

УДК 004.001.57

Шайкин Алексей Сергеевич

ГОУ ВПО «Московский государственный университет приборостроения и информатики»
Россия, Москва
Аспирант
E-Mail: shaswk@gmail.com

Шайкина Елена Владимировна

ГОУ ВПО «Московский государственный университет приборостроения и информатики»
Россия, Москва
Аспирант
E-Mail: tamarlakova@mail.ru

Разработка электронных устройств с использованием комплекса полунатурного моделирования

Аннотация: В данной статье предложен метод проектирования сложных электронных устройств и систем с применением методов полунатурного моделирования. Он заключается в разделении изделия на блоки, реализуемые в виде аппаратных модулей или моделей. Данный подход позволяет существенно повысить эффективность процесса проектирования, так при нем существенно упрощается внесение коррекций в устройство и алгоритмы работы. Это особенно актуально при разработке инновационных изделий, так как она требует проведения большого количества испытаний и исследований, а также создания новых алгоритмов обработки информации.

В статье обоснована актуальность применения методов аппаратно-программного моделирования при проектировании, выделены основные этапы проектирования с применением данного метода, приведен пример разработки информационно-измерительной системы суточного мониторинга артериального давления. Результаты, полученные при разработке системы мониторинга артериального давления показывают, что применение предложенного метода проектирования существенно снизило затраты на исследования и испытания и повысило общую эффективность процесса разработки изделия. Полученные результаты могут служить основанием для рекомендации применения данного подхода при проектировании других электронных устройств и систем.

Ключевые слова: Полунатурное моделирование; аппаратно-программное моделирование; проектирование электронных устройств; разработка электронных устройств; суточный мониторинг артериального давления; оптимизация процесса разработки; LabVIEW.

Идентификационный номер статьи в журнале 203TVN613

Aleksey Shaykin

Moscow state university of instrument engineering and computer science,
Russia, Moscow
E-Mail: shaswk@gmail.com

Elena Shaykina

Moscow state university of instrument engineering and computer science,
Russia, Moscow
E-Mail: tamarlakova@mail.ru

Design of electronic devices using hardware in the loop simulation

Abstract: In this article authors propose a new method of designing high-end electronics using hardware in the loop simulation. This method is division the device in functional blocks. Some of the blocks are produced as hardware modules, others are produced as models. This concept increase effectiveness of designing as it simplify modification of modules and afford using a number of data processing algorithms at the same time. The main advantage of this method is in developing innovative products because it require a lot of tests and researches.

The article contain an actuality of using hardware in the loop simulation in designing electronics, main steps of designing enunciation and description of method exemplified by designing of data-measuring and controlling system of daily monitoring of blood pressure. The results, obtained in researches approves that using hardware in the loop simulation decreases research expenses and increases effectiveness of designing process.

Keywords: Hardware in the loop simulation; design of electronic devices; development of electronics devices; daily monitoring of blood pressure; design optimization; LabVIEW.

Identification number of article 203TVN613

В настоящее время в процессе разработки электронной аппаратуры начинают использоваться современные методы проектирования, основанные на полунатурном моделировании и прототипировании элементов конструкции. Методы полунатурного моделирования основаны на исследовании свойств систем, состоящих из натуральных элементов исследуемой системы, которые сопрягаются с остальной частью системы, выполненной в виде модели. Наряду с полунатурным моделированием широко применяются методы быстрого прототипирования элементов конструкции. Быстрое прототипирование – подход к автоматизированному созданию прототипа механической части изделия по модели, созданной в специализированной САД системе, например, послойное наращивание или отверждение материала (3D принтеры), вырезание при помощи ЧПУ станков, изготовление печатных плат фрезерованием. Наиболее часто быстрое прототипирование применяется для оценки внешнего вида (дизайн, эргономика изделия), функциональной оценки конструкции (аэродинамические характеристики, удобство сборки, ремонтпригодность), использования для последующего производства в качестве модели (в качестве литейных форм).

Процесс разработки электронной аппаратуры как правило предполагает наличие этапа создания и испытания макетного образца. Этап макетирования и отладки встраиваемого программного обеспечения – один из наиболее трудоемких и ответственных этапов в процессе проектирования. Макетирование применяется для проверки правильности принятых при разработке схемотехнических решений, исследования датчиков, алгоритмов работы устройства и обработки информации, собираемости, эргономики и других параметров, и, поэтому, является неотъемлемой частью любого процесса проектирования электронного устройства. При создании инновационных устройств процесс макетирования и отладки существенно усложняется, так как оно предполагает исследования неизвестных параметров и проверки большого количества новых решений.

Эффективность работ, связанных с макетированием, можно существенно увеличить путем применения методов полунатурного моделирования. Оно предполагает замену всех известных функциональных блоков создаваемого устройства моделями, в достаточной мере имитирующими их работу, блоки, работу которых необходимо исследовать создаются в виде аппаратных модулей. Исследование алгоритмов работы и обработки данных, а также управление моделями и аппаратными блоками осуществляется с компьютера. Такой подход дает возможность проводить тестирование аппаратного и программного обеспечения в режиме реального времени и на реальном объекте исследования, уменьшая необходимость проведения дополнительных дорогостоящих исследований. Компьютерное управление и обработка информации позволяет параллельно обрабатывать измеряемую устройством информацию различными алгоритмами, что сильно сокращает время, стоимость и количество исследований.

При создании комплекса полунатурного моделирования одной из наиболее сложных и важных задач является определение физически реализуемых элементов. В виде моделей реализуются все элементы создаваемого устройства, элементов кроме, параметры которых неизвестны и требуют исследования или тех, моделировать которые не целесообразно, например, электромагнитные помехи, параметры человека (в медицинских приборах).

После определения блоков, которые необходимо реализовать в виде моделей и в виде устройств, требуется выбрать аппаратные и программные средства, при помощи которых данные блоки будут реализовываться, а также способов взаимодействия между ними. Для реализации подобных систем фирма National Instruments предлагает применение программных продуктов LabView и большого набора аппаратных средств, позволяющих реализовать модели различных процессов.

Данный метод был применен при разработке суточного монитора артериального давления (СМАД). СМАД – это медицинский прибор, используемый для диагностики и исследования сердечной деятельности. Он представляет собой автоматический тонометр, закрепляемый на руке человека и совершающий измерения через определенный промежуток времени в течение суток. По снятым показаниям прибор должен составлять статистические отчеты врачу, вычислять необходимые индексы и ставить предварительный диагноз. Одной из главных трудностей при создании данного прибора является то, что он должен совершать исследования не только стационарно, но и амбулаторно. При этом человек и прибор постоянно подвергаются воздействиям внешних вибрационных помех. Также движения пациента сильно влияют на сердечную деятельность и показания прибора. Поэтому для компенсации данных негативных воздействий в СМАД добавлены акселерометр и гироскоп. Применение методов полунатурного моделирования при разработке СМАД проиллюстрировано на рисунке 1.

В приборе используется осциллометрический метод измерения давления, основанный на анализе амплитуды микропульсаций и постоянной составляющей давления в манжете. Существует несколько алгоритмов определения значений артериального давления данным методом, но точные коэффициенты, требуемые для реализации этих алгоритмов не известны, а используемые в приборах других фирм являются коммерческой тайной. В связи с этим, требуется провести исследование зависимостей артериального давления от микропульсаций давления в манжете. Для оценки воздействия внешних вибрационных помех, положения и перемещения прибора в пространстве, требуется определить характеристики используемых датчиков и зависимости показаний прибора от этих воздействий. На показания прибора так же не должны влиять электромагнитные помехи, вызванные бытовой техникой и транспортом, и температура окружающей среды.



Рис. 1. Этапы разработки СМАД с применением методов полунатурного моделирования

Созданный для исследования прибора стенд состоит из персонального компьютера и программного обеспечения, созданного в среде LabView. К ним подключены модули, измеряющие давление, вибрацию и ускорения. Блок измерения давления регистрирует постоянную составляющую и микропульсации давления в манжете, блоки измерения механических помех определяют соответственно величину вибрации и ускорения. В блок измерения давления встроены также датчики температуры и радиоизлучения для оценки влияния температуры и электромагнитных волн на погрешность прибора. Компьютер принимает все эти данные, отображает их на диагностических графиках в программном обеспечении и параллельно обрабатывает по различным алгоритмам обработки информации. Структурная схема СМАД с обозначением аппаратной и модельной реализации блоков представлена на рисунке 2.

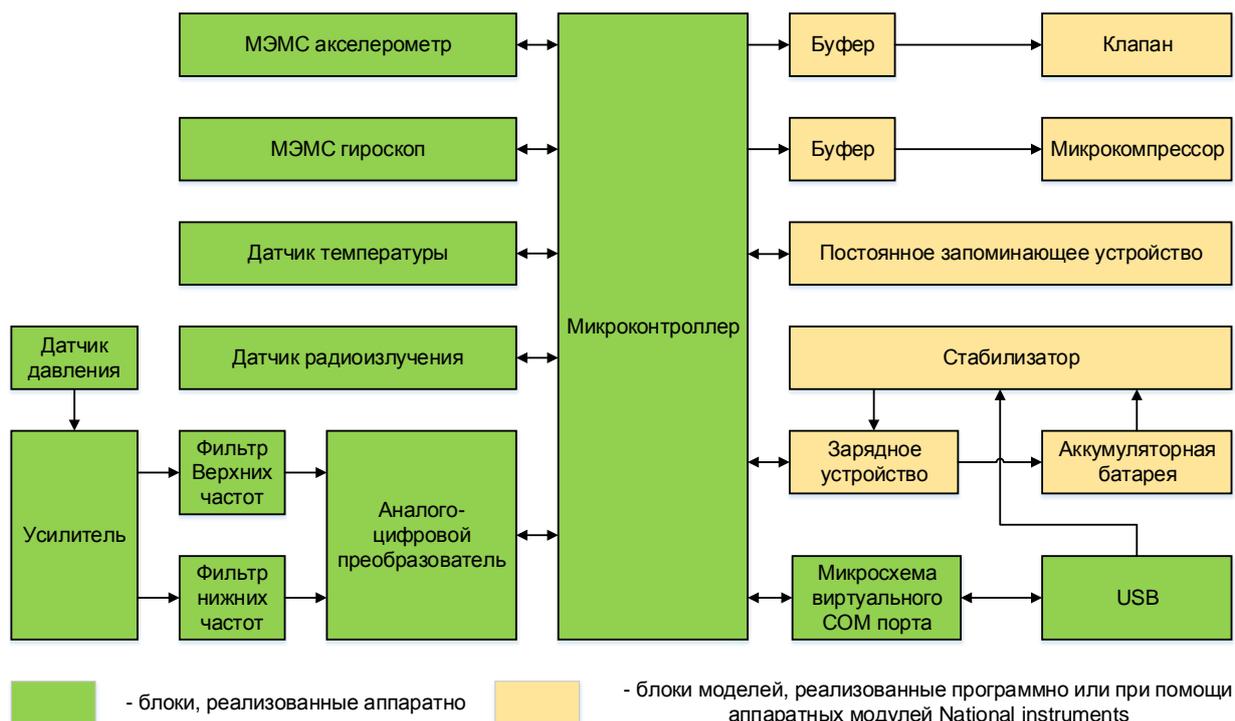


Рис. 2. Структурная схема СМАД

Исходя из поставленных задач в аппаратном виде реализованы все компоненты прибора, напрямую задействованные в измерении давления, датчик температуры и акселерометр с гироскопом. При этом, печатная плата прибора сделана максимально близкой к той, что предполагалось использовать в конечном устройстве для оценки воздействия электромагнитных помех и температуры на цепи и компоненты прибора. Блок акселерометра и гироскопа предусматривает наличие стандартных интерфейсов для подключения альтернативных датчиков. Управление и все алгоритмы работы и обработки информации реализованы на компьютере с использованием языка графического программирования G пакета LabView. Интерфейс программы приведен на рисунке 3. Таким образом данный комплекс аппаратно-программного моделирования позволяет производить любые исследования и испытания различных блоков прибора и алгоритмов его работы, измеренные данные, передаваемые на компьютер могут быть сохранены для проверки различных алгоритмов обработки информации. Кроме того, измерения давления можно производить, контролируя вибрацию и положение различными датчиками для поиска оптимальных алгоритмов и коэффициентов коррекции результатов измерения.

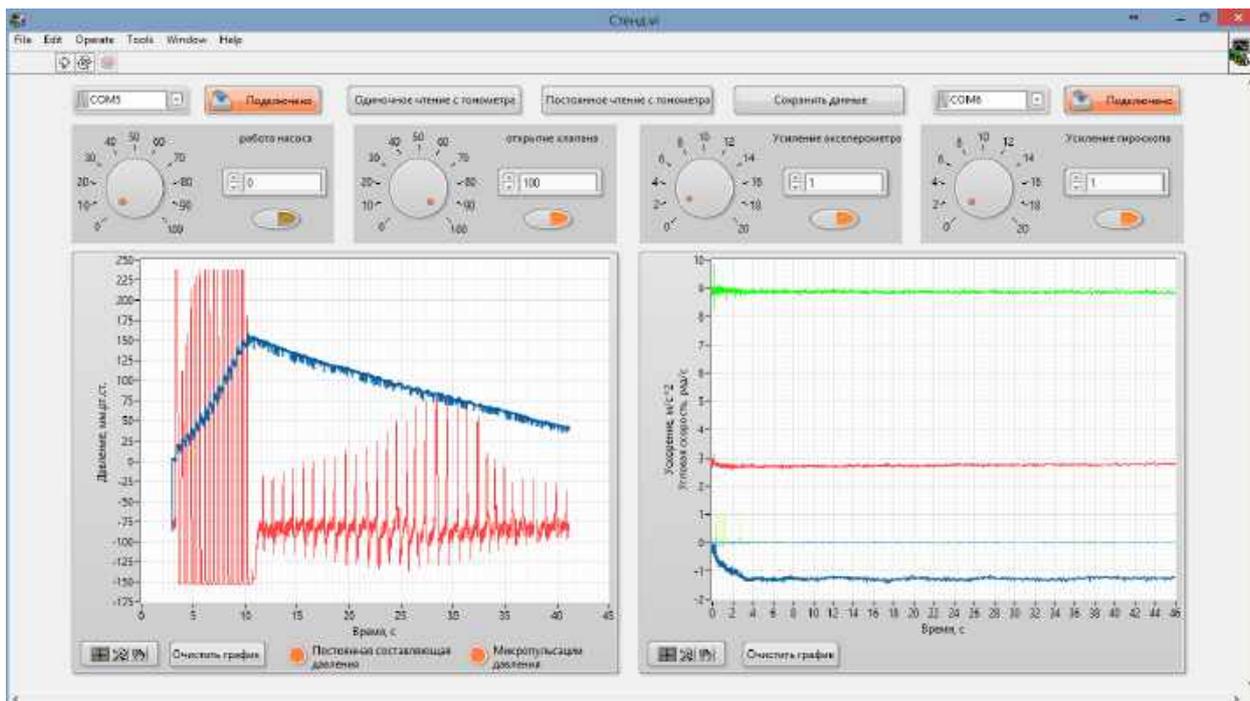


Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения для управления и исследования СМАД

Применение методов полунатурного моделирования для исследований датчиков, алгоритмов работы и обработки информации в приборе позволило существенно повысить эффективность исследований и испытаний, так как для внесения многих изменений в прибор достаточно скорректировать модельную часть комплекса полунатурного моделирования.

Данный подход может быть использован при проектировании различных устройств и систем, в частности, перед разработчиками СМАД в настоящее время ставится задача разработки системы автоматической ориентации станции тропосферной связи. Этот проект представляет собой совершенно новую систему, для разработки которой ставятся совершенно новые задачи. Устройство должно решать задачи определения текущего местоположения антенны и ее начальное направление, осуществлять поворот антенны на ответный антенный пост и проводить калибровку наведения путем сканирования пространства вокруг найденного положения и поиска главного максимума диаграммы направленности антенны.

В основе данного устройства лежит модульный принцип проектирования, когда система состоит из нескольких подключаемых блоков. Основными блоками разрабатываемой системы являются: главный управляющий блок, блок управления двигателями, датчик поворота, инклинометр, GNSS приемники, концевые датчики и другие. Все блоки связаны друг с другом сетью на основе интерфейса RS-485 с использованием протокола MODBUS, это дает пользователю возможность выбора необходимых блоков для его задач, что делает систему максимально универсальной.

Применение методов полунатурного моделирования позволит не только облегчить проведение многих исследований и испытаний, но и провести отладку различных модулей системы, подключив ее к другим блокам, реализованным в виде моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Conway, J. A Software Engineering Approach to LabVIEW / J. Conway, S. Watts. – New Jersey: Prentice Hall PTR, 2003. – 211 p. – ISBN 0-13-009365-3.
2. Ashley, K. Analog Electronics with LabVIEW / K. Ashley. – New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002. – 432 p. – ISBN 0-13-047065-1.
3. Asmundis, R. LabVIEW – Modeling, Programing and Simulations / R. Asmundis. – Rijeka: InTech, 2011. – 306 p. – ISBN 978-953-307-521-1.
4. Шалыто, А. А. Switch-технология: алгоритмизация и программирование задач логического управления / А. А. Шалыто. – СПб.: Наука, 1998. – 628 с. – ISBN 5-02-024840-1.
5. Gomez, M. Hardware-in-the-Loop Simulation / M. Gomez // Embedded. -2001. - Режим доступа: <http://www.embedded.com/design/prototyping-and-development/4024865/Hardware-in-the-Loop-Simulation> (дата обращения 14.12.2013)
6. Using system engineering techniques to accelerate your next project / M. Torgerson e. a. // Embedded. - 2013. - Режим доступа: <http://www.embedded.com/design/prototyping-and-development/4422991/2/Using-system-engineering-techniques-to-accelerate-your-next-project> (дата обращения 10.12.2013)
7. Городов, Д. И. Имитационное моделирование отдельных задач ЭМС в среде “LabVIEW” / Д. И. Городов, С. В. Касаткин, А. П. Евсеев // Труды (восьмой) научной конференции по радиофизике, посвященной 80–летию со дня рождения Б. Н. Гершмана / ред. А. В. Якимов. - Нижний Новгород: ТАЛАН, 2004. – С. 265-266.
8. Телесенко, В. А. Датчики в системах сбора данных и управления / В. А. Телесенко // ПиКАД: промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика. – 2004. - № 2. – С. 50-56.
9. Шайкин А. С. Особенности процесса отладки алгоритмов суточного мониторинга артериального давления / А. С. Шайкин, Е. В. Шайкина // Сборник трудов XXI международного международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации» – М.: Изд-во ГУП Академиздат центр «Наука» РАН, 2012. – С. 215-216.
10. Шайкин А. С. Разработка блока управления электроприводами для станции тропосферной связи / А. С. Шайкин // Сборник трудов XXI международного международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации» – М.: Изд-во ГУП Академиздат центр «Наука» РАН, 2012. – С. 124-125.
11. Шайкин А. С. Устройство для исследования характеристик МЭМС датчиков движения и положения в пространстве / А. С. Шайкин, Е. В. Шайкина // Сборник трудов XXII международного международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации» – М.: Изд-во МГУПИ, 2013. – С. 185-186.

Рецензент: Виктор Александрович Киселев, к.т.н., доцент кафедры Приборы и информационно-измерительные системы Московского государственного университета приборостроения и информатики.

REFERENCES

1. Conway, J. A Software Engineering Approach to LabVIEW / J. Conway, S. Watts. – New Jersey: Prentice Hall PTR, 2003. – 211 p. – ISBN 0-13-009365-3.
2. Ashley, K. Analog Electronics with LabVIEW / K. Ashley. – New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002. – 432 p. – ISBN 0-13-047065-1.
3. Asmundis, R. LabVIEW – Modeling, Programing and Simulations / R. Asmundis. – Rijeka: InTech, 2011. – 306 p. – ISBN 978-953-307-521-1.
4. Shalyto, A. A. Switch-tehnologija: algoritmizacija i programirovanie zadach logicheskogo upravljenja / A. A. Shalyto. – SPb.: Nauka, 1998. – 628 s. – ISBN 5-02-024840-1.
5. Gomez, M. Hardware-in-the-Loop Simulation / M. Gomez // Embedded. -2001. - Rezhim dostupa: <http://www.embedded.com/design/prototyping-and-development/4024865/Hardware-in-the-Loop-Simulation> (data obrashhenija 14.12.2013)
6. Using system engineering techniques to accelerate your next project / M. Torgerson e. a. // Embedded. - 2013. - Rezhim dostupa: <http://www.embedded.com/design/prototyping-and-development/4422991/2/Using-system-engineering-techniques-to-accelerate-your-next-project> (data obrashhenija 10.12.2013)
7. Gorodov, D. I. Imitacionnoe modelirovanie otdel'nyh zadach JeMS v srede “LabVIEW” / D. I. Gorodov, S. V. Kasatkin, A. P. Evseev // Trudy (vos'moj) nauchnoj konferencii po radiofizike, posvjashhennoj 80–letiju so dnja rozhdenija B. N. Gershmana / red. A. V. Jakimov. - Nizhnij Novgorod: TALAM, 2004. – S. 265-266.
8. Telesenko, V. A. Datchiki v sistemah sbora dannyh i upravljenja / V. A. Telesenko // PiKAD: promyshlennye izmerenija, kontrol', avtomatizacija, diagnostika. – 2004. - № 2. – S. 50-56.
9. Shajkin A. S. Osobennosti processa otladki algoritmov sutochnogo monitoringa arterial'nogo davlenija / A. S. Shajkin, E. V. Shajkina // Sbornik trudov XXI mezhdunarodnogo mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Sovremennye tehnologii v zadachah upravljenja, avtomatiki i obrabotki informacii» – M.: Izd-vo GUP Akademizdat centr «Nauka» RAN, 2012. – S. 215-216.
10. Shajkin A. S. Razrabotka bloka upravljenja jelektroprivodami dlja stancii troposfernoj svjazi / A. S. Shajkin // Sbornik trudov XXI mezhdunarodnogo mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Sovremennye tehnologii v zadachah upravljenja, avtomatiki i obrabotki informacii» – M.: Izd-vo GUP Akademizdat centr «Nauka» RAN, 2012. – S. 124-125.
11. Shajkin A. S. Ustrojstvo dlja issledovanija harakteristik MJeMS datchikov dvizhenija i polozhenija v prostranstve / A. S. Shajkin, E. V. Shajkina // Sbornik trudov XXII mezhdunarodnogo mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru «Sovremennye tehnologii v zadachah upravljenja, avtomatiki i obrabotki informacii» – M.: Izd-vo MGUPI, 2013. – S. 185-186.