

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.89

Лукашов
Вячеслав Михайлович

Моделирование и диагностирование переключаемых МОП-структур

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра информатики и вычислительной техники

по специальности 1-40 81 02 «Интеллектуальные вычислительные
комплексы, системы и компьютерные сети»

Научный руководитель
Золоторевич Людмила Андреевна
кандидат технических наук, доцент

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В области микроэлектроники длительное время сохраняется тенденция к уменьшению размеров транзисторов. Размеры транзистора сейчас составляют порядка 20 нм, что позволяет разместить на подложке до 8 миллиардов транзисторов. Естественно, что проектирование таких сложных объектов осуществляется на основе применения их математических и программных моделей. Обеспечение функционально-устойчивого проектирования, разработка тестов контроля объекта и верификация проектов занимает до 70 % времени проектирования. Несмотря на высокую надёжность интегральных схем в целом, из-за большой размерности задачи проблема построения тестов усложняется по мере повышения степени интеграции. Проблема обеспечения надёжности и функциональной устойчивости особенно актуальна в таких применениях, как бортовые микропроцессоры, системы управления сложными технологическими процессами в реальном времени и др.

Проблема построения тестов на всем интервале развития интегральной схемотехники является одной из наукоёмких проблем, которые до настоящего времени не получили эффективного ни теоретического, ни практического решения. Задача построения тестов принадлежит к классу NP-трудных проблем. Известно много решений частных задач верификации, контроля, но многие результаты в областях синтеза, верификации проектов, построения тестов продолжают оставаться корпоративными достижениями, ориентированными на применение специалистами высокой квалификации, и не достигли требуемого уровня развития.

Традиционно задача разработки тестов для контроля цифровых систем решалась для устройств, представленных на функционально-логическом уровне в классе константных неисправностей. Однако появление новой технологии, основанной на применении полевых транзисторов (МОП-технологии), привело к необходимости учитывать при генерации тестов те свойства, которые невозможно учесть на уровне логического представления в рамках базовой теории классического моделирования. Уменьшение характерных размеров элементов СБИС ведет к появлению новых физических эффектов в МОП-транзисторах. Появление этих эффектов объясняется такими свойствами МОП-схем как наличие паразитных ёмкостей, явление накопления заряда, неопределённое время распространения сигналов в сети, наличие сигнала высокого импеданса. Эти особенности МОП-схем создают новые проблемы в области тестовой диагностики; учесть их на функционально-логическом уровне оказалось малоэффективным. Поэтому необходимо понизить уровень

представления схемы с логического до переключательного, когда основным логическим элементом является транзистор. На уровне такого представления базовый элемент – транзистор – является элементом с двунаправленными входами, что не позволяет при моделировании применять методы классического вентильного моделирования.

Поведение цифровых структур МОП-типа из-за наличия паразитных емкостей существенно усложнило проблему генерации тестов, так как для комбинационных структур тестом может быть тест длины больше 1. Тестовое диагностирование объекта на основе разработанных тестов контроля осуществляется в различных классах неисправностей - константного типа, обрыва, замыкания (на логическом уровне), неисправностей типа «постоянно закрытый транзистор – ПЗТ» и др. (на переключательном уровне) в режиме приостановки эксплуатации объекта. На определенном этапе развития цифровой схемотехники считалось, что модель константной неисправности покрывает более 80 процентов всех дефектов, которые необходимо исследовать. Кроме того, предполагалось, что тест, покрывающий все одиночные неисправности константного типа, покрывает большинство множественных неисправностей. Однако с уменьшением размеров элемента, переходом в субмикронный диапазон, применением МОП – технологии, увеличением функциональной сложности интегральных схем существенно изменилось отношение к проблеме построения тестов. Утверждается новая тенденция в области построения тестов, которую можно сформулировать следующим образом: экономически более эффективно разрабатывать и применять тесты для неисправностей расширенного класса, так как тесты для неисправностей константного типа, разработанные для СБИС на разных уровнях идентификации, не обеспечивают удовлетворительной полноты покрытия.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами) и темами

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных исследований в областях проектирования, разработки тестов контроля объекта и верификация проектов интегральной схемотехники.

Цель и задачи исследования

Проблема построения тестов на всем интервале развития интегральной схемотехники является одной из наукоемких проблем, которые до настоящего времени не получили эффективного ни теоретического, ни практического решения. Известно много решений частных задач верификации, контроля, но многие результаты в областях синтеза, верификации проектов, построения тестов продолжают оставаться корпоративными достижениями, ориентированными на применение специалистами высокой квалификации, и не достигли требуемого уровня развития. Целью магистерской диссертации является создание эффективного инструмента моделирования и диагностирования цифровых МОП структур в расширенном классе неисправностей типа «постоянно закрытый транзистор». Были поставлены следующие задачи:

1. Исследование методов моделирования СБИС на переключательном уровне.
2. Разработка алгоритма моделирования неисправностей расширенного класса МОП - структур на переключательном уровне.
3. Исследование отечественной системы VLSI_SIM; расширение ее функциональных возможностей в плане построения тестов переключательных схем.
4. Исследование разработанной программы моделирования неисправностей типа ПЗТ на схемах элементов библиотеки базовой системы.

Положения, выносимые на защиту

Исследованы особенности функционирования и моделирования МОП-структур, произведён анализ существующих методов моделирования МОП-структур. Разработан метод моделирования МОП-структур в расширенном классе неисправностей. В предложенном методе объединяются достоинства

классических методов, основанных на применении многозначной алгебры, а также используется переход к описанию и выполнению сети Петри, построенной по структуре моделируемого устройства. Предложенный подход реализован в экспериментальной программе переключательного моделирования. Разработан алгоритм и программа моделирования неисправностей типа «ПТЗ» переключательных структур МОП БИС на основе применения теории сетей Петри. Приводятся результаты программной реализации алгоритма и результаты исследования моделей реальных структур. Исследована полнота тестов контроля константных неисправностей цифровых структур в расширенном классе неисправностей на переключательном уровне. Подтверждена гипотеза о том, что тест контроля неисправностей константного типа на логическом уровне не покрывает неисправности типа ПЗТ.

Личный вклад соискателя

Личный вклад заключается в проведении исследования существующих подходов к переключательному моделированию МОП-структур, разработке алгоритма моделирования неисправностей типа «ПТЗ» переключательных структур МОП БИС, исследовании моделей реальных структур, исследовании полноты тестов контроля константных неисправностей цифровых структур в расширенном классе неисправностей на переключательном уровне.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследований, включённые в диссертацию были представлены на 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, которая проводилась в апреле 2015 года в БГУИР, в ноябре 2015 результаты работы были представлены на семинаре кафедры ЭВМ БГУИР.

Опубликованность результатов диссертации

По данной тематике были опубликованы тезисы доклада на 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, которая проводилась в апреле 2015 года в БГУИР.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение диссертации кратко излагает основную идею работы. В главе 1 дается анализ особенностей КМОП технологии с точки зрения построения математических и программных моделей. В главе 2 приводится исследование методов логического моделирования цифровых структур на уровне их переключательного представления. В главе 3 приводятся подходы к моделированию неисправностей на переключательном уровне. В главе 4 решается задача моделирования неисправностей типа «постоянно закрытый транзистор» на основе идеи сведения процесса моделирования к построению и выполнению сети Петри, реализованной в программе SCA_Simulate системы VLSI_SIM. Алгоритм основан на автоматическом изменении структуры исходной сети Петри. В главе 5 приводятся результаты некоторых практических экспериментов. В заключении изложены результаты проведённой работы.

Количество страниц: 109

Количество таблиц: 19

Количество иллюстраций: 75

Количество использованных библиографических источников: 14

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Исследованы особенности функционирования и моделирования МОП-структур, произведён анализ существующих методов моделирования МОП-структур.
- 2) Разработан алгоритм моделирования МОП-структур в расширенном классе неисправностей.
- 3) Разработана программа моделирования неисправностей типа «ПТЗ» переключательных структур МОП БИС. Для разработки программы использовался инструментарий MS Visual C++ 6.0.
- 4) Исследована полнота тестов контроля константных неисправностей цифровых структур в расширенном классе неисправностей на переключательном уровне. Показано, что тесты, сгенерированные для схемы на функционально логическом уровне, не покрывают все неисправности, свойственные структурам МОП – типа.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Лукашов, В.М. Идентификация параметров колебательного звена и последующий синтез элементов демпфирующей цепи / Кухаренко С.Н. // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы X Междунар. межвуз. научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2010. – С. 217-220.

2. Лукашов, В.М. Идентификация параметров колебательного звена и последующий синтез элементов демпфирующей цепи / Кухаренко С.Н. // Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов VIII Междунар. научн.-техн. конф./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2010. – С. 143.

3. Лукашов, В.М. Идентификация параметров электрических цепей методами цифровой обработки сигналов / Крышнев Ю. В., Кухаренко С.Н. // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XI Междунар. межвуз. научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2011. – С. 226-228.

4. Лукашов, В.М. Синтез корректирующих цепей в преобразовательной технике и силовой электронике/ Крышнев Ю. В., Кухаренко С.Н. // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XII Междунар. межвуз. научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2012. – С. 231-234.

5. Лукашов, В.М. Синтез корректирующих цепей в преобразовательной технике и силовой электронике / Кухаренко С.Н. // Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов XII Междунар. научн.-техн. конф./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2012. – С. 118.

6. Лукашов, В.М. Разработка и реализация научно-технических мероприятий по автоматизации литьевой машины ПЛ-71 / Захаренко Л.А., Головки И.Н. // Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов IX Междунар. научн.-техн. конф./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2012. – С. 119.

7. Лукашоу, В.М. Праектаванне бесправяднога канала сувязі для кіравання клапанам кіруемага ўнутрытрубнага герметызатара / Крышнеў Ю.В., Гарбуз В.М., Старасценка В.А., Кухарэнка С.М., Захаранка Л.А., Вінаградаў Э.М., Сахарук А.У., Сталбоў М.В. // Вестник учреждения образования “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого” / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2012.– № 1. – С. 29-33.

8. Лукашов, В.М. Проблемы применения частотно-регулируемых электроприводов в нефтедобыче / Кухаренко С.Н., Крышнёв Ю.В. // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIII Междунар. межвуз. научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2013. – С. 231-234.

9. Лукашов, В.М. Влияние высокочастотной составляющей сигнала на изоляционные свойства силового кабеля / Кухаренко С.Н., Крышнёв Ю.В. // Достижения физики неразрушающего контроля: сб. научн. тр. / Под ред. Н.П. Мигуна. – Мн.: Институт прикладной физики НАН Беларуси, 2013. – С. 206 – 210.

10. Лукашов, В.М. Экспериментальное исследование импульсного метода в вихретоковой дефектоскопии / Кухаренко С.Н., Крышнёв Ю.В. // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIV Междунар. межвуз. научн.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов./ М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2014. – С. 247-250.

11. Лукашов, В.М. Разработка программного продукта для идентификации параметров схемы замещения ключевого элемента и синтеза корректирующего звена / Крышнев Ю.В., Кухаренко С.Н. // Вестник учреждения образования “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого” / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2014.– № 2. – С. 79-88.

12. Лукашов, В.М. Влияние высокочастотной составляющей сигнала на изоляцию силового кабеля нефтедобывающей станции / Крышнев Ю.В., Кухаренко С.Н. // Вестник учреждения образования “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого” / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2014.– № 3. – С. 85-88.

13. Лукашов, В.М. Моделирование неисправностей расширенного класса на основе переключаемых моделей / Золоторевич Л.А. // Материалы 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов/ редкол.: В. А. Прытков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 14.

14. Лукашов, В.М. Исследование энергетических и оптических характеристик мощных светодиодов при импульсном возбуждении / Савкова Т. Н., Кравченко А. И., Подденежный Е. Н., Колесник Ю. Н., Кухаренко С. Н. // Вестник учреждения образования “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого”. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2015.– № 3. – С. 78-85.

15. Лукашов, В.М. Определение энергетических и оптических характеристик макета свето-технического устройства при импульсном возбуждении в программной среде Mathcad / Савкова Т.Н., Кравченко А.И., Кухаренко С.Н., Свинтицкий А.В. // Вестник Оренбургского государственного университета / М-во образования РФ, Оренбургский государственный университет, 2015.– № 9. – С. 150-156.