АРХИТЕКТУРА АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ · УЧЕБНЫЙ МОДУЛЬ 1/3

Виды памяти и принцип работы. Основные характеристики

Разберём, как компьютер хранит биты, почему ОЗУ требует питания и что означает скорость памяти. Сначала изучите всю теорию, разберите интерактивные модели, затем пройдите тест в конце страницы. Ответы сохраняются в этом браузере автоматически.

Теория → тест → PDF | 15 проверяемых вопросов | 3 развёрнутых ответа | Работает без интернета

ФИО студента	Группа	Дата
Хадаев Мухаммед-Али	ИС25/9-4	2026-10-15

01

Зачем компьютеру память

Процессор умеет **выполнять инструкции**, но ему нужно где-то брать эти инструкции, получать исходные данные и оставлять результаты. Для этого существует память — устройства и структуры, которые хранят информацию в виде битов. Один бит принимает значение **0** или **1**; восемь бит образуют байт.

Представьте повара. **Процессор** — это повар, **регистры** — продукты прямо в руках, **кэш** — маленькая полка рядом с плитой, **оперативная память** — рабочий стол, а **SSD** — кладовая. Повар может хранить многое в кладовой, но непрерывно бегать в неё за каждой ложкой неудобно.

Путь данных в типичном ПК

SSD / HDD — Программы и файлы между запусками → **ОЗУ (RAM)** — Рабочие данные загруженных программ → **Кэш ЦП** — Недавно или часто используемые данные → **Регистры** — Операнды текущих команд

Схема упрощена: процессор и контроллеры взаимодействуют с памятью сложнее; здесь показана идея приближения данных к вычислениям.

Когда вы запускаете игру, ОС обычно читает исполняемые файлы и необходимые ресурсы с SSD и отображает или загружает их в память. Во время работы процессор обращается к данным через кэш и ОЗУ, а изменения в файлах по мере необходимости записываются в постоянное хранилище. **Место на диске и объём ОЗУ — разные ресурсы.**

02

По каким признакам различают память

Нет единственного признака «быстрая / медленная». Память классифицируют сразу по нескольким независимым свойствам.

Признак	Категории	Пример
Сохранение без питания	Энергозависимая / энергонезависимая	RAM теряет содержимое; SSD сохраняет
Назначение	Регистры, кэш, основная память, долговременное хранение	Кэш L1 ускоряет доступ ядра к данным
Способ доступа	Произвольный, последовательный и др.	DRAM обеспечивает доступ к адресуемым ячейкам; лента ориентирована на последовательное чтение
Возможность записи	Чтение-запись, однократная или ограниченная перезапись, постоянное содержимое	DRAM перезаписывается многократно; масочное ROM записано при изготовлении
Физический принцип	Полупроводники, магнитный или оптический носитель	NAND Flash, HDD, оптический диск

Важное различие: RAM означает «память с произвольным доступом», а не «любая энергозависимая память». Flash тоже обеспечивает адресуемый доступ, но использует иные правила стирания и записи. В повседневной речи «RAM» обычно означает оперативную DRAM.

Основные виды по назначению

Регистры и кэш

Находятся в процессоре или рядом с вычислительными блоками. Очень быстрые, ограниченного объёма. Кэш обычно использует SRAM.

Оперативная память

Основное рабочее пространство ОС и программ. Обычно построено на DRAM; содержимое теряется после выключения питания.

ROM и Flash

Хранят прошивки и другие данные после отключения питания. Flash можно

SSD / HDD

Долговременное хранение файлов. SSD обычно использует NAND Flash, HDD — магнитные пластины.

перепрограммировать, но правила записи отличаются от DRAM.

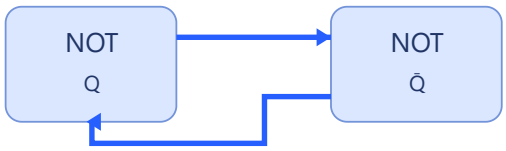
03

Как хранится бит: SRAM и DRAM

SRAM (Static RAM) удерживает логическое состояние с помощью электронной схемы — обычно нескольких транзисторов, образующих ячейку-защёлку. Пока подаётся питание, состояние сохраняется без периодического обновления. За это приходится платить площадью кристалла и стоимостью: SRAM обычно применяют для относительно небольших быстрых кэшей.

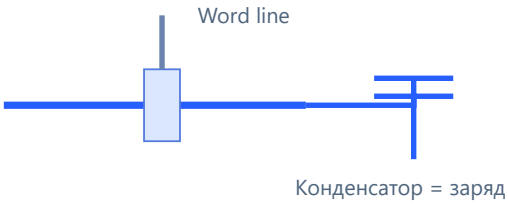
DRAM (Dynamic RAM) хранит информацию как электрический заряд в миниатюрном конденсаторе. Для обращения к заряду используется транзистор. Заряд постепенно утекает, поэтому данные нужно **регулярно регенерировать (refresh)**. Чтение DRAM тоже связано с восстановлением состояния ячейки. Более компактная ячейка позволяет создать много гигабайт относительно недорогой памяти.

SRAM: логическая защёлка



Состояние поддерживается взаимной обратной связью двух инвертирующих узлов (упрощённое изображение).

DRAM: транзистор и конденсатор



Управляющая линия открывает транзистор, позволяя читать или записывать заряд. Для хранения требуется refresh.

Функциональные схемы, а не подробные схемы микросхем. Оба вида обычно энергозависимы.

🧪 Интерактив: почему DRAM нужна регенерация

Сымитируйте утечку заряда. Порог 40% и шаг 22% выбраны **только для наглядности**; реальные ячейки и контроллеры намного сложнее.

Заряд: **100%** · Интерпретация: **1 (распознаётся)**

Исходно записана 1. Модель упрощена: время не соответствует реальной DRAM.

Свойство	SRAM	DRAM
Физическая ячейка	Транзисторная защёлка	Заряд конденсатора и доступ через транзистор
Refresh	Не нужен для удержания данных	Необходим периодически
Плотность / цена за бит	Ниже / выше	Выше / ниже
Обычное применение	Кэш CPU	Системное ОЗУ

04

Адреса, чтение и запись

Представьте память как длинный ряд пронумерованных ячеек. У каждой области есть **адрес**: по нему процессор запрашивает чтение или запись. В большинстве современных систем память **байтово-адресуемая** — отдельный адрес соответствует байту. При этом физическая DRAM внутри устроена гораздо сложнее: строки, столбцы, банки и группы банков.

1. Процессор инициирует обращение к адресу (обычно сначала проверяется кэш).
2. Контроллер памяти выбирает нужные микросхемы, банки, строки и столбцы в DRAM.
3. При чтении данные передаются к процессору; при записи контроллер изменяет содержимое.
4. При необходимости контроллер выполняет служебные операции, в том числе refresh.

🧪 Интерактив: 32 адресуемых бита (учебная модель)

Щёлкните по ячейке, затем запишите 0 или 1. Это модель **битовых** ячеек для обучения, не размер обычного адресуемого элемента современной ОЗУ.

0 1 2 3 4 5 6 7

Адрес 0 (двоичный 00000): бит 0

Пример с байтами: если по адресу 100 расположен байт 10101010_2, это восемь бит. Следующий байт обычно имеет адрес 101. Для чтения числа размером четыре байта процессор может обращаться к диапазону адресов 100–103 (с учётом порядка байтов и правил архитектуры).

05

Главные характеристики памяти

Скорость компьютера нельзя определить только объёмом ОЗУ или одной цифрой «МГц». Важно сразу несколько параметров.

Характеристика	Что означает	Пример
Ёмкость	Сколько данных может храниться	16 ГБ RAM, 1 ТБ SSD
Задержка (latency)	Сколько времени проходит до получения ответа	Измеряется в нс или тактах; зависит от доступа
Пропускная способность	Сколько данных передаётся за секунду	Например, 25,6 ГБ/с теоретически для DDR4-3200 на 64-битном канале
Скорость передачи	Число передач в секунду	DDR4-3200: 3200 MT/с
Тайминги	Задержки разных операций, выраженные в циклах	CL, tRCD, tRP, tRAS
Энергопотребление	Сколько энергии требуется	Существенно для ноутбука и сервера
Надёжность	Обнаружение ошибок, исправление, ресурс	ECC у поддерживаемых платформ

Ёмкость: не путайте бит и байт

1 байт = 8 бит. В десятичном обозначении 1 GB = 1 000 000 000 байт; в двоичном 1 GiB = 1 073 741 824 байта. В интерфейсах иногда используют «ГБ» для величин, фактически соответствующих GiB. Пример: 16 GiB ОЗУ = 16 × 1024^3 байт.

Задержка и пропускная способность — это разное

Две аналогии: задержка — *сколько вы ждёте первый автобус*, пропускная способность — *сколько пассажиров все автобусы перевозят за час*. Высокая пропускная способность не означает, что первое обращение обязательно быстрее.

Условное сравнение требований к скорости и ёмкости

Схема показывает относительную ёмкость в обычном ПК; ширины столбцов условные, не в единой шкале.

06

DDR, MT/с и тайминги: как читать характеристики

DDR (Double Data Rate) — семейство технологий памяти, передающих данные дважды за период базового тактового сигнала. Поэтому для скорости модулей лучше использовать **MT/с (миллионы передач в секунду)**, а не путать её с частотой внутренних тактов. DDR4 и DDR5 — разные поколения, механически и электрически несовместимые.

Для обычного 64-битного канала без учёта служебных накладных расходов теоретическая пропускная способность считается так:

```
Ширина: 64 бит = 8 байт
Пропускная способность (ГБ/с) = MT/с × 8 / 1000
Пример: DDR4-3200 → 3200 × 8 / 1000 = 25,6 ГБ/с
```

Тайминг **CL** — задержка CAS в тактах памяти после определённой команды чтения. Значение CL само по себе недостаточно для сравнения разных скоростей. Для DDR-3200 (физический такт передачи 1600 МГц) период составляет 0,625 нс; CL16 соответствует примерно **10 нс только для этой CAS-составляющей**. Полная задержка чтения больше и зависит от состояния строки, контроллера и иных факторов.

```
Период такта (нс) ≈ 2000 / скорость DDR (MT/с)
Часть задержки CAS (нс) ≈ CL × 2000 / MT/с
DDR4-3200 CL16 → 16 × 2000 / 3200 = 10 нс
```

Нельзя заключить, что комплект DDR5-5600 CL46 обязательно быстрее во всех задачах, чем DDR4-3200 CL16. У систем разные контроллеры, платформы и пропускная способность; требуется сравнение реальных сценариев.

07

Почему компьютеру не хватает памяти и что такое кэш

Процессор может выполнять операции быстрее, чем большая DRAM успевает выдавать данные. Чтобы не ждать ОЗУ на каждом шаге, используют **кэш L1, L2 и L3**. При **cache hit** нужные данные уже находятся в кэше; при **cache miss** приходится обращаться к следующему уровню, а иногда и к RAM.

Кэш использует принцип **локальности**: если программа обратилась к данным, то нередко скоро обратится к ним же (*временная локальность*) или к соседним адресам (*пространственная локальность*). Поэтому кэш обычно переносит не один случайный байт, а целую **кэш-линию** (например, 64 байта в типичных x86-системах).

ЦП запрашивает адрес
Инструкция или данные

→

Кэш L1
Попадание? Отдаём быстро

→

L2 / L3
Если промах в L1

→

ОЗУ
Если нет в кэше

Уровни показаны последовательно для понимания идеи. Реальные схемы могут быть инклюзивными, неинклюзивными и с несколькими путями обращения.

Что студент должен уметь объяснить

RAM нужна не вместо SSD, а между SSD и процессором: она достаточно объёмная для текущей работы и быстрее долговременного хранилища. Кэш нужен не вместо RAM, а чтобы чаще не обращаться к ней. Регистры необходимы для данных, непосредственно участвующих в исполнении команд.

08

Практическая ситуация: выбираем память для задачи

Ситуация	Что важнее и почему
Открыты десятки вкладок, редактор и виртуальная машина	Достаточный **объём RAM**: меньше риска, что ОС начнёт часто выгружать страницы на диск
Вычисления над большими массивами данных	Важны объём, задержка, кэш-локальность и **пропускная способность**
Хранение фотографий после выключения	Нужна **энергонезависимая** память, например SSD
Ускорить повторяющееся вычисление на небольшом массиве	Важны **кэш**, локальность доступа, алгоритм и процессор
Сервер должен обнаруживать типичные одиночные ошибки битов	Платформа с соответствующей поддержкой **ECC RAM** и мониторингом ошибок

Итоговая цепочка: **физический способ хранения → свойства памяти → роль в системе → показатели производительности**. Если различаете эти четыре уровня, вы сможете осмысленно читать спецификации железа.

ЧАСТЬ II · ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ

Тест по изученному материалу

Теоретическая часть завершена. Выберите один ответ в каждом вопросе, затем нажмите «Проверить тест». Результат покажет число правильных ответов и объяснит ошибки. В конце ответьте на развёрнутые вопросы — их проверяет преподаватель.

18 из 18 ответов | Проверка без штрафа за повторную попытку

✓

Часть A. Выберите правильный ответ

1. Какая память обычно используется в качестве основной оперативной памяти ПК?

- ○ NAND Flash
- • **DRAM**
- ○ Магнитная лента
- ○ Оптический диск

Правильный ответ: DRAM. ОЗУ компьютера обычно организовано на DRAM.

2. Что происходит с обычной DRAM после длительного отключения питания?

- Данные сохраняются навсегда
- **Данные теряются**
- Память превращается в ROM
- Данные записываются на SSD автоматически

Правильный ответ: Данные теряются. DRAM энергозависима; для сохранения содержимого ей нужно питание и refresh.

3. Зачем DRAM выполняет refresh?

- Для дефрагментации
- **Для восстановления постепенно исчезающего заряда**
- Для увеличения количества ячеек
- Для проверки интернета

Правильный ответ: Для восстановления постепенно исчезающего заряда. Заряд конденсаторов DRAM утекает, поэтому его надо регенерировать.

4. Где обычно применяется SRAM?

- **В кэше процессора**
- В магнитных пластинах HDD
- В оптических DVD
- Только в SSD

Правильный ответ: В кэше процессора. SRAM быстрее, но дороже за бит и занимает больше площади, поэтому подходит для кэшей.

5. Чем задержка отличается от пропускной способности?

- Ничем
- **Задержка — ожидание ответа; пропускная способность — объём данных за время**
- Задержка измеряется только в гигабайтах
- Пропускная способность означает сохранность данных

Правильный ответ: Задержка — ожидание ответа; пропускная способность — объём данных за время. Это два независимых свойства: время одного обращения и скорость потока данных.

6. Что означает 3200 МТ/с?

- **3200 миллионов передач в секунду**
- 3200 мегабайт объёма
- 3200 наносекунд задержки
- Число ядер процессора

Правильный ответ: 3200 миллионов передач в секунду. МТ/с — миллионы передач данных в секунду.

7. Какова теоретическая пропускная способность DDR4-3200 по одному 64-битному каналу?

- 3,2 ГБ/с
- 6,4 ГБ/с
- **25,6 ГБ/с**
- 3200 ГБ/с

Правильный ответ: 25,6 ГБ/с. 3200 × 8 байт ÷ 1000 = 25,6 ГБ/с.

8. Сколько бит в одном байте?

- 2
- 4
- **8**
- 16

Правильный ответ: 8. 1 байт = 8 бит.

9. Что такое попадание в кэш (cache hit)?

- **Искомые данные обнаружены в кэше**
- Все данные удалены
- Запущен антивирус
- Завершена запись на диск

Правильный ответ: Искомые данные обнаружены в кэше. Если данные уже в кэше, обращение к следующему медленному уровню не нужно.

10. Как называется повторное использование недавно запрошенных данных?

- Износ
- **Временная локальность**
- Шифрование
- Сегментация

Правильный ответ: Временная локальность. Временная локальность — высокая вероятность скорого повторного обращения.

11. Какая память подходит для хранения документов после выключения?

- Регистры CPU
- Кэш L1
- DRAM
- **SSD**

Правильный ответ: SSD. SSD обеспечивает энергонезависимое хранение файлов.

12. В типичном ПК что быстрее при доступе к данным?

- **L1-кэш**
- HDD
- SSD SATA
- Оптический диск

Правильный ответ: L1-кэш. L1-кэш расположен ближе к вычислительным блокам и имеет минимальные задержки.

13. Что означает CL16 в маркировке модуля?

- Ёмкость 16 ГБ
- **Часть задержки CAS в 16 тактах**
- 16 независимых каналов
- 16 потоков CPU

Правильный ответ: Часть задержки CAS в 16 тактах. CL измеряет один из таймингов DRAM в циклах, а не общую задержку или ёмкость.

14. Почему нельзя сравнивать две DDR-памяти только по CL?

- CL измеряет температуру
- **Нужно учитывать скорость передачи и другие задержки**
- CL относится только к SSD
- Тайминги не существуют

Правильный ответ: Нужно учитывать скорость передачи и другие задержки. Одинаковое число циклов при разной частоте даёт разное время в нс.

15. Какая формулировка верна?

- **ОЗУ и SSD — один и тот же ресурс**
- Больший SSD автоматически увеличивает объём ОЗУ
- ОЗУ хранит рабочие данные; SSD — долговременные
- RAM всегда энергонезависима

Правильный ответ: ОЗУ хранит рабочие данные; SSD — долговременные. Это разные уровни хранения данных с разными задачами.

14 из 15 (93%)

Вы ответили на 15 из 15 тестовых вопросов. Автоматическая оценка учитывает только вопросы с выбором ответа; развёрнутые ответы проверяет преподаватель.

Вопросы ниже подсвечены: зелёная рамка — верно, красная — ошибка, жёлтая — без ответа.

Часть Б. Объясните своими словами

Эти вопросы нужны, чтобы проверить понимание, а не угадывание. Автоматическая оценка их не учитывает.

Развёрнутый вопрос 1. Объясните разницу SRAM и DRAM: как каждая хранит бит, почему одной нужен refresh, а другой нет.

Ваш ответ (проверяет преподаватель)

SRAM (статическая память) использует систему транзисторных триггеров, а DRAM (динамическая память) хранит данные в виде электрического заряда на микроконденсаторах.

Развёрнутый вопрос 2. Компьютер с 8 ГБ ОЗУ и SSD 1 ТБ тормозит при 30 открытых вкладках и двух виртуальных машинах. Объясните вероятную причину и аргументируйте, какое улучшение поможет.

Ваш ответ (проверяет преподаватель)

критическая нехватка оперативной памяти (ОЗУ), которая привела к глубокому thrashing (эффекту пробуксовки/своппинга) операционной системы.

Развёрнутый вопрос 3. Вычислите теоретическую пропускную способность DDR4-3200 по одному 64-битному каналу и примерную CAS-составляющую задержки для CL16. Укажите формулы.

Ваш ответ (проверяет преподаватель)

1. Теоретическая пропускная способность (Bandwidth)

Для расчета пропускной способности памяти используется стандартная формула:
$\text{Пропускная способность}=\text{Эффективная частота (MT/s)}\times \text{Ширина канала (байт)}$
Исходные данные:
• Эффективная частота передачи данных: 3200 MT/c (миллионов передач в секунду).
• Ширина канала: $64\text{ бита} = \frac{64}{8} = 8\text{ байт}$.
Расчет:
$\text{Пропускная способность}=3200\times 10^{6}\text{ перенос/c}\times 8\text{ байт}=25\,600\times 10^{6}\text{ байт/c}=25.6\text{ ГБ/c\ (или }25\,600\text{ МБ/c)}$
2. CAS-составляющая задержки (CAS Latency в наносекундах)

CAS Latency (CL) измеряется в тактах. Чтобы узнать реальное время задержки в наносекундах (ns), нужно умножить количество тактов задержки на длительность одного такта реальной (опорной) частоты. Так как DDR (Double Data Rate) передает данные дважды за такт, реальная частота шины в два раза ниже эффективной.
Формулы:
$T_{\text{такта}}=\frac{1}{f_{\text{реальная}}}$
$\text{Задержка CAS (ns)}=CL\times T_{\text{такта}}$
Расчет:
1. Находим реальную частоту для DDR4-3200:
$f_{\text{реальная}}=\frac{3200\text{ МГц}}{2}=1600\text{ МГц}$
2. Вычисляем длительность одного такта памяти (T):
$T_{\text{такта}}=\frac{1}{1600\times 10^{6}\text{ Гц}}=0.625\times 10^{-9}\text{ c}=0.625\text{ нс}$
3. Вычисляем итоговую задержку для тайминга $CL16$ (16 тактов):
$\text{Задержка CAS}=16\times 0.625\text{ нс}=10.0\text{ нс}$
Ответ: Теоретическая пропускная способность составляет 25.6 ГБ/с, а примерная

Источники для дополнительного изучения

Материал адаптирован для обучения. Схемы и модели — упрощённые учебные примеры; значения производительности зависят от конкретного устройства.

1. OpenStax · Memory Hierarchy
2. IBM · Hardware hierarchy
3. IBM · Primary Storage

Перед сдачей

✓ Указаны ФИО, группа и дата.

✓ Отмечены ответы на вопросы с вариантами и нажата кнопка проверки.

✓ Написаны объяснения в открытых вопросах.

Нажмите **«Отправить работу — сохранить PDF»**. Откроется окно печати: в качестве принтера выберите **«Сохранить как PDF»**. В отчёте будут ФИО, выбранные варианты, балл и ваши развёрнутые ответы. Отправка на сервер не выполняется.

В диалоге печати выберите «Сохранить как PDF».