

Прилуцкий И.В.

Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

Современные микропроцессоры получили очень широкое распространение, они применяются в различных устройствах, начиная с компьютеров, смартфонов, систем управления и заканчивая бытовой техникой. Вычислительные возможности современных микропроцессоров очень велики – они могут совершать миллиарды операций в секунду и их производительность неуклонно растет. За счет чего же достигается такое высокое быстродействие и как можно добиться дальнейшего повышения производительности микропроцессоров?

Первый параметр микропроцессора, на который обычно обращают внимание – тактовая частота [1, 2]. У современных микропроцессоров тактовая частота обычно находится в районе 4 ГГц и дальнейший рост этого параметра связан с очень большими сложностями, связанными с физическими ограничениями на работу микросхемы, которые преодолеть невероятно сложно. В частности, необходима еще большая миниатюризация элементов процессора, которые в настоящее время и так уже имеют размеры порядка нескольких нанометров. Т.к. тактовая частота процессора приблизилась к своему физическому пределу и дальнейшее ее повышение вызывает большие сложности и влечет все увеличивающиеся затраты, то начался поиск и практическое использование альтернативных путей повышения производительности микропроцессоров.

Следующим шагом повышения производительности микропроцессоров стало использование двух-, четырех- и многоядерных процессоров. Это означает, что в микропроцессоре используется два, четыре или более процессоров. С помощью специальных математических методов вместо последовательного вычисления нужного результата используются параллельные вычисления, которые одновременно выполняются разными процессорами, вследствие чего общее время достижения конечного результата существенно сокращается.

Следующий важный параметр, влияющий на производительность процессора – объем кэш-памяти. Процессор постоянно использует данные, размещенные в оперативной памяти, результаты вычислений он также размещает в оперативной памяти, однако наиболее часто используемые данные можно размещать в кэш-памяти, встроенной в процессор. Время доступа к данным, расположенным в кэш-памяти, существенно меньше и, следовательно, быстродействие процессора может быть существенно повышено. Кэш-память в современных процессорах может достигать

нескольких мегабайт на каждое ядро и неуклонно растет по мере разработки новых моделей процессоров.

Еще одна возможность повышения производительности микропроцессора – повышение частоты фронтальной шины, по которой происходит обмен данными между процессором и оперативной памятью. Пропускная способность фронтальной шины современных процессоров достигает 10 Гб/с.

Любой современный процессор состоит из огромного набора транзисторов, которые служат переключателями. Для повышения скорости переключения, необходимо уменьшать размеры транзисторов. Кроме того, производительность любого процессора определяется и количеством самих транзисторов. Поэтому со времён создания первой интегральной микросхемы в 1959 году неуклонно происходило уменьшение размера транзисторов и одновременно увеличивалась плотность их размещения на кристалле полупроводника.

Во время работы транзисторы рассеивают энергию от трех источников: коммутации, короткого замыкания и токов утечки. Коммутация и питание от короткого замыкания это динамические источники тепла, так как на них влияют включающиеся и выключающиеся транзисторы. Токи утечки относят к статическим источникам тепла, так как они постоянны и не зависят от работы транзисторов. По мере увеличения рабочей частоты микросхемы, происходит больше изменений состояния и больше мгновенных коротких замыканий. Это увеличивает тепловыделение чипа. По мере уменьшения размеров транзисторов, остается все меньше вещества, разделяющего соседние транзисторы, что приводит к возрастанию токов утечки. Поэтому доля тепловыделения за счет токов утечки увеличиваться с каждым поколением. В настоящее время проблема охлаждения чипов становится одним из главных сдерживающих факторов на пути дальнейшей миниатюризации микросхем.

Существует две основные формы охлаждения: пассивное и активное. Пассивное охлаждение – это радиатор, прикрепленный к чипу, который охлаждается окружающим воздушным потоком. Активное охлаждение – это применение вентилятора или иных технических средств для интенсификации потока воздуха через радиатор. В настоящее время широкое распространение получил прием, получивший название Thermal throttling (троттлинг) – это автоматическое снижение тактовой частоты процессора, для уменьшения нагрева, когда температура, измеряемая датчиками, доходит до критической точки.

Ключевой проблемой является отвод тепла от самого чипа к окружающей среде. Процессорные кристаллы изготавливаются с установленными сверху металлическими крышками для распределения тепла. Поскольку сам чип меньше по размеру, чем корпус, тепло распространяется на большую

площадь и в результате мы получаем более эффективное охлаждение процессора. Также важно использовать хорошую термопасту. Без неё тепло не так эффективно передается радиатору.

Жидкостное охлаждение сложнее по устройству, чем воздушное, но имеет более высокую эффективность, вследствие более высокой теплоемкости жидкости по сравнению с воздухом. При жидкостном охлаждении тепло передается от чипа охлаждающей жидкости через термопасту с высокой теплопроводностью. Циркулирующая жидкость нагревается и переносит тепло к радиатору, где оно может быть рассеяно.

Тепловые трубки – современный, высокотехнологичный метод охлаждения, основанный на использовании фазового перехода (испарения) для увеличения теплопередачи. Тепловая трубка представляет собой герметичную емкость, из которой откачан воздух и добавлено некоторое количество жидкости, которая при нагревании горячего конца трубки превращается в пар. Пар движется по тепловой трубке до тех пор, пока не достигнет «холодного конца» и не сконденсируется обратно в жидкость. Жидкость возвращается к «горячему концу» под действием силы тяжести или капиллярного эффекта. Превращаясь в пар жидкость поглощает тепло, а затем высвобождает его, при конденсации.

Встречаются и экзотические системы охлаждения, например системы охлаждения с использованием элементов Пельтье или нуждающиеся в расходных материалах, таких как жидкий азот или сухой лед.

В заключение приведем параметры флагманских моделей процессоров для домашних систем от ведущих производителей – AMD и Intel.

От AMD – Ryzen Threadripper PRO 7995WX мощный процессор на архитектуре Storm Peak, он имеет 96 ядер и 192 потока и изготовлен по 5 нм техпроцессу, максимальная частота составляет 5100 МГц, множитель разблокирован. Максимальная температура ядра 95 °С. Количество транзисторов 78,840 млн.

От Intel – Core i9-14900KS, это процессор на архитектуре Raptor Lake-R. Он имеет 24 ядра и 32 потока и изготовлен по техпроцессу Intel 7, максимальная частота составляет 5900 МГц, множитель разблокирован. Максимальная температура ядра 100 °С. Размер 257 мм².

Литература

1. Современные микропроцессоры [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.modlabs.net/page/sovremennye-mikroprocessory#google_vignette . – Дата доступа: 14.05.2024.
2. Современные микропроцессоры и их основные характеристики. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7739715/page:12/> – Дата доступа: 14.05.2024.