

# САН на пороге Нового столетия

**С.А.Третьяков**  
НПКФ «Дэйтамикро»

w w w . d a t a m i c r o . r u

Статья была опубликована в журнале  
**«Мир компьютерной автоматизации»**  
№2/99

КШНР.990405.doc-02

# С о д е р ж а н и е

<b>Почему выбирают CAN?</b> .....	<b>3</b>
<b>Международная стандартизация CAN</b> .....	<b>4</b>
<b>CAN в промышленной индустрии</b> .....	<b>5</b>
CAN Application Layer (CAL) .....	6
<i>Сервис CMS</i>	
<i>Сервис NMT</i>	
<i>Сервис DBT</i>	
<i>Сервис LMT</i>	
CANopen .....	9
<i>Протокол CANopen</i>	
<i>Профили приборов CANopen</i>	
<b>CAN в автомобилестроении</b> .....	<b>12</b>
Оперативные группы ISO .....	12
Стандартизация в SAE .....	13
Подход OSEK/VDX .....	14
Будущие проекты .....	14
<b>CAN в военной индустрии</b> .....	<b>14</b>
Стандарт CAN для морской электроники .....	16
CAN в армии, на флоте и в авиации .....	17
<b>Аппаратная поддержка CAN</b> .....	<b>17</b>
<b>В качестве заключения</b> .....	<b>17</b>
<b>Литература</b> .....	<b>18</b>

Уважаемый Читатель, этой публикацией открывается целый ряд статей, посвященных CAN-технологии и, в частности, высокоуровневым HLP-протоколам (Higher Layer Protocol), основанным на CAN. В данной публикации рассматривается текущее состояние по стандартизации CAN в различных областях деятельности человека.

Системные интеграторы и разработчики, занимающиеся проектированием систем для автоматизации технологических процессов не могут не наблюдать лавинообразный взрыв интереса к одной из промышленных сетевых шин – **CAN** (*Controller Area Network*).

Отрадно, что этот процесс происходит и за рубежом и в России синхронно и практически одновременно. 1998 год стал тем рубежом, когда все ведущие мировые производители микросхем так или иначе стали поддерживать CAN-технологиию.

В данной статье мы не будем подробно описывать возможности самого CAN-протокола. Первоначальные сведения уже достаточно подробно отражены в печати /1-4/. Для более полного и глубокого понимания существа CAN я рекомендую обратиться к первоисточнику – спецификации Robert Bosch GmbH /5/, которая открыта и доступна в Internet ([www.bosch.de](http://www.bosch.de)).

### **Почему выбирают CAN?**

Все-таки, почему CAN поддерживается все большим количеством фирм-производителей средств промышленной автоматизации (например, в Германии, родине 3-х популярных промышленных сетей: Profibus, Interbus-S и CAN, последняя вышла на первое место /6/), практически всеми автомобилестроителями и начинает активно использоваться в военной технике?

Основные предпосылки для этого следующие /7-9/.

**Зрелый стандарт.** Протокол CAN уже более 10 лет активно используется во всем мире. Он показал свою качественность и надежность. Сейчас на рынке представлено тысячи различных CAN-изделий. CAN поддерживается развитой системой инструментальных средств, позволяющих быстро и легко проектировать CAN-сети.

**Аппаратная поддержка протокола.** Протокол CAN реализован в кремнии, что позволяет быстро проектировать высокоэффективные, высокоскоростные, высоконадежные и в то же время дешевые системы. Так компания Microchip собирается продавать свой автономный CAN-контроллер MCP2510 по цене \$3, а он же, интегрированный в PIC-контроллер – \$6.

**Различная среда передачи.** Основная среда передачи в CAN-сетях – витая пара. Но CAN может также работать только на одном проводе (второй – корпус). Имеются системы, использующие в качестве среды передачи коаксиальный кабель, оптоволоконно, ИК и радио каналы, силовые линии электропередачи. CAN может работать на физическую среду RS-485 /7/.

**Превосходная обработка ошибок.** Помимо высоконадежного алгоритма передачи и обработки ошибок,

протокол CAN имеет механизм, позволяющий отключать удаленный узел и тем самым не допускать блокирование сети /8/.

**Хорошая поддержка систем реального времени.** Использование глобальных часов, широковещательный (broadcast) способ передачи сообщений, мультимастерность (multiMaster) позволяет создавать полностью синхронные системы.

**Хорошая поддержка систем, управляемых событиями.** Так как все CAN-узлы слушают все сообщения, проходящие по сети, просто реализуются приложения, работающие по управлению событиями.

**Ориентирован на распределенные системы управления.** Протокол CAN очень хорошо подходит для построения территориально-распределенных систем управления. Используемый метод арбитража для определения приоритета сообщения и широковещательная передача позволяют просто и оптимально проектировать такие системы /9/.

Краткие технические характеристики CAN протокола приведены в таблице 1.

## Международная стандартизация CAN

Внутри Международной организации по стандартизации **ISO** (International Standards Organization, [www.iso.org](http://www.iso.org)) стандартизация CAN в рамках эталонной

**Таблица 1. Краткие технические характеристики CAN**

Топология	Шина (моноканал) с терминаторами на концах
Длина шины	Типовое – 40 метров при скорости передачи 1 Мбит/сек., до 10000 метров при уменьшении скорости передачи до 5 Кбит/сек.
Тип шины	Витая пара, силовая сеть, радиоканал, оптоволокно, ИК-канал
Скорость передачи	Стандартизованная – максимум 1 Мбит/сек. на длине 40 метров; возможно – 1,6 Мбит/сек. на длине 10 метров
Режим передачи	Последовательная асинхронная передача данных, возможность multiMaster, групповая передача, NRZ кодирование с битстаффингом
Доступ к шине	CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Arbitration), захват шины через приоритет фрейма, встроенный арбитраж на битовом уровне, недеструктивный алгоритм
Тип выхода перед.	В соответствии с ISO/IS 11898
Число возможных узлов	Неограниченно (теоретически), до 127 на сегменте (практически), просто подключаются и отключаются (plug & play)
Возможность Real-Time	Зависит от максимально допустимой задержки для сообщения с высоким приоритетом, реально < 120 мксек для 1 Мбит/с.
Высокая надежность	Обеспечивается через: обнаружение ошибки, обработку ошибки, локализацию ошибки. Расстояние Хемминга = 6. Одна не обнаруживаемая ошибка за 1000 лет. Высокий иммунитет к электромагнитным помехам.
Обнаружение ошибки	Каждый CAN контроллер выполняет мониторинг своего передатчика и всех приемников, 15 битовая CRC, все участвуют в проверке выполнения битстаффинга и целостности фрейма
Обработка ошибки	Все непосредственно участвуют в подтверждении правильности приема фрейма и маркировке неправильного фрейма
Локализация ошибки	Различает ситуации между фиксированными ошибками и временной ошибкой (помеха). Фиксированная ошибка автоматически отключает CAN-узел. Возможно автоматическое подключение.
Протокол 7 уровня:	CAL, CANopen, DeviceNet, SDS, CAN Kingdom, SeleCAN, SAE J1939
Протокол 2-1 уровня:	ISO 11898, ISO 11519-2, SAE J2284, SAE J2411
Область применения	Транспорт, промышленная автоматика, робототехника, медицина, авиация, морской транспорт, военная техника, космические станции и спутники.
Аппаратная поддержка	Motorola, Philips, Siemens, NEC, Microchip, Mitsubishi, Intel, Fujitsu, Toshiba, ST Microelectronics, Thomson, Texas Instruments, Hitachi, National Semiconductor, Temic, ...

**Таблица 2. Характеристики физического интерфейса ISO 11898 и ISO 11519-2**

Параметр	ISO 11898	ISO 11519-2
Максимальная скорость передачи	1 Мбит/сек при 40 метрах	125 кбит/сек
Число узлов сети	30	20
Характеристики кабеля	волновое сопротивление 120 (108 ... 132) Ом	емкость не более 30 пФ/м для CAN_H и CAN_L
Терминатор	2 резистора на концах линии 120 (118 ... 130) Ом	CAN_H: 2.2 К (5%) к цепи +1.75 В CAN_L: 2.2 К (5%) к цепи +3.25 В
Допустимое напряжение в линии:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>при напряжении питания +12В</li> <li>при напряжении питания +24В</li> </ul>	(-3 ... +16) В (-3 ... +32) В	(-16 ... +16) В (-32 ... +32) В
Рецессивный уровень	$V_{CAN\_H} - V_{CAN\_L} = 0$ В (-0.5 ... +0.05) В	CAN_H: 1.75 (1.6 ... 1.9) В CAN_L: 3.25 (3.1 ... 3.4) В
Доминантный уровень	$V_{CAN\_H} - V_{CAN\_L} = 2$ В (1.5 ... 3.0) В	CAN_H: 4.0 (3.85 ... 5.0) В CAN_L: 1.0 (0 ... 1.15) В
Ток передатчика	(25 ... 50) мА на 60 Ом	~ 1мА на 2.2 кОм
Характеристики приемника:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>входная чувствительность</li> <li>напряжение переключения</li> <li>входное сопротивление</li> <li>синфазный сигнал</li> <li>диапазон входного сигнала</li> </ul>	400 мВ (0.5 ... 0.9) В (10 ... 100) кОм (-2 ... +7) В соответствует уровням CAN_H, CAN_L	600 мВ (-0.3 ... +0.3) В ≥ 360 кОм (-1 ... +6) В соответствует уровням (CAN_H + CAN_L) / 2

модели взаимосвязи открытых систем OSI (Open System Interconnection) выполняется в комитете ISO/TC22/SC3/WG1.

Технический комитет 22 разрабатывает стандарты для «Транспортных средств» (Road Vehicles). Подкомитет 3 проводит работы с «Электрическим и электронным оборудованием» (Electrical

and Electronic Equipment), а рабочая группа 1, именуемая «Последовательная передача данных» (Serial Data Communication), отвечает за все работы, связанные с CAN-шиной.

На данный момент результатами работы группы являются два известных стандарта: ISO/IS 11898 Road vehicles – Interchange of

digital information – Controller area network (CAN) for high-speed communication (Транспортные средства. Обмен цифровой информацией. Локальная сеть контроллеров CAN для быстрой связи) /10/ и ISO/IS 11519-2 Road vehicles – Low-speed serial data communication – Part 2. Low-speed controller area network (CAN) (Транспортные средства. Низкоскоростная последовательная связь данных. Част 2. Низкоскоростная локальная сеть контроллеров CAN).

Оба стандарта, как и спецификация Bosch, определяют CAN для физического и канального уровней модели ISO/OSI. Различия между двумя стандартами в основном затрагивают физический уровень и показаны в таблице 2 и на рис. 1 и рис. 2 /8/.

## CAN в промышленной индустрии

Очень большой объем работы по стандартизации CAN-технологии проводит международная ассоциация потребителей и производителей CAN – **CAN in Automation (CiA)**, основанная в марте 1992 года ([www.can-cia.de](http://www.can-cia.de)). Более 320 фирм со всего мира, в том числе и из России, объединились в эту некоммерческую ассоциацию, которая разрабатывает и поддерживает различные высокоуровневые протоколы (HLP-протоколы): **CAN Application Layer (CAL)**,

### ► Схема включения и битовые уровни по ISO 11519-2

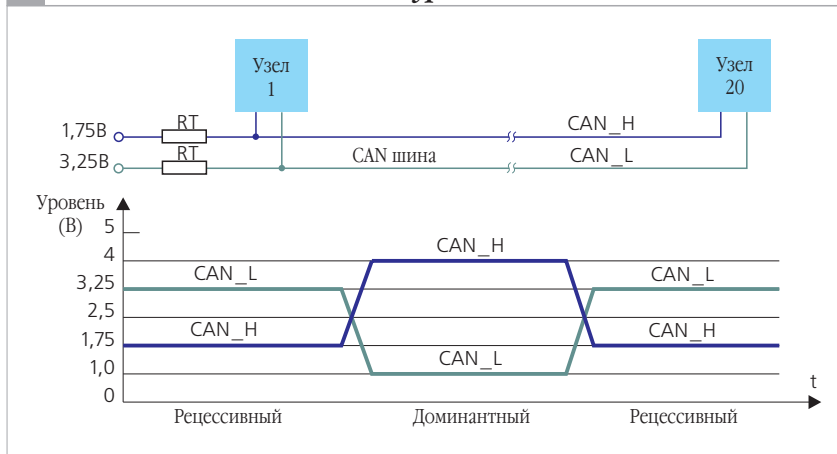


Рис. 2

### ► Схема включения и битовые уровни по ISO 11898

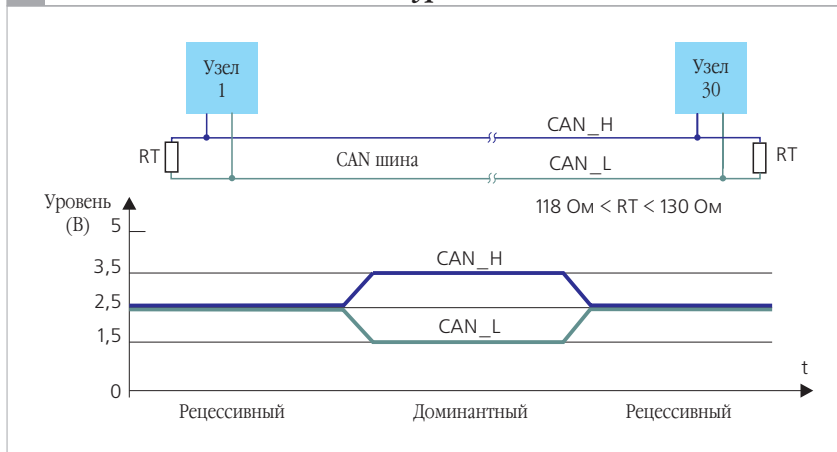


Рис. 1

CANopen, CAN Kingdom, DeviceNet, Smart Distributed Sysrem (SDS), NMEA 2000. CiA также организывает общественные и специальные форумы и встречи по CAN-технологии, проводит ежегодную международную конференцию по CAN – iCC (international CAN Conference), выездные школы-семинары в различных странах.

Помимо разработки HLP протоколов, которые выполняются в группах по интересам IG (Interest Group), CiA проводит работы по специ-

фикации профилей для различных классов устройств. Работы по профилям устройств проводятся в специальных группах по интересам SIG (Special Interest Group), которых уже более 10.

Результаты работ групп IG и SIG CiA приведены в таблице 3.

Кратко рассмотрим два основополагающих стандарта CiA: стандарт протокола прикладного уровня CAN Application Layer (CAL) и стандарт протокола CANopen.

## CAN Application Layer (CAL)

Большинство распределенных приложений требует большего сервиса, чем это предоставляется канальным уровнем спецификации CAN и ISO 11898. Например, подуровень LLC (Logical Link Control) CAN-канального уровня данных не позволяет передать и запросить блок данных более чем 8 байт /5, 10/.

Одной из главных задач CiA в 1992 году было разработка общепринятой спецификации протокола прикладного уровня для промышленных (промышленных) систем, основанных на CAN. Это предоставило бы открытые средства связи между CAN-устройствами различных производителей, уменьшило риск и затраты при разработке ими своих расширений прикладного протокола, диктуемых конкретным приложением.

За основу был взят CAN-основанный протокол прикладного уровня фирмы Philips Medical Systems. После коррекции и дополнения в CiA, он был издан в 1993 году как протокол прикладного уровня для промышленных систем: «CAN Application Layer (CAL) for Industrial Layer» (CiA DS 201...207) /11, 12/.

Основанный на двух базовых типах услуг уровня передачи данных ISO 11898: фрейма типа Data (включает три примитива – L\_Data.request, L\_Data.indication, L\_Data.confirm) и фрейма типа Remote (включает



**Таблица 3. Группы CiA и разработанные ими протоколы и профили приборов**

Название группы	Название стандарта	Версия	Примечание
	CiA DS 102, CAN Physical Layer for Industrial Applications	2.0	Протокол физического уровня для промышленных приложений (базовые характеристики физич. среды)
	CiA DS 150, CAN Power Management Layer	1.5	Протокол управления потреблением CAN-чипа на канальном уровне
IG CAN Application Layer (CAL)	CiA DS 201...207, CAN Application Layer for Industrial Applications	1.1	Протокол CAL прикладного уровня для промышленных приложений
SIG	CiA WDS 501, CAL-based Profile for Off-Road Vehicles and Truck Superconstructions	0.05	Профиль, основанный на CAL, для дорожных и специализированных машин
IG Hydraulics	CAN Kingdom		Разработан Kvaser/CANHUG
IG CANopen	CiA DS 301, CANopen Communication Profile for Industrial Systems	3.93	Протокол профиля связи CANopen для промышленных приложений
CANopen-SIG Programmable Devices	CiA DSP 302, Framework for Programmable CANopen Devices	2.0	Интегрированная структура на основе CiA DS 302 для программируемых CANopen приборов
CANopen Info & Minutes	CiA WDR 303-1, CANopen Pin Assignment	0.1	Назначение пинов разъема для CANopen приборов
CANopen Info & Minutes	CiA WDR 303-2, CANopen SI Representation	0.1	
CANopen-SIG I/O	CiA DSP 401, CANopen Device Profile for I/O Modules	1.4	Профиль для цифровых и аналоговых модулей ввода/вывода (подключение сенсоров и актуаторов)
CANopen-SIG Drives and Motion Control	CiA DSP 402, CANopen Device Profile for Drives and Motion Control	1.1	Профиль приборов для сервомеханизмов, шаговых моторов и частотных преобразователей
CANopen-SIG Human Machine Interface	CiA DSP 403, CANopen Device Profile for Human Machine Interfaces	1.0	Профиль приборов для дисплеев и отображаемых панелей
CANopen-SIG Closed-Loop Control	CiA DSP 404, CANopen Device Profile for Measuring Devices and Closed-Loop Controllers	1.11	Профиль приборов для измерительных устройств и управляемых контроллеров
CANopen-SIG IEC-1131	CiA DSP 405, CANopen Device Profile for IEC 1131 Programmable Devices	1.0	Профиль приборов для IEC 1131 программируемых устройств
CANopen-SIG Encoder	CiA DSP 406, CANopen Device Profile for Encoders	2.0	Профиль приборов для шаговых, абсолютных, линейных и реверсивных кодеров
CANopen-SIG Public Transport	CiA WDSP 407, CANopen Application Profile for Public Transportation	1.0	Профиль приборов в объектах общественного транспорта (автобусы и др.)
CANopen-SIG Forklift	CiA WDSP 408, CANopen Application Profile for Forklifts	1.0	Профиль приборов для подъемных механизмов (лифты, погрузчики, электрокары)
CANopen-SIG Diesel Engine	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений в дизельных агрегатах, группа создана в 1999 году
CANopen-SIG Hydraulics	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений в гидравлике, группа создана в 1999 году
CANopen-SIG Slope Sensors	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений в сенсорах крена, группа создана в 1999 году
CANopen-SIG Electronic Gear	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений в электронных блоках, группа создана в 1999 году
CANopen-SIG Joy Stick	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений в коробках передач, группа создана в 1999 году
CANopen-SIG Railways	Еще не разработан	-	SIG для CANopen приложений на железнодорожном транспорте, группа создана в 1998 году
CANopen-SIG Safety-Relevant Control Protocol	Еще не разработан	-	Разработка отказоустойчивого протокола управления
CANopen-SIG Public Transportation	Еще не разработан	-	Профиль приборов для эскалаторов и движущихся дорожек
SG CAN in Maritime Electronics	Еще не разработан	-	Участие в проектах NMEA 2000, CDA 101
SG CANopen and OSEK-OS	Еще не разработан	-	CANopen и операционная система OSEK-OS

DS – Draft Standard, DSP - Draft Standard Proposal, WD – Work Draft, WDSP - Work Draft Standard Proposal, WDS - Work Draft Standard

также 3 примитива – L\_Remote.request, L\_Remote.indication, L\_Remote.confirm), CAL предлагает открытое окружение для создания стандартных открытых сетевых решений. CAL предоставляет четыре группы сервиса (элементов услуг) для прикладного уровня (см. рис. 3):

нах модели Client-Server (клиент-сервер). Для этого CMS предоставляет возможность задаче моделировать свое поведение через объекты (примитивы) и удаленный сервис для этих объектов.

Для этого CMS предлагает 3 типа объектов: переменная

«peer-to-peer» (равный с равным).

Наконец, объекты Domain поддерживают передачу массивов данных длиной более 8 байт.

CMS определяет множество типов данных и правила, указывающие, как эти данные должны быть переданы по CAN-сети.

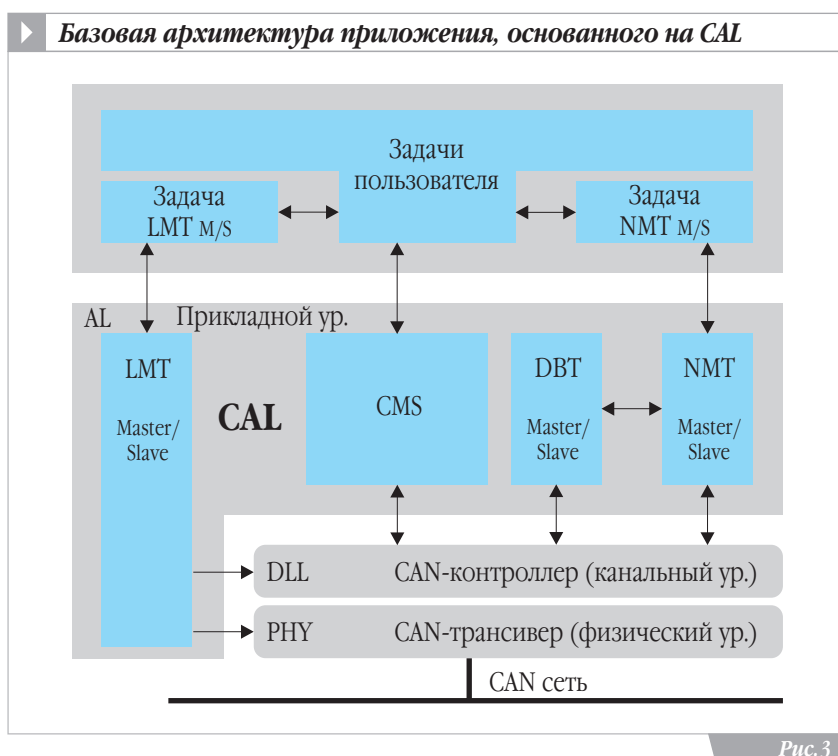


Рис. 3

- сервис определения сообщений – CMS (CAN based Message Specification);
- сервис управления сетью – NMT (Network Management);
- сервис распределения CAN идентификаторов – DBT (Distributor);
- сервис управления уровнями – LMT (Layer Management).

### Сервис CMS

CMS описывает взаимодействие между прикладными модулями (задачами) в терми-

(Variable), событие (Event) и домен (Domain).

Передача данных, инициируемая клиентом, моделируется через объекты Variable. Передача данных, инициируемая сервером, моделируется объектами Event. Оба типа объектов поддерживают передачу максимум 8 байт данных.

Объекты Variable типа «Basic» и типа доступа «Read-Write» поддерживают подтверждаемую передачу данных (Confirmed Service) для реализации модели

### Сервис NMT

Элемент сервиса NMT предлагает разнообразные услуги, которые поддерживают функционирование CAN-сети. Для этого используется модель Master-Slave (Ведущий-Ведомый). Только один модуль в CAN сети может выполнять сервис NMT-Master, все остальные только NMT-Slave.

Посредством сервиса «Module Control Service» NMT-Master выполняет инициализацию CAN-сети, управляет CAN-модулями и обеспечивает реконфигурирование сети.

Сервис «Error Control Service» позволяет обнаруживать ошибки сети и информировать узлы о ее наличии.

Дистанционная загрузка в CAN-узел и чтение из узла конфигурационных параметров (данных, исполняемого кода и др.) через сеть выполняется посредством NMT-сервиса «Configuration Service».

### Сервис DBT

Сервисный элемент DBT предлагает последовательное и полностью автоматическое распределение



идентификаторов для объектов CMS, используемых модулем. Процесс распределения идентификаторов также основан на модели Master-Slave.

Из /1-5/ Вы знаете, что в CAN-сети никакая пара CAN-узлов не может послать сообщения с одинаковыми идентификаторами. Аналогичным образом, никакой узел не может принять сообщение разных типов, но с одинаковыми идентификаторами. Другими словами, каждый идентификатор в CAN-сети уникален (всего для CAN спецификации версии 2.0A доступно 2032 идентификатора, для версии 2.0B – 532676608 идентификаторов).

Процесс распределения идентификаторов может быть статическим (на этапе проектирования сети) или динамическим (на этапе функционирования). Динамический процесс распределения идентификаторов полностью контролируется DBT-Master и прозрачен для прикладной задачи.

### **Сервис LMT**

Сервисный элемент LMT предоставляет услуги по изменению некоторых параметров канального и физического уровней CAN-модуля через сеть CAN (например, скорость передачи данных). Механизм LMT также реализован в терминах модели Master-Slave.

Таким образом, протокол CAL предоставляет стандартизованные услуги и прото-

колы для передачи данных, управления сетью, распределения идентификаторов и управления нижележащими уровнями. Поэтому, CAL может быть определен, как своего рода набор инструментов, которые обеспечивают разнообразный сервис для выполнения распределенных приложений (задач).

Известны сотни примеров реализации и использования CAL-протокола. Это медицинская электроника (эндоскоп Storz Medical Systems), системы управления движением (Multanova, Швейцария), текстильные и другие машины.

Ряд зарубежных фирм, например IXXAT Automation GmbH ([www.ixxat.de](http://www.ixxat.de)), Vector Informatik GmbH ([www.vector-informatik.de](http://www.vector-informatik.de)), esd GmbH ([www.esd-electronics.de](http://www.esd-electronics.de)), предлагают исходные и объектные коды реализации CAL-протокола для различных вычислительных платформ.

### **CANopen**

CANopen – сетевая система, основанная на последовательной шине CAN /13/. Профиль связи CANopen поддерживает как прямой доступ к параметрам приборов, так и процесс передачи данных, критичных во времени. Профили устройств CANopen определяют стандарты как набор обязательных функциональных возможностей (параметров) устройств, в то же время оставляя достаточно места для добавления допол-

нительных специализированных функций прибора, определяемых производителем и пользователем.

CANopen использует всю мощь CAN, позволяя прямую (свойство multiMaster) обмениваться данными между определенными CAN-устройствами, и если необходимо – детерминированным способом. Сервис сетевого менеджера, определяемого в CANopen, позволяет упростить разработку, реализацию и диагностику проекта через стандартизованные механизмы запуска сети и управления ошибками.

CANopen поддерживает циклическую и ациклическую синхронную и управляемую событиями (асинхронную) связь. Это дает возможность уменьшить нагрузки CAN-шины до минимума, поддерживая, в то же время, очень короткие времена реакции. На CANopen высокая эффективность связи может быть достигнута при относительно низких скоростях.

CANopen является идеальной сетевой системой для всех типов автоматизированного оборудования. Одна из великолепных характеристик CANopen – как поддержка обмена данными на уровне управления устройств (PLC и др.), так и подключение очень маленьких датчиков (сенсоров) и исполнительных механизмов (актуаторов) к той же самой физической сети. Это позволяет избежать ненужного расхода кабеля, связывающего шину системы сенсор/актуатор

с более высокой сетью связи, что делает CANopen очень привлекательным для производителей специфического оборудования.

CANopen, основываясь на ISO 11898, определяет стандартные механизмы связи и функциональные возможности устройств, поддерживающие CAN. Такое семейство разработано, поддерживается CiA и состоит из профиля связи CANopen (CiA DS-301) и различных профилей устройств (CiA DS-40x). Структура CANopen в соответствии с моделью ISO/OSI показана на рис. 4.

### Протокол CANopen

Протокол (профиль связи) CANopen определяет несколько методов приема и передачи сообщений по шине CAN /14/. Эти сообще-

ния определены как объекты связи.

Синхронная передача данных позволяет сети выполнять хорошо скоординированный сбор данных и приведение в действие групп приборов. Синхронные передачи поддерживаются предопределенными объектами связи.

Асинхронные или событийные сообщения могут быть посланы в любое время и позволяют прибору немедленно уведомить другой прибор (или приборы) без какого-либо ожидания.

Хотя CAN (по ISO 11898) ограничен передачами 8 байтами внутри одного CAN-фрейма (кадра), CANopen предусматривает передачу данных больше, чем 8 байт, разбивкой сообщения на 8 байтовые телеграммы.

Профиль связи CANopen определяет четыре типа объектов связи (сообщений):

- административные сообщения сети, такие как сообщения управления сетью (NMT), сообщения управления уровнями (LMT), сообщения распределения идентификаторов (DBT);
- сообщения сервисных данных SDO (**S**ervice **D**ata **O**bject);
- сообщения данных процесса PDO (**P**rocess **D**ata **O**bject);
- предопределенные сообщения, такие как объект синхронизации SYNC, объект штампа времени TIME STAMP и объект аварии EMERGENCY.

Административные сообщения позволяют проводить инициализацию, реконфигурирование и управление в сети, выполнять установки специфических параметров различных уровней. Сервис и протоколы этих функций базируются на протоколе CAN Application Layer (CAL).

Профиль связи CANopen определяет два механизма для передачи данных – сообщения типа SDO и типа PDO. Они имеют различные характеристики и предназначены для покрытия всего диапазона требований, используемых в задачах автоматизации (см. таблицу 4).

Сообщения SDO передаются ациклически с низким приоритетом и обычно используются для конфигурирования устройств сети CANopen. Индивидуальные параметры устройства адресуются через адресный



Рис. 4

механизм, который состоит из 16 битного индекса и 8 битного субиндекса. Передаваемые данные в этом режиме могут быть больше, чем 8 байт. Для этого используется множественная телеграмма (посредством Multiplexed Domain, определенного в CAL).

В устройствах CANopen все параметры и переменные (объекты), которые должны быть доступны через CAN, размещаются в словаре объектов (Object Dictionary). Структура словаря объектов CANopen очень похожа на словарь объектов Profibus и Interbus-S. Все объекты могут быть прочитаны и/или записаны в словарь объектов через сообщения SDO.

Сообщения PDO позволяют очень быстро и гибко обмениваться данными между задачами, которые выполняются на различных узлах. PDO могут быть переданы непосредственно

из любого устройства сети одновременно любому числу других устройств. Эта групповая возможность – одно из многих уникальных свойств CAN, используется в CANopen в полной мере.

CANopen поддерживает различные режимы передачи данных в реальном масштабе времени. К ним относятся: синхронный и асинхронный, циклический и ациклический (событийный).

К примеру, в асинхронном режиме узел должен просто послать PDO-сообщение на соответствующее событие (например, устройство с цифровым входом передает состояние входной линии, когда она изменила свое состояние, или устройство с аналоговым входом может посылать значение только тогда, когда величина на входе превысила некоторый порог). Такой режим позволяет со-

кратить до минимума нагрузку на шину, повышая эффективность связи при меньших скоростях, а также добиться очень маленьких времен реакции на изменяемые данные, что является весьма критичным во многих приложениях.

Синхронный режим позволяет добиться жесткой синхронизации в работе различных устройств через задающий CAN-узел-генератор. Это очень существенно в приложениях, где удаленные входы и выходы должны читаться и записываться одновременно (в приложениях с замкнутым циклом управления). Например, CANopen позволяет легко добиться передачи одних значений переменных каждый цикл, а других – один раз за  $n$  циклов.

Используя механизм удаленного CAN-фрейма, CANopen посредством PDO может запросить значение конкретного параметра на удаленном узле в произвольный момент времени.

Весь механизм передачи сообщений PDO построен на CAL объектах типа Event (Событие).

Исходные и объектные коды реализации CANopen-протокола предлагаются целым рядом зарубежных фирм, например Softing GmbH ([www.softing.com](http://www.softing.com)), IXXAT Automation GmbH ([www.ixxat.de](http://www.ixxat.de)), Port GmbH ([www.port.de](http://www.port.de)), STA Steinbeis-Transferzentrum Sensoren und Systeme für die Automatisierung

**Таблица 4. Механизмы обмена данных в CANopen**

 PDO	 SDO
Используется для Real-Time обмена данными	Используется для обмена не Real-Time данными
Синхронные и асинхронные сообщения и сообщения, вызывающие прерывания	Асинхронные сообщения
Циклическая и ациклическая передача	
Высокоприоритетные идентификаторы	Низкоприоритетные идентификаторы
Оптимизированы для высокоскоростного обмена данными	
	Подтверждаемый сервис
Максимальная длина – 8 байт	Возможность мульти-телеграммных сообщений
Формат должен быть согласован между партнерами связи	Используется индекс и субиндекс для ссылки на поле данных в словаре объектов

(www.fh-reutlingen.de/www-sta), для различных вычислительных платформ.

### Профили приборов CANopen

CANopen использует понятие профиля устройства (прибора), которое обеспечивает системную интеграцию и стандартизацию устройств. Согласовываясь с правилами, заложенными в профилях устройств CANopen, различные независимые производители могут выпускать стандартизованные приборы.

Преимущество такого подхода много и одно из наиболее важных состоит в том, что проектировщик системы имеет право выбора необходимого устройства изготавливаемого различными фирмами. Стандартизация позволяет отказаться от адаптации программного обеспечения в приборах от различных производителей при объединении их сеть.

Реализация обязательных характеристик прибора в соответствии с CANopen гарантирует корректное функционирование базовой сети.

В то же время, CANopen допускает определение опциональных и специально определенных производителем функциональных возможностей прибора. Такой механизм позволяет CANopen-устройству иметь более долгую жизнь при развивающемся стандарте.

В настоящее время профили устройств CANopen определены для широкого спек-

тра различных типов приборов и этот список постоянно пополняется (см. таблицу 3). Все профили еще находятся в стадии уточнения и дополнения, однако рынок уже предлагает большой выбор приборов, поддерживающих последние версии этих профилей.

В 1998 CiA завершила работу над спецификацией для проверки на соответствие прибора профилю CANopen, на основе которого он реализован. Функционирование прибора проверяется на соответствие его Electronic Data Sheet (EDS), профилю связи CANopen (CiA DS-301) и корректному поведению в различных состояниях CAN-сети. При успешном испытании прибор получает сертификат CiA – CAN Conformance Test (Проверен на CAN соответствие).

### CAN в автомобилестроении

Текущие работы по стандартизации CAN-протокола для автомобильных приложений выполняются, главным образом, тремя организациями: ISO, американским Обществом инженеров автомобилестроения SAE (Society of Automotive Engineers, www.sae.org) и международной группой «Открытые системы и соответствующие интерфейсы для автомобильной электроники» OSEK/VDX (Offene Systeme und deren Schnittstellen für die

Elektronik im Kraftfahrzeug – Open system and the corresponding interfaces for automotive electronics, ftp://www-iiit.etc.uni-karlsruhe.de/pub/osek). Термин VDX (Vehicle Distributed eXecutive) определяется как «Распределенное выполнение для транспортных средств».

### Оперативные группы ISO

Вышеупомянутая рабочая группа ISO/TC22/SC3/WG1 в настоящее время продолжает работать над шестью различными стандартами для автомобильных приложений, основанных на CAN-протоколе. Работа организована таким образом, что каждая оперативная группа TF (Task Force) отрабатывает каждую из тем. Задача каждой TF – «выдать на гора» международный стандарт для автомобилестроения.

Группа TF1, именуемая «Diagnostic services» (Диагностический сервис), разработала стандарт: ISO 14230 Road vehicles – Diagnostic systems – Keyword protocol 2000 (Транспортные средства. Системы диагностики. Протокол KWP 2000). Этот стандарт определяет диагностический сервис и протоколы связи для транспорта, использующего шину К. В настоящее время набор диагностических услуг протокола KWP 2000 расширяется сервисом для движущейся автомобильной диагностики связи по сети CAN.



Группа TF2 – «Diagnostics on CAN» (CAN-шина диагностики), занимается стандартизацией CAN-протокола для диагностических автомобильных приложений. В частности, группа определяет протокол транспортного уровня (уровень 4 модели ISO/OSI стандарта ISO/IS 7498), который позволяет использовать диагностический сервис на CAN-шине. Причем стандарт будет поддерживать как однопроводную среду передачи в движущемся транспорте, так и нормальную (двухпроводную) CAN-шину.

Группа TF4 – «Truck and Trailer interfaces» (Интерфейсы грузовиков и прицепов), опубликовало стандарт: ISO/DIS 11992 Road vehicles – Electrical connections between towing and towed vehicles – Interchange of digital information (Транспортные средства. Электрические соединения между буксирующим и буксируемым средством. Обмен цифровой информацией). Этот стандарт определяет безопасную связь для грузовиков и прицепов. Стандарт базируется на ISO 11898 (высокоскоростной CAN-протокол), но определяет новый физический уровень, который больше отвечает жестким требованиям к электросети грузовиков и прицепов. ISO 11992 также определяет прикладной уровень (уровень 7 модели ISO/OSI стандарта ISO/IS 7498) для различного транспортного оборудования (например, система торможения). Цель

этой работы – стандартизовать оборудование от различных производителей для использования в грузовиках и прицепах на основе CAN-сети.

Группа TF5 – «J specification conversion» (Преобразование спецификаций серии J). Группа выполняет преобразование соответствующих J-стандартов SAE, используемые для OBDII-диагностики в США, в стандарты ISO. В ходе этой работы TF5 приняла важное решение относительно стандартизации CAN в автомобилестроении – в диагностическом соединителе, определенном в ISO 15031-3 (SAE J1962) цепи 6 и 14 зарезервированы для CAN-сети.

Группа TF6 – «CAN conformance» (Совместимость с CAN). С возростанием популярности CAN и его повсеместного использования возникла необходимость в международном стандарте, определяющего тесты совместимости с CAN. Стандарт позволил бы кремниевым компаниям гарантировать совместимость между различными реализациями CAN-протокола и пользователи сами могли бы проверять эти реализации. Это будет особенно важно в будущем, так как через 10 лет истекает срок действия патентов Bosch, покрывающие CAN протокол, и любой свободен выпускать изделия без проверки их соответствия модели Bosch /5/.

Еще одна оперативная группа TF – «Tachograph

systems» (Системы тохографа) готовит предложения по стандартизации связи между узлами (датчик скорости, записывающий блок типа «черный ящик» и аппаратура) движущегося транспорта, используя в качестве среды связи CAN-сеть. Предполагаемый стандарт будет основываться на SAE J1939.

Следует упомянуть еще о трех комитетах ISO, занимающихся разработкой стандартов, основанных на CAN, для других приложений. Это: ISO/TC23/SC19/WG1 – стандарт ISO/WD 11783 для управления и связи по последовательному каналу в сельскохозяйственных и лесоперерабатывающих машинах, ISO/TC173/SC1/WG7 – стандарт ISO/CD 717617 прикладного уровня для систем управления инвалидными колясками (группа M3S) и группа изучения ISO/TC184/SC5 – «Application Framework for CAN-based Network» (Структура прикладного уровня для сетей, основанных на CAN для промавтоматики). Работы по данным проектам еще не закончены.

## Стандартизация в SAE

Общество SAE много лет сосредоточено на проектировании своей собственной мультиплексной шины связи для автомобилестроения, как определено в SAE J1850. Стандартный CAN для автомобильных приложений ранее был применен только для грузовиков и прицепов. Сейчас ведутся работы

по поддержке стандартного CAN-протокола (ISO 11898) для других приложений в автомобилях разных классов и типов /15/.

SAE J1939 Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network (Практическая рекомендация J1939 для последовательного управления и связи в сетях движущегося транспорта). Протокол J1939 определяет все семь уровней эталонной модели ISO/OSI. Протокол CAN используется в стандарте на канальном и физическом уровнях. Спецификации более высоких уровней пока разработаны только для грузовиков и прицепов, но он используется также и для сельскохозяйственной и пожарной движущейся технике. Комитет J1939 работал над спецификацией в течение ряда лет и это первый стандарт CAN, который получит самое широкое распространение в автомобилестроении США и Канады.

SAE J2284 High Speed CAN (HSC) for Passenger Vehicle Applications (Высокоскоростной CAN для легкового пассажирского транспорта). Стандарт J2284 определяет физический и канальный уровни для протокола CAN и основан на ISO 11898. Документ J2284 будет всегда совместим с ISO 11898 на 100%, но идет на один шаг далее, поэтому обратной совместимости не гарантируется.

SAE J2411 Single Wire CAN Physical Layer Specification (Спецификация физического

уровня для однопроводного CAN). Данный документ инициирован General Motors как переход от шины связи GM Class 2 к CAN шине. GM Class 2 – однопроводная шина связи и J2411 описывает спецификацию для протокола CAN на такую же шину. Он будет гарантировать, что везде, где удобно использовать однопроводной J1850, можно будет поддерживать определенные им стратегии электропроводки, даже если протокол уровня канала передачи данных (канальный уровень) изменен на CAN.

### Подход OSEK/VDX

OSEK/VDX – проект мультиплексной сети для автомобилестроения, поддерживаемый главным образом немецкими и французскими производителями автомобилей и их поставщиками. Цель проекта – принятие открытого промышленного стандарта для распределенных электронных блоков управления ECU (**E**lectronic **C**ontrol **U**nit) в движущемся транспорте.

Стандарт OSEK/VDX (сейчас действует версия 2.0) комплексно определяет операционную систему реального времени OSEK-OS, язык описания интерфейсов OSEK-OIL (OSEK/VDX Implementation Language), спецификацию сервиса связи OSEK-COM (OSEK/VDX Communication) и задач управления сетью OSEK-NM (OSEK/VDX Network Management).

Настоящее сотрудничество OSEK/VDX с ISO, вероятно, приведет к созданию наиболее универсального стандарта на базе CAN для автомобильных приложений.

### Будущие проекты

В будущем большинство работ по стандартизации будет сосредоточено на высокоуровневых протоколах, основанных на CAN. Также будет предложено ряд новых спецификаций для физического уровня. Помимо высокоскоростных и низкоскоростных спецификаций физического уровня, определенных в ISO 11898 и ISO 11519-2, разрабатывается несколько других стандартов физического уровня для автомобильных и неавтомобильных приложений (подобно ISO 11992 и SAE J1939).

Отдельно поднимается вопрос о создании отказоустойчивого однопроводного CAN протокола.

### CAN в военной индустрии

Ранее военные ведомства США разрабатывали свои собственные стандарты без привлечения фирм и специалистов, занимающихся промышленной автоматизацией. Быстрое и эффективное развитие передовых технологий как CAN, заставляет правительства искать новые подходы для совместной работы с невоенными организациями, подхватывать их



**Таблица 5. CAN контроллеры и их свойства**

CAN контроллер	Фирма, ее website	Версия	µC	Возможность принятия	Способность к фильтрации фреймов	Шлюз Образ.Постав	Примечание
F2MC-16L	Fujitsu (www.fujitsu.co.jp)	2.0B	16-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit + 2 global	3/98	128K flash ROM MB90F598
H8/300H	Hitachi (www.hitachi-eu.com)	2.0B	16-bit	15 Tx/Rx+1 Rx	15 full-bit + 1 global	?	Решение ASIC
SuperH	Hitachi	2.0B	32-bit	15 Tx/Rx+1 Rx	15 full-bit + 1 global	?	Решение ASIC
H8S/2623	Hitachi	2.0B	16-bit	30 Tx/Rx+2 Rx	30 full-bit + 2 global	?	Только для автомобильных клиентов (поддерж. 3/99)
SH7055	Hitachi	2.0B	32-bit	30 Tx/Rx+2 Rx	30 full-bit + 2 global	?	
InICAN	Intel (www.intel.com)	2.0B	8-bit	Спец. реализация	Спец. реализация	?	Встроенные спец. функции, DSP
AN82527	Intel (www.intel.com)	2.0B	нет	14 Tx/Rx+ 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	✓	
AS82527	Intel	2.0B	нет	14 Tx/Rx+ 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	✓	
AN87C196CA	Intel	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx+ 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	✓	
AN87C196CB	Intel	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx+ 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	✓	
AS87C196CB	Intel	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx+ 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	✓	
MCP2505	Microchip (www.microchip.com)	2.0B	нет	3 Tx + 2 Rx	6 full-bit + 2 global	✓	18-pin, 2.7V...5.5V
MCP2510	Microchip	2.0B	нет	3 Tx + 2 Rx	6 full-bit + 2 global	✓	18-pin, 2.7V...5.5V
PIC18F641	Microchip	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	6 full-bit + 2 global	✓	16K flash, 1536 RAM, 12C, SPI, 2xPWM, RTC, 68-pin
PIC18C441	Microchip	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	6 full-bit + 2 global	✓	16K OTP, 1K RAM, SPI, 2xPWM, RTC, 44-pin
PIC18C241	Microchip	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	6 full-bit + 2 global	✓	16K OTP, 512 RAM, SPI, 1xPWM, RTC, 28-pin
CCU3010E	Micronas Intermetal(www.intermetall.dg)	2.0B	8-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit	✓	Flash
CCU301X	Micronas Intermetal	2.0B	16-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit	+	До 3 x FCAN, flash
M37630M4xxxFP	Mitsubishi (www.mitsubishichips.com)	2.0B	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 full-bit + 1 global	✓	
M37632MFxxxFP	Mitsubishi	2.0B	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 full-bit + 1 global	✓	3/98 4/98
M306NOMICTxxxFP	Mitsubishi	2.0B	16-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit + 3 global	+	2 x FCAN, контроллер 3 фазного мотора
68HC(7)05X4	Motorola (www.mot.sps.com)	2.0A	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 global 8-bit	✓	28-pin, 4K ROM
68HC05X16	Motorola	2.0A	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 global 8-bit	✓	64-pin, 16K ROM
68HC(7)05X32	Motorola	2.0B	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 global 8-bit	✓	64-pin, 32K ROM
68HC08AZ0	Motorola	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	100-pin, ROM less
68HC08AZ16	Motorola	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	64-pin, 16K ROM
68HC08AZ24	Motorola	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	64-pin, 16K ROM
68HC08AZ32	Motorola	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	64-pin, 32K ROM
68HC(9)08AZ60	Motorola	2.0B	8-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	64-pin, 60K flash
68HC912D60	Motorola	2.0B	16-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	112-pin, 60K flash
68HC912BC32	Motorola	2.0B	16-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	80-pin, 32K flash
68HC912DG128	Motorola	2.0B	16-bit	3 Tx + 2 Rx	1 global 32-bit or 2 global 16-bit or 4 global 8-bit	✓	2 x FCAN, 112-pin, 128K flash
MC68376	Motorola	2.0B	32-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit + 3 global	+	time-stamp, flash
MC68F396	Motorola	2.0B	32-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit + 3 global	✓	time-stamp, flash
MPC555	Motorola	2.0B	32-bit	16 Tx/Rx	16 full-bit + 3 global	+	time-stamp, flash
COP684BC	National Semiconductor (www.national.com)	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
COP688/89EB	NatSem	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
COP87L84BC	NatSem	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
COP87L88/89EB	NatSem	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
COP8884BC	NatSem	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
COP888/89EB	NatSem	2.0Bp	8-bit	1 Tx 2-byte + 2 Rx 2-byte	1 global 8-bit	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
CR16MCS9	NatSem	2.0B	16-bit	15 Tx/Rx + 1 Rx	14 full-bit + 1 global	✓	8-byte фрейм до 125 kbit/s
µPD78F0948	NEC (www.nec.de)	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	100-pin QFP, 60K flash, LCD
µPD780949	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	EEPROM
µPD780948	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	100-pin QFP, 60K flash, LCD
µPD78F0818	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	EEPROM
µPD78F0812/4	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	64-pin QFP, 60K flash, EEPROM
µPD780828	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	16/32 K flash, EEPROM
µPD780829/4	NEC	2.0B	8-bit	2 Tx + 16 Rx	16 full-bit + 2 global 29bit	✓	80-pin QFP, 60K flash, драйвер шагового мотора, LCD
ATOMIC Flash	NEC	2.0B	32-bit	max. 64, зависит от размера DPR	max. 64 full-bit + 4 global 29-bit	✓	144-pin QFP, 2 x FCAN, 256K flash, LCD
ATOMIC	NEC	2.0B	32-bit	max. 64, зависит от размера DPR	max. 64 full-bit + 4 global 29-bit	✓	144-pin QFP, 2 x FCAN, LCD
MSM9225	OKI Electric (www.oki-europe.de)	2.0B	нет	16 Tx/Rx	16 full-bit	✓	144-pin QFP, 2 x FCAN, LCD

CAN контроллер	Фирма, ее website	Версия	µC	Возможность принятия	Способность к фильтрации фреймов	Шлюз	Образ.	Постав	Примечание
P8XC592/8	Philips (www.semiconductors.philips.com)	2.0A	8-bit	1 Tx + 2 Rx	1 global 8-bit	-	√	√	
P8XC59X	Philips	2.0B	8-bit	определяется	определяется	-	2/00	3/00	Для замены P8x592/8
P8XC591	Philips	2.0B	8-bit	1 Tx + 64 Rx FIFO	1 global 32-bit or 2 global 16-bit	-	1/99	2/99	
XA-C3	Philips	2.0B	16-bit	32 Tx/Rx	32 full-bit + global	-	3/99	4/99	
P82C150	Philips	2.0B	SUJO	?	?	-	√	√	Не рекомендуется для новых разработок
SJA1000	Philips	2.0B	нет	1 Tx + 64 Rx FIFO	1 global 32-bit or 2 global 16-bit	-	3/97	1/98	Замена 82C200
CAN Core	Sican (www.sican-bs.de)	2.0B	Опц.	Спец. реализация	Спец. реализация	•	√	√	Ядро CAN, МодельVHDL- и Verilog для ASIC и FPGA
SAE81090/91	Siemens (www.siemens.de)	2.0Bp	нет	16 Tx/Rx	16 full-bit	-	√	√	2 x 8-bit I/O ports
C161C	Siemens	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	2/99	256K flash, 10k RAM, I2C, 2 x ASC, 2 x SSC, RTC
C164C	Siemens	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	2/99	64K OTP, 6 x PWM, RTC
C167CR	Siemens	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	√	ROMless, 32k or 128k ROM-, flash
C167CS	Siemens	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	4/98	2/99	128K flash, 4 K X-flash, 11k RAM, 24 AI
C515C	Siemens	2.0B	8-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	√	64K OTP, 4 x PWM
505C/QA	Siemens	2.0B	8-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	4/98	16K ROMless /32K OTP, 4 x PWM
AUD01	Siemens	2.0B	32-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	+	3/99	1/02	Независимые CAN модули, 768 K flash, 16K data flash
ST10F167	ST-Microelectronics (www.st.com)	2.0B	16-bit	14 Tx/Rx + 1 double Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	1/99	128K flash, 32 K or ROMless
ST72511	ST-Microelectronics	2.0Bp	8-bit	3 Tx/Rx	2 global 11-bit	-	√	4/98	8K, 16K or 32 K OTP, ROM ver. 2 /99
ST72E50	ST-Microelectronics	2.0Bp	8-bit	3 Tx/Rx	2 global 11-bit	-	√	4/98	До 60K ROM/OTP, до 512 K EEPROM 2/99
ST72531	ST-Microelectronics	2.0Bp	8-bit	3 Tx/Rx	2 global 11-bit	-	√	4/98	До 512K EEPROM, 8 K, 16K or 32 K OTP, ROM ver. 2 /99
UD05	ST-Microelectronics	2.0Bp	8-bit	3 Tx/Rx	2 global 11-bit	-	2/99	4/99	40V SuperSmartPower, OTP, ROM ver. 2 /00
L9942/ST6	ST-Microelectronics	2.0A	8-bit	1 Tx + 1 Rx	1 global 11-bit	-	√	4/99	40V SuperSmartPower, OTP, ROM ver. 2 /00
TMS320F241	Texas Instruments (www.ti.com)	2.0B	16-bit	6 Tx/Rx	2 full-bit + 1 global	-	2/98	2/99	DSP, 8Kx16 flash, 544 x 16 RAM, 8 x PWM, SPI
TMS320F243	Texas Instruments	2.0B	16-bit	6 Tx/Rx	2 full-bit + 1 global	-	2/98	2/99	DSP, 8Kx16 flash, 544 x 16 RAM, 8 x PWM, QEP, SPI
TMS320C241	Texas Instruments	2.0B	16-bit	6 Tx/Rx	2 full-bit + 1 global	-	×	2/99	DSP, 8Kx16 flash, 544 x 16 RAM, 8 x PWM, QEP, SPI
TC190C580	Toshiba (www.toshiba.co.jp)	2.0B	нет	15 Tx/Rx + 1 Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	√	DSP, 8Kx16 flash, 544 x 16 RAM, 8 x PWM, QEP, SPI
TM99F854F	Toshiba	2.0B	16-bit	15 Tx/Rx + 1 Rx	15 full-bit + 1 global	-	√	√	48K OTP
TM99F854	Toshiba	2.0B	16-bit	15 Tx/Rx + 1 Rx	15 full-bit + 1 global	-	4/98	4/98	64K ROM

- нет, + - да, • - возможно, √ - доступно, ? - данные отсутствуют, ↓ - не планируется, × - по запросу, 2.0Bp - passive

идеи и привлекать новых специалистов для реализации этих идей (например, проект COTS).

### Стандарт CAN для морской электроники

Американская Национальная ассоциация морской электроники NMEA (National Marine Electronics Association, www.nmea.org) в 1998 году начала разработку нового стандарта мультиплексной шины, основанного на CAN, для морских приложений (военные корабли, подводные лодки, торговые суда). Рабочая группа NMEA в сотрудничестве с ISO, Международной электротехнической комиссией IEC (International Electrotechnical Commission, www.iec.ch) и Международной морской организацией IMO (International Maritime Organization, www.imo.org) разрабатывает стандарт NMEA 2000, основанный на стандарте SAE J1939, для обеспечения высоконадежной связи множества различных приборов, узлов, модулей, сенсоров и актюаторов посредством недорогой кабельной среды передачи.

Проект NMEA 2000 будет использовать все достоинства CAN-технологии, работать на однопроводной шине связи, и более чем в 20 раз превосходить по производительности действующий ныне стандарт NMEA 0183.

Как заявил председатель комитета стандартов NMEA

Франк Кассиди (Frank Cassidy), стандарт NMEA 2000 будет иметь самое широкое, и не только в морских приложениях, международное признание. Ассоциация CiA также организовала группу изучения по использованию CANopen в морских приложениях (SG CAN in Maritime Electronics). В этом году выйдет первая версия профиля устройства CANopen для таких задач.

### CAN в армии, на флоте и в авиации

Министерство обороны США интенсивно развивает проект архитектуры сети, которая используется в дистанционно управляемых движущихся объектах на земле, на море и в воздухе. В рамках этого проекта разработана спецификация Common Digital Architecture (CDA) CDA 101, которая использует CAN протокол. Протокол CDA 101, называемый «Standard for Communication Between Network Target Vehicle devices» (Стандарт для связи сетевых приборов движущегося объекта) может быть использован в различных типах таких объектов: от маленьких резиновых лодок до больших судов, от самолетных моделей до полноразмерных реактивных самолетов и ракет, а также для любого движущегося транспорта на земле /16/.

Стандарт CDA 101 базируется на ISO 11898, протоколе CAN Kingdom ([www.kvaser.se/canking/index.htm](http://www.kvaser.se/canking/index.htm)) и некото-

рых частях NMEA 2000. CDA 101 определен в виде семейства документов, главный из которых CDA 101/01 определяет общую концепцию сети (подобно SAE J1939). Физический и канальный уровень CDA 101 соответствует ISO 11898. Документ CDA 101/11 определяет сообщения системы на сетевом уровне, и по существу является протоколом CAN Kingdom. CDA 101/12 описывает перечень и значения величин параметров, а также методов представления данных, и в большей части основывается на NMEA 2000. Документы CDA 101/41 и CDA 101/42 определяют подсистемы, общие для всех движущихся объектов. CDA 101/31-35 определяет сообщения для соответствующих типов объектов (подобно CiA DS-40x).

Я возьму на себя смелость предсказать, что стандарт CDA 101 и его модификации (все на CAN-технологии) в скором будущем очень сильно потеснят, если не заменят, MIL-STD-1553, ARINC 429 и им подобные.

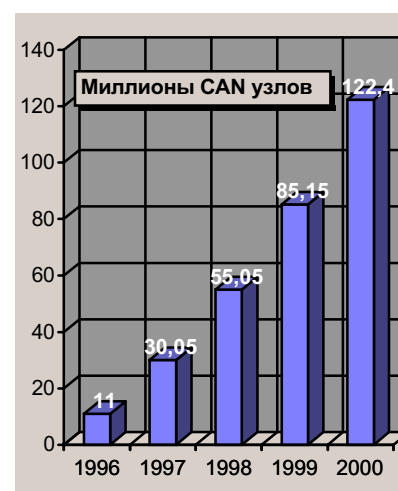
### Аппаратная поддержка CAN

Немаловажную причину в столь стремительном распространении CAN-технологии в мире сыграло то, что CAN-контроллеры и CAN-трансиверы выпускаются очень большими тиражами, а значит цена на них невысокая и постоянно снижается (см. гистограмму) /17, 18/.

В таблице 5 приведен далеко не полный список фирм, выпускающих комплектацию, ориентированную на CAN сети, и этот список постоянно расширяется.

### В качестве заключения

В дальнейшем мы более подробно рассмотрим высокоуровневые CAN-протоколы: CAL, CANopen, CAN Kingdom, SDS, DeviceNet, аппаратные решения на основе CAN, инструментальные средства и их возможности.



Если Вы еще не обратили внимание на эту динамично развивающуюся промышленную шину, приведенная здесь и в будущем информация по крайней мере заставит Вас отметить ее существование.

## Литература

1. Х. Цельтвангер (H. Zeltwanger), «Взгляд изнутри на основы CAN», МКА, № 3, с.34-39, 1996
2. С.Третьяков, «CAN – локальная сеть контроллеров», Электроника, Минск, № 9, с.14-16, № 10, с.14-18, 1998
3. Е. Карпенко, «Возможности CAN-протокола», Современные технологии автоматизации, № 4, с.16-20, 1998
4. А. Щербаков, «Сеть CAN: микроконтроллеры всех стран, соединяйтесь», Инженерная микроэлектроника, Декабрь, с.35-42, 1998
5. Robert Bosch GmbH: CAN Specification Ver. 2.0, 1991
6. «Промышленные сети Германии», Современные технологии автоматизации, № 3, с.26, 1998
7. W.Lawrenz, CAN System Engineering. From Theory to Practical Applications, Springer, 1997
8. D. Paret, Le bus CAN, Dunod, Paris, 1996
9. К. Etschberger, CAN - Grundlagen, Protokolle und Profile, Bauteile und Anwendungen, Hanser-Verlag, Munchen, 2 Ed., 1998
10. ISO/IS 11898: Road Vehicles – Interchange of Digital Information – Controller Area Network (CAN) for High Speed Communication, 1993
11. CAN Application Layer for Industrial Application, CiA DS201-207, Ver. 1.1, 1996
12. W.Lawrenz, Worldwide Status of CAN – Present and Future, Proc. of the Second International CAN Conference (iCC'95), CiA, Erlangen, Germany, 1995
13. К. Etschberger, CAN-based Higher Layer Protocols and Profiles, Proc. of the Fourth International CAN Conference (iCC'97), CiA, Erlangen, Germany, 1997
14. CANopen Communication Profile for Industrial Systems based on CAL, CiA DS 301, Ver. 3.93, 1998
15. A. Lundqvist, CAN-related Standards for Automotive Applications, CAN Newsletter, № 4, 1997
16. CAN in Air Force, Army and Navy, CAN Newsletter, № 4, 1998
17. Markt & Technik CAN Special, MagnaMedia Verlag GmbH, 1997
18. PRAXIS Profiline: Controller Area Network, Vogel-Verlag, 1998

С автором можно связаться:  
по e-mail: [tretyakov@datamicro.ru](mailto:tretyakov@datamicro.ru),  
тел: (8634) 310-990