

**ОПИСАНИЕ
ПОЛЕЗНОЙ
МОДЕЛИ К
ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **4092**
(13) **U**
(46) **2007.12.30**
(51) МПК (2006)
H 03M 13/00

(54) **ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДЕКОДЕР ДЛЯ КОРРЕКЦИИ
МОДУЛЯ ОШИБОК**

(21) Номер заявки: u 20070193
(22) 2007.03.21
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

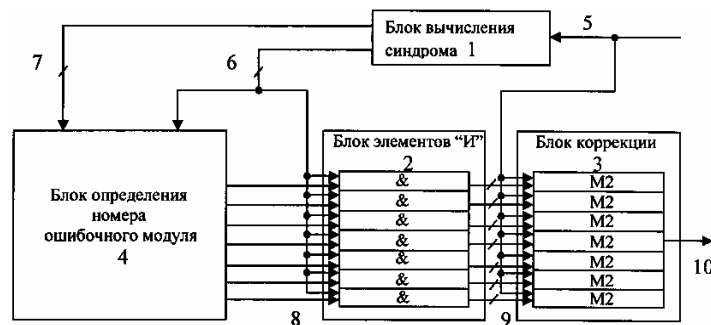
(72) Авторы: Конопелько Валерий Константинович; Липницкий Валерий Антонович; Фам Хак Хоан; Шкиленок Александр Владимирович (ВУ)
(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Высокоскоростной декодер для коррекции модуля ошибок, содержащий блок вычисления синдрома, блок элементов "И", блок коррекции, блок определения номера ошибочного модуля, причем входы блока вычисления синдрома и первые входы блока коррекции объединены и являются входами устройства, первые выходы блока вычисления синдрома соединены с первыми входами блока элементов "И", выходы блока элементов "И" соединены со вторыми входами блока коррекции, выходы которого являются выходами декодера, **отличающийся** тем, что содержит блок определения номера ошибочного модуля, первые и вторые входы которого соединены соответственно с первыми и вторыми выходами блока вычисления синдрома, а выходы - со вторыми входами блока элементов "И".

(56)

1. Теория прикладного кодирования. Т. 2 / Под ред. В.К. Конопелько. - Мн.: БГУИР, 2004. - С. 87, рис. 8.1.
2. Патент ВУ 7195 С1, 2005.
3. Конопелько В.К, Липницкий В. А. Теория норм синдромов и перестановочное декодирование помехоустойчивых кодов. - М.: Едиториал УРСС, 2004.



Фиг. 1

Полезная модель относится к вычислительной технике и может быть использована в системах передачи и хранения информации с модульным (байтным) представлением информации, в частности в многоразрядных запоминающих устройствах для обеспечения их надежности. Целью полезной модели являются повышение быстродействия и уменьшение сложности декодера при коррекции модуля ошибок. Указанная цель достигается введением блока определения номера ошибочного модуля на основе вычисления нормы синдрома.

Известен декодер для коррекции модуля ошибок кодами, содержащими в одной из половин единичные подматрицы I_b , который состоит из блока вычисления синдрома, блока вычисления частных синдромов, блока сравнения, блока элементов "И" и блока коррекции [1]. Однако данный декодер обладает высокой сложностью из-за больших аппаратурных и временных затрат на построение блока вычисления частных синдромов.

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели является устройство декодирования для коррекции модуля ошибок с высоким быстродействием, содержащее блок вычисления синдрома, первый и второй дешифраторы указания степени элементов поля, блок коррекции, селектор указания начального местоположения ошибок, селектор указания текущего местоположения ошибок, блок формирования векторов норм синдромов, причем выходы первого дешифратора указания степени элементов поля соединены с соответствующими объединенными первыми входами селектора указания начального местоположения ошибок и селектора указания текущего местоположения ошибок, выходы второго дешифратора указания степени элементов поля соединены со вторыми входами селектора указания начального местоположения ошибок, выходы селектора указания начального местоположения ошибок соединены со входами блока формирования векторов норм синдромов, выходы которого являются вторыми входами селектора указания текущего местоположения ошибок, выходы которого соединены со вторыми входами блока коррекции [2].

Однако данное устройство требует значительных аппаратурных и временных затрат на построение селектора текущего местоположения ошибок и блока формирования векторов норм синдромов. Данное устройство используется только для декодирования укороченного однородного кода Рида-Соломона, полный код Рида-Соломона не декодируется.

Техническая задача, на решение которой направлена полезная модель, - разработка декодера полного кода Рида-Соломона для коррекции модуля ошибок с невысокой сложностью и высоким быстродействием. Техническим результатом, который может быть получен при использовании данной полезной модели, является декодер для коррекции однократных модульных ошибок с небольшими аппаратурными затратами и высоким быстродействием.

Высокоскоростной декодер для коррекции модуля ошибок, содержащий блок вычисления синдрома, блок элементов "И", блок коррекции, блок определения номера ошибочного модуля, причем входы блока вычисления синдрома и первые входы блока коррекции объединены и являются входами декодера, первые выходы блока вычисления синдрома соединены с первыми входами блока элементов "И", выходы блока элементов "И" соединены со вторыми входами блока коррекции, выходы которого являются выходами декодера, отличающийся тем, что содержит блок определения номера ошибочного модуля, первые и вторые входы которого соединены соответственно с первыми и вторыми выходами блока вычисления синдрома, а выходы - со вторыми входами блока элементов "И".

Сущность заявляемой полезной модели заключается в том, что предлагаемый декодер позволяет исправлять ошибки любой кратности в пределах модуля с малыми аппаратурными и временными затратами за счет вычисления нормы синдрома кода Рида-Соломона в блоке определения номера ошибочного модуля.

Предложение иллюстрируется следующими чертежами. На фиг. 1 представлена структурная схема декодера для коррекции модуля ошибок кодом Рида-Соломона, на фиг. 2 - проверочная матрица кода, корректирующего однократные модульные ошибки длины $b = 3$ с единичными подматрицами I_b в ее верхней половине, на фиг. 3 - блок определения номера ошибочного модуля. Реализация блока вычисления синдрома, дешифраторов ука-

зания степени элементов поля, блока коррекции известна. В этих блоках используются элементы "И", "ИЛИ", "НЕ", сумматоры по модулю два. В блоке определения номера ошибочного модуля точка на пересечении вертикальных и горизонтальных шин означает элемент "И".

Высокоскоростной декодер для коррекции модуля ошибок содержит блок вычисления синдрома 1, блок элементов "И" 2, блок коррекции 3, блок определения номера модуля ошибок 4, причем входы 5 блока вычисления синдрома и первые входы блока коррекции объединены и являются входами декодера, первые 6 выходы блока вычисления синдрома соединены с первыми входами блока элементов "И" и первыми входами блока определения номера ошибочного модуля, вторыми входами соединенного со вторыми выходами 7 блока вычисления синдрома, выходы 8 блока определения номера ошибочного модуля соединены со вторыми входами элементов "И", выходы 9 которого соединены со вторыми входами блока коррекции, выходы 10 которого являются выходами декодера (фиг. 1).

В предложенном декодере используется проверочная матрица кода Рида-Соломона с единичными подматрицами I_b в матрице. На фиг. 2 в качестве примера конкретного исполнения декодера представлена нормализованная проверочная матрица H кода Рида-Соломона $(21, 15)$ для длины модуля $b = 3$.

Для проверочных матриц с единичными подматрицами I_b в верхней половине матриц H конфигурация расположения ошибок в модуле определяется первой половиной разрядов синдрома, а номер ошибочного модуля - второй половиной разрядов. Обозначим их соответственно S_1 и S_2 , то есть $S = (S_1, S_2)^T = (\alpha^i, \alpha^j)^T$. Новым в таблице является параметр - норма синдрома $N = (j - i) \bmod 7$, где i, j - степень элементов поля α^i, α^j при двоичном представлении синдрома, указывающая, к какому модулю принадлежит вектор ошибок [3]. Как видно из таблицы, зная норму синдрома N , можно определить номер ошибочного модуля, а вектор ошибки модуля равен $e_m = S_1$.

Декодер работает следующим образом. Кодовое слово кода Рида-Соломона, задаваемого матрицей H (фиг. 2), поступает на вход блока вычисления синдрома, где вычисляется синдром $S = (S_1, S_2)^T = (\alpha^i, \alpha^j)^T$. Например, при одиночной ошибке во втором разряде первого модуля синдром $S = (S_1, S_2)^T = (\alpha^1, \alpha^1)^T = (010; 010)$. На первые 6 и вторые 7 входы блока определения номера ошибочного модуля 4 соответственно поступают $S_1 = (010)$, $S_2 = (010)$. На одном из выходов 8 блока определения номера ошибочного модуля, которому соответствует $N = 0$, появляется единичный сигнал. Этот единичный сигнал поступает на первые три ($b = 3$) элемента "И" блока 2, а на вторых входах которого присутствуют сигналы вектора ошибок $e_m = S_1$ с первых выходов 6 блока вычисления синдрома 1 ($S_1 = \alpha^1 = (010)$). В результате этого на соответствующем выходе блока 2 устанавливается вектор ошибок модуля $e_m = (010)$, который корректирует в блоке 3 ошибочные разряды в ошибочном модуле.

На фиг. 3 приведена одна из возможных реализаций блока определения номера ошибочного модуля 4, который содержит первый 11 и второй 12 дешифраторы вычисления степени элементов поля и вентильную матрицу 13. Первые и вторые входы блока соединены соответственно с первыми 6 и вторыми 7 выходами блока вычисления синдрома. На выходах первого и второго дешифраторов устанавливаются сигналы, указывающие на степени элементов поля i и j , которые поступают на вентильную матрицу 13, на выходах которой устанавливаются единичные сигналы в зависимости от вычисленного значения нормы $N = (j - i) \bmod 7$, в результате чего определяется номер ошибочного модуля.

Технико-экономическое преимущество предложенного декодера для коррекции модуля ошибок по сравнению с прототипом заключается в повышении быстродействия и уменьшении аппаратной сложности за счет исключения селектора указания текущего местоположения ошибок и блока формирования векторов норм синдромов. Кроме того, данный декодер позволяет обрабатывать коды Рида-Соломона произвольной длины. Таким образом, предложенный декодер обладает невысокой сложностью и высоким быстродействием при коррекции модуля ошибок.

BY 4092 U 2007.12.30

Вектора ошибок, синдромы и нормы синдромов

Вектор ошибки кодового слова	Синдром $S = S_1/S_2$	α^i/α^j	Норма $N = (j - i) \bmod 7$
100 000 000 000 000 000 000	100/100	α^0/α^0	0
010 000 000 000 000 000 000	010/010	α^1/α^1	0
001 000 000 000 000 000 000	001/001	α^2/α^2	0
110 000 000 000 000 000 000	110/110	α^3/α^3	0
011 000 000 000 000 000 000	011/011	α^4/α^4	0
101 000 000 000 000 000 000	101/101	α^6/α^6	0
111 000 000 000 000 000 000	111/111	α^5/α^5	0
000 100 000 000 000 000 000	100/010	α^0/α^1	1
000 010 000 000 000 000 000	010/001	α^1/α^2	1
000 001 000 000 000 000 000	001/110	α^2/α^3	1
000 110 000 000 000 000 000	110/011	α^3/α^4	1
000 011000 000 000 000 000	011/111	α^4/α^5	1
000 101 000 000 000 000 000	101/100	α^6/α^0	1
000 111 000 000 000 000 000	111/101	α^5/α^6	1
000 000 100 000 000 000 000	100/001	α^0/α^2	2
000 000 010 000 000 000 000	010/110	α^1/α^3	2
000 000 001 000 000 000 000	001/011	α^2/α^4	2
000 000 110 000 000 000 000	110/111	α^3/α^5	2
000 000 011 000 000 000 000	011/101	α^4/α^6	2
000 000 101 000 000 000 000	101/010	α^6/α^1	2
000 000 111 000 000 000 000	111/100	α^5/α^0	2
000 000 000 100 000 000 000	100/110	α^0/α^3	3
000 000 000 010 000 000 000	010/011	α^1/α^4	3
000 000 000 001 000 000 000	001/111	α^2/α^5	3
000 000 000 110 000 000 000	110/101	α^3/α^6	3
000 000 000 011 000 000 000	011/100	α^4/α^0	3
000 000 000 101 000 000 000	101/001	α^6/α^2	3
000 000 000 111 000 000 000	111/010	α^5/α^1	3
000 000 000 000 100 000 000	100/001	α^0/α^4	4
000 000 000 000 010 000 000	010/110	α^1/α^5	4
000 000 000 000 001 000 000	001/011	α^2/α^6	4
000 000 000 000 110 000 000	110/111	α^3/α^0	4
000 000 000 000 011 000 000	011/101	α^4/α^1	4
000 000 000 000 101 000 000	101/010	α^6/α^3	4
000 000 000 000 111 000 000	111/100	α^5/α^2	4
000 000 000 000 000 100 000	100/111	α^0/α^5	5
000 000 000 000 000 010 000	010/101	α^1/α^6	5
000 000 000 000 000 001 000	001/100	α^2/α^0	5
000 000 000 000 000 110 000	110/010	α^3/α^1	5
000 000 000 000 000 011 000	011/001	α^4/α^2	5
000 000 000 000 000 101 000	101/011	α^6/α^4	5
000 000 000 000 000 111 000	111/110	α^5/α^3	5
000 000 000 000 000 000 100	100/101	α^0/α^6	6
000 000 000 000 000 000 010	010/100	α^1/α^0	6
000 000 000 000 000 000 001	001/010	α^2/α^1	6
000 000 000 000 000 000 110	110/001	α^3/α^2	6
000 000 000 000 000 000 011	011/110	α^4/α^3	6
000 000 000 000 000 000 101	101/111	α^6/α^5	6
000 000 000 000 000 000 111	111/011	α^5/α^4	6

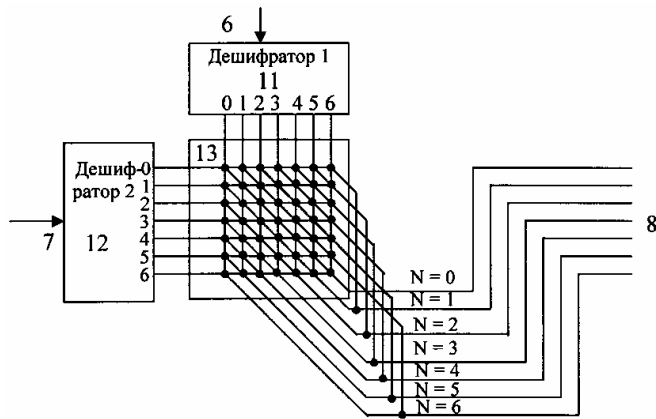
BY 4092 U 2007.12.30

$$H = \begin{bmatrix} I_3 & I_3 & I_3 & I_3 & I_3 & I_3 & I_3 & I_3 \\ h^6 & h^1 & h^2 & h^3 & h^4 & h^5 & h^6 & h^6 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 \\ \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 & \alpha^1 \alpha^2 \alpha^3 & \alpha^2 \alpha^3 \alpha^4 & \alpha^3 \alpha^4 \alpha^5 & \alpha^4 \alpha^5 \alpha^6 & \alpha^5 \alpha^6 \alpha^0 & \alpha^6 \alpha^0 \alpha^1 & \alpha^0 \alpha^1 \alpha^2 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ & & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Фиг. 2



Фиг. 3