

«КРЕМНИЙ НА БУМАГЕ» ИЛИ FABLESS?

Дмитрий Фомин

Долгое время российские разработчики интегральных схем высокой степени интеграции (СБИС) применяли технологию «кремний на бумаге». Это было чисто русское явление, которое выглядело примерно так: проект микропроцессора долгое время лежал на столах разработчиков из-за невозможности производства в России, затем он плавно перетекал в архив и затем в мусорное ведро. При этом на каждом этапе проектирования, строго по ГОСТ выпускалось огромное количество бумаги в виде отчетов, актов и т.д. Новые времена открыли новые возможности.

ПЯТЬ «К»

Начало 1995 г. ознаменовалось удивительным стечением обстоятельств. К этому времени в НТЦ «Модуль» был развернут центр проектирования печатных плат и полузаказных СБИС (ASIC) на базе САПР фирмы Cadence [1]. В среде разработчиков оформилось понимание необходимости создания собственного процессора [2], наиболее адекватно отвечающего задачам обработки изображений и поддержке нейронных сетей. В Модуле собралась команда разработчиков микропроцессоров высочайшего класса. Благодаря усилиям руководства, удалось привлечь инвестиции на проведение дизайнерских работ и реконструкцию ASIC дизайн-центра. Таким образом, правило пяти «К» – концепция, команда, компьютер, капитал, крыша (без кавычек) – было выполнено, и мы начали разработку новой процессорной архитектуры. Оставалось решить еще один вопрос, обеспечить еще одно «К» – Кто будет производителем?

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Этот вопрос определяет многое. В то время мы и не мечтали о технологически независимом проектировании, которое требует применения очень дорогих синтезаторов с уровня Verilog RTL в библиотечный базис кон-

кретной фабрики. Поэтому начать проектирование процессора, не выбрав технологию и не определив производителя, было невозможно. Наивно полагая, что мы являемся очень привлекательными заказчиками, мы начали рассылать запросы в ведущие микроэлектронные компании, такие как Texas Instruments, SGS Thomson, Motorola и др. Большинство из них никак не отреагировало, остальные, позвонив и выяснив, что речь идет о серии в 5000...10 000 штук в год, еле сдерживая смех, говорили, что весь этот объем может быть произведен за полдня работы фабрики. Единственной компанией, которая отнеслась к нам серьезно, была французская фирма European Silicon Structures (ES2). Летом 1995 г. мы подписали контракт с немецким отделением ES2, расположенным в Мюнхене. На этапе функционально-логического проектирования все шло в очень хорошем темпе. Мы нашли общий язык с инженерами и менеджерами компании и работали с ними очень плотно. К концу 1996 г. разработка схемы была закончена, и мы были готовы ехать во Францию для проведения совместных работ по проектированию топологии. И вот тут начались проблемы. Приблизительно в это же время фирма ES2 была куплена крупной американской полупроводниковой компанией Atmel. Как обычно бывает в таких случаях, внутри компании происходят большие изменения, не только структурные, но и тактические. В результате этих изменений нам было отказано в участии в работах по проектированию топологии, что являлось прямым нарушением подписанного контракта со стороны Atmel-ES2. В течение 2-х месяцев мы пытались урегулировать проблему «мирным» путем. Предлагали разные варианты, но, к сожалению, партнер не принял наши предложения, а мы не могли отдать проектирование топологии такой сложной схемы на откуп пусть и очень квалифицированным, но совершенно не знающим архитектуры процессора инженерам Atmel-ES2.

24 января 1997 г. контракт с Atmel-ES2 был расторгнут по инициативе НТЦ «Модуль». Конечно, такое решение было принято не на пустом месте. С самого начала конфликта с Atmel-ES2 мы искали запасные варианты, активно используя Internet, факс и телефон. Как уже было отмечено, найти производителя микросхемы, даже если у Вас есть деньги на ее производство, – совсем не просто. Дело в том, что маркетинг-менеджеры крупных фирм не хотят тратить свое время даже на переписку, если не видят хотя бы потенциального рынка для заказываемой ASIC в будущем. Но опыт, который мы получили во время работы с Atmel-ES2, очень помог нам заинтересовать потенциальных изготовителей нашего процессора. В конце концов, мы получили предложения от девяти компаний (табл. 1), включая таких лидеров, как Samsung, Fujitsu, LSI Logic, LG Electronics и AMI. Для абсолютно неизвестной в то время российской фирмы это можно было считать большим успехом.

В общем, благодаря «перестройке» выбрать было из чего. И мы стали выбирать. Основными критериями при выборе были технология, стоимость проектирования топологии и изготовления опытной серии, наличие дизайн-центра в Европе и готовность сотрудничать с нами в процессе разработки топологии. По большинству критериев была выбрана корейская компания Samsung Semiconductor с дизайн-центром во Франкфурте (Германия).

В апреле 1997 г. во Франкфурте-на-Майне был подписан контракт с фирмой Samsung Semiconductor Europe GmbH. С этого момента наш проект стал называться NM6403. Нас часто спрашивают, почему 03, ведь это первая версия процессора. Ответ прост: в кремнии – да, первая, в электронном виде – третья, первые две остались в Atmel-ES2. Позднее мы зарегистрировали торговую марку NeuroMatrix®, которая стала названием будущего семейства процессоров и процессорных ядер.

МИФЫ И РЕАЛИИ

Выбор фирмы Samsung основывался еще на одном критерии – имени и авторитете компании. В то время мы считали, что если и случится задержка с выпуском нашего процессора, то только по нашей вине. В таких сложных проектах, как NM6403 DSP, невозможно обойтись без ошибок. Это подтвердил наш предыдущий опыт: две версии логического проекта (нетлист) в Atmel-ES2 – результат наших ошибок и просчетов. Но как оказалось, слепо верить заверениям фирмы-изготовителя о сроках выполнения работ и надеяться на отлаженную систему качества в ведущей микронэлектронной компании тоже нельзя. Начав работу с Samsung, мы постепенно начали убеждаться, что весь ASIC Design Flow рассчитан на быстрое проектирование и изготовление простеньких контроллеров для стиральных машин и микроволновых печей. Сложные и редко используемые библиотечные элементы поступали к нам с ошибками, характер которых говорил, что ни разу не моделировались в САПР. Сами дополнительные средства САПР, разработанные в Samsung как элементы Cadence Design Kit, были не способны обработать такую сложную схему, как микропроцессор NM6403. Но больше всего удивлял стиль работы менеджеров. Чтобы получить ответ на какой-нибудь вопрос, нужно было задать его трижды: два раза по e-mail и третий раз – позвонив по телефону, а лучше приехав лично на встречу во Франкфурт. Кто-то может сказать: «А что Вы хотели за такие деньги?». К сожалению, это правда. Бесплатный сыр бывает только в мышеловке. Вскоре мы это хорошо поняли и стали искать выход из сложной ситуации. Дело в том, что наш логический проект не проходил формальной верификации средствами Samsung. Программа определе-

ния покрытия неисправностей просто игнорировала векторный сопроцессор, а это почти половина всей схемы. В результате, процент покрытия получался очень низкий и нам предлагалось либо переработать тесты, либо подписать соглашение об отказе в праве выставления претензий (waiver) в случае обнаружения бракованных микросхем. Но мы были уверены в качестве наших тестов и поэтому решили взять в аренду у фирмы Cadence программу определения покрытия. Профессиональный пакет Verifault-XL обсчитывал нашу схему целую неделю, но результат стоил того – 94% покрытия! Это означало, что наши тесты на этапе выходного контроля смогут выявить неисправность в 94% элементов схемы. Для справки: в схемах, подобных NM6403, 80...82% считается очень хорошим показателем. Было еще много таких ситуаций, особенно на этапе совместного с Samsung проектирования топологии кристалла и выпуске опытной партии. Где-то мы соглашались, где-то боролись, где-то сдавались и подписывали waiver. Следует сказать лишь одно, в результате всех технологических и организационных проблем схема вышла с задержкой в 9 месяцев от первоначального плана. Но все же она вышла и заработала с первого раза! Да, мы не получили ожидаемых 70...80 МГц, но все же нужно отдать должное нашим партнерам из Samsung. Как только проект попал в русло хорошо накатанного процесса производства, никаких проблем не было. Технология, где минимизирован человеческий фактор, взяла свое.

НАША ПОБЕДА?

Сразу после мартовских праздников 1998 г. генеральный директор НТЦ «Модуль» Юрий Иванович Борисов вызвал нас к себе в кабинет и преподнес подарок – первые пять



Рис. 1. Микросхема NM6403

еще горячих микросхем NM6403 в корпусе PBGA256, доставленных из Кореи экспресс-почтой (рис. 1).

Но веселье было недолгим. Как в общем мы и предполагали, кризис 1998 года не прибавил активности на российском рынке военных и высоких технологий (теперь говорят, что он кому-то помог, не то нефтяникам, не то газовикам, но мы, к сожалению, были далеки от столь высоких сфер). Поэтому была разработана стратегия выхода на внешний рынок. Продукт позволял это сделать, его функциональность и качество изготовления делали его конкурентоспособным. Первая демонстрация процессора NM6403 на всемирной компьютерной выставке CeBIT'98 в Ганновере в 1998 году подтвердила это. Американская компания HiNT Corporation (Fremont, CA) заинтересовалась нашим процессором для нейросетевых приложений в области предсказаний поведения рынка ценных бумаг. Позже успехи наших программистов, разработавших ряд эффективных алгоритмов цифровой обработки сигналов и видеоизображений, позволили нам позиционировать NM6403 на рынке DSP и встраиваемых систем. В конце 1998 года первые ускорительные платы на базе нашего процессора, да и сам он, были включены в партнерскую программу фирмы Texas Instruments (TI) «Third Party Network Support». Эта программа объединяет фирмы, разрабатывающие аппаратуру и ПО на базе цифровых процессоров

Таблица 1. Некоторые предложения и условия 1997 года

	CMP	LSI Logic	Fujitsu	Samsung	Thesys	AMI	Hyundai	Axis Electronic	LG
Процесс, мкм	0,8	0,5	0,35	0,5	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6
Технология	SC	SC	EGA	SC	SC	SC	SOG	SC	SC
Площадь, мм ²	105	65	40	81	105	84	63,2	n/a	73
Стоимость разработки (NRE), тыс. \$	55	185	188	55	117	70	35	68	45
Цена при серии 5000 шт., \$	n/d	51,0	14,0	17,5	40,0	27,0	14,0	n/d	11,0
Длительность производства образцов, недели	17	n/d	17	11	n/d	17	n/d	20	8

Технология: SC – standard cell (стандартные ячейки), EGA – embedded gate arrays (встраиваемые вентильные матрицы), SOG – Sea Of Gates (БМК), n/d – нет данных

TI или совместимых с ними для продвижения лучших продуктов этих компаний на рынке DSP. Но самым большим успехом можно считать заключение лицензионного соглашения с фирмой Fujitsu Microelectronics Europe GmbH в 1999 г. Фирма Fujitsu проявила интерес к нашей архитектуре еще в период поиска производителя для процессора NM6403. Уже в 1997 г. у Fujitsu была технология 0,35 мкм, и они ее нам предлагали. Но стоимость разработки топологии и изготовления опытной партии была очень велика для нас. Тем не менее, партнерские отношения между Модулем и Fujitsu завязались и привели к созданию в 1997 г. первого и пока единственного ASIC дизайн-центра Fujitsu в России на базе НТЦ «Модуль» в Москве. Несмотря на то, что мы продолжали проектировать микросхему в Samsung, активная позиция президента Fujitsu (г-на Казуо Иида) и двух топ-менеджеров компании (г-на Гаральда Франка и г-на Гюнтера Юнге) позволила развиваться нашему сотрудничеству не только в области проектирования ASIC, но и в совершенно новом для нас бизнесе – «кремниевой» интеллектуальной собственности. Как отмечали наши консультанты из государственного предприятия «Лицензинторг» на пресс-конференции, посвященной заключению лицензионного соглашения с Fujitsu, это была первая сделка подобного рода за все 35-летнее существование этой организации. Никогда еще Россия не экспортировала микропроцессорные технологии за рубеж. Также были отмечены рекордно короткие сроки заключения лицензионного соглашения – 3 месяца. Тут хотелось бы уточнить. Да, мы смогли разработать и согласовать текст лицензионного соглашения и соглашения о поддержке за три месяца. Но не нужно думать, что полумиллионная сделка с маленькой российской компанией может свершиться за один телефонный звонок. Они приглядывались к нам, они следили за нашими успехами все время, начиная с 1997 года. В первую очередь, свою роль сыграли эффективные аппаратно-программные решения в области обработки видеoinформации и нейронных сетей, разработанные инженерами Модуля на базе NM6403. Публикации в ведущих зарубежных технических изданиях, таких как Electronic Engineering Times

(EETimes), Electronics Design (EDN), Semiconductor Times [3, 4, 5] и др., подтверждали новаторство идей, заложенных в архитектуре NeuroMatrix®. Но решающим фактором для Fujitsu оказалась демонстрация в начале 1999 года синтезابلного описания ядра нашего процессора – NeuroMatrix® Core (NMC) (рис. 2).

Это описание было разработано в САПР Synopsys Design Compiler, что позволяло очень быстро интегрировать NMC в любую доступную технологию не только Fujitsu, но и других компаний. Проект становился мобильным, и Fujitsu, поняв это, не заставила себя ждать.

ПРОДОЛЖЕНИЕ В СТИЛЕ «FABLESS»

Сейчас NM6403 производится мелкими сериями на заводе Samsung в Корее. Нам не под силу организовать крупносерийное производство. Для этого нужно вложить в «раскрутку» процессора, как компонента на внешнем рынке, в десятки, сотни раз больше средств, чем в его разработку. Несмотря на то, что мы играем на рынке DSP и процессоров встраиваемых систем, где монополизация не так высока, как в сфере универсальных микропроцессоров, конкурировать с компаниями, имеющими собственное микроэлектронное производство, невозможно. Мы никогда не сможем предложить цену ниже цены производителя. Наш шанс остаться на этом рынке только один – «кремниевая» интеллектуальная собственность (SIP). Но продать лицензию на ядро, не подкрепленную образцами СБИС, а лучше – действующими системами – очень сложно. Никто не хочет платить деньги за электронную базу данных. Поэтому мы выработали для себя следующую стратегию: продвижение SIP через прототипы законченных систем, созданных на базе новых процессоров. В качестве примера можно назвать вычислительный комплекс реального времени для измерения характеристик транспортного потока – «TrafficMonitor», реализованный на четырехпроцессорной CompactPCI- плате NeuroMatrix® NM4. Прототипы этого комплекса уже закупили Samsung Electronics (Корея) и UNIMO Technology Co. Ltd (Корея) для проведения необходимых испытаний. В развитие этого направления по заказу крупнейшего автомобильного концерна FIAT ведется разработка элемен-

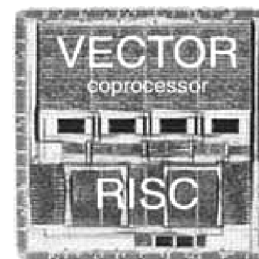


Рис. 2. NeuroMatrix® Core (NMC)

тов интеллектуальной бортовой системы автомобиля XXI века. В завершающей фазе находятся переговоры с Fujitsu Microelectronics Europe GmbH об изготовлении по 0,25-микронной технологии следующей версии процессора из семейства NeuroMatrix® – NM6404. Новый процессор базируется на улучшенной версии ядра NMC и будет способен работать на частоте 100 МГц, производя при этом до 28 млрд. умножений с накоплением в секунду. Для осуществления нашей стратегии у нас есть все необходимые инструменты, а главное – специалисты и накопленный опыт работы с иностранными производителями и заказчиками. Мы приглашаем всех российских разработчиков, у которых есть потребность в разработке сложной цифровой и аналогово-цифровой микроэлектроники, к сотрудничеству. Есть только одна проблема – необходимы интересные проекты. Ни Fujitsu, ни Samsung не будут братья за разработку и производство десяти микросхем в год для «изделия No. АБВГД». Единственный аргумент в диалоге о возможности выпуска мелкой серии – интересный проект с рыночной перспективой. И такие проекты у нас есть.

ЛИТЕРАТУРА

(<http://www.module.ru/rupress.html>)

1. Фомин Д.В. Возможности САПР фирмы «CADENCE» при проектировании систем на базе искусственных нейронных сетей. Известия вузов. Приборостроение. 1995. Т. 38. №1 – 2. С. 57 – 59.
2. Черников В.М., Вуксне П.Е., Фомин Д.В. Однокристалльный цифровой нейротранспроцессор с переменной разрядностью операндов. Известия вузов. Приборостроение. 1996. Т. 39. №7. С. 13 – 21.
3. Clarke P. Neural-emulator IC promises scalability. Electronic Engineering Times. 1998. April 27. Issue 1004. PP. 37 – 38.
4. Levy M. 1999 DSP-architecture Directory. EDN Access 1999. April 15. PP. 67 – 68, 102.
5. Hirsch C. Startup Profiles. Semiconductor Times 1999. February. Vol. 4. Issue 2. PP. 8 – 9.