Внутренняя память

Данный раздел сайта посвящен

внутренней памяти компьютера и работе с ней.

*Внутренняя память* – это запоминающее устройство, напрямую связанное с процессором и предназначенное для хранения выполняемых программ и данных, непосредственно участвующих в вычислениях. Обращение к внутренней памяти ПК осуществляется с высоким быстродействием, но она имеет ограниченный объем, определяемый системой адресации машины. Информация во внутренней памяти не сохраняется при выключении питания.

**Основными характеристиками микросхем памяти различных типов являются:**

– объем;

– разрядность;

– быстродействие;

– временная диаграмма (циклограмма).

Объем установленной в компьютере оперативнойпамяти определяет, с каким программным обеспечением можно на нем работать. При недостаточном объеме оперативной памяти многие программы либо не будут работать совсем, либо будут работать крайне медленно.

**Внутренняя память в свою очередь также различается по типам:**

– ОЗУ (оперативное запоминающие устройство);

– ПЗУ (постоянное запоминающие устройство);

– CMOS-память;

– Кэш-память;

– Видеопамять.

Рассмотрим каждый из типов подробнее.

**Оперативная память или ОЗУ**

*Оперативная память, или оперативное запоминающее устройство (ОЗУ),*  по объему составляющая большую часть внутренней памяти, служит для приема, хранения и выдачи информации. При выключении питания содержимое оперативной памяти в большинстве случаев теряется. Эта память называется оперативной, поскольку является самой быстродействующей запоминающей системой компьютера и работает так быстро, что процессору практически не приходится ждать при чтении данных из памяти или записи в нее. Оперативная память обозначается *RAM (Random Access Memory – память с произвольным доступом)*. Различают динамическую (DRAM) и статическую (SRAM) память.

***DRAM память***

В большинстве систем оперативной памяти современных ПК используется *динамическая оперативная память или DRAM (Dynamic Random Access Memory, динамическая оперативная память с произвольным доступом)*. Это тип памяти, содержимое которой может сохраняться только в том случае, если оно будет обновляться через короткие интервалы времени. Динамическому ОЗУ нужна регенерация.

Основное преимущество памяти этого типа состоит в том, что ее ячейки упакованы очень плотно, т.е. в небольшую микросхему можно упаковать много битов, а значит, на их основе можно построить память большой емкости. *Ячейки памяти в микросхеме DRAM* – это крошечные конденсаторы, которые удерживают заряды. В настоящее время имеются микросхемы динамической оперативной памяти емкостью 16 Гбайт и больше. Это означает, что подобные микросхемы содержат миллиарды транзисторов. В микросхеме памяти все транзисторы и конденсаторы размещаются последовательно, обычно в узлах квадратной решетки в виде очень простых, периодически повторяющихся структур.

Важным элементом памяти типа DRAM является чувствительный усилитель-компаратор, подключённый к каждому из столбцов «прямоугольника». При чтении данных из памяти усилитель-компаратор реагирует на слабый поток электронов, устремившихся через открытые транзисторы с обкладок конденсаторов, и считывает одну строку целиком. Чтение и запись выполняются построчно; обмен данными с отдельно взятой ячейкой невозможен.

Достоинства и недостатки DRAM представлены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| Достоинства | Недостатки |
| Малое число элементов на одну ячейку, откуда высокая плотность упаковки, большой объем памяти на одном кристалле | Необходимость периодического перезаряда элементов памяти, а это: уменьшает быстродействие, усложняет схемы обслуживания памяти |
| Малое потребление мощности | При отсутствии питания стирается вся информация |

Типы динамической памяти с произвольным доступом (DRAM) представлены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| Асинхронная | FPM RAM; EDO RAM |
| Синхронная | SDRAM; DDR SDRAM; Mobile DDR (LPDDR); DDR2 SDRAM; DDR3 SDRAM; DDR4 SDRAM; DDR5 SDRAM; HBM; HMC |
| Графическая | VRAM; WRAM; MDRAM; SGRAM; GDDR; GDDR2; GDDR3; GDDR4; GDDR5; GDDR6 |
| Rambus | RDRAM; XDR DRAM; XDR2 DRAM |
| Модули памяти | SIPP; SIMM; DIMM; SO-DIMM; UniDIMM; RIMM |

DRAM применяется для производства модулей оперативной памяти.

***SRAM память***

*Статическая память с произвольным доступом (SRAM, Static Random Access Memory)* – полупроводниковая оперативная память, в которой каждый двоичный или троичный разряд хранится в схеме с положительной обратной связью, позволяющей поддерживать состояние без регенерации, необходимой в динамической памяти. Тем не менее, сохранять данные без перезаписи SRAM может, только пока есть питание, то есть SRAM остается энергозависимым типом памяти.

Как и в динамической, в статической памяти триггеры объединяются в единую матрицу, состоящую из строк (row) и столбцов (column), последние из которых так же называются битами (bit).

В отличие от ячейки динамической памяти, для управления которой достаточно всего одного ключевого транзистора, ячейка статической памяти управляется как минимум двумя. Это не покажется удивительным, если вспомнить, что триггер, в отличие от конденсатора, имеет раздельные входы для записи логического нуля и единицы соответственно. Таким образом, на ячейку статической памяти расходуется целых шесть транзисторов: четыре идут, собственно, на сам триггер и еще два - на управляющие "защелки".

Причем, шесть транзисторов на ячейку – это еще не предел. Существуют и более сложные конструкции. Основной недостаток шести транзисторной ячейки заключается в том, что в каждый момент времени может обрабатываться всего лишь одна строка матрицы памяти. Параллельное чтение ячеек, расположенных в различных строках одного и того же банка невозможно, равно как невозможно и чтение одной ячейки одновременно с записью другой.

Достоинства и недостатки SRAM представлены в таблице.

|  |  |
| --- | --- |
| Достоинства | Недостатки |
| Быстрый доступ.  SRAM – это действительно память произвольного доступа, доступ к любой ячейке памяти в любой момент занимает одно и то же время | Невысокая плотность записи (шесть-восемь элементов на бит вместо двух у DRAM) |
| Простая схемотехника – SRAM не требуются сложные контроллеры | Дороговизна килобайта памяти |
| Возможны очень низкие частоты синхронизации, вплоть до полной остановки синхроимпульсов | Особенность: непредсказуемое (произвольное) содержимое памяти после включения питания |

Существует как минимум три типа статической памяти: асинхронная, синхронная и конвейерная.

SRAM применяется в микроконтроллерах и ПЛИС, в которых объём ОЗУ невелик (единицы килобайт), зато нужны низкое энергопотребление (за счёт отсутствия сложного контроллера динамической памяти), предсказываемое с точностью до такта время работы подпрограмм и отладка прямо на устройстве.

В устройствах с большим объёмом ОЗУ рабочая память выполняется как DRAM. SRAM же применяется для регистров и кэш-памяти.

**Постоянная память или ПЗУ**

Первую свою команду процессор находит в памяти, которая в отличие от магнитных и оптических дисков является внутренней и в отличие от ОЗУ, энергонезависимой, т.е. хранит информацию постоянно, даже после выключения компьютера. Такая память называется *ПЗУ (ROM – Read Only Memory, память только для чтения)* – постоянное запоминающее устройство. Микросхема ПЗУ устанавливается так, что ее память занимает нужные адреса, поэтому процессор начинает свою работу в постоянную память, заготовленную для него заранее. Из ПЗУ можно только читать информацию. ПЗУ хранит информацию постоянно, даже после выключения компьютера.

В постоянной памяти хранятся программы, необходимые для запуска компьютера и «зашитые» в нее при изготовлении. Основное назначение этих программ состоит в том, чтобы проверить состав и работоспособной компьютерной системы сразу после включения.

Для упрощения разработки новых устройств, основанных на ПЗУ, были выпущены программируемые ПЗУ, которые можно было программировать в условиях эксплуатации. Следующая разработка этой линии – стираемое программируемое ПЗУ, которое можно не только программировать в условиях эксплуатации, но и стирать с него информацию, подвергнув его воздействию сильного ультрафиолетового света в течение 15 минут. Следующий этап – электронно-перепрограммируемое ПЗУ, с которого можно стирать информацию, прилагая к нему импульсы, и которое не нужно для этого помещать в специальную камеру, чтобы подвергнуть воздействию ультрафиолетовых лучей. Кроме того, чтобы перепрограммировать данное устройство, его не нужно вставлять в специальный аппарат для программирования, в отличие от стираемого программируемого ПЗУ.

Постоянные запоминающие устройства стали находить применение в технике задолго до появления ЭВМ и электронных приборов. В частности, одним из первых типов ПЗУ был кулачковый валик, применявшийся в шарманках, музыкальных шкатулках, часах с боем. С развитием электронной техники и ЭВМ возникла необходимость в быстродействующих ПЗУ. В эпоху вакуумной электроники находили применение ПЗУ на основе потенциалоскопов, моноскопов, лучевых ламп. В ЭВМ на базе транзисторов в качестве ПЗУ небольшой ёмкости широко использовались штепсельные матрицы. При необходимости хранения больших объёмов данных (для ЭВМ первых поколений — несколько десятков килобайт) применялись ПЗУ на базе ферритовых колец (не следует путать их с похожими типами ОЗУ). Именно от этих типов ПЗУ и берёт своё начало термин «прошивка» — логическое состояние ячейки задавалось направлением навивки провода, охватывающего кольцо. Поскольку тонкий провод требовалось протягивать через цепочку ферритовых колец для выполнения этой операции применялись металлические иглы, аналогичные швейным. Да и сама операция наполнения ПЗУ информацией напоминала процесс шитья.

**CMOS-память**

*CMOS-память* – энергозависимая, перезаписываемая память, которая при своей работе, однако, почти не потребляет энергии. CMOS – Comрlementary Metal Oxode Semiconductor переводится как «комплиментарный металл–оксид–полупроводниковый». В CMOS-памяти компьютера находятся важные для его работы настройки, которые пользователь может менять для оптимизации работы компьютера. Питается эта память от небольшого аккумулятора, встроенного в материнскую плату.

Для изготовления затворов в CMOS-ячейках на ранних этапах применялся алюминий. Позже, с появлением самосовмещённой технологии, которая предусматривала использование затвора не только как конструктивного элемента, но одновременно как маски при получении сток-истоковых областей, в качестве затвора стали применять поликристаллический кремний.

Компьютеры с ISA шиной (содержащие процессоры вплоть до i80286), имели минимум настроек. Часто они вполне нормально работали в своей основной конфигурации. Ситуация изменилась после появления на компьютерах памяти более чем 16 Мбайт, IDE-контроллеров и PCI-шины. Как выяснилось, в большинстве случаев стандартная настройка материнской платы стала неприменимой. Для сохранения настроек пользователя их стали хранить в CMOS-памяти.

**Иногда содержимое CMOS-памяти разрушается. Это возможно в следующих случаях:**

– воздействие вируса: при своей работе вирус может специально внедряться в CMOS-память, чтобы обеспечивать лучшие условия для его распространения, либо специально вывести компьютер из строя;

– неисправность аккумулятора: в некоторых случаях аккумулятор CMOS-памяти может разряжаться (от времени или короткого замыкания на плате), тогда содержимое CMOS может разрушиться не сразу, а по прошествии двух-трех суток;

– скачок напряжения при работе с CMOS: последствия непредсказуемы.

Для восстановления параметров CMOS-памяти после ее сброса существуют опции «стандартной» и «безопасной» настройки этой памяти на материнской плате. Пользователю в этом случае придется восстанавливать не все, а только часть параметров. Опции «стандартной» и «безопасной» настройки хранятся в ПЗУ и изменить их невозможно.

**Кэш-память**

*Кэш (англ. cache), или сверхоперативная память* – очень быстрое ЗУ небольшого объёма, которое используется при обмене данными между микропроцессором и оперативной памятью для компенсации разницы в скорости обработки информации процессором и несколько менее быстродействующей оперативной памятью.

Кэш-памятью управляет специальное устройство – контроллер, который, анализируя выполняемую программу, пытается предвидеть, какие данные и команды вероятнее всего понадобятся в ближайшее время процессору, и подкачивает их в кэш-память. При этом возможны как "попадания", так и "промахи". Когда клиент кэша (ЦПУ, веб-браузер, операционная система) обращается к данным, в первую очередь исследуется кэш. Если в кэше найдена запись с идентификатором, совпадающим с идентификатором затребованного элемента данных, то используются элементы данных в кэше. Такой случай называется попаданием кэша. Если в кэше не найдена запись, содержащая затребованный элемент данных, то он читается из основной памяти в кэш, и становится доступным для последующих обращений. Такой случай называется промахом кэша. Процент обращений к кэшу, когда в нём найден результат, называется уровнем попаданий, или коэффициентом попаданий в кэш.

Когда процессор первый раз обращается к ячейке памяти, ее содержимое параллельно копируется в кэш, а в случае повторного обращения в скором времени может быть с гораздо большей скоростью выбрано из кэша. Кэш-память напрямую влияет на скорость вычислений и помогает процессору работать с более равномерной загрузкой.

Кэш состоит из набора записей. Каждая запись ассоциирована с элементом данных или блоком данных (небольшой части данных), которая является копией элемента данных в основной памяти. Каждая запись имеет идентификатор, часто называемый тегом, определяющий соответствие между элементами данных в кэше и их копиями в основной памяти.

Кэш-память реализуется на микросхемах статической памяти SRAM (Static RAM), более быстродействующих, дорогих и малоёмких, чем DRAM. Современные микропроцессоры имеют встроенную кэш-память, так называемый кэш первого уровня размером до 384 Кбайт. Кроме того, на системной плате компьютера может быть установлен кэш второго уровня ёмкостью до 12 Мб. Но новинки имеют кэш-память емкостью до 32 Мб.

**Видеопамять**

*Видеопамять* – это внутренняя оперативная память, отведённая для хранения данных, которые используются для формирования изображения на экране монитора. При этом в видеопамяти может содержаться как непосредственно растровый образ изображения (экранный кадр), так и отдельные фрагменты как в растровой (текстуры), так и в векторной (многоугольники, в частности треугольники) формах. Эта память обычно входит в состав видеоконтроллера – электронной схемы, управляющей выводом изображения на экран. Контроллер выполняется в виде специальной платы, вставляемой в разъем системной шины компьютера, но на многих компьютерах он входит в состав системной (материнской) платы.

При изготовлении видеокарт уже достаточно давно используется память GDDR3. На смену ей пришла GDDR4, которая имеет более высокую пропускную способность, чем GDDR3. Однако, GDDR4 не получила широкого распространения вследствие плохого соотношения «Цена-производительность» и ограниченно использовалась лишь в некоторых видеокартах верхнего ценового сегмента (например, Radeon X1950XTX, HD 2900 XT, HD3870). Далее появилась память GDDR5, которая по состоянию на 2012 год является наиболее массовой, GDDR3 используется в бюджетном сегменте. В 2018 году в топовых видеокартах устанавливается память типа HBM и HBM2, GDDR5X и GDDR6.

Латентность – это время выборки данных из памяти. Чем меньше данный параметр, тем лучше, так как не будут наблюдаться значительные задержки при обращении к памяти. У современных видеокарт латентность схем памяти составляет менее 1-2 нс.

Также видеопамять отличается от «обычной» системной ОЗУ более жёсткими требованиями к ширине шины.

Графическая шина данных – это магистраль, связывающая графический процессор и память видеокарт.

**Шина данных видеопамяти бывает:**

– 32-битной;

– 64-битной;

– 128-битной;

– 192-битной (нестандартная шина памяти);

– 256-битной;

– 320-битной (нестандартная шина памяти);

– 384-битной (нестандартная шина памяти);

– 448-битной (нестандартная шина памяти);

– 512-битной;

– 768-битной (нестандартная шина памяти);

– 896-битной (нестандартная шина памяти);

– 1024-битной;

– 2048-битной (только HBM-память);

– 3072-битной (только HBM2-память);

–4096-битной (только HBM2-память).

Имеет значение соотношение количества памяти, её типа и ширины шины данных: 512 МБ DDR2, при ширине шины данных в 128 бит, будет работать медленнее и гораздо менее эффективно, чем 256 МБ GDDR3 при ширине шины в 128 бит и т.п. По понятным причинам, 256 МБ GDDR3 с шириной шины 256 бит лучше, чем 256 МБ GDDR3 с шириной шины в 128 бит и т.п.

Видеопамять обычно имеет объем 256 Кбайт. На некоторых моделях видеоадаптера объем видеопамяти может быть увеличен до 512 Мбайт.