

УДК 004.942

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

В.Л. СВИРИД, В.В. МАЛАХОВСКИЙ, А.Н. ОРЕШКЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 18 ноября 2010

Излагаются результаты исследования в области синтеза аппаратно-программных способов и средств компьютерного (имитационного) моделирования аналоговых микроэлектронных устройств (МЭУ) на основе микропроцессорного модуля с удаленным доступом. Проектируемая система не имеет аналогов в Беларуси и опережает по техническим и экономическим параметрам существующие зарубежные аналоги. Предлагается оптимизация структуры физического эксперимента, состоящая в интеграции контрольно-измерительного модуля и объекта исследования с последующей автоматизацией и компьютерным управлением процесса исследования. Внедрение подобной системы повысит уровень дистанционного образования в БГУИР и республике в целом.

Ключевые слова: модель, моделирование, компьютерная модель, микроэлектронные устройства.

Введение

Моделирование вообще и компьютерное моделирование в частности как гносеологический инструмент невероятно успешно: об этом свидетельствуют данные самых различных исследований в областях термодинамики, электродинамики, квантовой теории поля, нано- и микроэлектроники, теории *NP*-законченных областей и других приложениях.

Со времен появления языка SPICE – симулятора электронных схем общего назначения с открытым исходным кодом – в 1972 году и по сегодняшний день моделирование дискретных и интегральных электрических схем и устройств используется в высокоэффективных проектах, так как компьютерные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты, особенно в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат.

Появление таких пакетов прикладного программного обеспечения (ППО), как MATLAB, Multisim, Proteus, LabVIEW, позволяет говорить о высоком уровне развития математического моделирования.

Моделирование в общем случае может быть аналитическим и имитационным. При аналитическом моделировании изучаются математические (абстрактные) модели реального объекта в виде алгебраических, дифференциальных и других уравнений, предусматривающих осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению. Имитационное моделирование (*simulation*) предполагает построение модели изучаемого явления в виде программы для ЭВМ и последующее испытание этой модели с разными значениями некоторых параметров.

Внедрение в учебный процесс компьютерного моделирования является весьма актуальным в плане современных тенденций к дистанционной форме обучения. Однако остается нерешенным вопрос о создании виртуальных лабораторий. Частично он решается за счет перехода от физического эксперимента к математическому моделированию, недостатки которого уже

очевидны. Студент, работая с математической моделью, всегда ограничен – физический объект может дать новое знание, процесс генерации которого не формализуем вообще либо формализуется слабо. Всегда остаются свойства, которые не включаются в модель. Вместе с тем имеется возможность сохранить все достоинства физического эксперимента и реализовать удаленный «виртуальный» эксперимент за реальной аппаратурой.

Проще всего это сделать в виде «приставки» к лабораторному макету на основе микропроцессора, которая будет передавать данные эксперимента в автоматическом режиме на ПЭВМ. Здесь специальная программа управляет ходом эксперимента и помогает строить зависимости, отправляет результаты и запрашивает информацию служебного характера с сервера – компьютера преподавателя.

Архитектура системы имитационного моделирования МЭУ

Нами был осуществлен анализ существующих системотехнических решений в области построения аппаратно-программных систем компьютерного моделирования [1–5]. На рис. 1 представлена модифицированная архитектура радиотехнической системы имитационного моделирования на базе процессора AVR ATmega8A [6].

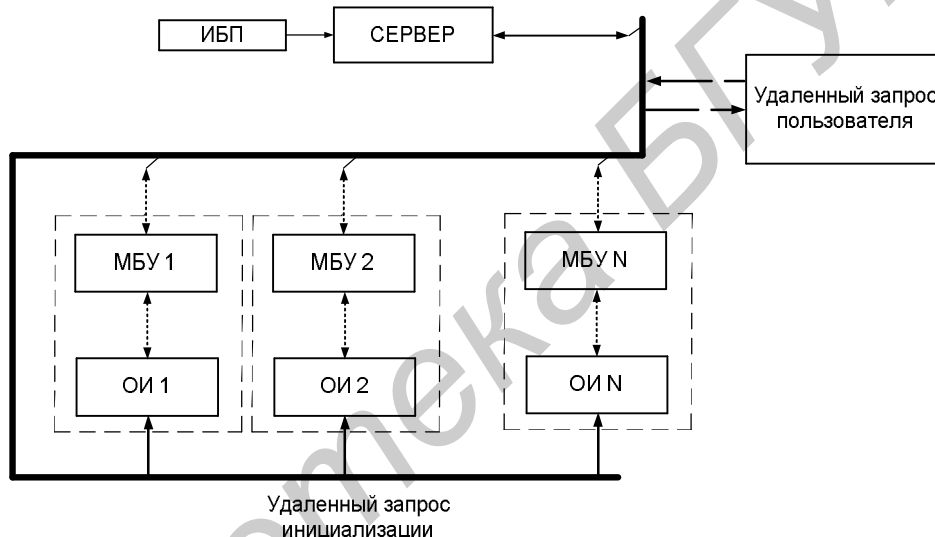


Рис. 1. Архитектура системы компьютерного моделирования

На вход системы моделирования поступает удаленный запрос пользователя. В случае успешной аутентификации запрос регистрируется и посылается удаленный запрос инициализации на соответствующие входы объектов исследования (ОИ) ОИ1, ОИ2 или др.

В данном случае имеется в виду наличие некоторого простого коммутатора, который включает питание для ОИ и микропроцессорного блока управления (МБУ). Последний в данном случае может работать в автоматическом режиме и после включения питания инициализировать запрос от сервера и выдавать требуемые данные.

Результаты моделирования по некоторому интерфейсу (RS-232c / J1708, Ethernet, LIN или др.) могут быть отправлены непосредственно на сервер, при этом все необходимое программное обеспечение (ПО) и база данных будет храниться на сервере, что упрощает текущий и плановый контроль и возможные изменения ПО.

Далее информация отправляется на сторону клиента (Ethernet / Internet / Intranet). Клиент (в данном случае находящийся в любой точке планеты) на локальной ПЭВМ выполняет все необходимые мероприятия по исследованию ОИ на основе информации от сервера, заполняет бланк результатов и отправляет его обратно на сервер.

В случае успешного прохождения сервер выдает сообщение об окончании сеанса моделирования и заносит результат в базу данных. Функции контроля в данном случае сводятся к просмотру базы данных с результатами моделирования.

Архитектура интегрированного микропроцессорного блока управления

Структурная схема разработанного МБУ представлена на рис. 2.

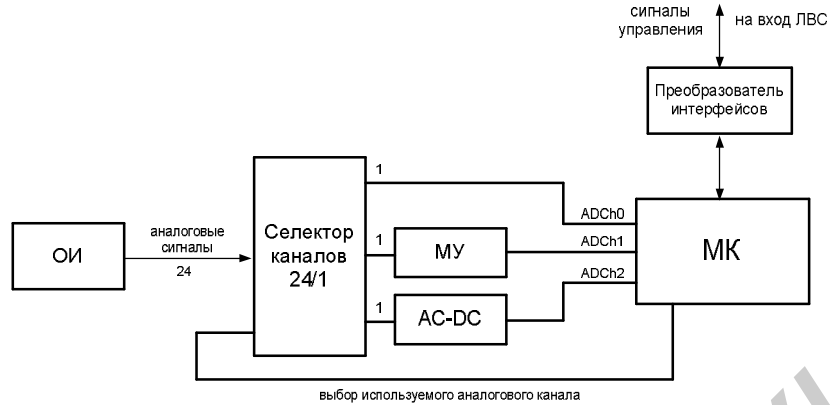


Рис. 2. Структурная схема МБУ

МБУ обрабатывает 24 канала аналоговой информации от ОИ, допустимый уровень амплитуды входных напряжений при масштабировании с коэффициентом 1/3 составит 15 В. Применение преобразователя АС-DC позволяет оцифровывать переменные напряжения (получать код амплитуды или действующего значения).

Выбор канала осуществляется установкой МК соответствующего кода на управляющих выходах селектора каналов 24/1, выполненного в виде трех аналоговых мультиплексоров 8/1.

В качестве интерфейса связи с элементами ЛВС выбран RS-232c. Применен также преобразователь интерфейсов RS-232c/USB [7], позволяющий работать с МБУ как с виртуальным СОМ-портом (для подключения/отключения устройства RS-232c требуется в общем случае выключение ПЭВМ, что недопустимо при работе системы по структурной схеме на рис. 1, интерфейс USB от этого недостатка избавлен).

Индикация результатов АЦП осуществляется МБУ на дисплее [8].

Имитационное моделирование МБУ

Следующим этапом разработки системы компьютерного моделирования является написание программы для МБУ и моделирование его работы (модель представлена на рис. 3). Результаты моделирования представлены в табл. 1.

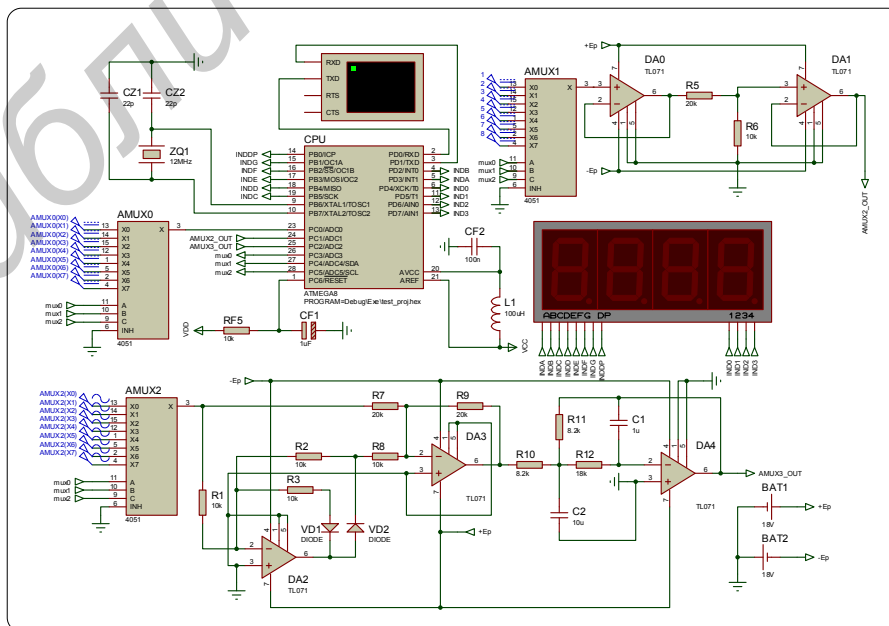


Рис. 3. Компьютерная модель МБУ для имитационного моделирования МБУ и МЭУ

Табл. 1 демонстрирует функциональное оснащение МБУ и его алгоритмическую сложность. Имеется возможность программно управлять точностью АЦП, режимом выравнивания результата и выбирать текущий канал АЦП. Вышесказанное образует унифицированный интерфейс доступа к МБУ, упрощающего его использование и повышение надежности.

Таблица 1. Результаты имитационного моделирования МБУ

Команда пользователя (hex-код)	Дешифрация команды	Селекция канала АЦП (условное обозначение)	Селекция режима преобразования	Селекция режима выравнивания (формата результата)	Переданное сообщение в канал связи (hex-код)
0x64	выбор 3 канала	AMUX0 (X3)	нет	нет	0x57
0x68	выбор 7 канала	AMUX0 (X7)	нет	нет	0xFF
0x34	выбор правого выравнивания	AMUX0 (X0)	10 бит	правый	0x0000
0x68	выбор 7 канала	AMUX0 (X7)	нет	нет	0x03FF
0x33	выбор левого выравнивания	AMUX0 (X0)	8 бит	левый	0x0000
0x32	выбор 10-битной точности	AMUX0 (X0)	10 бит	нет	0x0000
0x68	выбор 7 канала	AMUX0 (X7)	нет	нет	0xFFC0
0x31	выбор 8-битной точности	AMUX0 (X0)	8 бит	нет	0x00
0x6E	выбор 13 канала	AMUX1 (X5)	нет	нет	0xBD
0x70	выбор 15 канала	AMUX1 (X7)	нет	нет	0xFE
0x34	выбор правого выравнивания	AMUX0 (X0)	10 бит	правый	0x0000
0x70	выбор 15 канала	AMUX1 (X7)	нет	нет	0x03F8
0x33	выбор левого выравнивания	AMUX0 (X0)	8 бит	левый	0x0000
0x71	выбор 16 канала	AMUX2 (X0)	нет	нет	0x000
0x32	выбор 10-битной точности	AMUX0 (X0)	10 бит	нет	0x0000
0x71	выбор 16 канала	AMUX2 (X0)	нет	нет	0x0001
0x72	выбор 17 канала	AMUX2 (X1)	нет	нет	0x0002
0x73	выбор 18 канала	AMUX2 (X2)	нет	нет	0x0006
0x74	выбор 19 канала	AMUX2 (X3)	нет	нет	0x000C
0x75	выбор 20 канала	AMUX2 (X4)	нет	нет	0x001A
0x76	выбор 21 канала	AMUX2 (X5)	нет	нет	0x0040
0x77	выбор 22 канала	AMUX2 (X6)	нет	нет	0x0080
0x78	выбор 23 канала	AMUX2 (X7)	нет	нет	0x018B

Имитационное моделирование МЭУ

Схема конкретного типа моделируемого МЭУ в виде дифференциального усилителя (ДУ) представлена на рис. 4 [9, с. 12].

Исследуемый двухкаскадный усилитель выполнен на транзисторах VT1...VT5 и представляет собой УПТ с непосредственной связью между каскадами [9]. Первый каскад – дифференциальный, на транзисторах VT1 и VT2, второй – на транзисторе VT4, собран по схеме с общим эмиттером. Транзисторы VT3 и VT5 образуют источник стабильного тока, задающий режим работы дифференциального каскада. Выход усилителя связан с одним из выходов дифференциального каскада (база VT2) цепью отрицательной обратной связи (элементы R7, R6 и C2). Разделительные конденсаторы C1 и C4 служат для связи усилителя с источником сигнала и внешней нагрузкой. Резистор R1 – измерительный, используется при измерении входного сопротивления усилителя. Резисторы R9 и R10 моделируют внешнюю нагрузку и позволяют измерить его выходное сопротивление.

Входной сигнал подается на клеммы X2. Клеммы X1 служат для подключения вольтметра при измерении входного сопротивления усилителя.

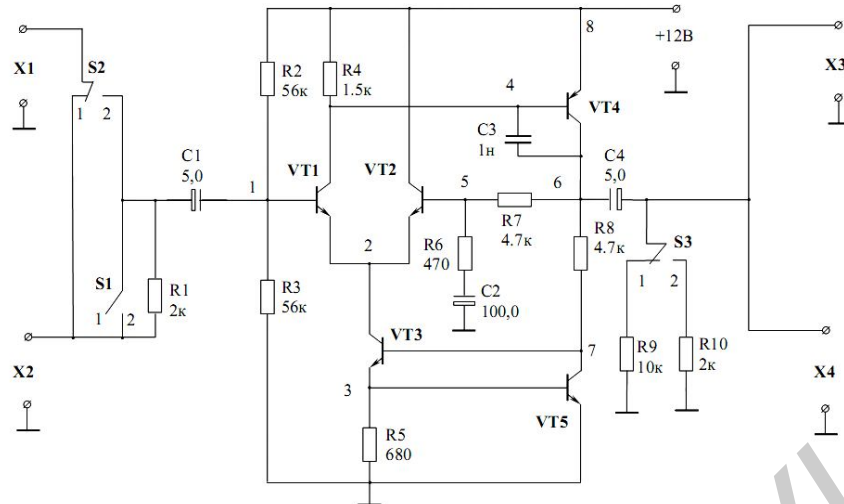


Рис. 4. Схема моделируемого МЭУ

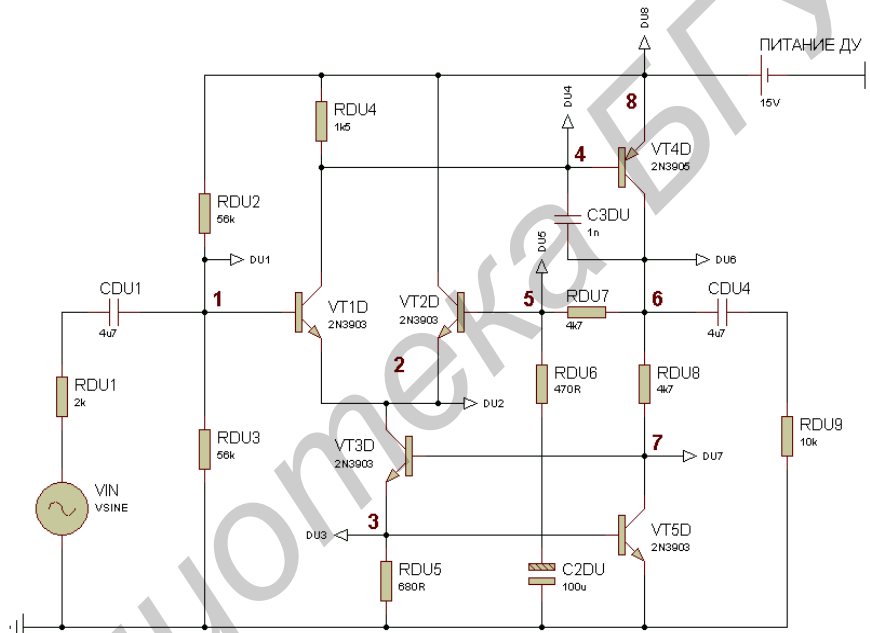


Рис. 5. Компьютерная модель исследуемого ДУ в программе PROTEUS

Таблица 2. Результаты моделирования амплитудной характеристики

$U_{ВХ}$, мВ	$U_{ВЫХ}$, мВ $f_c = 100$, Гц $R_H = 100$, Ом	$U_{ВЫХ}$, мВ $f_c = 100$, Гц $R_H = 1$, кОм	$U_{ВЫХ}$, мВ $f_c = 100$, Гц $R_H = 2$, кОм	$U_{ВЫХ}$, мВ $f_c = 100$, Гц $R_H = 10$, кОм
1	0	0	0	0
2	0	6	6	6
5	6	38	38	38
10	14	85	85	93
20	46	172	188	196
50	125	448	470	494
100	203	888	959	1007
200	251	1297	1652	1982
250	267	1408	1840	2392
300	274	1494	1974	2675
350	282	1565	2092	2864

Заключение

В рамках проведенного моделирования были решены следующие задачи: составлена компьютерная модель исследуемого МЭУ (рис. 5) для полной схемы МБУ, выполнено имитационное моделирование МБУ в системе Proteus, проведена корректировка алгоритмов ПО. Удалось реализовать поддержку индикации, каналов селекции и интерфейса USB при использовании Flash-памяти МБУ на 38% (3116 байт). Система команд МБУ позволяет динамически изменять режим точности и выравнивания результата АЦП, а также осуществлять селекцию используемых каналов.

Результаты вычислительного эксперимента по построению АХ ДУ (табл. 2) графическое изображение которой может быть выведено на экран дисплея, не расходятся с общей теорией ДУ. Детектирование действующих значений и вносимые цепями обработки затухания были учтены при работе с переменными напряжениями в виде введения в код программы нормализующих коэффициентов.

В целом, эффективность компьютерного моделирования можно оценить как высокую. Это обусловлено не только и не столько совпадением результатов моделирования в различных программных комплексах и на основе разработанного устройства, но более тем, что в ходе вычислительного эксперимента были выявлены новые свойства модели, неизвестные на этапе составления модели.

Так, были получены нестабильности значения АЦП, выводимого на индикатор. В ходе анализа выяснилось, что достигнутая чувствительность АЦП порядка 5 мВ позволяет улавливать пульсации постоянных напряжений, возникающие в силу различных эффектов под действием источника сигнала, параметры которого были приближены к реальным.

COMPUTER SIMULATION OF MICROPROCESSOR CONTROL-MEASUREMENT UNIT

V.L. SVIRID, V.V. MALANOVSKY, A.N. ORESHKEVITCH

Abstract

Analysis of the existing system integrators building solutions for hardware and software system of computer simulation allowed us to offer developed microprocessor control-measurement unit as a basic element of modern distance education system, which can use computer simulation of microelectronic devices based on analog to digital signal processing, is given.

Литература

1. *Финаев В.И., Павленко Е.Н., Заргарян Е.В.* Аналитические и имитационные модели. Таганрог, 2007.
2. *Кардашев Г.А.* Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. М., 2002.
3. Схемотехника ЭВМ. Компьютерный анализ и синтез элементов и узлов ЦВМ на базе программного продукта MicroCAP 8 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://window.edu.ru/window/catalog/files/r45049/markovcki_j.pdf
4. Аппаратно-программный комплекс с удаленным доступом «Устройства приема и обработки сигналов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.alpsib.ru/download/booklet_5.pdf
5. Аппаратно-программный комплекс с удаленным доступом «Тракт усиления звуковой частоты» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.alpsib.ru/download/booklet_4.pdf
6. Микропроцессор Atmel AVR ATmega8A. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2486.pdf
7. Преобразователь интерфейсный RS-232/USB FT232R. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232R.pdf
8. Цифровой дисплей REC-S3461CSR. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://alfacomponent.com/r_rayonn/index_2.files/PDF/DISPLAY/REC-S3461CSR.pdf
9. *Крушев В.Т.* Основы аналоговых электронных устройств. Минск, 2004.