

Анализ сигналов и систем

А.И. Галушкин*, С.Н. Данилин, С.А. Щаников
*Государственный университет Московский физико-технический институт
141700, г. Долгопрудный, Московской обл., ул. Институтский пер., 9.
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: seach@inbox.ru

Качество функционирования нейросетевых вычислительных средств на основе мемристоров

Перспективным направлением в области построения высокопроизводительных вычислительных средств является применение нейросетевых компонентов на основе мемристоров [1]. Мемристор был предложен Леоном Чуа в 1971 году [2], как новый пассивный аналоговый элемент с эффектом памяти, изменяющий свое сопротивление в зависимости от протекающего через него заряда. Физически реализовать элемент, обладающий данным свойством удалось лишь в 2008 году [3] в связи с переходом к нанотехнологиям. Процесс функционирования мемристора можно рассматривать как выполнение операции умножения на весовой коэффициент, являющейся основной в синаптических связях искусственных нейронных сетей (ИНС).

В настоящее время нет универсального подхода к созданию нейросетевых вычислительных средств на основе мемристоров. Российские и зарубежные производители вычислительной техники, а так же научные коллективы высших учебных заведений проводят исследования разных вариантов реализации ИНС на основе мемристоров (ИНСМ), которые имеют следующие особенности:

1) Синапсы ИНС, реализуемые на основе мемристорной матрицы, имеют высокую плотность размещения на наноуровне с определенным процентом неработоспособных элементов, число которых зависит от технологии их производства. Данное явление может привести к снижению точности функционирования ИНСМ относительно теоретического значения, что потребует компенсации при настройке коэффициентов на компьютерных моделях.

2) Мемристоры являются аналоговыми элементами, применяемыми в составе цифровых высокопроизводительных вычислительных средств. Точность их работы зависит от погрешности аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований, уровень которых должен быть необходимым и достаточным для конкретного типа решаемых задач.

3) Настройка весовых коэффициентов синапсов ИНС, реализуемых на основе мемристоров проводится путем подачи "импульсов настройки", по продолжительности более длинных чем "импульсов работы", несущих обрабатываемую информацию. Необходимо учитывать постепенное изменение сопротивления мемристоров в процессе функционирования, проводя настройку лишь при достижении допустимого уровня погрешности работы, тем самым минимизируя влияние на быстродействие.

4) Материалы, из которых изготовлены современные мемристоры, сохраняют свои физико-химические параметры при ограниченном числе переключений, что приводит к постепенному снижению числа работоспособных элементов. Теоретически ИНСМ имеют высокую отказоустойчивость за счет параллельной обработки информации, однако реальный уровень отказоустойчивости не обеспечивается автоматически, а является результатом оптимального подбора и настройки параметров конкретной ИНСМ.

5) Верхний и нижний пороги сопротивления мемристоров ограничиваются конечным значением, а режим переключения зависит от заряда протекающего тока, несущего входную информацию. Несанкционированное переключение мемристора под влиянием шумов во входной информации приводит к изменению значения весового коэффициента и появлению дополнительных ошибок.

Рассмотренные особенности нейросетевых вычислительных средств на основе мемристоров необходимо учитывать при разработке методов определения и обеспечения необходимого уровня качества их функционирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-38-50498.

Литература

1. Галушкин А.И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // "Нейрокомпьютеры с использованием мемристоров" – приложение к журналу "Информационные технологии" №4. 2014.
2. Leon O. Chua. Memristor - the missing circuit element // IEEE Trans. on circ. theory, 1971. CT-18, N5, Sep., 1971.
3. Strukov, D., Snider, G., Stewart, D., Williams, R. The missing memristor found // Nature. 2008. Vol. 453. – P. 80-83.

А.И. Галушкин*, С.Н. Данилин, С.А. Щаников
*Государственный университет Московский физико-технический институт
141700, г. Долгопрудный, Московской обл., ул. Институтский пер., 9.
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: dsn-55@mail.ru

Программное и аппаратное моделирование вычислительных средств основе мемристоров

Современный уровень нанотехнологий позволил реализовать элемент, предложенный еще в 1971 году [1] - мемристор. Это наноразмерный пассивный аналоговый элемент с эффектом памяти. Область его применения - новые более емкие и эффективные энергонезависимые виды памяти, коммутаторы, RFID-компоненты, сенсоры и т.д. Мемристор изменяет свое сопротивление в зависимости от протекающего заряда. Данное свойство позволяет использовать мемристор как синапс искусственной нейронной сети (ИНС) при её аппаратной реализации. Как показывают исследования [2], ИНС на основе мемристоров (ИНСМ) открывают возможности для перехода вычислительной техники на более высокий (экзофлосный) уровень производительности, а так же снижения на несколько порядков уровня энергопотребления современных суперЭВМ.

Процесс разработки и исследования вычислительных средств на основе мемристоров в настоящее время связан с решением следующих первостепенных задач [2]:

а) поиск материалов для реализации быстродействующей мемристорной архитектуры с большим количеством переключений для обеспечения аппаратной надежности и долговечности разрабатываемых технических устройств;

б) создание интерфейса стыковки мемристорных систем и КМОП-структур, а так же контроллеров на базе ПЛИС для организации управления вычислительными процессами;

в) создание инструментальной системы исследования вычислительных возможностей технических устройств на основе мемристоров.

Известные в настоящее время материалы для изготовления мемристоров (оксид титана, оксид тантала и т.д.) сохраняют свои физико-химические свойства при числе переключений не более 10^6 . Поэтому наиболее рациональным подходом для изучения технических возможностей устройств на основе мемристоров является исследование их компьютерных моделей.

Аналитические или численные модели мемристоров используются как базовые для их последующей эмуляции программными или аппаратными средствами. Аппаратные модели реализуются на GPU и FPGA. Названные модели могут использоваться как самостоятельные компоненты современной высокопроизводительной вычислительной техники [2], однако их создание для решения исследовательских задач связано с дополнительными затратами финансовых и временных ресурсов. Анализ возможностей большого числа программных сред показал, что для моделирования мемристоров и устройств на их основе, по ряду основных критериев наиболее подходят Simulink пакета прикладных программ MATLAB и PSpice. Simulink позволяет создавать и исследовать математические модели мемристоров с учетом их физической природы на основе вольтамперной характеристики. PSpice - это программный пакет симуляции аналоговой и цифровой логики, интегрированный в САПР электронных приборов OrCAD. В нем можно создавать модели мемристорных систем, их стыковки с КМОП-структурами, а также модели технических устройств на основе мемристоров.

Таким образом, компьютерное моделирование в современной программной среде является необходимой частью процесса разработки и исследования мемристоров и устройств на их основе на пути создания высокопроизводительных вычислительных систем нового поколения. Анализ научно-технических источников и собственный опыт авторов показывает, что наиболее оптимальной для решения рассмотренных исследовательских задач в настоящее время является вычислительная среда PSpice Cadence.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-38-50498.

Литература

1. Leon O. Chua. Memristor - the missing circuit element // IEEE Trans. on circ. theory, 1971. CT-18, N5, Sep., 1971.
2. Галушкин А.И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // "Нейрокомпьютеры с использованием мемристоров" – приложение к журналу "Информационные технологии" №4. 2014. – С. 3-48.

Разработка стенда по оценке качества сигнала цифрового приемника на основе микросхемы 1288ХК1Т

Контроль качества является необходимой составной частью на всех этапах производства современной радиоэлектронной аппаратуры. Одной из основных частей такого контроля является проверка качества функционирования устройств формирования и обработки сигналов. Для этой цели создаются специальные измерительные стенды, которые совместно с высокоточной измерительной аппаратурой и разработанным программным обеспечением позволяют определить основные параметры сигналов, алгоритмов и устройств их обработки. Такой традиционный подход к измерениям обладает своими достоинствами и недостатками при радиотехнических измерениях.

Измерительная аппаратура в комплексе со средой разработки LabView, производимые фирмой National Instruments, позволяет создать измерительную систему любой степени сложности. Такой подход позволяет автоматизировать измерения и существенно ускорить процесс оценки работоспособности системы в целом, поэтому он и использовался для создания автоматизированной лаборатории по оценке качества ответного сигнала цифрового приемника, реализованного на микросхеме 1288ХК1Т, с применением оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013. Для реализации системы была использована платформа NI: PXIe-1085, PXIe-8135, PXI-6562, PXIe-6537, PXI-4110.

Структурная схема системы мониторинга на рис. 1.

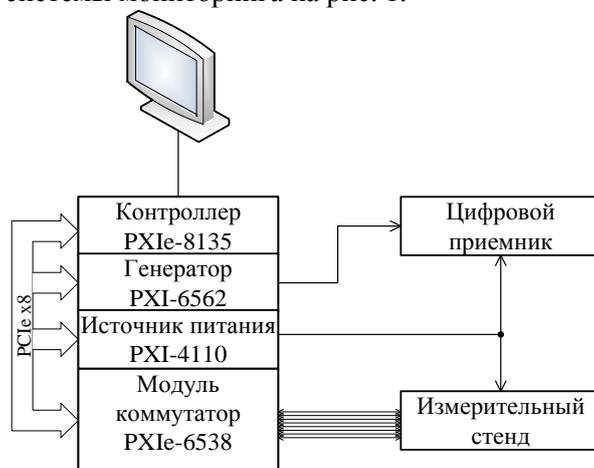


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

Объектом измерений является четырехканальный цифровой радиолокационный приемник, реализованный на микросхеме 1288ХК1Т. Тестовая последовательность импульсов на несущей частоте 60 МГц формируется при помощи генератора импульсов PXI-6562 и поступает на цифровой приемник. Номиналы питания приемника обеспечивает модуль PXI-4110. Снятие измерительной информации с цифрового приемника осуществляется через стенд с помощью модуля коммутации PXIe-6537.

Основное назначение измерительного комплекса – это исследование качества получения квадратурных составляющих видеосигнала, качества работы АЦП в цифровом приемнике, развязка каналов в цифровом приемнике.

Разработанная измерительная система успешно внедрена в ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».

Литература

1. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Пер. с англ. - М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
2. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
3. <http://www.ni.com/rxi/> – раздел на сайте National Instruments.

Система контроля формируемых сигналов гетеродина РЛС

Современная радиолокационная станция – это сложная система, содержащая механические, гидравлические, электрические и прочие элементы. При ее производстве важное значение приобретает контроль работоспособности, обеспечиваемый, в основном, традиционными методами. К ним относятся измерение входных и выходных сигналов и снятие осциллограмм в контрольных точках аппаратуры. Однако традиционные методы не всегда позволяют выявить неисправности и некорректности в работе и ошибки функционирования, особенно в случае проверки цифровых систем обработки сигналов.

Примером подобной проблемы служит оценка основных характеристик ЛЧМ-импульсов зондирующих сигналов, сформированных гетеродином РЛС. Эффективным подходом к решению этой проблемы оказалось применение измерительной аппаратуры фирмы National Instruments. Поскольку она позволяет совместить высокоточные измерения, сформировать различного вида тестовые воздействия одновременно во многих точках контролируемой аппаратуры и провести эмуляцию работы отдельных блоков системы. Кроме этого, интерфейс и гибкость среды разработки LabView позволяет реализовать схему измерений практически любой степени сложности [1]. Измерительный блок (рис. 1) сформирован на шасси PXIe-1085 и оснащен регистратором/осциллографом PXI-5105, под управлением контроллера PXIe-8135.

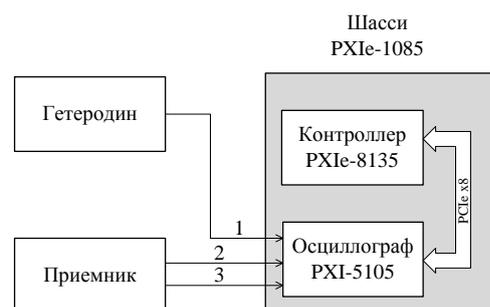


Рис. 1. Блок-схема измерительного блока

В процессе измерений система в отдельных окнах отображает оцифрованные пакеты импульсов и сжатые по следующему алгоритму сигналы:

$$Sg_i = 20 \lg \left(\sqrt{\left(\sum_{k=0}^{N-1} S_{i+k} \cdot \sin(\phi_{i+k}) \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{N-1} S_{i+k} \cdot \cos(\phi_{i+k}) \right)^2} \right),$$

где $\phi_{i+k} = \frac{5\pi}{2} \left(i + k - \frac{N}{2} \right) + \frac{\pi B}{N^2} \left(i + k - \frac{N}{2} \right)^2$; N – количество отсчетов в одном импульсе; B – база ЛЧМ-сигнала.

Созданная автоматизированная система успешно заменила существующую систему на базе настольных приборов, и расширило возможности измерительной системы. Это позволило существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить качество измерений. Разработанная система мониторинга успешно внедрена в качестве стенда проверки параметров сигнала гетеродина РЛС 48Я6 на ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».

Литература

1. <http://www.ni.com/pxi/> – раздел на сайте National Instruments.
2. Храмов К.К., Жиганов С.Н. Исследование характеристик цифровых фильтров в программно-аппаратном устройстве оценки параметров модуляции ЛЧМ-сигналов / Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2011. №3. – С. 30-34.

Разработка оптимального ряда наборов методов и алгоритмов преобразования координат в диапазоне относительных погрешностей 20...0,001%

Цель данной работы- совершенствование быстродействующих методов и алгоритмов преобразования координат, то есть совместного вычисления функций $Z = \sqrt{A^2 + B^2}$ и $\beta = \arctg(A/B)$. В частности получен алгоритм преобразования координат, обеспечивающий максимальную относительную погрешность не более 0,258% при вычислительных затратах на самой длинной ветви реализации процесса вычислений в 15 операций: 4 сравнения, 5 извлечений из памяти констант, 5 умножений и одно сложение (рис. 1) без непосредственного вычисления квадратного корня [1].

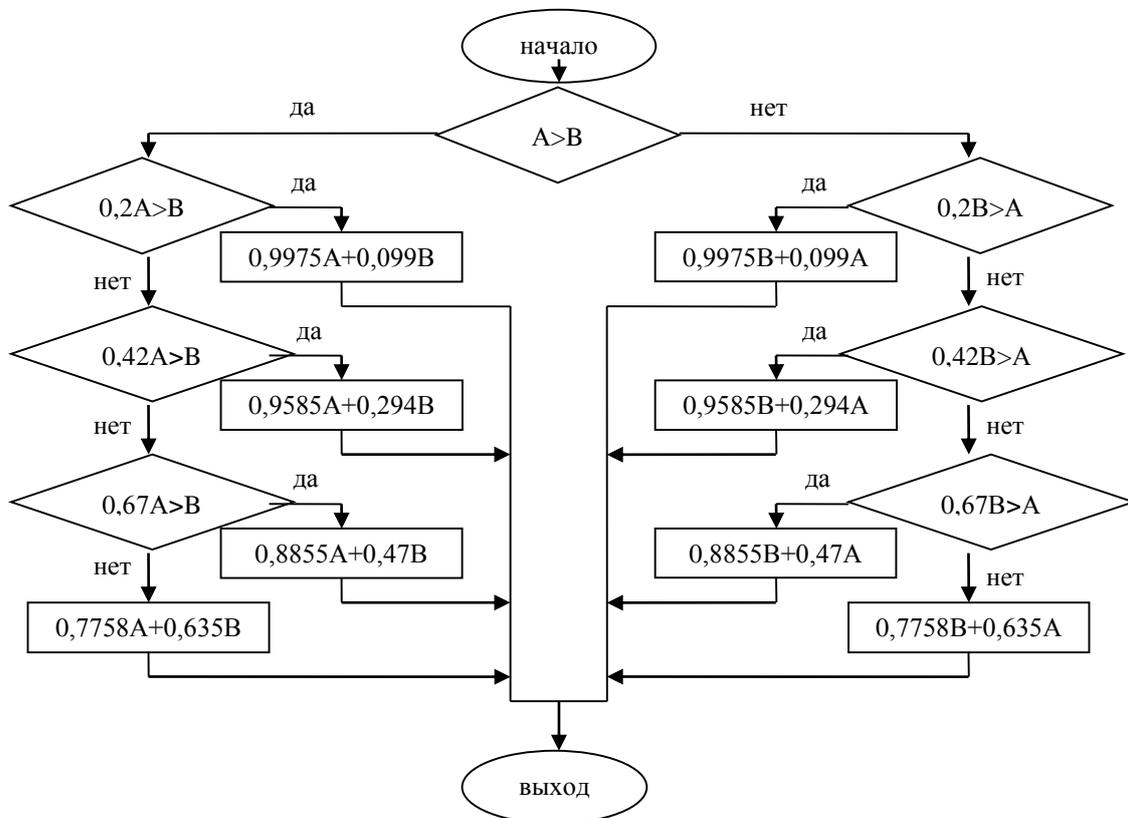


Рис. 1. Структурная схема алгоритма с четырьмя условиями анализа соотношений A и B

Предлагаемый алгоритм по сравнению с применением обычных оптимизированных алгоритмов с непосредственным вычислением квадратного корня в диапазоне значений погрешностей 4%...0,2% обеспечивает выигрыш по быстродействию примерно в 2...2,75 раза [2].

Разработаны ускоренные методы вычисления фазы сигнала путём приближения функции арктангенс (таблица 1).

Таблица 1. Полиномиальные методы приближения функции арктангенс на интервале $x \in [0;1]$

№	полином	Интервал	δ	A	Комментарий
1	$0,975x+0.001$	0; 0,28	$7,185 \cdot 10^{-3}$	7-3=4	Интервалы заданы жестко.
	$0,843x+0.04$	0,28; 0,58			
	$0,617x+0.174$	0,58; 1			
2	$0,9528x+0.0034$	0; 0,393	$3,53 \cdot 10^{-3}$	7	Интервалы подобраны с целью наилучшего приближения.
	$0,7731x+0.0741$	0,393; 0,689			
	$0,5855x+0.2033$	0,689; 1			
3	$x(0.972-0.192 \cdot x^2)$	0; 1	$5 \cdot 10^{-3}$	6	Один интервал.
4	$x(1,011773-0,131118x)$	0; 0,28	$3,066 \cdot 10^{-4}$	10-3=7	Интервалы заданы жестко.
	$- 0,011526 + x (1,100332 - 0,300443x)$	0,28; 0,58			
	$- 0,005932 + x (1,089098 - 0,297799x)$	0,58; 1			
5	$- 0,0001308 + x (1,01004 - 0,114636x)$	0; 0,24	$1,4 \cdot 10^{-4}$	10	Интервалы подобраны с целью наилучшего приближения.
	$- 0,010573 + x (1,0957497 - 0,2951596x)$	0,24; 0,59			
	$- 0,004363 + x (1,085874 - 0,2962549x)$	0,59; 1			
6	$x(0.9954+ x^2 (- 0.2892 + 0.0799 \cdot x^2))$	0; 1	$6.2 \cdot 10^{-4}$	9	Один интервал.

Разработан ускоренный комбинированный алгоритм деления (табл.2), осуществляющий для интервалов $B \in [2^{-10};1]$ нахождение функции с относительной точностью погрешности результата 0,5% при общем числе операций равном 17.

Таблица 2. Комбинированный полиномиальный метод аппроксимации на интервале $B \in [2^{-10};1]$

Подинтервалы аппроксимации	Полином наилучшего приближения	$\delta_{M_{10}}$	δ_{M_2}	$\delta_{po\%}$
[0,03;1]	$40,2892473541862+B(-404,099505035886+B(1379,5947856691+B(-1830,61132456545+819,823173290093B)))$	4	1×2^2	
[0,004;0,03]	$506,815073500233+B(-89604,7856518+B(6948525,38647767+B(-240965372,368078+3051998356,59935B)))$	5,1	$1,275 \times 2^2$	
$[2^{-10};0,004]$	$2671,1501202308+B(-2674061,54610235+B(1255458564,33379+B(-277781760978,356+23324283858392,1B)))$	5.3	$1,3254 \times 2^2$	0,5%

Выводы. Алгоритмы преобразования ортогональных составляющих в амплитуду для значений относительной погрешности результата от 4% до 0,26%, по сравнению с алгоритмами с непосредственным вычислением квадратного корня по схемам аппроксимации $1L_1 \dots 2L_3$ обеспечивают выигрыш по быстродействию в 2...2,75 раза [2]. При этом не происходит как переполнения разрядной сетки, так и исчезновения порядка чисел A и B [3]. Измерение фазы с использованием предварительно определенных подинтервалов аппроксимации вычисления амплитуды сигнала по ортогональным составляющим обеспечивает уменьшение погрешности примерно в 10 раз при фиксированных остальных критериях вычислительного процесса.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-07-00293.

Литература

1. Ercegovas Milos Dand. Others. Reciprocation square root, inverse square root, and some elementary Functions Using small multipliers // IEEE Trans Comput. 2000 / 49, №7. – С. 628-637.

2. Аверьянов А.М., Пантелеев И.В., Чекушкин В.В. Методы повышения быстродействия и точностных характеристик преобразователей ортогональных составляющих сигнала в амплитуду // Измерительная техника. - 2012г. №8. – С.9-14. Averyanov A.M., Chekushkin V.V., Pantelev I.V. Methods of increasing the speed and accuracy characteristics of converters of orthogonal components of a signal into amplitude // Measurement Techniques. November 2012, Volume 55, Issue 8, pp 858-866.

3. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ. – М.: Мир, 2001.– 575 с.

Разработка тракта приема сигнала на основе микросхемы 1288ХК1Т

В настоящее время происходит активное внедрение цифровых технологий в радиолокационную технику. Одним из направлений является построение радиоприемных трактов с применением цифровой обработки сигналов (ЦОС), называемых в литературе SDR – software defined radio. Эта технология основывается на возможности оцифровки радиосигнала и последующей его обработкой программными или аппаратными цифровыми средствами. В зависимости от частоты и ширины спектра принимаемого сигнала цифровая обработка в приемнике может использоваться как непосредственно на радиочастоте, так и после переноса сигнала на фиксированную промежуточную частоту.

Примером микросхемы цифрового приемника, отвечающей современным требованиям и позволяющей проводить цифровую обработку сигнала, является 1288ХК1Т. Она предназначена для построения приемных трактов систем радиосвязи и радиолокации. Микросхема 1288ХК1Т – это четырехканальный цифровой SDR-приемник, в котором реализованы функции преобразования входного сигнала с промежуточной частоты на низкую частоту с последующей фильтрацией и децимацией сигнала. Применение цифровой обработки сигнала на промежуточной частоте позволяет снизить требования к аналоговому тракту и упростить реализацию системы в целом.

В работе была выбрана структура приемного канала для предварительной обработки ФКМ сигнала с полосой частот 5 МГц, используемого в системах госопознавания. Структурная схема одного канала цифрового приемника приведена на рис. 1.

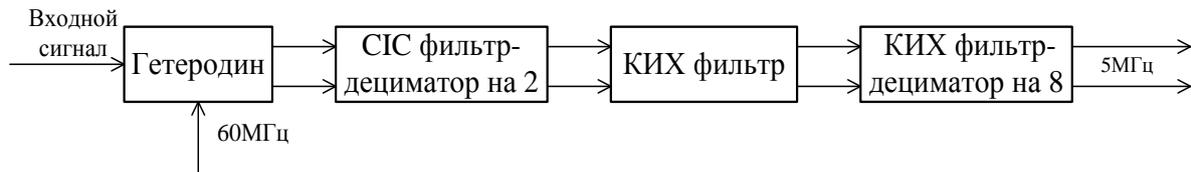


Рис. 1. Структурная схема одного канала цифрового приемника

Отсчеты входного сигнала разрядностью 14 с частотой дискретизации 80 МГц поступают на гетеродин, осуществляющий операцию переноса спектра на нулевую частоту. В гетеродине входные отсчеты перемножаются на синфазную и квадратурную составляющие гармонического колебания с частотой 60 МГц. На выходе гетеродина формируются две квадратурных составляющих, которые поступают на фильтр-дециматор на два (СИС) с коэффициентом передачи, определяющимся из выражения

$$H(z) = \left(\frac{1 - z^{-4}}{1 - z^{-1}} \right)^2.$$

Квадратурные составляющие сигнала с выхода СИС-фильтра с частотой дискретизации 40 МГц поступает на КИХ-фильтр - корректор, обеспечивающий компенсацию частотных искажений в полосе полезного сигнала, внесенных в СИС-фильтре, а так же для подавления периодических составляющих вне полосы пропускания. КИХ-фильтр-дециматор на 8 служит для большего подавления частотных составляющих вне полосы пропускания и уменьшения частоты дискретизации до 5 МГц. Коэффициенты КИХ фильтров рассчитывались методом Ремеза

Литература

1. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Пер. с англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
2. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
3. <http://www.ni.com/pxi/> – раздел на сайте National Instruments.

Исследования шумовых характеристик формирователей сигналов на основе ЦВС с помощью программного комплекса

Обобщенная структурная схема формирователя сигналов радиосистем при использовании цифрового вычислительного синтезатора (что характерно, например, для систем радиолокации) содержит (рис. 1): генератор опорной частоты f_0 ГОЧ; умножители частоты УЧ1 и УЧ2 с коэффициентами n_1 и n_2 – для формирования тактовой частоты f_T ЦВС и повышения частоты синтезируемых сигналов, соответственно; фильтр Φ (в общем случае – полосовой) – для выделения требуемых спектральных компонентов в полосе ($f_{Cmin} \dots f_{Cmax}$) из спектра выходного сигнала цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС) [1, 2].

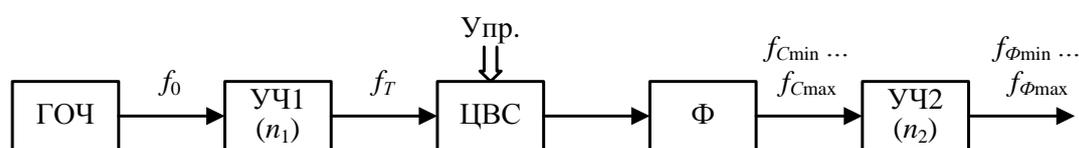


Рис. 1. Обобщенная схема формирователя сигналов радиосистемы

Повышение выходной частоты формирователей сигналов на основе ЦВС реализуется различными методами: умножением частоты, переносом частоты с помощью смесителей, систем ФАПЧ, использованием образов основной частоты ЦВС [2].

Авторами были предложены алгоритмы расчета шумовых характеристик формирователей сигналов на основе ЦВС, которые базируются на математической модели спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов ЦВС [3].

Для реализации полученных алгоритмов был разработан программный комплекс, позволяющий исследовать шумовые характеристики формирователей, структура которых соответствует рис. 1. Исходными данными для расчета являются: частота ОГ, требуемая выходная частота, параметры используемого ЦВС, номер образа и др.

Программный комплекс дает возможность выполнять расчет спектральных плотностей мощности фазовых шумов ГОЧ, УЧ1, ЦВС на основной частоте и ее образах, СПМ формирователя в целом, а также выбирать значения параметров таких формирователей с точки зрения получения минимального уровня СПМ фазового шума на выходе.

В докладе рассматриваются предложенные алгоритмы и структура программного комплекса, приводятся результаты его работы, даются рекомендации по его применению при анализе формирователей радиосигналов на основе ЦВС.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках гранта №13-07-97508 p_центр_a.

Литература

1. Кусов Г.А., Очков Д.С., Ратцева Л.В., Силаев Е.А., Сударенко А.А., Терехин М.Я., Формальный И.С., Шилов В.П. Формирование высокостабильных сигналов миллиметрового диапазона для радиолокационных устройств // Радиотехника. 2006, №4. – С.33-35.
2. Ромашов В.В., Храмов К.К. Формирователи сетки опорных частот возбуждителя передатчика с использованием образов основной частоты // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2011, Вып. 13. – С.44-47.
3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014, № 1. – С.5-20.

Анализ и обработка формируемых сигналов гетеродина РЛС в системе визуального программирования LabView

Оценка основных характеристик ЛЧМ-импульсов зондирующих сигналов, сформированных гетеродином РЛС, является задачей направленной на выявление неисправностей, которые могут возникать в системе формирования сигналов РЛС.

Для возможности анализа сигналов формируемых гетеродином РЛС использовался стенд, созданный на основе контрольно-измерительного оборудования компании National Instruments (рис. 1).

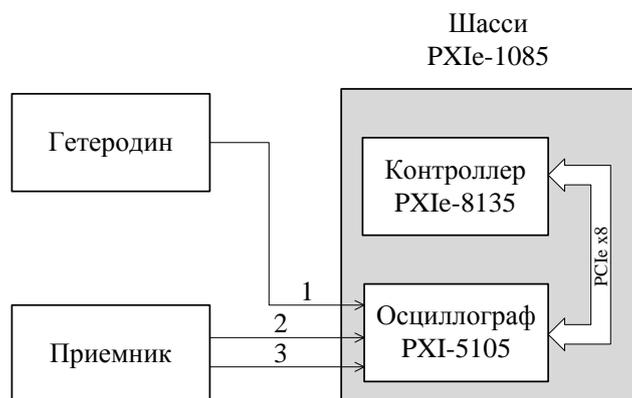


Рис. 1. Блок-схема измерительного блока

Измерительный блок включает в себя высокоскоростной регистратор/осциллограф PXI-5105, предназначенный для аналого-цифрового преобразования поступающего ЛЧМ сигнала. Регистратор принимает ЛЧМ импульсы пилот-сигнала (ПС) на промежуточной частоте 30МГц с девиацией частоты 1,2МГц, сигналы начала пачки импульсов и когерентный гармонический сигнал с частотой 24МГц.

В регистраторе происходит оцифровка пилот-сигнала когерентно с сигналом 24МГц. После чего оцифрованные значения передаются в контроллер-обработчик PXIe-8135. Этот блок предназначен для регистрации и определения основных параметров, формируемых пачек импульсных ЛЧМ-сигналов гетеродина РЛС. Его основными функциями являются:

- визуальное отображение оцифрованных пачек импульсов;
- расчет значений фазы в каждом импульсе пачки в градусах и определения диапазона изменения фазы в импульсах пачки;
- расчет диапазона изменения максимальных значений амплитуды импульсов в пачке;
- сжатие пачек импульсов;
- оценка диапазона изменения максимумов сжатых сигналов в пачке;
- расчет диапазона изменения максимальных уровней боковых лепестков (УБЛ) в пачке сжатых сигналов.

Литература

1. <http://www.ni.com/pxi/> – раздел на сайте National Instruments

Использование модульных приборов компании National Instruments для контроля работоспособности блоков РЛС

Современная радиолокационная станция – это сложная система, содержащая механические, гидравлические, электрические и прочие элементы, среди которых радиоэлектронная аппаратура занимает главенствующее место. При производстве этой аппаратуры важное значение приобретает контроль ее работоспособности, что обеспечивается в настоящее время, в основном, традиционными методами. Однако, при контроле сложной многофункциональной радиоэлектронной аппаратуры эти методы, основанные на измерении входных и выходных сигналов, или снятии осциллограмм в контрольных точках аппаратуры не позволяют выявить неисправность, некорректность в работе, ошибки функционирования, особенно в случае проверки цифровых систем обработки сигналов.

Примером подобной проблемы служит оценка основных характеристик ЛЧМ-импульсов зондирующих сигналов, сформированных гетеродином РЛС.

Одним из самых эффективных подходов к решению этой проблемы является применение огромных возможностей измерительной аппаратуры фирмы National Instruments. Поскольку она позволяет совместить высокоточные измерения, сформировать различного вида тестовые воздействия одновременно во многих точках контролируемой аппаратуры, провести эмуляцию работы отдельных блоков системы. Кроме этого, интерфейс и большие возможности среды разработки LabView позволяет реализовать схему измерений практически любой степени сложности.

Основой для реализации всего многообразия решений на базе модульных приборов является шасси стандарта PXI. PXI – это надежная платформа на базе ПК для систем измерения и автоматизации. В основе PXI лежат электрические характеристики шины PCI, форм-фактор CompactPCI, с дополнительными тактовыми цепями синхронизации и возможностями для использования внешних триггеров запуска. PXI является высокопроизводительной платформой для создания измерительных модулей в военной, аэрокосмической, автомобильные и других областях. PXI является открытым стандартом что позволяет создавать собственные модули любого назначения.

В качестве основного блока, способного регистрировать сигналы, сформированные различными блоками РЛС, используются высокоскоростные регистраторы/осциллографы производства компании National Instruments. Примером такого регистратора/осциллографа может служить модуль PXI-5105. Он представляет собой 8-канальный 12-битный АЦП. Модуль способен оцифровывать сигналы с частотой 60MS/s с полосой пропускания 60МГц.

Для анализа и обработки сигналов используются контроллеры-обработчики, построенные на основе архитектуры x64 и оснащённые процессорами Intel Core i7 с предустановленными на выбор операционными системами Windows, Linux или LinuxRT.

Литература

1. <http://www.ni.com/pxi/> – раздел на сайте National Instruments

Исследование тракта модулирующих сигналов квадратурного формирователя

При формировании радиосигналов в современных системах связи, телевидения и радиолокации широкое распространение получили квадратурные формирователи сигналов. Их основой являются аналоговые или цифровые квадратурные модуляторы (КМ). Входными сигналами квадратурного модулятора являются высокочастотное опорное колебание и квадратурные модулирующие видеосигналы. Задача формирования модулированного колебания $s_M(t)$ с помощью КМ сводится к формированию квадратурных I - и Q -составляющих комплексного модулирующего сигнала, пропорционального фазе $s_M(t)$ [1].

При использовании аналогового КМ формирование I и Q компонент чаще всего реализуется с помощью цифрового синтезатора комплексного модулирующего сигнала, квадратурного ЦАП и аналоговых фильтров (рис. 1).

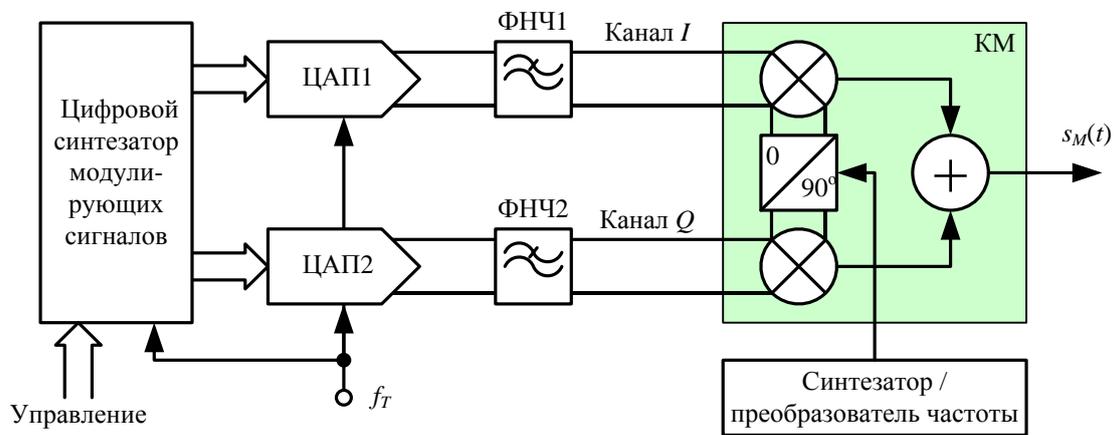


Рис. 1. Структурная схема квадратурного формирователя сигналов

Формирователь функционирует следующим образом. Синтезатор / преобразователь частоты обеспечивает формирование необходимого опорного колебания (сетки частот), которое модулируется по заданному закону в КМ. Цифровой синтезатор формирует отсчеты модулирующих сигналов с заданными параметрами (либо они считываются из памяти). ЦАП1 и ЦАП2 (квадратурный ЦАП) преобразует цифровые отсчеты модулирующих сигналов в квадратурные аналоговые отсчеты напряжения. На выходе ФНЧ1,2 формируются квадратурные компоненты $I(t)$ и $Q(t)$ модулирующего сигнала.

Как показали проведенные исследования, параметры блоков тракта модулирующего сигнала оказывают существенное влияние на спектрально-временные характеристики модулированного колебания $s_M(t)$.

В докладе анализируется влияние основных параметров блоков (разрядности и тактовой частоты ЦАП1,2; типа, коэффициента передачи и порядка ФНЧ1,2; асимметрии I - и Q -каналов и др.) на качество формирования выходного сигнала.

Литература

1. Костров В.В., Храмов К.К. Формирование фазокодоманипулированных сигналов с непрерывной фазой при использовании квадратурных модуляторов // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 8-й международной научно-технической конференции / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – С. 201-203.

Разработка методов имитации траекторий движения объектов с наглядным вводом формы

Известен способ имитации траекторий движения воздушных объектов [1,2], состоящий в ручном вводе координат опорных точек, образующих очерчивающую траекторию движения ломаную линию, с указанием скоростей полета в этих точках при последовательном (по мере ввода) накоплении массива информации об опорных точках, автоматическим расчетом уравнений движения по трем координатам $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ и скорости $\vartheta(t)$ вдоль прямолинейных курсов и переходных кривых, образованных чередующимися круговыми и параболическими сегментами, в режиме задания траектории. В режиме расчета положения объекта, вычисленные параметры законов движения извлекаются из памяти и используются в качестве операндов при определении положения объекта на траектории путем подстановки в известный закон движения текущего значения времени τ , периодически поступающего в качестве внешнего сигнала на запрос координат объекта. Известному способу присущи недостатки. Траектория движения объекта образуется только набором чередующихся круговых, параболических и прямолинейных сегментов, допускает свободную смену курса при корректном сопряжении только пересекающихся прямых в пространстве. Траектория обладает нулевым кручением и, таким образом, подходит для имитации только плоских маневров воздушного объекта. Движение вдоль каждого сегмента тривиально: в общем случае оно является равноускоренным, как вариант – равномерным. Процесс формирования траектории не обладает наглядным, интуитивным представлением задания сложных вариантов ее представления с гибкой постепенной деформацией формы и кривизны. Это ограничивает возможности большей адекватности виртуальной воздушной цели по отношению к ее реальному прототипу.

Известен способ функционального описания кривой Безье, задаваемой графически с наглядным, интуитивным представлением задания сложных вариантов ее представления, с гибкой постепенной деформацией формы и кривизны [3]. Способ не обеспечивает дополнительное задание материальными средствами физическое воспроизведение траектории движения воздушного объекта с учетом его кинематики- скоростей, ускорений, непосредственно привязанных к каждой точке траектории в заданные моменты времени. Не обеспечен и контроль и корректировка динамических параметров движения при обнаружении перегрузок, превышающих заданные предельные значения, например, больше 8-ми ускорений свободного падения 9 м/сек^2 .

Целью работы является обеспечение более эффективного функционально-диагностического контроля аппаратуры радиолокационных станций, повышение качества подготовки операторов, а также расширение функциональных возможностей у имитации траекторий движения воздушных объектов путем формирования наиболее реалистичной трассы полета в трехмерном воздушном пространстве с возможностью сохранения независимости трех степеней свободы центра масс воздушной цели при произвольном характере изменения скорости в каждый момент времени [4]. Поставленная цель достигается тем, что предлагается использовать более эффективный метод сегментации траекторий – на основе гладко совмещенных кривых Безье третьей степени, построенных на общей опорной ломаной Безье, которая определена группой из N_{pts} трехкоординатных вершин. Замыкающий фрагмент может быть представлен кривой меньшей степени в зависимости от числа вершин, приходящихся на опорную ломаную этого фрагмента. Для полученной параметров движения по заданной траектории требуется предписать и скоростной режим движения таким образом, чтобы определить текущую точку на трассе, в которой будет находиться объект в произвольный момент времени τ . С этой целью независимо и параллельно с траекторией

движения задается и профиль скорости $v(\tau)$ – в виде полиномиальной сплайн-функции второго порядка на основе узловых точек $\{V_{vp}\} = \{\tau_{vp}, v_{vp}\}$, $vp = 0 \dots N_{vp} - 1$ и соответствующих производных $\{\Psi_{vp}\} = \{\tau_{vp}, \psi_{vp}\}$, представляющих ускорения. Для связывания между собой геометрии (кусочно-заданной кривой Безье) и кинематики (профиль скорости) движения используется единственный объединяющий их параметр – пройденный путь S_c .

Литература

1. Патент № 2419072. Способ имитации траекторий движения воздушных объектов / Оpubл. 20.05.2011, – Бюл. №14 Чекушкин В.В., Аверьянов А.М., Бобров М.С..
2. Чекушкин В.В., Аверьянов А.М., Бобров М.С. Имитация траектории движения объектов для радиолокационных систем управления и контроля воздушного пространства. // Мехатроника, автоматизация, управление. №9, 2009. с. 70-78.
3. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение: пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 575 с.
4. Патент № 2419072/ Оpubл.20.05.2011, – Бюл. №14 Антуфьев Р.В., Бобров М.С., Пискунов Г.Г., Чекушкин В.В., Пантелеев И.В., Царьков М.А.