



# Программная архитектура CANopen

## Профиль SiA 401

### Техническое описание

Код проекта **004F<sub>h</sub>**

Версия **00010001<sub>h</sub>**

Москва, 2023

## Оглавление

<b>1. Основные характеристики профиля.....</b>	<b>3</b>
1.1 Технические данные профиля.....	3
1.2 Принятые сокращения.....	3
1.3 Поддерживаемые CANopen протоколы.....	4
1.4 EDS файлы электронной спецификации.....	5
<b>2. Соглашения по документации.....</b>	<b>6</b>
2.1 Наименование основных типов данных.....	6
2.2 Прочие соглашения.....	6
2.3 Обновление терминологии.....	6
<b>3. Изменения в версиях.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Структура объектного словаря CANopen.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Коммуникационный профиль CANopen.....</b>	<b>13</b>
5.1 Параметры CANopen сети.....	13
5.2 Объекты профиля CiA 301.....	13
5.3 Дополнительные объекты CANopen профиля.....	26
5.3.1 CANopen объекты.....	26
5.4 Отработка CANopen NMT команд.....	28
5.5 Использование нескольких CAN сетей.....	28
5.5.1 Режим «холодного» резервирования.....	28
<b>6. Сохранение параметров в энергонезависимой памяти.....</b>	<b>30</b>
6.1 Форматы сохранения параметров.....	30
<b>7. Прикладной профиль CiA401.....</b>	<b>31</b>
7.1 Объекты конфигурации.....	31
7.2 Профиль цифрового ввода.....	32
7.2.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401.....	32
7.2.2 Объекты, определяемые производителем.....	33
7.3 Профиль цифрового вывода.....	34
7.3.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401.....	34
7.3.2 Поведение в режиме ошибки.....	35
7.4 Профиль аналогового ввода 16 разрядов.....	36
7.4.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401.....	36
7.5 Профиль аналогового вывода 16 разрядов.....	39
7.5.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401.....	39
7.5.2 Поведение в режиме ошибки.....	40
<b>8. Коды ошибок CANopen.....</b>	<b>41</b>
8.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код).....	41
8.2 Коды ошибок объекта EMCY.....	42
<b>9. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов.....</b>	<b>44</b>
9.1 Широковещательные объекты.....	44
9.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer).....	44
9.3 Прочие объекты.....	45
9.4 Идентификаторы ограниченного использования.....	45

## 1. Основные характеристики профиля

Программная архитектура CANopen реализована аналогичным образом для ОС Windows и микроконтроллеров типа STM32F1x. Программы включают в себя следующие основные модули:

1. Коммуникационную подсистему CAN / CANopen CiA 301.
2. Прикладной профиль CiA 401.
3. Расширения прикладного профиля.
4. Базу данных устройства на основе объектного словаря CANopen.
5. Подсистему сохранения параметров в энергонезависимой памяти.

Коммуникационный и прикладной профили, а также 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.
- CiA 401** v. 3.0 CANopen профиль для модулей ввода-вывода общего назначения. Определяет цифровые и аналоговые устройства ввода-вывода.

### 1.1 Технические данные профиля

Число цифровых входов	16
Цифровые входы замкнуты поразрядно на цифровые выходы	
Число цифровых выходов	16
Цифровые выходы замкнуты поразрядно на цифровые входы	
Число аналоговых входов	8
Разрядность аналоговых входов (АЦП)	16
Значения входов задаются программно по таймеру	
Число аналоговых выходов	8
Разрядность аналоговых выходов (ЦАП)	16
Частота внутреннего CANopen таймера	100 Гц (период 10 мС)
Индикация состояния (CiA 303 ч.3)	Зеленый и красный
Может отличаться для различных версий устройств	светодиоды
Сохранение параметров в энергонезависимой памяти	По команде
Поддержка безопасного протокола EN50325-5	Нет

### 1.2 Принятые сокращения

- CiA** Международная организация CAN in Automation - "CAN в автоматизации".
- CAN-ID** Идентификатор CAN кадра канального уровня.
- COB-ID** 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).

### 1.3 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.

## 1.4 EDS файлы электронной спецификации

Устройство	Имя EDS файла
Цифровой и аналоговый ввод-вывод	CiA401_DIO_AIO.eds

Для работы с отдельными параметрами устройства могут дополнительно использоваться частичные EDS файлы.

## 2. Соглашения по документации

### 2.1 Наименование основных типов данных

<b>boolean</b>	Логическое значение false / true.
<b>integer8</b>	Целое 8 разрядов со знаком.
<b>unsigned8</b>	Без-знаковое целое 8 разрядов.
<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).

### 2.2 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.

### 2.3 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. В то же время остается использование терминов «мастер» и «слейв» в русскоязычной транскрипции.

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.

»

### 3. Изменения в версиях

Версия устройства, определяемая производителем (revision number), размещается в объекте  $1018_{\text{h}}\text{sub}3_{\text{h}}$ .

**Версия 00010001h.**

Начальная версия устройства.

## 4. Структура объектного словаря CANopen

В таблице приведена общая структура словаря коммуникационных и прикладных объектов.

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Тип или диапазон данных (dec)	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	-	СОВ-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	19	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	F	Сохранить режимы работы устройства из объекта 211F <sub>h</sub>	unsigned32	RW	-	-
1010	10-13	Сохранить прикладные параметры групп 1-4	unsigned32	RW	-	-
1011	---	Восстановление значений параметров по умолчанию	массив	---	---	---
1011	0	Максимальный субиндекс	19	RO	-	-
1011	1	Нет восстановления значений параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	2	Нет восстановления значений параметров по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	3	Восстановить значения параметров приложения по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	4	Нет восстановления значений 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	F	Восстановить режимы работы устройства по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	10-13	Загрузить прикладные параметры групп 1-4 Поведение объектов не соответствует CiA 301	unsigned32	RW	-	-
1012	-	СОВ-ID объекта временной метки TIME	unsigned32	RW	-	-
1014	-	СОВ-ID объекта EMCY	unsigned32	RW	-	-
1015	-	Время подавления посылок EMCY, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1017	-	Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик)	unsigned16	RW	-	gr4
1018	---	Объект идентификации устройства	запись	---	---	---
1018	0	Максимальный субиндекс	4	RO	-	-

Марафон. Программная архитектура CANopen, версия 00010001h. 20 августа 2023 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	-	-
<b>1019</b>	-	Значение переполнения SYNC счетчика	unsigned8	RW	-	-
<b>1029</b>	---	Поведение CAN устройства при возникновении ошибок	массив	---	---	---
1029	0	Число классов ошибок	1	RO	-	-
1029	1	Поведение при коммуникационной ошибке	unsigned8	RW	-	-
<b>11F0</b> --- Параметры CAN сетей						
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>1200</b> --- SDO параметры сервера						
1200	0	Максимальный субиндекс SDO параметра	2	RO	-	-
1200	1	COB-ID от Клиента → Серверу (прием CAN узлом)	unsigned32	RO	-	-
1200	2	COB-ID от Сервера → Клиенту (передача из CAN узла)	unsigned32	RO	-	-
<b>1400</b> --- Коммуникационные параметры принимаемого PDO 1 (RPDO 1)						
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	-	-
<b>1401</b>	---	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	-	-
<b>1402</b>	---	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	-	-
<b>1403</b>	---	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	-	-
<b>1600</b>	---	Параметры отображения RPDO 1	запись	---	---	---
1600	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1600	1-8	Отображаемые в RPDO 1 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1601</b>	---	Параметры отображения RPDO 2	запись	---	---	---
1601	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1601	1-8	Отображаемые в RPDO 2 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1602</b>	---	Параметры отображения RPDO 3	запись	---	---	---
1602	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-
1602	1-8	Отображаемые в RPDO 3 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1603</b>	---	Параметры отображения RPDO 4	запись	---	---	---
1603	0	Число отображаемых объектов	0-8	RW	-	-

1603	1-8	Отображаемые в RPDO 4 объекты	unsigned32	RW	-	-
<b>1800</b>	---	Коммуникационные параметры передаваемого PDO 1 (TPDO 1)	запись	---	---	---
1800	0	Максимальный субиндекс TPDO параметра	6	RO	-	-
1800	1	СОВ-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	СОВ-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	СОВ-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	СОВ-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	4	RO	-	-
2000	1-4	Конфигурационные параметры	unsigned8	RO	-	-
<b>2028</b>	-	Режим прерывания (передачи TPDO) от цифровых входов	boolean	RW	-	app
<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 энергонезависимой памяти	unsigned8	RW	-	sub6
<b>211F</b>	-	Режимы работы устройства для энергонезависимой памяти	unsigned16	RW	-	subF
<b>6000</b>	---	Чтение цифровых входов по 8 разрядов	массив	---	---	---

6000	0	Число цифровых входов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6000	1, 2	Чтение цифровых входов, всего 16 разрядов	unsigned8	RO	да	-
<b>6002</b>	---	Инверсия уровня цифровых входов по 8 разрядов	массив	---	---	---
6002	0	Число цифровых входов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6002	1, 2	Инверсия уровня цифровых входов, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6005</b>	-	Общее разрешение прерывания для цифровых входов	boolean	RW	-	app
<b>6006</b>	---	Маска прерывания по любому изменению логического уровня 8-разрядных входов	массив	---	---	---
6006	0	Число цифровых входов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6006	1, 2	Маски прерывания по любому изменению, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6007</b>	---	Маска прерывания по изменению уровня 8-разрядных входов с логического нуля на логическую единицу	массив	---	---	---
6007	0	Число цифровых входов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6007	1, 2	Маски прерывания по изменению 0 → 1, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6008</b>	---	Маска прерывания по изменению уровня 8-разрядных входов с логической единицы на логический ноль	массив	---	---	---
6008	0	Число цифровых входов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6008	1, 2	Маска прерывания по изменению 1 → 0, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6200</b>	---	Запись цифровых выходов по 8 разрядов	массив	---	---	---
6200	0	Число цифровых выходов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6200	1, 2	Запись цифровых выходов, всего 16 разрядов	unsigned8	RWW	да	gr1
<b>6202</b>	---	Инверсия уровня цифровых выходов по 8 разрядов	массив	---	---	---
6202	0	Число цифровых выходов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6202	1, 2	Инверсия уровня цифровых выходов, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6206</b>	---	Режим ошибки для цифровых выходов по 8 разрядов	массив	---	---	---
6206	0	Число цифровых выходов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6206	1, 2	Режим ошибки цифровых выходов, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6207</b>	---	Значение при возникновении ошибки для выходов	массив	---	---	---
6207	0	Число цифровых выходов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6207	1, 2	Значение при ошибке для цифровых выходов, 16 разрядов	unsigned8	RW	-	app
<b>6208</b>	---	Маска фильтра для выходов	массив	---	---	---
6208	0	Число цифровых выходов по 8 разрядов	2	RO	-	-
6208	1, 2	Маска фильтра для цифровых выходов, всего 16 разрядов	unsigned8	RW	-	-
<b>6401</b>	---	Чтение 16-разрядных аналоговых входов	массив	---	---	---
6401	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6401	1-8	Чтение 16-разрядных аналоговых входов 1-8	integer16	RO	да	-
<b>6403</b>	---	Чтение аналоговых входов в формате с плавающей точкой	массив	---	---	---
6403	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6403	1-8	Чтение аналоговых входов 1-8 в формате с плавающей точкой	real32	RO	да	-
<b>6411</b>	---	Запись 16-разрядных аналоговых выходов	массив	---	---	---
6411	0	Число аналоговых выходов	8	RO	-	-
6411	1-8	Запись 16-разрядных аналоговых выходов 1-8	integer16	RWW	да	gr2
<b>6421</b>	---	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов	массив	---	---	---
6421	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6421	1-8	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов 1-8	unsigned8	RW	-	app
<b>6422</b>	---	Маска аналоговых входов, по которым произошло прерывание. Каждому аналоговому каналу сопоставлен один бит маски.	массив	---	---	---
6422	0	Число 32-разрядных банков источников прерывания	1	RO	-	-
6422	1	Первый банк источников прерывания аналоговых входов 1-8	unsigned32	RO	-	-
<b>6423</b>	-	Общее разрешение прерывания для аналоговых входов	boolean	RW	-	app
<b>6424</b>	---	Целочисленная верхняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6424	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6424	1-8	Значение верхней уставки для аналоговых входов 1-8	integer32	RW	-	app
<b>6425</b>	---	Целочисленная нижняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6425	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6425	1-8	Значение нижней уставки для аналоговых входов 1-8	integer32	RW	-	app
<b>6426</b>	---	Без-знаковая уставка абсолютной разности возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---

6426	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
6426	1-8	Значение уставки абсолютной разности аналоговых входов 1-8	unsigned32	RW	-	app
<b>642E</b>	---	Величина смещения для аналоговых данных в формате с плавающей точкой	массив	---	---	---
642E	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
642E	1-8	Величина смещения для аналоговых входов 1-8	real32	RW	-	app
<b>642F</b>	---	Масштабирующий множитель для аналоговых данных в формате с плавающей точкой	массив	---	---	---
642F	0	Число аналоговых входов	8	RO	-	-
642F	1-8	Масштабирующий множитель для аналоговых входов 1-8	real32	RW	-	app
<b>6443</b>	---	Режим ошибки для аналоговых выходов	массив	---	---	---
6443	0	Число аналоговых выходов	8	RO	-	-
6443	1-8	Режим ошибки для аналоговых выходов 1-8	unsigned8	RW	-	app
<b>6444</b>	---	Целочисленное значение аналоговых выходов при ошибке	массив	---	---	---
6444	0	Число аналоговых выходов	8	RO	-	-
6444	1-8	Целочисленное значение аналоговых выходов 1-8 при ошибке	integer32	RW	-	app

*Примечания.*

1. Возможность сохранения в энергонезависимой памяти параметров приложения отмечена словом **app**. Работа с группами сохраняемых параметров отмечена как **gr%**.

## 5. Коммуникационный профиль CANopen

### 5.1 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>. 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>. 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

### 5.2 Объекты профиля SiA 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 разрядов); 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: 000F0191<sub>h</sub>.

Структура объекта:

Дополнительная информация			Общая информация об устройстве
Специальная функциональность	М	Функциональность ввода-вывода	Номер профиля устройства
00 <sub>h</sub>	0/1	01 <sub>h</sub> - 0F <sub>h</sub>	0191 <sub>h</sub> = 401 <sub>d</sub>
31	24 23	22	16 15 0

Маска функциональности ввода-вывода:

бит 16: цифровой ввод,

бит 17: цифровой вывод,

бит 18: аналоговый ввод,

бит 19: аналоговый вывод.

Бит 23, PDO отображение:

0 – PDO отображение полностью соответствует профилю CiA 401.

1 – используется не стандартное PDO отображение.

### 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 <u>не</u> генерирует SYNC
	1	Устройство генерирует SYNC

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). Первая посылка SYNC кадра производится после установка 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 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 0F<sub>h</sub>:

Сохранить режимы работы устройства.

Сохраняет в энергонезависимой памяти режимы работы устройства (битовая маска 16 разрядов), которые загружаются из объекта 211F<sub>h</sub>.

Субиндексы 10<sub>h</sub>..13<sub>h</sub>:

Сохранить прикладные параметры групп 1..4.

Сохраняют в энергонезависимой памяти действующие значения параметров групп 1..4.

Сохраненные значения параметров для субиндексов 10<sub>h</sub>..13<sub>h</sub> могут быть загружены с использованием объектов 1011<sub>h</sub>sub[10<sub>h</sub>..13<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..6 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> (нет восстановления значений 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> (нет восстановления значений 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 0F<sub>h</sub>:

Восстановить режимы работы устройства по умолчанию.

После восстановления и перезапуска устройства битовая маска режимов работы примет значение 0000<sub>h</sub>.

Субиндексы 10<sub>h</sub>..13<sub>h</sub>:

Загрузить прикладные параметры групп 1..4.

Поведение субиндексов не соответствует CiA 301.

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>..13<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> ..13 <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 <u>не</u> использует TIME
	1	Устройство использует временную метку TIME
30	0	Устройство <u>не</u> 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

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 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 независимо 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: 000000BE<sub>h</sub>.

##### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Содержит код изделия, задаваемый производителем.

Состоит из двух полей:

Код проекта	Вариант изделия
31	16 15 0

Код проекта	Описание
004F <sub>h</sub>	Generic IO (стартеркит)

##### 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 независимо 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>:

SOB-ID от Клиента → Серверу (прием CAN узлом).

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

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

SOB-ID от Сервера → Клиенту (передача из CAN узла).



10 - 0	X	11-битовый CAN-ID основного формата кадра
--------	---	---

Установ бит 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 прикладные данные) при получении очередного SYNC объекта после приема самого RPDO. RPDO типов 254 и 255 обновляют прикладные 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 устройства. Тип 255 подразумевает, что соответствующее событие задается в стандартизированном прикладном профиле.

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 независимо 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. Задаёт 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 задаёт 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 независимо 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.

#### Значения параметров отображения по умолчанию.

RPDO1 (цифровые выходы):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1600	0	Число отображаемых объектов	2
	1	Запись цифровых выходов, разряды 1 - 8	6200 01 08
	2	Запись цифровых выходов, разряды 9 - 16	6200 02 08

RPDO2, RPDO3 (аналоговые выходы 16 разрядов):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1601	0	Число отображаемых объектов	4
	1	Запись аналогового выхода 1	6411 01 10
	2	Запись аналогового выхода 2	6411 02 10
	3	Запись аналогового выхода 3	6411 03 10
	4	Запись аналогового выхода 4	6411 04 10
1602	0	Число отображаемых объектов	4
	1	Запись аналогового выхода 5	6411 05 10
	2	Запись аналогового выхода 6	6411 06 10
	3	Запись аналогового выхода 7	6411 07 10
	4	Запись аналогового выхода 8	6411 08 10

TPDO1 (цифровые входы):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A00	0	Число отображаемых объектов	2
	1	Чтение цифровых входов, разряды 1 - 8	6000 01 08
	2	Чтение цифровых входов, разряды 9 - 16	6000 02 08

TPDO2, TPDO3 (аналоговые входы 16 разрядов):

Индекс (hex)	Суб-индекс (hex)	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A01	0	Число отображаемых объектов	4
	1	Чтение аналогового входа 1	6401 01 10
	2	Чтение аналогового входа 2	6401 02 10
	3	Чтение аналогового входа 3	6401 03 10
	4	Чтение аналогового входа 4	6401 04 10
1A02	0	Число отображаемых объектов	4
	1	Чтение аналогового входа 5	6401 05 10
	2	Чтение аналогового входа 6	6401 06 10
	3	Чтение аналогового входа 7	6401 07 10
	4	Чтение аналогового входа 8	6401 08 10

## 5.3 Дополнительные объекты CANopen профиля

### 5.3.1 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.

Признаком работы таймера является ненулевое значение объектов 2031<sub>h</sub>sub1<sub>h</sub> и 2031<sub>h</sub>sub2<sub>h</sub>.

#### 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 нулевого значения отключает сторожевой таймер TIME. Запись любых других значений запрещена и завершается SDO аборт кодом 0609 0030<sub>h</sub> (неверное значение параметра).

### **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>.

### **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>.

### **211F<sub>h</sub>**

Режимы работы устройства для сохранения в энергонезависимой памяти (битовая маска).

Значение по умолчанию: режимы работы, установленные при инициализации устройства.

Режимы работы устройства сохраняются в энергонезависимой памяти посредством объекта 1010<sub>h</sub>subF<sub>h</sub>.

## 5.4 Обработка CANopen NMT команд

После запуска либо пере-инициализации устройство осуществляет обработку NMT команд согласно CiA 301. Для обеспечения безопасной работы возможно введение ограничений по NMT командам с использованием объекта 2040<sub>h</sub> (безопасный NMT режим). При этом в операционном NMT состоянии CAN узла обрабатываются 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.

## 5.5 Использование нескольких CAN сетей

Устройство может использовать любую доступную физическую CAN сеть в режиме "холодного" резервирования. Выбор активной CAN сети производится в процессе инициализации. Вся дальнейшая работа осуществляется только по активной 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).

### 5.5.1 Режим «холодного» резервирования

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

1. Осуществляется поиск свободных CAN сетей из числа физических. При этом формируется битовая маска  $11F0_h\text{sub}2_h$ .
2. Производится инициализация каждой из сетей, найденных в п. 1. Тем самым формируется битовая маска рабочих CAN сетей ( $11F0_h\text{sub}3_h$ ).
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 ( $11F0_h\text{sub}4_h$ ) и весь последующий CAN обмен производится только по этой сети.
5. Все остальные рабочие сети освобождаются.

## 6. Сохранение параметров в энергонезависимой памяти

Windows версия программы имитирует сохранение параметров в статических массивах данных. Микроконтроллеры осуществляют сохранение в энергонезависимой памяти программ. Для этого выделяются несколько старших страниц флэш-памяти контроллера, общим размером четыре килобайта.

### 6.1 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 A5h.
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 (все субиндексы) сохраняются и восстанавливаются совместно.

Зарезервировано до 16 групп сохраняемых параметров, из которых поддерживаются четыре. Размер группы (суммарный размер блоков) определяется в процессе статического сегментирования страниц флэш-памяти микроконтроллера.

## 7. Прикладной профиль SiA401

### 7.1 Объекты конфигурации

**2000<sub>h</sub>**

Аппаратная конфигурация устройства.

Субиндекс 1:

Число входных цифровых блоков по 8 разрядов.

Субиндекс 2:

Число выходных цифровых блоков по 8 разрядов

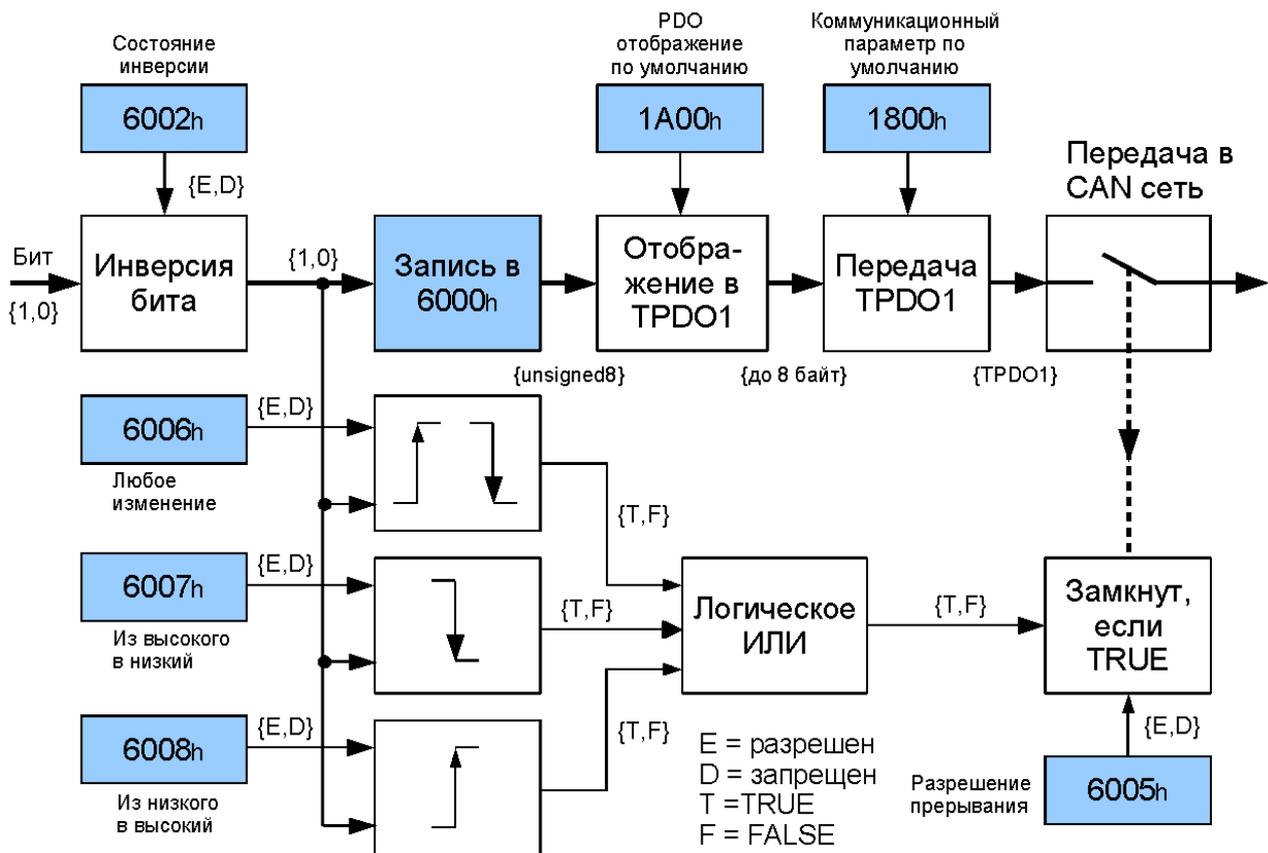
Субиндекс 3:

Число аналоговых входов.

Субиндекс 4:

Число аналоговых выходов.

## 7.2 Профиль цифрового ввода



### 7.2.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401

Профиль поддерживает 16 цифровых входов в формате 8-разрядных данных (байт).

#### 6000<sub>h</sub>

Чтение цифровых входов по 8 разрядов.

Значение по умолчанию: нет.

Производит чтение цифровых входов после операции инверсии (объект 6002<sub>h</sub>). Два байта данных отображаются в TPDO 1.

#### 6002<sub>h</sub>

Инверсия уровня цифровых входов по 8 разрядов.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Бит = 1 — полярность цифрового входа инвертируется.

Бит = 0 — полярность входа не инвертируется.

#### 6005<sub>h</sub>

Общее разрешение прерывания для цифровых входов.

Значение по умолчанию: TRUE.

Разрешает или запрещает общее прерывание (передачу TPDO), не влияя на индивидуальные маски прерываний (объекты 6006<sub>h</sub>, 6007<sub>h</sub>, 6008<sub>h</sub>).

Значение = TRUE — прерывание разрешено.

Значение = FALSE — прерывание запрещено.

#### **6006<sub>h</sub>**

Маска прерывания по любому изменению логического уровня цифровых входов.

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

Бит = 1 — прерывание разрешено.

Бит = 0 — прерывание запрещено.

#### **6007<sub>h</sub>**

Маска прерывания по изменению уровня цифровых входов с логического нуля на логическую единицу (положительный перепад). Если была произведена инверсия уровней посредством объекта 6002<sub>h</sub>, положительный логический перепад будет соответствовать отрицательному физическому.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Бит = 1 — прерывание разрешено.

Бит = 0 — прерывание запрещено.

#### **6008<sub>h</sub>**

Маска прерывания по изменению уровня цифровых входов с логической единицы на логический ноль (отрицательный перепад). Если была произведена инверсия уровней посредством объекта 6002<sub>h</sub>, отрицательный логический перепад будет соответствовать положительному физическому.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Бит = 1 — прерывание разрешено.

Бит = 0 — прерывание запрещено.

### 7.2.2 Объекты, определяемые производителем

#### **2028<sub>h</sub>**

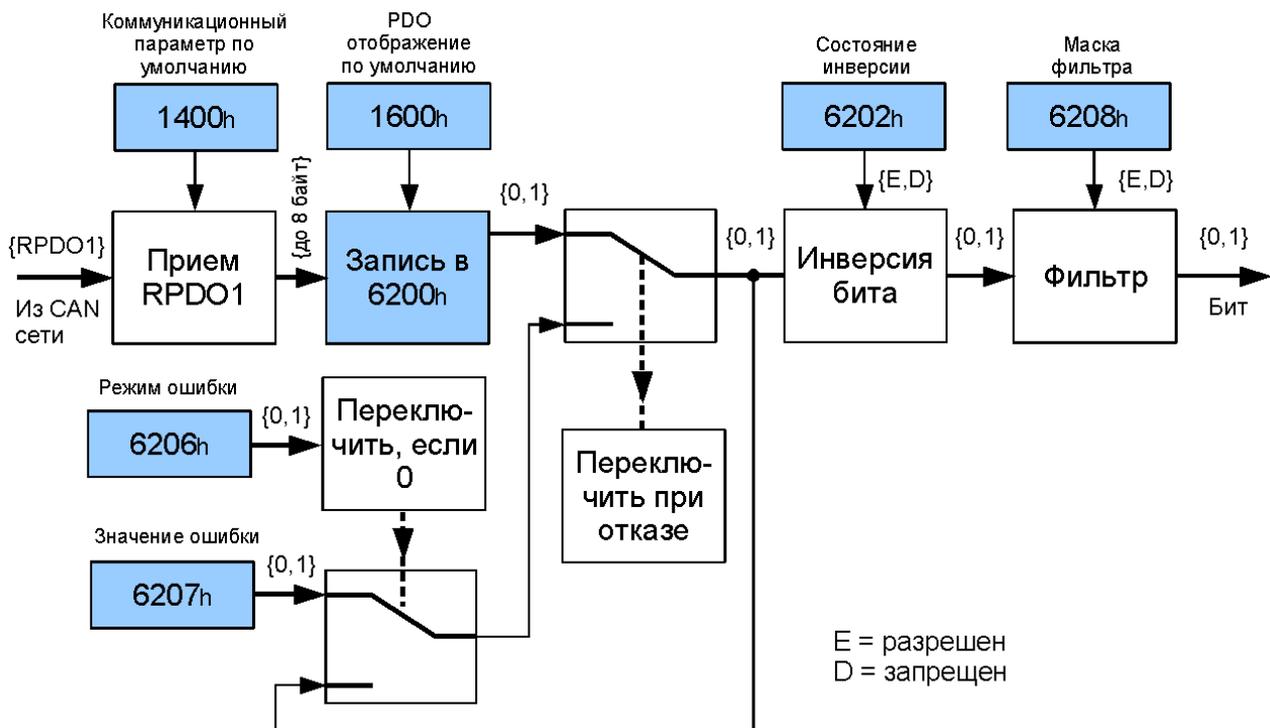
Режим прерывания (передачи TPDO) от цифровых входов.

Значение по умолчанию: FALSE.

Значение = FALSE — новое TPDO передается в сеть только в случае, если уровни цифровых входов изменяются относительно уровней, переданных в предшествующем TPDO. При этом возможна потеря контекста изменения уровней, когда TPDO будет передано однократно.

Значение = TRUE — новое TPDO передается в сеть при изменении уровней цифровых входов не независимо от предшествующего TPDO.

## 7.3 Профиль цифрового вывода



### 7.3.1 Стандартизированные объекты профиля SiA 401

Профиль поддерживает 16 цифровых выходов в формате 8-разрядных данных (байт).

#### 6200<sub>h</sub>

Запись цифровых выходов по 8 разрядов.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Производит запись групп по 8 цифровых выходов. Два байта данных отображаются RPDO 1.

#### 6202<sub>h</sub>

Инверсия уровня цифровых выходов по 8 разрядов.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Бит = 1 — полярность цифрового выхода инвертируется.

Бит = 0 — полярность выхода не инвертируется.

#### 6206<sub>h</sub>

Режим ошибки для цифровых выходов по 8 разрядов.

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

Определяет поведение цифровых выходов при переходе устройства в режим ошибки.

Бит = 1 — разряд принимает логический уровень, определенный в объекте 6207<sub>h</sub>.

Бит = 0 — значение разряда не изменяется.

#### 6207<sub>h</sub>

Значение при возникновении ошибки для цифровых выходов по 8 разрядов.

Значение по умолчанию: 0<sub>h</sub>.

Определяет значения цифровых выходов, которые устанавливаются при переходе устройства в режим ошибки, если это разрешено объектом 6206<sub>h</sub>.

Бит = 0 — выход примет значение 0 при наличии разрешения в объекте 6206<sub>h</sub>.

Бит = 1 — выход примет значение 1 при наличии разрешения в объекте 6206<sub>h</sub>.

### 6208<sub>h</sub>

Маска фильтра для цифровых выходов по 8 разрядов.

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

Задаёт дополнительный конфигурируемый выходной фильтр.

Бит = 1 — выход устанавливается на принятое и обработанное значение.

Бит = 0 — принятое значение игнорируется и логический уровень выхода не изменяется.

## 7.3.2 Поведение в режиме ошибки

Устройство переходит в режим ошибки в следующих случаях:

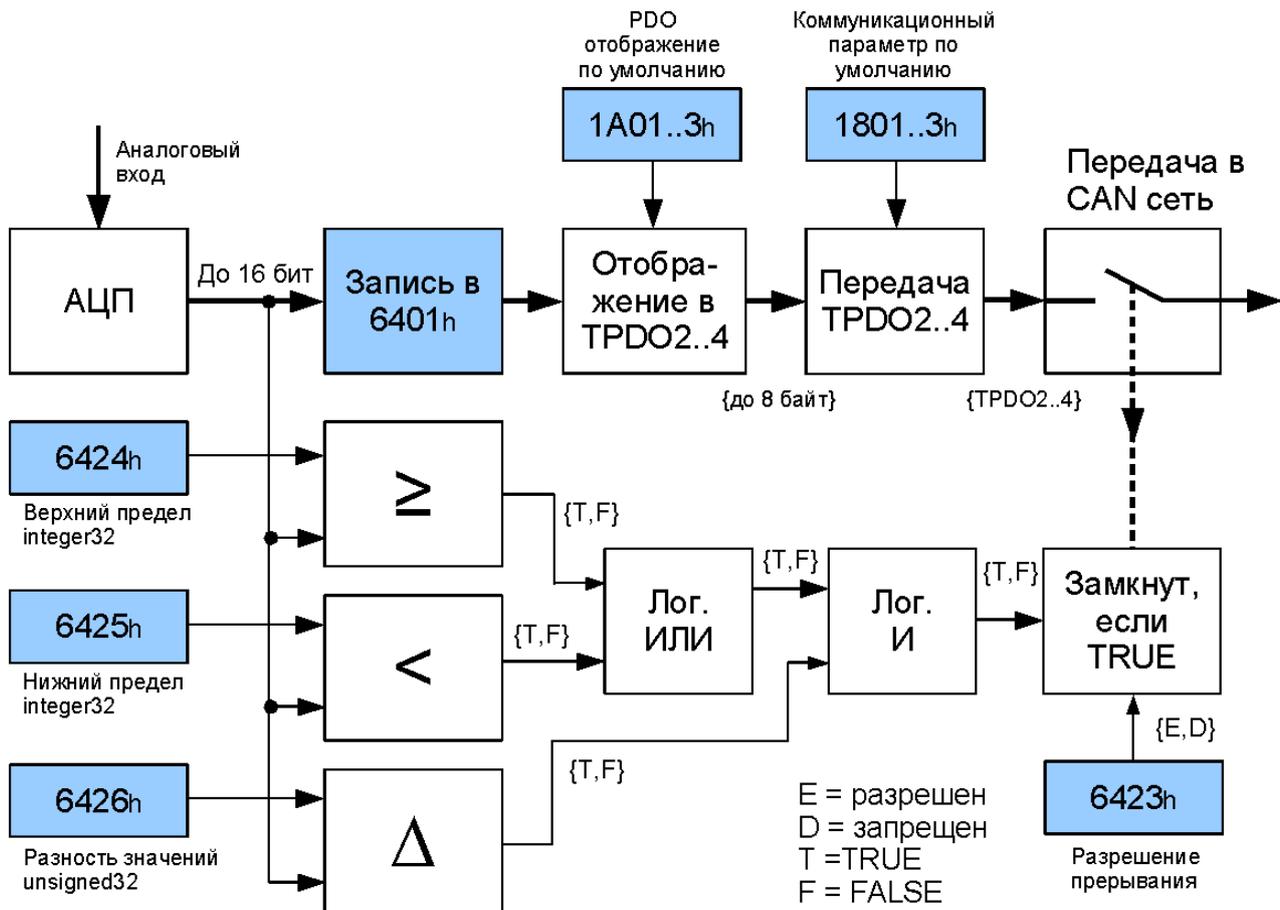
- при останове CAN узла NMT командой Stop Remote Node;
- при отказах, обрабатываемых с использованием объекта 1029<sub>h</sub> (поведение устройства при возникновении ошибок).

Цифровые выходы возвращаются в штатный режим обслуживания при переводе устройства в операционное состояние (NMT команда Start Remote Node) либо его перезапуске (NMT команда Reset Node). Переход в пред-операционное состояние (NMT команда Enter Pre-Operational), а также перезапуск коммуникационной подсистемы (NMT команда Reset Communication) не обеспечивают выхода из режима ошибки.

В режиме ошибки попытка записи объектов 6200<sub>h</sub>, 6202<sub>h</sub>, 6206<sub>h</sub>, 6207<sub>h</sub> и 6208<sub>h</sub> отвергается с выдачей SDO аборт кода 0800 0022<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства). Если значение объекта 6200<sub>h</sub> принимается с использованием PDO протокола, соответствующее RPDO игнорируется. Кроме того, при нахождении устройства в операционном NMT состоянии передается EMCY с кодом ошибки FF80<sub>h</sub> (устройство находится в режиме ошибки).

При выходе из режима ошибки регистр ошибок (объект 1001<sub>h</sub>) сбрасывается в ноль.

## 7.4 Профиль аналогового ввода 16 разрядов



### 7.4.1 Стандартизированные объекты профиля SiA 401

Профиль поддерживает восемь каналов аналогового ввода.

#### 6401<sub>h</sub>

Чтение 16-разрядных аналоговых входов.

Значение по умолчанию: нет.

Производит считывание аналоговых данных разрядностью до 16 бит со знаком. Группы по 4 канала отображаются в соответствующий TPDO (каналы 1-4 в TPDO2, каналы 5-8 в TPDO3). Если фактическая разрядность аналоговых данных меньше 16 бит, они выравниваются влево.

#### 6403<sub>h</sub>

Чтение 16-разрядных аналоговых входов в формате с плавающей точкой (real32).

Значение по умолчанию: нет.

Значение объекта 6403<sub>h</sub> рассчитывается по формуле:

$$(\text{Объект } 6403_h) = (\text{Объект } 6401_h) * (\text{Объект } 642F_h) + (\text{Объект } 642E_h)$$

#### 6421<sub>h</sub>

Маска разрешения прерывания для аналоговых входов.

Значение по умолчанию: 7<sub>h</sub> (прерывания разрешены).

Определяет, какие события будут вызывать прерывание (передачу TPDO) для соответствующего канала аналоговых входов.

Биты	Значение	Описание
5-7	0	Зарезервированы.
3,4	0/1	Не используются.
2	0/1	Значение изменилось более абсолютной разности (6426 <sub>h</sub> ).
1	0/1	Значение менее нижнего предела (6425 <sub>h</sub> ).
0	0/1	Значение превышает верхний предел (6424 <sub>h</sub> ).

#### 6422<sub>h</sub>

Маска аналоговых входов, по которым произошло прерывание. Каждому аналоговому каналу сопоставлен один бит маски.

Значение по умолчанию: 0.

Бит = 1 — произошло прерывание (выдача TPDO).

Бит = 0 — нет прерывания.

Каждое чтение маски сбрасывает все установленные значения (обнуляет маску).

#### 6423<sub>h</sub>

Общее разрешение прерывания для аналоговых входов.

Значение по умолчанию: FALSE.

Разрешает и запрещает общее прерывание (передачу TPDO), не влияя на индивидуальные маски прерываний (объект 6421<sub>h</sub>).

Значение = TRUE — прерывание разрешено.

Значение = FALSE — прерывание запрещено.

#### 6424<sub>h</sub>

Целочисленная верхняя уставка прерывания от аналоговых входов.

Значение по умолчанию: 0.

Прерывание (передача TPDO) будет сгенерировано, когда значение аналогового входа (с учетом выравнивания) станет больше либо равным уставке. Если это условие продолжает выполняться, новое прерывание генерируется при каждом изменении аналоговой величины, но с учетом возможного дополнительного условия по разности значений (объект 6426<sub>h</sub>).

Значение данного объекта не масштабируется объектами 642E<sub>h</sub> и 642F<sub>h</sub>.

#### 6425<sub>h</sub>

Целочисленная нижняя уставка прерывания от аналоговых входов.

Значение по умолчанию: 0.

Прерывание (передача TPDO) будет сгенерировано, когда значение аналогового входа (с учетом выравнивания) станет меньше уставки. Если это условие продолжает выполняться, новое прерывание генерируется при каждом изменении аналоговой величины, но с учетом возможного дополнительного условия по разности значений (объект 6426<sub>h</sub>).

Значение данного объекта не масштабируется объектами 642E<sub>h</sub> и 642F<sub>h</sub>.

#### 6426<sub>h</sub>

Без-знаковая уставка абсолютной разности возникновения прерывания от аналоговых входов.

Значение по умолчанию: 0.

Накладывает дополнительные ограничения на момент генерации прерывания (передачи TPDO) при выполнении условий, задаваемых объектами 6424<sub>h</sub> и 6425<sub>h</sub>. Теперь будет учитываться изменение аналогового значения относительно последнего переданного уровня. Новое TPDO передается, когда это изменение достигает уставки разности.

Значение данного объекта не масштабируется объектами 642E<sub>h</sub> и 642F<sub>h</sub>.

**642E<sub>h</sub>**

Величина смещения для аналоговых данных в формате с плавающей точкой (объект 6403<sub>h</sub>).

Значение по умолчанию: 0.0

Значение объекта 6403<sub>h</sub> рассчитывается по формуле:

$$(\text{Объект } 6403_h) = (\text{Объект } 6401_h) * (\text{Объект } 642F_h) + (\text{Объект } 642E_h)$$

**642F<sub>h</sub>**

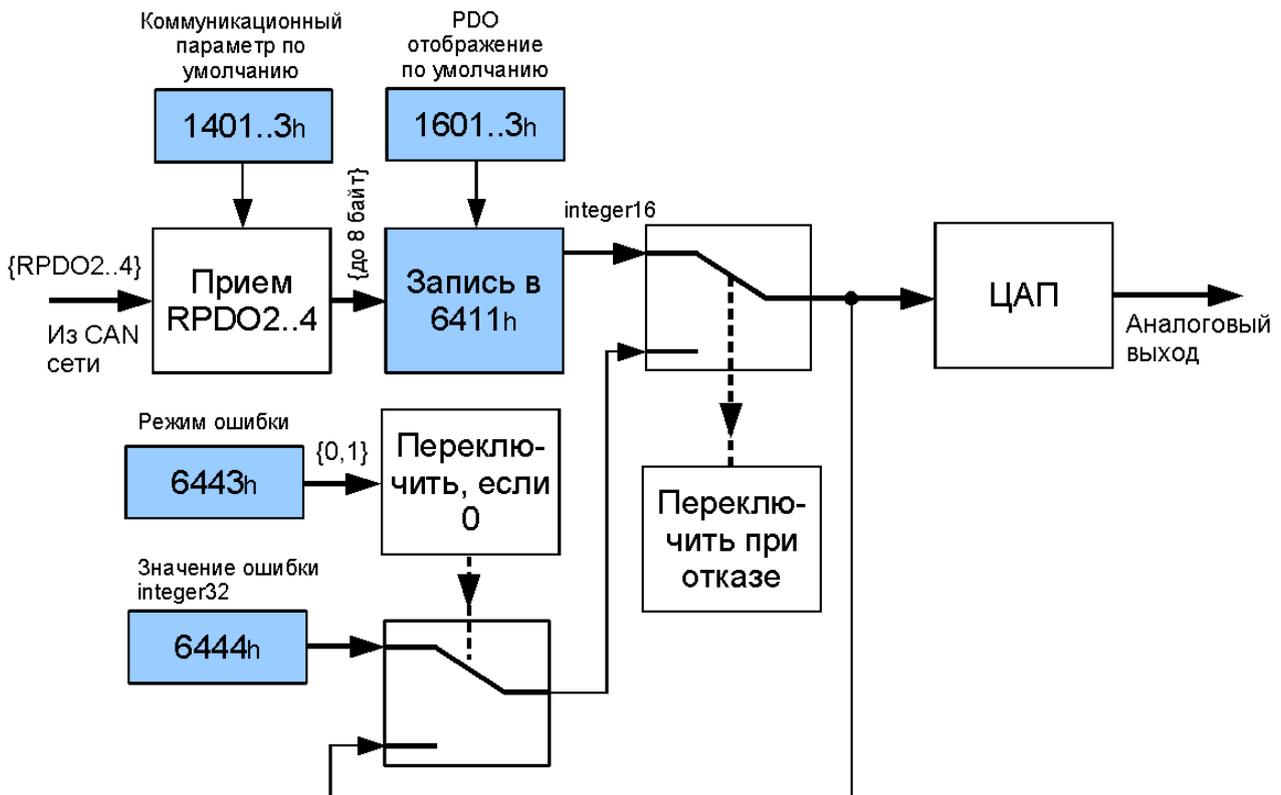
Масштабирующий множитель для аналоговых данных в формате с плавающей точкой (объект 6403<sub>h</sub>).

Значение по умолчанию: 1.0

Значение объекта 6403<sub>h</sub> рассчитывается по формуле:

$$(\text{Объект } 6403_h) = (\text{Объект } 6401_h) * (\text{Объект } 642F_h) + (\text{Объект } 642E_h)$$

## 7.5 Профиль аналогового вывода 16 разрядов



### 7.5.1 Стандартизированные объекты профиля CiA 401

Профиль поддерживает восемь каналов аналогового вывода.

#### 6411<sub>h</sub>

Запись 16-разрядных аналоговых выходов.

Значение по умолчанию: 0.

Производит вывод аналоговых данных разрядностью до 16 бит со знаком. Группы по 4 канала отображаются в соответствующий RPDO (каналы 1-4 в RPDO2, каналы 5-8 в RPDO3).

Если фактическая разрядность аналоговых данных меньше 16 бит, они выравниваются влево.

#### 6443<sub>h</sub>

Режим ошибки для аналоговых выходов.

Значение по умолчанию: 1.

Определяет поведение аналоговых выходов при переходе устройства в режим ошибки.

= 1 — аналоговый выход принимает значение, определенное в объекте 6444<sub>h</sub>.

= 0 — уровень аналогового выхода не изменяется.

#### 6444<sub>h</sub>

Целочисленное значение аналоговых выходов при ошибке.

Значение по умолчанию: 0.

Определяет значения аналоговых выходов, которые устанавливаются при переходе устройства в режим ошибки, если это разрешено объектом 6443<sub>h</sub>.

### 7.5.2 Поведение в режиме ошибки

Устройство переходит в режим ошибки в следующих случаях:

- при останове CAN узла NMT командой Stop Remote Node;
- при отказах, обрабатываемых с использованием объекта 1029<sub>h</sub> (поведение устройства при возникновении ошибок).

Аналоговые выходы возвращаются в штатный режим обслуживания при переводе устройства в операционное состояние (NMT команда Start Remote Node) либо его перезапуске (NMT команда Reset Node). Переход в пред-операционное состояние (NMT команда Enter Pre-Operational), а также перезапуск коммуникационной подсистемы (NMT команда Reset Communication) не обеспечивают выхода из режима ошибки.

В режиме ошибки попытка записи объектов 6411<sub>h</sub>, 6443<sub>h</sub> и 6444<sub>h</sub> отвергается с выдачей SDO аборт кода 0800 0022<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению вследствие текущего состояния устройства). Если значение объекта 6411<sub>h</sub> принимается с использованием PDO протокола, соответствующее RPDO игнорируется. Кроме того, при нахождении устройства в операционном NMT состоянии передается EMCY с кодом ошибки FF80<sub>h</sub> (устройство находится в режиме ошибки).

При выходе из режима ошибки регистр ошибок (объект 1001<sub>h</sub>) сбрасывается в ноль.

## 8. Коды ошибок CANopen

### 8.1 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.

## 8.2 Коды ошибок объекта EMCY

Код ошибки	Назначение
0000 <sub>h</sub>	Сброс либо отсутствие ошибки.
0080 <sub>h</sub>	<u>Не</u> разрешено общее прерывание для аналоговых входов (объект 6423 <sub>h</sub> ).
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. Используется вместо 8110 <sub>h</sub> .
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.
6280 <sub>h</sub>	Будет выполнена перезагрузка по сторожевому таймеру.
6281 <sub>h</sub>	Ошибка (re)конфигурации сторожевого таймера.
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). См. также 6180 <sub>h</sub> .
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.

## 9. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов

### 9.1 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>

### 9.2 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>

### 9.3 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)

### 9.4 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