

ПРИОТКРЫВАЯ ТАЙНЫ АНАЛОГОВЫХ И АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ASIC

БОБ ФРОСТХОЛМ (BOB FROSTHOLM), маркетинговый директор, JVD

В статье обсуждаются вопросы проектирования аналоговых заказных ИС с точки зрения минимизации затрат и достижения требуемых характеристик. Рассматриваются особенности процесса проектирования ASIC на базе стандартных аналоговых библиотечных элементов и полностью заказное проектирование. Статья представляет собой перевод [1].

Заказные ИС (ASIC) обычно вызывают в нашем воображении образ чрезвычайно сложных логических ИС, содержащих десятки и сотни тысяч (даже миллионов) транзисторов и предназначенных для решения специальных задач заказчика. В отличие от многофункциональных стандартных микросхем, таких как микроконтроллеры, которые нашли применение в широком спектре приложений, ASIC предназначены для отдельного специального приложения и, как правило, для конкретного продукта или серии продуктов.

Сегодня большинство компаний-поставщиков ASIC предлагает реализацию некоторых аналоговых функций как часть своего сервиса. Во многих случаях аналоговые функции реализуются методами цифровых схем. В других случаях находят какие-либо компромиссные решения для осуществления аналоговых функций, которые позволяют использовать стандартные библиотечные элементы, спроектированные специально на базе технологического процесса создания высокоскоростных низковольтных цифровых схем высокой плотности упаковки. Часто такие кристаллы называют ASIC смешанного сигнала или Da-ASIC, где *D* означает высокое содержание цифровых блоков, а маленькая буква *a* означает минимальное содержание аналоговых блоков.

Аналоговые ASIC играют важную роль в нашей жизни. Без них не существовало бы ни одно портативное электронное устройство, которые мы используем в повседневной жизни. Вообразите мир без мобильных телефонов, MP3-плееров и навигационных систем. Создание этих устройств с помощью стандартных компонентов сделало бы их чрезвычайно дорогими. Каждый автомобиль содержит десятки чипов ASIC, они играют важную роль в приложениях для медицинского оборудования, электромоторах, бытовой технике и многих других устройствах.

Рынок аналоговых ASIC огромен. По данным исследовательской компании IC Insights, почти 60% из всех аналоговых микросхем (суммарный объем

их продаж в 2010 г. равен примерно 37 млрд долл.) были ASIC (см. табл. 1). Заказы на ASIC, в которых требуется применение большого числа аналоговых узлов, должны быть направлены в компании-разработчики, которые специализируются на проектировании аналоговых схем, а не туда, где используются стандартные библиотечные аналоговые IP-блоки. Компании, которые занимаются разработкой аналоговых ASIC, имеют крупный штат компетентных, имеющих большой опыт инженеров, обладающих широкими знаниями в области аналоговых схем.

Ясно, что крупные компании-разработчики аналоговых ИС (подобные Analog Devices, Linear Technology, Maxim, National, TI) имеют громадный портфель патентов. Однако минимальные годовые потребности и/или ограниченные финансовые возможности заставляют большинство более мелких заказчиков искать независимые компании по разработке аналоговых схем или ASIC смешанного сигнала.

МИФ 1. ИМЕЮТСЯ ТОЛЬКО ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ ФУНКЦИЙ В ASIC, КОГДА КОЛИЧЕСТВО АНАЛОГОВЫХ УЗЛОВ В СХЕМЕ МИНИМАЛЬНО

Концепция ASIC возникла в результате поиска средства интегрирования

функций в кристалле, чтобы уменьшить стоимость сложных логических схем. Сегодня, спустя более чем 30 лет с момента своего появления, ASIC остаются в высокой степени ориентированными на цифровые схемы. Когда мы слышим такие термины как система-на-кристалле и IP-блок многократного использования, связанный с ASIC, нам приходится на ум чрезвычайно сложные, ориентированные на цифровые функции ASIC, которые могут также выполнять несколько важных аналоговых функций. Исторически сложилось так, что как раз на эти продукты было направлено основное внимание средств массовой информации и сформирован тот взгляд сообщества пользователей, что малого числа аналоговых функций хватит надолго. Но как же насчет приложений, требующих ASIC, ориентированных на аналоговые функции? Они также являются системами-на-кристалле, хотя могут не содержать микропроцессорное ядро или даже память.

В сфере приложений для медицины и промышленности широко распространены именно такие требования к системе, и тем не менее, большинство компаний-поставщиков ASIC совершенно не готово к проблемам проектирования уникальных аналоговых схем, предназначенных для таких важных приложений.

Таблица 1. Прогноз продаж аналоговых ИС в 2010 г.

Стандартные аналоговые ИС	Продажи, млрд долл.	% от суммарных продаж
Усилители и компараторы	2,579	7,0
Интерфейсы	2,050	5,6
Стабилизаторы напряжения и ИОН	7,734	21,0
Преобразователи данных	2,776	7,5
Всего стандартных аналоговых ИС	15,139	41,0
Аналоговые ASIC	Продажи, млрд долл.	% от суммарных продаж
Потребительские устройства	2,876	7,8
Компьютеры	3,232	8,8
Телеком	9,691	26,3
Автомобильные устройства	3,895	10,6
Промышленные/другие	2,080	5,6
Всего аналоговых ASIC	21,776	59,0
Всего, рынок аналоговых ИС	36,915	100,0

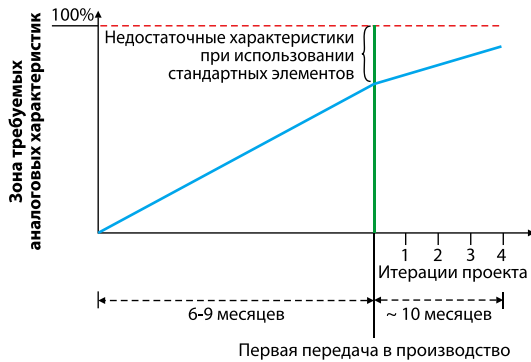


Рис. 1. Погрешность в достижении требуемых аналоговых характеристик схемы при использовании стандартных библиотечных элементов смешанного сигнала

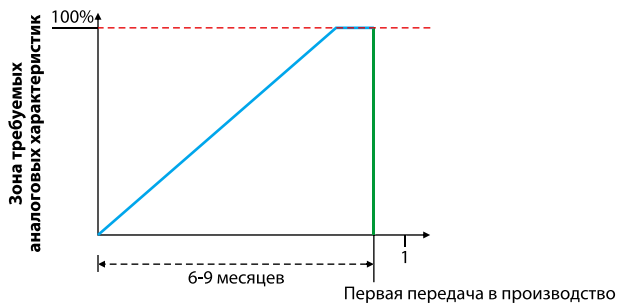


Рис. 2. Использование заказных аналоговых блоков для части или всех аналоговых блоков обеспечивает 100-% достижение требуемых характеристик

Реальная себестоимость чипа ASIC может обеспечить весьма значительную экономию средств по сравнению с совокупной стоимостью микросхем, которые она заменяет. Однако есть и другие составные компоненты стоимости, связанные с ASIC, которые необходимо учитывать и амортизировать во время срока службы изделия. Единовременные расходы на инженерно-технические работы, которые зависят от сложности проекта, а также стоимость фиксированной технологической или инструментальной оснастки, такой как фотошаблоны и тестовое оборудование, могут добавить от нескольких центов до нескольких долларов к стоимости кристалла ASIC, в зависимости от сложности и срока службы продукта.

Включение различных компонентов в чип, для изготовления которого требуются более экзотические технологические процессы, позволяющие достичь таких свойств как высокие токи, низкий уровень шума или высокая рабочая частота, увеличит стоимость кристалла. Следовательно, важно определить, какие элементы стоит включить в состав ASIC, а какие следует оставить в качестве дискретных компонентов. Интересно, что использование большего числа мелких, менее сложных аналоговых ASIC, которые различаются по технологии, может привести к весьма значительному снижению общей стоимости системы.

Большинство аналоговых приложений кроме ИС использует также набор

пассивных элементов и дискретных транзисторов. Интеграция как можно большего числа таких компонентов в ASIC часто ничего не стоит, но может сильно повлиять на снижение стоимости конечного устройства. Именно такая потенциальная экономия общей стоимости системы служит мотивирующим фактором для разработок аналоговых ASIC.

МИФ 2. ASIC СМЕШАННОГО СИГНАЛА ОЗНАЧАЕТ ТО ЖЕ САМОЕ, ЧТО И АНАЛоговая ASIC

Несмотря на то, что термин «ИС смешанного сигнала» подразумевает сочетание аналоговых и цифровых схем на одном кристалле, имеются четко выраженные различия в уровне квалификации специалистов, необходимой для соединения библиотечных элементов (аналоговых и цифровых) на кремниевом кристалле по сравнению с созданием действительно аналоговой схемы, которая удовлетворяет всем требованиям спецификации. Для многих приложений аналоговые библиотечные элементы обеспечивают достаточно хорошие параметры, которые удовлетворяют системным требованиям.

Однако растущий уровень сложности аналоговых приложений делает необходимым создание схем, которые являются по-настоящему ориентированными на конкретную задачу, а не представляют собой компиляцию блоков аналоговых ячеек общего назначения. На рисунках 1 и 2 сравнивается процесс проектирования аналоговой

ASIC при использовании стандартных библиотечных элементов и при разработке полностью заказной аналоговой схемы.

Будьте внимательны и не позволяйте компаниям-разработчикам схем смешанного сигнала убедить вас отказаться от тех идеальных характеристик, которые вы хотите реализовать в своем проекте. Близко к идеалу — недостаточно хорошо, аналоговая схема должна быть совершенно точной!

МИФ 3. ТОЛЬКО ПРИЛОЖЕНИЯ, ВЫПУСКАЕМЫЕ КРУПНОЙ СЕРИЕЙ, МОГУТ ПОЛУЧИТЬ ПРЕИМУЩЕСТВА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛоговых ASIC

Многие крупные полупроводниковые компании, разрабатывающие ASIC, направляют свои усилия на работу с небольшим количеством весьма крупных заказчиков. Ясно, что это — привилегия немногих, а остальные компании должны искать партнеров по разработке и производству, которые соответствуют их нуждам. Все компании полного сервиса ASIC имеют свои бизнес-критерии по определению минимальных невозмещаемых расходов, инструментальных средств и, что самое важное, ежегодного объема выпуска изделий. Некоторые ASIC-компании избегают проблем, связанных с производством, предлагая лишь сервис по проектированию и отдавая заказчику вопросы размещения спроектированной ASIC на производстве. Так или иначе, часто именно субподрядные кремниевые фабрики, а не ASIC-компании, определяют ограничения на минимальный ежегодный объем выпуска ИС.

Полупроводниковая промышленность периодически переживает сменяющие друг друга циклы подъема и спада. Оглянувшись назад, мы обнаружим, например, что во время подъема производственные мощности азиатских кремниевых фабрик быстро заполнялись заказами и едва ли не самым крупным и перспективным клиентам было отказано в размещении заказа. Организаторы портфельных поставок до некоторой степени облегчили эту проблему путем объединения заказов многочисленных более мелких компаний. Однако крупные азиатские фабрики были созданы с расчетом на крупносерийное производство, предлагая технологические процессы, специально разработанные для массового производства, в частности, высокоинтегрированных низковольтных логических схем. Для многих из них производство аналоговых схем является проблематичным. К счастью, существует достаточное количество альтернативных вариантов.

Повсюду в мире, и особенно в Кремниевой долине, имеется множество более мелких кремниевых фабрик,

Собирание электроэнергии уже сейчас



Бесплатная электроэнергия от энергии Температуры, Движения и Солнца

Наше новое решение на аналоговых микросхемах позволяет получать электроэнергию из практически любых и бесплатных источников энергии. При соответствующем расположении датчиков на источниках энергии, которые могут давать хоть какой-то электрический ток, стало возможным получить электроэнергию, которую теперь можно реально использовать для питания устройств. Подобным микросхемам, с минимальным количеством внешних элементов, необходим ток порядка наноампер для преобразования энергии.

▼ Семейство микросхем для сбора энергии

Номер изделия	Особенности	Источник энергии
LTC®3105	Повышающий преобразователь на 400мА с управлением MPP и пуском от 250мВ	🔥 ☀️
LTC3108	Повышающий преобразователь и система управления со сверхнизким входным напряжением	🔥 ☀️
LTC3109	Версия LTC3108 с автоматическим выбором полярности	🔥 ☀️
LTC3588	Получение энергии от пьезоэлектрического элемента	🔊 🧲
LT®3652/HV	Зарядка аккумулятора с током до 2А от солнечной батареи	☀️
LTC4070	Шунтирующий зарядник Li-ion батареи от наноамперного источника тока	🔥 ☀️ 🔊 🧲

▼ Получить информацию и купить можно

www.linear.com/energyharvesting



LT, LTC, LT, LTM, Linear Technology and the Linear logo are registered trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners.

Linear Technology AB (Finland) +358-46-712 21 71
 Linear Technology AB (Sweden) +46-8-623 16 00
 nordicsales@linear.com



Официальные Дистрибьюторы
 Гамма +7-813-783 15 09
 Петербургская Электронная Компания +7-812-448 87 77
 YE-Интернейшл +7-812-324 40 08
 Arrow Electronics Russia +7-495-626 55 97

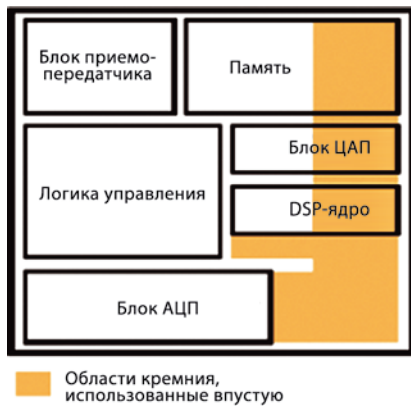


Рис. 3. Топология кристалла, созданная с использованием стандартных аналоговых IP-блоков

которые специализируются на производстве аналоговых схем и не испытывают отвращения к мелкосерийному бизнесу. Обеспечивая необходимый уровень защиты корпоративных секретов компаний, эти фабрики готовы обслуживать мало- и среднесерийный бизнес аналоговых схем и предлагают цены, вполне конкурентоспособные по сравнению с крупными азиатскими фабриками. Эти более мелкие компании пришли к пониманию того, что хотя аналоговые продукты часто рассчитаны на меньший ежегодный выпуск, аналоговые схемы, в общем случае, менее чувствительны к резким колебаниям спроса и предложения, характерным для полупроводниковой индустрии. Дополнительным фактором является то, что часто аналоговые чипы могут иногда оставаться в производстве до десяти лет и более. Для фабрик, которые соглашаются на меньший ежегодный объем производства, такое долгосрочное сотрудничество становится своеобразной ежегодной рентой. Обладающие опытом компании-разработчики аналоговых ASIC потратили десятилетия на формирование таких взаимоотношений со своими партнерами и заказчиками.

МИФ 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ IP-БЛОКОВ ИЗ БИБЛИОТЕКИ АНАЛогоВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СНИЖАЕТ СТОИМОСТЬ ЧИПА

Использование предварительно разработанных функциональных блоков, таких как усилители, преобразователи и приемопередатчики, может сократить срок разработки и повлиять на снижение общей стоимости кристалла. Несмотря на это, необходимо рассмотреть также и другие факторы, влияющие на конечную стоимость продукта. Стандартные библиотечные аналоговые элементы скомпонованы не так оптимально, как цифровые элементы. Использование аналоговых библиотечных ячеек может привести к появлению



Рис. 4. Топология кристалла, созданная при «ручном» проектировании аналоговых схем

целых областей неиспользуемой поверхности кристалла, что вызывает снижение числа кристаллов на пластине (см. рис. 3).

Кроме того, так как аналоговые блоки ASIC смешанного сигнала, вероятнее всего, используются на входе и выходе схемы, эти элементы должны быть расположены ближе к периферии кристалла для того, чтобы обеспечить легкий доступ к контактным площадкам.

«Ручное» проектирование некоторых или всех аналоговых блоков позволяет разработчику решить несколько проблем. В схеме смешанного сигнала вручную спроектированные аналоговые схемы исключают пустые области на кристалле, создаваемые в результате применения стандартных цифровых элементов, что позволяет лучше оптимизировать использование площади кремния (см. рис. 4).

Кроме того, «ручное» проектирование аналоговых схем позволяет разработчику точно определить характеристики схемы, а не быть ограниченным теми параметрами, которые доступны в стандартных библиотечных элементах.

Следует рассмотреть также вопрос использования излишне усложненных элементов. Например, для данного приложения требования к некоторым параметрам аналоговых схем могут быть более мягкими, что упрощает «ручное» проектирование по сравнению с использованием стандартных элементов. И наоборот, «ручное» проектирование аналоговых схем дает возможность разработчику улучшить другие характеристики, которые могут в конечном итоге уменьшить стоимость ASIC за счет увеличения выхода годных и, таким образом, стать более конкурентоспособными на рынке.

МИФ 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ASIC НА ОСНОВЕ СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЕСПЕЧИВАЕТ РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА ПРОДУКЦИИ

Проектирование аналоговой части ASIC смешанного сигнала с использо-

ванием библиотеки элементов эквивалентно проектированию системы с помощью готовых аналоговых ИС. С одним важным исключением — возможностью выбора нужного компонента. На уровне печатной платы существуют десятки тысяч микросхем усилителей, источников опорного напряжения, преобразователей и других компонентов, из которых можно выбрать оптимальный вариант. В библиотеке элементов разработчик ограничен выбором из нескольких десятков усилителей, источников опорного напряжения, преобразователей и т.д. Чтобы приспособиться к такому ограниченному выбору, разработчику, возможно, придется пойти на определенные жертвы в том, что касается достижения требуемых характеристик.

Проектирование аналоговых ASIC дает прекрасную возможность победить в конкурентной борьбе. Как было указано выше, почти 60% мирового рынка аналоговых ИС занимают ASIC. Если вы и ваши конкуренты строите свои проекты на базе одной и той же библиотеки стандартных элементов смешанного сигнала, то вы получите приблизительно те же характеристики, которые определяются параметрами библиотечных элементов.

Настоящая индивидуализация продуктов определяется вложенными в них новыми решениями. Это можно достичь благодаря созданию уникальных особенностей продукта, не всегда легко доступных для конкурентов. Библиотеки элементов не позволяют создать уникальные свойства продукта, которые часто нужны для критически важных аналоговых приложений.

МИФ 6. «ВРУЧНУЮ» СПРОЕКТИРОВАННЫЕ АНАЛогоВЫЕ СХЕМЫ СЛИШКОМ ДОРОГИ ПО СРАВНЕНИЮ СО СТАНДАРТНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Имеется множество случаев, когда стандартные аналоговые блоки обеспечивают более чем достаточный уровень качества. Обладающие опытом компании-разработчики аналоговых ASIC знают об этом и предлагают полностью заказные аналоговые схемы, когда это действительно необходимо.

«Вручную» спроектированные аналоговые схемы могут обеспечить уникальные свойства, которые требуются, чтобы создать конечный продукт с превосходными характеристиками. Кроме того, отступив от проектирования на базе стандартных элементов, инженер может выбрать технологический процесс, так как библиотеки элементов обычно разрабатываются для одного процесса на определенной кремниевой фабрике. Доступны библиотеки для

МОСКВА

телефон (495)

649-84-45

Факс (495) 646-80-01

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

телефон (812)

313-28-33

Факс (812) 313-28-44

ИЖЕВСК

телефон (3412)

50-33-30

Факс (3412) 51-84-29

Elitan.ru
ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ**

**ПРИБОРЫ
И ИНСТРУМЕНТ**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**

1 000 000 товаров от 999 изготовителей

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты: Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт

VISA

MasterCard

WebMoney

Яндекс

Деньги

RBK

СБЕРБАНК
РОССИИ

ПОЧТА
РОССИИ

РОССИИ



более широкого использования, например, ориентированные на 0,35-мкм КМОП-процесс, но они имеют менее жесткие требования по параметрам, так чтобы имелась возможность их реализации на многих фабриках.

«Вручную» спроектированные аналоговые схемы создают неограниченный выбор параметров технологического процесса, особенно при использовании небольших фабрик. Многие из них различаются предлагаемым сервисом и готовностью скорректировать свои технологические процессы, чтобы обеспечить оптимизацию характеристик кристалла. Свежим примером является схема, разработанная компанией JVD, для одного из основных поставщиков автомобильных компонентов. В чипе требовался высоковольтный MOSFET, который невозможно было изготовить, используя стандартный технологический процесс небольшой кремниевой фабрики. Необходимость интеграции MOSFET была критически важной для успеха проекта, поэтому фабрика совместно с компанией JVD создали необходимую структуру прибора. В результате в схеме удалось обеспечить устойчивость к высокому напряжению, которая была необходима для приложения и, в то же время, минимизировать число компонентов и физический размер конечного продукта.

Однократные затраты на инженерно-техническое обеспечение включают в себя несколько переменных. Эти затраты должны быть распределены на несколько кристаллов, которые производятся во время срока службы продукта, для того чтобы определить их влияние на себестоимость ASIC. При правильной организации процесса однократные затраты на инженерно-техническое обеспечение, связанные с аналоговыми схемами, спроектированными «вручную», несоизмеримо ниже себестоимости конечного чипа. Главным условием успеха служит мастерство компании-разработчика ASIC, которая выполняет проектирование аналоговой схемы.

МИФ 7. НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНЫМ РЕШЕНИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ МАКСИМАЛЬНОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ В КРИСТАЛЛ ASIC СМЕШАННОГО КРИСТАЛЛА

Недавно на ресурсе Linked-In аналитик рынка IP рассказал о сложностях интегрирования специальных аналоговых функций в широко распространенный цифровой чип, для чего понадобился запуск дополнительных 3—4 опытных партий изделия. В результате выпуск системы-на-кристалле для ТВ-системы PalPlus был отложен более чем на год.

Этот случай отчетливо показал суть проблемы. Недостаточная квалификация в области проектирования аналоговых схем способна подорвать авторитет компании-разработчика ASIC смешанного сигнала и ее заказчика. Отсутствие запуска продукта в течение года и более является смертельным ударом для компании. Когда аналоговый компонент проекта является критически важным (например, базовый АЦП или ЦАП), лучше всего найти специалиста в области аналоговых ASIC, чтобы выполнить интеграцию системы.

Кроме того, следует рассмотреть возможность разделения функций на несколько кристаллов, когда как аналоговая, так и цифровая часть схемы являются избыточными. Факт заключается в том, что аналоговые схемы функционируют лучше, когда они изготовлены с использованием «нецифрового» технологического процесса. В долгосрочной перспективе, однако (с точки зрения стоимости/выхода годных/площади на плате), изделие станет более конкурентоспособным, когда специализированная аналоговая ASIC будет высокоинтегрированной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bob Frostholm. *Demystifying Analog & Mixed-Signal ASICs* // www.jvdfinc.com.