

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ ПРИ
ОДНОКАНАЛЬНОМ И ДВУХКАНАЛЬНОМ РЕЖИМАХ РАБОТЫ***Солодов А.Г., Гасанов Р.Р.**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ**E-mail: ruslangasanov35@yandex.ru*

Статья посвящена анализу эффективного использования оперативной памяти в условиях одноканального и двухканального режимов работы. Рассматриваются основные принципы работы оперативной памяти в современных вычислительных системах, а также различия в производительности при использовании одного и двух каналов памяти. Особое внимание уделено влиянию конфигурации памяти на скорость обработки данных и общую производительность системы. В статье представлены результаты исследований, демонстрирующие преимущества двухканального режима при решении задач, требующих высокой пропускной способности и быстрого доступа к данным. Также анализируются возможные ограничения и проблемы, связанные с реализацией двухканальных конфигураций. Научная новизна работы заключается в детальном сравнении производительности одноканального и двухканального режимов с учетом современных тенденций в аппаратных конфигурациях. Результаты могут быть полезны для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием высокопроизводительных вычислительных систем.

Ключевые слова: оперативная память, одноканальный режим, двухканальный режим, пропускная способность, производительность системы, конфигурация памяти, оптимизация использования памяти, вычислительные системы, тестирование оперативной памяти

Введение

Современные компьютеры стали неотъемлемой частью нашей жизни, и их производительность во многом зависит от различных компонентов, среди которых оперативная память (ОЗУ) занимает одно из ключевых мест. Оперативная память отвечает за временное хранение данных и инструкций, необходимых для выполнения текущих задач, и ее характеристики могут существенно влиять на общую производительность системы.

В последние годы наблюдается рост интереса к различным конфигурациям оперативной памяти, особенно к одноканальному и двухканальному режимам работы, которые могут значительно различаться по своим показателям производительности.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что правильный выбор конфигурации оперативной памяти может стать решающим фактором для пользователей, стремящихся оптимизировать работу своих компьютеров.

В условиях постоянного роста требований к вычислительным мощностям, вызванного развитием программного обеспечения и увеличением объема обрабатываемых данных, понимание принципов работы различных режимов оперативной памяти становится особенно важным. Кроме того, с учетом широкого спектра доступных на рынке модулей ОЗУ, пользователи сталкиваются с необходимостью

выбора наиболее подходящей конфигурации для решения поставленной перед оборудованием задачи, что требует глубокого анализа и понимания особенностей работы этих компонентов, поэтому проанализируем возможность работы персонального компьютера (ПК) при одноканальном и двухканальном режимах оперативной памяти.

Становится важным проведение сравнительного анализа производительности обеих конфигураций, а также изучение факторов, влияющих на эффективность работы оперативной памяти. Необходимо рассмотреть принципы работы одноканального и двухканального режимов, что позволит глубже понять, как именно эти режимы влияют на общую производительность системы при равном объеме памяти.

Анализ проблемы

Сложная архитектура современных компьютерных систем подразумевает эффективное взаимодействие различных компонентов, среди которых оперативная память занимает центральное место. Основу работы оперативной памяти составляют различные режимы работы, среди которых выделяются одноканальный и двухканальный режимы.

Эти режимы определяют методы, с помощью которых данные передаются между модулями памяти и контроллером, играя критическую роль в производительности вычислительных систем.

Одноканальный режим подразумевает работу с одним модулем памяти, что ограничивает пропускную способность системы. В этом случае данные могут передаваться только через один канал, и, как следствие, возникает узкое место в общей производительности системы. При использовании единственного модуля памяти, система может испытывать задержки, что становится особенно заметным при выполнении ресурсоемких задач или в ситуациях, требующих высокой скорости обработки данных. В подобных условиях одноканальный режим не может обеспечить необходимую ширину полосы пропускания, которая критически важна для автоматизированных вычислений и обработки больших объемов информации [1].

На фоне одноканального подхода, двухканальный режим представляет собой более продвинутую альтернативу. Этот режим активизирует два канала для передачи данных одновременно, что значительно увеличивает общую пропускную способность системы. Использование двух модулей памяти позволяет системе одновременно передавать данные через каждый из каналов, тем самым повышая производительность. На основе данных тестов производительности становится очевидным, что системы, работающие в двухканальном режиме, значительно быстрее обрабатывают данные по сравнению с одноканальными конфигурациями, особенно в сценариях с высокой загрузкой [2].

Сравнительные исследования показывают, что при изменении частоты шины (например, 166, 266, 333 и 400 МГц) преимущества двухканального режима становятся явно выраженными. Эти тесты демонстрируют прирост производительности при переходе от одноканального к двухканальному методу, что создает под собой основу для выбора оптимальной конфигурации оперативной памяти для решения различных вычислительных задач. Так, при повышении частоты шины возможен также дополнительный прирост скорости, который еще больше усиливает преимущества двухканального режима.

Еще одним важным аспектом является влияние двухканального режима на энергоэффективность. Полностью задействуются ресурсы графической системы, и это позволяет снизить общее время отклика систем, тем самым эффективно уменьшая потребление энергии. Это становится актуальным на фоне современных требований к энергосбережению и уменьшению углеродного следа при работе информационных технологий [3].

Решения, принимаемые в процессе конфигурирования системы, также должны основываться на конкретных потребностях пользователей и спектре

выполняемых задач. Для общего использования и в большинстве бытовых ситуаций одноканального режима может быть достаточно. Тем не менее, для специализированных приложений, таких как графический дизайн, видеомонтаж или работа с базами данных, выбор в пользу двухканального режима может привести к заметному улучшению производительности вычислительной системы. К тому же, учитывая последние тенденции продолжительной работы с большими данными и высокопроизводительными вычислениями, двухканальный режим становится все более предпочтительным [4].

В конечном итоге, выбор между одноканальным и двухканальным режимами оперативной памяти подходит как для специалистов, так и для обычных пользователей, когда речь идет о необходимости повышения общей продуктивности систем. В зависимости от специфики приложений и рабочих процессов, для достижения максимальной эффективности работы вычислительных систем пользователю следует уделить особое внимание конфигурации оперативной памяти.

Результаты тестирования производительности персонального компьютера

Эффективность работы оперативной памяти в одноканальном и двухканальном режимах представляется значимым аспектом, который влияет на производительность в современных вычислительных системах.

Исследования показывают, что выбор между данными режимами может существенно изменить параметры быстродействия системы. В одноканальном режиме доступ к памяти осуществляется по одной линии данных, что может ограничить общую пропускную способность. При этом производительность системы определяется, прежде всего, характеристиками используемых модулей памяти и частотой шины, что имеет критическое значение в условиях высоких нагрузок на оперативную память.

Переход к двухканальному режиму позволяет значительно увеличить объем передаваемых данных за единицу времени, так как для передачи информации используются два канала. Это значительно улучшает общую пропускную способность памяти и, следовательно, повышает общую производительность системы в целом.

Исследования показали, что производительность в двухканальном режиме работы может быть выше, по сравнению с одноканальным режимом при выполнении интенсивных операций,

таких как графическая обработка или работа с большими объемами данных.

Также стоит отметить, что использование двухканального режима может привести к более равномерному распределению нагрузки среди модулей памяти, что, в свою очередь, позволяет уменьшить задержки при доступе к данным. Это особенно актуально в многопоточных приложениях, где одновременный доступ различных потоков к памяти является необходимым условием для обеспечения высокой производительности [5].

Производительность оперативной памяти также зависит от множества внешних факторов, таких как конфигурация контроллера памяти, что важно учитывать при выборе оптимального режима работы. В ряде случаев, два одинаковых модуля памяти можно установить в двухканальный режим, но недостаточная гармония частот и задержек между модулями может свести на нет преимущества от использования двух каналов. Такая несогласованность может привести к снижению общей производительности, особенно при высоких частотах шины [6].

При тестировании оперативной памяти используются различные модели для оценки ее быстродействия, которые основаны на применении различных алгоритмов тестирования, например, таких как March_DSS.

Эти алгоритмы позволяют не только оценить скорость, но и выявить возможные неисправности в памяти, что критично для обеспечения надежности работы современных вычислительных систем [7].

Исследования показывают, что инфраструктура тестирования памяти позволяет предсказывать и предотвращать потенциальные сбои системы на стадии их возникновения. Сложная архитектура современных компьютерных систем подразумевает эффективное взаимодействие различных компонентов, среди которых оперативная память занимает центральное место.

Основу работы оперативной памяти составляют различные режимы работы, среди которых выделяются одноканальный и двухканальный режимы. Эти режимы определяют методы, которыми данные передаются между модулями памяти и контроллером, играя критическую роль в производительности вычислительных систем.

Разработка моделей прогнозирования производительности и работы оперативной памяти

Предложим модель работы ОЗУ в одноканаль-

ном и двухканальном режиме на основе следующих факторов [8]:

1. Пропускная способность (Bandwidth) – количество данных, которое память может передать за единицу времени.

2. Задержки (Latency) – время, необходимое для доступа к данным.

3. Работа каналов – механизм обмена данными между контроллером памяти и модулями ОЗУ.

Основные параметры модели:

F – тактовая частота памяти (Гц);

W – ширина шины данных (в битах);

N – число каналов (1 для одноканального, 2 для двухканального режима);

B – пропускная способность памяти (в байтах/сек);

L – время задержки доступа (в наносекундах).

Рассмотрим одноканальный режим. В одноканальном режиме данные передаются через одну шину, соединяющую память и контроллер. Пропускная способность рассчитывается как [9]:

$$B_{single} = F \cdot \frac{W}{8},$$

где деление на 8 преобразует биты в байты.

Задержка доступа определяется фиксированным временем доступа, зависящим от частоты и конструкции памяти, и может быть записана как:

$$L_{single} = L_{base},$$

где L_{base} – базовая задержка памяти.

Рассмотрим двухканальный режим. В двухканальном режиме для передачи данных одновременно используются две шины. Это удваивает эффективную пропускную способность:

$$B_{dual} = 2 \cdot B_{single} = 2 \cdot F \cdot \frac{W}{8}.$$

Однако задержка доступа практически не изменяется, так как работа с каналами ведется параллельно:

$$L_{dual} \approx L_{single}.$$

Эффективность использования памяти. Эффективная производительность памяти может быть выражена как:

$$E = \frac{BU}{T},$$

где: U – коэффициент загрузки канала (доля активного времени);

T – общая продолжительность работы.

Для двухканального режима U_{dual} выше, так как два канала работают параллельно. Сравнение одноканального и двухканального режимов. Пропускная способность ΔB :

$$B_{dual} - B_{single}$$

$$\Delta B = B_{single} = F \cdot \frac{W}{8}.$$

Двухканальный режим значительно повышает пропускную способность при одинаковой частоте и ширине шины данных. Задержка доступа практически не зависит от количества каналов.

Приведем пример расчета. Пусть тактовая частота памяти $F = 3200$ МГц, а ширина шины данных $W = 64$ бит. Для одноканального режима будет:

$$B_{single} = 3200 \cdot \frac{64}{8} = 25,600 \text{ МБ/с.}$$

Для двухканального режима:

$$B_{dual} = 2 \cdot B_{single} = 51,200 \text{ МБ/с.}$$

Эта модель может быть доработана для учета специфики архитектуры (DDR, LPDDR, HBM) и многоканальных режимов (Quad-channel, Hexa-channel) [10].

Перейдем к разработке модели производительности. Отметим, что на производительность вычислительной системы влияют следующие факторы: пропускная способность оперативной памяти (зависит от режима работы: одноканальный или двухканальный), частота работы оперативной памяти, размер оперативной памяти, тип процессора (его поддержка каналов памяти), архитектура системы [11].

Определим функциональную зависимость. Пусть:

P – производительность вычислительной системы;

C – пропускная способность оперативной памяти (МБ/с);

F – частота процессора (ГГц);

N – количество каналов памяти (1 для одноканального, 2 для двухканального);

R – объем оперативной памяти (ГБ).

Функция производительности может быть представлена как:

$$P = f(C, F, N, R),$$

где C зависит от количества каналов:

$$C = B \cdot F \cdot N,$$

где B – коэффициент пропускной способности (байт за такт).

Для простоты предположим, что производительность линейно зависит от пропускной способности [10]:

$$P = k \cdot C,$$

где k – коэффициент, зависящий от типа задач (например, вычислительных или графических).

При этом:

$$C = B \cdot F \cdot N.$$

Если требуется учесть зависимости от объема памяти и других факторов:

$$P = k \cdot (B \cdot F \cdot N) + \alpha \cdot R + \beta,$$

где P – количество операций в секунду или количество TFLOPs (количество операций с плавающей запятой в секунду). Значение производительности будет зависеть от конкретной задачи, а также от ее типа и сложности. Коэффициент (k) измеряется в безмерных величинах и зависит от множества факторов, типа задач и других важных факторов. Единица измерения пропускной способности B выражается в Байт/С, но может иметь нелинейные искажения, влияющие на работу контролера RAM. Значение коэффициента пропускной способности зависит от архитектуры процессора и от типов задач. Значение F в данной формуле – это тактовая частота ядра процессора, измеряемая в ГГц. Количество каналов памяти определяются значением N (1, 2, 3 и более каналов памяти). Это влияет на пропускную способность системы. Объем оперативной памяти в данной формуле определяется коэффициентом R и может измеряться в ГБ. Чтобы получить коэффициент α , связывающий объем памяти R (ГБ) с производительностью, необходимо провести измерения производительности при различных объемах памяти, сохраняя остальные факторы неизменными.

Для уточнения модели необходимо провести тесты. Замерить производительность P при различных N , R , F . Построить эмпирическую зависимость, скорректировав коэффициенты k , α , β , что будет выполнено в дальнейших работах.

Коэффициент β в данной формуле представляет собой базовую производительность системы без учета влияния оперативной памяти. Это можно интерпретировать как некий «постоянный» компонент производительности, который присутствует в системе независимо от объема используемой памяти.

Фактически β представляет собой начальный уровень производительности, при котором система начинает работать, даже при минимальном объеме памяти. Это то значение производительности, которое было бы у системы, если бы R (объем памяти) был равен нулю.

Модель позволит прогнозировать производительность. Если $N = 1$ (одноканальный режим), C уменьшается вдвое по сравнению с двухканальным режимом.

Для типовых вычислений удвоение каналов N увеличивает производительность на 20 – 50% в

зависимости от узких мест в системе, таких как ограниченные ресурсы процессора, задержки в сети или производительность хранилища данных.

Экспериментальные исследования

Проанализируем расчет производительности системы при 50% и 100% нагрузке на память в одноканальном и двухканальном режимах.

В экспериментальном исследовании была использована вычислительная техника со следующими параметрами:

1. Процессор Intel Xeon E5-1650V4 (6Cores/12 Threads) с таковой частотой 3.6ghz-4.0ghz.

2. Материнская плата Huananzhi X99 QD4 с поддержкой процессоров сокета 2011V3/V4, а также 4 канального режима работы оперативной памяти.

3. Оперативная память SAMSUNG 32GB DDR4 ECC REG 3200T (3200 MHz) 2Rx4, двумя модулями по 16 Гб.

4. Кулер охлаждения процессора ID-COOLING SE-903-XT (130W TDP).

5. Видеоадаптер Sapphire NITRO + RX 580 на 8 Гб(DDR5).

6. Накопитель SSD M2 NVME Kingston NV2 на 256Гб.

7. Блок питания Deepcool PK650D на 650W.

При различных уровнях загрузки (50% и 100%) пропускная способность памяти в одноканальном и двухканальном режимах составила:

Одноканальный режим:

При 50% загрузке – 5 Гб/с.

При 100% загрузке – 10 Гб/с.

Двухканальный режим:

При 50% загрузке – 10 Гб/с.

При 100% загрузке – 20 Гб/с.

Проведем анализ производительности и пропускной способности памяти в зависимости от

ряда факторов и сведем эти экспериментальные результаты в таблицу 1.

На основании проведенных исследований рассмотрим зависимость производительности от частоты процессора (рисунок 1).

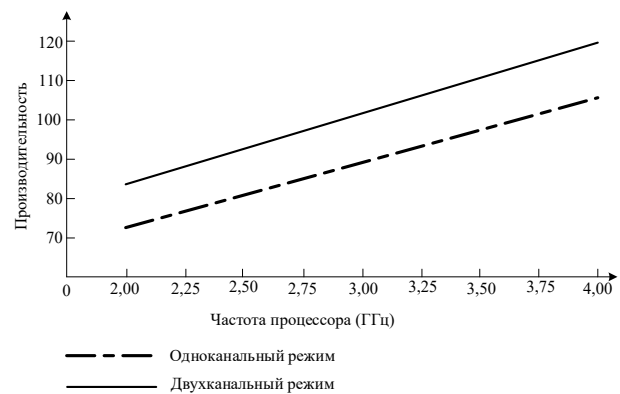


Рисунок 1. Зависимость производительности от частоты процессора

Производительность в двухканальном режиме всегда выше, чем в одноканальном. Разница в производительности между режимами возрастает с увеличением частоты процессора. Линейная тенденция показывает, что производительность пропорционально зависит от частоты процессора.

Рассмотрим, зависимость производительности от температуры (рисунок 2).

При проведении замеров зависимости производительности от температуры, вычислительная техника была собрана на открытом тестовом стенде, при температуре процессора в простое 25°C. Анализируя данные можно прийти к выводу, что при повышении температуры процессор и память продолжают эффективно работать, возможно, за счет лучшей оптимизации нагрузки при высоких температурах.

Таблица 1. Экспериментальные данные

Частота процессора (ГГц)	Пропускная способность на канал (Гб/с)	Количество каналов памяти	Объем памяти (Гб)	Суммарная пропускная способность (Гб/с)	Производительность вычислительной системы, TFLOPs
2,4	19,2	1,0	8,0	19,2	75,5
2,8	19,2	1,0	8,0	19,2	82,3
3,2	19,2	1,0	8,0	19,2	89,1
3,6	19,2	1,0	8,0	19,2	95,8
4,0	19,2	1,0	8,0	19,2	102,6
2,4	19,2	2,0	8,0	38,4	85,2
2,8	19,2	2,0	8,0	38,4	93,4
3,2	19,2	2,0	8,0	38,4	101,6
3,6	19,2	2,0	8,0	38,4	109,8
4,0	19,2	2,0	8,0	38,4	118,0

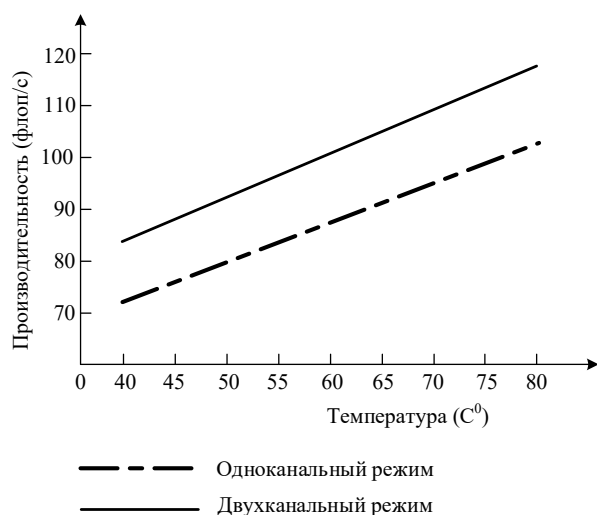


Рисунок 2. Зависимость производительности от температуры

При любой температуре производительность в двухканальном режиме выше. Это связано с удвоенной пропускной способностью памяти. Температура не является критическим фактором снижения производительности. Несмотря на повышение температуры, производительность продолжает линейно расти. Это свидетельствует о том, что двухканальный режим более эффективен, и система работает в допустимых температурных пределах.

Двухканальный режим памяти рекомендуется для решения задач, требующих высокой производительности. Необходимо проверить, как изменение температуры влияет на стабильность системы при длительных нагрузках, так как рост температуры может привести к тепловым ограничениям.

При тестировании влияния температуры на стабильность системы с двухканальным режимом памяти под нагрузкой понимается интенсивное выполнение вычислительных операций, требующих активного взаимодействия с оперативной памятью. Нагрузка обычно задается с помощью специализированных стресс-тестов, которые максимизируют использование подсистемы памяти путем выполнения множественных операций чтения и записи в быстром темпе. Это может включать запуск синтетических бенчмарков (например, AIDA64, MemTest86), утилит для стресс-тестирования (Prime95, LinX, OCCT), или реальных приложений с высокими требованиями к пропускной способности памяти, таких как рендеринг видео, компиляция кода или работа с большими наборами данных. Продолжительность тестирования обычно составляет несколько часов или даже дней, чтобы проследить эффект накопления тепла в системе и оценить

температурную деградацию производительности. Во время проведения теста контролируется температура модулей памяти, чипсета и прочих компонентов, взаимодействующих с подсистемой памяти, для выявления потенциальных тепловых ограничений, которые могут привести к снижению частоты работы компонентов, ошибкам в данных или нестабильности системы при продолжительных высоких нагрузках.

Рассмотрим зависимость производительности процессора в вычислительной системе от объема кэша в различных режимах (рисунок 3).

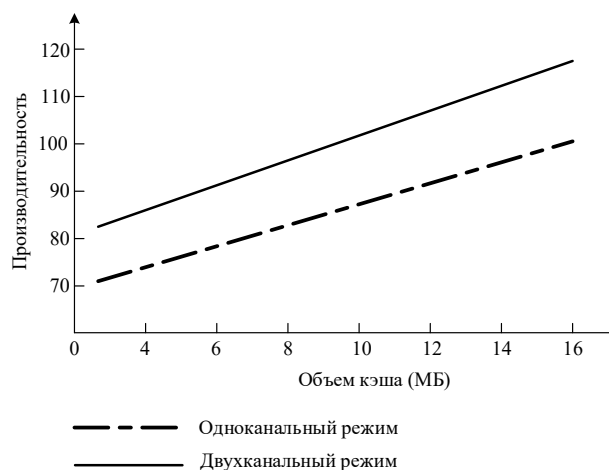


Рисунок 3. Зависимость производительности от объема кэша

Кэш в вычислительных системах – это промежуточная быстрая память с ограниченным объемом, используемая для ускорения доступа к данным и инструкциям. Значения 4-16 Мб на оси абсцисс соответствуют типичным размерам кэша L3 современных процессоров. Это подтверждается тем, что производительность заметно растет с увеличением объема этого кэша, что характерно для кэша L3, который используется для снижения задержек при обращении к основной памяти.

Увеличение размера кэша улучшает производительность, а использование режима с двумя каналами обеспечивает лучшую производительность по сравнению с режимом с одним каналом. Это говорит о том, что для оптимальной производительности полезно как увеличение размера кэша, так и использование режима с двумя каналами. Далее рассмотрим зависимость пропускной способности памяти от нагрузки на память (рисунок 4).

На графике показана зависимость пропускной способности памяти от нагрузки на память для одноканального и двухканального режимов работы оперативной памяти. Одноканальный режим показывает ограниченную пропускную способность, которая постепенно увеличивается с ро-

стом нагрузки, но достигает максимума в 10 ГБ/с. Двухканальный режим обеспечивает почти в два раза большую пропускную способность при той же нагрузке, достигая максимума в 20 ГБ/с.

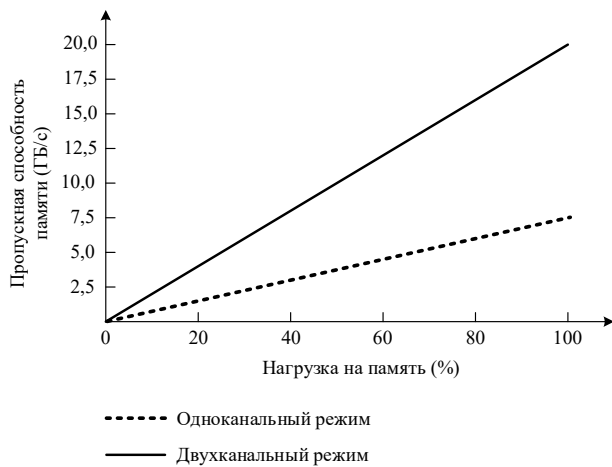


Рисунок 4. Сравнительный график зависимости пропускной способности памяти от нагрузки на память

Эффективность работы оперативной памяти в одноканальном и двухканальном режимах представляется значимым аспектом, который влияет на производительность и на пропускную способность памяти в современных вычислительных системах. Исследования показывают, что выбор между данными режимами может существенно изменить параметры быстродействия системы. В одноканальном режиме доступ к памяти осуществляется по одной линии данных, что может ограничить общую пропускную способность. При этом производительность системы определяется, прежде всего, характеристиками используемых модулей памяти и частотой шины, что имеет критическое значение в условиях высоких нагрузок на оперативную память.

Заключение

Двухканальный режим обеспечивает большую пропускную способность по сравнению с одноканальным при одинаковой загрузке памяти. Это приводит к увеличению производительности системы, особенно при высоких нагрузках. Таким образом, для решения ресурсоемких задач (например, работы с большими объемами данных или игр) предпочтительнее использовать двухканальный режим, чтобы иметь возможность по максимуму использовать пропускную способность оперативной памяти и повысить общую производительность системы.

Двухканальный режим позволяет значительно увеличить пропускную способность памяти по сравнению с одноканальным режимом. Это осо-

бенно важно для приложений, интенсивно использующих оперативную память, предназначенных для таких целей, как обработка данных и игры.

В ходе предстоящих исследований будет подробно рассмотрена работа трехканального и четырехканального ОЗУ. Это даст возможность глубже постигнуть их функциональные возможности, производительность и совместимость с различными системами.

При высокой нагрузке на память разница между режимами становится еще более заметной, так как двухканальный режим позволяет системе обрабатывать данные быстрее, чем одноканальный. Рекомендуется использовать двухканальный режим при необходимости повышения производительности, особенно для многозадачных и ресурсоемких приложений.

Литература

1. Солнушкин К.С. Анализ быстродействия ОЗУ и построение модели производительности ЭВМ // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2008. № 54. С. 180–182.
2. Ефимушкина Н.В., Ефремов М.М., Орлов С.П. Исследование подсистемы «кэш-память – оперативная память» многопроцессорных вычислительных систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2012. № 3. С. 49–55.
3. Биматов Д.В., Сущенко С.П. Анализ производительности многоуровневой подсистемы памяти // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. № 1 (1). С. 92–100.
4. Мамутова О.В., Филипов А.С. Разработка модели иерархической оперативной памяти вычислительной системы // Информатика, телекоммуникации и управление. 2011. № 4 (128). С. 75–81.
5. Мельников В.Ю., Пугачев Е.К. Исследование способов организации оперативной памяти и взаимодействия процессов: методические указания по выполнению лабораторных работ. М.: МГТУ, 2017. 35 с.
6. Garbled RAM revisited / C. Gentry [et al.] // Lecture Notes in Computer Science. 2017. P. 405–422. DOI: 10.1007/978-3-642-55220-5_23
7. Automating efficient RAM-model secure computation / C. Liu [et al.] // IEEE Symposium on Security and Privacy. Berkeley, USA, 2014. DOI: 10.1109/SP.2014.46

8. Choi J. Memory Hierarchy Optimization in Modern Computers. Cambridge: Cambridge University Press, 2024. 320 p.
9. Дьяков В.М. Разработка и анализ оперативной памяти в многоуровневых системах. Казань: Казанский университет, 2022. 290 с.
10. Павлов А.В. Архитектура вычислительных систем. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 86 с.
11. Плахотник С.А. Принципы работы оперативной памяти и ее роль в современных вычислениях. М.: Техносфера, 2023. 280 с.

Дата поступления 06.11.2024

Дата принятия 09.12.2024

Солодов Александр Геннадьевич, к.т.н., доцент кафедры информатики и вычислительной техники Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). 443090, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 77. Тел. +7 903 335-88-17. E-mail: a.solodov@psuti.ru

Гасанов Руслан Рустамович, студент ПГУТИ. 443090, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 77. Тел. +7 927 652-02-53. E-mail: ruslangasanov35@yandex.ru

UDC 004.272:004.021

DOI: 10.18469/ikt.2024.22.4.07

ANALYSIS OF THE EFFECTIVE USE OF RAM IN SINGLE-CHANNEL AND DUAL-CHANNEL OPERATION MODES

Solodov A.G., Gasanov R.R.

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation

E-mail: ruslangasanov35@yandex.ru

The article is devoted to the analysis of the effective use of RAM in single-channel and dual-channel operating modes. The fundamental principles of RAM operation in modern computing systems are considered, as well as differences in performance when using one and two memory channels. Special attention is paid to the effect of memory configuration on data processing speed and overall system performance. The article presents the results of experimental studies demonstrating the advantages of dual-channel mode in solving of the tasks requiring high bandwidth and fast data access. Possible limitations and problems associated with the implementation of dual-channel configurations, such as increased configuration complexity and possible mismatch of memory channels in terms of speed, are also analyzed. The scientific novelty of the work consists in a detailed comparison of the performance of single-channel and dual-channel modes, taking into account current trends in hardware configurations, as well as the proposal of new approaches to optimize memory usage in various computing systems. The results can be useful for software developers and engineers involved in the design of high-performance computing systems.

Keywords: *random access memory, single-channel mode, dual-channel mode, bandwidth, system performance, memory configuration, memory usage optimization, computing systems, hardware configurations*

Solodov Alexander Gennadiyevich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoye shosse, Samara, 443090, Russian Federation; Associate Professor of Informatics and Computer Engineering Department, PhD in Technical Science. Tel. +7 903 335-88-17. E-mail: a.solodov@psuti.ru

Gasanov Ruslan Rustamovich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoye shosse, Samara, 443090, Russian Federation; Student. Tel. +7 927 652-02-53. E-mail: ruslangasanov35@yandex.ru

References

1. Solnushkin K.S. Main memory speed analysis and PC performance modeling. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informacionnyh tekhnologij, mehaniki i optiki*, 2008, no. 54, pp. 180–182. (In Russ.)
2. Efimushkina N.V., Efremov M.M., Orlov S.P. Research subsystem «cache-memory – random access memory» in multiprocessor computer systems. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki*, 2012, no. 3, pp. 49–55. (In Russ.)
3. Bimatov D.V., Sushchenko S.P. Performance analysis of multilevel memory. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika*, 2007, no. 1 (1), pp. 92–100. (In Russ.)
4. Mamutova O.V., Filipov A.S. Development of a hierarchical RAM model of a computing system. *Informatika, telekommunikacii i upravlenie*, 2011, no. 4 (128), pp. 75–81. (In Russ.)
5. Melnikov V.Yu., Pugachev E.K. *Investigation of Ways of Organizing RAM and Interaction of Processes: Methodological Guidelines for Performing Laboratory Work*. Moscow: MGTU, 2017, 35 p. (In Russ.)
6. Gentry C. et al. Garbled RAM revisited. *Lecture Notes in Computer Science*, 2017, pp. 405–422. DOI: 10.1007/978-3-642-55220-5_23
7. Liu C. et al. Automating efficient RAM-model secure computation. *IEEE Symposium on Security and Privacy*. Berkeley, USA, 2014. DOI: 10.1109/SP.2014.46
8. Choi J. *Memory Hierarchy Optimization in Modern Computers*. Cambridge: Cambridge University Press, 2024, 320 p.
9. Dyakov V.M. *Development and Analysis of Operational Memory in Multilevel Systems*. Kazan': Kazanskij universitet, 2022, 290 p. (In Russ.)
10. Pavlov A.V. *Architecture of Computing Systems*. Saint Petersburg: Universitet ITMO, 2016, 86 p. (In Russ.)
11. Plahotnik S.A. *Principles of Operational Memory and its Role in Modern Computing*. Moscow: Tekhnosfera, 2023, 280 p. (In Russ.)

Received 06.11.2024

Accepted 09.12.2024