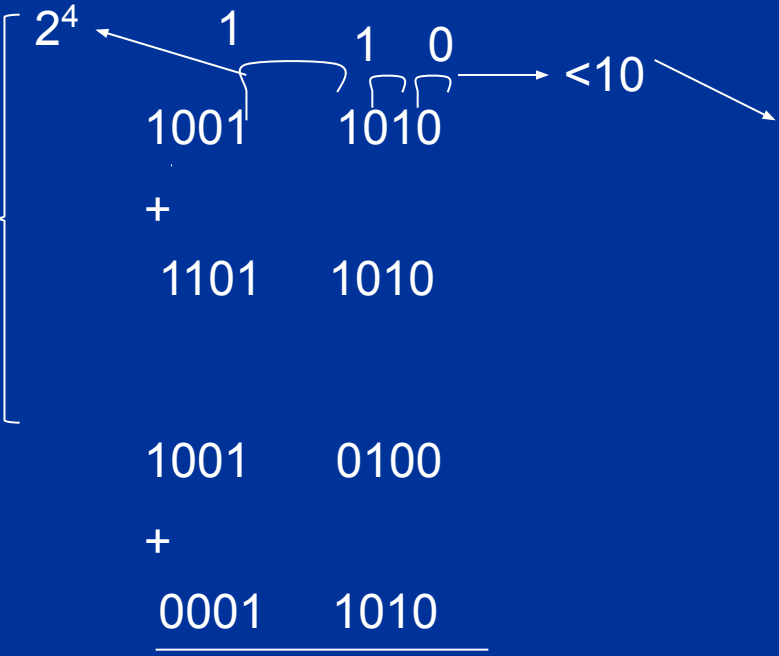


Сложение двоичных чисел в коде прямого замещения (Д1)

Так как наибольшее десятичное одноразрядное число равно 9, то, с учетом переноса в данный разряд, значение результата разрядного суммирования лежит в пределах от 0 до 19. При этом единица во втором разряде представляет собой десятичный перенос в следующую тетраду, а сумма получается в двоичном коде, отличном от требуемого десятичного представления, то есть требует коррекции.

8421 \rightarrow $\left[\begin{array}{l} 0110 \ 1010 \ 0111 \\ 1010 \ 0101 \ 1010 \end{array} \right.$

Если $a_i + b_i + p_i \geq 10$, то возникает тетрадный перенос, который следует рассматривать как десятичный. Сумму следует скорректировать на +6 (+0110), т.к. перенос передан в старший разряд с весом 16 вместо 10; признаком необходимости коррекции является выходной тетрадный перенос

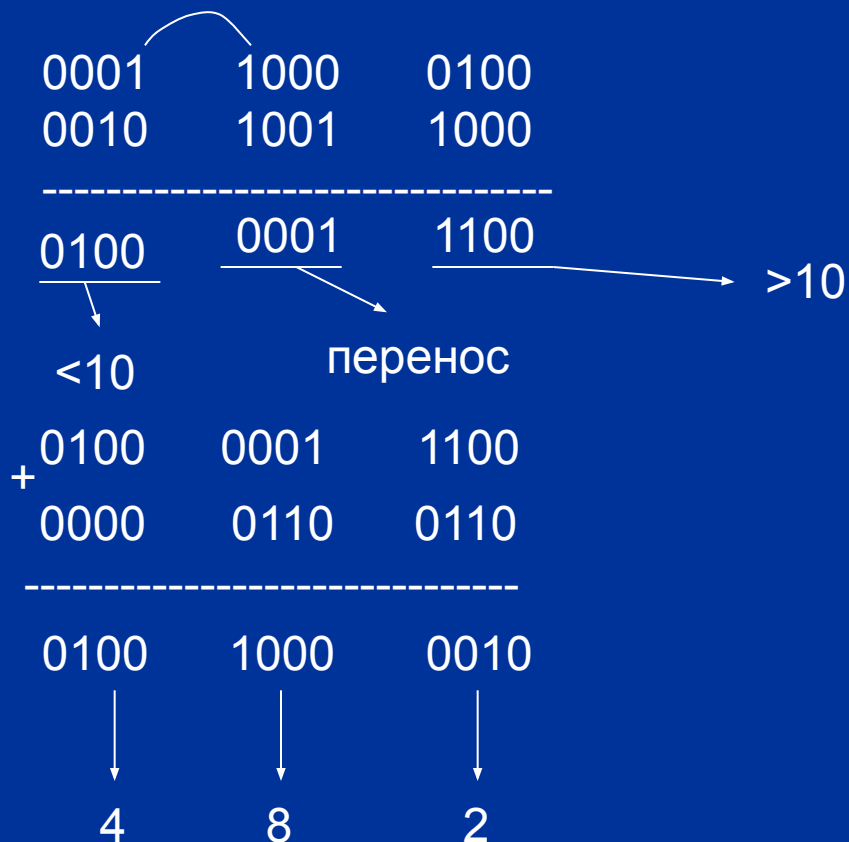


Если $a_i + b_i + p_i < 10$, то при выполнении действий над разрядами тетрады по правилам двоичной арифметики сразу получается правильный результат;

- Если $15 \geq a_i + b_i + p_i \geq 10$ необходима такая же коррекция из-за превышения допустимого значения суммы (т.е. появляется запрещенная комбинация)
- 10 = 1010
 - 11 = 1011
 - 12 = 1100
 - 13 = 1101
 - 14 = 1101
 - 15 = 1111

Сложение двоичных чисел в коде прямого замещения (Д1)

$$184 + 298 = 482$$



На первом шаге проводим основной цикл сложения, после этого производим коррекцию в тех тетрадах, которые требуют коррекции. В данном примере в младшей тетраде присутствует запрещенная комбинация, значит ее необходимо скорректировать на +6, а из второй тетрады в третью был межтетрадный перенос, поэтому тетраду из которой был перенос необходимо также скорректировать также на число +6.

Вычитание двоичных чисел в коде прямого замещения (Д1)

Прямое вычитание десятичных разрядов всегда меньше 10, поэтому разность необходимо скорректировать на минус шесть только , так как десятичный разряд приобретает в данном случае лишних шесть единиц.

Например: $615 - 396 = 219$

```
      0110 0001    0101
      0011 1001    0110
      -----
---0010→0111→1111
      0000 0110  0110
      -----
              ----
      0010  0001  1001
```

Поправки делаются для тех тетрад, в которые был перенос.

Знаковый разряд двоичных чисел весом 2^m для целых и 2^0 для дробных чисел участвует совместно с числовыми разрядами в арифметических операциях. Знаковый разряд так же, как цифровые разряды, принимает значение 1 (это знак «-») и 0 (это знак «+»).

Для машинного представления отрицательных чисел используют прямой (ПК), обратный (ОК) и дополнительный коды (ДК). При этом знаки чисел кодируются двоичными цифрами: «+» цифрой 0, а «-» цифрой 1.

Прямой код (ПК) числа – простейший код, в котором к абсолютной величине числа слева приписывается знаковый признак.

Пример. Найти прямой код для отрицательного числа -3 (1011) и -0.3 (0.0011) Пусть разрядная сетка имеет 8 разрядов и один разряд отводится для знака.

$X_{ПК} = 1.0000011$ – для целых чисел;

$X_{ПК} = 1,0000011$ – для правильных дробей.

Для ОК изображение положительных и отрицательных чисел взаимно дополняют друг друга, то есть до последовательности единиц во всех двоичных разрядах, то есть для получения ОК отрицательного числа необходимо взять инверсию всех двоичных разрядов.

Пример. Найти обратный код для отрицательных чисел $X = -1011$ (-3) и $Y = -0,1011$ (13). Результат представить 8-битным числом.

Получаем: $X_{ОК} = 1.1110100$; $Y_{ОК} = 1,0100111$.

Изображение чисел в *дополнительном* коде (ДК) наиболее распространенное и не требует каких-либо дополнительных аппаратных дополнений. Изображение положительных чисел равно значению самих чисел. Например, изображение положительного числа +3 в дополнительном коде будет выглядеть следующим образом:

$X_{ДК} = 0.0000011$

Изображение отрицательных чисел представляет собой дополнение до 2^{m-1} для целых чисел и до 2^1 – для дробных.

Способ перевода числа в ДК заключается в следующем:

1. записать число в прямом коде;
2. найти, просматривая с младших разрядов, первую встретившуюся единицу и все разряды слева от нее перевести в обратный код (за исключением знаковой);
3. все разряды справа от найденной единицы, включая найденную, оставить в прежнем виде.

Для числа -3 (1.0011) получаем следующую последовательность действий:

$X_{ПК} = 1.00001|10$

$X_{ДК} = 1.1111010$

Сложение в коде D1 с использованием обратного кода

Рассмотрим сложение чисел:

$$-298 + 127 = -171$$

Предварительно перед сложением представим отрицательное число в обратном коде.

$$\begin{array}{l}
 -298_{\text{ПК}}: \quad 1. 0010\ 1001\ 1000 \\
 -298_{\text{ОК}}: \quad 1. 0111\ 0000\ 0001
 \end{array}$$

В данном случае для дополнения младшей тетрады до числа 9 необходимо число 1, для дополнения второй тетрады необходим ноль, а для дополнения старшей тетрады – число 7. После перевода отрицательного числа в ОК проводим основной цикл сложения:

$$\begin{array}{r}
 1. 0111\ 0000\ 0001 \\
 0. 0001\ 0010\ 0111 \\
 \hline
 1. 1000\ 0010\ 1000
 \end{array}$$

Получили результат, записанный в обратном коде. Для получения конечного результата находим его дополнение до числа 9. Аналогично, дополняя разряды до девяти, получаем:

$$1. 0001\ 0111\ 0001 \text{ или } -171.$$

При этом необходимо учитывать, что если существует перенос из знакового разряда, то эту единицу прибавляем к младшей тетраде.

Сложение в коде D4 с использованием кода ДК

Для получения дополнительного кода, записанного в коде $D4$, необходимо найти дополнение всех тетрад, кроме младшей, до числа 15, а младшую тетраду – до числа 16. После основного цикла сложения необходимо произвести коррекции. В случае возникновения междетрадных переносов тетрады, из которых был перенос, необходимо скорректировать на число +3 (0011). Остальные тетрады корректируются на число +13 (1101) с блокировкой междетрадных переносов. После коррекции, если число отрицательное, то для него также необходимо найти дополнения до 15- и 16-ти, как и в начале вычислений.

В качестве примера возьмем числа -298 и $+127$ и выполним операцию сложения.

Сначала необходимо отрицательное число перевести в дополнительный код с использованием описанной выше методики. Получаем:

```
-298ПК      1 0101 1100 1011
-298ДК      1 1010 0011 0101
1. 1010 0011 0101
0. 0100 0101 1010
-----
1. 1110 1000 1111
0. 1101 1101 1101   коррекция
-----
1. 1011 0101 1100   результат
```

После основного цикла сложения получаем отрицательное число, которое представлено в дополнительном коде. Для получения прямого кода необходимо найти дополнения младшей тетрады до 16-ти, а всех остальных до 15-ти. Получаем следующий результат:

```
1. 0100 1010 0100
```