

Подход к построению кроссплатформенного автономного контроллера автоматизации на базе синтеза его отдельных модулей¹

Г.М. Мартинов, А.С. Григорьев, И.А. Ковалев (МГТУ «СТАНКИН»)

Работа посвящена исследованию процесса создания программируемого контроллера автоматизации (PAC - Programmable Automation Controller) для управления технологическими задачами, не требующими сложной интерполяции (упаковка, прессы и т.д.). Предлагаемый подход позволяет подобрать минимально достаточную конфигурацию программно-аппаратной платформы и прикладного программного обеспечения в зависимости от технического задания на объект управления с учетом вычислительных возможностей платформы исполнения и числом компонентов программы управления. Рассмотрен практический пример синтеза системы управления при управлении гидроцилиндром.

Ключевые слова: ПЛК, программируемый контроллер автоматизации, ЧПУ, PC-архитектура, ARM-архитектура.

Введение

В настоящее время существуют области, где применение мощных дорогостоящих систем управления является избыточным, что приводит к лишним финансовым затратам. Несложные технологические операции, такие как упаковка продукции, сбор диагностической информации, вспомогательное управление электроавтоматикой не требуют полноценных систем ЧПУ либо систем управления роботом. В тоже время, согласно концепции Industry 4.0, в таких системах необходимо обеспечивать возможности гибкой настройки и модернизации систем, поддерживать встраиваемость в «умные» производства. Такими возможностями не обладает большинство ПЛК из-за особенности архитектуры [1]. Предлагается использовать контроллер автоматизации технологических процессов с синтезом минимально достаточного набора модулей в соответствии с техническим заданием (ТЗ) на объект управления.

Анализ архитектурных решения систем ЧПУ и PAC

Архитектура современных систем управления по типу ЧПУ и промышленных контроллеров автоматизации предполагает использование определенной программно-аппаратной платформы, при этом некоторые производители заверяют о возможности портирования ядра системы управления на другие платформы.

Крупные мировые производители разрабатывают собственные платформы для систем управления, где

применяется аппаратное обеспечение с различной вычислительной мощностью и конфигурируемым прикладным программным обеспечением, ориентированным на разные ценовые диапазоны [2, 3]. Другие производители зачастую подбирают максимальную вычислительную платформу сторонних производителей и добавляют свое прикладное ПО. Перечисленные подходы приводят к избыточности решения, что выливается в дополнительные финансовые затраты.

Проблема построения систем управления с возможностью портирования программного обеспечения заключается в том, что на сегодняшний день отсутствует возможность выбрать минимально достаточную программно-аппаратную платформу, базирующуюся на недорогих вычислительных решениях. Применяемые в настоящее время платформы или избыточны по своей функциональности, или их вычислительных возможностей может не хватить для выполнения всех условий ТЗ, что приведет к откату проекта на начальные этапы разработок.

Структурная схема и модель кроссплатформенного контроллера автоматизации по типу виртуальной машины

Предложена структурная схема компонентов кроссплатформенного контроллера автоматизации, в которой выделены группы обязательных и варьируемых модулей, а также определены варианты взаимодействия отдельных модулей системы в зависимости от ТЗ на объект управления (рис. 1)

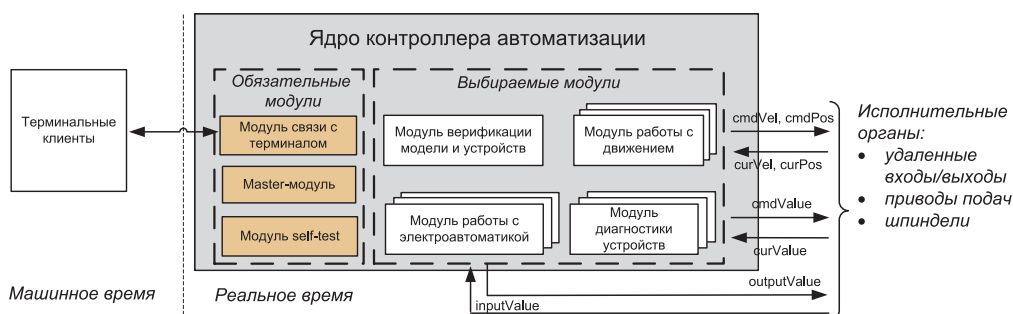


Рис. 1. Структурная схема ядра контроллера автоматизации

Через терминальные клиенты контроллера автоматизации выполняется загрузка программ управления, конфигурация устройств и диагностика системы и объекта управления. Обязательные модули присутствуют всегда, к ним относятся модули связи с терминальными клиентами, self-test (самотестирование системы)

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/4.6).

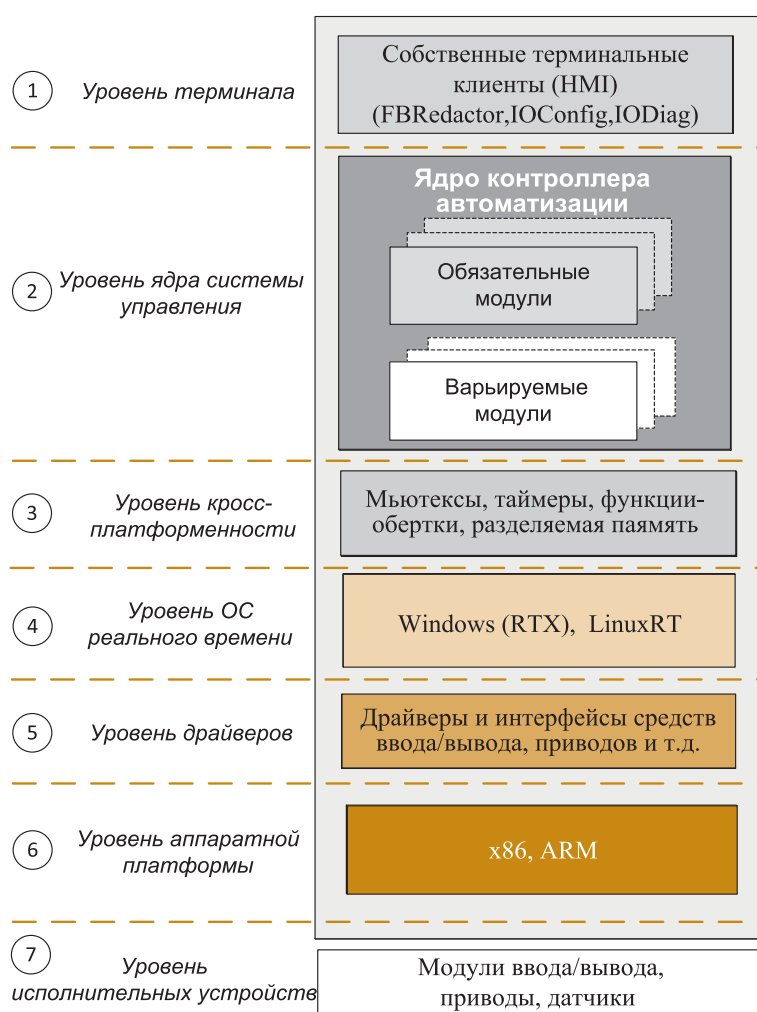


Рис. 2. Модель разрабатываемого решения по типу виртуальной машины

и master-модуль, отвечающий за организацию взаимосвязей между всеми модулями системы управления. Варьируемые модули зависят от ТЗ, к ним относятся модули: работы с электроавтоматикой, диагностики технологической системы и отдельных ее компонентов, верификации модели и устройств, работы с движением и др. Предложенный набор модулей может быть расширен [4].

После выбора необходимых модулей происходит тестирование программно-аппаратной платформы исполнения на предмет соответствия условиям ТЗ. Если какая-то из характеристик (загрузка ЦП, ОЗУ и др.) не удовлетворяет поставленным требованиям, то для решения может быть предложено или замена вычислительной платформы, или изменение ее характеристик, если это возможно (замена процессора, увеличение ОЗУ) [5, 6].

Реализация кроссплатформенности проиллюстрирована на модели системы управления по типу виртуальной машины (рис. 2). Уровень исполнительных устройств (самый нижний уровень) формируют модули ввода/вывода, полевые шины и подключаемые к ним датчики, приводы и т. д. Исполнительные устройства подключаются к контроллеру.

Уровень аппаратной платформы включает в себя решения на базе x86 или ARM архитектуры.

Уровень драйверов и интерфейсов обеспечивает обмен данными в режиме реального времени. Уровень ОС РВ включает MS Windows с расширением реального времени RTX для PC архитектуры и LinuxRT для PC и ARM архитектур, при необходимости может быть добавлена поддержка других ОС РВ, например, Solaris, QNX, VxWorks и др.

Уровень кроссплатформенности позволяет портировать на другие платформы все программные модули, расположенные выше, без изменения исходного кода. На уровне ядра системы управления располагается вычислительное ядро синтезируемой системы управления с набором обязательных и варьируемых модулей. На самом верхнем уровне архитектурной модели находятся терминальные клиенты, реализующие интерфейс оператора.

Предложенный подход к построению кроссплатформенной архитектуры позволяет производить портирование ядра синтезированного контроллера автоматизации с одной платформы на другую за счет использования функций обертки, платформо-независимых реализаций таймеров и мьютексов. Такой подход позволяет выбрать программно-аппаратную платформу в зависимости от конкретных нужд производства, специфики технологии и располагаемых ресурсов предприятия [7].

Практическая реализация на примере экспериментального стенда с гидроцилиндром

Рассмотрим практическое применение предлагаемого подхода на примере контроллера автоматизации при управлении гидроцилиндром (рис. 3).

Использование в качестве системы управления ПЛК является недостаточным, так как необходимо поддерживать различные интерфейсы и иметь воз-

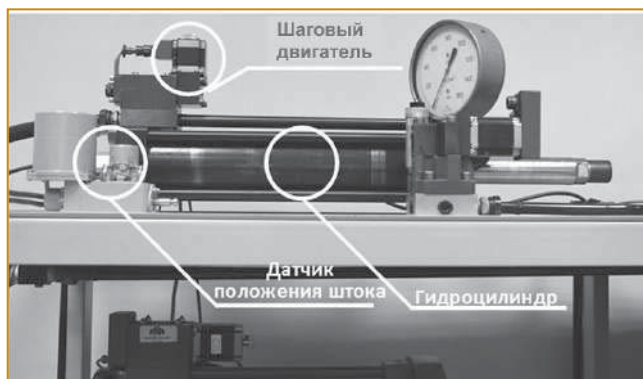


Рис. 3. Экспериментальный стенд гидроцилиндра Л-500

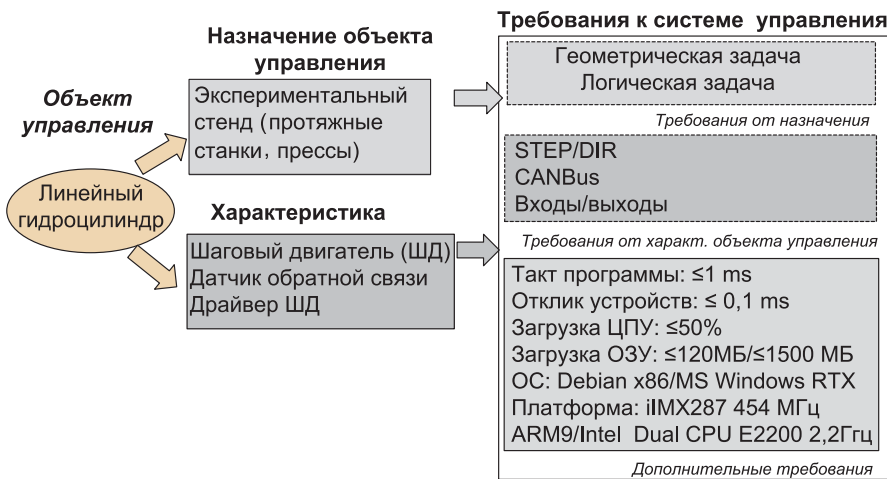


Рис. 4. Карта технического задания

Таблица. Начальная загрузка платформ

	ОС без ПО контроллера		Модули без компонентов программы управления	
	Тион Про	РС	Тион Про	РС
Загрузка ЦП, %	2	10	18	23
Загрузка ОЗУ, Мб	50	800	170	260
Такт программы, мс	-		0,3	0,1

возможность конфигурировать систему под управление движением.

На первом шаге была составлена карта ТЗ (рис. 4).

На втором шаге был определен набор варьируемых и обязательных модулей: связи с терминалом, self-test, мастер-модуль (отвечающий за выстраивание взаимосвязей между модулями), верификации данных,

работы с движением для управления шаговым двигателем с тактом 20 мкс, электроавтоматики для управления гидростанцией, сбора данных с датчиков и т. д.

Далее, было произведено начальное тестирование платформ исполнения (таблица). Колонка «ОС без ПО контроллера» означает, что на аппаратной платформе выполняется код только ОС с утилитами без выполнения кода ядра контроллера. Колонка «Модули без компонентов программы управления» означает, что на аппаратной платформе выполняется ОС, код ядра контроллера с модулями, но без компонентов

программы управления и выстроенных логических взаимосвязей.

Таким образом, на начальном этапе было выявлено, что одноплатный компьютер «Тион Про 28» с процессором ARM9, изначально планируемый как платформа исполнения, не обладает достаточными вычислительными возможностями для обеспечения требуемых характеристик (128 Мб встроенной ОЗУ против 220 Мб необходимых), поэтому дальнейшая работа с использованием данной платформы нецелесообразна.

В зависимости от ТЗ на объект управления число выбранных модулей может меняться, но чаще всего изменяется число компонентов программы управления, что приводит к изменению нагрузки на программно-аппаратную платформу [8].

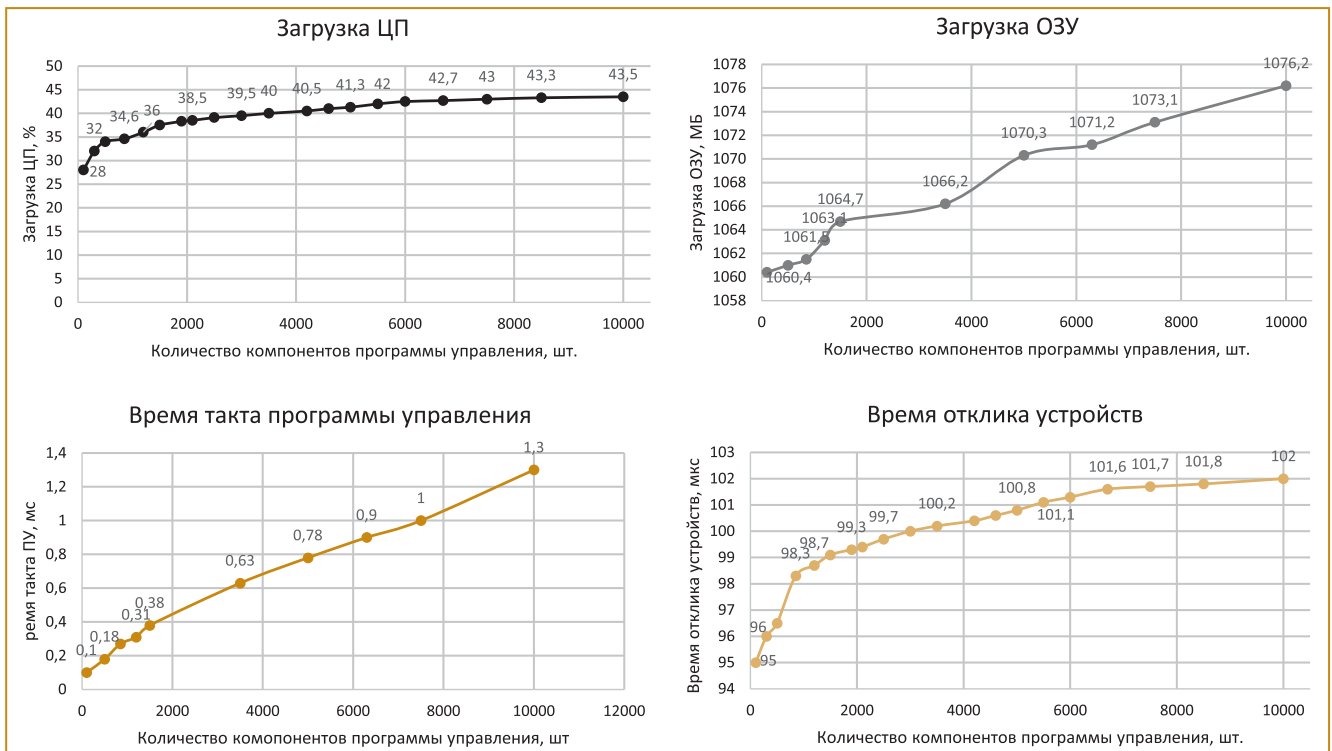


Рис. 5. Нагрузочные характеристики

Платформа исполнения РС была протестирована на предмет возможности увеличения числа компонентов управления. Тесты проводились на основе разработанного на кафедре «Компьютерные системы управления» специализированного инструментария нагрузочного тестирования. Инструментарий позволяет нагружать платформу исполнения путем эмуляции работы компонентов программы управления и их постепенным увеличением. На рис. 5 представлены результаты тестов.

Обязательный master-модуль на основе файла конфигурации производит сборку выбранных модулей и их подмодулей в единое ядро контроллера автоматизации и выстраивает взаимосвязи между ними.

В примере управления гидроцилиндром на основе нагрузочных тестов при оценке эксперимента и аппроксимации значений применялся метод наименьших квадратов. Таким образом, согласно карте ТЗ (рис. 4) были определены следующие функции ограничения, и получены соответствующие средние максимальные значения компонентов программы управления (ед.): $f(x) = (3,42 \ln(x) + 12,18)$ и 3407 ед. для загрузки ЦП, $f(x) = (0,0016x + 1060,9)$ и 274436 ед. для загрузки ОЗУ, $f(x) = (0,0001x + 0,16)$ и 18400 ед. для времени такта программы управления, $f(x) = (1,63 \ln(x) + 87,04)$ и 2836 ед. для времени отклика устройств.

При составлении программы управления гидроцилиндром разработчики ориентировались на число компонентов программы управления, определяемого по времени отклика устройств и загрузки ЦП, так как эти значения являются наименьшим из полученных для всех характеристик: $2836 < 3407 < 18400 < 274436$. В конечной версии программы управления гидроцилиндром потребовалось 2250 компонентов.

При проверке работоспособности синтезируемого контроллера автоматизации закладывается запас не менее 20% от вычисленного максимального значения числа компонентов программы управления, что позволяет расширять программу в случае необходимости.

Выводы

Предложенный подход позволил на начальных стадиях разработки проекта определить минимально достаточную платформу исполнения и избежать вре-

менных и финансовых затрат, которые могли возникнуть на поздних стадиях проекта.

Заложенная кроссплатформенность позволяет переносить ядро системы управления на различные платформы исполнения, что обеспечивает сохранность инвестиций, вложенных в разработку, при снятии с производства конкретной платформы.

Список литературы

1. *Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А., Ковалев И.А., Червонова Н.Ю.* Подход к построению систем логического управления технологическим оборудованием для реализации концепции «Индустрия 4.0» // Автоматизация в промышленности. 2017. №5. с.5-9.
2. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.* Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке «Металлообработка-Технофорум-2009», их новизна и особенности // Автоматизация в промышленности. 2009. №12. С. 59-65.
3. *Martinov G.M., Martinova L.I.* Trends in the numerical control of machine-tool systems // Russian Engineering Research. 2010. T.30. №10. P. 1041-1045.
4. *Kovalev I.A., Nikishechkin P.A., Grigoriev A.S.* Approach to Programmable Controller Building by its Main Modules Synthesizing Based on Requirements Specification for Industrial Automation // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 16-19 May, 2017.p.1-4
5. *Мартинова Л.И., Мартинов Г.М.* Практические аспекты реализации модулей открытой системы ЧПУ // Автотракторное электрооборудование. 2002. №3. С. 31-37.
6. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Емельянов А.С.* Принципы построения кроссплатформенного программно-реализованного контроллера электроавтоматики систем ЧПУ высокотехнологичными производственными комплексами // Вестник МГТУ "Станкин". 2013. №1(24). с. 42-51.
7. *Мартинов Г.М., Козак Н.В.* Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №12. С. 4-11.
8. *Никишечкин П.А., Ковалев И.А., Григорьев А.С., Никич А.Н.* Кроссплатформенная система сбора и обработки диагностической информации о работе технологического оборудования // Вестник МГТУ Станкин. 2017. № 1 (40). С. 94-98.

Мартинов Георги Мартинов – д-р техн. наук, проф.,

Григорьев Антон Сергеевич – канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,

Ковалев Илья Александрович – ст. преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499) 972-94-40.

E-mail: martinov@stankin.ru

Новая система лазерной резки от Bystronic Laser

Компания Bystronic Laser представит на выставке «Металлообработка-2018» новую систему лазерной резки Bystar Fiber с резонатором 10 кВт.

По сравнению с промышленным стандартом волоконных лазеров на 4 кВт установка в 10 кВт увеличивает скорость резки на ByStar Fiber в четыре раза. Наибольшая выгода достигается при обработке материалов толщиной 0,8...12 мм. Однако 10-киловаттный волоконный лазер также развивает невероятную скорость резки листов толщиной до 30 мм.

Кроме того, станок ByStar Fiber усовершенствован новой режущей головкой, реализующей новую технологию резки. ByStar Fiber режет нержавеющей сталь, алюминий, цветные металлы и черную сталь, обрабатывая эти материалы

в самом широком диапазоне толщины. Для обеспечения постоянного высокого качества резки таких различных материалов режущая головка должна гибко адаптировать процесс резки к смене материалов и их характеристикам. Это происходит автоматически без вмешательства оператора. Для этого компания Bystronic Laser оснастила режущую головку функцией «контроль зоны прожига».

Эта новая функция определяет форму лазерного луча. В зависимости от толщины листа и материала функция «контроль зоны прожига» позволяет с очень высокой точностью адаптировать фокусную точку. Это дает возможность машине Bystar Fiber достигать оптимального качества обработки, несмотря на различные толщины и материалы листового металла.

[Http://www.metobr-expo.ru](http://www.metobr-expo.ru)