

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЛИС

Ужасы проектирования

Это ужасная глава, так как по прошлому опыту могу сказать, что иногда что-то новое кажется многообещающим, но потом понимаешь, что это всего лишь жалкое подобие того, что появляется незаметно, и затем неожиданно приобретает широкую популярность именно в тот момент, когда этого не ожидаешь.

Вы, должно быть, помните, что когда я в далёком 1980 году начинал свою карьеру, разрабатывая микропроцессоры для мэйнфреймов (что, в принципе, было не так уж и давно), у нас не было доступа к тем технологиям и средствам проектирования, которые применяются в наши дни. У нас не было даже программ для разработки схем, и пользовались мы только карандашом и бумагой, с помощью которых рисовали принципиальные схемы, состоящие из многих логических элементов. У нас не было систем логического моделирования (в то время уже появились их первые версии, но доступны они были не для всех), поэтому свои конструкции мы проверяли с помощью экспертной оценки, которая сводилась к тому, что другие инженеры смотрели на вашу схему и приговаривали: «По-моему, всё хорошо».

Сложные языки семейства HDL, такие как Verilog и VHDL, появились намного позже, хотя, возможно, что в то время уже существовали средства логического синтеза, но нам они не встречались. Когда дело доходило до логической оптимизации и минимизации, то эта задача поручалась одному китайцу из нашей команды, который был в этом деле непревзойденным мастером, он брал нашу схему и возвращал через несколько дней её оптимизированную версию. Для выполнения временного анализа мы снова брались за карандаш и бумагу и вручную вычисляли значение задержек для каждого пути прохождения сигнала (в то время никто не мог себе позволить даже простейший электронный калькулятор).

Мы работали с заказными микросхемами, изготовленными по мультимикронной технологии, которые содержали всего лишь несколько тысяч логических элементов (ПЛИС в то время ещё не были изобретены). Если бы тогда мне кто-то сказал, что к 2003 году мы будем заниматься разработкой заказных микросхем и однокристальных систем, изготовленных по 90-нм технологии, которые будут содержать десятки и сотни миллионов логических элементов, и что у нас будут реконфигурируемые устройства, такие как ПЛИС на основе ячеек статического ОЗУ, то я бы просто покатылся со смеху. Также если бы мне тогда сказали, что когда-нибудь у меня на столе будет стоять персональный компьютер с сотнями мегабайт ОЗУ и тактовой частотой более 2 ГГц, объёмом жесткого диска 60 Гбайт, и в моём распоряжении будут средства САПР электронных систем, то я, изображая на лице ус-

покаивающую улыбку, всерьёз бы призадумался над тем, как бы поскорее от вас улизнуть¹⁾.

Сфера электроники развивается настолько быстрыми темпами, что все наши прогнозы по поводу её будущего можно свести к словам: «Что день грядущий нам готовит?... В глубокой тьме таится он». Но всё-таки давайте отложим в сторону все шуточки, бросим игральные кости и посмотрим, что же ждёт нас в будущем.

Архитектуры и технологии нового поколения

Устройства с миллиардами транзисторов

Одно моё предсказание, в котором я абсолютно уверен, заключается в том, что следующее поколение ПЛИС будет содержать миллиарды транзисторов, а может даже и больше (причиной моей самоуверенности послужил тот факт, что компания Xilinx недавно анонсировала устройства этого типа). Эти кристаллы будут изготовлены по 90-нм технологии, вслед за ними последуют устройства с технологией изготовления 65 и 70 нм.

Сверхбыстрые устройства ввода/вывода

Многие современные высокотехнологичные ПЛИС оснащаются одним или несколькими блоками гигабитных передатчиков, описываемых ранее в гл. 21. Каждый такой передатчик может поддерживать несколько каналов. В свою очередь, каждый канал может работать с потоком 2.5 Гбит/с, следовательно, четыре канала могут одновременно передавать данные со скоростью 10 Гбит/с. Кроме того, с микросхемами могут применяться дополнительные внешние устройства, с помощью которых входной оптический сигнал можно преобразовать в четыре электрических канала и передать их в ПЛИС. И наоборот, эти устройства могут объединять четыре электрических канала, приходящих от ПЛИС, и преобразовывать их в один оптический сигнал. Во время написания этой книги появилась информация, что некоторые ПЛИС могут самостоятельно принимать и генерировать оптические сигналы со скоростью 10 Гбит/с.

В недалёком будущем могут появиться другие технологии, позволяющие осуществлять беспроводную или подобную беспроводной связь между кристаллами по типу ПЛИС-ПЛИС или ПЛИС-заказная микросхема. Что касается упомянутого здесь понятия «подобные беспроводной», то я имею в виду методы, аналогичные проводящимся сейчас экспериментальным работам компании Sun Microsystems по межкристальному обмену на основе чрезвычайно быстрых и маломощных ёмкостных связей. В этом случае требуется, чтобы кристаллы были установлены очень (ОЧЕНЬ) близко друг к другу на печатной плате, но скорость межкристального обмена при этом возрастает в 60 раз по сравнению с самыми быстрыми на сегодняшний день технологиями связи между компонентами на печатной плате.

Сверхскоростное конфигурирование

Большинство современных ПЛИС конфигурируются с помощью последовательного битового, либо параллельного 8-битного потока. Это обстоятельство сильно ограничивает применение устройств

¹⁾ Первые компьютеры IBM PC появились только в 1981 году.

ПЛИС в системах с перестраиваемой архитектурой. Некоторое время назад (примерно в середине 1990-х годов) команда *Pilkington Microelectronics (PMEL)* из Соединённого Королевства представила оригинальную архитектуру ПЛИС, в которой контакты ввода/вывода микросхемы также использовались для загрузки конфигурационных данных. Такое решение обеспечило сверхширокую шину (256 бит и более), с помощью которой устройство программировалось в один миг (jiffy)¹⁾.



Компания Pilkington, основанная в 1826 году, является одним из крупнейших мировых производителей стеклянных изделий, а также мировым лидером в разработке технологий изготовления стекла. Так, в 1952 году господин Аластэр Пилкингтон разработал флоат-процесс, при котором стекломасса температурой около 1000°C непрерывно выливается из печи в ванну с расплавленным оловом. Стеклomасса растекается по олову, благодаря чему приобретает невероятную гладкость, одновременно она охлаждается и затвердевает, образуя в итоге непрерывную ленту. Не понимаю, почему Пилкингтон решил заняться микроэлектроникой.

Такие устройства, например, могут использоваться при работе с разнообразными алгоритмами сжатия и распаковки данных (кодеками), которые применяются при обработке аудио- и видеоданных. Если ваша система должна распаковывать файлы, которые были сжаты с помощью различных алгоритмов, тогда вам необходимо поддерживать различные наборы кодеков.

Допустим, вы решили аппаратно выполнять распаковку с помощью устройства, реализованного на основе ПЛИС, тогда при использовании традиционных устройств вам необходимо реализовать каждый кодек в своей микросхеме или в отдельных областях одного большого устройства. Перепрограммирование ПЛИС для «горячей» смены кодека в большом устройстве потребует от 1 до 2.5 с, что может не устроить конечного пользователя (в наши дни всё должно выполняться мгновенно). В отличие от этих методов, при использовании архитектуры PMEL, реконфигурационные данные могут быть загружены в ПЛИС перед поступлением файла, подлежащего обработке (Рис. 26.1).

Идея заключается в том, что конфигурационные данные могут загружаться через широкую шину, программировать устройство за долю секунды и сразу же приступить к распаковке следующего за ними аудио- или видеофайла. Если следующий файл, подлежащий обработке, требует другого кодека, тогда соответствующий конфигурационный файл должен предварительно перепрограммировать устройство.

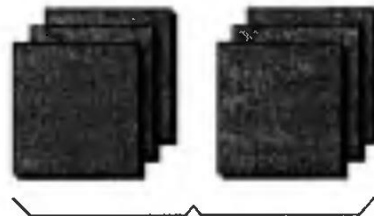
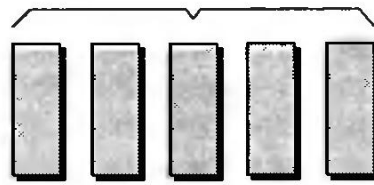
CODEC — как сокращение от слов COmpressor/DECompressor или КОдер-ДЕКодер

¹⁾ Официальное определение понятия «jiffy» («миг») может означать «короткий отрезок времени», «момент», «мгновение». Инженеры используют понятие «jiffy» для обозначения длительности одного периода частоты синхронизации компьютера. Также это понятие может обозначать длительность периода сетевого источника питания, который составляет 1/60 секунды в США и Канаде, или 1/50 секунды в Англии и многих других странах. Не так давно в общем случае под понятием «jiffy» стали понимать 1/100 долю секунды. И только ради развлечения, физики иногда под понятием «jiffy» подразумевают время, за которое луч света в вакууме преодолевает расстояние в один фут (на это потребуется примерно 1 наносекунда).

Июнь 1973 г. В печати впервые появилось слово «**микрокомпьютер**», которое относилось к микрокомпьютеру *Micral* на базе микропроцессора 8008.

1974 г. Америка. Компания *Intel* выпускает микропроцессор 8080, который стал поистине первым микропроцессором общего назначения.

Файлы, содержащие конфигурационные данные для различных кодеков



Аудио- и видеофайлы, сжатые с помощью различных кодеков

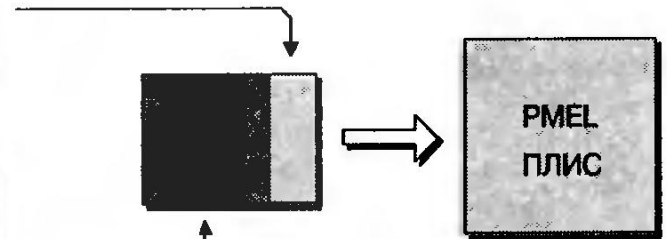


Рис. 26.1. Широкая конфигурационная шина

Эта концепция применима для большого числа приложений. К сожалению, первые воплощения этой технологии потерпели неудачу, но, вероятно, в недалёком будущем подобные устройства появятся снова¹⁾.

Увеличение количества аппаратных блоков интеллектуальной собственности

При изготовлении микросхем по 90-нм (и ниже) технологии, на одном кристалле можно расположить так много транзисторов, что это почти наверняка вызовет увеличение количества аппаратных блоков интеллектуальной собственности для функций связи, специальной обработки, микропроцессорной периферии и так далее.

Аналоговые и комбинированные устройства

Поставщики традиционных цифровых микросхем ПЛИС стремятся захватить как можно больше функций, находящихся на печатной плате и перенести их в свои устройства. Другими словами, в ПЛИС начали включать аппаратные блоки IP с аналоговыми составляющими, такими как АЦП (аналогово-цифровые преобразователи) и ЦАП (цифро-аналоговые преобразователи). Эти блоки могут программироваться на определённое количество уровней квантования (разрешение ЦАП и АЦП) и динамический диапазон поддерживаемого аналогового сигнала. Также такие устройства могут включать в свой состав усилители и некоторые функции фильтрации и преобразования сигналов.

Более того, уже несколько лет ряд компаний производят *программируемые пользователем аналоговые матрицы* (или *FPAА — field-programmable analog arrays*)²⁾. Таким образом, с большой вероятностью можно утверждать, что изначально цифровые ПЛИС начнут включать реальные программируемые аналоговые блоки, подобно тому, как это делается в микросхемах FPAА.

¹⁾ Схема широкой конфигурационной шины используется в некоторых устройствах *FPNA* (*программируемых пользователем массивом узлов*), рассмотренных в главе 23.

²⁾ Например, компания *Anadigm* (www.anadigm.com) предлагает некоторые интересные устройства этого вида.

ASMBL и другие архитектуры

Как только я начал писать строки этой главы, так компания Xilinx формально анонсировала появление архитектуры *ASMBL* (*Application Specific Modular Block* — специализированные модульные блоки). Идея этого решения заключается в том, что в вашем распоряжении оказывается структура, состоящая из столбцов, в которую парни из Xilinx вложили большое количество различных функций, таких как:

- программируемая логика общего назначения;
- блоки памяти;
- функции цифровой обработки сигналов (ЦОС);
- функции процессора;
- высокоскоростные блоки ввода/вывода;
- аппаратные блоки IP;
- функции обработки смешанных сигналов.

Компания Xilinx предоставляет набор готовых к применению устройств, каждое из которых обладает разными наборами столбцов, предназначенных для реализации в приложениях определённой области (Рис. 26.2).

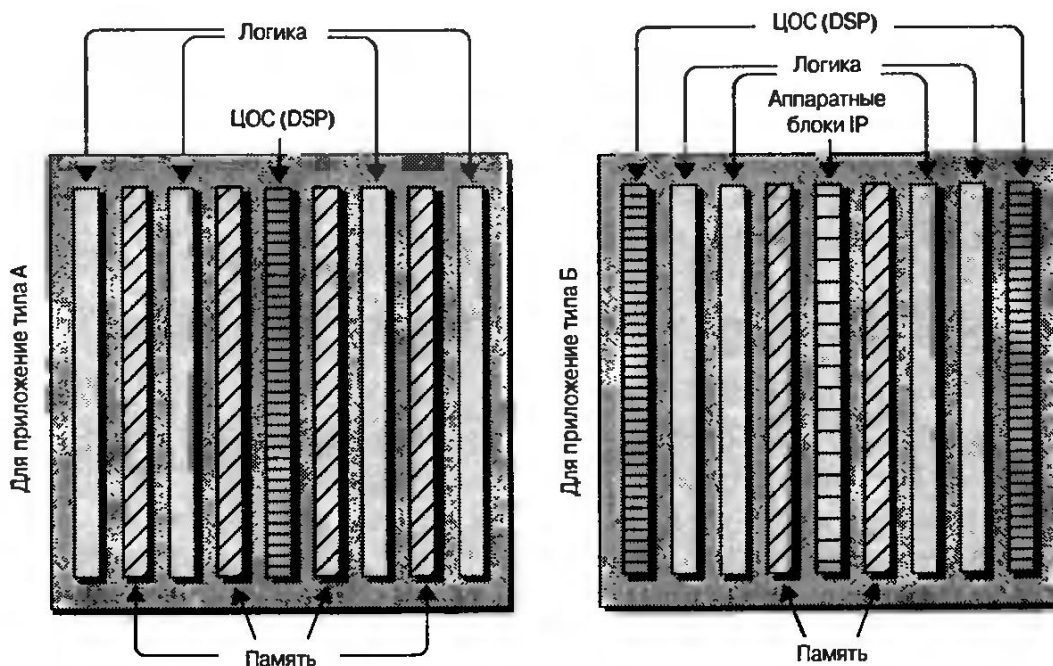


Рис. 26.2. Применение архитектуры ASMBL для создания различных готовых устройств со специализированной прикладной функциональностью

Конечно, другие поставщики ПЛИС тоже усиленно работают над своими устройствами следующего поколения, и мы можем полагать, что в ближайшие несколько лет на нас обрушится шквал новых архитектур.

Уровень детализации

Ранее в главе 4 мы говорили о том, что поставщики ПЛИС и студенты различных учебных заведений одно время серьёзно были заняты исследованием целесообразности применения 3-, 4-, 5- и даже 6-входных таблиц соответствия.

В прошлом некоторые устройства использовали таблицы соответствия различных размеров, например на 3 и на 4 входа, так как это ре-

1974 г. Америка.
Компания Motorola
представила мик-
ропроцессор 6800.

1974 г. Америка. В журнале «Radio Electronic» опубликована статья Джонатана Тайтуса (Jonathon Taitus) о разработке микрокомпьютера Mark-8 на базе микропроцессора 8008.

шение сулило оптимальное использование ресурсов устройства. В силу различных причин большинство современных ПЛИС используют только 4-входные таблицы соответствия, однако не исключено, что в будущем часть из них снова начнёт применять блоки с разным количеством входов.

Включение ядер ПЛИС в заказные микросхемы

Стоимость разработки современных 90-нм заказных микросхем все-таки ужас. Эта проблема усугубляется тем фактом, что после разработки устройства и создания микросхемы ваш алгоритм и все функции оказываются «защитными в кремний». Это значит, что если после этого внести некоторые изменения, то вам придётся заново генерировать все устройство, создавать новый набор фотошаблонов (стоимостью примерно 1 миллион долларов США) и заново создавать новую микросхему.

Для решения этой проблемы некоторые пользователи заинтересованы в создании заказных микросхем со встроенными в их структуру ядрами ПЛИС. Если быть кратким, то это значит, что можно использовать одни и те же устройства для многих приложений без создания новых наборов фотошаблонов. Во время написания этой книги, последним воплощением этой технологии была архитектура *XBlue*, представленная компаниями IBM и Xilinx. Появление подобных устройств, изготовленных по 90-нм технологии, ожидается в самом ближайшем будущем.

Я думаю, что мы также станем свидетелями увеличения применения структурированных заказных специализированных микросхем, которые будут использовать встроенные ядра ПЛИС, так как методы и средства их проектирования содержат много общего.

Включение ядер FPNA в заказные микросхемы и ПЛИС и наоборот

В главе 23 мы рассматривали концепцию встраивания ядер FPNA в структуру ПЛИС и заказных микросхем, или наоборот, включение ПЛИС-узлов в структуру FPNA. Также вполне возможно, что в недалёком будущем мы будем разрабатывать устройство на основе заказных микросхем со встроенным ядром ПЛИС, которое будет включать встроенное ядро FPNA, которое, в свою очередь, будет включать узлы ПЛИС. Потрясающе!

Устройства на основе магнитного ОЗУ

В главе 2 мы рассматривали концепцию магнитного ОЗУ. Ячейки этого типа памяти потенциально сочетают в себе скорость работы статического ОЗУ, большой объём динамического ОЗУ, энергонезависимость технологии Flash и потребляют чрезвычайно мало энергии.

Микросхемы памяти на основе ячеек магнитного ОЗУ должны появиться в ближайшем будущем. После выхода на рынок этих модулей памяти начнётся развитие и других устройств на их основе, таких как ПЛИС на основе ячеек магнитного ОЗУ.

Не забывайте о средствах проектирования

Как мы уже заметили выше, следующее поколение ПЛИС будет содержать более 1 миллиарда транзисторов. Существующие методы проектирования, основанные на HDL, в которых устройство описывается на уровне абстракции регистровых передач, уже начинают споты-

каться при работе с современными устройствами, и в скором времени просто перестанут справляться со своей задачей.

Решением этой проблемы может послужить переход на более высокий уровень абстракции устройства при помощи использования методов проектирования, основанных на использовании чистой версии языка C/C++, рассмотренных нами в главе 11. Однако на практике требуются также средства проектирования системного уровня, которые помогут пользователю управлять пространством параметров разработки на чрезвычайно высоком уровне абстракции. В дополнение к средствам алгоритмического моделирования и верификации, эти окружения должны также помогать пользователю разделять устройство на аппаратную и программную части.

Также эти средства системного уровня должны поддерживать возможности анализа производительности, с тем, чтобы помочь пользователю оценить какие программные блоки работают слишком медленно, и, таким образом, перевести их на аппаратную реализацию, и какие аппаратные блоки можно реализовать программно, дабы оптимизировать использование ресурсов микросхемы.

О подобных инструментах люди говорят целую вечность, и различные окружения и средства проектирования уже решают эти задачи. Однако на практике они проходят длинный путь, прежде чем достигнут соответствующих возможностей и простоты использования.

Ожидание неожиданного

Вот и всё, конец этой главы и конец этой книги. Фу! Но перед тем как закончить, я ещё раз повторюсь, что все мои и ваши предположения в будущем могут оказаться лишь слабым отражением того, что произойдёт на самом деле. В мире существует ряд технологий и средств проектирования, которые пока ещё только развиваются, и когда они всё-таки появятся на сцене (с учётом прошлого опыта, это случится раньше, чем мы полагаем), мы все воскликнем «Ух ты! Какая хорошая идея!» и «Почему я сам до этого не додумался?». О Боже, я ЛЮБЛЮ электронику!

1975 г. Америка.
На рынке Америки появился микрокомпьютерный набор для самостоятельной сборки.