

## РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА БЧХ-КОДА (15, 5, 7) НА ПЛИС

Рыжова С. Е., Мыцко Е. А., Зоев И. В.  
Научный руководитель: А. Н. Мальчуков  
Томский политехнический университет  
r.svet93@yandex.ru

### Введение

Вопрос сохранения целостности данных при передаче и хранении информации остро стоит в век беспроводных технологий. Для своевременного обнаружения и оперативного исправления ошибок в кодовых комбинациях применяются помехоустойчивые коды. Одним из наиболее известных в данной области является код Боуза – Чоудхури – Хоквингема [1] (БЧХ-код). Существующие алгоритмы (Питерсона-Горенштейна-Цирлера, Евклидов алгоритм, Берлекемпа-Мессис) декодирования БЧХ-кодов имеют один серьезный недостаток – они не исправляют ошибку в принятой комбинации, а способны только обнаружить позицию ошибки. Для исправления ошибки необходимо применить метод Ченя, который по факту является полным перебором, что значительно влияет на быстродействие устройства декодирования. Для решения проблемы низкого быстродействия разработан быстродействующий декодер БЧХ-кода (15,5,7) на основе метода циклического декодирования.

### Матричный алгоритм деления полиномов

Метод циклического декодирования основан на операциях деления по модулю 2 кодовых комбинаций на образующий полином [2]. Для аппаратной реализации наиболее удачным является матричный алгоритм деления полиномов, который заключается в процедуре умножения вектора на матрицу, где в качестве вектора выступает делимое, а матрицы – предварительно вычисленная матрица для заранее определенных длин делимого и делителя (рис. 1). Матричный алгоритм (рис. 2) позволяет построить схему на комбинационной логике, которая формирует выходной сигнал с учетом текущего значения входного сигнала, что не требует наличия элементов памяти [3,4].

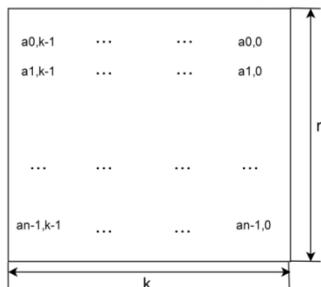


Рис. 1. Предварительно вычисленная матрица

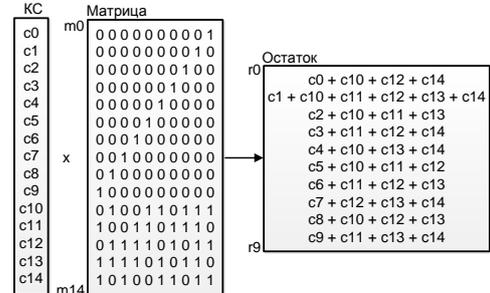


Рис. 2. Структурная схема матричного алгоритма

### Структурная схема декодера БЧХ-кода (15,5,7)

Согласно параметрам БЧХ-кода (15,5,7) декодер должен исправлять до трёх независимых ошибок для кода длины 15 (длина информационного сообщения – 5). На рис. 3 представлена структурная схема декодера.

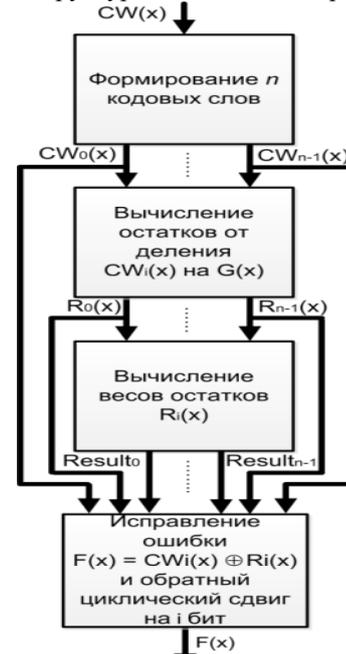


Рис. 3. Структурная схема декодера БЧХ-кода

Декодирование осуществляется на основе модифицированного метода циклического декодирования. Модификация заключается в параллельной обработке сдвигов кодовых слов, что исключает наличие обратной связи.

### Функциональная схема декодера БЧХ-кода (15,5,7)

Разработанный декодер включает 32 модуля [5], разработанных на языке описания аппаратуры Verilog: *main*, *SEGMENT0–SEGMENT14*,

*WEIGHT0–WEIGHT14, SHIFT\_1.*

В модуль *main* (рис. 4) поступает входное кодовое слово, для которого формируются все варианты циклических сдвигов.

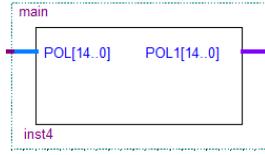


Рис. 4. Модуль *main*

Модули *SEGMENT0–SEGMENT14* (рис. 5) отвечают за вычисление остатка от деления всех вариантов циклического сдвига входного кодового слова на образующий полином, на основе алгоритма матричного деления.



Рис. 5. Модуль *SEGMENT*

В модулях *WEIGHT0–WEIGHT14* (рис. 6) осуществляется расчет весов остатков. Затем, полученный результат сравнивается с числом максимального количества ошибок, которое способен исправить декодер, в данном случае 3. Если вес остатка больше, то на выход подается логический «0», если меньше или равен – логическая «1».

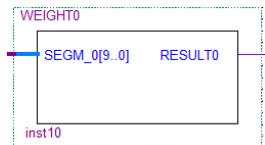


Рис. 6. Модуль *WEIGHT*

В модуле *SHIFT\_1* происходит исправление ошибки в принятой комбинации. При помощи приоритетного шифратора, находится первый сигнал *RESULT* с логической «1», соответствующий данному сигналу остаток складывается по модулю два со сдвинутым кодовым словом. Также в данном блоке осуществляет выдача сигналов *CORRECT* и *UNCORRECT*.

**Моделирование работы декодера**

Для подтверждения работоспособности декодера необходимо провести его тестирование на различных наборах данных, с различными вариантами ошибок в принимаемых кодовых комбинациях. На рис. 7 представлены результаты работы декодера для различных ошибок (7FFF–исходное слово, 7D6F – трёхкратная ошибка, 7FF0–четырёхкратная ошибка).

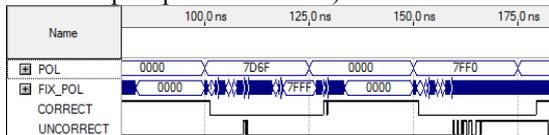


Рис. 7. Результаты работы декодера

Как видно из рис. 7 декодер обнаружил и исправил трёхкратную независимую ошибку, при этом четырёхкратную ошибку декодер обнаружил (но не исправил) и выдал сигнал *UNCORRECT*.

В таблице приведено быстродействие разработанного декодера БЧХ-кода и декодера-аналога.

Таблица. Быстродействие декодера

n	k	Аналог	Разработка
15	7	33,18 мкс	28,051 нс

**Заключение**

Результаты тестирования и сравнительный анализ разработанного декодера БЧХ-кода (15, 5, 7) показывают его способность обнаруживать и исправлять ошибочные биты в пакете данных на различных позициях – как в контрольном блоке, так и в информационном, так и при наличии ошибок в обоих блоках. На основании сравнения декодера с аналогом можно сказать, что декодер является быстродействующим, что позволяет оперативно исправлять ошибки при передаче данных в системах автоматизации производства.

**Список использованных источников**

1. Боуз Р.К., Рой-Чоудхури Д.К. Об одном классе двоичных групповых кодов с исправлением ошибок. – В кн.: Кибернетика. М., 1964. – С.112-118.
2. Mytsko E., Malchukov A., Adaptation of technology MPI and OpenMP to search for the generators polynomials. Proceedings of the 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2014). Chittagong, 2014, pp. 5-8.
3. Mytsko E. A., Malchukov A. N., Novozhilov I. V., Kim V. L. Fast Decoder of BCH Code with Cyclic Decoding Method. Proceedings of the International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2016). Moscow, 2016, pp. 1-4.
4. Mytsko E. A. , Malchukov A. N. , Ryzhova S. E. , Kim V. L. Structure Development of the BCH Code High-speed Decoder Based on the Cyclic Decoding Method. Proceedings of the International Conference on Applied Mechanics and Mechatronics Engineering (AMME-2015). Bangkok, 2015, pp. 175-178.
5. Еремин В. В. , Мальчуков А. Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. - 2011 - №. 1 - С.379-381. Режим

XIV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных  
«Молодёжь и современные информационные технологии»

доступа:

<http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4>