В этой задаче нужно уметь правильно посчитать количество записывающих элементов на флэшке, хотя оно, вроде бы, указано явно в самом условии задачи.

Гигабайт (Гб) — кратная единица измерения количества информации, равная 1 073 741 824 (2^{30}) стандартным (8-битным) байтам или 1024 мегабайтам. Здесь «переводной» единицей байтов в килобайты («тысяча» байт), килобайт в мегабайты («миллион» байт), мегабайт в гигабайты («миллиард» байт) и гигабайт в терабайты (Тб, «тясяча миллиардов» байт) является величина 1024, а не 1000, как обычно.
Это связано с тем, что основой системы исчисления, связанной с компьютерной информацией, является не 10, как мы привыкли, а 2. 2, умноженное само на себя 10 раз (два в десятой степени, 2^{10}) и дает 1024.
Но и это еще не все. Нужно байты перевести в биты. Бит – это и есть физически наш записывающий элемент, который может находиться в двух состояниях – «включено-выключено», «заряжено-разряжено», «есть-нет». Так сложилось, что один байт – это 8 бит, при этом байт (совокупность битов «по старшинству») может иметь 2^8 или 256 состояний. Таким образом, задача о том, сколько «посадочной площади» на микросхемах памяти приходится на 8*64*1 073 741 824 бит (элементов) или примерно 550 * 10^9 элементов.
Предположим далее, что «флэшка» содержит 4 микросхемы (можете взять и больше, если хотите, но есть подозрение, что это 4 микросхемы, сделанных на доступных сейчас технологиях). Пусть (для простоты) каждая микросхема имеет площадь в 1 квадратный сантиметр, то есть общая площадь будет $4*10^{-4}$ квадратных метра (один квадратный сантиметр – 0.01 м, а тогда один см^2 = 0.0001 м^2). Осталось разделить одну величину на другую (в предположении, что в каждой схеме записывающие элементы находятся в один слой, хотя это может быть, видимо, и несколько): $4 *10^{-4} / 550 * 10^9 = 0.007 * 10^{-13} = 700 * 10^{-18}$ м^2. Тогда сторона (линейный размер) подобного квадрата составит около 25 нм. Это уже сейчас можно сделать с помощью существующих промышленных технологий.

Примечание – устройство флэш – памяти (по материалах ixbit http://www.ixbt.com/storage/flash-tech.shtml).

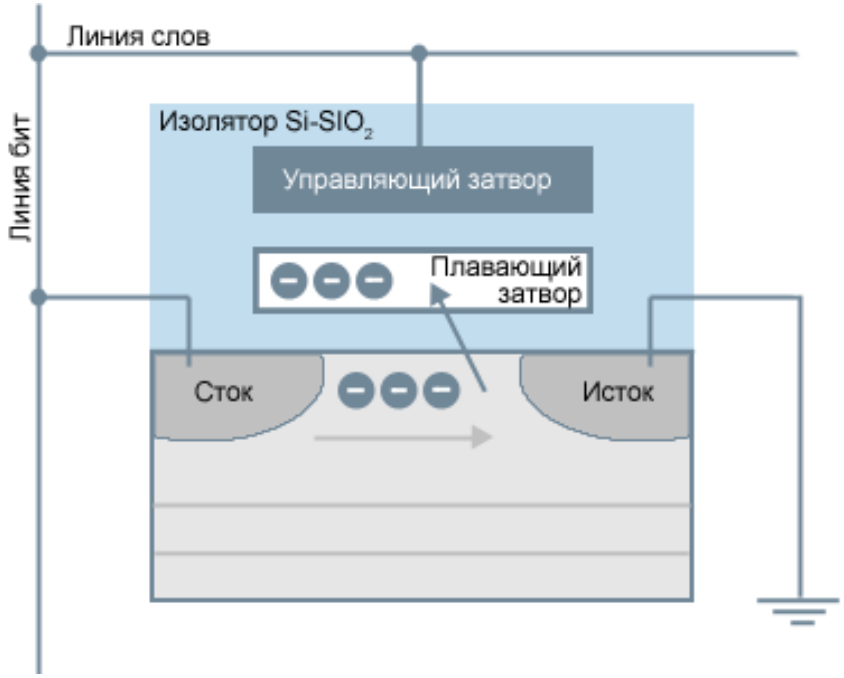


Схема обычно используемого элемента для хранения одного бита данных во «флэшках».

Впервые в 1989-90 году компания Toshiba употребила слово Flash в контексте «быстрый, мгновенный» при описании своих новых микросхем, хотя «изобретателем» все же стоит считать корпорацию Intel, представившая в 1988 году флэш-память с архитектурой NOR. Годом позже Toshiba разработала архитектуру NAND, которая и сегодня используется наряду с той же NOR во флэш – устройствах хранения информации.

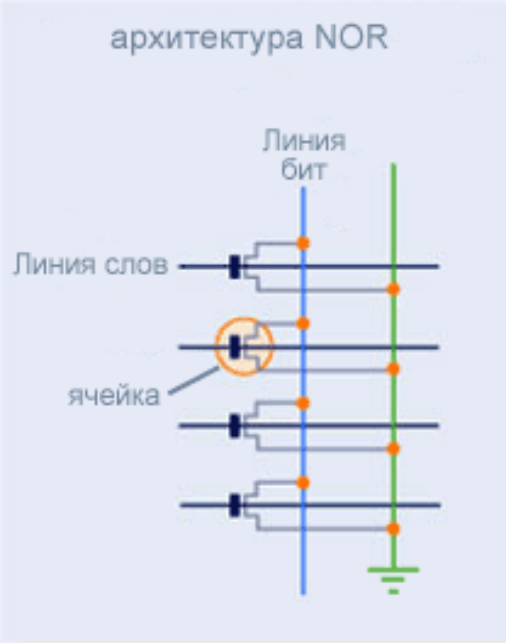
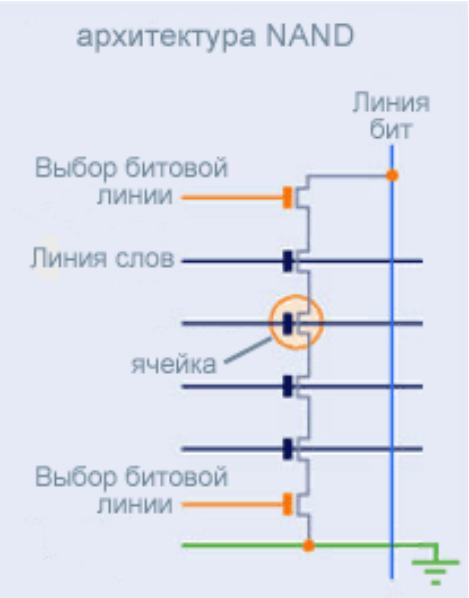


Схема логического элемента, давшего название первым «флэшкам» (NOR — Not OR — в булевой математике обозначает отрицание «ИЛИ»). С помощью нее осуществляется преобразование входных напряжений в выходные, соответствующие «0» и «1». Они необходимы, потому что для чтения/записи данных в ячейке памяти используются различные напряжения.

Эта схема характерна для большинства флэш-чипов и представляет из себя транзистор с двумя изолированными затворами: управляющим (control) и плавающим (floating). Важной особенностью последнего является способность удерживать электроны (заряд). Также в ячейке имеются так называемые «сток» и «исток». При программировании между ними, вследствие воздействия положительного поля на управляющем затворе, создается канал — поток электронов. Некоторые из электронов, благодаря наличию большей энергии, преодолевают слой изолятора (за счет эффекта туннелирования, весьма распространенного в наномире!) и попадают на плавающий затвор. На нем они могут храниться в течение нескольких лет. Определенный диапазон количества электронов (заряда) на плавающем затворе соответствует логической единице, а все, что больше его, — нулю. Для стирания информации на управляющий затвор подается высокое отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора переходят (туннелируют) на исток. В технологиях различных производителей этот принцип работы может отличаться по способу подачи тока и чтению данных из ячейки. В структуре флэш-памяти для хранения 1 бита информации задействуется только один элемент (транзистор), в то время как в энергозависимых типах памяти для этого требуется несколько транзисторов и конденсатор. Это позволяет существенно уменьшить размеры выпускаемых микросхем, упростить технологический процесс, а, следовательно, и снизить себестоимость. Но и один бит далеко не предел: Intel уже выпускает память StrataFlash, каждая ячейка которой может хранить по 2 бита информации. Кроме того, существуют пробные образцы, с 4-х и даже 9-и битными ячейками! В такой памяти используются технология многоуровневых ячеек. Они имеют обычную структуру, а отличие заключается в том, что заряд их делится

на несколько уровней, каждому из которых в соответствие ставится определенная комбинация бит. Теоретически прочитать/записать можно и более 4-х бит, однако, на практике возникают проблемы с устранением шумов и с постепенной утечкой электронов при продолжительном хранении. Вообще, у существующих сегодня микросхем памяти для ячеек характерно время хранения информации, измеряемое годами и число циклов чтения/записи — от 100 тысяч до нескольких миллионов. Из недостатков, в частности, у флэш-памяти с архитектурой NOR стоит отметить плохую масштабируемость: нельзя уменьшать площадь чипов путем уменьшения размеров транзисторов. Эта ситуация связана со способом организации матрицы ячеек: в NOR архитектуре к каждому транзистору надо подвести индивидуальный контакт. Гораздо лучше в этом плане обстоят дела у флэш-памяти с архитектурой NAND.



Организация элементов памяти в архитектуре NAND.

NAND — Not AND — в той же булевой математике обозначает отрицание «И». Отличается такая память от предыдущей логической схемой. Устройство и принцип работы ячеек у нее такой же, как и у NOR. Хотя, кроме логики, все-таки есть еще одно важное отличие — архитектура размещения ячеек и их контактов. В отличие от вышеописанного случая, здесь имеется контактная матрица, в пересечениях строк и столбцов которой располагаются транзисторы. Такая организация несколько лучше — площадь микросхемы можно значительно уменьшить за счет размеров ячеек. Недостатки заключаются в более низкой по сравнению с NOR скорости работы в операциях побайтового произвольного доступа. Существуют еще и такие архитектуры как: DiNOR (Mitsubishi), superAND (Hitachi) и пр. Принципиально нового ничего они не представляют, а лишь комбинируют лучшие свойства NAND и NOR. Разрабатываются и принципиально иные способы хранения информации, которые позволят существенно увеличить емкость носителей информации.