

# Процессорные решения компании Loongson Technology

Андрей ВЕРШИНИН  
mcu@macrogroup.ru

В статье дается представление о производственной линейке компании Loongson Technology. Кратко описываются микропроцессоры 2K1000LA и 3C500, материнская плата на основе 3C500, а также проприетарная архитектура LoongArch. Приводится описание собственной экосреды. Можно с изрядной долей уверенности утверждать, что архитектура LoongArch наряду с x86 и ARM, RISC-V становится ведущей экосистемой с открытым исходным кодом.

## Введение

В последнее время на российском рынке появилось немало новых компаний азиатского происхождения. С продукцией одной из них, китайской компанией Loongson, мы ознакомим вас в этой статье. Историю компании можно разделить на три этапа. В первом из них, делящемся с 2001 по 2009 гг., исследовательская команда Loongson финансировалась по государственной программе. На этом этапе, в 2006 г., им удалось впервые в Китае создать процессор с тактовой частотой 1 ГГц.

Отсчет второго этапа начался в 2010 г., когда была создана компания Loongson Technology. Этот период характеризуется значительным ростом производства: в 2019 г. был изготовлен и отправлен заказчиком 1 млн СнК (Система на Кристалле). Нынешний, третий этап на-

чался в 2021 г., и по планам компании он должен продлиться до 2030 г. За это время компания должна стать ведущим игроком на мировом рынке микроконтроллеров. Первый шаг к этой цели компания сделала уже в 2021 г., когда анонсировала 16-ядерный микропроцессор (МП) 3C5000 с тактовой частотой 2,5 ГГц и полностью независимой архитектурой LoongArch.

Историю компании иллюстрирует рис. 1, на котором показаны все созданные компанией СнК. В серию Loongson 3 (Big CPU) входят наиболее производительные многоядерные 64-бит МП. Она предназначена для использования в настольных компьютерах и серверах, а также в рабочих станциях.

В серию Loongson2 (Medium CPU) входят 32/64-бит МП с широким набором интерфейсов. Они используются в сетевых и про-

мышленных приложениях. Серия Loongson1 (Small CPU) состоит из 32-бит микроконтроллеров (МК) с малым энергопотреблением, которые предназначены для применения в интернете вещей, терминалах и сетях.

## Микропроцессор 2K1000LA

Структурная схема 64-бит двуядерного суперскалярного МП 2K1000LA с архитектурой LoongArch серии Loongson2 приведена на рис. 2. МП базируется на двух процессорных 64-бит ядрах LA264. Каждое из ядер C0 и C1 имеет кэш-память данных и команд уровня L1 объемом по 32 Кбайт, а также кэш-память уровня L2 емкостью 1 Мбайт.

Ядра могут менять очередность выполнения команд, что позволяет увеличить производительность за счет их параллельного вы-

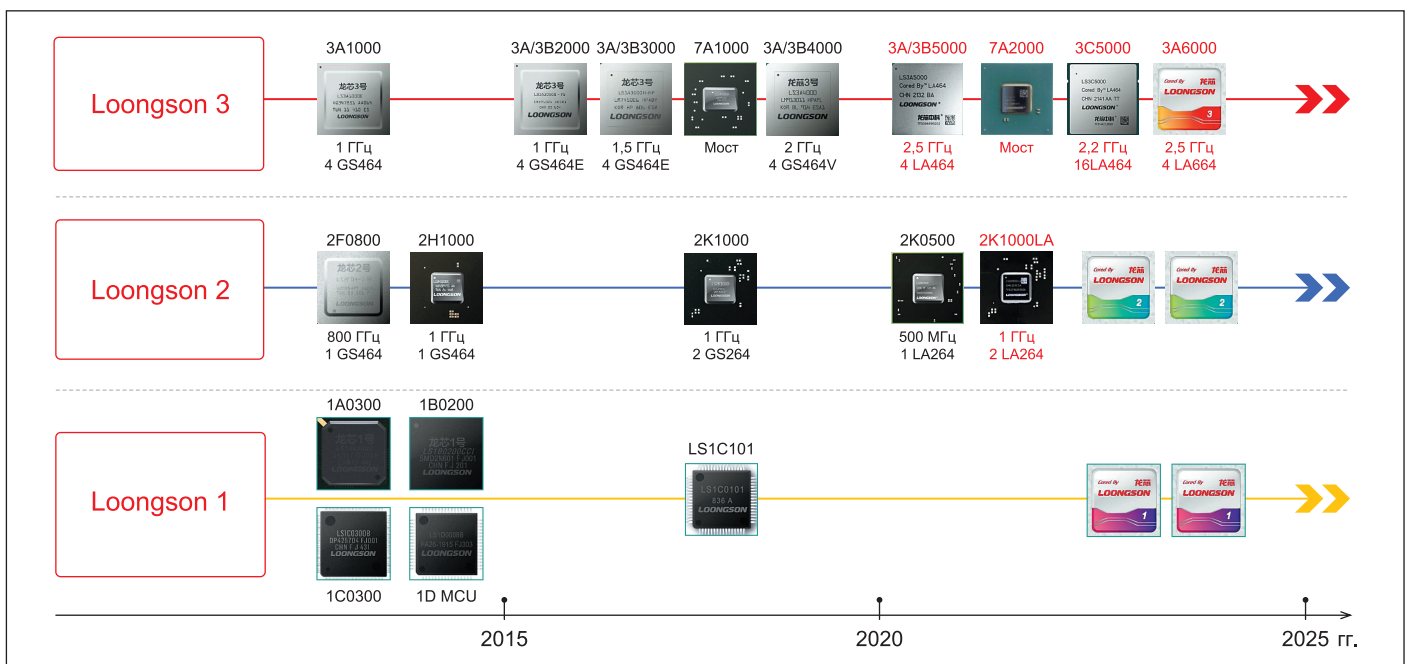


Рис. 1. Производственная линейка компании Loongson

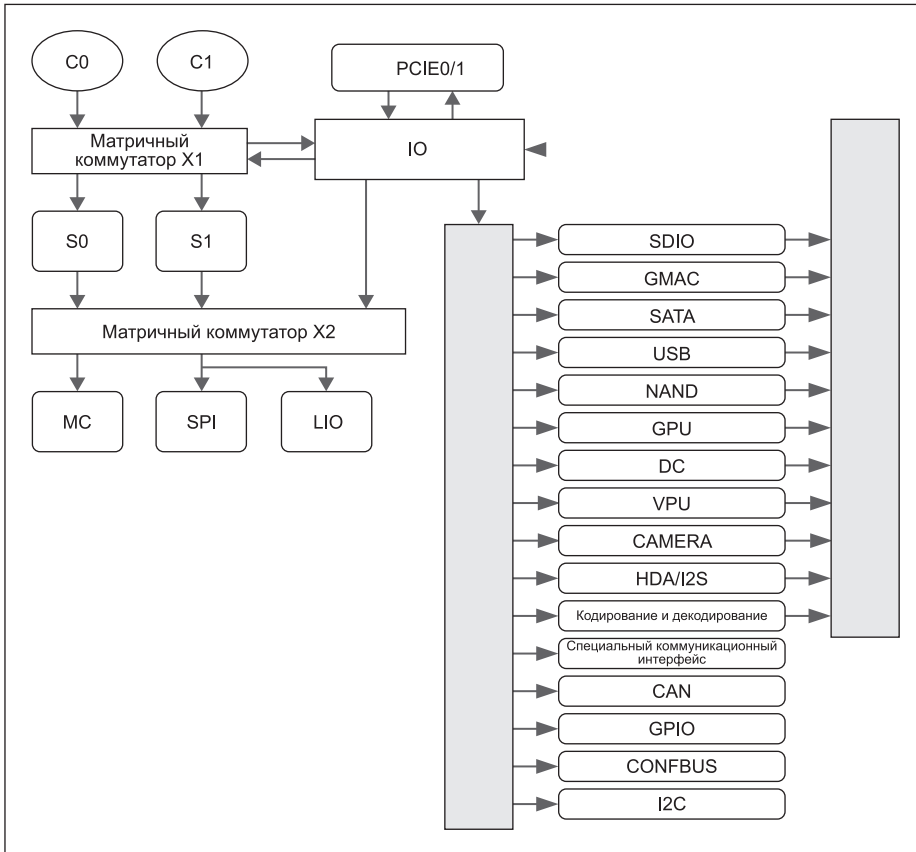


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера 2K1000LA

фики. Контроллер дисплея поддерживает два параллельных интерфейса дисплея, аппаратный курсор и гамму-коррекцию. Его тактовая частота достигает 165 МГц. Каждый параллельный интерфейс способен управлять дисплеем размером 1920×1080 пикс. при частоте 60 кадров/с. Используется кодировка цветности: RGB444, RGB555, RGB565, RGB888.

В МК 2K1000LA встроен широкий набор интерфейсов. Поскольку они хорошо известны, мы их только перечислим:

- два канала PCIE2.0;
- SATA2.0;
- четыре канала USB2.0;
- Ethernet MAC и 2 канала RGMII;
- 12 каналов UART;
- два канала CAN;
- SDIO;
- два канала I2C.

Управление питанием осуществляется специальным модулем ACPI. Предусмотрен режим динамического изменения тактовой частоты, отключения тактирования. Кроме того, предусмотрены режимы пониженного энергопотребления, а среди них — режим гибернации, останов. Интересной особенностью является возможность вывода из режима пониженного потребления не всего МК, а лишь отдельных модулей.

### Микропроцессор 3С5000

16-ядерный 64-бит МП 3С5000 с архитектурой LoongArch серии Loongson 3 является мощным вычислительным средством. Его производительность достигает 560 Гфлопс при частоте тактирования 2,0–2,2 ГГц. МП базируется на высокопроизводительных процессорных ядрах LA464. Каждое из них имеет кэш-память данных и команд уровня L1 объемом по 64 Кбайт, кэш-память уровня L2 емкостью 256 Кбайт и общую память уровня L3 объемом 32 Мбайт. Реализована когерентность кэш-памяти.

МП может работать с внешней памятью 72-бит DDR4-3200, поддерживается исправление ошибок ECC. Отметим четыре контроллера SuperTransport 3.0 двунаправленной шины, благодаря которым заметно возрастает скорость обмена данными с внешними устройствами. В МП интегрированы коммутационные интерфейсы SPI, UART, три канала I<sup>2</sup>C, AVS, 16 GPIO.

Предусмотрены режимы пониженного энергопотребления с динамическим регулированием частоты и напряжения питания основных доменов, а также с приостановкой их тактирования.

### Решения с МП 3С5000

В качестве примера использования МП 3С5000 приведем материнскую плату TC512A0. Ее можно использовать в рабочей станции, серверах или ПК. Структурная схе-

полнения. Пиковая производительность МП достигает внушительной цифры 8 Гфлопс. Ядра также поддерживают 128-бит векторные операции. Можно предположить, что речь идет об аналоге векторного сопроцессора NEON. Тактирование ядер производится частотой 1 ГГц. Обмен данными между ядрами осуществляется с помощью восьми специально выделенных регистров.

В МП интегрирован контроллер внешней памяти 64-бит DDR2/3-1066, соответствующий требованиям стандарта JESD79-3. Он поддерживает четыре сигнала выбора кристалла CS и 19-бит шину адреса. Контроллер

можно сконфигурировать для поддержки двух микросхем памяти разных типов, в том числе с рабочей частотой 133–533 МГц. Для надежного обмена данными встроена функция динамической компенсации задержки (DCC).

Контроллер NAND предназначен для работы с внешней флэш-памятью объемом до 16 Гбайт с максимальным объемом страницы 8 Кбайт. Контроллер поддерживает код исправления ошибок ECC, но для страниц объемом 512 байт.

Два матричных коммутатора (crossbar switch) позволяют сконфигурировать МП. Коммутатор X1 коммутирует процессорные ядра C0, C1, ввод/вывод (IO) и кэш-память уровня L2. Коммутатор X2 (рис. 3) конфигурируется. Он коммутирует кэш-память уровня L2, контроллеры SPI, LIO и ввод/вывод.

Отметим некоторые функциональные особенности МК. Начнем с графики и мультимедиа. Аудиоконтроллер HDA отвечает требованиям спецификации High Definition Audio Specification 1.0a. Он работает с аудиосигналами 44,1 и 48 кГц. Контроллер камеры, обрабатывающий 8-бит видеоданные, совместим с интерфейсом стандарта ITU-R BT 601/656. Модуль видеопроцессора VPU поддерживает стандарты сжатия H 264, MPEG 4, MPEG 2, MPEG 1, JPEG.

Встроенный графический процессор GPU обрабатывает 2D-графику с помощью API Open VG. Он также реализует преобразование цветности YUV и масштабирование гра-

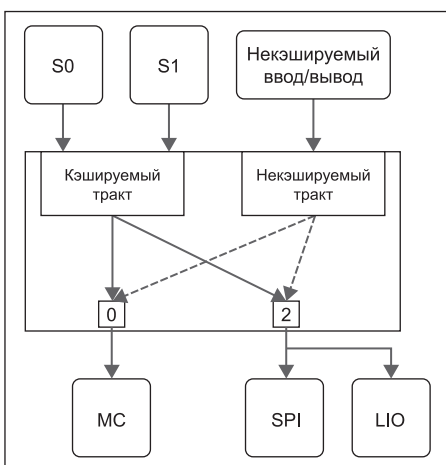


Рис. 3. Матричный коммутатор X2

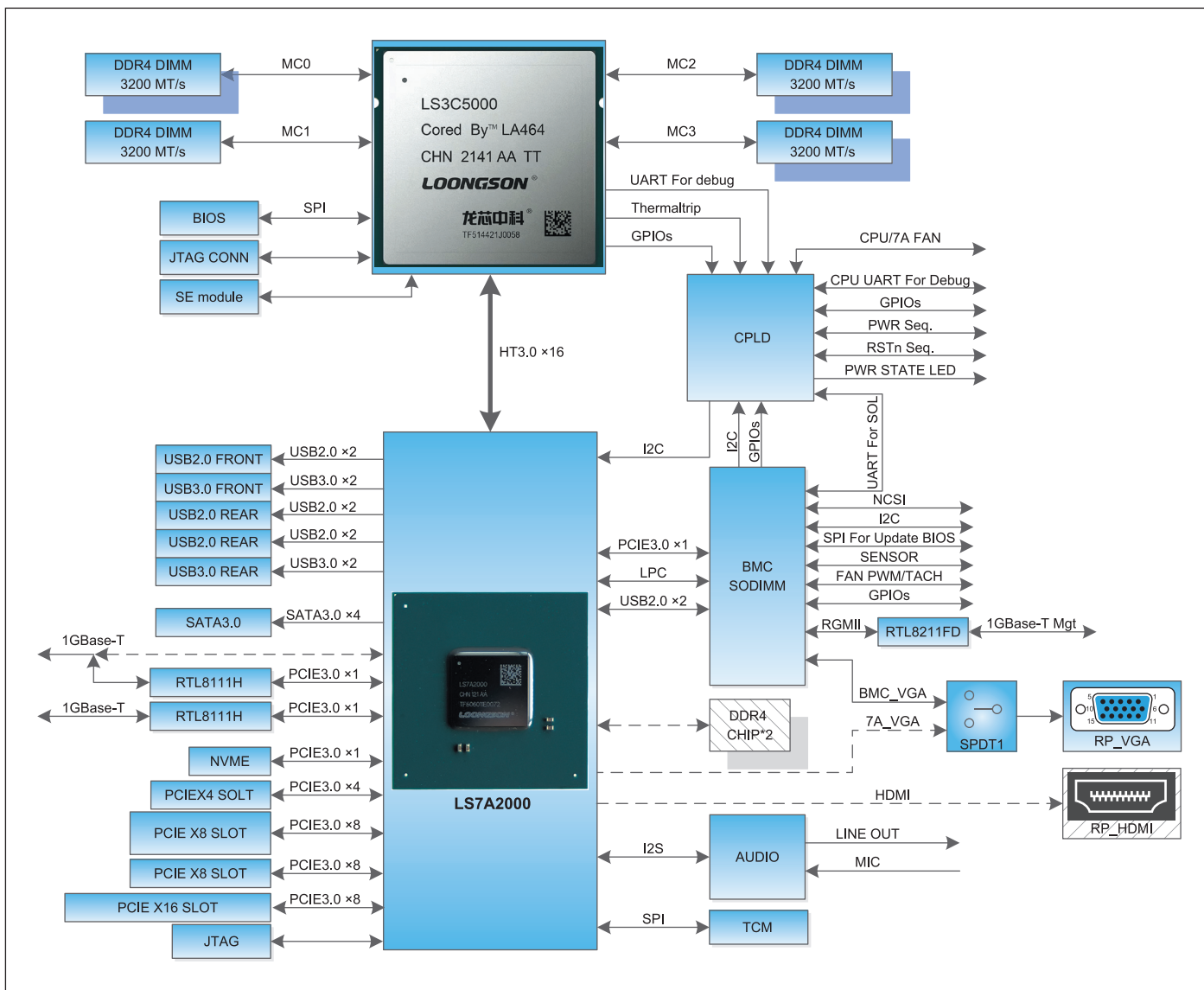


Рис. 4. Структурная схема материнской платы TC512A0

ма материнской платы показана на рис. 4. Помимо МП 3С5000, в ней применяется еще одно изделие компании — чипсет LS7A200, выполняющий роль моста. Размер платы составляет 304,8×234,84 мм.

Перечислим некоторые наиболее интересные, на наш взгляд, особенности платы TC512A0. В нее встроена 4-канальная память DIMM, максимальный объем которой достигает 256 Гбайт. В контроллер управления материнской платой BMC входит слот памяти SODIMM, совместимый с платами Aspeed AST2500 BMC или LS2K0500 BMC собственной разработки. На передней и задней сторонах платы находятся два и четыре разъема USB2.0, соответственно.

Соединение с твердотельной энергонезависимой памятью реализовано через интерфейс NVME. Впечатляет и набор интерфейсов PCIe: PCIe3.0 ×16, два канала PCIe3.0 ×8 и PCIe3.0 ×4 слота. Также поддерживается RS232 и сетевые порты Gigabit RJ45. Отметим еще поддержку виртуальной машины KVM

OC Linux. Она позволяет масштабировать вычислительные возможности, обеспечивая высокую производительность.

### Экосреда

Архитектура LoongArch — это первый набор команд, полностью разработанных в Китае. В ее состав входит более 2500 инструкций. Она полностью независима, и ее использование не требует приобретения лицензий. В настоящее время эта архитектура наряду с X86 и ARM становится ведущей экосистемой с открытым исходным кодом. Как X86 и ARM, она поддерживается сообществами GCC, LLVM, Go, Net, Linux с открытым исходным кодом.

Кроме того, компании Net, V8 и Mozilla реализовали три операционные среды для виртуальных машин на основе Java, Javascript и Net. LoongArch состоит из обязательного ядра и нескольких опциональных расширений. Разработаны три транслятора, от-

носящихся к другим известным архитектурам: MIPS — LoongArch; X86 — LoongArch; ARM — LoongArch. Кроме того, предлагаются три компилятора для GCC, LLVM, GOLANG.

Вкратце опишем три платформы ОС для LoongArch. Первая из них — Loongnix. Это ОС Linux. В ее состав входит Server, Loongnix-desktop, Loongnix-embed. Поддерживается Open Stack/KVM/docker/k8s и типовые решения для облачных вычислений. Трансляторы, которые упоминались выше, позволяют работать с приложениями и периферийными устройствами X86 Linux и X86 Windows.

Операционная система LoongOS предназначена, в первую очередь, для встраиваемых приложений, работающих в реальном времени. Она основана на ядре Linux с технологией RT-Linux. ОС LoongOS поддерживает графику FrameBuffer, EGL и Wayland., FrameBuffer (2D) и EGL (3D).

ОС LoongWorks основана на VxWorks. Она отлично подходит для работы с графикой и видео. В LoongWorks встроен драйвер

аппаратного ускорителя обработки 2D/3D-графики, графический API 3D OpenGL ES, среда QT, веб-браузер WebKit, плагин для чтения PDF, плагин IME, библиотека высокопроизводительных алгоритмов и многие другие функции обработки графики и видео.

Браузер Loongson, базирующийся на хорошо известном Chromium, оптимизирован под архитектуру LoongArch. Он также совместим с плагинами IE. Браузер пригоден для работы в интернете, содержит среду разработки JAVA для Loongnix. Среда разработки.net для Loongnix представляет собой версию LoongArch для сообщества .net.

В компании Loongson намереваются создать собственную экосистему, альтернативную Windows с Intel и Android с Arm. Компания считает, что ни одна независимая отрасль не может существовать на базе процессоров X86 и ARM, и, как видно из настоящей статьи, Loongson близка к осуществлению этой цели.

## Выводы

Компания Loongson производит СнК с собственной архитектурой LoongArch, которые могут найти спрос в самом широком ряду приложений, начиная с относительно простых применений в интернете вещей (МК серии Loongson 1) и заканчивая высокопроизводительными сетевыми и вычислительными комплексами (МП серии Loongson 3). Чипсеты изготавливаются по современным 14-нм технологиям, что позволяет увеличить частоту тактирования и производительность, а также свидетельствует о профессионализме сотрудников компании, поскольку разработка надежной топологии для 14-нм норм требует высокой квалификации и большого объема инженерных навыков.

Подкупает и хорошо проработанная экосистема, в которой найдется все для проектирования и отладки СнК с архитектурой LoongArch. Трансляторы с широко используемыми архитектурами MIPS, X86 и ARM позволят без труда перейти с этих архитектур на LoongArch. ■