

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Выпуск 6 (25) 2014 ноябрь – декабрь <http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-6-14>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/52TVN614.pdf>

DOI: 10.15862/52TVN614 (<http://dx.doi.org/10.15862/52TVN614>)

УДК 004.258

Чан Ван Хань

ФГОУ ВПО «Московский физико-технический институт (государственный университет)»

Россия, Московская область, Долгопрудный¹

Инженер-исследователь

Аспирант

E-Mail: trankhanh.miptvn@gmail.com

**Разработка перспективного метода верификации
и отладки бортовых распределенных систем управления
на основе организации автономных узлов регистрации
и контроля**

¹ 141707, Московская область, г. Долгопрудный, ул. Московское шоссе, д. 25 (общ. МФТИ № 4), к. 405

Аннотация. Задача аппаратной верификации и отладки является одной из важнейших задач в процессе разработки бортовых систем управления реального времени. Трудность данной задачи обусловлена не только сложностью современных бортовых систем, но и требованием к гибкости и эффективности методов ее решения. В данном исследовании, во-первых, были показаны преимущества реализации процесса контроля и мониторинга параметров системы на основе организации автономных узлов регистрации и контроля. Во-вторых, разработаны алгоритмы функционирования таких узлов. В-третьих, предложен метод верификации и отладки полной системы управления и/или ее компонентов путем использования автономных узлов регистрации, и отмечена возможность применения данного метода для бортовых систем управления, ряд компонентов которых не доступен. Результаты исследования представлены в структурной реализации данного метода на примере бортовой распределенной системы управления адаптивной пневматической подвеской автомобиля, и аппаратной реализации автономного узла регистрации и контроля. Моделирование доказало эффективность использования предложенного метода. Метод верификации и отладки на основе автономных узлов регистрации и контроля может применяться для различных сложных высокодинамических бортовых систем управления.

Ключевые слова: бортовая распределенная система управления реального времени; адаптивная пневматическая подвеска автомобиля; автономный узел регистрации и контроля; верификация бортовых систем; отладка системы управления; высокодинамическая система управления; эффективность функционирования; полная работоспособность системы управления; автономный алгоритм реализации, язык описания аппаратуры.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чан Ван Хань Разработка перспективного метода верификации и отладки бортовых распределенных систем управления на основе организации автономных узлов регистрации и контроля // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/52TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/52TVN614

Задача оптимизации, верификации и отладки бортовых систем управления является одной из сложнейших технических задач, которые стоят перед разработчиками программного и аппаратного обеспечения. Трудность данной задачи обусловлена не только сложностью функционирования и связей самой системы, но и повышенным требованием к простоте, экономичности, автономности и гибкости механизма ее реализации и функционирования. Под требованием экономичности и простоты понимается наименьшее по возможности использование дополнительных ресурсов и усложнение структурной связи существующей системы. Под автономностью будем понимать возможность реализации, отладки данного механизма вне зависимости от существующей системы и автономное функционирование дополнительных внедренных блоков управления и контроля. Гибкость означает наличие возможности параметрической настройки системы. После оптимизации и верификации системы, полученная новая система будет функционировать в некоторых режимах управления, причем переключение между режимами выполняется простым способом. Это означает что, полученная система обладает высоким потенциалом применения, развития, расширения. Автономность является желательной характеристикой алгоритма решения особенно для рассматриваемых объектов ответственного назначения. Она позволяет сохранить работоспособность оптимизированной системы и не ухудшать ее качества. Поэтому одной из актуальных задач аппаратной оптимизации, верификации и отладки бортовой системы управления, сегодня является создание автономных, с точки зрения внутренней организации и правления системы, механизмов ее решения.

На рис.1 показана структурная схема реализации *бортовой распределенной системы управления подвеской автомобилей (БРСУПА)* с организацией автономных узлов регистрации и контроля. Здесь ЦСОВД – цифровая система обработки входных данных, ЦСУИ – цифровая система управления индикаторами, ЦП - центральный процессор, КСЦ - контроллер цифровой сети реального времени, ДБСУ - *дополнительный блок согласования управления*, который используется в целях повышения эффективности функционирования системы. Данная схема реализации отличается от схемы реализации обычных бортовых систем управления наличием набора автономных узлов регистрации и контроля (УРК). Благодаря своему специальному механизму реализации [1-4] такие блоки могут работать вне зависимости от функционирования рассматриваемой системы. На основе УРК процесс контроля и мониторинга полной системы выполняется автономным образом, чем не нагружается процессор системы. Сущность данного механизма заключается в следующих алгоритмах функционирования:

Во-первых: Узел регистрации и контроля не имеет собственной системы сбора и обработки данных. Он подключается к системе подвески автомобиля через ее цифровые интерфейсы. Таким образом, сокращается количество дополнительных датчиков и блоков обработки входных данных, повышается степень эффективности и экономичности реализации данного метода, не усложняются структурные связи и процесс функционирования основной системы.

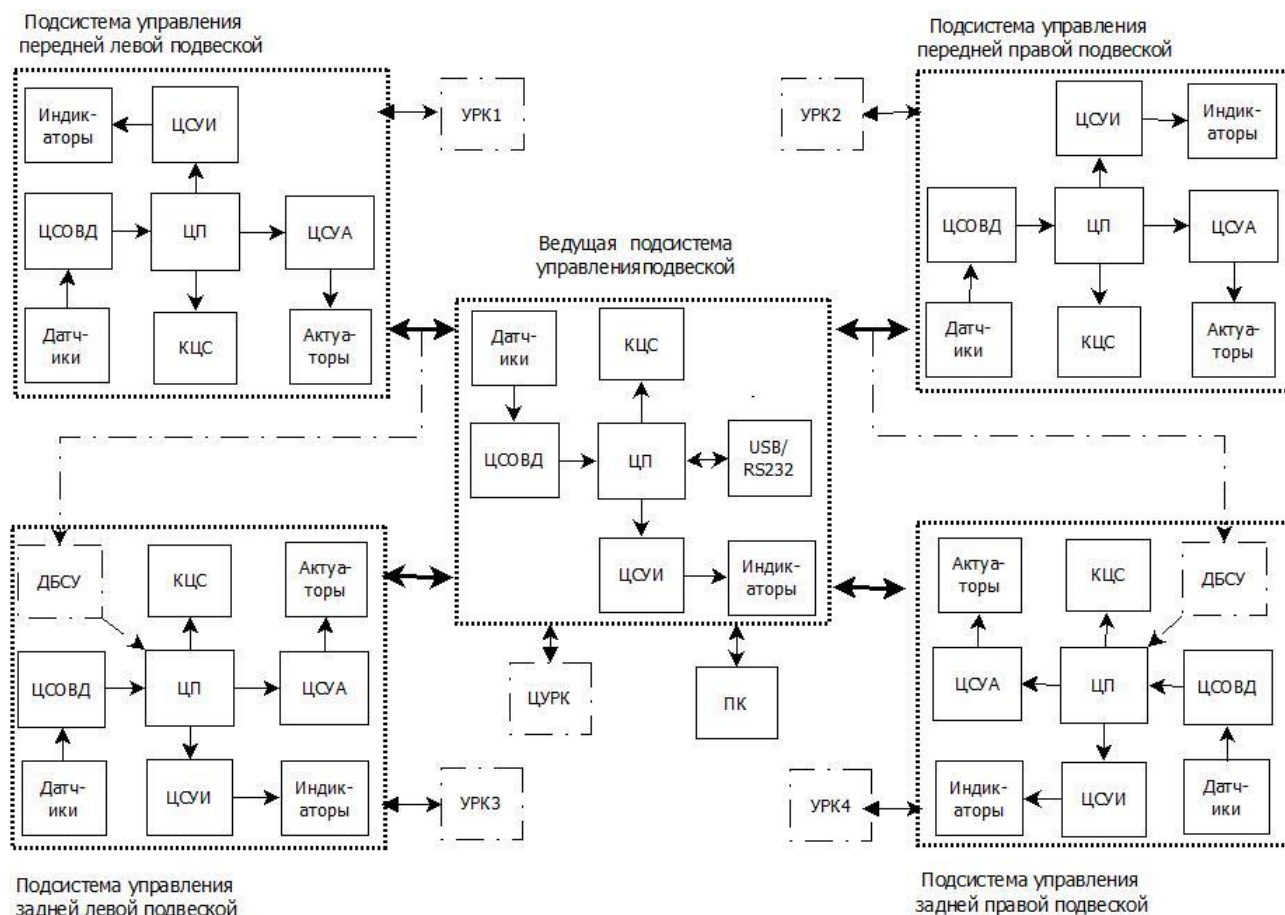


Рис. 1. Структурная схема реализации бортовой распределенной системы управления подвеской автомобилей с организацией автономных узлов регистрации и контроля

Во-вторых: Узлы регистрации и контроля, возможно, работают во время функционирования основной системы. Это обеспечивает реальной входной информацией, поступающей в эти узлы, и увеличивает точность процесса контроля и мониторинга. Входные данные, которые характеризуют исследуемые объекты, должны успеть зарегистрироваться в памяти УРК. Для решения данной проблемы применяется механизм параллельного чтения и записи данных в специальной высокоскоростной энергонезависимой памяти FRAM [5-6].

В-третьих: Выбор информации для записи в энергонезависимых памяти осуществляется автономным образом вне зависимости от структуры и способа реализации исследуемой системы, что позволяет автоматически осуществляться чтение данных из локальных подсистем, внутренняя конструкция которых не доступна. Режимы работы узла регистрации и контроля задаются параметрическим образом при их настройке через стандартные цифровые интерфейсы, чем увеличивается степень гибкости и эффективности их функционирования.

Автономные узлы регистрации и контроля можно использовать в качестве источников информации для анализа и исследования функционирования полной системы и/или конкретной исследуемой подсистемы управления. Система автономных узлов УРК1, УРК2, УРК3, УРК4, ЦУРК (центральный узел регистрации и контроля) образует распределенную сетевую систему контроля и управления. При наличии нарушения работоспособности любой подсистемы, центральная подсистема может высылать команды управления остальным подсистемам на основе информации, которая постоянно записывается в соответствующем ее узле регистрации, что обеспечивает работоспособность полной системы.

Кроме этого, благодаря легкости настройки параметров в каждом узле контроля, существует возможность выбора требуемых параметров для записи и чтения с целью анализа повторения действий на типовых событиях. В качестве таких действий для системы управления подвеской автомобиля может служить, например действие системы подвески при изменении характеристик дороги, профиля дороги или появлении преодолимого препятствия. В памяти узлов регистрации сохраняются эти действия. При обнаружении подобных случаев и отсутствии своевременной команды управления от центральной подсистемы, обработка выполняется на основе информации записанной в узле регистрации и контроля. Данный механизм позволяет обеспечить эффективную работу системы даже в случае наличия отказа в центральной подсистеме управления.

Сущность процесса верификации заключается в моделировании работы каждого модуля, каждой подсистемы и системы управления в целом. Для этого необходимо создать средства генерации входных данных. Например, в качестве генераторов входных сигналов для задачи верификации дополнительного блока согласования управления (ДБСУ) могут служить генератор синхронного сигнала, генератор случайных данных и различные генераторы имитационного управления.

В современных средствах проектирования, верификации и отладки цифровых устройств, например, Active HDL фирмы производителя САПР Aldec существует возможность создания входных данных с помощью пользовательских интерфейсов, однако этот подход применяется только для верификации простых систем. В сложной системе модель верификации описывается в виде файла “testbench” на языке описания верифицируемой модели системы, т.е. на языке описания аппаратуры, например AHDL, VHDL, Verilog [7-10].

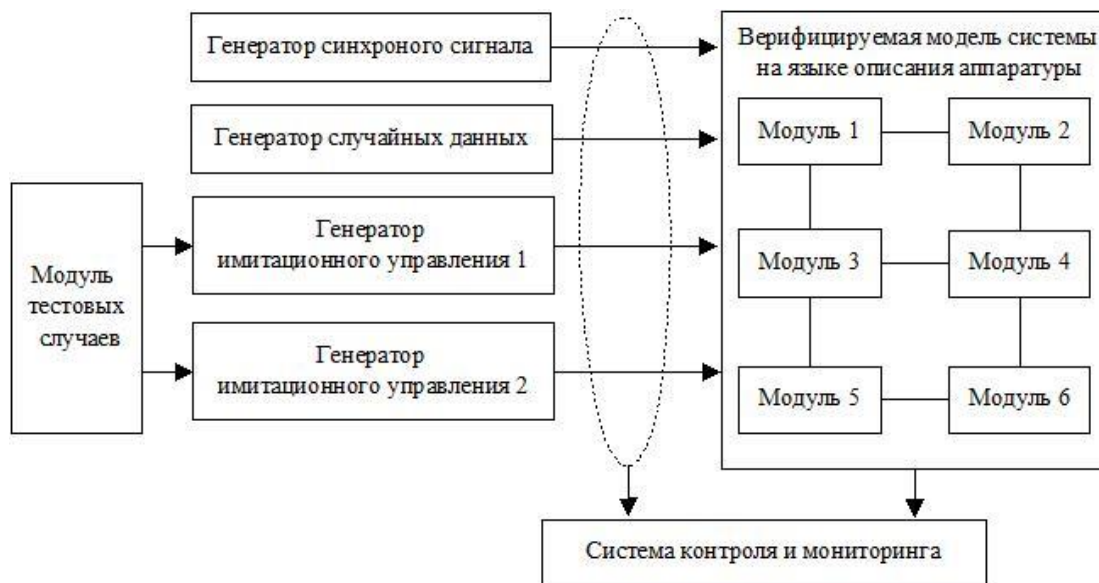


Рис. 2. Структурная схема аппаратной верификации дополнительного блока согласования управления

На рис. 2 показан пример структурной схемы аппаратной верификации дополнительного блока согласования управления. Данный блок входит в состав подсистем управления задними подвесками. Структурная схема ее верификации состоит из верифицируемой модели системы на языке описания аппаратуры, системы контроля и мониторинга и модуля testbench, к которому относятся различные модули генераторов входных данных и модули тестовых случаев. Верифицируемое устройство, в процессе верификации рассматривается как черный ящик, входные сигналы которого имитируются, выходные сигналы наблюдаются и

проверяются собственно разработчиком, или сравниваются с выходными эталонной модели. Для их верификации необходимо, как правило, создать генераторы входных сигналов.

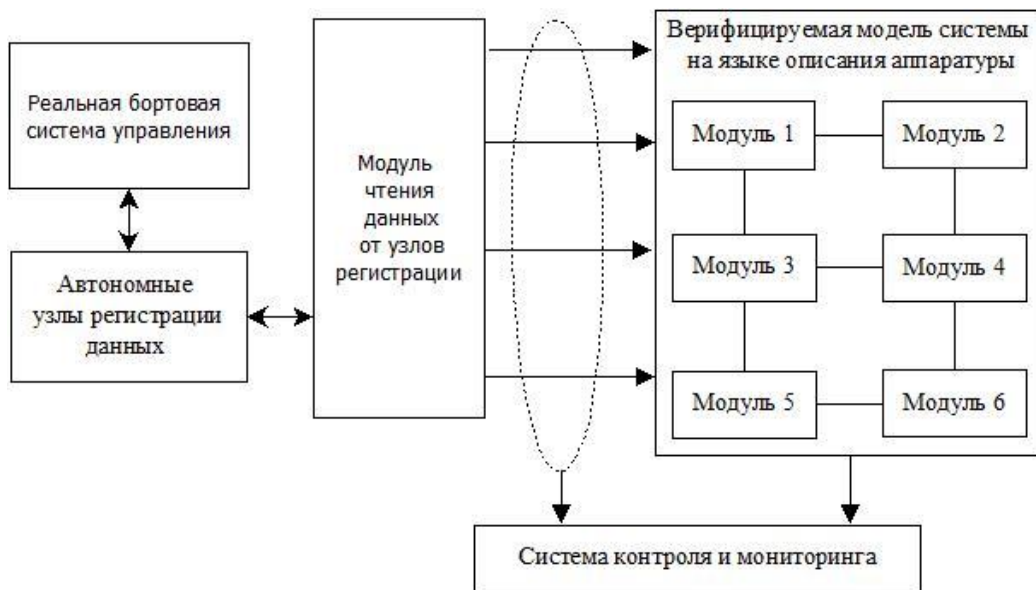


Рис. 3. Структурная схема аппаратной верификации дополнительного блока согласования управления на основе применения автономного цифрового регистратора

В большинстве случаев такие сигналы не являются случайными, а изменяются по сложной закономерности. Такие закономерности трудно описываются на языке описания аппаратуры. В этом случае полезным способом оказывается использование автономных узлов регистрации и контроля в качестве источников входных данных. Узлы регистрации и контроля используются в качестве средства приема данных от реальных устройств и передачи этих данных в верифицируемые устройства (рис.3).

Данный подход позволяет получить наиболее точные результаты по сравнению с обычным методом использования генератора случайных чисел, обладает большей степенью эффективности, надежности, гибкости по сравнению с методом непосредственной верификации. Кроме этого, данный подход дает возможности выполнения верификации недоступных компонентов системы. В процессе отладки и контроля отдельных подсистем или полной системы узел регистрации и контроля может играть роль соответствующей отсутствующей подсистемы, что позволяет повысить эффективность процесса контроля и отладки полной системы управления, избегать ошибок и отказов локальных подсистем управления из-за неточности процесса соединения и монтажа полной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чан Ван Хань, Холопов Ю.А., Преображенский Н.Б. Исследование и разработка методики контроля перспективных распределенных систем управления в масштабе реального времени // Наука и бизнес: путь развития. 5/2014. №5(35). С. 117-120. ISBN 2221-5182
2. Чан Ван Хань, Холопов Ю.А., Преображенский Н.Б. Регистратор параметров высоко-динамических объектов [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности -2013. -N3(49). Режим доступа <http://ipb.mos.ru/ttb>
3. Чан Ван Хань. Исследование и разработка метода построения высоко-автономного регистратора параметров в цифровой системе управления. // Сборник «XXXIX ГАГАРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. Научные труды Международной молодежной научной конференции в 9 томах. Москва, 9-13 апреля 2013г.» М.: МАТИ. 2013. Т.4. С.183-185. ISBN 978-5-93271-689-2.
4. Чан Ван Хань, Холопов Ю.А., Преображенский Н.Б. Аппаратная реализация высоко-автономного регистратора параметров в цифровой системе управления. // Труды 56-й научной конференции МФТИ: Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе», Всероссийской молодежной научно-инновационной конференции «Физико-математические науки: Актуальные проблемы и их решения». Радиотехника и кибернетика. - М.: МФТИ, 2013. С.74-75. ISBN 978-5-7417-0492-9.
5. Темченко В. Время использовать FRAM // Электронные компоненты. 2000. № 1. С. 6–10.
6. Козлов А. Микросхемы памяти FRAM для современных электронных средств. // Компоненты и технологии. 2010. № 9. С. 46–48.
7. Соловьев В.В. Основы языка проектирования цифровой аппаратуры Verilog. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. 208 с. ISBN 978-5-9912-0353-1.
8. Поляков А.К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры М.: СОЛОН - Пресс, 2003. 320 с.
9. VHDL для моделирования, синтеза и формальной верификации аппаратуры. М.: Радио и связь. 1995.
10. Армстронг Дж. Моделирование цифровых систем на языке VHDL. М.: Мир. 1992.

Рецензент: Преображенский Николай Борисович, начальник отдела научно-технической подготовки производства, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Открытое акционерное общество «Институт точной механики и вычислительной техники имени С.А. Лебедева Российской академии наук».

Tran Van Khanh

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

Russian Federation, Moscow

E-Mail: trankhanh.miptvn@gmail.com

Development of advanced method for verification and debugging of onboard real time control systems based on the organization of autonomous control points

Abstract. The problem of hardware verification and debugging is one of the most important tasks in the development of on-board real-time control systems. The difficulty of this problem is due to the complexity of modern on-board systems, and the requirement for flexibility and effectiveness of its solving methods. In the paper, first, the advantages of implementation of process control and monitoring parameters of system based on the organization of autonomous nodes registration and verification have shown. Then, functioning of these nodes has been developed. Finally, method is proposed for the verification and debugging system control and / or its components through the use of autonomous nodes registration, and noted the possibility of using this method for on-board control systems, series of components which are not available. The results of the study are presented in the structural implementation of this method on the example of a distributed control system onboard adaptive air suspension vehicle, and a hardware implementation of autonomous node registration and control. Simulation proved the effectiveness of the proposed method. The method verification and debugging based on autonomous nodes registration and control can be applied to a variety of complex highly dynamic on-board control systems.

Keywords: onboard distributed real-time control system; the adaptive air suspension vehicle; autonomous node registration and control; verification of on-board systems; debugging control system; high-dynamic control systems; effectiveness of functioning; the full workability of the control system; the autonomous algorithm implementation; hardware description language.

REFERENCES

1. Chan Van Khan', Kholopov Yu.A., Preobrazhenskiy N.B. Issledovanie i razrabotka metodiki kontrolya perspektivnykh raspredelennykh sistem upravleniya v masshtabe real'nogo vremeni // Nauka i biznes: put' razvitiya. 5/2014. №5(35). S. 117-120. ISBN 2221-5182
2. Chan Van Khan', Kholopov Yu.A., Preobrazhenskiy N.B. Registrator parametrov vysoko-dinamicheskikh ob"ektov [Elektronnyy resurs] //Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti -2013. -N3(49). Rezhim dostupa <http://ipb.mos.ru/ttb>
3. Chan Van Khan'. Issledovanie i razrabotka metoda postroeniya vysoko-avtonomnogo registratora parametrov v tsifrovoy sisteme upravleniya. // Sbornik «XXXIX GAGARINSKIE ChTENIYa. Nauchnye trudy Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii v 9 tomakh. Moskva, 9-13 aprelya 2013g.» M.: MATI. 2013. T.4. S.183-185. ISBN 978-5-93271-689-2.
4. Chan Van Khan', Kholopov Yu.A., Preobrazhenskiy N.B. Apparalnaya realizatsiya vysoko-avtonomnogo registratora parametrov v tsifrovoy sisteme upravleniya. // Trudy 56-y nauchnoy konferentsii MFTI: Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Aktual'nye problemy fundamental'nykh i prikladnykh nauk v sovremennom informatsionnom obshchestve», Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-innovatsionnoy konferentsii «Fiziko-matematicheskie nauki: Aktual'nye problemy i ikh resheniya». Radiotekhnika i kibernetika. - M.: MFTI, 2013. S.74-75. ISBN 978-5-7417-0492-9.
5. Temchenko V. Vremya ispol'zovat' FRAM // Elektronnye komponenty. 2000. № 1. S. 6–10.
6. Kozlov A. Mikroskhemy pamyati FRAM dlya sovremennykh elektronnykh sredstv. // Komponenty i tekhnologii. 2010. № 9. S. 46–48.
7. Solov'ev V.V. Osnovy yazyka proektirovaniya tsifrovoy apparatury Verilog. - M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2014. 208 s. ISBN 978-5-9912-0353-1.
8. Polyakov A.K. Yazyki VHDL i VERILOG v proektirovanii tsifrovoy apparatury M.: SOLON - Press, 2003. 320 s.
9. VHDL dlya modelirovaniya, sinteza i formal'noy verifikatsii apparatury. M.: Radio i svyaz'. 1995.
10. Armstrong Dzh. Modelirovanie tsifrovyykh sistem na yazyke VHDL. M.: Mir. 1992.