

# Ведущие производители полупроводниковых электронных компонентов и дефицит их продукции.

## Часть 2. Производители-универсалы (IDM), окончание

Виктор Алексеев (victor.alexeev@gmail.com)

**Пандемия COVID-19 вызвала катастрофические проблемы во всех отраслях экономики. Постепенно нарастающая паника привела к дефициту комплектующих для всех отраслей электронной промышленности. О том, как справлялись с кризисной ситуацией в 2019–2021 годах мировые лидеры TSMC, GlobalFoundries и UMC, изготавливающие продукцию по контрактам и патентам других фирм на собственных предприятиях, было рассказано в первой части статьи, опубликованной в СОЭЛ № 1 за 2022 год. Во второй части, опубликованной в СОЭЛ № 2 за 2022 год, рассмотрены пять крупнейших фирм IDM, вошедших в лидеры продаж по итогам 2021 года: Samsung Electronics Co.; Intel Corporation; SK hynix; Micron Technology; Texas Instruments. Это окончание второй части статьи.**

Несмотря на рост доходов, возникший в 2020 году, кризис полупроводниковых электронных компонентов выявил и ряд проблем, среди которых основной является потеря доли рынка за счёт замещения продукции Intel такими разработчиками микросхем, как, например: Apple, Nvidia, AMD, Apple, Amazon и другими.

Как считает большинство экспертов, основной ошибкой стратегии Intel был закончившийся неудачно проект с производством смартфонов. Кроме того, Intel тратил огромные средства на образовательные и рекламные мероприятия в регионах мира, где они не имели успех из-за сложившихся политических и экономических условий.

Начиная со времени основания фирмы Intel позиционировала себя как инновационную фирму, разрабатывающую и внедряющую новые технологии в производстве полупроводниковых микросхем. Основное направление в этой деятельности связано с уменьшением размеров кристалла, позволяющим увеличить количество транзисторов на единице поверхности, повысить быстродействие и тем самым снизить энергопотребление. Корпорация Intel была одной из первых, внедривших процесс 14-нм на своих предприятиях. На следующем этапе в 2016 году Intel выпустила тестовые образцы процессоров с использованием технологии 10-нм. Однако этот первый опыт выя-

вил неожиданные серьёзные проблемы производственного характера, из-за которых массовое производство процессоров 10-нм пришлось отложить на несколько лет.

В технологии 10-нм, разработанной Intel, использовались 5–6 производственных этапов с несколькими шаблонами. Технологии других производителей требовали в то время меньшее число шагов. Кроме того, 10-нм техпроцесс Intel был более плотный, чем аналогичные процессы конкурентов [47].

В пресс-релизе по итогам II квартала 2021 года было сказано, что Intel производит больше 10-нм пластин в день, чем 14-нм пластин. Однако её 10-нм продукту следующего поколения требуется дополнительное время для проверки, чтобы упростить развёртывание на корпоративных системах в 2022 году [48].

В то же время тайваньский концерн неоднократно отмечал, что он является безусловным мировым лидером по количеству произведённых серийно микросхем по технологии «TSMC 7nm» [49].

Следует подчеркнуть, что технологию «Intel 10nm» можно считать эквивалентом «TSMC 7nm», несмотря на разные цифры. Эти цифры не полностью отражают физический смысл технологического процесса, поскольку не учитывают разницу в конструкциях 2D планарных транзисторов и 3D транзисторов FinFET.

Более полную картину, пожалуй, отражает параметр «Million transistors per square millimeter – MTr/mm<sup>2</sup>». На эту тему существует достаточно много публикаций с различными мнениями [50, 51].

В марте 2021 года генеральный директор Intel Пэт Гелсингер изложил на пресс-конференции основные положения новой концепции, получившей название «Intel IDM 2.0», включающей в себя такие направления, как: инвестиции в новые собственные производственные мощности; использование как своих, так и контрактных предприятий для расширения номенклатуры и объёмов продаж, а также новое направление, выделенное в отдельное бизнес-подразделение с названием «Intel Foundry Services – IFS». Этот новый сервис сможет предложить максимально адаптированный под проект клиента пакет, включающий ядро, экосистему ARM и RISC-V, а также технологию изготовления и корпусирования по индивидуальному заказу [52].

Развёртывание программы IFS позволит Intel открыть свои производственные мощности для внешнего бизнеса по производству полупроводников.

В качестве первого шага программы IDM 2.0 можно считать церемонию закладки 24 сентября 2021 года фундаментов двух новых заводов Fab 52 и Fab 62 в Аризоне, США, на которой присутствовали генеральный директор Intel Пэт Гелсингер и члены правительства (рис. 10).

Стоимость проекта в 20 миллиардов долларов представляет собой крупнейшую инвестицию частного сектора в истории Аризоны [53].

С учётом двух новых заводов (Fab 52 и Fab 62) в кампусе Intel в Окотильо будет работать в общей сложности шесть заводов. Новые инвестиции создадут более 3000 высокооплачиваемых и высокотехнологичных рабочих мест в Intel, 3000 рабочих мест в строительстве, а также поддержат около 15 000 дополнительных косвенных

рабочих мест в округе. После выхода на полную мощность в 2024 году новые фабрики будут производить микросхемы с самыми передовыми технологическими процессами Intel, в том числе Intel 20A с новыми инновациями RibbonFET и PowerVia.

В первой части этой статьи было отмечено, что Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. (TSMC) также начала строительство своего завода стоимостью 12 млрд USD в Фениксе, штат Аризона, США (Phoenix, Arizona, USA) [54].

В конце января 2022 года корпорация Intel объявила о планах первоначальных инвестиций в размере более 20 млрд USD в строительство ещё двух новых заводов по производству микросхем в штате Огайо США (LICKING COUNTY, Ohio).

Выделенная под строительство площадь 1000 акров в округе Ликинг, недалеко от Колумбуса, может вместить в общей сложности восемь заводов по производству чипов.

При полной застройке общие инвестиции в объект могут вырасти до 100 миллиардов долларов в течение следующего десятилетия, что сделает его одним из крупнейших в мире предприятий по производству полупроводников. Строительство стартует в конце 2022 года. Окончание строительства и запуск завода в эксплуатацию намечены на IV квартал 2025 года [55].

В качестве ещё одного важного направления на ближайшие годы в планах Intel рассматривается партнёрская программа с IBM [56].

В качестве одного из прикладных направлений можно отметить также новый сервис для разработчиков под названием «Intel ON».

Также будет интенсивно развиваться проект «Intel - 7» с процессорами Ponte Vecchio и Meteor Lake. В рамках этого проекта будут продолжены работы по совершенствованию технологии 7-нм с использованием наиболее перспективного варианта ультрафиолетовой литографии (EUV).

В январе 2022 года на строящемся в Ирландии заводе Fab 34 начался монтаж литографической линии с EUV-сканером. Во второй половине 2023 года Intel планирует начать на этой линии массовый выпуск микросхем Intel 4 (7nm) [57].

В плане поддержки разработчиков Intel принял решение возродить в другом формате популярный в прошлые годы форум «Intel Developer Forum».



Рис. 10. Закладка двух новых заводов Intel Fab 52 и Fab 62 в Аризоне

Таблица 10. Дорожная карта Intel до 2025 г.

Старое наименование	Новое наименование	Этапы	Продукция	Описание
10SF	10SF	2021	Tiger Lake	SuperMIM
			SG1	Thin Film Barrier
			DG1	Volume 10nm
			Xe-HPC Base Tile	On sale today
10ESF	Intel 7	2021–2022	Agilex-F/I FPGA	
			Alder Lake (21)	10...15% PPW
			Raptor Lake (22)?	Upgraded FinFET
			Sapphire Rapids (22)	ADL in Ramp today
7nm	Intel 4	2022 2023	Xe-HP	
			Xe-HPC IO Tile	
			Meteor Compute Tile	20% PPW vs 7
7+	Intel 3	2023	Granite Compute Tile	More EUV
				Silicon in Lab
				18% PPW vs 4
				Area Savings
				More EUV
5nm	Intel 20A	2024		New Perf Libraries
				Faster Follow On
				RibbonFET
5+	Intel 18A	2025		PowerVia
				2nd Gen Ribbon
				High NA EUV
			Unquestioned Leadership	

В новом варианте проект получил название «Intel ON».

В табл. 10 приведены планы по развитию бизнеса до 2025 года.

Со II квартала 2022 года начнётся производство процессоров Meteor Compute Tile и Granite Compute Tile с технологией 7-нм. На 2024 и 2025 годы намечено производство микрочипов по технологии 5-нм. Следует обратить внимание на то, что в дорожной карте Intel вводятся новые наименования (табл. 11).

Новые продукты Intel 3 и Intel 20A будут доступны для изготовления на заводах Intel по заказам фирм Fabless.

Наиболее интересные инновационные решения ожидаются при переходе к стадии Intel 7+ с использованием EUV. На этапе Intel 4 предполагается внедре-

ние новых машин EUV High-NA. В январе 2022 года Intel разместила свой первый заказ на систему ASML TWINSCAN EXE:5200, без которой невозможно дальнейшее развитие технологий изготовления микросхем. Эта система для полупроводниковой литографии представляет собой крупносерийную автоматизированную производственную линию на базе жёсткого ультрафиолета (EUV) с высокой числовой апертурой и производительностью более 200 пластин в час [58].

Ещё одно направление, на которое Intel возлагает большие надежды, связано с кремниевой фотоникой, сочетающей в себе микросхему на кристалле и полупроводниковый лазер. Корпорация Intel на сегодняшний день лидирует в разработках и производстве





Рис. 11. Оптический сетевой трансивер Intel SPTSBP4CLCC0

Таблица 11. Новые наименования в дорожной карте Intel

Продукт	Наименование
Intel 10nm SuperFin	Без изменений (процессоры Tiger Lake и Intel Xe-LP (SG1, DG1))
10-нм Enhanced Super Fin	Переименован в Intel 7 (процессор Ander Lake)
Intel 7nm	Переименован в Intel 4 (процессоры Meteor Lake, Intel Xeon Scalable, Granite Rapids); Технология EMIB для семейств Stratix FPGA и Agilex FPGA (Ponte Vecchio Sapphire Rapids); Foveros Direct, Foveros Omni
Intel 7+	Переименован в Intel 3 (модульная структура, новые библиотеки и EUV); Технология стекирования кристаллов Foveros – Die to Die Stacking (Lakefield),
Intel 5nm	Переименован в Intel 20A (в двузначном именовании A означает Ангстрем, переход от FinFET к RibbonFET (транзисторы Gate-All-Around – GAA), новая технология PowerVia – обратная подача питания
Пока нет	Новая технология Intel 18A с использованием прецизионной фотолитографии ASML EUV High-NA

устройств на базе кремниевой фотоники, предлагая компактные оптические интегральные платформы со скоростями от 100 до 1600 Гбит/с, предназначенные для оптимизации работы ЦОД.

Устраняя «узкие места» сети, снижающие скорости вычислений, кремниевая фотоника обеспечивает высокую пропускную способность, программно конфигурируемый доступ к вычислительным ресурсам и системе хранения данных [59].

В настоящее время оптические трансиверы с кремниевой фотоникой производства Intel занимают лидирующие позиции на этом рынке. Например, оптический сетевой трансивер Intel SPTSBP4CLCC0 обладает уникальными характеристиками, обеспечивая передачу данных по оптическому каналу на расстояние до 10 км со скоростью 100G (рис. 11) По числу отказов на 1 млрд часов показатели Intel на 2 порядка лучше, чем у конкурентов [60].



Рис. 12. Главный вход в офис фирмы SK hynix Inc., Ичхон, Южная Корея

Кроме того, Intel ведёт разработку нового поколения лидаров на базе кремниевой фотоники [61].

Более подробную информацию о финансовом положении фирмы можно найти на сайте Intel.

### SK Hynix, Micron Technology и Texas Instruments вошли в пятёрку ведущих мировых IDM по результатам продаж 2021 года

Южнокорейская компания SK hynix Inc. разрабатывает и производит полупроводниковую память DRAM, NAND, а также датчики изображения CMOS Image Sensors (CIS). По объёмам продаж 2021–2019 (annual revenue) SK hynix занимает третье место в мире в классе IDM-производителей [62]. Логотип фирмы показан на рис. 12.

Компания была основана в 1983 году с названием Hyundai Electronic Industrial Co., Ltd. (более известное название — Hyundai Electronics). Производственные линии находятся на заводах в Республике Корея, США, Китае и Тайване. В 1999 произошло слияние с компанией LG Semiconductor Co., Ltd. В 2012 году главным акционером компании стал концерн SK Telecom, а Hynix была включена в SK Group.

Компания отделилась от Hyundai Group и была переименована в Hynix Semiconductor Inc. в 2001 году. В 2006 году создана глобальная производственная сеть и учреждена дочерняя фирма в Китае Hynix-ST Semiconductor Inc. В 2020 г. фирма SK hynix объявила о начале процесса приобретения бизнеса Intel по производству NAND-памяти.

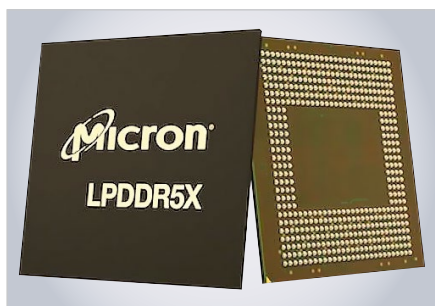
В декабре 2021 года SK hynix основала ещё одну дочернюю компанию

Solidigm со штаб-квартирой в Сан-Хосе, Калифорния, США. В настоящее время Solidigm является одним из ведущих мировых разработчиков новых технологий в области флэш-памяти NAND. В фирме, по данным на конец 2021 года, работают около 2000 сотрудников в 20 офисах по всему миру [63]. В конце декабря 2021 года SK hynix закрыла первую фазу сделки, приобретя бизнес SSD Intel и завод по производству флэш-памяти NAND в Даляне в Китае. Сумма платежа SK hynix за эту сделку составила 7 млрд USD. Дочерняя компания SK hynix, расположенная в США Solidigm, будет управлять приобретённым у Intel бизнесом SSD.

На втором этапе сделки, запланированном на март 2025 года, SK hynix приобретёт у Intel оставшиеся активы, относящиеся к её бизнесу NAND [64].

Американская корпорация Micron Technology, созданная в 1978 году, заняла четвёртое место по результатам продаж 2021 года. Эта IDM-фирма, как и SK hynix, специализируется в основном на проектировании и изготовлении микросхем памяти, а также датчиков CMOS и SSD-дисков. Вклад фирмы в общий объём произведённой в 2020 году NAND-памяти составил примерно 13%.

Накопители, модули памяти, HDD и SSD-диски общего потребления Micron продаёт под торговой маркой Crucial Technology. В настоящее время Micron вместе со своими дочерними предприятиями владеет 14 заводами, расположенными в США, Сингапуре, Тайване, Китае и Японии. Из них один современный экспериментальный завод расположен в США, а на 11 других



**Рис. 13. Новая разработка Micron высокоскоростная DRAM-память LPDDR5X**

заводах изготавливаются микросхемы DRAM, NAND, FLASH, NOR, NAND FLAS. Кроме того, два завода используются для производства датчиков и SSD [65].

Среди многочисленных связей, покупок и продаж, подробно описанных в Интернете, в истории Micron представляется интересным отметить давние партнёрские связи фирмы с Intel. Ещё в январе 2006 года Micron и Intel создали совместное предприятие, получившее название IM Flash Technologies (IMFT). Основная задача нового предприятия заключалась в разработке и производстве новых типов памяти NAND в городе Лехай, штат Юта, США (Lehi, UT, USA) [66].

В 2015 году компания IM Flash Technologies организовала производство флэш-памяти 3D XPoint и её поставку на сборочные заводы Micron и Intel. В конце октября 2019 года Micron выкупила у Intel за 1,5 миллиарда долларов неконтролирующий пакет акций IM Flash Technologies, и фирма полностью перешла под контроль Micron. С этого времени IM Flash Technologies юридически стала известна как Micron Technology Utah, LLC [67].

В начале пандемии COVID-19 в 2020 году цены на флэш-память и на твердотельные накопители стали постепенно падать. Поэтому Intel приостановила закупки 3D XPoint у Micron. В результате в конце октября 2021 Micron принял решение о продаже своего завода по производству флэш-памяти в Лехай, штат Юта, корпорации Texas Instruments [68].

В ноябре 2021 года компания Micron представила свою новую разработку – высокоскоростную DRAM-память LPDDR5X, изготовленную на базе 1α, 176-слойной NAND-памяти UFS 3.1, uMCP5. Результаты тестирования новой памяти при работе совместно с чипом MediaTek Dimensity 9000 5G показали удвоенную скорость передачи данных



**Рис. 14. Пример удачного проекта, поддерживаемых Micron – электрическое аэротакси Volocopter**

(7,5 Гбит/с) по сравнению с LPDDR5 предыдущего поколения.

Пиковая скорость LPDDR5X, равная 8,533 Гбит/с, позволяет увеличить производительность примерно на 33% и открывает новые возможности для систем следующего поколения смартфонов, поддерживающих 5G и AI [69] (рис. 13).

Во многих западных странах хорошо известен фонд «The Micron Ventures», который идентифицирует и направляет инвестиции Micron в технологические стартапы в самых различных областях от автоматизированных систем расшифровки генома до универсальных летательных аппаратов [70, 71] (рис. 14).

Одним из основных конкурентов Micron на рынке памяти является IDM-изготовитель NAND и твердотельных накопителей (SSDs) японская фирма KIOXIA Corporation [72]. Поскольку это частная компания, она не обязана публиковать данные о своей деятельности и финансовом состоянии. Поэтому она не была отмечена в этой статье в табл. 1 (Современная электроника. 2021. № 2).

В конце августа 2021 года агентство Рейтер опубликовало сенсационное сообщение о возможном поглощении фирмой Western Digital Corp (WDC) за 20 млрд USD японского производителя микросхем памяти Kioxia Holdings. В результате такого поглощения могла бы образоваться новая гигантская корпорация по производству микросхем памяти NAND [73].

Напомним, что Kioxia была продана Toshiba Corp. в 2018 году консорциуму, возглавляемому частной инвестиционной компанией Bain Capital, за 18 миллиардов долларов. В настоящее время Kioxia является одним из крупнейших игроков на рынке микросхем памяти NAND, который поставля-

ет свою продукцию ведущим производителям смартфонов и компьютерных накопителей.

Однако в октябре 2021 года то же агентство Рейтер сообщило, что пока ещё стороны не достигли окончательного соглашения, и переговоры продолжаются.

### Texas Instruments Incorporated

Texas Instruments Incorporated (TI) – одна из старейших американских электротехнических компаний. По объёмам продаж полупроводниковых компонентов в 2020 и 2021 годах она заняла пятое место.

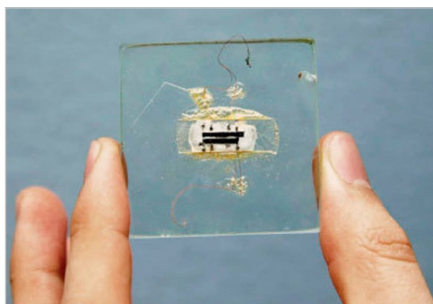
В 1930 году Джон Карчер (John Karcher), американский изобретатель отражательного сейсмографа, с помощью которого впоследствии были открыты основные нефтяные месторождения, основал вместе с Юджином Макдермоттом (Eugene McDermott) фирму Geophysical Service Incorporated (GSI).

В 1951 году из GSI была выделена отдельная самостоятельная компания Texas Instruments. В 1988 году GSI была куплена одной из крупнейших в нефтегазодобывающей отрасли корпорацией Halliburton [74].

С самого начала TI сосредоточилась на полупроводниковой тематике.

На счету Texas Instruments изобретения, заложившие основы многих направлений современной электроники:

- 1954 – первый в мире коммерческий кремниевый транзистор и транзисторный радиоприёмник;
- 1958 – первая в мире интегральная схема Джека Килби на германиевых транзисторах (рис. 15);
- 1967 – первый в мире переносной микрокалькулятор;
- 1970 – первый в мире однокристалльный микроконтроллер;



**Рис. 15.** Первая в мире интегральная схема Джека Килби на германиевых транзисторах – 1958 год

- 1972 – модули FLIR для военных радаров;
- 1976 – микроволновая система посадки;
- 1978 – первый однокристалльный синтезатор речи;
- 1984 – первый в мире однокристалльный радиолокационный модуль на основе арсенида галлия;
- 1984 – радар с обратной апертурой;
- 1987 – первый в мире DLP-чип;
- 1979 – домашний компьютер TI-99/4;
- 1982 – Compact Computer 40 (CC-40).

Дальнейшая деятельность TI была связана с разработкой аналоговых микросхем, встроенных процессоров, микроконтроллеров, многоядерных процессоров, чипов и модулей для систем беспроводной связи, а также сенсоров и микросхем RFID. Заметную часть продукции TI занимают калькуляторы, развивающие игровые приставки и проекторное оборудование.

За период с 1996 по 2021 год TI поглотила множество фирм, среди которых были такие известные, как: Tartan Inc.; Amati Communications; GO DSP; линейки продуктов Harris Semiconductor (CD4000, HC4xxx, HCT, FCT и ACT); Libit Signal Processing Ltd.; Butterfly VLSI, Ltd.; Telogy Networks; Unitorde Corporation; Burr-Brown Corporation; Chipcon; CICLON; Luminary Micro; National Semiconductor за 6,5 млрд долларов; завод Micron Лехи, Юта, США по производству ПЭК (300 мм).

Самым крупным приобретением было поглощение в 2011 году бизнеса National Semiconductor за 6,5 млрд долларов. Эта операция сделала TI крупнейшим в мире производителем полупроводниковых аналоговых электронных компонентов.

В настоящее время Texas Instruments Incorporated (TI) – это публичная (Nasdaq TXN) транснациональная полупроводниковая корпорация со штаб-

**Таблица 12.** Заводы по изготовлению ПЭК TI

Наименование завода	Расположение	Первый запуск	Диаметр подложки, мм	Технология	Продукция
HFAB	USA, Texas, Houston	1967	150		
Santa Cruz	USA, California, Santa Cruz	1980	150	800	HDD
Arlington	USA, Texas, Arlington	1985	150	80 000, 35 000	
MFAB	USA, ME, South Portland	1997	200	350, 250, 180	
RFAB	USA, TX, Richardson	2009	300	180, 130	BiCMOS
RFAB-2	USA, TX, Richardson	2022			
DMOS6	USA, TX, Dallas		300	130–65, 45	
DMOS5	USA, TX, Dallas		200	180	BiCMOS
DFAB	USA, TX, Dallas	1964	150/200	1000–500	
SFAB	USA, TX, Sherman		150	2000–1000	
DHC	USA, TX, Dallas	2019			Foundry
DBUMP	USA, TX, Dallas	2018			Foundry
FFAB	Germany, Freising		200	1000–180	
LFAB	USA, Lehi, UT	2022			NAND, 3DxPoint
MIH08	Japan, Miho		200	350–250	BiCMOS
Aizu	Japan, Aizu		200	110	
Chengdu (CFAB)	China, Chengdu		200		

квартирой, расположенной в Далласе, штат Техас, США.

Производственные площадки TI, расположенные в США, Японии, Китае и Германии, включают фабрики по производству пластин, семь сборочных и испытательных заводов, а также многочисленные испытательные центры. В исследовательских центрах, офисах, представительствах и на заводах TI работает в общей сложности около 30 тысяч человек.

Параметры заводов TI приведены в табл. 12.

Сегодня TI разрабатывает, производит, тестирует и продаёт аналоговые и встроенные процессоры для таких рынков, как промышленная, автомобильная, персональная электроника, коммуникационное оборудование и корпоративные системы.

Распределение доходов TI по продукции для различных рынков показано на рис. 16.

Наибольший вклад в суммарный доход TI вносят компоненты и законченные устройства, предназначенные для промышленной и автомобильной отраслей (рис. 17).

Использовавшиеся в военных радиолокационных системах наработки TI сегодня нашли применение в бытовых автомобильных радарах. Эти устрой-

ства в огромных количествах успешно продаются во всём мире. Разработанные TI компоненты и блоки для систем домашней автоматизации пользуются популярностью и делают дома более безопасными, удобными и энергоэффективными.

Одним из основных направлений TI является разработка и производство аналоговых и цифровых микросхем для самых различных приложений, включая промышленную, автомобильную, персональную электронику, коммуникационное оборудование и корпоративные системы.

В каталоге продукции TI насчитывается около 80 тысяч наименований комплектующих из таких разделов, как: усилители; аудио; часы и время; АЦП; ЦАП; DLP; интерфейсы; логические микросхемы; контроллеры напряжения; микроконтроллеры (MCU); процессоры для беспроводной связи; драйверы электродвигателей; системы управления энергопотреблением; ВЧ и СВЧ; датчики; коммутаторы и мультиплексоры; компоненты для систем беспроводной связи; калькуляторы; развивающие приставки.

Интересным представляется новое направление разработки и производства NAND 3DxPoint в новом подразделении, который TI купила у Micron.



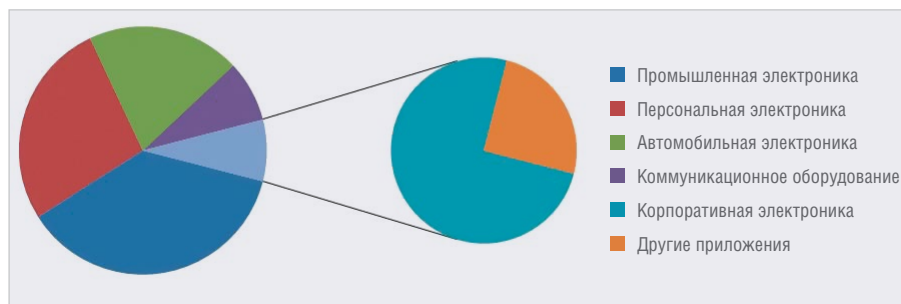


Рис. 16. Распределение доходов TI по продукции для различных рынков

Таблица 13. Результаты доходов TI за четвертый квартал 2021 и 2020 годов (Q4 2021 и Q4 2020, соответственно)

Аналоговые компоненты			
	Q4 2021, млрд USD	Q4 2020, млрд USD	Разница, %
Доход (revenue)	3,758	3,127	20
Операционная выручка (Operating profit)	2,098	1,514	39
Встраиваемые системы обработки сигналов (Embedded Processing)			
Доход (revenue)	764	720	6
Операционная выручка (Operating profit)	293	249	18
Другие продукты			
Доход (revenue)	310	229	35
Операционная выручка (Operating profit)	112	50	124

Более подробную информацию о продукции TI можно получить на сайте [76].

Следует обратить внимание на интегрированную среду разработки, предназначенную для создания кода DSP или ARM процессоров семейств TMS320, MSP430 и других процессоров, выпускаемых Texas Instruments, получившую название Code Composer Studio. Эта платформа включает операционную систему реального времени SYS/BIOS (DSP/BIOS).

Используя это приложение, разработчики получают доступ к продуктам TI, которые сразу же доступны для отгрузки. Платформа расширилась и теперь включает в себя десятки тысяч аналоговых и встроенных продуктов обработки данных TI. В 2020 году TI добавила несколько функций, в том числе барабаны с полным и нестандартным количеством, несколько вариантов оплаты, кредитные линии и доставку по фиксированной ставке [77].

Так же, как и другие ведущие IDM-фирмы, TI закончила 2020 и 2021 годы с заметной прибылью.

В табл. 13 приведены результаты доходов TI за IV квартал 2021 и 2020 годов (Q4 2021 и Q4 2020), соответственно.

Суммарный доход в IV квартале составил 4,83 миллиарда долларов

(аналоговые + встраиваемые + прочие). Чистая прибыль 2,14 миллиарда долларов в сумме по трём показателям. Суммарная прибыль на акцию – 2,27 доллара. При оценке прибыли на акцию учитывалась чистая стоимость в размере 4 центов.

Выручка по аналоговым компонентам увеличилась на 39% по сравнению с тем же кварталом прошлого года благодаря высокому спросу на промышленных и автомобильных рынках. Доходы от аналоговых технологий выросли на 20%, а от продаж встраиваемых систем — на 6% по сравнению с аналогичным кварталом прошлого года.

Компания Texas Instruments Incorporated, как и другие рассмотренные в этой статье фирмы, связывает своё будущее с расширением масштабов производства и с совершенствованием технологий изготовления.

В 2022 году TI планирует начать строительство двух заводов по производству полупроводниковых пластин диаметром 300 мм в Шермане, штат Техас, США (Sherman, Texas). В будущем на этой площадке, возможно, будут строиться ещё два завода. На этих заводах будут выпускаться аналоговые и цифровые системы с использованием самых современных технологий. Ожидается, что производство

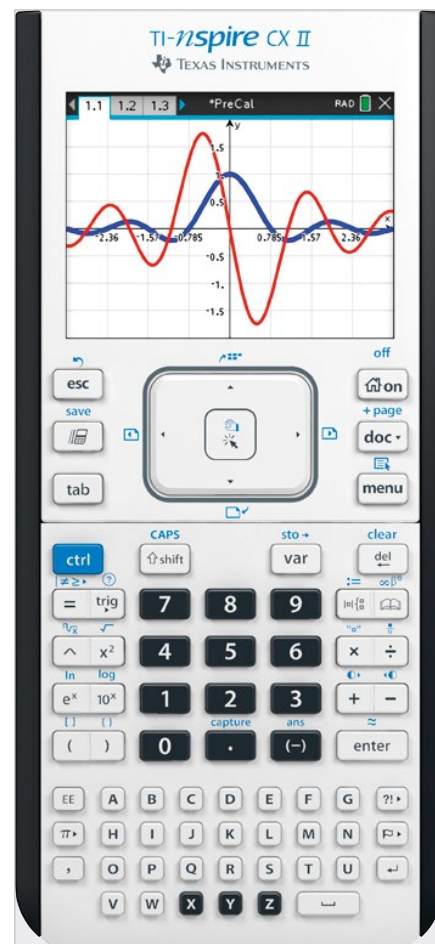


Рис. 17. Последняя разработка Texas Instruments – графический калькулятор TI-Nspire CX II-T

на первом новом заводе начнётся уже в 2025 году. С учётом возможности включения до четырёх заводов общий инвестиционный потенциал на объекте может достичь примерно 30 миллиардов долларов США и со временем обеспечить 3000 дополнительных рабочих мест [78].

Новые фабрики дополняют существующие 300-мм фабрики TI, в том числе DMOS6 (Даллас, Техас), RFAB1 и RFAB2 в Ричардсоне, строительство которых будет завершено в 2022 г. Кроме того, ожидается, что завод LFAB (Лехи, Юта), который TI недавно приобрёл у Micron, начнёт производство в начале 2023 г.

### Как избежать повторных кризисов с поставками ПЭК

Завершившийся 2021 год принёс одним фирмам в лице производителей электронных компонентов огромные прибыли, а другим, как, например, автомобилестроительным фирмам, колоссальные убытки. За эти два года одной из наиболее популярных поговорок в англоязычной среде стала: «A crisis for one investor is an opportunity

for another» (кризисная ситуация для одного инвестора – это благоприятная ситуация для другого).

Как и в прошлом году, тысячи автомобилей во всём мире стоят на складах производителей в ожидании необходимой электроники.

Достаточно просто оценить убытки автомобильной промышленности, сравнивая объёмы годовых продаж. По оценкам специалистов, в 2021 году во всём мире убытки в автомобильной отрасли составили примерно 60 млрд USD. Намного сложнее сосчитать убытки в других областях. Можно сказать лишь, что почти каждая отрасль пострадала из-за дефицита ПЭК либо напрямую, либо по вине поставщика [79].

На фоне мрачных сообщений появился вселяющий надежду прогноз International Data Corporation (IDC), согласно которому к концу следующего года мировые производители ПЭК смогут наконец-то полностью удовлетворить растущий спрос [80].

Пандемия COVID-19 и последующий кризис поставок электронных компонентов породили дискуссию, в которой участвуют как высшие государственные чиновники, так и руководители ведущих мировых производителей ПЭК. На повестке дня стоят два основных вопроса – какой именно тип производства и где конкретно нужно развивать и поддерживать на государственном уровне. В настоящее время преобладают два мнения. Одно направление развития производства ПЭК связывают с чисто контрактными фирмами, типа TSMC, производящими микросхемы по заказу фирм-разработчиков (Foundries). Другая точка зрения заключается в том, что нужно развивать универсальные фирмы, такие, например, как Samsung и Intel, которые сами проектируют и сами изготавливают ПЭК на своих заводах (IDM) [81].

Общим для обеих точек зрения является мнение, что производство ПЭК должно быть перераспределено более равномерно по различным регионам мира [82].

Практически все развитые страны принимают экстренные меры для преодоления кризиса. Так, например, сенат США в 2020 году принял закон об американских заводах, изготавливающих ПЭК, который предусматривает налоговые льготы и федеральные инвестиции в размере десятков миллиардов долларов, направленные на стимулирование производства комплектующих

гражданского назначения. В дополнение к 2 трлн USD, которые правительство США выделило на развитие производства электронных компонентов в 2020–2021 гг., 5 миллиардов долларов президент Байден ассигновал в январе 2022 года на строительство и модернизацию заводов по производству ПЭК специального и военного назначения. В рамках принятого закона оговорены специальные меры, направленные на привлечение иностранных инвестиций в развитие производства ПЭК на территории США [83].

В феврале 2021 года в соответствии с указом президента США был инициирован ряд действий «федерального агентства по национальной безопасности», направленных на укрепление цепочек логистических поставок ПЭК в США. Кроме того, был организован официальный детальный опрос практически всех американских и зарубежных фирм, задействованных в электронной промышленности США. Предварительный анализ этого опроса позволил выявить наиболее уязвимые моменты в индустрии производства и импорта ПЭК, касающиеся вопросов национальной безопасности США [84, 85].

В качестве «инициативы снизу» руководители ведущих американских фирм – производителей ПЭК в декабре 2021 года подготовили и направили в конгресс письмо, в котором призвали ратифицировать Закон USICA (S.1260) [86], который предусматривает выделение 52 млрд долларов государственных субсидий для поддержки производства полупроводниковых микросхем в США [87].

При том внимании и объёмах финансовой помощи, которые правительство оказывает отрасли, США в ближайшие несколько лет может вернуть себе лидерские позиции в индустрии производства современных полупроводниковых комплектующих.

Проблема дефицита ПЭК и возможных путей её решения остро стоит и в других странах мира. Канадский национальный совет по полупроводниковому производству (Canada's Semiconductor Council) обнародовал перспективный план развития отрасли, согласно которому страна должна иметь свои собственные производственные мощности с годовым оборотом около семи триллионов долларов. Предполагается, что Канада будет разрабатывать и производить микросхемы для таких приложений, как: автомобилестрое-

ние; здравоохранение; бытовая электроника; интеллектуальное сельское хозяйство [88].

В Европе ситуация с производством ПЭК крайне тревожная. Согласно исследованию консалтинговой фирмы Kearney, доля Европы упала с 25% в 2000 году до 8% в 2020 году. При этом процент производства с использованием передовых полупроводниковых технологий в Европе чрезвычайно низкий. Спрос на такого вида микросхемы постоянно растёт, и ожидается, что к 2030 году европейский спрос на новейшие чипы вырастет с нынешних 19% до примерно 43%. Для того чтобы удовлетворить потребности ЕС в современных микросхемах, необходимы инвестиции более 300 млрд евро. Кроме того, нужно учитывать, что эксплуатация нового завода по производству микросхем в ЕС (European Union) примерно на 30% дороже, чем в Южной Корее, и на 40% дороже, чем на Тайване, который сейчас является мировым лидером в производстве чипов [89].

Учитывая стратегическую важность производства полупроводниковых электронных компонентов, Комиссия Европейского Союза (European Commission) 19 июля 2021 года инициировала создание нового промышленного альянса, получившего название «Европейский альянс полупроводниковых технологий и процессоров» (Alliance for Processors and Semiconductor technologies).

Альянс должен объединить предприятия-изготовители, а также научные и исследовательские организации стран членов ЕЭС. Основная цель нового альянса заключается в расширении и укреплении позиций ЕЭС в структуре мирового производства процессоров и полупроводниковых электронных компонентов, обеспечивающих безопасное и успешное развитие электронной промышленности стран – членов экономического союза.

Глава европейской промышленности Тьерри Бретон заявил, что в конце 2021 года 22 государства – члена ЕС объединили свои усилия в новых альянсах: «Alliance for Processors and Semiconductor technologies» и «European Alliance for Industrial Data, Edge and Cloud» [90, 91].

Вместе с тем не все страны и европейские фирмы полностью поддерживают новый альянс. Так, например, Жан-Марк Шери, генеральный директор STMicroelectronics, в одном из своих интер-



вью отметил, что его компания не войдёт в число участников альянса европейских производителей микросхем. Однако STM приветствует инициативу ЕС и надеется на финансовую помощь ЕС в расширении производства датчиков STM в Европе. Некоторые возражения по поводу устава альянса есть и у других членов ЕС [92].

В своём обращении к Европейскому Союзу президент Урсула фон дер Ляйен 15 сентября 2021 года анонсировала «Закон о европейских чипсетах» (European Chips Act), направленный на обеспечение стратегической автономии ЕС в производстве ПЭК. В законе «О европейских чипсетах» должны быть регламентированы способы защиты европейского рынка полупроводниковых чипсетов от событий, аналогичных дефициту комплектующих, обусловленному пандемией COVID-19. В этом законе будут прописаны условия ограничения экспорта определённых типов чипсетов, направленные на защиту цепочек поставок в ЕС. Кроме того, будут предусмотрены специальные меры защиты европейских компаний от нежелательных поглощений инвесторами из стран, не входящих в

Европейский Союз. Прежде всего, это касается китайских инвестиций [93, 94].

В законе должны быть прописаны меры, стимулирующие зарубежных партнёров Европейского Союза размещать новые производственные мощности на территории стран – членов ЕС. Работа над этим законом должна быть завершена в 2022 году [95].

Одним из крупнейших центров микроэлектроники и информационных технологий в Европе является Silicon Saxony, расположенный в Германии. Этот конгломерат объединяет производителей и поставщиков ПЭК, а также университетские лаборатории и специализированные НИИ, разрабатывающие новые устройства и технологии в области микроэлектроники [96].

По мнению Комиссара Евросоюза Тьерри Бретона, регион Саксония должен стать одним из базовых центров в программе ЕС по развёртыванию мощного производства передовых полупроводниковых микросхем в Европе [97].

Из других важных проектов стоит отметить финансируемый Европейским Союзом и национальными правительствами проект IC Technology IT2, направ-

ленный на разработку 2-нм технологий. На первом этапе, который номинально начался 1 июня 2020 года, проект IT2 возглавляется ведущей в мире компанией по производству литографического оборудования, ASML Holding NV (Велдховен, Нидерланды). Институт IMEC (Лёвен, Бельгия) будет самым крупным бенефициаром этого проекта [98].

Не остаются в стороне корейские производители ПЭК. Правительство Южной Кореи намерено инвестировать более 450 млрд долларов США в производство ПЭК. Кроме того, будут предоставлены дополнительные налоговые льготы, предназначенные для стимулирования производства автомобильных чипов на территории страны. Основные средства будут направлены на расширение производства ведущих корейских фирм, таких, например, как Samsung и SK Hynix.

В Китае развитию электронной промышленности уделяется особое внимание. Правительство вкладывает огромные средства, прежде всего в крупные государственные проекты, такие как «China Integrated Circuit Industry». Целью проекта является создание на территории КНР собственных заводов,

IF/RF & Microwave Design

# Advantex UNO-2XM

## 100 кГц – 21 ГГц

### Малозумящий синтезатор частот

Уровень фазового шума: -140 дБн/Гц при отстройке 10 кГц @1 ГГц

Время перестройки: < 60 мкс

Шаг перестройки: 0.0001 Гц

Мощность выходного сигнала: -5..+15 дБм, шаг 0,5 дБ

Опорный сигнал: 1-250 МГц

Выход опорной частоты: 10/100 МГц

Рабочий диапазон: -40...+60 °C

Габаритные размеры: 30,5 × 87,5 × 195,0 мм

Фазовый шум, нормированный к 1 ГГц  
Phase Noise, dBc/Hz

Offset, Hz

- 1 GHz
- 2 GHz
- 3 GHz
- 5 GHz
- 7 GHz
- 10 GHz
- 13 GHz
- 15 GHz
- 17 GHz
- 20 GHz
- Спец Mask

Сделано в России  
[www.advantex.ru](http://www.advantex.ru)

Реклама



производящих ПЭК для нужд китайской электронной индустрии. В качестве одного из наиболее ярких примеров реализации этого проекта можно привести китайскую фирму Yangtze Memory Technologies Company (YMTС), основной задачей которой является серийное производство флэш-памяти собственной разработки [99].

В сентябре 2021 года YMTС объявила о начале серийного производства 128-слойной 3D NAND памяти. Компания Powev Electronic Technology Co., производитель устройств хранения и памяти из Шэньчжэня, недавно представила свой новейший высококлассный твердотельный накопитель «Asgard AN4 1 TByte», основанный на 128-слойной трёхмерной трёхуровневой ячейке (TLC) NAND флэш-памяти YMTС. В новом твердотельном накопителе используется технология гибридного соединения Xstacking 2.0, которая предназначена для соединения массива TLC NAND и периферийной схемы CMOS [100].

Завод Yangtze Memory – не единственный, построенный в КНР за последние годы. Государственные инвестиции в миллиарды долларов

позволили создать компании, которые стали магнитом для талантливых инженеров и менеджеров. Менеджерам верхнего уровня предлагается зарплата до 300 000 долларов в год, что сравнимо с вознаграждением на эквивалентных должностях в Apple, Qualcomm и Intel. На вновь строящихся заводах Китая в настоящее время работают сотрудники, многие из которых пришли из Siemens, Micron, Samsung, Infineon и других известных фирм.

Приведённые в этой статье факты позволяют говорить о том, что в ближайшие несколько лет в различных странах мира можно будет наблюдать появление новых современных предприятий, производящих как ПЭК общего назначения, так и узкоспециализированные сложные системы на кристаллах с технологией 10, 7, 5, 3 и 2 нм.

По всей видимости, безусловное лидерство азиатских производителей, наблюдаемое в настоящее время, будет нарушено за счёт строительства заводов по производству полупроводниковых электронных компонентов в США и Европе и Китае.

## Литература

47. URL: <https://www.bloomberg.com/news/features/2018-01-18/intel-has-a-big-problem-it-needs-to-act-like-it>.
48. URL: <https://www.techspot.com/news/90539-intel-10nm-production-now-surpassing-14nm-7nm-remains.html>.
49. URL: [https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/technology/logic/l\\_7nm](https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/technology/logic/l_7nm).
50. URL: <https://www.electronicweekly.com/blogs/mannerisms/manufacturing-mannerisms/intel-gears-new-ceo-2021-02/>.
51. URL: <https://semiwiki.com/forum/index.php?threads/is-intel-10nm-really-denser-than-tsmc-7nm.11400/page-2>.
52. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/resources/engineering.html#gs.npgyat>.
53. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/resources/press-kit-intel-builds-arizona.html#gs.ocsbu7>.
54. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/intel-breaks-ground-two-new-leading-edge-chip-factories-arizona.html#gs.ocr091>.
55. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/intel-announces-next-us-site-landmark-investment-ohio.html?wapkw=Ohio#gs.ocuif2>.

**innodisk**

Industrial  
**SATADOM-MV**  
3ME4 Series

**SATADOM — ИДЕАЛЬНОЕ ЗАГРУЗОЧНОЕ РЕШЕНИЕ**

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III с высокой скоростью передачи данных

**ProSOFT®** ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР (495) 234-0636 INFO@PROSOFT.RU WWW.PROSOFT.RU

56. URL: <https://newsroom.ibm.com/Intel-Teams-with-IBM-for-Advanced-Semiconductor-Research-and-Development>.
57. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/euv-most-precise-complex-machine.html#gs.npfwoa>.
58. URL: <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2022/intel-and-asml-strengthen-their-collaboration-to-drive-high-na-into-manufacturing-in-2025>.
59. URL: <https://www.intel.ru/content/dam/www/central-libraries/us/en/documents/intel-silicon-photonics-overview.pdf>.
60. URL: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/product-briefs/optical-transceiver-100g-cwdm4-qsf28-brief.pdf>.
61. URL: <https://www.wired.com/story/mobility-lidar-on-a-chip-intel/>.
62. URL: [www.skhynix.com](http://www.skhynix.com).
63. URL: [www.solidigmtechnology.com](http://www.solidigmtechnology.com).
64. URL: <https://www.hpcwire.com/off-the-wire/sk-hynix-completes-first-phase-of-intel-nand-and-ssd-business-acquisition/>.
65. URL: <https://investors.micron.com>.
66. URL: <https://www.climatecraft.com/download/18.413154eb165845e71a55127e/1535534426593/CS-SL-B-020514-IMFlashCS.pdf>.
67. URL: <https://investors.micron.com/news-releases/news-release-details/micron-exercises-call-option-acquire-remaining-interest-im-flash>.
68. URL: <https://www.micron.com/about/blog/2021/october/micron-completes-sale-of-lehi-fab-to-texas-instruments>.
69. URL: <https://investors.micron.com/news-releases/news-release-details/micron-and-mediatek-first-validate-lpddr5x>.
70. URL: <https://www.micron.com/about/our-company/venture>.
71. URL: <https://www.volocopter.com/>.
72. URL: <https://www.kioxia.com/en-jp/top.html>.
73. URL: <https://www.nasdaq.com/articles/western-digital-%2420-billion-all-stock-offer-for-kioxia-poses-valuation-cash-challenge>.
74. URL: <http://www.geophysicalservice.com/index.php?mode=webpage&id=615>.
75. URL: <https://economictimes.indiatimes.com/wealth/personal-finance-news/christies-to-sell-microchipprototype-used-in-nobel-prize-winning-invention/article-show/35562477.cms?from=mdr>.
76. URL: <https://www.ti.com/data-converters/adc-circuit/overview.html>.
77. URL: <https://www.ti.com/tool/CCSTUDIO>.
78. URL: <https://news.ti.com/texas-instruments-to-begin-construction-next-year-on-new-300-mm-semiconductor-wafer-fabrication-plants>.
79. URL: <https://energyandcapital.com/report/semiconductor-stocks-2022/100246>.
80. URL: <https://www.idc.com/events/futurescape>.
81. URL: [www.qualcomm.com/news/releases/2021/10/04/qualcomm-and-ssw-partners-reach-definitive-agreement-acquire-veoneer](http://www.qualcomm.com/news/releases/2021/10/04/qualcomm-and-ssw-partners-reach-definitive-agreement-acquire-veoneer).
82. URL: <https://electronics360.globalspec.com/article/15379/american-foundries-act-will-help-semiconductor-manufacturing-remain-competitive>.
83. URL: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/7178>.
84. URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/09/24/2021-20348/notice-of-request-for-public-comments-on-risks-in-the-semiconductor-supply-chain>.
85. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-11-07/tsmc-withholds-customer-specific-data-in-answering-u-s-request>.
86. URL: <https://www.semiconductors.org/chips/>.
87. URL: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/12/CEO-letter-to-Congress-on-CHIPS-and-FABS.pdf>.
88. URL: <https://electronics360.globalspec.com/article/17489/canada-aims-to-increase-chip-manufacturing>.
89. URL: <https://www. Kearney.com/documents/20152/272966470/Europes+urgent+need+to+invest+in+a+leading-edge+semiconductor+ecosystem.pdf/f3ec1e30-b8ff-b367-417c-62cf476342ea?t=1636582354000>.
90. URL: <https://aeneas-office.org/2021/07/20/alliances-for-semiconductors-and-industrial-cloud-technologies/>.
91. URL: <https://www.h-cloud.eu/news/the-european-alliance-for-industrial-data-edge-and-cloud-hit-the-road/>.
92. URL: <https://www.eenewseurope.com/news/st-wont-join-european-advanced-chip-alliance>.
93. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-27/eu-threatens-fines-and-merger-bans-for-chinese-state-firms>.
94. URL: <https://www.reuters.com/article/us-eu-china-investment-idUSKBN22S0WR>.
95. URL: [https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race_en).
96. URL: <https://www.silicon-saxony.de/en/about-us/>.
97. URL: <https://www.euractiv.com/section/digital/news/silicon-saxony-to-play-key-role-in-europes-bid-for-producing-cutting-edge-chips/>.
98. URL: <https://www.eenewseurope.com/news/european-2nm-project-includes-no-chip-companies>.
99. URL: <https://www.tomshardware.com/news/tsinghua-unigroup-faces-bankruptcy>.
100. URL: <https://www.techspot.com/news/92615-there-time-snag-great-deals-hp-laptops-2.html>.



## НОВОСТИ МИРА

### КОЛИЧЕСТВО КИБЕРИНЦИДЕНТОВ В РОССИЙСКИХ КОМПАНИЯХ УВЕЛИЧИЛОСЬ В 4 РАЗА

«Лаборатория Касперского» зафиксировала значительный рост количества инцидентов, связанных со сложными кибератаками на бизнес в России. В первом квартале 2022 года эксперты компании расследовали в четыре раза больше таких инцидентов, чем за аналогичный период 2021.

По мнению специалистов, такой рост обусловлен, в первую очередь, постоянным усложнением ландшафта угроз и расширением поверхности атак: злоумышленники используют разные тактики и техники, в том числе комбинированные, и стремятся про-

никнуть в инфраструктуру компании-жертвы через разные точки входа. Кроме того, сегодня организации сталкиваются с приостановкой деятельности ряда иностранных вендоров на рынке. В ситуации неопределённости, когда российские компании лишены отдельных защитных решений, риски пропустить сложную кибератаку значительно повышаются, говорится в заявлении «Лаборатории Касперского».

«Усложнение ландшафта угроз и новые реалии рынка требуют от отечественных компаний комплексного подхода к кибербезопасности, включающего расширенные системы обнаружения и реагирования на сложные кибератаки. Большое значение в

современных реалиях имеет наличие у экспертов по информационной безопасности оперативных данных об актуальных угрозах, схемах и тактиках злоумышленников. Вкупе с фундаментальными надёжными защитными инструментами это сокращает время обнаружения и реагирования на угрозу и, как следствие, минимизирует последствия от киберинцидентов», – комментирует Александр Гостев, главный технологический эксперт «Лаборатории Касперского».

Ранее «Лаборатория Касперского» также сообщила о значительном росте числа атак с использованием программ для удалённого доступа.

[servernews.ru](http://servernews.ru)