

# Высоковольтный аналоговый SiPM

Техническое описание

Базовый CANopen профиль SiA 401

Коды проекта **00A\***<sub>h</sub>

Версия устройства **00020004**<sub>h</sub>

Москва, 2024

## Оглавление

<b>1. Основные характеристики устройства.....</b>	<b>3</b>
1.1 Технические данные.....	3
1.2 Параметры CAN сети.....	3
1.3 Поддерживаемые CANopen протоколы.....	3
1.4 EDS файлы электронной спецификации устройства.....	4
<b>2. Соглашения по документации.....</b>	<b>5</b>
2.1 Принятые сокращения.....	5
2.2 Наименование основных типов данных.....	5
2.3 Прочие соглашения.....	6
2.4 Обновление терминологии.....	6
<b>3. Изменения в версиях изделий.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Структура объектного словаря.....</b>	<b>8</b>
<b>5. Коммуникационный профиль CiA 301.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Использование нескольких CAN сетей.....</b>	<b>26</b>
6.1 Режим «холодного» резервирования.....	26
<b>7. Прикладной профиль устройства.....</b>	<b>27</b>
7.1 Представление численных типов данных.....	27
7.2 Объекты, определяемые производителем устройства.....	27
7.3 Профиль аналогового ввода CiA 401.....	30
7.4 Профиль аналогового вывода CiA 401.....	33
7.4.1 Поведение устройства в режиме ошибки.....	34
7.5 Профиль высоковольтных ЦАП.....	35
7.6 Профиль источника первичного высокого напряжения.....	38
<b>8. Индикация состояния устройства.....</b>	<b>40</b>
8.1 Красный светодиод (ошибка).....	40
8.2 Зеленый светодиод (работа).....	40
<b>9. Коды ошибок CANopen.....</b>	<b>41</b>
9.1 Коды ошибок при SDO обмене (SDO аборт код).....	41
9.2 Коды ошибок объекта EMCY.....	42
<b>10. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов.....</b>	<b>45</b>
10.1 Широковещательные объекты.....	45
10.2 Объекты класса равный-к-равному (peer-to-peer).....	45
10.3 Прочие объекты.....	46
10.4 Идентификаторы ограниченного использования.....	46
<b>11. Средства конфигурирования и тестирования.....</b>	<b>47</b>
11.1 Параметры CANopen устройства.....	47
11.2 Конфигурирование устройства на основе DCF файла.....	48
11.3 Инженерный тест-модуль высоковольтных ЦАП.....	48

# 1. Основные характеристики устройства

## 1.1 Технические данные

Число и разрядность аналоговых входов	16, 32 или 64, 24 бита, первичные данные (код АЦП) и калиброванные; 2, 24 бита, температура плат, код АЦП; 2, 12 бит, опорное и высокое напряжения, калиброванные.
Число и разрядность аналоговых выходов	16, 32 или 64, 14 бит, код ВВ ЦАП (HV DAC); 1, 12 бит, код ЦАП первичного высокого.
Частота внутреннего CANopen таймера	100 Гц (период 10 мС)
Сохранение параметров в энергонезависимой памяти	По команде

## 1.2 Параметры CAN сети

В устройстве используется классическая CAN сеть.

Номер CAN узла задается переключателями либо сохраняется в энергонезависимой памяти контроллера. Битовая скорость CAN сети сохраняется в энергонезависимой памяти.

После инициализации (очистки) энергонезависимой памяти параметры принимают значения по умолчанию:

Номер CAN узла задается переключателями;

Битовая скорость CAN сети - 500 Кбит/С.

Параметры CAN сети могут быть изменены и сохранены в энергонезависимой памяти с использованием инструментальных средств CANopen. Одним из таких средств является интерактивный CANopen конфигуратор со специально сформированным EDS файлом.

## 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 (CiA 301 v. 4.2).
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 устройства

Устройство	Имя EDS файла
Высоковольтный аналоговый вывод (ЦАП)	SiPM_64CH_00020004.eds

## 2. Соглашения по документации

В устройстве SiPM в качестве базового используется прикладной CANopen профиль CiA 401. Коммуникационный профиль и объектный словарь CANopen реализованы на основе стандартов:

<b>CiA 301</b>	v. 4.2	Спецификация прикладного уровня и коммуникационного профиля CAN, определяющая функциональность CANopen устройств.
<b>CiA 303 ч. 3</b>	v. 1.4	Проектные рекомендации по использованию светодиодов.
<b>CiA 306</b>	v. 1.3	Формат и содержимое электронных спецификаций (EDS, DCF), применяемых в конфигурационном инструментарии.
<b>CiA 401</b>	v. 3.0	CANopen профиль для модулей ввода/вывода общего назначения. Определяет цифровые и аналоговые устройства ввода/вывода.

### 2.1 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>EMCY</b>	Объект срочного сообщения Emergency.
<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>ROW</b>	Штатный доступ только по чтению. Доступ по записи осуществляется при определенных условиях.
<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 TPDO).
<b>RWW</b>	Доступ по чтению и записи, асинхронный доступ по записи (для RPDO).

### 2.2 Наименование основных типов данных

<b>boolean</b>	Логическое значение true/false.
<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).

## 2.3 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.

## 2.4 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. 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 изделий

Версия устройства, определяемая производителем (revision number), размещается в объекте 1018<sub>h</sub>sub3<sub>h</sub>.

**Версия 00010001<sub>h</sub>.**

Первая версия устройства.

**Версия 00020003<sub>h</sub>.**

Поддерживает устройство с измерением опорного напряжения источника первичного высокого (объект 6402<sub>h</sub>sub05<sub>h</sub>).

Поддерживает объект 2138<sub>h</sub> (поправочные коэффициенты измерений HV DAC).

Значения по умолчанию для объекта 2130<sub>h</sub> (калибровочные коэффициенты для каналов измерений) установлены для калибровки первичных измерений в единицы вольт.

Номера каналов (субиндексов) соответствуют контактам выходных разъемов XP1A (каналы 33..64) и XP1B (каналы 1..32).

**Версия 00020004<sub>h</sub>.**

Поддерживается конфигурирование постоянных времени экспоненциального фильтра измерения первичного высокого напряжения (объект 2019<sub>h</sub>).

## 4. Структура объектного словаря

В таблице приведена общая структура объектного словаря устройства согласно его электронной спецификации EDS. Детальное описание объектов содержится в последующих разделах.

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	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	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	F	Восстановить режимы работы устройства по умолчанию	unsigned32	RW	-	-
1011	10-13	Загрузить прикладные параметры групп 1-4 Поведение объектов не соответствует профилю CiA301	unsigned32	RW	-	-
1012	-	COB-ID объекта временной метки TIME	unsigned32	RW	-	-
1014	-	COB-ID объекта срочных сообщений EMCY	unsigned32	RW	-	-
1015	-	Время подавления посылок EMCY, кратно 100 мкс	unsigned16	RW	-	-
1017	-	Период сердцебиения в миллисекундах (поставщик)	unsigned16	RW	-	-



<b>1018</b>	---	Объект идентификации устройства	запись	---	---	---
1018	0	Число субиндексов объекта идентификации	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>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	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>1200</b>	---	SDO параметры сервера	запись	---	---	---
1200	0	Число субиндексов SDO параметра	2	RO	-	-
1200	1	COB-ID от Клиента —> Серверу (прием)	unsigned32	RO	-	-
1200	2	COB-ID от Сервера —> Клиенту (передача)	unsigned32	RO	-	-
<b>1400</b>	---	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	-	-
<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	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 (TPDO 3)	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 по профилю CiA 401	массив	---	---	---
2000	0	Число конфигурационных параметров	5	RO	-	-
2000	1	Число входных цифровых блоков по 8 бит (CiA 401)	unsigned8	RO	-	-
2000	2	Число выходных цифровых блоков по 8 бит (CiA 401)	unsigned8	RO	-	-
2000	3	Число аналоговых входов (CiA 401)	unsigned8	RO	-	-
2000	4	Число аналоговых выходов (CiA 401)	unsigned8	RO	-	-
2000	5	Число каналов высоковольтных ЦАП HV DAC	unsigned8	RO	-	-
<b>2010</b>	-	Включение и отключение источника первичного высокого	unsigned8	RW	да	gr04
<b>2011</b>	-	Статус источника первичного высокого	unsigned8	RO	да	-
<b>2018</b>	-	Скорость изменения первичного высокого напряжения мВ/с	unsigned32	RW	-	gr04
<b>2019</b>	---	Заданные постоянные времени экспоненциального фильтра, мс	массив	---	---	---
2019	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2019	1	Постоянная времени в режиме активного управления, мс	unsigned16	RW	-	gr04
2019	2	Постоянная времени в стабильном состоянии, мс	unsigned16	RW	-	gr04

<b>201D</b>	-	Управляющий параметр (код ЦАП) первичного высокого	unsigned16	ROW	-	-
<b>201E</b>	-	Максимальное напряжение источника, мВ (интегральная крутизна характеристики)	unsigned32	RO	-	-
<b>201F</b>	-	Рабочая постоянная времени экспоненциального фильтра в мС	unsigned16	RO	-	-
<b>2030</b>	-	Длительность сторожевого таймера IWDТ, 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>2050</b>	-	Счетчики тайм-аутов	массив	---	---	---
2050	0	Число счетчиков тайм-аутов	3	RO	-	-
2050	1	Счетчик тайм-аутов SPI 1	unsigned32	RO	-	-
2050	2	Счетчик тайм-аутов SPI 2	unsigned32	RO	-	-
2050	3	Счетчик тайм-аутов измерений ADC U	unsigned32	RO	-	-
<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>2130</b>	---	Калибровочные коэффициенты измерений HV DAC	массив	---	---	---
2130	0	Число субиндексов	16, 32, 64	RO	-	-
2130	1-40	Калибровочные коэффициенты измерений HV DAC 1..64	real32	RW	-	gr01
<b>2138</b>	---	Поправочные коэффициенты измерений HV DAC	массив	---	---	---
2138	0	Число субиндексов	16, 32, 64	RO	-	-
2138	1-40	Поправочные коэффициенты измерений HV DAC 1..64	real32	RO	-	-
<b>2140</b>	-	Номер активной группы каналов 0..4	unsigned8	RW	-	gr02
<b>2141</b>	---	Первая группа каналов HV DAC	массив	---	---	---
2141	0	Число субиндексов	16	RO	-	-
2141	1-10	Номера каналов первой группы	unsigned8	RW	-	gr02
<b>2142</b>	---	Вторая группа каналов HV DAC	массив	---	---	---
2142	0	Число субиндексов	16	RO	-	-
2142	1-10	Номера каналов второй группы	unsigned8	RW	-	gr02
<b>2143</b>	---	Третья группа каналов HV DAC	массив	---	---	---
2143	0	Число субиндексов	16	RO	-	-
2143	1-10	Номера каналов третьей группы	unsigned8	RW	-	gr02
<b>2144</b>	---	Четвертая группа каналов HV DAC	массив	---	---	---
2144	0	Число субиндексов	16	RO	-	-
2144	1-10	Номера каналов четвертой группы	unsigned8	RW	-	gr02
<b>214F</b>	-	Темп передачи измерений HV DAC, TPDO в секунду	unsigned16	RW	-	gr02
<b>2402</b>	---	Первичные целочисленные измерения HV DAC	массив	---	---	---
2402	0	Число субиндексов	16, 32, 64	RO	-	-
2402	1-40	Первичные целочисленные измерения HV DAC 1..64	integer32	RO	-	-
<b>2403</b>	---	Калиброванные значения измерений HV DAC	массив	---	---	---
2403	0	Число субиндексов	16, 32, 64	RO	-	-
2403	1-40	Калиброванные значения измерений HV DAC 1..64	real32	RO	-	-
<b>2404</b>	---	Мультиплексируемые значения измерений HV DAC	запись	---	---	---
2404	0	Число субиндексов	4	RO	-	-
2404	1	Первый мультиплексируемый канал первичных измерений	integer32	RO	да	-
2404	2	Второй мультиплексируемый канал первичных измерений	integer32	RO	да	-
2404	3	Калиброванное значение измерения HV DAC	real32	RO	да	-
2404	4	Номер канала калиброванного измерения HV DAC	unsigned8	RO	да	-
<b>2405</b>	---	Напряжения для передачи посредством TPDO	запись	---	---	---
2405	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2405	1	Опорное напряжение HV DAC Vref (мВ)	integer16	RO	да	-
2405	2	Опорное напряжение источника первичного высокого (Вольт)	integer8	RO	да	-
<b>2411</b>	---	Целочисленные уставки HV DAC (код ЦАП)	массив	---	---	---
2411	0	Число субиндексов	16, 32, 64	RO	-	-
2411	1-40	Целочисленные уставки HV DAC 1..64	integer16	RW	-	gr03
<b>2423</b>	-	Режим передачи измерений TPDO HV DAC	unsigned8	RW	-	-
<b>2FF0</b>	-	Временное разрешение записи ROW объекта	массив	---	---	---
2FF0	0	Число субиндексов	2	RO	-	-
2FF0	1	Время разрешения записи или оставшееся время в секундах	unsigned16	RW	-	-

2FF0	2	Индекс прикладного ROW объекта для временной записи	unsigned16	RW	-	-
2FFF	---	Объекты для тестирования и отладки ПО устройства	массив	---	---	---
2FFF	0	Число субиндексов	4	RO	-	-
2FFF	1-4	Объекты для тестирования и отладки	unsigned32	RW	-	-
<b>6402</b>	---	Целочисленные измерения аналоговых входов	массив	---	---	---
6402	0	Число аналоговых входов	5	RO	-	-
6402	1	Температура мезонина 1, код АЦП (каналы HV DAC 1..32)	integer32	RO	да	-
6402	2	Температура мезонина 2, код АЦП (каналы HV DAC 33..64)	integer32	RO	да	-
6402	3	Опорное напряжение HV DAC Vref (мВ)	integer32	RO	да	-
6402	4	Первичное высокое напряжение Vpp (мВ)	integer32	RO	да	-
6402	5	Опорное напряжение источника первичного высокого (мВ)	integer32	RO	да	-
<b>6412</b>	---	Целочисленные значения уставок аналоговых выходов	массив	---	---	---
6412	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6412	1	Уставка первичного высокого напряжения Vpp (мВ)	integer32	RW	да	gr04
<b>6421</b>	---	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов	массив	---	---	---
6421	0	Число аналоговых входов	5	RO	-	-
6421	1-5	Маска разрешения прерывания для аналоговых входов	unsigned8	RW	-	app
<b>6422</b>	---	Маска аналоговых входов, по которым произошло прерывание. Каждому аналоговому входу сопоставлен один бит маски.	массив	---	---	---
6422	0	Число 32-разрядных банков источников прерывания	1	RO	-	-
6422	1	Первый банк источников прерывания. Обслуживает аналоговые входы 1..32.	unsigned32	RO	-	-
<b>6423</b>	-	Общее разрешение прерывания для аналоговых входов	boolean	RW	-	-
<b>6424</b>	---	Целочисленная верхняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6424	0	Число аналоговых входов	5	RO	-	-
6424	1-5	Значение верхней уставки для аналоговых входов	integer32	RW	-	app
<b>6425</b>	---	Целочисленная нижняя уставка возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6425	0	Число аналоговых входов	5	RO	-	-
6425	1-5	Значение нижней уставки для аналоговых входов	integer32	RW	-	app
<b>6426</b>	---	Целочисленная уставка абсолютной разности возникновения прерывания от аналоговых входов	массив	---	---	---
6426	0	Число аналоговых входов	5	RO	-	-
6426	1-5	Значение уставки абсолютной разности аналоговых входов	unsigned32	RW	-	app
<b>6443</b>	---	Режим ошибки для аналоговых выходов	массив	---	---	---
6443	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6443	1	Режим ошибки для уставки Vpp	unsigned8	RW	-	app
<b>6444</b>	---	Целочисленная уставка аналоговых выходов при ошибке	массив	---	---	---
6444	0	Число аналоговых выходов	1	RO	-	-
6444	1	Целочисленная уставка Vpp при ошибке	integer32	RW	-	app

#### Замечания.

1. Возможность сохранения в энергонезависимой памяти параметров прикладного профиля отмечена **app**. Возможность сохранения групп параметров отмечена **grN**, где N – номер группы от 01 до 04.
2. При загрузке параметров первичного высокого (группа 4) значение уставки может быть передано до включения источника. Уставка в любом случае будет принята, но выдается срочное сообщение с кодом FF90h «первичное высокое напряжение отключено».

## 5. Коммуникационный профиль 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; 0003<sub>h</sub> и 0006<sub>h</sub> - 2 байта, 0004<sub>h</sub> и 0007<sub>h</sub> - 4 байта. Используются в качестве пустых (dummy) 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: 008C0191<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 соответствует профилю SiA 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: 00000000<sub>h</sub>.

Задаёт значение статусного регистра, определяемое производителем устройства.

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

Список предопределенных ошибок.

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

Субиндекс 0 содержит число зарегистрированных ошибок (0..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.

Регистр ошибок 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 внутреннего CANopen таймера. Кроме того, если активирован SYNC счетчик (объект 1019<sub>h</sub>), его значение сбрасывается в единицу. Изменение бит 0-28 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 синхронизации. 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 посылок 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 внутреннего CANopen таймера.

Фактическое разрешение объекта синхронизации определяется разрешением внутреннего CANopen таймера. 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 до истечения 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 PDO в CAN сеть может произойти с некоторой задержкой, как правило не превышающей один период внутреннего CANopen таймера.

Длительность временного окна определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера. Поскольку SYNC объект является асинхронным, 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 внутреннего 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 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.

Сохраненные параметры 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», упакованный в 32-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 сохранение произвести не



удалось, возвращается SDO аборт код 0606 0000<sub>h</sub> (отказ в доступе из-за аппаратной ошибки). Если же неверной оказывается подпись, сохранение параметров не производится и возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

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.

Сохраненные значения параметров будут считываться из энергонезависимой памяти и устанавливаться при получении устройством NMT команд Reset Node, Reset Communication (для субиндексов 2, 4, 5, 6), либо перезагрузки устройства по сторожевому таймеру, или при включении питания.

## 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 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.

*Замечание.* Поведение субиндексов 10<sub>h</sub>..13<sub>h</sub> не соответствует профилю CiA301.

Для того, чтобы избежать возможных ошибок, восстановление значений по умолчанию или загрузка прикладных параметров выполняются только после осуществления специальной записи по соответствующему субиндексу (передачи подписи). Она должна содержать ASCII код «load», упакованный в 32- 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 устройство подготавливается к восстановлению параметров по умолчанию, определяемых соответствующим субиндексом. Если эта операция прошла не удачно, возвращается SDO аборт код 0606 0000<sub>h</sub> (отказ в доступе из-за аппаратной ошибки). Если же неверной оказывается подпись, возвращается аборт код 0800 0020<sub>h</sub> (данные не могут быть переданы приложению).

Значения по умолчанию станут действительными только после выдачи в адрес устройства NMT команд Reset Node, Reset Communication (для субиндексов 2, 4, 5, 6), либо перезагрузки устройства по сторожевому таймеру, или при включении питания.

Прикладные параметры групп 1..4 (субиндексы 10<sub>h</sub>..13<sub>h</sub>) загружаются непосредственно после получения правильной подписи.

При доступе по чтению соответствующие субиндексы возвращают информацию о возможности восстановления значений по умолчанию или загрузки прикладных 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	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).

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 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 срочных сообщений 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	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	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
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 0-28 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 внутреннего CANopen таймера. Поскольку объект EMCY является асинхронным и может возникать 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 внутреннего 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
00A1 <sub>h</sub>	Высоковольтный аналоговый SiPM на 16 каналов
00A2 <sub>h</sub>	Высоковольтный аналоговый SiPM на 32 канала
00A3 <sub>h</sub>	Высоковольтный аналоговый SiPM на 64 канала

#### 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	Длина поля данных SYNC кадров ноль байт. SYNC счетчик не разрешен.
1	Зарезервировано.
2..240	Длина поля данных SYNC кадров один байт. SYNC счетчик активирован. Поле данных содержит значение счетчика.
241..255	Зарезервированы.

Если значение объекта превышает единицу, принимаемые и передаваемые SYNC кадры должны иметь длину поля данных 1 байт. В случае, если длина поля данных не соответствует ожидаемой, SYNC кадр не обрабатывается приложением и выдается срочное 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.

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

#### Субиндекс 1:

Поведение при коммуникационной ошибке.

Значение по умолчанию: 0.

Обрабатываются 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).

При возникновении ошибки переполнения CANopen кэша производится логическое отключение канального уровня CAN сети по записи. При этом все кадры данных, как ожидающие передачи, так и направляемые в CAN сеть аннулируются. Устройство логически вновь подключается к CAN сети при получении любой адресованной ему NMT команды.

Каждый 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.

## 1200<sub>h</sub>

SDO параметры сервера.

Субиндекс 1:

COB-ID от Клиента → Серверу (прием).

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

Субиндекс 2:

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 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	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
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. Они не доступны по записи и не подлежат сохранению в энергонезависимой памяти.

## 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 1:

PDO COB-ID.

Значения по умолчанию для существующих (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	11-битовый идентификатор
		1	29-битовый идентификатор	
31	30	29	28-11	10-0

Биты	Значение	Описание
31	0	PDO существует / действителен
	1	PDO не существует / не действителен
30	0	Удаленный запрос PDO (RTR) разрешен
	1	Удаленный запрос PDO (RTR) запрещен
29	0	11-битовый CAN-ID (основной формат кадра)
	1	29-битовый CAN-ID (расширенный формат кадра)
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 0-28 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).

#### Субиндекс 2:

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 самих RPDO. RPDO типа 254 и 255 обновляют принятые данные (активируются) сразу после получения.

Синхронные TPDO (тип передачи 0..240 и 252) означают 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 инициализации (выдачи) 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. Эти два значения типов передачи возможны только для TPDO. Тип 254 для TPDO означает, что асинхронное событие, которое инициирует передачу, определяется производителем. Тип 255 подразумевает, что соответствующее событие задается в стандартном профиле устройства.

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

Субиндекс 3:

Время подавления посылок TPDO.

Значение по умолчанию: 0 (объект не используется).

Может использоваться для TPDO типов 254 и 255. Объект задается в виде 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 внутреннего CANopen таймера.

Поскольку TPDO является асинхронным и может возникать 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 4:

Зарезервирован.

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

Субиндекс 5:

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 внутреннего CANopen таймера.

Если длительность таймера события задана меньшей, нежели период таймера, но отлична от нуля, генерация TPDO будет осуществляться с частотой внутреннего CANopen таймера. В остальных случаях фактический период генерации будет равен целому числу тиков внутреннего 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 в обработку.

Контрольный интервал времени определяется с точностью до периода внутреннего CANopen таймера. Поскольку RPDO является асинхронным, фактическая длительность интервала “дрожит” в пределах одного периода таймера.

Субиндекс 6:

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 начиная с 1<sub>h</sub> содержат описание прикладных объектов PDO отображения в следующем формате:

Индекс прикладного объекта	Субиндекс	Длина объекта (бит)
31	16 15	8 7 0

Любая попытка записи не поддерживаемых значений завершается выдачей SDO аборт кода. Причина этого может заключаться в стремлении записать индекс и субиндекс не существующего прикладного 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 типа 0002<sub>h</sub>..0007<sub>h</sub>. Это позволяет при необходимости выравнивать размещения прикладных объектов в PDO.

Изменять параметры PDO отображения можно как в пред-операционном, так и в операционном состоянии устройства. Для этого используется следующая процедура:

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 обнаруживается, что соответствующий прикладной объект не существует, устройство отвечает SDO аборт кодом 0604 0041<sub>h</sub> (объект не может быть отображен в PDO). Если ошибка возникает при выполнении п. 4, выдается SDO аборт код 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 срочное сообщение EMCY с кодом ошибки 8210<sub>h</sub> (PDO не может быть обработано из-за ошибки длины данных).



Значения параметров отображения по умолчанию

RPDO1 (включение и отключение источника первичного высокого):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1600 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	1
	1 <sub>h</sub>	Включение и отключение первичного высокого	2010 00 08

RPDO2 (аналоговые выходы 32 разряда, CiA401):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1601 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	1
	1 <sub>h</sub>	Уставка первичного высокого напряжения V <sub>pp</sub> (мВ)	6412 01 20

TPDO1 (аналоговый вход 32 разряда, профиль производителя):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A00 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	2
	1 <sub>h</sub>	Первый канал измерений HV DAC	2404 01 20
	2 <sub>h</sub>	Второй канал измерений HV DAC	2404 02 20

TPDO2 (калиброванный аналоговый вход real32, профиль производителя):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A01 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	2
	1 <sub>h</sub>	Калиброванное значение измерения HV DAC	2404 03 20
	2 <sub>h</sub>	Номер канала калиброванного измерения HV DAC	2404 04 08

TPDO3 (аналоговый вход 32 разряда, CiA401):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A02 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	2
	1 <sub>h</sub>	Температура мезонина 1 (код АЦП)	6402 01 20
	2 <sub>h</sub>	Температура мезонина 2 (код АЦП)	6402 02 20

TPDO4 (аналоговый вход 32 разряда, CiA401):

Индекс	Суб-индекс	Название объекта	Значение по умолчанию (hex)
1A03 <sub>h</sub>	0 <sub>h</sub>	Число отображаемых объектов	4
	1 <sub>h</sub>	Первичное высокое напряжение V <sub>pp</sub> (мВ)	6402 04 20
	2 <sub>h</sub>	Опорное напряжение HV DAC V <sub>ref</sub> (мВ)	2405 01 10
	3 <sub>h</sub>	Опорное напряжение первичного высокого (Вольт)	2405 02 08
	4 <sub>h</sub>	Статус источника первичного высокого	2011 00 08

## 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  $11F0_h..11FF_h$ .

### **$11F0_h$**

Параметры CAN сетей.

Нумерация сетей осуществляется в диапазоне от 0 до 7.

Тип данных: unsigned8, тип доступа: RO.

### Субиндекс $01_h$ :

Битовая маска физических CAN сетей.

Задается константой, которая определяет конфигурацию CAN контроллеров устройства.

Единичное значение бита маски указывает физическое наличие соответствующей CAN сети.

### Субиндекс $02_h$ :

Битовая маска свободных CAN сетей.

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

### Субиндекс $03_h$ :

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 $04_h$ :

Номер активной CAN сети.

Диапазон значений от 0 до 7. В режиме "холодного" резервирования соответствует установленному биту маски рабочих CAN сетей (субиндекс 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  $11F0_{hsub2_h}$ .
2. Производится инициализация каждой из сетей, найденных в п. 1. Тем самым формируется битовая маска рабочих CAN сетей ( $11F0_{hsub3_h}$ ).
3. При переходе устройства в пред-операционное состояние в каждую рабочую CAN сеть отправляется сообщение загрузки (boot-up протокол).
4. При приеме первого CAN кадра по любой из рабочих сетей она становится активной ( $11F0_{hsub4_h}$ ) и весь последующий CAN обмен производится только по этой сети.
5. Все остальные рабочие сети освобождаются.

## 7. Прикладной профиль устройства

### 7.1 Представление численных типов данных

Для единообразного представления численных типов данных используется объединение **union numbers** {

<b>unsigned64</b>	<b>init</b>	служит для инициализации объединения и переноса данных.
<b>unsigned32</b>	<b>dt32[2]</b>	используются для 32-разрядного доступа к данным.
<b>unsigned16</b>	<b>dt16[4]</b>	используются для 16-разрядного доступа (например, ModBus).
<b>unsigned8</b>	<b>dt8[8]</b>	используются для байтового доступа (CANopen).
<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).

};

*Замечание.*

Согласованность данных в объединении **numbers** обеспечивается только для little-endian порядка байт и лишь в случае, когда размер байта составляет 8 бит.

Возможно расширение объединения дополнительными типами данных.

### 7.2 Объекты, определяемые производителем устройства

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

Аппаратная конфигурация устройства.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Число входных цифровых блоков по 8 разрядов.

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Число выходных цифровых блоков по 8 разрядов.

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Число каналов аналогового ввода.

#### Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Число каналов аналогового вывода.

#### Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Число каналов высоковольтных ЦАП HV DAC.

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

Длительность сторожевого таймера устройства в миллисекундах.

Задаёт длительность сторожевого таймера IWDТ. 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 IWDТ не предусмотрено.

Значение по умолчанию: 500.  
Минимальное значение: 200.  
Максимальное значение: 10000.

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

Сторожевой таймер трафика TIME.

Объект может использоваться для перезапуска устройства по сторожевому таймеру IWDТ. Для этого субиндекс 01<sub>h</sub> устанавливается в значение менее периода TIME и разрешается работа сторожевого таймера.

### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Тайм-аут в миллисекундах приема из CAN сети объекта TIME по истечении которого сторожевой таймер IWDТ 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 обработке NMT команд: в операционном 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.

После запуска либо (пере)инициализации устройство осуществляет штатную отработку NMT команд согласно CiA 301.

## **2050<sub>h</sub>**

Счетчики тайм-аутов.

Сбрасываются при (пере)инициализации устройства.

### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Счетчик тайм-аутов SPI 1.

### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Счетчик тайм-аутов SPI 2.

### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Счетчик тайм-аутов измерений (преобразований) АЦП ADC U.

## 2110<sub>h</sub>

Номер CAN узла для сохранения в энергонезависимой памяти.

Значение по умолчанию: задается переключателями.

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>.

Биты	Значение	Описание
0..7		Зарезервированы
8	0 1	Автозагрузка уставок ЦАП (группа 3, объект 2411 <sub>h</sub> ) <u>не</u> разрешена. Осуществляется автозагрузка уставок ЦАП (группа 3).
9	0 1	Автозагрузка параметров первичного высокого (группа 4) <u>не</u> разрешена. Осуществляется автозагрузка параметров первичного высокого (группа 4).
10..15		Зарезервированы

## 2FF0<sub>h</sub>

Временное разрешение записи ROW объекта в секундах.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Время разрешения записи прикладного объекта (субиндекс 02<sub>h</sub>).

По чтению - оставшееся время разрешения записи в секундах.

Значение субиндекса должно быть задано первым. Нулевое значение сбрасывает временное разрешение записи.

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Индекс прикладного ROW объекта для которого разрешается временная запись.

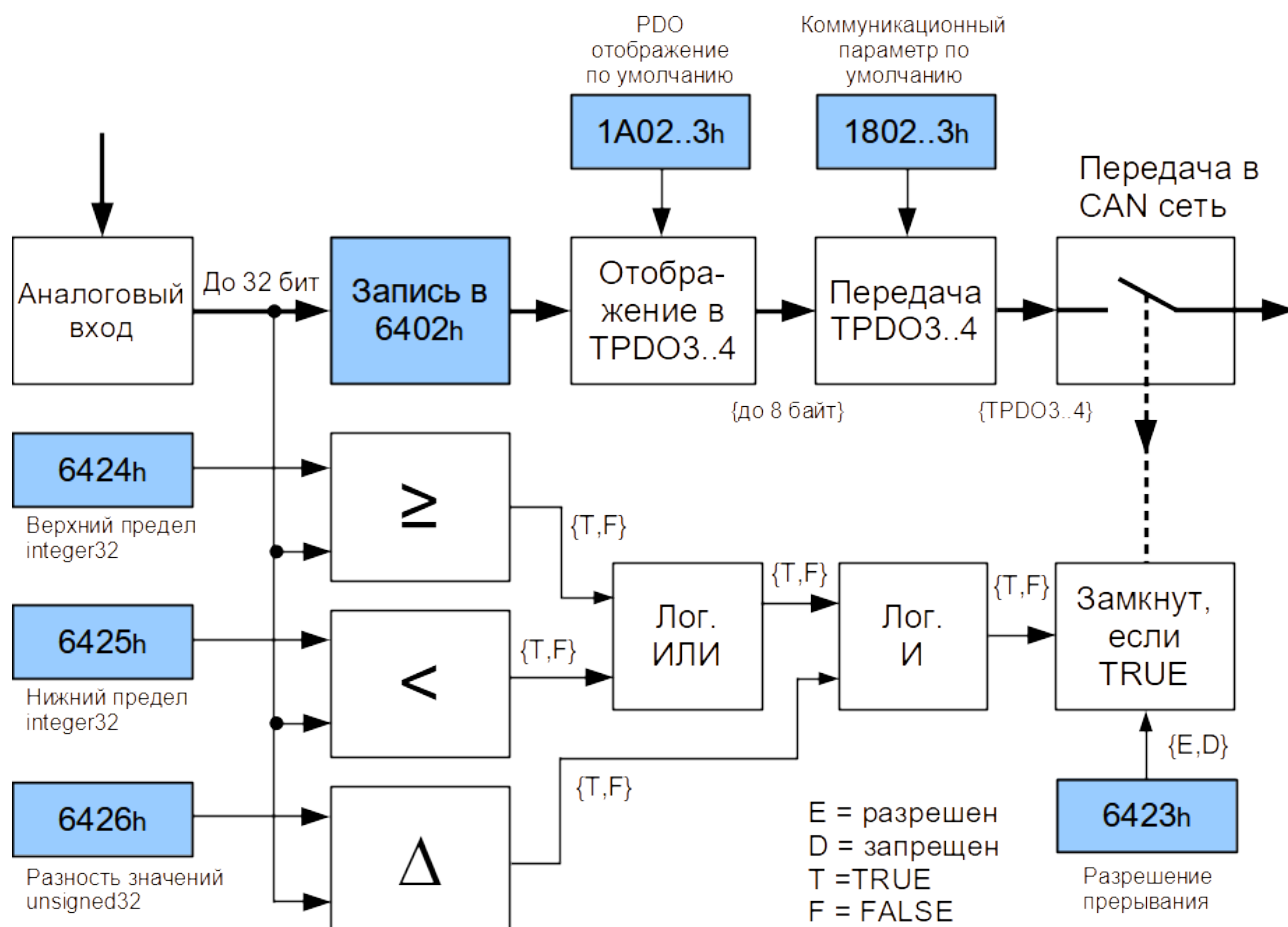
## 2FFF<sub>h</sub>

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

Объекты для тестирования и отладки ПО устройства.

Доступны по чтению и записи, например, для сброса текущего значения.

## 7.3 Профиль аналогового ввода CiA 401



### 6402<sub>h</sub>

Условия передачи TPDO аналоговых входов формируются согласно профилю CiA401 на основе значений целочисленных измерений, которые осуществляются с периодом 400 мС.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Не калиброванная температура мезонина 1 (каналы HV DAC 1..32).

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Не калиброванная температура мезонина 2 (каналы HV DAC 33..64).

#### Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Опорное напряжение HV DAC Vref (мВ).

#### Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Первичное высокое напряжение Vpp (мВ).

#### Субиндекс 05<sub>h</sub>:

Опорное напряжение источника первичного высокого (мВ).

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

Маска разрешения прерывания для аналоговых входов.

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

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

Установ значения ноль в битах 0 или 1 запрещает передачу TPDO по соответствующему условию. В то же время, обнуление бита 2 прекращает контроль абсолютной разности (объект 6426<sub>h</sub>), но не препятствует передаче TPDO по условиям объектов 6424<sub>h</sub> и 6425<sub>h</sub>.

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

#### 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 асинхронных 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 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>).

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

Целочисленная нижняя уставка прерывания от аналоговых входов.

Значение по умолчанию: 0.

Прерывание (передача TPDO) будет сгенерировано, когда значение аналогового входа 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>).

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

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

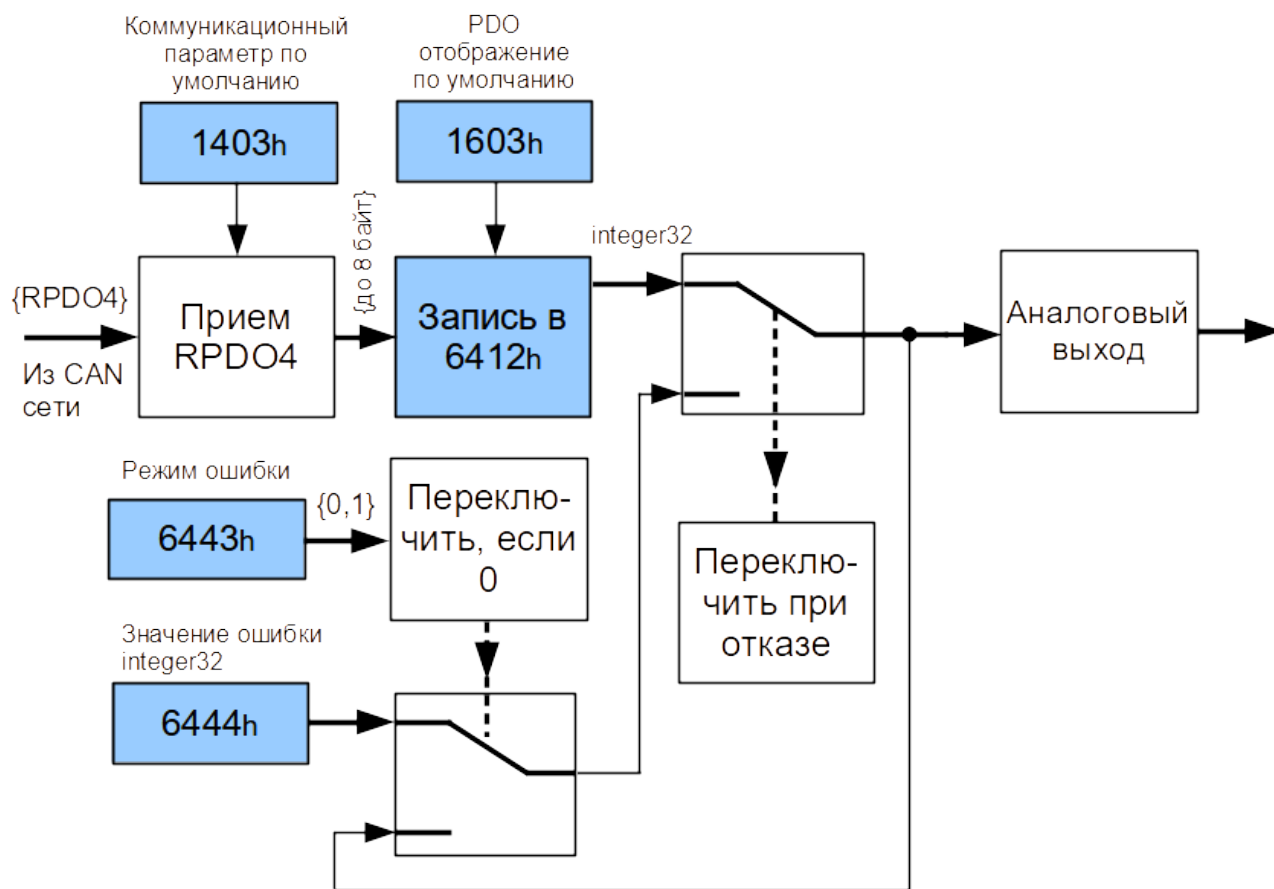
Значение по умолчанию: 0.

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 также учитываться изменение аналогового значения относительно последнего переданного уровня. Новое TPDO передается, когда это изменение достигает уставки абсолютной разности.

Значение данного объекта учитывается лишь при установе в единицу бита 2 маски разрешения прерывания (объект 6421<sub>h</sub>).



## 7.4 Профиль аналогового вывода CiA 401



### 6412<sub>h</sub>

Целочисленное значение уставки аналоговых выходов.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Уставка первичного высокого напряжения  $V_{pp}$  (мВ).

Диапазон значений от 0 до 225000 мВ.

Значения менее 10000 мВ интерпретируются как ноль.

Значение объекта может быть сохранено в энергонезависимой памяти (группа параметров 4, загружается при запуске устройства, если разрешено объектом 211F<sub>h</sub>).

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

Режим ошибки для аналоговых выходов.

Значения по умолчанию: 1.

Определяет поведение аналоговых выходов при переходе устройства в режим ошибки.

= 1 – уставка принимает значение, определенное в объекте 6444<sub>h</sub>.

= 0 – значение уставки не изменяется.

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Режим ошибки для уставки  $V_{pp}$ .

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

Целочисленная уставка аналоговых выходов при ошибке.

Значение по умолчанию: 0.

Определяет уставку аналоговых выходов, которая устанавливается при переходе устройства в режим ошибки, если это разрешено объектом 6443<sub>h</sub>.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Целочисленная уставка V<sub>pp</sub> при ошибке

Диапазон значений от 0 до 225000 мВ.

Значения менее 10000 мВ интерпретируются как ноль.

#### 7.4.1 Поведение устройства в режиме ошибки

Распространяется только на аналоговый вывод CiA 401.

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), его перезапуске (NMT команда Reset Node), а также при включении питания первичного высокого (объект 2010<sub>h</sub>). Переход устройства в пред-операционное состояние (NMT команда Enter Pre-Operational), а также перезапуск его коммуникационной подсистемы (NMT команда Reset Communication) не обеспечивают выхода из режима ошибки.

В режиме ошибки попытка записи объектов 6412<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). Кроме того, если устройство находится в операционном NMT состоянии, передается ЕМСУ с кодом ошибки FF80<sub>h</sub> (устройство находится в режиме ошибки). Если значение объекта 6412<sub>h</sub> обновляется с использованием PDO протокола, соответствующее RPDO игнорируется и считается не принятым.

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

## 7.5 Профиль высоковольтных ЦАП

Профиль обеспечивает выдачу уставок для высоковольтных ЦАП (HV DAC) и передачу соответствующих им данных измерений. Нумерация каналов HV DAC от 1 до 64 привязана к выводам разъемов XP1A (каналы 33..64) и XP1B (каналы 1..32). Каждый канал определяется субиндексом соответствующего CANopen объекта.

Темп физических измерений составляет около 100 каналов в секунду. Для асинхронной передачи измерений посредством TPDO используется формат данных, который включает в себя номер канала соответствующего ЦАП (см. объект 2404<sub>h</sub>). Темп передачи (число TPDO, передаваемых каждую секунду) задается объектом 214F<sub>h</sub>, управление режимом передачи – объектом 2423<sub>h</sub>. Могут быть также заданы до четырех групп каналов ЦАП для измерения и передачи (объекты 2141<sub>h</sub>..2144<sub>h</sub>).

### 2130<sub>h</sub>

Субиндексы 1..64:

Калибровочные коэффициенты для каналов измерений 1..64.

Формат данных real32.

Значения по умолчанию: 0.00002693 (калибруют первичные измерения в единицы вольт).

Значения коэффициентов могут быть сохранены в энергонезависимой памяти (группа параметров 1, объект 1010<sub>h</sub>sub10<sub>h</sub>).

### 2138<sub>h</sub>

Субиндексы 1..64:

Поправочные коэффициенты для каналов измерений 1..64.

Формат данных real32.

Загружаются из отдельной области энергонезависимой памяти устройства. Служат для компенсации разброса измерительных делителей напряжения.

### 2140<sub>h</sub>

Номер активной группы каналов измерений от 0 до 4.

Нулевой номер группы означает, что будут измеряться и передаваться все каналы устройства. При выборе групп от 1 до 4 измеряются и передаются лишь те каналы, которые входят в соответствующую таблицу (объекты 2141<sub>h</sub>..2144<sub>h</sub>).

Номер активной группы может быть сохранен в энергонезависимой памяти (группа параметров 2, также загружаются при запуске устройства).

### 2141<sub>h</sub>..2144<sub>h</sub>

Таблицы каналов для групп 1..4. Может быть задано до 16 каналов в каждой группе.

Субиндексы 1..16:

Номера каналов группы от 0 до 64. Нулевой номер означает не активный канал.

Рекомендуется задавать четное число активных каналов.

Таблицы каналов могут быть сохранены в энергонезависимой памяти (группа параметров 2, также загружаются при запуске устройства).

### 214F<sub>h</sub>

Темп передачи измерений, TPDO в секунду.

В каждый TPDO отображается два канала первичных измерений (TPDO1) либо один канал калиброванных значений (TPDO2).

Значение по умолчанию: 20, либо сохраненное в энергонезависимой памяти.

Минимальное значение: 1.

Максимальное значение: 200.

Темп передачи измерений может быть сохранен в энергонезависимой памяти (группа параметров 2, также загружаются при запуске устройства).

#### **2402<sub>h</sub>**

Субиндексы 1..64:

Первичные целочисленные значения измерений (код 24-разрядного АЦП).

#### **2403<sub>h</sub>**

Субиндексы 1..64:

Калиброванные значения измерений.

Формируется как произведение соответствующих субиндексов объектов 2130<sub>h</sub> и 2402<sub>h</sub>.

#### **2404<sub>h</sub>**

Мультиплексируемые значения измерений для передачи посредством TPDO.

Режим передачи TPDO формируется согласно объектам 214F<sub>h</sub> и 2423<sub>h</sub> и не поддерживает профиль SiA401.

Значения субиндексов вычисляются динамически на основе содержимого объектов 2402<sub>h</sub>sub[1..40]<sub>h</sub> и 2403<sub>h</sub>sub[1..40]<sub>h</sub> непосредственно до передачи TPDO.

Первичные целочисленные измерения, TPDO1:

Биты 0..7 – номер канала HV DAC без знака от 0 до 64 (0 – нет данных).

Биты 8..31 – данные измерений HV DAC со знаком, если номер канала отличен от нуля.

Значения измерений вычисляются по следующим формулам:

Номер\_канала\_HV\_DAC = Объект\_2404<sub>h</sub>sub[1,2]<sub>h</sub> & 0xFF

Значение\_измерения = (Объект\_2404<sub>h</sub>sub[1,2]<sub>h</sub> & ~0xFF) / 256

Калиброванные измерения, TPDO2:

Формируются на основе соответствующего субиндекса объекта 2403<sub>h</sub>.

Номер канала HV DAC размещается в субиндексе 04<sub>h</sub>.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Первый мультиплексируемый канал первичных измерений.

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Второй мультиплексируемый канал первичных измерений.

Субиндекс 03<sub>h</sub>:

Калиброванное значение измерения.

Субиндекс 04<sub>h</sub>:

Номер канала калиброванного измерения.

#### **2405<sub>h</sub>**

Напряжения для передачи посредством TPDO с оптимизированным типом данных.

Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Опорное напряжение HV DAC Vref (мВ), тип данных integer16.

Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Опорное напряжение источника первичного высокого в единицах вольт, тип данных integer8.

#### **2411<sub>h</sub>**

Субиндексы 1..64:

Целочисленные уставки HV DAC (код ЦАП).

Значение по умолчанию: 0000<sub>h</sub>.

Минимальное значение: 0000<sub>h</sub>.

Максимальное значение:  $3FFF_h$ .

Значения уставок могут быть сохранены в энергонезависимой памяти (группа параметров 3, загружаются при запуске устройства, если разрешено объектом  $211F_h$ ).

#### **2423<sub>h</sub>**

Режим передачи измерений TPDO HV DAC.

Для оптимизации CAN трафика возможна передача только одного типа значений (первичные или калиброванные).

Значение по умолчанию: 0.

Значение = 0 – передача запрещена.

Значение = 1 – разрешена передача TPDO1 (первичные целочисленные значения).

Значение = 2 – разрешена передача TPDO2 (калиброванные real32 значения).

## 7.6 Профиль источника первичного высокого напряжения

### 2010<sub>h</sub>

Включение и отключение источника первичного высокого.

0 – отключить высокое.

1 – включить высокое.

Высокое может быть включено только при отключенном состоянии источника. При включении высокого устройство выходит из режима ошибки по профилю SiA 401.

Значение объекта может быть сохранено в энергонезависимой памяти (группа параметров 4, загружается при запуске устройства, если разрешено объектом 211F<sub>h</sub>).

### 2011<sub>h</sub>

Статус источника первичного высокого.

0 – высокое отключено.

1 – высокое включено, штатная работа источника.

2 – источник в состоянии безопасного останова.

Если источник находится в состоянии безопасного останова, для его повторного включения необходимо сначала отключить высокое (объект 2010<sub>h</sub>).

### 2018<sub>h</sub>

Скорость изменения первичного высокого напряжения источника, милливольт в секунду (мВ/С).

Значение по умолчанию: 50000 мВ/С.

Минимальное значение: 10000 мВ/С.

Максимальное значение: 100000 мВ/С.

Значение объекта может быть сохранено в энергонезависимой памяти (группа параметров 4, загружается при запуске устройства, если разрешено объектом 211F<sub>h</sub>).

### 2019<sub>h</sub>

Задаваемые постоянные времени экспоненциального фильтра измерения первичного высокого напряжения в миллисекундах. Параметр влияет на динамические характеристики алгоритма управления напряжением.

Выбираются из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 200, 300 мС.

Значение субиндекса 2 должно превышать значение субиндекса 1 как минимум в два раза.

Значения субиндексов могут быть сохранены в энергонезависимой памяти (группа параметров 4, загружается при запуске устройства, если разрешено объектом 211F<sub>h</sub>).

#### Субиндекс 01<sub>h</sub>:

Постоянная времени в режиме активного управления, мС.

Значение по умолчанию: 15.

#### Субиндекс 02<sub>h</sub>:

Постоянная времени в стабильном состоянии, мС.

Значение по умолчанию: 100.

### 201D<sub>h</sub>

Значение управляющего параметра (код ЦАП) высоковольтного преобразователя.

Параметр доступен для временной непосредственной записи в отладочном режиме (см. объект 2FF0<sub>h</sub>).

**201E<sub>h</sub>**

Максимальное напряжение высоковольтного преобразователя источника, мВ (интегральная крутизна характеристики).

**201F<sub>h</sub>**

Фактическая (рабочая) постоянная времени экспоненциального фильтра измерения первичного высокого в миллисекундах. Алгоритм управления напряжением может переустанавливать постоянную времени фильтра.

## 8. Индикация состояния устройства

Индикация состояния устройства осуществляется в соответствии с «проектными рекомендациями по использованию светодиодов» (SiA 303 часть 3 v. 1.4). Для этого используется совмещенный красно-зеленый светодиод. В случае конфликтов индикации преимущество имеет красный светодиод.

### 8.1 Красный светодиод (ошибка)

Индикация	Состояние устройства
Погашен.	Нет ошибки. Красный светодиод гасится при получении устройством любой адресованной ему NMT команды из CAN сети.
Одна вспышка длительностью 200 мс с паузой 1 с.	Счетчик(и) ошибок CAN контроллера достиг(ли) уровня предостережения (слишком много искаженных кадров в сети).
Две вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Истекло время жизни для протокола охраны работоспособности узла.
Три вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Не получен объект синхронизации SYNC за период объекта синхронизации (объект 1006 <sub>h</sub> ).
Четыре вспышки длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.	Не получено RPDO до истечения его таймера события.
Светится непрерывно.	Устройство отключено от шины (в состоянии bus-off). Устройство логически отключено от канального уровня CAN сети по записи.

### 8.2 Зеленый светодиод (работа)

Индикация	Состояние устройства
Мигает с частотой 2.5 Гц.	Устройство в ПРЕД-операционном NMT состоянии
Одна вспышка длительностью 200 мс с паузой 1 с.	Устройство остановлено (NMT состояние останова).
Светится непрерывно.	Устройство в операционном NMT состоянии.

Оба светодиода погашены, если устройство не запущено. Оба светодиода также гасятся, если устройство получает из CAN сети несуществующую NMT команду. При этом NMT состояние устройства не изменяется.



## 9. Коды ошибок CANopen

### 9.1 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.

## 9.2 Коды ошибок объекта EMCY

Код ошибки	Назначение
0000 <sub>h</sub>	Сброс либо отсутствие ошибки или предупреждение.
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.
3380 <sub>h</sub>	Превышено ограничение уставки первичного напряжения.
3381 <sub>h</sub>	Превышено допустимое напряжение первичного источника.
3382 <sub>h</sub>	Превышен диапазон управления ЦАП первичного источника.
3383 <sub>h</sub>	Потеря управления напряжением первичного источника.
338F <sub>h</sub>	Первичный источник в режиме безопасного останова.
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.
5180 <sub>h</sub>	Таймаут SPI 1.
5181 <sub>h</sub>	Таймаут SPI 2.
5182 <sub>h</sub>	Таймаут измерений ADC U.
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 при работе с энергонезависимой памятью.
61A2 <sub>h</sub>	Неподходящий объект для 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.
6300 <sub>h</sub>	Данные - общая ошибка.
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 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 устройства - общая ошибка.
FF80 <sub>h</sub>	Устройство находится в режиме ошибки.
FF90 <sub>h</sub>	Первичное высокое напряжение отключено.

Цветом выделены дополнительные и не стандартные коды ошибок.

Некоторые коды 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.

## 10. Предопределенное распределение CANopen идентификаторов

### 10.1 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>

### 10.2 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 (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>

### 10.3 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)

### 10.4 Идентификаторы ограниченного использования

Идентификаторы ограниченного использования не должны применяться в любых конфигурируемых коммуникационных объектах, будь то SYNC, TIME-STAMP, 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
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

## 11. Средства конфигурирования и тестирования

Интерактивные средства конфигурирования и тестирования высоковольтного ЦАП выполнены в виде подгружаемых модулей для программы [CANwise](#) версии 3.10.

### 11.1 Параметры CANopen устройства

Для конфигурирования параметров устройства используется интерактивный CANopen конфигуратор (подгружаемый модуль для CANwise 3.10) со специализированными EDS файлами.

Имя файла подгружаемого модуля: CANopenConfigurator.dll

Название подгружаемого модуля: Interactive CANopen Configurator

Описание: CANopen\_configurator.pdf

Могут быть заданы и сохранены в энергонезависимой памяти следующие базовые параметры:

- Номер CAN узла, объект 2110<sub>h</sub> (значение по умолчанию задается переключателями);
- Скорость CAN сети, объект 2111<sub>h</sub> (значение по умолчанию задается переключателями);
- Битовая маска, задающая режимы работы устройства, объект 211F<sub>h</sub> (значение по умолчанию 0).

При задании базовых параметров рекомендуется подключать к CAN сети единственное CANopen устройство.

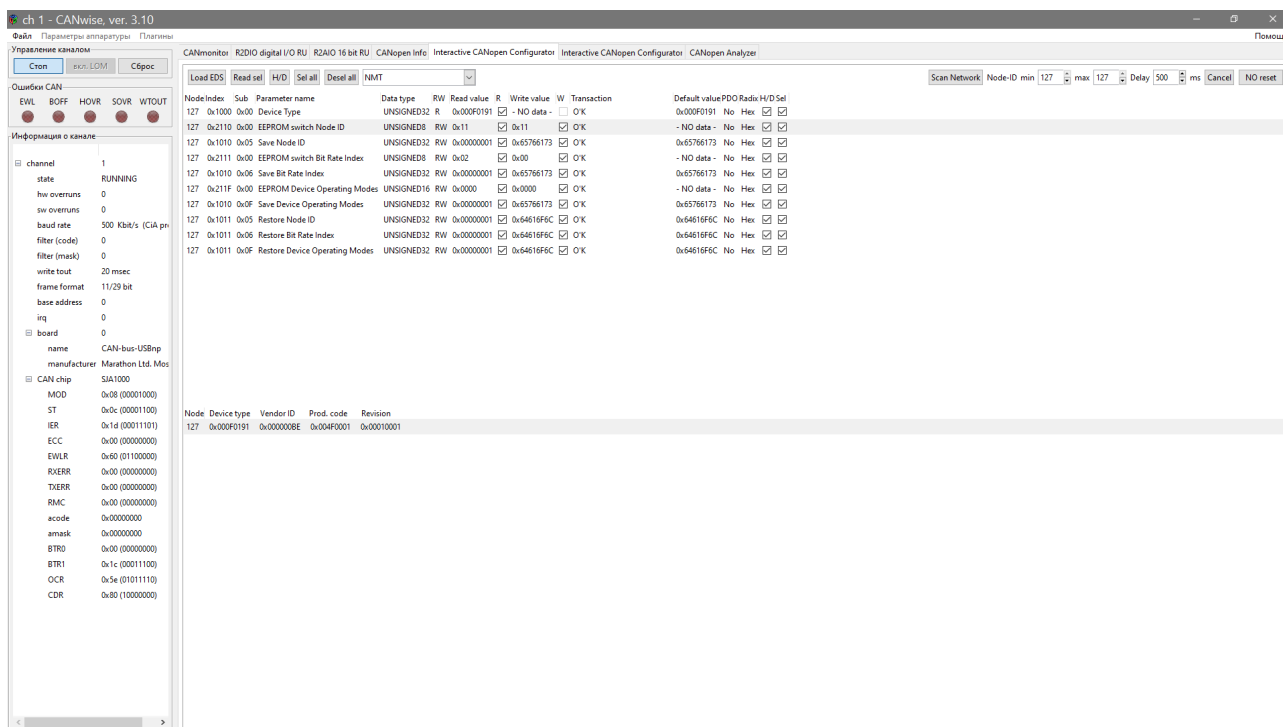
Также могут быть заданы, загружены и сохранены группы прикладных параметров 1..4.

Для работы с параметрами используются специальные (частичные) EDS файлы:

Имя EDS файла	Конфигурируемые параметры
SiPM_node_rate_modes.eds	Базовые параметры устройства: номер CAN узла, скорость CAN сети, битовая маска режимов работы.
SiPM_application.eds	Параметры приложения для профиля CiA 401.
SiPM_group_01.eds	Параметры группы 1 (gr01).
SiPM_group_02.eds	Параметры группы 2 (gr02).
SiPM_group_03.eds	Параметры группы 3 (gr03).
SiPM_group_04.eds	Параметры группы 4 (gr04).

Для начала работы с CANwise нужно выполнить следующие операции:

- При необходимости задать скорость CAN сети;
- Запустить CANwise кнопкой Старт;



Затем нужно осуществить поиск CANopen устройств сети (кнопка Scan Network). После их обнаружения нужно загрузить специальный EDS файл (кнопка Load EDS) и выбрать подходящее устройство для работы с его параметрами.

Например, для задания номера CAN узла используется файл SiPM node rate modes.edc.

Нужно записать в устройство значение объекта 2110<sub>h</sub> (EEPROM switch Node ID), а затем сохранить его в энергонезависимой памяти (Save Node ID, объект 1010<sub>h</sub>sub05<sub>h</sub>). Базовые

параметры становятся актуальными после перезапуска устройства (NMT команда Reset Node или перезагрузка по сторожевому таймеру или отключение-включение питания).

## 11.2 Конфигурирование устройства на основе DCF файла

Имя файла подгружаемого модуля: CANopenDCF.dll

Название подгружаемого модуля: Device Configuration Manager

Описание: CANopen DCF.pdf

### 11.3 Инженерный тест-модуль высоковольтных ЦАП

Имя файла подгружаемого модуля: SiPM\_Engineering.dll

Название подгружаемого модуля: SiPM Engineering

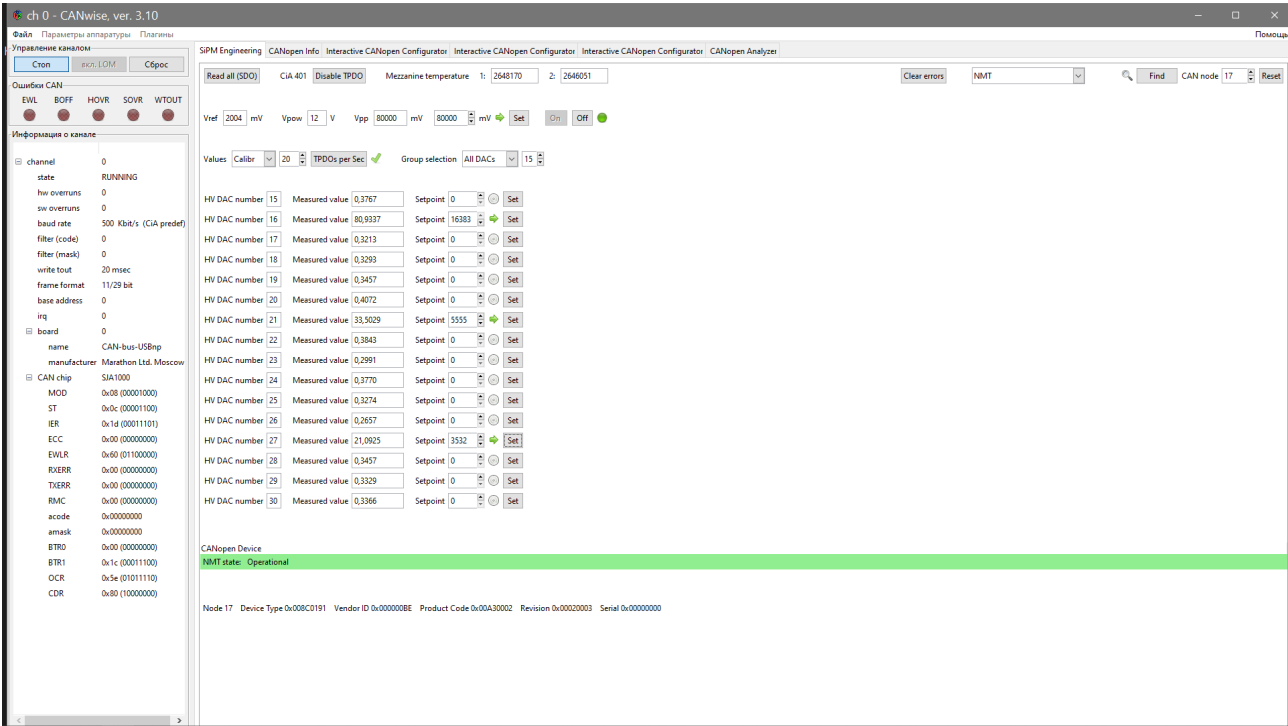
Верхнее окно служит для выполнения инженерных операций с высоковольтным ЦАП. В нижнем отображается состояние (статус) CANopen устройства.

Для начала работы с CANwise нужно выполнить следующие операции:

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

Далее в окне подгружаемого модуля следует запустить устройство. Режим запуска «Find» устанавливается по умолчанию и используется при подключении к работающему устройству. Режим «Initialize» выполняется с выдачей NMT команды «Reset node», которая





осуществляет инициализацию устройства. Номер CAN узла (CAN адрес) задается в поле ввода справа от кнопки. При успешном обнаружении высоковольтного ЦАП считываются его параметры и активируется протокол сердцебиения.

Разрешения передачи TPDO для объектов CiA 401 и измерений HV DAC устанавливаются раздельно.

Кнопки управления.

Кнопка	Назначение
Read all (SDO)	Считывает из устройства и отображает значения измерений и уставок ЦАП, температуры мезонинов и другие параметры. Используется CANopen SDO протокол. Значения уставок высоковольтных ЦАП задаются и считываются только с использованием SDO протокола.
CiA 401 Enable / Disable TPDO	Разрешает (Enable) либо запрещает (Disable) автоматическую передачу значений измерений с использованием PDO протокола для параметров, который обрабатываются согласно профилю CiA 401.
Clear errors	Очищает строки сообщений об ошибках в окне статуса устройства.
NMT	Ниспадающее меню. Позволяет отправить в CAN сеть NMT команду. Все команды адресуются только выбранному узлу.
Find / Initialize Reset	Начинает работу с устройством. Режим «Find» устанавливается по умолчанию и используется при подключении к работающему устройству. Режим «Initialize» выполняется с выдачей NMT команды «Reset node», которая осуществляет (пере)инициализацию устройства. Номер CAN узла (CAN адрес) задается в поле ввода «CAN node» справа от кнопки. Переключение режимов осуществляется кнопкой «Reset».
Values	Ниспадающее меню. Позволяет выбрать режим и формат передачи

OFF, Raw, Calibr	измерений TPDO HV DAC (объект 2423 <sub>h</sub> ).
Set, On, Off	Кнопки задания уставки, включения и отключения источника первичного высокого V <sub>pp</sub> .
TPDOs per Sec	Задаёт темп передачи измерений TPDO HV DAC (объект 214F <sub>h</sub> ). Значение объекта задается в поле ввода слева от кнопки.
Group selection	Номер активной группы каналов измерений HV DAC. Для нулевой группы можно задать начальный отображаемый канал.
Set	Передаёт целочисленную уставку HV DAC для соответствующего канала устройства (объект 2411 <sub>h</sub> ). Значение уставки задается в поле ввода слева от кнопки.

Окно статуса устройства.

Строка	Назначение
1	NMT состояние устройства. Ошибки устройства как узла CANopen сети.
2	Информация о поступивших ошибках (срочные сообщения Emergency и др.).
3	Информация об исходящих ошибках (при передаче данных в сеть, выполнении SDO транзакций и др.).
4	Информация об устройстве (тип, код производителя, код изделия и др.).