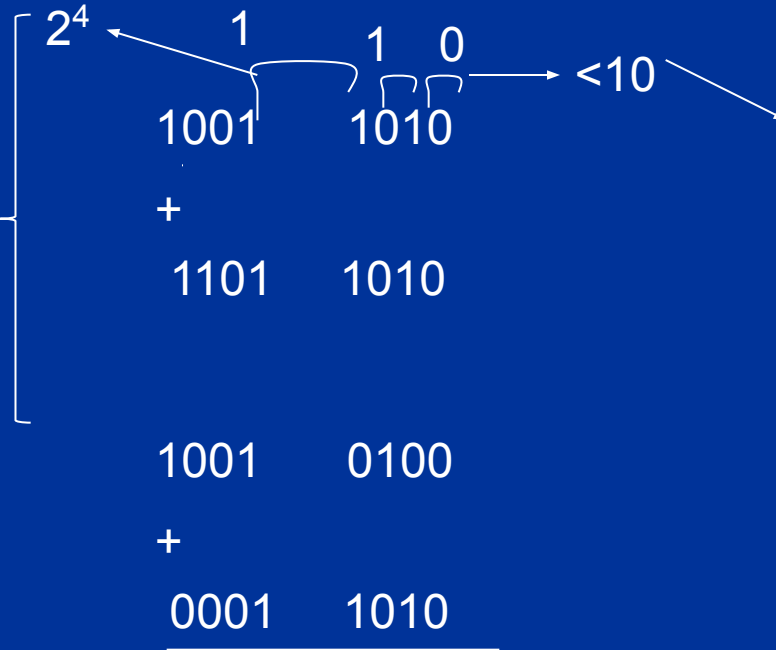


## Сложение двоичных чисел в коде прямого замещения (Д1)

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

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;

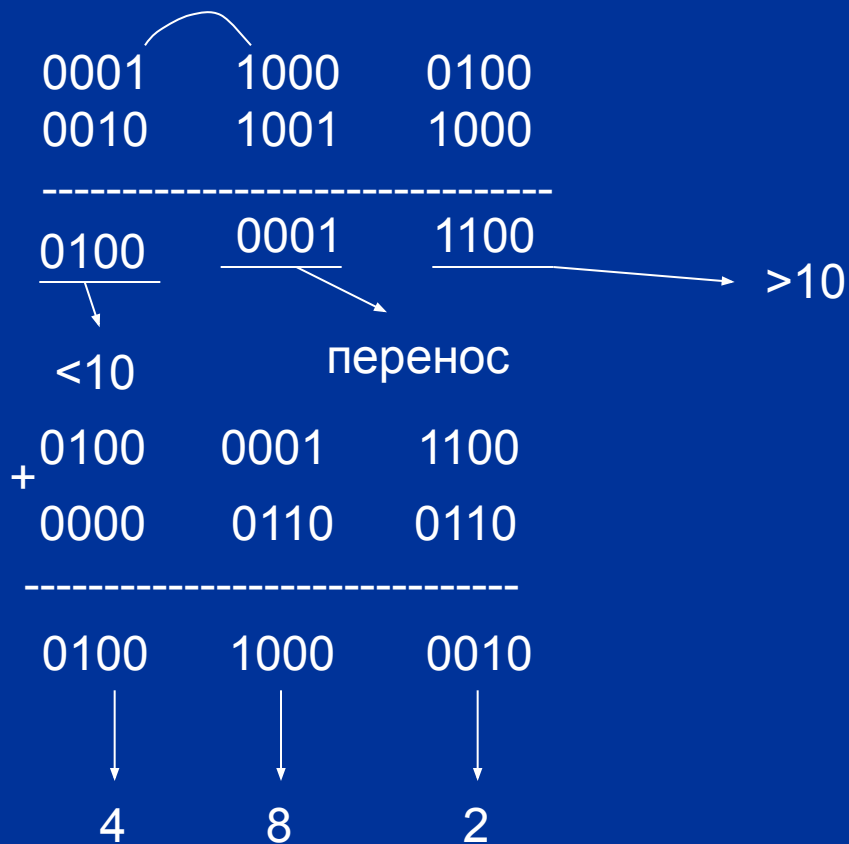
0010 1110  
→ >15

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)

$\left[ \begin{array}{l} 10 = 1010 \\ 11 = 1011 \\ 12 = 1100 \\ 13 = 1101 \\ 14 = 1101 \\ 15 = 1111 \end{array} \right.$

# 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
```