

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ:

НОВЫЙ ВИТОК КОНКУРЕНЦИИ

Архитектура схем оперативной памяти (DRAM) – базового элемента основной памяти системы – давно стала предметом пристального внимания конструкторов. А поскольку требования, предъявляемые различными современными компьютерными системами к памяти, весьма разнообразны, время, когда во всех системах мог использоваться один тип DRAM, прошло. И сегодня на рынке представлено множество самых различных типов динамической памяти. В последнее время наибольшее внимание разработчиков схем и систем привлекают синхронные DRAM (SDRAM), в первую очередь PC133 SDRAM; разновидность SDRAM, поддерживающая двойную скорость передачи данных – DR SDRAM (DDR), и DRAM с архитектурой непосредственной шины памяти – Rambus (Direct RDRAM или D-DRAM). Поэтому сравнение этих трех типов оперативной памяти представляется целесообразным и актуальным.

На современном рынке динамической памяти можно четко выявить три основные тенденции. Во-первых, несмотря на большую потребность, рынок DRAM в последние годы был непредсказуем из-за длительного спада деловой активности в полупроводниковой промышленности. Это привело к консолидации компаний подотрасли и, соответственно, к уменьшению числа и увеличению размеров фирм-производителей DRAM. В результате в скором времени 70-80% рынка DRAM, возможно, будут контролировать три-четыре производителя. Во-вторых, недавние испытания, проведенные Комитетом по вычислительным ресурсам (Council on Computer Power), показали, что самый эффективный способ повышения производительности ПК – увеличение объема памяти (наращивание 32-Мбайт памяти до 96 Мбайт приводит к увеличению пропускной способности системы на 55%). Работы в этом направлении ведутся непрерывно. И, в-третьих, появление большого числа разнообразных типов DRAM заставляет как их изготовителей, так и потребите-

лей тщательно изучать соотношение "цена-характеристики" у конкурирующих типов DRAM с тем, чтобы определить лучшее сочетание параметров для конкретного применения. Вот здесь-то и сосредоточены сегодня основные усилия всех игроков на рынке DRAM.

Быстродействие для большинства современных систем имеет решающее значение. И неудивительно, что с момента создания микропроцессоров их быстродействие возросло в 1000 раз. Однако быстродействие систем памяти не поспевает за стремительным "ускорением" логических блоков. Тактовая частота "входной шины" микропроцессора увеличивается со 100 до 133 МГц. К тому же скорость передачи данных усовершенствованного графического порта (AGP) должна возрасти с 2х(66 Мбит/с) до 4х(133 Мбит/с). В результате скорость переноса данных шин этих устройств достигнет 1 Гбайт/с. А SDRAM PC100 – до последнего времени основной тип ЗУ, используемый в компьютерных системах, – обеспечивает скорость лишь 800 Мбайт/с. Но нельзя, чтобы одни колеса машины крутились быстрее других. Поэтому сегодня на первое место выходят вопросы синхронизации процессора и памяти и, следовательно, создания новых типов DRAM, способных устранить возникший разрыв по быстродействию. Все это заставляет разработчиков оперативной памяти сосредоточить усилия на увеличении скорости передачи данных, сокращении времени выборки и совершенствовании интерфейса. С точки зрения высокой скорости передачи данных самыми перспективными среди современных типов схем, таких как EDO, BEDO, SDRAM, остаются SDRAM PC133. Наилучшее сопряжение с микропроцессорными устройствами обеспечивают схемы памяти типа RDRAM.

КАК ОНИ РАБОТАЮТ?

В SDRAM все входы/выходы синхронизированы по переднему фронту тактового импульса (отсюда и название памяти – синхронная). При считывании в быстродействующий сдвиговый регистр загружается более одного слова. Данные доступны во время каждого такта синхронизирующего устройства, т.е. за тактовый цикл выводится одно слово. Высокую скорость передачи памяти обеспечивает конвейерная архитектура передачи пакетных данных. Технология SDRAM позволяет использовать несколько функционирующих одно-

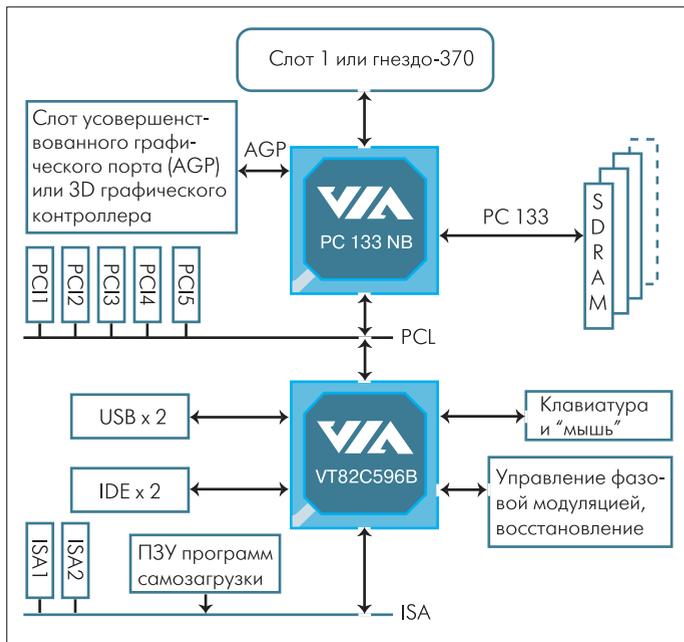


Рис. 1. Блок-схема системы памяти на чипсетах P133 фирмы VIA Technologies

временно банков памяти. Сейчас на передний план выходит чип следующего поколения – SDRAM PC133, при разработке которого не ставилась задача достижения максимально возможного быстродействия. Цель заключалась в создании достаточно быстродействующей и относительно недорогой схемы, совместимой с имеющимися материнскими платами. И эта цель была достигнута: новый вариант SDRAM обеспечивает выигрыш в быстродействии и в системах на базе 100-МГц процессоров PentiumII/III (рис.1). В этом случае системная шина и шина памяти выступают достаточно независимо, и ничто не мешает процессору работать на одной частоте, а памяти на другой. И для освоения выпуска P133 не потребовалось значительных капиталовложений.

В **DDR SDRAM** (или **DDR**) – более поздней версии SDRAM – ввод/вывод данных синхронизирован по обоим фронтам тактового импульса, что позволяет вдвое увеличить скорость передачи данных и, следовательно, пропускную способность памяти. Важное достоинство DDR заключается и в том, что этот тип оперативного ЗУ выполнен на все той же однотранзисторной-одноконденсаторной базовой ячейке, что и предыдущие типы стандартных DRAM. Это не революционный, а эволюционный тип ЗУ. У всех этих схем одна и та же конструкция контроллера, что особенно привлекательно для потребителей, подозрительно относящихся к любой новой технологии. В результате при тактовой частоте 100 или 133 МГц (характерной для PC100 или PC133) скорость передачи данных DDR составляет 200 или 260 МГц соответственно. И тогда пропускная способность системы памяти на базе "PC2100" DDR (тактовая частота 266 МГц) и PC133-технологии составит 2,1 Гбайт/с. И это не предел: планируется создать DDR на тактовую частоту 400 МГц, что даст пропускную способность 3,2 Гбайт/с!

DDR имеет ряд дополнительных достоинств. Во-первых, в этом ЗУ использован более "продвинутой" принцип дифференциальной синхронизации, что облегчает решение проблемы расфазировки тактовых сигналов и улучшает все временные задержки. Во-вторых, для выдачи сигнала DataStrobe, означающего доступность данных на выходных контактах, в DDR используется схема автоподстройки по задержке (Delay-locked Loop – DLL). Это позволяет устранить сдвиг по фазе данных считывания. В свою очередь сигнал DataStrobe пе-

редается и принимается совместно с данными, что обеспечивает лучшее согласование данных по времени и более высокие рабочие частоты. Изменение состояния записи с 0 на 1 привело к существенному снижению потребляемой мощности и улучшению использования системной шины. Благодаря замене сигналов TTL/LVTTL на SSTL-2 напряжение питания удалось снизить с 3,3 до 2,5 В. Для освоения выпуска DDR требуются минимальные затраты, поскольку для их производства нужно то же оборудование, те же тестеры и те же корпуса (TSOP-типа), что и для традиционных SDRAM.

Серьезный минус DDR – несовпадение контактов у модулей DIMM на этом типе памяти и на SDRAM: 184 контакта у DDR DIMM и 164 – у SDRAM DIMM. Правда, эта проблема может быть решена за счет размещения на одной материнской плате разъемов под 164 - и 184-контактные модули.

D-RDRAM. Для решения проблемы повышения скорости передачи данных и пропускной способности оперативной памяти в начале 90-х годов был предложен многофункциональный протокол обмена данными между DRAM, обеспечивающий пакетную передачу данных на высокой частоте по упрощенной шине оперативной памяти – Rambus. Технология Rambus, впервые использованная в графических рабочих станциях, основана на уникальном построении логического уровня, обеспечивающего скорость передачи данных 600 или 800 МГц в обычных системах и материнских платах. Ввод/вывод данных, как и в DDR SDRAM, синхронизирован по обоим фронтам тактового сигнала на частоте 356 или 400 МГц. Память, реализующая такой протокол, и получила название Rambus DRAM или RDRAM.

В 1996 году Intel и разработчик схемы – фирма Rambus – заключили договор о совместной доработке технологии Rambus с тем, чтобы память этого типа можно было применять в базовых моделях ПК. Речь шла о расширении интерфейса до 16 бит, переходе на частоту 800 МГц и внедрении более эффективного протокола. Появившийся в результате усовершенствованный вариант с непосредственной шиной – Direct RDRAM (D-DRAM) обеспечивает пропускную способность памяти 1,2 или 1,6 Гбайт/с при частоте шины 600 или 800 МГц, соответственно.

Ключевые функциональные элементы D-DRAM: собственно чипы RDRAM (с ядром на базе стандартной матрицы ячеек памяти емкостью 8 М- или 16 Мбит, разделенной на независимые банки без чередования адресов), интерфейс Rambus – специализированная микросхема (ASIC), выполняющая функции обработки, необходимые для сопряжения памяти с быстродействующим Rambus-каналом – третьим элементом памяти. В ASIC входит блок ввода/вывода данных непосредственной шины памяти (Direct Rambus ASIC Cell – Direct RAC, рис. 2), выполняющий функции мультиплексирования/демультиплексирования и преобразования сигналов последо-

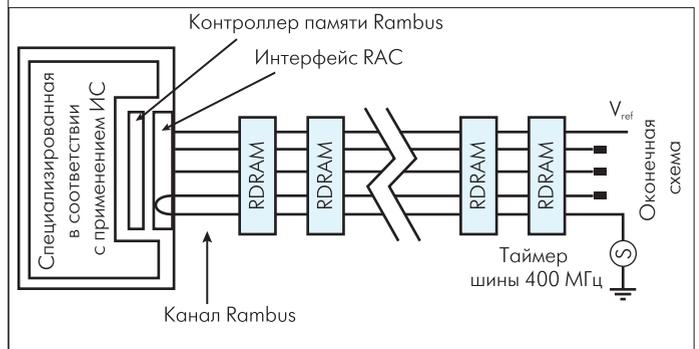


Рис. 2. Блок-схема подсистемы специализированной ИС системы памяти D-RDRAM

вательной двухбайтовой шины на высокой частоте (например, 800 МГц) в сигналы 16-байт шины на более низкой частоте (например, 100 МГц). В случае RDRAM емкостью 64 Мбит RAS обеспечивает адресацию модуля памяти объемом 256 Мбайт, 128-Мбит RDRAM – адресацию модуля объемом 512 Мбайт и 256-Мбит RDRAM – 8-Гбайт памяти. Несколько RAS могут быть интегрированы на одном кристалле. Тогда, например в конструкции с восемью RAS, система ASIC обеспечивает пропускную способность памяти 12,8 Гбайт/с. Таким образом, RAS управляет физическим уровнем D-RDRAM.

Логическим уровнем подсистемы D-RDRAM управляет контроллер памяти (RMC), также входящий в интерфейс Rambus. Он расположен между RAS и остальными блоками ASIC и выполняет простой промежуточный протокол транзакций считывания и записи в RDRAM. Вклад контроллера в запаздывание операции считывания минимален. Он также поддерживает чередующиеся транзакции, обеспечивая доступ RAS к одному или более банкам памяти и доступ CAS к другому банку. RMC поддерживает RIMM-модуль, с каждой стороны которого может располагаться до восьми чипов RDRAM одной или двух различных емкостей. В системе могут использоваться до трех модулей. Такие характеристики позволяют получить максимальную пропускную способность RDRAM до 1,6 Гбайт/с. Таким образом, D-RDRAM вдвое превосходит PC100

Таблица 1. Сравнение архитектур современных DRAM

Параметр	SDRAM PC100	SDRAM PC133	DDR CDRAM	RDRAM
Организация	x4, x8, x16	x4, x8, x16	x4, x8, x16	x16, x18
Тактовая частота, МГц	100	133	100	400
Тактовая частота шины, МГц	100	133	200	800
Ширина системной шины, бит	64	64	64	16
Максимальная пропускная способность, Гбайт/с	0,8	1,1	1,6	1,6
Внутренние магистрали данных, бит (для устройств с x16 организацией)	16	16	32	144
Напряжение питания, В	3,3	3,3	2,5	2,5
Рабочий ток, мА	75	85	80	330
Корпус/модуль	TSOP/DIMM	TSOP/DIMM	TSOP/DIMM	BGA/RIMM
Тип ввода/вывода	LVTTL	LVTTL	SSTL-2	RSL
Стоимость, отн.	1,00	1,02	1,05	1,90

SDRAM по эффективной пропускной способности при меньшем энергопотреблении (табл. 1).

КТО РАЗРАБАТЫВАЕТ И ПРОИЗВОДИТ?

Многие крупнейшие полупроводниковые компании участвуют в создании и выпуске новых типов DRAM. Схемы SDRAM и DDR SDRAM и модули на их основе производят Samsung, Micron, NEC, Toshiba, Infineon, Hyundai, Hitachi, IBM, Fujitsu, Mitsubishi. Эти типы DRAM поддерживают и производители радиокомпонентов, необходимых для реализации систем памяти. Так, фирмы Molex и AMP поставляют модульные соединители, Hitachi, Texas Instruments, IDT, Hyundai и другие – задающие устройства, AMD, Alpha Processors, VIA, Reliance – необходимые чипсеты.

Емкость поставляемых на рынок современных SDRAM равна 16М, 64М и 128 Мбит, тактовая частота – 66, 100 и 133 МГц. Представленные на рынке схемы SDRAM емкостью 256 Мбит – пока в основном опытные образцы. Емкость большинства производимых DDR SDRAM – 128 и 256 Мбит, тактовая частота – 200 и 266 МГц. Здесь рекордных результатов добилась фирма IBM, выпустившая образец DDR SDRAM емкостью 1 Гбит, изготовленный по 0,175-мкм технологии. На тактовой частоте 200 МГц схемы с 16-разрядной органи-

зацией обеспечивают пропускную способность памяти 800 Мбайт/с, при 32-разрядной организации – 1,6 Гбайт/с. Для поддержки этого направления развития DRAM фирма открыла DDR Web-страницу в Интернете.

IBM выпускает и модули памяти на базе SDRAM емкостью 1 Гбайт на такую частоту 100 и 133 МГц, а Infineon планирует в ближайшее время освоить производство модулей емкостью 256 М, 512 М и 1 Гбайт на базе DDR.

Большинство крупнейших производителей схем DRAM, следуя правилу не класть все яйца в одну корзину, проводят агрессивную политику развития альтернативных технологий памяти и уже предлагают потребителю и опытные образцы схем D-RDRAM, массовое производство которых планировалось на первую половину 2000 года. Правда, инфраструктура производства этого типа памяти еще формируется. Активно разрабатываются схемы емкостью 128 М, 144 М, 256 М и 288 Мбит* на тактовые частоты 600, 711 и 800 МГц, а также модули на их основе. Intel аттестовала RDRAM, выпускаемые Hyundai, Infineon, NEC, Samsung и Toshiba. Фирма NEC, планирующая захватить 10% рынка схем RDRAM, начала поставки опытных образцов емкостью 128/144 Мбит на 800 МГц марки mPD488448FB по цене 85 долл. Схемы изготовлены по 0,2-мкм технологии и смонтированы в корпуса BGA-типа. Пока фирма выпускает ежемесячно 200-300 тыс. таких схем. Готовится к выпуску модуль памяти емкостью 128 Мбайт, монтируемый в корпус с 184 выводами. Схемы емкостью 64 М и 128 Мбит на тактовые частоты 800 и 400 МГц, соответственно, выпускает и фирма Micron Technology – один из крупных поставщиков DRAM, не пожелавший аттестовывать свои изделия. Тем не менее, фирма планирует в середине года наращивать производство RDRAM. Этому, очевидно, будут способствовать и полученные от фирмы Intel 500 млн. долл. (на эти цели Intel выделила также 250 млн. долл. фирме Infineon и 100 млн. долл. фирме Samsung).

Модули памяти на RDRAM различной емкости разрабатывают фирмы Toshiba (RIMM-типа емкостью 64 М, 128 М и 256 Мбайт), Samsung (модуль с 16 ИС емкостью 288 Мбит каждая, общая емкость 576 Мбайт), Cadmington, Kingston Technology, Smart Modular Technologies.

ЦЕНА

Стоимость рассматриваемых типов DRAM и модулей на их основе колеблется в зависимости от конструктивных особенностей. Причем RDRAM дороже SDRAM эквивалентной емкости. Так, цена RDRAM выше, чем у SDRAM, на 35%, с учетом стоимости корпусирования, тестирования, совместимости по коду исправления ошибок она уже выше на 50%, с учетом издержек производства – на 70%. Это объясняется в первую очередь тем, что RDRAM занимает на 20-25% большую площадь кристалла, чем SDRAM аналогичной емкости. Кроме того, свой вклад вносит высокая стоимость контрольно-измерительного оборудования, используемого при производстве RDRAM и D-RDRAM. Так, фирма Hewlett-Packard выпустила контрольно-измерительную систему HP9500 с 32 тестовыми гнездами стоимостью 3 – 5 млн. долл. Стоимость аренды одного гнезда при тестировании больших партий DRAM – 100-150 тыс. долл. При ежемесячном объеме производства 1 млн схем на тестирование необходимо затратить 10-20 млн. долл., при объе-

*Спецификация на схемы D-RDRAM предусматривает определение и использование пользователем девятого бита на байт. Большинство использует его либо для контроля кода с исправлением ошибок, либо для увеличения емкости системы памяти. Это и привело к появлению чипов емкостью 144 М и 288 Мбит.



ме 40 млн. схем – 400 – 800 млн. долл. И в результате ПК с RDRAM-памятью примерно на 100 долл. дороже машин с SDRAM-памятью. И, наконец, интерфейс Rambus – интеллектуальная собственность фирмы Rambus, которая продает лицензии на него производителям ASIC и систем, что также сказывается на стоимости RDRAM.

ПРИМЕНЕНИЕ

Сфера применения SDRAM весьма обширна: в первую очередь ПК младших моделей, спрос на которые непрерывно растет, серверы, рабочие станции, графические станции, встроенные промышленные компьютеры, сетевые аппаратные средства, ядра систем-на-кристалле, цифровые телевизионные приставки, телевизоры высокого разрешения, дисководы жестких дисков, кэш-память и т.п. Основной конкурент PC133 SDRAM – PC100, а не DDR или D-RDRAM. Но для успешной конкуренции PC133 SDRAM должны быть сопоставимы по стоимости с PC100 устройствами, что пока не всегда выполнимо. PC133 по значениям основных временных задержек (три тактовых цикла на запаздывание CAS, RAS-CAS-задержку и время подзарядки RAS, или 3-3-3) уступает PC100 SDRAM, у которого эти параметры равны двум тактовым циклам (2-2-2). При этом современная полупроводниковая технология позволяет изготавливать 2-2-2 PC100 с приемлемым выходом годных, тогда как для создания 2-2-2 PC133 SDRAM нужна еще не достаточно хорошо отработанная 0,2-мкм технология. По мере совершенствования технологии и появления новых чипсетов и контроллеров памяти SDRAM PC133 будут находить все большее применение в ПК младших моделей и серверах и, по оценкам фирмы Dataquest, к концу этого года почти полностью заменят PC100. Этому будет способствовать и решение Intel, принятое на сентябрьском Форуме разработчиков 1999 года (Intel Developer Forum – IDF) относительно поддержки PC133 будущими чипсетам.

Но проблема в том, что вскоре технология материнских плат догонит микропроцессорную и частота системных шин составит 200-250 МГц, а это предел возможностей традиционных SDRAM. Таким образом, PC133 – последнее поколение властвовавшей до недавнего времени династии: PC66 и PC100. И на сцене останутся два конкурирующих типа DRAM – DDR SDRAM и D-RDRAM.

КТО КОГО?

DDR – логическое развитие технологии SDRAM. По-видимому, наибольший спрос DDR SDRAM найдут у производителей графических ускорителей и серверов, имеющих опыт проектирования специализированных ASIC-систем и контроллеров. Здесь можно отметить интересную тенденцию. Графическая DDR-память, такая как 4 Мбит x 16 Мбит, только сейчас начинает оказывать серьезное влияние на весь рынок систем памяти и по мере снижения стоимости находить применение в ПК. До сих пор на базе новейших типов DRAM в первую очередь реализовывались системы памяти ПК и уже потом графических и прочих систем. Сейчас почти все производители графических систем, в том числе ATI, Nvidia, S3, уже используют DDR SDRAM.

Что касается серверов, то и здесь перспективы применения DDR-памяти весьма обнадеживающие. Правда, при подключении к шинам большого числа модулей могут возникать проблемы обеспечения надежной работы системы памяти. В результате DDR-модули, по-видимому, не смогут работать с максимальным быстродействием. Но здесь DDR-технология имеет и существенное достоинство. Сервер – машина, нуждающаяся в системе памяти большого объема (в новейших устройствах требуется память объемом

32 Гбайт, а в следующем поколении – 64 Гбайт). Производители серверов отдают предпочтение DDR благодаря их достаточно низкой стоимости, меньшей потребляемой мощности и простоте реализации памяти системы в сравнении с RDRAM (максимальное число RDRAM-чипов на канал – 32, и для создания систем памяти большей емкости необходимо увеличивать число каналов). Поэтому пока на рынке серверов этим типам ЗУ нет альтернативы, которая могла бы обеспечить требуемую емкость и пропускную способность. Это подтверждает и прогноз фирмы Dataquest, согласно которому ЗУ большой емкости еще долгие годы будут выполняться на DDR SDRAM.

Серверы на DDR производят или намерены выпускать фирмы IBM, Compaq Computer, NEC, Fujitsu, Sun Microsystems. Так, IBM устанавливает модули PC1600 и PC2100 на базе DDR емкостью 256 Мбит в универсальных серверах S/390 и AS/400 и в сервере RS/6000. Фирма AMD использует DDR в памяти новых ПК и рабочих станций на базе микропроцессора Athlon. Даже Intel, до сих пор упорно и активно поддерживающая RDRAM-технологию, может принять решение о применении DDR в старших моделях компьютерных систем и серверов на базе процессора Itanium. Чипсеты для DDR-памяти поставляют Advanced Micro Devices и Reliance Computer.

Все это позволило вице-президенту по стратегическому планированию и маркетингу фирмы Hyundai Electronics America прийти к выводу, что темпы прироста продаж DDR-схем к 2002 году составят 10-25% против 5-8% для схем типа RDRAM, после чего прирост продаж первых будет продолжаться, а последних снижаться. Правда, этот прогноз противоречит оценкам такого крупнейшего и авторитетного аналитика, как Dataquest. Во-первых, DDR имеет преимущество перед RDRAM только на уровне чипа (без учета размеров), табл.2. К тому же многие тщательно разработанные инженерами фирмы Rambus рецепты, касающиеся путей прохождения сигналов, оконечной нагрузки и синхронизации, создателям систем памяти на DDR SDRAM приходится заново составлять самим. А это затрудняет своевременный выпуск изделия на рынок. Во-вторых, для большинства разработчиков материнских плат высокие частоты DDR не привычны и в конечном итоге могут вызвать затруднения при объединении неопределенного числа чипов DRAM с помощью одного или нескольких соединителей. И, в-третьих, пока для DDR не хватает нужных чипсетов и даже нет необходимой жесткой стан-

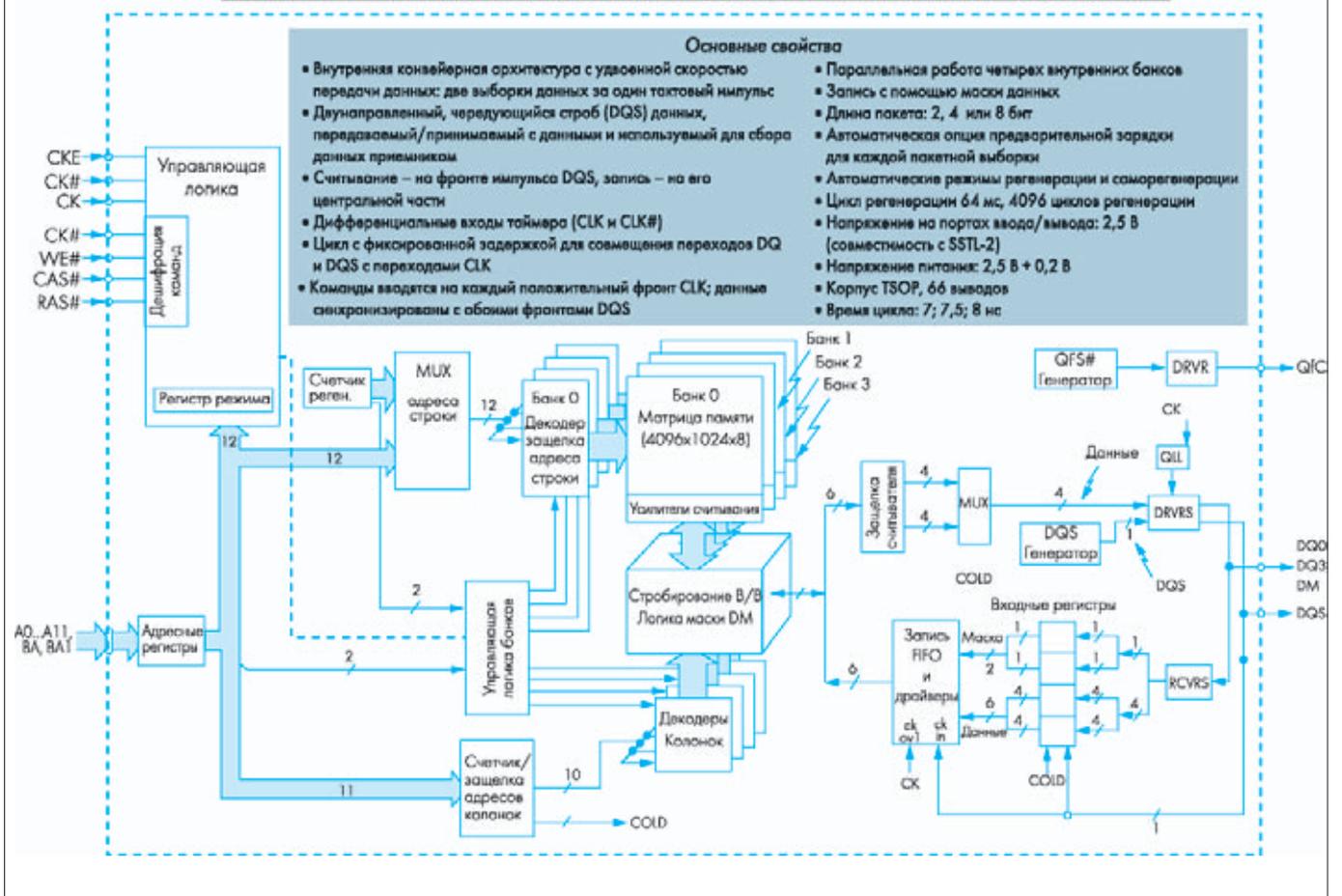
Таблица 2. Сравнение возможностей DDR и D-RDRAM

Параметр	DDR PC266	800-МГц D-RDRAM
Максимальная пропускная способность, Гбайт/с	2,1	1,6
Эффективность работы шины памяти, %	65	85
Эффективная пропускная способность, Гбайт/с	1,37	1,36

дартизации. Поэтому, по мнению Dataquest, отгрузки DDR SDRAM никогда не сравняются по объему с поставками RDRAM.

При рассмотрении перспектив применения RDRAM следует учесть вероятность повторения ими пути SDRAM: когда последние только появились, размеры и стоимость их тестирования были много больше, а выход годных много ниже, чем у стандартных в то время EDO ЗУ аналогичной емкости. А сейчас...? EDO ЗУ продаются по той же цене, что и SDRAM, а иногда и дороже (причем цена определяется наличием на рынке, а вовсе не быстродействием). И если разработчики уделят достаточно внимания проблеме уменьшения размеров, RDRAM-схемы смогут стать самыми дешевыми типами DRAM. Тогда прогноз Dataquest окажется верным, и RDRAM, по мере снижения стоимости, можно будет найти в самых разнообразных

DDR SDRAM емкостью 128 Мбит фирмы Micron
 MT46V321M4 – 8Mx4x4 банка, MT46V16M8 – 4Mx8x4 банка, MT46V8M16 – 2Mx16x4 банка



устройствах – от накопителей на жестких дисках до автоответчиков цифровых телефонов.

Правда, пока RDRAM – утвердившаяся технология для 3D графических систем и игровых приставок. Уже сейчас фирма Toshiba поставляет 600-МГц D-RDRAM емкостью 128 Мбит для Sony Playstation 2. Первичный рынок этого варианта популярной игровой приставки (и соответственно схем памяти) оценивается в 2 млн. шт. D-RDRAM еще только начинает рассматриваться как ЗУ для системной памяти компьютера. Первоначально RDRAM найдут применение в серверах, ПК и ноутбуках старших моделей.

Популярности этого типа ЗУ способствует и еще одно важное достоинство RDRAM – малая глубина детализации системы, которая возрастает с увеличением плотности упаковки DRAM-устройств. В будущем при реализации памяти на SDRAM минимальная глубина детализации может оказаться слишком большой для систем младших моделей. В случае применения RDRAM к шине присоединяется одна схема и минимальная глубина детализации системы определяется этим параметром схемы.

Фирмами Intel, Rambus и поставщиками RDRAM уже ведутся активные работы по снижению стоимости модулей RIMM. Intel несколько ослабила требования к временным характеристикам. Так, максимальное время прохождения сигнала контроллера в модуле памяти увеличено с 1,5 до 1,56 нс. Дополнительные 60 пс позволят увеличить выход годных модулей после тестирования. Ведутся работы по снижению стоимости печатной платы за счет перехода от шести-восьмислойных плат стоимостью 8 долл. к четырехслойным, более дешевым. Уже не менее четырех фирм объявили о создании

новых тестеров для высокоскоростных DRAM, способных проводить параллельные испытания от 32 до 64 чипов. А фирма Toshiba намерена освоить 0,15-мкм технологию и уменьшить размер кристалла следующей схемы Rambus емкостью 288 Мбит.

По мнению специалистов Intel, к концу года стоимость RDRAM может оказаться всего на 20% выше, чем у SDRAM. Правда, крупнейший производитель RDRAM-чипов – Samsung отмечает, что эта цифра называлась Intel неоднократно, а "воз и ныне там". По оценкам Samsung, цены к концу года будут различаться в полтора раза. Но какова бы ни была стоимость RDRAM, она не повлияет на выпуск фирмой Intel процессора Willamate, поддерживающего скорость передачи данных системной памяти 3,2 Гбайт/с. И вопрос стоит, не как RDRAM повлияет на стоимость систем на базе этого процессора, а насколько высокая цена памяти будет сдерживать быстрое снижение стоимости Willamate-платформы до менее 1,5 тыс. долларов.

ПК на базе модулей RDRAM емкостью 128 Мбайт и чипсетов i820 по цене от 1,399 до более 2,5 тыс. долл. выпускают фирмы Compaq, Hewlett-Packard, Dell Computer. Фирма Sietra начала выпускать первый сетевой процессор Prism, в котором используется технология Rambus, позволяющая процессору поддерживать пропускную способность памяти 12,8 Гбит/с.

В итоге в 2000 году на долю SDRAM PC100 и PC133 придется 85% общего объема продаж DRAM, на долю DDR – 10%. Но в 2002-м доля последних может составить уже 50% продаж. Что касается RDRAM, то, по данным фирмы Semic Research, в 2000 году их будет выпущено около 180 млн., почти все емкостью 128 Мбит, что составит 6,2% рынка DRAM. В 2001-м доля их, по данным раз-



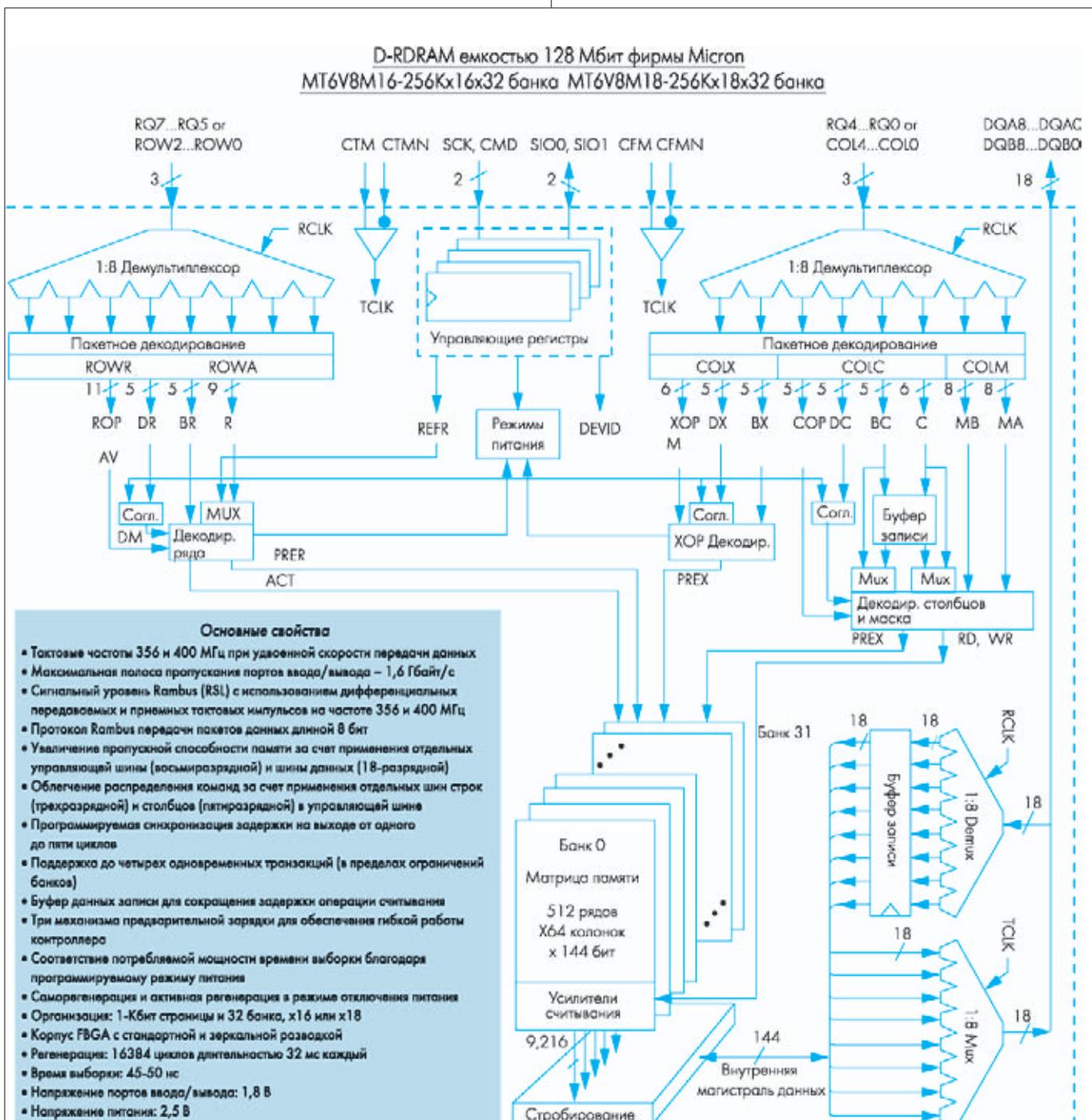
личных аналитических фирм, будет равна 7–10% от общего объема продаж.

ЧТО ДАЛЬШЕ?

Сейчас готовится спецификация следующего поколения DDR SDRAM. Новый стандарт, известный как DDR-2, будет рассматриваться в начале 2001 года. Его поддерживают 60 фирм-производителей компьютеров, DRAM и модулей. Пропускная способность памяти на базе модулей DDR-2 составит 3,2-4,8 Гбайт/с. Благодаря совместимости архитектур разработчики рассчитывают добиться значительной экономии потребляемой мощности. Минимальная скорость передачи чипа DDR-2 – 400 Мбайт/с на вывод при тактовой частоте 100 МГц и 600 Мбайт/с на вывод при 150 МГц. Напряжение питания – 1,8 В. Корпуса – CSP и микробGA, число выводов модуля – более 200. Начало массового производства DDR-2 ожидается в 2003 году.

На фирме Rambus для высокопроизводительных систем памяти, предназначенных для таких безостановочно работающих систем, как серверы, разработан метод чередования адресов данных (interleaved data mode – IDM). Этот метод позволяет обнаруживать сбои и выполнять коррекцию как на уровне схемы, так и отдельного вывода. Метод IDM будет впервые применен в D-RDRAM емкостью 256 Мбит, образцы которой появятся в конце этого года. Но предназначен он в основном для схем большей емкости. При освоении этого метода конструкторы получат возможность создавать высоконадежные системы памяти на базе RDRAM, сохраняющие работоспособность и при выходе некоторых чипов из строя.

В конце 1999 года "пять больших" производителей DRAM объединились с Intel, образовав Инициативу перспективной DRAM-технологии. Это положило конец попыткам Intel диктовать выбор типа следующего поколения оперативной памяти в пользу D-RDRAM.



Принципиальным является решение сделать ставку на создание и использование открытой архитектуры памяти. Сегодня в альянс входят Samsung Electronics, Hyundai Microelectronics, Micron Technology, Infineon Technologies и новая фирма NEC Hitachi Memory. На долю этих компаний приходится более 80% продаж DRAM. Но двери альянса открыты для всех, в том числе и для таких конкурентов фирмы Intel, как Advanced Micro Devices и Via Technologies. Основная задача Инициативы – разработка новой, следующей за DDR-2 архитектуры DRAM для ПК, которые появятся в 2004-2005 году. Хотя участники Инициативы не спешат раскрывать новую архитектуру, промышленные обозреватели высказывают предположение, что в ней будет использована пакетная передача данных. Intel отдает предпочтение этому типу памяти, поскольку он позволяет уменьшить число выводов корпуса.

А пока рассматриваются все основные существующие варианты DRAM: DDR-2 SDRAM (открытый стандарт); оперативная память с быстрым циклом (фирма Fujitsu); память с виртуальным каналом – VCM (фирмы NEC, Siemens, Hyundai); кэшированные DRAM (фирма Ramtron) и SLDRAM (архитектура фирмы Synclink). Какой бы тип памяти ни был признан "хорошим", он будет отвечать принципу "хорошо то, что хочет заказчик". Производители будут выпускать любое изделие, за которое пользователь готов платить. А ему нужно то, что дешево и достаточно.

ЛИТЕРАТУРА

- Ashk K. Sharma.** Semiconductor Memories. Technology, Testing and Reliability. – IEEE Press., 1994.
- D. Bursky.** Competing DRAM Architectures PUSH Performance and

Density Limits.

www.electronicdesign.com/Press/magpages/may3199/digdes/2531del.htm

D.Rhoden. The Making of a Good DRAM. – Electronic News, 1999, August 30.

F.Tabrizi. DDR Moves Forward Aggressively.

www.electronicnews.com/enews/Issue/RegisteredIssues/1999/1129/119ddr16.as.

J.Handy, G.Iwanyc. A Look at DRAMs in 2000 (Part 1).

www.electronicdesign.com/enews/Issue/RegisteredIssues/2000/011

D.Bursky. The Neverending DRAM Debate.

www.elecdesign.com/Pages/magpages/sept2099/tbrk/0920bf.htm.

Sh.Saito. Choosing Next-Gen DRAMs. – Electronic News, 1999, August 30.

P.Brown. Intel to Support for Itanium.

www.electronicnews.com/enews/Issue/Freelssues/1999/11151999/1115DDR01.asp.

Enhanced Rambus Architecture Uses IDM to Boost System-Memory Integrity.

www.elecdesign.com/pages/magpages/sept2099/tbrk/0920bkp3.htm.

Memory Leaders Form DRAM Alliance.

www.techweb.com/wire/story/TWB19991222S0009.

IBM Expects to Ship First Servers Using 256-Mbit DDR Memories this Year.

www.semibiznews.com/story/OEG20000321S0041.

DRAM. Data Book: Micron Technology Inc., 1999.

DRAM. Product Guide: Micron Technology Inc., 4Q99/1Q00.