 <sub>h</sub>	Ошибка протокола сердцебиения либо охраны узла.
8140 <sub>h</sub>	Выход из состояния отключения от шины (bus-off).
8150 <sub>h</sub>	Коллизия передаваемых CAN идентификаторов (CAN-ID).
8180 <sub>h</sub>	Событие CAN контроллера «hardware overrun».
8181 <sub>h</sub>	Событие CAN контроллера «software overrun».
8182 <sub>h</sub>	Событие CAN контроллера «error warning limit».
8183 <sub>h</sub>	Событие CAN контроллера «write timeout».
8190 <sub>h</sub>	Прекращена работа по безопасному протоколу EN50325-5.
8200 <sub>h</sub>	Ошибка протокола - общая ошибка.
8210 <sub>h</sub>	PDO не может быть обработан из-за ошибки длины данных.
8220 <sub>h</sub>	Превышен максимальный размер PDO.
8240 <sub>h</sub>	Неподходящая длина данных SYNC кадра.
8250 <sub>h</sub>	Таймаут RPDO.
9000 <sub>h</sub>	Внешняя ошибка - общая ошибка.
F000 <sub>h</sub>	Дополнительные функции - общая ошибка.
FF00 <sub>h</sub>	Определяется конкретным типом CANopen устройства - общая ошибка.
FF80 <sub>h</sub>	Устройство находится в режиме ошибки.

Цветом выделены дополнительные и не стандартные коды ошибок.

Ошибки с кодами 6180<sub>h</sub> и 6190<sub>h</sub> заносятся в список ошибок (объект 1003<sub>h</sub>) но не передаются в качестве срочного сообщения, поскольку объект EMCY отсутствует в системе (этап инициализации) либо не может быть передан в CAN сеть.

## 11. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов

### 11.1 Широковещательные объекты

Идентификаторы широковещательных объектов не зависят от номера CAN узла.

CAN-ID	Назначение	Индекс объекта
0	NMT объекты	—
1	GFC команда (EN50325-5)	1300 <sub>h</sub>
128 (80 <sub>h</sub> )	Объект синхронизации SYNC	1005 <sub>h</sub>
256 (100 <sub>h</sub> )	Объект временной метки TIME	1012 <sub>h</sub>

### 11.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer)

Идентификаторы объектов равный-к-равному зависят от номера CAN узла.

CAN-ID	Назначение	Индекс объекта
129 (81 <sub>h</sub> ) – 255 (FF <sub>h</sub> )	Объекты срочного сообщения EMCY для узлов сети 1 – 127	1014 <sub>h</sub>
257 (101 <sub>h</sub> ) – 384 (180 <sub>h</sub> )	Объекты данных безопасного протокола (SRDO, EN50325-5)	1301 <sub>h</sub>
385 (181 <sub>h</sub> ) – 511 (1FF <sub>h</sub> )	Первые передаваемые PDO (TPDO1) для узлов сети 1 – 127	1800 <sub>h</sub>
513 (201 <sub>h</sub> ) – 639 (27F <sub>h</sub> )	Первые принимаемые PDO (RPDO1) для узлов сети 1 – 127	1400 <sub>h</sub>
641 (281 <sub>h</sub> ) – 767 (2FF <sub>h</sub> )	Вторые передаваемые PDO (TPDO2) для узлов сети 1 – 127	1801 <sub>h</sub>
769 (301 <sub>h</sub> ) – 895 (37F <sub>h</sub> )	Вторые принимаемые PDO (RPDO2) для узлов сети 1 – 127	1401 <sub>h</sub>
897 (381 <sub>h</sub> ) – 1023 (3FF <sub>h</sub> )	Третьи передаваемые PDO (TPDO3) для узлов сети 1 – 127	1802 <sub>h</sub>
1025 (401 <sub>h</sub> ) – 1151 (47F <sub>h</sub> )	Третьи принимаемые PDO (RPDO3) для узлов сети 1 – 127	1402 <sub>h</sub>
1153 (481 <sub>h</sub> ) – 1279 (4FF <sub>h</sub> )	Четвертые передаваемые PDO (TPDO4) для узлов сети 1 – 127	1803 <sub>h</sub>
1281 (501 <sub>h</sub> ) – 1407 (57F <sub>h</sub> )	Четвертые принимаемые PDO (RPDO4) для узлов сети 1 – 127	1403 <sub>h</sub>
1409 (581 <sub>h</sub> ) – 1535 (5FF <sub>h</sub> )	SDO, передаваемые от сервера клиенту для узлов сети 1 – 127	1200 <sub>h</sub>
1537 (601 <sub>h</sub> ) – 1663 (67F <sub>h</sub> )	SDO, передаваемые от клиента серверу для узлов сети 1 – 127	1200 <sub>h</sub>
1793 (701 <sub>h</sub> ) – 1919 (77F <sub>h</sub> )	Протоколы контроля ошибок (сердцебиения и охраны узла) для узлов сети 1 – 127	1016 <sub>h</sub> , 1017 <sub>h</sub>

### 11.3 Прочие объекты

CAN-ID	Назначение
2020 (7E4 <sub>h</sub> )	Ответ от LSS responder (сервис установки уровня)
2021 (7E5 <sub>h</sub> )	Запрос от LSS commander (сервис установки уровня)

### 11.4 Идентификаторы ограниченного использования

Идентификаторы ограниченного использования не должны применяться в любых конфигурируемых коммуникационных объектах, будь то SYNC, TIME, EMCY, PDO или дополнительные SDO.

CAN-IDs	Назначение
0	NMT объекты
1	GFC команда (EN50325-5)
2 (002 <sub>h</sub> ) – 127 (07F <sub>h</sub> )	Зарезервированы
257 (101 <sub>h</sub> ) – 384 (180 <sub>h</sub> )	Объекты данных протокола EN50325-5 (SRDO)
1409 (581 <sub>h</sub> ) – 1535 (5FF <sub>h</sub> )	SDO по умолчанию, передаваемые от сервера клиенту
1537 (601 <sub>h</sub> ) – 1663 (67F <sub>h</sub> )	SDO по умолчанию, передаваемые от клиента серверу
1760 (6E0 <sub>h</sub> ) – 1791 (6FF <sub>h</sub> )	Зарезервированы
1793 (701 <sub>h</sub> ) – 1919 (77F <sub>h</sub> )	Протоколы контроля ошибок
1920 (780 <sub>h</sub> ) – 2047 (7FF <sub>h</sub> )	Зарезервированы