

Самкова Татьяна Олеговна

студентка

Усманова Инна Рамилевна

студентка

Ковганюк Виктор Федорович

студент

Орлов Алексей Вениаминович

канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
авиационный технический университет» в г. Стерлитамаке
г. Стерлитамак, Республика Башкортостан

РАЗВИТИЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В ОБОЗРИМОМ БУДУЩЕМ: НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация: статья посвящена развитию микропроцессоров в обозримом будущем. Вывод данной работы заключается в том, что ученые и инженеры успешно преодолевают барьеры на пути повышения производительности элементов и систем. Авторы выдвигают предположение, что основная цель будущей нанотехнологии – создание структур, способных к эволюции и саморазвитию.

Ключевые слова: компьютер, развитие, микропроцессор, вычислительное средство, центральный процессор, нанотехнология.

1. Актуальность.

На сегодняшний день микропроцессоры составляют основу компьютерной техники, и переход к новым поколениям вычислительных средств приобретает особую актуальность. Это связано с потребностями решения сложных задач больших размерностей. Непрерывный рост характеристик требует разработки и создания принципиально новых вычислительных средств для поддержки их эффективного функционирования.

Быстродействие компьютера зависит, прежде всего, от того, какой центральный процессор в нем установлен. Какие бы задачи пользователь не ставил перед системой, процессор играет в них основную роль, и если он достаточно производителен, то работа с компьютером будет продуктивной и комфортной. Если же скорости процессора не хватает, то есть риск, что рабочий процесс превратится в нервотрепку как для рядового пользователя, так и для сотрудника научно-исследовательского центра.

Но бесконечное увеличение скорости вряд ли возможно, ведь существуют чисто физические ограничения. Тем не менее, сотни исследователей, представляющих самые различные организации, упорно трудятся, пытаясь преодолеть технологические барьеры.

Цель работы:

- проанализировать направления развития микропроцессоров;
- выделить новые технологии производства микропроцессоров;
- дать обзор прогнозов развития микропроцессорной техники.

Объект исследования – развитие микропроцессоров в обозримом будущем: направления и технологии.

2. Определение микропроцессора и основные характеристики.

Микропроцессор – центральное устройство (или комплекс устройств) ЭВМ (или вычислительной системы), которое выполняет арифметические и логические операции, заданные программой преобразования информации, управляет вычислительным процессом и координирует работу устройств системы (запоминающих, сортировальных, ввода – вывода, подготовки данных и др.). В вычислительной системе может быть несколько параллельно работающих процессоров; такие системы называют многопроцессорными. Основными характеристиками микропроцессора являются: быстродействие и разрядность.

Быстродействие – это число выполняемых операций в секунду. Разрядность характеризует объём информации, который микропроцессор обрабатывает за одну операцию: 8-разрядный процессор за одну операцию обрабатывает 8 бит информации, 32-разрядный – 32 бита и 64 разрядные – 64 бита.

Изначально термин центральное процессорное устройство описывал специализированный класс логических машин, предназначенных для выполнения сложных компьютерных программ. Вследствие довольно точного соответствия этого назначения функциям существовавших в то время компьютерных процессоров, этот термин естественным образом был перенесён на сами компьютеры. Начало применения термина и его аббревиатуры по отношению к компьютерным системам было положено в 1960-е годы. Устройство, архитектура и реализация процессоров с тех пор неоднократно менялись, однако их основные исполняемые функции остались теми же, что и прежде.

3. Эволюция процессоров.

Первым этапом, затронувшим период с 40-х по конец 50-х годов, было создание процессоров с использованием электромеханических реле, ферритовых сердечников (устройств памяти) и вакуумных ламп. Они устанавливались в специальные разъёмы на модулях, собранных в стойки.

Большое количество таких стоек, соединённых проводниками, в сумме представляли процессор. Отличительной особенностью была низкая надёжность, низкое быстродействие и большое тепловыделение.

Вторым этапом, с середины 50-х до середины 60-х, стало внедрение транзисторов. Транзисторы монтировались уже на близкие к современным по виду платам, устанавливаемым в стойки. Как и ранее, в среднем процессор состоял из нескольких таких стоек. Возросло быстродействие, повысилась надёжность, уменьшилось энергопотребление.

Третьим этапом, наступившим в середине 60-х годов, стало использование микросхем. Первоначально использовались микросхемы низкой степени интеграции, содержащие простые транзисторные и резисторные сборки, затем по мере развития технологии стали использоваться микросхемы, реализующие отдельные элементы цифровой схемотехники (сначала элементарные ключи и логические элементы, затем более сложные элементы – элементарные регистры, счётчики, сумматоры).

4. Основные направления создания микропроцессоров.

Развитие микропроцессорной архитектуры идет по пути постоянного повышения их производительности. Традиционными направлениями являются повышение тактовой частоты работы МП и увеличение количества одновременно выполняемых команд за счет увеличения числа конвейеров (исполнительных устройств) в МП. Однако оба эти направления следует признать экстенсивными, имеющими естественные ограничения. Повышение тактовой частоты, которое в основном обеспечивается путем увеличения количества ступеней в конвейере, приводит к большим потерям времени при необходимости перезагрузки конвейера вследствие конфликтов по управлению или при переключении на новую задачу. Такое увеличение имеет также и физические ограничения, связанные со схемотехникой кристалла БИС. Ограничения определяются также влиянием накладных расходов при передаче частично обработанной команды на следующую ступень конвейера. На больших частотах эти расходы становятся соизмеримыми с длительностью обработки на очередном этапе. Во многом это направление исчерпало себя в микропроцессоре Pentium 4, работающем на частотах, близких к 4 ГГц.

Повышение производительности за счет увеличения числа конвейеров в микропроцессоре можно оценить увеличением числа команд, выполняемых программами за такт (IPC – INsTRuctions Per Cycle). Так, для МП Alpha 21264 этот показатель равен 6, столько же микроопераций за такт может выдать Pentium 4. Но это предельные значения, а реальные программные коды, в частности, из-за различных взаимозависимостей, дают гораздо более низкое значение IPC.

В настоящее время для повышения производительности микропроцессоров используется ряд новых подходов, основными из которых являются:

- CMP (Chip Multi ProcessINg) – создание на одном кристалле системы из нескольких микропроцессоров (многоядерность);
- SMT (Simultaneous MultiThreadINg) – многонитевая архитектура;

– EPIC (Explicitly Parallel INstruction ComputING) – вычисления с явным параллелизмом в командах.

Направление CMP обеспечивается возросшими технологическими возможностями, которые позволяют создать на одном кристалле несколько микропроцессоров и организовать их работу по принципу мультипроцессорных систем.

Производители чипов уже не гонятся за частотой, сместив акцент на многоядерную архитектуру, которая позволяет наращивать производительность, сохраняя в приемлемых границах энергопотребление и тепловыделение. Многоядерные процессоры хорошо приспособлены для требовательных мультимедийных задач, таких как обработка видеозаписей, работы с большими базами данных, одновременное выполнение нескольких ресурсоемких заданий, например, компьютерной игры, записи DVD и загрузки файлов из Интернета. При таком подходе задача повышения производительности работы отдельных приложений требует распараллеливания последних, то есть проблема перемещается с аппаратного на программный уровень. На данный момент сложности заключаются в том, что большая часть существующего программного обеспечения создавалась без расчета на использование в многоядерных и многопроцессорных конфигурациях. Другими словами, прогресс в области аппаратных средств на какое-то время опередил прогресс в области программного обеспечения. Направление SMT в развитии архитектуры микропроцессоров базируется на том, что одна задача не в состоянии полностью загрузить все возрастающие ресурсы микропроцессора. Поэтому на одном процессоре осуществляется запуск нескольких задач одновременно, при этом распараллеливание программ осуществляется аппаратными средствами МП. Это позволяет более равномерно загрузить ресурсы процессора. Параллельно в разных устройствах МП могут выполняться команды из разных задач. Так, микропроцессор Alpha 21264 поддерживает выполнение до 4 задач одновременно. При поддержке SMT на 4 нити каждый процессор с точки зрения операционной системы выглядит как 4 логических процессора. Исследо-

вания показали, что SMT позволяет увеличить производительность данного процессора до двух раз, а дополнительные схемы управления занимают всего около 10% площади кристалла.

Некоторые микропроцессоры для максимального повышения своей производительности используют оба выше названных подхода. Так, компания Sun Microsystems представила новый процессор ULTRaSPARC T2. Направление EPIC фактически использует известную технологию VLIW (Very Large INsTRuction Word) – очень длинного командного слова. Распараллеливание алгоритма между исполнительными модулями производится компилятором на этапе создания машинного кода, когда команды объединяются в связки и не конкурируют между собой за ресурсы микропроцессора. При этом упрощается блок управления на кристалле.

Использование технологии Hyper Threading в современных микропроцессорах. Hyper-threading (HTT) – это торговая марка компании Intel для реализации технологии «одновременной мульти поточности» на микроархитектуре Pentium 4. Эта технология увеличивает производительность процессора при определённых рабочих нагрузках путём предоставления «полезной работы» исполнительным устройствам, которые иначе будут бездействовать; к примеру, в случаях кэш-промаха.

5. Развитие микропроцессоров в ближайшем будущем.

Глядя в будущее, можно сказать, что процессоры и платформы будут выделяться не только высокой производительностью самой по себе, но также богатыми и разнообразными вычислительными и коммуникационными возможностями, управлением питанием, повышенной надёжностью, безопасностью и управляемостью, а также полной интеграцией со всеми остальными компонентами платформы. Intel планирует в течение нескольких последующих лет выпустить процессоры, которые будут содержать множество ядер – в некоторых случаях даже сотни. В корпорации считают, что архитектуры Intel с поддержкой многопроцессорной обработки на уровне кристалла (chip-level multiprocessing, CMP) представляют будущее микропроцессоров, потому что такие архитектуры

позволяют достичь огромных уровней производительности и в то же время обеспечить эффективное управление питанием и эффективный режим охлаждения. В прошлом повышение производительности традиционных одноядерных процессоров в основном происходило за счет увеличения тактовой частоты (до настоящего времени около 80% производительности определяла тактовая частота). Но постоянное повышение частоты упирается в ряд фундаментальных физических барьеров. Во-первых, с уменьшением размеров кристалла и с повышением частоты возрастает ток утечки транзисторов. Это ведет к повышению потребляемой мощности и выделению тепла. Во-вторых, преимущества более высокой тактовой частоты частично сводятся на нет из-за задержек при обращении к памяти, так как время доступа к памяти не соответствует возрастающим тактовым частотам. В-третьих, для некоторых приложений традиционные последовательные архитектуры становятся неэффективными с возрастанием тактовой частоты из-за так называемого фон-неймановского узкого места – ограничения производительности в результате последовательного потока вычислений. При этом возрастают резистивно-емкостные задержки передачи сигналов, что является дополнительным узким местом, связанным с повышением тактовой частоты. Следовательно, необходимо добиваться повышения производительности другими средствами, отличными от повышения тактовой частоты больших монолитных ядер.

Решением является принцип «разделяй и властвуй» – разделение задачи на множество одновременных операций и их распределение между множеством небольших вычислительных устройств. В отличие от последовательного выполнения операций с максимально возможной тактовой частотой, процессоры с многопроцессорной обработкой на уровне кристалла будут обеспечивать высочайшую производительность при более приемлемых тактовых частотах благодаря параллельному выполнению множества операций. Новые Архитектуры смогут обойти проблемы, вызванные повышением тактовой частоты (увеличение тока утечки, несоответствие производительности процессора и памяти, а также проблемы фон-неймановского узкого места).

Специализированное аппаратное обеспечение.

Со временем многие важные функции, которые сейчас выполняются программным обеспечением или специализированными микросхемами, перейдут непосредственно к процессору. Это направление является движущей силой развития бизнес-моделей уже на протяжении 35 лет. Перенос выполнения функций на кристалл, образует большой выигрыш в скорости, существенная экономия места и значительное сокращение энергопотребления. Связь с малыми задержками между специализированным аппаратным обеспечением и ядрами общего назначения может стать очень важной для того, чтобы удовлетворить потребности производительности и функциональности архитектур будущих процессоров и платформ.

Подсистемы памяти большой емкости.

По мере постоянного роста производительности непосредственно процессоров доступ к памяти может стать серьезным «узким местом». Для того чтобы загрузить множество высокопроизводительных ядер соответствующим количеством данных, важно организовать подсистему памяти таким образом, чтобы память большой емкости находилась на кристалле и ядра имели к ней прямой доступ. Некоторые области памяти могут быть выделены определенным ядрам, совместно использоваться группами ядер или использоваться всеми ядрами глобально, в зависимости от потребностей приложений. Такая гибкая возможность изменения конфигурации необходима для того, чтобы ликвидировать «узкое место» производительности, когда множество ядер будет соперничать за доступ к памяти.

Микроядро.

Для управления всеми этими сложными процессами: назначением задач ядрам, включением и выключением ядер при необходимости, реконфигурацией ядер при изменении рабочей загрузки и многими другими микропроцессорам потребуется изрядная доля встроенных интеллектуальных способностей. В архитектурах с развитыми возможностями параллельной обработки процессор сам по

себе сможет выполнять несколько потоков вычислений, невидимых на пользовательском уровне, разделяя приложение на потоки, которые могут выполняться параллельно. Один из способов эффективного выполнения всех этих задач – встроенное микроядро, дополняющее ПО высокого уровня для решения задач всестороннего управления аппаратным обеспечением.

Виртуализация.

Для работы микропроцессоров будущего потребуется несколько уровней виртуализации. Например, виртуализация необходима для того, чтобы скрыть сложную структуру аппаратного обеспечения от расположенного выше ПО. Виртуализация также будет использоваться для обеспечения управляемости, надежности и безопасности. Например, процессор можно разделить на множество виртуальных процессоров, часть из которых будет выделена для задач управления и безопасности, а остальные будут управлять приложениями.

Управление питанием и охлаждением.

В настоящее время увеличение производительности на один процент вызывает повышение потребляемой мощности на три процента. Это происходит из-за того, что при уменьшении размера транзисторов и их плотности на кристалле, наряду с тактовой частотой увеличивается и ток утечки, что ведет к нагреву и неэффективному расходованию электроэнергии. Если рост плотности транзисторов будет расти нынешними темпами, то без усовершенствований управления питанием микропроцессоры будут выделять десятки тысяч ватт тепла на квадратный сантиметр. Чтобы удовлетворить потребности будущего, необходимо существенно сократить потребляемую мощность.

Для этого будут использоваться несколько технологий. Как упоминалось выше, процессоры будут состоять из десятков и даже сотен небольших ядер с низкой потребляемой мощностью и интеллектуальным управлением питанием, которое сможет значительно сократить потери электроэнергии, позволяя процессору использовать только те ресурсы, которые нужны в данный момент.

Кроме этого, архитектура будет обеспечивать ультравысокую производительность без ультравысоких тактовых частот, что позволит обойти некоторые

проблемы тока утечки, связанные с увеличением частоты. Задачи, критичные по времени, будут работать на быстрых ядрах с большей потребляемой мощностью, в то время как остальные – на более медленных с пониженным энергопотреблением.

Основная цель этих усовершенствований – построение архитектур с интеллектуальным управлением питанием, которое сможет автоматически реконфигурировать процессор с учетом потребностей питания и рабочей нагрузки.

Параллелизм.

Для того чтобы в полной мере получить преимущества от использования будущих архитектур, задачи должны быть существенно распараллелены – например, разделены на подзадачи, которые могут выполняться одновременно на множестве ядер. Сегодняшние одноядерные и многоядерные процессоры способны одновременно обслуживать всего несколько потоков. Будущие процессоры смогут обрабатывать множество потоков – сотни, а в некоторых случаях даже тысячи. Некоторые задачи можно достаточно просто распараллелить (с небольшой помощью компиляторов), т. к. процессор и микроядро смогут обеспечить необходимую многопоточность. Например, в обработке изображений полное изображение можно разделить на множество отдельных областей, каждую из которых можно обрабатывать независимо и одновременно. К этой категории относится от 10 до 20% предполагаемых задач будущего. Вторая группа задач – около 60% – может быть распараллелена, если применить некоторые усилия.

Среди таких задач – некоторые приложения баз данных, извлечения информации, синтеза, обработки текста и голоса. Третья группа – задачи, распараллелить которые очень трудно: задачи с линейными алгоритмами, когда выполнение каждой стадии зависит от результатов выполнения предыдущей стадии. Анализируя сегодняшние потребности и тенденции, можно утверждать, что архитектура процессоров и платформ должна двигаться в направлении виртуализированной, реконфигурируемой архитектуры с большим числом ядер, богатым набором встроенных функциональных возможностей, большим объемом внутренней кристалльной памяти и интеллектуальным микроядром.

6. Применение нанотехнологии в микропроцессорах будущего.

Нанотехнологии в микроэлектронике – довольно горячо обсуждаемая в данное время тема, ей посвящены сотни научных конференций и семинаров в год. Только в 2002 и 2003 годах затраты Intel на проведение научных исследований в области нанотехнологий в микроэлектронике составили более 4 миллиардов долларов.

Сейчас работы в области нанотехнологий ведутся в четырех основных направлениях:

- молекулярная электроника;
- биохимические и органические решения;
- квазимеханические решения на основе нанотрубок;
- квантовые компьютеры.

6.1. Молекулярная электроника.

Возможность использования молекулярных материалов и отдельных молекул как активных элементов электроники уже давно привлекает внимание исследователей различных областей науки. Однако только в последнее время, когда стали практически ощутимы границы потенциальных возможностей полупроводниковой технологии, интерес к молекулярной идеологии построения базовых элементов электроники перешел в русло активных и целенаправленных исследований, которые стали сегодня одним из важнейших и многообещающих нанотехнических направлений электроники.

Основное внимание было сосредоточено на молекулярных системах не случайно. Во-первых, молекула представляет собой идеальную квантовую структуру, состоящую из отдельных атомов, движение электронов по которой задается квантово-химическими законами и является естественным пределом миниатюризации. Другой, не менее важной особенностью молекулярной технологии, является то, что создание подобных квантовых структур в значительной мере облегчено тем, что в основе их создания лежит принцип самосборки. Способность атомов и молекул при определенных условиях самопроизвольно соединяться в наперед заданные молекулярные образования является средством организации

микроскопических квантовых структур; оперирование с молекулами предопределяет и путь их создания. Именно синтез молекулярной системы является первым актом самосборки соответствующих устройств. В настоящее время ведется интенсивный поиск концепций развития молекулярной электроники и физических принципов функционирования, и разрабатываются основы построения базовых элементов.

6.2. Биохимические и органические решения.

Сегодня биофизики обнаружили уже более пятидесяти соединений, на основе которых могут быть построены процессоры-модели различных нелинейных задач. Отдельного внимания заслуживают разработки нового типа процессора – белкового.

Управление у белкового процессора химическое: воздействуя на него различными веществами, можно регулировать законы распространения волны – получить волну, развитие которой описывается теми же уравнениями, что и исследуемые процессы. Словом, с помощью таких процессоров можно моделировать нелинейные задачи, недоступные сегодня даже самым быстродействующим компьютерам. Причем решение получается в считанные секунды. Ведь ответ на задачу – поведение самой волны.

Но как прочесть это решение? Ученые решили и эту проблему. Им удалось сделать волну зримой. То есть ее движение сопровождается либо изменением цвета, либо излучением световых волн. Так что за волной-ответом можно с высокой точностью следить с помощью оптических устройств.

6.3. Квазимеханические решения на основе нанотрубок.

Углеродные нанотрубки (НТ) – своеобразные цилиндрические молекулы диаметром примерно от половины нанометра и длиной до нескольких микрометров. Эти полимерные системы впервые обнаружили менее 10 лет назад как побочные продукты синтеза. Тем не менее уже сейчас на основе углеродных нанотрубок создаются электронные устройства нанометрового (молекулярного) размера. Ожидается, что в обозримом будущем они заменят элементы аналогичного назначения в компьютерах. В результате будет достигнут теоретический предел

плотности записи информации (порядка одного бита на молекулу) и вычислительные машины обретут практически неограниченную память и быстродействие, лимитируемое только временем прохождения сигнала через прибор.

6.4. Квантовые компьютеры.

Фейнман высказал мысль о том, что квантовые задачи должен решать квантовый компьютер: природе задачи должен соответствовать способ ее решения. И предложил один из вариантов квантового компьютера. Но настоящий бум начался в 1995 году, когда американский математик Шор переложил для квантового компьютера алгоритм вычисления простых множителей больших чисел.

Шор показал, что если классический компьютер для нахождения множителей числа из 1000 двоичных знаков должен сделать 2 в степени 1000 операций, то квантовому компьютеру для этого понадобится всего 1000 в степени 3 операций.

Компьютер на ядерно-магнитном резонансе.

Теоретических моделей квантового компьютера множество. Проблема, скорее, в том, чтобы найти разумные пути создания реального прибора. Первый «опытный образец» – это импульсный ядерный магнитно-резонансный (ЯМР) спектрометр высокого разрешения. При воздействии импульсом на резонансной частоте одного из ядер оно начинает эволюционировать, остальные же ядра «молчат». Для того чтобы заставить эволюционировать второй атом, надо взять другую частоту и дать импульс на ней. Иными словами, процесс вычислений управляется импульсами переменного магнитного поля, – нужно только написать алгоритм поставленной задачи.

Компьютер на ионных ловушках.

Этот подход основан на использовании ионных ловушек, или «подвешенных» в вакууме ионов. На сегодняшний день получена цепочка из 30 ионов. Но дальнейший прогресс в увеличении числа ионов связывают с созданием трехмерной лазерной стоячей волны – трехмерной совокупности точек с минимумами потенциальной энергии для поляризованных атомов. Конечно, в этом направлении очень много работы, но само направление – верное.

Квантовый компьютер на твердом теле.

Это могут быть сверхпроводники, как предлагают ученые из Института Ландау. Предпочтительнее же подход, который в позапрошлом году высказал австралийский физик Кейн: делать квантовый компьютер на точно таком же кремнии, на котором сегодня работает традиционная микроэлектроника. В нужных местах на расстояниях порядка 100 мкм располагают атомы фосфора, облака внешних электронов немного пересекутся, что необходимо для их взаимодействия, и атомы смогут обмениваться состояниями (один атом управляет электронами другого).

7. Заключение.

Итак, вследствие проведенного исследования необходимо отметить, что ученые и инженеры успешно преодолевают барьеры на пути повышения производительности элементов и систем. Они предлагают различные пути решения встающих перед компьютерной отраслью проблем. Это и улучшение полупроводниковых техпроцессов, и совершенствование архитектуры высокочастотных микросхем, и внедрение перспективных технологий, и даже поиск путей модификации конструкций системных блоков.

Исходя из проделанной работы, можно сделать следующие выводы:

- ученые и инженеры успешно преодолевают барьеры на пути повышения производительности элементов и систем;
- достигнутая степень интеграции позволяет строить параллельные системы, в которых число процессоров может достигать десятков тысяч;
- ввиду того, что технология виртуальной многопоточности, Hyper-Threading присутствует в процессорах Intel уже очень продолжительное время, разработчики программного обеспечения к настоящему времени предлагают достаточно большое число программ, способных получить выигрыш от многоядерной архитектуры CPU;
- основная цель будущей нанотехнологии, по всей вероятности, – создание структур, способных к эволюции и саморазвитию.

Список литературы

1. Байцер Б. Архитектура вычислительных комплексов [Текст] / Б. Байцер. – М.: Мир, 2010. – 241 с.
2. Вуд А. Микропроцессоры в вопросах и ответах [Текст] / А. Вуд. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 185 с.
3. Быков С.Е. Производительность ПК [Текст] / С.Е. Быков. – СПб.: Десс, 2010. – 187 с.
4. Денисов Т.В. Обзор МП [Текст] / Т.В. Денисов. – М.: Наука, 2010. – 102 с.
5. Корнеев В.В. Современные микропроцессоры [Текст] / В.В. Корнеев. – М.: Нолидж, 2010. – 240 с.
6. Соучек Б. Микропроцессоры и микроЭВМ [Текст] / Б. Соучек. – М.: Сов. радио, 2012. – 517 с.
7. Хомоненко А.Д. Основы современных компьютерных технологий / А.Д. Хомоненко. – СПб.: Корона, 2012. – 446 с.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://12fan.ru/1887487944.html>