

Лекция 1. Компьютерный континуум Intel, процессор Atom



Тенденции развития вычислительной техники – к системам на кристалле. Компьютерный континуум Intel и процессор Intel-Atom.

1.1. Введение

Основу курса по разработке приложений для нетбуков и планшетников на платформе Intel Atom составили лекции, прочитанные авторами летом 2011 года для слушателей Летней школы Лаборатория СПРИНТ (Системного Программирования и Информационных Технологий) СПбГУ, созданной и финансируемой при поддержке корпорации Интел.

Главная цель курса — дать общее представление о процессе разработки приложений для нетбуков и планшетников на платформе Intel Atom. Настоящий курс следует рассматривать в качестве продолжения общего вводного курса «Введение в разработку мобильных приложений на платформе Atom», разработанного ранее О.Н. Граничиным, В.И. Кияевым, А.В. Корявко, С.А. Леви, К.С. Амелиным, Е.И. Антал и В.И. Васильевым.

Курс состоит из введения, пяти лекций, пяти лабораторных работ и заключения. Первая лекция носит общий характер: перспективы развития средств вычислительной техники компьютерный континуум Intel и сведения о процессорах Intel-Atom. Вторая – об операционной системе Android, истории создания, архитектуре, особенностях ядра, Java-машине Dalvik, о Bionic. Третья – об общих средствах и приемах разработки мобильных приложений в Android. Четвертая – о специализированных инструментах Intel для оптимизации отладки приложений на платформе Windows. В пятой лекции показывается как разрабатывать приложения для планшетников, используя датчики и сенсорный экран. Шестая – посвящена особенностям психологии человеко-компьютерного взаимодействия. В

лабораторных работах на работоспособных изолированных примерах приложений иллюстрируется лекционный материал. Лекция 1 составлена О.Н. Граничиным, 2-5 разработаны А.В. Корявко с Л.А. Лукьяновым и Е.О. Путиным, 5 – А.Семаковой, 6 – М.А. Антроповой, лабораторные работы 1-5 составлены А.В. Корявко совместно с К.С.Аmeliным, Л.А. Лукьяновым и Е.О. Путиным. Учебные материалы доступны по ссылке <http://www.math.spbu.ru/user/gran/Atom21>.

Авторы благодарят сотрудников корпорации Интел Алексея Владимировича Николаева и Игоря Олеговича Одинцова за инициативу по разработке и созданию курса, за активное участие в разработке программы курса.

При подготовке пособия были использованы материалы, размещенные на сайтах: www.intel.com, www.android.com и др.

Ссылки на программные продукты различных фирм не используются в рекламных целях и носят исключительно иллюстративный или справочный характер.

Курс разработан при финансовой поддержке Лаборатории СПРИНТ СПбГУ.

1.2. Тенденция развития вычислительной техники – к системам на кристалле

Взглянем на историю развития средств вычислительной техники. За шесть десятилетий пройден путь от ламп, через транзисторы, интегральные микросхемы к сверхбольшим интегральным микросхемам. Что будет дальше? Основной вопрос – как обрабатывать данные? Для людей старшего поколения знакомство с компьютерами начиналось с фантастических романов. Еще школьниками, не видя никогда настоящих компьютеров, многие из них были уверены, что скоро появится «Искусственный Разум», освободив нас от многих рутинных забот. Наверное поэтому люди старшего поколения, занятые в развитии информационных технологий (ИТ), острее чувствуют тенденции кардинальных преобразований. Конечно, кто-то возразит, что

многие не дождавшись за 60 лет «искусственного разума», разочаровались в перспективах, тем более, что по мере развития ИТ кроме такой фантастической цели появилось огромное количество простых и сложных конкретных задач.

Новые потребности, глобализация задач, экспоненциальное возрастание сложности вычислительных систем и наметившаяся в последнее время тенденция по преодолению отставания отечественной ИТ отрасли в развитии суперкомпьютерных вычислений (Т-Платформы, СКИФ-Аврора и др. проекты) заставляют уже в практическом плане задуматься о перспективах и возможной смене парадигмы: «Что такое процесс вычислений?» Объективные сегодняшние тенденции – миниатюризация и повышение производительности процессоров, как это и было предсказано законом Мура – приводят технологии к порогу развития традиционных вычислительных устройств. От приоритетов бесконечного наращивания тактовой частоты и мощности одного процессора производители переходят к многоядерности, параллелизму и т. п.

На прошедшей в сентябре 2010 года в Абрау-Дюрсо всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет: суперкомпьютерные центры и задачи» (20-25 сентября 2010 г., г. Новороссийск) во многих докладах ставился вопрос: «Что будет при переходе от сегодняшних производительностей суперкомпьютеров в «TeraFlops» к следующему масштабу «ExaFlops»? Вл.В. Воеводин (2010) говорил: «Переход к «ExaScale», естественно, должен будет затронуть такие важнейшие аспекты вычислительных процессов, как: *модели программирования, степень и уровни параллельности, неоднородность программных и аппаратных систем, сложность иерархии памяти и трудности одновременного доступа к ней в распределенных вычислениях, стек системного и прикладного ПО, надежность, энергопотребление, сверхпараллельный ввод/вывод ...*». Все это неизбежно приведёт к смене парадигмы высокопроизводительных вычислений.

Сейчас несколько ядер в процессоре переносного компьютера уже норма, в процессорах суперкомпьютеров ядер уже намного больше. «Джин уже выпущен из бутылки», пройдет совсем немного времени и ядер станет несколько десятков, а потом и тысяч.

Появятся совершенно другие архитектуры, ядра будут объединяться в сложные блоки, к данным можно будет получать параллельный одновременный доступ разным вычислительным блокам, “общение” вычислительных блоков между собой будет происходить через общую память. В действительности, изменятся многие аспекты парадигмы: что такое вычислительное устройство и что такое вычислительный процесс. Изменятся традиционные представления о том, как устроен компьютер, что такое вычислительная система. Эти процессы принесут изменения и в стиль программирования, и в то, как будут использоваться вычислительные устройства.

Переход к новой парадигме вычислений приведет, наверное, к тому, что архитектура вычислительных устройств «сдвинется» в сторону *«набора одновременно работающих асинхронных моделей взаимодействующих динамических систем (функциональных элементов)»*. Среди новых характерных черт будущей парадигмы все более отчетливо выступают следующие: стохастичность, гибридность, асинхронность, кластерность (отсутствие жесткой централизации и динамическая кластеризация на классы связанных моделей).

Стохастичность. С одной стороны, хорошо известно, что компьютеры становятся все миниатюрнее и миниатюрнее, размер элементарного вычислительного элемента (вентилля) приближается к размеру молекулы или даже атома. На таком уровне законы классической физики перестают работать и начинают действовать квантовые законы, которые в силу принципа неопределенности Гейзенберга принципиально не дают точных ответов о состоянии. С другой стороны, стохастичность – это известное свойство сложных динамических систем, состоящих из огромного числа компонент.

Под *гибридностью* будущих процессов вычислений понимается необходимость рассмотрения комбинации непрерывных и дискретных процессов, т. е. учет непрерывной эволюции протекания физических процессов при работе той или иной модели и скачкообразное переключение с одной

модели на другую. Увеличение быстродействия вычислительных устройств и уменьшение их размеров с неизбежностью приводит к необходимости операций с “переходными” процессами, серьезным ограничением классической модели вычислений является разбиение памяти на изолированные биты, потому как, во-первых, сокращение длины такта и расстояний между битами с определенного уровня делает невозможным рассматривать их изолированно в силу законов квантовой механики. Вместо примитивных операций с классическими битами в будущем было бы естественно перейти операциям, задаваемыми теми или иными динамическими моделями микромира, оперирующими с наборами взаимосвязанных “битов”. При этом простейшими “моделями” могут остаться классические операции с битами. Обоснованием целесообразности рассмотрения более широкого класса моделей являются успехи в разработках для традиционных сложных многомерных задач новых алгоритмов, работающих “за такт”. Результат получается как итог физического адиабатического процесса. Например, для классической операции с битами – переход физической системы (триггера) из состояния “1” в “0”. П. Шор (1997) предложил алгоритм квантового преобразования Фурье, которое может выполняться за время пропорциональное $(\log N)^2$, а не за $N \log N$ как классическое быстрое преобразование Фурье. В работе Д. Тиена (2003) обсуждается опирающийся на квантовую адиабатическую теорему гипотетически возможный «физический» способ решения за конечное время 10-ой проблемы Гильберта, в работе С.Сысоева и др. (2006) предложен эффективный квантовый алгоритм вычисления “за такт” оценки вектора-градиента многомерной функции, задаваемой с большой степенью неопределенностей. Типичные для математических алгоритмов операции типа “свертки” функций вполне могут обнаружиться “в природе”. Последние исследования похожих

моделей показывают, что их выполнение за счет присущей природе способности к самоорганизации не обязательно “раскладывается” на более простые кирпичики, т. е. не всегда может быть записано в виде классического алгоритма. Один из возможных примеров “аналоговой” реализации свертки функций на большом регулярном массиве квантовых точек с характерными размерами до 2 нм представлен в монографии О.Н. Граничина и С.Л. Молодцова (2006).

Асинхронность. Отказ от унифицированных простых вычислительных элементов неизбежно приводит к отказу от синхронизации работы различных компонент, имеющих существенно отличающиеся физические характеристики и свои длительности “тактов”. В рамках классической теории множеств противоречивый смысл понятия единого “такта” выражается в рамках неразрешимости проблемы континуума в рамках аксиоматики Френкеля-Цермело.

Кластерность. Одним из неожиданных результатов многочисленных попыток в разработках (создании, адекватном описании поведения и управлении) сложных стохастических систем оказалась перспективность модели мультиагентных систем, в которой топология связей агентов между собой меняется со временем. При этом понятию агента может соответствовать как некоторая динамическая модель (компонент системы), так и определенный набор моделей. При отсутствии жесткой централизации такие системы способны эффективно решать достаточно сложные задачи, разбивая их на части и автономно перераспределяя ресурсы на “нижнем” уровне, эффективность часто повышается за счет самоорганизации агентов и динамической кластеризации на классы связанных моделей.

В некотором смысле переход к разработке и созданию моделей сложных вычислений --- закономерный этап развития микропрограммирования. Понимание возможных преимуществ работы устройств с эффективным микрокодом отмечалось еще в 50-е гг. прошлого века. Во втором ряду серии ЕС ЭВМ в конструкцию была заложена возможность динамического микропрограммирования. Хорошо известен целый ряд ЭВМ от “Мир-1” до “Эльбрус”, использующих языки высокого уровня

(HLL) как машинные. В настоящее время *технологии микропрограммирования естественным образом сдвигаются в сторону физических процессов.*

Естественным этапом на этом пути является переход от производства «чистых» процессоров к системам на кристалле (System On Chip, SoC, системы-на-чипе). Сейчас корпорация Intel уже начала производство SoC, в которых на чип перенесены контроллеры ввода-вывода, системы обработки видео и ряд других. В «новых» чипах существенно сокращаются объемы вспомогательных обменов в памяти, повышается эффективность, производительность и упрощается конструкция плат. Разработчику архитектуры уже меньше надо думать куда «воткнуть» на плате тот или иной узел. Процессоры, а точнее новые SoC, становятся как бы конечными устройствами, которые можно программировать, не задумываясь о периферии. Это идеальная ситуация, когда программисту не надо думать о целой цепочке посредников, через которые должны пройти его команды и сигналы.

1.3. Компьютерный континуум Intel и процессор Intel-Atom

Основные тенденции полупроводниковой индустрии:

- ▶ Закон Мура продолжает действовать.
- ▶ Растет стоимость разработки новых технологий и материалов, а также затрат на содержание фабрик.
- ▶ Производительность процессоров (систем) также растет; ожидается скачок при переходе на 450 нм пластины.

В 2011 году планируется запуск в Израиле новой фабрики по производству микросхем по технологии 22 нм. Одним из «неожиданных» следствий Закона Мура для развития бизнеса корпорации Интел стал тот факт, что в ближайшее время при очередной смене технологической платформы возможности новых фабрик достигнут такого уровня, что в кратчайшие сроки будет возможно модернизировать все существующие места традиционного использования компьютеров, активно выйти на рынок планшетников, смартфонов и даже встроенных систем. Сохранение при этом универсальной x86 архитектуры и системы

команд в значительной степени служит явным конкурентным преимуществом.

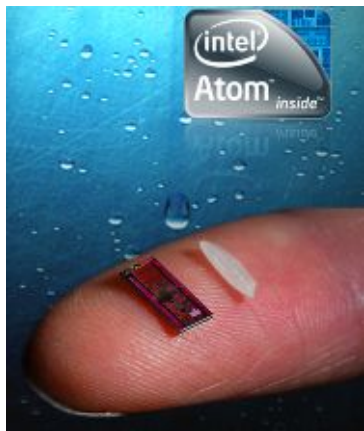
Все это приводит к изменению роли и места на рынке корпорации Интел. К традиционным процессорам для серверов и персональных компьютеров и ноутбуков добавляются нетбуки, смартфоны, различные персональные устройства, мобильные Интернет-устройства, «умное» телевидение, бытовая электроника с подключением к Интернет (например, IPTV), встраиваемые системы и т.п. При этом в перспективе нивелируются аппаратные отличия. Так например, уже сейчас для серверов готовятся решения на основе новых многоядерных процессоров Intel-Atom. Сейчас уже многие говорят о возможности создания своеобразного компьютерного континуума Интел (см. рис. 1.2.1), включающего наряду с новыми аппаратными платформами и операционные системы, специализированные программы поддержки разработчиков, средства хранения, доступа и реализации разработанных компьютерным сообществом приложений.



Рис. 1.2.1. Компьютерный континуум Intel®.

Осенью 2010 года корпорация Intel объявила о выпуске семейства «систем-на-чипе» Intel® Atom™ E600 (кодовое наименование Tunnel Creek) для встраиваемых систем и о

предстоящем появлении Intel® Atom™ CE4200 (кодовое наименование Groveland) – семейство «систем-на-чипе» III поколения, базирующееся на архитектуре Intel, предназначенных для использования в «умном» телевидении, в системах, объединяющих стандартное телевидение с Интернетом, библиотекой контента и мощными функциями поиска. В состав решений входят интегрированное ядро Intel Atom™ с частотой 1,2 ГГц и кэш-память второго уровня объемом 512 КБ. Оно предлагает широкие возможности для разработки интерактивных, открытых и персонализированных приложений для запуска на экране телевизора. На базе Intel® Atom™ CE4200 уже разработано решение для потребительской электроники. Эта «Система-на-чипе» осуществляет многопоточное декодирование и обработку HD-видео, поддерживает 3D, MPEG2, MPEG4-2 и VC-11. Решение оснащено интегрированным декодером HD-видео (H.264), позволяет осуществлять видеозвонки, потоковую передачу материалов на другие устройства, в том числе портативную электронику. Благодаря поддержке различных режимов питания новые решения помогают снизить энергопотребление и создавать устройства, удовлетворяющие промышленным стандартам по энергопотреблению. Планы по созданию цифровых приставок нового поколения на базе компонентов Intel озвучили ADB*, Sagemcom,* Samsung* и Technicolor*.



интерактивных, открытых и персонализированных приложений для запуска на экране телевизора. На базе Intel® Atom™ CE4200 уже разработано решение для потребительской электроники. Эта «Система-на-чипе» осуществляет многопоточное декодирование и обработку HD-видео, поддерживает 3D, MPEG2, MPEG4-2 и VC-11. Решение оснащено интегрированным декодером HD-видео (H.264), позволяет осуществлять видеозвонки, потоковую передачу материалов на другие устройства, в том числе портативную электронику. Благодаря поддержке различных режимов питания новые решения помогают снизить энергопотребление и создавать устройства, удовлетворяющие промышленным стандартам по энергопотреблению. Планы по созданию цифровых приставок нового поколения на базе компонентов Intel озвучили ADB*, Sagemcom,* Samsung* и Technicolor*.

В ближайшее время будет выпущена новая платформа – Medfield (Penwell SoC and Avantele Passage MSIC) – разрабатываемая по технологии 32 нм с существенным уменьшением общих размеров и потребляемой мощности, с размером высокоинтегрированной SoC: 144 кв мм, увеличением до 4X graphics performance.

1.4. Разработка приложений на платформе Intel Atom

Что общего в разработке приложений для разных мобильных устройств, на что надо особо обратить внимание? Это – ограничения по производительности и энергопотреблению, беспроводное взаимодействие, малые размеры и формы.

С какой основной проблемой сталкиваются сегодня разработчики и пользователи? Все устройства на Рис. 1.3.1 объединяются тем, что внутри у них стоит процессор Intel® Atom™. У процессоров Intel за последние несколько десятков лет система команд менялась эволюционно, есть преемственность кодов, поколений разработчиков. Но процессоры Intel® Atom™ в каждом из этих устройств используются по-разному, в каждом из устройств он установлен на своей плате, в оригинальном окружении, работает с разными операционными системами. И если вы разрабатываете какое-нибудь свое приложение, например, игру типа Тетрис, то, сделав ее для одного, например, телефона, трудно ее перенести на другое мобильное устройство. Даже при кросс-платформенной среде разработки возможны трудности, связанные с тем, что не все инструкции могут обрабатываться с одинаковым результатом.



Рис. 1.3.1. Продающиеся сегодня платформы с процессором Intel® Atom™.

Инициативы внутри рынка мобильных устройств для производителей были чрезвычайно важны в последнее время в связи с бурным ростом этого сегмента рынка. Но на этом рынке долгое время царила фрагментарность. Каждая крупная корпорация стремилась создать свою собственную операционную систему, разрабатывает свои приложения и живет вместе с несколькими своими союзниками на этом узком рынке, на который очень трудно попасть новым игрокам, разработчикам. Например, если вы студент, аспирант или даже школьник придумали свою хорошую идею, то для ее быстрой реализации очень трудно было «перескочить» через эти установленные барьеры, защищенные патентами, закрытостью кода операционных систем. Если система коммерческая со строгой лицензионной политикой, то, как правило, нельзя деассемблировать ее код, свободно переписывать функции и т. п. Для того, чтобы вставить что-то свое «в середину» чужой системы вам нужно иметь штат хорошо подготовленных юристов, способных подготовить все необходимые соглашения с правообладателями и, конечно, заплатить много денег. Все это, как правило, не реально для молодых и начинающих. Вы с трудом могли пробиться с новой идеей на этот «узкий» рынок.

В последнее время все большую популярность зарабатывает операционная система Android. При подготовке практических пример в дальнейшем мы будем ей уделять основное внимание.

1.5. Выводы

Основная цель этой лекции – агитационно-разъяснительная. В ней не было ничего о том, как разрабатывать приложения, но для слушателя и читателя должна была приоткрыться одна из частей горизонта: что и как можно будет делать и использовать в ближайшей перспективе и уже сейчас.

Список литературы

1. Граничин О.Н. Перспективы принципиально новых компьютерных устройств и систем // Суперкомпьютеры, №

2 (6). 2011. С. 8-14.

2. Граничин О.Н., Кияев В.И. Информационные технологии в управлении. --- М.: Изд-во Бином. 2008. 336 с.
3. Воеводин В.В., (2010) Сб. тр. Всерос. научн. конф. «Научный сервис в сети Интернет: суперкомпьютерные центры и задачи» 20-25 сент. 2010 г., Новороссийск – М.
4. Shor, P., (1997). Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. SIAM J. Comput. 26, 1484-1509.
5. Tien, D.K., (2003) Computing the non-computable, Contemporary Physics, 44, 51-71.
6. Вахитов А.Т., Граничин О.Н., Сысоев С.С., (2006) Точность оценивания рандомизированного алгоритма стохастической оптимизации. Автоматика и телемеханика, № 4, с. 86-96.
7. Граничин О.Н., Молодцов С.Л. Создание гибридных сверхбыстрых компьютеров и системное программирование. СПб, 2006. 108с.