

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ КОДА ФАЙЕРА

Бурькова Е.В, Зойкина Е.В

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Одним из важнейших критериев качества передачи информации является величина вероятности ошибки в принимаемом сообщении. Контроль целостности важен как на физическом, так и на канальном и транспортном уровнях передачи информации сетевой модели OSI, то есть на наиболее низких уровнях, надежность выполнения функций которых необходима для работы вышерасположенных уровней. В настоящее время существует два основных способа повышения достоверности передачи информации: это увеличение помехоустойчивости канала связи и применение помехоустойчивого кодирования.

Согласно теореме Шеннона, в случае, если производительность источника сообщений меньше пропускной способности канала, существует код, позволяющий обеспечить сколь угодно малую вероятность ошибки. Разработанные сегодня помехоустойчивые методы кодирования способны значительно повысить качество передачи при небольшой избыточности кода. Классификация помехоустойчивых кодов, которые также называют избыточными, поскольку они содержат кроме информационных проверочные биты, приведена на рисунке 1.

Код Файера - линейный циклический код, обладающий способностью исправлять пакеты ошибок определенной длины. К преимуществам данного кода можно отнести сравнительно невысокую стоимость технической реализации и высокую скорость работы при небольшой избыточности получаемого кода [2,3].

В данной работе проводилось моделирование кода Файера, исправляющего пакеты ошибок длиной, равной двум. То есть в модели исправлению подлежат ошибки в 2 соседних битах, а в случае наличия ошибок в других местах кодовой последовательности, они не смогут быть исправлены.

Процесс моделирования был построен из следующих этапов:

- определение характеристик кода Файера;
- создание математической модели кодирования;
- разработка аппаратной реализации модели;
- разработка программного обеспечения кодирования.

Рассмотрим подробнее каждый из этапов. Код Файера - линейный циклический код, в котором k первых разрядов информационные, а остальные $r = (n - k)$ разрядов проверочные. Образующий полином кода имеет вид:

$$P(x) = g(x)(x^c + 1), \quad (1)$$

где $g(x)$ — неприводимый полином степени m , где $m \geq b_2$, $h(x) = (x^c + 1)$ - полином степени $c > m$ и $c \geq b_1 + b_2 - 1$, c некратно $e = 2^m - 1$ [4].

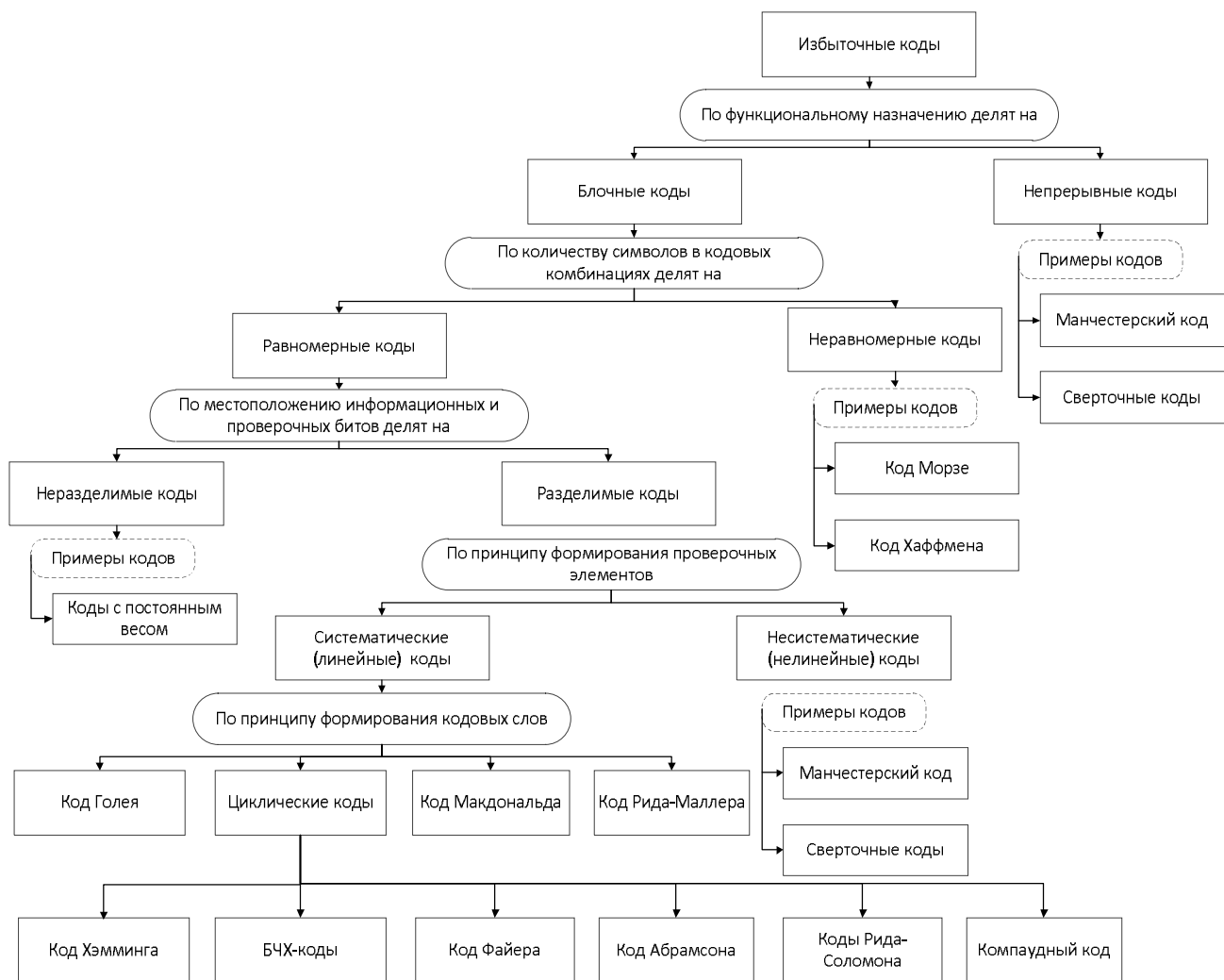


Рисунок 1 - Классификация помехоустойчивых кодов

Разрабатываемая нами реализация будет исправлять пачку ошибок длиной 2, поэтому $b_2 = 2$ и степень неприводимого полинома $g(x)$ $m \geq 2$. Выберем $m = 2$, тогда $g(x) = 111b$, или, в десятичном представлении, $g(x) = 7$. Значит, $e = 2^m - 1 = 2^2 - 1 = 3$.

На следующем шаге определим степень $h(x) = (x^c + 1)$. Как следует из (1) $c \geq b_1 + b_2 - 1 = 2 + 3 - 1 = 4$. Имеем систему условий:

$$\begin{cases} c \geq 4 \\ c > m \Rightarrow c > 2 \\ c - \text{простое} \\ c - \text{наименьшее из возможных} \end{cases} \quad (2)$$

Из этой системы находим, что $c = 5$.

Значит, $h(x) = x^5 + 1 = 100001 = 33$ и $g(x) = 100001 \times 111 = 11100111$.

Длина кодовой комбинации n для кода Файера определяется как наименьшее общее кратное (НОК) чисел c и e . Число проверочных разрядов равно $r = c + m$, информационных: $k = n - r$ [1]. Для нашего случая $n = \text{НОК}(c, e) = c \times e = 3 \times 5 = 15$, $r = c + m = 5 + 2 = 7$, $k = n - r = 8$.

Таким образом, мы можем закодировать число в диапазоне от 0 до 255.

Процесс кодирования состоит в том, что к исходной комбинации слева дописываются r нулей, полученное число делится на образующий полином, и остаток от деления дописывается к исходной комбинации. Получившаяся кодовая комбинация передается в канал связи. Общая модель кодирования представлена на рисунке 2.

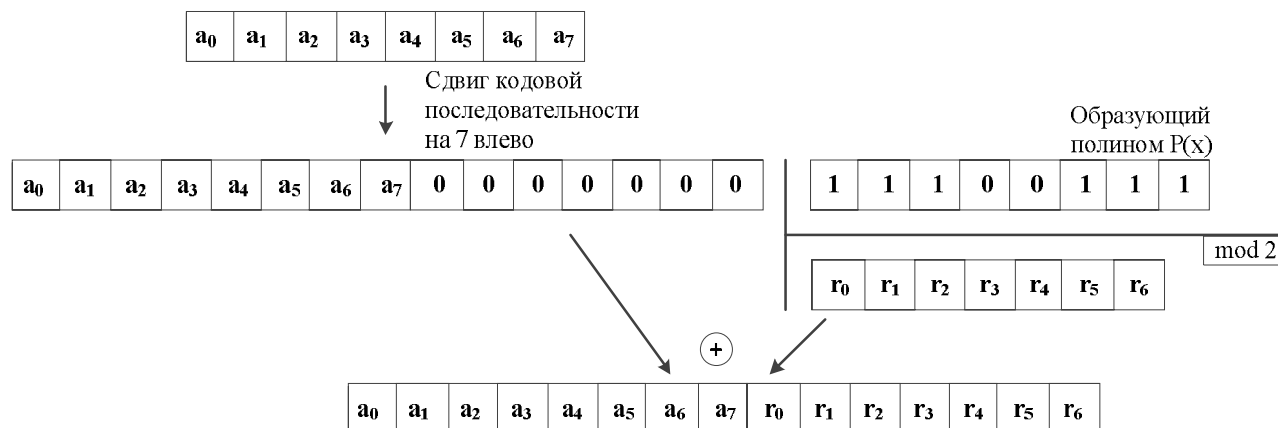


Рисунок 2 - Модель кодирования Файера

При декодировании необходимо сначала определить наличие ошибок. Для этого производится деление принятого кода на полиномы $g(x)$ и $h(x)$, в результате чего получают остатки $R_1(x)$ и $R_2(x)$, которые будут равны нулю при отсутствии ошибок. В противном случае остатки будут больше нуля и не равны между собой.

Для исправления комбинации деление продолжается, при этом на каждом шаге кодовая комбинация циклически сдвигается влево. Деление необходимо выполнять, пока не произойдет совпадение остатков R_1 и R_2 . Для получения правильной комбинации необходимо сложить кодовую комбинацию и остаток $R = R_1 = R_2$ и произвести обратный циклический сдвиг вправо столько же раз, сколько мы сдвигали кодовую комбинацию до получения равных остатков. Одновременно сдвигая и остаток R , мы получаем синдром ошибки.

На третьем этапе была построена электрическая схема аппаратной реализации модели кодирования и проведена отладка с помощью интегрированной среды моделирования [6]. Для аппаратной реализации описанной модели нами были выбраны аппаратные ресурсы. В качестве основного устройства был выбран микроконтроллер 80C51, функцией которого является ввод с клавиатуры кодируемого числа, программное кодирование, вывод данных на дисплей [5]. Функциональная спецификация аппаратной модели представлена в таблице 1. Принципиальная схема аппаратной модели изображена на рисунке 3.

Работа с устройством начинается с выбора режима работы с помощью переключателя MODE. Режим кодирования задается выключенным переключателем, декодирования - включенным. Вводимое с клавиатуры число отображается на дисплее LCD1.

Таблица 1 - Функциональная спецификация устройства

| Устройство | Функция | Направление сигнала | Обозначение на схеме |
|----------------------------------|---|---------------------|----------------------|
| Переключатель режима работы | Управление переключением режима работы: кодирование или декодирование | Вход | DSW1 DIPSW_2 |
| Переключатель режима отображения | Управление переключением двоичного или десятичного режима отображения кода на дисплее | Вход | DSW2, DIPSW_2 |
| Устройство | Функция устройства | Направление сигнала | Обозначение на схеме |
| Клавиатура | Ввод кодовой последовательности | Вход | KP1 |
| Микроконтроллер | Обработка начальных параметров | Вход | U1 |
| | Обработка полученной битовой последовательности | Вход | |
| ЖК-дисплей | Отображение результатов кодирования/декодирования | Выход | LCD-1 LM016L |
| Светодиоды 1 и 2 | Индикация наличия и количества ошибок | Выход | D1, D2 LED-RED |

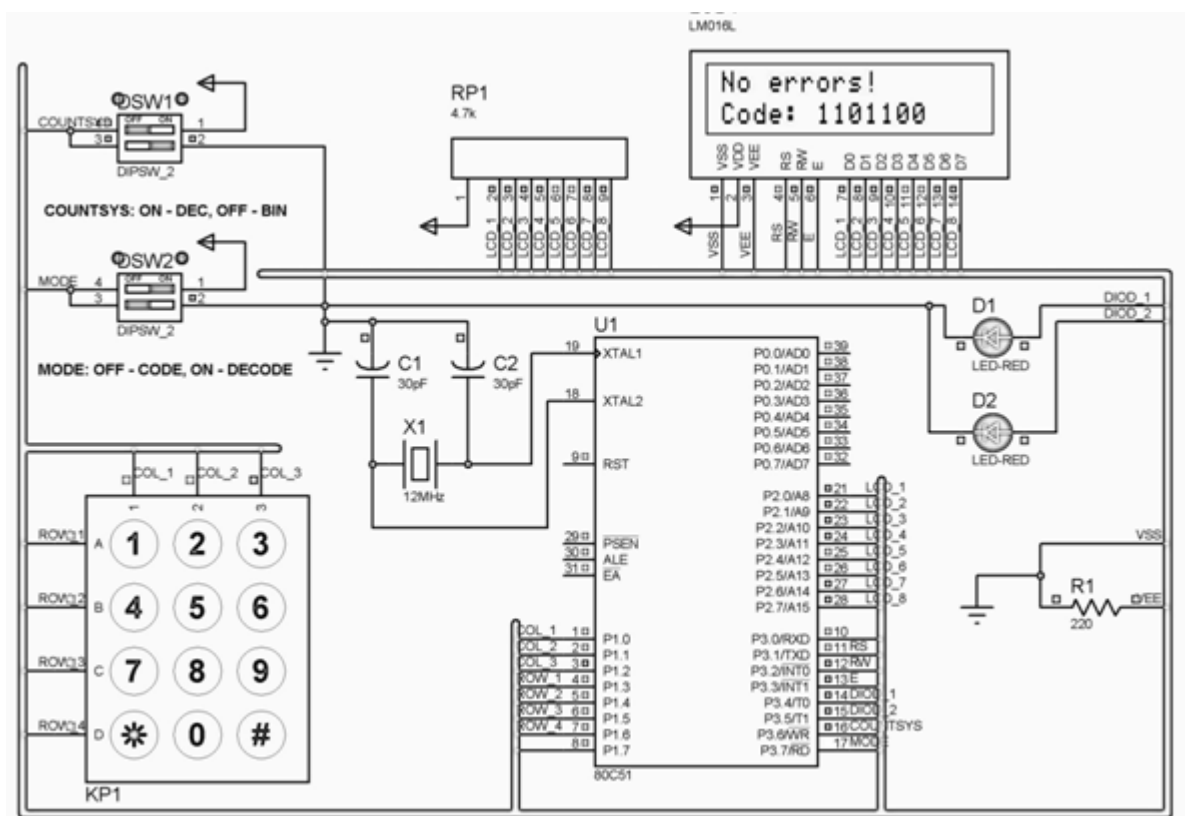


Рисунок 3 - Принципиальная схема модели

Если переключатель COUNTSYS находится в положении ВЫКЛ., то вводится число в двоичной системе, иначе - в десятичной. В режиме ввода двоичных чисел можно нажимать на кнопки клавиатуры 0 и 1, нажатие на остальные кнопки приводит к появлению на дисплее предупредительной надписи. Нажатие на * на клавиатуре приводит к стиранию последнего введенного символа. Нажатие на # инициирует процесс вычисления кода. Если

выбран режим кодирования, то на дисплее отображается вычисленный код, иначе отображается исправленный код и загораются диоды, сигнализирующие о наличии ошибок. Если длина пакета ошибок не превышает 2, то код, отображаемый на дисплее, будет идентичен тому, который пользователь ввел с клавиатуры в режиме кодирования.

Заключительный этап работы – разработка программы для микроконтроллера. Фрагмент алгоритма работы устройства, описывающий декодирование вводимой с клавиатуры кодовой последовательности, представлен на рисунке 4.

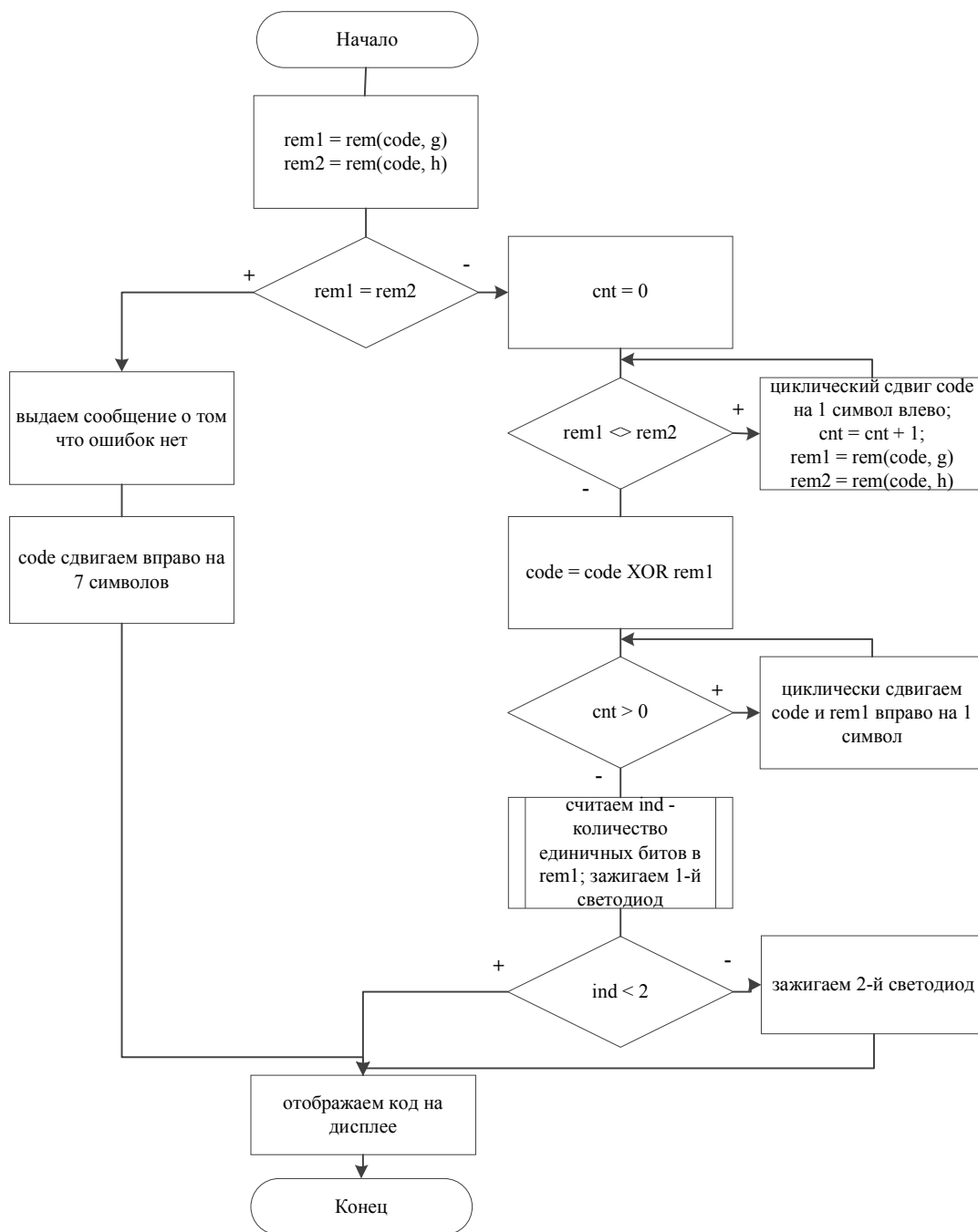


Рисунок 4 - Фрагмент алгоритма работы устройства

Практическая реализация устройства возможна с учетом задержек и затухания электрических сигналов при прохождении их по соединительным

проводам ограничена длиной целых чисел, хранимых в памяти микроконтроллера. Необходимо заметить, что при возрастании длины кодового сообщения количество необходимых проверочных символов сокращается. Так, при длине последовательности в 35 бит, необходимо 8 проверочных бит.

Таким образом, в результате проведенной работы была разработана математическая модель кода Файера, построена аппаратная реализации модели, разработана программа для микроконтроллера, произведена отладка аппаратно-программной модели в интегрированной среде разработки цифровых устройств. Спроектированное электронное программируемое устройство наглядно представляет один из методов кодирования и может быть использовано в учебном процессе для студентов направления подготовки 090900.62 - Информационная безопасность при освоении курса «Электроника и схемотехника», а также теории информации и кодирования.

Список литературы

- 1. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.*
- 2. **Никитин, Г.И.** Помехоустойчивые циклические коды: Учеб. пособие/Г.И. Никитин. - Спб.: СПбГУАП - 2003.*
- 3. Основы локальных сетей: курс лекций: учеб. пособие: для студентов обучающихся по специальностям в области информ. технологий/ Ю.В. Новиков, С.В. Кондратенко. - М.: Интернет - Университет Информ. Технологий, 2005. - 360 с.*
- 4. **Глухих, В.И.** Информационная безопасность и защита данных: учебное пособие /В.И. Глухих; Иркутский государственный технический университет. – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного технического университета, 2011. – 250 с.*
- 5. **Белов, А.В.** Конструирование устройств на микроконтроллерах. - СПб.: Наука и Техника, 2005. - 256 с.: ил.*
- 6. **Бурькова, Е.В.** Анализ проблем применения интегрированных сред проектирования микропроцессорных систем. / Е.В. Бурькова. —Прикладная информатика. - № 4 (16), М.: Маркет ДС Корпорейшн. - 2008. - с. 77-87.*