

Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков

Часть III. Процессоры

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается третья часть очередного 5-частного обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*. Первая [1] и вторая [2] части этого комплексного обзора, выходящего под общей шапкой, были опубликованы в двух предыдущих номерах журнала. В отличие от предыдущих лет, когда рынку процессоров посвящалась вторая часть [3–5], теперь этот материал собран в третьей части. Все подготовленные нами публикации на эту тему по-прежнему свободно доступны на сайте www.cad-cam-cae.ru.

Напомним, что при отборе информации мы опираемся на ранее сформулированный подход: в потоке сообщений, исходящих от маркетинговых служб ведущих производителей процессоров, мы стараемся разглядеть те значимые события, которые действительно являются вехами в хронологии развития технологий, “спрессованной” в диаграммах [5, рис. 29, табл. 6] и [6, рис. 4].

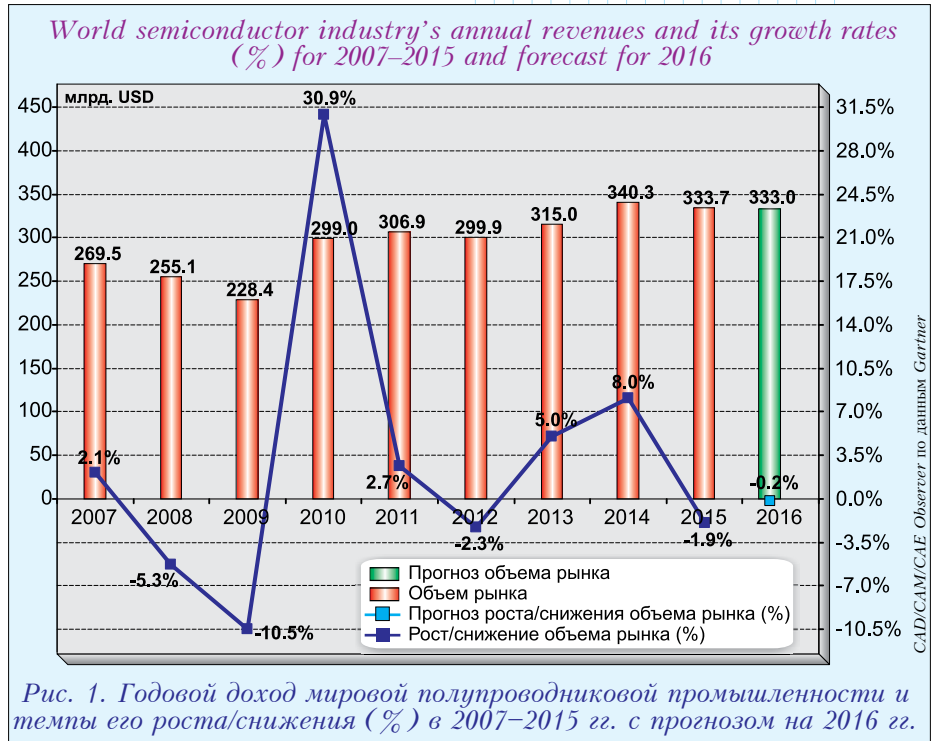
Традиционно, собранная за прошедший 2015 год информация распределена по следующим разделам:

- 1) Состояние мировой полупроводниковой промышленности;
- 2) Процессорный рынок и его лидеры;
- 3) Новейшие процессоры.

В обзоре мы будем опираться на препарированные и дополненные нами данные, регулярно публикуемые следующими компаниями, которые занимаются систематическими исследованиями рынка полупроводниковых изделий:

- **Gartner** (www.gartner.com) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут, США);
- **IC Insights** (www.icinsights.com) со штаб-квартирой в гор. Скоттсдейл (шт. Аризона, США);
- **IHS** (www.ihs.com) со штаб-квартирой в округе Дуглас (шт. Колорадо, США).

Уже в который раз обращаем внимание читателей, что расхождения данных по одним и тем же позициям отнюдь не принижают качественный уровень предлагаемой этими компаниями аналитики и, скорее всего,



объясняются особенностями применяемых методик. Не лишним также будет напомнить, что в практике аналитических компаний имеет место постоянное уточнение предыдущих статистических данных (чтобы в этом убедиться, достаточно сравнить таблицы за различные годы), поэтому для данных, которые мы использовали при составлении таблиц, как правило, указывается дата публикации первоисточника.

1. Состояние мировой полупроводниковой промышленности

Первым делом рассмотрим состояние дел в мировой полупроводниковой промышленности.

1.1. Годовой доход

По оценкам аналитической компании *Gartner*, объем рынка полупроводниковых изделий в 2015 году составил 333.7 млрд. долларов (рис. 1). При этом он уменьшился: -1.9% в сравнении с показателями 2014 года (340.3 млрд.). Напомним, что до этого тенденция была другой. Так, в 2014 году увеличение объема рынка составило +8% в сравнении с показателями 2013 года (315 млрд.), в 2013 году объем рынка увеличился на +5% в сравнении с

показателями 2012 года (299.9 млрд.). Уменьшение объема рынка, как и в 2015 году, имело место в 2012-м – тогда оно составило -2.3% в сравнении с показателями 2011 года (306.9 млрд. долларов).

По оценкам аналитической компании *Gartner*, в 2015 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении составил 333.7 млрд. долларов, что ниже показателя 2014 года на -1.9%

В соответствии с прогнозом компании *Gartner* на 2016 год, ожидается, что объем выпуска полупроводниковых приборов еще немного уменьшится – на -0.2% или, в денежном выражении, до 333 млрд. долларов.

1.2. Крупнейшие потребители полупроводниковых изделий

В табл. 1 приведен Топ-10 крупнейших потребителей полупроводниковых изделий. Восемь из них (*Samsung*, *Apple*, *Lenovo*, *Dell*, *Hewlett-Packard Inc.*, *Huawei*, *Hewlett-Packard Enterprise*, *Cisco* – они выделены жирным шрифтом) упоминаются в резюме ко второй части нашего обзора [2]. По суммарным результатам деятельности этих компаний можно судить о тенденциях развития рассматриваемых нами рынков компьютерных устройств в целом.

Лидером регулярно обновляемого компанией *Gartner* рейтинга Топ-10 в 2010, 2012, 2013, 2014 и 2015 годах был южно-корейский гигант *Samsung Electronics*. Только в 2011 году компании *Apple* удалось отеснить *Samsung* на вторые роли.

В 2015 году компании из списка Топ-10 в сумме потребили более трети (36.9%) объема продукции полупроводниковой промышленности в

стоимостном выражении. В 2013 и 2014 годах этот показатель был примерно таким же – 36.4% и 36.3% соответственно.

1.3. Крупнейшие производители полупроводниковых изделий

Более двух третей (точнее, 72.7%) продукции полупроводниковой промышленности в стоимостном выражении производят компании из списка Топ-20 (табл. 2), составленного аналитической компанией *IHS*.

За время нашего наблюдения, с 2010 года, лидером Топ-20 является компания *Intel*, которая в 2015 году обеспечила 15.4% суммарного мирового объема выпуска полупроводниковых изделий в стоимостном выражении. При этом доля компании немного увеличилась в сравнении с 2014 годом, когда она составляла 14.7%.

Обращаем внимание читателей на 13-й позицию, которую заняла компания *Apple*. Именно так аналитическая компания *IHS*, составитель Топ-20, оценила в стоимостном выражении разработку этой “фруктовой” компанией собственных процессов для выпускаемой ею продукции. Таким образом, *Apple* рассматривается аналитиками из *IHS* как *fabless*-компания. Отметим, что “Яблоко” появилась в списке Топ-20 только в 2015 году, когда компания *IHS* внесла определенные изменения в критерии отбора, применяемые при составлении списка. Таким образом, для *Apple* стали доступны также и цифры за 2014 год.

Как и в прошлогоднем обзоре, в табл. 2 нами приведены суммарные результаты и распределение мест в Топ-20 с учетом трех крупных поглощений:

- в начале марта 2015 года голландская компания *NXP Semiconductors* приобрела американскую

Таблица 1. Крупнейшие потребители полупроводниковых изделий в 2014–2015 гг.

Компания	Страна	2014 г.			2015 г.			2015 г. в сравнении с 2014 г., %
		Объем потребления, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Объем потребления, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	31.0	9.1%	1	29.9	8.9%	1	-3.6%
<i>Apple</i>	США	27.2	8.0%	2	29.1	8.7%	2	+7.1%
<i>Lenovo Group</i>	Китай	13.7	4.0%	4	13.3	4.0%	3	-3.0%
<i>Dell</i>	США	10.9	3.2%	5	10.7	3.2%	4	-1.8%
<i>Hewlett-Packard Inc.</i>	США	15.6	4.6%	3	8.6	2.6%	5	-44.7%
<i>Huawei</i>	Китай	6.0	1.8%	7	7.0	2.1%	6	+16.2%
<i>Sony</i>	Япония	7.6	2.2%	6	6.9	2.1%	7	-9.0%
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	США	–	–	–	6.5	1.9%	8	–
<i>LG Electronics</i>	Корея	5.7	1.7%	9	5.5	1.7%	9	-3.7%
<i>Cisco</i>	США	5.8	1.7%	8	5.4	1.6%	10	-6.7%
Топ 10		123.6	36.3%		123.0	36.9%		-0.5%
Другие компании		216.7	63.7%		210.7	63.1%		-2.8%
Доход полупроводниковой промышленности		340.3	100%		333.7	100%		-1.9%

Примечание: таблица составлена на основании данных компании *Gartner* (январь 2016 года)

Freescale Semiconductor. Сумма сделки составила 11.8 млрд. долларов, а с учетом долговых обязательств *Freescale* – 16.7 млрд. долларов. Объединенная компания заняла бы в 2015 году 8-е место;

- в конце мая 2015 года сингапурская компания *Avago Technologies* за 37 млрд. долларов приобрела американскую *Broadcom*. Объединенная компания (которая переняла название *Broadcom*) заняла бы в 2015 году 5-е место;

- в начале июня 2015 года компания *Intel* заключила самую крупную в своей истории сделку, прикупив за 16.7 млрд. долларов компанию *Altera*, и продолжает возглавлять Топ-20.

Продолжается консолидация процессорного рынка. В начале октября 2016 года из сообщения “*Wall Street Journal*” стало известно, что американская компания *Qualcomm* ведет переговоры о приобретении голландской компании *NXP Semiconductors*. Сумма сделки, заключение которой тогда ожидалось в течение двух-трех месяцев, оценивалась в 30 млрд. долларов. Однако

стороны пришли к соглашению уже к концу октября, причем *Qualcomm* выложит за *NXP Semiconductors* в полтора раза большую сумму – 47 млрд. долларов. Таким образом, объединенная компания *Qualcomm+NXP* в рейтинге 2016 года, по всей видимости, займет 3-е место – после *Intel* и *Samsung Electronics*. Суммарные результаты *Qualcomm+NXP* по итогам 2015 года внесены в табл. 2 отдельной строкой.

В табл. 2 мы традиционно отмечаем жирным шрифтом компании, которые выпускают процессоры для суперкомпьютеров, включенных в мировой рейтинг *Top500*. В 2015 году в Топ-20 вошли три таких компании – *Intel*, *AMD*, *NVIDIA*.

Компания *Fujitsu Semiconductors* по объему выручки в 2015 году (оценивается доходом материнской компании *Fujitsu* по направлению *Device Solutions*) в Топ-20 не вошла.

Что касается *IBM*, то после перехода в 2014 году под крыло компании *GlobalFoundries* производственных мощностей подразделения *IBM Microelectronics*,

Табл. 2. Крупнейшие производители полупроводниковых изделий в 2014–2015 гг.

Компания	Страна	2014 г.			2015 г.			2015 г. в сравнении с 2014 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	
Intel (Intel+Altera)	США	49.960	14.7%	1	51.420	15.4%	1	+2.9%
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	37.090	10.9%	2	40.160	12.0%	2	+8.3%
Qualcomm* + NXP Semiconductors	США & Нидерланды	29.319	8.6%		26.420	7.8%		-9.9%
<i>Hynix Semiconductor</i>	Корея	16.110	4.7%	5	16.500	4.9%	3	+2.4%
Qualcomm*	США	19.291	5.7%	3	16.500	4.9%	4	-14.5%
Broadcom* (Avago Technologies + Broadcom)	Сингапур	14.072	4.1%	6	15.300	4.6%	5	+8.7%
<i>Micron Technology</i>	США	16.110	4.7%	4	14.080	4.2%	6	-12.6%
<i>Texas Instruments</i>	США	12.250	3.6%	7	12.260	3.7%	7	+0.1%
NXP Semiconductors (NXP Semiconductors + Freescale Semiconductor)	Нидерланды	10.028	2.9%	9	9.720	2.9%	8	-3.1%
<i>Toshiba</i>	Япония	10.230	3.0%	8	8.830	2.6%	9	-13.7%
<i>STMicroelectronics</i>	Франция, Италия	7.384	2.2%	10	6.900	2.1%	10	-6.6%
<i>Infineon Technologies</i>	Германия	5.938	1.7%	13	6.810	2.0%	11	+14.7%
MediaTek*	Тайвань	7.032	2.1%	12	6.650	2.0%	12	-5.4%
Apple*	США	2.990	0.9%	23	6.060	1.8%	13	+102.7%
<i>Renesas Electronics</i>	Япония	6.820	2.0%	11	5.690	1.7%	14	-16.6%
<i>Sony</i>	Япония	5.050	1.5%	15	5.340	1.6%	15	+5.7%
<i>SanDisk</i>	США	6.260	1.8%	12	4.980	1.5%	16	-20.4%
NVIDIA*	США	4.110	1.2%	16	4.400	1.3%	17	+7.1%
AMD*	США	5.390	1.6%	14	3.920	1.2%	18	-27.3%
<i>ON Semiconductor</i>	США	3.520	1.0%	21	3.549	1.1%	19	+0.8%
<i>Analog Devices</i>	США	3.090	0.9%	22	3.430	1.0%	20	+11.0%
Топ 20		242.725	71.3%		242.499	72.7%		-0.1%
Другие компании		97.575	28.7%		91.201	27.3%		-6.5%
Доход мировой полупроводниковой промышленности**		340.3	100%		333.7	100%		-1.9%

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании *IHS* (апрель 2016 года)

* компания не располагает собственными производственными мощностями (*fabless*);

** данные компании *Gartner* (январь 2015 года).

“Голубой гигант” обрел статус бесфабричной (*fab-less*) компании. Стоимостные показатели разработки процессоров для серверов (а значит и *HPC*-систем) в финансовых отчетах *IBM* отдельной строкой не публикуются – таким образом, узнать доходы этого направления теперь и вовсе проблематично, поскольку без доходов от производства процессоров до уровня Топ-20 компании *IBM* уже не дотянуть.

1.4. Контрактные производители полупроводниковых изделий

При анализе рынков в отдельную таблицу выделяются производители полупроводниковой продукции, которые в течение последних пяти лет сами разработкой микросхем не занимались – так называемые контрактные производители. Мы приводим данные для четырех компаний с годовым доходом более миллиарда долларов (табл. 3).

За время нашего наблюдения лидером среди контрактных производителей с большим отрывом остается компания *TSMC*. В 2015 году доля *TSMC* от всего объема контрактного производства полупроводниковой продукции (48.9 млрд. долларов) составила 54.3%.

Любопытно также взглянуть на общий список Топ-20, составленный на основе табл. 2 и табл. 3 – в него войдут два контрактных производителя: *TSMC* (3-е место) и *GlobalFoundries* (18-е место).

Следует отметить, что компания *TSMC* находится в состоянии острой конкуренции с компанией *Intel*, которая по существу является “контрактным производителем” для процессоров собственной разработки. Для этого достаточно взглянуть на результаты сравнения доходов этих компаний в наших предыдущих обзорах. Там доходы *Intel* сравниваются с доходами гипотетического разработчика микросхем, производящего свои микросхемы: к выручке *TSMC* добавлены расходы на разработку микросхем, которые несут заказчики *TSMC*.

Еще в 2015 году появилась информация, что компания *TSMC* собирается обставить *Intel* по срокам освоения новых технологических норм производства 10 nm и 7 nm. В случае успеха (а с технологией 10 nm это уже получилось) *TSMC* может осуществиться передел рынков, где гегемоном является *Intel* – например, рынка процессоров для серверов, куда могут

ворваться энергоэффективные *ARM*-процессоры, изготовленные по более прогрессивной норме.

Замыкает квартет миллиардеров–“контрактников” китайская компания *SMIC* – *Semiconductor Manufacturing International Corporation* (табл. 3).

Хотелось бы также обратить внимание на сообщения об амбициях китайской компании *Tsinghua Unigroup*, которая планирует вложить несколько десятков миллиардов долларов в активы, связанные с производством полупроводниковой продукции. Конечная цель такой активности – создание третьего по величине производителя процессоров в мире.

2. Процессорный рынок

Теперь кратко о процессорном рынке.

2.1. Ведущие поставщики процессоров

К сожалению, на момент подготовки обзора ни одна из аналитических компаний не опубликовала развернутые данные о рынке процессоров. В предыдущих обзорах мы опирались на данные (до 2013 года) и прогнозы компании *IC Insights* (на 2014 и 2018 гг.), последний из которых наверняка требует корректировки ввиду снижения спроса на полупроводниковые изделия в 2015 и 2016 годах, что уже отражено на рис. 1.

Из-за отсутствия цифровых данных в этот раз мы ограничимся табл. 4, в которой представлен список ведущих производителей процессоров (отранжированные не по объему выпускаемой процессорной продукции, а в соответствии с табл. 2). Список составлен на основе рейтинга Топ-10 ведущих производителей микропроцессоров *IC Insights* на апрель 2014 года и рейтинга Топ-20 крупнейших производителей полупроводниковой продукции компании *IHS* на апрель 2016 года – с учетом поглощений 2013 и 2015 годов и сделанных нами дополнений.

По всей видимости, четверка лидеров в 2014 году [3, рис. 3] в 2015 году превращается в пятерку – *Intel*, *Samsung Electronics*, *Qualcomm*, *Apple* и *AMD*. Если принять на веру оценки аналитической компании *IHS*, в число лидеров войдет *Apple* и окажется сразу на четвертой позиции.

Табл. 3. Крупнейшие контрактные производители микросхем (*foundries*), специализирующиеся только на производстве (*pure-play*), в 2013–2015 гг.

Компания	Страна	2013 г.		2014 г.		2015 г.		2014 г. в сравнении с 2013 г., %	2015 г. в сравнении с 2014 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %		
<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)</i>	Тайвань	19.850	66.1%	25.175	69.6%	26.566	69.9%	+26.8%	+5.5%
<i>GlobalFoundries</i>	США	4.261	14.2%	4.400	12.2%	4.673	12.3%	+3.3%	+6.2%
<i>United Microelectronics Corporation (UMC)</i>	Тайвань	3.959	13.2%	4.621	12.8%	4.561	12.0%	+16.7%	-1.3%
<i>Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC)</i>	Китай	1.973	6.6%	1.970	5.4%	2.229	5.9%	-0.2%	+13.1%
Топ 4		30.043	100.0%	36.166	100.0%	38.029	100.0%	+20.4%	+5.2%

Примечание: таблица составлена на основании данных компании *IC Insights* (август 2015 года) и компании *Gartner* (апрель 2016 года)

Табл. 4. Ведущие поставщики микропроцессоров

Компания	Страна	Система команд и область применения процессоров
Intel (Intel+Altera)	США	x86 – ПК, серверы
Samsung Electronics	Корея	ARM – мобильные
Qualcomm*	США	ARM – мобильные
Broadcom* (Avago Technologies + Broadcom)	Сингапур	ARM – мобильные
Texas Instruments	США	ARM – мобильные и для встроенных систем
NXP Semiconductors (NXP Semiconductors + Freescale Semiconductor)	Нидерланды	ARM – мобильные и для встроенных систем
MediaTek*	Тайвань	ARM – мобильные
Apple	США	ARM – мобильные
NVIDIA*	США	ARM – мобильные; GPU – графические ускорители
AMD*	США	x86 – ПК, серверы
Fujitsu Semiconductor	Япония	SPARC – серверы
IBM*	США	POWER – серверы
Tsinghua Unigroup* (Spreadtrum Communications)	Китай	ARM – мобильные

Примечания: таблица составлена с использованием данных компании IC Insights (апрель 2014 года) и компании IHS (апрель 2016 года)
* компания не располагает собственными производственными мощностями (fabless)

2.2. Поставщики процессоров для суперкомпьютерных систем

На рис. 2 приводятся годовые финансовые показатели компаний – разработчиков процессоров, которые применяются в строительстве суперкомпьютеров с быстродействием, соответствующим критериям мирового рейтинга Top500 (в табл. 4 они выделены жирным шрифтом).

Для 2015 года показаны результаты четырех компаний – Intel, AMD, NVIDIA и Fujitsu Semiconductors.

Как мы уже отметили выше, оценки доходов IBM, связанной с разработкой процессоров, нам пока, к сожалению, найти не удалось, Поэтому на

рис. 2 приводятся только данные для IBM Microelectronics за прошлые годы.

Помимо показателей разработчиков процессоров для суперкомпьютеров, показаны и результаты деятельности ARM Holdings (о приобретении SoftBank Group компанией ARM Holdings мы уже сообщили в первой части обзора [1]), поскольку ARM-архитектура используется многими компаниями при разработке серверных процессоров, которые в перспективе планируется применять также и при создании супервычислителей.

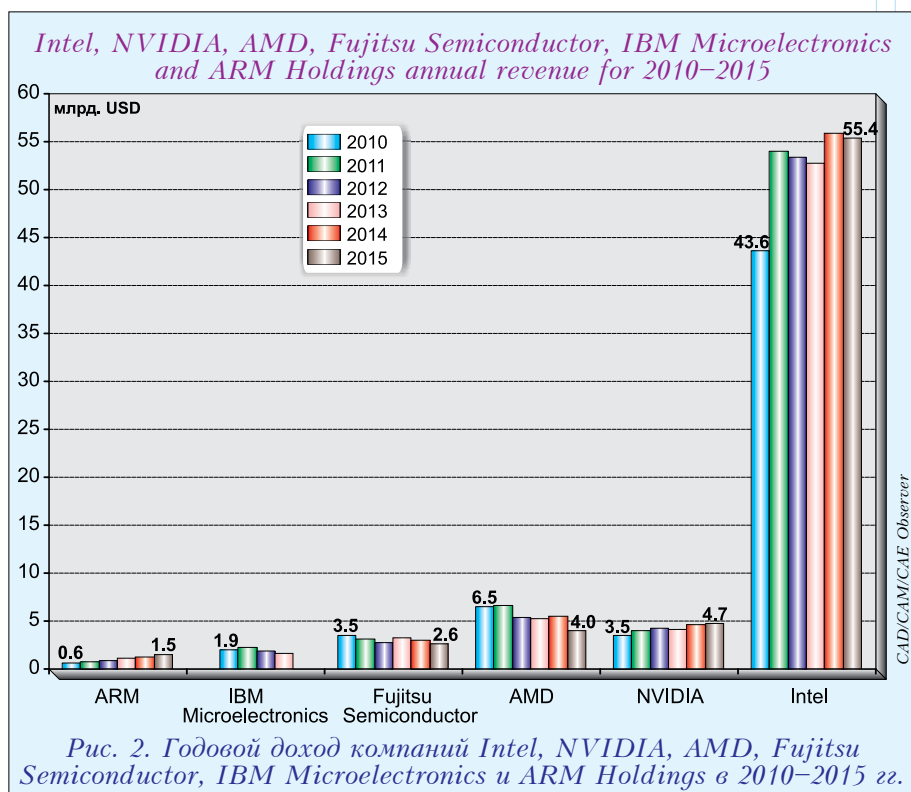
Интересно, что компания Fujitsu при разработке процессоров для суперкомпьютерных систем эксафлопного уровня решила переориентироваться с архитектуры SPARC на архитектуру ARM, которая сулит выигрыш в энергопотреблении, о чём было объявлено в 2015 году.

2.3. Прогноз объема поставок серверных процессоров

Обратим внимание читателей на прогноз, с которым выступила аналитическая компания IDC. Она оценила объем поставок в 2016 году серверных процессоров с системой команд x86 и ARM цифрой 22.9 миллионов штук, а в стоимостном выражении – 13.9 млрд. долларов (прирост в сравнении с 2015 годом составил +3.5% и +1.3% соответственно).

В дальнейшем среднегодовой рост выручки от поставленных серверных процессоров с системой команд x86 и ARM составит +2.2%, а к 2020 году этот сегмент процессорного рынка достигнет 15.3 млрд. долларов.

Компания ARM Holdings рассчитывает потеснить Intel



на рынке серверных процессоров и добиться к 2020 году доли в размере 25%.

Таким образом, если объединить прогнозы от компаний *IDC* и *ARM Holdings*, получается следующий расклад для рынка серверных процессоров:

- с системой команд *x86* – 11.5 млрд. долларов или 75%
- с системой команд *ARM* – 3.8 млрд. долларов или 25%.

3. Новейшие процессоры

В заключение кратко остановимся на разработках новейших процессоров и технологий производства процессоров для всего спектра компьютеров – от высокопроизводительных серверов и супервычислителей до мобильных устройств и смартфонов.

✓ В июне 2016 года, когда был обнародован 47-й список суперкомпьютерного рейтинга *Top500*, стало известно о созданном в Китае 260-ядерном 64-битном *RISC*-процессоре *SW26010*. Этот процессор, построенный на базе архитектуры *Sunway*, обеспечивает производительность 3.062 *Tflops* при тактовой частоте 1.45 *GHz*.

На процессорах *Sunway SW26010* (общее число которых составило 40 960) построен нынешний лидер рейтинга *Top500* – китайский суперкомпьютер *Sunway TaihuLight*, продемонстрировавший рекордный уровень реального быстродействия – 93.016 *Pflops*. При этом пиковое быстродействие этой системы (125.436 *Pflops*) впервые в мире смогло преодолеть значимый рубеж в 100 *Pflops*.

✓ В середине 2016 года компания *Samsung Electronics* первой в мире освоила серийное производство чипов по технологической норме 10 *nm*. В сравнении с 14 *nm* чипами, производительность новых, использующих *FinFET* технологию, будет на 27% больше, энергопотребление сократится на 40%, а одной полупроводниковой пластине будет размещаться на 30% больше чипов. Скорее всего, речь идет о процессорах *Qualcomm Snapdragon 830* для *Galaxy S8*, выпуск которого планируется на начало 2017 года. Хотя компания и не уточнила, что это будет за устройство...

Любопытно, что на начало 2017 году выпуск первых 10 *nm* чипов планирует и компания *TSMC*. Речь идет о процессоре *Helio X30* от компании *MediaTek* (предшественником которого является представленный в прошлом году первый в мире 10-ядерный 64-бит процессор *Helio X20* для смартфонов и планшетов). *Helio X30* объединяет два ядра *ARM Cortex-A73 Artemis* с частотой 2.8 *GHz*, четыре ядра *ARM Cortex-A53* с частотой 2.2 *GHz*, а также четыре ядра *ARM Cortex-A35* с частотой 2.0 *GHz*.

Учитывая, что выпуск полупроводниковой пластины по технологии занимает порядка трех месяцев, компаниям *Samsung Electronics* и *TSMC* еще придется поспорить, кто из них окажется первым в мире производителем, поставившим потребителю серию готовых 10 *nm* чипов.

✓ На конференции *Hot Chips* в августе 2016 года китайская *fabless*-компания *Phytium Technology*

(штаб-квартира находится в гор. Тяньцзинь) анонсировала 64-ядерный серверный процессор *FT-2000/64*. Он построен на базе *ARM*-совместимых ядер *FTC661*, тактовая частота – от 1.5 до 2.0 *GHz*. Максимальная потребляемая мощность 100W. Процессор изготовлен в соответствии с технологической нормой 28 *nm*, его быстродействие составляет 512 *Gflops*.

✓ На той же конференции *Hot Chips* компания *IBM* представила 24-ядерный процессор *POWER9* с тактовой частотой 4 *GHz*, число транзисторов в кристалле – 8 млрд. С 2017 года новый чип будет производиться компанией *GlobalFoundries* в соответствии с нормой 14 *nm* по технологии *FinFET*.

✓ Российская компания *Baikal Electronics* до конца 2016 года собирается представить инженерные образцы 8-ядерного 64-bit процессора *Baikal-M* с низким энергопотреблением, построенного на базе ядер с архитектурой *ARMv8-A*, с использованием векторных сопроцессоров *ARM NEON* и графических ядер *ARM Mali-T628*. Процессор будет производиться по технологической норме 28 *nm*.

Интересующихся интеловскими разработками мы по традиции отсылаем к подготовленным маркетинговой службой этой компании материалам ежегодного форума *IDF (Intel Developer Forum)*, который проходил 16–18 августа 2016 года в Сан-Франциско (шт. Калифорния, США). ☺

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №5, с. 4–17.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, компьютеры, планшетники, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №6, с. 85–96.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №6, с. 56–63.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2013–2014 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №6, с. 65–73.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Процессоры для *HPC*-систем. *EDA*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2013, №6, с. 77–88; №7, с. 85–92.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2011–2012 годах: обзор достижений и анализ рынка. Часть III // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2013, №1, с. 75–86.

Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования окружающей среды и технологических процессов Латвийского университета (Sergejs.Pavlovs@lu.lv), автор аналитического *PLM*-журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” (sergey@cadcamcae.lv)