

РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО КОДЕКА БЧХ-КОДА (31, 16, 7) НА ПЛИС

Новожилов И.В., Мыцко Е.А., Мальчуков А.Н.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н.

Томский политехнический университет
ilya2371@yandex.ru, jgs@tpu.ru

Введение

Код Боуза-Чоудхори-Хоквингема (БЧХ) - это один из наиболее эффективных классов циклических кодов, применяемых для защиты информации от ошибок. Данный класс имеет широкое распространение, потому что способен обнаруживать и исправлять заданное количество независимых ошибок [1]. Существуют различные варианты реализации декодирования, такие как: декодирование на основе ПЗУ, декодирование на основе комбинационных схем, циклический метод декодирования. При этом циклический метод не использует ПЗУ, а также требует меньших аппаратных ресурсов, чем остальные, но имеет низкое быстродействие из-за последовательных вычислений. Однако недостаток низкого быстродействия можно решить, применив распараллеливание вычислений с матричным алгоритмом вычисления синдромов[2]. В данной работе рассмотрена реализация быстродействующего декодера на примере БЧХ-кода (31, 16, 7).

Структура кодека БЧХ-кода

Декодер БЧХ-кода является встраиваемым модулем в составе кодека, структурная схема которого приведена на рис. 1.

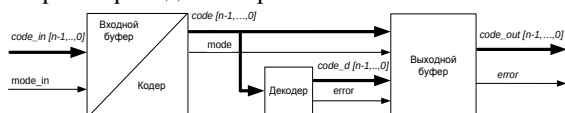


Рис. 1. Структурная схема кодера БЧХ-кода

В зависимости от значения сигнала *mode_in* кодек работает в режиме кодирования или декодирования. В режиме кодирования кодер формирует контрольные разряды путем умножения входного информационного блока на образующую матрицу[3,4]. В режиме декодирования кодер работает в режиме входного буфера и передает входное сообщение на декодер для обнаружения и исправления ошибок. Выходной буфер принимает на вход кодовое слово от кодера (*code*) и декодера (*code_d*). При значении сигнала *mode* = 0 на выход кодека подаётся слово *code* от кодера, иначе подаётся *code_d* от декодера. Таким образом, декодер работает асинхронно для любых значений кодового слова, в то время как выходной буфер определяет какое слово подавать на выход кодека.

На рис. 2. представлена структурно-функциональная схема кодера БЧХ-кода в составе кодека.

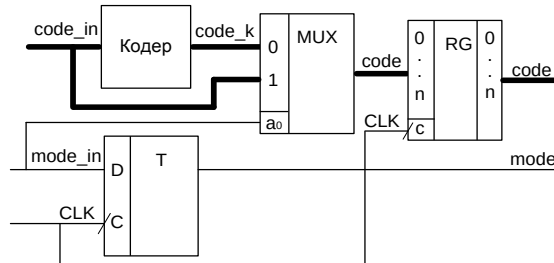


Рис. 2. Структурно-функциональная схема кодера

С помощью мультиплексора выбирается закодированное слово (*code_k*) или исходное слово (*code_in*) в зависимости от сигнала *mode_in*. Выбранное слово поступает в регистр, где по фронту тактового сигнала (CLK) подаётся для декодирования. Также на выход подается сигнал *mode* для выходного буфера.

Реализация декодера БЧХ-кода основана на матричном алгоритме вычисления синдромов, принцип которого заключается в замене самой процедуры деления умножением вектора на матрицу. На рис.3. представлена структурная схема декодера, реализующего циклический метод декодирования.

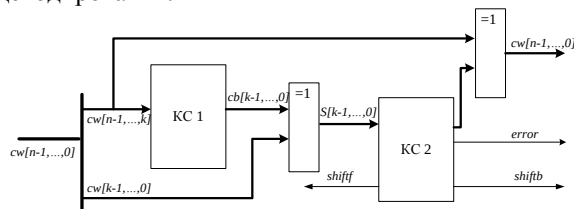


Рис. 3. Структурная схема декодера БЧХ-кода, реализующего циклический метод декодирования

Метод заключается в вычислении синдрома с помощью комбинационной схемы КС1 и логического элемента исключающего ИЛИ [4]. Затем происходит вычисление и оценка веса синдрома схемой КС2. Если $W(\text{вес}) > S$ (количество ошибок, исправляемых кодом), то принятое слово сдвигается на 1 разряд (сигнал shiftf для устройства циклического сдвига) и процесс повторяется. Сдвиг входного слова продолжается до тех пор, пока не будет найден такой синдром, в котором выполняется условие $W \leq S$. При выполнении данного условия принятое слово складывается по модулю 2 с синдромом и сдвигается на начальную позицию (сигнал shiftb для устройства обратного циклического сдвига). Если подходящий синдром не найден, то регистрируется неисправляемая ошибка error.

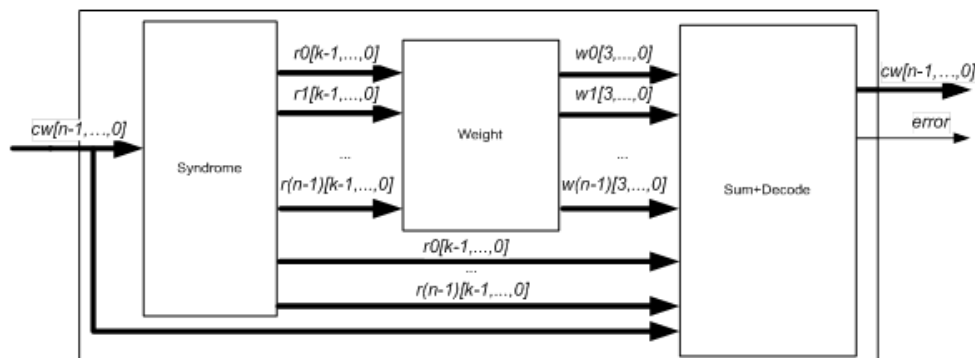


Рис. 4. Структурная схема быстродействующего декодера БЧХ-кода

Циклический метод декодирования не требует ПЗУ и больших аппаратных ресурсов, однако имеет низкое быстродействие из-за последовательных вычислений. Для решения данной проблемы был разработан быстродействующий декодер БЧХ-кода в составе кодера с применением метода циклического декодирования, основанный на матричном алгоритме деления полиномов и параллельной обработке данных.

Разработка быстродействующего декодера БЧХ-кода с применением метода циклического декодирования

В быстродействующем декодере реализовано параллельное формирование сдвигов входного слова, вычисление синдромов для каждого сдвига и расчет весов для обеспечения максимального быстродействия схемы. На рис. 4 представлена структурная схема быстродействующего декодера БЧХ-кода.

В режиме декодирования для вычисления синдромов формируется 31 сдвиг входного слова. Для каждого сдвига производится умножение слова на образующую матрицу [3,4]. В результате на выходе блока Syndrome формируется 31-н 15-разрядный синдром r . Вычисленные синдромы поступают в блок подсчета весов Weight. На выходе блока Weight получаем 31-но 4-разрядное число w , которые являются весами соответствующих синдромов.

Последними этапами работы декодера являются выбор необходимого синдрома по его весу и суммирование синдрома с входным словом. Выбор необходимого синдрома заключается в сравнении веса синдрома с количеством исправляемых ошибок S . Если вес синдрома $W \leq S$, то происходит суммирование синдрома с входным словом и подача результата на выход схемы. Все веса синдромов проверяются одновременно, а суммирование происходит с первым подходящим синдромом. Если подходящих синдромов не было найдено, то формируется сигнал об ошибке.

В разработанном устройстве реализовано параллельное вычисление синдромов и их весов. Сдвиги кодового слова как таковые не формируются, вместо этого используется прямая адресация к битам входного слова в модулях

устройства, что позволило уменьшить время обработки. Блок `alt_pll0`, предоставляемый САПР Quartus II, осуществляет сдвиг входного тактового сигнала по фазе. Каждый выходной сигнал используется отдельным блоком для тактирования. Таким образом, осуществляется последовательность действий по одному входному тактовому сигналу.

Заключение

В данной работе рассмотрена структура кодера БЧХ-кода (31,16,7). Рассмотрены функциональные схемы кодера и декодера в составе кодера. Разработан быстродействующий кодек на основе метода циклического декодирования с применением блочно-ориентированного подхода и языка описания аппаратуры Verilog. Приведены описания функциональных блоков разработанного устройства. По результатам тестирования при частоте 50 МГц установлено, что разработанное устройство исправно кодирует информационный блок длины 16 и исправляет кодовые слова с трёхкратной независимой ошибкой.

Список литературы

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. Буркатовская Ю.Б., Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстродействующие алгоритмы деления полиномов в арифметике по модулю два. // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 1. – С. 19-24.
3. Mytsko E. A., Malchukov A. N. Adaptation of technology MPI and OpenMP to search for the generators polynomials // 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2014): Proceedings, Chittagong, October 21-23, 2014. - Chittagong: CUET, 2014 - p. 5-8
4. Mytsko E. A., Malchukov A. N. Application of parallel computing technology openmp to search for the generator polynomials // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, October 16-18, 2014. - Tomsk: TPU Publishing House, 2014 - p. 1-5.