

## РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

### Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм цифровой обработки сигналов свободной прецессии с использованием параметрического анализа не только позволяет проводить измерения в очень неоднородных магнитных полях, но и позволяет значительно сэкономить, отказавшись от сложной и дорогой прецизионной электроники.

Получившаяся точность измерений (порядка 1 нТл) соответствует современному уровню протонных магнитометров в однородных геомагнитных полях, и превосходит существующие в неоднородных. Кроме того используемая элементная база в созданном приборе намного проще и в несколько десятков раз дешевле, чем во всех существующих аналогах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин, П. М. Ядерный магнитный резонанс в земном поле [Текст] / П. М. Бородин, А. В. Мельников. – Москва, Наука, 1972. – 449 с.
2. Бородин, П. М. Физические основы квантовой радиофизики [Текст] / П. М. Бородин [и др.], под ред. П. М. Бородина — Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1985. – 319 с
3. Мелентьев, В.С. Исследование метода измерения частоты гармонических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю. М. Иванов, А. А.

Миронов // Ползуновский вестник. - 2013 - №. 2 - С. 198-201.

4. Игнатьев, В. К. Параметрический анализ колебаний медленно меняющейся частоты. [Текст] / В. К. Игнатьев, А. В. Никитин, С. В. Юшанов // Известия ВУЗов. Радиофизика 2010. Т. 53. № 2. С. 145 – 159.
5. 1.1nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  Noise, Low Power, Precision Operational Amplifier in Small DFN-8 Package [Электронный ресурс] – <http://www.ti.com.cn/general/cn/docs/lit/getliterature.tsp?genericPartNumber=opa211&fileType=pdf> – (Дата обращения 19.04.2014)
6. 16-Bit, 100 kSPS, Single-Ended PulSAR ADC in MSOP/QFN AD7683 [Электронный ресурс] – [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/AD7683.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7683.pdf) – (Дата обращения 19.04.2014)
7. STM32F405xx STM32F407xx ARM Cortex-M4 32b MCU+FPU, 210DMIPS, up to 1MB Flash/192+4KB RAM, USB OTG HS/FS, Ethernet, 17 TIMs, 3 ADCs, 15 comm. interfaces & camera [Электронный ресурс] <http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/DM00037051.pdf> – (Дата обращения 19.04.2014)

*Магистрант Невзоров А.А.* – [terrapevt@mail.ru](mailto:terrapevt@mail.ru) - каф. Радиофизики Волгоградского государственного университета, аспирант *Орлов А.А.*, [orlwork@inbox.ru](mailto:orlwork@inbox.ru) - каф. Радиофизики Волгоградского государственного университета

УДК 004.9

## ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ MATHCAD

А.С. Бессонов

Рассматривается возможность использования средств MathCAD при создании LabVIEW виртуальных приборов, предназначенных для моделирования средств измерений и обработки данных. Описываются технология создания таких программ и два конкретных примера ее применения. Обсуждаются результаты их тестирования.

**Ключевые слова:** моделирование средств измерений, обработка данных, среда графического программирования Lab-VIEW, виртуальные приборы, средства MathCAD

### Введение

При создании новых средств измерений (СИ) широко применяется математическое моделирование и программирование, проводимое на основе технологии виртуальных приборов (ВП) и среды графического программирования LabVIEW [1]. При интеграции в среду LabVIEW специализированных библиотек ВП, ряда утилит и средств информационного обеспечения она может рассматри-

ваться как система автоматизированного проектирования СИ заданных классов [2].

Одним из преимуществ технологии ВП является гетерогенность составных частей виртуальных моделей и прикладных программ. Это означает, что построение моделей СИ и создание прикладного программного обеспечения можно проводить с применением различных программных средств, использовать функции сбора и обработки данных, входящие как в саму среду LabVIEW и

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014

ее модули расширения, так и в интегрированные среды других производителей [1, 3].

С точки зрения расширения функциональных возможностей ВП в первую очередь представляют интерес математические среды, обладающие богатой палитрой необходимых функций. Практически все их современные версии являются открытыми системами и имеют программные интерфейсы приема-передачи информации, но их практическая реализация несколько отличается друг от друга. Так, например, для среды MATLAB в LabVIEW имеется высокоуровневая поддержка межпрограммного взаимодействия [1]. Интерфейс с Maple, наоборот, обеспечивается со стороны производителя математической среды, для чего имеется Maple Professional Math Toolbox for LabVIEW [4]. Взаимодействие же с другими средами, к числу которых принадлежит MathCAD, требует от разработчика СИ приложения некоторых самостоятельных усилий [5].

Целью проведенной работы были изучение возможности использования средств MathCAD в составе LabVIEW ВП и разработка и исследование конкретных примеров моделирования СИ и обработки данных.

#### Особенности технологии взаимодействия сред LabVIEW и MathCAD

Для поставленных задач было проведено исследование технологии взаимодействия между средами LabVIEW и MathCAD. Сначала было установлено, что MathCAD поддерживает технологию OLE Automation [1] и может рассматриваться как сервер автоматизации. Затем в сети Internet удалось найти библиотеку ВП, реализующих данную технологию для версии LabVIEW 7.1 [5]. Однако найденные ВП оказались неработоспособными в современных версиях данной среды. Поэтому пришлось провести их модификацию и доработку, что было осуществлено путем изменения некоторых свойств и методов сервера автоматизации.

Очевидно, рассматриваемый вид программных объектов по сравнению с обычными ВП отличается повышенной сложностью. Поэтому применение дополнительных средств моделирования и обработки данных должно быть оправдано. В связи с этим было выделено два распространенных случая.

1) В составе библиотек LabVIEW нет готовых функций, решающих в полной мере поставленную задачу моделирования или обработки данных, а в среде MathCAD они есть и доступны для использования.

2) Необходимые частные модели предметной области или модули обработки данных уже разработаны в среде MathCAD, рекомендованы и доступны для использования.

Рассмотрим примеры ВП, соответствующие этим случаям.

#### Виртуальная модель распространения лазерного излучения в физической среде

Один из разработанных ВП предназначен для решения задачи моделирования прохождения лазерного излучения сквозь среду, обладающую свойствами поглощения и рассеяния. Актуальность выбранной модели объяснялась отсутствием в LabVIEW средств полноценного решения краевых задач, в то время как они часто встречаются при моделировании объектов измерения.

При прохождении лазерного излучения сквозь физическую среду явления поглощения и отражения излучения назад описываются в общем случае функциями  $a(x)$  и  $r(x)$ , где  $x$  – координата (рисунок 1). При рассмотрении в однокоординатной модели прямого  $y_1$  и обратного  $y_2$  потоков модель представляет собой систему, состоящую из двух обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) (система  $D(x,y)$  на рисунке 1).

```

a1      r1      r2      R
a(x) := a1 x   r(x) :=  $\begin{cases} r1 & \text{if } x < 0.5 \\ r2 & \text{otherwise} \end{cases}$ 

I1 := 100
D(x, y) :=  $\begin{pmatrix} -a(x) \cdot y_0 + r(x) \cdot y_1 \\ a(x) \cdot y_1 - r(x) \cdot y_0 \end{pmatrix}$ 

M := 100
z0 := 10
load(x0, z) :=  $\begin{pmatrix} I1 \\ z0 \end{pmatrix}$ 
score(x1, y) := R · y0 - y1
I2 := sbval(z, 0, 1, D, load, score)

S := rkfixed( $\begin{pmatrix} I1 \\ I2_0 \end{pmatrix}$ , 0, 1, M, D)   I20 = ■

```

Рисунок 1 – Фрагмент листинга MathCAD модели среды распространения лазерного излучения

## РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ



Рисунок 2 – Лицевая панель виртуальной модели

Для решения этой краевой задачи сначала определяются два граничных условия (на правом и левом краях среды), а затем применяется одна из функций численного решения систем ОДУ (*rkfixed* на рисунке 1).

Проблема заключается в том, что в LabVIEW нет функции, определяющей неизвестные граничные условия. В то же время в составе MathCAD (версий 14 и 15) такие функции есть: это функции *bvalfit* и *sbval*. Поиск ими неизвестных граничных условий осуществляется путем минимизации вспомогательной функции *score* [6]. Пример модели с использованием данных функций приведен на рисунке 1. Часть переменных здесь не определена, поскольку эти значения должны передаваться из внешней программы.

Следующим этапом стало создание виртуальной модели, являющейся в данном случае клиентом автоматизации (рисунок 2). Входными данными здесь являются имя файла MathCAD, параметры  $a1$ ,  $r1$ ,  $r2$  функций поглощения  $a(x)$  и рассеяния  $r(x)$ , коэффициент отражения  $R$  от правого края среды и интенсивность входного излучения  $I1$ . Кроме того, задается среднее квадратическое отклонение (СКО) шума, служащего для моде-

лирования сигнала на входе фотоприемника обратного излучения. При функционировании программы сначала открывается среда MathCAD, загружается выбранный файл, в нем определяются значения переменных  $a1$ ,  $r1$ ,  $r$ ,  $I1$ , после чего проводится моделирование с помощью функций *sbval* и *rkfixed* и определяется матрица  $S$ , содержащая значения координаты  $x$  и значения по ней распределенных интенсивностей прямого и обратного потоков излучения.

Матрица  $S$  считывается клиентом и отображается на графическом экране, после чего автоматизация закрывается. Элементы матрицы  $S_{20}$  зашумляются, что, как уже отмечалось, необходимо для имитации оптического сигнала, который может подаваться на вход виртуальной модели фотоприемника, входящей в состав полной имитационной модели оптико-электронного СИ.

### Виртуальный прибор фильтрации данных

Другой пример ВП представляет второй описанный выше случай, когда в распоряжении пользователя уже имеются необходимые программные модули обработки данных. Было предположено, что ими оказались готовые

к использованию MathCAD программы синтеза и применения нерекурсивных цифровых фильтров [7].

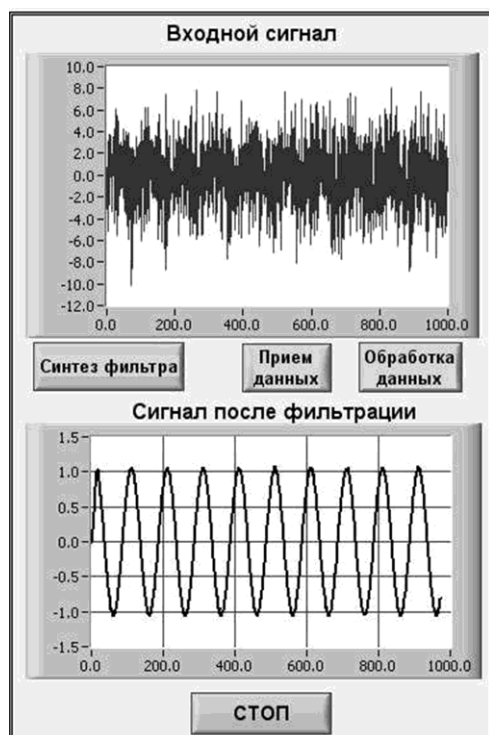


Рисунок 3 – Лицевая панель виртуального прибора фильтрации данных

Лицевая панель ВП фильтрации данных приведена на рисунке 3. Обработке данных по желанию пользователя может предшествовать процедура синтеза фильтра с заданными характеристиками. При нажатии на кнопку *Синтез фильтра* открывается другая лицевая панель ВП, на которой устанавливаются параметры, необходимые для синтеза фильтра по методу аналогового прототипа [7]. Результатом синтеза является массив коэффициентов фильтра  $\{a_j, j = \overline{1, g}\}$ , который возвращается и сохраняется в ВП.

При нажатии на кнопку *Прием данных* (рисунок 3) на вход ВП поступает массив данных  $\{X_i, i = \overline{1, n}\}$ . В описываемом примере входные данные представляют собой оцифрованную синусоиду с аддитивным шумом высокого уровня.

При нажатии на кнопку *Обработка данных* массивы  $\{a_j, j = \overline{1, g}\}$  и  $\{X_i, i = \overline{1, n}\}$  передаются в программу MathCAD, где производится процесс нерекурсивной фильтрации (рисунок 4). В результате образуется выходной массив  $\{Y_i, i = \overline{1, n}\}$ , представляющий

собой очищенную от шума синусоиду. Данный массив передается из MathCAD в ВП, где отображается на нижнем графическом экране *Сигнал после фильтрации*. Выходной массив  $\{Y_i\}$  предназначен для передачи следующим ВП обработки данных, входящим в состав виртуальной модели или программного обеспечения СИ.

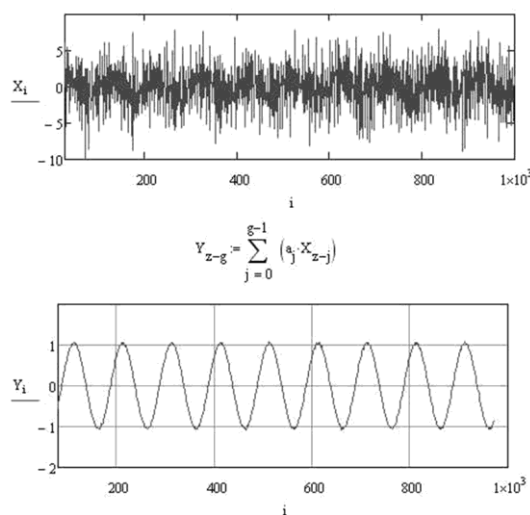


Рисунок 4 – Фрагмент листинга фильтрации данных в MathCAD

### Заключение

Тестирование ВП, построенных на основе средств MathCAD, подтвердило возможность и целесообразность их использования. Все программные средства работали без ошибок, функции выполнялись в полном объеме, а полученные результаты вычислений были признаны корректными.

Результаты тестирования виртуальной модели показали, что поставленная цель работы достигнута. ВП последних версий LabVIEW могут успешно осуществлять моделирование СИ и обработку измерительной информации с использованием средств MathCAD.

В качестве недостатков следует отметить необходимость покупки лицензии и установки данной математической среды, а также увеличение времени моделирования и обработки данных. Это еще раз подтверждает вывод о том, что применение функций других сред программирования и моделирования в составе LabVIEW ВП должно иметь серьезное обоснование.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов, А.С. Компьютерное моделирование оптико-электронных измерительных систем с использованием технологии виртуальных

## РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

- приборов [Текст] / А.С. Бессонов // Приборы. - 2011 - №. 1 - С. 17-25.
2. Харуби, Н. Автоматизация проектирования виртуальных приборов [Текст] / Н. Харуби // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009.- №20.- С.161-165.
  3. Бессонов, А.С. Компьютерное моделирование средств измерений с использованием модулей расширения LabVIEW [Текст] / А.С. Бессонов // Ползуновский вестник. - 2012 - №. 2-1 - С. 74-77.
  4. MapleSim Connector for LabVIEW and NI VeriStand Software [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.maplesoft.com/products/toolboxes/labview\\_connector/](http://www.maplesoft.com/products/toolboxes/labview_connector/). - Загл. с экрана. - Яз. англ.
  5. Mathcad Interface VIs [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ni.com/example/29348/en/>. - Загл. с экрана. - Яз. англ.
  6. Кирьянов, Д.В. MathCAD 15/ MathCAD Prime 1.0 [Текст] / Д.В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 432 с.: ил.
  7. Каганов, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. [Текст] / В.И. Каганов. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2005. - 432 с.: ил.
- К.т.н., доцент Бессонов А.С.: alexsb64@newmail.ru; тел. +7-495-4349445 - Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики*

УДК 004.021

## ПРИМЕНЕНИЕ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОМЕХ КАРДИОГРАММЫ, СВЯЗАННЫХ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПАЦИЕНТА

А.В. Кайгородов

Удаление артефактов движения в электрокардиограмме (ЭКГ) является одним из важнейших факторов при исследовании измерений частоты сердечных сокращений в реальном времени в телеметрической медицине. Причиной артефактов, смещающих уровень сигнала, является смещение электродов в результате движения пациента. Поэтому был использован акселерометр для измерения ускорения колебаний или движения туловища, что позволило применить его в адаптивном фильтре. Эксперименты были протестированы, чтобы продемонстрировать эффективность предложенного метода.

**Ключевые слова:** акселерометр, адаптивный фильтр, кардиография

### Введение

Электрокардиограмма (ЭКГ) используется не только для диагностирования заболеваний сердечно-сосудистой системы и оценки эффективности медицинских препаратов, но также широко используется для диагностики апноэ сна или в качестве носимого монитора физиологического состояния [1,2]. ЭКГ часто подвержена влиянию различных видов помех, таких как линии электропередачи, артефакты движения, наложение сигнала электромиограммы и дрейф уровня сигнала из-за дыхания.

В последнее время портативные мониторы, включающие в себя микроконтроллеры, позволяют реализовать фильтры для шумоподавления в реальном времени. Тем не менее, артефакты движения, которые являются причиной сдвига уровня сигнала, вызваны изменениями импеданса контакта электрода с кожей из-за движения электрода. Как правило, причиной смещения является подвижность пациента. В частности, спектр артефактов движения полностью пересекается с ЭКГ-

сигналом, когда пациент бежит или ходит. Таким образом, артефакты движения являются самым сложным видом помех для фильтрации.

**Целью** данного исследования является создание модели портативного ЭКГ-рекордера, который должен использовать трехосный акселерометр для обнаружения движения объекта. Данные, полученные с акселерометра используются в качестве опорных для адаптивного фильтра. Полученные результаты показали, что адаптивный фильтр может уменьшить двигательные артефакты ЭКГ сигнала и позволяет четко определить QRS - комплекс на отфильтрованной кардиограмме.

Свойства аналогового или цифрового фильтра с фиксированными параметрами обычно определяются требуемой передаточной функцией. В свою очередь, передаточная функция определяет структуру фильтра и его вычислительную сложность. Если спецификацию к передаточной функции фильтра невозможно сформулировать заранее или спе-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014