

## Контроль передачи информации.

Как уже отмечалось, для контроля процесса преобразования информации средствами вычислительной техники, в основном, используются равномерные избыточные коды. Очевидно, что избыточность равномерного делимого кода определяется длиной под слова, соответствующего контрольному коду. Применительно к СВТ широкого назначения эту избыточность стремятся по возможности минимизировать, даже в ущерб обнаруживающей способности, в силу следующих причин.

При формировании избыточного кода можно использовать два приема (иногда оба приема совмещаются). Первый из них предполагает формирование контрольного кода непосредственно при вводе исходной информации или при получении промежуточных (конечных) результатов вычислений и хранение в памяти всего избыточного кода. Объемы обрабатываемой информации для СВТ сегодня измеряются десятками-сотнями мегабайт и, следовательно, при длине контрольного кода, равном единице, потребуется аналогичное количество физических элементов памяти, высокие надежные характеристики которых так же нужно обеспечивать. С увеличением длины под слова контрольного кода аппаратные затраты будут кратно возрастать. Однако, несомненным достоинством рассматриваемого приема является возможность контроля операций записи-чтения – частного случая передачи информации из регистра числа в ячейку памяти и наоборот (по отношению к СВТ вместо «передача» чаще используют термин «пересылка»).

Во втором случае информация хранится в памяти в неизбыточном коде. Последний формируется после операции чтения с помощью соответствующего кодера и используется для контроля дальнейших пересылок. При записи информации в память контрольный код игнорируется. Требования к минимизации аппаратной избыточности в этом случае менее жесткие, но возможность контроля операций записи-чтения теряется. Не менее существенной причиной применения кодов, обнаруживающих только ограниченное множество ошибок, является то, что физическая природа ошибок для аппаратуры СВТ достаточно изучена и вероятность возникновения кратной ошибки при выполнении операций обработки информации, в отличие от передачи по каналу в системах связи, принимается небольшой.

*Код с проверкой четности*, который широко используется для контроля операции установки равенства или пересылок, образуется путем дополнения информационного под слова контрольным с длиной, равной единице, т.е. одного контрольного разряда. В соответствии с рассматриваемой моделью, информационное под слово здесь рассматривается как код числа в двоичной позиционной однородной системе счисления (в дальнейшем просто двоичной), а контрольный код его отображением в СОК. Такой способ кодирования обычно называют *числовым* и контроль с его применением – *числовым контролем* по модулю. По определению оба под слова есть код в двоичном стандартном алфавите. Следовательно, единственным возможным модулем для представления контрольного кода является число «2». Значение модуля совпадает с основанием двоичной системы счисления, в котором представлено информационное под слово, и обнаруживающая способность контрольного кода оказывается ничтожной, поскольку с его помощью можно установить только ошибку в младшем разряде двоичного числа. Иными словами один контрольный разряд позволяет определить только четное и нечетное значения кода информации, а остальные ошибки обнаружены не будут.

Существенно увеличить обнаруживающую способность кода с проверкой четности можно, если изменить вид алфавитного отображения, используя для представления в СОК по модулю «2» сумму содержащихся в двоичном представлении информации единиц или нулей. Тогда код позволит обнаруживать все одиночные и кратные нечетным ошибки. Поскольку единицы или нули могут рассматриваться как цифры числового представления, такой контроль часто называют «цифровым контролем по четности».

Код Хемминга строится таким образом, что к имеющимся информационным разрядам слова добавляется определенное число контрольных, которые формируются перед передачей путем подсчета четности для определенных групп информационных разрядов.

Требуемое число контрольных разрядов определяется следующим образом.

Пусть кодовое слово длиной  $n$  разрядов имеет  $m$  информационных и  $k = n - m$  контрольных разрядов. С помощью  $k$  разрядов контрольного слова можно представить  $2^k$  под слов, соответствующих отсутствию или наличию ошибки в информационных разрядах. Таким образом,

$$2^k \geq n + 1 \text{ или } 2^k - k - 1 \geq m.$$

Контроль с помощью кода Хемминга реализуется с помощью набора схем подсчета четности, которые при кодировании определяют контрольные разряды, а при декодировании – корректирующее слово.

Наибольшее применение этот код нашел при контроле в запоминающих устройствах