

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

ISSN 1814-4225

РАДІОЕЛЕКТРОННІ
І
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ

7 (41)

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Видається з січня 2003 р.

Виходить 4 рази на рік

Харків "ХАІ" 2009

Засновник журналу

Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний
інститут"

Затверджено до друку вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", протокол № 7 від 18 березня 2009 р.

Головний редактор	Віктор Михайлович Ілюшко , доктор технічних наук, професор
Редакційна колегія	І.В. Баришев , д-р техн. наук, професор; В.К. Волосюк , д-р техн. наук, професор; В.М. Вартанян , д-р техн. наук, професор; І.А. Жуков , д-р техн. наук, професор; М.В. Замірець , д-р техн. наук, професор; О.О. Зеленський , д-р техн. наук, професор; Ф.Ф. Колпаков , д-р техн. наук, професор; Б.М. Конорєв , д-р техн. наук, професор; В.А. Краснобаєв , д-р техн. наук, професор; Г.Я. Красовський , д-р техн. наук, професор; А.С. Кулік , д-р техн. наук, професор, лауреат Державної премії України; В.В. Лукін , д-р техн. наук, професор; В.В. Печєнін , д-р техн. наук, професор; В.В. Піскорж , д-р техн. наук, професор; В.П. Тарасенко , д-р техн. наук, професор; І.Б. Сіроджа , д-р техн. наук, професор; О.Є. Федорович , д-р техн. наук, професор; В.С. Харченко , д-р техн. наук, професор.
Відповідальний секретар	О.Б. Лещенко , кандидат технічних наук, доцент

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 6987 від 19.02.2003 р.

За вірогідність інформації несуть відповідальність автори. В журналі публікуються статті українською, російською та англійською мовами. Рукописи не повертаються. При передруку матеріалів посилання на журнал «**РАДІОЕЛЕКТРОННІ І КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ**» обов'язкові.

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут", 2009

В сборнике представлены результаты исследований, касающихся компьютерной инженерии, управления, технической диагностики, автоматизации проектирования, оптимизированного использования компьютерных сетей и создания интеллектуальных экспертных систем. Предложены новые подходы, алгоритмы и их программная реализация в области автоматического управления сложными системами, оригинальные информационные технологии в науке, образовании, медицине.

Для преподавателей университетов, научных работников, специалистов, аспирантов.

У збірнику наведено результати досліджень, що стосуються комп'ютерної інженерії, управління, технічної діагностики, автоматизації проектування, оптимізованого використання комп'ютерних мереж і створення інтелектуальних експертних систем. Запропоновано нові підходи, алгоритми та їх програмна реалізація в області автоматичного управління складними системами, оригінальні інформаційні технології в науці, освіті, медицині.

Для викладачів університетів, науковців, фахівців, аспірантів.

Редакционная коллегия:

В.В. Семенец, д-р техн. наук, проф. (гл. ред.); *М.Ф. Бондаренко*, д-р техн. наук, проф.; *И.Д. Горбенко*, д-р техн. наук, проф.; *Е.П. Пуятин*, д-р техн. наук, проф.; *В.П. Тарасенко*, д-р техн. наук, проф.; *Г.И. Загарий*, д-р техн. наук, проф.; *Г.Ф. Кривуля*, д-р техн. наук, проф.; *Чумаченко С.В.*, д-р техн. наук, проф.; *В.А. Филатов*, д-р техн. наук, проф.; *Е.В. Бодянский*, д-р техн. наук, проф.; *Э.Г. Петров*, д-р техн. наук, проф.; *В.Ф. Шостак*, д-р техн. наук, проф.; *В.М. Левыкин*, д-р техн. наук, проф.; *Е.И. Литвинова*, д-р техн. наук, проф.; *В.И. Хаханов*, д-р техн. наук, проф. (отв. ред.).

Свидетельство о государственной регистрации
печатного средства массовой информации

КВ № 12073-944ПР от 07.12.2006 г.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, комн. 321, тел. 70-21-326

© Харківський національний університет
радіоелектроніки, 2013

ЗМІСТ

Гарантоздатність сервіс-орієнтованих систем

Рвачова Н.В.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ МІЖСЕГМЕНТНИМ ІНТЕРВАЛОМ
В ІНФОРМАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ ЗГІДНО З МЕТОДОМ АДАПТИВНОЇ ШВИДКОСТІ 13

Кулик А.С., Чухрай А.Г., Анценбергер П.

ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО СРЕДСТВА
ОБУЧЕНИЯ SQL..... 19

Кузнецова Ю.А., Соколова Е.В.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕРВЕРОМ ДАННЫХ В SCADA-СИСТЕМАХ 26

Савенко О.С., Мостовий С.В.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ПРОЦЕСІВ В ПЕРСОНАЛЬНОМУ
КОМП'ЮТЕРІ 32

Гордеев А.А., Гордеева Д.В., Гончаренко А.А.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УДОБСТВА В ИСПОЛЬЗОВАНИИ
БИЗНЕС-КРИТИЧЕСКИХ ВЕБ-СЕРВИСОВ 37

Базилевич Р.П., Кутельмах Р.К.

АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВ'ЯЗКІВ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА
У ЛОКАЛЬНІЙ ОБЛАСТІ 41

Харченко В.С.

ГАРАНТОЗДАТНІ СИСТЕМИ ТА БАГАТОВЕРСІЙНІ ОБЧИСЛЕННЯ:
АСПЕКТИ ЕВОЛЮЦІЇ 46

Сиротюк А.И.

АРХИТЕКТУРИРОВАНИЕ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ ВЕБ-ИНФРАСТРУКТУР:
АНАЛИЗ БАЗОВЫХ ВАРИАНТОВ 60

Фурманов А.А., Лахижа И.Н., Харченко В.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ
АРХИТЕКТУР ПРИ АТАКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЯЗВИМОСТЕЙ 65

Відмовостійкі системи

Яськова Е. В., Барсов В. И., Краснобаев В.А., Кошман С.А., Khery Ali Abdylah

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ 70

Романкевич А.М., Майданюк И.В., Потапова Е.Р.

О СЛОЖНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ GL-МОДЕЛЕЙ НА РАННИХ ЭТАПАХ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ 74

Благодарный Н.П., Остроумов Б.В., Сидоренко Н.Ф., Троненко Д.С.

ОЦЕНКИ ЧИСЛА ОТКАЗОВ И СБОЕВ ПРОЦЕССОРНЫХ МОДУЛЕЙ
МАТРИЧНЫХ СПЕЦПРОЦЕССОРОВ НА АКТИВНЫХ
ИНТЕРВАЛАХ ПРИМЕНЕНИЯ 78

Федухин А.В., Сеспедес-Гарсия Н.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ НЕВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА «К ИЗ N» С РЕКОНФИГУРАЦИЕЙ.....	82
--	----

Дубницкий В.Ю., Проценко А.Г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ СИСТЕМ STATGRAPHICS И MATHCAD	85
--	----

Функціональна безпека та живучість

Извалов А.В., Неделько В.Н., Неделько С.Н., Палённый А.С., Сорока М.Ю.

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОДГОТОВКИ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ	89
---	----

Кочкарь Д.А., Богомолов В.В., Остапчик А.В., Орехов А.А.

ФОРМИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ ЦИФРОВОЙ ЛЕСНОЙ КАРТЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПЛАНАРНОГО ГРАФА	95
--	----

Ирадж Эльяси Комари, Горбенко А.В.

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ КРИТИЧНОСТИ ОТКАЗОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ FME(C)A – АНАЛИЗА	100
--	-----

Інформаційна безпека

Капгер И.В., Южаков А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЯХ LON ПО ГОСТ 28147-89	106
---	-----

Скатков И.А., Смагина А.О.

АНАЛИЗ ГАРАНТОСПОСОБНОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ НЕОДНОРОДНОГО СОСТАВА	111
--	-----

Коваленко Н.С., Коваленко А.Н.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОХРАНЫ СО СЛОЖНОЙ СТРУКТУРОЙ.....	118
--	-----

Чевардин В.Е., Пономарев И.Н., Прокопенко В. Г.

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ МАС-КОДОВ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ.....	122
---	-----

Системи контролю та діагностування

Иванченко О.В., Паткаускас А.В., Маврин С.А., Корощенко Н.Н.

ОБОБЩЕННЫЙ КРИТЕРИЙ СИНТЕЗА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	127
---	-----

Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю., Хинди Ш.Н.

ДВУХУРОВНЕВЫЙ АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ПРОВЕРЯЮЩИХ ТЕСТОВ ДЛЯ СХЕМ С ПАМЯТЬЮ	136
---	-----

Елисеев К.В.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ В ИССЛЕДОВАНИИ КРИВЫХ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ	141
--	-----

Гурвич Н.В., Ситников В.С., Теплетчук А.М.

ЭЛЕКТРОННАЯ ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ФОРСУНОК 145

Механа Сами

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ
КОМПЬЮТЕРНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ 150

Мартынюк А.Н.

СИНХРОНИЗАЦИЯ КОМПОЗИЦИЙ ТЕСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ 154

Котляр Є.Й.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВЗУТТЯ
ШЛЯХОМ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ МЕТОДІВ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 159

Поморова О.В., Чайковський Д.Ю.

АГЕНТНИЙ МЕТОД РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ
КЛАСТЕРНИХ СИСТЕМ 164

Поморова О.В., Гнатчук Є.Г.

ВИЯВЛЕННЯ СУПЕРЕЧЛИВОСТІ ПРАВИЛ В НЕЧІТКИХ БАЗАХ ЗНАНЬ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ 171

Надійність програмного забезпечення

Ильясов А.

ОБЪЕДИНЕНИЕ EVENT-В И ПОТОКА
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ДЕЙСТВИЙ 177

Жолткевич Г.Н., Перепелица И.Д., Соляник Ю.В., Тави М.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПРОГРАММ В ЗАДАЧАХ
ФОРМАЛЬНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ 182

Андрашов А.А., Кременчуцкий Ю.А., Харченко В.С.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ
ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРИ ИХ ПРОФИЛИРОВАНИИ 186

Конорев Б.М., Сергиенко В.В., Чертков Г.Н., Алексеев Ю.Г.

ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ НЕЗАВИСИМАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА СКРЫТЫХ
ДЕФЕКТОВ КРИТИЧЕСКОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ИНВАРИАНТОВ 192

Ляхов А.Л., Захаров С.А.

ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СПЕЦИФИКАЦИЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ
ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ 200

Мандрикова Л.В., Манжос Ю.С., Хоменко В.В.

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ РИСКОВ ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА
НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА 207

Туркин И.Б., Лучшев П.А.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СПУТНИКА ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ 212

Мищенко В.О.

МЕТРИКИ РАСШИРЕНИЙ ПРОГРАММ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 219

<i>Пригожєв А.С.</i> ЯЗЫКОНЕЗАВИСИМАЯ СРЕДА РАЗРАБОТЧИКА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	225
<i>Володарский Е.Т., Кошєвая Л.А.</i> ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.....	231
<i>Поляков Г.А., Толстолужская Е.Г., Шматков С.И.</i> МЕТОД ФОРМАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ЗАДАЧ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	235
<i>Поляков Г.А., Толстолужский Д.А.</i> МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ СЕМАНТИКО - ЧИСЛОВОЙ ВЕРИФИКАЦИИ СИ-ПРОГРАММ И ИХ ВРЕМЕННЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	240
<i>Харченко В.С., Одарущенко О.Н., Руденко А.А., Одарущенко Е.Б., Поночовный Ю.Л.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ	245
<i>Погребняк Т.П., Орєхова А.А.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНТЕРФЕЙСОВ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ: МОДЕЛЬ И ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ	250
<i>Яновский М.Э.</i> ОЦЕНКА ДИВЕРСНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСВЕННЫХ МЕТРИК	255
<i>Лобачєва Е.И.</i> КОНЦЕПЦИЯ И АРХИТЕКТУРА ОТЧЕТОВ ПО БЕЗПАСНОСТИ: ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛИЗА.....	261
<i>Фузани М.</i> АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СТАНДАРТАХ ПО БЕЗОПАСНОСТИ	268
Телекомунікаційні системи та радіоелектронні пристрої	
<i>Копылов Ю.А., Коновалов В.И.</i> ОБРАБОТКА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАТРИЧНЫХ ОПЕРАТОРОВ	275
<i>Слюсар В.І., Троцько О.О.</i> МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАРАНТОЗДАТНОГО ЗВ'ЯЗКУ З БПЛА З ВРАХУВАННЯМ ЕФЕКТУ ДОППЛєРА.....	280
<i>Дядык Д.Ф., Стрюк А.Ю.</i> МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	283
<i>Щєрбаков В.Е., Лукин К.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ/ПРИЕМА ДАННЫХ МЕЖДУ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА АВТОБАНЕ	288

Слюсар В.И., Зинченко А.А., Волошко С.В., Масесов Н.А.

МЕТОД КОРРЕКЦИИ НЕИДЕНТИЧНОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНЫХ КАНАЛОВ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ 295

Корж Ю.Н., Тыртышников А.И., Мартыненко А.М.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРА СДЦ
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ФЛЮКТУИРУЮЩЕЙ ЦЕЛИ..... 300

Польщиков К.О., Лаврут О.О., Дружинин С.В.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ
МЕРЕЖІ ШЛЯХОМ ЗМІНИ МІЖСЕГМЕНТНОГО ІНТЕРВАЛУ 304

Обчислення та пристрої, що реконфігуруються

Хаханов В.И., Сушанов А.В., Гузь О.А., Горобец А.А.

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ
НА КРИСТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ FPGA 309

Хаханов В.И., Чумаченко С.В., Tiesoura Yves, Галаган С.С.

ВСТРОЕННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ..... 314

Хаханов В.И., Литвинова Е.И., Ngene Christopher Umerah

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ
НА КРИСТАЛЛАХ 319

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК..... 324

Шановні читачі!

Науково-технічний журнал

“РАДІОЕЛЕКТРОННІ І КОМП’ЮТЕРНІ СИСТЕМИ”

включений до переліку наукових видань, в яких можуть друкуватися основні
результати дисертаційних робіт

(див. постанову президії ВАК України №1-05/10 від 10.12.2003)

Реферативна інформація зберігається:

– у загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» та публікується
у відповідних тематичних серіях УРЖ «Джерело» (вільний он-лайнний доступ до ресурсів
на Web-сервері <http://www.nbuv.gov.ua>);

– у реферативній базі даних Всеросійського інституту наукової і технічної інформації
(ВІНІТІ) Російської академії наук і публікується у відповідних тематичних серіях РЖ (вільний
он-лайнний доступ до ресурсів на Web-сервері [http:// www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)).

CONTENTS

Dependability of service-oriented systems

Rvachova N.V.

MATHEMATICAL MODEL A CONTROL SEGMENT INTERVAL
OF INFORMATION NETWORK IN COMPLIANCE WITH METHOD ADAPTIVE RATE..... 13

Kulik A.S., Chukhray A.G., Anzenberger P.

THE TASKS OF DEVELOPMENT OF ADAPTIVE COMPUTER TOOL FOR SQL TUTORING 19

Kuznetsova Yu.A., Sokolova E.V.

ADAPTIVE MANAGEMENT BY DATA SERVER IN SCADA-SYSTEMS 26

Savenko O.S., Mostovoy S.V.

ALGORITHM OF FORECASTING OF A STATUS OF PROCESSES
IN THE PERSONAL COMPUTER..... 32

Gordieiev A.A., Gordieieva D.V., Goncharenko A.A.

BUSINESS-CRITICAL WEB-SERVICES USABILITY ASSESSMENT 37

Bazylevych R.P., Kutelmah R.K.

AN OPTIMIZATION ALGORITHM OF TRAVELING SALESMAN PROBLEM SOLVING
IN LOCAL SPACE..... 41

Kharchenko V.S.

DEPENDABLE SYSTEMS AND MULTI-VERSION COMPUTING:
ASPECTS OF EVOLUTION 46

Syrotyuk A.I.

DEPENDABLE WEB-INFRASTRUCTURE ARCHITECTURING 60

Furmanov A.A., Lahizga I.N., Kharchenko V.S.

DEPENDABLE SERVIS-ORIENTED ARCHITECTURE MODELING WITH VULNERABILITY
USED ATTACKS..... 65

Fault-tolerant systems

Yaskova K.V., Barsov V.I., Krasnobayev V.A., Kowman S.A., Abdylah Khery Ali

METHOD OF REALIZATION OF ARITHMETIC OPERATIONS ON THE BASIS
OF THE USE OF MODULYARNOY NUMBER SYSTEM 70

Romankevich A.M., Maidanyuk I.V., Potapova E.R.

ABOUT THE GL-MODELS TRANSFORMATION COMPLEXITY ON THE BEGINNING
OF FAULT-TOLERANT MULTIPROCESSOR SYSTEMS DESIGN..... 74

Blagodarny N.P., Ostroumov B.V., Sidorenko N.F., Tronenko D.S.

ESTIMATIONS OF NUMBER FAILURE PROCESSORS MODULES MATRIX
PROCESSORS ON ACTIVE INTERVALS USELESS..... 78

Fedukhin A.V., Cespedes-Garsia N.V.

MODELING RELIABILITY UNRESTORABLE SYSTEM WITH THE STRUCTURE OF TYPE «K OF N» WITH RECONFIGURATION	82
--	----

Dubnitsky V.J., Protsenko A.G.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF RANDOM NUMBER GENERATORS IN STATGRAPHICS AND MATHCAD SYSTEMS	85
---	----

Functional safety and survivability

Izvalov A.V., Nedelko V.N., Nedelko S.N., Palennyi A.S., Soroka M.Yu.

MODEL OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS' TRAINING QUALITY MANAGEMENT PROCESSES	89
--	----

Kochar D.A. Bogomolov V.V. Ostapchik A.V. Orehov A.A.

FORMATION TOPOLOGICAL RELATIONS BETWEEN THE GEOMETRIC OBJECTS OF DIGITAL FOREST MAPS ON BASIS OF PLANAR GRAPHS ANALYSIS	95
--	----

Iraj Elyasi Komari, A.V.Gorbenko

METHOD OPTIMUM THE CHOICE OF MEANS REDUCTION OF CRITICALITY FAILURES BY RESULTS OF FME (C) A - ANALYSIS	100
--	-----

Information security

Kapger I.V., Yuzhakov A.A.

APPLICATION OF CRYPTOGRAPHIC CONVERSIONS OF MESSAGES IN INDUSTRIAL LON NETWORKS UNDER GOST 28147-89	106
--	-----

Skatkov I.A., Smagina A.O.

ANALYSIS OF ENCRYPTIC SYSTEM PROTECTION DEPENDABILITY OF NONUNIFORM STRUCTURE	111
--	-----

Kovalenko N.S., Kovalenko A.N.

MODELS AND METHODS OF DEVELOPMENT COMPUTER-INTEGRATED SYSTEMS OF GUARD WITH DIFFICULT STRUCTURE	118
--	-----

Chevardin V.E., Ponomarev I.N., Prokopenko V.G.

ESTIMATION OF FIRMNESS OF MAC-CODES AND PERSPECTIVE PATHS OF DEVELOPMENT	122
---	-----

Systems of diagnostics and checking

Ivanchenko O.V., Patkauskas A.V., Mavrin C.A., Koroschenko N.N.

GENERALISED CRITERION OF THE SYNTHESSES OF THE ADAPTIVE SYSTEM TECHNICAL DIAGNOSTICS COMPLEX INDUSTRIAL OBJECT	127
---	-----

Skobtsov Yu.A., Skobtsov V.Yu., Hindi Sh.N.

TWO-LEVEL ALGORITHM OF TEST PATTERN GENERATION FOR CIRCUITS WITH MEMORY	136
--	-----

<i>Eliseev K.V.</i> GEOMETRIC IMAGES OF RESEARCH ELECTROCARDIOGRAM CURVES.....	141
<i>Gurvich M.V., Sitnikov V.S., Tepletchik A.M.</i> ELECTRONIC DIAGNOSTICS AND CONTROL OF SPRAYERS.....	145
<i>Sami Mehana</i> AN EXPERT SYSTEM FOR COMPUTER FAILURE DIAGNOSIS.....	150
<i>Martynyk A.N.</i> TEST PROCESSES COMPOSITION SYNCHRONIZATION.....	154
<i>Kotlyar Y.Y.</i> AN INCREASE OF EFFICIENCY OF FOOTWEAR PRODUCTION ENDOWMENT BY INTELLIGENT METHODS OF SUPPORT DECISION-MAKING.....	159
<i>Pomorova O.V., Chaykovskiy D.Y.</i> AGENT METHOD OF PARALLEL PROCESSING DIAGNOSIS CLUSTER SYSTEMS.....	164
<i>Pomorova O.V., Gnatchuk E.G.</i> REVEALING CONTRADICTION OF RULES IN FUZZY KNOWLEDGE BASES OF ARTIFICIAL TECHNICAL DIAGNOSIS SYSTEMS.....	171
 Software reliability	
<i>Iliasov A.</i> ON COMBINING EVENT-B AND WORKFLOW	177
<i>Zholtkevych G.N., Perepelytsia I.D., Solianik Yu.V., Thawi M.</i> ABOUT ONE PROGRAM MODEL FOR VERIFICATION PROBLEM.....	182
<i>Andrashov A.A., Kremenchutskiy U.A., Kharchenko V.S.</i> ANALYSIS OF REQUIREMENTS PRESENTATION MODELS TO SOFTWARE DURING THEIR PROFILING.....	186
<i>Konorev B.M., Sergiyenko V.V., Chertkov G.N., Alexeev U.G.</i> PROVEN INDEPENDENT VERIFICATION AND LATENT FAULT FORECASTING OF THE CRITICAL SOFTWARE ON THE BASE OF DIVERSE INVARIANT MEASUREMENT	192
<i>Lyakhov A.L., Zakharov S.A.</i> PRINCIPLES OF SPECIFICATIONS COMPUTERS TEACHING SYSTEMS DEVELOPMENT	200
<i>Mandrikova L.V., Manzhos Y.S., Khomenko V.V.</i> THE METHOD FOR SOFTWARE PROJECT RISKS IDENTIFICATION, BASED ON THE PROBABILISTIC ESTIMATION	207
<i>Turkin I.B., Luchshev P.A.</i> A SIMULATION OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF SATELLITE BY NEURAL NETWORKS FOR VERIFICATION OF SOFTWARE FOR AUTOMATION OF TEST.....	212

<i>Mishchenko V.O.</i> MEASURES FOR EXTENSIONS OF PROGRAMS FOR NUMERICAL	219
<i>Prigozhev A.S.</i> SOFTWARE TESTING LANGUAGE INDEPENDENT ENVIRONMENT FOR PROGRAM ENGINEER	225
<i>Volodarskiy E.T., Koshevaya L.A.</i> TERMINOLOGICAL FEATURES OF THE SOFTWARE QUALITY ASSESSMENT	231
<i>Polyakov G.A., Tolstolyzskaya E.G., Schmatkov S.I.</i> METHOD OF FORMAL DECOMPOSITION OF TASKS FOR PARALLEL COMPUTING SYSTEMS.....	235
<i>Polyakov G.A., Tolstolyzskiy D.A.</i> TECHNIQUE OF COMPLEX SEMANTIC - NUMERICAL VERIFICATION OF C-PROGRAMS AND THEIR TIME PARALLEL MODELS	240
<i>Kharchenko V.S., Odarushchenko O.N., Rudenko A.A., Odarushchenko E.B., Ponochovniy Y.L.</i> THE MODELLING OF SERVED COMPUTER SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE SECONDS DEFECTS OF PROGRAM MEANS.....	245
<i>Pogrebnyak T.P., Orehova A.A.</i> QUALITY ASSESSMENT INTERFACE SOFTWARE SYSTEMS: MODEL ELEMENTS AND METHODS	250
<i>Yanovsky M.E.</i> THE DIVERSITY APPRAISAL OF SOFTWARE WITH THE USE OF INDIRECT METRICS.....	255
<i>Lobachova K.I.</i> THE CONCEPT AND ARCHITECTURE OF SAFETY CASES: ELEMENTS OF ANALYSIS	261
<i>Fusani M.</i> EXAMINING SOFTWARE ENGINEERING REQUIREMENTS IN SAFETY-RELATED STANDARDS	268
 Telecommunication systems and radio-electronic units	
<i>Kopylov Ju.A., Kononov V.I.</i> PROCESSING OF DISCRETE INFORMATION BY MATRIX OPERATORS.....	275
<i>Slyusar V.I., Trocko A.A.</i> METHODS OF MAINTENANCE OF THE GUARANTEED COMMUNICATION WITH UAV TAKING INTO ACCOUNT DOPPLER'S EFFECT.....	280
<i>Dyadik D.F. Stryuk A.Y.</i> METHOD OF THE PRELIMINARY ASSESSMENT OF IMAGE COMPRESSION DEGREE	283

Scherbakov V.Ye., Lukin K.A.

THE MODELING OF SYSTEM FOR VEHICLE-TO-VEHICLE DATA TRANSMISSION/RECEPTION ON HIGHWAY	288
---	-----

Slyusar V.I., Zinchenko A.O., Voloshko S.V., Masesov M.O.

METHOD OF CORRECTION POLARIZATION ERROR THE RECEIVING CHANNELS OF THE DIGITAL ANTENNA ARRAY	295
--	-----

Korzh Y.N., Tyrtyshnikov A.I., Martynenko F.M.

THE COMPARATIVE ESTIMATION OF EFFICIENCY OF FILTER OF SDC FOR THE DIFFERENT MODELS OF FLUCTUATION PURPOSE.	300
--	-----

Polschykov K.O., Lavrut O.O., Druzhinin S.V.

SIMULATION MODEL OF FLOWS CONTROL IN INFORMATION NETWORK BY CHANGE OF SEGMENT INTERVAL	304
---	-----

Reconfigurable computing and systems

Hahanov V.I., Sushanov A.V., Guz O.A., Gorobets A.A.

REPAIR METHOD FOR FPGA DIGITAL SYSTEMS	309
--	-----

Hahanov V.I., Chumachenko S.V., Tiecoura Yves, Galagan S.S.

EMBEDDED DIAGNOSIS OF DIGITAL SYSTEMS	314
---	-----

Hahanov V.I., Litvinova E.I., Ngene Christopher Umerah

INFRASTRUCTURE IP FOR RECENT DIGITAL SYSTEMS-ON-CHIPS.....	319
--	-----

INDEX	324
-------------	-----

УДК 681.326:519.613

В.И. ХАХАНОВ, А.В. СУШАНОВ, О.А. ГУЗЬ, А.А. ГОРОБЕЦ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ FPGA

Предлагается метод покрытия дефектных логических блоков цифровых систем на кристаллах ремонтными клетками путем обхода матрицы логических блоков в целях восстановления работоспособности компонентов программируемой логики. Метод позволяет получать решение в виде квазиоптимального покрытия всех дефектных блоков минимальным числом ремонтных клеток. Предлагается выбор одной из двух стратегий обхода строк или столбцов матрицы логических блоков на основании критериев структуризации, определяющих число неисправных блоков, приведенных к фактическому единичному каркасу модифицированной матрицы строк или столбцов.

Ключевые слова: дефект, восстановление работоспособности, матрица логических блоков, программируемая логика.

Введение

Технологические решения, представленные в работе и предназначенные для восстановления работоспособности цифровых изделий в пакетах и на кристаллах, в части их актуальности и перспективности для рынка электронных технологий хорошо коррелируются с аналитическими исследованиями рынка электроники на 2009 год, сформулированными в виде «Горячей ИТ-десятки» от Gartner Research Group:

- 1) виртуализация;
- 2) «облачные вычисления» (cloud computing);
- 3) серверы будущего, идущие на смену blade-серверам;
- 4) веб-ориентированные архитектуры;
- 5) смешанные корпоративные приложения (mashups);
- 6) специализированные системы;
- 7) социальные сети и программное обеспечение для них;
- 8) объединенные коммуникации (unified communications);
- 9) бизнес-аналитика;
- 10) «зеленые» ИТ, источник: <http://www.gartner.com>.

Согласно пункту 6 топ-десятки ниже рассмотрена проблема адаптации технологий тестирования цифровых систем для нового конструктивного поколения – System-in-Package (SiP), которое постепенно осваивает рынок электронных технологий [1,2]. Пакет кристаллов формирует спектр новых задач сервисного обслуживания SiP-функциональ-

ностей в реальном масштабе времени, который существенно отличается от процессов встроенного диагностирования компонентов SoC (System on Chip).

Ервант Зориан, ведущий ученый в области Design and Test на планете [3]: “В настоящее время основная проблема ремонта цифровой системы на кристалле будет заключаться в разработке технологий и методов встроенного восстановления работоспособности логики, хотя последняя занимает не более 10% от площади кристалла”.

Цель исследования – разработка метода встроенного диагностического обслуживания цифровых систем на кристаллах на основе обхода строк и столбцов логической матрицы кристалла для повышения тестопригодности, качества и надежности функционирования цифровых изделий.

Задачи исследования:

- 1) разработка матричной модели логических блоков цифрового кристалла в виде клеток функциональностей, содержащих неисправности;
- 2) разработка метода покрытия неисправных логических блоков цифровой системы на кристалле ремонтными клетками путем обхода строк или столбцов матрицы;
- 3) тестирование и верификация метода на примерах матриц логических блоков, содержащих различные неисправные конфигурации.

1. Матричная модель представления логических блоков цифрового кристалла

Топология кристалла представлена матрицей клеток $M = \|M_{ij}\|_{i=1,p; j=1,q}$, масштабируемой по

горизонталі і вертикалі цілими числами ($p \times q$) [4-6]. Кожна клітка M_{ij} має n^2 логічних блоків. Матриця має довільне число дефектів, рівне k . В кожній клітці може бути не більше ніж n^2 несправних логічних блоків.

Приклад матриці кліток з дефектами представлений на рис. 1, де розмірність клітки n дорівнює 3, а розмірність матриці в масштабі числа кліток по рядках і стовпцям дорівнює 5.

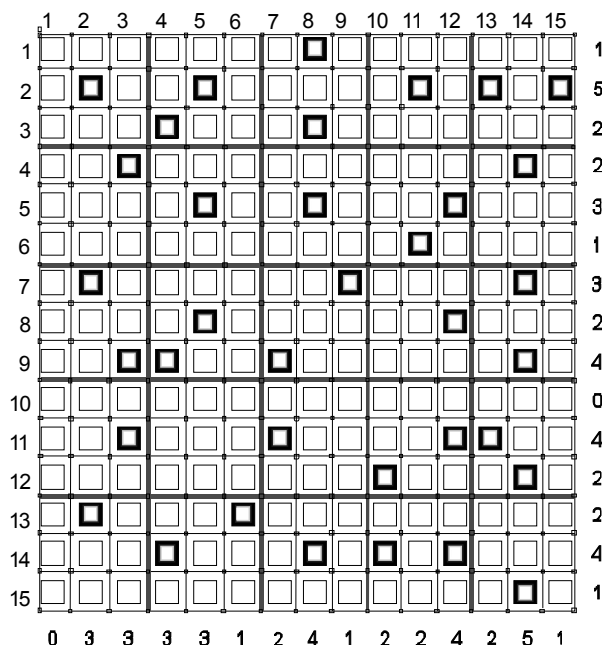


Рис. 1. Матриця блоків FPGA в масштабі кліток

2. Метод покриття несправностей путем обхода матрицы логических блоков

Метод обхода матрицы логических блоков в целях восстановления работоспособности компонентов FPGA, приводящий к квазиоптимальному покрытию всех дефектных блоков минимальным числом ремонтных клеток, представлен следующими пунктами:

1. Определение координат всех дефектных блоков матрицы $M = |M_{ij}|$, задающей топологию кристалла.

2. Построение двоичных матриц покрытия дефектных блоков путем обхода клеток по строкам и столбцам, размерность которых соответственно определяется параметрами:

$$M_r = |M_{ij}^r|, i = \overline{1, p/n}; j = \overline{1, q} ;$$

$$M_c = |M_{ij}^c|, i = \overline{1, p}; j = \overline{1, q/n} .$$

Здесь каждые n координат строки (столбца) заменяются одной со значением в ней, определяемой $f^r(f^c)$ функцией Or от n координат.

$$M_{ij}^c = f^r(f^c) = \begin{cases} 0 \leftarrow (000); \\ 1 \leftarrow (1XX) \vee (X1X) \vee (XX1), X = \{0, 1\}. \end{cases}$$

Например, процедура получения матрицы обхода строк приводит к результату

$$M = |M_{ij}| = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{f^r} M_r =$$

$$= |M_{ij}^r| = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Здесь каждый столбец сжимается в две координаты по правилам логической операции Or , поскольку параметр клетки n , здесь и далее, равен 3.

Аналогично, процедура получения матрицы обхода столбцов дает результат

$$|M_{ij}| = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{f^c} |M_{ij}^c| = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} .$$

3. Определение критериев качества покрытия дефектных блоков путем использования полученных двоичных матриц на основе подсчета числа единичных координат, приведенных к фактическому единичному каркасу матриц. Критерий построчного покрытия дефектных блоков представлен следующим выражением:

$$Q_r = \sum_{i=1}^{p/n} \left[\frac{1}{H_i^r - L_i^r + 1} \sum_{j=1}^q M_{ij}^r \right] .$$

Здесь $H_i^r(L_i^r)$ – максимальный (минимальный) индекс j -координаты для строки матрицы $|M_{ij}^r|$, после (до-) которой в строке могут быть только нулевые значения координат. Фактически $H_i^r - L_i^r + 1$ есть интервал разброса единиц в строке матрицы $|M_{ij}^r|$, к которому приводится сумма единичных координат строки. Далее приведенные оценки всех строк суммируются, что и является критерием эффективности построчного покрытия дефектных блоков.

Критерий покрытия дефектных блоков по столбам имеет следующий вид:

$$Q_c = \sum_{j=1}^{q/n} \left[\frac{1}{H_j^c - L_j^c + 1} \sum_{i=1}^p M_{ij}^c \right].$$

Здесь $H_j^c (L_j^c)$ – максимальный (минимальный) индекс i -координаты для столбца матрицы $|M_{ij}^c|$, после (до-) которой в столбце могут быть только нулевые значения координат. Фактически $H_j^c - L_j^c + 1$ есть интервал разброса единиц в столбце матрицы $|M_{ij}^c|$, к которому приводится сумма единичных координат столбца. Далее приведенные оценки всех столбцов суммируются, что и является критерием эффективности покрытия дефектных блоков по столбцам.

4. Принятие решения о выборе стратегии $S = \{S_r, S_c\}$ покрытия дефектных логических блоков резервными клетками путем сравнения значений критериев структуризации Q_r, Q_c для строк и столбцов:

$$S = \begin{cases} S_r \leftarrow Q_r < Q_c; \\ S_c \leftarrow Q_r \geq Q_c. \end{cases}$$

В первом случае выполняется стратегия покрытия дефектных блоков путем последовательного обхода всех клеточных строк. Во втором – осуществляется обход клеточных столбцов.

5. Стратегия обхода клеток матрицы по строкам. Выполняется на модифицированной матрице $|M_{ij}^r|$. Каждая строка матрицы представлена двоичным вектором $M_i^r = (M_{i1}^r, M_{i2}^r, \dots, M_{ij}^r, \dots, M_{iq}^r)$. Шаг 1. Обнуление счетчика нулевых координат и счетчика числа ремонтных клеток: $j = 0, Q = 0$. Шаг 2. Последовательное сканирование ячеек вектора $j = j + 1 \leftarrow M_{ij}^r = 0$ до первой встреченной единицы $M_{ij}^r = 1 \rightarrow (Q = Q + 1, j = j + n - 1)$. От данной 1 отсчитывается n ячеек, которые покрываются ремонтной клеткой. Число ремонтных клеток Q увеличивается на 1. Шаг 3. Если выполняется условие $j \geq q$ – конец процедуры обработки строки. Иначе – переход к шагу 2.

Описанная процедура применяется ко всем строкам модифицированной матрицы $|M_{ij}^r| (|M_{ij}^c|)$ в результате чего счетчик Q будет содержать минимальное число ремонтных клеток, необходимых для покрытия всех дефектных блоков. Аналогично выполняется стратегия обхода клеток матрицы по

столбцам ($|M_{ij}^c|$). В данном случае изменению в процедуре обхода подлежит индекс столбца i вместо j .

6. Определение качества покрытия полученного варианта решения путем подсчета числа дефектных блоков матрицы, приведенных к минимальному числу резервных клеток N , покрывающих все неисправные блоки:

$$Q_{cr} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n F_i.$$

7. Конец выполнения процедуры поиска квазиоптимального покрытия дефектных блоков резервными клетками.

Пример. Для кристалла, представленного на рис. 1, в соответствии с пунктом 2 модели процесса восстановления работоспособности выполняется построение двух матриц:

$$M_r = \begin{array}{cccccccccccccccc} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

$$M_c = \begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Далее, в соответствии с пунктом 3, выполняется подсчет критериев структуризации для представленных выше матриц:

$$\begin{aligned} Q_r &= \sum_{i=1}^{p/n} \left[\frac{1}{H_i^r - L_i^r + 1} \sum_{j=1}^q M_{ij}^r \right] = \\ &= \frac{7}{14} + \frac{6}{12} + \frac{8}{13} + \frac{6}{12} + \frac{7}{13} = 2,64. \\ Q_c &= \sum_{j=1}^{q/n} \left[\frac{1}{H_j^c - L_j^c + 1} \sum_{i=1}^p M_{ij}^c \right] = \\ &= \frac{6}{12} + \frac{7}{13} + \frac{7}{14} + \frac{7}{13} + \frac{7}{14} = 2,58. \end{aligned}$$

Как видно из упомянутых выше критериев, приведенное к единичному каркасу матрицы число

дефектных координат по столбцам меньше чем по строкам. Поэтому, с учетом пункта 4, выбирается стратегия решения задачи покрытия путем обхода столбцов покрытия:

$$S_c \leftarrow (Q_r = 2,64 \geq Q_c = 2,58).$$

Структурная привлекательность столбцов выше, чем строк, поскольку приведенное к матрице число дефектов здесь меньше.

Данный путь дает фактическое качество покрытия – число неисправных логических блоков матрицы (на одну ремонтную клетку), приведенное к необходимому количеству резервных компонентов, равное

$$Q_c^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n F_i = 36 / 20 = 1,8.$$

Для сравнения – процедура обхода строк дает более низкое качество

$$Q_r^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n F_i = 36 / 21 = 1,71.$$

Последнее покрытие множества дефектов имеет на 1 клетку больше (21), чем решение, полученное первым способом (20). Таким образом, выбор стратегии покрытия на основе подсчета и сравнения критериев подсчета числа единичных координат, приведенных к фактическому единичному каркасу матриц, подтверждает их состоятельность и последующую оптимальность полученного покрытия.

На рис. 2 приведена статистика обработки различных видов матриц логических блоков с дефектными компонентами. Она свидетельствует о правомерности применения предложенного критерия, который во всех случаях, кроме последнего указывает на оптимальную и эффективную стратегию выбора обхода матрицы для получения минимального покрытия ремонтными клетками дефектных логических блоков.

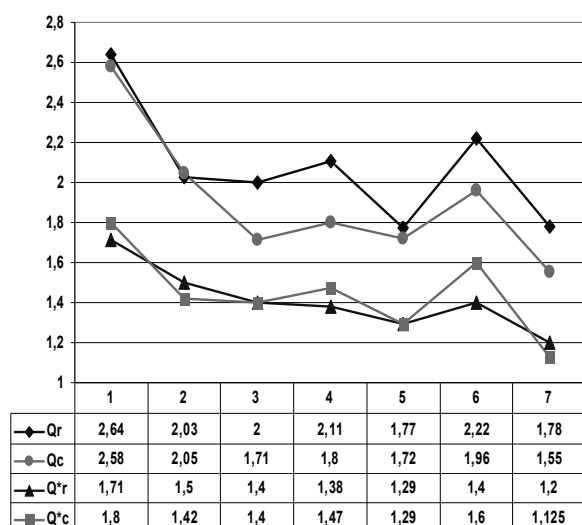


Рис. 2. Критерии структуризации и качество покрытия для примеров

В последнем варианте критерий структуризации по строкам выше, чем по столбцам $Q_r = 1,78 > Q_c = 1,55$, что является основанием для выполнения покрытия дефектов по столбцам. В данном случае было получено качество покрытия, равное $Q_c^* = 1,125$, что соответствует 16 ремонтным клеткам, необходимым для восстановления работоспособности всех 18 дефектных блоков. В то время как оптимальное решение есть обход матрицы по столбцам, где качество покрытия определяется значением $Q_c^* = 1,2$, что соответствует только 15 ремонтным клеткам.

Заключение

Метод обхода матрицы логических блоков предназначен для восстановления работоспособности компонентов FPGA путем получения решения в виде квазиоптимального покрытия всех дефектных блоков минимальным числом ремонтных клеток. Предлагается выбор одной из двух стратегий обхода строк или столбцов матрицы логических блоков на основании критериев структуризации, определяющих число неисправных блоков, приведенных к фактическому единичному каркасу модифицированной матрицы строк или столбцов.

Научная новизна. Предложена матричная модель логических блоков цифрового кристалла в виде клеток функциональностей, содержащих неисправности. Модель позволяет выполнять восстановление работоспособности компонентов программируемой логики с помощью разработанного метода покрытия неисправных логических блоков цифровой системы на кристалле ремонтными клетками путем обхода строк или столбцов матрицы FPGA. Метод позволяет получать решение в виде квазиоптимального покрытия множества дефектных блоков минимальным числом ремонтных клеток.

Практическая значимость заключается в привлекательности предложенного метода для рынка электронных технологий, который позволяет определить минимальное число ремонтных блоков для восстановления работоспособности цифрового изделия, имплементированного в кристалл SoC/SiP.

Литература

1. Pontarelli S. Reliability Evaluation of Repairable/Reconfigurable FPGAs / S. Pontarelli, M. Ottavi, V. Vankamamidi, A. Salsano, F. Lombardi. // 21st IEEE International Symposium on Defect and Fault-Tolerance in VLSI Systems (DFT'06).— October, 2006.— P. 227-235.
2. Rickert P. Cell Phone Integration: SiP, SoC, and PoP / P. Rickert, W. Krenik // IEEE Design and Test of Computers. — May–June, 2006. — P. 188-195.

3. Yervant Z. *Gest editors' introduction: Design for Yield and reliability* / Z. Yervant, G. Dmytris // *IEEE Design & Test of Computers*. – May-June 2004. – P. 177-182.

4. Hahanov V. *Diagnosis and repair method of SoC memory* / V. Hahanov, A. Hahanova, S. Chumachenko, S. Galagan // *WSEAS transactions on circuits and systems*. – 2008. – Vol. 7. – P. 698-707.

5. Hahanov V. *Algebra-logical diagnosis model for SoC F-IP* / V. Hahanov, V. Obrizan, E. Litvinova, Ka Lok Man. // *WSEAS transactions on circuits and systems*. – 2008. – Vol. 7. – P. 708-717.

6. *Algebro-Logical Embedded Memory Repair Method* / V.I. Hahanov // *Automation Control Systems and Devices*. – 2008. – № 140.

Поступила в редакцію 12.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заведуючий кафедрой ЭВМ А.А. Мельник, Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина.

МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ У КРИСТАЛАХ НА ОСНОВІ FPGA

В.І. Хаханов, О.В. Сушанов, О.О. Гузь, О.О. Горобець

Матрична модель логічних блоків цифрового кристалу у вигляді клітин функціональностей, що містять несправності, та оснований на ній метод покриття дефектних логічних блоків ремонтними клітинами шляхом обходу матриці CLB в цілях відновлення працездатності компонентів програмовної логіки дозволяють отримати рішення у вигляді квазіоптимального покриття множини дефектних блоків найменшою кількістю ремонтних клітин.

Ключові слова: дефект, відновлення працездатності, матриця логічних блоків, програмовна логіка.

REPAIR METHOD FOR FPGA DIGITAL SYSTEMS

V.I. Hahanov, A.V. Sushanov, O.A. Guz, A.A. Gorobets

The matrix model of FPGA complex logic blocks in the form of tiles, which include defects, and defect coverage method by means of CLB matrix traverse to repair of FPGA components enable to obtain the solutions in the form of quasi-optimal coverage of a defect set by minimal quantity of spare tiles.

Key words: fault, repair, logic block matrix, programmable logic.

Хаханов Владимир Иванович - д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ Харьковского национального университета радиоэлектроники, декан факультета КИУ ХНУРЕ, Харьков, Украина, e-mail: hahanov@kture.kharkov.ua.

Сушанов Алексей - студент факультета Компьютерной инженерии и управления Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина.

Гузь Олеся Алексеевна - зав. кафедрой специализированных компьютерных систем Донецкого института автомобильного транспорта, Донецк, Украина.

Горобец Александр Александрович - аспирант кафедры АПВТ Харьковского национального университета радиоэлектроники, Харьков, Украина.