

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ЭМУЛЯТОРЫ КОНТРОЛЛЕРОВ

И.Н. Андриянов (АО «Экоресурс»)

Показано, что портированное ПО контроллера является цифровым двойником. Рассматриваются эмуляторы контроллеров на примере серии БАЗИС (производства АО «Экоресурс», г. Воронеж), которые позволяют создавать виртуальные стенды для тестирования и обучения.

Ключевые слова: цифровой двойник, контроллер, эмулятор, моделирование, имитация.

Введение

В настоящее время в промышленности активно внедряются цифровые технологии, в совокупности объединяемые понятием четвертой промышленной революции (Industry 4.0). Среди этих технологий значимое место занимает концепция создания и использования цифровых двойников.

Начнем с пояснения термина «двойник». Двойник — это объект, который имеет полное сходство или очень похож внешне или внутренне на другой объект.

Два изделия одного типа, произведенные с выполнением требований единых технических условий (ТУ), возможно, на разных заводах, разными людьми и на разном оборудовании, будут являться физическими двойниками. (Замечание: так как тема двойников очень масштабна, то ограничимся обсуждением двойников только для разрабатываемых объектов).

Макеты физических объектов не являются физическими двойниками, хотя на финальных стадиях разработки они внешне и внутренне похожи на конечные изделия. А вот предсерийные образцы, которые удовлетворяют требованиям ТУ, уже можно считать физическими двойниками будущего изделия.

Современным трендом цифровизации является создание цифровых двойников. На данный момент промышленность и научные круги определяют цифровой двойник несколькими различными способами. Будем использовать следующее широко распространенное

определение, которое описывает цифровой двойник как цифровую модель физического объекта, которая имитирует его работу в реальном времени [1, 2].

Использование портированного встроенного ПО при разработке

Рассмотрим далее процесс разработки контроллеров на примере серии БАЗИС® [3].

После разработки и утверждения ТУ на контроллер и параллельно с разработкой сборочных единиц начинается разработка встраиваемого программного обеспечения (firmware). Сконцентрируемся на встраиваемом программном обеспечении блока управления и индикации, в том числе на его тестировании и отладке.

Заметим, что если ПО с минимальными изменениями (или без таковых) портируется с одной технической архитектуры на другую, то получаемое ПО является цифровым двойником исходного. Это пример цифрового двойника, «физическим» объектом которого является программный код.

Аналогичные действия производятся со встраиваемым ПО контроллера серии БАЗИС: в середине этапа разработки, когда еще нет макета нового устройства, обычно уже готова первая версия встраиваемого ПО. Она портируется с ARM-архитектуры (на ней разрабатывается контроллер) на архитектуру x86 (архитектура PC-совместимых компьютеров) с возможностью работы с виртуальными органами управления,

индикации и сигнализации. Два этих ПО (встраиваемое и портированное) относительно друг друга являются цифровыми двойниками (рис. 1).

На портированной версии ПО идут процессы отладки и тестирования, выявляются и документируются все проблемы, которые исправляются в исходном коде. Такой подход значительно сокращает время разработки и облегчает ее. Безусловно, финальное тестирование проводится на предсерийных экземплярах контроллера, но это вопрос не является темой статьи.

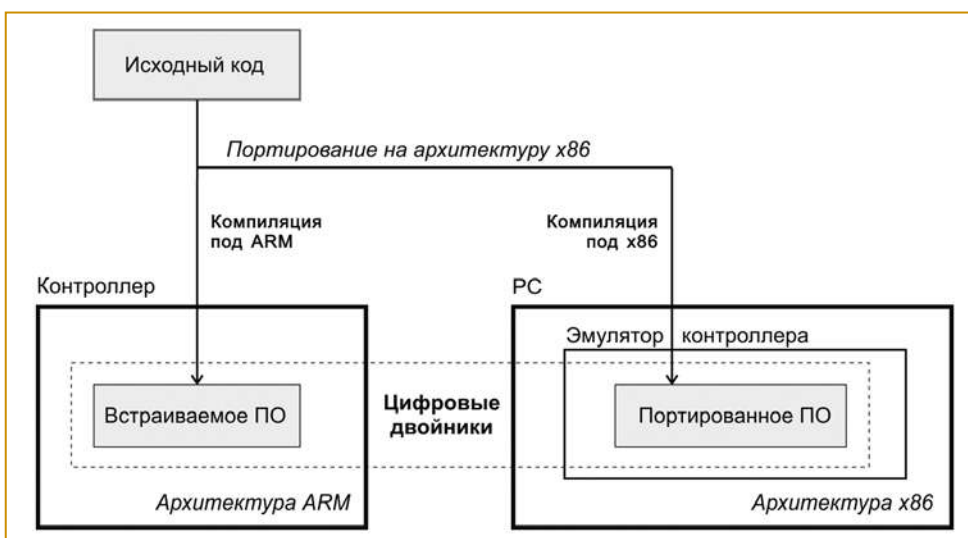


Рис. 1. Встраиваемое и протрированное ПО контроллера как вариант цифрового двойника

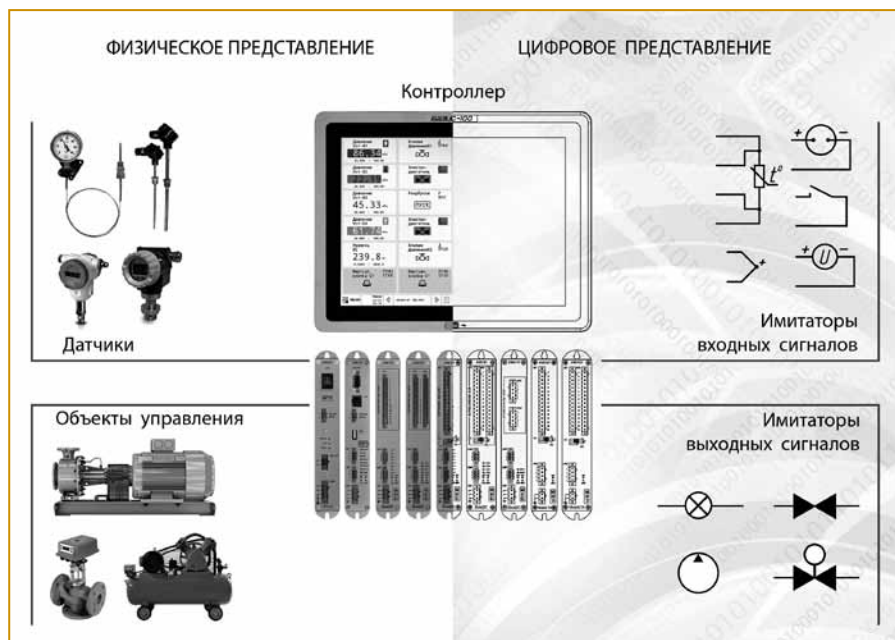


Рис. 2. Физическое и цифровое представление программно-технического комплекса

Программно-аппаратные требования

Для работы эмуляторов достаточно использовать бюджетные десктопы или ноутбуки. Например, системный блок с процессором INTEL Celeron G4900 или AMD Athlon II X4830 (одни из самых бюджетных в своем классе) будет вполне достаточен. Рекомендуется использовать монитор с разрешением Full HD, так как на нем будет эмулироваться не только работа ЖКИ контроллера, но и кнопок управления и светодиодов. Отметим, что если будет использоваться сенсорный экран, то сохранится тактильный эффект при работе с виртуальной передней панелью контроллера.

Что касается ПО, то кроме самой программы-эмулятора требуется еще и программа конфигурирования соответствующего контроллера, которая доступна для бесплатного скачивания на официальном сайте и портале технической поддержки компании-производителя.

При помощи данной программы подготавливается файл, используемый эмулятором для работы.

Рассмотрим далее функции, реализованные в эмуляторах контроллеров серии БАЗИС.

Функции, реализованные в эмуляторах контроллеров серии БАЗИС

Эмуляция работы датчиков. Все эмуляторы имеют возможность имитировать работу с датчиками различных типов. Датчики имитируются посредством задания сигналов требуемого типа (дискретный, аналоговый) и вида (константа, периодическая функция) (рис. 3). Состояние имитируемых дискретных датчиков можно вводить вручную или автоматически путем задания интервалов времени их включения/отключения. Значения имитируемых аналоговых датчиков можно задавать вручную или изменять автоматически по предустановленным математическим функциям.

Применение цифрового двойника после завершения разработки

Для использования цифрового двойника встраиваемого ПО требуется эмулятор контроллера, в котором работа ведется в реальном времени с эмуляцией органов управления, возможностью изменения состояний различных элементов контроллера (модулей, интерфейсов и пр.), а также сигналов датчиков, объектов управления и исполнительных механизмов.

Данные решения (эмуляторы контроллеров серии БАЗИС) востребованы рынком, — после этапа разработки их используют следующие группы специалистов и организаций:

- 1) потенциальные заказчики для ознакомления с функциональными возможностями контроллеров;
- 2) пусконаладочные организации и инженеры КИП для разработки (доработки), отладки проекта конфигурации контроллеров;
- 3) эксплуатирующие организации для своевременного или превентивного проведения переподготовки и повышения квалификации персонала;
- 4) учебные заведения, которые готовят специалистов по автоматизации. Используя эмуляторы преподаватели могут проводить спецкурсы и лабораторные работы для своих студентов, вводить новые темы курсовых и дипломных проектов, а также разрабатывать методические рекомендации и писать научные статьи.

Все это стало возможно реализовать без задействования специальных лабораторий и риска повреждения/выхода из строя дорогостоящего технологического оборудования (рис. 2).

№ входа	Наименование	Значение	Тип	Константа/период	Низ	Верх
d12.06	О/К N40 ЗАКРЫТ	Выкл.	Константа	<input type="checkbox"/>	0	100
d12.07	Э/З N74 ОТКРЫТА	Вкл.	Константа	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100
d12.08	Э/З N74 ЗАКРЫТА	Вкл.	Константа	<input checked="" type="checkbox"/>	0	100
d39.04	КВИТИР.	Выкл.	Константа	<input type="checkbox"/>	0	100
d40.04	КВИТИР.	Выкл.	Константа	<input type="checkbox"/>	0	100
ai01.01	Т куба ТТ 1740	40	Константа	40	0	100
ai01.02	Т катализ ТТ 4004-1	70	Константа	70	0	100
ai01.03	Т катализ ТТ 4004-2	59,85789	Синус	120	40	70
ai01.04	Т катализ ТТ 4004-3	60,52734	Пила	180	50	90

Рис. 3. Имитация входных сигналов

do13.07: Н-350/Л ОСТАНОВ	do14.02: ВНЕШНЯЯ СИГН. ПАЗ
do13.09: Н-350/Л ОСТАНОВ	do14.03: FV 3090 Н-33 КТ160
do13.10: Н160,Н350 Н33 ОСТАН.	do14.04: Э/З N 90 ЗАКРЫТИЕ
do14.01: Н-33/Д ОСТАНОВ	do14.05: Э/З N 93 ЗАКРЫТИЕ

Рис. 4. Физические состояния дискретных выходных каналов

Данная функциональность эмулятора позволяет проверить реакцию программы, загруженной в контроллер, на включение/отключение дискретных параметров, попадание значений аналоговых параметров в предаварийные и аварийные зоны; срабатывание в нужный момент звуковой/световой сигнализации, отображение требуемых визуальных элементов и пр.

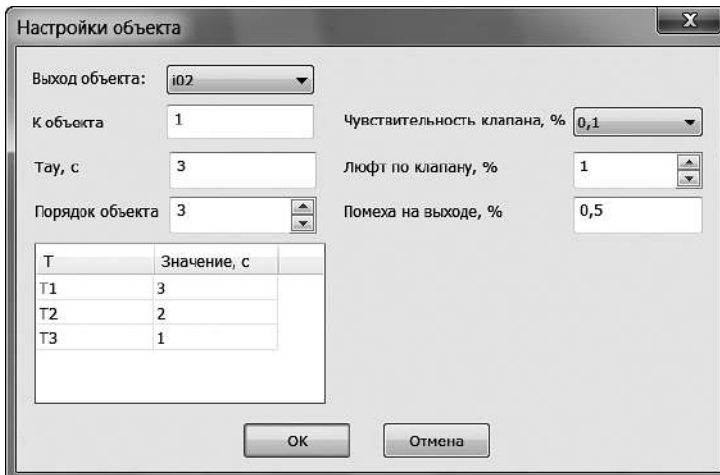


Рис. 5. Настройки объекта управления

Эмуляция управляющих сигналов для исполнительных механизмов. Контроллеры серии БАЗИС (и их эмуляторы) имеют логические и физические состояния дискретных выходных каналов, которые могут не совпадать.

Логические состояния каналов контроллера можно посмотреть на ЖКИ, а физические состояния отображаются в специальном окне эмулятора (рис. 4). Именно эти сигналы подаются на исполнительные механизмы.

Контроль физического состояния выходных каналов дает возможность проверить правильность выдачи сигналов на исполнительные механизмы, работу внешней сигнализации и ее квитирование, корректное срабатывание блокировок, снятие блокировок с памятью и др.

Эмуляция работы с объектами управления.

В эмуляторе контроллера с функцией ПИД-регулирования есть возможность эмулировать работу с объектами управления, характеристики которых задаются посредством специально разработанных настроек (рис. 5).

Эмуляция работы ЖКИ и кнопок управления.

Контроллеры серии БАЗИС имеют различные органы управления и разные индикаторы, в связи с этим их эмуляторы имеют соответствующие различия.

Для удобства пользователей все эмуляторы имеют два режима работы: с отображением всей панели контроллера и с отображением только ЖКИ (рис. 6). В первом случае работа с кнопками контроллера имитируется экранными кнопками на мониторе компьютера или при помощи его клавиатуры; во втором — только при помощи клавиатуры.

Отметим, что если эмулятор установлен, например, на ноутбуке с сенсорным экраном, то нажатие кнопок можно имитировать, касаясь пальцами нужного места на экране, что дает тактильный эффект при работе.

Современные возможности эмулятора ПЛК БАЗИС-100

На современном этапе развития автоматизации производства существенно возрастает объем задач, исключающих вмешательство человека при принятии решений, повышаются требования к надежности систем автоматизированного управления и противоаварийной защиты. В связи с этим все большая доля ответственности возлагается на разработчиков алгоритмов управления, которые должны минимизировать риски возникновения программных ошибок. Для решения данной проблемы эмуляторы контроллеров должны работать в тесном взаимодействии со средой конфигурирования и позволять отлаживать алгоритмы в реальном времени или пошаго-

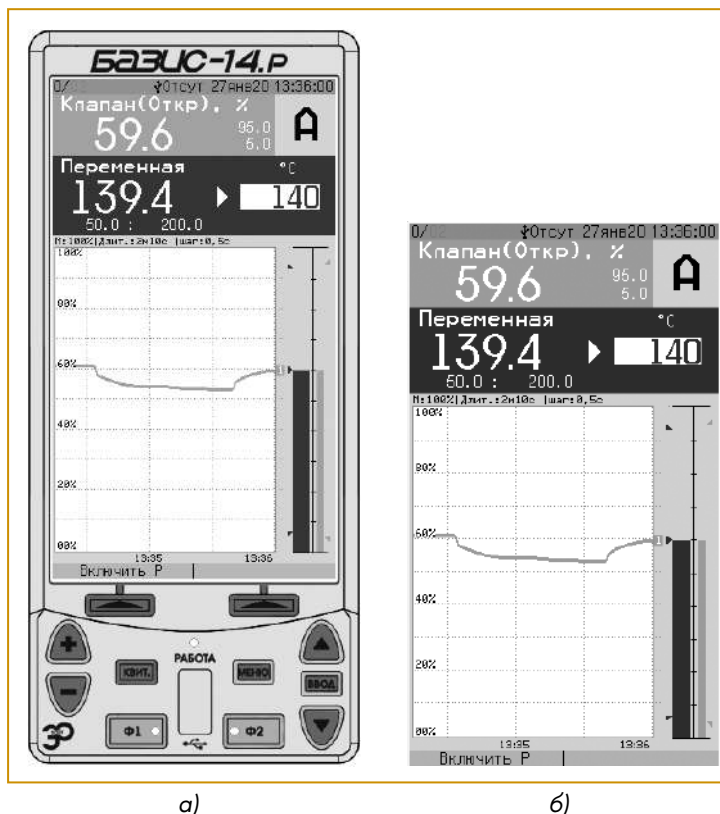


Рис. 6. Режимы работы эмулятора с отображением: а) всей панели; б) только ЖКИ

во, с использованием условных и безусловных точек останова, что существенно повышает качество и сокращает сроки разработки и отладки конфигурации в целом и программы в частности.

ПЛК БАЗИС-100 [4] является флагманом контроллеров серии БАЗИС, и его эмулятор в связке со средой конфигурирования обладает расширенными возможностями по работе с загруженной программой. Это отладка программы в реальном времени и пошагово, работа с безусловными и условными точками останова, отображение состояния и значения параметров конфигурации в любой момент времени работы.

Кроме этого, в эмуляторе ПЛК БАЗИС-100 предусмотрена имитация нештатных ситуаций, а именно: обрывы связи с модулями и/или внешними устройствами, сбой питания, ошибка резервирования.

Заключение

Таким образом, в статье показано, что портированное на другую архитектуру встраиваемое ПО контроллера является цифровым двойником.

На производственной базе АО «Экоресурс» функционирует учебный центр, в котором программы-эмуляторы контроллеров серии БАЗИС используются в целях обучения. При работе с эмуляторами пользователь вместо физического тестового/учебного стенда может использовать его виртуальный аналог, реализованный на персональном компьютере или ноутбуке. Демо-версии эмуляторов (с уже загруженной конфигурацией) доступны на официальном сайте и портале технической поддержки фирмы-производителя.

Список литературы

1. *Michael Grieves*. Digital twin. Manufacturing excellence through virtual factory replication. <http://innovate.fit.edu>.
2. *Aaron Parrot, Lane Warshaw*. Industry 4.0 and the digital twin. Manufacturing meets its match. <https://www2.deloitte.com>
3. *Андрянов И.Н., Маслова И.В.* Автоматизация нефтегазовых производств с использованием контроллеров серии БАЗИС // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2019. №2.
4. *Андрянов И.Н., Тучинский В.Р., Тучинский С.В.* Построение АСУТП на основе контроллеров БАЗИС-100//Автоматизация в промышленности. 2012. № 1.

Андрянов Игорь Николаевич – канд. техн. наук, начальник отдела документирования и тестирования АО «Экоресурс». Контактные телефоны/факсы: (473) 272-78-20, 272-78-21, 272-78-19. E-mail: igor@ecoresurs.ru <http://ecoresurs.ru>, <http://support.ecoresurs.ru>

Новые системы линейного перемещения с повышенной гибкостью для упаковки пищевых продуктов iTRAK 5730

Производители пищевых продуктов находятся под постоянным давлением, поскольку им нужно искать новые способы упаковки большого ассортимента продуктов питания без ущерба для производительности. Теперь они могут успешно решать эти задачи, одновременно наращивая производительность благодаря новой компактной интеллектуальной конвейерной системе iTRAK 5730 от компании Rockwell Automation. В системе используется технология независимого перемещения кареток для создания интеллектуального, гибкого и производительного оборудования.

Технология независимого перемещения кареток обладает многими преимуществами перед традиционными роликовыми, цепными и ленточными конвейерами, включая максимальную гибкость оборудования, лучшую отслеживаемость и длительное время безотказной работы. За счет магнитной тяги каретки с индивидуальным управлением могут быстро начинать движение и останавливаться с высокой точностью, что снижает износ оборудования и повышает энергоэффективность. Технология также позволяет быстро выполнять переналадку с использованием заранее настроенных профилей перемещения, которые можно выбрать нажатием кнопки на панели оператора.

Система iTRAK 5730 обладает самыми маленькими габаритами среди конвейерных систем с независимым перемещением кареток от Rockwell Automation. Благодаря минимальному

шагу в 50 мм система идеально подходит для основных типов упаковки, таких как обертывание пленкой, упаковка в картонную тару с торцевой загрузкой и фасовка сыпучих материалов с формовкой, наполнением и запечатыванием пакетов. Система также легко интегрируется в информационную инфраструктуру производителя, предоставляя аналитические данные, помогающие оптимизировать расход электроэнергии, отслеживать износ деталей и сокращать простои.

iTRAK 5730 обладает встроенными функциями безопасности: безопасное отключение крутящего момента, безопасный останов категории 1, уровень полноты безопасности 3, уровень эффективности. Предусмотрена возможность создания зон безопасности, позволяющих повышать безопасность без ущерба производительности, поскольку движение вне зоны безопасности не будет прерываться даже после аварийной остановки в зоне безопасности.

Кроме того, возможности моделирования позволяют пользователям заранее рассчитать производительность системы iTRAK 5730. Пользователи также могут создать цифрового двойника, который можно использовать для виртуальной разработки, наладки и демонстрации системы, а также для виртуального обучения операторов. Стандартизированные библиотеки объектно-ориентированного программирования также могут помочь пользователям в работе и ускорить время вывода продукции на рынок.

[Http://www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)