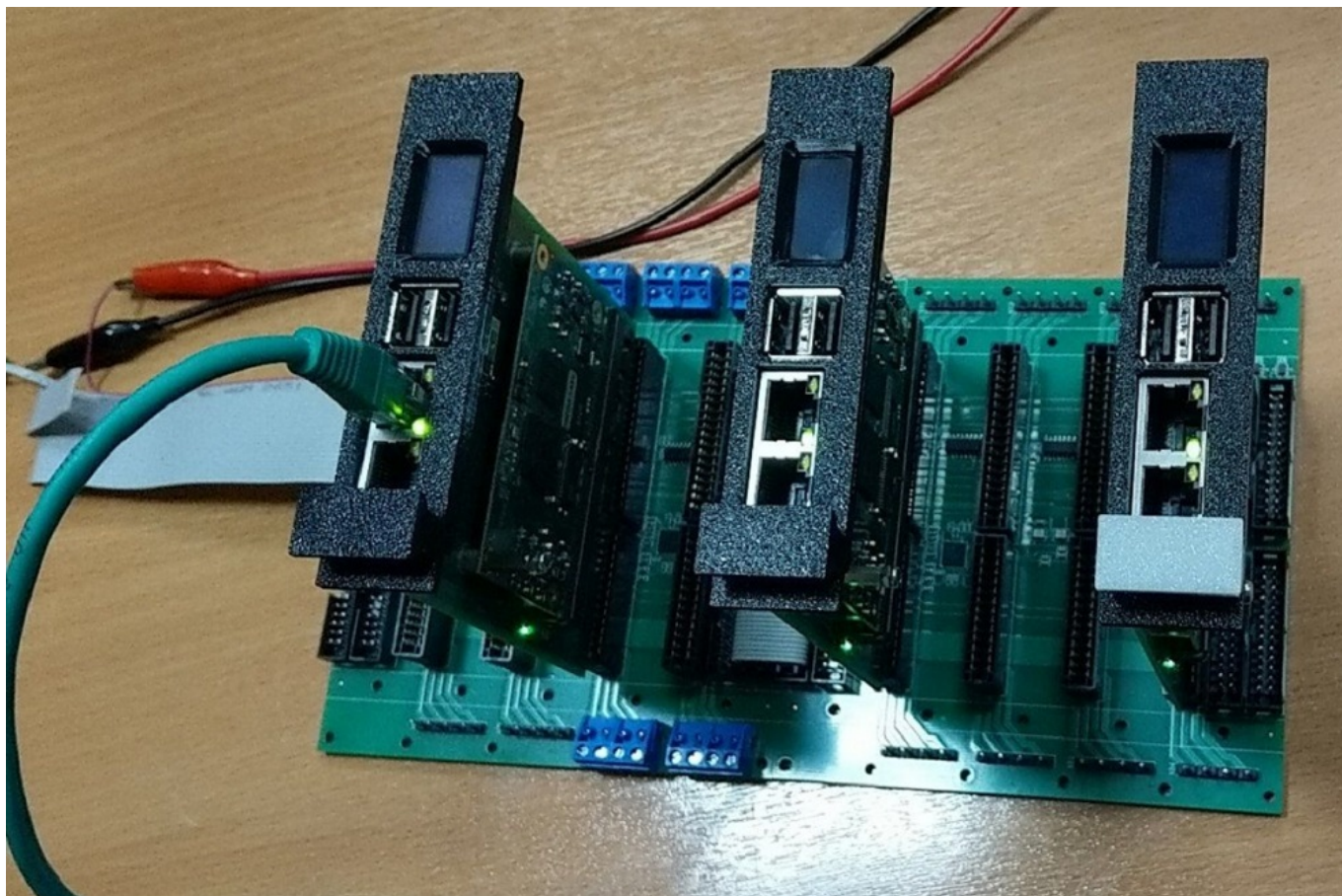


В СПб ФИЦ РАН разработали модульную архитектуру контроллеров для систем промышленной автоматике

23.04.2026



Ученые Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН (СПб ФИЦ РАН) предложили новую модульную архитектуру для систем промышленной автоматике. Вместо DIN-рейки и навесного монтажа используется кросс-плата со встроенными сетями питания и данных. Разработка полностью отечественная — в её основе нет компонентов западного производства

Современные технологии проектирования, сборки и поддержания жизненного цикла шкафов автоматике имеют ряд серьезных системных проблем, из-за которых производство и эксплуатация систем управления остается сложным и дорогим делом. При классической сборке из отдельных простых приборов на DIN-рейке все цепи питания и информационных сигналов прокладываются вручную. Это низкая производительность ручного труда, зависимость от квалификации монтажника, трудности при поиске ошибок монтажа и оценке качества монтажа. Естественное развитие автоматике — переход к программируемым логическим контроллерам (ПЛК) — повышает степень интеграции, но порождает новые проблемы. Вся логика работы шкафа оказывается внутри единственного устройства. Через несколько лет после пуска этот ПЛК может выйти из строя. Найти точно такую же модель в продаже уже сложно, а даже если удастся — неизвестно, какая версия встроенного программного обеспечения и какие калибровочные настройки были в исходном устройстве.

Восстановить их без документации практически невозможно. Установка более нового ПЛК потребует переписывания встроенного ПО, перекалибровки и, по сути, полного перепроектирования логики работы шкафа. Причём этот риск сохраняется даже для новых шкафов: ПЛК в любой момент могут снять с производства, и перепроектировать придётся всё целиком. В итоге оба подхода — и россыпной монтаж, и интеграция в ПЛК — несут высокий риск дорогостоящего ручного труда специалистов сложной квалификации на всех этапах жизненного цикла: от сборки до капитального ремонта через много лет.

«Мы проанализировали эти проблемы и нашли другое решение, — поясняет руководитель Отдела прототипирования робототехнических и встраиваемых систем СПб ФИЦ РАН Владимир Дашевский. — Нам удалось избавиться от ручного труда по прокладке лишних проводов и от человеческого фактора в обеспечении надежности, но при этом не городить монолитное решение в духе ПЛК. Результатом стала модульная архитектура на базе кросс-платы».

Кросс-плата: три в одном

Вместо DIN-рейки и навесного монтажа используется кросс-плата — печатная плата со слотами, в которую напрямую устанавливаются модули. Модуль представляет собой просто плату с лицевой панелью, без собственного корпуса. На кросс-плате разведены линии питания и три коммуникационные сети: RS-485, CAN и Ethernet 100 Мбит/с. Таким образом, механическая основа, питание и связь модулей объединены в одной конструкции — кросс-плата одновременно служит несущей платформой, разводкой питания и коммуникационной средой. При установке модуль сразу получает питание правильной полярности и доступ ко всем трём сетям: никаких проводов, никаких ошибок подключения.

Наличие сразу трёх сетей позволяет сочетать в одной системе дорогие сложные модули и дешёвые простые. Сложный модуль — с графическим интерфейсом, защищённым сетевым подключением — использует Ethernet и готовое открытое ПО. Простой модуль на дешёвом микроконтроллере решает свою задачу (опрос датчиков, управление реле, контроль доступа) по RS-485 или CAN, не неся затрат на поддержку высокоуровневых протоколов. Не нужно закладывать в дешёвый модуль то, что ему не нужно, — каждый пользуется сетью, адекватной его задачам и стоимости. Благодаря кросс-плате затраты на эту интеграцию — нулевые.

«Раньше для объединения в одну систему разнородных функций приходилось либо проектировать сложную монолитную конструкцию "всё включено", либо каждый раз кустарно приделывать, например, очередное реле к большому универсальному или одноплатному компьютеру. В новой архитектуре этого не нужно», — отмечает Владимир Дашевский.

Питание и связь — без проводов, от самой кросс-платы

Каждый модуль при установке в слот автоматически получает питание правильной полярности и доступ ко всем трём сетям: RS-485, CAN и Ethernet. Никаких дополнительных проводов, никаких ошибок подключения. На кросс-плате разведены две шины питания: логическая (5 В) и силовая (12–48 В, до 24–25 А на слот, что позволяет запитать через один слот нагрузку до 1,2 кВт).

Кросс-платы можно объединять между собой простыми перемычками, наращивая количество модулей до 128 — такого количества хватит, чтобы заполнить полностью шкаф автоматики на 2,5 метра в высоту, при этом все модули остаются в единой сети. Если нужна система, например, на 6 модулей, а в наличии только кроссы на 4 слота — берутся два кросса, и два слота остаются свободными на будущее. Это радикально упрощает задачи снабжения и масштабирования: в случае дефицита кросс-плат на нужное количество модулей их можно

скомбинировать из более простых.

При объединении нескольких кросс-плат в единую систему возникает вопрос согласования линий связи RS-485 и CAN. Каждая из этих сетей требует установки терминаторов (согласующих резисторов) на концах физической линии. В традиционных решениях ответственность за правильную установку терминаторов лежит на проектировщике или монтажнике. Ошибка приводит к отражениям сигналов, сбоям обмена и трудно диагностируемым проблемам.

Автоматические терминаторы: задача, которую кросс-плата решает сама

В новой модульной архитектуре задача правильной установки терминаторов линий связи автоматизирована. Каждая кросс-плата имеет встроенные терминаторы на концах линий RS-485 и CAN. При соединении двух кросс-плат между собой терминаторы на стыкуемых концах автоматически отключаются, и нужные терминаторы остаются только на физических концах объединенных линий связи. Пользователю больше не нужно думать о терминаторах — система управляет ими самостоятельно.

Уникальная нумерация: каждый модуль знает своё место

В системе с несколькими кросс-платами и десятками модулей возникает задача безошибочной уникальной адресации: каждое устройство должно знать свой номер, чтобы правильно обмениваться данными и выполнять свою функцию. В нашей архитектуре эта задача решается аппаратно, на уровне кросс-платы.

Кросс-плата подает на каждый слот специальные сигналы идентификации номера. При объединении нескольких кросс-плат перемычками нумерация автоматически продолжается, обеспечивая всем модулям уникальные номера, привязанные к физическому порядку слотов. Модуль определяет своё место в системе и может использовать эту информацию для изменения поведения в зависимости от слота. При этом все модули одного типа имеют одинаковое встроенное программное обеспечение — их роль определяется не прошивкой, а тем, в какой слот они установлены.

Паспорт системы: конфигурация хранится в кросс-плате

На каждой кросс-плате есть энергонезависимая память, где для каждого слота записана конфигурация: какой тип модуля должен здесь находиться, какие у него параметры и назначение. Это своего рода паспорт всей системы автоматике шкафа — по аналогии с DTB (Device Tree Blob) для ядра Linux, где описывается состав и настройки аппаратных компонентов ЭВМ.

Когда система включается, каждый модуль считывает из этой памяти свою конфигурацию и автоматически настраивается на правильную работу в данной системе. Модули могут быть физически одинаковыми и иметь универсальное встроенное ПО — их поведение определяется не только этим ПО, но и номером слота, выбирающим конфигурацию в паспорте системы. Это исключает ошибки, связанные с ручным конфигурированием, и позволяет менять модули без риска внести неправильные настройки и испортить всю систему.

Таким образом, память кросс-платы является еще одним рубежом защиты от утери информации о том, как должна работать вся система. Даже через много лет после ввода системы в эксплуатацию, когда исходные проектные данные оборудования могут быть утеряны, калибровочные данные и настройки режимов работы забыты, паспорт системы остаётся на

месте и обеспечивает совместимость с рабочими настройками.

Уже работает: первые модули и опытная эксплуатация

Разработка вышла за рамки лабораторных образцов. Первый блок управления запущен в опытно-промышленную эксплуатацию, и линейка модулей активно расширяется. Уже доступны модули питания, вычислительные модули на основе стандарта SMARC, модуль управления шаговыми двигателями (до 80 В и 12 А), модули контроля напряжений трёхфазной сети. Этот список будет расти, покрывая всё большее количество прикладных задач.

Комбинирование модулей на одной или нескольких объединённых кросс-платах позволяет строить самые разнообразные системы управления и контроля — без навесного монтажа сетей, без индивидуального подвода питания к каждому устройству и без рисков, связанных с человеческим фактором.

«Мы уже запустили первый блок управления в опытную эксплуатацию и продолжаем развивать линейку модулей, — говорит Владимир Дашевский. — При интересе со стороны промышленных предприятий наша архитектура может быть адаптирована под их задачи».