

# Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков

## Часть VI. Процессоры

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается шестая часть обзора, касающегося систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, а также их применения. В этом году уже опубликованы первая [1], вторая [2], третья [3], четвертая [4] и пятая [5] части нашего шестого по счету комплексного обзора, выходящего под привычной общей “шапкой”. Все предыдущие публикации по-прежнему легко и свободно доступны на нашем сайте [www.cad-cam-cae.ru](http://www.cad-cam-cae.ru).

Как и обычно, при отборе информации мы опираемся на сформулированный ранее подход: в потоке сообщений, исходящих от маркетинговых служб ведущих производителей процессоров, стараемся вычленилть те значимые события, которые действительно являются вехами в хронологии развития технологий, “спрессованной” в диаграммах [7, рис. 29, табл. 6] и [8, рис. 4].

В шестой части (в предыдущем обзоре этой тематике была посвящена часть IV [6]) актуализированная информация, собранная за прошедший 2017-й и всё еще текущий 2018 годы, распределена по следующим разделам:

### 1 Состояние мировой полупроводниковой промышленности

- Объем рынка полупроводников
- Крупнейшие производители полупроводниковых приборов
- Контрактные производители
- 2 Инвестиции в приобретение компаний
  - Китай не разрешил компании *Qualcomm* купить *NXP Semiconductors*
  - Поглощение компании *Qualcomm* запретил президент США
  - Подразделение *Toshiba*, производящее микросхемы, продано американцам
  - Компания *Microchip Technology* приобретает *Microsemi Corporation*

World semiconductor industry's annual revenues and its growth rates (%) for 2007–2017 and forecast for 2018 (January, 2018)

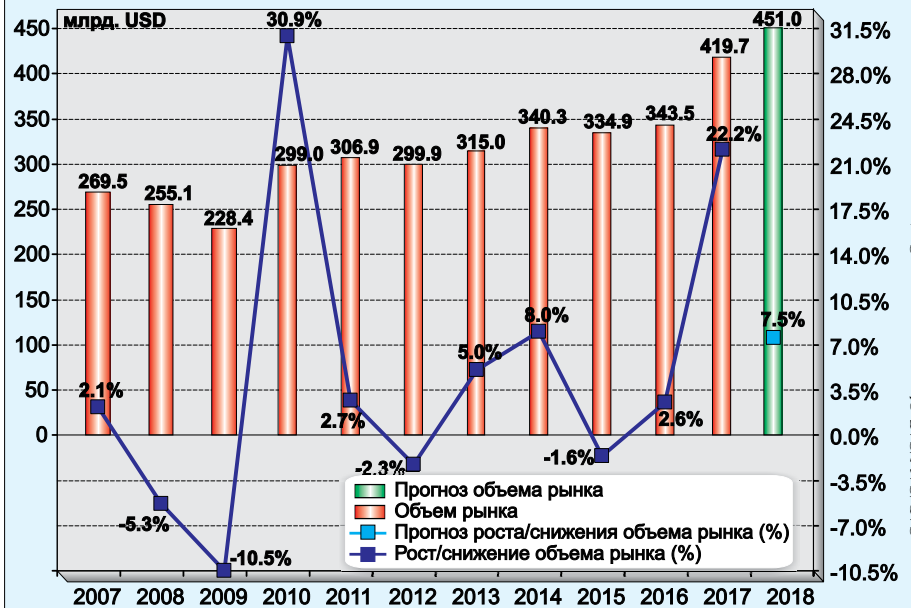


Рис. 1. Годовой доход мировой полупроводниковой промышленности и темпы его роста/снижения (%) в 2007–2017 гг., а также прогноз на 2018 год (январь 2018 г.)

### 3 Инвестиции в разработку и освоение новых технологий

- Затраты на исследования и разработки
- Капитальные затраты на развитие производства

### 4 Освоение передовых технологических норм производства микросхем

- Компания *TSMC* готова к массовому производству 7-*nm* чипов
- *TSMC* начнет массовое производство 5-*nm* микросхем в 2020 году или раньше
- *TSMC* опробовала фотолитографию в глубоком ультрафиолете

### 5 Новейшие процессоры и их разработчики

- *ARM*-процессор от *Fujitsu* для прототипа эксафлопсного суперкомпьютера
- Серверный *ARM*-процессор от *Ampere Computing*
- Серверный *ARM*-процессор от *Huawei*

### 6 Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов.

При подготовке обзора мы опираемся на препарированные и дополненные нами данные, регулярно публикуемые следующими компаниями, которые занимаются систематическими исследованиями рынка полупроводниковых изделий:

- **Gartner** ([www.gartner.com](http://www.gartner.com)) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут, США);
- **IC Insights** ([www.icinsights.com](http://www.icinsights.com)) со штаб-квартирой в гор. Скоттсдейл (шт. Аризона, США);
- **IHS Markit** ([ihsmarkit.com](http://ihsmarkit.com)) со штаб-квартирой в Лондоне (Великобритания).

## 7 Состояние мировой полупроводниковой промышленности

Первым делом, по традиции, рассмотрим состояние дел в мировой полупроводниковой промышленности.

### 1.1. Объем рынка полупроводников

По оценкам аналитической компании *Gartner*, объем рынка полупроводниковых приборов в 2017 году составил 419.7 млрд. долларов (рис. 1, табл. 1), что означает прирост на +22.2% в сравнении с 2016 годом (343.5 млрд. долларов).

Напомним, что годом раньше, в 2016-м, темпы роста были на порядок меньше и составляли всего +2.6% в сравнении с 2015 годом (334.9 млрд. долларов), когда объем рынка уменьшился на -1.6% в сравнении с показателями 2014 года (340.3 млрд.). До этого тенденция была другой.

Так, в 2014 году увеличение объема составило +8% по сравнению с показателями 2013 года (315 млрд.); в 2013 году рынок вырос на +5% по сравнению с 2012 годом (299.9 млрд.). Уменьшение объема рынка, подобное случившемуся в 2015 году, имело место в теперь уже далеком 2012-м: тогда оно составило -2.3% в сравнении с состоянием на 2011 год (306.9 млрд. долларов).

По оценкам аналитической компании *Gartner*, в 2017 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении впервые преодолел рубеж 400 млрд. и вырос до 419.7 млрд. долларов. Прирост составил +22.2% в сравнении с 343.5 млрд. долларов в 2016 году.

По прогнозу компании *Gartner*, в 2018 году ожидается прирост объема выпуска полупроводниковых приборов в размере +7.5% или, в денежном выражении, до 451 млрд. долларов.

Аналитическая компания *Gartner* прогнозирует, что в 2018 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов вырастет на +7.5% и в стоимостном выражении составит 451 млрд. долларов.

По оценкам другой аналитической компании, *IHS Markit*, объем рынка полупроводниковых устройств в 2017 году вырос на +21.7% и составил 429.1 млрд. долларов (табл. 2).

**Табл. 1. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2016–2017 гг. по версии Gartner**

Компания	Страна	2016 г.			2017 г.			2017 г. в сравнении с 2016 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	40.104	11.7%	2	61.215	14.6%	1	+52.6%
<i>Intel</i>	США	54.091	15.7%	1	57.712	13.8%	2	+6.7%
<i>SK Hynix</i>	Корея	14.7	4.3%	4	26.309	6.3%	3	+79.0%
<i>Micron Technology</i>	США	12.950	3.8%	6	23.062	5.5%	4	+78.1%
<i>Qualcomm*</i>	США	15.415	4.5%	3	17.063	4.1%	5	+10.7%
<i>Broadcom*</i>	США	13.223	3.8%	5	15.490	3.7%	6	+17.1%
<i>Texas Instruments (TI)</i>	США	11.901	3.5%	7	13.806	3.3%	7	+16.0%
<i>Toshiba</i>	Япония	9.918	2.9%	8	12.813	3.1%	8	+29.2%
<i>Western Digital</i>	США	4.170	1.2%	17	9.181	2.2%	9	+120.2%
<i>NXP Semiconductors (NXP)</i>	Нидерланды	9.306	2.7%	9	8.651	2.1%	10	-7.0%
<b>Топ-10</b>		<b>185.778</b>	<b>54.1%</b>		<b>245.302</b>	<b>58.4%</b>		<b>+32.0%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>157.736</b>	<b>45.9%</b>		<b>174.418</b>	<b>41.6%</b>		<b>+10.6%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>343.514</b>	<b>100%</b>		<b>419.720</b>	<b>100.0%</b>		<b>+22.2%</b>

Примечание: 1. Таблица составлена на основании данных компании *Gartner* (январь 2018 г.).  
2. \* компания не располагает собственными производственными мощностями (fabless)

Если сравнить данные обеих компаний, то мы увидим, что для 2017 года оценки объема рынка у аналитиков из *IHS Markit* оказались на 9.4 млрд. долларов (или на 2.2%) выше, чем у аналитиков *Gartner*. Отметим, что публикации данных *Gartner* и *IHS Markit* относятся к январю и марту 2018 года соответственно, что тоже может иметь значение в отношении полноты данных.

Наиболее поздней (ноябрь 2018 года) является публикация еще одной аналитической компании, *IC Insights*, содержащая данные для построения топ-15 крупнейших производителей полупроводниковых изделий в 2017 году и соответствующий прогноз на 2018 год (табл. 3). Однако отсутствие в отчете сведений об объеме рынка полупроводниковой промышленности не позволяет сравнить интегральные данные всех трех компаний.

## 1.2. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов

Топ-10 производителей полупроводниковых приборов мы публикуем сразу в двух, одинаковых по структуре данных, версиях: от аналитических компаний *Gartner* (табл. 1) и *IHS Markit* (табл. 2). Интегральные оценки для 2017 года от обеих групп аналитиков очень близки: производители из первой десятки выпустили полупроводниковой продукции на 245.3 млрд. долларов (58.4% всего объема рынка) или на 251.0 млрд. долларов (58.5%) соответственно. Оценки доходов для каждой компании из первой десятки в этих двух версиях несколько разнятся,

однако порядок, в котором располагаются компании в рейтинге, одинаков.

Порядок компаний-производителей в лидирующем квартете совпадает у всех трех аналитических компаний – и у *Gartner* (табл. 1), и у *IHS Markit* (табл. 2), и у *IC Insights* (табл. 3) – при условии, что в топ-15 от *IC Insights* мы не будем учитывать тайваньскую компанию *TSMC*, которая является контрактным производителем. Выглядит этот порядок так:

- 1 южно-корейская компания *Samsung Electronics*;
- 2 американская компания *Intel*;
- 3 южно-корейская компания *SK Hynix*;
- 4 американская компания *Micron Technology*.

Такое распределение ролей стало результатом значительного прироста доходов трех ведущих производителей микросхем памяти, занявших первое, третье и четвертое места.

Таким образом, сбылся майский, 2017 года, прогноз аналитиков *IC Insights* о первенстве *Samsung*; компания же *Intel* (которая была лидером на протяжении всего периода наших наблюдений, с 2010 года), по результатам 2017 года, в преддверии своего 50-летия (основана 18 июля 1968 года), оказалась отесненной на непривычное для себя второе место.

Если опираться на оценки аналитиков *Gartner* или *IHS Markit*, то компания *Samsung* в 2017 году обеспечила 14.6% или 14.5% соответственно от суммарного мирового объема выпуска полупроводниковых устройств в стоимостном выражении. Доля *Intel* сократилась до 13.8% или 14.3% соответственно. Однако компания *Samsung* не смогла превзойти

Табл. 2. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов 2016–2017 гг. по версии *IHS Markit*

Компания	Страна	2016 г.			2017 г.			2017 г. в сравнении с 2016 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	40.389	11.5%	2	62.031	14.5%	1	+53.6%
<i>Intel</i>	США	54.980	15.6%	1	61.406	14.3%	2	+11.7%
<i>SK Hynix</i>	Корея	14.699	4.2%	5	26.638	6.2%	3	+81.2%
<i>Micron Technology</i>	США	12.710	3.6%	7	22.843	5.3%	4	+79.7%
<i>Qualcomm*</i>	США	14.979	4.2%	4	17.375	4.0%	6	+16.0%
<i>Broadcom*</i>	США	15.405	4.4%	3	16.872	3.9%	5	+9.5%
<i>Texas Instruments (TI)</i>	США	12.836	3.6%	6	14.525	3.4%	7	+13.2%
<i>Toshiba</i>	Япония	9.904	2.8%	8	11.864	2.8%	8	+19.8%
<i>Western Digital</i>	США	9.306	2.6%	9	8.864	2.1%	10	-4.7%
<i>NXP Semiconductors (NXP)</i>	Нидерланды	6.030	1.7%	13	8.578	2.0%	9	+42.3%
<b>Топ-10</b>		<b>191.238</b>	<b>54.2%</b>		<b>250.996</b>	<b>58.5%</b>		<b>+31.2%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>161.356</b>	<b>45.8%</b>		<b>178.112</b>	<b>41.5%</b>		<b>+10.4%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>352.594</b>	<b>100%</b>		<b>429.110</b>	<b>100.0%</b>		<b>+21.7%</b>

Примечание: 1. Таблица составлена на основании данных компании *IHS Markit* (март 2018 г.)  
2. \* компания не располагает собственными производственными мощностями (fabsless)

показатель *Intel* в 2016 году – тогда доля этой американской компании составляла 15.7% или 15.6% соответственно.

В соответствии с прогнозом аналитиков *IC Insights* (табл. 3), в 2018 году порядок расстановки компаний-производителей в лидирующем квартете сохранится. При этом лидерство *Samsung* укрепитя, поскольку её доля рынка увеличится, тогда как у *Intel*, напротив, уменьшится.

Согласно данным аналитической компании *Gartner*, по результатам 2017 года у производителей полупроводниковой продукции сменился лидер: на первую позицию выдвинулась компания *Samsung Electronics*. Годовой объем реализации её полупроводниковых приборов составил 61.215 млрд. долларов (это на +52.6% больше, чем в 2016 году), а рыночная доля достигла 14.6%.

Начиная с пятого места (без *TSMC*) и дальше, распределение мест в топе-15 от *IC Insights* существенно отличается от того единодушия, которое демонстрируют таблицы о рангах, подготовленные аналитиками *Gartner* и *IHS Markit*. Стоит отметить, что в первую десятку по версии *IC Insights* впервые вошла компания *NVIDIA* (9-е место, если без *TSMC*).

### 1.3. Контрактные производители

В табл. 4 приводятся данные аналитической компании *IC Insights* для ведущего октета (топ-8) контрактных производителей полупроводниковой продукции (то есть таких, которые не занимаются самостоятельной разработкой микросхем) и многоотраслевых *IDM*-компаний, у которых имеется подразделение для контрактного производства микросхем (*IDM – Integrated Device Manufacturer*).

Почему в этом рейтинге только восемь позиций? Потому что ровно столько компаний получили в 2017 году доход более миллиарда долларов. Их доля от всего объема контрактного производства полупроводниковой продукции (который выражается цифрой 62.31 млрд. долларов) составила 88.4%.

Несколько слов о позициях в этом рейтинге:

1 Лидером среди контрактных производителей в течение всего периода наших наблюдений с большим отрывом остается тайваньская компания *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*. В 2017 году доля *TSMC* в общем объеме контрактного производства полупроводниковых приборов составила 51.6% (32.163 млрд. долларов).

2 На второй позиции в 2017 году находится американская компания *GlobalFoundries* с

**Табл. 3. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2017 г. и прогноз на 2018 г. по версии *IC Insights***

Компания	Страна	2017 г.		2018 г.				2018 г. в сравнении с 2017 г., %
		НИОКР, млрд. USD	Доля, %	НИОКР, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	НИОКР/доход, %	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	65.882	20.4%	1	83.258	21.8%	1	+26.4%
<i>Intel</i>	США	61.720	19.1%	2	70.154	18.4%	2	+13.7%
<i>SK Hynix</i>	Корея	26.722	8.3%	4	37.731	9.9%	3	+41.2%
<i>TSMC**</i>	Тайвань	32.163	9.9%	3	34.209	9.0%	4	+6.4%
<i>Micron Technology</i>	США	23.920	7.4%	5	31.806	8.3%	5	+33.0%
<i>Broadcom***</i>	США	17.795	5.5%	6	18.455	4.8%	6	+3.7%
<i>Qualcomm***</i>	США	17.029	5.3%	7	16.481	4.3%	7	-3.2%
<i>Toshiba</i>	Япония	13.333	4.1%	9	15.407	4.0%	8	+15.6%
<i>Texas Instruments (TI)</i>	США	13.910	4.3%	6	14.962	3.9%	9	+7.6%
<i>NVIDIA***</i>	США	9.402	2.9%	10	12.896	3.4%	10	+37.2%
<i>STMicroelectronics</i>	Франция, Италия	8.313	2.6%	12	9.639	2.5%	11	+16.0%
<i>Western Digital</i>	США	7.840	2.4%	15	9.480	2.5%	12	+20.9%
<i>NXP Semiconductors (NXP)</i>	Нидерланды	9.256	2.9%	11	9.394	2.5%	13	+1.5%
<i>Infineon Technologies</i>	Германия	8.126	2.5%	13	9.246	2.4%	14	+13.8%
<i>Sony</i>	Япония	7.891	2.4%	14	8.042	2.1%	15	+1.9%
<b>Топ-15</b>		<b>323.302</b>	<b>100.0%</b>		<b>381.160</b>	<b>100.0%</b>		<b>+17.9%</b>

Примечания: 1. Таблица составлена с использованием данных и прогноза\* (ноябрь 2018 г.) компании *IC Insights*.  
 2. \*\* компания является контрактным производителем микросхем (*foundry*)  
 3. \*\*\* компания не располагает собственными производственными мощностями (*fabless*)

годовым доходом 6.06 млрд. долларов и рыночной долей 9.7%.

3 Третье место занимает тайваньская компания *United Microelectronics Corporation (UMC)* с доходом 4.898 млрд. долларов и долей 7.9%.

4 Четвертое место досталось подразделению южнокорейской *IDM*-компании *Samsung Electronics*, объем контрактного производства которого достиг 4.6 млрд. долларов, а рыночная доля составила 7.4%.

5 Замыкает квинтет китайский производитель *Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC)*, заработавший 3.101 млрд. долларов; его доля составляет 5%.

Следующие позиции после уже успевшей закрепиться среди «миллиардеров» тайваньской компании *Powerchip* (1.498 млрд., 2.4%), которой досталось 6-е место, занимают китайская *Huahong Group* (1.395 млрд., 2.2%) и израильская *TowerJazz* (1.388 млрд., 2.2%).

Если же попытаться составить общий топ-10 на базе двух таблиц (табл. 1 или табл. 2 вместе с табл. 4), то по результатам 2017 года в него, как и в табл. 3, попадет лишь один контрактный производитель – компания *TSMC*, годовой доход которой соответствует 3-й позиции в объединенном рейтинге.

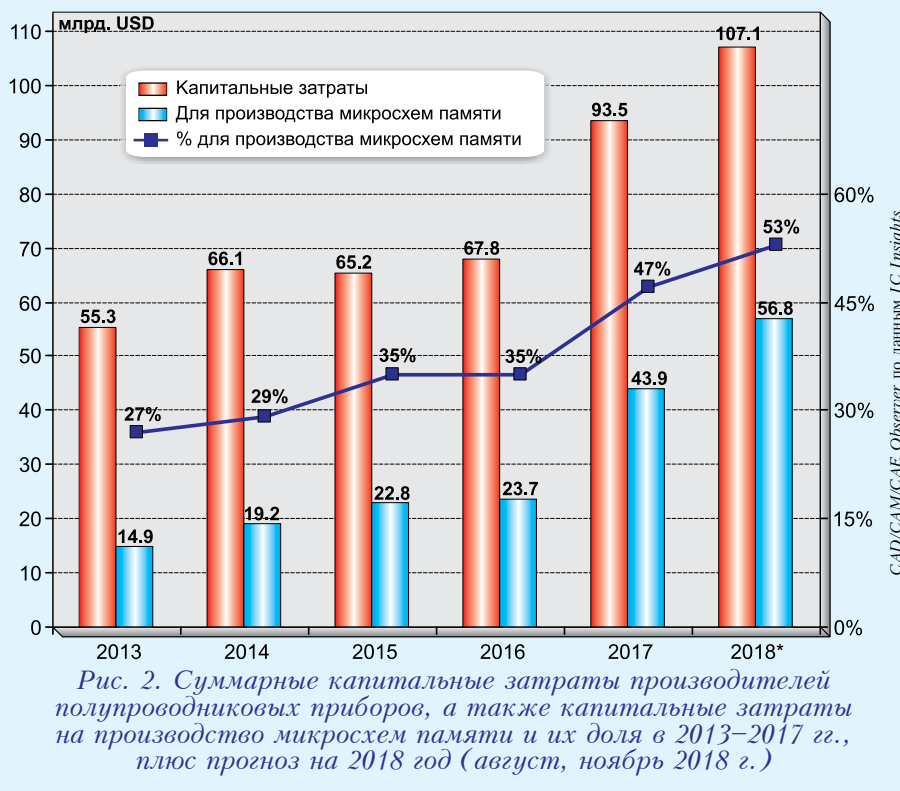
## 2 Инвестиции в приобретение компаний

Остановимся теперь на крупнейших сделках по слиянию-поглощению компаний, которые свидетельствуют о консолидации рынка полупроводниковых устройств.

### 2.1. Китай не разрешил компании *Qualcomm* купить *NXP Semiconductors*

Напомним, что в октябре 2016 года американская компания *Qualcomm* объявила о приобретении голландской *NXP Semiconductors*. Тем не менее, за почти два года от китайских регулирующих органов так и не было получено одобрение сделки (оно было необходимо ввиду присутствия *NXP* на китайском рынке). Поэтому компания *Qualcomm* пришлось выйти из соглашения, что подтвердила *NXP Semiconductors* 26 июля 2018 года. Таким образом, крупнейшее поглощение на полупроводниковом рынке пало жертвой торговой войны между Китаем и США.

*Total semi capex as well as capex for memory production and its share (%) for 2013–2017 and forecast for 2018 (August, November 2018)*



В начале декабря 2018 года на саммите G20 в Аргентине президент США Дональд Трамп и председатель КНР Си Цзиньпин договорились, что, в случае повторной подачи заявки *Qualcomm* на приобретение *NXP*, Китай эту сделку одобрит. Однако руководство *Qualcomm* считает, что вопрос уже закрыт, и какие-либо перспективы для возобновления сделки отсутствуют.

### 2.2. Поглощение компании *Qualcomm* запретил президент США

В период с ноября 2017 года по февраль 2018 года компания *Broadcom* (эта некогда сингапурская компания сменила юрисдикцию на американскую) несколько раз обращалась к американской же компании *Qualcomm* с заманчивым предложением о приобретении. Сумма сделки варьировалась в пределах от 100 до 130 млрд. долларов. Однако Совет директоров *Qualcomm* эти предложения неизменно отклонял.

Точку в этой истории поставил президент США, который в марте 2018 года своим указом блокировал поглощение *Qualcomm* из соображений национальной безопасности.

### 2.3. Подразделение *Toshiba*, производящее микросхемы, продано американцам

В начале июня 2018 года была закрыта сделка, объявленная в сентябре 2017 года: тогда было

**Табл. 4. Крупнейшие контрактные производители микросхем (*foundries*), специализирующиеся только на производстве (*pure-play*), а также *IDM*-компании в 2015–2017 гг.**

Компания	Страна	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2016 г. в сравнении с 2015 г., %	2017 г. в сравнении с 2016 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	Доля, %		
<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)</i>	Тайвань	26.574	52.4%	29.488	51.1%	32.163	51.6%	+11.0%	+9.1%
<i>GlobalFoundries</i>	США	5.019	9.9%	5.495	9.5%	6.060	9.7%	+9.5%	+10.3%
<i>United Microelectronics Corporation (UMC)</i>	Тайвань	4.464	8.8%	4.582	7.9%	4.898	7.9%	+2.6%	+6.9%
<i>Samsung Electronics*</i>	Корея	2.670	5.3%	4.410	7.6%	4.600	7.4%	+65.2%	+4.3%
<i>Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC)</i>	Китай	2.236	4.4%	2.914	5.0%	3.101	5.0%	+30.3%	+6.4%
<i>Powerchip</i>	Тайвань	1.268	2.5%	1.275	2.2%	1.498	2.4%	+0.6%	+17.5%
<i>Huahong Group</i>	Китай	0.971	1.9%	1.184	2.1%	1.395	2.2%	+21.9%	+17.8%
<i>TowerJazz</i>	Израиль	0.961	1.9%	1.250	2.2%	1.388	2.2%	+30.1%	+11.0%
<b>Топ-8</b>		<b>44.163</b>	<b>87.0%</b>	<b>50.598</b>	<b>87.7%</b>	<b>55.103</b>	<b>88.4%</b>	<b>+14.6%</b>	<b>+8.9%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>6.597</b>	<b>13.0%</b>	<b>7.112</b>	<b>12.3%</b>	<b>7.207</b>	<b>11.6%</b>	<b>+7.8%</b>	<b>+1.3%</b>
<b>Всего</b>		<b>50.760</b>	<b>100.0%</b>	<b>57.710</b>	<b>100.0%</b>	<b>62.310</b>	<b>100.0%</b>	<b>+13.7%</b>	<b>+8.0%</b>

Примечание: 1. Таблица составлена с использованием данных компании *IC Insights* (апрель 2018 г.)  
2. \**IDM*-компании (*Integrated Device Manufacturers*) имеют подразделения для контрактного производства микросхем

достигнуто соглашение о продаже компанией *Toshiba* своего подразделения *Toshiba Memory Corporation* американцам. Сумма сделки составила 18 млрд. долларов.

Покупателем японского производителя микросхем памяти выступил консорциум, возглавляемый американской частной инвестиционной компанией *Bain Capital*, куда вошли корейская компания *SK Hynix* и американские *Apple*, *Dell Technologies*, *Seagate Technology* и *Kingston Technology*.

#### 2.4. Компания *Microchip Technology* приобретает *Microsemi Corporation*

В конце февраля 2018 года американский производитель микроконтроллеров и интегральных схем *Microchip Technology* (компания основана в 1989 году, штаб-квартира находится в гор. Чандлер, штат Аризона) приобрел американского же производителя полупроводниковых приборов – *Microsemi Corporation* (компания основана в 1959 году, штаб-квартира расположена в *Aliso Viejo*, штат Калифорния).

Сумма сделки, закрытой в конце мая 2018 года, составила 8.35 млрд. долларов, плюс необходимость погасить убытки *Microsemi* в размере 1.8 млрд. долларов. После этого поглощения капитализация *Microchip Technology* на начало декабря 2018 года достигла 17.7 млрд. долларов.

### 3 Инвестиции в разработку и освоение новых технологий

О темпах разработки и освоения новых технологий можно судить по размерам инвестиций в

научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (или, как принято в англоязычном мире, исследования и разработки – *Research & Development, R&D*), а также по капитальным затратам компаний, располагающих собственными производственными мощностями.

#### 3.1. Затраты на исследования и разработки

В табл. 5 приводятся соответствующие данные аналитической компании *IC Insights* для производителей полупроводниковой продукции, отранжированных по величине затрат на *R&D*.

Наибольшую сумму на эти цели в 2017 году выделила компания *Intel* – 13.1 млрд. долларов, что составляет чуть больше пятой части (21.2%) её годового дохода. На второй позиции в 2017 году находилась компания *Qualcomm*, которая вложила в перспективные разработки 3.45 млрд. долларов или 17.1% своего годового дохода. Третье место занимает *Broadcom* с показателем 3.423 млрд. долларов или 17.8% годового дохода.

Квартет компаний с двухзначным (*double-digit*) приростом инвестиций в 2017 году по сравнению с 2016 годом выглядит так: *NVIDIA* (+23%), *TSMC* (+20%), *Samsung Electronics* (+19%) и *SK Hynix* (+14%).

По оценкам аналитической компании *IC Insights*, наибольшие инвестиции в исследования и разработки в 2017 году сделала компания *Intel* – 13.1 млрд. долларов или 21.2% своего годового дохода.

**Табл. 5. Расходы производителей полупроводниковых приборов на НИОКР в 2016–2017 гг. в сравнении с доходом в 2017 году**

Компания	Страна	2016 г.		2017 г.				2017 г. в сравнении с 2016 г., %
		НИОКР, млрд. USD	Доля, %	НИОКР, млрд. USD	Доля, %	Доход, млрд. USD	НИОКР/доход, %	
Intel	США	12.717	37.5%	13.098	36.5%	61.8	21.2%	+3.0%
Qualcomm	США	3.594	10.6%	3.450	9.6%	17.1	20.2%	-4.0%
Broadcom	США + Сингапур	3.291	9.7%	3.423	9.5%	17.8	19.2%	+4.0%
Samsung Electronics	Корея	2.870	8.5%	3.415	9.5%	65.7	5.2%	+19.0%
Toshiba	Япония	2.871	8.5%	2.670	7.4%	13.4	20.0%	-7.0%
Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)	Тайвань	2.213	6.5%	2.656	7.4%	32.0	8.3%	+20.0%
MediaTek	Тайвань	1.726	5.1%	1.881	5.2%	7.8	24.0%	+9.0%
Micron Technology	США	1.669	4.9%	1.802	5.0%	24.0	7.5%	+8.0%
NVIDIA	США	1.461	4.3%	1.797	5.0%	9.4	19.1%	+23.0%
SK Hynix	Корея	1.517	4.5%	1.729	4.8%	26.6	6.5%	+14.0%
<b>Топ-10</b>		<b>33.927</b>	<b>100.0%</b>	<b>35.921</b>	<b>100.0%</b>	<b>275.6</b>	<b>13.0%</b>	<b>+5.9%</b>

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании IC Insights (февраль 2018 г.)

### 3.2. Капитальные затраты на развитие производства

В табл. 6 приводятся данные аналитической компании IC Insights для производителей полупроводниковой продукции, обладающих собственной производственной базой.

В 2017 году в тройку лидеров по вложениям в производство вошли компании Samsung Electronics, Intel и TSMC – с размером инвестиций более 10 млрд. долларов каждая: 24.2, 11.8 и 10.9 млрд. долларов соответственно.

По прогнозу на 2018 год, рекордсменом по инвестициям в производственную базу останется Samsung Electronics – 22.6 млрд. долларов. Больше 10 млрд. долларов инвестируют еще три компании: на втором месте – компания Intel (15.5 млрд.), на третьем – SK Hynix (12.8 млрд.), на четвертом – TSMC (10.3 млрд.).

Три компаний с двухзначным приростом инвестиций в 2018 году по сравнению с 2017 годом выглядят так: SK Hynix (+58.2%), Micron Technology (+53.8%) и Intel (+31.6%).

В соответствии с прогнозом аналитической компании IC Insights на 2018 год, наибольшие капитальные затраты ожидаются у компании Samsung Electronics – 22.6 млрд. долларов.

Прогнозируется, что суммарная величина инвестиций в 2018 году всех производителей полупроводниковой продукции впервые превысит 100-миллиардную отметку и достигнет 107.1 млрд. долларов (рис. 2), при этом доля

инвестиций в производство микросхем памяти превысит половину (53%).

Аналитики из IC Insights прогнозируют, что 2018 году суммарные капитальные затраты производителей микросхем впервые превысят отметку 100 млрд. и достигнут 107.1 млрд. долларов.

Ожидается, что в 2019 году капитальные затраты снизятся на -11.7% и составят 94.6 млрд. долларов (табл. 6).

### 4 Освоение передовых технологических норм

Кратко остановимся на достижениях в освоении передовых технологий производства полупроводниковых приборов.

#### 4.1. Компания TSMC готова к массовому производству 7-нм чипов

В апреле 2018 года тайваньская компания TSMC объявила о полной готовности к началу массового производства микросхем по технологической норме 7 нанометров.

Агентство Bloomberg отметило, что по установленной традиции официальные представители компании TSMC не комментируют приоритеты в выполнении заказов, а также произведенные продукты до их официального представления.

Как бы то ни было, именно TSMC выпустила следующие новейшие 7-нм чипы:

- шестиядерный 64-битный ARM-процессор Apple A12 Bionic, содержащий 6.9 млрд. транзисторов, который применен в анонсированных

в сентябре 2018 года смартфонах *iPhone XS* и *iPhone XS Max*;

- анонсированный в начале ноября 2018 года 64-ядерный и 128-поточный серверный процессор *AMD EPYC Rome*, построенный на базе ядер с микроархитектурой *Zen 2*; процессор будет поставляться с 2019 года.

Очень вероятно появление у *TSMC* еще одного заказчика в лице компании *IBM*, которая осталась без партнера вследствие отказа *GlobalFoundries* от дальнейшей разработки 7-*nm* техпроцесса. Напомним, что по соглашению от 20 октября 2014 года компания *GlobalFoundries* получила от *IBM* производственные мощности, техпроцессы 22 *nm*, 14 *nm* и 10 *nm* и более 10 000 патентов плюс 1.5 млрд. долларов. При этом *GlobalFoundries* обязалась выпускать процессоры *IBM Power*. Теперь *IBM* в поисках партнера для производства своих процессоров для мейнфреймов остановила свой выбор на компании *TSMC*, которая, по всей видимости, получит заказ на производство следующего поколения процессоров *IBM Power10* по техпроцессу 7 *nm*.

#### 4.2. TSMC начнет массовое производство 5-nm микросхем в 2020 году или раньше

В конце июня 2018 года на мероприятии *TSMC* под названием *Taiwan Technology Symposium* её исполнительный директор *C. C. Wei* уточнил планы компании и объем инвестиций для освоения 5-*nm* производственного процесса. По его словам, массовое производство 5-*nm* чипов начнется в конце 2019 года или в

начале 2020 года, а вложения компании достигнут 25 млрд. долларов.

#### 4.3. TSMC опробовала фотолитографию в глубоком ультрафиолете

В начале ноября 2018 года компания *TSMC* сообщила о выпуске заказного 7-*nm* чипа, при производстве которого было опробовано частичное применение (то есть, создавались некоторые отдельные слои микросхемы) нового технологического процесса на базе фотолитографии в глубоком ультрафиолете (*Extreme Ultraviolet Lithography, EUV*) с длиной волны порядка 13.5 нанометров.

Во второй декаде ноября 2018 года об аналогичном достижении сообщила компания *Samsung*.

Одновременно с этим компания *TSMC* обнародовала планы начать рискованное производство 5-*nm* чипов уже в апреле 2019 года с полным переходом на *EUUV*-литографию.

Эти планы подкрепляются результатами выпуска экспериментальных партий 5-*nm* чипов с процессорными ядрами *ARM A72*. Тестирование показало, что переход с технологической нормы 7 *nm* на 5 *nm* дает значительный прирост производительности чипа (порядка 15%), а площадь кристалла сокращается в 1.8 раза.

#### 4.4. TSMC предлагает вести разработку чипов в облаке

В начале ноября 2018 года неутомимая компания *TSMC* объявила о развертывании облачного сервиса *Virtual Design Environment*

Табл. 6. Капитальные затраты производителей полупроводниковых приборов в 2017 г. и прогноз на 2018–2019 гг.

Компания	Страна	2017 г.		2018 г.**		2019 г.**		2018 г. в сравнении с 2017 г., %	2019 г. в сравнении с 2018 г., %
		Объем инвестиций, млрд. USD	Доля, %	Объем инвестиций, млрд. USD	Доля, %	Объем инвестиций, млрд. USD	Доля, %		
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	24.232	25.9%	22.620	21.1%	18.0	19.0%	-6.7%	-20.4%
<i>Intel</i>	США	11.778	12.6%	15.500	14.5%	13.5	14.3%	+31.6%	-12.9%
<i>SK Hynix</i>	Корея	8.091	8.7%	12.800	11.9%	10.0	10.6%	+58.2%	-21.9%
<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*</i>	Тайвань	10.846	11.6%	10.250	9.6%	10.0	10.6%	-5.5%	-2.4%
<i>Micron Technology</i>	США	6.475	6.9%	9.960	9.3%	9.5	10.0%	+53.8%	-4.6%
<b>Топ-5</b>		<b>61.422</b>	<b>65.7%</b>	<b>71.130</b>	<b>66.4%</b>	<b>61.0</b>	<b>64.5%</b>	<b>+15.8%</b>	<b>-14.2%</b>
<b>Прочие компании</b>		<b>32.055</b>	<b>34.3%</b>	<b>36.010</b>	<b>33.6%</b>	<b>33.6</b>	<b>35.5%</b>	<b>+12.3%</b>	<b>-6.7%</b>
<b>Всего</b>		<b>93.477</b>	<b>100.0%</b>	<b>107.140</b>	<b>100.0%</b>	<b>94.6</b>	<b>100.0%</b>	<b>+14.6%</b>	<b>-11.7%</b>

Примечание: 1. Таблица составлена с использованием данных компании *IC Insights* (ноябрь 2018 г.)  
 2. \* контрактные производители микросхем (*foundries*), специализирующиеся только на производстве (*pure-play*)  
 3. \*\* прогноз составлен в ноябре 2018 г.



(“виртуальная среда разработки”) для разработки чипов. Сервис создается на базе двух ведущих облачных платформ – *Amazon Web Services* и *Microsoft Azure* – в сотрудничестве с двумя лидерами в сфере автоматизации проектирования электроники (*Electronic Design Automation, EDA*), компаниями *Cadence* и *Synopsys*.

## 5 Новейшие процессоры и их разработчики

К сожалению, на момент подготовки обзора ни одна из аналитических компаний не опубликовала развернутые данные об объединенном рынке процессоров.

Опираясь на информацию об объемах реализации продукции в денежном выражении, представленную в предыдущих обзорах, перечислим ведущих разработчиков процессоров:

- *Intel*;
- *Samsung Electronics*;
- *Qualcomm*;
- *NVIDIA*;
- *Apple*;
- *AMD*.

В список поставщиков процессоров теперь входит и *Apple*, которая рассматривается как *fabless*-компания; первыми включили её в рейтинги производителей полупроводниковой продукции аналитики компании *IHS*.

Поскольку в сфере наших интересов находятся и собственно системы высокопроизводительных вычислений (*HPC*), мы наблюдаем и за поставщиками процессоров для тех систем, быстродействие которых соответствует критериям суперкомпьютерного рейтинга *Top500*. Такими поставщиками, по результатам опубликованного в ноябре 2018 года 52-го списка *Top500*, являются:

- *IBM*;
- *NVIDIA*;
- *Intel*;
- *Fujitsu Semiconductor*;
- *AMD*;
- *Cavium*.

Кроме того, в их число попадают и разработчики китайских процессоров, на базе которых построены не только недавний рекордсмен *Top500*, но и прототипы экзафлопсных суперкомпьютеров, в том числе:

- компания *Jiangnan Computing Lab* (гор. Уси), разработавшая процессор *ShenWei SW26010* для суперкомпьютера *Sunway TaihuLight*;

- компания *Phytium Technology*, представившая в 2016 году китайский ARM-процессор *Phytium FT-1500A*, созданный на базе ядер *Xiaomi FTC660*;

- компания *HuGon (Chengdu Haiguang Integrated Circuit Design Corporation)* – совместное предприятие американской компании *AMD*

и китайского инвестиционного фонда *THATIC (Tianjin Haiguang Advanced Technology Investment Corporation)* – в июле 2018 года представила процессоры *HuGon Dhyana* с системой команд *x86*.

Отметим, что в список *Top500* впервые включен петафлопсный суперкомпьютер, созданный на базе ARM-процессоров *Cavium ThunderX2*, архитектуру которых разработала компания *ARM Holdings*.

Теперь кратко остановимся на некоторых интересных с нашей точки зрения разработках, которые не относятся (по крайней мере, пока) к *x86*-мейнстриму от *Intel* (или от вышедшей на тропу успешной конкуренции компании *AMD*) для серверов и персональных компьютеров, а также и к ARM-мейнстриму для планшетов и смартфонов.

### 5.1. ARM-процессор от Fujitsu для прототипа экзафлопсного суперкомпьютера

В конце августа 2018 года на конференции *Hot Chips 30* в Кремниевой долине (шт. Калифорния) японская компания *Fujitsu* впервые представила спецификации 64-разрядных процессоров *Fujitsu A64FX* (рис. 3), поддерживающих систему команд ARM. Эти процессоры предназначены для экзафлопсного суперкомпьютера *Post-K* с новой архитектурой *Scalable Vector Extensions* (масштабируемые векторные инструкции), построить который планируется к 2021 году.

Новый процессор имеет 48 вычислительных ядер и 4 вспомогательных; ядра разделены на четыре блока по 13 ядер, соединенных внутренней кольцевой шиной. Чип содержит 8.7 млрд. транзисторов. Пиковая производительность составляет 2.7 *Tflops* для операций с двойной точностью.

Производство процессора *Fujitsu A64FX*, рассчитанное на применение технологической

*Fujitsu A64FX is 52-core 64-bit processor with 8.7 billion transistors performs up to 2.7 Tflops for double-precision operations*



Рис. 3. *Fujitsu A64FX* – 52-ядерный 64-разрядный ARM-процессор с 8.7 млрд. транзисторов. Производительность операций с двойной точностью достигает 2.7 *Tflops*

нормы 7 nm, по всей видимости, возложено на компанию TSMC.

## 5.2. Серверный ARM-процессор от Ampere Computing

В сентябре 2018 года американская компания *Ampere Computing* начала коммерческие поставки 32-ядерных 64-разрядных серверных процессоров *Ampere eMAG 8180* (рис. 4) с системой команд *ARMv8.0-A*. Тактовая частота процессора – 3 GHz, энергопотребление – более 125W. Сейчас эти микроприборы производятся по технологической норме 16 nm, далее планируется переход на 7 nm.

Серверы на базе платформы *Ampere eMAG 8180* готовит к выпуску компания *Lenovo* и другие ODM-компании. Таким образом, *Ampere Computing* стала второй компанией после *Cavium* (процессоры *ThunderX2*), которая осуществила коммерческое внедрение серверных ARM-процессоров.

Компания *Ampere Computing* была образована в 2017 году (штаб-квартира находится в гор. Санта-Клара, штат Калифорния) с привлечением финансирования от одного из крупнейших инвестиционных фондов – *Carlyle Group*. Руководит свежееиспеченной компанией *Renée J. James*, которая с 1987 года работала в компании *Intel*, а в 2013–2015 гг. её возглавляла. *Ampere Computing* приобрела у компании *MACOM* активы, связанные с разработкой ARM-процессора *X-Gene*, а также лицензию на применение архитектуры *ARMv8*, которые, в свою очередь, были

*Ampere eMAG 8180 is 32-core 64-bit processor based on architecture ARMv8.0-A, clock frequency up to 3 GHz*

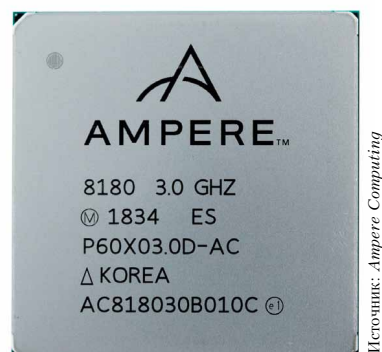


Рис. 4. Ampere eMAG 8180 – 32-ядерный 64-разрядный процессор с архитектурой ARMv8.0-A; тактовая частота до 3 GHz

приобретены вместе с компанией *Applied Micro Circuits Corporation*.

## 5.3. Серверный ARM-процессор от Huawei

В середине ноября 2018 года на выставке *SC18* в Далласе (шт. Техас) китайская компания *Huawei* представила серверные ARM-процессоры *HiSilicon Hi1620* (рис. 5), выпущенные её дочерней компанией *HiSilicon Technologies*. Процессоры имеют от 24 до 64 ядер с архитектурой *ARMv8.2-A* (по всей

Табл. 7. Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов в 2016–2017 гг.

Компания	Страна	2016 г.			2017 г.			2017 г. в сравнении с 2016 г., %
		Объем потребления, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Объем потребления, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	31.426	9.1%	1	43.108	10.3%	1	+37.2%
<i>Apple</i>	США	30.390	8.8%	2	38.754	9.2%	2	+27.5%
<i>Dell Technologies</i>	США	13.544	3.9%	3	15.702	3.7%	3	+15.9%
<i>Lenovo Group</i>	Китай	13.384	3.9%	4	14.671	3.5%	4	+9.6%
<i>Huawei</i>	Китай	10.792	3.1%	5	14.259	3.4%	5	+32.1%
<i>BBK Electronics</i>	Китай	6.411	1.9%	7	12.103	2.9%	6	+88.8%
<i>Hewlett-Packard Inc.</i>	США	8.906	2.6%	6	9.971	2.4%	7	+12.0%
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	США	6.124	1.8%	8	7.199	1.7%	8	+17.6%
<i>LG Electronics</i>	Корея	5.162	1.5%	11	6.537	1.6%	9	+26.6%
<i>Western Digital</i>	США	4.470	1.3%	13	6.210	1.5%	10	+38.9%
<b>Топ-10</b>		<b>130.609</b>	<b>38.0%</b>		<b>168.514</b>	<b>40.1%</b>		<b>+29.0%</b>
<b>Другие компании</b>		<b>212.905</b>	<b>62.0%</b>		<b>251.206</b>	<b>59.9%</b>		<b>+18.0%</b>
<b>Доход мировой полупроводниковой промышленности</b>		<b>343.514</b>	<b>100.0%</b>		<b>419.720</b>	<b>100.0%</b>		<b>+22.2%</b>

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании Gartner (февраль 2018 г.)

*HiSilicon Hi1620 is 64-core 64-bit processor based on architecture ARMv8.2-A, clock frequency up to 3 GHz, manufactured using 7 nm process*



*Рис. 5. HiSilicon Hi1620 – 64-ядерный 64-разрядный процессор с архитектурой ARMv8.2-A и тактовой частотой до 3 GHz. Производится по технологической норме 7 nm*

Источник: HiSilicon (Собственная компания Huawei)

видимости, Cortex-A76) с тактовой частотой от 2.4 до 3.0 GHz. Уровень энергопотребления составляет 100÷200W, в зависимости от числа ядер и тактовой частоты.

Выпуск процессора HiSilicon Hi1620 ожидается в феврале 2019 года. Производство планируется вести на базе компании TSMC по технологической норме 7 nm.

## 6 Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов

В табл. 7 сведены десять крупнейших потребителей полупроводниковых приборов.

Лидером регулярно обновляемого компанией Gartner рейтинга Top-10 в 2010 году и 2012–2017 гг. неизменно был южно-корейский гигант Samsung Electronics. Лишь однажды, в 2011 году, компании Apple удалось оттеснить Samsung на вторые роли.

В 2017 году компании из Top-10 в сумме потребили 40.1% объема продукции полупроводниковой промышленности в стоимостном выражении. В 2013, 2014, 2015 и 2016 годах этот показатель был несколько ниже: 36.4%, 36.3%, 36.8% и 38% соответственно.

Семь компаний из Top-10, выделенные жирным шрифтом (Samsung, Apple, Dell Technologies, Lenovo Group, Huawei, Hewlett-Packard Inc., Hewlett-Packard Enterprise) упоминаются в резюме к первой, второй и

пятой частям нашего обзора [1,2,5] как наши поднадзорные компании. По суммарным результатам деятельности этих компаний можно судить о тенденциях развития рассматриваемых нами рыночных сегментов устройств различной вычислительной мощности. 📺

## Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №3, с. 6–14.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. HPC-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №4, с. 80–87.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №5, с. 19–32.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Сфера PLM, включая CAE и EDA // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №6, с. 6–18.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №7, с. 79–87.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №8, с. 55–66.
7. 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.
8. 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](mailto:Sergejs.Pavlovs@lu.lv)), автор аналитического PLM-журнала “CAD/CAM/CAE Observer” ([sergey@cadcamcae.lv](mailto:sergey@cadcamcae.lv))