

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу 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».

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Розова А. С. посвящена исследованию понятийных и языковых средств управляющего обеспечения встраиваемых систем на базе микроконтроллерных платформ. Встраиваемые системы широко применяются в различных областях, при этом их стоимость зависит в первую очередь от стоимости разработки программного обеспечения микроконтроллеров. Удешевление разработки и сопровождения программного обеспечения возможно за счет использования специализированных языков программирования и методов организации сложного поведения управляющих систем. В настоящее время при разработке встраиваемых систем преимущественно используются языки общего назначения, таких как C/C++. Понятийный аппарат этих языков рассчитан на решение вычислительных задач и слабо соответствует специфике управляющих алгоритмов. Реализация на этих языках сложных встраиваемых систем приводит к их ненадежной работе и низкой сопровождаемости программ.

При этом в области промышленной автоматизации успешно используются и развиваются специализированные модели, методы и языки программирования, нацеленные на описание сложного поведения систем управления. Среди них можно отметить методики событийного программирования на основе конечных автоматов, таких как switch-технология, иерархические машины состояний, языки на основе сетей Петри и конечных автоматов в составе промышленных стандартов IEC 61131-3 и IEC 61499, фреймворки на основе систем машин состояний (StateWORKS, Quantum Platform), синхронные языки программирования, языки процесс-ориентированного программирования (SPARM, Reflex). Многие из этих средств успешно применяются на практике при создании программ для ПЛК. Использование этих разработок может существенно удешевить разработку встраиваемых систем. Однако их успешное применение в области встраиваемых систем требует их существенной доработки с учетом специфики программирования микроконтроллеров.

В этой связи диссертационная работа Розова А. С., посвященная исследованию и разработке моделей, методов и языков процесс-ориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ, является актуальной.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе исследуется специфика управляющего ПО и микроконтроллерных платформ, приводится анализ существующих методов разработки ПО

микроконтроллеров. Формулируются требования к разрабатываемым методам, понятным, языковым и инструментальным средствам создания ПО микроконтроллеров.

Во второй главе представляется разработанный формализм описания программного обеспечения встраиваемых систем на базе микроконтроллеров. Анализируется модель гиперпроцесса, лежащая в основе процесс-ориентированного программирования. Описывается и мотивируется предлагаемое расширение модели для учета специфики программирования микроконтроллеров.

В третьей главе описывается разработанный синтаксис специализированного языка программирования IndustrialC. Подробно описаны основные лексические элементы и конструкции языка, их семантика в привязке к разработанному формализму описания ПО МК.

В четвертой главе представлена разработанная трансляционная семантика программ на языке IndustrialC, задающая эквивалентное представление написанных с ее помощью программ на язык C. Описаны принципы работы разработанного транслятора языка IndustrialC, методы реализации транслятора и интегрированной среды разработки.

В пятой главе описываются результаты практической апробации разработанных средств при решении задач разработки встраиваемых систем на микроконтроллерных платформах: разработка метеосервера Института автоматизации и электротехники СО РАН, автоматизация установки термовакуумного напыления УВН-71 ПЗ и разработка системы управления станции пробоподготовки SorbiPrep.

В заключении подводятся итоги диссертационной работы, формулируются ее основные результаты.

Научная новизна результатов работы

1. Предложена математическая модель ПО ВС в виде набора гиперпроцессов с различными источниками активации и взаимодействием гиперпроцессов через запуск и остановку прерываний, совмещающая кооперативную и вытесняющую модели многозадачности;

2. Разработан синтаксис процесс-ориентированного языка программирования IndustrialC, совмещающий высокоуровневые понятные элементы программирования микроконтроллеров и процесс-ориентированного программирования;

3. Разработан метод вычисления внешних реакций систем на микроконтроллерах семейства AVR с одновременным использованием аппаратных прерываний и фонового цикла программы и представлением гиперпроцессов в виде процедур обработки прерываний.

Практическая значимость результатов работы

Созданный язык и средства разработки, расширяющие процесс-ориентированный подход на область программирования микроконтроллеров, обеспечивают снижение временных затрат на разработку, модификацию и сопровождение встраиваемых систем.

Возможность работы с прерываниями в процесс-ориентированном ПО повышает скорость реакции на критические события при сохранении преимущественно кооперативной модели многозадачности. Активация следующего цикла гиперпроцесса по окончании предыдущего цикла устраняет непроизводительные простои и повышает производительность системы в целом, в первую очередь снижает время реакции на внешнее событие.

Использование специализированного языка IndustrialC уменьшает размер исходного кода, повышает его читаемость и простоту изучения для разработчика. Реализованные в трансляторе методы статического анализа кода позволяют выявлять семантические ошибки на этапе трансляции, снижают вероятность ошибки программиста, а также снижают объем накладных расходов на синхронизацию служебных операций. Понятийный аппарат, ориентированный на предметную область встраиваемых систем, повышает читаемость и сопровождаемость создаваемых программ.

Результаты работы внедрены в учебный процесс ФИТ НГУ, что позволило повысить качество подготовки обучаемых. Разработанные средства использовались в инициативных проектах при создании системы метеосервера, системы автоматизации установки термовакуумного напыления, ПО адаптера электронного блока весоизмерительной системы, при выполнении хоздоговоров СОРБИ-16, СОРБИ-17. Практическая ценность полученных результатов подтверждается актами о внедрении.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием общеизвестных и обоснованных в научной литературе методов исследования, апробацией работы в виде публикаций в научных рецензируемых изданиях, докладов на международных конференциях, а также внедрением практических результатов, подтвержденным актами внедрения.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

По теме диссертации опубликовано 25 печатных работы, из них семь статей в журналах, рекомендованных ВАК, семь статей в изданиях, индексируемых Scopus, и два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты работы докладывались на: Международной научной студенческой конференции "Студент и научно-технический прогресс" (Новосибирск, 2013, 2014, 2015), XIII Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (Новосибирск, 2012), Международной IEEE-Сибирской конференции по управлению и связи SIBCON-2013 (Красноярск, Томск, 2013, 2019), международной конференции "International Conference on Advanced Technology & Sciences" ICAT'15 (Анталия, 2015), Международной мультikonференции по инженерным, компьютерным и информационным наукам IEEE SIBIRCON (Новосибирск, 2019), Международной научно-технической конференция "Автоматизация" (RusAutoCon, Новосибирск, 2019).

Личный вклад соискателя

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.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а именно: п. 1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.», п. 3 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий» и п. 4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента».

Замечания по диссертационной работе

К замечаниям по диссертационной работе следует отнести:

1. В разделе 1.3.3. затрагивая обзор средств, предоставляемых ПО Matlab/Simulink, автор указывает о проблематичности описания конечных автоматов в текстовом формате и интеграции их с остальной моделью системы управления, представленной в графическом виде. При этом данное ПО представляет возможность описывать конечные автоматы графическим способом с помощью инструмента Stateflow и преобразовывать итоговые управляющие программы для встраиваемых систем с помощью Simulink Coder (C/C++), HDL Coder (VHDL/Verilog), а также PLC Coder.
2. На стр. 21 в требованиях к разрабатываемым средствам указан пункт "минимизация накладных расходов на обеспечение работы и взаимодействия автоматов". При этом не уточняется по каким параметрам эта минимизация проводится (по быстродействию, потреблению памяти). В работе не приводятся доказательства минимальности накладных расходов при заданных правилах трансляции. На стр. 67 при описании реализации машины состояний делается выбор в пользу варианта с более читаемым кодом в ущерб быстродействию.
3. При описании результатов практической апробации указаны объемы используемой памяти, но отсутствуют данные о быстродействии и времени реакции результирующих систем.
4. На стр. 78 при описании общей схемы трансляции опущен этап прохода препроцессора. При этом из текста следует, что этот этап является частью алгоритма трансляции.
5. На стр. 77-78 указано, что при трансляции используется препроцессор компилятора avr-g++, при этом на схеме (рисунок 4 на стр. 83) препроцессор обозначен как часть разработанного программного комплекса с пометкой инструмента его реализации Flex.
6. На стр. 74-75 задаются требования к транслятору языка, при этом в тексте отсутствует их обоснование или информация, откуда эти требования появились.
7. На стр. 77 в таблице 5 при сравнении подходов к реализации транслятора приводятся оценки трудоемкости подходов, однако в тексте не описано, по каким критериям оценивалась трудоемкость.
8. Имеются неаккуратности в оформлении формул и рисунков. Например, на стр. 100 в формуле интегральной составляющей - одна и та же переменная обозначается разными буквами (ΔT и Δt); не пояснен используемый в формуле ряд параметров K_{dec} , K_{rate} , T_{id} , dt и др; на рисунке 12 отсутствуют координатные оси.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа Розова Андрея Сергеевича представляет собой цельное и завершенное научное исследование, содержащее решение актуальных научных задач. Автореферат основное содержание диссертации. Основные результаты опубликованы в российских и зарубежных научных изданиях. По теме диссертации опубликовано 25 печатных работы, из них семь статей в журналах, рекомендованных ВАК, семь статей в изданиях, индексируемых Scopus, и два свидетельства официальной регистрации программ. Результаты получены автором самостоятельно. Достоверность результатов не вызывает сомнений. Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки работы.

Диссертационная работа Розова Андрея Сергеевича «Разработка моделей и методов процесс-ориентированного программирования для открытых микроконтроллерных платформ» соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Розов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

Доктор технических наук,
декан факультета инновационных
технологий Национального
исследовательского Томского
государственного университета

 Шидловский Станислав Викторович

30 апреля 2021г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.
8 (3822) 529 852
E-mail: rector@tsu.ru

