

ЭЛЕКТРОНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

РЕКОНФИГУРИРУЕМОСТЬ КАК ОСНОВА НОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

В последние годы достигнуты значительные успехи в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), оказывающих глубокое воздействие на социально-экономическую, производственную и другие сферы. Технологической основой ИКТ являются микроэлектроника и наноэлектроника (размер элементов менее 100 нм). Число микроэлектронных устройств в мире растет экспоненциально с каждым годом. Однако только 2% от общего количества изготавливаемых микропроцессоров используются в компьютерах, остальные получают иное применение. В развитых странах уже сейчас на человека приходится до 10 тыс. микроэлектронных устройств.

Имеющегося быстродействия современной электроники достаточно для решения большинства повседневных задач, но зачастую в процессе работы требуется изменить конфигурацию оборудования, к которому нет физического доступа. С расширением степени проникновения ИКТ и развитием Интернета вещей высока актуальность снятия технологических ограничений по внедрению электронных устройств, в том числе за счет их реконфигурации.

Трендлetter выходит 1–2 раза в месяц.

Каждый выпуск посвящен одной теме:

- Медицина и здравоохранение
- Рациональное природопользование
- Информационно-коммуникационные технологии
- Новые материалы и нанотехнологии
- Биотехнологии
- Транспортные средства и системы
- Энергоэффективность и энергосбережение
- **Спецвыпуск**

Мониторинг глобальных технологических трендов проводится Институтом статистических исследований и экономики знаний Высшей школы экономики (issek.hse.ru) в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

При подготовке трендлetterа использовались следующие источники:

Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации до 2030 года (prognoz2030.hse.ru), материалы научного журнала «Форсайт» (foresight-journal.hse.ru), Web of Science, Orbit, Cisco, dailytech.com, gminsights.com, icinsights.com, idtechex.com, knowm.org, marketsandmarkets.com и др.

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в ИСИЭЗ НИУ ВШЭ: issek@hse.ru, +7 (495) 621-82-74.

При подготовке использованы материалы кафедры проектирования и конструирования интегральных микросхем МИЭТ.

Над выпуском работали:

Ирина Бородина, Андрей Коршунов, Юлия Мильшина, Константин Вишневецкий, Лилия Киселева, Владимир Пучков.

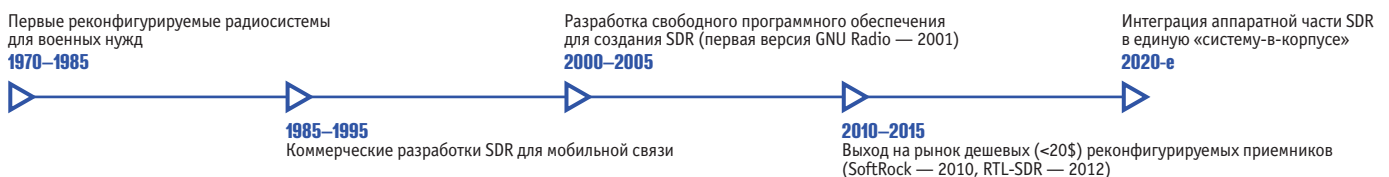
© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2017

ПОВСЕМЕСТНОЕ ВНЕДРЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РАДИОСИСТЕМ (SDR)

Развитие мобильной связи в последние два десятилетия привело к широкому распространению беспроводных коммуникаций. Однако поддержка устройством беспроводной связи, как правило, приводит к существенному увеличению его конечной стоимости. В настоящее время основной фокус при разработке новых программно-аппаратных средств направлен на улучшение технических и экономических характеристик беспроводной передачи данных для электронных устройств (сенсоров, меток, актюаторов). При этом необходимо обеспечить дальность связи без увеличения энергозатрат, повысить ее качество, а также внедрить новые протоколы связи, не меняя при этом аппаратную часть.

Программно-определяемые радиосистемы (Software-defined radio, SDR) — наиболее перспективное решение указанных задач. Особенность SDR заключается в том, что функции реализуются программными средствами и могут быть реконфигурированы в рамках работы системы. SDR помогает эффективно адаптировать и настраивать устройство в соответствии с решаемой задачей, отключая/включая в процессе работы отдельные блоки, не меняя при этом аппаратную часть. Распространение SDR и методов машинного обучения приведет к значительному улучшению характеристик межмашинного взаимодействия (M2M). К примеру, SDR позволяет реализовать на одной унифицированной аппаратной платформе разнообразные коммуникационные стандарты и гибко управлять ими. За счет этого устройства смогут автоматически выбирать тип связи в зависимости от внешних условий (помехи, удаленность от приемника, объем данных и т.п.), что обеспечит большую эффективность передачи данных.

Технологическая эволюция: программно-определяемые радиосистемы



Эффекты

- Сокращение времени выхода на рынок новых беспроводных устройств
- Значительное снижение затрат на разработку за счет многократного использования программного обеспечения в различных радиоустройствах
- Сокращение времени и финансовых затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию устройств при использовании удаленного перепрограммирования
- Уменьшение финансовых затрат при модернизации беспроводных сетей провайдером услуг с возможностью добавлять новые функции в существующие системы
- Снижение логистических и эксплуатационных расходов при использовании радиосистем на протяженных территориях (SDR позволяют удаленно настраивать и модернизировать оборудование)

Оценки рынка

В 2 раза

к 2020 г. (до \$27 млрд) вырастет объем мирового рынка программно-аппаратных средств SDR (в 2014 г. — \$13,5 млрд)

Драйверы

- ↑ Развитие технологии построения компонентной базы и интеграции блоков радиосвязи и цифровой обработки данных в одном корпусе/кристалле
- ↑ Развитие глобальных беспроводных сетей, включая навигационные сети (GPS, ГЛОНАСС, Galileo и проч.) и глобальный беспроводной Интернет

Барьеры

- ↓ Уязвимость беспроводного канала связи при киберугрозах
- ↓ Рост требований к энергопотреблению устройств с SDR

Структурный анализ:

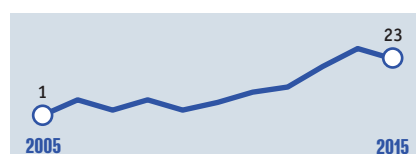
число связанных электронных устройств (2016–2021, млрд ед.)

	2016	2020	2021
Смартфоны	38	40	43
Межмашинное взаимодействие (M2M)	10	26	29
Планшеты	1,9	2,9	3
Фаблеты	7	8	10
«Несмартфоны»	41	21	13
ПК	2	2	2
Прочие портативные устройства	0,1	0,1	0

Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

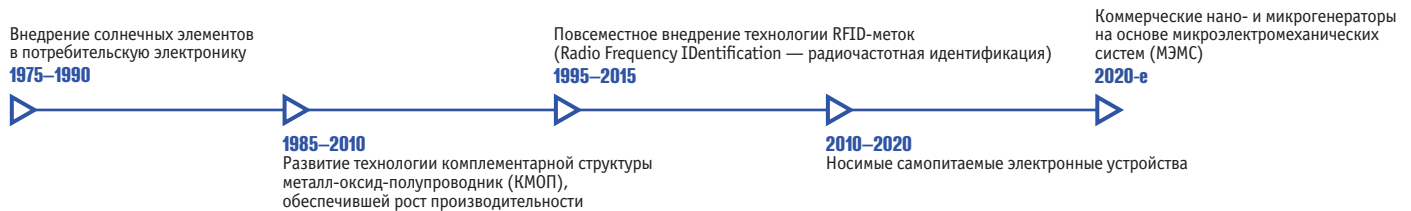
«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК И ВЫБОР ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Прообразом электронных систем будущего являются беспроводные сенсорные сети (*Wireless Sensor Network, WSN*). В составе единой беспроводной сенсорной сети на объекте размещаются до нескольких тысяч миниатюрных датчиков, измеряющих различные физические параметры (температуру, влажность, механические напряжения и т.п.). Получаемая точная информация позволяет принимать оптимальные решения. Ключевым вопросом при этом является обеспечение максимального времени автономной работы таких приборов, поскольку замена источников питания в нескольких тысячах устройств практически невозможна.

Наиболее перспективным способом обеспечения длительной автономности является внедрение в электронные устройства подсистем сбора и преобразования энергии внешней окружающей среды из разных источников (свет, вибрации, тепло и т.п.). Возможно использование одного (как правило, фотоэлемента) или нескольких альтернативных источников энергии с автоматическим выбором и переключением между ними. Одним из вариантов таких источников могут быть встраиваемые микрогенераторы, преобразующие механическую энергию в электрическую с помощью пьезоэлектрического эффекта. В отличие от стандартных технологий электропитания устройств (электрохимические элементы и проводное подключение) новые методы позволят существенно увеличить время их работы.

Технологическая эволюция: альтернативное питание электроники



* КМОП-технология — технология построения цифровых интегральных схем на основе полевых транзисторов с изолированным затвором с каналами разной проводимости. В конце 1980-х гг. стала преобладающей и к настоящему времени продолжает интенсивно развиваться.

Эффекты

- Улучшение потребительских свойств существующей продукции: уменьшение веса, габаритов, периодичности обслуживания; снижение энергопотребления; возможность отказа от стандартного электрического источника питания
- Экологическая безопасность: снижение техногенной нагрузки на окружающую среду за счет отказа от использования и утилизации химических источников энергии
- Повышение качества жизни и здоровья населения: развитие социальных ИТ-систем (в здравоохранении, образовании, культуре, досуге и проч.)
- Повышение производительности труда: использование беспроводных сенсорных сетей с питанием от вибрации и электромагнитного излучения

Оценки рынка

До \$6,4 млрд

к 2018 г. вырастет объем рынка МЭМС-датчиков для мобильных устройств (в 2012 г. — \$2,2 млрд, в 2013 г. — \$2,7 млрд)

Драйверы

- ↑ Развитие носимой электроники, повышение требований к ее функциональности
- ↑ Экологические проблемы, связанные с использованием классических электрохимических источников энергии

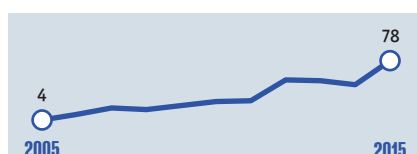
Барьеры

- ↓ Технологические сложности интеграции в одном корпусе преобразователей энергии окружающей среды и их миниатюризация
- ↓ Насыщение рынка при выпуске устройств со сверхдолгим временем работы

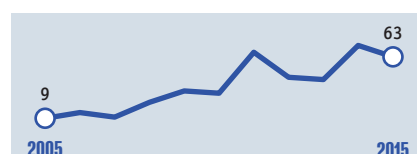
Структурный анализ: мировой рынок электронных устройств с преобразователями энергии (2011–2017 гг., млн долл.)



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

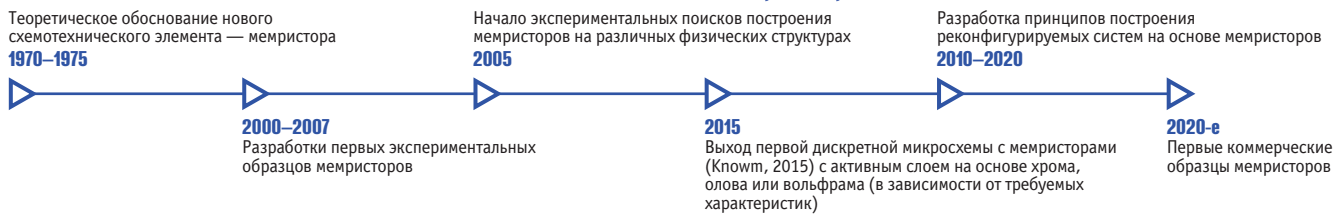
«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований

РЕПРОГРАММИРУЕМАЯ «НА ЛЕТУ» НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА

За последние 30 лет число транзисторов на одном кристалле выросло со 100 тыс. до 10 млрд. Это стало возможным благодаря стремительному развитию производства интегральных схем (ИС) по технологии КМОП (комплементарная структура металл-оксид-полупроводник). Такое масштабирование технологических размеров стало базой для «цифровой революции». Потребительские характеристики (быстродействие, цена, энергопотребление, размеры) цифровых ИС постоянно улучшаются. Однако дальнейшая миниатюризация элементной базы на основе КМОП-технологий в ближайшие 10–15 лет станет невозможной из-за ряда физических ограничений. Остается нерешенной проблема быстрого репрограммирования таких ИС, позволяющих изменять функциональные возможности устройства. Предложенные изменения на основе транзисторов с вертикальным затвором (FinFET) продлили срок существования КМОП-технологии, но не привели к значительному прорыву.

На сегодняшний день реконфигурация программируемых логических ИС (FPGA) не может происходить «на лету» и также требует резервного блока/схемы для защиты от сбоя во время программирования. Перспективным решением подобной проблемы является элементная база на основе мемристоров (memristor) (пассивные элементы микроэлектроники, которые способны изменять сопротивление в зависимости от прошедшего через них заряда). Они способны обеспечить энергозависимую память и «обучаемость» системы, заменить носители информации в существующих системах, сделав возможным процесс реконфигурации и повысив их надежность и быстродействие.

Технологическая эволюция: элементная база на основе мемристоров



Эффекты

- Замена всех видов памяти системами на основе мемристоров
- Расширение функциональных возможностей (повышение разрядности данных, интеграция на едином кристалле различных компонентов) электроники за счет роста плотности компоновки элементов в чипах
- Рост быстродействия устройств
- Уникальные свойства:
 - (1) режим отключения питания является одним из рабочих, что позволяет очень быстро переходить между режимами обработки информации и энергосбережения;
 - (2) концепция мемристора предполагает самообучаемость системы
- Меньшее энергопотребление за счет свойства энергозависимости блоков памяти на основе мемристоров

Оценки рынка

\$93 млрд

к 2021 г. может составить объем мирового рынка твердотельной памяти (DRAM, Flash, SRAM) электронных систем.
Прогнозируется, что именно в области памяти появятся первые коммерческие образцы мемристоров.

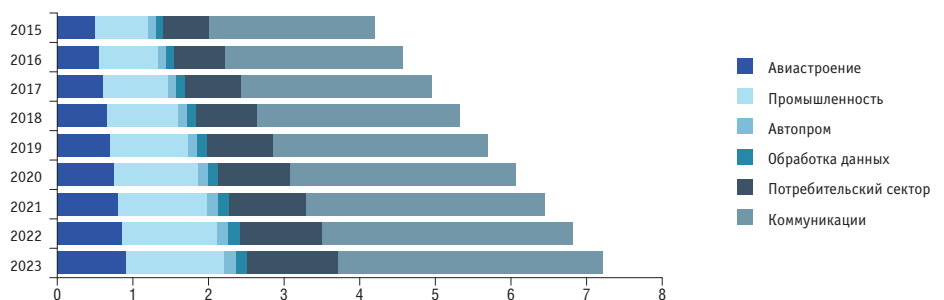
Драйверы

- ↑ Инвестиции в поиск замены МОП-транзисторов (металл-оксид-полупроводник) ведущими компаниями микро- и нанoeлектроники
- ↑ Возможность замещения мемристорами всех типов памяти существующих систем с одновременным обеспечением энергозависимости
- ↑ Значительное уменьшение размеров приборов и увеличение плотности интеграции

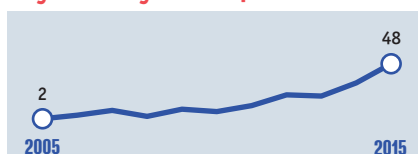
Барьеры

- ↓ При использовании неправильных шаблонов «самообучаемость» элементной базы на основе мемристоров может приводить к ошибкам
- ↓ Скорость имеющихся экспериментальных образцов уступает показателям КМОП ИС
- ↓ Значительные капитальные затраты на переоснащение производства

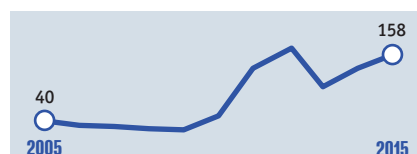
Структурный анализ: распределение программируемых ИС по отраслям (2015–2023, млн долл.)



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований