



107023, г. Москва  
ул. Малая Семеновская д.9 с.9  
Телефон / факс: (499)271-73-01  
E-mail: info@mnppsaturн.ru

ООО «МНПП Сатурн»  
Многофункциональные информационные системы

---

Руководство программиста  
модуля «М-DMX» v2

---

**2024**

## Оглавление

Введение .....	3
Подключение модуля .....	3
Сетевой адрес модуля .....	3
Регистры .....	3
Установка адреса .....	4
Изменение скорости RS-485 .....	4
Чтение версии ПО .....	5
Время в секундах .....	6
Чтение времени и даты .....	6
Настройка параметров DMX-512 .....	7
Понятие кадра .....	8
Запись/чтение DMX каналов .....	9
Установка количества каналов .....	10
Запись во все каналы .....	11
Буферный кадр .....	12
Копирование буфер-DMX .....	13
Копирование DMX-буфер .....	14
Эффект FADER .....	15
Запуск эффекта FADER .....	16
Контроль эффекта FADER .....	17
FLASH-память .....	18
Запись кадра в FLASH-память .....	19
Чтение кадра из FLASH-памяти .....	20
Чтение кадра из FLASH-памяти в буфер .....	21
Получение контрольной суммы кадра .....	22
Очистка кадра в FLASH-памяти .....	23
Организация FLASH-памяти .....	24
Последовательная запись кадров в FLASH-память .....	25

## Введение

Настоящее руководство предполагает, что программист знаком с протоколом MODBUS-RTU и умеет работать с MODBUS устройствами, а также имеет базовые сведения об интерфейсе DMX-512.

## Подключение модуля

Модули «М-DMX» подключаются в единую физическую информационную линию, организованную в виде стандартного интерфейса RS-485. Одновременно в линии могут работать до 247 модулей. Параметры обмена по линии соответствуют следующим значениям: 19200, 8, 1, нет.

Скорость интерфейса RS-485 можно изменить путём записи в специальный регистр хранения. Доступны следующие варианты: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.

## Сетевой адрес модуля

Каждый модуль имеет собственный назначаемый сетевой адрес в диапазоне 1...247 в соответствии со стандартом.

При поставке все модули имеют одинаковый MODBUS адрес равный единице. Если в линии RS-485 имеется только один модуль М-DMX, то можно обращаться к нему по адресу ноль. Адрес можно изменить записью нового значения в регистр хранения.

Краткое описание адресации к модулям «М-DMX» приведено в таблице ниже.

Таблица – Сетевые адреса MODBUS

Сетевые адреса	Использование
0	Любой модуль полноценно отвечает на обращение на этот адрес как на собственный сетевой адрес. Используется только для одного модуля в линии
1..247	Собственный сетевой адрес. Модуль формирует ответ на запрос в диапазоне адресов 1...247, только если адрес в MODBUS пакете совпадает с его собственным Адрес 1 назначен при изготовлении модуля
248..255	Зарезервированы. Не используются

## Регистры

Модули работают в стандартном протоколе MODBUS RTU и полностью соответствуют соглашениям стандарта. Для чтения данных из модуля и установки новых параметров используется логическая область протокола «Регистры хранения» (Holding Registers). Для чтения регистров хранения используется команда (функция) 3. Допускается чтение сразу группы регистров. Для записи в один регистр хранения применяется команда (функция) 6. Для записи в несколько регистров хранения применяется команда (функция) 16.

Формат пакетов, контрольные суммы полностью соответствуют стандарту MODBUS RTU. Отдельные сообщения в линии RS-485 разделяются по паузе. Сообщение должно начинаться и заканчиваться интервалом тишины, длительностью не менее 3,5 символов при данной скорости передачи. Во время передачи сообщения не должно быть пауз длительностью более 1,5 символов. Проверка целостности сообщения осуществляется с помощью двухбайтовой CRC.

## Установка адреса

Младший байт регистра хранения номер 1024 содержит MODBUS адрес. Регистр доступен для чтения и записи. Для установки нового адреса необходимо записать в регистр значение от 1 до 247.

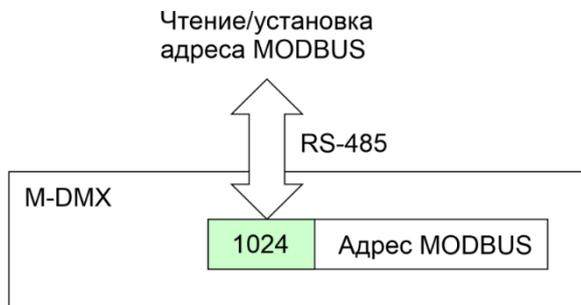


Рисунок – Установка сетевого адреса

## Изменение скорости RS-485

Для чтения и установки скорости интерфейса RS-485 используется регистр хранения с номером 1034.

Регистр содержит индекс скорости. Соответствие индекса скорости и действительной скорости приведено в таблице:

Таблица – Индексы скорости RS-485

Индекс скорости	Значение скорости
0	9600
1	19200
2	38400
3	57600
4	115200

При выполнении записи в регистр 1034 модуль М-DMX отвечает на текущей скорости и только после выполнения ответа изменяет скорость на заданную. Следующая команда должна быть уже на новой скорости.

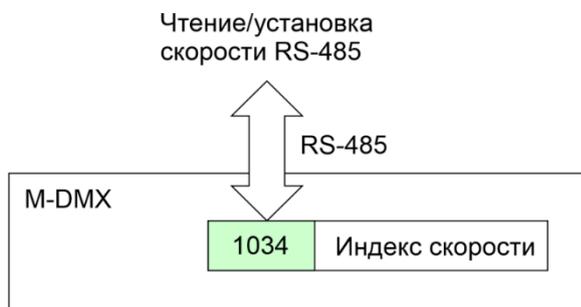
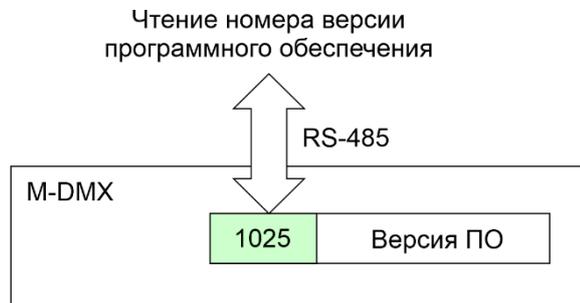


Рисунок – Установка скорости RS-485

## Чтение версии ПО

Из регистра хранения с номером 1025 читается номер версии программного обеспечения модуля М-DMX.

Следует представлять номер версии в виде текста, где старший байт прочитанного регистра в десятичном представлении отделяется от младшего точкой. Например, полученное значение 513 следует отображать: «2.1»



*Рисунок – Регистр номера версии ПО*

Запись в регистр не вызывает никаких действий.

## Время в секундах

Модуль M-DMX оснащен часами реального времени. Для работы с временем в модуле имеется счетчик секунд, который можно прочитать через регистры номер 1043 и 1044. Чтение этих регистров следует выполнять одной MODBUS командой.

Регистры содержат Unix-время - количество секунд, прошедших с полуночи (00:00:00 UTC) 1 января 1970 года. В регистре 1043 содержится младшее слово, а в регистре 1044 – старшее. Время в M-DMX можно установить выполнением записи счётчика секунд в регистры 1043 и 1044 одной командой (функция 16) нового значения Unix-времени

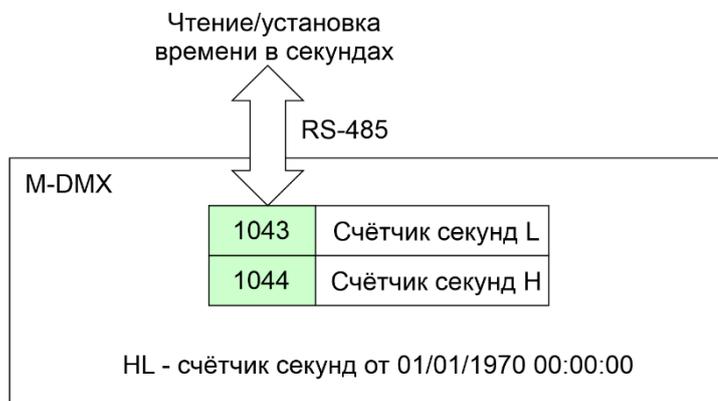


Рисунок – Регистры счётчика секунд (текущее время)

## Чтение времени и даты

Используя регистры 1045...1048, можно прочитать текущее время и дату из модуля.

Регистры доступны только для чтения.

Запись в регистр не вызывает никаких действий.

Рекомендуется читать все регистры одной MODBUS командой.

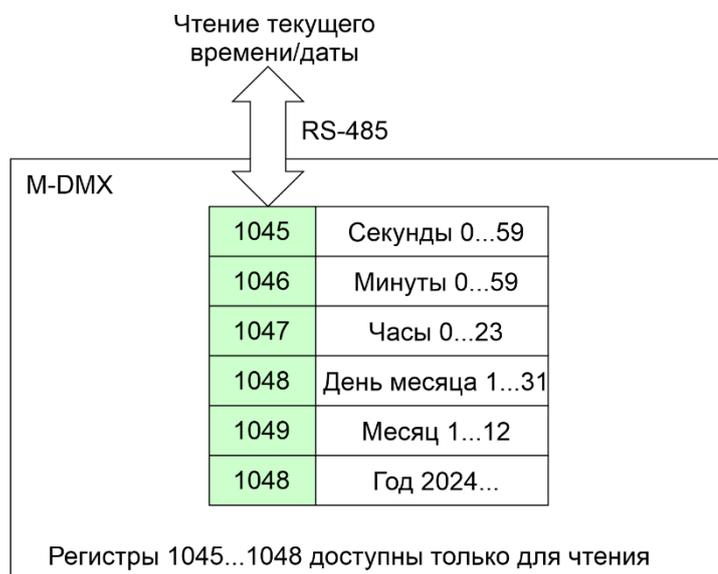


Рисунок – Регистры текущего времени и даты

## Настройка параметров DMX-512

Модуль M-DMX позволяет настроить три параметра выдаваемого потока кадров DMX-512 путём записи в регистры хранения номер 1030...1032. Также эти регистры параметров DMX-512 доступны для чтения.

Таблица – Регистры параметров протокола DMX

№ регистра	Наименование	Чтение	Запись
1030	Длина сигнала BREAK в мкс	Прочитанное значение является «добавкой» к значению «по умолчанию» 88 мкс. Например, прочитанное значение 12 соответствует длительности сигнала BREAK 100 мкс	Установка длины сигнала BREAK без значения 88 «по умолчанию» (сохраняется в энергонезависимой памяти)
1031	Длина сигнала МАВ в мкс	Прочитанное значение является «добавкой» к значению «по умолчанию» 8 мкс. Например, прочитанное значение 12 соответствует длительности сигнала МАВ 20 мкс	Установка длины сигнала МАВ без значения 8 «по умолчанию» (сохраняется в энергонезависимой памяти)
1032	Пауза между кадрами в ед. по 16 мкс	Значение паузы между кадрами в единицах по 16 мкс. По умолчанию – 0. Например, прочитанное значение 10 соответствует длительности паузы между кадрами 160 мкс	Установка значения паузы между кадрами в единицах по 16 мкс (сохраняется в энергонезависимой памяти)

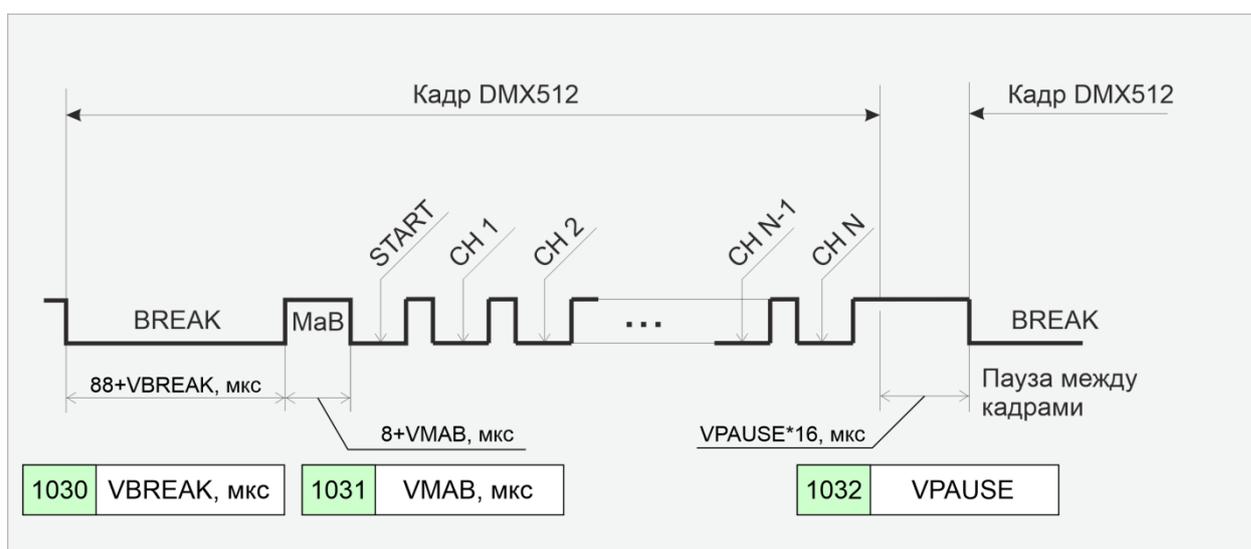


Рисунок – Настройка параметров DMX-512

В большинстве случаев следует использовать стандартные значения настроечных параметров в регистрах:

REG1030=0, REG1031=0, REG1032=0

Именно эти значения установлены по умолчанию.

## Понятие кадра

Протокол DMX-512 определяет постоянную периодическую передачу 512 каналов, где размерность каждого канала – 1 байт. Далее в настоящем руководстве 512 байтов, являющихся каналами DMX-512, будут называться кадром.

Так как размерность каждого регистра хранения составляет два байта, то, следовательно, для хранения кадра DMX-512 требуется 256 регистров.

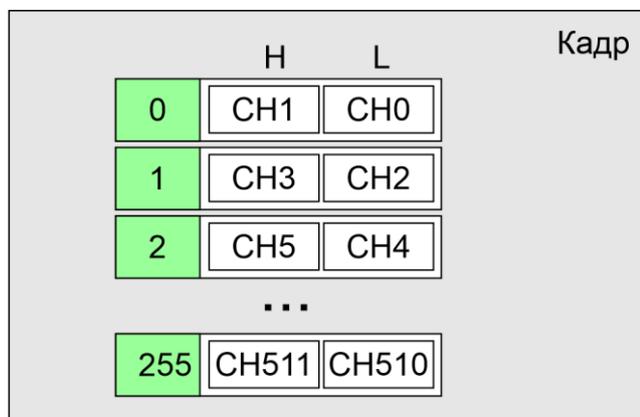


Рисунок – Кадр DMX-512

В регистре хранения «упакованы» два канала DMX-512. Причём в младшем байте регистра содержится канал с меньшим номером. Также каналы располагаются строго в порядке возрастания их номера. Например, в регистре хранения номер 0 в младшем байте содержится канал DMX-512 с номером 0 (CH0), а в старшем байте – первый канал DMX-512 (CH1).

Модуль M-DMX может выдавать не 512 каналов, а меньше. Но в любом случае все значения выдаваемых каналов DMX-512 от нулевого до максимального канала далее называются кадром.

## Запись/чтение DMX каналов

В M-DMX имеется кадр текущих значений каналов DMX-512. Это регистры хранения с номерами 0...255. Эти регистры доступны для чтения и для записи в произвольный момент времени. Любые значения, которые записываются в эти регистры, рассматриваются как каналы DMX-512 и сразу выдаются в выходные линии DMX каждого из двух выходных сплиттеров.

В каждом регистре записаны два канала DMX-512. Каналы расположены строго в порядке увеличения их номера. В младшем байте регистра канал с меньшим номером. На рисунке ниже схематично показана выдача каналов из регистров в линии DMX.

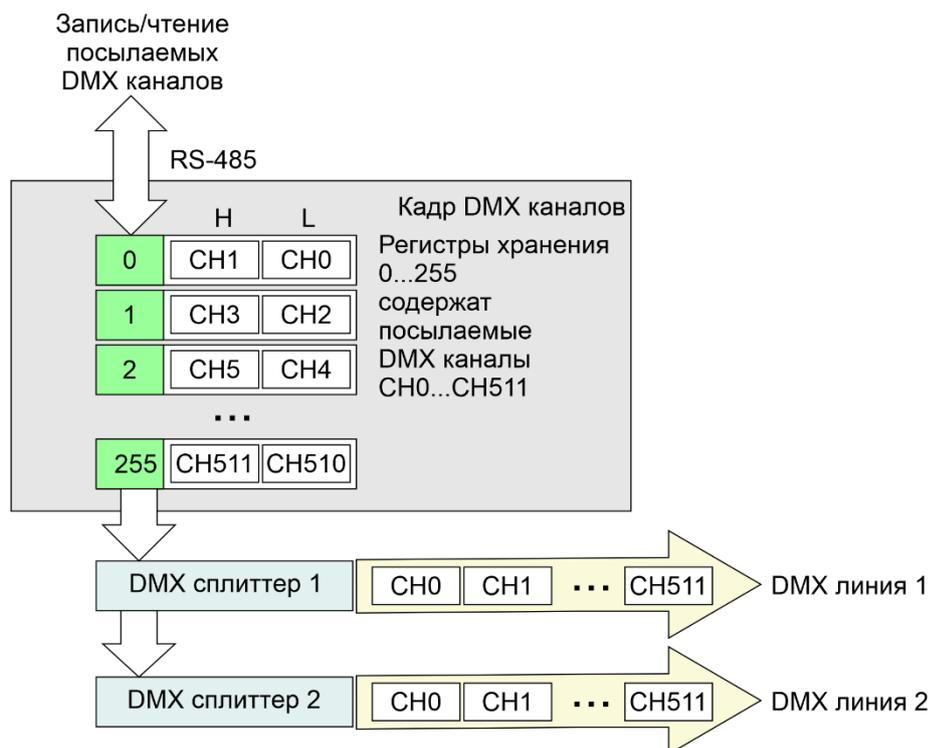


Рисунок – Выдача каналов DMX-512

Для простых задач можно ограничиться работой с 256 регистрами кадра DMX каналов. Однако имеется следующая особенность - из-за высокой скорости выдачи каналов в линии DMX (250 кбит) в процессе заполнения регистров хранения через RS-485 кадры DMX будут переданы несколько раз, т.е. будут посланы кадры, частично содержащие новые записываемые значения, а частично старые значения, что в каких-то отдельных задачах может быть нежелательно.

Для решения этой проблемы можно использовать специальный буферный кадр, и кадры, заранее записанные в энергонезависимую FLASH-память.

## Установка количества каналов

В некоторых случаях не требуется выдавать все 512 DMX каналов в линии.

Можно задать количество каналов, действительно выдаваемых через сплиттеры в линии DMX.

Установить новое количество каналов можно записью в регистр хранения номер 1029.

Например, записав в регистр число 5 (использовать всего 5 каналов DMX) можно ограничиться записью кадра из 3 регистров с номерами 0...2, т.к. все остальные регистры не выдаются в DMX линии:

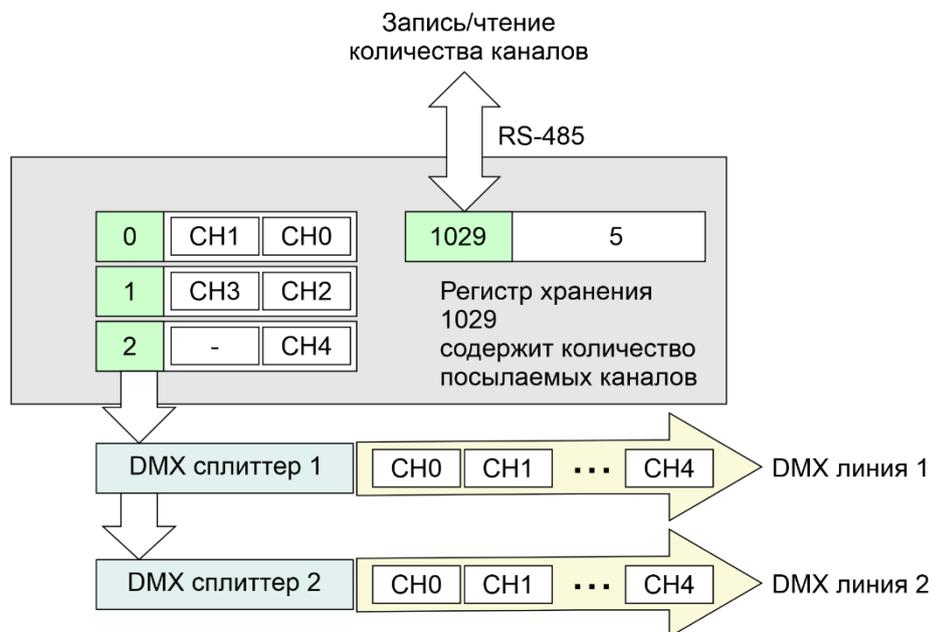


Рисунок – Установка количества каналов в DMX кадрах

Регистр 1029 доступен для чтения – можно в любой момент времени узнать текущее количество выдаваемых DMX каналов в линии.

Установленное количество каналов сохраняется в энергонезависимой памяти – после перезапуска контроллера восстанавливается последнее записанное значение.

Изменение количество каналов существенно ускоряет скорость выдачи DMX кадров.

Если при 512 каналов частота выдачи каналов около 40 Гц (40 DMX кадров выдаётся каждую секунду), то при выдаче одного канала частота выдачи превышает 5 кГц.

Замедлить выдачу каналов можно установкой паузы между каналами.

## Запись во все каналы

Для ускорения работы с DMX каналами имеется специальная команда, которая задаёт одинаковое значение сразу всем DMX каналам.

Для этой операции используется регистр хранения номер 1035.

В результате записи в этот регистр значение младшего байта записываемого числа будет во всех используемых каналах основного кадра DMX (регистры 0...255).

Например, на рисунке ниже показано, что если установлено, что используется пять DMX каналов, то в результате записи в регистр 1035 значение 5Ah это значение окажется во всех пяти DMX каналах (регистрах 0...2).

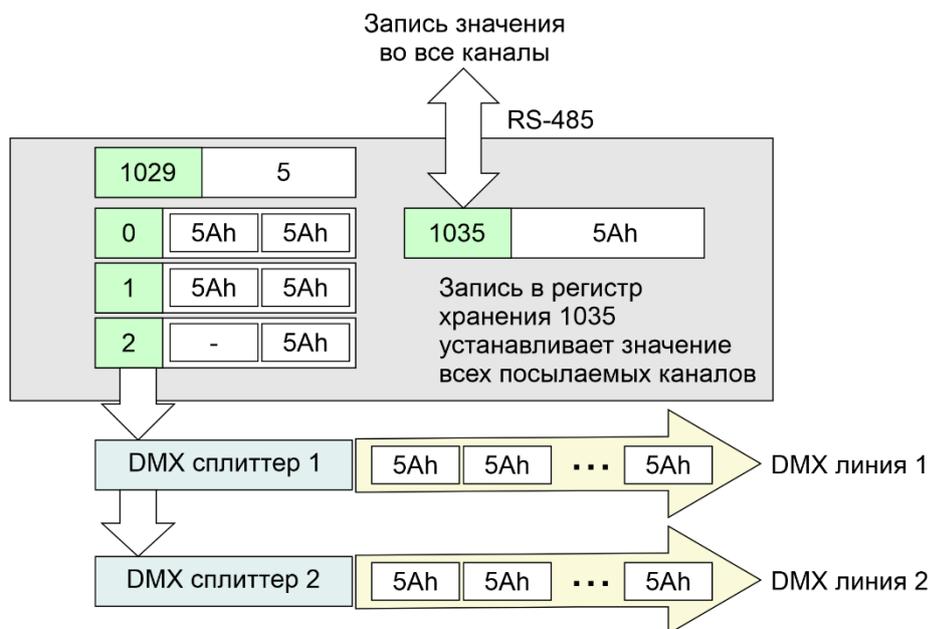


Рисунок – Установка значения сразу всех каналов DMX кадра

В качестве примера можно привести операцию погашения всех светильников – записи 0 во все каналы.

## Буферный кадр

Кроме основного кадра в модуле есть ещё один полезный кадр, состоящий из 512 каналов или 256 регистров. Этот кадр находится в регистрах хранения номер 256...511 и называется «буферный кадр». Он используется для целого ряда дополнительных функций, которые будут подробно описаны далее.

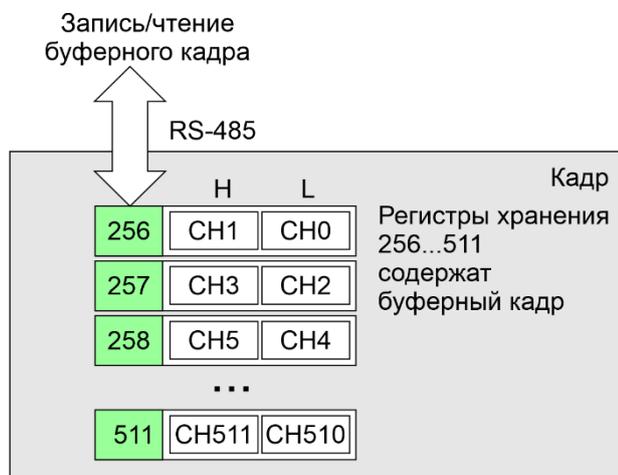


Рисунок – Буферный кадр в регистрах 256...511

Каналы в регистрах расположены точно так же, как и в основном кадре DMX – по младшему адресу регистра расположен канал с меньшим номером, и все каналы расположены последовательно в порядке увеличения номера канала.

Запись/чтение буферного кадра выполняется функциями работы с регистрами номер 256...511. Пока выполняется запись в буферный кадр содержимое основного DMX кадра (регистры 0...255) никак не изменяются.

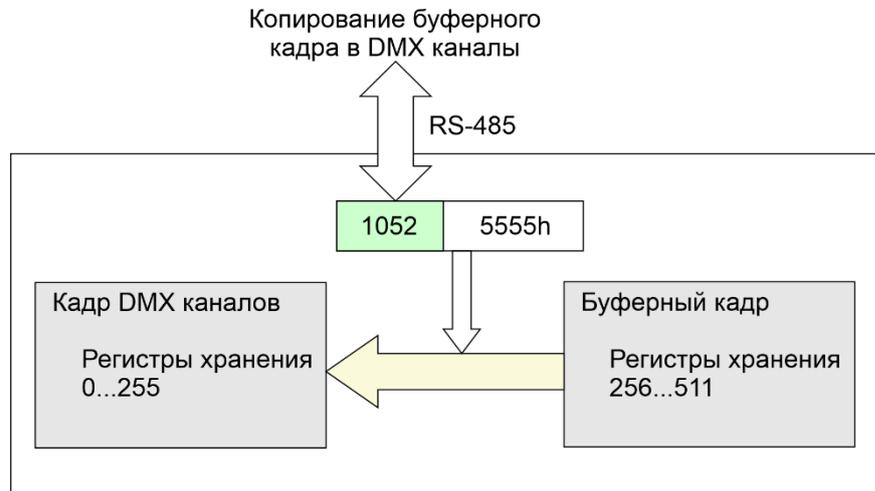
Содержимое буферного кадра теряется при снятии питания. При подаче питания регистры буферного кадра содержат нулевые значения.

## Копирование буфер-DMX

Для обеспечения мгновенной выдачи новых значений в каналы DMX можно использовать буферный кадр.

Операция выдачи новых значений DMX каналов выполняется в два этапа:

1. Записываются новые значения в буферный кадр (регистры 256...511)
2. Запись значения 5555h в регистр хранения номер 1052 вызывает мгновенное копирование буферного кадра в основной DMX кадр



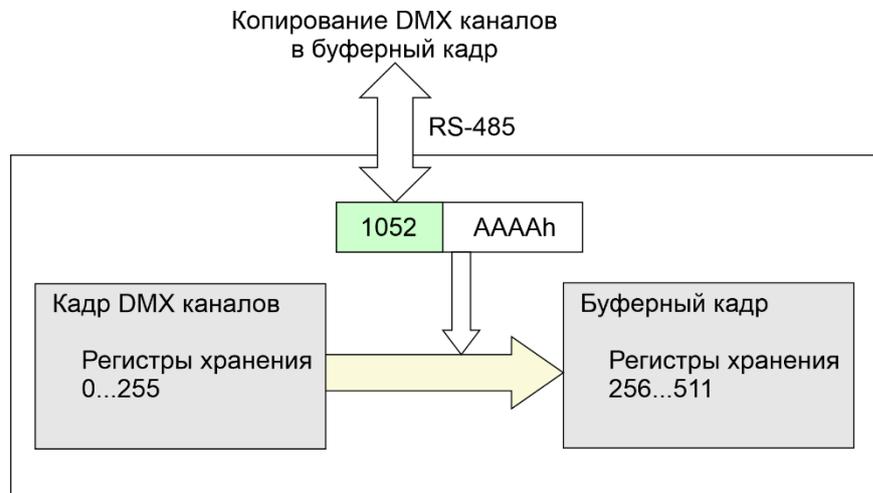
*Рисунок – Копирование буферного кадра в DMX каналы*

## Копирование DMX-буфер

Для получения текущих значений из основного кадра, кроме прямого чтения регистров 0...255, можно использовать буферный кадр.

Операция чтение значений каналов выполняется в два этапа:

1. Запись значения AAAAh в регистр хранения номер 1052 вызывает мгновенное копирование основного DMX кадра в буферный кадр
2. Чтение буферного кадра (регистры с номерами 256...511)



*Рисунок – Копирование DMX каналов в буферный кадр*

## Эффект FADER

Эффект FADER используется для плавного изменения значений DMX каналов из одного значение в другое. Эффект выполняется модулем «аппаратно», т.е. задаётся конечное новое значение каждого канала в буферном кадре и указывается длительность эффекта.

Далее модуль M-DMX самостоятельно меняет значения всех каналов обеспечивая плавное перетекание текущего значения в конечное. Например, если канал имел нулевое значение (погашен), а конечное значение – максимальная яркость 255, то за время эффекта значение канала будет линейно изменяться от 0 до 255. Примеры изменения каналов во время эффекта FADER показаны на рисунке:

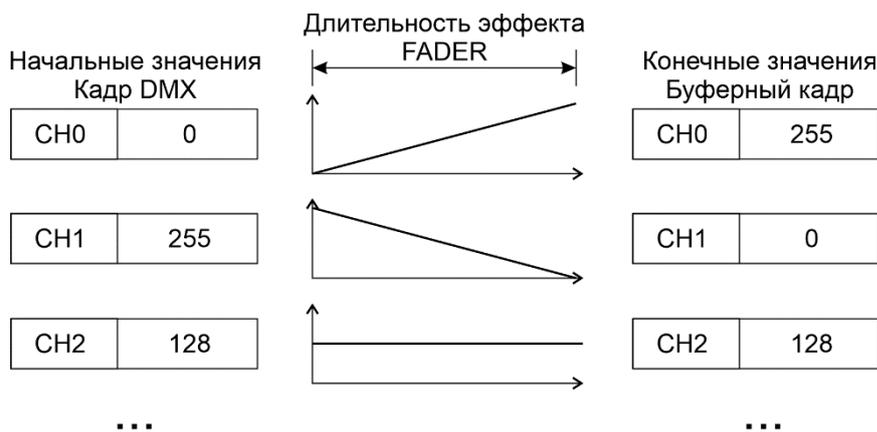


Рисунок – Изменения каналов в эффекте FADER

## Запуск эффекта FADER

Для запуска эффекта FADER нужно выполнить следующие действия:

1. Записать в буферный кадр конечные значения каналов (регистры хранения номер 256...511)
2. Записать длительность эффекта в миллисекундах в регистр хранения номер 1042.

В качестве начальных значений каналов используются текущие значения основного DMX кадра.

Например, запись значения 1000 вызовет эффект FADER на 1 секунду.

осле успешного завершения эффекта в DMX каналах находятся значения из буферного DMX кадра.

При записи нулевого значения в регистр 1042 эффект FADER не запускается, а сразу применяется буферный кадр (копируется в основной).

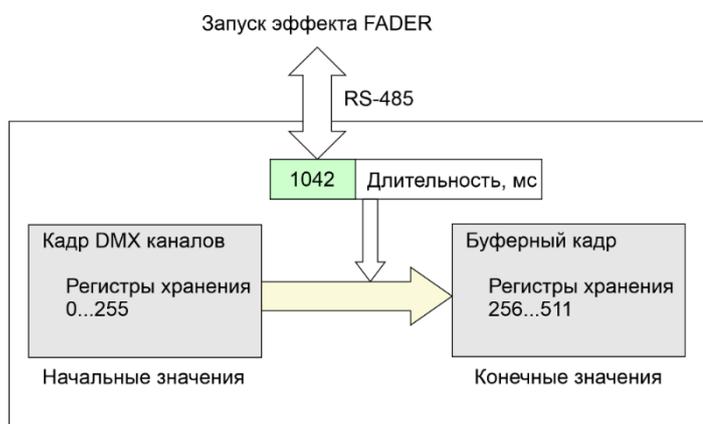


Рисунок – Запуск эффекта FADER

Чтением регистра 1042 можно отслеживать ход выполнения эффекта FADER.

## Контроль эффекта FADER

Регистр хранения номер 1042 можно использовать для контроля выполнения эффекта FADER.

Читаются следующие значения:

0 – эффект завершён

1 – эффект выполняется

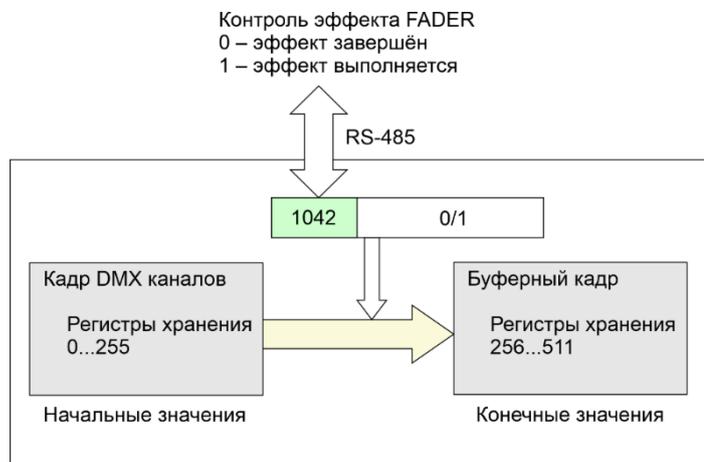


Рисунок – Контроль выполнения эффекта FADER

## FLASH-память

Кроме буферного кадра модуль имеет ещё специальную FLASH память, куда можно поместить до 1024 полных DMX кадров, и эти кадры будут сохраняться при снятии питания с модуля M-DMX.



Рисунок – Кадры в FLASH-памяти модуля

Кадры в FLASH память можно записывать из буферного кадра и извлекать в текущие каналы DMX. Операция извлечения кадра из FLASH-памяти в текущие каналы выполняется практически мгновенно.

**ВНИМАНИЕ!** Ресурс FLASH-Памяти ограничен и использовать эту память только для длительного хранения кадров. Частая запись в FLASH память приведёт к выходу памяти из строя.

## Запись кадра в FLASH-память

Для записи кадра в FLASH память следует выполнить следующие действия:

1. Записать все каналы в буферный кадр
2. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
3. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1039 (значение 0...1023)

После этого содержимое буферного кадра будет переписано в указанный кадр в FLASH-памяти. Операция может выполняться достаточно долго (до 2 секунд). Это связано с внутренней структурой микросхемы FLASH памяти и блочным стиранием данных в этой микросхеме. Для ускорения можно использовать способ, описанный в разделе «Последовательная запись кадров в FLASH-память» (см. далее).

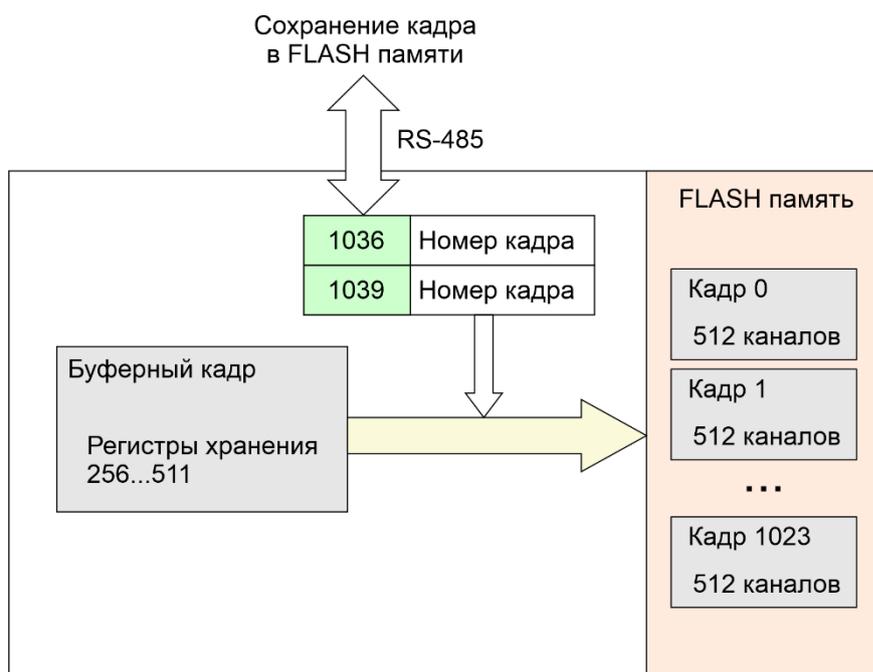


Рисунок – Сохранение кадра в FLASH-памяти модуля

## Чтение кадра из FLASH-памяти

Для чтения кадра из FLASH-памяти непосредственно в DMX каналы следует выполнить следующие действия:

1. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
2. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1040 (значение 0...1023)

После этого содержимое указанного кадра в FLASH-памяти будет переписано в основной DMX кадр (регистры 0...255), т.е. сразу будет выдаваться в DMX линии.

Операция выполняется мгновенно.

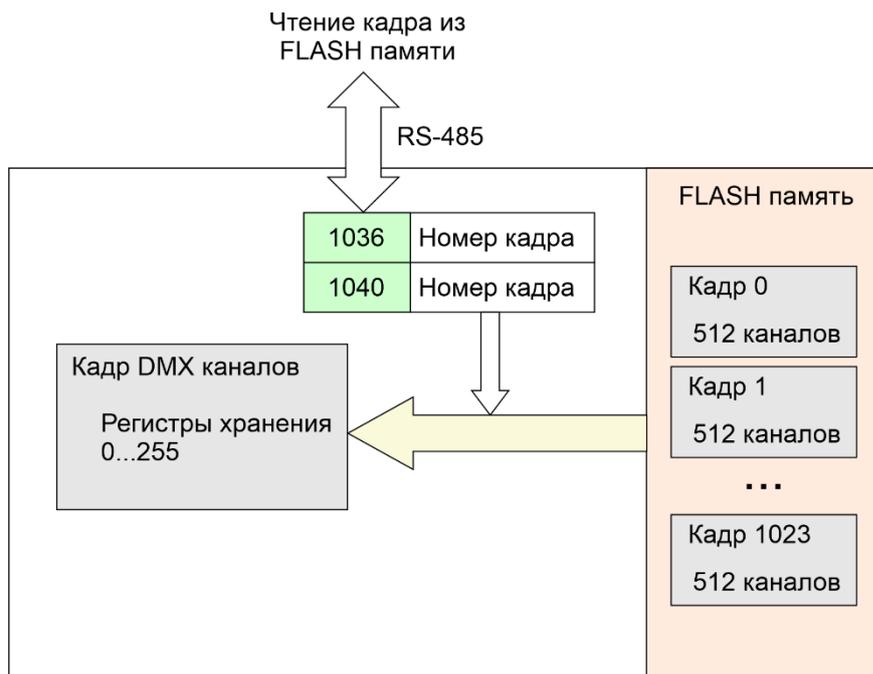


Рисунок – Чтение кадра из FLASH-памяти модуля в DMX каналы

## Чтение кадра из FLASH-памяти в буфер

Для чтения кадра из FLASH-памяти в буферный кадр следует выполнить следующие действия:

1. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
2. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1053 (значение 0...1023)

После этого содержимое указанного кадра в FLASH-памяти будет переписано в буферный DMX кадр (регистры 256...511).

Операция выполняется мгновенно.

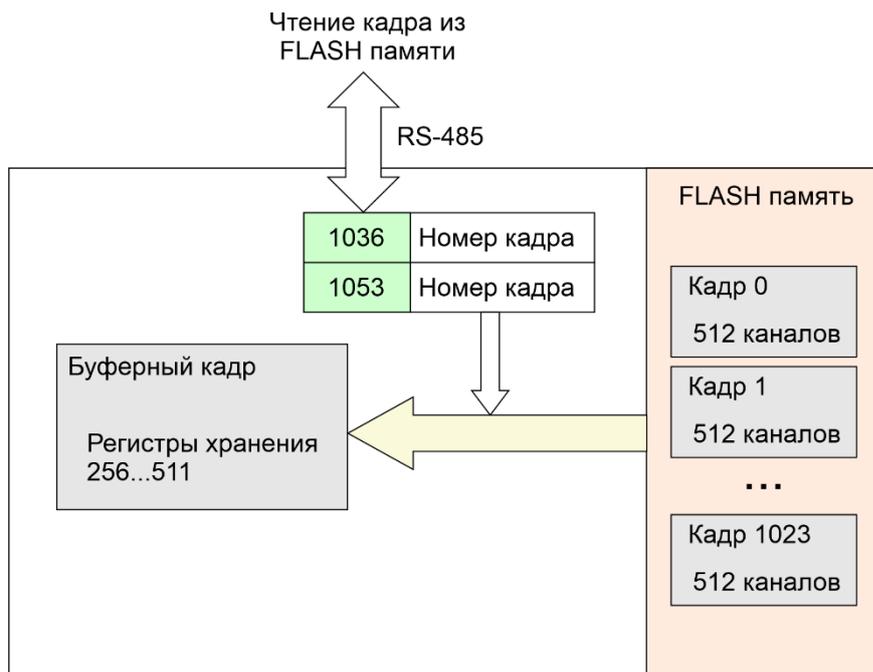


Рисунок – Чтение кадра из FLASH-памяти модуля в буферный кадр

## Получение контрольной суммы кадра

Для проверки целостности данных кадра в FLASH памяти можно использовать контрольную сумму, которую модуль рассчитывает следующим образом:

1. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
2. Прочитать значение регистра хранения номер 1038 – это и будет контрольная сумма указанного кадра.

Если кадр не записывался, то возвращается значение CS=0.

Алгоритм расчёта CS:

1. Присвоить CS значение 0xAA55.
2. Добавлять арифметическим суммированием в CS байты каналов (по числу каналов в кадре)
3. Если в результате получается число 0x0000, то присвоить CS значение 0x005A

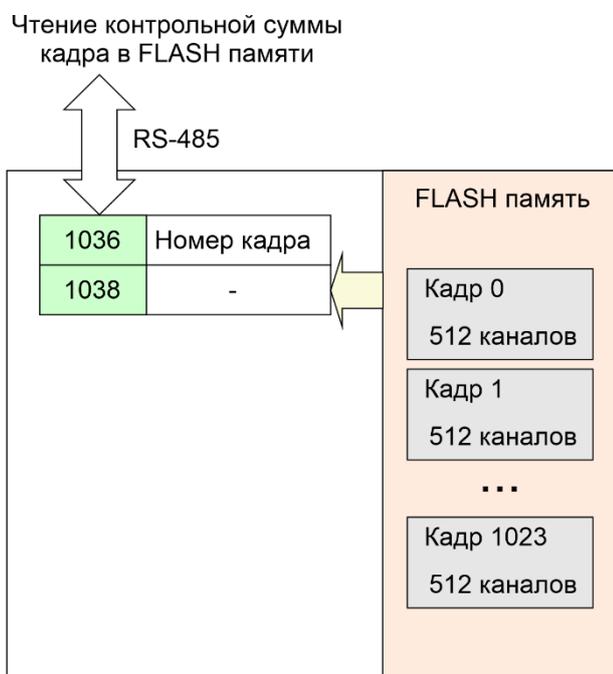


Рисунок – Получение контрольной суммы кадра в FLASH-памяти

## Очистка кадра в FLASH-памяти

Имеется возможность очистить кадр в FLASH-памяти. Очистка кадра вызывает запись значений FFh во все каналы кадра. Следующая запись кадра будет выполнена достаточно быстро (100...400 мс).

Для очистки кадре следует выполнить следующие действия:

1. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
2. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1041 (значение 0...1023)

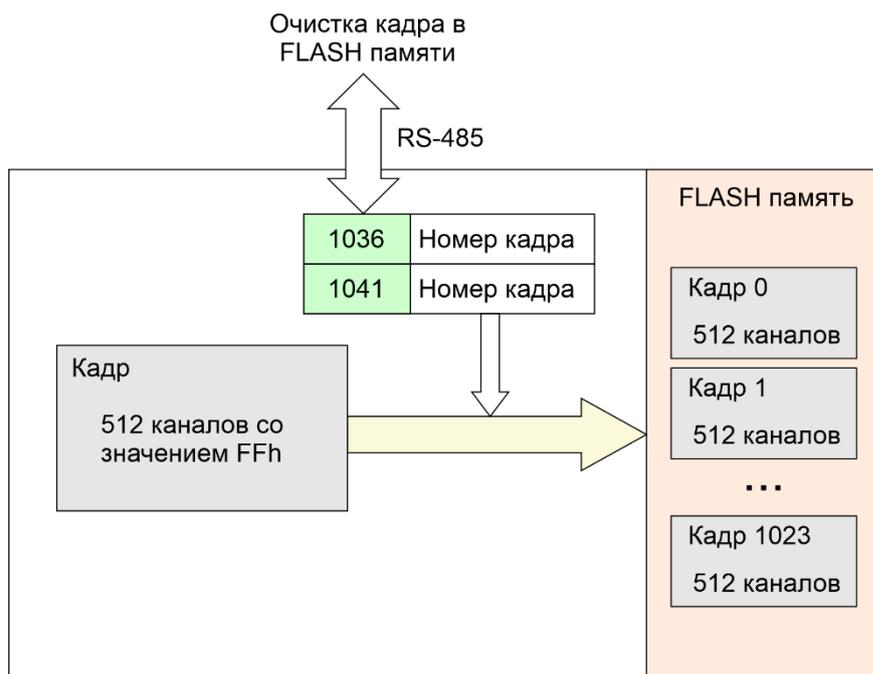


Рисунок – Стирание кадра в FLASH-памяти модуля

## Организация FLASH-памяти

Микросхема FLASH памяти имеет ограничения по стиранию перед записью новых данных. Особенность состоит в том, что стирание выполняется большими секторами размером по 4 кБ.

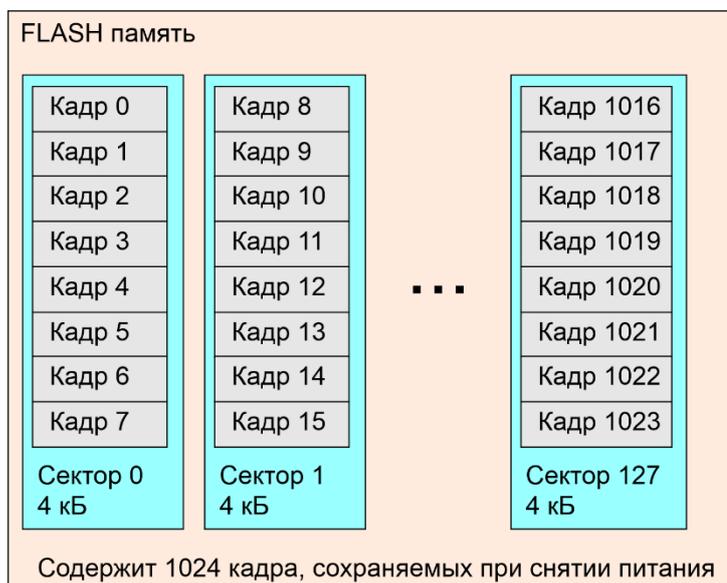


Рисунок – Секторная организация FLASH-памяти

Каждый такой сектор содержит 8 кадров DMX. Поэтому для записи, например, кадра с номером 2 модуль выполняет чтение всех 8-ми кадров во внутреннюю память, далее стирает сектор 0, и потом записывает все 8 кадров обратно в FLASH-память.

Несмотря на то, что от пользователя все эти операции скрыты, тем не менее получается, что длительность такой операции весьма велика и ресурс перезаписи FLASH памяти расходуется напрасно.

Для ускорения работы с FLASH памятью используется «Последовательная запись кадров в FLASH-память» (см. раздел далее).

## Последовательная запись кадров в FLASH-память

Последовательная запись кадров в FLASH-память выполняется практически так же, как и обычная:

Для последовательной записи кадра в FLASH память следует выполнить следующие действия:

1. Записать все каналы в буферный кадр (регистры 256...511)
2. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1036 (значение 0...1023)
3. Записать номер кадра в FLASH-памяти в регистр хранения номер 1051 (значение 0...1023)

После этого в модуле будут выполнены следующие действия:

1. Если номер кадра в FLASH-памяти кратен 8-м (0,8,16...1016), то будет выполнена операция стирания всего сектора из 8-ми последовательно расположенных кадров (их текущее значение будет утеряно). Если номер не кратен 8-ми, то стирание не выполняется.
2. Собственно запись буферного кадра в указанный кадр FLASH-памяти.

Таким образом можно записывать несколько кадров последовательно и экономить время и ресурсы FLASH-памяти.

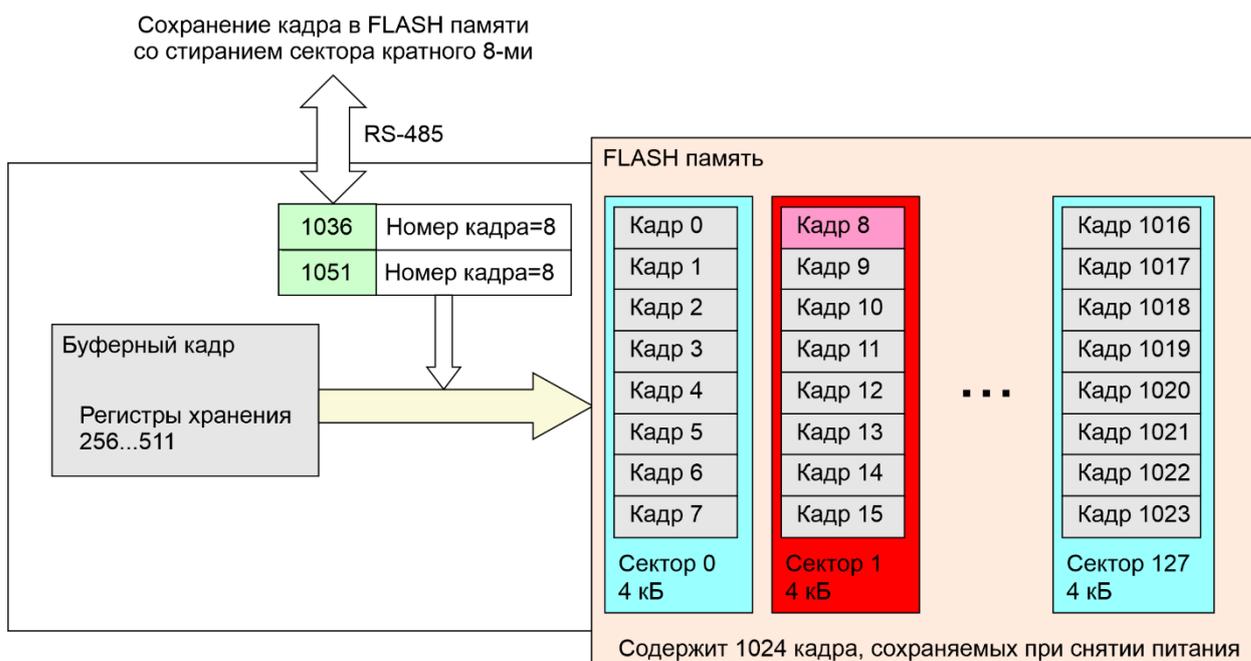


Рисунок – Последовательная запись кадров в FLASH-память