

УДК 621.391.15

**С.И. Егоров**, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: sie58@mail.ru)

**А.В. Кривонос**, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: sadam1488@gmail.com)

## УСТРОЙСТВО КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*В настоящее время одними из наиболее часто используемых носителей цифровой информации являются оптические многоцелевые диски DVD. Вместе с тем, эти носители обладают существенным недостатком, а именно – склонностью к возникновению относительно большого числа ошибок при считывании информации вследствие повреждения регистрирующего слоя в процессе производства или эксплуатации.*

*В статье представлена структурно-функциональная организация устройства коррекции ошибок для оптической памяти массового применения (оптические диски DVD), реализующего итеративное декодирование произведения кодов Рида-Соломона. Приведена структурная схема устройства, дающая представление о связях между составляющими устройством декодерами итераций и описан принцип поступления и обработки блоков данных в устройстве. Устройство коррекции ошибок представляет собой N последовательно соединенных декодеров итераций, работающих по конвейерному принципу. Все составляющие его декодеры итераций работают параллельно, обрабатывая последовательно принимаемые из канала блоки данных.*

*Раскрыта структура декодеров итераций и описаны функции составляющих их блоков с привязкой к пунктам алгоритма декодирования.*

*Предлагаемое устройство принимает один символ кодового слова (8 бит) за 2 такта, и, при реализации декодера на современных БИС (ASIC) способно обеспечить пропускную способность в 2 Гбит/с при тактовой частоте процессора в 500 МГц. Подобная пропускная способность обеспечивает устройству возможность работы в непрерывном режиме и обработку блоков данных в темпе их поступления. Описаны возможные пути увеличения пропускной способности устройства.*

*Кроме того, в статье дана оценка аппаратной сложности основных блоков устройства, выраженная в количестве вентилях и бит памяти, необходимых для его реализации с использованием интегральных схем специального назначения.*

**Ключевые слова:** DVD, произведение кодов Рида-Соломона, устройство декодирования.

**DOI:** 10.21869/2223-1560-2017-21-6-22-31

**Ссылка для цитирования:** Егоров С.И., Кривонос А.В. Устройство коррекции ошибок для оптической памяти массового применения // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 6(75). С.22-31.

\*\*\*

### Введение

Цифровой многоцелевой диск (Digital Versatile Disk, DVD) – широко распространённый носитель информации. К достоинствам этих дисков можно отнести их дешевизну и сравнительно большой объём хранимой информации. Главным недостатком является относительно высокий уровень ошибок, возникающих вследствие микродефектов регистрирующего слоя при производстве, а также эксплуатации и хранении. Ошибки, воз-

никающие при чтении информации, корректируются с помощью декодирования произведения кодов Рида-Соломона [1].

Коды Рида-Соломона (RS-коды) характеризуются набором параметров ( $n$ ,  $k$ ,  $d$ ) [2], где  $n$  – длина кодового слова,  $k$  – число информационных символов в кодовом слове,  $d$  – минимальное кодовое расстояние. При этом количество проверочных символов в кодовом слове  $r = (n - k)$ ,  $d = r + 1$ , и число гарантированно исправляемых символов  $t_c = \lfloor d - 1/2 \rfloor$ . Символы

кодированного слова представляют собой элементы поля Галуа  $GF(q)$ .

Для декодирования кодов Рида-Соломона предложено множество алгоритмов, в число которых входят алгоритмы мягкого декодирования [3], позволяющие исправлять ошибки за границей половины минимального кодированного расстояния.

На практике используются алгоритмы с жестким декодированием [2, 4], из них наибольшее распространение получили алгоритм Берлекэмп-Месси и алгоритм Евклида.

Информация на дисках DVD хранится в виде закодированных блоков данных, каждый из которых занимает один сектор диска. Информационные символы блока сначала кодируются RS-кодом (208, 192, 17) по вертикали, затем осуществляется кодирование RS-кодом (182, 172, 11) по горизонтали.

Для RS-кода (208,192,17) с символами из поля Галуа  $GF(2^8)$ , используемого в DVD, максимальное число гарантированно исправляемых ошибочных символов (байтов)  $t_{cv} = 8$ , для RS-кода (182,172,11)  $t_{ch} = 5$ .

Число гарантированно исправляемых символов произведением таких кодов при этом равно  $t_{cpr} = \lfloor (d_h d_v - 1) / 2 \rfloor = 98$  ( $d_h$  и  $d_v$  – минимальные кодированные расстояния RS-кодов горизонтальных и вертикальных слов, соответственно).

Для декодирования произведения кодов Рида-Соломона, используемого в DVD, мягкое декодирование не используется из-за большой сложности. Варианты реализации жесткого декодирования предложены в [4, 5, 6]. На практике наибольшее распространение получила двухэтапная процедура, использующая жесткое декодирование компонентных

кодов Рида-Соломона [7]. Недостатком этой процедуры является невысокая эффективность исправления небольших пакетов ошибок, вызванных дефектами оптического диска.

В [8] был предложен аппаратно-ориентированный алгоритм коррекции ошибок для оптической памяти массового применения, реализующий итеративное декодирование произведения кодов Рида-Соломона.

Во время первой фазы итерации алгоритма декодирования произведения РС-кодов [8] исправляются вертикальные кодированные слова с количеством ошибок 8 и меньше с использованием алгоритма Берлекэмп-Месси. При успешном исправлении всех ошибок в вертикальном кодированном слове его синдром обнуляется, а синдромы всех горизонтальных кодированных слов, в которых происходило исправление ошибок – модифицируются.

Во время второй фазы алгоритма [8] исправляются строки блока данных. При этом синдромы горизонтальных кодированных слов, в которых были исправлены все ошибки, обнуляются, а синдромы вертикальных кодированных слов, в которых происходило исправление ошибок – модифицируются.

По окончании текущей итерации процесс повторяется для того же блока данных, с тем отличием, что в качестве синдромов кодированных слов используются модифицированные на предыдущем этапе синдромы.

В данной работе представлено устройство коррекции ошибок, реализующее алгоритм, предложенный в [8]. Получены оценки быстродействия и сложности устройства.

### Структурная схема устройства коррекции ошибок

Устройство коррекции ошибок для оптической памяти массового применения содержит  $N$  последовательно соединенных декодеров итераций, работающих по конвейерному принципу. Все составляющие его декодеры итераций работают

параллельно, обрабатывая последовательно принимаемые из канала блоки данных. Каждый декодер итерации выполняет итерацию алгоритма декодирования, соответствующую его номеру (1-ый декодер итерации выполняет первую итерацию, 2-ой декодер итерации - вторую и т.д.). Структурная схема устройства коррекции ошибок представлена на рис. 1.

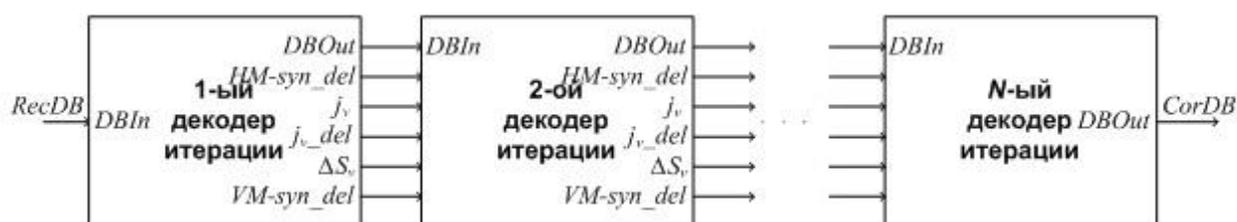


Рис. 1. Структурная схема устройства коррекции ошибок

Принимаемые из канала символы блоков данных (RecDB) построчно поступают на вход DBIn первого декодера итерации. При этом первым декодером выполняется первая итерация процедуры декодирования, заключающаяся в вычислении синдромов горизонтальных и вертикальных кодовых слов, определении количества ошибок в принятых кодовых словах, получении многочленов локаторов ошибок, вычислении локаторов ошибок, нахождении значений ошибок, модификации синдромов кодовых слов и исправлении ошибок.

После коррекции ошибок в кодовых словах принятого блока данных, промежуточный результат через выход DBOut передается на вход DBIn второго декодера итерации. Вместе с частично исправленным блоком данных второму декодеру итераций передаются модифицированные синдромы горизонтальных кодовых слов  $HM-syn\_del$ , номера вертикальных кодовых слов, в которых произошло исправление ошибок  $j_v$ , эти же номера

с задержкой на один такт  $j_v\_del$ , значения модификаций синдромов вертикальных кодовых слов  $\Delta S_v$  и синдромы вертикальных кодовых слов  $VM-syn\_del$ .

На выход DBOut последнего декодера итерации выдаются исправленные блоки данных CorDB.

### Структурные схемы декодеров итераций

Структурная схема первого декодера итераций 1000 представлена на рис. 2. Декодер содержит: буферную память данных 1001, два сумматора элементов поля Галуа 1002 и 1003, блок вычисления синдромов горизонтальных кодовых слов 1100, блок хранения и модификации синдромов горизонтальных кодовых слов 1200, блок вычисления полиномов локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов 1004, блок нахождения локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов 1300, блок вычисления значений модификаций синдромов горизонтальных кодовых слов 1400, блок вычисления значений модификаций син-

дромов вертикальных кодовых слов 1500, блок вычисления полиномов локаторов и значений шибок вертикальных кодовых слов 1005, блок нахождения локаторов и

значений ошибок вертикальных кодовых слов 1700, блок хранения значений ошибок вертикальных кодовых слов 1800.

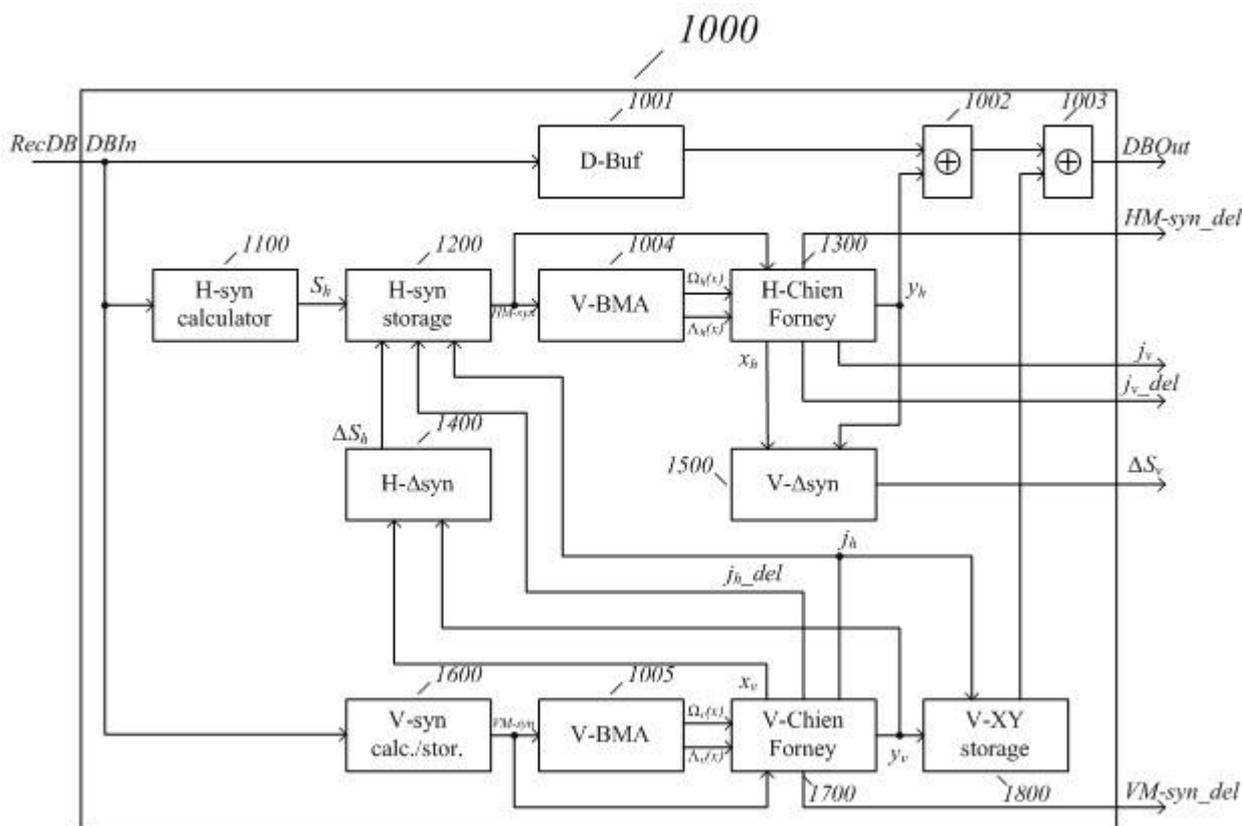


Рис. 2. Структурная схема первого декодера итераций

Буферная память данных **1001** предназначена для временного хранения принятых из канала символов исправляемых кодовых слов. Может быть реализована известным образом на основе двухпортовой RAM.

Блок вычисления синдромов горизонтальных кодовых слов **1100** выполняет первую часть 1-го пункта алгоритма декодирования [8], заключающийся в вычислении синдромов горизонтальных кодовых слов  $S_h(x)$ . Может быть реализован известным образом по схеме Горнера [9].

Блок вычисления и хранения синдромов вертикальных кодовых слов **1600** выполняет вторую часть 1-го пункта алгоритма декодирования, заключающийся

в вычислении синдромов вертикальных кодовых слов  $S_v$ . Вычисленные синдромы передаются блоку вычисления полиномов локаторов и значений ошибок вертикальных кодовых слов **1005**.

Блок вычисления полиномов локаторов и значений ошибок вертикальных кодовых слов **1005** выполняет 3-ий пункт алгоритма декодирования, заключающийся в вычислении полиномов локаторов  $\Lambda_v(x)$  и значений ошибок  $\Omega_v(x)$  вертикальных кодовых слов с использованием алгоритма Берлекэмп-Мессис [10].

Блок нахождения локаторов и значений ошибок вертикальных кодовых слов **1700** выполняет процедуру дискретного преобразования Фурье полиномов  $\Lambda_v(x)$ ,

$\Omega_v(x)$ , а также формальной производной  $\Lambda'_v(x)$ . При этом для всех возможных значений локаторов ошибок вычисляются значения полиномов  $\Lambda_v(x)$ ,  $\Omega_v(x)$ ,  $\Lambda'_v(x)$  (5-ый пункт алгоритма декодирования). Выполняется проверка равенства значения полинома локаторов ошибок нулю и, в случае положительного прохождения проверки, фиксируется локатор ошибки  $x_v$  и для него вычисляется значение ошибки  $y_v$  по формуле Форни (6-ой пункт алгоритма декодирования). Кроме этого блок **1700** формирует управляющие сигналы "запись модифицированных синдромов ( $wr\_SM$ )" и "чтение модифицированных синдромов ( $rd\_SM$ )", а также передаёт номера горизонтальных кодовых слов  $j_h$  и  $j_{h\_del}$ , в которых были обнаружены ошибки для последующей модификации их синдромов блоком хранения и модификации синдромов горизонтальных кодовых слов **1200**.

Блок хранения значений ошибок вертикальных кодовых слов **1800** предназначен для промежуточного хранения значений ошибок в вертикальных кодовых словах для последующего исправления их в блоке данных с использованием сумматора элементов поля Галуа **1003**.

Блок вычисления значений модификаций синдромов горизонтальных кодовых слов **1400** выполняет 10-ый, 19-ый пункты алгоритма декодирования. Используя локаторы и значения ошибок вертикальных кодовых слов вычисляются значения модификаций синдромов горизонтальных кодовых слов  $\Delta S_h(x)$ .

Блок хранения и модификации синдромов горизонтальных кодовых слов **1200** выполняет 11-ый и 20-ый пункты алгоритма декодирования. Значения компонент синдромов, хранимые в блоках памяти с произвольным доступом сумми-

руются со значениями модификаций синдромов, вычисленных блоком **1400**, после чего повторно записываются в память и последовательно передаются следующему блоку **1004**.

Блок вычисления полиномов локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов **1004** работает аналогично блоку **1005** и выполняет 23-ый пункт алгоритма декодирования. Вычисленные за  $t_v$  итераций полиномы локаторов  $\Lambda_h(x)$  и ошибок  $\Omega_h(x)$  передаются следующему блоку **1300**. В случаях, когда степень полинома локаторов  $\Lambda_h(x)$  больше значения  $t_{ch}$ , блок **1004** формирует отказ от декодирования.

Блок нахождения локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов **1300** выполняет преобразование Фурье многочленов  $\Lambda_h(x)$ ,  $\Omega_h(x)$ , а также формальной производной  $\Lambda'_h(x)$ . При этом для всех возможных значений локаторов ошибок вычисляются значения полиномов  $\Lambda_h(x)$ ,  $\Omega_h(x)$ ,  $\Lambda'_h(x)$  (25-ый пункт алгоритма декодирования). Выполняется проверка равенства значения полиномов локаторов ошибок нулю и, в случае положительного прохождения проверки, фиксируется локатор ошибки  $x_h$  и для него вычисляется значение ошибки  $y_h$  по формуле Форни [11] (26-ой пункт алгоритма декодирования). Управляющие блоком модификации синдромов сигналы формируются аналогичным с блоком **1700** образом. При этом модификация синдромов выполняется при условии  $i_v < 192$ .

Блоки **1002** и **1003**, являющиеся сумматорами элементов поля Галуа, выполняют 9-ый, 18-ый, 29-ый и 39-ый пункты алгоритма декодирования, заключающиеся в исправлении ошибочных символов путём суммирования значений ошибок в

горизонтальных  $y_h$  (блок **1002**) и вертикальных  $y_v$  дел кодовых словах (блок **1003**) со значениями символов принятого из канала блока данных, выдаваемых буферной памятью данных **1001**. Исправленный блок данных при этом передается на вход следующего декодера.

Блок вычисления значений модификаций синдромов вертикальных кодовых

слов **1500** выполняет 31-ый и 40-ой пункты алгоритма декодирования - вычисление значений  $\Delta S_v(x)$ , передаваемых следующему декодеру для модификации синдромов вертикальных кодовых слов.

Структурная схема второго декодера итераций 2000 представлена на рисунке 3.

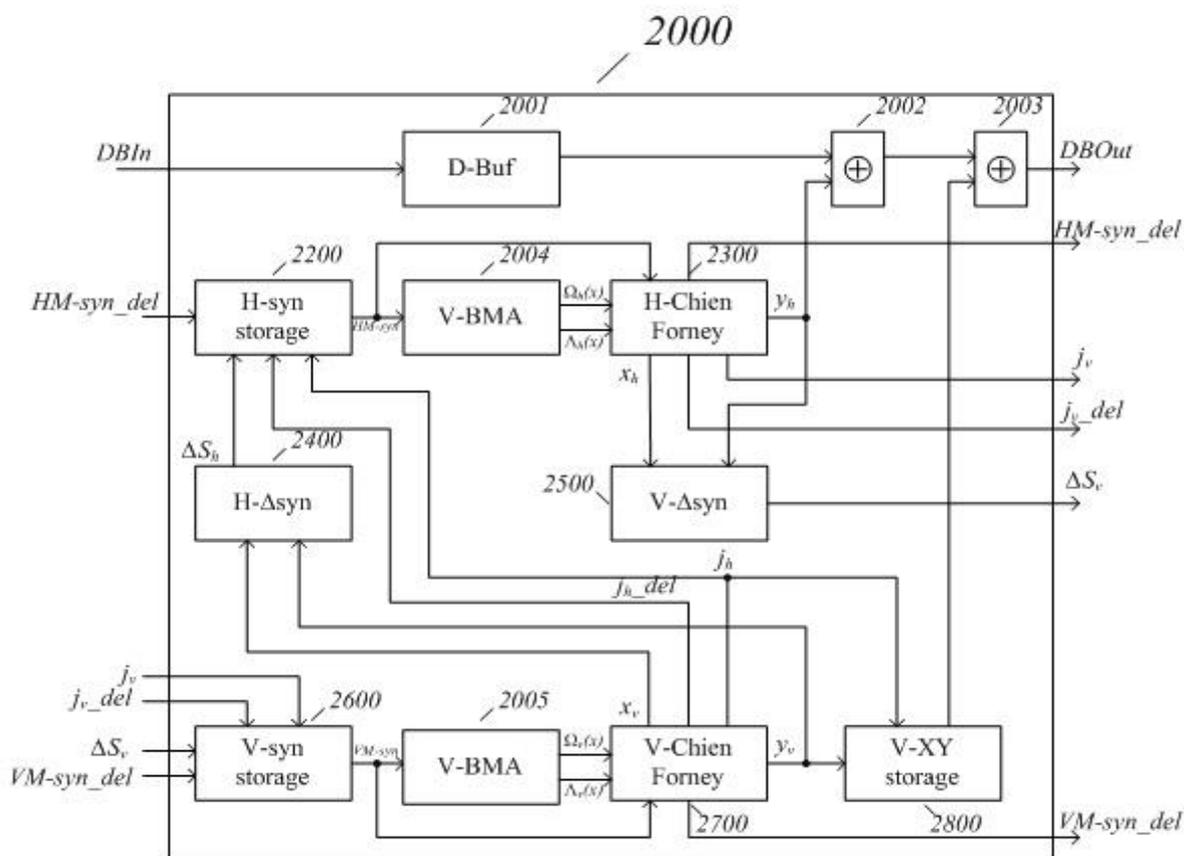


Рис. 3. Структурная схема второго и последующих декодеров итераций

Его структура аналогична структуре первого декодера за исключением двух блоков. Из второго декодера исключен блок вычисления синдромов горизонтальных кодовых слов **1100**, а блок вычисления и хранения синдромов вертикальных кодовых слов **1600** заменён на блок хранения и модификации синдромов вертикальных кодовых слов **2600**, который выполняет п. 32 и п. 41 алгоритма декодирования - модификацию полино-

мов синдромов вертикальных кодовых слов на основании данных, полученных от 1-го декодера итераций. При этом сам блок хранения и модификации синдромов вертикальных кодовых слов **2600** реализован аналогично блоку хранения и модификации синдромов горизонтальных кодовых слов **1200** и отличается от него лишь числом обрабатываемых синдромов и их разрядностью.

Устройство и работа последующих декодеров итераций аналогична устройству и работе второго декодера.

### Основные характеристики устройства коррекции ошибок

Предлагаемое устройство принимает один символ кодового слова (8 бит) за 2 такта. При реализации декодера на современных БИС (ASIC) с тактовой частотой 500 МГц, пропускная способность устройства  $q$  составит:

$$q = n_b * f_{CLK} = 4 * 500 * 10^6 = 2 * 10^9 \text{ бит/с} = 2 \text{ Гбит/с},$$

где  $n_b$  – число бит, поступающих в декодер за 1 такт;  $f_{CLK}$  – тактовая частота, на которой работает устройство.

Пропускную способность декодера несложно поднять в два раза, если проце-

дуру Ченя-Форни, выполняемую блоками 1300, 2300, ..., N300 и 1700, 2700, ..., N700, распараллелить на два потока.

Аппаратная сложность устройства оценивалась в вентилях, причем под вентилем понимается 2-входовой элемент И или ИЛИ с возможными инверсиями на входе и/или выходе. Общая сложность устройства определялась как сумма сложностей всех составляющих его блоков и элементов.

В таблице 1 дана сложность базовых элементов, используемых в устройстве коррекции ошибок ( $m$  – разрядность элемента).

Таблица 2 содержит оценку сложности отдельных блоков декодеров итераций, из которых состоит устройство.

Таблица 1

Наименование элемента	Число вентиляей, $\chi_v$
Сумматор элементов конечного поля GF(2 <sup>m</sup> ) (2-входовой)	3m
Коммутатор (2-входовой)	3m
Двоичный счетчик	8m
Умножитель элементов конечного поля GF(2 <sup>m</sup> ) (2-входовой)	4m <sup>2</sup>
Схема возведения в квадрат элементов конечного поля GF(2 <sup>m</sup> )	2m
Умножитель на постоянный коэффициент в конечном поле GF(2 <sup>m</sup> )	6m
Инвертор элементов конечного поля GF(2 <sup>m</sup> )	4m <sup>2</sup>
Регистр-защёлка, работающий по фронту	8m
Блок вентиляей (с 1-м управляющим входом)	m
Селектор нулевого элемента конечного поля GF(2 <sup>m</sup> )	m-1
D-триггер	8
Схема сравнения (на равенство) m=8	31
Сдвиговый регистр	11m

Устройство коррекции ошибок содержит буферную память 1001, 2001, ..., N001, предназначенную для временного хранения принятых из канала символов исправляемых кодовых слов. Размер буферной памяти равен числу байт в 2N блоках данных. Объём буферной памяти можно рассчитать по следующей формуле:

$$\chi_{\Pi} = 2 * 172 * 208 * m = 605696 \text{ бит.}$$

Суммарная сложность всего устройства коррекции ошибок зависит от количества декодеров итераций и может быть рассчитана по формуле

$$\chi = \chi^{dl1} + (N - 1) * \chi^{dl2},$$

где  $\chi^{dl1}$  – сложность первого декодера;  $\chi^{dl2}$  – сложность второго декодера.

Таблица 2

Элемент	Число вентиляей, $\chi_{\text{в}}$	Число бит памяти, $\chi_{\text{п}}$
Буферная память данных 1001		605696
Сумматоры элементов конечного поля 1002, 1003	48	
Блок вычисления синдромов горизонтальных кодовых слов 1100	1360	
Блок хранения и модификации синдромов горизонтальных кодовых слов 1200	1372	33280
Блок вычисления полиномов локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов 1004	10792	
Блок нахождения локаторов и значений ошибок горизонтальных кодовых слов 1300	31939	
Блок вычисления значений модификаций синдромов горизонтальных кодовых слов 1400	3392	
Блок вычисления значений модификаций синдромов вертикальных кодовых слов 1500	5744	
Блок вычисления и хранения синдромов вертикальных кодовых слов 1600	1516	44032
Блок вычисления полиномов локаторов и значений ошибок вертикальных кодовых слов 1005	17128	
Блок нахождения локаторов и значений ошибок вертикальных кодовых слов 1700	27145	
Блок хранения значений ошибок вертикальных кодовых слов 1800	316	572416
Блок хранения и модификации синдромов вертикальных кодовых слов 2600	2092	44032
Итого 1-й декодер итераций	90752	1255424
Итого 2-й и последующие декодеры итераций	89968	1255424

Зависимости сложности декодера от числа итераций, а также частота обнаружения неисправимых блоков данных по-

сле декодирования (BIER со знаком минус) при  $E_b/N_0 = 5,55$ , приведены на рисунке 4.

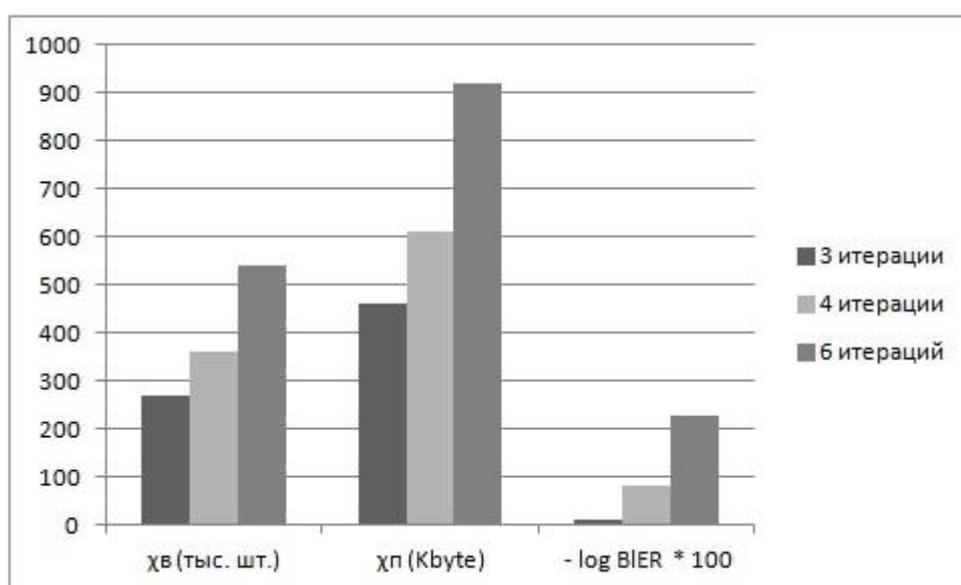


Рис. 4. Сложность и частота неисправленных блоков данных для 3, 4 и 6 итераций

### Заключение

В работе предложена структурно-функциональная организация устройства коррекции ошибок для оптической памяти массового применения, реализующего алгоритм итеративного декодирования произведения кодов Рида-Соломона. Особенностью организации является последовательное включение декодеров итераций, реализующих вычисление по конвейерному принципу. Параллельная работа декодеров итераций обеспечивает высокую пропускную способность в 2 Гбит/с.

### Список литературы

1. Процедуры коррекции ошибок для оптической памяти / С.И. Егоров, А.В. Кривонос, А.О. Сазонов, Д.В. Цвелик // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 2. С. 109-114.
2. Кларк Д., Кейн Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1987. 392 с.
3. Графов О.Б., Егоров С.И. Мягкое декодирование полшумящих кодов Рида-Соломона // Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2012 : сб. докладов XIV междунар. конф. М., 2012. С. 46-49.
4. Lee H. Y., Park I. C. A Fast Reed–Solomon Product-Code Decoder without Redundant. Computations // Proceedings of the

2004 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. 2004. Vol. 2. Pp. 381-384.

5. Пат. 2314639 РФ, МПИ7 Н03М 13/00. Устройство декодирования кодов Рида-Соломона / Егоров С.И.; заявл. 03.04.2006; опубл. 10.01.2008. Бюл. №1, гос.

6. Patent EP 1104114A2, IPC<sup>7</sup> H03M 13/29. Error correction device / Ohyama T. [JP]; Ogaki-shi G. [JP]; Arisaka T [JP]; Ota-shi G. [JP]; Yamauchi H [JP]; заявл. 23.11.2000; опубл. 30.05.2001. Бюл. №22 27 с.

7. Егоров С.И., Кривонос А. В. Алгоритмы коррекции ошибок для оптических дисков DVD // Новые информационные технологии и системы: сб. науч. ст. XI Междунар. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 25-27 ноября 2014 г.). Пенза: Изд-во ПГУ, 2014. С. 128-133.

8. Кривонос А.В. Алгоритм коррекции ошибок для оптической памяти массового применения. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2017. Т. 7, № 3(24). С. 36-45.

9. Егоров С.И. Коррекция ошибок в информационных каналах периферийных устройств ЭВМ. Курск, 2008. 252 с.

10. Берлекэмп Э. Алгебраическая теория кодирования: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1971. 477 с.

11. Кларк Д., Кейн Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1987. 392 с.

*Поступила в редакцию 05.11.17*

UDC 621.391.15

**S. I. Egorov**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: sie@mail.com)

**A. V. Krivonos**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: sadam1488@gmail.com)

### ERROR CORRECTION DEVICE FOR OPTICAL MEMORY OF MASS APPLICATION

*Currently one of the most commonly used carriers of digital information is optical multi-purpose DVD discs. At the same time these carriers have a significant disadvantage, namely, a tendency to a relatively large number of errors in the reading of information due to damage of the recording layer during production or operation.*

The article presents the structural and functional organization of the error correction device for optical mass storage (optical DVDs) that implements the iterative decoding of the product of Reed-Solomon codes. It is given the block diagram of the device, which illustrates the relationships between the components of the device decoders iterations and describes the principle of the receipt and processing of data blocks in the device. The error correction device is  $N$  series-connected iterations decoders working on a pipelined basis. All its iterative decoders run in parallel, processing successively received data blocks from the channel.

The structure of decoder iterations is disclosed and the functions of their constituent blocks are described with reference to the points of the decoding algorithm.

The proposed device receives one code word symbol (8 bits) per 2 clock cycles and, when implementing a decoder on modern ASICs, is capable of providing a throughput of 2 Gbps at a processor clock speed of 500 MHz. This bandwidth allows the device to work in a continuous mode and processing data blocks at the rate of their arrival. Possible ways of increasing the capacity of the device are described.

In addition, the article assesses the hardware complexity of the main units of the device, expressed in the number of gates and bits of memory required for its implementation using integrated circuits of a special purpose.

**Key words:** DVD, product of Reed-Solomon codes, decoding device.

**DOI:** 10.21869/2223-1560-2017-21-6-22-31

**For citation:** Egorov S. I., Krivonos A. V. Error Correction Device for Optical Memory of Mass Application, Proceedings of the Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 6(75), pp. 22-31 (in Russ.).

\*\*\*

## Reference

1. Egorov S.I., Krivonos A.V., Sazonov A.O., Cvelik D.V. Procedury korrekcii oshibok dlja opticheskoy pamjati. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Priborostroenie, 2015, vol. 58, no. 2, p. 109-114.

2. Klark D., Kejn D. Kodirovanie s ispravleniem oshibok v sistemah cifrovoj svjazi. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1987. 392 p.

3. Grafov O.B., Egorov S.I. Mjagkoe dekodirovanie polpuljarnyh kodov Rida-Solomona. Sb. dokladov XIV mezhdunar. konf.: RNTRJeS im. A.S. Popova "Cifrovaja obrabotka signalov i ee primenenie – DSPA-2012". Moscow, 2012, pp. 46-49.

4. Lee H. Y., Park I. C. A Fast Reed-Solomon Product-Code Decoder without Redundant Computations. Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2004, vol. 2, pp. 381-384.

5. Pat. 2314639 RF, MPI7 H03M 13/00. Ustrojstvo dekodirovanija kodov Rida-Solomona / Egorov S.I.; zajavl. 03.04.2006; opubl. 10.01.2008. Bjul. №1, gos.

6. Patent EP 1104114A2, IPC7 H03M 13/29. Error correction device / Ohyama T.

[JP]; Ogakishi G. [JP]; Arisaka T [JP]; Otashi G. [JP]; Yamauchi H [JP]; zajavl. 23.11.2000; opubl. 30.05.2001. Bjul. №22 – 27 s.

7. Egorov S.I., Krivonos A. V. Algoritmy korrekcii oshibok dlja opticheskikh diskov DVD. Sb. nauch. st. XI Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. (g. Penza, 25-27 nojabrja 2014 g.) "Novye informacionnye tehnologii i sistemy". Penza, PGU Publ., 2014, pp. 128-133.

8. Krivonos A.V. Algoritm korrekcii oshibok dlja opticheskoy pamjati massovogo primenenija. Izvestija Jugozapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie, 2017, vol. 7, no. 3(24), pp. 36-45.

9. Egorov S.I. Korrekcija oshibok v informacionnyh kanalakh periferijnyh ustrojstv JeVM. Kursk, 2008, 252 p.

10. Berlekjemp Je. Algebraicheskaja teorija kodirovanija. Moscow, Mir Publ., 1971. 477 p.

11. Klark D., Kejn D. Kodirovanie s ispravleniem oshibok v sistemah cifrovoj svjazi. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1987. 392 p.