



Среда разработки «АРМА ПЛК» и ЗОСРВ «Нейтрино»: новый стандарт производительности и надёжности для отечественных АСУ ТП

Илья Савельев, Владимир Махилёв

Статья посвящена актуальной проблеме импортозамещения в сфере АСУ ТП в условиях ухода с российского рынка ведущих западных вендоров. Авторы предлагают комплексное решение на основе симбиоза трёх ключевых компонентов: высокопроизводительного ПЛК, защищённой операционной системы реального времени и современной среды разработки. В качестве базовой ОСРВ рассматривается микроядерная ЗОСРВ «Нейтрино», обеспечивающая детерминизм и отказоустойчивость. Среда разработки «АРМА ПЛК» (продукт компании «Адваланж») предоставляет инженерам привычный инструментарий на языках МЭК 61131-3 и производительный рантайм. Описана архитектура продукта, позволяющая выполнять адаптацию под различные аппаратные платформы, поддерживаемые «Нейтрино» (x86, ARM, «Эльбрус» и др.). Решение готово к промышленному внедрению и способствует обеспечению цифрового суверенитета критической инфраструктуры.

Симбиоз трёх компонентов

Уход таких гигантов, как Codesys, Siemens, Rockwell Automation и Schneider Electric, с российского рынка оставил после себя дефицит программного и аппаратного оборудования в АСУ ТП, в том числе в инфраструктуре критического уровня. До 2022 года доля зарубежных ПЛК в нефтегазовом секторе и энергетике была подавляющей, поэтому одномоментное замещение этого парка невозможно. С другой стороны, сохранение зависимости от зарубежного программного обеспечения с закрытой и непрозрачной кодовой базой без доступа к сервисам поддержки и сопровождения несёт неоправданно высокие риски – как технические, так и связанные с возможными ограничениями со стороны законодательства. Таким образом, современные вызовы в

области импортозамещения требуют от разработчиков АСУ ТП не просто поиска альтернатив ушедшим западным решениям, а создания систем, превосходящих их по ключевым параметрам, с новым запасом надёжности, производительности и кибербезопасности.

В связи с этим меняется и тренд – на смену разрозненным инструментам приходит концепция целостного симбиоза трёх критически важных компонентов: высокопроизводительного программируемого логического контроллера (ПЛК), защищённой операционной системы реального времени (ЗОСРВ) и мощной среды разработки. Важно понимать, что современный ПЛК – это уже не монолитное устройство «вход-выход», а сложный программно-аппаратный комплекс, где прикладная логика неразрывно связа-

на с операционной средой исполнения. Именно глубина этой интеграции определяет ключевые метрики качества: детерминизм времени цикла (джиттер на уровне единиц микросекунд), отказоустойчивая архитектура и удобство инженерного проектирования. Разрыв между возможностями «железа» и возможностями программной платформы часто становится узким горлышком, сводя на нет преимущества самых современных процессоров.

В этой статье мы рассмотрим связку, которая задаёт новые ориентиры для отечественного рынка промышленной автоматизации. Речь идёт о тандеме ЗОСРВ «Нейтрино», хорошо зарекомендовавшей свою эффективность в ответственных применениях, и инновационной среде разработки «АРМА ПЛК».

Выбор «Нейтрино» в качестве фундамента неслучаен. Эта микроядерная POSIX-совместимая ОС изначально проектировалась для задач жёсткого реального времени, где время реакции на прерывание должно быть гарантированным, а не статистическим. В отличие от распространённых попыток применить Linux с патчами PREEMPT_RT, микроядро «Нейтрино» обеспечивает детерминированную и предсказуемую работу в режиме реального времени, а архитектура системы обеспечивает надёжность за счёт изоляции всех процессов (включая драйверы и прикладные задачи) на архитектурном уровне: при правильном проектировании системы даже сбой в драйвере сетевого интерфейса или файловой подсистеме не нарушит цикл управления ответственными исполнительными механизмами. Именно это архитектурное преимущество позволило «Нейтрино» впервые в отечественной практике получить сертификат соответствия ГОСТ Р МЭК 61508 с уровнем полноты безопасности SIL 3, открывая путь к применению в самых критичных контурах.

Среда разработки «АРМА ПЛК», в свою очередь, венчает этот симбиоз, обеспечивая бесшовную трансляцию прикладных алгоритмов, написанных на языках МЭК 61131-3, непосредственно в нативный исполняемый код без промежуточных виртуальных машин и интерпретаторов. Такой подход позволяет полностью реализовать потенциал детерминизма и производительности, заложенный в ЗОСРВ «Нейтрино», и одновременно даёт инженерам-разработчикам привычный графический инструментарий.

Объединение проверенной временем микроядерной ОС и современной компилируемой среды исполнения даёт синергетический эффект, позволяющий создавать отечественные АСУ ТП, не просто замещающие, а превосходящие зарубежные аналоги по надёжности и быстродействию. Тандем ЗОСРВ «Нейтрино» и среды разработки «АРМА ПЛК» – готовое уже сегодня к полевым испытаниям и серийному внедрению решение для цифрового суверенитета промышленности.

Подробнее о среде разработки «АРМА ПЛК»

Среда разработки «АРМА ПЛК» – продукт компании «Адваланж», которая на российском рынке хорошо известна под именем «Лаборатория Безопасных Систем» (ООО «ЛабС»). С 2015 года предприятие ведёт заказную разработку систем для отечественных и иностранных заказчиков, при этом коллектив сотрудников обладает более чем 20-летним опытом создания высоконадёжных и безопасных решений. Сегодня команда «Адваланж» насчитывает свыше 200 специалистов, а все проекты выполняются в едином инженерном центре, расположенном в Москве. Компания имеет успешную практику участия в международных проектах по заказной разработке ПО для клиентов из Европы, Северной Америки и стран Азии. Специалисты «Адваланж» умеют запускать с нуля масштабные и сложные проекты, связанные с созданием высоконагруженного отказоустойчивого программного обеспечения для авиационной, медицинской, автомобильной и других промышленных отраслей.

Методология создания продуктов компании определяется глубоким пониманием подходов к реализации строгих норм функциональной безопасности. Благодаря накопленному опыту и реализованным проектам с использованием модельно-ориентированного проектирования разработка ведётся на базе уже сформированной зрелой платформы.

Программный продукт «АРМА ПЛК» (рис. 1) основан на принципах открытости и гибкости архитектуры, что позволяет охватывать широкий спектр сценариев применения в промышленной автоматизации и учитывать интересы различных игроков рынка: производителей программируемых логических контроллеров, интеграторов, поставщиков и разработчиков прикладного программного обеспечения для ПЛК. При этом продукт соответствует привычным для отрасли стандартам и нормативным требованиям регуляторов.

Основными компонентами «АРМА ПЛК» являются среда разработки (IDE) и среда исполнения (Runtime).

Среда разработки – полноценная графическая среда, обеспечивающая возможность разработки прикладной программы для контроллеров на языках стандарта МЭК-61131-3.

В основе работы со средой разработки лежит философия, аналогичная подходам, реализованным в таких продуктах, как CODESYS или ISaGRAF: прикладной программист создаёт функциональность, не привязываясь к аппаратной специфике конкретного контроллера, оперируя понятием МЭК-канала, а настройка протоколов и со-

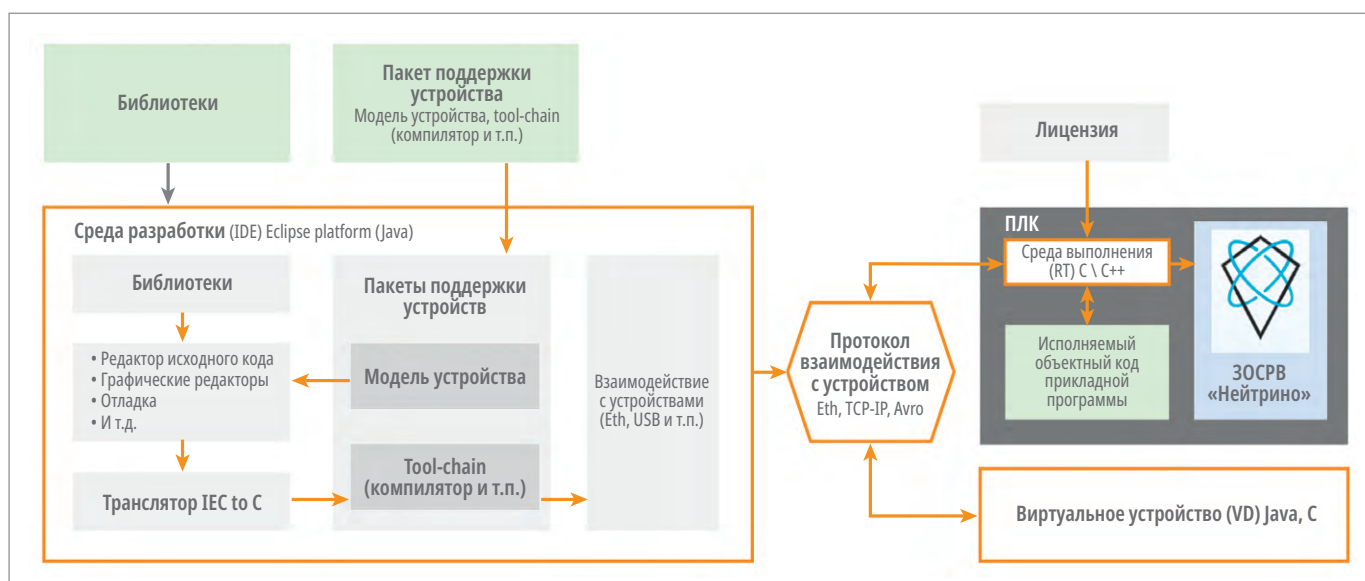


Рис. 1. Архитектура «АРМА ПЛК»

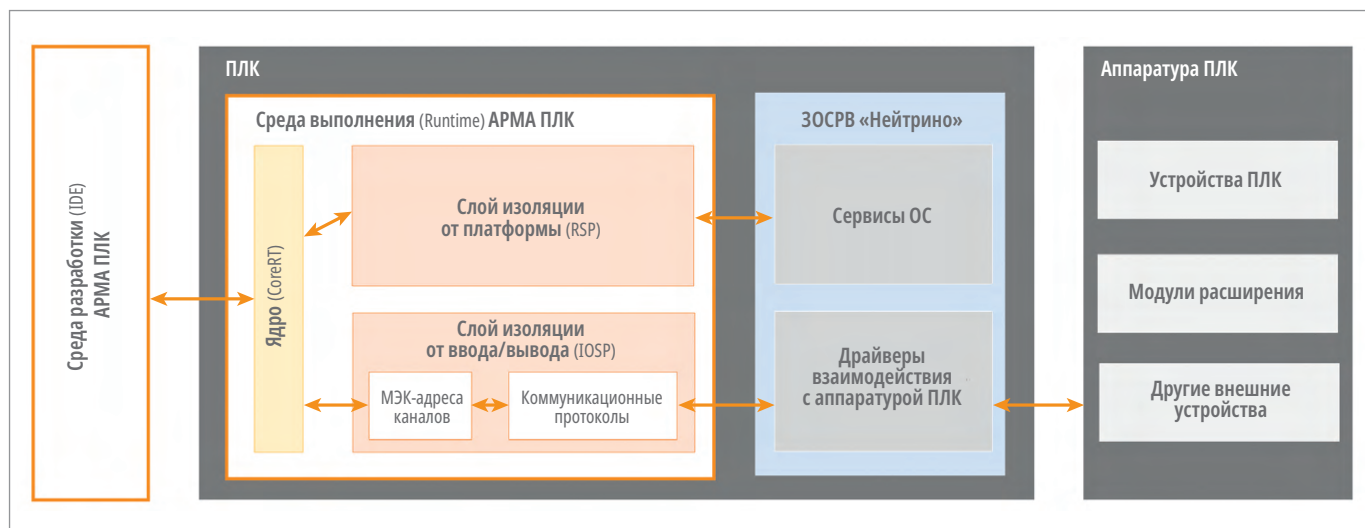


Рис. 2. Архитектура среды выполнения «АРМА ПЛК»

поставление с физическими входами/выходами выполняются на уровне логических параметров. Вся специфика целевого устройства скрыта внутри пакета поддержки устройства (ППУ).

Чтобы пользователь мог разрабатывать прикладную программу под конкретную модель контроллера, в среду необходимо установить соответствующий ППУ. Такой пакет содержит модель устройства, которая описывает необходимые для программирования характеристики ПЛК – например, совместимые модули расширения, их каналы и т.п., – а также тулчейн, включающий кросс-компилятор для сборки исходного кода на языке С под целевую платформу. Работу компилятора предваряет трансляция прикладной программы, написанной на языках стандарта МЭК-61131-3, в код на С, а сама сборка выполняется для пользователя бесшовно – в один клик.

Среда исполнения прикладной программы разработана на С/С++ и является легковесной, производительность достигается за счёт того, что скомпилированный код для целевой платформы исполняется без применения средств виртуализации и интерпретации.

Кроме этого, среда исполнения имеет «слоистую» архитектуру (рис. 2), что обеспечивает гибкость и возможность адаптации среды разработки «АРМА ПЛК» практически для любого контроллера.

Архитектура среды выполнения (Runtime) состоит из ключевых компонентов: ядро (CoreRT), слой изоляции от платформы (BSP) и слой изоляции от ввода/вывода (IO). Ядро (CoreRT) обеспечивает взаимодействие со средой разработки (IDE) и выполнение функ-

циональной логики, в том числе управляет выполнением прикладной программы. Слой изоляции от платформы (BSP) реализует сопряжение ядра с необходимыми сервисами и функциями операционной системы. В слое изоляции от ввода/вывода (IO) реализовано взаимодействие с аппаратной инфраструктурой контроллера, включая определение пространства МЭК-адресов каналов и подключение необходимых протоколов.

Таким образом, в общем случае для адаптации «АРМА ПЛК» под новый контроллер требуется реализовать два слоя изоляции (BSP и IO). На данный момент слой изоляции от платформы (BSP) для взаимодействия с ЗОСРВ «Нейтрино» реализован и протестирован, так что процедура адаптации контроллеров под управлением ЗОСРВ «Нейтрино» сводится лишь к разработке специфического слоя изоляции от ввода/вывода (IO).

Система «АРМА ПЛК» оснащена привычным интерфейсом, построенным

на основе мировых практик, что существенно снижает порог вхождения для новых пользователей (рис. 3, 4).

На момент выхода статьи в рамках развития среды разработки «АРМА ПЛК» выпущен продуктовый релиз 1.3, который уже включает в себя богатую функциональность:

- конфигурирование ПЛК (настройка головного устройства и модулей расширения);
- разработка прикладной программы на языках ST и FBD (глобальные переменные и пользовательские типы данных, стандартная библиотека функций МЭК и библиотека ARMA OSCAT Essentials, маппинг переменных на каналы, функции оптимизации и автоматизации в процессе разработки кода и т.д.);
- подключение, сборка и загрузка кода на устройство;
- исполнение, просмотр статистики и журнала событий;
- мониторинг и форсирование значений переменных;

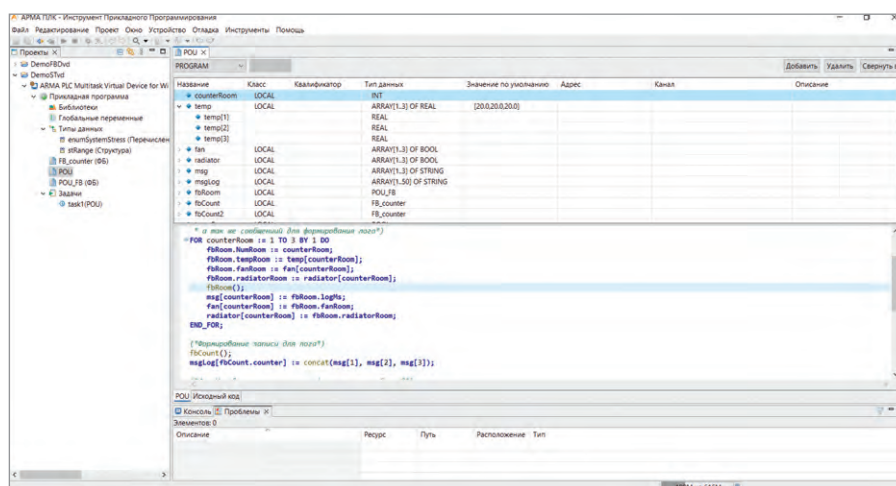


Рис. 3. Интерфейс среды разработки «АРМА ПЛК», редактор ST

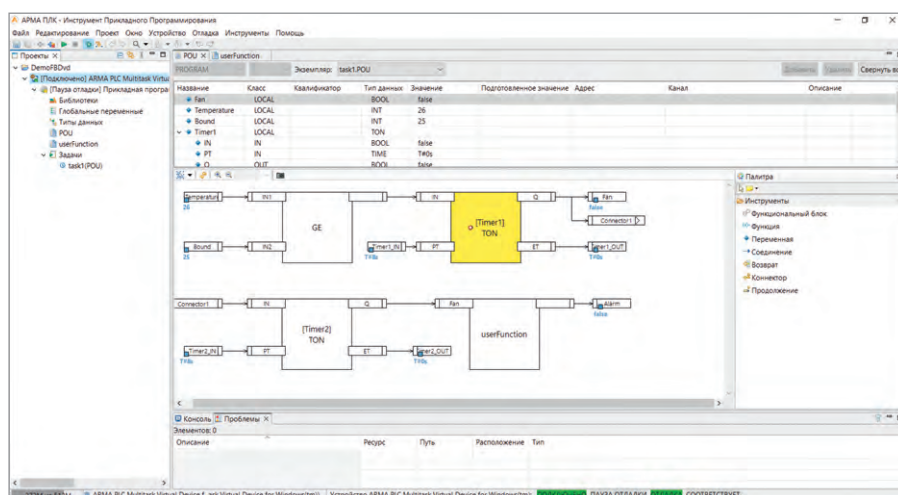


Рис. 4. Интерфейс среды разработки «АРМА ПЛК», отладка в редакторе FBD

- отладка при помощи точек останова, пошаговая отладка;
- тёплый и холодный рестарты (поддержка retain-переменных);
- сторожевой таймер и установка безопасных значений;
- протоколы Modbus TCP/RTU master/slave, CANopen;
- виртуальное устройство для отладки прикладной программы.

Это неполный список доступных функций, который демонстрирует соответствие основным потребностям пользователей в процессе проектирования и отладки прикладного программного обеспечения для контроллеров. Гибкая архитектура позволяет выполнять тонкую настройку среды разработки «АРМА ПЛК» под нужды контроллера, а при необходимости и доработку, как в процессе адаптации, так и в процессе дальнейшего сопровождения ПЛК.

При этом возможны разные схемы взаимодействия между производителем контроллера и разработчиками «АРМА ПЛК». Возможен вариант, когда все работы, связанные с адаптацией и дальнейшим развитием связки «АРМА ПЛК» и контроллера, выполняет компания «Аваланж». В другом, более гибком варианте, основную часть работ выполняет производитель ПЛК самостоятельно, получив все необходимые исходные данные для адаптации, а разработчики Аваланж обеспечивают активную поддержку и консультирование. Кроме этого, возможны и комбинированные варианты.

Среда разработки «АРМА ПЛК» активно развивается, ориентируясь на потребности современного рынка. Уже в июне 2026 года выйдет новый релиз «АРМА ПЛК 2.0», в котором будут добав-

лены поддержка многозадачности и множество улучшений уже существующих функций. А в течение 2026 года планируются к реализации такие востребованные функции, как создание пользовательских библиотек, протоколы МЭК 60870-5-104 и OPC UA, резервирование и редактор LD. Но не будем голословными: самостоятельно протестировать и оценить функциональные возможности среды разработки «АРМА ПЛК» можно, получив демонстрационную версию с виртуальным устройством под ОС Astra Linux или Windows.

Подробнее о ЗОСРВ «Нейтрино» Архитектурная основа

«Нейтрино» – это защищённая операционная система реального времени (ЗОСРВ) с микроядром. В отличие от монолитных ОС (Linux, Windows), где драйверы и файловые системы находятся в пространстве ядра, в «Нейтрино» все эти компоненты вынесены в пользовательский режим и работают как отдельные процессы – так называемые менеджеры ресурсов. Микроядро выполняет только строго ограниченный набор функций: планирование потоков, синхронную передачу сообщений между процессами, обработку таймеров и аппаратных прерываний, управление виртуальной памятью.

Каждый процесс (включая драйверы, сетевой стек, файловые системы) выполняется в своём защищённом виртуальном адресном пространстве. Это означает, что ошибка в любом из них (например, разыменован нулевого указателя в драйвере последовательного порта) не нарушает память микроядра и не приводит к краху всей системы.

Менеджеры ресурсов как ключевой механизм

Вся работа с устройствами и виртуальными объектами реализована через менеджеры ресурсов. Менеджер ресурсов – это серверный процесс, который регистрирует в администраторе процессов своё устройство, например, /dev/ser1. Когда клиентская программа вызывает open(), read() или write() для этого устройства, микроядро перенаправляет сообщение соответствующему менеджеру. Такой подход даёт несколько преимуществ для АСУ ТП.

1. Привычный UNIX-подход «всё есть файл», унификация доступа к любым ресурсам – физическим (COM-порты, дискретные входы/выходы, CAN-шины) и виртуальным (/dev/null, /dev/gandom, сетевая файловая система, псевдотерминалы).
2. Драйверы можно разрабатывать и отлаживать как обычные приложения, используя стандартные отладчики с точками останова и работой с исходным кодом. Остановка драйвера в отладчике не блокирует ядро и не парализует всю систему.
3. При сбое драйвера его можно перезапустить штатными средствами (например, под управлением менеджера высокой готовности), не перезагружая контроллер.

Отказоустойчивость и высокая готовность

Благодаря модульности в «Нейтрино» тривиально строится система высокой готовности (High Availability, HA). Достаточно реализовать внешний процесс-супервизор, отслеживающий состояние критических сервисов (драйверов, протоколов связи, базы данных реального времени) и при их аварийном завершении перезапускающий их. Поскольку каждый сервис изолирован, перезапуск одного из них не требует остановки других. В монолитных системах подобная схема невозможна без полной перезагрузки.

Такой подход критичен для АСУ ТП с требованиями к непрерывности управления: отказавший драйвер датчика на линии может быть восстановлен за миллисекунды, при этом остальные задачи (регуляторы, архивация, связь с верхним уровнем) продолжают выполняться.

Режим реального времени и детерминизм

Операционная система «Нейтрино» обеспечивает работу в режиме жёстко-

го реального времени (hard real-time). Микроядро является полностью вытесняемым, поддерживает фиксированные приоритеты (256 уровней) и наследование приоритетов для предотвращения инверсии. Время реакции на внешнее прерывание в типовых конфигурациях – единицы микросекунд на современном оборудовании.

Соответствие POSIX и переносимость прикладного кода

Операционная система «Нейтрино» сертифицирована на соответствие стандарту POSIX (включая реально-временные расширения 1003.1b). В ней поддерживаются:

- полный набор системных вызовов: процессы (fork, exec, wait), потоки (pthread_*), сигналы, очереди сообщений (mq_*), семафоры, разделяемая память;
- командная оболочка Korn Shell (ksh) и стандартные утилиты (grep, find, ls, awk, more, cron и т.д.);
- неименованные программные каналы (pipe), перенаправление потоков, коды возврата;
- сетевой стек TCP/IP с полным набором сокетов BSD.

Это означает, что большая часть существующего UNIX-кода (в том числе написанного для Linux или QNX) компилируется на «Нейтрино» с минимальными изменениями. Для АСУ ТП это позволяет переносить отработанные алгоритмы управления, библиотеки протоколов (Modbus, OPC UA, MQTT) и скрипты автоматизации.

Масштабируемость и поддерживаемые архитектуры

«Нейтрино» работает на широком спектре процессорных архитектур: x86, ARMv7 и ARMv8, MIPS, PowerPC, «Эльбрус». Поддерживаются как однокристальные системы с малым объёмом RAM (от 4 Мбайт), так и многопроцессорные системы с симметричной многопроцессорностью (SMP) и многопроцессорностью с привязкой (BMP) до 32 ядер. Механизмы связывания потоков с конкретными ядрами (BMP) позволяют гарантировать выделение вычислительных ресурсов для наиболее критичных задач АСУ ТП (например, быстрого регулятора на отдельном ядре).

Распределённая обработка: протокол Qnet

Собственный сетевой протокол Qnet обеспечивает прозрачное распределённое

взаимодействие узлов. На всех машинах сети, работающих под управлением «Нейтрино», с помощью Qnet формируется единое пространство имён путей и идентификаторов процессов. Это позволяет на одном узле открыть файл по пути /net/remote_node/home/file или послать сообщение процессу с PID, видимым глобально. Для АСУ ТП с распределёнными контроллерами это упрощает обмен данными: не нужно разрабатывать отдельный протокол, достаточно использовать стандартные open/read/write.

Преимущества связки «АРМА ПЛК» с ОС «Нейтрино»

Комбинация среды разработки «АРМА ПЛК» и ЗОСРВ «Нейтрино» даёт синергетический эффект, который складывается из нескольких ключевых факторов.

1. Фундамент надёжности – ЗОСРВ «Нейтрино»: «Нейтрино» – это POSIX-совместимая встраиваемая операционная система жёсткого реального времени, имеющая долгую историю развития на рынке. Её микроядерная архитектура обеспечивает исключительную отказоустойчивость: драйверы и приложения изолированы друг от друга, и ошибка в одном компоненте не приведёт к краху всей системы. Важнейшим подтверждением качества является недавняя сертификация ядра и системной библиотеки «Нейтрино» на соответствие требованиям ГОСТ Р МЭК 61508 с подтверждением уровня полноты безопасности SIL 3. Это открывает возможность использовать данную связку в самых критичных с точки зрения безопасности приложениях.

2. Максимальная производительность – архитектура «АРМА ПЛК»: в отличие от многих подобных продуктов, использующих виртуальные машины, рантайм «АРМА ПЛК» не вносит дополнительных накладных расходов на исполнение прикладных программ, что критично для систем жёсткого реального времени. Исполняется бинарный файл кода, давая существенный выигрыш в производительности по сравнению с интерпретируемыми системами.

3. Готовая адаптация: производители ПЛК получают готовую связку за счёт того, что среда выполнения «АРМА ПЛК» полностью интегрирована с не-

обходимыми сервисами ЗОСРВ «Нейтрино», что обеспечивает поддержку механизмов планирования, межзадачного взаимодействия и обработки прерываний, предоставляемых ОС, без каких-либо ограничений и потери производительности. Процедура адаптации «АРМА ПЛК» для новых контроллеров под управлением ЗОСРВ «Нейтрино» будет заключаться лишь в реализации слоя ввода/вывода, специфичного для каждого контроллера.

4. Платформенная независимость и гибкость: среда выполнения «АРМА ПЛК» является платформенно независимой. Инструменты (тулчейн), обеспечивающие создание исполняемого объектного кода под целевую платформу, находятся в так называемом пакете поддержки устройства (ППУ), который устанавливается в среду разработки. Поскольку ЗОСРВ «Нейтрино» сама по себе поддерживает широкий спектр архитектур, включая x86, ARM и «Эльбрус», то любая платформа, поддерживаемая «Нейтрино», будет работоспособна в связке с «АРМА ПЛК». Это делает решение исключительно гибким и легко адаптируемым под конкретные аппаратные задачи.

Заключение

Связка среды разработки «АРМА ПЛК» и ЗОСРВ «Нейтрино» – это не просто концепция, а готовое к внедрению решение. Оно базируется на мощной, проверенной годами ЗОСРВ и на инновационной, высокопроизводительной среде разработки, лишённой архитектурных ограничений легаси-кода.

Этот симбиоз позволяет создавать отечественные АСУ ТП, которые не уступают, а по ряду параметров превосходят зарубежные аналоги, обеспечивая цифровой суверенитет и технологическую независимость критической инфраструктуры.

Добавим также, что «АРМА ПЛК» прошёл заводские испытания и готов к эксплуатации на промышленных объектах. ●

**Авторы – сотрудники
Адванс и СВД ВС**

Если у вас появились вопросы – обращайтесь в редакцию журнала. Мы будем рады предоставить вам прямые контакты для связи с разработчиками.

аваланж

АРМА ПЛК

Интегрированная среда разработки моделей и алгоритмов

№26226 в реестре российского ПО

01

Модельно-ориентированная графическая среда разработки прикладного ПО для программируемых логических контроллеров на языках стандарта IEC 61131-3, позволяющая создавать системы управления в различных отраслях промышленности

02

Построена на базе методологии использования модели с акцентом на совместное определение, оценку и эксплуатацию ее архитектуры

НАЗНАЧЕНИЕ



Разработка
прикладного ПО
для отдельных ПЛК



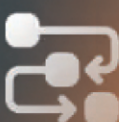
Документирование



Кодогенерация



Разработка прикладного
ПО для распределенных
систем управления



Симуляция и отладка
в целевой среде



Управление
конфигурацией

ProSoft®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама