предлагаемый метод обладает хорошим показателем PSNR, а значит обладает и высокой способностью встраивания.

1. Amitava Nag, Sushanta Biswas, Debasree Sarkar and Partha Pratim Sarkar, "A Novel Technique for Image Steganography Based on DWT and Huffman Encoding", International Journal of Computer Science and Security, (IJCSS), Vol. 4, No. 6, pp 561- 570, 2010 [15].
2. Divya Saxena, "Digital Watermarking Algorithm based on Singular Value Decomposition and Arnold Transform", International Journal of Electronics and Computer Science Engineering (IJECSSE)", Vol. 1, No. 1, pp 22-27
3. David Frith, "Steganography Approaches, Options and Implications", Network Security, August 2007.
4. Abbas Cheddad, Joan Condell, Kevin Curran and Paul McKeivitt, "Biometric Inspired Digital Image Steganography", IEEE.
5. R. Amirtharajan, R. Akila, P. Deepika Chowdavarapu, "Comparative Analysis of Image Steganography", International Journal of Computer Applications, volume 2 – No.3, May 2010.
6. S.K. Muttu, Sushil Kumar, "A multilayered secure, robust and high capacity image steganographic algorithm", 2011.

Литвиненко Р.С.

Исследование прототипа микромодуля хранения информации с повышенной устойчивостью к радиационному излучению

*Научно-производственный комплекс «Технологический центр»
(Россия, Москва, Зеленоград)*

doi:10.18411/spc-12-06-2018-06

ids: 000001:spc-12-06-2018-06

На сегодняшний день одно из наиболее быстро развивающихся направлений в микроэлектронике – это создание радиационно-стойкой электронной компонентной базы для аппаратуры с повышенной устойчивостью к воздействиям ионизирующего излучения космического пространства. Движущей силой в данном случае является растущий рынок запусков космических аппаратов и транспортных систем различного назначения. Воздействие ионизирующего излучения космического пространства предъявляет повышенные требования к микросхемам по устойчивости к сбоям. Особенно остро стоит вопрос сохранности информации на запоминающих устройствах в условиях повышенной радиации.

Объектом исследования является прототип микромодуля оперативного хранения информации бортовой аппаратуры космических аппаратов. Прототип микромодуля имеет в составе программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), на которой реализован контроллер управления, флэш-память, а также микросхему тиристорной защиты. Электрическая схема микромодуля представлена на рисунке 1.

Контроллер управления выполняет задачи доступа, чтения, записи информации в микросхему памяти. Задача контроллера управления также состоит в повышении радиационной стойкости микромодуля за счет применения корректирующих кодов. Контроллер может быть реализован на основе базового матричного кристалла (БМК) или программируемой интегральной схемы (ПЛИС).

В НПК «Технологический центр» разработан БМК серии 5503, который может быть использован для разработки контроллера управления микромодуля.

Серия БМК 5529 является более продвинутой разработкой по сравнению с серией 5503 и является предпочтительным вариантом к моменту изготовления конечных изделий. Технология изготовления позволяет существенно снизить время задержки сигналов и повысить быстродействие.

Однако вариант реализации контроллера управления на ПЛИС является более гибким, так как логика работы ПЛИС задаётся не при изготовлении, а посредством программирования. Необходимая структура устройства может быть реализована в виде

электрической схемы или с помощью языков программирования Verilog, VHDL. Общее число вентилях в схеме может достигать от нескольких тысяч до нескольких миллионов. Программирование ПЛИС связывает эти элементы в нужную схему [1].

Рисунок 1 – принципиальная электрическая схема микромодуля

Еще одним преимуществом использования ПЛИС является возможность переноса проекта контроллера управления на БМК в короткие сроки. Такой вариант является предпочтительным для данного проекта, так как позволяет отладить логику работы, используя гибкость ПЛИС, а затем перенести проект на БМК.

Так как одной из основных причин отказов микросхем в космосе является тиристорный эффект, целесообразно включить в состав микросхему защиты от тиристорного эффекта 1469TK025 и 1469TK035 производства НПК «Технологический центр». Принцип работы основан на контроле тока потребления защищаемых микросхем и отключении питания этих микросхем при превышении заданного уровня тока потребления [2]. В микромодуле применяется одна микросхема для защиты от тиристорного эффекта (рис. 1). Микросхема 1469TK035 отслеживает значение тока потребления всеми 4-мя микросхемами памяти и в случае превышения порога срабатывания отключает питание микросхем памяти и переводит все сигнальные выходы на землю. По истечении заданного времени микросхема

1469TK035 восстанавливает питание и возвращает микромодуль в нормальный режим работы.

Такой подход позволяет реализовать функцию защиты от тиристорной защелки, но в случае срабатывания приводит к временному исключению микромодуля из работы целиком. В то же время использование одной микросхемы защиты позволяет сэкономить место и уменьшить габариты микромодуля.

С точки зрения радиационной стойкости наилучшим выбором является одноуровневая память типа NAND-Flash[3]. Метод резервирования памяти для увеличения радиостойкости к одиночным эффектам следует реализовывать путем использования четырех микросхем памяти в одном микромодуле. Это означает, что копии данных будут храниться на каждой из микросхем флэш-памяти.

В ходе выполнения 1 этапа ПНИ был изготовлен прототип микромодуля оперативного хранения информации. Одной из наиболее важных характеристик микромодуля является его быстродействие, а именно – время считывания информации.

Проведены исследования времени считывания в диапазоне температур от минус 50 до +70 °С при $U_{пит}$ +4,0 В ... +1,8 В (рис. 2). Измерение времени задержки проводилось с помощью осциллографа: первый канал подключался на цифровой вход управления, второй канал на выход данных. Емкость нагрузки составляла 5 пФ.

Рисунок 2 – время считывания информации в рабочем диапазоне температур

Установлено, что время считывания не превышает 33 нс во всем диапазоне температур, что удовлетворяет требованиям технического задания. При изготовлении образцов с использованием БМК ожидается, что время считывания будет уменьшено до значений менее 25 нс.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения № 14.574.21.0155 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57417X0155).

1. Frank Hall Schmidt, Jr. Fault Tolerant Design Implementation on Radiation Hardened By Design SRAM-Based FPGAs // B.S., Electrical Engineering. 2011. P. 31-36.

2. Коняхин В.В., Денисов А.Н., Федоров Р.А., Вильсон А.Л., Бражников С.С., Коновалов В.С., Малашевич Н.И., Росляков А.С. Микросхемы для аппаратуры космического назначения. Практическое пособие. Под общ.ред. Саурова А.Н. – М.: Техносфера, 2016 г. – 388 с.
3. Z.Wang, M. Karpovsky, A. Joshi Reliable MLC NAND Flash Memories Based on Non-Linear t-error Correcting Codes // Proceedings of International Conference on Dependable Systems and Networks.2010

Цибирова И.М.

Компьютерная программа для расчета и анализа некоторых уравнений регрессии

*Северо-Осетинский госуниверситет им. К.Л.Хетагурова
(Россия,Владикавказ)*

doi:10.18411/spc-12-06-2018-07

idsp: 000001:spc-12-06-2018-07

В инженерной и научной практике нередко приходится проводить исследования с целью выяснения зависимости одного фактора от другого – $y = f(x)$. Результатами экспериментов бывают числа, которые записываются в виде таблицы значений x_i и соответствующих им результатов y_i .

Предлагаемая компьютерная программа **MNK 1.0** на основе массивов данных $x(n)$ $y(n)$, где n общее количество экспериментов или наблюдений, позволяет рассчитать функцию (формулу), описывающую изучаемый процесс.

Математический аппарат, реализованный в программе, называется метод наименьших квадратов. Суть метода заключается в расчете такой функции, при которой сумма квадратов отклонений рассчитанных значений от эмпирических будет минимальной.

Для вычислений по данному методу исследователь, основываясь на собственном опыте и знании теории процесса, выбирает общую форму зависимости, например, прямую или параболу, рассчитывает ее коэффициенты и сравнивает значения, полученные экспериментально и рассчитанные по данной зависимости.

Известно, что по точечному графику экспериментальных значений трудно правильно выбрать наиболее оптимальную форму зависимости, поэтому, как правило, рассчитывают несколько близких по внешнему виду на данном участке формул, а затем сравнивают их результаты между собой.

В описываемой программе рассчитывается 20 наиболее распространенных зависимостей. После расчета формул проводится оценка их адекватности. В том случае, если адекватными оказываются несколько формул, то машина выбирает ту из них, у которой значение критерия Фишера больше.

В программе рассматриваются зависимости, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

№	Типовая зависимость	№	Типовая зависимость
1.	$y = b_0 + b_1 x$	11.	$y = e^{b_0 x^{b_1}}$
2.	$y = b_0 + b_1 / x$	12.	$y = b_0 e^{b_1 x}$
3.	$y = b_0 + b_1 \ln x$	13.	$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$
4.	$y = b_0 + b_1 \sin x$	14.	$y^2 = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$
5.	$y = \frac{1}{b_0 + b_1 x}$	15.	$y = b_0 e^{b_1 x + b_2 x^2}$