

# NAND ВМЕСТО NOR НАДЕЖНЫЕ РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ MACRONIX

М. Шейкин max.shaking@ya.ru

Технологии компании Macronix – одного из ведущих разработчиков и производителей энергонезависимой памяти – защищены более чем 4,5 тыс. патентов, а продукция изготавливается на трех фабриках, способных выпускать до 50 тыс. пластин в месяц. Для того чтобы не отставать от требований современного рынка флеш-памяти, компания обновляет линейки NAND-микросхем с последовательным интерфейсом, которые призваны заменить устаревающую по ряду параметров NOR-память.

**Д**о недавнего времени выбор типа флеш-памяти не вызывал трудностей у разработчиков электроники. NOR-память, благодаря более высокой скорости чтения по сравнению с NAND, применялась в качестве загрузочных ПЗУ для микроконтроллеров и ПЛИС, позволяя выполнять программный код непосредственно из памяти. В свою очередь, NAND-память опережает NOR по скорости записи информации, поэтому на основе NAND-микросхем создаются устройства хранения больших объемов информации. Низкая стоимость и высокая плотность NAND-памяти способствовали ее широкому распространению в сфере электроники.

Столь значительная разница между двумя типами флеш-памяти обусловлена их структурой. NOR-память представляет собой двумерную матрицу проводников, в которой на пересечении горизонтальных и вертикальных проводников находится по одной ячейке памяти на основе транзистора с плавающим затвором. Для того чтобы определить состояние любой ячейки, достаточно подать напряжение на нужные проводники. Структура NAND-памяти трехмерная. Вместо одного транзистора в узлах матрицы находятся столбцы (англ. string) из последовательно включенных ячеек. Благодаря такой компоновке плотность NAND-памяти выше, однако считать информацию со столбца ячеек сложнее, поэтому чтение данных из NAND-памяти занимает больше времени.

Миниатюризация и усложнение современной электроники заставляют производителей флеш-памяти искать новые способы повышения ее плотности. Например, в ячейке можно хранить не один бит, а два или даже три. Память такого типа обозначается как MLC (многоуровневые ячейки, Multi-level cell), а "классические" ячейки, в которых хранится один бит, называются SLC (Single level cell, одноуровневая ячейка). MLC-память высокой плотности стремительно завоевала рынок, на ее основе изготавливаются практически все массовые устройства хранения данных, в том числе карты памяти и накопители SSD.

Известное правило гласит, что выигрыш в одном направлении означает проигрыш в другом. Флеш-память не стала исключением – гонка за плотностью привела к снижению ее надежности. Ресурс ячейки памяти на основе транзистора с плавающим затвором ограничен: из-за протекающих через нее относительно больших токов ячейка деградирует, со временем повышается вероятность ошибок при чтении. Поскольку в NAND-структурах невозможно отслеживать заряд на каждом транзисторе, вероятность неверного чтения возрастает. Применение MLC еще более усложняет чтение данных и, как следствие, значительно снижает надежность памяти: ресурс MLC-памяти – 5–10 тыс. циклов перезаписи против 50–100 тыс. циклов для SLC. Более того, в рамках тонких технологических процессов все сложнее обеспечивать повторяемость

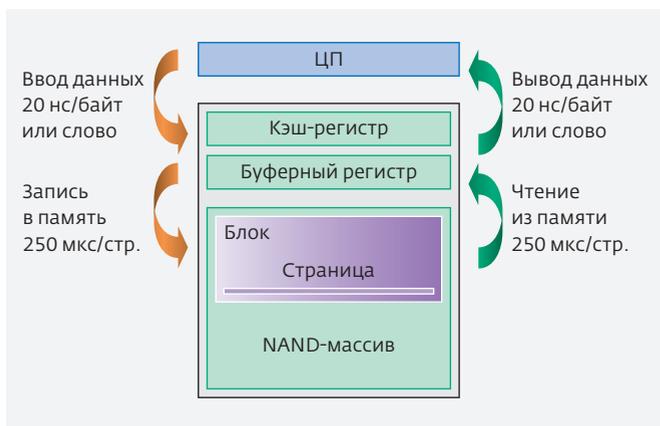


Рис.1. Структура флеш-памяти Masconix

конфигурации ячеек и предупреждать утечки зарядов. Поэтому при работе с NAND-памятью необходимо исправлять ошибки (ECC) и учитывать сбойные страницы, что обычно выполняет контроллер флеш-памяти. Но эти меры направлены на устранение ошибок, а не их причин.

Таким образом, разработчик встраиваемого изделия в непростой ситуации: проверенная NOR-память не удовлетворяет современным требованиям к плотности, а массовая MLC NAND флеш-память не годится из-за ограниченного ресурса. Разумный компромисс – память SLC NAND, сочетающая надежность и высокую плотность. Однако, несмотря на перспективность применения памяти этого типа в устройствах, которые отличаются высокой надежностью, ее доля на рынке флеш-памяти невелика. Лишь несколько компаний сохранили производство микросхем памяти SLC NAND. Среди них – тайваньская компания Masconix, один из ведущих поставщиков энергонезависимой памяти для встраиваемых систем. Совершенствуя технологии производства, компания стремится предложить достойную замену устаревающей NOR-памяти. Так, в представленной в конце 2014 года линейке микросхем Masconix MX30L/U-B были реализованы несколько решений, направленных на улучшение характеристик NAND-памяти.

Новые чипы, в отличие от 75-нм серии MX30L-A, изготавливаются по самой тонкой на конец 2014 года серийной технологии Masconix 35 нм. Отказавшись наращивать плотность записи за счет MLC, компания отдала предпочтение созданию микросхем с максимально возможным для коммерческой флеш-памяти ресурсом – до 100 тыс. циклов перезаписи.

Для ускорения работы с памятью Masconix дополняет стандартную архитектуру флеш-микросхем с буферной памятью кэш-регистром (рис.1).

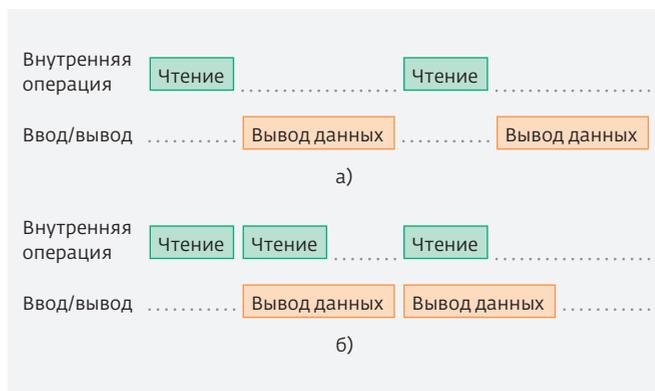


Рис.2. Диаграмма чтения данных из памяти без кэша (а) и с кэшем (б)

При чтении из памяти страница загружается в кэш и во время ее вывода через последовательный интерфейс следующая страница считывается в буфер. При этом вывод данных выполняется почти непрерывно: чтение из кэша требует значительно меньше времени, чем из флеш-памяти (рис.2). При размере страницы памяти 2 Кбайт скорость чтения повышается на 40%. Важно, что кэш-память доступна для чтения по любому адресу. Это позволило справиться с еще одним недостатком NAND-памяти – невозможностью чтения отдельных байтов.

Кэшированная запись выполняется по аналогичному принципу – во время записи страницы во флеш следующая порция данных загружается в буфер. Короткие паузы между циклами записи в память определяются лишь временем передачи данных из кэша в буфер. Загрузка новых данных в буфер выполняется с паузами (рис.3). Для страниц размером 2 Кбайт выигрыш в скорости записи при применении кэша составляет 25%.

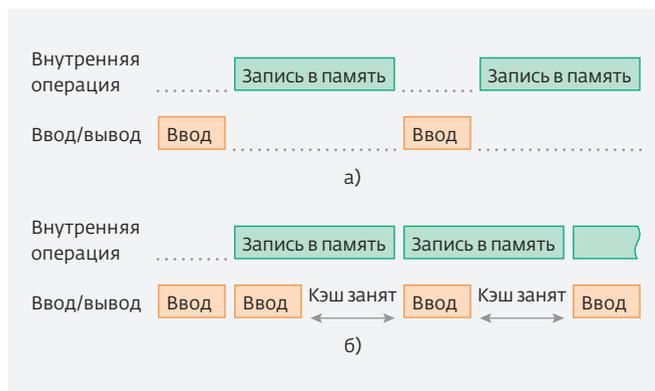


Рис.3. Диаграмма записи в память без кэша (а) и с кэшем (б)

Микросхемы SLC NAND MX30U/L-B компании Macronix

Микросхема	Объем, Гбайт	Ширина шины, бит	Скорость последовательного чтения, нс	Скорость записи страницы, мкс	Требуемый ЕСС, бит	Напряжение питания, В	Ток потребления, мА, макс.	Ток потребления, режим ожидания, мкА	Статус
MX30LF1GE8AB	1	8	20	320	–	2,7–3,6	30	50	Предпродажные образцы
MX30UF1G26(28)AB			25	350	8	1,7–1,95			В разработке
MX30LF2G28AB	2	20	300	–		2,7–3,6			Доступна
MX30LF2GE8AB					16				25
MX30UF2G26(28)AB	4	8	20	–		2,7–3,6			
MX30LF4G28AB					16				25
MX30LF4GE8AB	8	20	–	2,7–3,6		–			
MX30UF4G26(28)AB					4				16
MX30UF4G16(18)AB	8	–	–	–		–	–	Доступна	

Работать с памятью еще быстрее позволила реализованная в серии MX30L/U-B двухуровневая архитектура. По сути, в микросхеме находятся два независимых массива флеш-памяти (уровня), каждый со своим буфером и кэшем, которые объединены общим портом ввода-вывода. Благодаря этому появилась возможность работы одновременно с двумя страницами памяти – при условии, что они находятся на разных уровнях. При получении данных из памяти две страницы считываются независимо в буферы и затем по очереди выводятся через последовательный интерфейс. При записи информация по очереди заполняет оба буфера, а затем их содержимое одновременно переносится в две страницы памяти. Вкупе с кэшированием это повышает скорость записи (до трех раз для страниц объемом 2 Кбайт) по сравнению со стандартной флеш-памятью без буфера.

Из нововведений в серии MX30L/U-B также стоит отметить низковольтные микросхемы – оптимальный вариант для мобильных устройств с батарейным питанием, и 16-битную шину, которая также ускоряет работу с памятью. По состоянию на конец

2014 года серия MX30L/U-B включает микросхемы памяти объемом 2 и 4 Гбайт, также доступны предпродажные образцы некоторых гигабайтных чипов (таблица). Все микросхемы серии MX30 работают в диапазоне температур от –40 до 85°C, что позволяет применять их в промышленных приложениях и автомобильной электронике.

\* \* \*

С выходом новой линейки микросхем SLC NAND-памяти компания Macronix продолжает сохранять одну из лидирующих позиций на рынке надежной энергонезависимой памяти для встраиваемых систем. Благодаря сочетанию высокой скорости работы с максимальным для флеш-памяти ресурсом микросхемы MX30U/L-B найдут широкое применение в промышленном, автомобильном, авиационном оборудовании и прочих сегментах электроники, где высокая надежность изделий – одно из основных требований.

Часть материала предоставлена Н.Королевым, компания Inteltek Russia.