

РАЗРАБОТКА РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ БИБЛИОТЕК ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ МИКРОСХЕМ

Д.Б. Иванищенко¹, С.А. Сазонова¹, Салма Актер¹, А.И. Заревич¹, В.А. Смерек²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

²АО «Научно-исследовательский институт электронной техники»

Аннотация. Статья посвящена созданию радиационно-стойких библиотек элементов для криптографических микросхем, применяемых в космической аппаратуре. Рассмотрены основные этапы разработки, включая анализ внешней радиационной обстановки, выбор конструктивных решений и внедрение средств автоматизации проектирования. Подчеркивается важность комплексного подхода к повышению стойкости изделий.

Ключевые слова: библиотеки элементов, радиационная стойкость, криптографические микросхемы, информационная система.

DEVELOPMENT OF RADIATION-RESISTANT LIBRARIES OF ELEMENTS FOR CRYPTOGRAPHIC CHIPS

D.B. Ivanishchenko¹, S.A. Sazonova¹, Salma Akter¹, A.I. Zarevich¹, V.A. Smerek²

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
JSC "Research Institute of Electronic Engineering"

Abstract. This article focuses on the development of radiation-hardened libraries of elements for cryptographic microcircuits used in space equipment. The main stages of development are considered, including analysis of external radiation conditions, selection of structural solutions, and implementation of automated design tools. The importance of a comprehensive approach to improving the radiation resistance of devices is emphasized.

Keywords: libraries of elements, radiation resistance, cryptographic chips, information system

Введение

Создание радиационно-стойких библиотек элементов является ключевым этапом в разработке криптографических микросхем для космического применения. Такие библиотеки должны включать базовые логические элементы, такие как вентили, триггеры и мультиплексоры, адаптированные для работы в условиях воздействия тяжелых заряженных частиц. Это позволяет значительно сократить время проектирования и повысить качество конечного продукта.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики, связаны с необходимостью учета множества факторов: проектных норм, материалов, используемых в производстве, и требований заказчика. Для их решения требуется интеграция современных методик моделирования и автоматизации проектирования.

Библиотеки элементов

При разработке библиотек элементов необходимо учитывать ряд требований, предъявляемых к радиационной стойкости. К ним относятся:

1. Устойчивость к одиночным событиям.
2. Надежность при длительном воздействии накопленной дозы.
3. Совместимость с существующими технологическими процессами.

Для удовлетворения этих требований применяются различные методы защиты, включая использование новых материалов, резервирование элементов и корректирующие коды.

Основными элементами библиотеки являются логические вентили и триггеры, адаптированные для работы в условиях космического излучения. Для повышения их стойкости применяются следующие техники:

- Использование технологии "кремний-на-изоляторе" (SOI).
- Включение защитных диодов и резисторов.
- Оптимизация геометрических размеров активных областей.

Таблица 1 содержит сравнение характеристик стандартных и радиационно-стойких элементов.

Таблица 1 – Сравнение характеристик элементов

Характеристика	Стандартный элемент	Радиационно-стойкий элемент
Пороговый заряд, нс	5	10
Временная задержка, нс	3	5

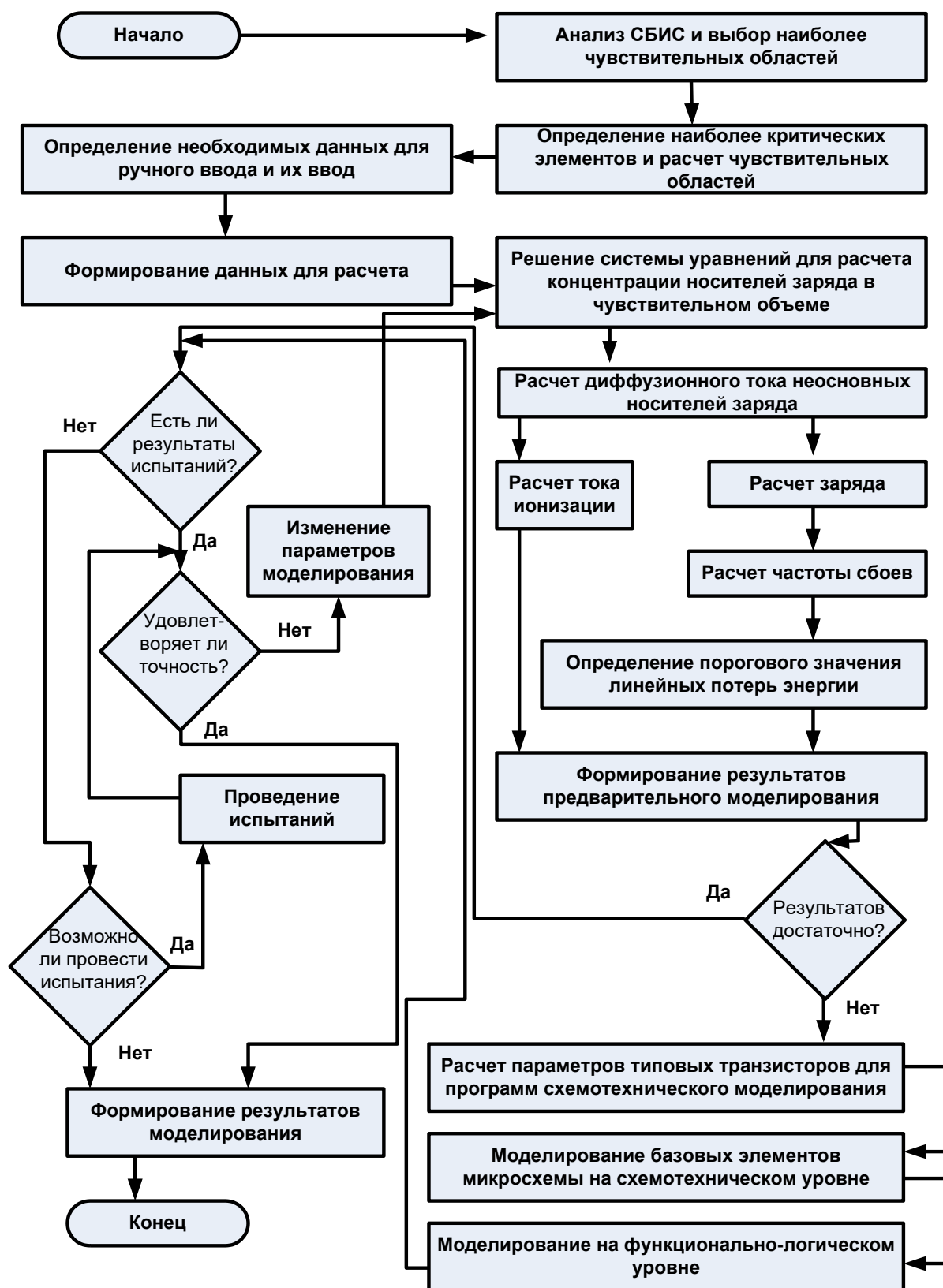


Рисунок 1 – Алгоритмическая основа определения показателей стойкости СБИС к ОС

Интеграция в САПР

Разработанные библиотеки успешно интегрированы в популярные системы автоматизации проектирования (САПР), такие как Cadence и Synopsys. Это позволило значительно ускорить процесс разработки сложных микросхем и повысить их качество. Алгоритм определения показателей стойкости СБИС представлен выше на рисунке 1.

Практическое внедрение библиотек показало их высокую эффективность. По сравнению с традиционными методами проектирования время разработки сократилось на 30%, а стоимость проекта уменьшилась на 20%. Кроме того, использование библиотек позволило достичь значительного повышения радиационной стойкости микросхем.

Заключение

Создание радиационно-стойких библиотек элементов является важным шагом на пути к разработке надежных криптографических микросхем для космического применения. Предложенные в статье методы и решения позволяют эффективно решать задачи повышения стойкости и оптимизации процесса проектирования. Будущие исследования должны сосредоточиться на дальнейшем совершенствовании этих технологий и их адаптации к новым требованиям.

Список литературы

1. Чумаков, А. И. Действие космической радиации на интегральные схемы / А. И. Чумаков. – М.: Радио и связь, 2004. – 46 с.
2. Colinge, J. P. Hardening Integrated Circuits against Radiation Effects / J. P. Cjlinge // RADECS-97 Short Course. 1997.
3. Weatherford, T. From Carriers to Contacts, a Review of SEE Charge Collection Processes in Devices // IEEE NSREC Short Course Notes. – 2002, pp. IV-1 – IV-53.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
5. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и

процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

6. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Chumakov, A. I. The effect of cosmic radiation on integrated circuits / A. I. Chumakov. – M.: Radio and Communications, 2004. – 46 p.

2. Colinge, J. P. Hardening Integrated Circuits against Radiation Effects / J. P. Cjlinge // RADECS-97 Short Course. 1997.

3. Weatherford, T. From Carriers to Contacts, a Review of SEE Charge Collection Processes in Devices // IEEE NSREC Short Course Notes. – 2002, pp. IV-1 – IV-53.

4. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

5. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.