

«Конвергенция кремния» и будущее системного проектирования

Денни Биран (Danny Biran), первый вице-президент по стратегическому планированию, Altera

В статье рассмотрены преимущества и недостатки трёх различных способов проектирования системы: программно-ориентированного, аппаратно-ориентированного и FPGA-ориентированного метода. Показано, что реализация приложения на базе FPGA позволяет системным разработчикам принимать оптимальные решения с точки зрения быстродействия и энергопотребления и в то же время сохранять достаточную гибкость и возможность модификации системы.

Для системных разработчиков рост степени интеграции микросхем означает как приятное известие, так и новую проблему. Приятной новостью является то, что каждый этап развития полупроводниковой технологии позволяет разработчикам чипов упаковывать ещё больше компонентов – процессоров, ускорителей, памяти и контроллеров периферии – в один кристалл. Больше компонентов в одном чипе означает более высокую производительность, меньшую потребляемую мощность и более компактные размеры. Но более высокая интеграция означает также, что многие решения, которые раньше принимались системными разработчиками, теперь принимаются разработчиками чипа, которые отчасти берут на себя задачу дифференциации продуктов и реализации инновационных решений.

Для системных разработчиков важно понять идеи разработчиков чипов и оставить за собой простор для установления дифференцированных свойств своих продуктов. В данной статье на примере одной из важных категорий приложений будет исследована эволюция архитектуры чипов с учётом новых потребностей рынка.

КАТЕГОРИИ ПРИЛОЖЕНИЙ

Сегодня многие из наиболее важных приложений на российском рынке электроники, в том числе системы видеонаблюдения, проводные и беспроводные коммуникации и усовершенствованные системы промышленного управления, построены по единому принципу. В таких приложениях система обеспечивает приём широкополосных сигналов, обрабатывает эти

сигналы с целью выделения из них полезной информации, выполняет требующий большого объёма вычислений анализ и принимает соответствующие решения, а затем реализует эти решения, причём все этапы требуют максимальной задержки.

Например, предположим, что система наблюдения получает 1080-строчную видеoinформацию с прогрессивной развёрткой с видеокамеры. Эта система могла бы выполнять обработку видеопотока для выделения контуров, идентификации и разделения объектов, представляющих потенциальный интерес. Для реализации таких функций обычно используются стандартизованные, сравнительно простые, однако требующие большого объёма вычислений алгоритмы.

На следующем этапе более мощные блоки обработки анализируют объекты, например, с целью регистрации несанкционированного проникновения или идентификации лиц, представляющих интерес. Эти алгоритмы могут быть специализированными и могут часто изменяться. Наконец, с помощью анализа определяется, требует ли данная ситуация подачи аварийного сигнала, защиты входа или уведомления службы безопасности о нарушении режима.

РЕШЕНИЕ № 1: ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработчики используют три различных способа реализации таких систем. Первый подход заключается в разработке программного обеспечения и запуске его на микропроцессоре, специализированной микросхеме (ASSP) или мощном 32-разрядном микроконтроллере. Разработчики выполняют

отладку программного обеспечения, уточняя алгоритм, а затем начинают проверку функционирования системы. Если задача выполняется слишком медленно, скорость повышают путём переноса задачи на отдельный процессор или, если в интегральной схеме предусмотрена подходящая высокопроизводительная подсистема, например, DSP-ядро или векторный процессор, то на этот ускоритель. Когда задания начинают соответствовать всем требованиям к временным параметрам, система считается готовой для окончательной проверки функционала, синхронизации и энергопотребления.

В нашем примере с системой видеонаблюдения управляющее программное обеспечение нужно было бы запускать на центральном процессоре. Стандартные алгоритмы обработки изображений могли бы работать на базе стандартных библиотечных программ на DSP-ядре, в то время как более сложные специализированные алгоритмы нужно было бы разрабатывать вручную, для того чтобы обеспечить их параллельное исполнение на всех доступных ядрах процессора.

Такой способ проектирования имеет важные преимущества. Он ориентирован на программное обеспечение и, следовательно, на функциональные возможности системы. И поскольку большая часть функций системы реализована программно, систему сравнительно легко модернизировать в случае возникновения ошибок или изменения системных требований. Но обычно программное обеспечение, запущенное на процессоре или DSP-ядре, является наиболее медленным и наиболее энергозатратным способом реализации алгоритма. Поэтому программно-ориентированный подход – это не самый лучший для системы путь, который имеет ограничения по производительности и эффективности. И поскольку различные функции системы являются программно реализуемыми, они легко копируются конкурентами или изымаются каким-либо обманым путём злоумышленниками,

На правах рекламы

имеющими доступ к этим аппаратным средствам.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА КАК РЕШЕНИЕ

Противоположный подход к проектированию системы заключается в разработке аппаратных средств на базе системных требований и параллельном создании программного обеспечения, которое должно быть запущено на этой аппаратуре. Именно таким способом разрабатывают специализированные интегральные схемы (ASIC). Вначале системный архитектор определяет, какие потребуются процессоры, ускорители, память, контроллеры, и передаёт эти требования группе разработчиков чипа, которые приступают к проектированию ASIC.

В нашем примере системный архитектор мог бы выбрать пару ARM-ядер для запуска программного обеспечения, получить лицензию на процессор обработки изображений от стороннего производителя для решения задач предварительной обработки изображений и разработать специализированный микропрограммный DSP-конвейер для реализации сложных алгоритмов. В процессе проектирования интегральной схемы группа разработчиков программного обеспечения будет вынуждена иметь дело с тремя наборами программных инструментов разработки и отладки для трёх совершенно разных подсистем.

Аппаратно-ориентированный подход имеет серьёзные преимущества. Он способен обеспечить максимальное быстродействие системы и максимальную энергоэффективность для любой технологии. Но он требует опытной команды разработчиков интегральных схем и – при переходе на новый технологический процесс – значительных инвестиций. Кроме того, после завершения разработки ASIC внесение изменений в аппаратные средства, коррекция ошибок и модернизация при изменении требований к системе будут затруднены, связаны с большими затратами и потребуют много времени. Решение проблемы программным путём может сэкономить день, но только лишь в ущерб скорости и потребляемой мощности, что делает подход на основе ASIC достаточно привлекательным.

Таким образом, аппаратно-ориентированный подход, по идее, является наилучшим выбором для проектов,

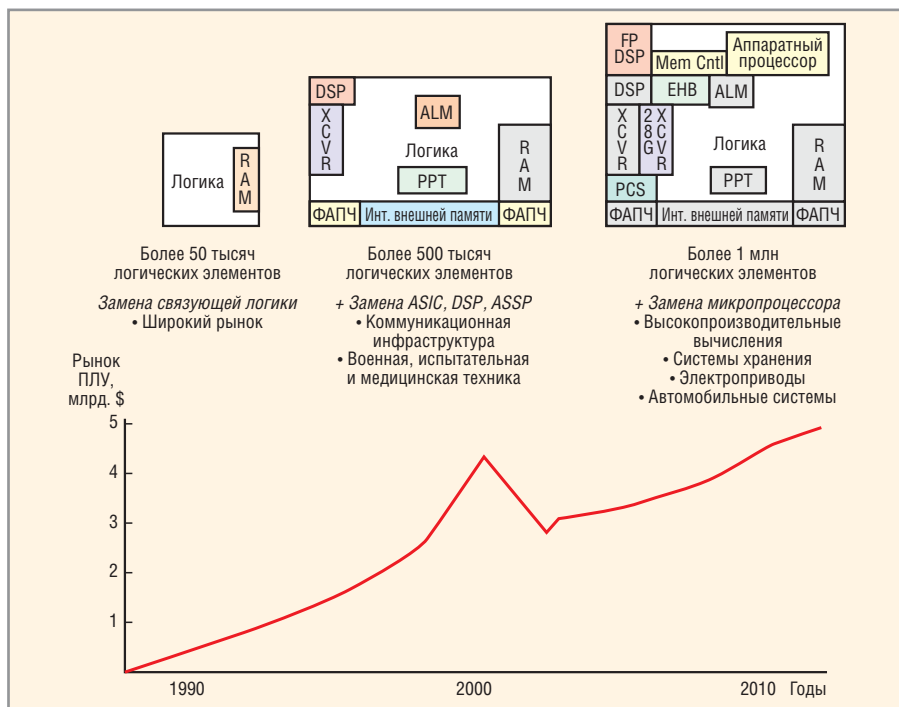


Рис. 1. Развитие архитектуры FPGA и продажи программируемых логических устройств

требующих наивысшей производительности и минимального энергопотребления. Однако на практике разработчики создают ASIC только в том случае, когда ожидается их крупносерийное производство, что может оправдать затраты и риск, или если известно, что требования к аппаратным средствам, вероятнее всего, не претерпят изменений в процессе эксплуатации продукта. В реальных условиях команды разработчиков, столкнувшись с критичными проблемами в проекте, часто обращаются к подходу на основе ASIC или приобретают ASSP, которые приблизительно отвечают требованиям системной ИС, которую они не в состоянии спроектировать самостоятельно.

ТРЕТИЙ ПУТЬ

FPGA предлагают системным разработчикам третий путь. Во многих отношениях FPGA являются средним вариантом реализации системы между программно-ориентированным подходом на базе процессора и аппаратно-ориентированной альтернативой на базе ASIC. Алгоритм, реализованный на FPGA, не так просто модифицировать, как в программе, но изменение конфигурации FPGA намного проще, чем выпуск новой версии ASIC, даже если изменения касаются всего нескольких слоёв металлизации. С другой стороны, задание на FPGA может выполняться намного быстрее и потреблять намного

меньше мощности, чем то же самое задание, реализованное программным способом. Но версия на FPGA, как правило, работает медленнее и потребляет больше мощности, чем эквивалентная ASIC.

Вследствие этого системные разработчики обращаются к FPGA, когда исключительно программное решение не способно обеспечить требования по быстродействию и потребляемой мощности, либо когда нет возможности найти ASSP с подходящими функциями, либо когда ограниченный бюджет, малый предполагаемый объём выпуска или вероятность внесения изменений исключают применение ASIC. По счастью для поставщиков FPGA, данная ситуация возникает достаточно часто, так что в последние годы продажи FPGA растут более быстрыми темпами, чем альтернативные варианты (см. рис. 1).

В примере с системой видеонаблюдения разработчики могли бы найти оптимальную комбинацию, состоящую из стандартного микропроцессора, на котором запущено системное программное обеспечение, FPGA, на которой реализован стандартный IP-блок обработки изображений, и специализированного DSP-конвейера для сложных вычислений. Таким образом, проект на FPGA напоминал бы проект на ASIC на уровне функциональных блоков, хотя реализация может быть совершенно другой на вентильном уровне.

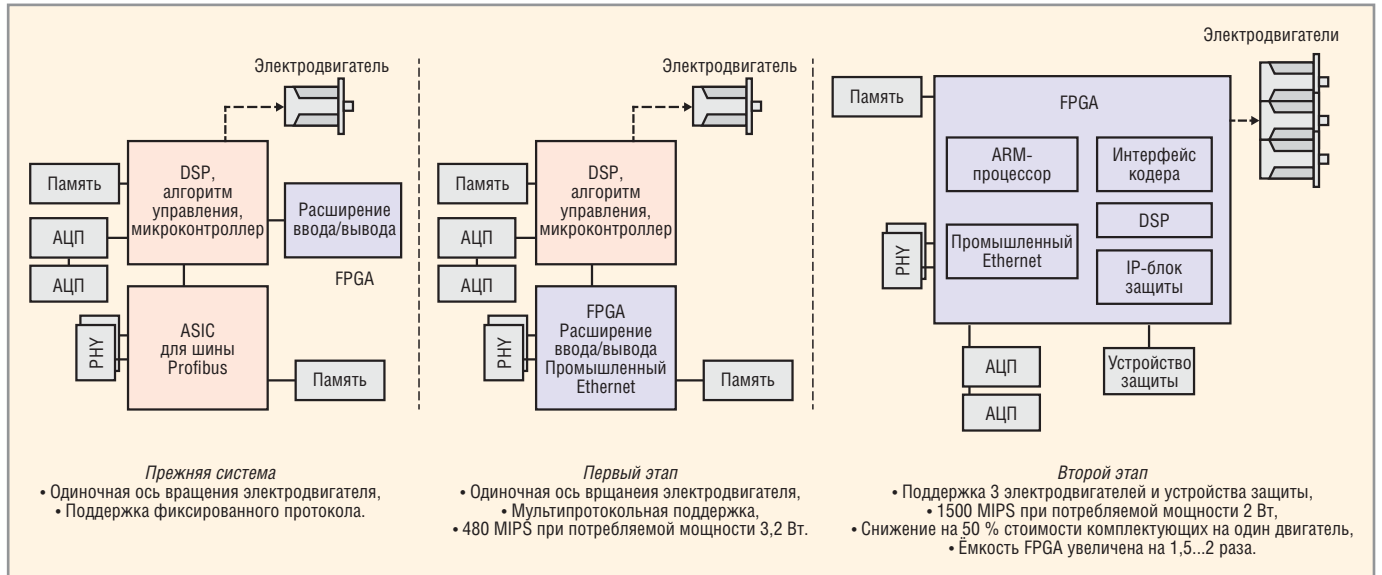


Рис. 2. Применение FPGA для реализации энергоэффективных электроприводов

Поиск оптимального решения

Оптимально, когда системному разработчику не нужно выбирать один путь вместо другого и он может выбрать наилучший способ реализации для каждой задачи. Некритичные задания могли бы быть реализованы программным путём и запущены на центральном процессоре. Критичные с точки зрения производительности или потребляемой мощности задания были бы определены стандартами и потому не изменялись бы и были привязаны к аппаратуре. Задачи, которые требуют аппаратной поддержки, но могут быть модифицированы, можно было бы реализовать с помощью программируемой логики на FPGA.

Ещё совсем недавно это была общепринятая практика. Степень интеграции была достаточно мала, так что микропроцессоры, ускорители, сложные контроллеры интерфейса и FPGA были отдельными чипами. Но когда технология кристаллов подошла к 90-нм рубежу, системы на кристалле (СНК) стали включать в себя все эти функции, кроме программируемой матрицы FPGA. И большая часть решений по реализации приложения стала приниматься разработчиками СНК, а не системными разработчиками. Разработчики системы могли обеспечить дифференциацию устройства только путём выбора оптимальной СНК, создавая уникальное программное обеспечение и, по возможности, продуманный интерфейс сопряжения FPGA с СНК.

Теперь ситуация снова меняется. Огромное число транзисторов, доступ-

ных для разработчиков чипа, позволило достичь того, что в компании Altera назвали «конвергенцией кремния». В мощные микроконтроллеры были добавлены специализированные аппаратные средства, поэтому они стали напоминать ASIC. ASIC и ASSP могут включать в себя мощные 32-разрядные процессоры, поэтому они стали походить на микроконтроллеры высокого класса. И FPGA, такие, например, как семейство компании Altera, стали включать в себя как многоядерные процессоры, так и специализированные аппаратные блоки, создавая в реальности идеальные условия: возможность для системного разработчика выбирать программное обеспечение, специализированные аппаратные средства или программируемую логику в зависимости от характера реализуемой задачи (см. рис. 2).

В нашем примере разработчики могли бы использовать такой «конвергированный» чип, чтобы организовать запуск системного программного обеспечения и многопоточковой части алгоритма по обработке изображений на двух мощных процессорных ядрах. Они могли бы реализовать оставшуюся часть алгоритма на комбинации аппаратных DSP-ядер и программируемой матрицы, которые также входят в состав чипа.

Поскольку растущая стоимость разработки ограничивает применение ASIC всё меньшим числом приложений, тенденция на «конвергенцию кремния» позволяет соединить вместе оставшиеся три системных решения. Микроконтроллеры, ASSP и FPGA становятся всё более похожими друг на

друга, однако с одним важным исключением. По причине технологического характера и в силу применения закона об интеллектуальной собственности только FPGA способны предложить самую современную технологию программируемой логики. Поэтому только FPGA могут всецело поддерживать стратегию системного разработчика на дифференциацию устройств вплоть до аппаратного уровня.

Будущее дифференциации конечных продуктов

«Конвергенция кремния» определит направление развития системной разработки на следующие несколько лет. С одной стороны, мы увидим, что микроконтроллеры высшего класса и ASSP образуют основу систем, чья аппаратная часть практически стала стандартным продуктом, а дифференциация между системами на рынке переместилась в сферу программного обеспечения. С другой стороны, мы увидим аппаратно-дифференцированные системы на базе FPGA, которые будут отличаться от всех остальных продуктов.

Такое расхождение будет ускоряться благодаря развитию интегральных 3D-схем и гетерогенных систем программирования. Технология 3D-схем позволит интегрировать совершенно разные технологии – например, FPGA, микропроцессоры, DRAM и радиочастотные схемы – в виде слоёв кристаллов, что радикально улучшит временные параметры и энергопотребление по сравнению с отдельными чипами. Одним из первых примеров развития такой технологии стал процессор Intel

На правах рекламы

Atom серии E6x5C, в котором интегрированы центральный процессор Atom и FPGA компании Altera. Процессор Atom обеспечивает стандартную в отрасли архитектуру для запуска программного обеспечения, а FPGA – возможность создания специализированных ускорителей и контроллеров интерфейса.

Серия процессоров E6x5C также наглядно показывает потребность в развитии второго перспективного направления – гетерогенной программной среды. Оптимально, когда системные разработчики могут начать просто с создания и отладки программного обеспечения для одного центрального процессора. Платформа разработки затем могла бы обеспечить поддержку для разработчиков при определении критичных участков кода, распределяя задачи по нескольким ядрам процессора с совместным использованием кэш-памяти и создавая аппаратные ускорители для критичных программных ядер. Таким образом, команда разработчиков могла бы оптимизировать проект до тех пор, пока не будут достигнуты требуемые показатели по

временным параметрам и энергопотреблению.

Примером такой среды разработки является проект OpenCL-FPGA, который в настоящее время находится в процессе разработки в компании Altera (см. рис. 3). Цель данной работы заключается в формировании единой среды, в которой системные разработчики могли бы создавать программы на диалекте языка C, отделять программные ядра, требующие большого объёма вычислений, генерировать параллельные аппаратные подсистемы для ускорения программных ядер и интегрировать полученную аппаратно-программную систему.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обусловленная ростом степени интеграции кремниевых чипов «конвергенция кремния» позволяет собрать все основные электронные блоки в одном корпусе, лишая системных разработчиков возможности в полной мере дифференцировать свои конечные продукты. Однако FPGA, внешне всё больше напоминая ASSP и микроконтроллеры, в действительности увеличи-



Рис. 3. Единая среда разработки на базе OpenCL-FPGA компании Altera

чивает потенциал системных разработчиков по дифференциации аппаратных средств. Развитие перспективных технологий – 3D-схем и гетерогенных программных сред разработки – позволит ускорить отделение интегральных схем системного уровня на базе FPGA от традиционного мира микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

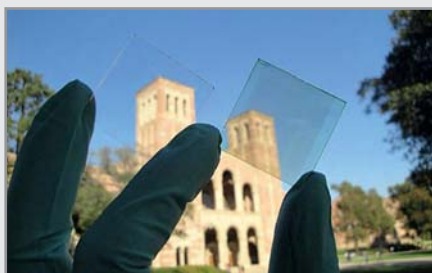
1. Biran D. Silicon Convergence and the Future of System Design. www.altera.com. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Учёные UCLA разработали прозрачные солнечные панели

Исследователи Калифорнийского университета (UCLA), расположенного в Лос-Анджелесе, изобрели прозрачные солнечные панели, которые в будущем можно будет использовать в окнах домов, способных аккумулировать энергию солнца.

Полимерные солнечные панели поглощают ультрафиолетовое излучение, а видимый свет пропускают через себя. Учёные прежде уже пытались создать нечто подобное, однако по сравнению со стандартными солнечными батареями их решения вырабатывали незначительное количество электроэнергии, а коэффициент пропускаемого света был крайне низким. Что касается новых панелей, то их прозрачность, по словам учёных, составляет около 70%.



«Полученные нами результаты открывают возможность установки прозрачных полимерных солнечных батарей в качестве дополнительных компонентов на портативную электронику, умные окна, использования их в строительной сфере, и т.д.», – рассказал профессор Калифорнийского университета и руководитель исследования Ян Ян (Yang Yang). По мнению учёных, это лишь первый шаг к дальнейшим инновациям в области электроэнергии.

<http://www.slashgear.com/>

Ультрафиолетовый лазер преодолел рубеж мощности 500 тераватт

Научно-исследовательский комплекс NIF (National Ignition Facility), входящий в состав Ливерморской национальной лаборатории, который, среди прочего, участвует в экспериментах по получению продуктов инерциального термоядерного синтеза, поставил рекорд мощности лазерного импульса. Группа исследователей во главе с Эдвардом Мозесом (Edward Moses) сообщила, что 5 июля им удалось достичь показателя в 500 тераватт и энергии 1,85 МДж при облучении ультрафиолетом 2-мм цилиндрической мишени с бериллиевой



оболочкой и дейтерий-тритиевым наполнителем.

Согласно расчётам, при облучении металлический цилиндр должен разогреться настолько, чтобы начать отдавать полученную энергию в виде рентгеновского излучения, которое будет взаимодействовать с мишенью. Её поверхность, в свою очередь, при получении огромной энергии начнёт испаряться с образованием направленной внутрь ударной волны, которая сожмёт и нагреет топливо до термоядерных параметров. Затем горение будет распространяться от центра к краям.

По словам руководителя проекта, основные подготовительные работы уже завершены и установка полностью готова к реализации главного этапа программы – осуществлению реакции термоядерного синтеза.

<http://www.popsoci.com/>