



# **CANopen библиотека**

**Адаптированный  
slave  
для ОС Windows**

**Руководство программиста**

**Код проекта: 0002<sub>h</sub>**

**Москва, 2021**

## Оглавление

<b>1. Общие положения.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Изменения в версиях программ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Управление версиями адаптированных модулей.....	5
<b>3. Типы и структуры данных адаптированной версии.....</b>	<b>6</b>
3.1 Типы данных CANopen библиотеки.....	6
3.2 Структуры данных CANopen библиотеки.....	6
3.3 Глобальные данные CANopen библиотеки.....	8
3.4 Структуры данных приложения.....	8
3.5 Глобальные данные приложения.....	9
<b>4. Программные модули CANopen.....</b>	<b>10</b>
4.1 Функции доступа к объектному словарию.....	10
4.2 CANopen модули адаптированной версии.....	13
4.2.1 Модули определений и прототипов.....	13
4.2.2 Модуль can_system_windows.c.....	13
4.2.3 Модуль __lib_main.c.....	14
4.2.4 Модуль __lib_events.c.....	14
4.2.5 Модуль lib_backinit.c.....	15
4.2.6 Модуль lib_can_networks.c.....	17
4.2.7 Модуль lib_canid.c.....	17
4.2.8 Модуль lib_globals.c.....	18
4.2.9 Модуль lib_inout.c.....	18
4.2.10 Модуль lib_led_indicator.c.....	19
4.2.11 Модуль lib_lib.c.....	20
4.2.12 Модуль lib_nmt_slave.c.....	21
4.2.13 Модуль lib_obdsdo_server.c.....	22
4.2.14 Модуль lib_obdsrv.c.....	23
4.2.15 Модуль lib_obj_deftype.c.....	23
4.2.16 Модуль lib_obj_device.c.....	24
4.2.17 Модуль lib_obj_emcy.c.....	24
4.2.18 Модуль lib_obj_err_behaviour.c.....	25
4.2.19 Модуль lib_obj_errors.c.....	25
4.2.20 Модуль lib_obj_re_store.c.....	26
4.2.21 Модуль lib_obj_sync.c.....	28
4.2.22 Модуль lib_pdo_map.c.....	28
4.2.23 Модуль lib_pdo_obd.c.....	30
4.2.24 Модуль lib_pdo_proc.c.....	32
4.2.25 Модуль lib_sdo_proc.c.....	34
4.2.26 Модуль lib_server.c.....	34
4.2.27 Модуль lib_srdo_object.c.....	35
<b>5. Прикладной CANopen профиль CiA 401.....</b>	<b>37</b>
5.1 Параметры сборки приложения.....	37
5.1.1 Параметры платформы приложения.....	37
5.1.2 Параметры CANopen устройства.....	37
5.1.3 Параметры устройства и прикладного профиля CiA 401.....	39
5.2 Модули приложения.....	41
5.2.1 Модули определений и прототипов.....	41
5.2.2 Модуль DS401_standev.c.....	41
5.2.3 Модуль DS401_manspec.c.....	42
5.2.4 Модуль DS401_control.c.....	43

5.2.5 Модуль __DS401_devices.c.....	44
5.2.6 Модуль __DS401_init.c.....	44
5.2.7 Модуль DS401_globals.c.....	45
5.2.8 Модуль DS401_obj_re_store.c.....	45

## 1. Общие положения

Документ является составной частью руководства по CANopen библиотеке. В нем приводится описание адаптированной slave версии библиотеки и приложений для ОС Windows. Адаптированная версия поддерживает протокол EN50325-5 (функционально безопасные коммуникации на основе CANopen, ведомый), который не включен в основной код CANopen библиотеки. Адаптированный slave может использоваться в качестве прототипа для реализации CANopen устройств на микроконтроллерных платформах.

Адаптированная slave версия выполнена в виде двух частей: библиотечной и прикладной. Единая библиотечная часть может использоваться для разработки нескольких проектов (устройств) на одной микроконтроллерной платформе. Прикладная реализует CANopen профиль конкретного устройства. Прикладной объектный словарь адаптированной версии сформирован на основе профиля CiA 401 с расширениями.

Библиотечные модули адаптированной версии размещаются в директории CANopen\_WinLib\_EN50325-5. Модули приложения размещаются в директории WinAppl\_EN50325-5\_Project.

Адаптированная версия поддерживает только ускоренный и сегментированный SDO протоколы. Блочный SDO протокол не используется. При этом обеспечивается возможность передачи данных переменной длины (visible string, octet string). Формируется единственный обязательный SDO параметр сервера, который задается по умолчанию.

Поддерживаются только байтовые (группами по 8 бит) динамическое PDO и SRDO отображения.

Поддерживается только little-endian формат, когда наименее значимый (младший) байт данных любого стандартного типа размещается по меньшему адресу.

Коммуникационный профиль адаптированной версии идентичен профилю устройств IO Remote. Описание этого профиля приведено в документе IOremote.pdf

Следующие модули адаптированной версии требуют доработки для целевой микроконтроллерной платформы:

- `chai.c` драйвер канального уровня CAN;
- `can_system_windows.c` содержит системно-зависимые функции (таймер, критические секции и др.);
- `lib_obj_re_store.c` реализует сохранение и восстановление параметров устройства в энергонезависимой памяти.

## 2. Изменения в версиях программ

### Версия CANopen библиотеки 2.2

В состав библиотеки включена адаптированная slave версия для ОС Windows.

### Версия CANopen библиотеки 2.3

Адаптированный CANopen slave реализован на основе версии 2.3 CANopen библиотеки.

### Версия CANopen библиотеки 3.0

Версия CANopen slave сформирована в рамках реализации стандарта EN50325-5: функционально безопасные коммуникации на основе CANopen.

### Версия приложения 1.2

Часть функций приложения перенесена в новый модуль DS401\_control.c. Внесены изменения в код некоторых функций приложения.

### Версия приложения 2.1

Реализует набор программ с поддержкой протокола EN50325-5 и прикладного CANopen профиля CiA 401. Поддерживается единый код приложения для программ-эмуляторов и встроенного ПО для платформ STM32 и Миландр.

## 2.1 Управление версиями адаптированных модулей

Каждый библиотечный модуль адаптированной версии заключается в условный макрос вида  
`#if CHECK_VERSION_CANLIB(3, 0, 1)`

код адаптированного модуля CANopen

`#endif`

Аргументы макроса фиксируют версию модуля CANopen библиотеки, на основе которого сформирован код адаптированной версии.

Аналогичные макросы используются для контроля версий приложения

`#if CHECK_VERSION_APPL(2, 1, 0)`

код модуля приложения

`#endif`

## 3. Типы и структуры данных адаптированной версии

### 3.1 Типы данных CANopen библиотеки

Обозначение	Тип данных	Описание
<b>canbyte</b>	<b>unsigned8</b>	Без-знаковое целое 8 бит.
<b>cannode</b>	<b>unsigned8</b>	Без-знаковое целое 8 бит, идентификатор CAN узла.
<b>canindex</b>	<b>unsigned16</b>	Без-знаковое целое 16 бит, индекс объектного словаря.
<b>cansubind</b>	<b>unsigned8</b>	Без-знаковое целое 8 бит, субиндекс объектного словаря.
<b>canlink</b>	<b>unsigned16</b>	Без-знаковое целое 16 бит, CAN идентификатор канального уровня для 11 битового CAN-ID.

### 3.2 Структуры данных CANopen библиотеки

```
union cansdob0 {
    struct segm {
        unsigned8 ndata;    число байт в сегменте, которые не содержат данных.
        unsigned8 bit_0;    бит 0 нулевого байта сегмента.
        unsigned8 bit_1;    бит 1 нулевого байта сегмента.
        unsigned8 toggle;   значение мерцающего бита.
    } sg;
};
```

Структура **segm** объединения **cansdob0** заполняется по итогам разбора управляющего (нулевого) байта данных ускоренного и сегментированного SDO протоколов.

```
struct sdoixs {
    canindex index;    индекс прикладного объекта.
    cansubind subind;  субиндекс прикладного объекта.
};
```

Структура **sdoixs** определяет индекс и субиндекс прикладного CANopen объекта для SDO протокола (мультиплексор SDO протокола).

```
struct cansdo {
    unsigned8 cs;        команда SDO протокола.
    struct sdoixs si;     индекс и субиндекс прикладного объекта (мультиплексор SDO
                           протокола).
    union cansdob0 b0;    управляющий байт SDO протокола.
    canbyte bd[8];        прикладные данные CAN кадра SDO протокола.
};
```

Структура **cansdo** размещает информацию SDO кадра в разобранном виде.

```
struct sdosrvfull {
    int16 busy;          семафор занятия буфера (инкрементный).
    unsigned8 capture;   флаг захвата буфера.
    unsigned32 timeout;  таймаут операции обмена одним сегментом данных в рамках
                           SDO протокола (базовой транзакции).
    unsigned8 toggle;    ожидаемое значение мерцающего бита.
};
```

**struct sdoixs si;** индекс и субиндекс прикладного объекта (мультиплексор SDO протокола).  
**canbyte \*bufpnt;** указатель на текущую позицию в буфере принимаемых или передаваемых данных.  
**unsigned32 rembytes;** число оставшихся для передачи байт объекта.

};

Структура **sdosrvfull** размещает данные, необходимые для реализации SDO транзакции на стороне сервера.

**struct store {**  
**canindex index;** индекс объекта, предназначенного для размещения в энергонезависимой памяти.  
**unsigned16 submask01;** маска субиндексов объекта (от 1 до 16). Нулевое значение маски указывает объект без субиндексов.

};

Структура **store** формирует базу коммуникационных и прикладных объектов, которые могут быть сохранены в энергонезависимой памяти.

**struct cancache {**  
**int16 busy;** семафор занятия кэша (инкрементный).  
**unsigned8 capture;** флаг захвата кэша и занесения в него данных.  
**canframe cf;** CAN кадр канального уровня.

};

Структура **cancache** формирует кэш для размещения отсылаемых CAN кадров.

**struct canframe {**  
**unsigned32 id;** CAN-ID.  
**unsigned8 data[8];** поле данные CAN кадра.  
**unsigned8 len;** фактическая длина данных (от 0 до 8).  
**unsigned16 flg;** битовые флаги CAN кадра. Бит 0 – RTR, бит 2 – EFF.  
**unsigned32 ts;** временная метка получения CAN кадра в микросекундах.

};

Структура **canframe** размещает CAN кадр канального уровня. Ее определение содержится в заголовочном файле CAN драйвера CHAI (структура **canmsg\_t**).

**struct srdodata {**  
**unsigned8 len;** фактическая длина данных (от 0 до 8).  
**canbyte data[CAN\_DATALEN\_MAXIMUM];** поле данных CAN кадра.

};

Структура **srdodata** размещает данные CAN кадра протокола EN50325-5.

**struct srdostruct {**  
**unsigned8 dir;** Направление передачи SRDO.  
**unsigned8 srvt;** Контрольное время SRVT для принимаемого SRDO.  
**unsigned8 trtype;** Тип передачи SRDO.  
**unsigned8 mask;** Битовая маска принятых кадров SRDO.  
**unsigned16 sct;** Период обновления передаваемого SRDO.  
**unsigned32 id\_odd;** Охранное время для принимаемого SRDO.  
**unsigned32 id\_even;** CAN-ID 1, нечетный (SRDO в основном формате).  
CAN-ID 2, четный (SRDO в побитно-инвертированном формате).

**unsigned16 signature;** Подпись (CRC) SRDO параметров.  
**unsigned8 config;** Конфигурация SRDO объекта достоверна / не достоверна.  
**unsigned8 nrec;** Число объектов SRDO отображения.  
**unsigned32 map[...];** Объекты SRDO отображения в основном формате.  
**int32 srvt\_cnt;** SRVT счетчик. Со знаком для асинхронного сброса.  
**int32 sct\_cnt;** SCT счетчик. Со знаком для асинхронного сброса.  
**int32 discard\_cnt;** Счетчик мертвого времени принимаемого SRDO. Со знаком для асинхронного сброса.  
**struct srdodata plain;** Данные принимаемого SRDO в основном формате.  
**struct srdodata bwinv;** Данные принимаемого SRDO в побитно-инвертированном формате.

};

Структура **srdobject** размещает данные SRDO объекта, которые используются в протоколе EN50325-5.

### 3.3 Глобальные данные CANopen библиотеки

Обозначение	Тип данных	Описание
<b>netmask_work</b>	unsigned8	Битовая маска рабочих CAN сетей (объект 11F0 <sub>h</sub> sub3 <sub>h</sub> ).
<b>can_netchan</b>	unsigned8	Номер активной CAN сети (от 0 до 7, объект 11F0 <sub>h</sub> sub4 <sub>h</sub> ).
<b>bitrate_index</b>	unsigned8	Индекс битовой скорости CAN сети.
<b>node_id</b>	unsigned8	Номер CAN узла (от 1 до 127).
<b>node_state</b>	unsigned8	NMT состояние CAN узла.
<b>stc_1[...]</b> <b>stc_2[...]</b> <b>stc_stap[...]</b>	struct store	Формируют базу коммуникационных и прикладных объектов, которые могут быть сохранены в энергонезависимой памяти.

### 3.4 Структуры данных приложения

**struct object {**  
     **canindex index;** индекс объекта.  
     **cansubind subind;** субиндекс объекта.  
     **int32 size;** размер объекта в байтах ( $\geq 0$ ) или код ошибки ( $< 0$ ).  
     **canindex deftype;** индекс типа объекта.  
     **int16 access;** маска доступа к объекту.  
     **canbyte \*pnt;** указатель на размещение объекта.  
**};**

Структура **object** содержит обобщенное описание прикладного объекта.

**union numbers {**  
     **unsigned64 init** служит для инициализации объединения и переноса данных  
     **unsigned16 dt16[4]** используются для организации ModBus доступа.  
     **unsigned8 dt8[8]** используются для организации CANopen доступа.  
     **int8 i8** целое 8 бит со знаком.  
     **unsigned8 uns8** без-знаковое целое 8 бит. Либо булево значение false / true.  
     **int16 i16** целое 16 бит со знаком.  
     **unsigned16 uns16** без-знаковое целое 16 бит.  
     **int32 i32** целое 32 бита со знаком.



**unsigned32 uns32** без-знаковое целое 32 бита.  
**int64 i64** целое 64 бита со знаком.  
**unsigned64 uns64** без-знаковое целое 64 бита.  
**real32 re32** с плавающей точкой одинарной точности (float).  
**real64 re64** с плавающей точкой двойной точности (double).

};

Объединение **numbers** служит для единого представления различных типов численных данных.

*Замечание.*

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

### 3.5 Глобальные данные приложения

Обозначение	Тип данных	Описание
<b>project_code</b>	unsigned16	Код проекта (старшие 16 бит объекта 1018 <sub>h</sub> sub2 <sub>h</sub> )
<b>device_state</b>	unsigned8	Логическое состояние устройства (ON/OFF).
<b>nodeid_eeprom</b>	unsigned8	Номер CAN узла для сохранения в энергонезависимой памяти.
<b>brindex_eeprom</b>	unsigned8	Индекс битовой скорости для сохранения в энергонезависимой памяти.
<b>digital_inblocks</b> <b>digital_outblocks</b>	unsigned8	Число входных цифровых блоков по 8 бит (от 0 до 2). Число выходных цифровых блоков по 8 бит (от 0 до 2).
<b>diginp_tpdo_forced</b>	boolean	Режим передачи TPDO от цифровых входов
<b>analog_inputs</b> <b>analog_outputs</b>	unsigned8	Число аналоговых входов (0 или 8). Число аналоговых выходов (0 или 8).
<b>analog_inp_res</b> <b>analog_out_res</b>	unsigned8	Разрядность аналоговых входов, бит. Разрядность аналоговых выходов, бит.

## 4. Программные модули CANopen

### 4.1 Функции доступа к объектному словарию

Доступ к объектному словарию CANopen осуществляется с использованием функций, имеющих единый вид прикладного интерфейса. В API приведены два примера функций. Один вид (\*\_deftype\_\*) поддерживает объекты определения типов данных (индексы 0001<sub>h</sub>..001F<sub>h</sub>). Другой (\*\_standev\_\*) используется для доступа к объектам стандартизированных устройств (индексы 6000<sub>h</sub>..9FFF<sub>h</sub>). Для объектов переменного размера дополнительно применяется функция server\_put\_object\_size(...).

**int16 get\_deftype\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int32 server\_get\_standev\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

Запрос размера объекта в байтах.

Эта функция также определяет наличие соответствующего объекта в словаре. В случае ошибки, например, не существующего объекта, возвращается отрицательное значение. Для коммуникационных объектов может возвращать значения типа integer16. Прикладные объекты и диспетчер доступа к компонентам объектного словаря возвращают значения типа integer32.

Особым случаем является возврат нулевого значения. Для данных переменной длины это одно из допустимых значений, а в случае фиксированного размера объекта является ошибкой.

*Параметры:*

- **index** — индекс объекта.
- **subind** — субиндекс объекта.

*Возвращаемые значения: размер объекта  $\geq 0$ ; ошибка  $< 0$ :*

- $\geq 0$  — размер объекта в байтах. Для объектов переменной длины может принимать нулевое значение.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT — не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND — несуществующий субиндекс объекта.

**int32 server\_put\_object\_size(canindex index, cansubind subind, int32 size);**

Запись размера объекта переменной длины.

Используется, когда размер объекта не известен заранее и передается клиентом при инициализации обмена данными.

*Параметры:*

- **index** — индекс объекта.
- **subind** — субиндекс объекта.
- **size** — размер объекта в байтах.

*Возвращаемые значения: размер объекта  $> 0$ ; ошибка  $< 0$ :*

- $> 0$  — записанный размер объекта в байтах.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT — не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND — несуществующий субиндекс объекта.
- CAN\_ERRET\_OBD\_DATAMISM — невозможно принять и записать размер объекта.
- CAN\_ERRET\_OBD\_DATALOW — принятый размер объекта менее допустимого.
- CAN\_ERRET\_OBD\_DATAHIGH — принятый размер объекта более допустимого.

**int16 see\_deftype\_access(canindex index, cansubind subind);**

**int16 server\_see\_standev\_access(canindex index, cansubind subind);**

Запрос маски доступа к записи объектного словаря.

*Параметры:*

- **index** — индекс объекта.

- **subind** – субиндекс объекта.

*Возвращаемые значения: маска доступа > 0 (биты 0..14); ошибка <= 0 (установлен бит 15).*

- CAN\_MASK\_ACCESS\_PDO – флаг допустимости PDO отображения объекта (бит\_0 = 1).
- CAN\_MASK\_ACCESS\_RO – флаг доступа к объекту по чтению (бит\_1 = 1).
- CAN\_MASK\_ACCESS\_WO – флаг доступа к объекту по записи (бит\_2 = 1).
- CAN\_MASK\_ACCESS\_RW – доступ к объекту по чтению и записи (бит\_1 = 1 и бит\_2 = 1).
- = 0 – объект нулевого размера, нет доступа.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND – несуществующий субиндекс объекта.

**int16 get\_deftype\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

**int16 server\_get\_standev\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

Запрос типа объекта из словаря устройства.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.

*Возвращаемые значения: индекс типа объекта > 0; ошибка <= 0:*

- > 0 – индекс типа объекта (0001<sub>h</sub>..001F<sub>h</sub>: статические типы данных объектного словаря).
- = 0 – ошибка, объект нулевого размера. Объект со значением индекса 0000<sub>h</sub> относится CiA 301 к не используемым.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND – несуществующий субиндекс объекта.

**int16 read\_deftype\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 server\_read\_standev\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Чтение значения объекта из словаря устройства.

Объект преобразуется в байтовый вид и размещается по адресу **\*data**. Приложение должно выделить буфер, достаточный для размещения всех данных. Размер объекта при необходимости может быть определен с помощью функции `server_get_object_size(...)`.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.
- **\*data** – байтовый указатель на размещаемые данные.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_REТОК – нормальное завершение.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND – несуществующий субиндекс объекта.
- CAN\_ERRET\_OBD\_WRITEONLY – попытка чтения объекта с доступом только по записи.
- CAN\_ERRET\_NULL\_POINTER – указатель на объект — NULL. Может являться следствием ошибок при описании объекта.

**int16 write\_deftype\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 server\_write\_object\_dictionary(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Запись значения объекта в словарь устройства.

Функция помещает объект, расположенный по адресу **\*data**, в запись объектного словаря.

До вызова функции приложение должно привести соответствующие данные к байтовому виду.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.

- **\*data** – байтовый указатель на размещенные данные.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – нормальное завершение.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует объекта с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOSUBIND – несуществующий субиндекс объекта.
- CAN\_ERRET\_OBD\_READONLY – попытка записи объекта с доступом только по чтению.

Функция может также возвращать коды ошибок, вызванные превышением диапазона допустимых значений объекта, не состоятельностью объектов PDO отображения, отказом в доступе из-за текущего состояния устройства и другими причинами, например:

- CAN\_ERRET\_OBD\_VALRANGE – ошибка диапазона записываемого значения.
- CAN\_ERRET\_OBD\_OBJACCESS – в текущем состоянии объект не может быть изменен.
- CAN\_ERRET\_PDO\_NOMAP – объект не может быть отображен в PDO.
- CAN\_ERRET\_PDO\_ERRMAP – ошибка размера объекта либо превышена максимальная длина PDO (64 бита).

Доступ к данным, формирующим записи объектного словаря, может осуществляться асинхронно из различных прикладных программ. Функции CANopen производят запись и чтение этих данных отдельными байтами. Таким образом, записи объектного словаря становятся разделяемым ресурсом, требующим дополнительных мер по обеспечению их состоятельности. Для защиты таких данных используется дополнительная буферизация и обновление их значений с использованием операции присвоения данных требуемого типа. В функциях чтения объектного словаря буферизация обеспечивает состоятельность данных при асинхронной записи со стороны приложения и побайтном чтении из CANopen. Для функций записи буферизация дополнительно позволяет осуществлять проверку данных до их занесения в объектный словарь.

## 4.2 CANopen модули адаптированной версии

Библиотечные модули адаптированной версии размещаются в директории CANopen\_WinLib\_EN50325-5. Расположение файлов приводится относительно этой директории. Для удобства разработки приложений приводится API всех видимых функций библиотеки. Их полный список размещен в файле `\include\lib_defunc.h`

### 4.2.1 Модули определений и прототипов

Размещаются в директории `\include`.

- `lib_commonhead.h` – заголовочный файл, используемый совместно CANopen библиотекой и приложением.
- `lib_defines.h` – определение параметров (констант), специфичных для CANopen.
- `lib_defunc.h` – прототипы функций. Включают функции CANopen библиотеки и обязательные функции приложения.
- `lib_genhead.h` – основной файл заголовков и подключений библиотеки. Содержит определение номера версии CANopen библиотеки. Размещает ссылку на заголовочный файл приложения `lib_application.h`
- `lib_globals.h` – список внешних (глобальных) переменных библиотеки.
- `lib_header.h` – базовый заголовочный файл для модулей CANopen библиотеки.
- `lib_macros.h` – определение макросов CANopen библиотеки.
- `lib_structures.h` – определение структур данных CANopen библиотеки.
- `lib_typedefs.h` – определение типов данных CANopen библиотеки.

### 4.2.2 Модуль `can_system_windows.c`

Размещается в корневой директории CANopen\_WinLib\_EN50325-5.

Содержит системно-зависимые функции. Требуется доработка для целевой микроконтроллерной платформы.

**`void can_sleep(int32 microseconds);`**

Функция временной задержки.

*Параметры:*

- **`microseconds`** – временная задержка в микросекундах. Точное время задержки определяется разрешением соответствующего таймера системы. Любое положительное значение аргумента функции должно обеспечивать не нулевую задержку.

**`void can_init_system_timer(void (*handler)(void));`**

Инициализация CANopen таймера.

Период таймера в микросекундах задается константой `CAN_TIMERUSEC`. Сигнал или поток таймера должен обладать более высоким приоритетом, чем сигнал (поток) обработчика CAN кадров и ошибок CAN контроллера. CANopen таймер может быть не самоблокирующим, то есть возможны повторно-входимые вызовы обработчика таймера. Это дает возможность контролировать наложение тиков таймера при высокой загрузке системы. Обработчик **`*handler`** является сигнало-безопасным и может быть назначен непосредственно на аппаратные прерывания, в том числе не самоблокирующие.

Если таймер выполняется как отдельный поток операционной системы, метод работы диспетчера ОС может не гарантировать непрерывного выполнения этого потока. В таком случае рекомендуется формировать код обработчика таймера как единую критическую секцию.

*Параметры:*

- **handler** – функция обработчика таймера: имеет прототип: `void canopen_timer(void)`.

**void can\_cancel\_system\_timer(void);**

Отмена CANopen таймера. Прекращает либо завершает работу таймера.

**void init\_critical(void);**

Функция инициализации критической секции. Внедряется в код с помощью макроса `CAN_CRITICAL_INIT`, определенного в модуле `lib_macros.h`.

**void enter\_critical(void);**

**void leave\_critical(void);**

Функции входа и выхода из критической секции. Служат для обеспечения атомарности семафорных операций и непрерывности сегментов кода при использовании библиотеки в многопоточной среде, когда CANopen таймер и обработчик CAN кадров запускаются как отдельные потоки (нити). Функции должны обеспечивать многократный (вложенный) вход и выход из критической секции. Функции внедряются в код с помощью макросов `CAN_CRITICAL_BEGIN` и `CAN_CRITICAL_END`, определенных в модуле `lib_macros.h`. Для однопоточных приложений (микроконтроллеры, операционные системы с поддержкой сигналов) код библиотеки обеспечивает возможность работы с не атомарными семафорами. Таким образом, эти макросы могут оставаться пустыми.

**void enable\_can\_transmitter(void);**

**void disable\_can\_transmitter(void);**

Функции разрешения работы и блокировки передающего CAN трансивера. Служат для исключения выдачи CAN контроллером в сеть ложных сигналов при включении питания устройства. Работа трансивера аппаратно блокируется при включении питания и разрешается лишь при инициализации CAN подсистемы (модуль `lib_backinit.c`).

**void green\_led\_on(void);**

**void green\_led\_off(void);**

Физическое включение и отключение зеленого светодиода.

**void red\_led\_on(void);**

**void red\_led\_off(void);**

Физическое включение и отключение красного светодиода.

### 4.2.3 Модуль `__lib_main.c`

Размещается в корневой директории `CANopen_WinLib_EN50325-5`.

Содержит запускаемую на выполнение функцию программы `main(...)` и монитор (главный цикл) программы. Монитор демонстрирует различные способы взаимодействия библиотеки и CAN драйвера. Так, если драйвер не осуществляет асинхронную доставку входящих сигналов (по приему CAN кадра, при возникновении ошибки), в главный цикл программы должен быть включен пропагатор сигналов драйвера.

### 4.2.4 Модуль `__lib_events.c`

Размещается в директории `\CANopen`.

Реализует обработчики CANopen событий.

**void consume\_sync(unsigned8 sc);**

Вызывается при получении объекта синхронизации SYNC.

*Параметры:*

- **sc** – текущее значение SYNC счетчика (диапазон от 1 до 240).

**void no\_sync\_event(void);**

Потребитель SYNC не получил объекта синхронизации в течение промежутка времени, определяемого объектом 1006<sub>h</sub> (период SYNC).

**void consume\_controller\_error(canev ev);**

Обрабатывает сигнал ошибки от CAN контроллера. Ошибка bus off отключения узла от CAN шины обрабатывается согласно настройкам объекта 1029<sub>h</sub> – поведение устройства при возникновении серьезных ошибок. Обработка остальных ошибок предусматривает передачу соответствующего сообщения EMCY и светодиодную индикацию. Коды ошибок определены в заголовочном файле CAN драйвера канального уровня.

*Параметры:*

- **ev** (тип int16) – код ошибки:
  - CIEV\_WTOUT – write timeout occurred,
  - CIEV\_EWL – error warning limit,
  - CIEV\_BOFF – bus off,
  - CIEV\_HOVR – hardware overrun,
  - CIEV\_SOVR – software overrun.

**void life\_guarding\_event(void);**

Обработка события life guarding event со статусом "occurred". Вызывается при отсутствии запроса в протоколе охраны узла.

**void life\_guarding\_resolved(void);**

Обработка события life guarding event со статусом "resolved". Вызывается при возобновлении запросов в протоколе охраны узла.

**void pdo\_activated\_slave(canindex index, cansubind subind);**

**void srdo\_activated\_slave(canindex index, cansubind subind);**

Сообщение об активировании соответственно PDO или SRDO. Информировать приложение о том, что отображенный в PDO или SRDO объект был успешно записан в объектный словарь устройства.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта приложения.
- **subind** – субиндекс объекта приложения.

**void no\_pdo\_event(canindex index);**

Не получено принимаемое PDO до истечения его таймера события.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта RPDO.

**void can\_timer\_overlap(void);**

Зарегистрировано наложение тиков CANopen таймера.

**void can\_cache\_overflow(canbyte state);**

Переполнен выходной CANopen кэш.

*Параметры:*

- **state** – NMT состояние CAN узла.

## 4.2.5 Модуль lib\_backinit.c

Размещается в директории \CANopen.

Реализует функции (пере)инициализации CANopen устройства. Формирует и поддерживает диспетчер таймера и CANopen монитор.

### **unsigned8 get\_netmask\_free(void);**

Битовая маска свободных CAN сетей.

*Возвращаемые значения:*

- Маска CAN сетей из числа физических CAN\_MASK\_NETWORKS, которые не заняты другими приложениями.

### **int16 cifunc\_start(void);**

Запускает (переводит в активное состояние) все рабочие CAN контроллеры.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – все рабочие CAN контроллеры запущены успешно.
- CAN\_ERRET\_CI\_NETWORKS – нет рабочих CAN контроллеров.
- CAN\_ERRET\_CI\_START – не удалось запустить хотя бы один рабочий контроллер.

### **int16 cifunc\_stop(void);**

Переводит все рабочие CAN контроллеры в состояние останова.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – все рабочие CAN контроллеры остановлены успешно.
- CAN\_ERRET\_CI\_NETWORKS – нет рабочих CAN контроллеров.
- CAN\_ERRET\_CI\_STOP – не удалось остановить хотя бы один рабочий контроллер.

### **int16 can\_reset\_communication(void);**

Отрабатывает NMT команду Reset Communication.

(Пере)инициализирует коммуникационную подсистему CANopen устройства. Формирует маску рабочих CAN сетей из числа свободных.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

см. функцию can\_reset\_node(void).

### **int16 can\_reset\_node(void);**

Отрабатывает NMT команду Reset Node.

(Пере)инициализирует CANopen устройство. Формирует маску рабочих CAN сетей из числа свободных.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – запуск CANopen устройства выполнен успешно.
- CAN\_ERRET\_CI\_STOP – не удалось остановить хотя бы один рабочий контроллер.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_INIT – ошибка инициализации энергонезависимой памяти.
- CAN\_ERRET\_NODEID – ошибочный номер CAN узла устройства.
- CAN\_ERRET\_CI\_NETWORKS – все CAN сети заняты либо инициализация ни одной из них не удалась.

### **int16 start\_can\_device(void);**

Осуществляет первоначальный запуск устройства после включения питания.

Выполняет однократные операции, которые не требуются при программной переинициализации CANopen устройства.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_ERRET\_CI\_INIT – ошибка начальной инициализации CAN драйвера.

см. функцию can\_reset\_node(void).

### **int16 stop\_can\_device(void);**

Осуществляет полный останов устройства.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – останов CAN устройства выполнен успешно.

### **void canopen\_monitor(void);**

CANopen монитор.



Вызывается из главного цикла программы.

#### 4.2.6 Модуль lib\_can\_networks.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует объектный словарь конфигурации CAN сетей (контроллеров).

```
int16 get_can_networks_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);  
int16 see_can_networks_access(canindex index, cansubind subind);  
int16 get_can_networks_objtype(canindex index, cansubind subind);  
int16 read_can_networks_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);  
int16 write_can_networks_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к объектному словари конфигурации CAN сетей. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

11F0<sub>h</sub> - Параметры CAN сетей.

#### 4.2.7 Модуль lib\_canid.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует таблицу соответствия индексов коммуникационных объектов CANopen и CAN идентификаторов канального уровня. Осуществляет проверку идентификаторов ограниченного использования.

Устанавливает аппаратный входной фильтр CAN контроллера. В зависимости от поддержки CAN драйвером используется одно-, двух- либо трех-уровневый масочный фильтр входящих CAN кадров. Двух-уровневый фильтр обеспечивает полную фильтрацию для предопределенного распределения CAN идентификаторов согласно CiA 301. Трех-уровневый позволяет отдельно селектировать кадры протокола EN50325-5.

```
int16 correct_recv_canid(canindex index, canlink canid);
```

Формирует таблицу соответствия индексов коммуникационных CANopen объектов и CAN идентификаторов канального уровня. Устанавливает аппаратный входной фильтр CAN контроллера для всех рабочих CAN сетей.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта.
- **canid** – CAN идентификатор канального уровня.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – успешное завершение.
- CAN\_ERRET\_CI\_STOP – не удалось остановить хотя бы один рабочий CAN контроллер.
- CAN\_ERRET\_CI\_FILTER – ошибка установка аппаратного фильтра хотя бы одного рабочего CAN контроллера.
- CAN\_ERRET\_CI\_START – не удалось запустить хотя бы один рабочий CAN контроллер.
- CAN\_ERRET\_OUTOFMEM – нет места для размещения записи таблицы.

```
int16 correct_double_canid(canindex index, canlink canid_1, canlink canid_2);
```

Формирует таблицу соответствия индексов коммуникационных объектов и CAN идентификаторов канального уровня для безопасного протокола EN50325-5. В этом протоколе каждому SRDO объекту сопоставлено два CAN идентификатора. Устанавливает аппаратный входной фильтр CAN контроллера для всех рабочих CAN сетей.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного SRDO объекта.
- **canid\_1** – первый CAN идентификатор для SRDO объекта.

- **canid\_2** – второй CAN идентификатор для SRDO объекта.

*Возвращаемые значения:* нормальное завершение = 0; ошибка < 0.

см. функцию correct\_recv\_canid(...).

#### **canindex find\_comm\_recv\_index(canlink canid);**

Возвращает индекс коммуникационного объекта CANopen, который соответствует CAN идентификатору канального уровня. При отсутствии соответствующего объекта возвращается значение CAN\_INDEX\_DUMMY.

*Параметры:*

- **canid** – CAN идентификатор канального уровня.

*Возвращаемые значения:*

- индекс коммуникационного CANopen объекта.

#### **unsigned8 check\_canid\_restricted(canlink canid);**

Определяет принадлежность CAN идентификатора канального уровня к идентификаторам ограниченного использования.

*Параметры:*

- **canid** – проверяемый CAN идентификатор канального уровня.

*Возвращаемые значения:*

- RESTRICTED – **canid** является идентификатором ограниченного использования.
- UN\_RESTRICTED – **canid** не относится к идентификаторам ограниченного использования.

#### **void can\_init\_recv\_canids(void);**

Инициализирует таблицу соответствия коммуникационных индексов CANopen и CAN идентификаторов канального уровня.

### 4.2.8 Модуль lib\_globals.c

Размещается в директории \CANopen.

Определяет внешние (глобальные) переменные и структуры данных CANopen библиотеки.

### 4.2.9 Модуль lib\_inout.c

Размещается в директории \CANopen.

Осуществляет прием и передачу CAN кадров канального уровня. Производит первичный разбор идентификаторов принимаемых кадров.

#### **void push\_all\_can\_data(void);**

Пересылает CAN драйверу накопленные в CANopen кэше кадры канального уровня с целью дальнейшего вывода в рабочую CAN сеть. Для гарантированного вывода всех данных из кэша также вызывается из CANopen таймера. Функция является сигналобезопасной.

*Замечание.*

Использование кэша может привести к тому, что кадры будут выводиться в CAN сеть в последовательности, отличной от очередности их записи со стороны приложения.

#### **int16 send\_can\_data(canframe \*cf);**

Размещает в CANopen кэше кадр канального уровня. Осуществляет пересылку CAN драйверу всех накопленных в кэше кадров. Программный приоритет кадра устанавливается на основе значения его CAN-ID. Функция является сигналобезопасной.

*Параметры:*

- **\*cf** – кадр, предназначенный для пересылки CAN драйверу.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_REТОК – данные размещены в CANopen кэше. Для вызывающих функций означает успешное завершение отправки кадра в CAN сеть.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в состоянии останова или инициализации.
- CAN\_ERRET\_COMM\_SEND – Коммуникационная ошибка CAN сети: не удалось отправить кадр в сеть.

```
void can_read_handler_0(canev ev);  
void can_read_handler_1(canev ev);  
void can_read_handler_2(canev ev);  
void can_read_handler_3(canev ev);  
void can_read_handler_4(canev ev);  
void can_read_handler_5(canev ev);  
void can_read_handler_6(canev ev);  
void can_read_handler_7(canev ev);
```

Обработчики сигналов приема кадров канального уровня из сети для каналов CAN контроллера 0..7. Функции являются сигналобезопасными и обеспечивают чтение кадров, поступивших в буфер драйвера как до выдачи сигнала, так и принятых в процессе обработки текущего кадра.

```
void can_set_datalink_layer(unsigned8 mode);
```

Управляет логическим доступом к канальному уровню рабочих CAN сетей по записи.

*Параметры:*

- **mode** – режим логического доступа.  
ON – штатный режим работы: все передаваемые кадры отправляются в рабочую CAN сеть.  
OFF – все кадры, как ожидающие передачи, так и направляемые в рабочие CAN сети аннулируются.

```
void can_init_io(void);
```

Инициализирует семафоры и другие данные модуля.

#### 4.2.10 Модуль lib\_led\_indicator.c

Размещается в директории \CANopen.

Поддерживает светодиодную индикацию состояния CANopen устройства в соответствии с CiA 303 ч. 3.

```
void led_control(void);
```

Управляет переключением светодиодов в различных режимах. Вызывается из CANopen таймера.

```
void set_led_green_on(void);
```

```
void set_led_green_off(void);
```

Включение и отключение зеленого светодиода в непрерывный режим.

```
void set_led_red_on(void);
```

```
void set_led_red_off(void);
```

Включение и отключение красного светодиода в непрерывный режим.

```
void set_leds_flickering(void);
```

Включение светодиодов в режим мерцания с частотой 10 Гц. Мерцание красного и зеленого светодиодов осуществляется в противофазе.

**void set\_led\_green\_blinking(void);**

Включение зеленого светодиода в режим мигания с частотой 2.5 Гц.

**void set\_led\_red\_blinking(void);**

Включение красного светодиода в режим мигания с частотой 2.5 Гц.

**void set\_led\_green\_single\_flash(void);**

**void set\_led\_green\_double\_flash(void);**

**void set\_led\_green\_triple\_flash(void);**

**void set\_led\_green\_quadruple\_flash(void);**

Включение зеленого светодиода в режим соответственно одной, двух, трех и четырех вспышек длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.

**void set\_led\_red\_single\_flash(void);**

**void set\_led\_red\_double\_flash(void);**

**void set\_led\_red\_triple\_flash(void);**

**void set\_led\_red\_quadruple\_flash(void);**

Включение красного светодиода в режим соответственно одной, двух, трех и четырех вспышек длительностью 200 мс с интервалом 200 мс и паузой 1 с.

**void can\_init\_led\_indication(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.11 Модуль lib\_lib.c

Размещается в директории \CANopen.

Функции общего назначения: подсчет CRC, преобразование и проверка данных.

**void can\_start\_crc(unsigned16 val);**

Инициализация расчета 16-разрядного CRC.

*Параметры:*

- **val** – инициализирующее значение. В CANopen равно нулю.

**unsigned16 can\_calc\_crc(unsigned8 data);**

Подсчет CRC-16 для очередного байта данных.

*Параметры:*

- **data** – байт данных для включения в расчет CRC.

*Возвращаемое значение:*

- результат подсчета CRC-16.

**void can\_init\_crc(void);**

Расчет таблицы для байт-ориентированного подсчета CRC-16.

**int16 check\_node\_id(cannode node);**

Проверка номера CAN узла.

*Параметры:*

- **node** – проверяемый номер CAN узла.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – допустимый номер CAN узла (1..127).
- CAN\_ERRET\_NODEID – ошибочный номер CAN узла.

**int16 check\_bitrate\_index(unsigned8 br);**

Проверка индекса битовой скорости CAN сети.

*Параметры:*

- **br** – проверяемый индекс битовой скорости .

*Возвращаемые значения:* нормальное завершение = 0; ошибка < 0.

- CAN\_REТОК – допустимый индекс битовой скорости.
- CAN\_ERRET\_BITRATE – ошибочный индекс битовой скорости.

**void clear\_can\_data(canbyte \*data);**

Очистка поля данных CAN кадра (8 байт).

*Параметры:*

- **data** – поле данных CAN кадра.

**void u16\_to\_canframe(unsigned16 ud, canbyte \*data);**

Преобразование данных типа unsigned16 в байтовый (сетевой) формат.

*Параметры:*

- **ud** – преобразуемое данное.
- **\*data** – байтовый указатель на преобразованные данные.

**unsigned16 canframe\_to\_u16(canbyte \*data);**

Преобразование данных из байтового ( сетевого) формата в тип unsigned16.

*Параметры:*

- **\*data** – байтовый указатель на преобразуемые данные.

*Возвращаемое значение:*

- данные типа unsigned16.

**void u32\_to\_canframe(unsigned32 ud, canbyte \*data);**

Преобразование данных типа unsigned32 в байтовый (сетевой) формат.

*Параметры:*

- **ud** – преобразуемое данное.
- **\*data** – байтовый указатель на преобразованные данные.

**unsigned32 canframe\_to\_u32(canbyte \*data);**

Преобразование данных из байтового ( сетевого) формата в тип unsigned32.

*Параметры:*

- **\*data** – байтовый указатель на преобразуемые данные.

*Возвращаемое значение:*

- данные типа unsigned32.

#### 4.2.12 Модуль lib\_nmt\_slave.c

Размещается в директории \CANopen.

Поддерживает диаграмму конечного автомата NMT slave устройства. Реализует протоколы контроля ошибок (сердцебиения и охрана узла).

**void start\_node(void);**

Переводит узел в операционное состояние. Запускает работу безопасного протокола EN50325-5, если он сконфигурирован.

**void stop\_node(void);**

Переводит узел в состояние останова.

**void enter\_pre\_operational(void);**

Переводит узел в пред-операционное состояние. Реализует протокол загрузки узла Boot-up.

**void nmt\_slave\_process(canframe \*cf);**

Обрабатывает принятые NMT команды управления сетью.

*Параметры:*

- **\*cf** – CAN кадр с нулевым значением CAN-ID, который содержит NMT команду.

#### **void nmt\_slave\_control(void);**

Инициализирует выполнение NMT команд перезапуска узла (Reset Node) или его коммуникационной подсистемы (Reset Communication). Вызывается из монитора (главного цикла) программы.

#### **int16 get\_ecpslave\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 see\_ecpslave\_access(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 get\_ecpslave\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 read\_ecpslave\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

#### **int16 write\_ecpslave\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к объектному словарию протоколов контроля ошибок. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

100C<sub>h</sub> – охранный время CAN узла.

100D<sub>h</sub> – множитель времени жизни.

1017<sub>h</sub> – период сердцебиения.

#### **void node\_guard\_slave(void);**

Обрабатывает принятый RTR кадр охраны узла.

#### **void manage\_slave\_ecp(void);**

Управляет протоколами контроля ошибок (ECP). Вызывается из CANopen таймера.

#### **void can\_init\_ecp(void);**

Инициализирует данные модуля.

### 4.2.13 Модуль lib\_obdsdo\_server .c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает объектный словарь единственного SDO параметра сервера, который используется по умолчанию.

#### **int16 find\_sdo\_server\_send\_canid(canlink \*canid);**

Выдает идентификатор передаваемого (от сервера клиенту) CAN кадра SDO протокола.

*Параметры:*

- **\*canid** – CAN идентификатор канального уровня SDO протокола.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – SDO действителен.

#### **int16 get\_sdo\_server\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 see\_sdo\_server\_access(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 get\_sdo\_server\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 read\_sdo\_server\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

#### **int16 write\_sdo\_server\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к объектному словарию SDO параметра сервера по умолчанию. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1200<sub>h</sub> – SDO параметр сервера по умолчанию.

#### **void can\_init\_sdo\_server(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.14 Модуль lib\_obdsrv.c

Размещается в директории \CANopen.

Организует древо-подобный доступ к записям объектного словаря slave.

```
int32 server_get_object_size(canindex index, cansubind subind);
int32 server_put_object_size(canindex index, cansubind subind, int32 size);
int16 server_see_access(canindex index, cansubind subind);
int16 server_get_object_type(canindex index, cansubind subind);
int16 server_read_object_dictionary(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 server_write_object_dictionary(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к объектному словарю slave устройства. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

```
int16 server_read_obd_u32(canindex index, cansubind subind, unsigned32 *du32);
```

Чтение объекта размером не более 32 бит.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.
- **\*du32** – указатель на размещаемые данные, 32 бита.

*Возвращаемые значения:* нормальное завершение = 0; ошибка < 0.

см. раздел 4.1, функции чтения значения объекта из словаря устройства

```
int16 server_write_obd_u32(canindex index, cansubind subind, unsigned32 du32);
```

Запись объекта размером не более 32 бит.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.
- **du32** – записываемый в словарь объект размером до 32 бит.

*Возвращаемые значения:* нормальное завершение = 0; ошибка < 0.

см. раздел 4.1, функции записи значения объекта в словарь устройства.

#### 4.2.15 Модуль lib\_obj\_deftype.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует словарь объектов определения типов данных.

```
int16 get_deftype_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);
int16 see_deftype_access(canindex index, cansubind subind);
int16 get_deftype_objtype(canindex index, cansubind subind);
int16 read_deftype_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 write_deftype_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарю объектов определения типов данных. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Размер объекта определяется его типом. Запись любого значения завершается успешно без каких-либо последствий, а по чтению всегда возвращается ноль.

Поддерживают объекты, заданные индексами:

0002<sub>h</sub> - INTEGER8; 0005<sub>h</sub> - UNSIGNED8.

0003<sub>h</sub> - INTEGER16; 0006<sub>h</sub> - UNSIGNED16.

0004<sub>h</sub> - INTEGER32; 0007<sub>h</sub> - UNSIGNED32.

#### 4.2.16 Модуль lib\_obj\_device.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует объектный словарь описания устройства. Используется совместно с модулем приложения \CANopen\\_\_DS401\_devices.c, где определяются значения соответствующих объектов.

```
int16 get_dev_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);  
int16 see_dev_access(canindex index, cansubind subind);  
int16 get_dev_objtype(canindex index, cansubind subind);  
int16 read_dev_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);  
int16 write_dev_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к объектному словарию описания устройства. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1000<sub>h</sub> – тип устройства.

1002<sub>h</sub> – регистр статуса от производителя устройства.

1008<sub>h</sub> – название устройства от производителя.

1009<sub>h</sub> – версия «железа» устройства от производителя.

100A<sub>h</sub> – версия программного обеспечения устройства от производителя.

1018<sub>h</sub> – объект идентификации устройства.

#### 4.2.17 Модуль lib\_obj\_emcy.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает объект срочного сообщения EMCY.

```
int16 get_emcy_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);  
int16 see_emcy_access(canindex index, cansubind subind);  
int16 get_emcy_objtype(canindex index, cansubind subind);  
int16 read_emcy_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);  
int16 write_emcy_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарию объекта EMCY. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1014<sub>h</sub> – COB-ID объекта EMCY.

1015<sub>h</sub> – время подавления посылок EMCY.

```
void control_emcy_inhibit(void);
```

Осуществляет контроль времени подавления объекта EMCY. Вызывается из CANopen таймера.

```
int16 produce_emcy(unsigned16 errorcode, unsigned16 addinf, canbyte *mserr);
```

Создает объект сообщений EMCY с полной информацией об ошибке. Заносит в список предопределенных ошибок (объект 1003<sub>h</sub>) код **errorcode** совместно с дополнительной информацией **addinf**. Затем формирует и отправляет сообщение EMCY с кодом **errorcode**, текущим состоянием регистра ошибок и полем ошибки производителя устройства **\*mserr** (используются первые пять байт). EMCY должно быть действительным, а время подавления его посылок должно истечь.

*Параметры:*

- **errorcode** – код ошибки и сообщения EMCY.
- **addinf** – дополнительная информация об ошибке.
- **\*mserr** – поле ошибки производителя устройства (5 байт).



*Возвращаемые значения:* нормальное завершение = 0; ошибка < 0.

- CAN\_RETOK – нормальное завершение.
- CAN\_ERRET\_EMCY\_INVALID – объект EMCY не действителен.
- CAN\_ERRET\_EMCY\_INHIBIT – объект EMCY находится в состоянии подавления.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в состоянии останова или инициализации.
- CAN\_ERRET\_COMM\_SEND – Коммуникационная ошибка CAN сети: не удалось отправить кадр в сеть.

**int16 produce\_emcy\_default(unsigned16 errorcode);**

Создает объект сообщений EMCY с минимальной информацией об ошибке. Используется только код ошибки **errorcode**. Дополнительная информация в списке predefined ошибок и поле ошибки производителя устройства отсутствует (сбрасываются в ноль).

*Параметры:*

- **errorcode** – код ошибки и сообщения EMCY.

*Возвращаемые значения:*

см. функцию produce\_emcy(...).

**void can\_init\_emcy(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.18 Модуль lib\_obj\_err\_behaviour.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует словарь объекта поведения устройства при ошибках. Задает коммуникационные режимы устройства при возникновении серьезных ошибок и сбоев. Обычно такие ошибки рассматриваются как отказ устройства.

**int16 get\_err\_behaviour\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int16 see\_err\_behaviour\_access(canindex index, cansubind subind);**

**int16 get\_err\_behaviour\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

**int16 read\_err\_behaviour\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 write\_err\_behaviour\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к словарю объекта поведения при ошибках. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1029<sub>h</sub> – поведение устройства при возникновении серьезных ошибок и сбоев.

**void process\_serious\_error(cansubind subind);**

Исполняет алгоритм поведения устройства при возникновении серьезных ошибок.

*Параметры:*

- **subind** – субиндекс объекта 1029<sub>h</sub> (поведение устройства при возникновении ошибок).

**void can\_init\_err\_behaviour(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.19 Модуль lib\_obj\_errors.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает объект ошибок.

**int16 get\_err\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int16 see\_err\_access(canindex index, cansubind subind);**

```
int16 get_err_objtype(canindex index, cansubind subind);  
int16 read_err_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);  
int16 write_err_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарию объекта ошибок. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1001<sub>h</sub> – регистр ошибок.

1003<sub>h</sub> – список предопределенных ошибок.

```
void set_error_field(unsigned16 errorcode, unsigned16 addinf);
```

Заносит в список предопределенных ошибок код ошибки **errorcode** совместно с дополнительной информацией **addinf**. Устанавливает соответствующий бит регистра ошибок, а также бит общей ошибки. Коды ошибок в диапазоне 1000<sub>h</sub>..10FF<sub>h</sub> устанавливают только бит общей ошибки.

Функция является сигналобезопасной. При наложении обращений к функции возможна потеря записи в списке предопределенных ошибок, но информация в любом случае сохраняется в регистре ошибок.

*Параметры:*

- **errorcode** – код ошибки.
- **addinf** – дополнительная информация об ошибке.

```
void clear_error_register(unsigned8 mask);
```

Производит побитовую очистку регистра ошибок. Нулевой бит регистра (общая ошибка) сбрасывается лишь при условии очистки всех остальных бит. При этом выдается сообщение EMCY с нулевым значением кода ошибки (сброс ошибки). Коды ошибок в диапазоне 1000<sub>h</sub>..10FF<sub>h</sub> устанавливают только бит общей ошибки, который, в отсутствие других ошибок, будет сброшен при любом значении **mask**.

*Параметры:*

- **mask** – битовая маска. Очищаются биты, для которых в маске установлено значение 1.

```
unsigned8 read_error_register(void);
```

Возвращает значение регистра ошибок.

*Возвращаемое значение:*

- регистр ошибок.

```
void can_init_error(void);
```

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.20 Модуль lib\_obj\_re\_store.c

Размещается в директории \CANopen.

Реализует сохранение и восстановление CANopen объектов в энергонезависимой памяти.

Требуется доработка для целевой микроконтроллерной платформы.

```
int16 get_re_store_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);  
int16 see_re_store_access(canindex index, cansubind subind);  
int16 get_re_store_objtype(canindex index, cansubind subind);  
int16 read_re_store_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);  
int16 write_re_store_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарию объектов сохранения/восстановления. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1010<sub>h</sub> – сохранение параметров в энергонезависимой памяти.

1011<sub>h</sub> – восстановление значений параметров по умолчанию.

Используются 6 субиндексов. В том числе:

Субиндекс 1:

Для сохранения и восстановления всех параметров.

Субиндекс 2:

Для сохранения и восстановления коммуникационных параметров.

Субиндекс 3:

Для сохранения и восстановления параметров приложения.

Субиндекс 4:

Для восстановления значений параметров по умолчанию, которые задают предопределенное распределение идентификаторов коммуникационных объектов.

Субиндекс 5:

Для сохранения и восстановления номера CAN узла устройства.

Субиндекс 6:

Для сохранения и восстановления индекса битовой скорости.

### **int16 can\_process\_saved(unsigned16 mask);**

Производит чтение из энергонезависимой памяти и запись в объектный словарь устройства сохраненных значений параметров. Биты маски **mask** определяют группы загружаемых параметров.

*Параметры:*

- **mask** – битовая маска. Биты могут объединяться по "логическому или".  
CAN\_MASK\_LOAD\_COMM\_1 – загружаются коммуникационные параметры, которые не зависят от номера CAN узла.  
CAN\_MASK\_LOAD\_COMM\_2 – загружаются коммуникационные параметры, зависящие от номера CAN узла (CAN идентификаторы).  
CAN\_MASK\_LOAD\_APPL – загружаются параметры приложения.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – нормальное завершение.
- CAN\_ERRET\_RE\_STORE – ошибка при загрузке данных из энергонезависимой памяти.

### **int16 get\_flash\_nodeid(void);**

Производит чтение из энергонезависимой памяти номера CAN узла устройства.

*Возвращаемые значения: сохраненное значение >= 0; ошибка < 0.*

- >= 0 – номер CAN узла.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_DATA – ошибка данных в энергонезависимой памяти.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_VALUE – параметр не сохранялся в энергонезависимой памяти.

### **int16 get\_flash\_bitrate\_index(void);**

Производит чтение из энергонезависимой памяти индекса битовой скорости CAN сети.

*Возвращаемые значения: сохраненное значение >= 0; ошибка < 0.*

- >= 0 – индекс битовой скорости CAN сети.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_DATA – ошибка данных в энергонезависимой памяти.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_VALUE – параметр не сохранялся в энергонезависимой памяти.

### **int16 check\_init\_flash(void);**

Инициализирует энергонезависимую память, используемую для сохранения параметров.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – нормальное завершение.
- CAN\_ERRET\_FLASH\_INIT – ошибка при инициализации (очистке) страницы энергонезависимой памяти.

**void erase\_flash\_pages(void);**

Очищает страницы энергонезависимой памяти, которые используются для сохранения параметров.

**void can\_init\_re\_store(void);**

Инициализирует данные модуля. Формирует базу сохраняемых параметров и объектов.

#### 4.2.21 Модуль lib\_obj\_sync.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает объекты синхронизации SYNC.

**int16 get\_sync\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int16 see\_sync\_access(canindex index, cansubind subind);**

**int16 get\_sync\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

**int16 read\_sync\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 write\_sync\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к словарию объектов синхронизации SYNC. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают коммуникационные объекты, заданные индексами:

1005<sub>h</sub> – COB-ID объекта синхронизации.

1006<sub>h</sub> – период объекта синхронизации.

1007<sub>h</sub> – длительность окна синхронизации.

1019<sub>h</sub> – значение переполнения для SYNC счетчика.

**void reset\_sync\_counter(void);**

Устанавливает SYNC счетчик в минимальное (единичное) значение.

**unsigned8 sync\_window\_expired(void);**

Определяет состояние (истечение времени) окна синхронизации.

*Возвращаемые значения:*

- FALSE – окно синхронизации открыто, можно проводить синхронные операции.
- TRUE – окно синхронизации истекло, синхронные операции запрещены.

**void sync\_received(canframe \*cf);**

Производит обработку принятого из сети объекта синхронизации SYNC. Если устройство является источником SYNC, функция автоматически вызывается при каждой передаче SYNC кадра.

*Параметры:*

- \*cf – принятый или переданный CAN кадр, содержащий объект синхронизации SYNC.

**void control\_sync(void);**

Осуществляет управление SYNC объектом. Вызывается из CANopen таймера.

**void can\_init\_sync(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.22 Модуль lib\_pdo\_map.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает динамическое байт-ориентированное PDO отображение.

**int16 check\_pdo\_map\_object(canindex index);**

Осуществляет проверку наличия и состояния объекта PDO отображения.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта PDO отображения.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – объект PDO отображения существует и активирован.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует PDO отображения с индексом **index**.
- CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT – PDO отображение не активировано.

**int16 get\_pdo\_map\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int16 see\_pdo\_map\_access(canindex index, cansubind subind);**

**int16 get\_pdo\_map\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

**int16 read\_pdo\_map\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 write\_pdo\_map\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к словарю объектов PDO отображения. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами (для четырех PDO):

1600<sub>h</sub>..1603<sub>h</sub> – параметры отображения принимаемых PDO (RPDO1 - RPDO4).

1A00<sub>h</sub>..1A03<sub>h</sub> – параметры отображения передаваемых PDO (TPDO1 - TPDO4).

**int16 map\_pdo(canindex index, canframe \*cf);**

Формирует PDO отображение, соответствующее коммуникационному PDO объекту и заносит его в поле данных CAN кадра. Определяет и устанавливает длину поля данных.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта PDO (как правило, передаваемого TPDO).
- **\*cf** – CAN кадр, в который заносится PDO отображение.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – PDO сформировано успешно.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует коммуникационного объекта с индексом **index**, либо соответствующего ему PDO отображения.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – PDO объект не действителен.
- CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT – PDO отображение не активировано.
- CAN\_ERRET\_PDO\_ERRMAP – размер данных PDO отображения превышает максимальную длину CAN кадра.
- Функция также может возвращать ошибки чтения из словаря значений отображаемых объектов.

**int16 activate\_pdo(canindex index, canframe \*cf);**

Осуществляет разбор CAN кадра, руководствуясь PDO отображением, которое соответствует коммуникационному PDO объекту. Заносит извлеченные из кадра данные в объектный словарь.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта PDO (как правило, принимаемого RPDO).
- **\*cf** – CAN кадр, из которого извлекаются данные PDO отображения.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – Все отображенные данные успешно занесены в объектный словарь.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – не существует коммуникационного объекта с индексом **index**, либо соответствующего ему PDO отображения.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – PDO объект не действителен.
- CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT – PDO отображение не активировано.
- CAN\_ERRET\_PDO\_ERRMAP – размер данных PDO отображения превышает длину принятого CAN кадра.
- Функция также может возвращать ошибки записи в словарь значений отображаемых объектов.

**void can\_init\_pdo\_map(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.23 Модуль lib\_pdo\_obd.c

Размещается в директории \CANopen.

Формирует и поддерживает коммуникационные PDO объекты.

**int16 check\_pdo\_comm\_object(canindex index);**

Определяет наличие и состояние коммуникационного PDO объекта.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного PDO объекта.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_REТОК – PDO существует и действителен.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – PDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – PDO объект не действителен.

**int16 find\_pdo\_rcv\_canid(canindex index, canlink \*canid);**

Выдает идентификатор CAN кадра принимаемого PDO. Используется для формирования удаленного запроса RPDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта RPDO.
- **\*canid** – CAN идентификатор канального уровня RPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_REТОК – RPDO существует и действителен.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – RPDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – RPDO не действителен.
- CAN\_ERRET\_PDO\_NORTR – удаленный запрос для RPDO запрещен.

*Замечание.*

В последних версиях стандарта CiA 301 (4.2.0.xx) бит удаленного запроса для RPDO не поддерживается (зарезервирован). Это не позволяет локально определить возможность формирования удаленного запроса для RPDO.

**int16 find\_pdo\_tran\_canid(canindex index, canlink \*canid);**

Выдает идентификатор CAN кадра передаваемого PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.
- **\*canid** – CAN идентификатор канального уровня TPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_REТОК – TPDO существует и действителен.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – TPDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – TPDO не действителен.

**int16 find\_pdo\_rcv\_trantype(canindex index, unsigned8 \*trtype);**

Выдает тип передачи принимаемого PDO (субиндекс 2 коммуникационного объекта).

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта RPDO.
- **\*trtype** – тип передачи RPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – RPDO существует и действителен.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – RPDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – RPDO не действителен.

**int16 find\_pdo\_tran\_trantype(canindex index, unsigned8 \*trtype);**

Выдает тип передачи передаваемого PDO (субиндекс 2 коммуникационного объекта).

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.
- **\*trtype** – тип передачи TPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – TPDO существует и действителен.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – TPDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – TPDO не действителен.

**void find\_pdo\_rtr\_tran\_index(canlink canid, canindex \*index);**

Выдает индекс коммуникационного PDO объекта для CAN идентификатора **canid**. Используется для поиска TPDO, соответствующего удаленному запросу.

*Параметры:*

- **canid** – CAN идентификатор канального уровня TPDO.
- **\*index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.  
CAN\_INDEX\_DUMMY, если соответствующий TPDO не обнаружен или не действителен или удаленный запрос для него запрещен.

**int16 set\_pdo\_state(canindex index, unsigned8 state);**

Устанавливает состояние PDO действителен / не действителен.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта PDO.
- **state** – новое состояние PDO (VALID / NOT\_VALID).

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- CAN\_RETOK – установлено новое состояние PDO.
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – PDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT – PDO отображение не активировано (если **state** = VALID).
- CAN\_ERRET\_CI\_STOP – не удалось остановить хотя бы один рабочий CAN контроллер.
- CAN\_ERRET\_CI\_FILTER – ошибка установка аппаратного фильтра хотя бы одного рабочего CAN контроллера.
- CAN\_ERRET\_CI\_START – не удалось запустить хотя бы один рабочий CAN контроллер.

**void set\_pdo\_recv\_event\_timer(canindex index);**

Установ таймера события принимаемого PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта RPDO.

**void set\_pdo\_tran\_event\_timer(canindex index);**

Установ таймера события передаваемого PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.

**int16 test\_cyclic\_tpdo(canindex index, unsigned8 sc);**

Определяет состояние циклических синхронных передаваемых PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.

- **sc** – текущее значение SYNC счетчика.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- **CAN\_RETOK** – циклическое синхронное TPDO готово к передаче.
- **CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT** – TPDO с индексом **index** не существует.
- **CAN\_ERRET\_NODE\_STATE** – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID** – TPDO не действителен.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_TRTYPE** – неподходящий тип передачи TPDO.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_TRIGGER** – момент передачи TPDO не наступил.

#### **int16 test\_tpdo\_inhibit(canindex index);**

Определяет состояние подавления передаваемого PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0:*

- **CAN\_RETOK** – время подавления TPDO истекло.
- **CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT** – TPDO с индексом **index** не существует.
- **CAN\_ERRET\_NODE\_STATE** – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID** – TPDO не действителен.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_INHIBIT** – TPDO находится в состоянии подавления.

#### **void control\_pdo(void);**

Осуществляет контроль таймеров события RPDO и TPDO, а также времени подавления TPDO. Вызывается из CANopen таймера.

#### **int16 get\_pdo\_comm\_bytes\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 see\_pdo\_comm\_access(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 get\_pdo\_comm\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

#### **int16 read\_pdo\_comm\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

#### **int16 write\_pdo\_comm\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к словарию коммуникационных PDO объектов. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами (для четырех PDO):

1400<sub>h</sub>..1403<sub>h</sub> – коммуникационные параметры принимаемых PDO (RPDO1 - RPDO4).

1800<sub>h</sub>..1803<sub>h</sub> – коммуникационные параметры передаваемых PDO (TPDO1 - TPDO4).

#### **void can\_init\_pdo(void);**

Инициализирует данные модулей lib\_pdo\_obd.c, lib\_pdo\_map.c и lib\_pdo\_proc.c.

### 4.2.24 Модуль lib\_pdo\_proc.c

Размещается в директории \CANopen.

Производит обработку принимаемых и передаваемых PDO, а также удаленных PDO запросов.

#### **int16 pdo\_remote\_transmit\_request(canindex index);**

Формирует удаленный запрос принимаемого PDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта запрашиваемого RPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0.*

- **CAN\_RETOK** – RTR запрос успешно отправлен с CAN сеть.
- **CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT** – RPDO с индексом **index** не существует.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID** – RPDO не действителен.
- **CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT** – PDO отображение не активировано.



- CAN\_ERRET\_PDO\_ERRMAP – размер данных PDO отображения превышает максимальную длину CAN кадра.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_COMM\_SEND – Коммуникационная ошибка CAN сети: не удалось отправить кадр в сеть.
- CAN\_ERRET\_PDO\_NORTR – для данного PDO RTR запрещен.

*Замечание.*

В последних версиях стандарта CiA 301 (4.2.0.xx) бит удаленного запроса для RPDO не поддерживается (зарезервирован). Это не позволяет локально определить возможность формирования удаленного запроса для RPDO.

**void receive\_can\_pdo(canindex index, canframe \*cf);**

Принимает и обрабатывает RPDO. Активирует асинхронные RPDO (записывает данные в объектный словарь). Синхронные RPDO заносятся в FIFO для последующей активации при поступлении объекта синхронизации SYNC.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта RPDO.
- **\*cf** – принятый CAN кадр, содержащий RPDO.

**int16 transmit\_can\_pdo(canindex index);**

Формирует TPDO с типом передачи:

- 0 – ациклические синхронные (заносятся в FIFO для синхронной отправки);
- 254, 255 – асинхронные (отсылаются немедленно);

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0:*

- CAN\_REТОК – PDO успешно отправлено CAN драйверу (типы 254, 255) или размещено в очереди на синхронную отправку (тип 0).
- CAN\_ERRET\_OBD\_NOOBJECT – TPDO с индексом **index** не существует.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INVALID – TPDO не действителен.
- CAN\_ERRET\_PDO\_TRTYPE – неподходящий тип передачи TPDO.
- CAN\_ERRET\_PDO\_INHIBIT – TPDO находится в состоянии подавления.
- CAN\_ERRET\_PDO\_MAP\_DEACT – PDO отображение не активировано.
- CAN\_ERRET\_PDO\_ERRMAP – размер данных PDO отображения превышает максимальную длину CAN кадра.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в не операционном состоянии.
- CAN\_ERRET\_COMM\_SEND – Коммуникационная ошибка CAN сети: не удалось отправить кадр в сеть.

**void transmit\_rtr\_pdo(canindex index);**

Формирует TPDO, для которого получен удаленный запрос в зависимости от типа передачи:

- $\leq 252$  – синхронное (заносятся в FIFO для синхронной отправки);
- $\geq 253$  – асинхронное (отсылается немедленно);

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта TPDO.

**void process\_sync\_pdo(unsigned8 sc);**

Обрабатывает синхронные RPDO и TPDO. Вызывается из функции обработчика объекта синхронизации sync\_received(...).

*Параметры:*

- **sc** – текущее значение SYNC счетчика.

**void can\_init\_pdo\_proc(void);**

Инициализирует данные модуля.

#### 4.2.25 Модуль lib\_sdo\_proc.c

Размещается в директории \CANopen.

Осуществляет прием и разборку, а также сборку и отправку SDO кадров.

**void parse\_sdo(struct cansdo \*sd, canbyte \*data);**

Производит разборку поля данных CAN кадра SDO протокола.

*Параметры:*

- **\*sd** – информация о принятом SDO кадре в разобранном виде.
- **\*data** – указатель на поле данных принятого кадра SDO протокола.

**int16 send\_can\_sdo(struct cansdo \*sd);**

Осуществляет сборку и отправку CAN кадра SDO протокола.

*Параметры:*

- **\*sd** – информация об отсылаемом SDO кадре в разобранном виде.

*Возвращаемые значения: нормальное завершение = 0; ошибка < 0:*

- CAN\_RETOK – SDO кадр успешно отправлен CAN драйверу.
- CAN\_ERRET\_NODE\_STATE – CAN узел находится в состоянии останова или инициализации.
- CAN\_ERRET\_COMM\_SEND – Коммуникационная ошибка CAN сети: не удалось отправить кадр в сеть.

**void abort\_can\_sdo(struct sdoixs \*si, unsigned32 abortcode);**

Производит отправку кадра «Abort SDO Transfer» протокола.

*Параметры:*

- **\*si** – индекс словаря прикладного объекта (мультиплексор SDO протокола).
- **abortcode** – значение Abort кода.

#### 4.2.26 Модуль lib\_server.c

Размещается в директории \CANopen.

Выполняет полные серверные транзакции обмена данными для SDO протокола.

Реализован в двух вариантах:

- Модуль lib\_server.c поддерживает SDO обмен данными фиксированной длины, когда контролируется точное совпадение размера объекта для клиента и сервера.
- Модуль lib\_server\_variable\_data\_size.c обеспечивает также SDO обмен данными переменной длины (visible string, octet string).

**void receive\_can\_sdo(canframe \*cf);**

Принимает и обрабатывает CAN кадр SDO протокола.

*Параметры:*

- **\*cf** – принятый кадр SDO протокола.

**void can\_server\_control(void);**

Контролирует таймаут операции обмена данными SDO протокола. Вызывается из CANopen таймера.

**void can\_init\_server(void);**

Инициализирует данные модуля.

## 4.2.27 Модуль lib\_srdo\_object.c

Размещается в директории \CANopen.

Поддерживает объектный словарь и программные алгоритмы безопасного протокола EN50325-5.

```
int16 get_srdo_comm_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);
int16 see_srdo_comm_access(canindex index, cansubind subind);
int16 get_srdo_comm_objtype(canindex index, cansubind subind);
int16 read_srdo_comm_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 write_srdo_comm_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарю коммуникационных SRDO объектов. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами (для двух SRDO):

1301<sub>h</sub>, 1302<sub>h</sub> – коммуникационные параметры SRDO.

```
int16 get_srdo_map_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);
int16 see_srdo_map_access(canindex index, cansubind subind);
int16 get_srdo_map_objtype(canindex index, cansubind subind);
int16 read_srdo_map_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 write_srdo_map_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарю объектов SRDO отображения. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами (для двух SRDO):

1381<sub>h</sub>, 1382<sub>h</sub> – параметры отображения SRDO.

```
int16 get_sr_config_bytes_objsize(canindex index, cansubind subind);
int16 see_sr_config_access(canindex index, cansubind subind);
int16 get_sr_config_objtype(canindex index, cansubind subind);
int16 read_sr_config_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 write_sr_config_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарю конфигурационных SRDO объектов. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами:

1300<sub>h</sub> – Статус широковещательной GFC команды.

13FE<sub>h</sub> – Конфигурация SRD устройства достоверна.

13FF<sub>h</sub> – Подписи SRDO параметров.

13E0<sub>h</sub> – Дополнительные параметры GFC команды.

13E1<sub>h</sub> – Рабочий статус безопасного протокола.

```
void produce_sr_gfc(void);
```

Формирует и отправляет в CAN сеть GFC команду.

```
void consume_sr_gfc(void);
```

Принимает GFC команду.

```
void control_srdo(void);
```

Осуществляет управление работой безопасного протокола. Контролирует прием SRDO. Управляет передачей SRDO объектов. Вызывается из CANopen таймера.

```
void receive_can_srdo(canindex index, canframe *cf);
```

Принимает и обрабатывает SRDO.

*Параметры:*

- **index** – индекс коммуникационного объекта SRDO.

- **\*cf** – принятый CAN кадр, содержащий SRDO.

**void run\_sr\_operations(void);**

Запускает работу безопасного протокола. Вызывается из функции start\_node(), которая переводит CANopen узел в операционное состояние.

**unsigned8 get\_sr\_runstatus(void);**

Возвращает значение рабочего статуса безопасного протокола: ON/OFF

**void can\_init\_srdo(void);**

Инициализирует данные безопасного протокола.

## 5. Прикладной CANopen профиль CiA 401

Модули приложения размещаются в директории WinAppl\_EN50325-5\_Project. Расположение файлов приводится относительно этой директории.

Приложение реализует набор программ для устройств IO Remote с поддержкой протокола EN50325-5 и прикладного CANopen профиля CiA 401 с расширениями.

### 5.1 Параметры сборки приложения

Параметры определены в файле \_\_DS401\_defines\_\*.h в директории \src\include. Конкретное имя файла параметров зависит от платформы, для которой должно быть собрано конечное приложение.

#### 5.1.1 Параметры платформы приложения

- **IOREMOTE\_PLATFORM**  
Определяет платформу, для которой собирается приложение.  
PLATFORM\_WINDOWS – программа-эмулятор для ОС Windows.  
PLATFORM\_STM32 – приложения для микроконтроллера STM32F103x.  
PLATFORM\_MILANDR – приложения для микроконтроллера Миландр 1986BE9x.
- **IOREMOTE\_APPLICATION\_MODE**  
Определяет вид приложения – рабочее либо тестовое.  
APPLICATION\_REGULAR – приложение только для микроконтроллерных платформ.  
APPLICATION\_TEST – приложения для всех платформ, в том числе ОС Windows.
- **IOREMOTE\_PRINTF\_MODE**  
Определяет наличие вывода на печать для тестовых приложений.  
ON – используется функция вывода на печать.  
OFF – вывод на печать не используется.

#### 5.1.2 Параметры CANopen устройства

- **IOREMOTE\_NODERATE\_SWITCH**  
Определяет наличие аппаратных переключателей для выбора номера CAN узла, а также индекса битовой скорости CAN сети. При этом обеспечивается возможность сохранения этих параметров в энергонезависимой памяти, причем сохраненное значение является приоритетным.  
HARDWARE\_SW – используются аппаратные переключатели выбора номера CAN узла и скорости сети.  
VIRTUAL\_SW – номер CAN узла, а также индекс битовой скорости CAN сети сохраняются только в энергонезависимой памяти.
- **CAN\_MASK\_NETWORKS**  
Битовая маска физических CAN сетей. Определяет конфигурацию CAN контроллеров устройства. Единичное значение бита маски указывает наличие соответствующей CAN сети.
- **CAN\_DATA LINK\_OUTOFF**  
Задаёт режим работы с CAN сетью при переполнении выходного CANopen кэша, когда вывод кадров в сеть более не возможен.  
FALSE – режим с вызовом функции can\_cache\_overflow(...) и обработкой ошибки соглас-

но установкам объекта 1029<sub>h</sub>.

TRUE – логическое отключение канального уровня CAN сети по записи. Данный режим используется, когда устройство должно сохранять полную автономную работоспособность при физическом отключении от CAN сети.

- CAN\_LED\_INDICATOR

Тип светодиодной индикации состояния устройства.

COMBINED – используется совмещенный красно/зеленый светодиод.

SEPARATE – применяются отдельно красный и зеленый светодиоды.

- CAN\_SERIAL\_NUMBER

Серийный номер CANopen устройства (объект 1018<sub>h</sub>sub4<sub>h</sub>).

- CAN\_BITRATE\_INDEX

Индекс битовой скорости CAN сети, который устанавливается по умолчанию.

- CAN\_NODEID\_SLAVE

Номер CANopen узла, устанавливаемый по умолчанию. Допустимые значения 1..127.

- CAN\_TIMERUSEC

Период CANopen таймера в микросекундах. Значение параметра должно быть не менее 100. Рекомендуемый период таймера 1..5 миллисекунд (значение параметра от 1000 до 5000) при поддержке протокола EN50325-5 и до 50 миллисекунд при работе только CiA 301. Период CANopen таймера можно изменять в зависимости от требований к разрешению различных временных CANopen объектов (SYNC, PDO, времена подавления, коммуникационные SRDO объекты и др.).

- CAN\_TIMEOUT\_SERVER

Таймаут базовой SDO транзакции сервера. Задается в микросекундах. В базовой SDO транзакции сервер ожидает запрос очередного сегмента данных от клиента.

- CAN\_BOOTUP\_DELAY

Определяет задержку выдачи сообщения загрузки (Boot-up протокол) и перехода устройства в пред-операционное состояние. Задается в микросекундах. Нулевое значение отключает задержку.

- CAN\_OPERATIONAL\_DELAY

Определяет задержку автономного перехода устройства в операционное состояние. Задается в микросекундах. Нулевое значение отключает задержку и оставляет устройство в пред-операционном состоянии.

- CAN\_HBT\_PRODUCER\_MS

Значение по умолчанию для периода сердцебиения поставщика в миллисекундах. Инициализирует объект 1017<sub>h</sub>.

- CAN\_EMCY\_INHIBIT\_100MCS

Значение по умолчанию для времени подавления посылок объекта EMCY. Инициализирует объект 1015<sub>h</sub>.

- CAN\_EMCY\_INHIBIT\_100MCS\_OUTPUT\_DEF

- CAN\_EMCY\_INHIBIT\_100MCS\_OUTPUT\_MIN

Значение по умолчанию и минимальное значение времени подавления посылок объекта EMCY при возникновении короткого замыкания цифровых либо аналоговых выходов.

- CAN\_RPDO\_TRTYPE

Значение по умолчанию для типа передачи RPDO. Используется для инициализации субиндекса 2 объектов 1400<sub>h</sub>..1403<sub>h</sub> – коммуникационные параметры принимаемых PDO.

- CAN\_TPDO\_TRTYPE

Значение по умолчанию для типа передачи TPDO. Используется для инициализации субиндекса 2 объектов 1800<sub>h</sub>..1803<sub>h</sub> – коммуникационные параметры передаваемых PDO.

- **CAN\_TPDO\_INHIBIT\_100MCS**  
Значение по умолчанию для времени подавления посылок TPDO. Инициализирует субиндекс 3 объектов 1800<sub>h</sub>..1803<sub>h</sub> – коммуникационные параметры передаваемых PDO.
- **CAN\_RPDO\_ET\_MS**  
Значение по умолчанию для таймера события RPDO. Инициализирует субиндекс 5 объектов 1400<sub>h</sub>..1403<sub>h</sub> – коммуникационные параметры принимаемых PDO.
- **CAN\_TPDO\_ET\_MS**  
Значение по умолчанию для таймера события TPDO. Инициализирует субиндекс 5 объектов 1800<sub>h</sub>..1803<sub>h</sub> – коммуникационные параметры передаваемых PDO.
- **CAN\_TPDO\_SYNC\_START**  
Значение по умолчанию для начального значения SYNC счетчика TPDO. Инициализирует субиндекс 6 объектов 1800<sub>h</sub>..1803<sub>h</sub> – коммуникационные параметры передаваемых PDO.
- **CAN\_NOF\_LOAD\_COMM\_1**  
Задаёт размер базы объектов, размещаемых в энергонезависимой памяти. Определяет число индексов коммуникационных объектов.
- **CAN\_NOF\_LOAD\_COMM\_2**  
Задаёт размер базы объектов, размещаемых в энергонезависимой памяти. Определяет число индексов, которые формируют предопределённое распределение идентификаторов коммуникационных объектов.
- **CAN\_NOF\_LOAD\_APPL**  
Задаёт размер базы объектов, размещаемых в энергонезависимой памяти. Определяет число индексов объектов прикладного профиля.
- **CAN\_NOF\_ERRBEH\_SUBIND**  
Максимальный субиндекс объекта 1029<sub>h</sub> – поведение CAN устройства при возникновении серьёзных ошибок.
- **CAN\_SUBIND\_ERRBEH\_COMM**  
Значение субиндекса коммуникационной ошибки объекта 1029<sub>h</sub>.

### 5.1.3 Параметры устройства и прикладного профиля CiA 401

- **IOREMOTE\_DEVICE\_TYPE**  
Тип устройства IO Remote.  
R2DIO\_IO – цифровой ввод-вывод.  
R2AIO\_8INP – аналоговый ввод на 8 каналов.  
R2AIO\_8OUT – аналоговый вывод на 8 каналов.  
R2AIO\_4INP\_2OUT – аналоговый ввод на 4 канала и вывод на 2 канала.
- **R2DIO\_TESTMODE**  
Метод эмуляции состояния цифровых входов устройства на 8 входов и 8 выходов.  
R2DIO\_TESTMODE\_TIMER – состояния входов переключаются по таймеру.  
R2DIO\_TESTMODE\_LOOPBACK – состояние входа определяется состоянием соответствующего выхода.
- **NOF\_DIGITAL\_INP8\_BLOCKS**  
Максимальное число блоков цифрового ввода по 8 бит.
- **NOF\_DIGITAL\_OUT8\_BLOCKS**  
Максимальное число блоков цифрового вывода по 8 бит.
- **NOF\_DIGITAL\_COUNTERS**  
Максимальное число цифровых счётчиков.
- **NOF\_LOGICAL\_COUNTERS**  
Число логических счётчиков, которые могут отображаться в TPDO.

- ANALOG\_INPUT\_CHANNELS  
Число каналов аналогового ввода.
- ANALOG\_INPUT\_RESOLUTION  
Разрядность аналоговых входов, бит.
- ANALOG\_OUTPUT\_CHANNELS  
Число каналов аналогового вывода.
- ANALOG\_OUTPUT\_RESOLUTION  
Разрядность аналоговых выходов, бит.
- CAN\_DEVICE\_TYPE  
DEVTYPE\_MASK\_DIGITAL\_INPUT  
DEVTYPE\_MASK\_DIGITAL\_OUTPUT  
DEVTYPE\_MASK\_ANALOG\_INPUT  
DEVTYPE\_MASK\_ANALOG\_OUTPUT  
DEVTYPE\_MASK\_PDO\_MAPPING  
Задают совместно тип устройства и его функциональность (объект 1000<sub>h</sub>).
- CAN\_MAN\_STATUS\_DIOC  
CAN\_MAN\_STATUS\_ANINP  
CAN\_MAN\_STATUS\_ANOUT  
Регистр статуса от производителя устройства (объект 1002<sub>h</sub>).
- CAN\_VENDOR\_ID  
Код производителя устройства (объект 1018<sub>h</sub>sub1<sub>h</sub>).
- CAN\_PROJECT\_CODE\_DIOC  
CAN\_PROJECT\_CODE\_ANALOG\_16BIT  
CAN\_PROJECT\_CODE\_DEVICE\_VARIANT  
Старшая и младшая части кода изделия, задаваемого производителем (объект 1018<sub>h</sub>sub2<sub>h</sub>).
- CAN\_REV\_NUM  
Версия устройства, задаваемая производителем (объект 1018<sub>h</sub>sub3<sub>h</sub>).
- CAN\_EMCY\_INT\_DISABLED  
Код EMCY сообщения: при переходе устройства в операционное NMT состояние общее прерывание для аналоговых входов или счетчиков запрещено (предупреждение).
- CAN\_EMCY\_SHORT\_CIRCUIT  
Код EMCY сообщения: короткое замыкание выходов.
- CAN\_EMCY\_LOAD\_DUMP  
Код EMCY сообщения: обрыв цепи выходов.
- CAN\_EMCY\_ERROR\_STATE  
Дополнительный код EMCY сообщения: устройство находится в режиме ошибки.
- MASK\_\*  
Битовые маски, которые используются в прикладном профиле.
- INDEX\_\*  
SUBIND\_\*  
Задают индексы и субиндексы коммуникационных и прикладных объектов, которые используются для реализации прикладного профиля.



## 5.2 Модули приложения

### 5.2.1 Модули определений и прототипов

Размещаются в директории \src\include.

- `__DS401_defines_*.h` – параметры сборки приложения для CANopen устройств либо программ-эмуляторов.
- `__DS401_structures.h` – определение структур данных приложения.
- `DS401_defunc.h` – прототипы функций приложения.
- `DS401_genhead.h` – модуль заголовков и подключений приложения. Содержит определение номера версии приложения.
- `DS401_globals.h` – список внешних (глобальных) переменных приложения.
- `DS401_header.h` – базовый заголовочный модуль для файлов приложения.
- `lib_application.h` – заголовочный файл, посредством которого CANopen библиотека получает доступ к параметрам приложения.

### 5.2.2 Модуль DS401\_standev.c

Размещается в директории \src\application.

Реализует прикладные профили стандартизированных устройств.

Выполнен в двух вариантах:

- Модуль `DS401_standev.c` реализует CANopen профиль цифрового и аналогового ввода-вывода CiA 401 для устройств IO Remote.
- В модуле `Sample_standev_object_dictionary.c` сформирован пример объектного словаря.

#### **void process\_digital\_input(unsigned8 blk, unsigned8 data);**

Обработка первичных данных 8-битовой группы цифровых входов согласно профилю CiA 401. Возможна инициализация передачи данных посредством TPDO.

*Параметры:*

- **blk** – номер группы цифровых входов (0..(NOF\_DIGITAL\_INP8\_BLOCKS-1)).
- **data** – первичные данные группы цифровых входов.

#### **void process\_analog\_input(unsigned8 chan, int32 data);**

Обработка первичных данных аналогового ввода согласно профилю CiA 401. Возможна инициализация передачи данных посредством TPDO.

*Параметры:*

- **chan** – номер канала аналогового ввода (0..(ANALOG\_INPUT\_CHANNELS-1)).
- **data** – первичные аналоговые данные.

#### **void write\_digital\_output(unsigned8 blk);**

Обработка по профилю CiA 401 и вывод в устройство данных 8-битовой группы цифровых выходов.

*Параметры:*

- **blk** – номер группы цифровых выходов (0..(NOF\_DIGITAL\_OUT8\_BLOCKS-1)).

#### **void write\_analog\_output(unsigned8 chan);**

Обработка по профилю CiA 401 и вывод в устройство аналоговых данных.

*Параметры:*

- **chan** – номер канала аналогового вывода (0..(ANALOG\_OUTPUT\_CHANNELS-1)).

#### **unsigned8 read\_digital\_output\_0(void);**

Чтение нулевой группы цифровых выходов для программной эмуляции режима

R2DIO\_TESTMODE\_LOOPBACK.

*Возвращаемое значение:*

- Значение нулевой группы цифровых выходов.

```
int32 server_get_standev_objsize(canindex index, cansubind subind);
int16 server_see_standev_access(canindex index, cansubind subind);
int16 server_get_standev_objtype(canindex index, cansubind subind);
int16 server_read_standev_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
int16 server_write_standev_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte *data);
```

Функции доступа к словарю объектов стандартизированных CANopen профилей. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами:

6000<sub>h</sub>..9FFF<sub>h</sub> – профили стандартизированных устройств.

```
void enter_error_state(void);
```

```
void exit_error_state(void);
```

Функции входа и выхода устройства из режима ошибки согласно профилю CiA 401.

```
void slave_init_standev_application(void);
```

Инициализация данных и объектов приложения для стандартизированного профиля CiA 401.

```
void slave_init_standev_communication(void);
```

Инициализация коммуникационных данных и объектов для стандартизированного профиля CiA 401. Производит также инициализацию коммуникационных SRDO объектов EN50325-5.

### 5.2.3 Модуль DS401\_manspec.c

Размещается в директории \src\application.

Формирует расширение прикладных профилей стандартизированных устройств либо реализует специализированные профили.

Выполнен в трех вариантах:

- Модуль DS401\_manspec.c реализует расширение профиля CiA 401 для устройств IO Remote.
- В модуле Sample\_manspec\_object\_dictionary.c сформирован пример объектного словаря.
- В модуле Variable\_manspec\_octet\_string.c приведен пример работы с данными переменной длины типа octet string.

```
void process_logical_counter(unsigned8 lcc);
```

Обработка данных логического счетчика согласно профилю CiA 401. В качестве первичных используется значение соответствующего цифрового счетчика. Возможна инициализация передачи данных счетчика посредством TPDO.

*Параметры:*

- **lcc** – номер логического счетчика (0..(NOF\_LOGICAL\_COUNTERS-1)).

```
void write_digital_counter(unsigned8 chan, unsigned32 data);
```

Запись первичных данных цифрового счетчика.

*Параметры:*

- **chan** – номер цифрового счетчика (0..(NOF\_DIGITAL\_COUNTERS-1)).
- **data** – первичные данные счетчика.

```
void application_manspec_timer(void);
```

Таймер для не стандартизированного прикладного профиля.

**void control\_digital\_outputs(void);**

**void control\_analog\_outputs(void);**

Контроль цифровых и аналоговых выходов на предмет короткого замыкания либо обрыва цепи нагрузки.

**unsigned8 read\_int\_enable\_counter(void);**

Чтение флага разрешения прерывания для цифровых счетчиков.

*Возвращаемое значение:*

- Значение флага разрешения прерывания.

**int32 server\_get\_manspec\_objsize(canindex index, cansubind subind);**

**int32 server\_put\_manspec\_objsize(canindex index, cansubind subind, int32 size);**

**int16 server\_get\_manspec\_access(canindex index, cansubind subind);**

**int16 server\_get\_manspec\_objtype(canindex index, cansubind subind);**

**int16 server\_read\_manspec\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

**int16 server\_write\_manspec\_objdict(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Функции доступа к словарию объектов расширения стандартизированных прикладных профилей или специализированных устройств. Назначение и параметры функций приведены в разделе 4.1.

Поддерживают объекты, заданные индексами:

2000<sub>h</sub>..5FFF<sub>h</sub> – профили не стандартизированных устройств.

**void slave\_init\_manspec\_application(void);**

Инициализация данных и объектов приложения не стандартизированного CANopen профиля.

**void slave\_init\_manspec\_communication(void);**

Инициализация коммуникационных данных и объектов не стандартизированного CANopen профиля.

## 5.2.4 Модуль DS401\_control.c

Размещается в директории \src\application.

Реализует управляющие функции прикладного профиля.

**void print\_appl(void \*fmt, ...);**

Функция вывода на печать.

**void reset\_emulated\_counter(unsigned8 chan, unsigned32 val);**

Установ эмулятора цифрового счетчика в значение **val**.

*Параметры:*

- **chan** – номер канала счетчика (0..(NOF\_DIGITAL\_COUNTERS-1)).
- **val** – устанавливаемое значение счетчика (для сброса ноль).

**void set\_transmit\_pdo(canindex index);**

Установ TPDO на передачу. Обеспечивает однократную передачу TPDO при изменении значений нескольких отображенных в него параметров.

**void start\_hardware(void);**

**void stop\_hardware(void);**

Функции запуска и останова устройства.

**void application\_timer\_routine(void);**

Таймер прикладного профиля.

#### **void application\_monitor\_routine(void);**

Монитор (главный цикл) приложения. Вызывается из CANopen монитора.

#### **void application\_init\_device\_routine(void);**

Функция начальной инициализации прикладных данных и параметров устройства при запуске (включении питания). Вызывается однократно до программной инициализации устройства. При переинициализации устройства с использованием NMT команд вызов этой функции не осуществляется.

### 5.2.5 Модуль \_\_DS401\_devices.c

Размещается в директории \src\CANopen.

Поддерживает объекты идентификации и описания устройства.

#### **unsigned32 read\_dev\_type\_object(canindex index, cansubind subind);**

Определяет тип устройства, регистр статуса производителя и объект идентификации.

Поддерживает коммуникационные объекты, заданные индексами:

1000<sub>h</sub> – тип устройства.

1002<sub>h</sub> – регистр статуса от производителя устройства.

1018<sub>h</sub> – объект идентификации устройства.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.

#### **void read\_dev\_string\_object(canindex index, cansubind subind, canbyte \*data);**

Формирует строковые описания названия устройства, версии железа и программного обеспечения. Поддерживает коммуникационные объекты, заданные индексами:

1008<sub>h</sub> – название устройства от производителя.

1009<sub>h</sub> – версия «железа» устройства от производителя.

100A<sub>h</sub> – версия программного обеспечения устройства от производителя.

*Параметры:*

- **index** – индекс объекта.
- **subind** – субиндекс объекта.
- **\*data** – байтовый указатель на размещаемые данные типа "видимая строка".

### 5.2.6 Модуль \_\_DS401\_init.c

Размещается в директории \src\CANopen.

Задаёт параметры инициализации устройства.

#### **cannode get\_node\_id(void);**

Возвращает номер узла CANopen устройства. Параметр считывается из энергонезависимой памяти, может быть задан аппаратными переключателями либо использовано значение по умолчанию.

*Возвращаемое значение:*

- Номер узла CANopen устройства (1..127).

#### **unsigned8 get\_bit\_rate\_index(void);**

Возвращает значение индекса битовой скорости устройства. Параметр считывается из энергонезависимой памяти, может быть задан аппаратными переключателями либо использовано значение по умолчанию.

*Возвращаемое значение:*

- Индекс битовой скорости CAN сети из числа допустимых.

**unsigned32 get\_serial\_number(void);**

Возвращает серийный номер устройства, заданный по умолчанию.

*Возвращаемое значение:*

- Серийный номер устройства (объект 1018<sub>h</sub>sub4<sub>h</sub>).

**void get\_device\_config(void);**

Считывает аппаратную конфигурацию устройства. Вызывается однократно при его запуске (включении питания). Программная переинициализация устройства не осуществляет повторного вызова этой функции.

### 5.2.7 Модуль DS401\_globals.c

Размещается в директории \src\CANopen.

Определяет внешние (глобальные) переменные и структуры данных прикладного профиля.

### 5.2.8 Модуль DS401\_obj\_re\_store.c

Размещается в директории \src\CANopen.

Формирует базу сохраняемых объектов прикладного профиля.

**void can\_init\_re\_store\_application(void);**

Формирует базу объектов прикладного профиля, которые могут быть сохранены в энергонезависимой памяти.