

УДК 004.3

## Исследование возможности импортозамещения микроконтроллеров семейства SAM D20 компании Atmel отечественными аналогами

Аминев Д. А., Охломенко И. В., Никитенко М. В.,  
Сачкова Н. А., Гусева П. А.

**Постановка задачи:** в результате современной геополитики на Россию наложены санкции относительно импорта различных высокотехнологичных решений западного производства. Производство микроконтроллеров и процессоров не было налажено на современном мировом уровне еще со времен развала СССР. Как известно, процессор - главная часть аппаратного обеспечения компьютера или программируемого логического контроллера, исполняющая машинные инструкции, и, соответственно, без него сегодня не может обойтись ни одно высокотехнологическое устройство. Поэтому актуальностью данной работы является задача поиска отечественных аналогов зарубежных микроконтроллеров и микропроцессоров для импортозамещения в реалиях санкций. **Целью работы** является поиск отечественных аналогов процессоров семейства SAM D20 компании Atmel, сравнение их характеристик, а также рассмотрение эволюции данных решений и их будущего. **Сформулировать предложения по импортозамещению. Результат:** Рассмотрена актуальность замещения импортных процессоров отечественными аналогами, производимыми на данный момент времени, а также планируемых к выпуску в ближайшее время. Приводятся характеристики семейства процессоров SAM D20 компании Atmel, а также описание различных технологий и периферийных выводов, используемых в данном семействе. Рассмотрены характеристики семейств отечественных микроконтроллеров и микропроцессоров с аналогичными архитектурой, набором функций и интерфейсов и другими параметрами следующих производителей: «Байкал Электроникс», Группа компаний «ЭЛВИС», НИИСИ РАН, Юникор микросистемы, ОАО «Ангстрем», НИИМА «Прогресс», НТЦ «Модуль», АО «МЦСТ», «ИДМ-ПЛЮС», ОАО «Мультиклет», ООО «КМ211», ЗАО «ПКК «Миландр», NTLab, ОАО «НИИЭТ». Проведено их сравнение с характеристиками семейства SAM D20 и по интегральной совокупности характеристик в различных условиях и задачах сделаны выводы по возможности его импортозамещения конкретными отечественными микросхемами.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, микропроцессор, микросхема, импортозамещение, отечественные процессоры, сравнение характеристик, интерфейс, производительность.

### Актуальность

На данный момент в вычислительных, радиотехнических и электронных системах используется значительное количество импортной элементной базы, в том числе микроконтроллеров и микропроцессоров. В последнее время возникают трудности с поставками зарубежной продукции и повышается актуальность импортозамещения [1].

Вызывает опасение то, что практически всё современное программное обеспечение и оборудование для вычислительной техники разрабатывается и поставляется зарубежными производителями. В связи с этим, крайне необходимо поддерживать отечественных разработчиков, которые не могут в сложившейся обстановке нечестной конкуренции вывести своё оборудование на должный уровень применения [2].

Микроконтроллеры американской фирмы Atmel широко представлены на российском рынке и являются популярными при разработке как единичных макетных образцов различных вычислительных систем, так и при выпуске

крупных серий, поскольку являются многофункциональными, надежными и очень дешевыми.

Семейство SAM D20 отличается высокой производительностью, широким набором функций и низким энергопотреблением, что существенно для систем с автономным энергообеспечением [3]. Поэтому актуальной является задача его импортозамещения отечественными аналогами.

### Характеристики семейства процессоров SAM D20 компании Atmel

SAM D20 – семейство маломощных микроконтроллеров [4, 5], использующих 32-битный процессор ARM Cortex-M0+ с частотой до 48 МГц, числом выводов до 64, 256 Кб флэш и 32 Кб статической памяти SRAM. SAM D20 имеет до 6 последовательных коммуникационных модулей SERCOM, 12-разрядный АЦП, аппаратную поддержку сенсорного ввода и пр. Доступ к портам ввода/вывода микроконтроллеров осуществляется за 1 машинный цикл, имеется 4...8-канальная система событий и 8-канальный контроллер прямого доступа к памяти (DMA). Отличительные характеристики микросхем семейства SAM D20 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики микроконтроллеров Atmel семейства SAM D20

Характеристики	SAM D20J	SAM D20G	SAM D20E
Число выводов	64	48	32
Выводы общего назн.	52	38	26
Кол-во ТС	8	6	6
Кол-во SERCOM	6	6	4
Канальность АЦП	20	14	10
Матрица RTC	16x16	12x10	10x6
Тип корпуса	QFN, TQFP, UFBGA	QFN, TQFP, WLCSP	QFN, TQFP

Модуль SERCOM может быть сконфигурирован как интерфейсы: UART/USART с автоматической установкой скорости передачи данных и поддержкой IrDA протокола; SPI; I<sup>2</sup>C с частотой до 3,4 МГц. Также имеются: контроллер USB 2.0 со скоростью до 12 Мбит/с; 2-канальный модуль I2S; до 8 16-битных таймеров/счетчиков (ТС); до 3 16-битных ТС, оптимизированных для систем управления; контроллер сенсорного интерфейса (RTC) с поддержкой до 256 каналов для сенсорных клавиш, слайдеров, дисков и датчиков присутствия; 32-битные часы реального времени (RTC) с календарем; 12-битный АЦП и 10-битный ЦАП с частотой дискретизации до 350 Квыборок/с; аналоговые компараторы.

Кварцевые генераторы SAM D20: XOSC32K и внутренний OSC32K на 32,768 КГц, XOSC на 0,4-32 МГц, пониженного энергопотребления OSCULP32K на 32 КГц, высокоточный внутренний OSC8M на 8 МГц, синхронизатор DFLL48M на 48 МГц. Существует возможность работы от

внешнего или внутреннего тактового генератора с функцией переключения между ними "на лету".

Структура микроконтроллера представлена на рис. 1.

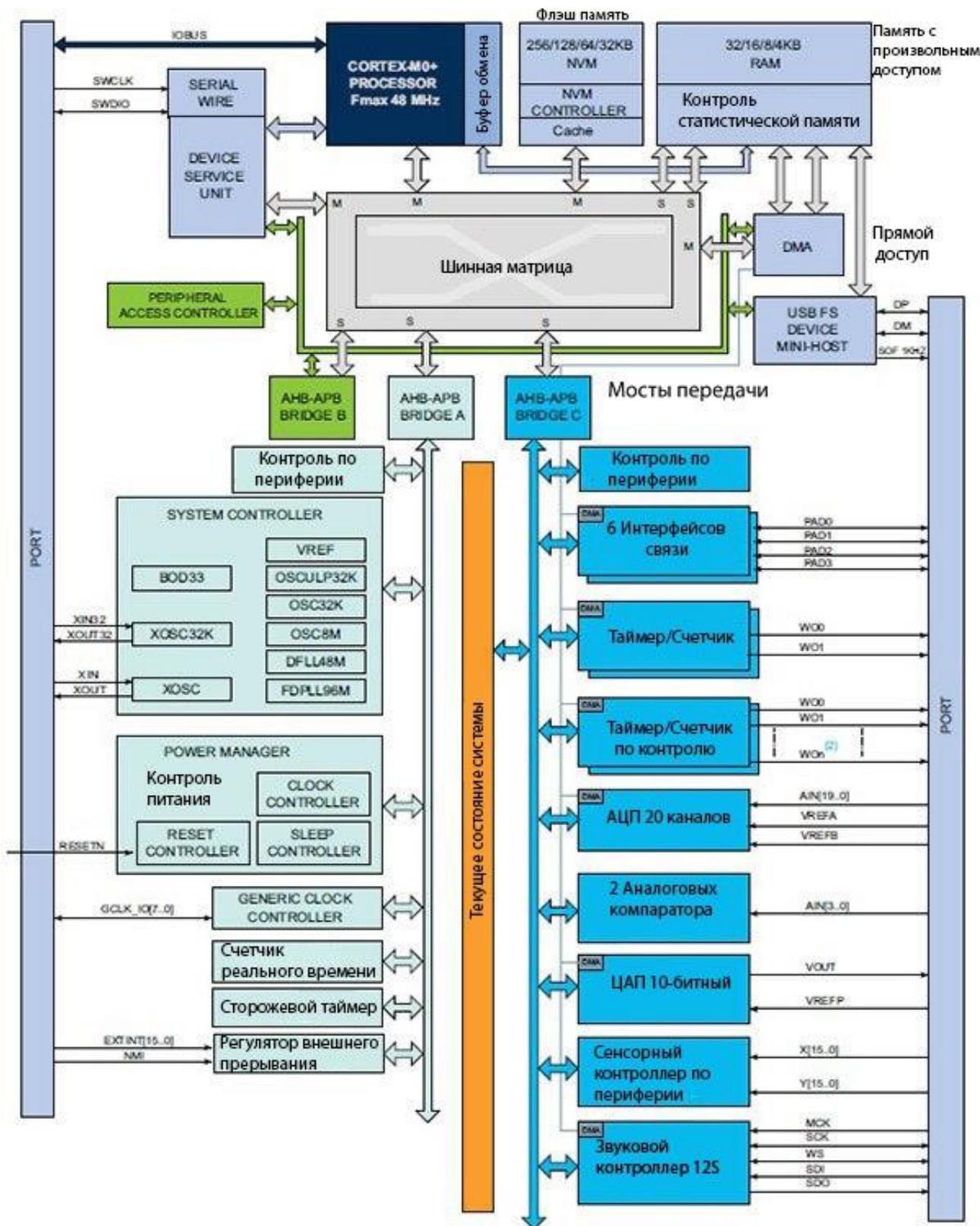


Рис. 1. Структура микроконтроллера Atmel SAM D20

Блок ТС включает в себя несколько индивидуально программируемых 16-разрядных экземпляров, каждый из которых может выполнять генерацию частот и форм сигналов, захват времени и измерение частоты. ТС предназначены для контроля такой периферии как импульсные источники питания, освещение и управление двигателем. Контроллер DMA, обеспечивающий обмен данными минуя центральный процессор, в SAM D20 имеет до 12 каналов и поддерживает транзакции до 256 КБ с учетом приоритета, подключение к АЦП, ЦАП, I2S, SERCOM, TC. RTC позволяет подключать емкостной сенсор с кнопками. Звуковой контроллер I2S обеспечивает двунаправленный, синхронный цифровой канал с внешних аудио устройств, имеет встроенную фазовую автоподстройку частоты (ФАПЧ).

Семейство имеет низкую потребляемую мощность:  $70 \text{ мкА} \times 48 \text{ МГц} \times 2,6 \text{ В} = 9 \text{ мВт}$ . При сохранении данных в RAM и работающих RTC потребляется ток 3,5 мкА.

### Отечественные микроконтроллеры и микропроцессоры

Исследование рынка показало, что, несмотря на технологическое отставание от крупных мировых корпораций, в России имеется несколько крупных и средних компаний разработчиков и производителей современных отечественных микросхем контроллеров и процессоров (Таблица 2).

Таблица 2 – Отечественные микросхемы контроллеров и процессоров

Производитель	Архитектура	Семейство
«Байкал Электроникс»	ARM64	Baikal M, Baikal M/S
	MIPS32	Baikal-T1
Группа компаний «ЭЛВИС»	MIPS32 + DSP	Мультикор, NVCom-01
	ARM32	VIP-1
НИИСИ РАН	MIPS	KOMDIV-32, 5890BMx, 1900BMx, 1907BMx, 9011BAx
Юникор микросистемы	RISC + DSP	UNC80xx, UNC320 («Орхидея»)
ОАО «Ангстрем»	MIPS	1876BM
НИИМА «Прогресс»	RISC + DSP	K5512БП1Ф, 5512БП2Ф
НТЦ «Модуль»	ARM + DSP	Л1879BM1, 1879BM3
	NeuroMatrix	1879ВЯ1Я, К1879ХБ1Я, 1879BM5Я
АО «МЦСТ»	SPARC64	МЦСТ-R100, МЦСТ-R150, МЦСТ-R500, МЦСТ-R500S, МЦСТ-R1000
	Эльбрус64	Эльбрус-2000, Эльбрус-S, Эльбрус-4С, Эльбрус-8С, Эльбрус-16С
	Эльбрус64 + DSP	Эльбрус-2С+
«ИДМ-ПЛЮС»	Регистр-стек	ТФ-16
ОАО «Мультиклет»	Мультиклеточная	MULTICLET P1, MULTICLET R1-1

ООО «КМ211»	RISC	КВАРК
ЗАО«ПКК«Миландр»	ARM	1886BEх, 1986BEх, 1901BЦ1Т
NTLab	MCU + DSP	NT1004, NT1018
ОАО «НИИЭТ»	AVR RISC	H1830BE51, 1882Bх, 1887BEх, 1874BEх, K1921BK01Т

Как видно из таблицы, здесь представлены микроконтроллеры и микропроцессоры различных архитектур – RISC, регистр-стековая, мультиклеточная и др., а также микросхемы с процессорами цифровой обработки сигналов. Несмотря на отличие в архитектуре с Atmel SAM D20, значительные сходства микросхем могут наблюдаться по остальным параметрам, поэтому для широты обзора целесообразно провести их рассмотрение и гипотетически предположить такое импортозамещение.

Компания «Байкал Электроникс» [6] выпускает МК семейства Baikal-T1 по технологии 28 нм с тактовой частотой до 1,2 ГГц, числом ядер до 2, разрядностью 32 бит, энергопотреблением 5 Вт, размером корпуса 25x25 мм. Интерфейсы: 10Gb Ethernet, 2x1Gb Ethernet, PCIeх4, 2xSATA 3.0, USB 2.0, DDR3-1600, GPIO, UART, SPI, I2C. Семейства Baikal M, Baikal M/S с архитектурой ARM cortex A57 пока не производятся. *По набору интерфейсов и производительности Baikal-T1 превосходит Atmel SAM 20, однако его энергопотребление выше более чем в 500 раз и поэтому его нельзя отнести к импортозамещающим аналогам.*

Группа компаний «ЭЛВИС» [7] выпускает семейство видеопроцессоров VIP-1, выполненных по технологии 40 нм в корпусе 1296 HFCBGA. Семейство имеет два ядра ARM Cortex-A9 с частотой до 1 ГГц и производительностью 4000 DMIPS, видеоускоритель, видеопроцессор и навигационное ядро с поддержкой GPS, ГЛОНАСС и Бэйдоу. Интерфейсы: Ethernet MAC 10/100/1000 МГц; 3xI2C; 2xSPI; I2S; 4xUART; USB 2.0 до 480 Мбит/с; ввод и вывод видео, контроллер LCD-дисплея. Потребление микропроцессора: ядра – 1Вт при 400 МГц; пиковое не превышает 2,9 Вт; режим сна – 50 мкВт, имеется специальная система управления энергопотреблением. *Несмотря на превосходство в наборе интерфейсов и производительности, процессорное ядро VIP-1 имеет в 100 раз большее энергопотребление, чем Atmel SAM D20. Поскольку VIP-1 имеет избыточность в части видеопроцессора и навигационного ядра, можно рассматривать возможность импортозамещения им Atmel SAM 20 только в случае использования при решении задач обработки видео и навигации.*

НИИСИ РАН [8] – разработчик нескольких семейств 32-битных МК.

Микропроцессор (МП) 5890BM1Т с частотой 33 МГц в 108 выводном корпусе для построения резервируемых отказоустойчивых вычислительных систем имеет систему команд КОМДИВ и процессор с CP0, CP1, кэш 16 Кб. МК 5890BE1Т с частотой 33 МГц, энергопотреблением 3,3 Вх640 мА и технологией 0,5 мкм включает: процессор с CP0, CP1, кэш 16 Кбайт, контроллер СОЗУ, ПЗУ, 3 таймера, 3xUART, PCI 25 МГц, 16xGPIO, корпус на

240 выводов. Троированный сбоеустойчивый МП 1900ВМ2Т, сделанный по технологии 0,35 мкм в 108-выводном корпусе, имеет процессор с частотой 66 МГц с СР0, СР1, кэш 8 Кбайт, IUnit.

МК 1907ВМ014 по технологии 0,25 мкм в 256 выводном корпусе имеет: процессор с частотой 100 МГц с СР0, СР1, кэш 16 Кбайт, контроллеры СОЗУ, ППЗУ, 32xGPIO, 2xUART, 2xМКИО по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием, 2xSpaceWire до 400 Мбит/с, SPI, JTAG, 3 таймера, энергопотребление 5 Вт при 100 МГц, 2 Вт при 40 МГц. МК 1907ВМ044 для создания бортовых управляющих систем, сделанный по технологии 0,25 мкм в 256 выводном корпусе, имеет: процессор с частотой 66 МГц с СР0, СР1, кэш 16 Кбайт; контроллеры СОЗУ, ППЗУ, GPIO; 2xUART; 2x МКИО по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием; SpaceWire с резервным каналом; SPI; JTAG; 3 таймера, энергопотребление 7 Вт. МК 1907ВМ038 в 675 выводном корпусе для создания бортовых систем цифровой обработки сигналов имеет: процессор СР0 СР1, АЛУ, кэш-16 Кбайт, TLB; контроллеры DDR2 2 Гбит/с, RapidIO, МКИО по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием, 2xUART, 32xGPIO, SpaceWire с резервным каналом, SPI, NAND, JTAG; 3 таймера; часы реального времени; производительность 2 Гфлопс; энергопотребление 8 Вт. МК 1907ВМ056 по технологии 0,25 мкм имеет: процессор с СР0, СР1, кэш 16 Кбайт; контроллеры СОЗУ, ППЗУ, 32xGPIO; 2xUART, 2xМКИО по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием, SpaceWire с коммутатором 8 кан., 2xSPI, CAN, I2C, JTAG; 3 таймера; питание 3,3 В. МК 1907ВМ066 со встроенным сопроцессором обработки и сравнения изображений имеет: процессор с СР0, СР1, кэш 16 Кбайт; контроллеры СОЗУ, serial RapidIO, МКИО по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием, 2xUART, SpaceWire, SPI, I2C, JTAG; 3 таймера.

МК 9011ВА016 в 675 выводном PGA корпусе, включает: процессор 1907ВМ056 частотой 100 МГц; память 1667РА014 2 Мб; ПЛИС 5576ХС8Т; интерфейсы по ГОСТ Р 52070-2003, CAN, GPIO, RS-232, SPI и SpaceWire. Энергопотребление при 100 МГц - 15 Вт, без использования ПЛИС - 10 Вт.

64-разрядный МК 1907ВМ028 в корпусе с 675 выводами для построения высокопроизводительных вычислительных комплексов с RISC архитектурой КОМДИВ64 (имеется поддержка 32 разрядов) имеет отдельные кэши первого уровня по 16 Кбайт каждый; кэш-память 2-го уровня размером 256 Кбайт; контроллеры DMA, RapidIO 4X, PCI, ППЗУ, Ethernet, I2C; таймеры; энергопотребление на 150 МГц 5,5 Вт, 66 МГц - 2 Вт; корпус керамический матричный.

*МК семейства 1907ВМх пересекаются с Atmel SAM 20 только по набору контроллеров интерфейсов и порядку частоты процессора. По остальным параметрам, в особенности по энергопотреблению и наличию АЦП ЦАП, они категорично различны. Поэтому их нельзя рассматривать в качестве аналогов.*

Компания «Юникор микросистемс» [9, 10] выпускает два семейства микроконтроллеров UNC80xx и UNC320. 8-разрядные МК UNC80xx предназначены для использования в системах управления, в том числе реального времени, обработки звука. UNC80А03 имеет 128 Кб флэш ПЗУ, 4 Кб

ОЗУ, 64 Кб внешнее ОЗУ. Семейство UNC320 (Орхидея) имеет: 32-разрядную архитектуру, совмещающую RISC и DSP; адресное пространство 4 Гб; диспетчеры и кэш; управление потребляемой мощностью. Микроконтроллер UNC320IPP01 предназначен для портативных высокопроизводительных устройств с низким энергопотреблением (КПК и др.), UNC321VEC04 для кодирования и декодирования MPEG-4. *МК UNC80A03 и UNC320IPP01 представляются интересными в части импортозамещения Atmel SAM D20, но ввиду отсутствия в открытых источниках полной информации по набору их интерфейсов, производительности и энергопотреблению невозможно сделать окончательный вывод.*

ОАО «Ангстрем» [11] выпускает микропроцессорный комплект серии Л1876, предназначенный для построения высокопроизводительных 32-разрядных ЭВМ, контроллеров и других средств вычислительной и управляющей электронной техники. Комплект состоит из нескольких микросхем: RISC микропроцессор; сопроцессоры; контроллеры шины VME; графический контроллер. Максимальная тактовая частота RISC микропроцессор и графического контроллера 25 МГц и 135 МГц соответственно, а потребляемые мощности 4 Вт и 1,8 Вт. *Комплект Л1876 категорично не может заменить Atmel SAM D20, поскольку имеет единственный интерфейс VME, реализуется в нескольких микросхемах, энергопотребление каждой из которых в сотни раз больше Atmel.*

НИИМА «Прогресс» [12] выпускает МК К5512БП1Ф и радиационно-стойкий 5512БП2Ф для использования в аппаратуре ответственного назначения. Изготовленный по технологии 0,18 мкм, 32-разрядный микроконтроллер К5512БП1Ф с тактовой частотой до 150 МГц содержит: сопроцессор модульной арифметики с разрядностью 1024 и частотой 50 МГц; 4 блока БМК по 300 Квентилей; масочное ПЗУ 128 К x 32; ОЗУ 64 К x 32; интерфейсы SPI, I<sup>2</sup>C, GPIO; таймер. МК 5512БП2Ф, сделанный по технологии 0,24 мкм и имеющий 32-разрядное микропроцессорное ядро MIPS с частотой до 66 МГц, содержит: 3хБМК 100 Квентилей; масочное ПЗУ 64 К x 32; ОЗУ 32 К x 32; ФАПЧ на частоту до 150 МГц; интерфейсы 3хSPI, 8-разрядный 3хGPIO, UART. Энергопотребление К5512БП1Ф до 0,4 Вт, а 5512БП2Ф до 2 Вт. Обе микросхемы выпускаются в 325 выводном корпусе типа CPGA. *По набору интерфейсов и быстрдействию к Atmel SAM D20 наиболее близок МК 5512БП2Ф. Однако, если поставить приоритет на энергопотребление, то К5512БП1Ф будет более подходящей заменой.*

НТЦ «Модуль» [13] разрабатывает и производит высокопроизводительные процессорные ядра с архитектурой DSP/RISC и микроконтроллеры. МК 1879ВЯ1Я – цифровой унифицированный программный приемник аналоговых сигналов (в том числе сигналов глобальной навигационной системы (ГНС)), осуществляющий их преобразование в цифровой код и программную цифровую обработку. Декодер цифрового ТВЧ сигнала К1879ХБ1Я для ТВ приставок и пр. Л1879ВМ1 представляет собой высокопроизводительный микропроцессор с элементами VLIW и SIMD архитектур, содержащий устройства управления, вычисления

адреса и обработки скаляров, интерфейсы для внешней памяти и коммуникационные порты. МК 1879BM3 с АЦП и ЦАП для предварительной обработки широкополосных аналоговых сигналов, формирования потока данных для вторичной обработки, восстановления аналогового сигнала после вторичной обработки. 1879BM5Я представляет собой высокопроизводительный микропроцессор ЦОС с векторно-конвейерной VLIW/SIMD архитектурой на базе 64-разрядного ядра NeuroMatrix. Характеристики этих микросхем приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики этих микросхем компании НТЦ «Модуль»

Наименование	1879ВЯ1Я	К1879ХБ1Я	Л1879ВМ1	1879ВМ3	1879ВМ5Я
Процессор	2xDSP 64разр NMC3 RISC, ARM1176JFZ	ARM1176JZF, ЦПС NMC3, 324 МГц	RISC 40 МГц	150 МГц	RISC 320 МГц
Технология, корпус	90нм, BGA484	PBGA-544	0.5 мкм, BGA256	0,25 мкм, BGA576	90нм, 416 PBGA
АЦП/ЦАП и пр.	АЦП, БПОС, 16 Мбит ОЗУ	декодер MPEG2 DVB-CSA	Вект. сопр. 3x32x64-разр. RAM	2xАЦП, 4xЦАП, Различные ТС	4xSRAM 16Кx64бит 2xТС, АЛУ, Вект.сопр.
Энергопотребле ние	2,7 Вт	–	1,6 Вт	4,2 Вт	1,2 Вт
Интерфейсы	DDR1, UART, SPI, USB2.0, GPIO, JTAG	HDMI,NAND, 2xSPI, 3xI2C, 3xUART, DDR2, SDRAM, I2S, S/PDIF DVB-CI, Ethernet100M, USB 2.0 , 82xGPIO	2x64-разр. SRAM/DRAM, 2xTMS320C4xI/ О 20 Мбайт/с, 2x64-разр. I/O 320 Мбайт/с	SRAM - SSRAM, SDRAM 800 Мбайт/с 36xGPIO	LMI, GMI 64р. 130 МГц, CP0, CP1 160 Мбайт/с 8xGPIO, JTAG, 2xD MA
Производительн ость			40 MIPS		300 MIPS

Как видно из таблицы, все микросхемы имеют в сотни раз большее чем у Atmel SAM D20 энергопотребление и обладают высокой производительностью, широким набором высокоскоростных интерфейсов, встроенной памятью, АЦП/ЦАП и дополнительными сопроцессорами. К SAM D20 по набору интерфейсов и периферии наиболее близка микросхема 1879ВЯ1Я, поскольку остальные чипы имеют значительную избыточность.

АО «МЦСТ» [14] выпускает микропроцессоры семейства «Эльбрус» на основе архитектуры VLIW и SPARC (таблица 4).

Только микросхема 1891ВМ3 оснащена высокоскоростными интерфейсами: PCI 264 МБ/с, Ethernet 100 Мб/с, SCSI-2 10 МБ/с, RS-232, 115 Кбит/с, EBus 10 МБ/с. Как видно из таблицы, все микропроцессоры имеют высочайшую производительность, а следовательно, высокое энергопотребление, и не оснащены интерфейсами SPI, I2C, I2S и т.п., а также

АЦП, ЦАП. Поэтому ни одна микросхема 1891ВМх не может импортозаместить Atmel SAM D20.

Таблица 4 – Характеристики микросхем 1891ВМх компании АО «МЦСТ»

Микросхе- ма/ хар-ка	х8Я	х9Я	х6Я	х7Я	х5Я	х3	х4Я	х2
Архитекту- ра	VLIW	VLIW	SPARC V9	VLIW+ EiCore9	VLIW	SPARC V8	VLIW	SPARC V8
$F_{\text{такт}}$ , ГГц	0,8	0,3	1	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
Ядер	4	2	4	2+4	1	2	1	1
Произв, Гфлопс	50	9.6	16	16	8	1	4,8	0,5
Кэш 1 ур.	64+128 КБ	64+64 КБ	32+16 КБ	64+64 КБ	64+64 КБ	32+16 КБ	64+64 КБ	32+16 КБ
Кэш 2 ур.	8 МБ	2 МБ	2 МБ	2 МБ	2 МБ	512 КБ	256 КБ	4 МБ
Организац- ия ОЗУ	3xDDR3- 1600 ECC - 38,4ГБ/с	2xDDR2- 533 8,5ГБ/с	DDR2-800 6,4ГБ/с	DDR2- 800 12,8 ГБ/с	2xDDR2- 500 ECC - 8ГБ/с	DDR 2,6 ГБ/с	DDR2 ECC 4.8ГБ/с	MBus 0,8ГБ/с
Межпроц. обмен	3x12 ГБ/с, дупл.	3x4 ГБ/с	3x4 ГБ/с, дупл.	3x4 ГБ/с, дупл.	3x4 ГБ/с, дупл.	1x2,6 ГБ/с	–	–
Remote DMA	1x4ГБ/с дупл.	2x2ГБ/с	1x2ГБ/с дупл.	2x4ГБ/с	1x2ГБ/с дупл.	–	–	–
Техн, нм	65	90	90	90	90	130	130	130
Корпус	HFCBGA16 00	HFCBGA12 96	HFCBGA11 56	HFCBGA12 96	HFCBGA 1156	HFCBGA9 00	HFCBG A900	BGA 376
Энерг.	45 Вт	20 Вт	15 Вт	25 Вт	20 Вт	5 Вт	6 Вт	1 Вт

Компания «ИДМ-ПЛЮС» [15] выпускает семейство 16 битных МК ТФ-16 по технологии 0,35 мкм с регистрово-стековой архитектурой с совмещенной памятью программ и данных, ориентированной на программирование на языке Forth. ТФ-16А с частотой 50 МГц, энергопотреблением 1 (мА/МГц)х3,3 В, в корпусе LQFP 144 (22 х 21 мм), MROM 2КБ, SRAM 32 КБ, Ext RAM (ROM) до 4 МБ, PLL 2-100 МГц, 4xUART, GPIO 3x16bit, Nand-Flash, 10 бит АЦП 8 кан. Ядро имеет 16 бит АЛУ, регистры, аккумуляторы, счетчики команд. ТФ-16В 16-бит RISC с энергопотреблением до 60 мАх3,3 В при 50 МГц или 1 мА/МГц, корпус - Н18.64-18, MROM 128 КБ, SRAM 8 КБ, PLL 4-200 МГц, 2xUART, 2x16 бит&PWM, 1x3PWM цепь, GPIO 2x16 bit, производительность до 25 MIPS при 50 MHz, адреса 4 МБ, таймеры; 10 бит АЦП и 4xЦАП 10 бит, датчик температуры. Энергосберегающий ТФ-16BS – КШЫС, 16 КБ ОЗУ; 16-бит АЦП 4 кан; масочное ПЗУ К1894ВГ1Т 1Кх16, SRAM 32Кх16, генератор 1-20 МГц; ФАПЧ. MROM 1 КБ, SRAM 16 КБ, UART, SPI, JTAG, RTC, GPIO 1x16bit, энергопотребление 300 мкА х 3,3 В при 10 МГц, 1 мкА в спящем режиме, корпус - RHB 32 (7х7 мм), адресная память 17 КБ, 16xGPIO, таймеры, управление питанием, датчик температуры. *За исключением архитектуры и процессорного ядра, по остальным параметрам все микросхемы семейства ТФ-16 схожи с Atmel SAM D20. Наиболее близким импортозамещающим аналогом является МК ТФ-16BS, энергопотребление которого составляет 1 мВт, такого же порядка как у SAM D20.*

ОАО «Мультиклет» [16] занимается разработкой, производством и выводом на рынок отказоустойчивых DSP-процессоров, используемых как процессоры общего назначения, спроектированных на базе MIMD-архитектуры, получившей название «мультиклеточной», и сделанные по технологии 0,18 мкм. МСр0411100101 в корпусе LBGA-256 (14x14 мм) для задач управления и ЦОС, сочетает в минимальное энергопотребление (до 1,08 Вт) при высокой производительности. Ядро МСс04111 (4 клетки), разрядность 32/64 бит, частота 100 МГц, память данных 128 Кб, программ 128 Кб. МСр042R100102 в корпусе является процессором общего назначения с: динамической реконфигурацией JTAG, LQFP-256 (28x28 мм), ядро МСр042R1 (4 клетки), разрядностью 32/64 бит, частота 100 МГц, PLL, память данных 256 Кб, программ 256 Кб, энергопотреблением до 1,05 Вт, IEEE – 754 FPU, ЦАП 100 Мвыб/с 12 бит, АЦП 2x4 канала: 48 Квыб/с, 16 бит. Оба процессора имеют производительность 24 MFLOPS/МГц и оснащены интерфейсами: USB 1.1., 4xUART, I2C, 3xSPI, I2S, 4 кан PWM, 104xGPIO, Ethernet. *Несмотря на отличие в архитектуре, по остальным параметрам, эти процессоры схожи с Atmel SAM D20, а также имеют относительно низкое энергопотребление, и МСр042R100102 можно рассматривать как аналог.*

ООО «KM211» [17] выпускает по технологии 90 нм 32-разрядный RISC микропроцессор КВАРК частотой 600 МГц общего назначения для встраиваемых применений, имеющий: MMU и кэш-память; ЦСП; FPU; спящий режим с низким потреблением (1,1 DMIPS/МГц); портированный FreeRTOS, Linux 2.6; GPIO, счётчики, ШИМ, CRC-калькуляторы, NAND, compact-flash, Ethernet, USART, I2C, I2S, SPI, LCD-контроллер JTAG; кодеки MPEG2, MPEG4, MP3. Быстродействие-энергопотребление на ARM9/ARM11 8,5 DMIPS/мВт, спящий режим с низким потреблением, Интерфейсы для смарт-карты и ID: ISO7816, ISO14443. *Микропроцессор КВАРК имеет превосходство в интерфейсах и сопроцессорах, и сопоставимое с Atmel SAM D20 соотношение производительность-энергопотребление, однако отсутствие в нем АЦП и ЦАП не дает возможность быть ему импортозамещающим аналогом.*

ЗАО «ПКК «Миландр» [18] выпускает семейства 8-разрядных 1886BEх (ядро PIC17), 32-разрядных 1986BE4х (ARM Cortex-M0), 1986BE9х (ARM Cortex-M3, аналог STM32F103х) и двухъядерных 1901BЦ1Т с 16-битным DSP микроконтроллеров. Их характеристики представлены в таблице 5.

*Как видно из таблицы 5, микросхемы 1986BE4У, К1986BE4У компании «Миландр» очень схожи с Atmel SAMD 20, но максимальное подходящее для импортозамещения сходство (по ядру, интерфейсам, производительности, АЦП и пр.) имеет 1986BE4У, энергопотребление которого составляет 60 мВт.*

Таблица 5 – Характеристики МК компании ЗАО «ПКК «Миландр»

МК	Корпус	Память, КБайт	f <sub>c</sub> , МГц	ТС	АЦП	Интерфейсы
1886BE1Y	H18.64-1B	MaskROM, 64	33	4	10p12к	2xUART, SPI, I2C
1886BE2Y		Flash, 64		4	10p12к	2xUART, SPI, I2C
1886BE3Y	H16.48-1B			1	–	UART, 2xUSB, NAND
1886BE4Y		1		–	UART, SPI, 4xUSB, NAND	
1886BE5BY	H14.42-1B	EEPROM, 8	25	3	10p8к	USART, CAN
1886BE61Y, 1886BE61Y1	H16.48-1B, 5142.48-A	EEPROM, 8	24	3	12p8к	2xUSART
1886BE71Y	H09.28-1B	EEPROM, 4	10	1	–	USART
1986BE4Y	H18.64-1B	Flash,128	36	2	24p8к	36xGPIO, 2xUART, SPI, DMA
1901BЦ1T	4229.132-3	Flash,128	100	–	24p16к	96xGPIO, UART, SPI, I2C, SDIO, NAND
1986BE91T, 1986BE94T	4229.132-3	Flash,128	80	3	2x16к	96xGPIO, 2xUART, 2xSPI, I2C, 2xCAN, USB
1986BE92Y, K1986BE92QI	H18.64-1B			3	2x8к	43xGPIO, 2xUART, 2xSPI, I2C, 2xCAN, USB
1986BE93Y	H16.48-1B			3	2x4к	30xGPIO, 2xUART, SPI, 2xCAN, USB

Белорусская фирма NTLab [19] выпускает по технологии 90 нм двухъядерный микроконтроллер NT1004 и 32-битный микроконтроллер NT1018 в корпусе BGA144. Каждое 32-битное ядро NT1004 включает: RISC процессор, векторный сопроцессор, 16 Кбайт кэш, 32 Кбайт SRAM, 8-канальный DMA, USB 2.0, 2xUART, 2xSPI, I2C, LCD контроллер, многоканальный контроллер внешней памяти, сопроцессор DES/TDES, AES128/AES192/AES256 шифрования. NT1018 имеет 32 разрядное RISC ядро, FPU, 24 Кб кэш, MMU, 128 Кб SRAM, 8-канальный DMA, AC97 и I2S, 2xUART, 2xSPI, I2C, 3 таймера, часы реального времени, контроллер прерываний, LCD контроллер, интерфейс External NAND, 16-битный ЦАП, интерфейс отладки. *Несмотря на отсутствие сведений по производительности и энергопотреблению, по набору основных функций и интерфейсов, NT1018 наиболее приближен к SAM D20.*

ОАО «НИИЭТ» [20] выпускает 8-ми (H1830BE51, 1882BE53Y, 1882BM1T, 1887BE4Y, 1887BE7T) и 16-ти (1874BE36, 1874BE76T, 1874BE86T, 1874BE66T, 1887BE3T) разрядные микроконтроллеры, многие из которых являются аналогами зарубежных микросхем, и 32-разрядный K1921BK01T:

- H1830BE51 – аналог 83C51 фирмы Intel, с частотой 12 МГц, ОЗУ 128x8, ПЗУ 4Kx8, 2x16-разрядных таймера, UART, энергопотребление 132 мВт, корпус H16.48-2B; 1882BE53Y – аналог AT89S8253 фирмы Atmel, 24 МГц, ОЗУ 256x8, ПЗУ 12Kx8, память данных EEPROM 2Kx8, 3x16-разрядных таймера, UART, SPI, WDT, корпус H16.48-2B; 1882BM1T с системой команд и архитектурой MCS-51, 24 МГц, память программ 32 Кбайт, память данных EEPROM 4 Кбайт,

- кодирование по ГОСТ 28147-89, MDU, UART, SPI, MIL-STD-1553, I2C, LIN, корпус 4203.64-1; 1887BE4У – аналог ATmega8535 фирмы Atmel, RISC, 8 МГц, ПЗУ 8Кх8 флэш, ЭСППЗУ 1Кх8, ОЗУ 512х8, UART, SPI, АЦП (8 каналов, 8/10 бит), WDT, аналоговый компаратор, RC генератор, корпус H16.48-2В; 1887BE7Т – аналог ATmega 128, AVR, 8 МГц, память программ 128 Кб, данных 4 Кб, ОЗУ 4 Кб, 2хUART, SPI, TWI, 53хGPIO, АЦП, аналоговый компаратор, WDT, JTAG, корпус 4203.64-2, питание 5В, 6 режимов пониженного энергопотребления; сброс при подаче питания и программируемая схема сброса при снижении напряжения питания;
- 1874BE36 – аналог 83С196КВ-12 фирмы Intel, 20 МГц, ОЗУ 232х8, ПЗУ 8Кх8, 2х16-разрядных таймера, АЦП, ШИМ, энергопотребление 300 мВт, корпус 4235.88-1; 1874BE76Т – аналог TN80С196КС-20 фирмы Intel, 20 МГц, ОЗУ 488х8, ПЗУ 16Кх8, АЦП, 3хШИМ, PTS, HSIO, UART, WD, корпус T4235.88-1; 1874BE86Т и 1874BE66Т – аналоги 80С196МС и 87С196МД фирмы Intel (для управления двигателями), 16 МГц, ОЗУ 488х8, ПЗУ 16Кх8 типа OTP ROM, 2 16-разрядных таймера, АЦП, ШИМ, ЕРА, PTS, 3-фазный генератор, корпус 4235.88-1; 1887BE3Т на базе RISC ядра С166SV1.2, 40 МГц, ПЗУ 256 Кбайт, ОЗУ 15 Кбайт, АЦП (16 каналов, 8/10 бит), 2хСАРСОМ, ШИМ, 2хUSART, 2хSPI, I2C, CAN, WDT, OCDS, JTAG, корпус 4247.144-1.
  - K1921BK01Т на ядре ARM Cortex-M4F с поддержкой команд MAC, SIMD, FPU, производительностью 125 MIPS имеет: FLASH 1Мб программ и 64Кб данных, 192Кб RAM; контроллеры SRAM, PROM, NOR Flash, DMA; таймеры и RTC; ФАПЧ, 12хАЦП 2к12р, 18хШИМ, 6хСАР; интерфейсы 2хCAN, 2хI2C, 2хeQEP, 4хSPI, 4хUART, USB 2.0, Ethernet 100 Мбит/с, JTAG, 88хGPIO.

*Все эти микроконтроллеры по набору интерфейсов, производительности, и энергопотреблению схожи и, немного уступают Atmel SAM D20. По критерию наличия АЦП аналогами являются 1887BE4У, 1887BE7Т, 1874BE36, 1874BE76Т, 1874BE86Т, 1874BE66Т и 1887BE3Т. Из них самый близкий 1887BE7Т, но в случае меньшего набора интерфейсов можно рассматривать 1887BE4У. Аналогичным по архитектуре K1921BK01Т можно провести полноценное импортозамещение.*

### Выводы

Несмотря на широчайший спектр возможностей и преимуществ, предоставляемых микроконтроллерами семейства SAM D20 компании Atmel, таких как набор интерфейсов, АЦП, ЦАП, энергосбережение и пр., актуальной является задача его импортозамещения.

На сегодняшний день на российском рынке представлено более 10 отечественных компаний разработчиков-производителей современных микроконтроллеров и микропроцессоров. Проведенный анализ показал, что полноценного аналога среди российских микросхем не существует. Все

отечественные микросхемы отличаются в десятки и сотни раз большим, чем у SAM D20 энергопотреблением. Наиболее близкими по характеристикам являются следующие микросхемы:

- K5512БП1Ф компании НИИМА «Прогресс»;
- 1879ВЯ1Я компании НТЦ «Модуль»;
- TF-16BS фаблесс компании «ИДМ-ПЛЮС»;
- MSr042R100102 компании ОАО «Мультиклет»;
- 1986BE4У компании «Миландр»;
- NT1018 фирмы «NTLab»;
- K1921BK01T компании ОАО «НИИЭТ».

Ими вполне можно заменить SAM D20 в случае некоторых ограничений в значениях параметров, определяемых техническими требованиями к разработке. Самым близким аналогом является микросхема K1921BK01T, которая по своим характеристикам не уступает иностранным микроконтроллерам данного класса, а с учетом отечественного модуля разработчика MBS-K1921BK01T и графической среды программирования MexBIOS™ Development Studio, позволит существенно ускорить создание программного обеспечения, что обеспечит импортозамещение электронных компонентов встраиваемых систем управления. Также, по критериям схожести набора интерфейсов и низкому энергопотреблению интересен МК TF-16BS регистрово-стековой архитектуры. Следует заметить, в системах, решающих задачи определения местоположения от ГНС, целесообразно использовать микросхему VIP-1 компании «ЭЛВИС».

### Литература

1. Импортозамещение в России // Новости России [Электронный ресурс] – URL: [http://newsruss.ru/doc/index.php/Импортозамещение\\_в\\_России](http://newsruss.ru/doc/index.php/Импортозамещение_в_России) (дата обращения: 25.02.2016).
2. Технологическое отставание России по микропроцессорам на основании технологического процесса в производстве // savepearlharbor [Электронный ресурс] – URL: <http://savepearlharbor.com/?p=257695> (дата обращения: 25.02.2016).
3. Atmel SMART SAM D20. DATASHEET // Atmel-42129N-SAM-D20\_datasheet-01/2015.
4. Atmel SAM D Family. ARM Cortex-M0+ based Flash Microcontrollers. 2014. – 8 p.
5. Микроконтроллеры SAM D на базе ARM Cortex-M0+ // Atmel [Электронный ресурс] – URL: <http://www.atmel.com/ru/ru/products/microcontrollers/arm/sam-d.aspx> (дата обращения: 25.02.2016).
6. Сайт компании «Байкал Электроникс» // Байкал Электроникс [Электронный ресурс] – URL: <http://www.baikalelectronics.ru/> (дата обращения: 25.02.2016).

7. Сайт компании «ЭЛВИС» // ЭЛВИС [Электронный ресурс] – URL: <http://элвис-неотек.рф/> (дата обращения: 25.02.2016).

8. Микросхемы НИИСИ РАН // НИИСИ РАН [Электронный ресурс] – URL: <http://www.pcweek.ru/gover/it-independence/materials/13-bobkov.pdf> (дата обращения: 25.02.2016).

9. Продукты компании Юникор Микросистемс // Юникор Микросистемс [Электронный ресурс] – URL: [http://www.interstron.ru/company\\_prod.html](http://www.interstron.ru/company_prod.html) (дата обращения: 25.02.2016).

10. Характеристики микросхем компании Юникор Микросистемс // Kilouma [Электронный ресурс] – URL: <http://kilouma.ru/safia/fgup-niima-progress-g-moskva/stranica-11.html> (дата обращения: 25.02.2016).

11. ОАО «Ангстрем» // ОАО «Ангстрем» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.angstrom.ru> (дата обращения: 25.02.2016).

12. Микроконтроллеры АО «НИИМА «ПРОГРЕСС» // АО «НИИМА «ПРОГРЕСС» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.mri-progress.ru/products/bis-i-sbis/sbis-snk/> (дата обращения: 25.02.2016).

13. Микросхемы компании НТЦ «Модуль» // НТЦ «Модуль» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.module.ru/catalog/micro/> (дата обращения: 25.02.2016).

14. Микросхемы компании АО «МЦСТ» // АО «МЦСТ» [Электронный ресурс] – URL: [http://www.mcst.ru/mikroprocessory-i-sbis?dyn=1&type\[\]=t5&page=1](http://www.mcst.ru/mikroprocessory-i-sbis?dyn=1&type[]=t5&page=1) (дата обращения: 25.02.2016).

15. Микроконтроллеры компании «ИДМ ПЛЮС» // «ИДМ ПЛЮС» [Электронный ресурс] – URL: (<http://www.idm-plus.ru/ru/16bit.html>) (дата обращения: 25.02.2016)

16. Микропроцессоры компании ОАО «Мультиклет» // ОАО «Мультиклет» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.multiclet.com/index.php/ru/products/mult-procces> (дата обращения: 25.02.2016).

17. Микропроцессоры семейства КВАРК компании ООО «КМ211» // ООО «КМ211» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.km211.ru/ru/kvarc-32bit> (дата обращения: 25.02.2016).

18. Микроконтроллеры компании ЗАО «ПКК «Миландр» // ЗАО «ПКК «Миландр» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.milandr.ru/index.php?page=produktsiya> (дата обращения: 25.02.2016).

19. Микроконтроллеры компании NTLab // NTLab [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ntlab.com/portfolio/category:v:MCU+%26+DSP.htm> (дата обращения: 25.02.2016).

20. Микроконтроллеры компании ОАО «НИИЭТ» // ОАО «НИИЭТ» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.niiet.ru/chips> (дата обращения: 25.02.2016).

## References

1. Import substitution in Russia. *Novosti Rossii* [Online Resource]. Available at: [http://newsruss.ru/doc/index.php/Импортзамещение\\_в\\_России](http://newsruss.ru/doc/index.php/Импортзамещение_в_России) (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
2. Maintenance backlog of Russia on microprocessors based on the technological process in the production. *Savepearlharbor* [Online Resource]. Available at: <http://savepearlharbor.com/?p=257695> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
3. Atmel SMART SAM D20. DATASHEET // Atmel-42129N-SAM-D20\_datasheet-01/2015.
4. Atmel SAM D Family. ARM Cortex-M0+ based Flash Microcontrollers. 2014. – 8 p.
5. SAM D microcontrollers based ARM Cortex-M0+. *Atmel* [Online Resource]. Available at: <http://www.atmel.com/ru/ru/products/microcontrollers/arm/sam-d.aspx> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
6. The site of the company «Baikal Electronics». *Baikal Electronics* [Online Resource]. Available at: <http://www.baikalelectronics.ru/> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
7. The site of the company «ELVEES». *JSC Research and Development Center «ELVEES»* [Online Resource]. Available at: <http://multicore.ru/> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
8. Chips of Scientific Research Institute of System Analysis. *Scientific Research Institute of System Analysis* [Online Resource]. Available at: <http://www.pcweek.ru/gover/it-independence/materials/13-bobkov.pdf> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
9. Products company UNICORE MICROSYSTEMS. *UNICORE MICROSYSTEMS* [Online Resource]. Available at: [http://www.interstron.ru/company\\_prod.html](http://www.interstron.ru/company_prod.html) (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
10. Features chips company UNICORE MICROSYSTEMS. *Kilouma* [Online Resource]. Available at: <http://kilouma.ru/safia/fgup-niima-progress-g-moskva/stranica-11.html> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
11. JSC «Angstrom». *JSC «Angstrom»* [Online Resource]. Available at: <http://www.angstrom.ru> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
12. Microcontrollers JSC NIIMA PROGRESS. *JSC NIIMA PROGRESS* [Online Resource]. Available at: <http://www.mri-progress.ru/products/bis-i-sbis/sbis-snk/> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
13. Chips company RC «Module». *RC «Module»* [Online Resource]. Available at: <http://www.module.ru/catalog/micro/> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
14. Chips company JSC «MCST». *JSC «MCST»* [Online Resource]. Available at: [http://www.mcst.ru/mikroprocessory-i-sbis?dyn=1&type\[\]=t5&page=1](http://www.mcst.ru/mikroprocessory-i-sbis?dyn=1&type[]=t5&page=1) (accessed: 25 February 2016) (in Russian).
15. Microcontrollers «IDM Plus». *«IDM Plus»* [Online Resource]. Available at: (<http://www.idm-plus.ru/ru/16bit.html> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

16. Microprocessors company JSC «Multiclet». *JSC «Multiclet»* [Online Resource]. Available at: <http://www.multiclet.com/index.php/ru/products/mult-proces> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

17. Microprocessors company «KM211». *KM211* [Online Resource]. Available at: <http://www.km211.ru/ru/kvarc-32bit> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

18. Microcontrollers JSC «ICC Milandr». *JSC «ICC Milandr»* [Online Resource]. Available at: <http://www.milandr.ru/index.php?page=produktsiya> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

19. Microcontrollers NTLab. *NTLab* [Online Resource]. Available at: <http://www.ntlab.com/portfolio/category:v:MCU+%26+DSP.htm> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

20. Microcontrollers JSC «NIET» *JSC «NIET»* [Online Resource]. Available at: <http://www.niet.ru/chips> (accessed: 25 February 2016) (in Russian).

**Статья поступила 29 февраля 2016 г.**

### **Информация об авторах**

*Аminev Дмитрий Андреевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: системы и сети передачи данных; радиоэлектронная аппаратура. E-mail: [aminev.d.a@ya.ru](mailto:aminev.d.a@ya.ru)

*Охломенко Илья Вячеславович* – студент 4-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем; проектирование цифровой аппаратуры. E-mail: [ilya.okhlomenko@gmail.com](mailto:ilya.okhlomenko@gmail.com)

*Никитенко Мария Владимировна* – студент 4-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем; проектирование цифровой аппаратуры. E-mail: [nnikitenko.maryu@yandex.ru](mailto:nnikitenko.maryu@yandex.ru)

*Сачкова Наталья Александровна* – студент 4-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем. E-mail: [sachkova.natalia.a@gmail.com](mailto:sachkova.natalia.a@gmail.com)

*Гусева Полина Александровна* – студент 4-го курса кафедры ИУ-4 "Проектирование и технология производства электронной аппаратуры". Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: моделирование радиотехнических систем; сбор и обработка информации. E-mail: [appolnaria.94@mail.ru](mailto:appolnaria.94@mail.ru)

Адрес: 105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

## Investigation of the Possibility of Import Substitution Microcontroller Atmel SAM D20 Domestic Chips

D. A. Aminev, I. V. Ohlomenko, M. V. Nikitenko,  
N. A. Sachkova, P. A. Guseva

**Formulation of the problem:** as a result of contemporary geopolitics in Russia imposed sanctions on imports of various high-tech solutions of western production. Production of microcontrollers and processors have not been established in the modern world level ever since the collapse of the USSR. As is known, the processor - the main part of the computer hardware or a programmable logic controller, performing machine instructions, and therefore today without it can not do any one high-tech device. Therefore, the relevance of this work is the task of finding domestic counterparts overseas microcontrollers and chip import substitution to the realities of sanctions. **The aim is** finding domestic counterparts processor family of the Atmel SAM D20, a comparison of their characteristics, as well as consideration of the evolution of these decisions and their future. Formulate proposals for import substitution. **Result:** The actual replacement of imports by domestic processors analogues produced at a given time, and planned for release in the near future. The characteristics of processors family SAM D20 the Atmel company, as well as the different technologies and peripheral output used in this family. The characteristics of the families of domestic microcontrollers and microprocessors, with the same architecture, features and interfaces, and other parameters of the following manufacturers: "Baikal Electronics", Group of companies "ELVIS" NIISI RAS Unicore Microsystems, Inc. "Angstrom" Nyima "Progress" STC "module", JSC "MCST", "IDM-PLUS", JSC "Multiclet", "KM211 Ltd.", JSC "ICC "Milandr", NTLab, JSC "NIJET". A comparison of the characteristics of their family of SAM D20 and the integrated set of performance in different conditions and objectives conclusions on the possibility of its domestic import specific chips.

**Keywords:** a microcontroller, a microprocessor chip, import substitution, domestic processors, comparison features, interface, performance.

### Information about Authors

*Dmitrij Andreevich Aminev* – Ph.D. of Engineering Sciences. Associate Professor of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: systems and data networks, electronic instruments. E-mail: aminev.d.a@ya.ru

*Ilya Vyacheslavovich Ohlomenko* – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: modeling of radio systems; digital hardware design. E-mail: ilya.okhlomenko@gmail.com

*Mariya Vladimirovna Nikitenko* – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: modeling of radio systems; digital hardware design. E-mail: nnikitenko.mary@yandex.ru

*Natalya Aleksandrovna Sachkova* – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University. Field of research: modeling of radio systems; collecting and processing information. E-mail: sachkova.natalia.a@gmail.com

*Polina Aleksandrovna Guseva* – Student of the Department of "Design and technology of electronic equipment". Bauman Moscow State Technical University.

Field of research: modeling of radio systems; collecting and processing information.  
E-mail: [appolinaria.94@mail.ru](mailto:appolinaria.94@mail.ru)  
Address: Russia, 105005, Moscow, ul. Baumanskaya 2-ya, 5.