

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Мухопад Александра Юрьевича «Анализ и синтез устройств управления проблемно-ориентированными средствами вычислительной техники и сложными техническими системами», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.05- Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

1. Актуальность темы

В задачах управления летательными аппаратами, распределенными системами с быстро протекающими процессами в робототехнике программные средства становятся малоэффективными.

Проблемно-ориентированные комплексы спецпроцессоров (СПР) исполнительного уровня управления при ограниченном числе вычислительных операций контролируют большое число параметров с выработкой команд управления в реальном масштабе времени. В структуре СПР основным боком является управляющее устройство нижнего уровня автоматизации. Поэтому особенно актуальна разработка методики синтеза и структурной организации средств обработки информации, контроля и управления сложными техническими системами и технологическими процессами.

В настоящее время информационные технологии на основе весьма сложных программных средств оставляют основу как стационарных, так и подвижных систем. Однако чем сложнее управляющие программы, тем больше риск их повреждения за счет внешнего вредоносного воздействия. Причем программные средства защиты информации также подвержены атакам. Поэтому начали интенсивно развиваться аппаратные методы криптографической защиты информации, и возникла острая необходимость замены ведущих программных средств аппаратными управляющими

автоматами. Современный уровень развития интегральной схемотехники позволяет произвести такую замену. Однако методы проектирования эффективных управляющих автоматов не достаточно развиты.

Хорошо развитая теория конечных автоматов базируется на применении методов минимизации систем булевых функций для управляющих автоматов малой и средней сложности с малым числом логических переменных. Для сложных технических систем, где число логических переменных может составлять 25 и более, при числе состояний автомата ~ 100 , эффективных методик синтеза таких автоматов не разработаны. Диссертационные исследования А.Ю.Мухопода нацелены на создание основ анализа и синтеза управляющих автоматов высокой сложности. Поэтому исследования А.Ю.Мухопода актуальны и востребованы для практических применений.

2. Новизна исследований и их результат

1. Выполнен системный анализ методов и средств синтеза спецпроцессоров и управляющих подсистем и сделан вывод о целесообразности использования пятикомпонентной модели из функциональной, информационной, логической, адресной и управляющей подсистем для синтеза спецпроцессоров и анализа устройств управления.

2. Предложен новый метод синтеза управляющих автоматов (УА), основанный на преобразовании операторной схемы алгоритма и обеспечивающий введение в структурную организацию мультиплексора со схемой адресации для выбора единственного логического условия из всего множества условий по коду состояния УА. Метод позволяет снизить объем оборудования (по верхней оценке через объем ПЗУ комбинационных схем) в

$2^q - 1$

раз. Это особенно важно для сложных автоматов с числом входных переменных $q = 16 + 24$ и разрядностью кода состояний $m = 6 + 8$.

3. Предложены варианты структурной организации УА и модификация предложенного метода синтеза, обеспечивающие дополнительное снижение оборудования на реализацию комбинационных схем автоматов \approx в 2 раза по сравнению с новой структурной организацией УА.

4. Предложен метод синтеза УА с памятью на счетчике, метод декомпозиции, метод структурной организации иерархических и взаимодействующих автоматов на основе новой методики синтеза УА с новой структурной организацией.

5. Предложены оригинальные методы динамического контроля и диагностики автоматов: а) метод представления кода с числом «1», равным количеству трехразрядных групп (p) в выходном коде комбинационной схемы переходов – код pC_n . Этот код преобразуется в двоичный непозиционный код (ДНК) состояния автомата для подачи на вход комбинационной схемы. По сравнению с известным кодом с фиксированным числом единиц (kC_n), в котором «1» расположены произвольно, фиксация наличия числа единиц в группах кода pC_n осуществляется значительно проще. Метод позволяет контролировать комбинационную схему переходов, как по входу, так и по выходу. При соединении предлагаемого метода с методом синтеза УА с разделенными комбинационными схемами (разделением на младшие и старшие разряды), контроль таких схем кодами pC_n дополнительно упрощается и реализуется с наименьшими затратами оборудования. б) метод реализации дублирующей схемы в виде двух схем, сопоставляющих коды предыдущего и последующего состояний автомата по их половинным частям, с добавлением к кодам каждой половины двух разрядов, значения одного из которых доопределяется. Метод может быть осуществлен только для автоматов нового типа, предложенных соискателем; в) метод мажоритарного резервирования с использованием резервной схемы с преобразованием выходного кода комбинационной схемы переходов во входной код предыдущего состояния автомата. Метод отличается быстродействием принятия решений при выборе одной из двух резервных

схем. Предложена оригинальная реализация с представлением всех дублирующих схем в виде части таблиц переходов с синхронизацией частей по значению «0» или «1» логического условия выбранного мультиплексором. Метод позволяет осуществить не только контроль, но и диагностику управляющего автомата в условиях потока отказов.

6. Предложен метод динамического контроля автоматов с использованием счетчика Грея. Коды предыдущего и последующего состояния делятся пополам по специальной процедуре выбора и модификации кодов для состояний, не относящихся к счетчику. Метод отличается тем, что требует минимальных затрат оборудования на средства встроенного контроля и не снижает быстродействия автомата управления.

7. Предложен новый метод моделирования автоматов управления и его обобщение в виде метода структурного автоматного программирования микроконтроллеров и спецпроцессоров реального времени. Предложенный метод позволяет получать наиболее простые и быстродействующие программы для любых типов микроконтроллеров с единой ведущей программой опроса трех зон ОЗУ по алгоритму функционирования УА.

8. Предложены алгоритмы и структурная организация спецпроцессора с УА нового типа для криптографической защиты информации, отличающиеся тем, что кодирование информации осуществляется аппаратным способом за единицы микросекунд при высоком уровне криптостойкости недостижимом другими методами.

9. Разработаны оригинальные спецпроцессоры для народно-хозяйственного применения в различных отраслях промышленности (управление мехатронными устройствами, нефтехимическими установками, устройствами навигации подвижных объектов, контроля параметров теплоагрегатов и др.).

10. Предложена новая методология проектирования управляющих автоматов спецпроцессоров сложных технических систем реального времени.

3. Степень обоснованности и достоверности выводов и рекомендаций.

Обоснованность подтверждается корректным использованием существующих методов анализа и синтеза, патентами на устройства, а также практической проверкой в различных организациях, принявших результаты исследований к внедрению.

Достоверность выводов и рекомендаций в работе обосновано моделированием «сходимостью теоретических и экспериментальных исследований».

4. Научная и практическая ценность результатов работы

Научная ценность диссертации состоит в создании принципиально новых методик анализа и синтеза управляющих автоматов, методов динамического контроля и нового способа моделирования и программирования для микроконтроллеров.

Диссертационные исследования имеют практическое значение для создания средств автоматизации сложных технических систем, технологических процессов, интегральной схемотехники, криптографической защиты информации и др.

Содержание работы характеризуется практической направленностью исследований и разработок, что подтверждается актами о внедрении разработанных устройств.

5. Оценка содержания работы

Во введении обосновывается актуальность исследований для задач управления мехатроникой, распределенными технологическими комплексами с быстро протекающими процессами, летательными аппаратами и оборонными комплексами для работы в экстремальных условиях.

В первой главе дается анализ методов проектирования сложных технических систем через САПР систему, которая применима, если состав блоков спецпроцессора задан. Для спецпроцессоров структурная организация

заранее не задана, а в качестве модели используется двухблочная структура в виде операционного и управляющего устройства. Диссертант применил для анализа и синтеза спецпроцессоров и устройств управления ими пятиблочную модель, состоящую из функциональной, информационной, логической, адресной и управляющей подсистем. Причем управляющая подсистема, которая может составлять основную часть всего оборудования спецпроцессора.

В этой же главе дается детальный анализ методов синтеза конечных автоматов, как теоретической базы проектирования управляющих устройств. Приведен список основных работ в этой области.

Показано, что основной для мехатронных систем структурной организацией автоматов управления являются автоматы Мура

Во второй главе дается анализ методов структурного синтеза автоматов управления сложных технических систем. Автоматы Мура реализуются с использованием комбинационной схемы переходов на ПЛМ или ПЗУ. При реализации комбинационных схем управляющих автоматов на ПЗУ с электрическим стиранием информации, их объем может составлять до 80% всего автомата. Поэтому автор предлагает объем ПЗУ использовать для оценки сложности комбинационной схемы управляющего автомата.

Во второй главе подробно излагаются теоретические исследования, результатами которых является новая методика структурного синтеза управляющих автоматов, основанная на преобразованиях операторной схемы алгоритма. Выполнение этих преобразований позволяет определить правило функционирования оригинального автомата нового типа с комбинационной схемой, учитывающей значение только одного логического условия, номер которого определяется кодом предыдущего состояния автомата.

Предложенный метод синтеза отличается от известных подходов тем, что перед переходом от ОСА к графу переходов, преобразуется сама структура ОСА за счет ввода пустых операторов в соответствующие ветви алгоритма. При этом ввод пустых операторов не нарушает причинно-

следственных и логических связей операторов, но позволяет на каждом такте работы автомата проверять значение только одного логического условия из всего множества условий.

Структурная организация УА нового типа имеет в себе пять подсистем как и сам спецпроцессор.

В табличной форме дана сравнительная оценка сложности реализации УА как на ПЗУ, так и на элементах интегральной логики. Сравнение рассмотрено для всех типов автоматов по введённой диссертантом классификации на : сверхпростые (СП), простые(ПА), средней сложности (СА), сложные автоматы (АС), высокой (ВС) и особо сложные (ОС), а также ультра сложные автоматы (УС). Для ультра сложных автоматов $m=8$. $q \geq 20$, где m - разрядность кода состояний, q - число логических условий снижение объема ПЗУ $\approx 0,5 \cdot 10^5$ раз по сравнению с автоматами с известной структурной организацией Мура. При реализации на ПЛМ сложность комбинационной схемы так же существенно снижена в 2-3 раза по сравнению с УА Мура.

В третьей главе анализируется структурная организация комплексных автоматов: иерархичность, композиция, декомпозиция, усложнение подсистем.

Показано, что в известных структурах снижение сложности УА достигается в основном за счет использования метода декомпозиции. Декомпозиция УА сводится к наукоемкой задаче выделения минимального числа подграфов в графе переходов. Известен также метод перехода к декомпозиции самих ГСА со снижением затрат в 1.5 раза. Эффективность этих методов ограничена, т.к. в методах используется структурная организация автоматов Мура с полным множеством логических условий.

Диссертант предложил новые методы синтеза комплексных автоматов. Наиболее простым вариантом является УА, в котором в качестве памяти состояний $a(t)$ используется не регистр, а счетчик и комбинационная схема F1 разделена на две полусхемы по значению a .

При синтезе многопрограммных и взаимодействующих автоматов предложено переключать по коду программы (Z_i) зоны памяти ПЗУ схемы переходов, а также производить выбор соответствующей схемы формирования адреса мультиплексора и опрашивать различные зоны ПЗУ. В этом случае упрощается так же структура взаимодействующих автоматов за счет исключения сложного коммутатора логических условий, т.к. по новой методике используется один мультиплексор, если все автоматы реализовать как один автомат нового типа.

Такой метод синтеза взаимодействующих автоматов обеспечивает снижение сложности комбинационных схем на 2-3 порядка при оценке через ПЗУ (в зависимости от сложности каждой ГСА).

Соискатель предложил принципиально новый способ программирования, основанный на использовании метода структурного синтеза управляющих автоматов, который назван структурно-автоматным программированием. Структурно-автоматный способ программирования позволяет создать программную версию реализации управляющих устройств для микроконтроллеров. Для выбранного типа микроконтроллера при смене алгоритма меняется только содержимое трех зон программной памяти. Программная версия проста и отличается высоким быстродействием, т.к. основана на проверке одного логического условия на каждом такте, эквивалентным переходу из одного состояния программы к другому. Это новый научный результат в области создания программ при микроконтроллерной реализации средств управления технологическими процессами.

В четвертой главе предложено несколько новых способов синтеза самоконтролируемых автоматов. Эффективен предложенный новый контролирующий код с фиксированным числом единиц, который позволяет контролировать комбинационные схемы автоматов как на входе, так и на выходе. При этом необходимо фиксировать наличие одной 1 в каждой из P трех разрядных групп вместо поиска k единиц в n разрядах, в известном коде

кСп. Предложены также новые оригинальные методы дублирования и диагностики автоматов нового типа. Наиболее прост оригинальный способ контроля с преобразованием графов переходов и разделением кодов состояний на группы младших и старших разрядов.

В пятой главе рассмотрены вопросы синтеза спецпроцессоров управляющих подсистем с использованием новой методологии структурного синтеза управляющих автоматов. Рассмотрены задачи наведения по картам местности, опознавания подстилающих поверхностей по радиолокационным сигналам, задачи управления разворотом платформы реактивным пневмоприводом, система очистки сред с помощью горячей струи воздуха и ультразвука, управление ж.д.переездом и др.

По содержанию, выводам и результатам диссертации Мухопода А.Ю. представляет законченную научно-исследовательскую работу. Оформление диссертации соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Язык диссертации технически грамотный, стиль изложения логический, доказательный. Опубликованные статьи, доклады, патенты РФ достаточно полно отражают основные положения диссертации.

6. Замечания по работе

1. В научной новизне показано, что предложено (разработано) семь различных методов (стр.45а /реферата). А в самой диссертационной работе методы показаны довольно таки слабо. На странице 51, 75 диссертации приводятся методики.....зачем? Тем более, что ни в новизне, ни в положениях выносимых на защиту, они отсутствуют.

2. Иллюстративная часть текста несколько перегружена большим числом конкретных примеров операторных схем алгоритмов различных задач.

3. Диссертационная работа выиграла бы, если автор привел таблицу сравнительную оценку ранее известных приборов и им спроектированных.

4. Параграф 2.2.- метод синтеза....., а где он в диссертационной работе (стр.45).

5. Хотелось бы видеть в результатах диссертационной работы количественные оценки созданных устройств.

6. В акте о внедрении (стр.258)отсутствует дата подписания последнего.

7. В тексте диссертации встречаются стилистические и синтаксические ошибки (стр. 58, 101, 164, 177, 197, 204 и т.д.)

8. Диссертация не проиграла бы, если автор § 5.7 (схемотехнические решения) вынес в приложения.

Заключение

Изложенные выше выводы позволяют заключить, что диссертационная работа А.Ю. Мухопода на соискание ученой степени доктора технических наук представляет законченную научно-исследовательскую работу, посвященную решению важной проблемы в области разработки систем управления сложными техническими системами создание метода структурного синтеза аппаратно и программно реализуемых управляющих автоматов спецпроцессор позволяет считать, что направление решения данной проблемы выбрано верно. Поставленные задачи решены полностью, что дает возможность оценить ее как существенный вклад в теорию и практику.

По тематике, содержанию, уровню научных и практических результатов работа Мухопода А.Ю. соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических по специальности 05.13.05, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Заведующий кафедрой
вычислительной техники
Юго-Западного государственного университета
профессор, доктор технических наук

Заслуженный деятель науки РФ

В.С. Титов
05.10.2016

В.С.Титов

Сведения о составителе отзыва

Фамилия, имя, отчество: Титов Виталий Семенович

Защищал диссертационную работу по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Юго-Западный государственный университет»

Сайт организации: <http://www.swsu.ru>

Должность: заведующий кафедрой вычислительной техники

Почтовый адрес организации: 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94.

Контактный телефон: +7 (4712) 22-26-70

e-mail: titov-kstu@rambler.ru



Титов В.С.
Заведующий