

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук Антюфеева Григория Валерьевича
на тему: «Оценки длин минимальных тестов для аргументов функций
при подстановке констант, алгебраических операциях и сдвигах»
по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика»

Актуальность темы диссертации

В середине XX в. С.В. Яблонским и И.А. Чегис была сформулирована задача тестирования логических схем, суть которой состоит в следующем. Пусть имеется устройство с одним выходом, преобразующее входную информацию, представленную в виде набора булевых переменных, в выходную – некоторую булеву функцию от этих переменных. В качестве примера такого устройства можно взять двухполюсную контактную схему или схему из функциональных элементов с одним выходом. Устройство представляет собой «черный ящик», взаимодействие с которым осуществляется только путем последовательной подачи вместо набора его входных переменных наборов булевых значений и наблюдения значений, возникающих на его выходе. Представим, что на устройство воздействует некоторый источник неисправностей U , способный вызывать изменения его функционирования, т.е. изменения булевой функции, реализующейся на его выходе. Предполагается, что множество M всех возможных булевых функций, которые при этом могут получиться, включая исходную функцию, известно заранее. Проверяющим (диагностическим) тестом называется такое множество наборов значений входных переменных, что по значениям, выдаваемым устройством на этих наборах, можно однозначно определить, реализует ли устройство исходную булеву функцию или какую-то другую функцию из множества M (соответственно какую именно булеву функцию из множества M оно реализует). Требуется минимизировать длину теста, т.е. число наборов в тесте, либо для конкретного устройства, либо для булевой функции по всем реализующим ее устройствам заранее оговоренного типа,

либо для самой труднотестируемой булевой функции от заданного числа переменных; последняя величина называется функцией Шеннона длины теста.

Огромный класс задач возникает, если считать, что источник неисправностей U может воздействовать только на входы устройства; именно такие неисправности рассматриваются в диссертации Г.В. Антюфеева. В указанном случае множество M не зависит от «начинки» устройства, а зависит только от булевой функции, реализуемой на выходе устройства, и от источника U . Поэтому тесты на входах логических устройств еще называют тестами функций или тестами для аргументов функций. Минимизацией длин тестов для аргументов булевых функций занимались многие ученые, начиная с 1970-х годов и по настоящее время. Можно выделить работы В.Н. Носкова, Г.Р. Погосяна, Д.С. Романова, Е.В. Морозова и других авторов. В качестве неисправностей аргументов булевых функций рассматривались их константные, инверсные, вытесняющие неисправности, слипания, перестановки и сдвиги, а также смешанные неисправности.

Актуальность темы диссертации подтверждается также тем, что результаты теории тестов для аргументов функций могут быть использованы на практике в целях минимизации времени, требуемого для тестирования сверхбольших интегральных схем.

Новизна научных результатов

Научная новизна диссертации состоит в следующем.

1. Рассмотрены новые типы неисправностей аргументов булевых функций: локальные k -кратные константные неисправности (глава 1 диссертации) и сдвиги аргументов влево на произвольное или фиксированное число позиций с произвольным или фиксированным замещающим набором (глава 3 диссертации). Автором получен целый ряд результатов об оценках функций Шеннона длин проверяющих либо диагностических тестов при указанных неисправностях; во многих случаях найдена асимптотика или установлен порядок функции Шеннона. Также найдено достаточное условие легкотестируемости булевых функций

относительно сдвигов их аргументов на произвольное число позиций с фиксированным замещающим набором для произвольного такого набора.

2. В главе 2 диссертации введены понятия диагностических тестов над конечными коммутативными кольцами, а также специальных колец. Рассмотрен мультипликативный источник неисправностей с фиксированным аддитивным элементом для булевых функций, определяемый через биекцию между всевозможными двоичными наборами длины n и элементами конечного коммутативного кольца мощности 2^n . Для этого источника и специальных колец найден порядок функции Шеннона длины диагностического теста, а для кольца вычетов по модулю 2^n описан класс легкотестируемых функций. Кроме того, результаты главы 2 используются в одном из доказательств теоремы 11 о легкотестируемости булевых функций относительно сдвигов их аргументов с фиксированным замещающим набором. Тем самым установлена интересная связь между математической кибернетикой и абстрактной алгеброй.
3. Улучшен классический результат В.Н. Носкова о полных диагностических тестах при константных неисправностях на входах логических устройств – асимптотически в два раза повышена нижняя оценка функции Шеннона.

Общая оценка диссертации

Все результаты диссертации являются новыми и математически строго доказаны. В доказательствах используются методы дискретной математики и математической кибернетики, абстрактной алгебры, комбинаторики, в том числе комбинаторики слов. Разнообразие методов, которыми владеет и свободно оперирует автор, а также большое количество предложенных им новых идей говорят о высоком математическом уровне автора и являются несомненными достоинствами диссертации. Разделы «Введение» и «Заключение» диссертации с исчерпывающей полнотой и ясностью

описывают актуальность темы исследования, цели и задачи диссертации, ее научную новизну, основные результаты и положения, выносимые на защиту, структуру диссертации, значимость результатов и перспективы дальнейшего развития исследуемой области.

Замечания к диссертации

1. Имеется несколько неточностей в описании существующих результатов, близких к теме диссертации.
2. Стр. 15, 10-я снизу строка: вводится параметр t , который в дальнейшем не используется.
3. Стр. 27, 13-я сверху строка: в описании структуры диссертации неверно указано название одного из ее разделов.
4. Стр. 30, 6-я сверху строка: в обозначении источника неисправностей не указана его зависимость от v_A . Далее в формулировках теорем 5, 6 и следствия 4 неочевидно, что они верны для любой биекции v_A .
5. Следствия 8 и 9 должны иметь номера 2 и 3 соответственно.
6. Стр. 44, 14-я сверху строка: при $w = 1$ левое неравенство неверно. Данный случай следовало рассмотреть отдельно.
7. Стр. 47, 3-я сверху строка: вычитаемое 2 в двух местах можно заменить на 1 в силу рассуждений на стр. 46–47. Тогда нижняя оценка в теореме 4 повышается на 2.
8. Стр. 53, 5-я сверху строка: неочевидна связь между величинами $L^{\text{diagn}}(U^A, n)$ и $L^{\text{diagn}}(A, n)$.
9. В главе 2 присутствует много рассуждений из абстрактной алгебры (в особенности – в лемме 3), которые могут вызывать затруднения у специалистов в области, соответствующей паспорту специальности 1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика, не являющихся одновременно специалистами по высшей алгебре. В связи с этим желательно было бы проводить указанные рассуждения более подробно и с большим количеством примеров.

10. Стр. 63, 12-я–13-я сверху строки: верхняя оценка числа наборов вытекает из неочевидного утверждения, которое следовало оформить в виде отдельной леммы о связи длины теста для таблицы неисправностей с длинами тестов двух подтаблиц, полученных из нее разбиением по столбцам.
11. Стр. 63, 7-я снизу строка: если не исключать из множества наборов, по которым берется дизъюнкция, набор из всех единиц, то можно без какого-либо усложнения рассуждений повысить нижнюю оценку в теореме 8 на единицу.
12. Стр. 66, формулировка теоремы 10: не указана ссылка на работу автора [62], в которой впервые приведен указанный результат.
13. Стр. 66, 11-я–12-я сверху строки: не вполне очевидно, что можно ограничиться рассмотрением наборов, начинающихся с единицы.
14. Стр. 68, 8-я сверху строка: в конце строки следовало указать, что получено противоречие.
15. Стр. 80, верхняя строка: неочевидно, что можно ограничиться случаем, когда n четно, и доказывать только то утверждение леммы 11, которое касается четных индексов.
16. Стр. 81, 5-я–7-я сверху строки: содержащееся в указанных строках утверждение неверно. Чтобы его исправить, нужно было вместо «с четными индексами» написать «с четными индексами, меньшими $n - 1$ », но тогда требует пояснений верхняя оценка числа наборов, содержащаяся в следующем предложении.
17. В диссертации имеется некоторое количество опечаток.

Заключение по диссертации

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика (по физико-

математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертация оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Таким образом, соискатель Антюфеев Григорий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник отдела № 4 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»

Попков Кирилл Андреевич

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика

Адрес места работы:

125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4,
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, отдел № 4 сектор № 3
Тел.: 8(499)2207824;

Подпись сотрудника отдела № 4 ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
К.А. Попкова удостоверяю:
ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

А.А. Давыдов