



# DSP ИЛИ FPGA? КАК ВЫБРАТЬ НУЖНОЕ УСТРОЙСТВО

Сегодня системы с цифровой обработкой сигналов используют все активнее. В качестве элементной базы в них применяют цифровые сигнальные процессоры (digital signal processor – DSP) и ПЛИС типа FPGA. Как DSP, так и FPGA имеют свои преимущества для обработки сигналов. Какое из этих устройств выбрать для реализации конкретной системы? А может быть, лучше задействовать их комбинацию? Авторы статьи рассматривают комплекс критериев и конкретные примеры, которые помогут разработчикам сделать правильный выбор.

Б.Афра, А.Кападия

При выборе устройства для обработки сигналов разработчики рассматривают ряд параметров:

- производительность системы;
- энергопотребление;
- число компонентов и форм-фактор системы;
- предполагаемые области применения и возможность модернизации системы;
- экономические параметры, такие как разовые расходы на проектирование и внедрение в производство (non-

recurring engineering – NRE), стоимость используемых материалов (bill-of-materials – BOM), время вывода на рынок (time-to-market) и риски проекта.

Выбор устройства обусловлен также знакомством команды разработчиков с той или иной технологией. Нередко разработчики имеют большой опыт работы с DSP, но плохо знают FPGA, и наоборот. С DSP-технологиями большинство инженеров знакомы лучше в силу относительной простоты дизайна системы на основе DSP. Однако знание обеих технологий значительно различается в зависимости от команды специалистов, поэтому в данной статье не будем учитывать влияние конкретного опыта разработчиков на выбор технологии.

Для выбора между FPGA и/или DSP рассмотрим соотношение производительности системы и ее стоимости, а также функциональные особенности устройств каждого типа, связанные с их архитектурой. В качестве примеров возьмем устройства крупнейшего производителя DSP – компании Texas Instruments (TI) – и одного из основных поставщиков FPGA – компании Altera.

**Таблица 1. Семейства DSP-устройств компании Texas Instruments в различных ценовых категориях\***

Семейства процессоров	Стоимость, долл. <sup>1)</sup>	MIPS <sup>2)</sup>	ММАС <sup>3)</sup>	Центы/MIPS	Центы/ММАС
DSP с фиксированной точкой C5000 Контроллеры C2000	<10	50–600	25–300	0,9–23	1,8–46
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000 DSP с фиксированной точкой C5000 Контроллеры C2000	10–30	100–4800	50–1200	0,4–17	1,6–35
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000 DSP с фиксированной точкой C5000	30–100	100–5700	50–1440	0,7–11	3–44
Цифровые медиапроцессоры DaVinci DSP с фиксированной точкой C6000 DSP с плавающей точкой C6000 DSP с фиксированной точкой C5000	100–300	532–8000	266–2000	1,4–24	5,8–48
DSP с фиксированной точкой C6000	300–330	8000–9600	2000–2400	3,4–3,6	13,4–14,4

*Примечание.* <sup>1)</sup> Стоимость устройств приведена для поставок объемом 100 шт. Информация о цене получена на сайте [www.ti.com](http://www.ti.com) в январе 2008 года; <sup>2)</sup> MIPS (Million Instructions Per Second) – величина, показывающая, сколько миллионов инструкций в секунду выполняет процессор. В пределах одного семейства процессоров доступны несколько диапазонов MIPS; <sup>3)</sup> ММАС (Millions of Multiply-Accumulate operations per second) – величина, показывающая, сколько миллионов операций умножения с накоплением над 32-битными числами с фиксированной точкой или числами с плавающей точкой с одинарной точностью выполняет процессор в секунду.

\* Подробную информацию о каждом из процессоров, приведенных в табл.1, можно найти на сайте компании Texas Instruments ([www.ti.com](http://www.ti.com)).

**Таблица 2. Семейства FPGA компании Altera в различных ценовых категориях**

Семейства микросхем	Стоимость, долл. <sup>1)</sup>	Макс. число регистров	Число 18 бит × 18 бит умножителей	Максимальная память (Кбайт)	Максимальное ММАС <sup>2)</sup>	Центы/ММАС
Cyclone II Cyclone III	10–30	4608–10320	13–23	15–52	270–660	1,4–7
Cyclone II Cyclone III	30–100	5136–33216	18–66	20–74	380–1900	2,8–20
Cyclone II Cyclone III Stratix III	100–300	6240–68416	48–156	51–293	1000–4500	2,9–34
Cyclone II Cyclone III Stratix II	300–1000	6240–119088	48–288	51–486	1000–8300	4,2–47
Stratix II Stratix III	1000–3000	24176–113600	144–384	311–687	3000–11000	20–100
Stratix II Stratix III	3000–10000	36384–113600	192–384	552–1145	4000–11000	20–130

Примечание. <sup>1)</sup> Данные о цене получены на сайте www.altera.com в январе 2008 года; <sup>2)</sup> при тактовой частоте 120 МГц для семейств Cyclone II и Stratix II и тактовой частоте 165 МГц для семейств Cyclone III и Stratix III.

### DSP-УСТРОЙСТВА КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS

В табл.1 представлены основные DSP-устройства компании Texas Instruments различных ценовых категорий. Таблица обобщает данные о более чем 160 DSP-устройствах. Процессоры в ней распределены по категориям на основе отношения цена/производительность. При этом некоторые семейства процессоров присутствуют в нескольких категориях.

### СЕМЕЙСТВА FPGA КОМПАНИИ ALTERA

В табл.2 представлены семейства FPGA компании Altera в различных ценовых категориях. Таблица обобщает данные об отношении цена/производительность более чем для 100 FPGA-устройств (включая различные диапазоны параметров производительности для устройств одного типа). Оценки величин ММАС выполнены для тактовых частот, которые достижимы при использовании более 70% ресурсов микросхемы. Данные о значениях MIPS в табл.2 не приводятся. Это связано с тем, что разработчик может включать в состав FPGA один или несколько процессоров NIOS II – в зависимости от доступных ресурсов (регистров и памяти). При этом определить производительность в MIPS для FPGA в целом невозможно, поскольку использование и спецификации встроенного процессора зависят от особенностей дизайна системы.

### ВЫБОР МЕЖДУ DSP И FPGA

У обоих типов устройств – DSP и FPGA – есть сферы, где их применение является оптимальным решением. Например, FPGA – наилучший выбор для сетевых приложений, поддерживающих трафик на скоростях порядка гигабит в секунду. DSP имеют преимущество в видеоприложениях, таких как системы наблюдения. Вместе с тем, существуют и задачи, для решения которых пригодны оба типа устройств.

Ранее мы рассмотрели параметр цена/производительность для DSP и FPGA. Табл.3 обобщает эти данные для

трех различных диапазонов производительности ММАС: низкой, средней и высокой. В табл.3 устройства сгруппированы также по стоимости. Например, устройства в среднем диапазоне производительности разделены на две ценовых группы: 10–30 долл. и 30–100 долл.

Отметим, что DSP и FPGA могут существенно различаться по функциональности и особенностям. Это нужно иметь в виду при оценке параметра цена/производительность для тех или иных устройств. Выбор устройства только на основе наилучшего соотношения цены и производительности может быть ошибочным.

Для того чтобы сделать более правильный выбор между FPGA и DSP, следует воспользоваться одновременно данными табл. 3 и 4. Процесс принятия решения, отображенный

**Таблица 3. Сводные данные по сравнению DSP и FPGA**

Производительность (диапазон ММАС)	Диапазон стоимости устройств, долл.	Минимальное отношение цена/производительность для DSP	Минимальное отношение цена/производительность для FPGA
Низкая (<300)	<10	1,8	–
Средняя (300–1000)	10–30	1,6	1,4
	30–100	3	2,8
Высокая (>1000)	100–300	5,8	2,9
	300–1000	13,4	4,2
	1000–10000	–	20

**Таблица 4. Руководство по выбору DSP и/или FPGA**

Имеется DSP с функциями, связанными с конкретным применением?		Да	Нет
Требуемая производительность (в ММАС)	Низкая (<300)	DSP	DSP
	Средняя (300–1000)	DSP	DSP или FPGA
	Высокая (1000–10000)	Гибрид DSP/FPGA	FPGA

в табл.4, учитывает наличие в DSP функций, связанных с конкретным применением. Такие функции дают DSP преимущества по сравнению с FPGA из той же категории цена/производительность.

В проектах с требуемой производительностью ниже 300 ММАС DSP, как правило, оказываются оптимальным решением по критерию цена/производительность. Для систем, где необходима производительность 300–1000 ММАС, целесообразно применять DSP, которые оснащены функциями для данного приложения (такими как аудио/видеопорты, ARM-процессор и др.). Если же DSP с функциями для конкретного приложения не существует, нужно рассматривать другие параметры системы.

Для приложений, в которых требуется производительность выше 1000 ММАС, идеальным решением часто оказывается гибридный FPGA и DSP. Такие приложения нередко включают многочисленные алгоритмы обработки сигналов, при этом некоторые из них имеют низкие требования по производительности. В этом случае относительно недорогие DSP могут выполнять алгоритмы с требованиями к производительности от низкой до средней. Алгоритмы с более высокими требованиями при этом выполняет FPGA.

### DSP В ПРИЛОЖЕНИЯХ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

DSP – это специализированный процессор, ядро которого спроектировано так, чтобы оптимально выполнять алгоритмы обработки сигналов. Вместе с тем, DSP оснащены многими периферийными модулями и различными типами памяти, объединенными в одном устройстве, подобно микроконтроллерам. Можно сказать, что DSP предлагают всю гибкость и функциональность, которые присущи микроконтроллерам, в дополнение к архитектуре, оптимизированной для приложений обработки сигналов с низкими и средними требованиями к производительности. Сочетание этих особенностей делает DSP удачным выбором для множества приложений.

Приведем пример, связанный с контуром управления лазером. Компания Nuvation, выполнявшая этот проект,



Образец IP-камеры компании Nuvation

стремилась минимизировать число устройств, используемых в контуре. В FPGA недоставало встроенных ЦАП и АЦП. В DSP-устройствах они были доступны. Это позволило реализовать весь контур управления лазером на основе небольшого микроконтроллера с функциями DSP, оснащенного 12-битным АЦП, 8-битным ЦАП и Ethernet-интерфейсом. В результате удалось существенно сократить стоимость системы и упростить дизайн платы.

В другом проекте компания Nuvation разрабатывала блок управления двигателем с несколькими контурами управления. На первый взгляд, в этом случае целесообразно было использовать параллельную архитектуру FPGA. Однако после оценки затрат, связанных с разработкой каждой процессорной функции, оптимальным решением был признан контроллер с DSP-функциями.

### FPGA В ПРИЛОЖЕНИЯХ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

FPGA-устройства эффективны для параллельной высокоскоростной обработки сигналов. Например, для реализации фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр), работающего со скоростью 400 миллионов выборок в секунду (megasamples per second – MSPS), необходима производительность, которая примерно на порядок превышает возможности одного DSP. В то же время одно FPGA-устройство может легко обеспечить требуемую производительность. Правда, цена устройств, которые обеспечивают такую производительность, на порядок выше стоимости DSP за счет затрат на проектирование и стоимости самой микросхемы FPGA.

### СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ FPGA И DSP

Каждая дополнительная функция в FPGA влечет за собой больший срок разработки, большие затраты на проектирование и внедрение в производство и большую стоимость составных узлов устройства. Поэтому там, где это возможно, целесообразно возложить часть функций на DSP, оставив за FPGA вычисления с большим числом MAC-операций.

Как правило, это означает передачу DSP функций, требующих менее 1000 ММАС, и размещение функций с более высокими требованиями к производительности в FPGA. Например, компания Nuvation реализовала приложение для детектирования огибающей со скоростью работы 500 MSPS на основе гибридной системы FPGA-DSP. FPGA выполняла предварительную фильтрацию с высокой скоростью выборок и децимацию, а DSP реализовывал остальные функции обработки сигналов.

### ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ: IP-КАМЕРЫ

Сегодня на рынке появляется все больше видеоприложений, таких как телевизионные приставки (set-top box), цифровые видеорекордеры (DVR), устройства для развлечений и цифровые видеокамеры. Многие из этих приложений ори-



ентированы на рынок бытовой электроники. Поэтому нужно обеспечить низкую цену конечных продуктов, а следовательно, малые затраты на их проектирование и внедрение в производство. Более того, поскольку бытовая электроника – быстро меняющийся рынок, ключевым фактором становится время вывода на рынок нового изделия. Также необходимо минимизировать общие риски проекта. Наконец, тенденция к миниатюризации бытовой электроники и устройств, используемых в системах безопасности, играет важную роль в выборе форм-фактора системы.

Все эти требования относятся, в частности, к IP-камерам. Для того чтобы удовлетворить их, инженеры компании Nuvation выбрали для своих IP-камер (см. рисунок) устройство фирмы TI – TMS320DM6446. Это высокопроизводительная цифровая медиасистема на кристалле, предназначенная для видеоприложений высокого уровня. DM6446 – центральный элемент в IP-камере. Он обеспечивает сбор видеоданных, кодирование их в желаемый формат и вывод через Ethernet по протоколу TCP/IP. В состав DM6446 входят два процессорных ядра: DSP-ядро C64+, выполняющее алгоритмы обработки сигналов, и ядро ARM9, используемое в качестве сопроцессора и для управления периферийными устройствами.

Еще одно преимущество DM6446 – наличие полного дистрибутива Linux для ARM9. Linux позволяет разработчикам использовать существующее встроенное ПО с открытым исходным кодом и быстро интегрировать в ПО библиотеки третьих производителей. Наличие Ethernet-портов, видеопортов, малая поверхность, занимаемая процессором на плате, и низкое энергопотребление DM6446 также стали важными факторами для выбора этого устройства.

В целом можно сказать, что применение DM6446 в рассматриваемой системе позволило удовлетворить поставленные требования и минимизировать затраты на разработку и внедрение.

---

Таким образом, выбор между FPGA и DSP зависит от многих параметров. Для принятия решения нет универсальных правил, и разработчику приходится искать разумный компромисс. Только так можно выбрать платформу, которая максимально отвечает требованиям конкретной системы. Мы описали примеры дизайна, при котором наилучшим выбором являются FPGA или DSP, а также случаи, когда предпочтительны гибриды DSP/FPGA. Надеемся, что эта информация пригодится вам при выборе наиболее подходящего решения для ваших разработок. ○