

Промышленный контроллер: от элементарных «строительных кирпичиков» до «мозга» систем автоматизации

Юлия Гарсия

Прогресс в развитии микроэлектроники повлиял и на развитие программируемых логических контроллеров, превратив их из средств автоматизации узкоспециального назначения в многофункциональные устройства, адаптированные для сферы промышленного Интернета вещей. Примером таких многофункциональных устройств могут служить PAC-контроллеры компании Advantech.

Стороннему наблюдателю могло бы показаться [1], что кривая роста вычислительной мощности процессоров вышла на плато, впрочем, с появлением многоядерной архитектуры производительность выросла благодаря объединению в многоядерный кристалл стандартных блоков обработки данных, обеспечивающих параллельные вычисления и обмен данными между ядрами. В настоящее время технология повышения вычислительной мощности процессора за счёт увеличения количества ядер продолжает развиваться как в коммерческих электронных устройствах, так и в аппаратуре промышленного сектора. Собственно говоря, именно совершенствование аппаратных средств подстёгивает развитие программных технологий, и наоборот, периодически сложность и функциональные возможности программных технологий ограничиваются аппаратной производительностью, равно до того момента, когда технические новшества открывают дополнительные возможности для дальнейшего усложнения функциональности программного обеспечения.

Это легко проследить, если обратить внимание на функциональные возможности современных PAC-контроллеров (Programmable Automation Controller, согласно терминологии ARC Advisory Group – программируемый контроллер автоматизации) и программируемых логических контроллеров (ПЛК), – как

менялись технологии программирования, быстродействие, функциональные возможности.

СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

На протяжении десятков лет промышленные контроллеры – «рабочая лошадка» автоматизации – прошли длительный путь формирования и взросления, от наборов реле, построенных по принципу жёсткой логики, имеющих всего несколько дискретных каналов ввода/вывода и предназначенных для решения простейших задач автоматического регулирования, до центрального элемента сложных иерархических систем с тысячами каналов ввода/вывода, работающих под управлением мощных процессоров с многоядерной архитектурой и использующих развитые встроенные средства программирования.

В настоящее время обширный спектр стандартных задач автоматического регулирования (управление приводами, клапанами, частотными преобразователями, обработка и анализ дискретных и аналоговых сигналов) немислим без коммуникационных функций связи с облачными SCADA, ERP и MES-системами, что побуждает производителей программируемых логических контроллеров расширять модельный ряд и функциональность ПЛК, создавая новые классы устройств, такие как PAC-контроллеры, контроллеры граничных

вычислений, а также специализированные шлюзы данных для систем промышленного Интернета вещей (IIoT). Все эти устройства должны иметь развитые средства информационной защиты, так как особенность архитектуры и свойств программно-аппаратного обеспечения этой категории информационно-управляющих систем в том, что она максимально приближена к станкам, технологическому оборудованию, исполнительным механизмам электростанций, системам транспортировки нефти и газа, словом, к тем устройствам, нештатная работа или блокировка которых может привести к последствиям, сравнимым с результатами диверсий [2].

Вместе с тем как устройства промышленного применения контроллеры должны соответствовать стандартам эксплуатации в условиях повышенной влажности, электромагнитных помех, вибрации, высоких и низких температур, поддерживать современные и традиционные промышленные интерфейсы связи с датчиками и исполнительными механизмами, обладать гибким инструментарием программирования и взаимозаменяемостью компонентов для повышения гибкости использования. Для обеспечения управления быстро протекающими процессами контроллер должен обеспечивать заданное время отклика, что накладывает определённые обязательства на операционную систему и аппаратный ресурс.

От языка релейной логики до универсальных комплексов программирования стандарта МЭК 61131-3

Старая добрая релейная логика (Ladder Logic, LAD) как единственно доступный инструмент программирования ранних ПЛК в настоящий момент входит в состав программных комплексов, в которых реализована возможность написания, отладки и тестирования программ на трёх графических и двух текстовых языках, предусмотренных стандартом МЭК 61131-3 (релейных диаграмм – LD, функциональных блоков и диаграмм – FBD, последовательных функциональных схем – SFC, списка инструкций – IL, структурированного текста – ST). Одной из распространённых сред программирования на языках МЭК 61131-3 стал пакет CODESYS (Controller Development System) компании 3S (Smart Software Solutions), бесплатная среда разработки и расширенная функциональность которого делают его всё более популярным базовым инструментом программирования промышленных контроллеров.

В настоящий момент, кроме средств программирования на языках, описанных стандартом МЭК 61131-3, в распоряжении инженера-программиста современного высокотехнологичного контроллера имеется универсальная операционная система общего назначения (Windows или Linux), что даёт возможность программировать контроллер и на классических языках C, C++, C#, Python, Java и др. [3].

Таким образом, использование многоядерных процессоров и технологии раздельного использования вычислительных ресурсов (аппаратно-независимых ядер) ЦП позволяет одновременно и эффективно выполнять как задачи управления техпроцессом, описанные языками стандарта МЭК 61131-3, так и другие специальные задачи, реализованные на универсальных языках программирования.

Многоядерная технология, позволяющая разделить на аппаратном уровне обработку вычислительных задач, является настоящим технологическим прорывом в сфере промышленной автоматизации.

Коммуникационные функции

Современные ПЛК и PAC-контроллеры поддерживают, кроме типичных для АСУ ТП промышленных протоко-

лов обмена данными: PROFIBUS, Modbus RTU, Modbus TCP, EtherNet/IP, PROFINET, EtherCAT, CANopen, DeviceNet – протоколы нового поколения, ставшие визитной карточкой ИТ, и типичные для ИТ-отрасли беспроводные и кабельные стандарты. Это открывает новые возможности для применения единого управляющего ПО, работающего на уровнях систем SCADA, MES и ERP, и на качественно новом уровне соответствует экспоненциально растущему потенциалу технологий ИТ.

Кроме того, современный контроллер, интегрированный в корпоративные сети предприятия, должен обладать дополнительными средствами защиты от несанкционированного доступа к управлению технологическим оборудованием и от таких распространённых в ИТ-сетях угроз, как DDoS-атаки (Distributed Denial of Service). Для обеспечения информационной безопасности необходимы поддержка протоколов и веб-соединений, защищённых сертификатом шифрования SSL/TLS, а также аппаратные ключи защиты.

PAC или ПЛК: КРИТЕРИИ ВЫБОРА

Программируемые логические контроллеры и PAC-контроллеры – это устройства, относящиеся к разным эпохам, хотя многие специалисты находят,

что их функции уже в значительной степени совпадают. В качестве PAC обычно подразумевают контроллеры с управлением технологическим процессом и возможностями обмена данными на более высоком уровне, чем у ПЛК, но на самом деле чёткой границы между современными ПЛК и PAC не прослеживается.

Выбор контроллера определяется не столько аббревиатурой (ПЛК и PAC), сколько обеспечением функциональности, соответствующей поставленной задаче. Кроме стандартных задач автоматизации, правильно подобранный контроллер:

- конструктивно улучшает и повышает эксплуатационную надёжность систем автоматизации;
- устраняет влияние человеческого фактора, связанного с отсутствием профессионального опыта и пробелами в квалификации;
- использует эффективные меры информационной защиты.

Применение высокопроизводительных процессоров вплоть до Core i7, а также вычислительных специализированных модулей, дополненных встроенной ПЛИС (FPGA), повышает скорость обработки данных в задачах, требующих оперативного реагирования.

Высокопроизводительные PAC-контроллеры обеспечивают реализацию тех-

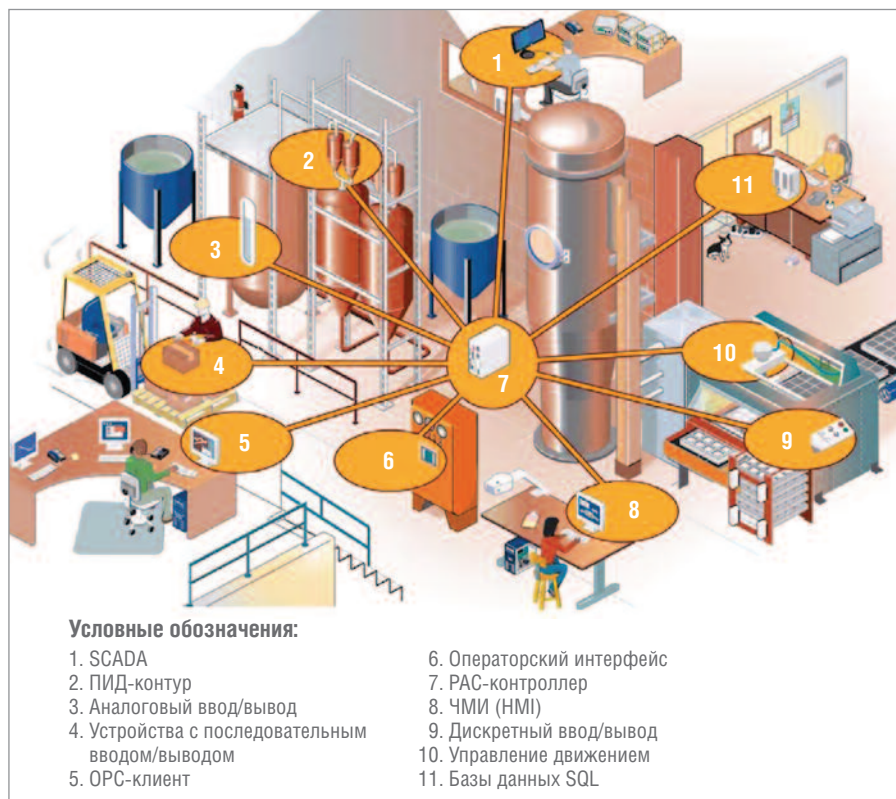


Рис. 1. PAC-контроллер решает широкий спектр задач управления технологическим процессом и интеграции производственных данных в корпоративные системы

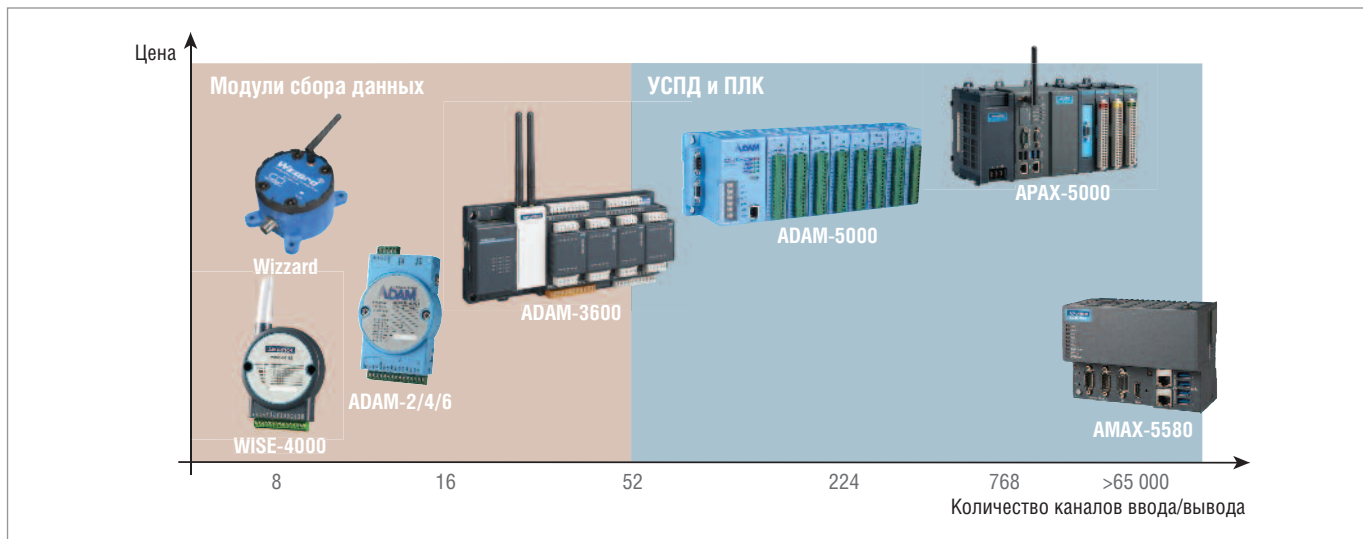


Рис. 2. Позиционирование модулей ввода/вывода и контроллеров производства компании Advantech в зависимости от масштаба решаемой задачи

нологий Industry 4.0 и технологии прогнозирования технического обслуживания оборудования, обладая самыми современными алгоритмами аналитики и машинного обучения. Кроме обеспечения достаточной производительности, современные PAC-контроллеры, в отличие от традиционных средств автоматизации, способны совмещать функции программируемых логических контроллеров, систем машинного зрения и систем управления движением, промышленных компьютеров, а иногда и серверов (рис. 1) [1].

Разработка специализированных систем автоматизации и устройств сбора и обработки сигналов для промышленности — одно из концептуальных направлений деятельности компании Advantech. Многим хорошо знакома серия модулей ADAM, исторический дизайн которых узнаваем в современных модульных системах ввода/вывода. Программируемые логические контроллеры и PAC-контроллеры Advantech обеспечивают высокий технологический уровень промышленных предприятий. Устройства низшего сегмента автоматизации производства Advantech — компоненты систем сбора и обработки данных, установленные непосредственно на удалённом объекте для сбора данных с дискретных и аналоговых датчиков, становятся всё более интеллектуальными.

На рис. 2 показано позиционирование программируемых контроллеров и устройств сбора и передачи данных компании Advantech в зависимости от количества каналов ввода/вывода и цены.

Рассмотрим основные линии контроллеров производства компании Advantech.

КОНТРОЛЛЕРЫ КОМПАНИИ ADVANTECH

ADAM-3600 (рис. 3) — многофункциональный контроллер на базе процессора Cortex A8 под управлением ОС Real-Time Linux — предназначен для установки на DIN-рейку в шкаф автоматики. В спектре разнообразных применений данного контроллера необходимо отметить построение с его участием систем мониторинга территориально-распределённых объектов нефтегазовой сферы (рис. 4). Отличительная особенность контроллера — широкая коммуникационная функциональность, поддерживающая все популярные в настоящее время стандарты беспроводной связи: Zigbee, Wi-Fi, 3G/4G/GPRS — и протоколы Modbus, DNP3, MQTT, HTTP REST API. Контроллер позиционируется компанией Advantech как в качестве универсального решения на базе ОС Linux, так и в качестве интеллектуального удалённого терминала (RTU) с возможностью интеграции с облачными технологиями Microsoft Azure IoT Hub, Amazon AWS IoT и т.д.



Рис. 3. Многофункциональный контроллер ADAM-3600

Важной особенностью контроллера является расширенный диапазон рабочих температур $-40...+70^{\circ}\text{C}$ [4].

Удобство применения и ценность такого рода универсальных решений для IT-приложений и систем АСУ ТП подтверждены самыми разными примерами использования контроллеров серии ADAM-3600. Наличие ядра реального времени RT Linux и предоставляемого компанией Advantech комплекта разработчика (SDK) на языках C/C++ существенно расширяет возможности программирования этой серии контроллеров [4].

Контроллеры семейства ADAM-5XXX. **ADAM-5560CDS** — модульная, x86-совместимая система ввода/вывода под управлением Windows CE5.0, имеющая встроенную среду разработки CODESYS V3 и ядро реального времени CODESYS.

ADAM-5560KW — PAC-контроллер со встроенной средой разработки стандарта МЭК 61131-3 KW MULTIPROG и ядром реального времени ProConOS. **ADAM-5560CE/XPE** — x86-совместимый контроллер под управлением Windows CE5.0/Windows XP Embedded

с поддержкой программных сред разработки eVC и .NET.

Эти контроллеры на базе процессоров Intel Atom с поддержкой специальных функций управления (включая сторожевой таймер и батарейную поддержку оперативной памяти), предназначены для применения в небольших системах автоматизации, часто используются как в качестве бюджетного промышленного контроллера, так и в качестве инструмента визуализации со встроенным портом VGA и готовым программным пакетом HMI.

Контроллеры серии ADAM-5560 (рис. 5) были удачно применены в системе раннего оповещения и экстренного реагирования в случае стихийных бедствий (рис. 6). В шкафу управления установлен контроллер ADAM-5560, использованный и в качестве средства визуализации на локальном мониторе, и в качестве аналитического инструмента обработки данных датчиков уровня, установленных вдоль берега водоёма, перед их отправкой на удалённый сервер и в центральный диспетчерский пункт. Шестнадцать цифровых каналов ввода модулей ADAM-5051D и ADAM-5056D со светодиодной индикацией используются для контроля работоспособности оборудования. Уровень воды измеряется при помощи датчика, подключённого к модулю аналогового ввода ADAM-5017.

Контроллер ADAM-5630 на базе процессора Cortex RISC-архитектуры позиционируется в качестве интеллектуального контроллера для граничных вычислений под управлением ОС Linux с возможностью программирования на языках C или Python.

APAX-5580 – типичный представитель нового поколения промышленных контроллеров. PAC-контроллер APAX-5580 (рис. 7) с центральным процессором Intel Core i7/i3/Celeron под управлением ОС Windows 7/8 (Linux Kernel 3.X) предназначен для использования на масштабных технологических объектах с большим количеством каналов ввода/вывода, предъявляющих особые требования к быстродействию систем автоматизации. Его высокая производительность обеспечивает возможность подключения к нему не только традиционных датчиков и исполнительных устройств, но и систем технического зрения, контроля качества, сбора данных, первичного анализа данных и реализации контуров управления, то есть большого числа ресурсоёмких систем. Компактные раз-

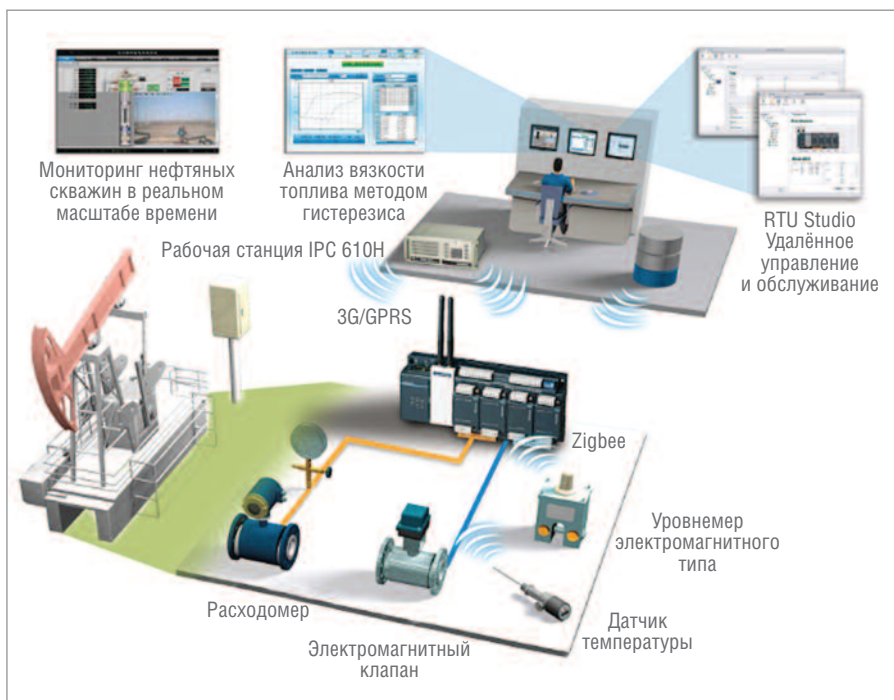


Рис. 4. Пример использования контроллера ADAM-3600 в нефтегазовой сфере



Рис. 5. Контроллер серии ADAM-5560

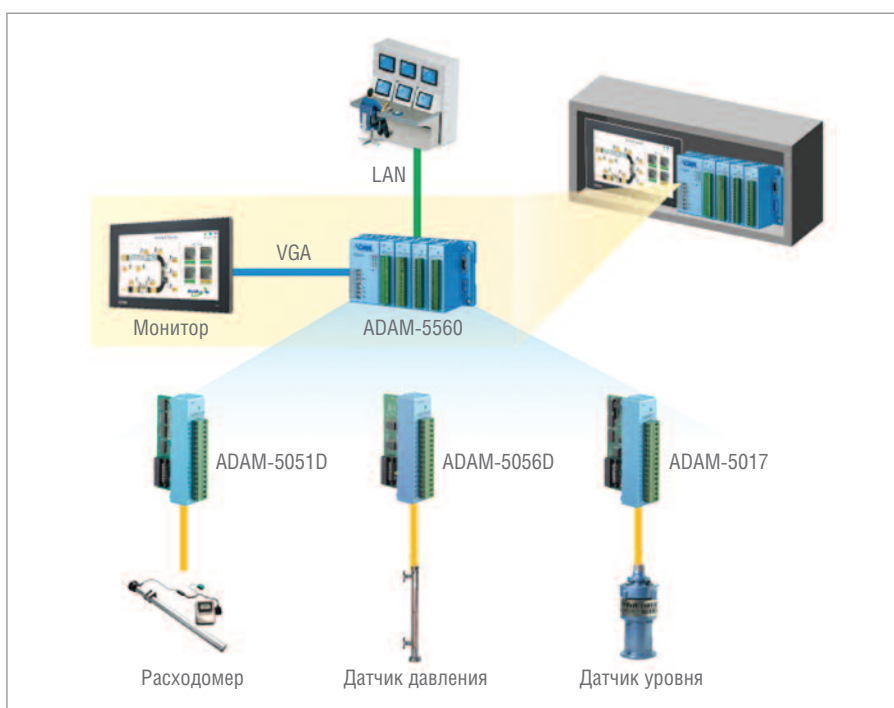


Рис. 6. Контроллер ADAM-5560 в системе мониторинга наводнений



Рис. 7. PAC-контроллер APAX-5580

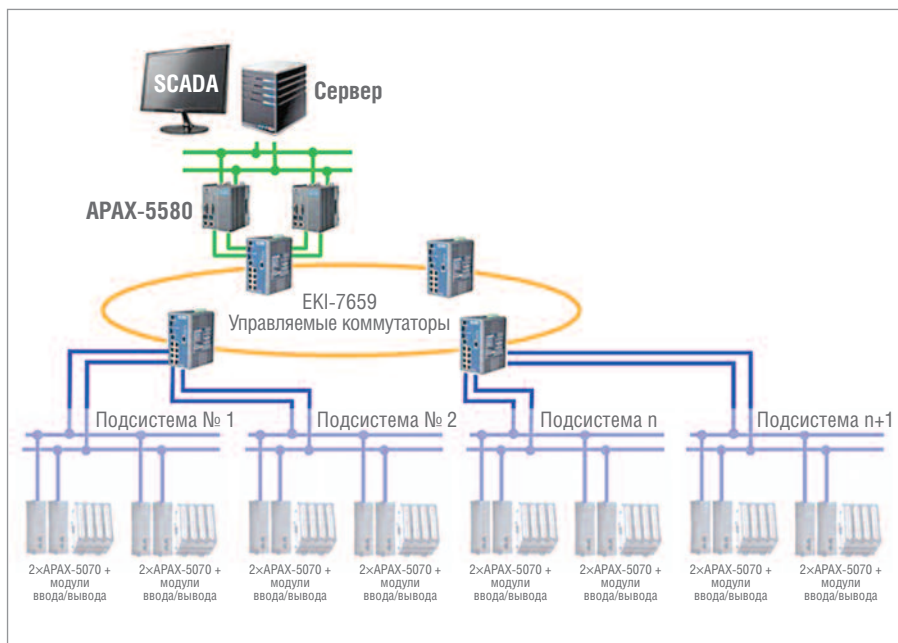


Рис. 8. PAC-контроллер APAX-5580 в качестве центрального элемента территориально-распределённого объекта автоматизации

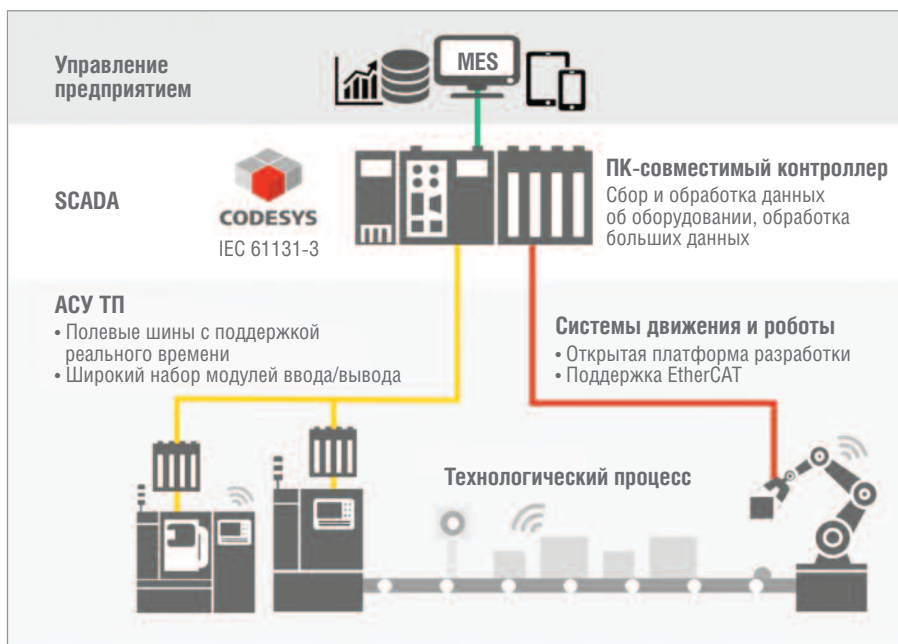


Рис. 9. Интеграция PAC-контроллера в АСУ предприятия, MES-системы и базы данных

меры обеспечивают гибкость использования в условиях ограниченного пространства. Программирование может осуществляться как в системе CODESYS, так и при помощи универсальных языков программирования C/C++.

Архитектура контроллеров серии APAX-5580, кроме промышленных протоколов CANOpen, Modbus/RTU, Modbus/TCP, PROFINET, Ethernet/IP, EtherCAT, предусматривает поддержку фирменной технологии расширения iDoor-плат mPCIe со шлейфом для дополнительных интерфейсов, а также позволяет работать в беспроводных сетях Wi-Fi, 3G, GPRS, GPS [5].

Применение в системах автоматизации единого программно-аппаратного решения APAX-5580 с предустановленной ОС Windows 7/8 и ядром реального времени Advantech CODESYS Run Time позволяет запускать любое количество программ (как на ПК с ОС Windows), программа CODESYS будет выполняться в приоритетном режиме на отдельном ядре ЦП, обеспечивая при этом достаточно быстрый цикл сканирования (до 50 мкс).

Контроллеры серии APAX-5580 можно также использовать в качестве сервера хранения данных, шлюза данных для систем верхнего уровня и IoT-приложений (рис. 8).

В целях достижения наивысшего качества управления, кроме двухъядерной архитектуры, можно выделить следующий далеко не полный перечень технологических преимуществ, присутствующих в APAX-5580: возможность установки аппаратного ключа безопасности на процессорную плату в качестве средства информационной защиты, надёжное энергоснабжение от независимых источников электроэнергии, поддержку функции резервного копирования данных операционной системы, что даёт системе с интегрированным в неё контроллером APAX-5580 необходимую отказоустойчивость. Кроме того, конструктивно предусмотрены хранение архива данных на жёстких дисках HDD или SSD, поддержка RAID-массивов уровня 0/1, подключение к базам данных (SQL-Server, Oracle, SAP, MySQL, SQLite) через программный интерфейс доступа к базам данных ODBC (Open Database Connectivity), локальная визуализация с поддержкой веб-браузерной технологии HTML (рис. 9).

Задачи, которые возлагаются на PAC-контроллер, в отличие от традиционных задач ПЛК, являются и стандарт-

ными задачами уровня АСУ ТП, и комплексными ИТ-задачами с расширенными возможностями программирования и прямого взаимодействия с базами данных и MES-системами.

AMAX-5580 – PAC-контроллер (рис. 10), предназначенный для решения задач высокоскоростного ввода-вывода в системах технического зрения, оптического контроля и системах контроля перемещений, представляет собой компактный производственный ПК на базе процессора Intel Core i7/i3/Celeron для монтажа на DIN-рейку, использует промышленную шину EtherCAT, популярную в системах управления движением, частотными преобразователями, приводами, роботами-манипуляторами.

При помощи встроенного интерфейса EtherCAT к нему можно подключать

систему распределённого ввода/вывода AMAX-5000 EtherCAT Slice I/O modules, а также широкий круг оборудования сторонних производителей.

На рис. 11 показан пример единого программно-аппаратного решения компании Advantech для автоматизированного контроля качества в процессе производства экранов для смартфонов. Аппаратный ресурс процессора Core i7 позволяет одновременно управлять как механической частью контрольного оборудования (высокоточным перемещением образцов), так и системой автоматизированного оптического контроля. Контроллер функционирует под управлением ядра реального времени CODESYS с дополнительной обработкой данных системы технического (машинного) зрения для отправки в MES-системы силами ОС общего назначения Windows.

Поддержка стандартов программирования на языках МЭК 61131-3 позволяет инженерам-программистам быстрее разрабатывать управляющие программы, повысить быстродействие всей системы (в описанном ранее примере время отклика составляет 0,5 мс). Поддержка классических языков программирования даёт возможность решать ряд дополнительных задач, сопутствующих техпроцессу, одновременно с задачами управления. Остаётся добавить, что повышение эффективности и надёжности системы управления сопровождается снижением общих расходов

на техническое обслуживание системы, а сверхкомпактные размеры PAC-контроллера 139×100×80 мм позволяют размещать его в условиях ограниченного пространства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большая часть современных IoT-приложений построена на базе ОС Linux, поэтому выбор контроллера с поддержкой этой операционной системы, удобного для интеграции в ИТ-сети предприятия, так важен.

Идея комбинировать функциональность программируемого логического контроллера и промышленного компьютера в едином технологичном решении становится всё более популярным трендом, учитывая всё возрастающий уровень требований к производительности вычислений, коммуникационным функциям и к бесшовной интеграции в системы управления предприятием верхнего уровня, в том числе облачные.

Широкая номенклатура ПЛК и PAC-контроллеров компании Advantech позволяет успешно строить системы АСУ ТП любого уровня сложности, отвечающие самым современным тенденциям развития цифровой революции Industry 4.0 и технологии IoT. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Halterman D. Should I use an edge controller, PLC, or PAC? [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://www.controleng.com/articles/should-i-use-an-edge-controller-plc-or-pac/>.
2. Диас Ф.О. Информационная безопасность промышленных контроллеров [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://www.securitylab.ru/analytics/425304.php>.
3. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004.
4. ADAM-3600 – многофункциональный промышленный контроллер [Электронный ресурс] // Режим доступа : <https://habr.com/ru/company/advantech/blog/446210/>.
5. Контроллер APAX-5580 от Advantech наследует лучшие черты ПК и ПЛК [Электронный ресурс] // Режим доступа : <http://cleverhouse.club/hardware/plc/controller-apax-5580-ot-advantech-nasleduet-luchshie-chertyi-pk-i-plk.html>.

**Автор – сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru**



Рис. 10. PAC-контроллер AMAX-5580

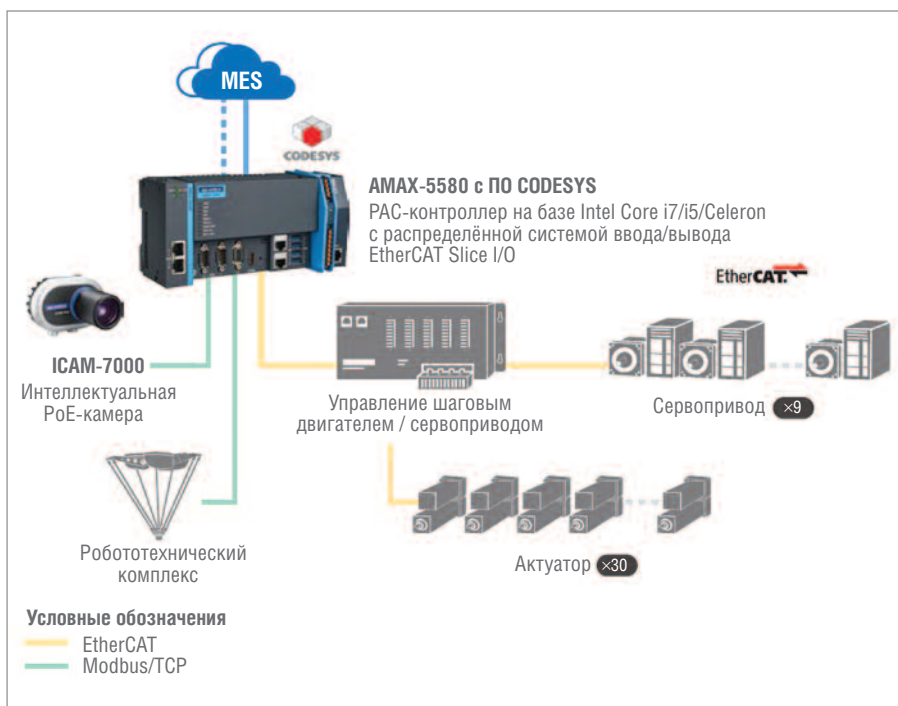


Рис. 11. AMAX-5580 в системах управления перемещениями, технического зрения и в качестве шлюза данных для MES-систем