



ООО «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

CAN FORSAZH

Версия 0.3

(141118)

Рязань 2014

e-mail: powerlab@yandex.ru

1. Принципы работы сети

Данные, передаваемые одним узлом, принимаются всеми станциями. Узел, принявший сообщение, может проигнорировать его, если оно не будет связано с выполняемыми узлом функциями.

Тип передаваемых данных обозначается 11-битным идентификатором, стоящим в самом начале сообщения. Идентификатор с наименьшим двоичным значением имеет наивысший приоритет.

В сети CAN каждый 11-битный идентификатор уникален. Никакая пара узлов сети не может послать сообщения с одинаковыми идентификаторами.

В отличие от других шинных систем, в протоколе CAN не используются подтверждающие сообщения. Вместо этого он сигнализирует о возникших ошибках передачи. Всего в CAN-протоколе реализовано пять механизмов проверки на наличие ошибок.

Кадр сообщения для передачи по шине состоит из семи основных полей (см. рис. 1.1). Поле данных может иметь нулевую длину. Протокол CAN поддерживает два формата кадров сообщений, которые различаются только длиной идентификатора (ID). Используется стандартный формат с длиной ID 11 бит.

начало кадра	поле арбитража		поле управления			поле данных	поле контроля	поле подтверждения
<i>SOF</i>	<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>IDE</i>	<i>r0</i>	<i>DLC</i>	<i>DATA</i>	<i>CRC</i>	<i>ACK</i>
“начало кадра”	11-битный идентификатор	бит запроса удаленной передачи	бит расширения идентификатора	зарезервированный бит	четыре бита для указания длины поля данных		контроль CRC	ACK длиной в 1 бит и ограничитель поля

Рис. 1.1. Структура кадра сообщения стандартного CAN-формата.

Кадр стандартного формата начинается стартовым битом "начало кадра" (SOF - Start of Frame). За ним следует поле арбитража, содержащее 11-битный идентификатор и бит RTR запроса удаленной передачи (Remote Transmission Request). Этот бит указывает, передается ли кадр данных или кадр запроса (в котором отсутствует поле данных).

Управляющее поле содержит бит расширения идентификатора (IDE - identifier extension), который указывает тип формата кадра - стандартный или расширенный. Кроме того, в этом поле находятся зарезервированный для будущего применения бит RO и четыре бита DLC для указания длины поля данных. За управляющим полем идут поле данных (0-8 байт) и поле циклического контроля CRC, используемое для определения ошибок.

Поле подтверждения (ACK) состоит из области ACK длиной в 1 бит и ограничителя поля ACK, ACK-бит помещается на шину передатчиком как рецессивный (логическая 1). Приемники, корректно принявшие эти данные, переписывают его в логический 0, делая его доминантным. Таким образом, передающий узел получает подтверждение, что хотя бы один приемник правильно принял его сообщение.

Конец сообщения указывается концом кадра, состоящим из семи битов с логической 1, после которого идет пауза. Длина паузы равна минимальному количеству битов, отделяющих последовательные сообщения. Если в этот момент ни одна из станций не выдает запрос на доступ к шине, то шина остается незанятой.

Если в течение передачи хотя бы один узел обнаружит ошибку, то он выставляет флаг ошибки. Существует две формы флага ошибки: активный и пассивный. Узел в состоянии “активной ошибки” выставляет флаг из последовательных 6 бит с логическим 0, который аварийно завершает текущую передачу. Узел в состоянии “пассивной ошибки” просто ждет последовательности из 6 одинаковых бит, чтобы определить, что была ошибка. Узел также передает флаг “активной ошибки” по окончании кадра, если требуется задержка передачи следующего кадра данных (Overload Flag).

2. Механизм передачи данных

Каждый узел сети однозначно идентифицируется своим уникальным ID (NodeID), который представляет число от 1 до 127.

Все параметры устройства, доступные через сеть, объединены в словарь объектов (object dictionary - OD), и все объекты в OD могут быть прочитаны, а некоторые изменены удаленно. К каждому из объектов словаря обращаются, используя 16 разрядные (в двоичном коде) индексы и 8 разрядные подиндексы. Если количество используемых подиндексов более одного, то в подиндексе 00_h содержится их количество. OD сварочного инвертора «Форсаж» приведен в приложении А.

Владелец OD, к которому осуществляется доступ, называется сервер (Server). Для записи (загрузки) данных: d0 (один байт), d0d1 (два), d0d1d2 (три) или d0d1d2d3 (четыре байта) в OD сервера, клиент должен отправить серверу соответствующий запрос (смотри рис. 2.1, служебные поля кадра сообщения опущены).

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
600 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		2F _h	index OD	subindex OD	d0	00 _h	00 _h	00 _h

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
600 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		2B _h	index OD	subindex OD	d1	d0	00 _h	00 _h

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
600 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		27 _h	index OD	subindex OD	d2	d1	d0	00 _h

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
600 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		23 _h	index OD	subindex OD	d3	d2	d1	d0

Рис. 2.1. Протокол для загрузки данных в OD сервера.

В случае успешной загрузки данных сервер формирует ответное сообщение, представленное на рис. 2.2

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
580 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		60 _h	index OD	subindex OD	00 _h	00 _h	00 _h	00 _h

Рис. 2.2. Ответ OD сервера в случае успеха.

В случае неудачи ответ сервера соответствует рис. 2.3. В этом кадре последние четыре байта содержат код ошибки. Значения кодов приведены в таблице 2.1.

<i>COB-ID</i>	<i>RTR</i>	<i>DATA</i> 8 байт						
580 _h + ServNodeID	0	0	1, 2	3	4...7			
		80 _h	index OD	subindex OD	код ошибки			

Рис. 2.3. Ответ OD сервера в случае ошибки.

Для чтения (выгрузки) данных OD сервера клиент делает запрос в соответствии с рис. 2.4.

COB-ID	RTR	DATA 8 байт							
		0	1, 2	3	4...7				
		40 _h	index OD	subindex OD	00 _h	00 _h	00 _h	00 _h	
600 _h + ServNodeID	0								

Рис. 2.4. Запрос клиента на выгрузку записи OD сервера.

Ответ сервера в случае успеха содержит требуемые байты информации (рис. 2.5) или сообщение об ошибке (рис. 2.3).

COB-ID	RTR	DATA 8 байт							
		0	1, 2	3	4...7				
		4F _h	index OD	subindex OD	d0	00 _h	00 _h	00 _h	
580 _h + ServNodeID	0								

COB-ID	RTR	DATA 8 байт							
		0	1, 2	3	4...7				
		4B _h	index OD	subindex OD	d1	d0	00 _h	00 _h	
580 _h + ServNodeID	0								

COB-ID	RTR	DATA 8 байт							
		0	1, 2	3	4...7				
		47 _h	index OD	subindex OD	d2	d1	d0	00 _h	
580 _h + ServNodeID	0								

COB-ID	RTR	DATA 8 байт							
		0	1, 2	3	4...7				
		43 _h	index OD	subindex OD	d3	d2	d1	d0	
580 _h + ServNodeID	0								

Рис. 2.5. Ответ OD сервера в случае успеха.

КОД	ОПИСАНИЕ
0504 0000 _h	таймаут протокола
0504 0001 _h	указатель команды содержит неверную или неизвестную команду
0601 0001 _h	чтение запрещено
0601 0002 _h	запись запрещена
0602 0000 _h	несуществующая запись словаря
0606 0000 _h	отказ в доступе из-за аппаратной ошибки
0607 0010 _h	несовпадение типа данных
0609 0011 _h	указанный подиндекс не существует
0609 0030 _h	превышен диапазон значения параметра
0609 0031 _h	ниже нижней границы диапазона значения параметра
0609 0032 _h	выше верхней границы диапазона значения параметра
0800 0000 _h	общая ошибка

Табл. 2.1. Коды аварийного завершения загрузки/выгрузки.

Для эмуляции нажатия “кнопки на горелке” необходимо отправить сообщение, представленное на рис. 2.6. Код нажатого состояния кнопки для режима TIG – 40_h, MIG/MAG – 80_h. Любой другой код приводит к “отпусканью” кнопок.

	COB-ID	RTR	DATA 1 байт
	200 _h + ServNodeID	0	КОД

Рис. 2.6. Управление началом процесса сварки.

Инвертор «Форсаж» готов осуществлять передачу данных о сварочном процессе сразу после завершения инициализации после подачи питания (приблизительно через 3 сек.). Отправка сообщения осуществляется циклически, по истечению времени таймера 255 мсек. или асинхронно, с минимальной задержкой (1 мсек., не более) после изменения этапа (фазы) сварочного процесса. Формат сообщения представлен на рис. 2.7.

	COB-ID	RTR	DATA 5 байт		
	280 _h + ServNodeID	0	0, 1	2, 3	4
			ТОК ¹	НАПРЯЖЕНИЕ ²	ФАЗА СВАРКИ ³

- 1) Выходной (сварочный) ток, 16 бит, целое без знака, единицы измерения – Амперы.
- 2) Напряжение на выходных клеммах аппарата, 16 бит, целое без знака, единицы измерения – Вольты умноженные на 10.
- 3) Фазы сварочного процесса, 8 бит. Коды соответствуют таблице:

Код фазы	Описание	Режим
0	Холостой ход	Все
1	Короткое замыкание выхода	Все
2	Предварительная подача газа	TIG
3	“Пилотная” дуга	TIG
4	Нарастание тока	TIG
5	Сварка	Все
6	Пауза сварочного тока (в импульсном режиме)	TIG, MMA
7	Спад тока	TIG
8	Дуга окончания сварки	TIG
9	Завершающая подача газа	TIG
10	“Горячий старт”	TIG, MMA

Рис. 2.7. Данные процесса.

Срочно получить сообщение о состоянии сварочного процесса (рис. 2.7) возможно в ответ на запрос, представленный на рис. 2.8. Максимальная задержка ответа не должна превысить интервал в 2 мсек.

	COB-ID	RTR
	280 _h + ServNodeID	1

Рис. 2.8. Запрос на получение данных процесса.

При изменении состояния инвертор отправляет подобное сообщение, содержащие информацию об измененном статусе в виде битового поля (набора флагов) шириной в 32 бита. Структура этого кадра представлена на рис. 2.9. Передаваемые данные “СТАТУС” со-

ответствуют записи OD с индексом 200A_h. Поскольку прочитать, при необходимости, данные “СТАТУС” возможно средствами чтения (выгрузки) данных OD сервера, запрос при помощи RTR (как на рис. 2.8) не обслуживается.

COB-ID	RTR	DATA 4 байта
480 _h + ServNodeID	0	0...4
		СТАТУС ¹

1) OD, индекс 200A_h, подиндекс 0

Рис. 2.9. Статус аппарата.

При обнаружении ошибки в работе инвертора отсылается срочное сообщение, формат которого представлен на рис. 2.10. За время действия ошибочного состояния такое сообщение может быть отправлено только один раз. При “выходе” из любого ошибочного состояния (независимо, остались или нет другие ошибки) инвертор отправляет такое сообщение с кодом ошибки 0000_h (сброс ошибки).

COB-ID	RTR	DATA 8 байт					
80 _h + ServNodeID	0	0, 1	2, 3	4	5	6	7
		КОД ОШИБКИ ¹	ФЛАГИ ²	ДОП. ДАННЫЕ	00 _h	00 _h	00 _h

1) Код ошибки в соответствии с таблицей, 16 бит, целое без знака.

Код ошибки	Описание	Доп. данные
1000 _h	Общая нераспознанная ошибка	НЕТ
3100 _h	Проблемы с напряжением питания (сеть)	НЕТ
3101 _h	Напряжение питания слишком низкое	НЕТ
3102 _h	Напряжение питания слишком высокое	НЕТ
4200 _h	Перегрев теплонапряженных элементов	ЕСТЬ
5000 _h	Срабатывание защиты преобразователя	НЕТ
8100 _h	Связь	НЕТ

2) Флаги ошибок

Флаги	Описание	Доп. данные
0000.0001.0000.0001 _b	Перегрузка по току преобразователя	НЕТ
0000.0010.0000.0001 _b	Защита: “недонасыщение” в левой стойке моста	НЕТ
0000.0100.0000.0001 _b	Защита: “недонасыщение” в правой стойке моста	НЕТ
0000.1000.0000.0001 _b	Напряжение питания слишком низкое	НЕТ
0001.0000.0000.0001 _b	Напряжение питания слишком высокое	НЕТ
0010.0000.0000.0001 _b	Температура датчика № 1 превысила пороговое значение	Фактическая температура в °С
0100.0000.0000.0001 _b	Температура датчика № 2 превысила пороговое значение	Фактическая температура в °С
0110.0000.0000.0001 _b	Температура датчика № 3 превысила пороговое значение	Фактическая температура в °С
1000.0000.0000.0001 _b	Температура датчика № 4 превысила пороговое значение	Фактическая температура в °С

Рис. 2.10. Срочное сообщение об ошибке.

3. Инициализация и управление сетью

Службы управления сетью оперирует узлами (Node) на основе модели master-slave. Механизм управления требует, чтобы одно устройство в сети исполняло функции “master”, все остальные узлы рассматриваются как “slave”. Как уже отмечалось, каждый узел однозначно идентифицируется в сети своим уникальным ID (NodeID), который представляет число от 1 до 127. Если передается NodeID = 0, то сообщение считается широковещательным.

Инвертор «Форсаж» в сети функционирует как “slave”. По завершению инициализации после подачи питания (приблизительно через 3 сек.) он приобретает сетевой статус “готов” (PRE-OPERATIONAL). В этом режиме выполняется обслуживание запросов на загрузку–выгрузку OD (рис. 2.1, 2.4.), управление началом сварки (рис. 2.6), получения данных сварочного процесса (рис. 2.8) и сигнализация об ошибках (рис. 2.10.). Для запуска передачи информации об изменении рабочего состояния инвертора (рис. 2.9.) и о состоянии сварочного процесса (рис. 2.7.) “по-событию”, необходимо изменить сетевой статус на “работа” (OPERATIONAL). Для изменения сетевого статуса используются команды, приведенные на рис. 3.1.

COB-ID	RTR	DATA 2 байта	
000 _h	0	0, 1	
		CS ¹	NodeID ¹

1) Команда изменения сетевого статуса, в соответствии с таблицей:

CS	Описание
01 _h	Запуск узла NodeID (OPERATION NODE)
80 _h	Перевод узла NodeID в состояние готовности (PRE_OPERATION NODE)
82 _h	Сброс устройства связи узла NodeID (RESET COMMUNICATION NODE)

2) идентификатор “slave” узла.

Рис. 3.1. Команды, изменяющие сетевой статус узла.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Индекс (hex)	Подиндекс (hex)	Тип данных	Доступ	Значение		Описание
1018 _h						Идентифицирующая запись
	00 _h	U8	RO	02 _h		
	01 _h	U32	RO	0x0152505A		Код производителя
	02 _h	U32	RO			Код продукта:
				0x00010301		Форсаж 301
				0x00010302		Форсаж 302
				0x00020315		Форсаж 315 AD
				0x00030315		Форсаж 315 AC/DC
				0x00030500		Форсаж 500 AC/DC
				0x00010315		Форсаж 315
0x00010502		Форсаж 502				
200A _h		U32	Бит:		Статус аппарата	
			RW	31÷29	?	Режим сварки: MAG = 4 TIG = 2 MMA = 1
			RW	28	?	Ограничение напряжения XX
			RW	27	?	Аналоговое ДУ – Вкл.
			RW	26	?	Выход AC – Вкл.
			RW	25	?	Импульсный режим – Вкл.
			RW	24	?	2 ^я тактный – 4 ^я тактный режим управления от кнопки
				23÷18	0	
			RW	17	?	Флаг: Write Prg EEPROM
			RW	16	?	Флаг: Read Prg EEPROM
				15	0	
			RO	14	?	Флаг: Imp Time
			RO	13	?	Флаг: Pause Time
			RO	12	?	Флаг: Pause Curr
				11	0	
			RW	10	?	“Горячий старт” – Вкл.
			RO	9	?	Флаг: Slope
				8	0	
			RO	7	?	Нажата кнопка на горелке MIG/MAG
			RO	6	?	Нажата кнопки на горелке TIG
	5÷0	0				
2200 _h		U32 ¹⁾	RW			Номер активной программы в режиме MMA
2201 _h		U32 ¹⁾	RW			Сварочный ток в режиме MMA
2203 _h		U32 ¹⁾	RW			Наклон ВАХ в режиме MMA
2204 _h		U32 ¹⁾	RW			Уровень “Форсирования дуги” в режиме MMA
2211 _h		U32 ¹⁾	RW			Уровень “Горячего старта” в режиме MMA
2221 _h		U32 ¹⁾	RW			Длительность импульса в импульсном режиме в сварке MMA
2222 _h		U32 ¹⁾	RW			Длительность паузы в импульсном режиме в сварке MMA
2223 _h		U32 ¹⁾	RW			Уровень тока паузы в импульсном режиме в сварке MMA
2400 _h		U32 ¹⁾	RW			Номер активной программы в режиме TIG
2401 _h		U32 ¹⁾	RW			Сварочный ток в режиме TIG
2402 _h		U32 ¹⁾	RW			Время предварительной подачи газа в режиме TIG
2403 _h		U32 ¹⁾	RW			Время нарастания тока в режиме TIG
2404 _h		U32 ¹⁾	RW			Время спада тока в режиме TIG

2405 _h		U32 ¹⁾	RW		Время завершающей подачи газа в режиме TIG
2406 _h		U32 ¹⁾	RW		Ток зажигания дуги в режиме TIG
2411 _h		U32 ¹⁾	RW		Ток начала процесса сварки в режиме TIG (4 ^х тактное управление от кнопки на горелке)
2412 _h		U32 ¹⁾	RW		Ток завершения процесса сварки в режиме TIG (4 ^х -тактное управление от кнопки на горелке)
2421 _h		U32 ¹⁾	RW		Длительность импульса в импульсном режиме в сварке TIG
2422 _h		U32 ¹⁾	RW		Длительность паузы в импульсном режиме в сварке TIG
2423 _h		U32 ¹⁾	RW		Уровень тока паузы в импульсном режиме в сварке TIG
2441 _h		U32 ¹⁾	RW		Уровень постоянной составляющей прямой полярности (баланс) в режиме TIG AC
2442 _h		U32 ¹⁾	RW		Частота выходного тока в режиме TIG AC
2443 _h		U32 ¹⁾	RW		Форма кривой тока в режиме TIG AC
2444 _h		U32 ¹⁾	RW		Время разогрева электрода в режиме TIG AC
2800 _h		U32 ¹⁾	RW		Номер активной программы в режиме MIG/MAG
2801 _h		U32 ¹⁾	RW		Выходное напряжение в режиме MIG/MAG
2802 _h		U32 ¹⁾	RW		Базовый ток в режиме MIG/MAG
2803 _h		U32 ¹⁾	RW		Наклон ВАХ в режиме MIG/MAG
2804 _h		U32 ¹⁾	RW		Скорость нарастания тока КЗ в режиме MIG/MAG

¹⁾ Формат пользовательских данных представляет собой 32^х битное число, в которое упакованы следующие величины:

MSB		LSB	
2 бита	10 бит	10 бит	10 бит
Позиция десятичной точки (слева на право)	Диапазон возможных значений (целое без знака)	Минимальное значение (целое без знака)	Текущее значение (целое без знака)

СПИСОК ИСПРАВЛЕНИЙ:

- 1) 7.10.2014 г. – первая редакция; нет исправлений
- 2) 27.10.2014 г. – изменены флаги статуса (индекс: 200A_n) : добавлены биты 6,7. Добавлена команда (рис. 2.6), эмулирующая нажатие кнопки на горелке для режимов TIG и MIG/MAG.
- 3) 18.11.2014 г. – добавлен раздел: “инициализация и управление сетью ”