

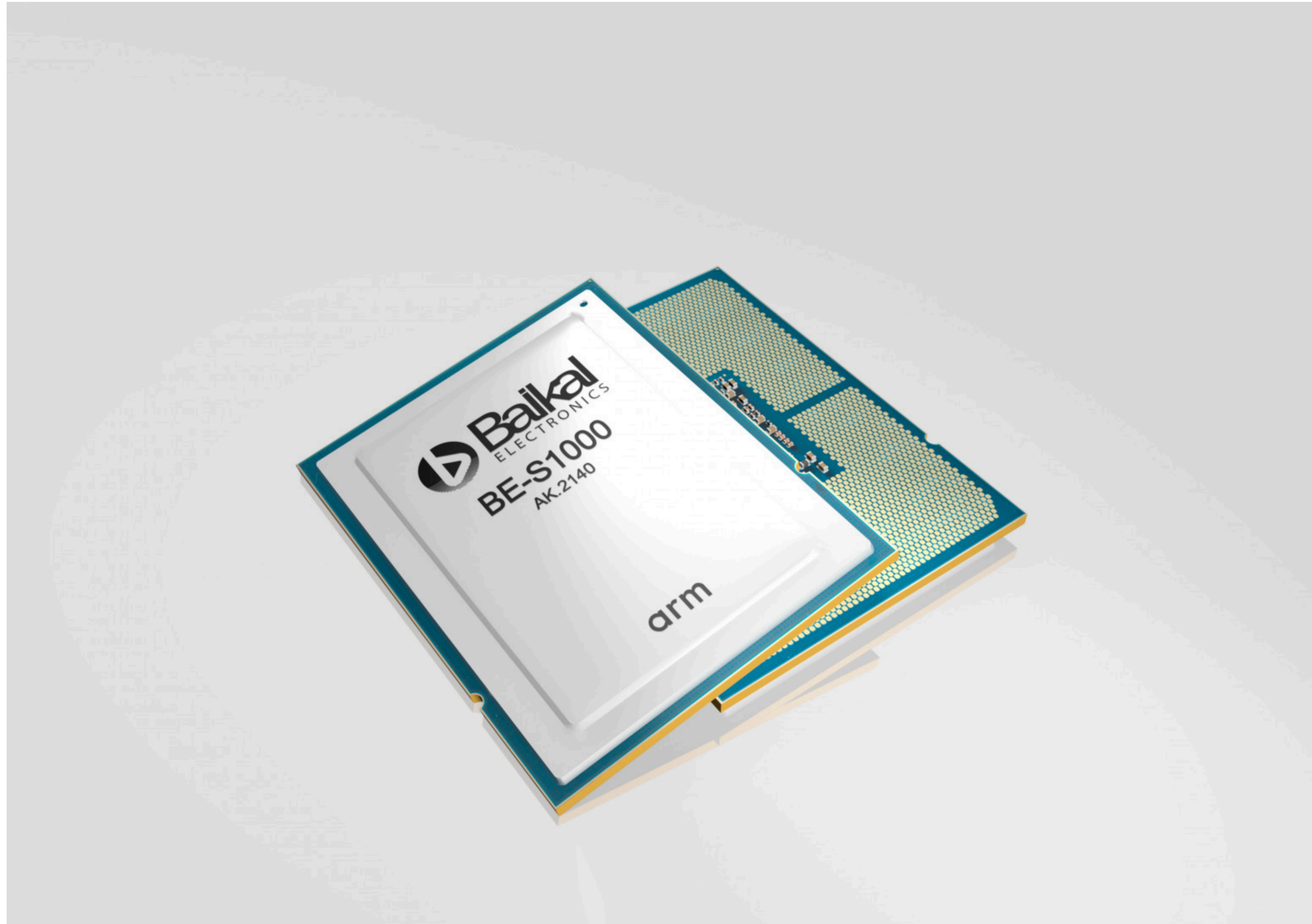
Российский серверный процессор Baikal S

9 мин 56К

Ревёрс-инжиниринг*Производство и разработка электроники*Компьютерное железоПроцессорыIT-компани

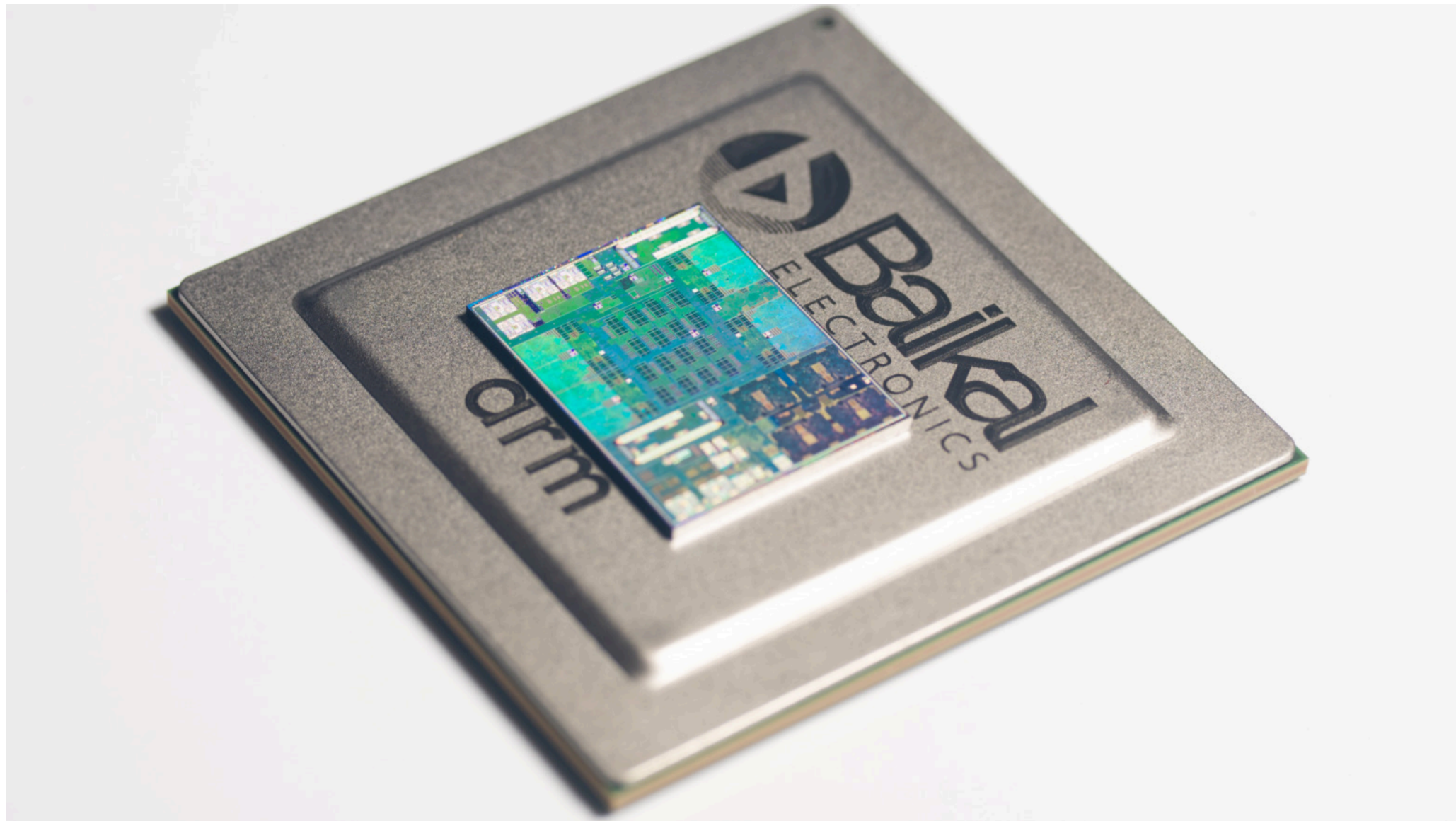
Технотекст 2022

Прошедшие десятилетия отразились на российской микроэлектронике сразу в двух диаметрально противоположных аспектах. С положительной стороны можно отметить период процветания нулевых годов (фундамент которого было заложен в 90-х) до мирового экономического кризиса 2008-го, и период с 2009 по 2013 годы. Именно тогда на территории России началось первое серьёзное финансирование отрасли: появились новые и получили поддержку уже существующие дизайн-центры, способные разрабатывать (пусть и при помощи государственных субсидий) микропроцессоры мирового уровня. Были предприняты попытки локализации производства на территории страны – купленная производственная линия у STMicroelectronics для «Микрона», организованное предприятие министром связи Леонидом Рейманом Ангстрем-Т со списанным AMD оборудованием – всё это могло быть отличным фундаментом для старта отечественной полупроводниковой промышленности, покрывающим часть потребностей внутреннего рынка. Однако события 2014-го года и дальнейший спад экономики в совокупности со странной внешней политикой правительства, в связи с чем Россия попала в санкционные списки развитых стран, а также событиями 2022-го года фактически задушили всю отрасль, оставив тысячи инженеров дизайн-центров у разбитого корыта с абсолютным непониманием дальнейшей судьбы их разработок.



Baikal S

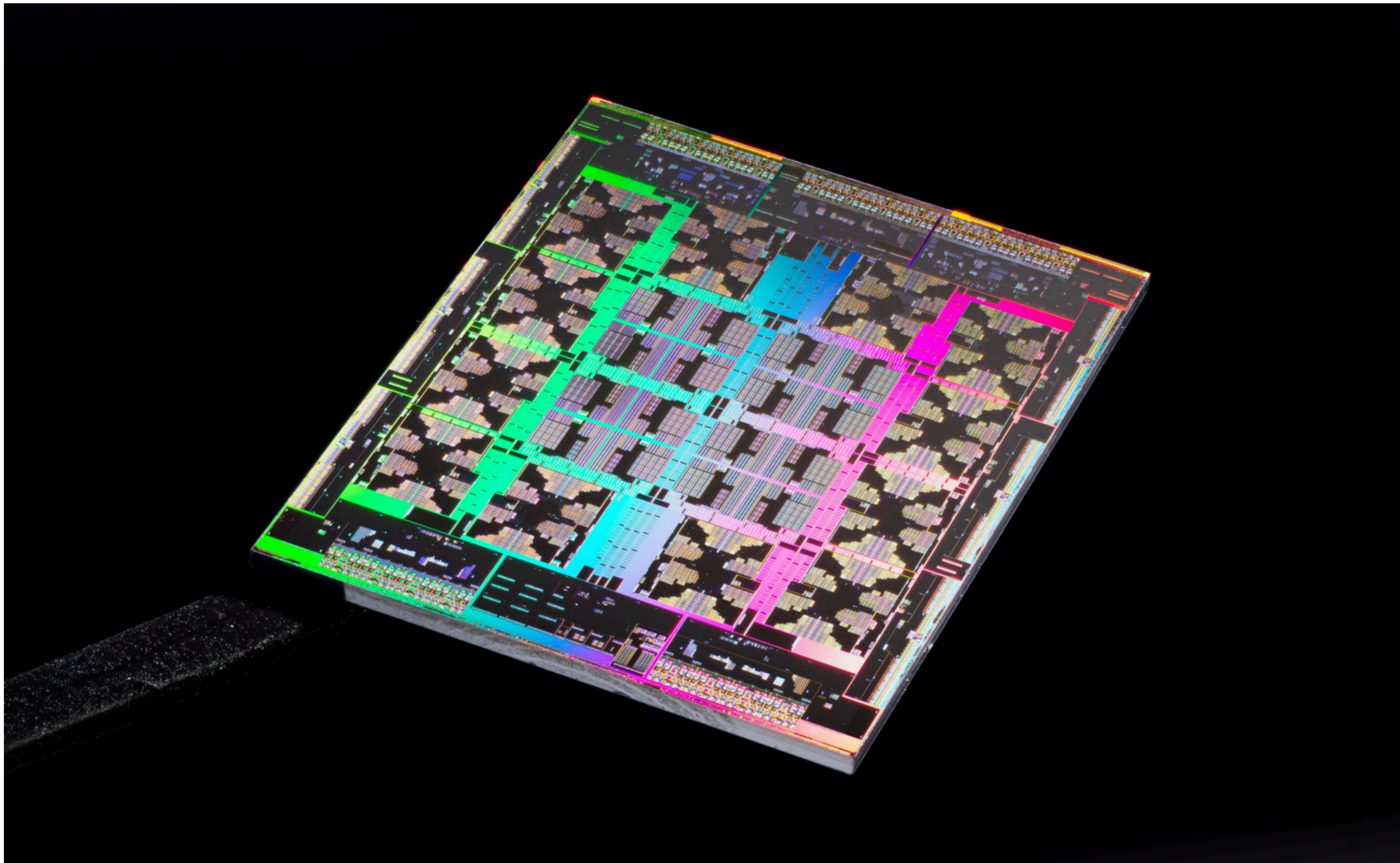
«Baikal Electronics» была основана в январе 2012-го года как дочерняя компания «Т-платформы» при участии «Роснано». В августе того же года новоиспечённый дизайн-центр заключил первое соглашение о сотрудничестве с тайваньской полупроводниковой фабрикой TSMC. Почти сразу компания начала разрабатывать микросхему Baikal T1 на лицензируемых ядрах MIPS для различных сетевых устройств, которую вполне legitimately без стыда можно сравнивать с различными импортными девайсами. В феврале 2014-го года «Baikal Electronics» заключили соглашение на использование технологий с английской компанией ARM. В течение последующих 7 лет благодаря грамотному управлению, пониманию вектора развития (в отличие от МЦСТ) и лояльности Минпромторга «Baikal Electronics» представила ещё 2 микросхемы абсолютно разных категорий – Baikal M, о строении кристалла которого мы рассказывали год назад и новейшего серверного процессора Baikal S.



В октябре 2020-го года Минпромторг признал процессор Baikal M микросхемой второго уровня, разработанной на территории РФ. За этим последовал молниеносный взлёт производства этой микросхемы, исчисляемый сотнями тысяч. Год спустя появились первые инженерные образцы Baikal S, судьба которого до сих пор неизвестна в связи с попаданием Baikal Electronics, а также ряда других дизайн-центров в санкционный список США и остановкой производства микросхем на TSMC.

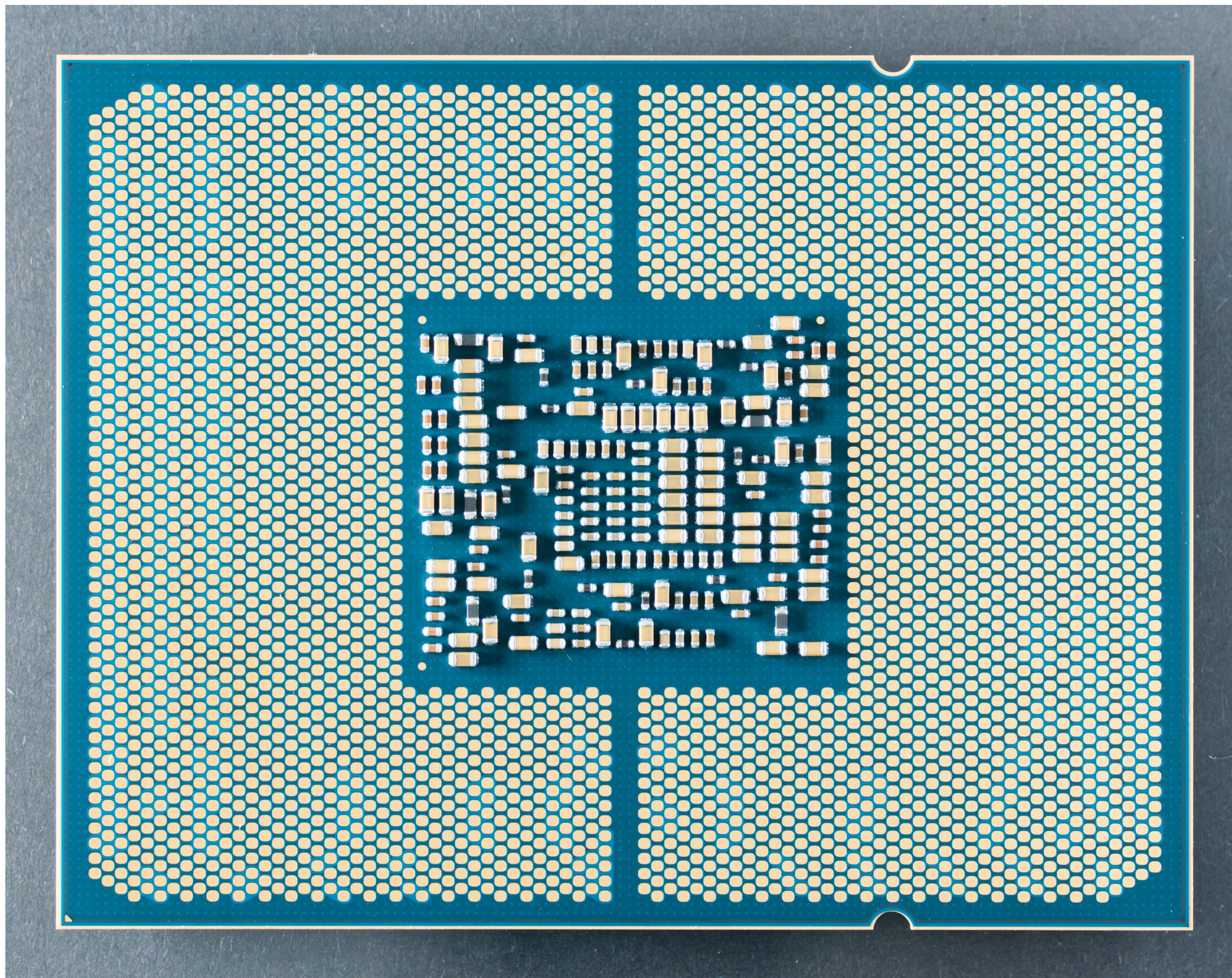
Разумно предположить, что сейчас все российские фаблесс-компании, оказавшиеся отрезанными от контрактного производства на TSMC, рассматривают все варианты спасения, в том числе и заведомо тупиковые, как переезд на «Микрон», потому что сейчас нет никаких реальных опций и понимания, что вообще делать, а также надеются, что за период работы над новыми изделиями, на разработку которых требуется от 1,5 до 3 лет, им вернут доступ на TSMC.

В декабре 2021 года Baikal Electronics отправили House of NHTi на вскрытие новые серверные микропроцессоры Baikal S. В этой статье мы представляем вам первые в мире снимки топологии кристалла российской микросхемы, судьба которой находится в подвешенном состоянии.

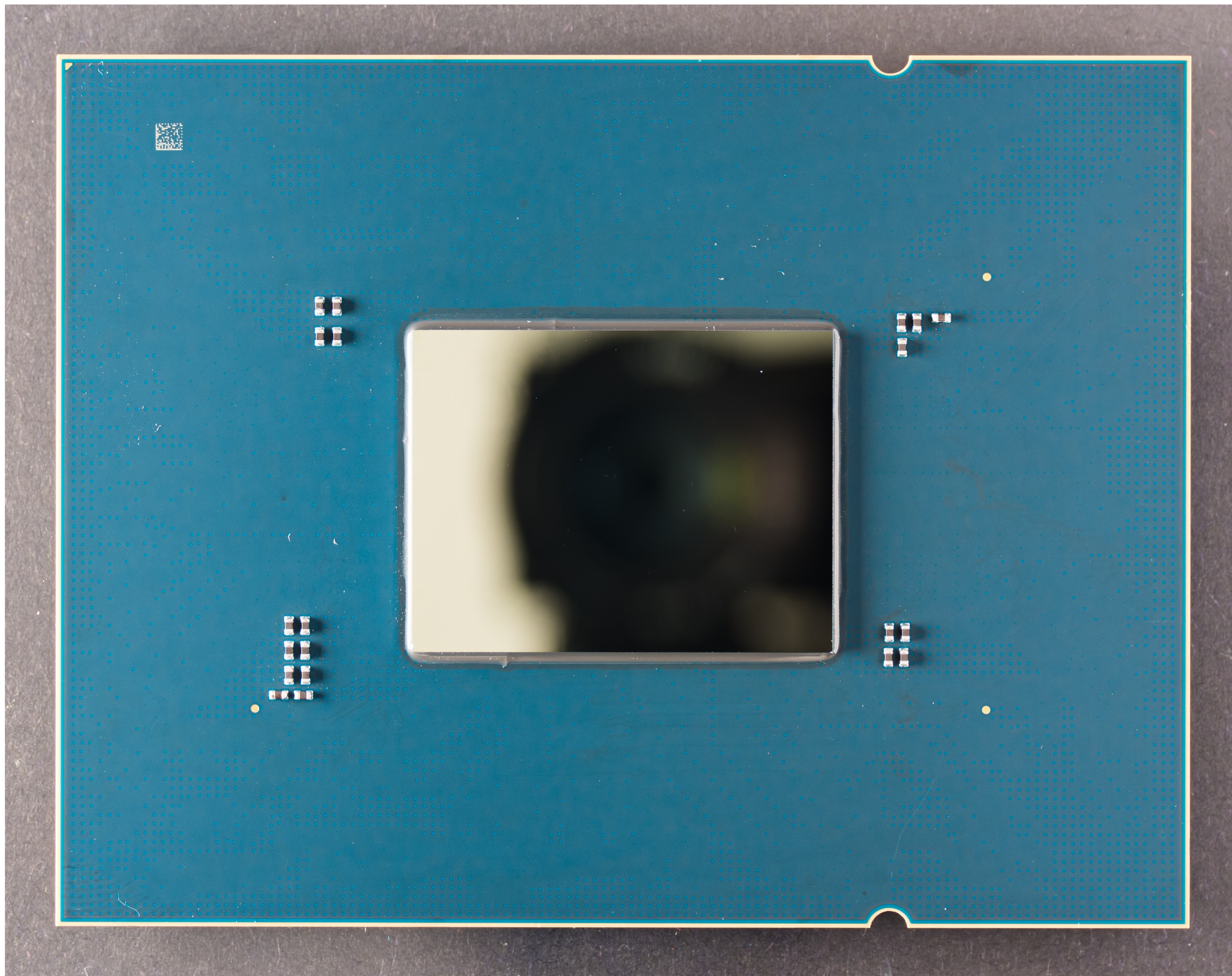


Кристалл микропроцессора Baikal S

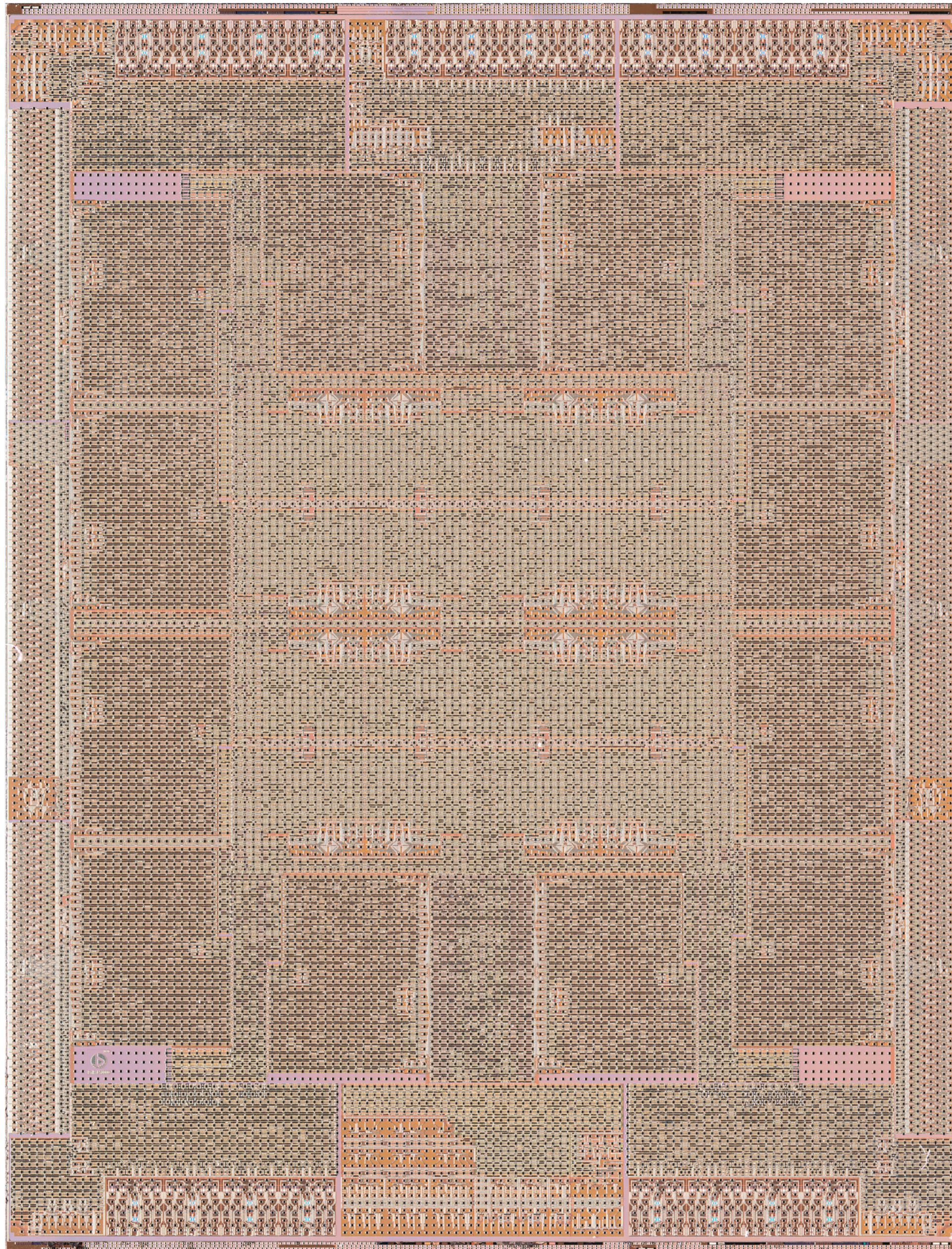
Baikal S – микропроцессор, предназначенный для серверов, СХД и суперкомпьютерных систем для бизнеса и государственных органов. Процессор выполнен в 3476-контактном форм-факторе LGA с размерами подложки 75,6 на 58,15 мм.



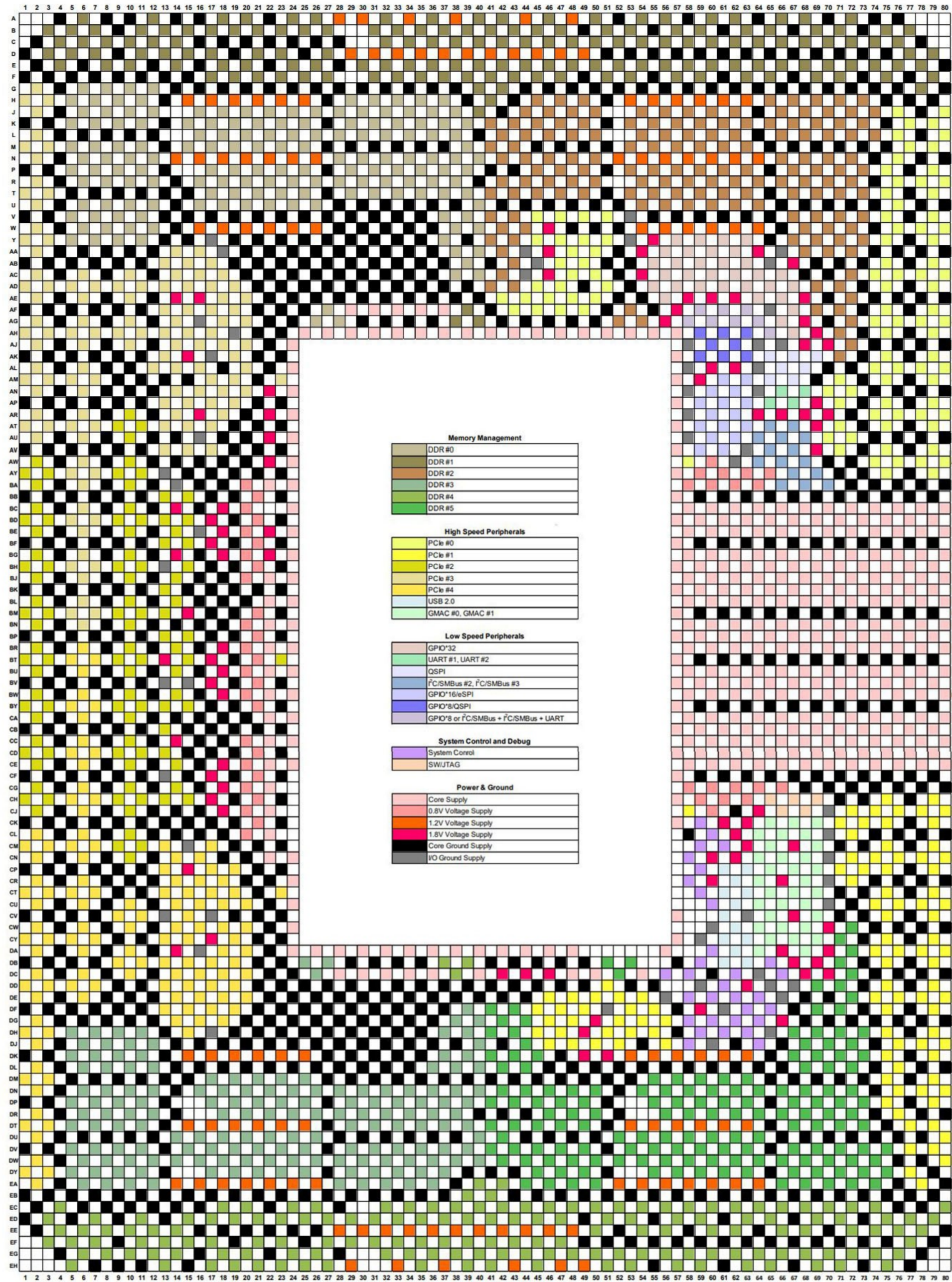
Процессор изготовлен по технологическим нормам 16 нанометров на полупроводниковой тайваньской фабрике TSMC с вытравленными 18 миллиардами транзисторов на кристалле. TDP Baikal S составляет 120 Ватт. Сняв крышку процессора и убрав термоинтерфейс TIM1 с металлическими филлерами, мы видим огромный кристалл, площадью 602 квадратных мм.



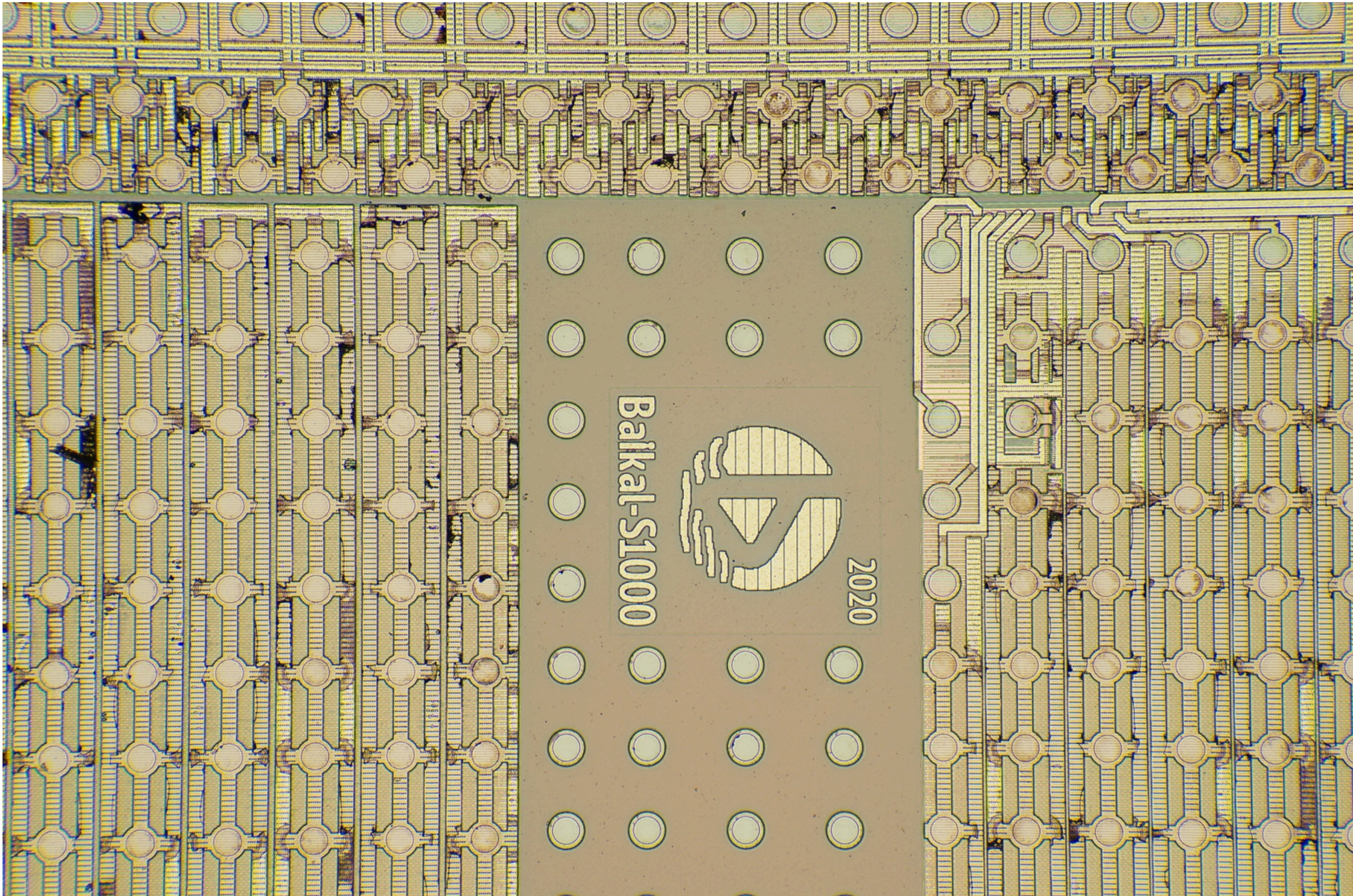
После отделения чипа от подложки нашему взгляду предстаёт верхний металлический слой, представляющий собой связующее звено между элементами на кристалле и контактными площадками на подложке.



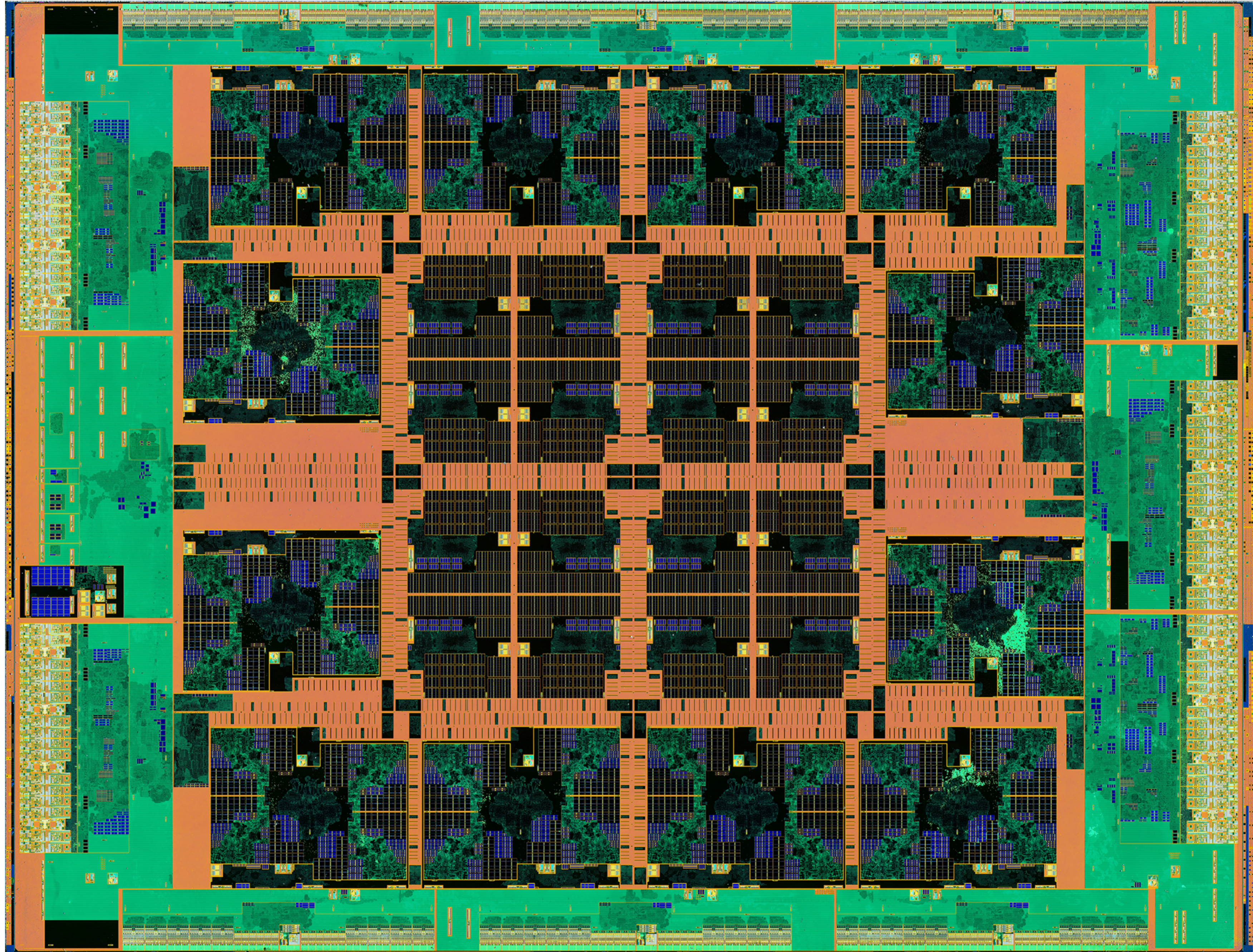
Больше пятидесяти процентов площади слоя занимают контакты для подачи питания по всей площади чипа. В даташит к Baikal S есть карта LGA-контактов на подложке, по которым можно приблизительно определить расположение функциональных блоков на чипе.



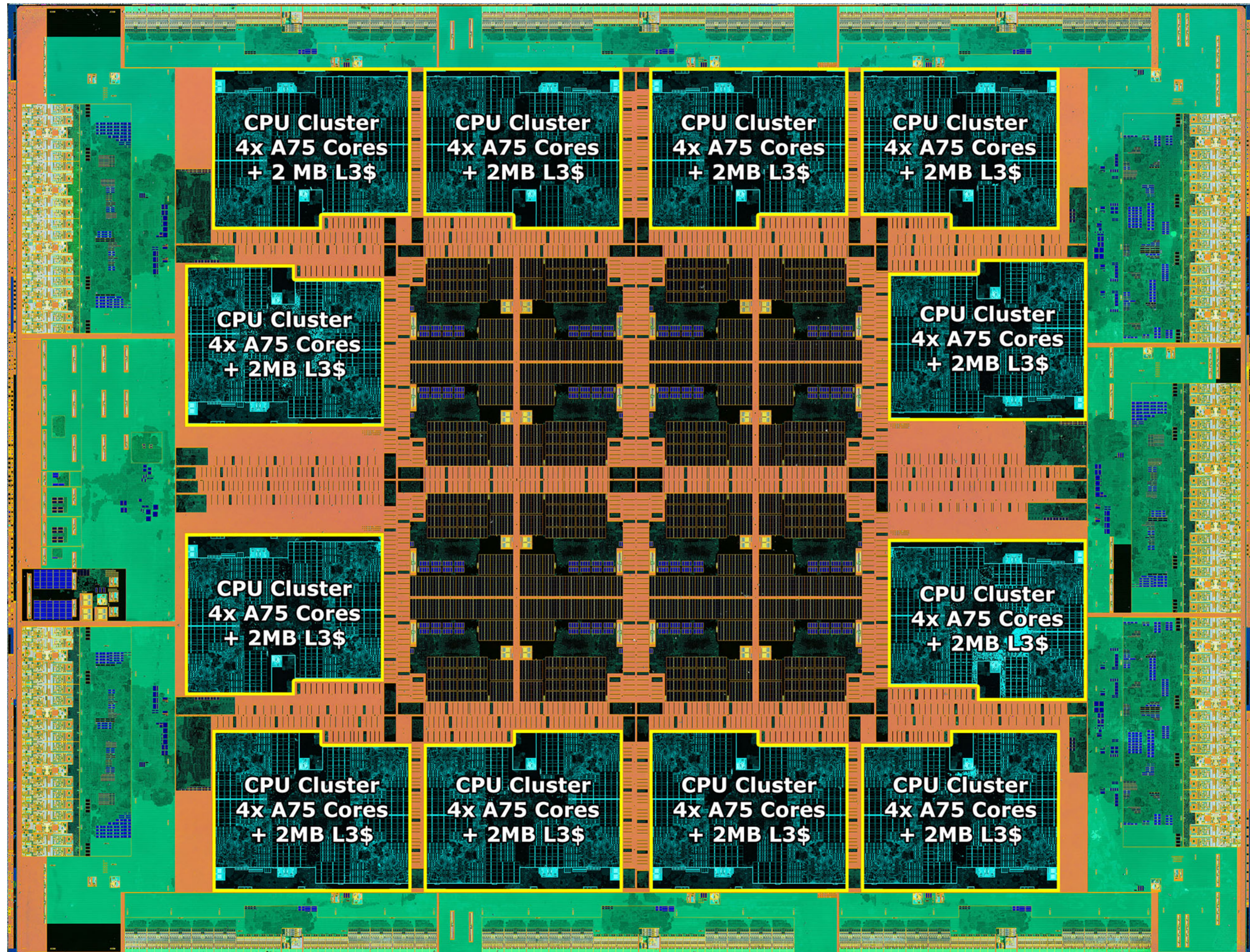
В левой нижней части кристалла красуется логотип компании Baikal Electronics, название и год изготовления процессора.



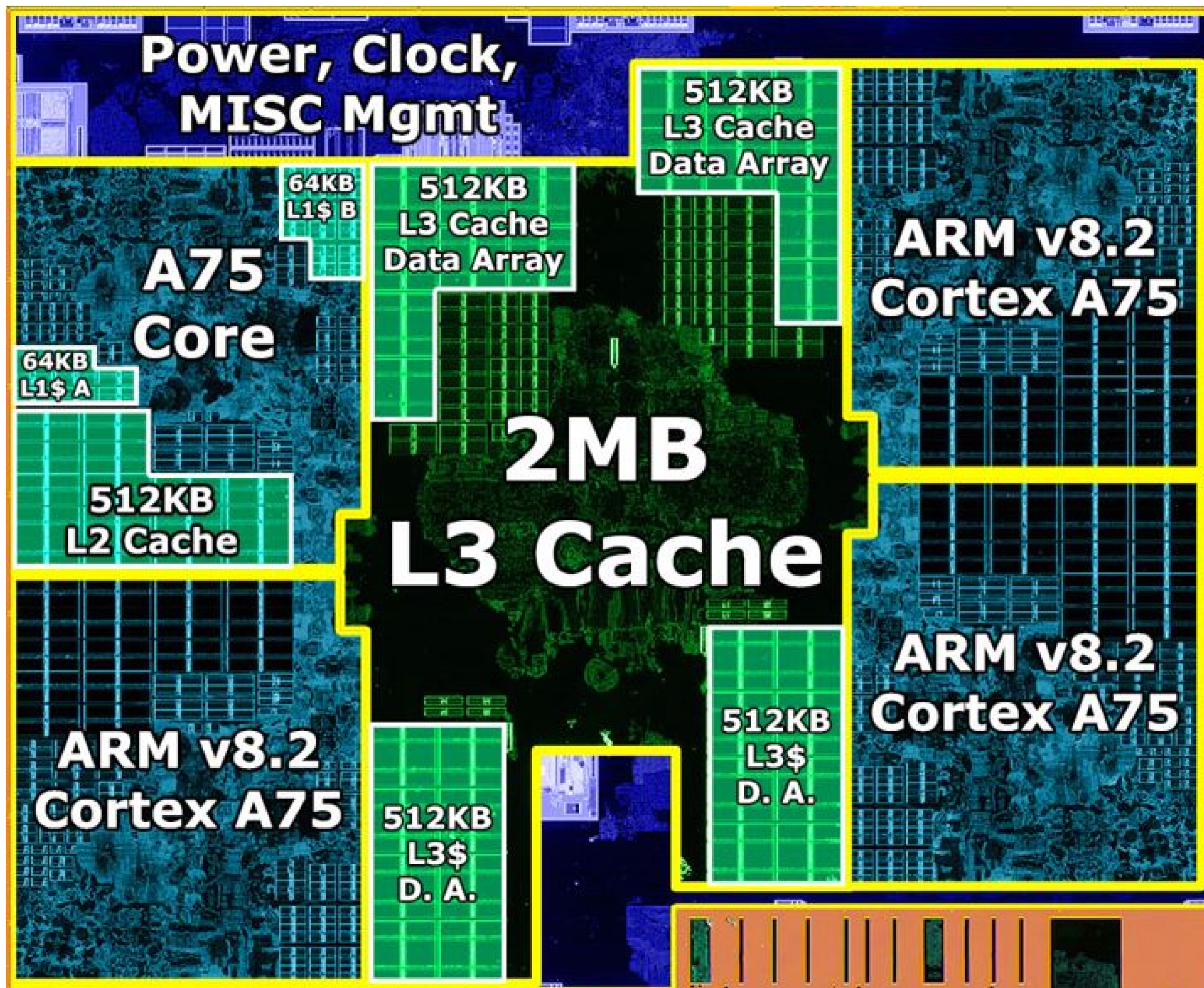
После травления верхнего слоя мы обнажаем бесстыжую красоту всех элементов в том виде, в каком они были задуманы проектировщиками.



На кристалле Baikal S расположены 12 процессорных кластеров.



Каждый кластер в своей структуре имеет 4 ядра ARM Cortex A75 с тактовой частотой около 2,2 ГГц, а также кэш L3 объемом 2 Мб. Каждое ядро имеет собственный L2 кэш, объемом 512 Кб, а также кэш L1 128 Кб (64 Кб кэша команд и 64 Кб кэша данных). Всего процессор располагает 48 ядрами, которые могут работать как в защищенном, так и незащищенном режимах.

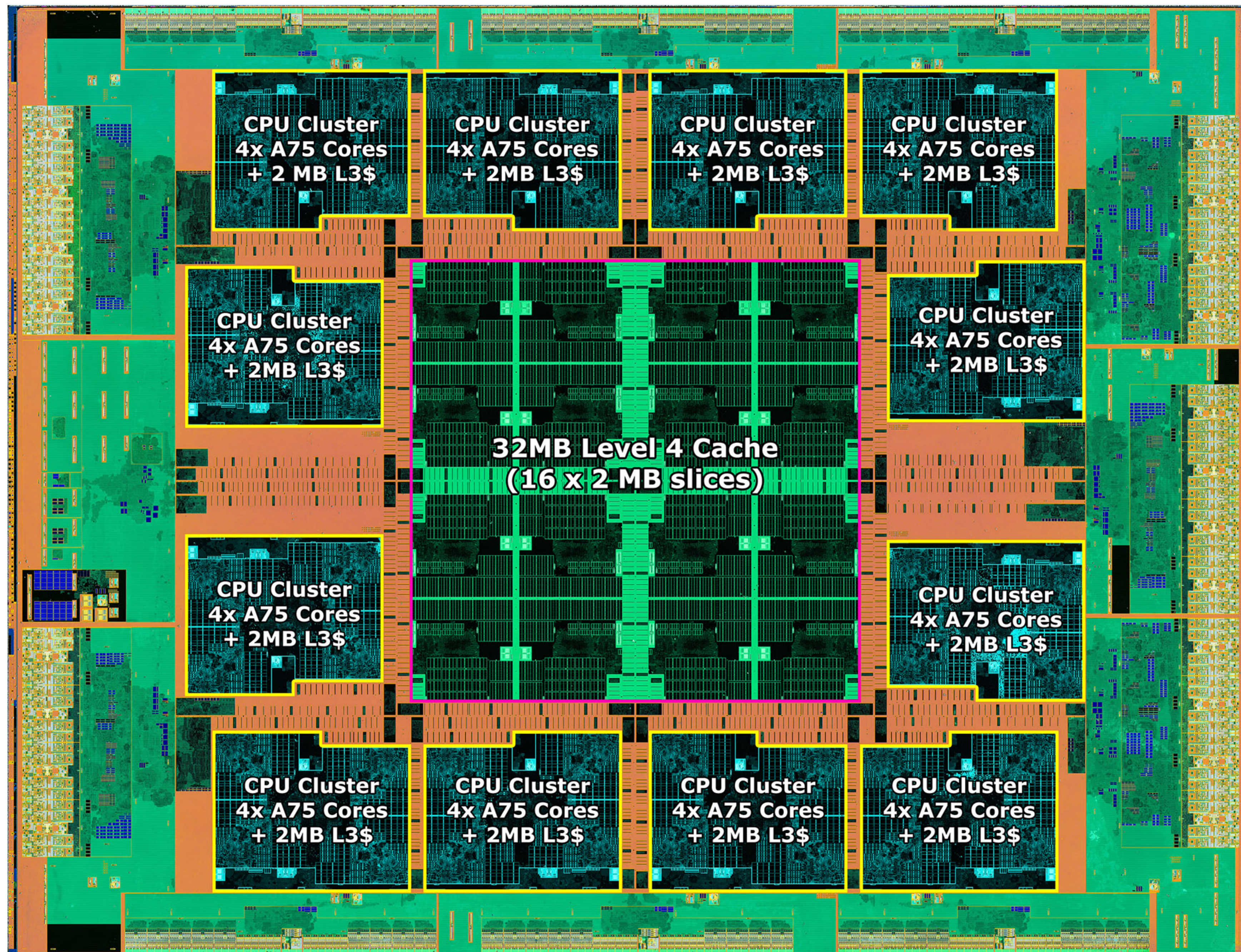


Baikal Electronics сравнивают свой новый процессор с 20-ядерным 40-поточным Xeon 6230 на частоте 2,1 ГГц в ряде синтетических тестов с однопоточной и мультипоточной нагрузкой, где в последнем Baikal S показывает достаточно хорошие результаты.

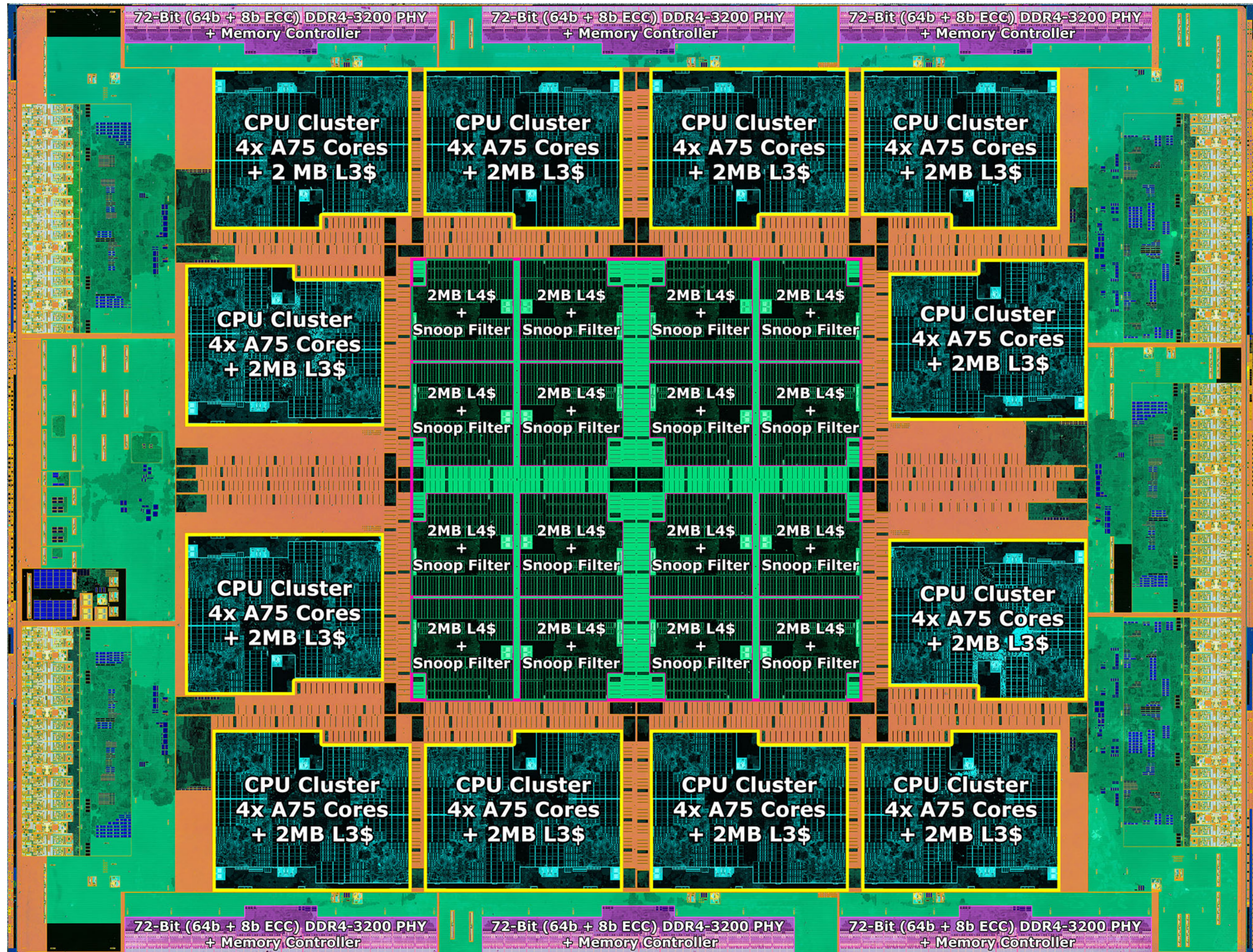
B-S1000

	Baikal-S1000, 48 × 2.0GHz		Xeon 6230, 20 × 2.1 GHz	
Threads used #	48	1	40	1
MHz	2000		2100	3100
ARCH	ARM Cortex-A75		Cascade Lake	
Coremark				
Coremarks	647 292	13 540	589 036	30 661
Coremarks/Mhz/core	6,7	6,8	7,0	9,9
Dhrystone				
VAX Dhrystones	641 661	13 410	584 559	28 601
Dhrystones per Second	1127 397 973	23 561 181		
DMIPS/Mhz/core	6,7	6,7	7,0	9,2
STREAM				
Copy, MB/s	73 617	16 568	60 401	10 452
Whetstone				
MWIPS	225 078	4 702	200 192	7 580
MWIPS(all)/Mhz/core	2,3	2,4	2,4	2,4
HPLinpack				
HPL, all cores, GFLOPs	294,6	6,9	849,0	95,2
PEAK, all cores, GFLOPs	384	8	1 344	99
Efficiency, all cores, %	77	86	63	96
7zip benchmark				
Decompress, MIPS	108 733	2 443	80 508	3 950
Compress, MIPS	75 158	2 820	87 198	4 843

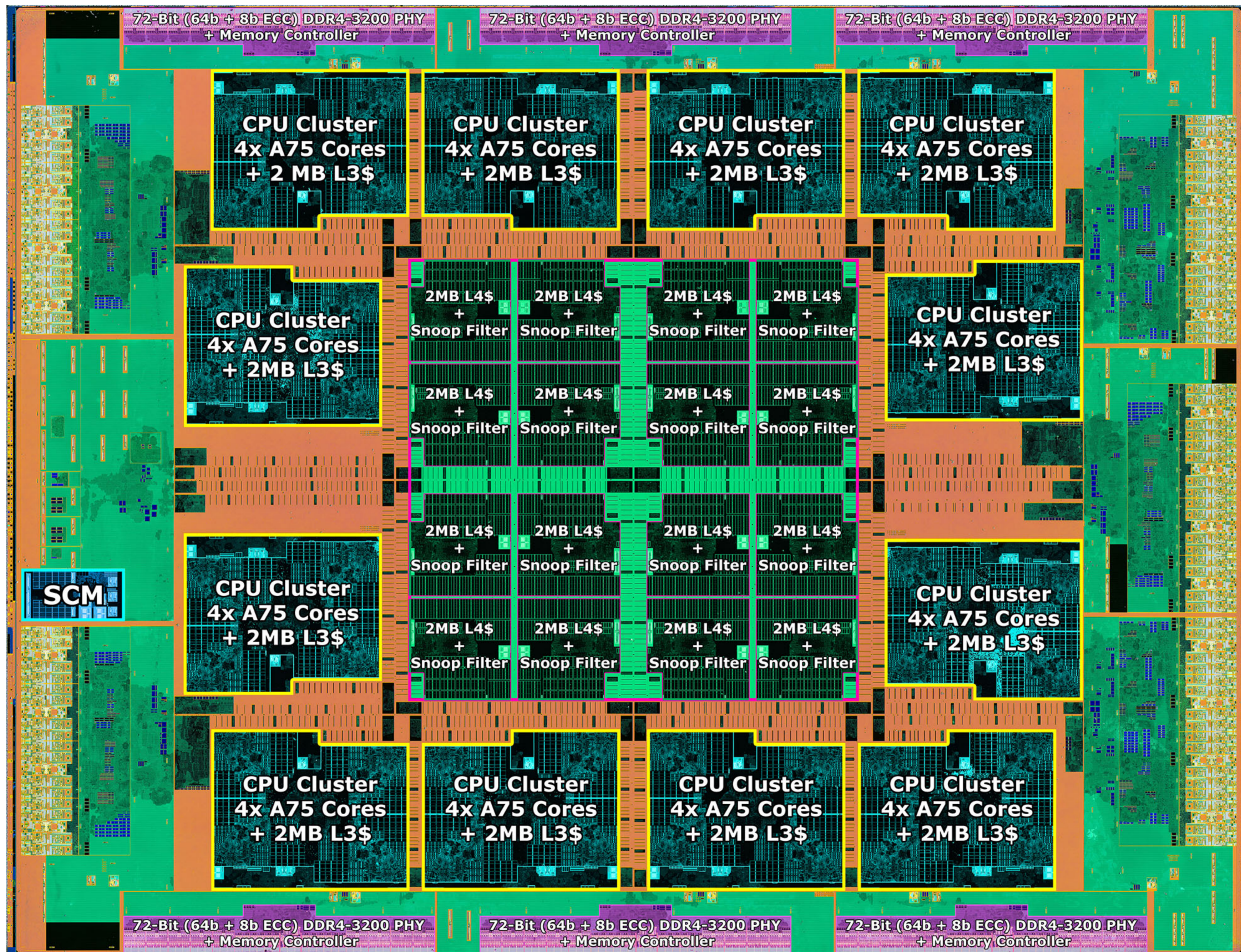
В центре чипа расположен кэш четвёртого уровня (L4), объёмом 32 Мб, включающий в себя Coherent Mesh Network (CMN), обеспечивающий взаимосвязь основных подсистем процессора. Все элементы на кристалле пронизывает системная шина, выделенная коричнево-кирпичным цветом.



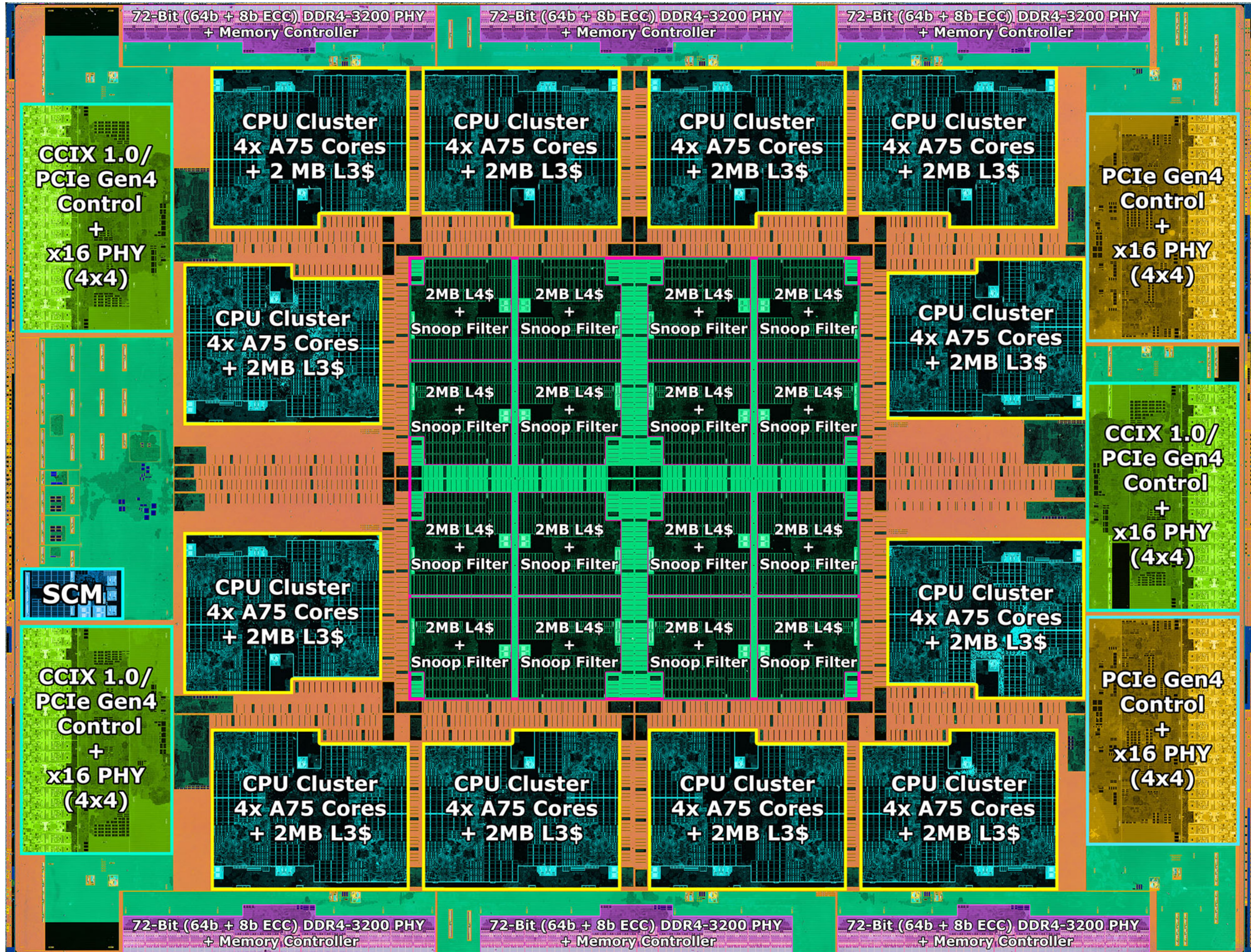
Сверху и снизу кристалла расположились шесть каналов памяти. Каждый канал включает в себя контроллер памяти DDR4-3200 и поддерживает работу до 128 Гб физической памяти на канал (или до 768 Гб памяти на сокет).



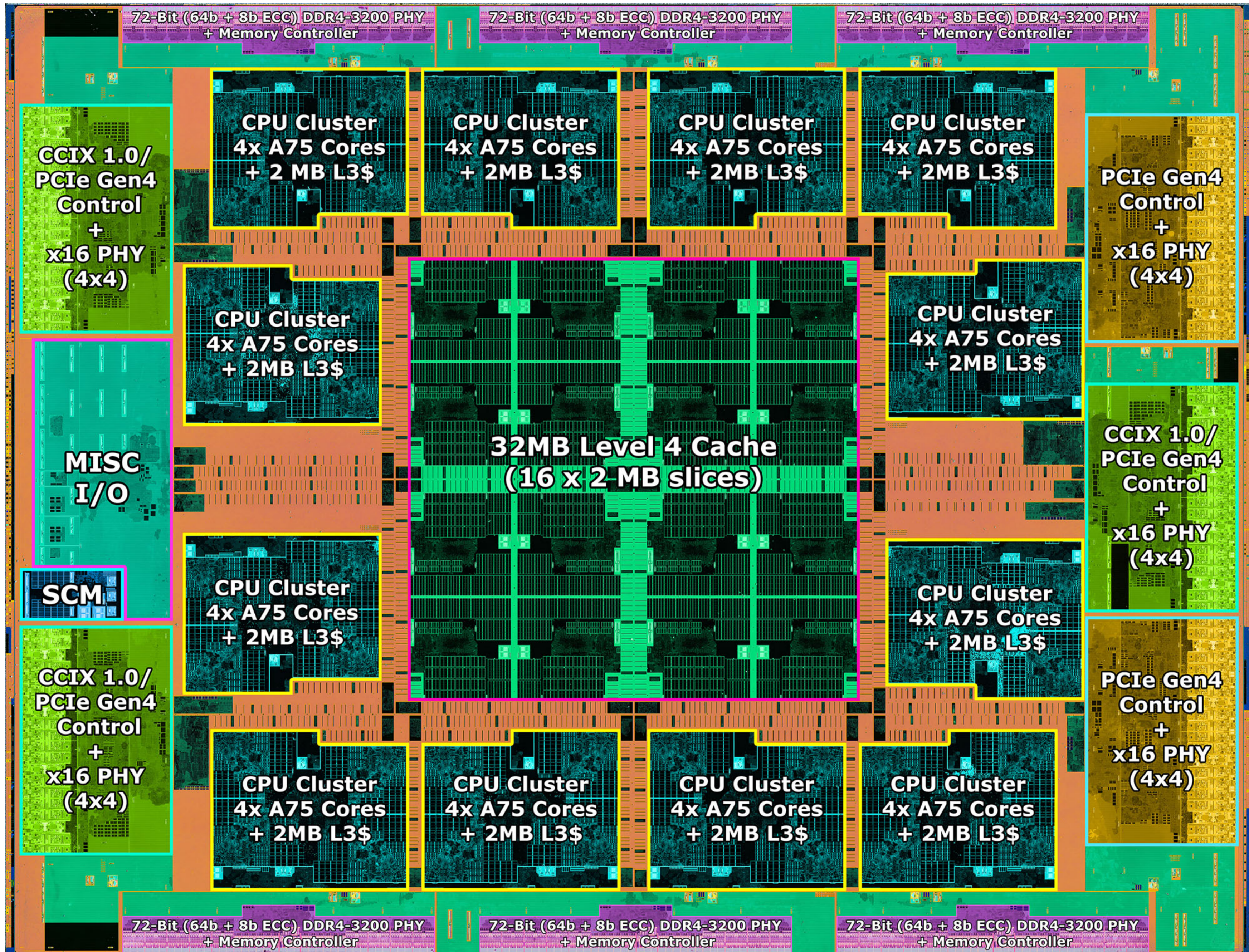
Модуль управления системой (SCM), расположенный в левой части чипа, выполняет сервисные функции: запускает чип, обеспечивает начальную конфигурацию всех модулей процессора, следит за его состоянием, имеет на борту SPI-контроллер, используемый для стартовой загрузки.



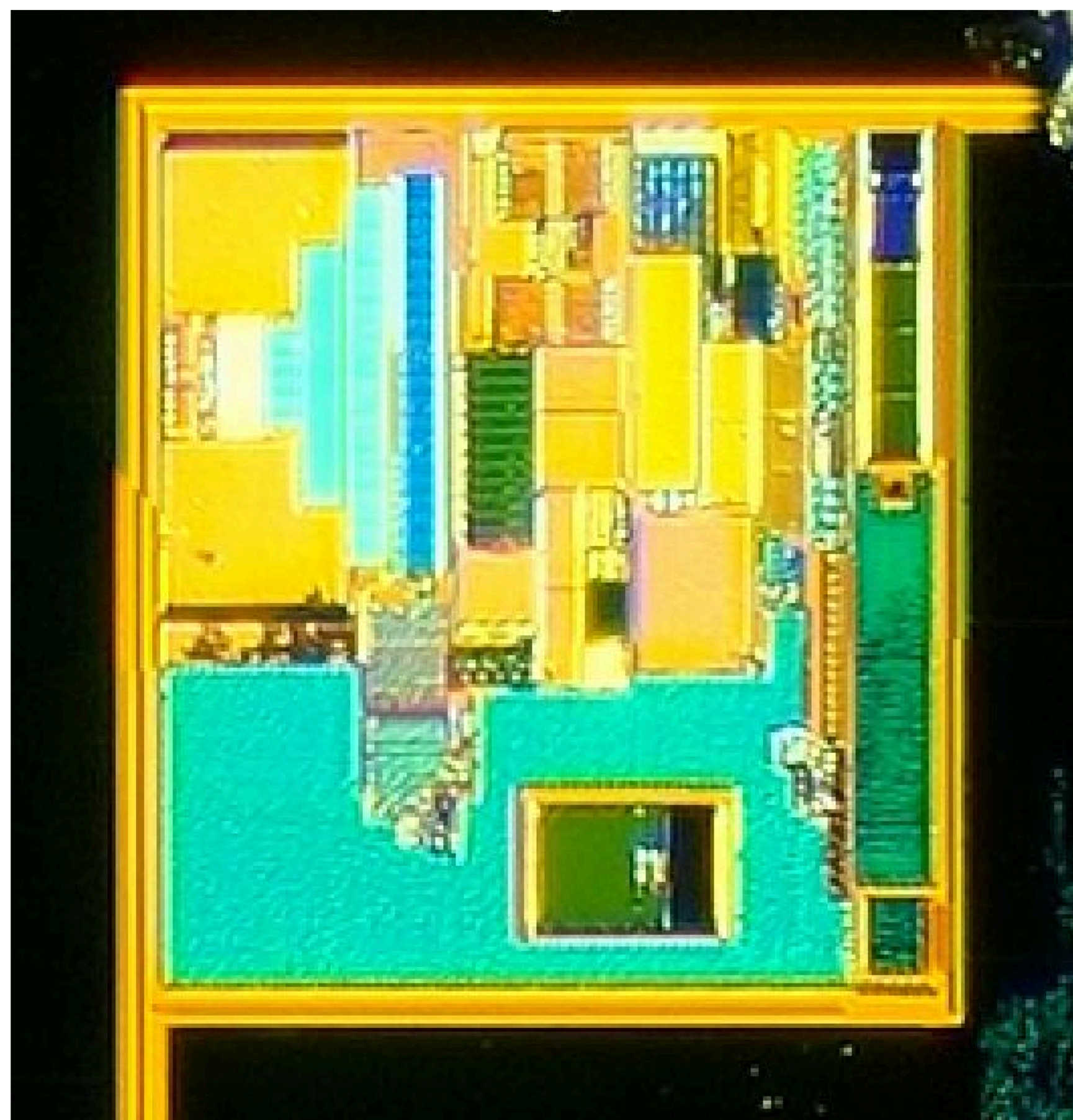
Baikal S имеет 80 линий PCIe Gen4. Архитектурно они воплощены в пять макромодулей, расположенных по краям кристалла, каждый из которых подключён к CMN и поддерживает 16 физических интерфейсных линий через четыре интегрированных с пропускной способностью 16 гигабит в секунду для каждой линии. Три подсистемы PCIe Gen4 в составе CCIX модулей обеспечивают возможность построения многопроцессорной системы с четырьмя микропроцессорами Baikal S и общим когерентным кэшем L4.



Низкоскоростные интерфейсы, а также часть высокоскоростных usb 2.0 и 1-гигабитный Ethernet предположительно расположены в центральной левой части кристалла (MISC I/O).



Датчики процесса, напряжения и температуры расположены по всей площади микросхемы и обеспечивает оптимизацию производительности системы на кристалле на основе местных условий, с которыми сталкивается чип. С помощью этой информации можно оптимизировать производительность и энергопотребление, а также обнаружить аномалии в производительности чипа, которые могут быть вызваны сбоем системы или нарушением безопасности.

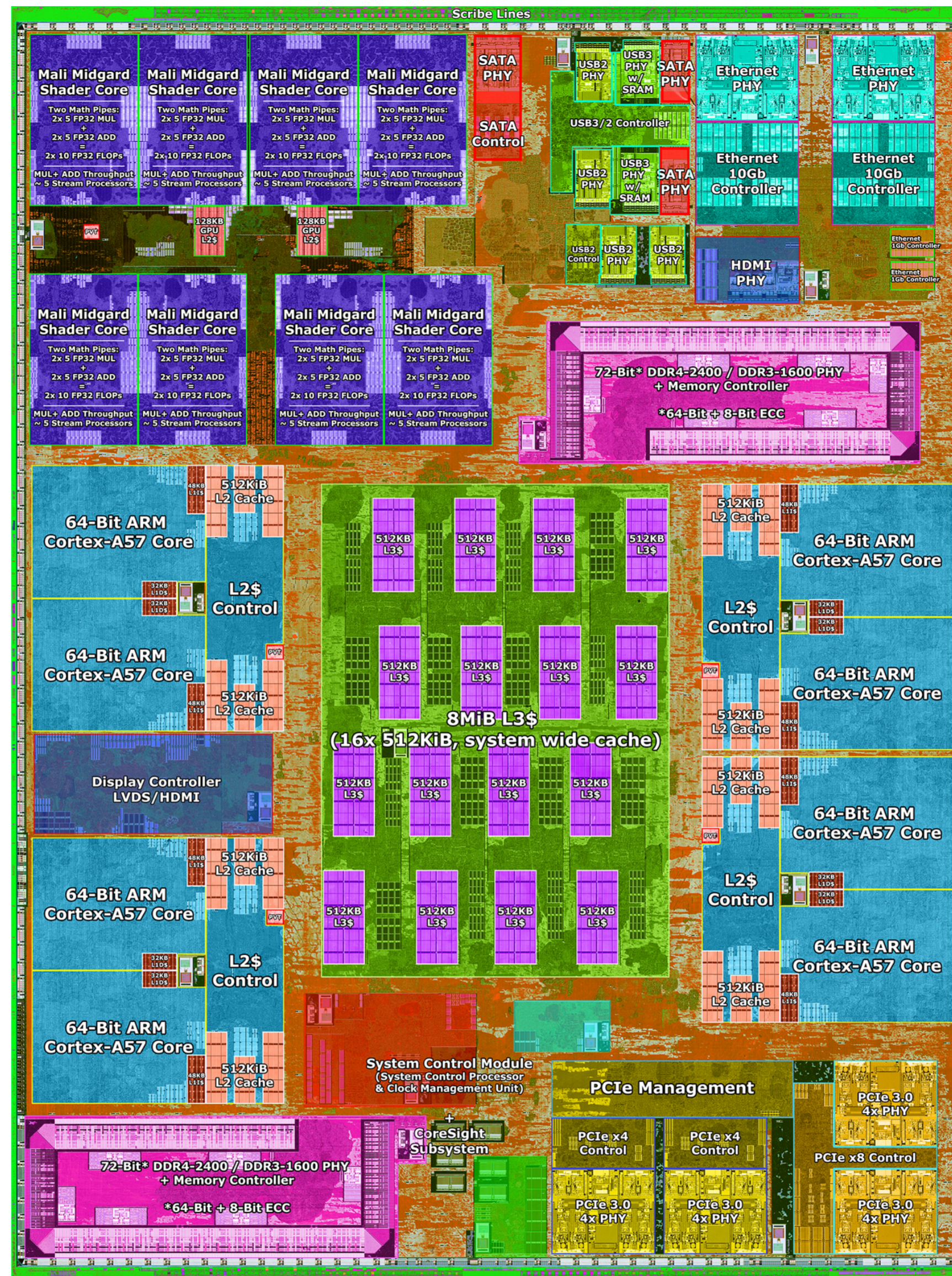


Один из PVT датчиков

Теперь взглянем на общую компоновку элементов на кристалле – всё для любителей рассматривать плоды работы десятков инженеров, воплощённых на площади в несколько квадратных сантиметров.

Первая интегральная схема была разработана в 1961 году компанией Fairchild Semiconductor и с тех пор сложность и количество элементов на чипе неуклонно увеличивались. Сегодня с каждым переходом на новую топологию стоимость разработки микросхемы в человеко-часах растёт на порядки и в какой-то момент одна компания уже не может делать весь дизайн чипа самостоятельно – каждый следующий релиз для неё будет стоить десятилетия. Разделение труда позволило на порядки ускорить процесс проектирования микросхем. Какие-то компании разрабатывают ядра, кто-то разрабатывает периферийные контроллеры, контроллеры памяти и тд. Есть дизайн-центры (такие как Baikal Electronics, Элвис, Ядро). Кто-то может определённые части делать сам, а какие-то части покупать у коллег, таким образом использовать их наработки в своём дизайне. Допустим, разработка одного контроллера памяти будет стоить квалифицированным инженерам 200 человеко-лет. У вас их просто нет, поэтому чтобы ускорить процесс проектирования вы покупаете за определённые деньги готовый дизайн этого контроллера за 100 человеко-лет.

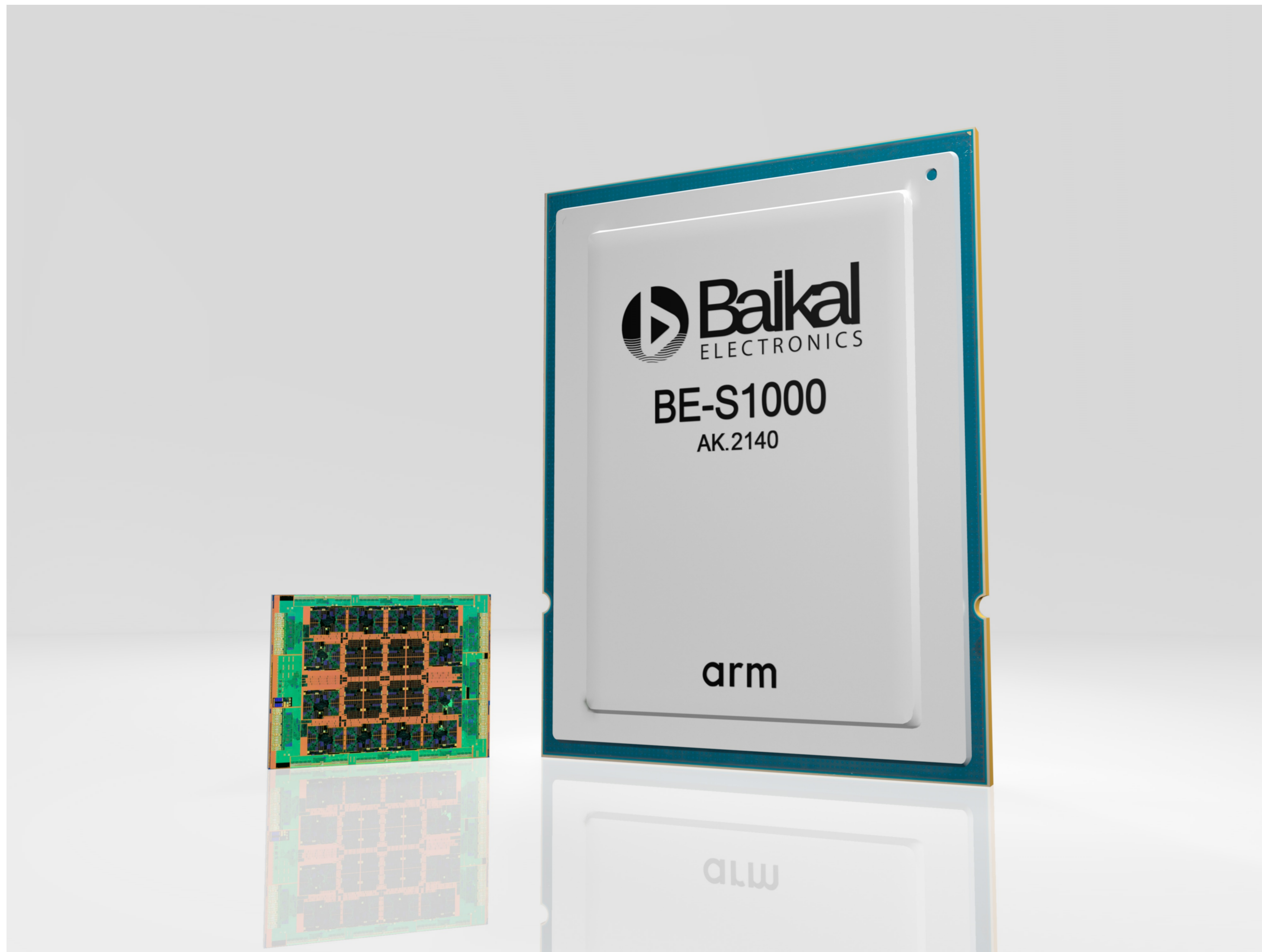
Один из составных элементов на чипе – это процессорные ядра, на которых происходят основные вычисления, но занимаемая ядрами площадь на чипе, например в Baikal M, составляет около 20%, всё остальное это периферия, кэш, графика и тд.



Топология кристалла процессора Baikal M

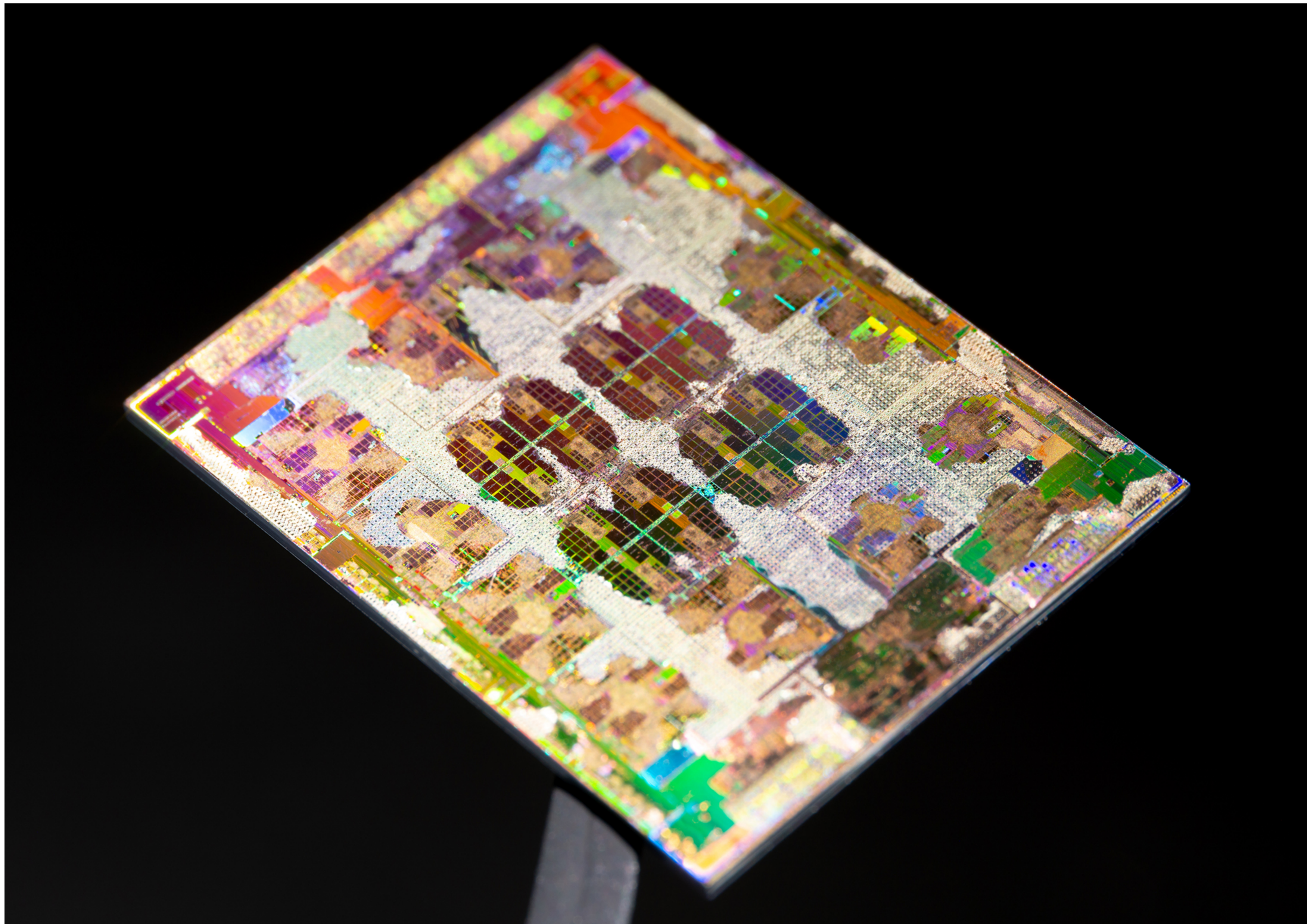
В этой ситуации ключевая компетенция Baikal Electronics это умение понять какой процессор будет востребован, из каких блоков его правильно собрать, и умение собрать его, потому что это тоже задача нетривиальная. На выходе получается, что каждая часть этого процессора сделана людьми, которые знают своё дело лучше всех в мире, в итоге разработав действительно хороший дизайн, который после этого произведён на самой лучшей фабрике.

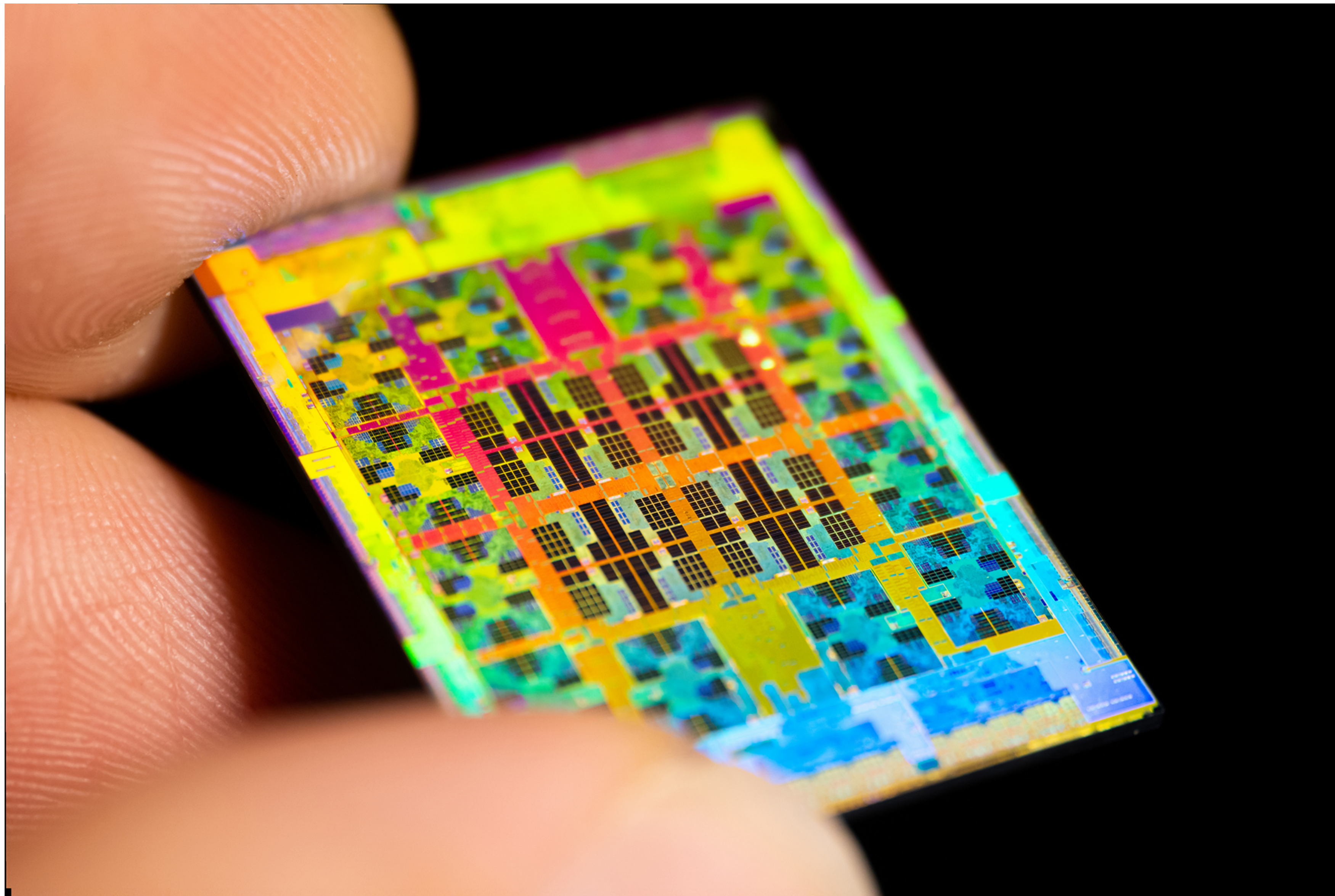
Поэтому очень смешно слышать перлы неосведомлённых людей про «просто переклеили этикетку» или «да тут любой может из готового как из Lego собрать». Готовые процессоры такой сложности не продаются, продаются отдельные его компоненты. И общая картина сильно зависит от того, как ты его соберешь, настроишь и какой код напишешь. Каждый этап работ требует большого числа специалистов в микроэлектронике, которые понимают, как ядра и прочие элементы процессора работают внутри. Понимают, чем дышит современная сфера процессоров. А не ребята с форумов, которые возомнили себя компетентными в сложности высоких технологий, после того как собрали себе домашний ПК через конфигуратор на сайте ДНС.

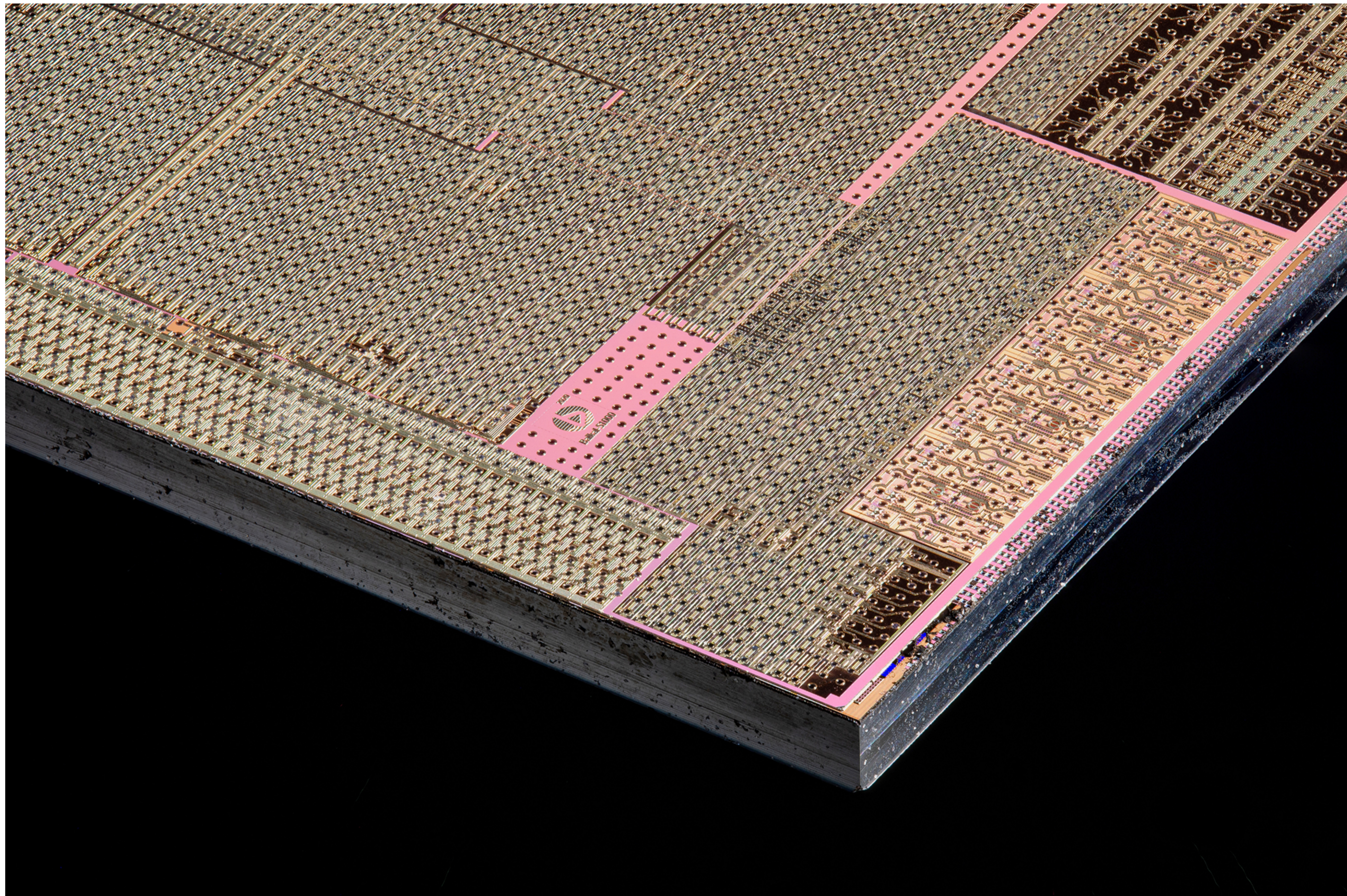


По поводу наличия возможных закладок в купленных блоках или внедрения их в процессе производства – это не технический, а исключительно философский вопрос. В закладки можно либо верить, либо не верить, потому что их существование не доказано, никто их никогда не видел. Можно сказать, что «я верю в то, что где-то в поясе астероидов летает маленький фарфоровый чайник Рассела и не верю в закладки». Кто-то другой может верить в закладки и не верить в существование чайника Рассела. Но доказать мы друг другу ни того, ни другого не сможем и это не предмет для конструктивной дискуссии вообще. Теоретически это возможно. Фактически это очень трудно осуществимо технически и несёт в себе такие колоссальные риски для людей, которые будут этим заниматься, что никакой человек в здравом уме этого делать не будет. Это огромные репутационные риски для фабрики, которая производит процессор и это очень сложно сделать технически, потому что процесс создания и внедрения такой закладки очень трудоёмок, требует огромного времени, а у фабрики от момента прихода файлов топологии процессора до момента производства есть около двух недель и за это время прочесть эти файлы и понять что там происходит нереально. В противном случае вам придётся как минимум колоссально срывать сроки производства, а как максимум – если вы пошли на такой срыв сроков и сделали эту закладку, если вдруг её найдут, то репутация фабрики во всём мире будет мгновенно уничтожена. Ни одной фабрике это не нужно, потому что это риски, которые совершенно несравнимы с потенциальным профитом от такого рода закладок. В капиталистическом мире репутация компаний это огромная ценность и её нужно всеми средствами сохранять, а подобные конструкции с закладками это невообразимый риск, на который ни одна разумная компания не пойдёт.

В современном мире есть два кардинально различающихся подхода. К примеру, Baikal Electronics, Элвис и другие, просто берут ядра процессорной архитектуры хорошо известной в мире, под которую уже есть огромное количество софта, который либо нуждается в минимальных переделках, чтобы функционировать на этих процессорах, либо совсем ни в каких переделках не нуждается, поддерживая из коробки весь спектр софта выбранной экосистемы. (Байкалы поддерживаются ядрами Линукс из коробки). Либо есть вариант, который использует МЦСТ, обеспечивая совместимость с x86 для того, чтобы можно было не переписывать софт. В случае обеспечения совместимости, у которой другая система команд, относительно того, что у Эльбрусов есть в кремнии, - это затратно, это сильно уменьшает производительность. Если вы готовы мириться с уменьшающейся производительностью – оно будет работать. Если вы не готовы – нужно переписывать весь софт нативно под Эльбрус. Это дорого, но это повышает производительность. Выбор за вами. Поэтому в современном мире так важно либо владеть, либо вписываться в уже существующую экосистему.







Подводя итоги, можно сказать, что: до 24 февраля 2022 года российским дизайн-центрам ничто не мешало завоевать отечественный рынок своими изделиями и впоследствии выйти на мировую арену, к чему Baikal Electronics шла семимильными шагами. Baikal M и Baikal S тому подтверждение. В результате внешней политики российского правительства микроэлектронная отрасль была задушена. «Микрон», называющий себя полупроводниковой фабрикой №1 в России (на котором не налажено серийное производство по 90 и 65 нм за десятилетие) выпускает только билеты для метро и кое-что не относящееся к гражданскому рынку по устаревшим техпроцессам со штучными тиражами, испытывая постоянные нехватки ресурсов. Вместо налаживания производства сложной микроэлектронной продукции, требующей многосторонней кооперации и многосотмиллиардных инвестиций, руководство страны выбрало иной вектор «развития», который медленно ведёт Россию в пропасть технологической отсталости. Сравнить российский рынок с китайским (как это сделал Константин Трушкин – заместитель директора по маркетингу АО МЦСТ на круглом столе «Российское ПО и цифровой суверенитет страны» в прошлом году) нецелесообразно по причине абсолютно разных объёмов производства и абсолютной невозможности технологической автаркии России без фатальных последствий для страны.