

ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО НЕЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ, МЕТОДОМ МАТРЕШКИ

А.И. Левандовский

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

e-mail: ail5@tpu.ru

Введение

Схемотехническая реализация устройств декодирования является трудоёмкой задачей. При увеличении длины кодового слова значительно увеличиваются размеры схемы устройства декодирования.

Структура устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом

Реализация устройства декодирования табличным методом основывается на нахождении синдромов ошибки – остатков деления кодовых слов длины $n = m + k$, где m – длина информационного сообщения, k – длина контрольного блока, на образующий полином g [1]. Образующий полином выбирается из таблицы полиномов согласно m и количеству исправляемых ошибок t . Полученные синдромы ошибок сравниваются с остатками деления возможных шаблонов ошибок на тот же образующий полином [2]. При нахождении ошибки на соответствующем логическом элементе образуется исправляющий символ, который добавляется в исправляющее слово. Структурная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом представлена на рисунке 1.

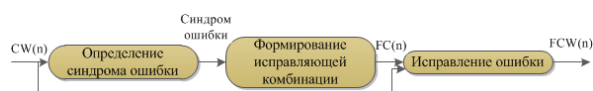


Рис. 1. Структурная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом

Как видно из структурной схемы, кодовое слово CW подается в блок определения синдрома ошибки. Если синдром ошибки найден, то соответствующий логический элемент в блоке формирования исправляющей комбинации выдаст единицу для исправления найденной ошибки в конкретном разряде. На выходе блока формирования исправляющей комбинации формируется исправляющее слово FC . Исправляющее слово FC и кодовое слово CW подаются на блок исправления ошибки, на выходе которого образуется исправленное кодовое слово FCW .

Основная сложность схемотехнической реализации устройств декодирования табличным методом заключается в значительном увеличении размеров схем при повышении количества исправляе-

мых ошибок для одного и того же количества информационных бит. Если размеры схем определения синдрома ошибки и исправления ошибки не сильно возрастают с увеличением числа исправляемых ошибок, то схема формирования исправляющей комбинации может увеличиваться в несколько раз. Так как каждый логический элемент отвечает за обработку конкретного шаблона ошибки, общее количество логических элементов блока может быть рассчитано по формуле

$$q = \sum_{i=1}^t C_n^i, \quad (1)$$

где q – количество логических элементов, C_n^i – число сочетаний количества ошибок t в слове длины n . Для расчета необходима сумма сочетаний, так как схема, исправляющая t ошибок также должна исправлять все ошибки меньше t . Таким образом, задача схемотехнической реализации устройства декодирования табличным методом значительно усложняется с ростом t [3]. Для более простой реализации таких устройств предлагается метод матрички.

Структура устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матрички

Метод матрички подразумевает использование в своём составе исправление однократной ошибки табличным методом. При помощи табличного метода, для кодового слова длины n реализуется элемент, исправляющий однократную ошибку. На основе этого элемента строятся устройства, исправляющие независимые ошибки от 2 до t . На рисунке 2 представлена структурная схема элемента исправляющего многократные ошибки.

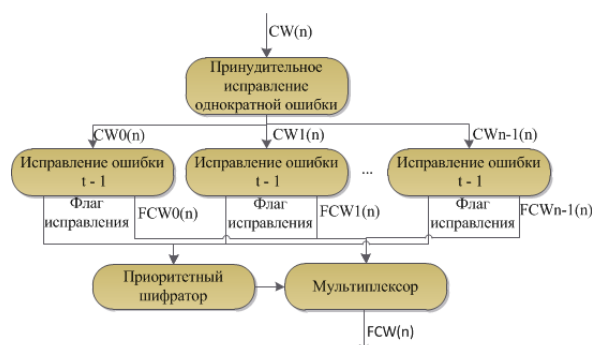


Рис. 5. Структурная схема элемента исправляющего многократные ошибки

На вход элемента подаётся кодовое слово

длины n . В полученном кодовом слове принудительно исправляется один бит, и образуются новые кодовые слова $CW_0, CW_1 \dots CW_{n-1}$, в каждом из которых исправлен соответствующий номеру бит. Новые кодовые слова подаются на элементы исправления следующей ошибки. На выходе каждого элемента образуется исправленное кодовое слово $FCW_0, FCW_1 \dots FCW_{n-1}$, которое передается на мультиплексор. Если на элементе произошло исправление, то флаг исправления соответствующего элемента устанавливается в единицу. Все флаги исправления подаются на приоритетный шифратор, который формирует адрес для мультиплексора. Исправления ошибок могут быть на нескольких элементах, но в результате на выход элемента поступает только одно исправленное слово $FCW(n)$.

Суть метода матрешки состоит в многократной вложенности рассмотренных элементов, вплоть до схемы исправления двукратной ошибки, исправляющими элементами которой являются элементы, построенные при помощи табличного метода и исправляющие однократную ошибку. На рисунке 3 представлена обобщенная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матрешки.

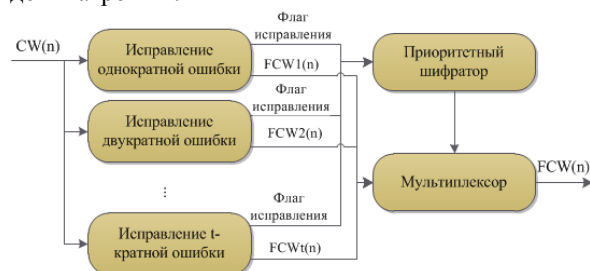


Рис. 3. Обобщенная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матрешки

Как видно из рисунка 3, кодовое слово поступает сразу на все исправляющие элементы сразу. Как уже было отмечено, исправление однократной ошибки происходит табличным методом. Однако элемент исправления двукратной ошибки реализован по схеме с рисунка 2 и содержит n элементов исправления однократной ошибки, элемент исправления трехкратной ошибки реализован аналогично, но содержит n элементов исправления двукратной ошибки, каждый из которых содержит n элементов исправления однократной ошибки. Та-

ким образом, для исправления t ошибок понадобится t уровней вложенности. Количество исправляющих элементов рассчитывается по формуле

$$q = \sum_{i=1}^t n^i, \quad (2)$$

где n – длина кодового слова, t – количество исправляемых ошибок. Несмотря на большее количество элементов, по сравнению с табличным методом, метод матрешки позволяет многократное использование уже реализованных элементов, что значительно упрощает схемотехническую реализацию устройства декодирования.

Как и в схемах на основе табличного метода каждый исправляющий элемент на выходе формирует флаг исправления и исправленное кодовое слово. В отличие от схемы на рисунке 2, в обобщенной схеме устройства на рисунке 3 приоритетный шифратор играет важную роль. В элементе исправления и в обобщенной схеме устройства могут появиться несколько исправленных слов, соответственно несколько флагов исправления будут иметь единичное значение. И если в схеме элемента нет принципиальной разницы в исправленных кодовых словах, то в общей схеме приоритетный шифратор позволяет игнорировать исправленные кодовые слова с элементов с большим t , если ошибка была исправлена на элементе с меньшим t .

Заключение

За счет многократного использования всего нескольких реализованных элементов метод матрешки позволяет инженеру значительно упростить схемотехническую реализацию устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, в случае отсутствия возможности использования программных средств автоматизации процесса создания схем в графическом редакторе.

Список использованных источников

1. Морелос–Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие / М.: Техносфера, 2006. – 320 с.
2. Никитин Г. И. Помехоустойчивые циклические коды: учебное пособие / СПб.: СПбГУАП, 2003. – 33с.
3. Тронин С. Н. Краткий конспект лекций по теории кодирования: учеб.-метод. пособие / Казань: Казан. ун-т, 2017. — 36 с.