

представляют собой внешнюю динамичную ОЗУ (SRAM) 2Мб, и внешнюю 16-тирично-адресуемую обширную область НАВОС (для подключения модулей периферии, таких как микросхемы накопления данных, сопроцессоров и т.д.). Основные характеристики ядра:

1. аппаратная поддержка умножения и деления;
2. поддержка 16-ти разрядных и 32-ух разрядных инструкции;
3. наличие 20-ти разрядной шины адреса памяти программ;
4. наличие контроллеров внешней памяти;
5. наличие 1024 векторов прерываний;
6. поддержка инструкций для потоковых операций чтения и записи из ОЗУ в ПРФ и наоборот.

#### Список использованных источников

1. Воронов К.Е., Григорьев Д.П., Телегин А.М. Исследование алгоритмов для системы контроля поверхности космического аппарата на основе пьезодатчиков // Авиакосмическое приборостроение. – 2021. – № 1. – С. 40-50.

2. Воронов К.Е., Григорьев Д.П., Телегин А.М. Применение нейронной сети прямого распространения для локализации места удара микрочастиц о поверхность космического аппарата // Труды МАИ. – 2021. – № 118. – С. 1-35.

3. Сухачёв К.И., Воронов К.Е., Дорофеев А.С. Разработка высокопроизводительной вычислительной системы на базе IP-ядра для космической научной аппаратуры // Научное приборостроение. – 2022. – Т.32. – С. 88-106.

Сухачёв Кирилл Игоревич, доцент, с.н.с., kir.sukhachev@gmail.com  
Григорьев Данил Павлович, аспирант гр. А202, dan-22225@yandex.ru

УДК 629.78

## СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК IP-ЯДРА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ИМС ПЛИС

Д.А. Шестаков, А.А. Артюшин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** ПЛИС, IP-ядро, микроконтроллер.

При разработке научной аппаратуры приоритетным является использование высоконадежной элементной базы. Часто дополнительным условием является применение отечественной элементной базы. В связи с этим было разработано универсальное IP-ядро «NMR», которое можно применять для систем управления, обработки и сбора информации все зависимости от применяемой элементной базы [1].

Вычислительная система построена на базе процессорного ip-ядра «NMR», являющегося процессором с гарвардской архитектурой и содержит отдельные шину команд, шину данных и несколько шин периферии. Система команд и архитектура «NMR» разработана специально для работы с внешней памятью программ, организованной в слова по 16 бит. В архитектуру «NMR» входит массив регистров общего назначения (РОН), разделенный на два независимых блока REG\_A и REG\_B. Каждый банк содержит 256 32-битных регистров. Блок работы с оперативной памятью использует внутреннюю ОЗУ ПЛИС, которая имеет разрядность шин данных и адреса по 16 бит, что позволяет адресовать до 131 кбайт памяти. Процессор содержит коммутатор, внешние порты которого буферизированы регистрами специального назначения (РСН). РСН необходимы для работы с блоками регистровой памяти, банком ОЗУ, а также с внешними шинами процессора. Логические и арифметические операции выполняются на 32 битном АЛУ.

Таблица 1 – Характеристики ядра «NMR» в разных ИМС ПЛИС

| Параметр                | ПЛИС           |                       |                 |                  |                     |
|-------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|------------------|---------------------|
|                         | 5578TC034      | EPF10K10<br>0EBC356-3 | EP2C8F25<br>6C6 | EP3C16<br>U484C6 | EP3C40F4<br>84C6    |
| Занимаемый объем        | 4807<br>(96 %) | 4807<br>(96 %)        | 3519<br>(43%)   | 3540<br>(23%)    | 3535<br>(9 %)       |
| Занимаемая память [бит] | 32768<br>(67%) | 32768<br>(67%)        | 147456<br>(85%) | 81920<br>(82%)   | 147456<br>(13%)     |
| Кол-во РОН              | 512            | 512                   | 512             | 512              | 512                 |
| Объем ОЗУ               | 2КБ            | 2КБ                   | 16КБ            | 8КБ              | 16КБ                |
| Операций в секунду      | 6,4<br>MIPS    | 7,5<br>MIPS           | 25,4<br>MIPS    | 47<br>MIPS       | 45,3<br>MIPS        |
| Система команд          | сокращенная    | сокращенная           | полная          | полная           | полная              |
| Доп. проц.              | внеш.          | внеш.                 | Akeron          | Akeron           | Akeron +<br>Sip CPU |
| Время отклика не более  | 300нс          | 255нс                 | 76нс            | 40нс             | 42нс                |

Ядро «NMR» универсально и было испытано на разных ИМС ПЛИС, полученные характеристики ядра сведены в таблицу 1. Результаты, представленные в таблице 1 для данных ИМС, изначально получены средствами моделирования в среде Quartus II и подтверждены испытаниями.

Предложенный вариант системы управления и обработки с использованием разработанного процессорного ядра и периферийных модулей показал свою универсальность и эффективность. Проведено практическое испытание предложенных решений, результаты которых полностью совпали с результатами моделирования. В дальнейших разработках планируется увеличение функциональных возможностей ядра посредством оптимизации IP-модулей и добавления новых, а также разработка программной составляющей среды разработки.

#### Список использованных источников

1. Сухачев К.И., Воронов К.Е., Дорофеев А.С. и др. Разработка высокопроизводительной вычислительной системы на базе IP-ядра для космической научной аппаратуры // Научное приборостроение. — 2022. — Т. 32. № 4. — С. 88-106

Шестаков Дмитрий Александрович, аспирант, инженер-конструктор ИКП-214. shestakov.da@ssau.ru.

Артюшин Андрей Алексеевич, студент гр. 6271-110401D, artyushin.aa@ssau.ru.

УДК 621.3

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МИКРОЧАСТИЦ

А.М. Телегин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** микрометеороид, датчик, модель

При измерении параметров микрометеороидов и микрочастиц космического мусора используются как контактные, так и бесконтактные методы, основанные на различных физических принципах [1, 2]. В данной работе предлагается модель устройства для измерения параметров высокоскоростных микрочастиц с использованием оптической системы (рисунок 1).

Принцип работы следующий. При прохождении микрочастицей лазерного луча происходит рассеивание лазерного луча [3], что фиксируется установленными фотодатчиками.

Фотодиоды D2.1 и D2.2 расположены на расстояниях R1 и R2 соответственно. Использование дополнительной фотодиодной линейки позволяет измерять координату пролета. Мощность светового излучения  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  на расстоянии R от частицы рассеяния обратно пропорциональна квадрату расстояния, тогда получим: