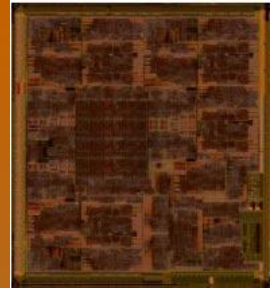


ATI RADEON X1000 Новая графическая архитектура от ATI Technologies

Пространства для маневров с названиями у ATI было немного, и лишь в старшем сегменте: вакантным оставалось лишь название RADEON X900, в то время, как почти все остальные варианты были уже заняты, ведь, в отличие от NVIDIA, ATI Technologies в случае линейки RADEON X, оперировала трехзначными числами в названиях своих продуктов. Выход из положения нашелся; он оказался простым и, в то же время, достаточно элегантным – к числовым обозначениям новинок было добавлено число 1000. Таким образом, новые графические процессоры ATI получили имена RADEON X1800, RADEON X1600 и RADEON X1300. На наш взгляд – достаточно удачный ход, оставляющий немало места для дальнейших маневров с названиями, а также говорящий о том, что перед нами архитектура нового поколения.



- На этот раз это действительно так: ATI и NVIDIA поменялись ролями. Если NVIDIA G70 представляет собой не что иное, как значительно улучшенный NV40 (эволюция), то RADEON X1000 действительно является совершенно новой архитектурой, имеющей мало общего с архитектурами ATI предыдущих поколений (революция).

Более того, старшая модель в семействе, чип RADEON X1800 (R520), получился более сложным, нежели NVIDIA G70 – 320 против 302 миллионов транзисторов! При этом, RADEON X1600 (RV530), нацеленный на средние сегменты рынка состоит из 157 миллионов транзисторов, тогда как RADEON X1300 (RV515) стал, согласно заявлениям разработчиков, первым чипом начального уровня, внутри которого около 100 миллионов транзисторов.

Причинами усложнения архитектуры стал целый набор нововведений в чипе, включая такие особенности как:

- Поддержка Shader Model 3.0;
Модернизированные шейдерные процессоры со специальным блоком, для выполнения branch инструкций;
- Новый контроллер памяти;
- Модернизированная система кешей;
- Модернизированная система внутренних соединений разных блоков чипа.

В процессе разработки архитектуры нового поколения, АТI постаралась сделать ее максимально гибкой, и графический движок был разбит на отдельные компоненты, число которых можно произвольно компоновать в зависимости от конкретной модели GPU



RADEON X1800 XT graphics card

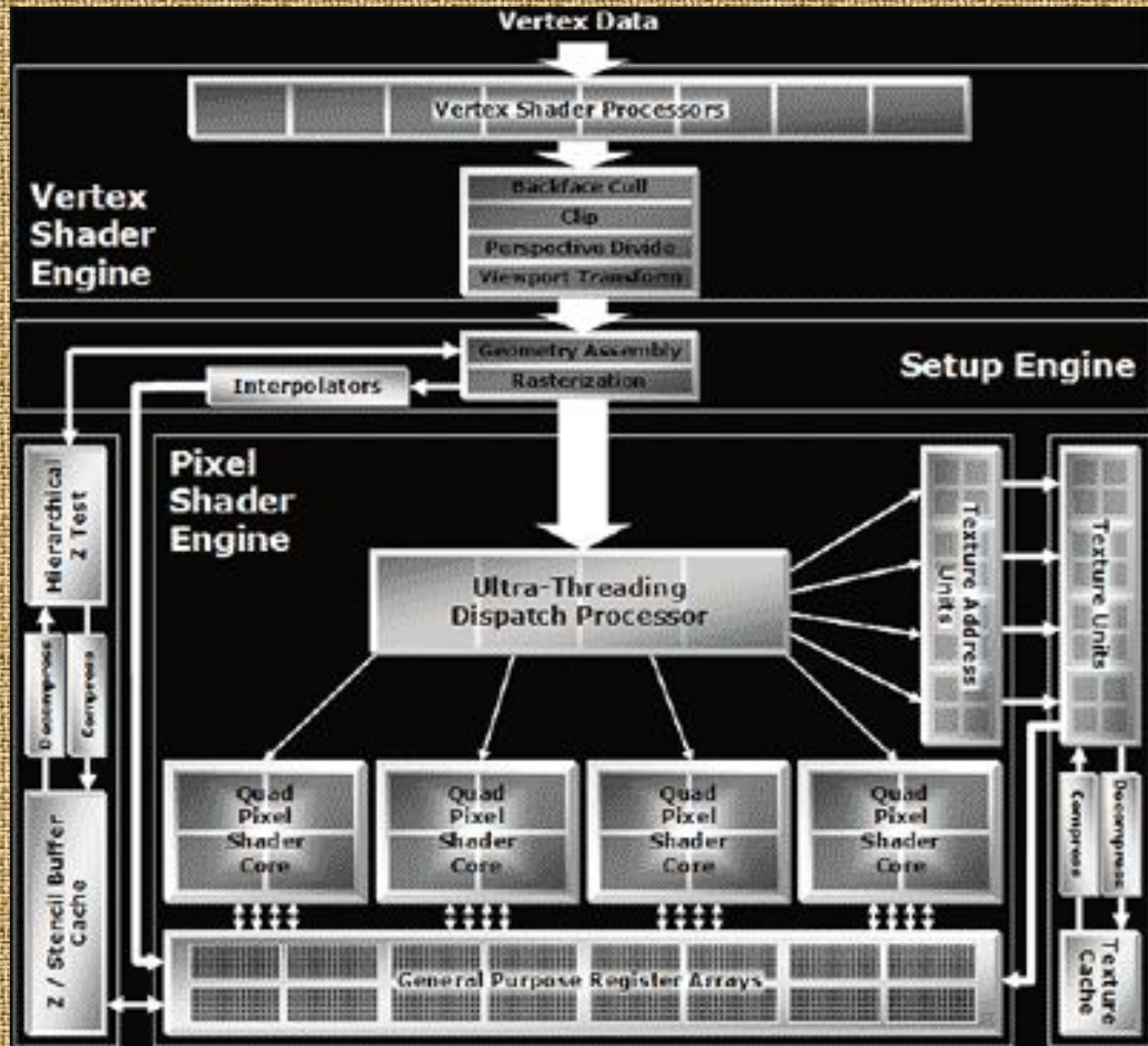
GPU Model	Pixel Processors	Vertex Processors	Texture Units	Render Back-Ends	Z-Compare Units	Max. Threads
RADEON X1800 (R520)	16	8	16	16	16	512
RADEON X1600 (RV530)	12	5	4	4	8	128
RADEON X1300 (RV515)	4	2	4	4	4	128

Пиксельные процессоры

Поскольку ATI уделила огромное внимание функциям распределения работы между разными исполнительными устройствами, новая архитектура RADEON X1000 стала по-настоящему мультиточечной, получив даже специальное название – Ultra-Threaded Architecture. Аналогия с Intel Hyper-Threading здесь вполне уместна, так как цели у этих технологий схожи: как можно более эффективное задействование имеющихся мощностей процессора и максимально возможное сокращение времени простоя исполнительных устройств.

В частности, чипы RADEON X1000 имеют встроенный интеллектуальный коммутатор - специальный блок, называемый Ultra-Threading Dispatch Processor, отвечающий за оптимальное распределение нагрузки между квадрами пиксельных процессоров (каждый квад состоит из четырех пиксельных процессоров, каждый из которых в состоянии обработать шейдер для блока 2x2 пиксела за такт), а также текстурными модулями. В частности, Ultra-Threading Dispatch Processor разбивает работу, связанную с одинаковыми пиксельными шейдерами (pixel processing workload) в небольшие группы, или нити (threads) из 4x4 пикселей.

ATI RADEON X1000 ultra-threaded architecture



Ultra-Threading Dispatch Processor распознаёт случаи, когда какие-либо пиксельные процессоры внутри квадов простаивают и моментально назначают им на выполнение новые задачи. Однако, в случае, когда для продолжения выполнения шейдера требуются еще не полученные данные, то подобная нить приостанавливается арбитражным процессором до их получения, таким образом высвобождая арифметические ресурсы (Arithmetic Logic Unit, ALU) для других нитей и маскируя латентность, к примеру, выборки текстур, находящихся как в кеше, так и в памяти. Согласно ATI, подобная организация работы позволяет достигать 90% эффективности задействования пиксельных процессоров на любых шейдерах.

Поскольку быстрое переключение между нитями требует сохранения промежуточных результатов каждой, ATI использует для этого специальные регистры - General Purpose Register Array - с высокоскоростным соединением с пиксельными процессорами, что мы уже видели в предыдущих графических процессорах. Пока непонятно, какое количество регистров имеется в RADEON X1800, X1600 и X1300 и насколько чувствительны новые чипы к сложностям пиксельных шейдеров.

Согласно стандарту Shader Model 3.0, циклы, ветвления и подпрограммы поддерживаются новыми решениями ATI в полной мере, а применение flow control позволяет им исполнять шейдеры практически неограниченной длины. Все вычисления процессоры семейства RADEON X1000 выполняют в формате 128-bit FP, что практически исключает возможность накопления ошибок и, как следствие, ухудшение качества изображения.

Количество одновременно выполняемых нитей кода было увеличено, а размер каждой, напротив, уменьшен до 4x4 пикселей, что позволило добиться большей эффективности при использовании динамического ветвления, принцип которого хорошо иллюстрирует следующая диаграмма:



Shadow Mapping



```
// Sample Shader
if (shadow)
{
  Process □, ■
}
else
{
  Process ■, ■
}
.
```

Does not take advantage of dynamic branching



Thread Size
4x4
(16 pixels)

Efficient

Thread Size
16x16
(256 pixels)

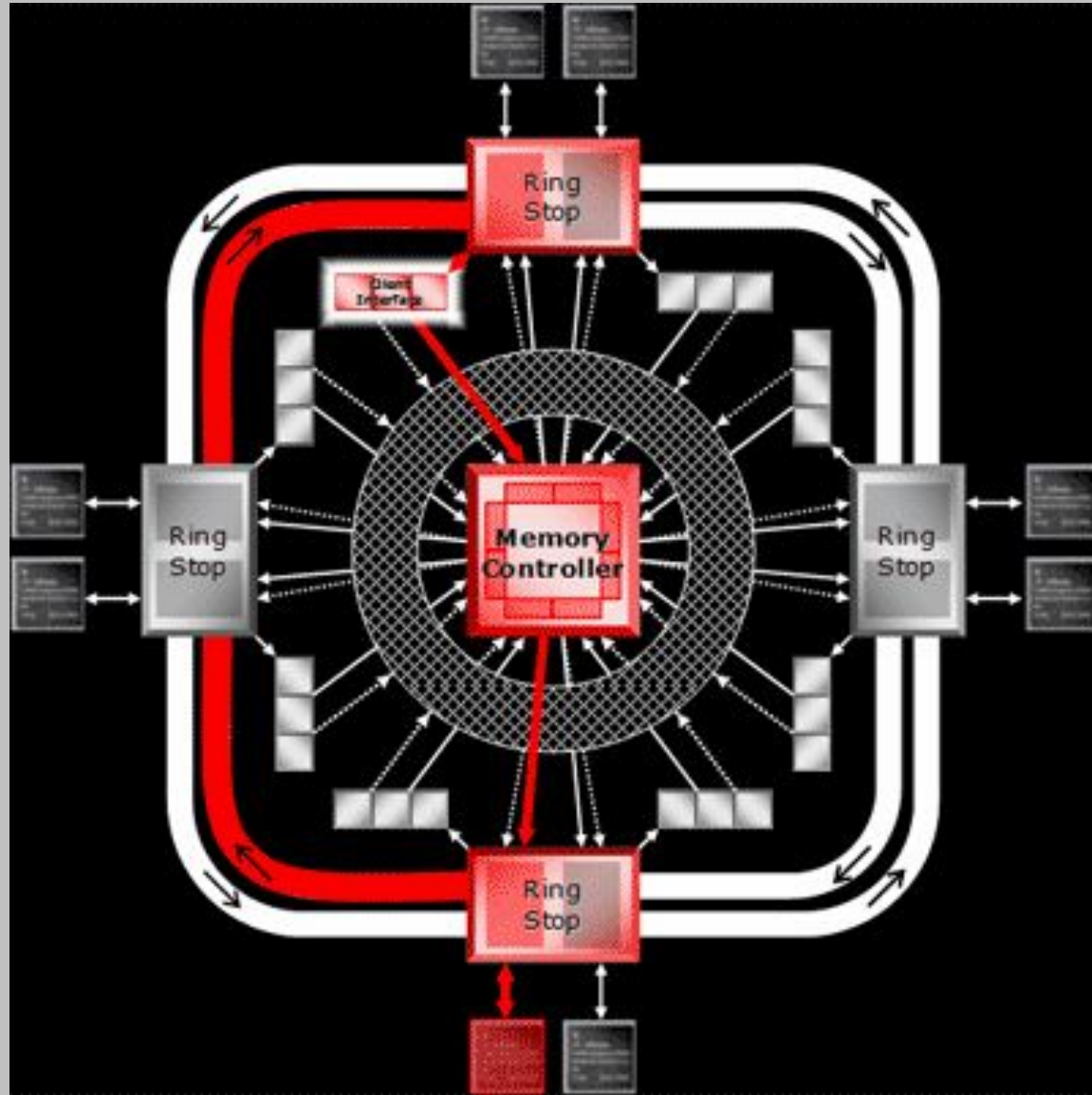
Less Efficient

Thread Size
64x64
(4096 pixels)

Inefficient

Контроллер памяти

Контроллер памяти, входящий в состав новых графических процессоров ATI, был полностью переработан. Теперь внутренняя шина памяти RADEON X1800 имеет кольцевую топологию и состоит из двух 256-битных противонаправленных кольцевых шин, тогда как кольцевая топология RADEON X1600 состоит из пары противонаправленных 128-битных шин.



Дело в том, что кольцевые шины, идущие вокруг всего кристалла, позволяют упростить и оптимизировать разводку проводников внутри него, соединив компоненты кратчайшим путем. Такое решение, вкпе с использованием коммутатора при операциях записи в память минимизирует задержки и искажения сигнала. Благодаря технологии Ring Bus, RADEON X1800/1600 могут без проблем использовать даже самую высокочастотную память, например, GDDR4, что, в случае традиционной архитектуры, могло бы привести к нестабильной работе из-за наличия помех, вызванных неоптимальной разводкой соответствующих проводников внутри GPU.

Память подключена к шинам посредством так называемых "кольцевых остановок" (Ring Stop). Всего таких остановок четыре, каждая имеет два канала доступа к памяти шириной 32-бита каждый. Для сравнения, в RADEON X850 память подключалась к контроллеру четырьмя 64-битными каналами. Каждый Ring Stop может передавать, согласно инструкциям контроллера памяти, затребовавшему данные клиенту.

Принцип работы Ring Bus подсистемы памяти довольно прост. Клиент посылает запрос на получение данных контроллеру памяти, который находится в середине чипа. Контроллер памяти определяет приоритетность каждого из запросов по определенному алгоритму и даёт приоритет тому, который влияет на производительность в большей степени, посылая соответствующий запрос чипам памяти и передавая эти данные по Ring Bus до ближайшего для клиента Ring Stop, который затем передаёт данные клиенту. Для наиболее оптимального доступа к памяти вокруг непосредственного контроллера располагается так называемая Write Crossbar Switch, позволяющая равномерно распределить запросы.

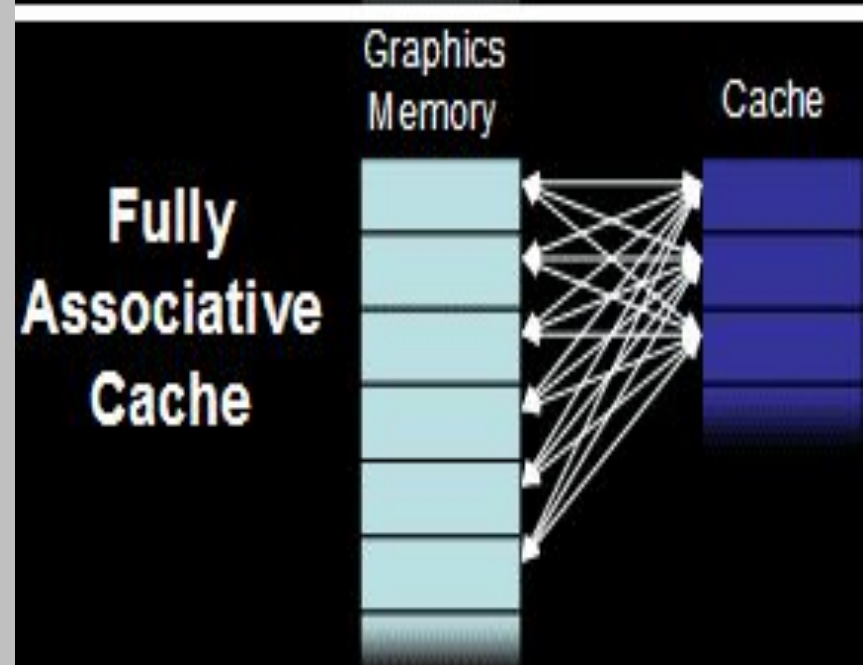
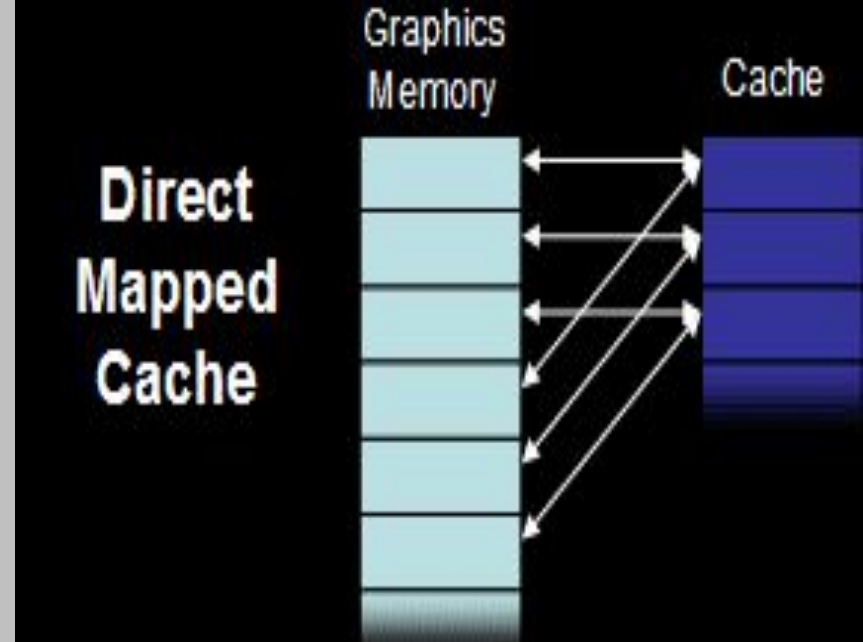
Следует отметить, что алгоритм работы нового контроллера памяти может быть запрограммирован из драйвера, что даёт возможность улучшить его работу со временем. Более того, теоретически ATI может запрограммировать контроллер для работы с конкретным приложением и задать соответствующий профайл через CATALYST A.I.

Претерпела изменения и организация кэша – теперь он стал полностью ассоциативным, то есть, любая строка кэша может отображаться на любое место во внешней памяти.

При равной частоте памяти ассоциативный кэш работает эффективнее, нежели кэш с прямым отображением. Фактически, в случаях, когда пропускная способность подсистемы памяти является критичным параметром, обеспечивается больший запас производительности. Это должно повлиять положительным образом на скорость работы RADEON X1000 в высоких разрешениях и/или при использовании FSAA и анизотропной фильтрации.

Улучшения коснулись и технологии HyperZ – теперь при определении невидимых областей, подлежащих отсечению, используются более продвинутый алгоритм. По словам ATI, он увеличивает эффективность отсечения скрытых поверхностей на 50% по сравнению с RADEON X850.

Отметим, что хотя RADEON X1300 не поддерживает ни Ring Bus, ни программируемого арбитра запросов к памяти, он использует другие техники, внедрённые для увеличения эффективности пропускной способности памяти в семейство RADEON X1000.



HDR: не только скорость, но и качество

Новое поколение графических процессоров ATI получило полноценную поддержку режимов отображения с расширенным динамическим диапазоном, известных под общим названием HDR.

Хотя поддержка одного из вариантов HDR существовала уже в семействе RADEON X800, но разработчики игр на тот момент не заинтересовались такой возможностью. Подробно суть HDR была описана в обзоре, посвященном графическому процессору NV40, в котором была реализована поддержка одного из стандартов HDR, а именно, OpenEXR, разработанного компанией Industrial Light and Magic, и использующего 16-битное представление цвета с плавающей запятой.

OpenEXR был выбран, как режим, широко использующийся в индустрии кино при создании спецэффектов, но и это не вдохновило разработчиков игр – долгое время единственной игрой, поддерживающей этот стандарт, являлся трехмерный шутер FarCry, причем, падение производительности при включении HDR было огромным. Об игре в разрешениях свыше 1024x768 не могло быть и речи, а особенности реализации HDR в архитектуре NVIDIA привели к невозможности использования полноэкранного сглаживания в этом режиме (впрочем, реализовывать такую возможность было бы нелогично именно из-за низкой производительности). Ситуация улучшилась с появлением GeForce 7800 GTX – новый графический процессор NVIDIA уже мог обеспечить вполне приемлемый уровень производительности при использовании OpenEXR, но поддержка FSAA по-прежнему отсутствовала.

Разрабатывая новую архитектуру, ATI Technologies постаралась учесть все недостатки, и графические процессоры RADEON X1000 получили широчайшие возможности по работе с HDR, в том числе, и поддержку различных форматов, в том числе, нестандартных (custom). Кроме того, в RADEON X1000 впервые появилась возможность использования HDR одновременно с полноэкранным сглаживанием. По сравнению с NVIDIA GeForce 6/7 это огромный шаг вперед, но хватит ли производительности новых GPU для обеспечения комфортной игры в этих режимах? Ответ на этот вопрос могут дать лишь результаты тестов. По крайней мере, теперь ясно, почему графический процессор R520, старшая модель в новом семействе ATI получилась более сложной, нежели NVIDIA G70 – все вышеописанные архитектурные инновации дались разработчикам не даром и потребовали своей доли транзисторов на кристалле. В результате, несмотря на наличие 16 пиксельных процессоров против 24 у изделия конкурента, общее число транзисторов достигло 320 миллионов, что сделало R520 самым сложным графическим процессором в мире.