

# МИКРОЭЛЕКТРОНИКА В КИТАЕ: НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ

М.Макушин<sup>1</sup>

УДК 621.38  
БАК 05.27.06

Команда реформаторов под руководством Дэн Сяопина в 1979 году приступила к реализации политики "четырёх модернизаций", что стало началом преобразований китайской экономики. Страна активно привлекала зарубежные капитал и технологии, создавала свободные экономические зоны и т.п. Большое внимание уделялось развитию экспортно ориентированных производств, в частности, электроники (в первую очередь, потребительской). В основном развивались совместные предприятия, от западных партнеров требовалась локализация в КНР производства комплектующих (сначала не менее 40%, потом – не менее 60%). Это послужило одним из первых шагов на пути создания в КНР полупроводниковой промышленности. Развитие национальной микроэлектроники началось на рубеже 1980–1990-х годов. Но до середины 1990-х финансирование на соответствующие проекты выделялось в рамках более крупных проектов разработки конечных электронных систем. В 2008 году, после мирового финансового кризиса и последующей стагнации мировой экономики, КНР в значительной степени переориентировалась на развитие внутреннего рынка.

## ПРОГРАММНО-ПЛАНОВОЕ РАЗВИТИЕ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ В КНР

Впервые микроэлектроника зафиксирована отдельной позицией в IX пятилетнем плане социально-экономического развития КНР (табл.1). По оценкам различных специалистов, за период с 1990-х до начала 2010-х годов на инвестиции в микроэлектронику страна направила 25–30 млрд долл. Помимо пятилетних планов развитие отрасли определялось и целевыми комплексными программами. Так, в 2000-х годах реализовывалась программа "Стимулирование развития микроэлектроники в КНР", построенная по нисходящему принципу. Программа, известная как "Стратегия № 18" (Policy N.18), позволила запустить сеть государственных высокотехнологичных инкубационных центров на территории КНР, обеспечила ряд положительных эффектов. Однако в ее рамках не удалось создать достаточного числа "звездных" полупроводниковых

фирм, способных конкурировать с западными компаниями. Более того, во время реализации стратегии разрыв между импортом и внутренним производством ИС продолжал нарастать (рис.1) [1].

Китайское правительство было обеспокоено этим по двум причинам: упускаемая выгода и национальная безопасность. На основе изучения опыта других стран в КНР к 2014 году была сформирована программа "Национальная инфраструктура развития промышленности интегральных схем" (National Framework for Development of the Integrated Circuit Industry), основная цель которой – найти наиболее эффективный и понятный путь определения китайской полупроводниковой промышленностью своих перспектив.

В конце февраля – начале марта 2014 года на очередном Всекитайском собрании народных представителей\* (ВСНП) и заседании Народного политического

<sup>1</sup> АО "ЦНИИ "Электроника", mmackushin@gmail.com.

\* Всекитайское собрание народных представителей – высший орган государственной власти КНР.

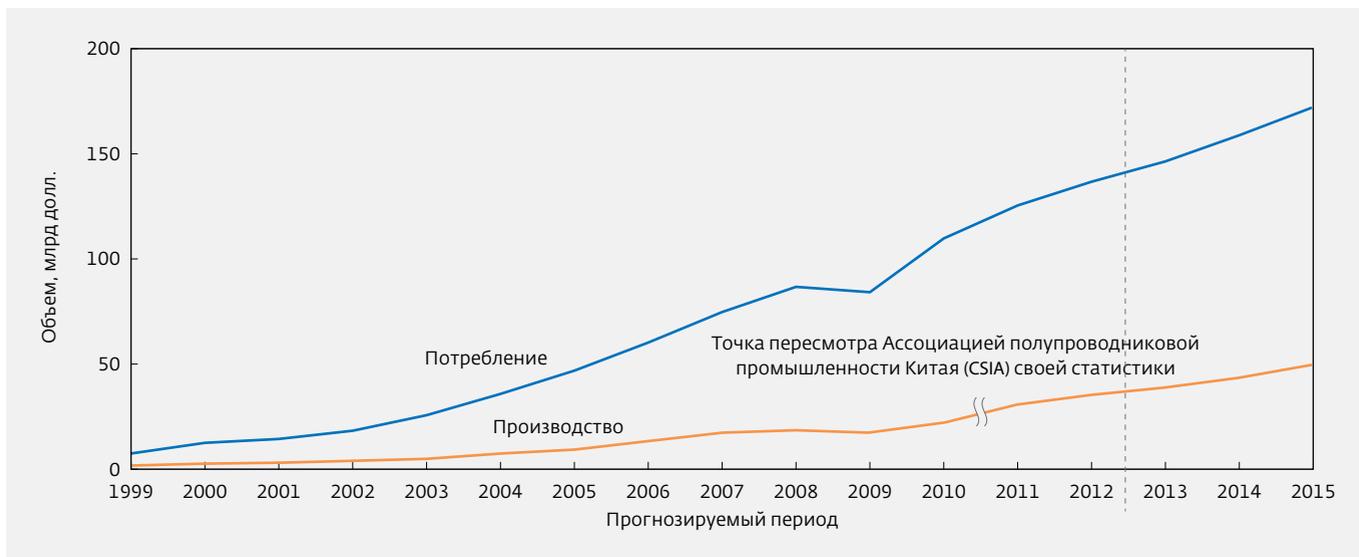


Рис.1. Динамика производства и потребления полупроводниковых приборов в КНР. Источник: EE Times

консультативного совета\* Китая был представлен рабочий доклад премьера Госсовета КНР Ли Кэцзяна, в котором он специально упомянул интегральные микросхемы в следующем контексте: "использование инноваций для поддержки и осуществления совершенствования и модернизации экономической структуры". Дословно в докладе было сказано следующее: "Мы создали платформу поддержки бизнес-стартапов и инноваций в находящихся на стадии развития отраслях промышленности. Мы будем прилагать усилия к тому, чтобы догнать и обогнать развитые страны в таких областях, как новое поколение мобильных средств связи, интегральные микросхемы, Большие данные\*\*, перспективные технологии, новые виды энергии и материалы, развитие перспективных отраслей промышленности". После обсуждения доклада программа была утверждена [2].

\* Народный политический консультативный совет Китая – организация Патриотического единого фронта китайского народа, совещательный орган при руководстве КНР, в который входят как представители КПК, так и члены КПК: представители восьми партий-спутников КПК, общественных организаций, деловых кругов Гонконга, Макао, Тайваня и китайских диаспор за рубежом, видные общественные деятели.

\*\* Big Data – Большие данные, в информационных технологиях серия подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия для получения человеко-читаемых результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста, распределения по многочисленным узлам вычислительной сети, сформированным в конце 2000-х годов; альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениями класса Business Intelligence.

Для ее реализации были разработаны два руководящих документа: "Рекомендации по развитию национальной полупроводниковой промышленности" и "Сделано Китае – 2025" (MIC-2025).

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВИТИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (NATIONAL SEMICONDUCTOR INDUSTRY DEVELOPMENT GUIDELINES)

В июне 2014 года Госсовет КНР опубликовал Рекомендации по развитию национальной полупроводниковой промышленности – документ, определяющий стратегию модернизации национальной полупроводниковой промышленности, поиск путей перехода от догоняющего развития к опережающему благодаря прогрессирующему импортозамещению.

Рекомендации предусматривают одновременное укрепление возможностей передового производства и инновационного развития национальной индустрии проектирования ИС и внутреннего производства ИС, в первую очередь, за счет развития услуг кремниевых заводов. В рамках реализации Рекомендаций был создан фонд инвестиций в национальную промышленность объемом в 120 млрд юаней (19 млрд долл.). Его цель – помочь финансами местным кремниевым заводам в создании современных производственных процессов, а также содействовать отечественным изготовителям ИС в осуществлении сделок слияний/поглощений как внутри страны, так и за рубежом.

Рекомендации, как и MIC-2025, дали серьезный толчок развитию местной микроэлектроники благодаря инвестициям в схемы полупроводниковой памяти,

проектирование, кремниевые заводы, фирмы, специализирующиеся на сборке, корпусировании и тестировании полупроводниковых приборов, сегменты оборудования и материалов. К тому же в полупроводниковой промышленности КНР получили распространение стратегические партнерства, совместные предприятия, сделки по слиянию/поглощению – как среди внутренних фирм (в целях достижения экономии масштаба<sup>\*</sup> и экономии разнообразия<sup>\*\*</sup>), так и с ведущими мировыми полупроводниковыми фирмами (для доступа к передовым технологиям и опыту в области методов управления).

Новый план КНР по развитию микроэлектроники (как определено в Рекомендациях) в качестве инструмента осуществления промышленной политики в большей мере ориентирован не на госсубсидии, а на частные инвестиции в акционерный капитал. Правительство принимает участие в акционерном инвестировании, но утверждает, что делает это без вмешательства в управленческие решения. Ожидается, что это поможет снизить стоимость инвестиций для отобранной группы фирм, включающей "национальные команды" в полупроводниковой промышленности.

По всей видимости, китайское правительство становится более открытым к экспериментам с новыми подходами к выработке политики, финансированию инвестиций и гибкой промышленной политики, реализуемой по восходящему принципу. Среди китайских органов, планирующих технологическое развитие, видимо, существует консенсус относительно того, что чем ближе КНР к передовым технологическим рубежам, тем меньше приходится имитировать чужие инновации и пошаговые инновации низкого уровня. Сейчас китайские фирмы поощряют разрабатывать и защищать их собственные права интеллектуальной собственности, а также ускорять коммерциализацию новых идей, открытий и изобретений [3, 4].

## ПЛАН "СДЕЛАНО КИТАЕ – 2025" (MADE IN CHINA – 2025, MIC-2025, 中国制造2025)

План принят Государственным Советом Китайской Народной Республики (Госсовет КНР, Центральное народное правительство), высшим государственным исполнительным органом КНР, в мае 2015 года. Предполагает одновременное укрепление возможностей передового производства и инновационного развития национальной индустрии проектирования ИС

и внутреннего производства ИС, в первую очередь, благодаря развитию услуг кремниевых заводов.

Цель реализуемого плана MIC-2025 – повысить уровень самообеспечения ИС до 40% в 2020 году и до 70% – в 2025-м. План MIC-2025 определяет следующие приоритеты:

- догнать передовой мировой опыт в проектировании ядер ИС и создании инструментальных средств проектирования;
- выйти на передовые рубежи в области многокомпонентных полупроводниковых приборов;
- добиться заключения контрактов с расположенными в КНР производителями электронного оборудования на поставку ИС, спроектированных в КНР (как с отделениями многонациональных (транснациональных) корпораций, так и с китайскими фирмами, такими как Lenovo или Huawei);
- укрепить позиции отечественных фирм по проектированию и производству высокоплотных многокристальных модулей в области технологии 3D-микрорасположения [4, 5, 6].

## Условия реализации "новой политики"

Для выполнения поставленных задач необходимы квалифицированные инженерно-технические кадры, причем в достаточном количестве. Китайское правительство решает эту проблему на уровне фундаментальной и прикладных наук, высшего и специального технического оборудования, реализуя соответствующие научные и учебные проекты. Из китайских университетов ежегодно выпускается 400 тыс. инженеров, при этом половина из них имеют дипломы в области микроэлектроники. Где в мире еще есть подобное?

Новая политика КНР отличается от проводившейся ранее. В ее основе – "вливание" фондов частных инвестиций. Она позволяет профессиональным финансовым инвесторам определять, какие организации (fabless-фирмы, кремниевые заводы и/или научно-исследовательские институты) разделят средства этих фондов [2].

Правда, одна неприятность заключается в том, что возможности местных правительств в КНР по стимулированию развития микроэлектроники не безграничны. Отмечавшийся в 2008 году в КНР кризис субстандартной ипотеки вынудил центральное правительство принять комплекс мер стимулирования на общую сумму 4 трлн юаней (45 млн долл.), что, в свою очередь, увеличило задолженность местных правительств. В бюджетном отчете ВСНП за 2013 год указывается, что объем основного погашения по облигациям местных правительств в 2012 году составил 200 млрд юаней. По самым консервативным оценкам, долг местных правительств в настоящее время может превышать 12 трлн юаней, что

\* economies of scale – экономия, обусловленная ростом масштабов производства.

\*\* economies of scope – экономия от разнообразия, экономия от совмещения – снижение затрат вследствие использования одного капитального актива для производства или потребления нескольких разных благ.



**Рис.2.** Средства, выделяемые Центральным фондом КНР и фондами провинций на развитие микроэлектроники. Объем фондов в млрд RMB – конвертируемых юанях, курс на 13.01.2017 составляет 1 USD = 7 RMB. *Источник: Huali*

внушает опасения не только из-за суммы. Долг не прозрачен, и западные эксперты не знают, как он управляется. Их также пугает тенденция китайских официальных лиц ставить политическую целесообразность выше экономических соображений. Уровень риска долгов местных правительств – одна из центральных тем при обсуждении возможной реализации новой программы капиталовложений в китайскую микроэлектронику. Где, когда и как может дестабилизироваться эта система, очень трудно прогнозировать в силу непрозрачности правительственных операций. В связи с этим некоторые аналитики опасаются замедления темпов роста доходов КНР. С другой стороны, источники в правительстве КНР и за его пределами считают риск дефолта низким, так как центральное правительство при необходимости может поправить дело. Правда, при этом оно не обязано гарантировать погашение долгов местных правительств.

Таким образом, вопрос о том, как местные правительства будут управлять предполагаемыми инвестиционными средствами, остается открытым. Кроме того, как член ВТО с 2001 года КНР пользуется тем, что любые инвестиции в специализированные фирмы не

рассматриваются как протекционистские субсидии. Ряд респондентов полагает, что предоставление инвестиций в виде исследовательских грантов национальным лабораториям или промышленным институтам может стать международно-допустимым способом распределения средств центрального и местных правительств [1].

### ФОРМИРОВАНИЕ ФОНДОВ ПОДДЕРЖКИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Центральное и провинциальные правительства, а также частные инвесторы намерены в течение пяти лет направить около 160 млрд долл. на поддержку национальной полупроводниковой промышленности. Частично это будет прямое инвестирование и/или доленое участие в проектах [7], а частично – финансирование через фонды содействия развитию микроэлектроники, созданные в 2014 году в соответствии с Рекомендациями по развитию национальной полупроводниковой промышленности (National Semiconductor Industry Development

Guidelines). Их цель – помочь финансами местным кремниевым заводам в создании современных производственных процессов, а также содействовать отечественным изготовителям ИС в совершении сделок слияний/поглощений как внутри страны, так и за рубежом. На федеральном уровне был создан фонд развития микроэлектроники (Sino IC Fund) с капиталом около 140 млрд конвертируемых юаней (чуть больше 19 млрд долл.), позднее были сформированы аналогичные фонды в крупнейших городах и провинциях, где в основном находится производственная база местной микроэлектроники [4, 8, 9, 10].

К концу 2014-го – середине 2015 года количество фондов достигло 12 (1 – центральный, 11 – местных) (рис.2), общий объем средств которых на конец 2016-го – начало 2017 года составил 442 млрд юаней или более 63 млрд долл. (в 2016 году юань стал резервной мировой валютой и слово "конвертируемый" к нему не применяется). Интересно, что эти фонды в основном занимаются операциями с акциями и другими ценными бумагами местных фирм полупроводниковой и смежных отраслей промышленности. Они частично играют роль холдинговых структур, основная задача которых – укрупнение

Таблица 1. Основные задачи полупроводниковой промышленности КНР в IX-XIII пятилетках

Пятилетки	Область задач			
	крупно-серийное производство	начало промышленного производства	НИОКР	прочее
IX (1996–2000)	ИС 0,8 мкм на пластинах $\varnothing$ 150 мм	ИС 0,5 мкм на пластинах $\varnothing$ 200 мм	Исследования в области технологий 0,3 и 0,4 мкм	<ul style="list-style-type: none"> <li>Разработка технологий монокристалльных пластин <math>\varnothing</math>200 мм;</li> <li>организация производства ИС и конечных систем по "номерным" проектам</li> </ul>
X (2001–2005)	ИС 0,25 и 0,18 мкм на пластинах $\varnothing$ 200 мм	ИС 0,15; 0,11 мкм и 90 нм (опытное) на пластинах $\varnothing$ 300 мм	Исследования в области технологий 90 и 65 нм	<ul style="list-style-type: none"> <li>Развитие индустрии конструирования ИС;</li> <li>разработка технологий монокристалльных пластин <math>\varnothing</math>300 мм;</li> <li>организация производства ИС и конечных систем по "номерным" проектам</li> </ul>
XI (2006–2010)	ИС 90 и 65 нм на пластинах $\varnothing$ 300 мм	ИС 45 нм на пластинах $\varnothing$ 300 мм	Исследования в области технологий 32 нм с использованием процессов НКМГ	<p>Создание:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5 фирм-проектировщиков ИС стоимостью от 374,5 до 624,2 млн долл.;</li> <li>10 компаний-изготовителей конечных электронных систем стоимостью от 124,8 до 374,5 млн долл.;</li> <li>15 кремниевых заводов (10 – по обработке пластин <math>\varnothing</math>200 мм, 5 – по обработке пластин <math>\varnothing</math>300 мм);</li> <li>достижение полного самообеспечения всем комплексом средств для обработки пластин <math>\varnothing</math>150 мм;</li> <li>в области пластин <math>\varnothing</math>200 мм – коммерциализация отечественных установок совмещения и экспонирования;</li> <li>в области пластин <math>\varnothing</math>300 мм – достижение технологических прорывов в разработке оборудования лазерного гравирования для 65-нм процессов</li> </ul>
XII (2011–2015)	ИС 45 и 32 нм на пластинах $\varnothing$ 300 мм	ИС 28 нм на пластинах $\varnothing$ 300 мм	<ul style="list-style-type: none"> <li>Исследования в области 22/20-нм и меньших топологий с использованием процессов с НКМГ;</li> <li>работы в области утоненных пластин;</li> <li>использование новых материалов группы A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>, графена и т. п.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>С 2014 года реализация программ "Рекомендации по развитию национальной полупроводниковой промышленности (микроэлектроники)" и "Сделано в Китае – 2025";</li> <li>разрешение слияний/поглощений как в рамках КНР, так и с зарубежными фирмами;</li> <li>дальнейшее расширение производственных мощностей по обработке пластин <math>\varnothing</math>200 и 300 мм по топологиям от 65 до 28 нм;</li> <li>коммерциализация отечественных установок совмещения и экспонирования для 300-мм пластин;</li> </ul>

Таблица 1. Продолжение

Пяти-летки	Область задач			
	крупно-серийное производство	начало промышленного производства	НИОКР	прочее
XIII (2016–2020)*	ИС 28 нм на пластинах ø300 мм	ИС 22/20 нм на пластинах ø300 мм	Исследования в области 16/14 нм и меньших топологий с использованием кремниевых и посткремниевых материалов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• продолжение реализации программ "Рекомендации по развитию национальной полупроводниковой промышленности (микроэлектроники)" и "Сделано Китае – 2025";</li> <li>• дальнейшее развитие отечественной промышленности материалов и оборудования для полупроводниковой промышленности;</li> <li>• завершение работ по коммерциализации критического комплекта отечественного оборудования для обработки пластин ø300 мм;</li> <li>• строительство 20 заводов/линий по обработке пластин ø300 мм</li> </ul>

\* Данные из неофициальных источников.

китайских игроков и повышение их конкурентоспособности (в т. ч. за счет процесса слияний/поглощений).

Американские изготовители ИС очень обеспокоены действиями китайского правительства, поскольку расценивают местный полупроводниковый рынок как самый крупный, имеющий наибольший потенциал роста в течение ближайших лет [7].

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ "НОВОГО КУРСА"

### Индустрия fabless-фирм

По оценкам представителей КНР, результаты реализации программ развития микроэлектроники противоречивы. Несмотря на ускоренный рост производства и увеличение числа fabless-фирм, не все задачи решаются удовлетворительно. С одной стороны, в 2011 году в Китае насчитывалось 500 fabless-фирм, сейчас 1300. С другой стороны, преимущественно это малые фирмы с недостаточно высоким технологическим уровнем. Так, по результатам 2016 года большая часть полученных доходов (81% от 164,4 млрд юаней или примерно 24 млрд долл.) приходилось на 13% фирм. Кроме того, больше половины китайских fabless-фирм имели годовой доход менее 10 млн юаней (1,5 млн долл.). На конференции по автоматизации проектирования (DAC) китайские представители согласились, что понятие "большой фонд", определяющее инвестиционную поддержку правительства и осуществляющие ее структуры, не совсем конкретно. На Западе утвердилось представление, что центральное правительство

раздает свободные деньги отечественным производителям ИС. Но это не так. Доля центрального правительства относительно мала – около 75% средств на микроэлектронные проекты предоставляют местные власти и частные инвестиционные фонды.

При подаче заявки на финансирование из "большого фонда" необходимо доказать инновационность и коммерческую перспективу осваиваемого изделия. Не все китайские производители готовы к этому. Еще один нюанс – ряд фирм, подавших заявки на получение финансовой поддержки, получили от местных властей и частных инвесторов не более 20% обещанного объема инвестиций.

В период с 1999-го по 2016 год среднегодовой темп прироста объема доходов китайских fabless-фирм в сложных процентах составил 44,9%. Местные разработчики сосредоточены на проектировании ИС для средств связи и прикладных процессоров для них (в первую очередь, мобильных телефонов). Отмечается, что обострение конкуренции среди крупнейших fabless-поставщиков может привести к "перегреву" внутреннего рынка. Первое место по итогам 2016 года занимает фирма HiSilicon Semiconductor (табл.2).

В мае 2017 года, используя поддержку двух крупнейших инвестиционных фондов КНР – JAC Capital и Wise Road Capital, корпорации Qualcomm (Сан-Диего, шт. Калифорния) и Leadcore Technologies (Шанхай, КНР) объявили о создании совместного предприятия JLQ Technology. Обеспокоенность этой сделкой

**Таблица 2.** Рейтинг десяти ведущих fabless-фирм КНР в 2016 году. Источник: CSIA, 2017

Место	Фирма	Доход, млрд юаней*
1	HiSilicon Semiconductor	26,00
2	Unigroup	12,50
3	OmniVision**	9,00
4	ZTE Microelectronics	6,00
5	CEC Huada Semiconductor	3,40
6	NANRI SmartChip	3,215
7	Shenzhen FocalTech	3,00
8	Silan Microelectronics	2,30
9	Beijing ISSI	2,30
10	Datang Semiconductor	2,30
Итого		70,015

\* По курсу на октябрь 2016 года 1 долл. = 6,7 юаня.

\*\* Американская фирма, поглощенная китайской корпорацией Huawei в 2015 году.

выразила Tsinghua Unigroup (владелец корпорации Spreadtrum Communications), считающая, что данное СП станет каналом продаж дешевых ИС для смартфонов, конкурирующих с продукцией Spreadtrum. В то же время фирма ASR Microelectronics поглотила за 45 млн долл. отделение американской корпорации Marvell Technology по изготовлению дешевых модемов LTE\*, что также может привести к обострению конкуренции на китайском рынке средств

\* LTE (Long Term Evolution) – мобильный протокол передачи данных проекта 3GPP, стандарта совершенствования технологий CDMA, UMTS для удовлетворения будущих потребностей в скорости передачи данных, для повышения эффективности, снижения издержек, расширения и совершенствования услуг, интеграции с существующими протоколами. Теоретическая скорость передачи данных в 3GPP LTE: 326,4 Мбит/с – при загрузке; 172,8 Мбит/с – при отправке. Радиус действия базовой LTE – 5 км. При использовании антенны – до 30–100 км. Сигнал в зоне покрытия LTE передается в сети 3G (WCDMA), CDMA2000 и GSM/GPRS/EDGE бесшовно (без прерывания).

сотовой связи. Основная сфера деятельности ASR Microelectronics – платформы систем-на-кристалле и ПО для сотовой связи.

Сделки слияния/поглощения китайских fabless-фирм не всегда проходят гладко: объединение двух наиболее преуспевающих компаний Spreadtrum и RDA (в составе Unigroup), объявленное в 2014 году, завершилось только к концу 2015-го, причем основная группа разработчиков покинула RDA и весной того же года создала новую fabless-фирму ASR Microelectronics. Это указывает на такие проблематичные моменты укрупнения китайской fabless-индустрии: нехватку квалифицированных кадров уровня разработчиков и руководителей, а также их амбиции. Большая часть fabless-фирм слишком малы для эффективного слияния: на 89% таких предприятий персонал составляет менее 100 человек, а у 54% фирм этого типа годовая выручка не превышает 10 млн юаней.

*Во второй части статьи рассмотрим вопросы зарубежной активности китайских инвестиционных фондов, наращивание их капиталовложений в американские стартапы в целях обеспечения доступа к перспективным технологиям, в частности, для авиакосмических и военных применений. По данным аналитиков компании IC Insights, в 2021 году на Китай будет приходиться около половины мирового рынка ИС.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Yoshida J.** China to Blow \$10B a Year on Chips // EE Times, 3/25/2014
2. **Yoshida J.** Can China Buy Its Way Into Global IC Industry? // EE Times. 9/4/2014
3. USITO. 2014. Guidelines to Promote National Integrated Circuit Industry Development. United States Information Technology Office, Beijing, June 24
4. PWC. 2016. China's impact on the semiconductor industry: 2015 update March
5. <http://english.cntv.cn/special/madeinchina/index.shtml>
6. <http://www.usito.org/content/usito-made-china-2025-unofficial-translation-2015-5-29>
7. **Merritt R.** China Defends Big Chip Bet. // EE Times, 1/12/2017 ([http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1331154](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1331154))
8. **Ernst D.** 2015, From Catching Up to Forging Ahead: China's Policies for Semiconductors, East-West Center Special Study, September, <http://www.eastwestcenter.org/node/35320>
9. [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2744974](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2744974)
10. USITO, China IC Industry Support Guidelines-Summary and Analysis, September 1. 2014