

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МИКРОСХЕМЫ 1273НВ014 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Д.А. Горбач¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

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

Аннотация. В статье рассматриваются результаты испытаний микросхемы 1273НВ014. Целью испытаний является оценка соответствия микросхем 1273НВ014 требованиям по стойкости к воздействию специальных факторов по ГОСТ РВ 29.39.414.2-98 и определение характера изменения параметров микросхем при воздействии специальных факторов.

Ключевые слова: микросхема 1273НВ014, испытания микросхемы, воздействие специальных факторов, стойкость, нормативные документы.

TEST RESULTS OF THE 1273NB014 MICROCIRCUIT UNDER THE INFLUENCE OF SPECIAL FACTORS

D.A. Gorbach¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the test results of the 1273NV014 microcircuit. The purpose of the tests is to assess the compliance of 1273NV014 microcircuits with the requirements for resistance to special factors according to GOST RV 29.39.414.2-98 and to determine the nature of changes in the parameters of the microcircuits when exposed to special factors.

Key words: microcircuit 1273NB014, microcircuit testing, exposure to special factors, durability, regulatory documents.

Объектом испытаний является микросхема 1273НВ014, которая представляет собой радиационно-стойкий 16-разрядный высокоскоростной аналого-цифровой преобразователь с двойной коррелированной выборкой и максимальной частотой преобразования до 150 МГц. Микросхема предназначена для применения

в аппаратуре радио и проводной связи, систем радиолокации, систем обработки видеоизображений, бортовых системах обнаружения целей, наведения на цель.

Предприятие-изготовитель – ОАО «СКТБ ЭС» (г. Воронеж). Технология изготовления кристалла – КМОП-КНИ-0,18. Материал активного элемента – кремний. Микросхема выполнена в 100-выводном металлокерамическом корпусе с четырехсторонним расположением выводов типа 4247.100-1. Количество испытанных образцов микросхем – 20 шт. (две выборки по 10 шт. каждая).

Целью испытаний является оценка соответствия микросхем 1273НВ014 требованиям по стойкости к воздействию специальных факторов 7.И, 7.С, 7.К с характеристиками 7.И₁, 7.И₆, 7.И₈, 7.С₁, 7.С₄, 7.К₁, 7.К₄ по ГОСТ РВ 29.39.414.2-98, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19» и определение характера изменения параметров микросхем при воздействии специальных факторов.

Требования по стойкости к воздействию специальных факторов. Микросхемы 1273НВ014 должны выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19» во время и после воздействия специальных факторов, виды, характеристики и значение характеристик должны соответствовать ГОСТ РВ 20.39.414.2-98.

В ходе ОКР проводится расчетно-экспериментальная оценка уровней стойкости к воздействию фактора 7.С с характеристиками 7.С₁, 7.С₄.

Время потери работоспособности при воздействии фактора 7.И (характеристика 7.И₆) определяют в ходе ОКР, но должно быть не более 2 мс.

Оценку соответствия требованиям стойкости к воздействию фактора 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ по дозовым эффектам проводят с учетом влияния низкой интенсивности излучения.

В ходе предварительных испытаний определяют основные информативные зависимости параметров-критериев годности от значений характеристик специальных факторов, исследуют зависимости уровней стойкости и сбоеустойчивости изделий к воздействию специальных факторов от режимов (электрических, функциональных) и условий работы с последующим включением полученных результатов в справочный раздел технических условий.

Нормы испытаний следующие. Фактор 7.И с характеристиками: 7.И_{6н.и.} – $2,1 \times 4U_c$; 7.И_{8н.и.} – $1,0 \times 1U_c$; 7.И_{7н.и.} – $6,5 \times 4U_c$.

Испытания проводили на моделирующих установках ФГУП «НИИП» г. Лыткарино. Испытания микросхем 1273НВ014 проводили в соответствии с программой-методикой рег.№ 57-03/574-13/16, ГОСТ РВ 20.57.415-98, ОСТ В 11

0998-99, РД В 319.03.31-99, ТЗ на ОКР «Цифра-19» и методами ГОСТ РВ 5962.004.10-2012, ГОСТ РВ 20.57.416-98.

Испытания микросхем на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристиками 7.И₆(7.И₈) проводили по методу 1000-2 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012 с использованием установок №5 и №10 в нормальных условиях и при верхнем значении температуры корпуса микросхемы.

Контроль температуры на корпусе микросхемы проводили по методу 201-2.1 ГОСТ РВ 20.57.416-98 термопарой хромель-капель с использованием микропроцессорного терморегулятора ТРМ101 фирмы «ОВЕН», Россия.

В процессе испытаний определяли уровень бессбойной работы (УБР) по фактору 7.И₆, время потери работоспособности (ВПР) во время и непосредственно после воздействия фактора с характеристикой 7.И₆, уровень тиристорного эффекта (при его наличии), а также отсутствие катастрофических отказов.

Испытания микросхем на стойкость к воздействию факторов с характеристикой 7.И₇ (7.С₄, 7.К₁, 7.К₄) по ионизационной составляющей проводили по методу 1000-4 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012 с использованием моделирующей установки №200 в нормальных условиях, на двух образцах при температуре плюс 85±2 °С и на двух образцах при температуре минус 60±3 °С (ГОСТ РВ 20.57.416-98).

Моделирование воздействия фактора 7.К с характеристиками 7.К₁, 7.К₄ проводили на установке №200 (замена воздействия фактора 7.К₁, 7.К₄ воздействием фактора с характеристикой 7.С₄), что допускается согласно п.8.11 ГОСТ РВ 20.57.415-98 и п.4.2 РД В 319.03.31-99.

Испытания микросхем к воздействию факторов с характеристиками 7.И₁, 7.С₁ не проводили на основании «Решения Департамента вооружения Минобороны России» от 07.02.2013 г. и в соответствии с п.4.11 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012, так как микросхема 1273НВ014 выполнена по технологии КМОП-КНИ-018 и значение требований стойкости микросхем к воздействию специальных факторов, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19», составляет 4У_с.

При расчете норм испытаний, в соответствии с Приложением А РД В 319.03.31-99, коэффициент увеличения радиационной нагрузки для характеристики 7.И₆ (10 образцов) принимается равным 1,4, для характеристики 7.И₇(20 образцов) принимается равным 1,1 (для нормального закона распределения при коэффициенте вариации 0,25, вероятностью 0,95 и степени доверия 0,9).

Измерение параметров микросхем при воздействии факторов с характеристиками 7.И₆, 7.И₇ проводили дистанционно при длине измерительных линий 9-20 м с использованием испытательного модуля 1273NV014S1.

По согласованию С ФГУП «МНИИРИП» ОАО «СКТБ ЭС» провело «Уточнение нормы на параметры для существующих условий проведения испытаний микросхем 1273HB014 на стойкость к воздействию специальных факторов 7.И, 7.С, 7.К». Диагностика работоспособности микросхем в процессе испытаний проводилась с использованием испытательного модуля 1273NV014S1, который представило ОАО «СКТБ ЭС».

В процессе испытаний контролировались статические параметры U_{OL} , U_{OH} средствами контроля модуля 1273HB014S1, токи потребления, динамические параметры E_{L01} , E_{LD} , SNR, SFDR с помощью измерительного комплекса National Instruments.

При контроле блока аналого-цифрового преобразования выходные сигналы, как результат аналого-цифрового преобразования, поступают на вход модулей National Instruments. В результате массива полученных данных аналого-цифрового преобразования с применением быстрого преобразования Фурье вычисляются значения интегральной нелинейности E_{L01} , дифференциальной нелинейности E_{LD} и динамические характеристики SNR и SFDR испытываемой микросхемы.

С помощью измерительного комплекса National Instruments замеры параметров осуществляются следующим образом: сначала включается сигнал LVDS и измеряем U_{OD} , I_{CCA} , I_{CCD} , I_{CCDR} , I_{CCD_CLK} ; затем осуществляется переход на сигнал CMOS и измеряются параметры: U_{OL} , U_{OH} , I_{CCA} , I_{CCD} , I_{CCDR} , I_{CCD_CLK} , E_{L01} , E_{LD} , SNR, SFDR и гистограмму 10%, 50%, 90% (на рисунках приложения А параметры E_{L01} , E_{LD} имеют обозначения как INL и DNL, соответственно).

Выходные напряжения высокого и низкого уровней контролировали поразрядно с помощью аналого-цифрового преобразования путем установки шин в состояние с высоким уровнем (это достигается подачей на вход испытуемого АЦП максимально допустимого входного аналогового напряжения), а затем и низким уровнем (при минимальном допустимом входном аналоговом напряжении на входе испытуемого АЦП).

ВПП и УБР по блоку АЦП фиксировали по состоянию выходных разрядов (D15-D0), при этом запускали аналогово-цифровое преобразование с заданной частотой на одной из точек шкалы – 10 %, 50 %, 90 %.

Расчет ВПП определяется от количества выборок сбоя N (нижнее окно).

Частота работы АЦП при испытаниях – 4 МГц, т.е. 1 выборка равна 0,25 мкс. Выборки фиксируются через две (остальное время уходит на программную

обработку данных). Таким образом, общее время между двумя выборками составляет $3 \times 0,25 = 0,75$ мкс. Далее количество выборок при сбое умножается на 0,75 мкс.

В связи с тем, что тактовая частота при испытаниях составила 4 МГц, а рабочая частота по ТЗ равна 150 МГц, рассчитанное ВПР будет в $150/4 = 37,5$ раза меньше.

Например: сбой составляет 100 000 выборок. Проводим вычисления: $100\,000 \times 0,75 = 75$ мс, далее $75/37,5 = 2$ мс. Следовательно, ВПР составило 2 мс.

При воздействии фактора 7.И с характеристикой 7.И₆ дополнительно дистанционно с помощью цифрового осциллографа провели контроль ВПР и УБР одного из старших разрядов АЦП (разряд D15) в режиме аналогово-цифрового преобразования с заданной частотой.

В связи с тем, что тактовая частота при испытаниях составила 4 МГц, а рабочая частота по ТЗ равна 150 МГц, зарегистрированное осциллографом ВПР будет в $150/4 = 37,5$ раза меньше.

Учет влияния низкоинтенсивного воздействия фактора 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ проводили в соответствии с существующими нормативами.

Контрольно-измерительная аппаратура, использованная при проведении испытаний: осциллограф TDS2014, №С043214; источник питания АТН-1032, №АС3273; вольтметр GDM-8145, №891; микропроцессорный терморегулятор ТРМ101 №05847050101048019; испытательный модуль 1273NV014S1 б/н, аттестат; модуль NI-PXIe-6562.

При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. 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.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В.

Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. 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.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. 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.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLONG.

17. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. 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.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. 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.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the 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.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.