

Обзор книги «Труды по теории синтеза самопроверяемых схем встроенного контроля на основе двоичных избыточных кодов»



Анжела Юрьевна Матросова

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
 Томск, Россия.*

✉ mau11@yandex.ru.

Анжела МАТРОСОВА

Труды по теории синтеза самопроверяемых схем встроенного контроля на основе двоичных избыточных кодов: Т. 1. – Москва: Издательство «Наука», 2020. – 611 с. ISBN 978-5-02-040758-9.

Труды по теории синтеза самопроверяемых схем встроенного контроля на основе двоичных избыточных кодов: Т. 2. – Москва: Издательство «Наука», 2021. – 527 с. ISBN 978-5-02-040757-2.

В первый том книги вошли работы, посвящённые трём основным направлениям исследований в области синтеза самопроверяемых дискретных систем: изучению особенностей классических кодов с суммированием (кодов Бергера), модульных кодов с суммированием, а также их модификаций, предложенных авторами статей; изучению особенностей кодов, для которых контрольные разряды получают с использованием свёрток по модулю $M = 2$ части информационных разрядов (полиномиальных кодов и классических кодов Хэмминга); исследованию метода логического дополнения для организации самопроверяемых дискретных систем на основе избыточных двоичных кодов. Приводятся материалы по подробным характеристикам обнаружения ошибок в информационных разрядах избыточных двоичных кодов при условии безошибочности контрольных разрядов, описания

способов построения ранее неизвестных модифицированных кодов с суммированием и особенности методов синтеза самопроверяемых дискретных систем на основе двоичных избыточных кодов.

Второй том книги включает в себя работы в области построения двоичных кодов с суммированием с взвешенными разрядами и переходами между разрядами, занимающими соседние позиции в информационных векторах кодовых слов, а также результаты исследования их характеристик и методов синтеза кодирующего оборудования. Рассмотрены вопросы применения свойств кодов при организации самопроверяемых дискретных систем. Читатель найдёт на страницах данного тома материалы по подробным характеристикам обнаружения ошибок в информационных разрядах взвешенных кодов с суммированием при условии безошибочности контрольных разрядов, описания способов построения ранее неизвестных взвешенных кодов с суммированием и особенности методов синтеза самопроверяемых дискретных систем на их основе.

Книга может быть полезной разработчикам, исследователям и инженерам, работающим в сфере технической диагностики дискретных систем и синтеза систем с обнаружением неисправностей, а также студентам, изучающим информатику, вычислительную технику и автоматизацию.

Ключевые слова: технические средства автоматизации, синтез самопроверяемых схем, встроенный контроль, двоичные избыточные коды, самопроверяемая дискретная система.

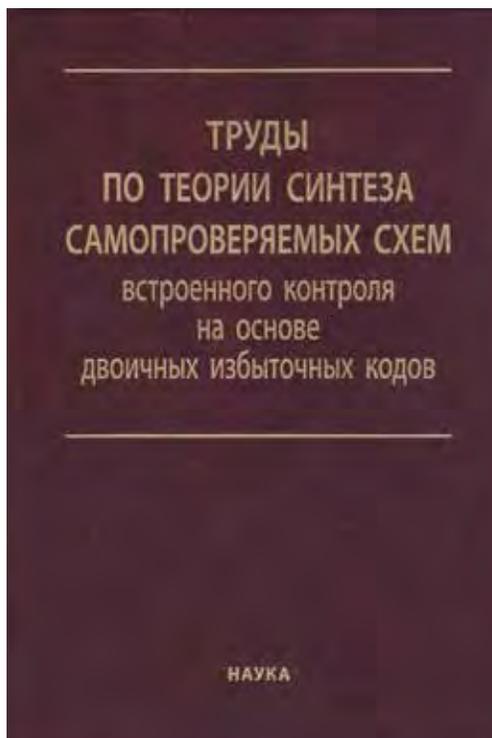
Для цитирования: Матросова А. Ю. Обзор книги «Труды по теории синтеза самопроверяемых схем встроенного контроля на основе двоичных избыточных кодов» // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 2 (93). С. 140–143. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-2-20>.

**Полный текст статьи-рецензии на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
 The full text of the review article in English is published in the second part of the issue.**

В 2021 году в издательстве «Наука» вышло в свет двухтомное издание «Труды по теории синтеза самопроверяемых схем встроенного контроля на основе двоичных избыточных кодов», куда вошли основные работы коллектива петербургской научной школы по технической диагностике под руководством профессоров Валерия Владимировича и Владимира Владимировича Сапожниковых, опубликованные в период с 2009 по 2020 гг. По нашему мнению, опубликованный труд заслуживает особого внимания научного сообщества в силу того, что фактически определяет основные этапы развития кодовых методов синтеза средств обнаружения ошибок, вызванных неисправностями различной физической природы, в технических системах.

Прежде всего, необходимо напомнить читателю, что при разработке и проектировании технических средств автоматизации как в промышленности, так и на транспорте особое внимание уделяют вопросам не только обеспечения правильности исполнения закладываемых алгоритмов, но и защиты от сбоев, отказов и их проявлений в виде ошибок в результатах вычислений. Это требует от разработчика заложения свойств контролепригодности, самоконтроля, самопроверяемости, отказоустойчивости, безопасного поведения при отказах и других на этапе создания самого прототипа будущего устройства. Именно от этих свойств зависят в дальнейшем и надёжностные характеристики устройства, и нюансы его эксплуатации. В конечном итоге, все особенности жизненного цикла технических средств автоматизации определяются ещё на этапе его разработки, когда возможно предусмотреть наиболее рациональную архитектуру устройства, состав и необходимость технических средств диагностирования, оценить риски возникновения сбоев и устойчивых отказов.

В транспортной отрасли часто применяются информационно-управляющие системы критического назначения, отказ в которых не должен приводить к возникновению опасного события (потенциально влияющего на развитие условий для возникновения аварий и катастроф или приводящего к ним). Именно с этой целью выработаны специальные требования к информационно-управляющим системам критического назначения, которые в чём-то схожи, а в чём-то



отличаются в различных отраслях транспорта. К примеру, в железнодорожной сфере при разработке микроэлектронных и микропроцессорных систем управления движением поездов придерживаются следующей концепции [1]: одиночные дефекты аппаратных и программных средств не должны приводить к опасным отказам систем и должны обнаруживаться при рабочих или тестовых воздействиях не позднее, чем в системе возникает второй дефект. Отсюда следует, что важнейшими при построении современных систем управления являются не только принципы синтеза систем с контролепригодными структурами, но и принципы реализации диагностического обеспечения.

Диагностическое обеспечение технических систем позволяет решать задачи тестового и рабочего (функционального) диагностирования [2; 3]. Тестовое диагностирование подразумевает отключение объекта от выполнения им своих основных функций с целью подачи на его входы специальных проверяющих воздействий. Рабочее диагностирование связано с тем, что рабочие комбинации одновременно являются и тестовыми для объекта диагностирования. Сама же процедура диагностирования не требует



отключения объекта диагностирования от управляемых устройств. В системах критического применения используют оба этих вида диагностирования наравне. При этом, естественно, требуется внесение и аппаратной и программной избыточности (резервирование и диверситет), использование информационного и временного резервирования. Одним из важнейших подходов к реализации процедур рабочего диагностирования является использование самопроверяемых схем встраиваемого/встроенного контроля (СВК). Именно вопросам синтеза СВК для устройств автоматики и вычислительной техники посвящено вышедшее издание.

Книга, представленная в виде двух многостраничных томов, содержит основные научные работы в области теории синтеза СВК на основе помехозащищённых и помехоустойчивых избыточных кодов. Книга включает в себя четыре основных раздела. Первые три образуют первый том монографии и четвёртый – второй том. Особенностью книги и исследований авторов является то, что ими рассматриваются не просто структуры СВК, реализуемые на конкретной элементной базе, а общие особенности применения избыточного кодирования для решения задач технической диагностики. Это делает описанные результаты универсальными и применимыми не только для современной элементной базы, но и для разрабатываемой, что немало важно в условиях постоянного совершенствования компьютерных и информационных технологий [4].

Первый раздел посвящён синтезу СВК на основе кодов с суммированием единичных разрядов и описанию их свойств. Охвачены особенности классических кодов с суммированием (кодов Бергера) и их модификаций, получаемых путём подсчётов веса информационного вектора в кольце вычетов по заранее устанавливаемому модулю, разделения информационных разрядов на подмножества с контролем веса каждого из них, подсчёта специальных поправочных коэффициентов при построении кодов. Отдельные материалы посвящены применению свойств кодов с суммированием при синтезе СВК.

Второй раздел посвящён изучению характеристик широко известных полиномиальных кодов и кодов Хэмминга в СВК. Применительно к поставленным задачам диагнос-

тики рассматриваются обнаруживающие способности данных кодов в информационных разрядах. Показаны основные особенности класса систематических кодов, связанные с тем, что получаемые коды за счёт применения свёрток по модулю два при синтезе их кодеров, имеют немонотонные функции разрядов, а значит и их использование при синтезе СВК должно учитывать эти обстоятельства.

Третий раздел охватывает результаты, полученные авторами в области развития метода логического дополнения для синтеза СВК. Здесь все методы учитывают использование равновесных кодов при организации СВК с преобразованием в последних значений рабочих функций объектов диагностирования (а не с конкатенацией (дополнением), как в случае использования разделимых кодов). Метод логического дополнения позволяет синтезировать полностью самопроверяемые СВК даже в том случае, когда этого невозможно добиться классическими методами (включая дублирование с последующим контролем одноимённых выходов различных устройств).

Четвёртый, самый большой, раздел освещает особенности применения взвешенных кодов с суммированием при синтезе СВК. Авторами рассматриваются разнообразные способы построения кодов с суммированием, между информационными разрядами которых установлено неравноправие. Оно достигается путём приписывания разрядам (или сразу же группе разрядов) весовых коэффициентов из натурального ряда чисел. Такие коды разделены авторами на два класса – кодов с суммированием весовых коэффициентов разрядов и переходов между разрядами (фактически весовых коэффициентов групп разрядов). Описаны коды как с произвольными весовыми коэффициентами, так и коды, при построении которых использовано взвешивание одного и нескольких разрядов, применены специальные последовательности весовых коэффициентов. Приводятся методы синтеза СВК, использующие свойства взвешенных кодов с суммированием.

Авторы показывают, что можно эффективно применять свойства обнаружения ошибок различных кратностей и видов при синтезе СВК. Ошибки классифицированы по числу искажений нулевых и единичных

разрядов в информационных векторах на монотонные (однонаправленные) и немонотонные (разнонаправленные), а последние, в свою очередь, на симметричные (с одинаковым числом искажаемых нулевых и единичных разрядов) и асимметричные (с неодинаковым). Широко известен тот факт, что современные средства автоматизированного проектирования схем автоматики и вычислительной техники учитывают только возможности обнаружения рядом кодов монотонных ошибок. Это используется и при выборе контролепригодных структур и методов контроля ошибок в СВК на выходах устройств. Однако авторами показано, что многие избыточные коды обладают не только возможностями обнаружения монотонных ошибок, но и других видов ошибок, в том числе, до определённой фиксированной их кратности, что также можно применять на практике. В отдельных статьях в книге приведены алгоритмы синтеза полностью самопроверяемых СВК с учётом таких особенностей избыточных кодов. Установленные особенности целесообразно учитывать при развитии средств автоматизированного проектирования устройств, что позволит снизить их структурную (а при реализации на программном уровне – программную) избыточность.

Следует отметить, что авторами разрабатываются кодовые методы синтеза СВК, затронутые в известных изданиях советского и постсоветского периода развития технической диагностики [5–7], а также в зарубежных изданиях [8–10]. При этом результаты, представленные в настоящем двухтомнике, связаны с достаточно глубоким уровнем исследования, а не поверхностным, как это было ранее, до публикации работ соавторов книги. Соответственно, и представленная теория позволяет проектировщику иметь широкое поле выбора варианта кодирования при синтезе СВК.

К сожалению, на постсоветском пространстве осталось не так много учёных,

занимающихся вопросами синтеза полностью самопроверяемых СВК, а их трудам уделено недостаточное внимание. Однако использование результатов и их развитие позволяет на практике более обоснованно выбирать способ реализации СВК с учётом специфики самого объекта диагностирования, что, в конечном итоге, позволяет не только снижать показатели сложности технической реализации средств диагностирования, но и улучшать экономические показатели.

Книга освещает результаты вне привязки к конкретным устройствам и системам, без выделения каких-либо отраслей промышленности и транспорта и будет интересна широкому кругу специалистов в области автоматики и вычислительной техники, занимающимся разработкой и совершенствованием компьютерных и информационных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Ефанов Д. В. Основы теории надёжности и технической диагностики. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 588 с.
2. Пархоменко П. П., Согомонян Е. С. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства). – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 320 с.
3. Матросова А. Ю. Алгоритмические методы синтеза тестов. – Томск: Издательство Томского университета, 1990. – 207 с.
4. Hahanov, V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. New York: Springer International Publishing AG, 2018, 279 p. DOI: 10.1007/978-3-319-54825-8.
5. Согомонян Е. С., Слабаков Е. В. Самопроверяемые устройства и отказоустойчивые системы. – М.: Радио и связь, 1989, 208 с.
6. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В. Самопроверяемые дискретные устройства. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
7. Микони С. В. Общие диагностические базы знаний вычислительных систем. – СПб.: СПИИРАН, 1992. – 234 с.
8. Gössel, M., Graf, S. Error Detection Circuits. London, McGraw-Hill, 1994, 261 p.
9. Piestrak, S. J. Design of Self-Testing Checkers for Unidirectional Error Detecting Codes. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 1995, 111 p.
10. Gössel, M., Ocheretny, V., Sogomonyan, E., Marienfeld, D. New Methods of Concurrent Checking: 1st ed. Dordrecht, Springer Science+Business Media B. V., 2008, 184 p. ●

Информация об авторе:

Матросова Анжела Юрьевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры компьютерной безопасности Института прикладной математики и компьютерных наук Национального исследовательского Томского государственного университета, Томск, Россия, tau11@uandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.04.2021, одобрена после рецензирования 23.04.2021, принята к публикации 05.05.2021.

