

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОГО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА НА ПРИМЕРЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДА (23,5,11)

С.Е. Рыжова, Е.А. Мыцко

Томский политехнический университет

e-mail: r.svet93@ya.ru

### Введение

При передаче данных по различным каналам связи есть вероятность возникновения ошибок, вызванных влиянием внешней среды. Для повышения достоверности передаваемых данных при их передаче используются различные помехоустойчивые коды, способные обнаруживать и исправлять многократные ошибки. Наиболее распространенными для решения данной проблемы являются коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ), исправляющие независимые ошибки, и коды Рида-Соломона (РС), исправляющие пакеты ошибок.

### Описание алгоритмов декодирования кодов, обнаруживающих и исправляющих многократные ошибки и их недостатки

Основным алгоритмом декодирования данных кодов является циклический метод декодирования, опирающийся на свойство цикличности кодов.

Для декодирования данных кодов применяются специально разработанные алгоритмы [1], а именно:

1. Алгоритм Бэрлекемпа-Мэсси;
2. Алгоритм Евклида;
3. Алгоритм Питерсона-Горенштейна-Цирлера;
4. Поиск Ченя;
5. Метод Форни.

Для полноценного обнаружения и исправления ошибок необходимо последовательное использование одного из алгоритмов 1 – 3 и в совокупности с ними, алгоритм 4 для кодов БЧХ или 4 – 5 для кодов РС. Данный подход имеет четкую последовательную структуру, выполнение которой отрицательно скажется на быстродействии декодера. Для циклического метода декодирования, в отличие от остальных, есть возможность распараллеливания промежуточных процессов. На рисунке 1 представлена блок-схема выполнения циклического метода декодирования.

Однако следует отметить недостаток, присущий как коду БЧХ, исправляющему многократные независимые ошибки, так и коду РС, исправляющему пакетные ошибки, и заключается в ограниченном выборе длины кодовой комбинации [2]. Длина передаваемой кодовой комбинации, включающей в себя информационную и контрольную блоки, должна быть равна  $n = 2^h - 1$ . Исходя из этой формулы,

можно рассчитать  $m$  – длина информационного сообщения, однако очевидно, что не все варианты  $m$  могут быть переданы и закодированы.

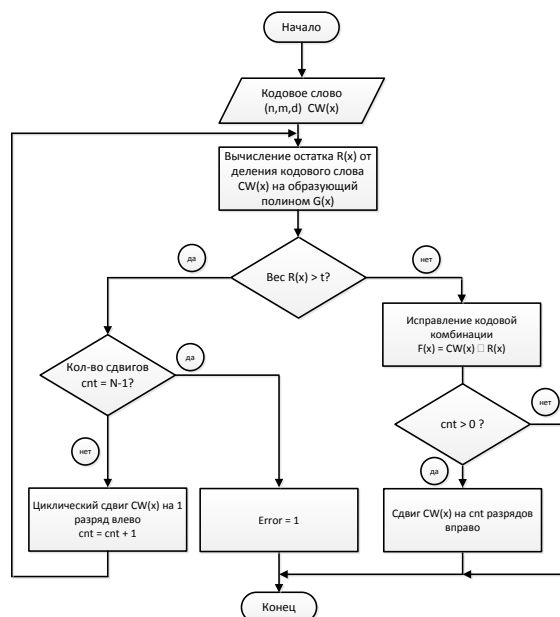


Рис. 1. Блок-схема алгоритма циклического декодирования БЧХ-кода

Как видно из рис.1, в процессе декодирования присутствует операция деления по модулю 2 входной кодовой комбинации на образующий многочлен. Образующий многочлен рассчитывается исходя из двух параметров:  $n$  и  $t$ , где  $n = m+k$  – длина кодовой комбинации,  $t$  – количество исправляемых ошибок.

### Разработка быстродействующего декодера полиномиального кода (23,5,11) на основе циклического метода декодирования

Для построения кода (23,5,11) был использован образующий полином, найденный с помощью специального программного обеспечения [3]. Этот образующий полином получен исходя из параметров  $m$  и  $t$ , где  $m$  – длина информационной части сообщения, а  $t$  – количество исправляемых ошибок. Данный подход для подбора образующего полинома удобен тем, что для построения кода необходимо знать только длину информационного блока, а не всей кодовой комбинации. Найденный с помощью программного обеспечения [3] образующий полином позволяет построить более эффективный помехоустойчивый код,

исправляющий независимые ошибки, чем БЧХ-код.

В данной работе представлена реализация декодера помехоустойчивого кода, у которого длина информационного сообщения  $m = 5$ , и количество исправляемых кодом ошибок  $t = 5$ . Для данного кода длина контрольного блока  $k = 18$ , а длина всего кода  $n = 23$ . Для аналогичного БЧХ-кода длина  $n = 31$ ,  $t = 5$ ,  $m = 6$ , при этом длина контрольного блока  $k = 25$ . Таким образом, для практически той же длины информационного блока, длина всей кодовой комбинации ( $n$ ) на 7 бит больше, чем для предлагаемого кода.

Декодер полиномиального блочного помехоустойчивого кода (23,5,11) реализован в САПР Quartus II с использованием языка описания аппаратуры Verilog. На рисунке 2 представлена структурная схема быстродействующего декодера кода (23,5,11), основанная на циклическом методе декодирования.

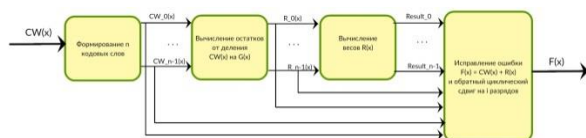


Рис. 2. Структурная схема быстродействующего декодера, основанная на циклическом методе декодирования

В отличие от реализации декодера, по структурной схеме, представленной на рис 2. и описанной в работе [4], в данном случае декодер является параметризованным. Компилятор генерирует необходимое количество блоков, исходя из заданных параметров: длина кодового слова –  $n$ , длина корректирующей части –  $k$  и корректирующая способность кода –  $t$ .

На рисунке 3 представлена часть схемы декодера помехоустойчивого кода (23,5,11).

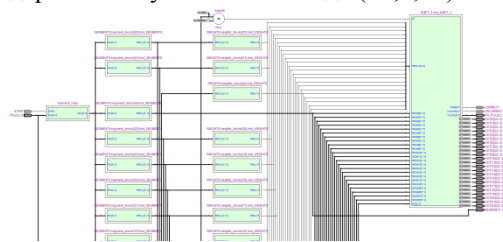


Рис.3. Часть RTL – view декодера (23,5,11)

Декодер включает блоки SEGMENT[i] деления входной комбинации на образующий многочлен для всех вариантов сдвига кодового слова; блоки WEIGHT[i] для подсчета весов остатков от деления, полученных в блоках SEGMENT[i] и блок исправления ошибок в принятой кодовой комбинации SHIFT.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования работы декодера.

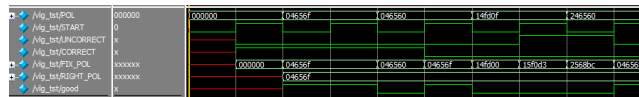


Рис. 4. Результат работы декодера, исправляющего 5-кратные ошибки в среде ModelSim

Максимальное время работы декодера составляет 42 нс, при этом требуется 1685 логических ячеек (LC) (58% ресурсов ПЛИС Clclone III).

В таблице 1 представлено быстродействие предложенного декодера, исправляющего 5-кратные независимые ошибки, в сравнении с декодером БЧХ-кода (15,5,7), исправляющим 3-кратные ошибки для длины информационного блока  $m = 5$ .

Таблица 1. Сравнение декодеров для  $m = 5$

	m	n	t	Время работы
Быстродействующий декодер	5	23	5	42 нс
Декодер БЧХ-кода (15,5,7)	5	15	3	40,22 мкс

### Заключение

Таким образом, разработанный декодер является более быстродействующим, чем декодер БЧХ-кода на основе классических алгоритмов декодирования.

### Список использованных источников

1. Морелос–Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие // М.: Техносфера. 2006 – 320 с.
2. Мальчуков А.Н. Алгоритмическое и программное обеспечение системы для разработки кодеров помехоустойчивых кодов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.11 / Мальчуков Андрей Николаевич; [Место защиты: Том. политехн. ун-т].- Томск, 2008.- 151 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/472
3. Мыцко Е. А. , Мальчуков А. Н. Программная реализация алгоритма поиска образующих полиномов с применением технологий OpenMP и MPI [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 6. - С. 1-8. - Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15685>
4. Рыжова С.Е., Зоев И.В. Разработка структуры быстродействующего декодера БЧХ-кода и его реализация на примере БЧХ-кода // Наука Будущего – наука молодых, Казань, 20-2 сентября 2016 г.: «Изд.-во Инконсалт К» в 2т. - 2016. –Т.1. –[С.265-267]