Здравствуйте мы команды Elbrus, студенты факультета физики и информационных технологий. Мы обучаемся на специальности ПМС и один из наших основных предметов связан с изучением архитектуры микроконтроллеров. Именно поэтому мы хотим вам рассказать о Российской разработке - процессорах Elbrus.

Разработка архитектуры компьютера «Эльбрус» началась в 70-х. Перед разработчиками стояла задача создать вычислительную систему имеющую производительность 100 млн оп/с.

В 1980 г. «Эльбрус-1» с общей производительностью 15 млн оп/с успешно прошел государственные испытания. Это была первая ЭВМ в Советском Союзе, построенная на базе ТТЛ-микросхем. Особенностью машины стала масштабируемая архитектура, которая поддерживала одновременную работу до 10 процессоров.

Следующим этапом в разработке компьютера «Эльбрус» стал перенос архитектуры первой модели на новую элементную базу. Таким образом возник «Эльбрус-2», который основывался на базе ЭЛС интегральных схем и был запущен в серийное производство. Его производительность достигала 125 млн оп/с. Увеличился и объем оперативной памяти — до 144 МБ. Тактовая частота достигала 20 МГц.

Следующим был выпущен «Эльбрус-3», в котором разработчики впервые реализовали «постсуперскалярный» подход. Этот компьютер разрабатывался с 1986 по 1994 гг. сотрудниками ИТМиВТ под руководством советского ученого Бориса Арташесовича Бабаяна. «Эльбрус-3» не был выпущен в серийное производство, но его архитектура вошла в основу развития микропроцессоров Эльбрус 2000 и Эльбрус-3М1.

## Процессоры Эльбрус имеют VLIW (Very Long Instruction Word) архитектуру — то есть оперируют “широкими” командными словами. Это означает, что компилятор lcc анализирует исходный код программы при компиляции, определяет зависимости между командами и формирует широкие командные слова. В одном таком слове можно уместить до 23 действий, которые будут исполняться одновременно. Если использовать SIMD (Single Instruction Multiple Data), то это число может возрасти до 33 и более операций. Команды в широком слове исполняются параллельно, обеспечивая загрузку всех 6 арифметико-логических устройств на каждом процессоре. Распараллеливание и загрузка всех вычислителей целиком ложится на плечи оптимизирующего компилятора, что позволяет значительно упростить аппаратуру для анализа и исполнения команд и снизить энергопотребление до 45 Вт для Эльбрус-4С [2, 3].

## Потенциал развития производительности вычислительных систем кроется в микропроцессорах способных одновременно выполнять несколько команд независимо друг от друга. Подобные процессоры называются поддерживающими параллелизм на уровне инструкций (Instruction Level Parallelism, сокращенно ILP). ILP-процессоры строятся по суперскалярной архитектуре, или с использованием широкого командного слова (Very Large Instruction Word, сокращенно VLIW).

## Принцип работы суперскалярной архитектуры основан на динамическом планировании исполнения команд ядром процессора, что требует дополнительных вычислительных ресурсов, способных в течение наносекунд выбрать оптимальное решение по распределению команд. В VLIW-процессорах планирование исполнения команд отводиться компилятору. Такие процессоры сразу получают длинные командные слова, в которых все исполняемые инструкции заблаговременно распараллелены. При использовании VLIW-процессоров можно добиться большей производительности, поскольку при статическом анализе компилятор использует мощные вычислительные ресурсы и не имеет существенных ограничений по времени подготовки команд.

## Таким образом, VLIW-процессор может обрабатывать несколько инструкций за один такт и при меньшей тактовой частоте работать эффективнее процессоров с суперскалярной архитектурой. Например, процессоры с архитектурой Эльбрус имеют шесть каналов арифметико-логических устройств (АЛУ) работающий параллельно. Использование широкого командного слова позволяет выполнять в одном такте до 23 операций. В то же время в суперскалярном процессоре пределом является одновременное исполнение 7-8 команд. Это максимальное количество операций при динамическом планировании вычислительного процесса не приводящее к многократному усложнению микропроцессора.

Совместимость с программным обеспечением, написанным для архитектурых86, достигается системой динамической трансляции кодов. При ее работе создается виртуальная машина, в которой работает гостевая операционная система. Многоуровневая оптимизация позволяет достичь высокой скорости работы оттранслированного кода, что подтверждается запуском на платформе Эльбрус более 20 операционных систем, в том числе нескольких из семейства Windows.

Если развитие вычислительной техники в отдаленном будущем связывают с квантовыми компьютерами, то в ближайшей перспективе рост производительности можно обеспечить за счет распараллеливания вычислений. Архитектура Эльбрус построена по этому принципу и хорошо подходит под актуальные задачи цифровой обработки голосовых и видео потоков, телекоммуникации, видеоконференций и др.

Среди возможных применений серверов и рабочих станций, производимых на базе Эльбрус, называются: государственные учреждения и бизнес-структуры, требующие повышенных свойств информационной безопасности, высокопроизводительные вычисления, обработка сигналов, телекоммуникационные применения. За последнее время было создано несколько разновидностей ПК на базе процессоров «Эльбрус». К серийному производству был подготовлен персональный компьютер в форм-факторе моноблока (монитор и системный блок в одном корпусе) на базе микропроцессора «Эльбрус-8С». Моноблок получил название «Эльбрус 801М».

31 мая 2020 года компания МЦСТ опубликовала руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус». Данное руководство «содержит основные материалы для обучения программированию на платформе „Эльбрус“ и применимо на любом варианте Linux-подобной операционной системы». Данное руководство предназначено для пользователей вычислительной платформы «Эльбрус», использующих или оптимизирующих свое программное обеспечение на языках C и C++. В руководстве содержится информация: ● о платформе «Эльбрус» в целом и о фирменном компиляторе LCC; ● об языке ассемблер и системе команд процессоров «Эльбрус»; ● об особенности оптимизации и технике повышения производительности программного кода на платформе «Эльбрус». Данное руководство находится в открытом доступе, его можно найти на официальном сайте МЦСТ Эльбрус.

Эльбрус – относительно **сырой** и существенно проигрывает своим конкурентам. Но с другой стороны далеко не каждая страна способна заняться разработкой собственных процессоров. Китай, например, активно разрабатывает свои процессоры Loongson. К 2020 году они обещают освоить техпроцесс 12 нанометров.