

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЗАПИСИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО СТРАТЕГИЮ
ДВУХУРОВНЕВОГО РАЗНОЧАСТОТНОГО КОЛЬЦЕВОГО БУФЕРА**

Д.В. Нефедов

Научный руководитель: А.С. Розов

Институт автоматизации и электротехники Сибирского отделения РАН,

Россия, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 1, 630090;

Новосибирский государственный университет,

Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, 630090

E-mail: dminefyodov@yandex.ru

**DATA WRITING ALGORITHM WITH TWO-LEVEL
MULTI-FREQUENCY RING BUFFER STRATEGY**

D.V. Nefedov

Scientific Supervisor: A.S. Rozov

Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of RAS,

Russia, Novosibirsk, Academician Koptyug ave., 1, 630090;

Novosibirsk State University,

Russia, Novosibirsk, Pirogova st., 2, 630090

E-mail: dminefyodov@yandex.ru

***Abstract.** Automatic systems based on microcontrollers often use non-volatile memory with a limited lifespan for storing data. The limitation requires uniform use of memory cells. This can be provided by using a ring buffer strategy. However, classical ring buffer can't provide uniform use if there are several arrays in the memory which are updating with different frequencies. In this paper we introduce a data storage algorithm that uses a two-level multi-frequency ring buffer to ensure uniform wear of the memory.*

Введение. На сегодняшний день кольцевой буфер — широко используемая в программировании структура данных. Одна из задач, где требуется применение кольцевого буфера — продление срока эксплуатации памяти путём максимально равномерного использования её ячеек.

В данной работе используется энергонезависимая память EEPROM, которая является частью микроконтроллера Atmel ATmega1280, расположенного на открытой микроконтроллерной платформе Seeeduno Mega v1.23. На данной платформе функционирует метеосервер, получающий текущую информацию о погоде по RS-485-соединению с электронного табло ПК-Электроникс ОЗАК-280-Рт-485. Табло оснащено часами, а также датчиками температуры и давления атмосферы.

В рамках поставленной задачи требуется хранить погодные данные, собранные метеосервером за последние сутки, за последний месяц и за последний год, в трёх массивах равного размера в памяти EEPROM в течение как можно более длительного срока. Производитель гарантирует 100.000 циклов стирания-записи для каждой ячейки [1]. Данное ограничение требует максимально равномерного использования ячеек памяти, что можно осуществить при помощи кольцевых буферов.

При использовании обычного кольцевого буфера не возникает проблем в случае, если в памяти

хранится один массив. Так как все массивы имеют одинаковый размер, но хранят данные за периоды разной длины, то запись данных в разные массивы будет производиться с разной частотой. Следовательно, одна часть памяти будет изношена быстрее, чем другая. В качестве решения этой проблемы предложено разработать стратегию двухуровневого кольцевого буфера, модифицировав обычный кольцевой буфер. Внутренний уровень – массивы с данными за последние сутки (массив №1), последний месяц (массив №2) и последний год (массив №3). Запись данных в массив №1 происходит в 31 раз чаще, чем в массив №2, и в 366 раз чаще, чем в массив №3. Предполагается, что каждый такой массив представляет собой обычный кольцевой буфер, состоящий из 160 элементов (единиц данных). Под единицей данных понимается совокупность значений температуры и давления атмосферы в конкретный момент времени и значения самого момента времени, в который произведено измерение. Внешний уровень – кольцевой буфер, занимающий всё пространство памяти, выделенное под хранение погодных данных. Элементы внешнего кольцевого буфера – массивы с данными, т. е. внутренние кольцевые буфера.

Цель работы — разработать алгоритм записи погодных данных в память EEPROM, обеспечивающий равномерный износ памяти при хранении данных, обновляемых с различной частотой.

Материалы и методы исследования. В ходе работы было разработано несколько версий алгоритма, различающихся реализацией двухуровневого буфера. Первая реализация представляет собой вышеописанный двухуровневый кольцевой буфер, внутренними буферами которого являются три массива. Имеются переменные для хранения позиции начала каждого массива в памяти и текущей позиции в каждом массиве в памяти, в которую только что была записана единица данных. Первые два массива — это обычные кольцевые буфера; когда текущая позиция вплотную приближается к началу следующего буфера (то есть доходит до конца текущего буфера), то текущая позиция перемещается в начало текущего кольцевого буфера. Текущая позиция третьего массива (в который данные пишутся наиболее редко) при достижении его конца не возвращается к его началу, а продолжает сдвигаться вперёд, а вместе с ней сдвигается и позиция начала третьего массива, т. е. происходит сдвиг всего массива №3 внутри внешнего кольцевого буфера. Третий массив можно также считать кольцевым буфером с оговоркой, что текущая позиция никогда не достигает конца, так как конец постоянно сдвигается вперёд. У остальных массивов сдвиг позиции начала массива происходит, если разность текущей и начальной позиции становится равной длине массива. Таким образом, происходит постепенное циклическое движение всех внутренних буферов в пределах внешнего буфера, что обеспечивает равномерный износ ячеек памяти.

У этой реализации существует следующая проблема: при сдвиге буфера №3 вперёд загирается значение в начальной позиции в буфере №1, т. к. в этот момент буферы №1 и №2 ещё не сдвинуты. Следовательно, после буфера №3, но до буфера №1 должен находиться промежуточный буфер, вмещающий одну единицу данных. Промежуточный буфер был реализован во второй версии алгоритма, что позволило избежать упомянутого наложения третьего внутреннего буфера на первый и потери данных первой ячейки первого буфера. Таким образом, внешний буфер состоит из трёх кольцевых буферов и одного промежуточного.

У второй реализации также обнаружился недостаток. Пусть buf_size — длина внутреннего буфера, $freq_1$ — частота записи в буфер №1 или №2, а $freq_3$ — частота записи в буфер №3. Если

$freq_{12} < freq_3 * buf_size$, то один из массивов с меньшим номером может не успеть сдвинуться вперёд на нужное расстояние до того, как массив №3 тоже сдвинется вперёд. Данный сценарий также приводит к наложению одного буфера на другой и частичной потере данных. Решение данной проблемы – увеличение промежуточного буфера до размера, гарантирующего, что буфера с меньшими номерами успеют сдвинуться вперёд до того, как память, которая ранее содержала их начало, будет включена в буфер №3. Эта проблема была решена в третьей реализации.

Чтобы вычислить размер промежуточного буфера, нужно оценить максимальное число элементов, которые будут записаны в буфер №3 в течение срока, за который буфер с меньшим номером будет полностью заполнен. Это число и будет размером промежуточного буфера. Тогда размер промежуточного буфера $inter_buf$ можно рассчитать по формуле (1).

$$inter_buf = \max \left(\left[\frac{buf_size}{\left[\frac{freq_{12}}{freq_3} \right]} \right] \right). \quad (1)$$

$$\left[\frac{freq_1}{freq_3} \right] = 366 \quad \left[\frac{freq_2}{freq_3} \right] = 11. \quad (2)$$

Для нашей задачи $buf_size = 160$, следовательно, исходя из значений, полученных в (2), $inter_buf = 15$. В случае полностью равномерного использования памяти, её ресурса хватит на $100.000 * (160 * 3 + 15) = 49.500.000$ записей с частотой для буфера №1 (наиболее часто изменяемый буфер).

Для проверки правильности третья версия алгоритма была протестирована на компьютере. Объём выделенной памяти: 495 единиц данных. В качестве начальных позиций для буферов 1, 2 и 3 выбраны значения 0, 160 и 320 соответственно, в качестве текущих позиций для буферов 1, 2 и 3 выбраны значения 159, 319 и 479 соответственно. Произведена имитация записи в память 49.500.000 единиц данных в буфер №1 и соответствующего количества единиц данных в буфера №2 и №3. Наложений одного буфера на другой и прочих ошибок не обнаружено.

Результаты. В результате работы был получен алгоритм, позволяющий решить задачу продления срока эксплуатации памяти за счёт использования стратегии двухуровневого разночастотного кольцевого буфера. При выделении дополнительной памяти для промежуточного буфера полученная структура данных за счёт равномерности использования ячеек позволяет увеличить срок службы памяти в 3 раза по сравнению с обычными неподвижными кольцевыми буферами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V Datasheet // Atmel [Электронный ресурс]. - 2014. – Р. 1. Режим доступа: http://www.atmel.com/ru/ru/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf, свободный.