**ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ РАЗРАБОТКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ НОВЕЙШИХ МЕТОДИК ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Кобайло Александр Серафимович

г. Минск, Институт бизнеса и менеджмента

технологий БГУ

Учебные программы и разработанная на их основе учебная и методическая литература ВУЗов Республики Беларусь, Российской федерации, интернет-университетов по учебным дисциплинам, предусматривающим освоение инновационных технологий в области проектирования информационных систем, в подавляющем большинстве ориентированы в первую очередь на изучение CASE-технологий (как правило, инструментальной среды BPwin и унифицированного языка моделирования UML как средств функционального и объектно-ориентированного соответственно проектирования программного обеспечения информационных систем). При этом игнорируется не менее актуальная задача высшей школы – изучение методик разработки и приобретение навыков создания принципиально новых информационных систем (ИС), в том числе, и для проектирования средств аналогичного вышеназванным CASE-средствам назначения, т. е. автоматизации проектирования различных компонентов ИС.

Указанная проблема решается путем преподавания студентам основ теории синтеза вычислительных систем реального времени (ТСВСРВ) [1], что обеспечивает изучение на теоретическом уровне новейших достижений в области проектирования технических средств (ТС) информационных систем и приобретение студентами практических навыков создания программного обеспечения уникальных систем автоматизированного проектирования таких ТС.

На первом (аппаратном) уровне ИС используются технические средства, состав которых зависит от назначения ИС. В большинстве случаев это унифицированные средства вычислительной техники, не требующие использования специальных методов их разработки. Поэтому с точки зрения обучения студентов современным методикам проектирования ТС ИС наибольший интерес представляет проектирование специализированных вычислительных систем (ВС), таких как системы управления технологическими процессами и производством, обучающие системы, системы моделирования, обработки данных, автоматизации научного эксперимента, испытаний технических средств различного назначения и т. п. Эти системы, реализующие, как правило, вычислительный процесс, описываемый сложными аналитическими зависимостями, отличаются нетрадиционной архитектурой, должны удовлетворять требованиям функционирования в реальном масштабе времени, и их проектирование предполагает знание специальных методик проектирования таких средств ВС.

Среди известных формальных методов синтеза сложных технических систем, изучаемых в ВУЗах в рамках различных дисциплин, связанных с освоением основ проектирования средств вычислительной техники, наибольшее распространение получил метод синтеза цифровых автоматов, являющийся эффективным способом проектирования логических схем, управляющих устройств, логического синтеза каскадных схем. Однако, для синтеза вычислительных систем, ориентированных на реализацию аналитических выражений небулевого характера, этот метод является принципиально непригодным.

Проектирование вычислительных устройств возможно с использованием логико-комбинаторного подхода к синтезу структур сложных систем [2]. Однако, ориентация этого подхода на комбинации элементов известных технических решений с последующим выбором оптимальной структуры сводит эту методологию к обыкновенному анализу и не обеспечивает нахождения нетрадиционных перспективных решений.

Кроме того, ни один из известных формальных подходов к проектированию технических средств вычислительной техники не учитывает требований реализации вычислительного процесса в реальном масштабе времени.

Вышеприведенные положения обусловливают целесообразность изучения основных положений ТСВСРВ как методологии разработки программных средств системы автоматизированного проектирования ТС специализированных ИС. Отметим некоторые особенности объектов, на разработку которых ориентирована данная теория.

Во-первых, уточним термин «Вычислительная система», под которым будем понимать совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих функциональных и/или конструктивно законченных вычислительных модулей, предназначенных для решения определенного ряда задач или одной конкретной задачи по обработке, передаче или сохранению информации. В дальнейшем указанные модули будем называть функциональными устройствами, под которыми будем понимать компоненты самых разных иерархических уровней, от элементарных функциональных элементов или групп элементов, выполняющих простейшие функции в составе БИС, ПЛМ или БМК, до процессоров, сопроцессоров или целых ЭВМ. Такая точка зрения на термин «вычислительная структура» позволяет распространить его на технические средства от микро- до макроуровней, или от БИС или их основных фрагментов до мощных комплексов, систем и сетей.

Во-вторых, данная теория направлена на решение вопросов проектирования ВС реального времени, это значит, ВС, работающих в режиме реального времени – режиме обработки данных, при котором взаимодействие ВС с внешними по отношению к ним процессам осуществляется в моменты, определяемые скоростью протекания этих процессов. Отметим, что требование реализации режима реального времени обусловливает при проектировании таких ВС в качестве основной решение задачи обеспечения временных соотношений между их компонентами как основы построения таких ВС, поэтому доминирующую роль в теории занимает концепция организации вычислительного процесса в реальном времени, в то время как вопросы пространственного построения ВС РВ могут стать темой дальнейших исследований в этой отрасли.

Третья особенность проектируемых ВС также связана с требованиями режима реального времени, согласно с которыми должна обеспечиваться обработка данных сразу после их поступления, а также выдача результатов или управляющей информации в требуемые интервалы времени параллельно для разных внешних объектов. В этом случае будем ориентироваться на параллельно-конвейерные вычислительные архитектуры – архитектуры с множественными потоками данных, обработка которых по параллельным ветвям подразумевает конвейеризацию.

Сложность в общем случае для разных классов задач математических моделей или алгоритмов функционирования ВС наряду с ориентацией не только на низшие и средние, но и на высшие иерархические уровни проектируемых ВС предполагает использование для реализации вычислительного процесса в качестве базовыхопераций набор самых разнообразных (в том числе и специальных) математических функций или целых алгоритмов, подпрограмм и т. д., что обусловливает такое свойство соответствующих ВС, как их неоднородность.

В целом, как видно из вышесказанного, проектируемые ВСРВ отличаются наличием множества путей обработки данных, каждый из которых одновременно независимо от других выполняет последовательность действий по реализации программы, которую предполагается заложить в структуру данной ВС. Требования реализации каждым из выделенных путей своих функций в реальном масштабе времени может быть удовлетворено использованием основных архитектурных принципов достижения высокой производительности – конвейеризации и параллелизма. Согласно классификации Флинна, параллельные системы относятся к архитектурам класса ОКМД (одиночный поток команд – множественный поток данных); конвейерные системы согласно современным концепциям относят к архитектурам класса МКОД (множественный поток команд – одиночный поток данных). Сочетание этих двух принципов архитектурной организации в системах, для синтеза которых предлагается данная теория, позволяет отнести эти технические средства к системам класса МКМД (множественный поток команд – множественный поток данных). Как отмечается в современной литературе и Internet – источниках, единого теоретического подхода к проектированию систем такого класса нет.

 В то же время, опыт, накопленный автором настоящей статьи в области проектирования и практического создания автоматизированных систем испытаний радиоэлектронного оборудования различного назначения (виброиспытаний узлов ЭВМ, электрических испытаний радиотехнических систем) и их структурных компонентов, в частности, специализированных вычислительных устройств для моделирования различного вида физических воздействий на объект исследований, (генераторов импульсных и непрерывных случайных процессов, имитаторов радиосигналов и т. п.), привел к выработке некоторых общих подходов к проектированию таких систем. Обобщение этих наработок отразилось в создании теории синтеза вычислительных систем реального времени, являющихся, как показано выше, системами класса. Очевидно, что появление данной теории позволило восполнить один из существовавших пробелов в области теории вычислительных систем. Т. о. изучение основных положений теории синтеза вычислительных систе5м реального времени обеспечивает обучение студентов теоретическим основам проектирования ВС на примере инновационной методики синтеза специализированных вычислительных систем и их структурных компонентов.

Методика проектирования в соответствии с данной теорией позволяет на основе математической модели вычислительного процесса проектируемой системы и требований реализации этого процесса в реальном масштабе времени на имеющемся в распоряжении разработчика наборе функциональных устройств (ФУ) с известными характеристиками, способных в совокупности реализовать все операции алгоритма функционирования системы, синтезировать множество работоспособных систем, количество *N* которых определяется следующим соотношением [3]

$N=\sum\_{w=1}^{W}\prod\_{m=1}^{M\_{w}}({\sum\_{k=2}^{K\_{m}^{(w)}}K\_{m}^{(w)}!}/{\left(k!\left(K\_{m}^{\left(w\right)}-k\right)!\right)+1)}$,

где *W* – количество вариантов назначения ФУ вершинам графа алгоритма (ГА) реализации математической модели проектируемой системы (мощность т. н. множества векторов назначения);

*Mw* – количество подмножеств свертываемых вершин, возможных при *w* -м варианте назначения ФУ;

$ K\_{m}^{(w)}$ – мощность *m*-го подмножества свертываемых вершин *w* -го варианта назначения ФУ вершинам ГА.

Синтез систем, количество альтернативных вариантов которых определяется приведенным выражением, и анализ всех вариантов с целью выбора оптимального, невозможен без автоматизации проектирования систем.

Анализ состояния в области автоматизации проектирования сложных технических систем показывает, что известные САПР, применение которых возможно при решении задач автоматизации проектирования средств вычислительной техники, предназначены, в первую очередь, для решения рутинных инженерно-конструкторских и технологических задач, таких как проектирование принципиальных схем по готовым функциональным схемам (для сложных задач используются САПР OrCAD (PSpiceA/D) и SPECCTRA, P-CAD 2000-200X (ACCELEDA) и AltiumDesigner (Protel), eProductDesigner, PowerPCB, CAM 350, Viewlogik (Analog), BETASoft, MATLAB+Simulinkит.д.), проектирование печатных плат (программа PeakFPGA компании Altium, модуль PLD, входящий в состав пакета Protel компании Altium, программа FPGAStudio компании CadenceDesignSystems, программы Fusion/SpeedWave, Fusion/VSCi, Fusion/ViewSim, ViewPLD компании lnnoveda,пакет программ SystemView компании Elanix), анализ электромагнитной совместимости (SpeedXP), проектирования ПЛИС (интегрированный пакет MicrowaveOffice 200Х компании AWR, система полного электромагнитного моделирования EMPIRE компании IMST, система полного электромагнитного моделирования QuickWave-3D компании QWED, система полного электромагнитного моделирования CSTMicrowaveStudio компании CST), электронных схем и чертежей (Модуль Elektra-CAD компании DesktopEDA для пакета Protel, пакет WSCAD компании WSCADElectronic,пакетPCschematicELautomationкомпанииDpSCAD-centerApS, пакет AutocadElectrical компании Autodesk), конструкции устройства (системы AutoCAD*,* ProEngineer *и* SolidWorks, программа CADSTAR фирмы Zuken), а также для моделирования электронных схем на поведенческом уровне (пакет SystemView компании Elanix; пакет MicrowaveOffice компании AWR). В то же время отсутствуют системы для автоматизации наиболее интеллектуальных этапов проектирования – структурного и функционального синтеза. Последнее обстоятельство обусловливает актуальность проблемы разработки программных средств автоматизации функционального проектирования вычислительных систем с нетрадиционной архитектурой.

Таким образом, преподавание основ ТСВСРВ в качестве второй, помимо изучения новейших теоретических основ проектирования специализированных ТС ИС, задачи ставит приобретение студентами навыков разработки новых инновационных технологий в виде программных средств автоматизации проектирования ВС определенного класса. Высокая степень формализации положений теории синтеза вычислительных систем реального времени позволяет алгоритмизировать процедуры синтеза ВСРВ как компонентов ИС первого (аппаратного) уровня, предоставляя тем самым возможность создания уникального программного обеспечения ИС автоматизации проектирования названных компонентов ИС. В соответствии с данной теорией, процесс проектирования ВС разбивается на ряд процедур, большинство из которых многократно повторяется с целью синтеза множества альтернативных вариантов проектируемой системы. В качестве основных процедур, реализуемых как отдельные блоки обобщенного алгоритма проектирования, выделим следующие:

– формирование графа вычислительного алгоритма;

– определение полных путей графа вычислительного алгоритма;

– назначение уровней временной иерархии вершинам графа вычислительного алгоритма;

– назначение ФУ вершинам графа базовой структуры;

– формирование вектора реализации;

– формирование графа алгоритма с буферной памятью;

– формирование усеченных путей γ-х уровней временной иерархии;

– определение конвейеризируемых путей и ступеней конвейеров;

– определение множеств свертываемых вершин;

– определение множества альтернативных вариантов проектируемой системы;

– построение вычислительного графа алгоритма;

– первая проверка реализуемости вычислительной системы реального времени;

– формирование вектора временной развертки;

– вторая проверка реализуемости вычислительной системы;

– формирование вектора требований к памяти;

– построение вычислительного графа алгоритма с регистровыми файлами;

– формирование графа вычислительной структуры;

– формирование функционала временной развертки;

– определение такта вычислительной структуры;

– выбор из множества работоспособных синтезированных структур оптимальной по заданным критериям качества.

Все новые термины, использованные в названиях данных процедур, определены автором рассматриваемой теории в многочисленных работах, в т. ч. в [1].

Изучение возможностей использования ТСВСРВ как основы для создания программного обеспечения системы автоматизации проектирования технических средств (ТС) ИС базируется на выполнении цикла лабораторных работ, каждая из которых ориентирована на программную реализацию отдельной процедуры синтеза из числа указанных выше [4]. Объединение всех работ или групп взаимосвязанных решением некоторых задач этапов проектирования в рамках выполнения курсовых и дипломных проектов позволяет создать интегрированный программный продукт, который может рассматриваться как некоторая версия программного обеспечения уникальной САПР ТС ИС. Разработка алгоритмов и программ на базе положений данной теории позволяет студентам в процессе лабораторных занятий, курсового и дипломного проектирования применить приобретенные ими навыки программирования в области создания компонентов ИС второго уровня – программного обеспечения одного из важнейших согласно общепринятой классификации классов ИС – систем автоматизации проектирования ТС ИС, не имеющих аналогов в мировой практике, позволяющих автоматизировать наиболее интеллектуальные стадии проектирования – структурного и функционального синтеза.

Кроме познавательного значения, обучение студентов ВУЗов основам ТСВСРВ несет в себе следующие патриотические и воспитательные аспекты.

1. Демонстрация того факта, что отечественные ученые наряду с западными находятся в авангарде новейших достижений в области теоретических основ вычислительной техники.
2. Практическое подтверждение того, что на основе теоретических положений отечественной науки в области информационных технологий могут создаваться не имеющие аналогов информационные системы автоматизации проектирования специализированных ВС и их структурных компонентов.

Литература

1. Кобайло, А. С. Теория синтеза вычислительных систем реального времени / А.С. Кобайло. – Минск: БГТУ, 2010. – 256 с.
2. Анкудинов, Г. И. Синтез структуры сложных объектов: Логико-комбинаторный подход / Г.И. Анкудинов. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1986. – 212 с.
3. Кобайло, А. С.Методика формирования множества априорных решений вычислительных систем реального времени / А.С.Кобайло // Труды БГТУ. – 2013 – №6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 149–151.
4. Кобайло, А. С. Синтез вычислительных систем реального времени: лабораторный практикум / А.С. Кобайло. – Минск: БГТУ, 2012. – 97 с.