

Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков

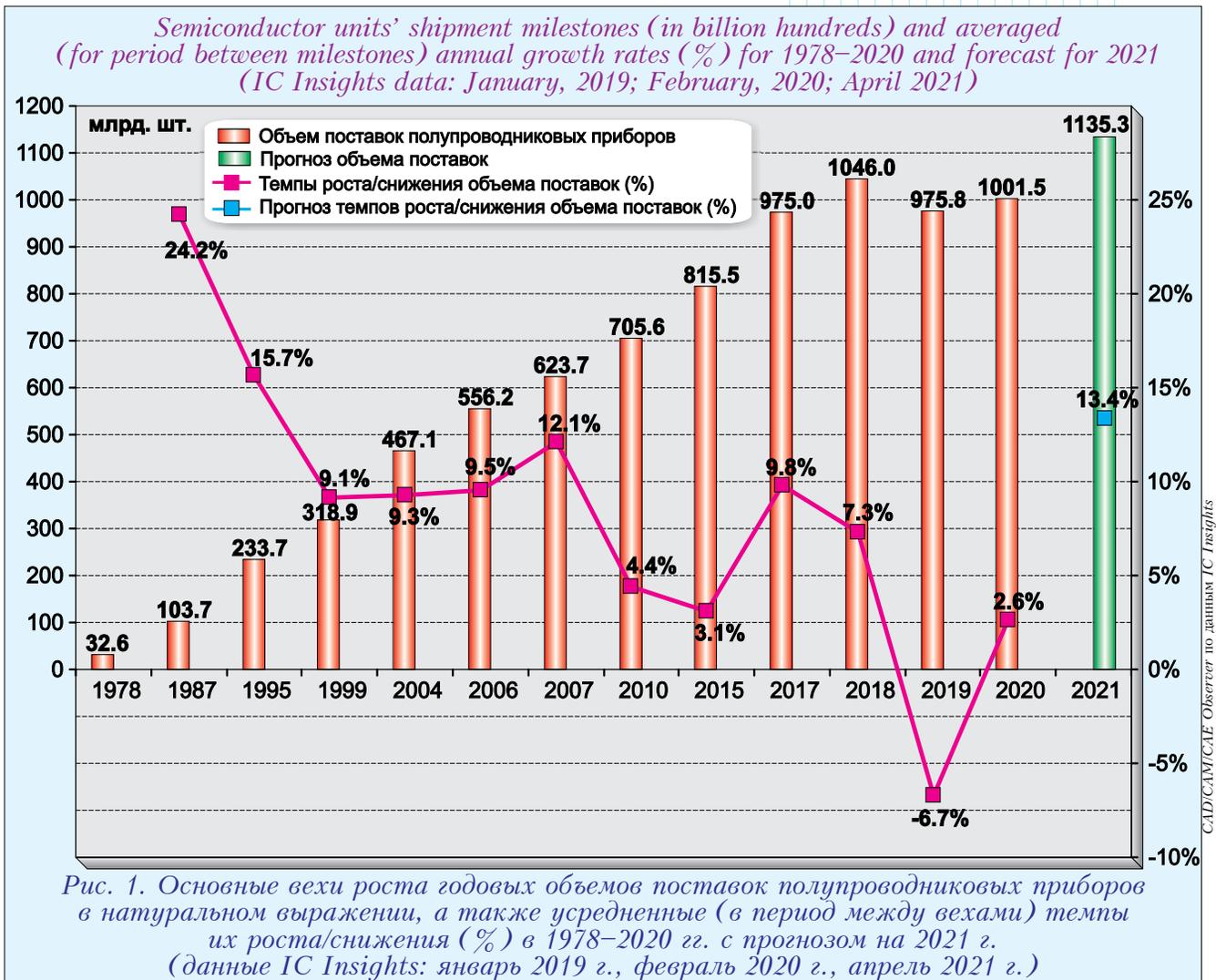
Часть V. Процессоры

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Внимание читателей предлагается пятая 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] и четвертая [4] части нашего комплексного обзора, выходящего под привычной общей “шапкой”. Все предыдущие публикации по-прежнему свободно доступны на нашем сайте 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 вычлнить те значимые события, которые действительно являются заметными вехами в хронологии развития технологий, “спрессованной” в диаграммах [5, рис. 29, табл. 6] и [6, рис. 4].

Актуализированная информация, собранная за прошедший 2020-й и всё еще текущий



2021 годы, распределена по следующим разделам (имеются определенные отличия от рубрикации предыдущего обзора [7]):

1 Состояние мировой полупроводниковой промышленности

- Объем поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении
- Объем рынка полупроводников в долларах
 - Оценки компании *Gartner*
 - Оценки компании *IDC*
- Крупнейшие производители полупроводниковых приборов

2 Процессорный рынок

- Объем рынка процессоров
- Ведущие поставщики процессоров
- Новейшие *Arm*-процессоры
 - Новая архитектура *Arm v9*
 - Процессор *Yitian 710* на базе архитектуры *Arm v9* компании *Alibaba Cloud*
 - Фирменный *Arm*-процессор *M1 Max* компании *Apple* для компьютеров *Mac Pro*
 - Первый российский серверный *Arm*-процессор *Baikal-S*

3 Освоение передовых технологических норм

- Производство *3-nm* микросхем
- Освоение технологического процесса *2 nm*

4 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) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут, США);
- **IC Insights** (www.icinsights.com) со штаб-квартирой в гор. Скоттсдейл (шт. Аризона, США);
- **International Data Corporation** или **IDC** (www.idc.com) со штаб-квартирой в гор. Фреймингем (шт. Массачусетс, США).

Табл. 1. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2019–2020 гг. по версии Gartner

Компания	Страна	2019 г.			2020 г.			2020 г. в сравнении с 2019 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Intel</i>	США	67.754	16.0%	1	72.759	15.6%	1	+7.4%
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	52.389	12.4%	2	57.729	12.4%	2	+10.2%
<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*</i>	Тайвань	35.774	8.5%	3	47.694	10.2%	3	+33.3%
<i>SK hynix</i>	Корея	22.297	5.3%	4	25.854	5.5%	4	+16.0%
<i>Micron Technology</i>	США	20.254	4.8%	5	22.037	4.7%	5	+8.8%
<i>Broadcom**</i>	США	13.613	3.2%	7	17.632	3.8%	6	+29.5%
<i>Qualcomm**</i>	США	15.322	3.6%	6	15.754	3.4%	7	+2.8%
<i>Texas Instruments</i>	США	13.364	3.2%	8	13.619	2.9%	8	+1.9%
<i>MediaTek</i>	Тайвань	7.958	1.9%	13	10.988	2.4%	9	+38.1%
<i>NVIDIA</i>	США	7.331	1.7%	17	10.643	2.3%	10	+45.2%
<i>Kioxia</i>	Япония	7.827	1.9%	15	10.374	2.2%	11	+32.5%
Топ-10 + TSMC		263.883	62.5%		305.083	65.4%		+15.6%
Прочие компании		158.454	37.5%		161.154	34.6%		+1.7%
Доход мировой полупроводниковой промышленности		422.337	100%		466.24	100%		+10.4%

Примечания: 1. Таблица составлена с использованием данных компании *Gartner* (апрель 2021 г.)
 2. * компания является контрактным производителем микросхем (*foundry*)
 3. ** компания не располагает собственными производственными мощностями (*fabless*)

1. Состояние мировой полупроводниковой промышленности

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

1.1. Объем поставок полупроводниковых приборов в натуральном выражении

Аналитическая компания *IC Insight* третий год подряд – в январе 2019 года [8, рис. 1], в феврале 2020 года [7, рис. 1] и в апреле 2021 года (рис. 1) – публикует данные, показывающие важные этапы на пути роста объемов годовых поставок полупроводниковых приборов. Отсчет ведется с 1978 года, когда этот показатель составлял всего 32.6 млрд. штук. В 2018 году мировая полупроводниковая промышленность впервые достигла важного рубежа: ежегодные поставки (в натуральном выражении) всех видов полупроводниковых приборов превысили триллион – 1.046 трлн. штук, что на +7.3% больше, чем в 2017 году.

В 2019 году объем поставок по сравнению с 2018 годом уменьшился на -6.7% и оказался меньше триллиона: 0.9758 трлн. штук.

В 2020 году объем поставок по сравнению с 2019 годом увеличился на +2.6% и вновь немного превысил триллион: 1.0015 трлн. штук. Неплохой результат, хотя и меньше прогноза *IC Insight*: 1.0633 трлн. штук [7, рис. 1]. Это неудивительно, поскольку, как мы отмечали год назад [7], прогноз был опубликован 27.02.2020 г. – то есть, еще до введения ограничений из-за пандемии *COVID-19*.

Новый прогноз (рис. 1) аналитиков *IC Insight* предполагает, что в 2021 году мировые поставки вырастут на +13.4% – до 1.1353 трлн. штук. Таким образом, будет не только третий раз в истории превышен триллионный рубеж, но и зафиксирована новая веха – очередной прирост поставок на величину, превышающую 100 млрд. штук (рис. 1).

1.2. Объем рынка полупроводников в долларах

✓ Оценки компании *Gartner*

По оценкам аналитической компании *Gartner* (апрельский пресс-релиз текущего года), в денежном выражении объем продаж на рынке полупроводниковых приборов в 2020 году составил 466.2 млрд. долларов (рис. 2, табл. 1), что на +10.4% больше, чем в 2019 году.

Напомним, что объем продаж в 2019 году, составивший 422.3 млрд. долларов, был

заметно меньше (на -11.3%), чем в 2018 году (476.2 млрд. долларов). Причиной такого падения стало перепроизводство (*over-supply*) микросхем памяти, которое привело к уменьшению общего объема продаж на рынке микросхем памяти в 2019 году почти на треть.

По оценкам аналитической компании *Gartner*, в 2020 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении увеличился до 466.2 млрд. долларов, то есть на +10.4% в сравнении с 422.3 млрд. долларов в 2019 году

Историю изменений объемов продаж полупроводниковых изделий с 2007 года по версии *Gartner* можно освежить с помощью рис. 2 и наших комментариев в предыдущих обзорах [7–9].

Отметим, что компания *Gartner*, в отличие от практики предыдущих лет, пока еще не обнародовала прогнозы мирового объема выпуска полупроводниковых приборов в денежном выражении на 2021 год.

✓ Оценки компании *IDC*

Со своими оценками и прогнозами выступила и аналитическая компания *IDC* (см. майский пресс-релиз текущего года).

По версии *IDC* ситуация выглядит так:

- Объем продаж полупроводниковых приборов в 2020 году увеличился до 464 млрд. долларов, что на +10.8% больше, чем в 2019 году, когда этот показатель составил 419 млрд. долларов.

Напомним, что в 2019 году, как подсчитала компания *IDC*, объем продаж полупроводниковых приборов сократился на -12% в сравнении с 2018 годом, когда этот показатель составил 476 млрд. долларов.

- В 2021 году объем продаж полупроводниковых приборов увеличится до 522 млрд. долларов, что означает прирост на +12.5% в сравнении с 2020 годом.

В соответствии с прогнозом аналитической компании *IDC*, в 2021 году мировой объем выпуска полупроводниковых приборов в стоимостном выражении увеличится на +12.5% – то есть, впервые превысит отметку в 500 млрд. и достигнет 522 млрд. долларов.

✓ Оценки компании *IC Insight*

Оценки и прогнозы аналитической компании *IC Insight* (см. июньский пресс-релиз текущего года) касаются только мирового рынка интегральных схем (*Integrated Circuit, IC*).

Отметим, что приведенные выше оценки компаний *Gartner* и *IDC* относятся к суммарному мировому объему продаж полупроводниковых изделий (*Worldwide Semiconductor Revenue*).

По версии *IC Insight*:

- Объем продаж интегральных схем в 2020 году увеличился до 404.4 млрд. долларов, что на +12.8% больше, чем в 2019 году, когда этот показатель составил 358.4 млрд. долларов.

В 2019 году объем продаж интегральных схем существенно сократился: на -15% в сравнении с 2018 годом, когда этот показатель составил 421.7 млрд. долларов.

- В 2021 году объем продаж интегральных схем увеличится до 502 млрд. долларов, что означает прирост на +24.1% в сравнении с 2020 годом.

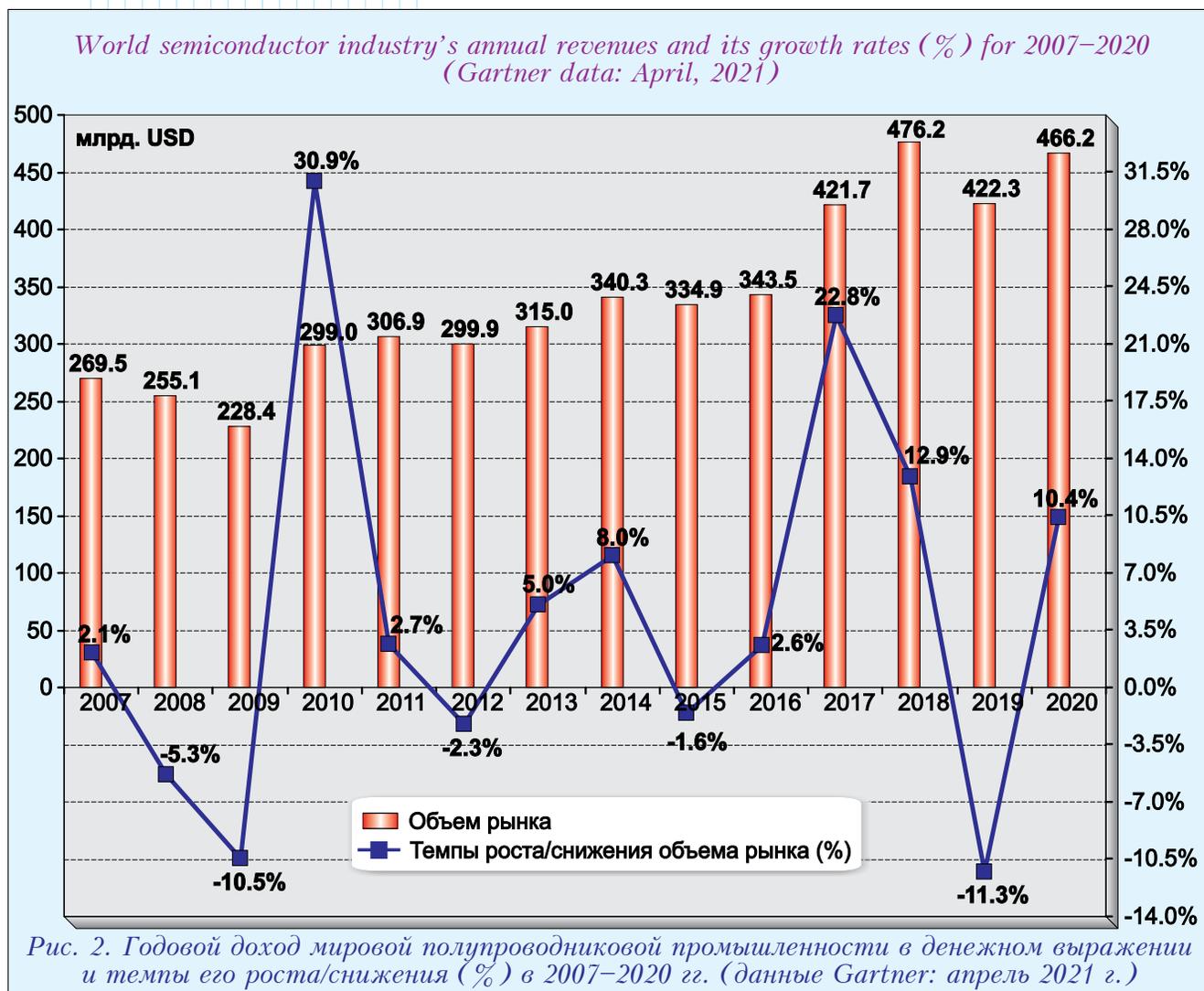
- К 2023 году объем рынка интегральных схем достигнет 640.2 млрд. долларов – то есть, за три года, считая с 2020-го, рынок вырастет более чем в полтора раза (+58.3%).

В соответствии с прогнозом аналитической компании *IC Insight*, в 2021 году объем мирового рынка интегральных схем в стоимостном выражении увеличится на +24.1% в сравнении с 2020 годом, впервые превысит отметку в 500 млрд. и достигнет 502 млрд. долларов, а к 2023 году впервые превысит отметку в 600 млрд. и достигнет 640.2 млрд. долларов.

Завершая этот раздел, следует сказать, что различия в цифрах и прогнозах упомянутых трех компаний объясняются как степенью полноты данных (зависит от даты публикации пресс-релиза), так и различиями в классификации сегментов рынка, а также применяемых компаниями методик.

1.3. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов

Как и в прошлогоднем обзоре, рейтинг производителей полупроводниковых приборов мы



CAD/CAM/CAE Observer по данным Gartner

публикуем сразу в двух версиях, схожих по структуре данных:

- Топ-10 от аналитической компании *Gartner* (табл. 1).

- Топ-10 от аналитической компании *IC Insights* (табл. 2).

В каждый рейтинг мы добавили ведущего контрактного производителя – тайваньскую компанию *TSMC*.

Если сравнивать оба рейтинга (с учетом компании *TSMC*), то можно увидеть, что интегральные оценки для 2020 года у обеих групп аналитиков очень близки: производители из первой десятки выпустили полупроводниковой продукции либо на 305.1 млрд. долларов (65.4% всего объема рынка), либо на 323.5 млрд. долларов соответственно. К сожалению, как и в прошлогоднем обзоре, *IC Insights* не указывает объем мирового рынка полупроводников, поэтому доля каждого производителя (табл. 2) рассчитана от суммарной выручки компаний, входящих в Топ-10 (плюс *TSMC*).

Оценки доходов для каждой компании из первой шестерки в этих двух версиях несколько разнятся, однако порядок, в котором располагаются компании в рейтинге, совершенно одинаков:

- 1 американская компания *Intel*;
- 2 южно-корейская компания *Samsung Electronics*;
- 3 тайваньская компания *Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*;
- 4 южно-корейская компания *SK hynix*;
- 5 американская компания *Micron Technology*.

Samsung Electronics после двухлетнего периода лидерства уже второй год уступает 1-е место компании *Intel*.

Согласно подсчетам *Gartner*, по результатам 2020 года компания *Intel* второй раз подряд стала лидером среди производителей полупроводниковой продукции. Годовой объем реализации полупроводниковых приборов Intel достиг 72.759 млрд. долларов (на +7.4% больше, чем в 2019 году), а рыночная доля составила 15.6%.

Тайваньская компания *TSMC* стабильно идет на 3-м месте, а двум производителям микросхем памяти – компаниям *SK hynix* и *Micron Technology* – удалось закрепиться на своих позициях.

Начиная с шестого места и дальше, распределение мест в Топ-10 от *IC Insights* отличается от рейтинга *Gartner*.

Американские компании *Broadcom* и *Qualcomm* меняются местами.

По версии *Gartner*, компания *Apple* в 2020 году выпала из десятки, хотя в 2019 году она в Топ-10 присутствовала. Напротив, по версии *IC Insights*, купертинская компания в 2020 году в десятку вошла, хотя в 2019 году была только 15-й.

Компания *NVIDIA* в 2020 году попала в десятку сильнейших и по версии *Gartner*, и по версии *IC Insights* – тогда как в 2019 году в Топе-10 от *Gartner* ей места не нашлось.

Что же касается текущего, 2021 года, то аналитики *IC Insights* по результатам трех кварталов зафиксировали смену лидера: им стала компания *Samsung*, опередившая по суммарной выручке лидера 2020 года – компанию *Intel*. Не исключено, что в этом году мы станем свидетелями возвращения компании *Samsung* на вершину полупроводникового олимпа.

2. Процессорный рынок

Теперь обратимся к состоянию дел на рынке процессоров, в рассмотрении которого будем опираться на данные аналитиков *IC Insights* (рис. 3).

Напомним читателям наши публикации шести-семилетней давности [10, 11], которые также базировались на данных *IC Insights* и содержали оценки годовых объемов процессорного рынка, прогнозы развития его структуры, рыночное положение лидеров и их перспективы с учетом острейшей конкуренции в различных сегментах рынка.

Наряду с оценками для 2017–2020 гг. и прогнозом на 2021–2025 гг. (как и в прошлогоднем обзоре [7, рис. 5]), в рис. 3 интегрирован период 2011–2014 годов [11, рис. 2], а недостающие столбики диаграммы из-за разрыва в данных в 2015–2016 годах восполнены методом интерполяции.

2.1. Объем рынка процессоров

В 2020 году объем продаж процессоров увеличился на +15.2% в сравнении с 2019 годом: с 78.2 до 90.1 млрд. долларов (рис. 3). Объем поставок процессоров (в натуральном выражении) в 2020 году в сравнении 2019 годом увеличился на +5.1%: с 2.15 до 2.26 млрд. штук.

По оценкам аналитиков *IC Insights*, в 2020 году объем продаж процессоров составил 90.1 млрд. долларов, что на +15.2% превосходит показатели 2019 года (78.2 млрд. долларов).

В 2021 году ожидается рост объема продаж процессоров на +15.1% – до 103.7 млрд. долларов, а объем поставок в натуральном выражении вырастет на +10.2% – до 2.49 млрд. штук.

По прогнозу аналитиков *IC Insights*, в 2021 году объем продаж процессоров увеличится на +15.1% в сравнении с 2020 годом – до 103.7 млрд. долларов. Таким образом, ожидается, что объем рынка впервые преодолет рубеж в 100 млрд. долларов.

К 2025 году объем рынка процессоров вырастет на +41.8% в сравнении с 2020 годом – до 127.8 млрд. долларов, а объем поставок – на +27.9%, до 2.89 млрд. штук.

2.2. Ведущие поставщики процессоров

К сожалению, на момент подготовки обзора ни одна из аналитических компаний еще не опубликовала развернутые данные о ведущих производителях процессоров – как, впрочем, и год, и два назад, когда мы готовили предыдущие обзоры. Так что предлагаем читателям освежить в памяти составленный в прошлогоднем обзоре список ведущих производителей процессоров [7, табл. 4].

2.3. Новые Arm-процессоры

Кратко остановимся на некоторых интересных, с нашей точки зрения, разработках Arm-процессоров.

Отметим, что такое написание сейчас предпочитает разработчик – британская компания *Arm Limited* (которую хочет прибрать к рукам американская *NVIDIA* в соответствии с объявленной 13 сентября 2020 года сделкой [7] с японской корпорацией *SoftBank Group*, владеющей *ARM* с 2016 года). Что ж, все мы не раз имели возможность убедиться, что популярная аббревиатура имеет свойство становиться именем собственным – *Advanced RISC Machine* здесь не исключение.

✓ Новая архитектура Arm v9

30 марта 2021 года компания *Arm Ltd* анонсировала новую архитектуру *Arm v9*. По заверениям разработчиков, она полностью совместима с актуальной архитектурой *ARM v8*, появившейся десятилетие назад – в октябре 2011 года.

Архитектура *Arm v9* обеспечит 30%-й прирост производительности и существенное расширение возможностей обработки изображений в сравнении с *ARM v8* – в том числе за счет новых функций, реализованных

Табл. 2. Крупнейшие производители полупроводниковых приборов в 2019–2020 гг. по версии IC Insights

Компания	Страна	2019 г.			2020 г.			2020 г. в сравнении с 2019 г., %
		Доход, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Доход, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Intel</i>	США	70.8	25.0%	1	76.3	23.6%	1	+7.8%
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	55.7	19.7%	2	61.9	19.1%	2	+11.1%
<i>Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)*</i>	Тайвань	35.8	12.6%	3	47.7	14.7%	3	+33.3%
<i>SK hynix</i>	Корея	23.2	8.2%	4	27.1	8.4%	4	+16.9%
<i>Micron Technology</i>	США	22.4	7.9%	5	22.5	7.0%	5	+0.4%
<i>Qualcomm**</i>	США	14.4	5.1%	7	19.4	6.0%	6	+34.8%
<i>Broadcom**</i>	США	17.2	6.1%	6	17.7	5.5%	7	+2.7%
<i>NVIDIA**</i>	США	10.6	3.8%	10	14.7	4.5%	8	+38.4%
<i>Texas Instruments (TI)</i>	США	13.7	4.8%	8	13.6	4.2%	9	-0.4%
<i>Apple**</i>	США	8.0	2.8%	15	11.4	3.5%	10	+42.2%
<i>Infineon Technologies</i>	Германия	11.1	3.9%	9	11.2	3.5%	11	+0.6%
Топ-10 + TSMC		282.926	100.0%		323.494	100.0%		+14.3%

Примечания: 1. Таблица составлена с использованием данных (март и ноябрь 2019 года, ноябрь 2020 года, май 2021 года) компании *IC Insights*.
 2. * компания является контрактным производителем микросхем (*foundry*)
 3. ** компания не располагает собственными производственными мощностями (*fabless*)

на аппаратном уровне, и включения набора команд для ускорения выполнения интеллектуальных алгоритмов *Scalable Vector Extension 2 (SVE2)*.

✓ **Процессор *Yitian 710* на базе архитектуры *Arm v9* компании *Alibaba Cloud***

В середине октября 2021 года китайская компания *Alibaba Cloud* представила 128-ядерный серверный процессор *Yitian 710* собственной разработки на базе новейшей архитектуры *Arm v9*.

Чипы имеют тактовую частоту *3.2 GHz*, энергопотребление (*Thermal Design Power, TDP*) составляет *250 W*. Процессор содержит примерно 60 млрд. транзисторов и производится в соответствии с технологической нормой 5 нанометров компанией *TSMC*.

✓ **Фирменный *Arm*-процессор *M1 Max* компании *Apple* для компьютеров *Mac Pro***

19 октября 2021 года компания *Apple* объявила о создании самого мощного процессора с момента, когда был взят курс на “импортозамещение” – то есть, на замену в фирменных компьютерах *Mac* интеловских чипов на продукты собственной разработки.

Новейший *Apple M1 Max* объединяет 10-ядерный центральный процессор (*CPU*) и 32-ядерный графический процессор (*GPU*). Чип, содержащий 57 млрд. транзисторов, производится компанией *TSMC* в соответствии с 5 nm технологической нормой.

В сравнении с показателями предшественника – *Apple M1*, выпущенного 10 ноября 2020 года, – скорость обработки графики увеличилась в 4 раза, а число транзисторов на кристалле – в 3.5 раза.

Annual sales of microprocessor units and their growth rates (%) for 2011–2020 and forecast for 2021–2025 (IC Insights data: January, 2014; October 2019; September 2020; August 2021; 2015–2016 – interpolation)

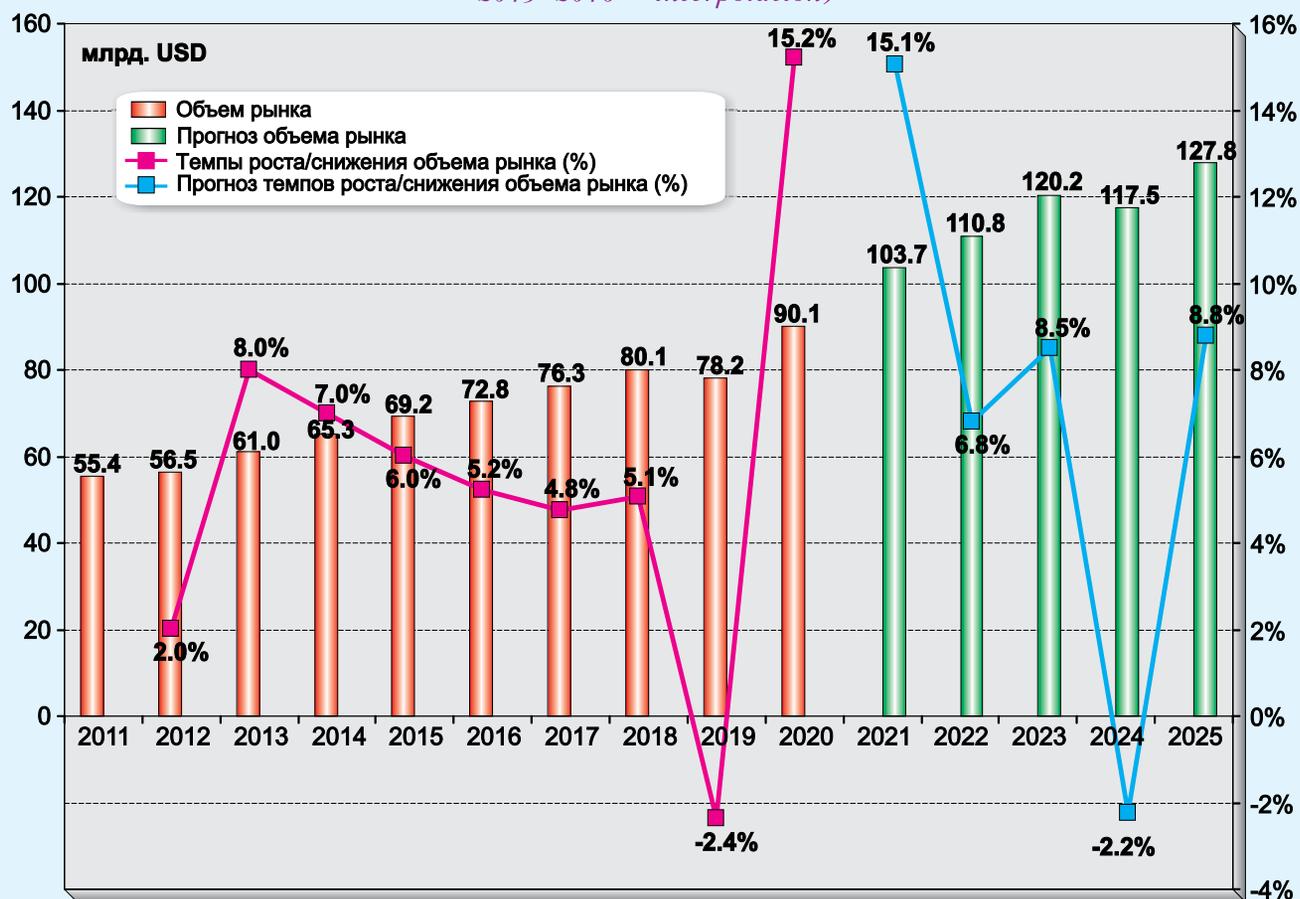


Рис. 3. Годовые объемы продаж микропроцессоров в денежном выражении и темпы их роста/снижения в период 2011–2020 гг. с прогнозом на 2021–2025 г. (данные IC Insights: январь 2014 г.; октябрь 2019 г.; сентябрь 2020 г.; август 2021 г.; 2015–2016 гг. – интерполяция)

CAD/CAM/CAE Observer по данным IC Insights

✓ Первый российский серверный Arm-процессор *Baikal-S*

В третьей декаде октября 2021 года российская компания “Байкал Электроникс” получила первую партию (400 штук) инженерных образцов серверных процессоров *Baikal-S*, разработанных на базе 64-битной архитектуры *ARM v8.2-a*, анонсированной в 2017 году.

Процессор *Baikal-S* содержит 48 ядер *Arm Cortex-A75* с тактовой частотой 2.2 GHz. Производительность чипа, оцениваемая с помощью теста *High-Performance Linpack (HPL)*, составляет 385 Gflops. Показатель *TDP* составляет 120 W при рабочем диапазоне температуры от 0 до +70°C.

Чип *Baikal-S* производится компанией *TSMC* в соответствии с технологической нормой 16 nm. Серийные поставки (более 10 тыс. штук) планируется начать до конца III квартала 2022 года. Ориентировочная цена чипа составляет 3000 долларов.

Отметим, что *TSMC* уже осуществляет серийные поставки (не менее 100 тыс. штук) 8-ядерных *Arm*-чипов *Baikal-M* (“меньшего брата” процессора *Baikal-S*), который производится в соответствии с технологической нормой 28 nm.

3. Освоение передовых технологических норм

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

3.1. Производство 3-*nm* микросхем

Пробное производство микросхем на основе 3-*nm* производственного процесса компания *TSMC* планирует запустить до конца 2021 года. Массовое производство начнется во второй половине 2022 года, причем единственным потребителем продукции будет компания *Apple*. Для других заказчиков, среди которых компании *AMD*, *NVIDIA*, *MediaTek*, *Qualcomm*, а также *Intel* (любопытно, что со своими 3-*nm* чипами *Intel* будет выступать как *fabless*-компания), массовые поставки начнутся только в 2023 году.

Компания *Samsung*, выпустившая в середине 2021 года пробный 3-*nm* чип, также планирует начать массовое производство во второй половине 2022 года. Потребителями продукции поначалу будут другие подразделения, а массовые поставки внешним заказчикам компания сможет обеспечить не ранее 2024 года.

Табл. 3. Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов в 2019–2020 гг.

Компания	Страна	2019 г.			2020 г.			2020 г. в сравнении с 2019 г., %
		Объем потребления, млрд. USD	Доля, %	Место в рейтинге	Объем потребления, млрд. USD	Доля, (%)	Место в рейтинге	
<i>Apple</i>	США	43.239	10.3%	1	53.616	11.9%	1	+24.0%
<i>Samsung Electronics</i>	Корея	30.247	7.2%	2	36.416	8.1%	2	+20.4%
<i>Huawei</i>	Китай	24.933	5.9%	3	19.086	4.2%	3	-23.5%
<i>Lenovo Group</i>	Китай	16.773	4.0%	4	18.555	4.1%	4	+10.6%
<i>Dell Technologies</i>	США	15.584	3.7%	5	16.581	3.7%	5	+6.4%
<i>BBK Electronics</i>	Китай	11.653	2.8%	6	13.393	3.0%	6	+14.9%
<i>Hewlett-Packard Inc.</i>	США	10.729	2.6%	7	10.992	2.4%	7	+2.5%
<i>Xiaomi</i>	Китай	6.974	1.7%	8	8.79	2.0%	8	+26.0%
<i>Hon Hai Precision Industry (Foxconn Technology Group)</i>	Тайвань	5.816	1.4%	9	5.73	1.3%	9	-1.5%
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	США	5.561	1.3%	10	5.57	1.2%	10	+0.2%
Топ-10		171.509	40.9%		188.729	42.0%		+10.0%
Прочие компании		247.639	59.1%		261.109	58.0%		+5.4%
Доход мировой полупроводниковой промышленности		419.148	100%		449.838	100%		+7.3%

Примечание: таблица составлена с использованием данных компании *Gartner* (февраль 2021 г.)

3.2. Освоение технологического процесса 2 nm

Как мы уже сообщали во второй части нашего обзора [2], компания *IBM* шестого мая 2021 года представила первый в мире 2-nm процессор.

Компания *TSMC* планирует начать пробное производство в соответствии с технологической нормой 2 нанометра в 2023 году, причем для этого будут использоваться производственные мощности для 3-nm чипов. Напомним, что свои разработки *TSMC* начала летом 2019 года, а в 2021 году к ним подключилась компания *Apple*.

Отметим также, что *TSMC* успешно продвигается в освоении технологии производства 1-nm микросхем.

4. Крупнейшие потребители полупроводниковых приборов

В табл. 3 сведены десять крупнейших потребителей полупроводниковых приборов.

Лидером регулярно обновляемого компанией *Gartner* рейтинга Топ-10 в 2020 году, как и в 2019-м, стала компания *Apple*. До этого *Apple* удалось возглавить рейтинг только один раз – в 2011 году.

Южно-корейский гигант *Samsung Electronics* в 2019 и 2020 гг. (как и в 2011-м) был отеснен на вторые роли. Ранее, в 2010 году и 2012–2018 гг. (наши наблюдения охватывают промежуток времени с 2010 по 2020 год), *Samsung* неизменно был лидером.

В 2020 году компании из Топ-10 в сумме потребили 42% объема продукции полупроводниковой промышленности в стоимостном выражении. В 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 и 2019 годах этот показатель был следующим – 36.4%, 36.3%, 36.8%, 38%, 38.8%, 39.6% и 40.9% соответственно.

Девять компаний из Топ-10 в таблице выделены жирным шрифтом. Четыре компании (*Huawei*, *Dell Technologies*, *Lenovo Group*, *Hewlett-Packard Enterprise*) упоминаются в резюме ко второй и/или четвертой частям нашего обзора [2, 4] как наши поднадзорные компании на рынках *HPC* и облачных технологий. Еще пять компаний (*Apple*, *Samsung*, *Hewlett-Packard Inc.*, *BBK Electronics*, *Xiaomi*) являются ведущими поставщиками “умных” интернет-устройств – компьютеров, планшетов и смартфонов [12]. По суммарным результатам деятельности этой десятки компаний можно достаточно уверенно судить о тенденциях развития рассматриваемых нами рыночных сегментов устройств различной вычислительной мощности. ☺

Об авторе:

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

Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Сфера искусственного интеллекта // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №3, с. 72–79.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №4, с. 69–79.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №5, с. 63–79.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2020–2021 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. *HPC*-серверы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2021, №6, с. 71–78; №7.
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.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2019–2020 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №8, с. 68–79.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №8, с. 68–78.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №8, с. 77–87.
10. 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.
11. 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.
12. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №7, с. 68–78.