

УДК 338.3

В. В. Бурлаков

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, e-mail: bur77@mail.ru

А. А. Сиганков

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, e-mail: sigankov@mirea.ru

О. А. Дзюрдзя

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва;

Государственный университет управления, Москва, e-mail: 5897275@mail.ru

СОЗДАНИЕ ПРОЦЕССОРОВ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ RISC-V – ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ключевые слова: микроэлектронная промышленность, процессоростроение, конкурентоспособность, инновационное развитие, архитектура RISC-V, информационные технологии.

На сегодняшний день невозможно представить какую-либо сферу жизнедеятельности, в которой не использовалась бы микроэлектроника и микропроцессорная техника. Продукция предприятий микроэлектронной промышленности востребована не только в любых компьютерах, смартфонах, автомобилях и бытовой технике, но и имеет важное значение в системах управления производством, отраслями, государственными учреждениями, экономикой и обществом в целом. Санкции, введенные в отношении России после начала специальной военной операции, поставили перед микроэлектронной промышленностью сложные задачи, решение которых является залогом безопасности, конкурентоспособности и технологического суверенитета государства. В статье представлена краткая характеристика современного состояния микроэлектронной промышленности, обозначены задачи, которые необходимо решить. Одной из таких задач является дальнейшее развитие такого направления, как процессоростроение. Несмотря на то, что у отечественных предприятий есть определенные успехи в создании процессоров, например, таких как «Эльбрус» и «Байкал», тем не менее задача создания конкурентоспособных, в том числе на мировом рынке процессоров является весьма актуальной. В основе этого очень сложного и длительного процесса лежит архитектура, от которой зависят производительность и совместимость процессора с программным обеспечением. В статье в качестве архитектуры для создания отечественных процессоров предлагается использование RISC-V. Несмотря на то, что архитектура RISC-V не является отечественной, на ее основе могут быть созданы отечественные конкурентоспособные процессоры, с помощью которых станет реальностью выход на международный рынок российских инновационных информационных технологий, а значит и предприятий микроэлектронной промышленности.

V. V. Burlakov

MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: bur77@mail.ru

A. A. Sigankov

MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: sigankov@mirea.ru

O. A. Dzyurdzya

MIREA – Russian Technological University, Moscow;

State University of Management, Moscow, e-mail: 5897275@mail

CREATION OF PROCESSORS BASED ON RISC-V ARCHITECTURE – AN OPPORTUNITY FOR INNOVATIVE AND COMPETITIVE DEVELOPMENT OF DOMESTIC MICROELECTRONICS INDUSTRY ENTERPRISES

Keywords: microelectronics industry, processor manufacturing, competitiveness, innovative development, RISC-V architecture, information technology.

Today it is impossible to imagine any sphere of life in which microelectronics and microprocessor technology would not be used. The products of microelectronic industry enterprises are in demand not only in any computers, smartphones, cars and household appliances, but are also important in production management systems, industries, government agencies, the economy and society as a whole. The sanctions

imposed on Russia after the start of a special military operation have posed difficult challenges for the microelectronics industry, the solution of which is the key to the security, competitiveness and technological sovereignty of the state. The article presents a brief description of the current state of the microelectronic industry and identifies the tasks that need to be solved. One of these tasks is the further development of such a direction as processor engineering. Despite the fact that domestic enterprises have had some success in creating processors, for example, Elbrus and Baikal, the task of creating competitive processors, including those on the world market, is very urgent. At the heart of this very complex and time-consuming process is the architecture, which determines the performance and compatibility of the processor with software. The article proposes the use of RISC-V as an architecture for creating domestic processors. Despite the fact that the RISC-V architecture is not domestic, domestic competitive processors can be created on its basis, with the help of which entry into the international market of Russian innovative information technologies, and therefore microelectronic industry enterprises, will become a reality.

Введение

В современных условиях невозможно представить какую-либо деятельность без использования информационных гаджетов и технологий, основу которых составляют микроэлектроника и компьютерная техника. Без продукции полупроводниковой промышленности – микрочипов не обходятся ни промышленные предприятия, ни государственные организации, ни потребительский сектор. Благодаря компьютерным и информационным технологиям происходит выполнение различных технологических операций, сбор и обработка данных, решение вычислительных задач, управление различными бизнес-процессами. В текущих условиях уровень развития микроэлектронной промышленности определяет не только технологический суверенитет государства, но и его национальную безопасность. До событий февраля 2022 года продукция российской микроэлектронной промышленности использовалась в основном в оборонно-промышленном комплексе (ОПК), тогда как потребности, связанные с производством и реализацией товаров народного потребления, удовлетворялись за счет импорта оборудования, комплектующих, готовой продукции. Отказ от сотрудничества с Россией ведущих мировых производителей микроэлектроники и процессорной техники поставили перед отечественными предприятиями микроэлектронной промышленности сложные задачи, одной из которых является непосредственное производство высококачественных процессоров, имеющих первостепенное значение для производства информационных технологий в сфере народного потребления. Данная статья посвящена важной сфере отечественной микроэлектронной промышленности – процессоростроению, возможности создания конкурентоспособных процессоров на основе архитектуры RISC-V.

Целью представленного исследования является краткий обзор предприятий микроэлектронной промышленности, обозначение задач, стоящих перед ними, описание и определение перспектив использования в отечественном процессоростроении архитектуры RISC-V для создания конкурентоспособных процессоров, в том числе на мировом рынке.

Материалы и методы исследования

В процессе написания статьи были использованы статьи российских специалистов в области микроэлектронной промышленности, в том числе в сфере создания архитектур и процессоростроения, интернет-материалы. На основе изученных и использованных в работе источников обосновано предложение использования в отечественном процессоростроении архитектуры RISC-V, что создает определенные возможности для создания отечественными предприятиями инновационной и конкурентоспособной продукции.

Результаты исследования и их обсуждение

Как справедливо отметил Георгий Лесар: «Полупроводниковая промышленность является важнейшей отраслью экономики, обеспечивающей мультипликативный эффект, стимулирующий инновации и рост производительности во всех без исключения секторах экономики» [5]. Ведущими игроками на мировом рынке микроэлектроники являются Intel, Toshiba, Samsung, Infineon, Micron [10]. Глобальным производителем полупроводников с долей 30% является тайваньская компания TSMC. Доля России на мировом рынке микроэлектроники составляет менее 0,8% [5]. В таблице 1 представлены ведущие российские предприятия в области микроэлектроники и производимая на этих предприятиях продукция.

Таблица 1

Основные предприятия отечественной микроэлектронной промышленности и выпускаемая на них продукция [5]

№ п/п	Наименование и размещение предприятия	Выпускаемая продукция
1	НПО «Микрон», Зеленоград	Интегральные микросхемы, системные решения для цифровой экономики
2	ЗАО «Группа Кремний Эл», Брянск	Все типы полупроводниковых приборов
3	АО «Ангстрем», Зеленоград	Полупроводниковые приборы
4	АО «НИИ полупроводниковых приборов», Томск	Кремниевые пластины, полупроводниковые источники света
5	GS Nanotech, Калининградская обл.	Производство микро- и нанoeлектроники
6	Крокус Нанoeлектроника, Москва	Производство интегральных схем и магниторезистивной памяти с произвольным доступом
7	ООО «НМ-Тех», Москва	Производство и запуск технологических линий выпуска микроэлектронных компонентов для насыщения гражданского рынка современной электронной компонентной базой
8	АО «НИИП» Росатом, Московская обл.	Производство высокочистого монокристаллического кремния

Предприятия отечественной микроэлектронной промышленности, как и ранее, работают на ОПК. Для потребительского сектора выпускают микрочипы для проездных документов и банковских карт. Наиболее развитым предприятием микроэлектронной промышленности является НПО «Микрон», который обладает в массовом производстве технологией 180 нм, 90 нм и в не сильно массовом производстве технологией 65 нм [5]. Вышеуказанные технологии – это уровень производства начала 2000-х годов. В то время как «южнокорейская Samsung и тайваньская TSMC уже освоили производство на 4 и 3 нм» [5]. Среди ведущих предприятий отметим, еще АО «НИИП» Росатом – единственное предприятие в России, которое занимается производством высокочистого монокристаллического кремния. Приходится констатировать, что в целом отечественным предприятиям пока так и «не удалось предложить ни внутреннему, ни глобальному рынкам востребованной и конкурентоспособной продукции» [5].

С одной стороны, полностью согласны с Апухтиным Юрием в том, для сокращения отставания от ведущих игроков на мировом рынке, отечественной микроэлектронной промышленности необходимо решить следующие задачи:

«- создать фирмы, способные разрабатывать собственную архитектуру процессоров, топологию изготовления чипов и собственное программное обеспечение, совместимое с западными аналогами;

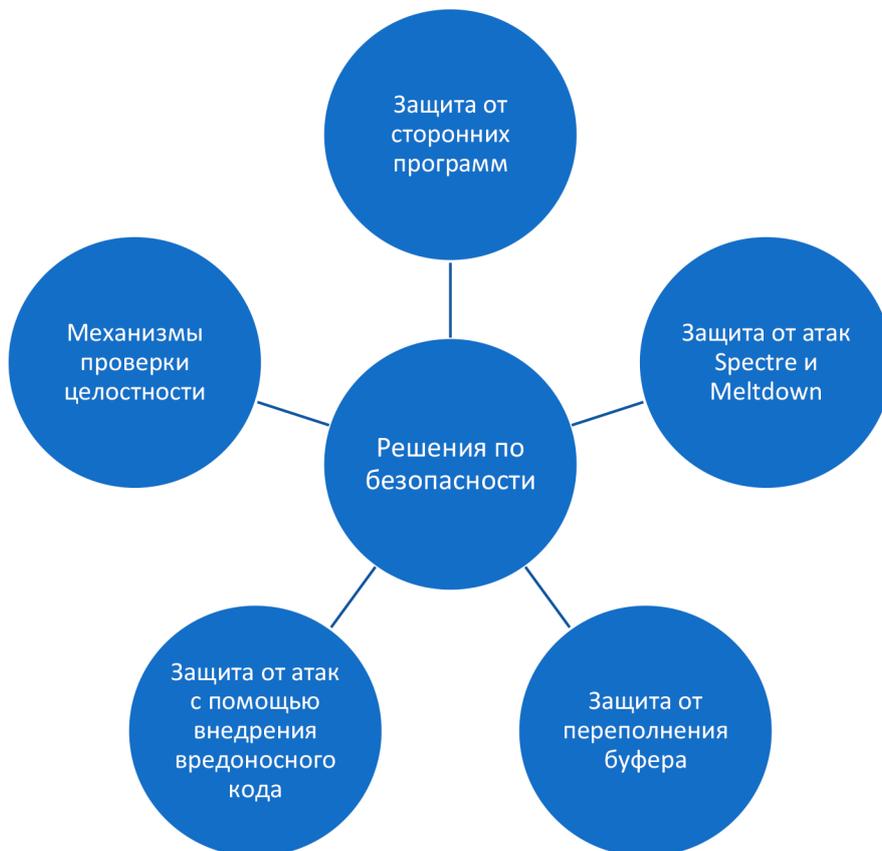
- построить заводы по производству пластин чипов;
 - построить заводы по производству корпусных чипов;
 - построить заводы по производству процессоров» [10].

С другой стороны, не можем не отметить, что для решения вышеперечисленных задач необходимы значительные финансовые средства и время. «Печать собственных чипов по топовым техпроцессам у нас в стране будет ещё нескоро, а когда будет (скорее всего, в районе 2027-го года), то это будут, очевидно, ограниченные партии процессоров для нужд оборонной и ключевых систем государственной инфраструктуры» [8]. Однако, сложившиеся на сегодняшний день не простые условия дают хорошие возможности для отечественных предприятий микроэлектронной промышленности стать конкурентоспособными, в том числе и на мировом рынке. Да, не получится быстро решить задачу по строительству заводов по производству чипов и процессоров. Но, можно стать вполне конкурентоспособными, в том числе и на мировом рынке по разработке процессоров. Тем более, что у отечественных компаний накоплен хороший опыт в создании процессоров, например, таких как «Эльбрус» и «Байкал» [11].

Нельзя не согласиться с Розановой Н.М. и Бойковой Е.В. в том, что во многом конкурентоспособность компаний обусловлена реализацией конкурентных преимуществ в постоянно меняющихся условиях [2, 4].

Для эффективного функционирования и дальнейшего развития предприятия отечественной микроэлектронной промышленности должны адаптироваться к постоянно меняющимся условиям внешней и внутренней среды, создавать и внедрять инновационную продукцию, то есть использовать любые возможности. Одной из таких возможностей является создание процессоров на основе архитектуры RISC-V (Reduced Instruction Set Computing), разработанной в 2010 году в Университете Беркли [13]. Примером для подобного развития может служить положительный опыт Китая, который имея схожие с нашими проблемы в процессоростроении, вложил огромные средства, в том числе в указанную архитектуру, чтобы сократить зависимость от зарубежных стран. Да, Россия неконкурентоспособна в производстве современных полупроводников и процессоров, но это не касается архитектуры, на основе которой создаются процессора. Этот фактор необходимо использовать. В сложившихся непростых условиях считаем оправданным мнение, «что в условиях жёсткой

мировой конкуренции за эффективность вычислений, систему команд процессора нужно создавать исходя не из логического её удобства для человека, а исходя из аппаратной эффективности – возможности эффективной аппаратной реализации тех или иных команд» [8]. Как раз данному условию отвечает архитектура RISC-V, на базе которой возможно создание отечественных экспортных процессоров для различных рыночных сегментов. В самом названии данной архитектуры заложена простота построения, что обуславливает хорошие перспективы для ее дальнейшего использования. Несомненно главным достоинством рассматриваемой архитектуры, построенной на использовании простых инструкций и небольшого количества регистров, является ее открытость, что позволяет ее использовать и модифицировать без каких-либо ограничений [7]. Неслучайно все ведущие мировые компании (Apple, Google, Intel) заинтересованы в создании на базе данной архитектуры процессоров и уже формируют их значительный рынок, строя заводы по производству процессоров [8].



Реализованные в архитектуре RISC-V решения по безопасности [13]

Таблица 2

Сравнение архитектур Arm, E2K, RISC-V [1]

Наименование показателя	Архитектура Arm	Архитектура E2K	Архитектура RISC-V
Производительность	Высокая, обладает возможностью работы на высоких частотах	Высокая, обусловлена высокой параллельностью выполнения инструкций	Высокая, благодаря модульности, позволяет создавать оптимизированные процессоры
Энерго эффективность	Является стандартом энергоэффективности в мобильных устройствах	Средняя, ввиду наличия мощных компонентов	В целом высокая, но зависит от конкретной реализации
Доступность и поддержка	Широко распространена, имеет большое сообщество разработчиков	По сравнению с Arm и RISC-V ограничен в распространении и поддержке	В перспективе обещает оставаться доступной и открытой, пока имеет меньшую экосистему и ограниченное количество готовых решений

Основными достоинствами RISC-V являются:

1. Небольшой объем кода.
2. Высокая эффективность и производительность.
3. Гибкость. В зависимости от конкретных требований есть возможность выбирать и настраивать различные уровни функциональности.
4. Совместимость с существующими архитектурами.

К несомненным достоинствам рассматриваемой архитектуры необходимо отнести реализованные в ней некоторые решения по безопасности (рисунок).

Как уже было сказано выше, у отечественных предприятий микроэлектроники накоплен хороший положительный опыт в сфере процессоростроения. Так, процессор «Эльбрус» построенный на архитектуре E2K прекрасно работает в компьютерах на промышленных и государственных объектах, но не подходит для создания мобильной электроники. Для мобильных устройств мировые производители используют архитектуру Arm, разработанную компанией Arm Holdings. «Байкал» предназначен для работы сетевого оборудования и систем автоматизации [11]. В таблице 2 представлено сравнение вышеуказанных архитектур по таким важным показателям, как производительность, энергоэффективность, доступность и поддержка

В целом все представленные в таблице архитектуры являются энергоэффективными и высокопроизводительными для различного применения. Главным достоинством

архитектуры RISC-V является ее открытость, что обуславливает широчайшие возможности для разработчиков процессоров. В качестве дальнейших перспектив развития рассматриваемой архитектуры отметим следующие:

1. Дальнейшее развитие своей экосистемы.
2. Применение в IoT и микроконтроллерах.
3. Использование в высокопроизводительных вычислениях.
4. Применение в автономных системах [12].
5. Развитие новых приложений [3].

В тоже время, несмотря на все преимущества RISC-V, не следует забывать о его недостатках, таких как необходимость расширения своей экосистемы, адаптация инструментов разработки и недостаточное количество квалифицированных специалистов. Важно продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы реализовать все потенциальные преимущества RISC-V и минимизировать возможные риски и угрозы.

В целом, RISC-V является одной из наиболее перспективных процессорных архитектур в настоящее время. Процессоростроение на основе рассмотренной архитектуры, дальнейшее его развитие может привести к созданию новых возможностей и технологий в различных областях и сферах деятельности.

Заключение

Любая кризисная ситуация это не только потери, но и открывающиеся возможности. В результате введенных санкций, у отечественных предприятий микроэлектронной

промышленности появилась реальная возможность встать на путь инновационного и конкурентоспособного развития. Российской экономике для успешной работы современных информационных технологий необходимы высококачественные компьютеры, основу которых составляют отечественные высокопроизводительные процессоры. Чем мощнее процессор, тем лучше и быстрее компьютер будет справляться с возложенными на него задачами, тем эффективнее будет информационная технология [6]. Важнейшее значение для производства процессоров имеет архитектура. Под архитектурой понимается организация и структура компонентов процессора, которая определяет его функциональность, способности и характеристики. Считаю целесообразным использование в отечественном процессоростроении архитектуры RISC-V, которая является открытой и получает все большую популярность в современном мире. Будущее архитектуры RISC-V выглядит очень пер-

спективным для различных сфер жизнедеятельности [9].

Благодаря поддержке таких компаний как Apple, Intel, Google растет рынок процессоров, создаваемых на базе архитектуры RISC-V [8]. В связи с чем открываются очень хорошие перспективы для конкурентоспособного и инновационного развития отечественных компаний микроэлектронной промышленности. «В России нужно разрабатывать хотя бы один процессор с архитектурой RISC-V, чтобы с его помощью протаскивать российские технологии на международный рынок» [8].

На наш взгляд, именно RISC-V является очень перспективной для создания инновационных технологий на базе потенциальных процессоров на данной архитектуре для различного применения, а значит тем фактором, который может помочь в обеспечении конкурентоспособного и инновационного развития отечественных компаний микроэлектронной промышленности.

Библиографический список

1. Александров Н.Э. и др. Архитектуры микропроцессоров RISC И CISC // Научные достижения и открытия. 2021: сборник статей XX. 2021. С. 19.
2. Бурлаков В.В., Преснецов А.Ю., Дзюрдзя О.А. Сравнительный обзор методов повышения конкурентоспособности ИТ-компаний в условиях цифровой экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 10-1. С. 97-104.
3. Фролов В., Галактионов В., Санжаров В. RISC-V: стандарт, изменивший мир микропроцессоров // Открытые системы. СУБД. 2020. №. 2. С. 30-34.
4. Розанова Н.М., Бойкова Е.В. Конкурентоспособность российского ИТ-бизнеса: проблемы и перспективы // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2016. № 1. С. 128-147.
5. Влияние экспортных ограничений на развитие российской полупроводниковой отрасли [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/future/389773-vliyanie-eksportnyh-ogranicheniy-na-razvitie-rossiyskoj-poluprovodnikovoy-otrasli?ysclid=lou0fh0a93897008426> (дата обращения: 11.10.2023).
6. Зачем нужен процессор? [Электронный ресурс]. URL: <https://gorodezky.ru/zacem-nuzen-processor/?ysclid=loeski9js4161553737> (дата обращения 31.10.2023).
7. Начинаем изучать RISC-V [Электронный ресурс]. URL: <https://marsohod.org/projects/proekty-dlya-platy-marsokhod3/risc-v/414-risc-v-begin> (дата обращения: 30.10.2023).
8. Процессорная архитектура ближайшего будущего [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/YebbKSjYVvBPQ5wP> (дата обращения 15.10.2023).
9. RISC-V: архитектура, которую будут развивать в РФ. Перспективы и возможности в России и мире [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/565952/> (дата обращения: 12.10.2023).
10. Русская микроэлектроника развивается? [Электронный ресурс]. URL: <https://news.russia.ru-an.info/новости/русская-микроэлектроника-развивается/> (дата обращения: 11.10.2023).
11. У нас тут своя архитектура «Байкал» и «Эльбрус», или особенности национального приборостроения [Электронный ресурс]. URL: <https://lenta.ru/articles/2015/07/16/baikal/> (дата обращения: 11.09.2023).
12. RISC-V в космосе: перспективы и технологии и почему 32-битное ядро на орбите – это только начало [Электронный ресурс]. URL: <https://engineer.yadro.com/interview/risc-v-space/> (дата обращения: 20.10.2023).
13. RISC-V: стандарт, изменивший мир микропроцессоров [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/os/2020/02/13055471> (дата обращения: 18.10.2023).