

# СТАНОВЛЕНИЕ НОВОГО СЕГМЕНТА РЫНКА FPGA

## ЭКОНОМИЧНЫЕ СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ НА FPGA



А.Филатов  
andrey.filatov@actel.ru

Программируемые пользователем логические интегральные схемы (FPGA) занимают прочное место в инструментарию разработчика электронных систем. Благодаря своей гибкости эти микросхемы вот уже много лет используются для оперативного проектирования опытных образцов систем или выпуска таких образцов мелкими сериями. После того как на рубеже нового тысячелетия спал бум в развитии Интернета, для сетевого оборудования которого и требовалось разрабатывать FPGA повышенной плотности, достигаемой любой ценой, требования к ним разительно изменились. Сегодня, по мере того как компании все больше внимания уделяют практическим результатам, разработчики ведут поиск решений на базе микросхем, обеспечивающих как низкую себестоимость единицы продукции, так и низкие затраты на создание системы в целом. Самую низкую себестоимость единицы продукции при высоких объемах производства традиционно обеспечивают специализированные логические микросхемы (ASIC). Но увеличение сроков проектирования на основе таких микросхем и экспоненциальное увеличение единовременных затрат на проектирование и внедрение в производство (NRE) уже не могут удовлетворить разработчиков. К тому же все больше внимания уделяется проблеме снижения риска ошибок при проектировании. Вот почему несомненный интерес представляет рынок FPGA "эконом-класса", выступающих в качестве альтернативы ASIC и отвечающих сегодняшним требованиям к сокращению циклов проектирования изделий с малозатратной структурой.

### НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЛИС/FPGA

Быстрому развитию рынка ПЛИС/FPGA\* способствуют два фактора. Первый – это непрерывное снижение себестоимости FPGA на единицу продукции. За счет таких рычагов, как совершенствование

\*Доля FPGA в общем объеме продаж составляет ~70%.

технологии производства полупроводниковых приборов и непрерывное повышение его эффективности, поставщики программируемых логических микросхем сегодня могут предлагать FPGA, сопоставимые по себестоимости с традиционными ASIC. Для многих особо "ценочувствительных" систем, где FPGA до последнего времени не находили широкого применения из-за высокой стоимости, сегодня решения на их базе по своей рентабельности вплотную подошли к ASIC. И второй фактор – стремительно увеличивающиеся единовременные затраты на проектирование ASIC и внедрение их в производство, что приводит к росту себестоимости этих микросхем на единицу продукции. Так, в последнее время привычной стала ситуация, когда стоимость фотошаблонов для формирования элементов ASIC исчисляется в миллионах долларов (рис. 1). А с ростом стоимости фотошаблонов повысились и фактические издержки производства устройств на основе ASIC, в особенности когда объемы поставок микросхем этого типа не превышают 500 тыс. шт. В итоге сравнимые по цене и эффективные альтернативные решения на базе FPGA, допускающих программирование и перепрограммирование конфигурации уже в самой системе, становятся все более привлекательными. И действительно, по мере стремительного роста единовременных затрат на проектирование специализированных интегральных схем стартовый отрыв ASIC от FPGA сокращается (рис. 2).

Исследования рынка программируемых логических устройств подтверждают существование этих двух тенденций. Согласно оценкам аналитиков, применение FPGA будет расти стремительными темпами и за период 2002–2008 годы объем их продаж возрастет в три раза при среднегодовых темпах роста более 15%. Такому росту способствует быстрое распространение применения этих микросхем в автомобильной электронике и потребительских электронных

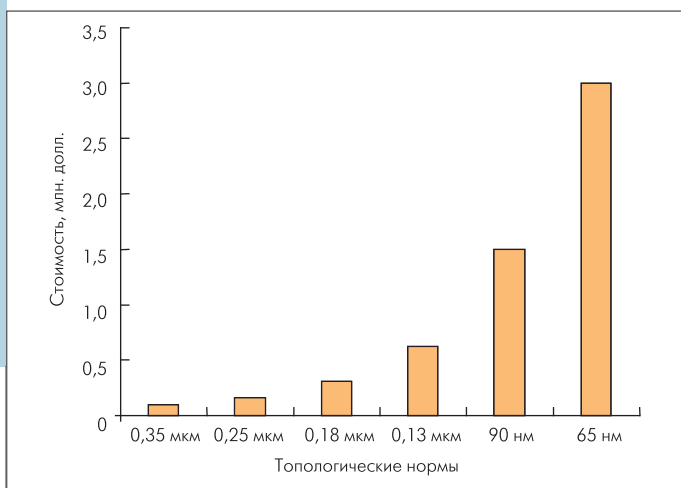
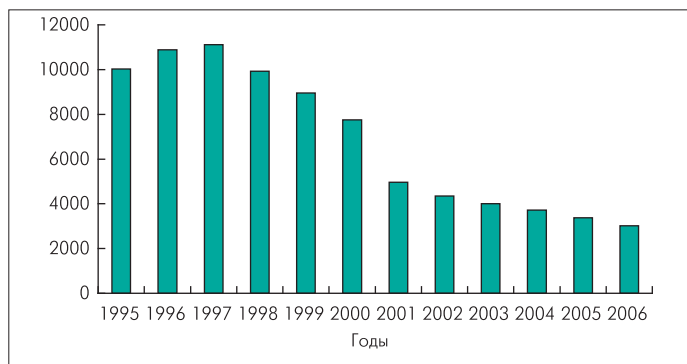


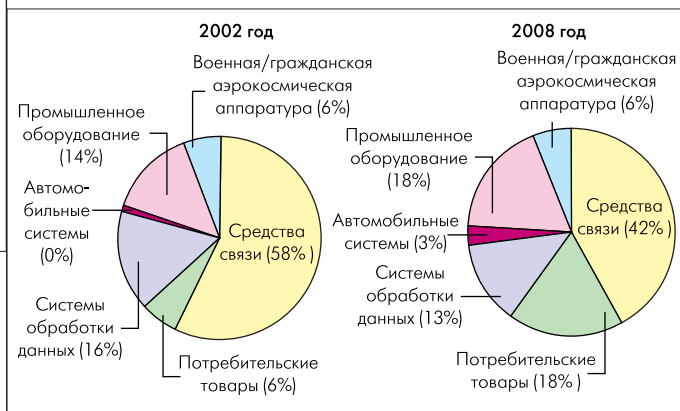
Рис. 1. Изменение стоимости фотошаблонов



**Рис.2. Изменение числа разработок на базе ASIC**

системах. По прогнозам экспертов, доходы от продажи ПЛИС, предназначенных для применения в потребительских товарах, к 2008 году превысят 1 млрд. долл., что почти в 10 раз выше, чем уровень этих доходов в 2002 году. Этот рост в значительной степени связан с принятием во всем мире новых стандартов цифрового телевидения и ТВЧ, развитием систем игровых и мультимедийных приставок, технологий ЖК- и плазменных дисплеев и широким распространением домашних цифровых средств видеозаписи и DVD-систем. В автомобильной промышленности FPGA находят широкое применение в устанавливаемой в салонах аппаратуре развлечений, GPS-системах навигации, средствах информации, связи и безопасности. FPGA привлекают внимание разработчиков изделий для этих сегментов рынка такими достоинствами, как быстрота выпуска на рынок новых приборов, возможность программирования микросхем в системе и все большая доступность по цене, которая в ряде

случаев уже ниже, чем у ASIC. FPGA эконом-класса пробивают себе дорогу и во многие программы, направленные на снижение затрат на передачу данных и связь (рис.3).



**Рис.3. Структура рынка ПЛИС**

### ТРЕБОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Учитывая высокие темпы роста, которые предсказываются рынку ПЛИС/FPGA, поставщики энергично рекламируют выпускаемые изделия как лучшее решение для новых развивающихся областей применения. Многие из них рекламируют свою продукцию как "FPGA по самой низкой в мире цене" или как "альтернативу технологии ASIC". Ясно, что в этой битве с ASIC основное значение имеет цена изделия. Чтобы с успехом выступать в качестве "альтернативы технологии ASIC", новые FPGA эконом-класса по себестоимо-

Сравнение основных показателей ASIC и FPGA

Основные показатели	ASIC	Сравнение с альтернативными ASIC	
		FPGA семейств ProASIC3/E	FPGA эконом-класса на базе CO3U
Единовременные затраты на разработку	Высокие	Нет	Нет
Себестоимость единицы продукции	Низкая	Лидирует	—
Общая себестоимость системы	Высокая	Лидирует	Очень высокая
Производительность	Высокая	Лидирует	Высокая
Моментальный запуск при включении питания	Да	Лидирует	Нет
Однокристалльная архитектура	Да	Лидирует	Нет
Низкое энергопотребление	Да	Лидирует	Нет
Защита	Да	Лидирует	Нет
Безопасное внутрисистемное программирование	Нет	Лидирует	Нет
Надежность	Высокая	Лидирует	Высокий уровень отказов
Энергонезависимая пользовательская память	Ценой дополнительных затрат	Лидирует	Нет

сти единицы продукции должны успешно конкурировать с ними (с учетом затрат на их производство и единовременных затрат на разработку). В стоимостных категориях 2; 5; 10 и 20 долл. они должны быть на несколько пунктов дешевле ASIC-аналогов. К достоинствам ASIC, на которые при выборе их альтернативы, т.е. FPGA эконом-класса, следует обратить особое внимание, относятся: высокая производительность, малая потребляемая мощность, защита конфигурации, надежность, возможность моментального запуска при включении питания, однокристалльная архитектура, малые габариты, широкий ассортимент предлагаемой продукции и простота применения. Важно отметить, что у некоторых FPGA эти свойства либо отсутствуют, либо их реализация требует дополнительных затрат, которые необходимо учитывать при расчете издержек на разработку и освоение производства конкретного решения (см. таблицу).

Особый интерес для бурно растущего рынка электронной техники широкого потребления и автомобильных электронных систем представляют вопросы, связанные с защитой конфигурации и надежностью применяемых устройств. Чтобы FPGA получили признание на рынке потребительских товаров, эта технология должна обеспечивать защиту доходов производителей товаров. Свойственная рынку потребительских товаров жесткая конкуренция толкает производителей на "заимствование" разработанной другой компанией конфигурации ASIC. Этому способствует и большая продолжительность цикла разработки изделий. Постоянно растет число изделий, в которых разработчики для легко заменяемых узлов используют стандартные, всегда имеющиеся на складе детали, а дополнительные высокие характеристики системы зашиваются в схемы FPGA. При этом программирование и перепрограммирование производится уже в самой системе. Степень продвижения таких изделий на рынок в значительной степени зависит от способности технологии защитить уникальные достоинства конструкции. Если потенциальный вор сможет украсть конфигурацию, скачав код ПЛИС в статическое ОЗУ, маловероятно, что производитель системы начнет применять программируемые пользователем логические схемы в широких масштабах. Поэтому при производстве систем на базе недорогих изделий эконом-класса свойства защиты конфигурации, предоставляемые технологией FPGA, имеют большее значение, чем в системах, где используются более дорогие полнофункциональные микросхемы.

Аналогично, заказчики ждут от FPGA соответствия взыскательным требованиям к их качеству и надежности. Некоторые FPGA, особенно те, которые основаны на технологии CO3U, страдают от проблем, связанных со сбоями, вызываемыми воздействием быстрых нейтронов на данные конфигурации. Хотя эти так называемые конфигурационные сбои преобладают в системах, работающих на больших высотах, они представляют значительную проблему и на высотах до 1500 м над уровнем моря, на которых летают пассажирские самолеты. Эти сбои могут вызвать неожиданное изменение в главной коммутационной матрице (ГКМ) ПЛИС на статическом ОЗУ, что влечет за собой выход системы из строя. Данные независимых исследований свидетельствуют, что конфигурационные сбои вызывают большинство неисправностей FPGA на базе CO3U на любых высотах, а уровень таких сбоев на два порядка выше, чем предусмотрено отраслевыми нормативами на высоту движения пассажирского авиатранспорта. При использовании FPGA в широких масштабах, как это происходит в устройствах автомобильной и потребительской электроники, обеспечение качества и надежности этих изделий является основным критерием достижения успеха на рынке.

### ВАРИАНТЫ ТЕХНОЛОГИИ FPGA ЭКОНОМ-КЛАССА

Поставщики программируемых пользователем логических интегральных схем выпускают микросхемы, выполненные по двум основным технологиям: FPGA на базе флэш-технологии, в частности микросхемы семейства ProASIC3 компании Actel, и FPGA на базе CO3U, предлагаемые другими поставщиками. На первый взгляд, можно предположить, что обе эти технологии позволяют формировать микросхемы с аналогичными характеристиками и возможностями. Они обеспечивают создание высокопроизводительной программируемой логики, допускают возможность системного программирования и выпускаются с плотностью до 1 млн. вентиляей и выше. Однако на самом деле между этими двумя технологиями существуют значительные различия.

Подобно устройствам ASIC, микросхемы семейства ProASIC3 на базе флэш-технологии имеют энергонезависимую память, что дает им принципиальные преимущества перед устройствами на базе CO3U, в которых информация при выключении питания не сохраняется. В FPGA семейства ProASIC3 для управления вентилем логического ключа в структуре микросхемы используется программируемая ячейка с флэш-памятью. Каждый логический ключ имеет один вентиль и один флэш-затвор, управляющий состоянием ключа. В FPGA на базе CO3U, напротив, для управления логическими ключами требуется шеститранзисторный элемент памяти. Кроме того, в противоположность устройствам ProASIC3, энергонезависимый элемент памяти CO3U должен программироваться внешним устройством при каждом включении питания. Таким образом, FPGA на базе флэш-технологии в отличие от FPGA на базе CO3U имеют однокристалльную архитектуру и моментально запускаются при включении питания, благодаря чему достигается значительная экономия затрат на уровне системы.

И еще одно преимущество FPGA на базе флэш-технологии перед микросхемами с конфигурационными CO3U: они представляют собой единственную экономную технологию, которая защищена от конфигурационных сбоев и может поддерживать безопасное дистанционное обновление конфигурационных данных по общественным сетям. Этот более высокий уровень безопасности обеспечивает и более надежную защиту от кражи важных библиотечных модулей. Благодаря защите устройства от конфигурационных сбоев снижается риск производителей потребительской техники, связанный с ответственностью за свою продукцию, и увеличивается надеж-



ность системы. Возможность проведения защищенной дистанционной модернизации позволяет разработчику обновлять продукт после ввода его в эксплуатацию, а в процессе работы – поддерживать бизнес-модель, позволяющую совершенствовать изделие путем дистанционного обновления на основе подписки. Благодаря этому отпадает необходимость в дорогостоящих выездах к заказчику для устранения неисправности и модернизации устройства на месте.

Более того, использование в устройствах на базе флэш-технологии небольшой энергонезависимой памяти может дать "зеленый свет" многим новым областям применения. Энергонезависимую память можно использовать для хранения ключей шифрования, обеспечивающих защиту связи, или для поддержки идентификации сигнала в компьютерных приставках, предназначенных для приема эфирного вещания.

### СРАВНЕНИЕ ЦЕН

FPGA семейств ProASIC3 имеют низкий уровень себестоимости на единицу продукции. На рынке ПЛИС представлен широкий ассортимент этих микросхем, отличающихся по цене от аналогичных по характеристикам ASIC на несколько пунктов. Чтобы успешно соперничать по себестоимости единицы продукции с FPGA на базе флэш-технологии, программируемые микросхемы на основе CO3У должны быть выполнены по самым современным технологическим нормам, что влечет за собой повышение общей себестоимости системы. Для работы FPGA на базе CO3У, в том числе и эконом-класса, всегда требуются дополнительные вспомогательные схемы. Так, каждая микросхема FPGA этого типа нуждается во внешнем ПЗУ или в микроконтроллере для загрузки конфигурационных данных. Для обеспечения надежности системы конструкторы часто используют дополнительный датчик индикации падения напряжения CO3У. Более того, во многих конструкциях, в которых применяются FPGA на базе CO3У, для управления пуском всей системы, особенно при микроконтроллерной загрузке FPGA, необходимо применять и сложную программируемую логическую микросхему (CPLD), которая моментально запускается при включении питания. Во многих случаях при использовании таких FPGA требуются внешние устройства формирования тактовых импульсов для управления системными часами, поскольку конфигурационная задержка запуска в этих микросхемах не позволяет внутренней схеме автоматической фазовой подстройки частоты (PLL/DLL) выполнять эту важную системную задачу. В целом цена вспомогательных устройств, необходимых для работы FPGA на базе CO3У "эконом-класса", может составлять 3–20 долл. Накладные расходы, возникающие в результате применения CO3У, зачастую равны производственным издержкам на единицу изделия без учета расходов на финансовое и юридическое обслуживание и решение вопросов, связанных с надежностью, материально-техническими запасами и сложностью конструкции. В результате дополнения конструкции, в которой используются FPGA эконом-класса на базе CO3У, внешними дорогостоящими вспомогательными устройствами подрывается ценовая конкурентоспособность FPGA этого типа.

Экономия, достигаемая при использовании FPGA на базе флэш-технологии, простирается далеко за пределы только непосредственной экономии издержек на их производство. Однокристалльная архитектура, подобная архитектуре ASIC, моментальный запуск при включении питания позволяют конструкторам отказаться от дополнительных устройств. В конструкции на основе микросхем семейства ProASIC3 можно обойтись одним источником питания на напряжение 1,5 В, благодаря чему не требуются дополнительные регуляторы напряжения. Включаются и выключаются элементы FPGA кон-

тролируемым и предсказуемым образом. Потребляемая микросхемой FPGA на базе флэш-технологии мощность, в сравнении с FPGA на базе CO3У, невелика, надежность системы выше, а расходы на контроль температуры ниже. Благодаря возможности использования отдельных выводов для ввода/вывода данных FPGA на базе флэш-технологии способствуют снижению уровня электромагнитных помех. Кроме того, поскольку число используемых внешних компонентов сокращается, конструкторы могут свести размеры печатных плат к минимуму.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В стремлении разработчиков удовлетворить потребности рынка FPGA претерпевают постоянные изменения. И одно из самых перспективных – переход к флэш-технологии, которая за последние 10 лет превратилась из инновационной идеи в "прорывную" технологию, оказывающую огромное влияние на каждую систему, в которой она находит применение. Флэш-технология вызвала революционные преобразования мобильных телефонов, фото- и видеокамер, видеомагнитофонов, несложных программируемых логических устройств, микроконтроллеров и запоминающих устройств. Сегодня флэш-технологии предстоит совершить то же и на рынке программируемых логических устройств. Трансформируя основы структуры затрат на ПЛИС, она призвана помочь FPGA, наделенным гибкостью и быстротой внедрения, завоевать абсолютно новый, ориентированный на стоимость изделия, рынок.

В статье использованы данные компаний Piper Jaffray/FSA и Gartner