

Controller Area Network (CAN) - локальная сеть контроллеров



www.datamicro.ru

С.А.Третьяков
НПКФ «Дэйтамикро»

КНШР.980926.doc-01

Статья была опубликована в журнале
«Электроника»,
№9 и №10/98, Минск, Беларусь

С о д е р ж а н и е

Почему выбирают CAN?	3
Что такое CAN?	4
Особенности CAN	5
Обнаружение и обработка ошибки	6
Физический уровень CAN	7
Почему выбирают CAN?	7
Внедрение CAN.....	8
Движущийся транспорт	8
Промышленная автоматика	8
Объекты с контурным управлением	8
Военные системы	8
Примеры внедрения CAN.....	9
Кто координирует работы по CAN?	22
Что мы сейчас проектируем на CAN?	23
Где и Что можно почитать о CAN?	24
Заключение	25



“We can CAN” - это девиз одной немецкой фирмы. Теперь и мы можем сказать: - **“We can CAN too”**.

Научно-производственно-коммерческая фирма “ДЭЙТАМИКРО”, образованная в 1991 году, предлагает Вам свои услуги в разработке, внедрении и распространении изделий, программ, библиотек, стандартов и книг, так или иначе касающиеся CAN-технологии.

Почему выбирают CAN?

В середине 80-х Robert Bosch GmbH и Intel начали совместные работы над спецификацией и проектированием микросхем для блока, который бы обеспечивал последовательный протокол связи и поддерживал прикладные задачи с распределенным управлением в реальном масштабе времени. Основная цель этого проекта - разработка высокоскоростной сети с простым подключением узлов и блоков к шине для автомобилей. Первоначально CAN (Controller Area Network - локальная сеть контроллеров) предназначался для управления трансмиссией в реальном масштабе времени, системы анти-заноса и замены всей радиальной проводки автомобиля.

Впоследствии CAN, подобно урагану, ворвался во все сферы промышленного управления. Протокол CAN обладает великой скрытой мощью, которая не очевидна до тех пор, пока Вы не проникли в проблемы вокруг проектирования встроенных распределенных систем управления, где различные модули, блоки, узлы и датчики должны быть объединены в единую систему.

В настоящее время используется спецификации CAN версий 2.0A и 2.0B от Robert Bosch GmbH, которые открыты и доступны через Internet. Шина CAN получила международное признание, выразившееся в опубликовании стандарта ISO 11898 (1993). CAN поддерживается практически всеми ведущими производителями интегральных микросхем, причем доступны как автономные CAN-контроллеры (Stand-alone CAN controller), так и CAN-контроллеры, интегрированные с микроконтроллерами (Microcontroller with CAN) типа

8051, 68H05 и др. Приведем перечень производителей IC, которые имеют CAN в своей производственной линейке:

Fujitsu
 Motorola
 Philips-Segnetics
 Intel
 Hitachi
 NEC
 Mitsubishi Electric
 National Semiconductor
 Infineon Technologies AG
 Temic Telefunken
 ST Microelectronics
 Toshiba
 Micronas Intermetall
 LSI Logic/Inicore
 Texas Instrument
 Alcatel-Mietec
 Microchip
 AMP Inc
 Sican
 OKi Electric Industry
 AB Automotive Electronics
 FH BS/WF

Таким образом, CAN - это международная стандартизированная последовательная шина системы (ISO 11898), обеспечивающая функциональные возможности уровня канала данных и физического канала согласно модели соединения открытых систем (ISO/OSI 7498). В настоящее время CAN очень интенсивно (буквально лавинообразно) внедряется за рубежом во всех сферах промышленной автоматизации, движущемся транспорте, военной технике, космосе.

И я попробую убедить Вас в том, что это не случайно.

Что такое CAN?

CAN - это протокол связи (краткие технические характеристики CAN смотрите в таблице) с высоконадежной передачей данных по последовательному каналу (шине) в широковещательном режиме. Это означает, что все CAN-узлы могут «слышать» все сообщения (кадры), находящиеся на шине. Мы не сможем послать сообщение только одному CAN-узлу; неизменно все CAN-узлы на шине примут сообщение. Однако, CAN-контроллеры обеспечивают локальную фильтрацию так, чтобы каждый узел мог реагировать только на нужные ему сообщения.

При передаче данных CAN протокол аппаратно обеспечивает формирование сообщения, выполняет передачу данных, осуществляет побитную синхронизацию, выполняет идентификацию сообщения, проводит битстаффинг, подтверждает правильность приема всеми, обнаруживает и исправляет ошибки.

Сообщение, используемое CAN-узлом, имеет поле арбитража (Arbitration Field) и информационное поле (Data Field), которое может содержать до 8 байтов данных. Кроме того, кадр содержит поле начало кадра (Start of Frame) и конца кадра (End of Frame), управляющее поле (Control Field), поля контрольной суммы (CRC Field) и поля подтверждения (ACK Field). Все CAN-узлы на шине синхронизируются первым битом поля Start of Frame и далее восстанавливают синхронизацию перепадами битов в кадре (при длинных

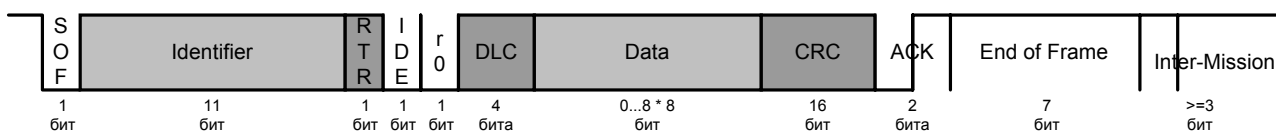
последовательностях типа ...000000... или ...111111... используется механизм битстаффинга).

CAN использует короткие сообщения - максимальная сервисная нагрузка - 94 бита. В CAN сообщении нет явного адреса. Такой тип рассылки сообщений называется «схема адресации, ориентированной на содержимое». Другими словами, содержимое данных в CAN сообщении как бы неявно определяет адрес источника этого сообщения и адреса приемников, кому эта информация необходима (например, один CAN-узел выдает на шину «Температура масла двигателя - 80°C»; все другие CAN-узлы принимают это сообщение, но используют эту информацию только те узлы, кому она необходима).

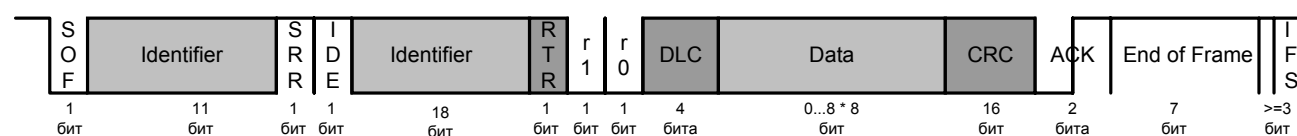
На CAN шине могут передаваться только четыре типа кадров:

- **DATA Frame** - кадр данных; используется для передачи данных;
- **REMOTE Frame** - кадр, используемый для дистанционного запроса данных от удаленного CAN-узла;
- **ERROR Frame** - кадр ошибки; передается, когда обнаруживаются ошибки на шине;
- **OVERLOAD Frame** - кадр переполнения; передается для задержки передачи пакетов DATA Frame и REMOTE Frame.

Каждый тип кадра используется для определенных целей. Кадры ERROR Frame и OVERLOAD Frame, когда это необходимо, передаются CAN-узлом автоматически. Напол-



(a)



(b)

Форматы кадров данных: (a) стандартный формат кадра, (b) расширенный формат кадра

нение информацией кадров DATA Frame и REMOTE Frame находится во власти проектировщика системы.

CAN спецификации определяет 2 типа формата кадра. Стандартный формат (часть А CAN спецификации) определяет Arbitration Field как 11-битное. Расширенный формат (часть В CAN спецификации) определяет это поле как 29-битное. Какой из типов форматов передается по сети - задается определенными битами в поле Control Field.

Особенности CAN

Великолепные возможности CAN определяются мощным набором свойств, которые управляют связью на шине. CAN автоматически управляет всеми функциями передачи данных через:

- автоматический доступ к шине;
- приоритетное разрешение конфликтной ситуации при обращении к шине;
- передачу данных;
- обнаружение ошибок;
- автоматическую ретрансляцию пакетов, ранее переданных с ошибкой;
- подтверждение доставки пакетов;
- автоматическое отключение неисправных узлов.

Как и Ethernet, CAN сеть работает в режиме CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Это означает, что когда имеется кадр для передачи, CAN слушает шину (Carrier Sense - контроль несущей) и если шина свободна, переходит к передаче кадра. Множественный доступ (Multiple Access) заключа-

Таблица 1. Краткие технические характеристики CAN

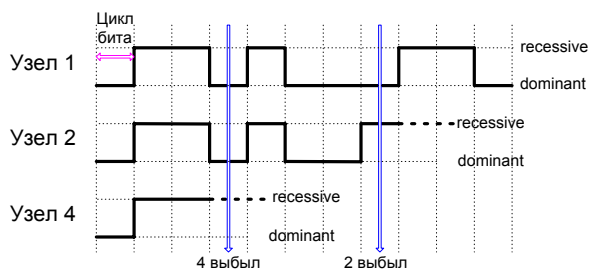
Топология	Шина (моноканал) с терминаторами на концах
Длина шины	Типовое – 40 метров при скорости передачи 1 Мбит/сек., до 10000 метров при уменьшении скорости передачи до 5 Кбит/сек.
Тип шины	Витая пара, силовая сеть, радиоканал, оптоволокно, ИК-канал
Скорость передачи	Стандартизованная – максимум 1 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 (multicast), NRZ кодирование с битстаффингом
Доступ к шине	CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Arbitration), захват шины через приоритет кадра, встроенный арбитраж на битовом уровне, неразрушающий 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 мкс 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:	CAN, 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, ...

ется в том, что любой CAN-узел, определив что шина свободна, может начать передачу своего сообщения.

Различие между CAN и Ethernet происходит, когда два или более узлов одновремен-

но определяют, что шина свободна и начинают передавать свои кадры. Это ведет к конфликтной ситуации (коллизии) на шине. В Ethernet при столкновении передающие узлы обнаруживают эту ситуацию (Collision Detected) и прекращают передавать кадры, чтобы позже попытаться снова передать свои сообщения. Это ведет к потере времени и уменьшению пропускной способности сети. В принципе возможна такая ситуация, когда никто из узлов не уступает дорогу - сеть Ethernet повисает.

CAN такую ситуацию решает по другому. Когда происходит конфликтная ситуация при обращении к шине, CAN определяет победителя на основе побитного арбитража содержимого поля Arbitration Field всех принимающих в конфликте сообщений. Побеждает узел с наивысшим приоритетом и продолжает передавать свой кадр. Другие CAN-узлы с более низкими приоритетами сообщений попытаются передать свои кадры позже. Такой метод определения победителя называется Collision Arbitration (арбитраж столкновения).



**Побитный неdestructивный
(неразрушающий) арбитраж
между узлами 1, 2 и 4**

Поэтому говорят, что Ethernet работает в режиме доступа к шине по алгоритму CSMA/CD, а CAN - **CSMA/CA** (в литературе иногда встречается CSMA/CD+CA).

Данный режим CAN обеспечивается тем, что все CAN узлы подключены к шине по схеме «монтажное И», где узел, передающий «0» доминирует над всеми узлами, передающие «1». CAN выполняет данный побитный арбитраж только над содержимым поля Arbitration Field. Поэтому при проектировании необходимо, чтобы содержимое этого поля - идентификатор - было уникально для каждого

кадра. Никакая пара CAN-узлов не может послать сообщение с одинаковыми идентификаторами. Аналогичным образом, никакой CAN-узел не может принять сообщения разных типов, но с одинаковыми идентификаторами.

Обнаружение и обработка ошибки

CAN протокол имеет мощные средства обнаружения ошибок. В отличие от других шинных систем, в CAN протоколе нет подтверждающих сообщений. Вместо этого он сигнализирует о возникновении ошибок передачи. В CAN реализовано пять механизмов проверки на наличие ошибки (отметим, что все они реализованы аппаратным способом):

- **Bit Error** (ошибка на уровне бита). Одна из уникальных особенностей CAN состоит в том, что любой CAN-узел при передаче своего сообщения может контролировать свой собственный сигнал на шине. Это позволяет CAN надежно определять глобальные ошибки и ошибки, связанные с передатчиком.

- **Stuff Error** (ошибка битстаффинга). При передаче сообщения работает алгоритм битстаффинга (вставка дополнительного бита после пяти подряд идущих бит с одинаковым значением). Если приемниками будет получено шесть последовательных бит с одним и тем же значением, то CAN считает это сообщение ошибочным.

- **CRC Error** (ошибка контрольной суммы). CRC последовательность содержит результат CRC всего сообщения, передаваемого передатчиком. Все (**именно все**) приемники, принимая сообщение, вычисляют CRC и сравнивают ее с полученной. При несовпадении контрольных сумм (полученной в кадре в поле CRC Field и вычисленной) сообщение считается ошибочным.

- **Form Error** (ошибка формата). Все CAN узлы проверяют соответствие структуры принимаемого сообщения его фиксированному формату и его размеру (формат CAN строго фиксирован).

- **Acknowledgement Error** (ошибка подтверждения). Ошибка подтверждения обнаруживается передатчиком, если хотя бы один CAN приемник не подтвердил получение правильного сообщения (или приемников на шине нет вообще).

При приеме кадра все CAN-узлы выполняют механизмы обнаружения ошибки и если какой-либо узел обнаруживает ошибку, он генерирует кадр ERROR Field, который прерывает передаваемый кадр DATA Field или REMOTE Field. При этом передатчик, сообщение которого прервано, **автоматически аппаратно повторит передачу сообщения**.

Применяемые методы позволяют **CAN гарантировать, что сообщение либо правильно принято всеми, либо его не принял никто**.

Каждый CAN-узел поддерживает два внутренних счетчика ошибок: счетчик ошибок при передаче и счетчик ошибок при приеме. CAN использует сложный механизм статистической оценки сбойных ситуаций на узле для распознавания неисправности самого узла. Тем самым в CAN невозможна ситуация, когда неисправный узел блокирует работу всей сети (**CAN сеть «подвесить» невозможно**).

Важнейшая характеристика - вероятность остаточной ошибки (вероятность того, что данные будут искажены и это искажение останется незамеченным) - для CAN крайне мала. Так, если CAN сеть работает со скоростью 1Мбит в сек. при средней загрузке 50 %, общем времени функционирования 4000 часов и средней длиной сообщения 80 бит, то общее количество переданных сообщений составляет $9 \cdot 10^{10}$. Статистическое число не обнаруженных ошибок передачи данных в течение этого времени работы менее 10^{-2} . Другими словами, при эксплуатации системы 8 часов в день в течение 365 дней и частоте появления ошибок 0,7 в секунду **одна не обнаруженная ошибка будет появляться в сети CAN в среднем один раз в тысячелетие**.

Протокол CAN определяет вероятность не обнаружения искаженного сообщения, как

$$q < 4.7 \cdot 10^{-11} \cdot \text{error rate}$$

где *error rate* – частота появления ошибки.

Физический уровень CAN

Физический уровень определяет уровни и схему передачи битовых сигналов на шине.

CAN спецификация не определяет тип физической среды CAN сети. Протокол CAN работает и на витой паре, и на оптоволокне, и на высоковольтной линии 220 В, и радиоканале, и на ИК-канале.

Максимальная скорость CAN шины, согласно стандарта, - 1Мбод. При этой скорости может использоваться максимальная длина кабеля около 40 метров. Соотношение величины длины кабеля и скорости работы CAN:

1000 кбит/сек.	40 метров
500 кбит/сек.	130 метров
250 кбит/сек.	270 метров
125 кбит/сек.	530 метров
100 кбит/сек.	620 метров
50 кбит/сек.	1300 метров
20 кбит/сек.	3300 метров
10 кбит/сек.	6700 метров
5 кбит/сек.	10000 метров

Теоретически возможная максимальная скорость CAN - 1,6 Мбит/сек. на 10 метрах (величина в стандарт не входит). Некоторые CAN контроллеры поддерживают скорости выше 1 Мбит/сек.

Почему выбирают CAN?

Зрелый стандарт. Протокол CAN активно используется уже более 10 лет. Сейчас на рынке представлено много различных CAN изделий и инструментальных средств для него.

Аппаратная поддержка протокола. Протокол CAN реализован в одном кристалле, что позволяет быстро и легко строить высокоэффективные высокоскоростные высоконадежные системы.

Различная среда передачи. Основная среда передачи - витая пара. CAN система может также работать только на одном проводе. Име-

ются системы, использующие в качестве среды передачи - силовые линии, оптоволокно, ИК-канал, радиоканал и др.

Превосходная обработка ошибок. Протокол CAN имеет механизм, позволяющий отключать дефектный узел и не допускать блокирование сети.

Хорошая поддержка систем реального времени. Использование глобальных часов и широковещательный способ передачи сообщений позволяет создавать полностью синхронные системы.

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

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

Внедрение CAN

В настоящее время CAN находит самое широкое применение в различных областях деятельности человека. Это:

Движущийся транспорт:

- Пассажирские автобусы
- Трейлеры и грузовики
- Вагон платформы и тепловозы
- Легковые автомобили
- Планеры и самолеты
- Поезда, электрички и метро
- Морские суда и паромы
- Яхты и моторные лодки
- Сельхоз. машины (комбайны и др.)
- Экскаваторы
- Дорожные машины
- Лесные машины
- Экскаваторы и др.

Промышленная автоматика:

- ПЛК (PLC)
- Роботы и манипуляторы
- Серводвигатели
- Интеллектуальные сенсоры и механизмы
- Гидравлика
- Датчики расхода воды и электричества
- Текстильная промышленность
- Медицинские приборы
- Охранно-пожарная сигнализация
- Лифты
- Стиральные машины
- Системы доступа и др.

Объекты с контурным управлением:

- Системы кондиционирования воздуха (СКВ)
- Системы автоматического регулирования давления (САРД)
- Системы автоматического регулирования температуры (САРТ)
- Мониторинг работы турбин
- Управление паровыми котлами
- Симуляторы кабины пилота

Военные системы:

- Крылатые ракеты и беспилотные планеры
- Истребители
- Военно-морской флот
- Управление в танках
- Подводные лодки
- Самоходный транспорт
- Спутники и космические станции

Чтобы показать Вам всю мощь CAN сети, приведем далеко не полный перечень реальных изделий, где используется Controller Area Network (примеры взяты из буклета CAN Application Spotlights, изданного CiA к 5-летию юбилею - 1997 год - образования ассоциации CAN in Automation, а также материалов доступных в Internet).

Примеры внедрения CAN

Фирма **Glass** (Германия) разработала мощную бортовую диагностическую систему для комбайна Lexion.



Mercedes-Benz (Германия) был первым производителем легкового автомобиля, использующий CAN для объединения электронных блоков управления двигателем.



Большой ряд машин специального назначения, например пожарные машины фирмы **Likenwalde** (Германия), используют CAN сеть.



Управление мощным карьерным гидравлическим экскаватором RH 170 фирмы **Orenstein & Koppel** полностью осуществляется по CAN сети.



Университет **Delft** (Нидерланды) разработали систему управления инвалидной коляской на базе спецификации M3S (в основе лежит CAN протокол), которая скоро получит статус международного стандарта (ISO TC173 SC1 WG7).



Фирма **Deutsche Bahn** (Германия) использует CAN сеть для системы сбора, управления и контроля железнодорожными платформами.



Распределенные системы управления движением на перекрестках фирмы **Multanova** (Швейцария) реализованы на CAN (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



Фирма **Fendt** (Германия) использует CAN сеть в сельскохозяйственных машинах (трактора, погрузчики и другая техника).



CAN Kingdom (протокол прикладного уровня, основанный на CAN) используется в шведских лесоводческих машинах.



CAN сеть используется в США и Европе для управления мощными дизельными двигателями в грузовиках и трейлерах.

Различные европейские производители легковых автомобилей используют CAN сеть для управления габаритными огнями, стеклоподъемниками и другими узлами автомобиля, например модель VW Passat фирмы **Volkswagen** (Германия).



Большинство мировых производителей легковых автомобилей, такие как **Adam Opel AG, BMW AG, Daimler-Benz AG, Dassault, Delco, Denso, Volkswagen AG, Renault S.A., PSA-Peugeot Citroen, Volvo** и многие другие (на данный момент 44 фирмы), объединились в ассоциацию OSEK/VDX (Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug/Vehicle Distributed eXecutive - открытые системы и соответствующие интерфейсы для автомобильной электроники/распределенное управление движущимся транспортом). Спецификации OSEK/VDX базируются на CAN протоколе и стандартизируют локальную сеть движущегося транспорта (легковые автомобили, грузовики, трейлеры и др.).



Более 150 судов и паромов, например TT-Line Clipper, используют систему контроля и управления MCS-5, разработанную фирмой **MTU Electronik** (Германия). Система MCS-5 управляет гребным винтом (RCS), подсистемой электропитания (EPMS), подсистемой противопожарной безопасности и подсистемой резервного питания (UPS), баками, дверьми, люками. Все системы полностью контролируются через CAN сеть.



В погрузчиках фирмы **Fermec International** (Великобритания) система управления и диагностики 4 колес реализована на CAN сети.



Производство моющих губчатых блоков фирмы **Nylonge** (Германия) работает под управлением DeviceNet (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



Штамповочная машина фирмы **Burger** (Германия) для производства ветровых стекол управляется по CAN сети.



Дозировочно-смешивающая машина фирмы **EDF** (Австрия) полностью управляется по CAN протоколу.



Для связи датчиков, гидравлических приводов и экрана в приемнике-смесителе фармацевтических компонент, установленного в Германия, используется CAN сеть.



Система управления мощным токарно-фрезеровальным станком фирмы **Soudronic** (Швейцария) внутренне управляется по CAN сети, используя CAL протокол (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



Контроллеры сервомоторов робота австрийской фирмы **Engel** соединены по CAN.



Подобно другим европейским производителям текстильного оборудования, **Cezoma Textielmachine-fabriek** (Нидерланды) широко использует CAN технологию в своих текстильных машинах.



Fachhochschule Bochum (Германия) использует CAN сеть для управления стеклами камер своей экспонирующей машины.



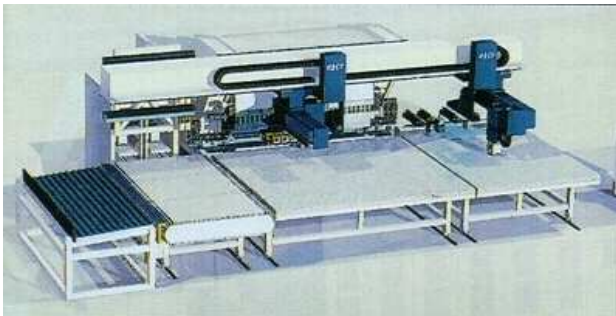
Дерево обрабатывающие машины от **Homag** (Германия) используют систему управления на базе CANopen (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



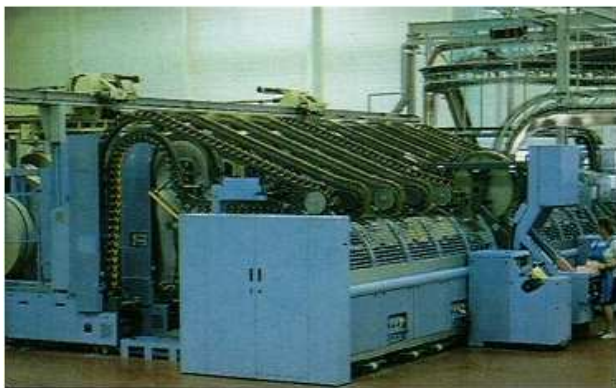
Каждый день несколько тысяч стиральных машин от **Miele** (Германия) начинают свою «первую стирку» на линии окончательного тестирования под управлением CAN сети.



Сгибающая машина от **ЕНТ** (Германия) контролируется через систему VMEbus и подсистему ввода/вывода, реализованную на CANopen.



Типографские машины фирмы **Ferag** (Швейцария), используемые во всем мире, управляются по CAN сети.



Большинство всех упаковывающих комбайнов фирмы **TetraPak** (Швеция) управляются на основе CANopen.



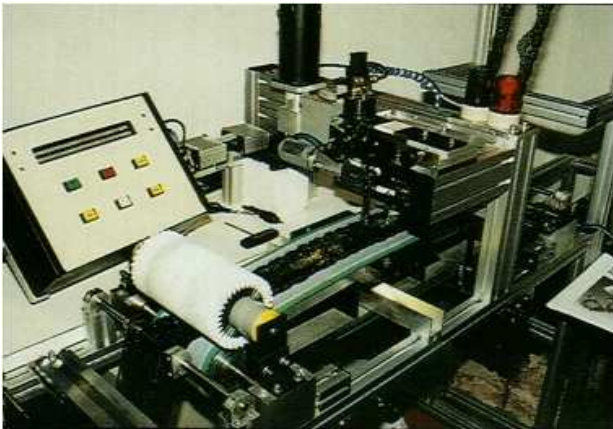
Датчики положения и концевые выключатели завода **Rhode Island Beverage Packaging** (США) объединены системой DeviceNet (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



Протокол SDS (протокол прикладного уровня, основанный на CAN) используется фирмой **Honeywell** (США) в различном оборудовании и аппаратуре.



Машины для пробивки отверстий от фирмы **Willi Lehmann GmbH** (Германия) управляются по CAN сети.



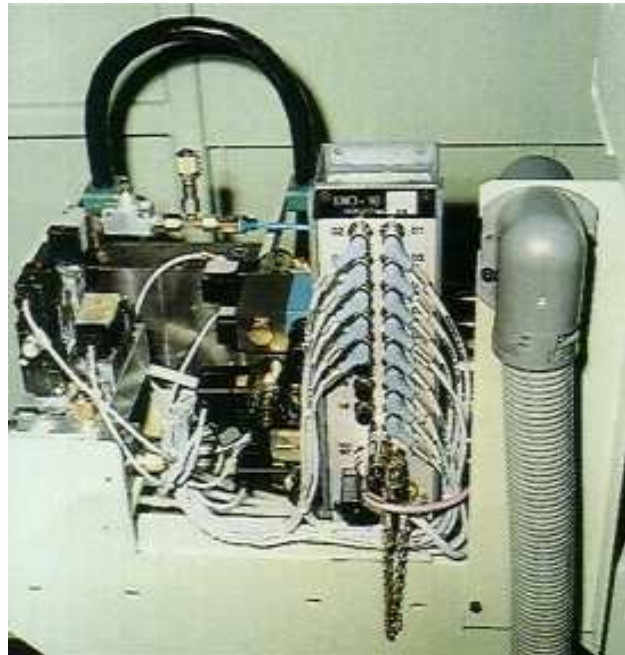
Завод **Northrup King Co.** (США) по производству и упаковке зерна, управляются по CAN сети, объединяя более 200 сенсоров.



Роботы-манипуляторы от **Kuka** (Германия) управляются по CAN сети и используют DeviceNet для связи с внешним миром.



Фирма **Gebr. Heller** (Германия) производит различные встраиваемые промышленные блоки и узлы, имеющие CAN интерфейс, используемые во всем мире, и в частности в автомобильной промышленности.



Автономные и полуавтономные роботы от **Fraunhofer Institute for Production Technique and Automation** (Германия) основаны на VMEbus и CAN сети.



Siemens (Германия) использует сеть CAN в ряде сложных медицинских приборов, например, томограф и кресло дантиста.

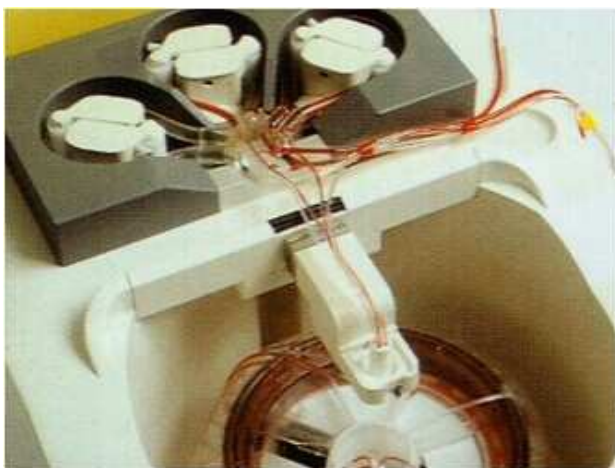


Bactis-160U - полностью автоматизированная клиническая микробиологическая минилаборатория фирмы **Comcat Diagnostic** (Израиль) использует протокол CANopen.



Эндоскоп от фирмы **Storz Medical System** (Швейцария) управляется по CAN сети.

Система С.А.Т.С. определения состава крови от **Fresenius** (Германия) управляется по CAN сети.



Carl Zeiss (Германия) использует CAN сеть для управления зеркалами в своих телескопах для планетариев.



Система управления в хлебах от фирмы **Impulsa** (Германия) полностью основана на CAN.



Все бортовые компьютеры, датчики и исполнительные механизмы объединены CAN сетью в единую систему в различных сериях подводных аппаратов: AUV (Autonomous Underwater Vehicle), ROV (Remotely Operated vehicles), ROTV (Remotely Operated Towed Vehicles), производимых датской фирмой **Maridan AS**.



Аттракцион Great America Triple Wheel (Большое американское тройное кольцо) от фирмы **Paramount** (США) управляется сетью DeviceNet (протокол прикладного уровня, основанный на CAN).



Вся система освещения главного здания **Bank of Portugal** (Португалия) реализована на основе CAN сети.



Несколько театров и залов в центральной Европе, например **Saarland Hall in Saarbrücken** (Германия) используют CAN сеть для управления электрическими приборами и электроникой.



Система освещения и охранно-пожарной сигнализацией **Swiss University of Lausanne** (Швейцария) основана на сети CAN.



Национальная ассоциация морской электроники **NMEA (National Marine Electronics Association, US)** ведет разработку нового стандарта для передачи данными между электронными приборами на кораблях и подводных лодках - стандарт NMEA 2000, который полностью основывается на CAN протоколе. Рабочая группа, которую возглавляет Франк Кассиди (Frank Cassidy), для разработки этого стандарта сотрудничает с международной организацией стандартов ISO (International

Standards Organization), международной электротехнической комиссией IEC (International Electrotechnical Commission), международной морской организацией IMO (International Maritime Organization). Стандарт NMEA 2000, который будет скоро опубликован в окончательной редакции, по производительности в 20 раз превышает действующий сейчас стандарт NMEA 0183 и будет иметь (и не только в морских приложениях) самое широкое международное использование.

Немецко-французская фирма **Eurocopter** использует CAN сеть при проектировании тренажеров для самолетов и вертолетов.



NASA и немецкое космическое агентство **DLR** совместно работают над окончанием проекта SOFIA – самолета Boeing 747-SP, модифицированного под стратосферную летающую обсерваторию. CAN сеть и протокол CANaerospace используется для связи между различными подсистемами.



Всепогодный спасательный вертолет AWRH (All Weather Rescue Helicopter) – объединенный проект **Eurocopter Germany, DASA, Dornier** и **VDO**. Все подсистемы тренажера AWRH и в вертолете Bk-117C2 связаны между собой через CAN сеть и протокол CANaerospace.

Подобный проект недавно был начат **Eurocopter France** по вертолету Dauphine, который также использует CANaerospace.



Тренажерный комплекс для вертолета Bo105 использует модульную децентрализованную архитектуру, реализованную на CAN и CANaerospace, и уже сертифицирован **German Civil Aviation Authorities**.



Joey – макет дирижабля CargoLifter в масштабе 1:8 используется как тестируемый полигон для разработки дирижабля CL160 и будет оснащен системой регистрации полета на основе CAN и CANaerospace.



Также запланированы многочисленные новые проекты, использующие CAN и C A N а е р о с р а с е : **DaimlerChrysler Aerospace** (обучающий полетный тренажер Tornado), **B o d e n s e e w e r k Geraetetechnik** (система контроля двигателя самолета), **SimCo** (тренажер TIGER).

Ведомство Target Reliance Office Министерства обороны США разработала стандарт CDA (Common Digital Architecture - общая цифровая архитектура), который вначале предназначался для систем управления наведением на цели. В настоящее время стандарт CDA может быть использован на различных объектах: от маленьких рези-



Объект BQM-74 является тем испытательным полигоном, на котором разработчики **NAWCAD** (Naval Air Warfare Center, США) изучает возможности и все нюансы CAN технологии и спецификации CDA 101, с детальным анализом возможностей реализации аппаратных и программных средств с соответствующими выводами о будущих проектах Army's USA.



Вся телеметрия объекта MQM-107 от **Army's Targets Management Office** (США), его GPS система и система автопилот объединены и управляются по CAN сети и протоколу CDA 101.



новых лодок до больших судов, от самолетных моделей до полноразмерных реактивных двигателей и ракет, а также для любого транспортного средства на земле. Ранее вооруженные силы США разрабатывали свои собственные стандарты (например, серия MIL-STD-***). Сегодня они вынуждены брать такой стандарт, как CAN. Стандарт CDA базируется на CAN и CAN Kingdom (протокол, основанный на CAN).

Есть информация, что CAN активно используются при проектировании международной космической станции «Альфа».

Надеюсь, Вас, уважаемый читатель, это впечатлило. А ведь это только маленькая часть из того, что работает, передвигается, плавает и летает под управлением CAN сети и высокоуровневых протоколов, базирующихся на CAN!

Кто координирует работы по CAN?

В мире все работы по CAN координируются **CiA in Automation (CiA)** - Международной ассоциацией пользователей и производителей CAN, основанной в марте 1992 года. Ассоциация CiA обеспечивает технической, производственной и маркетинговой информацией с целью рекламы CAN технологии, способствует распространению знаний о CAN. В настоящее время более 340 компаний со всего мира присоединились к этой некоммерческой ассоциации (2 из России: **ООО НПКФ «Дэйтamikро»** и **АО «Текон»**).

CiA разрабатывает и поддерживает различные протоколы прикладного уровня (7-й уровень модели ISO/OSI), основанные на CAN: CAN Application Layer (CAL), CANopen, CAN Kingdom, DeviceNet, SDS:

1. CiA Draft Standard 102 (Ver. 2.0) CAN Physical Layer for Industrial Applications
2. CiA Draft Standard 150 (Ver. 1.5) CAN Power Management Layer
3. CiA Draft Standard 201...207 (Ver. 1.1) CAN Application Layer for Industrial Applications
4. CiA Draft Standard 301 (Ver. 4.0) CANopen Communication Profile for Industrial Systems
5. CiA Draft Standard Proposal 302 (Ver. 3.0) Framework for Programmable CANopen Devices
6. CiA Draft Standard Proposal 401 (Ver. 2.0) CANopen Device Profile for I/O Modules
7. CiA Draft Standard Proposal 402 (Ver. 1.1) CANopen Device Profile for Drives and motion Control
8. CiA Draft Standard Proposal 403 (Ver. 1.0) CANopen Device Profile for human Machine Interfaces
9. CiA Draft Standard Proposal 404 (Ver. 1.11) CANopen Device Profile for Measuring Devices and Closed-Loop Controllers
10. CiA Draft Standard Proposal 405 (Ver. 1.0) CANopen Device Profile for IEC 1131 Programmable Devices
11. CiA Draft Standard Proposal 406 (Ver. 2.0) CANopen Device Profile for Encoders
12. CiA Work Draft Standard Proposal 407 (Ver. 1.0) CANopen Application Profile for Public Transportation

13. CiA Work Draft Standard Proposal 408 (Ver. 1.0) CANopen Application Profile for Forklifts

14. CiA Work Draft Standard Proposal 409 (Ver. 0.3) CANopen Device Profile for Vehicle Door Control

15. CiA Work Draft Standard 501 (Ver. 0.05) CAL-based Profile for Off-Road Vehicles and Truck Superconstructions

16. CAN Kingdom Ver. 3.0 (фирма Kvaser, Швеция)

17. DeviceNet Vol. 1 & 2, Release 2.0 (ODVA, фирма Allen-Bradley корпорации Rockwell, США)

18. Smart Distributed Systems Ver. 2.0 (SDS) (корпорация Honeywell, США)

CiA ежегодно проводит международные CAN конференции **iCC (international CAN Conference)** с полным изданием материалов конференции на английском языке:

1. 1st international CAN Conference 1994 (300 стр.)
2. 2nd international CAN Conference 1995 (340 стр.)
3. 3rd international CAN Conference 1996 (360 стр.)
4. 4th international CAN Conference 1997 (360 стр.)
5. 5th international CAN Conference 1998 (300 стр.)
6. 6th international CAN Conference 1999 (300 стр.)
7. 7th international CAN Conference 2000 (будет проходить в Амстердаме, 24-25 октября 2000 г.)

CiA патронирует выпуск специальной литературы по CAN:

1. Dominique Paret «Le Bus CAN», 1996, (на фр.)
2. Dominique Paret «Le Bus CAN Application. CAL, CANopen, DeviceNet, OSEK, SDS ...», 1999, (на фр.)
3. Konrad Etschberger «CAN», 1st edition, 1996, (на нем.)
4. Wolfhard Lawrenz «CAN System Engineering. From Theory to Practical Applications», 1st edition, 1997, (на англ.)
5. Konrad Etschberger «Controller Area Network (CAN). Basic, Protocols, Chips, Applications», 3rd edition, 2000, (на нем.)

6. Konrad Etschberger «CAN», 2nd edition, будет в конце 2000, (на англ.)

7. Wolfhard Lawrenz «CAN», 2nd edition, 1998, (на нем.)

8. Wolfhard Lawrenz «CAN System Engineering», 2nd edition, будет в конце 2000, (на англ.)

9. Sonderhaft Controller Area Network, Vogel Verlag, 1998, (на нем.)

10. Журнал «CAN Newsletter», выходит 1 раз в квартал, (на англ.)

Со всеми перечисленными стандартами, материалами всех конференций, книгами и журналами CAN Newsletter можно ознакомиться в офисе НПКФ «ДЭЙТАМИКРО». Вы можете также все это заказать через нас (к сожалению стандарты, материалы конференций, книги и журналы платные). По ценам - смотрите на <http://www.datamicro.ru> или звоните.

Вы можете также ознакомиться у нас со следующими материалами:

1. Спецификация OSEK/VDX
2. Международный стандарт ISO 11898
3. Международный стандарт ISO 11519-2
4. Международный стандарт ISO 11519-3 (VAN)
5. Книгой Bruno Abou, Joel Malville «Le Bus VAN. Vehicle Area Network. Fondements du protocole», 1997, (на фр.)
6. Каталог изделий CANopen (издается CiA два раза в год)
7. Каталог изделий ассоциации ODVA (издания, поддерживающие DeviceNet)
8. Каталог CAN Solutions Directory 1997, издательство Miller Freeman
9. Каталоги различных фирм мира, производящих изделия, совместимые с CAN
10. Информация практически обо всех микросхемах, поддерживающих CAN.

Что мы сейчас проектируем на CAN?

НПКФ «ДЭЙТАМИКРО» в настоящее время занимается разработкой следующих систем, комплексов, блоков и узлов, а также пакетов программного обеспечения:

1. **Цифровой блок управления и контроля системой кондиционирования воздуха для самолета-амфибии Бе-200.** Блок использует CAN сеть для межплатного обмена, а также для обмена между основным и резервным блоком (левый и правый борт). Через CAN также подключены «черный ящик» и Notebook.

2. **Система охранно-пожарной сигнализации и доступа ACS-2000** на основе CAN сети для больших объектов с общим количеством обслуживаемых помещений до 4000 (гостиницы, санатории, жилые дома). Ориентировочная цена - от \$130 до \$495 за одно помещение в зависимости от конфигурации устройств в помещении. На данный момент нами установлено более 12 комплексов с общим количеством сетевых контроллеров свыше 4500 (это ТК «Дагомыс», гостиница «Жемчужина» и банк «Сочи», гостиница «Интурист» в Ростове на Дону, а также другие гостиницы в Сочи, Адлере, Кабардинке, Москве и других городах).

3. **Электронная система управления гидромеханической передачей для семейства путевых машин МПТ-6.** В 2001 году предполагается перевод на CAN всей электроники путевой машины МПТ-6.

4. **Сетевой печатающий контроллер для термопечатающего механизма LTP 1444 фирмы Seiko Instruments Inc.** Контроллер работает через CAN сеть, что позволяет одним PC управлять печатью многими принтерами одновременно со скоростью 10 строк в секунду.

5. **Шлюз CAN-LIN**

6. **Блок дактилоскопической идентификации личности человека по отпечатку пальца.** Блок имеет выход на сеть CAN. Устройство не содержит оптику, призмы и не требует подсветки, малогабаритно, обеспечивает разрешение 500 dpi и предназначено для использования в различных комплексах (системы доступа, системы охранной сигнализации и др.).

7. **Шлюз CAN-PLM (220V, 50Hz).** Блока передачи информации по высоковольтной линии электроэнергии 220В, 50 Гц. Используемый протокол - S.N.A.P. и EHS (European

Home Systems). Скорость передачи 2400 бит в сек., способ передачи информации - ASK и FSK. Блок не требует автономного источника питания. Блок может использоваться для создания локальной сети устройств, использующих высоковольтную проводку в таких объектах как:

- торговые магазины и универсамы (локальная сеть кассовых аппаратов для сбора оперативной информации по продвижению товара);
- административные здания (мониторинг потребления электроэнергии каждой комнатой в администрациях, институтах, квартирах жилого дома и т.д.);
- больницы, хосписы (передача по сети 220 В сигнала ПОМОЩЬ от кнопки возле каждой кровати с идентификацией этажа, палаты, койки);
- ряд других объектов (банки, школы, почта, ТТУ и т.д.).

8. **Драйверы CAN для различных CAN-контроллеров:** Fujitsu: MB90F543, F548, F594A, F598; Siemens: C505CA, C515C, C164CI, C167CR; Microchip: MPC2510, PIC18F258, F458; Mitsubishi Electric: M306NOFCT; Philips: SJA 1000.

9. **Операционная система DuOS** (для C505C и C515C от Infineon-Siemens).

10. **Операционная система DuOSEK.** Система является OSEK/VDX Conformant Operating System и поддерживает работу CAN микроконтроллеров Fujitsu, Mitsubishi Electric, Philips, Siemens, Microchip и Fairchild.

10. **Пакет программ CAL** (Slave, Master/Slave) для CAN-контроллеров.

11. **Пакет программ CANopen** (Slave, Master/Slave) для CAN-контроллеров.

Кроме того мы поставляем CAN интерфейсные платы, программное обеспечение (объектные и исходные коды, драйвера, библиотеки) и инструментальные средства (анализаторы, интерпретаторы и многое другое) для работы с CAN сетью от фирмы **IXXAT Automation GmbH** (Германия). Запрашивайте новый каталог: **IXXAT. Products and Services 2000|2001**. Каталог также доступен на немецком и английском языках по адресу:

<http://www.ixxat.de>

Где и Что можно почитать о CAN?

1. <http://www.datamicro.ru>

Сайт фирмы «Дэйтamikpo», раздел «Библиотека».

2. <http://www.can-cia.de>

Сайт **CiA (CAN in Automation)** - Международная ассоциация пользователей и производителей CAN продуктов. Здесь есть все о CAN, а также список полных членов ассоциации CiA с их адресами в Internet.

3. <http://www.stzp.de>

Сайт фирмы **stzp (Steinbeis Transferzentrum Prozeßautomatisierung)** - в дополнение к большому спектру CAN-изделий, такие как CAN инструментальные средства, CAN компоненты и высокоуровневые протоколы, профили (CAL, CANopen, DeviceNet, SDS), stzp главным образом обеспечивает выполнение по заказу клиентов проектирование и реализацию специфических CAN-приложений. Один из мировых лидеров CAN технологии.

4. <http://www.ixxat.de>

Сайт фирмы **IXXAT Automation GmbH**, созданная на базе stzp, концентрируется на разработке, распространении и долговременном обслуживании CAN-устройств и основанных на них системах. Один из мировых лидеров CAN технологии. Официальный дистрибьютор в России и Беларуси - фирма «Дэйтamikpo».

5. <http://www.bosch.de/k8/can/>

CAN-страница фирмы **Robert Bosch GmbH**. Здесь Вы найдете CAN спецификацию.

6. <http://www.warwick.ac.uk/~esrpy/>

Сайт **Warwick University** - очень большая подборка информации общего плана о CAN и DeviceNet. Здесь Вы найдете также CAN-калькулятор для вычисления констант при настройке на указанную скорость CAN сети.

7. <http://www.vector-informatik.de/>

Сайт фирмы **Vector Technische Informatik** - компания специализируется на разработках, которые полностью ориентированы на CAN-технологии. Один из мировых лидеров CAN технологии.

8. <http://www.kvaser.se/main.htm>

Сайт компании **KVASER AB** - специализируется на распределенных встраиваемых системах управления, на основе CAN. Компания предлагает большой спектр CAN продуктов. Здесь Вы найдете информацию о CAN Kingdom, CDA 101, NMEA 2000. Один из мировых лидеров CAN технологии.

9. <http://www.ime-actia.com/>

Сайт компании **I+ME ACTIA GmbH** - компания предлагает качественные аппаратные и программные решения для сетей, основанных на CAN.

10. <http://developer.intel.com/design/auto/can/applnots/>

CAN-страница фирмы **Intel**.

11. <http://www.semiconductors.com/can/>

CAN-страница фирмы **Philips Semiconductors**.

12. <http://www.infineon.com/us/micro/can/prods.html>

CAN-страница фирмы **Infineon Technologies AG**.

13. <http://www.infocom.mesc.co.jp/indexe.htm>

CAN-страница фирмы **Mitsubishi**.

14. <http://www.fujitsu-fme.com/index4.html?/products/micro/can/start.html>
CAN-страница фирмы **Fujitsu**.15. <http://www.omegas.co.uk/CAN/>

Домашняя страница **Mike Schofield**.
Вводная информация о CAN. Много ссылок.
Полезная страница.

16. <http://www.xtel.de/s/C/CAN.htm>

Домашняя страница **Onkel Dagobert**.
Много ссылок.

Заключение

Надеюсь, что я смог убедить Вас, что шина CAN достойный претендент на звание лучшей полевой шины, с которой надо входить в XXI век. Уже в 1997 году CAN-контроллеров было произведено больше, чем всех остальных вместе взятых контроллеров полевых шин (Bitbus, ASI, Interbus-S, Profibus, FIP, LON, P-Net).

Я буду Вам очень признателен, если Вы поделитесь представленной здесь информацией с другими специалистами и фирмами, кому она может быть интересна и потенциально полезна.

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

НПКФ «ДЭЙТАМИКРО» основана в 1991 г. С 1997 г. полный член ассоциации **CAN in Automation (CiA)**. С 1998 г. официальный эксклюзивный дистрибьютор немецкой фирмы **IXXAT Automation GmbH** (www.ixxat.de) в России и Беларуси. Основными направлениями деятельности фирмы являются разработка и внедрение территориально-распределенных сетевых (на основе **CAN технологии**) систем управления, сбора и обработки информации в: движущихся объектах (воздушные, надводные, подводные), промавтоматике, сельском хозяйстве, а также охранно-пожарных систем и систем доступа.

тел: (8634) 310-990, факс: (8634) 320-219
www.datamicro.ru