

О развитии промышленности микроэлектроники и создании суперкомпьютеров в КНР

© 2009

И. Петухов

Стремительный прогресс в Китае информационных технологий обусловлен организационными усилиями правительства, мобилизацией мощных финансовых ресурсов. На китайский рынок привлечены материальные и интеллектуальные ресурсы многих ТНК.

В целом, эта отрасль в КНР еще отстает от мирового уровня, но налицо успехи в развитии соответствующей инфраструктуры, прогресс в сфере сверхмощных ЭВМ: в ноябре 2008 г. китайский суперкомпьютер "Шугуан 5000А" (созданный на китайской элементной базе) оказался в 1-й десятке мирового рейтинга.

Ключевые слова: информационные технологии Китая, проект 909, супер-компьютеры, "Шугуан", Шэньчжэн 6800, Intel.

Динамичное развитие в последние годы в Китае отраслей, связанных с информационными технологиями (ИТ), обусловлено привлекательным для прямых иностранных инвестиций климатом, а также вниманием правительства, осуществляющего масштабные программы в этой сфере и вкладывающего в их реализацию значительные бюджетные средства.

Обычно выделяют 5 секторов промышленности информационных технологий: производство бытовой техники, телекоммуникации, информационные услуги, разработка программного обеспечения, производство полупроводниковой микроэлектроники — в первую очередь интегральных схем (ИС). Большинство стран, развивающих эти отрасли, специализируются на двух-трех секторах ИТ-индустрии, лишь США успешно работают по всем пяти направлениям. Китай активно стремится сравняться с ними.

Столь значимой для развития всей экономики отрасли, как микроэлектроника, в Китае уделяется особое внимание. Она рассматривается как один из новых источников экономического роста и важный фактор ее технического перевооружения. Продукция микроэлектронной промышленности, входящая в качестве элементной базы в состав оборудования для всех современных технологических процессов, является основой промышленности новых и высоких технологий, ее ключевым звеном, определяя технический и технологический уровень экономики в целом.

До начала 1990-х гг. производство полупроводниковой микроэлектроники оставалось в Китае слабым звеном. В 1994 г. имелось только две фабрики, выпускавших большие интегральные схемы. Полупроводниковые элементы изготавливались в основном небольшими компаниями и предприятиями с низкими техническим уровнем и продуктивностью. Выпуск электронной аппаратуры в той или иной мере зависел от импорта полупроводниковых компонентов из США и Японии. За счет собственных возможностей китайская промышленность могла удовлетворять внутренний спрос на микросхемы в среднем лишь на 20%.

Одной из главных задач 9-го пятилетнего плана КНР (1995—2000 гг.) было стимулирование отечественного производства ИС и уменьшение зависимости национальной электронной промышленности от импорта полупроводниковых приборов. В соответствии с этим планом в декабре 1995 г. началась реализация масштабного “Проекта 909” по развитию микроэлектронной промышленности. Он предусматривал введение в строй к 2000 г. 5-ти крупных производственных предприятий и около 20 центров конструирования и разработки микросхем, в том числе общекитайского центра разработки и производства микросхем в районе Пудун (Шанхай)¹. По объему производства микроэлектронных изделий Китая в 1999 г. уже занимал 6-е место в мире, а в 2003 г. — 3-е.

В 2001—2005 гг. общий объем инвестиций в отрасль производства полупроводников составил 16 млрд долл. — столько же, сколько за последние 30 лет минувшего века. Развитие информационных технологий в целом, постоянное совершенствование телекоммуникационной инфраструктуры наряду с растущим спросом на бытовую электронику инициировали высокие среднегодовые темпы прироста производства полупроводниковой микроэлектроники. За 2001—2005 гг. объем выпуска микросхем в стране в среднем возрастал на 41% в год: в 2005 г. было произведено 20 млрд микросхем при объеме реализации свыше 70 млрд юаней. Около 30% потребляемых внутри страны микросхем предназначаются для бытовой электроники, 20% — для средств связи, 20% — для персональных компьютеров и периферийных устройств.

На долю китайских производителей полупроводников пока что приходится небольшая часть общемирового производства, но число заводов в КНР продолжает быстро расти. В 2004 г. объем продаж микросхем, выпущенных всеми китайскими компаниями, занятыми контрактным производством, составил около 12% мирового рынка услуг контрактного производства: значительный успех, ибо двумя годами ранее этот показатель не превышал 4%². Китайской микроэлектронной промышленности удалось избавиться от таких недостатков, как низкая производительность, неспособность противостоять конкуренции со стороны США и стран АТР, слаборазвитая инфраструктура научно-технологических разработок. По оценкам российских специалистов, Китай значительно опередил российскую микроэлектронику по всем направлениям, за исключением СВЧ-электроники.³

В текущем 10-летию китайская микроэлектронная промышленность осваивает современные технологии разработки и массового изготовления интегральных схем для промышленных нужд, обороны, экспорта. Развитие отрасли осуществляется в соответствии с Программой ускорения развития микроэлектроники в КНР, разработанной специалистами Академии наук Китая и Инженерной академии Китая. Она была представлена на рассмотрение Госсовета КНР в 2000 г. Для реализации программных установок учреждена Государственная комиссия по микроэлектронике. Конкретные задачи до 2010 г. включают, в частно-

сти, налаживание выпуска ключевых интегральных микросхем, необходимых для обеспечения оборонной и информационной безопасности, совершенствование системы научных исследований и подготовки отраслевых специалистов.

Структура микроэлектронной промышленности Китая развивается в русле общемировых тенденций. В начальный период ее развития Китай не предлагал комплекса услуг по разработке и производству микросхем зарубежным заказчикам. Ставилась задача создать индустрию, которая, получив признание в мире, обеспечивала бы потребности местного рынка. Ныне в КНР осуществляются планы “агрессивного” развития отрасли, при этом большое внимание уделяется разработке собственной интеллектуальной продукции. В плане экономического и социального развития на 2006—2010 гг. делается акцент на самостоятельные инновации в развитии полупроводниковой индустрии, при обеспечении собственными силами всей цепочки разработок и производства (от материалов до оборудования).

Стремление китайских производителей микроэлектроники ориентироваться на более современные технологические процессы находит понимание у правительства. Сегодня, когда ведущие мировые производители внедряют в производство технологии с использованием 300-мм пластин, они также сосредоточились на этих решениях как наиболее перспективных.⁴ Чтобы помочь производителям полупроводниковых микросхем расширить выпуск продукции, правительство Китая ввело в марте 2008 г. очередной пакет налоговых преференций. По этим условиям производителю полупроводников, инвестировавшему более 8 млрд юаней (примерно 263 млн долл.) или использовавшему техпроцесс с нормами менее 0,25 мкм, на 15% снижаются налоговые отчисления.⁵ Компании, инвестирующие в долгосрочные проекты производства по нормам менее 0,25 мкм, первые 5 лет полностью освобождаются от налогов, а в течение 5-ти лет с момента получения прибыли будут платить их в половинном размере⁶.

Помимо развертывания специализированного производства на новых заводах, в КНР создается все больше фирм-разработчиков интегральных схем, не имеющих собственных производственных мощностей и прибегающих к помощи контрактных производителей. Таких компаний там уже сотни. Становление большинства из них произошло всего за несколько лет. Их разработки ориентированы на передний край полупроводниковой технологии — 90- и 65-нм процессы. Продукция китайской отрасли конструирования и дизайна ИС должна вырасти с 3 млрд долл. в 2007 г. до 6,4 млрд долл. в 2009 г.⁷

При сопоставлении технологических процессов, разработанных в Китае, с импортированными технологиями он пока все же остается в числе отстающих, что объясняется прежде всего нехваткой квалифицированного персонала. Для решения этой проблемы в 2001—2005 гг. было выделено 15 млн долл. на привлечение зарубежных специалистов в области программного обеспечения и микроэлектроники. После создания в 2001 г. при Управлении по делам иностранных специалистов КНР целевого фонда для привлечения зарубежных интеллектуальных ресурсов в сфере разработки программного обеспечения и микросхем, в Китай было приглашено более 2700 специалистов из США, Великобритании, Японии, Швеции и др.; более 2600 китайских специалистов были направлены за рубеж на курсы подготовки⁸.

Развитие микроэлектроники сдерживается из-за недостаточной развитости смежных отраслей — таких как производство технологического, сборочного и контрольно-измерительного оборудования. Оборудование для таких пред-

приятый изготавливает около 40 китайских компаний, но большая его часть и большинство технологических процессов закупается у зарубежных фирм.

Сегодня рынок изделий электронной промышленности Китая составляет одну десятую часть рынка США, и зарубежные эксперты прогнозируют его быстрый рост. Китайские контрактные производители ставят ближайшей целью увеличение своей рыночной доли за счет ценовой политики, а поставки на внутренний рынок рассматривают как возможность обеспечить себе долгосрочный рост. По плану Министерства информационных технологий КНР, в 2030 г. объем реализации микросхем в стране должен достичь 300 млрд юаней, при этом доля Китая на мировом рынке микросхем должна увеличиться до 8% (с 4,5% в 2005 г.).

Успехи развития микроэлектроники в Китае объясняются тем, что его руководство и промышленные круги четко понимают место этой отрасли в экономике, ищут механизмы реализации соответствующих задач.

Взаимодействие с иностранными партнерами

Учитывая ведущую роль транснациональных корпораций (ТНК) в формировании мировой экономической системы, правительство КНР ориентируется на всемерное поощрение их капиталовложений в китайскую экономику. Многие иностранные компании, стремясь перевести производство электроники в страны с более низкими издержками производства, выбирают КНР. Степень их интереса отражает тот факт, что в последнее время, вопреки очевидной конкуренции со стороны предприятий Китая, ведущие мировые производители микроэлектроники переносят часть своих производств именно на его территорию. Кроме того, КНР представляет интерес для них и как динамично развивающийся рынок сбыта. Сегодня сюда поставляется уже около 10% электронных изделий, производимых в США.

Ведущие мировые производители чипов стараются обновлять свои производственные мощности и внедрять более эффективные технологии. По мере перехода мировой полупроводниковой индустрии на 300-мм пластины, на рынок поступает подержанное оборудование для работы с 200-мм пластинами и оборудование для производства ИС, отвечающее 0,25-мкм норме. Оно очень привлекательно для китайских производителей благодаря коротким срокам поставки и низким ценам. В начале XXI в. в Китае наблюдался бум закупок подержанного оборудования для 150- и 200-мм пластин. Известная в США компания Techlink и японская Intertec занимали здесь прочные позиции, поставляя оборудование, ранее использовавшееся на Тайване, в Японии, Южной Корее и США, что дополняется его технической поддержкой и ремонтом. Наибольшим спросом пользуются установки для нарезки дорожек, CVD-процессинга (химического замещения в паре) и металлизации.

General Electric через поглощенную ею компанию Comdisco, специализирующуюся на продаже подержанных компонентов, широко практикует предоставление нового оборудования в лизинг для последующей его продажи. Applied Materials вложила 60 млн долл. в постройку дистрибьюторского центра оборудования на Тайване, ориентированного на клиентов из КНР.

Кстати, вопреки существующим на Тайване ограничениям для инвестиций в предприятия КНР, использующие высокие технологии, особенно в микроэлектронику, он вкладывает значительные средства в развитие здесь этой отрасли как через самостоятельные компании, так и через СП. Так, в феврале

2003 г. инвестиционная комиссия Министерства экономики Тайваня одобрила план капиталовложений тамошней компании TSMC (крупнейшего в мире контрактного производителя чипов памяти), предусматривающий строительство в Сунцзянской промышленной зоне Шанхая фабрики, использующей в производстве 200-мм пластины.

Большинство технологий, оборудования и разработок поступают в КНР из США. Так, с 1985 г. американская корпорация **Intel** значительно расширила свое присутствие здесь: ее филиалы и офисы расположены в 16 китайских городах, в них работает более 7000 чел. При этом расширились формы взаимодействия: продажа и маркетинг дополнились реализацией производственных программ и привлечением китайских специалистов к выполнению НИОКР. Много этнических китайцев работает на Intel в США. В целом, начиная с 1985 г., эта корпорация вложила в китайскую экономику около 4 млрд долл. Ее первое промышленное предприятие в КНР открылось в 1996 г. (инвестиции тогда составили 539 млн долл.) — оно занималось сборкой и тестированием микросхем. В 2003 г. было создано еще одно подобное предприятие, в которое Intel вложил 375 млн долл.

Вместе с Даляньским технологическим университетом и городским правительством Даляня корпорация Intel China создала Институт полупроводниковых технологий, передав ему в учебных целях производственную линию, предназначенную для выпуска 200-мм подложек. Этот институт готовит кадры мирового уровня для ИТ-промышленности Китая. В 2007 г. корпорация приняла решение о строительстве в Даляне полноценного полупроводникового производства на базе 300-мм кремниевых подложек⁹. На строительство новых производственных мощностей, именуемых Fab 68, выделено 2,5 млрд долл. Площадь помещений составит 163 тыс. кв. м, площадь “чистой комнаты” — 15 тыс. кв. м. Производство, по планам Intel, должно начаться в первой половине 2010 г. Администрацией США разрешен выпуск в КНР микросхем по технологиям 90 и 65 нм.¹⁰ После завершения строительства Fab 68 войдет в систему производственных мощностей Intel, которая к 2010 г. будет насчитывать 8 фабрик по производству микросхем на основе 300-мм кремниевых подложек. Другие заводы, работающие по этой технологии, находятся в США, Ирландии и Израиле.

В ноябре 1998 г. эта корпорация организовала в КНР исследовательское подразделение Intel China Research Center, а в 2005 г. в Шанхае был открыт центр по исследованиям и разработкам Азиатско-Тихоокеанского региона. В сфере НИОКР Intel в Китае ныне занято более 300 китайских сотрудников. Они выполняют исследования и разработки в области микропроцессорных технологий, решений в сфере мобильных коммуникаций, создания базового и прикладного ПО. Среди работ, выполненных китайскими специалистами, — исследования в области параллельных вычислений (разработка языка программирования St для задач с массовым параллелизмом) и проект Speculative Parallel Threading, нацеленный на повышение производительности программных приложений.

Наряду с инвестициями в собственные исследовательские лаборатории (на территории КНР) Intel через фонд Intel Capital стала вкладывать средства в местные ИТ-компании. Впервые это произошло в 1998 г., к настоящему времени корпорация вложила средства в более чем 70 китайских компаний.

В 2005 г. был учрежден специальный фонд Intel Capital China Technology Fund размером 200 млн долл., являвшийся на тот момент крупнейшим среди фондов подобного рода, учрежденных Intel Capital в отдельных странах.

Донорами стали 28 местных китайских ИТ-компаний. Одна из них — Neusoft разработала программу, базирующуюся на языке параллельного программирования St, которая обеспечивает безопасность вождения автомобиля в сложной дорожной обстановке. В апреле 2008 г. Intel Capital объявил о намерении учредить новый фонд поддержки китайских ИТ-компаний в сумме 500 млн долл. (на данный момент — крупнейший из таких фондов Intel Capital).

Центры разработки и проектирования организовали и другие американские ТНК. Так, **Microchip Technology** (основная продукция — контроллеры, микросхемы памяти, аналоговые ИС), создала центры конструирования в Шанхае, Чэнду, Фучжоу, Шэньчжэне.

Центр конструирования микропроцессоров и ИС для бытовой техники и связи создан в Сучжоу компанией **Motorola**.

Стремясь усилить свои позиции на китайском рынке ИС для систем широкополосной связи, компания **Texas Instruments** открыла в Пекине лабораторию по разработке модемов для цифровых абонентских линий на основе технологии ADSL. Поскольку в Китае сформировался один из самых быстрорастущих рынков услуг Интернета, лаборатория также ведет совместную разработку маршрутизаторов и сетевого оборудования.

Активно расширяет коммерческую деятельность в Китае один из крупнейших изготовителей ИС для средств связи — компания **Conexant Systems** (бывшая Rockwell Semiconductor), открывшая в Шанхае, Пекине, Чэнду, Шэньчжэне центры разработки электронной аппаратуры (для передачи новых технологий, технической поддержки местных производителей, реализации топологии печатных плат, системной интеграции, разработки программного обеспечения и тестирования).

Американская компания **Cisco** начала операции на китайском рынке в 1994 г. В КНР работает более 2300 ее специалистов по продажам, поддержке заказчиков, техническому обслуживанию, научным исследованиям и конструкторским разработкам, аутсорсингу, финансовым услугам (Cisco Capital) и производству. Cisco открыла здесь 12 представительств, крупный центр НИОКР в Шанхае. Объем ее капиталовложений в 2002—2007 гг. превысил 8,5 млрд долл. В течение следующих 5 лет общая сумма вложений Cisco в КНР возрастет примерно до 16 млрд долл.¹¹ Новые инвестиции пойдут на закупку продуктов и услуг, развитие сферы образования, предоставление финансовых услуг, проведение научных исследований и конструкторских разработок, а также на инвестиции в развитие системы продаж и обслуживания заказчиков. Первый “зеленый” технологический центр Cisco будет помогать разработке решений для устойчивого развития, способствовать эффективному использованию энергии, сокращению электронных отходов и уменьшению выброса вредных веществ на территории КНР и за ее пределами. Этот центр поддержит текущие разработки исследовательских коллективов Cisco в Китае в области повышения энергетической эффективности интегральных схем. Cisco намерена расширить свою программу Сетевых академий, реализуемую в сотрудничестве с Министерством образования КНР. В течение трех лет откроется 300 академий Cisco. Сегодня в 70 городах КНР работает более 200 таких академий, в них прошло обучение более 90 тыс. студентов.

Впрочем, некоторые китайские эксперты считают, что ТНК — ради обеспечения своей конкурентоспособности на китайском рынке — сдерживают передачу китайской стороне технологий, особенно ключевых. Со ссылкой на анализ стратегий крупных компаний, эти эксперты отмечают, что каналы, по кото-

рым могут распространяться технологические разработки, закрываются, а созданные центры разработок и освоения фактически занимаются только вспомогательными технологиями.

Основные предприятия микроэлектронной промышленности

По данным Международной ассоциации производителей полупроводникового оборудования и материалов (Semiconductor Equipment and Materials International — SEMI), в КНР имеется около 200 предприятий по изготовлению, сборке и тестированию микросхем (из них более 40 — современные), а также действует 20 транснациональных предприятий — поставщиков изделий и материалов, используемых в соответствующих производствах. На конец 2004 г. мощности заводов по производству 200- и 300-мм пластин достигли суммарного эквивалента 106 млн кв. дюймов в год. В 2006 г. вошли в строй 5 новых заводов по производству на 300-мм пластинах. Основные мощности — в Шанхае (38%), Пекине (16%) и Уси (9%).

Сырьевой базой для выпуска микросхем служит производство поликристаллического кремния. Важным шагом в развитии микроэлектронной промышленности Китая стало в 2000 г. решение Госсовета КНР о выделении 1 млрд долл. на строительство крупного современного завода по получению поликристаллов кремния (годовая производительность — 100 т в месяц. Он построен китайской компанией Emei Semiconductor Material Factory в Эмее (пров. Сычуань)¹², что ослабило зависимость китайских производителей от зарубежных поставщиков (до этого общекитайские мощности составляли только 60 т в год).

Заметное место в данной отрасли занимает **Пекин**, где сформировалась ее весьма развитая инфраструктура. Ряд университетов и НИИ (университет Цинхуа, Институт микроэлектроники АН Китая, Исследовательский институт цветных металлов и др.) привлечены к разработке микросхем с минимальными размерами элементов. Здесь расположено около 20 фирм по конструированию ИС, в том числе компании, входящие в общекитайский центр разработки и производства микросхем.

Правительство Пекина претворяет в жизнь план создания Северокитайской промышленной базы микроэлектроники, согласно которому в городе должно быть запущено 20 новых производственных линий по производству микросхем по 0,25-мкм и менее, технологии из 200-мм пластин. Промышленная база развернута в трех производственных зонах Пекина. В проекте участвуют американские и тайваньские компании. Китайским и зарубежным инвесторам предоставлены налоговые льготы на использование земли (освобождение от налога на 30 лет) и ссуды со сниженной процентной ставкой. Предусмотрено строительство современных транспортных магистралей, систем энерго-, газо- и водоснабжения, отопления, обеспечения средствами связи, канализации и утилизации отходов. Китайским компаниям оказывается финансовая поддержка в размере до 15% их уставного капитала. Для контроля за инвестициями правительство Пекина и Министерство информационных технологий создали рабочую группу, в которую вошли представители государственного инвестиционного банка, китайских компаний с венчурным капиталом и таких предприятий, как Zhongguaccun Technology Holding.

В Пекине расположены производственные мощности японской компании NEC. Большинство логических интегральных схем, выпускаемых ею на совмест-

ных предприятиях в КНР, разработано китайскими учеными и специалистами в пекинском центре конструирования. NEC создала здесь вместе с Shougang Steel совместную компанию **Shougang NEC Electronics Corp.**, в состав которой входит **Huaxia Semiconductor Manufacturing Co. (HSMC)**.

Крупный комплекс по производству полупроводников построен компанией Motorola в **Тяньцзине** (введен в строй в 2002 г., стоимость 1,9 млрд долл., занято 2,4 тыс. чел.). Его назначение — разработка и производство микроконтроллеров для сотовых телефонов, автомобилей и бытовых устройств, поставляемых на рынки Китая и других стран Азии. В комплекс вошли подразделение НИОКР, центр конструирования и производственные линии. В отрасли микроэлектроники КНР Motorola — крупнейший партнер и инвестор, в ее 18 лабораториях работают 10 тыс. чел., из них 1,5 тыс. — научные работники.

В **Шанхае** и его окрестностях расположен ряд китайских и совместных предприятий, а также сборочные заводы компаний Shanghai Alphatec, Shanghai Intel, Toshiba Wuxi, занимающихся производством микроэлектроники.

Министерство науки и технологии КНР и Шанхайское муниципальное правительство осуществили масштабный проект по созданию общекитайского Центра разработки и производства интегральных микросхем, который координирует деятельность 31 компании, занимающейся конструированием и тестированием микросхем, 6 из них расположены в Китае, 4 — на Тайване и 1 — в Южной Корее. Основная задача Центра — разработка технических решений, сокращающих затраты на разработку топологии и создание прототипов изделий специализированных заводов. Здесь ведутся работы по подготовке к производству изделий, созданных китайскими разработчиками¹³. Исследовательский институт конструирования микросхем при шанхайском Центре предоставляет китайским проектным компаниям современные системы автоматизированного проектирования и платформы тестирования. Центр способствует на коммерческой основе освоению китайскими и совместными предприятиями производства изделий, разработанных по современным технологиям. В соответствии с национальной программой здесь освоена 0,35-мкм технология, осуществлен переход на 300-мм пластины, 0,25-мкм и наномикронные проектные нормы.

Большое значение для микроэлектроники Китая имеет созданное в июне 1997 г. в рамках “Проекта 909” совместное предприятие **NEC Hua Hong Semiconductor Manufacturing (HNNEC)**, входящее в состав компании Shanghai Hua Hong (Group) Co. Ltd. Технологией производства заказных микросхем на заводе занимаются инженеры-конструкторы, имеющие доступ к обширным библиотекам и разработкам NEC.

На средства частных инвесторов из КНР и Тайваня в районе Пудун построен в конце 2001 г. специализированный завод китайского контрактного производителя микросхем **Semiconductor Manufacturing International Corp. (SMIC)**. Это — первая компания в КНР, освоившая (по лицензии IBM) выпуск микросхем по технологии 45-нм.

Компания **Grace Semiconductor Manufacturing Corp. (GSMC)** построила в Шанхае предприятие по производству полупроводников, способное конкурировать с ведущими мировыми специализированными заводами корпораций TSMC, UMC и Chartered Semiconductor Manufacturing (Сингапур).

Hua Jing Electronics Group Corp. — наиболее крупное из государственных предприятий полупроводниковой промышленности КНР. Оно расположено

в г. Уси (пров. Цзянсу). В течение нескольких пятилеток предприятия этой компании были ключевыми для государственных инвестиций.

Shanghai Belling Microelectronics Manufacturing Corp., входящая в состав холдинга Shanghai Belling Stock Holding Co. Ltd., — первое в КНР СП по производству полупроводников (основано в сентябре 1988 г. компаниями Shanghai Electronics and Operation Instruments Holding Co., Radio Factory № 14 и Shanghai Bell Telephone Equipment Manufacturing Co.).

Advanced Semiconductor Manufacturing Corp. (ASMC), основанная в 1988 г. как совместное предприятие Philips и группы китайских инвесторов, стала в августе 1998 г. первым в Китае (среди производителей полупроводников) заводом, аттестованным по стандарту ISO14001¹⁴.

О создании суперкомпьютеров в КНР

Эти сверхпроизводительные и сверхсложные компьютеры применяются для выполнения расчетов с сотнями и тысячами переменных в областях, где требуется создавать сложные математические модели и симуляторы. Речь идет прежде всего о фундаментальных научных исследованиях, проектировании авиационной и космической техники, разработке новых видов оружия, создании лекарств, прогнозировании погоды и природных катаклизмов, повышении эффективности электроэнергетических объектов и надежности технических устройств (преимущественно путем моделирования их разрушений). Сложнейшие расчеты выполняются почти мгновенно, что достигается благодаря параллельной обработке данных. В суперкомпьютере не один, а множество процессоров. Мировой рейтинг 500 высокопроизводительных компьютеров в мире традиционно составляется дважды в год (в ноябре и июне) ведущими экспертами США из Национального научно-исследовательского вычислительного центра Министерства энергетики, а также из университетов Мангейма и Теннесси. Строчки в “Топ 500” распределяются в соответствии с тем, какую производительность продемонстрировали системы при прохождении специального стандартного теста LINPACK.

В КНР включившейся в мировую компьютерную гонку, в последние годы налицо значительный прогресс. В 2002 г. здесь был изготовлен компьютер “Ляньсян-Шэньтэн-1800”, способный выполнять 1 трлн операций в секунду.¹⁵

В 2003 г. Китай объявил о создании суперкомпьютера “Шэньтэн 6800”, разработанного объединением “Ляньсян” (Lenovo). Максимальная скорость его — 5,324 трлн векторных операций в секунду¹⁶. По критерию LINPACK, этот суперкомпьютер способен выполнять 4,183 трлн операций в секунду. Он установлен в Информационном центре АН Китая.

Суперкомпьютер Nankai Star, созданный год спустя, способен выполнять 5 трлн операций в секунду. Он спроектирован Институтом вычислительной техники при Нанькайском университете, а изготовлен корпорацией IBM на базе 800 процессоров “Интел” со скоростью работы 3,06 гигагерца¹⁷.

В 2004 г. в результате совместных усилий Института вычислительной техники АН Китая, компании “Шугуан” и Шанхайского центра суперкомпьютерной техники был разработан компьютер “Шугуан 4000А”, осуществляющий более 10 трлн операций в секунду (10 терафлопс). Аппарат построен на основе 2 тыс. процессоров и представляет собой множество серверов с единой памятью, управляемых операционной системой “Линукс”. По тесту LINPACK, этот ком-

пьютер выполняет 8,1 трлн операций в секунду. Он вошел в первую десятку суперкомпьютеров мира за 2004 г., а Китай стал третьей после США и Японии страной, чья вычислительная техника по скорости расчетов преодолела порог в 10 трлн операций в сек. При создании этой ЭВМ были запатентованы 38 национальных разработок (некоторые имеют мировое значение)¹⁸.

Компания информационных технологий “Шугуан” ((Shuguang, “Утренняя заря”, Dawning Information Industry Co., Ltd) была основана в 1995 г. в рамках научно-технической программы по развитию высоких технологий (“Программа 863”). Она создана рядом китайских компаний и научно-исследовательских организаций (Институт вычислительной техники АН Китая, Шанхайский центр суперкомпьютерной техники, Национальный исследовательский центр интеллектуальных вычислительных систем). “Шугуан” обладает значительным опытом в области серверного оборудования и программного обеспечения. Выпускает серверы всех классов под собственной торговой маркой. Базируется в Пекине, в мае 2001 г. была зарегистрирована и в Гонконге. Имеет представительства более чем в 20 провинциях КНР.

В 2003 г. корпорация AMD заключила с “Шугуан” соглашение по использованию процессоров AMD Opteron для создания суперкомпьютера “Шугуан” 4000А. Проект поддержали Министерство информационных технологий и АН Китая. AMD приложила усилия к получению разрешений правительства США, необходимых для участия в проекте. AMD Opteron — это процессор, пригодный для создания крупных вычислительных систем, но в то же время совместимый с существующими 32-разрядными приложениями и массовой инфраструктурой настольных ПК. Мощность этого процессора, 64-разрядная архитектура и поддержка открытых стандартов позволяют быстро повышать производительность собираемых в Китае суперкомпьютеров.

Сейчас в КНР действуют более 1,4 тыс. суперкомпьютеров серии “Шугуан” различной модификации. Применяются при обработке информации и научных исследований в метеорологии, охране окружающей среды, в судостроении, авиакосмической отрасли, автомобилестроении, металлургии, строительстве. В 2005 г. был создан суперкомпьютер “Шугуан 4000Н”. Его разработали Институт компьютерных технологий АН Китая и Институт генома АН Китая. Производительность этой ЭВМ, специально созданной для решения прикладных задач в области биоинформатики и геной инженерии, превышает 5 трлн операций в секунду. При его разработке было получено четыре китайских национальных патента на изобретения¹⁹.

В декабре 2007 г. в Университете науки и технологий Китая под руководством профессора Ван Шоуцзе был создан суперкомпьютер KD-50-I с пиковой производительностью 1 терафлопс, построенный на базе микропроцессоров Loongson 2F (ранее называвшихся Godson) и других произведенных в КНР компонентов, оборудования и технологий²⁰.

Упомянутый процессор (разработан в 2006 г. Институтом компьютерных технологий АН Китая) является эквивалентом 1,5-ГГц Pentium IV. Процессоры Loongson строятся на 64-разрядной архитектуре, совместимой с MIPS64, созданной специалистами американской компании MIPS Technologies, Inc. Лицензия китайской стороной получена не была²¹. В 2007 г. Институт компьютерных технологий АН Китая и один из крупнейших мировых производителей микросхем компания STMicroelectronics (ST), сотрудничество которых началось в 2004 г., объявили о планах совместной разработки и коммерциализации процес-

соров нового поколения. Они будут построены на базе Loongson-2E. Институт компьютерных технологий занимается разработкой архитектуры процессора, а STMicroelectronics — вопросами технологии, серийного производства и продаж. В рамках программы по разработке процессора Loongson компания STMicroelectronics приобрела полную лицензию на архитектуру MIPS64.

Компания “Шугуан” объявила о создании в августе 2008 г. суперкомпьютера “Шугуан 5000А” на разработанных в Китае процессорах, способного производить до 100 трлн операций в секунду (100 терафлопс)²². Его пиковая производительность достигает 230 трлн операций в секунду, а на тесте LINPACK — 180 трлн операций. Техническая подготовка к выпуску супермощного компьютера началась в июле 2005 г. В ноябре 2008 г. этот суперкомпьютер вошел в первую десятку нового мирового рейтинга (самым мощным в мире на сегодняшний день является IBM Roadrunner из американской Национальной лаборатории в Лос-Аламосе, скорость которого составляет 1,105 петафлоп в сек.).

Создание китайскими специалистами “Шугуан 5000А” позволило Китаю стать второй в мире страной, способной разрабатывать и изготавливать суперкомпьютеры со скоростью выше 100 трлн операций. Налицо важный прорыв. Такие разработки обеспечивают информационную безопасность и технологическую независимость страны, ускоряют темпы создания современных материалов и проведения НИОКР, укрепляют геополитические позиции Китая.

Ныне Китай наращивает усилия и инвестиции в разработку национального микропроцессора Godson, на котором надеется построить в 2010 г. собственный петафлопсный компьютер.

1. China science and technology newsletter. 2000. 30 Oct. N 239.
2. www.reed-electronics.com/semiconductor/article/CA6311117text=china.
3. Юдинцев В. Электронная промышленность Китая^ Наступление продолжается // Электроника. 2001, N 3. С. 73.
4. Круглые пластины из особо чистого монокристаллического кремния, из которых изготавливаются микросхемы, выпускаются диаметром 150 мм (6 дюймов), 200 (8 дюймов) или 300 мм (12 дюймов). В ходе технологической обработки на пластине формируется матрица из блоков, содержащих одинаковые электронные схемы. Затем пластина разрезается по границам блоков на чипы. К ним припаиваются контакты, и каждый чип помещается в защитный корпус. В настоящее время производство на 300-мм пластинах является обычным процессом на предприятиях ведущих мировых проектировщиков микросхем. Стоимость строительства одной фабрики по производству микросхем из 300-мм пластин вдвое выше, чем фабрики по производству на 200-мм, но из первых можно изготовить в 2,5 раза больше микросхем. Стоимость строительства фабрики по производству микросхем составляет от 1 до 5 млрд долл.
5. Производство на фабрике по выпуску микросхем характеризуется *достижимой технологической нормой* — минимальным расстоянием между соседними элементами микросхемы: 0,35 мкм, 0,25 мкм, 0,18 мкм, 0,13 мкм, 90нм, 65нм, 45нм. (1нм, нанометр = 10⁻⁹ м.). Переход, например, на 65-нм технологические нормы приносит вполне определенную экономическую выгоду, поскольку уменьшение размеров элемента позволяет располагать на 300-мм (или 200-мм) пластине большее количество чипов, что снижает их себестоимость.
6. <http://www.digitimes.com>. 31 Mar 2008: China introduces tax incentive for sub 0,25-micron process semiconductor production.
7. <http://www.semiconductor.net/article/CA6544126.html?desc=topstory>.
8. Агентство Синьхуа. 7 нояб. 2005.
9. <http://pcweek.ru/?ID=626869>. 28 марта, 2007.

10. Согласно экспортным федеральным законам США американским производителям запрещено продавать передовые технологии и оборудование для производства чипов КНР. Так, Китай долгое время не имел возможности приобретать литографическое оборудование, рассчитанное на формирование линий шириной менее 0,25 мкм.
11. <http://www.ixbt.com/news/all/index.shtml?09/60/50>. 09.11.2007.
12. Подобные предприятия имеются только в США, Японии, Германии. Общемировые мощности достигают 20 тыс. т поликристаллов кремния в год.
13. <http://www.icc.cn/iccnew/>.
14. <http://www.asmc.com/en/en-aa-overview.html>.
15. К оценочным характеристикам производительности суперкомпьютеров относится пиковая производительность, измеряемая в млн операций с плавающей точкой, которые компьютер может выполнить за 1 сек. — ФЛОПС (FLOPS — floating point operations per second). Поскольку современные компьютеры обладают высоким уровнем скорости вычислений, распространены производные величины от FLOPS, образуемые путем использования стандартных приставок системы СИ: мегафлопс (MFLOPS), гигафлопс (GFLOPS), терафлопс (TFLOPS), петафлопс (PFLOPS). Компьютер ENIAC, например, построенный в 1946 г., при массе 27 т обеспечивал производительность в 300 флопс. Настольный персональный компьютер на базе процессора Intel Core 2 Duo 2,4 ГГц выпуска 2006 г. — 1,3 Гфлопс.
16. China science and technology newsletter. 2006. 10 July, N 444.
17. Там же. 2004. 30 May, N 368.
18. Агентство Синьхуа. 2005. 14 июля.
19. China science and technology newsletter. 2005. 10 Oct., N 417.
20. <http://cs11.ustc.edu.cn/detail.php?siteid=562&tplset=deptc1&pid=562&postid=17674&catalogid>.
21. <http://www.linux.com/feature/119890>. China puts hopes in Loongson CPU. By Chen Nan Yang. October 31, 2007.
22. <http://english.cas.cn/news/detailnewsb.asp?infono=26965>.