

ПАМЯТЬ FRAM – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.Данг

Сегодня широко распространены разнообразные встроенные беспроводные приложения. Однако их потенциал не реализован в полной мере из-за ряда проблем, связанных, в частности, с ограничениями емкости источников питания и объемов памяти микроконтроллеров, обеспечением безопасности при беспроводной передаче данных, надежностью и др. Недавно появившаяся сегнетоэлектрическая оперативная память (ferroelectric random access memory – FRAM) позволяет разработчикам эффективно решать эти проблемы. В статье рассказывается об уникальных особенностях FRAM и их использовании в беспроводных приложениях.

Память FRAM работает подобно DRAM (Dynamic random access memory – динамическая память с произвольным доступом), обеспечивая произвольный доступ к любым битам при чтении и записи. Но при этом FRAM, так же, как и флеш-память, является энергонезависимой – записанные в ней данные сохраняются при отключении питания. Таким образом, FRAM сочетает в себе преимущества традиционного ОЗУ и флеш-памяти.

Хотя FRAM доступна на рынке уже несколько лет, ее использовали только в специализированных устройствах хранения данных. Однако недавно эта память была интегрирована в микроконтроллеры, что значительно расширило круг возможных применений и позволило максимально реализовать ее выигрышные особенности: универсальность, гибкость, малое энергопотребление, большой ресурс и надежность. Рассмотрим, как проявляются преимущества FRAM в беспроводных системах.

РАЗНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ОДНОЙ ПЛАТФОРМЕ

Возможно, наиболее интересная особенность беспроводных коммуникаций – разнообразие конфигураций в плане радиопараметров (частоты,

полосы пропускания, выходной мощности, протоколов), сетевых топологий и др. Соответственно, различаются и требования к микроконтроллерам, используемым в беспроводных приложениях. Одно из основных различий – в объемах памяти. Даже в пределах одних протоколов и стандартов, таких как Wi-Fi, Bluetooth и NFC, конкретные реализации могут сильно различаться объемами требуемой памяти. При использовании традиционных микроконтроллеров с комбинацией флеш-памяти и ОЗУ объемы памяти для программ и данных диктуют выбор того или иного контроллера из стандартных линеек, обладающего необходимыми ресурсами. При таком подходе нельзя значительно увеличивать программный код из-за опасности превышения доступного объема памяти. Это вынуждает проектировать системы с большим запасом памяти, чтобы обеспечить в последующем их модернизацию – обновление программного обеспечения и/или хранение большего объема данных. Существует еще одна проблема – данный подход ограничивает использование инновационных решений в процессе разработки.

Универсальность FRAM дает разработчикам возможность сконфигурировать память

в соответствии с требованиями того или иного приложения. Добавление новых функций или изменение объема буфера данных теперь означает, образно говоря, просто перемещение слайдера в пределах одного типа памяти вместо поиска нового подходящего микроконтроллера (рис.1). Развивая этот подход, можно сказать, что гибкость FRAM дает возможность применять один и тот же микроконтроллер с определенной памятью для различных типов беспроводных протоколов. Так, FRAM достаточно скромного объема (16 Кбайт) в микроконтроллере MSP430FR5739 компании Texas Instruments (TI) обеспечивает поддержку ряда беспроводных протоколов с различными конфигурациями памяти (рис.2).

Преимущества FRAM особенно проявляются в системах с нестандартным соотношением между памятью программ и памятью данных – таких как, например, Wi-Fi-модуль SimpleLink Wi-Fi CC3000 компании TI (см. рис.2). В этой системе для Wi-Fi-стека требуется память данных объемом 3 Кбайт и память программ – 6 Кбайт. Но в приложении, используемом для отладки, нужно уже 5,7 Кбайт для Wi-Fi-буферов и данных самого приложения – это позволяет реализовать дополнительные функции и увеличить пропускную способность Wi-Fi-канала. Если использовать стандартные решения с типовым соотношением флеш-память/ОЗУ, равным 8:1, то потребуются микроконтроллер с ОЗУ 6 Кбайт и, соответственно, флеш-памятью 48 Кбайт. В то же время устройство с FRAM объемом 16 Кбайт позволяет разместить и программы, и данные. Поэтому именно микроконтроллер MSP430FR5739 был выбран для отладочного комплекта модуля SimpleLink Wi-Fi CC3000.

Таким образом, универсальность FRAM позволяет реализовывать приложения с различной

функциональностью и особенностями на одной и той же аппаратной платформе, с одним и тем же микроконтроллером. Кроме того, с помощью обновлений встроенного программного обеспечения (firmware) можно не только устранять ошибки, но и добавлять совершенно новые функции.

Еще одно преимущество применения FRAM – возможность использовать модульные беспроводные адаптеры, взаимозаменяемые на платформе с одним и тем же микроконтроллером, оснащенным FRAM. Это позволяет сократить время на разработку аппаратной части и сконцентрироваться на создании конечных приложений. Производители также могут воспользоваться этим преимуществом. Меньшее число вариантов означает более легкое управление складскими запасами комплектующих, меньшие расходы на создание изделий, и, что самое главное, более быстрый вывод на рынок новых усовершенствованных версий продуктов.

Правда, при использовании FRAM возрастает угроза сбоев и повреждений в памяти. Поскольку память программ и данных взаимозаменяемы, необходимо позаботиться о том, чтобы выделенные области памяти были защищены от несанкционированного доступа. Контроль доступа и границ – хорошо известные процедуры при разработке встроенного программного обеспечения. Но они достаточно сложны в случае, когда распределение памяти динамично изменяется при переходе к другой версии микропрограммы. Микроконтроллеры с FRAM обычно оснащены необходимыми функциями защиты памяти и контроля доступа. Важно, чтобы разработчики встроенного программного обеспечения полностью использовали эти функции для гарантии надежной работы приложений.

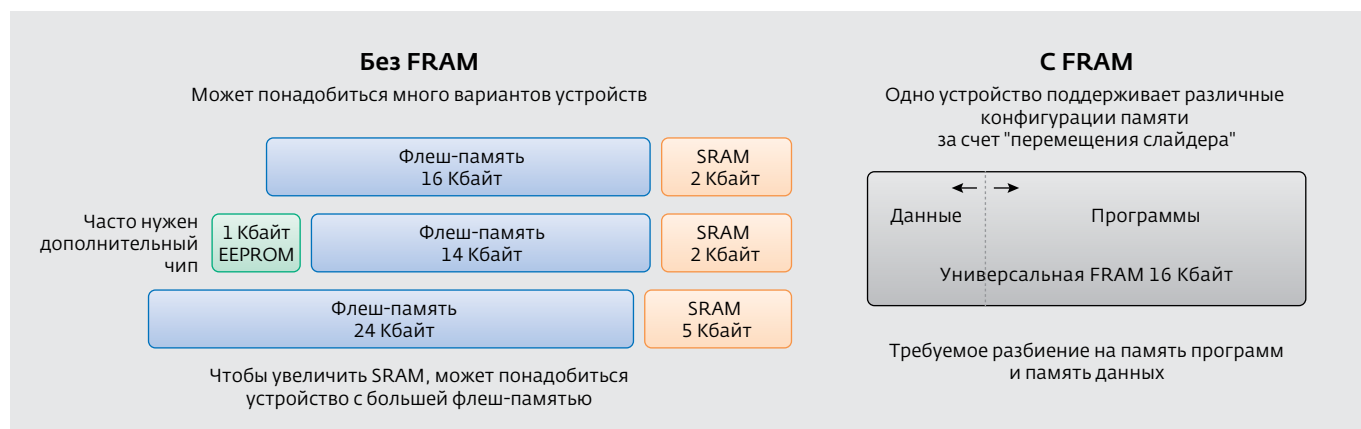


Рис.1. Выбор конфигурации памяти

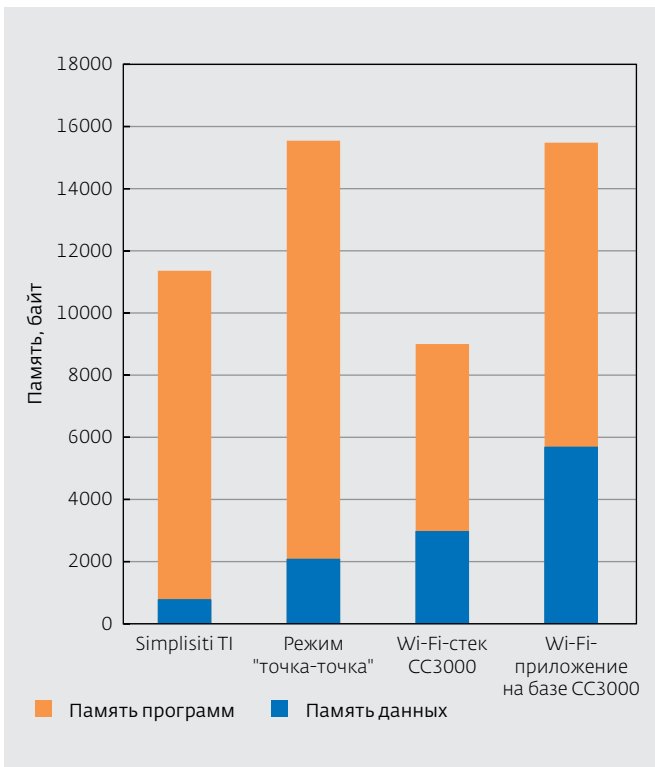


Рис.2. Требования к памяти в различных беспроводных приложениях, построенных на основе микроконтроллера MSP430FR5739

МАЛОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

В беспроводных приложениях, оптимизированных для низкого энергопотребления, значительное влияние на энергоэффективность системы может оказать процедура загрузки данных. Хорошо известно, что в беспроводных системах больше всего энергии расходуется, как правило, именно на передачу данных по радиоканалу. Поэтому логично предположить, что энергозатраты можно снизить за счет минимизации периода нахождения передатчика в активном режиме. Однако часто не обращают внимания на энергозатраты, вызванные дополнительными факторами, сопровождающими каждую передачу данных. К ним относятся включение радиомодуля, калибровка осциллятора и генератора частоты, а также переходы между различными режимами работы передатчика. Следовательно, необходимо увеличить периоды между передачами данных – в основном за счет записи как можно больших объемов данных перед началом следующей передачи. Ограничителем такого способа энергосбережения является объем памяти, доступный в микроконтроллере. В случае традиционной модели

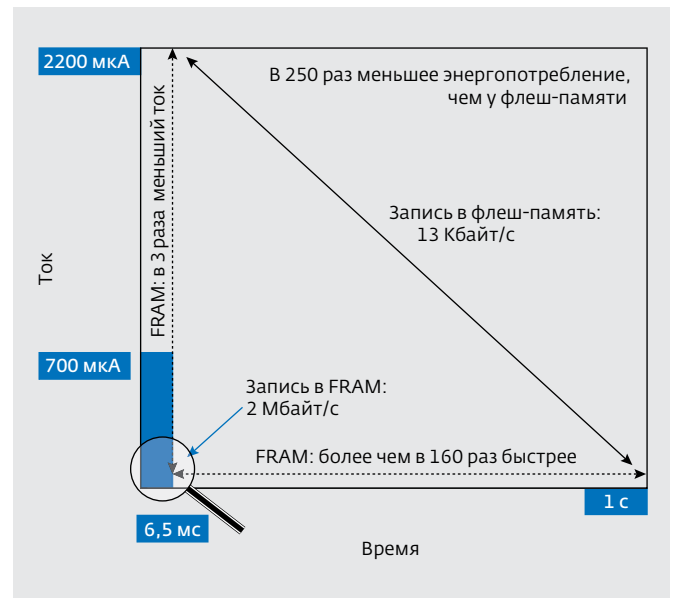


Рис.3. Запись в FRAM – малое энергопотребление и высокая скорость

с заданным соотношением ОЗУ и флеш-памяти решением проблемы, казалось бы, будет использование микроконтроллера с максимальным объемом флеш-памяти. Это действительно дает значительный объем для размещения данных, но в то же время при записи во флеш-память потребляется много энергии, а из-за очень медленной работы флеш-памяти ограничивается быстродействие системы. С другой стороны, ОЗУ работает гораздо быстрее, имеет меньшее энергопотребление и в некоторых микроконтроллерах – достаточный объем. Но, к сожалению, увеличение ОЗУ приводит к быстрому росту стоимости системы. Более того, энергозависимость ОЗУ вызывает проблемы в системах с "ненадежным" питанием, встречающихся, например, в приложениях с аккумулярованием энергии (energy-harvesting). Приходится или мириться с возможной потерей данных, или уменьшать периодичность работы радиочасти. FRAM помогает решить все эти проблемы за счет малого потребляемого тока и быстрой записи (рис.3).

В системах с автономным питанием благодаря низкому энергопотреблению FRAM повышается срок службы батарей или снижаются требования к их емкости. Это дает возможность не только сэкономить на источниках питания, но и снизить расходы на обслуживание системы.

Крайне малое энергопотребление при записи также значительно повышает надежность

системы, так как позволяет практически всегда завершить запись даже в случае внезапного перебоя в питании. В результате обеспечивается сохранность данных в процессе их загрузки или обработки.

Все это делает FRAM наиболее предпочтительным решением для загрузки и хранения данных в беспроводных приложениях, особенно в системах с автономным питанием.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Открытость беспроводных коммуникаций делает их уязвимыми перед угрозами безопасности. Поэтому необходимо обеспечить защиту как передачи данных, так и размещенной в системах интеллектуальной собственности (IP). FRAM предоставляет долговременное хранилище для зашифрованных данных и ключей безопасности. Например, некоторые операции при использовании устройств NFC требуют генерации ключей и записи в память до 100 раз в день. Типовая флеш-память имеет рабочий

ресурс 10^4 циклов записи/стирания. Если необходим ресурс в 10^5 циклов, то для каждого байта данных требуется 10 байт памяти. Ресурс же FRAM составляет 10^{15} циклов – в 100 млн. раз больше, чем у флеш-памяти. Сегодня FRAM – единственный тип энергонезависимой встраиваемой памяти для приложений, где необходимо порядка миллионов циклов записи/стирания.

Механизмы защиты интеллектуальной собственности (программного обеспечения, размещенного в микроконтроллере) также могут быть усовершенствованы благодаря универсальности FRAM. В частности, можно легко заблокировать соответствующие сегменты FRAM, чтобы обезопасить как само программное обеспечение, так и память данных, используемую для его выполнения.

Таким образом, FRAM обладает целым набором свойств, которые помогут значительно расширить возможности и области применения беспроводных приложений. ●