



Форми подання чисел у мікропроцесорах. Двійкова арифметика.

Приклад 1. Записати двійкові числа $A = 1010_2$ і $B = -1010_2$ у прямих кодах.

Розв'язування.

$$[A]_{\text{ПР}} = \underbrace{0}_{\text{Знак числа}}, \underbrace{1010}_{\text{Модуль числа}} \qquad [B]_{\text{ПР}} = \underbrace{1}_{\text{Знак числа}}, \underbrace{1010}_{\text{Модуль числа}}$$

Приклад 2. Записати в оберненому і додатковому кодах число $A = -1001_2$.

Розв'язування. $[A]_{\text{ОБ}} = 1,0110$; $[A]_{\text{Д}} = 1,0111$.

Приклад 3. Додати два 4-розрядних двійкових числа: 1011_2 і 1011_2 .

Розв'язування. Виконуємо додавання двох чисел, використавши правила двійкового додавання для кожного з розрядів:

$$\begin{array}{r}
 \\
 \\
 + \\
 \hline
 1
 \end{array}$$

- рядок перенесень

Відповідь: 10110_2

Приклад 4. Відняти від двійкового числа 10100011_2 число 00110101_2 .

Розв'язування. Виконуємо віднімання двох чисел, використавши правила двійкового віднімання:

$$\begin{array}{r}
 0 \ 10 \ 10 \ 0 \ 1 \ 10 \ 0 \ 10 \\
 \cancel{1} \ \cancel{1} \ 0 \ \cancel{1} \ \cancel{0} \ 0 \ \cancel{1} \ 0 \\
 - \\
 \hline
 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1
 \end{array}$$

- рядок позик

Відповідь: 01101110_2

Приклад 5. Додати двійкові числа $A = 1010$ і $B = 0011$ в оберненому коді.

Розв'язування.

$$\begin{array}{r}
 + [A]_{\text{ОБ}} = 0, 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\
 [B]_{\text{ОБ}} = 0, 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 [C]_{\text{ОБ}} = 0, 1 \ 1 \ 0 \ 1
 \end{array}$$

Відповідь: $C = 1101_2 = 13_{10}$

Приклад 6. Додати двійкові числа $A = -1010$ і $B = -0011$ в оберненому коді.

Розв'язування.

$$\begin{array}{r}
 + [A]_{\text{ОБ}} = 1, 0 1 0 1 \\
 + [B]_{\text{ОБ}} = 1, 1 1 0 0 \\
 \hline
 \textcircled{1} 1, 0 0 0 1 \\
 \xrightarrow{\hspace{2cm}} 1 \\
 + [C]_{\text{ОБ}} = 1, 0 0 1 0
 \end{array}$$

Відповідь: $C = -1101_2 = -13_{10}$

Приклад 7. Додати двійкові числа $A = -1010$ і $B = -0011$ в додатковому коді.

Розв'язування.

$$\begin{array}{r}
 + [A]_{\text{Д}} = 1, 0 1 1 0 \\
 + [B]_{\text{Д}} = 1, 1 1 0 1 \\
 \hline
 \textcircled{1} 1, 0 0 1 1 \\
 \swarrow \text{Не враховуємо} \\
 [C]_{\text{Д}} = 1, 0 0 1 1
 \end{array}$$

Відповідь: $C = -1101_2 = -13_{10}$

Приклад 8. Додати двійкові числа $A = 1,011$ і $B = 1,110$ у додатковому коді.

Розв'язування.

$$\begin{array}{r}
 + [A]_{\text{Д}} = 1, 1 0 1 \\
 + [B]_{\text{Д}} = 1, 0 1 0 \\
 \hline
 [C]_{\text{Д}} \neq 0, 1 1 1 = +1 \quad + \begin{array}{l} -3 \\ -6 \\ -9 \end{array}
 \end{array}$$

При додаванні двох від'ємних чисел -3 і -6 маємо додатний результат $+1$. Знак результату не співпадає зі знаками операндів, що є ознакою переповнення розрядної сітки.

Для виявлення переповнення розрядної сітки застосовуємо модифікований додатковий код. Продублюємо в суматорі знаковий розряд і застосуємо правило додавання для модифікованих кодів. Одиницю перенесення зі старшого знакового розряду в модифікованому додатковому коді не враховуємо.

$$\begin{array}{r}
 + [A]_{\text{Д}} = 1 1, 1 0 1 \\
 + [B]_{\text{Д}} = 1 1, 0 1 0 \\
 \hline
 [C]_{\text{Д}} \neq \cancel{1} \textcircled{1} 0, 1 1 1 \\
 \swarrow \text{Ознака переповнення}
 \end{array}$$

Ознакою переповнення є поява у знаковому розряді суми комбінації 10 : маємо від'ємне переповнення. Старший знаковий розряд містить істинне

значення знака суми, а молодший є старшою цифрою значущого числа. Для корекції переповнення число треба зсунути у розрядній сітці на один розряд праворуч, а в старший знаковий розряд, що звільнився, вмістити цифру, яка дорівнює новому значенню молодшого знакового розряду:

$$\begin{array}{r}
 + \quad [A]_{\text{д}} = \quad 1 \ 1, \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \quad [B]_{\text{д}} = \quad 1 \ 1, \ 0 \ 1 \ 0 \\
 \hline
 [C]_{\text{д}} \neq \quad 1 \ 1, \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 = -9
 \end{array}$$

Відповідь: $C = -1001_2 = -9_{10}$

Приклад 9. Перемножити два двійкових числа: 1101_2 і 101_2 .

Розв'язування. Знайдемо добуток, використавши правила двійкового множення:

$$\begin{array}{r}
 \times \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 + \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \quad 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\
 \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1
 \end{array}$$

Відповідь: 1000001_2

Приклад 10. Виконати ділення чисел $A = 49_{10}$ і $B = -7_{10}$ на основі алгоритму без відновлення залишку.

Розв'язування. Прямий код операндів $[A]_{\text{ПР}} = 0,0110001$, $[B]_{\text{ПР}} = 1,111$; $[-B]_{\text{д}} = 1,001$.

$$\begin{array}{r}
 2|A| = 0,1100010 \\
 + \\
 [-B]_{\text{д}} = 1,001 \\
 \hline
 R_1 = 1,1110010 < 0 \quad C_1 = 0 \\
 2R_1 = 1,1100100 \\
 + \\
 |B| = 0,111 \\
 \hline
 R_2 = 0,1010100 > 0 \quad C_2 = 1 \\
 2R_2 = 1,0101000 \\
 + \\
 [-B]_{\text{д}} = 1,001 \\
 \hline
 R_3 = 0,0111000 > 0 \quad C_3 = 1 \\
 2R_3 = 0,1110000 \\
 + \\
 [-B]_{\text{д}} = 1,001 \\
 \hline
 R_4 = 0,0000000 = 0 \quad C_4 = 1
 \end{array}$$

Знак частки $0 \oplus 1 = 1$

Відповідь: $[C]_{\text{ПР}} = 1,111$ або $C = -7_{10}$.



Задачі для самостійної підготовки

1. Запишіть двійкові числа $A = 10101_2$ і $B = -01011_2$ у прямому, оберненому і додатковому коді.
2. Виконайте додавання чисел 10110011_2 та 11110010_2 і перевірте результат у десятковій системі.
3. Виконайте додавання двійкових чисел $A = 10101$ і $B = -1001$ в оберненому коді і перевірте результат у десятковій системі числення.
4. Виконайте додавання двійкових чисел $A = -10101$ і $B = 1001$ в оберненому коді і перевірте результат у десятковій системі числення.
5. Виконайте додавання двійкових чисел $A = -11010$ і $B = -1100$ в додатковому коді і перевірте результат у десятковій системі числення.
6. Виконайте додавання двійкових чисел $A = 1011$ і $B = 0111$ в оберненому та додатковому кодах і перевірте результат у десятковій системі числення.
7. Виконайте додавання двійкових чисел $A = -1011$ і $B = -0111$ в оберненому та додатковому кодах і перевірте результат у десятковій системі числення.
8. Виконайте додавання двійкових чисел $A = -1010$ і $B = 1100$ в оберненому та додатковому модифікованих кодах і перевірте результат у десятковій системі числення.
9. Виконайте додавання двійкових чисел $A = -1101$ і $B = -1010$ в оберненому та додатковому модифікованих кодах і перевірте результат у десятковій системі числення.
10. Виконайте віднімання чисел 132_{10} та 77_{10} у двійковому вигляді.
11. Виконайте множення чисел 110110_2 та 111_2 і перевірте результат у десятковій системі.
12. Визначте розрядність результату множення чисел 11011100_2 та 11101111_2 .
13. Виконайте множення чисел 10011001110_2 та 1011_2 з використанням часткових добутків.
14. Виконайте множення чисел у додатковому коді -5_{10} та -6_{10} (попередньо перевівши їх у двійкову систему числення).
15. Виконайте ділення чисел 10011001110_2 та 1011_2 .