

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова»  
Колледж педагогического образования, информатики и права

ПЦК естественнонаучных дисциплин, математики и информатики

**РЕФЕРАТ**

На тему:

Изучение основных характеристик оперативной памяти персонального компьютера

Автор реферата: \_\_\_\_\_  
(подпись)

Сизов Н.А.  
(инициалы, фамилия)

Специальность: 230115 – Программирование в компьютерных системах

Курс: II

Группа: И-21

Зачет/незачет: \_\_\_\_\_

Руководитель: \_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Когумбаева О.П.  
(инициалы, фамилия)

г. Абакан, 2016г.

## Содержание

<b>Введение</b> .....	2
<b><u>1.</u></b> Оперативная память персонального компьютера.....	3
<b><u>2.</u></b> Особенности работы оперативной памяти.....	4
<b><u>3.</u></b> Типы оперативной памяти.....	5
<b><u>4.</u></b> Основные характеристики оперативной памяти.....	6
<b><u>5.</u></b> Сравнение производительности памяти DDR4 и DDR3.....	8
<b>Заключение</b> .....	9
<b>Биографический список</b> .....	10

## **Введение**

В современный компьютер оперативная память устанавливается с помощью специальных модулей в соответствующие разъемы на материнской плате. И, естественно, мы с Вами изучим, как эти модули называются, чем отличаются. Но модуль памяти - это всего лишь договоренность о форме и размерах маленькой платы с припаянными чипами и о разьеме, куда она устанавливается. Ведь в первую очередь модуль состоит из микросхем памяти, и именно параметры микросхем (их архитектура и быстродействие) определяют эффективность того или иного модуля.

## 1. Оперативная память персонального компьютера

**Оперативная память** (также её называют **ОЗУ** - оперативное запоминающее устройство) — энергозависимая часть системы компьютерной памяти, в которой во время работы компьютера хранится выполняемый машинный код (программы), а также входные, выходные и промежуточные данные, обрабатываемые процессором.

Обмен данными между процессором и оперативной памятью производится:

- непосредственно;
- через сверхбыструю память 0-го уровня — регистры в АЛУ, либо при наличии аппаратного кэша процессора — через кэш.

Содержащиеся в современной полупроводниковой оперативной памяти данные доступны и сохраняются только тогда, когда на модули памяти подаётся напряжение. Выключение питания оперативной памяти, даже кратковременное, приводит к искажению либо полному разрушению хранимой информации.

Энергосберегающие режимы работы материнской платы компьютера позволяют переводить его в режим *сна*, что значительно сокращает уровень потребления компьютером электроэнергии. В режиме гибернации питание ОЗУ отключается. В этом случае для сохранения содержимого ОЗУ операционная система (ОС) перед отключением питания записывает содержимое ОЗУ на устройство постоянного хранения данных (как правило, жёсткий диск). Например, в ОС Windows XP содержимое памяти сохраняется в файл hiberfil.sys, в ОС семейства Unix — на специальный swap-раздел жёсткого диска.

В общем случае, ОЗУ содержит программы и данные ОС и запущенные прикладные программы пользователя и данные этих программ, поэтому от объёма оперативной памяти зависит количество задач, которые одновременно может выполнять компьютер под управлением ОС.

## 2. Особенности работы оперативной памяти

Оперативная память может сохранять данные лишь при включенном компьютере. Поэтому при его выключении обрабатываемые данные следует сохранять на жестком диске или другом носителе информации. При запуске программ информация поступает в ОЗУ, например, с жесткого диска компьютера. Пока идет работа с программой она присутствует в оперативной памяти (обычно). Как только работа с ней закончена, данные перезаписываются на жесткий диск. Другими словами, потоки информации в оперативной памяти очень динамичны.

ОЗУ представляет собой **запоминающее устройство с произвольным доступом**. Это означает, что прочитать/записать данные можно из любой ячейки ОЗУ в любой момент времени. Для сравнения, например, магнитная лента является запоминающим устройством с последовательным доступом.

### 3. Типы оперативной памяти

- **DDR** - является самым старым видом оперативной памяти, которую можно еще сегодня купить, но ее рассвет уже прошел, и это самый старый вид оперативной памяти, который мы рассмотрим. Вам придется найти далеко не новые материнские платы и процессоры которые используют этот вид оперативной памяти, хотя множество существующих систем используют DDR оперативную память. Рабочее напряжение DDR - 2.5 вольт (обычно увеличивается при разгоне процессора), и является наибольшим потребителем электроэнергии из рассматриваемых нами 3 видов памяти.
- **DDR2** - это наиболее распространенный вид памяти, который используется в современных компьютерах. Это не самый старый, но и не новейший вид оперативной памяти. DDR2 в общем работает быстрее чем DDR, и поэтому DDR2 имеет скорость передачи данных больше чем в предыдущей модели (самая медленная модель DDR2 по своей скорости равна самой быстрой модели DDR). DDR2 потребляет 1.8 вольт и, как в DDR, обычно увеличивается напряжение при разгоне процессора.
- **DDR3** - быстрый и новый тип памяти. Опять же, DDR3 развивает скорость больше чем DDR2, и таким образом самая низкая скорость такая же, как и самая быстрая скорость DDR2. DDR3 потребляет электроэнергию меньше других видов оперативной памяти. DDR3 потребляет 1.5 вольт, и немного больше при разгоне процессора / Таблица 1/.

	<b>DDR</b>	<b>DDR2</b>	<b>DDR3</b>
Номинальная скорость	100-400	400-800	800-1600
Электр. напряжение	2.5v +/- 0.1V	1.8V +/- 0.1V	1.5V +/- 0.075V
Внутр. блоки	4	4	8
Termination	ограничено	ограничено	все DQ сигналы
Топология	TSOP	TSOP or Fly-by	Fly-by
Управление	-	OCD калибровка	Самокалибровка с ZQ
Термо сенсор	Нет	Нет	Да (необязательный)

Таблица 1: Технические характеристики оперативной памяти по стандартам JEDEC

#### 4. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Важнейшей характеристикой, от которой зависит производительность памяти, является ее пропускная способность, выражающаяся как произведение частоты системной шины на объем данных, передаваемых за один такт. Современная память имеет шину шириной 64 бита (или 8 байт), поэтому пропускная способность памяти типа DDR400, составляет  $400 \text{ МГц} \times 8 \text{ Байт} = 3200 \text{ Мбайт}$  в секунду (или 3.2 Гбайт/с). Отсюда, следует и другое обозначение памяти такого типа - РС3200. В последнее время часто используется двухканальное подключение памяти, при котором ее пропускная способность (теоретическая) удваивается. Таким образом, в случае с двумя модулями DDR400 мы получим максимально возможную скорость обмена данных 6.4 Гбайт/с.

Но на максимальную производительность памяти также влияет такие важные параметры как "тайминги памяти".

Известно, что логическая структура банка памяти представляет собой двумерный массив - простейшую матрицу, каждая ячейка которой имеет свой адрес, номер строки и номер столбца. Чтобы считать содержимое произвольной ячейки массива, контроллер памяти должен задать номер строки RAS (Row Address Strobe) и номер столбца CAS (Column Address Strobe), из которых и считываются данные. Понятно, что между подачей команды и ее выполнением всегда будет какая-то задержка (латентность памяти), вот ее-то и характеризуют эти самые тайминги. Существует множество различных параметров, которые определяют тайминги, но чаще всего используются четыре из них:

- CAS Latency (CAS) - задержка в тактах между подачей сигнала CAS и непосредственно выдачей данных из соответствующей ячейки. Одна из важнейших характеристик любого модуля памяти;
- RAS to CAS Delay (tRCD) - количество тактов шины памяти, которые должны пройти после подачи сигнала RAS до того, как можно будет подать сигнал CAS;
- Row Precharge (tRP) - время закрытия страницы памяти в пределах одного банка, тратящееся на его перезарядку;
- Activate to Precharge (tRAS) - время активности строки. Минимальное количество циклов между командой активации (RAS) и командой подзарядки (Precharge), которой заканчивается работа с этой строкой, или закрытия одного и того же банка.

Если вы увидите на модулях обозначения "2-2-2-5" или "3-4-4-7", можете не сомневаться, это упомянутые выше параметры: CAS-tRCD-tRP-tRAS.

Стандартные значения CAS Latency для памяти DDR - 2 и 2.5 такта, где CAS Latency 2 означает, что данные будут получены только через два такта после

получения команды Read. В некоторых системах возможны значения 3 или 1.5, а для DDR2-800, к примеру, последняя версия стандарта JEDEC определяет этот параметр в диапазоне от 4 до 6 тактов, при том, что 4 - экстремальный вариант для отборных "оверклокерских" микросхем. Задержка RAS-CAS и RAS Precharge обычно бывает 2, 3, 4 или 5 тактов, а tRAS - чуть больше, от 5 до 15 тактов. Естественно, чем ниже эти тайминги (при одной и той же тактовой частоте), тем выше производительность памяти. Например, модуль с латентностью CAS 2,5 обычно работает лучше, чем с латентностью 3,0. Более того, в целом ряде случаев быстрее оказывается память с меньшими таймингами, работающая даже на более низкой тактовой частоте.

В таблицах 2-4 предоставлены общие скорости памяти DDR, DDR2, DDR3 и спецификации:

Тип	Частота шины	Скорость передачи данных	Тайминги	Заметки
PC2100	133	266	2.5-3-3-7	Старые ПК, ноутбуки
PC2700	166	333	2.5-3-3-7	Старые ПК, ноутбуки
PC3200	200	400	2.5-3-3-8	Популярная стандарт
PC3500	217	433	2.5-3-3-7	Оверклокерные стандарты
PC3700	233	466	2.5-3-3-7	
PC4000	250	500	2.5-3-3-7	
PC4400	275	550	2.5-3-3-7	
PC4800	300	600	2.5-4-4-10	

Таблица 2: Общие скорости памяти DDR и спецификации

Тип	Частота шины	Скорость передачи данных	Тайминги	Заметки
PC2-3200	200	400	3-3-3-12	Редко встречается
PC2-4200	267	533	4-4-4-12	Популярная стандарт
PC2-5300	333	667	5-5-5-15	Широко используемые
PC2-6400	400	800	5-5-5-15	Последний стандарт
PC2-8000	500	1000	5-5-5-15	Оверклокерные стандарты
PC2-8500	533	1066	5-5-5-15	
PC2-8888	556	1111	5-5-5-15	
PC2-9136	571	1142	5-5-5-15	
PC2-10000	625	1250	5-5-5-18	

Таблица 3: Общие скорости памяти DDR2 и спецификации

Тип	Частота шины	Скорость передачи данных	Тайминги	Заметки
PC3-8500	533	1066	7-7-7-20	чаще называемые DDR3-1066
PC3-10666	667	1333	7-7-7-20	чаще называемые DDR3-1333
PC3-12800	800	1600	9-9-9-24	чаще называемые DDR3-1600
PC3-14400	900	1800	9-9-9-24	чаще называемые DDR3-1800
PC3-16000	1000	2000	TBD	чаще называемые DDR3-2000

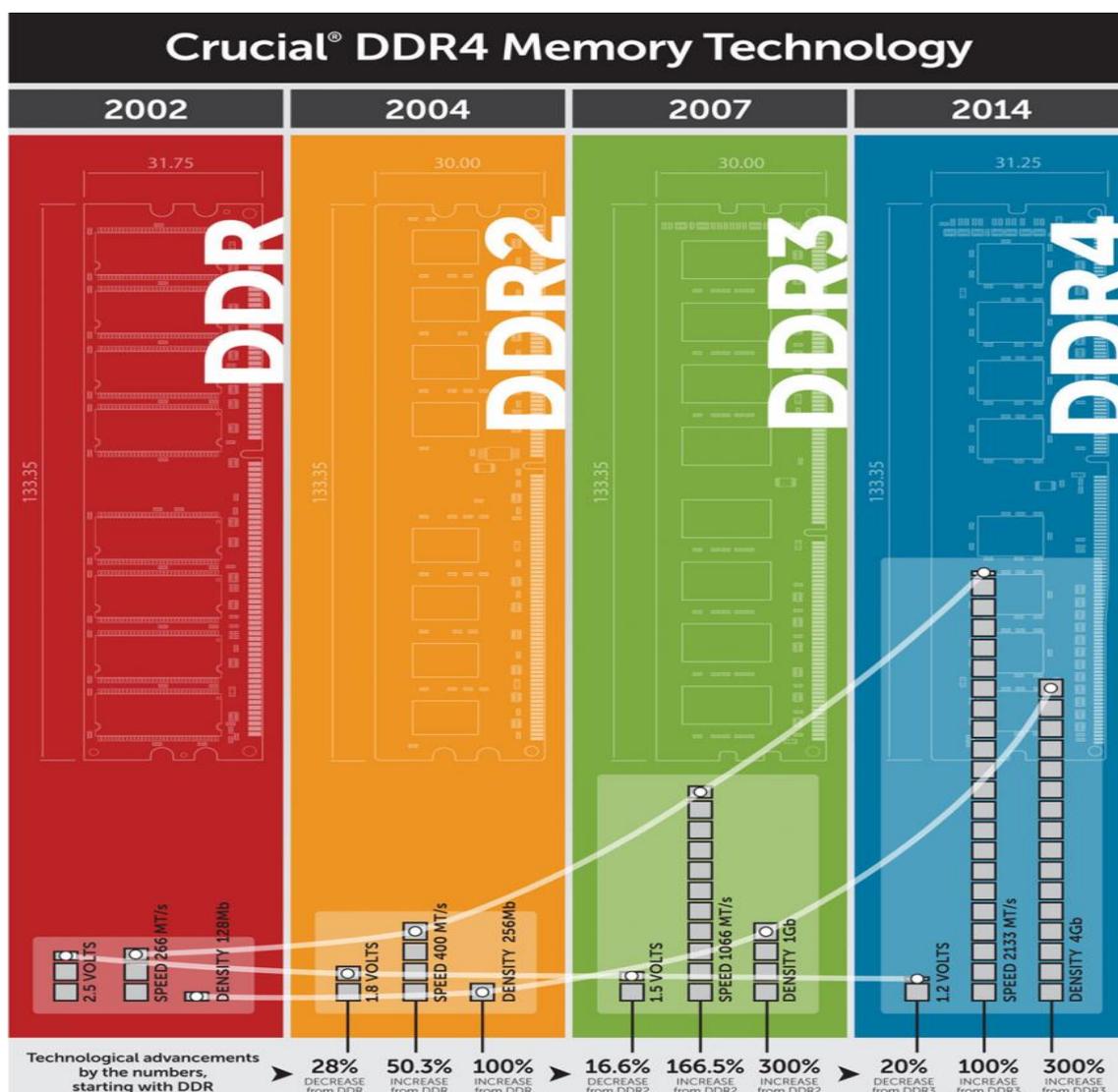
Таблица 4: Общие скорости памяти DDR3 и спецификации

## DDR4 — очередная эволюция

Наконец, мы добрались до совершенно новой памяти типа DDR4.

**DDR4** — новый тип оперативной памяти, являющийся эволюционным развитием предыдущих поколений DDR. Отличается повышенными частотными характеристиками и пониженным напряжением питания.

Основное отличие DDR4 от предыдущего стандарта DDR3 заключается в удвоенном до 16 числе банков (в 2 группах банков), что позволило увеличить скорость передачи. Пропускная способность памяти DDR4 в перспективе может достигать 25,6 ГБ / с (в случае повышения максимальной эффективной частоты до 3200 МГц). Кроме того, повышена надёжность работы за счёт введения механизма контроля чётности на шинах адреса и команд. Изначально стандарт DDR4 определял частоты от 1600 до 2400 МГц с перспективой роста до 3200 МГц.



На этом рисунке можно проследить эволюцию технологии DDR: как менялись показатели напряжения, частоты и емкости

Но и о таких важных характеристиках, как энергопотребление модулей и их объем. Как можно убедиться из данной диаграммы, планки DDR4 обходят своих предшественников по всем параметрам.

### Увеличение пропускной способности

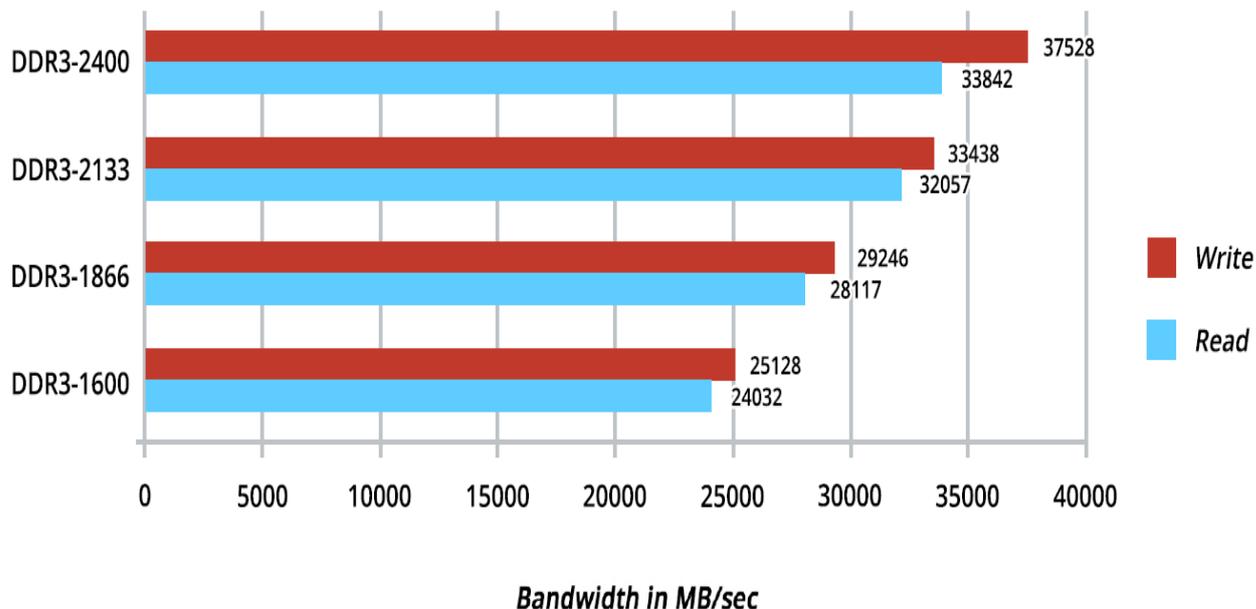


Figure 4: Intel Core i7-4770K, dual-channel DDR3 bandwidth measured in AIDA64.

Пропускная способность подсистемы памяти напрямую зависит от скорости работы модулей: чем она выше, тем быстрее осуществляется запись и чтение из памяти. Конечно, далеко не все приложения постоянно обмениваются большими массивами данных, поэтому в реальных условиях эксплуатации пользователь может и не ощутить преимущества от установки более производительных комплектов. Но если мы говорим о специализированных программах наподобие видео- и фоторедакторов, САД-систем или средств для создания 3D-анимации, то результат от применения скоростных модулей уже окажется куда существеннее. Также высокая пропускная способность подсистемы памяти важна при использовании встроенной графики. Ведь у iGPU нет доступа к быстрым чипам GDDR5, поэтому вся необходимая ему информация помещается в оперативную память ПК. Соответственно, в данном случае установка более производительных комплектов памяти напрямую будет влиять на количество FPS на экране.

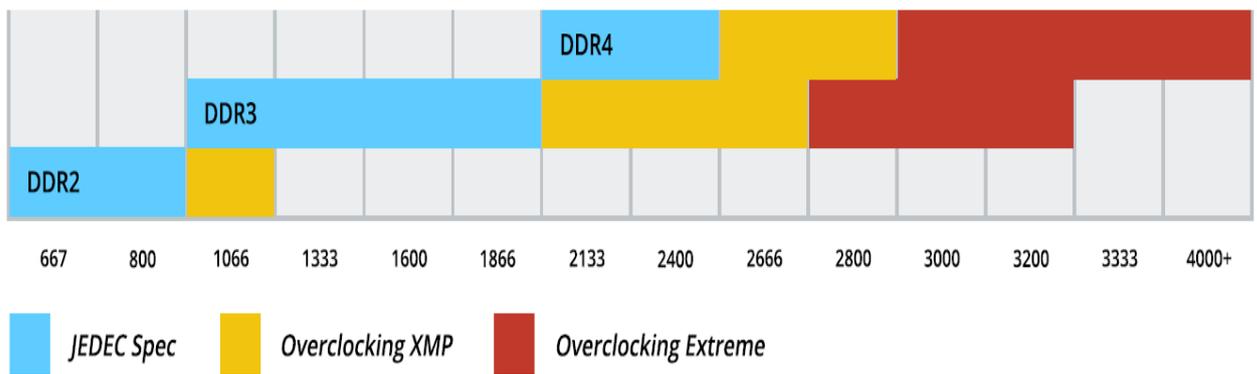


Figure 2: A history of DDR SDRAM memory speeds.

Для формата DDR3 стандартными являются частоты от 1066 МГц до 1600 МГц, и лишь недавно добавилось значение 1866 МГц. Для DDR4 же минимальная скорость работы начинается с отметки 2133 МГц. Да, вы скажете, что модули DDR3 могут наверстать разницу с помощью разгона. Но ведь то же самое доступно и для планок DDR4, у которых и разгонный потенциал выше. Ведь с помощью оптимизации параметров модули DDR3 обычно берут планку в 2400 – 2666 МГц, для DDR4 без проблем покоряются высоты в 2800 – 3000 МГц.

Если сравнивать стандарты DDR4 и DDR3 с точки зрения энтузиастов-оверклокеров, то и тут перевес будет на стороне DDR4. Уже сейчас достигнуто значение в 4838 МГц, а ведь прошел только один год после анонса нового формата. Напомним, рекордной частотой разгона для модулей DDR3 является 4620 МГц, которая была зафиксирована лишь через 7 лет после запуска стандарта DDR3 в производство. Одним словом, в плане скорости работы потенциал у памяти DDR4 очень большой.

## Улучшение энергоэффективности

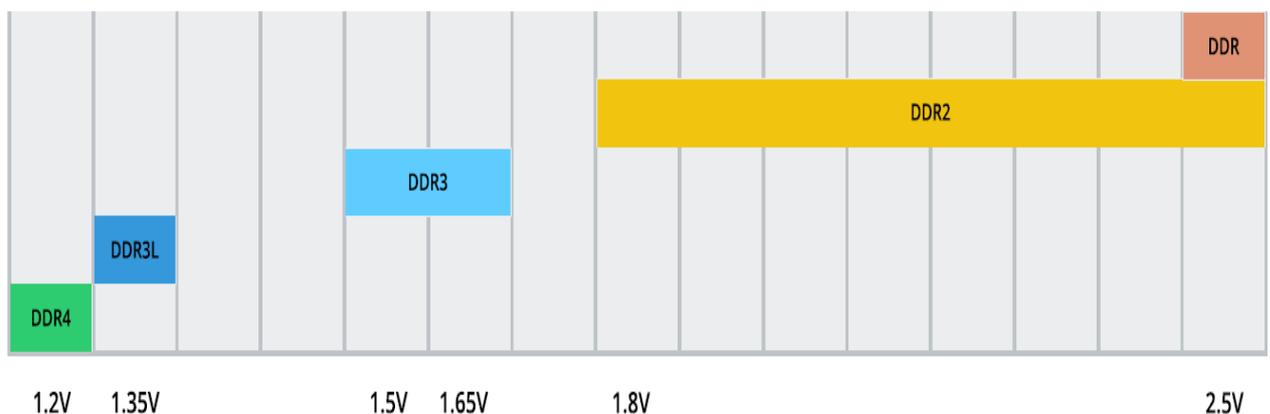
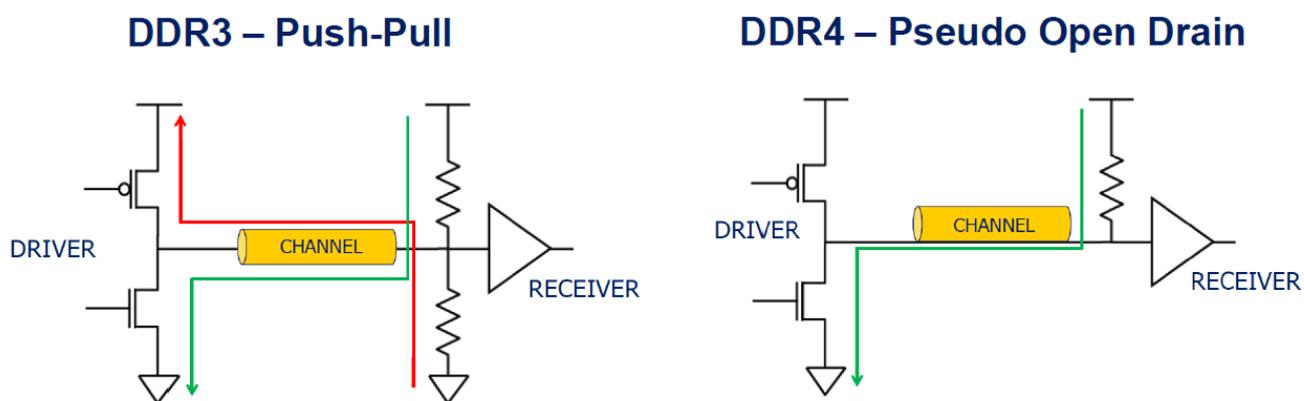


Figure 1: Operating voltage of DDR standards.

Вторым важным преимуществом модулей DDR4 является возможность функционирования на низких напряжениях. Так, для их корректной работы на номинальных частотах (2133 – 2400 МГц) достаточно всего лишь 1,2 В, что на 20% меньше, чем у их предшественников (1,5 В). Правда, со временем на рынок была выведена энергоэффективная память стандартов DDR3L и DDR3U с напряжением питания 1,35 и 1,25 В соответственно. Однако она стоит дороже и имеет ряд ограничений (как правило, ее частота не превышает 1600 МГц).

Также память DDR4 получила поддержку новых энергосберегающих технологий. Например, модуль DDR3 использует только одно напряжение  $V_{ddr}$ , которое для выполнения некоторых операций повышается с помощью внутренних преобразователей. Тем самым генерируется лишнее тепло и уменьшается общая эффективность подсистемы памяти. Для планки стандарта DDR4 спецификация предусматривает возможность получения этого напряжения ( $V_{pp}$ , равное 2,5 В) от внешнего преобразователя питания.



Память DDR4 также получила усовершенствованный интерфейс ввода/вывода данных под названием «Pseudo-Open Drain» (POD). От используемого ранее Series-Stub Terminated Logic (SSTL) он отличается отсутствием утечки тока на уровне драйверов ячеек памяти.

В целом же использование всего комплекса энергоэффективных технологий должно привести к 30%-ому выигрышу в энергопотреблении. Возможно, в рамках настольного ПК это покажется несущественной экономией, но если речь идет о портативных устройствах (ноутбуки, нетбуки), то 30% – не такое уж и маленькое значение.

## Модернизированная структура

В максимальной конфигурации чип DDR3 содержит 8 банков памяти, тогда как для DDR4 доступно уже 16 банков. При этом длина строки в структуре чипа DDR3 составляет 2048 байт, а в DDR4 – 512 байт. В результате новый тип памяти позволяет быстрее переключаться между банками и открывать произвольные строки.

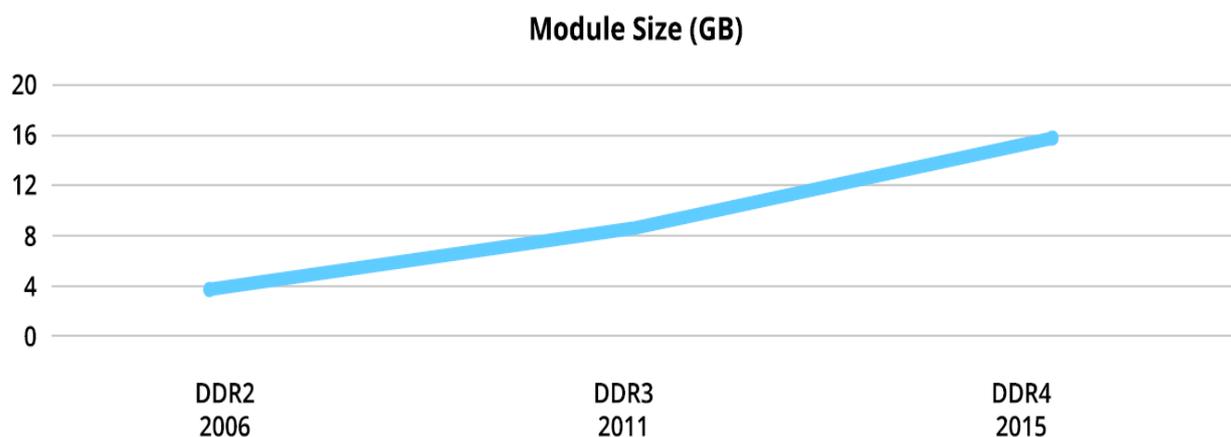


Figure 5: Maximum mainstream module size.

Микроархитектура DDR4 предполагает использование 8-гигабитных чипов, в то время как модули стандарта DDR3, как правило, создаются на основе микросхем емкостью 4 Гбит. То есть при одинаковом количестве чипов мы получим в два раза больший объем. На сегодняшний день наиболее распространенными являются 4-гигабайтные модули (к слову, это минимальная емкость для планки памяти стандарта DDR4). Но в ряде зарубежных стран предлагаются уже и более емкие модули: на 8 и даже на 16 ГБ. Заметьте, что при этом мы говорим о массовом сегменте рынка.

## 5. Сравнение производительности памяти DDR4 и DDR3

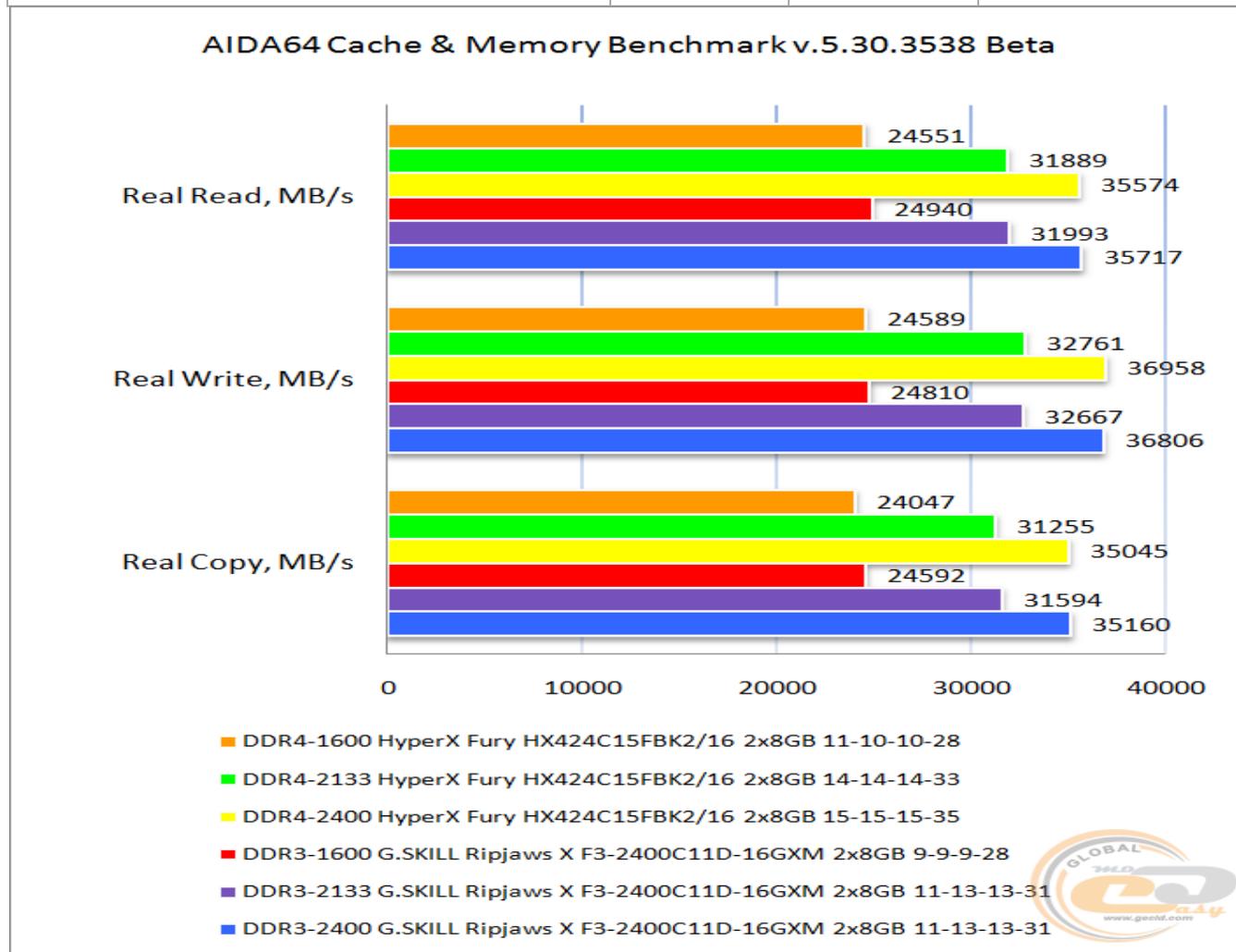


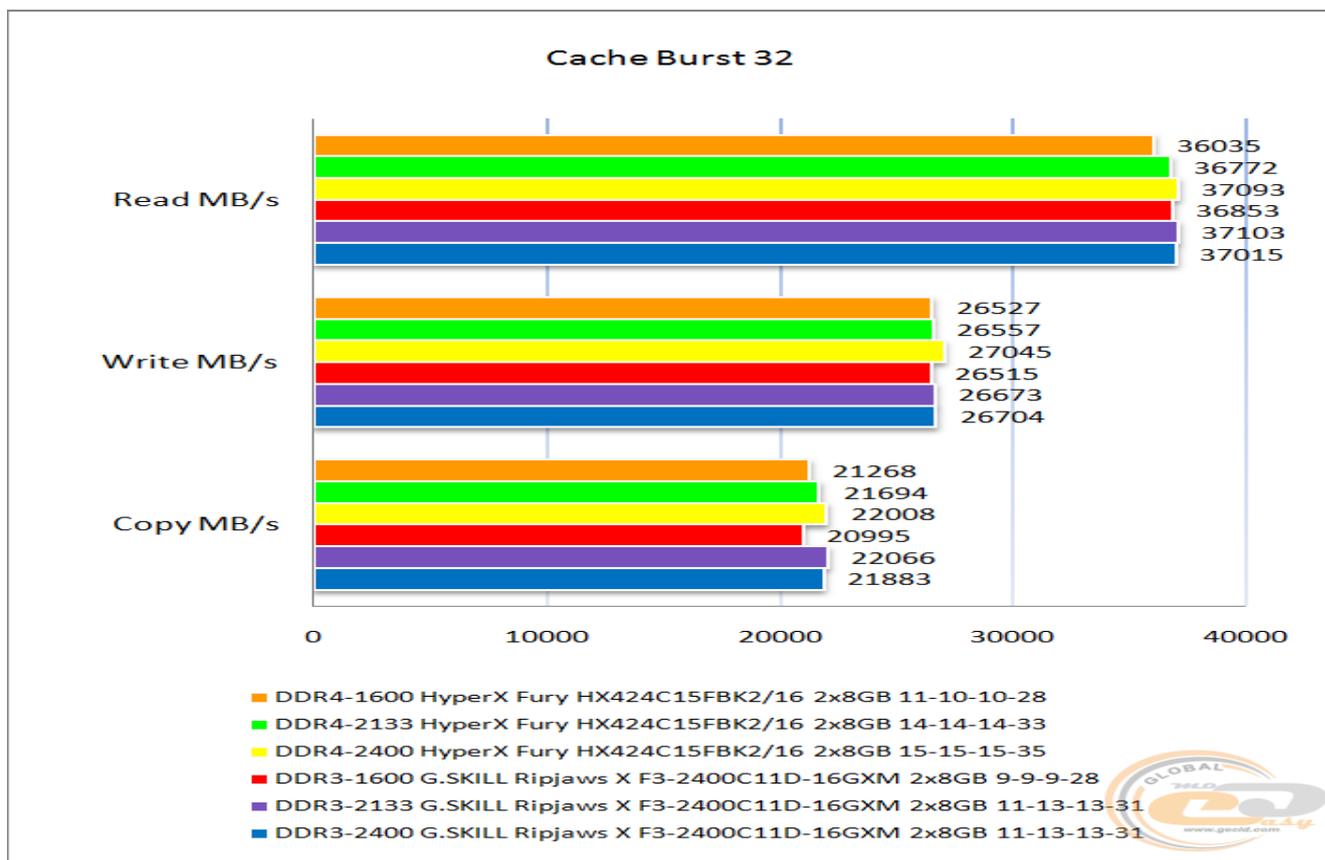
Для проведения тестов мы использовали такую конфигурацию стенда:

Процессор	Intel Core i7-6700K (Socket LGA1151) @ 4,0 ГГц
Материнские платы	ASUS MAXIMUS VIII GENE (DDR4) ASUS Z170-P D3 (DDR3)
Комплекты оперативной памяти	DDR3L-1600 HyperX Fury HX316LC10FBK2/16 DDR3-2400 G.SKILL Ripjaws X F3-2400C11D-16GXM DDR4-2400 HyperX Fury HX424C15FBK2/16 DDR4-3200 KINGMAX Nano Gaming RAM GLOF63F-D8KAGA
Кулер	Scythe Muhen 3
Графический адаптер	Intel HD Graphics 530
Жесткий диск	Seagate Barracuda 7200.12 ST3500418AS
Блок питания	Seasonic X-660 (660 Вт)
Операционная система	Microsoft Windows 7 (64-битная версия)

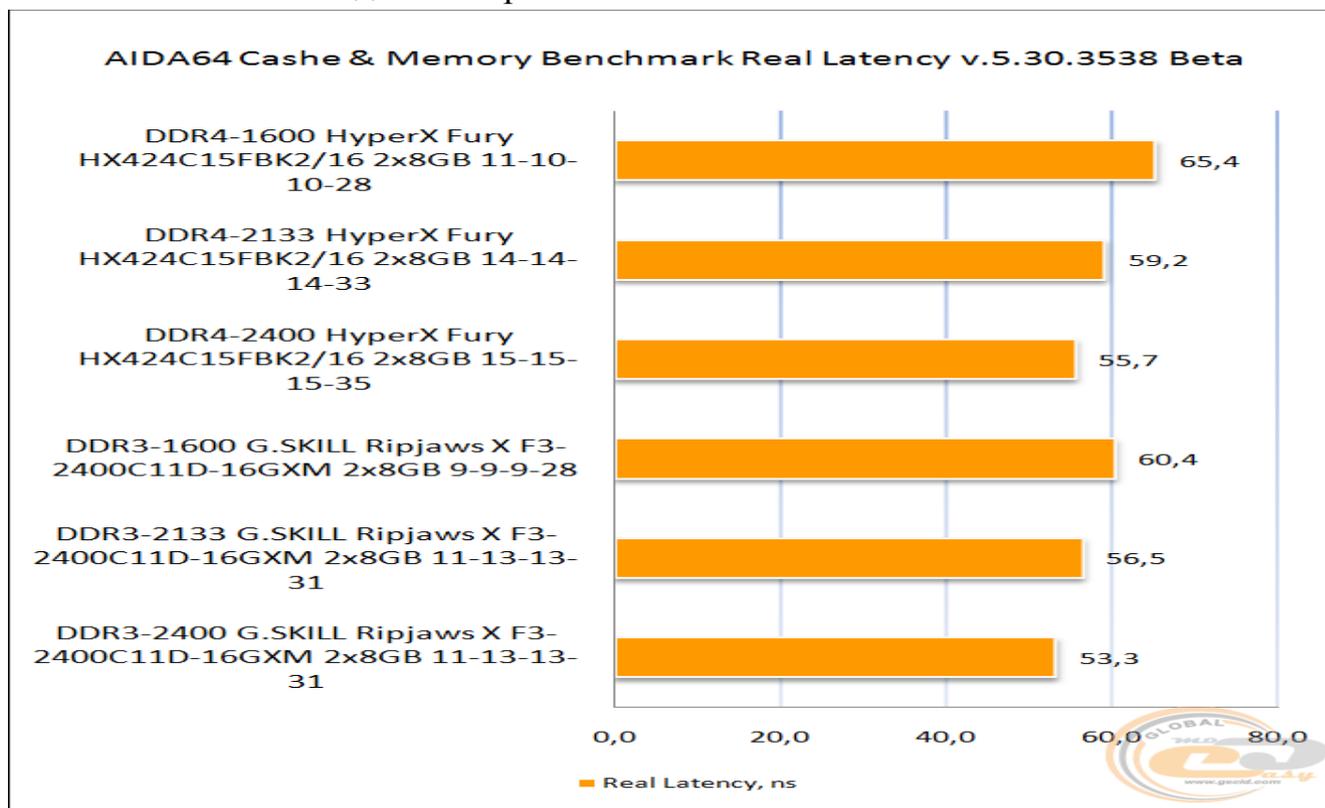
Первоочередной целью данного эксперимента, конечно же, являлось сравнение возможностей комплектов памяти DDR4 и DDR3 на одинаковых частотах. Чтобы получить более объективную картину проверка была произведена в наиболее популярных режимах работы подсистемы памяти: 1600 МГц, 2133 МГц и 2400 МГц:

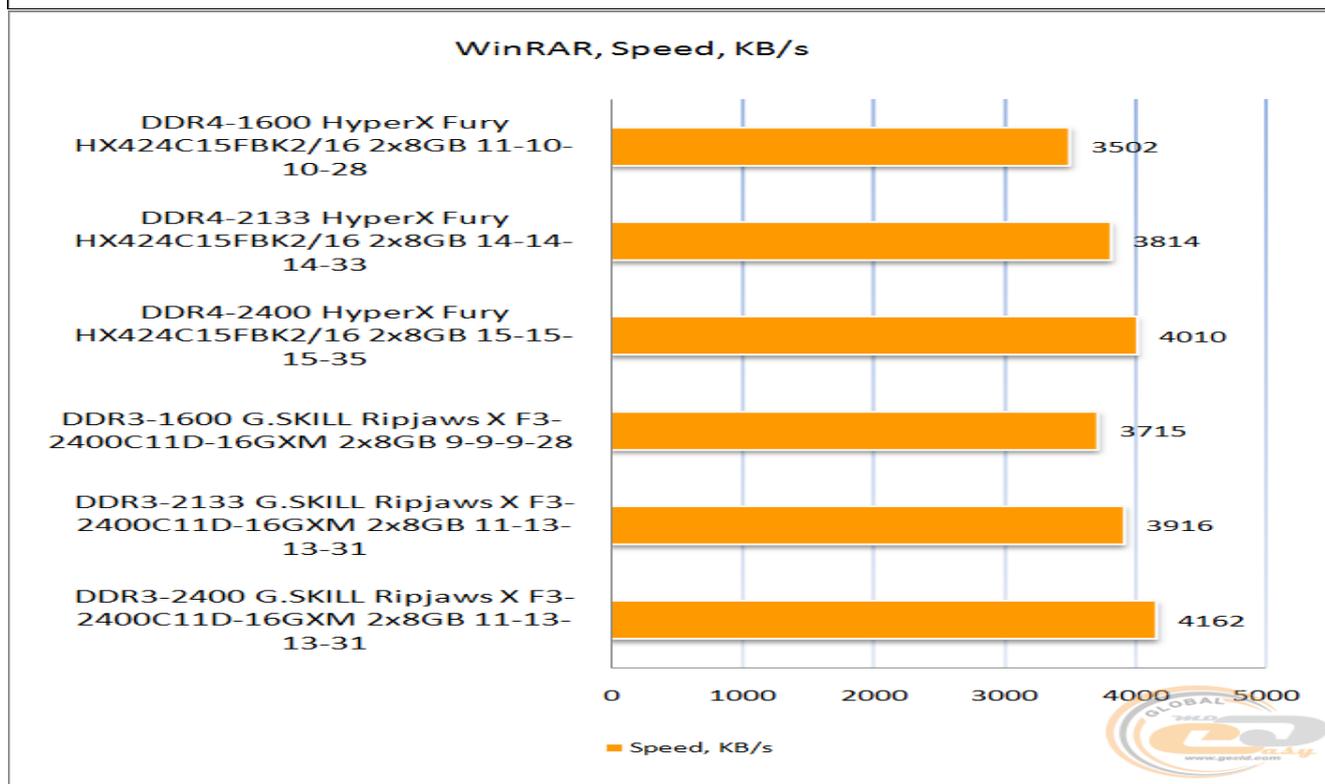
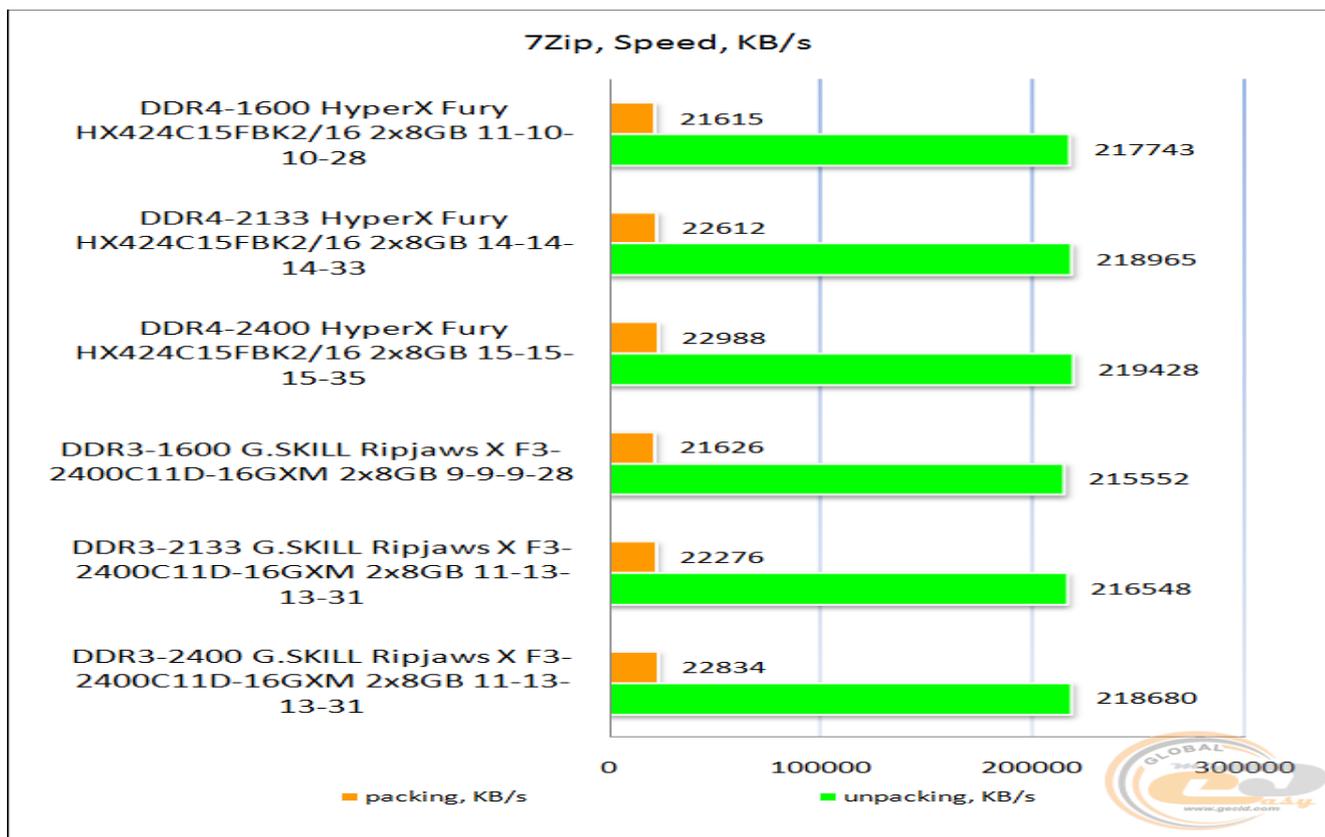
Комплект памяти	Тип	Скорость работы, МГц	Набор задержек
DDR4-2400 HyperX Fury HX424C15FBK2/16 (2 x 8 ГБ)	DDR4	1600	11-10-10-28
		2133	14-14-14-33
		2400	15-15-15-35
DDR3-2400 G.SKILL Ripjaws X F3-2400C11D-16GXM (2 x 8 ГБ)	DDR3	1600	9-9-9-28
		2133	11-13-13-31
		2400	11-13-13-31



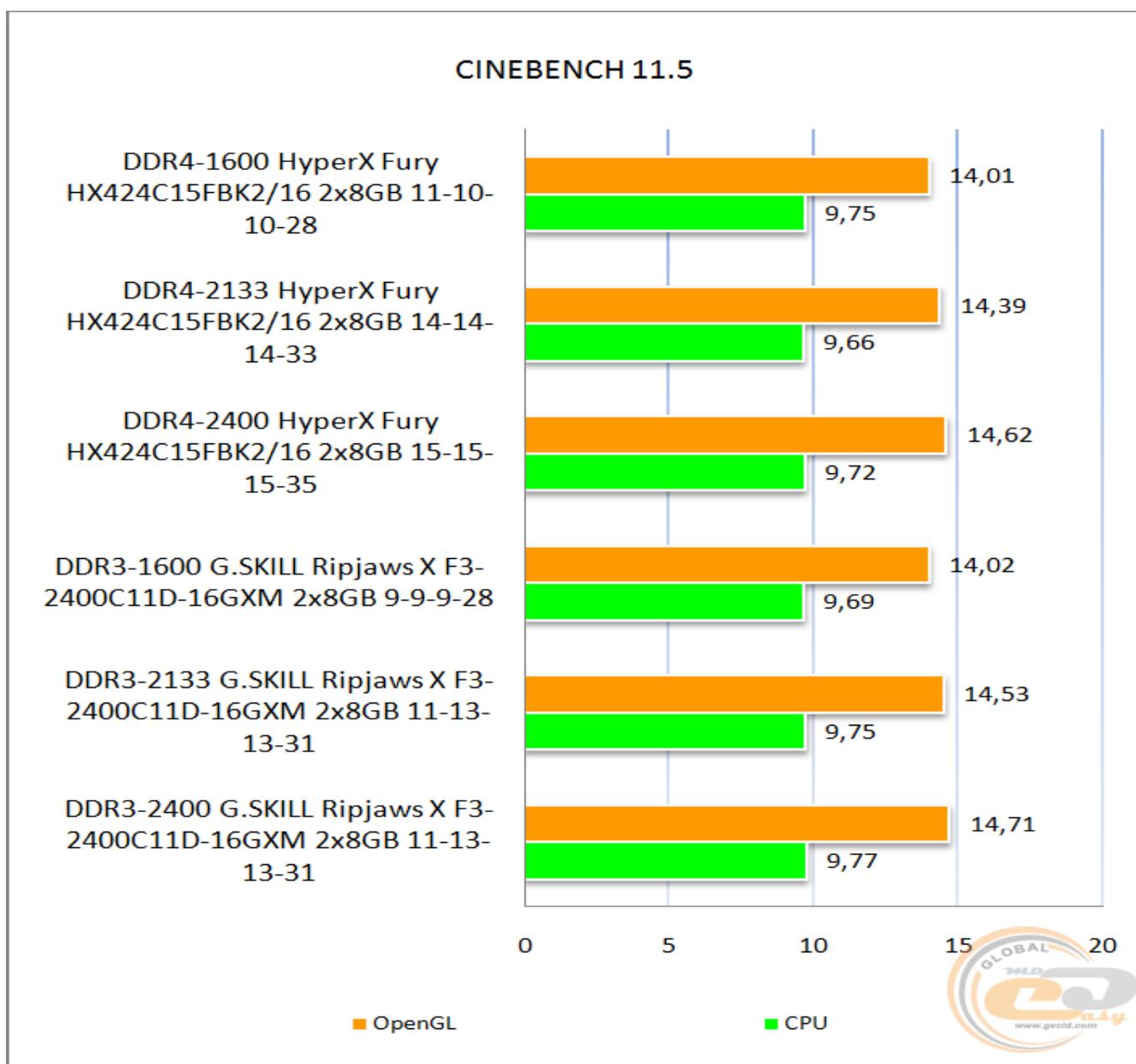


В бенчмарках, напрямую зависящих от частоты модулей памяти, оба комплекта продемонстрировали сопоставимые результаты, причем во всех режимах. В большинстве случаев разница составляла не больше 0,5%, так что здесь между DDR4 и DDR3 наблюдается паритет.





В тестах, где измеряется задержка при чтении процессором данных из памяти и скорость работы ПК в задачах, связанных с архивированием, перевес был на стороне модулей стандарта DDR3. В среднем разница составляла 4-5%. Такой разрыв объясняется тем, что для функционирования на одинаковой частоте памяти DDR3 требуются более низкие тайминги, чем DDR4.



Приложения, которые используются для моделирования объектов и выполнения сложных расчетов, лучше реагируют на повышение частоты памяти, чем на изменение набора задержек. Поэтому в данном случае работа на более низких таймингах для памяти DDR3 не принесла практически никаких дивидендов. По крайней мере, перевес на уровне 0,6 – 0,9% мы не склонны считать тем преимуществом, на которое стоит обращать серьезное внимание.

## **Заключение**

Одним из основных элементов компьютера, позволяющим ему нормально функционировать, является память.

Все персональные компьютеры используют три вида памяти: оперативную, постоянную и внешнюю (различные накопители).

Внутренняя память компьютера - это место хранения информации, с которой он работает. Внешняя память (различные накопители) предназначена для долговременного хранения информации. Компьютерная память обеспечивает поддержку одной из наиважнейших функций современного компьютера, - способность длительного хранения информации. Вместе с центральным процессором запоминающее устройство являются ключевыми звеньями.

## Биографический список

1. Что такое "оперативная память"? Виды оперативной памяти [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.vorcuta.ru/computers-articles\\_ram.htm](http://www.vorcuta.ru/computers-articles_ram.htm) (дата обращения: 16.01.2016).
2. Современная оперативная память [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.ixbt.com/mainboard/ram-faq-2006.shtml#pt1\\_ddr](http://www.ixbt.com/mainboard/ram-faq-2006.shtml#pt1_ddr) (дата обращения: 16.01.2016)
3. Типы и характеристики оперативной памяти [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.whatis.ru/hard/mem11.shtml> (дата обращения: 16.01.2016)
4. Обзор и практическое тестирование оперативной памяти стандарта DDR3 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rusdoc.ru/articles/16048> (дата обращения: 16.01.2016)
5. Изучаем новое поколение памяти DDR SDRAM, теоретически и практически [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ixbt.com/mainboard/ddr3-rmma.shtml> (дата обращения: 16.01.2016)
6. Технология RAMBUS: теория функционирования [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ixbt.com/mainboard/rDRAM.shtml> (дата обращения: 16.01.2016)
7. Зубрилин, А.А. Обучение бакалавров педагогического образования решению задач компьютерной арифметики средствами табличного процессора Open Office. org Calc / А. А. Зубрилин, О. Н. Шалина // Информатика и образование. - 2013. - № 6. - С. 77-80.
8. Зелинский, Сергей Эдуардович. Эффективное использование ПК: Самоучитель / Зелинский С. Э. - М. : ДМК Пресс, 2001. - 587 с. - Б. ц.
9. Ан, Пей. Сопряжение ПК с внешними устройствами: [Пер. с англ.] / Пей Ан. - М. : ДМК Пресс, 2001. - 320 с. : ил. - Б. ц. 4)
10. Мураховский, Виктор Иванович. Железо ПК: практ. рук-во / В. Мураховский, Г. Евсеев. - М. : ДЕСС : I - Press, 2005. - 688 с. : ил. - ISBN 5-93650-034-9 : Б. ц.