



# Код Ричарда Хэмминга.

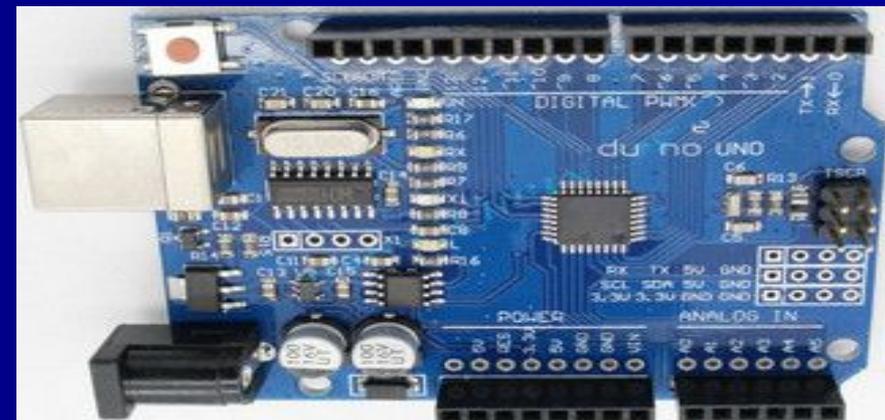
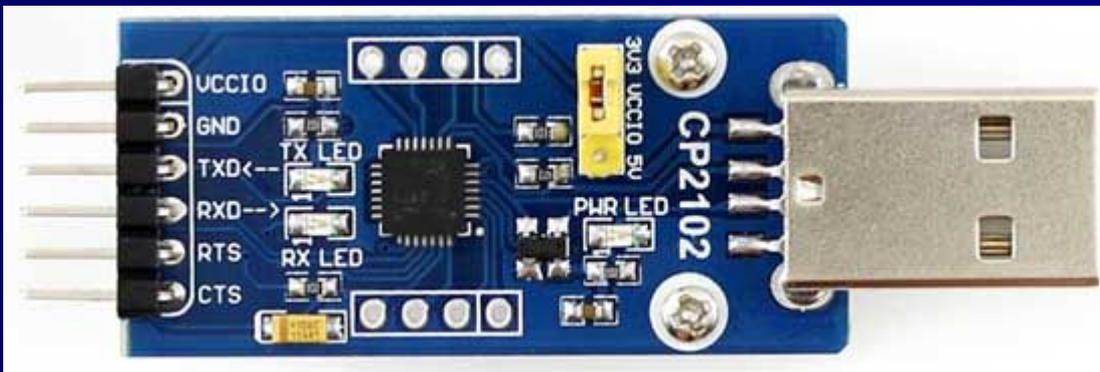


В вычислительной технике и сетях передачи данных б́итом чётности называют контрольный бит, служащий для проверки общей чётности двоичного числа (чётности количества единичных битов в числе).

В коде Хэмминга биты кодового слова нумеруются последовательно слева направо, начиная с 1. Биты с номерами, равными степеням 2 (1, 2, 4, 8, 16 и т. д.), являются контрольными. Остальные биты (3, 5, 6, 7, 9, 10 и т. д.) заполняются  $m$  битами данных.

Каждый контрольный бит обеспечивает сумму по модулю 2 или четность некоторой группы бит, включая себя самого. Один бит может входить в несколько вычислений контрольных бит. Чтобы определить, в какие группы контрольных сумм будет входить бит данных в  $k$ -й позиции, следует разложить  $k$  по степеням числа 2. Например,  $11 = 8 + 2 + 1$ , а  $29 = 16 + 8 + 4 + 1$ . Каждый бит проверяется только теми контрольными битами, номера которых входят в этот ряд разложения (например, 11-й бит проверяется битами 1, 2 и 8). В нашем примере контрольные биты вычисляются для проверки на четность в сообщении, представляющем букву «А» в кодах ASCII.

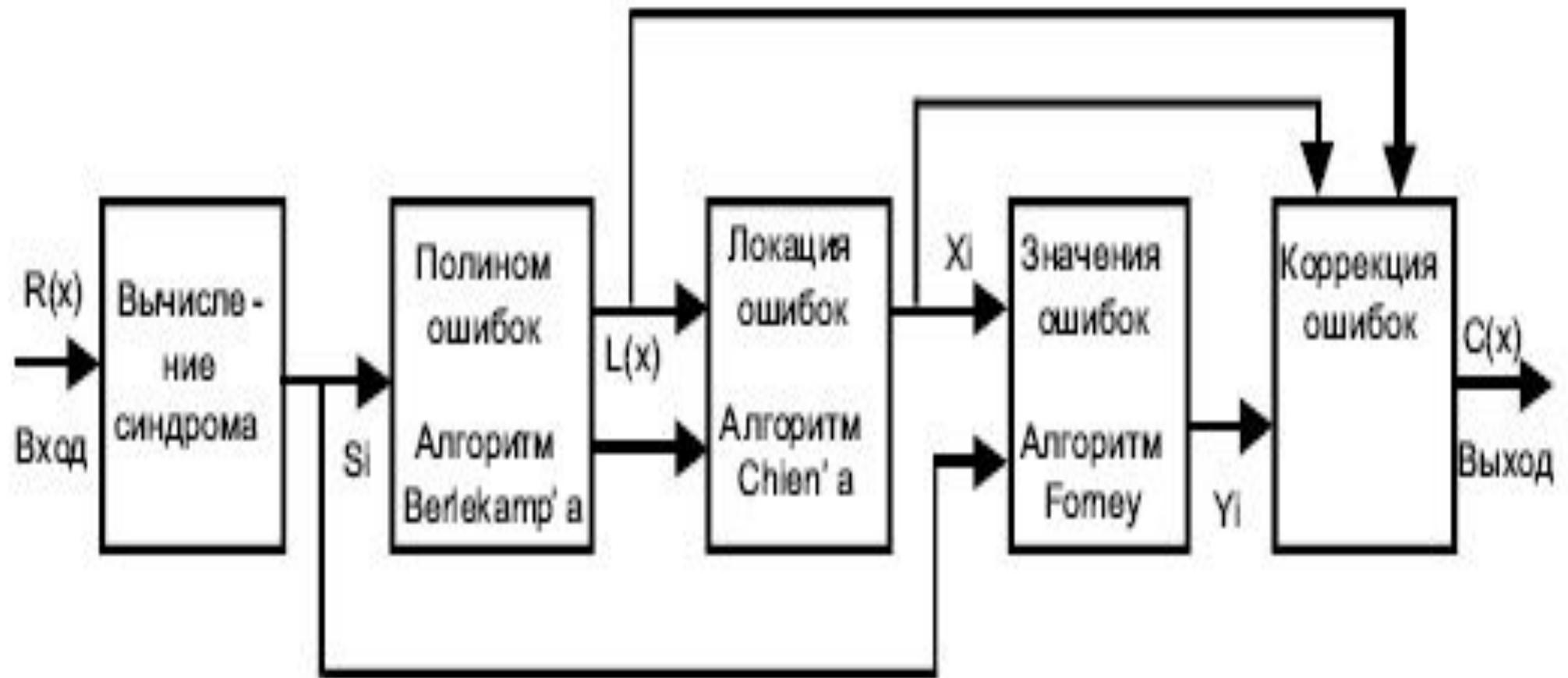
В последовательных коммуникациях чётность обычно контролируется оборудованием интерфейса (например UART). Признак ошибки становится доступен процессору через статусный регистр оборудования. Восстановление ошибок обычно производится повторной передачей данных, подробности которого обрабатываются программным обеспечением (например, функциями ввода-вывода операционной системы)



Код Рида-Соломона

Коды Рида-Соломона основываются на том, что каждый многочлен  $n$ -й степени уникальным образом определяется  $n + 1$  точкой. Например, если линия задается формулой  $ax + b$ , то восстановить ее можно по двум точкам. Коды Рида—Соломона определяются как многочлены на конечных полях. Для  $m$ -битовых символов длина кодового слова составляет  $2m - 1$  символов. Очень часто выбирают значение  $m = 8$ , то есть одному символу соответствует один байт. Тогда длина кодового слова - 255 байт. Широко используется код (255,233), он добавляет 32 дополнительных символа к 233 символам данных. Декодирование с исправлением ошибок выполняется при помощи алгоритма Берлекэмп-Мэсси, который осуществляет подгонку для кодов средней длины. При добавлении  $2t$  избыточных символов код Рида-Соломона способен исправить до  $t$  ошибок в любом из переданных символов. Это означает, например, что код (255,233) с 32 избыточными символами исправляет до 16 ошибок. Так как символы могут быть последовательными, а размер их обычно составляет 8 бит, то возможно исправление последовательных ошибок в 128 битах. Коды Рида-Соломона часто используют в сочетании с другими кодами, например сверточными. Сверточные коды эффективно обрабатывают изолированные однокбитные ошибки, но с последовательностью ошибок они не справятся, особенно если ошибок в полученном потоке бит слишком много. Добавив внутрь сверточного кода код Рида-Соломона, вы сможете очистить поток бит от последовательностей ошибок.





## Литература.

- ▣ Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки.
- ▣ Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки
- ▣ Берлекэмп Э. Алгебраическая теория кодирования
- ▣ Егоров С.И. Коррекция ошибок в информационных каналах периферийных устройств
- ▣ Сагалович Ю. Л. Введение в алгебраические коды: Учебное пособие.
- ▣ Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования.
- ▣ М. Вернер. Основы кодирования.
- ▣ Генри С. Уоррен, мл. Глава 5. Подсчет битов .