



## ОТЕЧЕСТВЕННАЯ АВТОМАТИКА IoTA CONTROLS: НА СТЫКЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ТРАДИЦИОННОЙ АСУТП

Ю.С. Столяров (ООО «Коннет»)

Рассмотрены основные технические характеристики контроллера, входящего в состав новейшей отечественной разработки: программно-аппаратного комплекса IoTA Controls. Приведены особенности программного обеспечения данного ПТК.

Ключевые слова: автоматизация зданий, контроллер, интернет вещей, FBD, API, мобильное приложение, облачный сервис, диспетчеризация, SCADA, HTML5, Business Intelligence.

ООО «Коннет» (Москва) совместно с компанией IoTA Controls из штата Невада (США) разработали программно-аппаратный комплекс IoTA Controls™, получивший название от Internet of Things Automation и использующий бурно развивающиеся сейчас технологии Интернета вещей и передовые технологии микроэлектроники и программного обеспечения [1,2].

В рамках системы IoTA Controls разработаны универсальные общепромышленные контроллеры, которые могут применяться в самых разных областях — коммунальное хозяйство, интеллектуальные здания, промышленные установки, пивоварение, сыроделие, машины по продаже мороженого и т.п. Расширенный температурный диапазон (-20...70°C) позволяет использовать контроллеры для суровых условий эксплуатации. Малые габариты и высокая плотность расположения входов/выходов позволяют встраивать контроллеры непосредственно в технологическое оборудование и в те места, где малые габариты игра-

ют решающую роль. Система быстрого монтажа в разы снижает временные затраты на сборку шкафов управления. Многочисленные коммуникационные модули дают возможность организовывать общение между контроллерами, а также между контроллерами и серверами сбора данных и другим программным обеспечением по различным каналам связи — Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, Power Line и т.д.

### Описание контроллера

Аппаратная часть системы представлена контроллерами линейки Forte™ (рис. 1). Контроллеры имеют часы-календарь, планировщик, архивацию параметров, сторожевой таймер, энергонезависимую память. Процессор ARM Cortex-M4 с частотой 168 МГц обеспечивает минимальное время исполнения цикла программы от 70 мкс.

Контроллеры могут быть объединены в одноранговую сеть TCP/IP или Power Line Communication (до 256 устройств) и обмениваться информацией по ней. Обмен информацией между контроллерами может производиться как по фирменному протоколу Connet-bus, так и по протоколу Интернета вещей MQTT. В случае использования протокола MQTT контроллеры могут работать совместно с любыми MQTT-совместимыми устройствами. Дополнительно есть поддержка Modbus TCP. Скорость обмена данными практически не зависит от числа одновременных подключений. При этом от-

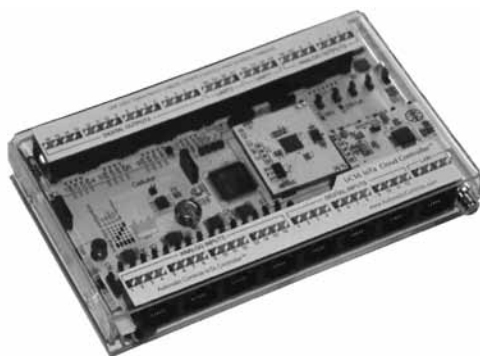


Рис. 1

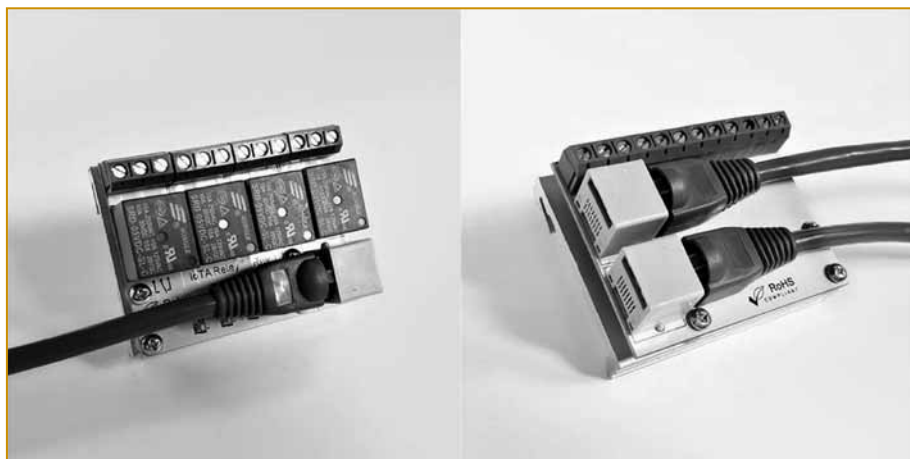


Рис. 2

Таблица. Основные характеристики контроллера

Характеристика	Значение
Питание	5 В, мощность 2...5 Вт, возможно питание через USB порт
Процессор	ARM Cortex-M4F, 168 МГц
Память	Энергонезависимая: 8 Кб для уставок, 4 Кб для параметров ОЗУ: 192 Кб; ПЗУ: 1024 Кб; Внешняя: до 32 Гб (SD - карта)
Аналоговые входы	16 ед., типы датчиков: 0...3 В/0...10 В/0...20 мА/ТС 1кОм/Термисторы 3К и 10К/ Потенциометры 0...100 кОм/Термопары/Тензодатчики /Сухой контакт
Цифровые входы	12 ед. (из них 10 - счетные до 10 кГц), сухой контакт/потенциальный до 5В
Аналоговые выходы	6 ед., тип сигнала: 0...10 В, 0...20 мА, форма сигнала: сглаженный, ШИМ 1 кГц
Цифровые выходы	16 ед., тип сигнала: сухой контакт, защита от переполсовки, до 65В / 0,3А
Последовательные порты	2 ед., тип интерфейса: RS-232, RS-485, CAN 1200...921600 бит/с Число внешних устройств на порт RS-485: до 256 ед.
Индикация	Режим работы (нормальный, остановлен, отладка), Пользовательская - RGB светодиоды Цифровые выходы (срабатывание), последовательные порты (прием / передача)
Слоты для коммуникационных модулей	3 ед. для модулей: Ethernet 10/100, Power Line Communication, Wi-Fi, Bluetooth, Touchscreen
Дополнительные разъемы	1 ед. для подключения модулей расширения

каз одного из контроллеров не влияет на работоспособность других.

При проектировании контроллера применен мезонинный принцип: в основную плату вставляются коммуникационные модули, преобразователи последовательных интерфейсов, модули. Они вставляются в специальные слоты и не выходят за габариты контроллера. Для увеличения количества аппаратных входов/и выходов к контроллеру могут пристыковываться различные модули расширения, дискретных сигналов, аналоговых сигналов, а также комбинированные.

Контроллер закрывается прозрачной крышкой с магнитным креплением, благодаря чему удобно наблюдать за светодиодами, индицирующими работу выходов, пользовательской сигнализации, а также видеть конфигурацию контроллера.

Для подключения входных/выходных сигналов применяются разъемы RJ-45 (восемь контактов на разъем), благодаря чему достигается их высокая плотность (50 входов/выходов и два последователь-

ных интерфейса при габаритах контроллера, сопоставимых со смартфоном). Для подключения контроллеров к оборудованию нижнего уровня применяются оконечные терминалы — релейный модуль для подключения силовой нагрузки и терминальный модуль для подключения датчиков и исполнительных механизмов (рис. 2). Терминальный модуль имеет два исполнения — без гальванической изоляции и с изоляцией до 2,5 кВ с возможностью подключения сигналов напряжением 12...400 В.

К терминалам контроллер подключается кабелями UTP, за счет чего время монтажа шкафа автоматики сокращается в 3...4 раза, а также отсутствует необходимость прозвонки каждого соединения.

В бескорпусном исполнении высота контроллера составляет всего 16 мм, поэтому его можно легко встраивать

практически в любое технологическое оборудование.

Несмотря на скромные размеры, контроллер обладает внушительным числом входов/выходов (таблица).

Для удобной беспроводной связи к контроллеру подключаются внешние Wi-Fi антенны.

Отметим богатые возможности по архивации параметров. Для этого предназначена Micro SD карта (до 32 Гб). Возможно одновременное ведение до 10 архивов, триггером для которых служат различные события:

- заданный интервал, который определяется в минутах, часах и секундах;
- фронт логической переменной;
- спад логической переменной;
- изменение состояния логической переменной (фронт или спад);
- изменение показаний часов — минуты, часа, суток, недели, месяца;

- заданное время суток с точностью до секунды.

При помощи специального алгоритма можно организовать запись при изменении вещественной или целой переменной на заданную величину.

Из коммуникационных возможностей наряду с уже привычными интерфейсами Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, GSM особо выделим технологию Power-Line-Communication, которая позволяет передавать информацию по силовой сети ~220 В. В настоящее время существует несколько стандартов такой передачи данных. В IoTA Controls применяется стандарт G3. Контроллеры с таким ин-

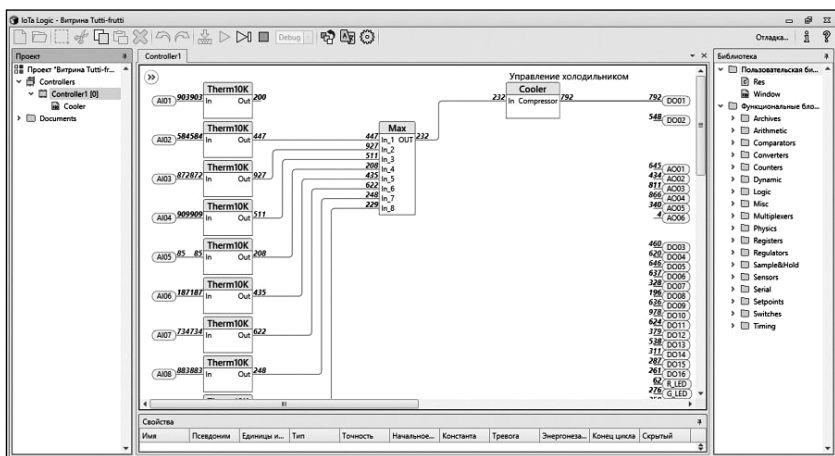


Рис. 3

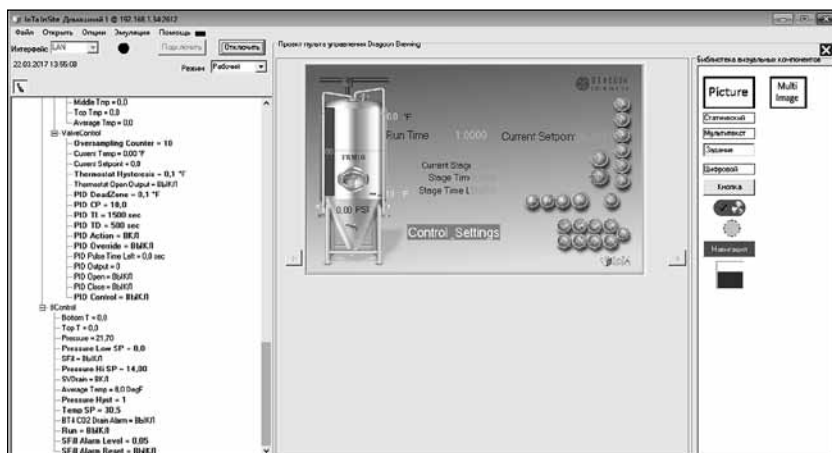


Рис. 4

терфейсом могут быть установлены в таких местах, куда сложно или слишком дорого протягивать интерфейсный кабель, а радио-технологии неприменимы. Примером может служить кухонное оборудование, которое может перемещаться при проведении санитарных работ. В этих условиях металлический корпус будет экранировать радиосигнал, а интерфейсный кабель или выносная антенна практически неизбежно будут повреждены. Передача данных по силовой сети в этом случае будет настоящей «палочкой выручалочкой». Дальность передачи данных может достигать до 2 км по кабелю, причем оборудование может находиться на разных фазах.

Контроллеры могут комплектоваться разными радио-датчиками, построенными по mesh-технологии 6LoWPAN, рассчитанной на батарейное питание, а субгигагерцовый диапазон частот повышает дальность действия. Одной из привлекательных сторон технологии 6LoWPAN является то, что связь между устройствами осуществляется по протоколу IPv6, который поддерживается всеми современными роутерами, что существенно упрощает процедуры настройки при установке радио-устройств на объекте.

**Программное обеспечение системы Controls**

**Программа разработчика IoT Logic**

Программа IoT Logic™ предназначена для разработки пользовательских приложений (функциональных алгоритмов) для контроллеров серии IoT, реализующих логику их поведения (рис. 3).

Разработка приложения производится посредством функциональных блоков (язык FBD, стандарт МЭК 61131–3), входящих во встроенную библиотеку. Кроме встроенной библиотеки программа позволяет пользователю разрабатывать собственные функциональные блоки как посредством FBD, так и на языке C и сохранять их в пользовательской библиотеке, для чего служит встроенный и весьма удобный редактор языка C.

При отправке функционального алгоритма другому пользователю или в службу техподдержки блоки, входящие в локальную пользовательскую библиотеку, могут быть экспортированы, причем состав блоков, подлежащих экспорту, программа определяет автоматически.

Для доступа из функциональных блоков к данным и методам, управляемым прошивкой контроллеров, предназначены API. Разработаны следующие API: системные, для работы с калибровочными данными, с UART и с файловой системой.

Программа позволяет проводить отладку приложений в режиме on-line, подключившись к реальному контроллеру по интерфейсу USB или по сети Intranet/Internet. Таким образом, процесс отладки может производиться локально и удаленно. Если на объекте несколько контроллеров, то каждый контроллер может быть отлажен индивидуально. При этом можно наблюдать «вживую» изменение значений входов/выходов каждого функционального блока. Возможна и пошаговая отладка.

Программа позволяет разрабатывать приложения как для одиночного контроллера, так и для сети контроллеров, обменивающихся данными по сети TCP/IP. Компиляция приложений происходит с помощью встроенного компилятора GCC. Загрузка скомпилированного приложения в контроллер происходит как с помощью IoT Logic, так и с помощью программы наладчика IoT InSite.

**Программа наладчика IoT InSite**

Программа IoT InSite™ является средством наладчика для работы с контроллерами серии IoT: наладка, настройка параметров, управление, контроль состояния (рис. 4).

Функциональные возможности IoT InSite™:

- программирование прибора: загрузка приложения (функционального алгоритма), обновление ОС, прошивки коммуникационных модулей, описания архива, калибровочной таблицы;
- контроль и установка новых значений всех параметров настройки, предусмотренных приложением прибора;
- контроль всех входных/выходных сигналов, используемых приложением прибора. Переключение любого из дискретных или аналоговых выходов в режим ручного управления и управление им вручную;
- наблюдение за графиками изменения параметров;
- просмотр списков переменных в отдельных окнах;
- контроль возникновения тревог, предусмотренных в приложении;
- настройка архивирования параметров;
- создание проекта пульта управления на основе Android — устройств. Режим эмуляции Android-устройства для проверки правильности функционирования созданного проекта;
- настройка Планировщика;
- установка сетевых настроек коммуникационных модулей.



Рис. 5

**Средства взаимодействия с оператором**

Для тех случаев, когда необходимо локальное оперативное управление, в контроллер может быть установлен пульт управления на основе touchscreen-панели размером 2.4 дюйма. Несмотря на скромные размеры, экран информативен и позволяет разместить на нем текстовую, числовую и графическую информацию и даже реализовывать некоторые несложные виды анимации.

**Программа мобильного оператора IoTA Touchpanel**

Программа IoTA Touchpanel™ предназначена для установки на Android-телефоны и планшеты для создания на их основе панелей управления (рис. 5). Программа в настоящее время поставляется в виде арк-файла. В наличии есть две модификации программы — для связи с контроллерами по интерфейсу USB, а также для связи по Wi-Fi либо Bluetooth.

Программа позволяет загрузить в нее проект, созданный в IoTA InSite, и отображать многостраничные мнемосхемы с возможностью навигации, значения параметров контроллера, а также изменять значения переменных.

У подавляющего большинства промышленных пультов управления есть ахиллесова пята — невозможность дистанционного обновления загруженного в них проекта, из-за чего при обновлении функционального алгоритма в контроллере, к которому они подключены, зачастую возникает несогласованность между контроллером и пультом. Применение бесплатного приложения TeamViewer Host совместно с IoTA Touchpanel™ позволяет решить эту проблему.

**Программа оператора IoTA SCADA**

IoTA SCADA™ — это облачный сервис, предназначенный для:

- создания и наблюдения в любом Internet-браузере технологических мнемосхем, на которых отображаются показания с контроллеров;
- получения различных отчетов из архивных данных;
- оповещения о нештатных ситуациях;
- построения графиков показаний в реальном времени;

- других полезных функций.

Программа IoTA SCADA создана с использованием всех возможностей языка HTML5, библиотек Elastic и др. Все компоненты мнемосхем являются SVG-совместимой векторной графикой. Пользователь может использовать не только компоненты из встроенной библиотеки, но и создавать собственные, в том числе анимированные компоненты, используя встроенный векторный графический редактор Inkscape и сохранять их в своей локальной библиотеке.

В первоначальном варианте IoTA SCADA реализована в виде облачного сервиса, а в дальнейшем планируется создать версию, которую можно будет использовать в качестве корпоративной SCADA-системы.

**Модуль статистического анализа данных**

Эксклюзивной особенностью программы IoTA SCADA, неимеющей аналогов среди других SCADA систем, является модуль статистического анализа больших массивов данных (Business Intelligence, BI, Big Data mining) с элементами искусственного интеллекта. Модуль позволяет осуществлять не только анализ технологических параметров для конкретного объекта, но и анализировать данные со всех доступных объектов, находить корреляции между разными параметрами и т. п. Такой анализ может проводиться самыми разными способами вплоть до того, что модуль на основании эвристических правил сам анализирует загруженный в него массив данных, выявляет закономерности и сообщает о них оператору. При этом для первичного анализа оператору не нужно даже формировать какие-либо критерии анализа выборок. Все эти возможности позволяют, в частности, прогнозировать поведение объекта в будущем, заранее выявлять потенциальные отказы оборудования и давать рекомендации по его плановой замене (в англоязычной литературе это называется predictive maintenance). Подобный инструмент особенно полезен для производителей оборудования, эксплуа-

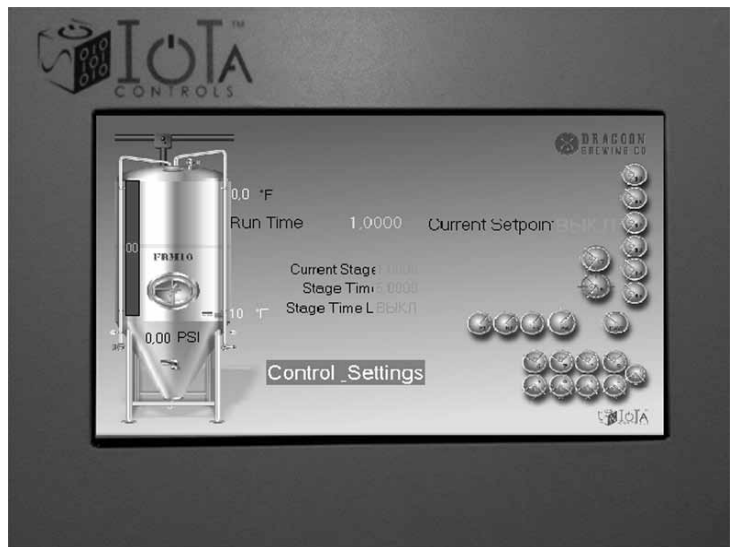


Рис. 6

тируемого в разных условиях. Можно проанализировать эффективность работы этого оборудования по разным критериям и выработать рекомендации для повышения эффективности или своевременному ремонту. Все это способствует высоконадежной эффективной работе предприятия и увеличению его прибыли.

#### Пример внедрения

Разработанный комплекс IoT Controls сейчас активно внедряется на объектах в России и за рубежом. Одним из первых масштабных внедрений системы является управление процессом производства пива на пивоварне Dragoon Brewing в городе Тьюссон, штат Аризона (рис. 6). Производство пива относится к так называемым Batch-процессам, то есть многоэтапным процессам, где на каждом этапе нужно контролировать многие параметры, основными из которых в данном случае являются температура и давление в цистернах ферментации и осветления.

Процесс ферментации — наиболее ответственный и длительный многоступенчатый процесс, во время которого необходимо не только точно выдерживать температуру продукта, но и переходить с одной стадии на другую с оповещением персонала и возможностью изменения длительности стадий "на лету". Для этого был разработан сложный и многофункциональный программный задатчик, обеспечивающий заказчику все возможности для получения продукта наивысшего качества. Именно процесс ферментации определяет вкусовые свойства пива.

Процесс осветления по времени несколько короче, но также требует точного контроля параметров и такие же функции программного задатчика.

#### Список литературы

1. Ицкович Э.Л. Особенности современных промышленных контроллеров // Автоматизация в промышленности. 2014. №4.
2. Hussain F. Internet of Things. Springer. 2017.

*Столяров Юрий Сергеевич — технический директор ООО «Коннет».*  
 Контактный телефон +7(909)155-43-43.  
[Http://: www.iotacontrols.ru](http://www.iotacontrols.ru) E-mail: [info@iotacontrols.ru](mailto:info@iotacontrols.ru)

## МЗТА ПРЕДСТАВЛЯЕТ: ПРОГРАММНО — ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КОМЕГА

Г.Б. Борисов (ООО «НТЦ МЗТА»)

**МЗТА**

*Представлена архитектура программно-технического комплекса Комега, являющегося развитием комплекса Контар и представляющим собой комплексное решение в сфере автоматического управления и диспетчеризации. Приведены технические характеристики модулей ПТК Комега, и рассмотрено программное обеспечение комплекса.*

*Ключевые слова: свободно программируемый контроллер, интегрированная среда разработки, SSL-шифрование, OPC, облачные технологии, Web-доступ, мобильный диспетчер.*

Задачи, которые решают системы автоматизации, в настоящее время характеризуются разнообразием и сложностью. Это привело к интеллектуализации этих систем и к широкому внедрению свободно программируемых контроллеров. Еще одной тенденцией нашего времени является бурное развитие Web- и облачных технологий, которое активно проникает и в сферу автоматизации [1,2].

ОАО «МЗТА» в своем развитии всегда учитывало современные мировые тенденции и стало одним из первых российских производителей автоматизации, внедрившим Web-технологии для автоматизации и диспетчеризации инженерных систем и приступившим к производству свободно-программируемых контроллеров (хорошо известный российским инженерам ПТК КОНТАР). При создании КОНТАР учитывался 40-летний опыт работы МЗТА в области автоматизации в СССР и России. Учитывался и передовой зарубежный опыт, для чего разработка и внедрение проводились в сотрудничестве с компаниями Arecont Systems и Current Energy (США). В настоящее время десятки тысяч контроллеров КОНТАР работают на множестве объектов на всей территории нашей страны, СНГ, США и других государств.

Доступность ПТК Контар для потребителя обеспечивается умеренной ценой, обширной дилерской сетью, развитой системой обучения и подготовки специалистов, бесплатной технической поддержкой, открытой базой готовых проектных и алгоритмических решений по автоматизации.

Технологии, впервые опробованные в ПТК Контар, получили дальнейшее развитие в следующем поколении автоматизации — ПТК Комега. Это система автоматизации малых, средних и больших объектов, в том числе территориально-распределенных, основанная на свободно программируемых микропроцессорных системах управления (контроллерах) и на совокупности программных средств для их программирования, пульта управления и диспетчеризации (рис. 1). Целью проекта является создание современного продукта среднего ценового диапазона, который полностью может заменить дорогостоящие западные комплексные решения в сфере автоматического управления и диспетчеризации.

Современные технические решения, примененные в ПТК Комега, получили одобрение Инновационного центра Сколково. Проект МЗТА «Программно-технический комплекс (ПТК) "Комега"» стал финалистом конкурса по отбору 50 лучших стартапов в номинации