

Технический Обзор
Hardware RAID или Software RAID: Что Лучше для Моего
Приложения?

10/2017



Содержание

Введение	1
Что такое RAID?	1
Software RAID	2
Software RAID реализация	2
Software RAID средствами операционной системы	2
Software RAID с поддержкой со стороны hardware	3
Hardware RAID	4
Hardware RAID реализации	4
RAID в Виде Отдельной Платы	5
Интегрированные Hardware RAID Решения на Основе RAID-on-Chip (ROC) Технологии	5
Что лучше для Вашего Приложения Hardware или Software RAID?	7
Software RAID средствами операционной системы	7
Software RAID с поддержкой со стороны hardware	7
Hardware RAID	7
Больше о Hardware RAID	7
Заключение	9

Введение

За прошедшие пару лет, RAID (redundant array of independent disks – избыточный массив независимых дисков) технология трансформировалась из опции для серверных систем в самое настоящее требование для хранения данных. Первая реализация RAID в 1990 году представляла из себя очень дорогую плату контроллера с установленной на ней платой высокопроизводительного процессора Ввода-Вывода, такого же мощного, как и центральный процессор серверной системы. В то время, когда hardware RAID решения были единственной доступной опцией, цена RAID контроллера ограничивала их использование только для серверных систем крайне высокой стоимостью.

Сегодня RAID можно найти где угодно – от программных функций в составе операционной системы до отдельно установленных контроллеров, обеспечивающих высокий уровень целостности данных в самых высокоуровневых SAN сегментах. Реализации RAID можно найти и в мобильных устройствах, таких как ноутбуки, а также и в десктопных компьютерах, рабочих станциях, серверах и во внешних системах хранения, где установлено большое количество жестких дисков. Функция RAID включена даже в телевизионные приставки и персональные системы хранения данных.

Этот технический обзор обеспечивает детальное описание различных RAID решений. Для начала определимся, в чем разница между “Software RAID” и “Hardware RAID”, объясним, как эти различные реализации RAID работают и рассмотрим преимущества каждой из реализаций. Это должно помочь Вам в принятии решения, что является наиболее оптимальным выбором для Вашего приложения.

Что такое RAID?

RAID это способ виртуализации большого числа независимых дисков в один или более томов с целью увеличения производительности, емкости и надежности (доступности). Общая емкость зависит от типа RAID тома, который Вы создаете, и от количества дисков и от их емкости. Эта общая емкость не зависит от типа реализации, которую Вы используете “software” или “hardware” RAID. Следующий раздел посвящен различными реализациям их преимуществам и недостаткам, и их влиянию на производительность и эффективность в увеличении доступности данных.

Таблица 1 • Типы RAID томов

Тип RAID	RAID 0	RAID 1	RAID 1E	RAID 5	RAID 5EE	RAID 6	RAID 10	RAID 50	RAID 60
Минимальное # Количество Дисков	2	2	3	3	4	4	4	6	8
Защита Данных	Нет Защиты	Потеря Одного Диска	Потеря Одного Диска	Потеря Одного Диска	Потеря Одного Диска	Потеря Двух Дисков	Потеря Одного Диска В Каждом Подмассиве	Потеря Одного Диска В Каждом Подмассиве	Потеря до Двух Дисков В Каждом Подмассиве
Производительность чтения	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Производительность записи	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Средняя
Производительность чтения (деградация)	-	Средняя	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Средняя	Средняя
Производительность записи (деградация)	-	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
Полезная емкость	100%	50%	50%	67%–94%	50%–88%	50%–88%	50%	67%–94%	50%–88%

Software RAID

Простой способ объяснить software RAID – сказать, что весь алгоритм RAID выполняется на центральном процессоре (CPU) Вашей компьютерной системы. Следующая диаграмма показывает систему с software RAID.

Некоторые способы реализации software RAID имеют и hardware часть, что может сделать такую реализацию похожей на hardware RAID при первом взгляде. Однако, важно понимать, что код software RAID использует ресурсы центрального процессора системы. Этот код, который реализует функции RAID, выполняется на центральном процессоре, разделяя производительность компьютера с операционной системой и всеми другими приложениями.

Реализация Software RAID

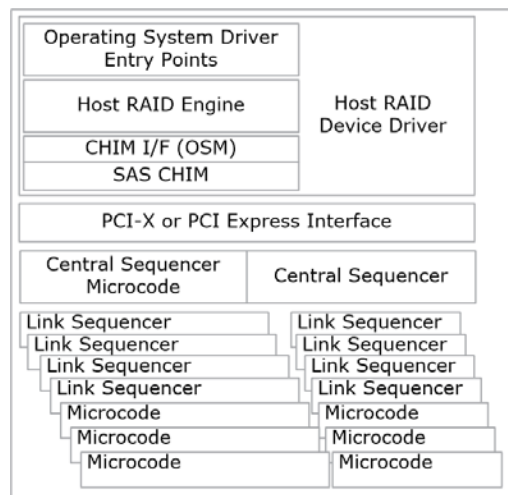
Software RAID может быть реализован двумя способами:

- как в чистом виде software RAID решение силами операционной системы
- как решение, которое включает некоторое количество hardware, предназначенного для увеличения производительности и снижения нагрузки на центральный процессор

Software RAID средствами операционной системы

В этом случае реализация RAID представляет из себя приложение, запущенное на host системе, без участия какого-либо дополнительного оборудования. Данный тип software RAID использует жесткие диски, которые подключены с помощью интерфейса ввода-вывода, интегрированного на материнской плате или, не имеющего собственного процессора, отдельной платы HBA. Функция RAID становится активной, как только операционная система загружает приложение RAID драйвера. Такое RAID решение часто бывает интегрированным в серверную операционную систему и достается пользователю без каких бы то либо дополнительных расходов. Низкая стоимость является основным преимуществом данного решения.

Рисунок 1 • Software RAID средствами ОС



Преимущества software RAID средствами операционной системы:

- Низкая стоимость: нет дополнительных расходов на RAID функциональность, если она включена в состав операционной системы. Расходы только на дополнительные диски.

Недостатки software RAID средствами операционной системы:

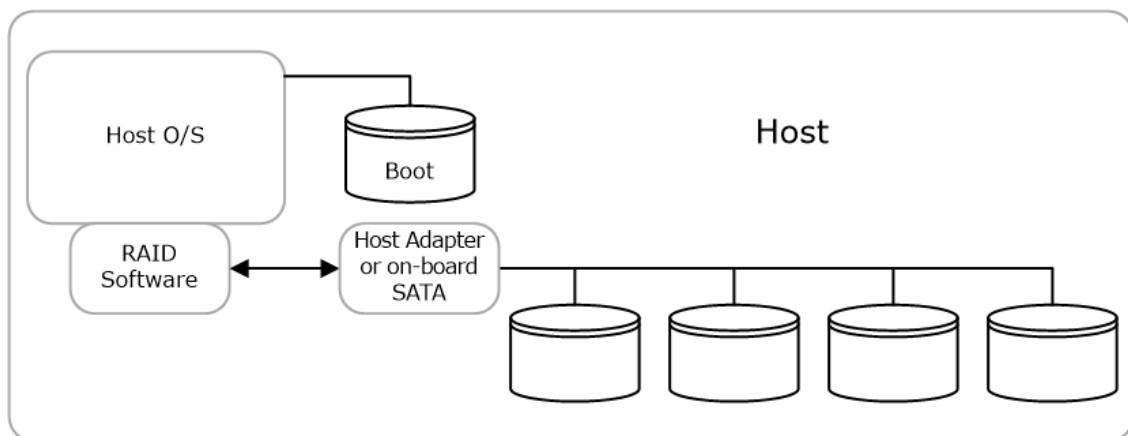
- Незащищенность на момент запуска (невозможно управлять или защищать данные на момент запуска ОС): потеря диска или ошибка данных во время запуска и до активации функции RAID приводит к невозможности полноценной работы системы.

- Дополнительная нагрузка на сервер: приложение RAID оказывает значительное влияние на системную производительность. При этом, чем больше дисков и чем сложнее RAID уровень (например, расчет parity для RAID5), тем выше нагрузка. Такое решение лучше применять для простых RAID 0, 1, 10 томов.
- Ограничены возможности миграции на другие OS: RAID функциональность может быть ограничена только для данной ОС. Не будет никакой возможности переместить том под другие операционные системы, если эти системы не поддерживают функцию RAID.
- Это решение уязвимо для вирусов: поскольку RAID функция работает как приложение на компьютерной системе, любое враждебное приложение может оказать влияние на функцию RAID.
- Возможность нарушения целостности данных при проблемах с ОС: Software или hardware проблемы на сервере могут оказать влияние на целостность данных.
- Отсутствие кэша на запись: Software RAID работают только в режиме write-through, в том время как hardware RAID могут работать в режиме write-back, если есть защита кэша, создавая дополнительный уровень защиты данных, и значительно увеличивая производительность операций записи. При этом нет никакой возможности добавить защиту кэша для software RAID.
- Зависит от версии и модели драйвера.

Software RAID с поддержкой со стороны hardware

Такое решение это, по сути, software RAID, но наличие аппаратной части помогает преодолеть некоторые недостатки software RAID в чистом виде. Такие решения обычно поставляются с дополнительным hardware (такие, как платы HBA с RAID BIOS или только RAID BIOS, интегрированная на материнскую плату). Дополнительная BIOS делает RAID функциональность доступной непосредственно сразу, когда система включается, обеспечивая избыточность хранения данных уже при загрузке системы, что уменьшает влияние ошибок на диске на вероятность нарушения целостности данных или неработоспособность системы. В дополнение, большинство из этих решений обеспечивает утилиту настройки BIOS, которая доступна на момент загрузки ОС. Это позволяет легкую установку, настройку и обслуживание RAID томов без необходимости установки ОС с жесткого диска или CD-ROM. А также, решения Software RAID с поддержкой со стороны hardware обычно поставляются вместе с набором драйверов для наиболее популярных ОС и, следовательно, такой тип решения более независим от типа ОС, чем software RAID в чистом виде.

Рисунок 2 • Software RAID с поддержкой со стороны hardware



Преимущества Software RAID с поддержкой со стороны hardware:

- Средняя стоимость: требуется только HBA (устанавливаемая дополнительно плата HBA) или дополнительная флэш память, в случае с RAID BIOS непосредственно на материнской плате. Это также может быть модуль XOR акселератора для решений, поддерживающих RAID 5;
- Защита на момент загрузки: нет негативного влияния на целостность данных, когда на загрузочном диске появляются проблемные сектора или он целиком выходит из строя;
- Специальные GUI и утилиты для создания и обслуживания RAID томов: удобная настройка и обслуживание RAID томов.

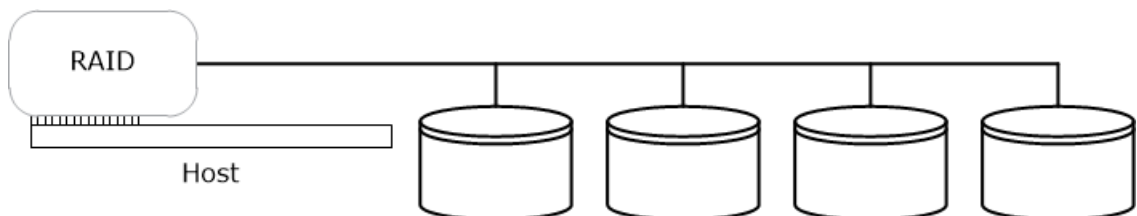
Недостатки Software RAID с поддержкой со стороны hardware:

- Дополнительная нагрузка на сервер: системная производительность находится под влиянием RAID приложения. Чем больше дисков вовлечено в работу и чем сложнее RAID структура (например, расчет parity для RAID 5), тем выше влияние на общую производительность. Это решение больше подходит для простых RAID 0, 1, 10 сценариев.
- Ограничены возможности миграции на другие ОС: RAID функциональность все еще зависит от ОС, поскольку драйвер работает поверх ОС. Однако, наличие драйверов под разные ОС позволяет миграцию тома в другие ОС. Могут быть ограничения по причине доступности RAID драйвера для самых новых ОС (например, новые версии ОС могут требовать новый RAID драйвер—RAID драйверы более сложные, чем обычный драйвер для HBA и, следовательно, их разработка занимает больше времени).
- Уязвимы для вирусов: поскольку RAID функция работает как приложение на компьютерной системе, вирусы и другие вредоносные программы могут оказывать влияние на функции RAID.
- Проблемы с целостностью данных в случае краха операционной системы: проблемы с программным обеспечением или оборудованием на сервере могут вызвать риск потери пользовательских данных.
- Отсутствие кэширования операций записи: такой тип реализации RAID работает только в режиме write-through, в то время как hardware RAID поддерживает write-back режим, при наличии модуля защиты кэша, создавая дополнительный уровень защиты данных. Write-back режим значительно увеличивает производительность RAID томов. Не существует способа добавить модуль защиты данных для Software RAID с поддержкой со стороны hardware.
- Зависит от версии и модели драйвера.

Hardware RAID

Hardware RAID оборудован своим собственным процессором и памятью чтобы обрабатывать алгоритм RAID. В этой реализации, RAID система представляет из себя небольшую независимую компьютерную систему, предназначенную для RAID задачи, разгружая, с этой точки зрения, хост систему.

Рисунок 3 • Hardware RAID



Hardware RAID может быть и интегрированной частью решения (например, интегрированным на материнскую плату), и как отдельная плата RAID контроллера (add-in card). Если нужная аппаратная часть уже интегрирована в вашей системе, hardware RAID может показаться software частью Вашей системы. Таким образом, как и software RAID, hardware RAID может быть не идентифицирован как таковой при первом взгляде.

Самый простой способ идентифицировать является ли Ваше решение software или hardware RAID, это прочитать техническую спецификацию или технический обзор для данного RAID решения. Если решение включает в себя микропроцессор (обычно называемый процессором Ввода-Вывода или иногда ROC ("RAID-on-Chip")), тогда решение является hardware RAID. Если такого процессора нет, то это software RAID решение.

Это важно для Вашего выбора, потому что software RAID и hardware RAID реализации обладают различным влиянием на производительность системы. Это влияние включает в себя:

- использование и производительность ЦПУ (CPU), когда другие приложения выполняются совместно с расчетом RAID или отдельно
- Масштабируемость дисков, которые могут быть добавлены в систему
- Легкость в восстановлении после потери данных
- Возможности для дополнительного мониторинга/управления данными
- Способность постоянно управлять дисками при использовании различных ОС

- Возможность добавлять модуль защиты кэша, чтобы использовать кэширование операция записи на контроллере для увеличения производительности системы

Hardware RAID реализация

Hardware RAID может быть реализован двумя способами:

- отдельная плата RAID контроллера
- как интегрированный компонент материнской платы, на основе технологии RAID-on-Chip

RAID Контроллер как отдельная плата

Такая дополнительная, устанавливаемая в слот (plug-in) плата, обычно имеет встроенный RAID процессор (процессор Ввода - Вывода) и свои собственные интерфейсы к дискам (контроллеры Ввода-Вывода). Эта плата обычно устанавливается в PCI-X или PCIe слоты материнской платы компьютерной системы. Такие устанавливаемые платы обычно самые дорогие решения, но они также наиболее гибкие и обладают наилучшей производительностью. В таком случае, функциональность RAID совершенно независима от host системы. Изолированная природа такой платы позволяет использование наиболее производительного процессора Ввода-Вывода и самой быстрой памяти. RAID плата полностью разгружает хост систему от задачи создания и поддержки избыточной и надежной системы хранения и не создает дополнительную нагрузку на хост систему, даже в случае неисправности одного из дисков. Более сложные и объемные уровни RAID (такие как RAID 5 или RAID 6) могут быть использованы без влияния на хост систему.

Дополнительные интерфейсы Ввода-Вывода на такой плате обычно позволяют значительно большую расширяемость системы (добавление большего количества дисков и создание большей емкости). Даже создание большого количества RAID томов не оказывает никакого влияния на производительность хост системы. Кроме этого, эти тома могут быть легко перенесены на другую ОС или даже на другую хост систему или платформу.

Преимущества RAID контроллера в виде отдельной платы:

- Защита при загрузке: никого негативного влияния на целостность данных, когда загрузочные диски имеют ошибки или полностью выходят из строя.
- Производительность не зависит от нагрузки на сервер: быстрая память, быстрый процессор и никакого влияния на производительность приложений, выполняемых на хост системе.
- RAID приложение не зависит от хост системы: никаких проблем с целостностью данных, даже если хост система полностью выходит из строя.
- Усиленная защита в случае потери питания: Hardware RAID реализация обычно сохраняет информацию о происходящих в данный момент операциях записи в энергонезависимой памяти. Software RAID не обладают такой защитой, что делает восстановление данных при потере питания для операций записи проблематичным.
- Хорошая защита от вирусных атак: RAID том полностью независим от хост системы и ОС. Никаких проблем, связанных с целостностью данных, не случится, если произойдут неисправности в хост системе.
- Разгружает хост систему с точки зрения выполнения задачи RAID: лучше всего подходит для комплексных RAID 5 или RAID 6 сценариев, которые обычно имеют лучшие показатели цена/производительность.
- Специализированные GUI и утилиты для создания и обслуживания RAID томов: простая процедура создания и обслуживания RAID.
- Легче осуществить замену и миграцию: отдельные платы могут быть установлены в любую систему и могут быть легко заменены или модифицированы до самой последней, наиболее производительной модели. Они могут легко переноситься из одной ОС в другую.
- Поддерживаются дополнительные функции RAID: например, подключение дисков “на горячую”, динамическую смену уровня RAID и т.д.
- Кэширование на RAID контроллере: ускоряет время доступа к данным с помощью кэширования операций записи, если память использует модуль защиты кэша.
- Зависит от версии и модели драйвера.

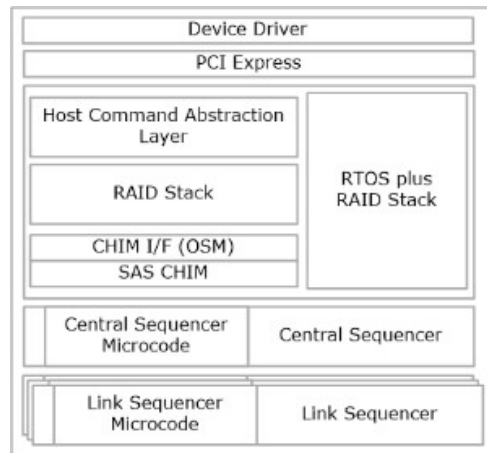
Недостатки реализации RAID как отдельной платы:

- Высокая стоимость: процессор Ввода-Вывода и дополнительная память на плате увеличивают стоимость решения.

Интегрированный Hardware RAID решения, базирующиеся на RAID-on-Chip (ROC) технологии

В ROC решениях RAID процессор, контроллер памяти, хост интерфейс, интерфейсы Ввода-Вывода для подключения дисков и, иногда, даже память, все эти компоненты интегрированы в одну микросхему. Данная микросхема может быть установлена на материнскую плату и, тем самым, предлагать возможности RAID решения за более оптимальную цену (поскольку, требуется всего лишь одна, большая интегральная схема ASIC). ROC, как правило, замещает интерфейсы Ввода-Вывода, которые Вы можете найти на многих серверных материнских платах (например, микросхема SCSI контроллера). Это означает, что ROC решения дают больше возможностей, чем просто возможности подключения жестких дисков.

Рисунок 4 • Интегрированный Hardware RAID



Преимущества hardware RAID на основе ROC:

- Защита при загрузке: никакого негативного влияния на целостность данных, когда загрузочные диски имеют ошибки или полностью выходят из строя.
- RAID приложение не зависит от хост системы: никаких проблем с целостностью данных, даже если хост система полностью выходит из строя.
- Хорошая защита от вирусных атак: RAID том полностью независим от хост системы и ОС.
- Дополнительная защита в случае потери питания: Hardware RAID реализация обычно сохраняет информацию о происходящих в данный момент операциях записи в энергонезависимой памяти. Software RAID не обладают такой защитой, что делает восстановление данных при потере питания для операций записи проблематичным.
- Разгружает хост систему с точки зрения выполнения задачи RAID: лучше всего подходит для комплексных RAID 5 или RAID 6 сценариев, которые обычно имеют лучшие показатели цены/производительности.
- Специализированные GUI и утилиты для создания и обслуживания RAID томов: простая процедура создания и обслуживания RAID.
- Поддерживает дополнительные RAID функции: например, подключение дисков “на горячую”, динамическое изменение RAID уровня или увеличение емкости RAID тома.
- Кэширование на RAID контроллере: ускоряет время доступа к данным с помощью кэширования операций записи, если память использует модуль защиты кэша.
- Реализуется как RAID on the Motherboard (ROMB) или с помощью отдельных плат.

Недостатки ROC hardware на основе ROC:

- Средняя цена: меньше соединений на микросхеме, это уменьшает цену и добавляет надежности по сравнению с отдельной платой RAID контроллера. Благодаря высокой интеграции процессора Ввода-Вывода и интерфейсов Ввода-Вывода на одной микросхеме, такие чипы могут иметь ограничения по частоте синхронизации. Следующее поколение не будет иметь этого недостатка.
- Ограниченная гибкость и ограниченные возможности модификации: RAID модификация и перенос на другие системы возможны, только если они оборудованы таким же (совместимым) ROC решением.

Так что же лучше для Вашего приложения: Software RAID или Hardware RAID?

Теперь, когда Вы понимаете различия между этими RAID реализациями, давайте рассмотрим несколько типичных проектов серверных систем, где Вы можете оптимизировать RAID подсистему так, чтобы она удовлетворяла всем Вашим требованиям и имела оптимальный показатель цены и производительности.

Software RAID средствами операционной системы

В чистом виде software RAID решение лучше всего использовать для томов начального уровня RAID 0 или 1, где производительность или доступность данных – главное требование. Однако, software RAID не может быть использован как загрузочное устройство, поскольку RAID функциональность операционной системы доступна только после загрузки ОС.

Целевые приложения

- Сервера начального уровня с высокими требованиями к производительности;
- Сервера начального уровня с требованиями к высокой доступности данных.

Software RAID с поддержкой со стороны hardware

Software RAID с поддержкой со стороны hardware работает хорошо как решение с оптимальной ценой, он похож на software RAID средствами ОС, но с требованиями поддержки загрузки.

Целевые приложения

- Рабочие станции без требования к большой емкости системы хранения;
- Сервера начально уровня с требованиями к защите процесса загрузки.

Hardware RAID

Hardware RAID решения применяются для наиболее требовательных приложений с высокой производительностью. Эти решения могут быть реализованы как RAID на материнской плате (ROMB) или как отдельный RAID контроллер, чтобы масштабировать производительность и доступность (включая избыточность и самих контроллеров).

Целевые приложения

- Сервера начально уровня с требованиями большой емкости хранения;
- Компьютерные системы, подключённые к сетевым сегментам хранения.

Больше Hardware RAID

В общем, hardware RAID предлагают больше преимуществ по сравнению с software решениями для более сложных алгоритмов RAID. Измерения показывают, например, что для software RAID 6 мы наблюдаем серьезную нагрузку на вычислительные ресурсы системы, особенно в режиме “degraded” (при выходе диска из строя). Это делает hardware RAID гораздо более предпочтительным в таких конфигурациях.

Целевые приложения

- Высокопроизводительные рабочие станции с требованиями большой емкости хранения;
- Серверные системы от начального уровня до корпоративного, требующие высокой производительности и масштабируемости со стороны подсистемы хранения.

Таблица 2 • Особенности различных типов RAID реализаций

Особенности	Software RAID средствами ОС	Software RAID с поддержкой со стороны hardware	Hardware RAID контроллер в виде ROC или отдельной платы



Защита данных на этапе загрузки	Нет	Да	Да
Возможность кэширования операций записи	Нет	Нет	Да

Особенности	Software RAID средствами ОС	Software RAID с поддержкой со стороны hardware	Hardware RAID контроллер в виде ROC или отдельной платы
Дополнительная защита при потере электропитания	Нет	Нет	Да
Независимость функции RAID от ОС	Нет	Нет	Да
RAID производительность	Зависит от нагрузки на сервер	Зависит от нагрузки на сервер	Высокая: не зависит от нагрузки на сервер
Влияние компьютерных вирусов	Да	Да	Нет
Настройка на этапе загрузки	Нет	Да	Да
Возможность перехода на другие версии ОС	Нет	Ограниченно	Да
Типовые RAID приложения	RAID 0, 1	RAID 0, 1	Более сложные RAID: RAID 5 или RAID 6
Работа с любыми дисками	Нет	Да	Да
Влияние на производительность ЦПУ	Высокая	Высокая	Низкая

Заключение

Цель данной статьи показать преимущества, которые hardware RAID предлагает по сравнению с software RAID решениями.

Преимущества полупроводниковых технологий заключаются в том, что они разрешают интеграцию процессоров, требующихся для hardware RAID в виде одной микросхемы, и скоро целиком в серверный чипсет, что, безусловно, снизит цену проекта. Эта уменьшенная стоимость позволит более широкое применение hardware RAID решений в малобюджетных серверах, делая их доступными для большего числа пользователей.

На сегодняшний день новые уровни защиты данных и управления доступны пользователям – RAID 6 с защитой от выхода из строя двух дисков и шифрование данных, два примера, которые показывают эту тенденцию. В большинстве случаев, такие hardware RAID реализации могут помочь получить более производительные и менее дорогие решения чем внешние RAID решения.



Штаб-квартира Корпорации Microsemi
 One Enterprise, Aliso Viejo, CA 92656 USA
 Для звонков внутри США: +1 (800) 713-4113
 Для звонков из других стран: +1 (949) 380-6100
 Для клиентов в России +1 (949) 215-4996
 email: sales.support@microsemi.com
 storage.microsemi.com/ru-ru/

© 2017 Microsemi Corporation. Все права защищены. Microsemi и логотип Microsemi являются зарегистрированными торговыми марками корпорации Microsemi. Все другие упомянутые торговые марки и сервисы являются собственностью соответствующих владельцев.

Компания Microsemi не принимает никаких рекламаций и не предоставляет никаких гарантийных или иных обязательств относительно информации, содержащейся в данном документе, или соответствия данных продуктов и сервисов для каких-либо практических целей. Также, компания Microsemi не несет никакой ответственности за ситуации, возникающие при использовании данных приложений, продуктов или их подсистем. Любые упомянутые продукты или какие-либо другие продукты, проданные компанией Microsemi, подвергаются ограниченному тестированию и в силу этого не могут быть использованы совместно с критически важными приложениями или критически важным оборудованием. Любые предоставленные спецификации по производительности считаются надежными, но они не подвергаются широкой и детальной проверке. Покупатели должны проводить тестирование производительности и проверять другие характеристики продуктов изолированно и совместно с другими конечными продуктами или методом установки в другие конечные продукты. Покупатели не должны основываться на данных и спецификациях или параметрах, предоставляемых компанией Microsemi. Покупатель несет ответственность за независимую оценку применимости продуктов, а также за тестирование и верификацию этого. Информация, предоставляемая компанией Microsemi в данном документе, предоставляется по принципу "как есть", и все возможные неисправности и риски, связанные использованием данной информации, целиком оцениваются покупателем и целиком в его ответственности. Компания Microsemi не предоставляет, явно или не явно, никому никаких прав на использование патентов, лицензий или каких-либо других прав на интеллектуальную собственность, независимо по отношению к данной информации или к чему-либо, связанному с данной информацией. Информация, предоставляемая в данном документе, является собственностью компании Microsemi, компания Microsemi оставляет за собой право вносить какие-либо изменения в данный документ или в какие-либо продукты и сервисы в любое время без предварительного уведомления.

Корпорация Microsemi (Nasdaq: MSCC) предлагает значительный набор полупроводниковых и системных решений в области коммуникации, безопасности и обороны, а также для воздушно-космических систем и для различных производственных областей. Линейка продуктов включает в себя высокопроизводительные и защищенные от радиации аналоговые и аналого-цифровые интегральные микросхемы, FPGAs, SoCs и ASICs, системы управления питанием, компоненты систем сверхточного времени и синхронизации, устанавливающих международные стандарты точности, устройства обработки голосовой информации, системы для работы с высокочастотными и дискретными сигналами, системы хранения и обмена информацией корпоративного класса, технологии защиты информации и продукты для предотвращения несанкционированного доступа к информации, Ethernet решения, микросхемы и продукты Power-over-Ethernet, а также сервисы и возможности для создания продуктов и систем по заказам клиентов. Штаб-квартира корпорации Microsemi расположена в Алисо-Вьехо в Калифорнии. Штаб компании, примерно, 4800 человек по всему миру. Более подробную информацию можно получить на Web сайте www.microsemi.com.

ESC-2171644