

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института автоматики
и электротехники СО РАН
чл.-корр. РАН



С.А. Бабин
12 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о диссертации Розова Андрея Сергеевича «Разработка моделей и методов процесс-ориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

(выписка из протокола семинара «Информационные технологии и системы» от 29 июня 2020 г.)

Присутствовали:

д.т.н.	Потатуркин О. И. (председатель семинара)
д.т.н.	Зюбин В. Е.
д.т.н.	Лихачев А. В. (секретарь семинара)
д.т.н.	Резник А. Л.
к.ф-м.н.	Ануреев И. С.
к.т.н.	Белоконь С. А.
к.т.н.	Борзов С. М.
к.ф-м.н.	Гаранина Н. О.
к.т.н.	Котов К. Ю.
к.ф-м.н.	Наливайко В. И.

и другие сотрудники ИАиЭ СО РАН – всего 14 человек.

Слушали: Доклад Розова А. С. по материалам диссертации «Разработка языковых и инструментальных средств процесс-ориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В обсуждении работы приняли участие д.т.н. Потатуркин О. И., д.т.н. Лихачев А. В., д.т.н. Резник А. Л., к.ф-м.н. Ануреев И. С., к.ф-м.н. Гаранина Н. О. и другие. Научный руководитель д.т.н. Зюбин В. Е.

отметил существенный личный вклад Розова А. С. в получении изложенных в диссертационной работе результатов, его высокую квалификацию, самостоятельность и инициативность при постановке и решении научных задач.

Постановили:

Принять следующее заключение по диссертации Розова А. С. «Разработка языковых и инструментальных средств процессориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ».

1. Актуальность работы обусловлена следующими факторами. Снижение стоимости микропроцессоров и тенденция к совмещению нескольких устройств в одной микросхеме привели к активному развитию встраиваемых систем (ВС). Замещение специализированных цифровых схем универсальными микроконтроллерами позволяет значительно удешевить разработку и производство ВС. Затраты на создание программного обеспечения (ПО) встраиваемых систем при этом многократно превышают расходы на проектирование и производство аппаратной составляющей. Этот эффект значительно усиливается активным развитием микроконтроллерных платформ с открытой архитектурой (МПОА), таких как Arduino и Itead Maple. Использование готовых аппаратных решений и широкий выбор совместимых периферийных устройств делают возможным быстрое прототипирование аппаратной составляющей встраиваемых систем. При этом исключается необходимость в дорогостоящих и затратных по времени операциях по изготовлению специализированных печатных плат. Таким образом, стоимость результирующей системы определяется в первую очередь стоимостью разработки ПО микроконтроллера.

Трудоёмкость разработки ПО в значительной мере зависит от выбранных методик и языков программирования и их соответствия решаемой задаче. В настоящее время для программирования микроконтроллеров преимущественно используются языки C/C++. Понятийный аппарат этих языков изначально ориентирован на вычислительные задачи и обработку сложно структурированных данных. Разработка ПО ВС при помощи объектно-ориентированных технологий приводит к быстрому росту сложности программ по мере увеличения числа компонентов внешней среды. Обеспечение надежности работы системы в этом случае требует значительных временных затрат, что увеличивает стоимость разработки и сопровождения ПО.

Встраиваемые системы обладают многими свойствами алгоритмов управления в промышленной автоматизации – сложное поведение системы, одновременное взаимодействие с множеством внешних для системы устройств. Для описания алгоритмов управления ранее

разработаны специализированные методы, средства и языки программирования. Методики событийного программирования на основе конечных автоматов, такие как switch-технологии, иерархические автоматы, язык QuickStep позволяют эффективно описывать взаимодействие системы с внешней средой. Описание системы в виде набора взаимодействующих автоматов позволяет обеспечить логический параллелизм ПО ВС. Этот подход используется в технологии процессориентированного программирования.

Использование наработок в области промышленной автоматизации может снизить трудоемкость разработки и отладки ПО ВС. Программирование микроконтроллеров предполагает активную работу с аппаратными прерываниями и минимизацию накладных расходов. Современные методы и языки описания алгоритмов управления ориентированы на аппаратные платформы промышленной автоматизации, существенно отличающиеся от микроконтроллерных платформ. Эффективное применение таких подходов в области встраиваемых систем требует их доработки с учетом специфики программирования микроконтроллеров.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что актуальной является задача разработки методик и языков программирования, учитывающих особенности алгоритмов управления и специфику встраиваемых систем.

2. Диссертационная работа выполнялась в тематической группе языковых средств проектирования информационных систем управления и лаборатории киберфизических систем Института автоматики и электрометрии СО РАН при проведении исследований по следующим программам:

- Проект IV.36.1.3. Модели, методы и технологии управления и моделирования для сложных динамических процессов. Автоматизированные системы управления научно-исследовательскими и технологическими комплексами № гос. рег. АААА-А17-117060610006-6. № темы 0319-2018-0009.

3. Основные научные результаты, полученные Розовым А. С.

- Разработана математическая модель ПО ВС в виде набора гиперпроцессов с различными источниками активации.
- Предложен метод вычисления реакций системы на внешние события, позволяющий одновременно использовать кооперативную и вытесняющую многопоточность за счет представления системы в виде множества гиперпроцессов с выделенным фоновым гиперпроцессом и гиперпроцессами, активируемыми аппаратными прерываниями.
- Разработаны синтаксис и семантика высокоуровневого процессориентированного языка программирования IndustrialC, основанного на разработанном методе вычисления реакций на внешние события.

- Создана среда разработки языка IndustrialC в виде программного комплекса, включающего редактор, транслятор программ на IndustrialC в программы языке C, средства загрузки исполняемого кода и средства интеграции компонентов комплекса.

Представленная работа расширяет методику процессориентированного программирования на случай систем, включающих аппаратные прерывания и позволяет применять процессориентированный подход при программировании микроконтроллеров.

4. Научные положения, выводы и результаты, сформулированные в диссертации, подтверждены в ходе серии работ по практической апробации созданных средств, а также при внедрении результатов работы в учебный процесс на факультете информационных технологий Новосибирского государственного университета. Показана практическая польза разработанных средств, при создании встраиваемых систем на базе открытых микроконтроллерных платформ. На разработанное программное обеспечение получено два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ (№2017660733 от 25 сентября 2017 г., № 2018617246 от 21 июня 2018 г.). По результатам практической апробации получено четыре акта о внедрении. Работа включена в список важнейших результатов Института автоматики и электрометрии за 2019 г.

5. Результаты диссертации докладывались на 13 международных и всероссийских конференциях в том числе: Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (УМ, Новосибирск, 2012, 2014), Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON, Красноярск, 2013 гг.), International Conference on Advanced Technology & Sciences (ICAT, Анталия, 2015 г.), International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON, Новосибирск, 2019).

Основные результаты диссертационной работы представлены в 25 печатных работах, из которых 7 – статьи в журналах, рекомендуемых высшей аттестационной комиссией.

6. Личный вклад автора включает разработку математической модели программного обеспечения микроконтроллеров во встраиваемых системах, разработку метода вычисления реакций встраиваемых систем на внешние события, разработку языка IndustrialC, создание комплекса инструментальных средств, составляющих среду разработки языка IndustrialC. Автором проведена серия работ по практической апробации полученных средств, осуществлено их внедрение в учебный процесс, показана практическая ценность результатов работы при применении в разработке встраиваемых систем.

При выполнении диссертационной работы А. С. Розов проявил себя сложившимся научным работником, способным ставить и решать сложные задачи и проводить исследования на высоком научном уровне.

7. На основе вышеизложенного, семинар постановил считать диссертационную работу А. С. Розова «Разработка языковых и инструментальных средств процесс-ориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ» удовлетворяющей требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, и рекомендовать к защите по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Председатель семинара
д.т.н.




О.И. Потатуркин

Секретарь семинара
д.т.н.

А.В. Лихачев