

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АДАПТИВНОГО СИГНАТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДОЗУ С ПЕРЕМЕННЫМ ПЕРИОДОМ РЕГЕНЕРАЦИИ

С. Б. Мусин, А. А. Иванюк
ООО Softeq Flash Solutions

Кафедра информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: sergei.musin@softeq.com, ivaniuk@bsuir.by

На основании проведенного анализа научных публикаций выделены требования к разработке подходов по применению метода адаптивного сигнатурного анализа для обеспечения надежного функционирования современных ДОЗУ в условиях переменного периода регенерации строк.

ВВЕДЕНИЕ

Современные динамические оперативные запоминающие устройства (ДОЗУ) являются основным хранилищем рабочих данных персональных и портативных компьютеров, мобильных систем и серверов, как коммерческих, так и специализированных компьютерных систем. Широкий охват различных областей применения накладывает разнообразные ограничения на архитектуру, технологию и схемотехнику ДОЗУ. Требования к объему памяти постоянно растут, так, уже в 2014 году все основные производители ДОЗУ перешли на технологию производства 20 нм, а в будущем планируют переход на технологию 3Д. Каждый следующий переход влечет за собой появление новых требований связанных с повышением быстродействия и объема ДОЗУ, а также понижением их энергопотребления и стоимости. Эти требования следует рассматривать в неразрывной связи с проблемой надежного хранения информации.

I. ПРОБЛЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ДОЗУ

Запоминающий элемент ДОЗУ состоит из транзистора доступа и накопительного конденсатора. Саморазряд конденсатора приводит к разрушению данных, поэтому ячейки ДОЗУ должны периодически регенерироваться. Регенерация всего массива запоминающих элементов ДОЗУ осуществляется построчно. Для модулей ДОЗУ большого объема памяти количество строк увеличивается, а период регенерации значительно уменьшается, что обусловлено сохранением времени общего цикла регенерации памяти. Так, для современных ДОЗУ объемом 8 Гб необходимость частой регенерации повышает энергопотребление, а также, в связи с приостановкой нормальных операций чтения/записи памяти, снижает производительности системы. Согласно [1] для ДОЗУ будущих поколений объемом 64 Гб производительность может падать до 50%. В последнее время в ряде научных публикаций этой проблеме уделяется большое внимание.

В отличие от ранних работ, когда предлагались программные решения проблемы, например первоочередное выделение страниц с большим периодом регенерации [2], в настоящее время, активно предлагаются программно-аппаратные и аппаратные решения, включая изменения в контроллере [3] и даже в стандартном протоколе работы ДОЗУ [4].

В работе [5] предлагается использовать переменный период регенерации для различных строк ДОЗУ. Данный метод предполагает хранение битовой маски для строк ДОЗУ, в которой единичному значению соответствует частая регенерация, а нулевому – редкая. Например, для 8Гб ДОЗУ требуется хранение 128 КБ информации и регенерация для 90% строк задана реже в 5 раз, тогда использование частой регенерации только для оставшихся строк позволяет снизить период регенерации на 10%. Варианты использования частой, либо редкой регенерации строк ДОЗУ могут выбираться в зависимости от частоты ошибок возникающих в результате несвоевременной регенерации. Причем, предлагается применять помехоустойчивое кодирование данных с учетом специфики переменного периода регенерации: в случае обнаружения ошибки строка переключается в режим частой регенерации, а проблема накопления ошибок решается путем проведения периодических процедур сканирования и тестирования памяти.

Как было показано в работе [6], для определенных приложений регенерация ДОЗУ может быть полностью отключена. Например, для телекоммуникаций и обработки изображений, когда время жизни данных меньше необходимого периода регенерации ДОЗУ, либо ошибки в данных до определенного порога допускаются.

На основании анализа вышеперечисленных, а также других научных работ можно заключить, что для устранения негативного влияния процедуры регенерации на функционирование ДОЗУ по назначению следует учитывать следующие факты:

- время утечки заряда различных запоминающих элементов ДОЗУ различно и имеет нормальное распределение;
- время утечки заряда уменьшается при увеличении рабочей температуры устройства;
- при осуществлении операций записи/чтения, косвенным образом осуществляется регенерация строк ДОЗУ;
- частый доступ к одной строке ДОЗУ может привести к разрушению хранимых данных в соседних строках;
- массив запоминающих элементов ДОЗУ используется не полностью (в режиме ожидания, как правило, память используется не более чем на 50%), либо содержит некритичные к потере данные (например, буферизация видео потока).

Таким образом, требуется согласованное применение средств помехоустойчивого кодирования и средств регенерации ДОЗУ в условиях изменяющегося контента и, можно использовать метод адаптивного анализа (АСА).

II. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПОДХОДЫ

Отличительными особенностями применения метода АСА для ДОЗУ являются использование операции «считывание-изменение-запись» для расчета эталонной и рабочей сигнатур данных во время цикла регенерации ДОЗУ [7,8]. Ранее было показано, что для метода АСА время латентности ошибок остается постоянным и зависит от периода регенерации (время между двумя процедурами регенерации соседних строк) и, в среднем, близко к половине периода регенерации. Снижение частоты регенерации в современных ДОЗУ требует пересмотра применения метода АСА: требуется обеспечить работу метода АСА при различной периодичности расчета рабочих сигнатур для различных строк, а также реализовать самоподдерживающую систему с обратной связью с возможностью изменения параметров временной и пространственной избыточности.

В настоящее время авторами рассматривается применимость следующих подходов:

- расчет сигнатур переменной длины (с различной обнаруживающей/корректирующей способностью) для различных сеансов контроля и адаптации сигнатур;
- учет интенсивности операций чтения/записи памяти;
- принятие во внимание контента ДОЗУ;
- расчет сигнатур по участкам ДОЗУ;

- алгоритм отрицательного отбора искусственной иммунной системы.

Целесообразно установить связь метода АСА и методов неравномерной или адаптивной кодовой защиты от ошибок [9], при которых, в кодовых словах выделяются различные участки кодированного потока с различной степенью защиты от ошибок в соответствии со значимостью источника информации или с изменением характеристик передающего канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшей задачей является апробирование предлагаемых подходов на практике и сравнение их с существующими. Для этой цели возможно использование FPGA, а также программных симуляторов и эмуляторов открытых в свободном доступе: Ramulator, Marss86.

1. Bhati I. DRAM Refresh Mechanisms, Penalties, and Trade-Offs / I. Bhati, M.-T. Chang, Z. Chishti, S.-L. Lu, B. Jacob // *IEEE Trans. on Comp.* – 2015. – Vol. 64. –(to appear).
2. Venkatesan R. K. Retention-Aware Placement in DRAM (RAPID): Software Methods for Quasi-Non-Volatile DRAM / R. K. Venkatesan, S. Herr, E. Rotenberg // *Proc. of the 12th Annual Symp. on High Perf. Comp. Arch.* – 2006. –P. 155–165.
3. Liu J. RAIDR: Retention-Aware Intelligent DRAM Refresh / J. Liu, B. Jaiyen, R. Veras, O. Mutlu // *Proc. of the 39th Annual Int. Symp. on Comp. Arch.* –2012. – P. 1–12.
4. Bhati I. Flexible Auto-refresh: Enabling Scalable and Energy-efficient DRAM Refresh Reductions / I. Bhati, Z. Chishti, S.-L. Lu, B. Jacob // *Proc. of the 42nd Annual Int. Symp. on Comp. Arch.* – 2015. – P. 235–246.
5. Qureshi M. K. AVATAR: A Variable-Retention-Time (VRT) Aware Refresh for DRAM Systems / M.K. Qureshi, D.-H. Kim, S. Khan, P.J. Nair, O. Mutlu // *Dependable Sys. and Net. (DSN)*, 2015 45th Annual IEEE/IFIP Int. Conf. – 2015. – P. 427–437.
6. Jung M. Omitting Refresh - A Case Study for Commodity and Wide I/O DRAMs / M. Jung, E. Zulian, M. Mathew, M. Herrmann, C. Brugger, C. Weis, N. Wehn // *1st Int. Symp. on Memory Sys.* – 2015. –(to appear).
7. Hellebrand S. Efficient Online and Offline Testing of Embedded DRAMs / S. Hellebrand, H.-J. Wunderlich, A.A. Ivaniuk, Y.V. Klimets, V.N. Yarmolik // *IEEE Trans. on Comp.* – 2002. – Vol. 51, – Issue 7. –P. 801–809.
8. Voyiatzis I. Accumulator-based self-adjusting output data compression for embedded word-organized DRAMs / I. Voyiatzis, C. Efstathiou, K. Sgouropoulou // *9th Int. Conf. on Design & Tech. of Integr. Sys. in Nanoscale Era*, –2014. –P. 1–6.
9. Condo, C. Unequal Error Protection of Memories in LDPC Decoders / C. Condo, G. Masera, P. Montuschi // *IEEE Transactions on Computers*, – Vol. 64, – Issue 10, –2015. –P. 2981 - 2993